Manual de Telecomunicaciones

José M. Huidobro

Alfaomega Ra-Ma®

Manual de Telecomunicaciones

José Manuel Huidobro Moya

Alfaomega Ra-Ma®

Manual de Telecomunicaciones

Manual de Telecomunicaciones
© José Manuel Huidobro Moya

ISBN 84-7897-582-9, edición original publicada por RA-MA Editorial, MADRID, España. Derechos reservados © RA-MA Editorial

MARCAS COMERCIALES: RA-MA ha intentado a lo largo de este libro distinguir las marcas registradas de los términos descriptivos, siguiendo el estilo de mayúsculas que utiliza el fabricante, sin intención de infringir la marca y sólo en beneficio del propietario de la misma.

© 2004 ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A. de C.V.
Pitágoras 1139, Col. Del Valle, 03100 México, D.F.

Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana
Registro No. 2317

Internet: **http://www.alfaomega.com.mx**
Email: **ventas1@alfaomega.com.mx**

ISBN 970-15-0983-8

Derechos reservados.
Esta obra es propiedad intelectual de su autor y los derechos de publicación en lengua española han sido legalmente transferidos al editor. Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio sin permiso por escrito del propietario de los derechos del copyright.

NOTA IMPORTANTE
La información contenida en esta obra tiene un fin exclusivamente didáctico y, por lo tanto, no está previsto su aprovechamiento a nivel profesional o industrial. Las indicaciones técnicas y programas incluidos, han sido elaborados con gran cuidado por el autor y reproducidos bajo estrictas normas de control. ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A. de C.V. no será jurídicamente responsable por: errores u omisiones; daños y perjuicios que se pudieran atribuir al uso de la información comprendida en este libro, ni por la utilización indebida que pudiera dársele.

Edición autorizada para venta en México y todo el continente americano

Impreso en México - Printed in Mexico

Manual de Telecomunicaciones

Manual de Telecomunicaciones

José Manuel Huidobro Moya

La ley prohíbe
fotocopiar este libro

Manual de Telecomunicaciones
© José Manuel Huidobro Moya
© De la edición RA-MA 2004

MARCAS COMERCIALES. Las designaciones utilizadas por las empresas para distinguir sus productos (hardware, software, sistemas operativos, etc.) suelen ser marcas registradas. RA-MA ha intentado a lo largo de este libro distinguir las marcas comerciales de los términos descriptivos, siguiendo el estilo que utiliza el fabricante, sin intención de infringir la marca y sólo en beneficio del propietario de la misma. Los datos de los ejemplos y pantallas son ficticios a no ser que se especifique lo contrario.

RA-MA es marca comercial registrada.

Se ha puesto el máximo empeño en ofrecer al lector una información completa y precisa. Sin embargo, RA-MA Editorial no asume ninguna responsabilidad derivada de su uso, ni tampoco por cualquier violación de patentes ni otros derechos de terceras partes que pudieran ocurrir. Esta publicación tiene por objeto proporcionar unos conocimientos precisos y acreditados sobre el tema tratado. Su venta no supone para el editor ninguna forma de asistencia legal, administrativa ni de ningún otro tipo. En caso de precisarse asesoría legal u otra forma de ayuda experta, deben buscarse los servicios de un profesional competente.

Reservados todos los derechos de publicación en cualquier idioma.

Según lo dispuesto en el Código Penal vigente ninguna parte de este libro puede ser reproducida, grabada en sistema de almacenamiento o transmitida en forma alguna ni por cualquier procedimiento, ya sea electrónico, mecánico, reprográfico, magnético o cualquier otro, sin autorización previa y por escrito de RA-MA; su contenido está protegido por la Ley vigente que establece penas de prisión y/o multas a quienes intencionadamente, reprodujeren o plagiaren, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica.

Editado por:
RA-MA Editorial
Calle Jarama, 3A, Polígono Industrial Igarsa
28860 PARACUELLOS DE JARAMA, Madrid
Teléfono: 91 658 42 80
Fax: 91 662 81 39
Correo electrónico: editorial@ra-ma.com
Internet: **www.ra-ma.es** y **www.ra-ma.com**
ISBN: 84-7897-582-9
Depósito Legal: M-41745-2003
Autoedición: Autor
Filmación e impresión: Albadalejo, S.L.
Impreso en España
Primera impresión: octubre 2003

A mi esposa Rosa María y a mis hijos
David, Lucía y Leticia por todo
lo que de ellos he recibido,
por su amor y su apoyo.

ÍNDICE

AUTOR ..... **XV**

PREFACIO ..... **XVII**

CAPÍTULO 1. MENSAJES Y SEÑALES **1**

1.1. EL MENSAJE. SONIDO, DATOS E IMÁGENES 1
1.1.1. Naturaleza de los mensajes 2
1.2. EL SONIDO 4
1.2.1. Movimiento vibratorio 4
1.2.2. Ciclos por segundo (Hercio) 6
1.2.3. La transmisión del sonido 7
1.3. LA SEÑAL ELÉCTRICA 8
1.3.1. Conversión del sonido en electricidad 8
1.3.2. Señales analógicas 10
1.3.2.1. Atenuación y ruido 11
1.4. CONCEPTO DE ANCHO DE BANDA 12
1.5. LA MÚSICA Y LA RADIO 14
1.5.1. Música estereofónica 16
1.6. COMBINACIÓN DE CANALES: MULTIPLEXACIÓN 17
1.6.1. Multiplexación por División en Frecuencia 18
1.6.2. Separación entre canales 19
1.7. SEÑALES DIGITALES 20

1.8. CONVERSIÓN ANALÓGICO-DIGITAL 22
1.8.1. Muestreo 23
1.8.2. Cuantificación 24
1.8.3. Codificación 24
1.8.3.1. Bits 26
1.8.4. Códigos usuales para datos 27
1.8.4.1. El código ASCII 27
1.8.4.2. Bytes 29
1.9. VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA 30
1.10. COMPRESIÓN DE LAS SEÑALES 31
1.11. EL MENSAJE: DATOS 32
1.11.1. Protocolo de comunicaciones 32
1.11.2. Protocolo TCP/IP (Internet) 33
1.11.2.1. Protocolos SLIP y PPP 34
1.12. EL MENSAJE TEXTO 35
1.12.1. El Télex 35
1.12.2. El Fax 36
1.12.2.1. Estándares para el Fax 37
1.13. LA IMAGEN 38
1.13.1. La imagen en movimiento 38
1.13.2. Las señales de televisión analógica 42
1.13.3. Formato de la televisión analógica 43
1.13.3.1. El sistema PAL 44
1.13.3.2. La TV de alta definición 44
1.13.3.3. El formato panorámico 16/9 45
1.13.3.4. El sistema PAL+ 45
1.14. LA TELEVISIÓN DIGITAL 45
1.14.1. Tratamiento de la señal digital. El color 47
1.14.2. Compresión de la señal 47
1.14.2.1. El estándar MPEG 48
1.14.2.2. El Dolby Digital 48
1.14.3. La señal compuesta de vídeo 49

CAPÍTULO 2. LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN 51

2.1. MEDIOS DE TRANSMISIÓN DE ENLACE 51
2.2. EL PAR DE COBRE 52
2.2.1. Interferencia entre pares 53
2.2.1.1. Agrupación en mazos de cable 54
2.2.2. Bobinas híbridas 54
2.2.3. Ancho de banda y velocidad de transmisión 55
2.2.4. ADSL. Más capacidad para el bucle de abonado 58
2.3. EL CABLE COAXIAL 59

2.4. LA FIBRA ÓPTICA 60
2.4.1. Características de las fibras ópticas 61
2.4.2. Conversión eléctro-óptica 62
2.4.3. WDM. Capacidad de la fibra óptica 66
2.5. ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS 67
2.5.1. Enlace de microondas 69
2.6. LOS SATÉLITES DE COMUNICACIONES 69
2.6.1. Las órbitas satelitales 69
2.6.1.1. Proyectos de constelaciones 72
2.6.2. Los sistemas VSAT 73
2.7. EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO 75
2.7.1. Bandas de frecuencias 75
2.7.2. La longitud de onda 76
2.8. SERVICIOS UTILIZANDO EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO 80
2.9. LAS ANTENAS 81
2.9.1. El dipolo 82
2.9.2. La parabólica 85
2.10. TECNOLOGÍA DE LOS SATÉLITES DE COMUNICACIONES 86
2.10.1. Puesta en órbita del satélite 86
2.10.1.1. El sistema Hispasat 87
2.10.2. Seguimiento de los satélites 88
2.10.3. Bandas de frecuencias 89
2.10.4. Elementos de las redes satelitales 90
2.11. INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIONES EN EDIFICIOS 92
2.11.1. Sistema de cableado estructurado 94
2.11.1.1. Paneles de conexión y/o distribución 95
2.11.1.2. Longitudes máximas. Categorías 96
2.11.2. Cables de cobre de pares trenzados 96
2.12. INFRAESTRUCTURAS COMUNES DE TELECOMUNICACIONES 98
2.12.1. Elementos técnicos que constituyen la ICT 99

CAPÍTULO 3. LAS TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIONES 103

3.1. LAS TÉCNICAS DE CONMUTACIÓN 103
3.1.1. Conmutación de circuitos 103
3.1.1.1. Conmutación en el espacio y en el tiempo 105
3.1.2. Técnica de multiplexación TDM 106
3.1.3. Conmutación de mensajes 107
3.1.4. Conmutación de paquetes 107
3.1.4.1. Ventajas de la conmutación de paquetes 108
3.2. EVOLUCIÓN DE LA CONMUTACIÓN DE PAQUETES 110
3.2.1. El protocolo X.25 (paquetes) 111
3.2.2. Frame Relay (tramas) 111

3.2.3. ATM (Modo de Transferencia Asíncrona) 112
3.2.3.1. Composición de los paquetes (células) ATM 113
3.3. EL PROTOCOLO IP 113
3.3.1. Origen y evolución de Internet 113
3.3.2. Funcionamiento de TCP/IP 115
3.3.3. Combinación de IP con ATM 116
3.3.4. Evolución futura hacia la conmutación de paquetes 116
3.4. LA TRANSMISIÓN 117
3.4.1. Jerarquía Plesiócrona 118
3.4.1.1. Estándares de transmisión 118
3.4.2. Jerarquía Digital Síncrona 119
3.5. TRATAMIENTO DE LA SEÑAL 121
3.5.1. Cifrado de los mensajes 122
3.6. LA DIGITALIZACIÓN 122
3.7. LA COMPRESIÓN 123
3.7.1. Compresión de audio 124
3.7.1.1. El estándar MP3 124
3.7.2. Compresión de vídeo 125
3.7.2.1. El estándar MPEG-2 126
3.7.3. Compresión de datos 127
3.8. CODIFICACIÓN XDSL 128
3.8.1. IDSL 129
3.8.2. HDSL… 129
3.8.3. ADSL 129
3.8.4. VDSL. Datos a muy alta velocidad 130
3.9. LA MODULACIÓN 131
3.9.1. Modulación de Amplitud (AM) 132
3.9.2. Modulación de Frecuencia (FM) 133
3.9.3. Modulación de Amplitud (ASK) 133
3.9.4. Modulación de Frecuencia (FSK) 134
3.9.5. Modulación de Fase (PSK) 134
3.10. EL MÓDEM 135
3.10.1. La interfaz de comunicaciones 136
3.10.2. Métodos para el envío de la señal 137
3.10.2.1. Transmisión serie y paralelo 138
3.10.2.2. Transmisión semidúplex y dúplex 138
3.10.2.3. Transmisión asíncrona y síncrona 138
3.10.2.4. Transmisión a 2 y 4 hilos 139
3.10.2.5. Tasa de error 139
3.10.3. Normativa de la UIT-T (antes CCITT) 140
3.10.4. Control del módem 141
3.10.4.1. Los comandos AT 141

3.10.5. Detección y corrección de errores 142
3.10.5.1. Protocolos MNP 142
3.10.5.2. Normas para mejorar la eficacia 143
3.11. MÓDEMS ASÍNCRONOS Y SÍNCRONOS 144
3.11.1. Transmisión tipo asíncrona 144
3.11.2. Transmisión tipo síncrona 145
3.12. LA INTERFAZ DE COMUNICACIONES V.24 146
3.12.1. Aspectos mecánicos, eléctricos y funcionales 147
3.13. EL MODELO OSI DE REFERENCIA 149
3.13.1. Ventajas del modelo OSI 150
3.13.2. Estructura en niveles de OSI 151
3.14. EL PROCESO DE ESTANDARIZACIÓN 155
3.14.1. Tipos de estándares 156
3.14.2. Organizaciones que establecen estándares 157
3.14.2.1. Organismos oficiales de estandarización 158

CAPÍTULO 4. REDES DE TELECOMUNICACIONES 161

4.1. CLASIFICACIÓN DE LAS REDES DE TELECOMUNICACIONES ... 161
4.2. REDES DE ÁREA LOCAL 162
4.2.1. Características de las redes 162
4.2.2. Topología de las redes 164
4.2.3. Métodos para el acceso al medio 166
4.2.3.1. El método CSMA/CD 166
4.2.3.2. El método Paso de Testigo 167
4.2.4. La normativa 802.X del IEEE 167
4.3. RED LOCAL ETHERNET 168
4.3.1. Versiones del estándar Ethernet 169
4.3.2. Wi-Fi y sus aplicaciones 170
4.3.3. Modelos de negocio en Wi-Fi 173
4.4. RED LOCAL TOKEN RING 174
4.5. INTERFUNCIONAMIENTO ENTRE REDES 175
4.5.1. Dispositivos para la interconexión 175
4.5.2. El conjunto de protocolos TCP/IP 177
4.5.3. Interconexión utilizando IP 178
4.6. LAS COMUNICACIONES DE VOZ EN LA EMPRESA 179
4.6.1. Circuitos punto a punto 180
4.6.2. Las centralitas de empresa (PBX) 181
4.6.2.1. Servicios disponibles en las PBX 181
4.6.3. Grupo cerrado de usuarios 182
4.6.4. El Centrex 183
4.6.5. Redes para tráfico multimedia 184

4.7. REDES DE ÁREA EXTENDIDA 185
4.7.1. La red de tránsito 185
4.7.2. La red de acceso 186
4.7.3. La red HFC (Híbrida Fibra-Coaxial) 188
4.7.4. LMDS. Bucle local inalámbrico 191
4.8. LAS REDES DE RADIO 192
4.8.1. El estándar DECT 194
4.8.2. Las redes GSM 195
4.8.2.1. Estructura de una red de telefonía móvil 196
4.8.2.2. El éxito del estándar GSM 199
4.8.3. Evolución de GSM. WAP 200
4.8.4. GPRS. Servicio General de Paquetes por Radio 201
4.8.4.1. Funcionamiento técnico del GPRS 202
4.8.5. UMTS. Red Universal de Telecomunicaciones Móviles 204
4.9. LA RED TELEFÓNICA BÁSICA 205
4.9.1. Las centrales de conmutación 206
4.9.2. La señalización en la red 207
4.9.2.1. Señalización por canal asociado y canal común 208
4.9.3. El tráfico telefónico 208
4.9.4. Estructura de la red telefónica 209
4.9.5. Los servicios 900. Red inteligente 210
4.10. RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS 211
4.10.1. Canales en la RDSI 212
4.10.2. Conexión de terminales RDSI 213
4.10.3. Señalización en la RDSI 214
4.10.4. RDSI de Banda Ancha 215
4.11. REDES DE TRANSMISIÓN DE DATOS 216
4.11.1. Elementos de una red de conmutación de paquetes 217
4.11.2. Facilidades de una red de conmutación de paquetes 218
4.12. LA RECOMENDACIÓN X.25 DEL CCITT 219
4.12.1. Datagramas y Circuitos Virtuales 220
4.12.2. Facilidades que se ofrecen al usuario 221
4.12.3. Conexión mediante un adaptador 221
4.13. SOLUCIONES PARA EL ACCESO A INTERNET 222
4.13.1. Estructura de la Red Internet 223
4.14. Redes públicas y privadas (RPV) 224

CAPÍTULO 5. LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES 227

5.1. CLASIFICACIÓN DE SERVICIOS SEGÚN EL CONTENIDO 227
5.2. SERVICIOS DE VOZ 228
5.2.1. Telefonía básica 228
5.2.1.1. Los servicios telefónicos 228

5.2.2. Telefonía móvil 230
5.2.2.1. Los servicios de comunicaciones móviles..... 231
5.2.3. La Tercera Generación (UMTS)..... 233
5.2.4. El Trunking (radiotelefonía privada) 234
5.3. SERVICIOS DE DATOS 235
5.3.1. El servicio de conmutación de paquetes..... 236
5.3.1.1. El servicio Iberpac 236
5.3.2. El servicio Frame Relay 237
5.3.3. El servicio ATM..... 238
5.4. SERVICIO DE TEXTO Y GRÁFICOS 240
5.5. SERVICIOS DE VÍDEO 241
5.6. CLASIFICACIÓN DE SERVICIOS SEGÚN SU INFRAESTRUCTURA.. 241
5.6.1. Servicios sobre redes telefónicas conmutadas..... 242
5.6.1.1. Servicios de Red Inteligente 243
5.6.2. Servicios sobre redes de datos 245
5.6.3. Red Digital de Servicios Integrados 245
5.6.3.1. Utilización de la RDSI..... 247
5.6.3.2. Los servicios en la RDSI 248
5.6.4. Servicios que usan el espectro radioeléctrico 251
5.6.4.1. Radio terrenales..... 251
5.6.4.2. Servicios de radio por satélite..... 252
5.6.5. Servicios por redes de cable..... 254
5.7. SERVICIOS DE VALOR AÑADIDO 254
5.7.1. Básicos de red..... 255
5.7.2. De acceso a la información 255
5.7.3. Difusión de la información 256
5.7.4. Mensajería 257
5.7.5. Transacciones 257
5.7.6. Comunicación..... 258
5.7.7. Gestión..... 259
5.8. NUEVOS SERVICIOS MULTIMEDIA 260
5.8.1. Servicios básicos de vídeo 260
5.8.2. Servicios interactivos y de telecomunicación..... 261
5.9. INTERNET 263
5.9.1. Direcciones en Internet 265
5.9.1.1. Nombres por dominio 266
5.9.1.2. Direcciones URL 266
5.9.2. Protocolos de Internet 267
5.9.2.1. HTTP, HTML y XML..... 268
5.9.3. Navegadores y Buscadores para Internet..... 269
5.9.4. Proveedores de acceso a Internet 270
5.10. SERVICIOS EN INTERNET..... 271
5.10.1. Servicios Tradicionales 272
5.10.2. Nuevos Servicios..... 274

5.10.2.1. Seguridad y cortafuegos 274
5.10.2.2. Comercio electrónico 275
5.10.3. Servicios de Información 275
5.10.4. Convergencia de servicios 277
5.11. EL CORREO ELECTRÓNICO 278
5.12. PROVEEDORES DE SERVICIOS BASADOS EN IP 280

CAPÍTULO 6. LEGISLACIÓN DE TELECOMUNICACIONES 283

6.1. INTRODUCCIÓN 283
6.2. LOS ORGANISMOS COMPETENTES DE LA REGULACIÓN 284
6.2.1. En la Unión Europea 284
6.2.2. En España 286
6.3. LA LEGISLACIÓN APLICABLE 287
6.3.1. Libros Verdes 288
6.3.2. Las Directivas y otros instrumentos (Decretos y Leyes) 288
6.4. LEGISLACIÓN ESPAÑOLA 290
6.4.1. La Ley de Liberalización de las Telecomunicaciones 292
6.4.1.1. La Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones. 292
6.4.2. Ley General de Telecomunicaciones (LGT) 293
6.5. TÍTULOS HABILITANTES 294
6.5.1. Autorizaciones generales 294
6.5.2. Licencias individuales 295
6.6. COMENTARIOS A LOS PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA LGT 297
6.7. LEY DE TELECOMUNICACIONES POR CABLE 299
6.8. NORMATIVA SOBRE INFRAESTRUCTURAS COMUNES DE TELECOMUNICACIÓN 300
6.9. LEGISLACIÓN EN LATINOAMÉRICA 301
6.10. ASOCIACIONES PROFESIONALES 303

APÉNDICES

A: GLOSARIO 305
B: BIBLIOGRAFÍA GENERAL 333

ÍNDICE ALFABÉTICO 337

AUTOR

JOSÉ MANUEL HUIDOBRO

Ingeniero de Telecomunicación por la ETSIT (Universidad Politécnica de Madrid)

Especialista en Dirección Estratégica de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones por la UPM

Master en Dirección de Marketing y Comercial por el IDE-CESEM

Diplomado en Marketing por el Instituto de Empresa y por el IESE

Business Intelligence Analyst por el Ericsson Management Institute

Entre sus actividades pueden señalarse:

- Colaboración con diversas publicaciones técnicas y prensa diaria, desde hace 17 años, con más de 370 artículos publicados.
- Premio Autel 1998 a la difusión del uso de las telecomunicaciones.
- Premio Airtel (Vodafone) de Periodismo en el año 2002.
- Autor de 22 libros sobre redes y servicios de comunicaciones de voz y datos y co-autor de otros dos.

- Miembro del Grupo de Regulación de las Telecomunicaciones del COIT/AEIT (GRETEL 2000) y coautor de sus publicaciones.

- Ponente y tutor en varios cursos, conferencias, programas de TV, radio y seminarios sobre Telecomunicaciones (Aniel-FTI, EOI, ETSII, IIR, ICTnet, Universidad de Cantabria, Universidad de Alcalá de Henares, APD-Retevisión, Aslan, etc.).

- Profesor durante varios años en Masters organizados por la Escuela de Organización Industrial, ICAI-ICADE, UPC-Airtel, UPM-DCA, UPM-ETSIT y Cibernos/Siemens.

- Desde el año 2003 Director de la revista Bit del COIT/AEIT.

PREFACIO

Cualquier rama de la ciencia tiene su interés y merece ser estudiada con detalle para descubrir todo cuanto nos ofrece pero, entre todas ellas, no cabe duda de que el mundo de las Telecomunicaciones es uno de los más apasionantes con los que nos podemos encontrar, no sólo porque está en permanente cambio y es el de más rápida evolución, sino porque afecta a casi todas nuestras actividades cotidianas, tanto en el trabajo como en nuestros ratos de ocio: cuando nos conectamos a Internet, cuando hablamos por el móvil, cuando vemos la televisión, cuando utilizamos el cajero automático, cuando consultamos al banco, cuando mandamos un SMS, cuando...

Muchas veces utilizamos los servicios de telecomunicación que nos ofrecen sin saber apenas nada de ellos, y eso es su gran encanto, no nos hace falta saber, o no nos importa, ni quién los da, ni por dónde llegan, ni cómo funcionan, simplemente, nos hace falta saber utilizarlos. Pues bien, tampoco nos vendrá mal conocerlos un poco mejor y así, posiblemente, le saquemos algún partido más o sentiremos la satisfacción íntima de saber lo que estamos haciendo.

Este **Manual de Telecomunicaciones** está hecho a propósito para no tener que requerir conocimientos técnicos, ni de telecomunicaciones, ni de matemáticas, ni de física, ni de ninguna otra ciencia. No obstante, también está hecho con la idea de que si alguien tiene esos conocimientos pueda aprovecharse de su lectura, pues se introducen conceptos, tecnologías y servicios desde una perspectiva que, quizá no haya visto antes, y que sin duda le educarán para ver las telecomunicaciones con una mente más abierta y le ayudará a comprender algunos temas que puede tener no muy claros.

A lo largo del texto vamos a recordar algunos temas que vimos en el colegio o en el instituto, y que son de aplicación en las telecomunicaciones modernas. No hay porqué asustarse, van a ser conceptos muy sencillos que todos vamos a recordar y ver cómo se aplican en un entorno distinto.

De manera que se va a empezar con la base de las telecomunicaciones, los conceptos más importantes que, básicamente, es el **mensaje**: vamos a ver el sonido, vamos a ver los datos, la imagen y el texto. Telecomunicaciones es envío de información a distancia; pues bien, esa información que enviamos, ese mensaje que queremos enviar, es el punto de partida, y luego vamos a ver por qué **medios físicos** se transportan esos mensajes: por cable, por fibra óptica o usando las ondas de radio, lo que se llama el espectro radioeléctrico, terrestres o por satélite.

Una vez visto el mensaje y como se transporta a distancia, pasaremos a ver distintas tecnologías, para adecuar la señal de tal manera que se comporte mejor o se necesiten menos recursos para su manejo; básicamente, vamos a comentar las técnicas de conmutación, de compresión del sonido, los datos y la imagen; la de digitalización de la señal y la de modulación, tan importante esta última para la comunicación de datos a través de las redes telefónicas y el acceso a Internet a través de módems. Pero también veremos otras que se utilizan frecuentemente en telecomunicaciones.

Los dos capítulos siguientes, los de mayor extensión, están dedicados, uno a las **redes de telecomunicación** y el otro a **los servicios**. Para el estudio de las redes se tendrá en cuenta su cobertura geográfica y así veremos las redes de área local, tan utilizadas en las empresas y las redes de área extensa, empleadas por todo tipo de usuarios, fijas móviles, tanto sin públicas como privadas, y para el estudio de los servicios los clasificáremos según su contenido y la infraestructura que les sirve de soporte, dando algunos ejemplos de los que ofrecen algunos operadores. Además, en el capítulo de Servicios, se estudiará con detalle los nuevos servicios multimedia y todos aquellos que se ofrecen a través de Internet, como correo electrónico, acceso a la información, o comercio electrónico.

Las telecomunicaciones, hoy, no se entenderían sin haber visto como ha sido el proceso de liberalización durante los últimos años, que ha afectado directamente a la oferta de nuevos servicios y a la entrada de nuevos competidores, facilitando la bajada de tarifas, una oferta mucho más amplia y adaptada a las necesidades de los usuarios. Por esta razón, se dedica un capítulo a la **legislación** de telecomunicaciones en España y en nuestro entorno europeo, ya que existe una política de armonización entre todos los países que pertenecen a la Unión Europea, además de en Latinoamérica. Como en el resto del libro, el tratamiento es riguroso pero expuesto de una manera muy sencilla, así que no se requiere conocimientos previos para poder seguir los temas que aquí se van a tratar.

José M. Huidobro
Ingeniero de Telecomunicación

CAPÍTULO 1

MENSAJES Y SEÑALES

1.1. EL MENSAJE. SONIDO, DATOS E IMÁGENES

Empezaremos por definir lo que es el mensaje ya que es el elemento básico de la comunicación entre los seres humanos. Por **mensaje** se entiende la información que se desea intercambiar entre dos o más interlocutores. En el ámbito de las telecomunicaciones, el mensaje es el conjunto de señales, signos o símbolos que son objeto de una comunicación a distancia.

Telecomunicaciones es un término relativo a la emisión y/o recepción a distancias de sonido, texto, datos o imágenes por hilos metálicos, radio, fibra óptica, microondas, satélites, etc. A lo largo tanto de esta obra como de muchas otras se suele utilizar también el nombre abreviado de "comunicaciones", dando por hecho que el prefijo “tele” sobra, pues el término de la distancia es muy relativo y hoy en día, con las redes locales se habla de comunicaciones entre dispositivos electrónicos a distancias de unos pocos metros o, incluso, de centímetros si se aplican a dispositivos que van sobre el cuerpo humano, como más adelante tendremos ocasión de ver. ¿Es este tipo de comunicaciones, telecomunicaciones? Por supuesto que sí. Hay que tener en cuenta que el origen de este término viene de cuando, prácticamente, la mayoría de las comunicaciones se hacían a grandes distancias, mediante el telégrafo, el teléfono o, en algunos casos, las ondas de radio.

Como dato anecdótico cabe destacar que el término "Telecomunicación" se adoptó, formalmente, en la Conferencia Fundacional de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) que tuvo lugar en Madrid en el año 1932, 67 años después de su nacimiento, que lo definió como *"Toda comunicación telegráfica o telefónica de*

signos, señales, de escritos, de imágenes y de sonidos de toda naturaleza, por hilo, radio o por otros procedimientos de señalización eléctricas o visuales". Una definición bastante acertada que mantiene gran parte de su validez, 70 años después. Por aquel entonces no existía la televisión.

En la **Conferencia de Madrid de 1932**, la Unión decidió refundir el *Convenio Telegráfico Internacional* de 1865 y el *Convenio Internacional de Radiotelegrafía* de 1906 en el ***Convenio Internacional de Telecomunicaciones***. También decidió modificar su nombre y pasó a denominarse *Unión Internacional de Telecomunicaciones*. Este nuevo nombre, que comenzó a utilizarse el 1 de enero de 1934, se eligió porque reflejaba adecuadamente todo el alcance de las funciones de la Unión, que en aquel tiempo se extendían a todos los medios de comunicación alámbricos e inalámbricos.

La clasificación que se hace del mensaje tradicional, en comunicaciones, es de cuatro tipos de mensajes, que son: **sonido**, que asociamos con el teléfono o con la radio, **texto**, que era el telegrama o el teletipo, **datos**, que podemos identificar con un documento o con la información que se encuentra en Internet, e **imagen**, que asociamos con el vídeo o la televisión.

Pero esta clasificación tan simple, que vale para comprender la distinta naturaleza de los mensajes a la hora de su tratamiento mediante equipos de comunicaciones, en la práctica está un poco más dividida: la voz y la música, siendo ambos un sonido, se tratan de diferente manera en telecomunicaciones. La música requiere bastantes más condiciones, una red más compleja que la voz, mientras que la imagen puede ser fija o en movimiento: si es en movimiento, es el vídeo o la televisión, pero si es fija, como una fotografía o un gráfico, el tratamiento es distinto. Hoy día, los gráficos se mandan por cualquier sistema; por uno tan simple como es el fax, entre otros. De manera que la anterior clasificación hay que ampliarla, lo que haremos a continuación.

1.1.1. Naturaleza de los mensajes

Podemos clasificar los mensajes, atendiendo a su naturaleza, en:

- **Voz**
- **Música**
- **Texto**
- **Imagen**
  - Fija (Gráficos)
  - En movimiento (Vídeo)

Los dos primeros, voz y música, se encuadran dentro del mensaje sonido pero, como hemos comentado, para su estudio conviene separarlos.

Para la comprensión de algunos términos empleados habitualmente en las telecomunicaciones es útil hacer un repaso a los multiplicadores utilizados en Física. En Física usamos los multiplicadores y divisores que se muestran en la tabla de la figura 1.1. El del ***kilo***, significa multiplicado por mil y lo conocemos todos, ya que se usa en la vida normal. Pero el resto ya empezamos a usarlo sólo en Física. ***Mega*** es el millón de los economistas; para un físico un millón de euros es un mega-euro (M€), mega es multiplicar por un millón. ***Giga*** es el millardo de los economistas, mil millones, el billón de los americanos. ***Tera***, es nuestro billón, el uno seguido de 12 ceros (10^{12}). Ahora como las redes son cada vez más rápidas (antes se hablaba de Tera bits como una cosa que era ya casi difícil de prever) se empiezan a utilizar otros multiplicadores; hoy día ya se habla de ***Peta*** o lo que es igual, mil billones.

Prefijo	**Multiplicador**
Kilo	1.000
Mega	1.000.000
Giga	1.000.000.000
Tera	1.000.000.000.000
Peta	1.000.000.000.000.000
Prefijo	**Divisor**
Micro	1/1.000.000
Nano	1/1.000.000.000
Pico	1/1.000.000.000.000

Figura 1.1. Algunos prefijos utilizados en Telecomunicaciones.

En cuanto a divisores, el más típico es el ***Micro***, un micro-metro es una millonésima parte del metro. Al micro-metro también se le llama micra (se representa por el símbolo μ). Una micra, en distancia, es una millonésima de metro o una milésima de milímetro. En las fibras ópticas actuales, sus diámetros son de micras: 5, 10, 60 micras, algo muchísimo más fino que un cabello humano; la parte central de la fibra es de unas pocas micras, después la fibra va rodeada de más vidrio para que se pueda manejar con la mano y darle una cierta rigidez, y de un material protector que actúa como cubierta. El siguiente divisor es el ***Nano***, que es una mil millonésima parte, el inverso del millardo. Y ***Pico***, que es una billonésima parte (10^{-12}).

Estos dos últimos se usan menos en Telecomunicaciones, pero son nombres o prefijos que se usan con frecuencia en el mundo físico o en el mundo de la tecnología (de hecho, ya se viene hablando de nano-tecnología y tecnología molecular). En electrónica, por ejemplo, para designar la capacidad de un condensador, de los utilizados para almacenar energía eléctrica, se utiliza una unidad denominada Faradio pero, como ésta es muy grande para los valores normales, se utilizan submúltiplos de ella, los micros, picos y nanos-Faradios.

A lo largo del texto se va a emplear con mucha frecuencia mega y giga, hablaremos algo de tera y vamos a usar las micras en los temas dedicados a la fibra óptica.

1.2. EL SONIDO

Empezaremos a estudiar el primero de los mensajes y aprovecharemos la explicación de este primer mensaje para introducir nuevos conceptos. Es mucho más fácil dar un nuevo concepto basándose en algo que uno se puede imaginar, como es el sonido, que hacerlo de una manera abstracta. Veremos el concepto de **ancho de banda** y el de **digitalización**; también, vamos a aprender a digitalizar basándonos en el sonido, de manera que dedicaremos bastante tiempo al sonido. Visto éste, los otros mensajes se irán explicando más rápidamente ya que los conceptos básicos comunes ya habrán sido introducidos.

El sonido es el primero de los mensajes, lo que se transmitía cuando se inventó el teléfono en 1876, hace ya más de 125 años. Toda la gracia del teléfono es convertir el sonido, como luego descubriremos, en voltios. Otras cosas, más complejas, son las centrales de conmutación y las redes telefónicas, pero el terminal de usuario es algo bastante simple y que ha cambiado poco con el paso de los años.

¿Qué es el sonido? El sonido, la sensación de sonido que llega a nuestro cerebro, proviene de una variación de presión en el aire. El sonido no es más que el efecto de transmitir por el aire variaciones de presión. Lo veremos con algunos ejemplos, utilizando la voz y algunos instrumentos musicales.

1.2.1. Movimiento vibratorio

El primer ejemplo que vamos a utilizar para explicar el sonido es el más habitual, el que todos utilizamos a diario para expresarnos y hacernos entender: la voz. Así, cuando las cuerdas vocales vibran al hablar, van presionando a las moléculas de aire que están próximas y hacen que varíe la presión en su entorno, variación que se transmite como una onda hasta que es tan débil que llega a desaparecer.

Imaginemos que en vez de una cuerda vocal es una membrana, como la de un gong (*instrumento musical formado por un platillo de metal sonoro sobre el que se golpea con una maza cubierta con un amortiguador*), que vibra cuando se la golpea. Cuando el gong va para adelante, "presiona" a todas las moléculas de aire que hay delante, y cuando va para atrás, las "depresiona", provoca una especie de vacío. De manera que según la membrana de ese gong o la cuerda vocal va vibrando, lo que viaja por el aire (no se mueve el aire), es la presión de las moléculas de aire. Hay una presión más fuerte que va viajando y luego una presión menos fuerte que también va viajando. Presión y depresión que son susceptibles de ser percibidas por el oído, el sentido de la audición en el ser humano (en otros animales los sentidos que detectan las variaciones de presión pueden ser otros distintos).

La velocidad a la que viaja por el aire este cambio de presión es lo que llamamos la velocidad del sonido, que es de 340 metros por segundo (340m/s). Esa presión/depresión que va viajando por el aire la podemos representar en un plano de la siguiente manera (véase la figura 1.2). Tomemos dos ejes de coordenadas X e Y, y representamos en el eje Y el valor de la presión en un instante determinado: una presión positiva, o "sobrepresión", vendrá determinada por valores superiores a 0 (o positivos), y una presión negativa o depresión por valores inferiores a 0 (o negativos). En el otro eje, el X, representamos el tiempo. El sonido, como se aprecia en la gráfica resultante, es una presión que sube (presión más alta) y luego baja (presión más baja) para volver otra vez a subir, y de esta manera, alternativamente, va pasando de presión alta a presión baja.

Figura 1.2. Representación de una onda de sonido (sinusoidal e irregular).

La figura 1.2 a) es un sonido muy bonito en cuanto a su forma, es lo que se denomina onda senoidal, porque responde a una figura geométrica que es el seno, una figura matemática. En realidad, la presión de la voz no sube y baja así de esa manera tan

pura. Ese, probablemente, sea el sonido de un diapasón, un instrumento con un sonido muy limpio (una única frecuencia).

La representación de la voz, con la parte de presión positiva y presión negativa, sería algo así como la onda que se representa en la figura 1.2 b), bastante más irregular que la onda anterior pero igualmente cíclica. Una vez que sube la presión, después baja y se repite lo mismo. Hay un ciclo de presión que sube y baja, otro ciclo posterior de presión que sube y baja, etc. que conforma lo que es un "movimiento ondulatorio", como le llaman algunos o movimiento vibratorio.

De hecho, cuando se habla, las cuerdas vocales están vibrando, lo mismo que sucede al golpear el gong, o al golpear un tambor, que empieza a vibrar hasta que esa vibración se llega a amortiguar con el paso del tiempo y desaparece.

1.2.2. Ciclos por segundo (Hercio)

Para que el oído transmita al cerebro sensación de sonido hace falta el mecanismo siguiente:

Observemos ese movimiento vibratorio cuando llega a nuestro oído. En nuestro oído tenemos una membrana pequeña -el tímpano-, que lo que hace es que cuando llega la presión más alta, esa sobrepresión, se mete para adentro y cuando llega la depresión sale para afuera. El tímpano va vibrando, influenciado por la presión, a la misma velocidad o al mismo ritmo al que vibraba el objeto productor del sonido.

De manera que la cadena completa es: algo vibra -la cuerda vocal, la cuerda de una guitarra, el gong, el tambor- y produce presión/depresión en el aire. Esa presión/depresión en el aire llega a nuestro tímpano y éste empieza a vibrar de la misma manera. El tímpano transmite esa vibración por una pequeña cadena de huesos que tenemos en el oído a una cavidad interna llamada laberinto. El laberinto es una especie de caracola, donde están unos receptores que van vibrando a la vez y ahí es donde se encuentran unos nervios que, cuando reciben esa vibración, transmiten el sonido al cerebro o, para ser más exactos, la sensación de sonido.

¿Cuántos de estos ciclos hay por segundo? ¿Cuántas vibraciones hace el gong cuando va para adelante y para detrás por segundo? Para que la vibración llegue como sensación de sonido al cerebro, además de tener un cierto nivel o intensidad sonora, esa vibración que la produce tiene que ocurrir por lo menos 20 veces por segundo, el tímpano tiene que estar vibrando 20 veces por segundo. Si vibra menos de 20 veces por segundo los nervios del laberinto no mandan información al cerebro de que hay sonido (no se percibe). Lo mínimo, 20 veces por segundo, es lo que se llama un sonido muy grave, un sonido que es difícil de encontrar incluso en instrumentos musicales. A partir de ahí, si vibra más veces por segundo, la sensación que produce el sonido es que es cada vez más agudo; mil veces por segundo es un pitido, 2.000, 3.000 veces por segundo es el sonido

de una flauta, de un violín y así hasta que el oído deja de nuevo de percibir o de mandar al cerebro sensación de sonido, lo que ocurre cuando el número de vibraciones es muchísimo mayor, del orden de 16.000.

Por descontado que hay oídos especiales, personas con una gran capacidad auditiva, conocimiento musical y aptitudes personales que pueden detectar sonidos con 18, 16 o menos vibraciones por segundo. Igual que hay gente (algunos animales, también, como los perros o los murciélagos) que es capaz de oír vibraciones por encima de 16.000. Pero la media es entre 20 veces por segundo y 16.000 veces por segundo. Y cuando decimos veces son ciclos completos por segundo.

Un ciclo implica subida de presión, bajada de presión. Presión que sube, presión que baja y eso recibe el nombre de ciclos por segundo (c/s). De manera que el sonido necesita vibraciones, variaciones entre 20 ciclos por segundo y 16.000 ciclos por segundo. En física al ciclo por segundo (c/s) se le da un nombre, sea de sonido o sea cualquier otro tipo de onda, se le llama Hercio y se representa como Hz, con H (hache mayúscula) y z (zeta minúscula). El nombre de Hercio se debe a Hertz, uno de los primeros en experimentar con las ondas electromagnéticas pero no su descubridor, pues ya se conocían desde bastante tiempo antes.

James Clerck Maxwell, físico y matemático escocés, alumno de Faraday, en 1864 predijo la posibilidad de las ondas electromagnéticas (ondas de Radio) si se empleaban frecuencias suficientemente elevadas. Podemos decir que Maxwell fue el auténtico precursor, aunque terminó sus días sin poder ver plasmadas sus teorías en la realidad. El caso es excepcional al adelantarse la predicción analítica 24 años a la experimental.

Posteriormente el alemán **Heinrich Rudolf Hertz** profesor de la Universidad de Bonn conseguía la realización práctica de la teoría de Maxwell. El desafío para Hertz consistió en inventar el transmisor y el receptor. El emisor estaba constituido por un carrete de Ruhmkorff de grandes dimensiones al que adaptó una especie de antena dipolo, mientras que el receptor, muy poco sensible, consistía en un anillo abierto, entre cuyas puntas podían saltar chispas. Hertz estudió las propiedades de las ondas electromagnéticas producidas por una corriente eléctrica oscilante de gran frecuencia, demostró su naturaleza ondulatoria y llegó a determinar su longitud de onda (en su honor la unidad de medida de la frecuencia es el Hercio).

1.2.3. La transmisión del sonido

Visto lo que es el sonido, ahora lo queremos transmitir lejos y empezar a usarlo para telecomunicaciones (envío del mensaje a distancia).

Si se quiere transmitir el sonido muy lejos se puede gritar muy fuerte, y así vamos a llegar como mucho a 200 ó 500 metros, dependiendo de nuestra potencia sonora. Los gomeros con el silbo canario llegan a 1 kilómetro. Si se quiere llegar mucho más lejos podemos utilizar algún instrumento pero, probablemente, lo que más lejos llegue hoy día es el tam-tam que llega hasta 10 km. Pero ¿y si se quiere llegar a más? Por ejemplo, si queremos mandar un sonido desde Madrid a Barcelona ¿qué tenemos que hacer? Por muy fuerte que se grite o por un gran altavoz que utilicemos, ese sonido no va a llegar nunca a Barcelona.

La presión del aire que va viajando no es capaz de viajar esos cientos de kilómetros. ¿Qué hacer? Pues hay que buscar algo que cubra fácilmente grandes distancias. Hay que convertir ese sonido en algo que tenga buena capacidad de viajar y la electricidad lo hace muy bien. La electricidad que tenemos en nuestra casa, probablemente, está generada en algún pantano o central térmica muy alejada de nuestro hogar. ¿Cómo ha llegado hasta ellas? ¿Cómo llega la electricidad que se genera en una central eléctrica hasta Madrid? Por cables eléctricos, por unos conductores, normalmente de cobre, que se van poniendo sobre postes y que transmiten la electricidad (alta tensión) a cientos, miles de kilómetros sin problema.

De manera que como la electricidad se conduce muy bien por los cables, si convertimos el sonido en electricidad lo podremos transportar fácilmente. A la presión convertida en voltios, por tanto, es a lo que llamamos la señal eléctrica.

1.3. LA SEÑAL ELÉCTRICA

Señal es la representación del mensaje que se quiere enviar, en este caso el sonido, en otro caso será el color o la iluminación que convertimos en forma eléctrica (voltios). En cierta medida las telecomunicaciones se han basado siempre en el hecho de que el mensaje lo convertimos en voltios. Más adelante veremos que las telecomunicaciones modernas además de convertirlo en voltios lo convierten luego en luz, para poder enviarlo a través de las fibras ópticas.

Pero seguimos con la señal eléctrica basada en convertir el sonido, en voltios. Ésa es la base del invento del teléfono, convertir el sonido en voltios y los voltios en sonido de vuelta, un proceso que vamos a verlo en el siguiente apartado, en el que se explica la manera de convertir la presión en voltios y viceversa.

1.3.1. Conversión del sonido en electricidad

¿Cómo convertimos el sonido en voltios? Muy fácilmente, mediante un micrófono, un dispositivo que transforma variaciones de presión (energía mecánica) en variaciones eléctricas. Un altavoz realiza el proceso contrario, invierte el proceso.

¿Cómo funciona el micrófono? El micrófono tiene una membrana que cuando llega una sobrepresión se mete para dentro y cuando hay una depresión va hacia fuera, es decir, se pone a vibrar igual que lo hace nuestro tímpano. Lo primero que tiene un micrófono es una membrana que va vibrando al ritmo del sonido, entre 20 y 16.000 veces por segundo. Esa membrana tiene unido a ella unas vueltas de hilo de cobre (unas espiras de cobre pegadas), y cuando la membrana vibra, las espiras de hilo de cobre también vibran y se las hace entrar en un imán. Hay muchos otros tipos de micrófonos (electromagnéticos, de carbón, piezoeléctricos, de condensador, etc.), pero para explicar este fenómeno es muy instructivo utilizar el primer tipo.

¿Y qué ocurre cuando unas espiras de cobre entran y salen del campo magnético producido por un imán, normalmente en forma de herradura? Pues lo que pasa es que en esas espiras de cobre se produce electricidad. Ello es debido a que un campo magnético variable produce electricidad, un fenómeno que se conoce hace más de 100 años y que en la vida normal podemos observar con mucha frecuencia (por ejemplo, con la dínamo de la bicicleta).

Un campo magnético variable produce electricidad a su alrededor si se encuentra algún material conductor cercano a él. La manera de decirlo en términos físicos: *un campo magnético variable, produce un campo eléctrico variable*. Así, un imán puede producir electricidad, bien sea porque el imán se mueva o, en este caso, porque se mueve la espira que está en su interior. En esa espira aparece electricidad y aparece electricidad al mismo ritmo que va variando la posición de la espira dentro del imán, al mismo ritmo que se había producido la presión y la depresión.

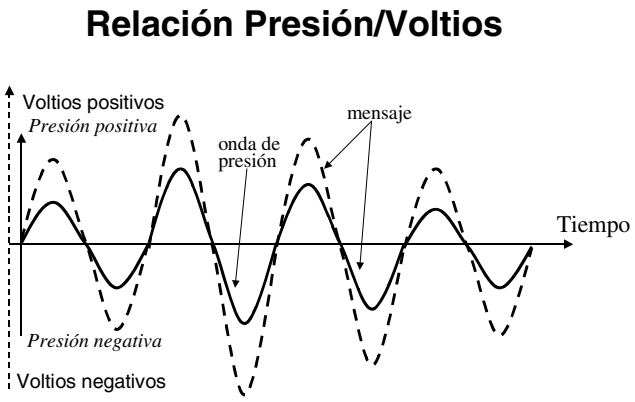


Figura 1.3. Representación de la onda de presión y el mensaje (voltios).

Lo que obtenemos, si lo representásemos, es algo que en lugar de presión positiva van a ser voltios positivos y, en lugar de depresión o presión negativa, van a ser voltios negativos. Si la presión va creciendo, tenemos voltios que suben; si va disminuyendo, tenemos voltios que bajan y que serán voltios cero cuando la presión sea nula. En la figura 1.3 se representa la onda de presión, con su parte positiva y negativa, y la señal eléctrica resultante, apreciándose como las variaciones de la segunda siguen a las variaciones de la primera; eso sí, con distinta amplitud.

1.3.2. Señales analógicas

En la figura 1.3 la línea continua es el mensaje y la presión que varía, la línea discontinua, es la señal: los voltios que se corresponden al mensaje y tiene una forma análoga al fenómeno representado. Por eso a esta señal la llamó **señal analógica**. Luego veremos que hay otro tipo de señales artificiales creadas por el hombre, que no se parecen en nada a lo que queremos representar y que son las famosas **señales digitales**.

Señales analógicas porque son análogas al mensaje que se quiere representar y que en este caso se han obtenido gracias al micrófono; gracias a ese conjunto de membrana, espira e imán hemos conseguido unos voltios que varían al ritmo de la presión y que ya viajan fácilmente por cables eléctricos.

¿Qué tenemos que hacer en el otro extremo para recibir el mensaje? ¿Cómo oímos en Barcelona la voz que se está produciendo en Madrid? Ya hemos conseguido que la voz vaya hasta Barcelona, en forma de señal eléctrica (voltios), utilizando dos cables. Desde luego, meternos los cables en el oído nos daría un buen susto. Así que, lo que tenemos que hacer es convertir eso, otra vez, en presión de aire. Lo cual haremos con un aparato que invierta la función del micrófono: el altavoz.

Esquema de un altavoz

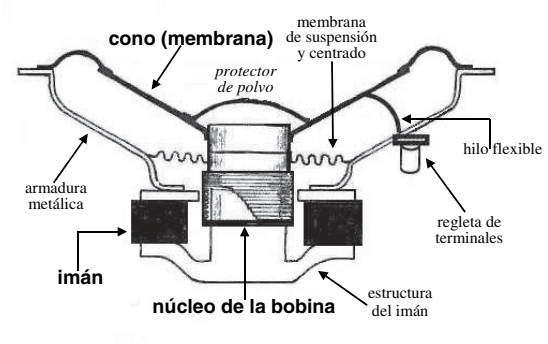


Figura 1.4. Esquema de un altavoz, en donde se aprecian las espiras alrededor del núcleo imantado y la membrana que al vibrar produce el sonido.

Un altavoz o auricular, tal y como se aprecia en la figura 1.4, se compone de un imán, unas espiras de cobre y una membrana, exactamente lo mismo que el micrófono, solamente que más grande de tamaño y la membrana suele ser de papel o tela en lugar de metálica. Pero, ¿cómo funciona? Pues según vimos, cuando la espira entraba en el imán y salía, producía voltios. Ahora ponemos voltios en la espira y el fenómeno es reversible: cuando ponemos voltios en la espira, ésta entra y sale del imán. Cuando le damos voltios positivos y negativos entra y sale según los voltios sean positivos o negativos.

Es decir, que es como un micrófono al revés y de hecho un pequeño altavoz puede funcionar como altavoz y puede funcionar como micrófono. Si hablamos delante, por los hilos saldrán voltios, si metemos voltios se moverá la membrana e irá produciendo presión. De manera que en el otro extremo, el auricular o el altavoz, lo que hace es convertir la señal eléctrica en, otra vez, presión del aire que es lo que el oído percibe como sensación de sonido y ese fue el invento del teléfono, inventar el micrófono e inventar el auricular, ni más ni menos, ya que la transmisión de voltios a través de líneas de cobre estaba inventado muchos años antes, con el telégrafo. En resumen:

- Para poder recoger los sonidos de los emisores, y reproducirlo junto a los receptores, se emplean dispositivos como los micrófonos y los altavoces.

- Un micrófono transforma variaciones de presión (energía mecánica) en variaciones eléctricas, mientras que un altavoz realiza el proceso contrario.

1.3.2.1. ATENUACIÓN Y RUIDO

La energía de una señal decae con la distancia, por lo que hay que asegurarse que llegue con la suficiente energía como para ser captada por el receptor y además, el ruido debe ser sensiblemente menor que la señal original (para mantener la energía de la señal se utilizan amplificadores o repetidores).

Debido a que la atenuación varía en función de la frecuencia, las señales analógicas llegan distorsionadas, por lo que hay que utilizar sistemas que les devuelvan sus características iniciales (usando bobinas que cambian las características eléctricas o amplificando más las frecuencias más altas).

El ruido es toda aquella señal que se inserta entre el emisor y el receptor de una señal dada. Hay diferentes tipos de ruido: *ruido térmico* debido a la agitación térmica de electrones dentro del conductor, *ruido de intermodulación* cuando distintas frecuencias comparten el mismo medio de transmisión, *diafonía* que se produce cuando hay un acoplamiento entre las líneas que transportan las señales y el *ruido impulsivo* que se trata de pulsos discontinuos de poca duración y de gran amplitud que afectan a la señal.

Si los cables son muy largos, probablemente tengamos que poner amplificadores intermedios, pero lo que conseguimos con esa voz, con lo que sale del micrófono es que,

mediante unos cables eléctricos, ya se pueda transmitir el mensaje voz a donde se quiera. Todo es tener un par de hilos conductores y decimos un par porque la electricidad necesita por lo menos dos hilos para viajar (uno de ida y otro de retorno, para así poder establecer un circuito eléctrico).

La electricidad trifásica, la que se emplea en entornos industriales, necesita tres, pero la electricidad normal en los hogares necesita dos (más el cable de puesta a tierra para seguridad, en algunas instalaciones). Dos cables que permiten viajar a la electricidad y que, normalmente, serán de cobre ya que este metal es un buen conductor (ofrece poca resistencia al paso de una corriente eléctrica a su través). Por eso al cable que sale de nuestro teléfono le llamamos el *par de cobre*, que son los dos conductores para que circulen los voltios que están representando a la voz o, en general, al sonido.

1.4. CONCEPTO DE ANCHO DE BANDA

Desde que se inventó el teléfono (patentado por Alexandre Graham Bell en 1876), ya que se podía transmitir la voz, se empezó a pensar en hacer una red de comunicaciones mandando la voz. Bell anduvo visitando a las empresas de telecomunicaciones, que entonces lo mandaban todo por telegrama (telégrafo), para exponerles la idea, sin éxito. En la gran empresa de Morse en EE.UU., la Western Union, cuando llegó Bell con su teléfono, allá por 1876/77, le dijeron: "*Es interesante el invento, pero parece poco práctico para que tenga uso en la vida normal!!!* "

Ante esta situación, el propio Graham Bell comenzó a montar su red, empezando dentro de una ciudad y después siguiendo dentro de otras. Desde una casa a otra ponía un par de hilos y conseguía que alguien hablase en un micrófono en una casa y alguien le oyese, en la otra casa, por un auricular. La infraestructura se componía de un micrófono, unos hilos con unos amplificadores intermedios si eran muy largos y en el otro extremo un auricular. Ese micrófono tenía que ser capaz de reproducir, de vibrar, entre 20 y 16.000 Hz que se encuentra dentro del margen de frecuencias que oye el oído. Por lo tanto, toda la estructura de la línea debía estar preparada para funcionar con frecuencias entre 20 y 16.000 Hz.

Eso parece fácil, pero hacer un micrófono que responda igual que el oído, hacer una línea que responda igual que el oído, un amplificador que responda igual que el oído o un altavoz, es decir, algo que responda entre 20 y 16.000 Hz es complicadísimo. De manera que ya desde que se inventó el teléfono se vio que, en la práctica, no se podía construir una red que respondiera igual que el oído entre 20 y 16.000 Hz. ¿Qué hacer? La solución: hacer una red que responda a menos, que no responda bien a los graves y que no responda bien a los agudos, que sólo responda en un margen más pequeño. Pero ¿cómo de pequeño? Cuanto más reducimos el margen más disminuyen los costes. Cuanto más estrecho sea lo que tenemos que enviar, cuanto menos graves y menos agudos, resultará más barato, pero si lo reducimos demasiado el sonido puede llegar en muy malas condiciones y ser ininteligible.

¿Cuál es el límite para las frecuencias a contemplar? Para determinarlo se hicieron experimentos: a los oyentes se les ponían unos auriculares y se les dictaban palabras, normalmente sílabas de tres letras: gri, fri, tra, etc., que éstos iban escribiendo según las entendían y, mediante un filtro, se iban quitando graves y agudos. Al principio transmitía todo, de 20 a 16.000 Hz, y luego se fue reduciendo el rango por ambos extremos.

El parámetro a conseguir era que se entendiese lo que se decía y que se reconociera a quién hablase. Se estimó que se podía reducir desde 20, que es cuando se empieza a oír, hasta 300 ciclos por segundo o 300 Hz, y por el extremo alto no llegar a 16.000, sino quedarse sólo en 3.400 Hz. De tal modo que la transmisión quedó establecida entre 300 y 3.400 Hz.

Transmitiendo eso y sólo eso, se entendía, se reconocía la voz de la persona que hablaba y todo lo que iba alrededor de esa red era mucho más barato: el micrófono, el altavoz, los amplificadores y los propios hilos de cobre. Y entonces se decidió como estándar que en telefonía sólo se iba a mandar de 300 a 3.400 Hz, resultando en el estándar que hay hasta hoy día. Nuestro teléfono que se conecta con la central telefónica en nuestro barrio sólo responde entre 300 y 3.400 Hz.

Esto permite unos hilos de cobre, micrófono y auricular muy baratos; gracias a haber reducido tanto ese margen de frecuencias que se transmiten, las redes han sido y son mucho más baratas que lo hubiesen sido si el margen de frecuencias hubiese sido mayor, alcanzando por tanto a un sector de población mayor y más rápidamente.

Veremos que abaratar el coste es una constante obsesión en las redes de telecomunicaciones. Tenemos que transportar siempre lo menos posible (conseguir que la información ocupe muy poco) porque así la red es lo más barata posible.

La otra obsesión en Telecomunicaciones es maximizar la inversión: si ponemos algo muy caro, una red, una línea muy buena de hilo de cobre, amplificadores muy buenos, que sirva para mandar más de una información, como es un canal de televisión, un canal de teléfono, utilizarlo para enviar cuantos más canales mejor.

En telefonía se mandan solamente las frecuencias comprendidas entre 300 y 3.400 Hz. Como vemos no se mandan graves, entre 20 y 300 Hz, ni se mandan agudos desde 3.400 hasta 16.000 Hz.

A eso, a la parte que se manda se le llama **ancho de banda**, el concepto de ancho de banda implica las frecuencias que en este momento se están transmitiendo. Si representásemos en una gráfica frecuencia/amplitud el ancho de banda en telefonía, la señal sería como la que se representa en la figura 1.5.

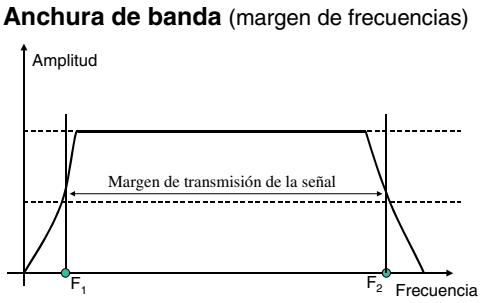


Figura 1.5. Ancho de banda, como el margen en que la señal se transmite.

En esta figura se aprecia que los puntos límites son los correspondientes a las frecuencias en que la señal toma la mitad de su valor máximo, que si se expresase en dB (una magnitud que representa una relación de potencias), significa una caída de potencia, o una atenuación, de 3 dB. Este concepto de ancho de banda que hemos visto para el sonido es válido para otras señales que se transmitan variando cíclicamente, es decir, utilizando frecuencias.

En telefonía, por tanto, el ancho de banda es desde 300 Hz a 3.400 Hz y se dice que un circuito telefónico tiene una anchura de banda de 3.100 Hz (3.400 menos 300).

1.5. LA MÚSICA Y LA RADIO

En la red que hemos visto antes no se transmiten los graves ni los agudos, sólo lo que se llama los tonos medios, que es lo que se corresponde con la voz. Para la telefonía está muy bien pero para mandar música no vale, la pérdida de graves y agudos es excesiva. No hay más que mandar música por teléfono y escuchar, espantados, lo mal que se oye. Para el Hilo Musical, que se transmite a través de las líneas telefónicas, es necesario poner dispositivos especiales y mandar las señales con un ancho de banda superior, con otras frecuencias distintas, y así se puede utilizar simultáneamente al teléfono, sin interrumpir el servicio.

Cuando se inventó la radio, o todavía mejor cuando en torno a los años 20 y 30 se decidió que la radio iba a servir para mandar música (radiodifusión pública), ya que la radio se había inventado mucho antes pero se usaba para comunicaciones de voz o de telegramas, se amplió el ancho de banda para que la música se oyera mejor, según lo que permitía la tecnología de entonces. La tecnología de radio que había en aquel momento, la radio de entonces, era de amplitud modulada (AM), la onda media de hoy, y ya veremos lo que significa AM.

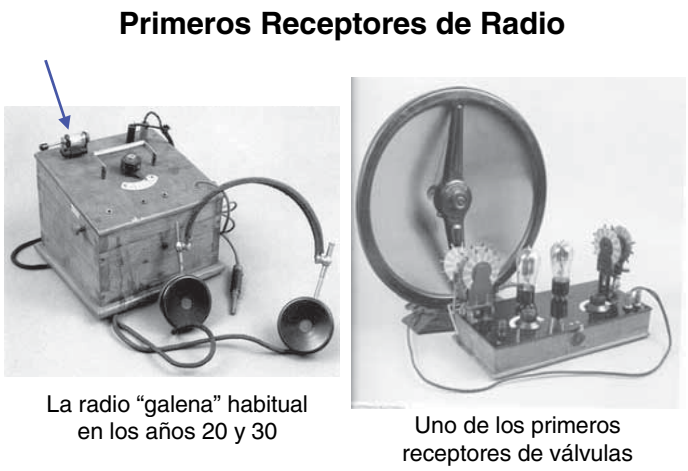


Figura 1.6. Fotografía de dos receptores de los años 20 y 30 (galena y válvulas).

Para mandar música se decidió que la radio tuviera más graves y más agudos, la tecnología permitía con facilidad empezar a mandar a partir de 50 Hz, perdiendo sólo entre 20 Hz y 50 Hz. Muy pocos instrumentos producen sonidos muy graves y por lo tanto no es muy relevante el que no se oiga entre 20 y 50 Hz. Los graves suenan suficientemente bien. Sin embargo, con la tecnología existente en aquel momento era muy caro pasar de los 5.000 Hz, así que se subió de 3.400 a 5.000 Hz, dejando de lado desde 5.000 hasta 16.000 Hz. De manera que la radio de onda media transmite bien los graves y transmite mal los agudos, pero eso es lo que hay en estos momentos, es el estándar y no es previsible que cambie.

Cuando unos años después, ya en los 40-50, se mejoró el sistema de radio y se inventó un sistema denominado modulación de frecuencia (FM), que luego veremos, se decidió que ya había que transmitirlo en que hoy conocemos con los términos de alta fidelidad, es decir, tenía que transmitir muy buenos graves y agudos.

Entonces, para la radio FM se decidió, ese es su estándar actual, transmitir graves desde 50 Hz; no merecía la pena, llegar a 20 Hz, porque entre 20 y 50 Hz hay pocos sonidos. Para los agudos en lugar de parar en 16.000 o llegar hasta 16.000 Hz se decidió quedarse en 15.000 Hz, porque ahí la diferencia también es irrelevante.

Como resultado, el estándar europeo de Alta Fidelidad contempla la transmisión sin distorsión de las frecuencias comprendidas entre 50 y 15.000 Hz. Para que un equipo se llame de alta fidelidad al menos tiene que oírse entre 50 y 15.000 Hz lo cual se hizo en la radio de FM, la radio de Frecuencia Modulada.

Por descontado, el que quiera comprar equipos de alta fidelidad mejores, hoy en día, encuentra en el mercado equipos de alta fidelidad que van desde 10 Hz (no se oye), hasta 20.000 Hz o incluso más, aunque serán mucho más caros. Entre 50 y 15.000 Hz se considera que es el estándar de alta calidad, es lo que se usa en radio FM, en la TV y es el estándar hasta este momento en Europa.

1.5.1. Música estereofónica

En el caso de la FM se decidió mandar dos canales (música estereofónica), no uno solo como sucede en AM (música monofónica). Nosotros tenemos dos oídos, lo que nos permite saber cuando un sonido procede de la izquierda o de la derecha. Si un sonido procede de la izquierda, el oído izquierdo lo oye un poco antes, unos milisegundos antes, ya que viaja a 340 metros por segundo y además lo oye más fuerte porque la cabeza no obstaculiza la audición, cosa que le pasa al otro oído. Y si el sonido viene de la derecha sucede exactamente lo contrario. Desde niños nuestro cerebro empieza a educarse para que cuando recibe sonidos, los procese y viendo la diferencia en tiempo y la diferencia en amplitud conozca la procedencia de éstos, los pueda localizar; es una cuestión instintiva, de supervivencia.

En la radio FM se pensó que para poder oír la música de tal modo que la procedencia del sonido fuese distinguible había que poner dos altavoces: uno dedicado al oído izquierdo, donde los sonidos de la izquierda salieran un poco más fuertes y un poco antes y otro dedicado a los sonidos de la derecha con el mismo propósito. Es lo que llamamos música estereofónica y es lo que nos permite identificar, por ejemplo, que los violines están a la izquierda y los contrabajos a la derecha y si están repartidos por igual, pues como si el sonido viniera del frente.

En las emisiones de radio FM se mandan dos canales, canal izquierdo y canal derecho y cada uno de ellos admite entre 50 y 15.000 Hz, de nuevo el concepto de ancho de banda. En la tabla de la figura 1.7 tenemos tres ejemplos del ancho de banda que se emplea en las líneas telefónicas, la radio AM y la Radio FM.

Tipo de Señal	**Separación entre los canales**	**Ancho de banda**
Telefonía Fija	4 kHz	300-3.400 Hz
Radio AM	9 kHz	50-5.000 Hz
Radio FM	100 kHz	50-15.000 Hz (2 canales)

Figura 1.7. Características de las señales de sonido, en distintos sistemas.

Como es lógico, a mayor ancho de banda más frecuencias se transmiten y resulta una mejor calidad del sonido, pero también requiere de más medios, mejores equipos para su audición y, en conjunto, resulta más caro. Más adelante veremos el concepto de separación de canales, que aparece en la tabla.

1.6. COMBINACIÓN DE CANALES: MULTIPLEXACIÓN

Vimos antes que la primera obsesión en telecomunicaciones es disponer de unas líneas muy baratas, por ejemplo, al limitar el ancho de banda de 300 a 3.400 Hz. Así utilizamos elementos muy económicos.

Sigamos utilizando como ejemplo esa línea de Madrid a Barcelona, que mencionamos antes. Ya se puede mandar la voz de Madrid hasta Barcelona y para ello lo que se hace es poner un par de hilos de cobre entre Madrid y Barcelona, sus amplificadores intermedios, un micrófono en un lado y un altavoz o auricular en el otro. Vamos a imaginar que ponemos un negocio de operador de telefonía entre Madrid y Barcelona y que estimamos que hay 100 señores que van a querer hablar a la vez. ¿Qué tenemos que hacer? Veamos las alternativas que se nos presentan.

- La primera solución que se nos ocurre es poner 100 circuitos telefónicos simultáneos. Como se puede imaginar, esta solución es muy cara y no es nada fácil de poner en práctica si el número de circuitos es muy elevado.

- La alternativa más sencilla es poner un único circuito que permita pasar los 100 canales de telefonía, por un sólo par de hilos de cobre. Esto se hace tal como se representa en la figura 1.8, en la que se muestra la combinación de los tres primeros teléfonos, realizándose para los 100 restantes, de manera similar.

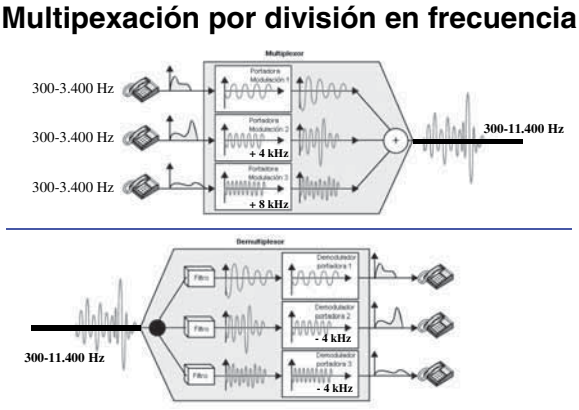


Figura 1.8. Multiplexación de circuitos por División en Frecuencia (FDM).

Multiplexación de canales

El concepto de **multiplexación** (**multiplexión**) surge cuando se trata de transmitir, simultáneamente, por un mismo canal un conjunto de señales. Hay *n* líneas de entrada al multiplexor, y éste se conecta a un demultiplexor, vía una línea de transmisión. Llamaremos **canal** a cada posible conexión, y así, la línea es capaz de llevar *n* canales separados de voz o datos. El multiplexor combina (multiplexación) los datos de las *n* entradas y los transmite sobre la línea. El demultiplexor acepta cadenas multiplexadas, las separa (demultiplexación) y las dirige hacia las salidas correspondientes. Existen tres técnicas de multiplexación: división de frecuencias, división de tiempo síncrona y división de tiempo estadística.

1.6.1. Multiplexación por División en Frecuencia

Dado el problema de los 100 señores de Madrid que quieren hablar por teléfono con Barcelona por un circuito (par de hilo de cobre, cable coaxial o fibra óptica). ¿Cómo hacer que todas estas conversaciones vayan por un sólo circuito, por el mismo circuito? Si las mezclamos todas lo que va a ocurrir es que se van a confundir las conversaciones y no se va a entender nada.

Recordemos que cada teléfono transmite sólo entre 300 y 3.400 Hz. De tal modo que lo que se suele hacer es mandar directamente las frecuencias del primer teléfono por el par de hilos de cobre. Sin embargo, a las del segundo, de nuevo entre 300 y 3.400 Hz, en lugar de mandarlas tal cual, que se confundirían con las otras, se le suma, se le cambia la frecuencia a 4.000 Hz más (+4 kHz). Es decir, que cuando la frecuencia de este segundo teléfono pasa por este circuito lo que sale no son 300, sino 4.300 y el máximo no son 3.400, sino 7.400, con lo cual ya no se van a confundir las dos señales. La frecuencia del primer teléfono está entre 300 y 3.400 y la del segundo se ha variado, sumándole 4 kHz. Todo este proceso se realiza mediante un circuito electrónico muy sencillo de hacer.

Al siguiente teléfono, le sumamos 4 kHz más, es decir, 8 kHz, y lo mismo al siguiente, y así sucesivamente. Por lo tanto, del tercer teléfono saldrá algo entre 8.300 y 11.400, etc. Al último, si hemos ido sumando de 4 en 4, necesitaremos sumarle 396.000. Su frecuencia será entre 396.300 y 399.400, casi 400.000 Hz (400 kHz). El resultado de todas estas sumas (frecuencias diferentes), es lo que mandamos por la línea que une Madrid con Barcelona. Por lo tanto, por la línea van 100 conversaciones telefónicas simultáneas, pero no se mezclan, ya que cada una va en una frecuencia diferente. La única que se podrá entender, si escuchamos con un altavoz, será la del primer teléfono, la del segundo y tercero serán un extraño sonido y la de los siguientes ni siquiera las oiremos porque están por encima 16 kHz y el oído sólo oye, como máximo, hasta 16 kHz.

Eso no importa, no queremos oírlo, lo que queremos es tener la posibilidad de transferencia de 100 conversaciones simultáneas por una misma línea desde Madrid hasta Barcelona. ¿Qué es lo que tenemos que hacer para separarlas? Una vez la línea ha llegado a Barcelona intercalamos un circuito electrónico que reste los Hercios que le hemos sumado en Madrid y listo: tenemos nuestra conversación particular comprendida entre 300 y 3.400 Hz y ya la podemos oír.

Para que funcione hemos tenido que poner una línea muy cara y amplificadores que tienen que responder entre 300 Hz y 396.400 Hz, pero gracias a eso podemos mandar 100 conversaciones telefónicas simultáneamente, sin que se mezclen.

De manera que muchos canales de voz circulan por un único circuito, o por un sólo par de hilos, gracias a esta tecnología que la podríamos llamar multiplicación de la capacidad por variación de la frecuencia pero que llamamos "multiplexación". Así que esta tecnología se llama multiplexación por división de frecuencias o en Inglés "FDM" (Frequency Division Multiplexation), porque como se ve todas las frecuencias que viajan por el circuito están divididas de 4 en 4 kHz para cada canal. Al equipo electrónico que hace posible esta tecnología, unos armarios con tarjetas electrónicas donde entran normalmente miles de conversaciones telefónicas (en este ejemplo son 100 y sale un sólo hilo), se le llama un multiplexor. Las siglas que se usan para los multiplexores son "MUX". Lo que tenemos en el otro extremo es un desmultiplexor, que hace la función inversa, y lo denominamos "DEMUX".

La multiplexación por división de frecuencia permite muchos canales de voz por un sólo par de hilo, cable coaxial o fibra óptica. La multiplexación se ha estado utilizando ampliamente en el mundo analógico; por ejemplo, es lo que se utilizaba hace unos cuantos años entre Madrid y Barcelona; pues Telefónica puso un cable coaxial que era capaz de transmitir del orden de 7.000 conversaciones simultáneas. Luego, la tecnología fue mejorando, se hizo digital: se cambió el cable coaxial por fibra óptica y hoy día se mandan decenas de miles de conversaciones por una sola fibra aunque hay tecnologías, como veremos más adelante, que permiten mandar por una sola fibra óptica hasta 19 millones de conversaciones simultáneas.

Las frecuencias que aparecen en el dibujo de la figura 1.8 son buenas para la explicación del ejemplo. No obstante, en la práctica los canales se agrupan primero de 12 en 12, luego de 90 en 90. Las frecuencias que se suman van de 4 en 4, pero no son exactamente éstas.

1.6.2. Separación entre canales

Como se ha visto en el ejemplo, la separación entre una conversación y otra es de 4 kHz. ¿Por qué se ha elegido para separar 4 y no 3, ó 5? Si elegimos 3 lo que sucedería es que se solaparían las frecuencias de dos teléfonos y el final de un teléfono se confundiría con el principio del siguiente. Por tanto, hay que separarlos más. Si empleásemos 5 kHz,

sin duda se separaría muy bien; así, las frecuencias del segundo teléfono pasarían a estar entre 5.300 y 8.400 Hz, una muy buena separación, mejor que la de antes, probablemente más cómodo para trabajar con ello.

Pero repitiendo el proceso, con los 100 teléfonos ya no serían 400.000 Hz los que se requerirían, serían 500.000 Hz, un 25% más, con lo cual habría que poner una línea más cara que en el otro caso. De manera que hay que buscar un equilibrio entre separar lo suficiente para que no se mezcle el final de una con principio de otra, pero no tanto para que la línea final salga muy cara. Lo que se ha elegido para tener ese equilibrio ha sido el estándar de 4.000 Hz (4 kHz).

Hemos visto lo que se hace en telefonía, pero ¿qué ocurre en la radio?

En el mundo de la radio hemos visto que se transmite de 50 a 5.000 Hz (en AM) y la separación, por lo tanto, tiene que ser más grande. Además, la tecnología de radio obliga a bastante más separación para evitar interferencias y por eso en la radio de onda media, el estándar que se ha elegido para toda Europa es de 9 kHz; en Estados Unidos, sin embargo, es de 10 kHz de separación, de manera que todas las frecuencias de onda media en EE.UU. siempre acaban en un 0.

En el caso de la FM, la tecnología de mandar en frecuencia modulada requiere una separación todavía mayor, además de que aquí se está enviando hasta 15 kHz en 1 canal y 15 kHz en otro canal, que ya son 30 kHz, y además, en FM se mandan más cosas (el nombre de la emisora, música ambiental, etc.) como luego veremos. Por lo tanto, la separación aquí es mucho mayor, es de 100 kHz. Las frecuencias en FM se miden en MHz y 100 kHz es una décima de MHz, de modo que en FM la separación es 100 kHz, que es lo mismo que decir 0,1 MHz, por eso las frecuencias en FM (como, por ejemplo, 92,7) siempre tienen un decimal y sólo uno. En Norte América, hace tiempo, existían frecuencias de FM como podía ser 92,75, esto es ya centésimas, y no, tienen que ser de décima en décima. De manera que esa es la explicación por qué las emisoras de FM en Europa sólo tienen un decimal.

El **concepto de separación** nos permite mandar por el mismo canal del dial de onda media muchas emisoras de radio. Por un solo canal -el cable entre Madrid y Barcelona- muchas conversaciones telefónicas. Por un solo canal -el dial de FM- muchas emisoras de FM, gracias a que van separadas en frecuencia. Esta tecnología de multiplicar la capacidad por variar la frecuencia es lo que llamamos multiplexación por división de frecuencia, como hemos visto anteriormente.

1.7. SEÑALES DIGITALES

Ya conocemos las señales analógicas (análogas al mensaje que representan), ya conocemos los conceptos de ancho de banda, separación y multiplexación; vamos ahora a tratar de las señales digitales.

Las señales analógicas, que hemos visto, son las señales que representan al mensaje. Ahora vamos a tratar de otras señales, creadas por el hombre, totalmente artificiales, que no se parecen en nada al mensaje que quieren representar o que quieren transmitir. Son las señales digitales. Éstas tienen dos características principales, la primera: ***sólo pueden tener dos niveles o dos valores*** (luego veremos que esto no siempre es así y puede adoptar finitos valores, pero para la explicación es más conveniente hacer esta consideración). La señal analógica, por el contrario, puede tener cualquier valor (voltios que suben hasta un determinado valor positivo, cualquier valor intermedio, cero, voltios que bajan, muchos valores de voltios negativos, etc.). En la señal digital sólo dos valores de voltios: un valor alto y un valor bajo, no hay ningún valor intermedio. La segunda característica es que ***la transición del valor alto al valor bajo no se puede producir en cualquier momento***, no es arbitrario***, se tiene que producir en momentos predeterminados***. En la figura 1.9 podemos ver una representación de cada uno de los tipos de señal.

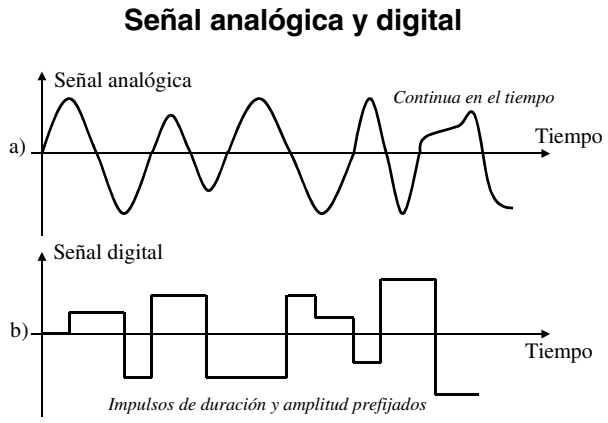


Figura 1.9. Representación de una señal analógica y otra digital.

Últimamente se utiliza mucho la transmisión digital debido a que:

- La tecnología digital se ha abaratado mucho.
- Al usar repetidores en vez de amplificadores, el ruido y otras distorsiones no es acumulativo.
- La utilización de banda ancha es más aprovechada por la tecnología digital.
- Los datos transportados se pueden encriptar y, por tanto, hay más seguridad en la información.
- Al tratar digitalmente todas las señales, se pueden integrar servicios de datos analógicos (voz, vídeo, etc.) con digitales como texto y otros.

- ***Valores de la señal***

  ¿Quién determina los dos valores y quién determina los momentos? Pues lo normal en los valores es que los determine el fabricante de cada equipo y elija dos valores que le sean apropiados. No hay un estándar, hay estándares, según los fabricantes, pero nada más. Eso sí, cuando tenemos que unir un equipo con otro (por ejemplo, un ordenador con una impresora), los dos tienen que entenderse y tener adaptados sus niveles. Hay lo que se llama un entendimiento o protocolo y una interfaz, que es donde se une uno con otro y que garantiza la unión física.

- ***Transiciones de la señal***

  El segundo ¿cuándo se producen los cambios? Puede depender del fabricante, caso de un ordenador, o pueden depender de un estándar internacional, caso del teléfono. En el caso de un ordenador las transiciones se producen en nanosegundos pero el número es variable: seiscientos millones de transiciones en un segundo (procesador de 600 MHz, 600 millones de Hz) obviamente si queremos un ordenador más rápido, las transiciones habrán de producirse a mayor velocidad (900 MHz, 1,4 Gb, etc.).

  Para el teléfono, está estandarizado que sólo se produzcan 64.000 transiciones por segundo, que corresponde a una cada 15,625 microsegundos.

  Resumiendo, los cambios se producen en momentos prefijados y los dos niveles dependen del fabricante. Al nivel alto le solemos llamar uno y al nivel bajo lo denominamos cero. Ni el nivel alto es un voltio, ni el nivel bajo es cero voltios, pero adoptamos estos valores por comodidad.

  Las señales digitales se componen de ceros y unos, en realidad, nivel alto y nivel bajo, que se alternan en momentos predeterminados.

1.8. CONVERSIÓN ANALÓGICO-DIGITAL

Ahora vamos a ver cómo se convierte una señal analógica, la señal de la voz, en señal digital. Eso es lo que se llama la **digitalización (proceso que transforma una señal analógica en digital antes de su transmisión)**. Básicamente consiste en transformar la información analógica a ceros y unos (niveles altos y bajos).

Para digitalizar una señal analógica necesitamos tres actividades. La primera es tomar muestras a intervalos regulares, **muestrear**. La segunda es ver cuánto vale cada muestra, **cuantificar**. Y la tercera es convertir esa muestra en ceros y unos, **codificar**. De tal modo que vamos a aprender a muestrear, cuantificar y a codificar, utilizando para ello como base la señal representada en la figura 1.10.

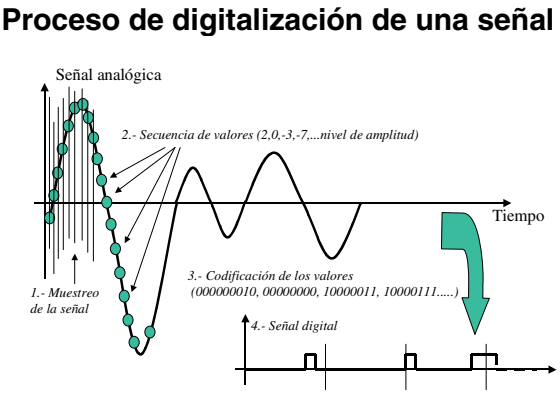


Figura 1.10. Muestreo de una señal analógica y resultado que se obtiene.

1.8.1. Muestreo

La primera cosa que se hace en el mundo digital es tomar muestras. Imaginemos que queremos enviar voz. En el ejemplo de la figura 1.9 a), ése es un sonido que va atenuándose, podría ser el final de un gong. Si lo mandásemos en digital, mandaríamos sólo las muestras, los puntos que están representado por un pequeño circulo. De manera que el mundo digital no manda toda la información: cuando hablamos por un teléfono digital con nuestro interlocutor, no estamos oyendo toda su voz, estamos oyendo muestras de su voz. Cuando vemos a un actor en una televisión digital, no vemos su ojo o su nariz, vemos trocitos de su ojo o de su nariz, pero nuestro ojo cree que los ve enteros.

En el mundo digital no se manda nunca toda la información, se mandan muestras. En el teléfono, por ejemplo, se mandan ocho mil muestras por segundo. En la televisión digital se llegan a mandar hasta 27 millones de muestras por segundo de cada punto: 13,5 millones su luminosidad y 6,75+6,75 millones para los dos colores Rojo y Azul.

¿Qué ocurre? El que recibe esa información no está recibiendo la información entera, está recibiendo las muestras, pero para que no se dé cuenta de ello, hay unos circuitos electrónicos muy sencillos que van recomponiendo la señal. Al recibir la señal se tiene que recomponer la voz o lo que sea uniendo las líneas de puntos, y en este caso, lo que reproduce no es igual que lo que se le ha enviado, se pierden detalles, calidad, tanta más cuanto menor es el número de muestras.

En telefonía esta pérdida de calidad suele ser tolerable ya que, normalmente, corresponde a sonidos agudos y en un teléfono no se transmiten. Luego en el teléfono digital basta con 8.000 muestras por segundo, se pierden detalles pero la conversación es totalmente inteligible.

Obsérvese que esta cantidad de 8.000 es el doble de la separación entre canales, que resultó ser de 4.000 Hz. No es casualidad, está fijada en ese valor a propósito, ya que existe un teorema matemático, el teorema de Nyquist, que dice que "para poder recomponer una señal analógica a partir de sus muestras, la velocidad del muestreo ha de ser al menos el doble que su anchura de banda", es decir, el doble de la frecuencia máxima que se encuentre presente en la señal.

Sin embargo, si esto fuera para un equipo de música no nos podemos permitir perder algunos detalles. En el mundo de la música se toman muchísimas más muestras, para que a la hora de recomponer la señal sea más fiel a la original. En el Compact Disc (CD) de los que tenemos en casa se toman 44.100 muestras por cada uno de los canales (dos para estereofónico), porque se quiere mucho más detalle; el número de muestras está determinado por el detalle que se quiere conseguir (obtención de una reproducción fiel al original).

1.8.2. Cuantificación

Siguiendo con el ejemplo ¿qué es lo segundo que se hace? Ver cuánto vale cada muestra, valorar o cuantificar cada muestra. En este ejemplo el resultado pueden ser voltios, pueden ser minivoltios, la escala es lo de menos. Las muestras valen: 0 la primera, 3 la segunda, 6, 10, 11, 7, 4, etc. De hecho, lo que manda un teléfono digital por lo tanto son valores, el teléfono digital o nuestro Compact Disc, lo que envía es: un 0, entonces el aparato receptor dice 0, un 3, y pone 3, etc., el emisor va mandando la secuencia de números, la línea va mandando las muestras tomadas: 0, 3, 6, 10... De manera que en el mundo digital, primero se toman muestras y luego se ve cuánto vale cada una para poder enviarlas. Lo que ocurre es que los sistemas digitales no entienden del número 0, el 3, el 6, sólo entienden de ceros y unos. Hemos acordado que al nivel alto lo llamábamos 1 y al nivel bajo lo llamamos 0, en el mundo digital sólo se puede hablar, en estas transmisiones, de ceros y unos.

Fijémonos que en el mundo de las matemáticas en el que nos movemos, tenemos 0 y 1, pero también tenemos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8... y así seguiríamos. ¿Qué es lo que tenemos que hacer? Pues para adaptarlos al mundo digital, la tercera de las cosas que hacen los equipos digitales es convertir esta numeración a sistema binario, codificar. A continuación, vamos a ver los pasos para al codificación.

1.8.3. Codificación

Ahora vamos a representar cualquier número utilizando únicamente ceros y unos. ¿Cómo representar todos estos números sólo usando dos símbolos: el cero (0) y el uno (1)?

Para comenzar, el cero y el uno mantienen sus valores. Pero ¿cómo representaríamos el número 2 si sólo tenemos ceros y unos? Con una cifra hemos podido poner el cero y el uno, aquí se necesitan dos cifras, pero tenemos cuatro posibilidades, usar cero-cero, cero-uno, uno-cero o uno-uno, ¿cuál de ellos usar? Pues vamos a seguir dos reglas de la matemática convencional:

Primera, *los ceros a la izquierda no tienen valor*. Los ceros a la izquierda se pueden poner o quitar porque no tienen valor. La segunda regla a aplicar es que *los valores vayan creciendo en un sentido*.

Así, tenemos que el 2 se representa por la combinación uno-cero (10).

¿Cómo representamos el cuatro? Ya hemos agotado las posibilidades con dos cifras, tendremos que usar tres cifras. De nuevo eliminamos todas las que empiecen por cero y representaremos el 4 por uno-cero-cero (100). En la tabla de la figura 1.11 tenemos la representación de los números decimales de 0 al 9, en su equivalente binario.

Número decimal	Código Binario
0	0
1	1
2	10
3	11
4	100
5	101
6	110
7	111
8	1000
9	1001

Figura 1.11. Equivalente entre cifras decimales y su representación en código binario.

A esto se le llama matemática binaria (álgebra de Boole), porque usa dos cifras nada más para todas las operaciones: **el cero y el uno**. Podemos operar con las cifras igual que en la matemática con números decimales. Por ejemplo, la tabla sumar en el álgebra de Boole es muy fácil: cero y cero es cero, cero y uno es uno, uno y uno es cero y me llevo una, porque uno y uno son dos (diez en binario-10).

Eso es lo que hacen los ordenadores digitales, manejan los números en el código binario, con esta codificación. También es lo que hacen los teléfonos digitales, que van dando valores en código binario conforme se va conversando.

A estas señales que estamos considerando se las llama digitales porque utilizamos números o dígitos (del cero al nueve) y a la técnica que las trata técnica digital. En una determinada época a esto se le llamaba técnica binaria, pero la denominación actual proviene del término Inglés *digit* (dígito).

1.8.3.1. BITS

Para representar un número en binario, al igual que sucede con uno decimal, utilizamos cifras (así, el cinco se representa con tres cifras, el 101). El único problema que hay es que hay que añadir cifras que sólo pueden ser cero o uno. A éstas las llamamos **bit** (**bi**nary digi**t**, en Inglés), de tal modo, la representación binaria del número cuatro (100) diremos que está compuesta por tres bits.

Según el número de bits que nos dejen usar ¿Cuántas combinaciones diferentes se pueden hacer? Con un bit sólo tenemos dos combinaciones. Si nos dejaran usar dos bits podemos representar el cero y nos sobra un bit, podemos representar el uno y sigue sobrando un bit, podemos representar el dos y también el tres. Es decir, con dos bits se representan cuatro combinaciones.

La figura 1.12 presenta las combinaciones posibles según el número de bits y, como se puede ver, cada vez que nos dejan usar un bit más, duplicamos el número de combinaciones.

Número de Bits	Potencia de 2	Combinaciones
1	2^1	2
2	2^2	4
3	2^3	8
4	2^4	16
5	2^5	32
6	2^6	64
7	2^7	128
8	2^8	256
9	2^9	512
10	2^{10}	1024

Figura 1.12. Combinaciones posibles según el número de bits empleados.

1.8.4. Códigos usuales para datos

Una característica común a todos los sistemas de transmisión de mensajes hoy en día es que la información digital (caracteres o símbolos) se envía de una manera codificada, es decir, cada elemento se representa siempre de igual manera y con la misma duración dependiendo del código elegido.

En el ámbito popular quizá el código más conocido es el "Alfabeto Morse". Sin embargo no resulta práctico para ser empleado por máquinas automáticas debido a la diferente longitud de cada carácter. A raíz del aumento de éstos, se desarrollaron nuevos códigos, entre los que destacó el "Baudot". Éste usaba el mismo número de elementos para representar cada carácter, por lo cual era adecuado para su uso con sistemas automáticos. El código Baudot, no obstante, tenía una gran limitación impuesta por los sistemas electromecánicos de la época que consistía en el uso de sólo cinco elementos, con lo que el número máximo de combinaciones diferentes era de 32, lo cual era insuficiente para representar el alfabeto y los diez dígitos decimales además de los diferentes signos de puntuación. Este problema se resolvió desdoblando cada elemento en dos diferentes, según el estado de una tecla de control.

El progresivo incremento en el número y la complejidad de los sistemas automáticos en diferentes sectores de la sociedad hizo imperiosa la necesidad de nuevos códigos. En la década de los años 60 se desarrollaron varios entre los que cabe destacar los dos siguientes:

- ASCII (American Standard Code For Information Interchage) definido por los organismos de normalización ANSI en los Estados Unidos y por el ISO (Internacional Standards Organization).

- EBCDIC (Extender Binary-Code-Decimal Interchange Code) desarrollado por IBM y primariamente usado para enlaces entre dispositivos y grandes ordenadores, para comunicaciones síncronas.

Veamos el ASCII, uno de los códigos más extendidos y utilizados hoy en día.

1.8.4.1. EL CÓDIGO ASCII

Todos los ordenadores funcionan con tecnología digital. Cada vez que pulsamos una tecla, el teclado se comunica con el ordenador mandándole ceros y unos. Pero, ¿cuántos? Imaginemos que hemos decidido que cada vez que se pulsa una tecla, el teclado manda 5 bits al ordenador: Con 5 bits, podría mandar treinta y dos combinaciones diferentes, que son las combinaciones posibles (2^5) que se pueden formar con ellos y que servirían para el alfabeto, 30 letras, pero no podría decir si son mayúsculas o si son minúsculas y faltarían los números. Con 6 bits ya se permiten 64 combinaciones y

tenemos el abecedario con mayúsculas y con minúsculas, pero siguen faltando los números y también los signos de puntuación.

De manera que lo mínimo que ha de mandar han de ser 7 bits y se tienen ya 128 combinaciones (las letras mayúsculas, las letras minúsculas, las letras acentuadas, los números, los signos de puntuación, etc.), tal como se aprecia en la tabla de la figura 1.13.

Lo que pasa es que si queremos utilizar algunos símbolos adicionales, probablemente con 128 nos quedemos cortos, así que se usan 8 bits que son nada menos de 256 combinaciones (2^8). Esto va a permitir todas las letras, todos los números, todos los gráficos y alguna letra griega para fórmulas matemáticas, según un código que se llama Código Estándar Americano de Intercambio de Información o Código ASCII (American Standard Code for Information Interchange), que puede ser de 7 (128 caracteres) o de 8 bits (256 caracteres).

Código ASCII - 128 (2^7)

Código ASCII de 7 bits											
				7 0	0	0	0	1	1	1	1
				6 0	0	1	1	0	0	1	1
4	*3*	*2*	*1*	*5* 0	1	0	1	0	1	0	1
0	0	0	0	NUL	DLE	SP	0	@	P	‘	P
0	0	0	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	Q
0	0	1	0	STX	DC2	“	2	B	R	b	R
0	0	1	1	ETX	DC3	#	3	C	S	c	S
0	1	0	0	EOT	DC4	$	4	D	T	d	T
0	1	0	1	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	U
0	1	1	0	ACK	SYN	&	6	F	V	f	V
0	1	1	1	BEL	ETB	‘	7	G	W	g	W
1	0	0	0	BS	CAN	(	8	H	X	h	X
1	0	0	1	HT	EM	)	9	I	Y	i	Y
1	0	1	0	LF	SUB	*	:	J	Z	j	Z
1	0	1	1	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1	1	0	0	FF	FS	,	<	L	\	l	:
1	1	0	1	CR	GS	_	=	M	]	m	}
1	1	1	0	S0	RS	.	>	N	^	n	~
1	1	1	1	S1	US	/	?	O	_	o	DEL

Figura 1.13. Representación de los caracteres del Código ASCII.

Con este código, además de los bits del mismo, cuando se realiza una transmisión se suele enviar un bit más (denominado bit de paridad) que sirve para verificar de una manera muy sencilla si se ha producido o no algún error durante la misma. Este método no es muy eficaz, ya que si se produce un doble error, no lo detecta y por eso existen otros métodos más sofisticados de detección e, incluso, corrección de errores. Así pues, se puede ver también nombrado como código ASCII de 8 bits a un código ASCII de 7+1 (este último de paridad).

1.8.4.2. BYTES

Todos los ordenadores tienen un estándar de cómo se mandan las letras y los caracteres de un teclado o los gráficos que es el código ASCII (código ASCII). Los ordenadores se manejan de 7 en 7 o de 8 en 8 bits, no mandan un bit solo, normalmente mandan ocho que es un carácter y lo guardan en memoria. La "a" se guarda en memoria como 8 bits o sea que cada sitio de memoria necesita el sitio de ocho bits. Los ordenadores modernos que van más rápidos, pueden mandar dos caracteres a la vez, 16 bits, 32, etc., pero siempre son módulos múltiplos de 8. Tan importante y tan frecuente es mandar los bits de ocho en ocho que se ha buscado un nombre específico para representar el conjunto de 8 bits: *octeto* o ***byte*** del anglosajón**.** El bit se representa con una letra "b" minúscula y el byte como una "B" mayúscula.

Ya hemos sido capaces de convertir nuestros números en bits, utilizando sólo el cero y el uno. Muchas veces, por comodidad, en lugar de permitir que el número ocho tenga 4 bits, el siete 3, el uno 1..., se igualan todos al mismo número de bits, por ejemplo, siempre 8 bits. Para ello se incluyen ceros a la izquierda que no tienen ningún valor. Normalmente, se unifica el número de bits, porque es mucho más cómodo para su tratamiento por los ordenadores y demás dispositivos digitales de comunicaciones.

Con esta técnica se pueden representar números negativos, los decimales, quebrados, etc. Por ejemplo, para los negativos se pone un bit antes que es el bit del signo. Si es un cero, da valor positivo y si es un uno, negativo. Los decimales se ponen diciendo cuál es la parte entera, donde está la coma y cuál es la otra parte. Siendo su manejo igual que en las matemáticas normales. Todos los ordenadores se manejan por dentro con números y letras representado por bits. Y con 8 bits la telefonía digital, con 8 bits el teclado del ordenador, es decir, con esa idea de bytes.

Pongamos un ejemplo -teléfono digital- para ver cómo es todo el proceso completo de transmisión de un extremo a otro.

Recordemos, lo primero que hace el teléfono digital es convertir la voz en una señal eléctrica (voltios) mediante el micrófono. Después esa señal analógica resultante la digitaliza: la muestrea, cuantifica y la codifica en paquetes de 8 bits (el cero si usamos 8 bits sería 00000000; El tres sería 00000011; el cinco sería 00000101, etc.). Estas secuencias de ceros y unos será lo que transmita el teléfono digital hacia la línea.

¿Cómo se transmite esa secuencia de ceros y unos por una línea? Pues ya sabemos cómo. Los saltos sólo se pueden producir en momentos establecidos, o sea, cada 15,625 microsegundos y la secuencia de ceros y unos, correspondiente a los valores de las muestras 0, 3, 5, etc. es: 00000000 00000011 00000101, etc. Luego si viésemos los voltios que pasan por una línea telefónica digital, lo que veremos serán ceros y unos.

Cuando el teléfono al otro extremo recibe la secuencia de ceros y unos, lo primero que hace es agruparlos de 8 en 8, puesto que sabe que cada grupo de ocho es un valor de una muestra de la señal. A continuación los toma por orden y los traduce a valores digitales: el 0, el 3, el 5, etc. Estas muestras las introduce en un circuito, convertidor digital analógico (D/A), que recompone la señal original uniendo la línea de puntos imaginaria que ha resultado y esta señal, convenientemente tratada, llega hasta el altavoz que la reproduce. Este es el proceso que sigue la telefonía digital, semejante al de la televisión o la radio digital.

Si en lugar de una conversación telefónica queremos transmitir música, necesitamos mayor calidad y para ello hay que recomponer la señal con más exactitud. En el caso de los CDs, en lugar de 8.000 se toman 44.100 muestras por segundo. Además, se toman muchos más valores, hasta 64.000, lo que requiere 16 bits, en lugar de los 8 que se utilizan para la voz, con lo que el valor de la muestra (número finito de valores) coincidirá mucho más con el valor real de la señal (número infinito de valores). Por lo tanto, disminuye en gran medida la incertidumbre y mejora la calidad.

1.9. VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA

En telefonía, si en un segundo hay 8.000 muestras y cada muestra tiene 8 bits, el número total de bits que tenemos en un segundo son: 8.000 muestras x 8 bits, 64.000 bits (64 kbit/s). Partiendo de este hecho, por el cable de un teléfono digital están saliendo 64.000 bits por segundo y eso es algo equivalente al ancho de banda que utilizamos para el mundo analógico. En la telefonía antigua, en el mundo analógico, se habla del ancho de banda, entre 300 y 3.400 Hz; en el mundo digital hablamos de velocidad de transferencia de datos, medida en bits por segundo.

Hablar, por tanto, del ancho de banda de un teléfono digital es incorrecto. Lo correcto es hablar de la velocidad que tiene esta línea telefónica. La velocidad estándar de la línea telefónica digital es 64 kbit por segundo (kbit/s o kbps) que es la velocidad básica de un circuito digital. Por esta razón, desde siempre, los circuitos digitales se miden en múltiplos de 64 kbit/s. El circuito telefónico de 2 Mbit/s es un circuito de 30 canales de 64 kbit/s.

Sonido digital	Velocidad
Telefonía (voz)	64 kbit/s (8.000 muestras x segundo por 8 bits por muestra)
Compact Disc (música)	705 kbit/s x 2 (estéreo) (44.100 muestras x segundo por 16 bits por muestra)

Figura 1.14. Velocidad requerida por dos tipos distintos de sonido digital.

El estándar en el mundo digital, la unidad más pequeña en línea digital es 64.000 bit/s. Cuando nos referimos a un canal, una línea telefónica o fibra óptica de 2,5 Gbit/s, expresamos la velocidad de transferencia que en el fondo está compuesta de múltiples canales de 64 kbit/s.

Existe otro estándar para la telefonía (circuitos) digital, utilizado básicamente en EE.UU. que utiliza también 8.000 muestras por segundo pero las codifica con 7 bits en lugar de 8. Esto hace que la calidad del sonido sea inferior pero en cambio, la velocidad de transmisión aumenta ya que en este caso son suficientes 56 kbit/s (8.000 x 7 = 56.000), en lugar de los 64 kbit/s, resultando las redes algo más económicas. Las velocidades superiores se forman por agregación de canales de 56 kbit/s en lugar de los de 64 kbit/s utilizados en Europa.

En el CD digital con 44.100 muestras, codificadas por 16 bits, mediante una sencilla multiplicación obtenemos 705.600 (705 kbit/s) por cada canal y como hay dos canales el CD da 1,4 millones de bits por segundo. Cantidad equivalente a unos 22 circuitos telefónicos de 64 kbit/s, 22 canales de voz. La Televisión necesita 200 millones de bit/s, suficiente para unas 310 conversaciones telefónicas. En el mundo analógico era todavía peor, para mandar un canal de televisión hay que quitar más de mil canales de voz y por esa razón no se permitían transmisiones de televisión y radio por las líneas telefónicas. La radio y la TV ocupan tanto, requieren tanta información, que se transmiten por el aire mediante ondas electromagnéticas, para no ocupar los canales disponibles en la red telefónica.

1.10. COMPRESIÓN DE LAS SEÑALES

Ahora lo que va por el aire es el teléfono, con la telefonía móvil, y la TV es la que va por el cable, pero no por la red telefónica, sino por una red propia. ¿Porqué ha cambiado? Por una parte porque las redes son cada vez mejores y ya permiten millones de bits por segundo. Miles de millones de bits por segundo (Giga bits por segundo). El segundo cambio ha venido propiciado por las técnicas de compresión. En audio el sistema de compresión más conocido se llama MP3, muy utilizado en Internet para mandar canciones, que consiste en la posibilidad de reducir la información sin que el oído o el ojo aprecie la diferencia.

Para no mandar una enorme cantidad de información de audio, se comprime y en lugar de 1,4 Mbit/s sólo se requieren 128 kbit/s (12 veces menos), que es lo que hace el estándar MP3, que permite de esta manera, a una velocidad normal de Internet, recibir una canción entre 10 y 15 minutos en lugar de tener que esperar varias horas para que se descargue completamente.

Veremos más adelante la técnica de compresión tanto en audio (MP3) como en video (MPEG), y que permiten a la televisión digital reducir, a una cincuentava parte, el ancho de banda necesario para la emisión de los respectivos canales.

1.11. EL MENSAJE: DATOS

Por datos se entiende una secuencia estructurada de caracteres que representa una información. El patrón de tráfico típico es aleatorio y a ráfagas.

¿Cómo se mandan los datos? De ordenador a ordenador, del cajero automático al banco. Los datos hoy día salen de ordenadores o de equipos similares y por ello ya tenemos una ventaja: los datos ya están digitalizados y así se transmitirán. En el caso del teléfono, empezaba a mandar una serie de ceros y unos, 64.000 por segundo y el teléfono ya sabía que los tenía que ir agrupando de ocho en ocho. En el caso del CD mandamos una cantidad de bits y el CD ya sabe que los tiene que ir agrupando de 16 en 16 (en este caso cada muestra son 16 bits).

1.11.1. Protocolo de comunicaciones

En el caso de los datos habrá que definir cómo son: si van a ser letras o números, van a ser de 8 bits o de 10. Por ejemplo, cuando vamos a un cajero y metemos la tarjeta, el cajero lo primero que tendrá que decir al banco es: -te voy a mandar una información- (es el inicio del mensaje), tendrá que comunicar la información útil y tendrá que especificar el final del mensaje. Probablemente, entre los datos se mande alguno para comprobar que la transmisión está bien, algún dato de prueba que no tiene nada que ver ni con nuestro número de tarjeta ni con lo que queremos hacer. El proceso de cómo es el inicio del mensaje, cómo es el final del mensaje y cuantos bits se mandan, cuáles son los bits de prueba, todo esto es lo que se llama un acuerdo, entre el cajero y el ordenador del banco, que tiene el nombre técnico de "protocolo". Cuando se transmiten datos, hay que emplear un protocolo.

El Protocolo es, por lo tanto, el acuerdo de cómo se mandan los datos.

Lo segundo que hay que hacer es decir los datos que se mandan: lo primero es en número de cuenta, o en este caso lo primero es el número de cajero; lo segundo es el tipo de mensaje, pedir saldo, sacar dinero; lo tercero es el número de cuenta corriente, esto es una especie de plantilla, y eso es lo que se llama la estructura, de manera que al mandar datos, hay que decir cuál es el acuerdo de cómo te los mando y cuál es la plantilla en la que van a ir.

Nº Cajero	Tipo Mensaje	Nº Cuenta Corriente	Importe
2 bytes	1 byte	20 bytes	10 bytes

En el ejemplo que utilizamos, el cajero envía primero 2 bytes (16 bits) para especificar el número de cajero. Lo siguiente, es 8 bits, para decir qué tipo de mensaje, 20

para el número de cuenta y 10 para definir el importe de la operación. Lo interesante del ejemplo es que un cajero cuando hacemos una operación manda unos cientos de bits o unas decenas de Bytes y la operación dura uno o dos minutos.

De manera que un cajero transfiere 200, 500,... bits, mientras que en la telefonía digital implica transmisiones de 64.000 bit/s. Luego si tuviéramos que hacer un *ranking* de velocidad necesaria, lo que menos velocidad necesita normalmente son los datos, lo siguiente es la voz, después la música y finalmente el vídeo.

1.11.2. Protocolo TCP/IP (Internet)

Este protocolo se comentará con mayor detalle en otro capítulo, pero ahora haremos una breve exposición del mismo ya que es uno de los más importantes hoy en día, tanto para el acceso a Internet como para otras aplicaciones.

Su origen proviene de hace ya 30 años, la época en que se diseñaron los primeros estándares de lo que hoy constituye Internet. TCP/IP no es un único protocolo, sino toda una familia de protocolos y aunque está estructurada en capas o niveles, no sigue el modelo de interconexión de sistemas abiertos de la Organización Internacional de Estandarización (ISO), pero tiene cierta similitud con él, como se aprecia en la figura 1.15.

<table>
<tr><th colspan="2">Estructura en niveles</th></tr>
<tr><th>Arquitectura Internet</th><th>Modelo OSI</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Proceso de Aplicación</td><td>Aplicación</td></tr>
<tr><td>Presentación</td></tr>
<tr><td>Sesión</td></tr>
<tr><td>Control de la Transmisión (TCP)</td><td>Transporte</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Internet (IP)</td><td>Red</td></tr>
<tr><td>Acceso a la subred</td><td>Enlace de datos</td></tr>
<tr><td></td><td>Físico</td></tr>
</table>

Figura 1.15. Arquitectura de Internet comparada con el modelo OSI de ISO, en donde se aprecia una estructura en capas o niveles.

El nivel inferior de la arquitectura Internet, conocido como **acceso a la subred**, agrupa las funciones de los niveles físico, de enlace de datos y parte del de red de OSI.

El siguiente nivel, llamado **nivel Internet**, se corresponde con el subnivel encargado de la interconexión de redes dentro del nivel de red de OSI. El protocolo IP es el más importante y su objetivo es conseguir la conectividad de un extremo a otro en redes heterogéneas.

El cuarto nivel, **control de la transmisión**, se corresponde exactamente con el nivel de transporte de OSI. A este nivel tenemos el protocolo TCP que garantiza la correcta entrega de los paquetes de información y el protocolo UDP, orientado a redes sin conexión, que no garantiza el orden en que se reciben los paquetes.

El último nivel, **proceso de aplicación**, está algo indefinido ya que tradicionalmente TCP/IP se ha limitado a dar un servicio de intercambio de datos. Sin embargo, existen algunos protocolos estandarizados para la realización de aplicaciones comunes, como son FTP para la transferencia de ficheros y SMTP para el correo electrónico.

1.11.2.1. PROTOCOLOS SLIP Y PPP

SLIP (Serial Line IP) y PPP (Point to Point Protocol) son dos protocolos muy populares para las conexiones de Internet temporales entre los PC de usuarios y los proveedores de servicios de Internet.

Se pueden usar estos protocolos también para las conexiones entre routers sobre líneas dedicadas en la subred de la Internet.

El protocolo SLIP, desarrollado en 1984, es muy sencillo pero tiene algunos problemas:

- No provee ninguna detección de errores.
- Soporta solamente IP.
- Funciona solo sobre líneas no sincronizadas.
- Cada lado tiene que saber la dirección IP del otro de antemano.
- Carece de todo sistema de autenticación.
- Es muy poco conocido por los usuarios.
- Hay muchas versiones incompatibles.

El protocolo PPP se usa para corregir las deficiencias de SLIP. Aporta, fundamentalmente, tres cosas:

- Un sistema de formar tramas que distingue entre el fin de una trama y el inicio de la próxima y que también maneja la detección de errores.

- Un protocolo de control del enlace para subir una conexión, probarla, negociar opciones y bajarla. Puede operar sobre líneas síncronas y asíncronas.

- Un método para negociar opciones del nivel de red que es independiente del protocolo de nivel de red usado.

1.12. EL MENSAJE TEXTO

El siguiente tipo de mensaje es el Texto. Esta es una clasificación histórica en telecomunicaciones que habrá que ir suprimiendo. Antes en telecomunicaciones se mandaban telegramas o télex pero hoy en día se transmite por fax, correo electrónico, o cualquier otro método.

El Texto es una secuencia de bits que tiene significado en conjunto (una página de un libro, un recibo, unas instrucciones, un manual, etc.) no responde a una estructura prefijada y el patrón de tráfico es predecible.

1.12.1. El Télex

Un télex era (bueno, aún quedan algunos) una especie de máquina de escribir que se conecta a una línea, la línea télex, permitiendo entablar una comunicación o enviar un mensaje con otro corresponsal en dónde sea. Cuando se escribe una “a” a él le sale una “a” y cuando es una “b” a él le sale una “b”, todo esto a la “escalofriante” velocidad de unos 50 bit/s.

El télex era la cosa más lenta del mundo (y ahora mucho más) aunque hay que decir a su favor que era muy seguro y que la red télex alcanzaba todos los rincones del mundo. Además, como sólo mandaba cinco bits, solamente podía enviar o letras o números. Cuando se necesita transmitir números en el télex hay que avisar a la máquina del otro extremo del cambio a números, para ello hay una tecla de cambio de letras a números. Por si fuera poco, estamos limitados a transferir letras en mayúscula o letras en minúscula, no se puede elegir porque sólo hay treinta y dos combinaciones diferentes (recordemos, combinaciones de 5 bits).

Actualmente quedan muy pocas líneas télex en servicio, muy pocos mandan, quizá los exportadores e importadores de mercancías o los consignatarios de buques, los datos por télex, ya que en sitios muy remotos puede ser lo único que existe y que, además, tiene

validez jurídica ya que queda constancia del destinatario, remitente y hora de envío del mensaje.

1.12.2. El Fax

Hoy en día los textos se mandan, normalmente, por ordenador o por correo electrónico (e-mail), y se transmiten como datos. También se pueden enviar textos por fax aunque en realidad el fax trata la información como si fueran gráficos.

El servicio facsímil o de fax se refiere a la transmisión de documentos (imágenes) que llegan al receptor como una reproducción fiel de los originales. Su funcionamiento se basa en la conversión de una imagen (texto, fotografía o dibujos) en una serie de impulsos eléctricos digitales que son transmitidos a distancia mediante un módem, a través de la red telefónica conmutada. En el punto de destino un equipo de características similares al emisor realiza el proceso inverso, reproduciendo el documento original de una forma fiel.

Con el fax no se manda la "b" como tal "b" sino como una sucesión de puntos negros. Imaginemos una página de fax, imaginemos que selecciono una línea y dentro de esa línea, unas palabras (figura 1.16). Como vemos, la transmisión es el resultado de un muestreo de todo el texto del documento, descompuesto en sucesivas exploraciones.

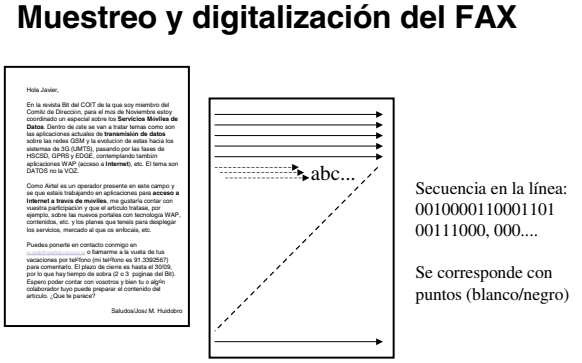


Figura 1.16. Muestreo de una página de texto para ser enviada por fax.

Cuando lo que se ve es un punto blanco, se manda un cero (0) y cuando se ve un punto negro, se manda un uno (1); se estaría mandando una secuencia del tipo: ...000110000110011001110110000011...

El muestreo (señal resultante de ceros y unos) circula a una velocidad de 9.600 bit/s, o 14.400 bit/s, cuando el equipo de fax se conecta a líneas analógicas, provocando

que una página DIN A4 tarde aproximadamente un minuto en transferirse. El hecho de enviar la información punto a punto permite mandar letras, dibujos o gráficos (la imagen fija, por ejemplo, una fotografía, es un gráfico).

La resolución estándar para los faxes del Grupo III es una exploración de 3,85 líneas por milímetro, con 1.728 puntos en una línea horizontal de 210 mm. La resolución vertical se puede ver mejorada si se disminuye la velocidad, llegando al doble (resolución fina) o, incluso, al cuádruple en resolución extra fina, permaneciendo la horizontal con el mismo valor.

En el caso de documentos en color, se utiliza un equipo de fax distinto al de blanco y negro, más rápido y con mayor resolución, que necesita mejores líneas. Estos faxes no son habituales, puesto que resultan muy caros, por lo que lo normal es enviar todos los documentos en formato de tonos de grises.

Para enviar un fax, el usuario coloca el documento en el terminal, selecciona el destino y pulsa el botón de inicio. A partir de este momento se negocian las condiciones de envío y se procede a la transmisión del mismo, como si de una comunicación de datos se tratase. Una vez se ha finalizado, se obtiene confirmación del resultado "correcto" o "incorrecto" del envío.

1.12.2.1 ESTÁNDARES PARA EL FAX

La evolución tecnológica experimentada a partir de la década de los 70 ha sido constante, apareciendo entonces el facsímil o fax del Grupo I y del Grupo II, ya en 1980 el del Grupo III, y en 1984 el del Grupo IV, conocido también como fax digital o para RDSI. También, es común utilizar la denominación Grupo 1, 2, 3 y Grupo 4.

GRUPO I Constituyen la primera generación de facsímiles, utilizaban transmisión analógica, modulación en frecuencia y un tiempo de 4 a 6 minutos para enviar un documento de tamaño A4. Hoy en día no se utilizan.

GRUPO II Continúa con la transmisión analógica, con incorporación de técnicas de compresión en la modulación y un tiempo de envío de 3 minutos para una página A4. También están en desuso.

GRUPO III Incorpora la transmisión digital, técnicas de modulación en fase y permite una velocidad de hasta 14.400 bit/s. Ofrece una resolución típica de 200x200 puntos por pulgada (dpi/*dots per inch*) y el envío de una página A4 implica menos de 1 minuto. Son los de uso común en el mercado.

GRUPO IV Este facsímil digital, con gran resolución (400x400 puntos), requiere de la RDSI para su utilización. Emplea tecnología láser, papel normal y permite el color. La velocidad de transmisión es muy alta, 48 o 64 kbit/s, transfiriendo una página A4 en 3 segundos.

Vemos ahora por qué el texto está en vías de extinción dentro de la clasificación del mundo de las telecomunicaciones: actualmente se envía como datos (e-mail), gráficos (fax), o mensajes cortos de texto (SMS) a través de redes móviles, o incluso como mensajes multimedia que incluyen además sonido.

1.13. LA IMAGEN

La imagen puede ser, como se ha visto, fija (gráficos) o en movimiento (vídeo).

Las imágenes fijas como las fotografías, los cuadros, etc. son más fáciles de tratar que las imágenes que sirven para representar sensación de movimiento.

El ejemplo típico de imagen en movimiento, lo tenemos en el cine o en la televisión, por tanto, utilizaremos ésta última para introducir y explicar muchos de los conceptos que vienen a continuación. Por razones obvias, el cine no es un ejemplo adecuado para explicar procesos o tecnologías en telecomunicaciones, puesto que su soporte tradicional es la película de celuloide. Sin embargo, veremos que tiene cierta relación con algunos conceptos que se verán seguidamente.

1.13.1. La imagen en movimiento

La manera de emitir una imagen en TV es dividiéndola en líneas. En la TV a cada imagen se le suele llamar cuadro.

Cada imagen se descompone en 576 líneas, es el estándar. Corrientemente se habla de 625 líneas que son las que se transmiten aunque solo se vean 576. El patrón americano es de menos líneas, en EE.UU. incluso hubo un estándar de 450 líneas. El estándar mundial de la TV digital se ha concretado más y son 576 líneas, ya no se hace el engaño de contar que hay 625.

Imaginemos que son 625, porque de verdad nuestro televisor está barriendo la pantalla 625 veces: el haz de electrones que ilumina al tubo recorre la pantalla 625 veces por imagen. Esas imágenes que se componen de 625 líneas, tienen que dar sensación de movimiento. La sensación de movimiento se consigue superponiendo una imagen detrás de otra muy rápido de tal modo que la retina no es capaz de descubrir que son imágenes diferentes. El final de una se confunde con el principio de otra debido a un fenómeno llamado persistencia de la retina que consigue que no se me borre una imagen hasta la

aparición de otra nueva. Ése fue el invento del cine, poner las imágenes una detrás de las otras a una cadencia de 24 imágenes cada segundo.

En la televisión son 25 imágenes por segundo en lugar de poner 24, que parece lo más fácil porque así se podrían compartir formatos sin problema, se pasan 25 por una comodidad técnica; debido a la frecuencia de la electricidad o frecuencia de la red.

La corriente que nos ilumina es corriente alterna a 50 Hz, o 50 ciclos por segundo. En Europa para la TV se ha elegido la mitad de esa frecuencia, mientras que en EE.UU., donde la frecuencia es de 60 Hz, la televisión da 30 imágenes por segundo. Al emitir a la mitad de la frecuencia de red se simplifica mucho el procedimiento de sincronizar. Cogemos la mitad de la frecuencia de red que es la misma en toda España y listo.

Otra disparidad entre el cine y la televisión, es que el cine es luz que se proyecta sobre una pantalla, mientras que en la TV lo que se ve es la luz directamente y eso causa dos diferencias importantes:

La primera es la mezcla de colores. La mezcla de colores en el arte gráfico, luz sobre una pantalla difiere de la mezcla en la TV que es luz directa sobre los ojos.

La segunda diferencia importante proviene de que en el cine proyectamos 24 imágenes por segundo sobre una pantalla, lo cual no causa problemas a la vista del espectador. Sin embargo, en la TV son 25 imágenes de luz por segundo que impactan directamente sobre los ojos; si no hiciéramos nada, eso causaría una sensación incómoda de parpadeo. Veríamos 25 rayos de luz sobre los ojos que darían sensación de movimiento, sin duda, pero causarían cansancio visual al espectador. Para evitar esto, en la TV se utiliza el truco de conseguir 50 golpes de luz por segundo, 50 imágenes por segundo. Pero como para el movimiento bastan 25, no se mandan el doble de imágenes por segundo ya que, como nos podemos imaginar, los costes aumentarían enormemente.

Luego el problema planteado es: tenemos 25 imágenes por segundo pero se quieren conseguir 50 impactos luminosos sobre los ojos. ¿Cómo hacerlo? Una solución puede ser repetir las imágenes dos veces. Se recibe una imagen, se guarda en el televisor y se pone dos veces. Vemos 50 imágenes al precio de 25, la sensación de movimiento está asegurada y se elimina el parpadeo. La solución es tan buena que existen televisores así, "televisores de 100 Hz", que se anuncian como tales. Ahora es muy fácil de hacer pero cuando se inventó la televisión no se podía porque no existía sistema de almacenamiento de imágenes. Se almacenaban en las películas de cine nada más, no existía el vídeo, un invento de los años 60.

Se inventó un sistema de 25 imágenes por segundo, pero que daba 50 impactos luminosos. El truco fue mandar 50 medias imágenes por segundo que se ven como si fueran imágenes completas. Primero nos da las líneas impares, después las líneas pares,

las entrelaza y así forma la imagen que repite en ciclos de 50 veces por segundo. Técnica que recibe el nombre de entrelazado.

Con las tecnologías modernas no hace falta entrelazar. Entrelazar es complejo, hace falta que las líneas pares caigan exactamente en medio de las impares. Cuando se dice que la pantalla del ordenador no está entrelazada (NE) es que actualmente hay monitores que no lo necesitan.

El proceso seguido en televisión es el que se representa en la figura 1.17, consistente en: primera imagen dos mitades, segunda imagen, otras dos mitades. La imagen es que lo se llama cuadro, en televisión cuadro 1, cuadro 2. Las líneas impares se denominan campo impar y las pares campo par. De manera que en televisión se dice: cuadro 1 campo 1, cuadro 1 campo 2. La secuencia es: Cuadro 1 campo 1 de líneas impares, cuadro 2 campo 2 de líneas pares,… y así se va haciendo y así se transmite la televisión. De manera que la televisión en nuestra casa va transmitiendo la línea 1, la 3, la 5 y luego, después de llegar en la última a las 312,5 (línea 313 o 311), pasa a la 2, 4, 6, etc.

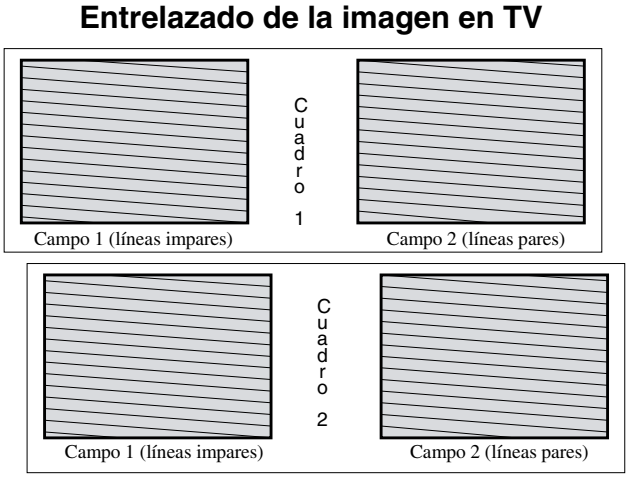


Figura 1.17. Entrelazado de imágenes en la televisión.

En la técnica de blanco y negro la cámara de televisión explora línea a línea la imagen; cuando ve un punto blanco, asigna pocos voltios y cuando ve un punto negro, da muchos voltios. Cuando ve puntos grises, da valores intermedios.

En el otro lado la pantalla del televisor invierte el proceso: el tubo de televisión lanza un haz muy fino de electrones que va recorriendo las líneas y choca con la pantalla luminiscente al estar recubierta por una capa de fósforo (figura 1.18); cuando chocan electrones, el fósforo se pone fluorescente y cuando no hay electrones, el fósforo se

mantiene apagado. Va recorriendo la pantalla del televisor un haz de electrones que puede ser cero (ningún electrón, el punto negro) o muchos electrones (punto blanco) o algo intermedio (punto gris), que va formando la imagen (figura 1.19). En los televisores en color, en lugar de un único haz, existen tres haces distintos, uno por cada uno de los colores básicos y la pantalla tiene fósforo de tres tipos distintos para representar los tres colores básicos. En este caso, el ajuste es más crítico ya que cada tipo de haz solo puede impactar en los puntos del fósforo que corresponde a ese color.

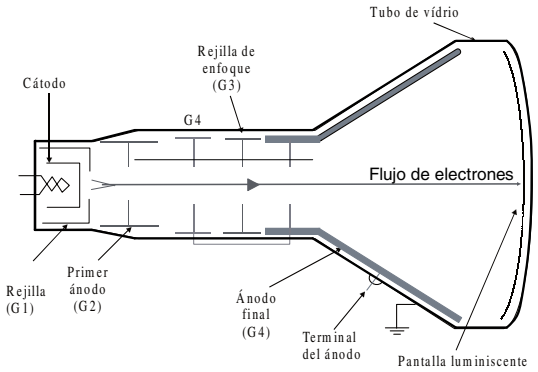


Figura 1.18. Tubo receptor de televisión que muestra el camino seguido por los electrones hasta llegar a la pantalla luminiscente.

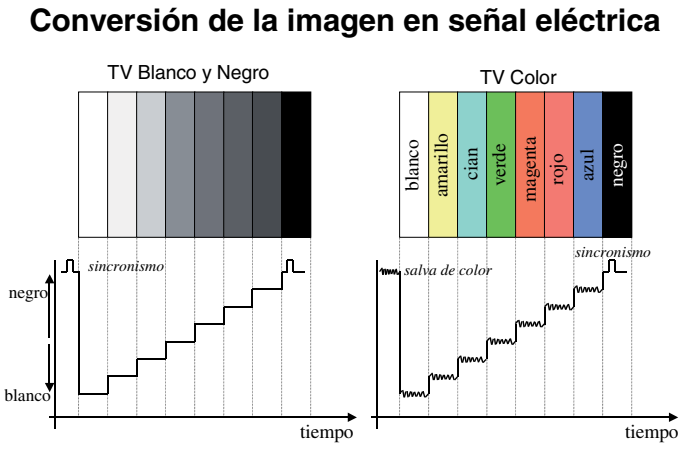


Figura 1.19. Conversión de la imagen en señal eléctrica en la TV analógica.

La deflexión del rayo se puede realizar, bien sea electrostáticamente con ayuda de dos pares de placas perpendiculares entre sí, o bien magnéticamente, por medio de una bobina deflectora. La deflexión magnética se prefiere a la electrostática porque con ella se pueden obtener mayores ángulos de deflexión trabajando a tensiones inferiores; por este motivo se la suele emplear en los tubos de Braun de los receptores de televisión, a fin de acortar así la longitud del aparato.

En el tubo de Braun (figura 1.20), el rayo de electrones que avanza en zig-zag al mismo ritmo de barrido a que trabaja la emisora, proyecta la imagen televisada en la pantalla fluorescente de modo que durante los retrocesos no da luz. La pantalla contiene una sustancia fluorescente finamente repartida (cuyo componente principal es, por ejemplo, sulfuro de cinc); añadiendo a ésta compuestos especiales se puede influir sobre la coloración que adquiere el brillo.

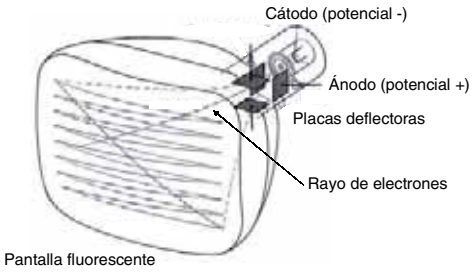


Figura 1.20. Tubo empleado en TV y recorrido en zig-zag por la pantalla de los electrones, para realizar el barrido de la imagen.

1.13.2 Las señales de televisión analógica

En la televisión analógica existen 625 líneas por segundo, de las que sólo 576 son activas porque el tiempo en el que no se ve la imagen se aprovecha para mandar otra información; se transmiten 25 imágenes por segundo, 50 medias imágenes por segundo. Hay tres colores básicos o primarios, el **Rojo (R)**, el **Verde (G)** y el **Azul (B).** La combinación de los tres, si se suman, da el blanco (si los tres van a todo su tono, o el negro si los tres van a 0, 0, 0, o grises intermedios si van tonos intermedios). La suma de los tres es lo que se llama **"Y", la señal de luminancia**, la iluminación. Todo esto que vamos a ver seguidamente, nos ayudará a comprender mejor el proceso de compresión de imágenes y como es posible transmitir información enviando muchos menos bits por segundo.

La televisión, por lo tanto, manda tres colores R G B (señales de **crominancia**) y en el televisor ocurre lo siguiente: si viene R, significa que tiene que mandar un rayo al fósforo rojo; si viene G, al fósforo verde, y si viene B al fósforo azul. La cantidad de rayo determinará el color: muchos electrones darán un color muy luminoso y viceversa. Ésa cantidad de luz es la señal que llamamos "Y", compuesta de la suma de los tres colores. El ojo es muy poco sensible a R, G y B, así que estas tres señales se pueden transmitir con poco detalle, el ojo no va a distinguir mucho; en cambio, la "Y" hay que mandarla muy bien, porque el ojo detecta muy bien la cantidad de gris. Pero eso significa que habría que mandar RGB e "Y", cuatro señales cuando en realidad, recordemos, siempre se quiere mandar lo menos posible. Lo menos posible significa que bastaría con enviar la RGB, porque la "Y" se puede deducir sumando las otras tres.

Lo que ocurre si hacemos eso, es que si no cuidamos la señal R, ni la G, ni la B, la suma (Y=R+G+B) saldrá también poco cuidada, con poco detalle, luego no se van a ver bien los grises, a los que el ojo es muy sensible. Por tanto, para ver bien los grises habría que mandar bien la R, bien la G y bien la B, lo cual es muy caro. ¿Qué solución se le da a este problema? Pues en lugar de mandar RGB y de ahí deducir la "Y", se envía la Y, la R y la B y de éstas se deduce la G. Se puede hacer cualquier combinación, y de unas extraer la señal que falta.

¿Qué ventaja tiene mandar Y, R y B, en lugar de RGB? Que la Y se transmite con gran detalle porque el ojo es muy sensible a ella mientras que R y B se envían sin tanta calidad. Por tanto, la calidad de G, al igual que la de R y B no será muy buena, pero nuestro ojo casi no se apercibirá de ello y la transmisión resultante es mucho más sencilla.

Así que en televisión se ha decidido no transmitir los tres colores, se mandan el Rojo y el Azul y la señal de iluminación, la señal de luminancia. Así, se envía una señal de luminancia y dos señales de crominancia, mientras que la tercera señal de crominancia se deduce mediante una simplísima operación matemática.

En realidad, la televisión no manda la Y, la B y la R, sino (Y-B)+(Y-R). Desde el punto de vista del espectador es lo mismo, porque el televisor las recompone. Pero eso es ya letra pequeña y no entra dentro del ámbito de esta obra la explicación de sus detalles.

1.13.3. Formato de la televisión analógica

La televisión analógica ha venido presentando diversos formatos, según el momento y el país; así, han sido distintos en el continente americano y en el europeo, y, dentro de este último, no ha sido el mismo en Alemania que en Francia.

Los sistemas de televisión analógica actuales, en Europa, son (tabla de la figura 1.21):

	Aspecto	Número de Líneas	Imágenes/s	Ancho de Banda
PAL	4:3	625	25	5 MHz
PAL +	16:9	625	25	5 MHz
Alta Definición (HDTV)	16:9	1.250	50	20 MHz

Figura 1.21. Clasificación de los sistemas de TV analógica.

1.13.3.1. EL SISTEMA PAL

El primero es el PAL que usamos normalmente. Conviene saber que el ancho de banda que requiere enviar una señal de televisión, para que se vea bien es de 5 MHz (en televisión 5 MHz es el ancho de banda). A lo que hay que añadir espacio para el sonido y las señales de sincronismo, resultando un ancho de 5,5 MHz, pero 5 MHz es el estándar para la señal de vídeo.

1.13.3.2. LA TV DE ALTA DEFINICIÓN

Hubo la idea de hacer una televisión de alta definición que fuera muchísimo mejor, doblando el número de líneas y de imágenes por segundo para evitar los problemas de entrelazado y mejorar la calidad del visionado. Recibió el nombre de televisión en Alta Definición (HDTV). El sistema se empezó a desarrollar en Japón, se desarrollo una TV de alta definición, denominada MUSE; los europeos también hicimos lo propio, se llamaba HD (de High Definition) MAC. MAC era el sistema de multiplexación que se usaba para la televisión. Los americanos, como no, empezaron a pensar en su TV en alta definición.

El único problema es que era doble de líneas y de imágenes, resultando en cuatro veces más de ancho de banda y haciendo necesarios 20 MHz. Los japoneses, que fueron los primeros, la pusieron en marcha. Los europeos empezaron con pruebas pero cada vez que se ponía un canal de alta definición había que ocupar el sitio de 4 canales normales o mandarla por otro lado, por satélite.

A nadie se le ocurrió quitar cuatro programas para meter uno de alta definición. De modo que los europeos, al final, desecharon el sistema, ya que les pareció que la mejora en calidad no era tanta, considerando, además, que venía la televisión digital, que ya de por sí proporcionaba más calidad. Por lo tanto, el proyecto que pagamos a escote con impuestos, el famoso HDMAC se abortó en el año 1992. Los americanos, avisados con nuestro ejemplo, no empezaron el sistema y decidieron pasar directamente a la TV digital. De manera que en este momento los europeos y americanos no tenemos TV de alta definición, estamos pasando a la digital (TDT o Televisión Digital Terrenal). Para los sistemas digitales hay un acuerdo entre americanos, europeos y japoneses, tenemos un sistema más o menos común y, por lo tanto, la alta definición quedó olvidada.

1.13.3.3. EL FORMATO PANORÁMICO 16/9

La otra cosa que se hacía en alta definición era hacer la pantalla un poco más larga. La pantalla de TV es una pantalla con una relación de aspecto 4-3 (proporciones entre anchura y altura). En el cine las proporciones son distintas, es mucho más ancho que la TV (va desde el cine normal de 35 mm, hasta el cine panorámico, el más ancho de todos).

Cuando en TV se quiere ver como en cinemascope se transmite en lo que se llama el efecto "sobre": se pone negro la parte baja de la pantalla y la parte alta y obtiene la relación de aspecto del cine. Pero cuando se inventó la televisión de alta definición, se pensó en corregir esto haciendo la pantalla un poco más grande. Lo que ha quedado de aquel proyecto es una pantalla entre el cine y la TV (relación 1,77 a 1 ó 16 a 9). De manera que la TV actual tiene una relación de aspecto de 16/9, en lugar de 4/3. Para acordarse se utiliza la siguiente regla nemotécnica: 9 es el cuadrado de 3 (3 x 3 = 9), 16 es el cuadrado de 4 (4 x 4 = 16).

1.13.3.4. EL SISTEMA PAL +

Lo único que se aprovechó de la TV digital fue la relación de aspecto 16/9 y a ese sistema se le ha llamado el sistema PAL plus o PAL+. Sigue siendo el mismo número de líneas y de imágenes pero mediante una técnica de compresión, consigue el mismo ancho de banda a pesar de que la imagen es más alargada (con más información).

Éste es el estándar en estos momentos en Europa. Se transmite indistintamente en PAL o en PAL+. Los televisores de sistema PAL cuando se transmite en PAL+, recortan los laterales. A la inversa si tenemos un monitor 16/9 y la señal viene en PAL perdemos los extremos superior e inferior o se acaba deformando la imagen.

1.14. LA TELEVISIÓN DIGITAL

En cualquier caso, la TV va hacia el 16/9, hacia sistemas de más ancho de pantalla. Esto en la TV analógica. Como era natural, tenía que venir también la TV digital. Todo va hacia el mundo digital, básicamente debido a tres ventajas:

- La primera ventaja importante es que se unifica el sistema para radio, teléfono y TV, se envía todo en el mismo formato, ceros y unos. Por lo tanto, la misma red me vale para mandar voz, música y televisión. Son lo que se llaman redes de servicios integrados, redes en las que diferentes servicios van por la misma red. Los operadores de cable modernos por su red van a mandar digitalmente teléfono, acceso a Internet, televisión, radio y otros servicios. La red digital de servicios integrados, la famosa RDSI, permite mandar por una red telefonía, fax, música, vídeo en poca definición, etc.

- Segunda ventaja, se emplean las mismas técnicas que en los ordenadores (los ordenadores funcionan con ceros y unos), se pueden mandar datos o se puede mandar voz. Por la red va lo mismo y todos los aparatos alrededor de las redes son comunes a las técnicas de los ordenadores (digital) que es una técnica muy frecuente y, por lo tanto, proporciona una importantísima economía de escala. Los ordenadores cada vez son más potentes y tienen mayor capacidad de memoria, eso permite a las redes aprovecharse de su tecnología y dar muchas prestaciones a muy alta velocidad con muy pocos errores.

- Tercera ventaja, capacidad de enviar más cantidad de información en el mismo tiempo. Pero eso es algo inherente no sólo a la digitalización, sino también a las técnicas de compresión que se está utilizando hoy en día en los circuitos digitales.

De manera obtenemos tres ventajas con la utilización de la tecnología digital: unificación de sistemas, precio más barato por economía de escala e insensibilidad al ruido y distorsión. Y una ventaja adicional por la técnica de compresión, más capacidad que antes en el mismo espacio.

Entre las principales limitaciones que nos encontramos en la televisión analógica es que cada vez que la señal es regenerada en un repetidor se introduce ruido, degradando la calidad de la señal, y que no es posible reducir el ancho de banda de la señal para aprovechar mejor el espectro radioeléctrico, ya que éste es fijo. La televisión digital viene a solucionar estos problemas: digitalizar la señal permite regenerarla en cada repetidor sin pérdida de calidad y sin introducción adicional de ruido; además, una de las principales ventajas que ofrece la televisión digital es la posibilidad de reducir el ancho de banda que ocupa un programa o canal de televisión, gracias a técnicas de compresión como MPEG-1, MPEG-4, o MPEG-2, siendo este último estándar, el estándar de compresión adoptado para la TV digital de alta definición (HDTV), como veremos a continuación.

También, la compresión de la señal de TV es importantísima en las redes de transmisión de TV digital sobre ADSL utilizando el protocolo IP, ya que con la compresión se pueden incluir un mayor número de programas en el mismo ancho de banda y se permite dar servicio a un mayor número de usuarios, ya que la distancia que puede alcanzar una línea xDSL (Digital Subscriber Loop) es inversamente proporcional a la velocidad (ancho de banda que utiliza la señal). Así, cuanto más cerca están los usuarios de su central local a mayor velocidad podrán recibir y transmitir.

De hecho, la tendencia es a que toda la televisión, ya no sólo la emitida por satélite o por cable, se emitan en digital, sino que para finales de 2012 en España la televisión terrenal también tendrá que ser en digital, lo que hará necesario el empleo de codificadores para poder seguir utilizando los antiguos receptores analógicos.

1.14.1. Tratamiento de la señal digital. El color

¿Qué se hace en la televisión digital? Se envían "Y", "B" y "R" igual que en el mundo analógico pero en televisión digital, igual que en todo el mundo digital, la imagen ya no está compuesta por líneas sino por muestras. Resultando que una pantalla de televisión digital no es una sucesión de líneas, sino muestras (puntos) alineadas.

El estándar de televisión digital son 720 muestras en cada línea. Para seguir con el estándar analógico de 576 líneas visibles, las 720 muestras se dividen en 720 puntos horizontales y 576 verticales. Eso se hace muestreando la señal, y el resultado es de 13 millones y medio muestras por segundo para la luminancia. Las señales de color hay que cuidarlas menos porque el ojo es menos sensible al color, y por ello se toman a la mitad de detalle (6,75 millones). Es decir, todos los puntos de nuestro televisor digital contienen información detallada en cuanto a la señal de iluminación, a la "Y"; pero sólo los puntos impares reciben señal de color.

Para subsanar la carencia de información cromática en los puntos pares el televisor deduce el color de ese punto basándose en una media entre lo que tienen el anterior y el siguiente; el televisor plasma (interpola, para ser exactos) un color intermedio entre los puntos de los extremos sin que el ojo sea capaz de distinguir diferencia con el original.

Este sistema se llama el 4:2:2 debido a que por cada cuatro puntos hay cuatro informaciones de luminancia pero sólo dos de rojo y dos de azul, por lo tanto, sólo se podrán deducir dos de verde. Hay incluso sistemas 4:1:1, pero el estándar es el 4:2:2.

1.14.2. Compresión de la señal

Si medimos el número de bits que se necesitan para mandar la señal, teniendo en cuenta que la "Y" se manda con bastante detalle, codificada cada muestra con 10 bits (1.024 tonos de grises diferentes) y que la B y la R que son colores, son transmitidos con menos detalle, sólo 8 bits (256 tonos de color), resulta una cantidad bastante elevada y si hacemos esa cuenta completa, sale que la televisión digital requiere 207 millones de bits por segundo (207 Mbit/s). Aún así, a pesar de haber reducido el detalle para los colores, el ojo no detecta las diferencias entre uno y otro tono de color y mucho menos en los tonos de grises, pero bueno, se ha admitido 1.024 tonos en el gris y 256 en el rojo y en el azul.

Una línea de televisión digital requeriría 207 Mbit/s, mientras que una línea telefónica sólo ocupa 64 kbit/s, así que para transmitir menos información se comprime la señal. Sistemas de compresión hay muchos, el sistema de compresión más suave es el que usa Retevisión para mandar la señal desde el plató de Antena 3 o Telecinco a toda España. Comprime muy poco, hasta 32 Mbit/s. Pero para que llegue a nuestro televisor el estándar de TV digital en estos momentos (MPEG-2) comprime bastante más.

1.14.2.1. EL ESTÁNDAR MPEG

El nombre MPEG proviene de la génesis de la técnica; para hacer este sistema se convocó a un grupo de expertos en temas de imágenes en movimiento a los que, en inglés, se llamó *Motion Pictures Expert Group.* En primera instancia se pidió a ese grupo que hiciera una compresión muy fuerte: que de los 207 Mbit/s llegara a 1,5 Mbit/s, dividir o comprimir por 138. El resultado fue el MPEG-1. Éste es el método, que se usa para almacenamiento y reproducción en ordenadores, en CD-ROMs. Un sistema que comprime tanto que pierde calidad. Siendo ésta equivalente a la de un vídeo VHS (peor que la calidad de televisión).

Posteriormente se le pidió al mismo grupo que desarrollase un estándar nuevo, con un nuevo requerimiento: comprimir de tal modo que no se notara la diferencia entre una imagen sin comprimir y una comprimida. Los expertos llegaron al estándar MPEG-2 que, dependiendo de la dificultad de compresión de la imagen, requiere del orden de 3 Mbit/s a 6 Mbit/s.

Las dificultades en la compresión provienen de la cantidad de movimiento, del detalle y la disparidad de colores. Cuanto menores sean estos factores más fácil resultará comprimir. La aplicación práctica del MPEG-2 ha establecido un estándar para la transmisión de TV digital en torno a los 4 Mbit/s, lo cual ofrece un buen compromiso entre imágenes fáciles y difíciles de comprimir.

Hay otras compresiones mucho más grandes, como puede ser la que se utiliza para el videoteléfono o la videoconferencia pero con ellas se pierde bastante calidad. Si la imagen no está quieta se ve borroso o sólo trasmite una imagen por segundo, provocando un efecto como en una discoteca con las luces estroboscópicas.

1.14.2.2. EL DOLBY DIGITAL

Para los que tengan un oído muy fino y no se conformen con un equipo de sonido normal existe un sistema denominado Dolby Digital que consigue una calidad extraordinaria, siempre que la instalación esté adecuadamente realizada y todos los equipos de la cadena cumplan las especificaciones que se exigen. Este sistema es válido para audiciones en casa (se puede conectar al televisor o al DVD) y también en salas de cine.

El Dolby Digital (también conocido como AC-3) es un sistema denominado de 5.1 canales debido a que proporciona 5 canales independientes (izquierdo, derecho, central, surround izquierdo y surround derecho); todos ellos reproducen una gama de 20 a 20.000 Hz, frente al Dolby Surround cuya gama va de los 100 a los 7.000 Hz.

Además, el sistema puede proporcionar un canal subwoofer (3-120 Hz) opcional e independiente. A pesar de que los cinco canales proporcionan un ancho total de banda que

abarca todo el espectro audible, se añade un canal para los efectos sonoros de Baja Frecuencia (LFE, el canal 1) para aquellos aficionados que exigen sonidos graves particularmente poderosos, que casi se perciben físicamente.

Como los graves son muy difíciles de conseguir -el grave requiere un altavoz muy grande-, pero tiene la ventaja de que no es nada directivo, lo que se hace entonces es poner un altavoz sólo para graves en cualquier sitio de la sala de audición. Además, el sistema Dolby Digital aumenta la separación entre canales y la capacidad de que sonidos individualizados lleguen desde múltiples direcciones al oyente.

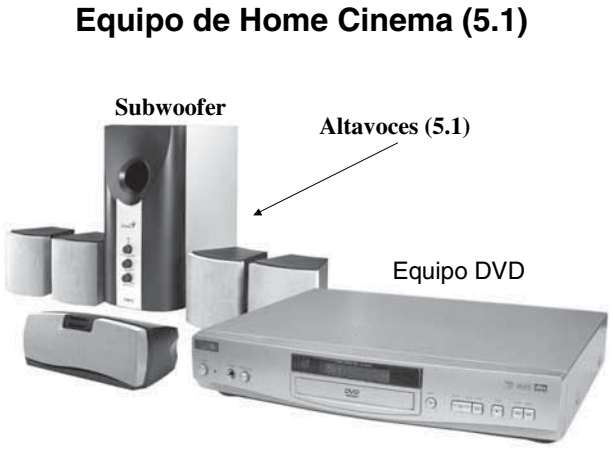


Figura1.22. Equipo de Home cinema que soporta el estándar Dolby Digital.

1.14.3. La señal compuesta de vídeo

La televisión manda imagen, sonido (monoaural, estereofónico o múltiple) y sincronismo (para sincronizar la exploración de la imagen en la cámara con la recepción en la pantalla del televisor). Esa combinación recibe el nombre de **señal compuesta de vídeo**.

Si miramos por atrás un reproductor de DVD, veremos una cosa que pone R, otra que pone G, otra B, otra señal compuesta, otra no sé que. La explicación es que tiene que mandar tres informaciones para la imagen RGB. Otra de sincronismo (normalmente el sincronismo va subido, va añadido, a la señal verde, "G", pero en otros casos va con la señal compuesta) para que la recepción en pantalla siga a la exploración de la imagen en la cámara.

Y a esto hay que añadir otra señal para el sonido que además ahora se manda no sólo estereofónico, sino seis canales diferentes (Dolby Digital o Surround), dos derecha-izquierda, dos atrás, ya van cuatro, uno en el centro para tener una buena referencia de que el sonido está enfrente, son cinco (para medios y agudos); y un altavoz sólo para graves en cualquier sitio.

El sistema moderno en la televisión es mandar lo que llaman 5.1 canales: centro, laterales delanteros y traseros y uno que es de supergraves, que le llaman un super-woofer en Inglés, y que acabamos de ver en el apartado anterior.

CAPÍTULO 2

LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN

2.1. MEDIOS DE TRANSMISIÓN DE ENLACE

Para llevar a cabo una conversación telefónica se precisan, además del teléfono y las centrales de conmutación, unos medios de transmisión de enlace. A través de estos medios se constituyen los circuitos individuales que van a poner en comunicación el terminal de un usuario con el de otro, proporcionando un circuito normalizado, conforme a unos estándares determinados, extremo a extremo. Para el envío de la música o de las imágenes, sucede algo similar: hace falta un medio para transmitir el mensaje a distancia, lo que constituye la telecomunicación.

El medio físico de transmisión empleado para enviar el mensaje, formado por las señales estudiadas en el capítulo anterior, es lo que veremos a continuación.

Ya tenemos el mensaje, convertido en una señal eléctrica que se puede expresar por su nivel en voltios, digitales o analógicos, aparte de por su frecuencia y otros parámetros, que ahora tenemos que mandar. ¿Por dónde podemos hacerlo?

Hay, básicamente, cuatro sistemas; el más antiguo y abundante es el par de hilo de cobre (en muchas ocasiones, en telegrafía se utilizaba un único conductor ya que el retorno de la señal se hacía por la tierra, que también es conductora, ahorrando con ello mucho dinero en la instalación del tendido).

El siguiente es el cable coaxial. También podemos utilizar ondas de radio, bien mediante estaciones situadas únicamente en la Tierra, o bien combinando éstas con un satélite. Por último, tenemos la opción que supuso un cambio revolucionario: enviar luz en lugar de voltios a través de una fibra óptica.

Los medios de transmisión pueden ser:

Guiados si las ondas electromagnéticas van encaminadas a lo largo de un camino físico; **no-guiados** si el medio es sin encauzar (aire, agua, etc.).

Simplex si la señal es unidireccional; **half-duplex** si ambas estaciones pueden trasmitir pero no a la vez; **full-duplex** si ambas estaciones pueden transmitir simultáneamente.

En resumen, los medios físicos de transmisión, más comunes, guiados y no guiados, son:

- **Par de cobre**
- **Cable coaxial**
- **Fibra óptica**
- **Ondas de radio**
- **Satélites de comunicaciones**

2.2. EL PAR DE COBRE

Par de hilo de cobre. Sistema tradicional para enviar electricidad: Dos hilos de conductores de cobre, paralelos o trenzados, que pueden encontrarse apantallados o no, es decir, recubiertos o no de un material también conductor de la electricidad, pero sin contacto con los dos hilos interiores.

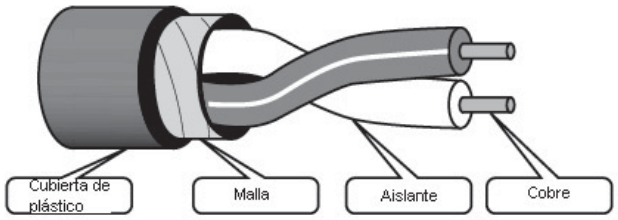


Figura 2.1. Par de hilo de cobre, utilizado para comunicaciones.

Los dos hilos de cobre tienen la ventaja de que son muy fáciles de hacer; así, un par de hilos de cobre es lo que une el teléfono de nuestra casa con la central de telefónica en el barrio. Es lo que llamamos normalmente el bucle local, el tramo final, la última milla, línea de abonado, etc.

El bucle local es obsoleto desde el punto de vista técnico, pero no será dado por obsoleto porque hay muchísimos en el mundo. Sólo en España hay del orden de 18 millones de bucles de abonados con par de hilo de cobre, enterrados, y por lo tanto no se van a sacar. Se dice que la red telefónica mundial constituye la mayor mina de cobre del mundo. Además, para mandar la señal del teléfono es suficiente; luego veremos que incluso vale para algunas cosa más.

Los pares de hilo de cobre de varios usuarios pertenecientes al mismo edificio, se unen al salir del mismo y van todos juntos en un solo cable de muchos pares de hilo de cobre hasta llegar a la central telefónica local, lo que constituye las redes de telefonía de planta exterior.

El bucle de abonado es siempre a dos hilos y se emplea tanto para llevar a cabo la transmisión como para la recepción. Este par de hilos, al llegar a la central urbana, se transforma mediante un elemento (una especie de transformador) llamado "bobina híbrida" a cuatro hilos, separándose entonces las señales en una y otra dirección, ya que al ser la unión con las centrales situadas en otras ciudades a través de sistemas de transmisión, éstos necesitan cuatro hilos para transmitir la conversación debido a que emplean circuitos amplificadores que actúan en un único sentido, para reducir su coste.

2.2.1. Interferencia entre pares

Si el par de hilo de cobre de nuestro teléfono fuera unido al par de hilo de cobre de nuestro vecino y fueran así todo el rato, en ese tramo que hay hasta la central se produciría un fenómeno de inducción o de interferencia: una conversación se mezclaría con la otra, con lo cual oiríamos lo que dice nuestro vecino, y él oiría lo que decimos nosotros. Para evitar ese fenómeno molesto, en vez de ir paralelos, los hilos de cobre se envían trenzados y por eso se llama hilo o par de cobre trenzado, en inglés Twisted Copper Pair (TCP).

Además, a lo largo del camino se hace lo que se llama transposición, es decir, se va cambiando el orden en que van los pares para que la pequeña inducción que aún pueda haber no sea siempre sobre el mismo par. Varios pares, identificados cada uno por códigos de colores, agrupados en estrella o en cuadretes, según como se alineen, se van uniendo en grupos de cables más gruesos para formar cables mayores, de hasta varios cientos (mazos de cables).

En el interior de los hogares ya no hace falta llevarlo trenzado puesto que la distancia a recorrer suele ser pequeña y, además, no hay otros circuitos que pudiesen interferir. Por lo tanto, el cable de teléfono que va grapado por la pared es un par de hilos de cobre paralelos, similar al que usamos para el resto de equipos eléctricos, sólo que más finos. Normalmente, los estándares en España son de 0,5 milímetros o de 0,4 mm, cada uno.

En la acometida interior se identifican cada uno de los conductores mediante un resalte visible dispuesto longitudinalmente en uno de ellos, aunque no suele ser necesario hacerlo, ya que el orden en el que se conectan se puede invertir sin que ocurra nada.

Para la acometida exterior, que sufre las inclemencias del tiempo, se emplea un cable, formado por dos conductores de acero aleado con cobre de calibre 1 mm dispuestos en paralelo, que lleva un alambre de acero galvanizado en el caso en que sea aéreo. Los cables de abonado desde la central agrupan muchos pares (por ejemplo 600) y se van múltiplando en cables más pequeños hasta llegar a la manzana o al inmueble.

La gran desventaja de este par de cobre es que cabe muy poca información. De hecho, si le pedimos a Telefónica una segunda línea telefónica prefiere ponernos un segundo par de hilo de cobre antes de la complejidad de mandar dos otra comunicación telefónica por el mismo par, que es algo posible técnicamente (por ejemplo, con la RDSI), pero que sale más caro.

En aplicación práctica, el par de hilo de cobre sirve para un circuito de teléfono o de fax. También vale para enviar datos a baja velocidad, acceso Internet (hoy día ya es a 57.000 bits por segundo) o videoteléfono de baja calidad. En España existe una aplicación que se llama hilo musical que consiste en mandar hasta seis canales de audio por el mismo hilo telefónico y el usuario selecciona el que quiere escuchar.

2.2.1.1. AGRUPACIÓN EN MAZOS DE CABLES

A modo de ejemplo, los cables de pares, de uso muy común en la planta telefónica, llevan conductores de cobre, con un calibre de 0.50 mm. La cubierta está constituida por una cinta de aluminio y una funda exterior de polietileno, llevando en algunos casos una cinta de acero como refuerzo.

Estos cables de pares se construyen reuniendo los conductores de cobre, convenientemente aislados, en pares que a su vez son torsionados con 25 pasos diferentes a fin de reducir los desequilibrios de capacidad par-par, que dan lugar a diafonía entre pares. Los cables, con un máximo cada uno de 25 pares, se cablean en capas concéntricas y si se requieren más de 25 pares, se agrupan unidades de 25 pares hasta conseguir la cantidad necesaria, atando cada grupo mediante una ligadura (hilo no higroscópico) distinta a fin de identificarlo dentro del conjunto, y añadiendo un par piloto (Negro/Blanco), pudiéndose dividir en sub-unidades más pequeñas cuando sea preciso, pero siempre tratando de obtener un núcleo cilíndrico.

2.2.2. Bobinas híbridas

La misión de las bobinas híbridas es adaptar el circuito de dos hilos del bucle de abonado al circuito interurbano formado por cuatro hilos -un par para transmisión y otro para recepción-, tal y como se muestra en la figura 2.2. Si esta adaptación fuese perfecta

no habría retorno de señal en ninguno de los dos sentidos, pero esto, normalmente, no ocurre ya que la impedancia de cada bucle de abonado es diferente por serlo su longitud. Por tanto, se producen desacoplamientos que hacen que parte de la señal transmitida en el extremo receptor, se induzca en el circuito contrario. Siendo el resultado una señal que se mezcla con la generada en dicho extremo y que es captada como un eco que, dependiendo de la magnitud, puede resultar muy molesto.

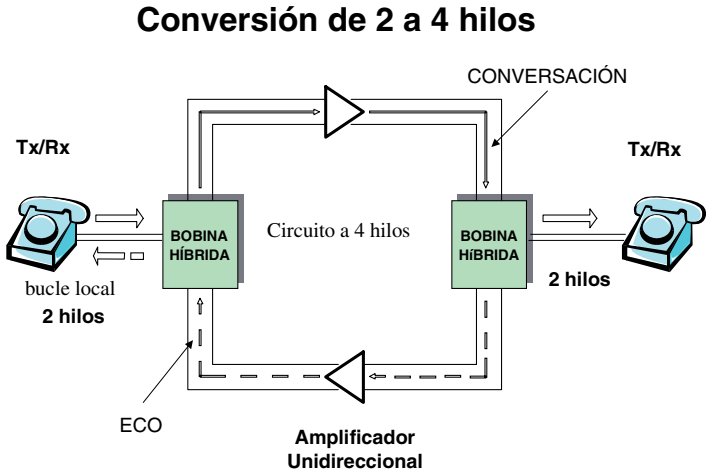


Figura 2.2. La misión de las bobinas híbridas es adaptar el circuito de dos hilos del bucle de abonado a los cuatro hilos que conforman un circuito interurbano.

Por esta causa se hace necesario el empleo de circuitos "supresores de eco" que o bien abren el circuito de retorno para evitar que la señal inducida llegue al emisor, o bien introducen pérdidas altas en el mismo para que llegue muy debilitada y no moleste. El inconveniente que presentan es que con su empleo solamente se puede mantener la conversación en un único sentido, lo que convierte la línea en *semidúplex*. Posteriormente, se han introducido los "canceladores de eco" cuya función es similar pero ejecutada de forma diferente: introducen filtros *adaptativos* que eliminan toda la señal de retorno que tenga parecido con la emitida, permitiendo mantener la conversación en ambos sentidos de manera simultánea.

2.2.3. Ancho de banda y velocidad de transmisión

El ancho de banda de un sistema indica la cantidad de información, medida en frecuencia o en bits, que es capaz de transmitir por unidad de tiempo. Transmitir una imagen requiere transferir mucha mayor cantidad de información por unidad de tiempo que una conversación.

La anchura de banda de una señal debe limitarse a la de los equipos y medios de acceso a la red que la procesan. Se expresa en Hercios (analógico) o en bits por segundo (digital).

Para que una conversación telefónica sea inteligible y se pueda distinguir al interlocutor, todo el sistema debe tener capacidad para transmitir el margen de frecuencias entre los 300 y 3.400 Hz con la mínima distorsión posible. De esta forma, la señal vocal llegará a nuestro interlocutor con una calidad adecuada.

Visto el ejemplo del sistema telefónico, la asimilación de lo que significa el ancho de banda es sencilla: el margen de frecuencias que es capaz de soportar el sistema sin causar una distorsión apreciable en la señal para la calidad de servicio establecida.

- **Ancho de banda**

De esta forma, queda establecido que el ancho de banda disponible –normalizado– en los circuitos del servicio telefónico es de:

3.400 - 300 = 3.100 Hz (Hercios)

En los servicios de telecomunicación en los que la señal es digital, como, por ejemplo, la transmisión de datos a través de una red de conmutación de paquetes, el ancho de banda no se indica en Hercios sino que se mide en bit por segundo. Los proveedores de telecomunicaciones ofrecen servicios en los que el acceso a sus redes se contrata en función del ancho de banda que necesita el usuario: 2.400 bit/s, 9.600 bit/s, 64 kbit/s, 2 Mbit/s, etc.

En este punto tenemos que recordar la fórmula del logaritmo. Aunque en este caso lo usaremos en base 2, en lugar del más común que es en base 10. Utilizando logaritmos convertimos multiplicaciones y divisiones en sumas y restas, resultando más sencillo para operar.

El **logaritmo "c"** de un número **"a"** en base **"b"** es el número al que hay que elevar "b" para que nos dé "a". Veámoslo con un ejemplo:

Log_b a será igual a "c", si $b^c = a$

Log_2 8 será igual a 3, ya que $2^3 = 8$

Log_{10} 100 será igual a 2, ya que $10^2 = 100$

La velocidad de transmisión que se puede alcanzar sobre un determinado circuito se define como el número máximo de bits que se transmiten por segundo (bit/s) y su

límite viene dado por el ancho de banda del mismo y por la relación señal/ruido que presente, según una de las dos siguientes fórmulas:

$$\mathbf{C = 2B \log_2 n}$$

En donde **C** representa la capacidad de transferencia máxima del canal expresado en bit/s, **W** el ancho del canal en Hz y el parámetro **"n"** el número de estados posibles de señalización en la línea, concepto que trataremos más adelante.

En una línea en la que existe ruido la fórmula es, según el teorema postulado por el científico Shannon en los años 40:

$$\mathbf{C = B \log_2 (1+S/N)}$$

En la que **S/N (Signal/Noise)** es la relación entre el nivel de la señal útil y del ruido presente en la línea. Para un ancho de banda de 3.100 Hz y un nivel de señal 1.000 veces superior al ruido, resulta una capacidad teórica de 31.000 bit/s, aunque actualmente hay técnicas que permiten superar esta cifra.

- **La velocidad de transmisión**

La velocidad de transmisión o *bit/rate*, es el parámetro que mide el flujo máximo de bits que pueden transmitirse entre dos equipos de datos (por ejemplo, dos ordenadores) en un segundo. Por consiguiente, la velocidad viene dada en bit/s. Como puede comprobarse, este parámetro se puede confundir con el del ancho de banda, pero no tiene porque ser así. En concreto, la velocidad de transmisión (V_t) se refiere exclusivamente a la velocidad con que los datos fluyen en el interface de entrada/salida del terminal.

$$\mathbf{V_t = 1/t \log_2 n} \text{ bit/s}$$

En este caso, el parámetro **"n"** es el número de estados distintos en la línea. Para n=2 (estados 0 y 1) la velocidad de modulación coincide con la de transmisión; para n=4 (estado 00, 01, 10 y 11) es el doble; para n= 3 (estados 000, 001, 010, 011, 1000, 1001, 1010, 111) cuatro veces más, etc.

- **Velocidad de modulación**

Por una línea de transmisión pueden enviarse señales que cambien de estado, como por ejemplo un bit se transmite como un "1" y el siguiente pasa a ser un "0".

Se define la *velocidad de modulación (V_M)* como el número máximo de veces por segundo que puede cambiar el estado de la señal en la línea de transmisión, siendo **el parámetro "t"** la duración en segundos del intervalo significativo mínimo.

$\mathbf{V_M = 1/t}$ baudios

Este parámetro es específico en el contexto de la línea de transmisión, es decir, sólo se hace referencia a ella cuando se quiere indicar la velocidad a la que se están transfiriendo los datos por la línea de transmisión. Su unidad es el *baudio*, denominada así en honor a Baudot.

Existe una relación entre la velocidad de transmisión y la velocidad de modulación, que viene dada por la siguiente ecuación:

$\mathbf{V_t = V_M \lg_2 n}$ bit/s

En el caso en que la señal sólo tenga dos estados (0 y 1) entonces n = 2 y resulta si aplicamos la fórmula que $\mathbf{V_t = V_M}$, es decir, el número de bit/s coincide con el número de baudios. Si la señal tuviera 4 (modulación QPSK, por ejemplo) o más estados, cada uno de éstos llevaría más de un bit de información. En este caso el número de bits transmitidos no coincide con el número de símbolos, sino que es un múltiplo de 2, según se deduce de la fórmula anterior.

2.2.4. ADSL. Más capacidad para el bucle de abonado

El mayor problema del par de hilo de cobre es su escasa capacidad. Considerando que está muy extendido y es muy costoso instalar nuevas redes, se está intentando aprovechar el par de hilo de cobre lo más que se pueda. Hay una tecnología denominada ADSL (Asymetric Digital Suscriber Line), línea de abonado digital asimétrica, que permite teóricamente mandar un canal de televisión, dos incluso con calidad VHS, o acceder a Internet a alta velocidad. La veremos con detalle en otro apartado, y en este haremos solo una breve introducción.

El problema con ADSL es que es una técnica compleja, que requiere módems (routers) más complejos en casa del abonado y en la central del operador de telefonía. Requiere la instalación y configuración por parte de un operario o la puede hacer el propio usuario si posee los suficientes conocimientos técnicos. Además, puede tener problemas si la línea no es muy buena, de que no me llega la información bien o tenemos interferencias con nuestro vecino, con lo cual el ADSL que tiene ciertas limitaciones para su implantación en las redes actuales.

En cualquier caso, ADSL es una tecnología teóricamente buena pero cara y no útil en todos los pares de cobre. Una ventaja del par de cobre es su sencillez, si se estropea un par de hilo de cobre, se suelda y puede seguir funcionando. Pero cuando queremos utilizar técnicas complejas como el ADSL eso no se puede hacer.

De cualquier modo, aunque ya no se utiliza para largas distancias, tendrá plena vigencia en el último tramo, en los 100 metros últimos, porque ahí es tan corta la distancia que admite pasar mucha más información.

2.3. EL CABLE COAXIAL

El siguiente salto en capacidad es el cable coaxial (se utiliza tanto para transmitir señales analógicas o digitales) que está formado igualmente por dos hilos de cobre, dos conductores de cobre para que pasen electricidad: un conductor por el centro y el otro toma forma de malla y va rodeándolo (el típico cable de bajada desde la antena de TV hasta el receptor). Se separan para que no haya cortocircuito con un aislante de plástico, inyectado de forma continua o espaciadamente, formando una espiral o en anillas, y se cubren para su protección con un plástico externo. El conductor externo, en forma de malla, actúa como protector y confiere al conjunto un grado de inmunidad frente a interferencias muy superior al que tiene el par trenzado.

Debido al tipo de apantallamiento realizado, es decir, a la disposición concéntrica de los dos conductores, el cable coaxial es mucho menos susceptible a diafonías e interferencias que el par trenzado; además, se puede utilizar para cubrir mayores distancias, tiene mayor ancho de banda y posibilidad de conectar un número de estaciones en una línea compartida. Sus principales limitaciones son la atenuación, el ruido térmico y el ruido de intermodulación, este último aparece sólo cuando se usan simultáneamente varios canales o bandas de frecuencias.

Los cables coaxiales individuales se agrupan en mazos para formar cables a su vez mayores y en caso de ir enterrados en el lecho submarino requieren de técnicas especiales de construcción para evitar las tensiones y ser atacados por la corrosión o mordidos por los peces.

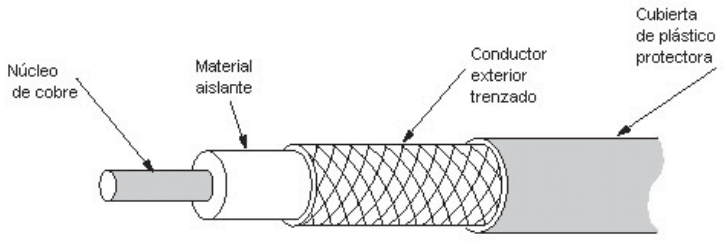


Figura 2.3. Cable coaxial, formado por dos conductores concéntricos separados por un aislante.

Coaxial significa “mismo eje”, es decir, tanto el hilo fino como la malla tienen el mismo eje longitudinal. Un ejemplo muy extendido de este tipo es el cable que utilizamos

para ver la televisión, desde la antena colectiva del tejado hasta nuestro monitor. Debido a su estructura permite mucha más capacidad de enviar información que el par trenzado, evitando también las pérdidas de potencia por radiación al exterior.

La señal de televisión que no se puede transmitir por el par de hilo de cobre, viaja perfectamente por un cable coaxial. De manera que ya hace mucho tiempo en telecomunicaciones de larga distancia se empezó a usar el cable coaxial. Se fue mejorando la capacidad y cuando dejó de usarse en larga distancia, principalmente debido a que se ha sustituido por la fibra óptica, daba una capacidad de hasta 7.680 circuitos telefónicos por un solo cable coaxial. Es una mejora evidente sobre el par trenzado que permite, por ejemplo, mandar a corta distancia cientos de canales de TV por un cable coaxial o una instalación de unos 50 canales en una ciudad.

No obstante, presenta varios inconvenientes frente al par de hilo de cobre: es más grueso, tiene de seis a diez milímetros de diámetro. Es más caro y más difícil de manejar; la soldadura es más compleja puesto que hay que dar continuidad al conductor interno y a la malla. Así que, normalmente, no se suelda y, en su lugar, se ponen conectores. Por lo tanto, para largas distancias también está obsoleto. De manera que el par de hilo de cobre y el cable coaxial van a quedar casi exclusivamente para el último tramo, desde la acera o azotea hasta nuestras casas. El cable coaxial principalmente para televisión o Internet a alta velocidad, y el par de hilo de cobre para telefonía.

2.4. LA FIBRA ÓPTICA

La historia de la comunicación por la fibra óptica es relativamente corta, pues hasta el año 1977 no se instaló un sistema de prueba en Inglaterra; dos años después, se producían ya cantidades importantes de pedidos de este material. Antes, en 1959, como derivación de los estudios en física enfocados a la óptica, se descubrió una nueva utilización de la luz, a la que se denominó rayo láser, que fue aplicado a las telecomunicaciones con el fin de que los mensajes se transmitieran a velocidades inusitadas y con amplia cobertura. Sin embargo, esta utilización del láser era muy limitada debido a que no existían los conductos y canales adecuados para hacer viajar las ondas electromagnéticas provocadas por la lluvia de fotones originados en la fuente denominada láser.

Fue entonces cuando los científicos y técnicos especializados en óptica dirigieron sus esfuerzos a la producción de un conducto o canal, conocido hoy como la fibra óptica. En 1966 surgió la propuesta de utilizar una guía óptica para la comunicación. Esta forma de usar la luz como portadora de información se puede explicar de la siguiente manera: Se trata, en realidad, de una onda electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, con la única diferencia que la longitud de las ondas es del orden de micrómetros en lugar de metros o centímetros.

Actualmente, una fibra óptica es un finísimo hilo de vidrio muy puro (aunque también se construyen de plástico, por economía), con un diámetro entre cinco o diez micras, los antiguos eran de 50 micras. Para que se pueda manejar, al fabricarlos se rodean de más vidrio o plástico, pero este vidrio o plástico de fuera no es el que conduce la luz. De hecho las dos partes de la fibra se construyen a propósito con un índice de refracción diferente, para que si la luz intenta salir, el vidrio de fuera actúe como un espejo y vuelva a meter el rayo para dentro (su índice de refracción hace que la luz se refleje y no salga al exterior. Externamente, se pone un recubrimiento para protección mecánica, para que no se estropee.

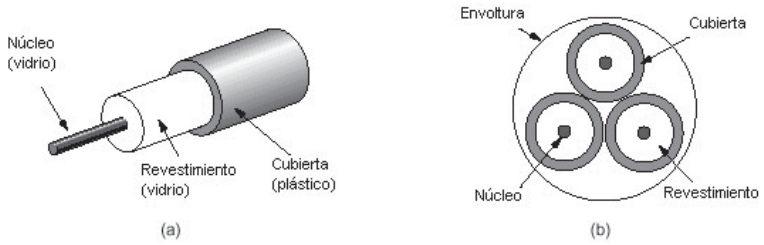


Figura 2.4. Estructura de la fibra óptica, mostrando su constitución.

La fibra óptica permite transmitir comunicaciones a cientos de kilómetros sin necesidad de convertirla en electricidad para amplificarla, dado que ya existen amplificadores ópticos. Además, la cantidad de información que se puede transferir es muy grande.

2.4.1. Características de las fibras ópticas

Las principales características de la transmisión por fibra y cables de fibra se detallan seguidamente:

Permiten la multiplexación de múltiples señales en la misma fibra, utilizando diferentes frecuencias portadoras (FDM). De esta manera se incrementa la capacidad de transmisión.

Es una de las transmisiones más seguras, puesto que al no radiar energía al exterior resulta muy improbable la detección de la señal que está siendo transmitida. Siendo necesario para ello interferir en el sistema, algo bastante difícil de hacer sin que sea detectado, pues para ello habría de interrumpir el enlace durante un largo período de tiempo.

Tienen pocas pérdidas de potencia, debidas fundamentalmente a la absorción de la señal y no a la radiación. Por lo que se pueden conseguir enlaces de varias decenas de kilómetros sin necesidad de usar amplificadores de señal.

Puesto que la señal se transmite mediante fotones en lugar de electrones, este sistema resulta inmune a cualquier interferencia electromagnética procedente del exterior; esto significa ausencia total de ruido y, por tanto, errores en la transmisión. Al mismo tiempo se evita el riesgo de incendios y explosiones en instalaciones propensas a ellos.

El tamaño y peso de los cables de fibra óptica utilizados es muy pequeño, lo cual facilita enormemente su instalación, disminuyéndose el coste de la misma y de su posterior mantenimiento.

Es inmune a las condiciones climáticas externas, tales como agua, temperatura, etc., no presentando peligro alguno en su manipulación. Sin embargo, debido a fisuras en la cubierta protectora, puede penetrar la humedad en el interior del cable y deteriorar la fibra; para protegerla, se rellena el interior con un gel que evita la entrada de agua en el mismo.

Debido al perfecto aislamiento de la fibra del medio exterior, la tasa de error (porcentaje de bits erróneos) de la transmisión es muy baja; típicamente, de 10^{-9} frente a 10^{-6} en los cables de pares.

La utilización de circuitos semiconductores en los equipos transmisores y receptores provoca la continua evolución de éstos, mejorándose las prestaciones de los mismos y disminuyendo sus costes, lo cual hace cada día más atractivo el uso de estos sistemas.

2.4.2. Conversión electro-óptica

¿Cómo convertimos la voz en luz? Directamente sería difícil, pero hemos visto que se puede convertir en una señal eléctrica (voltios) de una manera muy sencilla, tan sólo hace falta un micrófono. Pasarla de electricidad a luz es aún más fácil y se hace mediante un diodo emisor de luz o LED (Light Emitting Diode). Cuando el LED recibe más voltios, da más luz, y cuando recibe menos voltios, da menos luz, lo mismo que hace una bombilla, sólo que con mucha menos potencia y con una respuesta más rápida a las variaciones de voltaje. En el otro extremo, para realizar la conversión contraria, tenemos que poner un instrumento que invierta el proceso, una célula fotoeléctrica, o célula fotovoltáica o un fotodiodo.

Para la utilización de la fibra óptica la señal eléctrica se transforma en luminosa y, modulada en forma de pulsos, se transmite a través del núcleo hasta el receptor, donde es reconvertida de nuevo en eléctrica, sin que haya una gran pérdida de potencia. En la fibra óptica el ancho de banda puede ser superior a 2 Gbit/s, con atenuaciones muy bajas.

Las longitudes de onda (nanometros) a las que la fibra presenta menos pérdida de potencia se denominan ventanas. En la tabla se puede ver la longitud de onda de la luz que se corresponde con cada una de ellas (donde la atenuación presenta un mínimo):

1ª ventana	2ª ventana	3ª ventana
850 nm	1.300 nm	1.550 nm

- **Fibra Monomodo**

Si en las fibras ópticas el diámetro del núcleo (entre 1 y 10 μm) es similar a la longitud de onda, sólo un rayo de luz o modo puede viajar a través de ella, denominándose a estas "fibras monomodo". Esta solución proporciona un gran ancho de banda. Las fibras monomodo se emplean normalmente en enlaces de larga distancia.

Potencialmente, ésta es la fibra que ofrece la mayor capacidad de transporte de información. Tiene una banda de paso del orden de los 100 GHz/km. Los mayores flujos se consiguen con esta fibra, pero también es la más compleja de implantar ya que sus pequeñas dimensiones implican un manejo delicado y entrañan dificultades de conexión que aún hoy se dominan mal. Son fibras que tienen el diámetro del núcleo en el mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las señales ópticas que transmiten, es decir, de unos 5 a 8 mm. Si el núcleo está constituido de un material cuyo índice de refracción es muy diferente al de la cubierta, entonces se habla de fibras monomodo de índice escalonado.

- **Fibra Multimodo**

Con las fibras ópticas para que se transmita en modo *multimodo* se precisa que el diámetro del núcleo sea muy superior a la longitud de onda de la señal luminosa a transmitir. Esta señal, que entra por un extremo de la fibra con diferentes ángulos, se ve refractada innumerables veces en su camino hacia el otro extremo, llegando, por tanto, con diferentes fases. Los diferentes ángulos de entrada dan lugar a los distintos modos, de ahí la denominación "fibra multimodo". En éstas el diámetro del núcleo suele ser aproximadamente de 50 micrometros y el del recubrimiento en torno a los 125 μmicrometros. Se utilizan para enlaces entre centrales urbanas o de corta distancia.

Las fibras multimodo de **índice de gradiente gradual** tienen una banda de paso que llega hasta los 500MHz por kilómetro. Su principio se basa en que el índice de refracción en el interior del núcleo no es único y decrece cuando se desplaza del núcleo hacia la cubierta. Estas fibras permiten reducir la dispersión entre los diferentes modos de propagación a través del núcleo de la fibra. La fibra multimodo de índice de gradiente gradual de tamaño 62,5/125 m (diámetro del núcleo/diámetro de la cubierta) está normalizada, pero se pueden encontrar otros tipos de fibras con una relación diferente.

Las fibras multimodo de **índice escalonado** están fabricadas a base de vidrio, con una atenuación de 30 dB/km, o plástico, con una atenuación de 100 dB/km. Tienen una banda de paso que llega hasta los 40 MHz por kilómetro. En estas fibras, el núcleo está constituido por un material uniforme cuyo índice de refracción es claramente superior al de la cubierta que lo rodea. El paso desde el núcleo hasta la cubierta conlleva, por tanto, una variación brutal del índice, de ahí su nombre de índice escalonado.

Si bien con la fibra óptica disfrutamos de las ventajas en términos de cantidad de información (hasta cientos de canales de TV) y de su reducido espacio (por un cable van cientos de fibras), también presenta algunos inconvenientes:

La soldadura es un problema. No sólo porque soldamos componentes de cinco micras de diámetro que deben tener un acabado perfecto. Además, es vidrio, que tiene una soldadura a 1.000 grados y, por si fuera poco, esa soldadura de vidrio tiene que ser totalmente transparente. De manera que la soldadura en fibra óptica requiere una herramienta especial que tiene un microscopio y que se calienta por inducción. Debido a este inconveniente, en las fibras ópticas actuales, cada vez se tiende más a sustituir el vidrio por un plástico especial, para facilitar su manipulación y reducir coste.

Los rollos de fibras ópticas son de varias decenas de kilómetros y la soldadura es evitada en lo posible. Llegados a una manzana de viviendas con una fibra, no se suelda una fibra para cada vecino, ya que es carísimo de hacer. El último tramo no es óptico, normalmente, el último tramo se hace eléctrico (es mucho más fácil sacar un cable coaxial para cada uno de los vecinos que llevar la fibra óptica).

Las redes modernas son fibra óptica en la larga distancia, desde el operador hasta la manzana. De la manzana hasta las casas se transporta por cable coaxial o por par de hilo de cobre. De manera que la fibra óptica que presenta una gran capacidad de transmisión, un bajo peso y una gran seguridad, tiene el inconveniente de la soldadura y de sacar de una fibra muchas otras para la distribución de la señal.

- **El láser**

Cuando la distancia es muy grande, hay que mandar un rayo de luz potente y los LED tienen poca potencia, sirven para una distancia de unos centenares de metros. Si tenemos que cubrir kilómetros, se necesita un rayo de luz mucho más potente, pero que quepa en cinco micras y no sufra una gran atenuación.

La luz es un fenómeno de radiación luminosa. En unos casos se consigue calentando un filamento de metal al rojo vivo (tungsteno es el más común) dentro de una ampolla en la que se ha hecho el vacío (bombillas). Otro sistema ioniza (hace conductor) el gas contenido en un tubo, y emite luz (tubos fluorescentes).

Ambos sistemas producen una radiación donde están presentes muchas frecuencias diferentes y en muchas fases diferentes. No coinciden todos los máximos a la vez y todos los mínimos a la vez.

La luz incandescente, la de una bombilla normal, es un fenómeno que se llama no-coherente, no tiene siempre la misma frecuencia ni la misma fase. Cada molécula de ese gas vibra, radia a una frecuencia diferente y en una fase diferente. La frecuencia en la luz determina el color, cada color tiene una frecuencia determinada. Luego están saliendo todas las frecuencias, provocando que la luz sea blanca. Cuando se quiere enviar un rayo a distancia la falta de coherencia hace que las ondas se interfieran entre ellas y se abran cada vez más. Un fenómeno ya conocido en el siglo XIX.

Si queremos transmitir un haz de luz muy fino y que no tienda a abrirse a largas distancias, tendremos que conseguir una bombilla de luz coherente, que mantenga siempre la misma frecuencia, la misma fase. Para ello, en lugar de usar un filamento de tungsteno, se puede utilizar cesio o rubidio. En lugar de calentarlos o ionizarlos se les hace vibrar a través de ondas de radio y todos sus átomos vibran a la vez, a la misma frecuencia y en la misma fase.

Todos los átomos vibrando a la vez dan luz de un único color, el color de la frecuencia a la que vibren; luz coherente con la que se puede obtener un rayo que va a llegar todo lo lejos que se quiera. A esa fuente de luz coherente, es a lo que llamamos el **Láser** (**Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation** o amplificación de luz por una emisión estimulada de radiación). Por tanto, cuando se quiere trasmitir a distancia por fibra óptica se utiliza el láser, quedando el LED para redes de muy pequeño alcance.

Algunas veces empleamos un "puntero láser" que produce una haz de color rojo para señalar en una presentación, aprovechando la ventaja de alcance y concentración de su haz lumínico.

- **Emisores de infrarrojos**

La transmisión de luz infrarroja se puede hacer directamente por el aire, sin necesidad de emplear ningún medio de transmisión. Este tipo de comunicación es muy habitual entre los PC y algunos periféricos o para conectarlos a una LAN, a través del puerto IrDA (infrarrojos), aunque la velocidad que se consigue no es muy elevada.

Los emisores y receptores de infrarrojos (luz no visible) deben estar alineados o bien estar en línea tras la posible reflexión de rayo en superficies como las paredes. Con los infrarrojos no existen problemas de seguridad ni de interferencias ya que estos rayos no pueden atravesar los objetos (paredes por ejemplo). Tampoco es necesario permiso para su utilización (en microondas y ondas de radio si es necesario obtener una licencia para asignar una frecuencia de uso).

2.4.3. WDM. Capacidad de la fibra óptica

La capacidad de transmisión de una fibra óptica es enorme; a finales del siglo XX ya había redes de cientos de TB por segundo. De hecho, quien limita la capacidad de transmisión no es la fibra, sino los aparatos que hay en los extremos. El aparato que convierte las conversaciones, las multiplexa y las envía en un rayo de luz, tiene una capacidad entre 2,5 y 10 Gbit/s, hasta 150.000 canales telefónicos simultáneos, datos a muy alta velocidad o cientos de canales de TV.

No obstante, eso es sólo el principio. La fibra óptica puede transportar más de un haz de luz, colores diferentes para que no se mezclen, para que al llegar al otro extremo se separen cada uno por su lado, algo relativamente fácil de conseguir, mediante prismas. Así, se multiplica la capacidad de esa fibra. De hecho hay una tecnología **WDM** (**Wavelength Division Multiplexion** o multiplexación por división de la longitud de onda), que permite mandar ocho rayos de luz diferentes (los colores se corresponden a frecuencias) en la misma fibra (figura 2.5). La longitud de onda, como luego veremos, está asociada a la frecuencia y ésta, al color.

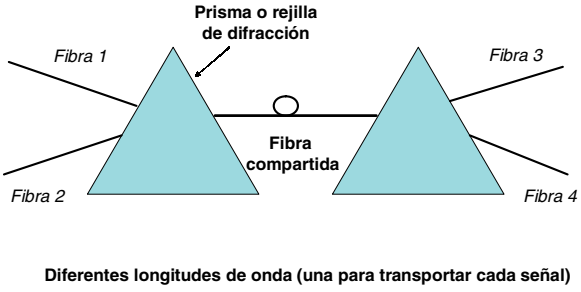


Figura 2.5. WDM. Multiplexación por división de longitud de onda.

Por ese sistema, se multiplica la capacidad de la fibra sin tener que instalar nuevas fibras, con lo que el ahorro que se consigue suele ser muy importante.

Hoy en día, una mejora, el **DWDM** (**Dense Wavelength Division Multiplexion** o WDM de alta Capacidad) permite teóricamente hasta 128 colores diferentes por una misma fibra. Si por cada color pueden ir 150.000 conversaciones simultáneas, significa que por esa fibra pueden ir 19 millones de llamadas simultáneas. El límite práctico es inferior y los sistemas de DWDM que se están instalando permiten hasta 32 colores por una sola fibra.

2.5. ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Las ondas electromagnéticas constituyen el cuarto de los sistemas de transporte de señales de telecomunicación.

Desde hace tiempo se conocen dos fenómenos que están interrelacionados entre sí: "un campo magnético variable, genera a su alrededor un campo eléctrico variable" y viceversa "un campo eléctrico variable genera un campo magnético variable".

El físico inglés Maxwell, en 1865, con la sola ayuda de papel y lápiz, nada de experimentos, fue capaz de imaginar y proponer esta relación. En su libro sobre la teoría que él llamaba de "Energía electromagnética" decía:

"*Si un campo eléctrico produce un campo magnético y un campo magnético produce un campo eléctrico, el campo eléctrico producirá un magnético que producirá un eléctrico, es decir, se va producir ahí una forma de energía en el cual basta que yo genere un campo eléctrico variable, para que él genere un magnético que a su vez un eléctrico, que a su vez genere un magnético, que a su vez...*"

Maxwell decía que las ondas electromagnéticas tenían que existir y que se iban a poder transmitir y dio las fórmulas que deberían cumplir, las famosas 4 leyes de Maxwell, especificando que el campo eléctrico era máximo cuando el campo magnético era mínimo, que son campos perpendiculares, la fórmula que los relacionaba; hizo toda una teoría basándose en los conocimientos que había en aquel momento de las ondas, de los campos eléctricos y magnéticos.

La comprobación empírica de la teoría se la debemos al físico alemán Hertz en 1887. Aunque el primero que encontró una aplicación comercial a este fenómeno fue el italiano Marconi, en 1895; A finales del siglo XIX ya se había inventado el teléfono y la telegrafía existía desde hacía 70 años y estaba muy extendida. Europa estaba comunicada con América por cables submarinos, pero con esto no se podía hablar con los barcos.

De manera que la aplicación práctica que le dio Marconi fue hablar en Morse por radio con los barcos, tanto es así que durante muchos años a esto se le llamó telegrafía sin hilos (TSH).

El punto de partida se inicia al descubrimiento del electrón en 1897 por J.J. Thomson, dado a conocer ante la Royal Institution de Londres el 30 de abril del mismo año; no obstante, no fue hasta la exposición de la teoría científica del Dr. Lee de Forest sobre el funcionamiento de la válvula de tres electrodos (año 1920) que se empezaron a producir los avances más importantes y prácticos sobre la Radio.

La contribución de Marconi. (1874-1937).

A los 20 años de edad el joven italiano Guillermo Marconi (reconocido mundialmente como el Padre de la Radio), basándose en las experiencias de Hertz y Branly consiguió realizar un sistema emisor-receptor, utilizando respectivamente el carrete de Ruhmkorff y el cohesor de Branly. Conectó ambos aparatos a tierra y los dotó de antenas, consistentes en hilo de cobre suspendido en el espacio, y de considerable longitud lo cual hizo que la transmisión se realizara en onda larga, contrariamente a las experiencias de Hertz y Branly realizadas con ondas cortas (centimétricas).

¿Qué es lo que hizo Marconi? Lo primero, generar un campo eléctrico variable mediante un generador de electricidad, como los que producen la electricidad que usamos a 50 Hz, pero a muchísima más frecuencia, de miles de Hz (un oscilador o generador de radio). La corriente eléctrica que producía este generador la hacía pasar por unos hilos y al llegar a un determinado punto abría los hilos, uno en una dirección y otro en la opuesta. Normalmente, los ponía a gran distancia, por ejemplo, sujetos entre los mástiles de un barco, constituyendo una antena llamada un "dipolo".

La electricidad llegaba hasta la base del dipolo, pasaba a ambos hilos y generaba alrededor un campo eléctrico variable a miles de Hz que a su vez generaba alrededor un campo magnético variable y así sucesivamente, resultando una onda electromagnética que se va transmitiendo por el espacio, tal y como se puede ver en la figura 2.6.

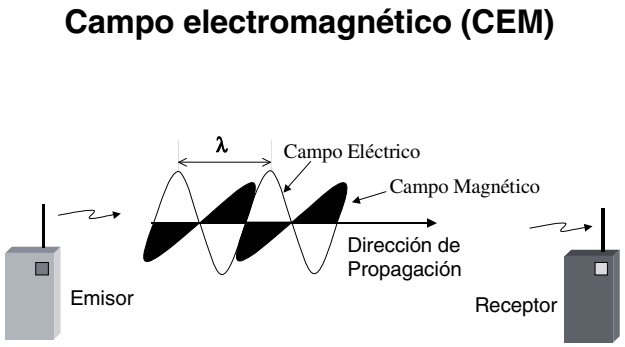


Figura 2.6. Las ondas electromagnéticas se componen de un campo eléctrico acompañado de otro magnético, que se propagan por el espacio.

2.5.1. Enlace de microondas

Para la transmisión de señales vía radio de muy alta frecuencia (ondas electromagnéticas con una longitud de onda de centímetros) llamadas microondas, se utilizan dos estaciones, una emisora y otra receptora, que han de tener un enlace visual, es decir, visualizarse directamente entre sí, y que utilizan antenas parabólicas (conjunto de emisor/captador de señal y reflector) de dimensiones adecuadas, según la longitud de onda (frecuencia) de la señal a transmitir y de los márgenes de potencia disponibles.

El enlace puede ser tanto terrestre (entre dos estaciones situadas sobre el terreno) como espacial (utilizando un satélite de comunicaciones como repetidor intermedio de la señal). Un ejemplo actual de uso se da en los sistemas de transmisión punto - multipunto LMDS (acceso radio inalámbrico) y MMDS, el primero de los cuales permite cubrir con una única antena un círculo de entre 3 y 5 km de radio, mientras que con el segundo se alcanza un distancia mucho mayor.

Las microondas se suelen utilizar en sustitución del cable coaxial o las fibras ópticas ya que se necesitan menos repetidores y amplificadores, aunque se necesitan antenas alineadas. Se usan para transmisión de televisión, voz y datos.

La principal causa de pérdidas en estos sistemas es la atenuación debido a que las pérdidas aumentan con el cuadrado de la distancia (con cable coaxial y par trenzado son logarítmicas). La atenuación aumenta con las lluvias. Las interferencias son otro inconveniente de las microondas ya que al proliferar estos sistemas, puede haber más solapamientos de señales.

2.6. LOS SATÉLITES DE COMUNICACIONES

Los satélites de comunicaciones son unos complejos sistemas repetidores de la señal situados a gran distancia de la Tierra, desde los que se cubre una gran zona o incluso un continente. La transmisión se origina en un sólo punto; desde una estación terrestre se envía hacia el satélite, que actúa como repetidor, reenviando la señal recibida desde múltiples estaciones. Debido al largo camino que ha de recorrer la señal, existe un retardo entre el momento de emisión y recepción (típicamente de 240 milisegundos, que es el tiempo que tarda la señal entre ir y volver, a la velocidad de la luz). Esto no influye en las transmisiones en un sólo sentido, tales como radio y TV, pero si lo hace en las bidireccionales, como pueden ser las conversaciones telefónicas y la transmisión de datos, empleándose canceladores de eco para evitar sus efectos.

2.6.1. Las órbitas satelitales

De la órbita a la que se sitúe el satélite dependerá, en cierta manera, el tipo de servicio prestado y el tamaño necesario de la antena para poder captar la señal con

suficiente intensidad. La clasificación de los sistemas de satélites en función de la órbita en que se ubican, de menos a más cerca de la Tierra, (figura 2.7) es la siguiente:

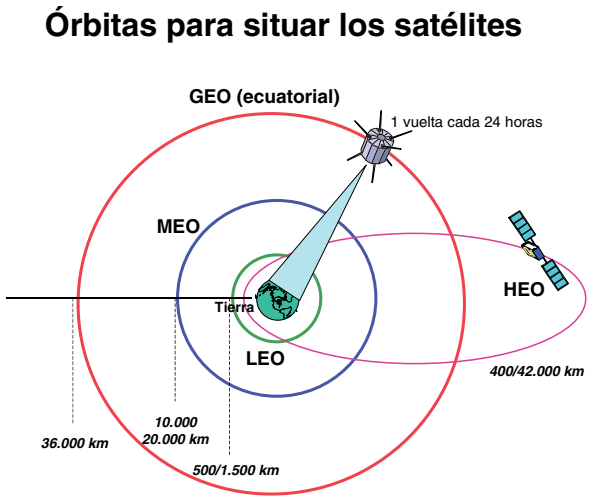


Figura 2.7. Órbitas en las que se sitúan los satélites de comunicaciones.

GEO

Abreviatura de Órbita Terrestre Geosíncrona. Los satélites GEO orbitan a 36.000 kilómetros sobre el plano del ecuador terrestre. A esta altitud, el periodo de rotación del satélite es exactamente 24 horas y, por lo tanto, parece estar siempre sobre el mismo lugar de la superficie del planeta. Esta órbita se conoce como órbita de Clarke, en honor al físico y escritor Arthur C. Clarke, que escribió por primera vez en 1945 acerca de la posibilidad de cubrir toda la superficie terrestre con sólo tres satélites. Un ejemplo de GEO lo tenemos en el proyecto Hispasat, del que en septiembre de 2002 se lanzó el cuarto satélite, el Hispasat 1D que se ubica en la ventana orbital 30º Oeste.

MEO

Los satélites de órbita terrestre media se encuentran a una altura comprendida entre los 10.000 y 20.000 kilómetros. A diferencia de los GEO, su posición relativa respecto a la superficie terrestre no es fija, sino que se van desplazando a gran velocidad y dan varias vueltas al cabo del día. Al estar a una altitud menor, se necesita un número mayor de satélites para obtener cobertura mundial, pero la latencia (retardo de la señal debido a la propagación por el camino recorrido) se reduce substancialmente.

En la actualidad no existen muchos satélites MEO, la mayoría se utilizan para posicionamiento y navegación GPS (Global Positioning System, o sistema de posicionamiento global).

LEO

Las órbitas de satélites de baja altura prometen un ancho de banda extraordinario y una latencia reducida (unas pocas centésimas de segundo). Los LEO (Low Earth Orbit) orbitan generalmente por debajo de los 5.000 kilómetros, y la mayoría de ellos se encuentran mucho más abajo, entre los 500 y los 1.600 kilómetros. En la actualidad, los planes para lanzar constelaciones de cientos de satélites que abarquen todo el planeta están parados, ya que se han producido ciertos fracasos comerciales en la explotación de varias de ellas, debido en parte al éxito de la telefonía móvil celular.

Existen tres tipos de LEO, que ofrecen diferentes cantidades de ancho de banda. Los LEO pequeños están destinados a aplicaciones de bajo ancho de banda (de decenas a centenares de kbit/s), como los servicios de buscapersonas, e incluyen a sistemas como OrbComm. Los grandes LEO pueden manejar buscapersonas, servicios de telefonía móvil y algo de transmisión de datos (de cientos a miles de kbit/s). Los LEO de banda ancha (también denominados megaLEO) operan en la franja de los Mbit/s y entre ellos se encuentran SkyBridge y Teledesic.

La vida útil de un satélite depende de la órbita a la que se encuentre situado: cuanto más alta, mayor será, con un promedio de entre 10 y 15 años para los GEO y de unos 5 para los LEO.

Para evitar interferencias entre las señales de unos y otros satélites, cuando operan dentro de la misma banda, hay que observar una cierta separación entre ellos, lo que limita el número máximo que pueden situarse en una determinada órbita, dada la capacidad de resolución (discriminación) de los receptores. La CMR (Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones), que se reúne cada 4 años (en el año 2000 se produjo una y en el 2004 se celebrará la siguiente), es la encargada de reservar las bandas de frecuencias para cada tipo de sistema de satélites y aplicación, siendo la UIT la que hace la asignación concreta a cada sistema comercial previamente a autorizar su lanzamiento.

Con un sistema LEO una zona cubierta cambia de satélite cada 20 minutos y con uno MEO unas dos horas, con lo que la probabilidad de que una llamada se complete en ese periodo es mayor y, por tanto, se ofrece mayor seguridad ya que no se necesita hacer traspaso de un satélite a otro.

La ventaja de los satélites es que permiten una cobertura global (mundial o regional), con una inversión inicial muy reducida comparada con la de otras tecnologías. Esto les permite alcanzar su equilibrio económico con una menor cuota de mercado. Sin embargo, la atenuación del camino de comunicación hace que se requiera una mayor

potencia de emisión, tanto en el satélite como en el terminal de usuario, lo que hace a éstos más grandes al tener que llevar una circuitería más potente, pesados (al requerir mayores baterías) y caros que los que se necesitan en servicios similares terrestres.

Dada, además la competencia con servicios terrestres, con tecnologías cada vez más eficientes y una amplia cobertura, las constelaciones de satélites tienen un cierto riesgo económico en su plan de viabilidad.

Nombre del proyecto	Tipo de Órbita	Nº Satélites operativos	Oferta de Servicios
Globalstar	B-LEO	48	Voz (GSM), Datos, Fax, Paging
ICO Global	MEO	10	Voz, Datos, Fax, Paging
Iridium	B-LEO	66	Voz (GSM), Datos, Fax, Paging
Odissey	B-LEO	12	Voz (GSM), Datos, Fax, SMS
SkyBridge	Broadband LEO	80	Bucle local de Banda Ancha
Teledesic	Broadband LEO	840	Servicios de Banda Ancha
Inmarsat 3	GEO	3	Voz, Datos , Fax

Figura 2.8. Distintos proyectos LEO y MEO, y sus características principales.

Dos proyectos muy interesantes de sistemas de satélites son Iridium y Teledesic; Mientras el primero, un fracaso comercial ya que en el verano de 1999 resultó en quiebra financiera, aunque se ha relanzado en el 2001, se orientaba principalmente a proporcionar telefonía compatible GSM, el segundo lo está, además, a dar servicios de banda ancha ("Internet in the sky").

2.6.1.1. PROYECTOS DE CONSTELACIONES

Aunque comercialmente el proyecto Iridium fue un fracaso y solo duró un año, los conceptos técnicos son aplicables a cualquier otro tipo de constelación, ya que Iridium fue la primera constelación de satélites de baja órbita terrestre. Recientemente, tras este primer fracaso comercial, se volvió a relanzar el proyecto, aunque ofreciendo servicios mucho más limitados, para asegurar su viabilidad.

El número atómico del Iridium (Iridio, uno de los elementos de la tabla periódica de elementos químicos) es 77 (número de electrones que giran alrededor del núcleo), exactamente el mismo número de satélites que se preveían. Cuando se empezó a construir y lanzar los satélites, la tecnología había mejorado; más potencia en los satélites y más sensibilidad en los receptores, con lo cual en lugar de 7 órbitas de 11 satélites, sólo hicieron falta 6 órbitas de 11 satélites. Por eso el Iridium tiene 66 satélites.

Iridium empezó en su campaña con la idea de un sólo número para una sola factura de teléfono en todo el mundo. Empezó vendiendo muy caro el terminal, del orden de 5.000$, y el minuto, 7$. No ha podido competir con los sistemas celulares, que ofrecen un servicio similar pero a mucho menor coste y en el año 1999 hizo suspensión de pagos, aunque años más tarde se recuperó el proyecto, con otros usos diferentes de los iniciales.

El proyecto más ambicioso, es el Teledesic, previsto para el año 2005, donde está involucrado el presidente de Microsoft, Bill Gates. Es un proyecto de 288 satélites, tratando de solventar el problema de los satélites Iridium, que ofrecían muy poca potencia, de manera que para hablar por satélite se tenía que estar o en la calle o cerca de la ventana, pues dentro del edificio no llegaba la onda, por lo tanto, no era muy práctico.

La ventaja del Teledesic es que al disponer de más satélites envía (concentra) más potencia sobre una pequeña parte del mundo y, por lo tanto, se puede establecer una comunicación dentro de los edificios. Otra gran diferencia del Teledesic estriba en que lo que se pretende es el acceso a Internet a través de satélite, con un ordenador al que se le pone una antena y un pequeño emisor/receptor.

Dentro de los MEO los dos proyectos más importantes son el ICO donde está British Telecom., entre otros, y Elipso, que están previstos para el 2001. Conllevan, al ser MEO, menos satélites que los LEO, terminales más grandes y un poco más caros, al requerir mayor potencia de emisión.

2.6.2. Los sistemas VSAT

Una red VSAT (Very Small Aperture Terminal, terminal de apertura muy pequeña) tiene una configuración en estrella: Una estación maestra (hub) se encarga de enviar la señal hacia el satélite para que éste la retransmita a todos los terminales VSAT de la red, mientras que cada terminal envía su señal al satélite que la retransmite a la estación maestra. Como ha de llegar a todos los terminales que tienen una pequeña antena, el enlace ascendente desde la estación maestra tiene que emitirse con una mayor potencia, mientras que el descendente proveniente de esos terminales puede tener una potencia muy baja, de ahí la necesidad de una estación maestra con una gran antena como centro de las comunicaciones en la red.

Esta estación es bastante cara, por lo que es compartida entre distintas redes VSAT de diferentes usuarios; aunque ya existen estaciones más pequeñas (minihubs) para usuarios individuales.

VSAT: Sistemas de comunicación con acceso directo a satélite para transmitir información entre terminales de una misma organización dispersa en un área geográfica amplia, o prestar servicios públicos.

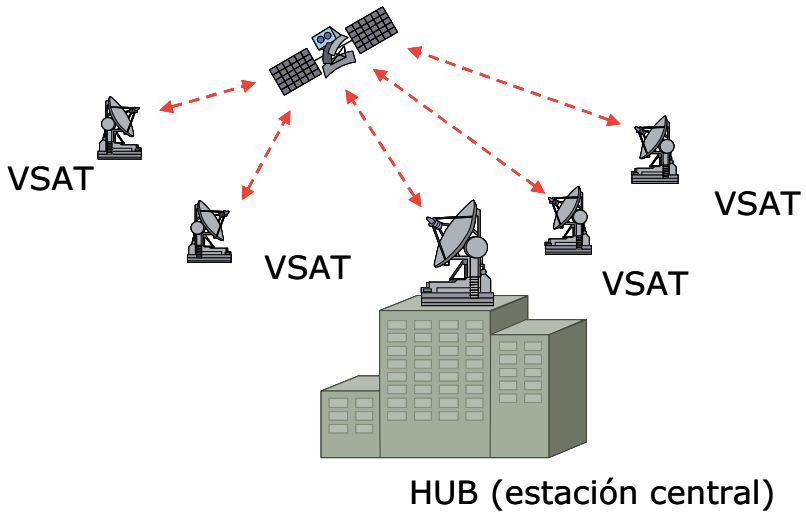


Figura 2.9. Sistema de comunicaciones (VSAT) por satélite.

Además, el fabricante de la estación maestra (la principal) impone el fabricante de las estaciones de usuario, que ha de ser el mismo, ya que los protocolos extremo a extremo son propietarios. Para la instalación y explotación de este tipo de redes hace falta una licencia especial; la suelen tener algunos operadores que proveen las redes a los usuarios finales. Estas licencias tienen validez para toda la Unión Europea, ya que no se puede limitar la instalación de terminales por satélite en otros países.

Esta estructura resulta bastante ineficaz y con limitaciones de calidad para algunas aplicaciones (por ejemplo, la voz), ya que las comunicaciones entre dos estaciones cualesquiera tienen que ser mediadas por la estación maestra, con 2 subidas y bajadas de la señal al satélite en cada dirección. Por ello están apareciendo redes en malla que no necesitan una estación maestra.

Los componentes de un terminal **VSAT** son: la antena parabólica (reflector más iluminador) y el LNB (Low Noise Block o ampliflicador y conversor de bajo ruido) que constituyen la unidad exterior, y el receptor de la señal o unidad interior que consta de los moduladores y demoduladores, el codificador y los puertos de conexión a los usuarios.

La antena parabólica suele tener un diámetro que oscila según el nivel de señal en el lugar de que se trate, directamente ligado a la potencia de emisión del satélite, la banda de frecuencia a la que trabaje y a la órbita en la que se encuentre. De cualquier modo está comprendido entre 0,5 y 3 metros.

El amplificador/conversor de bajo ruido es el elemento encargado amplificar la energía electromagnética captada por la antena, ya que ésta suele ser muy baja, manteniendo controlado el nivel de ruido, por lo que se emplean elementos de estado sólido para tener una relación Señal/Ruido alta. El receptor de señal recibe la señal procedente del amplificador/conversor y mediante su tratamiento produce otra adecuada para atacar el equipo de usuario.

Los servicios que se pueden ofrecer con estos sistemas VSAT son amplios y variados. El ancho de banda que permiten es suficiente para la mayor parte de las aplicaciones y la gran ventaja que aportan es la de poder acceder a la red con independencia de la ubicación geográfica y física del usuario sin necesidad de tender ninguna red física de acceso hasta el mismo (se pueden instalar las antenas en tejados para dar servicio a oficinas remotas, en vehículos especiales para casos de contingencia, etc.).

Las aplicaciones de difusión de información son un caso típico del uso de estas redes, por ejemplo, para educación remota o vídeo empresarial, aunque si no se requiere interactividad se pueden dar esos servicios con antenas de sólo recepción, caso de la difusión de TV al hogar.

2.7. EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

El espectro electromagnético es una representación de todas las radiaciones de origen electromagnético que existen en la naturaleza, ordenadas según su frecuencia o su longitud de onda. Por conveniencia se divide el espectro en varias regiones atendiendo a su frecuencia (bandas de frecuencia). Ahora iremos viendo lo que significa cada uno de los nuevos términos introducidos.

2.7.1. Bandas de frecuencia

La división actual del espectro electromagnético en bandas de frecuencia va desde 30 kHz hasta 300 GHz, aunque, probablemente, en el futuro se pueda extender por la parte alta. Por convenio, el valor final de cada tramo es igual al valor del principio multiplicado por 10: De 30 a 300 MHz, es un tramo; otro de 300 a 3.000 MHz, que son 3 GHz; de 3 GHz a 30 GHz, etc.

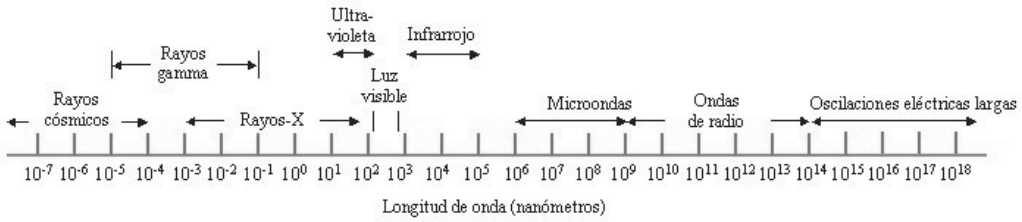


Figura 2.10. División del espectro electromagnético.

El nombre de cada tramo viene determinado por las siglas que en Inglés indican su frecuencia. A la baja frecuencia se le llama LF o baja frecuencia y al siguiente tramo MF o frecuencia media. Posteriormente viene la HF o alta frecuencia. La VHF es la parte que va de 30 a 300 MHz, donde está la FM y parte de la televisión. Después tenemos la UHF, tiene un rango de 300 a 3.000 MHz, que se utiliza una parte para la telefonía móvil y otra parte para la televisión. La siguiente, de 3 a 30 GHz, SHF o Super Alta Frecuencia, es la que utilizamos para comunicarnos con los satélites. La última, la Extra Alta Frecuencia, entre 30 y 300 GHz, todavía muy poco usada, básicamente para experimentación, y sin aplicaciones comerciales apenas.

En la figura 2.11 se muestran los diferentes campos electromagnéticos que tenemos a nuestro alrededor y a los que nos hallamos expuestos en mayor o menor grado. En la parte baja del espectro se concentran las emisiones de radio y televisión, mientras que en la parte alta están las microondas, la luz visible y los rayos X, Gamma y cósmicos.

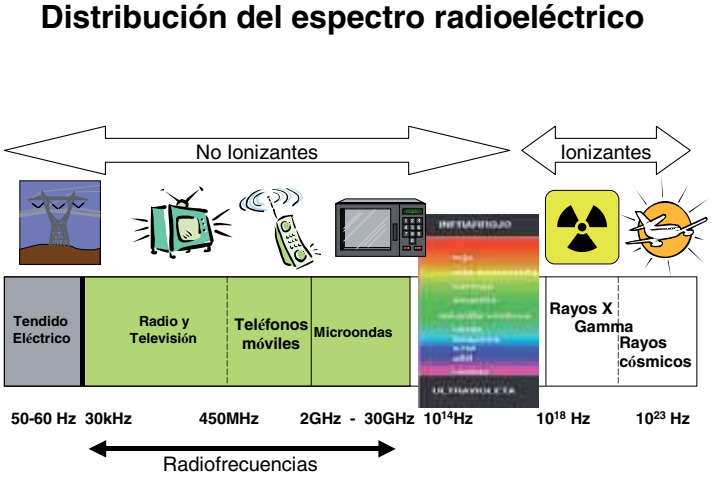


Figura 2.11. Utilización de parte del espectro electromagnético para diferentes aplicaciones.

2.7.2. La longitud de onda

Como se aprecia en la figura 2.11, las bandas en que se divide el espectro vienen divididas por frecuencias. Pero todo fenómeno vibratorio, todo fenómeno cíclico, además de la frecuencia tiene asociado otro concepto denominado longitud de onda, tanto el sonido como las ondas electromagnéticas. Vamos a explicarlo primero con el sonido, que probablemente es más cómodo y luego exactamente la misma fórmula se aplica al espectro radioeléctrico:

Imaginemos un silbato de 1.000 Hz. Si nos ponemos a silbar, provocaríamos una sucesión de presiones/depresiones en el aire que se transmiten a 340 m/s y cuyo extremo, esa presión, viene dado una vez por milésima de segundo (1.000 Hz). La longitud de onda es *la distancia que hay entre esas dos sobrepresiones próximas que van viajando*. Para calcularla basta con aplicar la fórmula física de: el espacio es igual a la velocidad por el tiempo (e = v * t).

Así, la longitud de onda, que se representa con la letra griega lambda (λ), será igual a la velocidad por el tiempo que dura un ciclo; la velocidad es la del sonido, 340 m/s, y el tiempo, en el ejemplo que estamos poniendo, es una milésima de segundo, es decir, el tiempo es la inversa de la frecuencia (t = 1/f). De manera que la fórmula es: longitud de onda igual a la velocidad dividida por la frecuencia, cuya representación matemática es:

λ (longitud de onda)= v (metros por segundo)/f (ciclos por segundo)

En el caso propuesto, ¿Cuál es la velocidad del sonido? 340 m/s ¿Y cuál es la frecuencia? 1.000 Hz, pues aplicando la fórmula resulta

Longitud de onda (pitido a 1.000 Hz) = 340/1000= 0,34 m = 34 cm.

En el caso de las ondas electromagnéticas la fórmula permanece invariable y la velocidad es constante: la velocidad de la luz, ya que la luz también es una onda electromagnética.

λ (longitud de onda)= v /f = 300.000 km/s dividido por **f (Hz)**

La velocidad de la luz es de 300.000 km/s, trescientos millones de metros por segundo. Si dividimos por la frecuencia en Hz (ciclos/segundo), obtendremos un resultado en metros.

Una frecuencia de 300 MHz, trescientos millones de Hz, tendrá una longitud de onda de un metro. Y, subsecuentemente, a mayor frecuencia menor longitud y viceversa.

En la figura 2.12 se puede ver que la longitud de onda en la banda de VHF (para la TV) está comprendida entre 1 m y 10 m, razón por lo que se llaman ondas métricas. A las ondas de la banda HF se le llaman ondas decamétricas porque se miden en decámetros, a las de la banda MF hectométricas, a las de LF kilométricas, entre un kilómetros y 10 kilómetros. Las ondas utilizadas en telefonía móvil (en la banda de UHF) tiene una longitud de unos pocos centímetros.

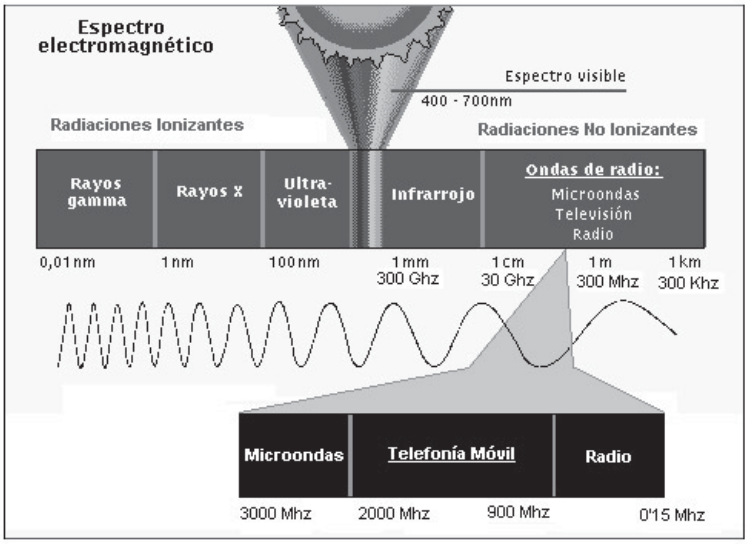


Figura 2.12. Espectro radioeléctrico. Relación entre frecuencias y longitudes de onda para las ondas de radio.

En el otro sentido, hacia las frecuencias más elevadas, las ondas son decimétricas, centimétricas o microondas, milimétricas. Todavía en España el Decreto de las emisoras de FM suele decir asignación de frecuencias a emisoras de radio en modulación de frecuencia en ondas métricas. De hecho cuando se empezaron a usar estas ondas electromagnéticas, a finales del XIX y principios del XX, la clasificación no se hacía por frecuencias como ahora, se hacía por longitud de onda. Se decía Onda Larga, etc. y todavía hoy algunos dicen radio de onda larga, onda media, onda corta.

- **El radar**

Las ondas electromagnéticas viajan por el aire a la velocidad de la luz (300.000 km/s) y si se encuentran por el camino un espejo rebotan. Para las ondas electromagnéticas el encontrarse un conductor de electricidad es como encontrarse un espejo, de manera que si esa onda de radio se encuentra un conductor (un trozo de hierro, cobre, aluminio, etc.), rebota y vuelve.

El radar, cuya aplicación práctica se consiguió en la década de los 30 en aplicaciones militares para la detección de aviones y barcos y fijación de blancos, consta de un emisor muy concentrado de ondas electromagnéticas y una antena receptora asociada. El radar envía un impulso de onda electromagnética y espera a que vuelva; en caso afirmativo se ha encontrado por el medio un metal. Además, si medimos el tiempo que ha tardado en ir y volver, podemos saber a qué distancia está. En el radar los impulsos se mandan en distintas direcciones y así se observa qué es lo que hay alrededor, teniendo una visión panorámica del entorno.

Las ondas electromagnéticas no atraviesan los metales, simplemente se reflejan, pero si atraviesan o penetran en otros materiales a más o menos profundidad, y la energía que llevan se va perdiendo en forma de calor, como ocurre en un horno de microondas de los que se utilizan para calentar los alimentos.

- **La Onda Corta**

Las ondas electromagnéticas siguen un camino que puede ser recto o curvo, dependiendo de su frecuencia. Cuanto más alta es la frecuencia más recto es el camino, porque es cuando más se parecen a las ondas de la luz. Así que la UHF y de ahí para arriba se propagan en línea recta. Mientras que las ondas de muy baja frecuencia, las de onda larga, pueden doblarse y, siguiendo el terreno, pueden incluso dar la vuelta al mundo (una emisora de onda larga en China, puede oírse en Madrid, con tal de que tenga potencia suficiente). Por el contrario, las ondas de radio o de TV en muy alta frecuencia requieren que se vean el emisor y el receptor. Así, para que lleguen lejos, como la Tierra es redonda y no atraviesan obstáculos, hay que poner las antenas en un sitio muy alto. De manera que las ondas de baja frecuencia pueden llegar miles o cientos de kilómetros, y las de alta frecuencia no pueden viajar nada más que unos pocos kilómetros, 60 ó 70 que es lo que se ve en el horizonte.

Curiosamente, la onda corta es de las que ya empieza a transmitirse en línea recta y, sin embargo, se usa para llegar de España a América. ¿Qué ocurre en la onda corta? Lo que ocurre es que se manda hacia el cielo, en lugar de hacerlo "apuntando" al destino; en la parte alta de la atmósfera hay un conductor que hace que esa onda corta rebote y vuelva hacia la Tierra, llegando así a su destino, que puede estar fuera del alcance visual.

Esa parte alta de la atmósfera recibe el nombre de ionosfera, porque está constituida por iones. Los iones se forman por la incidencia de la luz del sol (fotones) sobre las moléculas y son como una malla que obliga a rebotar a la onda corta.

Un ión es un átomo o molécula al que se le ha arrancado un electrón. Cuando se crea un ión, se dice que se ioniza la materia. De acuerdo a los postulados de la física cuántica, las radiaciones electromagnéticas constituyen tanto una propagación de ondas como de partículas, denominadas fotones. Estas partículas no tienen masa, pero sí energía que es directamente proporcional a la frecuencia de la emisión. Si esta energía, al transferirse parcialmente a la materia, es suficiente para arrancar un electrón a los átomos y moléculas que la constituyen, se crean iones.

El problema se presenta cuando queremos hablar por radio con un satélite, hay que pasar la ionosfera. La ventaja es que la ionosfera no es maciza, está formada por iones separados algunos centímetros, decímetros. Una onda de una longitud grande no pasa por esa especie de malla, rebota; pero sí puede pasar una onda de longitud de onda muy corta, de centímetros.

De manera que para comunicarnos con satélites tenemos que ir a ondas de muy pequeña longitud, entre 1 y 10 cm, que se corresponden con frecuencias muy altas. Por ejemplo, la TV por satélite nos llega en unos 12 GHz, más o menos.

2.8. SERVICIOS UTILIZANDO EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

Los servicios que se ofrecen utilizando el espectro radioeléctrico son muchos y variados. Algunos de ellos son los que se enumeran a continuación:

- Telefonía móvil
- Hogar y oficina: teléfonos inalámbricos
- Ciudad y carreteras (teléfono celular)
- Resto del mundo (teléfonos vía satélite)
- Datos móviles
- Televisión (decenas de canales)
    - Analógica VHF y UHF
    - Digital
- Radio (decenas de emisoras)
- Amplitud modulada (OM, OL, OC)
- Frecuencia Modulada (FM)
- Radio Digital (DAB)

La telefonía móvil utiliza ondas de radio, y hoy por hoy tiene tres niveles, según sea el alcance: dentro de casa, ***la inalámbrica***, que llamamos en Europa DECT por ser éste el principal estándar digital; la de la calle que cubre un poco más, que es ***la celular***, como el GSM que se usa en Europa, o la del resto del mundo, que se hace vía satélite para dar amplia cobertura, que llamamos ***LEO***.

Otras aplicaciones del espectro electromagnético se dan en el envío de datos por móviles, cada vez más, y así el acceso a Internet por teléfonos móviles es por datos móviles (la técnica hoy por hoy es usar GSM, solo o combinado con GPRS con una aplicación especial que se llama WAP); se envía Televisión en VHF y UHF si es analógica, o la digital con decenas de canales, en la difusión de Radio OM, OL, OC con modulación de amplitud (AM) o la de modulación de frecuencia (la FM), o la nueva radio digital que se llama DAB (Digital Audio Broadcasting).

Internacionalmente, cada frecuencia tiene asignado un uso específico, cada servicio sólo se puede dar en una determinada banda de frecuencias y, en todo el mundo, está

regulado el uso del espectro, ya que es un bien escaso, para que no haya interferencias. En España es el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCyT) el responsable de su gestión a través de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información, antes Secretaría General de Comunicaciones, a cuya página Web (http://www.setsi.mcyt.es/) se puede acudir para consultarlo, y es el CNAF (Cuadro Nacional de Asignación de Frecuencias) el documento que marca la pauta a seguir.

Por ejemplo: aviones con aeropuertos en 120 MHz, la policía nacional 170 MHz, los taxis 450 MHz. En el caso de la televisión, las bandas de VHF están dejándose de usar a nivel mundial porque ocupan una zona muy interesante para comunicaciones móviles, telefonía móvil, comunicaciones de policías, etc. De ahí que se otorguen muy pocas licencias de UMTS (Universal Mobile Telecommunications System o Sistema Universal de Comunicaciones Móviles). El espectro es un bien limitado.

2.9. LAS ANTENAS

Ya hemos adelantado que una antena es, por ejemplo, un dipolo, ese es el inicio de la antena básica. Vamos a poner dos o tres casos de antenas diferentes para que se vea cómo se adapta la filosofía del dipolo a diferentes antenas, pero antes veremos como es el diagrama de radiación típico de emisión de una antena (figura 2.13) de las utilizadas en telecomunicaciones.

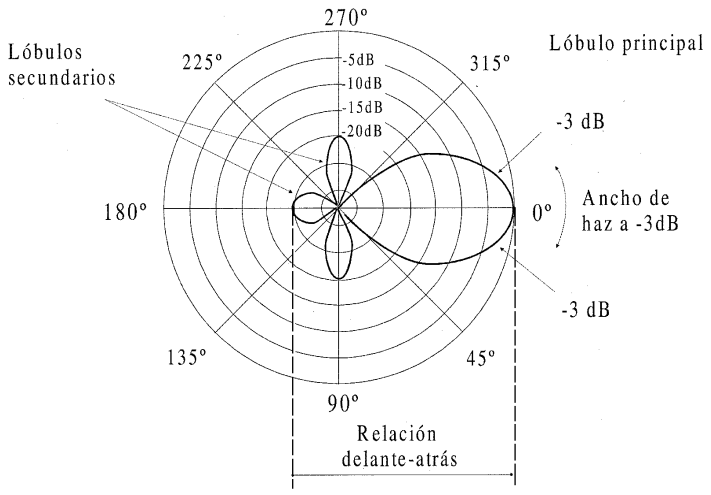


Figura 2.13. Diagrama de radiación horizontal típico de una antena y principales parámetros a tener en cuenta.

El lóbulo de emisión principal, en el que se concentra la mayor potencia, se suele encontrar en el frente (0º) y se mide entre aquellos puntos en que la potencia se reduce a la mitad (caída 3 dB) y existen otros –secundarios– en otras direcciones, pero con mucha menor potencia. También, emiten en vertical con una anchura de haz típica de 10 grados. Este tipo de antenas –direccionales– se emplean cuando se conoce la posición del receptor y, en este caso, lo que interesa es emitir toda la potencia posible en esa dirección y ninguna en las restantes, ya que es energía que se pierde y que, además, puede causar interferencias en otras emisiones.

Otras antenas emiten por igual en todas direcciones, como es el caso del dipolo, y en este caso el diagrama en horizontal no presenta lóbulos. Este tipo de antena se emplea cuando se quiere difundir la señal en cualquier dirección, ya que no se sabe dónde puede estar el receptor. También, cuando se quiere captar emisiones que provengan de cualquier dirección, ya que la antena se suele comportar de manera similar tanto en emisión como en recepción.

2.9.1. El dipolo

El dipolo aporta su máxima efectividad cuando mide la mitad de la longitud de onda de la frecuencia a transmitir. Por ejemplo, una emisora de FM que está alrededor de los 100 MHz emite una longitud de onda de entre un metro y 10, exactamente 3 metros, la antena ideal de FM es una antena de 1,5 metros. En la TV de VHF la frecuencia es más baja, aquí es del orden de los 60 MHz, con longitudes de onda del orden de 5 m, por lo tanto, la longitud de la antena será de 2,5 metros. El tamaño puede ser una objeción a la hora de manejar el dipolo.

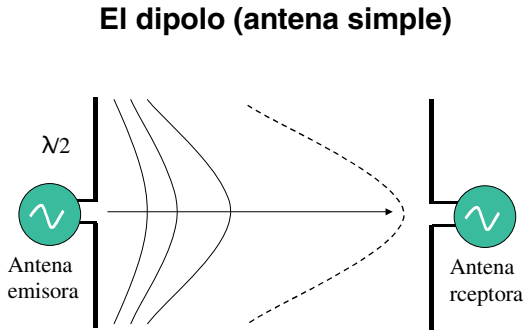


Figura 2.14. Antena dipolo. El dipolo es el elemento físico que permite la emisión-recepción de las señales radioeléctricas.

Para obviar este inconveniente se pliegan ambos polos sobre sí mismos. El dipolo plegado tiene un poco menos de efectividad, es decir, recibe peor los voltios o envía un poco menos de onda electromagnética, pero la diferencia no es significativa.

Es más, la diferencia de potencial entre los dos extremos de un dipolo es 0 (ambos suben y bajan de voltios a la vez). Por lo tanto, se pueden unir, añadiendo a su ventaja en cuanto a tamaño un aumento importante de robustez. Esto ha convertido al dipolo plegado en un tipo de antena muy utilizado, sobre todo, en radio y televisión.

Yagi, un japonés, descubrió que poniendo trocitos de hierro cada vez más cortos delante del dipolo, el comportamiento de la antena era mejor, más directivo, tanto en emisión como en recepción. De manera que añadió varios elementos a una distancia y de una longitud determinadas. Las nuevas partes, que no están unidas eléctricamente, se denominan elementos parásitos. Este tipo de antena se llama Yagi, en honor de su inventor y, como se ve, es un dipolo plegado.

Figura 2.15. Antena Yagi. La ganancia de la antena se puede regular mediante la disposición de elementos "parásitos" colocados a distancia de los elementos activos.

También hay antenas Yagi en las que el dipolo es plegado. Incorporan delante unos elementos parásitos, directores, y unos elementos detrás que se llaman reflectores. Esto provoca que la antena sea más directiva. Es más efectiva en la dirección que apunta, sea transmitiendo o recibiendo y menos en las otras direcciones. Así, evita interferencias no deseadas, concentrándose en recibir la señal requerida de una manera más eficaz. Se usan principalmente en TV y en FM.

Cuando la antena tiene que ser mucho más larga, imaginemos una radio de onda media (OM) que transmita a 1 MHz. La longitud de onda es de 300 m y la antena tiene que ser la mitad de la longitud de onda, 150 m. Para transmitir en condiciones óptimas, necesitamos una antena de 150 m. Unas antenas tan altas, normalmente, se instalan en vertical y hay que colocar la entrada de la emisora en medio, a 75 metros sobre el nivel de la tierra. Si emitimos a menor frecuencia, por ejemplo, 500 kHz, la longitud que resulta para la antena es de 300 metros.

Para evitar trabajar con instrumentos tan grandes, se utiliza una técnica parecida a la que usan las maquilladoras para que haya más luz en el espejo: Utilizar la superficie terrestre (la buena noticia es que ésta es conductora) como espejo. Si hacemos eso, resulta que una emisora de radio ve la mitad del dipolo como un dipolo completo, porque hemos sido capaces de meter un espejo (el plano de tierra actúa como un espejo para la señal emitida), y se comporta igual que él.

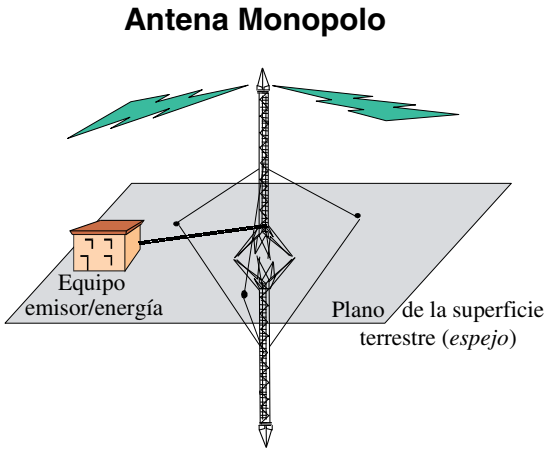


Figura 2.16. Antena monopolo. Una superficie conductora, como es la de la Tierra, hace de espejo.

¿Cómo funciona esto entonces?

La Tierra es conductora de la corriente eléctrica, sobre todo si está húmeda, aunque mucho peor que un metal; la salida de la emisora (inyección de la señal a radiar) se pone entre la antena y la tierra y transmite a su máxima potencia; es la mejor transferencia de energía porque tiene media longitud de onda, pero de verdad se usa la mitad. Esto es lo habitual en estas antenas, que se suelen hacer de metal muy robusto y se fijan a la tierra mediante tirantes aislantes, para que los voltios con que la alimentamos no se vayan a la tierra.

Los tirantes técnicamente se denominan riostras o vientos (es el equivalente a los vientos que sujetan una tienda de campaña). El medio dipolo también recibe los nombres de mástil radiante, porque es el propio mástil el que hace de antena, o monopolo.

Como en todo, existen ventajas e inconvenientes. Así, las frecuencias más altas requieren antenas más pequeñas, pero su alcance es menor.

2.9.2. La parabólica

¿Qué pasa cuando nos ocurre el caso contrario y tenemos una antena diminuta? Por ejemplo, la TV por satélite emplea frecuencias del orden de los 12 GHz, una longitud de onda de aproximadamente 2,5 cm. La antena encargada de recibir la energía que transmite el satélite, que está a 36.000 km de distancia, debe medir 1,25 cm. Luego, la energía enviada por el satélite llega debilísima y se encuentra una antena ridícula. Eso sí, toda la energía electromagnética la convierte en onda eléctrica porque es una antena de perfecta media longitud de onda. Aunque es tan pequeña que no se vería la televisión. Una posible solución sería poner un dipolo más grande, no estaría bien adaptado, pero desde luego va a recibir mucha más energía. No sirve porque la ganancia en energía supondría una excesiva pérdida de eficiencia y estamos en las mismas.

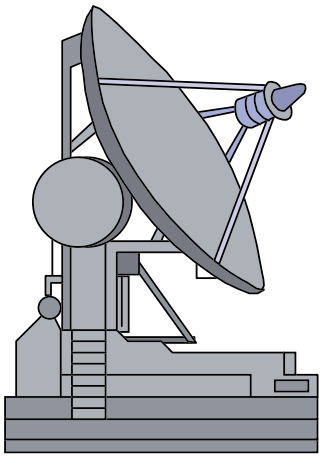


Figura 2.17. Antena parabólica. La parábola es un reflector que canaliza la radiación hacia un excitador.

La solución es que la onda eléctrica proveniente del satélite en todas direcciones, encuentre un sitio donde se refleje precisamente sobre el dipolo. Eso hace que todas estas ondas electromagnéticas se concentren en donde se encuentra el dipolo. Utilizamos como reflector una parábola (todas las paralelas que chocan con ella rebotan hacia un mismo punto); el punto donde se concentran los haces se denomina foco de la parábola.

Por tanto, una antena parabólica lo que se hace es utilizar un reflector que es como una parábola, (la parábola es una línea, una parábola que gira, en términos geométricos, recibe el nombre de paraboloide de revolución). En realidad una antena parabólica, por lo tanto, es un paraboloide que sirve de espejo. Éste debe ser metálico para que rebote y mande todas las energías que recibe, sobre el paraboloide, al punto activo al dipolo (excitador).

2.10. TECNOLOGÍA DE LOS SATÉLITES DE COMUNICACIONES

Por acabar en el tema de las ondas electromagnéticas vamos a hablar un poco de la tecnología de los satélites de comunicaciones. Para ver la TV en VHF o en UHF hay que tener las emisoras situadas en puntos suficientemente elevados (montes), porque la antena receptora y la transmisora han de tener contacto visual. Si las condiciones geográficas son adversas, se requiere un número altísimo de reemisores (sólo en España hay 1.600 antenas, en montes, para poder cubrir todo el terreno).

La idea de utilizar los satélites para transmitir ondas de radio se le ocurrió a Arthur Clarke, físico y escritor de ciencia ficción, mucho antes de que se lanzaran los satélites. Clarke discurrió la idea de poner satélites en órbita, para cubrir toda la tierra, hacia los años 40. El primer satélite se lanzó en el año 1957.

Los satélites artificiales son unos elementos con un peso de algunas toneladas. La rotación que ejercen alrededor de la tierra genera una fuerza centrífuga que evita su caída a pesar de la gravedad, manteniéndolos en una órbita estacionaria.

2.10.1. Puesta en órbita del satélite

Supongamos un satélite que orbite entre 500 y 1.000 km de distancia, relativamente poco, su velocidad de giro ha de ser muy alta o se caería. Cuando está a esa altura, gira dando una vuelta cada 2 horas, aproximadamente, lo que significa que el tiempo que está a la vista es muy pequeño. Entonces se lanza un segundo satélite que aparezca cuando el primero desaparece por el horizonte y, con tres satélites, siempre está cubierta la zona.

El problema es que se necesitan al menos dos antenas parabólicas (una para el actual y otra en espera del próximo) para poder seguir a los satélites sin perder cobertura. Estos son los satélites que se han usado durante mucho tiempo en telecomunicaciones, con enormes antenas parabólicas, porque en aquel momento la potencia de transmisión de los satélites era muy pequeña. Parabólicas de hasta 30 m de diámetro, que se mueven para poder seguir al satélite.

Como el sistema era muy caro, surgió la idea de poner el satélite más lejos. Cuanto más lejos esté, menos atracción de la Tierra y puede ir más despacio porque sufre una menor fuerza de atracción. Arthur Clarke ya había ideado colocar los satélites a 36.000 km de modo que su velocidad pudiera establecerse a una vuelta cada 24 horas, el mismo periodo que la Tierra, con lo que parecerá quieto para un espectador. Esto es, un satélite geosíncrono. Si se sitúa sobre el Ecuador, entonces se denomina geoestacionario. La dificultad estriba en la tecnología para poner directamente un satélite a 36.000 km.

Para subsanar esta dificultad, se estaciona el satélite en su órbita final en varias fases. En la primera se lanza y se sitúa a 1000 km, órbita de aparcamiento. Una vez ahí, en un momento determinado, se arranca un pequeño cohete que tiene dentro que lo saca de ésta órbita y lo lleva a una órbita elíptica (ya está fuera de la atmósfera y de la gran atracción de la Tierra). El punto más próximo a la Tierra de la nueva órbita es donde estaba y el punto más lejano es donde quiere ir. En este punto, se vuelve a arrancar el cohete para que tome la órbita nueva, que quedará establecida a 35.786 km de distancia. Mediante esos tres pasos, órbita de aparcamiento, órbita elíptica o de transferencia y órbita geoestacionaria, en un par de días se puede colocar a un satélite en su órbita.

Como el espacio válido para estacionar satélites es limitado, la Unión Internacional de Telecomunicaciones asigna un espacio a cada país para situar sus satélites. Siendo muy importante que éstos no se muevan de su órbita.

2.10.1.1. EL SISTEMA HISPASAT

Los cuatro satélites españoles (Hispasat 1A, 1B, 1C y 1D) están a 30º al oeste (si miramos desde Madrid esa es su elevación sobre el horizonte), casi encima de la costa de Brasil. España tiene tres satélites puestos ahí, lo que hay que conseguir es dejarlos ahí exactamente, no hay que dejar que se muevan. El satélite tiende a moverse. Si se acerca a la Tierra, va a empezar a dar vueltas más rápido, para compensar y no caerse; si se aleja de la Tierra, habrá que ponerlo más lento para que no se nos vaya fuera, para que compense la energía de la fuerza centrífuga con la de atracción de la Tierra.

Si se va a la derecha o a la izquierda, aunque siga en la misma distancia, el problema es que no lo vemos, nuestras antenas están mirando a 30º oeste, de manera que es importantísimo que los satélites estén ahí, muy próximos los unos de los otros.

En cualquier caso los satélites tienen que mantenerse exactamente en su sitio, por lo tanto, continuamente se están vigilando desde la Tierra, con una antena que los sigue, y se va corrigiendo su rumbo. ¿Cómo los corrige? Como el satélite tiene un pequeño cohete dentro, en realidad son 3 cohetes, uno en cada dirección para que se pueda mover en la dirección que queramos, desde la Tierra le van dando continuamente instrucciones cuando ven que se desplaza para ponerlo en su zona. Estos satélites tienen que estar seguidos desde Tierra durante toda su vida útil y recolocados para que estén exactamente en su lugar.

Los tres cohetes llevan un combustible dentro que, naturalmente, se va gastando. Por supuesto, si se quiere que el satélite dure mucho, necesita una gran cantidad de carburante porque el día que éste se acabe, el satélite queda sin control. Antes de que esto ocurra se les saca de la órbita y se mandan al espacio libre, donde quedan como basura espacial, o se hace que reingresen en la atmósfera y se desintegren, como ocurrió hace poco con la estación espacial rusa MIR. La dificultad estriba en encontrar un punto de equilibrio entre la duración del satélite y el peso del combustible.

- **Los transpondedores**

Lo que interesa es que duren lo más posible, luego hay que poner suficiente combustible dentro, pero si ponemos demasiado no queda espacio ni peso para poner lo que yo quiero, baterías, antenas, transmisores. De manera que hay un equilibrio entre cuántos transmisores y cuánto carburante. Los transmisores del satélite son, en realidad, unos receptores que amplifican la señal que reciben de la Tierra, limpian la señal y la vuelven a enviar, una especie de repetidores que llamamos transpondedores.

Un satélite, por lo tanto, tiene un determinado número de transpondedores; si lleva muchos dejarán poco espacio para combustible y durará pocos años, y si lleva mucho combustible durará muchos años pero tendrá pocos transpondedores.

En el año 1992, cuando se lanzó el primer Hispasat, el equilibrio se conseguía con una duración de 10 años llevando unos 10 ó 15 transpondedores. En el 2000 se lanzó el Hispasat 1C cuya duración se prevé en 15 años portando 25 transpondedores, y en el 2002 el Hispasat 1D, para reemplazar al 1A y 1B, que acabarán en el 2003. Así en el futuro son esperables prestaciones mucho mayores. Un transpondedor permite un canal de TV, combinado de alguna manera seria, sensata, hasta 2 canales de TV, pero no más.

2.10.2. Seguimiento de los satélites

Hemos visto lo maravilloso que resulta el invento del satélite ¿por qué no lo utilizamos también para la telefonía móvil? Telefónica debe de tener casi 10.000 antenas para cubrir toda España. Una cifra algo superior a la que tienen Vodafone y Amena. Es decir, que para cubrir un país como España cada operador ha de tener del orden de las 8.000 o más antenas.

¿Porqué no poner una en un satélite y cubrir toda España? Porque el satélite está a 36.000 km y la energía que se recibe es muy pequeña, se necesita una antena parabólica, algo impracticable para su uso.

Con la tecnología actual, necesitaríamos tener satélites en órbita baja (hasta 1.000 km) y enfocando su energía sobre pequeñas parcelas de terreno, del tamaño de media España, para poder establecer comunicaciones de teléfono móvil vía satélite. Como hemos visto, entonces necesitamos un gran numero de satélites para tener cobertura continuamente, para que siempre tengamos uno a la vista.

En el primer estudio que se hizo, se estimó que con 11 satélites en una órbita (estas órbitas no están en el Ecuador, normalmente van de polo norte a polo sur, dando una órbita polar), siempre se podía tener un satélite funcionando encima de la mitad norte de España. Con una ventaja, el satélite que todavía no ha llegado puede estar dando servicio a Marruecos o al sur de España y el satélite que ya ha pasado, puede estar dando servicio a Inglaterra o a Islandia o al mar y cuando da la vuelta a Nueva Zelanda, es decir, que

estos 11 satélites dan servicio a una buena franja de la Tierra, a todo lo que hay en el mismo meridiano que España. Para que los italianos puedan también hablar por teléfono móvil, se ponen otros 11 satélites sobre Italia, que dará servicio a Suiza, Alemania, etc.

Del cálculo que se hizo resultó que poniendo 7 de esas órbitas de 11 satélites cada uno se podría cubrir todo el mundo. Así se concibió el proyecto Iridium, aunque luego se vio que con 66 satélites (11 menos de los inicialmente previstos era suficiente y en aras a ahorrar en el proyecto, finalmente, fue el número que se adoptó.

2.10.3 Bandas de frecuencias

Los nombres más comunes para ciertas bandas frecuenciales datan de antes de la Segunda Guerra Mundial. Aunque el IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers), se esfuerza por imponer una convención de nombres estándares fáciles de usar, lo cierto es que la mayoría de las personas del sector se refieren a los segmentos del espectro de radio por una clasificación de bandas basadas en letras que son a menudo imprecisas.

En la Segunda Guerra Mundial, los desarrolladores de radares de los Estados Unidos y Gran Bretaña nombraron partes del espectro con letras, tales como la banda L, banda C, banda Ku o banda Ka. Las letras fueron escogidas de forma aleatoria, para que el enemigo no pudiera saber sobre lo que estaban hablando. Durante los siguientes años hubo grandes discrepancias sobre los nombres y sus inconsistencias.

Los organismos FCC (Federal Communication Commission) e UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) se encargan de gestionar el espectro. Las bandas de frecuencia utilizadas comúnmente en las comunicaciones por satélite comerciales son la banda C y la banda Ku.

La banda C se refiere al margen 5,9 – 6,4 GHz para el canal ascendente y 3,7 – 4,2 para el descendente. La banda C proporciona transmisiones de más baja potencia que la Ku pero de más cobertura geográfica, con un plato de la antena receptora más grande, del orden de 3 metros, aunque también con un mayor margen de error de apuntamiento.

La banda Ku utiliza el margen 14 – 14,5 GHz para al canal ascendente y 11,7 – 12,2 GHz para el descendente. Esta banda proporciona más potencia que la C y, en consecuencia, el plato de la antena receptora puede ser más pequeño, del orden de 1,22 metros de diámetro, pero la cobertura es menor.

La elección entre una u otra banda viene dada en función del análisis del propósito final de la transmisión y del tipo de mercado al que se desea llegar. En este sentido, la banda C está más orientada a los usuarios de los servicios residenciales, para llegar a antenas domésticas. Esta banda es vulnerable a las interferencias terrestres, especialmente en áreas urbanas.

Bandas	Rango de frecuencias	Servicio	Principales usos
VHF	30 – 300 MHz	FIJO	Telemetría
UHF	300 – 1.000 MHz	MÓVIL	Navegación, militar
L	1 – 2 GHz	MÓVIL	Emisión de audio, Radiolocalización
S	2 – 4	MÓVIL	Navegación
C	4 – 8	FIJO	Voz, Datos, Imágenes, TV
X	8 – 12	FIJO	Militar
Ku	12 – 18	FIJO	Voz, Datos, Imágenes
K	18 – 27	FIJO	TV, Comunicación intersatélite
Ka	27 – 40	FIJO	TV, Comunicación intersatélite

Figura 2.18. Bandas de frecuencias para las comunicaciones por satélite.

Existe actualmente una banda de frecuencias emergente en el sector civil que proviene del ámbito militar. Se trata de la banda Ka, que opera entre 27 y 31 GHz, con la que se espera paliar la creciente saturación de las bandas C y Ku. Cabe citar, finalmente, en este contexto de las bandas de frecuencia la banda EHF (Extremely High Frequency), en el margen 20-100 GHz dedicada al sector de defensa aunque susceptible de uso civil.

Cuando las zonas donde se va a recibir las señales están controladas por una determinada entidad, como es el caso de una red corporativa, se utiliza normalmente la banda Ku; debido a su elevada potencia puede utilizar antenas más pequeñas, más baratas y más fáciles de instalar, lo que hace que esta banda sea especialmente utilizada en el sector empresarial. Además, a la banda Ku no le afectan las interferencias terrestres, pero sí las condiciones meteorológicas (lluvia, niebla, etc.), que producen distorsiones y ruido en la transmisión. Esto se puede solucionar mediante la utilización de antenas más grandes o aumentando la potencia de emisión, pero ello resulta en un precio más elevado.

2.10.4. Elementos de las redes satelitales

Los sistemas vía satélite son capaces de proveer servicios de comunicaciones virtualmente a cualquier parte del mundo sin discriminación en precios o geografía. Ninguna otra tecnología – incluyendo fibra óptica – puede conseguir este objetivo, y ninguna puede lograr la promesa de universalidad geográfica.

Los sistemas tradicionales de comunicaciones vía satélite, se basan en que las señales se transmiten entre las diferentes estaciones:

Terrestres: Mediante un satélite situado en una determinada órbita de la Tierra. Estas señales viajan sobre una onda portadora en el margen de microondas, que permite transportar grandes cantidades de información al mismo tiempo que puede concentrarse en haces extremadamente estrechos, lo que las hace especialmente apropiadas para las comunicaciones vía.

Satelitales: Cuando el satélite recibe el haz de las señales, éstas son extremadamente débiles debido al camino recorrido porque debe amplificarlas para compensar las pérdidas de potencia sufridas durante la transmisión por el espacio; tras amplificar el haz lo retransmite a la Tierra, en concreto, a las estaciones receptoras que deben recibir la señal. En este sentido, el satélite actúa como una estación repetidora en el espacio.

Cuando el satélite está diseñado únicamente para esta función de repetidor, es decir, para acoger la señal y retransmitirla otra vez a la Tierra, se dice que el satélite es transparente. Los avances en la tecnología han permitido agregar a esta función básica inherente, funciones de valor añadido en términos de control y comando de los circuitos de microondas del satélite, así como el procesamiento *on-board*, entre otros.

Un sistema de comunicaciones por satélite está compuesto por los siguientes elementos:

- Satélite de Comunicaciones
- Centro de control
- Estación Terrena

Satélite de Comunicaciones: Constituye el punto central de la red y su función es la de establecer comunicaciones entre los diversos puntos de la zona a la que atiende. Está compuesto esencialmente por conjuntos de repetidores de señales radioeléctricas o transpondedores (formado por receptor, amplificador y trasmisor) y por sistemas de apoyo. Los equipos de comunicaciones, incluyendo antenas y repetidores, constituyen la carga útil del satélite. Entre los Sistemas de apoyo, se pueden mencionar: control térmico, sistema de energía, estructura, sistema de propulsión, sistema de control y sistema de estabilización.

En un sistema puede haber más de un satélite, uno en servicio y otro de reserva (que puede estar en órbita o en Tierra), o bien uno en servicio, otro de reserva en órbita y un tercero de reserva en Tierra. La posición adoptada dependerá de la fiabilidad que se pretenda obtener.

Centro de Control: Que también se le llama Estación TT&C (Telemediación, Telemando y Control), realiza desde Tierra el control del satélite.

Posee todos los equipos necesarios para mantener al satélite en su posición orbital, posibilitando la realización desde tierra de todas las operaciones necesarias para tal fin. Esta estación se halla ubicada dentro de la zona de servicio y es propiedad del dueño del satélite.

Estación Terrena: Forma el enlace entre el satélite y la red terrestre conectada al sistema. Un sistema puede operar con algunas decenas o centenas de ellas, dependiendo de los servicios brindados.

Existen distintos tipos de estaciones terrenas en función del servicio a que las mismas estén destinadas:

- *Estación master:* se encarga de la gestión del sistema y habitualmente se encuentra ubicada en el nudo principal de la red.
- *Estaciones de alto tráfico, tráfico medio y bajo:* según el número de canales de trasmisión y recepción que atiendan.
- *Estaciones rurales:* de bajo costo.
- *Estaciones TVRO (TV receive only):* que permiten sólo la recepción de una o varias señales de TV y/o de radiodifusión sonora.

Finalmente, en un proyecto para la puesta en órbita de un satélite se deben tener en cuenta los Lanzadores, que son los vehículos necesarios para la colocación de los satélites en su punto de operación.

Los países con mayor capacidad de poner satélites en órbita geoestacionaria son: Francia, EE.UU., Japón, India y China; sólo los EE.UU. (NASA) y Francia (ARIANESPACE), colocan satélites de terceros países en órbita.

En el contexto de la transmisión se utilizan dos conceptos fundamentales: el *enlace ascendente o uplink y el enlace descendente o downlink.* El modo en que se utilizan estos enlaces es el siguiente: En la estación terrestre, la señal se superpone a la portadora a una determinada frecuencia y se envía al satélite (enlace ascendente); en el satélite, una vez que se ha amplificado la señal, se superpone a una portadora a una frecuencia diferente de la anterior y se envía a la Tierra (enlace descendente).

2.11. INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIONES EN EDIFICIOS

Dentro de los distintos medios físicos que se utilizan en telecomunicaciones, hay un caso muy especial que requiere cierta dedicación, como es el de las infraestructuras de

comunicaciones en el interior de edificios, denominado ICT (Infraestructura Común de Telecomunicaciones).

En este apartado no vamos a estudiar con detalle todas las posibilidades que existen, ni vamos a entrar en el Reglamento de ICT, sino que vamos a dar algunas nociones acerca de lo que es un Sistema de Cableado Estructurado. Es decir, una instalación de cables por el interior del edificio válida para soportar las comunicaciones de voz, datos y vídeo, dentro del mismo, válida para los servicios actuales y los que puedan aparecer en el futuro.

Es habitual que los miembros de una empresa, al menos los que realizan tareas de gestión o administrativas, trabajen juntos compartiendo un espacio físico común, si puede ser en el mismo edificio para facilitar la comunicación entre ellos. En este entorno juegan un papel fundamental los sistemas de comunicaciones que permiten establecer el intercambio de información de manera casi instantánea entre los distintos departamentos y entre las personas que trabajan en cada uno de ellos.

La complejidad de las comunicaciones dentro de un edificio y la creciente movilidad de los usuarios, con continuos cambios dentro de la organización, exige un sistema capaz de afrontar eficazmente este reto; así surgen los sistemas de cableado estructurado que proporcionan una conectividad universal y el ancho de banda necesario para soportar todas las aplicaciones. Sin necesidad de recablear cada vez que se produce un cambio de cualquier naturaleza que sea.

La red de área local o LAN que da servicio a cualquier empresa es la parte más visible de uno de estos sistemas de cableado estructurado; pero hay que considerar que habitualmente no trabajamos sólo con las comunicaciones de datos, que no todas van a través de la LAN, sino que existen las de voz y las de control y supervisión de otra serie de elementos como son las centrales de alarmas, climatización, vídeo, etc. Existiendo una tendencia hacia la integración de todas ellas bajo una infraestructura común para obtener una mayor eficacia en su operación.

La unión de esfuerzos de los principales fabricantes de informática, comunicaciones y productos electrónicos, ha permitido el desarrollo y elaboración de normativas y estándares que han dado lugar a sistemas de interconexión lo más abiertos posibles. Esto último quiere decir que el medio (la infraestructura de comunicaciones), sea independiente de protocolos, de los equipos de conexión o de fabricantes y viceversa.

Hasta hace apenas 10 años era inexistente la normativa para la instalación de cables en los edificios, salvo para los de energía eléctrica: conforme se necesitaba una nueva conexión se tendía el cable adecuado. Bien por el servicio de mantenimiento del edificio o por el suministrador del servicio correspondiente (datos, telefonía, alarmas, etc.), con lo que cables y más cables se iban acumulando. Ya que los que quedaban fuera de servicio

se dejaban instalados por resultar más caro su retirada, y cualquier cambio en la organización significaba tener que recablear.

Preocupados por esta confusión y para acabar con ella, varios organismos como BICSI, EIA, NPFA, TIA y UL, empiezan a emitir normas que aseguren la compatibilidad entre los diversos fabricantes y el rendimiento de la instalación en su conjunto, incluyendo los propios cables, los conectores y su instalación.

Así, surgen los sistemas de cableado estructurado como una solución para proporcionar un medio fiable y duradero de enlace entre todos los sistemas que componen la infraestructura de comunicaciones, que garantiza la compatibilidad para la conectividad de redes multivendedor.

2.11.1. Sistema de cableado estructurado

Un "sistema de cableado estructurado" es aquel que permite identificar, reubicar y cambiar en todo momento, con facilidad y de forma racional, los diversos equipos que se conectan al mismo. Sobre la base de una normativa completa de identificación de cables y componentes, así como el empleo de cables y conectores, de las mismas características para todos los equipos.

Los sistemas de cableado estructurado se distinguen especialmente por dos características principales: **modularidad** y **flexibilidad**. La primera tiene en cuenta el crecimiento, las modificaciones y la localización y corrección de averías. La segunda, se refiere a poder admitir cualquier topología de red de área local, versatilidad en velocidad de transmisión y soportar equipos de diferentes marcas o fabricantes.

La distribución física de un sistema de cableado estructurado es en estrella en el ámbito de planta y/o edificio, simplificando cualquier ampliación, ya que las estaciones de trabajo se añaden hacia el exterior desde un nodo central. Además, la localización y corrección de averías es una tarea fácil gracias a dicha modularidad.

Una aplicación básica de un sistema de cableado estructurado es el **precableado**, el cable instalado sirve para todos los equipos a conectar, presentes o futuros. Las ventajas se derivan precisamente del uso del mismo, ya que se minimiza el esfuerzo en la remodelación de la red, en el crecimiento de la misma y en los costes de mantenimiento. Obviamente, antes de conectar un equipo al cableado, se tiene que haber conformado la red que lo soporte, tal y como se muestra en la figura 2.19.

Con sistema de cableado estructurado se facilita la resolución de problemas al estar los puntos de conexión perfectamente localizados e identificados y se dispone de una infraestructura lógica, racional y ordenada de cables y componentes para dar servicios a todos los usuarios; esta infraestructura tiene un coste inicial alto, pero si se realiza con previsión, pueden conseguirse sustanciales ahorros (en tiempo y dinero), cuando exista

necesidad de añadir nuevos equipos, lo que suele ser práctica común en los edificios destinados a oficinas, ya que será mucho más sencillo.

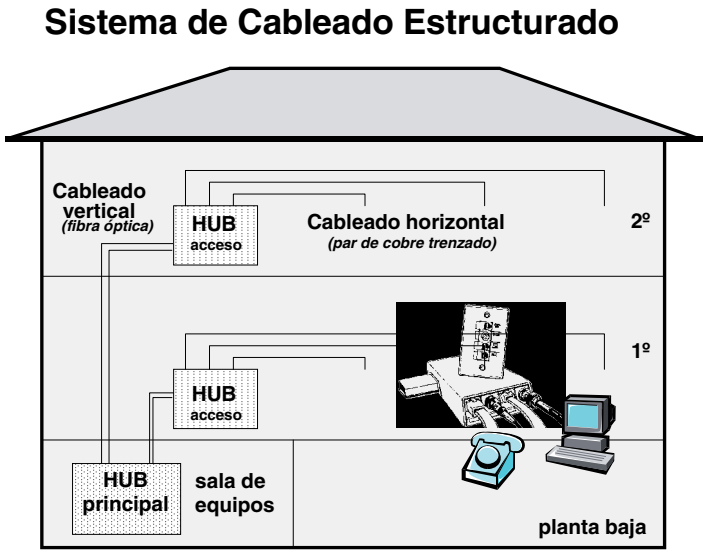


Figura 2.19. Distribución vertical y horizontal del cableado dentro de un edificio, para la conexión de los distintos terminales de voz y datos.

2.11.1.1. PANELES DE CONEXIÓN Y/O DISTRIBUCIÓN

La distribución física del cableado en estrella, bien a nivel de planta de edificio o de campus, necesita de un punto en el que coincidan todos los brazos o segmentos de cableado, que configuran la misma.

Tal punto de encuentro suele estar formado por un panel, o paneles de conexión con sus entradas y salidas, que tienen conectadas sus bocas activas con cables latiguillos (*patch cord*) para el "encaminamiento" de las comunicaciones en las distintas partes del edificio y realizar cuantas conexiones se deseen entre los diferentes equipos, de una manera rápida y sencilla.

Las normas que regulan los cableados estructurados llaman a estos puntos distribuidores de planta, de edificio o de campus. Por seguridad, los paneles de distribución se ubican en unos cuartos específicos, denominados comúnmente "cuartos técnicos" o "cuartos de cableado" (*wiring closet*). Los cableados que van desde el distribuidor hasta los puestos de trabajo se denominan **subsistema horizontal**, los que unen los distintos distribuidores de planta, **subsistema vertical** y los que unen a éstos, **subsistema de campus**.

2.11.1.2. LONGITUDES MÁXIMAS. CATEGORÍAS

Conforme a las normas y estándares internacionales que regulan los cableados quedan determinadas unas longitudes máximas para cada uno de los niveles mencionados, que no debe excederse a fin de garantizar la compatibilidad de la instalación del cableado con cualquier equipo terminal, actual o futuro. Véase la tabla de la figura 2.20.

Categoría	Funcionalidad
CLASE A	Conexiones de voz y datos para aplicaciones de baja frecuencia hasta 100 kHz. Típicamente telefonía.
CLASE B	Conexiones de datos para aplicaciones con un ancho de banda hasta 1 MHz. Ejemplo, la RDSI.
CLASE C (3)	Conexiones de datos para aplicaciones con un ancho de banda hasta 16 MHz. Por ejemplo, Ethernet y Token Ring.
CLASE D (5)	Conexiones de datos para aplicaciones con un ancho de banda hasta 100 MHz. Típicamente FDDI sobre pares trenzados y ATM.
CLASES E y F	Conexiones de datos para aplicaciones de hasta 200 y 600 MHz. Aplicaciones como ATM a 622 Mbit/s y a 1,2 Gbit/s, High Speed Token Ring a 100 Mbit/s o Giga Ethernet a 1 Gbit/s.

Figura 2.20. Cuadro que muestra las distintas Clases de un sistema de transmisión.

2.11.2. Cables de cobre de pares trenzados

En el interior de los edificios, los cables de pares de cobre son los más usados para distribuir las señales hasta los usuarios, pues como hemos visto, en distancias cortas tiene una alta capacidad. Para distancias más largas se utiliza la fibra óptica, pero en este caso, el único tipo de cables del que vamos a hablar, serán los pares de cobre.

- **UTP (*Unshielded Twisted Pair*),**

Iniciales de **Unshielded** (USA) o Unscreened (Gran Bretaña) **Twisted Pair**. En definitiva, cables de pares trenzados sin apantallar. En el pasado estos cables eran los llamados de voz (*voice grade*) para distinguirlos de los de datos (*data grade*), siendo los telefónicos los más extendidos. Actualmente, la mejora continuada de los cables UTP y la estandarización de los mismos ha permitido su clasificación en categorías (Categorías 1 a 5 -1 y 2 para voz, y desde la 3 hasta la 5 para datos-, como ya vimos al definir categorías).

El par trenzado sin apantallar está ganando terreno como medio de transmisión para redes de área local, debido a ser el más barato, tanto por él mismo como su instalación, debido al bajo coste de su conectorización.

De no especificar lo contrario, la impedancia característica (una media de la oposición al paso de corriente a su través cuando se aplica un voltaje) de estos cables es de 100 Ohmios (también hay los UTP de 120 Ohmios). Aunque la normativa permite menor cantidad de pares, lo usual es que el cable UTP tenga 8 hilos conductores formando cuatro pares trenzados. Siendo de esta manera adecuados para soportar la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) cuando sea necesario. Su mayor empleo es en el subsistema horizontal.

- **Cables STP (*Shielded Twisted Pair*)**

Son las iniciales de **Shielded** (Shielded en USA y Screened en Gran Bretaña) **Twisted Pair**. O sea, un cable en el cual los conductores de cobre van trenzados por parejas y cada pareja cubierta por una fina capa metálica que hace de pantalla. Un ejemplo de este tipo de cable es el IBM tipo 1 de 150 Ohmios de impedancia característica y de 4 hilos, formando dos pares trenzados cada par de estos. Es más caro que el UTP, pero presenta la ventaja de poder superar los 100 Mbit/s. Se emplea conjuntamente en el subsistema horizontal y vertical, aunque no por todos los fabricantes.

- **Cables FTP (*Foiled Twisted Pair*)**

Iniciales de **Foiled Twisted Pair** o pares trenzados envueltos por una lámina, que sería su traducción literal. Realmente significa, cables UTP envueltos todos ellos por una lámina metálica (generalmente de aluminio), que hace de pantalla. Ésta reduce las emisiones al exterior del propio cable y le protege de las interferencias que se le pudieran inducir por radiaciones. En resumen, pretende mejorar su Compatibilidad Electromagnética (EMC / Electro Magnetic Compability) y sus Interferencias por emisiones Electromagnéticas (EMI / Electro Magnetic Interference). Las normas que regulan los cableados no contemplan el FTP como producto singular; es un UTP, con todas sus características y requerimientos específicos, que lleva un apantallamiento general.

Un hecho a destacar es que para cumplir los requerimientos EMC no se necesita un cable apantallado pudiendo uno UTP cumplir perfectamente con ellos. El modo de instalación del cableado influye directamente en su posterior comportamiento (bueno o malo) frente a las radiaciones.

- **Cables S-UTP**

Estas iniciales designan un cable que combina las ventajas del STP con las del UTP. Es un cable UTP recubierto con una malla y una lámina metálica; este doble

apantallamiento le permite satisfacer mejor las exigencias de la normativa europea sobre EMC y EMI, al presentar una mejor protección frente a radiaciones de alta y baja frecuencia.

2.12. INFRAESTRUCTURAS COMUNES DE TELECOMUNICACIONES

La instalación de Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones (ICT) para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de los edificios, supone un paso adelante muy importante al facilitar la incorporación a las viviendas, sobre todo las de nueva construcción; pero también las que se rehabiliten en su totalidad, de las nuevas tecnologías a través de estas infraestructuras de calidad de forma económica y transparente para los usuarios.

La legislación que las regula, aun tratándose de una legislación de tipo técnico, tiene sentido social y pretende facilitar el acceso a servicios de telecomunicaciones tales como telefonía en sus distintas modalidades, Internet, telecomunicaciones por cable, radiodifusión sonora y televisión analógicas, digitales, terrenales o por satélite, etc., tanto actuales como los que puedan salir en el futuro.

Con esta normativa se pretende facilitar el acceso de los ciudadanos a todo tipo de servicio de Telecomunicación que suele ser de uso común en los hogares, relacionados con el estudio, el ocio y el entretenimiento, o profesional. Disponiendo de unas infraestructuras preparadas para ello, no se requiere la instalación de ninguna nueva, con lo que la disponibilidad es inmediata y, además, su coste debe ser menor ya que es compartida por varios servicios y por toda la comunidad de vecinos en donde se halla instalada.

Real Decreto-Ley 1/1998 de 27 de febrero

El Real Decreto-Ley 1/1998 establece un nuevo marco jurídico en la materia que, desde la perspectiva de un marco de libre competencia, permite dotar a los edificios de instalaciones suficientes para atender los servicios de Telefonía, Radio y Televisión, y Telecomunicaciones por Cable y facilita la planificación de dichas infraestructuras de manera que faciliten la implantación de futuros servicios y la introducción de nuevas tecnologías para el acceso a la Sociedad de la Información.

Reconoce el derecho de los copropietarios y arrendatarios a instalar las diferentes infraestructuras para beneficiarse de manera inmediata de los nuevos servicios de Telecomunicación, conectarse a ellas o adaptar las existentes.

Con la aplicación del Decreto-Ley se evitan las instalaciones individuales, el tendido de los cables que afectan negativamente a la estética de las fachadas y patios de las viviendas. Se dispone de unos puntos de acceso comunes para todos los operadores y se garantiza una garantía técnica para ofrecer los servicios con calidad y sin interferencias.

Este Real Decreto-Ley se ha venido desarrollando con la publicación de los correspondientes reglamentos y normativa técnica, siendo el último reglamento en aparecer el 401/2003, que recoge algunas modificaciones sobre al anterior.

Real Decreto 401/2003 de 4 de abril

El Real Decreto 401/2003 por el que se aprueba el Reglamento regulador de las ICT para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de los edificios y de la actividad de instalación de equipos y sistemas de telecomunicaciones.

La **ORDEN CTE/1296/2003,** de 14 de mayo, desarrolla el Reglamento regulador de las ICT aprobado por el Real Decreto 401/2003, de 4 de abril.

2.12.1. Elementos técnicos que constituyen la ICT

Los elementos técnicos que conforman una ICT y su estructura son los que se muestran en la figura 2.21. Sus características se explican a continuación, para la recepción de señales de televisión y radio (radiodifusión), telefonía servicios de cable.

Esquema general de la ICT

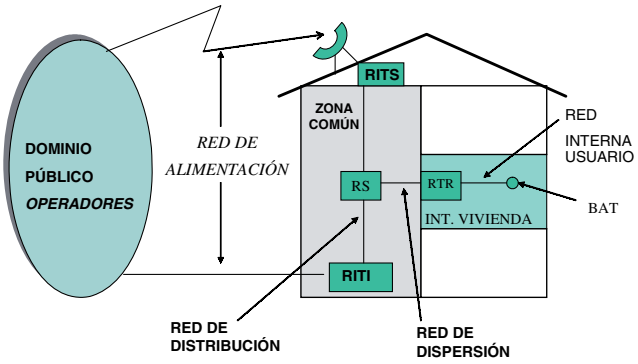


Figura 2.21. Los elementos técnicos que conforman una ICT y su estructura.

- **Televisión y radiodifusión**

Sistema de captación, compuesto de los siguientes elementos:

- Antenas colectivas para recepción de señales de radio y TV terrenales.
- Previsión de espacio para las antenas de TV digital por satélite.
- Equipamiento de cabecera, compuesto de:
- Amplificadores. (*Puede tener incluido el mezclador de las señales terrenales y de satélite. Si no lo tuviese entonces será necesario el mezclador indicado a continuación*).
- Mezcladores de las señales terrenales y de satélite.
- Red de distribución de señal formada por: cable coaxial, derivadores y distribuidores de planta. Punto de Acceso al Usuario y red interna del edificio hasta las bases de toma (con un mínimo de 2). Todo ello preparado para permitir la distribución de la señal, de manera transparente, entre la cabecera y la toma de usuario en la banda de frecuencias comprendida entre 47 y 2.150 MHz.

Esta red de distribución es doble y en cada una se encuentra disponible la señal de televisión terrenal.

Si se decide incorporar una o dos plataformas digitales, las señales de una de ellas se mezclarán con las de televisión terrenal, cada una en un cable, de forma que a la entrada de la vivienda se encuentren las señales correspondientes que podrán ser utilizadas por el usuario previo contrato con el operador correspondiente.

- **Telefonía**

Un registro principal equipado con regletas situado en el Recinto de Instalaciones de Telecomunicaciones Inferior (RITI). Este Registro Principal dispone de espacio para que los operadores de telefonía puedan montar sus regletas de entrada a las cuales conectarán la red de alimentación y desde las cuales tenderán los puentes correspondientes hasta las regletas de salida para dar servicio a los abonados.

Una red de cable que discurre por todo el edificio hasta el Punto de Acceso al usuario situado a la entrada de la vivienda y la red interna del edificio hasta las bases de toma en número de una por cada dos estancias o fracción (excluidos trasteros y baños) con un mínimo de 2.

- **Telecomunicaciones por cable**

Un espacio en el RITI especialmente señalizado para que cada operador de cable pueda montar sus Registros Principales desde donde pueda establecer la red de distribución, en estrella, a los abonados.

Un registro a la entrada de la vivienda a donde podrá llegar con el cable correspondiente y de donde parten conductos hasta los registros especiales para bases de toma en número de una por cada dos estancias o fracción (excluidos trasteros y baños) con un mínimo de 2.

- **Infraestructura**

Una arqueta de entrada situada en la acera frente al edificio. Una canalización externa desde la arqueta hasta el pasamuros, registro de enlace y canalización de enlace hasta el Registro de Instalaciones de Telecomunicaciones Inferior (RITI).

Un recinto RITI situado en la parte baja del edificio, dotado de suficiente espacio para ubicar los equipos antes citados.

Una canalización formada por tubos rígidos, que partiendo desde el RITI llega hasta el Recinto de Instalaciones de Telecomunicaciones Superior (RITS) con ramificaciones practicables en cada rellano de viviendas desde las cuales accede a todas y cada una de las viviendas, en cantidad suficiente para acomodar los cables de los diferentes servicios.

Un recinto, RITS situado en la parte alta del edificio, dotado de suficiente espacio para ubicar los equipos antes citados. Se hace una canalización de entrada desde la cubierta del edificio hasta el RITS para el paso de cables.

El conjunto de elementos necesarios para asegurar la distribución de las señales desde el equipo de cabecera hasta las tomas de usuario se estructura en tres tramos: **red de distribución**, **red de dispersión** y **red interior**; con dos puntos de referencia: **punto de acceso al usuario** y **toma de usuario**.

- **La red de distribución** es la parte de la red que enlaza el equipo de cabecera con la red de dispersión. Comienza a la salida del dispositivo de mezcla que agrupa las señales procedentes de los diferentes conjuntos de elementos de captación y adaptación de emisiones de radiodifusión sonora y televisión, y finaliza en los elementos que permiten la segregación de las señales a la red de dispersión (derivadores). Presenta topología árbol-rama.

- **La red de dispersión** es la parte de la red que enlaza la red de distribución con la red interior de usuario. Comienza en los derivadores que proporcionan la

señal procedente de la red de distribución, y finaliza en los puntos de acceso al usuario. Está formada por dos cables coaxiales, que dejan pasar las emisiones terrestres en la banda 47 a 862 MHz, y en el resto, desde 950 hasta los 2.150 MHz, se sitúan, de manera alternativa, las emisiones de satélite, cuando existan.

- **La red interior de usuario** es la parte de la red que, enlazando con la red de dispersión en el punto de acceso al usuario, permite la distribución de las señales en el interior de los domicilios o locales de los usuarios. Está formada por un solo cable coaxial.

- **El punto de acceso al usuario (PAU)** es el elemento donde comienza la red interior del domicilio del usuario, permitiendo la delimitación de responsabilidades en cuanto al origen, localización y reparación de averías. Se ubicará en el interior del domicilio del usuario y permitirá a este, la selección del cable de la red de dispersión que desee.

- **La toma de usuario (Base de Acceso de Terminal)** es el dispositivo que permite la conexión a la red de los equipos de usuario para acceder a los diferentes servicios que ésta proporciona. En cada vivienda debe de haber una BAT por cada dos estancias, excluidos baños y trasteros, con un mínimo de dos, que se reduce a una en el caso de locales y oficinas.

CAPÍTULO 3

LAS TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIONES

3.1. LAS TÉCNICAS DE CONMUTACIÓN

3.1.1. Conmutación de circuitos

En la conmutación de circuitos a cada comunicación se le asigna un camino físico transparente, de manera exclusiva, durante todo el tiempo que dura la comunicación. Requiere fases de establecimiento y liberación de la llamada. Es apto para tráfico constante durante un largo periodo de tiempo, o sensible al retardo, como es la voz.

El concepto de conmutación de circuitos lo vamos a ver con un ejemplo muy sencillo. Si queremos hablar por teléfono con otra persona que se encuentra, por ejemplo, en México, llamamos por teléfono a nuestra central de barrio (central urbana); ésta detecta que es una llamada para México porque empieza por 35 y la dirige a la central internacional de Telefónica, que a su vez la manda hacia la de México; todo ello a través de la señalización entre usuario y las centrales y de estas entre sí (véase la figura 3.1).

La conmutación de voz, hoy por hoy, es de circuitos: cuando hablamos por teléfono significa que el operador telefónico nos pone en comunicación, con todas las conmutaciones intermedias necesarias, en base al número que hemos marcado. El proceso lleva un tiempo, en torno a algunos segundos, mucho menos de los minutos e incluso horas que llevaba cuando el proceso era manual a través de operadoras y había que solicitar la conferencia con mucha antelación.

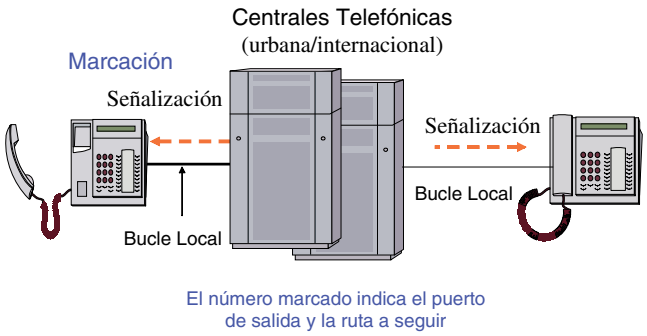


Figura 3.1. Proceso de establecimiento de una comunicación telefónica.

Una vez que estamos hablando, ese circuito (en realidad, ponen dos circuitos a nuestra disposición, uno de ida para hablar y otro de vuelta para oír) queda en exclusiva para nuestro uso durante todo el tiempo que dura la conversación. Una primera desventaja es la disposición de un circuito de ida y uno de vuelta en exclusiva, pagado por nosotros, cuando nosotros no estamos utilizando los dos a la vez nunca. Mientras hablamos utilizamos el circuito de ida y cuando escuchamos, el de vuelta. Asimismo cuando se está en silencio, ninguno de los dos circuitos se usa, pero estamos pagando por los dos. De manera que es un sistema bastante ineficaz.

Si lo usamos para Internet, todavía peor. Cuando llega una página de Internet, si no bajamos una nueva, no hay transferencia, estamos leyendo datos ya transmitidos y, sin embargo, seguimos pagando. Así la conmutación de circuitos presenta un primer problema: su ineficacia (gran parte de la red en desuso durante mucho tiempo). El segundo es que si todos los circuitos disponibles están ocupados, aunque no circule información, no se permite la entrada de nuevos usuarios y la red se colapsa.

En cualquier caso, siguiendo con esta idea, tomemos el ejemplo de 100 personas hablando con Barcelona o 100 personas entrando en Internet desde Barcelona a un servidor de Madrid o viceversa. Hay tres maneras de hacerlo: Podríamos establecer 100 líneas entre Madrid y Barcelona, pero ya hemos visto antes que eso no se hace, eso se denomina por conductor exclusivo (el camino se establece de forma real y permanente). Lo más frecuente en el mundo analógico es emplear la técnica de multiplexación por división de frecuencia, FDM. En el mundo digital, no se puede usar esa técnica y se utiliza una diferente que se llama de multiplexación por división de tiempo, TDM (Time Division Multiplexing), que veremos en el apartado siguiente.

Para cada conexión entre dos estaciones, los nodos intermedios dedican un canal lógico a dicha conexión. Para establecer el contacto y el paso de la información de estación a estación a través de los nodos intermedios, se requieren estos pasos:

- **Establecimiento del circuito**: el emisor solicita a un cierto nodo el establecimiento de la conexión hacia una estación receptora. Este nodo es el encargado de dedicar uno de sus canales lógicos a la estación emisora. Este nodo es el encargado de encontrar los nodos intermedios para llegar a la estación receptora, y para ello tiene en cuenta ciertos criterios de encaminamiento, coste, etc.

- **Transferencia de datos**: una vez establecido el circuito exclusivo para esta transmisión (cada nodo reserva un canal para esta transmisión), se transmite desde el emisor hasta el receptor conmutando sin demoras de nodo en nodo (ya que estos nodos tienen reservado un canal lógico para ella).

- **Desconexión del circuito**: una vez terminada la transferencia, el emisor o el receptor indican a su nodo más inmediato que ha finalizado la conexión, y este nodo informa al siguiente de este hecho y luego libera el canal dedicado. Así de nodo en nodo hasta que todos han liberado este canal dedicado.

Debido a que cada nodo conmutador debe saber organizar el tráfico y las conmutaciones, éstos deben tener la suficiente "inteligencia" como para realizar su labor eficientemente. La conmutación de circuitos suele ser bastante ineficiente ya que los canales están reservados aunque no circulen datos a través de ellos. Sólo para tráfico de voz puede ser un método bastante eficaz ya que el único retardo es el establecimiento de la conexión, y luego no hay retardos de nodo en nodo (al estar ya establecido el canal y no tener que procesar ningún nodo ninguna información).

3.1.1.1. CONMUTACIÓN EN EL ESPACIO Y EN EL TIEMPO

La técnica de conmutación de circuitos se divide en: Espacial, con matrices físicas de conmutación que unen circuitos localizados espacialmente, por ejemplo, barras conductoras en vertical y horizontal (sistema Crossbar). Y temporal, con dispositivos programables que mueven la información entre registros de memoria de un ordenador, según cadencias temporales.

La conmutación consiste en el establecimiento de un circuito físico (caso espacial) o lógico (caso temporal) previo al envío de información, que se mantiene abierto durante todo el tiempo que dura la misma. El camino se elige, de entre los múltiples disponibles, empleando diversas técnicas de señalización encargadas de establecer, mantener y liberar dicho circuito, que veremos con detalle al comentar las redes de telecomunicación. Básicamente son dos; por **canal asociado**, si viaja en el mismo canal, o por **canal común,** si lo hace por otro distinto.

3.1.2. Técnica de multiplexación TDM

Supongamos que tenemos tres teléfonos digitales A, B y C. La técnica TDM consiste en que, tal y como se ve en la figura 3.2, el teléfono A va mandando bits a una velocidad estándar establecida de 64.000 bits por segundo (en el ejemplo la secuencia 0101011), así cada 15,625 μs manda un nuevo bit a la central telefónica que lo recibe en un aparatito y detecta inmediatamente si es un 0 ó 1. Los otros dos teléfonos del ejemplo proceden de igual manera y la central es capaz de ir reconociendo la información procedente de cada uno de ellos porque sabe que entre uno y otro bit de cada canal transcurre el periodo de tiempo determinado. De este modo se toman muestras, que van ordenadas, cíclicamente de cada uno de los tres canales. Cuanto más pequeñas las hagamos, más conversaciones podremos enviar por el mismo circuito, separándose en el extremo contrario.

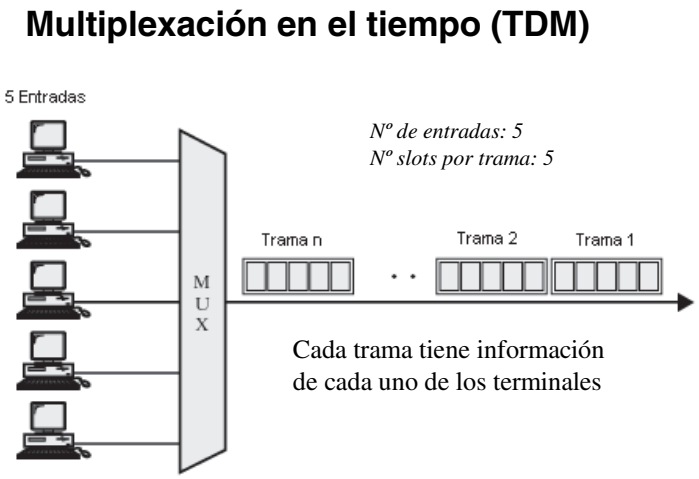


Figura 3.2. Multiplexación por División en el Tiempo.

Las nuevas líneas que se establecen entre ciudades son digitales, y las que eran analógicas se han convertido, o están a punto de serlo, a digitales. Nuestro teléfono es analógico, la línea hasta la central de telefonía es analógica, así que en ésta lo primero que se hace es convertirlo en digital y así ya la comunicación va a donde sea, a la ciudad que sea o al país que sea, y al llegar al otro extremo, se convierte de nuevo en analógico para entregarlo al receptor. Es decir, que hoy por hoy las redes son digitales en su parte de tránsito entre ciudades y, sin embargo, son todavía analógicas en el tramo hasta nuestras casas, aunque también hay digitales (las RDSI), pero no son muchas.

La tendencia actual es que las líneas de larga distancia sean digitales, pero manteniendo tecnología analógica en los extremos para que sean compatibles con el gran parque de teléfonos que existe. Por lo tanto, la señal ha de ser convertida a digital y transformada de nuevo a analógica para su emisión/recepción extremo a extremo. También se comienzan a dar servicios enteramente digitales aunque esto no es muy frecuente.

Con la multiplexación por división en el tiempo se pueden meter muchas conversaciones a base de que los bits se acorten y no se les deja tanto tiempo como el estándar permite, que son unos 16 microsegundos. Con esta técnica se permiten hasta 150.000 llamadas o impulsos por segundo, pero para ello las redes tienen que estar muy bien sincronizadas, ya que si no, se producirían errores, debido a la mezcla de varias conversaciones entre sí, haciéndose ininteligibles.

3.1.3. Conmutación de mensajes

La conmutación de mensajes es un método basado en el tratamiento de bloques de información, dotados de una dirección de origen y otra de destino, por lo que pueden ser tratados por los centros de conmutación de la red (con técnica temporal). En los centros de conmutación son almacenados -hasta verificar que han llegado correctamente a su destino- procediendo a su retransmisión en caso de un fallo en la recepción. Es una técnica empleada con el servicio télex y en algunas de las aplicaciones de correo electrónico.

Como los mensajes pueden llegar en cualquier momento, esta técnica requiere del establecimiento de "colas" de mensajes, en espera de ser transmitidos por un canal disponible. Esto puede ocasionar congestión de la red en caso de estar mal dimensionada, haciendo inadecuada la técnica para una comunicación interactiva, como es la que tiene lugar cuando vamos a retirar dinero (entre el cajero automático y el ordenador de nuestro banco), ya que los retardos pueden resultar muy altos. El ejemplo más típico de una red que emplea este tipo de técnica es la red Télex, que ya apenas se utiliza.

3.1.4. Conmutación de paquetes

Esta técnica es similar a la anterior, sólo que fragmenta los mensajes en otros más cortos y de longitud máxima, llamados paquetes o celdas, lo que permite el envío de los mismos sin necesidad de esperar a recibir el mensaje completo. Cada uno de estos paquetes contiene información suficiente sobre la dirección, tanto de origen como de destino, así como para el control del mismo en caso de que suceda alguna anomalía en la red. Como veremos, se utiliza ampliamente en telecomunicaciones, por las muchas ventajas que reporta.

Los paquetes se envían en secuencias, sin esperar a la confirmación de la recepción correcta de uno para enviar el siguiente. Así permanecen muy poco tiempo en la memoria del nodo o central de conmutación y la transmisión resulta muy rápida, permitiendo aplicaciones de tipo conversacional, como son las de consulta a bases de datos, el acceso a Internet o voz sobre IP.

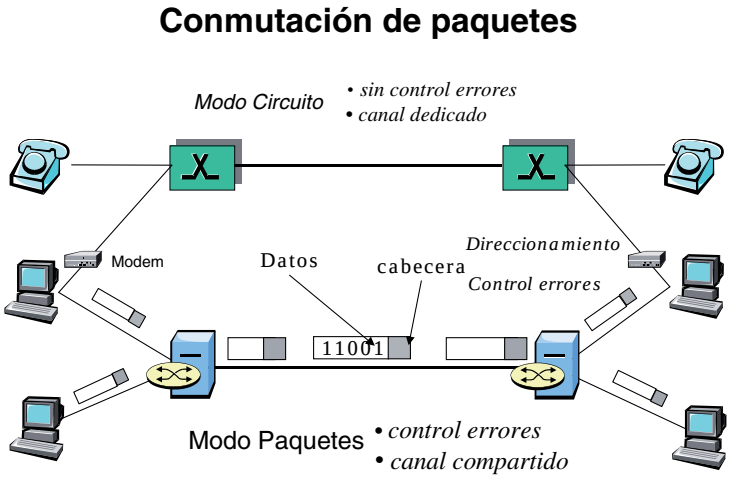


Figura 3.3. Diagrama de la Conmutación de Paquetes.

En muchos de los sistemas de conmutación de paquetes hay una carga de proceso en los nodos de la red, debida al almacenamiento y reenvío, que si bien introducen un retardo menor que la conmutación de mensajes, en algunas situaciones es una limitación muy acusada. Igualmente, el hecho de que cada paquete viaje aislado de los demás puede producir que en recepción la información llegue desordenada, con lo cual si se quiere fiabilidad total, será necesario introducir mecanismos de control.

Por otro lado, y pese a los inconvenientes mencionados, estos sistemas suponen un aumento considerable en la eficiencia de las redes, haciendo posible mantener más de una comunicación simultáneamente por un mismo enlace. Lo veremos a continuación mediante algunos ejemplos prácticos.

3.1.4.1. VENTAJAS DE LA CONMUTACIÓN DE PAQUETES

Como se ha mencionado, la conmutación de paquetes es un servicio en el que la información de usuarios se divide (segmenta) y se agrupa con otra adicional (encapsula) en unidades, paquetes, de longitud variable pero con un tamaño máximo. Es apto, fundamentalmente, para datos y, en algunas circunstancias, también para voz o vídeo.

La conmutación de circuitos ha cambiado hacia la de paquetes. La idea consiste en hacer que esas 100 personas que están conectándose desde Barcelona a Internet por 100 líneas vayan por una sola línea. Cuando alguien pide una página, se envía por una línea común, pero la información se envía en una especie de sobre que indica el remite y el destino. Es lo que se denomina un paquete. Vamos a mandar su información en forma de un paquete, con indicación de quién lo manda y a quién va. De manera que a Madrid van llegando varias informaciones, por la misma línea, de mucha gente de Barcelona, pero de cada una que llega se conocen los datos necesarios para que se redistribuya el tráfico.

En el ejemplo de antes: 100 personas navegando por Internet y quiere entrar el 101. Si no hay nadie transfiriendo nada por la red, o sólo hay 50 en ese momento mandando algo, entra sin ningún problema. Seguro que entra el 101 y el 102 y el 200. La línea admite mayor número de usuarios, es más, esa línea probablemente nunca se corte del todo, nunca se colapse. Si entra mucha gente, lo que ocurrirá es que habrá muchos paquetes que enviar y no lo podrá mandar instantáneamente, la transferencia se retrasará. A lo mejor, en un cajero automático significa esperar un segundo más, de lo que no nos damos ni cuenta. De manera que es un sistema que evita el colapso. En casos de congestión, las redes circulan más lento, pero no pasa nada, dentro de unos límites. Si se hace muy lenta, indudablemente, hay que mejorar la red.

Las ventajas de la conmutación de paquetes frente a la de circuitos: es mucho más eficaz, admite muchos más usuarios y desde luego no hay colapso de la red. En la tabla de la figura 3.4 se muestran las más importantes.

1. La eficiencia de la línea es mayor: ya que cada enlace se comparte entre varios paquetes que estarán en cola para ser enviados en cuanto sea posible. En conmutación de circuitos, la línea se utiliza exclusivamente para una conexión, aunque no haya datos a enviar.
2. Se permiten conexiones entre estaciones de velocidades diferentes: esto es posible ya que los paquetes se irán guardando en cada nodo conforme lleguen (en una cola) y se irán enviando a su destino a la velocidad correspondiente.
3. No se bloquean llamadas: ya que todas las conexiones se aceptan, aunque si hay muchas, se producen retardos en la transmisión.
4. Se pueden usar prioridades: un nodo puede seleccionar de su cola de paquetes en espera de ser transmitidos, aquellos que lo van a ser en primer lugar según ciertos criterios de prioridad.

Figura 3.4. Tabla con algunas de las ventajas propias de la conmutación de paquetes.

Tiene alguna otra ventaja: cada paquete puede seguir el camino que sea, el que en cada momento vea más libre o el que está disponible en caso de ruptura del habitual (ruta alternativa), y luego se irán recibiendo todos y, como van numerados, se pueden reordenar en destino. El problema, si llegan en tiempos diferentes y tenemos que ordenarlos, es que se pierde algo de tiempo, lo que no afecta a los datos, pero sí a la voz.

Cuando mantenemos una conversación telefónica utilizando una red de paquetes, previamente tenemos que haber digitalizado la voz y haberla convertido en paquetes. De cada palabra, por ejemplo, mandamos la primera sílaba en un paquete, la segunda en otro, la tercera en otro, etc. La única pega es que si el sistema es lento, o los paquetes siguen caminos distintos, podría llegar la tercera sílaba después de la cuarta y hay que esperar y recomponerlo, porque si no, nuestro interlocutor no se enteraría de lo que le decimos. Luego este sistema está muy bien para datos, pero si se quiere usar en voz, tiene que ser muy rápido, para que dé tiempo a colocar los paquetes en orden. Si lo que se quiere es mandar video, que va a muchísima más velocidad, (4 Mbit/s), entonces se requiere recolocar los paquetes con igual optimización en la rapidez.

3.2. EVOLUCIÓN DE LA CONMUTACIÓN DE PAQUETES

De una manera muy rápida, a continuación, se explica cual ha sido la evolución en el sistema de envío de paquetes en España. En los capítulos de Redes y Servicios se profundizará en sus aplicaciones. Hay dos técnicas básicas para el envío de los paquetes:

Técnica de datagramas: cada paquete se trata de forma independiente, es decir, el emisor enumera cada paquete, le añade información de control (por ejemplo, número de paquete, nombre, dirección de destino, etc.) y lo envía hacia su destino. Puede ocurrir que por haber tomado caminos diferentes, un paquete con número, por ejemplo, 6 llegue a su destino antes que el número 5. También puede ocurrir que se pierda el paquete número 4. Todo esto no lo sabe ni puede controlar el emisor, por lo que tiene que ser el receptor el encargado de ordenar los paquetes y saber los que se han perdido (para su posible reclamación al emisor), y para esto, debe tener el software necesario.

Técnica de circuitos virtuales: antes de enviar los paquetes de datos, el emisor envía un paquete de control que es de Petición de Llamada. Este paquete se encarga de establecer un camino lógico de nodo en nodo por donde irán uno a uno todos los paquetes de datos. De esta manera, se establece un camino virtual para todo el grupo de paquetes. Este camino virtual será numerado o nombrado inicialmente en el emisor y será el paquete inicial de Petición de Llamada el encargado de ir informando a cada uno de los nodos por los que pase de que más adelante irán llegando los paquetes de datos con ese nombre o número. De esta forma, el encaminamiento sólo se hace una vez (para la Petición de Llamada). El sistema es similar a la conmutación de circuitos, pero se permite a cada nodo mantener multitud de circuitos virtuales a la vez.

3.2.1. El protocolo X.25 (paquetes)

El primer sistema, utilizando esta técnica, en España lo instaló Telefónica para ellos solos y no era estándar, luego se fue cambiando, se llamaba RSAN (Red Secundaria de Alto Nivel). Hace bastante tiempo que ya no existe. El X.25 fue el primer sistema internacionalmente utilizado, es el más usado en este momento, hay unas 100.000 líneas sólo en España. Aunque, en realidad, no se puede hablar de líneas, sino de puntos de entrada (puertas de acceso) en la red X.25.

El X.25, paradójicamente, tiene la ventaja de que cuando nació era para redes malas, las redes de entonces eran ruidosas (todavía no había fibra óptica). En la voz eso es aceptable, se deduce el sentido de la sílaba o se repite la información y listo. Pero cuando mandamos paquetes, algo que son diez bits va durar milisegundos y como haya un poco de ruido en ese momento, se estropeó el paquete y puede que toda la información. Por tanto, el X.25 lo que hace con los paquetes, cada vez que llegan a un sitio, es comprobar si han llegado bien. Para ello se mandan unos bits de prueba; si un paquete llega bien a un nodo, entonces se envía al siguiente nodo en la red y se pide el envío del siguiente, pero si no, se pide la retransmisión del que ha llegado mal. Es un sistema muy seguro, pero la necesidad de confirmación en cada nodo lo hace lento.

3.2.2. Frame Relay (tramas)

Como se ha visto, X.25 es muy práctico, pero se ha quedado obsoleto porque las redes actuales son mucho mejores, no fallan tanto. Por lo tanto, se evolucionó hacia el siguiente sistema, Frame Relay (Retransmisión de Tramas), en el cual el paquete se transfiere de un extremo a otro sin comprobaciones en los nodos intermedios. Sólo se comprueba si ha llegado bien o no en el destino; si ha llegado mal se pide que se envíe otra vez. El paquete erróneo irá más lento, tiene que volver a cruzar todo el camino, pero como ocurre tan pocas veces, compensa dado que hemos ahorrado tiempo en cada nodo. Por supuesto, sólo es funcional si la red es buena.

Otra ventaja importante es que si hay pocos usuarios utilizando la red, podemos aprovechar la capacidad sobrante para enviar a una velocidad superior a la que hemos contratado. ¿Hasta cuando? Hasta que entre más gente en la red y entonces se limita a la velocidad de compromiso, a mi velocidad contratada, pero entretanto se puede circular a una velocidad mayor.

Aparte de otras ventajas comerciales, la mayor velocidad, debido a las razones comentadas, ha hecho que Frame Relay sea, en este momento, el estándar de la conmutación por paquetes en telecomunicación. Una empresa que quiera conectar su central comercial con su central de la dirección, o con sus almacenes, lo hará hoy día, probablemente, por este sistema. Frame Relay es suficientemente rápido como para

permitir mandar voz, pues puede reorganizar las sílabas en el tiempo, pero aún no permite la transferencia de vídeo.

3.2.3. ATM (Modo de Transferencia Asíncrona)

El siguiente sistema, el sistema que han concebido las operadoras de telecomunicación y los fabricantes que les diseñan y fabrican los equipos de red, para conseguir una mayor velocidad, se llama ATM.

ATM es un modo de transferir los paquetes a gran velocidad. Lo primero que hace ATM es formar todos los paquetes de igual tamaño, igual de grandes. En los otros dos métodos, como el paquete puede ser más grande o más pequeño, hay que mandar información de inicio y de fin de paquete. Aquí ya no hace falta, los paquetes son todos de exactamente 53 bytes y reciben el nombre de células o celdas. Por lo tanto, no hace falta especificar principio y final de paquete. Además, los nodos se hacen, a propósito, de paso rapidísimo.

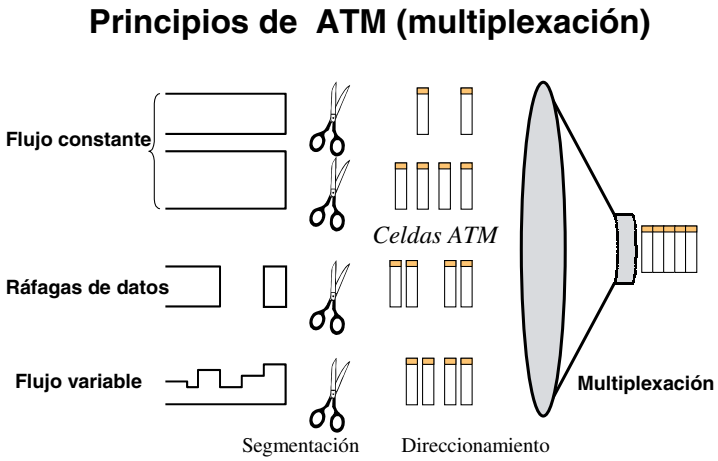


Figura 3.5. Formación de los paquetes o celdas -todos iguales- en ATM.

Cuando llega el paquete se conoce origen y destino. Todo alrededor de ese sistema está pensado para que los paquetes vayan a toda velocidad. Y, obviamente, sólo se comprueba si han llegado bien al final (igual que en Frame Relay). Al igual que en Frame Relay, sobre redes modernas esto mejora la velocidad. Luego el ATM, es el ideal para paquetes, super rápido, permite mandar voz, datos o imagen. La velocidad nominal de ATM es de 155,52 Mbit/s, bastante elevada, pero admite otras, superiores e inferiores.

Al estar basado ATM en paquetes de longitud reducida y fija, se simplifica en gran medida el diseño de los conmutadores, se reduce el retardo de proceso -puede efectuarse por *hardware*- y se disminuye su variabilidad, lo que resulta esencial para aquellos servicios sensibles al mismo, como los de voz o vídeo. Las células con una longitud fija también implican el uso de *buffers* (memorias) de longitud fija para gestionar las congestiones y, por extensión, técnicas de control más sencillas.

3.2.3.1. COMPOSICIÓN DE LOS PAQUETES (CÉLULAS) ATM

En 1990 se publicaron las primeras recomendaciones que normalizaban los aspectos de las redes ATM, y se definió el formato de una célula ATM, como compuesto por una cabecera (*header*) de 5 bytes y un campo de información (*payload*) de 48, de lo que resultan 53 bytes. Resulta curioso ver cómo se llegó a este tamaño de la célula: Fue una solución de compromiso, ya que teniendo en cuenta el retardo de empaquetado y la eficiencia de transmisión, resulta que a menor tamaño menos retardo debido al procesamiento, pero menor eficiencia y viceversa.

Así, a la hora de soportar el tráfico telefónico, el CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía) que era el organismo competente en ese momento, estableció que el retardo global en una comunicación no fuese superior a 24 milisegundos, para mantener una calidad de servicio aceptable y evitar el eco, pero que utilizando canceladores de eco este límite podía extenderse. En Europa, donde no suele haber canceladores de eco, se propuso un tamaño de 32 bytes, pero en Estados Unidos, donde debido a las grandes distancias el empleo de canceladores era una práctica común, se propusieron 64 bytes, en orden a mejorar la eficacia. Al no llegarse a un acuerdo se adoptó la decisión salomónica de utilizar 48 bytes, la media aritmética entre 32 y 64, que añadidos a los 5 de la cabecera dan los 53 de la célula.

3.3. EL PROTOCOLO IP

Según se ha visto, los operadores tradicionales de redes de comunicaciones tienen una evolución controlada. Se empezó por X.25, cuando se requiere más velocidad se migra a Frame Relay y para el futuro se prevé ATM para tráfico multimedia de alta velocidad. Existe otro protocolo, que también trabaja con paquetes, IP, que vamos a ver a continuación y que es, quizá, el más importante actualmente.

3.3.1. Origen y evolución de Internet

El mundo de IP (Internet Protocol) tiene una evolución totalmente diferente al mundo X.25 o ATM. No son los operadores de telecomunicación y sus fabricantes los que van acordando la evolución tecnológica hacia un sentido. Fue el Departamento de Defensa Americano (DoD) que necesitaba una red para abrir sus centros de investigación y que quería hacer una red muy segura. Querían una red que soportara la destrucción de

algunos de sus nodos, puesto que la información podría ir por otro camino. Una red difícil de interceptar puesto que la información no va toda completa, una parte va por un lado y otra por otro. De manera que discurrieron una red que a la que llamaron ARPANET en la que la información se dividía en fragmentos que se transmitían por diferentes caminos. En resumidas cuentas, un sistema de paquetes.

El sistema de paquetes de ARPANET se llegó a estandarizar para que todo el ejército Yankee usara la misma red. Pero llegó un momento en que el Ministerio de Defensa no la consideró estratégica. Probablemente ya tenía otra red secreta, y en vez de destruirla o abandonarla, se la cedió a las universidades para que la utilizaran. Éstas la rebautizaron DARPA y después se pasó a llamar Internet. Internet estuvo en las universidades americanas en los años ochenta y en los noventa se pensó en darle un uso comercial universal.

ARPANET tenía un sistema de formar paquetes que se llamó protocolo Internet, IP (Internet Protocol). El protocolo Internet es una manera de hacer paquetes como se componen en Internet, pero no es mandarlos por Internet. Enviarlo por Internet implica otro protocolo complementario, que es el protocolo TCP, que se ocupa de trasmitirlos.

Así que cuando alguien dice que tiene una red IP, no significa necesariamente vaya por Internet, puede ser una red suya. Muchos grandes operadores de telecomunicaciones poseen una red propia, por la cual mandan la información en paquetes, utilizando el protocolo IP.

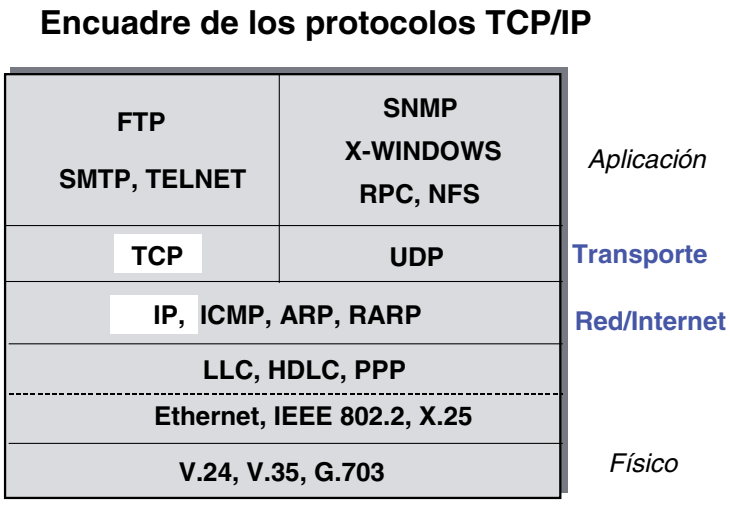


Figura 3.6. El protocolo IP, junto con TCP, constituye la base de Internet.

Cuando el sistema se generaliza, empiezan a ver qué está bien: funciona bien, es práctico y es barato de hacer porque es lo que se usa para unir ordenadores; en esa época el mundo de la informática está ya muy desarrollado. Por lo tanto, cobra gran importancia rápidamente y se extiende mucho su empleo. Los productores de equipos de paquetes IP no tienen nada que ver con los fabricantes de telecomunicaciones. No es Siemens, ni Nortel, ni Lucent, ni Ericsson... son otros fabricantes que vienen de la informática, Cisco, Bay Networks, Ascend, etc. ¿Qué es mejor, mandar paquetes por redes IP o por X.25 o por Frame Relay? En esa batalla, en la que estamos en este momento, parece que la balanza se inclina hacia los paquetes IP, porque su modo de transmisión es muy eficaz.

3.3.2. Funcionamiento de TCP/IP

El protocolo IP está en todos los ordenadores y dispositivos de encaminamiento y se encarga de retransmitir datos desde un ordenador a otro pasando por todos los dispositivos de encaminamiento necesarios. Por el contrario, TCP está implementado sólo en los ordenadores y se encarga de suministrar a IP los bloques de datos y de comprobar que han llegado a su destino.

- Cada ordenador debe tener una dirección global a toda la red. Además, cada proceso debe tener un puerto o dirección local dentro de cada ordenador para que TCP entregue los datos a la aplicación adecuada.

- Cuando, por ejemplo, un ordenador A desea pasar un bloque desde una aplicación con puerto 1 a una aplicación con puerto 2 en un ordenador B, TCP de A pasa los datos a su IP, y éste sólo mira la dirección del ordenador B, pasa los datos por la red hasta el IP de B y éste los entrega a TCP de B, que se encarga de pasarlos al puerto 2 de B.

- La capa IP pasa sus datos y bits de control a la de acceso, que llegan a la red con información sobre qué encaminamiento coger, y ésta es la encargada de pasarlos a la red.

- Cada capa va añadiendo bits de control al bloque que le llega, antes de pasarlo a la capa siguiente. En la recepción, el proceso es el contrario.

- TCP adjunta datos de: puerto de destino, número de secuencia de trama o bloque y bits de comprobación de errores.

- IP adjunta datos a cada trama o bloque de: dirección del ordenador de destino y de encaminamiento a seguir.

- La capa de acceso a la red adhiere al bloque: dirección de la subred de destino y facilidades como puede ser la prioridad.

- Cuando el paquete llega a su primera estación de encaminamiento, ésta le quita los datos puestos por la capa de acceso a la red y lee los datos de control puestos por IP para saber el destino, luego que ha seleccionado la siguiente estación de encaminamiento pone esa dirección y la de la estación de destino junto al bloque y lo pasa a la capa de acceso a la red.

3.3.3. Combinación de IP con ATM

El único problema de mandar paquetes por IP es que es algo que viene de la informática, de unir ordenadores y los ordenadores en el mundo se unen por miles, pero las personas que hablan por teléfono en el mundo, usando las tecnologías tradicionales (conmutación de circuitos, Frame Relay o ATM), hablan por millones. Luego estas últimas tecnologías están muy bien preparadas para mandar millones de paquetes pero la IP todavía no.

De manera que si lo que se quiere es mandar poco tráfico, una central de barrio, una central de ciudad, probablemente una central IP será mejor que una Frame Relay (en el caso de IP al nodo de conmutación no se le llama central, se llama router).

Si lo que se quiere es unir todo el tráfico de España y mandarlo a Inglaterra, probablemente ya no me valdrá un router IP, todavía no hay routers tan grandes, los megarouters aún son un proyecto. Lo que se está haciendo es mandar los paquetes de IP reempaquetados en paquetes ATM, como si IP fuera la "carta con el texto" y el ATM el "sobre". De manera que en esta guerra que tenemos ahora, parece que el IP se impone para redes de poco tráfico y el ATM para cuando el tráfico es mucho mayor. Para la concentración final de muchos paquetes IP se requiere ATM.

3.3.4. Evolución futura hacia la conmutación de paquetes

Por cierto, los cuatro sistemas vistos consisten en hacer un paquete, y enviarlo, pero cada uno de ellos al paquete le da un nombre diferente. El X.25 le llamó paquete (packet), porque fue el que empezó; Frame Relay a los paquetes los llama tramas; en ATM a los paquetes se les llaman celdas y en IP al paquete lo llaman datagrama como un telegrama pero de datos. El X.25, Frame Relay, el IP son paquetes de longitud variable, mientras que en ATM son de longitud fija. En el X.25 se controlan entre nodo y nodo que se llegue bien, en el resto entre extremos. Son poco aptos para vídeo y, el Frame Relay y el IP se pueden utilizar para voz, pero el ATM, que es el más rápido de todos, excepto para voz, vídeo, datos, para todo porque va a muchísima velocidad.

No es muy arriesgado decir que en el futuro todas las redes serán de conmutación de paquetes y desaparecerán las redes de conmutación de circuitos. Es decir, las redes de conmutación de circuitos, que se siguen instalando en la actualidad, son obsoletas por concepción y están condenadas a acabar en la basura en pocos años. La única duda es si

se impondrán el IP o el ATM como único sistema o protocolo de paquetes o convivirán como hasta ahora.

3.4. LA TRANSMISIÓN

Transmisión es el envío de un mensaje (señal) de un punto origen a otro destino, de ciudad a otra, por ejemplo. Puede ser analógica y digital.

Inicialmente, la transmisión analógica era en banda base o multiplexada en frecuencia (FDM) cuando los medios lo permitían (banda ancha). El número de canales y frecuencias que se utilizaban para telefonía, pues ya no se usa, viene dado en la siguiente tabla:

Nº de Canales	**Frecuencias (kHz)**
12 (grupo)	60-108
60 (supergrupo)	312-552
960 (mastergrupo)	60-4.028
5.760 (supermastergrupo)	60-24.168

Figura 3.7. Multiplexación FDM-Grupo de 12 canales.

En la multiplexación por división de frecuencia se agrupan los canales de 12 en 12 en el margen de frecuencias 60-108 kHz y se denomina Grupo, cinco de esos grupos conforman un Supergrupo, 5 de ellos un Mastergrupo y cinco para hacer un Supermastergrupo.

Hoy en día, para utilizar la misma línea para varios canales, se multiplexa por división del tiempo. Según dos estándares digitales denominados Jerarquía Digital Plesiócrona y Jerarquía Digital Síncrona.

Ya en la década de los 70, numerosas administraciones de telecomunicaciones de todo el mundo, con la idea de ofrecer un mejor y más barato servicio a los usuarios, deciden promover el empleo de la tecnología digital en las redes públicas, lo que exigió la introducción de nueva tecnología con la renovación de la planta instalada, tanto de las centrales de conmutación como de los medios de transmisión. Así, durante las décadas de los 80 y 90 en muchos países se realizaron grandes inversiones para ello.

3.4.1. Jerarquía Plesiócrona

Inicialmente, las redes transmitían los bits tan sincronizados como era posible, pero como las redes no estaban perfectamente sincronizadas, los orígenes de tiempo de las señales digitales no eran coincidentes, lo que podía dar lugar a errores. Por lo tanto, recibieron el nombre de redes casi sincronizadas (plesiócronas). Contaban con una capacidad de emisión de 140 millones de bit/s, mientras que las redes modernas transmiten miles de millones.

La definición académica es: *La **Jerarquía Plesiócrona** consiste en que todas las señales de reloj de los flujos de información de un nivel que son afluentes del de otro de nivel superior, así como el reloj de este, son completamente independientes. Por este motivo hay que introducir mecanismos que compensen más que probables desviaciones de los distintos flujos. Simplificando, estos mecanismos consisten en la inserción de bits de relleno, con lo cual el entramado en esta jerarquía tiene que ser a nivel de bit. Pese a esto, hay que poner un límite a estas desviaciones (de ahí que no sea un sistema completamente asíncrono).*

3.4.1.1. ESTÁNDARES DE TRANSMISIÓN

En estas redes plesiócronas el número de líneas se combinaba según unos estándares. La de menor capacidad contaba con 30 líneas, después la capacidad iba aumentando de cuatro en cuatro; 120, 480 y, finalmente, 1920 líneas. A esta cantidad de circuitos lo llamamos jerarquías. De manera que capacidades estándares de redes casi sincronizadas se denominan jerarquías digitales plesiócronas o PDH (Plesiochronus Digital Hierarchy).

Vamos a ver con detalle la primera jerarquía: 30 circuitos de voz por una sola línea. Ésto implica que por esa línea tienen que ir 30 circuitos de voz. Cada circuito de voz requiere 64.000 bit/s; y multiplicando 30 por 64, da 1.920, 1.920 kbit/s. Cuando pedimos una línea de 30 canales de voz, que es la jerarquía digital plesiócrona más pequeña, solicitamos los 30 circuitos. En esa línea se reservará un circuito más para sincronismo (sincronizar es muy difícil), y se reserva un canal más para señalización (qué líneas están libres, cuáles están ocupadas o comunicando, etc.). En definitiva, esa línea requiere 1.920 + 64 + 64= 2.048 kbit/s que puestos en Mbit/s serán 2,048 Mbit/s (línea que comúnmente llamamos de 2 megas). Cuando hablamos de una línea de 30 circuitos, siempre son 32. Aunque 2 de ellos no sirven para transmitir información porque los reserva el operador.

La primera jerarquía recibe el nombre de línea de 2 Mbit/s, luego vendría la de 8 Mbit/s, la siguiente, cuatro veces más, sería de 32 pero hay que meter más bits para sincronización y señalización y se usan 34Mbit/s y la última utiliza 140Mbit/s. En la figura 3.8 se puede ver la evolución desde la PDH a la SDH.

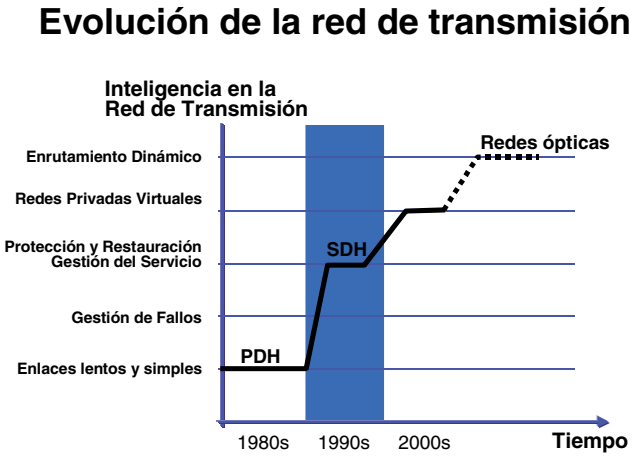


Figura 3.8. Evolución desde la Jerarquía digital Plesiócrona (PDH) a la Síncrona.

En estas redes había tres estándares diferentes para Europa, Japón y América. Refiriéndose al estándar europeo 2, 8, 34 y 140 son las líneas E1, E2, E3 y E4. En Estados Unidos el estándar inicial es 1,5 Mbit/s, son 24 canales de 56 kbit/s.

Esta diferencia provoca dos desventajas principales:

El entrelazado basado en bits, no en bytes, provoca una pérdida de identificación de canal, lo que complica mucho insertar o extraer canales de una trama.

Hay una falta de estándar global (sistemas T en América y sistemas E en Europa).

3.4.2. Jerarquía Digital Síncrona

Hemos visto las jerarquías digitales de redes antiguas, plesiócronas, que aún se siguen utilizando y son las primeras que nacieron. Cuando se comenzó a transformar las redes -en Europa se empezaron a usar hacia 1992- se fijó un mismo estándar a escala mundial.

En esos momentos, la tecnología permitía una mejor sincronización de las redes. De manera que esas redes modernas ya son redes bien sincronizadas y se les llama **síncronas**. El nombre que le hemos dado en Europa a los diferentes estándares es el de jerarquía digital síncrona o SDH (Synchronous Digital Hierarchy). Los americanos han adoptado otro nombre, SONET (Synchronous Optical Network), red óptica sincronizada (porque normalmente van por fibra óptica).

En las distintas jerarquías de transmisión en uso, PDH y SDH ¿qué velocidades se admiten, y cuántos circuitos hay? Lo tenemos en la tabla de la figura 3.9, en la cual, las cuatro primeras son las jerarquías digitales plesiócronas, 30, 120, 480 y 1920, y las cuatro siguientes son las jerarquías digitales síncronas, las SDH, con estos números tan extraños de 2.349, 9.396, 37.584 y 150.336.

Existen ligeras diferencias entre SDH y SONET, pero los sistemas respectivos son perfectamente compatibles. La unidad básica de transporte en SDH es el Módulo de Transporte Síncrono (**STM-1**), que se corresponde con el Optical Carrier-3 **(OC-3)** de SONET, del que pueden agruparse varios. Siendo ATM la técnica de conmutación habitual que se utiliza en este tipo de redes. Indistintamente reciben el nombre de STM u OC, lo que dependerá más bien del lugar en el que nos encontremos: STM en Europa y OC en América.

Las jerarquías síncronas más relevantes son: STM-1 (155,520 Mbit/s), STM-4 (622,080 Mbit/s) y SMT-16 (2488,320 Mbit/s) y STM-64 (9.953,280).

Existen más niveles, que no se muestran en la tabla, tales como OC-1, OC-2, etc., puesto que las jerarquías digitales síncronas son muy numerosas, pero las más utilizadas son las cuatro que se citan. El estándar suele ser conocido por 155 y 622 Mbit/s; 2,5 y 10 Gbit/s, común para Japón, América y Europa.

Jerarquía	Velocidad Total (Mbit/s)	Velocidad Útil (Mbit/s)	Circuitos
E-1	2,048	1,920	30
E-2	8,448	7,680	120
E-3	34,368	30,720	480
E-4	139,264	122,880	1.920
OC-3 (STM-1)	155,520	150,336	2.349
OC-12 (STM-4)	622,080	601,344	9.396
OC-48 (STM-16)	2.488,320	2.405,376	37.584
OC-192(STM-64)	9.953,280	9.621,504	150.336

Figura 3.9. Jerarquías digitales y número de circuitos que admiten.

La Jerarquía Digital Síncrona o SDH, normalizada por el ITU-T, es un sistema de transmisión que resuelve varias de las limitaciones de la antigua red de transmisión plesiócrona, la más importante: *la sincronización*.

Entre sus características cabe resaltar:

- Es un estándar de transmisión mundial.
- Las tramas de SDH pueden transmitirse por fibra óptica y par de cobre.
- Cada trama está identificada por un puntero para su localización.
- El entrelazado es por byte, lo que permite tener perfectamente identificados los canales, siendo sencillo extraerlos o insertarlos.
- Presenta una gestión eficaz de la red.

Las jerarquías digitales o estándares de concentración, son estándares de empaquetar, de meter los circuitos sobre estas jerarquías y con estas agrupaciones. La velocidad inicial en SDH era de 2,5 Gbit/s, que permite 37.000 conversaciones simultáneas. Posteriormente se cuadruplicó esa velocidad, 10 Gbit/s. Si se desea obtener más capacidad, hoy en día, no hay más remedio que poner varios haces en la fibra, es decir, utilizar la técnica DWDM.

3.5. TRATAMIENTO DE LA SEÑAL

Llamamos tratamiento de señal a manejos que operamos sobre la señal para tener más comodidad, más capacidad. El primer tratamiento, el más frecuente, es la digitalización; otros son la compresión y la modulación. Los iremos viendo con mayor o menor detalle, según se hayan explicado ya antes, o sean relevantes para entender otros procesos que se estudiarán posteriormente.

Tratamiento de la señal
Digitalización
Compresión
De sonido
De imagen
De texto y datos
Codificación xDSL
Modulación

Figura 3.10. Distintas técnicas utilizadas para el tratamiento de las señales.

3.5.1. Cifrado de los mensajes

Aunque no directamente relacionado con la señal, sino más bien con el mensaje, tenemos las técnicas de codificación y cifrado, mediante la cual se tratan los mensajes, se codifican, se cifran, para mantenerlos secreto. La codificación consiste en establecer una correspondencia entre símbolos originales y los nuevos, a través de una tabla. Mientras que el cifrado consiste en calcular un nuevo mensaje, a partir del original, mediante un algoritmo determinado que se le aplica.

Para cifrar los mensajes se utiliza, junto con el algoritmo, una clave o combinación de ellas, que pueden ser públicas o privadas. El cifrado protege contra ataques pasivos pero no contra la falsificación de datos o transacciones, por lo que es necesaria la Autentificación, proceso que consiste en añadir una información que permita verificar que no ha sido manipulado.

3.6. LA DIGITALIZACIÓN

Desde que aparecieron los ordenadores digitales, ha existido la tendencia de digitalizar la información, vocal, textos e imágenes, tanto estáticas como en movimiento, con el objetivo de integrarlas en un mismo formato. La digitalización de los sistemas de conmutación y de transmisión, iniciada en la década de los setenta, es un proceso que aún hoy continúa debido a que es un proceso lento por la enorme inversión que se ha de realizar. Sin embargo, la digitalización de los sistemas informáticos y de la propia información es un proceso imparable y dentro de pocos años el adjetivo *digital* será redundante.

Una de las principales razones para la digitalización de los sistemas es la de poder manejar la información independientemente de cual sea su origen y, por tanto, derivar en la total integración de los mismos.

Existen varios métodos para la digitalización de las señales analógicas, siendo el más extendido el de Modulación por Impulsos Codificados, conocido como MIC en español o como PCM en inglés. Este sistema digitaliza la señal telefónica y la transmite por la línea junto con el resto de señales, utilizando una técnica de multiplexación por división en el tiempo.

Aunque al explicar la digitalización dimos por hecho 8.000 muestras y ocho bits por muestra (velocidad de un circuito telefónico digital, 64 kbit/s), en algunos casos, se pueden utilizar otras velocidades, con otras tecnologías que permiten menos bits por segundo.

Así, además de la PCM, tenemos la DM (Delta Modulation) que llega hasta 32 kbit/s, otra más rápida es la CSVD (Continous Variable Slope DM) que es una técnica predictiva que disminuye los requisitos de velocidad hasta 16 kbit/s e incluso 8 kbit/s,

pero hay muchas técnicas diferentes. Se puede transmitir la voz a sólo 5 kbit/s por segundo aunque la calidad no es muy buena. Hay más sistemas de digitalización que los que hemos contado, pero el estándar es el de 64 kbit/s, como consecuencia de 8 bits por muestra y 8.000 muestras por segundo.

3.7. LA COMPRESIÓN

La técnica de compresión se puede aplicar a cualquier tipo de mensaje, para reducir significativamente el espacio que ocupa en bits; así su almacenamiento y transmisión requerirán menos capacidad. Según el tipo de mensaje, la compresión se basa en:

Mensaje	Técnica de compresión
Sonido	Enmascaramiento. Los sonidos de cierta frecuencia y amplitud ocultan a nuestro oído otros que le acompañan. Por ejemplo: MP3
Imagen	Se basa en la diferente resolución del ojo a ciertos colores (mínimo para el verde y máximo para el amarillo) en la parte de una imagen que se repite; y en la predicción del movimiento. Ejemplo: MPEG 1 y 2
Datos y Texto	Codificación de patrones. En una cadena de datos se busca el carácter que más se repite, y se codifica con menos de 8 bits.

Figura 3.11. Distintas técnicas utilizadas para comprimir los mensajes.

Los estándares de compresión MPEG, cada uno de los cuales puede contemplar varios niveles o capas (layers),son:

- **MPEG-1**: "Codificación de imágenes en movimiento y audio asociado para medios de almacenamiento digital hasta 1,5 Mbit/s".
- **MPEG-2**: "Codificación genérica de imágenes en movimiento e información de audio asociada".
- **MPEG-3**: La planificación original contemplaba su aplicación a sistemas HDTV; finalmente fue incluido dentro de MPEG-2.
- **MPEG-4**: "Codificación de objetos audiovisuales".

3.7.1. Compresión de audio

Vamos a ver cómo es posible mandar la música de un Compact Disc, que requiere una velocidad muy grande 1,4 Mbit/s con sólo 128.000 bit/s, por medio del formato MP3. Lo que se hace para comprimir la música, es detectar en cada instante qué sonidos están enmascarados (el oído no los oye porque hay otros que resaltan más que ellos y no dejan apreciarlos, bien porque su amplitud sea mayor o porque su frecuencia esté muy próxima, o por una combinación de ambas situaciones), y no se registra ni envía la información correspondiente a ellos.

El proceso consiste en dividir en bandas de frecuencia todo el espectro audible, y se van eliminando aquellas frecuencias que están enmascaradas. Recordemos que en el CD se toman 44.100 muestras por segundo, es decir, que teóricamente se puede hacer el proceso anterior 44.100 veces por segundo. Teóricamente, porque efectivamente, en los agudos se va a esa velocidad, pero en los graves se pueden tomar menos muestras.

Dejando sólo la información susceptible de ser apreciada por el oído conseguimos la compresión a por 12 sin que la diferencia sea perceptible. No obstante, hemos de considerar que algunos individuos poseen una curva de enmascaramiento más baja y si notarán alguna pequeña diferencia, al igual que otras personas no lo advertirán aunque comprimamos más la información. Por eso, hay diferentes grados de compresión.

3.7.1.1. EL ESTÁNDAR MP3

El estándar del MP3 es comprimir por un factor 12, utilizando las curvas de enmascaramiento normales, sin que sea notado por la mayoría de las personas. Se puede comprimir mucho más, en vez de 128 kbit/s hay sistemas que comprimen a la mitad 64 kbit/s o incluso menos, pero entonces la merma de calidad es fácilmente perceptible por el usuario.

Éste sistema fue desarrollado en principio por Philips mediante un contrato con la Unión Europea. Un contrato dentro del proyecto Eureka para definir la radio digital. El proyecto se llamó MUSICAM.

Philips desarrolló dos sistemas MUSICAM: El sistema normal, éste de 128 es el estándar (capa dos) y otro estándar mucho más reducido (capa uno), que pierde calidad. Luego, en América, la AT&T desarrolló un método parecido que lo que hacía era comprimir un poco menos y mejorar la calidad. De la unión de ambos sistemas, el europeo MUSICAM y el americano, salió un mejor procedimiento, normalmente denominado capa tres, asociado con la compresión de sonido en televisión.

A MPEG-1 capa tres, se le llama MPEG 3 o, simplemente, MP3. El MP3 es un sistema de compresión de audio definido como estándar que comprime a 128 kbit/s, al

igual que el "capa dos" pero con mejor calidad. Este es el sistema de compresión que se emplea en la televisión digital, en Internet y en la radio digital.

3.7.2. Compresión de vídeo

En audio se aprovecha es un defecto del oído, una característica del oído, que enmascara sonidos. En vídeo, dada su enorme compresión (por 50, en el estándar, y por 100, en el MPEG 1), no se aplica tan sólo una técnica, sino una combinación de ellas, para conseguir un grado de compresión mucho mayor.

En vídeo se combinan tres técnicas para comprimir:

- ***El primer sistema***, que suprime detalles que el ojo no distingue, se usa también en fotografía (imágenes estáticas). En imágenes inmóviles se llama JPEG (Joint Potography Expert Group, o Unión de Grupo de Expertos de Fotografía). Resultado del trabajo común de diversas asociaciones de fotografía del mundo unidas para llegar a un estándar común. En vídeo, es MPEG (Motion Pictures Expert Group, o Grupo de Expertos de Imágenes en Movimiento). Su funcionamiento es como sigue:

  Hay detalles que el ojo no capta. Por ejemplo, el ojo no distingue perfectamente, si una imagen es muy pequeña, las diferentes gamas de color. Aprovechando esta característica, en el caso de los colores, en lugar de enviar cada punto codificado con 8 bits (256 combinaciones diferentes, que no se van a distinguir) se definen sólo con 5 bits (32 tonos de color que son más que suficientes). Lo mismo ocurre con los tonos de grises (el ojo es más sensible al gris que al color) y en lugar de mandarlo con 10 bits, (1.024 tonos) bastan 7 bits para un correcto visionado (128 tonos de gris).

  También se suprimen los detalles que resulten inapreciables. Ello se hace agrupando los puntos en bloques de 8x8, es decir, de 64 puntos, y analizándolos mediante un programa de ordenador que decide lo que podemos eliminar. El procedimiento más habitual utiliza la *transformada discreta del coseno*, DCT (Discret Cosine Transformer) en inglés.

  Con este método se puede comprimir por 10 (no se nota diferencia), por 20 (aún buena calidad) y hasta por mucho más, dependiendo de la calidad que desee obtener. En una máquina de fotos digital estándar, una imagen que ocupa 5 Mbytes puede ser reducida a 300 kbytes sin diferencias perceptibles.

- ***El segundo sistema***, Grupo de Cuadros consiste en aprovechar las imágenes estáticas: Imaginemos un informativo en que hay un locutor dando una noticia. Como en TV se emiten 25 imágenes por segundo, estamos enviando 25 veces por segundo la cara del locutor que, probablemente, necesite esa cadencia

puesto que la está moviendo. Pero el resto de elementos en pantalla permanecen estáticos, el fondo, la corbata, la mesa...

Por lo tanto, podemos reducir la cantidad de información transmitida. La emisora de cada 12 imágenes sólo emite 1 y el televisor deduce las intermedias. Para corregir los puntos en los que halla cambios la emisora envía la información requerida únicamente para los elementos cambiantes de la imagen, con el subsiguiente ahorro de capacidad.

El grupo de cuadros que recibe este nombre porque a las imágenes en televisión se las llama cuadros, lo que hace es agrupar los cuadros de 12 en 12 y sólo mandar uno. El ahorro de capacidad dependerá del tipo de imágenes que estemos tratando, cuanto menos cambiante sea ésta, mayor el ahorro. Pero el estándar puede reducir desde por 5, lo cual es muy frecuente, hasta por 12 en caso de elementos muy estáticos.

Entre ambos métodos ya tenemos un factor entre 50 y 100 de compresión. Eso genera un retraso, porque el televisor no puede empezar a componer la emisión hasta que ha recibido la imagen 13. Por lo tanto, en la descompresión del sistema MPEG se tarda medio segundo. El audio en este tipo de televisión se manda con medio segundo de retraso, se retarda para que la imagen vaya junto con el sonido. Lo cual a veces provoca fallos de ajuste y el audio no se corresponde a la imagen visual.

- ***El tercer sistema*** (denominado vector movimiento) que se aplica si en las imágenes hay algo que se mueve muy frecuentemente. El método en este caso deduce el movimiento, algo que es relativamente fácil pues la imagen se ha dividido en bloques de 8 por 8 puntos. Las imágenes en movimiento se envían menos veces por segundo, recomponiéndolas en la recepción y, al igual que en el procedimiento anterior, la emisora manda la corrección.

  Con el sistema de vector movimiento, sólo se comprime si hay algo que se mueve, como un avión en vuelo, lo que es frecuente, pero la compresión que se consigue es más pequeña puesto que además sólo se comprime en una parte de la pantalla. La media resulta en una compresión a por dos o por tres.

3.7.2.1. EL ESTÁNDAR MPEG-2

MPEG-2 es una combinación de las tres técnicas vistas con anterioridad. Cuando se comprime relativamente poco, para que el ojo no lo perciba, la media de compresión que sale es 50, por lo que se pueden pasar las imágenes que requerían 207 millones de bits por segundo al orden de 4 Mbit por segundo.

El grupo de expertos primero desarrolló un estándar mucho más reducido, que comprimía mucho más, desde los 207 hasta 1,5 Mbit/s que se conoce como MPEG-1. En realidad, el MPEG-1 comprime a velocidad estándar fija, sea cual sea el resultado final, mientras que el MPEG-2 es capaz de adaptar la velocidad según la calidad que se desee obtener. Si se requiere mucha calidad, para una imagen muy quieta, bastarían 2 ó 3 Mbit/s; para una imagen muy dinámica y con mucho detalle, a lo mejor se necesitan 6 ó 7 Mbit/s.

Las emisoras para no tener que estar adaptándolo a cada momento suelen transmitir a una velocidad fija, por ejemplo, a 4Mbit/s. Para mantener esta capacidad las diferentes técnicas se van compensando en la emisión. Así si la imagen se mueve mucho, el detalle puede ser más pequeño, etc.

Aunque hay otros sistemas similares, éstos son los que se han considerado como estándar. Todos los sistemas digitales de televisión emiten a través de MPEG 2 y aplican como estándar de audio el MPEG 1 capa tres, el polémico MP3, por las dudas acerca de la legalidad de su uso.

3.7.3. Compresión de datos

Los dos sistemas de compresión que hemos visto, el de audio y el de vídeo, se denominan “compresión con pérdidas”, porque se pierde información. No es perceptible, si está bien hecha, pero perdemos información. Evidentemente, con los datos no es aceptable perder información porque afecta significativamente a la recepción del mensaje. No se puede omitir nada de información. Necesitamos realizar una compresión sin pérdidas.

El sistema más frecuente es redefinir los caracteres más repetidos: En una página, probablemente, sean los espacios, así al espacio, en lugar dedicarle ocho bits, se le dedican sólo dos, el espacio es el 01. Supongamos que el siguiente carácter que más se repite es la “a”, que será 101, 3 caracteres. De igual modo operaremos sobre los símbolos más repetidos. Como resultado cada vez que hay que mandar un espacio se manda 01, nada más, con lo cual estamos ahorrando los otros seis bits que no se transmiten, hemos hecho un código diferente. Ya no están homogeneizados todos los caracteres a ocho bits, sino que los que más se repiten se definen con menos bits. Este proceso, que puede parecer complicado, se hace automáticamente.

El más típico de estos sistemas de compresión se llama código Huffman que es el nombre del ingeniero que lo desarrolló. Por este sistema no se puede comprimir mucho, porque hay muchos caracteres que no se pueden transformar a sólo dos, tres, cuatro,... bits, pero se reduce aproximadamente a la mitad. De manera que los programas de ordenador que duplican la capacidad del disco duro, en realidad, almacenan la información en el disco duro comprimida a la mitad.

3.8. CODIFICACIÓN XDSL

De las diferentes tecnologías que usamos en telecomunicaciones, la compresión es una de las que más ha avanzado. Permite emitir cuatro canales de televisión por donde antes se transmitía uno. La digitalización es bastante más antigua y es una técnica consolidada. La siguiente tecnología es la de codificación en xDSL, la "x" define el carácter cambiante de los bucles de abonado digital o DSL (Digital Subscriber Line).

El bucle de abonado constituido por pares de cobre, tiene serias limitaciones para soportar aquellos servicios que requieren un gran ancho de banda. Por su propia constitución tiene una atenuación muy creciente con la frecuencia y la distancia. Permite ofrecer un canal analógico de 4 kHz sin necesitar amplificación, suficiente para mantener una conversación, o mediante el empleo de módems o adaptadores de terminal RDSI puede llegar a soportar un flujo de datos de 56 ó 128 kbit/s, respectivamente.

No obstante, las tecnologías DSL convierten ese antiguo bucle de abonado en algo mucho más útil: un bucle de abonado digital con mayor capacidad. Esto se efectúa mediante la instalación de módems en los extremos (en realidad son codificadores) que permiten multiplicar la capacidad de la línea. Hay diversas maneras de hacerlo y esta variedad da lugar a diferentes tecnologías, cuyas características se aprecian en la tabla de la figura 3.12.

Nombre de la Tecnología	Concepto	Velocidad hacia el usuario	Velocidad hacia la Central	Distancia máxima
IDSL	ISDN DSL	128 kbit/s	128 kbit/s	6 km
HDSL	High-Data Rate DSL	1,544 Mbit/s	1,544 Mbit/s	4 km
SDSL	Symetric DSL	1,544 Mbit/s	1,544 Mbit/s	3 km
ADSL	Asymetric DSL	8 Mbit/s	1 Mbit/s	4 km
RADSL	Rate Adaptative DSL	7 Mbit/s	1 Mbit/s	6 km
VDSL	Very-High DSL	51,84 Mbit/s	2,3 Mbit/s	300 m

Figura 3.12. Diferentes tipos de tecnologías dentro de la familia DSL.

Las ventajas para el operador con el uso de esta tecnología son varias: por una parte, se descongestionan las centrales y la red telefónica, ya que el flujo de datos se separa en origen del telefónico (van superpuestos pero diferenciados), y se reencamina desde la entrada de la central local por una red de datos. Por otra parte, que se puede ofrecer el servicio de manera individual sólo para aquellos clientes que lo requieran, sin

necesidad de reacondicionar todas las centrales locales. Dada la dedicación exclusiva (no compartida) de la parte de acceso de cada usuario, es una buena alternativa para poder ofrecer tarifa plana de acceso a Internet.

3.8.1. IDSL

En lo que cambia la definición de la familia de tecnologías DSL es en la primera letra. La primera letra hace referencia a la aplicación. Por ejemplo, si la primera letra es la "i", IDSN que es como dicen en inglés a nuestra RDSI, la red digital de servicios integrados, en inglés se llama Integrated Services Digital Network. Luego el IDSL consiste en que por un bucle abonado de par de hilo de cobre normal pueda funcionar la red digital de servicios integrados, que necesita 128 kbit/s en ambos sentidos.

Cuando se emplea esta técnica, el bucle de abonado tiene que ser corto; si es muy largo, no funciona, porque es un par de hilo de cobre. Sólo puede tener hasta 6 kilómetros. Lo cual puede considerarse poco, a la vista del estado del arte actualmente, pero mejora continuamente.

3.8.2. HDSL

El HDSL, en que la H viene de High Data Rate, alta velocidad de datos, permite nada menos que 1,5 Mbit/s en ambos sentidos (1,5 Mbit/s es la jerarquía digital plesiócrona más baja americana, la nuestra son 2 Mbit/s). Puede operar hasta en 4 kilómetros sin necesidad de emplear repetidores, pero usa dos pares de cobre, uno para la ida y otro para la vuelta. Si queremos esto mismo pero usando un solo par de hilo de cobre, tenemos la tecnología SDSL. También es simétrica, pero con una cobertura de sólo 3 kilómetros, porque toda la información circula por un único par de hilo de cobre, que, además, soporta el servicio telefónico básico, por lo que resulta muy interesante para el mercado residencial.

3.8.3. ADSL

La más conocida de todas las tecnologías xDSL es la ADSL. "A" de asimétrico, puesto que considera que muchos usuarios necesitan recibir un gran volumen de información, tal como vídeo o un programa que "bajemos" de la red. Pero, sin embargo, las necesidades hacia el operador son menores (llamar por teléfono o pedir una página de Internet necesitan muy poca capacidad relativa). Luego hacia el usuario circula nada menos que hasta a 8 Mbit/s (down stream), la velocidad de unas dos películas en MPEG-II, y hacia la central (up stream) sólo 1 Mbit/s. Todo ello por un par de hilo de cobre de hasta cuatro kilómetros.

El servicio ADSL no es siempre posible, aunque el usuario final lo demande. Es necesario, previamente, que el instalador compruebe si la distancia a la central telefónica de la que depende es menor que un determinado valor (aproximadamente 3 km). Este

valor viene determinado por la atenuación máxima que soporta el estándar de acceso, por ser la atenuación muy dependiente de la frecuencia y estar trabajando con un valor mayor.

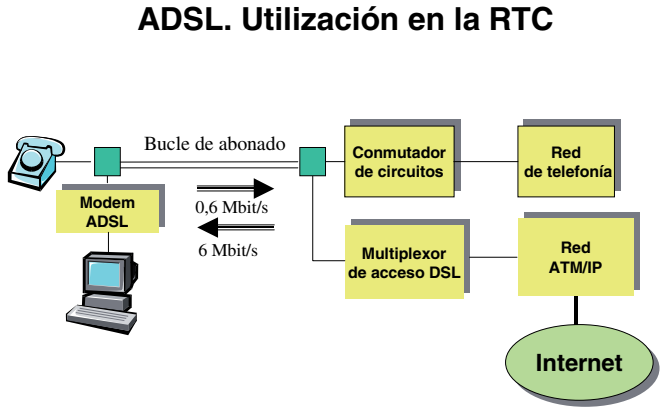


Figura 3.13. Utilización de ADSL para aprovechar la capacidad el bucle de abonado.

3.8.4. VDSL. Datos a muy alta velocidad

La más rápida de toda la familia xDSL es la denominada VDSL (Very High Data Rate DSL), muy alta velocidad de datos, que permite nada menos que 51 Mbit/s hacia la casa del usuario y 2,3 hasta la central, pero alcanza sólo 300 metros. De todas éstas tecnologías, la más usada profesionalmente es la HDSL. Así, cuando alguien pide en América un circuito de 24 canales, el operador para no tener que hacerle un tendido de pares de cobre o de cable coaxial o fibra óptica nuevo, le pueden poner, sobre el mismo cable de cobre, HDSL con hasta 1,54 Mbit/s.

En España lo que Telefónica suele hacer cuando alguien le pide 30 canales, nuestros 2 Mbit/s, es cambiarle el par y ponerle una fibra óptica en previsión del aumento de servicios. Esa, o su versión simétrica SHDSL, es una de las tecnologías más usadas profesionalmente, pero la más usadas en el mundo normal del usuario final, en el mundo de consumidor, es la ADSL. La única pega de las tecnologías DSL es que requieren un par de cobre de una calidad excelente y también que las condiciones del tendido sean óptimas, en especial cuando va a soportar un gran caudal de información. Por ello, en la práctica la mayoría de las líneas ADSL no llegan a los teóricos 8 Mbit/s y, sin embargo, se provee de una versión más sencilla, ADSL-Lite que permite 1,5 Mbit/s hacia el usuario y 384 kbit/s hacia el operador.

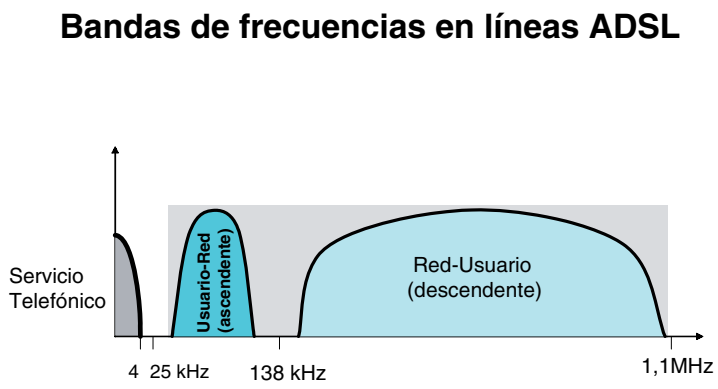


Figura 3.14. La codificación ADSL-Lite, utiliza tres bandas de frecuencia y la voz se separan de los datos mediante el splitter (filtro paso-bajo y paso-alto).

3.9. LA MODULACIÓN

La modulación es un proceso que consiste en combinar una señal que representa los datos (moduladora) con otra (portadora). La señal obtenida (señal modulada) es susceptible de ser transmitida por un medio por el que, en un principio, no se podría hacer. En definitiva, la modulación permite la adaptación de una señal a un medio de transmisión, siendo una tecnología muy frecuente en telecomunicaciones, se aplica en radio, en televisión y en informática.

La técnica de modulación permite hacer viajar algunas informaciones por sitios por donde no viajarían en condiciones normales. Por ejemplo, si queremos ir en coche de París a Londres, viajamos por las carreteras y, de pronto, al llegar al Canal de la Mancha el coche no puede pasar. ¿Qué hacemos? Subir el coche a un ferry y entonces el ferry lo lleva. Pues eso es lo que hacemos en la modulación: algo que no puede viajar, lo subimos a un portador, y ya puede viajar.

El objeto de la transmisión se denomina **señal moduladora** y a lo que le permite viajar es la **señal portadora**. Por ejemplo, si deseamos enviar música muy lejos, caso de la radio, no nos sirve con un enorme altavoz, los que estuvieran cerca se quedarían sordos pero el sonido no llegaría más que unos centenares de metros. Sin embargo, las ondas de radio se pueden transmitir muy lejos pero el oído humano no las puede oír, no están en nuestro rango de frecuencias. La modulación combina esta música que deseamos emitir con las ondas de radio que la transportarán.

Las técnicas de modulación, en el mundo analógico y digital, son:

- **Modulación de Amplitud**
- **Modulación de Frecuencia**
- **Modulación de Fase**

Podemos caracterizar una onda, en un instante dado, por su **frecuencia** (hercios), **amplitud** (voltios) y **fase** (grados respecto a un origen de tiempos); por tanto, estos parámetros son los únicos que podemos variar para que incorporen la información que debe transmitir la onda portadora.

La portadora es una onda sinusoidal caracterizada por su amplitud (A), frecuencia (f) y fase (∅), según la siguiente relación:

$$F(t) = A \cos(2 f.t + \varnothing)$$

3.9.1. Modulación de Amplitud (AM)

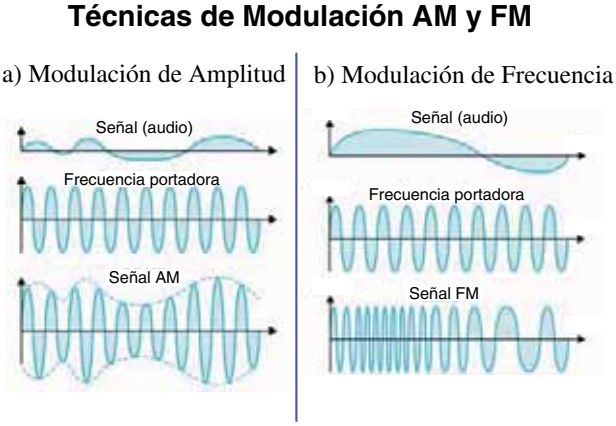


Figura 3.15 a y b. Modulación de amplitud AM y de frecuencia FM.

En la parte de derecha y arriba de la figura 3.15 tenemos las ondas de radio (señal portadora) y en la parte de abajo la música (señal moduladora). Por medio de la modulación se transforma la amplitud a las ondas de radio para que ésta vaya al ritmo de la música, al ritmo de lo que quiero enviar. Una vez en destino hemos de extraer la música de la señal modulada, lo cual es muy sencillo mediante un diodo (un componente electrónico semiconductor) que incorpora cualquier aparato de radio.

3.9.2. Modulación de frecuencia (FM)

Con la tecnología de amplitud modulada se cambia la amplitud de la señal portadora al ritmo de lo que se quiere oír, se emite por el aire y con un simple circuito se consigue recuperar la señal. Hay otro sistema de enviarlo, que además resulta tecnológicamente más perfecto, que envía la señal mediante variaciones en la frecuencia, tal como se representa en la figura 3.15 b.

Este método aumenta o disminuye la potencia según la fuerza del sonido a transportar, si el sonido es fuerte, frecuencia más alta, y viceversa. El circuito que recupera el sonido original de esa frecuencia variable, también muy sencillo, recibe el nombre de discriminador. De manera que cuando escuchamos una emisora de frecuencia modulada, lo que recibimos no es 92,7 MHz, estamos recibiendo una frecuencia que está variando. El estándar es que puede variar 75 kHz hacia abajo y 75 kHz hacia arriba. Es decir, estaremos oyendo algo que está entre 92,775 MHz y 92,625 MHz, esto es, el margen de frecuencias que transmite la emisora.

Con métodos digitales el proceso es similar al visto para el mundo analógico, pero con ciertas particularidades ya que transmitimos en código binario.

3.9.3. Modulación de Amplitud (ASK)

Vamos a imaginar que estamos en nuestra casa con nuestro ordenador y queremos conectarnos con el banco para saber cómo está nuestra cuenta corriente. En la mayoría de los casos no tendremos una línea digital, sino que será una línea telefónica analógica desde la que podemos llamar a la central de datos del banco. La línea telefónica transmite sonidos, entre 300 y 3.400 Hz, sin embargo, los ordenadores operan en código binario.

Puesto que la línea sólo puede emitir sonidos, se intercala entre el ordenador y la línea algo que transforme a ondas de sonido el lenguaje binario. Por ejemplo, que cuando tengamos que enviar un 0 emita un sonido suave y cuando tengamos que mandar un uno envíe un sonido más fuerte. Es decir, ponemos un modulador, la técnica es la misma, pero variando la amplitud.

Esta modulación que podría recibir el nombre de modulación en amplitud, para definir su naturaleza digital se denomina ASK (Amplitude-Shift Keying) por similitud a lo que se hacía con el manipulador del código Morse (Morse Key) en telegrafía.

A cada valor de la señal de datos se le hace corresponder diferentes valores de amplitud de la señal portadora. Esta modulación, por sí sola, no se suele emplear en la comunicación de datos debido a que es muy sensible al ruido eléctrico y los errores resultantes originarían un rendimiento muy bajo en la transmisión de información.

3.9.4. Modulación de Frecuencia (FSK)

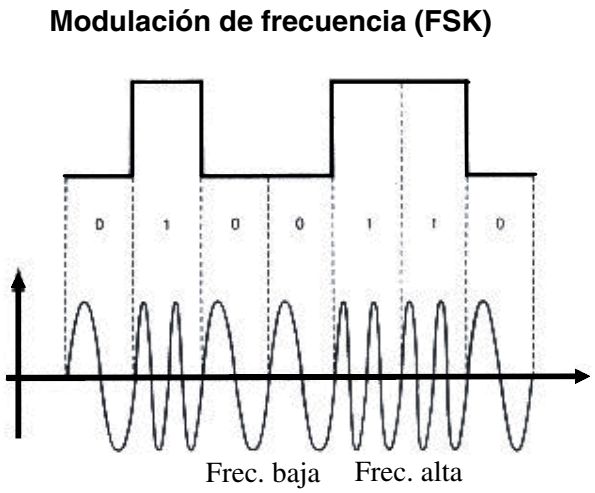


Figura 3.16. Modulación de frecuencia (FSK): Los ceros (0) y los unos (1) se transforman en cambios de frecuencia.

3.9.5. Modulación de Fase (PSK)

La tercera de las técnicas que se utiliza es cambiar la fase, el punto donde comienza la onda. Si la onda empieza hacia arriba, es el 0, fase 0; si la onda empieza hacia abajo, fase 180, fase uno. Y cambiando la fase, puedo también enviar ceros y unos.

A cada valor de la señal de datos se le hace corresponder diferentes valores de la fase de la señal portadora. Normalmente, se compara la fase del ciclo en un periodo con la fase del ciclo en el periodo siguiente, con lo que se obtiene una modulación con desplazamiento de fase diferencial (DPSK).

Independientemente de la técnica utilizada, la base es siempre la misma, situar en los extremos un modulador que cambie la amplitud, la frecuencia o la fase, y un aparato que invierta la operación a la llegada de la señal. De tal modo, la combinación para comunicarnos mediante nuestro ordenador a través de la línea telefónica es un conjunto de MODulador-DEModulador comúnmente conocido como MÓDEM, un equipo para la transmisión de datos que, en el sentido de transmisión convierte las señales digitales en analógicas capaces de ser transportadas por la red y, en el sentido de recepción, realiza el proceso inverso para recuperar los datos transmitidos.

Moduladora	Parámetro variado	Nombre	Uso
Analógica	Amplitud	AM	Radio AM, TV vídeo
	Frecuencia	FM	Radio FM, TV audio
	Fase	PM	
Digital	Amplitud	ASK	Transmisiones digitales por RTC (módems)
	Frecuencia	FSK	
	Fase	PSK	

Figura 3.17. Técnicas de modulación, según el parámetro que se varía.

Los módems actuales combinan la modulación en amplitud, fase y frecuencia. Lo más frecuente de encontrar son combinaciones de modulación en amplitud y modulaciones de fase, resultando que cada vez que se emite un sonido son enviados varios bits. De esta manera se multiplica la velocidad del módem.

El módem detecta el mensaje, agrupa los bits y transmite el tipo de sonidos que corresponde a cada combinación, de las cuales hay hasta 64 diferentes, consiguiendo una velocidad de 57.600 bits/s, lo cual se corresponde con el estándar V.90 y el V.92 aparecido en el año 2001.

3.10. EL MÓDEM

El módem es el dispositivo ideal para el intercambio de datos a larga distancia sobre uno de los medios de transmisión más utilizados como es la Red Telefónica Básica (RTB), con una amplia cobertura y un coste bajo; puesto que ésta ha sido concebida para la transmisión de señales vocales -analógicas- y no de datos -digitales-, se hace necesario transformar las señales proporcionadas por los ordenadores o terminales con el fin de adaptarlas a las características de los circuitos telefónicos, que tienen un ancho de banda limitado. Esto se consigue mediante el empleo, en ambos extremos, de los módems, compatibles entre sí, algo que se consigue si cumplen las mismas recomendaciones establecidas, desde hace bastantes años, por el CCITT para este tipo de dispositivos.

Los módems son, en todos los países, el dispositivo de comunicaciones por excelencia para la transmisión de datos sobre la red telefónica; son cientos de millones las unidades en servicio y millones el número de usuarios que cada día los emplean, por ejemplo, para acceder a Internet. A pesar de todos los adelantos de la tecnología, los módems forman parte esencial de cualquier sistema de comunicaciones, avanzando en

prestaciones -mayor velocidad y seguridad- para cubrir las nuevas aplicaciones que demandan un mayor ancho de banda.

De una manera muy simple (figura 3.18), los módems permiten establecer una comunicación desde cualquier lugar en que se disponga de una toma de teléfono.

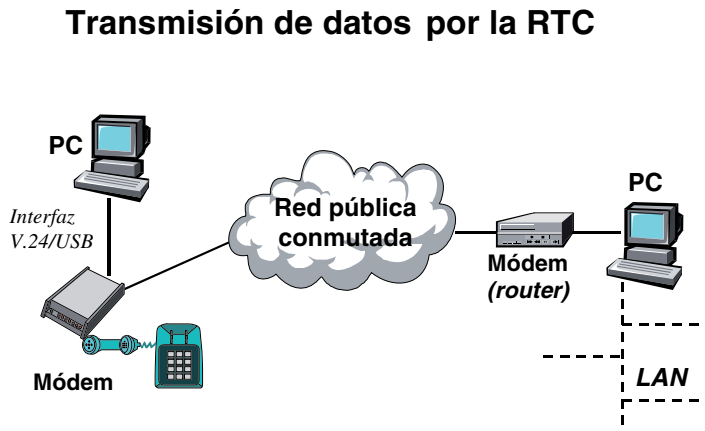


Figura 3.18. Transmisión de datos a través de la red telefónica pública (RTPC) mediante el empleo de módems.

3.10.1. La interfaz de comunicaciones

En general, la interfaz es la parte de un sistema que interactúa entre otras dos partes, física o conceptualmente distintas. La interfaz de usuario se refiere a los medios de interacción entre el hombre y el servicio.

La proliferación de equipos de distintos fabricantes ha causado que éstos hayan tenido que ponerse de acuerdo sobre las normativas de interconexión de sus equipos. Muchas asociaciones de estándares han dictado normas y recomendaciones a las que los diseñadores de dispositivos de comunicación se acogen con el fin de garantizar que los equipos que producen se entenderán con los otros fabricantes. Este problema fue resuelto inicialmente por la asociación de estándares EIA con el estándar RS-232, que es el adoptado con más frecuencia para transmisiones serie, especialmente utilizado por gran parte de los módems. El equivalente del CCITT está compuesto por las normas V que definen tanto las características eléctricas como las funcionales de la conexión.

El módem se conecta con el ordenador o terminal a través de un cable de comunicaciones acabado en unos conectores estandarizados, para que puedan conectarse a la línea telefónica. Además, ha de cumplir una serie de requisitos, también estandarizados, para el intercambio de señales, pues de otro modo la comunicación sería imposible. Al conjunto que define la conexión, tanto mecánica como eléctrica, entre dos dispositivos (terminales o sistemas) de acuerdo a un estándar, es a lo que se denomina interfaz de comunicaciones.

Patilla	Nombre	Circuito	Sentido
1	FG	101	--
2	TD	103	⇒ DCE
3	RD	104	DTE ⇐
4	RTS	105	⇒ DCE
5	CTS	106	DTE ⇐
6	DSR	107	DTE ⇐
7	SG	102	--
8	DCD	109	DTE ⇐
15	TC	114	DTE ⇐
17	RC	115	DTE ⇐
20	DTR	108	⇒ DCE
22	RI	125	DTE ⇐
24	(TC)	113	⇒ DCE

Figura 3.19. Señales características de la interfaz DTE/DCE en la recomendación V.24/V.28 (RS-232).

A nivel físico (eléctrico), como se ha dicho, la interfaz comúnmente empleada por los módems es la definida por la recomendación V.24/V.28 del CCITT (International Telegraph and Telephone Consultative Committee), que tiene su equivalencia en la norma RS-232 de EIA. La distribución de patillas y circuitos se muestra en la tabla de la figura 3.19.

3.10.2. Métodos para el envío de la señal

El intercambio de las señales (de control y de información) entre dos equipos se puede realizar de distintas maneras, teniendo en cuenta no sólo aspectos físicos, sino lógicos, veámoslos:

3.10.2.1. TRANSMISIÓN SERIE Y PARALELO

El envío de una secuencia de datos entre dos dispositivos se puede realizar de dos maneras diferentes: **serie**, cuando los datos se transfieren bit a bit utilizando un único canal y **paralelo**, en el caso en que todos los bits de un carácter se transmitan simultáneamente, utilizando tantos canales como bits lo formen.

La transmisión en serie se emplea cuando la distancia entre el transmisor y el receptor es grande, en orden a economizar recursos. Mientras que la transmisión en paralelo, mucho más rápida, se emplea en el caso de distancias muy reducidas -buses de interconexión, cables de impresora, etc.-, resultando más costosa.

3.10.2.2. TRANSMISIÓN SEMIDÚPLEX Y DÚPLEX

Según sea el modo de intercambiar los mensajes: simple, semidúplex y dúplex.

- **Simple**: La transmisión se efectúa en un único sentido. En este caso uno de los terminales siempre emite y el otro siempre recibe. Ejemplo: la TV o la radiodifusión sonora, ya que los usuarios se limitan a ver y oír la emisión.

- **Semidúplex**: La transmisión se lleva a cabo en ambos sentidos, de manera alternativa. Es necesario un protocolo para el control del sentido de la transmisión. Mientras un terminal emite, el otro está en silencio. Ejemplo: el télex.

- **Dúplex**: La transmisión se puede realizar en ambos sentidos simultáneamente, con lo cual el emisor y el receptor no necesitan de ningún protocolo para alternar la comunicación, como sucedía en el caso anterior. Ejemplo: el teléfono, aunque para poder entender una conversación uno de los interlocutores debe permanecer en silencio mientras el otro habla.

3.10.2.3. TRANSMISIÓN ASÍNCRONA Y SÍNCRONA

Dependiendo del método empleado para la sincronización entre el equipo transmisor y el receptor, tenemos dos tipos diferentes de transmisión: asíncrona y síncrona.

- **Asíncrona**: aquel en que las señales que forman una palabra del código se transmiten precedidas por un bit de arranque (*start*) y seguidas de al menos un bit de parada (*stop*). Entre dos caracteres puede mediar cualquier separación. Es un tipo de transmisión adecuado para comunicaciones simples.

- **Síncrona**: los datos fluyen del transmisor con una cadencia fija y constante, marcada por una base de tiempos. La separación entre caracteres es siempre un

múltiplo entero de bits. Este tipo es el habitual en las comunicaciones digitales ya que consigue una eficiencia mucho más elevada, aunque técnicamente es más complicada de implementar.

3.10.2.4. TRANSMISIÓN A 2 Y 4 HILOS

Es importante resaltar la diferencia entre un circuito (línea de comunicación) a 2 y a 4 hilos, ya que muchas veces se confunde con la capacidad del circuito para establecer una comunicación semidúplex o dúplex.

- **Línea a dos hilos (2h).** Está constituida, en todo o en parte de su recorrido, por un sólo circuito físico (un par de conductores). Se suele utilizar en circuitos urbanos para el enlace entre la central pública de conmutación y los usuarios. La línea puede ser a dos hilos y permitir una comunicación dúplex, por ejemplo, utilizando distintas bandas de frecuencia para uno y otro sentido de transmisión.

- **Línea a cuatro hilos (4h).** Está constituida, en todo su recorrido, por dos circuitos físicos (dos pares de conductores), uno dedicado a la transmisión y el otro a la recepción. Se utiliza en circuitos interurbanos para el enlace entre las centrales y, normalmente, la comunicación es dúplex, aunque no siempre ya que ello depende, además, de la propia capacidad del medio de los equipos de transmisión en todo el enlace, del modo de operar de los terminales de usuario que se utilicen.

Para aplicar esta denominación no es necesaria la existencia física de los hilos conductores, sino que puede hacerse en referencia a canales. Por ejemplo, cuando se utilizan sistemas múltiplex, por división en frecuencia o temporal, en los que varios canales comparten un mismo medio físico; cada canal lógico equivale entonces a un circuito a 2 hilos.

3.10.2.5. TASA DE ERROR

El concepto de Tasa de error está ligado a la calidad ofrecida por el proveedor de telecomunicaciones en un servicio dedicado a la transmisión de señales digitales. El proveedor facilita el acceso a su servicio de transmisión de datos con una tasa de error determinada, lo que se viene a especificar en un acuerdo de servicios o SLA (Service Level Agreement). De esta forma, si queda fijada la calidad del servicio en una tasa de error de 10^{-6}, de 10^{-7}, significa que por cada millón, por cada 10 millones, de bits transmitidos existirá, por término medio, un bit que resulte erróneo. La tasa de error depende, principalmente, de la calidad en la infraestructura de transmisión y conmutación por la que circula la señal, existiendo distintos métodos para anular su efecto nocivo.

3.10.3. Normativa de la UIT-T (antes CCITT)

La normalización internacional establecida por la Unión Internacional de Telecomunicaciones-T, o, en inglés, ITU-T (International Telecommunications Union-Telecoms), antiguo CCITT, en su serie de recomendaciones "V" define y fija, para cada tipo de módem, una serie de características de tal forma que puedan conectarse entre sí productos de diferentes fabricantes, aún habiendo utilizado tecnologías desiguales. Es bastante usual denominar a los módems por la serie "V" del CCITT a la que pertenecen; entre las más importantes figuran las que se muestran en la tabla de la figura 3.20:

Norma	Características
V.22bis	2.400/1.200/600 bit/s en dúplex; muy utilizada hasta hace pocos años por ser la máxima velocidad de algunos servicios que utilizaban la red telefónica.
V.23	1200 bit/s/75 bit/s en dúplex. Se utilizó en aplicaciones interactivas, tal como el servicio videotex.
V.29	9.600 bit/s en semidúplex, utilizada principalmente en las comunicaciones de fax, incluso hoy en día.
V.32	9.600/7.200/4.800 bit/s en dúplex, consigue una velocidad muy alta sobre las líneas telefónicas. Fue muy popular, igual que su versión V.32bis.
V.34 (bis)	28.800 bit/s en dúplex sobre líneas analógicas a 2 hilos. Se empleó durante mucho tiempo para el acceso rápido a Internet. (bis) Una versión posterior del V.34 que permite alcanzar hasta los 33.600 bit/s.
V.90 y V.92	Funcionan hasta a 56 kbit/s en sentido descendente y algo menos en sentido ascendente. Resultan muy adecuadas para el acceso a Internet.

Figura 3.20. Serie de normas "V" del CCITT, ahora UIT-T, relativas a los módems.

- **El estándar V.90**

  La norma V.34bis se desarrolló considerando la red de telefonía como totalmente analógica y, por lo tanto, que ambos extremos de la conexión sufren deterioro debido al ruido de cuantificación introducido por los conversores analógico a digital, lo cual limitó la velocidad a 33,6 kbit/s para una relación señal/ruido aceptable.

  La ruptura de este límite de velocidad fue posible gracias al sistema de telefonía digital entre centrales de las compañías telefónicas. La base de la tecnología V.90 es la siguiente: el ruido de cuantificación, que se produce por

el hecho de que las muestras son finitas, afecta sólo a la conversión analógico-digital, pero no a la digital-analógico. Por lo tanto, si no hay conversión analógico-a-digital entre el módem y la red de telefonía (digital), no existe ruido de cuantificación y utilizando todo el canal vocal (4 kHz) a una velocidad de muestreo de 8.000 Hz, codificando a 8 bits PCM, se podrían conseguir 64 kbit/s en el canal descendente. Debido a que los conversores digital-analógico no son lineales, en el caso de señales con poca potencia la cuantificación es susceptible al ruido, por lo que se limitan los 256 códigos PCM posibles a 128 para conseguir los 56 kbit/s y alto grado de fiabilidad. En el canal ascendente existe transformación de analógico a digital en la central de la compañía telefónica, lo que limita su velocidad a 33,6 kbit/s.

Al digitalizarse la mayor parte de las redes telefónicas surge un nuevo estándar, denominado V.90 que admite una velocidad de hasta 56 kbit/s en sentido descendente y de 33,6 kbit/s en sentido ascendente, por lo que resulta muy adecuado para el acceso a Internet y entra en competencia con el acceso RDSI a 64 kbit/s.

3.10.4. Control del módem

Es habitual encontrar en muchos módems de red conmutada la facilidad de respuesta y marcación automática, que les permiten conectarse cuando reciben una llamada de la RTC (Red Telefónica Conmutada) y proceder a la marcación de cualquier número previamente grabado por el usuario. Gracias a estas funciones se pueden realizar automáticamente todas las operaciones de establecimiento de la comunicación.

Las recomendaciones de la UIT-T que regulan el proceso son las definidas por las normas V.25 y V.25bis. El intercambio de tonos se refleja en una variación de los estados de las señales de control del módem, que tienen su equivalencia en las correspondientes del terminal, iniciándose el diálogo de datos a continuación.

3.10.4.1. LOS COMANDOS "AT"

Vistas las recomendaciones de la "Serie V" de la UIT-T, hay que mencionar los que se denominan comandos AT**,** introducidos a principios de los años 80 por la compañía norteamericana **HAYES**, que permiten controlar la totalidad del proceso de comunicación desde la pantalla del ordenador. Estos comandos t reciben el nombre de **AT** porque indican ATención. Una vez escrito el comando, pulsamos la tecla de retorno de carro (simbolizada por <CR>) para proceder a su ejecución.

Los comandos AT se expresan mediante caracteres ASCII y son interpretados por el módem a medida que los recibe, emitiendo como respuesta los caracteres OK, valores numéricos u otro tipo de mensajes. Sólo permiten trabajar en modo asíncrono, lo que supone una limitación para algunas aplicaciones profesionales.

Un comando AT consiste en un conjunto de caracteres enviados por el usuario desde el terminal hacia el módem, precedidos siempre por AT y acabando con el carácter CR (tecla Enter). El conjunto de caracteres que componen un comando está restringido a los caracteres ASCII imprimibles (32 al 126), ignorándose todos los que precedan al prefijo AT y aquellos de control distintos del CR (*Carriage Return*) y BS (**Back Space**). La línea de comandos puede estar compuesta de uno o varios comandos, excepto para los comando ATD, ATA y ATZ, hasta un total de 256 caracteres, incluyendo el prefijo AT y el CR del final.

3.10.5. Detección y corrección de errores

En Telecomunicaciones, cuando los mensajes atraviesan un medio real, existe una cierta probabilidad, mayor o menor, de que ocurran errores (alteración de la información transmitida) por diversas causas, normalmente debidas a tres tipos de fenómenos:

- Interferencias electromagnéticas que producen ruido en el medio físico.
- Interferencia entre las señales que comparten un mismo cable.
- Incorrecto funcionamiento del módem.

La calidad del medio de transmisión se mide sobre la base de la tasa de error (BER/ Bit Error Rate), y se calcula como el resultado de dividir el número de bits erróneos recibidos entre el total de bits transmitidos.

La detección y corrección de errores se realiza gracias a un protocolo que establece un conjunto de normas para ordenar y sincronizar las tramas de datos, a la vez que define procedimientos para determinar cuándo se ha producido un error de transmisión y cómo debe corregirse (automático o retransmisión).

Los módems también suelen realizar la compresión de los datos, para ser más eficaces en la transmisión. Se entiende por compresión de datos, como hemos visto anteriormente, a cualquier técnica que consiga enviar la misma información con un número de bits inferior al que sería necesario si se mandara la información original, según se obtiene de la fuente emisora.

3.10.5.1. PROTOCOLOS MNP

El principal impulso dado a las técnicas de detección y corrección de errores en módems lo dio la empresa Microcom, con el desarrollo del protocolo MNP (Microcom Networking Protocol) para su incorporación a los módems como parte del software básico del equipo. Únicamente es válido para transmisiones asíncronas.

Básicamente, MNP toma los n bits de datos correspondientes a un carácter (sin el bit de Start ni el de Stop) y los empaqueta en una trama síncrona, cuya longitud se puede seleccionar con el comando AT\An. Las distintas versiones que se han venido sucediendo se han denominado niveles, englobando cada una las ventajas y opciones de las anteriores.

MNP4: Es el protocolo de corrección de errores, de mayor difusión, en el ámbito de paquetes de longitud variable y adaptable en función de la calidad de la línea, para ser empleado con módems que sean asíncronos.

MNP5: Protocolo de corrección y compresión, para módems asíncronos, utilizando un algoritmo de repetición de caracteres, consiguiendo una eficacia de 2:1.

MNP10: Es una extensión de los anteriores que está especialmente indicado para transmisiones rurales, celulares y de larga distancia, en donde hace un uso óptimo de las líneas con mala calidad.

Figura 3.21. Tabla con las características de los principales protocolos MNP.

3.10.5.2. NORMAS PARA MEJORAR LA EFICACIA

La UIT-T ha definido las normas V.42 para el control y detección de errores y V.42bis para la compresión de datos en comunicaciones asíncronas. Veamos seguidamente en que consiste cada una de ellas. Últimamente se ha aprobado la V.44, que aporta algunas mejoras sobre las otras, y empezará a incorporarse en los nuevos módems que vayan saliendo al mercado.

- **Norma V.42**

  Con la norma V.42 se emplea el protocolo LAP M (Link Access Protocol M) derivado del HDLC, consistente en un cálculo basado en polinomios matemáticos, para prever los detalles de establecimiento de la comunicación, corrección de errores, notificación de anomalías, etc.

  Incluye los protocolos MNP, niveles 2 y 4, como un anexo, por lo que los módems funcionando según esta norma han de ser compatibles con los MNP4.

- **Norma V.42bis**

  La norma V.42bis trata además los aspectos relativos a la compresión de datos asíncronos, técnica que en ocasiones es capaz de mejorar el rendimiento de la

transmisión hasta en un factor de 4:1, por lo que, por ejemplo, un módem V.90 alcanzaría hasta 224 kbit/s como límite en la interfaz entre el terminal y el módem, pero en la línea se tiene, como mucho, la velocidad nominal del módem que es muy inferior.

3.11. MÓDEMS ASÍNCRONOS Y SÍNCRONOS

En la transmisión de las señales digitales que reciben los módems, es imprescindible que ambos extremos estén sincronizados de alguna manera para poder recuperar la señal sin errores. Esto implica la necesidad de disponer de una base de tiempos común, a fin de que el receptor detecte correctamente la señal que le ha enviado el emisor. Se emplean dos convenios de sincronismo: asíncrono y síncrono.

3.11.1. Transmisión tipo asíncrona

En las transmisiones con módem a baja velocidad (menos de 1.200 o 2.400 bit/s) conviene, por razones económicas, que el emisor transmita un carácter cuando esté disponible para su transferencia e independientemente del tiempo transcurrido desde la transmisión del último carácter.

- **Bits de paridad**

El bit de paridad, cuando se utiliza, se añade al final de cada carácter transmitido para detectar bits erróneos en la transmisión de un símbolo. De esta forma se transmiten 8 bits (es decir, un octeto) por cada carácter si se está utilizando el código ASCII. La técnica del bit de paridad es, por consiguiente, una técnica de detección de los errores que se producen en la transmisión de caracteres por las redes de telecomunicación.

Se puede trabajar con la *paridad par* y la *paridad impar*. Si se adopta la paridad par, en la transmisión se incluirá un bit de paridad "1" o "0" en función del número de bits "1" que tenga el carácter. El inconveniente de estos métodos es que el receptor no detecta un número par de bits erróneos, por lo que existen otros más sofisticados que si lo hacen, alguno de los cuales se estudia en otro capítulo.

Como los caracteres que componen el mensaje se transmiten independientemente unos de otros, el receptor ha de sincronizar su base de tiempos (teóricamente igual a la que existe en el transmisor) con cada carácter que recibe, es decir, se le ha de indicar el inicio y el final del carácter (figura 3.22 a) lo que se hace añadiendo un *bit de arranque* o *bit Start* al inicio del carácter y un/unos *bits de parada* o *bits Stop* al final del mismo.

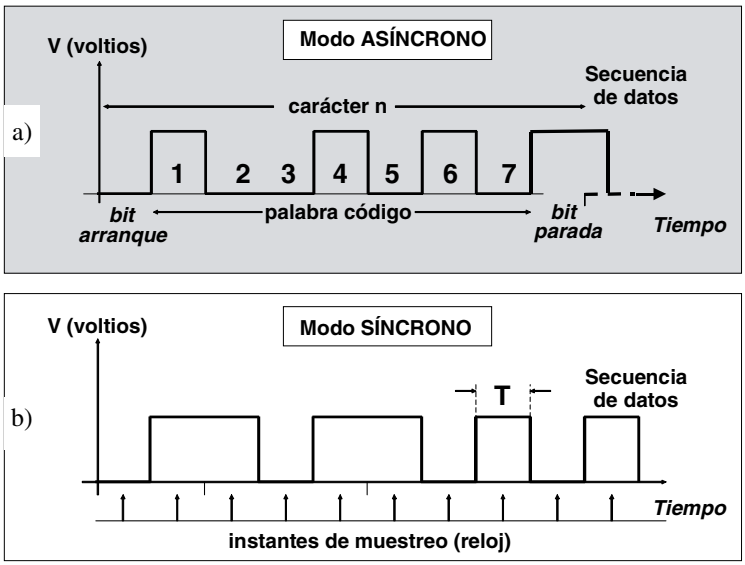


Figura 3.22 a. Representación de una señal asíncrona.

La eficiencia de este tipo de transmisión es baja ya que a cada carácter de información se le añaden de dos a tres bits de sincronismo que no llevan información, por lo tanto, está en torno a un 60-70%.

3.11.2. Transmisión tipo síncrona

La transmisión síncrona es un método de comunicación en el que los datos se transfieren en bloques, sin necesidad de los bits de inicio y final entre cada byte. La sincronización se consigue enviando una señal de reloj junto con los datos y pautas de bit especiales (de sincronismo) para denotar el inicio de cada bloque.

En este tipo de transmisión todas las señales digitales se transfieren consecutivamente y tienen la misma duración. Los datos fluyen del emisor al receptor con una cadencia fija y constante, marcada por una base de tiempos común para todos los elementos que intervienen en la transmisión (reloj). En el destino se reconstruye la señal de reloj de origen a partir de la señal recibida, mediante un proceso de detección de cambios en los flancos de subida y bajada de los impulsos.

En la transmisión síncrona se suprimen los bits de arranque y parada que acompañan a cada carácter en la transmisión asíncrona. Sin embargo, la transmisión síncrona mantiene unas señales preliminares que se denominan bytes de sincronización o banderas (flags) que suelen ir duplicados para conseguir una certeza absoluta, siendo su misión principal alertar al receptor de la llegada de los datos.

En la figura 3.22 b se puede observar una señal síncrona, observando que los momentos significativos de la señal suceden en los mismos instantes que la señal de reloj que se emplea como referencia.

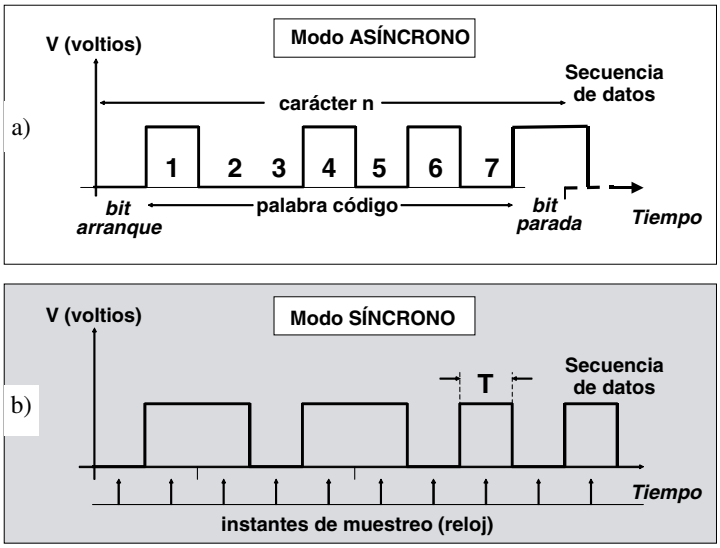


Figura 3.22 b. Formato de transmisión de una señal síncrona, asociada a una señal patrón (reloj).

La transmisión síncrona entraña una mayor eficiencia de la línea (existe una mejor relación entre los bits de información y los bits necesarios para el sincronismo) y permite mayores velocidades debido a que es menos sensible al ruido y demás imperfecciones de los soportes de transmisión, siendo utilizada para alta velocidad.

3.12. LA INTERFAZ DE COMUNICACIONES V.24

La definición de interfaz (*interface*) es: un dispositivo (circuito, convertidor, adaptador, etc.) que sirve para conectar o enlazar dos equipos, al objeto de que intercambien información (datos) entre ellos usando una red o sistema de telecomunicaciones.

La necesidad de disponer en cada equipo de una interfaz normalizada es evidente, ya que de otra manera sería imposible conectar equipos de distintos fabricantes. La normativa más extendida para la transmisión de señales digitales es la definida por el UIT-T en su recomendación V.24 que tiene su equivalente en la RS-232 (Recommended Standard) de la EIA (Electronic Industry Association), renombrada como EIA-232 en el año 1991, aunque sigue utilizándose la primera denominación ya que está muy arraigada.

3.12.1. Aspectos mecánicos, eléctricos y funcionales

Los aspectos más importantes de la norma V.24, que define las características funcionales, se complementan con la norma V.28 -características eléctricas- y la ISO 2110 -mecánicas-, estando casi siempre asociadas en la definición de la interfaz de que se trate. Veamos a continuación cada uno de ellos:

- **Aspectos Mecánicos**

La interconexión se efectúa mediante dos conectores estandarizados de 25 patillas (aunque también se utilizan en algunos casos de 9 para reducir espacio), siendo macho el que incorpora el ETD y hembra el conector del ETCD, aunque este criterio se puede contravenir algunas ocasiones. Se conecta cada una de las patillas mediante un cable, constituyendo cada conexión un circuito de enlace, identificado por un número determinado. En la figura 3.23 se puede ver la distribución de las patillas.

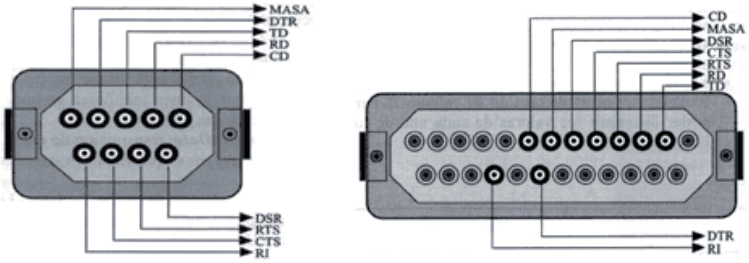


Figura 3.23. Conector típico de la interfaz V.24 (de 25 y 9 patillas) y sus principales señales.

- **Aspectos Eléctricos**

Las características eléctricas de esta interfaz se describen con todo detalle en las recomendaciones V.10, V.11 y V.28. Cada una específica para un tipo de aplicación. Siendo la más utilizada la V.28**,** que hace referencia a circuitos de enlace asimétricos para uso con equipos que emplean tecnología de circuitos discretos y es la adoptada por la mayoría de los módems.

La distancia máxima que soporta esta interfaz, con un cable estándar, es de 15 metros (50 pies), aunque para velocidades bajas, o si se emplea un cable de baja capacidad y apantallado, puede superarla ampliamente, llegando a alcanzar hasta 100 metros.

La señal de trabajo suele ser de unos 12 voltios, admitiéndose cualquier otra dentro del margen +3 a +25 y -3 a -25, siendo el comprendido entre +3 y -3 (lo que se denomina zona umbral) no utilizable para evitar problemas de ruido.

INTERFAZ V.24		Tensión negativa (-3 a –25) Voltios	Tensión positiva (+3 a +25) Voltios
Circuitos de datos	Estado binario	1	0
	Situación señal	MARCA	ESPACIO
Circuitos de control		OFF (abierto)	ON (cerrado)

- **Aspectos Funcionales**

Los circuitos necesarios para establecer el diálogo entre los equipos se pueden clasificar en cuatro clases diferentes: datos, sincronización, control y tierra. Sus nombres y asignación de patillas ya se han visto en otro apartado, en este veremos sus funciones.

Normalmente, en un enlace no se emplean todos los circuitos, sino que se hace uso de un número limitado de ellos, que varía en función de que sea una transmisión asíncrona o síncrona y de que los equipos a conectar posean mayor o menor grado de inteligencia para efectuar el control de la transmisión mediante el propio protocolo lógico, sin necesidad de control físico.

- **DTR, *Data Terminal Ready***: terminal de datos preparado. Esta señal es enviada inicialmente por el terminal al módem para informarle de que está preparado para intervenir en una comunicación.

- **DSR, *Data Set Ready***: módem preparado. A continuación el módem activa esta línea y se la envía al terminal para indicarle que el módem también está listo.

- **RTS, *Request To Send***: petición de emisión. Una vez que el terminal y el módem están listos, si el ETD necesita enviar datos, envía al módem la señal RTS para informarle.

- **CD, *Carrier Detected***: detección de portadora. Cuando el módem lee la señal RTS que el terminal le envía, dispara los circuitos de enlace de línea enviando al módem remoto una señal portadora. Éste activa entonces la señal CD y así avisa al terminal próximo de que el módem remoto está listo para recibir datos.

- **CTS, *Clear To Send***: listo para transmitir. Es una señal que envía el módem al terminal para indicarle que está listo para aceptar datos, puesto que ya tiene enlace por la línea telefónica ya que anteriormente recibió un CD.

- **TD, *Transmit Data***: transmisión de datos. Esta línea es el canal por el que viajan en serie los bits del emisor.

- **RD, *Receive Data***: recepción de datos. Los datos emitidos por el emisor se reciben en el receptor por la línea RD.

- **TC, *Transmit Clock***: transmisor de reloj. En el caso de las comunicaciones síncronas se tiene que enviar una señal de reloj para mantener la sincronización y se hace por esta línea.

- **RC, *Receive Clock***: receptor de reloj. La señal TC se recibe por la línea RC.

- **GND, *Ground***: tierra protectora. Es la línea que sirve para unificar las tierras de emisor y receptor.

- **SGND, *Signal Ground***: tierra señal de referencia. Establece el nivel de tensión de referencia para poder distinguir los valores de cada uno de los bits.

Figura 3.24. Principales señales y funciones en la interfaz V.24.

3.13. EL MODELO OSI DE REFERENCIA

Para acabar este capítulo, veremos el modelo OSI (Open Systems Interconnection), que ha tenido, y aún sigue teniendo, una especial relevancia en cuanto a la conexión de equipos y redes de comunicaciones. Aunque dada la velocidad a la que avanza el mundo de las telecomunicaciones, surgen estándares, no normalizados por ningún organismo oficial, pero que son los utilizados (estándares de facto).

El modelo de referencia para la Interconexión de Sistemas Abiertos, OSI fue aprobado por el ISO (International Standards Organization) en el año 1984, bajo la norma ISO 7498. Con posterioridad, el CCITT lo incorporó a las recomendaciones de la serie "X" bajo la denominación X.200.

El modelo OSI surgió ante la necesidad imperante de interconectar sistemas de distintos fabricantes, cada uno de los cuales empleaba sus propios protocolos para el intercambio de señales. El término "abierto" se seleccionó con la idea de realzar la facilidad básica del modelo, frente a otros modelos "propietarios" y, por tanto, cerrados.

El sistema de comunicaciones del modelo OSI estructura el proceso en varias capas que interaccionan entre sí. Una capa proporciona servicios a la capa superior siguiente y toma los servicios que le presta la siguiente capa inferior.

3.13.1. Ventajas del modelo OSI

Los estándares OSI describen las reglas que deben seguir los equipos de comunicaciones, para que el intercambio de datos sea posible dentro de una infraestructura que esté compuesta por una gran variedad de productos de diferentes suministradores.

A partir de este modelo se han desarrollado una gran familia de protocolos para que diferentes tipos de ordenadores puedan trabajar y comunicarse conjuntamente sobre diversos tipos de redes.

Con el objetivo de definir un estándar flexible y con posibilidad de ampliarse, los organismos de normalización concluyeron que una buena manera para conseguirlo era descomponer en varios módulos la enorme complejidad de un proceso de comunicación entre dos aplicaciones. Cada módulo se ocupa de unas tareas específicas por lo que resulta mucho más fácil realizar cambios en una parte sin que se tenga que alterar el resto de las especificaciones. Así, el modelo consta de siete módulos o niveles: aplicación, presentación, sesión, transporte, red, enlace y físico.

Las ventajas teóricas más importantes que resultan de la utilización del estándar OSI son:

- Conectividad en todo el mundo sin tener que instalar pasarelas.
- Fácil integración de productos en la red.
- Un punto de vista único a la hora de configurar la seguridad.
- Amplio margen en la elección de suministradores lo que permite una mayor competencia entre éstos y, consecuentemente, precios más bajos.
- Mejores posibilidades de sobrevivir a las nuevas generaciones tecnológicas sin elevados costes de conversión.

Pese a las ventajas citadas anteriormente, los protocolos OSI no están siendo muy utilizados. Otros protocolos, como por ejemplo TCP/IP y SNMP, están mucho más

extendidos en las empresas que los estándares OSI. Las razones más ampliamente admitidas del por qué de esta situación son las siguientes:

- Los protocolos OSI no habían sido testados ampliamente antes de ser estandarizados y no están basados, en la práctica, en una red de ordenadores a gran escala. Por el contrario, TCP/IP se ha utilizado con profusión desde la década de los 70, cuando se empezó a desarrollar Internet.
- Los estándares OSI son, comparados a los estándares Internet y los RFC (Ready for Comment.), muy caros y difíciles de obtener.
- El modelo de referencia OSI es demasiado complejo y con muchos niveles.
- Las nuevas tecnologías de red, como sucede con ATM, no se ajustan del todo al modelo OSI.
- La definición de dos protocolos alternativos e incompatibles en el nivel de red de OSI (X.25 que está orientado a conexión e IP que es el modo sin conexión), no ayuda a construirse, mantener y utilizar una red totalmente interconectada.
- Existe un amplio acuerdo en que la configuración del nivel de red sin conexión como la existente en Internet (datagrama) es técnicamente superior a X.25 (orientado a conexión), al menos en lo que se refiere a la técnica del mejor esfuerzo (best effort).

3.13.2. Estructura en niveles de OSI

El modelo OSI está compuesto por una serie de 7 niveles (capas), cada uno de ellos con una funcionalidad específica, para permitir la interconexión e interoperatividad de sistemas heterogéneos. La utilidad del mismo radica en la separación que en él se hace las distintas tareas que son necesarias para comunicar dos sistemas independientes.

Es importante señalar que este modelo no es una arquitectura de red en sí mismo, dado que no especifica, en forma exacta, los servicios y protocolos que se utilizarán en cada nivel, sino que solamente indica la funcionalidad de cada uno de ellos.

Sin embargo, ISO también ha generado normas para la mayoría de los niveles, aunque éstas, estrictamente hablando, no forman parte del modelo OSI, habiéndose publicado todas ellas como normas independientes. Los siete niveles del modelo OSI (véase la figura 3.25) son los siguientes:

Nivel	Función
7. Aplicación	Datos normalizados
6. Presentación	Interpretación de los datos
5. Sesión	Diálogos de control
4. Transporte	Integridad de los mensajes
3. Red	Encaminamiento
2. Enlace	Detección de errores
1. Físico	Conexión de equipos

Figura 3.25. Niveles y funciones del modelo de referencia OSI de ISO.

Los tres niveles inferiores están orientados al acceso del usuario (comunicaciones de datos); el cuarto nivel al transporte extremo-a-extremo de la información, y los tres superiores a la aplicación (figura 3.26).

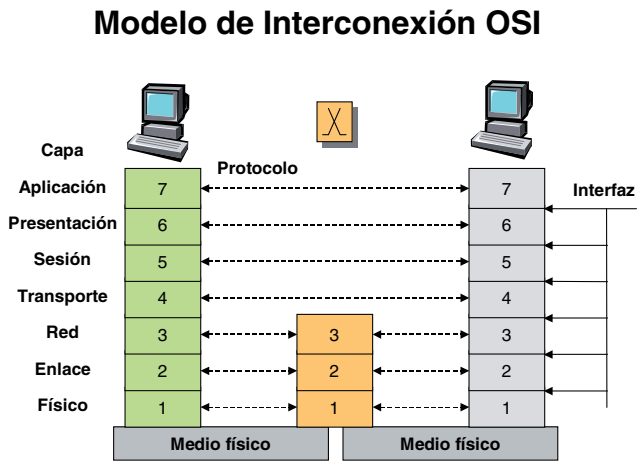


Figura 3.26. Estructura de capas del modelo OSI y funciones de interconexión.

Nivel 1 - Físico

El nivel físico, el más bajo y más antiguo, proporciona los medios mecánicos —eléctricos, funcionales y de procedimiento— de establecimiento y desactivación de las conexiones físicas para la transmisión de bits entre entidades de enlace de datos. La

misión básica de este nivel consiste en transmitir bits por un canal de comunicación, de manera que cuanto envíe el transmisor resulte en una correcta recepción en destino.

A este nivel pertenecen las normas: V.24, V.35, G.703.

Nivel 2 - Enlace

El objetivo del nivel de enlace es facilitar los medios funcionales y de procedimiento para establecer, mantener y liberar conexiones de enlace de datos entre entidades de red.

Las funciones básicas que realiza este nivel están orientadas a resolver los problemas planteados por la falta de fiabilidad de los circuitos de datos. Los datos recogidos del nivel de red se agrupan en tramas para su transmisión. Las tramas incluyen bits de redundancia y control para corregir los errores de transferencia. Además, el nivel de enlace regula el flujo de las tramas, para sincronizar su emisión y recepción. En resumen, sus funciones son las siguientes: sincronización y entramado, establecimiento y desconexión del enlace, control de flujo y detección y recuperación de errores.

Dentro de este nivel se encuadra el protocolo DIC (High Level Data Link Control), muy utilizado en distintos entornos.

Nivel 3 - Red

El nivel de red proporciona los medios para establecer, mantener y liberar la conexión, a través de una red compuesta de enlaces y nodos. También dota de los medios funcionales y de procedimiento para el intercambio de unidades de datos del servicio de red entre entidades de transporte por conexiones de red.

Es el responsable de las funciones de conmutación y encaminamiento de la información; proporciona los procedimientos precisos necesarios para el intercambio de datos entre el origen y el destino. Por ello es necesario que conozca la topología de la red, al objeto de determinar la ruta más adecuada. Cuando los extremos están en rutas distintas, el nivel de Red deberá resolver las diferencias entre las redes, a fin de prestar su servicio al nivel de Transporte.

Como ejemplo de este nivel tenemos las recomendaciones X.25, X.32, X.3, X.28, X.29 del CCITT para redes de conmutación de paquetes. EL protocolo IP, si siguiese el modelo OSI, se encuadraría en el Nivel de Red.

Desde el punto de vista del estudio de las redes, este nivel es uno de los más significativos.

Nivel 4 - Transporte

El nivel de transporte efectúa la transferencia de datos entre entidades de sesión y las libera de toda otra función relativa a conseguir una transferencia de datos segura y económica.

Su misión básica es la de optimizar los servicios del nivel de red y corregir las posibles deficiencias en la calidad del servicio, con el auxilio de mecanismos de recuperación en caso de condiciones anormales en los niveles inferiores. Proporciona los procedimientos de transporte precisos, con independencia de la red o del soporte físico empleado.

Este nivel está muy relacionado con la calidad del servicio ofrecido por la red, ya que si no es suficiente, será este nivel el encargado de establecer el puente entre las carencias de la red y las necesidades del usuario.

Nivel 5 - Sesión

El nivel de sesión tiene por objeto proporcionar el medio necesario para que las entidades de presentación en cooperación organicen y sincronicen su diálogo y procedan al intercambio de datos. Para ello el nivel proporciona los servicios precisos para establecer una conexión de sesión entre dos entidades de presentación y facilitar interacciones ordenadas de transferencia de datos. Su función básica consiste en realizar el encuadrado de la dirección de sesión hacia el usuario con las direcciones de transporte orientadas a la red y gestionar y sincronizar los datos intercambiados entre los usuarios de una sesión, así como informar sobre incidencias.

En este nivel se asume que ambos extremos tienen la misma categoría, situación que normalmente no se da ya que suele ser un "cliente" el que accede a un "servidor" para la obtención de información. La comunicación se convierte entonces en una situación de pregunta-respuesta, siempre iniciada por el cliente y no por el servidor.

Nivel 6 - Presentación

Permite la representación de la información que las entidades de aplicación comunican o mencionan en su comunicación. Es el responsable de que la información se entregue al proceso de aplicación de manera que pueda ser entendida y utilizada. A este nivel pertenecen el código ASCII y el HTML.

La función de este nivel es la de proporcionar los procedimientos precisos, incluyendo aspectos de conversión, cifrado y compresión de datos, para representar la información de acuerdo a los dispositivos de presentación del usuario (pantallas, impresoras, etc.).

Además de posibilitar un transporte seguro, fiable y económico entre dos puntos de la red, una vez que los niveles anteriores han resuelto el problema de la transmisión de datos y el establecimiento de la sesión de trabajo.

Nivel 7 - Aplicación

Al ser el nivel más alto del modelo de referencia, el nivel de aplicación es el medio por el cual los procesos de aplicación acceden al entorno OSI. Por ello, este nivel no interactúa con uno más alto.

Proporciona los procedimientos que permiten a los usuarios ejecutar los comandos relativos a sus propias aplicaciones. Los procesos de las aplicaciones se comunican entre sí por medio de las entidades de aplicación asociadas, controladas por protocolos de aplicación y utilizando los servicios del nivel de presentación.

3.14. EL PROCESO DE ESTANDARIZACIÓN

Con el propósito de buscar una estructura y un método de funcionamiento que permitieran conocer los problemas planteados por las nuevas tecnologías de comunicación, así como también las demandas de los usuarios, en 1865 se fundó la Unión Internacional de Telegrafía, que fue la primera organización intergubernamental e internacional que se creó. Sin lugar a duda, éste fue el primer esfuerzo para estandarizar las comunicaciones en varios países.

Años más tarde, en 1884 al otro lado del Atlántico, en Estados Unidos se funda la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), organismo encargado hoy en día de la promulgación de estándares para redes de comunicaciones. En 1906, en Europa se funda la IEC (International Electrotechnical Commission), organismo que define y promulga estándares para ingeniería eléctrica y electrónica. En 1918 se funda la ANSI (American National Standards Institute), otro organismo de gran importancia en la estandarización estadounidense y mundial.

En 1932, al fusionarse dos entidades de la antigua UIT, se crea la Unión Internacional de Telecomunicaciones, entidad de gran importancia hoy en día encargada de promulgar y adoptar estándares de telecomunicaciones. Por otra parte, en 1947 pasada la Segunda Guerra Mundial, es fundada la ISO (International Organization for Standardization), entidad que engloba en un ámbito más amplio estándares de varias áreas del conocimiento. Actualmente existe una gran cantidad de organizaciones y entidades que definen estándares.

Un estándar, tal como lo define la ISO "son acuerdos documentados que contienen especificaciones técnicas u otros criterios precisos para ser usados consistentemente como reglas, guías o definiciones de características para asegurar que los materiales, productos, procesos y servicios cumplan con su propósito".

Por lo tanto, un estándar de telecomunicaciones "es un conjunto de normas y recomendaciones técnicas que regulan la transmisión en los sistemas de comunicaciones". Queda bien claro que los estándares deberán estar documentados, es decir, escritos en papel, con objeto que sean difundidos y captados de igual manera por las entidades o personas que los vayan a utilizar, aunque últimamente la tendencia es a mantenerlos en formato electrónico, por ejemplo, PDF, para que sea más fácil, rápida y menos costosa su distribución, a través de Internet o de soporte en CD-ROM.

3.14.1. Tipos de estándares

Existen tres tipos de estándares: ***de facto***, ***de jure*** y los ***propietarios***.

- **De Facto.** Los estándares **de facto** son aquellos que tienen una alta penetración y aceptación en el mercado, pero aún no son oficiales.

- **De Jure**. Un estándar **de jure** u oficial, en cambio, es definido por grupos u organizaciones oficiales tales como la ITU, ISO, ANSI, entre otras.

- **Propietarios**. Específicos (propiedad) de una determinada empresa.

La principal diferencia en cómo se generan los estándares de jure y facto, es que los estándares de jure son promulgados por grupos de gente de diferentes áreas del conocimiento que contribuyen con ideas, recursos y otros elementos para ayudar en el desarrollo y definición de un estándar específico. En cambio, los estándares de facto son promulgados por comités "guiados" de una entidad o compañía que quiere sacar al mercado un producto o servicio; si éste tiene éxito, es muy probable que una Organización Oficial lo adopte y se convierta en estándar de jure.

Por otra parte, también existen los "estándares" propietarios que son propiedad absoluta de una corporación u entidad y su uso todavía no logra una alta penetración en el mercado. Esta práctica era bastante común en la década de los 70 entre las empresas informáticas, tales como IBM, Sperry, Bull, NCR, etc., no tanto entre las de comunicaciones, y cabe destacar que aún existen algunas compañías que trabajan con este esquema sólo para ganar clientes y de alguna manera "atarlos" a los productos que fabrica. Si un estándar propietario tiene éxito, al lograr más penetración en el mercado, puede convertirse en un estándar de facto e inclusive convertirse en estándar de jure al ser adoptado por un organismo oficial. Un ejemplo clásico del éxito de un estándar propietario es el conector RS-232, concebido en los años 60 por la EIA (Electronics Industries Association) en Estados Unidos. La amplia utilización de la interfaz EIA-232 dio como resultado su adopción por la UIT, quien describió las características eléctricas y funcionales de la interfaz en las recomendaciones V.28 y V.24 respectivamente. Por otra parte, las características mecánicas se describen en la recomendación 2110 de la ISO.

3.14.2. Organizaciones que establecen estándares

Básicamente, existen dos tipos de organizaciones que definen estándares: Las **organizaciones oficiales** y **los consorcios de fabricantes**.

El primer tipo de organismo está integrado por consultores independientes, integrantes de departamentos o secretarías de estado de diferentes países u otros individuos. Ejemplos de este tipo de organizaciones son la ITU, ISO, ANSI, IEEE, IETF, IEC, entre otras.

Los consorcios de fabricantes están integrados por compañías fabricantes de equipo de comunicaciones o desarrolladores de software que, conjuntamente, definen estándares para que sus productos entren al mercado de las telecomunicaciones y redes (por ejemplo, ATM Forum, Frame Relay Forum, Gigabit Ethernet Alliance, ADSL Forum, UMTS Forum, etc.). Una ventaja de los consorcios es que pueden llevar más rápidamente los beneficios de los estándares promulgados al usuario final, mientras que las organizaciones oficiales tardan más tiempo en liberarlos.

Un ejemplo característico es la especificación Fast Ethernet (100 Base-T). La mayoría de las especificaciones fueron definidas por la Fast Ethernet Alliance, quien transfirió sus recomendaciones a la IEEE. La totalidad de las especificaciones fueron liberadas en dos años y medio. En contraste, a la ANSI le llevó más de 10 años liberar las especificaciones para FDDI (Fiber Distributed Data Interface), lo mismo que le sucedió al GSM (Groupe Speciale Mobile), dentro de la CEPT (Conférence Européen de Postes et Telecommunications) para la especificación del estándar de telefonía móvil digital GSM, que constaba de más de 8.000 páginas.

Otro aspecto muy importante de los consorcios de fabricantes es que éstos tienen un contacto más cercano con el mundo real y los productos reales. Esto reduce el riesgo de crear especificaciones que son demasiado ambiciosas, complicadas, y costosas de implementar, por lo que al final acaban en el olvido.

El modelo de capas OSI (Open Systems Interconnection) de la organización ISO es el ejemplo clásico de este problema. La ISO empezó a diseñarlas a partir de una hoja de papel en blanco tratando de diseñar estándares para un mundo ideal sin existir un impulso comercial para definirlas. En cambio, los protocolos del conjunto TCP/IP fueron desarrollados por personas que tenían la imperiosa necesidad de comunicarse (los RFC constituyen unos documentos esenciales en todo este proceso), y ese fue su éxito y el de la red Internet, que hoy alcanza una amplísima difusión.

Los consorcios de fabricantes promueven la interoperatividad teniendo un amplio conocimiento del mercado, lo que redunda en su beneficio y en el de los usuarios ya que éstos pueden elegir la oferta que mejor se adapte a sus necesidades.

3.14.2.1. ORGANISMOS OFICIALES DE ESTANDARIZACIÓN

En Estados Unidos, donde se aglutinan la mayoría de las organizaciones, la mejor manera para saber si una organización de estándares es oficial consiste en conocer si la organización está avalada por la ISO. La ANSI, IEEE y IETF, todas ellas están reconocidas por la ISO y, por lo tanto, son organismos oficiales. En el resto del mundo, aquellas organizaciones avaladas por la ITU o ISO son organizaciones oficiales.

Algunas de las organizaciones de estándares más importantes son:

La Unión Internacional de Telecomunicaciones

La UIT es el organismo oficial más importante en materia de estándares en telecomunicaciones y está integrado por tres sectores o comités: el primero de ellos es la UIT-T (antes conocido como CCITT, Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía), cuya función principal es desarrollar bosquejos técnicos y estándares para telefonía, telegrafía, interfaces, redes y otros aspectos de las telecomunicaciones.

La UIT-T envía sus bosquejos a la UIT y ésta se encarga de aceptar o rechazar los estándares propuestos. El segundo comité es la UIT-R (antes conocido como CCIR, Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones), encargado de la promulgación de estándares de comunicaciones que utilizan el espectro electromagnético, como son la radio, televisión UHF/VHF, comunicaciones por satélite, telefonía móvil, microondas, etc. El tercer comité UIT-D, es el sector de desarrollo, encargado de la organización, coordinación técnica y actividades de asistencia.

El IEEE

Fundado en 1884, el IEEE es una sociedad establecida en los Estados Unidos que desarrolla estándares para las industrias eléctricas y electrónicas, particularmente en el área de redes de datos. Los profesionales de redes están particularmente interesados en el trabajo de los comités 802 del IEEE. El comité 802 (80 porque fue fundado en el año de 1980 y 2 porque fue en el mes de febrero) enfoca sus esfuerzos en desarrollar protocolos de estándares para la interfaz física de las conexiones de las redes locales de datos, las cuales funcionan en la capa física y enlace de datos del modelo de referencia OSI.

Estas especificaciones definen la manera en que se establecen las conexiones de datos entre los dispositivos de red, su control y terminación, así como las conexiones físicas como cableado y conectores.

La Organización Internacional de Estándares

La ISO es una organización no–gubernamental establecida en 1947, tiene representantes de organizaciones importantes de estándares alrededor del mundo y actualmente conglomera a más de 100 países. La misión de la ISO es "promover el desarrollo de la estandarización y actividades relacionadas con el propósito de facilitar el intercambio internacional de bienes y servicios y para desarrollar la cooperación en la esfera de la actividad intelectual, científica, tecnológica y económica". Los resultados del trabajo de la ISO son acuerdos internacionales publicados como estándares internacionales. Tanto la ISO como la ITU tienen su sede oficial en Suiza.

CAPÍTULO 4

REDES DE TELECOMUNICACIONES

4.1. CLASIFICACIÓN DE LAS REDES DE TELECOMUNICACIONES

En este capítulo veremos, básicamente, cómo son las redes según su extensión geográfica: redes de área local o entorno local, y redes de área extendida o entorno amplio. También, dentro de esta clasificación general, haremos otra en función de que se destinen a dar servicios de voz o de datos ya que, tradicionalmente, éstos se han cubierto a través de redes diferentes, aunque cada vez hay una mayor convergencia entre ambos servicios. Al final del capítulo estableceremos las diferencias entre cuatro nomenclaturas de redes porque pueden dar lugar a confusión: públicas, virtuales, privadas e híbridas y explicaremos alguno de los protocolos habituales en redes de datos.

La clasificación de las redes, según su cobertura geográfica, se divide entre las de **entorno local**, unión de un edificio, un *campus* universitario, un grupo de fábricas, y las de **entorno amplio**, que pueden cubrir cualquier extensión, desde una ciudad al mundo entero. Así, tenemos los siguientes tipos:

- **PAN**: Red de área personal, limitada a unos pocos metros (hasta 10)
- **LAN**: Entorno reducido, limitado a unos pocos cientos de metros
- **MAN**: Entorno de una ciudad (hasta varios kilómetros)
- **WAN**: Red de área amplia, sin límite de cobertura

4.2. REDES DE ÁREA LOCAL

Aunque la tecnología permite, mediante técnicas digitales, mandar la voz y los datos por la misma línea, en los entornos locales se siguen transmitiendo por diferentes caminos. Simplemente, por una cuestión de coste y de comodidad; es más barato y sencillo poner un cable para el teléfono y otro para el ordenador que transferir ambas señales por un mismo cable y tener que poner en cada mesa de despacho un separador de datos y voz. Por tanto, a nivel local se siguen utilizando redes separadas, voz por una parte, datos por otra.

A las redes de datos que unen ordenadores se les suele llamar LAN (Local Area Network). Hay varios sistemas de LAN, pero los más conocidos son: el del tipo Ethernet, que sobre un cable (bus) va uniendo todos los ordenadores y terminales, que es la red más usada para ensamblar ordenadores. El otro sistema (ring) adopta una estructura en anillo, en el que cada ordenador se conecta a otro y éste a otro y así sucesivamente, que es bastante menos utilizado.

Ethernet fue desarrollada gracias a un acuerdo, en la década de los 70, entre Xerox, Intel y Digital Equipment Corporation (DEC).

Las redes en anillo, cuyo ejemplo más significativo es la Token Ring, fueron desarrolladas por IBM, aunque hay sistemas de anillo más modernos y eficaces que el de IBM. Otro método muy frecuente es el FDDI, un sistema de anillo mediante fibra óptica, desarrollado en una universidad israelí.

4.2.1. Características de las redes

Las redes de área local son redes de propiedad privada, dentro de un solo edificio o recinto, que varían desde unos 10 metros hasta unos pocos kilómetros de extensión. Se utilizan para conectar ordenadores personales y estaciones de trabajo en oficinas y fábricas con el objeto de compartir recursos y comunicar usuarios (figura 4.1). Operan a una velocidad entre 10-1.000 Mbit/s, tienen bajo retardo y muy pocos errores.

Se distinguen de otro tipo de redes por su tamaño, tecnología de transmisión y topología. Utilizan redes de difusión en vez de conmutación y no hay nodos intermedios, sino que el medio es único y compartido.

En todas las redes de área local nos encontraremos siempre un **modo de transmisión/modulación** (banda base o banda ancha), **protocolo de acceso** (TDMA, CSMA/CD, Token Passing, FDDI), un **soporte físico** (cables de pares trenzados con o sin pantalla, coaxiales o fibra óptica), y una **topología** (bus, anillo, estrella y malla).

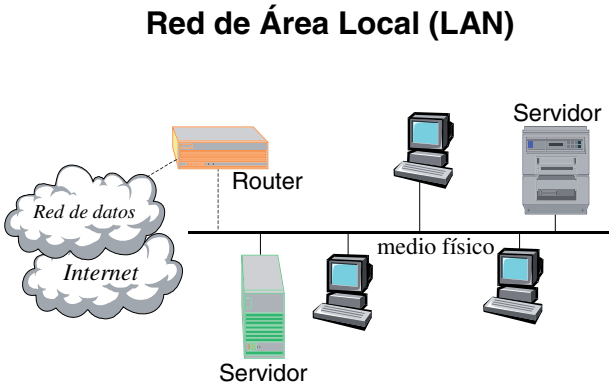


Figura 4.1. Topología típica de una LAN.

Las características más importantes que definen a las LAN, además del área geográfica que abarca, son las siguientes:

- La velocidad de transmisión de los datos dentro de una red local es elevada (típicamente de 10 ó 100 Mbit/s).

- La tasa de error de transmisión de los bits es inapreciable (del orden de 1 bit erróneo por cada 100 millones de bits transferidos).

- No se requiere ningún tipo de licencia para su instalación, incluso si utilizan la radio como medio de transmisión, ya que su alcance es limitado y se encuentra siempre dentro de un recinto privado.

Posibilidades que se obtiene de su empleo

Son numerosas las ventajas que aporta la conexión en red local; destacamos como más importantes las siguientes:

- Mantener bases de datos actualizadas instantáneamente y accesibles desde distintos puntos.

- Facilitar la transferencia de archivos entre miembros de un grupo de trabajo.

- Compartir periféricos (impresoras, discos ópticos, escáneres, etc.).

- Disminuir el costo del software comprando licencias de uso múltiple en vez de muchas individuales.

- Facilitar la copia periódica de respaldo de los datos.

- Comunicarse con otras redes públicas, como es Internet, y/o LAN y compartir un servicio de correo electrónico.

- Conectarse con grandes y pequeños ordenadores.

- Multiplicar el número de usuarios que pueden acceder simultáneamente a un recurso o información, con un nivel de calidad suficiente y a un precio razonable.

4.2.2. Topología de las redes

El término Topología se refiere al diseño de la red, bien sea ésta física o lógica. La topología de la red se refiere a la representación geométrica de los distintos enlaces entre los dispositivos o nodos.

Existen, básicamente, cuatro topologías diferentes para la construcción de una red de área local:

- **Topologías en bus** y **en árbol**: En la topología en bus, todas las estaciones se encuentran conectadas directamente a través de las interfaces físicas llamadas tomas de conexión a un medio de transmisión lineal o bus. Se permite la transmisión en dúplex y ésta circula en todas direcciones a lo largo del bus, pudiendo cada estación recibir o transmitir. Hay terminales pasivos en cada extremo del bus para que las señales no se reflejen y vuelvan al bus.

  La topología en árbol es similar a la de bus pero se permiten ramificaciones a partir de un punto llamado raíz, aunque no se permiten bucles.

  Los problemas asociados a estas dos topologías son que ya que los datos son recibidos por todas las estaciones, hay que dotar a la red de un mecanismo para saber hacia qué destinatario van los datos. Además, ya que todas las estaciones pueden transmitir a la vez, hay que implantar un mecanismo que evite que unos datos interfieran con otros.

  Para solucionar estos problemas, los datos se parten en tramas con una información de control en la que figura el identificador de la estación de destino. Cada estación de la LAN está unívocamente identificada. Para evitar el segundo problema (la superposición de señales provenientes de varias

estaciones), hay que mantener una cooperación entre todas ellas, y para eso se utiliza información de control en las tramas.

- **Topología en anillo**: La red consta de una serie de repetidores (simples mecanismos que reciben y retransmiten información sin almacenarla) conectados unos a otros en forma circular (anillo). Cada estación está conectada a un repetidor, que es el que pasa información de la red a la estación y de la estación a la red. Los datos circulan en el anillo en una sola dirección. La información también se divide en tramas con identificadores sobre la estación de destino. Cuando una trama llega a un repetidor, éste tiene la lógica suficiente como para reenviarla a su estación (si el identificador es el mismo) o dejarla pasar si no es el mismo. Cuando la trama llega a la estación origen, es eliminada de la red. Debe de haber una cooperación entre las estaciones para no solapar tramas de varias estaciones a la vez.

- **Topología en estrella**: En este caso, se trata de un nodo central del cual salen los cableados para cada estación. Las estaciones se comunican unas con otras a través del nodo central. Hay dos maneras de funcionamiento de este nodo: este nodo es un mero repetidor de las tramas que le llegan (cuando le llega una trama de cualquier estación, la retransmite a todas las demás), en cuyo caso, la red funciona igual que un bus; otra manera es de repetidor de las tramas pero sólo las repite al destino (usando la identificación de cada estación y los datos de destino que contiene la trama) tras haberlas almacenado.

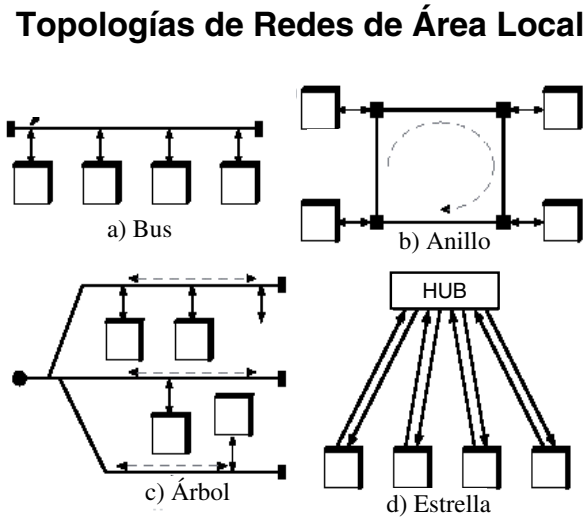


Figura 4.2. Diferentes topologías empleadas con las redes de área local.

4.2.3. Métodos para el acceso al medio

Al ser la red local un medio compartido, se hace necesario fijar unas reglas que definan la manera de cómo los distintos usuarios tienen acceso al mismo, para evitar conflictos y asegurar a cada uno igual oportunidad de acceso. Este conjunto de reglas es el denominado *método de acceso al medio*.

Los métodos de acceso al medio más utilizados en las LAN actualmente son CSMA/CD para las de tipo "bus" y Paso de Testigo para las de tipo "anillo" (figura 4.3).

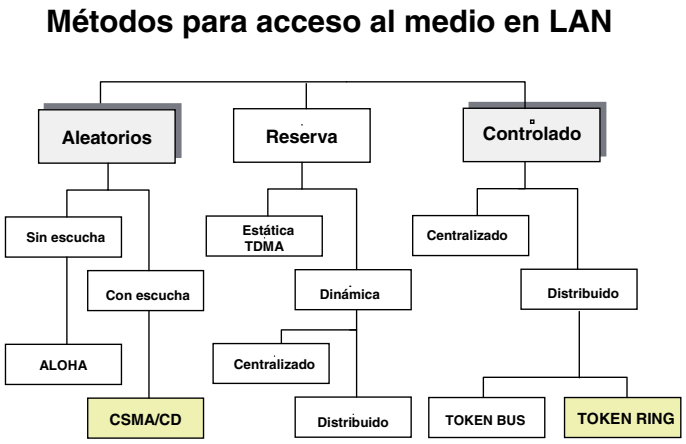


Figura 4.3. Protocolos de acceso al medio empleados en las LAN.

4.2.3.1. EL MÉTODO CSMA/CD

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection) o **Acceso múltiple con escucha de portadora y detección de colisión.** Es el protocolo de acceso al medio que utilizan las redes Ethernet (las más implantadas en el mercado). Dispone de una topología lógica de bus. Esto significa que la red puede estar físicamente dispuesta en bus o en estrella, pero su configuración a nivel funcional es de un medio físico compartido por todos los terminales.

Su funcionamiento es simple: un ordenador antes de transmitir analiza el medio de transmisión compartido por todos los terminales conectados para comprobar si ya existe una comunicación. Esta precaución se toma para que la posible transmisión que se esté realizando en ese momento no sea interferida por la que se quiere transmitir. Si no detecta ninguna comunicación, comienza la transferencia y en caso contrario, esperará un tiempo aleatorio antes de comenzar de nuevo el proceso.

En el caso de que dos o más ordenadores transmitan al mismo tiempo se produce una *colisión*, es decir, las señales se interfieren mutuamente quedando inservibles para su correcta recepción por sus respectivos destinatarios. Al estar percibiendo una señal ininteligible, los terminales implicados en la colisión cancelan la transmisión en curso para, a continuación, transmitir una secuencia especial de bits, denominada señal de atasco, cuya misión es garantizar que la colisión dura lo suficiente para que sea detectada por el resto de terminales de la red.

Cada vez que ocurre una colisión, los terminales comienzan su proceso de transmisión después de un periodo aleatorio de espera, para reducir la probabilidad de una nueva. Cuanto más terminales haya más probables son las colisiones, por lo que estas redes tienen serias limitaciones si el número de estaciones es muy elevado.

4.2.3.2. EL MÉTODO PASO DE TESTIGO

Token Passing (Paso de testigo). Este método consiste en que existe una trama pequeña llamada testigo que circula por la red cuando no hay ninguna estación transmitiendo. Si una estación desea transmitir, cuando le llega el testigo, lo coge, le cambia un cierto bit y le añade la trama de datos, enviando la trama obtenida a su destino. Como el testigo ya no existe, las demás estaciones no pueden trasmitir. Cuando la trama enviada da toda la vuelta a la red, es captada otra vez por el emisor y éste introduce un nuevo testigo en la red; de esta manera ya es posible que otra estación pueda emitir.

Para baja carga de la red este sistema es poco eficiente, pero para cargas altas es un sistema muy eficiente y equitativo. Una desventaja seria es que se pierda el testigo, pues entonces toda la red se bloquea.

Los bits que se modifican en el anillo indican si la trama que acompaña al anillo ha llegado a su destino, si no ha llegado o si ha llegado pero no se ha copiado. Esta información de control es muy importante para el funcionamiento del sistema.

4.2.4. La normativa 802.X del IEEE

En 1985, bajo el patrocinio de IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos), nace el denominado Proyecto IEEE 802, para establecer un estándar que posibilite la comunicación entre equipos de diferentes fabricantes. Bajo este proyecto de normalización el IEEE ha desarrollado una serie de estándares (IEEE 802.X) en los que define los aspectos físicos (cableado, topología física y eléctrica) y de control de acceso al medio de redes locales.

Estos estándares han sido internacionalmente reconocidos (por los organismos ANSI, ISO, etc.), siendo adoptados por ISO en su serie equivalente ISO 8802.X.

Algunas Normas 802.X del IEEE

- **IEEE 802.1:** precisa la relación existente entre los niveles del modelo OSI y los definidos por el IEEE para sus redes locales. También, analiza métodos de gestión de red y direccionamiento.

- **IEEE 802.2:** define el protocolo LLC (Logical Link Control o Control del Enlace Lógico). Está a nivel 2 del modelo OSI.

- **IEEE 802.3:** concreta diferentes tipos de red (denominadas genéricamente redes Ethernet) que tienen en común la utilización del mismo protocolo de acceso al medio MAC (CSMA/CD), con velocidad de.10 a 10.000 Mbit/s.

- **IEEE 802.4:** define redes de anillo lógico en un bus físico (también se puede configurar el anillo lógico con una topología física de estrella) y con protocolo MAC de paso de testigo (Token Bus). Este tipo de redes es poco utilizado en oficinas, aunque es frecuente en entornos industriales, donde se necesita un control automatizado de procesos. Existen diferentes niveles físicos para esta norma y sus velocidades pueden ser de 1, 5 ó 10 Mbit/s.

- **IEEE 802.5:** redes de anillo lógico en un anillo físico (también se puede configurar el anillo lógico sobre una topología física de estrella) y con protocolo MAC de paso de testigo (Token Ring). La norma prevé distintos niveles de prioridad (codificados mediante unos bits incluidos en el testigo). La velocidad es de 16 Mbit/s.

- **IEEE 802.8**: también llamada FDI (Fiber Distributed Data Interface); es una de las normas definidas por el organismo de normalización americano ANSI y que ha sido adoptada por el IEEE y el ISO. La red consta de un doble anillo de fibra óptica, cada uno en un sentido para la transmisión diferente. La velocidad de transmisión es de 100 Mbit/s.

4.3. RED LOCAL ETHERNET

Ethernet es el principal estándar para redes de área local y su historia comienza en 1970, sobre la base de los experimentos de Robert Metcalfe con la recién estrenada ARPANET y la introducción de mejoras en el protocolo ALOHA que se utilizaba para la transmisión por radio entre diversas islas de Hawai para aumentar su rendimiento. Durante un periodo de 10 años trabajando para la compañía Xerox y con la ayuda de algunos colaboradores, Metcalfe sentó las bases de lo que son las comunicaciones en una LAN.

Ethernet es una red de área local, ampliamente extendida, con topología en bus (su topología se muestra en la figura 4.4). Se ajusta al estándar IEEE 802.3, siendo el

protocolo de acceso al medio el CSMA/CD (acceso múltiple con escucha del medio de transmisión y detección de colisiones). La velocidad inicial era de 10 Mbit/s, aunque, por ejemplo, con el estándar Fast Ethernet se alcanzan los 100 Mbit/s, con el Gigabit Ethernet se llega a 1 Gbit/s y con el último, el 10GbE, se alcanzan los 10 Gbit/s.

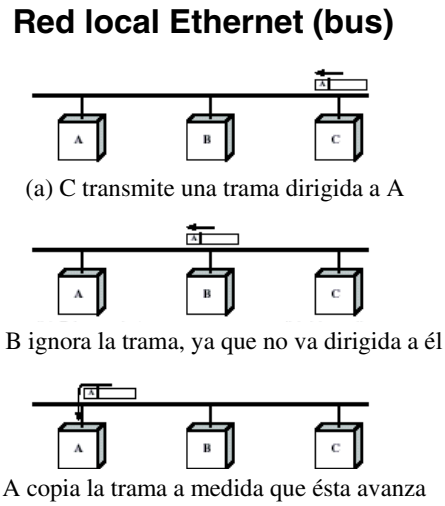


Figura 4.4. Esquema de una red local Ethernet, y envío de tramas.

4.3.1. Versiones del estándar Ethernet

A lo largo de los años han ido apareciendo diversas especificaciones relativas a este estándar; que utilizan distinto tipo de cableado y ofrecen prestaciones diferenciadas. El número al inicio indica la velocidad en Mbit/s que se alcanza, la cifra después de Base, el número de centenas de metros que alcanza, y la letra, el tipo de cableado que se utiliza, que puede ser de cable de pares o de fibra óptica (si no se especifica, se entiende que es coaxial).

Las especificaciones más comunes son las que se explican a continuación:

- **10Base-5** (Thick Ethernet): sobre cable coaxial "amarillo" o grueso de 50 Ohmios acepta hasta 100 puestos de trabajo sobre una longitud máxima de 500 metros. La conexión entre el bus y la tarjeta adaptadora de red en el ordenador se realiza mediante transceivers conectados por un cable AUI (Attachment Unit Interface) con conectores DB15 en ambos extremos. Hasta un máximo de 5 segmentos pueden interconectarse por medio de repetidores.

- **10Base-2** (Thin Ethernet): sobre coaxial fino RG58 -llamado *cheapernet*- acepta hasta 30 puestos de trabajo, espaciados un mínimo de 0,5 metros, sobre una distancia máxima de 185 metros. En este caso la conexión al bus se realiza en el propio ordenador, mediante una tarjeta adaptadora, por medio de un conector coaxial BNC de bayoneta en "T".

- **10Base-T**: sobre cable de pares trenzados sin apantallar (UTP), con topología física en estrella cuyo centro es un HUB 10Base-T. Cada estación de trabajo, con su correspondiente tarjeta adaptadora, puede situarse a una distancia de hasta 100 metros, realizándose la conexión por medio de conectores modulares RJ-45.

- **10Base-F**: sobre fibra óptica, en lugar de coaxial, admite más de 4 repetidores y permite configuraciones más complejas.

- **100Base** y **1000Base**: son estándares de Ethernet (Fast Ethernet y Gigabit Ethernet, respectivamente) que operan a una velocidad de 100 Mbit/s y 1.000 Mbit/s sobre fibra óptica y cable de pares.

Fast Ethernet es compatible con Ethernet, pudiendo ambos coexistir en la misma red, debido a que el nivel MAC empleado con CSMA/CD es independiente de la velocidad, necesitándose de adaptadores específicos para cada caso y cable de categoría 5. Muchas de las tarjetas actuales de red son duales y soportan tanto 10 como 100 Mbit/s, por lo que un mismo terminal puede conectarse a cualquier red.

Gigabit Ethernet es una extensión de las normas Ethernet de 10 y 100 Mbit/s que ofrece en modo semidúplex o dúplex un ancho de banda de 1 a 10 Gbit/s, asegurando la compatibilidad con la base instalada de Ethernet y Fast Ethernet. Su normalización se llevó a cabo por el grupo de trabajo 802.3z del IEEE que finalizó el estándar en junio de 1998.

4.3.2. Wi-Fi y sus aplicaciones

Wi-Fi es el nombre que se utilizaba, originalmente, para referirse al estándar IEEE 802.11b, que se refiere a redes locales inalámbricas con una velocidad de 11 Mbit/s, aunque en la actualidad se aplica a cualquier tipo de red WLAN que siga el estándar 802.11 del IEEE. Éste no es el único estándar del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos para las WLAN, sino que existen otros que permiten mayores velocidades de conexión, pero que, todavía, no están tan extendidos como el anterior, como es, por ejemplo, el IEEE 802.11a capaz de llegar hasta 54 Mbit/s, que aún se encuentran en fase de especificación. La Wi-Fi Alliance es la asociación que certifica la compatibilidad de los productos inalámbricos mediante un logotipo que incorporan los productos certificados.

En cualquier caso, la tecnología de red sin cables evoluciona tan deprisa que ya están disponibles productos con la nueva norma IEEE 802.11g. Las tarjetas de red y puntos de acceso 802.11g son compatibles con los productos 802.11b que se venden desde hace unos cuantos años, sólo que a mayor velocidad, pudiendo llegar hasta los 54 Mbit/s, aunque solamente se garantizan 22 Mbit/s. El caso de Bluetooth, que trabaja en la misma banda de 2,4 GHz, es distinto y tiene aplicaciones muy concretas, ya que se limita a distancias muy pequeñas.

La tecnología WLAN no requiere cableado y tiene un coste relativamente bajo. Tampoco se requiere de licencia alguna para su uso ya que las bandas de frecuencias que utilizan (la ISM) son de uso público, aunque en algunos países no están libres en su totalidad al existir bandas asignadas a usos específicos.

La norma inalámbrica más extendida en todo el mundo es la IEEE 802.11b, conocida también como Wi-Fi, o bien Airport por el entorno Apple, que funciona a la frecuencia liberada de 2,4 GHz (banda ISM). La velocidad máxima teórica es de 11 Mbit/s, aunque en la práctica se reduce a la mitad en entornos reales y en una mucho más baja si se debe compartir con varios usuarios. El alcance es unas decenas de metros y atraviesa las paredes y otros obstáculos, lo que es suficiente para cubrir una oficina o utilizarla en el hogar, y siempre se pueden poner puntos de acceso adicionales para zonas más alejadas o utilizar antenas directivas que ya éstas permiten alcanzar varios cientos de metros. Un punto de acceso cuesta en torno a unos 200 euros y cada tarjeta de red que se conecta a los ordenadores de sobremesa o portátiles cuesta algo más de 60 euros, con los precios bajando rápidamente, por lo que muy pronto estará incorporado en muchos dispositivos, aparte de en los PC, como son los PDA, teléfonos móviles, TabletPC, etc.

Un punto de acceso inalámbrico puede ser un área de unas pocas decenas de metros, pero se le puede conectar una antena direccional, en un punto elevado, que se comunica con otra a una distancia de varios kilómetros, utilizando muy poca potencia.

Para aumentar la velocidad, en Estados Unidos, se ha desarrollado una nueva clase de productos, que funcionan a una frecuencia de 5 GHz (banda ISM) y que responden a la norma IEEE 802.11a, ya aprobada. Estos productos, sin embargo, no se pueden instalar en muchos países europeos, como España y Alemania, porque la frecuencia es de uso exclusivo militar y no se encuentra liberada. No son compatibles con las redes Wi-Fi y, al ser la frecuencia más elevada, tienen un alcance mucho más limitado.

La imposibilidad de vender productos 802.11a en muchos países de Europa y su incompatibilidad con la norma 802.11b ha hecho que se desarrollara una alternativa llamada IEEE 802.11g. Los productos 802.11g funcionan a la misma frecuencia de 2,4 GHz que Wi-Fi, con lo cual son compatibles, y van a una velocidad de hasta 22 Mbit/s, menor que la que ofrece la 802.11a, pero suficiente para muchas aplicaciones.

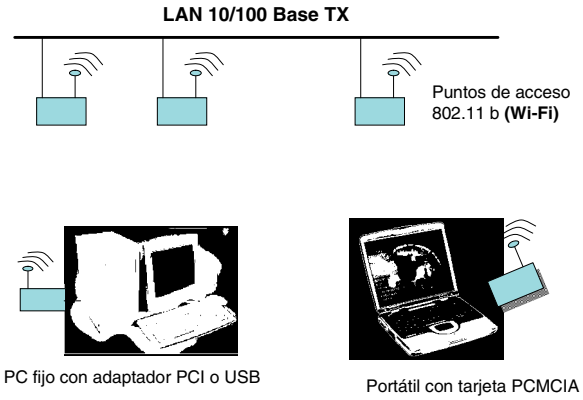


Figura 4.5. Esquema de una red Wi-Fi.

Aplicaciones de las redes Wi-Fi

El mercado de las redes Wi-Fi todavía se encuentra en un primer estadio de desarrollo, está inmaduro, pero está teniendo cuotas de crecimiento muy elevadas, con un gran número de pequeñas empresas especializadas que ofrecen productos y soluciones completas para todo tipo de mercados verticales: hoteles, aeropuertos, salas de congresos, campus universitarios, hogares, bibliotecas, cibercafés, aparcamientos, etc. Además de los usos mencionados, tiene otro tipo de aplicación muy interesante, que es el de ofrecer un acceso público a Internet, en el entorno de una pequeña o gran ciudad, una experiencia que ya se han desarrollado en muchas ciudades del mundo.

Las redes inalámbricas, en algunos casos, están haciendo la competencia a las redes de telefonía fija y móvil, aunque también se puede ver como que las complementan, todo depende. Así, tanto en núcleos de población rurales como en empresas que tienen distintas sedes cercanas se están instalando redes inalámbricas porque resulta más económico y evita tener que hacer zanjas o poner sofisticados enlaces de telefonía móvil, caso del TRAC, o de microondas (LMDS).

En otros casos, las WLAN son una extensión de las redes fijas o móviles, en su parte de acceso al usuario final. Por ejemplo, tienen pleno sentido en el hogar, al que llega una línea fija que acaba en un módem/router ADSL y permiten la conexión desde cualquier estancia de la casa; en este caso no es competencia de la RTC, sino más bien un complemento. Otra opción sería la de facilitan el acceso a redes móviles de 3G (UMTS) en puntos de una densidad de población muy elevada (hot spots), por su alta capacidad, algo que está contemplado y que muchos operadores móviles tienen en mente desarrollar cuando las circunstancias lo hagan apropiado.

Si las redes Wi-Fi representan una oportunidad para facilitar el acceso, también pueden ser una amenaza y, los operadores de telefonía móvil empiezan a ver con preocupación el progresivo despliegue de redes inalámbricas en lugares públicos, especialmente en hoteles, porque les restará ingresos.

Otra opción para las redes Wi-Fi sería la de facilitar las comunicaciones telefónicas si en la empresa se dispone de una red de telefonía IP (VoIP). Así, con un teléfono Wi-Fi (ya los hay en el mercado), cualquier usuario podría realizar y recibir llamadas siempre que se encuentre dentro del entorno de cobertura de la WLAN; incluso puede utilizar el mismo teléfono cuando se desplace a otra sede de la empresa en la que también hay una WLAN. De alguna manera, sería el equivalente a un teléfono inalámbrico DECT.

4.3.3. Modelos de negocio en Wi-Fi

Una vez expuesto en que consiste Wi-Fi y sus principales aplicaciones, merece la pena detenerse a analizar los modelos de negocio que se pueden implantar para su uso, ya que dependiendo de éstos que sean rentables o no, así tendrá éxito su despliegue o se verá reemplazada por otras tecnologías más competitivas.

Hay casos muy claros en los que esta tecnología se muestra como ganadora; así, para el hogar y como extensión inalámbrica del punto de terminación de red fija o móvil, está muy claro. El operador ofrece un módulo Wi-Fi con funcionalidad de router (ADSL) y tarjetas PCMCIA o USB para los distintos periféricos. Su coste es relativamente bajo, su instalación no presenta problemas y es una alternativa con muchas ventajas frente a sus rivales, como puede ser el par de cobre, el cable o el acceso a través de la red eléctrica (PLC), permitiendo conectar hasta 50 ordenadores, aunque no se recomiendan más de 30 por cada punto de acceso. En el caso de las oficinas, el caso es muy similar, y pueden representar una buena oportunidad de negocio, ya que evitan el cableado, favorecen la movilidad y permiten ofrecer servicios de Redes Privadas Virtuales, siempre que su nivel de seguridad mejore y en las empresas se implementen políticas de seguridad adecuadas.

En el caso de hot spots, en hoteles y otros lugares de gran afluencia de público, en los que exista un "operador" –la propia empresa– que ofrezca el servicio, con un nivel de calidad y seguridad elevado, y pueda cobrar por ello en función del uso que se haga, el business case puede resultar, más si se tiene en cuenta que aparte de los ingresos obtenidos, el disponer de una red Wi-Fi es un valor añadido y puede ser un factor diferencial a favor de esa empresa frente a sus competidores.

Para el acceso en lugares públicos, el resultado no está tan claro, ya que si bien las tecnologías inalámbricas presentan un coste de despliegue muy bajo frente a las tradicionales de cobre o fibra, el ancho de banda que ofrecen es limitado y no pueden dar servicio a un número muy elevado de usuarios, simultáneamente. Su utilidad radica en dar servicio a concentraciones de trabajadores y a usuarios desplazados de sus oficinas y hogares que necesitan acceder a Internet en dichas zonas, que pagarían en función del uso

(por ejemplo comprando bonos de 10 horas). Sin embargo, entrar en una red de este tipo sin estar autorizado no es muy complicado y algunos usuarios se dedican a "la caza" de redes Wi-Fi para tener un acceso gratuito a Internet, defraudando a la empresa que ofrece el servicio, e incluso señalando la presencia de redes vulnerables (Warchalking) para que otros usuarios también puedan entrar.

Por otra parte, las redes Wi-Fi no permiten la itinerancia, ni admiten velocidades de desplazamiento elevadas, y se limitan a dar el servicio de datos, sin voz, por lo que no resultan una alternativa muy apropiada si lo que el usuario necesita es disponer de servicios multimedia, con voz, datos y vídeo. En algunos casos, los propios ayuntamientos ofrecen a sus ciudadanos este servicio de manera gratuita, como un servicio más de la comunidad, por lo que no se trata de obtener beneficios.

El último caso es el de los grandes operadores de todo el mundo, que están empezando a realizar pruebas y ofrecer el servicio, sobre todo de operadores fijos. En estos casos, los operadores montan hot spots en lugares de una gran concurrencia y ofrecen el servicio cobrando por el tiempo de acceso o bien con una tarifa plana, eso sí mucho más elevada que la que ofrecen a través de la red fija. En el caso de los operadores de redes móviles, Wi-Fi, sin duda, les quita algunos ingresos, aunque puede ser un complemento en el acceso a las redes celulares, contemplándose distintos niveles de integración Wi-Fi con 3G. Lo que sí es una realidad es que el retraso sufrido en la implantación de las redes 3G ha favorecido, notablemente, el desarrollo de Wi-Fi.

De hecho, las compañías telefónicas de toda Europa esperan tener significativos ingresos del mercado de acceso de datos a móviles a través de Wi-Fi, que es mucho más barato para instalar que los servicios de telefonía móvil de tercera generación, cuyas licencias han costado miles de millones de euros.

4.4. RED LOCAL TOKEN RING

El más serio competidor de Ethernet ha sido Token Ring, aunque su penetración en el mercado es mucho menor y el entorno a que se dirige es, básicamente, el de clientes de IBM, siendo hoy en día muy pocos los fabricantes que tienen productos para este estándar, por lo que tiende a desaparecer.

Token Ring es una red de área local con topología lógica en anillo (ofrece la ventaja de disponer de un camino alternativo), según se muestra en la figura 4.6, que cumple el estándar IEEE 802.5. Cada terminal se comunica con los demás a través del protocolo Token Passing (paso de testigo). Admite velocidades de 4 y 16 Mbit/s; admite un total que oscila de 70 a 260 equipos por anillo, dependiendo del tipo de cable (par trenzado o fibra óptica) y su longitud, aunque se puede extender con puentes y encaminadores (routers).

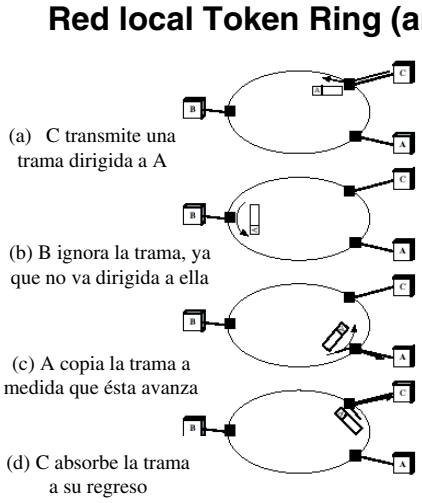


Figura 4.6. Topología en anillo de una red local Token Ring.

El anillo lógico se consigue con un cableado en estrella que tiene en su centro un elemento concentrador denominado MAU (Multistation Access Unit), que puede ser activo o pasivo; los cables recomendados son el STP (IBM Tipo 1 ó 2) y el UTP.

En la actualidad es muy amplia la gama de redes de comunicaciones de datos que se encuentran en funcionamiento. Disponemos de diferentes fabricantes, con diversos protocolos de acceso, múltiples códigos para la transmisión por el medio físico, diferentes tamaños de paquetes de datos, distintos esquemas de direccionamiento, etc.

Por descontado, para aprovechar al máximo las capacidades que ofrece cualquier red de datos, deberá estar preparada para efectuar conexiones a través de otras redes, sin importar sus características.

4.5. INTERFUNCIONAMIENTO ENTRE REDES

4.5.1. Dispositivos para la interconexión

Para llevar a cabo la interconexión entre diversas redes, lo habitual es la utilización de dispositivos físicos/lógicos de interconexión. Las funciones que se consiguen con la utilización de dispositivos para la interconexión son:

- Establecer un camino físico entre redes para el intercambio de mensajes.
- Adaptación o conversión de protocolos de acceso a las redes.

- Enrutamiento (encaminamiento) de mensajes entre redes.

Clasificados de una forma genérica, los equipos utilizados para la interconexión de redes son:

- Repetidores o "Repeaters".
- Puentes o "Bridges".
- Encaminadores o "Routers".
- Pasarelas o "Gateways".

El router es el principal dispositivo para la interconexión de LANs con WANs y su empleo ha aumentado considerablemente gracias a la expansión de Internet (ejemplo de WAN), ya que es el equipo encargado del reencaminamiento de los paquetes IP.

- **Componentes de hardware de una red LAN**

Una LAN, en general, puede constar de algunos o todos de los siguientes elementos básicos:

- **Placas de red o NIC** (Network Interface Card): proporcionan la interfaz entre los PC o terminales y el medio físico.

- **Repetidores**: son elementos activos que se utilizan como amplificadores de la señal. Permiten incorporar nuevos segmentos de cableado.

- **Concentradores o HUBS**: se utilizan como punto de partida del cableado UTP (tipo telefónico). De allí salen los cables a cada uno de los terminales. Su funcionamiento se basa en repetir la señal que llega por un puerto en los demás. Pueden conectarse en cascada constituyendo una estructura tipo árbol.

- **Switches**: cumplen la misma función que los hubs pero poseen una cierta inteligencia que los hace más eficientes. En vez de repetir la señal a todas las bocas, sólo la envían a la salida correspondiente. Esto permite reducir el tráfico en la red.

- **Bridges**: interconectan dos redes iguales.

- **Routers**: encaminan la información hacia otras redes en función de la dirección de destino. Son la pieza fundamental de Internet.

- **Gateways**: igual que los routers, pero permiten conectar redes de diferentes tipos, y con diferentes protocolos.

- **Firewall**: para protegerse de accesos indebidos desde dentro o fuera de la LAN. Cuando ésta se conecta a Internet, se utilizan unos dispositivos denominados *firewall* (cortafuegos), programas que actúan dejando pasar solamente los paquetes marcados o permitiendo el acceso únicamente a los destinos autorizados; así se protege la LAN del ataque exterior (hackers y entrada de virus) y se evita que los usuarios naveguen por sitios no permitidos.

4.5.2. El conjunto de protocolos TCP/IP

El conjunto de protocolos TCP e IP, que suelen ir asociados aunque ello no es siempre necesario, forman casi un estándar de facto para la cooperación entre redes de datos basadas en la conmutación de paquetes; la razón es su relativa flexibilidad y amplia experiencia de funcionamiento. Otros protocolos de la familia son los de la figura 4.7.

Protocolo	Aplicación
TELNET	Conexión a aplicaciones remotas
FTP (File Transfer Protocol)	Transferencia de ficheros
SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)	Correo electrónico (e-mail)
RPC (Remote Procedure Call)	Llamada a procedimientos remotos
NFS (Network File System)	Utilización de los archivos distribuidos por los programas
X-WINDOWS	Manejo de ventanas e interfaces de usuario en una estación de trabajo
SNMP (Simple Network Management Protocol)	Gestión de la red

Figura 4.7. Protocolos asociados a TCP/IP y sus aplicaciones.

TCP e IP no son protocolos que sigan el modelo establecido por OSI, sin embargo, el servicio que ofrece IP es muy similar al servicio de red sin conexión, de tal modo que IP es designado como un protocolo de nivel 3. De forma similar, TCP puede ser comparado en cuanto a funcionalidad con un protocolo de nivel 4.

Empaquetado o mapeado

Como formas de soportar protocolos de una red local en protocolos de orden superior para la interconexión de distintas redes se utiliza el empaquetado o el mapeado. Esto consiste en disponer de la información y cabeceras propios de un protocolo dentro de

un campo específico de otro protocolo, con el fin de que su envío resulte transparente para la nueva red. Así, la información, según un determinado protocolo de LAN, circula entre los nodos de la red y en su destino final se desempaqueta entregándose al usuario final en un formato adecuado para su utilización.

La aplicación del protocolo IP y demás métodos propios de Internet, en las redes locales de empresa, da lugar a las Intranets, donde la información corporativa es compartida, viéndose éstas como el futuro de las LAN. Los usuarios acceden a la información y a las aplicaciones de la misma manera, no importa cuál sea su localización. De este modo no se distingue si el recurso es interno o externo y se le facilita enormemente su labor y el aprendizaje de técnicas y procedimientos.

4.5.3. Interconexión utilizando IP

La arquitectura de interconexión de redes es similar, en su ámbito, a la arquitectura de red de conmutación de paquetes. Los dispositivos de encaminamiento son similares en su funcionamiento a los nodos de conmutación de paquetes y usan las redes intermedias de una forma semejante a los enlaces de transmisión.

Encaminamiento: se implementa mediante una tabla en cada sistema de encaminamiento y en cada sistema final. Para cada red de destino se indica el siguiente dispositivo de encaminamiento al que hay que enviar el paquete (datagrama en el caso del protocolo IP). Las tablas pueden ser estáticas o dinámicas, siendo las dinámicas mejores porque se pueden actualizar para cuando hay congestión o sistemas intermedios en mal funcionamiento. En los propios datagramas, los sistemas de encaminamiento pueden adjuntar información de su dirección para difundirla en la red.

Tiempo de vida de los datagramas: para evitar que un datagrama circule indefinidamente por la red, se puede adjuntar un contador de saltos (que se decremente cada vez que salta a un dispositivo de encaminamiento) o un contador de tiempo que haga que pasado un cierto tiempo el datagrama sea destruido por uno de los dispositivos.

Segmentación y ensamblado: puede ser necesario que los paquetes, al pasar de unas redes a otras, deban de ser troceados por necesidades propias de dichas redes. Se puede dejar que el sistema final los vuelva a ensamblar, pero esto hace que haya demasiado trabajo para él y, además, puede que haya subredes intermedias que puedan trabajar con bloques más grandes que los suministrados por la red anterior, de forma que se pierde eficiencia. Pero las ventajas de este sistema de ensamblado al final es que los dispositivos de encaminamiento no tienen que mantener en memoria los sucesivos trozos del datagrama y, además, se permite encaminamiento dinámico (ya que los sucesivos trozos no tienen por qué tomar el mismo encaminamiento). En IP se hace ensamblado final. El sistema final debe de tener la suficiente memoria para ir guardando los trozos para ensamblarlos cuando lleguen todos.

Control de errores: IP no garantiza la llegada de un datagrama, pero debe de informar a la estación o dispositivo de encaminamiento del error.

Control de flujo: el control de flujo en servicios sin conexión se realiza enviando tramas de retención a los dispositivos anteriores para que éstos paren de enviar datos.

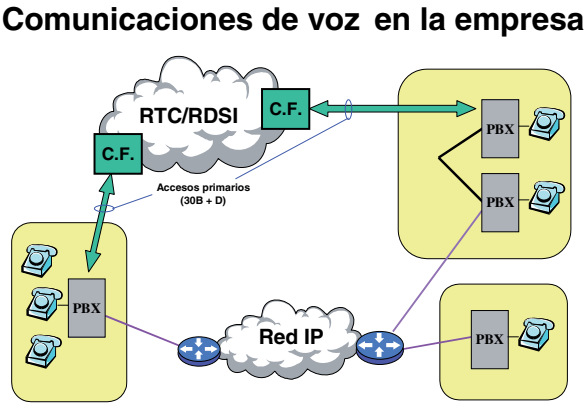


Figura 4.8. Las comunicaciones de voz en las empresas hacen uso de la RTC/RDSI (solución tradicional) o de Internet (VoIP).

4.6. LAS COMUNICACIONES DE VOZ EN LA EMPRESA

Acabamos de ver las redes de área local o LAN, ampliamente utilizadas para las comunicaciones de datos, básicamente, en las empresas y otras entidades que operan un recinto limitado. Estas entidades también necesitan, y mucho, de las comunicaciones de voz. Para ello disponen de tres alternativas: primera, recurrir a la red pública telefónica. Segunda, crear su propia red privada de comunicaciones para voz, utilizando centralitas telefónicas, con conexión a la red pública.

Por último, pueden recurrir a alguno de los servicios de red que ofrecen los operadores. Vamos a profundizar en las dos últimas, ya que la primera la veremos al estudiar la red pública telefónica, de aplicación no sólo para empresas, sino también para los usuarios particulares (residenciales).

Las empresas demandan servicios, específicamente diseñados para cubrir sus necesidades. Por ello, casi todos los operadores de redes públicas, de telefonía fija, móvil o datos, ofrecen productos específicamente destinados a las empresas con prestaciones y facilidades propias de una red de uso privado, que incluyen la integración de servicios de voz y datos tanto a escala nacional como internacional. Así las empresas disponen de una única red y un único acceso a la misma, facilitándose sus comunicaciones. En resumen,

estos servicios permiten las comunicaciones vocales y/o de datos entre sedes diferentes de la mima empresa, conexiones de altas prestaciones a escala nacional e internacional, así como la integración de servicios en una única red, con la consiguiente homogeneidad de tecnología y reducción de costes.

4.6.1. Circuitos punto a punto

Los circuitos punto a punto permiten la transmisión de voz y/o datos entre los dos puntos fijos que interconectan. Son especialmente útiles cuando el volumen de información a transmitir es muy alto o los puntos a unir están relativamente próximos, ya que en este caso resultan muy ventajosos frente a otras soluciones.

El enlace se realiza mediante circuitos conectados en sus extremos a equipos terminales. La imposibilidad de tener acceso a las redes públicas permite una disponibilidad permanente y una dedicación exclusiva para los usuarios que lo han contratado. La conexión es transparente a la información y permite la conexión durante las 24 horas del día con un coste fijo mensual (equivale a una tarifa plana).

Existe una directiva de la Unión Europea que armoniza las características técnicas para el servicio de Alquiler de Circuitos. Define los cinco tipos de líneas de prestación obligatoria por los operadores dominantes (aquellos que tiene más de un determinado porcentaje de cuota en su mercado). Son las siguientes (tabla de la figura 4.9):

Tipo de Línea		**Interfaz**
Analógica	Calidad Ordinaria	2 ó 4 hilos
	Calidad Especial	2 ó 4 hilos
Digital (incluye módems o terminales de red)	64 kbit/s	X.21
	2 Mbit/s sin estructurar	G.703
	2 Mbit/s estructurado	G.703, G.704, G.705

Figura 4.9. Características de los circuitos punto a punto.

Los Circuitos digitales de alta velocidad son aquellos cuya velocidad de transmisión es de 2 Mbit/s. Este servicio está dividido en:

- **Circuitos Estructurados**, que permiten una velocidad neta de 1.984 kbit/s, equivalente a 31 canales de 64 kbit/s cada uno.

- **Circuitos No Estructurados**, con una velocidad neta de 2.048 kbit/s, equivalente a 32 canales de 64 kbit/s cada uno.

4.6.2. Las centralitas de empresa (PBX)

En el caso de la voz, normalmente, se emplean centralitas privadas. El uso de centralitas en las empresas no se ha considerado un servicio de Telecomunicaciones, por lo que siempre han estado liberalizadas, su uso ha sido libre y cada empresa ha podido comprar cualquier marca. Existen centralitas analógicas y digitales, aunque las primeras han caído en desuso, y, en todo caso, pueden quedar instaladas algunas de las antiguas. No obstante, la conexión a la red pública puede hacerse mediante un circuito analógico o digital, dependiendo de las prestaciones que se requieran y de su disponibilidad en una zona determinada.

Desde que las centrales de conmutación telefónica aparecieron, a finales del siglo pasado, su evolución ha sido constante, incorporando en cada momento las tecnologías más avanzadas. Las primeras eran mecánicas y las actuales son todas electrónicas, con una gran capacidad de proceso y variedad de servicios. Hoy por hoy se utiliza el término "servidor de comunicaciones", se emplean centralitas sobre la red local y telefonía sobre Internet con protocolo IP (VoIP). La conexión de estos elementos a ordenadores de proceso general crea una combinación capaz de suministrar muchos de los servicios que las empresas demandan para las comunicaciones de voz y datos, tanto en el ámbito interno como de atención a los clientes externos.

4.6.2.1. SERVICIOS DISPONIBLES EN LAS PBX

Las empresas tienen conexiones a la red telefónica pública para comunicarse con sus clientes y proveedores, pero éstas no se suelen hacer directamente, ya que ello exigiría una línea independiente por cada terminal. En vez de ello, se emplea una centralita, un elemento que agrupa todas las líneas internas, denominadas extensiones, y les da salida al exterior a través de las líneas o enlaces.

El tipo de instalación a realizar dependerá del número de usuarios a conectar y de las facilidades que éstos necesiten, en el mercado hay, fundamentalmente, dos modelos, las **denominadas PBX (Private Branch Exchange)** y las multilíneas o **KTS (Key Telephone System).** También, existen las de tipo **Híbrido**, que pueden operar bien como KTS o como PBX, según se configuren.

Las centralitas ofrecen toda una gama de facilidades, unas básicas: marcación por nombre, directorio de números, marcación abreviada, música en espera, conferencia a tres, consulta, rellamada, transferencia, marcación directa entrante, manos libres, candado, etc., que más o menos son las que tienen todas.

Por las funciones avanzadas hay que pagar un extra al requerir *hardware* o *software* adicional. Algunas de las más comunes son: acceso a la **Red Digital de Servicios Integrados**, que permite la integración de voz y datos y el establecimiento de videoconferencias; la aplicación de **Centros de Atención de Llamadas,** mediante una

PBX equipada con la función ACD (Automatic Call Distributor) y reconocimiento automático de la voz; **Conexión con Ordenadores,** donde circulan aplicaciones de uso general, mediante un protocolo estándar denominado CSTA; la **Gestión** de la PBX y la **Tasación** del tráfico telefónico; **Extensiones sin Hilos** que permiten la movilidad del terminal telefónico por el recinto de una empresa, mediante la cobertura radio con antenas situadas estratégicamente, etc.

4.6.3. Grupo Cerrado de Usuarios

Un servicio que tiene interés para las empresas, por el ahorro de costes que contrae, es el denominado Grupo Cerrado de Usuarios. La empresa que constituye uno de estos grupos tiene la opción de montar una infraestructura telefónica para uso propio (red de uso privado), con lo que el coste es independiente del tráfico cursado, aunque con ciertas limitaciones. O bien, alquilar el servicio como si fuera una red privada virtual a uno de los operadores que lo ofrezcan.

En diciembre de 1995 se aprobó el Real Decreto que regula el servicio de telefonía vocal en grupo cerrado de usuarios; de este modo se desgajó este tipo de servicios de los de telefonía básica para convertirse en un SVA (Servicio de Valor Añadido). Así, la prestación de este servicio podrá realizarse en régimen de competencia por terceros que, aunque ajenos al citado colectivo, cuenten con la preceptiva autorización administrativa.

De acuerdo con el Real Decreto se entiende por GCU: "*la persona física o jurídica que utilice el servicio para sí mismo; las agrupaciones formadas por una Administración Pública territorial y las administraciones institucionales dependientes de cada una de ellas; los grupos de sociedades; las entidades sin ánimo de lucro; grupos que desarrollen una actividad en común; empresas, sus filiales, empleados que trabajen fuera de la sede social, y principales clientes y proveedores*".

La oferta del servicio tiene en cuenta las siguientes consideraciones:

- Queda prohibida la interconexión directa entre distintos GCU, debiéndose realizar dicha conexión a través del servicio telefónico básico.

- La prestación de servicios de telefonía a través de líneas arrendadas haciendo uso de una única interconexión a la red pública conmutada no tiene consideración de GCU.

- Los servicios de telefonía vocal en GCU no podrán establecer, ni sus operadores comercializar, comunicaciones entre terminales conectados a puntos de terminación del servicio portador básico.

- Se pueden establecer comunicaciones entre terminales pertenecientes al servicio telefónico básico, siempre y cuando formen parte del mismo GCU.

4.6.4. El CENTREX

El empleo de una PBX, cuando el número de extensiones y/o enlaces es reducido, puede resultar, en algunos casos, costoso para la empresa, ya que la inversión inicial que conlleva la compra del equipo puede ser alta y tener un periodo de amortización inadecuado para el ritmo de cambio tecnológico. Una solución a esta problemática se da con el servicio Centrex (Central Office Exchange Service), proporcionado por los operadores públicos a través de la infraestructura telefónica básica.

Este servicio permite a sus abonados la utilización parcial de una central pública como si fuese una PBX. Con él se puede dar un servicio de comunicaciones a pequeñas oficinas de grandes empresas, integrándolas dentro de la red corporativa sin necesidad de costosas inversiones.

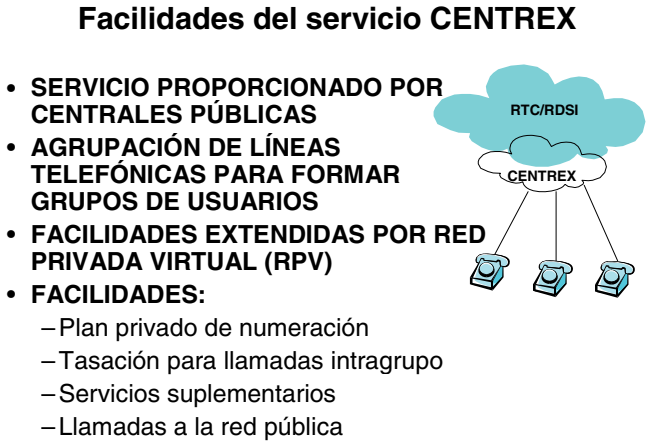


Figura 4.10. Principales facilidades que ofrece el servicio CENTREX.

Básicamente, el servicio Centrex se puede definir como una centralita virtual creada sobre una central pública, con un plan privado de numeración. No se requiere de equipos de conmutación en el domicilio del cliente, ya que son las propias extensiones de la central pública las que se prolongan hasta el mismo. Por contra se hace necesario el tendido de un mayor número de cables, tantos pares como terminales telefónicos se instalen (la figura 4.10 muestra las características del Centrex).

Tanto para el operador como para el cliente es evidente la ventaja que tiene el disponer de un servicio de este tipo. Por una parte, se puede contratar el servicio casi de forma inmediata al no tener que utilizar equipos específicos y, por otra, se dispone de la última funcionalidad conforme se van actualizando las centrales que forman la red pública.

La función de emulación de una PBX se consigue mediante una aplicación en la central pública, con la que se pueden tener las facilidades propias de una PBX cualquiera. Las llamadas realizadas entre líneas pertenecientes al mismo grupo Centrex (llamadas realizadas con la numeración corta del plan privado) están sometidas a tarifa plana, mientras que para las llamadas externas al grupo se aplican las tarifas del servicio telefónico básico.

El servicio Centrex permite disfrutar de todas las prestaciones habituales de una centralita como son: retener y distribuir llamadas entrantes o salientes a cualquier línea, transferir llamadas entre líneas del grupo con otras líneas mientras habla, etc.

4.6.5. Redes para tráfico multimedia

Algunos operadores ofrecen servicios, destinados a las empresas, que integran voz y datos y, en algunas ocasiones, vídeo, con lo que éstas pueden disfrutar de unas auténticas comunicaciones "multimedia".

Dos ejemplos de estos servicios son los de **Voz+Datos** y **Multimedia**; veamos en que consiste cada uno de ellos.

- **El servicio de Voz+Datos** es un servicio gestionado extremo a extremo por el operador, que permite integrar de forma económica las necesidades de comunicaciones de voz y datos de una empresa. Esta prestación está soportada sobre una red de comunicaciones que emplea el protocolo Frame Relay, admitiendo gran velocidad.

  Emplea una infraestructura de comunicaciones única, conectando todas las sucursales y oficinas de la empresa y reduciendo los costes globales de telecomunicación. A esta reducción de costes contribuyen el tener tanto un único medio de transmisión como una tarifa plana, independiente del consumo. Gracias a la integración que realiza esta solución constituye una Red Privada Virtual (RPV) de voz y datos para los clientes, en la cual se comparten los nodos y los enlaces entre ellos de la red de transmisión de datos Frame Relay del operador.

- **El servicio Multimedia**, de transmisión de voz, datos e imágenes, basado en la tecnología ATM está especialmente concebido para entornos corporativos. La integración de servicios de voz y de imagen en una Red Privada Virtual Multimedia permite que los servicios (voz, de datos e imágenes), que antes se proporcionaban sobre redes distintas, puedan ser consolidados en una misma red, asegurando un grado de calidad de servicio acordado.

  Se basa en el concepto de Red Privada Virtual, con recursos dedicados en exclusiva al cliente, una infraestructura de red compartida y un medio de acceso único a la red. La integración se consigue gracias al despliegue en el domicilio

del cliente de un conmutador ATM, que integra sobre la misma línea de acceso, datos, voz e imagen. Para ello multiplexa todos los tipos de tráfico sobre celdas ATM que entrega a la red. Igualmente, cuando recibe un paquete, es capaz de diferenciar los tipos de tráfico y entregarlos en sus destinos. Este equipo se configura para dar prioridad al tráfico más sensibles a retardos (voz e imágenes).

4.7. REDES DE ÁREA EXTENDIDA

Las redes históricas de telecomunicaciones son las redes de área extensa, o redes de área extendida, WAN (Wide Area Network). Éstas permiten la comunicación entre entornos locales y están compuestas por elementos de conmutación (nodos) y los medios de transmisión que los unen.

Normalmente, dividimos las grandes redes en dos partes: la denominada **red de acceso**, que permite el acceso de los usuarios a los servicios ofrecidos por la red. Y **la red de tránsito**, que se propaga de nodo a nodo de conmutación, de central a central, y cuya función es garantizar la conectividad total en la red, transportando y encaminando la información de los usuarios.

4.7.1. La red de tránsito

En la red de tránsito, la red que une ciudades, se busca que disponga de muchos caminos alternativos. De tal modo que si una de las vías de información falla, pueda mantenerse el tránsito a través de otra ruta. Esto se denomina redundancia o conectividad mayor que uno. Así, si a un determinado nodo se puede llegar por tres rutas diferentes, diremos que tiene conectividad tres; si por cinco, conectividad cinco, etc.

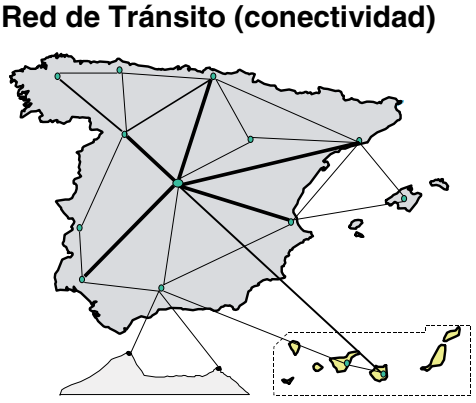


Figura 4.11. Red de Tránsito, que sigue una topología en malla para ofrecer rutas alternativas.

En el ejemplo de la figura 4.11, las líneas más gruesas representan la parte de la red de más alto nivel que tiene Telefónica en España. Une las ciudades de León, Bilbao, Barcelona, Valencia, Sevilla y Madrid. Esa red tiene muchísima redundancia. Si no se llega desde Bilbao a Sevilla por Madrid, se puede llegar por León, o se puede llegar por Barcelona-Valencia, para que si falla algo, si una excavadora rompe el cable, pueda seguir funcionando. Se dice que Sevilla tiene conectividad 3 porque se puede llegar por 3 caminos diferentes; Madrid tiene conectividad 5 porque existen 5 posibles rutas de llegada.

Éste es el estilo de red que usan los operadores telefónicos, el de más alto nivel. Lo usual es que las uniones sean digitales y por fibra óptica, aunque todavía hay algunas que transitan por enlaces de radio (se han desechado los cables coaxiales que se utilizaban antes). En algunos casos hay otra red que enlaza por radio, por microondas, de monte a monte, pero se emplea como soporte de la red principal de fibra óptica.

Esta red tiene varios niveles (jerarquía), que se denominan de distinta manera, según el operador. Así, Correos a la parte más importante, dentro de su red, que es la más alejada de los usuarios, la llama Red Primaria, a la siguiente le llama Secundaria y a la siguiente Terciaria. Telefónica empieza al revés, la red Primaria es la que llega al abonado, luego la red Secundaria y luego la Terciaria, que es la más importante.

La posibilidad de extender redes de tránsito a través de los tendidos eléctricos o de las vías ferroviarias, unido al aumento de la capacidad de la fibra óptica gracias a las técnicas de multiplexación y compresión, permiten augurar la propagación y el consiguiente abaratamiento de las mismas. Las previsiones hablan de las redes de tránsito como de una "*commodity"*, un producto de uso frecuente. Los operadores que dispongan de redes de tránsito van a necesitar muchísima capacidad para poderla ofertar a bajo coste y obtener beneficios.

Las grandes redes de tránsito que se instalan actualmente van sobre fibra óptica y utilizan técnicas de DWDM. Con ello se consiguen capacidades de Petabit/s. Algunas compañías están montando grandes redes por todo el mundo que se van a emplear fundamentalmente para Internet de muy alta capacidad. De manera que redes de tránsito serán abundantes y baratas, algo que, desgraciadamente, será más difícil en el caso de la red de acceso.

4.7.2. La red de acceso

En la figura 4.12 se muestran las redes de acceso clásicas: fija, móvil, datos, cable, etc., que se unen a las redes de tránsito, unidas entre sí para que desde nuestro teléfono podamos hablar, conectarnos con el ordenador del banco, para que desde un teléfono móvil podamos llamar a un teléfono fijo, etc.

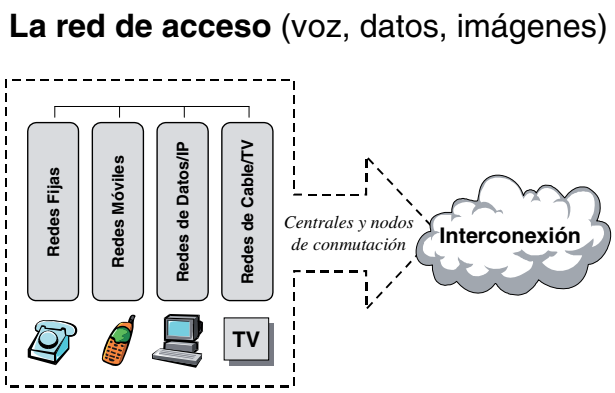


Figura 4.12. Red de acceso. Situación actual con redes separadas para servicios diferenciados.

El bucle de abonado, también conocido como bucle local (local loop), línea de abonado, última milla (last mile) o línea de abonado (suscriber line), implica el mayor coste de inversión en una red puesto que ha de llegar a todos los usuarios. Normalmente está formado por cables de cobre, con una distancia media de 1,5 km, de ahí el nombre de la última milla.

El bucle normal de abonado es de cobre, y con la tecnología actual admite poca distancia. Por ello, se ponen centrales en los barrios, para que no haya mucha distancia de bucle de abonado; las centrales (con una capacidad de unos pocos miles de abonados), se unen entre sí para comunicar a los usuarios pertenecientes a distintas centrales.

La tecnología está cambiando al tipo de red mostrada en la figura 4.13. Ésta conlleva significativas mejoras: las centrales aumentan su capacidad enormemente y así una grande admite medio millón de abonados. Además, aportan la ventaja de que alguna parte de la central (por ejemplo, 10.000 abonados de un barrio periférico), se pueden poner a distancia (centrales distribuidas). Por supuesto, todo está computerizado, el funcionamiento es comparable al de un gran ordenador. Además, el bucle de abonado se construye con fibra óptica, aumentando así su capacidad y alcance. Con todo ello se consigue reducir el número de centrales necesarias.

El nuevo bucle de abonado que llega al hogar tiene capacidad para transportar voz, datos y vídeo, luego lo que hay que poner en las casas es un distribuidor de tráfico, ese es el caso ideal. Un único distribuidor en el que entra todo el tráfico, desde una fibra óptica, y conduce la voz al teléfono, los datos al ordenador y la película al televisor. Los americanos llaman a ese aparato Set Top Box, que significa la caja de encima del televisor.

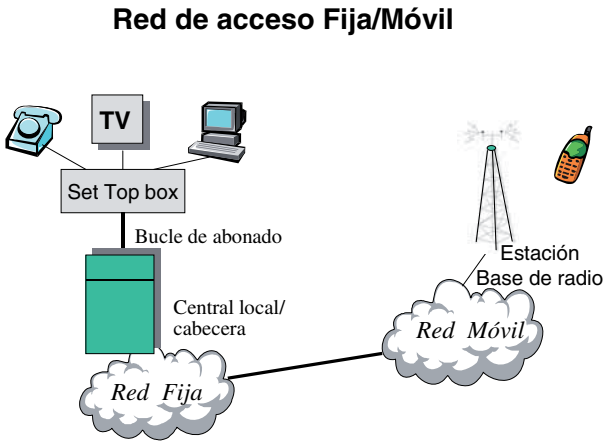


Figura 4.13. Red de acceso. Situación futura.

La telefonía móvil seguirá operando a través de las estaciones BTS de cobertura y lógicamente estarán unidas todas las redes. Esa nueva central va a asumir las funciones de central de voz, de central de datos (antes denominado nodo), y de central de televisión por cable (lo que llamábamos cabecera). Es lo que están haciendo algunos operadores de cable, en sus cabeceras tienen voz, datos y televisión.

4.7.3. La red HFC (Híbrida Fibra-Coaxial)

La tecnología de bucle de abonado en fibra óptica hasta esa "cajita del hogar" (el Set Top Box) no se da todavía. El bucle de abonado por fibra óptica muere normalmente en la manzana, y no se tira una fibra para cada vecino, sino un cable de cobre. En las redes actuales el bucle de abonado es una mezcla de fibra óptica, desde la central hasta la manzana, y cable eléctrico.

Éstas redes se denominan Híbridas Fibra-Coaxial (HFC), ya que el cable eléctrico que se instala es, normalmente, coaxial. Veámosla con mayor detalle:

El potencial que presenta una infraestructura basada en red de cable -la híbrida fibra-coaxial (HFC)-, la arquitectura híbrida FTTC es anillo, árbol (no siempre) y estrella, y la de fibra a la casa FTTH es anillo, estrella- se muestra como la más adecuada actualmente en coste/prestaciones para proporcionar el ancho de banda necesario que es inmenso, ya que a través de ella se pueden prestar toda una amplia gama de servicios interactivos, además de los de voz y televisión, y alcanzar todos los puntos con el menor coste. En la figura 4.14 se representa su esquema.

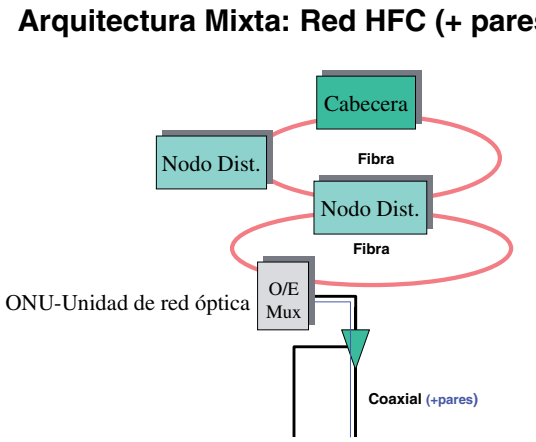


Figura 4.14. En una arquitectura mixta se pueden emplear cables coaxiales combinados con pares de cobre para dar los tres servicios (TV, datos y voz).

En un corto periodo de tiempo la fibra óptica será competitiva para llegar hasta el propio hogar, no obstante, debe tenerse en cuenta que el último tramo es de uso exclusivo de un usuario, por lo que su coste debe de ser justificado por el uso que se haga de él, lo que puede tardar bastante tiempo.

La diversa información a difundir se genera o se recibe en un centro, cabecera, a partir del cual, convenientemente ensamblada (empaquetada), ha de distribuirse hasta el usuario final empleando la red tendida. La red telefónica, la de mayor capilaridad, en su porción de acceso no es capaz de soportar el ancho de banda requerido, por lo que se hace necesario tender otra red que si lo sea. La red de acceso es la encargada de conectar el equipo de abonado con la red de conmutación y de centros de distribución de banda ancha. Las técnicas más habituales con que nos podemos encontrar en la red de acceso son los siguientes:

- **Fibra hasta el hogar (*FTTH/ Fiber To The Home*).** Con esta solución se dispone de una gran capacidad, pero supone unos costes muy altos, tanto por el propio tendido como por los costes que supone la conversión óptica-eléctrica para acceder al equipo del abonado. Debido a ello, sólo algunos operadores están realizando su implantación.

- **Fibra hasta la manzana (*FTTC/ Fiber To The Curb*).** Es una solución más económica, ya que solamente necesita una nueva infraestructura de fibra hasta un punto de distribución en la manzana de edificios servida por un amplificador de línea. A partir de este punto se realiza la redistribución mediante la red tradicional

de pares de cobre a la que se añade una nueva red de cable coaxial. En caso de que la fibra llegue hasta el edificio se denomina *FEB (Fiber To The Building).*

El caso más común es FTTC: hasta la manzana llega una fibra óptica que en ese punto es modificada en señales eléctricas mediante un adaptador optoelectrónico que transforma las señales ópticas en eléctricas, puesto que la señal distribuida al usuario será en forma de voltios. Este adaptador recibe el nombre de Unidad de Red Óptica, ONU (Optical Network Unit), aunque coloquialmente adopta el menos técnico término de "armario".

En la ONU entra fibra óptica y salen cables eléctricos que serán distribuidos a los vecinos. En este momento hay tres soluciones para distribuir desde la ONU hasta el usuario, no olvidemos que la información es múltiple, datos, voz y audiovisual:

Primera solución. Opera mediante un cable coaxial utilizado para enviar la señal de televisión y la señal de datos, lo usual es conectar el televisor con un descodificador y el ordenador a través de un módem. Otro cable coaxial, transportará la señal al teléfono. De manera que a cada hogar van dos cables coaxiales, normalmente juntos (cable siamés o twincable).

El descodificador tiene tres misiones diferentes: la primera es ser el receptor, el sintonizador de canales. Este descodificador es lo que los americanos llaman el Set Top box. La segunda es la propia indicada por su nombre, si un canal es de pago, vendrá codificado y aquí se descodifica; de hecho en Europa el aparato se denomina Descodificador Receptor Integrado, IRD (Integrated Receiver Decoder). En el caso de la televisión analógica el IRD sólo recibe esas funciones, pero en la televisión digital su tercera función es descomprimir la señal MPEG.

El módem es un módem de cable, mucho más rápido que el módem normal, al ser necesario que se adapten a las velocidades de las redes de fibra óptica. La capacidad técnica de estos aparatos es de Mbit/s, pero la característica más importante es que está siempre conectado a la red y no hay que marcar un número de teléfono. Por lo tanto, es un módem más rápido, siempre conectado, y como siempre está conectado, la tarifa tiene que ser plana (independiente del tiempo).

Segunda solución. Es muy parecida a la anterior y en realidad, hoy día, más abundante que ella. El cable coaxial que va al teléfono se sustituye por un cable de pares, de manera que a cada hogar va un coaxial y un cable de par. De este modo se evitan los costes que supone la instalación de un segundo cable coaxial puesto que la mayoría de los hogares ya disponen de un tendido de pares de cobre.

Tercera solución. Un sólo cable coaxial transporta los tres servicios. Ello requiere instalar un descodificador IRD para la televisión, un módem de cable para el ordenador y un adaptador para el teléfono. Esto es, probablemente, el anticipo de la técnica que se

usará en el futuro. Como veíamos antes, la fibra óptica llegará al hogar, evitando una conversión opto-eléctrica. De hecho ya disponemos de la tecnología, pero se necesitará tiempo para que se abaraten los costes y, por tanto, se optimicen las redes.

4.7.4. LMDS. Bucle local inalámbrico

Con la tecnología de acceso por radio, se puede llegar hasta el usuario final sin necesidad de tender ni fibra óptica ni cable coaxial (figura 4.15), sino utilizando las ondas de radio, las microondas. En marzo de 2000 se dieron varias licencias para operar redes de acceso utilizando tecnología radio en las bandas de 3,5 y de 26 GHz.

En España se han otorgado dos tipos de licencia (3+3 operadores de cada una), una que permite hasta 2 Mbit/s y otra que admite 64 kbit/s. La licencia en la banda de 3,5 GHz, que permite 64 kbit/s (un canal telefónico), sólo va a servir para dar telefonía. La licencia en la banda de 26 GHz, que permite 2 Mbit/s, va a soportar telefonía, acceso a Internet o datos, pero no la televisión, por lo que estos operadores no van a competir con los de las redes de cable.

En realidad, estas tecnologías son complementarias, principalmente para acceso a teléfono e Internet nada más. Pensando más en empresas, grandes usuarios (porque los equipos de radio son caros de instalar) y en zonas donde o bien no hay facilidad para acceder con cables o por competidores que no quieran usar el bucle ya instalado. Últimamente, también, se está utilizando para sustituir a las líneas de telefonía rural, el TRAC, aunque esta es una opción que resulta bastante cara.

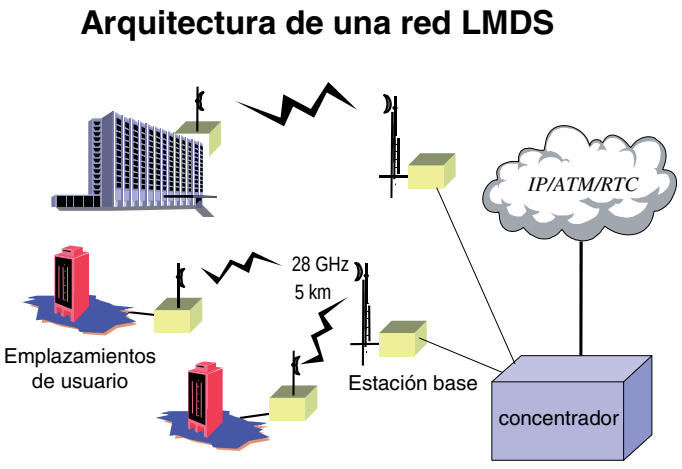


Figura 4.15. Estructura típica de una red punto multipunto LMDS.

Fundamentos técnicos

La comunicación inalámbrica entre los emplazamientos de usuario y la correspondiente estación base, tiene lugar en los dos sentidos, a través de señales de alta frecuencia (microondas). En LMDS, cuando se establece una transmisión, esa comunicación no puede transferirse de una célula a otra como ocurre en la telefónica celular convencional. La distancia entre la estación base y el emplazamiento de usuario viene limitada precisamente por la elevada frecuencia de la señal y por la estructura punto-multipunto.

El emplazamiento de usuario está formado por una serie de antenas de baja potencia ubicadas en un pequeño espacio en la parte superior de los edificios. El tamaño de las antenas, que pueden ser instaladas en pocas horas, es muy pequeño. Las señales recibidas en la banda de 26-28 GHz son trasladadas a una frecuencia intermedia compatible con los equipos del usuario y convertidas por la unidad de red en voz, vídeo y datos, distribuidos por todos los cables existentes en la planta del edificio. Cada antena recibe y envía el tráfico de los distintos abonados del sector multiplexándolo por división en el tiempo, y lo transporta vía aire con una capacidad total de hasta 37,5 Mbit/s hacia la estación base.

La estación base está constituida por la propia estación omnidireccional o sectorizada, situada sobre edificios o estructuras ya existentes. La antena sectorizada permite reutilizar frecuencias, posibilitando incrementar sensiblemente la capacidad global del sistema, y soportar un gran número de emplazamientos de usuario. El tráfico procedente de una o varias antenas, cada una de las cuales da cobertura a un sector, es concentrado en un bastidor radio, dirigiéndolo a la red en cuestión (RDSI, RTB, Internet, X.25, Frame Relay, etc.). Generalmente se utilizan interfaces SONET/SDH OC-3/STM-1 (a 155 Mbit/s).

4.8. LAS REDES DE RADIO

El bucle de abonado puede ser físico, que podemos tocar, o sin hilos, por ondas de radio que, evidentemente, ni podemos tocar ni vemos. Ya hemos comentado algunas cosas sobre él, pero vamos a ver ciertos aspectos que no se han contemplado todavía y a profundizar más en las posibilidades que ofrece, que son tremendas, razón por la que despierta tanto interés.

Bucle físico. Entre los bucles de abonado físicos tenemos el par de cobre, el cable coaxial sólo que ya no se usa, y el de fibra óptica con coaxial, los híbridos. Éstos ya se han visto con bastante detalle y no nos vamos a detener más en su estudio.

Bucle sin hilos. Sin hilos hay dos tipos de bucle de abonado, dependiendo de que el terminal sea móvil o estacionario.

- **Terminal Estacionario**

Si el terminal permanece estático es denominado estacionario. Hay tres acepciones para este tipo de tecnología. El nombre genérico es Bucle Local sin Hilo, WLL (Wireless Local Loop), y así es como se llamaba a la banda de 3,5 GHz. Mientras que la banda de 26 GHz, una banda que permite hasta 2 Mbit/s, recibe el nombre de LMDS (Local Multipoint Distribution System) que significa sistema de distribución multipunto local. Local porque tiene poco alcance, no más de 6 ó 7 km. Y multipunto porque desde una emisora se puede conectar con muchos usuarios diferentes.

El más antiguo de estos sistemas es el TRAC (Telefonía Rural de Acceso Radio), un invento español, consistente en utilizar un teléfono móvil especialmente fabricado para este fín (analógico), como si fuese fijo ya que el usuario no podía desplazarse con él, sino que lo tenía ubicado en un lugar determinado y con tarifa de fijo. Así resolvió Telefónica el problema del servicio universal, de poder dar telefonía a cualquier pueblo, a cualquier casa en el monte, lo cual era un problema considerando lo accidentado de la geografía ibérica que muchas veces imposibilitaba llevar una línea telefónica o el coste de hacerlo era excesivamente alto. La tecnología primitiva se está pensando sustituir por LMDS, de mayor capacidad, y que facilita el acceso universal a Internet.

La idea del TRAC consistió en eliminar el cableado hasta zonas excesivamente alejadas o abruptas, porque era muy costoso para el usuario. En lugar de ello, se instala una antena, normalmente una antena Yagi, muy directiva, orientada hacia la estación de telefonía móvil, normalmente analógica, más próxima y se le da acceso como si fuera un teléfono móvil. La diferencia estriba en que el teléfono no es un móvil, es un teléfono fijo más un dispositivo especial, que se une mediante un cable con la antena. El número que se le da al usuario es un número de telefonía fija ligado a su posición geográfica, al igual que la tarifa aplicada.

- **Terminal Móvil**

La otra parte que es más conocida es la telefonía móvil, cuando el teléfono se mueve. Y en este caso tenemos, básicamente, cuatro tecnologías digitales:

- DECT (acceso inalámbrico).
- GSM, TDMA (móviles de 2ª Generación).
- UMTS (sistema universal móvil de 3ª Generación).

Aunque no hay que olvidar que a nivel mundial existen también varios sistemas analógicos, cuya tendencia es a ir desapareciendo, sustituidos por los digitales.

Todos estos sistemas tienen en común la utilización de una interfaz radio, que sigue unas especificaciones públicas, para poder utilizar terminales de distintos suministradores en las redes constituidas.

4.8.1. El estándar DECT

El teléfono móvil para el hogar, más comúnmente llamado inalámbrico, utiliza la línea fija hasta mi casa y en el final de la línea fija dispone de una pequeña emisora que ofrece cobertura en un área. Eso se denominó teléfono sin hilos, CT (Cordless Telephone). El primer sistema que hubo, utilizaba una única frecuencia, es decir, todo el mundo que tuviera este sistema tenía la misma frecuencia. Obviamente, el sistema era analógico, y recibió el nombre de CT0. Ha sido muy común, pero tenía un gran inconveniente, al operar todos los teléfonos en la misma frecuencia, los cruces de línea eran muy comunes y se perdía privacidad.

Por lo tanto, este sistema se dejó de emplear pronto, y se pasó al siguiente estándar denominado CT1, que cuenta con un juego de frecuencias diferentes, y que es, probablemente, el más abundante en este momento. Un teléfono sin hilos analógico, con diferentes frecuencias que, además, se cambian fácilmente con unos conmutadores internos.

No obstante, siempre se pensó en una evolución hacia el teléfono inalámbrico digital; hubo dos movimientos. El primero, la evolución normal, fue el CT2, pero estas técnicas normalmente no se iniciaban de Europa, las diseñaban los americanos o los japoneses.

Por lo tanto, los europeos decidieron hacer su propio estándar (uno de los objetivos en telecomunicaciones de la Unión Europea era disponer de sus propios desarrollos). Este sistema europeo que recibió el nombre de DECT (Digital European Cordless Telephone), Teléfono Inalámbrico Digital Europeo, y opera en la banda de 1.800 MHz, es muy bueno, ofrece una cobertura excelente y no se interfiere con otros operando en la misma banda de frecuencias, ya que la comunicación va cifrada.

La distancia que cubre es suficiente para la mayoría de las aplicaciones; así, por ejemplo, varios pisos en un chalet y hasta 200 ó 300 metros en el jardín. En un edificio de oficinas permite alcanzar unos 50 metros en horizontal, pero si se necesita mayor distancia se pueden colocar otras estaciones base, colocadas estratégicamente, para que no queden zonas de sombra.

Al ser de una calidad tan buena ha tenido gran éxito en todo el mundo, así que se cambió el nombre por el de Teléfono Inalámbrico Digital Mejorado (Digital Enhanced Cordless Telephone), con el fin de eliminar el apelativo europeo. Los sistemas que llevan la denominación GAP (Generic Access Profile) son compatibles entre sí, y una estación base puede soportar terminales de varios fabricantes.

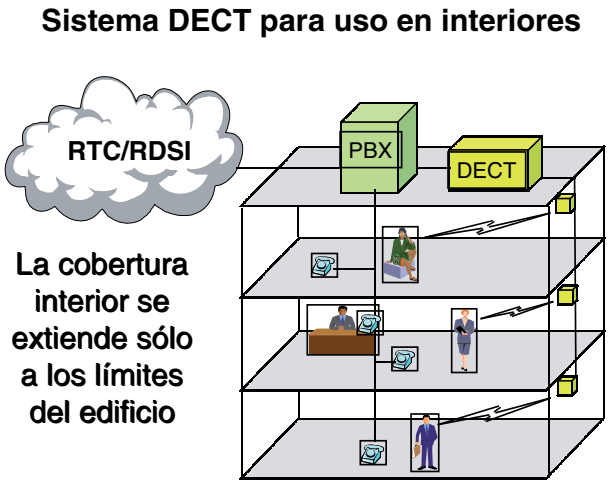


Figura 4.16. Aplicación del DECT en el entorno de las oficinas (interiores).

El DECT es un sistema inalámbrico que permite varios terminales, que a su vez pueden hablar entre ellos. Su aplicación no se reduce al hogar, sino que ya existen para las empresas equipos con dos o más líneas que hacen de centralita. La limitación del sistema proviene de su escaso alcance y del hecho de que no funciona bien si la velocidad a la que se mueve el interlocutor es superior a los 10 km/h, por eso se desechó una utilización como teléfono de barrio o teléfono de larga distancia.

4.8.2. Las redes GSM

En sus inicios, la telefonía celular o móvil era analógica, había varios sistemas, en su mayoría copados, por un lado, por la empresa norteamericana Motorola y, por otro, por los nórdicos europeos; ambos mantenían una constante puja por el mercado.

Los europeos decidieron crear un estándar común, digital y de uso en toda Europa. Para investigarlo recurrieron a un grupo de especialistas para desarrollar un teléfono móvil. El Grupo Especial Móvil ideó el teléfono móvil de uso actual, el GSM (Group Special Mobile). Al igual que el DECT el sistema ha tenido tanto éxito que se emplea en todo el mundo y fue rebautizado como Sistema Global para Móvil o GSM (Global System for Mobile).

El GSM comenzó operando en la banda de 900 MHz, pero pronto se vio que habría escasez de frecuencias para los usuarios. De modo que se desarrolló un nuevo sistema

europeo basándose en los mismos estándares que recibió el nombre de DCS1800 y que emplea la banda de los 1800 MHz. Esta técnica también es conocida como GSM 1800.

Cuando hacemos una llamada mediante GSM se accede a una antena, la que esté más próxima, que es a la misma a la que acceden todos los terminales móviles de nuestro entorno. Es decir, el sistema de móvil requiere una técnica denominada de acceso múltiple, todos tenemos que emplear la misma antena. Para conseguir ese acceso múltiple, hay tres técnicas diferentes.

El acceso múltiple puede ofrecerse gracias a que el sistema asigna una frecuencia diferente a cada usuario, acceso múltiple por división de frecuencia. También, si el sistema es digital, se puede asignar diferentes ventanas de tiempo. El primero de los impulsos es el mío, el segundo es de otro, etc. es lo que se conoce como acceso múltiple por división de tiempo. De hecho, el GSM europeo combina ambas soluciones, cuando yo llamo me asignan una frecuencia y dentro de esa frecuencia hay varios tiempos y me asignan un tiempo también. El inconveniente que presenta esta técnica es que dispongo en exclusiva de la frecuencia y el tiempo asignados hasta que cuelgue, hable o no hable. Lo cual es el equivalente a la conmutación de circuitos de la telefonía fija.

El sistema GSM es uno de los existentes en telefonía celular; existen otros, pero todos ellos comparten una serie de características inherentes a este tipo de sistemas para comunicaciones móviles, que veremos a continuación.

- **Los sistemas celulares**

Un sistema celular se crea dividiendo el territorio al que se pretende dar servicio en células de mayor o menor tamaño, cada una de las cuales es atendida por una estación de radio, que ofrece cobertura a su célula especifica, gracias al alcance limitado de la propagación de las ondas de radio a frecuencias elevadas. Así el espectro de frecuencias puede volver a ser reutilizado en una nueva célula, siempre teniendo cuidado de evitar las interferencias entre células próximas. El grupo de frecuencias asignado a una célula constituye los canales de comunicación que pueden ser ocupados por los usuarios que demanden el servicio, dentro de su área de cobertura geográfica.

De esta manera se puede aumentar considerablemente el número de usuarios al no requerirse una frecuencia exclusiva para cada uno de ellos. Cuanto más pequeñas sean las células mayor será el número de canales que soporte el sistema, al poder reasignar más veces los conjuntos de frecuencias diferentes para células distintas, factor muy importante para un servicio público.

4.8.2.1. ESTRUCTURA DE UNA RED DE TELEFONÍA MÓVIL

En los sistemas avanzados de telefonía móvil es necesario manejar un gran número de abonados móviles dispersos en una amplia zona. Esto supone el abordar una serie de

problemas técnicos y administrativos tales como son el control, localización, transmisión y facturación, manteniendo al mismo tiempo una alta eficacia en la utilización del espectro radioeléctrico que es limitado.

Las bandas de frecuencia empleadas en Europa para el GSM son dos: 900 y 1.800 MHz, y la modulación es en frecuencia o en fase con unos límites de variación de frecuencia en función de la anchura de banda, la cual a su vez depende de la separación entre canales.

Para estas bandas la distancia de cobertura, en terrenos no muy accidentados, coincide sensiblemente con el alcance óptico desde la antena transmisora, por lo que es conveniente, si se desea una gran cobertura, instalar ésta en un punto elevado. Una vez que se sobrepasa el límite de visión óptica aún es posible establecer la comunicación, si la potencia del emisor es elevada.

Superada la zona de alcance efectivo ya no es posible establecer una comunicación útil, pero, en cambio, si se pueden producir interferencias con otras celdas. Por esta razón, un juego de frecuencias sólo podrá ser reutilizado en celdas que se encuentren fuera de estas zonas de interferencias.

En general, una red de comunicaciones móviles GSM presenta una estructura compuesta por los siguientes elementos (figura 4.17):

- Estaciones Móviles
- Estaciones base
- Estaciones de conmutación
- Centros de Conmutación

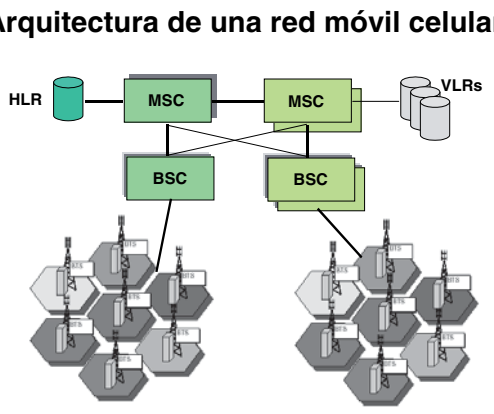


Figura 4.17. Principales elementos de una red de telefonía móvil.

- **Estaciones móviles (MS)**

  Son los equipos terminales (teléfonos móviles GSM) que suministran el servicio concreto a los usuarios en el lugar, instante y formato (voz, datos e imágenes) adecuados. Cada estación móvil puede actuar en modo emisor, receptor o en ambos.

- **Estaciones base (BTS)**

  Se encargan de mantener el enlace radioeléctrico entre la estación móvil y la estación de control de servicio (BSC) durante la comunicación. Una estación base atiende a una o varias estaciones móviles. Según el número de éstas y el tipo de servicio, se calcula el número adecuado de estaciones base para proporcionar una cobertura total de servicio en el área geográfica a cubrir.

  La reducción de la potencia en las estaciones móviles permite disminuir las interferencias entre las MS asignadas a canales idénticos, así como el tamaño y peso de las baterías. Lo que redunda en una mejor calidad del servicio, comodidad de uso y autonomía de la estación móvil.

- **Estaciones de control (BSC)**

  Realiza las funciones de gestión y mantenimiento del servicio. Una tarea específica consiste en la asignación de estaciones base de un sector, dentro de un área de cobertura, a las estaciones móviles que se encuentran en el sector.

  Cuando un usuario se desplaza entre celdas colindantes, la función de conmutación de una comunicación entre estaciones de base (handover) permite cambiar el canal ocupado por la estación móvil en la estación base anterior por otro libre de la estación base próxima, sin interrumpir la comunicación.

  La función de localización de una estación móvil fuera de su sector habitual implica que en cada estación base deben conocerse las estaciones móviles residentes (habituales) y las visitantes (presentes temporalmente) para que las estaciones de control puedan determinar su posición en cualquier instante, y así proveerles servicio.

- **Centros de conmutación (MSC)**

  Son similares a las centrales de la red fija. Permiten la conexión entre otras redes públicas y privadas con la red de comunicaciones móviles, así como la conexión entre estaciones móviles localizadas en distintas áreas geográficas de la red móvil. Estos centros se comportan como los centros de conmutación de cualquier otro tipo de red, aún cuando están adaptados a la estructura de la información que

maneja la red móvil. Asociados a estas centrales se encuentran los registros de suscriptores, locales y visitantes, que son los denominados HLR y VLR, respectivamente.

4.8.2.2. EL ÉXITO DEL ESTÁNDAR GSM

En España existen, en el año 2003, tres operadores de GSM: Telefónica Móviles que empezó a operar en el mes de julio de 1995 con la marca **MoviStar**, **Airtel (**ahora **Vodafone)** que lo hizo 3 meses más tarde y Retevisión Móvil (Auna) que lo hizo en enero de 1999 con la marca **Amena**, pero en la banda de 1.800 MHz y con acuerdo de roaming (utilización de otra red si no se tiene cobertura con la propia) con los otros dos operadores. La distribución de usuarios móviles, por operador, se muestra en la figura 4.18.

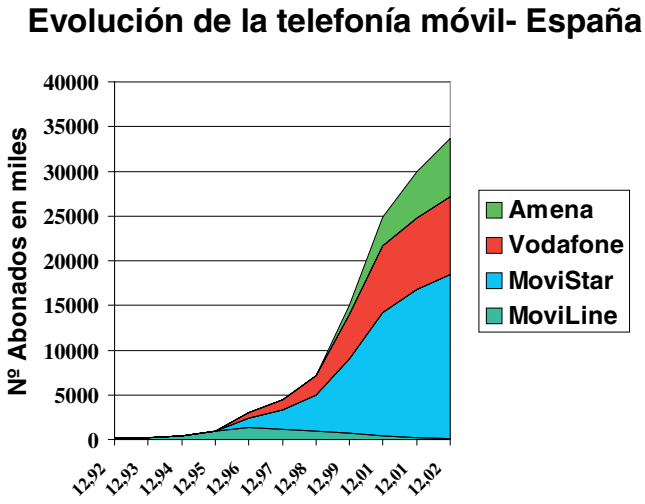


Figura 4.18. Evolución del número de usuarios móviles en España.

La ventaja principal de este sistema digital celular es que permite realizar o recibir llamadas en cualquier país que lo tenga, cuando se esta en tránsito por ellos, facilidad que se conoce como "itinerancia" o *roaming*.

Cuando se viaja, el terminal portátil se registra automáticamente en la red GSM al cambiar de un país a otro, quedando inmediatamente disponible para su uso, pero para que esto sea posible es necesario que el operador con el que se ha contratado el servicio tenga acuerdos de itinerancia con los demás países.

Resumen de las características de GSM
- Banda de recepción: 925-960 MHz *(Descendente: de la base al móvil)*
- Banda de emisión: 860-915 MHz *(Ascendente: del móvil a la base)*
- Canales por portadora: 8 *full rate*, siendo uno de control
(en un futuro, 16 en modo *half rate*, siendo uno de control)
- Número total de portadoras: 124 radiocanales
- Separación entre portadoras: 200 kHz
- Anchura de banda del canal radio: 25 kHz
- Capacidad: 200 Erlangs/km^2 (500 para GSM 1800)
- Técnica de transmisión: TDMA/FDD
- Modulación: GMSK y voz codificada a 13 kbit/s

Figura 4.19. Características más importantes de la norma GSM.

4.8.3. Evolución de GSM. WAP

El estándar GSM ha evolucionado desde su nacimiento para aportar más prestaciones. Además, han surgido otros estándares que complementan a los propios del GSM. Por ejemplo, el WAP para acceso a Internet, o el GPRS que multiplica por un factor superior a 10 la velocidad de acceso de GSM, llegando como límite máximo a 115 kbit/s. La tecnología CDMA, que utiliza códigos para separar las conversaciones, es otro gran avance y precursora del UMTS.

- **Acceso a Internet desde el móvil (WAP)**

El Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas, WAP (Wireless Applications Protocol), es un sistema nuevo nacido de la combinación entre Internet y las comunicaciones móviles. Es un protocolo estandarizado a emplear desde terminales móviles para el control y manejo de llamadas, transmisión de mensajes y acceso a Internet. Promovido inicialmente por Ericsson, Motorola, Nokia y Phone.com, tuvo un rápido apoyo del resto del sector.

El desarrollo de los nuevos estándares para GSM y UMTS, que permitirán ampliar el ancho de banda y, por tanto, soportar aplicaciones multimedia, unido al WAP y otros estándares para aplicaciones vía radio, se configuran como los elementos que van a permitir que los terminales móviles aumenten el protagonismo que tienen en la sociedad actual, por si fuera poco.

La arquitectura que sigue WAP se basa en la definida para el World Wide Web, pero adaptada a los nuevos requisitos del sistema. De hecho, la pila de protocolos de comunicaciones en WAP tiene muchas similitudes con la tecnología usada en Internet. De esta manera, en el terminal móvil hay un *"navegador específico"*, comparable al que ofrece Netscape Navigator o Internet Explorer. Éste es el encargado de la coordinación con la pasarela a la que realiza peticiones de información, que son tratadas y reencaminadas al servidor de información adecuado. Una vez procesada la petición en el servidor, la información resultante se envía a la pasarela, que de nuevo la procesa antes de transmitirla al teléfono móvil GSM. De esta forma, eliminado todas las imágenes, se adaptan las páginas escritas para Internet en lenguaje HTML a la presentación en la pequeña pantalla del terminal móvil. La velocidad de transmisión queda limitada por la del canal radio, esto es 16 kbit/s, que resulta insuficiente para algunas aplicaciones.

- **Las redes GPRS**

Otro estándar que se está implantando es el GPRS (General Packet Radio Service o servicio general de conmutación de paquetes sobre radio). Permite mayor velocidad de datos al agrupar varios de los 8 canales de radio (slots) que tiene una portadora, llegando típicamente a los 115,2 kbit/s. Los usuarios, por ejemplo, pueden estar conectados todo el tiempo y pagar al operador del servicio sólo por la cantidad de información que reciben o envían (bits) y no por el tiempo que están conectados.

- **CDMA**

Otra técnica que opera con acceso múltiple, permite que todo el mundo hable por la misma frecuencia o en el mismo tiempo. La diferencia estriba en que el paquete lleva una dirección y los paquetes son entregados a ella, el teléfono es capaz de recibir todos los paquetes que hay en el aire, pero sólo coge los que lleven su dirección (un código).

Se mandan paquetes que incluyen mi código, el código de mi teléfono y recibo paquetes que tienen mi código. Y eso se denomina acceso múltiple por división de código (CDMA), que es el equivalente a la conmutación de paquetes de la telefonía fija. Con este sistema se gana un 60% aproximadamente de capacidad para la misma frecuencia, dado que solo se utiliza la red cuando se transmite información.

El CDMA, un invento desarrollado por una empresa americana, Qualcomm, se emplea en varios países del mundo y, junto con UMTS será uno de los métodos principales de acceso radio de las redes móviles del futuro: de la 3G.

4.8.4. GPRS. Servicio General de Paquetes por Radio

La progresiva difusión del uso de Internet está provocando la petición por parte de los usuarios de nuevos modos de conexión. Las conexiones móviles hasta ahora existentes

no eran las más adecuadas para la transmisión de datos, algo que se soluciona con la llegada del GPRS.

El acceso móvil a Internet ya estaba disponible con la implantación de WAP sobre GSM. Sin embargo, los usuarios no han respondido con tanto entusiasmo como se esperaba. Como se ha visto, WAP es un protocolo de navegación que permite acceder a contenidos de Internet a través de dispositivos móviles. WAP ha sido diseñado y pensado como un protocolo escalable y global que pudiera ser utilizado con cualquier tipo de dispositivo móvil, desde las terminales más sencillas con una sola línea de pantalla, hasta las futuras terminales inteligentes de tercera generación.

En WAP o Internet móvil podemos navegar como en Internet fija, es decir, con nuestro PC pero no podemos visitar todas las páginas que conocemos de Internet y que habitualmente visitamos con nuestro PC, sino que, sólo podremos ir a aquellas que se hayan adaptado o se hayan creado con este formato. WAP es el primero de una gama de nuevos servicios sobre GSM que utiliza lenguaje WML, compatible con cualquier tecnología celular (GSM y UMTS).

WAP sobre GSM tiene una limitación basada en el tiempo necesario para establecer la conexión (se paga ese tiempo muerto) y otra derivada de que sólo es posible acceder a contenidos de texto. Es por ello que la llegada de nuevos sistemas de transmisión como GPRS o UMTS no representan la desaparición de WAP, sino su evolución hacia mayores prestaciones. Según un reciente estudio de Datamonitor, para el año 2004 en torno a 60% de los teléfonos móviles en Europa tendrán WAP.

No se puede hablar de WAP frente a GPRS, ya que, para decirlo de forma sencilla, WAP es el navegador, y GPRS es el sistema de transmisión. La única diferencia es que el WAP sobre GPRS funciona con conexión permanente y a una mayor velocidad (hasta 115 kbit/s).

4.8.4.1. FUNCIONAMIENTO TÉCNICO DEL GPRS

GPRS es una nueva tecnología que permite enviar y recibir información utilizando una red de telefonía móvil, como es la basada en GSM. GPRS necesita introducir una interfaz para el intercambio de "paquetes". Este cambio de la conmutación de circuitos hacia la conmutación por paquetes, es muy complicado; sin embargo, la forma en la que se entregan los paquetes hace que los operadores solo tengan que añadir un par de nodos y actualizar el software que controla sus redes actuales.

La red GSM prevé unos servicios de transmisión de datos desde la Fase 2 con modalidad de transferencia por conmutación de circuitos, es decir, donde la red, una vez establecida la conexión física de entre dos usuarios, dedica los recursos propios independientemente del hecho de que los dos usuarios se intercambien datos durante todo el tiempo de conexión.

Esta modalidad de transferencia es óptima sólo en el caso en que los dos usuarios tengan que intercambiarse una cantidad significativa de datos (transferencia de ficheros o archivos); resulta ineficiente en cuanto los datos a intercambiarse son de pequeña entidad o bien, en el caso más frecuente, el tráfico de datos es de tipo interactivo o transitorio, es decir, el tiempo de uso efectivo de los recursos de la red supone sólo una parte con respecto al tiempo total de conexión (como, por ejemplo, la navegación en Internet a través de la World Wide Web).

Con el sistema GPRS, introducido por ETSI (European Telecommunication Standard Institute) para el Sistema GSM, el acceso a la red de paquetes se lleva al nivel del usuario del móvil a través de protocolos como los TCP/IP (Transmission Control Protocol), X.25, y CLNP (Connectionless Network Protocol), sin ninguna otra necesidad de utilizar conexiones intermedias por conmutación del circuito.

Al contrario que el servicio de transferencia de datos con modalidad de conmutación de circuitos, en el que cada conexión establecida se dedica sólo al usuario que la ha solicitado, el servicio GPRS permite la trasmisión de paquetes en modalidad "*link by link"*, es decir, los paquetes de información se encaminan en fases separadas a través de los diversos nodos de soporte del servicio, denominados GSN (Gateway Support Node). Por ejemplo, una vez que un paquete ha sido transmitido por la interfaz de radio (Um), se vuelven a liberar los recursos (Um), que así pueden ser utilizados por algún otro usuario y el paquete se vuelve a enviar sucesivamente de nodo a nodo hacia su destino.

En los servicios GSM los recursos son gestionados según la modalidad "*resource reservation"*, o sea, se emplean hasta el mismo momento en que la petición de servicio no se ha llevado a término. En el GPRS, sin embargo, se adopta la técnica del "*context reservation"*, es decir, se tiende a preservar las informaciones necesarias para soportar ya sea las peticiones de servicio de forma activa o las que se encuentran momentáneamente en espera. Por tanto, los recursos de radio se ocupan, en efecto, sólo cuando hay necesidad de enviar o recibir datos. Los mismos recursos de radio de una celda se dividen así entre todas las estaciones móviles (MS), aumentando notablemente la eficacia del sistema.

El servicio GPRS, por tanto, está dirigido a aplicaciones que tienen las siguientes características:

- Transmisión poco frecuente de pequeñas o grandes cantidades de datos (por ejemplo, aplicaciones interactivas).

- Transmisión intermitente de tráfico de datos bursty, por ejemplo, aplicaciones en las que el tiempo medio entre dos transacciones consecutivas es de duración superior a la duración media de una única transacción.

Gracias a GPRS podemos hablar de una Internet móvil de verdad, ya que GPRS proporciona una total conexión con los servicios actuales de Internet, como el FTP, el Chat, o el correo electrónico, lo que permite a muchos operadores convertirse en proveedores de contenidos para una nueva Internet móvil. Por otra parte, al dedicar varios canales de GSM a una misma comunicación la velocidad de transferencia se aumenta, pudiendo incluso llegar a los 115 kbit/s, aunque en la práctica queda reducida a 40 ó 60 kbit/s, por características propias de los terminales y de las redes que ofrecen el servicio.

4.8.5. UMTS. Red Universal de Telecomunicaciones Móviles

Los sistemas GSM y sus ampliaciones, el CDMA, GPRS, etc., son conocidos como la segunda generación de telefonía móvil (la primera eran los sistemas analógicos). Su más importante limitación es que el acceso a Internet se realiza con excesiva lentitud, 30 ó 40 kbit/s reales en el caso del GPRS, que no deja de ser un mero apaño para utilizar GSM con paquetes.

Desde hace tiempo se pensó en disponer de un sistema, tercera generación, que permita mucha mayor efectividad, hasta 2 Mbit/s. Así que los americanos desarrollaron su sistema y los europeos desarrollamos el nuestro, al que dimos el nombre de Sistema de Telecomunicaciones Móviles Universal, UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Universal implicaba que iba a combinar el teléfono sin hilos en el hogar, el teléfono en la calle, el servicio de mensajes, permitir el acceso a Internet, etc.

Así pues, en Europa y América iba a haber sistemas diferentes, basados en CDMA de banda ancha (WCDMA) y CDMA de banda estrecha, respectivamente. Pero, para evitarlo, la UIT, exigió un acuerdo para desarrollar un sistema común (figura 4.20), bajo la denominación de IMT-2000 (International Mobile Telecommunication 2000), lo que se ha logrado, considerando ambos modelos posibles dentro del estándar.

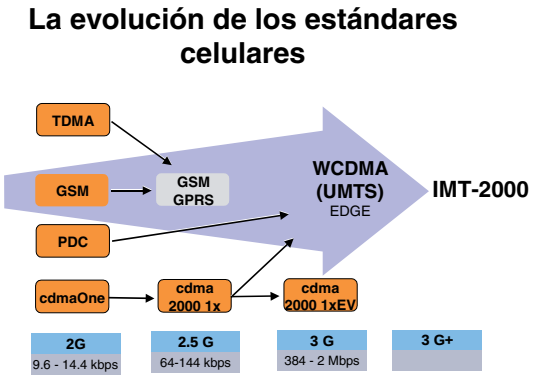


Figura 4.20. Evolución de los distintos estándares de radio celular.

4.9. LA RED TELEFÓNICA BÁSICA

La red telefónica surgió a finales del siglo XIX como respuesta a la necesidad de interconectar los diversos usuarios que deseaban establecer una comunicación mediante el teléfono. Aunque en un principio fue de iniciativa privada, pronto se convirtió en pública (además de establecerse un régimen de monopolio en la mayoría de los países), cobrando un intenso protagonismo.

¿Inventó o no Bell el teléfono?

En el año 2002 el Congreso estadounidense aprobó una resolución que atribuye la invención del teléfono a un italoestadounidense, Antonio Meucci, en lugar de Alexander G. Bell que, hasta entonces había sido reconocido como su inventor.

Según el texto de esta resolución, Antonio Meucci instaló un dispositivo rudimentario de telecomunicaciones entre el sótano de su casa de Staten Island, en Nueva York, y la habitación de su mujer, en la primera planta.

Meucci presentó su invención en 1860 en un diario local en lengua italiana, y en diciembre de 1871 presentó una petición provisional de patente, que no pudo pagar y dejó expirar en 1874.

La patente de la invención del teléfono fue concedida, dos años después, en 1876, a Alexander Graham Bell, que había trabajado en el laboratorio donde Meucci había dejado su material, según explica esta resolución.

Las autoridades estadounidenses trataron de anular, en 1887, la patente concedida a Bell en un juicio por fraude, pero la muerte de Meucci, en 1889, y la expiración de la patente de Bell hicieron que el asunto quedase zanjado entonces sin que llegase a determinarse quien fue «el verdadero inventor del teléfono».

Al considerarse la Telefonía Básica un servicio público, cualquier persona puede acceder al mismo y, mediante él, tener acceso a multitud de aplicaciones que suponen la transferencia remota de información de cualquier tipo. Su empleo masivo y su desarrollo, gracias a la incorporación de técnicas digitales tanto en la transmisión como en la conmutación y en los propios terminales, hacen que esta red sea la más importante de todas cuantas existen. No sólo para las comunicaciones vocales, sino para transmisión de textos, datos e imágenes.

Cuando se establece una red de comunicaciones, es necesario disponer de unos nodos de conmutación y/o concentración y de unos medios de transmisión que los conecten. Según la complejidad y el tamaño de la red su número será distinto, así como la topología y ubicación que se utilice.

Si los terminales a comunicar lo van a hacer siempre de la misma manera y ésta es fija o permanente, entonces lo adecuado será establecer un camino directo entre ellos, instalando lo que se denomina un **circuito punto a punto**. Éste es un caso muy común en la transmisión de datos donde, por ejemplo, se conecta una oficina remota con la central de la empresa con el fin de intercambiar datos en cualquier momento.

Si, por el contrario, la comunicación es esporádica y con distintos puntos, entonces no resulta adecuada la solución anterior y se requiere disponer de unos nodos que, a partir de la señalización recibida, dispongan en cada caso la ruta de interconexión entre los terminales que desean establecer contacto. Un ejemplo típico de esta situación es el servicio telefónico básico.

4.9.1. Las centrales de conmutación

La conmutación telefónica es el proceso mediante el cual se establece y mantiene un circuito de comunicación, capaz de permitir el intercambio de información entre dos usuarios cualesquiera. La imposibilidad de tener permanentemente conectados a todos los usuarios entre sí, con dedicación exclusiva de ciertos medios, hace necesario el empleo de un sistema que permita establecer un enlace solamente durante el tiempo en que se prolongue la transmisión: las centrales telefónicas en sus diversas modalidades.

El objetivo básico de una central telefónica es establecer el enlace entre dos abonados que desean establecer una comunicación. Para ello debe disponer de los medios físicos, funciones y señalización necesarios.

Como sucede en cualquier comunicación, es necesario fijar una serie de reglas y métodos -protocolo- que gobiernen el proceso de intercambio de información, desde el preciso momento de su inicio hasta su término.

En toda central telefónica se distinguen dos tipos de enlaces: los de entrada/salida a otras centrales y los internos, necesarios para conectar a los abonados de la misma central. Lógicamente, el número de enlaces es inferior al de abonados, ya que no todos ellos están manteniendo una comunicación simultáneamente, por lo que este factor hay que tenerlo en cuenta al realizar el dimensionamiento de la central. Las centrales de las redes públicas pueden tener asociados abonados o hacer solo una función de tránsito entre otras centrales para redirigir los circuitos de comunicación, como veremos en uno de los siguientes apartados.

Tanto en las centrales públicas como en las privadas el control es SPC, o por programa almacenado. Éste se fundamenta en el uso de microprocesadores, dispuestos bien de forma centralizada o bien distribuida, que se encargan de la gestión de todas las llamadas entrantes y salientes y demás funciones propias de la central.

4.9.2. La señalización en la red

Por **señalización** se entiende el intercambio de información entre llamante, llamado y la red, con el objetivo de establecer, mantener y liberar la llamada. La información de usuario (el contenido como tal de una conversación telefónica, por ejemplo) no entra en esta clasificación.

Como se ha explicado ya, de manera muy sencilla, se distinguen dos tramos diferentes en el camino que sigue una comunicación telefónica: uno, el comprendido entre el usuario y la central que le da servicio, el bucle de abonado. Otro, el que media entre las centrales origen y destino de la llamada, cuya longitud puede variar desde unos metros hasta decenas de miles de kilómetros, en el caso de una llamada internacional, lo que implica el paso por múltiples centrales intermedias.

En ambos casos la señalización utilizada para el intercambio de comandos (usuario a red y entre nodos de red) es diferente y específica del mismo, debiendo cumplir el objetivo marcado y que el proceso sea imperceptible para el usuario, que en cualquier lugar del mundo actúa de la misma manera, sin necesidad de aprender nuevas reglas cuando se desplaza de un país a otro.

Desde el lado del usuario, con independencia de que la tecnología empleada sea analógica o digital, se sigue el proceso representado por la figura 4.21. En ella se muestran las etapas sucedidas desde que se levanta el microteléfono para hacer una llamada hasta que se da por finalizada la comunicación al colgarlo.

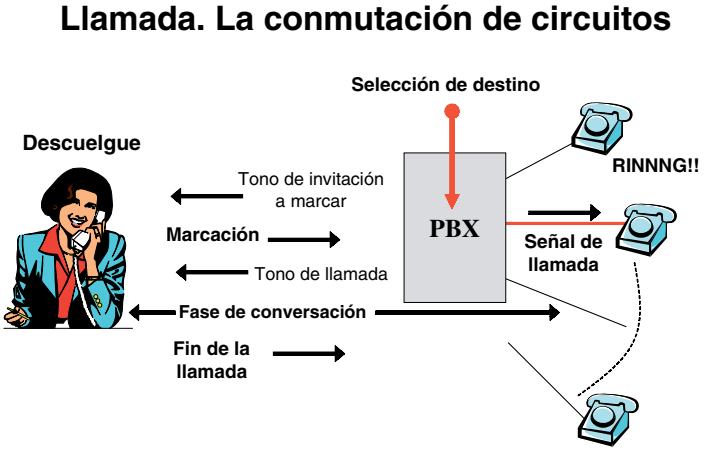


Figura 4.21. Proceso que se sigue en una comunicación telefónica.

4.9.2.1. SEÑALIZACIÓN POR CANAL ASOCIADO Y CANAL COMÚN

En la parte de red es donde la señalización es más compleja y juega un papel fundamental para el funcionamiento de la red y la oferta de servicios hacia los usuarios, entre ellos, los denominados servicios de red inteligente. La señalización se forma entre dos nodos de la red para establecer y controlar un canal de comunicación entre ellos, que prolongado por otros canales con otros nodos establecerá el circuito para esa comunicación. Se pueden considerar dos tipos distintos de señalización: señalización por **canal asociado (CAS)** y señalización por **canal común (CCS)**.

- **Canal Asociado (***Channel Associated Signaling***).** La señalización, de línea (para el control del canal) y de registro (para seleccionar el camino a establecer), está directamente asociada al canal que transporta la información. La voz viaja por los mismos canales y conjuntamente con las señales de control, pudiendo ser la señalización por corriente continua, tonos de frecuencia o digital.

- **Canal Común (***Common Channel Signaling***)**. La señalización de todos los canales se opera por un canal específico, dentro de los disponibles. Varios canales de información se combinan junto con los de señalización dentro de un medio de transmisión común, para lo cual las distintas señales se codifican y mezclan en el extremo emisor, realizándose el proceso contrario en el receptor, para recuperar la señal digital original.

En el sistema de señalización por canal asociado (CAS) la señalización viaja junto con las conversaciones, mientras que con la señalización por canal común (CCS) las señales viajan por su propio camino, constituyendo éstos una red de señalización, que transporta la información entre las centrales.

La señalización por canal común, cuyo ejemplo más significativo es el Sistema de Señalización número 7 del CCITT, reporta muchas ventajas. Entre ellas la posibilidad de compartir un dispositivo de señalización común con capacidad de atender miles de llamadas, por lo que se ahorra en equipo, y se transmite mucha más información y más rápidamente que con una señalización multifrecuencia.

4.9.3. El tráfico telefónico

Para cualquier análisis es fundamental conocer como se reparte el tráfico telefónico (número de llamadas generadas y su duración). La experiencia revela que las llamadas aparecen en cualquier instante, sin relación entre unas y otras -proceso aleatorio- y que son de duración variable pero con una media (para las de voz, ya que las de acceso a Internet están en torno a 20 minutos) entre dos y tres minutos, dependiendo del país.

La utilización media de una línea telefónica en nuestro país, durante el año 2002, ha sido tan solo de unos 20 minutos por día incluyendo el tráfico que genera el acceso a Internet, una cifra bastante pequeña si tenemos en cuenta que la disponibilidad es de 24 horas/día, aunque no muy inferior a la de otros países de nuestro entorno, pero sí a la de Estados Unidos, que es el triple.

Las medidas del tráfico generado, que realiza el operador de la red, le permiten dimensionar los recursos de la red compartidos por todos los usuarios, excepto el bucle de abonado. De no existir datos históricos, caso de un nuevo servicio, habrá que realizar previsiones. Un dimensionamiento inadecuado de los recursos será causa de posibles congestiones en la red (deterioro de la calidad de servicio, que se manifiesta en pérdida de llamadas, caídas de la red, retardos en el establecimiento de la comunicación, saltos erróneos de números, etc.) o de un sobredimensionamiento, y, por tanto, un encarecimiento de la misma, mayor complejidad y dificultad de gestión, con lo cual perderíamos efectividad de costes.

4.9.4. Estructura de la red telefónica

El gran número de usuarios y el alto tráfico que una red telefónica ha de poder soportar hace imprescindible agruparlos por áreas geográficas y hacerlos depender de varias centrales de conmutación que tengan acceso entre sí o a través de otras. Aparece el concepto de "jerarquía", la limitación en el número máximo de usuarios que una central admite, provoca el concurso de más centrales de conmutación para atenderlos una vez que éste se supera.

Las redes telefónicas nacionales de los distintos países se suelen estructurar en 2 niveles básicos: un **nivel local** y **un nivel de tránsito** (véase la figura 4.22), aunque en algunos casos, y dependiendo de su antigüedad, pueden llegar a tener varios más.

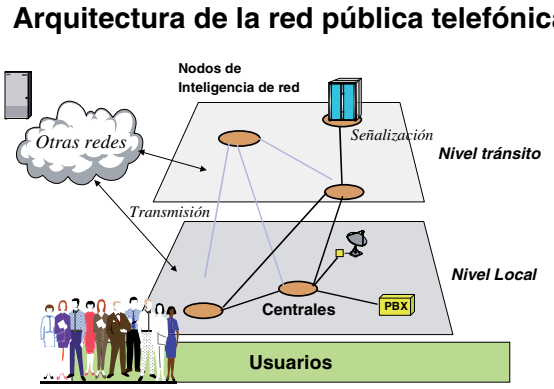


Figura 4.22. Estructura general de las Redes Telefónicas.

- El **nivel local** está compuesto fundamentalmente por las centrales autónomas con sus unidades remotas. En algunos casos, si el tráfico lo justifica, se incluyen también centrales del tipo tándem, que operan el tránsito entre centrales locales. Entre las centrales locales, a su vez, se pueden distinguir entre centrales cabecera y centrales congeladas funcionalmente (antiguas o muy limitadas en prestaciones o capacidad). Las centrales cabecera asumen el crecimiento de nuevos servicios, por ejemplo, RDSI.

- El **nivel de tránsito** está compuesto por las centrales nodales y por centrales de tránsito sectorial, donde la conexión de unas centrales con otras se realiza por caminos redundantes para tener un alto grado de fiabilidad, en previsión del fallo de alguna ruta.

Una particularidad derivada de la existencia de varias operadoras en la red, son las **centrales de interconexión** o centrales frontera entre operadores. Estas centrales pueden pertenecer a ambos niveles dependiendo de los acuerdos entre operadoras.

Además de estos dos niveles se puede considerar un tercer nivel formado por la red de señalización, constituida por nodos independientes.

4.9.5. Los servicios 900. Red inteligente

Sobre la red telefónica, actualmente, se ofrece una extensa gama de variados servicios que han producido un incremento en el número de llamadas y en el tráfico. Ello es posible gracias a la incorporación de aplicaciones informáticas sobre nodos especiales conectados o superpuestos a la infraestructura de conmutación telefónica, lo que viene a configurar la denominada Red Inteligente o IN (Intelligent Network).

La Red Inteligente sirve para prestar servicios que requieren el manejo eficiente de un considerable volumen de datos, mediante la centralización de determinadas funciones de control y proceso. El fundamento consiste en disociar las funciones propias del servicio telefónico dado a un usuario, como son la tasación y el destino final de las llamadas entrantes, de la terminación de red que le presta el servicio. Esto se realiza asignando a ese usuario otro número específico del servicio de red inteligente, el cual informa a los usuarios llamantes del tipo de tarifa que se le aplicará por las llamadas a ese número.

La IN prolonga las llamadas recibidas al número contratado de IN a el/los números de red telefónica básica que determine el cliente, donde son atendidas. Esta red ha sido posible gracias a la confluencia de la tecnología de conmutación digital con los nuevos sistemas de señalización, que permiten el intercambio de información entre todos los puntos de la red rápidamente y en grandes volúmenes, junto con las tecnologías de la información y las modernas técnicas de manejo de bases de datos.

La Red Inteligente, a través de los números 900 XX YY ZZ, ofrece unos servicios con prestaciones adicionales a las que se obtienen de la red telefónica básica, tanto para los clientes que contratan el servicio como para los usuarios que acceden al mismo.

4.10. RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS

La RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) es, básicamente, la evolución tecnológica de la Red Telefónica Básica (RTB). Al digitalizar todos los elementos de la comunicación, integra multitud de servicios, tanto de voz como de datos, en un único acceso de usuario que permite la comunicación digital a alta velocidad entre los terminales conectados a ella (teléfono, telefax, ordenador, etc.).

La RDSI se presentó como una red básica de comunicaciones que trataba de integrar redes y servicios que tradicionalmente se cubrían de muy diversas maneras. Esto significa que para ciertos servicios los usuarios van a disponer de varias alternativas para satisfacer sus necesidades concretas: por un lado, las redes convencionales de voz o de datos y, por otro, la solución basada en la RDSI.

La RDSI de banda estrecha admite como máximo hasta 2 Mbit/s, mientras que la RDSI de banda ancha empieza a partir de ellos. Es una red evolucionada de la red telefónica integrada digital, que proporciona conectividad digital extremo-a-extremo y soporta una amplia gama de servicios, a los que acceden los usuarios por medio de un conjunto limitado de interfaces multipropósito. La técnica de multiplexación empleada es por división en el tiempo (TDM) y todos sus terminales son digitales.

La RDSI, frente a la red telefónica pública convencional, ofrece una serie de ventajas, como son: audio de alta calidad, enlaces digitales a 64 kbit/s, señalización potente (por un canal asociado para el acceso de usuario, y por canal común entre centrales) que proporciona una gran funcionalidad; un único canal de acceso transfiere voz, datos e imagen, además de mejorar la rapidez en el establecimiento de las llamadas.

- **Modalidades de servicio**

La RDSI comprende el siguiente grupo de servicios, que se explican con detalle en el capítulo siguiente:

Dos tipos de modalidad de **acceso para el usuario**: básico y primario.

- **Servicios portadores**, aquellos servicios de telecomunicación para la transmisión de la señales que envían las interfaces de usuario a la red.

- **Servicios suplementarios,** proporcionan facilidades adicionales a los usuarios. Se ofrecen junto a los servicios portadores.

- **Teleservicios**, procuran la completa capacidad de comunicación entre los usuarios, conforme a protocolos establecidos, mediante acuerdos entre los operadores de telecomunicación.

4.10.1. Canales en la RDSI

Las líneas RDSI contemplan varios tipos de canales (figura 4.23):

- **Canal B**: Transporta la voz o los datos generados por el terminal del usuario (a una velocidad nominal de 64 kbit/s).

- **Canal D**: Transporta la señalización de usuario para la llamada (a una velocidad de 16 ó 64 kbit/s) y también puede utilizarse para transmitir simultáneamente datos por conmutación de paquetes.

Estos canales se pueden agrupar desde el punto de vista de instalación del cliente, bien en la modalidad más sencilla o Acceso Básico (dos canales B y un canal D de 16 kbit/s) o en forma de Acceso Primario (30 canales B y un canal D, en este caso de 64 kbit/s).

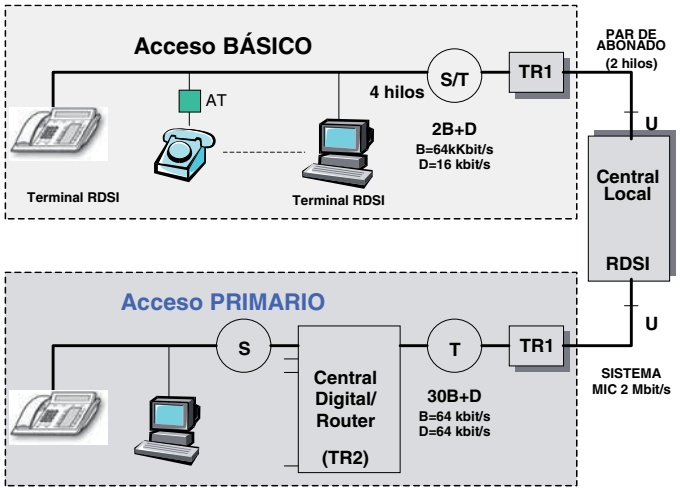


Figura 4.23. Accesos Básicos y Primarios en la RDSI. En esta figura, al no existir TR2, el acceso de usuario se conecta directamente a la central RDSI.

- **Acceso Básico (2B+D)**

El Acceso Básico proporciona 2 canales B de 64 kbit/s (dos comunicaciones simultáneas) y un canal D de 16 kbit/s para señalización y control de los anteriores.

Está soportado por una instalación a cuatro hilos, dos para transmisión y dos para recepción, en configuración de bus de datos denominado Bus Pasivo, al que se pueden conectar hasta 8 terminales, si bien sólo dos de ellos pueden estar en comunicación simultáneamente.

La interfaz de acceso del usuario se denomina **interfaz S** y la denominada **interfaz U**, soportado por dos hilos físicos, conecta el domicilio del usuario con la central RDSI y se materializa en el bucle de abonado. La **Terminación de Red TR** es la terminación física de la línea (PTR) y el punto de separación entre el Operador y el usuario. Si el terminal genera la información en una forma no adecuada para la transmisión RDSI, se necesita un Adaptador de Terminal (AT).

- **Acceso Primario (30B+D)**

El Acceso Primario proporciona 30 canales B de 64 kbit/s (30 comunicaciones simultáneas) y un canal D de 64 kbit/s para señalización y control de los canales B. En la instalación de usuario se dispone de 2.048 kbit/s (E1) que se puede estructurar de varias maneras. Está pensado para usuarios con grandes necesidades de comunicación y se suele utilizar para conectar centralitas de abonado, redes de área local y otros dispositivos que generan grandes flujos de información.

4.10.2. Conexión de terminales RDSI

Las instalaciones en las dependencias de los usuarios están constituidas por una red interna denominada bus pasivo. A ella se pueden conectar, para el acceso básico, hasta un total de 8 terminales, cada uno con su número telefónico propio, en los que se pueden generar y recibir llamadas, aunque sólo pueden establecerse dos comunicaciones simultáneas.

Los usuarios emplean un equipo denominado Terminación de Red 1 (TR1), para conectar los terminales a la RDSI. La TR1 equipa una interfaz U a 2 hilos hacia la red y una interfaz S/T a 4 hilos y 192 kbit/s en dirección a los terminales. La Terminación de Red 2 (TR2) es una agrupación funcional, como puede ser una PBX o una LAN, que realiza funciones de conmutación local y/o multiplexación a la que por un lado se conectan los usuarios y por otro la TR1. Normalmente, se requiere cuando se emplea un acceso primario.

La interfaz S0 es el punto donde se conectan los terminales RDSI. Se puede conectar un único equipo terminal (ET) en cuyo caso se alcanza hasta 1 km desde la centralita y se denomina configuración punto-a-punto. En otro caso es posible conectar hasta 8 terminales empleando un bus pasivo de distribución que puede ser *corto,* hasta 200 metros, o *extendido,* llegando hasta 600 metros. En este último caso, la conexión se limita a un máximo de sólo dos terminales.

La red de conexión de terminales de usuario está formada por un cable de dos pares que discurre desde la TR1, según distintas topologías (figura 4.24), hasta un punto extremo en el que se conectarán unas resistencias de terminación (Tr) para evitar reflexiones de la señal.

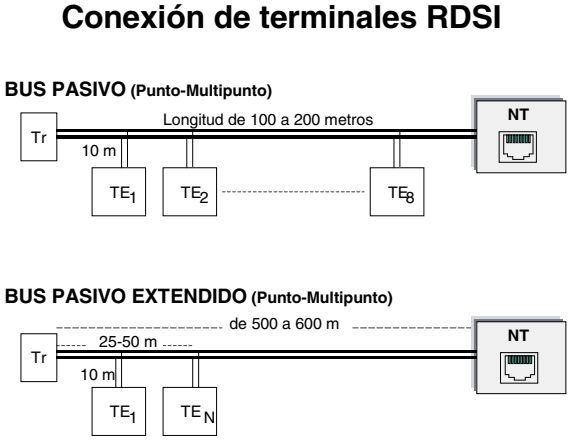


Figura 4.24. Conexión de terminales en RDSI empleando la interfaz S0.

4.10.3. Señalización en la RDSI

En la RDSI existen dos áreas claramente diferenciadas que utilizan señalizaciones distintas. De una parte se encuentra la conexión usuario-red, que emplea la señalización por canal D, y de otra, la conexión entre nodos de la red, que hace uso de la señalización por canal común SS7.

- **Señalización Usuario-Red**

  La señalización usuario-red por canal D recibe el nombre de DSS 1 (Digital Subscriber Signalling 1), Sistema de Señalización de usuario Digital, cuya estructura está basada en las capas 1 a 3 del modelo OSI de las normas ISO.

- **Señalización entre nodos**

  Para la señalización entre los nodos que forman la red de soporte RDSI se emplea la señalización SS7 por canal común. Utilizando un canal de 64 kbit/s para la transmisión de la información, que puede ser uno de los canales que cursan tráfico normal o un enlace de señalización dedicado.

4.10.4. RDSI de Banda Ancha

La RDSI de banda ancha (RDSI-BA) es el resultado de la evolución de la RDSI (conocida ahora como RDSI de banda estrecha) para soportar mayores velocidades y posibilitar servicios avanzados como la transmisión de vídeo.

Fue en 1988 cuando el CCITT aprobó la primera recomendación para la RDSI-BA (I.121). En ella se define la RDSI-BA como "un servicio que requiere canales de transmisión capaces de soportar velocidades mayores que la velocidad primaria". Se definió ATM (Modo de Transferencia Asíncrono) como la tecnología de conmutación a utilizar estableciéndose en 155 Mbit/s la velocidad que debía soportar.

Para ofrecer vídeo de alta resolución (sin tratamiento de la señal para eliminar redundancias) se necesitan velocidades de unos 100 Mbit/s. Para soportar uno o más servicios interactivos distribuidos, por ejemplo, vídeo, teléfono y paquetes de programas de televisión, se necesita una velocidad de línea de abonado de unos 500 Mbit/s. La única tecnología que permite estas velocidades es la fibra óptica. Por tanto, un condicionante para la introducción de la RDSI-BA es el ritmo de introducción de la fibra en el bucle de abonado.

El dispositivo de conmutación debe admitir un amplio rango de velocidades diferentes y de parámetros de tráfico, razón por la que se utiliza una tecnología de conmutación de paquetes con los protocolos ATM.

La estructura de una red de este tipo se forma, por ejemplo, con anillos de fibra óptica unidos por conmutadores en la red de acceso. La distribución al abonado es por fibra, por fibra/coaxial o xDSL, y una red troncal en malla sobre unos grandes anillos con centros de tránsito.

Figura 4.25. Estructura de una red de banda ancha, con anillos de fibra óptica.

4.11. REDES DE TRANSMISIÓN DE DATOS

Al principio del capítulo hemos presentado las redes de área local (LAN) que, encuentran su aplicación principal en la transmisión de datos en grandes organizaciones. Aunque pronto será frecuente en el hogar o en el interior de un vehículo, y no dentro de mucho en las prendas de vestir, algo que puede sonar a ciencia ficción pero en lo que ya se está trabajando. En cualquier caso, su entorno de utilización se limita a un radio de unos pocos metros o decenas de metros.

Cuando la necesidad de comunicación es mayor y se requiere una conexión más amplia que la que se obtiene con una LAN, hay que recurrir a instalar una WAN, al igual que en el caso de las redes de voz. Las tecnologías empleadas más habitualmente son, como hemos visto, las de conmutación de paquetes: X.25, Frame Relay, ATM e IP.

Dentro de los distintos tipos de redes de datos, una de las primeras en aparecer era la que hacía uso de la norma X.25 adoptada por el CCITT en el año 1976. Las redes que se basan en X.25 se conocen como "Redes de Conmutación de Paquetes". Básicamente proporcionan servicios de transmisión de datos entre dispositivos capaces de recibir y/o generar información de forma transparente para el usuario. El sistema X.25 incorporaba grandes mejoras sobre los métodos de transferencia de datos anteriores. Tanto es así que las primeras redes públicas fueron las basadas en el protocolo X.25.

Las transmisiones por X.25 operan agrupando los datos en paquetes de determinada longitud. Éstos contienen la información generada por el usuario así como los datos de control necesarios para identificar el origen y destinatario de la información, además de otros parámetros necesarios para garantizar la integridad de la misma. Los paquetes de distintos usuarios se entremezclan en los enlaces y medios de conmutación de la red, aumentando la eficacia de ésta y reduciendo notablemente el coste de provisión de los servicios. Este principio, como hemos visto, lo utiliza también las redes Frame Relay, ATM e IP, por lo que las explicaciones que se den para X.25, en gran medida, son válidas para los otros.

Las redes de paquetes surgen a principios de la década de los 70, debido a la necesidad de un medio único de transmisión válido a nivel global. Desde entonces han sido utilizadas para la constitución de redes de datos públicas, con cobertura nacional. O privadas, que dan cobertura dentro de la propia entidad corporativa.

El CCITT, en su “Serie de Recomendaciones X” estableció también la norma X.75 que definía la interconexión entre diferentes redes públicas de conmutación de paquetes con la norma X 25. Esta misma normativa es la comúnmente utilizada para la conexión de las redes privadas con las públicas, y así poder disponer de la amplia variedad de servicios ofrecidos por éstas.

Las aplicaciones más comunes de estas redes se centran en el establecimiento de comunicaciones interactivas en tiempo real y en el servicio de acceso a bases de datos. En definitiva, puede afirmarse que cualquier aplicación que necesite de unos medios de transmisión eficaces, flexibles y de gran seguridad es susceptible de emplear este sistema.

4.11.1. Elementos de una red de conmutación de paquetes

Una red de conmutación de paquetes, como la de la figura 4.26, está constituida por una serie de nodos de conmutación y unos elementos de transmisión que sirven para su unión. Cada uno de estos nodos dispone de un determinado número de líneas de entrada/salida, teniendo capacidad para procesar los mensajes que recibe, en forma de paquetes, y encaminarlos adecuadamente al destino especificado dentro del campo de direccionamiento. Pudiendo estar este destino en el mismo nodo receptor o en otro cualquiera de la red. Los nodos se encuentran interconectados entre sí, y la topología de la red variará en función de los requerimientos de los usuarios de la misma, aunque de manera general adoptará una topología de tipo malla que garantice la existencia de rutas alternativas, en previsión de la caída de alguno de los enlaces.

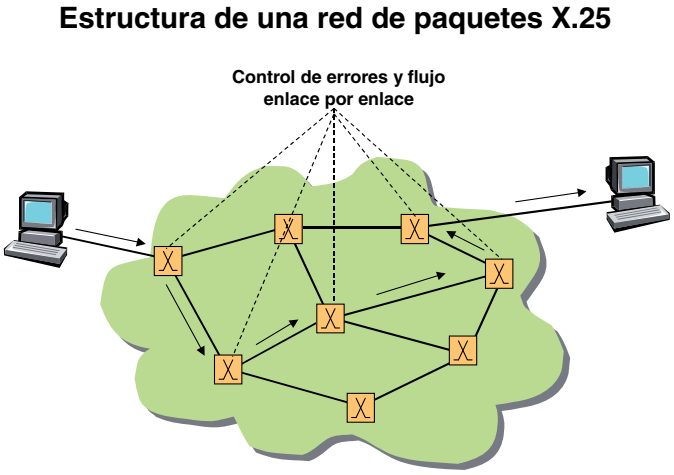


Figura 4.26. Estructura de una red de conmutación de paquetes X.25.

La red puede diseñarse para adaptarse a las necesidades de transmisión, careciendo, en principio, de limitación alguna, salvo las impuestas por el propio hardware y software utilizados, pudiéndose utilizar nodos de diferente capacidad y con distintas opciones en cuanto a los protocolos admitidos. Esto permite construir la red de forma que se ajuste perfectamente a los flujos de información que circulan en cada punto de la misma.

En las redes públicas de conmutación de paquetes que emplean el protocolo X.25 los diferentes equipos terminales (DTE) se conectan bien directamente o bien a través de un módem a los nodos de conmutación.

Lo más frecuente es el empleo de una interfaz X.25, aunque también se puede disponer de otras interfaces mediante el uso de unas funciones adaptadoras o ensambladoras/desensambladoras de paquetes (PAD), tal como pueden ser asíncrona X.28, BSC, SDLC, o cualquier otro protocolo común.

Ya hemos visto que existen otras redes, de conmutación de paquetes, distintas de las que se basan en X.25 como son las que utilizan Frame Relay, ATM o IP, que tienen sus particularidades, pero ahora vamos a ver conceptos muy generales.

4.11.2. Facilidades de una red de conmutación de paquetes

Nuestro siguiente paso será un breve análisis del amplio conjunto de funciones y servicios que pueden proporcionar estas redes que disponen de una gran flexibilidad para adaptarse a cualquier necesidad.

Dentro de este conjunto de facilidades conviene hacer una distinción entre las que son de conexión, de direccionamiento, y las propias funciones de la red, para tener perfectamente definidas las que necesitamos en nuestra propia aplicación y conseguir un resultado eficaz en el funcionamiento de la red.

- **Funciones de conexión**

  Éstas definen el modo de establecimiento del enlace y de realización de la llamada. Podemos distinguir entre dos modalidades de servicio: circuito virtual conmutado y circuito virtual permanente. Diferenciándose uno del otro por la necesidad o no de establecer un proceso de llamada, pudiendo existir sobre un único enlace físico varios circuitos de uno u otro tipo.

- **Funciones de direccionamiento**

  Estas indican la ruta a establecer, bien ante el establecimiento de una llamada o bien ante la caída de un nodo. Es, pues, una de las funciones básicas para establecer el enlace entre dos usuarios de la red.

- **Funciones de red**

  Entre éstas cabe destacar como principales la de encaminamiento alternativo, la de confirmación de recepción de los mensajes, y la de integración de diferentes sistemas, al adoptar un protocolo normalizado.

Las redes de conmutación de paquetes, utilizando la norma X.25, consiguen una alta eficiencia en la transmisión al compartir dinámicamente los medios de transmisión. De tal forma que distintas comunicaciones pueden ser transmitidas simultáneamente sobre el mismo enlace utilizando circuitos virtuales. En resumen:

- Ofrecen un servicio orientado a conexión (hay fase de establecimiento, transmisión y liberación, del circuito lógico, que no físico).
- Ofrece un servicio fiable (no pierde ni desordena la información).
- Velocidad de transmisión que puede llegar hasta 2 Mbit/s.

4.12. LA RECOMENDACIÓN X.25 DEL CCITT

El estándar X.25 especifica y estandariza la forma en la cual el terminal de datos del usuario (ETD) puede comunicarse con el nodo, el equipo terminal del circuito de datos (ECD), en una red pública de conmutación de paquetes.

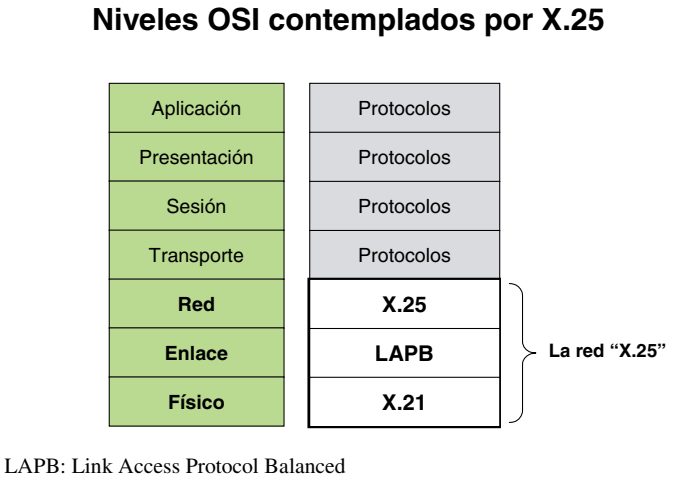


Figura 4.27. Estructura en niveles de la recomendación X.25.

La recomendación X.25 se estructura en tres niveles (figura 4.27), conforme al modelo OSI: **Nivel Físico, Nivel de Enlace** y **Nivel de Paquete.**

- **El nivel físico**

  Es el que soporta el medio por el que se realiza la transferencia de los datos. La funcionalidad definida para este nivel se encuentra en las recomendaciones X.21

(velocidades altas de transmisión) y X.21 bis (velocidades bajas), siendo funcionalmente iguales a la recomendación V.24.

- **El nivel de enlace**

  Asegura el intercambio de información libre de errores entre el ETD y el ECD. Se encarga de establecer una comunicación fiable entre sistemas directamente conectados. Intercambia señales -negociación- para fijar las características de la transferencia, establecimiento de la conexión, rechazo de tramas, etc.

- **El nivel de red**

  El nivel de red especifica los procedimientos para la transferencia de paquetes de información y de control en la interfaz ETD-ECD, de forma ordenada, libre de errores y multiplexada sobre el enlace físico. El nivel de red debe añadir una mayor funcionalidad a la red, asegurando la comunicación fiable entre sistemas sin necesidad de que estén directamente conectados.

  El paquete a transferir (cabecera del nivel de paquete más el campo de datos de usuario de los niveles superiores), de los que hay 15 clases, se introduce en la trama del nivel de enlace. Los paquetes están formados por un número entero de bytes (valor que puede estar comprendido entre 8 y 4.096).

4.12.1. Datagramas y Circuitos Virtuales

En X.25 existen dos modalidades de transmisión, como ya se vio en el capítulo anterior: **Modo Datagrama** y **Modo Circuito Virtual**. Con el fin de establecer las vías de comunicación, la recomendación define 2 tipos de circuitos virtuales:

- ***Circuito Virtual Conmutado (CVC)***: El procedimiento de establecimiento, mantenimiento y liberación de la llamada es muy similar al de una llamada telefónica. En definitiva, es un servicio orientado a conexión donde, antes de proceder a transmitir los datos, ha debido establecerse un circuito virtual entre los ETD.

  Este tipo de servicio es adecuado para aquellas aplicaciones en las que no sea necesario que el periodo de tiempo de *establecimiento de la comunicación* sea muy pequeño.

- ***Circuito Virtual Permanente (CVP)***: En este tipo de servicio *siempre* existe un circuito virtual entre dos ETD remotos, mediante un número de canal lógico *permanente* que es asignado por el proveedor. Es más fiable pero implica la dedicación permanente de recursos, por lo que resulta más caro que el anterior.

Las aplicaciones que se adaptan mejor a los CVP son aquellas que necesitan una transmisión inmediata de los datos sin esperar a que el circuito virtual quede establecido. Por su carácter permanente, los CVP se adaptan perfectamente a la estrategia de comunicaciones de datos entre sedes de una misma organización.

4.12.2. Facilidades que se ofrecen al usuario

Las facilidades que ofrece X.25 pretenden que el usuario aumente su capacidad y flexibilidad en la explotación de la red de datos.

En general, las facilidades definidas en las recomendaciones de la Serie X del CCITT relativas a este tipo de redes se dividen en opcionales y esenciales. Otra característica de éstas es que algunas se asignan o negocian para cada llamada realizada y otras son definidas al momento de la contratación del servicio. Se solicitan y caracterizan por medio del campo de "Facilidades de Usuario", contenido en el paquete X.25 (por ejemplo, selección rápida y negociación del tamaño del paquete distinto del normalizado).

4.12.3. Conexión mediante un adaptador

Los terminales (ETD) con acceso a una red de datos X.25 se suelen clasificar de la siguiente manera:

- **ETD Síncronos o en modo paquete**. Son terminales “inteligentes” u ordenadores/servidores especializados que pueden transferir información, basados en el protocolo X.25. Se conectan directamente a la red de datos ya que ésta admite el mismo protocolo.

- **ETD Asíncronos o en modo carácter**. Son los terminales y ordenadores personales de poca capacidad que intercambian información en caracteres. No son compatibles directamente con X.25 por lo que se conectan a través de dispositivos -PAD- que realizan las conversiones necesarias. El PAD (Packet Assembly/Disassembly) realiza el ensamblado y desensamblado de paquetes para la comunicación entre el ETD y ECD.

Si el terminal que se va a conectar a una red de conmutación de paquetes X.25 no soporta este protocolo (lo que se llama X.25 nativo), entonces es necesario intercalar entre la propia red y el terminal un equipo adaptador que soporte por una de sus puertas el protocolo X.25 (de cara a la red) y por otra, el protocolo propio del terminal, realizando internamente la conversión de uno a otro, en ambos sentidos de la transmisión. Estos equipos -adaptadores- suelen contemplar varias puertas para permitir la conexión simultánea de más de un terminal, y así resultar más económicos.

4.13. SOLUCIONES PARA EL ACCESO A INTERNET

Internet es una red de redes que interconecta aquellas redes cuyos propietarios así lo desean mediante la correspondiente conexión, habitualmente una línea alquilada, aunque Internet no descarta ningún tipo de conexión siempre que se realice observado el protocolo de interconexión de red conocido como IP (Internet Protocol). Para conectarse a Internet, se solicita el servicio a un operador (Internet Service Provider o ISP), por cuya conexión se encaminará el tráfico procedente de la nueva red agregada.

El acceso a Internet se ha convertido en una actividad muy común, tanto para usos particulares como de negocios. En este medio se encuentra una manera sencilla y económica de comunicarse (correo electrónico) o de acceder a información (navegación WWW), contenida en los innumerables servidores que conforman la red. Si éstas son sus ventajas, también tiene sus inconvenientes. Entre ellas destaca su lentitud a través de las redes tradicionales de pares de cobre que, a veces, dependiendo del proveedor del servicio y de las condiciones de saturación de la red, puede llegar a ser frustrante.

Para mejorar el acceso a Internet, los proveedores de redes de telecomunicaciones se están esforzando en proporcionar vías más rápidas de comunicación. El acceso tradicional a través de la red conmutada o la RDSI alcanza velocidades máximas de 56 kbit/s o 128 kbit/s respectivamente. Aunque en el caso de la red conmutada y haciendo uso de tecnologías xDSL se pueden alcanzar varios Mbit/s como hemos visto. Frente a ello, los operadores de cable tienen la oportunidad de proporcionar, además de los canales de TV programados, el acceso a los servicios de telefonía y/o transmisión de datos. En este caso a velocidades de varias decenas de Mbit/s, de una manera muy sencilla que consiste en la utilización de los módems de cable sobre una infraestructura de fibra óptica, que al llegar a casa del abonado se transforma en coaxial.

Los sistemas de cable proporcionan un gran ancho de banda y pueden ser utilizados para la transmisión de datos a alta velocidad, siendo el acceso a Internet una de las aplicaciones que más éxito está teniendo dentro de esta modalidad. Su utilización viene, hasta cierto punto, marcada por la obtención de la licencia necesaria para tender la red y operar el servicio, restringido a los operadores de cable por concurso, y actualmente a los de red fija. Por otra parte, la radio es una alternativa a considerar y, así, a principios del año 2000 se han adjudicado seis licencias empleando tecnología LMDS que trabaja en radio, en las bandas de 3 y 26 GHz.

También es útil para aquellos proveedores, ISP, que necesitan conexión con un operador que proporcione acceso a Internet por RTB a sus abonados. En este caso la RTB concentra el tráfico de acceso de los abonados en unos nodos pasarela (gateway), a los que se conectan los ISP por líneas Frame Relay suministradas por un operador con licencia de transmisión de datos. Estas líneas concentran el tráfico de todos los nodos pasarela en los puertos de entrada del servidor del ISP. Los nodos pasarela son identificados por los usuarios por un número telefónico geográfico de su ciudad, lo que

permite tarificar el tráfico de acceso a precio de llamada metropolitana. O por un número de red inteligente único (tipo 901), con lo que el abonado llamante solo paga precio de llamada metropolitana y el ISP paga la diferencia del precio de la llamada, la red inteligente concentra así el tráfico en un número menor de pasarelas.

4.13.1. Estructura de la Red Internet

Para entender la **estructura** de Internet es necesario disponer de algún conocimiento sobre redes de ordenadores y con lo visto en los capítulos anteriores, nos bastará. En los últimos años se han desarrollado grandes redes que unían ordenadores de empresas o de particulares. Estas redes, eran de tipo LAN o WAN. Internet es otra Red, que se viene desarrollando desde hace más de 30 años, que está por encima de éstas y que las une a todas.

Tenemos como ejemplo los conocidos "Servicios On-Line" en EE.UU. Son redes de ordenadores a los que se podían conectar particulares con el fin de conseguir programas o contactar con otros usuarios por correo. A estas redes se subscribían los usuarios pagando una cuota. "America On-Line", "Compuserver" ó "The Microsoft Network" son algunas de éstas redes. Con la llegada de Internet, los usuarios de estas redes disponen de más alcance puesto que se les permite contactar con ordenadores que están fuera de su Red, o sea en Internet.

La conocida "InfoVía" vino a ser uno de estos servicios en España. Su aparición, sin embargo, fue posterior a la de Internet. InfoVía daba dos servicios que es importante diferenciar. Por un lado, estaba InfoVía como red de ordenadores a nivel nacional, y por otro lado, estaba el servicio de conexión entre ordenadores de proveedores y usuarios a través de InfoVía a precio de llamada local (este hecho, realmente, provocó la conexión masiva de usuarios y el éxito del servicio, ya que el coste de la conexión no dependía del lugar, sino, solamente, del tiempo de establecimiento de la llamada). Hoy, con la liberalización del mercado la situación es diferente y existen numerosos operadores que ofrecen el servicio de conexión a Internet, muchos de ellos, con tarifa plana.

En resumen: Internet es una red de alcance mundial que une una gran cantidad de redes de grandes de ordenadores. Esto afecta al usuario de Internet, puesto que le permite contactar con gente y ordenadores de todo el mundo desde su propia casa. Internet funciona con la estrategia "Cliente/Servidor", lo que significa que en la Red hay ordenadores Servidores que dan una información concreta en el momento que se solicite, y por otro lado, están los ordenadores que piden dicha información, los llamados Clientes.

Existe una gran variedad de "lenguajes" que usan los ordenadores para comunicarse por Internet. Estos "lenguajes" se llaman Protocolos. Se ha establecido que en Internet, toda la información ha de ser transmitida mediante el Protocolo TCP/IP.

4.14. REDES PÚBLICAS Y PRIVADAS (RPV)

Redes públicas: no son redes de propiedad pública, son redes de propiedad privada, pero para uso público y, como tales, tienen un tratamiento especial en la Ley de redes de uso público y requieren para su explotación de unas licencias especiales, como veremos en el capítulo 6 que trata sobre Legislación. Algunos ejemplos de este tipo de redes, son las redes de Telefónica o de Auna (cable-operadores), pero a pesar de que tienen dueño, se llaman redes públicas, porque son de uso público.

Redes privadas: habitualmente, esto no define una red completamente privada. El tendido de redes de fibra óptica, por ejemplo, está fuera del alcance de la mayoría de usuarios. Lo más frecuente es que los elementos de conmutación sean privados (centrales o nodos de datos) y que los medios de transmisión se contraten a una red pública.

En el caso de la **Red Privada Virtual**, nada es propio, es una red alquilada al operador, o construida sobre la base de utilizar la infraestructura propia de la red Internet (figura 4.28), dispuesta por entero para la utilización del usuario. Como la emplea el contratante en exclusiva no se cobra por el tráfico y la tarifa es fija. Debido a la propagación de las nuevas tecnologías de la información su uso se ha extendido profusamente en los últimos años.

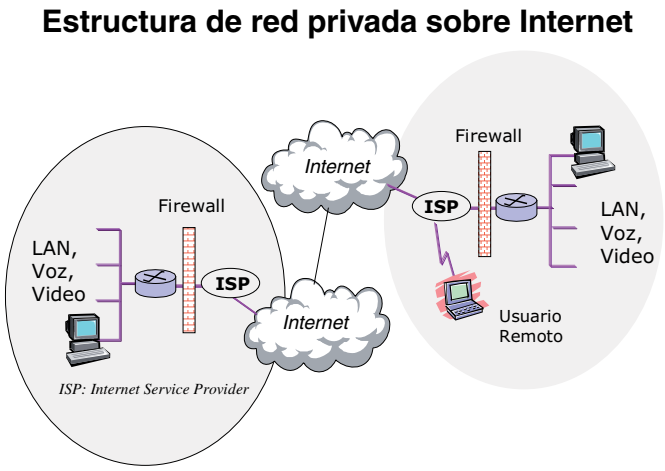


Figura 4.28. Estructura para formar una Red Privada Virtual (RPV) con Internet.

Así, una aplicación de las RPV es emplearla como alternativa a las redes WAN sustituyendo las líneas privadas por las infraestructuras de red de un operador público. Este tipo de configuración recibe el nombre de *intranet* y, combinada con los mecanismos de QoS y gestión de ancho de banda del operador de red aseguran la eficiencia en la WAN y un caudal (*throughput)* fiable.

Los beneficios de las *intranet* son la reducción de los costes del ancho de banda, una topología flexible, la facilidad y la rapidez para conectar nuevos usuarios y el aumento de las prestaciones de la red al ser posible emplear varios operadores por cuestiones de redundancia.

Sin embargo, también es posible conectar la red corporativa de un empresa con las redes corporativas de empresas asociadas o que mantengan algún tipo de relación (clientes, proveedores, socios tecnológicos, etc.). Este tipo de aplicación se denomina *extranet*, y uno de los principales beneficios de esta arquitectura es la facilidad de implantación y gestión, ya que se emplean las mismas técnicas que en Internet.

Las Redes Híbridas, son aquellas en las que parte de la red es privada y otra pública. Normalmente en casos en los que conviene disponer de una red privada que cubra un área y necesitemos llegar a otro punto hacia el que no compense extender la misma.

CAPÍTULO 5

LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES

5.1. CLASIFICACIÓN DE SERVICIOS SEGÚN EL CONTENIDO

Los servicios no suelen estar limitados por la técnica, muy avanzada en estos momentos y capaz casi de resolver todos los problemas, sino por la imaginación del operador y a cualquiera se le puede ocurrir crear, y ofrecer a sus clientes, un servicio nuevo; por lo tanto, intentar clasificar los servicios es algo realmente complicado.

Hasta hace relativamente poco tiempo era muy común clasificarlos en servicios de voz, de datos, de texto y de vídeo o imagen, pero esto es una clasificación antigua. A lo largo de este capítulo vamos a empezar a ver los servicios por su contenido y luego los vamos a ver por las redes por los que van, para poder completar su visión, y dejaremos para el final los servicios audiovisuales y los de acceso a Internet; esto es una visión particular, que puede ser tan válida como cualquier otra, pero es que los servicios están cambiando continuamente a la vez que surgen nuevos servicios, de manera que intentar clasificar los servicios es complicado y no hay reglas fijas para ello, sino distintos puntos de ver la situación en un momento determinado.

Irán apareciendo una serie de siglas nuevas, en relación con los servicios y las tecnologías que utilizan, que iremos explicando, pero habrá que tener cuidado con ellas ya que la misma puede significar dos cosas totalmente distintas, según el contexto; así, por ejemplo ATM puede ser Modo de Transferencia Asíncrona o Cajero Automático (Automatic Teller Machine). También, se utilizan acrónimos en español o en inglés, y podemos ver nombrada a una red de área local como una RAL (Red de Área Local) o una

LAN (Local Area Network), o a la Red Digital de Servicios Integrados como RDSI o ISDN. Para no perderse en esta sopa de letras y que, al mismo tiempo, sirva como una guía de consulta rápida, al final del libro se incluye un amplio glosario con los términos y siglas más habituales en telecomunicaciones.

La clasificación que hacemos en este texto de los servicios de telecomunicaciones, según su contenido, es la que aparece en la tabla de la figura 5.1.

Servicios según su contenido	
• **Servicios de voz** - Telefonía Básica - Telefonía Móvil - Trunking	• **Servicios de Texto y Gráficos** - Télex - Fax - Paging
• **Servicios de Datos** - Conmutación de paquetes (X.25, IP) - Conmutación de tramas (F. Relay) - Conmutación de celadas (ATM)	• **Servicios de Vídeo** - Vídeotelefonía - Vídeoconferencia - Vídeo

Figura 5.1. Clasificación de los servicios según su contenido.

5.2. SERVICIOS DE VOZ

5.2.1. Telefonía Básica

Llamamos telefonía básica (STB/Servicio de Telefonía Básica) a la comunicación de voz empleando redes telefónicas fijas. Clásicamente, se ha llamado telefonía básica al servicio de comunicación de voz entre terminales fijos. De hecho, lo primero que se liberalizó en Europa fue la telefonía móvil y la básica se mantuvo como monopolio ya que se consideraba diferente. La telefonía básica puede ser analógica, que va a través de la (RTC) Red Telefónica Conmutada y la digital que va sobre una red que se llama RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) y que veremos luego.

5.2.1.1 LOS SERVICIOS TELEFÓNICOS

El servicio Telefónico tiene por objeto facilitar la comunicación oral entre los usuarios del mismo, conforme a unos estándares de calidad recogidos en las diversas recomendaciones del CCITT (ahora Unión Internacional de Telecomunicaciones-T).

El Servicio Telefónico Básico (STB) es el que, haciendo uso de la red telefónica conmutada, permite a los usuarios realizar y recibir llamadas y establecer comunicaciones de voz, datos e imágenes entre dos o más puntos de la red telefónica nacional o internacional, siempre que dispongan de un punto de acceso a ellas, al que se conectan, mediante la línea telefónica, los terminales adecuados para el tipo de comunicación que se desea establecer (teléfono, fax, módem, etc.).

Este servicio, de carácter universal, está dirigido a todo el mercado en general, extendiéndose tanto al sector residencial como empresarial y cubre tanto las necesidades básicas de comunicación como otras aplicaciones más avanzadas que vienen a constituir lo que se denominan servicios suplementarios.

El servicio telefónico básico es, técnicamente, un servicio analógico y orientado a la transmisión de voz empleando la conmutación de circuitos. Puesto que los enlaces de transmisión y centrales de conmutación no están completamente digitalizados, para la transmisión de datos se requiere el empleo de módems que conviertan la señal digital en analógica (modulación) y viceversa (demodulación).

Este servicio, de telefonía disponible al público, está totalmente liberalizado desde el 1 de diciembre de 1998 y ya son más decenas los operadores que lo prestan y otros muchos los que solicitan cada año, ante la CMT, licencia para ello. Así, se produjo la ruptura del monopolio que ha mantenido Telefónica durante tantos años con la entrada de Retevisión en 1998, a la que han seguido Uni2, Jazztel y otras muchas operadoras más que, inicialmente, ofrecen acceso indirecto (mediante la marcación de un código identificativo del operador), utilizando el bucle de abonado existente de Telefónica.

Con carácter general, el servicio telefónico básico incluye:

- **Número telefónico perteneciente a la red pública**, número telefónico (asociado a una línea) perteneciente al Plan de Numeración Nacional, constituido por nueve dígitos, de los cuales dos o tres identifican la provincial y el resto al identificativo del camino lógico de red hasta el domicilio del abonado.

- **Instalación de un Punto de Terminación de Red (PTR**), un cajetín con la finalidad de separar lo que es la instalación interior de la exterior y servir como punto de corte y prueba de la línea en las tareas de mantenimiento y control desde la central.

- **Buzón de voz**, permite disponer voluntariamente y bajo solicitud de un contestador telefónico soportado por la red, sin necesidad de equipo adicional alguno en el domicilio del usuario, que puede personalizar su mensaje y disponer de otras facilidades.

- **Facturación detallada**, de todas las llamadas realizadas por el cliente en un periodo de tiempo, incluyendo número, fecha y hora, duración, importe, etc. Sólo el detalle de las llamadas no metropolitanas está incluido en el servicio básico. Estas últimas se pueden detallar bajo solicitud.

Además de los servicios descritos, el usuario del servicio telefónico básico puede contratar otros -suplementarios- tales como el de indicación de llamada en espera, desvío en caso de no-contestación, consulta y conferencia a tres, etc.

5.2.2. Telefonía móvil

La telefonía móvil es un servicio de comunicación de voz en el que al menos uno de los terminales es móvil, basado en sistemas de radio celulares. Puede ser analógica (estándares NMT 450, TACS 900, AMPS) y digital (DECT, GSM, UMTS, etc.).

En España la telefonía móvil empezó siendo analógica, en 450 MHz, con la tecnología procedente de Escandinavia, concretamente de Suecia, la denominada NMT 450. Había habido una experiencia anterior en ciento y pico MHz, pero muy anterior y para un uso muy exclusivo y limitado (servicios oficiales).

Esta telefonía, con la tecnología analógica antigua, sólo permitía del orden de 60.000 abonados, una cifra a la que se llegó en mayo de 1990, así que el servicio se congestionó y hubo que poner otro en marcha. Se puso en marcha uno a 900 MHz, esta vez utilizando la tecnología TACS de Motorola, y empezó lo que hoy conocemos con el nombre de servicio MoviLine. Ahí empezaron los pequeños "motorolas"; los anteriores, los de 450 eran aquellos teléfonos que tenían un asa y una batería muy grande y, aunque se decía que eran portátiles, casi eran para llevar en el coche ya que su peso y dimensiones eran muy elevados.

El lanzamiento de estos móviles coincidió con un problema de red fija en Madrid, cuando la demanda era muy superior a la capacidad de oferta de Telefónica, por lo que algunas empresas compraban un móvil para sustituir al fijo, que tenía una lista de espera muy larga.

Mientras tanto, en Europa se crea el estándar GSM, que se lanza comercialmente en 1992, y se llega, por lo tanto, al actual sistema, GSM 900, pero a la vez se inventa el DECT, que es teléfono inalámbrico para el hogar, y luego el GSM 1800 que se llama también DCS1800, para llegar, en el momento actual, a la tercera generación de móviles, que en Europa llamamos UMTS, y que se engloba dentro de la propuesta IMT 2000 de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones).

En algunos países se ha desarrollado el GSM 450, que al tener una frecuencia inferior, alcanza una cobertura mayor, aunque no es un sistema popular.

5.2.2.1. LOS SERVICIOS DE COMUNICACIONES MÓVILES

El método tradicional de comunicación telefónica es mediante el empleo de la red telefónica conmutada y el uso de teléfonos fijos, pero cada vez más, otras alternativas están cobrando fuerza y, en algunos casos, llegarán a ser más un sustituto que un complemento de la primera. Así, tenemos los sistemas de radio profesional, la radiomensajería y los sistemas celulares (conocidos como la telefonía móvil) e inalámbricos, todos ellos haciendo uso de la tecnología radio (inalámbrica), como los más importantes.

Actualmente, la telefonía móvil es un servicio que se ofrece sobre dos tecnologías diferentes -analógica y digital- sobre el que se soportan los servicios de comunicación vocal, datos y mensajes cortos. En la telefonía móvil analógica la voz se transporta como una señal continua sin codificar, mientras que en la telefonía móvil automática digital la voz se digitaliza y trocea en paquetes que pueden compartir el mismo canal de frecuencias con otros paquetes procedentes de otras conversaciones, lo que permite aumentar la capacidad del sistema, aprovechando al máximo un recurso escaso como es el espectro radioeléctrico.

La telefonía móvil consiste en ofrecer el acceso vía radio a los abonados de telefonía, de manera tal que puedan realizar y recibir llamadas dentro del área de cobertura del sistema, utilizando el espectro radioeléctrico para enlazar con las estaciones radio conectadas a las centrales telefónicas.

- **Los servicios en GSM**

El GSM facilita la provisión de una serie de servicios añadidos a los de la telefonía fija, tales como el envío de datos hasta 9,6 kbit/s, sin necesidad de módem externo a través de una tarjeta PCMCIA para conexión con el puerto serie del ordenador, y el envío de Fax grupo 3 gracias a la digitalización de las transmisiones de radio.

Posibilita la creación de redes privadas virtuales, es compatible con la RDSI, permite la identificación de un abonado bajo dos números distintos, ofrece un servicio de mensajes cortos (SMS) de hasta 160 caracteres alfanuméricos y toda una completa gama de servicios suplementarios (desvío hacia cualquier otro número de la red móvil o de la red fija, restricción y retención de llamadas, indicación de llamada en espera, multiconferencia, identificación de la línea llamante, ocultación de la propia identidad, números de marcación fija, restricción de itinerancia, consulta a un buzón de voz, indicación del coste de la llamada, fijación del consumo máximo, etc.).

GSM utiliza el espectro de una manera mucho más eficiente que los sistemas analógicos, con células más pequeñas y presenta un menor consumo de energía lo que permite terminales más pequeños.

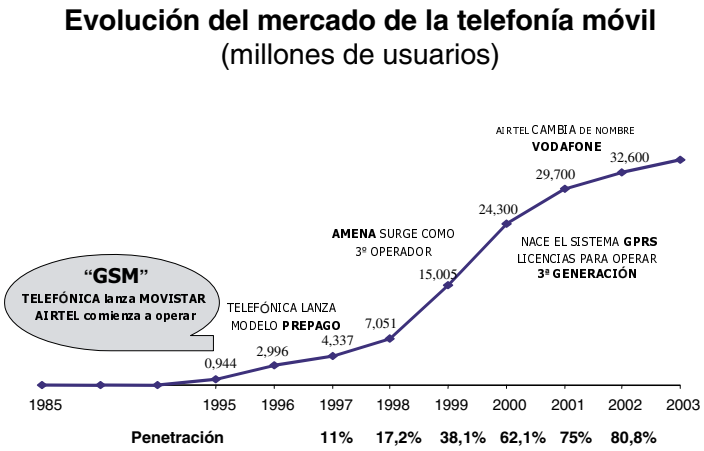


Figura 5.2. Evolución del número de usuarios GSM en España.

Para la prestación de servicios es fundamental disponer de un terminal adecuado, ligero, con una buena definición de la pantalla, pantalla de color, gran capacidad de memoria y duración de la batería, así como un menú intuitivo y fácil de utilizar, del tipo que se muestra en la figura 5.3.

Figura 5.3. Fotografía de unos modernos terminales móviles.

En 2002: 14.000 millones de SMS	37 SMS/ mes/usuario	350 M€ de ingresos

5.2.3. La Tercera Generación (UMTS)

La movilidad generalizada, asociada a una amplia oferta de servicios de voz y datos presenta una serie de beneficios para los usuarios, pero como contrapartida tiene algunos problemas ya que exige una tecnología más avanzada, interconexión entre todas las redes por las que el usuario se mueve y unos sistemas de señalización muy potentes para garantizar la rapidez en el establecimiento de la comunicación, su seguridad y permitir un importante flujo de datos al utilizarse aplicaciones multimedia que demandan un gran ancho de banda. Si, bien, GSM permite la comunicación de datos, la limitación de velocidad a 9,6 kbit/s es un serio inconveniente para muchas de las aplicaciones actuales, por lo que se están desarrollando otros estándares (figura 5.4) que aumentan la capacidad de transmisión de datos, fase previa a la introducción de los sistemas de tercera generación (3G), conocidos en Europa como UMTS.

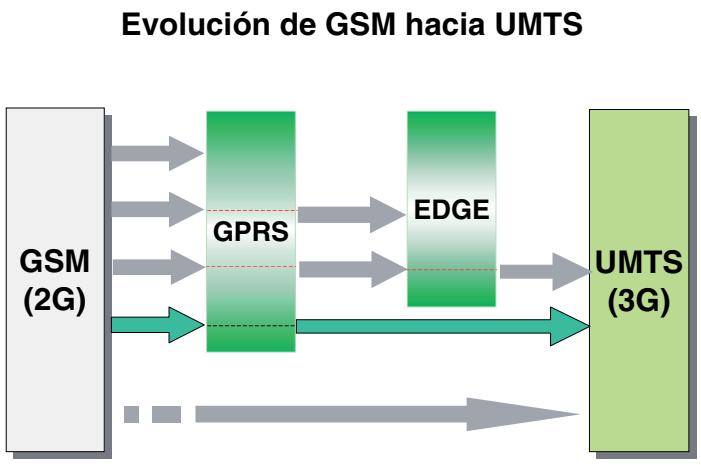


Figura 5.4. Evolución de GSM hacia UMTS, pasando por varias fases.

El UMTS se está diseñando, básicamente en Europa, como un miembro de la familia global IMT-2000 de la UIT que contempla la validez para todas las regiones del mundo y sistemas tanto terrestres como por satélite, para que los usuarios puedan moverse por otras áreas cubiertas por otros miembros de la familia. La estandarización de UMTS está siendo llevada a cabo por el ETSI (Instituto Europeo de Estándares de

Telecomunicación) en estrecha colaboración con otros organismos como es la TIA (Asociación de Industrias de Telecomunicación) en Estados Unidos y la ARIB (Asociación de las Empresas de Radiodifusión) en Japón, que también trabajan para definir los estándares de IMT-2000 de la UIT, y se espera su puesta en servicio comercial en varias fases a lo largo de los próximos años.

En España, en marzo de 2000 se adjudicaron cuatro nuevas licencias UMTS por el Ministerio de Fomento (ahora MCyT), y la fecha fijada, tras varios retrasos, para tener el servicio operativo es agosto de 2004, similar a la del resto de países europeos.

5.2.4. El Trunking (radiotelefonía privada)

Aquí aparece un servicio nuevo que no habíamos visto, que es el trunking. Llamamos trunking a telefonía móvil, pero para un grupo cerrado de usuarios (flotas) con gestión automática de llamadas y canales. Imaginemos una flota de camiones que se dedican a llevar hormigón y hay que avisarles por radio dónde tienen que ir ahora, para que el hormigón no se fragüe, o alguien que hace repartos, a los taxistas, o la policía, o los bomberos, que tienen redes de uso para ellos solos, pues a ese sistema se llama trunking.

Dado que el espectro radioeléctrico es un bien escaso, se hace necesario su cuidadosa administración. Así, en el servicio móvil cada vez es mayor la escasez de frecuencias disponibles, por lo que en algunas redes para grupos cerrados de usuarios móviles con un gran número de terminales se utilizan técnicas de multiacceso que se basan en la compartición de las frecuencias disponibles, denominándose a tales sistemas troncales (trunking) o de compartición de accesos, que a su vez, que pueden ser totalmente autónomos o tener enlaces con otros sistemas públicos, fijos o móviles.

Estos sistemas están orientados a la comunicación entre usuarios pertenecientes a un mismo grupo (flotas de vehículos, servicios de emergencia, compañías de servicios, etc.) y el servicio se concibe para conexiones de corta duración, por lo que el sistema puede acomodar un gran número de ellos con un grupo muy reducido de frecuencias y así el coste de operación es muy bajo ya que los canales son compartidos por todos. El inconveniente principal es que su calidad no es buena comparada con los sistemas de telefonía móvil pública y, además, si no están bien dimensionados, el grado de probabilidad de ocupación de los canales es alto y algunas llamadas pueden ser rechazadas.

Estos servicios, antes soportados exclusivamente en redes privadas, han sido abiertos a la competencia, beneficiándose los grupos de usuarios de la compartición de las redes, y teniendo así acceso al servicio grupos de usuarios de muy pocos terminales.

Hay un trunking público, con varios operadores, a los que se puede contratar el servicio. Ponen un terminal en cada vehículo y nos cobran una cantidad al mes fija, independiente del tráfico, pero eso sí, normalmente limitando la conversación a un minuto

de tiempo para evitar congestiones. Como son para aplicaciones profesionales, en un minuto da tiempo para decir cuál es el siguiente sitio donde hay que ir, o qué es lo que hay que hacer. Trunking privados, en autoprestación, hay muchos. Ejemplo: los autobuses para manejar su flota, los taxistas, las empresas eléctricas, tienen todas sus trunking. En este caso, no se limita el tiempo y la cobertura es la que se desee.

Hay dos tipos de tecnología analógica, la que se usa para aplicaciones "civiles", flota de camiones, etcétera, que se llama MPT, que es un estándar desarrollado en Inglaterra (nunca ha sido estándar de derecho, pero sí ha sido un estándar aceptado de hecho). Por ejemplo, la red de trunking que tiene en Madrid el Canal de Isabel II con Unión-Fenosa. Y hay otro sistema de trunking para empresas de seguridad, bomberos, policías, en el que el estándar más frecuente es uno americano que se llama APCO, que es el estándar que empezó teniendo la policía municipal en Madrid. Lo que pasa, que de nuevo, en Europa se ha desarrollado un sistema de trunking digital que se llama TETRA, ese es el sistema de trunking digital, que irá sustituyendo al analógico.

Otra idea, es la de hacer un gran trunking para todas las fuerzas de seguridad en España, que puedan usar guardia civil, policía nacional, policía autonómica y policía local, con la ventaja es que pueden hablar entre ellos solos. El Ministerio de Defensa sacó un concurso para ello, pero quedó desierto y no se sabe qué ocurrirá. El servicio de Trunking, como negocio, en realidad mueve muy poco dinero.

5.3. SERVICIOS DE DATOS

Los servicios de datos, asociados a la técnica de conmutación de paquetes, se pueden clasificar en función de cómo sean los paquetes; así, tenemos:

- **Conmutación de Paquetes**, un servicio en el que la información se trocea y encapsula en paquetes de longitud variable. Los nodos de la red encaminan, detectan y corrigen errores, realizando casi todo el proceso por software. Se requiere un protocolo de acceso a la red, el X.25 y no son aptas para el tráfico de voz y vídeo.

- **Conmutación de tramas**, un servicio en el que la información se trocea y encapsula en tramas de longitud variable. Los nodos de la red encaminan, detectan pero no corrigen errores, realizando la mayor parte del proceso por hardware y, también, requieren un protocolo de acceso a la red, Frame Relay. En algunos casos admiten tráfico de voz, pero son aptas para tráfico de vídeo

- **Conmutación de celdas**, un servicio en el que la información se trocea y encapsula en celdas de longitud fija. Los nodos de red encaminan la información, pero no corrigen errores de transmisión, realizando casi todo el proceso por hardware.

El ejemplo típico de estas redes son las que se basan en ATM (Modo de Transferencia Asíncrono), que soportan diferentes protocolos de acceso y son aptas para cualquier tipo de tráfico: voz, datos y vídeo. Otro ejemplo, que no se utiliza en España, es el SMDS (Switched Multimegabit Data Service), que necesita un protocolo de acceso determinado y sólo es apto para datos a muy alta velocidad.

- ***Conmutación en redes IP***, un servicio en el que la información se trocea y encapsula en paquetes (datagramas) de longitud variable. Los nodos de la red encaminan, detectan pero no corrigen errores, realizando la mayor parte del proceso por hardware. Se necesita un protocolo de acceso a la red IP y son aptas para tráfico de datos y, en algunas circunstancias, para el de voz y vídeo.

5.3.1. El servicio de conmutación de paquetes

El servicio de transmisión de datos, basado en el protocolo X.25, es un servicio que se viene ofreciendo, en el ámbito nacional e internacional, desde hace muchos años por Telefónica, con el nombre comercial de Iberpac. Inicialmente, se ofrecía en una única modalidad, pero hoy en día, dadas las exigencias de un mercado liberalizado y en competencia se ofrece en varias modalidades, con más opciones de control y gestión de las comunicaciones, llegando a ofrecerse comunicaciones de datos de alta calidad basadas en el concepto de Red Privada Virtual (RPV), con el nombre comercial de Red Uno.

El protocolo X.25 está especialmente indicado para tráfico transaccional de bajo /medio caudal y, en particular, para comunicaciones centralizadas en las que muchos puntos se comunican con una instalación central. Ofrece gran cantidad de facilidades opcionales, mientras que, por ejemplo, Frame Relay y ATM están diseñados fundamentalmente para aplicaciones de entorno de Red de Área Local, es decir, transporte transparente de datos a alta velocidad, bajo retardo y alto caudal, transporte conjunto de diferentes tipos de tráfico y múltiples protocolos; ATM también permite el transporte de voz y vídeo.

5.3.1.1. EL SERVICIO IBERPAC

El servicio Iberpac es un servicio de transmisión de datos, nacido hace unos 20 años, basado en el protocolo de transmisión de paquetes X.25, cuya principal utilidad es el intercambio de datos de manera fiable entre múltiples destinos, constituyendo una interesante alternativa tanto a soluciones basadas en líneas punto a punto como a la transmisión vía módem sobre la Red Telefónica Conmutada.

Existe una modalidad que ofrece una mayor fiabilidad, por tener respaldo de los enlaces de acceso de usuario por líneas RDSI a 64 kbit/s, y la aplicación de la tarifa plana

independiente del grado de utilización, lo que permite controlar y predecir los costes de comunicación de las empresas.

Este servicio ha alcanzado ya un alto grado de aceptación en el ámbito empresarial gracias a características tales como su elevada fiabilidad, la aplicación de tarifa por uso y no por distancia y su cobertura nacional con capacidad de comunicación internacional a través del servicio X.75. Una mejora sustancial del servicio Iberpac es el servicio denominado Red UNO, dirigido a grandes corporaciones empresariales y de la administración que tienen un gran número de conexiones a la red.

- **La Red UNO**

Es un servicio de comunicaciones de datos de alta calidad dirigido a grandes clientes y basado en la filosofía de Red Privada Virtual (RPV) de altas prestaciones y fiabilidad, que está soportado por una red X.25 constituida por una malla central y una red de acceso. La malla central consiste en un conjunto de nodos interconectados entre sí mediante enlaces de 34 Mbit/s. Los equipos de los clientes se conectan a los nodos de acceso, conectados a su vez a la malla central mediante rutas dobles a velocidad de 64 kbit/s o 2 Mbit/s. Este servicio está dirigido a grandes corporaciones y ofrece soluciones globales dentro del contexto de la transmisión de datos. Puede contratarse con velocidades de hasta 2 Mbit/s y permite como protocolos de acceso X.25, HDLC-MNR y Frame Relay.

5.3.2. El servicio Frame Relay

El rápido crecimiento de las redes de área local durante los últimos años es el máximo responsable de muchos de los cambios que están ocurriendo en el mundo de las comunicaciones. Igual sucede con la proliferación de potentes estaciones de trabajo y las aplicaciones multimedia que demandan un gran velocidad en las redes, tanto LAN (de área local) como WAN (de área extendida), que las soportan.

Para satisfacer estas necesidades, tanto los fabricantes de equipos como los operadores de redes, han estado investigando soluciones que aporten el ancho de banda y la flexibilidad requeridos por los usuarios. Entre éstas, tenemos **Frame Relay** y **ATM** (*Asynchronous Transfer Mode*), la primera disponible y con gran cantidad de usuarios desde hace algún tiempo y la segunda con algunas redes en varios países.

Frame Relay (Retransmisión de Tramas) es una nueva y simplificada técnica de conmutación de paquetes para el transporte de información de datos. Confía en la utilización de medios digitales, de alta velocidad y con una baja tasa de error, lo que hace que parte de las funciones de control de flujo y corrección de errores propias de otros protocolos, tal como es el X.25, puedan eliminarse de la red, encargándose de ella los equipos terminales de las mismas.

Descripción

Frame Relay es un servicio de comunicaciones de datos a alta velocidad (de 64 kbit/s a 2 Mbit/s), dirigido al entorno corporativo y que permite la interconexión eficiente entre instalaciones de cliente de diversos tipos, aprovechando la mayor calidad (baja tasa de error) y velocidad de las líneas de transmisión actuales, algo que no sucedía hace algunos años y que hacía muy recomendable el empleo del protocolo X.25.

Igual que sucedía con X.25, el servicio Frame Relay permite que diferentes canales compartan una sola línea de transmisión. La capacidad de enviar en ciertos periodos breves de tiempo un gran volumen de tráfico (tráfico a ráfagas) aumenta la eficiencia de las redes basadas en Frame Relay.

Se trata de un servicio de transporte que opera en la capa 2 (enlace) del modelo OSI, transmite la información estructurada en tramas y es capaz de soportar múltiples protocolos de datos, así como la voz. En resumen:

- Ofrece un servicio orientado a conexión
- Ofrece un servicio no fiable (puede haber pérdidas y desorden en la información)
- Ofrece control de congestión (de ráfagas de tráfico)

El servicio Frame Relay ofrece varias ventajas respecto a servicios basados en X.25; pues el hecho de operar en la subcapa de nivel de enlace de OSI hace que no requiera complicados procedimientos de control y retransmisiones, lo que lleva consigo una más alta proporción de información útil respecto a la información de control del Servicio (en las tramas Frame Relay no existen cabeceras de control de nivel 3 como ocurre con la tecnología X.25).

Concretamente, Frame Relay desplaza hacia los equipos terminales del cliente funcionalidades que en X.25 corresponden a la red (corrección de errores, control de flujo, etc.). Como consecuencia de la disminución de proceso en red, el servicio Frame Relay se adecúa mejor a altas velocidades de transmisión, minimiza el retardo en red y presenta un elevado rendimiento (alto porcentaje de información útil transmitida, cabeceras mínimas).

5.3.3. El servicio ATM

La tecnología ATM (Asyncronous Transfer Mode) es una tecnología de conmutación de celdas que utiliza la multiplexación por división en el tiempo asíncrona, permitiendo una ganancia estadística en la agregación de tráfico de múltiples aplicaciones. Las celdas son las unidades de transferencia de información en ATM.

Estas celdas se caracterizan por tener una longitud fija de 53 octetos, lo que permite que la conmutación sea realizada por el hardware, consiguiendo con ello alcanzar altas velocidades (2, 34, 155 y 622 Mbit/s) de forma fácilmente escalable.

ATM es una técnica de transferencia rápida de información binaria de cualquier naturaleza, basada en la transmisión de células de longitud fija, sobre las actuales redes plesiócronas (PDH) y/o síncronas (SDH). Debido a su naturaleza asíncrona, un flujo de células ATM puede ser transportado de forma transparente como una serie de bytes estandarizados, tanto en una trama PDH como en un contenedor SDH; de esta manera no es necesario realizar grandes inversiones en infraestructura de red (figura 5.5).

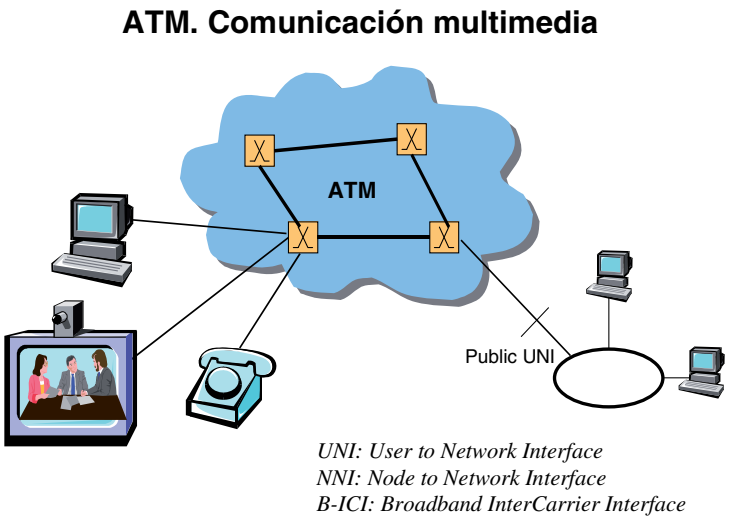


Figura 5.5. ATM es adecuado para transportar cualquier tipo de información.

Como ATM es una tecnología de multiplexación orientada a conexión, la señalización constituye uno de sus aspectos fundamentales, ya que se pone en marcha siempre al querer establecer una conexión. Solamente en el caso en que el destino acepte la llamada, por medio de un proceso de negociación entre los extremos, se establece la misma, dando lugar a la apertura de un canal virtual.

Uno de los aspectos a tener en cuenta en el proceso de negociación es la calidad de servicio -parámetros de caudal, retardo y seguridad- solicitada y aceptable que, en función de que sea posible o no de satisfacer por la red, dará lugar a la aceptación o rechazo de la llamada.

Las redes ATM se muestran adecuadas para tratar cualquier tipo de información basándose en señales digitales. Las 5 capas de adaptación ATM (AAL) son las

encargadas de adaptar el flujo de señales binarias generadas por los terminales para poder ser tratadas por los conmutadores ATM, agrupándolos en bloques de 48 bytes y reagrupándolos después.

ATM resulta particularmente interesante para proporcionar instantáneamente un gran ancho de banda en aquellas aplicaciones con un alto nivel de impulsividad, como son las propias de las redes locales; así, pues, esta técnica de multiplexación encuentra una de sus principales aplicaciones en la interconexión de redes de área local dentro de entornos privados.

Su introducción en la red pública se realiza progresivamente y en función de la existencia de aplicaciones multimedia y equipos de acceso ATM suficientemente flexibles y económicos para ser utilizados masivamente, sirviendo, por ejemplo, para la interconexión de las islas ATM privadas. Por otra parte, el servicio de vídeo bajo demanda permite el transporte de imágenes digitales, comprimidas o no, a alta velocidad.

Descripción

El servicio ATM es un servicio de transporte de celdas ATM extremo a extremo. Las celdas ATM generadas por un equipo cliente son transportadas a un destino remoto de forma eficiente y fiable y con retardo mínimo. ATM es una tecnología orientada a la conexión, en la que las comunicaciones se establecen mediante circuitos virtuales que permiten mantener múltiples comunicaciones con uno o varios destinos.

ATM proporciona una multiplexación estadística de diferentes comunicaciones establecidas en circuitos virtuales, permitiendo la compartición de una misma línea de transmisión. Los circuitos virtuales son de carácter permanente.

Además de un servicio final para algunas aplicaciones de usuario, la tecnología ATM se está empleando por los operadores como red de transporte "asíncrono" en sus grandes rutas, por su gran eficacia y alta calidad, aún cuando los usuarios no la perciben (acceden al servicio de transmisión de datos, por ejemplo, en X.25, en Frame Relay o, últimamente, en IP, ya que no requieren los altos flujos que ATM puede proporcionar), pasando desapercibida para ellos.

5.4. SERVICIO DE TEXTO Y GRÁFICOS

En texto y gráficos tenemos el télex, un servicio en declive prestado por telégrafos, equivalente al telegrama, consistente en máquinas de escribir, más o menos sofisticadas, que se comunican con otras (corresponsal) en cualquier parte del mundo. El fax, del que hay dos tipos, los que van por líneas analógicas a velocidades relativamente lentas, 7.200 bit/s, 9.600 bit/s, 14.400 bit/s, que es lo que llamamos fax grupo tres (Fax G3); y los faxes que van por líneas más rápidas, digitales, por líneas de 64 kbit/s que se llaman fax grupo cuatro (Fax G4) y que permiten o colores, o más resolución, mejor calidad.

Hay otro servicio que es el paging o buscapersonas (Radiomensajería lo llama oficialmente el gobierno), un servicio de radiomensaje, de buscapersonas (el famoso Mensatel de Telefónica) que ofrecen también otros operadores a escala nacional. El servicio consiste en mandar un mensaje, que puede ser simplemente tonos de sonido o que sean sólo números, que no se han usado en España, o que sea alfanumérico, letras y números que es el que utilizamos en España, a uno o a varios terminales a la vez. El estándar que usamos en España para el tipo analógico se llama POCSAG, y de nuevo, en Europa, se ha diseñado un sistema digital europeo, más moderno, y es al que se llama ERMES. Pero es un servicio que mueve muy poco dinero y, posiblemente desaparecerá, ya que los teléfonos móviles son capaces de mandar mensajes cortos, por muy poco dinero, y mucho más.

5.5. SERVICIOS DE VÍDEO

En cuanto a servicios de vídeo (no consideramos aquí los que ofrecen los nuevos operadores de cable), tenemos los videoteléfonos y la videoconferencia. En el videoteléfono se realiza una compresión muy fuerte, por lo tanto, la calidad no es muy buena, pero es capaz de mandar una imagen por una línea de 64 kbit/s, o de 128 kbit/s (RDSI) con un poco mejor de calidad.

La videoconferencia, que empezó siendo a 2 Mbit/s y necesitaba usar habitaciones especiales con cámaras especiales, buscaba obtener buena calidad para que se pueda leer bien un documento, pero no imponía grandes requisitos par obtener buena calidad de las imágenes en movimiento, ya que la gente permanece normalmente quieta durante una sesión.

Hoy, la tecnología permite utilizar 128 kbit/s, un canal de RDSI, las cámaras son cada vez más pequeñas y, en lugar de una pantalla gigante de televisión, se utiliza el ordenador como terminal. La pantalla del televisor ya puede ser la propia pantalla del ordenador, con lo cual el sistema de videoconferencia está evolucionando, es algo que no hace falta ni pedir el servicio ni tener que ir a una sala especial, está pasando a ser lo que llaman una *desk conference*, conferencia de mesa.

5.6. CLASIFICACIÓN DE SERVICIOS SEGÚN SU INFRAESTRUCTURA

Hemos tenido una visión de los servicios por los mensajes que se mandan. Ahora los miramos desde otro punto de vista, para que nos vayan apareciendo nuevos servicios en función de las infraestructuras, es decir, por la redes por las que pasan, porque todavía tenemos redes para teléfonos, diferentes de redes de datos o redes de televisión. Sabemos que vamos hacia un modelo de redes convergentes, una sola y única red lo llevará todo, pero hoy por hoy las redes siguen siendo diferentes.

Servicios según la infraestructura de red
Servicios sobre redes telefónicas conmutadas
Servicios sobre redes de datos (X.25, Frame Relay, IP, RPV)
Servicios sobre Redes Digitales de Servicios Integrados
Servicios que usan el espectro radioeléctrico
Radio Terrenales
Radio por Satélite
Servicios por redes de cable

Figura 5.6. Clasificación de los servicios sobre distintas redes.

5.6.1. Servicios sobre redes telefónicas conmutadas

Vamos a ver los que van por la red telefónica conmutada, los que van por las redes de datos, los que van por la RDSI, por las redes privadas, etc. Algunos de los servicios ya los habremos explicado y los pasaremos sin más, deteniéndonos sólo en los nuevos que aparezcan.

Servicios sobre redes telefónicas conmutadas
Telefonía Básica y Servicio de Fax
Transmisión de datos con módem
Servicios de Red Inteligente

Figura 5.7. Algunos de los servicios que se prestan a través de la RTC.

Por la red telefónica va la telefonía, el fax, transmisión de datos por módem. Todo eso está explicado. Van, también, los servicios de red inteligente, que ahora explicaremos.

En todas las redes, vamos a acabar diciendo siempre lo mismo, que permiten el acceso a otras redes. A cualquier red en telecomunicaciones, por definición, se la hace unirse a otras redes. Es decir, que la red de teléfono, de hablar, se une a las redes de datos X.25, Frame Relay, o la que sea; se une a la RDSI, que es una red digital; se une a las redes de móviles; a cualquier otra red.

Cuando empezó el sistema telefónico, la manera de comunicarse con una persona era llamar a una operadora que tenía muchas clavijas, una por cada abonado y, entonces, le decíamos con quién queríamos hablar, y nos pasaba esa llamada. Eso cambió muy pronto a lo que se llama la telefonía automática, y, entonces, lo que se hacía era marcar un número en el teléfono, y en la central lo que había era un equipo que cada vez que marcáramos un número nos dirigía un sitio diferente.

Por ejemplo, descolgando el teléfono y marcando un 4, en la central, el aparato al que nuestro teléfono estaba conectado avanzaba cuatro posiciones y se ponía en un determinado sitio; si marcábamos el 9, avanzaba nueve y se ponía conectado con algo que entendía que 9 significa que se quiere hablar con fuera de Madrid y nos conectaba con la central interprovincial. De manera que cuando nosotros, desde casa, marcábamos un 9, con el disco de marcar (lo que el teléfono hacía era interrumpir el circuito nueve veces y cada interrupción de circuito hacía avanzar un relé o un motorcito hasta el 9), entonces nos conectaba con la central interprovincial. Cuando luego marcábamos un 3, la central interprovincial, que ya tenía nuestra línea, avanzaba tres posiciones y era para Barcelona. Y cuando luego marcábamos el 354, avanzaba dentro de Barcelona 354 y nos mandaba a la central de Gracia. De manera que el número estaba asociado a la geografía, y no había manera de evitarlo. Para ir a Barcelona, siempre el 93 delante. Esa era la tecnología antigua y, obviamente, si el número estaba asociado a la geografía, también estaba asociado a la tarifa y así, a Barcelona costaba tantos euros el minuto, más que si íbamos a una ciudad más cercana a Madrid.

5.6.1.1. SERVICIOS DE RED INTELIGENTE

La técnica ha mejorado y cuando ahora marcamos un número ya no se producen interrupciones de la línea, sino una combinación de dos tonos de sonido, y ya no va a un relé o un motor que avanza, eso va a un ordenador que guarda los números que recibe. De manera que cuando ahora marcamos un número se almacena en un ordenador en la central de telefónica que interpreta que queremos hablar, siguiendo con el ejemplo, con el 93567, etc. Entonces el ordenador tiene una base de datos donde busca ese teléfono y a quién corresponde, que no tiene porqué ser necesariamente de Barcelona. El ordenador ahora permite, teóricamente, poner cualquier número en cualquier población, aunque tal y como está establecido el Plan de Numeración Nacional, hay una serie de números asociados a la geografía.

Esta facilidad se utiliza para tener unos determinados números, que ya no están relacionado con la geografía ni con la tarifa, los números que empiezan por 900, por 90X en este momento, que es lo que llamamos números de la red inteligente, para dar los servicios de red inteligente (el número al que marcamos lo recibe un ordenador y luego mira en su tabla donde está ese número para dirigir la llamada hacía él).

Los servicios de red inteligente que dan algunos operadores son los que se muestran en la tabla de la figura 5.8. La numeración, que hasta final de 2002 se

identificaba por los números 900 cambia, a partir del 2003, y en algunos casos, por los números 800.

Número	Servicio y Tasación
900	Servicios de información. Paga el número llamado
901 902	El que llama paga sólo llamada metropolitana o provincial, el resto lo paga el que recibe la llamada
903	Servicios de entretenimiento. Tarifa más alta que se reparten entre el Operador y el que presta el servicio
904	Línea personal. Permite desviar la llamada
905	Llamadas masivas o televoto. Tarifas como para el 903
906	Información de interés público. Tarifas como para el 903

Figura 5.8. Servicios de Red Inteligente.

El **900** significa que el teléfono puede estar donde sea, pero que además es cobro revertido automático. Paga la persona llamada, de manera que si llamamos al 900 de Renault, probablemente estemos llamando a Valladolid y, si llamamos al 900 de SEAT, a Barcelona. Pero no lo sabemos, ni nos importa. Al marcar el 900 XYZXYZ El operador es el que sabe a donde dirigir la llamada.

901 y **902** se emplean no para cobro revertido automático sino que una parte lo paga el llamado y otra parte lo paga el que llama. Inicialmente, la idea era sólo de cobro tarifa provincial, aunque esté llamando a otra provincia y el resto lo paga el llamado, o sólo de cobro tarifa local, de la ciudad, y el resto lo paga el llamado. Hoy en día es un acuerdo, se reparte el precio de la llamada entre el que llama y el llamado.

El **903** son servicios de entretenimiento (por ejemplo, los resultados de los partidos) y entonces pagamos más, la tarifa es alta y ese reparto se lo hacen entre Telefónica y el que nos da el servicio, o el que nos dé la información. La tarifa ya no está ligada al número, ahora se va a una tabla y se ve, para cada número, lo que hay que cobrar el minuto (tarifa y geografía independientes del número).

El **904**, nació con la idea de que era un servicio de tener un número único para allá donde estuviéramos, pero está en desuso debido, sobre todo, a la Telefonía móvil. La idea era: si vamos a estar hoy en Madrid y mañana en Barcelona, pues a mi número 904 le aviso diciendo mañana hasta las nueve en el hotel tal en Barcelona a partir de las nueve en mi oficina de Barcelona. Y pasado mañana en Madrid. Cuando alguien nos llama al 904, la línea redirige la llamada a donde nos encontremos en ese momento.

El **905**, son esas llamadas masivas típicas que se dan en programas de televisión, donde si uno opina, dice o vota SI tiene que llamar al 905 algo; y si es que NO, llama al 905 otro número distinto y un sistema inteligente suma los votos a uno y otro, sin que las llamadas generen tráfico en el sistema de conmutación y saturen la red.

El **906**, que son informaciones de interés público, estado de carreteras, concursos de TV, etcétera, o eróticos y que se puede cobrar más (igual que en un 903) y se reparte la tarifa entre Telefónica y el que da el servicio. De estos puede haber tantos como quedamos. Tantos como se le ocurra al operador y tantos como programe en su software. De manera que estos servicios, ese estilo de servicios, está limitado sólo por la imaginación del operador.

5.6.2. Servicios sobre redes de datos

Sobre la red de datos, ya hemos visto cuáles son: X.25, Frame Relay, etcétera, lo que se trasmite son datos. Hoy por hoy, las velocidades más altas que se pueden pedir son 2 Mbit/s, pero con ATM podremos llegar mucho más. Y, de nuevo, permiten acceso a otras redes y tienen el servicio que se llama RPV (Red Privada Virtual), consistente en que una operadora pone a nuestra disposición líneas y conmutadores, nodos como si fueran para nuestro uso particular sólo, aunque de verdad son de ellos.

5.6.3. Red Digital de Servicios Integrados

La RDSI es algo reciente. La RDSI es el resultado de aplicar las técnicas digitales a la telefonía fija. En el capítulo anterior hemos visto cuál es la estructura de la RDSI; en este capítulo veremos cómo se utiliza la génesis de los servicios que se ofrecen y por qué se ofrecen de esta y no de otra manera.

Cuando se inventó el teléfono digital, las líneas digitales, los operadores de telecomunicación eran todavía un monopolio, sobre todo en Europa, un fortísimo monopolio, de los que decidían cuales eran los servicios que iban a prestar y como se iban ofrecer. Era una situación en el cual el mercado estaba dominado por la oferta. Los servicios que se daban no eran los que el mercado demandaba, eran los que decidían los operadores de telecomunicación. Algunas veces, pero no siempre, coincidía lo que ellos ofrecían con lo que la gente quería. Y en esa situación aparece la telefonía digital y en vez de la solución lógica, la que luego ha llegado en móviles, en la que los usuarios pueden elegir el servicio y el operador que lo presta, en función de sus tarifas, la cobertura, los terminales, etc., los operadores de telecomunicación de aquella época decidieron por nosotros y la oferta fue única, no había posibilidad de elección.

Así que acordaron que el teléfono digital no se iba a dar como alternativa al teléfono analógico, no se va a dar una línea digital. La telefonía digital se va a dar de dos en dos, porque, así se puede usar una línea para hablar y otra para el fax o el ordenador.

Es decir, crearon un servicio al que llamaron Red Digital de Servicios Integrados (lo de servicios integrados es porque va poder usar todos los servicios, datos, fax, voz, imagen incluso) pero lo vendieron con esa condición, de 2 en 2 líneas, de manera que en la RDSI lo menos que se ofrece son dos circuitos digitales de 64 kbit/s (lo que llamamos dos circuitos B).

En la telefonía digital, en este servicio RDSI, esas dos líneas que no nos dan cuando pedimos un circuito de 2 Mbit/s (30 canales, más uno para sincronizar y y otra para señalizar), pues como en la RDSI se señaliza de otra manera y no hace falta usar un canal específico para señalizar, se decidió, además, dar al que pidiera 2 líneas un pequeño canal de datos de 16 kbit/s. De manera que lo menos que se vende en RDSI es lo que llamamos 2 B + D, dos circuitos B y un circuito D, los B eran de 64 kbit/s para uso telefónico y el D es uno de datos de 16 kbit/s, que, en realidad, tampoco se lo daban a todos, se lo daban, o se lo dan, normalmente a los que piden 2 B en muchas partes de España y lo usan para unir, para hacer una red privada, una red propia digamos.

Por ejemplo, Banesto fue uno de los primeros bancos que dotó a todas sus sucursales de líneas RDSI. Telefónica le daba, además de los 2 canales B, el canal D en cada sucursal para que por ahí se pudieran transmitir datos.

Si se requería más capacidad, el siguiente salto eran 30 canales B, 30 igual que la línea de 2 Mbit/s, pero como sobra uno de señalización, porque en la RDSI se señaliza otra manera, pues, además, le podían dar un D en este caso de 64 kbit/s. De manera que los servicios que se dan son un 2B+D, que se llama Acceso Básico, y un 30 B+D que se llama Acceso Primario. Los operadores luego le han puesto distintos nombres, así Telefónica los llama BRI (Basic Rate Interface) y PRI (Primary Rate Interface) respectivamente, Retevisión los llama BRA (Basic Rate Access) y PRA (Primary Rate Access).

Allá por los años 80 y 90, nadie quería las líneas de dos en dos, de manera, que el desarrollo que tuvo fue muy lento. Además, era un desarrollo europeo, en América no se usaba, y en Europa muy poco; tanto es así, que la Unión Europea quiso favorecer que se usara y pidió a los operadores que lo promocionaran, con el objetivo de que en el año 1992 el 5% de las líneas europeas fuesen ser RDSI.

Pero el caso es que se desarrolló muy poco y no ha sido hasta mucho después que empieza a tener aceptación por el mercado, por las PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas) y para el acceso a Internet desde el hogar. Además, ahora se pueden pedir las líneas agrupadas de otra manera, por ejemplo, 6 u 8 (lo que se llama nx64), no sólo 2 ó 30, con lo que su aplicación es más flexible.

2 B significa que nos dan dos números, uno para cada línea, pero si se pide, es un servicio especial y pagamos un poco más, nos pueden dar unos dan hasta ocho números, lo que, en realidad, sirve para asignar un determinado número a uno de los hasta 8

terminales que podemos tener colgando de la línea RDSI (teléfonos, fax, ordenadores, etc.) con lo cual cuando la llamada entra se dirige al terminal que sea. De manera que hay la versión de multinúmero.

Con esta red, en España, la tarifa por minuto es la misma que la red analógica, doble si se usan los dos; el precio por minuto es el mismo y lo que es un poco más caro es la cantidad que se paga fija al mes y la cantidad del alta del servicio.

Los servicios que se pueden dar por RDSI son todos los que queramos, telefonía fija, fax, ya puede ser fax grupo 4, datos por conmutación de paquetes o por conmutación de circuitos, videoconferencia de calidad media, porque aquí se pueden juntar los dos canales y tener 128 kbit/s, y alta calidad si usamos los 30 canales, que son 2 Mbit/s. Y, obviamente, se conecta al resto de redes.

5.6.3.1. UTILIZACIÓN DE LA RDSI

El usuario puede utilizar estos canales de comunicación (básicos y primarios) para mantener comunicaciones diferentes y simultáneas de distinta capacidad (combinando varios canales) según sus necesidades y siempre a través de la misma línea. Puede mantener una comunicación multimedia (voz, datos, imágenes, vídeo), y tiene la posibilidad de conectar con terminales de diverso tipo. Asimismo, se beneficia de numerosos servicios suplementarios integrados en la línea (identidad del llamante, desvío, llamada en espera, información de tasación al momento, etc.).

Con la implantación de la RDSI las empresas se benefician ahorrando costes en las comunicaciones de datos (las líneas alquiladas de 64 kbit/s son mucho más caras); ahorran tiempo de comunicación porque la velocidad de transmisión es muy superior a la de la red telefónica básica (RTB), y consecuentemente costes ya que las tarifas por tráfico (tiempo de ocupación) son las mismas de ésta, aunque la cuota de alta es superior.

Su tecnología digital les permite mantener varias comunicaciones simultáneas, con total fiabilidad, y acceder, por ejemplo, a Internet con alta velocidad, aunque esto último no está sucediendo en la medida prevista dada la aparición de nuevos sistemas más apropiados (como ADSL, más enfocado al tráfico que la navegación por Internet genera).

La RDSI aprovecha la infraestructura de usuario actualmente existente. Telefónica instala un punto de conexión a la Red para que el usuario pueda conectar sus terminales RDSI (teléfono, tarjeta PC, router, fax, etc.) y si se desea, puede instalarse un modelo de terminación de red mixto, para conectar de forma adicional terminales analógicos, mediante los correspondientes adaptadores de terminal (AT).

Vamos a ver, a continuación, sus ventajas más destacadas.

Ventajas

- Excepcional rapidez en los tiempos de establecimiento y de liberación de la llamada, inferiores a 0,5 segundos.
- Gran fiabilidad y alta calidad de voz al ser todo el camino digital.
- Alta velocidad de transmisión y baja tasa de errores.
- Simplicidad y seguridad al tener un acceso único.
- Identificación de los usuarios a través del "número a", el del llamante.
- Identificación personalizada de cada terminal (un número por extensión).
- Aplicaciones.
- Integración de voz, datos e imágenes.
- Terminales multiservicio.
- Servicio de videoconferencia.
- Integración de redes diversas.
- Respaldo para redes privadas (con centralitas interconectadas).
- Acceso a Internet.

5.6.3.2. LOS SERVICIOS EN LA RDSI

Los servicios que la RDSI ofrece se dividen en dos categorías básicas: **servicios portadores** y **servicios finales**. Además, existen los **servicios suplementarios**, que modifican o complementan a los servicios anteriores, pero que no tienen entidad por sí mismos, es decir, de manera independiente.

- **Servicios portadores**

Los servicios portadores ofrecen la capacidad de transportar información entre dos equipos terminales, en tiempo real, a la velocidad deseada, independientemente de su contenido o aplicación. La red asegura que la información entre dos puntos se transporta correctamente. Los servicios normalmente ofrecidos son los siguientes:

- **Audio a 3,1 kHz**. Se corresponde con el servicio básico ofrecido por todos los operadores, con un ancho de banda de 3,1 kHz para la transmisión de voz o de datos vía un módem analógico utilizando un canal B.

- **64 kbit/s transparentes**. Proporciona la transferencia de información sobre un canal B, para soportar un amplio rango de aplicaciones.

Existen, también, servicios portadores con destino prefijado, con caudal fijo o bajo demanda. Los usuarios encuentran aplicación de la RDSI como *back-up* o complemento en caso de fallo de los circuitos alquilados punto a punto, sobre la base de las tarifas aplicadas ya que, si el circuito RDSI no se llega a utilizar o su utilización es escasa resulta muy económico frente al alquiler de un circuito punto a punto como back-up, y ofrece una alta calidad al ser digital.

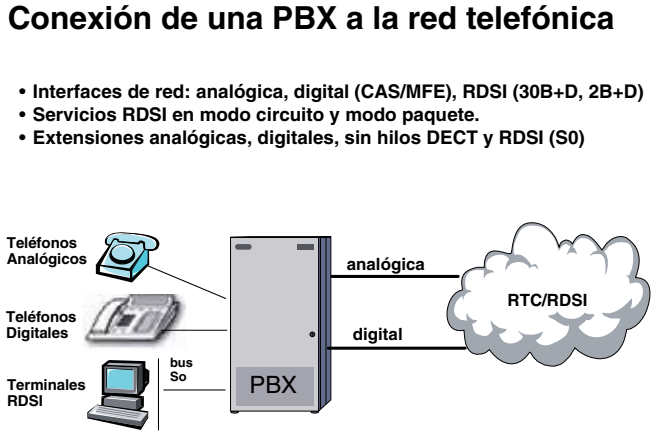


Figura 5.9. Conexión de una centralita a la RT y RDSI de manera simultánea, para acceso de diversos tipos de terminales.

- **Servicios finales**

La conjunción de los servicios portadores con la funcionalidad de los terminales define lo que se denomina servicios finales. Estos proporcionan la capacidad completa de comunicación entre usuarios, y garantizan la compatibilidad entre terminales, siempre y cuando estos satisfagan los requisitos establecidos al respecto.

- **Servicio de telefonía.** Servicio similar al ofrecido en la red telefónica convencional, permite la conversación entre los usuarios a través de un teléfono digital RDSI.

- **Servicio de teléfono 7 kHz.** Similar al anterior pero con mayor calidad en la transmisión de la voz al manejar un ancho de banda extendido.

- **Servicio facsímil grupos 2 y 3.** Estos servicios se pueden prestar a través de RDSI mediante la utilización de un adaptador analógico.

- **Servicio facsímil grupo 4.** Este servicio facsímil utiliza terminales específicos de RDSI, obteniéndose grandes mejoras en el tiempo de envío y en la calidad de imágenes recibidas, que ya pueden ser en color. No se utiliza.

- **Servicios suplementarios**

Los servicios suplementarios complementan a los servicios básicos, bien sea un servicio portador o final. Los principales servicios de este tipo son:

- **Identificación de usuario llamante**: permite conocer el número del terminal que ha efectuado la llamada, antes de responder a la misma.

- **Restricción de la identificación del usuario llamante**: hace que no se presente la identidad del usuario que llama en el terminal de su interlocutor.

- **Identificación del usuario conectado**: permite al usuario llamante conocer el número del equipo al que se ha conectado su llamada, algo útil en el caso de que se haya hecho uso del desvío de llamada por parte del abonado llamado.

- **Restricción de la identificación del usuario conectado**: permite al abonado llamado restringir su identidad de cara al abonado que llama evitando que conozca a que terminal se ha conectado.

- **Llamada en espera**: indica la presencia de otra llamada cuando el acceso está ocupado y se tiene la opción de atenderla o ignorarla.

- **Múltiples números por acceso**: permite dotar a cada uno de los 8 posibles terminales del bus pasivo de un número independiente.

- **Subdireccionamiento**: capacidad adicional de direccionamiento para identificar un terminal dentro del bus pasivo sin consumir recursos de numeración.

- **Marcación directa de extensiones**: permite a un usuario conectado a una extensión de centralita RDSI, recibir llamadas directamente, sin necesidad de operadora.

- **Grupo cerrado de usuarios**: permite a los usuarios formar grupos de acceso restringido, tanto para llamadas entrantes como salientes.

- **Portabilidad de terminales**: facilita, durante una llamada en curso, desconectar físicamente el terminal y volver a recuperarla en otra posición diferente, dentro del mismo bus pasivo.

- **Línea directa sin marcación**: permite establecer una llamada a un destino previamente determinado (*hot line*) sin hacer ningún tipo de marcación.

- **Desvío incondicional de llamadas**: permite reencaminar una llamada entrante hacia otro destino previamente definido.

- ***AOC (Advice of Charge)*** **Información de tasación**: ofrece la posibilidad de conocer el importe de la llamada en el propio terminal durante su desarrollo y al término de la misma.

- **Multiusuario**: que permite la participación de más de dos usuarios simultáneamente, por ejemplo, para celebrar una multiconferencia.

5.6.4. Servicios que usan el espectro radioeléctrico

5.6.4.1. RADIO TERRENALES

En cuanto a servicios que se pueden dar por radio terrenal (se denominan servicios terrenales cuando las estaciones -emisor/receptor- están con base en la Tierra y no se utilizan estaciones repetidoras, con base en satélites), hay dos tipos: los que son interactivos, en las dos direcciones, la telefonía, el trunking o los que son en una sola dirección, los de difusión (broadcast).

De los interactivos ya hemos tratado de ellos, la telefonía móvil y los sistemas trunking de telefonía móvil en grupo cerrado de usuarios.

Servicios Radio Terrenales	
Interactivos	Telefonía Móvil Trunking
Difusión	Radiodifusión: AM y FM Difusión por subportadoras (Música ambiental, RDS, etc.) Paging (Radiomensajería)

Figura 5.10. Algunos servicios que se pueden ofrecer utilizando la radio.

De los de difusión no hace falta que contemos otra vez la radio, AM y FM o la televisión. Pero aparece como nuevo servicio el teletexto. En la televisión, en aquellas 49 líneas que no se ven, dos en realidad son para otras cosas, pero por las otras se pueden mandar datos, mandar noticias. Eso es el teletexto.

Existe otro nuevo servicio, muy poco conocido, que se llama difusión por subportadora autorizada SCA (SubCarrier Authorized). La SCA, subportadora autorizada, es una frecuencia que se manda acompañando a las emisiones de FM, pero no la oímos, salvo que tengamos un receptor especial.

En España se usa para música ambiental (música para oficinas, música para tiendas, etc.) y hay dos servicios de este tipo: uno lo da Telefónica a través del hilo telefónico y se llama Hilo Musical y el otro lo da la empresa que se llama MUSICAM, curiosamente como el sistema de compresión de sonido, que se da a través de emisoras de radio, en el caso de Madrid a través de Onda Cero. Onda Cero lleva acompañando música funcional y solo lo oye el que tenga un receptor especial por el que se paga una cantidad al mes.

En América, esta subportadora autorizada la usa para ofrecer lectura de libros para ciegos el equivalente a la Once española, que dota a sus afiliados una radio por la que pueden oír novelas leídas en ese canal especial.

Pero el servicio de subportadora más usual hoy día, que es mandar datos, se llama RDS (Radio Data Service), y lo que permite es mandar por las emisoras de FM datos, que hoy en día se usa sobre todo para dar el nombre de la emisora (hay aparatos de radio, que cuando se sintoniza una emisora de FM te aparece en la pantalla el nombre de la misma). Podría dar la hora, podría dar el título de la canción, pero se usa principalmente para dar el nombre de la emisora y para dar datos de tráfico.

Está conectado con el Instituto Nacional de Meteorología y cuando hay un dato que dar de tráfico en una determinada zona, se manda un aviso solo a la emisora de esa zona, y el receptor de mi coche automáticamente cambie la sintonía para oír la nota de tráfico. Dejamos de oír la emisora que estábamos oyendo, oímos el aviso de tráfico y luego vuelve la emisora.

5.6.4.2. SERVICIO DE RADIO POR SATÉLITE

Hay muchos servicios que se pueden ofrecer por satélite. Los satélites de nuevo pueden dar servicio interactivo (comunicación en los dos sentidos) o servicios de difusión. ¿Qué nombre reciben los servicios?

En la tabla de la figura 5.11, tenemos una clasificación de todos ellos.

Servicio de Radio por Satélite	
Interactivo	Servicio Fijo por Satélite Punto a punto (FSS) Multipunto (VSAT) Servicio Móvil por Satélite (MSS) Telefonía móvil por Satélite de baja órbita (LEO)
Difusión	Difusión Directa por Satélite Analógica (DBS) Digital (DTH)

Figura 5.11. Clasificación de los servicios que se ofrecen utilizando los satélites.

El servicio fijo entre dos puntos por satélite se llama FSS (Fix Satellite Service). Si, por el contrario, lo que se quiere es unir a muchas empresas por satélite, lo que se pide es un servicio que se llama VSAT (Very Small Aperture Terminal) que se usa normalmente para que una empresa se comunique con todas sus sucursales y por eso se llama servicio de multipunto. Las antenas parabólicas son bastante más pequeñas (menos de 1 metro de diámetro) y se suelen colocar en las azoteas. Gracias a su capacidad única para proporcionar el ancho de banda en el momento y el lugar en el que esta es necesaria –indistintamente de la ubicación geografía y la infraestructura local– la comunicación por satélite ha evolucionado hasta convertirse en el medio de transporte de alta velocidad más apropiado para una amplia variedad de servicios IP y multimedia.

El servicio VSAT en España lo dan tres operadores: Telefónica, Retevisión (Auna) y Correos y hay algunas redes del Grupo Correo, para enviar las fotografías de sus periódicos. La agencia EFE manda las noticias y las fotos a los periódicos de toda España con VSAT. CAMPSA tiene una red VSAT par unir sus punto de distribución. Son redes por satélite, pero de parábolas pequeñas.

Cuando el servicio de satélite es móvil se llama MSS (Mobile Satellite Service). Hubo un intento de comunicar las flotas de camiones con un satélite utilizando este servicio, pero sobre todo se usa en la marina, en los barcos. El que presta ese servicio es la organización INMARSAT algo así como SATélite INternacional MARítimo y MARSAT, que permite hablar con los barcos por teléfono a base de este servicio, que en España se presta a través de Telefónica. Este servicio móvil puede caer en desuso por la competencia de los LEO, los satélites de baja órbita terrestre que dan telefonía por satélite, aunque habrá que esperar a ver, pues el primero de ellos, Iridium, ha fracasado comercialmente.

En la parte de difusión, sólo en una dirección, se puede mandar televisión y los nombres que recibe el servicios son: DBS y DTH. Según la emisión sea analógica o digital.

En el mundo analógico se le llama DBS Direct Broadcasting Satellite, o satélite de difusión directa. Es lo que dan ahora los canales que recibimos en nuestras casas por la parabólica que tenemos en la azotea, como la CNN, Galavisión, Skynews, etc.

Si es digital, el nombre internacional que se le da es DTH, que significa Direct To Home, directo al hogar. De hecho, la primera emisora que empezó a dar este servicio se llamaba Direct TV. Las dos plataformas digitales que teníamos en España, hasta su proceso de fusión en el año 2003, han sido Canal Satélite Digital y Vía Digital.

5.6.5. Servicios por redes de cable

Los operadores de cable, de verdad lo que dan son los nuevos servicios multimedia que vamos a ver después, pero todos ellos, además, por ley, en España, pueden dar telefonía básica, pueden dar servicios de valor añadido, pueden dar acceso a Internet, televisión, de radio, etc.

5.7. SERVICIOS DE VALOR AÑADIDO

Hubo una época en que se consideraba que eso se llamaban Servicios de Valor Añadido (SVA) eran el futuro de las telecomunicaciones, pero la verdad es que Internet ha matado a la mitad de ellos y dejado en muy mala situación al resto.

Los SVA son servicios que se dan por las redes de telecomunicación, pero que no son para los que la Red se construyó. Son todos aquellos servicios que se dan por una red aparte de los servicios básicos para los que se construyó la red. Si la red es para telefonía, todo lo que vemos por ahí que no sea telefonía se llama servicio de valor añadido. Si por la red de telefonía puedo reservar un billete de avión, pues eso es un servicio de valor añadido. Si puedo chequear o comprobar una tarjeta Visa, si puedo sacar dinero de un cajero, eso son servicios de valor añadido. Hay algo más que las puras telecomunicaciones.

Lo que ocurre es que en algunos países, en España entre ellos, cuando teníamos una ley de telecomunicaciones que se llamaba LOT (Ley de Ordenación de las Telecomunicaciones de 1987), que contemplaba que prácticamente todo era monopolio, se decía que lo único que no era monopolio eran los servicios de valor añadido, entonces hubo un momento de confusión en el cual se decía que cuando algo se liberalizaba era un servicio de valor añadido. Lo cual es una confusión importante, pero bueno, tampoco podemos pedir que los gobernantes sean capaces de tener las ideas claras en telecomunicaciones.

De manera que en algunos países, y España entre ellos, durante una época, se llamó servicio de valor añadido a lo que estaba liberalizado. Por ejemplo, la transmisión de datos se llamaba servicio de valor añadido, cuando la transmisión de datos era un servicio básico de la red de datos. La red de datos había nacido para transmitir datos.

En el año 1995 el Ministerio de Obras Públicas realizó un estudio para analizar y clasificar los servicios de valor añadido y, desde entonces no se ha vuelto hacer nada más, por lo que lo que contamos a continuación está basado en los resultados de aquél estudio público, que llevó a cabo la consultora Price Waterhouse (ahora PWC), con el resultado que se muestra en la tabla de la figura 5.12.

Servicios de Valor Añadido
Básicos de red
De acceso a la información
Difusión de información
Mensajería
Transaccionales
Comunicación
Gestión

Figura 5.12. Clasificación de los servicios de valor añadido (SVA).

5.7.1. Básicos de red

El primer problema que se presentó es cómo llamar, dónde clasificar a los servicios de datos, que no son de verdad de valor añadido, así que se usó el truco de llamarlos servicios básicos de red, en realidad básico es exactamente lo contrario que valor añadido. Los servicios básicos de red en aquella época eran X. 25 y Frame Relay, los de datos, que ya se han visto a lo largo del texto.

5.7.2. De acceso a la información

De acceso a la información eran circuitos que permitían llegar a una información.

El más conocido el **videotex**, de los que hubo en España como medio millón de terminales. El videotex es el equivalente al Minitel francés (el único que realmente tuvo un gran éxito), y es un poco el precursor de Internet, si de algo se le puede llamar.

Un terminal pequeño, parecido a un ordenador, pero no era un ordenador. Era bastante más pobre en características que el ordenador, que se unía mediante una red muy lenta, 1.200/75 bit/s (1.200 en sentido red-usuario y 75 como canal de retorno de órdenes) a unos servidores, unos ordenadores que daban información y daban información de todo, de farmacias de guardia, del BOE, o se podría hacer la compra en El Corte Inglés.

El videotex era muy, muy lento, pero como había tenido mucho éxito en Francia (para acceder a las páginas blancas telefónicas, servicios eróticos, etc.), se pensó que había que promocionarlo en el resto de Europa y en España se financió por la Unión Europea hasta medio millón de terminales, que fueron a parar a Pymes para acceder a bases de datos, concursos públicos, y al final, casi todos ellos no se usaron nunca, hoy día desde luego ya no existe.

Audiotex es el servicio de información por teléfono, servicios añadidos por teléfono, las llamadas eróticas están en este apartado.

Acceso a bases de datos era una idea de poder llegar a bases de datos desde terminales. En EE.UU. estuvo muy de moda y se formaron dos grandes empresas, una que se llamaba Prodigy y la otra se llamaba América en Línea, America on Line (AoL). Luego las dos se han modificado y han evolucionado hacia el mundo de Internet y, así, AoL es la empresa famosa que sigue con Time Warner. Este servicio, como tal ha muerto, porque si queremos acceder a bases de datos no tenemos que suscribirnos a un servicio especial, entramos en Internet y tenemos todos los datos del mundo.

Directorios, que además hasta tiene un estándar internacional X.500, era la idea de tener directorios de teléfono y de direcciones en la red, accesible por suscripción. Y hoy día, de nuevo, pues en Internet está todo.

5.7.3. Difusión de la información

Difusión por subportadora, ya lo hemos visto. Lo que se manda por la radio, es un típico servicio de valor añadido, la básica es la radio, es una emisora de FM, y lo que se manda además y se cobra por ello es música funcional.

Teletexto es algo parecido, no se cobra, se puede ganar algo en publicidad, se manda por la televisión y se ve si el receptor está preparado para ello.

Difusión por VSAT, la agencia de noticias Reuter da información de la bolsa por VSAT, de nuevo un servicio de valor añadido o **el Hilo Musical** por la línea Telefónica. Se puede mandar música de seis canales y cobrar por ello. Siempre el servicio de valor añadido está unido a que se cobra algo más por una red que estaba pensada, en el caso de hilo musical, sólo para telefonía.

5.7.4. Mensajería

Los servicios de mensajería han muerto todos, o casi todos.

El correo electrónico. Hace tiempo se tuvo la idea de poner un servicio nacional de correo electrónico en cada país, siguiendo el estándar X.400. En España la duda era, ¿lo gestiona Telefónica que es la que tiene las redes o lo gestiona Correos que es la que lleva el correo? Esta discusión se mantuvo hasta que al final llegó Internet, que ofrece servicio de correo electrónico gratis al que quiera.

La mensajería vocal, un servicio consistente tener un buzón donde nos dejaban mensajes de voz que después recogíamos, por el que se pagaba un tanto al mes. Hasta que los operadores se dieron cuenta de que si lo daban gratis las llamadas que se hacían y que antes nadie contestaba porque no había nadie, siempre acababan siendo una llamada y se cobraba por ella, y, por lo tanto, la mensajería vocal es gratis, tanto en la telefonía fija como la móvil, porque genera más tráfico.

El fax gestionado es otro servicio para poner muchos faxes en una empresa. El texto se manda a una empresa que tiene muchos aparatos y ella manda los faxes a la vez. Eso se llama un fax gestionado. El mismo procedimiento se puede seguir si se quieren poner los faxes por la noche porque es más barato o son faxes a EE.UU. o a Japón, que tienen un horario de trabajo distinto al nuestro.

5.7.5. Transacciones

Siguiendo con servicios de valor añadido, éstos son los que parece que tienen más éxito: servicios de transacción. Lo que pasa que el más conocido de todos, el EDI, está empezando a morir por el comercio electrónico (e-commerce).

Intercambio Electrónico de Datos (EDI). EDI que significa intercambio electrónico de datos, Electronic Data Interchange, es un sistema por el cual las empresas que se compran y venden se pasan los pedidos no por correo sino por la red y los albaranes y las notas de envío y las facturas, con un formato especial. En España, uno de los primeros proyectos lo arrancaron las empresas automovilísticas que decidieron que todos los pedidos los iban a pasar a sus proveedores a través del EDI. El que quería vender a Citroen en Vigo, tenía que pedir un ordenador y conectarse con un ordenador central que se llamaba un servidor EDI para recibir los pedidos a través de él, enviar las notas de envío, etc. El EDI es hoy en día muy conocido, muy usado, las grandes superficies compran por EDI y, como decíamos, las empresas de automoción.

Pero hoy día, eso está cambiando por el comercio electrónico. El EDI requiere un grupo cerrado, una especie de club de la gente que se envía cosas o no, hay que darse de alta. Requiere formatos muy especiales y muy poco flexibles, mientras que Internet

permite grupo abierto de usuarios o de compradores o de vendedores y, además, formatos de folletos o cualquier otra documentación, por lo que EDI está cediendo terreno, frente al comercio electrónico por Internet.

Transferencia Electrónica de Fondos. La Transferencia Electrónica de Fondos (EFT/Electronic Fund Transfer) es una operación habitual que se hace con los cajeros automáticos. Es un servicio de valor añadido, porque el que nos da el servicio nos cobra aparte por ello. Cuando sacamos dinero de un cajero, la comunicación es del cajero a nuestro banco; es del cajero a la empresa que da este servicio. En España las empresas que dan este servicio son o bien Sermepa, la dueña de VISA, o bien 4B o bien la Ceca, la Confederación de Cajas de Ahorros. Pero estas tres empresas cobran a quien sea una pequeña comisión, normalmente al que saca el dinero por dar el servicio.

Datáfonos. La transferencia de fondos al punto de venta (EFTPS) Electronic Fund Transfer Point of Sale, es un servicio similar al anterior, pero con ciertas particularidades ya que no se utiliza un cajero para hacer la operación, sino un pequeño terminal llamado Datáfono, que lleva un lector de tarjeta, un teclado, una pequeña impresora y un módem. Ese es el nombre que se da a esos terminales que hay en las tiendas donde se pasa la tarjeta VISA y validan la operación. De nuevo, las empresas que hacen eso, cuando se valida una operación hecha con una tarjeta American Express, no es American Express la que está recibiendo la información, sino que se la pasa a American Express un intermediario que, de nuevo, son los de antes: Sermepa, Servired, 4B o Ceca, que cobran por ello. O sea, que son empresas que ganan dinero por comisión.

Reservas. Igual sucede cuando la agencia de viajes reserva un billete de Iberia. No se pone en contacto con Iberia, sino que se pone en contacto con un intermediario que da ese servicio, en el caso de Iberia se llama Amadeus. De manera que hay empresas que ganan dinero por dar ese servicio. Ese es el servicio de valor añadido.

Banco en casa, un servicio que solían dar los propios bancos, para compra y venta de acciones, mirar el saldo, etc. está muerto por Internet, lo mismo que la gestión de tesorería que ofrecían algunos intermediarios para llevar la contabilidad de empresas muy pequeñas.

5.7.6. Comunicación

La audioconferencia, comunicar una persona con muchas a la vez, es un servicio que suelen dar los operadores de telecomunicación, cobran especial por ello: a las cinco de la tarde pónganme en contacto con no sé quién, que está en Nueva York, con no sé quién que está en Londres, con no sé quién que está en Valencia y hablamos todos juntos.

Lo mismo en **vídeoconferencia**, en salas públicas de videoconferencia, que va usándose cada vez menos, debido a la proliferación de salas privadas.

Otros servicios de valor añadido, dentro de este apartado, son: telealarma, telemedida, telecontrol, teleasistencia, etc.

5.7.7. Gestión

Los **servicios de gestión** que requieren una explicación detallada. Para entenderlos mejor se puede hacer la matriz siguiente, en donde se distingue la Propiedad de la red y su Gestión, según sea de la propia empresa o llevada a cabo por un tercero.

Por ejemplo, un banco, un gran usuario o una empresa que usa redes de telecomunicaciones entre sus oficinas, puede tener varias opciones. En cuanto a la propiedad de la red, puede usar una red que sea suya o una red que sea de otro. La gestión de esa red, que incluye dar de alta, nuevos usuarios, atender quejas, desviar el tráfico por donde hay menos congestión, mantenerlas, la puede hacer ella o encargársela a otro. Estas son las cuatro posibilidades que hay, y la combinación de las cuatro da lugar a cuatro situaciones diferentes. La segunda y tercera situación dan lugar al intercambio de dinero.

		Propiedad	
GESTIÓN	De la empresa	De la empresa	Ajena
		Autoprestación	----------
	Ajena	Facilities Management	Outsourcing

Figura 5.13. Modalidades para la gestión de una red.

Primera situación (autoprestación): la red y la gestión es nuestra, no movemos dinero; por lo tanto, no es en realidad un servicio de valor añadido.

Segunda situación (Facilities Management): la red es nuestra, pero la gestiona otro; es algo así como la gestión de nuestros recursos, de nuestras instalaciones, y eso mueve dinero. Hay varias empresas que se dedican a gestionar las redes de otros, la propia Telefónica, EDS, etc. Es un servicio de valor añadido.

Tercera situación (outsourcing): ni la red ni la gestión pertenecen a la empresa, que así se evita comprar equipos nuevos, instalarlos, su mantenimiento, contratar personal, realizar cursos de formación. Nos cobran por ello, luego es un servicio de valor añadido.

Cuarta situación: la red es de otro y nos la deja gestionar a nosotros. Hoy por hoy no se da. Esto sería algo equivalente al alquiler de coches sin conductor.

5.8. NUEVOS SERVICIOS MULTIMEDIA

Vistos los servicios de valor añadido pasamos a estudiar los nuevos servicios multimedia, que involucran voz, texto e imágenes simultáneamente, con interactividad, que son un poco hacia dónde van los operadores de cable, ya que por su propia naturaleza requieren de un gran ancho de banda en las redes para su prestación, con calidad y con rapidez. Estos servicios multimedia son, también, los que impulsan el lanzamiento de la 3ª Generación de servicios móviles (UMTS), al necesitar un gran ancho de banda para la prestación.

5.8.1. Servicios básicos de vídeo

Haciendo un poco de historia, podemos ver que los servicios básicos de vídeo que los operadores de cable históricos han dado se pueden clasificar en tres categorías: Canales obligatorios, Cable Básico y Canales Premium.

- **Canales Obligatorios**

  Los que por ley son obligatorios dar en España. La ley de la televisión por cable dice que hay que dar todos los canales que estén en ese momento transmitiéndose en esa zona, sea Televisión Española, sea privada, sea autonómica, o sea local. Incluso los canales de televisión local, si el operador de televisión local lo pide, hay que darlos. Esos son los obligatorios. En inglés se llama **must carry**, obligatorios de transmitir, de llevar.

- **Cable Básico**

  En la televisión por cable, además de los canales obligatorios, se ofrecen una serie de canales opcionales básicos, los canales que se dan en el abono más barato, en el abono básico, 6, 7, 8 canales más y eso se llama el cable básico. El cable básico es, pues, la combinación del ***must carry*** y esos otros opcionales.

- **Canales Premium**

  Además de los dos que ya se han comentado, los que se dan aparte y se cobra más por su visión, son los llamamos canales premium. El más conocido canal premium del mundo es el HBO, que es un canal de películas, con más de 20 millones de hogares conectados en Estados Unidos. Un ejemplo típico es el Playboy, que es el que todo el mundo cita, porque es un canal que se paga especial por él. Son canales premium, normalmente, los de películas o de deportes.

5.8.2. Servicios interactivos y de telecomunicación

Pero además de éstos, los históricos, los clásicos, si la televisión es interactiva, si nos permite comunicarnos en los dos sentidos, hay otro estilo de servicios, los que se llaman vídeo bajo demanda o de pago por visionado. Veámoslos.

- **Vídeo bajo demanda**

El usuario selecciona la película que desea ver de entre una gran lista de títulos y tienen control total sobre su visionado (pausa, rebobinado, etc.).

El más conocido, el sueño de cualquier operador de cable es el **vídeo bajo demanda**, VoD (Video on Demand), que no se puede dar hoy día con las tecnologías de la redes actuales, pero que, ahí está teóricamente. El servicio de video on demand es un servicio por el cual yo llego a mi casa, tengo diez películas para elegir esa noche, las que veo en el catálogo de mi operador de cable y puedo elegir la que quiero ver en el momento que la quiero ver. La veo en el momento que yo la pido, la paro cuando yo quiero. Es casi como tener un vídeo en casa, pero con la facilidad de no tener que comprar, alquilar ni almacenar las cintas.

Eso se llama vídeo bajo demanda, y tiene el problema de que requiere unas redes muy especiales, yo voy a ver una película, y mi vecino otra y el otro otra. O la misma película en tiempos diferentes, luego las redes tienen que ser de mucha capacidad, en realidad, son redes de paquetes muy rápidas. Es decir, las redes ATM, que todavía no están desplegadas.

- **Casi Vídeo bajo Demanda**

El usuario selecciona la película que desea ver de una pequeña lista de títulos que se repiten en diferentes canales a intervalos regulares (por ejemplo, 15 minutos).

Como el VoD, hoy por hoy no existe, para sustituirlo mientras tanto, se ha inventado lo que se llama el **casi vídeo bajo demanda**, NVoD (Near Video on Demand). Son las mismas diez películas, pero la película primera la puedo ver en un canal empezando a en punto, en otro canal empezando a y cuarto, en otro canal empezando a y media, con lo cual se puede ver la película que uno quiere en el momento más próximo al que esté. Eso tiene la ventaja de que se puede hacer aunque ocupa un montón de canales. Cada película, si va cada cuarto de hora pues 8 canales por lo menos si la película dura dos horas. De manera que se empieza a usar con poca variedad. En vez de cada hora o cada cuarto de hora, por ejemplo, Canal+ tiene tres versiones a horas diferentes.

- **Pago por Visionado**

El usuario decide si quiere ver el evento programado, y solicita su descodificación, pagando individualmente por cada programa.

Y el último que sí se usa mucho en España, el **pago por visionado** o PpV (Pay per View), que es que yo veo el canal en un determinado momento porque es lo que quiero ver, un partido de final, un concierto, una película especial y pago sólo por ese visionado. Cualquiera de los tres sistemas requiere conectarse con la emisora en el último caso para decir quiero ver esto, desconéctame esa película y cóbrame por ella. En los otros casos pues incluso para parar o no la imagen. Por lo tanto, requiere interactividad.

- **Canales de TV Venta**

Son canales convencionales de TV dedicados a ofrecer a los abonado una extensa variedad de productos para su venta. Admiten el pedido por teléfono.

Son canales dedicados a la venta por catálogo, que muestran varios productos.

- **Telecompra**

Servicio de canales específicos que permiten "navegar" a través de múltiples catálogos electrónicos de productos, elegir objetos, cambiar su forma y color, seleccionar tallas, etc. Admiten el pedido a través del propio terminal de usuario.

Sistemas interactivos hay muchos, uno de ellos es la Telecompra por TV. La televisión sin más, si ser interactiva, tiene canales de venta que están vendiendo continuamente y nosotros con el mando a distancia elegimos a través de menús qué es lo que queremos comprar, lo vemos, lo modificamos según nuestro interés y podemos pedirlo. Pero es que eso ya se hace también por Internet, de manera que la telecompra, (superada la fase de pruebas), puede acabar convergiendo con la venta por Internet.

- **Videojuego*s***

Lo mismo que hemos visto con la telecompra pasa con los juegos: hoy por hoy éste es un canal muy conocido, el canal Sega en Estados Unidos que es una unión, una alianza entre Sega y TCI, que era el mayor operador de cable americano. Hoy en día es ATT, lo compró ATT y Time Warner. El usuario que se apunta a ese canal elige con quién quiere

jugar -contra la máquina o en red-, juega y paga una pequeña cantidad por ello, en lugar de tener que comprar el disco o la cinta, que es bastante más cara, del orden de 20 a 60 euros.

- **Otros servicios interactivos**

Muchos servicios interactivos, **música bajo demanda** (el usuario puede seleccionar un vídeo-clip de entre una gran lista, con control absoluto sobre su reproducción), o **tele-música** (canales dedicados a la transmisión de música) Music Choice Europe es una de las cadenas más conocidas, que suministra via TV Cale y en formato digital (calidad CD) música variada las 24 horas del día **tele-educación** (canales educativos en formato de TV convencioanal, con control absoluto del usuario sobre la presentación), **tele-medicina** (envío de datos de los pacientes desde sus hogares, consulta a bases de datos de historiales clínicos, etc.), **tele-vigilancia** (conexión con centros de seguridad a través de la red de cable), **tele... lo que sea**.

5.9. INTERNET

Internet nació en 1969 para unir ordenadores, en una manera segura, mandando la información en forma de paquetes y con la idea de hacer una familia de protocolos que todos se entendieran con todos (uno de los éxitos de Internet), como luego veremos, que cualquier ordenador se comunique con cualquier otro. En el año 1973 empezó a unirse, no ya ordenadores, sino a redes de ordenadores, las redes de área local, y se pensó en que había que hacer un protocolo especial que resultó ser el protocolo TCP/IP, la IP significa Internet Protocol, y la TCP significa Transport Control Protocol. Pero vamos a ver el nombre y el detalle de todos los protocolos que hay alrededor de Internet.

Así que el protocolo de mandar paquetes por Internet es el TCP/IP, mientras que el protocolo IP es sólo cómo se hacen los paquetes de Internet, pero se pueden mandar por otras redes. La red Arpanet pasó a llamarse Darpa. Pero el verdadero cambio fue cuando en los ochenta se decide que esa red, que ya no es tan estratégica para el Gobierno de EE.UU., se va a compartir con las universidades. Se unen las distintas redes universitarias y otras que había: la CSNET (Computer Sciencie Network), promovida por la NSF, National Science Fundation, MILNET (Red Militar) y BITNET (Red de IBM), se unen todas con la red DARPA, lo que da origen a Internet, y se le presta a los universitarios, de manera que los años ochenta, es el boom de Internet en las universidades americanas, y, además, se empiezan a dar mayores velocidades, la velocidad de la primera jerarquía digital plesiócrona americana 1,5 Mbit/s.

Y al final, quien se ocupa de ser la parte central, troncal, de la red, lo que se llama la espina dorsal, el backbone, fue la National Science Foundation, que era la mejor red que había en aquellos momentos de las universitarias. De manera, que ya tenemos a Internet en las universidades, a lo largo de los años ochenta. A principios de los 90 se pensó que esa red debería de ir a todo el mundo, no sólo a universitarios, debería abrirse

al público en general. De manera que a partir de los 90 empieza Internet en todo el mundo, en el mundo comercial con un éxito extraordinario.

Internet no es una simple red, sino miles de redes que trabajan como un conjunto, empleando un juego de protocolos y herramientas comunes. Las direcciones oficiales están reguladas por el InterNIC (*Internet Network Information Center*), que actúa como cámara de compensación entre bases de datos de la red. Por otro lado, el **IETF** (*Internet Engineering Task Force*), es un grupo de trabajo encargado de estudiar y emitir recomendaciones que se aplicarán para el interfuncionamiento, conocidas como RFC.

La red no tiene propietario y su administración es descentralizada; cada una de las redes conectadas conserva su independencia frente a las demás, aunque tiene que respetar una serie de normas que garanticen la interoperabilidad entre ellas. Debido a este carácter la red resulta muy barata en su utilización, pero con la contrapartida de que la calidad de servicio, medida como retardos o fallos en la recepción, no está garantizada.

En el mundo, el número de internautas crece rápidamente, como se ve en la figura 5.14, y su distribución por continentes en la figura 5.15. En Estados Unidos su número es similar al de toda Europa, aunque el ritmo en Europa es más fuerte. A mediados del año 2003 había más de 500 millones de internautas en el mundo y más de 9 en España.

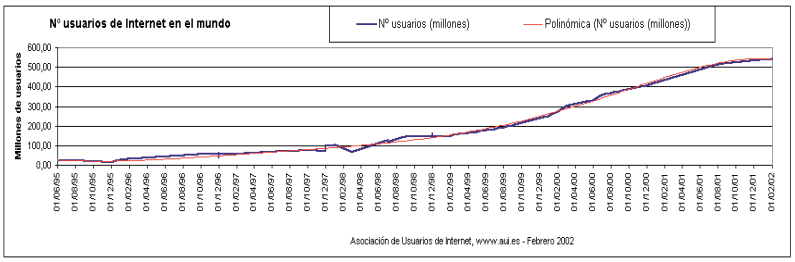


Figura 5.14. Crecimiento mundial de Internet.

Distribución de usuarios de Internet

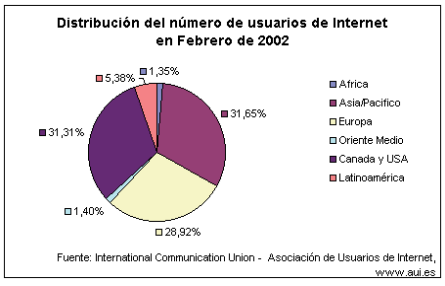


Figura 5.15. Distribución de Internet en el mundo.

5.9.1. Direcciones en Internet

Los números en Internet son como números de teléfono, se componen de doce cifras. O sea para llamar a alguien a Internet tendríamos que marcar doce cifras que, normalmente, están agrupadas así: tres cifras. tres cifras. tres cifras. tres cifras. Pero como es muy difícil acordarse de unos números tan largos, en Internet se ha preferido usar un nombre que se recuerde fácilmente, así que se asigna el nombre y ya el ordenador de Internet se encarga de convertirlos en números. De manera que Internet se maneja por números como los números de teléfono, pero de cara al usuario lo que aparecen son nombres.

Dominios originales	**Actividad**	**Nuevos dominios**	**Actividad**
.gob	Gobierno	.firm	Empresas
.edu	Educación	.stor	Comercios
.mil	Militar	.web	Internet
.net	Red	.arts	Cultura y entretenimiento
.com	Comercial	.rec	Actividades recreativas
.org	Otras Organizaciones	.info	Servicios de Información
.es, etc.	Países	.nom	Direcciones personales

Figura 5.16. Dominios originales y nuevos de Internet.

Los nombres tienen diferentes subfijos que se llaman dominios y consisten en un nombre -punto- y tres letras. Los dominios originales y los nuevos son los que aparecen en la tabla de la figura 5.14. Son gobierno *gob*, comercial que es el más conocido *com*, etc. Hay nombres o dominios de dos letras que son los de los países *es* para España, *us* para Estados Unidos, *fr* para Francia, etc. Pero como el número, los dominios se van quedando anticuados, todas las empresas que no son ni educación ni gobierno tienen que entrar en punto com (.com) que ya está muy saturado, así que se ha decidido ampliar el número dominios, en los que ya se distingue entre empresa que venden, empresa de arte, actividades recreativas, todas las aparecen.

Se ha comparado a Internet con un gran árbol alimentado por trece inmensas raíces. La Red de redes dependía de catorce importantísimos y complejos engranajes denominados servidores raíz -«root servers», en inglés- considerados el corazón de Internet. Un ataque programado contra estos trece pilares de la Red provocaría un apagón generalizado de esa inmensa secuoya que es Internet.

La distribución geográfica de estos motores es un indicador geoestratégico de primer orden: diez están localizados en Estados Unidos, uno en Estocolmo, otro en Londres, otro en Madrid y otro en Tokio. Cada uno de ellos se ocupa de conocer y traducir los nombres de dominio a direcciones de Internet IP, es decir, una ristra de números interminable. Luego realizan el proceso a la inversa, lo que en la práctica nos permite acceder a las web.

5.9.1.1 NOMBRES POR DOMINIOS

Para identificar a un ordenador ante la red Internet, se dispone de un número exclusivo de 32 bits dividido en cuatro campos de 8 bits, asignado en el protocolo IPv4 (IP versión 4) por el NIC (*Network Information Center*), el organismo internacional encargado de la asignación de direcciones. Sin embargo, a nivel práctico, como se ha comentado, no se suelen utilizar así, sino que se emplean nombres identificativos con un código alfanumérico y separados por campos (DNS/*Domain Name System*) con una estructura jerárquica, más fáciles de recordar, encargándose el servidor DNS de la traducción entre estos nombres y las direcciones IP.

Un usuario específico se identifica mediante una cuenta SLIP o PPP, que es un espacio reservado dentro del ordenador y el derecho a utilizar ciertos recursos; la dirección Internet completa de un usuario es su cuenta separada por el símbolo @ (arroba) del nombre correspondiente al ordenador.

Cada palabra representa un subdominio que a su vez se encuentra dentro de otro de mayor categoría; así, el de primer nivel identifica al país al que pertenece el ordenador, por ejemplo: **se** corresponde a **Suecia**, **de** a **Alemania** y **es** a **España**. El registro de un nombre, bajo el dominio .es lo lleva la entidad estatal Red.es, pero no está teniendo mucho éxito debido a los altos costes de alta y mantenimiento que hay que pagar.

5.9.1.2. DIRECCIONES URL

Las páginas Web que encontramos en Internet se designan mediante lo que se llama la dirección URL (Universal Resource Locator: Localizador Universal de Recursos). Cuando queremos cargar de la red una página, escribimos su dirección URL en la ventana dispuesta para este propósito en el navegador. Así, por ejemplo, cuando queremos ver la página de Microsoft, escribimos la dirección http://www.microsoft.com. Ésta es precisamente la URL de la página principal de Microsoft.

Una URL tiene tres partes:

- **Siglas del Protocolo**: indican qué protocolo vamos a usar para la transmisión de datos. Lo normal es usar el protocolo de hipertexto, o sea, páginas Web, que es el HTTP (HyperText Transfer Protocol: Protocolo de Transferencia de Hipertexto). Normalmente, se pone después del protocolo los siguientes

caracteres: "://", por lo que las siglas del protocolo de páginas Web serán: "http://".

- **Nombre de Dominio** del ordenador servidor: indica qué ordenador servidor de Internet nos va a dar la información solicitada. Normalmente, los ordenadores servidores de páginas Web tienen por nombre de dominio algo parecido a lo siguiente: www.nombre.es. Las tres letras "w" del principio indican que el ordenador está destinado a servir páginas Web en Internet.

- **Ruta en el servidor**: indica la posición del fichero que concretamente se ha solicitado dentro del ordenador servidor. Los ficheros están en el servidor ordenados jerárquicamente en una estructura de directorios o carpetas, como si fuera un disco duro. Una carpeta se separa de su sucesora mediante una barra de dividir. Así, por ejemplo, la siguiente ruta: /personal/fulanito/imagen, significa que la información que solicitamos se encuentra en la carpeta principal llamada personal, y dentro de esta en la carpeta fulanito, y por último en la carpeta imagen que está, a su vez, dentro de la anterior.

  La ruta no sólo se compone de la posición de los datos en el sistema de ficheros, como acabamos de ver, sino que también hay que poner el nombre del fichero donde se encuentra la información que queremos visualizar. Estos ficheros suelen tener por extensión las siglas .htm o bien .html (HTML: HyperText Mark-up Language: Lenguaje de Hipertexto a base de Marcas: Lenguaje de descripción de páginas Web). De este modo, una ruta completa podría ser: /personal/fulanito/imagen/galeria.htm.

Juntando estos tres elementos, formamos una URL completa. Un ejemplo, sería: http://www.nombre.es /personal/fulanito/imagen/galeria.htm.

5.9.2. Protocolos de Internet

En cuanto a protocolos de Internet, ya hemos visto que los dos principales son el IP y el TCP, que suelen ir juntos, pero hay otros que también se emplean y que conviene conocerse, al menos los que se encuentran en la tabla de la figura 5.17.

Un protocolo, es un acuerdo entre un aparato y otro para cómo se van a hablar. El protocolo más importante, el básico, es el IP, que es el acuerdo de cómo se hacen los paquetes, cómo es un paquete, cómo se pone la dirección, la cabecera del paquete, cómo se corrigen los errores, ese es el IP.

El protocolo de transmisión a través de Internet es una combinación del IP (cómo es el paquete) y TCP (cómo se transmite).

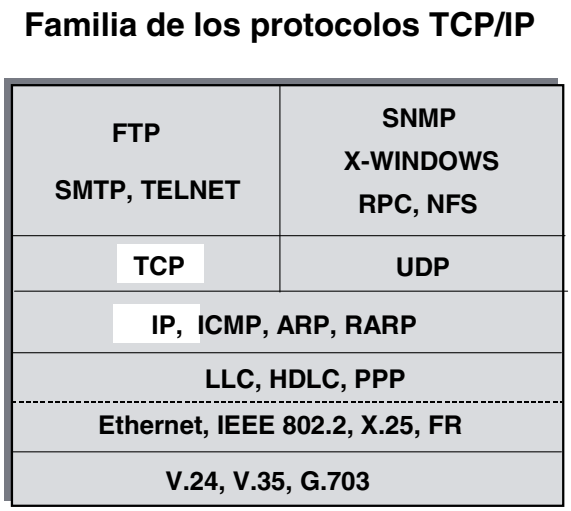


Figura 5.17. Estándares y protocolos de la familia TCP/IP empleados en Internet.

El protocolo IP sólo es responsable de que el paquete (datagrama) esté bien construido, mientras que el protocolo TCP/IP es responsable de que el paquete llegue a su destino a través de Internet. TCP es el protocolo de transporte. Ambos se utilizan conjuntamente y los ordenadores personales se configuran para soportarlos si se va a acceder a Internet, a través de cualquiera de las modalidades disponibles.

5.9.2.1. HTTP, HTML Y XML

Pero una vez llegamos a un destino ¿cómo conseguimos que nuestro ordenador se comunique con cualquier ordenador del mundo, con cualquier sistema operativo? Pues gracias a un lenguaje común, a un protocolo común, que se llama HTTP (Hyper Text Transfert Protocol). Es el que permite que un PC se conecte con el ordenador grande (servidor); de manera que ya, gracias a que ambos usan el http, se pueden conectar.

En Internet se ha hecho una aplicación común para todos los programas; la información no va ni en Word, ni en Power Point, ni en freelance (freehand), va en una cosa que se llama hipertexto HTML (HyperText Mark up Language), que permite que cualquier ordenador pueda, no sólo conectarse con el de Amazon, sino que se pueda traer la información y verla. De manera que el lenguaje HTML permite ver las letras y ver los gráficos sin movimiento.

El HTML es un protocolo antiguo, es estático, pero se ha inventado un nuevo lenguaje, el HTML dinámico, DHTML (Dinamic HTML) que tiene la ventaja de que se puede variar y ver imágenes en movimiento, como puede ser un banner (anuncio) o un gif animado. Y ese es el más frecuente en estos momentos.

Pero todavía se ha avanzado más y se tiene el XML (Extended Markup Language) que no sólo manda la página, los gráficos el texto, sino que manda tablas o programas. Muy de moda en este momento. Todo lo que quiero hacer en Internet, si me quiero comunicar con el ordenador de mi empresa a través de Internet, pues que el ordenador de mi empresa me mandé páginas XML, me mandan páginas con programas para yo pueda acceder, por ejemplo, a la tabla de vacaciones de mis empleados, y poder manejarlo.

Además de esto que hemos visto, se empieza en Internet a hablarse de transmitir datos o conectarse a Internet por teléfono móvil, a través de un móvil. Eso se hace a través de un protocolo especial que se llama WAP, Wireless Application Protocol. Tiene la ventaja de que me conecta vía un teléfono normal GSM, el teléfono lo que pasa es que tiene muy poca riqueza de gráficos y de colores, los teléfonos de hoy irán apareciendo teléfonos con pantallas más grandes, ya van apareciendo, pero requiere, por lo tanto, un lenguaje más sencillo, aquí no uso HTML, uso en lenguaje WML (Wireless Markup Language), que es el lenguaje que me permite que pueda ver en una página de Internet, en una pequeña pantalla de un terminal móvil.

5.9.3. Navegadores y Buscadores para Internet

Los navegadores, hojeadores, exploradores, navegadores o *browsers* (de todas estas manera se llaman) son programas clientes que se comunican con los servidores Web utilizando el protocolo HTTP (*Hypertext Transport Protocol*), aunque también admiten FTP, Gopher, etc. y permiten acceder y visualizar los documentos de hipertexto contenidos en ellos, sobre distintos entornos: Windows, OS/2, Unix, Apple, etc. HTTP controla la transferencia de documentos entre servidores y clientes, definiendo un método para que el cliente solicite un documento y el servidor lo busque y lo devuelva, independientemente de la plataforma hardware que se emplee.

La información contenida en Internet es inmensa -millones de páginas- y abarca todos los temas, por lo que puede representar un problema sin solución para el usuario el acceder a lo que busca si no sabe exactamente donde está localizado. Para ayudar a resolver este problema existen varias herramientas -motores de búsqueda- que facilitan la búsqueda de contenidos según los parámetros proporcionados por el usuario, que pueden ser *contenidos o categorías*.

- **Navegadores**

Siguiendo con el mundo de Internet, como hay que moverse por un mundo de ordenadores relativamente complejo, esa función se facilita con unos programas que se llaman browsers en inglés o navegadores en español, que lo que hacen es facilitarnos el manejo, nos guardan los sitios preferidos, nos permiten pasar a la página anterior o a la página siguiente, a la página de inicio, proporcionan varias funcionalidades para añadir comodidad, etc. Así, pues, el acceso a la red, la búsqueda de información, la conexión con diferentes direcciones, etc. se realiza mediante estos programas especiales.

Los dos navegadores más conocidos son Internet Explorer de Microsoft y Netscape Communicator (recientemente lo compró American on Line). Mantienen una feroz guerra entre ellos, y Microsoft ha sido acusado de abuso de posición dominante, porque cuando vende su Windows, incorpora el navegador Explorer, sin pedirlo, con lo cual nadie compraba el Netscape porque le daban gratis el Explorer. Netscape también puso el suyo gratis, pero aún así, no ha recuperado la cuota de mercado perdida, manteniendo en torno a un 20%, mientras que Explorer tiene el 80%.

- **Buscadores**

Los buscadores son direcciones que manejan programas para búsqueda de otras direcciones bajo criterios establecidos por palabras clave. En cuanto a buscadores la idea es: como hay tanta información en el mundo de Internet pues hagamos algo que nos permita dando unas palabras clave encontrar la información. Hay muchos buscadores, entre los más conocido destacan tres: Altavista, Google y Yahoo, que reciben millones de visitas cada uno cada día. Hay lo que se llaman Metabuscadores, buscadores por encima de las palabras clave y busca en varios de los navegadores y nos da el resumen: tantas veces aparece.

- **Motores de búsqueda**

Los motores de búsqueda se encargan de examinar a diario las páginas Web y recursos de todo el mundo -utilizan robots de búsqueda que navegan por la red buscando páginas con enlaces- indizando lo que encuentran y lo incluye en su base de datos, organizándolo por contenidos o categorías, ofrecen enlaces con otros documentos de su propia base de datos y, en algunas ocasiones, indicación de los más importantes y una valoración de los contenidos, además de indicar las novedades y otros temas de interés.

5.9.4. Proveedores de acceso a Internet

Para acceder a Internet hacen falta normalmente tres tipos de servicio. El primero es alguien que me transporte los datos de mi ordenador al acceso a Internet, el servicio de transporte y eso lo han dado siempre los operadores de telecomunicaciones: Telefónica, Jazztel, o quien sea.

El segundo servicio que se necesita es la entrada en Internet. Llego a un ordenador, a un servidor, que me permite entrar en Internet. Y eso es lo que se ha llamado tradicionalmente ISP (Internet Service Provider).

Una vez que se está en Internet lo más cómodo es entrar en una página inicial que de paso a otras, que de paso a noticias, a compras, a información meteorológica, a los periódicos, es lo que se suele llamar un portal. De manera que hay alguien que hace el transporte, alguien que da el acceso y un portal que me facilita la comunicación.

Lo que ha ocurrido en España y lo que está ocurriendo en el mundo es que los operadores de Telecomunicación están tomando los tres papeles. Primero fueron meros transportistas, luego compraron a los ISPs existentes y más tarde ellos mismos han hecho sus portales, para que ya que dan el acceso también den la página de entrada.

Todas las operadoras de telecomunicación españolas tienen, o han tenido, su propio portal, Terra -fusionada con Lycos- (Telefónica), Navegalia (Vodafone), Canal 21 (Euskaltel), Pobladores (BT), Wannadoo (Retevisión y UNI2), Ya.com (Jazztel), etc., aunque es habitual que se produzcan fusiones entre compañías y compras de unas por otras, por los que esta relación puede variar según el momento.

5.10. SERVICIOS EN INTERNET

Internet tiene numerosos servicios disponibles, como se aprecia en la tabla de la figura 5.18, pero parece como si sólo existiera el llamado WWW, pero hay un muchos más servicios, que veremos a lo largo del texto, clasificándolos como:

- **Servicios Tradicionales**
- **Nuevos Servicios**
- **Servicios de Información.**

Servicios disponibles en Internet	
Servicios Tradicionales	Conexión remota (Telnet) Transferencia de ficheros (FTP) Correo electrónico (e-mail) Diálogos en línea (chat) Noticieros electrónicos (News)
Nuevos Servicios	Telefonía (Voz sobre IP) Intranets y Extranets Comercio electrónico
Servicios de Información	Archie (búsqueda de ficheros) WAIS (búsqueda información por palabras clave) Finger (búsqueda de personas) WWW (búsqueda de información-hipertexto)

Figura 5.18. Principales servicios disponibles en Internet.

5.10.1. Servicios Tradicionales

Tradicionalmente, Internet ha dado servicios desde conexión remota a un ordenador (simulaba a nuestro ordenador como un terminal, a través de Internet), mandar noticias a un grupo determinado de personas, transferir ficheros, diálogos para hablar con la gente, noticias, etc. Éstos son los servicios tradicionales, que vamos a explicar brevemente.

La interconexión entre Internet y las redes públicas es suministrada por los Proveedores de Acceso o de Servicios a Internet, llamados ISPs, con los cuales los usuarios deben de establecer un contrato en el cual se le detallan los servicios a los que tienen acceso y la calidad comprometida en su prestación.

El mercado de los Proveedores de acceso a Internet ha sufrido muchas variaciones a lo largo de la corta historia de Internet y su número se ha ido ajustando en función de la normativa existente y de los modelos de negocio viables en cada momento.

- **Telnet**

  Mediante este servicio (*Telecommunicating Networks*) es posible controlar ordenadores desde cualquier parte del mundo de forma remota, como si se estuviese en local. Telnet se emplea para acceder, mediante una contraseña, a ordenadores conectados a Internet a los que se tiene derecho de acceso, permitiendo, por ejemplo, la creación de una red corporativa.

- **Transferencia de ficheros**

  Este servicio, conocido como FTP (**File Transfer Protocol**), permite la transferencia de ficheros de todo tipo entre ordenadores conectados a través de Internet. La información, comprimida para ocupar menos espacio, está contenida en ordenadores -servidores FTP- y los usuarios acceden, normalmente, de forma anónima a los mismos, es decir, sin tener una cuenta, pudiendo transferir a sus terminales aquellos ficheros que les interesen. En otros casos el acceso no es libre y el usuario tiene que introducir su identificativo y palabra clave, pudiendo transferir información en ambos sentidos; esta forma es la habitual dentro del entorno de una empresa para intercambiar información corporativa.

- **Correo electrónico**

  El correo electrónico (*e-mail*) es el servicio más utilizado dentro de Internet, junto con el WWW, y permite la comunicación personal entre todos los usuarios de la red.

Cada usuario está identificado con su dirección de correo: ***nombre de usuario@nombre de dominio***, siendo el dominio el del ordenador del proveedor de servicio al que se está conectado. Los usuarios, para acceder a sus cuentas utilizas una clave propia de acceso y lo pueden hacer vía Web(desde cualquier lugar) o mediante un programa específico de correo, siendo esto último lo más habitual.

Uno de los programas de correo más conocidos para entornos Windows es el Eudora, que trabaja con un protocolo conocido como POP (*Post Office Protocol*) entre el terminal de usuario y el servidor; entre servidores el formato es el SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*).

Los proveedores de acceso ofrecen una o más cuentas de correo (buzones) de manera gratuita o mediante pago, con una capacidad limitada a una cantidad de MegaBytes. Así, los usuarios puede recibir o enviar mensajes identificándose con una dirección de usuario diferente.

- **Gopher**

  Es un servicio de búsqueda y recuperación de ficheros distribuidos por toda la red que emplea una estructura jerárquica de menús. Es un servicio de información sobre los recursos de la red en los que cada servidor se encarga de organizar su propia información, siendo las referencias cruzadas entre ellos lo que permite que funcionen como un conjunto único. Gopher es capaz de reconocer y utilizar otros servicios comunes de Internet.

- **Grupos de Noticias (*News*)**

  Son grupos de discusión (listas de correos mantenidas por la red USENET), abiertos o cerrados, sobre temas de interés muy variado. Funciona a modo de los tablones de anuncios en los que cualquiera puede dejar o leer mensajes.

  Los mensajes están clasificados por temas y se integran por grupos (newsgroups). News es un conjunto de Newsgroups distribuidos electrónicamente en todo el mundo. Los grupos pueden estar moderados o no; en el primer caso, el moderador decide que mensajes aparecerán.

- **Listas de correos (*mailing lists*)**

  Las listas de correo o listas de distribución, establecen foros de discusión privados a través de correo electrónico. Están formada por direcciones e-mail de los usuarios que la componen. Cuando uno de los participantes envía un mensaje a la lista, ésta reenvía una copia del mismo al resto de usuarios de la lista (inscritos en ella).

- **Conversación multiusuario (*Chat*)**

  IRC (*Internet Relay Chat*), un servicio que permite intercambiar mensajes por escrito en tiempo real entre usuarios que estén simultáneamente conectados a la red (*party line*). El servicio IRC, similar al "talk", se estructura sobre una red de servidores, cada uno de los cuales acepta conexiones de programas clientes, uno por cada usuario.

5.10.2. Nuevos Servicios

Nuevos servicios, pues hay muchos, se habla de telefonía por Internet, recordemos que es dividir la conversación en paquetes IP y mandarlos por Internet. El único problema es que Internet puede ser rápido o puede ser lento, depende del día, de que haya muchos usuarios o no, y si es lento no me va a permitir mandar los paquetes de voz adecuadamente. De manera que la telefonía por Internet tiene calidad dudosa, depende del día y de cómo esté la velocidad.

Al igual que la voz, también, el envío de faxes se puede realizar a través de Internet, en lugar de por la Red Telefónica Conmutada, con lo que el coste es siempre el de una llamada local y el usuario los puede preparar y recibir en su PC, en el que ha de tener cargado un programa específico para este fin.

Para las redes empresariales, sin embargo, es interesante el uso de Internet, y tenemos lo que se llama Intranet y Extranet. Si una empresa quiere comunicar todas sus sucursales a través del ordenador, tiene la opción de poner una red privada para conectarse entre ellos, pero mucho más barato puede ser comunicarse entre todos a través de Internet.

El único problema es que puedo entrar yo, pero puede entrar cualquier pirata informático a través de Internet. Ese concepto de toda la empresa unida, a través de Internet se llama Intranet, es una red de Internet propia de la empresa, Intranet, y tiene el problema; la ventaja: pues estoy entrando en una red pública muy barata, la llamada local, para entrar en ella.

5.10.2.1. SEGURIDAD Y CORTAFUEGOS

Pero la desventaja es que en ese momento pongo todas mis empresas dentro de Internet y, por lo tanto, accesibles a piratas (hackers) si son suficientemente listos para saber los códigos. Por lo tanto, el hacer Intranet obliga a una fortísima seguridad. La seguridad se consigue con algo que se llama “cortafuegos” o “firewalls”. El cortafuego es un software de seguridad que se pone en la entrada de cada una de las empresas, en los ordenadores, para que sólo pueda entrar el que tenga permiso, el que tenga acceso. Son muy sofisticados para que no puedan entrar los piratas.

Si además de unir yo mi empresa, quiero unirme con mis proveedores y con mis clientes a través de Internet de manera que, por ejemplo, cada vez que me llega un pedido yo automáticamente a través de Internet me comunico con el fabricante del aparato que me han pedido y le digo que me lo entregue. Me comunico con el transportista y le digo que venga a recogerlo porque lo tiene que entregar, y me comunico con el banco y le digo que cobre la factura. Si me uno con todos mis clientes y/o proveedores, eso es lo que se llama una Extranet, o del concepto más moderno de lo que llaman una empresa extendida (Extended Enterprise).

5.10.2.2. COMERCIO ELECTRÓNICO

El comercio electrónico por Internet (e-commerce) es una nueva forma de hacer negocios que está adquiriendo un alto protagonismo entre las empresas (según la consultora IDC supone el 80% de todo el comercio electrónico), pero no tanto entre los particulares, según indican estudios recientes, siendo su evolución mucho más lenta de la prevista inicialmente. En cualquier caso, se está consolidando, junto con el correo electrónico y la búsqueda de información por el WWW, como impulsor de Internet.

Algunas de las razones en contra del comercio electrónico son:

- *Complejidad*: requiere poseer y saber usar un PC conectado a la línea telefónica a través de un módem a la RTC, la RDSI o una red de cable.

- *Conocimiento del proceso de navegación por Internet*: es necesario buscar para encontrar, a diferencia de los programas televisivos de telecompra.

- *Compra fría*: no hay contacto físico con el producto a comprar (la realidad virtual puede ayudar presentando el producto al consumidor).

- *Seguridad*: es un factor crítico para el éxito del comercio electrónico, que resuelve el protocolo SET (Transacción Electrónica Segura) u otro similar.

Estas dificultades hacen que el comercio electrónico se esté desarrollando en forma similar al comercio al detalle, es decir, dirigiendo las compras hacia establecimientos (marcas) conocidas que dan confianza, como es el caso de la tienda (inicialmente solo librería) en línea Amazon.com. Con esta tendencia se están perdiendo las grandes ventajas del Internet, como son la de la multiplicación de opciones de elección para los usuarios, y la de la competencia global.

5.10.3. Servicios de Información

Servicios de información, de búsqueda de información, hay muchos más que el WWW. Los usuarios antiguos de Internet conocen muy bien que antes había aplicaciones o servicios diferentes depende de lo que quisieran buscar. El Archie buscaba ficheros, el

WAIS buscaba información por palabras clave. El Finger buscaba personas, y el Gopher buscaba información a través de menús.

Lo que pasa, es que se desarrolló uno que es el WWW, que es muy cómodo y sencillo de usar y es el que más se emplea en este momento.

- **El World Wide Web**

WWW, Web o Telaraña Mundial es uno de los servicios que experimenta un crecimiento mayor. Fue desarrollado por el CERN (Centro Europeo de Estudios Nucleares ubicado en Suiza) por el científico británico Tim Barnes-Lee en 1992 y consiste en un estándar (HTML/*Hypertext Markup Language*) para presentar y visualizar páginas multimedia -texto, sonidos, imágenes, vídeos- que emplea hipertexto (documentos que contienen enlaces -hiperenlaces- o vínculos con otros), siendo muy fácil de utilizar.

Para poder utilizar este servicio se necesitan unas herramientas especiales denominadas navegadores, que son programas que se conectan con los servidores WEB, leen las instrucciones HTML y la presentan al usuario según se indica.

El 30 de abril de 1993 el Laboratorio Europeo de Física de Partículas (CERN) anunciaba en un escueto comunicado de dos folios la disponibilidad pública de un programa informático llamado World Wide Web (WWW), el servicio de Internet que en apenas una década ha conseguido transformar las comunicaciones en todo el mundo. La idea de la «telaraña global» se remonta a marzo de 1989, cuando un especialista en computación del CERN, la «meca» de los físicos de partículas, propuso un sistema de información basado en los ordenadores para poner en contacto a la nutrida comunidad mundial de científicos que desentrañan los misterios de la materia.

El autor de esa propuesta fue el británico Tim Berners-Lee, que hacia las Navidades de 1990 llevó a la práctica su idea con los primeros servidores y «browsers» (navegadores) de los que disponían los técnicos del CERN, cuya sede se encuentra en Ginebra. La base de ese avance fundamental para las tecnologías de las comunicaciones fue el desarrollo de un programa que permitía almacenar información y con el que Berners-Lee pretendía formas nuevas de trabajar en equipo de manera más eficaz, rompiendo las barreras geográficas. Lo llamó Enquire y era un sencillo programa de hipertexto.

Ese mismo año, el Centro Nacional de Aplicaciones de Supercomputación de Estados Unidos comenzó a trabajar en el desarrollo de nuevos browsers, que permitieron el acceso a la red desde ordenadores personales. Mosaic fue el primer «browser» que permitió al público experimentar el placer de navegar por la Red. A partir de 1993, la World Wide Web ha experimentado un crecimiento imparable.

5.10.4. Convergencia de servicios

La eclosión de las redes IP ha sido debida fundamentalmente a su carácter de red multiservicio (una única red para todos los servicios), la propia normalización (TCP/IP como protocolo universal, servicios universales Web, correo electrónico, transferencia de ficheros, etc.) y un curioso fenómeno de "desregulación tecnológica" (imposibilidad de regular los servicios finales basados en redes IP), han llevado al abaratamiento de los servicios, la universalización del acceso y las economías de escala en terminales, alimentando interactivamente el ciclo.

IP soporta dos tipos fundamentales de "sesión" o conexión:

- **Servicios UNICAST (sesión TCP)**: la conexión se establece entre dos puntos A y B (conexión punto a punto). Por cada paquete de información que A envía a B, éste debe responder con un reconocimiento (ACK) de su validez. El proceso es el mismo cuando B envía un paquete de información a A. Las características del servicio, consecuencia de lo anterior, son: La información aceptada por los sistemas extremos no tiene errores. Se pedirán retransmisiones si éstos se producen, pero los sistemas (aplicaciones) no se verán afectados.

  La comunicación punto a multipunto se realiza mediante varias comunicaciones secuenciales (con el mismo ancho de banda y con n veces más tiempo) o en paralelo punto a punto (con n veces el ancho de banda para el mismo tiempo). Piénsese un momento qué significa esto para usuarios del cable, por ejemplo, con aplicaciones que utilicen sesiones Unicast.

- **Servicios MULTICAST (sesión UDP)**: en este caso no hay una conexión lógica extremo a extremo, sino que una fuente A envía paquetes de información a un grupo concreto de destinos N sin esperar ningún tipo de confirmación sobre la validez de los datos recibidos en cada caso.

  No hay que confundir este tipo de sesión IP con las transmisiones **BROADCAST**: en este caso la información se transmite a toda la red sin identificar la fuente ni el grupo destino. Las sesiones Multicast permiten realizar un "broadcast" selectivo, identificando para cada fuente de información el grupo de destinos que puede recibir dicha información. La comunicación es punto a multipunto, con las consiguientes ventajas para los servicios de esta naturaleza.

Por tanto, no hay garantía de transmisión libre de errores. Aunque las mejoras tecnológicas afinan cada vez más con correcciones basadas principalmente en redundancias en la información transmitida, nadie puede garantizar que cada destino tiene la información correcta dado que nadie contesta con ningún tipo de confirmación.

5.11. EL CORREO ELECTRÓNICO

El correo electrónico (e-mail) es, junto con WWW, una de las principales aplicaciones sobre Internet. De hecho, cuando se creó el embrión de lo que hoy es Internet, los usuarios de las universidades americanas donde se implantó, estaban más interesados en acceder a los cerebros de sus colegas que en acceder a los "cerebros" electrónicos y compartir conocimientos con ellos, razón por la que inventaron la aplicación de correo electrónico, una aplicación para la que fue diseñada la red. Por la importancia que tiene esta aplicación, tanto en el mundo de los negocios como en el particular, le vamos a dedicar un algo más de atención.

El envío de correo (coloquialmente los *emilios*) haciendo uso de Internet (e-mail/electronic mail) es una aplicación muy extendida y puede considerase como uno de los impulsores principales de la Red. Los distintos tipos de redes públicas y privadas han originado la existencia de diferentes formatos de especificación de correo electrónico. Se debe tener en cuenta, al implantar un sistema de correo electrónico, la utilización de una norma estándar que unifique procedimientos de gestión y transferencia de mensajes. De este modo se puede efectuar intercambios de mensajes entre sistemas distintos, incluso de aquellos que incorporen información multimedia, como imágenes o vídeos.

Teniendo en consideración lo que es la comunicación con el exterior, existen dos tipos de mensajería electrónica, ampliamente difundidas:

- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol), que es la utilizada en Internet y la que tiene mayor difusión (Recogida en la norma RFC822).

- X.400, una norma del CCITT para interconectar Agentes de Usuario con Agentes de Transferencia de Mensajes, mucho más compleja que el anterior.

En ambos casos se hace necesario contar con un completo directorio electrónico personal de empresas y personas (por ejemplo, pedro-garcia@transportes.es) con las que se mantiene contacto habitual, algo equivalente a las agendas telefónicas que consultamos cuando queremos hacer una llamada a alguien y no recordamos su número. Téngase en cuenta que no existen las guías públicas de direcciones de correo, por lo que resulta muy difícil obtener una dirección personal si no nos la facilita el propio interesado. Las aplicaciones de correo permiten establecer esas agendas o directorios personales con las direcciones que se usan normalmente.

Características comunes del correo electrónico

Las características más importantes del correo electrónico son las que se detallan a continuación, que suelen ser las comunes a cualquier paquete comercial (figura 5.19) que el usuario adquiera.

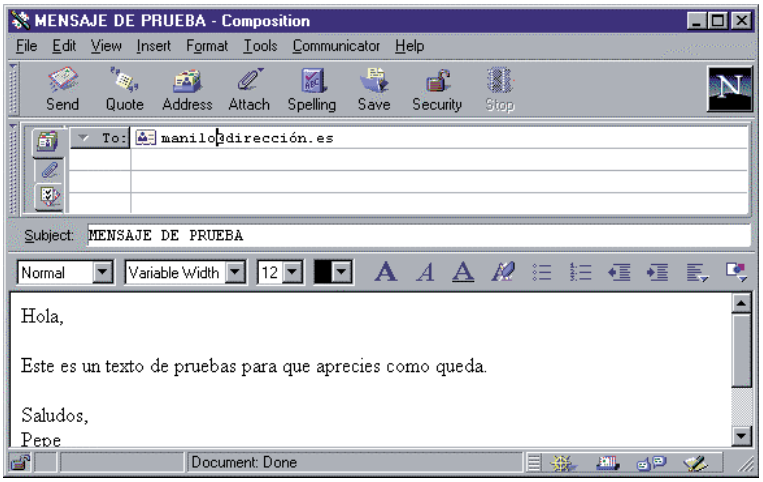


Figura 5.19. Formato de un mensaje de correo electrónico utilizando un programa estándar.

- *Acuse de recibo automático*: El emisor puede comprobar si el receptor ha recuperado el mensaje en el preciso momento en que éste lo lee. Esto, con algunos sistemas, no siempre es posible.

- *Distribución múltiple*: El emisor puede dirigir su mensaje a distintos destinatarios sin necesidad de repetirlo, simplemente indicando sus direcciones de correo en el/los campos destinados a ello.

- *Respuesta automática*: El receptor puede dar respuesta al emisor sin repetir la dirección de destino ni la cabecera del mensaje.

- *Redireccionamiento*: El receptor de un mensaje puede transmitir, a su vez, ese mensaje a otra dirección de correo simplemente introduciendo el destinatario, con posibilidad de incorporar los anexos o no.

- *Privacidad*: Restricción del acceso a los contenidos de los mensajes mediante clave privada.

- *Caducidad*: Automatización del borrado de los mensajes en una fecha de caducidad del mismo (por ejemplo, recuperados un número de días atrás) o al cerrar la aplicación.

- *Archivo*: El mensaje puede ser tratado como cualquier archivo, y, por tanto, es susceptible de ser almacenado, copiado, eliminado, reenviado y clasificado.

5.12. PROVEEDORES DE SERVICIOS BASADOS EN IP

Los servicios de acceso a la información, basados en la utilización del protocolo IP, se estructuran alrededor de redes a las que acceden tanto los proveedores de información como los usuarios. Actualmente, en España, y a partir de la liberalización del servicio (BOE de 16/09/97), existen varios operadores que ofrecen los servicios de una Red IP a sus clientes. Como referencia, y a modo de ejemplo, se explicarán algunos de los servicios basados en IP, similares a los que puedan ofrecer los operadores.

El gran despegue de Internet en España se ha producido, en gran parte debido al servicio InfoVía de Telefónica, que permitió acceder a la información y a los servicios (entre ellos el acceso a Internet) que proporcionaban los Proveedores de servicios de acceso a Internet suscritos a su vez a la red InfoVía, por medio de la RTB, RDSI o GSM (figura 5.20).

Como tal, el servicio InfoVía ha estado operativo en régimen exclusivo casi tres años, siendo sustituido por Telefónica en enero de 1999 por el InfoVía Plus, coincidiendo con las ofertas de servicios similares hechas por otros operadores. Hoy en día, hay una amplia variedad de ofertas para poder elegir.

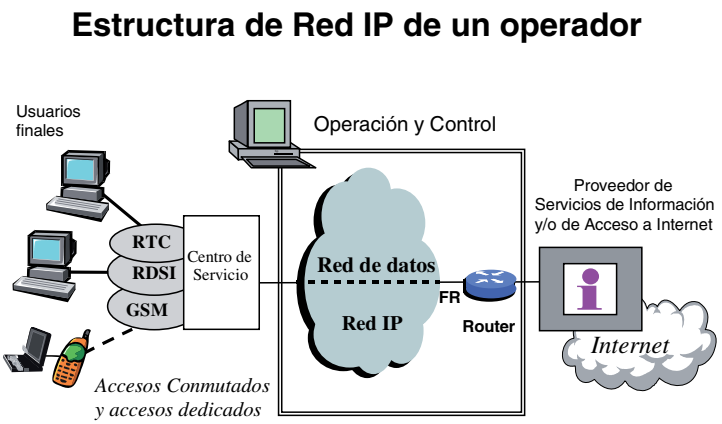


Figura 5.20. Estructura de la Red IP y conexión con otras redes.

El acceso a Internet es una realidad que ya cuenta a primeros de 2003 en España con más de 8 millones de usuarios, varios cientos de proveedores de servicios de acceso a Internet (ISPs) y millones de horas de conexión anuales, favorecido todo ello por la proliferación de ADSL (en torno a un millón de líneas) y la tarifa plana.

La tendencia que se observa es hacia una disminución en el número de proveedores -concentración por adquisición- y un aumento del número de usuarios, aunque no tan fuerte como el experimentado en años anteriores, y del tiempo que éstos permanecen conectados. Este hecho que se verá favorecido con la implantación una mayor velocidad de acceso, algo que será posible con el despliegue masivo de ADSL, que hace Telefónica, en la red de abonado y que cubrirá las principales ciudades, así como a la extensión de las redes de Cable.

En su conjunto, los Servicios IP dan cabida tanto a los servicios IP clásicos (acceso a proveedores de información, acceso a Internet, correo electrónico, etc.) como a un gran número de nuevos servicios que están emergiendo actualmente con fuerza dirigidos al público en general y al mundo empresarial (servicios avanzados de mensajería, audio/vídeo difusión, servicios de intranets y extranets, comercio electrónico seguro, voz sobre IP, etc.).

Decir que Internet, y más concretamente el protocolo TCP/IP, han cambiado el mundo, parece hoy en día algo evidente. El lenguaje de comunicación IP se ha ido extendiendo en nuestras vidas, y comenzará en los próximos años a inundar nuestros hogares más allá de los PC y consolas para instalarse para siempre en nuestros electrodomésticos, seguramente empezando por el televisor.

CAPÍTULO 6

LEGISLACIÓN DE TELECOMUNICACIONES

6.1. INTRODUCCIÓN

La regulación en telecomunicaciones ha tenido por objetivo la desaparición de los monopolios existentes, y ha provocado la gran revolución, el gran cambio, que se ha dado durante los últimos años, y que aún sigue dándose en algunos países, en el mundo de las telecomunicaciones.

A lo largo de este capítulo vamos a ver en qué consiste, cómo se maneja la regulación en las telecomunicaciones, quién lo decide en el ámbito de la UE (Unión Europea), quién decide al nivel España y cómo se aplica. Hay que tener en cuenta que los países no van por libre, sino que se dictan normas comunes que afectan a los que se encuentran dentro de un mismo entorno, sobre todo en el caso de la Unión Europea, donde en el tiempo, todos sus miembros han de practicar una política de telecomunicaciones común, armonizada.

En otros países, fuera de la Unión Europea, la situación puede ser muy diferente, dependiendo, fundamentalmente, de su grado de desarrollo, de los criterios de competencia que fijen sus gobiernos y de los intereses económicos de ciertos grupos poderosos de presión.

Como es imposible abordar todas y cada una de las situaciones posibles que se dan, en el texto nos ceñiremos a estudiar la situación de la Unión Europea, ya bastante compleja en sí misma, por variedad de países que la forman y por la diferente situación histórica que han vivido a lo largo del último siglo.

Desde 1987 hasta 1998 ha estado vigente en España la LOT (Ley de Ordenación de las Telecomunicaciones), que ha servido como marco regulador integrado de las telecomunicaciones, pero en abril de 1998 el Parlamento aprobó la Ley General de Telecomunicaciones (LGT) con el objetivo de favorecer la libre competencia y garantizar el contenido de servicio público que las telecomunicaciones mismas tienen.

La liberalización total del mercado es un hecho desde el 1 de diciembre de 1998 y numerosos operadores de redes fijas, telefonía móvil y cable que han obtenido licencia para operar están presentes en nuestro país, ofreciendo numerosos servicios en competencia.

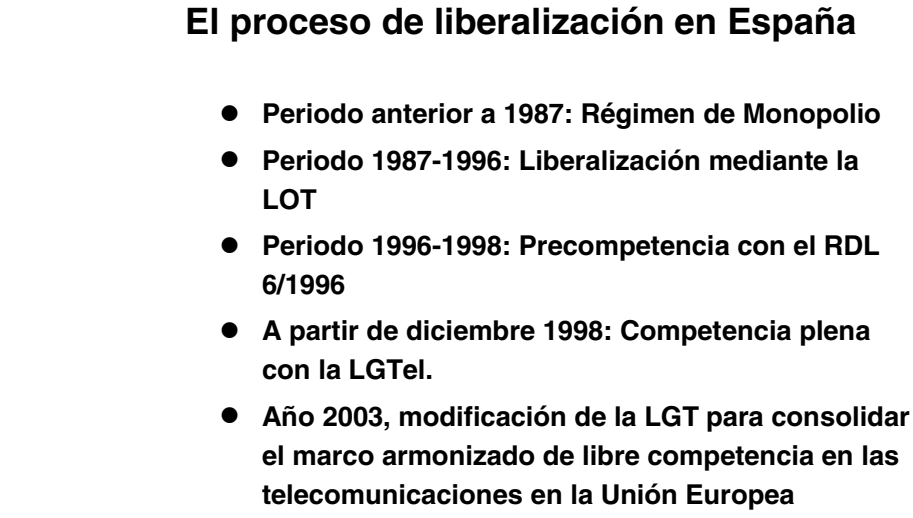


Figura 6.1. Proceso de liberalización de las Telecomunicaciones en España.

6.2. LOS ORGANISMOS COMPETENTES DE LA REGULACIÓN

6.2.1. En la Unión Europea

Unión Europea, 5, 6... 12, 15, 25 países europeos deciden unirse, y deciden que van a tener una ley, unas leyes comunes, y se organizan como cualquier país con un parlamento (Parlamento Europeo) que es, en definitiva, el que aprueba las leyes, con un Consejo de Ministros, que es el que las propone, y con un ejecutivo que es la Comisión de Comunidades Europeas, cuya responsabilidad es formular políticas y llevarlas a cabo, una vez han sido aprobadas.

La diferencia con relación a los países es que el Consejo de Ministro no es estable, no es fijo, sino que está compuesto por los representantes de los Gobiernos de las Naciones integrantes; así, cuando hablan de telecomunicaciones, el Consejo de Ministros son los Ministros de Telecomunicaciones de cada país y cuando hablan de agricultura son los Ministros de Agricultura de cada país.

Quien propone las leyes de verdad, es el ejecutivo, los funcionarios; quien las aprueba en primera instancia es el Consejo de Ministros, quienes luego se las mandan al Parlamento para que haga la aprobación final.

En Europa los funcionarios, los eurócratas, son muy potentes. Están divididos en 22 Direcciones Generales, que son todas las que se dan en la figura 6.2, cada una de las cuales informa a la Comisión a través de sus respectivos Comisionados.

Figura 6.2. Composición de las Comisiones en la Unión Europea.

La Dirección General de Telecomunicación es la XIII (DG XIII), la de Competencias es la IV, estas son las más frecuentemente usadas en telecomunicaciones y son las que proponen las leyes al Parlamento para su aprobación, que son esas leyes que aprueba el Consejo de Ministros de la Unión Europea, que en el caso de telecomunicaciones está formado por nuestro Ministro de Ciencia y Tecnología (antiguo Ministerio de Fomento), el de telecomunicaciones alemán, francés, etc.

El Consejo de Ministros decide hacer una Ley y la proponen, pero ellos no pueden hacer las leyes que después se aplican en cada uno de los países miembros de la Unión Europea. Lo que hacen es una Directiva. Hay que hacer una Ley como ésta.

Pero cada país es soberano para hacer sus leyes; así, en España, las leyes las tiene que aprobar nuestro Parlamento. De manera que lo que hace Europa es proponer cómo debe ser la Ley, eso se llama una Directiva y cada país tiene un año de plazo para convertirla en Ley local.

Las denominadas genéricamente ARN o Autoridades Reguladoras Nacionales, son estructuras administrativas que se encargan de la regulación de las telecomunicaciones en cada Estado, separadas funcionalmente de la Administración, lo que hace que sean independientes de ella. En general, las ARN no poseen capacidad legislativa ni reglamentaria, que depende de los Parlamentos y Gobiernos respectivamente, sino que su función es meramente regulatoria y de arbitraje.

6.2.2. En España

En España el sistema actual (mediados de 2003) en materia de telecomunicaciones es el siguiente:

El Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCyT) tiene una Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información (SETSI), que es la que regula más o menos el sector. Cuando son temas de competencia, dependen del Tribunal de Defensa de Competencia, que está dentro del Ministerio de Economía, y cuando son temas de homologación de equipos, corresponde al Ministerio de Industria.

Los dos organismos que tienen competencia para dictar normas en cuanto a regulación se refiere, son la SETSI y la CMT (Comisión del Mercado de Telecomunicaciones). A continuación se explica el ámbito de actuación de cada uno de ellos:

SECRETARÍA DE ESTADO DE TELECOMUNICACIONES y para la SI

- Desarrollo normativo
- Gestión y planificación del espectro radioeléctrico
- Normativa técnica
- Licencias para servicios que utilicen el espectro (limitadas en número)

COMISIÓN DEL MERCADO DE LAS TELECOMUNICACIONES

- Defensa del mercado, vigilancia del servicio público y financiación servicio universal
- Licencias a operadores y autorizaciones generales
- Condiciones de interconexión
- Gestión de la numeración

En cualquier caso, en España tenemos desde 1997 como en toda Europa, por obligación, porque Europa decidió hacerlo así, un Organismo independiente de arbitraje: la CMT. Luego ha resultado ser de mucho más, pero en su origen se pensó para regular las relaciones entre operadores, esa era la primera idea. Así, pues, si los operadores tienen algún problema, no tienen que ir a los Tribunales, porque los tribunales, primero son muy lentos y, además, no están especializados en telecomunicaciones.

La idea inicial fue hacer un organismo independiente especializado en telecomunicaciones que dirima los problemas entre los operadores, pero luego, se le ha dado mucho más poder y en el caso español la Comisión del Mercado de Telecomunicaciones (CMT) da las Licencias incluso. Las únicas licencias que no da, que no otorga son cuando hay uso del espectro, puesto que en ese caso, como es un bien limitado, no puede darse a todo el que la pida. La Ley española dice que tiene que ser un concurso público, y que ese concurso público lo debe hacer y decidir el MCyT. Pero, la Comisión de Mercado, maneja la numeración, y cada vez ha ido manejando más cosas.

Así, la CMT es el órgano competente para el otorgamiento de los títulos habilitantes, que otorgará licencias a todas las empresas que lo soliciten, limitando su número cuando sea necesario para asegurar un uso eficiente del espectro de frecuencias (esta competencia es del MCyT). La CMT es responsable de llevar un registro de los titulares de licencias individuales y autorizaciones generales, que será de carácter público.

En España, también, tenemos un Consejo Asesor de Telecomunicaciones (CAT), reliquia del pasado, mucha gente de Comunidades Autónomas, del Gobierno, que se utiliza como un elemento consultivo. El Gobierno, cuando va a hacer una Ley, el borrador se lo pasa al Consejo Asesor para que le digan si está bien o está mal. Además, hay un Grupo de Usuarios de Telecomunicaciones de la Administración (GTA), interministerial, para estudiar las telecomunicaciones propias de la Administración.

6.3. LA LEGISLACIÓN APLICABLE

Entonces ¿cómo se hacen las leyes de telecomunicaciones en Europa? Pues las leyes de telecomunicaciones en Europa empiezan porque la UE traza unos objetivos (el objetivo principal era liberalizar las telecomunicaciones) y luego lo pone en marcha, primero mediante los llamados **Libros Verdes** y luego mediante las llamadas **Directivas**.

Los objetivos que fijó la UE, cuando aún España no había entrado, eran hacer desaparecer los monopolios existentes y abrir los mercados de servicios y de venta de equipos. Hasta aquel momento los concursos para suministrar a Telefónica eran concursos cerrados -no podían entrar otros países- era sólo en España.

La UE deseaba hacer que en todos los países Europeos los derechos y las obligaciones de usuarios y operadores fuesen comunes y estuviesen armonizados, además de garantizar que se preste a todo el mundo un servicio mínimo, el llamado **Servicio**

Universal, a un precio asequible. Además de todos estos aspectos, se decidió impulsar y normalizar el desarrollo tecnológico, dentro de las fronteras de la UE, para no depender de fabricantes americanos, japoneses o de otra parte.

6.3.1. Libros Verdes

Un Libro Verde es un instrumento de la Comunidad Económica Europea (ahora, Unión Europea) que define el programa de acción comunitario y las directrices de su política en el ámbito de referencia tratado.

Los objetivos empezaron a plasmarse en lo que llamamos en la UE un Libro Verde. El primer Libro Verde es del año 1987, para liberalizar los servicios. Lo primero que se decidió liberalizar fueron los servicios, menos el teléfono fijo y menos el télex, que daban lugar a las dos redes –infraestructuras de comunicaciones- más importantes de aquella época; todo lo demás se liberalizaba: la telefonía móvil, los datos, etc.

El siguiente fue el Libro Verde de telecomunicaciones por satélite, liberalizadas también. Un Libro Verde de comunicaciones móviles, se liberalizaron. Hasta que ya, se decidió, en el año 95, que también había que liberalizar las redes, las infraestructuras. El que quisiera poner una red que la pudiera poner.

El último Libro Verde es el de convergencia entre telecomunicaciones, informática y medios, Radio y Televisión. Esos son los Libros Verdes que se han hecho por la Dirección General XIII, la de Telecomunicaciones.

6.3.2. Las Directivas y otros instrumentos (Decretos y Leyes)

Una Directiva es un Acto, no directamente aplicable, que obliga a los Estados Miembros a traspasarlo a la legislación local.

El Libro Verde es filosófico, esto es lo que vamos a hacer: es una declaración de intenciones que luego tiene que desarrollarse en lo que se llama Directivas.

La Directiva es: de esa filosofía de lo que vamos a hacer, esto es lo que hay que hacer. La Directiva es un mandato a los Gobiernos de: hágase esta Ley, con un plazo de un año de plazo para convertir esa Directiva en Ley Nacional. Las más conocidas, las que dieron más que hablar en su momento, son las tres que se muestran a continuación, en las que la primera cifra es el año en que salieron:

- **La 88/301**, justo un año después del famoso Libro Verde de liberalización de servicios, decía que hubiese competencia en el mercado de equipos. Que los teléfonos pueda venderlos quien sea. Esto hoy día nos parece lo más natural del mundo, pero en el 1988 los teléfonos de nuestra casa eran de Telefónica y no los podíamos cambiar. Los teléfonos no se podían comprar, los alquilaba Telefónica. En España las centrales digitales no se podían comprar, sólo se podían comprar centralitas analógicas. Las digitales eran monopolio de Telefónica. Luego ahí decidieron abrir el mercado. La Ley española de entonces, la LOT es del mismo año que el Libro Verde, del 87, ya contempló lo mismo, que se liberalizaran al menos los equipos.

- **La 90/388**, la del 90, que es la más conocida, era: vamos a liberalizar ya no sólo los teléfonos sino los servicios, que pueda haber muchos operadores de telefonía móvil, muchos operadores de datos. Al inicio en el año 90 en que se hizo, decía que, sin embargo, la telefonía fija iba a ser monopolio. Luego se fue cambiando y se decidió que la telefonía fija también tenía que liberalizarse, y al final se llegó a la conclusión de que la liberalización de la telefonía fija había que hacerla con fecha del 1 de Enero del 98. Algunos países pidieron unos años de prórroga, España pidió 5 años de prorroga hasta el 2003, luego lo adelantó y se liberalizó el 1 de Diciembre del 98, en vez del 1 de Enero del 98.

- **La 90/387**, la Oferta de Red Abierta (ONP), esa directiva era consecuencia de que si se liberalizaban los servicios, cualquiera podía dar, por ejemplo, transmisión de datos por X.25, pero si no se liberalizaban la red, había que usar la única red existente, la de Telefónica. Por tanto, había que regular, de alguna manera, que Telefónica no pusiera unas condiciones imposibles de cumplir a las empresa que ofertasen los servicios, para que no se le hiciera la competencia. Obligaba a los operadores, a prestar su red a sus competidores, y por eso tuvieron que sacar un montón de Directivas sobre lo que llamaban oferta de red abierta. Había una Directiva de oferta de red abierta para datos. Oferta de red abierta para voz, y era lo que obligaba, venía a decir la filosofía: Telefónica tiene que ceder a sus competidores la red en la mismas condiciones en que se las ofrece a él, al mismo precio, mismo tiempo de dar de alta un servicio, mismo tiempo de reparar una avería.

  Como eso al final resultó ser muy complejo y hubo innumerables Directivas, es cuando se decidió que lo mejor era que la Red no fuera monopolio, que también se abrieran las redes. La decisión se tomó en el 96, las redes van a abrirse y puede haber tantas redes como se quiera. La filosofía europea es: no se puede poner límite ni al número de operadores, ni de redes, tantas como se quiera, salvo que use el espectro, en cuyo caso hay que ir a concurso. Como resultado hemos tenido una proliferación de operadores.

- **La 90/388** de competencia en el mercado de los servicios.

6.4. LEGISLACIÓN ESPAÑOLA

En España, todas las telecomunicaciones las hemos contemplado dentro una sola Ley que se llama Ley General de Telecomunicaciones, del 24 de abril de 1998, que dejó sin uso la antigua que teníamos, que se llamaba LOT (Ley de Ordenación de Telecomunicaciones). Hubo un paso intermedio, un Real Decreto Ley (RDL) de 6 de junio de 1996, que luego pasó a ser Ley (Ley de Liberalización de las Telecomunicaciones en abril del año1997, con el gobierno del Partido Popular.

En la misma época se intentó también hacer una única Ley para la televisión, pero fue imposible, ya que el Gobierno no tuvo apoyo suficiente. Así que en España tenemos una sola Ley de telecomunicaciones: la Ley de General, pero tenemos un montón de leyes para televisión. Tenemos la Ley del Ente Público Radio Televisión Española, tenemos la Ley de los Segundos Canales o de los canales autonómicos, tenemos la Ley de la televisión por cable, tenemos la Ley de la televisión por satélite, tenemos la Ley de la televisión privada y tenemos la Ley de la televisión local. Leyes para la televisión que van sufriendo modificaciones o desapareciendo según las circunstancias del momento.

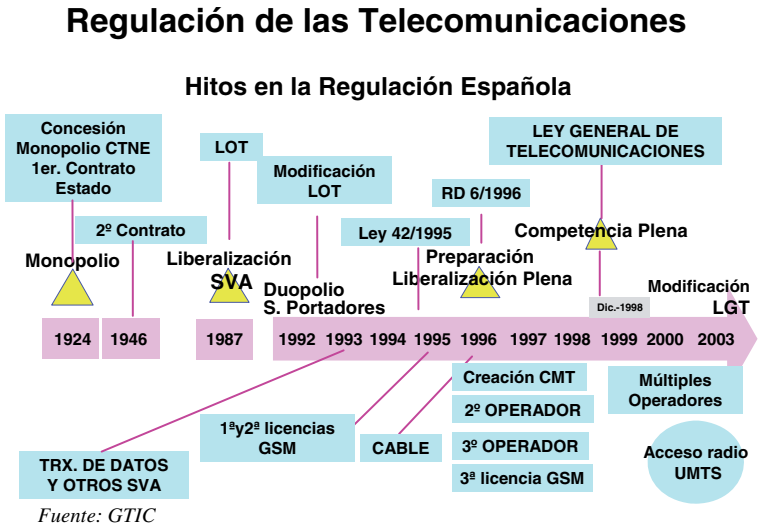


Figura 6.3. Principales hitos en la legislación española de telecomunicaciones.

Recientemente, en el primer trimestre de 2003, la LGT ha sufrido una revisión para simplificarla y adaptarla a la regulación comunitaria en esta materia, cuyos aspectos más destacados se muestran en el cuadro siguiente. Algunos aspectos se mantienen tal cual estaban, pero otros se han modificado sustancialmente, tras su aprobación por el Parlamento.

Aspectos destacados de la nueva regulación

Se avanza en la liberalización de la prestación de servicios y la instalación y explotación de redes de comunicaciones electrónicas. En este sentido, cumpliendo con el principio de intervención mínima, se entiende que la habilitación para dicha prestación y explotación a terceros viene concedida con carácter general e inmediato por la Ley. Únicamente será requisito previo la notificación a la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones para iniciar la prestación del servicio. Desaparecen, pues, las figuras de las autorizaciones y licencias previstas en la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones como títulos habilitantes individualizados de que era titular cada operador para la prestación de cada red o servicio.

Se refuerzan las competencias y facultades de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones en relación con la supervisión y regulación de los mercados. Se contempla un sistema que gana en flexibilidad, mediante el cual este Organismo realizará análisis periódicos de los distintos mercados pertinentes, detectando aquellos que no se estén desarrollando en un contexto de competencia real e imponiendo, en ese caso, obligaciones específicas a los operadores con poder significativo en el mercado.

En relación con la garantía de los derechos de los usuarios, la Ley recoge la ampliación de las prestaciones, que, como mínimo esencial, deben garantizarse a todos los ciudadanos, bajo la denominación de "servicio universal". Se incluye el acceso funcional a Internet, ya incorporado anticipadamente por la Ley 34/2002, de 11 de julio, de Servicios de la Sociedad de la Información y de comercio electrónico, y la posibilidad de que se ofrezcan opciones tarifarias especiales que permitan un mayor control del gasto por los usuarios. Además, se amplía el catálogo de derechos de los consumidores y usuarios reconocidos con rango legal.

La regulación de la ocupación del dominio público o la propiedad privada para la instalación de redes, pretende establecer unos criterios generales, que deberán ser respetados por las Administraciones Públicas titulares del dominio público.

En lo referente al dominio público radioeléctrico, se incorporan la regulación y tendencias comunitarias en la materia, esto es, la garantía del uso eficiente del espectro radioeléctrico, como principio superior que debe guiar la planificación y la asignación de frecuencias por la Administración y el uso de las mismas por los operadores. Asimismo, se abre la posibilidad de la cesión de derechos de uso del espectro radioeléctrico. En los supuestos en que las bandas de frecuencias asignadas a determinados servicios sean insuficientes para atender la demanda de los operadores, se prevé la celebración de procedimientos de licitación.

La Ley tiene como objetivo el establecimiento de una serie de criterios que guíen la actuación de las Administraciones Públicas en la imposición de tasas que afecten a los servicios de telecomunicaciones. Distingue entre las que respondan a la necesidad de compensar actuaciones administrativas y las impuestas sobre el uso de recursos asociados, como el dominio público, las frecuencias o la numeración. En este último caso se garantizará su uso óptimo, teniendo en cuenta el valor del bien y su escasez.

En la tipificación de infracciones y la imposición de las correspondientes sanciones se han reforzado las potestades administrativas, como necesario contrapunto a una mayor simplificación en las condiciones para obtener la habilitación para prestar servicios.

En sus disposiciones adicionales y transitorias, la Ley aborda ciertos problemas derivados de su entrada en vigor o conexos con esta regulación. Entre ellos, cabe destacar la adaptación automática prevista para los títulos habilitantes anteriores a esta Ley, que será llevada a cabo por la CMT.

6.4.1. La Ley de Liberalización de las Telecomunicaciones

La Ley de Liberalización era un Real Decreto Ley del 6 de junio que luego se ratificó en el Parlamento; tardó mucho en ratificarse, hasta el 27 de abril del siguiente año, pero que en el fondo lo que pretendía era poner remedio rápidamente a una Ley antiquísima: la LOT. La modificaba para hacerla un poco más abierta, creaba la Comisión del Mercado de Telecomunicaciones, daba la licencia número cuatro a Retevisión (ahora integrada en el Grupo Auna) como segundo operador de Telecomunicaciones y modificaba algo la Ley de Telecomunicaciones por cable.

6.4.1.1. LA COMISIÓN DEL MERCADO DE LAS TELECOMUNICACIONES

La Ley 12/97 de Liberalización de las Telecomunicaciones, dotó a La Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones, que creó, de las siguientes funciones iniciales, que luego, con el paso del tiempo, se han ido incrementando:

- Arbitraje en conflictos entre operadores
- Informar sobre propuestas de tarifas
- Asesorar al Gobierno, Ministro de CyT y Comunidades Autónomas
- Salvaguardar la libre competencia
- Denunciar conductas contrarias a la Legislación
- Sancionar si no se cumplen sus resoluciones

La CMT está regida por un Consejo con un Presidente y un Vicepresidente nombrados por el Gobierno, y siete vocales nombrados por el Ministro de Ciencia y Tecnología, con mandato de 6 años para que no sea tan corto como la ejecutiva normal del gobierno que es de 4 años, y que, además, sólo se les pueda echar si hacen algo mal. No es un puesto de confianza, para conseguir que tengan más independencia y que no dependan de los gobiernos.

6.4.2. Ley General de Telecomunicaciones (LGT)

La Ley General de Telecomunicaciones (Real Decreto-Ley 11/1998 General de Telecomunicaciones), modificada posteriormente en 2003, que es la última que tenemos, es una Ley que cambia totalmente en filosofía con la anterior, la anterior Ley de Ordenación de Telecomunicaciones y que empezaba diciendo algo así como que las telecomunicaciones son un servicio público de titularidad estatal.

Es decir, que el titular de las telecomunicaciones era el Estado, que iba a dar concesiones a Telefónica, a otros para que usaran, para que explotaran las telecomunicaciones. Titularidad estatal y concesión. La LGT dice exactamente lo contrario: las tiene que dar cualquiera, no es del Estado, nada de concesiones, palabra prohibida ahora en telecomunicaciones, ya no usamos concesiones, las llamamos licencias, autorizaciones, pero nada de concesiones, y la idea es hay que hacerlo en régimen de libre competencia, un principio general totalmente diferente.

Si bien, la modificación sufrida por la LGT a primeros de 2003 introduce algunos cambios, merece la pena explicar con detalle el contenido de la LGT en su versión original, que es lo que vamos a hacer a continuación, ya que los cambios sufridos se acaban de resaltar en uno de los apartados anteriores.

La LGT considera a las telecomunicaciones como un servicio de interés general que se presta en régimen de competencia. Sus objetivos son:

- Asegurar las condiciones de libre competencia
- Definir y garantizar las obligaciones de servicio público
- Promover el desarrollo de nuevos servicios y tecnologías
- Hacer uso eficaz de los recursos limitados (numeración y espectro)
- Salvaguardar los derechos constitucionales (honor, intimidad, etc.)

No toda la legislación resulta en el mismo momento y pueden quedar pendiente de desarrollarse algunos temas (los Reglamentos que definen el proceso técnico que ha de seguirse para la implementación y otros detalles de interés para la aplicación de la Ley) que, con el tiempo, van viendo la luz.

6.5. TÍTULOS HABILITANTES

La Ley General de Telecomunicaciones presenta un escenario donde sólo existen redes y servicios, estableciendo como eje fundamental, en cuanto a la libre prestación de ambos, la libre concurrencia. La LGT se desarrolla, en lo que se refiere al acceso al mercado, por las Ordenes Ministeriales de 22 de septiembre de 1998, que establece el régimen aplicable a las Autorizaciones y Licencias.

Así, las antiguas concesiones pasan a llamarse autorizaciones generales o licencias individuales.

Títulos habilitantes	**Servicios que facilitan**
Autorización General	Prestación de servicios de telecomunicaciones a terceros, distintos del servicio telefónico al público, y establecimiento y explotación de redes de telecomunicación privadas, sin requerir uso del dominio radioeléctrico
Licencia Individual	Resto de servicios

Figura 6.4. Títulos habilitantes contemplados por la LGT, en su primera versión.

6.5.1. Autorizaciones generales

Las **autorizaciones generales** se requieren para la prestación de servicios de telecomunicaciones a terceros, distintos del servicio telefónico al público, para el establecimiento y la explotación de redes de telecomunicación privadas, siempre que en uno y otro caso no se requiera el uso del dominio público radioeléctrico. Para ofrecer el resto de servicios se requiere obtener una licencia individual. La decisión sobre el tipo de título habilitante se realiza por la definición explícita de cuáles son las redes y servicios que requieren licencia individual y por exclusión, el resto requieren únicamente autorización general.

Las autorizaciones generales son las autorizaciones o licencias de cosas sencillas. Valen para dar acceso a Internet, telefonía en grupo cerrado de usuarios. Y eso es tan fácil de conseguir, que se pide a la Comisión del Mercado de Telecomunicaciones y si no me dice nadie nada en tres meses, ya se tiene la licencia. Es lo que se llama silencio administrativo positivo.

Autorizaciones generales hay muchas; se puede entrar en Internet en la página Web de la CMT www.cmt.es y ahí está la lista de todas las autorizaciones generales y de todas las licencias individuales.

Las **licencias individuales**, son ya para crear redes de uso público, telefónicas, etc. y ya requieren más tiempo para concederse. Pero no se pueden limitar, salvo las que usan el espectro.

Las **autorizaciones generales** pueden ser:

- ***Autorizaciones Generales tipo A***. Habilitan para el establecimiento o explotación de redes privadas para la prestación del servicio telefónico en Grupo Cerrado de Usuarios (GCU). No permite prestar el servicio telefónico disponible al público ni interconectar varios GCU entre sí, a través de la red.

- ***Autorizaciones Generales tipo B***. Habilitan para el establecimiento o explotación de redes privadas.

- ***Autorizaciones Generales tipo C.*** Habilitan para la prestación de servicios de transmisión de datos disponibles al público

Servicios ofrecidos	Autorización General
Servicio telefónico en Grupo Cerrado de Usuarios.	**Tipo A**
Establecimiento o explotación de redes privadas.	**Tipo B**
Prestación de servicios de transmisión de datos disponibles al público.	**Tipo C**

Figura 6.5. Servicios ofrecidos por los distintos tipos de Autorizaciones Generales.

6.5.2. Licencias individuales

Las **licencias individuales**, que requieren de una tramitación más completa que las autorizaciones generales, son de los siguientes tipos:

Licencia Individual	Servicios ofrecidos
Tipo A1	Prestación del servicio telefónico fijo disponible al público, mediante la utilización de un conjunto de medios de conmutación y transmisión y sin asumir para ello los derechos y las obligaciones propias de los titulares de licencias de tipo B o C en relación con el establecimiento o explotación de la red.
Tipo A2	Prestación del servicio telefónico móvil disponible al público, mediante la utilización de un conjunto de medios de conmutación y transmisión y sin asumir para ello los derechos y las obligaciones propias de los titulares de licencias de tipo B o C en relación con el establecimiento o explotación de la red. Son las propias de los Operadores Móviles Virtuales (OMV).
Tipo B1	Prestación del servicio telefónico fijo disponible al público, mediante el establecimiento o explotación, por su titular, de una red pública telefónica fija. La explotación de la red incluye el derecho a prestar el servicio de líneas susceptibles de arrendamiento.
Tipo B2	Prestación del servicio telefónico móvil disponible al público, mediante el establecimiento o explotación, por su titular, de una red pública telefónica móvil. Estas licencias están limitadas en número, debido a la escasez del espectro radioléctrico.
Tipo C1	Establecimiento o explotación de redes públicas, sin que su titular pueda prestar el servicio telefónico disponible al público, que no impliquen el uso del dominio público radioeléctrico.
Tipo C2	Establecimiento o explotación de redes públicas, sin que su titular pueda prestar el servicio telefónico disponible al público, que impliquen el uso del dominio público radioeléctrico

Figura 6.6. Servicios ofrecidos por los distintos tipos de Licencias Individuales.

6.6. COMENTARIOS A LOS PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA LGT

A continuación vamos a ver algunos aspectos de la LGT que merecen ser comentados, ya que presentan particularidades interesantes.

- **Interconexión y acceso a redes**

El resto de legislación de la Ley General de Telecomunicaciones como todas las leyes equivalentes de la UE dice que hay que unir las redes, aunque no quieran sus propietarios. Los titulares de redes públicas están obligados a facilitar la interconexión. A los operadores que quieran, soliciten unirse a una red existente, hay que darles posibilidad de unirse a precios de mercado y si no se llega a un acuerdo, hace de árbitro la CMT. Los acuerdos se establecerán libremente entre las partes. Los operadores dominantes (con más del 25% del mercado en su ámbito) deben facilitar el acceso a sus redes en condiciones objetivas, transparentes y no discriminatorias, debiendo estar los precios de interconexión orientados a costes.

- **Separación de cuentas**

Para evitar que unos servicios se den muy baratos porque se gana dinero en otros y se compita duramente en servicios en competencia, defendiendo a servicios que se dan con menos competencia o con monopolio, se obliga a los operadores a separar las cuentas y a facilitar sus cuentas auditadas y separadas a la CMT, para que se vea que de verdad los precios se ajustan a los costes y no se vende por debajo del precio.

- **Numeración, gestión del espectro y derechos de paso**

En telecomunicaciones hay tres bienes escasos o limitados: el espectro, la numeración y los derechos de paso. Y los tres tienen un tratamiento especial en las leyes.

En el caso de la **numeración**, ya no lo deciden los operadores como antes, es la CMT la que lo analiza ya que la numeración es un bien escaso. Los Planes Nacionales de Numeración los aprueba el Gobierno a propuesta del MCyT y los gestiona la CMT.

Se obliga a los operadores de redes fijas y móviles de telecomunicaciones a que garanticen que sus abonados puedan conservar los números cuando cambien de operador, porque la condiciones que les ofrezcan sean más interesantes o porque cambien de domicilio, siempre que sea técnicamente posible.

En la **ocupación del dominio** público la Ley hace bastante hincapié. Los titulares de licencias individuales, para la instalación de redes públicas de telecomunicaciones, tendrán derecho a la ocupación del dominio público y, también, de la propiedad privada, mediante expropiación o servidumbre forzosa. El problema está en que si alguien tiene

que conseguir una expropiación para pasar una línea, que eso lo puedan aprovechar también sus competidores, que no haya posición de ventaja por tener un derecho de ocupación del dominio público.

La Ley habla de que el **dominio público radioeléctrico**, lo que usa el espectro requiere las licencias mediante concesión administrativa, es el único caso de concesión, y ha de ser por concurso público. En otros países se puede hacer por subasta u otro método cualquiera de adjudicación.

El dominio público radioeléctrico viene definido en la LGT, en su anexo de definiciones, como "*el espacio por el que pueden propagarse las ondas radioeléctricas*". Asimismo, en dicho anexo queda definida la Radiocomunicación como "*toda telecomunicación transmitida por medio de ondas radioeléctricas*".

Ya hemos indicado anteriormente el concepto de señal electromagnética que se propaga por un medio físico; pues bien, en caso de que dicho medio sea el espacio libre (el aire o éter), se utiliza la denominación de onda radioeléctrica. Ésta transporta la información procedente de la fuente, de una forma adaptada al medio físico portador que utiliza, pues la influencia del mismo sobre las posibilidades de transporte es muy amplia y dependiente de la frecuencia.

Una onda electromagnética se caracteriza por la frecuencia de transmisión, que es lo que diferencia en primera instancia a unas ondas de otras. Dichas frecuencias de transmisión posibles son un continuo de cero a infinito, y así es contemplado por la LGT, si bien limitaciones prácticas llevan a que el rango de frecuencias utilizables está entre 9 kHz y 300 GHz.

La gestión del espectro corresponde al Estado, que elaborará los planes para su utilización y los procedimientos para otorgar los derechos de uso.

En caso de no disponer de recursos suficientes, como es lógico, se podrá limitar el número de licencias concedidas, como ha sucedido con las tres licencias de radio GSM y las cuatro, más recientes, de UMTS, así como las seis de LMDS.

- **Obligaciones de Servicio Público**

El Servicio Universal es un conjunto definido de servicios de telecomunicaciones con una calidad determinada, accesibles a todos los usuarios con independencia de su localización geográfica y a un precio asequible.

El **servicio público** es, consiste, en que, por ejemplo, para evitar que en un pueblo se queden sin teléfono porque resulta que no interesa como negocio, se obliga a dar el servicio en toda España y ese servicio, el servicio básico en España de telecomunicaciones, se llama Servicio Universal, pero, además, el Gobierno puede obligar a dar otros servicios. Si nadie quiere dar, por ejemplo, RDSI, el Gobierno puede obligar a que los operadores den RDSI.

El Servicio Universal tiene que dar conexión telefónica fija para llamadas nacionales e internacionales, más fax y datos; incluye una guía telefónica gratuita con todos los números de todos los operadores, una oferta suficiente de cabinas de teléfono de uso público (si en un pueblo no hay ninguna cabina hay que poner una) y, también, equiparación al resto de usuarios de los discapacitados o con necesidades sociales especiales.

Lo que la Ley dice es que ese servicio universal, si no lo quiere dar nadie, el Gobierno puede obligar a darlo al operador dominante, en este caso es Telefónica. Le obliga a darlo pero le compensa por ello, le da lo que cueste, distribuyendo entre todos los operadores de redes y servicios públicos, mediante un mecanismo adecuado, el coste que suponga (entre todos los operadores del mercado, ponen cada uno una parte de lo que ganan, el 1% de su facturación por ejemplo, y eso sirve para pagar al que dé el servicio universal). La CMT determinará que operadores pueden quedar exentos de este pago, de forma transitoria, para favorecer el desarrollo de una competencia efectiva.

- **Otros temas cubiertos**

Y, luego, como cualquier otra Ley, cubre el secreto de comunicaciones, conformidad de equipos y aparatos (homologaciones), administración, impuestos, inspección y régimen sancionador, etc.

6.7. LEY DE TELECOMUNICACIONES POR CABLE

Otra de las leyes de telecomunicaciones que tenemos en España, básica, aunque ahora ya no tanto porque ya las licencias están dadas (de hecho se han convertido las concesiones a la nueva Ley), es la Ley 42/1995 de Telecomunicaciones por Cable.

> La Ley 42/1995, de las Telecomunicaciones por Cable, en su artículo 1.2 define el **servicio de telecomunicaciones por cable** como "*el conjunto de servicios de telecomunicación consistente en el suministro, o en el intercambio, de información en forma de imágenes, sonidos, textos, gráficos o combinación de ellos, que se prestan al público en sus domicilios o dependencias de forma integrada mediante redes de cable*".

La Ley se modificó en un famoso Decreto Ley de Junio de 96. Se amplió de 9 a 16 meses el tiempo de moratoria, de parada de Telefónica para empezar el servicio, o hasta 24 si así lo consideraba la CMT. Se ha ampliado el periodo de concesión de 15 a 25 años, se concede licencia por 6 años a los que estaban explotando redes en ese momento, se admite la posibilidad de usar "cable sin hilos".

Esto último significaba que a los operadores de cable se les daba la licencia para usar Televisión por cable utilizando el espectro radioeléctrico, en una banda que les habían reservado de 28 GHz, en un circuito parecido al LMDS, a esto que ahora se usa para dar telefonía sin hilos. Lo que ocurre es que muchas de las operadoras de telecomunicación por cable al presentar los concursos, renunciaron a esta posibilidad. Ahora, después de haberse concedido 6 licencias LMDS, se está replanteando la situación, para darles licencias a los operadores de cable y que así puedan desplegar sus redes y ofrecer el servicio con mucha más rapidez.

6.8. NORMATIVA SOBRE INFRAESTRUCTURAS COMUNES DE TELECOMUNICACIÓN

Normativa sobre infraestructuras comunes para servicios de telecomunicación en el interior de los edificios, las llamadas, comúnmente, ICT. En abril de 2003 se ha aprobado una modificación para adaptarla a los nuevos sistemas que están apareciendo (LMDS, TDT, etc.) y corregir algunas deficiencias que presentaba la ley original.

El **Real Decreto-ley 1/1998**, de 27 de febrero, sobre infraestructuras comunes en los edificios para el acceso a los servicios de telecomunicación, tiene como objetivos esenciales: por una parte, garantizar el derecho de todos los ciudadanos a acceder a los diferentes servicios de telecomunicación a través del operador autorizado de su elección, dotando a los edificios de unas infraestructuras apropiadas que lo permitan, promoviendo para ello el uso compartido de dichas infraestructuras, que el nivel de calidad de las mismas sea el adecuado y regulando la actividad del sector de instaladores; y, por otra parte, procurar que todos los operadores de servicios dispongan de derechos equitativos de uso de dichas infraestructuras, que les permitan tener acceso a sus potenciales clientes.

El Real Decreto-ley se ha desarrollado por medio del **Real Decreto 279/1999**, de 22 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de los edificios y de la actividad de instalación de equipos y sistemas de telecomunicaciones, que aprueba, entre otros aspectos, las normas técnicas que deben cumplir las instalaciones para los diferentes servicios de telecomunicación, y fija los derechos y obligaciones de los operadores y propietarios de los inmuebles en relación con las citadas infraestructuras.

La **Orden de 26 de octubre de 1999**, cierra el proceso de desarrollo del Real Decreto-ley. En esta Orden se establece el contenido y la estructura del proyecto técnico

que describa las infraestructuras comunes de telecomunicación a incluir en el interior de los edificios. Asimismo, la Orden aprueba los modelos de Certificado y Boletín de fin de obra que garantizan, en beneficio de los usuarios, que la instalación se ha efectuado de acuerdo con el proyecto técnico y determina el protocolo de pruebas a que debe someterse la instalación para garantizar su calidad.

Además, se fijan la cualificación y los medios técnicos necesarios exigibles a quienes deseen acceder a la condición de instalador de telecomunicación por medio de su inscripción en el Registro de Instaladores de Telecomunicación que existe en la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información.

6.9. LEGISLACIÓN EN LATINOAMÉRICA

La apertura, prácticamente total, de las telecomunicaciones en los países de la Unión Europea, contrasta con la situación de introducción progresiva en Latinoamérica, donde ya se ha hecho evidente para muchos países que la falta de competencia tiene como resultado unos servicios inferiores para los usuarios y unos precios elevados.

Tradicionalmente, al igual que sucede en la mayoría de los países desarrollados, en Latinoamérica el marco institucional del sector ha girado en torno a operadores públicos en régimen de monopolio que agrupaban las funciones de operación de redes y de prestación de servicios con aquellas relativas a la regulación de las telecomunicaciones, con una fuerte influencia en el sector, pero ante la necesidad de llevar a cabo procesos de privatización de los operadores públicos y de facilitar la entrada de inversores extranjeros se ha producido una importante transformación con la separación de las funciones propias de un operador de aquellas relativas a la regulación de las telecomunicaciones. La situación es muy diferente de unos países a otros, según el grado de madurez y penetración que tengan las telecomunicaciones, así como del carácter liberalizador del Gobierno.

Los organismos y autoridades reguladoras son departamentos pertenecientes a un Ministerio u organismos administrativos especializados, creados a tal efecto con mayor o menor grado de independencia, siendo la situación diferente en cada uno de los países, dependiendo de muchas circunstancias. Veamos, brevemente, cual ha sido el estado en los más significativos durante los últimos años.

En las direcciones respectivas de los Organismos y Autoridades Reguladoras en Internet se puede encontrar amplia información de la legislación y regulación en cada uno de los mercados. En la tabla que se muestra en la figura 6.7 se tienen los organismos reguladores más importantes en los principales países de Latinoamérica, con sus direcciones Web, a donde se puede acudir para recabar información sobre su modo de funcionamiento y legislación actualizad referente a las telecomunicaciones.

ORGANISMOS REGULADORES DE TELECOMUNICACIONES

Argentina
Secretaría de Comunicaciones **www.secom.gov.ar**
COMFER **www.comfer.gov.ar**
Comisión Nacional de Comunicaciones **www.cnc.gov.ar**

Bolivia
SITTEL **www.sittel.gov.bo**

Brasil
ANATEL – Agencia Nacional de Telecomunicaciones de Brasil **www.anatel.gov.br**

Colombia
Comisión Regulación Telecomunicaciones de Colombia **www.crt.gov.co**

Chile
SUBTEL **www.subtel.gov.cl**

El Salvador
SIGET – Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones **www.siget.gob.sv**

Guatemala
Superintendencia de Telecomunicaciones de Guatemala **www.sit.gob.gt**

Honduras
Comisión Nacional de Telecomunicaciones – CONATEL **www.conatel.hn**

México
Comisión Federal de Telecomunicaciones **www.cft.gob.mx**

Nicaragua
TELCOR – Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos **www.telcor.gob.ni**

Panamá
Ente Regulador de los Servicios Públicos **www.enteregulador.gob.pa**

Paraguay
Administración Nacional de Telecomunicaciones **www.antelco.com.py**

Perú
OSIPTEL – Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones **www.osiptel.gob.pe**

Uruguay
URSEC – Unidad Reguladora de Servicios de Comunicaciones **http://www.ursec.gub.uy/**
Dirección Nacional de Comunicaciones **http://dnc.comintur.com.uy**

Venezuela
Comisión Nacional de Telecomunicaciones **www.conatel.gov.ve**

Figura 6.7. Principales organismos de regulación en Latinoamérica.

6.10. ASOCIACIONES PROFESIONALES

Hay varias asociaciones profesionales tratando estos temas, de las cuales cuatro son las principales, aunque hay muchas más:

- **ANIEL** (Asociación Nacional de Industrias Electrónicas y de Telecomunicación): es la patronal del sector, es la que engloba los fabricantes, aunque recientemente ha creado una división para operadores. Como las patronales, su trabajo va destinado a conseguir acuerdos a alto nivel y, sobre todo, presionar al Gobierno para que las leyes favorezcan a los empresarios. Dirección web: http://www.aniel.es/

- **ASLAN**: es la Asociación de proveedores de sistemas de red, Internet y telecomunicaciones que desde su constitución en el año 1989, ha tenido por misión: "promover y difundir el uso de las nuevas tecnologías en el ámbito de la empresa, así como generar valor añadido y reducciones de costes para todos sus asociados". En la actualidad cuenta con más de 100 empresas asociadas, entre las que se encuentran los principales proveedores del sector de las redes, Internet y telecomunicaciones, desde fabricantes de envolventes y sistemas de cableado hasta proveedores de servicios y aplicaciones, pasando por las principales firmas de electrónica de red y operadores de telecomunicaciones.

- **ASTEL** (Asociación de Operadores de Telecomunicación): es una asociación de operadores competidores de Telefónica. Los operadores, que no eran Telefónica, se sentían maltratados por ella y formaron una asociación para defender sus intereses; algunos se han ido a Bruselas y han conseguido que les hagan caso porque Telefónica no les daba una línea que habían pedido o porque les hacía competencia desleal bajando precios por debajo del coste. Dirección Web: http://www.astel.es/

ASTEL

- **AUI** (Asociación de Usuarios de Internet): es una entidad sin animo de lucro, cuyo fin fundamental es promover el uso de las Autopistas de la Información en general, de las redes de telecomunicaciones nacionales e internacionales y, en especial, de Internet, fomentando su utilización en los ámbitos profesional y doméstico de forma ordenada, dar a conocer el estado de la tecnología y el derecho relativo a las mismas, así como proteger los intereses de los usuarios de las mismas. http://www.aui.es/

Asociación de Usuarios
de Internet

- **AUTEL** (Asociación de Usuarios de Telecomunicación): engloba a empresas, son usuarios profesionales, empresas grandes, fabricantes, bancos, eléctricas, etc. e intentan defender que los precios de las líneas de datos sean baratos para que las empresas puedan trabajar bien. En su momento sus esfuerzos se dirigieron a que se liberalizase pronto, pero ya no hace falta porque ya está todo liberalizado. De manera que AUTEL que tuvo un protagonismo bastante grande en la liberalización ahora ya está un poco más callada. Dirección Web: http://www.autel.es/

AUTEL
Asociación Española
de Usuarios de
Telecomunicaciones

- **SEDISI** (Sociedad Española de Distribuidores de Industrias de Sistemas de Información): es la que une a las empresas de informática y tiene una división de telecomunicaciones, que también ha servido para presionar un poco al Gobierno, hacer una especie de lobby para conseguir una liberalización más pronta, y precios más rápidos en servicios profesionales. Dirección Web: http://www.sedisi.es/

SEDISI
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE EMPRESAS
DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

APÉNDICE A

GLOSARIO

A/D (*Analog/Digital*). Conversión de un sistema a otro. Existen circuitos que realizan automáticamente y a muy alta velocidad la conversión de una señal analógica a digital y viceversa.

AAL (*ATM Adaptation Layer*). Protocolo de nivel superior empleado por ATM para el servicio de comunicación; define el proceso de segmentación y agrupación que facilita que la información se procese en forma de células, independientemente de su origen.

Abonado (*subscriber*). Persona natural o jurídica usuaria, bajo contrato, de una red pública de telecomunicaciones, a la cual tiene derecho a acceder para establecer sus comunicaciones.

ACD (*Automatic Call Distributor*). Distribuidor automático de llamadas entrantes, las encamina a distintos puestos de operadoras, según su nivel de ocupación.

ADPCM (*Adaptative Differential Pulse Code Modulation)*. Técnica para codificar las señales analógicas de voz a forma digital a 32 kbit/s, la mitad de la velocidad del PCM estándar.

ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*). Tecnología de transmisión de datos a través de las líneas telefónicas de cobre tradicionales a velocidad alta. Los datos pueden ser descargados a velocidades de hasta 2 Mbit/s y cargados a velocidades de hasta 640kbit/s. Esa es la razón por la que se le denomina asimétrico. Esta tecnología es

adecuada para Internet, ya que es mucho mayor la cantidad de datos que se envían del servidor a un ordenados personal que lo contrario.

AENOR (*Aenor*). Asociación Española de NORmalización, perteneciente a CEN, competente en el desarrollo de normas y certificaciones. Edita las normas UNE, equivalentes a las normas DIN.

AMPS (*Advanced Mobile Phone System*). Sistema de Telefonía Móvil Avanzada, un estándar móvil analógico ampliamente utilizado en toda América, así como en la costa asiática del Pacífico y Este de Europa. Opera en la banda de frecuencias de 800 MHz.

Analógico (*analog*). Término relativo a una técnica de señalización, en la que una transmisión se realiza modulando (variando) alguno de los parámetros (amplitud, frecuencia o fase) de una señal portadora.

Ancho de banda (*bandwidth).* Rango de frecuencias asignadas a un canal de transmisión; se corresponde con las situadas entre los puntos en que la atenuación de la señal es de tres dB. La representación gráfica de las frecuencias que componen una señal, o que pasan a través de un canal de comunicaciones, es el "espectro" de la misma.

ANSI (*American National Standards Institute*). Instituto Nacional Americano de Normalización, miembro de ISO. Representa al CCITT.

Archie (*Archie).* Sistema -motor de búsqueda- para recoger, indexar y servir información dentro de Internet. Muestra las direcciones de las páginas Web que tienen relación con el tema tratado.

Arpanet (*Arpanet).* Red de datos desarrollada por DARPA, cuyo interés principal radica en haber sido el origen de la actual Internet.

ARQ (*Automatic Request for Retransmission)*. Prestación por la cual el receptor solicita al emisor la retransmisión de un bloque o trama que ha detectado como errónea.

ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*). Código estándar -de 7 bits/128 caracteres posibles- para el intercambio de información del American Nacional Standards Institute.

Asíncrono (*asynchronous*). Dos señales son asíncronas o no están sincronizadas, cuando sus correspondientes instantes significativos no coinciden. Modo de transmisión de datos en el que el instante de emisión de cada carácter o bloque de caracteres se fija arbitrariamente, sincronizando con *Start-Stop*.

Atenuación (*attenuation*). Diferencia entre la potencia transmitida y la recibida debida a pérdidas en los equipos, líneas u otros dispositivos de transmisión (medida en dB).

ATM (*Asynchronous Transfer Mode*). El modo de transferencia definido para la RDSI de Banda Ancha, en el que la información se organiza en celdas de tamaño fijo (53 octetos). Es un modo de transferencia específica orientado a paquetes que utiliza un multiplexado por división en el tiempo síncrono.

Banda ancha (*broadband*). Denominación que se aplica a un canal de comunicaciones cuyo margen de frecuencias es muy alto y permite velocidades superiores a los 2Mbit/s.

Banda base (*baseband*). Transmisión de la señal sin utilizar una señal portadora, usando la banda de frecuencias original.

Backbone. Segmento central de una red de área extendida -WAN- que soporta una gran capacidad de tráfico. Red de rango superior que conecta entre sí los nodos de la misma.

Baudio (*baud*). Unidad de medida de la velocidad de señalización de una señal digital, equivalente al número de estados o eventos discretos por segundo; el Baudio es igual a bit por segundo en el caso de una codificación a dos niveles.

BERT (*Bit Error Rate Tester*). Medidor de la tasa de error en bits. Dispositivo para medir la tasa de error -calidad- de un circuito de comunicaciones, mediante la comparación entre la secuencia transmitida y la recibida.

Bit (*bit/binary digit*). Dígito binario. Es la menor unidad de información, con valores posibles 0 y 1 (marca y espacio). Es la forma en que los ordenadores admiten la información para procesarla.

Bit/s (*Bit per second*). Es la abreviación para bit por segundo; también suele aparecer como bit/s. Es el número de bits de datos enviados por segundo y es la auténtica velocidad de transmisión. El número de bits de datos por señal multiplicado por los baudios, da como resultado el número de bits por segundo. Solamente en el caso de que cada estado de una línea esté representado por un bit, coincidirá la velocidad en baudios y en bits por segundo.

BRI (*Basic Rate Interface*). Interfaz básica de acceso en la RDSI, facilita dos canales B a 64 kbit/s y uno D a 16 kbit/s.

Bucle (*loop*). Conexión entre el circuito de transmisión y el de recepción a efectos de devolver la señal y realizar mediciones.

Bucle local (*local loop*). Último tramo de cobre que une la central telefónica con el domicilio del usuario (bucle de abonado). Suele cubrir una distancia menor de 3 kilómetros.

Bucle de prueba (*test loop*). Circuito de prueba que se forma al cerrarse el bucle en el lado del abonado. Mediante un comando dado desde la central, una señal de prueba regresa de nuevo a la central, donde es evaluada.

Bus (*bus*). Línea o canal de transmisión que transporta datos -señales- a una gran velocidad, bien en forma de serie o en paralelo.

Buzón (*mailbox*). Un fichero en el cual diversos usuarios pueden depositar mensajes para otros o recoger los destinados a ello, tanto de voz como de texto o multimedia.

Byte (*byte*). Un conjunto de bits tratados como una unidad. Normalmente, tienen una longitud de 8 bits -octeto-. Un byte permite distinguir 256 valores (2^8). La capacidad de almacenamiento de un dispositivo, frecuentemente, se da en bytes, en kbytes (k significa 1.024 bytes) o en Mbytes (MB).

Cabecera (*header*). Parte inicial de un mensaje o paquete que, usualmente, contiene caracteres para su control y encaminamiento.

Calidad del servicio (*QoS/Quality of Service*). Es un parámetro relacionado con la apreciación que el usuario hace de un determinado servicio, compuesto de varios factores.

Canal (*channel*). Vía interna de comunicación de datos en cualquier dispositivo informático, o de interconexión de éste con el exterior. Canal telefónico, es el comprendido entre 300 y 3.400 Hz.

Canal B (*B channel*). Canal portador para voz y datos en modo digital a 64 kbit/s sobre RDSI.

Canal D (*D channel*). Canal de datos en una interfaz RDSI, utilizado para transmitir señales de control y datos a 16 o 64 kbit/s.

Canal radioeléctrico (*radio channel*). Medios técnicos que permiten transmitir una señal (voz, datos o vídeo) por el espacio. Incluye unas antenas, equipos transmisores y receptores y en ocasiones satélites o repetidores. Es el medio convencional por el que se recibe la TV en los hogares y también el que utiliza un teléfono móvil para comunicarse con la red.

Canal de señalización (*signalling channel*). En telefonía es el canal de intercambio de información entre los terminales y las centrales o entre ellas entre sí. La señalización opera a diferentes velocidades y tiene funciones individuales.

Carácter (*carácter*). Letra, cifra, signo, etc. que forma parte de un mensaje, pudiendo existir algunos tipos correspondientes a símbolos especiales o de control.

CATV (*Cable Television/Community Antenna Television*). Un sistema de comunicaciones en el que múltiples canales de Televisión se transmiten hasta los hogares utilizando un medio de transmisión de banda ancha como la fibra óptica o el cable coaxial.

Caudal (*throughput*). Flujo máximo de datos permitido a través de un canal sin que se produzcan errores en la transmisión.

CCITT (*International Consultative Committee for Telephony and Telgraphy*). Organismo internacional, dentro de la ITU (UIT en español), que a su vez estaba integrado en la ONU. Era el encargado de establecer recomendaciones referentes a las telecomunicaciones -telefonía, telegrafía y datos-. Hace varios años fue sustituido por el ITU-T.

CCS (*Common Channel Signaling*). Señalización por canal común; método empleado para agrupar la información de señalización procedente de varios canales digitales de transmisión en uno único, independiente de la información de usuario.

CCS#7 (*Common Channel Signaling Number7*). Sistema de señalización por canal común número 7 del CCITT, en el que la información de múltiples circuitos se transmite por uno solo.

CD (*Compact Disc*). Disco compacto para almacenamiento de información digital, ya sean datos, texto, audio y/o vídeo, cuya lectura se realiza mediante un rayo láser. La grabación puede ser por estampación en un molde o por quemado de la superficie (muescas) con láser según los ceros y unos. El CD audio digital contiene 1,4 millones de bits por segundo.

CDMA (*Code Division Multiple Access*). Acceso Múltiple por División de Códigos, una técnica de acceso múltiple empleada por las interfaces de aire cdmaOne, cdma2000 y WCDMA. Solución técnica que permite reutilizar el mismo canal de transmisión (la misma frecuencia), al mismo tiempo y por más de un usuario. Su principio básico es el transporte de paquetes simultáneos a través de la ruta de transmisión, con una dirección codificada para cada receptor.

Celda (*cell*). Es la unidad geográfica básica del sistema de telefonía celular. Es el área cubierta por una estación base o por un subsistema o sector de antena de esa estación base.

Célula (*cell).* Es un paquete de 53 bytes (48 de información y 5 de cabecera) empleado en la técnica de conmutación de paquetes a alta velocidad de ATM.

CEN/CENELEC (*CEN/CENELEC).* Son dos organizaciones, de ámbito europeo, para la emisión de normas en el campo de las tecnologías de la información.

Central (*exchange).* En telefonía, es un elemento de conmutación que permite a los distintos usuarios poder establecer una comunicación entre sí, al establecer una ruta de enlace.

Centrex (*Central Office Exchange Service).* Servicio proporcionado por las centrales públicas telefónicas, consistente en que sus abonados disponen de ciertas facilidades, como si la central estuviera en su domicilio.

Centro de Mensajes Cortos (*SMC*). Es un sistema para enviar y recibir mensajes de texto para y desde teléfonos móviles. El texto puede estar compuesto de palabras o números o una combinación alfanumérica.

CEPT (*Post and Telecommunications European Conference).* Es la asociación de las administraciones europeas de correos y telecomunicaciones encargada de las tareas de normalización específicas de las administraciones. Era la responsable, en un principio, de las normas NET, ahora asumidas por el ETSI.

Cifrado (*cyphering).* Procedimiento por el cual la información original se transforma en otra, siguiendo determinados algoritmos de conversión, de forma que resulte ininteligible a terceros.

Circuito portador (*carrier circuit).* Circuito físico y procedimiento de señalización básico para la transmisión de símbolos, pudiendo ser analógico o digital.

Circuito virtual (*virtual circuit).* En las redes de conmutación de paquetes es una "llamada" reconocida por la red pero que no dispone de un circuito conmutado, sino de uno virtual.

Clave (*password).* Palabra clave –contraseña- para identificar al usuario de un servicio o sistema, e impedir el acceso al mismo a personas no identificadas.

Codec (*Coder-Decoder*). Un dispositivo que se utiliza para transformar la voz analógica en digital y viceversa, mediante el empleo de la técnica de modulación por codificación de pulsos. También, algoritmo de compresión para vídeo.

Codificación (*codification*). Acción de escribir las órdenes que formarán los programas, utilizando para ello las normas de un lenguaje de programación determinado. Por extensión, cifrado.

Código (*code).* Conjunto de reglas y convenios que rigen el tratamiento de las señales de datos que forman un mensaje o un bloque.

Colisión (*collision).* Intento de transmisión simultánea de dos o más estaciones que están operando sobre una red con topología en bus. Por ejemplo, puede ocurrir en una LAN Ethernet con CSMA/CD.

Compresión (*compression).* Técnica que permite reducir el volumen de información de un mensaje sin afectar significativamente el contenido del mismo o a su calidad.

Comunicación asíncrona (*asynchronous communication).* Modo de transmisión carácter a carácter de forma aleatoria, precedidos por las señales de sincronización Start/Stop.

Comunicación síncrona (*synchronous communication).* Modo de transmisión bit a bit, de una forma sincronizada entre emisor y receptor.

Configuración de red (*network configuration).* Topología y organización de la red de comunicaciones.

Congestión (*congestion).* Momento en que todos o parte de los recursos de la red se hallan ocupados, impidiendo satisfacer la demanda de los usuarios.

Conmutación (*switching*). Conjunto de operaciones necesarias para unir entre sí los circuitos, con el fin de establecer una comunicación temporal entre dos o más estaciones o puestos**.** La conmutación está asociada principalmente a una central telefónica y consta de dos partes básicas: 1) el establecimiento, mantenimiento y liberación de la comunicación (procesamiento de la llamada) coordinados por el control; 2) el establecimiento de la vía física por la cual se produce la comunicación realizada por la red de conexión.

Conmutación de circuitos (*circuit switching).* Técnica que establece un circuito, con la capacidad requerida, durante el tiempo de persistencia de la llamada, sin almacenamiento intermedio.

Conmutación de mensajes (*message switching).* Técnica que permite la transferencia de mensajes entre dos usuarios, encargándose la red de su almacenamiento intermedio y posterior reenvío.

Conmutación de paquetes (*packet switching*). Técnica de envío de información empaquetada (en bloques de datos), encargándose la red de su encaminamiento hasta el punto de destino.

Conmutación digital (*digital switching*). En el entorno de telefonía se refiere al establecimiento de conexiones a través de un centro de conmutación o central telefónica mediante operaciones con señales digitalizadas, es decir, sin convertirlas a su forma analógica original. Las señales de datos están normalmente en forma digital (excepto cuando se convierten a analógicas mediante un módem), por lo tanto, el término "conmutación digital" raramente se utiliza en relación con datos porque las señales siguen siendo digitales aunque puedan conmutarse en base a un circuito conmutado.

Contienda (*contention mode*). Funcionamiento en competencia para LANs en el que todas las estaciones tienen posibilidad de transmitir espontáneamente, lo que puede dar lugar a colisiones en el medio.

Control de flujo (*flow control*). El control que se ejerce sobre el flujo de datos, para evitar que éste sature los medios de transmisión. Se realiza mediante una señal de control en la interfaz física o una señal X-ON/X-OFF.

Control por programa almacenado (*SPC/Stored Program Control*). El control de los nodos, típicamente centrales telefónicas PBX, a través de un programa contenido en los mismos.

Correo electrónico (*electronic mail*). Envío de mensajes o ficheros entre ciertos usuarios de la red, de manera diferida y conforme a normas. Aplicación informática que mediante redes de ordenadores transmite textos y datos desde un remitente a un destinatario, identificados ambos con sus direcciones. Las normas más conocidas son X.400, Mime y SMTP.

Cortafuegos (*firewall*). Sistema que se coloca entre una red local e Internet para asegurar que todas las comunicaciones entre dicha red e Internet se realicen conforme a las políticas de seguridad de la organización que lo instala. Además, estos sistemas suelen incorporar elementos de privacidad, autenticación, etc.

Criptografía (*criptography*). Método para cifrar los mensajes antes de que sean transmitidos, mediante el empleo de ciertos algoritmos, e impedir así su captación no deseada. En telefonía se denomina "secrafonía".

CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Accesss/Collision Detection*). Técnica para evitar colisiones en las redes de área local en las que varios usuarios pueden enviar mensajes. Especificado por el comité IEEE 802.3 (ISO 8802/3).

CSTA (*Computer Supported Telephony Applications).* Aplicaciones telefónicas asistidas por ordenador, se hace posible con la definición de una interfaz entre las PBX y los ordenadores.

Datagrama (*datagram*). En las redes de conmutación de paquetes es una forma de encaminamiento. En ésta un paquete se dirige hacia su destino final, independientemente del resto, por los tramos de menor carga y retardo sin que previamente se haya establecido un circuito virtual o real.

DBS (*Direct Broadcasting Satellite*). Satélite de difusión directa. Mediante esta técnica recibimos en nuestras casas los canales de TV a través de antena parabólica.

Decibelio (dB/decibel). Un dB es 10 veces el logaritmo decimal de una relación de potencias (entrada/salida), o 20 veces el logaritmo de una relación de voltajes o corrientes. Se puede expresar en valores absolutos si se toma un valor de referencia.

DECT (*Digital European Cordless Telecommunications).* Estándar europeo, desde 1992, para las comunicaciones telefónicas sin hilos, en la banda de 1.880-1.900 MHz y transmisión MC/TDMA/TDD. Los diferentes perfiles permiten la independencia del fabricante y el interfuncionamiento entre redes.

DES (*Data Encryption Standard).* Un algoritmo criptográfico, normalizado por el US National Bureau of Standards, que utiliza una clave de 64 bits.

Diafonía (*crosstalk).* Acoplamiento no deseado de las señales eléctricas en un medio de transmisión con las de otro próximo. Se suele medir en dB.

Difusión (*broadcast).* Emisión simultánea de información desde una única fuente hacia varios destinatarios. Multidifusión: Técnica que permite transmitir copias de un paquete a un subconjunto seleccionado de posibles destinos. Narrowcasting: Emisión o distribución de información a audiencias reducidas, incluso individuos únicos. Newscasting: Distribución de noticias personalizadas.

Distorsión (*distortion).* Deformación de una señal, que origina una diferencia entre los parámetros de la señal transmitida y la recibida, tales como su amplitud, frecuencia, fase, etc.

DNS (*Domain Name System).* Un servidor de sistema de nombres de dominio en Internet es un ordenador que recibe como entrada un nombre de dominio y devuelve la dirección IP correspondiente. Convierten nombres fáciles de entender a direcciones IP, más complejas.

DTH (*Direct To Home*). Una emisión de TV digital, directa al hogar, vía satélite.

DTMF (*Dual Tone MulTifrecuency).* Procedimiento de marcación telefónica mediante la selección de dos frecuencias para cada cifra, de entre un grupo de 16 combinaciones posibles.

DVB (*Digital Video Broadcasting).* Una técnica (plataforma multiservicio) para difundir información de vídeo en formato digital desde un centro a múltiples usuarios, utilizando medios terrestres, de radio o satélite.

DVD (*Digital Versatil Disc).* Disco versátil digital, similar y compatible con el CD, que permite almacenar varios Gbytes de información, válido tanto para audio y vídeo como para datos.

E1/T1 (*E1/T1).* Circuitos digitales alquilados de alta velocidad. E1 a 2,048 Mbit/s (30x64) en Europa, y T1 a 1,544 Mbit/s (24x64) en Estados Unidos. E3 (34,368 Mbit/s) y T3 (44,736 Mbit/s) son las versiones a mayor velocidad.

EDGE (*Enhanced Data rates for Global Evolution).* Tasa de Datos Mejorada para la Evolución Mundial de GSM, técnica mejorada de modulación de radio para GSM y TDMA (ANSI-136). Amplía los intervalos de tiempo (*timeslots*) de radio hasta 48 kbit/s. Cuando se combina con GPRS, proporciona un ancho de banda máximo de 384 kbit/s por abonado.

EDI (*Electronic Data Interchange).* Intercambio electrónico de datos (documentos) entre aplicaciones mecanizadas, pretende evitar el uso del papel y agilizar las operaciones.

EDP (*PAD).* Ensamblador-desensamblador de paquetes. Dispositivo utilizado para permitir la interconexión de terminales asíncronos o de otro tipo a una red de conmutación de paquetes X.25.

EIA (*Electronic Industries Association).* Es un comité de ANSI responsable de algunos estándares a nivel físico, eléctrico y funcional (por ejemplo EIA-232).

EMC (*ElectroMagnetic Compatibility).* Funcionamiento de un equipo electrónico sin que interfiera en otros próximos con su radiación o sea afectado por la de ellos -susceptibilidad-.

Encaminamiento (*routing).* Determinación del camino a tomar en la red por una comunicación o un paquete de datos.

Enlace conmutado (*switched link).* Enlace establecido, bajo petición, entre varios usuarios que les permite su uso exclusivo hasta que se libera el mismo.

Enlace punto a punto (*point to point link*). Línea de enlace directo y fijo entre dos elementos de la red, que permite una comunicación sin necesidad de llamada.

Ensamblado de paquetes (*packet assembly*). Servicio ofrecido por la red de datos que permite a los terminales que no trabajan en modo paquete conectarse a una red de este tipo.

Equipo terminal de datos (*DTE*). Unidad funcional de una estación de datos que establece un enlace, lo mantiene y finaliza, realizando las funciones de protocolo necesarias para ello.

Estación base (*base station*). En los sistemas de radiotelefonía móvil, es el puesto fijo con las antenas, transceptores, alimentación, etc., que cubre las llamadas de los equipos móviles en un radio de acción determinado.

Ethernet (*Ethernet*). Red de área local con topología de bus y velocidad de 10 Mbit/s a 1 Gbit/s sobre cable coaxial, de pares o fibra óptica, que sigue la norma IEEE 802.3, utilizando el protocolo CSMA/CD.

ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*). Desde 1988 es el organismo europeo que reemplaza a la CEPT en la emisión de estándares técnicos europeos de telecomunicaciones. En él están representados, además de los operadores de redes públicas, los fabricantes, investigadores y usuarios.

FAQ (*Frequently Asked Questions*). Documento de preguntas frecuentes sobre un tema determinado. Resultan muy interesantes para los principiantes, que pueden aprender y resolver sus dudas.

Fibra óptica (*fiber optic*). Material transparente utilizado como medio físico de transmisión en redes de datos, basado en sus propiedades de poca atenuación y distorsión al paso de una señal luminosa.

Frecuencia (*frequency*). Número entero de periodos o ciclos alcanzados en la unidad de tiempo por una magnitud o fenómeno periódico (onda acústica o electromagnética). La frecuencia evalúa el número de veces que este fenómeno se produce en un intervalo dado. Es el valor inverso del periodo de una onda sinusoidal. Se expresa en hercios (Hz).

Frame Relay (*Frame Relay*). Protocolo de comunicaciones, basado en el protocolo X.25, que trabaja solamente en los dos primeros niveles del modelo OSI (nivel físico y nivel de enlace). De esta manera se consigue una velocidad de transmisión de datos de hasta 2 Mbit/s.

FTP (*File Transfer Protocol).* El protocolo de transferencia de ficheros permite a un usuario de un sistema acceder y transferir información a y desde otro sistema a través de una red de comunicaciones. La mayoría de las transferencias FTP requieren que se entre en el sistema proveyendo la información mediante un nombre autorizado de usuario y una contraseña. Sin embargo, una variación conocida como "FTP anónimo" permite que entre como anónimo: no necesita contraseña o nombre.

GIF (*Graphics Interchange Format).* Un sistema de compresión de imágenes, (8bits/256 colores), muy extendido en Internet, válido para cualquier plataforma y sistema operativo. Hay GIF animados.

GUI (*Graphical User Interface).* Interfaz Gráfico de Usuario, permite el manejo de un ordenador mediante un dispositivo señalador, tal como un ratón, que actúa sobre iconos y ventanas, en lugar de utilizar el teclado para la introducción de los comandos.

GPRS (*General Packet Radio Service).* Servicio General de Radio por Paquetes, una mejora sobre las redes GSM que permite la transmisión de paquetes de datos a una velocidad de hasta 115 kbit/s.

GSM (*Global System for Móviles).* Estándar pan-Europeo para la constitución de redes telefónicas móviles celulares. Fue creado por la CEPT (Conference Européenne des Postes et Telecommunications) y emplea el estándar ETSI en las bandas de 900, 1.800 y 1.900 MHz.

Hardware (*hardware).* Palabra inglesa que significa quincallería y por extensión todo lo que es material dentro de informática y las telecomunicaciones. Con este nombre se designa al ordenador, los equipos, o a parte de éstos. En general, puede aplicarse a cualquier elemento físico -*hard:* duro- que forme parte de un sistema teleinformático.

HDLC (*High-level Data Link Control).* Protocolo de alto nivel, orientado al bit (especificado por ISO 3309), para el control del enlace de datos, en modo síncrono.

HDTV (*High Definition TeleVision).* Televisión de alta definición que aumenta el tamaño del campo visual, presenta casi el doble de líneas que los sistemas actuales y tiene el formato de pantalla de aspecto 16/9 frente al 4/3.

HFC (*Hibrid Fibre Coaxial).* Red híbrida de fibra óptica y coaxial que se utiliza para la difusión de señales con un gran ancho de banda, desde una cabecera de red hasta los usuarios finales.

Hipertexto (*hypertext).* Aunque el concepto en sí es muy anterior al WWW, en Internet el término se aplica a los enlaces existentes en las páginas escritas en HTML, enlaces que llevan a otras páginas que pueden ser a su vez páginas de hipertexto.

HTML (*HyperText Markup Languaje).* Lenguaje de marcación de hipertexto empleado en Internet que describe como se presenta la información en pantalla añadiendo unos "identificadores" al texto. HTML utiliza "tags" para contener la información de formato, como características de display, posición y ubicación, color y otros elementos visuales. A la vez que para crear en un documento hiperlinks que permitan al lector señalar con el ratón (click) sobre una zona de la página para moverse a otro documento o recurso. HTML puede ser creado o editado por cualquier editor de texto ASCII, aunque existen editores -convertidores especiales- que facilitan la creación de documentos HTML complejos.

HTTP (*HyperText Transmission Protocol).* Protocolo de transmisión de hipertexto utilizado en Internet para la transferencia de documentos WWW. Cada documento -o recurso- tiene en la Web una dirección única, denominada URL. La mayoría de las URLs de la Web comienzan con "http://", indicando que el documento está contenido en un servidor de hipertexto.

Hub (*concentrador).* Elemento multipuerta y multiacceso empleado para la interconexión de distintos tipos de cables y de arquitectura, pudiendo ser activo o pasivo. Estación terrena que realiza una función coordinadora de otras VSAT.

IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers).* Organismo americano responsable de determinados estándares en el campo de las telecomunicaciones. Los más importantes son la definición de los niveles 1 y 2 para LAN, el algoritmo para la codificación de números en punto flotante y la estandarización del lenguaje PASCAL de programación. Es miembro de ANSI y de ISO, que delegó en el IEEE la estandarización de las redes locales.

IEFT (*Internet Engineering Task Force).* Uno de los grupos de trabajo, pertenecientes al Internet Activities Board, encargado de resolver las necesidades de ingeniería a corto plazo.

IMT-2000 (*International Mobile Telecommunications 2000).* Término usado por la UIT para referirse a la tercera generación de sistemas móviles, capaz de soportar los servicios móviles actuales (voz, mensajes cortos y datos a baja velocidad) junto con los otros multimedia de alta velocidad que puedan aparecer.

Intelsat (*International Telecom. Satellite Organization).* Organización internacional de comunicaciones por satélite.

Interactivo (*interactive).* Proceso en el que existe un diálogo alternativo entre los interlocutores.

Interfaz (*interface*). Nexo de interconexión -hardware o software- que facilita la interconexión/comunicación entre dos dispositivos. Por ejemplo, una interfaz de impresora va a permitir al ordenador controlar y enviar información a la misma.

Interfaz S_0 (*S_0 interface*). Interfaz de usuario para el acceso básico 2B+D de la RDSI, mediante una conexión punto a punto o un bus pasivo que permite la conexión de hasta 8 usuarios en una distancia máxima de 1.000 metros, con una velocidad de 192 kbit/s en cada sentido.

Interfuncionamiento (*internetworking*). Conversión de servicio, adaptación o tránsito desde una red de telecomunicaciones a otra.

Internet (*Internet*). Nombre de la red internacional más grande, conectando miles de nodos en todo el mundo, su origen se fraguó en la red Arpanet. Está abierta a universidades, organismos de investigación públicos y privados, industrias y particulares.

Intranet (*Intranet*). Red de ordenadores interconectados entre sí, diseñada para ser utilizada en el interior de una empresa, universidad u organización. Lo que distingue a una Intranet de la Internet de libre acceso es el hecho de que la Intranet es privada. Gracias a las Intranets, la comunicación y la colaboración interna en estos organismos se facilita.

IP (*Internet Protocol*). Protocolo de nivel 3 que contiene información de dirección y control para el encaminamiento de los paquetes a través de la red. IP es la especificación que determina hacia donde son encaminados los paquetes, en función de su dirección de destino. TCP se asegura que los paquetes lleguen correctamente a su destino. Si TCP determina que un paquete no ha sido recibido, intentará volver a enviarlo hasta que sea recibido correctamente.

IrDA (*IrDA*). Siglas que corresponden a la asociación de datos por infrarrojos, fundada en 1993 por la industria para el desarrollo de estándares de software y hardware que permitiesen la transferencia de datos entre dos dispositivos mediante infrarrojos. En la actualidad, hay más de cien firmas en esta organización.

ISDN (*Integrated Services Digital Network*). Red Digital de Servicios Integrados. Define una red conmutada de canales digitales que proporciona una serie de servicios integrados, siguiendo las recomendaciones Serie I del CCITT. El enlace básico consta de 2 canales B de 64 kbit/s y uno D de 16 kbit/s, mientras que el primario comprende 30 canales B de 64 kbit/s y uno D de 16 o 64 kbit/s.

ISO (*International Standards Organization*). Organismo cuya función es la de coordinar los trabajos de normalización realizados por los diferentes organismos internacionales.

Isócrona (*isochronous*). Señal digital en la que sus instantes significativos son equidistantes o equidistan en un múltiplo de la señal de menor duración.

ISP (*Internet Service Provider*). Empresa encargada de ofrecer la infraestructura de acceso para que los clientes puedan conectar a Internet utilizando los medios de acceso estándar (módem, RTC, RDSI y ADSL). Generalmente está gestionado por una organización, habitualmente con ánimo de lucro, que además de dar acceso a Internet a personas físicas y/o jurídicas, les ofrece una serie de servicios como hospedaje de páginas web, consultoría de diseño e implantación de webs e Intranets, etc.

Itinerancia (*Roaming*). Es una característica de los sistemas de telefonía celular y que concretamente en el sistema GSM de telefonía móvil, permite a sus teléfonos móviles desplazarse entre redes de diferentes países o entre las de su propio país, sin perder la comunicación.

Jitter (*jitter*). Ligero desplazamiento de la señal, en tiempo o fase, que produce errores y pérdida de sincronismo en las transmisiones síncronas de alta velocidad.

JDS (*SDH-Syncrhonous Digital Hierarchie*). Estándar europeo para transmisión digital a alta velocidad. Contiene las recomendaciones del UIT-T: G.707, G.708, G.709 y G.781, en las cuales se define una señal de multiplexado elemental STM-1 a 155.552 kbit/s, base de la normalización de normas europeas y americanas de multiplexado. Equivale al estándar SONET de EE.UU.

JPEG (*Joint Photographic Expert Group*). Formato de compresión de imágenes fijas en color o monocromas de cualquier tipo, que alcanza un grado de compresión típico de 20:1 sin pérdida de color, con lo que el ahorro de espacio para su almacenamiento y transmisión es evidente.

kbit/s (*kbit/s*). También kbps; abreviación para kilobit por segundo. Expresa una velocidad de transferencia binaria de 1.000 bits por segundo.

LAN (*Local Area Network*). Red de área local, que interconecta, a alta velocidad, una serie de terminales informáticos, permitiendo de esta manera la compartición de recursos.

Línea conmutada (*switched line*). Conexión establecida a través de la red telefónica básica, entre dos puntos, durante el tiempo que dura la comunicación entre ellos.

Línea punto a punto (*point to point line*). Línea de enlace entre dos puntos, de forma permanente, que permite la transmisión entre ambos.

LMDS (*Local Multipoint Distribution Service).* Tecnología de microondas, similar a MMDS para la difusión de señales de banda ancha en configuración punto-multipunto. Se conoce como el "cable inalámbrico" y permite la transmisión de múltiples canales de TV en distancias de varios kilómetros o el acceso a Internet de banda ancha.

LLC (*Logical Link Control).* Control del enlace lógico. Constituye la subcapa superior del nivel 2 del modelo OSI. Proporciona el soporte a los servicios requeridos entre el control de acceso al medio (MAC) y la capa de red según ISO.

Llamada (*call).* Proceso consistente en emitir las señales de dirección y control necesarias para poder establecer un enlace entre dos o más estaciones de datos.

MAC (*Media Access Control).* Control de acceso al medio. Un protocolo para acceder a un medio de comunicaciones específico, que constituye una subcapa -la inferior- en el nivel 2 del modelo OSI.

MAN (*Metropolitan Area Network).* Red de área metropolitana que con velocidades de 150 Mbit/s (DQDB) permite transportar voz, datos y vídeo sobre distancias de hasta 50 km (norma IEEE 802.6).

Mensaje (*message).* Grupo de caracteres y sucesión de elementos binarios de control transmitidos como un todo, desde un emisor hasta un receptor.

MIC (*Pulse Code Modulación).* Modulación por impulsos codificados. Es una técnica -muestreo a 8.000 veces por segundo y codificación de las muestras con 8 bits- para transmitir de forma digital señales analógicas. Normalmente la voz, sobre un flujo digital de 64 kbit/s.

MIME (*MULTIPURPOSE Internet Mail Extensions).* Extensión de correo electrónico de Internet para la transmisión de información multimedia.

MNP (*Microcom Networking Protocol).* Norma "de facto" para corrección de errores en transmisión de datos por líneas analógicas mediante el empleo de módems de la serie V. Está definido por La V.42, juntamente con LAP-M.

Modelo OSI (*OSI model).* Protocolos de interconexión de redes abiertas, definido por el ISO (ISO 7498) en 1984, que regulan la comunicación entre equipos y sistemas de diversos fabricantes.

Módem (*módem).* Procede del acrónimo MOdulador DEModulador. Equipo para la transmisión/recepción de datos que, en el sentido de transmisión, convierte las señales digitales en señales analógicas capaces de ser transportadas por una red analógica; en el sentido de recepción, realiza la operación inversa, es decir, la recuperación de los datos transmitidos.

Modulación (*modulation*). Variación en el tiempo de ciertas características (amplitud, frecuencia o fase) de una señal eléctrica, portadora, conforme a la señal que se desea transmitir. Los tres tipos básicos son:

Modulación de amplitud. Sistema de modulación en el que se modifica el valor de la amplitud de una onda portadora, conforme al valor instantáneo de la señal moduladora que se quiere transmitir. Con frecuencia se expresa como "AM".

Modulación de fase. Sistema de modulación en el cual la fase de la señal portadora varía o es modulada conforme al valor instantáneo de la amplitud de la señal moduladora.

Modulación de frecuencia. Sistema de modulación en el que la señal moduladora modifica el valor instantáneo de la frecuencia de la señal portadora. Se expresa normalmente como "FM".

Mosaic (*Mosaic*). Es el primer navegador (programa cliente para los servicios Web) para Internet que permite la visualización de documentos HTML y enlaces con otras páginas mediante URL.

MP3 (*MP3*). Formato de compresión de la música que permite almacenarla, en el ordenador (por ejemplo), de tal forma que una canción dispone de un tamaño relativamente pequeño y una calidad buena de sonido (el tamaño y la calidad dependerán del número de bit/s al que comprimamos, siendo el estándar de radio y TV digital 128 bit/s, 1/12). Un Web MP3 engloba miles de canciones en este formato, que se pueden bajar gratuitamente y que se distribuyen legalmente, ya que dispone del permiso del titular del *copyright*.

MPEG-2 (*Motion Picture Experts Group-2*). Esquema de compresión de vídeo en movimiento (incluido el sonido) propuesto por el MPEG (comité de expertos que coordinan una normativa común para la compresión de vídeo). Se fundamenta en el hecho de que de una imagen a la siguiente hay muchas partes que permanecen inalterables, por lo que sólo tiene en cuenta los cambios (diferencias). Permite adaptar la velocidad de transmisión a la calidad requerida por el programa o servicio.

Muestreo (*sampling*). Proceso de toma de muestras de una señal analógica, a alta velocidad, para proceder a su cuantificación y transformación en digital (cuantificación).

Multimedia (*multimedia*). Tratamiento conjunto y de manera interactiva de información procedente de distintas fuentes: voz, datos e imagen. El transporte de información multimedia requiere redes banda ancha, **Multiplexor (*multiplexer*).** Dispositivo que permite la transmisión de varias señales por un mismo enlace simultáneamente, pudiendo ser por división temporal o de frecuencia.

Navegador (*browser*). Aplicación para visualizar documentos WWW y navegar por el espacio Internet. Programa cliente que se utiliza para buscar diferentes recursos de Internet. Se trata de una herramienta de navegación sin la cual no se podría acceder a los recursos de Internet. Los navegadores más usados son Netscape Navigator y Microsoft Internet Explorer.

NET (*European Telecommunications Standards).* Normas europeas de telecomunicación. Definen las especificaciones técnicas y pruebas que han de superar los equipos de telecomunicaciones. Elaboradas por ETSI, son de obligado cumplimiento en la CEE.

Netscape (*Netscape).* Uno de los navegadores (browser) más completos y populares dentro de Internet para los servicios de la WWW. La *suite*, Communicator, cuenta con varias aplicaciones alrededor del navegador.

Norma (*Standard).* Documento que comprende una especificación de carácter técnico, no siendo de obligado cumplimiento, aunque se recomienda su aplicación una vez que ha sido avalada por los organismos competentes.

NOS (*Network Operating System*). Es el término genérico que se aplica al sistema operativo de red local, que permite la compartición de recursos. Por ejemplo, NetWare, LAN-Server o LAN-Manager.

Niveles OSI (*OSI layers).* Son las siete capas o niveles en que se estructura el modelo OSI de ISO: físico, enlace, red, transporte, sesión, presentación y aplicación, para permitir la interconexión de sistemas abiertos.

Nodo (*node).* Cualquier dispositivo que esté conectado a la red y tenga una dirección definida, teniendo como función principal la de conmutación, de circuitos o de mensajes.

Onda (*wave*). Oscilación periódica que se define por su amplitud, fase y frecuencia.

ONP (*Open Network Provisión).* Oferta de red abierta. Propuesta de la CEE para armonizar las redes de telecomunicaciones y promocionar servicios de valor añadido (SVA) competitivos.

Operador de red (*carrier*). Empresa explotadora de una red pública de servicios básicos de telecomunicación que posee en propiedad la infraestructura, autorización y medios de explotación para dar los servicios.

OSI (*Open Systems Interconnection).* Modelo de referencia para la interconexión de sistemas abiertos, desarrollado por la ISO y el CCITT.

PBX (*Private -Automatic- Branch exchange).* Central privada de conmutación, situada en casa del usuario, que proporciona acceso de éstos entre sí y con la red telefónica pública.

Panel de conexión (*patch panel).* Armario de conexión para la terminación de cables. Permite la interconexión entre ellos mediante latiguillos de parcheo (*patch cord).*

Paquete (*packet).* Grupo de bits de control y datos que, transmitidos en bloques de mayor o menor longitud, disponen de la información necesaria para alcanzar su destino.

Pasarela (*gateway).* Dispositivo que permite enlazar dos redes con estructura física o protocolos diferentes, actuando como adaptador y traductor de la información.

PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy).* La jerarquía digital plesiócrona es una técnica de multiplexación de alto nivel para transmisión de señales digitales (hasta 140 Mbit/s).

PDS (*Premises Distribution System).* Sistema de cableado estructurado desarrollado por AT&T, para comunicaciones de voz y datos sobre par trenzado sin apantallar. Renombrado Systimax.

PHY (*PHYsical sublayer).* El nivel más bajo de OSI, que representa las características eléctricas, mecánicas y de conexión sobre una interfaz que conecta los dispositivos al medio de transmisión.

PIN *(Personal Identification Number).* Número de identificación personal. Por ejemplo, es el número de cuatro cifras que hay que teclear cuando se enciende el teléfono móvil para que se active.

PING (*Packet INternet Grouper).* Una facilidad de los protocolos Internet empleada para comprobar el acceso a dispositivos remotos (estado activo), mediante mensajes de eco ICMP. Básicamente, Ping envía una pequeña serie de sencillos paquetes de datos, y si la máquina apuntada los devuelve, entonces esa máquina es considerada activa y disponible.

Plesiócrono (*plesiochonous).* Forma de sincronización en una red digital en la que los equipos se sincronizan mediante fuentes separadas de similar precisión y estabilidad.

POP (*Post Office Protocol).* Un cliente de correo POP establece una conexión con el servidor sólo el tiempo necesario para enviar o recibir correo, y luego cierra la conexión. De más eficiente uso del ancho de banda que SMTP, ya que no se mantiene una conexión mientras el usuario está leyendo o redactando correo.

POTS (*Plain Old Telephone Service).* Término empleado en EE.UU. para referirse al servicio telefónico básico (con teléfonos analógicos) ofrecido por las redes públicas.

PPP (*Point to Point Protocol).* Protocolo tipo IP sucesor de SLIP, que sirve para la conexión encaminador-encaminador y ordenador-red, sobre circuitos asíncronos y síncronos.

PRI (*Primary Rate Interface).* Acceso primario en la RDSI, que proporciona 30 (23 en EE.UU.) canales B a 64 kbit/s y 1 D a 16 kbit/s, pensado para la interconexión de PBX o redes locales.

Protocolo (*protocol).* Conjunto de normas que regulan la comunicación -establecimiento, mantenimiento, y cancelación- entre los distintos dispositivos de una red o de un sistema.

Proxy (*proxy).* Elemento intermedio entre la LAN y la WAN (Internet) que realiza funciones de separación entre ambas y filtrado de paquetes, permitiendo el almacenamiento de páginas ya visitadas (*caché*) para ganar en velocidad de acceso. Puede ser un servidor proxy específico o un software en el PC del usuario.

PSDN (*Packet Switched Data Network).* Red pública de conmutación de paquetes.

PSTN (*Public Switched Telephone Network).* Red pública de conmutación de circuitos. Es la red telefónica básica empleada en todos los países para establecer las comunicaciones vocales.

PTT (*Post Telegraph and Telephone).* Término genérico para referirse en Europa a las diferentes administraciones de los servicios de telecomunicación públicos de un país. Operador de Telecomunicaciones (PTO) es el nombre que se les asigna ahora.

Puente (*bridge).* Elemento que permite enlazar redes de igual naturaleza, y cuya función es gestionar el tráfico de mensajes entre ambas. Trabaja en la capa de enlace de OSI.

Puerto (*port).* Unidad funcional de un modo a través de la cual los datos pueden entrar o salir de una red de datos.

Punto de acceso (*access point*). Hub o conmutador inalámbrico que posibilita la conexión de múltiples dispositivos en una res inalámbrica o WLAN.

PVC (*Permanent Virtual Circuit*). Circuito virtual permanente, es un circuito que se encuentra establecido de forma fija entre dos puntos durante todo el tiempo de persistencia de una comunicación.

Radiodifusión (*broadcast*). El Convenio Internacional de Telecomunicaciones la concibe como un servicio de radiocomunicación cuyas emisiones se destinan a ser recibidas por el público en general. Este servicio abarca emisiones sonoras, de televisión o de otro género, va del organismo de origen al público en general y no tiene retorno; no existe interlocutor.

Radio celular (*cellular radio*). Sistema de transmisión, alternativo al bucle de abonado, para el acceso vía radio de un abonado estacionario o móvil a la central telefónica.

RBOC (*Regional Bell Operating Company*). Cada una de las 7 compañías regionales surgidas al disgregarse Bell de AT&T. También llamadas coloquialmente "Baby Bells".

RDSI (*ISDN*). Véase ISDN.

Red (*network/net*). Conjunto de recursos -nodos de conmutación y sistemas de transmisión- interconectados por líneas o enlaces, cuya función es la de que los elementos a ella conectados puedan transferir información.

Red de área extensa (*WAN/Wide Area Network*). Red que abarca un área geográfica muy extensa, tal como puede ser una ciudad, provincia o país/países. También llamada red de área amplia.

Red de área metropolitana (*MAN/Metropolitan Area Network*). Red que se extiende hasta unos 50 km, opera a velocidades entre 1 Mbit/s y 200 Mbit/s y provee servicios de voz, datos e imagen.

Red inteligente (*intelligent network*). Arquitectura de control de red que permite al operador la incorporación de nuevos servicios y facilidades de manera rápida, flexible y económica.

Red local (*local area network*). Es una red de comunicaciones, normalmente privada, que abarca una extensión de reducida y a la que se pueden conectar diferentes dispositivos; ordenadores, impresoras, teléfonos, etc. Tradicionalmente se consideran tres tipos de topología: en estrella, en bus y en anillo.

Abreviadamente se expresa en castellano como "RAL" y en inglés como "LAN".

Red GSM (*GSM network*). Es una red de telefonía celular digital de ámbito europeo. La infraestructura básica de una red GSM, es similar a la de cualquier otra red de telefonía celular, en la que se dispone de una red de células de radio contiguas, que juntas dan cobertura completa al área de servicio.

Red jerárquica (*hierarchical network).* Red en la que existe una jerarquía, de tal forma que la información fluye siguiendo un camino establecido de antemano, y solo éste.

Repetidor (*repeater).* Elemento que interconecta dos segmentos de una red y actúa como amplificador y regenerador de las señales. Trabaja a nivel 1 de OSI.

Retransmisión de tramas (*Frame Relay).* Técnica de multiplexación y conmutación de tramas en una red de área extensa, proporciona gran velocidad y retardo mínimo. El estándar, que es una simplificación del X.25, operando a nivel 2 de OSI, contempla los protocolos y la interfaz (recomendación I.122 del CCITT).

RFC (*Request for Comments).* Recomendaciones dadas por el comité IAB para la estandarización de la familia de protocolos TCP/IP. Además, incluye documentos simplemente informativos y propuestas de estándar, para su discusión.

RPV (*VPN/Virtual Private Network).* Red privada virtual, una manera flexible de proporcionar servicios de telecomunicación a medida basándose en la infraestructura de la red pública.

Router (*router).* Dispositivo de conexión a Internet. Nodo que asume las funciones de encaminar el tráfico de la red hacia los nodos de destino siguiendo la ruta más apropiada; al operar a nivel de red, depende del protocolo.

RS-232 (RS-*232/EIA-232).* Interfaz normalizada entre un equipo terminal de comunicaciones (DTE) y un equipo de comunicaciones (DCE) para la transferencia de datos en modalidad serie.

Ruido (*Noise).* En un circuito o cable, el ruido es cualquier señal extraña que interfiere con la señal presente (información) en el mismo y disminuye la inteligibilidad o la correcta recepción de la misma.

Ruta (*path).* Camino que sigue un paquete de datos para ir desde el emisor hasta el receptor, bien de forma directa o a través de nodos intermedios.

SDLC (*Synchronous Data Link Control).* Protocolo de control del enlace, similar al HDLC, para transmisiones síncronas, desarrollado por IBM para su empleo en la arquitectura SNA.

Señal (*signal*). Representación física de caracteres o de funciones. Es la información que se transmite por una red de telecomunicaciones, pudiendo ser analógica -si toma valores continuos-, o digital -si toma valores discretos-, en el tiempo.

Señalización (*signalling*). Es el intercambio de información o mensajes dentro de una red de telecomunicaciones, para controlar, establecer, supervisar, conmutar y gestionar las comunicaciones.

Señalización por canal asociado (*channel associated signalling*). Señalización asociada al canal, el cual transporta tanto información de usuario como de señalización y sincronización.

Señalización por canal común (*common channel signalling*). La utilización de un canal compartido para controlar varios canales de comunicación. El más conocido es el SSCC 7 del CCITT, de gran difusión en redes públicas telefónicas (por ejemplo, en la RDSI).

Señalización E&M (*E&M signalling*). Sistema de transmisión de voz que utiliza caminos separados para la señalización y las señales de voz. El hilo "M" (*mouth*) transmite señales al extremo del circuito, mientras que el "E" (*ear*) recibe las señales entrantes.

Servicio telemático (*telematic service*). Es un servicio de transferencia de "textos" entre usuarios de una red de telecomunicación. Ejemplo del mismo son el Videotex y el EDI.

Servidor (*server*). Un servidor es el ordenador central en una Red que se ocupa de tareas especiales, como almacenamiento de discos duros, imprimir, o comunicaciones. Un servidor de Internet es un programa que interactúa con los programas de usuario. Por ejemplo, un servidor de Red provee páginas de Red a su programa buscador (browser).

SIM (*Subscriber Identity Module*). Es la tarjeta que se incorpora en los teléfonos móviles digitales para personalizarlos. Contempla el número de abonado, su PIN y perfil del usuario, además de memoria para almacenar la lista de números telefónicos.

Símbolo (*simbol*). Un modo de onda discreta producida por un modulador que puede ser identificada de forma única por el demodulador, usado para representar uno o varios bits.

Síncrono (*synchronous*). Método de transmisión de datos en el que el instante de transmisión de cada señal que representa un elemento binario está sincronizado con una base de tiempos.

Sistema abierto (*open system*). Conjunto de elementos informáticos conforme a los estándares establecidos en el modelo OSI, y que, por tanto, puede comunicarse con cualquier otro que lo sea.

SLIP (*Serial Line IP*). Protocolo de Internet para transmitir IP sobre líneas serie asíncronas (tales como las telefónicas). Está siendo reemplazado por PPP (Point to Point Protocol) que permite trabajar sobre líneas síncronas y asíncronas (RFC 1208 y 1331).

SMDS (*Switched Multimegabit Data Service*). Servicio público destinado a la interconexión de redes locales sobre larga distancia. Está basado en el estándar 802.6 para MAN y admite velocidades de 1, 2, 4 16, 25 y 34 Mbit/s. Al contrario que ATM es un servicio, sólo para datos, no orientado a conexión.

SMS (*Short Messaging System*). Sistema de Mensajes Cortos. Es un sistema para enviar y recibir mensajes de texto para y desde teléfonos móviles. El texto puede estar compuesto de palabras o números o una combinación alfanumérica. Cada mensaje puede tener hasta un máximo de 160 caracteres, incluidos espacios.

SNA (*System Network Arquitecture*). Arquitectura de red establecida por IBM, con una estructura jerárquica, que define la forma en como se comunican sistemas y terminales.

SNMP (*Simple Network Management Protocol*). Protocolo de gestión simple, que consta de tres partes: estructura de la información de gestión (SMI), base de gestión de información (MIB) y el propio protocolo de gestión. En su inicio se creó para TCP/IP.

Software (*software*). Palabra compuesta de manera similar a *hardware* para designar a todo lo que en informática es inmaterial (*soft*). Consta de los programas y la documentación correspondiente, que permiten hacer funcionar a un sistema informático.

Sondeo (*polling*). Método de control de terminales en una red multipunto, consistente en que cada terminal es interrogado por turno, para conocer su disposición a transmitir o recibir.

Splitter (*splitter*). Dispositivo pasivo, empleado en un sistema de cableado, para obtener dos o más salidas partiendo de una única entrada.

STM (*Synchronous Transfer Mode*). Modo de transferencia síncrono, en el que las tramas son fijas, con un número definido de canales por trama, como es el MIC.

STP (*Shielded Twisted Pair*). Dos conductores trenzados entre sí, para minimizar el efecto de la inducción entre ellos, y recubiertos de una pantalla metálica, para evitar la radiación.

TCP (*Transmission Control Protocol).* Lenguaje que rige todas las comunicaciones entre todos los ordenadores en Internet. TCP/IP es un conjunto de instrucciones que dictan como se han de enviar paquetes de información por distintas redes. También tiene una función de verificación de errores para asegurarse que los paquetes llegan a su destino final en el orden apropiado.

TDM (*Time Division Multiplexing).* Técnica de multiplexación por división en el tiempo, que permite intercalar los datos procedentes de varios usuarios en un único canal, vía serie.

TDMA (*Time Division Multiple Access).* TDMA se ha adoptado como el nuevo nombre del estándar móvil "Digital AMPS" (D-AMPS), actualmente denominado ANSI-136, utilizado en el continente americano, la costa asiática del Pacifico y otras áreas. Los servicios TDMA se pueden prestar en las bandas de frecuencia de 800 MHz y 1.900 MHz.

TDT (*Terrenal Digital Televisón).* Televisión, en formato digital, se distribuye a los usuarios finales por medio de ondas hertzianas, y llega al terminal a través de la antena.

Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). Convergencia de las tecnologías de las telecomunicaciones, la informática y el audiovisual, con unos resultados superiores a la mera adición de las mismas, producto del trasvase de tecnologías y de la colaboración.

Teleproceso (*teleprocessing).* Proceso de la información, en forma remota, que combina el empleo de ordenadores y redes de comunicaciones.

Telnet (*Telnet).* Programa para Internet basado en texto, usado para enlazarse a una máquina remota. Una vez conectada, la máquina propia se comporta como si el usuario estuviera realmente sentado frente a la otra, aun cuando se hallen en diferentes partes del mundo.

Tercera generación (*3G*). Nueva generación de las comunicaciones móviles. El servicio no estará limitado a las comunicaciones de voz y los servicios de valor añadido, como SMS o Internet vía WAP. El espectro y los servicios se ampliarán notablemente: videoconferencia, captación y envío de fotografías electrónicas con mensajes de voz, localización, etc. a alta velocidad.

Testigo (*token).* Paquete de datos que circula a través de una red local y que determina qué nodo puede iniciar una transmisión. Se emplea en las redes Token Ring y FDDI, entre otras.

TETRA (*TETRA*). Es un sistema trunking digital desarrollado en Europa utilizando canales de 25 kHz, que puede manejar 4 usuarios al mismo tiempo, ya que utiliza tecnología TDMA. Es un sistema aprobado por ETSI. Aún cuando TETRA ha sido desarrollado para servicio público y privado, actualmente esta siendo considerado para su uso en la Unión Europea por los cuerpos de Seguridad Pública.

Tiempo compartido (*time sharing*). Un sistema trabaja en tiempo compartido cuando el ordenador reparte su tiempo de proceso, mediante interrogación -*poll*- entre los distintos terminales.

Tiempo de respuesta (*response time*). Tiempo de reacción de un sistema frente a un evento, el que transcurre entre que se ha solicitado una acción y ésta es realizada.

Token Ring (*token ring*). Red con topología lógica en anillo -aunque suele estar físicamente cableada en estrella-, velocidad de 4 y 16 Mbit/s, que se caracteriza por hacer uso de un testigo para acceso secuencial al medio. Definida por el comité IEEE 802.5 (ISO 8802/5).

Topología (*topology*). Disposición física de los distintos elementos que componen una red, con indicación de los medios de enlace utilizados entre nodos.

Trama (*frame*). Equivalente del bloque en ciertos protocolos de enlace, particularmente en DIC. En multiplexado temporal, conjunto de intervalos de tiempo consecutivos alojados en subcanales diferentes.

Tranceptor (*tranceiver*). Dispositivo empleado en las redes banda base para adaptar la señal digital al medio de transmisión, normalmente un cable de pares o coaxial.

Transmisión en paralelo (*parallel transmisión*). Manera de enviar información agrupada, de forma que todos los bits que componen un byte se transmiten simultáneamente a través del bus.

Transmisión en serie (*serial transmisión*). Los bits que forman la información se transmiten secuencialmente a través del medio.

Trunking (*trunking*). Sistema de telefonía móvil celular en grupo cerrado de usuarios, en el que los canales disponibles se asignan dinámicamente en función de la demanda.

UDP (*User Datagram Protocol*). Protocolo orientado a la transmisión de datagramas en una red que utiliza el protocolo IP. No se garantiza el grado de servicio y los paquetes pueden llegar en un orden distinto al que han sido emitidos, ya que cada uno puede seguir un camino distinto. Es un protocolo no orientado a la conexión.

UIT (*ITU/International Telecommunications Union).* Unión Internacional de Telecomunicaciones, es uno de los organismos más antiguos de normalización. Recientemente se ha reestructurado en tres sectores: el de normalización de telecomunicaciones (ITU-T), establecido para gestionar todas las actividades de normalización del antiguo CCITT, el de comunicaciones vía radio (ITU-R), y el sector de desarrollo, que gestiona la asistencia a países en vías de desarrollo en materia de telecomunicaciones.

UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System).* Sistema universal de comunicaciones móviles, que reúne todos los servicios actuales mediante las funciones de red inteligente. Se espera que esté operativo hacia el año 2004.

Unix (*Unix).* Sistema operativo con numerosas versiones en el mercado que cuenta entre sus principales características la multitarea. En sus orígenes se asoció al lenguaje C y a Internet, pero hoy en día alcanza un ámbito de aplicación muy extenso.

URL (*Uniform Resource Locator).* El localizador universal de recursos es el nombre o dirección que reciben los diversos tipos de información que se pueden encontrar en Internet. Nombre genérico de la dirección en Internet, indica al usuario dónde localizar un archivo HTML determinado, en la Web. La mayor parte de los documentos o recursos en Internet (excepto los de e-mail, que tienen sus propias convenciones) pueden ser presentados por una URL.

UTP (*Unshielded Twisted Pair).* Dos conductores trenzados entre sí, para minimizar el efecto de la inducción electromagnética entre ellos. Un cable UTP, normalmente, contiene cuatro pares de hilos aislados dentro de una cubierta plástica común.

VPI/VCI (*Virtual Path Identifier/Virtual Channel Identifier).* Identificadores de camino y canal virtual. Combinados, forman el campo de enrutamiento en la cabecera de una célula ATM.

VSAT (*Very Small Aperture Terminal).* Denominación de las comunicaciones por satélite que emplean terminales con una antena parabólica de dimensiones muy reducidas.

WAN (*Wide Area Network*). Véase red de área extensa.

WAP (*Wireless Application Protocol).* Protocolo de Aplicación de Telefonía Inalámbrica que permite a los usuarios de teléfonos móviles un acceso rápido e interactivo a los contenidos de la red Internet.

WARC (*World Administrative Radiocommunications Conference).* Conferencia administrativa mundial de comunicaciones (CAMR). Se celebra periódicamente.

WCDMA (*Wideband CDMA*). WCDMA de banda ancha, es una tecnología de interfaz de radio seleccionada para el acceso de banda ancha por radio con el fin de prestar servicios de tercera generación. Esta tecnología ha sido perfeccionada para admitir servicios multimedia de muy alta velocidad, como vídeo de animación, acceso a Internet y vídeoconferencia.

WDM (*Wavelength Division Multiplexing).* Multiplexación por división de onda, es una técnica que permite la transmisión de varias señales sobre la misma fibra óptica para incrementar su capacidad.

Wi-Fi (*Wi-Fi*). Estándar para redes locales inalámbricas (IEEE 802.11b) que permite alcanzar velocidades de hasta 11 Mbit/s y que no requiere licencia para su utilización.

Wireless LAN (*wireless LAN*). Las redes LAN inalámbricas no requieren cables para transmitir señales, sino que utilizan ondas de radio o infrarrojas para enviar paquetes a través del aire. Las señales de radiofrecuencia (RF) e infrarrojos son los tipos más utilizados para la transmisión inalámbrica. La mayoría de las redes WLAN utilizan tecnología de espectro distribuido. Su ancho de banda es limitado (generalmente inferior a 11 Mbps) y los usuarios comparten el ancho de banda con otros dispositivos.

WLL (*Wireless Local Loop).* Radio en Bucle de Abonado/Bucle Local Inalámbrico. Uso de la tecnología de acceso por radio para enlazar a abonados en la red pública fija de telecomunicaciones.

WWW (*World Wide Web).* Sistema avanzado para la búsqueda de información en Internet, basado en hipertexto y multimedia, creado por investigadores del CERN en Suiza. El software empleado es un navegador, que utiliza una interfaz de usuario gráfica para tener acceso y visualizar documentos.

xDSL (*xDSL*). La "x" representa las varias formas de tecnologías empleadas en el bucle digital de abonado (DSL): ADSL, HDSL, SDSL, VDSL, etc.

APÉNDICE

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

PUBLICACIONES

- **AUTEL**. *Los servicios de telecomunicación en España*. Autel, 1998.
- **BATES, REGIS**. *Broadband telecommunications handbook*. McGraw-Hill, 2002.
- **BEZAR, DAVID**. *Lan Times. Guía de Telefonía*. McGraw-Hill, 1995.
- **BLACK, UYLESS**. *Redes de ordenadores. Protocolos, normas e interfaces*. Ra-Ma, 1995.
- **CABALLERO, JOSÉ M**. *Redes de banda ancha*. Marcombo, 1998.
- **CASTRO y FUSARIO**. *Teleinformática aplicada*. McGraw-Hill, 1994.
- **CLAYTON, JADE**. *Diccionario ilustrado de telecomunicaciones*. McGraw-Hill, 2002.
- **COMER, DOUGLAS**. *Redes de computadoras, Internet e interredes*. Prentice-Hall, 1997.
- **COMER, DOUGLAS**. *Redes globales de información con Internet y TCP/IP*. Prentice-Hall, 1996.
- **DERFLER, FRANK**. *Descubre redes Lan&Wan*. Prentice Hall, 1997.

- **DOOD, ANNABEL**. *The essential guide to Telecommunications*. Prentice Hall, 1999.

- **FÉLIX RÁBAGO, JOSÉ**. *Introducción a las redes locales*. Anaya Multimedia, 1998.

- **FIGUEIRAS, ANÍBAL**. *Una panorámica de las Telecomunicaciones*. Prentice Hall, 2001.

- **GARCÍA DE SOLA, RODRÍGUEZ y CRIADO**. *Teleinformática*. Alhambra Longman, 1994.

- **GARCÍA, FERRANDO y PIATTINI**. *Redes para proceso distribuido*. Ra-Ma, 1997.

- **GARCÍA, RAYA y RODRIGO**. *Alta velocidad y calidad de servicio en redes IP*. Ra-Ma, 1997.

- **GÓMEZ y VELOSO**. *Redes de ordenadores e Internet*. Ra-Ma, 2003.

- **GRETEL**. *Competencia y Regulación en los Mercados de las Telecomunicaciones, el Audiovisual e Internet*. Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, 2000.

- **HALSALL, FRED**. *Comunicaciones de datos y redes de computadores*. Addison-Wesley, 1998.

- **HELD, GILBERT**. *Diccionario de tecnología de las comunicaciones*. Paraninfo, 1998.

- **HERNANDO RÁBANOS (Coordinador).** *Comunicaciones móviles GSM*. Fundación Airtel, 1999.

- **HERNANDO y LLUC (Coordinadores).** *Comunicaciones móviles UMTS*. Telefónica Móviles, 2001.

- **HUIDOBRO, JOSÉ M**. *Comunicaciones Móviles*. Paraninfo, 2002.

- **HUIDOBRO, JOSÉ M**. *Redes y servicios de telecomunicaciones*. Paraninfo, 2000.

- **HUIDOBRO, JOSÉ M**. *Fundamentos de telecomunicaciones*. Paraninfo, 2002.

- **HUIDOBRO, JOSÉ M**. *Tecnologías avanzadas de Telecomunicaciones*. Paraninfo, 2003.
- **HUIDOBRO, JOSÉ M**. *Todo sobre comunicaciones*. Paraninfo, 2001.
- **HUIDOBRO y ROLDÁN**. *Integración de voz y datos*. McGraw-Hill, 2003.
- **MARIÑO, PERFECTO**. *Las comunicaciones en la empresa*. Ra-Ma, 2003.
- **MARION, COLE**. *Introduction to Telecommunications: Voice, Data and the Internet*. Prentice Hall, 2000.
- **MINISTERIO DE FOMENTO**. *La liberalización de las telecomunicaciones*. La Ley-Actualidad, 1999.
- **MORENO, SANTIAGO y PABLO**. *Introducción a las telecomunicaciones*. Airtel y Santillana, 1999.
- **NAVARRO, ANNA**. *Diccionario de términos de comunicaciones y redes*. Prentice Hall, 2002.
- **PARNELL, TERÉ**. *Lan Times. Redes de área extensa*. McGraw-Hill, 1999.
- **RAD**. *Guía completa de protocolos de Telecomunicaciones*. McGraw-Hill, 2002.
- **RUSELL, TRAVIS**. *Telecomunicaciones. Referencia de bolsillo*. McGraw-Hill, 2002.
- **SHELDON, TOM**. *Lan Times. Enciclopedia de redes*. McGraw-Hill, 1995.
- **SHEPARD, STEVEN**. *Convergencia de las telecomunicaciones*. McGraw-Hill, 2002.
- **TALENS y HERNÁNDEZ**. *Internet. Redes de computadoras y sistemas de información*. Paraninfo, 1997.
- **TANENBAUM, ANDREW**. *Redes de computadoras*. Prentice-Hall, 1997.
- **TRAVIS, RUSELL**. *Telecomunicaciones. Referencia de bolsillo*. McGraw-Hill, 2002.

ÍNDICE ALFABÉTICO

A

Acceso a Internet, 222
Adaptador, 221
ADSL, 58, 129
Agrupación en mazos de cable, 54
Alta fidelidad, 15
Ancho de banda, 4, 12, 55
Antenas, 81
Antena Yagi, 83
Asociaciones profesionales, 304
Atenuación, 11
ATM, 112, 113, 238
ARN, 286
Arpanet, 168, 263
Autorizaciones generales, 294

B

Bandas de frecuencias, 75, 89
Bits, 26
Bobinas híbridas, 54
Buscadores, 269
Bytes, 29

C

Cable coaxial, 59
Cable STP, 97
Cable UTP, 97
Cableado estructurado, 94
Cables de cobre de pares trenzados, 96
Campo, 40
Canales RDSI, 212
Campo electromagnético, 68
Categorías de cableado, 96
CD digital, 31
CDMA, 201, 204
Célula ATM, 113
Centrales de conmutación, 206
Centralitas de empresa, 181
Centrex, 183
Centro de atención de llamadas, 181
Centro de conmutación, 198
Chat, 273
Ciclos por segundo (hercio), 6
Cifrado de los mensajes, 122
Circuitos punto a punto, 180
Circuitos virtuales, 110, 220
Clasificación de las redes, 161
Codificación, 24
Codificación XDSL, 128
Código ASCII, 27
Códigos de datos, 27
Color, 47
Comandos AT, 141
Comercio electrónico, 275
Comisión Mercado Telecomunicaciones, 292
Compresión, 123
Compresión de audio, 124
Compresión de datos, 127
Compresión de la señal, 31, 47
Compresión de vídeo, 125
Comunicación, 258
Comunicaciones de voz, 179
Comunicaciones móviles, 231

Conmutación de circuitos, 103
Conmutación de mensajes, 107
Conmutación de paquetes, 107, 110, 116, 217
Conmutación en el espacio y en el tiempo, 105
Constelaciones, 72
Control del módem, 140
Convergencia de servicios, 277
Conversión analógico-digital, 22
Conversión del sonido en electricidad, 8
Conversión electro-óptica, 62
Correo electrónico, 278
Crominancia, 43
CSMA/CD, 166
Cuadro, 40
Cuantificación, 24

D

Datagramas, 110, 220
Datos, 32
DECT, 194
Detección y corrección de errores, 142
Difusión de la información, 256
Digitalización, 4, 122
Dipolo, 82
Direcciones en Internet, 265
Direcciones URL, 266
Directivas, 288
Dolby Digital, 48

E

EDI, 257
Enlace de microondas, 69
Entrelazado de la imagen, 40
Envío de la señal, 137
Espectro radioeléctrico, 75, 80, 251
Estación base, 198
Estación de control, 198
Estación móvil, 198
Estándares de transmisión, 118
Estandarización, 155, 156
Estructura de Internet, 223
Ethernet, 168, 169

F

Fax, 36, 37
Fibra monomodo, 63
Fibra multimodo, 63
Fibra óptica, 60, 61
Formato panorámico 16/9, 45
Frame Relay, 111, 237
FTP, 272
FTTH, 189

G

Gestión, 259
Gigabit Ethernet, 170
GPRS, 201, 202
Grupo cerrado de usuarios, 182
GSM, 195, 230

H

HDSL, 129
HFC, 188
Hispasat, 87
HTML, 268
HTTP, 268

I

Iberpac, 236
ICT, 98, 99
IDSL, 129
IEEE, 158
Imagen, 38
IMT- 2000, 204
Índice escalonado, 64
Infraestructura de comunicaciones, 92
Infrarrojos, 65
Interconexión IP, 178
Interconexión, 175
Interfaz de comunicaciones, 136
Interfaz de comunicaciones V.24, 146, 147
Interferencia entre pares, 53
Interfuncionamiento, 175
Internet, 113, 263, 271
Iridium, 72
ISO, 159

J

Jerarquía digital síncrona, 119
Jerarquía plesiócrona, 118

L

Láser, 64
Legislación, 287
Legislación, 290, 304
Ley Liberalización Telecomunicaciones, 292
Ley General de Telecomunicaciones, 293
Libros verdes, 288
Licencias individuales, 295
LMDS, 191, 192, 222
Longitud de onda, 76

M

Medios de transmisión, 51
Mensaje, 1, 2
Mensajería, 257
Métodos para el acceso al medio, 166
Modelo OSI de referencia, 149, 150, 151
Módem, 135
Módems asíncronos y síncronos, 144
Modulación, 131
Modulación de amplitud (AM), 132
Modulación de amplitud (ASK), 133
Modulación de fase (PSK), 134
Modulación de frecuencia (FM), 133
Modulación de frecuencia (FSK), 134
Movimiento vibratorio, 4
MP3, 31, 124
MPEG, 31, 48
MPEG-2, 126
Muestreo, 23
Multiplexación, 17
Multiplexación TDM, 104, 106
Multiplexación FDM, 18, 104, 117
Música, 14
Música estereofónica, 16

N

Navegadores, 269
Nombres por dominio, 266
Normativa 802.X del IEEE, 167
Normativa de la UIT-T, 140
Normativa sobre ICT, 300
Números 900, 244

O

Onda corta, 79
Ondas electromagnéticas, 67
Órbita del satélite, 69, 86
Organismos de estandarización, 157, 158
Organismos de regulación, 284

P

Paneles de conexión, 95
Paneles de distribución, 95
Par de cobre, 52
Parabólica, 85
Paso de testigo, 167
PBX, 181
PCM, 122
Protocolo de comunicaciones, 32
Protocolo IP, 113
Protocolo TCP/IP, 33
Protocolo X.25, 111
Protocolos de Internet, 267
Protocolos MNP, 142
Protocolos SLIP y PPP, 34
Protocolos TCP/IP, 177
Proveedores de acceso a Internet, 270
Proveedores de servicios IP, 280

R

Radar, 78
Radio, 14
Radio por satélite, 252
Radio terrenales, 251
RDSI, 211, 213, 245, 247, 248
RDSI de banda ancha, 215
Recomendación X.25, 219
Red de acceso, 186
Red de telefonía móvil, 196
Red de tránsito, 185
Red inteligente, 210, 243
Red telefónica básica, 205, 209
Red telefónica conmutada, 242
Redes de área extendida, 185
Redes de área local, 162
Redes de cable, 254
Redes de datos, 245
Redes de radio, 192
Redes de transmisión de datos, 216
Redes multimedia, 184
Redes privadas, 224
Redes públicas, 224
Redes satelitales, 90
RPV, 224
RTC, 228

S

Satélites, 86
Satélites de comunicaciones, 69
Seguridad y cortafuegos, 274
SMTP, 278
Señal compuesta de vídeo, 49
Señal eléctrica, 8
Señal moduladora, 131
Señal portadora, 131
Señales analógicas, 10
Señales digitales, 20
Señalización en la red, 207
Señalización por canal asociado, 208
Señalización por canal común, 208
Señalización RDSI, 214
Separación entre canales, 19
Servicios 900, 210
Servicios básicos de red, 255
Servicios básicos de vídeo, 260
Servicios de acceso a la información, 255
Servicio de conmutación de paquetes, 236
Servicios de datos, 235
Servicios de información, 275

Servicios de red inteligente, 243
Servicios de valor añadido, 254
Servicios de voz, 228
Servicios finales, 249
Servicios interactivos, 261
Servicios multimedia, 260
Servicios telefónicos, 228
Servicios suplementarios, 250
Set Top box, 187
SHDSL, 130
Sistema PAL, 44
Sonido, 4
Sistema PAL+, 45
STM, 120

T

Tasa de error, 139
TCP/IP, 115
Técnicas de conmutación, 103
Telefonía básica, 228
Telefonía móvil, 230
Televisión analógica, 42, 43
Televisión de alta definición, 44
Televisión digital, 45
Télex, 35
Tercera generación, 233
Texto, 35
Títulos habilitantes, 294
Token Ring, 174
Topología de las redes, 164
Tráfico telefónico, 208
Tramas, 111
Transacciones, 257
Transmisión, 117
Transmisión síncrona, 138, 145
Transmisión a 2 y 4 hilos, 139
Transmisión asíncrona, 138, 144
Transmisión del sonido, 7
Transmisión dúplex, 138
Transmisión paralelo, 138
Transmisión semidúplex, 138
Transmisión serie, 138
Transpondedor, 88
Tratamiento de la señal, 47, 121
Trunking, 234
TV, 38, 39

U

UIT, 1, 158
UMTS, 204, 233

V

VDSL, 130
Velocidad de transferencia, 30
Velocidad de transmisión, 55
Vídeo, 241, 261
VSAT, 73

W

WAN, 161
WAP, 200, 2002
WDM, 66
Wi-Fi, 170, 173
WWW, 276

X

X.25, 111, 221
xDSL, 128
XML, 268

Ra-Ma en Internet

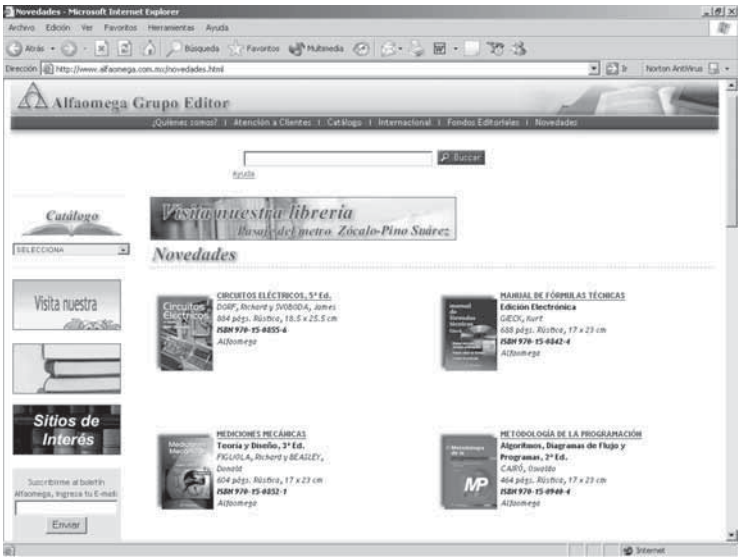
http://www.ra-ma.es

En nuestro Web puede obtener la información más completa sobre Ra-Ma. Podrá consultar:

- **Catálogo totalmente actualizado.**
- **Índice de libros por autores.**
- **Índice alfabético de títulos.**
- **Índice temático.**
- **Información sobre Ra-Ma.**
- **Información acerca de las últimas novedades y títulos de próxima aparición.**
- **Ra-Ma en Europa y en América.**
- **Información sobre la forma de realizar sus pedidos.**

Visítenos en Internet:

http://www.alfaomega.com.mx



http://www.ra-ma.es

Los mejores libros de computación