



Las Telecomunicaciones de Nueva Generación

Telefonica

Las Telecomunicaciones de Nueva Generación

Este informe, elaborado por Telefónica I+D, ha sido patrocinado por la Dirección General de Relaciones Institucionales de Telefónica.

El contenido de los distintos capítulos es resultado de las actividades desarrolladas en Telefónica I+D (Dirección General de Desarrollo del Negocio).

El equipo de trabajo encargado de la redacción final de este libro, utilizando información de diversos proyectos y estudios, ha sido:

José Antonio Adell Hernani.
José Enriquez Gabeiras.
Carmen de Hita Álvarez.
José Jiménez Delgado.
Jesús Felipe Lobo Poyo.
José Antonio Lozano López.
Enrique Mendiña Martín.
Salvador Pérez Crespo.
Carlos Plaza Fonseca.
Wsewolod Warzanskij Garcia.

Edición: División de Relaciones Corporativas y Comunicación (e-mail: solmedo@tid.es).

Maquetación: División de Servicios de Documentación de Telefónica I+D.

Impreso por: Lerko Print S.A.

Índice

	Presentación	1
1	Introducción	5
1.1	LOS ELEMENTOS DEL CAMBIO	6
1.1.1	La regulación	6
1.1.2	La tecnología	7
1.1.3	Internet	8
1.1.4	Los cambios sociales	9
1.2	LA EVOLUCIÓN	10
1.2.1	La nueva gestión del negocio	11
1.3	ESQUEMA GENERAL DEL LIBRO	12
2	Los negocios	15
2.1	BREVE HISTORIA HASTA LLEGAR A LA SITUACIÓN ACTUAL	15
2.2	NEGOCIOS CLÁSICOS DE TELECOMUNICACIONES	18
2.2.1	La telefonía	19
2.2.2	La telefonía móvil	21
2.2.3	Las comunicaciones de datos entre empresas	23
2.2.4	Internet	23
2.2.5	La televisión	25
2.3	LOS NUEVOS NEGOCIOS	27
2.3.1	El negocio del hosting	30
2.3.2	El negocio de las redes de distribución de contenidos	31
2.3.3	El negocio de la telefonía en Internet	31
2.3.4	Los mercados de ancho de banda.	32
2.3.5	Los revendedores y operadores virtuales.	33

2.4	EL NUEVO MODELO DE RED	34
2.4.1	<i>Las capas del nuevo modelo de red</i>	35
2.4.2	<i>Consecuencias</i>	37
2.4.3	<i>Tendencias futuras</i>	39
3	El escenario regulatorio	41
3.1	EL CAMBIO REGULATORIO. LA REGULACIÓN EN UN MERCADO EN COMPETENCIA	42
3.1.1	<i>Los objetivos de la regulación</i>	44
3.1.2	<i>El control de los precios y tarifas</i>	46
3.2	LOS MODELOS DE REGULACIÓN	47
3.2.1	<i>La regulación en Estados Unidos</i>	49
3.2.2	<i>La regulación en Europa</i>	57
3.2.3	<i>La situación en España</i>	63
3.3	CONCLUSIONES	76
4	Las bases sociales del cambio	77
4.1	¿CÓMO AFECTA INTERNET A LOS USUARIOS?	78
4.1.1	<i>Ciudadanos</i>	78
4.1.2	<i>Empresas</i>	82
4.1.3	<i>Administraciones Públicas</i>	85
4.2	LAS TENDENCIAS	87
4.2.1	<i>Tendencias de los usuarios</i>	87
4.2.2	<i>La Sociedad de la Información en el entorno de la empresa</i>	89
4.2.3	<i>Las Administraciones Públicas y la Sociedad de la Información</i>	91
5	La gestión en el negocio de las telecomunicaciones	95
5.1	LA GESTIÓN DEL CLIENTE	96
5.2	GESTIÓN DE REDES Y SERVICIOS	97
5.2.1	<i>Los conceptos</i>	97
5.2.2	<i>Evolución de las actividades</i>	99
5.2.3	<i>Motores y frenos</i>	100
5.3	MODELOS DE GESTIÓN DE REDES Y SERVICIOS	101
5.3.1	<i>Modelo TMN</i>	102
5.3.2	<i>SNMP</i>	108
5.4	SOPORTE AL NEGOCIO	109
5.4.1	<i>Nuevos servicios</i>	109
5.4.2	<i>Calidad de servicio</i>	110
5.4.3	<i>El modelo TMF</i>	112

5.5	NUEVAS TECNOLOGÍAS DE DESARROLLO DE SISTEMAS	113
5.5.1	<i>Tecnologías para el desarrollo de sistemas distribuidos</i>	114
5.5.2	<i>Tecnologías de Internet</i>	116
5.6	EL NEGOCIO DE LOS OSS	117
5.7	CONCLUSIONES	118
6	La red de tránsito	119
6.1	TECNOLOGÍAS DE TRANSPORTE	121
6.1.1	<i>ATM</i>	121
6.1.2	<i>SDH/JDS</i>	122
6.1.3	<i>WDM</i>	124
6.2	LA EVOLUCIÓN HACIA LAS REDES TOTALMENTE ÓPTICAS	126
6.2.1	<i>Evolución por defecto</i>	126
6.2.2	<i>Red GMPLS</i>	129
6.2.3	<i>Red totalmente óptica independiente</i>	130
6.3	CALIDAD DE SERVICIO EN REDES IP	132
6.3.1	<i>MPLS</i>	134
6.3.2	<i>DiffServ</i>	137
6.4	<i>IPv6</i>	140
6.5	NUEVOS ELEMENTOS DE RED	144
6.5.1	<i>Routers de altas prestaciones</i>	145
6.5.2	<i>Conmutadores convergentes</i>	147
6.6	TECNOLOGÍAS DE DISTRIBUCIÓN DE CONTENIDOS	149
7	La capa de control	153
7.1	PROTOCOLOS DE GESTIÓN DE SESIÓN	154
7.1.1	<i>H.323</i>	154
7.1.2	<i>SIP</i>	155
7.1.3	<i>Comparativa entre H.323-SIP</i>	157
7.1.4	<i>Protocolos de control de pasarelas: MEGACO/H.248</i>	158
7.2	PASARELAS Y SOFTSWICHES	161
8	La red de acceso	163
8.1	LA LÍNEA DE CLIENTE DIGITAL	164
8.1.1	<i>ADSL: fundamentos tecnológicos y arquitectura de red</i>	166
8.1.2	<i>Impacto en el negocio de las telecomunicaciones</i>	173
8.1.3	<i>Evolución</i>	176
8.2	REDES DE ACCESO BASADAS EN CABLE Y FIBRA ÓPTICA	179
8.2.1	<i>Definición de las redes de acceso de fibra óptica</i>	180
8.2.2	<i>Las redes de fibra óptica para los servicios de banda estrecha</i>	182
8.2.3	<i>Redes de fibra óptica para los servicios interactivos de banda ancha</i>	184
8.2.4	<i>Redes de fibra para los servicios de distribución</i>	188
8.2.5	<i>Redes de acceso de fibra: visión de negocio</i>	194

8.3	EL ACCESO INALÁMBRICO	196
8.3.1	<i>Los costes de implantación del WLL</i>	197
8.3.2	<i>Las Dificultades técnicas</i>	198
8.3.3	<i>La situación actual</i>	199
8.3.4	<i>Clasificación de los sistemas WLL</i>	199
8.3.5	<i>LMDS</i>	207
8.3.6	<i>MMDS</i>	209
8.3.7	<i>Wireless IP</i>	210
8.3.8	<i>Comunicaciones ópticas inalámbricas</i>	211
8.3.9	<i>Las soluciones WLAN</i>	213
8.4	EL ACCESO POR SATÉLITE	214
8.4.1	<i>Las características de la comunicación por satélite</i>	215
8.4.2	<i>El negocio del satélite</i>	219
8.4.3	<i>Enlaces a larga distancia</i>	221
8.4.4	<i>Distribución directa de Internet</i>	221
8.4.5	<i>Televisión directa (DTH)</i>	224
8.4.6	<i>Los sistemas VSAT</i>	226
8.4.7	<i>Las comunicaciones por satélite en barcos y aviones</i>	227
8.4.8	<i>Los servicios de localización</i>	228
8.4.9	<i>Los sistemas de órbita baja para comunicaciones móviles</i>	229
8.4.10	<i>Los nuevos sistemas de banda ancha</i>	232
8.4.11	<i>Propuestas alternativas</i>	234
8.5	EL ACCESO POR RED ELECTRICA	236
8.5.1	<i>Modulaciones y codificación de canal</i>	240
8.5.2	<i>Situación del negocio de PLC</i>	240
9	El acceso de radio celular. Las comunicaciones móviles	243
9.1	EL NEGOCIO DE LAS COMUNICACIONES MÓVILES	244
9.2	LA EVOLUCION DE LOS SISTEMAS	245
9.2.1	<i>Los primeros sistemas</i>	245
9.2.2	<i>La segunda generación</i>	246
9.2.3	<i>El aumento de la capacidad del sistema</i>	248
9.3	EL UMTS. LA TERCERA GENERACION	253
9.3.1	<i>El CDMA y la mejora de la eficiencia espectral</i>	253
9.3.2	<i>Una interfaz aire multimedia</i>	254
9.3.3	<i>La definición abierta de los servicios (OSA)</i>	254
9.3.4	<i>Los distintos estándares</i>	256
9.3.5	<i>El negocio de la 3G</i>	258
9.3.6	<i>Las nuevas aplicaciones</i>	261
9.4	LAS SOLUCIONES DE 4G	262

10	Las redes de cliente	265
10.1	<i>EL MODELO DE NEGOCIO</i>	267
10.2	<i>TECNOLOGÍAS E INFRAESTRUCTURAS</i>	268
	10.2.1 <i>La pasarela residencial</i>	268
	10.2.2 <i>Las redes interiores</i>	269
	10.2.3 <i>Arquitecturas y estándares</i>	273
10.3	<i>SERVICIOS</i>	276
10.4	<i>EL FUTURO DEL HOGAR CONECTADO</i>	279
	10.4.1 <i>Consideraciones de mercado</i>	279
	10.4.2 <i>Las nuevas aplicaciones</i>	280
11	Glosario de términos y acrónimos	283
12	Bibliografía	289

Presentación

La relación de Telefónica Investigación y Desarrollo y la Dirección General de Relaciones Institucionales es larga y fructífera como corresponde a la necesaria vinculación de la empresa, Telefónica, S.A., con la sociedad.

El brillante trabajo de Telefónica I+D, permite a nuestra empresa, a través de las distintas filiales que agrupan sus negocios, el estar en vanguardia tecnológica en el ámbito de las tecnologías de la Información.

La Dirección General de Relaciones Institucionales es plenamente consciente de la importancia del trabajo que impulsa Telefónica I+D y colabora, codo con codo, con esta empresa del Grupo, que es nuestro más sólido motor de futuro.

Juntos trabajamos en la tarea de proyectar ante la sociedad, la previsible evolución de la llamada "Sociedad de la Información" así como el prever que la progresiva implantación de esta va a transformar los hábitos de los ciudadanos. Todo ello va a significar el proveer de nuevos servicios a los clientes y esto siempre se basará en el esfuerzo de adaptación tecnológica, a esa nueva demanda, a ese nuevo mundo, que hagan las Empresas.

Juntos impulsamos un proyecto, que es una notoria realidad no concluida, como es la creación de la "Cátedra Telefónica", actualmente con vigencia plena en los siguientes universidades y con los contenidos que a continuación se detallan; Internet de Nueva Generación (Universidad Politécnica de Madrid), Tecnologías y Economía de la telecomunicaciones (Universidad Carlos III, Madrid), Tecnología Aplicada a la Cultura (Universidad Alcalá de Henares, Madrid), Desarrollo de Aplicaciones de las Nuevas Tecnologías en el Mundo de la Cultura y la Humanidades (Universidad de Salamanca), Servicios Experimentales Multimedia (Universidad de Gran Canarias), Desa-

rrollo de las Tecnologías de la Información y de las Telecomunicaciones (Universidad de Zaragoza), Especialización Tecnológica y Sociedad del Conocimiento (Universidad Politécnica de Barcelona), Producción Multimedia (Universidad Pompeu Fabra, Barcelona), Comunidades Virtuales (Universidad Oberta de Cataluña, Barcelona), Banda Ancha e Internet (Universidad Politécnica de Valencia).

Como se puede apreciar, trabajamos con las universidades, con estas y, próximamente con otras, en una pluralidad de temas que están en la frontera del futuro Tecnológico. La Dirección General de Relaciones Institucionales propicia y firma los Acuerdos con las Universidades, definiendo sus contenidos específicos, y abriendo una ventana de contacto con las universidades y sus investigadores, y Telefónica I+D se ocupa del seguimiento, del control, del desarrollo de estos Acuerdos y de captar investigación suplementaria tan necesaria siempre en los procesos de Innovación Tecnológica.

Aspiramos, con este vehículo y con otros, a perfilar y extender, en toda su complejidad y en sus distintas facetas, la Sociedad de la Información conectando a los agentes más cercanos e influyentes en su desarrollo y más proclives a la modernización tecnológica, ya que esta avanza de forma ineludible pero es necesario ordenar y enriquecer su proceso.

En el ámbito de gestión y de actuación de nuestra Empresa en Iberoamérica pretendemos impulsar esta Iniciativa Estratégica.

Es destacable asimismo la colaboración tecnológica con el Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas (CNIO) que dirige Barbacid con el proyecto del Banco de Tumores.

Juntos, también, trabajamos en publicaciones, ya tan emblemáticas y consolidadas dentro del sector, como son los informes anuales sobre la Sociedad de la Información en España (presente y perspectivas) que en el año 2002 cumplirá su tercer año. Concretamente en este año, y coincidiendo con la Presidencia Española de la Comunidad, se ampliarán estos informes, a Europa y Latinoamérica (Brasil y Perú). Permitiéndonos conocer de forma ordenada el grado de desarrollo y la evolución de la Sociedad del Conocimiento, en estos relevantes ámbitos geográficos, hasta el 2005.

Estamos dotando, con ello, a la Administración, a los poderes públicos, al propio sector y a la opinión pública de una documentación valiosa que permite recopilar conocimiento y enfocar los avances y también las encrucijadas a las que se enfrenta el desarrollo de la Sociedad de la Información en las esferas geográficas y sociales más próximas al negocio de Telefónica.

Hoy, en el apartado de publicaciones nos ocupa ésta edición, titulada "Las Telecomunicaciones de Nueva generación", elaborado por Telefónica Investigación y Desa-

rollo y que será una herramienta de referencia, un libro de cabecera de los profesionales de nuestra casa.

Esta publicación parte de los cambios, de distinta naturaleza, que se han producido en el sector y como estos han influido en los negocios clásicos de las telecomunicaciones, para a continuación y ya en clave de futuro, situar las oportunidades del sector y, naturalmente, de nuestra Empresa. Todos ello alimentado por un rigor profesional, en datos y conocimiento, muy encomiable.

Desde la Dirección General de Relaciones Institucionales hemos pensado que se presta un buen servicio a la mejora de la gestión de la compañía el contribuir a que vea la luz este magnífico trabajo cuya lectura debería ser muy recomendada a los profesionales de Telefónica, porque nos permitirá fortalecer la cohesión en torno a los objetivos de nuestra Empresa, que, en cualquier caso, tendrá siempre una base argumental técnica.

Juntos, por último, trabajamos con nuestros compañeros de Telefónica I+D en foros y conferencias que desarrollan aspectos concretos de temas, relacionados con nuestro sector y donde se van a generar focos de negocio, como pueden ser: El Congreso Mundial de la Tecnologías del Habla (Canarias, Mayo 2002), la Conferencia sobre Inteligencia Artificial (Sevilla, Mayo 2002), el Foro de Ciudades Digitales España- Iberoamérica (Valencia, Mayo 2002), o las Jornadas sobre el Proyecto Galileo (Castilla-León 2002).

Esperamos que tanto la información que hemos pretendido dar en este prólogo y muy especialmente este importante libro que tenéis en vuestras manos os sean útiles y como siempre quedamos a vuestra disposición para analizar cualquier idea o iniciativa que pueda ser útil, en los marcos descritos, a los objetivos y a las metas que tiene nuestra Compañía.

Gracias a todos.

*Arturo Moreno Garcerán
Director General Adjunto
de Relaciones Institucionales*

1

Introducción

Tradicionalmente, el sector de las telecomunicaciones presentaba enormes barreras de entrada. Existían grandes empresas de propiedad estatal que desarrollaban sus estrategias de negocio amparadas en la situación de monopolio existente. Sin embargo, en los últimos tiempos estas barreras han ido cayendo poco a poco, dando paso a multitud de nuevos agentes que entran a operar en un entorno de plena competencia. Esto ha dado lugar a una fase de crecimiento en bolsa de los nuevos operadores, tal vez algo injustificada puesto que las posibilidades de negocio eran a plazo medio y largo. Como consecuencia de la ruptura de la burbuja especulativa, se ha producido un periodo de pesimismo, que no es acorde con las posibilidades del sector.

Está claro que se deben replantear los objetivos y medios del negocio para considerar la mejor forma de abordar el futuro, de forma que se sienten las bases de un cambio hacia las redes de Nueva Generación, que es percibido como positivo y necesario.

A tal efecto, parece conveniente, antes de considerar las estrategias futuras, analizar el cambio en sí mismo, empezando por los factores que lo han desencadenado, entre los que, desde el punto de vista de este estudio, cabe destacar los siguientes:

- *La regulación*
- *Las tecnologías*
- *Internet*
- *Los cambios sociales*

Todos ellos han configurado un nuevo negocio, en parte diferente del anterior, aunque conserva algunos elementos anteriores. Este libro se enfoca, sobre todo, al análisis de las diferentes alternativas tecnológicas desde una perspectiva de gestión y de desarrollo del negocio.

Este enfoque encierra también uno de los mensajes más importantes: el desa-

rrollo del negocio es un elemento central para el éxito o fracaso de las operadoras de telecomunicaciones. Las nuevas tecnologías juegan un papel posibilitador, supeditado al desarrollo del mismo.

A continuación se consideran con mayor detalle los elementos del cambio antes mencionados y se realiza el análisis de la manera que tienen de definir el nuevo negocio.

1.1 LOS ELEMENTOS DEL CAMBIO

1.1.1 La regulación

Uno de los primeros elementos responsables de la nueva situación, es la regulación. Este aspecto es muy conocido por su aparición en los medios de comunicación, al tratarse de una materia política que viene determinada por el modelo de estado.

El nuevo diseño de estado apunta hacia un modelo en el que la creación de riqueza se realiza a través de empresas privadas en régimen de libre competencia. Evidentemente, esta visión resulta incompatible con un escenario en el que las telecomunicaciones funcionan en régimen de monopolio, estatal o no.

Primero en EE.UU. y en el Reino Unido y luego en el resto de los países de Europa y Asia, el fenómeno de la privatización marcó el desarrollo de los mercados financieros en los años 80 y 90. Sin embargo, las antiguas operadoras partían de una situación de ventaja, ya que contaban con todas las infraestructuras desarrolladas anteriormente, en muchos casos con cargo a los presupuestos del Estado. Para compensar tal situación, se crean una serie de organismos estatales encargados de vigilar y regular el proceso de liberalización. Estos organismos se encargan, además, de fijar las tasas de interconexión y las reglas del mercado para facilitar la competencia, fomentando asimismo la creación de nuevas redes por los nuevos entrantes, de forma que se rompiera el monopolio anterior.

Al amparo de la nueva regulación aparecieron, sobre todo en EE.UU. y en el Reino Unido, una serie de nuevos operadores (MCI, Mercury, etc.), que, por las razones tecnológicas que se comentan a continuación, no llegaron a ofrecer una alternativa nada más que a un grupo reducido de usuarios: las grandes empresas.

Los cambios tecnológicos, promueven un cambio mucho más significativo: van a aparecer nuevas empresas que se dirigirán a distintos elementos de la cadena de valor (creación de contenidos y servicios de acceso a Internet). Además, las nuevas tecnologías de acceso y transmisión pueden reforzar el papel de los competidores más tradicionales (que no basan su negocio, exclusivamente, en Internet).

En estas condiciones, el papel del regulador es fundamental. Éste debe jugar un papel que mantenga saneados los negocios más tradicionales, resultado de la evolución de los antiguos monopolios, al tiempo que permita que los nuevos actores tengan un modelo de negocio atractivo. Hay distintos modelos, el

europeo -de los que España puede ser un ejemplo-, algo más conservador, y el americano, en el que gracias a la existencia de una industria con mayor expansión apuesta por una mayor liberalización.

1.1.2 La tecnología

Aunque es cierto que las barreras impuestas por la regulación se han modificado como consecuencia de la liberalización de los mercados, también lo es que las barreras económicas que existían antes convertían la provisión de servicios de telecomunicación en un monopolio natural. Estas barreras se canalizaban en dos vertientes principales:

1. Por un lado, las elevadas inversiones a las que se debía hacer frente para ofrecer cualquier servicio de telecomunicaciones, por muy sencillo que éste fuera.
2. Por otro, la madurez del mercado, que dejaba pocas opciones para que los nuevos entrantes pudieran obtener suficientes ingresos que les permitieran compensar las elevadas inversiones que les exigía su entrada en el mismo.

Estos hechos, junto con la experiencia acumulada a lo largo de los años, bastaban a los operadores tradicionales para mantener su posición de dominio total del mercado, inhibiendo la entrada de nuevos agentes al mismo y prolongando la situación tradicional de monopolio (aunque en este caso fuera "natural" en vez de "regulatorio").

Sin embargo, la situación está cambiando, de una forma progresiva. Las citadas barreras están desapareciendo, y la tecnología ha tenido un papel muy importante en ello, a través de.

- El desarrollo de una tecnología: la conmutación de paquetes, la cual, aunque ya se aplicaba en el campo de la informática, ahora está empezando a aportar importantes beneficios en su aplicación al mundo de las telecomunicaciones.
- La implantación de nuevas tecnologías de transmisión óptica WDM (*Wavelength División Multiplexing*), que permiten la transmisión de grandes cantidades de información de forma muy barata y fiable.
- La aparición de alternativas de acceso vía radio, como es el caso de la telefonía celular, que proporcionan soluciones innovadoras en servicios (al añadir la movilidad) y en la gestión del negocio (al poder realizarse este en condiciones de gastos variables).

Estos aspectos, esencialmente tecnológicos, y por lo tanto globales e independientes del modelo económico, son en gran parte los responsables de la nueva situación y van a condicionar la evolución futura. Además de estos factores, Internet trae consigo, unos cambios mucho más importantes.

1.1.3 Internet

Otro aspecto, para muchos el más importante, y que implica a elementos tecnológicos y sociales, ha sido el desarrollo de Internet, que se está convirtiendo progresivamente en una fuente de información –de contenidos– fundamental y que justifica, en gran parte por sí misma, el desarrollo de las nuevas redes y mercados. Cuando comenzó a popularizarse, a principios de la década de los años 90, se empleaba prácticamente sólo en el ámbito de la investigación y de la educación; hoy en día su uso está más que generalizado en entornos empresariales e incluso residenciales, hasta el punto de que esta generalización se ha convertido en el principal catalizador para que, a día de hoy, el volumen del tráfico de datos haya sobrepasado al del tráfico de voz en las redes de varios operadores.

El aspecto más interesante de Internet es que permite independizar el papel de portador y el de suministrador de servicios, y de esta forma crea espacio de mercado para un conjunto de nuevos actores, cada uno de los cuales incrementa la creación de valor a través de los contenidos. Algunos de estos actores (ver la **Figura 1-1**) son:



Figura 1-1:
Los nuevos actores en el negocio de Internet

- *Los operadores de red*, que aportan la infraestructura de equipos y medios de transmisión necesarios para establecer las comunicaciones.
- *Los proveedores de servicios básicos*, que ofrecen a los clientes servicios directamente basados en el uso de las infraestructuras de red.
- *Los proveedores de servicios de valor añadido*, que introducen un grado

más de complejidad en los servicios que proporcionan a los clientes, superponiendo a la red equipos específicos a tal fin. En esta categoría se pueden mencionar los servicios de información, los servicios avanzados de voz, los servicios de Internet (ISP), etc.

- *Los proveedores de contenidos*, que como su propio nombre indica aportan información de todo tipo sobre la red, el vídeo, la música, las noticias, etc.

Pero este modelo puede no ser el único aplicable. Como se describirá más adelante, los operadores tradicionales parecen ser los que mejor situados están para sacar el máximo provecho a Internet, gracias a su acceso al cliente y a las posibilidades que tienen sus herramientas de facturación. Por eso, la gestión de los contenidos forma parte también de su negocio.

1.1.4 Los cambios sociales

Aunque las nuevas tecnologías e Internet responden a realidades objetivas, su impacto en la sociedad no está garantizado. Las tecnologías, si son útiles, deben dar lugar de forma progresiva a una nueva forma de comportamiento y de hacer las cosas.

A su vez, esto traerá consigo cambios en las costumbres y, en definitiva, en la sociedad. Así, se habla de Sociedad de la Información como un nuevo estadio social, que seguiría a la sociedad agrícola e industrial, en la que la información pasa a jugar un papel central y sería el centro de la mayor parte de las transacciones.

Evidentemente, este cambio es mucho más lento y se produce como consecuencia de la mayor o menor disponibilidad tecnológica. Pero una vez que esté en marcha creará nuevas necesidades de infraestructura y contenidos que, poco a poco, entrarán a formar parte de la forma de funcionar de la sociedad. A la larga, se constituyen como una parte de la forma de organizarse y la propia sociedad no puede concebirse sin ellos.

Un ejemplo de incorporación de la tecnología puede ser el automóvil. Está claro que las sociedades actuales no pueden vivir sin él; las ciudades y las casas se diseñan de forma que su uso sea posible e incluso imprescindible. Así, hoy en día no sería posible vivir en las grandes urbes y en las zonas suburbanas si los automóviles no permitieran abastecerlas, desplazar a sus habitantes desde las zonas suburbanas a los polígonos industriales, a las zonas de oficina, etc. Del mismo modo, las tecnologías de la informática y las comunicaciones pueden hacer posible una nueva sociedad, con mejor acceso a los bienes culturales, más participativa y democrática y más consciente de los valores ecológicos. En definitiva, una sociedad con una mayor calidad de vida.

Tal y como se ha descrito, el cambio no puede ser inmediato. Se precisa de la participación de todos y debe producirse un cambio educativo, de forma que el dominio de las tecnologías se extienda de manera que se modifique el

modo de relacionarnos. Por supuesto, también deben descartarse aquellos elementos que no resulten útiles. Se trata de un proceso que toma su tiempo y para el que es necesario un alto grado de consenso.

1.2 LA EVOLUCIÓN

La situación a partir de este momento va a estar definida por los factores generales antes mencionados: regulación, tecnología, Internet y cambios sociales.

En primer lugar, hay que considerar la regulación, que aunque no pueda ser determinante a muy largo plazo, puede, como hemos visto por el ejemplo de EE.UU. y otros países, determinar el ritmo de cambio. Los organismos reguladores deben actuar con cautela y prestar gran atención al mercado y su desarrollo. Así, por ejemplo, no parece razonable que el Estado pase de financiar las tecnologías y las inversiones a ser una entidad que gane cantidades astronómicas por permitir, por ejemplo, el uso del espectro. El ejemplo de las licencias de tercera generación UMTS puede ser muy ilustrativo. Si los recursos han de desviarse hacia el pago de las tasas, habrá menos disponibles para lograr mejores ofertas con las que retribuir los capitales y ganar clientes, con lo que, en un plazo corto, todos los actores resultarán perjudicados.

La tecnología es, como se ha indicado, un factor imprescindible. Debe reconocerse que aún existen limitaciones tecnológicas y que una de las más importantes es la debida a los problemas existentes en el acceso. Las inversiones necesarias para dotar a todos los clientes de un acceso en banda ancha –idealmente por fibra óptica– son claramente inalcanzables. Y esto a pesar de las nuevas propuestas de CWDM (*Coarse Wavelength Division Multiplexing*) y de la inversión realizada tanto por los ayuntamientos como por otras entidades –sobre todo en los países nórdicos y en California, EE. UU.– para lograr disponer de redes de distribución propias. Las actualizaciones de las redes de cable se encuentran con numerosos problemas, tanto de falta de estándares como de capacidad de ofrecer un servicio bidireccional de calidad.

La solución por la que han apostado gran parte de los operadores es el xDSL (inicialmente ADSL), el cual, al utilizar los mismos soportes físicos que la red actual, reduce las inversiones necesarias. El ADSL puede ofrecer un suave camino de introducción de las nuevas tecnologías con pocos riesgos. Además, es posible proponer formas de compartir el bucle de abonado que permitan a los nuevos operadores entrar en el negocio, permitiendo una competencia que es imprescindible.

El acceso radio (LMDS, MMDS, Óptica Inalámbrica, etc.) también presenta aspectos atractivos. Sin embargo, existen muchas limitaciones, especialmente para despliegues masivos, que son los únicos que permiten alcanzar los bajos precios que han de ofrecerse para lograr que los mercados justifiquen las inversiones necesarias (no sólo en acceso).

La solución radio móvil es la más atractiva. El éxito de los sistemas de comunicaciones móviles celulares así lo demuestra y, tal como se ha descrito y se

explicará en más detalle en el capítulo correspondiente, lo puede ser más en el futuro, especialmente si se consideran las soluciones de nueva generación (tipo UMTS) y tal vez las nuevas propuestas de cuarta generación. Si se logran resolver los diferentes interrogantes y dificultades, que se describirán en el capítulo correspondiente, el acceso radio celular es ideal en muchos aspectos, tanto en lo que respecta al negocio como al servicio.

Sin embargo, el camino no siempre va a resultar sencillo. El relativo fracaso de la RDSI y la restricción del uso de ATM demuestran cómo muchas ideas que ofrecían una gestión más simple, por cuanto que unificaban las redes, pueden no ser las más efectivas.

Internet y su desarrollo es otro aspecto importante a tener en cuenta. Uno de los temas más debatidos es el que tiene ver con los contenidos. Hasta ahora, la mayor parte de los contenidos de Internet son gratuitos, pero está claro que la publicidad exclusivamente no puede financiar trabajos, contenidos musicales, películas, etc., a menos que estemos dispuestos a aceptar su dependencia de la empresa que lo financie. Lograr cobrar por el uso de Internet es un requisito fundamental para que el negocio pueda prosperar. Otro, no menos importante, y relacionado con el anterior, es la calidad. Evidentemente, sólo serán aceptados unos contenidos que aporten utilidad y novedad, ya que cualquier cosa, sólo por el hecho de ser transmitida por Internet, no es necesariamente interesante.

Mucho más difícil es sugerir estrategias generales para cambiar la sociedad, ya que, como se ha repetido, el cambio es tarea de muchos. Pero desde el punto de vista del operador de telecomunicaciones y de sus accionistas lo que interesa es cómo gestionar la empresa en este escenario, notablemente más complejo que el anterior, y hacerlo de forma que reporte beneficios a todos.

1.2.1 La nueva gestión del negocio

Para poder manejar un escenario tan complejo, la gestión –y en definitiva, el desarrollo del negocio– se convierte en el elemento crucial. La nueva gestión del negocio se ha dotado de un número creciente de procesos que no sólo se ocupan de la supervivencia de la red, sino que se pone especial énfasis en la atención al cliente y en las actividades de posventa y preventa. Estas nuevas formas de gestión han sido posibles gracias a la existencia de los sistemas de información ejecutiva especialmente destinados al sector de telecomunicaciones. La gestión del negocio se revela como un elemento central de las operadoras y quizá como el único elemento esencial del negocio junto con la dirección estratégica.

El énfasis de la actividad se ha desplazado desde la red y su operación hacia el negocio y la satisfacción del cliente. Esto ha supuesto los siguientes cambios importantes:

- La cadena de valor se está ampliando, de forma que la provisión de contenidos es cada vez más relevante.
- La gestión del negocio debe ser mucho más cercana al cliente. La aten-

ción al cliente pasa a ser central, ya que los clientes son personas especiales, con sus gustos y personalidades. Ello trae consigo la necesidad de conocerle perfectamente y de personalizar la oferta y esto sólo es posible con herramientas informáticas especializadas.

- La cuenta de resultados es un elemento esencial a la hora de captar nuevos capitales. Por tanto, la gestión debe facilitar al extremo el uso óptimo de los recursos disponibles.

Por supuesto, la gestión del negocio debe prestar una atención máxima a las tecnologías. Está claro que los operadores que sean líderes en adoptar las mejores soluciones serán los líderes del mercado. Pero, a veces, confiar sólo en lo atractivo de una solución tecnológica, sin considerar que los cambios sociales y los mercados que las sustenten deben ir al mismo paso, es otro peligro. Los sonados fracasos de Iridium y otras soluciones muy innovadoras muestran que las soluciones deben ser económicas y escalables.

En definitiva, se trata de situar un conjunto de fuerzas contrapuestas que deben ser analizadas con cuidado. La función de este libro es exponer en detalle los elementos más importantes del análisis de ese conjunto de fuerzas.

1.3 ESQUEMA GENERAL DEL LIBRO

Este libro, partiendo del panorama anterior, arranca con un breve recorrido por la evolución reciente de los diferentes negocios del sector de las telecomunicaciones. El objetivo es describir cómo ha evolucionado, y sigue haciéndolo, la forma en la que las empresas del sector afrontan cada negocio: sus movimientos en la búsqueda de nuevas ofertas, las respuestas de los operadores ante la entrada de nuevos competidores y, en definitiva, la evolución hacia el escenario del futuro.

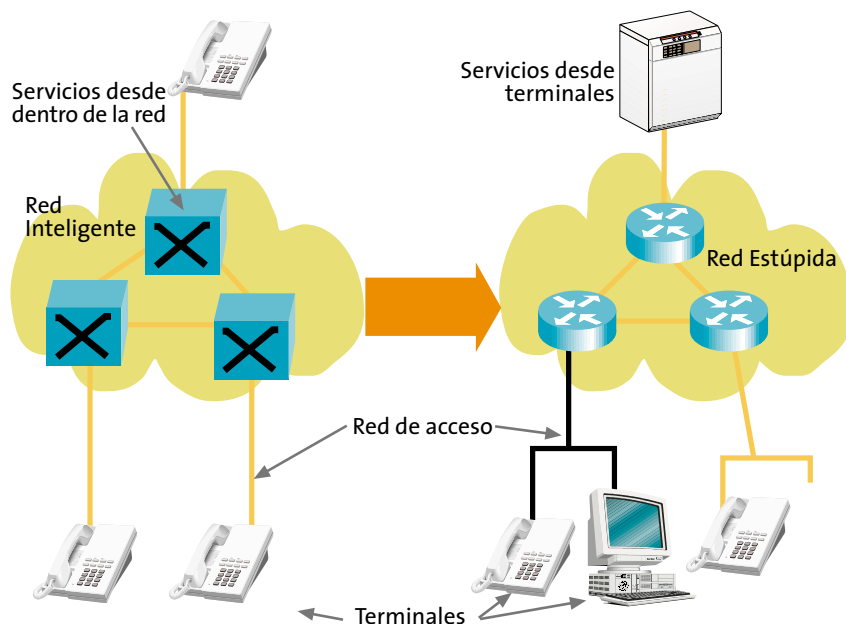
A continuación se hace un análisis del escenario regulatorio y su cambio, debido a la introducción de los modelos económicos de liberalización y globalización. Este cambio, junto con los nuevos contenidos que proporciona, fundamentalmente Internet, sientan las bases sociales que impulsan su evolución. El capítulo dedicado a este tema realiza tanto el análisis como el estudio de cómo la regulación influye en la sociedad.

La forma de organizar el negocio como elemento más cercano al cambio social se ha modificado y orientado más hacia el cliente. Hay nuevas herramientas y los paradigmas de desarrollo son distintos. Cada vez más es el negocio quién condiciona el desarrollo de la red, y no a la inversa. Por tal motivo, en el libro se ha preferido analizarlo antes que a la red misma, aunque es claramente un elemento esencial de ella.

La red en la que se sustentan las telecomunicaciones también se ha modificado (ver la **Figura 1-2**). Anteriormente, la red respondía a una estructura jerárquica, en cuyo centro estaban los servicios. Ahora la red, no va a jugar este papel tan importante y los servicios van a estar en el exterior, relegando la inteli-

gencia a los servidores y terminales. Además, aparece un nuevo elemento, la red de cliente, que engloba los equipos de que dispone el usuario final en su hogar o empresa.

Figura 1-2:
La antigua red jerárquica y el nuevo modelo de red



Como se ha descrito anteriormente, el problema del acceso sigue siendo el más importante para el pleno desarrollo del nuevo modelo de red. Por ello se analizan algunas de las alternativas más importantes (cable, fibra, ADSL, satélite, etc.), dedicando un capítulo especial al acceso fijo por radio. Este tipo de acceso ha sido el primero en disponer de soluciones tecnológicas a gran escala. El análisis crítico de las alternativas en el acceso es fundamental para comprender la situación actual y para ayudar a planificar su evolución. En este libro se plantea como soluciones más adecuadas, a medio plazo, las que están basadas en ADSL. En el futuro a más largo plazo, que sólo será posible una vez se disponga de capital y de servicios, lo será la fibra óptica.

Debido a su importancia, se analizan de forma específica las redes celulares, poniendo atención especial al estudio del negocio de los servicios multimedia vía radio, que serán posibles esencialmente gracias a los nuevos sistemas de 3G (UMTS) y a otras soluciones posteriores. De su éxito o fracaso puede depender, en gran medida, que los nuevos negocios sean una realidad dentro de unos pocos años o, por el contrario, tarden algunos decenios.

Finalmente se describen las soluciones de red de cliente, en este momento aún poco importantes pero que están llamadas a ser el centro de nuevos negocios en el futuro.

2

Los negocios

2.1 BREVE HISTORIA HASTA LLEGAR A LA SITUACIÓN ACTUAL

El periodo comprendido entre el final del siglo XX y el comienzo del XXI ha producido una transformación continua y constante en la manera de entender el negocio de las telecomunicaciones. La magnitud del cambio se ve con más nitidez si se recuerda la situación existente en la mayoría de países hace tan sólo unas pocas décadas, donde los monopolios (las entonces llamadas PTT -*Post Telephone & Telegraph*- o PNO -*Public Network Operators*) controlaban todas las actividades de un negocio que entonces se concentraba fundamentalmente en el servicio telefónico.

En la actualidad el panorama es distinto. La regulación del sector, afrontada por la mayoría de los gobiernos, ha propiciado la aparición de la competencia, la aparición de nuevos actores y, en muchos casos, incluso, la creación de nuevas oportunidades. Las primeras acciones se tomaron en determinados negocios, como es el caso de la telefonía de larga distancia, en los que el modelo de negocio estaba más claro, sobre todo por los grandes márgenes existentes y por no ser necesarias grandes inversiones, como las que son necesarias en las redes de acceso. Los nuevos negocios, como la telefonía móvil, surgieron en un entorno de competencia donde la mayoría de las veces eran regulados y supervisados por los gobiernos.

A todo lo expuesto hay que añadir el fenómeno de la globalización de la economía, que en su faceta empresarial se ha traducido en la diversificación geográfica de los operadores de telecomunicaciones, los cuales han buscado basar los crecimientos de sus cuentas de resultados en la incorporación a nuevos mercados, bien a través de las privatizaciones de los antiguos monopolios estatales, o bien mediante la adjudicación de licencias en aquellos mercados en los que se producía la apertura a nuevos competidores.

Todo este proceso se ha beneficiado de las fuertes inversiones que tuvieron lugar en la década de los años 90, que se encaminaban hacia las empresas del sector. La confianza en determinados negocios con altas tasas de crecimiento, sostenidas a lo largo de varios años, permitió la creación de muchas nuevas empresas, así como la financiación de los proyectos de expansión geográfica y de diversificación de negocios de los operadores tradicionales.

Un buen punto de partida para situar el comienzo del cambio puede ser el proceso de regulación del sector vivido en los Estados Unidos en 1984. Hasta ese momento el negocio estaba controlado por la *American Telephone and Telegraph Company*, más conocida por las siglas AT&T. No se trataba de una única compañía, sino la unión de varias empresas relacionadas con el negocio de la telefonía, y era conocida por proporcionar a sus clientes un servicio de calidad excelente. En un proceso de varios años, que concluyó en 1984, el Departamento de Justicia consiguió la separación de AT&T en varias compañías. AT&T conservó el servicio de larga distancia, los laboratorios de I+D, Bell Labs, y la empresa de fabricación de equipos Western Electric (que posteriormente se convertiría en Lucent). El negocio de acceso se dividió en siete partes y se crearon para ello las correspondientes empresas, las famosas *Baby Bells*: Nynex, Bell Atlantic, Southwestern Bell, Pacific Telesis, US West, Ameritech y Bell South. Posteriormente Nynex y Bell Atlantic se unieron para crear Bell Atlantic, mientras que Southwestern Bell y Pacific Telesis se unieron en SBC. US West se unió en junio de 2000 a QWEST (compañía especializada en servicios de larga distancia), adoptando el nombre de esta última. Ameritech y Bell South todavía permanecen como compañías separadas.

La principal consecuencia del proceso descrito fue la creación de un nuevo marco de referencia en el que se diferenciaban dos tipos básicos de servicio: el acceso al servicio telefónico y el servicio de llamadas a larga distancia. En este marco se establecía un entorno de competencia para los dos tipos de servicios. La resolución del gobierno americano establecía la diferenciación entre los denominados *Local Exchange Carriers* (LECs), que se encargarían de dar los servicios de acceso al servicio telefónico y de las llamadas locales, y los *Interexchange Carriers* (IXC), entre los que se encontrarían empresas como AT&T, MCI o Sprint, destinados a proporcionar los servicios de telefonía de larga distancia. El nuevo marco tenía como misión potenciar la competencia en el sector, para así lograr el beneficio de los clientes, quienes verían reducidos los precios de las tarifas ofrecidas. Sus detractores defendían que la consecuencia directa sería la disminución en la calidad del servicio telefónico, que por aquellos tiempos gozaba de una reputación excelente.

Durante la década comprendida entre los años 1985 y 1995 fue posible identificar tres procesos clave en la evolución del negocio de las telecomunicaciones:

1. Se produce la popularización definitiva de Internet y su introducción en los hogares. Hasta ese momento, y desde la creación de su antece-

sor ARPANET, esta red se había limitado en sus orígenes a usos militares y posteriormente a la comunicación entre miembros de las universidades. Es en este periodo cuando se comienza la comercialización de un servicio a través de módem desde los hogares, el cual permitía el acceso a los servicios primitivos de comunicación en Internet: el correo electrónico y la transferencia de ficheros entre ordenadores conectados a la red.

2. Se empieza a disponer de grandes cantidades de ancho de banda a un precio marginal bajo. Ello es debido, entre otros factores, a los desarrollos que se producen en la tecnología de transmisión de la información a través de fibra óptica, lo que contribuye a fomentar su popularidad como medio ideal de transmisión en las redes de comunicación de los operadores de larga distancia y en las redes de tránsito de los operadores de telefonía que todavía continuaban explotando sus negocios en régimen de monopolio. Es en este periodo en el que se desarrollan los primeros amplificadores de señal óptica que permitían aumentar la longitud de los tramos de fibra óptica y en los que no era necesario realizar el costoso proceso de regeneración eléctrica de la señal.
3. Se comienza a disponer de redes inalámbricas baratas que permitían el acceso al servicio telefónico. Esto propició la aparición de los primeros operadores de telefonía móvil inalámbrica que utilizaban técnicas de acceso inalámbrico, las cuales estaban limitadas por el volumen de los terminales que, aunque disminuían paulatinamente, eran en su origen de un tamaño considerable. El cambio fundamental tuvo como consecuencia la posibilidad de disponer de movilidad en el acceso a las redes de los operadores de telecomunicaciones. Esto supuso un valor añadido al negocio tradicional de la telefonía, que necesitaba que los terminales estuvieran fijos en una ubicación geográfica para facilitar la creación de nuevos negocios que explotasen esta característica de la comunicación. Ciertamente, estas soluciones no estuvieron exentas de dificultades, como lo muestra la quiebra de Ionica, uno de los primeros operadores que intentaron este modelo de negocio.

La siguiente fase en la evolución de las telecomunicaciones podría comenzar en 1995 con la creación de la empresa Level 3, así como otras semejantes en los años siguientes. En el mencionado año 1995, Walter Scott, entonces presidente de MFS, una de las principales empresas operadoras de larga distancia de EE. UU., predijo que AT&T no iba a ser capaz de responder a los requerimientos de ancho de banda que Internet iba a necesitar. Por eso decidió vender MFS y con el capital obtenido creó una nueva compañía: Level 3. Se trataba de la primera red de comunicaciones de fibra óptica que estaba basada en el protocolo IP. Su aparición revolucionó Wall Street y consiguió del mercado una financiación adicional de 11.000 millones de dólares. Se trataba del primer ejemplo de gran empresa de telecomunicaciones que pronosticaba un futuro para el sector de las

telecomunicaciones centrado en las redes de conmutación de paquetes (frente a la conmutación de circuitos tradicional) que usaban IP como protocolo básico de funcionamiento.

El proceso de liberalización del sector tomó su empuje definitivo el 5 de febrero de 1998, cuando se puso en vigor el acuerdo logrado por la *World Trade Organisation*, donde 69 países prometían la liberalización de sus mercados, lo que en la práctica se traducía en la liberalización del mercado correspondiente al 90 por ciento de los ingresos mundiales en concepto de telecomunicaciones.

Durante los siguientes años, y en un proceso que no ha concluido todavía, se desencadenó la lucha entre las empresas de telecomunicaciones por ofrecer accesos de alta velocidad a los clientes. Los operadores de cable adaptaron sus infraestructuras para comenzar a dar servicios de telefonía y de acceso a Internet. Los operadores de telefonía tradicionales apostaron por las tecnologías xDSL para competir y aparecieron nuevos operadores que utilizaban tecnologías *fixed-wireless*, como MMDS y LMDS, para dar servicios de telecomunicaciones. Se trata de un proceso en marcha en el que todavía existen muchas dudas sobre qué tecnología será la que triunfe y sobre la necesidad de disponer de accesos de alta velocidad.

En plena fiebre entre los inversores y las previsiones de crecimiento casi ilimitado de las cuentas de resultados de las empresas del sector, se produce durante la primavera de 2000 la adjudicación de licencias móviles 3G. Detrás de ellas estaba la promesa de un acceso de alta velocidad a través de los teléfonos móviles que permitiría un mundo de innovadores servicios que revolucionarían la forma tradicional de entender las telecomunicaciones. En tal ambiente de optimismo se pagaron grandes cantidades, que hoy se consideran exageradas, para obtener las licencias que permitirían operar las futuras redes UMTS de los principales mercados europeos.

Los retrasos en la disponibilidad de la nueva tecnología y la consiguiente dificultad para amortizar las inversiones realizadas fueron algunas de las causas que aceleraron el proceso de pérdida de confianza de los inversores en este sector. Ahora es difícil encontrar capital para financiar nuevos proyectos, lo que sin duda llevará a un proceso de consolidación en el sector, donde muchas empresas desaparecerán, otras serán absorbidas y, en definitiva, se producirá un proceso de selección tecnológico que derivará en un escenario difícil de pronosticar.

2.2 LOS NEGOCIOS CLÁSICOS DE TELECOMUNICACIONES

Hacer una clasificación rigurosa de los diferentes negocios que se pueden encontrar en el mundo de las telecomunicaciones es bastante complejo, debido fundamentalmente a que pueden encontrarse situaciones muy diferentes dependiendo del país que se considere. Hay países donde las empresas de telecomunicaciones ostentan de forma completa su titularidad y, por tanto, controlan todos los negocios asociados. Existen otros países donde apenas sí ha comenzado el proceso de liberalización del sector, o no tienen planeado hacerlo en breve plazo, y

en ellos existe un monopolio de derecho o de hecho. Por último, en algunos países la libre competencia en el sector existe desde hace muchos años y en ellos están operando muchas empresas de distinto tamaño y en diferentes ámbitos de actuación.

Lo que sigue es un intento de simplificar la situación actual del sector lo que sin duda conduce a que las situaciones reales no siempre se asemejen a las que aquí se presentan. En este sentido es habitual, por ejemplo, que una compañía se dedique a varios negocios a la vez o que se dedique a negocios distintos en lugares distintos.

2.2.1 La telefonía

La telefonía ha sido durante muchos años, y continúa siendo, el principal negocio de las empresas de telecomunicaciones. Se trata de un servicio disponible en la práctica totalidad de países y en la mayoría de los casos está considerado como un derecho básico de los ciudadanos. Las grandes compañías tradicionales todavía basan sus cuentas de resultados en la explotación de los negocios asociados a la telefonía.

Hasta hace unas pocas décadas, las empresas de telecomunicaciones eran de propiedad estatal y operaban en régimen de monopolio. En esta época se producía habitualmente un fenómeno denominado "subvención cruzada", mediante el cual las llamadas de larga distancia se cobraban muy por encima de su coste para subvencionar los costes fijos de acceso y las llamadas locales. Esta política permitía el acceso de muchos ciudadanos al servicio telefónico, ya que el coste de las llamadas más frecuentes, las locales, era bajo.

Sin embargo la tendencia actual es que los estados fomenten la competencia en el sector para conseguir reducir los costes que el ciudadano paga por utilizar estos servicios. Este proceso ha conducido a la eliminación de buena parte de los monopolios que existían en Europa y, más recientemente, en Latinoamérica. Para ello se ha seguido el ejemplo estadounidense para liberalizar en primer lugar el negocio de las llamadas de larga distancia y posteriormente el acceso al bucle de abonado. Estas medidas, junto con una regulación de tarifas que permita a los entrantes asentar sus negocios, han dado lugar a la proliferación de nuevas empresas en el sector, en un proceso que todavía está por concluir.

El acceso telefónico fijo

En este campo se ubican las empresas encargadas del tendido y explotación de la red de pares de cobre que llega a los hogares y permite la conexión de los clientes. En muchos casos han heredado las redes de los antiguos monopolios y, por lo tanto, gozan de una posición de privilegio en la competencia con otros operadores.

Los ingresos que obtienen provienen de varias fuentes, siendo la principal la de los clientes que tienen. En este campo se ubican las empresas encargadas del

tendido y explotación de la red de pares de cobre que llega a los hogares y permite la conexión de los clientes. En muchos casos estas empresas han heredado las redes de los antiguos monopolios y, por lo tanto, gozan de una posición de privilegio en la competencia con otros operadores.

En la conexión a la red, los clientes suelen pagar una cantidad fija en concepto de mantenimiento del bucle de abonado. Además, las empresas cobran las llamadas que efectúan, excepto en el caso en que la gestión la realice otro operador (llamada de larga distancia). Por otra parte, los operadores que dan servicio de telefonía y que no disponen de red de acceso pagan a los operadores de acceso cada vez que uno de sus clientes realiza o recibe una llamada en concepto de interconexión.

El acceso telefónico fijo es un negocio en el que son necesarias fuertes inversiones en infraestructuras. La mayor parte de los gastos en explotación se dedican al mantenimiento de las infraestructuras existentes y a la ampliación y modernización de las mismas. Estos elevados costes fijos actúan como barrera de entrada que impide la llegada de competidores, lo que hace que en muchos países todavía exista monopolio de facto en el acceso y es previsible que la situación perdure durante mucho tiempo. Esta situación hace que los organismos de regulación de cada país tiendan a controlar las tarifas que cobran, pues sin ese control quedaría poco margen de maniobra para los operadores entrantes.

Otro de los negocios de los operadores de acceso telefónico pasa por proporcionar un medio para que sea posible la conexión a Internet desde los hogares. El método tradicional consistía en establecer una llamada telefónica entre el hogar y el proveedor de acceso a Internet para conseguir el diálogo de dos dispositivos módem situados cada uno en un extremo de la comunicación. El proveedor de acceso a Internet realizaba la conversión de la información recibida en el formato más apropiado a las redes de conmutación de paquetes que forman Internet.

Otra alternativa para proporcionar acceso a Internet utilizando el par de cobre es el uso de la tecnología xDSL. Con ella es posible utilizar el bucle de abonado para realizar llamadas telefónicas y enviar o recibir datos de Internet de manera simultánea. Además, permite conseguir velocidades de acceso mucho mayores que las que se alcanzaban con los módems tradicionales, lo que permite pensar en la utilización del par de cobre para dar servicios como la televisión que hasta ahora estaban reservados a otro tipo de operadores.

Tras el proceso de liberalización iniciado en muchos países, los operadores de cables han comenzado a competir con los operadores de acceso telefónico en el suministro de servicios de acceso a Internet. La mayor calidad del cableado utilizado por los operadores de cable permite ofrecer servicios de acceso a mayor velocidad que la ofrecida por los mejores módems telefónicos (56,6 kbit/s). Las tecnologías xDSL permiten competir con los operadores de cable para suministrar acceso a Internet de alta velocidad.

Las llamadas de larga distancia

Los operadores de larga distancia no tienen que disponer necesariamente de red de acceso propia, sino que pueden utilizar la de los operadores de acceso para ofrecer sus servicios a los clientes. Su cometido es ofrecer la conectividad necesaria para establecer una comunicación telefónica entre dos teléfonos que podrían pertenecer a redes de acceso distintas.

Se trata, pues, de un negocio en el que los costes fijos son mínimos y en el que hay grandes márgenes de ganancia debido al fenómeno de "subvención cruzada" existente en muchos de los antiguos monopolios. Además, la actuación de los organismos reguladores ha fomentado la competencia a través de medidas de control que establecen precios máximos en las tarifas que pueden cobrar los operadores de acceso por el uso de sus infraestructuras. Por estos motivos, el negocio de larga distancia es en el que más competidores aparecieron tras la liberalización de las telecomunicaciones, tanto en los países europeos como en los latinoamericanos.

La abundancia de operadores en este segmento del mercado ha provocado la competencia en costes de los operadores, lo que ha rebajado los márgenes sensiblemente. Al tratarse de un servicio en el que hay poco margen para que unas empresas se diferencien de otras, el factor clave para obtener más ingresos es captar clientes a través de la oferta de precios más bajos que el competidor. Esto provoca que los márgenes se estrechen y que los beneficios haya que buscarlos en el ahorro por manejo de grandes volúmenes de llamadas.

2.2.2 La telefonía móvil

Al tratarse de una tecnología relativamente nueva, las empresas del sector han crecido, en su mayor parte, en aquellos mercados en los que casi desde el principio han tenido que operar en régimen de competencia. Por este motivo no es tan frecuente que existan operadoras que actúen en régimen de monopolio, sino que es mucho más habitual que unas pocas empresas, aquéllas que han obtenido una licencia del regulador correspondiente, se repartan el mercado.

Estas empresas proporcionan servicios telefónicos a sus clientes en régimen de exclusividad, es decir, no es posible como en el caso de la telefonía fija elegir el operador que realizará la llamada. Todas las llamadas son cursadas por el operador que proporciona el acceso y es él quien fija las tarifas. Es habitual disponer de al menos dos modalidades de servicio: por una parte existe una modalidad basada en contrato en la que se paga una cuota fija mensual (que justifica los costes de mantenimiento de la red y los gastos administrativos de gestión) y se cobra una tarifa por llamada efectuada, y por otra, suele existir otra modalidad de tipo prepago en la que no hay cuotas fijas y sólo se cobra, por adelantado, el coste de las llamadas, eso sí, a un precio superior al de la modalidad de contrato para compensar la ausencia de cuota mensual. Está última modalidad ha experimentado un gran auge, registrándose un mayor número de clientes de este tipo

que en la modalidad de contrato.

Otra de las fuentes de ingreso de las operadoras móviles es el envío de mensajes cortos entre terminales móviles (SMS, *Short Message Service*). Se trata de un servicio de coste muy reducido en el que el usuario envía un mensaje con un límite máximo de unos pocos caracteres. Su popularidad radica en que el coste es muy inferior al de una llamada telefónica y para muchos usuarios es suficiente para cubrir sus deseos de comunicación. Desde el punto de vista del operador, se trata de un servicio con unos márgenes muy grandes, ya que el ancho de banda necesario para enviar el mensaje es muy reducido y por tanto la relación precio/ancho de banda es muy alta.

Estos operadores también ofrecen servicios de acceso a determinados servicios equivalentes a Internet, pero que utilizan el terminal móvil como un sustituto del ordenador. Dentro de ellos cabe destacar el servicio "i-mode" de NTT DoCoMo o los servicios WAP para redes GSM. El objetivo principal de esta clase de servicios es intentar trasladar el éxito de Internet al mundo de los terminales móviles y abrir paso hacia "un universo de nuevos servicios", los cuales serán posibles con las nuevas tecnologías UMTS. Cuando se lanzaron estos servicios se confiaba en que permitirían mantener el ritmo de crecimiento de los beneficios de las empresas de telefonía móvil. Sin embargo, y si exceptuamos el caso de "i-mode", que desde su creación ha conseguido un crecimiento continuo del número de abonados, no se ha logrado alcanzar las expectativas de crecimiento previstas. La escasez de terminales disponibles, la falta de contenidos útiles y los retrasos en la introducción de las nuevas tecnologías de acceso se apuntan como causas de esta decepción.

En otro orden de cosas, las empresas de telefonía móvil tienen que realizar fuertes inversiones para acometer el despliegue de las infraestructuras necesarias para llegar a sus clientes. Estos costes se han sufragado con unas tarifas telefónicas elevadas, que han sido posibles por el reducido número de empresas que compiten en cada país. Las fuertes tasas de crecimiento, tanto en el número de usuarios como en el tráfico generado por cada uno de ellos, han permitido reducir el impacto de los costes fijos de infraestructuras y, con ello, la reducción de los precios de los servicios ofrecidos. En esta situación se dificulta cada vez más la entrada de nuevos competidores que, con precios más bajos, tendrán más dificultades para amortizar el coste inicial de despliegue de infraestructuras. En particular, se verán afectados los operadores adjudicatarios de las licencias de UMTS adjudicadas en Europa durante el año 2000.

Hasta ahora, las empresas operadoras de telefonía móvil eran empresas de fuerte crecimiento, apoyadas sobre todo en el aumento constante del número de usuarios de teléfono móvil. No queda tan claro que esto sea así a partir de ahora, ya que se están alcanzando tasas de penetración próximas a las máximas posibles en cada país y los crecimientos empiezan a depender cada vez más del aumento de tráfico generado por usuario, el cual evoluciona a tasas más lentas. Las perspectivas de crecimiento se fundamentan más en la capacidad de creación de nuevos servicios, como es el caso de Internet móvil, que en mantener el ritmo de crecimiento de los ingresos.

2.2.3 Las comunicaciones de datos entre empresas

Las empresas han tenido desde hace años la necesidad de transmitir datos entre sus ordenadores situados en distintas ubicaciones geográficas. Para ello se usaban redes específicas de conmutación de paquetes, mejor adaptadas a este tráfico que las redes de conmutación de circuitos utilizadas en la telefonía tradicional. Estas redes son el antecedente de las actuales redes IP que se usan para conducir el tráfico en Internet.

Tras varios años de evolución, hay una gran variedad de servicios ofertados en los que es posible elegir desde la tecnología de transmisión hasta el grado de gestión que se le pide al operador. Tecnologías como X.25, Frame Relay o ATM se han destacado a lo largo del tiempo como las más utilizadas. Se trata de tecnologías que aún tienen demanda, a pesar de los años que llevan en servicio (especialmente las dos primeras).

Los servicios ofertados varían desde la simple interconexión entre dos centros, pasando por la creación de una red privada, o red privada virtual que conecte varios centros de una empresa, hasta los servicios integrales de comunicaciones que agrupen todos los servicios de voz y datos de una empresa. No sólo se vende la capacidad de comunicación, sino también la gestión y supervisión de las infraestructuras.

Como todas las empresas que necesitan realizar fuertes inversiones en infraestructuras, las operadoras de datos para empresas suelen actuar en régimen de monopolio de facto, ya que los altos costes de despliegue de las redes impiden la entrada de competidores. Existe, no obstante, el caso de países donde el organismo regulador fija las tarifas máximas de los servicios portadores, lo que permite la competencia en el negocio de gestión y supervisión de infraestructuras. Estos operadores revenden los servicios de transmisión y aportan un valor añadido que les permite obtener un beneficio.

La aparición de empresas operadoras de transporte en redes IP (*carriers IP*) en algunos países supone un incremento de la competencia en el sector. Estos *carriers* han desplegado una red para transportar las comunicaciones IP y están en condiciones de ofrecer servicios semejantes a los que ofertan los operadores tradicionales. Su oferta está basada fundamentalmente en el uso de la tecnología IP en la red de transporte, aunque el acceso puede realizarse con otras tecnologías más tradicionales. En cualquier caso, la variedad de tecnologías es menor que la que puede ofertar el operador tradicional, lo que le permite conservar una cierta ventaja competitiva.

2.2.4 Internet

A pesar de que Internet existe desde hace varias décadas, sólo desde hace unos años se ha popularizado el acceso a esta red y se han utilizado de forma masiva los servicios que sobre ella se han desarrollado. Su expansión al gran público coincide con un periodo en el que muchos gobiernos habían comenza-

do un proceso de liberalización del sector de las telecomunicaciones, lo cual ha permitido que proliferen a su alrededor un puñado de nuevas empresas que intentan explotar nichos concretos de mercado.

El proveedor de acceso a Internet

La función principal del proveedor de acceso a Internet (*Internet Service Provider*, ISP) es la de comunicar las redes de acceso con Internet. Para ello realizará las tareas de conversión necesarias para adaptar las características de redes que, como norma general, son bastante distintas. De momento, la gran mayoría de los usuarios se conectan desde sus hogares a través de la línea telefónica convencional. Como Internet es una red de paquetes y la telefonía tradicional está basada en la conmutación de circuitos, el ISP realiza las transformaciones necesarias para comunicar ambos mundos.

Es habitual que el ISP complemente este servicio de acceso con los servicios básicos que la mayoría de usuarios de Internet demandan: cuentas de correo electrónico, servidores de news, espacio para crear páginas web personales, etc. Este paquete de servicios fue en sus orígenes un servicio de pago y así continúa siendo en algunos países. Sin embargo, con el objetivo de ganar rápidamente cuota de mercado, comenzaron a proliferar las empresas que ofrecían estos servicios de forma gratuita. En algunos casos eran los operadores de telefonía los que conseguían sus beneficios de forma indirecta, ya que cobraban las llamadas telefónicas que los usuarios hacían.

Aunque el modelo de acceso gratuito continúa y cada vez más se considera poco viable, lo cierto es que el usuario se ha acostumbrado a considerar que este es un servicio que se presta gratis y nadie quiere dar el primer paso hacia el cobro del servicio. En lugar de cobrar directamente se está buscando financiación a través de la inclusión del servicio en un paquete promocional por el que el usuario sí que esté dispuesto a pagar. El elemento más promocionado es la calidad. De este modo surgen las propuestas de accesos de mayor ancho de banda (como el ADSL), las cuales permiten mayor velocidad de transmisión y, por tanto, ofrecen un servicio de mayor calidad.

El portador de datos IP

En sus orígenes Internet estaba formada por unos ordenadores que estaban unidos mediante enlaces punto a punto. No existía, como en el mundo de la telefonía, un concepto de red de transporte que se encargase de la transmisión de la señal desde un punto de acceso a otro (desde un teléfono a otro). Durante estos primeros años eran los operadores tradicionales, bien de telefonía o bien de datos, los que proporcionaban la conectividad necesaria. Para ello aprovechaban las infraestructuras heredadas de otros servicios, no específicamente diseñadas para la transmisión de tráfico IP.

Con la popularización de Internet surgieron las primeras compañías dedicadas exclusivamente a la transmisión de tráfico IP. En previsión de los fuertes

crecimientos de tráfico que se esperaban, los portadores de datos IP (*carriers IP*) desplegaron nuevas redes basadas fundamentalmente en la fibra óptica como soporte físico, debido al enorme potencial de transporte que este medio tiene.

El negocio del *carrier IP* es vender ancho banda al ISP, a los proveedores de contenidos y, en general, a quien demande grandes capacidades de transmisión en Internet. Al igual que los operadores que disponen de red, el *carrier IP* necesita realizar fuertes inversiones en infraestructuras, lo que es una ventaja competitiva al actuar de barrera de entrada frente a competidores, pero corre el riesgo de no poder amortizar con la suficiente rapidez las inversiones necesarias para poner en marcha su negocio.

2.2.5 La televisión

Tradicionalmente se ha considerado a la televisión como un negocio distinto al de la telefonía y era raro encontrar operadores que se dedicaran a ambos campos. Sin embargo, la tendencia actual apunta hacia la unificación de ambos mundos. Por una parte, las empresas de cable que tradicionalmente se dedicaban al negocio de la televisión han buscado aprovechar las infraestructuras de las que disponían para ofrecer nuevos servicios a sus clientes. Por otra, los operadores de telefonía se han introducido en el negocio de los contenidos como forma de abarcar un elemento más de la cadena de valor de las telecomunicaciones.

La televisión por cable

El negocio tradicional del operador de cable es la televisión. En este negocio el usuario paga por la posibilidad de ver un conjunto de canales de televisión (tarifa plana) durante un periodo de tiempo a través de una cuota de abono. Por su parte, el operador tiene que afrontar dos gastos principales: el coste de la instalación y mantenimiento de la red que llega a los hogares de los abonados y los derechos de comercialización de los canales de televisión.

Igual que ocurre con los operadores de acceso telefónico fijo, el operador de cable se caracteriza por tener unos costes fijos elevados, que actúan de barrera de entrada para los nuevos operadores, y permiten operar en régimen de monopolio de facto. Sin embargo, el operador de cable se ha visto perjudicado en su negocio tradicional por la aparición de competidores que utilizan tecnologías de acceso alternativas. En concreto, la aparición de la tecnología de difusión por satélite basada en la compresión de señales digitales ha motivado la aparición de un gran número de nuevos operadores en el sector. El coste de montar la infraestructura de transmisión por satélite es fijo e independiente del número de abonados a su servicio, por esta razón, la explotación del servicio para un determinado número de usuarios resulta muy competitiva si se compara con el operador por cable.

Para aumentar la competencia, algunos gobiernos han adjudicado licencias que permiten ofrecer servicios de televisión digital por vía terrena, para lo

cual se aprovecha la red de distribución de la señal de televisión analógica tradicional y se adapta para la transmisión digital. Aunque el poder de competencia de estos operadores es menor que el satélite, su inclusión en el mercado contribuye a debilitar la posición competitiva del operador de televisión por cable.

Como resultado de todo lo expuesto, los operadores de cable buscan aprovechar al máximo las posibilidades que le ofrece su principal activo: la red de acceso. Para ello se han introducido nuevos servicios como la telefonía o el acceso a Internet, además del tradicional servicio de televisión. De esta forma, el operador de cable transforma su oferta y se convierte en un "operador global de telecomunicaciones", pudiéndose dar el caso de que un abonado decida contratar servicios distintos al de la televisión.

La televisión por satélite

El satélite es probablemente el medio ideal para distribuir una señal de televisión a un gran número de clientes. El coste de las infraestructuras necesarias es fijo, independientemente del número de abonados, por lo que a partir de un umbral se convierte en el medio más económico de transmisión. El gran ancho de banda disponible hace factible la difusión de una oferta de canales muy grande. Además la posibilidad de utilizar descodificadores inteligentes permite individualizar la programación accesible y crear servicios como el pago por visión. Si a lo anterior se une la posibilidad de disponer de un canal de retorno por vía telefónica, se pueden incluir una variedad de servicios interactivos, como los bancarios, o incluso dar acceso a Internet. Todo ello posibilita al operador de televisión por satélite una segmentación precisa de sus abonados que le permita aumentar sus ingresos.

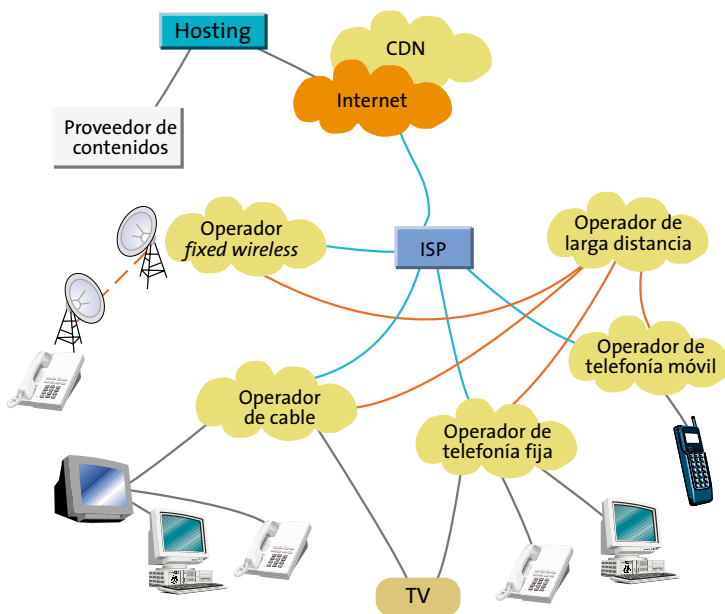
El satélite ha sido visto por los operadores de telecomunicaciones como una forma de expandir sus negocios tradicionales para cubrir un elemento más de la cadena de valor del negocio de las telecomunicaciones: los contenidos. Debido a sus características de poder ofrecer un fácil y rápido despliegue, permite abordar un nuevo mercado en muy poco tiempo y pasar a competir con eficacia frente a los operadores tradicionales de cable.

De todos modos, el problema del canal de retorno y la poca capacidad diferenciada en el enlace descendente -la transmisión por satélite siempre emite los mismos canales y por tanto la capacidad para Internet es compartida- hacen que no sea viable un modelo de negocio basado exclusivamente en satélites situados en órbitas geoestacionarias. Se están realizando intentos, infructuosos por el momento, con nuevas generaciones de satélites, con zonas de servicio mucho más pequeñas, basados en sistemas de órbita baja.

2.3 LOS NUEVOS NEGOCIOS

En la práctica el panorama descrito en los apartados anteriores es algo confuso, ya que existen elementos que se contradicen mutuamente. La tendencia general apunta a un escenario de integración de los servicios y redes (ver la Figura 2-1).

Figura 2-1:
Los nuevos negocios de telecomunicaciones



La integración de redes

Tradicionalmente se han venido utilizando dos tipos distintos de redes para ofrecer servicios de voz o de datos:

- Por un lado, se han empleado redes basadas en tecnología de conmutación de circuitos, especialmente diseñadas para dar soporte a los servicios de tiempo real, como la telefonía tradicional, puesto que eran las únicas capaces de satisfacer los estrictos requisitos impuestos por este tipo de servicios, sobre todo en lo que a retardos se refiere.
- Por otro, las aplicaciones de datos se adaptan mucho mejor a las características de las redes de conmutación de paquetes, que además garantizan la utilización de los recursos de una manera más eficiente.

Pero el elevado coste de sustitución del bucle de abonado provoca que gran parte del tráfico de datos se curse por la red de circuitos tradicional. No en vano, existe una cantidad considerable de usuarios, sobre todo en el ámbito residencial, que acceden a Internet por medio de módems conectados a la línea tele-

fónica. Es decir, que no sólo existen dos redes distintas, una diseñada para el tráfico de voz y otra para el tráfico de datos, sino que, además, parte de los datos se transportan por la red de voz. Este fenómeno genera una serie de ineficiencias debido a que la red de circuitos no está diseñada para cursar tráfico de datos, lo cual adquiere una relevancia todavía mayor dentro de un escenario en el que el tráfico de datos no para de crecer, habiendo ya superado incluso al tráfico de voz.

Aunque las redes de paquetes ya son capaces de soportar algunos servicios de tiempo real, parece claro que aún muestran varias deficiencias que les impiden ofrecer otros de manera fiable y eficiente. Sin embargo, son numerosos los esfuerzos que se están invirtiendo en el desarrollo de nuevos mecanismos de provisión de la calidad de servicio, de manera que, a partir del momento en que éstos alcancen las prestaciones y madurez necesarias, será inevitable la adopción definitiva de las redes de conmutación de paquetes como soporte de todo tipo de servicios.

Por otra parte, el acceso al cliente está diversificándose. Hasta el momento, el grado de desarrollo alcanzado por cada una de las tecnologías de acceso ha sido distinto. El caso más conocido es el de los operadores de móviles. También son destacables los esfuerzos que se están realizando, de manera especialmente intensa recientemente, para lograr la utilización de las tecnologías xDSL sobre el par de cobre para la transmisión de contenidos multimedia. Con ello se crearía una nueva vía para la difusión de servicios como la televisión, que hace tan sólo unos pocos años no parecía posible sin realizar un costoso proceso de sustitución del bucle de abonado actual por otro de características más apropiadas.

También en este sentido las tecnologías de acceso radio aportan la posibilidad para los nuevos entrantes de disponer de una red de acceso de rápido despliegue y menor coste que les permita competir con los operadores establecidos. Con ello, los operadores de larga distancia, los transportadores de datos IP y, en general, cualquier empresa del sector, dispone de una oportunidad para diversificar su negocio y penetrar en un segmento hasta ahora difícil de abordar.

Los contenidos son el tercer elemento a considerar en el nuevo modelo de negocio. Así, la televisión y el resto de los contenidos audiovisuales pasan a ser considerados como uno más de los negocios integrados en el negocio de las telecomunicaciones. Se han producido movimientos de empresas en el sentido de que los operadores tradicionales de telecomunicaciones han entrado tanto en el negocio de la producción de contenidos como en el de la difusión de la televisión. Por su parte, las empresas tradicionales de medios de comunicación han aprovechado el tirón de Internet para introducirse en el negocio de los proveedores de acceso a Internet.

De igual forma, el operador de cable, cuyo principal negocio es la televisión, se convierte en un operador global de servicios de telecomunicación, al incorporar el acceso a Internet y la telefonía en su oferta de servicios. Por su parte, el operador de acceso telefónico, que se dedica fundamentalmente a la telefonía, y más recientemente al acceso a Internet, tiene puestas sus esperanzas en las tecnologías xDSL para ser capaz de dar servicios audiovisuales.

Como consecuencia de los elementos considerados, existe una tendencia hacia la creación de una red multiservicio basada en protocolos IP que integraría todos los servicios que actualmente utilizan redes separadas. Si bien es cierto que en sus inicios las redes de paquetes no eran apropiadas para transportar servicios como la voz, es necesario indicar que los grandes avances que han experimentado en los últimos tiempos este tipo de redes, en lo que a prestaciones se refiere, las están empezando a hacer compatibles con los estrictos requisitos impuestos por las aplicaciones de tiempo real.

No es la primera vez que se ha realizado un intento de crear una red multiservicio de estas características. El ejemplo más cercano lo constituye la tecnología ATM, que fue concebida con este fin y que constituía una extensión de la red telefónica diseñada para albergar sobre una red de paquetes servicios con distintos requisitos de calidad de servicio. Sin embargo, este intento, como otros anteriores, no dio los resultados esperados.

En la situación actual, el tráfico de datos crece a un ritmo mucho más elevado que el de voz, por lo que ahora es sensato implementar una única red haciendo uso de la tecnología que está generando la mayor parte del tráfico: la tecnología IP. Esto presenta las siguientes ventajas:

- *Ubicuidad.* IP es un protocolo que está muy extendido en la actualidad, gracias, sobre todo, a los altos índices de penetración conseguidos por Internet en gran parte del mundo. Además, existen gran cantidad de dispositivos capaces de comunicarse mediante IP en todos los ámbitos, desde simples teléfonos de uso doméstico hasta grandes ordenadores.
- *Conectividad.* IP permite interconectar redes con independencia del medio de transporte. De hecho, se dice que IP consigue que los protocolos de las capas inferiores sean "transparentes" para la red. De esta manera, también se logra garantizar la independencia entre el equipamiento de distintos fabricantes.
- *Experiencia.* IP es un protocolo que se viene empleando desde hace tiempo en el ámbito de las redes de datos, lo cual permite que hoy en día se disponga de una gran experiencia y madurez a la hora de fabricar equipos y de desplegar arquitecturas de red basadas en este protocolo. Como consecuencia de la aparición y generalización de las economías de escala, esto se traduce en una reducción de costes.
- *Flexibilidad.* IP se ha mostrado como una herramienta de enorme flexibilidad que permite implementar soluciones de una manera muy sencilla. Esta característica se ve potenciada por la existencia de una gran gama de estándares abiertos a disposición de todos.
- *Integración.* IP va a permitir integrar el tráfico procedente de otras aplicaciones, lo cual supone una gran ventaja en el escenario convergente hacia el que nos encaminamos. La mayor dificultad está en el tráfico de voz (VoIP) aunque empiezan a existir soluciones interesantes.

- *Escalabilidad.* IP se ha constituido como una solución muy escalable, que permite ajustarse de manera sencilla y eficiente a los incrementos de la demanda.
- *Calidad.* Pese a que ha sido uno de los puntos débiles de IP durante mucho tiempo, se están realizando avances significativos para mejorar la calidad y las previsiones indican que en un plazo no muy largo se obtendrán soluciones efectivas. Este tema se analiza en detalle en capítulos posteriores.

La popularización de Internet, la liberalización de los mercados y la abundancia de financiación para el sector han permitido la aparición de nuevos negocios. El futuro de muchos de ellos es todavía incierto: algunos desaparecerán, otros serán integrados y otros triunfarán.

A continuación se describen alguno de estos nuevos negocios:

2.3.1 El negocio de *hosting*

El objetivo de las empresas de *hosting* es proporcionar los ordenadores y la conectividad a Internet necesarias para que los proveedores de contenido almacenen sus páginas web de manera que los usuarios puedan acceder a ellas. Estas empresas permiten la externalización de unos servicios que el proveedor de contenidos habitualmente no desea realizar, ya que no forman parte de su actividad principal.

Estas empresas necesitan realizar fuertes inversiones en equipamiento informático, que serán amortizadas en la medida en que logren maximizar la utilización de los ordenadores. También se beneficiarán de ahorros por volumen en el alquiler a los *carriers IP*, en lo que se refiere a la capacidad de transmisión necesarias para conectar sus instalaciones a Internet.

Hay varios riesgos que amenazan la supervivencia de estas empresas:

- Muchos de sus clientes son empresas aparecidas con la popularización de Internet y, por lo que, corren el riesgo de desaparecer con la crisis de financiación actual. Puede ocurrir que estas empresas dispongan de exceso de capacidad que no es posible utilizar pero que les ocasiona costes innecesarios.
- Los planes de negocio de estas compañías se basan en tener fuertes crecimientos de los ingresos durante los próximos años. La ralentización de las inversiones sugiere que tal vez no sea posible lograr estos objetivos, por lo que existe la posibilidad de que las empresas pasen por problemas de falta de liquidez. En este caso la falta de confianza en el sector dificultaría la financiación necesaria.

2.3.2 El negocio de las redes de distribución de contenidos

Las empresas de redes de distribución de contenidos (*Content Delivery Networks, CDN*) intentan aprovechar la falta de garantías de calidad en las actuales redes IP. Sus clientes son aquellos proveedores de contenidos que necesitan aumentar la calidad estándar ofrecida por Internet, ya que los servicios que ofrecen dependen de esa calidad de una forma u otra. A modo de ejemplo, cabe citar los contenidos multimedia que se envían en tiempo real a través de Internet. En este caso es necesario mantener el ritmo de envío del flujo de información multimedia para evitar interrupciones en la reproducción.

La solución de las CDN consiste en replicar las páginas web y los contenidos multimedia en los servidores que se encuentren situados muy cerca del cliente, preferentemente en las instalaciones de los ISP, de forma que sea posible controlar el entorno de trabajo y por tanto garantizar la calidad necesaria en la transmisión.

El modelo de negocio es parecido al de las empresas de *hosting*. Tienen fuertes inversiones en equipamiento informático, que necesitan amortizar, y obtienen descuentos por volumen en la contratación de la capacidad de conexión con Internet. Además, comparten el riesgo de tener planes de negocio basados en altas tasas de crecimiento, pero tienen la ventaja, respecto a las empresas de *hosting*, de que sus clientes son empresas sólidas, por lo cual el riesgo de pérdida masiva de clientes no es tan acusado.

2.3.3 El negocio de la telefonía en Internet

A mediados de los años noventa, y como consecuencia del trabajo de un grupo de entusiastas, comenzó un movimiento que, según sus partidarios, estaría llamado a revolucionar la forma en la que se entiende la telefonía: la telefonía en Internet (*Voice over Internet Protocol, VoIP*). Se tenía la certeza de que a corto plazo sería posible realizar llamadas de larga distancia desde un dispositivo que en apariencia era un teléfono, pero que en su interior contenía un pequeño ordenador que convertiría la voz en paquetes, los cuales serían enviados por Internet hasta su destino, donde serían agrupados y transformados de nuevo en voz.

Se creía que si era posible hablar a través de una red como Internet dejaba de tener sentido el pago de los "elevados" costes de una llamada de larga distancia, ya que ésta se podía realizar afrontando los costes de una llamada local para acceder a Internet (mas el pago al ISP, en aquellos países donde este acceso no era gratuito). Basándose en este principio, aparecieron varias compañías con el objetivo de hacer negocio a través del arbitraje entre los precios de la telefonía IP y la telefonía conmutada tradicional.

Los partidarios de este tipo de negocio argumentan que si se considera que el tráfico de datos mantiene tasas de crecimiento muy superiores al tráfico telefónico y que en algunos países ya alcanza volúmenes mayores que el servicio telefónico, entonces pasa a ser un servicio complementario al negocio principal

de datos. Ello podrá ser cierto cuando la calidad de ambos servicios sea comparable, o al menos aceptable, para la mayoría de los usuarios. Los experimentos muestran que la calidad que se consigue con la tecnología actual todavía no es comparable. Sin embargo, sí es suficiente para muchos usuarios, para los cuales el menor coste supone una compensación suficiente. Así, en países como China, la telefonía IP es muy popular, a pesar de disponer de un servicio telefónico conmutado de gran calidad. Hay que considerar en este sentido que la aparición de la telefonía móvil, con sus cortes y pérdidas temporales de calidad, ha cambiado la percepción de los usuarios acerca de la calidad mínima exigible.

En el ámbito de los servicios de telecomunicaciones de las empresas, el uso de la telefonía IP cobra más sentido, ya que en estos entornos es posible conseguir servicios telefónicos de mayor calidad. En ellos es posible, con los mecanismos disponibles en los equipos actuales, proporcionar la calidad suficiente, por lo que está empezando a utilizarse para aquellas llamadas internas que son manejadas en su totalidad por equipos propios. Cuando es necesario salir al exterior, la calidad disminuye y es en muchos casos insuficiente como para reemplazar todavía la telefonía conmutada tradicional.

2.3.4 Los mercados de ancho de banda

Se ha venido impulsando desde hace algunos años la idea de convertir el ancho de banda en una mercancía con la que se pudiera comerciar como con el crudo del petróleo o el gas. La clave estaba en que el ancho de banda podría pasar de ser un producto, que permitía a las compañías diferenciarse de la competencia, a ser una mercancía, con la que se pudiera comerciar, eligiendo entre distintos proveedores que garantizaran una calidad de servicio equivalente. La transparencia en los precios, la participación de un gran número de agentes en el mercado y la reducción del tiempo necesario para llegar a un acuerdo se consideraban como los principales objetivos. La creación de un foro donde se publicaran las ofertas y demandas y se ofrecieran servicios de intermediación entre las partes para facilitar los acuerdos era el medio para conseguirlo.

Estos principios van en contra de los intereses de los operadores establecidos, para los que el ancho de banda es un producto que los diferencia de la competencia y que se negocia por acuerdos bilaterales, cuya duración es de varios años y que, en general, no se hacen públicos. Si el ancho de banda se convirtiera en una mercancía, una de las primeras consecuencias sería su bajada de precio, lo que reduciría sensiblemente los márgenes.

Dada su heterogeneidad, no es fácil hacer una descripción general de su operativa sin omitir detalles que puedan ser relevantes en una bolsa concreta. Así, tanto el producto con el que se negocia (capacidad IP, minutos de voz, VoIP, fibra oscura, etc.) como las facilidades que ofrece cada mercado a sus clientes (puntos de interconexión, sistema de pagos, brokerage, etc.) condicionan significativamente los pasos que hay que seguir hasta que se hace efectivo un acuerdo.

A favor del éxito de los mercados de ancho de banda está el hecho de que

tanto las nuevas empresas como los operadores consolidados disponen de ancho de banda en exceso. Por un lado, las empresas que han construido recientemente sus redes de telecomunicaciones, conscientes de que el precio de la fibra es mucho menor que el de la obra civil, han tendido fibra en exceso para retrasar futuras ampliaciones de sus redes por falta de ancho de banda (otras, sencillamente han aprovechado la obra necesaria para construir sus redes eléctricas o de otro tipo y han tendido fibra con la idea de revenderla más tarde). Por otra parte, los operadores consolidados tienen también ancho de banda sobrante en sus redes, fruto de una planificación que considera el comportamiento en el caso peor.

2.3.5 Los revendedores y operadores virtuales

El proceso de liberalización iniciado hace algunos años está provocando la aparición de un gran número de nuevos operadores y proveedores de servicios. Sin embargo, la mayoría no disponen de infraestructura de red, por lo que la tienen que alquilar a otros operadores. En este escenario, surge la posibilidad de que los propietarios de las grandes redes de telecomunicación alquilen capacidad de transmisión al resto de agentes, obteniendo por ello el correspondiente beneficio, y constituyendo una nueva vía para la amortización de las inversiones realizadas para el despliegue de dichas redes. Por otro lado, los nuevos operadores tienen la posibilidad de ofrecer sus servicios sin ser propietarios de ninguna infraestructura.

En la situación actual, este negocio está muy bien visto por los *carriers IP*, que han realizado fuertes inversiones en infraestructuras y disponen de grandes capacidades sobrantes. Para ellos, la existencia de los revendedores permite maximizar la utilización de sus redes y así reducir el impacto negativo que tendría disponer de infraestructuras no utilizadas.

Este negocio es posible cuando los operadores que disponen de red, pero no son capaces de llegar al cliente final por algún motivo (porque sus estructuras de ventas no están adaptadas, porque debido a la legislación no tienen acceso al mercado, porque otro operador ofrece un servicio global más amplio, etc.), solicitan a un segundo operador, o revendedor, que les aporte clientes finales, que de otra forma sería difícil conseguir, a cambio del cobro de una cantidad como "comisión de gestión".

El mismo concepto se puede extender a casi cualquier producto o servicio que sea susceptible de comercializarse en el mundo de las telecomunicaciones. En particular, es posible la aparición de los llamados operadores virtuales, que ofrecen servicios a los clientes finales pero que no disponen de ninguna infraestructura, sino que la compran a otros operadores. En algunos países los organismos reguladores potencian la aparición de estas empresas y para ello toman las medidas apropiadas de control de precios entre revendedor y mayorista, para asegurar la posibilidad de supervivencia del operador virtual.

Entre los ejemplos más conocidos de operadores virtuales están los opera-

dores virtuales de telefonía móvil, los revendedores de servicios de entrega de contenidos (CDN) o los sitios web que incluyen servicios de telefonía IP.

2.4 EL NUEVO MODELO DE RED

De forma paralela a la aparición de nuevos negocios, que son el resultado de la nueva regulación y la evolución de las tecnologías, se está difundiendo también la propuesta de un nuevo modelo de red, que sería el soporte adecuado para los negocios de telecomunicaciones, tanto tradicionales como nuevos.

Este nuevo modelo de red tiene una concepción muy revolucionaria, pero su implantación se debe realizar paso a paso, siendo incluso posible que no se complete totalmente en el plazo de algunos años.

Desde el punto de vista tecnológico, los cambios se reflejan en dos tendencias diferenciadas.

- *En lo que se refiere a la tecnología de transporte.* Como se ha comentado con anterioridad, la mejora en las prestaciones de las técnicas de conmutación de paquetes está permitiendo satisfacer los estrictos requisitos impuestos por las aplicaciones de tiempo real. Este hecho adquiere mayor importancia en un escenario en el que el tráfico de datos ha experimentando un gran incremento, llegando a superar en volumen al tráfico de voz.
Ante esta nueva situación, los operadores empiezan a vislumbrar una serie de ventajas importantes en la concepción de una única red, basada exclusivamente en el intercambio de paquetes, como soporte a los flujos de voz y de datos. Este hecho supone un paso importante en el proceso de convergencia de voz y datos, y constituye el punto de partida para el desarrollo de nuevos servicios que combinen tráficos de ambas naturalezas, permitiéndoles aportar un valor añadido para el usuario final.
- *En el campo de la tecnología de servicios.* En este campo también se está planteando un escenario con marcadas diferencias en comparación con el tradicional. Hasta ahora las aplicaciones estaban ligadas a los conmutadores que residen en el núcleo de la red y se implementaban haciendo uso de soluciones propietarias de cada fabricante, de manera que los operadores estaban atados a los proveedores de equipos a la hora de desarrollar los servicios.

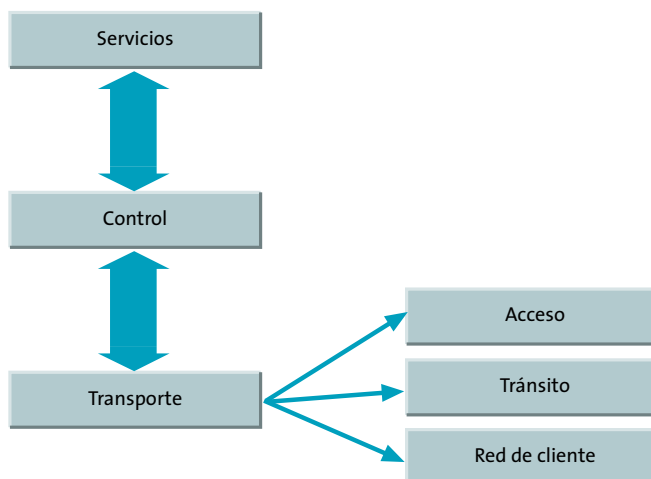
Este modelo está cambiando en la actualidad. La experiencia adquirida gracias a Internet está provocando un cambio de estrategia y se está adoptando un modelo descentralizado basado en el empleo de estándares abiertos. Los servicios se montan en servidores externos conectados a la red de transporte, lo que permite desligarlos de los equipos que la componen y, con ello, de los fabricantes. Este nuevo esquema proporciona otra serie de ventajas, que se tratarán más adelante.

La consecuencia directa de todo lo expuesto pasa por la necesaria disgregación de la funcionalidad de la red en capas distintas, que provoca la concepción de un nuevo modelo de red en el que el transporte y la inteligencia de servicios residen en dos capas independientes, cuyo interfuncionamiento se encarga de garantizar una tercera capa de control.

2.4.1 Las capas del nuevo modelo de red

Los cambios tecnológicos conducen a un nuevo modelo en el que se distinguen tres capas (ver la **Figura 2-2**), que son:

Figura 2-2:
Estructura de capas del nuevo modelo de red



1. La capa de transporte

En esta capa se incluyen todas las funcionalidades de conmutación, encaminamiento y transmisión de paquetes por la red. Se puede dividir, a su vez, en otras:

- *La subcapa de acceso*, que hace referencia a la red a través de la cual los usuarios acceden a los servicios.

En la actualidad esta subcapa supone el verdadero cuello de botella de las redes por dos motivos distintos:

- El bucle de abonado, solución adoptada de manera mayoritaria en el sector residencial y de pequeños negocios, fue originalmente diseñado para cursar tráfico telefónico analógico de banda estrecha, hecho que impide su empleo para el acceso a los servicios digitales avanzados de banda ancha que se están desarrollando en la actualidad.

Además se plantea otro problema adicional, y es que los bucles de todos los abonados constituyen la mayor parte de los activos de los operadores (se habla de hasta el 80 por ciento). Este hecho hace inviable su sustitución inmediata y obliga a los operadores

entrantes a buscar vías alternativas para poder alcanzar a los usuarios finales.

Para tratar de aliviar estos problemas, en este momento se están desarrollando nuevas tecnologías de banda ancha que permitan extender los nuevos servicios hasta los usuarios, usando el par de cobre tradicional o cualquier otra tecnología que no se traduzca en un coste desorbitado para los operadores.

- Ya dentro del marco de la regulación, los distintos organismos regulatorios obligan a los operadores tradicionales a poner los bucles de abonado existentes a disposición de los nuevos entrantes, a cambio de una determinada contraprestación económica, para tratar de aumentar la competencia y favorecer así el desarrollo de nuevas tecnologías.
- *La subcapa de tránsito.* Se trata del núcleo en sí de la red, encargado de asegurar la interconectividad entre las distintas redes de acceso. En los últimos tiempos se ha visto favorecida por grandes avances tecnológicos. El desarrollo de técnicas ópticas como WDM está impulsando la obtención de velocidades realmente altas en los enlaces, que permiten sobrevivir al espectacular incremento del volumen de tráfico transportado que se está produciendo en el interior de las redes troncales.
- *La subcapa de red de cliente.* Contiene los elementos de red que están interconectados entre sí en casa del cliente, permitiendo servicios más avanzados.

2. *La capa de servicios*

Incluye toda la infraestructura necesaria para la prestación de servicios. Se trata de la parte de red que pertenece al *service provider*. En las primeras etapas, los operadores convencionales deben tenerla en consideración, ya que también debe incluir las funcionalidades de Red Inteligente y toda la gama de nuevos servicios avanzados que surja como consecuencia del proceso de convergencia en el ámbito tecnológico.

3. *La capa de control*

La misión fundamental de esta capa es la de asegurar el interfuncionamiento entre las otras dos. Se debe encargar de interpretar la señalización de la capa de transporte para desencadenar las tareas oportunas que lleven a cabo la provisión de los servicios.

También debe ocuparse de la traducción entre los diferentes protocolos de señalización, que se plantea como tarea imprescindible, sobre todo en el corto plazo, durante el período de tiempo en el que todavía convivan las futuras redes de paquetes con las actuales redes de circuitos, puesto que el proceso de sustitución de las mismas no será inmediato, sino que previamente pasará por una etapa inicial de migración entre ambas.

La característica diferenciadora de este nuevo modelo de red, radica en el

hecho de que las tres capas sean independientes entre sí, de manera que:

- Por un lado, favorece la entrada de nuevos agentes en el sector. Tradicionalmente, cualquiera que se propusiera montar una red debía centrarse en aquellos aspectos relativos tanto al transporte como al control y a los servicios, dada la interrelación que existía entre ellos, incluso en lo relativo al equipamiento. Por el contrario, para entrar ahora en el mercado basta con centrarse en una única capa, evitando tener que afrontar las enormes inversiones que supone operar una red en su totalidad y, sobre todo, y lo que es si cabe más importante, ofreciendo a los interesados una mayor flexibilidad a la hora de definir sus estrategias.
- Por otro, esta nueva concepción de la red favorece la posibilidad de plantear un escenario de evolución diferenciado para cada una de las capas, que refleje en todo momento una perfecta adaptación a las necesidades del mercado y permita sacar el máximo partido de las tecnologías disponibles.

El escenario propuesto por el nuevo modelo de red ofrece a los usuarios la posibilidad de acceder a los mismos servicios independientemente de la red de acceso que empleen, lo que se traducirá en un crecimiento de la base de potenciales clientes, ya que la mayor parte de los usuarios se encontrará en disposición de acceder a la mayor parte de los servicios.

Además, la independencia entre las diferentes capas, conjuntamente con el empleo de estándares de carácter abierto, va a permitir a los operadores construir sus redes y sus plataformas de control y de provisión de servicios empleando componentes procedentes de los catálogos de fabricantes distintos, ya que se supone que no habrá ningún problema a la hora de interconectarlos, conformando lo que se denomina una arquitectura *multivendor*. De esta manera se consigue diluir el estado de atadura al que estaban sometidos a la hora de implementar sus soluciones.

Otra de las ventajas que aporta el nuevo modelo de red reside en la portabilidad. Todas las aplicaciones y demás soluciones van a ser independientes y se van a poder mover de una red a otra sin problemas de compatibilidad. Esto simplifica en gran medida todo el despliegue y reduce los costes, puesto que favorecen la aparición de economías de escala.

2.4.2 Consecuencias

La adopción del nuevo modelo de red supone la unificación de las redes, por lo que se hace necesario homogeneizar aspectos como los protocolos utilizados, los mecanismos para garantizar la calidad de servicio o los mecanismos de gestión utilizados en el diseño de las redes de comunicaciones. Sólo con esta unificación es posible el funcionamiento correcto de los elementos incluidos tanto en la capa de control como en la capa de servicios, es decir, si no se produce la

unificación no sería posible asegurar el funcionamiento de los servicios que sobre la red se desarrollen.

Esta unificación lleva consigo la necesidad de hacer coexistir los servicios actuales y los que se pudieran desarrollar en el futuro utilizando la misma red. De esta forma, el usuario sólo necesitaría un único acceso a la red de comunicaciones a través del cual accedería a los servicios que podría contratar individualmente a distintos proveedores. Incluso sería posible elegir en cada momento el proveedor de entre aquéllos con ofertas similares.

Estableciendo un paralelismo con lo que ofrece la red eléctrica, cada usuario dispondría de un único acceso a la red de telecomunicaciones, que contrataría con un operador de acceso de telecomunicaciones. Las características del acceso serían muy sencillas: se determinaría, por ejemplo, el ancho de banda máximo que el usuario podría utilizar, igual que se contrata la potencia eléctrica máxima que se requiere con la compañía eléctrica. El proveedor de acceso cobraría un coste fijo por el mantenimiento de las infraestructuras y una cantidad proporcional a la cantidad de información transmitida. En el caso de la red eléctrica el equivalente sería el cobro por la cantidad de electricidad transmitida.

El modelo plantea un escenario en el que la inteligencia se traslada a los extremos de la red. La red se limita a transportar la información de un lado a otro de forma transparente. En este contexto, sería posible acceder a los mismos servicios desde ubicaciones distintas, siempre que se disponga, por supuesto, de los terminales apropiados en cada caso. Esto supone la existencia de servicios que gestionaran la movilidad de los usuarios y que le permitieran acceder desde cualquier lugar geográfico de la misma forma que lo haría desde su hogar.

De lo expuesto no deduce la ubicuidad de los servicios. Hay que tener en cuenta que existirían limitaciones impuestas por los terminales que se utilicen, tal y como hoy existen al utilizar teléfonos móviles, donde es más importante la facilidad de transporte del dispositivo que características como el tamaño de la pantalla o del teclado.

También sería una limitación la red que utilizada en cada momento. Es probable que las redes de acceso por tecnología radio permitan anchos de banda sensiblemente inferiores, a las que sería posible a través de acceso guiado. Esto impondría limitaciones sobre algunos servicios.

Desde esta visión, las redes de comunicaciones se convierten en una *utility* más, como lo son la electricidad o los carburantes. El precio pasa a ser la característica fundamental por la que elegir a los proveedores, quienes buscarán diferenciarse por aquellas características no ligadas al producto, como la marca, el servicio de asistencia técnica o la política de relación con los clientes.

En este estado de cosas, el negocio pasa a estar en los servicios. Entre ellos se incluirían tanto los tradicionales de las compañías de telecomunicaciones como la telefonía, y aquéllos como la banca, que encuentran en las redes de telecomunicaciones como Internet un nuevo canal de ventas.

Sin embargo, no está claro si las compañías operadoras podrán jugar un papel esencial en la provisión de servicios o serán actores externos los que se espe-

cialicen en su suministro. Por tal motivo, la **gestión del negocio** pasa a tener un papel central.

En este sentido las empresas de telefonía por Internet (VoIP) constituyen un primer ejemplo de los que podría ser este modelo de servicio independizado de la red. El usuario contrata el acceso que le permite llegar a los servicios de Internet. Una vez "enchufado", puede contactar con un operador de VoIP, quien realiza las tareas de gestión necesarias para comunicarle con otro teléfono. El proveedor de acceso simplemente transmite la información y los ingresos los recibe el operador de telefonía. Aunque en este ejemplo el operador del servicio puede ser perfectamente el propio operador de red, en otros casos, si los servicios son de información específica, no parece posible que el operador de red pueda abarcar todos los campos imaginables.

Indirectamente, esto supone una globalización del mercado de servicios. Si las redes de comunicaciones son universales (están disponibles en la gran mayoría de países), sería posible elegir los servicios entre empresas ubicadas en países distintos desde el que se accede.

Este es un fenómeno que está ocurriendo ya. Los usuarios de Internet pueden comprar libros en Alemania, invertir en el NASDAQ a través de un *broker* americano o comprar material deportivo de montaña de una tienda situada en un pueblecito de los Pirineos.

2.4.3 Tendencias futuras

Tal y como se ha descrito, los planes de evolución son muy ambiciosos y las expectativas no pueden escapar al hecho de que serán necesarias grandes sumas de dinero para evolucionar las redes actuales. La duda queda, por tanto, en saber de dónde procederá la financiación.

El sector de las telecomunicaciones ha pasado por unos años en los que se ha visto favorecido por las excelentes perspectivas de crecimiento que los analistas preveían. Ello permitió que casi cualquier proyecto relacionado con el sector consiguiera financiación, bien a través de créditos o bien a través de los mercados de valores. El exceso de optimismo de los inversores condujo a una situación de sobrevaloración de los mercados que tarde o temprano habría que corregir.

La principal consecuencia de la disminución de valor de las compañías en bolsa ha sido la pérdida de confianza en el sector y la retirada de nuevos capitales. La falta de financiación ha conducido a la quiebra a muchas empresas, lo cual ha traído consigo el lógico perjuicio en otras empresas del sector de las que eran clientes. Todo ello redundaba en la pérdida de beneficios y en el consiguiente aumento de la desconfianza.

Por si fuera poco, los grandes operadores europeos se encuentran fuertemente endeudados, en buena parte debido a los altos costes de las licencias de telefonía móvil de tercera generación.

En estas condiciones es difícil que la iniciativa privada subvencione un cambio radical en el panorama de las telecomunicaciones. La tendencia será

hacia la reutilización de las infraestructuras existentes y la realización de apuestas conservadoras de inversión.

Colateralmente, la quiebra de las compañías hará que se produzca una concentración en el sector. Las empresas con futuro, pero con problemas de liquidez transitorios, serán absorbidas por las grandes operadoras globales o por empresas que actúen en el mismo sector. En cualquier caso, el comprador buscará una situación de mayor fortaleza y mejor competitividad.

Aunque es cierto que la tendencia actual de evolución se dirige a lo que aquí se ha llamado "el nuevo modelo de red", no hay que olvidar que no se trata de una evolución dirigida, sino que se produce por la propia actuación de las fuerzas del mercado. En estas condiciones no hay garantía alguna de que se alcancen las expectativas de transformación del sector.

En este sentido cabe recordar que iniciativas recientes en la línea de desplegar una red multiservicio fracasaron (como con las redes ATM). Sin embargo, también es cierto que hay una serie de circunstancias en el momento actual que no se habían dado en ocasiones precedentes: el tráfico de datos supera en varios países al tráfico telefónico, se ha pasado por un periodo excepcional de fuertes inversiones en el sector que ha permitido importantes avances tecnológicos, con la liberalización de los mercados y la actuación de los organismos reguladores se ha roto el monopolio en muchos países, etc.

Mientras se mantengan estas condiciones, la telefonía tradicional tardará en desaparecer. Hay mucho capital invertido que los operadores quieren amortizar, además de una inercia en el comportamiento de los usuarios que es difícil de romper con facilidad. Otra cosa es que se aprovechen las nuevas tecnologías, como ya se hace para la transmisión de llamadas internacionales. En este caso, la llamada utiliza tecnología VoIP en los tramos internacionales, ya que en ellos es posible mantener la calidad de servicio que la voz necesita. Como la voz en IP requiere, aproximadamente, una quinta parte del ancho de banda de una llamada conmutada tradicional, es posible conseguir grandes ahorros para el operador.

Los procesos de liberalización del sector y los intentos de diversificación de las empresas están conduciendo a una evolución de las operadoras de telefonía, televisión por cable o móvil hacia proveedores de servicios de telecomunicaciones. Se trata de ofrecer diversos servicios (telefonía, Internet, televisión, etc.) integrados en un único paquete a precios más competitivos que los de cada servicio por separado.

Este sería un proceso contrapuesto al de creación de un modelo de negocio del sector, con una red de comunicaciones "estúpida" e inteligencia y beneficios en los servicios. Este entorno abriría la competencia cuando el operador quiere captar el máximo de clientes posible e incluso acaparar el mercado.

Todo ello dificulta la tarea de pronosticar el futuro. Es difícil averiguar cómo será el negocio dentro de unos años. Quizás sólo una cosa quede clara: el negocio de las telecomunicaciones será un negocio global.

3

El escenario regulatorio

Según se indica en la introducción, las teorías económicas actuales indican que el crecimiento económico debe sustentarse en economías abiertas a la libre competencia, en las que las iniciativas privadas pasan a ser el verdadero motor de crecimiento. La teoría económica comúnmente aceptada afirma que la competencia supone una mejora en los precios ofrecidos a los consumidores e incentiva la innovación y la calidad de los servicios prestados.

De acuerdo con esta filosofía, en los últimos tiempos hemos asistido a la liberalización de numerosos sectores en los que grandes compañías, bien propiedad directa del Estado o bien concesionarias del Estado, llevaban a cabo sus operaciones en régimen de monopolio. Estas compañías, denominadas con el término inglés "utilities", prestan servicios como la distribución de gas, agua, electricidad o el servicio telefónico, y su aportación a la economía es muy importante: en los países desarrollados, su contribución al Producto Interior Bruto (PIB) se sitúa en torno al diez por ciento.

El sector de las telecomunicaciones no se ha mantenido ajeno a esta tendencia liberalizadora y aún en la actualidad se encuentra inmerso en pleno proceso de desregulación. Los gobiernos están apostando fuerte por una liberalización del sector a todos los niveles y por la total desaparición de los monopolios, con el objetivo de que aumente la competencia y el usuario final pueda beneficiarse de ello. Están otorgando licencias, principalmente mediante concesión o concurso, para la prestación de servicios o la construcción de nuevas redes de telecomunicación.

Sin embargo, no debe olvidarse que el hecho de que históricamente los servicios citados se hayan prestado en régimen de monopolio viene justificado por unas causas concretas:

- *Las enormes inversiones requeridas para desarrollar las redes que permiten la prestación de los servicios indicados (agua, gas, electricidad y telefonía) convertían estos mercados en monopolios naturales, en los que un solo*

prestataria resulta más eficiente que varios competidores.

- *Se consideran servicios esenciales para la sociedad, tanto por su contribución a la calidad de vida como por su importancia para el desarrollo económico y la competitividad empresarial; por ello, se debe garantizar el acceso de toda la población a dichos servicios.*

Así, se consideraba que la prestación de estos servicios en régimen de monopolios nacionales o regionales, por empresas públicas o concesionarias del Estado, era la fórmula ideal.

En el caso de las telecomunicaciones, la evolución tecnológica es el factor clave que permite la evolución de un mercado monopolístico a un mercado en competencia. Efectivamente, por un lado han ido apareciendo nuevos servicios (por ejemplo, las redes privadas para las empresas, los servicios de valor añadido y el acceso a Internet) con unas barreras de entrada en cuanto a inversiones mucho menores y que, desde un primer momento, podían prestarse en régimen de competencia. Por otro lado, el abaratamiento de los equipos ha rebajado el nivel de inversiones requerido para prestar otros servicios hasta entonces monopolísticos (por ejemplo, las comunicaciones de larga distancia nacionales e internacionales). Es esta evolución tecnológica la que permite sustentar la política liberalizadora impulsada desde los organismos públicos.

3.1 EL CAMBIO REGULATORIO. LA REGULACIÓN EN UN MERCADO EN COMPETENCIA

Anteriormente, el propio operador monopolístico ejercía en ocasiones la tarea de la regulación del mercado o, cuando el Estado asumía dicha función reguladora, las relaciones se limitaban prácticamente a dos partes: el Estado, que regula, y el operador, que explota la red. Los principales aspectos objeto de regulación eran los precios de los servicios, la calidad de los mismos y su cobertura.

En el nuevo escenario de apertura a la competencia, los organismos estatales adquieren un papel clave: dejan de operar en el mercado de manera activa y actúan como entidades de vigilancia encargadas de velar por la transparencia del proceso liberalizador ante la existencia de unos nuevos competidores y la de los antiguos monopolios, partiendo estos últimos de una situación dominante en el mercado. También son los responsables de controlar la velocidad de este cambio, tratando de que la liberalización se ajuste en todo momento a las directrices impuestas por el mercado y por la tecnología. Adicionalmente, se encargan de la administración del espectro radioeléctrico, un recurso escaso por su propia naturaleza que sólo permite la existencia de un número limitado de competidores.

En un primer momento, estas tareas se han delegado en organismos de ámbito nacional dentro de cada país. Sin embargo, la globalización de la economía actual, y en particular del sector de las telecomunicaciones, está justificando la creación de entidades reguladoras supranacionales e, incluso, mundiales.

Cualquiera que sea su ámbito de actuación, estos organismos deben tener

especial cuidado con aquellas decisiones que involucren a servicios que afectan a un gran número de personas, como por ejemplo los servicios universales, o los que estén basados en la utilización de bienes escasos de titularidad pública, como el espectro radioeléctrico, los derechos de paso o los espacios de numeración.

Como requisito indispensable del proceso liberalizador, las redes de acceso de los operadores tradicionales deben ser puestas a disposición de los nuevos entrantes. El problema radica en el hecho de que se debe hacer bajo unas condiciones que favorezcan en la mayor medida posible a todos o les perjudiquen en la menor medida. El método más empleado se basa en el abono de una cuota que paga el operador entrante al operador tradicional en concepto de alquiler por el uso de sus infraestructuras. La determinación de esta cuota constituye uno de los mayores retos a los que se enfrentan los órganos reguladores. Si es demasiado baja, los operadores entrantes ofrecerán sus servicios a través de las redes del operador establecido y no mostrarán ningún interés en invertir para desarrollar su propia infraestructura. Por el contrario, si la cuota es muy alta, se genera una barrera demasiado elevada que inhibe la entrada de nuevos agentes, dificultando el establecimiento de la plena competencia y manteniendo, a efectos prácticos, una situación de monopolio similar a la que se quiere poner fin. Además, en estas condiciones el operador establecido no encuentra ninguna motivación para corregir sus propias ineficiencias.

Este tipo de problemas se pone de manifiesto cuando la desregulación afecta a una parcela del sector con altas barreras de entrada, como en el caso de las redes de acceso, consecuencia directa del elevado coste del bucle de abonado. Cuando las barreras son menores, el proceso no resulta tan complicado.

En el mercado de la larga distancia, por ejemplo, los márgenes que se manejan son más elevados y las innovaciones tecnológicas han reducido drásticamente los costes, lo que ha favorecido la entrada de un mayor número de agentes, que ya han empezado a ofrecer sus servicios y a quitar cuota de mercado a los operadores tradicionales.

De la misma manera, las inversiones requeridas en el campo de la prestación de servicios son menores, por lo que se considera factible plantear un escenario de plena competencia con un elevado número de actores prácticamente desde el primer momento, tal y como se ha reflejado en el entorno de Internet, donde cualquier usuario puede montar un servidor para ofrecer sus servicios y hacerlos accesibles a todo el mundo a través de la red.

En definitiva, el proceso de apertura a la competencia supone el paso de una relación "Estado-compañía monopolística" a un escenario complejo con múltiples actores y que viene acompañado de un aumento en la regulación del sector.

Así, se supone que la evolución de la regulación debería seguir una trayectoria como la representada en la **Figura 3-1**, donde se puede apreciar como la introducción de la competencia supone en un primer momento un aumento en las normas. A medida que se alcance un escenario de competencia efectiva, la regulación debería disminuir, de tal manera que sean las leyes genéricas de la

competencia las que se apliquen y únicamente sea necesaria la intervención de los organismos reguladores en situaciones concretas. Se dice que, estrictamente hablando, no debería llamarse a este proceso de desregulación, sino de *re-regulación* del mercado.

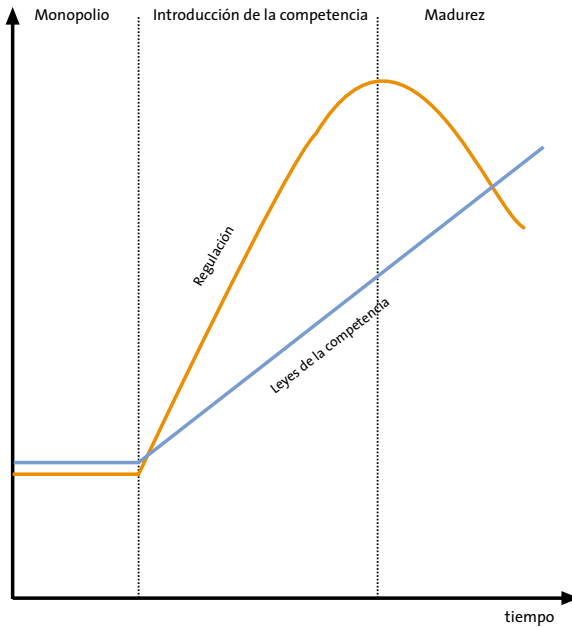


Figura 3-1:
Evolución de la regulación
en las telecomunicaciones

3.1.1 Los objetivos de la regulación

Ya se ha indicado anteriormente uno de los objetivos fundamentales de la regulación: el fomento de la competencia en los servicios de telecomunicaciones. Pero también se señaló que los servicios de telecomunicaciones se consideran esenciales desde un punto de vista social y económico. Así, la regulación se mueve en el marco de la consecución de objetivos que en ocasiones pueden resultar contradictorios: competencia, universalidad y fomento de las inversiones. Estos objetivos se analizan a continuación:

- **Fomento de la competencia**, mediante:
 - *La apertura de los distintos servicios a la competencia.* Dado el enorme esfuerzo inversor que requiere el despliegue de una red de telecomunicaciones, los reguladores han considerado que la mejor manera de introducir la competencia es la apertura de la red de los antiguos monopolios a sus nuevos competidores, de tal manera que éstos puedan prestar sus servicios mediante sus propias redes y las del operador dominante. Ello implica fijar unas condiciones técnico-económicas que permitan la interconexión de las redes y deter-

minar la compensación económica que reciben los operadores dominantes por el uso de su red.

- *La concesión de licencias.* Se fijan las condiciones que deben cumplir aquellas compañías que quieran prestar servicios de telecomunicaciones y, en el caso de recursos escasos como el espectro radioeléctrico, se regula su asignación.
- *La vigilancia de la existencia de posiciones dominantes.* Con el fin de permitir a los nuevos operadores captar cuota de mercado frente a un operador establecido y reconocido por los usuarios, los reguladores no permiten a los operadores dominantes fijar libremente sus precios, tratando así de evitar precios predatorios que impidan el desarrollo de la competencia y permitiendo a ésta que pueda fijar unos precios más atractivos. Así, un operador dominante requiere una autorización previa para modificar los precios de sus servicios. Se habla de una regulación *asimétrica*.
- **Preservación del carácter esencial y estratégico de los servicios de telecomunicaciones** mediante:
 - *El fomento de la inversión en infraestructuras.* La importancia económica del sector de las telecomunicaciones y su papel central en la competitividad de la actividad económica de un país han llevado a los reguladores al fomento de una apertura en la que los nuevos competidores inviertan en infraestructuras y no traten de aprovechar únicamente las situaciones de arbitraje que pueden presentarse a corto plazo. Estas situaciones están provocadas por los desequilibrios tarifarios que se heredan de la anterior situación de monopolio, y que podrían permitir a ciertos actores beneficiarse de los elevados precios de mercado que se obliga a mantener al operador dominante en los servicios de larga distancia, hasta que se logre el reequilibrio tarifario. Así, la regulación introduce normas en cuanto al despliegue de una infraestructura mínima por parte de las compañías operadoras, o la discriminación mediante unos precios de interconexión más elevados a aquellos que realicen una inversión menor.
 - *La dotación a las viviendas de las infraestructuras adecuadas.* Para ello se han desarrollado normativas que fijan un mínimo de infraestructuras en las viviendas que soporten los servicios de telecomunicación en un mercado en competencia.
 - *La definición de la obligación de servicio universal.* Los reguladores deben definir cuáles son los servicios de telecomunicaciones para los que debe garantizarse el acceso a todos los ciudadanos, quién debe prestarlos y cómo deben financiarse para aquellos sectores a los que resulta deficitaria su prestación. Éste es un tema cuya complejidad ha crecido, pues anteriormente era el operador monopolístico quien lo proporcionaba y lo financiaba, y el número de servicios era muy

limitado. Sin embargo, actualmente se plantean cuestiones como: ¿debe ser Internet un servicio universal?; si es así, ¿con qué calidad?, ¿cómo se financia el servicio universal: vía Presupuestos del Estado o vía fondo común sufragado por los operadores?.

En definitiva, la regulación debe tratar de fomentar la competencia, a la vez que promover la inversión en infraestructuras y preservar el carácter universal de los servicios de telecomunicaciones.

3.1.2 El control de los precios y las tarifas

El control de los precios y las tarifas es uno de los instrumentos más importantes con que cuenta el regulador para alcanzar los objetivos citados, por lo que merece la pena analizarlo con más profundidad.

Baste señalar que, en los mercados que se abren a la competencia, los costes de interconexión pueden suponer hasta un cuarenta por ciento de los costes de los nuevos entrantes, por lo que la fijación de las tarifas de interconexión se convierten en el principal punto de discusión y conflicto.

En el marco de la liberalización de las telecomunicaciones, los operadores dominantes en el acceso local están obligados a facilitar la interconexión con las redes de otros operadores, así éstos pueden ofrecer servicios de acceso indirecto. También están obligados a alquilar el bucle local.

El regulador se encarga de fijar las tarifas que los operadores dominantes cobran al resto de los competidores y de autorizar los precios que se cobrarán a los usuarios finales de los dominantes. Esta misión es complicada, pues deben congeniarse los objetivos ya enumerados de fomento de la competencia y fomento de las inversiones:

- Por un lado, los precios deben permitir el desarrollo de la competencia. Así, unos precios de interconexión o de alquiler de bucle muy elevados impedirían a los nuevos entrantes competir.
- Por otro lado, unos precios de interconexión excesivamente bajos convertirían el negocio del operador dominante en ruinoso y, además, desincentivarían la inversión en nuevas infraestructuras por parte de los nuevos entrantes. En definitiva, aunque a corto plazo se produciría un efecto en el mercado de bajada de los precios, sería una situación muy negativa para el país a medio-largo plazo dada la influencia de la infraestructura de telecomunicaciones en el desarrollo económico y en la competitividad de cualquier nación.

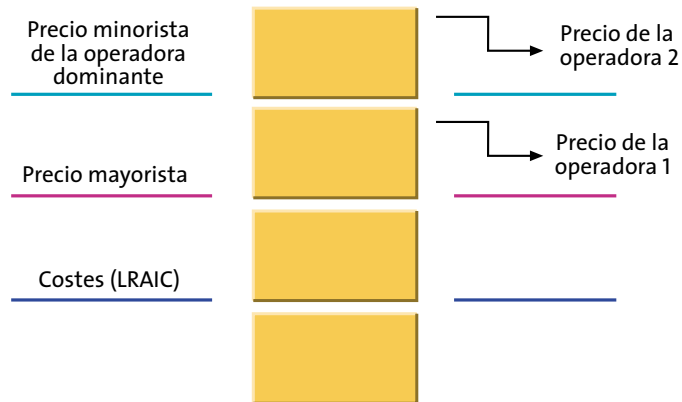
La **Figura 3-2** refleja cuál sería la situación ideal: las tarifas que el operador dominante cobra a los nuevos entrantes le permite cubrir sus costes y obtener un beneficio razonable. Los precios que se cobran al usuario final del operador dominante son fijados por encima de ese precio mayorista, para evitar el

estrangulamiento de los márgenes de la competencia (*price squeeze*).

A partir de la contabilidad de costes del operador dominante, el regulador determina el coste de los servicios regulados. El método propuesto para el cálculo es el de los costes medios marginales a largo plazo (*Long Run Average Incremental Cost* o LRAIC, en terminología inglesa), que se basa en calcular el coste de las unidades adicionales producidas en condiciones de eficiencia y con la mejor tecnología disponible actualmente, en lugar de considerar los costes históricos efectivamente desembolsados en la adquisición de los equipos. A este coste se le añade un *markup* o incremento que contemple los costes comunes y conjuntos de los diferentes servicios prestados por el operador y fije un beneficio razonable. Sin embargo, la dificultad en obtener los costes de los servicios conlleva que el mecanismo utilizado por los reguladores sea una mezcla de costes históricos y *benchmarking* con otros países del entorno, en tanto se avanza hacia los costes LRAIC.

En cuanto a la fijación de las tarifas minoristas de los operadores dominantes, el modelo ha evolucionado de unas tarifas fijas por servicio individual a mecanismos de *price-cap* o precios por cesta de servicios, consistentes en la determinación de unas cestas de servicios y subservicios para los que se fija unos objetivos de variación en función del Índice de Precios al Consumo (IPC-X). Esto es, la cesta de servicios debe variar en un porcentaje ligado a la variación del IPC menos un determinado valor. Este mecanismo otorga a los operadores una mayor flexibilidad a la hora de modificar sus precios.

Figura 3-2:
Fijación de tarifas reguladas



3.2 LOS MODELOS DE REGULACIÓN

Se pueden distinguir distintos modelos regulatorios en diferentes países y/o áreas económicas del mundo, persiguiendo siempre la consecución de los objetivos enumerados en el apartado anterior, de tal manera que se prestará mayor importancia a uno u otro de los objetivos indicados dependiendo de una serie de circunstancias, entre las que se puede citar:

- *El nivel de desarrollo económico del país y de su infraestructura de telecomunicaciones.* Aquellos países más atrasados se mueven aún en la esfera del monopolio, o en el de una tímida liberalización de algunos servicios, sin disponer de autoridades regulatorias independientes. A medida que se analizan países con mayor nivel de desarrollo, el objetivo de la regulación se mueve hacia la competencia en servicios de telefonía y, por último, hacia la competencia en servicios de datos de banda ancha, tal y como se puede observar en la **Figura 3-3**.

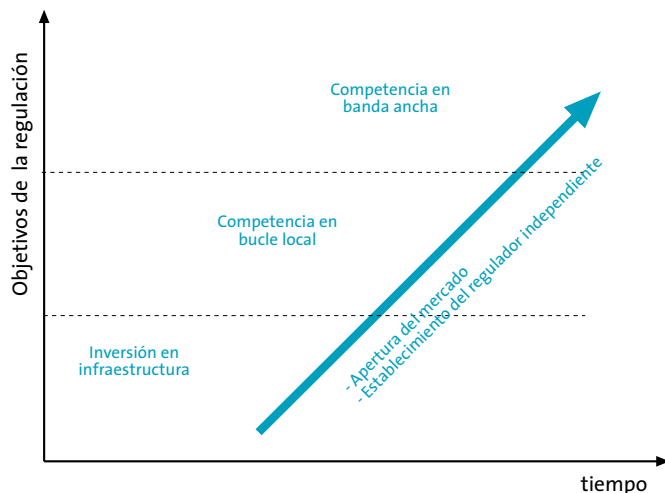


Figura 3-3:
Evolución del modelo regulatorio y de los objetivos del regulador

- *El nivel de intervención del Estado en la economía y el peso de la iniciativa privada en la misma.* Cuando se trata de países con una tradición de alta intervención estatal en la economía, el modelo regulatorio comprende un amplio número de normas y se da mayor importancia a los aspectos de servicio público de las telecomunicaciones. Por el contrario, donde el peso de la iniciativa privada es mayor, la regulación es más laxa y trata de fijar un mínimo número de normas que den la máxima libertad posible a las compañías participantes en el mercado, produciéndose una apertura más temprana de los servicios a la competencia.

Aunque históricamente el modelo de Europa continental ha correspondido al de alta intervención estatal, la tendencia global hacia la liberalización y el asentamiento de la iniciativa privada como motor de crecimiento económico también impulsan al modelo regulatorio europeo hacia el modelo anglosajón, o de iniciativa privada. Un ejemplo de esta tendencia cambiante ha sido la adopción del modelo de subasta del espectro radioeléctrico para la telefonía móvil de tercera generación UMTS en bastantes países de Europa, frente al modelo tradicional europeo de concurso, en el que primaban más ciertas consideraciones sociales como el compromiso para la extensión de la red, la inversión en I+D o la creación de puestos de trabajo.

Por otro lado, debe destacarse la influencia del proceso de globalización

económica en la regulación de las telecomunicaciones y en la modificación del modelo adoptado por diferentes países, que se concreta en aspectos como:

- Las peticiones de creación de entidades reguladoras supranacionales, por ejemplo, en la Unión Europea, y mundiales, que asumirían atribuciones hoy depositadas en los organismos nacionales.
- La importancia del sector en las negociaciones de la Organización Mundial del Comercio (OMC), que impulsan la liberalización de las telecomunicaciones en los países en vías de desarrollo, para así abrir los servicios a la competencia y permitir la inversión extranjera en el sector.
- El crecimiento del comercio mundial, y con ello del tráfico internacional de telecomunicaciones, ha llevado a EE.UU. a imponer a terceros países su criterio sobre las tasas contables aplicadas a las llamadas telefónicas entre EE.UU. y dichos países. El tráfico internacional se ha regido históricamente por un sistema de tasas contables en el que el país desde el que se efectúa la llamada abona una tasa al país destino. Con la competencia, las empresas de EE.UU. bajaron dramáticamente el precio que recibían. Sin embargo, terceros países con mercados en monopolio mantuvieron unas tasas elevadas, con lo que EE.UU., que consideraba esta salida de dinero como un déficit comercial injustificable, fijó unas tasas contables a las que esos países debían adaptarse, con la amenaza de cortar el tráfico con ellos si no accedían. Ello ha supuesto una pérdida de la capacidad regulatoria para dichos países, que ven desaparecer su libertad para fijar las tarifas internacionales.

Tratar de presentar un panorama de cada uno de los países del mundo es, claramente, demasiado extenso y no proporciona probablemente información relevante. Por ello, se van a analizar sólo la situación de EE.UU., como referencia de carácter global, y la de España.

3.2.1 La regulación en Estados Unidos

En el modelo regulatorio de EE.UU. priman los aspectos económicos; se tiene como objetivo el fomento de la competencia, dando la máxima libertad posible a las compañías participantes en el mercado. Con ello, se pretende alcanzar un doble objetivo: beneficiar al consumidor, al poner a su servicio una amplia oferta de servicios a precios asequibles, y lograr la competitividad de las empresas de EE.UU. en el mundo.

Frente a este modelo, en Europa históricamente se ha dado mayor importancia a los aspectos de servicio público de las telecomunicaciones, lo que ha redundado en una apertura del mercado a la competencia más tardía. Además, el temor a que una apertura llevase a una situación de predominio de empresas de EE.UU. ha reforzado la protección de los monopolios nacionales. Sin embargo,

los aspectos económicos también se han ido imponiendo poco a poco, como en el caso ya citado de la adjudicación de las licencias de UMTS.

Otra diferencia fundamental del modelo norteamericano respecto al europeo es la doctrina de mínima intervención regulatoria. Se considera que se debe dictar el mínimo número de normas que garanticen la competencia y que hagan atractivo a las empresas invertir en el negocio de las telecomunicaciones y, así, que sea el mercado el que decida quién debe triunfar y sobrevivir. Frente a esta postura, se puede afirmar que en Europa se elabora un mayor número de normas, de cara a garantizar aspectos como el acceso de toda la población a los servicios de telecomunicaciones, o lograr el compromiso inversor de las distintas compañías.

En EE.UU. existe un organismo regulador estatal, la *Federal Communications Commission* (FCC), creado con la Ley de Comunicaciones de 1934, que se encarga de vigilar un mercado en el que operan las empresas privadas. La FCC se encarga de promover la regulación en el sector, tutelar el correcto desarrollo de la competencia y vigilar los acuerdos entre los distintos actores del mercado. Además existen reguladores en cada estado, las *Public Utility Commissions* (PUCs), aunque con un número de atribuciones muy reducido.

La Ley de Telecomunicaciones de 1996

Con anterioridad a la Ley de Telecomunicaciones (*Telecommunications Act*) de 1996, el mercado de las telecomunicaciones en EE.UU. estaba constituido por diferentes sectores independientes (cable, telefonía local, telefonía de larga distancia y televisión terrenal) en los que operaban compañías privadas, en algunos casos en régimen de competencia, por ejemplo, en servicios para empresas desde 1960, y en otros casos en régimen de monopolio, como el cable o la telefonía local. Existían importantes restricciones para que una empresa pudiese operar en varios de estos sectores. Así, estaba prohibida la participación de empresas de telecomunicaciones en el negocio de la televisión por cable y viceversa; de hecho, ambos sectores se regían por distintas leyes (*Communications Act* de 1934 y *Cable Act* de 1992). También existían reglas muy estrictas sobre la posesión de las cadenas de televisión y radio, con el fin de fomentar la pluralidad informativa, y estaba prohibida la participación simultánea en los negocios de televisión por cable y televisión por ondas hercianas.

Puesto que servicios como la telefonía local y el cable se prestaban prácticamente en régimen de monopolio (aunque las PUCs podían autorizar la competencia en sus áreas de influencia, era mínimo el número de competidores alternativos), los precios de estos servicios estaban regulados. La telefonía local se prestaba en régimen de monopolio regional por parte de las *Baby Bell* (RBOCs) resultantes de la disolución en 1984 del antiguo monopolio AT&T, no pudiendo prestar estas compañías servicios de larga distancia. El negocio de la larga distancia sí estaba abierto a la competencia, y el antiguo monopolio, AT&T, había perdido una importante cuota de mercado a favor de nuevos competidores como

MCI, Sprint o WorldCom. La financiación del servicio telefónico universal para zonas rurales o de población de bajo poder adquisitivo se realizaba mediante tasas a los usuarios empresariales y tasas sobre los servicios de larga distancia. En telefonía móvil existía un mercado en duopolio, compitiendo en cada una de las 734 zonas en que se había dividido el país la correspondiente *Baby Bell* regional, que había recibido una de las licencias, y un nuevo competidor, que podía ser una filial de un operador de larga distancia (AT&T o MCI), o de una *Baby Bell* de otra región, o un nuevo operador celular.

En el sector de la televisión y la radiodifusión existían limitaciones en cuanto al número de estaciones locales que una cadena podía poseer, con el fin de fomentar la competencia y la pluralidad informativa y evitar así la concentración de la información en manos de poderosos conglomerados.

En 1996 se aprueba una nueva ley, la Ley de Telecomunicaciones, con la que se trata de responder a las tendencias que marcan el desarrollo de las telecomunicaciones a finales del siglo XX:

- *Liberalización completa de redes y servicios.* La nueva ley fomenta la competencia entre los operadores de telefonía local y los operadores de larga distancia. También trata de fomentar la competencia en los servicios audiovisuales, al asignar a las cadenas de televisión por ondas terrestres más espectro, con el fin de que puedan emitir canales de pago y así competir con el cable y la televisión por satélite.
- *Desarrollo de Internet.* La ley trata de manera especial el acceso a los servicios de banda ancha, que considera como futuro motor de la economía y la educación. Se hace especial incidencia en la importancia del acceso a Internet desde los centros de educación, las bibliotecas y los centros de salud, como garantía del acceso de los ciudadanos a los servicios de la Sociedad de la Información, y por ello queda incluido dentro del servicio universal.
- *Convergencia de telecomunicaciones, informática y multimedia.* Hasta la aprobación de esta ley, los operadores de cable y los de telefonía no podían competir entre ellos, debiendo limitarse a prestar únicamente los servicios a que estaban autorizados. La Ley de Telecomunicaciones rompe esta restricción.

En definitiva, el aspecto más relevante es la introducción de la competencia a todos los niveles. Sin embargo, el desarrollo efectivo de la competencia tropieza con graves problemas prácticos, ya que la ley define unos principios generales y deja a la FCC el desarrollo de las medidas concretas que pongan en práctica el espíritu de la ley. Precisamente por la doctrina de "dejar hacer", de mínima intervención regulatoria típica del modelo americano, se han originado numerosos conflictos legales que han acabado en varias ocasiones en los tribunales, como se explica a continuación al analizar la situación de cada uno de los mercados liberalizados.

La competencia en las redes de acceso: la telefonía local, el cable y los servicios de datos

El principal hito de la ley de 1996 es la apertura a la competencia de la telefonía local y de las redes de cable, y la convergencia entre los servicios prestados por ambas redes. Ya se ha señalado que estos dos mercados funcionaban de manera independiente en régimen de monopolio prácticamente en todo el país y con precios regulados. La ley pretende conseguir la competencia en el bucle local con la entrada de nuevos competidores: empresas de cable que proporcionasen servicios de telecomunicaciones, operadores de larga distancia, nuevas empresas con tecnología *wireless* o que aprovecharan la apertura de las redes de los dominantes, *Baby Bells* que ampliasen sus operaciones a otros estados, etc.

El cable está muy extendido en todo el país (el noventa por ciento de los hogares tiene acceso al cable y el sesenta por ciento está suscrito) y se considera como una alternativa viable para fomentar la competencia en el bucle local y el desarrollo de los servicios de datos de alta velocidad, para lo que las compañías deben realizar las inversiones necesarias que permitan comunicaciones bidireccionales sobre las redes de cable. La ley autoriza a las compañías de telefonía local a ofrecer servicios de televisión y a las compañías de cable a ofrecer servicios de telecomunicaciones, aunque limita la participación accionarial cruzada entre unas y otras a un diez por ciento cuando operan en el mismo mercado regional, con el fin de evitar que una compañía alcance una posición dominante en ambos negocios.

La regulación sobre los precios de los servicios de cable ha sido suprimida (en el año 1999 de forma general, y en el año 1996 para las pequeñas compañías) por considerar que existe una competencia por parte de la televisión por satélite.

Por otro lado, parece que existe una buena disposición por parte de los operadores de cable a abrir sus redes a los proveedores de acceso a Internet, pues en muchos casos no van a dar directamente el servicio a sus clientes y prefieren dejar este negocio en manos de terceros. Por ello, no se ha producido una gran intervención del regulador. Únicamente se han producido problemas cuando un operador de cable se ha unido a un proveedor de acceso a Internet (como en el caso de Time Warner y America On Line), en cuyo caso sí ha habido protestas por parte de otros proveedores en cuanto a posibles tratos discriminatorios.

Muy distinta es la situación en la apertura de la telefonía local; las *Baby Bells* muestran una actitud muy defensiva en sus mercados y pretenden desarrollar ellas mismas los servicios de datos xDSL. De acuerdo con la Ley de Telecomunicaciones, las *Baby Bells* están obligadas a abrir sus redes locales a la competencia, debiendo para ello proporcionar la interconexión a sus redes en condiciones no discriminatorias, proporcionar la ubicación de equipos de otras compañías en sus centrales, permitir el acceso a los distintos elementos de red (incluyendo el acceso a los sistemas de provisión, los sistemas de señalización y los directorios de numeración), ofrecer servicios mayoristas para su reventa por

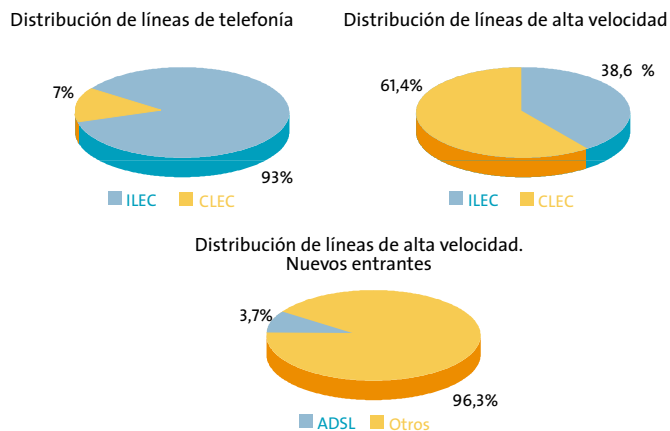
terceros y comunicar las modificaciones de su estructura de red.

Además, si quieren competir en el mercado de larga distancia, las *Baby Bells* deben demostrar que cumplen todos los requisitos de una lista de catorce puntos en los que se incluyen las obligaciones anteriormente enumeradas y otras como proporcionar acceso a sus derechos de paso, el mantenimiento de las guías telefónicas, la portabilidad de la numeración, la marcación no discriminatoria y la compensación recíproca por el tráfico cursado entre las distintas redes.

Sin embargo, el proceso de apertura está siendo muy lento; la ley es muy generalista y deja en manos de la FCC la concreción del alcance de los requisitos de apertura citados. Las *Baby Bells* han llevado a los tribunales varias cuestiones, como la interconexión, los elementos que deben desagregarse, etc., e incluso parece que la batalla reguladora se haya convertido en el eje de la estrategia empresarial de alguna de estas empresas, que cuentan como máximos ejecutivos a personas expertas en regulación. La dilación en los procedimientos judiciales hace que la competencia en el bucle local no sea muy fuerte; son pocos los estados en los que las *Baby Bells* han logrado una autorización para prestar los servicios de larga distancia, y donde se les ha permitido, han captado importantes cuotas en el mercado de larga distancia sin sufrir una merma significativa en su mercado local. El impacto más significativo de la regulación en su negocio ha sido la rebaja de las tarifas de interconexión que recibían de otros operadores, como los de móviles, y la obligación de compensar a éstos por el tráfico cursado con origen en la red fija y con destino en la red móvil, algo que no ocurría antes de la entrada en vigor de la Ley de Telecomunicaciones.

Así, la situación de mercado se refleja en la **Figura 3-4**, donde se puede comprobar cómo el número de líneas de telefonía local en manos de los nuevos competidores (CLEC - *Competitive Local Exchange Carrier*) es muy bajo, permaneciendo la mayor parte del negocio en mano de los antiguos monopolios (ILEC - *Incumbent Local Exchange Carrier*). En el mercado de las líneas de alta velocidad, la situación es distinta; se puede ver que se ha desarrollado fundamentalmente gracias a las nuevas empresas, que se han centrado en este negocio, con mayores márgenes y menores dificultades que los tradicionales servicios de voz.

Figura 3-4:
Mercado de las telecomunicaciones en EE.UU.
(año 2000)



Fuente: FCC

Sin embargo, las dificultades descritas en la apertura de las redes de acceso telefónicas han hecho que este mercado se haya desarrollado a través de tecnologías distintas de ADSL: cable, *wireless* o fibra.

Varios de los nuevos operadores alternativos que habían basado su estrategia en el acceso ADSL (Northpoint, Covad y Rhythms) han entrado en situación de quiebra, pues habían realizado cuantiosas inversiones y la evolución del negocio no ha respondido a los planes previstos.

La telefonía móvil

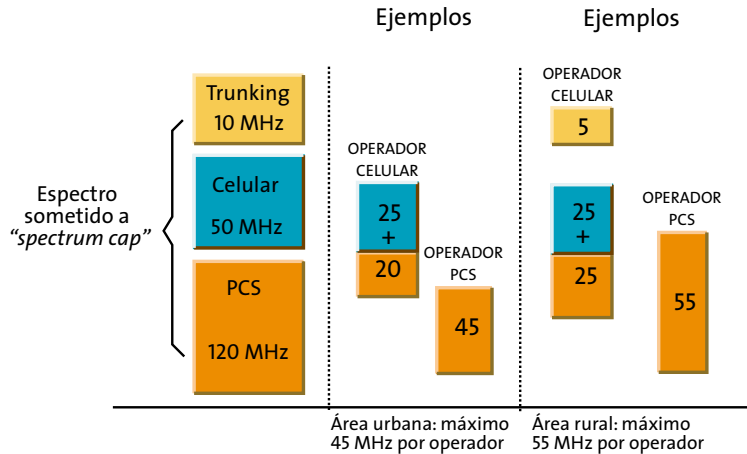
En cuanto a la telefonía móvil, existía antes del año 1995 un mercado configurado como un duopolio regional, con dos operadores utilizando la tecnología analógica AMPS en la banda de 800 MHz.

A partir del año 1995 se conceden nuevas licencias para la telefonía digital PCS, en la banda de 1900 MHz. El espíritu regulador liberal se plasma en la subasta por regiones del espectro radioeléctrico disponible, buscando la máxima utilidad económica, y sin la imposición de ninguna tecnología en particular. El país se divide geográficamente en 51 *Major Trading Areas* (MTAs) y, dentro de éstas, 493 *Basic Trading Areas* (BTAs), subastándose licencias tanto en las MTAs como en las BTAs. Así, el espectro disponible de 120 MHz se dividió en 6 bloques: A, B, C (de 30 MHz cada uno, siendo los bloques A y B de MTAs), D, E y F (de 10 MHz).

En estas subastas, el regulador ha tratado de fomentar la competencia en la telefonía móvil de segunda generación mediante los siguientes mecanismos:

- *Reserva de porciones del espectro a empresas sin presencia previa en el mundo de la telefonía móvil.* En concreto, en las subastas de licencias PCS, se reservaron los bloques 'C' y 'F' para estos nuevos competidores y, además, se ofrecieron créditos especiales a las empresas de pequeño tamaño.
- *Imposición de limitaciones en la cantidad total de espectro que una compañía puede poseer en un área (spectrum caps).* La FCC impuso estas medidas en el año 1996 y, aunque las relajó en el año 1999, las mantendrá hasta el año 2003, y posteriormente sólo se aplicarán en aquellos mercados concretos donde exista peligro de posiciones dominantes (áreas rurales que no son atractivas para la mayoría de los operadores). La **Figura 3-5** muestra el funcionamiento de este mecanismo; en las áreas urbanas, un operador puede disponer de un máximo de 45 MHz de un total de 180 MHz sometidos a regulación. En áreas rurales, ese límite es de 55 MHz. A los operadores celulares analógicos únicamente se les permitió acceder a 20 MHz de nuevo espectro que pueden añadir a los 25 MHz que disponían en la banda de 800 MHz, y además pueden migrar hacia tecnologías digitales en esta banda.

Figura 3-5:
Funcionamiento del
spectrum cap



Se trata de conseguir así el máximo número posible de competidores en cada mercado regional, aplicando el principio de que un elevado número de competidores garantiza la innovación en los servicios y unos precios bajos para el consumidor. Así, en la mayoría de los mercados existe un mínimo de cuatro competidores.

Sin embargo, los elevados precios pagados en las subastas han provocado la quiebra de algunas compañías, sobre todo en el caso de las nuevas entrantes, que no disponen de los recursos financieros de las grandes empresas ya establecidas en el sector. Por ello, hay empresas que se han visto obligadas a devolver el espectro adjudicado y la FCC ha tenido que volver a subastar las frecuencias, retrasándose así la extensión de la telefonía digital. En las subastas del bloque 'C' de PCS en el año 1996 el Estado recaudó 9,2 billones de dólares, y uno de los principales adjudicatarios, Nextwave, que había pagado 4,7 billones de dólares, quebró sin poder poner en funcionamiento su red. El espectro adjudicado a esta compañía no ha vuelto a ser subastado hasta el año 2001.

El marco regulatorio, unido a otras circunstancias de mercado que se enumeran a continuación, han motivado que el desarrollo de la telefonía móvil en EE.UU. sea actualmente muy inferior al experimentado en Europa. Así, frente a una penetración en Europa próxima al setenta por ciento, en EE.UU. se queda en un cuarenta por ciento. Se pueden citar las siguientes razones como causa del retraso:

- La diversidad de tecnologías utilizadas por los distintos operadores (CDMA, TDMA, GSM y otras propietarias, tal y como puede observarse en la **Figura 3.6**) dificultan la implantación del *roaming* e impiden la consecución de las economías de escala que la tecnología GSM permite en los terminales y equipos de red, gracias a su gran difusión. Además, el anuncio por parte de los fabricantes de equipos de que no van a soportar la evolución de TDMA hacia los servicios de tercera generación (3G), ni su paso intermedio por 2,5G, supone para muchos

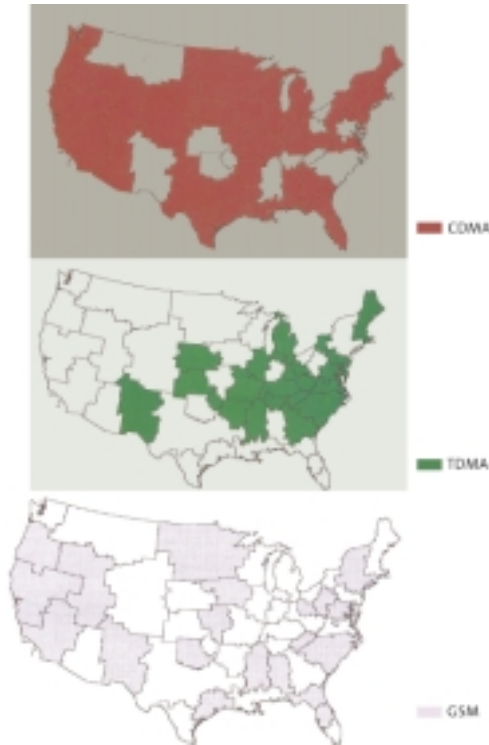


Figura 3-6:

Implantación de las distintas tecnologías en EE.UU. tras las subastas del año 1996 (CDMA, TDMA y GSM)

operadores un esfuerzo inversor adicional en la migración hacia GSM o CDMA.

- Muchos operadores, sobre todo los más pequeños, tienen grandes dificultades financieras para abordar la inversión necesaria en la red y la captación de clientes después de haber pagado grandes sumas en las subastas de espectro, como ya se ha comentado.
- Los operadores analógicos, al no disponer en algunos casos de licencias de telefonía digital, presentan una batalla muy dura para los nuevos operadores digitales y ello origina una confusión en los usuarios, que no perciben claramente las ventajas de los nuevos servicios digitales, y por tanto no migran hacia la nueva tecnología digital.
- La utilización del sistema *Receiving Party Pays* (RPP), en el que el coste de la llamada es compartido entre el llamante y el llamado, lleva a que los propietarios de teléfonos móviles minimicen su uso y lo mantengan apagado para no atender llamadas no deseadas.
- El servicio de mensajes cortos, que se ha constituido como una aplicación muy importante en Europa, no ha tenido tanto éxito en EE.UU., por una parte debido a que algunos estándares no lo facilitan y, por otra, debido a la mayor extensión del uso del correo electrónico.

Así, el regulador en EE.UU. se enfrenta a la disyuntiva de continuar con su política de fomento del máximo número de competidores en cada mercado

regional, o permitir un menor número de competidores, pero con una mayor capacidad financiera que les permita ofrecer más servicios con cobertura nacional y afrontar los gastos necesarios en marketing y captación de clientes. El relativo fracaso en las subastas reservadas a nuevos emprendedores hace pensar que las medidas de fomento de la competencia han fragmentado excesivamente el mercado en un negocio donde los operadores necesitan realizar elevadas inversiones y, por ello, son importantes las economías de escala derivadas del tamaño.

Medidas como el permiso a los operadores ya establecidos para participar en la "re-subasta" del espectro devuelto por Nextwave, o la relajación de las reglas sobre el *spectrum cap*, suponen un avance en la búsqueda del equilibrio entre el máximo número de competidores y la viabilidad a largo plazo del negocio de éstos. Hoy ya existen seis grandes grupos con cobertura nacional y es previsible que la regulación avance hacia la aplicación de medidas de control en los mercados menos atractivos (zonas rurales), donde existe menor número de competidores, y en la aplicación de las leyes genéricas de la competencia en los procesos de concentración entre operadores.

3.2.2 La regulación en Europa

El proceso de apertura a la competencia del mercado de las telecomunicaciones en el que Europa se encuentra actualmente inmersa comienza a promoverse a finales de los años 80 desde la Unión Europea. El "Libro Verde" publicado por la Comisión Europea en el año 1987 sobre la liberalización de equipos y servicios de telecomunicación marca el inicio del proceso liberalizador en Europa.

En aquellos momentos se consideraba que el desarrollo tecnológico, que trae un abaratamiento de los costes de la tecnología y la aparición de nuevos servicios, permitía una apertura a la competencia de los servicios de telecomunicaciones que, hasta entonces, se prestaban en régimen de monopolio. Se esperaba que dicha apertura trajese beneficios a los usuarios, en forma de mejores servicios a precios más asequibles, y a la economía en general, al vislumbrar el potencial del sector como generador de empleo y riqueza. En el "Libro Blanco" del año 1993 sobre el crecimiento, la competitividad y el empleo, se insiste en esta idea de la importancia de las telecomunicaciones como motor de la economía.

Pero no se decide una liberalización inmediata de los servicios, pues también se tiene en cuenta la vertiente social: las telecomunicaciones son un servicio esencial, que debe extenderse a todos los ciudadanos en condiciones de igualdad. Así, se establece un calendario, en el que los distintos servicios (terminales, transmisión de datos, telefonía de larga distancia, bucle de abonado, etc.) se irán liberalizando progresivamente a medida que se den las condiciones necesarias. Ya se ha citado que ésta es una de las diferencias fundamentales entre EE.UU. y Europa: en Europa han primado las consideraciones de carácter social, frente al modelo de utilitarismo económico de EE.UU.

Además, en Europa los servicios de telecomunicaciones han sido presta-

dos en régimen de monopolio total directamente por organismos públicos o empresas concesionarias con participación accionarial del Estado, a diferencia de EE.UU., donde se fueron liberalizando servicios como la telefonía de larga distancia cuando se consideraba que había espacio para la competencia, y la propiedad de las empresas ha sido privada aún en los mercados monopolísticos, como la telefonía local. Esta característica de prestación de servicios por empresas controladas por el Estado significaba la ausencia de un organismo regulador independiente, similar a la FCC estadounidense, existente desde 1934. Sólo en Gran Bretaña se había creado en 1984 un organismo regulador, Oftel, y se había introducido un modelo de duopolio en la telefonía. Por otro lado, el desarrollo de las redes de cable en Europa ha sido inferior al experimentado en EE.UU., especialmente en el sur de Europa, por lo que no existía una alternativa real a las redes de acceso propiedad de los antiguos monopolios.

En el proceso liberalizador, la fecha clave es el 1 de enero de 1998, a partir de la cual se liberalizó el servicio telefónico básico.

El papel de la Unión Europea

Los esfuerzos de la Unión Europea en materia de telecomunicaciones se enmarcan en los objetivos generales de la propia Unión:

- *Fomento de la competencia* como motor de crecimiento económico.
- *Armonización legislativa* para crear un verdadero mercado único.
- *Cohesión entre los estados miembro*, haciendo desaparecer las desigualdades económicas y sociales existentes.

La liberalización del servicio telefónico viene supeditada a tres condiciones previas:

- *Universalización del servicio.* Así, hay una serie de países a los que se les concede una prórroga respecto a la fecha prevista para la liberalización del servicio telefónico básico, el 1 de enero de 1998, por considerar que necesitan un tiempo extra para extender su infraestructura básica de telecomunicaciones. España estaba entre estos países, aunque el propio gobierno español renunció a la prórroga.
- *Ajuste de las tarifas a costes.* En la situación de monopolio existían subsidios cruzados entre los diferentes servicios y diferentes segmentos de mercado; con el objetivo de hacer asequible el servicio telefónico a los sectores de menor nivel económico y de proporcionar el servicio con el mismo precio en áreas menos pobladas, se sobrecargaban las tarifas de usuarios de negocio y/o de los servicios de larga distancia, mientras que la cuota de abono mensual y las llamadas locales se prestaban a un precio por debajo de coste. En un mercado en competencia, esta situación no es sostenible.

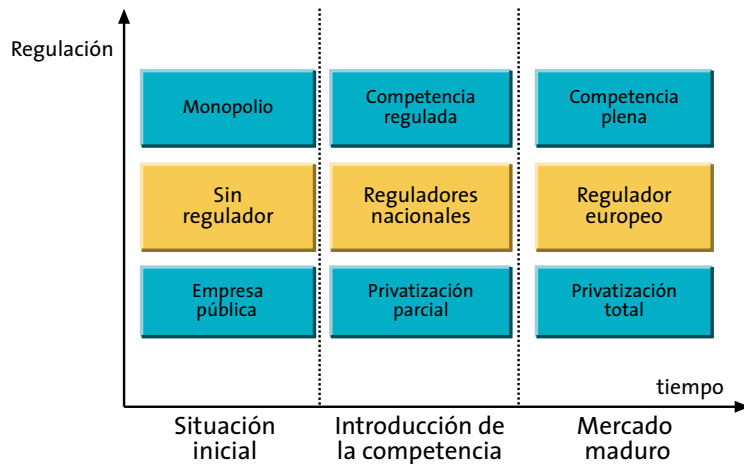
- *Definición del servicio universal y de sus condiciones de financiación.* En el siguiente apartado, relativo a la regulación en España, se explica con más detalle este punto.

Mediante una serie de directivas y recomendaciones, la Unión Europea ha ido dictando a lo largo de la última década del siglo XX los pasos que deben ir siguiendo los distintos estados miembro de la Unión para alcanzar la plena apertura a la competencia de los distintos servicios de telecomunicaciones. Las directivas son de obligado cumplimiento, por lo que los estados miembro deben transponerlas a sus ordenamientos jurídicos y hacerlas efectivas. Desde la Unión Europea se vigila tanto la adaptación de las legislaciones nacionales como la efectiva puesta en marcha de las directivas.

Para cada Estado, la liberalización de las telecomunicaciones implica la adaptación de las legislaciones nacionales al nuevo modelo de competencia, la creación de un organismo regulador independiente nacional que vele por la salvaguarda de la libre competencia, y la privatización de los antiguos monopolios.

En la medida en que avance la competencia en el sector y el proceso de construcción de la Unión Europea, se pretende la existencia de una legislación armonizada entre los países de la Unión, la toma de mayor poder de decisión y control desde los organismos de la Unión y la aplicación de leyes genéricas de la competencia, dejando la regulación específica para servicios y segmentos de mercado concretos. En la **Figura 3-7** se muestra gráficamente la evolución de la regulación en la Unión Europea.

Figura 3-7:
Evolución de la regulación
en la Unión Europea



Así, a lo largo del año 2001, se ha preparado un nuevo marco regulatorio europeo, el "Paquete Telecom", que trata de acercar la regulación del sector de las telecomunicaciones al marco de un sector liberalizado con una competencia efectiva, pero manteniendo algunas normas y con una intención de disminuir su

número y pasar a aplicar la normativa general de defensa de la competencia. Los aspectos cubiertos en las directivas que configuran el nuevo marco son:

- *Marco regulatorio común.* El nuevo marco regulatorio abarca todas las redes y servicios de comunicaciones electrónicas, como reconocimiento del proceso de convergencia en el sector.
- *Acceso e interconexión.* Se considera esencial seguir protegiendo el acceso de los nuevos operadores a las redes de los dominantes. Sin embargo, se crea un marco más flexible, tratando de segmentar los mercados en los que verdaderamente es necesaria la intervención del regulador.
- *Autorizaciones de redes y servicios.* Se pone fin al sistema de licencias individuales, que quedan sólo para los casos de asignación de recursos limitados, como el espectro radioeléctrico, y se sustituye por un sistema de autorizaciones generales para la prestación de redes y servicios.
- *Servicio universal y derechos de los usuarios.* Incluye una definición del servicio universal más acorde con el desarrollo tecnológico actual, en aspectos como el acceso a Internet a una velocidad mínima de 56 Kbytes.
- *Protección de datos.* Trata de responder a la preocupación existente sobre la privacidad y la protección de los datos de usuario. Así, se obliga a la destrucción inmediata de los datos personales que se conozcan mediante las comunicaciones por Internet, salvo que el ciudadano sea informado y dé su consentimiento. Este tema es problemático, pues en otros países como EE.UU. las leyes sobre protección de datos son más laxas y ello puede dar lugar a un conflicto entre Europa y EE.UU.
- *Competencia.* Como ya se ha señalado, se pretende avanzar hacia un sector verdaderamente regido por las leyes generales de la competencia. También se pretende dar un mayor poder a la Unión Europea; así, por ejemplo, se introduce la posibilidad de vetar y congelar cualquier decisión de las autoridades reguladoras nacionales que se considere que va contra la creación de un mercado único o contra las leyes comunitarias.

Las dificultades del proceso

El proceso de liberación de las telecomunicaciones en Europa y su alineación con los objetivos genéricos de cohesión y armonización ya citados choca con una serie de problemas.

Uno de los problemas es la distinta situación de partida en cada Estado en cuanto a la facilidad con que se pueden privatizar los antiguos monopolios. Así, en países como España, donde Telefónica era ya una compañía con una amplia base de capital privado, el proceso de privatización ha sido mucho más sencillo que en Francia o Alemania, donde se ha partido de empresas que eran parte de la administración pública, lo que supone superar por un lado obstáculos legales a la hora de cambiar el estatus legal de la empresa y de los trabajadores, y por

otro, la puesta en los mercados de capitales privados de una enorme cantidad de papel. De hecho, en estos países todavía el Estado posee un importante capital en las empresas, lo que hace dudar de su objetividad como juez y parte del sistema regulatorio, dificultando las posibles uniones entre compañías de distintos países.

La indefinición de un marco común sobre el sistema de adjudicación de licencias también provoca problemas en la consecución de los objetivos de la Unión. Por ejemplo, la aplicación en unos países del sistema de concurso para la adjudicación de licencias de telefonía móvil, y el empleo de subastas en otros, origina una asimetría entre los distintos operadores a la hora de acceder a otros mercados distintos del suyo original.

El problema más grave es el reparto de poderes entre las distintas instituciones involucradas: instituciones de la Unión Europea, gobiernos y reguladores nacionales. Cualquier discrepancia entre unos y otros suele acabar en largos procesos de notificaciones, aperturas de expedientes, alegaciones, recursos a tribunales, etc. Para solucionar este problema, ya se ha indicado que la Unión Europea pretende con las nuevas directivas tomar más poder y reservarse la posibilidad de vetar decisiones de un regulador nacional que considere contrarias a las leyes de la Unión, y el objetivo claro es la búsqueda de un regulador europeo a medio plazo.

La regulación en las comunicaciones móviles

El extraordinario éxito del servicio GSM ha llevado la telefonía móvil al primer plano en el terreno regulatorio.

Uno de los puntos en que se está produciendo la intervención de los reguladores es en el fomento de la competencia entre los operadores móviles. El carácter escaso del espectro radioeléctrico hace que el número de competidores en este mercado sea limitado; los reguladores buscan la forma de aumentar esta competencia, y así surge la figura de los operadores móviles virtuales (MVNO - *Mobile Virtual Network Operator*). Estos operadores virtuales son operadores de redes móviles sin acceso de radio propio.

Estrictamente, se pueden distinguir dos tipos de operadores virtuales, los prestadores de servicio y los operadores virtuales de redes móviles propiamente dichos:

- *Los prestadores de servicio* ofrecen servicios de telecomunicación a sus clientes compitiendo con los servicios finales del operador de red. Estos prestadores podrían calificar su actividad como "reventa" de los servicios telefónicos. Pueden ser independientes del operador de red móvil, con marca comercial propia.

El prestador de servicios no posee infraestructuras de red propias, ni medios de transmisión o conmutación, ni tarjetas SIM propias. Tampoco precisa de la asignación de recursos de numeración propios. Su

ventaja competitiva se establece en la instalación de centros de atención al cliente, formas de comercialización, personalización de servicios, etc.

- **Los operadores virtuales** son aquéllos que no tienen acceso de radio propio y ofrecen servicios móviles a sus abonados usando una red ajena que puede ser de uno o de varios operadores móviles con los que debe establecer relación (ver la **Figura 3-8**). Tienen su propio código de operador y comercializan sus tarjetas SIM, siendo ésta la gran diferencia con los prestadores de servicio, ya que éstos no poseen red de transporte, centrales de conmutación, centro servidor de mensajes cortos, etc., mientras que los operadores virtuales de redes móviles únicamente carecen de acceso de radio propio.

La intención de los reguladores es no imponer inicialmente una regula-

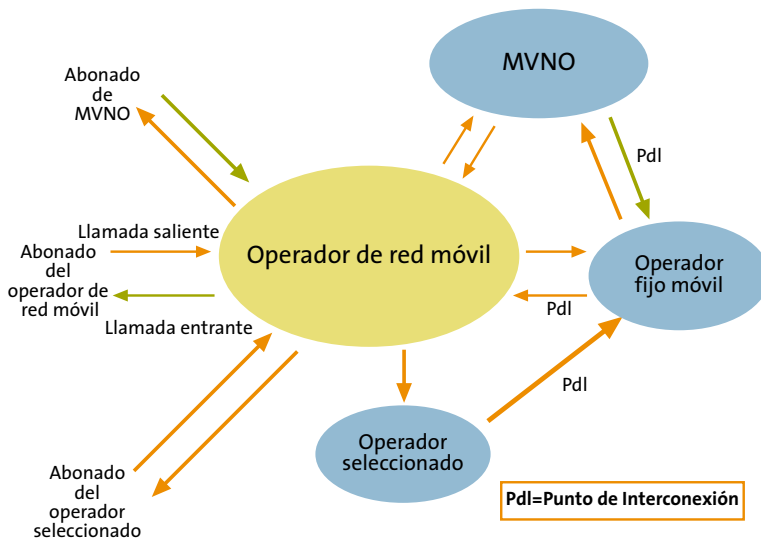


Figura 3-8:
Operadores virtuales en
redes móviles

ción obligatoria, como la que existe en telefonía fija, y dejar a las partes implicadas (operadores con espectro y operadores virtuales) que negocien. Los operadores virtuales existentes en diversos países son empresas con una marca reconocida en sectores de gran consumo (medios de comunicación, entretenimiento, etc.), que entran de esta manera en la telefonía móvil. También se piensa que la figura del operador virtual puede ser importante en el desarrollo de la telefonía UMTS de tercera generación, pues los operadores que han pagado elevados precios por las licencias en países donde no contaban con presencia necesitan una rápida expansión de la mano de marcas con reconocimiento en esos mercados.

Sin embargo, los operadores de telecomunicaciones sin licencia para prestar servicios móviles consideran que es necesaria una reglamentación que obligue a los operadores de telefonía celular dominantes a prestar sus redes, de forma similar a lo que ocurre en la telefonía fija.

3.2.3 La situación en España

La situación regulatoria en España sirve como ejemplo del camino que sigue la regulación en Europa.

La función de regulación la asume la propia Telefónica hasta el año 1985, en el que se crea la Secretaría General de Comunicaciones. En el año 1987 se publica la Ley de Ordenación de las Telecomunicaciones (LOT), que trata de recoger el espíritu del "Libro Verde" de la Unión Europea. Por primera vez, se definen en una ley las funciones de la administración pública y del sector público y privado, y se abre la puerta a la futura prestación de los servicios en competencia.

En el año 1996, una vez que se han fijado en la Unión Europea los plazos para la liberalización total del mercado, se publica un Real Decreto Ley que adapta la legislación española a las directrices de la apertura. Se crea el organismo regulador, la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones (CMT), y se crea también un segundo operador que permita la existencia de un duopolio como transición hacia el mercado en competencia.

Aunque a España, junto a otros países de la Unión, se les permite un periodo adicional de cinco años en la apertura a la competencia, debido a su retraso en la universalización del servicio, el Gobierno Español decidió renunciar a la prórroga y así abrir el mercado el 1 de enero de 1998.

Entre las atribuciones de la CMT se encuentra la concesión de las licencias y títulos habilitantes necesarios para la prestación de determinados servicios o la vigilancia del cumplimiento de las distintas normas aplicables al sector: la interconexión de las redes, los planes de numeración, la preasignación, la portabilidad y el seguimiento de las tarifas reguladas.

La Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información del Ministerio de Ciencia y Tecnología asume las principales responsabilidades en materia de telecomunicaciones: las propuestas normativas, la promoción y el desarrollo de las infraestructuras y los servicios avanzados, el diseño y la ejecución de proyectos que favorezcan la integración de las tecnologías de la información en todos los ámbitos, la planificación, la gestión y el control de los recursos escasos en las telecomunicaciones, las relaciones y el control del cumplimiento de las obligaciones de servicio público por parte de los prestadores de servicios y redes de telecomunicaciones y las facultades de control, inspección y sanción en materia de telecomunicaciones, audiovisual y sociedad de la información.

La Ley General de Telecomunicaciones aprobada en el año 1998 adapta la LOT del año 1987 y las normativas del año 1996, constituyendo un marco jurídico único. En esta ley, los servicios de telecomunicaciones pasan de ser servicios públicos a servicios de interés general que se prestan en régimen de competencia. La ley establece, entre otros, los principios básicos por los que debe regirse la interconexión de redes, el servicio universal y el sistema de concesión de títulos habilitantes para la prestación de servicios. A continuación se comenta cada uno de estos aspectos.

Los tipos de licencias

Se distingue entre:

- **Autorizaciones.** Permiten la prestación a terceros de servicios de telecomunicaciones distintos del servicio telefónico disponible al público (por ejemplo, la transmisión de datos), y el establecimiento o la prestación de redes de telecomunicaciones privadas. Las autorizaciones no permiten la ocupación del dominio público o de la propiedad privada, ni la obtención de recursos de numeración.
- **Licencias.** Son necesarias para establecer y explotar redes públicas de telecomunicaciones, prestar el servicio telefónico disponible al público y para cualquier servicio que implique el uso del dominio público radioeléctrico.

Dentro de las licencias, existen varias categorías:

- **Tipo A.** Facultan para la prestación del servicio telefónico fijo disponible al público, pero sin asumir los derechos y las obligaciones asociados al tipo B.
- **Tipo B.** El tipo B1 permite la prestación del servicio telefónico fijo, y el tipo B2, el servicio telefónico móvil, bien por la red terrenal, bien por los satélites de órbita media o baja. La diferencia entre las licencias tipo A y las B1 radica en que éstas requieren un mayor compromiso inversor: mayor número de puntos de interconexión y mayor tendido de infraestructura. A cambio, los operadores con licencia B1 reciben un mejor tratamiento en las tarifas de interconexión.
- **Tipo C.** Son necesarias para las redes públicas en las que el titular no preste servicio telefónico al público. Si no se usa el espectro radioeléctrico, la licencia es C1; si se utiliza, la licencia se denomina C2.

La nueva legislación de la Unión Europea sustituye el sistema de licencias por uno de autorizaciones generales más "ligero", tal como se comenta en el apartado de "*Regulación en la Unión Europea*".

Aunque la CMT ha concedido un número importante de licencias, sólo una parte corresponde a empresas que efectivamente prestan servicio. Así, a finales del año 2001 había un total de 255 licencias otorgadas, pero sólo 81 (el 32 por ciento) corresponde a licencias con las que efectivamente se está prestando servicio. Las excesivas expectativas iniciales y la baja rentabilidad del sector residencial han hecho que muchos entrantes hayan enfocado su negocio en los servicios a empresas, o que ni siquiera hayan llegado a poner en funcionamiento su negocio. Puede observarse el mercado español y su evolución en la **Figura 3-9**.

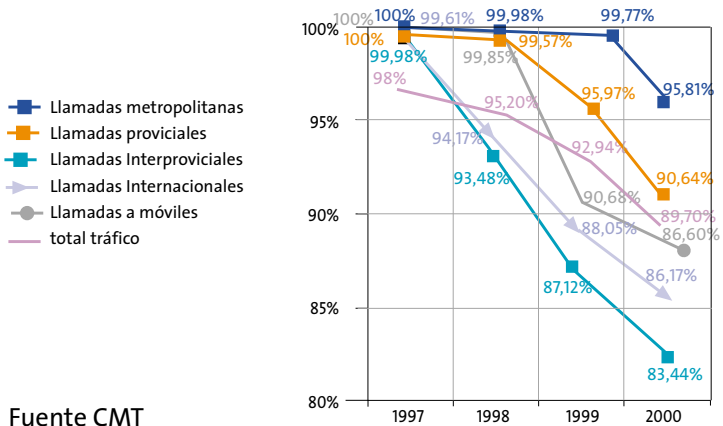
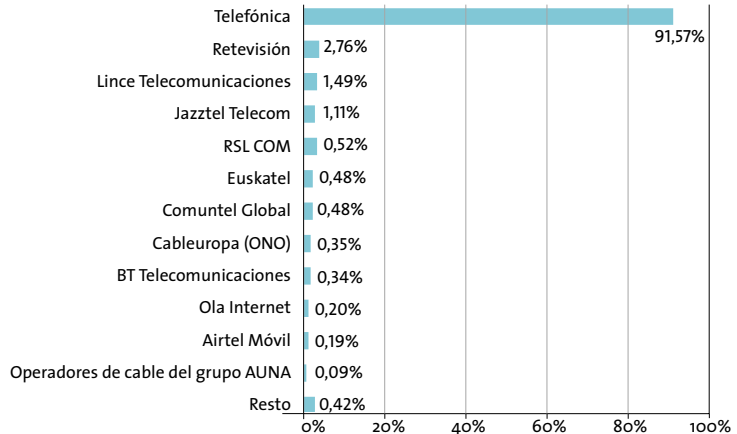
La interconexión de las redes

Figura 3-9:

El mercado español en el año 2000

a) Cuotas de mercado por ingresos totales

b) Evolución de la cuota de mercado por facturación de Telefónica de España y tipo de llamada



Fuente CMT

En el marco de la liberalización de las telecomunicaciones en la Unión Europea los operadores dominantes (aquellos con una cuota de mercado superior al 25 por ciento) están obligados a facilitar la interconexión a su red con las redes de otros operadores, pudiendo así estos otros ofrecer servicios de acceso indirecto. Los operadores dominantes deben garantizar a los usuarios de las redes de otros operadores interconectados el poder comunicarse libremente entre sí mediante la disponibilidad de un conjunto de servicios.

En España, los servicios ofrecidos se recogen en la Oferta de Referencia de Interconexión (OIR), revisada anualmente, y que debe servir como base para la negociación individual entre Telefónica de España y el operador que desee beneficiarse de un Acuerdo General de Interconexión.

Análogamente, también existe una Oferta de Bucle de Abonado (OBA) que determina las condiciones en las que el resto de los operadores pueden acceder al alquiler del bucle de abonado propiedad del operador dominante. También el regulador fija el precio mayorista del servicio ADSL.

El regulador se encarga de fijar las tarifas que los operadores dominantes cobran al resto de los competidores, y de autorizar los precios a los usuarios fina-

les de los operadores dominantes. Esta misión es complicada, tal como se explica en el apartado 3.1.2 (El control de los precios y las tarifas).

Las tarifas de interconexión se fijan por unidades de tiempo o por capacidad de los enlaces instalados en los puntos de interconexión. También están regulados los precios de otros conceptos relacionados con los servicios que se prestan en estos puntos de interconexión.

Ya se ha comentado que la fijación de las tarifas de interconexión trata, además de fomentar la competencia, fomentar también la inversión en infraestructuras de telecomunicación. Así, a aquellos operadores con unos menores compromisos de inversión (los que disponen de licencias de tipo A), se les aplican unas tarifas superiores respecto a las aplicadas a los que asumen mayores inversiones (licencias tipo B). Incluso la tendencia es el aumento de las tarifas por interconexión en las modalidades usadas por aquellos que instalan menos puntos de interconexión.

El servicio universal

El carácter esencial de los servicios de telecomunicación hace que se considere básica la accesibilidad para toda la población de ciertos servicios a un precio asequible.

Existe una parte importante de la población (aquella con un menor nivel de ingresos o que habita en áreas remotas y de baja densidad de población), a la que no es rentable prestar el servicio telefónico en un mercado en competencia. Con el fin de garantizar el acceso de todos estos ciudadanos a los servicios de telecomunicaciones, se define la obligación de servicio universal.

El operador inicialmente designado en España para la prestación del servicio universal, hasta el 31 de diciembre de 2005, es Telefónica de España. Transcurrido dicho plazo, se revisará quiénes son los operadores dominantes en cada zona, para determinar quién tiene la obligación de prestar el servicio universal. Telefónica debe aportar una contabilidad que demuestre el coste neto derivado de la prestación de dicho servicio.

Tradicionalmente, se ha considerado como parte del servicio universal a la disponibilidad de líneas telefónicas individuales, la instalación de teléfonos públicos en cada población y a la publicación de guías telefónicas.

La Unión Europea incluye dentro de la nueva definición del servicio universal a servicios como la facturación detallada, la posibilidad de restringir ciertos servicios (por ejemplo, las llamadas internacionales) y, en cuanto al acceso a Internet, que se pueda acceder a velocidades parecidas a las que disponen la mayoría de los ciudadanos (las líneas fijas por par de cobre acceden a 56 kbit/s). Esto podría tener un impacto importante en países como España, donde existen varios cientos de miles de líneas de telefonía rural por radio (sistema TRAC), con una velocidad de acceso mucho menor (en España, el reglamento actual obliga a prestar un servicio de datos de 2.400 bit/s).

En cuanto a la financiación del servicio universal, la Unión Europea pro-

pone dos alternativas, una vez que se determinen cuáles son los costes de la prestación del servicio universal:

- A través de los Presupuestos del Estado.
- Mediante un fondo al que contribuyan los operadores. Se deja abierta la posibilidad de que sólo contribuyan aquellos con un determinado tamaño de mercado. Ésta es la opción escogida en España.

Otra alternativa usada en algunos países y que no se utiliza en España, es vía recargos en las tarifas de interconexión.

El cable y el ADSL

Como en la mayoría de los países de Europa, y a diferencia de Estados Unidos, con anterioridad al año 1995, el cable en España apenas estaba desarrollado; únicamente existían algunos operadores locales en situación alegal. Con el fin de promover su uso como infraestructura alternativa sobre la que prestar servicios de telefonía, datos y televisión, se elaboró una Ley del Cable en el año 1995 por la que se concedieron licencias en el año 1998 de acuerdo a una división del territorio español en demarcaciones. En cada demarcación se concedieron dos licencias: una a Telefónica, y la otra mediante un concurso de méritos. Telefónica podría comenzar a operar en cada demarcación dos años después de la correspondiente concesión de licencia al otro operador. Sin embargo, Telefónica ha renunciado al cable para centrarse en el desarrollo de ADSL.

Los operadores de cable alternativos se comprometieron en los pliegos de adjudicación a unos compromisos de inversión que no han ido cumpliendo, por lo que han solicitado y obtenido del Estado una relajación de los compromisos inicialmente asumidos. Entre las razones aducidas para este retraso, se citan la competencia del ADSL, el *wireless* y las dificultades administrativas para ejercer los derechos de paso, aunque también se duda de la viabilidad del negocio del cable a largo plazo por su orientación inicial hacia el segmento residencial. Ello hace que los operadores reorienten su estrategia para centrarse en la prestación de servicios a las empresas. De hecho, existen unas previsiones de crecimiento importante en el acceso de banda ancha, tal y como puede observarse en la **Figura 3-10**.

En cuanto a la tecnología ADSL, la regulación obliga a Telefónica a proporcionar un servicio mayorista con distintas calidades de servicio y con unas tarifas mayoristas reguladas. Telefónica se encarga de instalar los equipos en la central y en casa del usuario ("*splitter*"), y de transportar por su red ATM las señales hasta los puntos de interconexión con los otros operadores. Se establece que el servicio debe prestarse en condiciones no discriminatorias. Además, inicialmente Telefónica de España tenía prohibido prestar directamente el servicio minorista, aunque ha sido autorizada en el año 2001.

La regulación del bucle de abonado para los servicios de voz y de datos (ADSL)

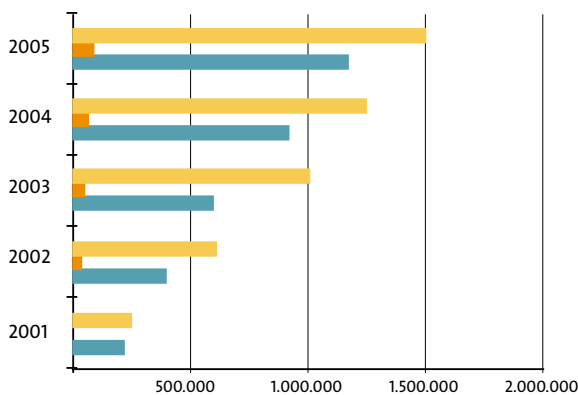
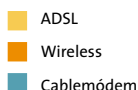


Figura 3-10:
Previsión del acceso de banda ancha en España

Fuente: The Yankee Group



El bucle de abonado es la parte de la red que conecta a los usuarios con la central local y comprende los elementos de uso exclusivo de cada usuario. La elevada inversión que requiere esta parte de la red (En España, hay más de 20 millones de líneas), su baja utilización, la existencia de un déficit de acceso y la complejidad técnica de la conexión del bucle desde la red de los operadores dominantes a la de los nuevos competidores han ocasionado que éste haya sido el último servicio liberalizado, concretamente en el año 2001.

Se considera que para promover una competencia efectiva en las redes de acceso, en un periodo de tiempo razonable, es necesaria la utilización de la red de acceso propiedad de los operadores dominantes por parte de los nuevos competidores, pues las infraestructuras alternativas (cable o acceso inalámbrico en banda ancha) no ofrecen actualmente la misma funcionalidad y ubicuidad que la infraestructura de pares de cobre propiedad de dichos operadores dominantes; se trata de alternativas válidas sólo para ciertos segmentos de mercado o ciertos ámbitos geográficos, y además su despliegue va a requerir un largo periodo de tiempo. Además, la evolución tecnológica permite actualmente la prestación de los servicios de datos de alta velocidad mediante los servicios xDSL (*Digital Subscriber Line*).

La Unión Europea propone tres modalidades de acceso al bucle local de los operadores dominantes:

- El acceso totalmente desagregado
- El acceso compartido
- El acceso al caudal de datos de alta velocidad

Debe entenderse que las tres modalidades no son excluyentes, sino complementarias, por lo tanto deberán coexistir. La razón es que se considera que

cada una presenta unas ventajas y unos inconvenientes, tal y como se explica a continuación. Los operadores dominantes deben ofrecer a sus competidores las tres alternativas, con el fin de que éstos elijan la que consideren más adecuada y así se pueda alcanzar el objetivo de competencia en las redes de acceso.

El acceso totalmente desagregado

En esta modalidad, el enlace que une el repartidor y la central local del operador se reconfigura para que vaya del repartidor a la central del operador alternativo, de tal manera que ésta toma el control del bucle.

Así, un cliente podría optar por cambiar a un nuevo operador, que sería quien en adelante le proporcionaría el servicio telefónico básico y el de datos de alta velocidad (como se muestra en la **Figura 3-11**).

O podría mantener la línea existente y contratar una nueva línea con otro operador que le proporcionaría el servicio de datos, tal y como se muestra en la

Figura 3-11:
El acceso totalmente desagregado (cambio de línea)

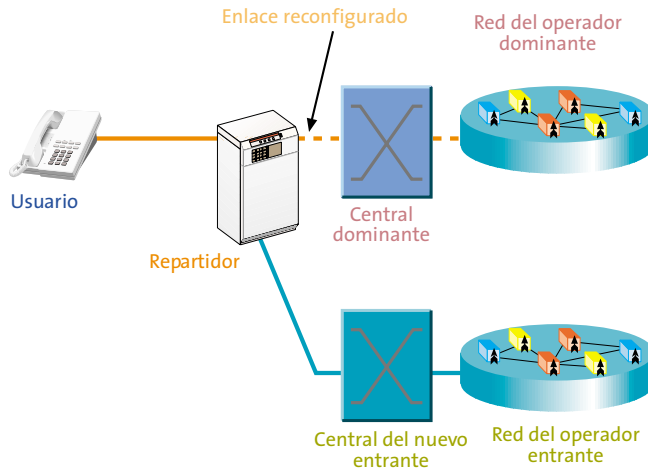
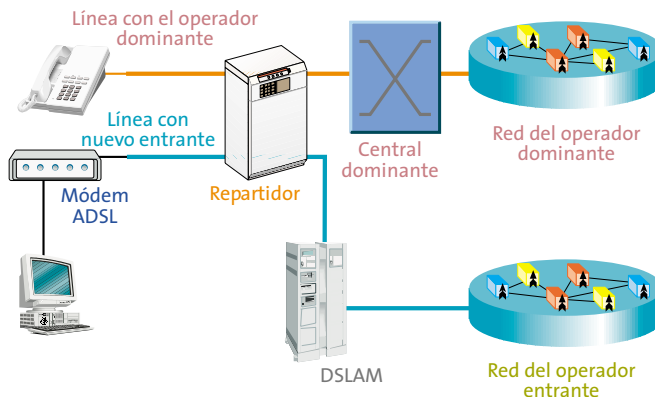


Figura 3-12).

Este tipo de acceso presenta las siguientes características:

Figura 3-12:
El acceso totalmente desagregado (segunda línea)



- Como desventaja, esta opción es la que presenta un mayor coste para los nuevos entrantes, ya que tienen que instalar el equipamiento necesario en cada central donde quieran captar clientes.
- Como ventaja, permite a los nuevos operadores introducir los servicios que consideren más adecuados a su propio ritmo, con independencia de los planes del operador establecido.
- Permite la introducción de servicios de datos de alta velocidad que requieren la utilización completa del par (como HDSL o SDSL).
- Debe permitirse la *cubicación* de equipos de los nuevos entrantes en las instalaciones del operador establecido; ello requiere especificar todo el proceso de provisión y tramitación de dicha cubicación, la fijación de los precios por su uso, las medidas de seguridad para el acceso a las instalaciones, etc. En definitiva, la cubicación debe ser contemplada en la oferta de referencia de acceso con especial atención.

El acceso compartido

En esta modalidad, tal y como se puede observar en la **Figura 3-13**, el operador dominante instala en la central los equipos necesarios (*splitter*) para separar la señal de voz en baja frecuencia de la de datos en alta frecuencia, de tal manera que la señal de voz iría a su propia red y sería la señal de datos la que se proporcionaría al operador alternativo.

Esta opción permite a un usuario continuar con el servicio telefónico proporcionado por el operador dominante, lo que le permitiría utilizar otros opera-

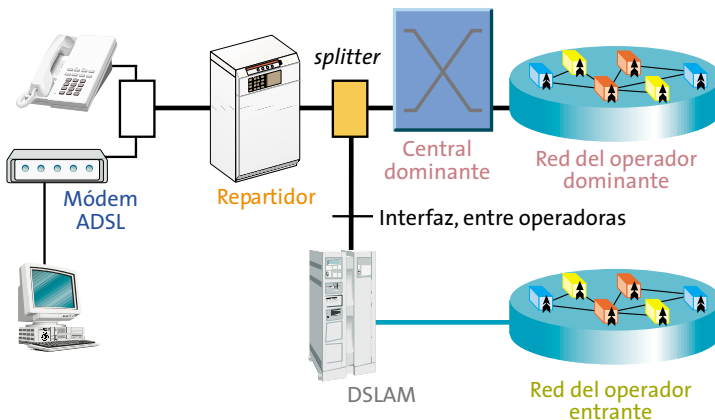


Figura 3-13:
El acceso compartido

dores mediante el acceso indirecto de voz existente actualmente, acceso que los operadores dominantes deben facilitar, a la vez que el usuario tiene la opción de contratar el servicio de datos de alta velocidad con otro operador que proporcionaría el servicio con sus propios módems ADSL.

Esto no ocurría con la opción del acceso desagregado completo (salvo que se contratase una línea adicional, tal y como se muestra en la **Figura 3-12**), pues

con dicha opción el cliente cambiaría la línea con todos los servicios (voz y datos) al operador alternativo y éste tendría, de acuerdo con la legislación actual, la obligación de facilitar el acceso indirecto a terceros operadores. Es decir, el acceso compartido se plantea como una opción más flexible para el usuario, ya que así puede contratar los servicios de voz y de datos con distintos operadores a partir de una única línea.

Para este tipo de acceso son válidas las mismas consideraciones en cuanto a la necesidad de la ubicación y de la calidad que para el caso del acceso desagregado completo.

La ventaja sobre el acceso totalmente desagregado es la citada flexibilidad para el cliente. Como desventaja, la que ya se indicó para el acceso desagregado: la elevada inversión para los nuevos entrantes, al tener que conectarse en las centrales locales.

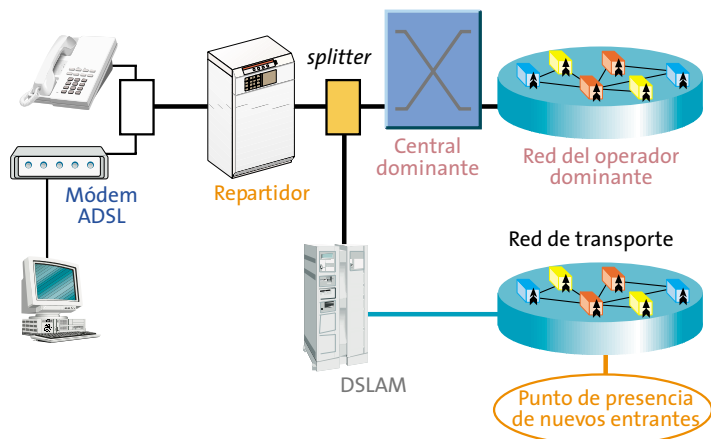
Se considera que la tarifa de acceso compartido debe ser inferior al coste del acceso totalmente desagregado, ya que el operador dominante retiene el servicio de voz. El nuevo competidor deberá cubrir, por lo menos, el coste del capital de la inversión inicial y los costes variables posteriores que tiene que realizar el operador dominante para ofrecer este servicio.

El acceso al caudal de datos de alta velocidad (ADSL)

En esta modalidad, el operador dominante se encarga de proporcionar el servicio de datos de alta velocidad instalando los equipos necesarios en la central local, encargándose también del transporte a través de su red ATM o IP hasta un punto en el que se conectan los operadores alternativos. Se ofrece así un camino "virtual" desde el operador al cliente (ver la **Figura 3-14**).

Esta opción permite a los nuevos operadores ofrecer servicios de datos de alta velocidad a los usuarios con una menor inversión que las modalidades ante-

Figura 3-14:
Acceso al caudal de datos de alta velocidad



teriores, ya que no necesitan acceder a las centrales de la red de acceso. Sin embargo, tiene la desventaja de que los nuevos operadores quedan supeditados al ritmo

de implantación que el operador dominante decida. En España está reflejado en el servicio GIGADSL de Telefónica.

La regulación del comercio electrónico

La creciente importancia de la actividad económica basada en Internet ha llevado a los poderes públicos a la elaboración de una legislación que regule los servicios prestados a través de este medio.

La Unión Europea ha promulgado una directiva en el año 2000 sobre comercio electrónico. La transposición de esta directiva al ordenamiento jurídico español se hace a través de la "*Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico*". El espíritu de esta ley es el otorgamiento a los usuarios de servicios de Internet de unas garantías y derechos similares a los que existen en la prestación de servicios en el mundo físico.

Esta ley se aplica a todos aquéllos que ofrezcan servicios a través de Internet; esto incluye la contratación de bienes y servicios, el suministro de información, la provisión del acceso a la red, y los servicios de *caching*, *hosting* y la búsqueda de información.

Los puntos que regula la ley son:

- La información que deben proporcionar los prestadores de servicio: la identificación de su razón social, la información sobre los precios y las cláusulas contractuales.
- La prohibición de la publicidad no solicitada ("*spamming*") y la identificación clara de las comunicaciones comerciales.
- La validez de los contratos por vía electrónica.

En definitiva, se trata de llevar al mundo electrónico normas similares a las existentes en los servicios del mundo real.

Las Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones (ICT)

Esta normativa, aprobada en el año 1999, pretende fomentar el acceso por parte de los ciudadanos a los nuevos servicios de telecomunicación en un mercado en competencia.

Así, con el fin de facilitar el acceso hasta el usuario a los distintos proveedores que ofertan sus servicios en un mercado en competencia en condiciones no discriminatorias, se fija la separación entre la red externa del operador, la red común del edificio, propiedad de la comunidad de vecinos, y la red interior, propiedad de cada particular.

Igualmente, se contemplan unos mínimos en cuanto a la infraestructura que debe ser instalada, tales como el número de pares o de cables coaxiales disponibles en un edificio, y el número de tomas telefónicas y de televisión por hogar, persiguiendo el objetivo de que los ciudadanos dispongan de una infraes-

estructura adecuada que soporte los diferentes servicios.

La normativa define el Punto de Acceso al Usuario (PAU) como el punto donde comienza la red interior del usuario. Este elemento, que podría ser una regleta u otro dispositivo, puede ser suministrado o sustituido por el operador que preste el servicio, con el fin de que pueda ofrecer al usuario el mantenimiento de la red interior y de los terminales conectados a ésta.

La televisión digital

El mercado de la televisión digital se está desarrollando en Europa al amparo de la directiva de la Unión Europea 95/47/EC sobre televisión digital, publicada en el año 1995 y de obligado cumplimiento en todos los estados miembro.

El espíritu de esta directiva es fomentar el desarrollo del entonces naciente mercado de la televisión digital, imponiendo la mínima regulación posible desde el punto de vista de los estándares técnicos y desde el punto de vista de las normas de control sobre los agentes del mercado. Esto se debe a la mala experiencia acumulada con otras normas elaboradas anteriormente y que no llegaron a tener éxito en el mercado por su excesivo detalle.

Así, previendo que la televisión de pago iba a ser el motor del desarrollo de la televisión digital, únicamente se obliga a la utilización de un algoritmo común europeo de desenmascaramiento (*descrambler*) y se recomienda el empleo de un sistema de acceso condicional que se encuentre entre los promovidos por el *Digital Video Broadcasting* (DVB), consorcio formado en el año 1993 y que genera normas aprobadas posteriormente por el *European Telecommunication Standards Institute* (ETSI), organismo normalizador europeo sobre telecomunicaciones. Los sistemas de acceso condicional deben cumplir el requisito de interoperabilidad, esto es, que sea posible la utilización por distintos proveedores del mismo sistema.

La directiva impone la figura del operador de servicios de acceso condicional, que será el encargado de gestionar un parque de descodificadores de televisión digital y de ofrecer sus servicios a los distintos difusores en unas condiciones justas, razonables y no discriminatorias. Con el objeto de cumplir estas condiciones se obliga a llevar una contabilidad separada a aquellas empresas que ejerzan como difusores y operadores de servicios de acceso condicional.

En España, la transposición de la directiva comunitaria se materializa en el Real Decreto Ley 1/1997, la Ley 17/1997 y el Real Decreto 136/1997. Supone una transcripción literal de la directiva e incluye la creación de un registro de operadores de acceso condicional y la obligación para éstos de reservar un cuarenta por ciento de su capacidad para los programadores independientes.

El mercado de la televisión digital se ha desarrollado principalmente gracias a la televisión de pago por satélite. La baja penetración en casi toda Europa de las redes de cable (excepto en Alemania y los Países Bajos), la disponibilidad limitada de espectro para televisión terrenal y la rapidez de instalación que pro-

porciona el servicio por satélite han sido los factores que han motivado la elección del satélite como red de transmisión.

El desarrollo del mercado por parte de los operadores de televisión digital ha seguido un modelo similar al de la telefonía móvil: existe un dispositivo a través del cual el usuario accede al servicio (el teléfono móvil o el descodificador, respectivamente), con un coste elevado y que actúa como una barrera de entrada para los potenciales clientes. Los operadores deciden subvencionar este dispositivo subvención de su alquiler, venta, o incluso regalándolo), y basan su plan de negocio en los ingresos futuros por la prestación de servicios.

En este modelo, el operador debe asegurarse que el cliente va a permanecer "cautivo", al menos durante un cierto tiempo, para poder recuperar la inversión efectuada en su captación. Así, aparte de imponer cláusulas de tiempo de permanencia mínimo en los contratos de prestación de servicios, se "bloquea" el terminal, esto es, se "cierra" el descodificador y no se permite la conexión de módulos de acceso condicional de otro operador de televisión, aunque se base en los sistemas de acceso de DVB.

Este esquema de subvenciones no es viable para los difusores que emiten en "abierto" y que basan sus ingresos en la publicidad; por ello, el mercado de la televisión digital se ha desarrollado, como se cita al principio de este apartado, en la modalidad de televisión de pago.

Por todo lo comentado, aunque la legislación incluya la figura del operador neutral de servicios de acceso condicional y la posibilidad de compartir los descodificadores, en países como España, en la práctica, cada operador de televisión digital utiliza su descodificador con su sistema de acceso condicional integrado en un aparato diseñado para no ser accesible a otros operadores. El control de las plataformas de ejecución de las aplicaciones interactivas (hoy en día propietarias), o de las guías digitales de programación, se pueden añadir como razones adicionales que desincentivan el intento de uso de descodificadores compartidos por parte de los operadores que llegan más tarde al mercado.

El futuro desarrollo de la televisión digital va a venir marcado por los siguientes hechos:

- *El llamado "apagón analógico"*. Tras un periodo de transición en el que coexistirán el actual sistema de televisión analógica y la nueva televisión digital, toda la emisión de televisión será realizada mediante señal digital. Ello implica una paulatina migración de los canales analógicos en abierto que tendrá una fecha tope fijada en la mayoría de los países de Europa en torno al año 2010.

El objetivo de la imposición de la televisión digital es aprovechar la mejor eficiencia espectral que permite (más canales de televisión) y el desarrollo de los nuevos servicios interactivos.

En España, se ha fijado el 31 de diciembre de 2011 como fecha de desaparición de la televisión analógica, aunque esta fecha podría ser modificada. Los actuales operadores de televisión en abierto deben ini-

ciar sus emisiones digitales en el año 2002; adicionalmente, se han concedido nuevas licencias nacionales y regionales.

- *Un mayor desarrollo de servicios interactivos*: comercio electrónico, videoconferencia, navegación en Internet, correo electrónico, etc.

El DVB ha desarrollado un nuevo estándar, la plataforma multimedia del hogar (MHP - *Multimedia Home Platform*), para la próxima generación de televisión digital, con una mayor presencia de estos contenidos interactivos. Se trata de un sistema basado en tecnología Java que ofrecerá una plataforma de *software* abierta para el desarrollo de aplicaciones interactivas y que enlaza con estándares como HAVi para la distribución de señales por todo el hogar. Así, se busca un escenario en el que el descodificador de usuario sea común a todos los operadores. En España es el estándar escogido.

El descodificador de televisión es el elemento que permite al cliente el acceso a los diferentes proveedores de servicio. La creciente complejidad de estos aparatos y de la propia oferta de los proveedores ha suscitado ya una preocupación en la Unión Europea sobre diferentes aspectos que podrían dar lugar a situaciones anticompetitivas y discriminatorias. Esta situación puede reproducirse en el mercado de las pasarelas residenciales, donde habrá incluso un número mayor de potenciales proveedores.

Entre los puntos que son objeto de atención por parte de los reguladores se pueden citar:

- El acceso de los distintos operadores a las guías electrónicas de programación, que permiten al usuario elegir la programación entre la multiplicidad de las opciones disponibles. Así, la utilización de APIs (*interfaces de programación*) propietarias para programar estas guías podrían dar una ventaja competitiva al proveedor que controlase dicha interfaz. De hecho, en algunos países ya han surgido conflictos con este tema, y el regulador ha obligado a hacer públicas las interfaces de programación de dichas guías. Este problema de utilización de interfaces de programación de forma discriminatoria podría extenderse a otros campos tales como los mecanismos de seguridad de la pasarela (sistema de acceso condicional en el descodificador).
- La gestión de la *carga de aplicaciones* en los receptores y la *utilización de los recursos* de éstos (memoria, disco, etc.) también pueden dar lugar a situaciones discriminatorias si el operador del descodificador favorece a alguno de los proveedores.
- El control del canal de comunicaciones de retorno en el caso de la televisión digital puede dar lugar también a prácticas discriminatorias o de abuso si el que controla dicho canal utiliza la *información de los servicios utilizados* por el cliente en su provecho exclusivo (por ejemplo, para plantear ofertas comerciales a ciertos clientes). Esto ocurriría también en las pasarelas residenciales con el operador de la pasarela.

- La contraprestación económica que debería recibir el proveedor que ha suministrado el descodificador al cliente si se impone su uso comparado.

A medida que se desarrolle el mercado, los reguladores vigilarán que no se produzcan situaciones contrarias a la competencia.

3.3 CONCLUSIONES

La regulación juega un papel fundamental en la configuración del negocio de las telecomunicaciones; no es posible realizar la transición hacia un mercado en competencia sin regulación.

Aunque existe consenso sobre cuáles son los objetivos que se deben perseguir, esto es, el fomento de la competencia, la difusión de los servicios de telecomunicaciones en todos los sectores de la sociedad y el fomento de las inversiones en infraestructuras, hay importantes divergencias sobre el ritmo al que deben acometerse los pasos necesarios, y sobre cuál debe ser el papel de los reguladores en cada momento. Algo lógico, debido a los diferentes intereses de cada actor involucrado: países avanzados que desean una mayor apertura frente a países en vías de desarrollo que quieren proteger sus mercados, y operadores dominantes frente a nuevos entrantes.

Encontrar el punto justo de intervención regulatoria es complejo. Una regulación laxa puede provocar la aparición de posiciones dominantes que ahoguen la competencia, o el aprovechamiento de situaciones de arbitraje en el corto plazo que tengan consecuencias nocivas en la inversión en infraestructuras a largo plazo. Por el contrario, un exceso de regulación puede impedir la innovación y la inversión. Decisiones como los excesivos precios exigidos a los licenciarios de UMTS son un ejemplo de intervenciones regulatorias que pueden provocar el fracaso de un negocio. Por otro lado, la regulación debe evitar la incertidumbre, sin continuos cambios en las normas, pues se impide la planificación adecuada de las inversiones.

La tendencia a medio plazo es la convergencia de los modelos regulatorios, en la medida en que se continúa produciendo la globalización de la economía. La asunción de mayores capacidades regulatorias por organismos supranacionales, como la Unión Europea, es otra clara tendencia. Por último, la evolución de la regulación será hacia una aplicación de las leyes generales de la competencia, a medida que se alcance un mercado competitivo en los diferentes servicios de telecomunicaciones, dejando la aplicación de regulación específica para circunstancias muy concretas de mercado.

4

Las bases sociales del cambio

Según se ha comentado en capítulos anteriores, el sector de las telecomunicaciones se ha convertido en los últimos años en el sector probablemente más dinámico de la economía. Ello ha venido sin duda de la mano del avance experimentado en el campo de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC), pero los cambios más importantes deben producirse en los ciudadanos, que dispondrán de la capacidad de transmitir y recibir cualquier tipo de información.

Esa nueva sociedad hacia la que caminamos es lo que ha dado en denominarse "Sociedad de la Información", que constituye "un estadio de desarrollo social caracterizado por la capacidad de sus miembros (ciudadanos, empresas y administración pública) para obtener y compartir cualquier información, instantáneamente, desde cualquier lugar y en la forma que se prefiera".

*Antes de comenzar con el análisis de las implicaciones de la Sociedad de la Información, resulta muy útil disponer, a partir de la definición propuesta, de un modelo de la misma en el que aparezcan los actores fundamentales y las relaciones entre ellos. En este modelo, que se muestra en la **Figura 4-1**, se presentan cuatro grandes elementos:*

- *Los usuarios. Son las personas u organizaciones que acceden a los contenidos a través de las infraestructuras. Se trata en definitiva, de la sociedad.*
- *Las infraestructuras. Son los medios técnicos que permiten acceder a distancia a los contenidos.*
- *Los contenidos. Se denomina así a la información, aplicaciones, servicios o productos a los que se puede acceder a través de las infraestructuras.*
- *El entorno. Se consideran como entorno los factores de tipo social y económico que influyen en cualquier fenómeno que tenga lugar en la sociedad y que, por tanto, afectarán a la orientación y ritmo de implantación de la Sociedad de la Información.*



Figura 4-1:
Modelo de la Sociedad de la Información

4.1 ¿CÓMO AFECTA INTERNET A LOS USUARIOS?

Para su estudio, se dividen a los usuarios en tres grupos:

- *Ciudadanos*, que son las personas en su faceta de vida no profesional, aunque sea un aspecto difícil de distinguir en el caso de los profesionales independientes.
- *Empresas*, considerando como tales a las entidades lucrativas, aunque se incluyan también en este grupo las organizaciones independientes sin ánimo de lucro que en su organización y funcionamiento aplican procedimientos de gestión empresarial.
- *Administraciones Públicas*, en el que incluimos las organizaciones que, a cualquier nivel, tienen como objetivo el servicio al ciudadano y la administración de los bienes públicos.

4.1.1 Ciudadanos

Desde el punto de vista del ciudadano la incorporación de la Sociedad de la Información supone a priori:

- La obtención instantánea de cualquier información.
- Una mayor facilidad para la obtención de servicios relacionados con la salud, la educación y la adquisición permanente de conocimientos, el entretenimiento, el acceso a los bienes culturales y la compra de bienes y servicios.

Como consecuencia, la mejor disponibilidad permitirá mayores cotas de confort y bienestar personal, una mayor libertad en cuanto a los desplazamientos.

tos y una mayor libertad en la elección del tiempo y la forma en que se realicen las comunicaciones interpersonales.

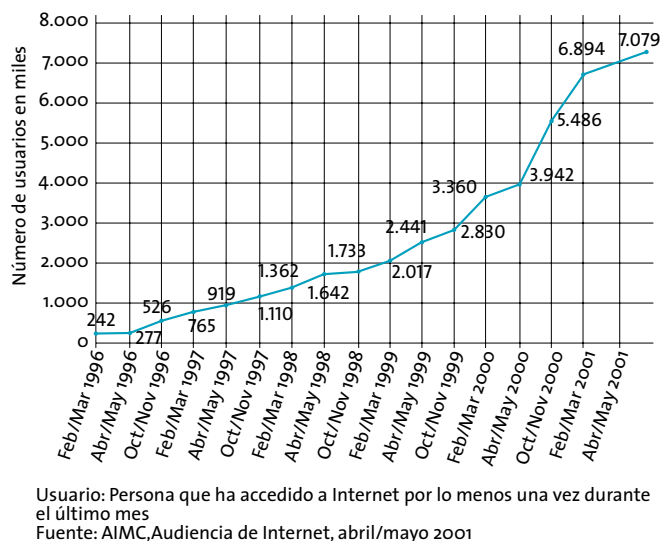
No obstante, no es suficiente identificar las posibles ventajas, sino que se hace necesario evaluar cuáles son las demandas de los usuarios en cuanto a las necesidades de información y el tipo de servicios de telecomunicación que contribuyen en mayor medida a satisfacer sus principales expectativas.

El analizar la utilización que hacen los ciudadanos de los servicios relacionados con la Sociedad de la Información, qué tipos de servicios son los más demandados, cuáles son las ventajas e inconvenientes que de ellos se perciben, y cuáles son sus actitudes ante los nuevos servicios, constituye una valiosa fuente de información para el desarrollo de esta nueva sociedad. Como ejemplo que resulta especialmente cercano se analizará el caso de España, para determinar cómo se están produciendo los cambios anteriores.

La Sociedad de la Información en España

En líneas generales, España está incorporando los aspectos relacionados con la Sociedad de la Información. Uno de los mejores indicadores para medir el grado de avance en este aspecto, es la penetración de Internet. El número de usuarios de Internet en España está en permanente crecimiento; en mayo de 2001 se alcanzó la cifra de 7.079.000 usuarios, como se muestra en la **Figura 4-2**, lo que supone un 20,3% de la población mayor de 14 años. Si se compara este dato con la cifra correspondiente al mismo periodo del año anterior, supone un crecimiento en el número de usuarios próximo al 80%.

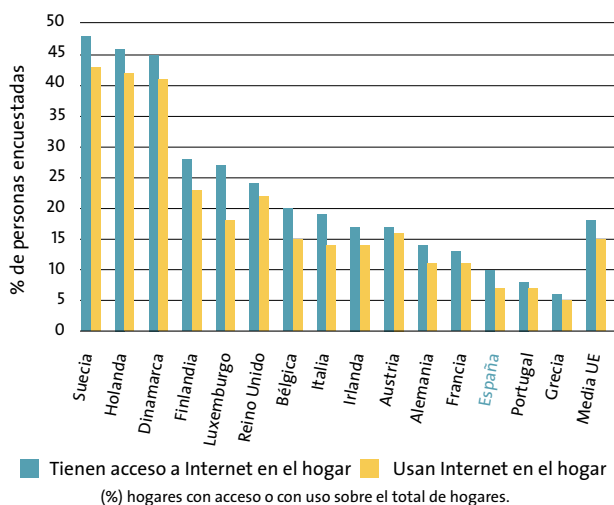
Figura 4-2:
Evolución del número de usuarios de Internet en España, entre la población mayor de 14 años



Pese a las buenas perspectivas que parecen deducirse de esta figura, España aún presenta un considerable retraso en el número de usuarios de Internet sobre el total de población con los países de nuestro entorno, que se puede esti-

mar en 1,5 años con respecto a la Unión Europea (13,7% para España frente a 25% para la Unión Europea), y superior a 3,5 años con respecto a Estados Unidos (13,7% para España frente a 55,8% para Estados Unidos). Estos datos demuestran que, pese al fuerte crecimiento registrado en nuestro país en los últimos años, se mantiene el retraso con respecto a los países más avanzados, aunque existen previsiones de crecimiento para España, en el periodo 2001-2003, superiores a las del resto de los países de nuestro entorno.

Si se analiza la presencia de Internet en los hogares españoles frente a la de los hogares de la Unión Europea, se comprueba que España ocupa uno de los últimos lugares por delante de Portugal y Grecia y bastante alejada de la media de la Unión Europea, tal y como se muestra en la **Figura 4-3**.



Fuente: EITO 2001

Figura 4-3:
Disponibilidad y uso de Internet en el hogar

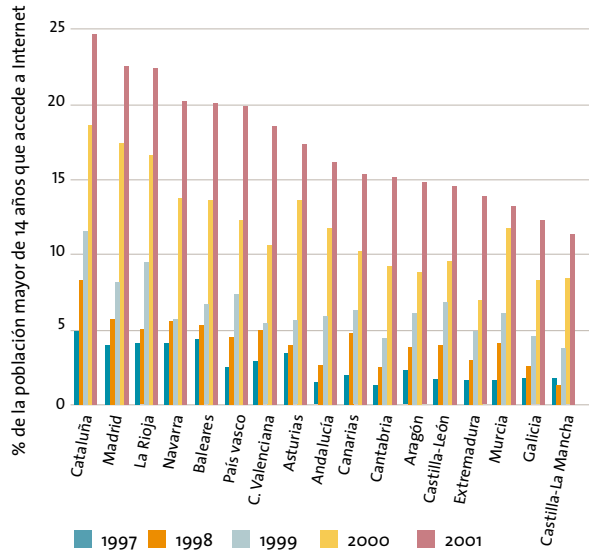
Por lo que respecta a la penetración de Internet en las distintas Comunidades Autónomas, los datos demuestran que existen diferencias notables entre unas y otras, reflejando asimismo un crecimiento dispar entre ellas, tal y como se muestra en la **Figura 4-4**. Aunque en todas ellas se han registrado crecimientos importantes en los últimos años, las diferencias persisten, cuando no se han acentuado.

Perfil del internauta español

El internauta español continúa siendo mayoritariamente varón, el 61% de los casos en el año 2000, aunque las mujeres se van incorporando paulatinamente a Internet, el 39% frente a un 32% en el año 1999. Esta proporción se va aproximando a la existente en los países más avanzados. La penetración más elevada de Internet se da entre los usuarios de 20 a 34 años, seguidos por los más jóvenes de 16 a 19 años, pudiendo situarse la edad media del usuario español alrededor de los 30,7 años. En el extremo opuesto, la penetración de Internet

Figura 4-4:

Penetración de Internet en las Comunidades Autónomas



Fuente: AIMC, Audiencia de Internet, abril/mayo 2001

entre los mayores de 54 años es muy baja, apenas alcanzando el 5%. Actualmente, más de la mitad (55%) de los usuarios de Internet pertenecen a las clases media-media, media-baja y baja, y en 1999 eran sólo el 44%, por lo que parece que el uso de Internet se va popularizando.

En cuanto a los lugares de acceso preferidos por los internautas españoles, teniendo en cuenta que un mismo usuario puede acceder desde distintos lugares, destaca el hogar, con tasas situadas alrededor del 55% como entorno preferido, seguido por el puesto de trabajo (40%) y los centros de estudios (23%). La utilización de cibercafés u otros lugares de acceso no alcanzan el 5%. La mayor implantación de Internet se da en Barcelona (26,3%) y Madrid (18,7%), mientras que en las ciudades de menos de 50.000 habitantes se sitúa alrededor del 10%, no alcanzando el 5% en el entorno rural.

¿Para qué se usa Internet?

En la **Tabla 4-1** se muestran los principales servicios utilizados por los

Tabla 4-1:

Servicios utilizados por los usuarios de Internet

Servicio	Alemania	Dinamarca	España	EE.UU.	Francia	Méjico	Reino Unido
Web	98,7	97,2	98,4	97,9	98,7	98	95,1
Mail	53,8	71,9	61	46,4	53,8	26,6	60,1
Audio-vídeo	21,2	14,7	27,1	24,2	21,2	31,6	19,2
Mensajería instantánea	13,2	12,4	23,9	33,2	13,2	49	21,6
Chat	5,7	3,4	28	7,4	11,3	13,4	6,8
Newsgroups	5,4	6	9,7	5,4	6,6	5,6	9,9

Fuente: NetValue, Study on US and European Internet Usage, Septiembre 2000

usuarios de Internet, ocupando los primeros lugares el correo electrónico y la navegación por páginas web. Un aspecto diferenciador con el resto de países considerados es la utilización de servicios de comunicación entre personas, siendo líderes en el uso de chat, y segundos en news y terceros en mensajería instantánea.

Por lo que respecta al comercio electrónico (ver la **Figura 4-5**) menos del 5% de los usuarios de Internet en la Unión Europea han realizado compras regularmente y un 25% manifiestan comprar ocasionalmente y raramente. España ocupa una de las últimas posiciones en cuanto a porcentaje de internautas que compran alguna vez. En el año 2000, 970.000 usuarios de Internet han realizado alguna compra y el 65% de los compradores online españoles han comprado dos o más veces. Los productos más comprados son: música (24,8%), libros (21%) y reservas de viaje (16,3%). El gasto medio del comprador online español fue de 34.000 pesetas y un 28% de ellos gastaron más de 50.000 pesetas en sus compras.

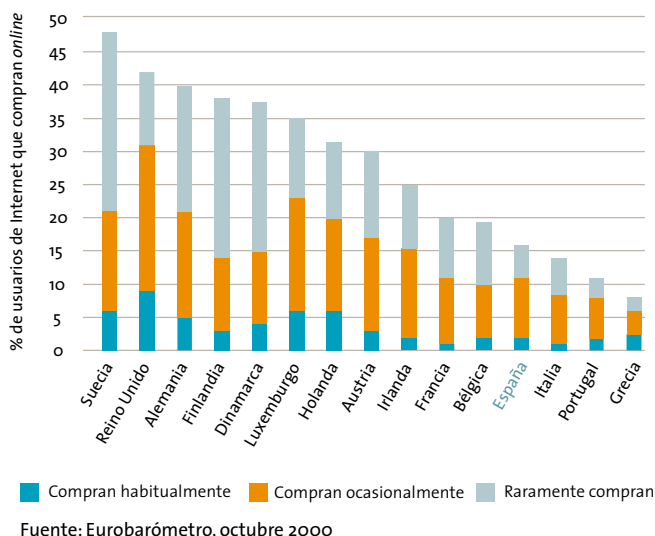


Figura 4-5:
Los usuarios de Internet
ante el comercio electrónico

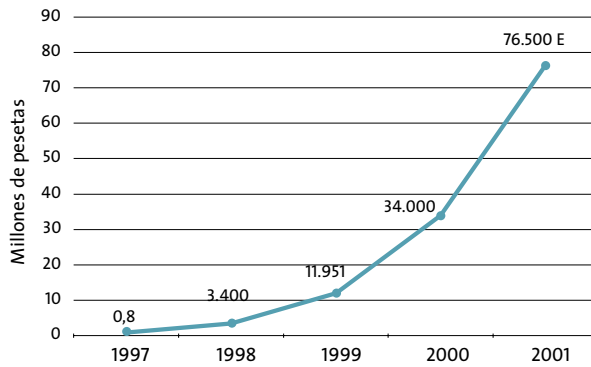
En el año 2000 el mercado del comercio electrónico se ha comportado mejor de lo esperado. Las previsiones iniciales eran de un volumen de 30.000 millones de pesetas, pero se han alcanzado los 34.000 millones (ver la **Figura 4-6**), multiplicando por diez, en tan sólo dos años, el tamaño del mercado. Como se ve, las expectativas siguen siendo muy favorables, pues se espera que alcance en el año 2001 un volumen de 76.500 millones de pesetas.

4.1.2 Empresas

Las empresas, conscientes de los importantes retos que la Sociedad de la Información les plantea, y a su vez vislumbrando las posibilidades que ésta misma les ofrece, están incorporando Internet a todas sus actividades.

Figura 4-6:

Evolución del mercado de comercio electrónico en España



Fuente: AECE, Comercio Electrónico en España. Ventas al consumidor B2C, abril 2001

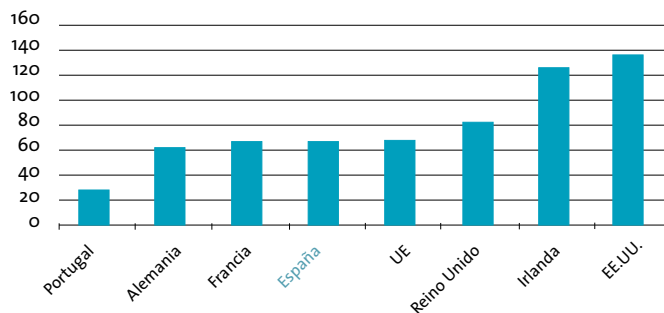
Grado de penetración de la Sociedad de la Información en las empresas

Al igual que en el caso de los ciudadanos, el número de empresas españolas que tiene acceso a Internet está creciendo, pasando de un 50% en 1999 al 64,5% en el año 2000. Sólo la cuarta parte de ellas disponen de un *website* propio, siendo las empresas de servicios las que presentan un nivel más alto de penetración, y de este número únicamente el 3%, alrededor de 28.000 empresas, han puesto en marcha alguna iniciativa de comercio electrónico. La principal fuente de ingresos en las iniciativas de comercio electrónico es la venta de productos o servicios (76%), seguido de los ingresos por publicidad (20%).

Un indicador de la situación de las empresas españolas con respecto a los países de nuestro entorno, en cuanto a la penetración de las tecnologías de la información y las comunicaciones, es el número de PCs por cada cien trabajadores de oficina. Como muestra la **Figura 4-7**, España ha alcanzado los 64 PCs, cifra próxima a la media de la Unión Europea (67), siendo éste uno de los parámetros en el que nuestro país se encuentra mejor posicionado.

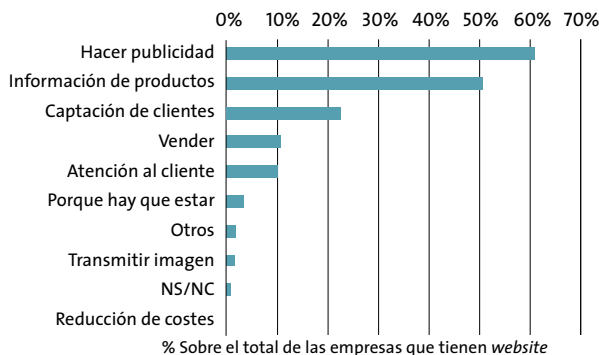
Figura 4-7:

Número de PCs en la empresa por cada cien trabajadores de oficina



Fuente: EITO 2001

Los objetivos fundamentales (ver la **Figura 4-8**) de las empresas españolas que disponen de *website* están dirigidos a aspectos de precomercialización, pues casi todas tienen como finalidad hacer publicidad sobre sus productos o servicios, o proporcionar información sobre los mismos. Sin embargo, un porcentaje significativo señala como uno de sus objetivos la captación de clientes, lo que es un síntoma de que el comercio electrónico se vislumbra como una oportunidad para darse a conocer, aunque las posibilidades de venta en la Red se vislumbran como algo más lejano.



Fuente: AECE, Comercio electrónico en España. Ventas al consumidor B2C, abril 2001

Figura 4-8:

Objetivos principales de las empresas españolas que tienen *website*

Alrededor del 28% de las empresas que venden o comercializan sus productos *online* han realizado unas inversiones entre 300.000 y 1.000.000 de pesetas, por lo que no parece que sea esta una de las razones que impidan el despegue del comercio electrónico. Esto refuerza la idea de que las principales barreras, tanto desde el punto de vista de la empresa como del consumidor, se localizan en la falta de confianza o en el desconocimiento del nuevo canal de comercialización.

Por lo que respecta al B2B -entendiéndolo como relaciones de compra-venta entre empresas basadas en las tecnologías de la información y las comunicaciones, incluyendo cualquier práctica, desde *Electronic Data Interchange* (EDI) hasta Internet-, ya hace tiempo que se practica en España, pues las técnicas EDI están muy introducidas en algunos sectores. Se calcula que el negocio B2B movió en España, en el año 2000, 4,7 billones de pesetas. Si nos restringimos al B2B realizado sobre Internet, su valor fue de 165.000 millones.

En España un 20,1% de empresas, con facturación superior a 350 millones de pesetas, practican el B2B y las previsiones de crecimiento para el año 2003 son de un 95% con respecto al año 2000. Por lo que se refiere a la percepción de oportunidades del B2B por parte de las empresas, destaca la mejora de la calidad del servicio, seguido de la ampliación del mercado y de la reducción de costes. En lo que se refiere a los beneficios obtenidos por las empresas con la implantación del B2B destacan como los más valorados: la optimización de los procesos, la mejora del servicio al cliente, la mejora de la competitividad de la empresa y

la disminución del tiempo de aprovisionamiento.

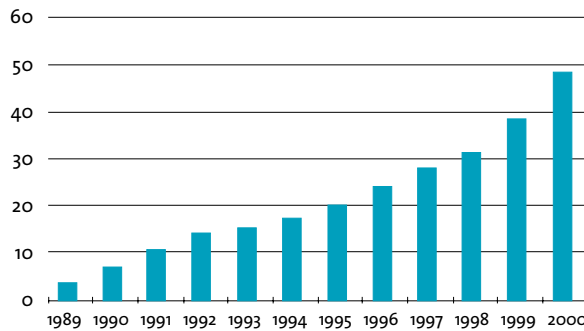
4.1.3 Administraciones Públicas

Las Administraciones Públicas juegan un papel fundamental en el desarrollo de la Sociedad de la Información, en dos aspectos principales:

- Como usuarias de las tecnologías de la información y las comunicaciones en su funcionamiento interno.
- Como proveedoras de servicios al ciudadano.

Para medir el grado de penetración de las tecnologías de la información y las comunicaciones en la Administración Pública, un buen indicador es el número de terminales interactivos por cada cien empleados públicos. Este parámetro no ha parado de crecer en los últimos años (ver la **Figura 4-9**), aunque es bastante inferior al número de PCs por cada cien trabajadores de empresa. Este retraso de las Administraciones Públicas con respecto a las empresas es una situación que se produce en todos los países.

Figura 4-9:
Número de terminales por cada cien empleados públicos en España



Fuente: EcaTT y elaboración propia

Por lo que se refiere a la prestación de servicios al ciudadano utilizando las tecnologías de la información, es decir, la administración electrónica, ocupamos una posición intermedia en lo que se refiere al grado de madurez (ver la **Figura 4-10**), situándonos en el grupo de los "cumplidores firmes", o lo que es lo mismo, entre los países que sin ser líderes, ofrecen una gama bastante amplia de servicios *online* y muestran un claro compromiso hacia el progreso en sus prestaciones y calidad. Prueba de ello es la buena aceptación por los ciudadanos: en mayo de 2001 los *websites* de las Administraciones fueron visitados por un 38,5% de los internautas españoles, cifra muy superior a la media en los países europeos.

Incluso en algún aspecto, como es el caso de los aspectos tributarios, España ocupa una posición excelente con respecto a la mayoría de los países más avanzados (ver la **Figura 4-11**), ya que es uno de los pocos países en los que resulta

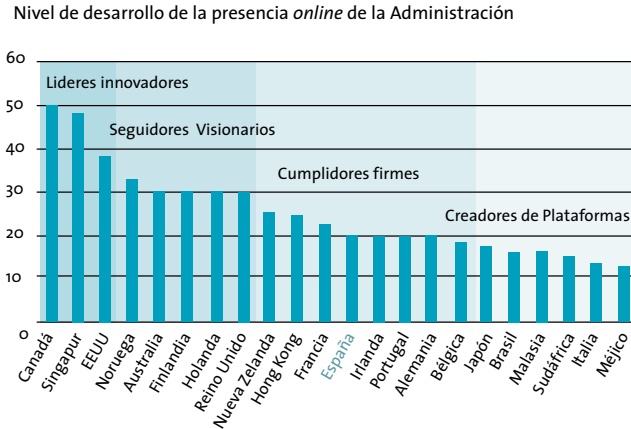


Figura 4-10: Desarrollo de la Administración electrónica en varios países

Fuente: Accenture, Liderazgo en la Administración Electrónica: acortando distancias entre retórica y realidad, 2001

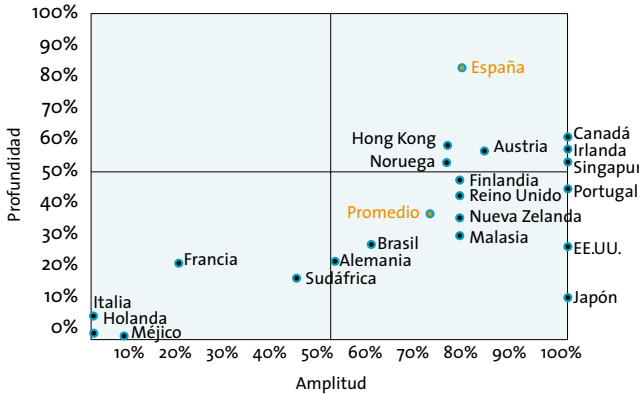


Figura 4-11: Madurez de la Administración electrónica en aspectos tributarios en varios países

Amplitud: Número de servicios competencia de la Administración Central disponibles *online*

Profundidad: Nivel de exhaustividad con que se ofrece cada servicio

Fuente: Accenture, Liderazgo en la Administración Electrónica, 2001

posible a las empresas y ciudadanos calcular sus obligaciones fiscales, presentar sus declaraciones y recibir las devoluciones sin visitar las oficinas de tributos.

Al igual que sucede en Europa, en España hay una clara conciencia en la Administración de la necesidad de avanzar en el camino hacia la Sociedad de la Información. El Gobierno Central ha desarrollado una estrategia para el periodo 2001-2003 que se resume en el Plan de Acción InfoXXI, compuesto por más de 300 acciones y proyectos. En este plan se contemplan veintiuna acciones y proyectos emblemáticos (ver la **Tabla 4-2**), con una inversión de 126.000 millones de pesetas.

4.2 LAS TENDENCIAS

Tabla 4-2:

Plan de Acción InfoXXI para el periodo 2001-2003. Veintiuna acciones y proyectos emblemáticos

Líneas de acción	Acciones	miles de pesetas
Los ciudadanos y las empresas en la Sociedad de la Información	Internet en la enseñanza	27.945
	Red IRIS: la nueva Internet para investigación	32.800
	Puntos de acceso público a Internet	2.074
	Accesibilidad y alfabetización digital	3.795
	Formación de profesionales TIC	8.422
	PYMES y comercio electrónico	12.271
La Administración electrónica	Portal Único de las Administraciones	3.791
	El DNI electrónico: la identidad digital	2.960
	Seguridad electrónica: proyecto CERES	4.858
	Declaración y pago de impuestos por internet	685
	La Seguridad Social en la red	1.309
	Registro Civil electrónico	4.827
	Derecho de petición por Internet	20
	Plan Director de Sistemas de Información de Defensa	1.845
	Portal Salud	674
	Identificación y control del ganado	630
España en la red: contenidos digitales	El Español en la red	2.910
	Patrimonio Histórico en la red	1.039
	El Medio Ambiente en la red	310
	Portal del Turismo español	2.152
	Creatividad española en la red	11.210

Fuente: Ministerio de Ciencia y Tecnología, Plan de Acción infoXXI, enero 2001

4.2.1 Tendencias de los usuarios

En la actualidad, el acceso a Internet y el uso de la telefonía móvil son seguramente dos de los servicios más populares entre los ciudadanos. En estimaciones referidas al año 2000, se calculaba que en España accedía a Internet algo más del 15% de la población, en tanto que el número de individuos que tenían acceso a un PC se estipulaba en un porcentaje del 29%. Tomando como referencia estos datos, los expertos consultados esperan que, para el año 2005, la cifra de individuos con acceso a un PC (bien sea desde el hogar, puesto de trabajo o centro de estudios) se aproxime al 40%. Para la población rural la cifra alcanzará el 17%, para la población sin estudios universitarios será del 24% y para la población de clase media-baja o baja del 13,7%. En todos los casos supone multiplicar por un factor de 2,5 aproximadamente las cifras actuales.

Por otro lado, es previsible que, a corto plazo, el rechazo al uso habitual e intensivo de Internet tenderá a disminuir, cuando no a desaparecer casi totalmente. Esta percepción debe relacionarse con la confianza manifestada de que algunos de los factores que, hoy por hoy, se consideran que actúan como barreras se vean reducidos o corregidos. Se espera que la lentitud de las conexiones y de la descarga de programas y aplicaciones se vea claramente reducida, a la par que se simplifiquen y doten de mayor amigabilidad los sistemas de navegación. Las barreras que parece que se mantendrán durante más tiempo son: la sensación

de inseguridad, la escasez de contenidos de alto interés y la resistencia al pago por el uso de Internet.

Un aspecto especialmente relevante es la falta de correlación clara entre el interés de los ciudadanos por los servicios *online* y su disposición a pagar por los mismos. A modo de ejemplo, aún cuando la posibilidad de poder realizar gestiones con las Administraciones Públicas a través de Internet se percibe como una actuación de las de mayor interés para el ciudadano, la predisposición a tener que pagar por ello se valora como prácticamente nula, probablemente por que lo considera como un servicio básico, al que debe acceder gratuitamente. Sin embargo, la formación *online* o la realización de compras especiales, entendiéndose por tales aquellas que tienen motivaciones fuera de la vida diaria, se perciben como áreas en las que el ciudadano estaría dispuesto a satisfacer una contrapartida económica, a cambio de obtener un servicio que lleve implícito un beneficio de interés personal. Sin embargo, la creación de contenidos con un valor perceptible para el usuario será un factor clave en el futuro.

Sin duda, desde el punto de vista de los usuarios, una de las principales barreras al desarrollo de negocios en Internet será el grado de seguridad. Se espera que en los próximos años decrezca la desconfianza hacia los medios y formas de pago aplicables en operaciones online, para lo que se considera crucial el desarrollo de la regulación correspondiente y el ejercicio de control pertinente. En paralelo, se cree que el propio mercado establecerá sus reglas de competencia, de forma que se produzca una selección natural de empresas basada en la calidad de sus servicios y la atención al cliente, persistiendo en el mismo únicamente aquellas que ofrezcan ambos aspectos. Los sistemas físicos para el acceso a Internet y a las aplicaciones interactivas dentro del entorno doméstico serán: principalmente el PC, con un uso creciente y mantenido, alcanzando tasas de penetración del 50% en los hogares españoles en el 2005, y en segundo lugar la televisión digital. Ambos sistemas serán compatibles y complementarios, pareciendo imponerse el criterio de que serán utilizados dentro del hogar con finalidades diferentes.

En cualquier caso y dentro de esta previsible cohabitación de sistemas de acceso, merece reseñarse la convicción de que la televisión digital ha de contemplarse, al menos en los años inmediatos, como un proyecto de futuro, tanto por necesidades de desarrollo tecnológico, como por el asentamiento de que goza la televisión analógica en la actualidad. Es muy probable que deban transcurrir más de cuatro años para que se popularice el uso y extensión de la televisión digital, no obstante, se le asigna un gran potencial como medio adecuado para introducir las aplicaciones interactivas en los hogares españoles.

Respecto de la telefonía móvil, con la aparición de los protocolos WAP el terminal móvil se convierte en una plataforma para aplicaciones interactivas. No obstante, parece que va a mantener su carácter básico como sistema de comunicación interpersonal, tanto mediante la transmisión de voz como de mensajes, siendo la mejora de las tecnologías asociadas a esta utilidad la finalidad hacia la que orientarán sus mayores esfuerzos los fabricantes, en correspondencia con los

requerimientos previsible de los usuarios.

Entre las utilidades complementarias del teléfono móvil, destacan los desarrollos previsible para su uso como instrumento de pago, invadiendo en parte el terreno de las tarjetas de crédito, aplicaciones éstas que previsiblemente se completarán con otras más específicamente orientadas a la realización de gestiones de tipo financiero y bancario. En ambos casos se espera una considerable aceptación y uso de las mismas por los usuarios.

4.2.2 La Sociedad de la Información en el entorno de la empresa

En el horizonte de los próximos cuatro años puede preverse una clara intensificación en el uso y aplicación de las TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) por parte de las empresas, aún cuando prevalece la dificultad de cuantificar esta intensificación al tener que considerar factores diferenciales importantes entre unas y otras empresas (tamaño, sector de actividad, capacidad de inversión, etc.). Los expertos manifiestan de forma bastante uniforme la creencia de que, en un previsible panorama económico nacional y mundial de crecimiento moderado y sostenido, la tendencia será claramente alcista.

Así, mientras que según datos correspondientes al año 2000, un 63% de las empresas españolas disponían de acceso a Internet, la previsión para el año 2005 apunta a que tal disponibilidad se elevará hasta porcentajes superiores al 85%. En la misma línea, frente a un porcentaje actual del 25% de empresas españolas que disponen de website, la proyección a cuatro años vista eleva la cifra a más de la mitad de las empresas de nuestro país. Asimismo, las previsiones coinciden al cuantificar que en dicho año una de cada tres empresas españolas pueda disponer de *intranet*.

En lo que respecta al comercio electrónico, en la actualidad el número de empresas españolas que utilizan de forma efectiva el comercio electrónico alcanza un escaso 3%, pero el porcentaje esperado de utilización en el año 2005 se eleva por encima del 20%. Este crecimiento del comercio electrónico vendrá auspiciado por unas favorables perspectivas de rentabilidad tanto en el área de B2B (*Business to Business*) como en el de B2C (*Business to Consumer*), que no obstante sólo estarán al alcance, en opinión prácticamente unánime, de las empresas eficientes. En todo caso y por comparación entre ambas áreas, habrá una mayor complejidad para el desarrollo de actividades e iniciativas de éxito en el ámbito del B2C.

Nadie duda de que esta creciente incorporación y uso de tecnologías nuevas va a modificar la dinámica funcional de las empresas en muchos de sus aspectos principales. Se observa, en primer lugar, un convencimiento generalizado de que el mayor impacto derivado del uso creciente de las TIC se producirá sobre dos etapas críticas y extremas de la actividad de la empresa, como son la fase de aprovisionamiento y la fase de venta de sus productos y servicios.

El ejercicio de las tareas de dirección también se verá modificado como consecuencia de la aplicación de estas nuevas tecnologías, generando cambios de

estilo derivados de la intensificación del uso de instrumentos tales como las intranets, de la adaptación cada vez más extendidas entre los directivos al teletrabajo, o del aprovechamiento intensivo de las posibilidades de supervisión remota.

La incidencia sobre el empleo en las empresas se hará especialmente patente en cuanto a la cualificación demandada a los potenciales trabajadores, ya que la misma será necesariamente creciente y con una clara orientación a incorporar expertos en el uso, aplicación y desarrollo de las TIC. También se perciben cambios inducidos en el sentido de alcanzar mayores cotas en materia de flexibilidad de horario o de movilidad geográfica, ambos perfectamente asociables a la propia flexibilidad intrínseca de la práctica totalidad de instrumentos nuevos puestos a disposición de la actividad empresarial desde la Sociedad de la Información.

Finalmente y dentro de las consecuencias derivadas de carácter menos positivo, al menos desde el punto de vista del trabajador, se prevé una incidencia negativa en materia de estabilidad laboral.

Un elemento estratégico fundamental de cara a la implantación efectiva de las TIC en la empresa, es la actitud que al respecto ostente su fuerza laboral, diferenciada a los efectos de este estudio entre directivos, cuadros medios y empleados. La actitud de los directivos será básicamente favorable y en bastantes casos calificable incluso como de entusiasta. Concuera esta opinión con el convencimiento de que la clase empresarial española percibirá en los próximos años la Sociedad de la Información como una realidad a la que de forma inevitable debe incorporarse, así como una oportunidad que ha de aprovecharse en la mayor medida posible. Parece desde luego descartada la posibilidad de que el empresario español identifique el desarrollo de la Sociedad de la Información como un factor de riesgo que pueda amenazar el ejercicio de su actividad económica.

Considerando el colectivo de los cuadros intermedios, la percepción apunta también a una actitud esencialmente favorable, si bien el grado de entusiasmo no se espera sea demasiado marcado, llamando la atención sobre la aparición de posibles actitudes de retraimiento que, en todo caso, serán más palpables y significativas que las que puedan aflorar en el colectivo de los directivos.

Las opiniones respecto de la actitud dominante en el grupo social de empleados ante la aplicación de las TIC se dividen casi por igual entre el retraimiento y la actitud favorable, con porcentajes de predisposición positiva netamente inferiores a los de los dos colectivos anteriores, esperándose, no obstante, bajos niveles de marcado rechazo o resistencia. Aparece clara la esperanza de que la clase trabajadora valore a corto y medio plazo la Sociedad de la Información como un fenómeno irrenunciable y ante cuyo avance y consolidación, lejos de adoptar actitudes negativas asociadas al riesgo de una amenaza, se valoren positivamente las oportunidades que de ella se pueden derivar para el propio trabajador.

En lo que respecta a los dispositivos a utilizar en el ámbito empresarial para el acceso a las aplicaciones interactivas, características por otra parte de la

Sociedad de la Información, destaca en lugar preferente el PC fijo, con un uso claramente creciente y dominante, si bien también experimentará un notable incremento el uso del PC portátil. A ello contribuirá según las opiniones pulsadas, entre otros factores, el convencimiento de que el precio de estos dispositivos tenderá a reducirse durante los próximos años, a la par que se incrementarán sustancialmente sus prestaciones.

También se esperan incrementos respecto del grado de penetración actual en el uso de otros dispositivos de acceso, tales como los de tipo PDA (*Personal Digital Assistant*) o móviles de última generación, si bien se considera que en el horizonte del año 2005 su utilización en el entorno de la empresa todavía será limitada y extendida casi con exclusividad a los cuadros medios y directivos de la misma.

Finalmente, parece interesante analizar la casuística singular de las pequeñas y medianas empresas (Pymes), en lo relativo a las perspectivas sobre su capacidad de incorporación y aplicación intensiva de las TIC. En principio se pulsa un cierto optimismo, que se traduce en la confianza mayoritariamente expresada de que también en las pequeñas y medianas empresas se irá valorando cada vez de forma más positiva y con mayor interés la utilidad, a efectos de negocio y rentabilidad, que puede derivarse de la aplicación de estas tecnologías.

Ello conllevará, seguramente, a cambios de planteamiento por parte de este tipo de empresarios, que percibirán la necesidad de incrementar las inversiones asociadas a la implantación de estas tecnologías en su negocio, e irán ajustando sus procedimientos funcionales a los requerimientos de cambio que exigirá el nuevo mercado. Como principal cuello de botella en esta incorporación de las Pymes a la Sociedad de la Información, los expertos identifican la dificultad que tendrán estas empresas para incorporar personal con conocimientos y cualificación suficientes en el uso y aplicación de las TIC y también, aunque en menor medida, la dificultad para asimilar los cambios en procesos que, a menudo, se caracterizan por funcionar bajo unas inercias acusadas.

En todo caso y dentro del ya señalado marco de optimismo, se espera la materialización de políticas y planes públicos de apoyo y promoción a las Pymes en este reto, considerándolas como fundamentales para que una parte tan básica e importante del tejido económico español no corra el riesgo de perder este tren de la modernidad.

4.2.3 Las Administraciones Públicas y la Sociedad de la Información

La incidencia a corto plazo de la aplicación de las TIC en las Administraciones Públicas producirá mejoras más moderadas, debido a las características del funcionamiento administrativo, sujeto a unos procedimientos rigidamente reglados, a lo que hay que añadir la tradicional inercia burocrática. Por ello, se considera que los posibles beneficios derivados de la aplicación de las TIC en las Administraciones Públicas se percibirán a más largo plazo que en el ámbito empresarial.

Es de esperar que la utilización de las TIC por parte de la Administración mejore en cierta medida, en el horizonte temporal de los próximos cuatro años, los aspectos relacionados con la atención directa a los administrados (ciudadanos y empresas). El mayor avance se producirá en el acceso a la información administrativa por parte de los ciudadanos, ya sea información de carácter general o de interés particular asociada a tramitaciones y gestiones en curso, lo que conllevará reducciones apreciables en la necesidad de desplazamientos de los interesados para realizar gestiones administrativas, y mayores posibilidades y simplificación en la presentación de solicitudes y reclamaciones.

En lo que respecta a la incidencia previsible sobre aspectos más directamente relacionados con los procesos administrativos, se plantea con menor optimismo, poniéndose de manifiesto el convencimiento de que la aplicación de las TIC no servirá para mejorar sustancialmente la transparencia en los procesos de tramitación o la rapidez en la respuesta a las solicitudes y quejas planteadas por los administrados. Igualmente tampoco se esperan importantes cambios en facetas específicas como la lucha contra el fraude fiscal o la seguridad ciudadana. Un aspecto destacable es la percepción de que la utilización de las TIC no contribuirá al avance de la participación ciudadana en la toma de decisiones administrativas y sobre todo en la simplificación de los procesos electorales, a pesar de que la informática y las comunicaciones se están aplicando con éxito, a nivel nacional e internacional, en estos procesos.

Al igual que ocurría en el ámbito empresarial, el análisis del impacto del uso de las TIC en el empleo público permite prever un incremento en la cualificación profesional demandada a los funcionarios de las distintas Administraciones, con exigencias de capacitación efectiva para la aplicación de las referidas tecnologías. No obstante, en términos generales, los efectos en el empleo generado van a ser, al menos a corto plazo, más bien escasos, criterio éste que hay que relacionar con las características singulares del empleo público (sistemas de acceso por vía de oposición, estabilidad en el empleo, etc.), si bien se esperan tendencias positivas en ciertos aspectos como mayor flexibilidad laboral, jornada más reducida y menor tiempo dedicado a desplazamientos hogar-trabajo.

Por lo que respecta a las actitudes dentro del colectivo laboral público respecto de la aplicación de las TIC, la previsión apunta tendencias acusadas a una actitud favorable e incluso entusiasta en el colectivo de los altos cargos públicos, más próximos en definitiva al discurso político vigente en cada momento, y responsables directos, por tanto, de su extensión en el ámbito de las Administraciones Públicas. Tampoco se esperan demasiadas reticencias a la incorporación de estas tecnologías en el grupo de los cargos intermedios, si bien se identifican mayores niveles de retraimiento, que no rechazo, que en el colectivo anteriormente analizado, así como menores grados de entusiasmo. Finalmente y tomando en consideración el colectivo general de funcionarios, las previsiones tienden a mostrar actitudes divididas entre el retraimiento y la postura favorable, contemplando incluso la posibilidad de contar con posiciones de rechazo y resistencia bastante marcadas.

Esta tendencia puede encontrar cierta explicación en el convencimiento manifestado por algunos expertos de que los funcionarios con cualificación en el uso y aplicación de las TIC tenderán a optar por prestar sus servicios en las empresas privadas, circunstancia esta que podría incrementar el déficit de formación tecnológica en el cuerpo funcional y, como consecuencia, una mayor tendencia a rechazar la incorporación de estas nuevas tecnologías.

En lo que respecta al papel regulatorio público para el desarrollo y consolidación de la Sociedad de la Información, vuelven a aparecer importantes dudas sobre la adecuación y corrección de su ejercicio. La opinión generalizada manifiesta una prácticamente total carencia de capacidad de anticipación y previsión de cambios en la actuación legislativa, lo que conlleva que sólo se proceda a legislar cuando los fenómenos de cambio ya han aflorado, con la indeseable consecuencia de que esa legislación se ve rápidamente superada por la velocidad de desarrollo de aquéllos.

Sin embargo y con independencia de la desfavorable valoración mayoritaria de este ejercicio legislativo, todos los expertos consultados coinciden al considerar necesaria una adecuada regulación en aspectos relacionados con la Sociedad de la Información, identificando como prioritarios aquellos que afectan a la protección de los datos personales, a la validación jurídica de los documentos electrónicos o a los derechos de propiedad intelectual. Respecto de la regulación sobre contenidos, se aprecia bastante unanimidad a la hora de considerar necesaria la existencia de una legislación especialmente orientada al control de aquellos que puedan resultar potencialmente nocivos o atentatorios contra la ética más elemental, si bien se manifiesta un convencimiento generalizado de que el ejercicio de dicho control en lo que respecta a la inserción de contenidos en Internet será más bien escaso.

Finalmente y siempre dentro de ámbito público de actuación, no se aprecia demasiada claridad en la percepción a corto plazo de la medida en que se van a planificar y materializar acciones específicas de apoyo económico oficial que redunden y propicien el desarrollo de la Sociedad de la Información. En este sentido, las opiniones apuntan a que las posibles subvenciones públicas que se habiliten vayan dirigidas principalmente a actividades asociadas con la formación en las TIC, así como al apoyo y promoción de iniciativas empresariales relacionadas con el uso y aplicación de estas tecnologías.

5

La gestión en el negocio de las telecomunicaciones

La búsqueda de la rentabilidad en las empresas de telecomunicaciones en un entorno de competencia ha llevado a una profunda reorganización de sus procesos de negocio.

*Así, de una rígida cadena de valor integrada verticalmente y controlada por los operadores tradicionales, se ha pasado a una cadena de valor fragmentada (ver **Figura 5-1**). Han aparecido nuevos actores (mayoristas, minoristas y suministradores), con los que se puede mantener una relación de cooperación/competencia, que aportan sus redes y equipos para producir el resultado final que no es otro que el servicio final del que disfruta el cliente y del cual cada uno pretende obtener su beneficio empresarial, constituyendo entre todos la cadena de prestación del servicio.*

A su vez, los clientes, y en especial los más importantes, demandan un mayor control de las redes y servicios que los operadores les proporcionan. Todo ello genera unas relaciones muy complejas que para ser manejadas eficazmente requieren de nuevos procesos de negocio especialmente orientados a ello y de adecuadas estructuras de sistemas que les den soporte.

Se puede afirmar que la gestión del negocio se ha desplazado desde la gestión de red hacia la gestión del cliente. La gestión de redes y servicios, como núcleo de una gestión global, sigue siendo fundamental para proporcionar servicios de calidad y lograr un rendimiento óptimo de las inversiones en infraestructuras en un entorno de redes multiservicio. Pero es la orientación al cliente lo que ha marcado los cambios más profundos en los procesos de las empresas de telecomunicaciones en tiempos recientes. Los procesos se organizan en torno al cliente, para obtener una visión única de éste, caracterizando en lo posible sus gustos y necesidades y centralizando el conocimiento de los servicios que tiene contratados con la empresa para facilitar, entre otras cosas, una factura única y la posibilidad de establecer contacto a través de una estrategia multicanal.



Figura 5-1:
Evolución en el modelo de
cadena de valor

5.1 LA GESTIÓN DEL CLIENTE

En el nuevo escenario, la orientación al negocio se basa en un mejor conocimiento del cliente, lo que significa que las empresas deben disponer de una visión unificada del mismo. Así, aparecen sistemas que agrupan la información de los usuarios, que antes se encontraba dispersa en la compañía, permitiendo el acceso inmediato a los servicios contratados por cualquier cliente, a la facturación de los distintos servicios y a las averías o reclamaciones que le afectan. También se trata de relacionar la visión de la red con la visión del cliente para, por ejemplo, saber a qué clientes afecta una determinada avería en la red o poder aplicar criterios de mantenimiento acordes con los niveles de servicio establecidos en los contratos.

La búsqueda de la orientación al cliente y de la rentabilidad del negocio han llevado a las operadoras al desarrollo de soluciones informáticas que permitan explotar uno de los activos más importantes que poseen y que se encontraba infrautilizado: la amplia información disponible sobre sus clientes. Por ejemplo, los datos sobre servicios contratados, consumos, patrones de tráfico, etc., son una fuente de información de la que se alimentan prácticamente todas las áreas de la empresa para desarrollar su misión de una forma más eficaz. Las técnicas de *Data Warehouse* y *Data Mining* como pilar de una efectiva estrategia de CRM (*Customer Relationship Management*) permiten la agrupación de gran volumen de información dispersa en distintos departamentos y les facilitan su labor. Así, se puede realizar una segmentación más precisa del mercado, una mejor definición de la oferta de productos y servicios y de las campañas publicitarias y un análisis del impacto de las mismas. Las campañas de fidelización, la prevención del fraude, la atención al cliente y el servicio posventa también se benefician de los sistemas

de *Data Warehouse*.

Por otro lado, la creciente importancia de la cuenta de resultados en las empresas de telecomunicaciones motiva la aparición de los sistemas de información ejecutiva (EIS, *Executive Information Systems*), que suponen para los directivos de la compañía una eficaz herramienta en la toma de decisiones y en el control en tiempo real del negocio. La tecnología web permite que estos sistemas se materialicen de cara al usuario como portales que muestran un conjunto limitado y relevante de indicadores del negocio. Estos indicadores no recogen únicamente la tradicional perspectiva financiera, sino que siguen el modelo del "cuadro de mando integral", en el que se añade a la visión financiera una visión del cliente (de su satisfacción), del empleado y de los procesos internos de la empresa.

5.2 LA GESTIÓN DE LAS REDES Y LOS SERVICIOS

La gestión de las redes y los servicios cobra un protagonismo esencial en este entorno de negocio, ya que permite verificar que los servicios de telecomunicaciones cumplen los criterios de calidad establecidos por la compañía, ayuda a controlar los costes asociados a la operación de la red y da soporte al despliegue rápido de nuevos servicios. Todo ello contribuye a aumentar el grado de satisfacción de los clientes y, por tanto, a conseguir los objetivos de negocio fijados por las compañías.

Para conseguir todos estos objetivos, la gestión de las redes y los servicios ha utilizado desde sus orígenes sistemas que permitían realizar de forma automática parte del trabajo. Estos sistemas han ido incorporando las tecnologías más modernas con el objetivo de mejorar la calidad y la rentabilidad de los procesos. Buen ejemplo de ello es la utilización en la actualidad de las tecnologías asociadas con Internet en los sistemas de gestión para ofrecer a los clientes información sobre sus servicios.

5.2.1 Los conceptos

La gestión de redes y servicios se puede definir como el conjunto de procesos y actividades que realiza un operador o un proveedor de servicios de telecomunicaciones para ofrecer a sus clientes sus servicios, de forma que se cumplan tanto los criterios de calidad y coste establecidos en los objetivos de la empresa como los reflejados en los correspondientes contratos con los clientes, sean éstos usuarios finales u otras operadoras que formen parte de la cadena de prestación de los servicios. La ISO, en el estándar ISO 7498-4, en su origen orientado únicamente a las redes de ordenadores, define la gestión de red como "*conjunto de facilidades para controlar, coordinar y monitorizar los recursos que soportan las comunicaciones*".

Antes de continuar profundizando en aspectos de la gestión de redes y servicios de telecomunicaciones, sería interesante revisar algunos otros términos que

habitualmente se manejan, fundamentalmente en lo que se refiere a las actividades de gestión que se realizan sobre las redes o servicios mientras se ofrecen éstos a los clientes.

Así, se puede definir la *supervisión* como la recolección y el análisis en tiempo real de información de la red para detectar fallos y realizar el seguimiento de la calidad del servicio proporcionado por la misma.

Por *mantenimiento* se entiende el conjunto de actividades necesarias para garantizar que los parámetros de calidad de la red están dentro de los límites establecidos tanto en los contratos con el cliente como en los objetivos que las propias empresas se hayan fijado. Por lo tanto, engloba la supervisión que permitiría detectar las situaciones que tienen impacto en esa calidad y la parte de la operación dedicada a las tareas correctivas y preventivas.

El concepto de *operación* se puede entender como el conjunto de tareas que deben realizarse de forma física en la red, tanto manual como remotamente, bien para proporcionar el servicio al cliente o bien por el mantenimiento necesario.

El término *explotación* es quizás el más difícil de definir por la falta de referencias claras en los estándares. Aunque a veces se utiliza como sinónimo de gestión, tiene un enfoque más dirigido al negocio, como es sacar partido del recurso gestionado apoyándose en los procesos de gestión anteriormente mencionados.

La gestión abarca todas las actividades relacionadas con todo el ciclo de vida de los servicios, tanto las actividades *pre-servicio*, es decir, las que se llevan a cabo antes de su prestación (por ejemplo la planificación, el diseño o la implementación de las redes y los servicios), como las actividades *post-servicio*, que se tienen lugar después de la prestación (por ejemplo el análisis de los parámetros de prestación del servicio, la retirada del mismo, la baja de los circuitos o el desmontaje de los equipos de red).

La **Figura 5-2** da una idea de la relación entre los conceptos que se han expuesto en este apartado.



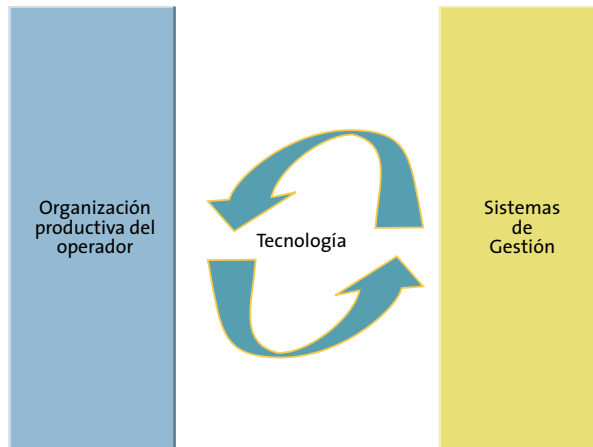
Figura 5-2:
Conceptos básicos en la gestión de redes

Para ayudar a los operadores a llevar a cabo las actividades de gestión de forma eficiente, aparecen los *sistemas de gestión*, productos software que permiten

realizar determinadas tareas de forma automática. Los sistemas de gestión habilitan a los operadores la conexión con equipos de red que se encuentran dispersos en un área geográfica extensa para supervisar su funcionamiento, coordinar su actuación de acuerdo con los criterios de utilización definidos en la estrategia de negocio de la empresa y analizar su comportamiento para verificar si se están cumpliendo dichos criterios. Como sistemas software que son, los sistemas de gestión han ido evolucionando e incorporando las nuevas tecnologías aparecidas en el campo de las tecnologías de la información.

Se puede definir la *estructura de explotación* como el conjunto de recursos humanos y materiales necesarios para realizar todas las actividades de gestión. Está sustentada sobre dos pilares, la organización responsable de las actividades y los sistemas que utiliza, engranados entre sí por un elemento que es la tecnología (ver la **Figura 5-3**). Es un hecho que en un principio los sistemas de gestión surgen como herramientas para dar soporte a las actividades de una organización, pero las posibilidades tecnológicas de los sistemas (capacidad de distribución, capacidad de procesamiento, compartición de información, etc.) pueden permitir cambiar las estructuras de la organización para hacerlas más eficientes. Se puede decir que la tecnología realiza un papel modulador, ya que la incorporación de nuevas tecnologías facilita la concepción de arquitecturas de sistemas capaces de soportar nuevas estructuras empresariales.

Figura 5-3:
Relación entre los sistemas de gestión y la organización del operador



5.2.2 Evolución de las actividades

En un principio, los equipos que conformaban las redes de telecomunicaciones eran totalmente mecánicos, por lo que exigían la presencia física de un operador para supervisar su funcionamiento y para realizar las actuaciones que fueran necesarias con vistas a proporcionar el servicio a los clientes.

La universalización de la demanda del servicio telefónico en la década de los 70, junto con la utilización de los primeros microprocesadores y ordenadores, actuaron como catalizadores de las primeras soluciones de gestión mecanizadas. Los equipos empezaban a incorporar funcionalidades que permitían llevar a

cabo su supervisión y su operación de manera remota y se empezaban a desarrollar los primeros sistemas de gestión, aunque anteriormente ya se utilizaban los sistemas informáticos para procesar y almacenar grandes volúmenes de datos. Las compañías operadoras en cierto modo adecuaron su organización a la utilización de dichos sistemas concentrando a su personal en torno a ellos. Sin embargo, los sistemas daban solución a los problemas de forma aislada, por lo que, en procesos donde se necesitaba la actuación de varias organizaciones, la coordinación se realizaba a través de llamadas telefónicas entre los operadores y el paso de boletines por fax o, posteriormente, a través de las redes internas. La integración entre los sistemas era manual y cada operador introducía en ellos los datos que había recibido por teléfono o por un boletín, lo que favorecía de forma considerable la aparición de errores.

A mediados de los años 80 la mayoría de las actividades productivas y técnicas estaban inmersas en una dinámica de "automatización exhaustiva". Las unidades de negocio de las compañías telefónicas se especializaron y los procesos de negocio comenzaron a ser sistematizados. Las capacidades y prestaciones mejoradas de los ordenadores permitieron trasladar más tareas rutinarias a las máquinas (recepción de reclamaciones, resolución de averías mediante sistemas de prueba remota, etc.).

En los inicios de la década de los 90 los imperativos económicos sobre reducción de costes inundaron todas las actividades técnicas, por lo que la automatización fue más allá de las simples tareas rutinarias y se introdujeron sistemas informatizados para controlar dinámicamente los flujos de tráfico, asignar flexiblemente especialistas a las reparaciones comprometidas, supervisar las redes extremo a extremo, etc.

Desde finales de los años 90 se produce una evolución en la mayoría de los mercados de servicios de telecomunicaciones desde una situación de monopolio hasta un régimen de competencia. En este entorno, ya no es suficiente reducir los costes de explotación, sino que hay que aumentar los ingresos. Para ello, las actividades de las empresas de telecomunicaciones se centran en torno a la atención de los clientes. Y una atención eficiente requiere la coordinación de todas las organizaciones involucradas en la prestación de los servicios. Esta coordinación se debe apoyar en la integración de los sistemas de gestión, de forma que se garantice la automatización extremo a extremo de los procesos con el objetivo de reducir los errores, los tiempos de resolución de problemas y los tiempos de provisión. De esta forma se consigue, en esencia, mejorar la calidad de los servicios y a la vez optimizar los costes. En esta línea se dirigen los trabajos del *Tele-Management Forum* (TMF), cuyos resultados más inmediatos se orientan al desarrollo del modelo *Telecommunication Management Network* (TMN).

5.2.3 Motores y frenos

En este entorno, la optimización de procesos y sistemas de gestión es una necesidad evidente. Pero no todos los actores tienen los mismos objetivos ni los

mismos inconvenientes para llevar a cabo esta optimización.

Las compañías tradicionales tienen como objetivo mantener su posición de liderazgo basándose en la ventaja competitiva natural que representa su base de clientes. Desde este punto de vista, sus prioridades estarán en el mantenimiento de su cuota de mercado mediante la mejora de la atención al cliente, que incluirá un trato diferenciado por segmentos tanto en los aspectos comerciales como de gestión, y en una sustancial reducción de costes que les permita ofrecer los servicios a unos precios competitivos. Otro aspecto en el que las compañías tradicionales tienen que actuar es en la aceleración de los ciclos de introducción de servicios, de forma que les sea posible adelantarse a sus competidores. Sin embargo, con vistas a la adaptación a los nuevos procesos o a la modificación o sustitución de los sistemas que les dan soporte, o incluso a la incorporación de algunos nuevos, las compañías tradicionales tienen que luchar contra el arraigo de procedimientos anclados en los muchos años de prestación en solitario de los servicios y contra las limitaciones que marcan los numerosos sistemas, más o menos propietarios, utilizados en las diferentes organizaciones, que la mayor parte de las veces hacen muy difícil, cuando no imposible, la interoperación con sistemas comprados en el mercado.

Para las compañías que empiezan, su objetivo primordial respecto a la gestión es hacerse con una infraestructura de sistemas que les permita adquirir de la forma más rápida posible la mayor cuota de mercado, manteniendo los precios en entornos competitivos y sin contar con las economías de escala con las que sí pueden contar las tradicionales. En este caso, hay que medir mucho las inversiones que se realizan, pero teniendo en cuenta los planes de negocio, de forma que decisiones precipitadas no hipotequen la evolución del negocio. Por otra parte, en la mayor parte de los casos, la prioridad en las inversiones se orienta hacia el despliegue de equipos de soporte para la prestación de los servicios antes que a la adquisición de sistemas de gestión, puesto que, aunque una adecuada gestión es muy necesaria, los equipos son imprescindibles para la prestación del servicio y, por consiguiente, para llevar a cabo el negocio.

5.3 MODELOS DE GESTIÓN DE REDES Y SERVICIOS

Para profundizar en los detalles de la gestión de redes es interesante pasar revista a los distintos modelos de gestión de red y servicio que se han propuesto.

Desde un punto de vista histórico, la situación en los años 80 y 90 se caracterizaba por el hecho de que cada suministrador utilizaba una interfaz propietaria entre los elementos de red y el sistema de gestión. Esta interfaz empleaba protocolos específicos y permitía acceder a las funciones particulares que el suministrador había considerado adecuado incorporar. Este hecho complicaba enormemente la implementación de los sistemas de gestión que utilizaban las operadoras y, debido a los altos costes de desarrollo, prácticamente le ataban a un único suministrador.

Para resolver esta situación, se crearon equipos de trabajo en los organis-

mos de estandarización con el objetivo de definir las interfaces de gestión que debían incorporar los equipos de red. La idea inicial era facilitar la conexión de equipos de varios fabricantes a un único sistema de gestión. Sin embargo, los modelos de gestión recogidos en los estándares son tan amplios y dejan tantas alternativas a elección de los usuarios que la interconexión de sistemas no es tan inmediata. El desarrollo de los estándares se hacía según la aproximación "planear y recomendar", lo que se traducía en tiempos muy largos hasta que se conseguía el acuerdo. En la actualidad se prefiere seguir la aproximación de "hacer y luego modificar", lo que acorta significativamente los tiempos de incorporación al mercado, a la vez que facilita el uso de los resultados.

Los modelos de gestión más difundidos en la actualidad son el modelo TMN (*Telecommunication Management Network*) y el modelo SNMP (*Simple Network Management Protocol*), el primero promovido por las operadoras de telecomunicaciones y el segundo por el IETF. La convergencia del mundo de las telecomunicaciones y la informática está produciendo que en la mayoría de las redes haya dispositivos de ambas tecnologías. Existen también algunos modelos propietarios, como el caso de SNA (*Simple Network Architecture*) de IBM, que proponía el modelo que debían seguir los dispositivos que se quisieran conectar a una red con equipos de IBM. Este modelo se utiliza en instalaciones de grandes servidores, pero su uso es muy restringido.

5.3.1 Modelo TMN

El modelo TMN está basado en el modelo OSI y ha sido adoptado de forma generalizada por los operadores de servicios de telecomunicación como forma de estructurar lógicamente el soporte de las actividades necesarias para su negocio. El modelo TMN fue definido por la UIT-T a mediados de los años 80 y proporciona una arquitectura de referencia para el intercambio de información de gestión entre los sistemas de operación y/o los equipos.

La conexión sigue el modelo gestor-agente, donde el sistema de gestión no envía las órdenes directamente a los recursos, sino a través de agentes localizados más cerca de los mismos. La comunicación entre el gestor y los agentes se hace en términos de entidades denominadas "objetos gestionados", que son una representación lógica de los recursos.

El modelo considera la conexión de sistemas desde tres aspectos:

1. *Funcional*. Define las actividades que hay que realizar y la organización de las mismas.
2. *De información*. Modela la información de gestión que se intercambia entre el gestor y el agente. Este modelo depende de las funciones que se realicen y de los recursos que se quieran gestionar.
3. *De comunicación*. Especifica los protocolos de comunicaciones utilizados para el intercambio de información entre sistemas. Su objetivo es permitir la transferencia e interpretación correcta de la información de gestión.

Utilizando el símil de la comunicación humana, el modelo funcional representa el contexto de una conversación, ya que un término puede tener diferentes significados según el entorno en el que se utilice. El modelo de información representa la semántica de la comunicación, se encarga del significado de cada frase. Por último, el modelo de comunicación define la sintaxis de la comunicación, describiendo su forma.

El modelo de gestión TMN abarca desde la gestión de los equipos instalados en la red hasta la gestión del negocio o la gestión estratégica. En un entorno donde los servicios y las tarifas estaban reguladas, el coste de adquisición y operación de la red era un factor determinante. En este aspecto se centraban los trabajos de la UIT para el modelo TMN. Se estandarizaban las interfaces de gestión de los equipos para conseguir que un operador pudiera adquirir equipos de varios suministradores y conseguir cierto control sobre los precios de los mismos.

Sin embargo, esta visión desde abajo hacia arriba produce estructuras de gestión verticales, orientadas a un servicio, a una red o a ciertas funciones. En estructuras de este tipo, la comunicación entre los sistemas de gestión de los distintos departamentos es escasa, siendo el paso de boletines por fax o las llamadas telefónicas entre los operadores el mecanismo común de comunicación. En la actualidad se mira el modelo TMN desde arriba hacia abajo, considerando que las actividades de la operadora no se centran en la explotación de las redes sino en la explotación del negocio.

El modelo funcional

Este modelo utiliza las cinco áreas funcionales de OSI para clasificar las diferentes funciones de gestión a realizar. Estas áreas funcionales están recogidas en la Recomendación M.3400 de la UIT y son:

- *El área de configuración.* Comprende el conjunto de actividades y funciones cuyo objetivo es proporcionar los servicios solicitados por los clientes.
- *El área de mantenimiento.* Agrupa las actividades necesarias para garantizar que tanto la red como los equipos que la forman estén en las condiciones idóneas para prestar el servicio o los servicios a los que están asignados.
- *El área de prestaciones.* Incluye las actividades que hacen posible que los servicios, redes o elementos de red funcionen según las condiciones establecidas, mediante mediciones de los parámetros que se determinen en cada caso y las acciones correctivas necesarias en caso de desviaciones sobre los valores que definen la situación normal.
- *El área de contabilidad.* Agrupa las funciones y actividades cuyo objetivo es cuantificar el uso de los recursos utilizados en la prestación de los servicios para obtener el retorno de inversión.
- *El área de seguridad.* Asegura la integridad y confidencialidad de los

datos que intercambian los sistemas de gestión. Abarca dos aspectos: el de gestión de la seguridad y el de la seguridad en la gestión.

Las funciones se organizan en una estructura jerárquica de niveles que cubren todos los aspectos de gestión de un operador y clasifica las funciones que se deben realizar en cada nivel según criterios de responsabilidad. Los niveles son: el nivel de gestión de negocio, el nivel de gestión de servicio, el nivel de gestión de red y el nivel de gestión de elemento de red. Habitualmente se representan en forma de pirámide, como se puede ver en la **Figura 5-4**.

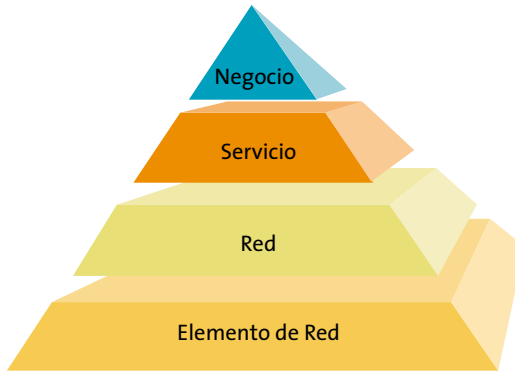


Figura 5-4:
Niveles de gestión TMN

El nivel superior es el **nivel de gestión de negocio** e incluye los aspectos relacionados con las estrategias de negocio. En él se definen las acciones necesarias para conseguir el retorno de la inversión, aumentar la satisfacción de los accionistas de la compañía y de los empleados, etc. Las decisiones tomadas en este primer nivel definen los objetivos estratégicos de la compañía y condicionan fuertemente las funciones y procesos de la capa de nivel de gestión de servicio.

En el **nivel de gestión de servicio** se decide cómo se gestionan los servicios prestados a los usuarios. En él se incluyen todos los aspectos relacionados con la atención a los clientes y los de desarrollo y operación de los servicios y se realiza la gestión de las peticiones de servicio, la calidad del servicio (*Quality of Service - QoS*), la gestión de problemas, la facturación, etc.

Los servicios están soportados sobre redes de telecomunicaciones que pueden ser del proveedor de servicio o de otra compañía. El **nivel de gestión de red** es responsable del transporte de la información entre dos extremos y de asegurar que ésta se realiza de forma correcta. Cualquier error o problema que se detecte en este nivel y que afecte a los servicios que se prestan a los clientes debe ser notificado hacia el nivel de gestión de servicio.

Por último, el **nivel de gestión de elemento de red** se encarga de todos los aspectos relacionados con conmutadores, sistemas de transmisión, etc., considerados como elementos aislados. Cualquier error o evento que se produzca en un equipo que pueda afectar al transporte de la información debe ser notificado hacia el nivel de gestión de red.

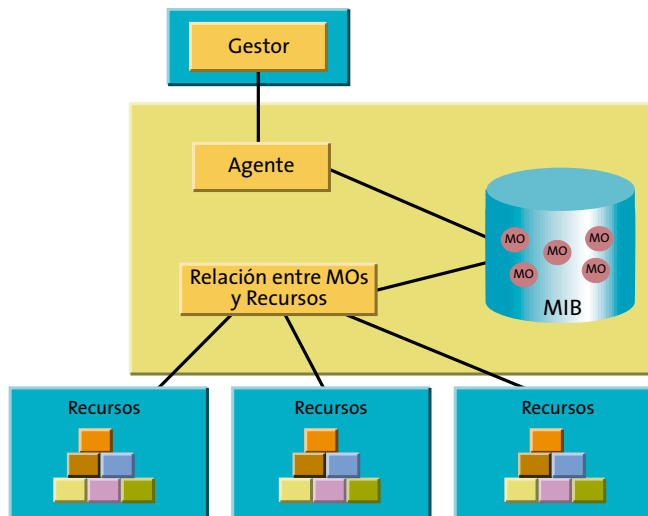
Si bien el modelo TMN es una referencia que puede seguirse más o menos

fielmente, es también una forma de poner de manifiesto las relaciones existentes entre las distintas tareas que debe realizar un operador o proveedor de servicio. Así, por ejemplo, una decisión estratégica tomada en el nivel de servicio condiciona las actuaciones en los niveles inferiores, pudiendo incluso determinar la instalación en la red de determinados equipos. Por otra parte, utilizar la misma referencia de organización de procesos en las diferentes operadoras y proveedores de servicio facilita la identificación y el establecimiento de relaciones entre ellos y, por tanto, entre los sistemas que les dan soporte, asegurando la automatización extremo a extremo de dichos procesos.

El modelo de información

El modelo de información forma la base de conocimiento común entre el gestor y el agente. Desde el principio se adoptó un modelo orientado a objetos donde los recursos se representan como clases de objetos. Los objetos gestionados (*Managed Objects* - MO) muestran las características y capacidades de gestión de los recursos físicos que el sistema de gestión puede utilizar. En la **Figura 5-5** se muestra este modelo de información.

Figura 5-5:
Modelo de información
TMN



Las instancias de todas las clases de objetos definidas se mantienen en una base de datos de información de gestión o MIB (*Management Information Base*), que se organiza siguiendo el árbol de contención y de nombrado de las clases. La MIB forma una base común de conocimiento para el intercambio de información entre el sistema y los agentes de gestión.

El sistema de gestión realiza operaciones sobre los objetos gestionados representados en la MIB y el agente se encarga de traducir estas operaciones en acciones sobre los recursos físicos de la red. De igual forma, cualquier información que se produce en los elementos de red es enviada al sistema de gestión como una notificación emitida por el objeto gestionado que representa el recurso.

Una de las actividades principales de la UIT es la definición de modelos de objetos gestionados estándar para diferentes tecnologías que sean utilizados por los fabricantes en sus equipos, de forma que todos presenten la misma visión hacia el sistema de gestión y, en consecuencia, se simplifique su desarrollo. La mayoría de los modelos estándar desarrollados hasta la actualidad son para el nivel de elemento de red y existen para JDS, SSN7, GSM, ATM, etc.

El desarrollo de los modelos se produjo en un momento en que no existían lenguajes ni herramientas para diseño orientado a objetos que se utilizaran de forma amplia, por lo que se tomó la decisión de crear unos al efecto. Se definió el lenguaje GDMO (*Guidelines for Definition of Managed Object*) para la definición de las clases de objetos gestionados y sus relaciones. Para la definición de los tipos de los datos se utilizó la notación ASN.1.

GDMO permite definir las acciones y los atributos de cada clase de objetos gestionados, así como las relaciones de nombrado, de herencia, etc., propias de los modelos de este tipo. Se diseñó con el objetivo de potenciar la reutilización del código.

Sin embargo, la propia potencia de la que se pretendía dotar a GDMO y el hecho de que a la hora de definir los modelos se buscaba abarcar todos los casos posibles han dado lugar a un código, que si bien está optimizado para su procesamiento por un ordenador, es difícil de diseñar y entender para los desarrolladores. Este hecho se vio agravado por la carencia inicial de herramientas gráficas para definir relaciones de nombrado, herencias, etc.

Además, aunque GDMO define hasta los tipos de los datos que se intercambian en cada transacción, no existe ningún formalismo para definir el comportamiento de las clases de objetos gestionados, por lo que hay que hacerlo de forma textual. Esto, junto al hecho de que las implementaciones normalmente dan soporte parcial a los modelos que recogen los estándares, genera bastantes complicaciones cuando se trata de conectar aplicaciones desarrolladas por diferentes fabricantes.

El modelo de comunicaciones

El sistema de gestión y los agentes suelen estar situados en lugares diferentes y, dado que para realizar su función necesitan intercambiar información, es necesario definir los mecanismos necesarios para su comunicación. El modelo de comunicaciones define los protocolos que se utilizan entre el gestor y los agentes para los siete niveles del modelo OSI, siendo en el nivel de aplicación donde se definen protocolos específicos para la gestión de redes y servicios.

Cuando se desarrolló el modelo TMN, el nivel de complejidad de los elementos de red, en concreto de las centrales digitales, había aumentado debido a la capacidad de procesamiento que incorporaban. Puesto que se pretendían desarrollar aplicaciones de gestión capaces de aprovechar toda la complejidad y capacidad de gestión remota de los elementos de red, ningún protocolo en esas fechas satisfacía todos los requisitos identificados. Por ello, se especificó CMIP (*Com-*

mon Management Information Protocol) como el protocolo del nivel de aplicación que se debía utilizar para conectar los sistemas de gestión de elementos de red con los mismos.

Debido a que las primeras fases del desarrollo de TMN estaban centradas en el control de los recursos de red, CMIP está optimizado para la conexión de sistemas con una arquitectura gestor/agente en la que el gestor realiza actúa sobre los objetos gestionados bajo control del agente. Las interfaces que utilizan CMIP como protocolo y un modelo de información estándar definido por la ITU se denominan interfaces Q3.

Las primitivas de CMIP permiten a un gestor conocer y modificar (si está autorizado) el valor de los atributos de un objeto gestionado y ejecutar sobre él las acciones que tenga definidas. De igual forma, los objetos gestionados pueden emitir notificaciones hacia el gestor cuando ocurra algún evento de importancia, pudiendo el éste definir qué eventos le interesan.

CMIP ha demostrado ser bastante potente y flexible en su utilización, aunque algo complejo de implementar. Además, como quiera que se especificó expresamente para la conexión de sistemas de gestión y los agentes, dispone de funciones y mecanismos para resolver de manera eficiente los problemas y situaciones más comunes en la gestión de redes y servicios.

Ejemplos de estos mecanismos son las funciones de filtrado y de definición de ámbitos (*scoping*) que permite seleccionar varios objetos a los que dirigir una misma petición basándose en algunas de sus características, facilitando de este modo el diseño del gestor y optimizando las comunicaciones al disminuir el número de transacciones. Sin embargo, la implementación de estos mecanismos y facilidades es bastante compleja y el desarrollo de aplicaciones que los utilizan requiere de personal muy especializado y, por lo tanto, caro y difícil de encontrar.

Por otro lado, las aplicaciones gestoras resultan mucho más sencillas a costa de complicar las aplicaciones agente. Los servidores donde éstas residen deben tener cierta capacidad de procesamiento para poder soportar las peticiones de los gestores. Cuando se desarrolló el protocolo la capacidad de procesamiento de los sistemas era bastante limitada, razón por la que las implementaciones iniciales de CMIP cargaban bastante los sistemas y no ofrecían buenas prestaciones.

Ambos factores contribuyeron de un modo decisivo a que en la actualidad existan pocas implementaciones de CMIP que ofrezcan toda la funcionalidad descrita en las especificaciones. Desde el punto de vista comercial, el ámbito de CMIP, reducido al sector de las telecomunicaciones, ha impedido la aplicación de economías de escala a las herramientas necesarias para desarrollar sistemas utilizando CMIP/GDMO. Por ello, las herramientas existentes son pocas y caras, lo que provoca que los desarrollos sigan siendo costosos.

5.3.2 SNMP

SNMP (*Simple Network Management Protocol*) es el protocolo de comunicaciones más utilizado para la gestión de redes IP, aunque por extensión, se utiliza este nombre también para designar el modelo de gestión completo. Debido al auge que están teniendo las redes IP y sobre todo Internet, SNMP se ha erigido como uno de los protocolos de gestión más utilizados en la actualidad.

El modelo de gestión SNMP es un modelo gestor/agente donde una estación de gestión, que sirve de interfaz para los operadores humanos y que incluye un conjunto de aplicaciones de gestión (configuración, fallos, etc.), se comunica con uno o varios agentes de gestión que son aplicaciones software instaladas en los recursos físicos (*routers, hubs, etc.*) encargadas de responder a las peticiones de información o de ejecución de acciones sobre los recursos gestionados provenientes de la estación de gestión.

La estación de gestión y los agentes comparten el modelo de información de gestión (MIB), que es una colección de objetos gestionados en forma de variables de datos, cada uno de los cuales representa un aspecto del recurso gestionado y que en su conjunto sirven para modelar el total de recursos. En SNMP el modelo de información se organiza en forma de tablas más que como objetos.

El protocolo de comunicaciones (SNMP) permite que el gestor y los agentes interactúen utilizando la primitiva "GET" para obtener el valor de las variables de la MIB, "SET" para fijar su valor y "TRAP" para que el agente notifique de forma espontánea la ocurrencia de eventos significativos.

Los estándares SNMP únicamente proporcionan un marco o infraestructura para realizar el desarrollo de aplicaciones de gestión de red. Este marco consta del protocolo mediante el que los actores implicados (gestores y agentes) intercambian información de gestión, la estructura de dicha información y los tipos de datos que la soportan y la base de datos mantenida por los agentes en la que se almacena la información de gestión.

Como se ve en la **Figura 5-6**, quedan fuera de los estándares SNMP aspectos como la definición de las propias aplicaciones de gestión, el mecanismo concreto utilizado en el diálogo del agente con los recursos (objetos gestionados)

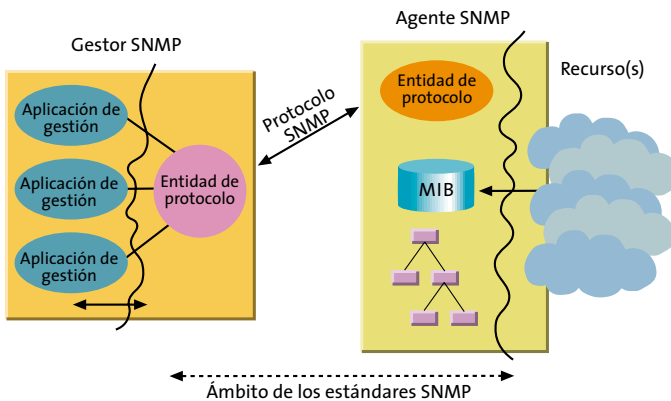


Figura 5-6:
Ámbito de los estándares
SNMP

a los que representa, los detalles de implementación,, etc.

Para realizar las funciones de gestión, el gestor utiliza un mecanismo de sondeo (*polling*) para comunicarse con los agentes. El uso de sondeo resulta simple y permite al gestor limitar la cantidad de información que debe procesar, pero restringe fuertemente el número total de recursos gestionados. El mecanismo situado en el extremo contrario al sondeo es la utilización de interrupciones por parte del agente. Las interrupciones aportan una gran flexibilidad, pero su uso hace que el tráfico en la red resulte poco predecible, lo que puede provocar situaciones de exceso de carga no deseadas.

SNMP utiliza un mecanismo intermedio (*trap-directed polling*) que se basa en el envío por parte del agente de un tipo especial de interrupción (*trap*) a la que se asocia muy poca información y que desencadena en el gestor una operación de sondeo. Debido a que los *traps* sólo se envían ante situaciones de importancia y que el correspondiente mensaje es corto y simple, el mecanismo utilizado por SNMP concentra las ventajas del sondeo (que puede ser usado por el gestor en su forma pura) y de las interrupciones.

Uno de los objetivos principales que se perseguían en el diseño de SNMP era la sencillez, cualidad que se ha conseguido sacrificando algunos aspectos de la gestión de redes y servicios. Por ejemplo, el mecanismo de envío de "TRAP" no tiene la potencia de las notificaciones de CMIP utilizado en TMN, ya que la información que va en la primitiva "TRAP" no permite al gestor distinguir la gravedad de los eventos que han ocurrido en la red. SNMP tampoco dispone de mecanismos con la potencia del filtrado y ámbito de CMIP. Otro aspecto débil de SNMP es el tema de la seguridad, que no estaba tratado en la primera versión del protocolo y, aunque se ha mejorado en las versiones siguientes, no se ha llegado a una solución definitiva al respecto.

Aunque inicialmente SNMP sólo se utilizaba en equipos relacionados con el mundo de IP, y a pesar de sus limitaciones, la sencillez y la facilidad para su implementación, unidos al crecimiento de Internet y las tecnologías asociadas, ha hecho que su uso se haya extendido rápidamente en el campo de la gestión.

5.4 SOPORTE AL NEGOCIO

El soporte al negocio constituye todo el conjunto de actividades que realiza una compañía para explotar y comercializar las redes y los servicios de telecomunicaciones. El cambio en las condiciones del mercado ha alterado la forma de hacer negocios de las operadoras de telecomunicaciones y, con ello, los objetivos iniciales con que fueron desarrollados muchos de los sistemas de gestión desplegados actualmente, siendo necesario en otros casos desarrollar sistemas nuevos.

5.4.1 Nuevos servicios

Los servicios que una operadora de telecomunicaciones presta a sus clien-

tes deben estar adecuados a las necesidades de éstos. Además, para competir es necesario desplegar nuevos servicios de telecomunicaciones en plazos de tiempo cada vez menores. Ello exige desplegar nuevas tecnologías de red, lo que conduce a una arquitectura de red compleja (multired), como se puede ver en la **Figura 5-7**.

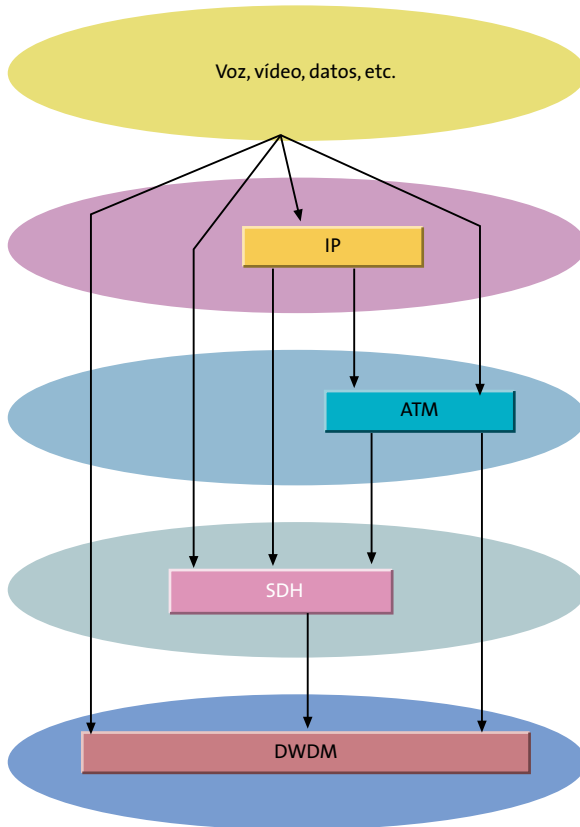


Figura 5-7:
Tecnologías de red

La gestión y el control de servicios de este tipo implica realizar la gestión y el control de cada una de las redes que los soportan. Es necesaria, por tanto, la integración de los sistemas de soporte a la operación de cada una de las tecnologías si se quieren automatizar los procesos de negocio del operador. Los nuevos servicios añaden la necesidad de integrar no sólo los datos de cada uno de los sistemas, sino también las relaciones existentes entre las distintas redes de transporte y algunos aspectos independientes de la tecnología.

5.4.2 Calidad de servicio

En un mercado liberalizado los clientes pueden elegir la compañía que les proporcionará los servicios de telecomunicaciones, por lo que la atención al cliente se convierte en un factor de negocio importante. Es necesario mejorar los tiempos de atención a las peticiones y las reclamaciones de los usuarios y facili-

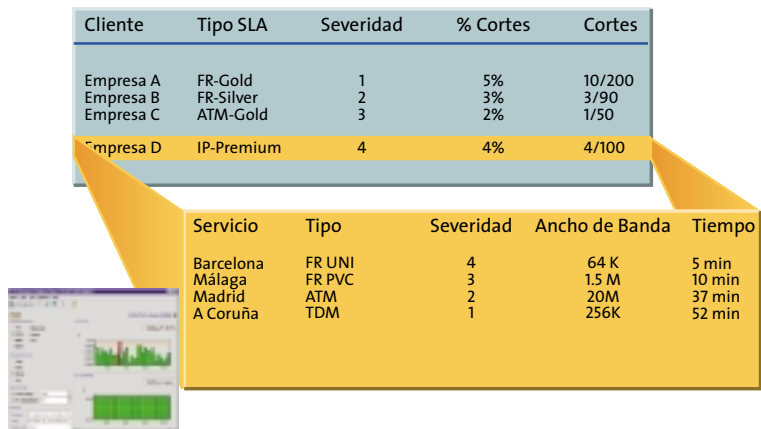
tar las relaciones entre la compañía y los clientes proporcionando información en tiempo real sobre facturación, estado de los servicios contratados, etc.

Para aumentar el grado de confianza de los clientes en las operadoras de telecomunicaciones, éstas se comprometen a mantener un determinado nivel de calidad en los servicios que ofrecen, apareciendo el concepto de Acuerdo de Nivel de Servicio (ANS o SLA - *Service Level Agreement*), que regula la relación entre los clientes y el operador y que puede incluir penalizaciones para éste en caso de que no se cumplan los niveles de calidad establecidos en dicho acuerdo.

El SLA puede incluir parámetros de calidad propios del servicio de telecomunicaciones, como ser la tasa de error, el tiempo de indisponibilidad, etc., o parámetros operativos, como la atención 24x7 (24 horas al día, 7 días a la semana), el tiempo máximo de reparación de una avería, etc.

Para controlar que se cumplen los acuerdos reflejados en el SLA para cada cliente hay que procesar información técnica procedente de muy diversas fuentes. Surge así la necesidad de disponer de sistemas que supervisen los servicios que se prestan a los clientes y que gestionen los SLA. En la **Figura 5-8** se puede ver un ejemplo de interfaz gráfica de un sistema que estaría supervisando la calidad de servicio que se presta a varios clientes, generando para un mismo problema alarmas de diferente gravedad según afecten al cumplimiento de alguno de los compromisos reflejados en el SLA.

Figura 5-8:
Ejemplo de interfaz para un sistema de supervisión del SLA



Cliente	Tipo SLA	Severidad	% Cortes	Cortes
Empresa A	FR-Gold	1	5%	10/200
Empresa B	FR-Silver	2	3%	3/90
Empresa C	ATM-Gold	3	2%	1/50
Empresa D	IP-Premium	4	4%	4/100

Servicio	Tipo	Severidad	Ancho de Banda	Tiempo
Barcelona	FR UNI	4	64 K	5 min
Málaga	FR PVC	3	1.5 M	10 min
Madrid	ATM	2	20M	37 min
A Coruña	TDM	1	256K	52 min

Conseguir elaborar este tipo de información implica un grado muy elevado de integración tanto de las actividades que forman los procesos de negocio como de los sistemas de información de la empresa que dan soporte a dichos procesos. Esto requiere un alto grado de interconexión entre sistemas.

Otro aspecto de la relación con los clientes tiene que ver con la competencia, que obliga a las compañías de telecomunicaciones a utilizar los métodos comerciales que ya se aplicaban en otros sectores desde hace años, como por ejemplo las campañas de marketing. En este sentido hay que destacar la utilización de sistemas de CRM (*Customer Relationship Management*), que permiten analizar la efectividad de los contactos comerciales de los clientes.

5.4.3 El modelo TMF

En el apartado anterior se ha señalado cómo los SLA obligan a las operadoras de telecomunicaciones a cumplir determinados compromisos adquiridos con los clientes. La calidad de los procedimientos de explotación de una operadora se refleja en prácticamente todos los parámetros incluidos en el SLA. Una forma de mejorar la calidad de los procesos, manteniendo o reduciendo los costes de explotación, es mediante su automatización extremo a extremo.

Para ello es necesario analizar los procesos completos en el ámbito de la compañía y ver la secuencia de actividades que se generan en cada escenario de negocio. Generalmente, la ejecución completa de estos procesos implica relaciones entre varios departamentos de la compañía y los diferentes sistemas de gestión que utilizan. La automatización de los procesos requiere, por tanto, integrar adecuadamente los sistemas de gestión que soportan estos procesos.

En este sentido hay que destacar el trabajo que está realizando el *TeleManagement Forum* (TMF), organización compuesta por aproximadamente 250 empresas que comprenden todos los ámbitos relacionados con los servicios de comunicaciones, desde proveedores de servicios o proveedores de equipos hasta integradores de software y usuarios.

Uno de los objetivos principales del TMF es la automatización extremo a extremo de los procesos de negocio, facilitando la integración de sistemas y buscando soluciones pragmáticas basadas en productos comerciales de diferentes suministradores. Para ello ha definido un marco común para la definición de los procesos y subprocesos globales que tiene que realizar una operadora y las funciones necesarias para llevar a cabo estos procesos. El modelo está basado en los niveles de gestión de TMN, pero, como se puede ver en la **Figura 5-9**, divide la capa de gestión del servicio en dos subcapas: una de atención al cliente y otra para el desarrollo de servicios y procesos de operación. Esta visión del negocio

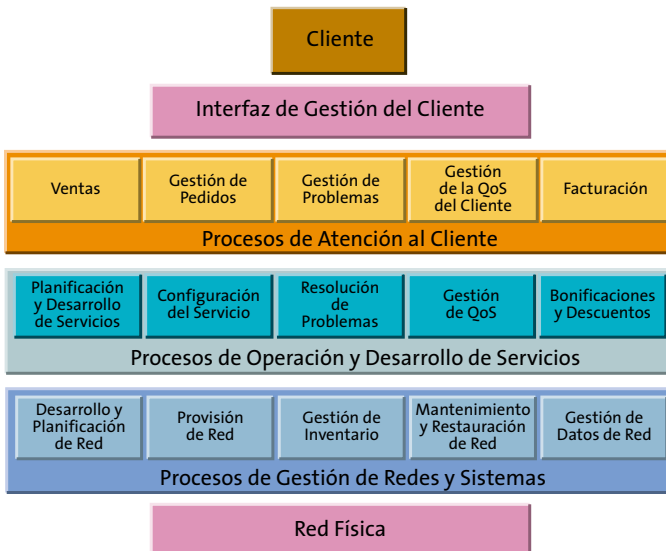


Figura 5-9:
Modelo del TMF

implica mirar el modelo TMN desde arriba e ir bajando a través de los distintos niveles para ver la contribución al negocio de las funciones propias de cada uno.

Los procesos se activan con determinados eventos (una reclamación, una alarma, etc.) y producen salidas diversas (un boletín, la activación de otro proceso, etc.). Las funciones que realizan los sistemas que soportan los procesos tienen como entrada datos y generan más datos como salida, que a su vez pueden ser la entrada de otras funciones. La automatización de los procesos significa que los datos tienen que fluir automáticamente (no ser introducidos por el operador) a través de las funciones que realizan los sistemas de gestión.

La definición de un modelo de datos común es una tarea necesaria e imprescindible para poder realizar la integración de los sistemas de forma eficiente, ya que este modelo permite articular un lenguaje común entre los sistemas. Este lenguaje simplifica el desarrollo de las interfaces entre sistemas y, por tanto, su interconexión, lo que aumenta el grado de automatización extremo a extremo de los procesos de negocio.

La visión del modelo TMN desde el nivel de negocio permite que los procesos de gestión puedan ser controlados por indicadores de negocio y optimizados para mejorar su contribución a los objetivos estratégicos de la empresa. Aparecen así los sistemas de ayuda a la toma de decisiones, o cuadros de mando, que permiten a los analistas de una compañía comprobar si se están cumpliendo los parámetros operativos y financieros fijados en los objetivos de la empresa y decidir las acciones que hay que emprender para corregir las posibles deficiencias.

5.5 NUEVAS TECNOLOGÍAS DE DESARROLLO DE SISTEMAS

Los factores expuestos en el apartado anterior imponen unos requisitos a los sistemas de gestión que las tecnologías tradicionalmente empleadas para desarrollarlos difícilmente pueden cumplir. Por ello, se está produciendo un aplanamiento del modelo TMN, incorporando todas las relaciones que pueden aparecer en un mismo nivel. Ya no se trata únicamente del control de los recursos sino de la colaboración entre sistemas, lo que exige conexiones que no sigan un modelo gestor-agente sino un modelo de colaboración con relaciones entre pares.

Por otro lado, la necesidad de acceder a la información sobre las redes y servicios desde diferentes localizaciones físicas hace que las tecnologías empleadas en Internet se incorporen a los sistemas de gestión. Además, estas tecnologías facilitan el acceso de los clientes a la información relativa a los servicios que tienen contratados con una compañía, que en algunos casos puede llegar a ser información en tiempo real sobre las alarmas de red. Por supuesto, la utilización de estas tecnologías en la gestión de redes y servicios introduce algunas de las debilidades de Internet, como son los aspectos relacionados con la seguridad.

Un aspecto importante que hay que destacar es que estas tecnologías proceden del entorno de la ingeniería software y no son específicas del mundo de las telecomunicaciones. Existe un mercado laboral más amplio de personas con conocimientos y experiencia en el desarrollo de sistemas con estas tecnologías,

mientras que el número de personas con conocimientos de GDMO/CMIP es bastante más reducido. Esto hace que, en principio, los costes de desarrollo y mantenimiento de los sistemas de gestión basados en dichas tecnologías puedan ser más reducidos.

5.5.1 Tecnologías para el desarrollo de sistemas distribuidos

Los sistemas distribuidos permiten repartir una aplicación entre varias máquinas de forma transparente para el usuario, que tiene disponibles desde su terminal todas las funciones del sistema. La distribución de una aplicación entre varias máquinas tiene, entre otros, los siguientes objetivos:

- *Aumentar la escalabilidad del sistema.* En un sistema monolítico, la única forma de crecer es disponer de un hardware más potente o modificar la aplicación. En un sistema distribuido se pueden utilizar, en principio, tantas máquinas como fuera necesario.
- *Mejorar las prestaciones.* Si un proceso es muy lento se puede ejecutar en otra máquina, permitiendo dedicar más recursos a los procesos críticos. También se pueden aplicar fácilmente mecanismos de distribución de carga.
- *Mejorar la fiabilidad del sistema.* Si los componentes están repartidos, el fallo de uno de ellos tiene un ámbito de aplicación más reducido.

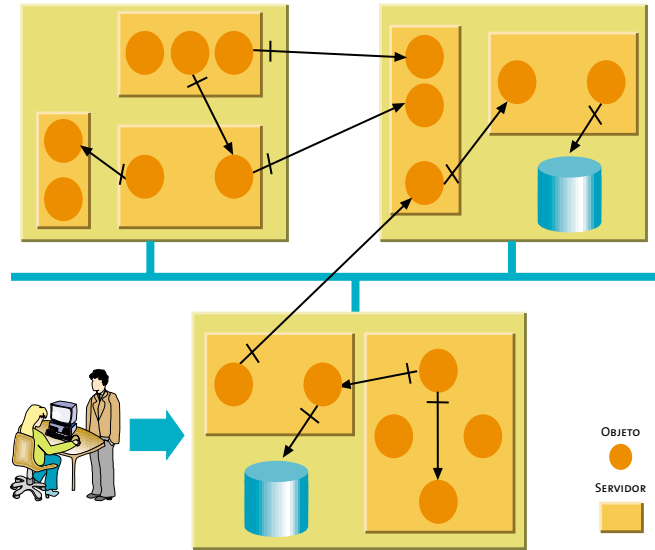
El tamaño y la disposición geográfica de las redes actuales, junto con la complejidad de los equipos de comunicaciones, han aumentado el atractivo de desarrollar sistemas de gestión distribuidos. Además, las facilidades que ofrecen estos sistemas para comunicar objetos de un sistema localizados en diferentes máquinas pueden ser utilizadas para comunicar objetos de diferentes sistemas, lo que en principio facilita la implementación de interfaces entre ellos.

Una aplicación distribuida orientada a objetos consta de un conjunto de objetos repartidos en diferentes servidores distribuidos en varias máquinas conectadas por una red de comunicaciones. Los diferentes servidores colaboran para proporcionar la funcionalidad requerida del conjunto de la aplicación, como se puede ver en la **Figura 5-10**.

Los objetos se ejecutan en servidores (procesos) diferentes e interactúan entre sí como si todos formaran parte de la misma aplicación. Para ello es necesaria la existencia de una plataforma que implemente los servicios básicos que se utilizan para que dos objetos en diferentes máquinas puedan interactuar, como servicios de comunicaciones, servicios de localización de objetos, servicios de nombrado, etc.

Las plataformas más utilizadas son CORBA de OMG, DCOM de Microsoft y JAVA RMI de Sun Microsystems. Aunque presentan soluciones técnicas diferentes, el concepto que implementan es el mismo: proporcionar los servicios necesarios para comunicar objetos remotos de forma transparente al programa-

Figura 5-10:
Ejemplo de aplicación dis-
tribuida



dor de las aplicaciones. Las aplicaciones construidas sobre estas plataformas no necesitan desarrollar estos servicios, sino simplemente utilizar los de la plataforma.

Normalmente, estas tecnologías extienden los mecanismos que se utilizan para comunicar objetos dentro de un sistema para comunicar objetos localizados en sistemas diferentes. Por ejemplo en CORBA un objeto invoca un método sobre otro objeto utilizando las interfaces del ORB, con independencia de si el objeto está en su sistema o en otro. El ORB se encarga de gestionar internamente las comunicaciones (sockets, puertos, etc.) entre los sistemas.

Aunque las tecnologías de desarrollo de sistemas distribuidos facilitan enormemente la conexión de sistemas, siempre hay que definir el modelo de información que se utilizará en las interfaces, para hacer posible la misma interpretación de la información a ambos lados de las mismas. Por esta razón, es importante la aplicación de modelos estándar, en la medida de lo posible, para evitar tener que llegar a acuerdos específicos y realizar los correspondientes desarrollos cada vez que se incorpora una nueva interfaz.

En la actualidad, organismos como el TMF dedican sus esfuerzos a alcanzar acuerdos entre gran parte de los actores involucrados en un área de negocio sobre la información que tiene que intercambiarse en ciertas interfaces. Estos acuerdos son más simples y sencillos de implementar que los que define la UIT-T, aunque siempre suelen utilizarlos como referencia fundamental. Ejemplos de estos acuerdos son las interfaces MTNM (*MultiTechnology Network Management*), para la gestión de redes JDS, ATM y WDM, y CaSMIM (*Connection and Service Management Information Model*), para la gestión de servicios de conectividad.

La utilización de estándares también favorece la conexión entre sistemas de diferentes operadoras, caso que se presenta en la actualidad con cierta frecuencia debido a los procesos de absorciones y adquisiciones entre operadoras

que se están viviendo.

5.5.2 Tecnologías de Internet

La aplicación de tecnologías desarrolladas para Internet a los sistemas de gestión ha permitido que se pueda acceder a un sistema de forma eficiente desde distintos terminales sin importar su ubicación geográfica. Los terminales pueden estar localizados en cualquier edificio que esté conectado a la intranet de la empresa o, en un caso extremo, en cualquier parte del mundo si se utilizara Internet (aunque en este caso no se podrían asegurar las prestaciones de la conexión).

La tecnología *web* (o WWW) se desarrolló para facilitar la búsqueda y obtención de documentos a través de la red Internet y ha contribuido de forma decisiva al éxito de ésta. Esta tecnología permite que un usuario (*cliente web*) pueda conectarse a un servidor remoto (*servidor web*) y acceda a la información contenida en él sin necesidad de conocer las redes de datos que utiliza y sus protocolos de comunicaciones. El gran avance que supuso se basa en la posibilidad para el usuario de realizar todas las operaciones a través de una interfaz gráfica con sólo pulsar un botón del ratón.

La interfaz de usuario es una aplicación denominada *navegador web* que se puede ejecutar en un simple PC y que interpreta de forma gráfica la información contenida en un archivo con un formato determinado. Inicialmente, la aplicación sólo era capaz de mostrar texto e imágenes, pero poco a poco se ha ido ampliando su capacidad para incluir información multimedia.

El cliente puede obtener y enviar información al servidor, normalmente en forma de ficheros. El navegador web es capaz de interpretar ficheros escritos en un lenguaje denominado HTML (*Hipertext Mark-up Language*), que ofrece una serie de directivas para indicar al navegador cómo tiene que presentar el contenido del fichero (página HTML) al usuario (ver la **Figura 5-11**). El navegador también es capaz de mostrar información multimedia con una gran variedad de formatos que se suelen ir ampliando mediante los denominados "plug-in", los cuales extienden las capacidades de representación de gráficos, audio y vídeo.

En los sistemas de gestión es necesario que el operador pueda ejecutar

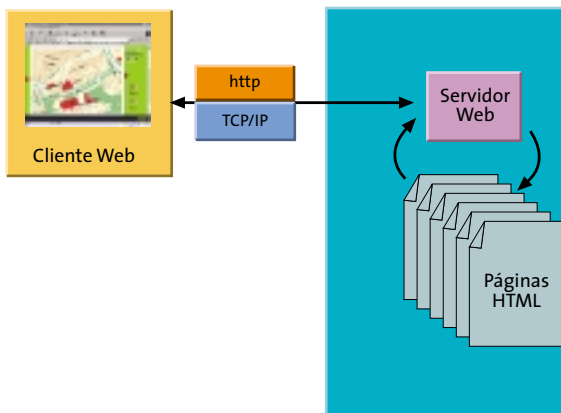


Figura 5-11:
Arquitectura web

ciertos procedimientos en el servidor o lanzar comandos a los recursos de red. Esto requiere cierta interactividad con el sistema, lo que obliga a incluir ciertos mecanismos en el servidor.

Una forma de solucionar este problema es mediante el uso de los CGI (*Common Gateway Interfaces*). Un CGI es un programa que se ejecuta en tiempo real en el servidor web como respuesta a una petición de usuario. El tiempo de ejecución de los programas debe ser corto (del orden de unos pocos segundos como máximo) si se quiere conseguir interactividad. El uso de los CGI presenta ciertos problemas de memoria y prestaciones que han sido superados por la tecnología Java.

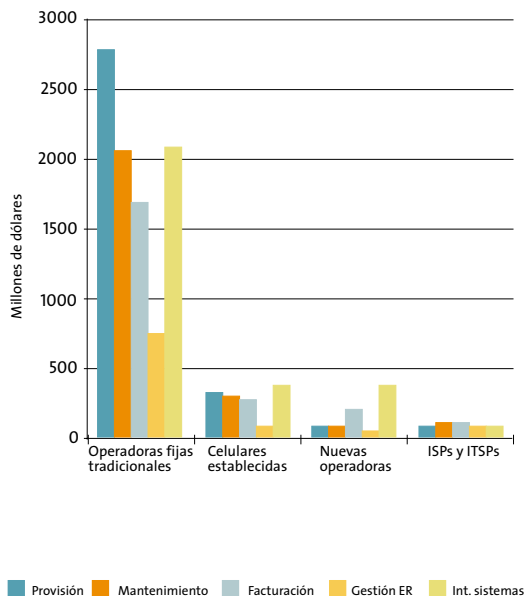
5.6 EL NEGOCIO DE LOS OSS

El creciente número de empresas involucradas en el negocio de las telecomunicaciones y su necesidad de obtener soluciones de gestión en el menor tiempo posible han hecho que el negocio en torno a los sistemas de gestión (OSS - *Operation Support System*) aumente enormemente. Este negocio ha crecido tanto en el entorno de los suministradores como en lo que a los integradores de sistemas se refiere, esto último motivado por la necesidad de encajar nuevos sistemas en estructuras de gestión existentes y por la necesidad de integración de sistemas como consecuencia de las adquisiciones y fusiones entre empresas que se están produciendo.

Para dar una idea del volumen del negocio de OSS se puede mencionar que el total estimado de inversión en este sector en el año 1998 fue de 16.500 millones de dólares distribuidos según muestra la **Figura 5-12**, en la que se distinguen las inversiones por tipo de empresa y área de procesos de gestión.

Como es lógico, las prioridades de las diferentes empresas a la hora de

Figura 5-12:
Inversiones en OSS por
segmento y área de procesos



invertir en sistemas de gestión vienen determinadas por sus diferentes objetivos. Mientras que para las compañías establecidas, con grandes volúmenes de recursos de red, tienen prácticamente la misma importancia los sistemas para gestionar las redes que los de gestión de servicios, cercanos al cliente, para las nuevas empresas son prioritarios los sistemas de gestión de servicios.

En el segmento de la gestión de los elementos de red la tendencia apunta claramente a que el negocio se asocia directamente a las tecnologías de red, ya que los suministradores de equipos incluyen la gestión como parte intrínseca de éstos, lo que por una parte permite aprovechar al máximo las capacidades de los equipos, pero por otra introduce complejidad en la integración cuando se opta por tener dos o más suministradores de red. Además, esta tendencia dificulta el seguimiento de la evolución del mercado en este segmento, al estar sus costes enmascarados en los de red.

Es en los niveles superiores donde aparecen más alternativas. Las empresas establecidas se ven todavía en muchos casos en la necesidad de realizar desarrollos propios por no poder encontrar en el mercado soluciones que se puedan adaptar de una forma razonable a sus estructuras previas. Las nuevas empresas, por su parte, suelen recurrir a soluciones de mercado por ser más rápidas de desplegar, aunque en ocasiones les condicionen la posterior evolución o les obliguen a depender de un único suministrador.

5.7 CONCLUSIONES

El negocio de las empresas de telecomunicaciones es proporcionar a sus clientes servicios basados en el uso de las redes y equipos, propios o de terceros. Está claro que, en el escenario actual, disponer de unos procesos de negocio perfectamente sincronizados y de una adecuada estructura de sistemas que garanticen el soporte extremo a extremo de estos procesos y el flujo automático y continuo de la información es un elemento clave para asegurar el éxito, ya que facilitan las relaciones con los múltiples actores que intervienen en la prestación del servicio y, con ello, la respuesta rápida y ajustada a las necesidades del cliente, dentro de los márgenes de costes que garantizan la rentabilidad del negocio.

Por otra parte, esta necesidad de optimizar las estructuras de gestión hace que el desarrollo e integración de sistemas de gestión constituyan actualmente en sí mismos un negocio en expansión, dado el gran número de empresas involucradas en la prestación de servicios de telecomunicación y la diversidad de sistemas que necesitan. Además, debido a la evolución en las tecnologías utilizadas en los desarrollos, se da cabida no sólo a los especialistas en equipos de telecomunicaciones, sino también a empresas de software más generalistas, con lo que la gestión del negocio de las telecomunicaciones abre camino a un negocio mucho más amplio en el mundo de la gestión de las telecomunicaciones.

6

La red de tránsito

En el nuevo modelo de red, la capa de transporte incluye las funcionalidades de transmisión, conmutación y encaminamiento de paquetes en el seno de la red. En ella se distinguen tres subcapas: acceso, tránsito y red de cliente. En este capítulo se hace un repaso de la situación de las nuevas tecnologías utilizadas en la red de tránsito

Actualmente, y desde hace ya algún tiempo, nos encontramos en una situación de gran crecimiento del tráfico de datos como consecuencia, principalmente, de la generalización del uso de Internet. Este aumento de tráfico no viene sólo determinado por el cada vez mayor número de personas conectadas a la Red, sino que también influye el hecho de que cada vez los usuarios acceden a ella con mayor frecuencia y transmiten un mayor volumen de información. En los orígenes de Internet, la mayoría de los ficheros se transmitían codificados en modo texto, por lo que el volumen de información transportada no era demasiado elevado. Hoy en día, por el contrario, se ha generalizado la transmisión de unidades mayores de información, como páginas web, ficheros de vídeo o música MP3, que tanto auge ha tenido en los últimos tiempos.

*Por tanto está claro que la demanda de ancho de banda crece, y continuará creciendo, sobre todo para tráfico de tipo IP. En la **Figura 6-1** se muestra una estimación de demanda de tráfico IP a nivel europeo, diferenciando la parte correspondiente al tráfico nacional, del conjunto de los diferentes países, e internacional, o de interconexión entre ellos.*

En definitiva, se está asistiendo a un gran incremento en la cantidad de información transmitida, que debe ser correspondido con un crecimiento en la capacidad de las redes de telecomunicación en todos los niveles que permita soportarlo sin problemas. No sólo se requieren enlaces más grandes, sino que también se necesitan equipos de conmutación y encaminamiento con mayor capacidad de procesado.

Este doble reto, de arquitectura y de capacidad, se está afrontando en la capa de tránsito mediante el desarrollo de diferentes tecnologías:

- Técnicas de transmisión óptica.
- Mecanismos para garantizar la calidad de los servicios en las redes IP.
- Equipos de conmutación avanzados.
- Técnicas de distribución de contenidos.

Seguidamente se realiza una descripción más detallada de estas tecnologías, que constituyen la base fundamental del transporte de las redes actuales y futuras. Las tecnologías se analizan desde una doble perspectiva: características de la tecnología como medio de transporte de los servicios e impacto en el negocio de su introducción en la red.

En primer lugar se describen las características más relevantes de las tecnologías de transporte que sirven de apoyo a las redes IP en la actualidad: ATM, SDH y WDM. Se incluye a continuación una sección dedicada a la evolución de la red, cuyo horizonte a largo plazo es una red completamente óptica. Se analizan también los requisitos para que las redes IP se conviertan en redes multiservicio, en concreto los mecanismos de diferenciación de servicios y garantía de calidad que se están introduciendo actualmente en los protocolos IP.

Por último, se presentan otras tecnologías importantes: los avances recientes en las tecnologías de conmutación, en particular los routers de altas prestaciones y los nuevos elementos que aparecen como consecuencia del nuevo modelo de red. Se describen además las técnicas de distribución de contenidos, fundamentales en las redes de nueva generación para los servicios de difusión.

Posteriormente, en el capítulo 7 se describen los protocolos que se están introduciendo en la red para el control de sesiones, que constituyen el núcleo de la capa de control de las redes de nueva generación.

Tráfico IP
(Fte: Probe Research Inc.)

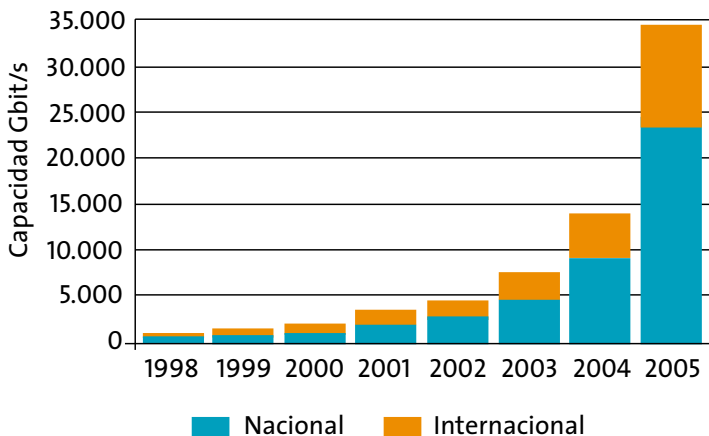


Figura 6-1:
Estimación de crecimiento
de tráfico IP en Europa

6.1 TECNOLOGÍAS DE TRANSPORTE

6.1.1 ATM

ATM fue un protocolo inicialmente diseñado para dar soporte a redes multiservicio, puesto que permite integrar el tráfico procedente de distintas aplicaciones de una manera muy flexible. Sus características se resumen a continuación:

- *Calidad de servicio.* Por un lado, permite al operador de red establecer distintos controles de tráfico, ya sean controles de admisión o mecanismos capaces de manejar prioridades, que permiten garantizar a los flujos una determinada calidad de servicio en términos de pérdidas de información, retardo y variación del retardo (*jitter*). Ésta es una de las capacidades imprescindibles para la integración de varios servicios dentro de una red, puesto que permite garantizar una calidad definida que se ajuste a los requisitos de cada uno de ellos.
- *Redes privadas virtuales.* ATM también facilita la configuración de subredes lógicas dentro de una misma red física de una manera mucho más sencilla y económica que la solución tradicional basada en el empleo de líneas alquiladas.
- *Gestión.* Su orientación a conexión le permite disponer de grandes capacidades en lo que respecta a la ingeniería de tráfico que permiten a los operadores gestionar de manera flexible el tráfico de sus redes, pudiendo establecer rutas predefinidas para determinados flujos o equilibrados de carga, por ejemplo.

Sin embargo, la especificación de ATM es, en gran medida, anterior al crecimiento de tráfico IP, por lo que presenta una serie de inconvenientes importantes a la hora de acomodar tráfico de esta naturaleza:

- Existe una tara de ancho de banda procedente del hecho de que los paquetes IP deban ser fraccionados para acomodarlos al formato de las células ATM, que además incluyen una nueva cabecera, la cual se traduce en una mayor proporción de información inútil para el usuario final. Este efecto se denomina *cell-tax* y da lugar a un uso poco eficiente del ancho de banda.
- También existe una tara a nivel de proceso. En la solución de IP sobre ATM, se dispone de una serie de *routers* IP que se enlazan entre sí por medio de enlaces ATM. En esta situación, en cada *router* se debe esperar a que lleguen todas las células correspondientes a un mismo paquete para reconstruirlo y que, a partir de él, se puedan tomar las correspondientes decisiones de encaminamiento. Esto constituye una nueva tara y además introduce una serie de retardos que hay que controlar,

sobre todo para cierto tipo de aplicaciones, como las basadas en el intercambio de información en tiempo real.

- En tercer lugar, la solución IP/ATM presenta serios problemas de escalabilidad. En un escenario en el que los *routers* IP se unen por medio de enlaces ATM punto a punto, el número de enlaces crece cuadráticamente con el número de *routers*, lo cual supone un problema cuando las redes adquieren una cierta dimensión.
- Aunque ATM permita llevar a cabo una gestión de la red eficiente, esto se hace a costa de introducir un nivel de complejidad muy elevado. Si el tráfico que soporta es IP podrían producirse redundancias por el hecho de que alguna funcionalidad apareciera duplicada en la capa IP, como controles de flujo o de congestión, por ejemplo.

Últimamente se están empezando a diluir las ventajas que aporta el empleo de ATM, mientras que persisten sus inconvenientes, de manera que parece inevitable su eliminación en un futuro más o menos cercano.

Se ha comprobado que existe una clara tendencia a que la mayoría del tráfico transportado por las redes se ajuste a patrones IP. En este escenario, la única razón de peso que parece justificar el empleo de la solución IP/ATM pasa por la necesidad de proveer una determinada calidad de servicio a cierto tipo de aplicaciones, en concreto a las de tiempo real.

Sin embargo, incluso esta tendencia está desapareciendo en los últimos tiempos por diversos motivos. Por un lado, existe la opinión de que en un futuro cercano el ancho de banda va a ser muy barato, de manera que la mejor solución, y sobre todo la más sencilla, para proveer calidad de servicio pasará por el mero sobredimensionado de las redes. Por otra parte, en los últimos tiempos se está trabajando mucho en el desarrollo de mecanismos de provisión de calidad de servicio que operen directamente en un entorno IP, como MPLS y DiffServ (estas técnicas se describen más adelante). Se trata de herramientas que eliminan parte de la complejidad implícita en la solución basada en ATM y cuya utilidad se espera ver en un futuro próximo.

6.1.2 SDH/JDS

La mayor parte de los equipos de transmisión que se emplean en este momento utilizan tramas SDH y SONET. Al igual que ocurre con el caso de ATM comentado anteriormente, su definición es anterior al desarrollo del tráfico IP.

En Europa, la ITU-T definió el estándar SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) o JDS (Jerarquía Digital Sincrona en la traducción de la UIT), que especifica velocidades de transmisión desde 155 Mbit/s. En EE.UU., por su parte, fueron el ANSI y Telcordia los que especificaron SONET (*Synchronous Optical Network*), que estandariza velocidades desde 51,8 Mbit/s.

Ambos protocolos fueron inicialmente concebidos para permitir la mul-

tiplexación de flujos telefónicos de 64 kbit/s para su posterior transmisión por enlaces de fibra óptica de mayor capacidad. Mediante el empleo de multiplexores de adición/extracción (ADMs - *Add/Drop Multiplexers*), es posible multiplexar varios canales telefónicos hasta completar la trama SDH para su posterior transmisión por la fibra. En el extremo receptor, el ADM se encarga de la tarea contraria. Realiza la demultiplexación y la extracción de los distintos canales.

Son varias las características de SONET/SDH que han justificado su utilización en el seno de las redes de fibra óptica durante los últimos tiempos. Sin embargo, algunas de ellas determinan también su difícil adaptación al futuro escenario de las redes y son las causas de que se plantee la eliminación de la capa SONET/SDH. Estas características son las siguientes:

- Se trata de una solución muy robusta. Permite restaurar las conexiones punto a punto en el caso de que se produzca algún problema en una fibra o equipo intermedio, encontrando caminos alternativos para la transmisión.

Esta característica tiene mayor o menor importancia según las funcionalidades que incorporen las capas superiores. Resulta de gran utilidad para servicios de tiempo real (no olvidemos que SONET/SDH fue concebido para la transmisión de tráfico telefónico convencional), puesto que contribuye de manera notable a la robustez de la red. En el caso de que la mayor parte del tráfico viaje en forma de paquetes IP, que es un protocolo no orientado a conexión, su importancia es bastante menor, puesto que el propio nivel IP cuenta con mecanismos de encaminamiento que, aunque todavía lentos, son capaces de reaccionar de forma robusta ante posibles fallos en equipos o enlaces. Cuando se solucionen los problemas de convergencia de esos algoritmos de encaminamiento está claro que existirán redundancias entre ambas capas, por lo que no será imprescindible la utilización de SONET/SDH.

- Las tramas SONET/SDH se conforman con 260 octetos de información a los que se añaden 10 octetos de cabecera. Esto supone una tara en ancho de banda, que, en todo caso, tampoco se puede considerar exagerada, sobre todo en un escenario en el que se prevé que no haya demasiadas restricciones por lo que a la capacidad de las redes se refiere.

El mayor inconveniente de SONET/SDH es su coste. Los equipos tienen precios muy elevados y además en los últimos tiempos se ha demostrado que existen alternativas tecnológicas que permiten asegurar un uso mucho más eficiente de los recursos.

En la actualidad todavía se están desarrollando extensiones al protocolo para solucionar algunos de los problemas que se derivan de su uso para el transporte de tráfico de datos: GFP (*Generic Framing Protocol*) es un protocolo que estandariza el empaquetado de datos en tramas SONET/SDH; LCAS (*Link*

Capacity Adjustment Scheme) es un mecanismo que permite multiplexar varios flujos de datos sobre una trama SONET/SDH de velocidad superior; por último, recientemente se ha realizado la especificación de la interfaz STM-256 (40 Gbit/s). Todas estas mejoras demuestran la importancia de estas redes y la utilidad que todavía tiene la capa de transporte SONET/SDH para los operadores actuales.

No obstante, parece razonable la previsión que existe en la actualidad sobre la sustitución de la capa SONET/SDH en el futuro, motivada principalmente por el desarrollo de nuevas tecnologías de transmisión óptica, cuyo máximo exponente es WDM. Estas tecnologías permiten la transmisión de varias portadoras sobre el mismo medio físico, lo que permite construir soluciones más baratas, más eficientes y, sobre todo, más adaptadas al futuro escenario de las redes de telecomunicaciones.

6.1.3 WDM

El principio de funcionamiento de WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) y DWDM (*Dense WDM*) se basa en el transporte de varios flujos de información, cada uno codificado sobre una longitud de onda distinta y multiplexados dentro de una única fibra. De esta manera se logra incrementar de manera considerable la capacidad de las redes de fibra óptica.

Este aumento de capacidad se puede lograr generalmente de varias formas distintas:

- *Incrementando el número de longitudes de onda* incluidas en una fibra y, con ello, el número de canales transportados por la misma. DWDM permite alcanzar altas densidades de empaquetado de portadoras dentro de una sola fibra óptica. Hoy en día son típicos valores de 16 ó 32 longitudes de onda por fibra, pudiendo llegar en el caso de enlaces submarinos hasta 128 o incluso 256.
- *Aumentando la velocidad de transmisión* soportada por cada una de las longitudes de onda. A esto contribuye la fabricación de unas fibras de cada vez mayor calidad, pero existe un límite físico determinado por su dispersión. Actualmente se trabaja con valores de 2,5 Gbit/s (STM-16 / OC-48), llegando en algunos casos a 10 Gbit/s (STM-64 / OC-192).

La utilización de tecnologías WDM aporta otra serie de ventajas importantes:

- WDM trae consigo una reducción de costes en la instalación de fibra óptica. Al ser mayor su capacidad, debido principalmente al hecho de que se pueden transportar varias longitudes de onda dentro de una sola fibra, será necesario desplegar un número menor de fibras, o aprovechar la ya instalada, para atender una demanda de tráfico creciente.

- Permite a los operadores aumentar la capacidad de sus redes de manera incremental, dándoles la posibilidad de ajustarse a la demanda que exista en cada momento. Para ello, les basta con instalar la fibra e ir activando sus diferentes longitudes de onda de manera progresiva conforme se vayan necesitando. Esto también se traduce en una mayor rapidez a la hora de afrontar aumentos en la capacidad de la red. Esta característica resulta fundamental para que nuevos agentes entren al mercado sin tener que hacer frente a un elevado coste de inversión inicial. Para ello les basta con desplegar una fibra e ir activando longitudes de onda conforme vayan necesitando más capacidad de transmisión.
- Cada una de las longitudes de onda puede incluir información transmitida a diferentes velocidades y con distinto formato. Es decir, que DWDM permite transportar información de diversas naturalezas y procedente de aplicaciones distintas dentro de una misma fibra.
- Se puede aumentar la capacidad de la fibra para adaptarse a incrementos de la demanda con sólo cambiar las interfaces de los equipos de transmisión. Por ejemplo, se puede pasar de 16 STM-16 a 80 STM-16 con sólo cambiar las tarjetas de dichos equipos.
- En WDM, las funciones de gestión se simplifican en gran medida, puesto que la propia capa óptica en sí goza de una mayor sencillez. La eficiencia del sistema de gestión óptico pasa porque la mayoría de las tareas se puedan realizar en el dominio óptico, sin necesidad de realizar ninguna conversión optoelectrónica, que lo único que produce es un mayor consumo de recursos e introduce más complejidad en las redes, como se comenta en el apartado siguiente.

Sin embargo, también hay que tener en cuentas los siguientes condicionantes:

- Las características de las fibras influyen de manera directa en las prestaciones de DWDM, pudiendo llegar a limitarlas de manera considerable. Cuanto mayor sea la pureza de la fibra, mayor será el número de longitudes de onda que podrá transportar así como la velocidad de la información transmitida por cada una de ellas.
- Se requieren componentes ópticos (láseres, fibra) de gran calidad, que elevan el coste de la solución.
- Hay muchos parámetros que difieren en función del suministrador (como la distancia máxima sin amplificación, el número de canales por fibra, el ancho de banda de cada canal o la tasa óptica agregada de salida) y que van a influir de manera directa en la configuración y las prestaciones de los sistemas.
- En la actualidad este tipo de sistemas se encuentra en un punto intermedio de su desarrollo. De momento, la gestión de los equipos se rea-

liza de manera independiente y para poder llevar a cabo una tarea de control integral del sistema se requiere el empleo de plataformas de control basadas en SONET/SDH.

En todo caso parece evidente que este tipo de tecnologías desplazarán en un futuro a las redes de transmisión SDH/SONET. De hecho, la UIT-T ha iniciado la estandarización de lo que será su evolución, bajo el nombre de OTN (*Optical Transport Network*). La evolución fundamental se basa en que OTN incorpora el uso de WDM en la estructura de transmisión, añadiendo una subcapa (canal óptico, correspondiente a cada longitud de onda) a la estructura básica de SONET/SDH. La unidad de transporte de información en estos sistemas será el Módulo de Transmisión Óptica (OTM - *Optical Transport Module*), que puede transportar varios canales ópticos de diferentes velocidades. Paralelamente, se están desarrollando los protocolos de señalización para permitir el uso automatizado de las capacidades de transporte de OTN por parte de las redes de nivel superior (voz, ATM o IP).

La **Figura 6-2** muestra la evolución temporal de los distintos tipos de red, según es aceptada por la mayor parte de los analistas.

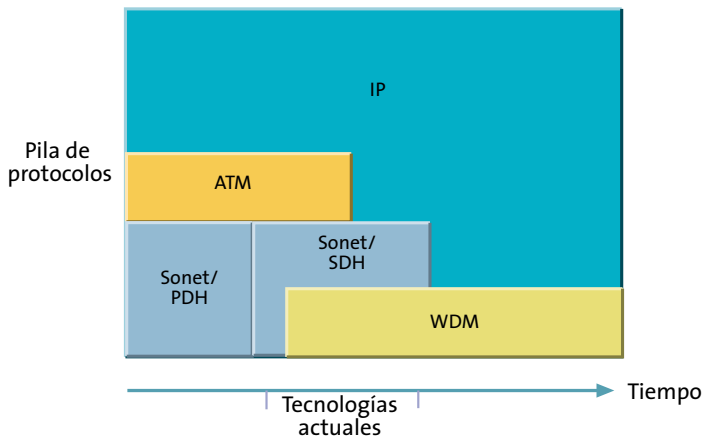
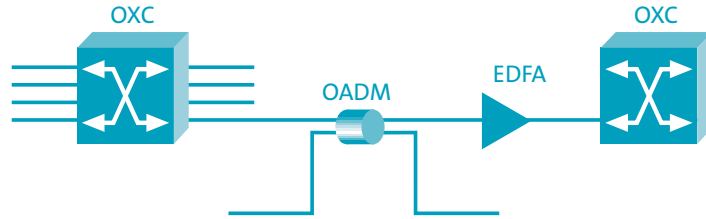


Figura 6-2:
Tendencias a nivel de protocolos en la capa de transporte

6.2 LA EVOLUCIÓN HACIA LAS REDES TOTALMENTE ÓPTICAS

Todos los avances conseguidos en el contexto de las comunicaciones ópticas tienen como fin hacer realidad el concepto de "red todo óptica". Avances significativos se han hecho al respecto con la invención de amplificadores ópticos, OADMs (*Optical Add/Drop Multiplexeres*) y OXCs (*Optical CrossConnects*). Todos estos desarrollos tienen como objetivo común conseguir realizar en el dominio óptico tareas que hasta ahora sólo podían llevarse a cabo en el dominio eléctrico y requiriendo, por tanto, conversiones optoelectrónicas que aumentan el coste. Los dispositivos desarrollados actualmente en este contexto son (ver la **Figura 6-3**):

Figura 6-3:
Elementos de una red
"todo óptica"



- **Amplificadores ópticos EDFA (Erbium-Doped Fiber Amplifiers).** La fibra, como todo medio de transmisión, introduce una determinada atenuación que provoca la necesidad de emplear amplificadores o regeneradores cuando los enlaces superan una cierta longitud. En los últimos tiempos se han desarrollado nuevos amplificadores EDFA, amplificadores de fibra dopados con erbio, capaces de completar todo el proceso de amplificación en el dominio óptico.

Otra de las ventajas que introducen este tipo de dispositivos es que permiten amplificar varias o todas las longitudes de onda que se transmiten en una fibra (es factible conseguir EDFAs con curvas de ganancia planas en tercera ventana), es decir, que, combinándolos con DWDM, además de lograr un ahorro en fibra también permite reducir el número de amplificadores necesarios.

- **Multiplexores de Inserción/Extracción (OADM).** Estos dispositivos son capaces de extraer la información contenida en cualquiera de las longitudes de onda de la fibra en cualquier punto intermedio de la misma. Además de la extracción, también permiten introducir canales a mitad de fibra.

Los primeros equipos de estas características no son sintonizables, es decir, deben ser programados "a mano" por un operario y emplean longitudes de onda fijas, lo que supone una verdadera complicación para las tareas de gestión y reduce considerablemente la flexibilidad de las redes. Los OADMs sintonizables marcarán un nuevo hito en este aspecto y facilitarán en gran medida la gestión de las redes ópticas.

- **Conmutadores ópticos (OXC).** Por otro lado, también se están haciendo avances significativos en el desarrollo de conmutadores ópticos. Algunos fabricantes aseguran tener ya disponibles dispositivos que permiten realizar la conmutación sin pasar al dominio eléctrico incluso entre longitudes de onda de distintas fibras. Las versiones más sencillas presentan matrices de conmutación de 16x16, aunque ya hay quien habla de matrices de incluso 256x256.

El desarrollo de todos estos dispositivos supone un primer paso hacia las redes "todo ópticas" en las que se consigan eliminar todas las tareas que actualmente se realizan en el dominio eléctrico, puesto que suponen una gran tara en velocidad y en eficiencia. Sin embargo, todavía queda mucho por hacer en este

campo. Este tipo de redes está empezando a ser factible en el ámbito de la conmutación de circuitos, pero para satisfacer los requisitos de las redes de paquetes se requiere desarrollar nuevos dispositivos, como memorias ópticas (para implementar, por ejemplo, las colas de los conmutadores), e incorporar funcionalidades basadas en puertas lógicas ópticas.

A continuación se describen tres posibles opciones de evolución de la red hacia el horizonte de una red de transmisión totalmente óptica:

- Evolución por defecto, continuación de la red actual sin cambiar su filosofía.
- Red GMPLS, o integración de la transmisión óptica con la capa IP.
- Red "todo óptica" independiente.

6.2.1 Evolución por defecto

Consiste en dejar que la red de transmisión continúe creciendo a trozos, en función de las necesidades del momento. En este caso no se puede hablar de una red de transmisión, sino de un conjunto de enlaces ópticos independientes entre sí, que se van estableciendo para interconectar elementos de las redes de transporte. En el momento actual los elementos de red son básicamente *cross-connect* y ADM del tipo SDH.

En este escenario la red de transporte es IP y todos sus elementos de red son *routers*. Dependiendo de su capacidad de conmutación de tráfico, reciben el nombre de *Terarouters*, TSR, o *Gigarouters*, GSR, para capacidades 10^{12} bit/s o 10^9 bit/s, respectivamente. Asimismo, los *routers* se conectan entre sí mediante enlaces ópticos DWDM punto a punto.

En la red IP sobre DWDM, que se representa en la **Figura 6-4**, no se realiza ningún proceso a nivel óptico: el reencaminamiento y las funciones de protección se llevan a cabo a nivel eléctrico en los *routers* y, por consiguiente, si un paquete o conjunto de paquetes IP tienen que atravesar n *routers* sufren n procesos de conversión optoelectrónica.

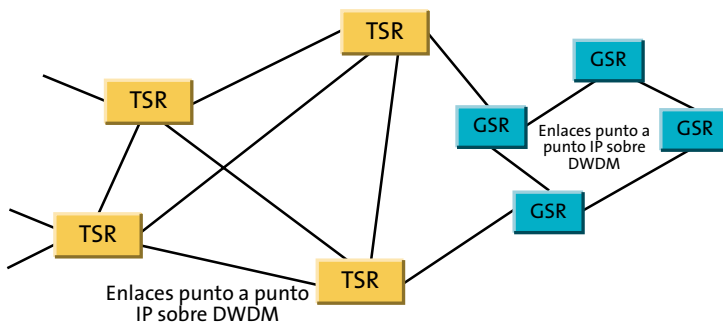


Figura 6-4:
Ejemplo de evolución por defecto: red IP sobre DWDM

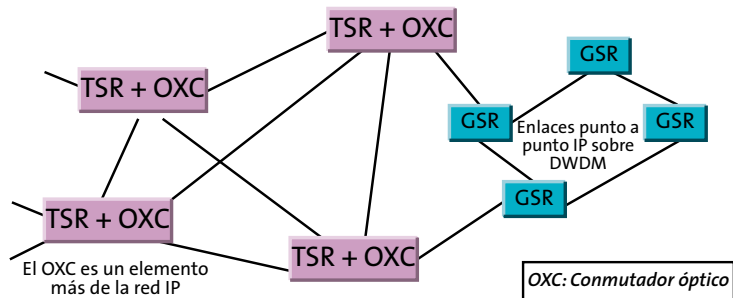
La evolución por defecto tiene el atractivo de su simplicidad de planificación, al no existir una capa óptica. Por contra, a medida que el tráfico en las rutas

sube a centenares de Gbit/s, las conversiones optoelectricas y el tránsito en los nodos intermedios obliga a aumentar de forma innecesaria el tamaño, consumo y número de los *routers*, así como la complejidad y coste de sus sistemas de gestión. Para corregir este problema, las otras dos evoluciones incluyen una capa de transmisión óptica pura, en la que el direccionamiento grueso se realiza a nivel óptico, que es muy simple y eficiente, y el fino a nivel eléctrico. La frontera entre fino y grueso la constituye la granularidad de la capa óptica: la portadora. En estos momentos el tráfico mínimo por portadora es 2,5 Gbit/s, correspondiente a una trama STM-16, y se contempla bajar en algunos casos excepcionales a 1 Gbit/s, para asignar una trama Gigabit Ethernet a una portadora individual. También se contempla la posibilidad de actualizar las rutas de mayor tráfico a 10 Gbit/s por portadora, aunque son muchas las fibras que no admiten esta velocidad de modulación por problemas de dispersión de polarización.

6.2.2 Red GMPLS

GMPLS, acrónimo del término MPLS generalizado, es una propuesta de extensión del estándar MPLS (descrito en otra sección más adelante). Su objetivo es integrar en un mismo plano de control la red IP y los conmutadores ópticos, de forma que el operador vea el reencaminamiento óptico como una funcionalidad más de los *routers* IP. Los promotores de esta propuesta son los fabricantes de *routers* y su estandarización se inició a principios del año 2001 en el seno del Internet *Engineering Task Force* (IETF). En la **Figura 6-5** se representa un esquema de este tipo de red.

Figura 6-5:
Esquema de red GMPLS



En GMPLS se contempla la existencia de matrices de conmutación óptica, OXC, que descargan a los routers de gran parte del tráfico que no va destinado a ellos.

Además de la ventaja que representa utilizar conmutadores ópticos, GMPLS ofrece las ventajas propias de las estrategias de integración, que se pueden resumir de la forma siguiente:

- Al realizar bajo un mismo proceso la agregación eléctrica con la multiplexación óptica se optimiza el uso del ancho de banda.

- La monitorización y protección se realiza a nivel eléctrico, eliminando la necesidad de introducir para ello mecanismos adicionales a nivel óptico.
- Como generalización del punto anterior, no existe sistema de gestión de la capa óptica.

Frente a estas ventajas, GMPLS presenta también dos graves inconvenientes, uno de gestión, o de estrategia de operación, y otro de naturaleza física.

El mayor inconveniente de estrategia de operación radica en que si bien en GMPLS las capas ópticas y eléctricas son vistas por el operador como una única entidad, en realidad existen como entidades físicas distintas. Pero esto obliga a que ambas sean del mismo fabricante. Por otra parte, en GMPLS se propone que para poder implementar la función de reencaminamiento de tráfico todos los conmutadores y routers dispongan de un mapa detallado de toda la planta, lo que, teniendo en cuenta el grado de desarrollo de los estándares MPLS, obliga a que todos los *routers* sean del mismo operador.

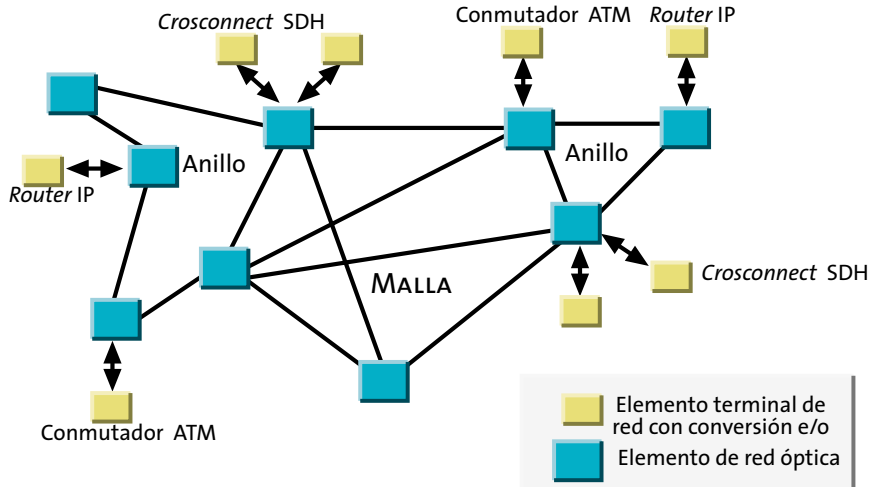
Para intentar paliar este inconveniente, los fabricantes de *routers*, conscientes de la importancia que los operadores atribuyen a la posibilidad de gestionar de forma independiente las diferentes capas de la red, han propuesto en el IETF una variante del GMPLS, conocida como *overlay option* GMPLS (GMPLS superpuesta). En esta variante, la plataforma de control de la red sigue siendo única, pero el operador puede separar a nivel administrativo la gestión de los conmutadores ópticos de la gestión de los *routers*. Frente a ella, la propuesta original de control integrado de toda la red recibe el nombre de *peer option* GMPLS (GMPLS entre iguales).

El segundo inconveniente se refiere al hecho de que una red óptica deberá incluir no solamente conmutadores ópticos, sino otros elementos de red, como filtros sintonizables de extracción e inserción, ecualizadores de intensidad o elementos de compensación de dispersión cromática, y que una capa óptica requiere un mínimo de supervisión mediante análisis espectral independiente de las capas de multiplexación eléctrica. Estos equipos no están incluidos en el esquema de supervisión anterior y complican la gestión, al deber realizarse independientemente.

6.2.3 Red totalmente óptica independiente

Este escenario se representa en la **Figura 6-6**, en la que se distinguen elementos de red óptica, como conmutadores, filtros sintonizables, ecualizadores, etc., y elementos terminales de red de transporte, como routers, crosconnects o ADM SDH, o conmutadores ATM. La red de transmisión proporciona conectividad con reencaminamiento a nivel óptico y granularidad de portadora a las diferentes redes de transporte, y es independiente de todas ellas.

Figura 6-6:
Esquema de red "todo
óptica" independiente



Además de contemplar cualquier tipo de elemento óptico, la principal característica que diferencia a esta opción de las anteriores es la independencia con respecto a las redes de transporte. Esta independencia abarca tres aspectos:

- *Independencia de formatos de modulación.* La transmisión óptica es independiente del sistema de multiplexación eléctrico, incluso en las capas más bajas, la 1 y la 2. La adaptación entre el entorno eléctrico y óptico se realiza en los transpondedores.
- *Independencia de sistemas de gestión.* La independencia de los sistemas de gestión persigue dos objetivos:
 - a) Permitir al operador, si así lo desea, adquirir los sistemas de gestión de suministradores diferentes.
 - b) Dado que la funcionalidad de la capa óptica es mucho más simple que la de los estándares de multiplexación, el coste de su gestión deberá ser también muy inferior. El operador puede actualizar la gestión de su planta óptica sin verse forzado a adquirir una nueva versión de sistema de gestión de red de transporte, que potencialmente es más cara.

La simplicidad de la gestión de la capa óptica merece una aclaración. El operador puede manipular muy poco a una portadora; únicamente puede variar su intensidad, reencaminarla o filtrarla. Por contra, los elementos de las jerarquías de multiplexación eléctricas acceden al contenido digital de la señal, y sobre él pueden realizar una gran variedad de actuaciones, como modificar canales de servicio, medir tasas de error, actualizar mecanismos de corrección de errores, y un largo etcétera.

A nivel de gestión, la integración de la transmisión con el transporte se realiza de forma similar a como se integran en la actualidad sistemas y redes diferentes para ofrecer un único servicio: mediante un sistema de

gestión de orden superior, tal como se ilustra en la **Figura 6-7**. Este sistema lo suele desarrollar el propio operador a su medida.

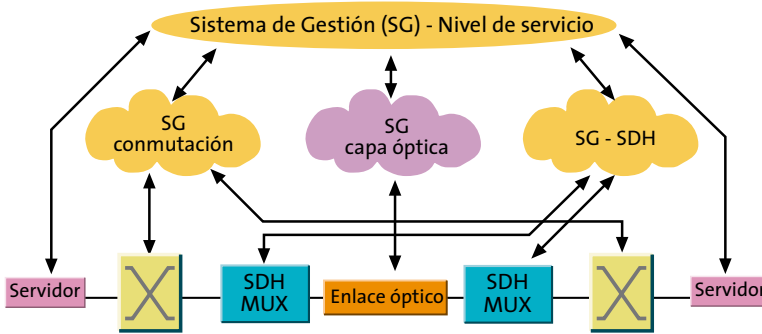


Figura 6-7:
Interconexión de sistemas de gestión

- **Independencia de sistemas de protección.** La independencia de los sistemas de protección es una consecuencia directa de la independencia de la transmisión óptica frente a los formatos de modulación. Si los enlaces soportan cualquier tipo de jerarquía de multiplexación, los mecanismos de protección óptica deben ser válidos para todas ellas. Además, la interacción o dependencia de la protección óptica con algún tipo de sistema de multiplexación conllevaría un interfuncionamiento de sus sistemas de gestión, en contra de los intereses descritos en el punto anterior.

De todo lo expuesto hasta este punto, se concluye que la evolución gradual hacia una transmisión todo óptica independiente del transporte constituye probablemente la opción más adecuada para asegurar un escenario multisuministrador.

6.3 CALIDAD DE SERVICIO EN REDES IP

Uno de los requisitos principales para que el proceso de migración hacia la red única se desarrolle con éxito es que las tecnologías de conmutación de paquetes permitan ofrecer servicios de tiempo real, típicamente la voz, asegurando a los usuarios los mismos niveles de calidad que les ofrecen hoy en día las arquitecturas basadas en conmutación de circuitos.

Desde sus orígenes, las redes IP han centrado su funcionamiento en mecanismos del tipo *best-effort*, que consiste en que todos los paquetes reciben el mismo tratamiento, y la red simplemente se limita a asegurar que éstos alcanzan su destino final, pero sin llegar a adquirir compromisos de calidad de ningún tipo. Esta filosofía ha aportado una gran sencillez a la gestión de red, lo que ha sido un factor muy importante para la rápida extensión de las redes IP.

Como es lógico, las degradaciones del servicio en términos de *throughput*, retardo y *jitter* afectan en el modelo *best-effort* a todos los servicios por igual, y

esto puede no ser tolerable en las redes de nueva generación, en cuyo seno va a convivir tráfico perteneciente a servicios de naturaleza muy diferente y con requisitos muy distintos: aplicaciones no sensibles a retardos, como el correo electrónico o la transferencia de archivos, y aplicaciones basadas en el intercambio de flujos en tiempo real.

Existe en la actualidad la idea, relativamente extendida, de que el sobre-dimensionado de la red en términos de ancho de banda y de prestaciones de equipos evitará cualquier posible situación de congestión (y así evitará los retardos intolerables para las aplicaciones más exigentes). A esta propuesta contribuyen decisivamente el crecimiento de la capacidad de las redes y el abaratamiento sostenido del precio de la capacidad de transmisión (es decir, cada vez se pueden transmitir más bit/s de forma más barata).

No obstante, desde otros sectores de considerable influencia (operadores tradicionales y fabricantes de equipos), se afirma que hasta ahora el incremento de la demanda ha ido siempre en paralelo a los avances tecnológicos, por lo que se hacen necesarios nuevos mecanismos que permitan diferenciar el tratamiento de la red a los distintos servicios con requisitos de calidad heterogéneos.

Por otra parte, en los últimos tiempos ha aumentado de manera espectacular el número de usuarios de las redes de telecomunicación. Como consecuencia de este crecimiento, ha sido inevitable la segmentación de los clientes. La demanda ha dejado de ser homogénea y ahora confluyen usuarios con perfiles muy distintos, cada uno con sus propias necesidades y buscando una utilidad distinta a su conexión a la red. Algunos, por ejemplo, la emplean como herramienta de trabajo, mientras que otros buscan en ella un simple medio de entretenimiento para satisfacer sus momentos de ocio.

Bajo estas condiciones, y desde un punto de vista de negocio, puede ser beneficioso para los operadores ofrecer niveles diferenciados de calidad que se ajusten a los distintos segmentos de clientes, fijando el precio en función de la calidad ofrecida por cada clase de servicio.

Estas son las razones por las que desde hace cierto tiempo se está invirtiendo un esfuerzo considerable en que las nuevas arquitecturas estén capacitadas para diferenciar flujos de tráfico procedentes de aplicaciones de características distintas, y en que incluyan mecanismos avanzados de gestión de tráfico. Con el propósito de habilitar las redes de nueva generación para soportar servicios de tiempo real, se están desarrollando diferentes soluciones que permiten la implementación de mecanismos de provisión de calidad de servicio en el seno de redes basadas en el protocolo IP. En estos temas se está centrando gran parte de los esfuerzos de la IETF, encargada de estandarizar soluciones como MPLS y *Diff-Serv*, que son las propuestas más maduras entre todas las realizadas en los últimos años en este campo.

La aportación principal de MPLS pasa por las mejoras que permite alcanzar en la gestión de las rutas que siguen los flujos de tráfico, mientras que la mayor aportación de *Diffserv* viene dada por los mecanismos que introduce para manejar la prioridad de los flujos de tráfico. A continuación se describen ambas

soluciones en detalle.

6.3.1 MPLS

El protocolo MPLS (*MultiProtocol Label Switching*) pretende aunar las capacidades de gestión de tráfico de nivel 2 con la flexibilidad y la escalabilidad propias del encaminamiento de nivel 3.

El funcionamiento de este protocolo se caracteriza porque realiza la conmutación de los paquetes IP de acuerdo a la información contenida en una etiqueta (*label*) introducida entre las cabeceras de nivel 2 y nivel 3. De esta manera se consigue que las redes de datagramas sean capaces de funcionar como redes de conmutación de circuitos virtuales, lo que les proporciona una cierta orientación a conexión. El objetivo final es que se pueda realizar una gestión de los recursos de red basada en reserva de capacidades de transmisión extremo a extremo.

Una ventaja añadida es que la conmutación basada únicamente en una etiqueta simplifica considerablemente el procesado respecto a la conmutación de datagramas IP, ya que se evita la ejecución de una serie de procesos, como algoritmos de encaminamiento de nivel de red.

Una red MPLS está constituida por una agrupación de LSRs (*Label Switching Routers*), que son *routers* capaces de realizar el encaminamiento en función de la etiqueta MPLS, la cual identifica el paquete como perteneciente a un determinado camino. La correspondencia entre los flujos y las etiquetas se realiza en los routers de borde de la red, denominados en este contexto LERs (*Label Edge Routers*). Cada LSR de la red se encarga de analizar la etiqueta de los paquetes recibidos para determinar el enlace de salida por el que deben ser retransmitidos, así como la nueva etiqueta que los debe acompañar. Toda esta información está contenida en tablas de conmutación que deben residir en todos los nodos y ser inicializadas como paso previo a la transmisión de los paquetes.

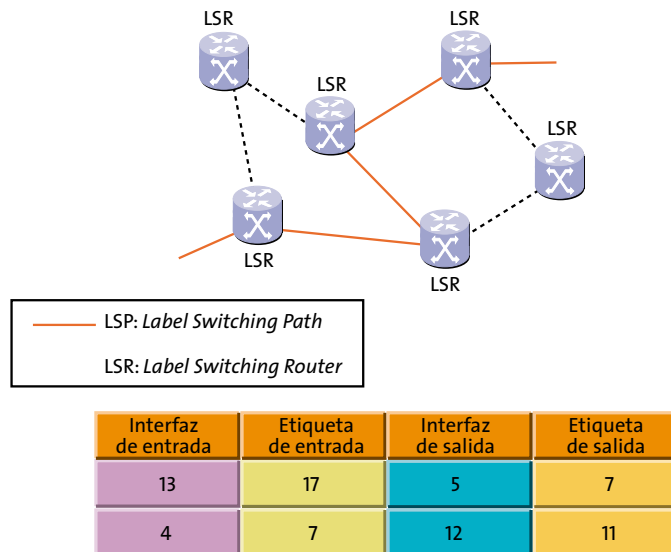
Se denomina LSP (*Label Switching Path*) al camino específico que sigue un paquete a través de la red determinado por las etiquetas que se le asignan (ver la **Figura 6-8**). Es conceptualmente similar a un canal virtual de ATM y puede ser punto a punto, punto a multipunto, multipunto a punto o multipunto a multipunto.

En una primera fase, el LSR de entrada a la red debe establecer un LSP por el que se van a transmitir los paquetes. Para ello envía un mensaje hacia el LSR destino, el cual contesta con la transmisión, siguiendo el camino inverso, de la etiqueta que se debe emplear. Cada uno de los nodos de este camino procesa el mensaje guardando la etiqueta que debe usar para transmitir los paquetes hacia el LSR siguiente y lo reenvía hacia el nodo anterior incluyendo la etiqueta que éste debe emplear para comunicarse con él. De esta manera queda establecido el LSP. El encargado de esta misión es siempre el nodo destino de cada enlace en el que se utiliza una etiqueta: es éste el que, tras tomar la decisión sobre el signifi-

cado, la distribuye a sus antecesores. Para realizar esta función de distribución se utilizan varios protocolos, similares en su funcionalidad a los protocolos del plano de control de ATM:

- *LDP (Label Distribution Protocol)*. Es específico de MPLS. Su extensión *CR-LDP (Constrained Routing LDP)* tiene en cuenta los requisitos del flujo y las condiciones de la red para establecer el LSP por el que debe ser transportado.
- *RSVP (Resource reSerVation Protocol) con extensiones*. Se amplía el protocolo de reserva RSVP, originalmente diseñado para señalar demandas de calidad de servicio extremo a extremo.
- *BGP (Border Gateway Protocol) con transporte de etiquetas*. Las redes privadas virtuales y la interconexión entre redes de proveedores de servicio se perfilan como las principales aplicaciones de este protocolo, que distribuirá etiquetas de segundo nivel de jerarquía dentro de los núcleos de red.

Figura 6-8:
Ejemplo de red MPLS



El empleo de MPLS aporta una serie de ventajas que complementan al protocolo IP:

- *Agregación de flujos.* Por un lado, posibilita la realización de agregación de flujos. Permite que varios flujos distintos sean transmitidos a través de un camino común identificados por una única etiqueta y siendo tratados, a todos los efectos, como un solo flujo. Esta es una de las mayores ventajas que introduce MPLS en el núcleo de la red y supone un alivio a los problemas de escalabilidad característicos de la tecnología ATM.

- *Integración de tráfico.* Otra de las grandes aportaciones de MPLS pasa por la mejora de la calidad de servicio que pueden ofrecer las redes IP. El encaminamiento actual de Internet se realiza atendiendo a una serie de criterios demasiado simples: las tablas de encaminamiento permiten buscar la ruta óptima según una determinada métrica y los posibles caminos alternativos no son empleados, concentrando todo el tráfico en determinados puntos de la red y produciendo una utilización de los recursos poco uniforme.

En el seno de la IETF se denomina "ingeniería de tráfico" (*traffic engineering*) a la selección de varios caminos a través de una red para repartir la carga sobre varios enlaces y aprovechar todos los recursos de manera óptima en cada momento.

Haciendo uso de MPLS, en la fase de establecimiento del LSP se pueden tener en cuenta los criterios apropiados con el fin de establecer rutas prefijadas para los paquetes. De esta manera, se da una cierta orientación a conexión a la red IP que permite introducir una serie de mecanismos de cara a obtener una mejor gestión de los recursos que pueda garantizar determinados niveles de calidad de servicio para los flujos. También es posible dirigir el tráfico desde enlaces sobrecargados de la red hacia otros que estén infrautilizados, obteniendo una distribución más uniforme de la carga, que se traduce en un mejor aprovechamiento de los recursos.

- *Redes privadas virtuales.* Las "redes privadas virtuales" (VPNs - *Virtual Private Networks*) ofrecen conectividad entre varios sitios privados empleando un núcleo de red compartido y aportando las mismas funcionalidades (seguridad, fiabilidad, capacidad de gestión, etc.) de las que se dispondría si se hiciera sobre una red privada. Pueden ser implementadas sobre la Internet pública o sobre la red de un proveedor de servicios.

No obstante, todavía no está claro que la solución a la provisión de calidades de servicio garantizadas pase por el uso generalizado de MPLS. En principio, esta era una solución a un problema puntual (la integración de entornos IP y ATM), y como tal ha sido un éxito. Por otra parte, como se ha señalado, su orientación al paradigma de la conmutación de circuitos la hace ideal para la gestión de VPNs. Sin embargo, esta misma concepción presenta ciertos inconvenientes, algunos de ellos difícilmente asumibles por una solución a largo plazo de

gestión de red extremo a extremo:

- El modelo de red que propone MPLS, si bien soluciona el problema de escalabilidad que presentaba ATM, requiere todavía unas labores de gestión complejas. Los sistemas orientados a conexión son efectivos en entornos locales (intradominio) o estáticos (como la red telefónica). En este sentido, conviene escuchar algunas de las críticas que se hacen a MPLS, respecto a que quizás sea una tecnología con predicamento en la industria telefónica por la experiencia que ésta tiene en la conmutación de circuitos. La orientación a conexión, sin embargo, es difícilmente gestionable en una red de alcance mundial y de desarrollo muy dinámico, como Internet.
- Existe también la opinión de que el problema de la calidad de servicio en Internet no depende tanto de realizar una gestión muy fina en el núcleo de la red, como de aprovechar la abundancia y bajo precio de la capacidad de transmisión para realizar un sobredimensionado (o, en palabras de los defensores de esta postura, un dimensionado adecuado) que asegure la calidad de servicio. De hecho, existen ya estudios que demuestran que las prestaciones (de retardo y *jitter*) que se observan en el *backbone* de EE.UU. son muy satisfactorias para el tráfico de tiempo real, y que los problemas de la calidad de servicio tienen más relación con la red de acceso y el nivel de servicio que proporcionan los ISPs. El verdadero problema del *backbone*, se sugiere, no está en su capacidad, sino en la estabilidad y convergencia de los algoritmos de encaminamiento en Internet.
- Por último, a pesar de los esfuerzos de IETF, la tecnología MPLS no es todavía un estándar de facto. Los fabricantes de equipos, a pesar de que afirman casi sin excepción que incorporan el protocolo en sus equipos, suelen ofrecer versiones propietarias que no interfuncionan entre sí (salvo, quizás, en los aspectos más básicos del estándar). A esto no contribuye precisamente la variedad de protocolos de gestión descritos anteriormente. Esto hace que el despliegue de una red MPLS operativa obligue a depender de un único suministrador, o, en caso contrario, estar dispuesto a realizar complicadas tareas para unificar la gestión de los equipos (problemas, por otra parte, que han sufrido mucho tiempo los operadores telefónicos).

6.3.2 DiffServ

Gran parte de los esfuerzos realizados por la IETF en los últimos tiempos se han plasmado en la definición de arquitecturas, como *IntServ* o *DiffServ*, que permiten diferenciar entre sí los flujos que atraviesan una red en términos de prestaciones, de acuerdo a unas garantías (*IntServ*) o expectativas (*DiffServ*) de calidad.

Los primeros esfuerzos se destinaron al desarrollo de una arquitectura de

servicios integrados (*IntServ - Integrated Services*) a través de un grupo de trabajo del mismo nombre. La propuesta pasaba por dar un tratamiento individualizado a cada uno de los flujos que atravesaban las redes. Sin embargo, esta solución resulta demasiado ambiciosa y presenta serios problemas de escalabilidad, puesto que el número de flujos puede llegar a ser realmente elevado dentro de la red de transporte.

Como alternativa, el grupo de trabajo *DiffServ (Differentiated Services)* propuso una arquitectura en la que el tratamiento se lleva a cabo sobre agrupaciones de flujos, de manera que se trata por igual a todos los flujos que requieren la misma clase de servicio. Así se consiguen evitar los problemas de escalabilidad de los que adolecía *IntServ*.

Por medio de un contrato de tráfico, la red se compromete a dar un determinado trato a los paquetes, con vista a ofrecer una calidad de servicio definida, siempre y cuando el flujo satisfaga unos determinados parámetros estadísticos, como pueden ser la tasa de pico o la tasa media. El tratamiento viene determinado por el contenido del campo DS de la cabecera del paquete IP, que se corresponde con el campo TOS (*Type Of Service*), en el caso de IP, o con el campo *traffic class*, cuando se trata de IPv6.

Los paquetes entran en la red de tránsito con una determinada marca, indicativa de la calidad de servicio de que son acreedores, en función de que cumplan o no con el contrato de tráfico previamente establecido, que va a condicionar el tratamiento que los nodos y enlaces les otorguen.

Todos los nodos del núcleo de la red (tanto los exteriores como los interiores) deben disponer de mecanismos de prioridad capaces de discriminar los paquetes en función de sus marcas (este es un requisito que cumplen la práctica totalidad de los equipos actuales). El tratamiento de los paquetes se concreta en lo que se conoce como PHBs (*Per Hop Behaviours*), que se corresponden con distintos niveles de prioridad:

- *Prioridad de servicio*. Determina qué paquete se atiende en primer lugar de todos los que están esperando a ser transmitidos por un enlace.
- *Prioridad de descarte*. En el interior de los nodos los paquetes son almacenados en buffers de tamaño finito. Como consecuencia de esto, cuando se agota su capacidad hay que proceder al descarte de uno o más paquetes. La prioridad de descarte permite determinar cuáles son los paquetes que se van a descartar cuando se produzca esta situación.

Durante su recorrido a través de la red, un paquete recibe distintos PHBs en los nodos de la misma, en función del tratamiento de que sea acreedor, de manera que el servicio ofrecido a un flujo viene determinado por esa sucesión de PHBs. En este contexto, es necesario definir un conjunto de servicios extremo a extremo como sucesiones de PHBs.

La IETF se ha centrado en la especificación de dos tipos de PHBs distintos:

- *EF (Expedited Forwarding)*. Define el tratamiento que se debe dar a los paquetes pertenecientes a flujos de servicios de tiempo real, permitiendo asegurar bajos retardos extremo a extremo, bajo *jitter*, baja probabilidad de pérdidas y una tasa mínima garantizada.

A los paquetes conformes con el contrato de tráfico se les da un tratamiento de máxima prioridad de servicio en las colas de los distintos nodos, mientras que a los no conformes no tiene sentido darles un tratamiento de menor prioridad, puesto que se traduciría en unos retardos demasiado altos y, en todo caso, inaceptables para este tipo de aplicaciones. Por esta razón son descartados directamente evitando de esta manera el consumo innecesario de recursos.

- *AF (Assured Forwarding)*. En este caso se definen cuatro prioridades de servicio diferenciadas, cada una de las cuales soporta tres niveles de prioridad ante descartes distintos.

La diferenciación en niveles de calidad de servicio viene determinada por la reserva de recursos (ancho de banda y espacio en colas). Además, se trata de minimizar las congestiones a largo plazo mediante la inclusión de mecanismos activos de gestión de colas, como RED, RIO o WRED.

Dentro de una misma clase de servicio, los paquetes pueden presentar tres probabilidades de descarte distintas en caso de congestión, con vistas a que el tráfico conforme al contrato no sufra tanto este inconveniente. De esta manera, a los paquetes no conformes se les otorga una menor prioridad, que equivale a una mayor probabilidad de descarte. Así pues, el tratamiento ofrecido a los paquetes de un determinado flujo dependerá de la cantidad de recursos asignados para los flujos de su clase, de la carga de los mismos y de su probabilidad de descarte ante situaciones de congestión.

Además de estos dos tratamientos, también se contemplan mecanismos que presten un servicio *best-effort* como el de Internet. Afectaría a los paquetes de los flujos que no desean contratar una calidad de servicio mayor, además de a los paquetes no conformes pertenecientes a flujos de niveles de calidad superiores.

Aunque el servicio *best-effort* sea un servicio muy simple, no por ello deja de ser necesaria la realización del correspondiente dimensionado de recursos con el fin de asegurar unas mínimas garantías de calidad.

DiffServ se plantea como la solución más adecuada para ofrecer calidades diferenciadas en el seno de las futuras redes. Además es compatible y complementaria de MPLS. Usando las dos de manera combinada se pueden aprovechar las capacidades de gestión de tráfico de la primera y las de ingeniería de tráfico de la segunda para ofrecer una cartera de servicios más amplia haciendo un uso más eficiente de los recursos.

Sin embargo, es conveniente señalar que esta arquitectura no supone por

sí sola la solución a la diferenciación de servicios en las redes IP:

- El modelo *DiffServ* se limita a ofrecer expectativas de calidad a los flujos, y no garantías absolutas, es decir, asegura que a unos flujos se les trata mejor que a otros, pero no garantiza unos parámetros de calidad concretos a cada grupo de flujos. En este sentido sigue siendo fundamental el realizar un dimensionado adecuado para cumplir con esos parámetros de calidad. En última instancia, si se cumplieran las predicciones que ya se han mencionado sobre la disponibilidad casi ilimitada de ancho de banda barato, este mecanismo no sería necesario.
- El control sobre los flujos de tráfico se realiza únicamente dentro del dominio IP del operador, pero no se tiene un control extremo a extremo de la comunicación. Sería necesario, por tanto, garantizar la coherencia entre la interpretación que distintos fabricantes de equipos y operadores de red realicen del mismo DS, es decir, que todos empleen las mismas correspondencias entre DS y PHBs, y esta es una tarea bastante difícil. También son muy importantes en este contexto los acuerdos de nivel de servicio (*SLAs - Service Level Agreements*) que el operador del dominio *DiffServ* tiene con los dominios con los que intercambia tráfico.

En resumen, el modelo *DiffServ* supone una herramienta simple para ofrecer servicios diferenciados, aunque sea necesario complementarla con otras herramientas de gestión o de dimensionado para explotar todas sus posibilidades.

6.4 IPv6

A mediados de los años 90, empezó a ser evidente que el número de direcciones IP disponibles iba a ser insuficiente para responder a la demanda que surgiría en los siguientes años. Así, se llegó a la conclusión de que en torno a los años 2004, 2006 ó 2008 se acabarían las direcciones IP.

Por otra parte, otro de los problemas notables que presenta el direccionamiento en IPv4 es la ausencia de una jerarquía de encaminamiento, que provoca el crecimiento de las tablas de encaminamiento (aunque CIDR - *Classless InterDomain Routing* mitiga parcialmente este problema). Además existen problemas de seguridad, y los provocados por el uso de NATs y direcciones privadas, que limitan o impiden el uso de algunas aplicaciones de Internet.

Por estas razones, el IETF comenzó la labor de especificación de una nueva versión del protocolo IP, al que se llamó IP de siguiente generación (*Next Generation IP - IPng*) y que actualmente se conoce como IPv6. Aunque la principal motivación para desarrollar IPv6 fue solucionar las ineficiencias en la gestión de las direcciones mencionadas anteriormente, el resultado de este trabajo ha sido una nueva versión del protocolo IP, que aporta un gran número de mejoras que van más allá del aumento del espacio de direcciones. La nueva versión del

protocolo pretende responder a las nuevas necesidades planteadas en las redes IP (QoS, seguridad, etc.) y superar las limitaciones y carencias de un protocolo con más de veinte años de antigüedad.

El nuevo protocolo IP se presentó en el *Internet Draft "The Recommendation for the IP Next Generation Protocol"* [RFC 1752] en 1995, que se convirtió en un "*Proposed Estándar*" [RFC 1883] en 1995. En 1998 el núcleo del protocolo IPv6 se convirtió en un "*Draft Estándar*" [RFC 2460].

Entre las mejoras introducidas cabe destacar el aumento del espacio de direcciones y la mejora de su gestión, la calidad de servicio, la autoconfiguración, la seguridad, los servicios *anycast* y *multicast*, la movilidad, y el *multihoming*. A continuación se describen todas estas mejoras.

Aumento del espacio de direcciones y mejora de su gestión

Las direcciones de IPv6 tienen una longitud de 128 bits, es decir en IPv6 hay 2^{128} direcciones, lo que elimina la necesidad de usar direcciones privadas y servidores NAT.

El IETF ha elegido un esquema jerárquico basado en agregación para la asignación de las direcciones IPv6, porque combina las ventajas de la asignación geográfica y por proveedor:

- *Los TLAs (Top Level Aggregators)* son puntos públicos de tránsito (exchanges) donde los grandes carriers y operadores establecen sus conexiones.
- *Los NLAs (Next Level Aggregators)* representan a los grandes proveedores y a las redes corporativas globales. El campo NLA se puede dividir en varios subcampos, con lo que se puede crear una nueva jerarquía, siguiendo el esquema actual, donde los ISPs pequeños se subscriben a ISPs grandes.
- *El campo SLA (Site Level Aggregation)* identifica a la red local.

Esta jerarquía de direcciones da lugar a una jerarquía de encaminamiento global, que permite la agregación de rutas, por lo que los routers ya no se ven obligados a almacenar y mantener tablas con información de encaminamiento para cada red existente (lo que resultaría imposible debido al gran número de redes existentes). Este mecanismo es comparable al CIDR usado en IPv4, que gracias al uso de prefijos de red de longitud variable, permite una agregación de rutas a varios niveles de la jerarquía de Internet. Sin embargo, esta solución ha mitigado el problema, pero no lo ha solucionado, ya que muchas direcciones fueron asignadas antes de la existencia de CIDR.

Calidad de servicio

Todas las soluciones de calidad de servicio desarrolladas para IPv4 son válidas para IPv6: no sólo se puede transportar sobre ATM, sino que tanto el modelo de servicios integrados (RSVP está diseñado para funcionar tanto sobre IPv6 como sobre IPv4), como el modelo de servicios diferenciados y MPLS han sido también especificados para IPv6. Además, en la cabecera de IPv6 hay una "etiqueta" de 20 bits, que sirve para identificar los flujos, lo que facilita la gestión de tráfico basada en flujos extremo a extremo.

Autoconfiguración

La autoconfiguración facilita la administración de las redes, ya que los nodos se reconfiguran automáticamente cuando reciben el nuevo prefijo de red, sin que sea necesario hacerlo manualmente o usar clientes DHCP. Además, IPv6 tiene la capacidad de asignar a una única interfaz varias direcciones que pueden ser identificadas como válidas, deprecadas o "no válidas". Así, en un proceso de reenumerado, la dirección IPv6 de una interfaz se convierte en deprecada si se le asigna una dirección nueva. Durante un período de tiempo después de asignar la nueva dirección válida, la dirección deprecada continúa recibiendo y enviando tráfico, lo que permite que las sesiones y comunicaciones basadas en la dirección antigua puedan terminar de forma segura; pasado un tiempo las direcciones deprecadas se convierten en "no válidas" y las direcciones válidas son las únicas que se usan.

Seguridad

IPv6 proporciona mecanismos de seguridad estándar y robustos gracias al uso de las cabeceras de encriptación y autenticación.

La *cabecera de autenticación* garantiza la integridad de los datos así como la veracidad de la identidad de los emisores y receptores. El uso de esta cabecera permite que la autoconfiguración sea segura, ya que elimina los ataques de tipo *spoofing* (manipulación de las direcciones de los paquetes).

La *cabecera de encriptación* proporciona encriptación estándar a nivel de red, garantizando así la confidencialidad de los datos y evitando los ataques producidos por el uso ilícito de los programas analizadores de tráfico. La encriptación se puede hacer en *modo túnel* (se encripta todo el paquete IP) o en *modo transporte* (se encriptan los datos de nivel de transporte). La encriptación total de los datagramas es más segura que el modo de transporte porque las cabeceras del paquete no pueden ser analizadas, ya que están totalmente encriptadas. Así, la encriptación total permite que las direcciones contenidas en las cabeceras de *routing* del paquete IPv6 no sean visibles en la porción pública del camino, lo que la hace especialmente valiosa para crear túneles de seguridad entre los *firewalls* de dos sitios remotos.

Los servicios "anycast" y "multicast"

El servicio *multicast* es un servicio estándar en IPv6, por lo que todos los nodos lo soportan. Además este servicio dispone de la posibilidad de usar "ámbitos" (*scopes*) para granularizar los grupos *multicast*. Este servicio es muy útil para la distribución de contenidos multimedia.

El servicio *anycast* permite la asignación de una única dirección IP a un grupo de nodos, con la particularidad de que un paquete enviado a una de estas direcciones sólo será entregado a un nodo del grupo (el que esté más cerca según el protocolo de encaminamiento empleado). El uso de este tipo de direcciones proporciona robustez y permite balancear la carga, ya que se puede asignar una única dirección a varios servidores (o *routers*) y, en el caso de que uno falle, el tráfico se reencaminará automáticamente a uno de los nodos activos.

Movilidad

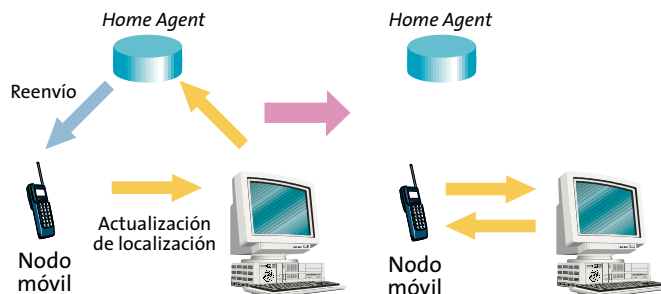
El soporte a la movilidad no es una de las características nativas de IPv6. Sin embargo, se está desarrollando una variante, MIPv6, que permite que los usuarios puedan conectar sus equipos en redes distintas a la suya, donde pueden recibir los datos enviados a su dirección habitual en su red de origen.

Los elementos fundamentales de los mecanismos de movilidad IP son los siguientes:

- *Dirección habitual*. Es la dirección del nodo en su red de origen.
- *Care of Address (COA)*. Es la dirección del nodo en la red visitada.
- *Home Agent (HA)*. Es un *router* de la red de origen del nodo móvil que le reenvía los datagramas cuando éste no se encuentra en su red de origen. Además, mantiene información en todo momento sobre la localización del nodo móvil.

El funcionamiento de MIPv6 es el siguiente (ver la **Figura 6-9**):

Figura 6-9:
Funcionamiento
de MIPv6



- Cuando un nodo móvil llega a una nueva red, adquiere y registra una COA en su HA.
- Cuando un nodo cualquiera quiere establecer una comunicación con

otro, comprueba si la dirección del nodo está almacenada en la *cache de COAs*. En caso afirmativo, el datagrama se envía a la COA del nodo móvil, y en caso contrario, se envía a la dirección habitual del nodo.

- El nodo móvil recibe los paquetes a través de su HA si el nodo correspondiente desconoce su COA.
- Cuando se produce un cambio en la localización del nodo móvil, los mensajes de actualización ("*binding update*") son transmitidos directamente por el nodo móvil. Estos mensajes de señalización se codifican en una cabecera de extensión de IPv6 (opciones de destino).
- Los nodos móviles normalmente utilizan como dirección de origen la COA e incluyen su dirección habitual en las opciones de destino.

Multihoming

IPv6 permite el *multihoming*, es decir, un nodo puede estar conectado a varias redes (ISPs) diferentes a la vez. Un nodo conectado a varios proveedores creará, mediante la autoconfiguración de IPv6, una dirección IP por cada prefijo que reciba (es decir, por cada red a la que esté conectado) y será el sistema operativo o la pila IP el que decida qué dirección y, por tanto, qué red usar en cada momento.

Esta capacidad de IPv6 no sólo proporciona una gran fiabilidad y robustez sino que, además, permite el balanceo de carga y la selección dinámica de proveedores en función de requisitos tales como el coste, la calidad de servicio que requiera una determinada conexión, etc.

6.5 NUEVOS ELEMENTOS DE RED

Se describen a continuación un conjunto de equipos que se están introduciendo en las redes de nueva generación, y que responden a una triple necesidad:

- Aumento exponencial de la demanda de tráfico en la red (*routers* de altas prestaciones).
- Liberalización del mercado para nuevos operadores (conmutadores convergentes).
- Separación del plano de control del plano de transporte en el nuevo modelo de red (arquitectura *gateway/softswitch*).

Como se verá más adelante, no todas las nuevas propuestas de equipos están encontrando su sitio en un mercado de evolución tan incierta como el actual. No obstante, estas nuevas tecnologías están marcando la dirección de lo que serán los conmutadores del futuro.

6.5.1 Routers de altas prestaciones

Uno de los factores que van a posibilitar la construcción de grandes troncales de red de altas prestaciones es la disponibilidad de conmutadores/encaminadores de altas prestaciones. Estos equipos, deben su elevado rendimiento a características como:

- La integración en el hardware, mediante el uso de circuitos de aplicación específica ASICs (*Application Specific Integrated Circuits*), de funciones que anteriormente los *routers* efectuaban mediante software.
- El aumento del número de puertos/interfaces por tarjeta de línea, lo que reduce el espacio necesitado para instalar los equipos, a la vez que facilita la gestión y mantenimiento de los mismos.
- La capacidad de "*crossconexión*" sin bloqueo para un elevado número de entradas/salidas.

En general se pueden distinguir dos tipos de conmutadores de altas prestaciones. Los primeros, con rendimientos del orden de varios *gigabits* por segundo de capacidad de procesamiento de paquetes, conocidos como GSRs (*Giga Switch Routers*). Estos equipos, que son los que actualmente se emplean en el núcleo de la red, en el futuro pasarán a la periferia de la misma, dedicándose a tareas de acceso, como son la de facilitar la interconexión a la red IP correspondiente y el establecer perfiles de tráfico y políticas de admisión.

El segundo grupo es el de los TSRs (*Tera Switch Routers*), equipos de arquitectura distribuida, altamente escalables mediante avanzadas estructuras de "*crossconexión*" y de elevadas prestaciones en cuanto al número de paquetes procesados por segundo; se manejan cifras que oscilan entre varias centenas de millones de paquetes por segundo hasta alcanzar en algún caso más de 63.000 Millones de paquetes/seg.

A continuación se señalan algunas de las características de los *routers* de altas prestaciones:

- *Interfaces de alta velocidad.* La interfaz de acceso a Internet esta evolucionando con gran rapidez, desde los módem analógicos a velocidades del orden de unos pocos kbit/s hasta alcanzar actualmente velocidades del orden de Mbit/s, gracias a la digitalización del bucle de abonado con técnicas xDSL o los cable módem en las redes de cable. Por tanto, es lógico esperar un aumento en la velocidad de conexión de los proveedores de servicio de Internet al *backbone*, pasando de las velocidades actuales que oscilan desde unos pocos Mbit/s hasta 155 Mbit/s (OC-3/STM-1), a velocidades de conexión que pudieran alcanzar varios Gbit/s.

La mayoría de los TSRs disponen de mecanismos propietarios para combinar múltiples enlaces físicos de entrada en un único flujo lógico IP de salida, mejorando las prestaciones del encaminamiento IP. Este

flujo lógico de salida se transporta sobre una única portadora óptica de alta velocidad de hasta 40 Gbit/s (OC-768/STM-256) entre los TSRs. Los protocolos de las capas superiores ven esos enlaces como una única entidad lógica con una capacidad total equivalente a la suma de las capacidades de todos los miembros de ese enlace compuesto. El orden de los paquetes se mantiene a nivel de microflujos de modo que se proteja la integridad de la secuencia de los paquetes. Actualmente estos mecanismos son propietarios de los fabricantes de los equipos.

- *Reenvío de paquetes.* Es el proceso de mover paquetes desde las interfaces de entrada a las de salida, tomando la decisión del destino tras analizar la cabecera del paquete IP entrante. Los actuales GSR/TSR disponen de hardware dedicado para efectuar las búsquedas, frente a los clásicos, que realizan este proceso mediante software.
- *Colas.* Los *routers* deben disponer de medios para almacenar paquetes de datos, de manera que puedan procesar a la entrada, con ciertos criterios de prioridad, múltiples paquetes que se dirigen a una misma salida.

Los GSRs y TSRs implementan múltiples colas a la entrada, mediante un mecanismo más conocido como VOQ (*Virtual Output Queuing*), que optimiza el caudal de salida de los enlaces y la latencia de los paquetes en el equipo.

- *Estructura de conmutación (switching fabric).* Es uno de los componentes crítico en el diseño de un GSR/TSR, ya que todo el tráfico que deba ser encaminado o reenviado atraviesa esta plataforma, pudiéndose convertir la estructura de conmutación en el cuello de botella del equipo. Existen tres tipos básicos:
 - Interconexión mediante *bus*.
 - Interconexión mediante memoria compartida.
 - Empleando una matriz de "*crossconexión*".

Habitualmente, la estructura de conmutación de estos equipos procesa celdas internamente (o pequeños paquetes de tamaño prefijado, por ejemplo 64 bytes), con independencia del formato de paquete que deba encaminar o conmutar. De esta manera, el planificador del *backplane* aumenta la eficiencia de conmutación al poder trabajar de modo síncrono con paquetes de tamaño variable y de llegada asíncrona.

La posición en el mercado actual de los dos tipos de equipos es diferente. Los GSRs se utilizan hoy en día como los componentes principales del *backbone* de Internet, con resultados satisfactorios. Esto elimina (al menos por el momento) la necesidad de introducir en la red los TSRs, y por tanto está limitando su desarrollo comercial. Aunque es indudable que en el futuro será necesario el despliegue de unos equipos tan potentes, está claro que muchas de las propuestas de los TSRs se han adelantado a las necesidades del mercado. Esto se ha confirma-

do con la desaparición de algunas empresas (*start ups*) cuya oferta se limitaba a ese nicho del mercado.

6.5.2 Conmutadores convergentes

Hoy en día, la mayoría de los operadores entrantes locales (CLECs) presentan planes de negocio agresivos para el despliegue de sus servicios de voz y datos. Para realizar estos planes, los nuevos entrantes tienen que afrontar una serie de dificultades:

- El alto precio de los conmutadores (especialmente los conmutadores de clase 5 que son los utilizados en EE.UU. para voz).
- Los altos costes de comunicaciones por el alquiler de líneas a los operadores establecidos.
- Los altos costes de ubicación de los equipos, generalmente mediante la coubicación de éstos en espacios en alquiler.
- Las diferentes tecnologías de acceso que utilizan los usuarios de redes en la actualidad.

Hasta ahora el estado de la tecnología les ha obligado a emplear centrales compuestas por un conmutador de tipo clase 5 acompañado de varios conmutadores/*routers* de datos.

Sin embargo, recientemente están apareciendo propuestas de nuevos equipos, dirigidas a operadores que requieren una rápida presencia en el mercado con una oferta de servicios competitiva. Estos nuevos elementos buscan unificar toda la oferta de servicios sobre una misma plataforma física, de forma que:

- Se abaratan los gastos de transmisión (por utilizar la misma red de transporte) y de coubicación de equipos (los equipos de nueva generación son, además, mucho más compactos)
- La gestión de los diferentes servicios (voz, datos, servicios de VPN, etc.) y las diferentes tecnologías de acceso (TDM, xDSL, Ethernet, etc.) se realiza en una única plataforma, con el consiguiente ahorro.

Ha surgido así un nuevo tipo de conmutadores de nueva generación, conocidos bajo el nombre de "centrales comprimidas" (CCO - *Collapsed Central Offices*) o conmutadores convergentes. Su filosofía principal apuesta por la agrupación de todas las funcionalidades propias de una central de conmutación tradicional dentro de un único equipo: integran dispositivos de voz, TDM (conmutadores clase 5), ATM, Frame Relay e IP. Este tipo de equipos realiza todo su potencial en un contexto, como el actual, en el que la coexistencia entre redes IP y redes de circuitos resulta, aún, obligatoria.

El modelo de conmutadores convergentes que se suele seguir responde esquemáticamente al representado en la **Figura 6-10**.

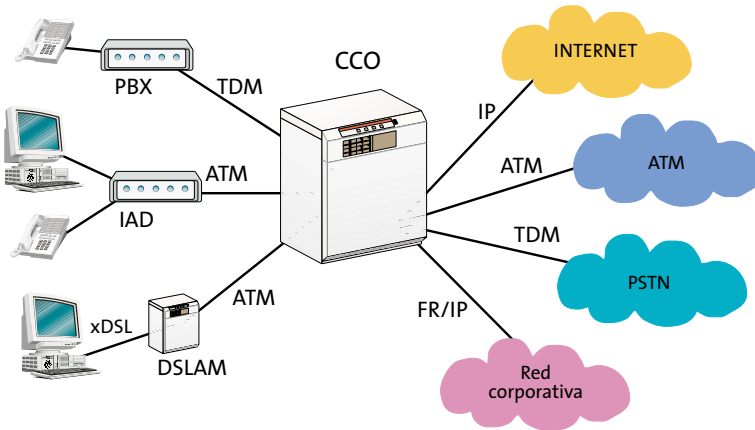


Figura 6-10:
Esquema de red de CCO

Sus características principales son las siguientes:

- Ofrecen una alternativa de menor coste para los equipos tradicionales de conmutación. La diferencia es considerable, puesto que se suele situar en torno a un orden de magnitud por debajo del coste de las soluciones empleadas tradicionalmente.
- Se presentan como candidatos ideales para realizar la conmutación en un escenario de migración hacia las redes de nueva generación y como soporte para toda la gama de nuevos servicios surgidos a raíz del proceso de convergencia.
- Aportan altos niveles de escalabilidad que permiten afrontar con garantías los más que previsibles aumentos en el número de clientes que se van a producir en un futuro cercano.
- Pese a ofrecer niveles tan altos de escalabilidad, se trata de equipos pequeños. Este factor es más importante cada día porque los operadores entrantes basan su proceso de entrada en los mercados en la cohabitación de sus equipos en las instalaciones de los operadores existentes, afrontando el correspondiente pago en concepto de alquiler.
- Están basados en protocolos abiertos, hecho que permite que las soluciones propuestas por un proveedor sean totalmente compatibles con las del resto. También permite disminuir el coste de desarrollo de nuevos servicios y favorece los altos niveles de escalabilidad mencionados.
- Están de acuerdo con la tendencia actual de migración de la inteligencia de la red hacia la periferia, que está considerada como la tendencia a seguir en estos momentos. Se trata de conseguir que la inteligencia de la red resida en los extremos de la misma de forma que su núcleo se pueda construir de la manera más simplificada posible.
- Al tratarse de un único equipo que aglutina todas las funciones, se dis-

minuye el tiempo necesario para el despliegue de los servicios, puesto que su instalación se reduce a la conexión de una única plataforma.

En definitiva, estos conmutadores de nueva generación se presentan como una buena solución que pone a los nuevos proveedores de servicios en disposición de competir con los operadores ya establecidos.

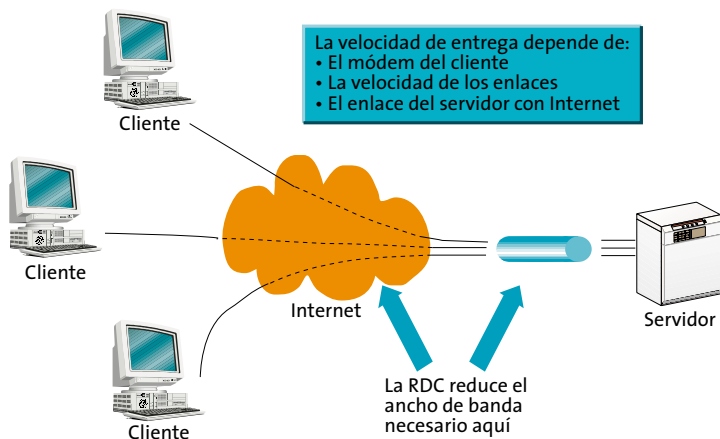
No obstante, este tipo de equipos está alcanzando menos éxito del que se preveía no hace mucho tiempo. Las condiciones del mercado hacen que sea extremadamente difícil para un nuevo operador ofrecer una gama de servicios muy amplia, equivalente a la que ofrecen los operadores establecidos. Los nuevos entrantes tienden a concentrarse en un servicio (caso de la voz sobre IP) o en un sector del mercado (caso de las VPNs para empresas). Esto reduce sensiblemente las ventajas que aportan estos equipos frente al uso de equipos más especializados.

En el momento en que las redes sean enteramente IP, se vislumbra que algunas de las funciones de este tipo de conmutadores dejarán de ser utilizadas, por lo que automáticamente se abrirá la posibilidad de construir equipos más sencillos y más económicos. Por tanto, se puede concluir diciendo que, para analizar la rentabilidad de la utilización de este equipamiento, es de vital importancia estimar el horizonte temporal en el que se espera que el nuevo modelo de red se haya impuesto.

6.6 TECNOLOGÍAS DE DISTRIBUCIÓN DE CONTENIDOS

En una red como Internet, caracterizada principalmente por su heterogeneidad, la calidad percibida por sus usuarios depende de un gran número de factores que en muchos casos están fuera del control de los proveedores de contenidos (ver la **Figura 6-11**). Las Redes de Distribución de Contenidos (RDC) intentan aprovechar esta necesidad y transformarla en el negocio de proporcionar garantías de calidad en la entrega de los contenidos.

Figura 6-11:
La entrega de contenidos en Internet



Básicamente, una red de distribución de contenidos es una red de servidores superpuesta a la propia Internet cuyo objetivo es proveer de prestaciones, disponibilidad y seguridad a los servicios existentes. Para ello realizan las siguientes actividades:

- Distribuyen a lo largo de una red de servidores múltiples réplicas de los contenidos.
- Para cada cliente, identifican cuál es el servidor que puede responder en un tiempo más corto y redirigen la petición hacia él. Para la elección del servidor apropiado se utilizan criterios tanto de distancia entre los servidores y el cliente como de reparto de carga entre dichos servidores.
- Crean políticas para la distribución de contenidos multimedia que tienen que ser difundidos en tiempo real a un gran número de usuarios.
- Guardan registro de la actividad de los usuarios. Con dicha información es posible tanto la tarificación como el desarrollo de servicios de personalización

El funcionamiento de una red de distribución de contenidos es el mostrado en la **Figura 6-12**. Inicialmente un usuario realiza una petición de una página web al servidor. Como respuesta el servidor le envía un documento HTML que contiene el esqueleto necesario para construir dicha página. En él hay referencias a objetos que están almacenados en la RDC, por lo que el navegador habrá de enviar nuevas peticiones a las direcciones incluidas en el "documento maestro". Dichas peticiones llegan a un servidor de la RDC que se encarga de redirigir la petición hacia el nodo más próximo al usuario.

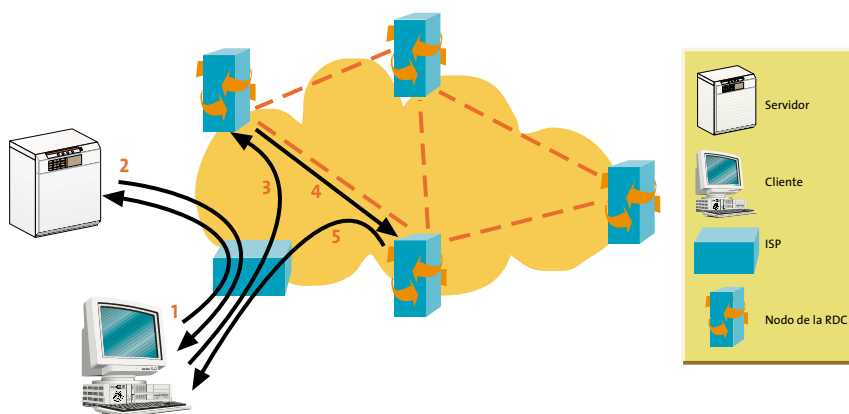


Figura 6-12:
Funcionamiento de una RDC

- | | |
|---|--|
| 1 | El cliente solicita una página a través de su ISP |
| 2 | Se envía una página en HTML con referencia a objetos almacenados en la RDC |
| 3 | El cliente solicita estos objetos a la RDC |
| 4 | La RDC reenvía la petición al nodo más próximo al cliente |
| 5 | El nodo envía el objeto al cliente |

Una de las posibles técnicas para realizar la redirección de las peticiones consiste en utilizar los servicios de DNS. Para ello, en la primera petición que se hace a la RDC, el servidor de DNS del proveedor de acceso a Internet (ISP) contacta con el servidor de DNS de la RDC para obtener la dirección IP del servidor donde está almacenado el objeto. El servidor de DNS de la RDC enviará la dirección IP del servidor más cercano al usuario. A partir de este momento todas las peticiones a la RDC se encaminarán hacia dicho servidor.

Al tomar la RDC el control de la petición no sólo se mejoran los tiempos de respuesta sino que es posible aumentar la disponibilidad, al equilibrar el tráfico y evitar puntos sobrecargados. Por ejemplo, imaginemos un evento especial como podría ser la retransmisión de un concierto a través de Internet. Si todos los usuarios fueran dirigidos contra el mismo servidor probablemente éste quedaría fuera de servicio, por congestión, en poco tiempo. Para evitarlo, los organizadores del evento podrían utilizar varios servidores y distribuir entre ellos el contenido a emitir. Aún así, la conexión al conjunto de servidores terminaría por convertirse en un cuello de botella que llevaría de nuevo a la congestión y a la consecuente disminución de la calidad de servicio. Una RDC no sólo proporciona la distribución entre varios servidores sino que además, al proporcionar distribución geográfica, permite que el tráfico se reparta eficientemente entre diferentes conjuntos de servidores.

Las RDC guardan un control de todas las peticiones que atienden para poder facturar a sus clientes. Lo habitual es que la tarificación se realice en función de los megabits de información que la RDC ha entregado. Esta información de control puede ser utilizada por las RDC para dar servicios de personalización de contenidos o estudios del comportamiento de los usuarios.

7

La capa de control

La capa de control del nuevo modelo de red se encarga de asegurar el interfuncionamiento entre las otras dos capas: transporte y servicios. Debe interpretar la señalización de la capa de transporte y desencadenar los mecanismos oportunos para llevar a cabo la provisión de los servicios.

Otra de sus funciones principales es la de efectuar la traducción entre la señalización de diferentes redes de transporte. Esta tarea resulta imprescindible, sobre todo a corto plazo, durante el periodo de tiempo en el que las futuras redes de paquetes sigan conviviendo con las actuales redes de circuitos, puesto que el proceso de sustitución de las mismas no va a ser inmediato, sino que pasará por una etapa previa de migración entre ambas, durante el cual van a ser precisamente las redes de circuitos las empleadas por la mayoría de los usuarios para acceder a los servicios.

La implementación de los mecanismos de control debe hacer uso de soluciones abiertas que aseguren la interoperabilidad entre diferentes propuestas y que permitan aislar la capa de servicio de la de transporte, de manera que los servicios se encuentren a disposición de todos los usuarios con independencia de la red de acceso que utilicen.

Las soluciones se basan en la propuesta de unas arquitecturas en las que las funcionalidades de control residen en equipos separados encargados del manejo de los flujos de información propiamente dichos, dejando clara la desvinculación entre la capa de control y la de transporte.

7.1 PROTOCOLOS DE GESTIÓN DE SESIÓN

Una de las facetas que deben cubrir los nuevos protocolos engloba tareas referentes al establecimiento, al control y a la liberación de las conexiones que soportan la provisión de los servicios. Existe una necesidad patente de ampliar la señalización IP, dada la diferente naturaleza de los puntos finales que pueden intervenir en una comunicación, sus diversas capacidades en lo que a codifica-

ción de audio, vídeo y datos se refiere a sus distintos requerimientos de ancho de banda.

7.1.1 H.323

La primera propuesta para satisfacer dicha necesidad fue hecha por la ITU-T y se plasmó en el desarrollo del estándar H.323, que forma parte de una familia de recomendaciones realizadas por dicho organismo, conocida con el nombre de H.32x, que especifica cómo proveer servicios multimedia sobre diversas redes. En concreto, H.323 trata sobre la transmisión de audio, vídeo y datos en tiempo real haciendo uso de redes de conmutación de paquetes. Especifica los componentes, protocolos y procedimientos que permiten proveer servicios de comunicaciones multimedia (audio, vídeo y datos) sobre redes de paquetes, incluyendo las basadas en tecnología IP. Aunque es un estándar para todo el rango de comunicaciones multimedia, su mayor reconocimiento ha sido como fundamento de soluciones de voz sobre IP.

H.323 especifica la existencia de cuatro componentes de red distintos que, operando conjuntamente, son capaces de ofrecer servicios de comunicación multimedia punto a punto (ver la **Figura 7-1**):

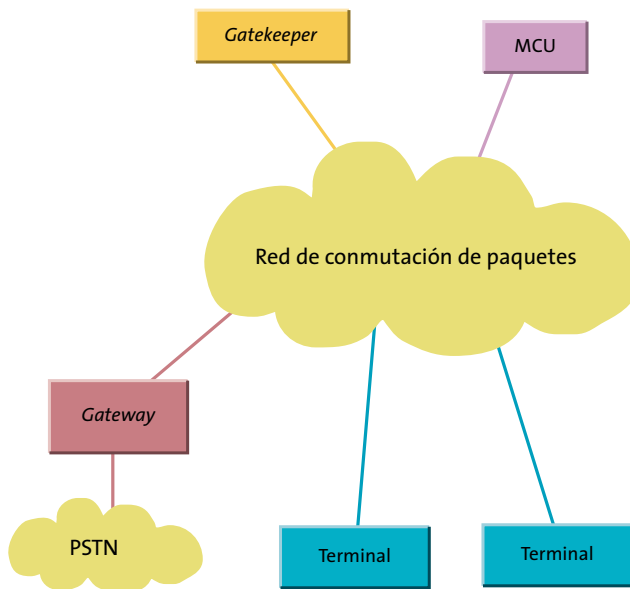


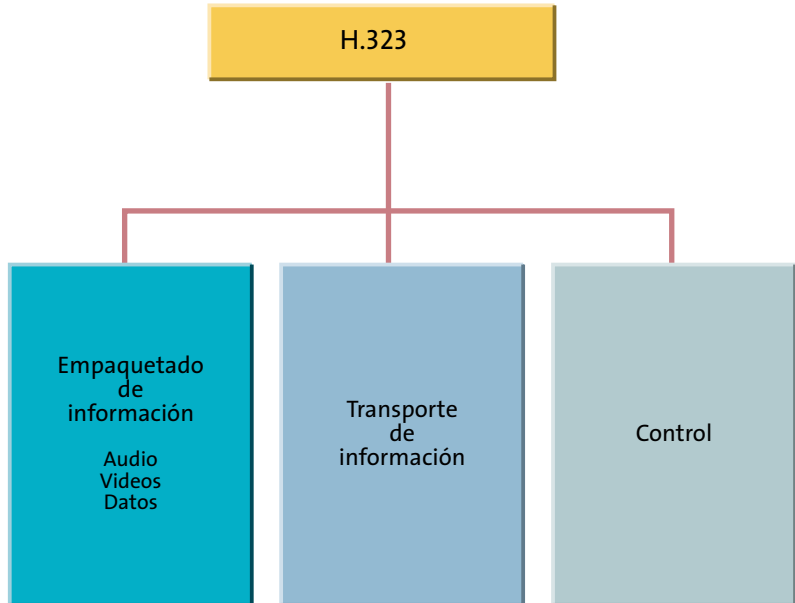
Figura 7-1:
Componentes de una red H.323

- *Terminal*. Es el equipo final que transmite o recibe el flujo de datos.
- *Pasarela Gateway*. Es el equipo que permite la interconexión de redes de distinta naturaleza.
- *Gatekeeper*. Es el equipo de control que vela por el funcionamiento de la red.
- *Unidad de Control Multipunto (MCU - Multipoint Control Unit)*. Es el equipo central empleado para el establecimiento de multiconferencias.

Además, hace especial énfasis en aspectos relativos a la interconexión con la red telefónica conmutada pública.

H.323 es en realidad una recomendación paraguas que engloba un conjunto de protocolos (ver la **Figura 7-2**). Especifica los codecs que se deben emplear, tanto para manejar voz como vídeo, además de los protocolos necesarios para el transporte de la información (ya sea audio, vídeo o datos) o el intercambio de señalización de control entre los terminales y el órgano encargado del control de la red.

Figura 7-2:
Protocolos incluidos en
H.323



Este protocolo permite dotar a la red de mecanismos avanzados de control y de gestión, tales como control de admisión, gestión de ancho de banda, autorización de llamadas o traducción de direcciones entre la PSTN y las redes de paquetes.

Aunque se trate de un protocolo maduro que ya se emplea en ciertas soluciones comerciales, tiene una serie de limitaciones e inconvenientes, como su elevada complejidad, o ciertas ineficiencias debidas a su orientación a la compatibilidad con la PSTN, que justifican los esfuerzos que se están realizando en la especificación de otros protocolos con propósitos similares.

7.1.2 SIP

Otra propuesta para llevar a cabo el control de las llamadas multimedia se plasma en el protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*), elaborado por la IETF. Se trata de un protocolo que opera a nivel de aplicación y que es empleado para realizar el control de llamadas multimedia y servicios telefónicos avanzados. Se encarga de establecer, modificar y terminar sesiones multimedia o llamadas con uno o más participantes.

Se trata de un protocolo elaborado basándose en HTTP (HyperText Transfer Protocol), empleado tradicionalmente en Internet, por lo que hereda muchas de sus características. Se basa en una arquitectura cliente/servidor en la que todos los procesos se plasman en un intercambio de mensajes en forma de peticiones y respuestas entre una entidad cliente y otra que funciona como servidor. Sus componentes principales son:

- *User Agent*. Hace referencia a la aplicación final que realiza las peticiones, si se trata de un UAC (*User Agent Client*), o a la aplicación que genera las respuesta, en el caso de un UAS (*User Agent Server*). Se puede encontrar en los terminales de los usuarios y además en otros equipos de control y pasarelas.
- *Servidor proxy*. Es el responsable primario del encaminamiento de mensajes entre equipos finales. Se encarga de interpretar y modificar, en caso de ser necesario, la petición que recibe para reenviarla hacia su destino final.
- *Servidor de redirección*. Acepta peticiones y se encarga, a partir de la dirección del destinatario final de las mismas, de obtener la dirección del siguiente elemento de la cadena y devolverla al cliente para que éste sea capaz de contactar con él por sí mismo.
- *Servidor de localización*. Suministra información sobre la posible localización del destinatario de la llamada.
- *Servidor de registro*. Acepta peticiones de registro por parte de los usuarios.

Los usuarios se identifican por medio de direcciones similares a las actuales de correo electrónico y disponen de gran movilidad, puesto que la red se encarga de localizarlos cuando se requiere establecer una comunicación con ellos. En este sentido, parece fácil su integración en el futuro escenario de las comunicaciones móviles.

Una de las mayores potencialidades de SIP es que incluye entornos sencillos para la programación de servicios, incluso por parte del usuario final. Para usuarios avanzados, como puede ser un administrador, se ofrece una interfaz CGI (*Common Gateway Interface*) que les permite tener acceso a todas las funcionalidades del protocolo, con la enorme flexibilidad que eso conlleva. Por otro lado, y para usuarios menos expertos, que serán la mayoría, se ofrece un lenguaje de programación: el CPL (*Call Processing Language*). Se trata de una herramienta muy sencilla (incluso se incluyen versiones con interfaces gráficas) que pone una serie de funciones básicas a disposición de los usuarios para que definan sus propios servicios, asegurando que ninguna de sus acciones va a poner en peligro la integridad del sistema.

7.1.3 Comparativa entre H.323 y SIP

H.323 y SIP son dos protocolos que realizan una serie de tareas comunes por lo que, en cierto modo, se puede considerar que son sustitutivos uno de otro en diversos aspectos. Sin embargo, también presentan una serie de características que los hace diferentes:

- La especificación de H.323 se planteó como una evolución a partir del sistema de señalización número 7 (SS7), diseñado para el control de la señalización en redes de conmutación de circuitos. Por el contrario, SIP está más cercano a HTTP, empleado en Internet, paradigma de red de paquetes. Ante estas premisas, si el escenario de red futuro pasa por una evolución hacia el modelo Internet, parece natural decantarse por una solución como SIP en detrimento de H.323.
- En ambos casos los flujos de información multimedia se transportan haciendo uso de RTP, por lo que la elección de un protocolo de control u otro no influye de manera directa en la calidad con que se ofrecen los servicios.
- H.323 es considerablemente más complejo que SIP. El primero emplea un centenar de mensajes diferentes codificados en binario. En SIP, por el contrario, los mensajes se componen de manera mucho más sencilla, puesto que están basados en modo texto, y además guardan gran similitud con los de HTTP, tanto en lo relativo a su sintaxis como a su semántica.
- La arquitectura cliente/servidor de SIP es más fácil de implementar, al igual que sus mecanismos de seguridad y de gestión.
- El protocolo elegido no debe en ningún caso limitar la extensibilidad del sistema, puesto que los operadores se verán en la obligación de aumentar su oferta de servicios conforme se vayan descubriendo nuevas necesidades en los usuarios o nuevas oportunidades de negocio. En este sentido, SIP se considera más fácilmente extensible, también por herencia de HTTP (en Internet está más que demostrada esta extensibilidad y la facilidad de desarrollar nuevos servicios). Por el contrario, H.323 presenta un mayor número de limitaciones en este sentido.
- En la actualidad, el mundo de la voz sobre IP está todavía en sus inicios. Sin embargo, es de esperar un gran incremento en el número de usuarios y de minutos cursados por las redes una vez que el servicio esté plenamente operativo y garantice unos niveles de calidad tales que permitan concebirlo como una alternativa aceptable al servicio telefónico tradicional. Por esta razón, se deben implementar soluciones que aseguren una gran escalabilidad, como hace SIP gracias a su arquitectura cliente/servidor. H.323 presenta más problemas en este sentido por su gran complejidad.

Ante todo lo expuesto hasta ahora, no debería haber ninguna discusión a la hora de decidir qué protocolo adoptar y, de hecho, parece que no la hay. Todo el mundo coincide en afirmar que el futuro está en SIP. El problema es que se trata de una solución que todavía no ha alcanzado la madurez suficiente para ello. Por esta razón, la mayoría de las soluciones comerciales ofrecidas hoy en día hacen uso de H.323. Sin embargo, las ventajas patentes que aporta SIP están haciendo que las tendencias estén cambiando de manera rápida hacia la adopción de este último. Es significativo que numerosos fabricantes estén realizando grandes esfuerzos en el proceso de desarrollo y estandarización de este protocolo, y que incluso algunos formen parte de los diferentes órganos y foros que congregan a los expertos en esta materia, como por ejemplo el SIPforum.

La mayoría de los portales que ofrecen comunicaciones de voz a través de Internet emplean soluciones basadas en H.323. Además, un fabricante de software de primera línea como Microsoft utiliza el protocolo H.323 dentro de su programa Netmeeting, el cual permite el establecimiento de comunicaciones de voz a través de Internet por medio de un PC. Sin embargo, y atento a la evolución de SIP, en su última versión de Windows, el XP, ha incorporado diversas funcionalidades basadas en el empleo de este protocolo.

Hay que tener en cuenta que algunos fabricantes ya han realizado inversiones en el desarrollo y fabricación de equipos de acuerdo a las especificaciones de H.323, lo cual hace pensar que la migración hacia SIP será gradual, puesto que los proveedores no se van a decidir a cambiar hasta que no ofrezca un nivel de madurez y flexibilidad aceptable. Así pues, en un principio coexistirán los dos protocolos, por lo que también será imprescindible garantizar el interfuncionamiento entre ambos.

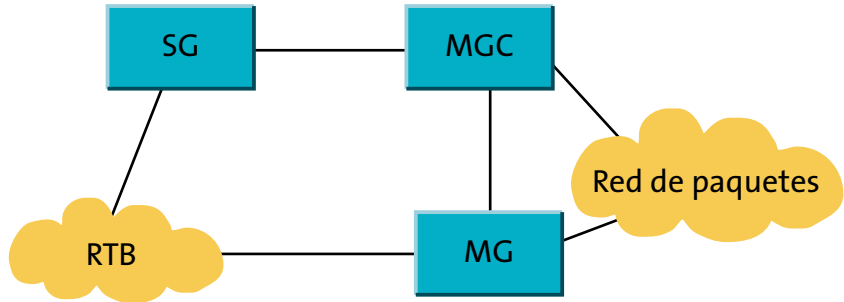
7.1.4 Protocolos de control de pasarelas: MEGACO/H.248

Tal y como se ha indicado con anterioridad, durante la primera etapa de la transición hacia las redes de nueva generación, éstas deberán coexistir con la red telefónica tradicional para poder asegurar el acceso de todos los usuarios a los servicios. En este contexto, se requerirá la incorporación de equipos con funcionalidad de pasarela, encargados de realizar la traducción entre los formatos empleados en los dos tipos de redes para transportar la información y, lo que es también muy importante, de asegurar la interoperabilidad entre los distintos mecanismos de señalización de ambas.

Tradicionalmente, todas las funciones de interconexión se concentraban en un solo dispositivo. Sin embargo, ésta es una solución poco eficiente y que presenta grandes lagunas en términos de escalabilidad. En el contexto del nuevo modelo de red, que apuesta por la separación de las funciones en tres capas independientes, las pasarelas se dividen en tres entidades lógicas diferentes, que son las siguientes (ver la **Figura 7-3**):

Figura 7-3:

Modelo de separación funcional de la pasarela



- *Pasarela física* (MG - *Media Gateway*). Es la parte encargada de proporcionar una interfaz bidireccional entre redes de distinta naturaleza. Realiza la conversión de flujos de información entre el formato típico de una red de conmutación de circuitos y el de una red de conmutación de paquetes (por ejemplo, voz TDM a voz IP).
- *Controlador de pasarela* (MGC - *Media Gateway Controller*). Esta entidad lógica es la encargada de realizar el control de la pasarela física. Maneja la señalización para canalizar la provisión de los servicios y realiza funciones de procesamiento y control de llamadas. Esta entidad se suele ubicar en el elemento de red softswitch (conmutador software).
- *Pasarela de señalización* (SG - *Signalling Gateway*). Su misión pasa por proporcionar una interfaz bidireccional para la señalización entre las redes SS7 y los elementos de control de las redes de paquetes. Esta entidad puede estar ubicada en el elemento *softswitch*, en el *media gateway*, o en un elemento físico específico para esta función (*Signalling Gateway*).

Con este nuevo esquema se consigue separar la inteligencia y las funcionalidades de control de las de transporte dentro de la red, lo que va a permitir un desarrollo de nuevos servicios mucho más sencillo y va a aportar una mayor fiabilidad y escalabilidad a las arquitecturas de red.

En este nuevo escenario, y dada la variedad de pasarelas existente, se plantea la necesidad de establecer protocolos estandarizados que permitan la comunicación entre los distintos componentes de las mismas.

Uno de los que más está centrando la atención de todos es MEGACO/H.248, que especifica los procedimientos que se deben seguir para llevar a cabo la comunicación entre la pasarela física y su controlador. Se trata de una evolución de MGCP (*Media Gateway Control Protocol*), que ya está empezando a ser soportado por bastantes equipos. Su especificación ha sido elaborada de manera conjunta por el IETF y la ITU-T, en cuyos entornos se denomina MEGACO (*MEdia GAteway COntrol protocol*) y H.248, respectivamente.

Como se ha dicho, MEGACO/H.248 se basa en una arquitectura de control de llamadas en la que la inteligencia se separa de la pasarela física, *Media Gateway* (MG), y es manejada por un elemento de control externo, el *Media*

Gateway Controller (MGC), que suele ser implementado en software y puede o no estar distribuido entre varias máquinas (*softswitches*), y que se responsabiliza de toda la operación de red, incluyendo la iniciación de llamadas.

MEGACO/H.248 es un protocolo que se basa en una arquitectura maestro/esclavo y que maneja comandos basados en texto para establecer y controlar los dispositivos que intercambian los flujos de información.

La especificación define un modelo de conexión encargado de describir las entidades lógicas dentro del MG que pueden ser controladas por un MGC. Maneja dos abstracciones:

- *Terminación*. Es la fuente o sumidero de uno o más flujos. Hace referencia a una conexión.
- *Contexto*. Es la asociación existente entre un número de terminaciones, que permite describir la topología (quién escucha a quién) y la mezcla de flujos y/o parámetros de conmutación en el caso de que haya más de dos terminaciones involucradas en la comunicación. Por ejemplo, en una llamada bidireccional existirá un contexto con dos terminaciones, una por cada extremo de la misma.

Las terminaciones se caracterizan por una serie de propiedades, plasmadas en descriptores que especifican parámetros como el tipo de codificador empleado o las características de los flujos de información intercambiados. También se encargan de detectar eventos en la línea de los clientes, como el hecho de que un usuario haya descolgado su teléfono para realizar una llamada o marcado el número del destino con el que quiere establecer una comunicación, para después mandar el mensaje de notificación correspondiente al controlador, de manera que éste pueda obrar en consecuencia.

El MGC emplea una serie de comandos, incluidos en los mensajes intercambiados con la pasarela física, para manipular los contextos y las terminaciones. De esta manera se permite realizar la gestión de las conexiones, pudiendo crear nuevas terminaciones o modificar los valores de las propiedades de las existentes.

MEGACO/H.248 no sólo es compatible con H.323 y SIP, sino que además presenta funcionalidades complementarias. Así, mediante el uso del protocolo MEGACO/H.248 se puede realizar el control de la red y la provisión de algunos servicios, aunque bastante básicos. Sin embargo, desde el momento en que se pretendan ofrecer servicios más avanzados, se requiere el empleo de un protocolo con un mayor número de funcionalidades para este propósito, como SIP.

En la actualidad parece que existe una creencia general de que MEGACO/H.248 será de gran utilidad a medio plazo, puesto que la mayoría de los fabricantes están empezando a incorporarlo en los equipos que conforman sus ofertas comerciales.

7.2 PASARELAS Y SOFTSWITCHES

Los siguientes elementos, implementan las funciones de las tres entidades lógicas del modelo MEGACO.

- *Pasarelas físicas (Media Gateways - MG)*. Son básicamente matrices de conmutación con puertos TDM y puertos de datos, con capacidad de codificación para traducir señal TDM a paquetes IP y con funcionalidades VoIP y RAS (*Remote Access Server*).

Se trata de equipos que disponen, por un lado, de enlaces con las centrales telefónicas tradicionales (por ejemplo, E1/T1 con capacidad para 30 y 24 canales de 64 kbit/s respectivamente) a través de los cuales llegarán los canales vocales PCM (Pulse Codec Modulation), en tramas DS0 (Digital Signal Ø) de 64 kbit/s cada una, siendo necesarias dos de estas tramas para cada llamada, una por cada sentido de la comunicación.

En el gateway se realizará el procesado de cada trama, convirtiendo mediante DSPs la señal PCM a diferentes formatos de codificación y compresión de la señal (*codecs*, por ejemplo G.729). La conexión del *gateway* a la red IP por la que circulará el tráfico se puede realizar con enlaces de alta capacidad (OC-3/12, 100BaseT o Gigabit Ethernet, por ejemplo).

- *Pasarelas de señalización (Signalling Gateways - SG)*. En este caso, este elemento realiza la traducción de la señalización SS7 a los protocolos de gestión de la sesión (SIP o H.323), cuyos mensajes procesa el *softswitch*. En ocasiones su funcionalidad la realiza directamente el media gateway o el softswitch.

- *Controladores de sesión (Softswitches - SS, o conmutadores software)*. En estos elementos residen las funcionalidades de control de llamadas. Suelen ser estaciones de trabajo con capacidad de procesado para interpretar la señalización SS7 (si incorporan la función de SG) y desencadenar mensajes IP de control (por ejemplo, mensajes de establecimiento de sesión H.323 o SIP).

El *softswitch* es el equipo que realizará las funciones de procesado y control de llamadas (establecimiento y liberación de conexión, tarificación, etc.), determinación del MG destino (incluso del puerto concreto del MG destino), control de los MG mediante el protocolo MEGACO/H.248, e interpretación de la señalización SS7 enviada por las centrales, de la cual obtendrá la información necesaria para el control de los MG, además de generar la señalización necesaria para la central de destino.

Cuando el usuario marca desde su terminal un número correspondiente al terminal de otro abonado, en general conectado a una central diferente a la

suya, la central local del abonado llamante asignará a dicha llamada un canal vocal bidireccional, además de generar la correspondiente señalización SS7 para la central destino.

En el *punto de presencia* se derivará el canal bidireccional asignado a la llamada hacia un equipo (el MG) que se encargará de procesar la señal PCM, empleada en las redes tradicionales de conmutación de circuitos, convirtiéndola a un formato, también digital, adecuado para su transmisión en una red IP.

Simultáneamente, desde la central local llamante se enviará el tráfico de señalización correspondiente a esa llamada al SG, que se encargará de interpretar la señalización SS7. A partir de esa información, que se pasa traducida al SS, éste establece sesiones SIP o H.323 con un SS destino, identificado por una dirección IP (puede ser otro o el mismo SS). La sesión de control SIP/H.323 establece un flujo UDP entre el MG origen y el destino (identificadas sus direcciones IP por los SSs implicados). Sobre este flujo UDP se cursan los paquetes de voz.

En el MG destino se realizará el proceso inverso, convirtiendo de nuevo la señal a formato PCM y transmitiéndola a una central local que, ya de manera tradicional, la encaminará hacia el bucle del abonado llamado.

8

La red de acceso

Tal y como se ha resaltado en capítulos anteriores, el acceso juega un papel de gran importancia, desde el punto de vista tecnológico, dentro del desarrollo del nuevo modelo de red. La evolución de las tecnologías de acceso debe facilitar el despliegue de las nuevas redes y servicios. Hoy en día, y cada vez en mayor medida, los usuarios demandan accesos de banda ancha que les permitan acceder a los nuevos servicios y prestaciones que ofrecen las redes de comunicaciones.

La variedad de tecnologías disponibles para acceder al usuario final, y las medidas regulatorias como la liberalización del bucle local, las tarifas de interconexión, etc., están propiciando que las tecnologías que se inscriben en el bucle local, (tecnologías de acceso), tomen un protagonismo creciente.

*La red de acceso se puede considerar desde dos puntos de vista (ver la **Figura 8-1**):*

- **Geográfico**, cuando se refiere a aquella infraestructura de comunicaciones que existe entre el domicilio del cliente y la central de conmutación.
- **Técnico**, cuando hace referencia a toda la infraestructura de comunicaciones existente entre el punto de conexión del terminal de usuario en el domicilio del cliente y el primer equipo que procesa la información en el nivel de red, es decir, en el nivel 3 del modelo de interconexión de sistemas abiertos de la ISO (OSI - Open System Interconnection). Dentro del acceso se tratan, por tanto, los niveles físico y de enlace (niveles 1 y 2, respectivamente).

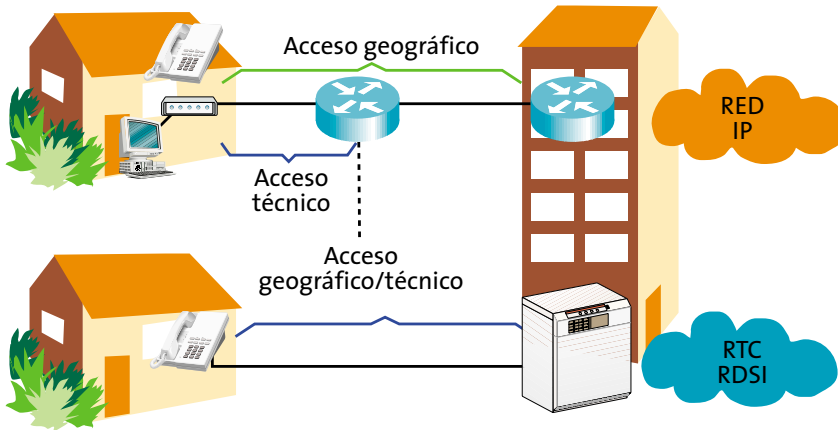


Figura 8-1.
Acceso geográfico vs. acceso técnico

Se puede hacer una primera distinción entre tecnologías de acceso guiado y tecnologías de acceso no guiado:

- El acceso guiado precisa de la existencia de un medio físico de transmisión que transporte en su interior la información entre el usuario y la central, o entre el usuario y el primer punto donde se reenvía a la red troncal o backbone. Ejemplos de medios de transmisión de este tipo son los pares de cables, el par de cobre, el cable coaxial, el cable de la red eléctrica o la fibra óptica.
- Las tecnologías de acceso no guiado emplean como medio de transmisión el aire, por el cual se propagan las ondas electromagnéticas de manera similar a como lo hacen las ondas de radio.

En este capítulo, se analizan en primer lugar las soluciones de acceso guiado, empezando por xDSL como evolución de la línea de cliente digital, siguiendo con la fibra y las soluciones HFC (que se analizan de forma conjunta). Posteriormente se presentan las soluciones tipo WLL (Wireless Local Loop), el acceso por satélite, el acceso por red eléctrica. Los sistemas celulares se analizan en el siguiente capítulo.

8.1 LA LÍNEA DE CLIENTE DIGITAL

La arquitectura de red de comunicaciones más ampliamente difundida para proporcionar acceso a los servicios de telecomunicaciones es aquella que se basa en el uso del par de cobre. Inicialmente concebida para ofrecer el servicio de voz analógico, con el tiempo ha ido evolucionando para poder ofrecer más servicios a los usuarios. En este modelo, la infraestructura consiste en un par de cobre que une el terminal del cliente, es decir, el teléfono, con la central de conmutación, punto a partir del cual se procesan las órdenes necesarias para proporcionar conectividad extremo a extremo entre los dos usuarios del sistema: el llamante y el llamado.

Puesto que en un sus orígenes fue concebida para la transmisión de tráfico de voz, se optó por filtrar parte de la información enviada, limitando el ancho de banda del canal vocal telefónico en torno a los 4 kHz. En concreto, sólo se transmiten las señales analógicas comprendidas entre los 300 Hz y los 3.400 Hz ¹. Los objetivos que se consiguen con esta restricción son, entre otros, la disminución de las interferencias de señales (ruidos) de alta frecuencia y la limitación del ancho de banda necesario para transmitir digitalmente los distintos canales de voz entre las centrales.

Con la llegada al cliente residencial de las comunicaciones de datos surgió la necesidad de proporcionar a los usuarios los dispositivos que les permitieran intercambiar información digital. Apareció el módem (equipo terminal MODulador DEModulador), cuya misión básica es la de transmitir datos digitales a través de una red optimizada para cursar señales analógicas. En transmisión actúa como modulador recibiendo una secuencia de bits y convirtiéndola en una señal analógica, asociando a cada bit, o a un conjunto de éstos, un tono (frecuencia) diferente. En recepción el proceso es el inverso, es decir, el módem actúa como demodulador y la operación que realiza es la conversión de los tonos recibidos en las secuencias de bits originales.

Gracias a estos dispositivos, los operadores de telecomunicaciones consiguen ofrecer a sus clientes comunicaciones de datos reutilizando las infraestructuras existentes. Los mayores inconvenientes son que cuando se establecen comunicaciones de datos no se pueden hacer ni recibir llamadas telefónicas, y que la velocidad de transmisión está limitada por el filtrado antes descrito. Con los módem actuales se consiguen aproximadamente 56 kbit/s.

Una alternativa para aumentar estas prestaciones la constituye la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), que permite digitalizar la red. Mediante esta tecnología ya no se transmiten señales analógicas sino digitales, desde el terminal del cliente, haciendo innecesario el uso de un módem para la transmisión de datos. El objetivo final es disponer de una única red en la que se puedan ofrecer de manera integrada todos los servicios de comunicación de voz y de datos demandados por los clientes, evitando la necesidad de disponer de una red de comunicaciones distinta para cada servicio.

La solución RDSI aumenta la velocidad y la calidad de las comunicaciones ². Sin embargo, aspectos relacionados con los modelos de negocio (como el lento despliegue, los altos precios, etc.) han hecho que tecnologías más recientes permitan ofrecer "lo mismo a mejor precio" por medio de las soluciones xDSL ³. De ellas, la más utilizada es ADSL, que se describe a continuación.

1. El ancho de banda del par de cobre es del orden de 1 MHz, en función de su diámetro y de su longitud, mientras que la voz humana comprende señales, típicamente, entre los 20 Hz y los 20 kHz.

2. La señal se transmite desde su origen en formato digital evitándose, en parte, cierta pérdida de información por los repetidos procesos de conversión de formato digital a analógico y viceversa. En RDSI se dispone desde un acceso básico (formado por dos canales B de transporte de información a 64 kbit/s y un canal D de 16 kbit/s dedicado al transporte de señalización) hasta un acceso primario compuesto por 30 canales B y 2 canales D, permitiendo tasas de transferencia de hasta 2 Mbit/s.

3. DSL es el acrónimo de Digital Subscriber Line, traducido como Línea de Cliente Digital. xDSL se refiere genéricamente a todas las variantes que existen de DSL.

Los primeros trabajos en ADSL se iniciaron en 1989, en el seno de la compañía Bellcore, hoy Telcordia Technologies, como un medio para conseguir un esquema capaz de proporcionar vídeo bajo demanda (VoD - Video on Demand). En el año 1994 se creó el ADSL Forum, una asociación de empresas cuyo objetivo es básicamente el promover la utilización de esta tecnología. En el año siguiente, la ANSI (American National Standards Institute) aprobó la primera parte de la norma T1.413, y hasta el año 1998 no se hizo lo propio con la segunda parte.

La base sobre la que se fundamenta la tecnología ADSL está íntimamente relacionada con el medio de transmisión que debe emplear, el par de cobre, así como con la utilidad que debe ofrecer tanto al usuario como al operador de telecomunicaciones. Debe posibilitar el acceso de banda ancha a Internet, con conexión permanente y sin perder la opción de utilizar simultáneamente la línea de voz; y al mismo tiempo debe permitir que se pueda redirigir la comunicación de datos a una red que los procese más eficientemente, permitiendo ofrecer nuevos servicios reutilizando la infraestructura existente.

La solución propuesta se basa en la utilización de todo el ancho de banda disponible en el par de cobre (aproximadamente 1 MHz). Para aprovechar mejor este medio se optó por dividir el espectro frecuencial, permitiendo el uso simétrico o asimétrico del mismo ⁴.

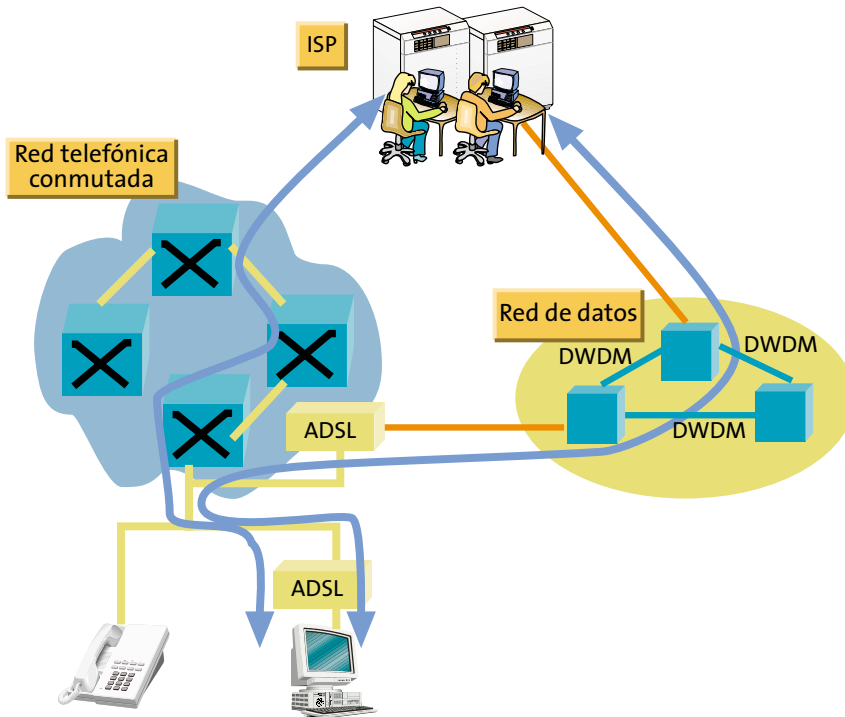
Una de las principales aportaciones al negocio de los operadores de telecomunicación de las tecnologías DSL consiste en que permiten manejar la voz y los datos de forma separada. De este modo, la voz sigue su camino tradicional, es decir, es procesada por una red de conmutación de circuitos, diseñada y dimensionada para tal efecto, mientras que los datos son encaminados a una red específica de conmutación de paquetes que permite procesar la información de manera más eficientemente.

Para poder realizar esta separación entre el tráfico de voz y el de datos es necesario incorporar nuevos elementos en la arquitectura de red, los denominados divisores o *splitters* ⁵. En la **Figura 8-4** se representa cómo se redirigen los datos provenientes del PC del cliente hacia el ISP (*Internet Service Provider* - Proveedor de Servicios de Internet), a través del divisor.

Un aspecto a resaltar es que esta red de datos actualmente emplea ATM (*Asynchronous Transfer Mode* - Modo de Transferencia Asíncrono), ya que en el momento de la definición de la norma era la opción que más futuro tenía. Además, era necesario disponer de un protocolo que permitiese garantizar la calidad de servicio de la comunicación. Este hecho impacta en la construcción de los módems, que deben procesar la información en formato ATM.

4. Si se dispone del mismo ancho de banda en transmisión y en recepción el reparto es simétrico. Si no es así, el uso del espectro es asimétrico.

5. Se suelen conocer como divisores STO, divisores del Servicio Telefónico Ordinario.

**Figura 8-4.**

Procesamiento separado de voz y datos utilizando DSL

El par de cobre: modulación empleada

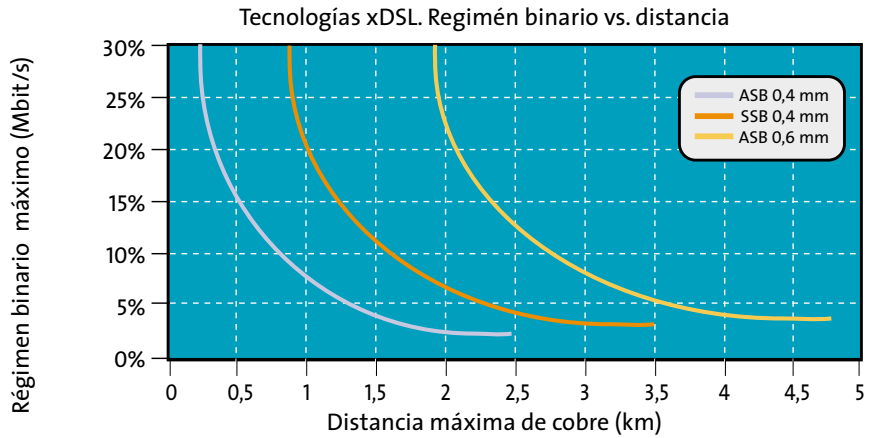
Como ya se ha indicado, xDSL utiliza el par de cobre actual. El ancho de banda que éste ofrece depende de diversos factores, como son su longitud y su diámetro. La atenuación que sufren las señales al ser transmitidas es función de la longitud del bucle (dependencia lineal), de la frecuencia (dependencia no lineal con la frecuencia: a mayor frecuencia mayor es la atenuación por unidad de longitud), de las características físicas del bucle (diámetro, ramas múltiples y equalizadores), así como de las condiciones de contorno (señales transmitidas por otros pares del mismo cable). Los pares de cobre cortos y de diámetro grande permitirán velocidades de transmisión más altas que los de diámetro inferior.

Por lo que respecta al ancho de banda, típicamente se disponen de unos 1.100 kHz para transmitir información, de los cuales se emplean para la transmisión de datos la banda que comprende el rango desde los 24 kHz hasta los 1.100 kHz.

A medida que aumenta la distancia, disminuye el régimen binario máximo que es posible alcanzar (ver la **Figura 8-5**). Igualmente, se puede apreciar que para pares del mismo diámetro, la velocidad depende del tipo de servicio que se proporcione (simétrico o asimétrico). Debido a las interferencias que pueden ocasionar las señales entre sí, los servicios simétricos alcanzan un régimen binario menor que los servicios asimétricos. Las velocidades inicialmente definidas para ADSL son:

Figura 8-5.

El par de cobre: régimen binario vs. distancia



ASB *Asymmetric Service Broadband*, Servicio de banda ancha asimétrico.
SSB *Symmetric Service Broadband*, Servicio de banda ancha simétrico.

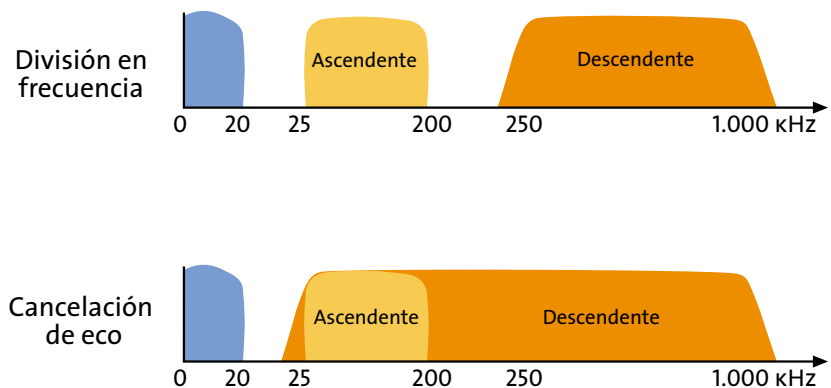
- 1,5 Mbit/s, para el sentido ascendente o *upstream* (usuario \Rightarrow red).
- 8 Mbit/s para el sentido descendente o *downstream* (red \Rightarrow usuario).

Aunque no todos los usuarios podrán tener acceso a esa capacidad, la gran mayoría podrá conectarse a velocidades de, al menos, 2 Mbit/s en sentido descendente.

Otro aspecto a destacar es el uso que se hace de la división frecuencial del ancho de banda disponible, definiéndose dos modos básicos de operación (ver la **Figura 8-6**):

Figura 8-6.

Reparto del espectro: en frecuencia y con cancelación de eco



- *Con multiplexación por división de frecuencia.* Se reparte el espectro en dos bandas de frecuencia no solapadas entre sí. En sentido ascendente se reservan desde los 24 kHz a los 200 kHz, mientras que para el sen-

tido descendente se tiene desde los 250 kHz en adelante (aproximadamente 1.100 kHz).

- *Con cancelación de eco.* Esta variante es similar a la anterior, con la salvedad de que se permite el solapamiento de las bandas frecuenciales. La porción reservada al sentido descendente comienza en los 24 kHz, solapándose con la ascendente. La separación de los datos se consigue mediante el empleo de algoritmos avanzados que pueden implementarse gracias a la potencia de los DSPs ⁶, los cuales pueden efectuar en tiempo real FFTs (*Fast Fourier Transform*) e IFFTs (*Inverse Fast Fourier Transform* - Transformada Rápida de Fourier Inversa).

Inicialmente se contemplaron dos técnicas de modulación: CAP (*Carrier-less Amplitude/Phase*) y DMT (*Discrete MultiTone*), aunque finalmente los organismos de estandarización internacionales, como la ITU, ANSI y ETSI, se han decantado por la solución multiportadora (DMT).

CAP envía una sola portadora, similar a la del módem de banda vocal. CAP se refiere a la versión de QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) en la que los datos de entrada modulan a una única portadora que se transmite seguidamente a través de una línea telefónica. Después de la transmisión, la portadora se elimina, ya que no contiene información. Solamente se transmiten las bandas laterales, que son las que llevan la información útil. Este hecho da nombre a la técnica *carrier-less*, equivalente a "sin portadora".

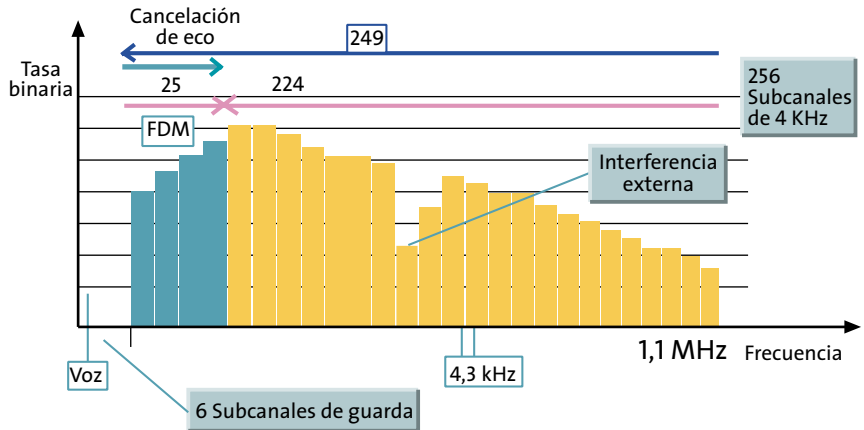
En DMT (ver la **Figura 8-7**) se envían múltiples tonos, separados entre sí 4,3125 kHz, modulados en QAM, disponiendo cada una de estas portadoras de un ancho de banda de 4 kHz (similar al que emplean los módems de banda vocal). Los datos a enviar se reparten entre todas las portadoras "hábiles". Al iniciarse el proceso de comunicación, cuando se establece el enlace, se efectúa una estimación⁷ de la relación Señal/Ruido en la banda asignada a cada una de las portadoras. Cuanto mejor sea esta relación S/N (Signal to Noise ratio), mayor será el caudal de datos que se pueda transportar a dicha frecuencia. Los módems de la central (ATU-C) y del usuario (ATU-R) emplean la misma técnica de modulación, con la salvedad de que el primero puede trabajar con hasta 256 portadoras, mientras que el segundo dispone de un máximo de 32.

En la **Figura 8-7** se explica también cómo la tasa binaria que puede alcanzar la portadora depende de si está o no afectada por interferencias externas. Finalmente, conviene resaltar que para evitar interferir en las comunicaciones de voz, se han dejado seis subcanales de guarda, comenzando la asignación de las portadoras a partir de los 24 kHz.

6. Los módem ADSL que incorporen esta facilidad tendrán mejores prestaciones, siendo su precio superior al de aquellos que carecen de la misma.

7. Esta estimación de la relación Señal/Ruido se hace al comienzo del establecimiento del enlace entre el ATU-R y el ATU-C por medio de una secuencia de entrenamiento predefinida.

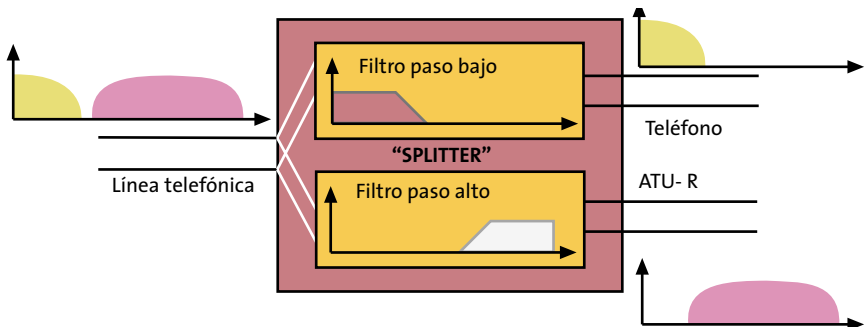
Figura 8-7.
Modulación DMT (*Discrete MultiTone*)



El divisor

La misión del divisor o splitter es simple (ver la **Figura 8-8**). En el lado del usuario separar las comunicaciones de voz, que se encaminarán al teléfono, de las comunicaciones de datos, que se enviarán al módem ADSL (ATU-R). En la central el funcionamiento es similar, aunque los destinos diferentes. Las señales de voz se procesan en la central de conmutación pertinente, mientras que los datos se envían directamente a una red que procesa de manera nativa esta información.

Figura 8-8.
Modo de operar del divisor



Una de las ventajas que proporciona, tanto para el operador en términos económicos, como para el usuario en términos de facilidades de uso, es que la línea telefónica tradicional continúa completamente operativa.

Uno de los principales inconvenientes que presentan estos dispositivos es que requieren la presencia de personal del operador de telecomunicaciones en casa del cliente para realizar la instalación. Por este motivo, han surgido variantes de ADSL, en concreto ADSL G.Lite, que permiten evitar la instalación del filtro en las dependencias del cliente pero, como contrapartida, se produce una disminución de las prestaciones (se queda en 512 kbit/s de subida y 1,5 Mbit/s

de bajada). Otra opción pasa por que el propio usuario instale unos microfiltros en la roseta a la que vayan a conectar el módem ADSL.

El módem en el lado del usuario

El ATU-R (ADSL *Terminal Unit Remote*) es el módem ADSL que se instala en las dependencias del cliente. Las funcionalidades asociadas a este dispositivo son:

- La evaluación de las características del par de cobre para el reparto del flujo de datos entre las distintas portadoras.
- La provisión de una interfaz de acceso a los equipos del cliente. Normalmente esta interfaz es Ethernet (10BaseT), pero se pueden disponer de otras más como USB (*Universal Serial Bus* - Bus Serie Universal), ATM, etc.
- El funcionamiento en modalidad de bridge (conmutando tramas de nivel 2) o de router (trabajando en el nivel de red con posibilidad de encaminamiento).
- La conversión en celdas ATM de la información a transmitir, y la evaluación de la calidad de servicio en la información que se transmite.

Lógicamente, el precio del equipo de usuario se incrementa a medida que éste incorpora más funcionalidades.

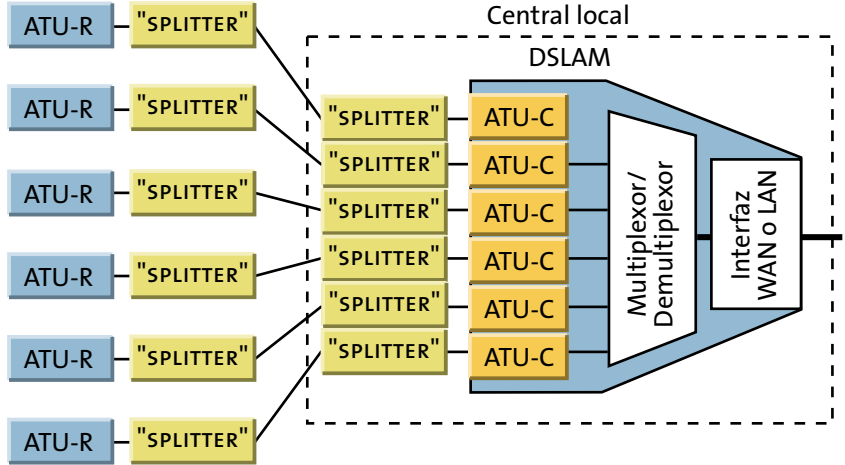
El módem en el lado de la central

Para finalizar la conexión en la central se instala otro módem, el ATU-C (*ADSL Terminal Unit Central*), que recibe los datos una vez han sido redirigidos por el divisor instalado en la central ⁸. Las tareas que realiza este equipo son similares a las del ATU-R, con la salvedad de que en funcionamiento asimétrico precisa operar con un mayor número de subportadoras.

El equipo instalado en la central se conoce normalmente como DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*). Con el objetivo de alcanzar la mayor reducción de costes posibles, se apreció que lo mejor sería integrar un cierto número de ATU-C en un mismo chasis, compartiendo entre todos una misma matriz de conmutación ATM, que será la que finalmente redirija la información a través del CVP (Circuito Virtual Permanente) correspondiente a la red de datos externa (ver la **Figura 8-9**).

⁸. Por tanto, por cada par de cobre es preciso, en principio, instalar dos filtros divisores, uno en las dependencias del cliente y otro en la central.

Figura 8-9.
Módem en el lado de la central



8.1.2 Impacto en el negocio de las telecomunicaciones

Las aplicaciones donde ADSL aparece como la solución óptima en función del segmento de mercado al que se pueden dirigir son:

- *Comunicaciones de datos de alta velocidad*, fundamentalmente el acceso a Internet y el acceso remoto a redes de área local. El mercado inicial para esta tecnología estará compuesto por Pymes, el segmento SOHO (*Small Office Home Office*), los teletrabajadores ⁹ y los usuarios residenciales con alto poder adquisitivo.
- *Provisión de vídeo* ¹⁰, con tendencia a ser interactivo. También aparecen otras aplicaciones como cine bajo demanda, o videojuegos con múltiples jugadores (que ofrecen experiencias más rápidas, intensas y reales), programas de TV o aplicaciones de extracción de información en forma de vídeo (impensables con otras tecnologías "domésticas").

El servicio que más rápidamente se ha podido ofrecer es el de acceso a Internet de alta velocidad, ya que no requiere efectuar demasiadas ampliaciones/modificaciones de equipamiento en la infraestructura de red existente. La provisión de vídeo, que aparece como un servicio que abre nuevas posibilidades a los operadores tradicionales de telefonía, requiere de una planificación y puesta a punto más detallada.

9. Por ejemplo, para conectarse a las redes de área local de sus empleadores mientras mantienen una sesión de videoconferencia con un cliente.

10. Aunque la tecnología ADSL proporciona hasta 8 Mbit/s en sentido descendente, el servicio habitual que se ofrece, prácticamente asegurado para todos los usuarios, es de 2 Mbit/s. Hay que resaltar que estimaciones iniciales indican que la provisión de vídeo de alta calidad puede llegar a requerir un ancho de banda de 4 Mbit/s.

Como se ha indicado la instalación del divisor (*splitter*) implica un desplazamiento al domicilio del cliente por parte del personal del operador. En términos de tiempo de respuesta frente a nuevas altas en el servicio, así como en lo relativo a los costes de instalación, tiene un alto impacto en la provisión del servicio, pudiendo ser el causante de que potenciales clientes se decanten por otro operador o simplemente descarten solicitar el servicio. Esto podría evitarse si se utilizan una serie de microfiltros adaptados a los conectores RJ11 telefónicos, que realizan la función de filtro paso bajo para que a través del conector telefónico sólo salga la voz. El filtro paso alto que descarta el canal vocal telefónico y permite el paso de los datos suele estar incorporado al propio módem ADSL.

Dada la relevancia del tiempo de respuesta por parte del operador, cobran gran importancia los sistemas de precalificación de líneas ADSL, cuyo cometido principal es informar sobre el estado del par de cobre y de si éste se encuentra en condiciones de ofrecer el servicio satisfactoriamente. En paralelo están los sistemas de gestión que se han de instalar para asegurar la correcta provisión del servicio.

Problemas que presenta ADSL

Un primer problema, ya mencionado, es el relativo a los costes de instalación, al requerirse la presencia de personal del operador en las dependencias del cliente.

Existen, además, otros problemas:

- No todos los pares están a una distancia tal que se puedan ofrecer las prestaciones máximas. Recuérdese que la velocidad es función de la longitud del bucle.
- El estado de los pares de cobre es diverso, encontrándose pares de diferentes calibres (diámetros), empalmes, ramas multipladas (pares que se duplican para acceder con el mismo a dos ubicaciones distintas), etc.
- El ruido influye notablemente en la calidad de la comunicación.
- Es posible la aparición de diafonía en los cables multipares, presentándose dos variantes: *Near-End Crosstalk* (NEXT) y *Far-End Crosstalk* (FEXT) (ver la **Figura 8-10**).

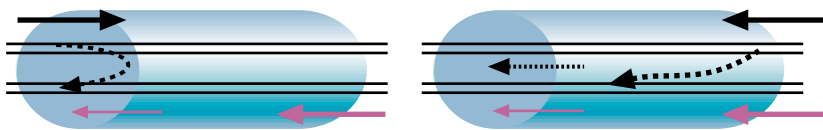


Figura 8-10.
Tipos de diafonía: *near-end* y *far-end crosstalk*

- Los pares de cobre van agrupados por grupos. En consecuencia, en zonas de alta demanda puede que muchos usuarios compartan el mismo grupo de pares, provocando un gran aumento de las interfe-

rencias. En ocasiones esto hace inviable la provisión del servicio, siendo necesario instalar nuevos pares.

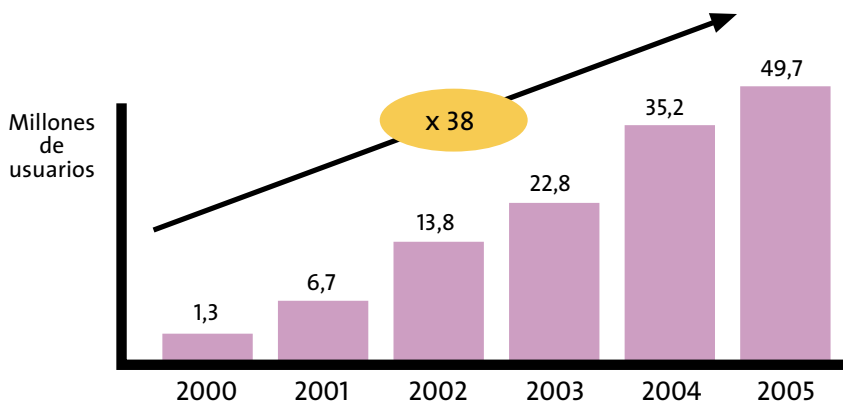
- **Cambios en la distribución de tráfico.** Debido a que en ocasiones se suele asignar una dirección IP estática al usuario, éste puede cambiar su comportamiento en cuanto al uso de la red y ofrecer también sus propios contenidos, actuando como servidor y pasando de un comportamiento asimétrico de los datos a un comportamiento más simétrico.

Beneficios aportados por ADSL

Las ventajas que aporta esta nueva tecnología, pueden dividirse en dos grandes categorías:

- **Beneficios para el operador de telecomunicaciones.** En primer lugar destaca la opción de que dispone el operador de telecomunicaciones para poder ofrecer acceso de banda ancha (cuya previsión de crecimiento en la UE se muestra en la **Figura 8-11**) reutilizando la infraestructura existente. De esta manera tiene una opción viable para ofrecer nuevos servicios (videoconferencia, video broadcast, etc.). Otro aspecto muy importante es que mediante esta tecnología se descarga a la red telefónica conmutada del tráfico de datos, permitiendo al operador hacer un uso más eficiente de sus redes de comunicaciones (circuitos y paquetes). Finalmente, aspectos como el aumento de la competencia, permitiendo la entrada de nuevos actores en el mercado, son positivos para el sector.

Figura 8-11.
Previsiones de crecimiento
de la banda ancha en la
Unión Europea



Fuente: Morgan Stanley

- **Beneficios para los usuarios.** El principal es el de disponer de banda ancha en casa manteniendo las comunicaciones de voz, con una única línea telefónica. Un aspecto relevante aquí es el tema de los precios. Aún hay que determinar si lo que se ofrece es barato o caro, aunque todavía hay que sensibilizar al usuario de que Internet no es gratis, y menos aun los servicios que recibe (esta problemática es similar a la de la TV de pago).

8.1.3 Evolución

Con la digitalización del bucle se ha conseguido ofrecer un acceso de banda ancha al cliente final. Esta banda ancha, clave para el desarrollo de la Sociedad de la Información, tiene diferentes requerimientos dependiendo de las necesidades de los usuarios, que pueden demandar accesos simétricos o asimétricos y rangos de velocidades muy dispares. Por ello, son múltiples las variantes que se han desarrollado implementando DSL, especificadas a lo largo del tiempo, con objeto de cubrir todas estas necesidades (ver la **Tabla 8-1**).

Tecnología	Simétrico/ Asimétrico	Alcance (km)	Velocidad descendente (Mbit/s)	Velocidad ascendente (Mbit/s)
IDSL	simétrico	6	0,128	0,128
SDSL	simétrico	3,3	1,544	1,544
HDSL	simétrico	4	1,544	1,544
ADSL G.Lite	asimétrico	6	1,5	0,256
ADSL	asimétrico	4	6	0,640
VDSL	asimétrico	1	26	3
VDSL	asimétrico	0,3	52	6
VDSL	asimétrico	1,5	13	3,24
VDSL	simétrico	1	13	13
VDSL	simétrico	0,3	26	26

Tabla 8-1.
Velocidades y alcances
para xDSL

La primera implementación vino de la mano del *IDSL (Integrated DSL)*, que permite alcanzar velocidades de hasta 144 kbit/s (equivalentes a un acceso primario 2 B + D de RDSI) de manera simétrica y *full-dúplex* sobre un par de cobre, con alcances de casi 5.500 metros (18.000 pies). Suele emplearse para el acceso a Internet y a LANs remotas. Supone una simplificación para RDSI porque la conexión es permanente y no requiere ningún intercambio de señalización para ser establecida, pero la falta de un estándar introduce problemas de interoperabilidad.

Por su parte, HDSL (*High data rate DSL*) permite alcanzar velocidades de 1,544 Mbit/s (2,048 siguiendo estándares europeos) de forma simétrica y dúplex, utilizando dos pares de cobre con alcances que rondan los 3.600 metros. Se ha venido empleando como sustitutivo de los enlaces T1/E1 tradicionales, ya que elimina la necesidad de emplear repetidores a lo largo de su recorrido. Se plantea como una solución económica y de rápido despliegue para ofrecer los servicios para los que las compañías telefónicas suelen utilizar este tipo de enlaces (interconexión con PBX, acceso a Internet o acceso a redes de datos).

Otra variante, SDSL (*Symmetric DSL*), se presenta como una versión de HDSL implementada sobre un único par de cobre. Permite alcanzar velocidades de 1,544 Mbit/s sobre distancias de 3.000 metros (10.000 pies). Los servicios que puede soportar son similares a los de HDSL. Emplea una parte del espectro menor, lo que permite reducir su nivel de interferencias

Estas variantes acompañan a ADSL casi desde sus inicios. Hoy en día se están desarrollando nuevos estándares, aprendiendo de las deficiencias de cada una de las anteriores, de manera que se corrijan y se adapten a las nuevas necesidades. Una de las principales necesidades que deben satisfacer las nuevas variantes de la tecnología es el posible cambio en los flujos de tráfico, observándose una tendencia hacia la simetría. El usuario de la red ya no sólo es cliente (quien solicita descargas de contenidos a los servidores) sino que también actúa como servidor, ofreciendo sus contenidos al resto de la comunidad Internet.

En este sentido, merece la pena destacar SHDSL (*Single-pair High-speed DSL*), que es la primera técnica DSL simétrica que ha sido normalizada, en concreto mediante la recomendación de la ITU *G.shdsl* (G.991.2), aprobada en febrero de 2001. El estándar *G.shdsl* define velocidades simétricas por par de cobre de entre 192 kbit/s y 2,312 Mbit/s. Se espera que la introducción del estándar sirva para la apertura masiva al mercado de esta tecnología, tal y como ocurrió con ADSL.

G.shdsl ha sido desarrollado para hacer frente a la creciente demanda de servicios DSL simétricos de voz, datos y acceso a Internet, siendo su objetivo principal conseguir un alcance de al menos 4 km (ya que en algunos casos se pueden encontrar bucles de abonado con esa longitud o mayor) a la máxima velocidad de transmisión. La **Figura 8-12** muestra la evolución del mercado DSL y las estimaciones para el año 2002, tanto para tecnologías simétricas como asimétricas, en EE.UU.

Los beneficios de SHDSL se reflejan en los siguientes aspectos:

- *Mejora notable de la velocidad y del alcance respecto a otras tecnologías.* SHDSL puede trabajar a dos o cuatro hilos: un par permite de 192 a 2.312 kbit/s (dependiendo del alcance) y dos pares soportan de 384 a 4.624 kbit/s. Cuando se emplean dos pares, cada de ellos uno es full-dúplex, como en HDSL. El alcance en SHDSL se puede incrementar mediante el uso de repetidores (SRUs). Así, teóricamente, utilizando 8 repetidores se pueden conseguir alcances de hasta 35 km.

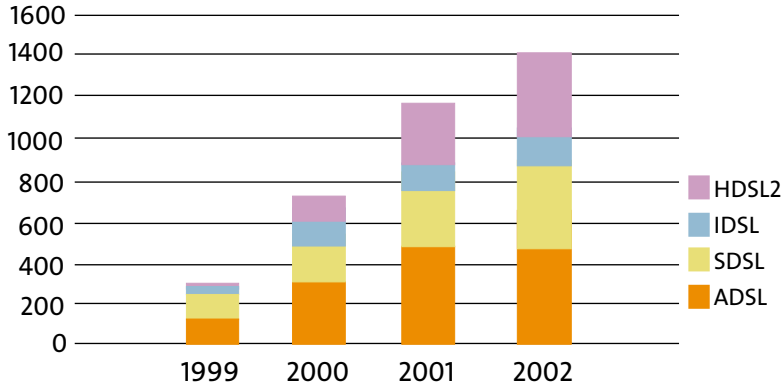


Figura 8-12.
Evolución del mercado
xDSL en EE.UU.

Fuente: The Yankee- Group

- *Eficiencia de SHDSL en entornos ruidosos.* Al contrario de lo que ocurría con las tecnologías precedentes, en SHDSL la tasa de bit es variable. Cuando la calidad de la transmisión empeora, la velocidad disminuye en saltos de 8 kbit/s, y si la calidad mejora, la velocidad se incrementa automáticamente (ver la **Tabla 8-2**). De esta manera la transmisión se adapta a las condiciones del medio, mejorando así su eficiencia.

	HDSL	SDSL	HDSL 2	SHDSL
Tasa de bit	T1: 1.544 kbit/s E1: 2.048 kbit/s	192-2.320 kbit/s	T1: 1.544 kbit/s E1: 2.048 kbit/s	2 hilos: 192-2.312 kbit/s 4 hilos: 384-4.624 kbit/s
Número de pares	2	1	1	1 ó 2
Codificación	2B1Q	2B1Q	TC-PAM	TC-PAM
Negociación	No	Propietaria	Estándar	G. 994.1
Tasa adaptativa	No	No	No	Sí
Potencia regulada	No	No	Sí	Sí
Temporización	Plesiócrono	Síncrono	Plesiócrono	Ambos
Repetidores	Sí	Sí	Sí	Sí
Alcance				
2.312 kbit/s	N/A	2,7 km	N/A	3,2 km
1.544 kbit/s	4 km	3,5 km	4 km	4,3 km
784 kbit/s	N/A	4,5 km	N/A	5,3 km
384 kbit/s	N/A	5,3 km	N/A	6,3 km

Tabla 8-2.
Tabla comparativa de tecnologías xDSL simétricas

Por último debe considerarse VDSL (*Very high data rate Digital Subscriber Line*), que destaca en términos de prestaciones, aunque temporalmente es anterior a SHDSL.

Una alternativa para alcanzar altas velocidades de transmisión de datos es la combinación de una red de fibra óptica FTTN (*Fiber to the Neighborhood*) y

una conexión final a través de la red telefónica de cobre realizada con VDSL, la cual transmite datos a alta velocidad sobre distancias cortas mediante pares de cobre, con un rango de velocidad que depende de la longitud de la línea. VDSL es la tecnología DSL que permite mayores velocidades. Comenzó denominándose VADSL, ya que en su origen fue una extensión de ADSL en la que se obtenían mayores velocidades reduciendo el alcance de los enlaces y manteniendo la naturaleza asimétrica de ADSL. Sin embargo, el término VDSL se impuso sobre VADSL, ya que puede ser tanto simétrico como asimétrico.

Los sistemas VDSL asimétricos están diseñados para ofrecer servicios como difusión de televisión digital, vídeo bajo demanda, acceso a Internet de banda ancha, etc. La provisión de estos servicios requiere anchos de banda descendentes mucho mayores que los ascendentes. Por ejemplo, HDTV (*High Definition Televisión* - Televisión de Alta Definición) requiere 18 Mbit/s en el enlace descendente para la difusión de vídeo, sin embargo, el enlace ascendente transporta información de señalización que tan sólo necesita unos pocos kbit/s.

Por otro lado, VDSL también se ha diseñado para proporcionar servicios simétricos, especialmente atractivos para el mercado empresarial. Por ejemplo, mediante VDSL simétrico se podrían ofrecer servicios de teleconferencia, teleconsulta o se podrían sustituir las líneas T1 actuales por otras de mayor capacidad.

VDSL puede coexistir con las tecnologías DSL precedentes. El ancho de banda que utiliza está comprendido entre los 200 kHz y los 30 MHz, si bien la asignación de frecuencias varía en función de la velocidad o de si el tráfico es simétrico o asimétrico. Las frecuencias de trabajo se encuentran por encima de las utilizadas para telefonía analógica y RDSI, lo que permite que puedan soportarse sobre el mismo par de cobre los servicios tradicionales de banda estrecha y los nuevos servicios de banda ancha VDSL, protegiendo el tráfico telefónico y RDSI mediante *splitters*.

De cualquier forma, aun considerando sus ventajas, el empleo de VDSL no está del todo claro, debido, entre otros factores, a la aparición de nuevas soluciones (SHDSL) y al creciente uso de esta tecnología con otras variantes tecnológicas como es, por ejemplo, EoVDSL ¹¹ (*Ethernet over VDSL*).

8.2 LAS REDES DE ACCESO BASADAS EN CABLE Y FIBRA ÓPTICA

Hasta mediados de la década de los 90 había una diferenciación clara entre las redes basadas en fibra óptica y las basadas en cable. En las primeras, el operador tradicional de telefonía tenía la posibilidad de tender una infraestructura de fibra óptica entre el edificio de la central y un punto próximo a los terminales de los usuarios, donde instalaba un equipo terminador. El terminador realizaba la conversión opto-electrónica y se conectaba con los terminales de los

11. EoVDSL propone transmitir directamente Ethernet sobre el par de cobre (velocidades de 10 Mbit/s simétricos) empleando los esquemas de codificación de línea y técnicas de modulación desarrolladas para VDSL.

usuario a través de la acometida convencional de cobre. En las segundas, los operadores de cable, diferentes de los operadores tradicionales de telefonía, distribuían canales de televisión a través de un tendido de cable coaxial. Sin embargo, mientras los operadores de telefonía apenas desplegaban fibra en el acceso, debido al elevado coste de sus equipos terminales, los de cable disponían ya de una verdadera red de banda ancha, aunque limitada a servicios de difusión de televisión.

En la **Figura 8-13** se puede ver un esquema de las redes tradicionales de cable. Desde una cabecera se inyectaban un conjunto de canales de televisión a diferentes cables coaxiales. A lo largo de los cables se iban colocando amplificadores, que compensaban las pérdidas de transmisión, y derivadores, que llevaban las señales primero a barrios diferentes, luego a manzanas de casas y finalmente a hogares individuales.

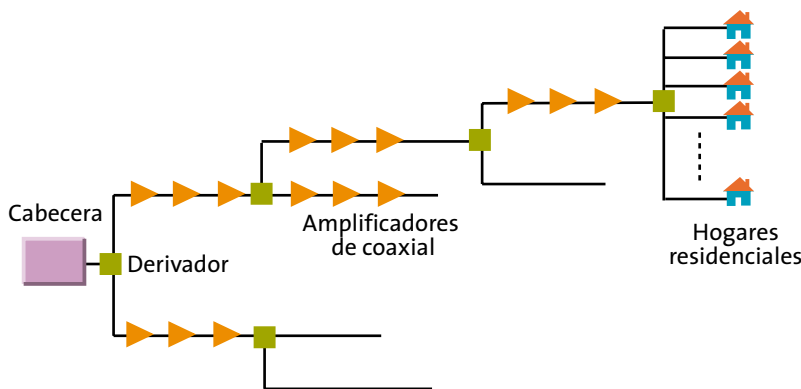


Figura 8-13.

Esquema de una red tradicional de cable para la difusión de televisión

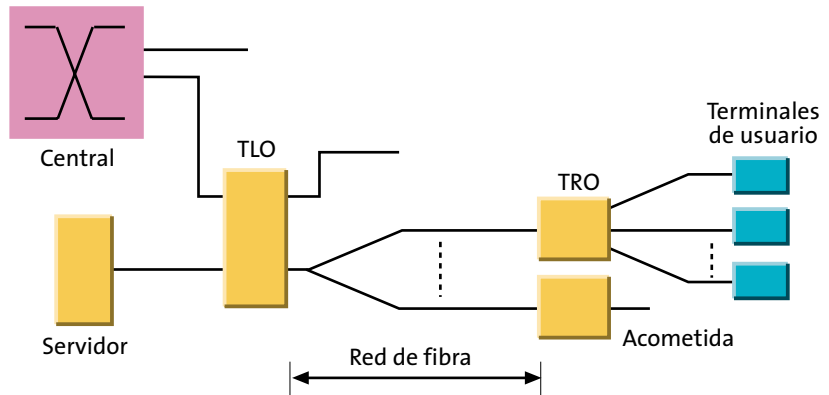
A partir de 1990, los operadores de cable comenzaron a mejorar la calidad de la transmisión y a aumentar la capacidad de sus redes mediante la sustitución de tendidos enteros de coaxial, junto con sus amplificadores, por enlaces de fibra óptica. La sustitución fue gradual en sus comienzos y generalizada al final, de forma que en la actualidad únicamente es coaxial la acometida. Por este motivo, y a pesar de sus orígenes diferentes, las redes de acceso de cable y fibra son similares.

8.2.1 Definición de las redes de acceso de fibra óptica

Como marco de referencia, en la **Figura 8-14** se muestra lo que se entiende por red de acceso de fibra: un conjunto de equipos e instalaciones que conectan los elementos terminales de la red de transporte con los terminales de los usuarios. En concreto, y avanzando desde la red al usuario, se distinguen las partes siguientes: Terminador de Línea Óptica (TLO), red de distribución de fibra óptica, Terminador de Red Óptica (TRO) y acometida.

Figura 8-14.

Red de acceso de fibra óptica



En las redes tradicionales de telefonía, la frontera entre la red de transporte y la de acceso está constituida por las centrales de conmutación local. En la actualidad, esta frontera se ha ampliado e incluye también otros tipos de conmutadores: conmutadores ATM, routers IP y servidores locales. Esto es, cualquier tipo de concentrador que agrega el tráfico de los clientes finales y lo entrega a la red de transporte.

El terminador de línea es un equipo de transmisión que adapta la interfaz de los conmutadores o servidores al medio portador de la red de acceso. Suele estar coinstalado con estos últimos en el mismo edificio, el edificio de central, e incluso en la misma sala. Como ejemplo, en el caso de la transmisión mediante ADSL el terminador de línea es un módem, mientras que en el de telefonía convencional el terminador no existe como equipo independiente, al estar su funcionalidad incluida en las tarjetas de línea de la central. La situación es similar en el acceso de fibra: en algunos casos es un equipo separado, mientras que en otros está incluido en los conmutadores o routers. Es evidente que las redes que requieren un terminador de línea como equipo independiente son más caras que aquellas en las que la conmutación local y la transmisión están integradas en un único elemento.

La red de distribución constituye la planta exterior propiamente dicha: un conjunto de cables que salen del edificio de la central y se van ramificando hasta llegar a los denominados equipos terminales de red que, normalmente, pero no siempre, constituyen el final de la red de fibra. Entre los terminales de red y los de usuario suele existir un tramo adicional de planta, la acometida, generalmente constituida por cables de pares o coaxiales, aunque en algunos casos puede ser también de fibra o incluso una interfaz radio. El lugar donde se instala el terminador de red y, en consecuencia, la definición de la acometida, da lugar a una clasificación de las redes de acceso de fibra óptica en función de su punto de terminación.

La fibra hasta el punto de terminación (FTTx)

Tal como se describe anteriormente, la red de acceso de fibra no siempre está constituida únicamente de fibra óptica. Dependiendo del punto donde acabe la fibra óptica el tipo de red recibe un nombre u otro. Se pueden citar algunos ejemplos:

- Fibra hasta el hogar, *Fiber To The Home* (FTTH).
- Fibra hasta la acera, *Fiber To The Curb* (FTTC).
- Fibra hasta el edificio, *Fiber To The Building* (FTTB).
- Fibra hasta la mesa de despacho, *Fiber To The Desk* (FTTD).

Para abarcar todas estas situaciones bajo una denominación común se utilizan además otras dos acepciones: *FTTx*, que se puede entender como cualquiera de las anteriores, y fibra en el acceso, *Fiber In The Loop* (FITL). Dependiendo de los interlocutores y los escenarios, se emplean unos términos u otros.

Clasificación de las redes de acceso de fibra óptica

Independientemente del nombre que puedan recibir por el lugar donde se encuentra el terminador de red, las redes de acceso de fibra se clasifican, según el tipo de servicios que pueden soportar, en:

- Redes de fibra para servicios de banda estrecha.
- Redes de fibra para servicios interactivos de banda ancha.
- Redes de fibra para servicios de distribución, también conocidas como redes *Híbridas Fibra Coaxial* (HFC).

Las tres se describen a continuación, seguidas de una visión panorámica de su situación actual y de unas proyecciones para el futuro desde el punto de vista de negocio.

8.2.2 Las redes de fibra óptica para los servicios de banda estrecha

Por servicios de banda estrecha se entienden en este contexto aquellos cuyo ancho de banda es inferior a 2 Mbit/s. Incluye la telefonía convencional, acceso básico RDSI, líneas conmutadas de $nx64$ kbit/s, conexiones ADSL, en las que el usuario recibe una señal tipo ADSL aunque parte de la red de acceso sea de fibra, etc.

El esquema de la red es el general de la **Figura 8-14**, con dos particularizaciones principales: la red de fibra es pasiva (PON - *Passive Optical Network*), con topología en árbol, y la interfaz del TLO con la central es de 2 Mbit/s, o $nx2$ Mbit/s.

Por topología en árbol se entiende que cada fibra que sale del TLO se

conecta con otras k varias a través de un acoplador pasivo, introduciendo en cada sentido de transmisión $10 \cdot \log(k)$ dB de atenuación. A este respecto cabe precisar que si en el sentido descendente, de la central al cliente, la fibra de entrada se divide en k fibras, y por tanto la potencia de la señal óptica también, en sentido ascendente, del cliente a la central, la potencia de cada una de las k señales también se divide por k . El valor máximo de k suele ser 32 o, lo que es lo mismo, cada interfaz de línea proporciona conectividad hasta 32 TROs.

El hecho de que el medio de transmisión sea compartido obliga a que en el protocolo de comunicaciones se implemente un mecanismo de acceso al medio (*MAC*). En sentido descendente, el *MAC* coincide con el sistema de multiplexación en el tiempo (*TDM*): se transmiten tramas divididas en subtramas, unas destinadas a unos TROs y otras a otros. En sentido ascendente, por el contrario, el *MAC* exige un protocolo específico que incluye un procedimiento de medida de distancias ópticas (*ranging*). El TLO indica a cada uno de los TROs cuándo debe emitir una ráfaga, en función de sus peticiones de acceso, y para ello debe conocer a qué distancia se encuentran. De hecho, no necesita conocer su distancia absoluta, sino la relativa, o diferencia de las distancias entre el TLO y cada uno de los terminales. Habitualmente el procedimiento de medida se realiza en dos pasos: uno grueso, que se utiliza en el momento de la inicialización, configuración o actualización de red, y otro fino, que opera de forma continua.

Con los niveles de potencia óptica que emiten los láseres de los TLOs y TROs, unos 3 dBm, y con los mecanismos de medida de distancias mencionados anteriormente, se consiguen comercialmente distancias de bucle óptico, absolutas y relativas, de más de 20 y 5 km, respectivamente.

Así como el TLO se instala en el mismo edificio que la central, los TROs pueden ir en aceras, dentro de armarios similares a los de repartición de pares, o en locales particulares. El primer caso suele corresponder a entornos suburbanos, mientras que el segundo es más usual en urbanos, en los que suele ser más difícil y caro conseguir un permiso municipal para la instalación de mobiliario en la calle. En este último caso a veces se recurre a enterrar el TRO en arquetas, que son además menos susceptibles de vandalismo. La acometida se realiza, en todos los casos, a través de pares de cobre convencional.

Como características técnicas adicionales caben destacar la velocidad de transmisión en línea, típicamente de hasta 155 Mbit/s, y las interfaces ópticas de una o dos fibras. En el caso de una interfaz de dos fibras se asigna una a cada sentido de la transmisión. Cuando sólo hay una, cada sentido emplea una ventana óptica diferente, normalmente la de 1.300 nm en sentido descendente y la de 1.550 nm en el ascendente.

Justificación económica: el coste de la interfaz de 2 Mbit/s

Analizando superficialmente las características técnicas de las redes de acceso de fibra para servicios de banda estrecha, se encuentra para ellas un primer campo de aplicación en aquellos escenarios en los que la longitud del bucle

sea superior al máximo que puede soportar un bucle convencional de pares de cobre, que es de 8 km. Para bucles más largos es necesario instalar extensores, o bien equipos concentradores remotos, que por ser activos encarecen el acceso telefónico y empiezan a justificar el coste de instalación y mantenimiento de los TLOs y TROs. Sin embargo, en zonas como Europa occidental ¹², los bucles son en general mucho más cortos. En España, el ochenta por ciento tiene una longitud inferior a 2 km. Por tanto, cabe preguntarse si estas redes son viables económicamente: un bucle de cobre, que no necesita un TRO, es siempre más barato que otro de fibra que sí lo tiene. La respuesta a esta pregunta reside en el coste de las interfaces de 2 Mbit/s entre el TLO y la central.

Una interfaz digital de 2 Mbit/s es teóricamente mucho más barata (la décima parte) que su equivalente de 30 analógicas (tipo a,b). Además, reducir por 30 el número de interfaces simplifica y racionaliza los repartidores. Finalmente, el despliegue de una red de fibra para banda estrecha constituye un primer paso en la evolución hacia la banda ancha, que reutiliza la fibra y únicamente requiere actualizar los equipos. Se concluye, sin entrar en análisis económicos detallados, que la viabilidad económica depende en buena parte del precio de la interfaz de 2 Mbit/s.

Con el fin de disponer de una interfaz abierta que no fuese propietaria de ningún fabricante, se normalizó la denominada V5.1, de 2 Mbit/s, y su extensión V5.2, de $n \times 2$ Mbit/s, pudiendo tomar n cualquier valor entre 2 y 30. Una vez normalizada, se esperaba que el coste de las tarjetas de línea de central con una interfaz V5.1 permitiese su despliegue. La realidad fue diferente: por motivos de marketing estratégico el precio de la interfaz fue más elevado de lo esperado y, en consecuencia, las redes de acceso de fibra para banda estrecha apenas se desplegaron. En España, el número de líneas instaladas fue alrededor de diez mil.

En la actualidad, y salvo en aquellas zonas del mundo en las que los bucles de acceso son muy largos, como es el caso de algunas regiones de Estados Unidos, no se prevé un despliegue de estas redes a medio plazo.

8.2.3 Las redes de fibra óptica para los servicios interactivos de banda ancha

De forma quizás algo artificial, se entiende por servicios interactivos de banda ancha aquellos en los que la velocidad de transmisión en sentido ascendente es superior a 2 Mbit/s. Además, y en contraposición al servicio de alquiler de líneas, el servicio interactivo no requiere una conexión permanente, sino que utiliza líneas conmutadas o, preferentemente, acceso a redes IP de alta velocidad.

Existen diversas implementaciones y propuestas sobre cómo debe ser una

12. En Europa ha habido un despliegue significativo de redes de acceso de fibra para banda estrecha en la antigua Alemania Oriental, donde se tendió una red telefónica nueva tras la reunificación, con longitudes de bucle largas, en algunos casos de más de 20 km.

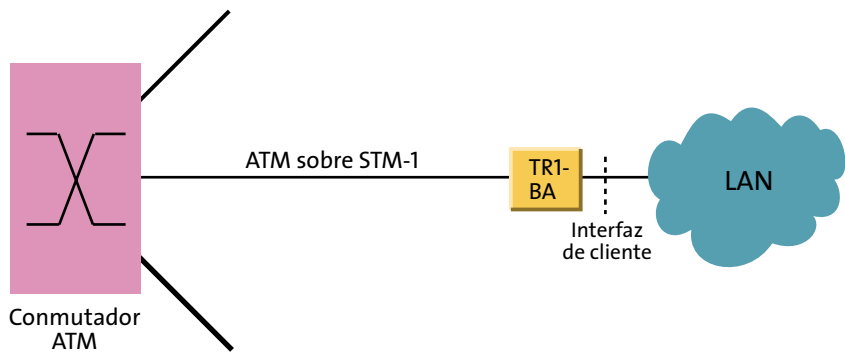
red de acceso de banda ancha. De forma representativa se presentan a continuación tres diferentes: las ATM punto a punto, la denominada *ATM-PON* y las *Gigabit Ethernet*.

El acceso ATM punto a punto

En la **Figura 8-15** se representa la red de acceso ATM punto a punto. No dispone de un TLO, sino que el terminador de red se conecta directamente con el conmutador ATM por medio de un par de fibras dedicadas. La red ofrece al usuario acceso ATM con velocidad máxima definida por contrato, y que puede ser de varias decenas de Mbit/s. A nivel físico, las células ATM se transportan sobre una trama STM-1 (155 Mbit/s) de la Jerarquía Digital Síncrona (JDS).

Al terminador de red se le denomina TR1-BA. Implementa algunas fun-

Figura 8-15.
La red de acceso ATM punto a punto (servicio Gigacom)



ciones de operación y mantenimiento, y entrega al cliente las células con interfaces diversas, como STM-1 sobre fibra monomodo o multimodo, o Ethernet sobre cable de pares. Normalmente, el TRI-BA se conecta a través de estas interfaces a su red de área local (LAN), más que a un terminal de usuario.

Este acceso se puede definir como de gran calidad: el cliente accede directamente al conmutador por un par de fibras en configuración punto a punto, y la velocidad de transferencia ATM puede llegar hasta 140 Mbit/s, la carga útil de un STM-1. En España, Telefónica comercializa el servicio ATM punto a punto bajo el nombre de Gigacom.

El gran inconveniente de este servicio es su precio, derivado del hecho de que la red de fibra no proporciona ninguna concentración: cada cliente ocupa una interfaz del conmutador. En la actualidad, los clientes que utilizan estas redes son corporativos de gran tamaño, cuyo volumen de tráfico es suficientemente elevado como para justificar su contratación. En el año 2000, el número de clientes del servicio Gigacom era inferior al millar.

Para salvar este obstáculo, y ampliar la base de clientes, se ha propuesto la solución *ATM-PON*.

Las redes ATM-PON

Una red ATM-PON es el equivalente en banda ancha a la red de la **Figura 8-14**. Incluye un TLO y varios TROs de banda ancha, y la red de fibra es pasiva con topología en árbol. El número máximo de ramas es también de 32, y los alcances absolutos y relativos siguen siendo de 20 y 5 km, respectivamente.

La característica principal de esta red consiste en que el tráfico que transporta es del tipo ATM, y en sentido ascendente cada ráfaga de transmisión coincide con una célula. La velocidad de transmisión suele ser de 622 y 155 Mbit/s, en los sentidos descendente y ascendente, respectivamente. Asimismo, el procedimiento de medida de distancias ópticas es más preciso que en banda estrecha, con hasta tres pasos de ajuste diferentes.

El uso de ATM dota a la red de gran flexibilidad en la asignación dinámica de tráfico, y proporciona mecanismos consolidados de control de la calidad de servicio. Constituye además un valor añadido en los casos en los que el tráfico que se cursa por la red es ATM nativo, porque en ese caso no es necesario realizar funciones de adaptación de enlace (*AAL*), y se puede dotar al TLO de la funcionalidad de conmutador, con lo que de hecho se transforma al TLO en un conmutador ATM con interfaces de acceso incorporadas. Desafortunadamente para esta red, son escasos los clientes residenciales o de pequeñas empresas que generan tráfico ATM nativo.

En estos momentos se está normalizando un nuevo tipo de PON de banda ancha que transporta tramas Ethernet, la denominada E-PON. Probablemente, su estándar estará disponible en el año 2002, fecha a partir de la cual se puede esperar la aparición de equipos en el mercado.

El inconveniente de las ATM-PON, y probablemente también de las E-PON, es su precio: en el año 2001 su precio era más de cinco veces superior a lo que permiten los planes de negocio de los operadores. De hecho, se están desplegando únicamente en escenarios de bucles largos, principalmente en nuevas zonas suburbanas residenciales de Estados Unidos, en las que la longitud del bucle favorece económicamente a las PON frente a otras alternativas.

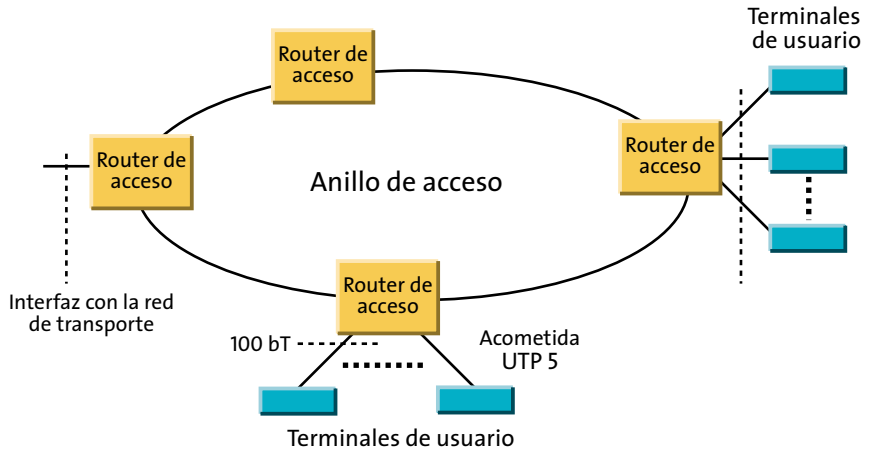
Las redes Gigabit Ethernet

Dejando a un lado las futuras E-PON, lo que se suele entender por red de acceso Gigabit Ethernet responde al diagrama de la **Figura 8-16**. La topología de la red de fibra es un anillo por el que el tráfico se propaga en tramas STM-16 (2,5 Gbit/s), y cuyos nodos son routers IP. No existe el TLO y la conexión entre el router y los terminadores de red se realiza mediante acometidas de cable de pares (tipo UTP 5), una por cada terminador, con una longitud máxima de 100 a 150 metros, por la que se ofrece al cliente una interfaz de 100 Mbit/s del tipo 100 BT.

De las expuestas hasta ahora, considerando únicamente el coste de los equipos, esta red es la más barata de todas: el coste de provisión de un enlace

Figura 8-16.

La red de acceso Gigabit Ethernet



Ethernet a 100 Mbit/s es casi el mismo que el de otro ADSL a 2 Mbit/s.

Los motivos por los que estas redes todavía no se han desplegado son básicamente los derivados de sus problemas y costes de instalación: la necesidad de tender una nueva acometida de cobre para cada usuario, y la dificultad de instalar routers cerca de los clientes residenciales. La interfaz 100 BT sobre cobre requiere un cable conocido como tipo UTP 5, normalmente utilizado en redes de área local, que es diferente del par telefónico. Por otra parte, con tendidos de 100 a 150 metros se requiere un número elevado de routers para cubrir un área geográfica extensa, y la colocación de equipos activos en exteriores presenta problemas, ya mencionados, como la obtención de los permisos necesarios, la protección contra el vandalismo, los derivados de contratar acometidas de fuerza, la integración del equipo con la estética urbana, etc.

Conclusión sobre las redes de fibra óptica para servicios interactivos de banda ancha

De lo expuesto a lo largo de este apartado se concluye que la red de acceso de fibra más adecuada para un operador con intención de proveer servicios interactivos de banda ancha debería cumplir simultáneamente los siguientes requisitos:

- La red debe ser pasiva con topología en árbol y tener el TRO en la casa o edificio del cliente (FTTH o FTTB).
- La interfaz de usuario debe ser preferentemente de tipo Ethernet.
- El tráfico debe ser IP y los *routers* de acceso deben ser capaces de incorporar tarjetas de línea óptica que implementen protocolos y mecanismos de acceso al medio estandarizados y específicos para PON, con capacidad de transferencia global de varios cientos de Mbit/s.

Por último, quedan los condicionantes económicos. Debe existir un mercado para servicios interactivos de banda ancha en entornos residenciales, que a su vez sólo se conseguirá cuando el coste total de despliegue de la red converja con las tarifas que los usuarios residenciales sean capaces de asumir.

8.2.4 Las redes de fibra para los servicios de distribución

La característica que define a estas redes es su transmisión predominantemente unidireccional: desde una cabecera se difunden los canales de televisión y el tráfico IP de alta velocidad a decenas de miles de usuarios. Al contrario que las anteriores, han encontrado acogida en el mercado desde hace varios años, principalmente porque han surgido como evolución gradual de las redes de distribución de televisión por cable, que han ido mejorando su calidad al sustituir tiradas completas de cable coaxial, con amplificadores intermedios, por fibras ópticas sin ningún tipo de repetidor. De hecho, y por haber tenido su origen en la distribución por cable, a estas redes se las sigue denominando en algunas publicaciones "redes de cable", aunque por lo general, hoy por hoy únicamente incorporan cable coaxial en la acometida.

En la **Figura 8-17** se muestra el esquema general de estas redes, que también reciben el nombre de Híbridas Fibra Coaxial (*HFC*), ya que la acometida se realiza con cable coaxial. Este esquema admite variantes, que se van comentando a lo largo del apartado, según procede.

En la red HFC, moviéndose en sentido hacia el usuario, se distinguen los elementos siguientes (ver la **Figura 8-17**):

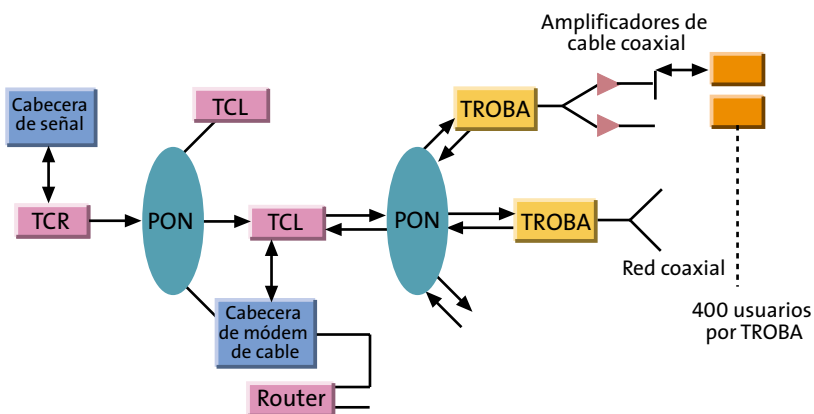


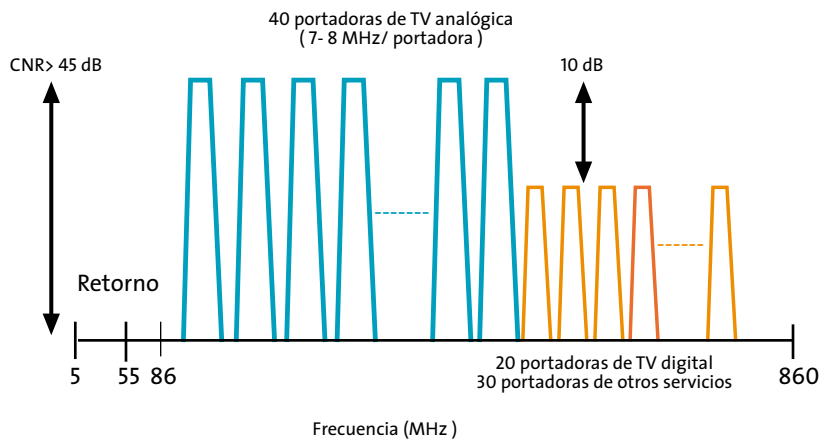
Figura 8-17.
La red de acceso HFC
(Híbrida Fibra Coaxial)

■ Cabecera de red con Terminador de Central Remoto (TCR)

La cabecera de red es el servidor de información: concentra el tráfico que se difunde a los usuarios y lo entrega para su transmisión a un elemento denominado Terminador de Central Remoto (TCR).

La información llega al TCR como un conjunto de portadoras eléctricas, cada una de ellas en frecuencias diferentes. Un subconjunto de ellas, hasta 40, está modulado por canales de televisión analógicos, un canal por portadora; otro, hasta 20, por canales de televisión digitales, entre 5 y 6 por portadora, o incluso más, dependiendo de la velocidad de codificación MPEG-2 de cada canal. Por último, queda un tercer grupo, con hasta 30 portadoras, reservado para tráfico IP descendente, cuyas características se comentan más adelante. En la **Figura 8-18** se representa la distribución espectral de las portadoras en función de su señal moduladora.

Figura 8-18.
Canalización de televisión por cable



En el TCR el conjunto de las portadoras se suma eléctricamente, y la señal resultante se utiliza para modular en intensidad un transmisor láser lineal. La salida óptica del transmisor se distribuye por la red hasta llegar a un elemento fotodetector que recupera la señal moduladora, es decir, el múltiplex original de portadoras.

Con un único TCR se cubre una población. En ciudades grandes, pueden instalarse varios TCR diferentes.

■ Primer nivel PON y Terminadores de Central Local (TCL)

La señal, o señales, que salen del TCR se entregan a una o varias PON en árbol, que acaban en Terminadores de Central Local (TCL). Cada TCL vuelve a distribuir la señal a un segundo nivel de PON, de acuerdo con uno de los dos procedimientos siguientes:

1. Si la señal óptica que llega del TCR es de segunda ventana, para la que no existen amplificadores ópticos adecuados¹³, en el TCL se detecta, amplifica e inyecta en otro transmisor óptico, que accede a

13. Últimamente están apareciendo amplificadores de segunda ventana en efecto Raman.

la entrada del segundo nivel PON.

2. Si la señal óptica es de tercera ventana, en el TCL se amplifica directamente por medio de un amplificador óptico, y a continuación se vuelve a distribuir.

- *Segundo nivel PON y Terminadores de Red Óptica de Banda Ancha (TROBA)*

La señal de salida de cada TCL se vuelve a distribuir por medio de un segundo nivel PON hasta los terminadores de red, que en este caso han recibido el nombre de Terminadores de Red Óptica de Banda Ancha (TROBA). El número máximo de TROBAs por TCL suele ser 64. En cada TROBA la señal óptica se convierte definitivamente en eléctrica y se inyecta en una red de distribución de cable coaxial que puede llegar hasta unos 400 hogares.

El TROBA presenta los mismos problemas de instalación que todos los terminadores de red: o se instala en un local privado o, con permiso del ayuntamiento, en un armario exterior o enterrado.

- *Acometida de cable coaxial y terminal de usuario*

La red de acometida presenta una topología que es combinación de la de árbol y la de raspa. Por cada TROBA la señal se distribuye hasta un máximo de unos 400 usuarios. La longitud máxima del cable entre un TROBA y cada uno de los clientes es de unos 300 metros. En algunos casos se insertan en la acometida amplificadores de coaxial alimentados desde el TROBA. Entre el TROBA y un cliente no se suele instalar más de un amplificador.

Para los canales de televisión analógica, el terminal de usuario es el aparato de televisión; para los digitales, un *set top box*.

Requisitos de linealidad en las redes de distribución

En las redes HFC la distribución de las señales se realiza de forma transparente: entre un TCR y cada terminal de usuario no se realiza sobre las señales ningún proceso de demodulación. Por otra parte, al operador le interesa modular el transmisor óptico del TCR con el mayor número posible de portadoras, con el fin de maximizar la capacidad de difusión de la red.

El número máximo de portadoras es un compromiso entre la linealidad de la red, principalmente la linealidad del TCR, y el ruido. El TCR admite una excursión de la señal moduladora determinada, por encima de la cual su comportamiento deja de ser lineal. Si, por el contrario, dentro del margen del funcionamiento lineal, se incrementa el número de portadoras, disminuyendo el índice de modulación de cada portadora individual, en el receptor la señal se verá degradada por el ruido del sistema. En conclusión, como en todo sistema de modulación lineal, la capacidad es un compromiso entre la linealidad y la relación señal a ruido.

En las redes HFC se definen tres parámetros de calidad principales: la relación portadora a ruido (CNR - *Carrier to Noise*), la relación señal a sumatorio de productos de intermodulación de orden dos (CSO - *Composite Second Order*), y la relación señal a sumatorio de productos de orden tres (CTB - *Composite Triple Beat*). A la entrada del terminal de usuario, sus valores deben ser:

- CNR > 43 dB, CSO < -53 dBc, CTB < -53 dBc, para portadoras de televisión analógica.
- CNR > 30 dB, CSO y CTB no especificados, para portadoras con modulación digital del tipo N2 QAM (se entiende que si se cumplen las características de linealidad para los canales analógicos, los canales digitales no presentan ningún problema).

Adición de servicios interactivos y el canal de retorno

Las redes HFC están concebidas básicamente para proporcionar servicios de distribución de televisión. Sin embargo, desde la segunda mitad de la década de los 90, los operadores las utilizan también para ofrecer a los clientes acceso a Internet de alta velocidad (típicamente 256 kbit/s). Ello requiere la transmisión de señales digitales con contenidos IP en los sentidos descendente y ascendente. Para el sentido descendente se utilizan hasta 30 portadoras, mientras que para el ascendente, de menor velocidad, es necesario incorporar en las redes un canal de retorno.

Con referencia a la **Figura 8-18**, las portadoras de frecuencia más alta, hasta 30 en las redes más completas, se emplean para el transporte de señales IP en sentido descendente. Empleando modulación 256 QAM, la capacidad bruta de cada portadora es de unos 40 Mbit/s, que se reduce a 34 Mbit/s netos una vez que se descuenta la capacidad asignada a los protocolos de comunicaciones. Para acceder a estas portadoras el cliente dispone, como complemento a su terminal de usuario, de un equipo denominado *módem de cable*, que extrae del conjunto de las portadoras los paquetes IP que van dirigidos a él.

Si la demanda de tráfico descendente fuese inferior al producto del número de portadoras (hasta 30) por la capacidad de cada portadora (hasta 34 Mbit/s), la inserción de las portadoras en la red se podría realizar en el TCR, junto con las de televisión. Sin embargo, como la demanda real o potencial es superior, la inserción se realiza en los TCL por medio de un equipo de red denominado *cabecera de módem de cable*. La cabecera de módem recibe de un *router* las señales IP y establece la comunicación con los clientes a través del TCL. El TCL y la cabecera de módem están instalados en una misma ubicación.

Para establecer comunicaciones en sentido ascendente, entre los módem de cable y sus respectiva cabeceras, es necesario incorporar en la red un canal de retorno. Para ello se llevan a cabo las acciones siguientes:

- Se reserva la banda entre 5 y 55 MHz para establecer el canal de retorno.
- Los amplificadores de coaxial se puentean mediante duplexores, de forma que en la banda 5-55 MHz se permite la transmisión en sentido ascendente. Así se logra compartir la planta coaxial con el camino descendente.
- Las señales ascendentes se convierten de eléctricas a ópticas en los TROBAs y se envían a las cabeceras de módem de cable por fibras o longitudes de onda diferentes de las del sentido descendente.
- Se combinan las señales ópticas de hasta cuatro TROBAs en un mismo receptor de canal ascendente. No se pueden combinar más en un mismo receptor por la limitación que impone el ruido de batido óptico, o ruido de interferencia homodina, entre las señales ópticas de láseres que emiten en la misma longitud de onda nominal.
- Se utiliza un protocolo de comunicaciones tipo ALOHA o similar para evitar las colisiones entre las señales de todos los usuarios que llegan a un mismo receptor. Este protocolo convierte, en sentido ascendente, a la red HFC en una red de área local.
- Finalmente, en la cabecera de módem se concentran las señales IP de todos sus receptores y, tras un proceso adecuado, se transfieren al *router*.

Para las comunicaciones ascendentes, en la banda de 5-55 MHz se pueden transmitir hasta 15 portadoras, moduladas digitalmente a ráfagas. La capacidad bruta de cada portadora es de 2,5 Mbit/s, que se reduce a una capacidad neta de 1,9 Mbit/s una vez que se extrae la parte asignada a los protocolos. Esto implica que la capacidad de los 50 MHz del canal de retorno es de $1,9 \times 15 = 28,5$ Mbit/s, con una eficiencia espectral de menos de 1 bit/Hz. Esta eficiencia es mucho más baja que en el sentido descendente porque la banda de 5-55 MHz es muy ruidosa: la acometida de coaxial capta ruido industrial y de emisoras de onda corta.

La estrategia de despliegue y el negocio de las redes HFC

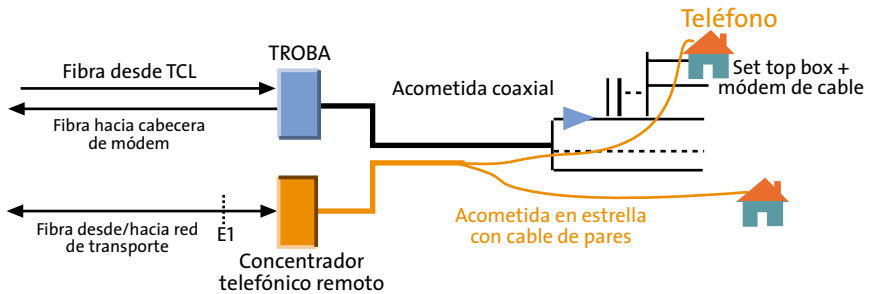
La competencia existente entre los proveedores de servicios de distribución, cable, satélite y televisión digital, ha ocasionado que la televisión por cable, por sí sola, no sea rentable económicamente. Esto ha obligado a los operadores de redes HFC a convertirse en suministradores de paquetes completos de servicios de telecomunicación, en los que se incluyen, además de la distribución de televisión, acceso a Internet de alta velocidad y servicios telefónicos. La distribución y el acceso a Internet se han descrito en los apartados anteriores, la telefonía se comenta a continuación.

Existen varias opciones para proveer telefonía sobre redes de cable. La que últimamente se utiliza de forma generalizada consiste en superponer como redes

disjuntas una HFC y otra telefónica, compartiendo únicamente instalaciones de acometida. En unos casos se utiliza en la acometida cable híbrido coaxial y de pares, en otros simplemente se tienden en las mismas zanjas cable coaxial por un lado y de pares por otro (ver la **Figura 8-19**).

Figura 8-19.

Acometida de redes superpuestas HFC y pares telefónicos



Además de utilizar dos cables o cable híbrido, se instala, junto con el TROBA, un concentrador telefónico remoto. Por el lado de usuario este último presenta interfaces telefónicas convencionales, tipo a,b, y por el de red una interfaz de una o varias tramas E1 (2 Mbit/s), que se conecta por fibra óptica directamente a la red de transporte para su conmutación remota.

Los estándares en las redes de cable

Las redes de cable comenzaron a desplegarse en Estados Unidos en la década de los 50 para la distribución de televisión analógica. Cuarenta años después, a mediados de los años 90, la industria del cable creó una compañía específica, Cablelabs, para la elaboración de estándares de redes de cable avanzadas que permitiesen también acceso a Internet y la provisión de telefonía. Cablelabs publicó su primer estándar en el año 1997, con el nombre de DOCSIS 1.0, y una nueva versión, DOCSIS 1.1, en 1999. DOCSIS 1.0 especifica la funcionalidad de los módems de cable, tal como se describe en los apartados anteriores, mientras que en la versión 1.1 se definen nuevos procedimientos de modulación que permiten, en condiciones de ruido industrial bajo, doblar la velocidad del canal de retorno, así como segmentar al conjunto de usuarios en función de la calidad de servicio que exijan (ancho de banda mínimo y retardo máximo). Actualmente Cablelabs prepara una nueva recomendación, la DOCSIS 2.0, con velocidades de canal de retorno teóricas de hasta 30 Mbit/s brutos por portadora de 6 MHz. Queda por comprobar en cuánto se reducirá esta capacidad una vez se descuenten las cabeceras debidas a los protocolos y se tengan en cuenta los niveles de ruido industrial existentes en los entornos urbanos.

El setenta y cinco por ciento del mercado de cable norteamericano se ajusta al estándar DOCSIS, del que existe una versión para Europa denominada EURODOCSIS. En el año 1998 la UIT-T internacionalizó la DOCSIS 1.0 incluyendo buena parte de ella en una recomendación propia, la J.112 ¹⁴. La

14. UIT-T- J.112, "Sistemas de transmisión para servicios interactivos de televisión por cable".

UIT, además, creó en el año 2001 un nuevo grupo de estudio (grupo 9) para la estandarización de los sistemas de cable a nivel mundial, compatibles con DOCSIS (www.itu.int/itudoc/itu-t/com9/workprog/01-04/sg9wkprg.html). Sin embargo, el grupo no tiene previsto publicar sus primeras recomendaciones antes del año 2005, por lo que de hecho es Cablelabs, con sus recomendaciones DOCSIS, el referente normativo principal.

8.2.5 Las redes de acceso de fibra óptica: visión de negocio

El negocio de las redes de acceso de fibra se identifica mayoritariamente con el de los servicios de comunicaciones de banda ancha fijos, que a su vez está definido por dos parámetros: el mercado y el entorno regulatorio.

El mercado viene fijado por el ancho de banda que un operador puede ofrecer con unas tarifas que los clientes están dispuestos a pagar. Esta definición clasifica las redes en los siguientes grupos:

- *Redes con acceso a Internet fuertemente asimétrico*, en las que el ancho de banda en sentido descendente es muy superior al ascendente. En el momento actual se ofrecen dos gamas de ancho de banda descendente: 256 kbit/s y 2 Mbit/s. En ambos casos, el ascendente es de pocas decenas de kbit/s.
- *Redes para servicios interactivos de banda ancha*, en las cuales el ancho de banda en sentido ascendente es de varios Mbit/s. En sentido descendente puede ser igual o mayor.

El entorno regulatorio impone a su vez dos tipos de operadores: los establecidos (incumbents) para servicios de telefonía y los de cable.

El cruce de las dos clasificaciones se representa en la **Tabla 8-3**.

	Operadores establecidos	Operadores de cable
Acceso a Internet fuertemente asimétrico	DSL (pares de cobre)	HFC
Servicios interactivos de banda ancha	PON	HFC con segmentación de la red de acceso

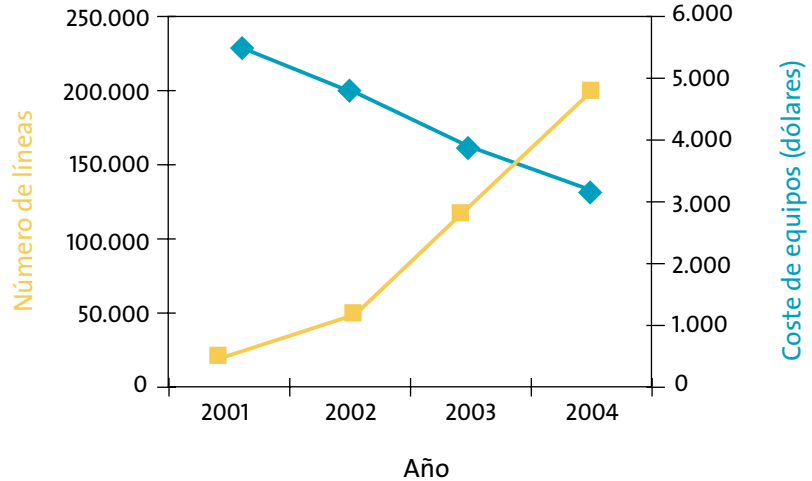
Tabla 8-3.

Redes de acceso en función del mercado y del entorno regulatorio

Se pueden destacar las consideraciones siguientes:

- A fecha de 2002, las redes PON para servicios interactivos de banda ancha son prácticamente inexistentes debido al alto precio de los equipos terminales. En la **Figura 8-20** se representa una proyección optimista del mercado de redes PON, mostrando el número de líneas ins-

Figura 8-20.
Proyección del mercado
de redes PON



Fuente: Trans Formation

taladas en el mundo, así como una estimación del coste de sus equipos terminales, compuestos por el terminador de red más la parte alícuota del coste del terminador de línea. Incluso para el año 2004, el número de líneas a nivel mundial no llega a 250.000. Como en todas las proyecciones, es difícil aventurar cuál será su futuro a largo plazo. Lo que sí se asegura es que se produciría un despliegue masivo si el coste de los equipos se acercase a los mil dólares, que se considera un coste de ruptura, una reducción de casi cinco veces con respecto al coste actual.

- Los operadores establecidos apenas utilizan fibra óptica en el acceso; para ofrecer Internet de alta velocidad utilizan su infraestructura existente de pares de cobre, añadiendo en sus extremos módems xDSL. El coste actual de los módems es inferior a 500 euros.
- Los operadores de cable proporcionan acceso a Internet mediante módems de cable, tal como se ha descrito anteriormente. Para ofrecer en el futuro servicios interactivos de banda ancha disponen de dos opciones: aumentar la segmentación de la red, incrementando el número de TROBAS, de forma que disminuya el número de usuarios que comparten un mismo canal de retorno, o dotar a las redes HFC de un segundo canal de retorno de más anchura de banda a frecuencias más altas, normalmente superiores a los 400 MHz, en las que el ruido industrial en la acometida es mucho más bajo. A estas redes HFC con canal de retorno de banda ancha en frecuencias altas se las conoce con el nombre genérico de súper HFC. Dado que la transformación a súper HFC requiere la sustitución de todos los amplificadores y módems de cable, así como cambios en la utilización del espectro, la opción más utilizada es la de segmentación.
- Dado que las redes HFC son, en buena parte, resultado de una evolución gradual de las redes de cable, a nivel mundial la planta instalada de módems de cable es muy superior a la de módems xDSL, cuya

implantación comenzó en 1999. Sin embargo, el despliegue de módems xDSL está siendo mucho más rápido que el de módems de cable, esperándose que el primero supere a este último en algún momento del año 2002. En la **Tabla 8-4** se muestran las perspectivas de evolución del despliegue de banda ancha en Estados Unidos, tomando como fecha de partida junio de 2001, fecha para la que se disponen de datos reales respecto al número de clientes.

Fecha	Usuarios de cable (millones)	Usuarios DSL (millones)
Junio 2001	6,5	2,9
2003	11	12
2005	22	18

Tabla 8-4.

Expectativas de crecimiento de clientes de banda ancha en EE.UU.

8.3 EL ACCESO INALÁMBRICO

Las soluciones sin hilos (*Wireless Local Loop - WLL*) conectan a los clientes a la red utilizando transmisores y receptores radio, es decir, usando el espectro radioeléctrico en lugar del par de cobre (o cualquiera de las otras alternativas). Esta sustitución presenta una serie de ventajas importantes:

- La reducción de los costes de despliegue. Evidentemente, al no ser necesario cavar zanjas ni disponer de líneas de postes, las soluciones por radio se pueden implantar con mucha rapidez.
- La reducción de las molestias a la comunidad y la facilidad con la que pueden realizarse nuevas instalaciones.
- La componente marginal alta que tienen los costes de implantación. Esto permite que las instalaciones se vayan realizando conforme a las necesidades de los clientes y no sea preciso realizar unas inversiones iniciales muy elevadas, independientemente del tráfico por cliente. En un sistema de radio, el coste del sistema es, descontando la estación central, proporcional directamente al número de clientes, al contrario de lo que ocurre con un sistema de cobre (o de fibra) en el que es preciso realizar grandes desembolsos para llevar el cable (o la fibra) hasta la zona donde se encuentran los clientes, independientemente de si son solamente unos pocos o toda la comunidad los que van a permitir rentabilizar estas inversiones.
- Una mayor facilidad para proteger los sistemas de radio ante actos vandálicos y robos, aspecto este último importante en algunos países subdesarrollados.

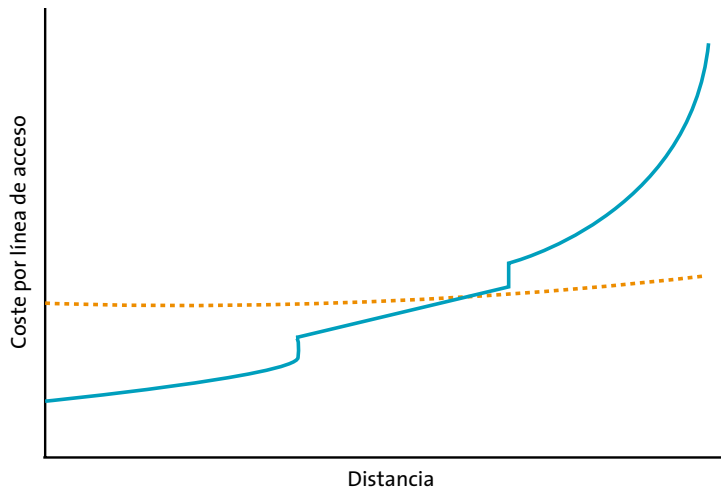
Estas ventajas hacen que las soluciones sin hilos sean, en principio, las más adecuadas para los operadores entrantes, que tienen una base de clientes reducidas, y para lugares donde no hay una infraestructura previa y donde es preciso realizar instalaciones muy rápidamente. Desgraciadamente, estas ventajas, siendo en parte ciertas, no han logrado la "presumible" explosión de las comunicaciones sin hilos que muchos analistas predecían a mediados de la pasada década.

Entonces se pensó que las soluciones sin hilos podrían ser la forma de "romper el monopolio natural" del acceso, que existía gracias a la enorme base instalada de cobre entre las centrales telefónicas y los usuarios. Así, sobre todo en Gran Bretaña, se fundaron algunas empresas, de las que Ionica puede ser el ejemplo más conocido, con el objetivo de competir con los operadores existentes (BT en este caso). También en los países del Este de Europa, que salían de la guerra fría con unas instalaciones telefónicas obsoletas, se pensó que las soluciones *wireless* podrían sustituir con ventaja a las elevadas inversiones que se precisaría para poner al día sus redes convencionales.

8.3.1 Los costes de implantación del WLL

Lo cierto es que, a pesar de las esperanzas y del apoyo de los gobiernos hacia estas soluciones que rompían el monopolio natural, los éxitos fueron muy limitados, al menos en la solución radio para acceso sin movilidad. La razón más importante puede deducirse de la **Figura 8-21** y la **Figura 8-22**.

Figura 8-21.
Costes del bucle de abonado en función de la distancia

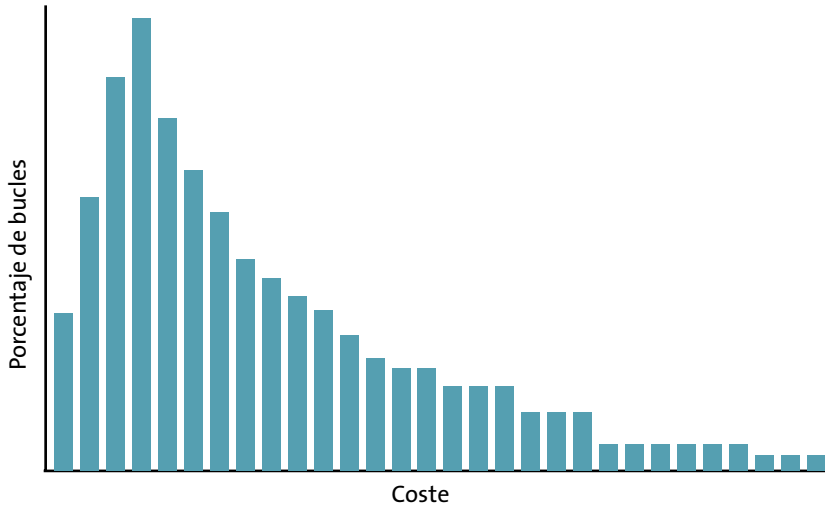


En la **Figura 8-21** se representan los costes de instalación, en función de la distancia de las soluciones por radio y de las soluciones por cable. Como puede observarse, a distancias cortas, las soluciones por cable, especialmente si existe una cierta cantidad de planta ya existente, son ventajosas. El cable, a partir de una cierta distancia tiene unos costes que crecen muy rápidamente, cosa que no ocurre con la radio, cuyos costes marginales de distancia son bajos.

Pero lo que ocurre es que la mayor parte de los bucles están en la parte izquierda de la figura, esto es, están a distancias relativamente cortas (ver la **Figura 8-22**). Normalmente, la solución radio resulta más cara y este mayor coste no puede competir con la ventaja que supone la rapidez en instalación. La población está más concentrada de lo que pudiera parecer y, en muchos casos, una rápida instalación convencional resuelve el problema.

Figura 8-22.

Distribución estadística de los costes del bucle



8.3.2 Las dificultades técnicas

Pero hay otras dificultades adicionales muy importantes:

- *El ancho de banda*

Los sistemas de radio de alto ancho de banda son notablemente más caros que las soluciones equivalentes por cable. Por tal motivo, en muchos casos la radio es una solución de bajo coste y rápida instalación. En muchos casos de carácter provisional.

- *La estandarización*

Las compañías operadoras de telecomunicaciones tradicionales habían logrado una gran base de acuerdo en las interfaces y sistemas de la red de cobre. Esto reducía enormemente los costes de instalación y de fabricación. No ocurre lo mismo con los sistemas de radio donde no hay ningún tipo de acuerdo global ni regional en los sistemas a utilizar. Ello implica unos costes de fabricación muy elevados, al producirse series muy cortas, unos costes de instalación y planificación muy altos y un mantenimiento muy difícil.

- *La propagación*

Otro aspecto, no menos importante, está relacionado con la propagación radioeléctrica. Normalmente, los sistemas WLL emplean bandas

relativamente elevadas (del orden de 3,5 GHz como mínimo). A estas frecuencias, la visión directa entre el transmisor y el receptor, si no imprescindible, es muy importante para asegurar una cierta calidad. Ello dificulta la planificación, sobre todo en zonas montañosas o en zonas densamente pobladas, que son, precisamente, los lugares objetivo de la planificación radio: el primero para los operadores dominantes y el segundo para los nuevos entrantes. Además, en frecuencias muy altas (por encima de 20 GHz en los sistemas de alta capacidad) los fenómenos atmosféricos, como la lluvia copiosa, pueden entorpecer la comunicación llegando a producir cortes en el enlace.

8.3.3 La situación actual

Las dificultades mencionadas anteriormente hacían poco viable la solución de acceso sin hilos como sustituto directo del cable de cobre. No era así, por supuesto, si se ofrecía movilidad en gran escala, como ocurre con los sistemas móviles celulares. Este tipo de acceso, el acceso celular, se ha convertido, de hecho en uno de los de mayor éxito y es la fórmula de mayor crecimiento. En muchos casos no se utiliza como forma de acceso única, y la facilidad de movilidad no se emplea.

Pero las soluciones en las que no se añade movilidad, que son las que normalmente se han denominado de WLL, han tenido un crecimiento mucho más lento que las expectativas¹⁵. Se han aducido algunas razones, como la crisis económica de Asia y América del Sur, la lentitud del regulador, que elimina la ventaja competitiva de la solución por radio, etc. Aun así, los analistas siguen creyendo en un crecimiento, si bien más lento, de este tipo de soluciones, al menos en lo que se refiere al acceso rural.

La reducción del coste de los equipos de banda ancha y, tal vez, las nuevas soluciones tecnológicas basadas en la transmisión óptica inalámbrica podrían ser los primeros pasos de un cambio. Sin embargo, lo cierto es que las inversiones y la mayor parte de las nuevas iniciativas se dirigen más bien hacia soluciones xDSL y HFC. Probablemente, los sistemas sin hilos sean, al menos de momento, soluciones de nicho para instalaciones en las que prime la rapidez y para lugares en los que la población esté muy dispersa. En los apartados siguientes se pasa revista a estas soluciones.

8.3.4 Clasificación de los sistemas WLL

Como se ha indicado, un problema importante de los sistemas sin hilos es la falta de estandarización. Esto dificulta también el trabajo de realizar una exposición ordenada de los mismos.

Desde el punto de vista de la movilidad del terminal, los sistemas pueden clasificarse en:

15. Los analistas preveían 100 millones de líneas para el año 2001 y las instaladas son menos de 10 millones.

- *Sistemas sin movilidad.* En los que el terminal de cliente está fijo y simplemente se sustituye el cable de cobre o la fibra por el acceso radio.
- *Sistemas en los que se añade la movilidad del terminal de cliente.* En muchos casos, estos sistemas pueden considerarse como una variante de los sistemas celulares, que se tratan en el capítulo 9. Aquí se consideran aquellos que más que abordar un nuevo negocio, simplemente añaden la movilidad como una característica adicional. Normalmente se les denomina sistemas *cordless*.

Otra posible clasificación dividiría los sistemas sin hilos en:

- Sistemas de banda estrecha (hasta 144 kbit/s o 2 Mbit/s según el contexto).
- Sistemas de alto ancho de banda.

Los sistemas de banda estrecha sin movilidad

Estos sistemas incluyen, sobre todo, las soluciones propuestas a principios de los años 90 y que no lograron desplazar a los sistemas de cable convencionales.

Se trata, en su mayor parte, de sistemas ya obsoletos y que sólo llegaron a utilizarse en ambientes rurales para dar soluciones de bajo coste, y en muchos casos de calidad media-baja a áreas rurales o a nuevas urbanizaciones o campings que no precisaban instalaciones permanentes.

Como ejemplos de este tipo de sistema pueden citarse los sistemas de multiacceso empleados por Telefónica para dar servicio telefónico a áreas rurales (Sistemas Multiacceso Rural). También se pueden incluir dentro de este apartado el conjunto de soluciones "Proximity" desarrolladas por Nortel para Ionica.

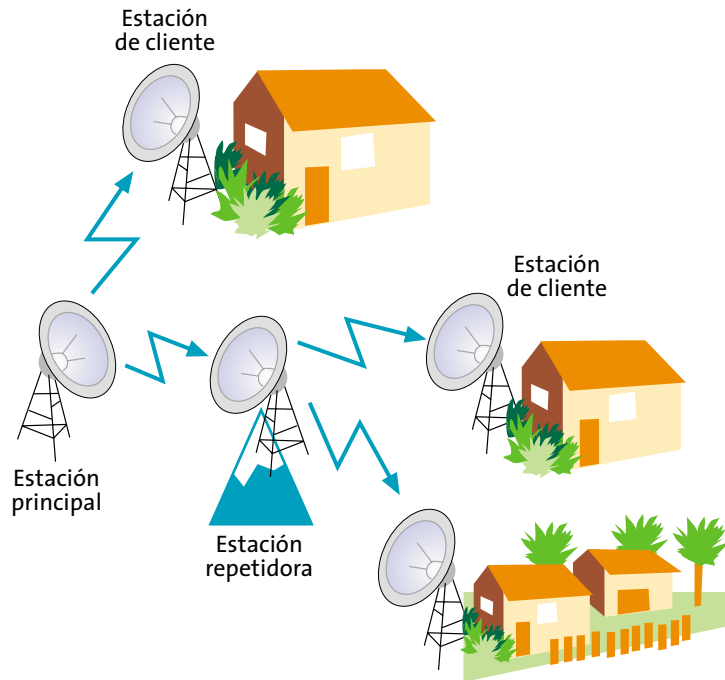
En líneas generales, se trata de sistemas con una trama TDMA, similar a la utilizada en GSM pero no idéntica, en la que pueden agregarse varios canales para dar servicios tipo RDSI. Los alcances máximos son de algunos kilómetros (hasta 20 km). Existen también, como es el caso citado de Telefónica, soluciones basadas en sistemas celulares analógicos (tipo TACS) a los que simplemente se les anula la posibilidad de desplazamiento colocando un terminal convencional.

Para tratar de reducir costes, se plantearon las denominadas soluciones de tipo multiacceso. En estos casos, desde una o varias estaciones centrales se transmite a unas estaciones remotas, que a su vez eran compartidas por varios usuarios (ver la **Figura 8-23**).

A veces, y tal y como se comenta más adelante, se añadía para la distribución local un sistema sin hilos (por ejemplo tipo DECT). Este tipo de sistemas fueron instalados por algunos operadores, pero presentaban unos costes generalmente elevados y no podían competir con simples adaptaciones de los sistemas celulares en los que la movilidad era restringida artificialmente.

Figura 8-23.

Sistema de acceso múltiple



Últimamente, este tipo de soluciones, que podrían calificarse de nicho para zonas rurales, están aprovechando nuevas tecnologías. Así, hay sistemas como el Airspan o el sistema ECI Telecom que trabajan en la banda de 3,5 GHz y que emplean tecnología de acceso CDMA, con canales de voz y datos. El acceso CDMA puede suponer, gracias a su mejor comportamiento respecto a la propagación multicamino, la obtención de una eficiencia espectral mejor que la que se obtiene con TDMA.

Como sistemas con una concepción más avanzada, aunque esto no quiera decir que sean necesariamente los más eficientes desde el punto de vista económico, están apareciendo sistemas de radio que sólo transmiten paquetes. Un ejemplo puede ser el sistema Wireless IP Local Loop (WIPLL) de Marconi. Este sistema sólo transmite paquetes por la interfaz radio, integrando la voz en un sistema por paquetes. Ello puede suponer algunas ventajas, especialmente si la mayor parte de las comunicaciones son de datos. Estos sistemas pueden emplearse para la transmisión de contenidos multimedia y se les considera con mayor detalle en el apartado correspondiente.

En la **Tabla 8-5** se comparan los sistemas mencionados.

Sistema	Wipll	Airspan	ECl- Telecom (innoway)
Frecuencias	2,4 GHz, 3,5 GHz, 3,8 GHz	900MHz; 1,8GHz; 2,3-2,5GHz; 3,4 -3; 6GHz; 3,6 -3,8 GHz	1,5 GHz; 1,9 GHz; 2,4 GHz; 3,4-3,8GHz; 5,7 GHz
Bit rate al usuario	Hasta 4 Mbit/s	Hasta 512 kbit/s	Hasta 512 kbit/s
Duplex	TDD en 2,4 GHz FDD en 3,5 GHz	FDD	TDD
Acceso	FH CDMA	CDMA	FH- CDMA
Modulación	8 CPFSK	QPSK	
Nota	VoIP	Incorpora circuitos y paquetes	Incorpora circuitos y paquetes

Tabla 8-5.

Comparación entre varios sistemas WLL de banda estrecha

Los sistemas de banda estrecha con movilidad (cordless)

En este apartado deberían incluirse los sistemas de comunicaciones móviles convencionales, tipo GSM, incluyendo el GPRS. Sin embargo, como es sabido, estos sistemas han tenido un éxito tan grande que han dado lugar a un nuevo negocio, que se describe en el capítulo 9.

En este apartado se van a considerar las denominadas soluciones *cordless*, que partiendo de los sistemas sin hilos desarrollados inicialmente como sistemas internos dentro del hogar, pretenden dar servicio a zonas más amplias. La diferencia fundamental entre estos sistemas *cordless* y los celulares no está en los terminales de abonado, que son conceptualmente muy similares, sino en la red de conmutación asociada. En este caso, se trata de la red convencional fija. Por tanto, la movilidad se restringe a la zona de cobertura de la estación base

Estos sistemas fueron promovidos por varios operadores de red fija para promover un negocio intermedio entre la telefonía celular y la fija convencional, con movilidad limitada. Notables ejemplos son los sistemas *Personal Handyphone System* (PHS) de NTT *DoCoMo* y las experiencias realizadas con el sistema *Digital Enhanced Cordless Telephone* (DECT) por parte de Telecom Italia. Por su parte, las RBOC americanas desarrollaron el sistema PACS con propósitos y objetivos similares.

En la **Tabla 8-6** se incluyen algunas de las características técnicas de estos sistemas

Uno de los aspectos tecnológicamente más interesantes de este tipo de soluciones cordless es la aplicación de la tecnología *Dynamic Channel Allocation* (DCA). Esta tecnología permite que no sea necesario realizar una planificación previa del tráfico que va a cubrirse por cada estación, sino que se colocan estaciones estándar en ubicaciones adecuadas y las propias estaciones terminales de cliente deciden qué canal utilizar en función del ruido e interferencias que obser-

Tabla 8-6.Comparación entre sistemas *cordless*

SISTEMA	DECT	PACS	PHS
Banda de frecuencia (MHz)	1880-1900	1850-1910 1930-1990	1895-1918
Método dúplex	TDD	FDD	TDD
Técnica de acceso	TDMA	TDMA	TDMA
Número de portadoras	10	200	77
Separación de portadoras (kHz)	1726	300	300
Modulación	GFSK	4QPSK	4QPSK
Velocidad por canal (kbit/s)	1152	384	384
Duración de trama (ms)	5+5	2,5	2,5+2,5
Spots por trama	12+12	8	4+4
Codificación de voz	ADPCM	ADPCM	ADPCM
Velocidad	<20	<70	<10
Estandarización	ETSI	ANSI	RCR
Asignación de canales	DCA	QSAFA	DCA
Tamaño de celda	Pequeño	Grande	Grande
Canales de control	Ninguno	1 a 8 (1 a 23)	1 a 4 (1 a 16)

van al iniciar la comunicación. El proceso es el siguiente (en el caso del DECT): una vez sincronizado el portátil a la estación más próxima, barre en cada intervalo temporal todas las frecuencias, y confecciona una tabla con el nivel de señal observado:

- Si es menor de -93 dBm, el canal figura como libre y puede ser accedido.
- Si $-93 \text{ dBm} < F_s < -93 + 6 \text{ dBm}$, el canal figura como "primero peor".
- Si $-93 + 6 \text{ dBm} < F_s < -93 + 12 \text{ dBm}$, figura como "segundo peor".
- Si $F_s > -33 \text{ dBm}$, el canal figura como "ocupado".

Como el portátil conoce la secuencia de frecuencias de la estación base, emite el mensaje de "*access request*" en el canal elegido. De esta forma, el proceso es realizado de forma descentralizada.

Otro aspecto interesante es el uso de los perfiles (ver la **Figura 8-24**). De este modo, el mismo terminal podría ser utilizado en una red DECT o interconectarse a otras redes.

A pesar de los avances tecnológicos mencionados, los experimentos de campo resultaron un fracaso por diversas razones. En el caso del PHS, NTT DoCoMo logró una base de clientes muy significativa, pero las tarifas de acceso que tuvo que implantar, determinadas por el gobierno Japonés, eran demasiado bajas para asegurar la viabilidad del servicio. De forma similar, los experimentos

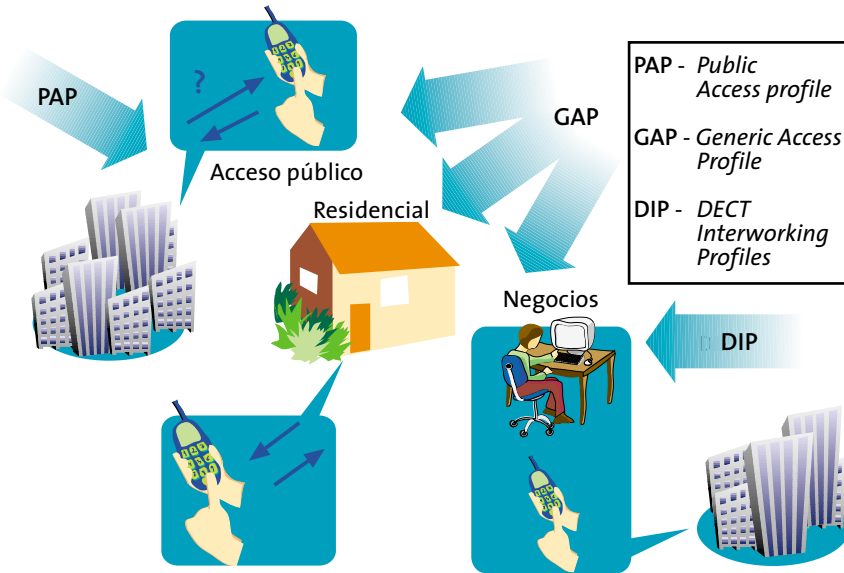


Figura 8-24.

Los distintos perfiles de uso del DECT

de Telecom Italia fueron frenados por el regulador para evitar la formación de una nueva empresa de comunicaciones móviles camuflada.

Desde el punto de vista técnico, una de las razones del limitado despliegue en exteriores de estos sistemas es la baja calidad de la comunicación. En muchos casos, para abaratar los costes, los estándares propuestos buscan una gran simplicidad, que no permite asegurar la calidad de servicio. Así, por ejemplo, existió una cierta controversia sobre si el sistema DECT debía ser dotado de un ecualizador para lograr una buena calidad de comunicación en ambientes dispersivos. La mayoría de los estudios indicaban que la calidad de la voz transmitida por DECT sería mala si no se incluía el citado ecualizador. Desgraciadamente este ecualizador era demasiado caro y se optó por no incluirlo. Ello terminó restringiendo la utilización de DECT a ambientes de baja dispersión radioeléctrica, como los que sólo suelen encontrarse en el interior de los edificios.

En todo caso, aún existe una controversia sobre cuál de los sistemas anteriormente mencionados (DECT, PHS y PACS) es el mejor. Lo cierto es que, si bien algunos señalan que el DECT puede responder mejor en los ambientes de alto tráfico, siendo el PACS superior en ambientes de tipo rural, la discusión es algo artificial, ya que los gobiernos son los que han fijado la utilización de uno u otro sistema y, en cualquier caso, no han tenido el éxito esperado como solución de acceso. Tampoco las soluciones duales (combinando DECT con GSM, por ejemplo) han logrado cumplir las expectativas que auguraban algunos analistas.

En la **Tabla 8-7** se incluye un análisis comparativo de los tres sistemas.

Otro tipo de combinación que fue saludada con gran interés fue la posibilidad de incluir un sistema de acceso tipo multiacceso, junto con un sistema DECT, como una solución de acceso para áreas rurales. Este tipo de propuesta la incluyen soluciones como el sistema Alcatel 9800 o el SWIN de Lucent, pero no han logrado despliegues significativos.

Sin embargo, los terminales DECT han logrado un gran éxito como solu-

Tabla 8-7.

Análisis comparativo de cobertura de los sistemas DECT, PACS y PHS

SISTEMA	DECT	PACS	PHS
Zona rural	Mala	Buena	Aceptable
Zona suburbana	Buena	Aceptable	Mala
Zona urbana	Buena	Aceptable	Aceptable

ciones de red de cliente, pero ya dentro de las casas de los usuarios, y no como forma de acceso.

Los sistemas de alto ancho de banda

Estos son los sistemas que pueden tener más éxito, ya que proporcionan acceso a servicios más avanzados y emplean soluciones técnicas más innovadoras.

Como en los casos anteriores, el esquema de funcionamiento es similar al de las comunicaciones celulares, con la salvedad de que el terminal del usuario no es un dispositivo móvil, estando la antena receptora en una ubicación fija (típicamente en la parte superior de los edificios). Las bandas de frecuencia a la que funcionan estos sistemas dependen de diversos factores como son los aspectos regulatorios, la asignación de frecuencias de cada país, etc. Se distinguen las bandas de baja frecuencia (de 2,5 GHz a 3,5 GHz, banda ICM) y las bandas de alta frecuencia (banda 26-28 GHz, y más recientemente se están desarrollando sistemas en la banda de los 42 GHz). Una ventaja de las bandas de baja frecuencia es que las distancias que alcanzan son superiores a las de alta frecuencia (15-20 km frente a los 2-5 km de las de alta frecuencia). Como contrapartida, en las bandas de alta frecuencia el ancho de banda disponible es mayor que en baja frecuencia, permitiendo ofrecer mayores velocidades a los usuarios, junto a un mayor número de competidores en el mismo segmento.

Los elementos que conforman, de manera genérica, estos sistemas son los representados en la **Figura 8-25**. Podemos distinguir en esta figura tres segmentos claramente diferenciados:

- El segmento de la estación base. En esta parte el proveedor de los servicios debe ubicar el emplazamiento donde instalará los elementos que componen la estación base. Los elementos a considerar son:
 - *Radio Base Station (RBS)*. Puede ser omnidireccional o sectorial, en función del tipo de antena y el número de éstas que se pongan. Se sitúa sobre estructuras o edificios ya existentes, o sobre torres de transmisión de una altura determinada para poder disminuir al

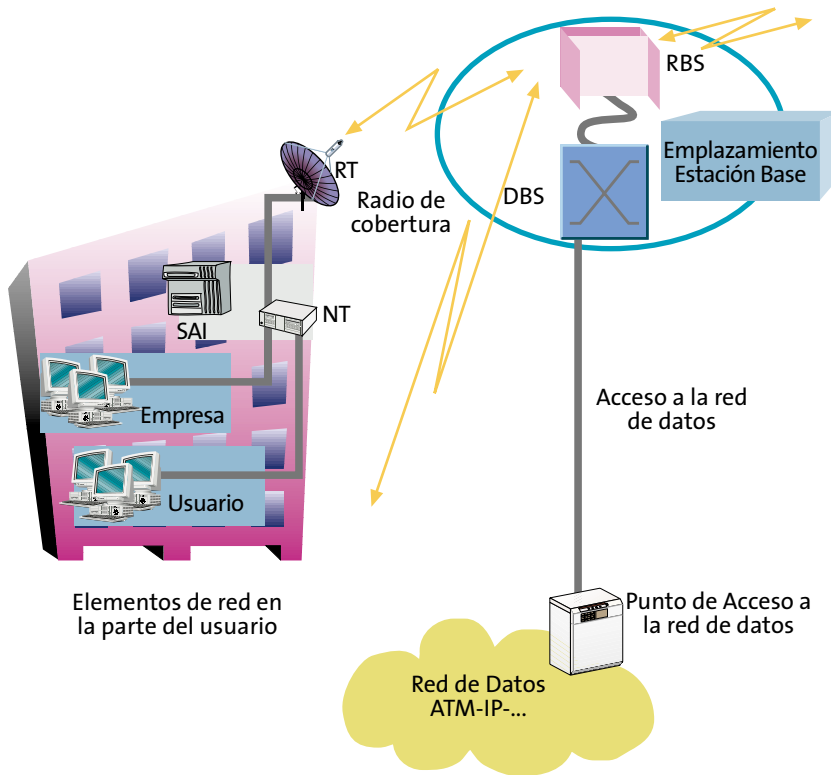


Figura 8-25.
Elementos del sistema de
acceso inalámbrico fijo

máximo las zonas de sombra. Su funcionamiento se basa en dividir el diagrama de radiación de la antena en sectores, de forma que se puedan crear diferentes nodos de área de servicio.

- **Digital Base Station (DBS).** Es un equipo que actúa como concentrador, recogiendo toda la información proveniente de los clientes de los distintos sectores. Su función principal es adaptar la interfaz radio a un medio guiado (modulación y demodulación de las señales de radiofrecuencia), además de procesar los protocolos de acceso al medio (colisiones, reserva de intervalos temporales, etc.) y, en caso de que sea necesario, distribuir la información a/desde el exterior, generalmente procedente de otras estaciones base o de las redes de comunicaciones externas.
- **El radio de cobertura.** La necesidad de visión directa¹⁷ entre las antenas, junto con la influencia (negativa) de las condiciones meteorológicas, en especial de la lluvia y de la niebla densa, limitan el rango de célula a distancias similares a las ofrecidas por GSM (de 1 a 5 km). A esto hay que sumar los posibles problemas de asignación de frecuencias con sistemas por satélite u otros sistemas de radio.

- **El segmento del usuario.** Comprende una serie de interfaces para imple-

17. Al trabajar con frecuencias elevadas requiere la existencia de un camino (line-of-sight) sin obstáculos entre la estación base y la antena situada en el emplazamiento de usuario o abonado, para que la señal no sufra reflexiones y pueda llegar a su destino.

mentar la integración en el marco del sistema de comunicaciones del usuario, y equipos para realizar la interconexión con la RBS. En general, en el segmento de usuario, la antena capta la señal emitida por la estación base a través de la Terminación Radio (*Radio Termination - RT*), mientras que con la interfaz de Terminación de Red (*Network Termination - NT*) la convierte en voz, vídeo y datos, y la distribuye por todos los cables existentes en la planta del edificio. Dependiendo de los suministradores, existen soluciones que permiten varios NTs por RT, existiendo combinaciones de hasta 8 NTs por cada RT. A su vez un NT puede dar servicio a más de un cliente.

- *El segmento de acceso a otras redes.* A los segmentos anteriores hay que unir la necesidad de disponer de infraestructura (propia o alquilada) para conectar la DBS al núcleo de red, de manera que se permita el acceso a redes externas.

Este último punto, junto con el número de clientes que comparten un RT/NT hace que en los momentos iniciales de despliegue de red existan unos costes fijos altos que deben ser asumidos, o bien por el operador de telecomunicaciones, o bien cargarlos a los primeros usuarios de la tecnología en cuestión, aspecto que no suele ser bien recibido cuando no existe una diferenciación clara de los servicios ofrecidos.

A continuación se describen las soluciones de alto ancho de banda más comunes.

8.3.5 LMDS

En la actualidad, *Local Multipoint Distribution Service* (LMDS) es una tecnología que está acaparando una gran atención por parte de la industria como medio de proporcionar servicios inalámbricos de banda ancha. El origen de esta tecnología arranca en el año 1986, cuando Bernard Bossard concibió un proyecto de distribución de señales de vídeo analógicas utilizando un esquema de emisión de radio en frecuencia modulada, con una estructura punto-multipunto, utilizando la banda de 28 GHz.

La explotación comercial de LMDS arranca en febrero de 1998, cuando la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) abrió el periodo de subasta y asignación de frecuencias de LMDS.

El carácter innovador fundamental de la tecnología LMDS consiste en que trabaja en el margen superior del espectro electromagnético, en la banda Ka de 28 GHz, concretamente en el intervalo 27,5 - 29,5 GHz, y en la banda de 31 GHz. Normalmente las señales de elevada frecuencia se han considerado siempre inadecuadas para las comunicaciones terrestres debido a que experimentan reflexiones cuando encuentran obstáculos (como árboles, edificios o colinas) en su camino de propagación, originando lo que se conoce como zonas de sombra a las que no llega la señal; en cambio, como las frecuencias bajas atraviesan fácilmente

te estos obstáculos, han constituido tradicionalmente las frecuencias elegidas para este tipo de comunicaciones. Sin embargo, las frecuencias altas del espectro ofrecen importantes ventajas en términos de ancho de banda, fundamentalmente, y de bajo nivel de saturación del espectro.

El radio de la célula es de aproximadamente 4 kilómetros, pudiendo variar dentro de un intervalo en torno a los 2-7 kilómetros. Este corto alcance se debe principalmente a los problemas de línea de visión directa y a la lluvia.

Al trabajar con las frecuencias más elevadas del espectro, LMDS requiere la existencia de un camino sin obstáculos entre la estación base (*hub*) y la antena situada en el emplazamiento del usuario o abonado.

Esta exigencia genera inevitablemente la aparición de zonas de sombra, hasta el extremo de que en una zona urbana la sombra puede llegar a afectar a un 40 por ciento de los usuarios que existen en una célula. Para tratar de optimizar la cobertura se utilizan estrategias basadas en el solapamiento de células, de forma que las zonas resultantes de la intersección de esas células puedan tener acceso a más de una estación base y así disminuir la probabilidad de que se produzcan rupturas de la visión directa. La eficacia de este método viene dada en términos del porcentaje de usuarios de la célula a los que la señal les llega, o la emiten, sin problemas, estimándose en torno a un 85 ó 90 por ciento.

Para resolver el problema que supone la lluvia en tales frecuencias, se puede optar por:

- Aumentar la potencia de transmisión, utilizando normalmente sistemas de potencia variable que aumentan la potencia de transmisión de forma automática cuando se produce la lluvia
- Reducir el tamaño de la célula.

No obstante, los requisitos del tráfico condicionan mucho el tamaño de las células en el caso de zonas con alta densidad de usuarios o grandes consumos de ancho de banda (edificios de empresas), siendo necesario reducir el radio de las celdas (en algunos casos hasta los 500 metros) para garantizar una cierta calidad de servicio.

Mediante el uso de frecuencias distintas o bien, a través del uso de polarizaciones diferentes, es posible utilizar de nuevo el espectro en células suficientemente alejadas, de forma similar a como se realiza en los sistemas de telefonía móvil celular. Además, dentro de cada célula se emplea sectorización, tanto para aumentar la directividad de las antenas, como para independizar el tráfico de un grupo de usuarios.

Como resumen, la **Tabla 8-8** muestra las ventajas e inconvenientes de LMDS.

Tabla 8-8.

LMDS: pros y contras

PROS	CONTRAS
Despliegue rápido y económico: Se debe principalmente a no tener que realizar obra civil, ni cablear la zona donde se pretende dar servicio, por lo que se ahorra tiempo y dinero.	Falta de regulación y estandarización, lo que dificulta la interoperabilidad. Puede provocar que operadores que se han decantado por este tipo de solución hayan entrado tarde al mercado, especialmente al residencial.
Despliegue gradual. Conforme los usuarios se abonen el despliegue será finalizado. Esto supone ahorros en costes y en tiempo de lanzamiento al mercado, con la ventaja que esto supone en cuenta a cuota de mercado.	Requiere línea de visión directa (<i>line-of-sight</i>).
Elevadas capacidades y velocidades, al operar en altas frecuencias, pudiéndose obtener 46 Mbit/s en el enlace descendente y de 2Mbps en el ascendente. A esto hay que añadir que la conexión es "always on".	Condiciones atmosféricas. El factor climático que más repercute es la lluvia, debido a las elevadas frecuencias a las que se trabaja.
Flexibilidad en el contexto de protocolos en el que puede trabajar. LMDS puede trabajar tanto en entornos TCP/IP.	Corto alcance. El radio de cobertura de una célula es de unos 4 km. De aquí, que su utilización se haya dado principalmente en ciudades en zonas con alta densidad de población donde las principales necesidades sean elevadas velocidades en distancias cortas.
	Medio compartido. Aparecen inconvenientes en cuanto a la velocidad final conseguida y a la seguridad.

8.3.6 MMDS

MMDS (también conocido como Wireless DSL por algunos fabricantes u operadores, por la capacidad de proporcionar los mismos servicios que DSL pero de forma inalámbrica) surge para la difusión de canales de TV analógica. Con la llegada de Internet y las redes de banda ancha, tratan de extender el servicio de TV a un servicio bidireccional, incluyendo servicios de gran ancho de banda.

La banda en la que funciona MMDS es de 2 a 4 GHz, ofreciendo soluciones de acceso de banda ancha punto a multipunto. MMDS proporciona normalmente velocidades de 1 a 10 Mbit/s en el enlace de bajada y de 512 kbit/s en el enlace de subida, siendo por tanto una tecnología asimétrica.

El problema es que MMDS, aunque afectado en menor medida por la lluvia que LMDS (al operar en la banda de 3,5 GHz), sufre una gran atenuación por los edificios, requiriendo en la mayoría de los casos la existencia de visibilidad directa.

Por lo demás, la tecnología MMDS presenta numerosas analogías con LMDS, si bien con un alcance algo mayor, compensado con un menor ancho de banda, compartiendo la forma de realizar la planificación, así como gran parte de

sus ventajas e inconvenientes.

En la **Tabla 8-9** se indican los pros y los contras de MMDS.

Tabla 8-9.

MMDS: pros y contras

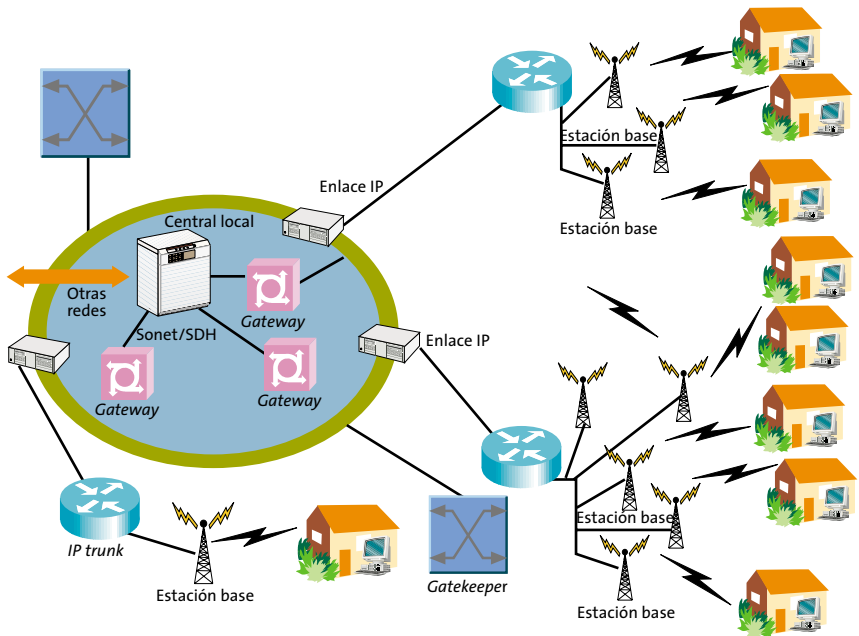
PROS	CONTRAS
Rapidez en el despliegue , al igual que LMDS.	Falta de regulación y estandarización , lo que dificulta la interoperabilidad. Posibilidad de entrar tarde al mercado por causas ajenas al operador.
Despliegue económico y gradual . Menores obras de infraestructura. Escalabilidad	Requiere línea de visión directa (<i>line-of-sight</i>).
Insensible a la distancia . La distancia entre el cliente y la central no es un requisito fundamental en el despliegue. Alternativa adecuada a zonas aisladas de difícil acceso y cableado.	Medio compartido .
Largo alcance . MMDS, a diferencia de LMDS, no es afectado por la lluvia por lo que permite alcances mucho mayores, del orden de 15 a 20 km.	Menor velocidad . Velocidades menores que LMDS, de 1 a 10 Mbit/s en el canal descendente y unos 512 kbit/s en el ascendente.

8.3.7 Wireless IP

Una variante de MMDS es lo que se ha denominado Wireless IP (ver la **Figura 8-26**). Es una tecnología que trabaja en la banda de 2,6 a 3,5 GHz, disponiendo de un espectro que puede variar en torno a 10 y 25 MHz, según la licencia de uso de espectro asignada. Al trabajar en dichas frecuencias, permite un alcance mayor que LMDS, llegando incluso hasta 15 km. Se trata de sistemas diseñados explícitamente para aplicaciones de bucle local inalámbrico (WLL) y no para LAN o WAN inalámbrico. El funcionamiento, al igual que el sistema MMDS desde el que ha evolucionado, consiste en compartir un ancho de banda disponible, mediante tecnología radio y en configuración punto-multipunto empleando IP (a diferencia de sus predecesores que usaban ATM). De esta forma, proporciona servicios integrados en una sola plataforma y con un único protocolo: telefonía, datos y multimedia. Además, y al igual que el resto de sistemas comentados en este capítulo, presenta una estructura modular, adaptándose fácilmente a las nuevas necesidades de ampliación. Finalmente, una ventaja que se obtiene es la de poder integrar los routers en la DBS y en el NT, reduciendo los costes de equipamiento.

Las desventajas que presenta esta tecnología son idénticas a las de MMDS, mientras que algunas ventajas adicionales son:

- Los servicios de voz son tratados en tiempo real, pudiendo asegurar una gran calidad.
- Permite conseguir velocidades de hasta 3 Mbit/s.

Figura 8-26.Arquitectura de una red
Wireless IP

- Es fácilmente escalable a partir de una mayor sectorización, pudiendo adaptarse a las demandas de crecimiento que puedan surgir.
- Mediante la fusión de las redes wireless y las redes IP es posible conseguir redes de acceso de banda ancha en las que es factible la distribución de todo tipo de servicios IP, voz sobre IP, servicios multimedia y servicios de datos, con un alto nivel de seguridad.

8.3.8 Comunicaciones ópticas inalámbricas

La tecnología óptica inalámbrica se presenta como una alternativa para la interconexión de las redes frente a otras tecnologías vía radio o las líneas dedicadas. Puede aplicarse a soluciones como:

- Conexión de último kilómetro.
- Enlace temporal.
- Ambiente urbano saturado.
- Terreno difícil.

Por tanto, el mercado objetivo de los proveedores de esta tecnología son aquellas corporaciones que precisen de conectividad entre sus centros en zonas urbanas, o los operadores de telecomunicaciones, tanto los establecidos como los nuevos entrantes, que requieran de enlaces de alta capacidad y rápida provisión para conectar sus centrales, etc. En definitiva, es una tecnología dirigida al ámbito empresarial y, concretando, sus clientes potenciales son las grandes compañías, los operadores de telecomunicaciones y los proveedores de servicios.

La comunicación óptica en el espacio libre

La transmisión óptica inalámbrica consiste en el procesado de la transmisión de señales digitales mediante haces de luz a través de la atmósfera. Estos haces de luz son generados por láseres perfectamente enfocados a receptores. Otro elemento de red en estos sistemas, empleado tanto en la transmisión como en la recepción, es la lente telescópica, que permite un correcto enfoque, así como la recogida, en el lado de la recepción, de la mayor cantidad posible de potencia óptica.

Un inconveniente (grave) que presentan los sistemas es que la comunicación es interrumpida ante la presencia de cualquier objeto opaco. Debido a ello, la arquitectura de red recomendada para estos sistemas consiste en formar una malla, en la que un enlace óptico tiene uno o varios enlaces de *backup* (ver la Figura 8-27).

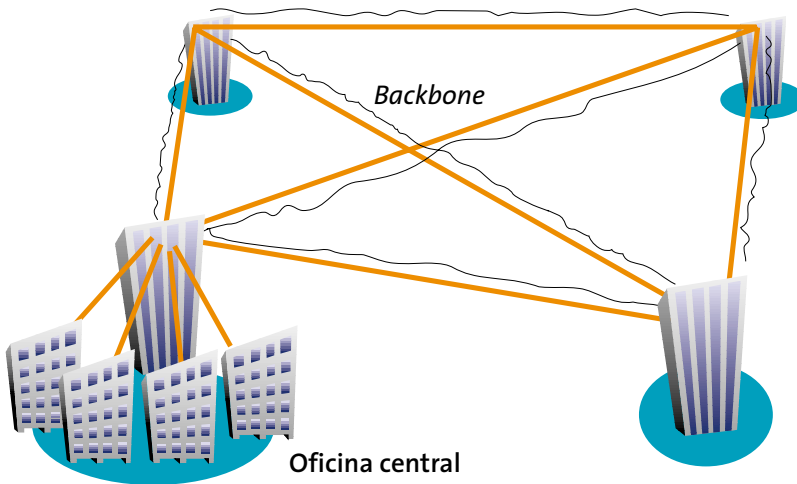


Figura 8-27.
Arquitectura de red en
"free-space optics"

Entre las ventajas de esta tecnología podemos destacar:

- No requiere ningún tipo de licencia.
- No se ve afectada por interferencias radioeléctricas, permitiendo la existencia de varios enlaces en el mismo entorno.
- La seguridad es máxima en la transmisión. Es el método más seguro de transmisión, debido a que utiliza un haz muy estrecho que dificulta su interceptación. En caso de producirse ésta, llevaría consigo una interrupción de la transmisión, con el consiguiente aviso. Además, el haz infrarrojo no puede ser localizado con analizadores de espectro ni con medidores de radiofrecuencia. Por tanto no es necesario utilizar métodos de codificación ni encriptación para proteger la conexión.

- Los costes de instalación y mantenimiento son bajos. El mantenimiento es mínimo, sólo se necesita limpiar las lentes y verificar la alineación de los equipos anualmente.
- El protocolo es transparente.
- Se utilizan haces de luz para transmitir la señal con frecuencias de onda muy elevadas, superiores a las ondas de radio, lo que permite una velocidad de transmisión superior a otras tecnologías.
- Los enlaces pueden ser replanteados fácilmente.
- La instalación se puede realizar en el exterior y en el interior.

Por otro lado presenta una serie de inconvenientes, como son:

- *El efecto de la climatología* sobre la calidad del enlace, que es función de la severidad del clima. La calidad de la señal se ve afectada especialmente por la niebla intensa.
- *El efecto de la luz solar directa sobre los receptores*, que puede ocasionar una interrupción durante varios minutos, siempre en función de la época del año en la que nos encontremos. No obstante, el sistema vuelve a funcionar en cuanto desaparece esta situación. Por ello se recomienda no orientar los dispositivos en sentido Este-Oeste.
- *Las interrupciones por objetos opacos*, como por ejemplo el paso de un pájaro por el haz, que ocasionan una breve interrupción que no afecta a una LAN, ya que ésta reenvía automáticamente los paquetes. Respecto a la telefonía, los efectos dependen de la programación del conmutador.
- *El alineamiento entre transmisor y receptor*. Al estar el equipamiento situado en la parte superior de los edificios, en los que son muy altos se producen balanceos que provocan un desalineamiento de los haces. Para ello se recomienda incorporar en los sistemas ópticos sistemas dinámicos de seguimiento (tracking) del haz.

8.3.9 Las soluciones WLAN

Aunque las redes WLAN se tratan en el capítulo dedicado a las redes de cliente, las redes de área local sin hilos pueden ser utilizadas también como alternativa de acceso radio.

Estos sistemas, originalmente concebidos para redes de poca extensión, pueden, al menos en principio, utilizarse también como una alternativa de acceso de banda ancha. El mayor problema es el alcance, como máximo de algunos metros (un máximo de 100 metros en condiciones muy favorables). También pueden ser importantes las interferencias, derivadas del hecho de utilizar una banda no regulada.

Hay dos propuestas de utilización de redes WLAN:

- *Redes WLAN para puntos de muy alto tráfico*

En este caso la red WLAN se utilizaría en conjunción con otra tecnología que proporcionaría la cobertura básica, y el sistema WLAN proporcionaría la capacidad de alto tráfico. Se podría emplear en aeropuertos, estaciones de ferrocarril o autobús, centros comerciales, etc. Un aspecto esencial para este uso es asegurar el traspaso a la otra red. En principio, el traspaso entre redes no parece presentar grandes dificultades, ya que se trata de comunicaciones que utilizan siempre el protocolo IP.

- *Redes WLAN corporativas*

Esta alternativa propone utilizar la red WLAN para soportar las comunicaciones en el interior de un edificio de una gran corporación, conectada a la intranet de la empresa. Este último caso debe considerarse como un caso particular de red de cliente.

8.4 EL ACCESO POR SATÉLITE

Desde el lanzamiento de los primeros satélites, su utilización para comunicaciones fue uno de los usos más importantes y, desde luego, el que mayor rentabilidad ha proporcionado a las empresas especializadas en tecnología espacial. El satélite ha sido el medio de comunicación más adecuado para proporcionar soluciones globales y dar acceso, con relativamente poca infraestructura, a todos los lugares de la Tierra. Sin embargo, presenta una serie de problemas que han resultado en que su contribución al negocio de comunicaciones bidireccionales pueda considerarse, en este momento, de "nicho".

El satélite ha tenido un gran éxito en su aplicación a la distribución de TV. En este momento, las soluciones DTH (*Direct to Home*) tienen una gran cuota de mercado y son la principal fuente de financiación de los nuevos sistemas.

Otras aplicaciones del satélite de comunicaciones son los sistemas VSAT (*Very Small Aperture Terminal*) y la localización. Los VSAT son redes formadas por terminales transmisores-receptores de pequeño tamaño que permiten dar cobertura, a baja velocidad, para aplicaciones de datos y televigilancia.

Hay dos tipos de iniciativas relacionadas con el satélite que, si bien hasta el momento no han tenido éxito, pueden ser dos líneas de evolución futuras: las comunicaciones móviles por satélite (con satélites de órbita baja) y los sistemas de banda ancha. Estas iniciativas presentan aspectos técnicos muy interesantes y pueden llegar a tener una cierta importancia para la provisión de comunicaciones en lugares difíciles y sin infraestructura.

De todos modos, hay que recordar que la tecnología espacial ha estado, y continua estando, sustentada en gran medida por aplicaciones militares. Muchas de estas tecnologías encuentran aplicaciones civiles y algunas en el campo de las

comunicaciones. Entre estas puede destacarse el sistema GPS (*Global Positioning System*). La investigación militar financia en gran parte nuevas propuestas y, por tanto, no pueden descartarse nuevas aplicaciones y soluciones en el futuro.

8.4.1 Las características de la comunicación por satélite

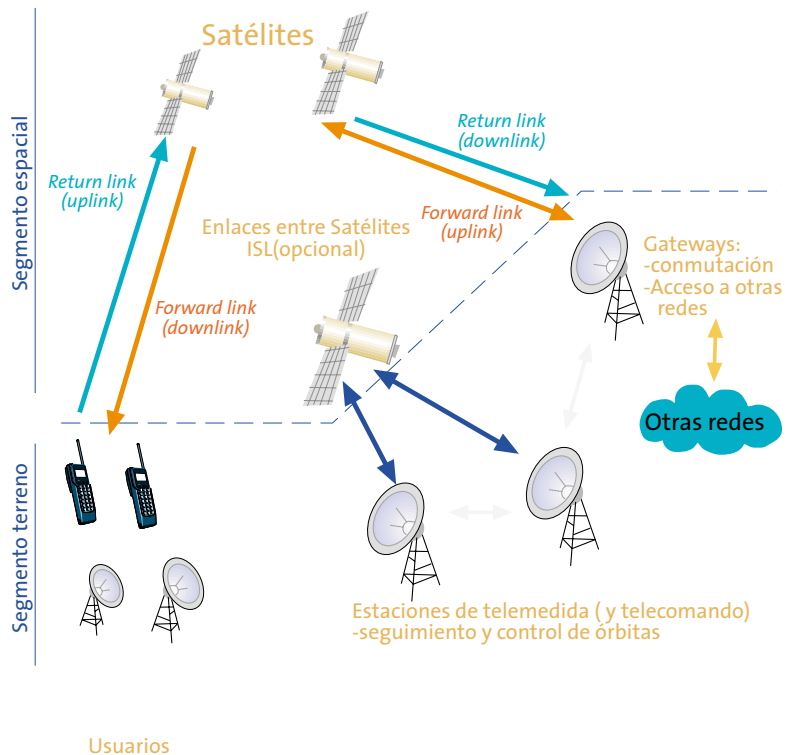
El satélite de comunicaciones convencional es un trasponedor, es decir, un repetidor con cambio de frecuencia, colocado en órbita. Así, los enlaces de satélite son simplemente enlaces radio punto a multipunto, con una estación intermedia en la que no se realiza, normalmente, ningún procesado, salvo en el caso de satélites con procesador a bordo (OBP - On Board Processing).

Los elementos básicos del sistema se clasifican en dos partes fundamentales:

- El segmento espacial.
- El segmento terreno.

La **Figura 8-28** muestra los principales elementos de un sistema por satélite.

Figura 8-28.
Elementos del enlace por satélite



El segmento terreno comprende las estaciones de entrada (*gateway*), el centro de control de red y el de operación. Estos dos últimos se encargan del con-

trol general del satélite, incluyendo mantenimiento en órbita, así como de los elementos de comunicaciones del satélite (asignación de frecuencias de los traspondedores, formación de los enlaces con las antenas a bordo, etc.).

Las estaciones de entrada (*gateway*) actúan como interface para el resto de la red y realizan las operaciones de conversión de protocolos, así como el "*protocol spoofing*", en caso de ser necesario realizar una conversión de protocolos para adaptarse al segmento espacial.

A bordo del satélite se encuentra el traspondedor, que es el elemento esencial del sistema. El ancho de banda depende del tipo de traspondedor, siendo comunes valores cercanos a 72 MHz. La modulación más empleada, casi con exclusividad, es QPSK con valores de coseno realzado muy bajos. Cada satélite embarca varios traspondedores.

Órbitas y frecuencias

La práctica totalidad de los sistemas de comunicaciones que emplean satélite utilizan la órbita geostacionaria (GEO - *Geostationary Orbit*), situada a 35.786 km¹⁷, que se caracteriza porque los objetos colocados en ella tienen un periodo de rotación de un día. De esta forma están, aparentemente, fijos en el cielo y no es necesario implementar complejos sistemas de seguimiento en las estaciones terrenas, que pueden transmitir siempre hacia el mismo lugar del espacio.

Otras órbitas son las MEO (*Medium Earth Orbit*) o las LEO (*Low Earth Orbit*), que están situadas a menor altura. Cuando se trata de dar cobertura a zonas polares se pueden usar órbitas elípticas (ver la **Tabla 8-10** y la **Figura 8-29**).

Tipo de órbita	Altura	Retardo de comunicación
LEO	200-3.000 km	20-40 ms
MEO	3.000-10.000 km	50-150 ms
Elíptica	variable	variable
GEO	35.786 km	250 ms

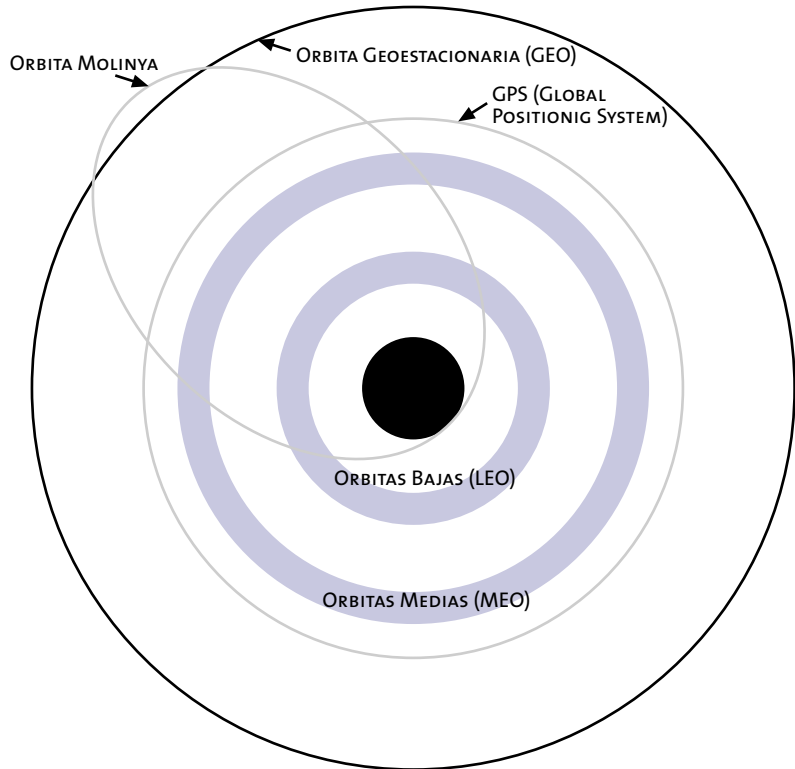
Tabla 8-10.

Tipos de órbitas utilizadas en satélites de comunicaciones

17. Esta órbita fue propuesta por A. C. Clarke en 1945 y se denomina a veces órbita Clarke.

Figura 8-29.

Órbitas de los sistemas de satélite



Las frecuencias más utilizadas para la comunicación por satélite son las mostradas en la **Tabla 8-11**. Las más utilizadas son la banda C y la Ku (la banda C está prácticamente saturada). La banda L se utiliza para comunicaciones móviles. En este momento, la gran esperanza para resolver el problema de la saturación espectral y poder ofrecer mejores servicios es la utilización de la banda Ka, que permitiría disponer de mayores anchos de banda. Además, esta última permite utilizar antenas parabólicas de menor tamaño y mayor ganancia. Sin embargo, sufre atenuaciones importantes por efecto de la lluvia. Por otra parte, la tecnología, si bien madura para aplicaciones profesionales, no tiene los costes requeridos para un despliegue de gran público.

Tabla 8-11.

Bandas de frecuencia utilizadas en las comunicaciones por satélite

Nombre	Rango	Utilización
L	1-2 / 0,5 1,5 GHz	Móviles por satélite
C	4-8 GHz	Satélites de 1ª generación.
Ku	12-18 GHz/ 10,9-17 GHz	Satélites actuales y DTH
Ka	27-40 GHz/ 18-31 GHz	En proyecto

El protocolo de acceso al medio (MAC)

El problema del retardo, especialmente en satélites tipo GEO, hace que los protocolos de utilización del segmento espacial tengan que ser algo distintos de los utilizados en redes terrenas. A continuación se indican los protocolos empleados, según el tipo de acceso:

■ *Acceso fijo*

La forma de acceso al medio más frecuente es el acceso fijo (*fixed assignment*). A su vez, el acceso fijo puede emplear distintas técnicas para utilizar el espectro. Las más comunes son FDMA, TDMA o CDMA. En las soluciones TDMA y FDMA cada estación utiliza su canal propio. FDMA es la solución temporalmente más antigua y que emplea filtros para separar las distintas comunicaciones. Estos filtros suelen ser caros y precisar ajustes. Además, requieren bandas de guarda, las cuales reducen la eficiencia espectral.

La solución TDMA es la más utilizada actualmente para comunicaciones, aunque tiene el inconveniente de que cada estación transmisora debe ser capaz de emitir con la potencia máxima durante el tiempo (*burst*) asignado a la comunicación. Esto encarece considerablemente el precio de los transmisores.

CDMA es más flexible. Sin embargo, sus transceptores son algo caros aún, debido al elevado procesamiento de señal que debe realizarse en los receptores. Además, sólo es útil en aquellas aplicaciones en las que la señal sea de bajo bit rate pues de lo contrario no existe ganancia de procesamiento. Se utiliza sobre todo en sistemas VSAT.

■ *Acceso aleatorio*

Los sistemas VSAT o USAT (*Ultra Small Aperture Terminal*) suelen emplear técnicas de acceso aleatorio (*random access*). En la mayoría de los casos se utiliza el protocolo Aloha o el S-Aloha. Los sistemas de acceso aleatorio son los adecuados cuando hay muchos terminales que quieren acceder al satélite, pero cada uno con pocos requerimientos de tráfico. El problema de este tipo de protocolos es que debido a la utilización del recurso espacial, el throughput es relativamente bajo y la calidad de servicio no puede garantizarse.

■ *Acceso bajo demanda*

Para asegurar la calidad de servicio se emplean protocolos de asignación bajo demanda (*demand assignment*). En estos casos, cada comunicación utiliza un canal TDMA o FDMA (menos frecuentemente CDMA). En muchas ocasiones, los protocolos de acceso aleatorio se pueden emplear para solicitar los canales que, posteriormente, se emplean en asignación por demanda.

8.4.2 El negocio del satélite

La gran ventaja del uso del satélite para las comunicaciones es la gran zona de cobertura que consiguen (al menos los satélites GEO). Bastan sólo tres satélites colocados en órbita estacionaria para dar cobertura a toda la Tierra (con excepción de las zonas polares, que no pueden cubrirse con satélites geoestacionarios). Esta ventaja fue la que popularizó su uso en los comienzos. Además, los costes son independientes de la distancia y su despliegue es inmediato.

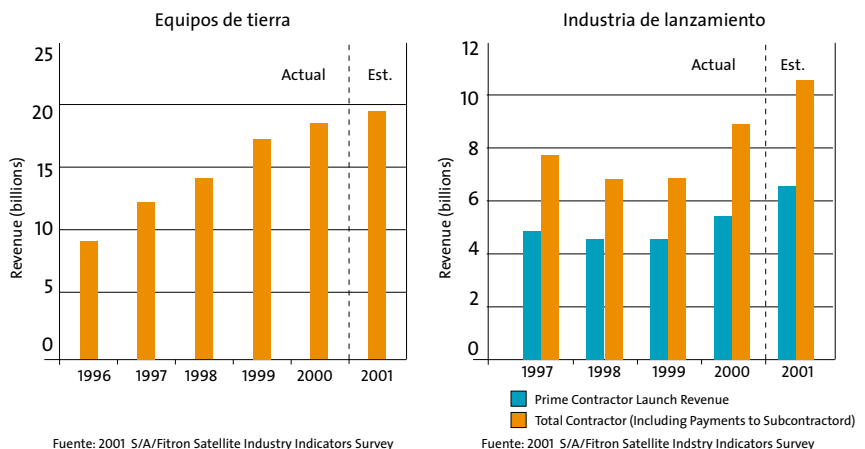
Por contra, la solución convencional presenta algunas dificultades. La primera es el relativamente alto coste del satélite, los costes y las inseguridades del lanzamiento y la dependencia estratégica de terceros países. Por otra parte, el sistema tiene una capacidad limitada fijada por el ancho de banda del transpondedor.

Sin embargo, lo que ha desplazado a los satélites GEO para su uso en comunicaciones bidireccionales ha sido el retardo de la comunicación. Al encontrarse el satélite en una órbita tan alejada, el retardo de propagación, unos 280 ms, puede resultar muy molesto en comunicaciones interactivas de voz. También resulta perjudicial para las comunicaciones que emplean el protocolo TCP, a menos que se tomen medidas especiales, según se comenta más adelante.

Otro aspecto no menos importante es el regulatorio. La asignación de espacios en las órbitas, especialmente en las bandas de frecuencia más populares (aquéllas en las que el precio de los transceptores es menos elevado), es un proceso muy complicado y que suele requerir acuerdos internacionales y un proceso de "lobby" que sólo pueden realizar gobiernos o grandes empresas. Estos motivos son los que hacen que el negocio del satélite esté en manos de los gobiernos y que sólo últimamente esté comenzando a liberalizarse hacia grandes compañías, en muchos casos implicadas en su fabricación.

A pesar de los problemas, el mercado del satélite mueve cantidades de dinero muy significativas y reporta importantes beneficios, especialmente en el negocio de la DTH (*Direct to Home*, transmisión directa de TV a las casas). La **Figura 8-30** y la **Figura 8-32** ofrecen una indicación del tamaño del mercado. En

Figura 8-30.
Ingresos de la industria de lanzamiento y de los equipos de tierra



julio de 2001 existían 238 satélites geoestacionarios de comunicaciones con un coste aproximado global de 40.000 millones de dólares. Durante el año 2001 se lanzaron 29 satélites y están anunciados 35 lanzamientos para los próximos meses.

Por las razones apuntadas, así como por el aspecto estratégico y de posible utilización militar, las comunicaciones por satélite fueron iniciadas por consorcios internacionales, bajo los auspicios de la ONU, en las que todos los países tenían una participación más o menos importante. De estas organizaciones, hay que citar a Intelsat e Inmarsat, la primera dedicada a las comunicaciones entre continentes y la segunda a las comunicaciones con barcos.

La **Tabla 8-12** ofrece algunos datos de los sistemas en operación.

Operador	Constelación	Servicios
Inmarsat	9 GEO	Voz, IP
Eutelsat	18 GEO	DTH, voz, IP
Intelsat	19 GEO	DTH, voz, IP, radio
PanAmSat	21 GEO	DTH, voz
Hispasat	3 GEO (3 en construcción)	DTH, datos
Astra/SES	12 GEO	DTH, IP directa
Thuraya	2 GEO (1 en operación)	Voz móvil
Europe*Star	2 GEO	Broadcast, voz
Loral Cyberstar	3 GEO	Global IP
New Skies	5 GEO	Internet y multimedia
Iridium	66 GEO	Móviles
Globalstar	44 GEO	Móviles

Tabla 8-12.

Sistemas en operación más destacados

Intelsat fue la organización que monopolizó todo el tráfico satelital hasta hace algunos años, conviviendo con sistemas regionales que daban servicio a un solo país y con Inmarsat, especializada en el tráfico con barcos en alta mar. A partir de los años 80, la concesión de una serie de posiciones orbitales a distintos países, sobre todo para transmisión de TV, motivó una explosión de sistemas, asociados a cada país (Hispasat en España, Kopernicus en Alemania, Tele-X en los países nórdicos, Telecom en Francia) o a organizaciones regionales como Eutelsat.

En la mayor parte de los casos, estas iniciativas resultaron un fracaso, sólo animadas por la industria de alta tecnología local (una notable excepción ha sido Hispasat). Aparecieron entonces empresas privadas transnacionales que se centraron en la transmisión de TV a grandes zonas geográficas (Astra SES o PanAmSat), y que compraron los derechos de órbita a países que no deseaban utilizarlos. Últimamente, los tres grandes consorcios internacionales (Intelsat, Inmarsat y Eutelsat) han iniciado un proceso de privatización al dejar de ser estratégicos y tener que competir con la fibra óptica.

Aplicaciones de los sistemas por satélite

En la actualidad, los usos del satélite, en lo que se refiere a comunicaciones y sus negocios relacionados, pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Enlaces internacionales de larga distancia. Es la aplicación inicial y cuya importancia, como se ha comentado, decrece. Últimamente se está sustituyendo por la provisión de enlaces E1/T1 para la distribución de Internet en países en desarrollo.
- Transmisión de TV (DTH) y distribución de Internet.
- Sistemas VSAT de estaciones de pequeño tamaño.
- Nuevos sistemas de banda ancha.
- Localización.
- Aplicaciones móviles, incluyendo los nuevos sistemas LEO.

8.4.3 Enlaces de larga distancia

La utilización inicial del satélite como enlace de larga distancia para dar servicio telefónico a zonas con bajo tráfico tiene cada vez menos importancia porcentual debido a la competencia de la fibra óptica. Una sola fibra de 640 Gbit/s tiene más capacidad que los más de 200 satélites de comunicaciones juntos.

Sin embargo, la posibilidad de llegar a todas partes hace imprescindible el satélite para el transporte de Internet, normalmente sobre enlaces E1/T1 que se integran en la SDH o PDH, para zonas en las que no es rentable realizar un tendido de cable submarino o de fibra óptica directa, debido al poco tráfico que intercambian.

El hecho de que la mayoría de los satélites tengan áreas de cobertura relativamente grandes los hace, en principio, poco adecuados para la distribución directa de Internet, ya que su capacidad total tiene que dividirse en una zona muy amplia. Además, para el caso del gran público, si bien el precio de los receptores es muy asequible, los transmisores (necesarios para el canal de retorno) son mucho más caros. Por tal motivo, la mayor parte de los satélites se usan en enlaces dependientes de las operadoras y no están conectados con el usuario final.

8.4.4 Distribución directa de Internet

De todos modos, algunas empresas, notablemente SES y Hughes, están comenzado a utilizar el satélite para distribución directa de Internet, apoyándose muchas veces en canales de retorno independientes (ver la **Figura 8-31**, donde se observa como el canal de retorno es telefónico). Si el porcentaje de utilización del traspondedor es bajo, el flujo de datos puede ser muy elevado (decenas de Mbit/s) y, para pocos usuarios, las velocidades son muy buenas (aunque suele ser necesario hacer *catching* o algún procedimiento para evitar los problemas de las

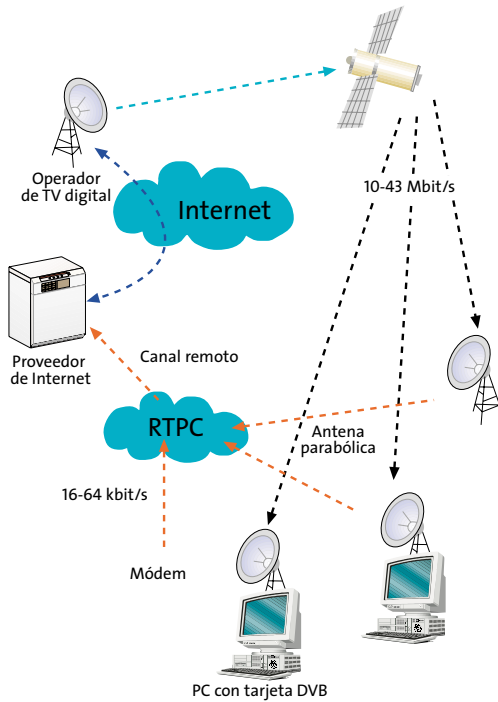


Figura 8-31.
Esquema de transmisión directa TCP

aplicaciones TCP, como se comenta más adelante). Desgraciadamente, las aplicaciones interactivas presentan mayores dificultades por los problemas del canal de retorno.

Las previsiones de negocio no son significativas desde el punto de vista comparativo con las soluciones más convencionales, aunque algunos analistas son optimistas respecto a su crecimiento porcentual (ver la **Figura 8-32**).

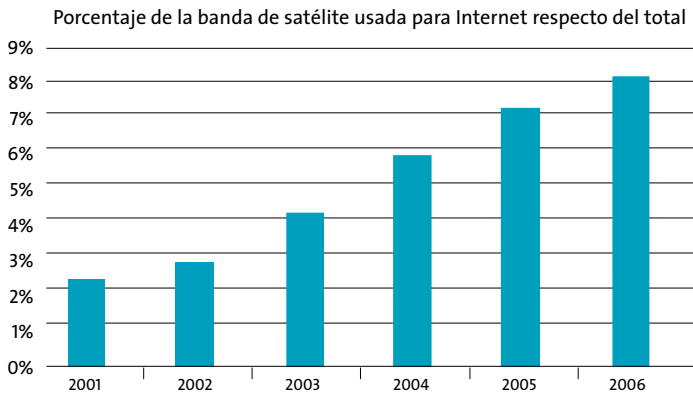
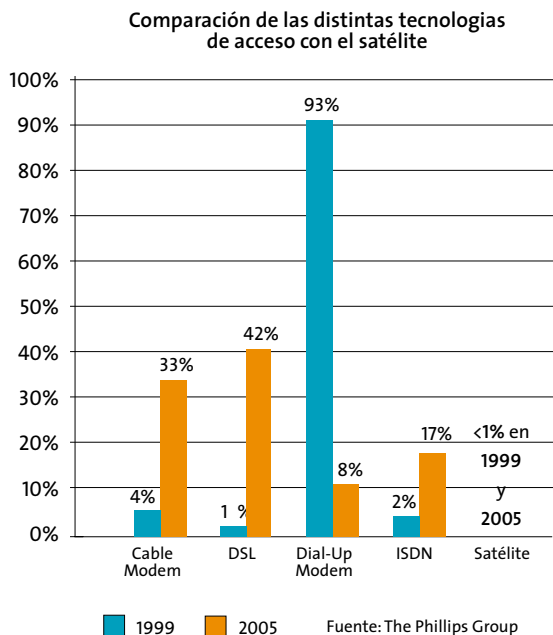


Figura 8-32.
Crecimiento del tráfico Internet en satélites



Dificultades técnicas para la transmisión TCP

Además del problema de los elevados costes del amplificador de salida, la transmisión de los protocolos TCP y UDP por satélite presenta algunas dificultades derivadas del hecho de que los protocolos son extremo a extremo, es decir, el terminal de usuario y el terminal de red no "saben" que hay un satélite en el camino.

El primer problema es el proceso "*slow start*" de TCP. En la primera etapa los paquetes deben ser reconocidos uno a uno y, progresivamente, se aumenta el número de paquetes que se pueden reconocer de una vez. Evidentemente, el proceso va a resultar muy largo, especialmente para anchos de banda altos cuando hay muchos paquetes en los 280 ms iniciales.

Otra dificultad reside en el tamaño de la ventana del *buffer* del protocolo TCP. Si la velocidad de la conexión es media-alta, es posible que el *buffer* se llene antes de que haya llegado el reconocimiento (debido al retardo de 280 ms). Ello ralentiza la comunicación especialmente, resultando en una tasa efectiva menor¹⁸.

Los problemas aparecen sobre todo si los enlaces son poco fiables, como puede ocurrir en redes VSAT o en comunicaciones móviles. En este tipo de enlaces, pueden existir periodos con muchos errores, y debido al retardo de la comunicación, el proceso de recuperación de errores del protocolo TCP es poco adecuado, porque los terminales reciben una indicación de trama errónea mucho después de haberla enviado. Esto implica retransmisiones muy largas. Además,

18. Si la conexión final fuera por módem telefónico de baja calidad el efecto probablemente no se apreciaría demasiado.

pueden ser falsamente interpretadas como congestión de red.

Una de las soluciones más utilizadas pasa por incrementar la ventana del protocolo TCP a su valor máximo de 64 kbytes, lo que obliga a reconfigurar dicho protocolo.

El grupo IETF TCP sobre satélite ha realizado algunas recomendaciones para mejorar la transmisión de TCP. Entre ellas, se destacan:

- La utilización de un sistema de reconocimiento selectivo que permita reconocer segmentos correctos de una trama completa, evitando retransmisiones inútiles.
- El uso del sistema TCP por transacción (T/TCP), que intenta reducir el proceso de latencia asociado al establecimiento de la conexión.
- El uso del sistema *persistent* TCP, que permite la realización de múltiples transferencias de pequeño tamaño sobre una sola conexión TCP.
- La utilización del máximo tamaño de paquete posible.

De todos modos, especialmente en redes VSAT, es frecuente emplear técnicas especiales que, esencialmente, dividen la conexión global entre los dos terminales TCP en 3 tramos, separando el enlace por satélite del resto. En los elementos terminales del enlace (*gateways*) es posible emplear algunas técnicas, que pueden ser complementarias, tales como:

- *Spoofing*. Consiste en enviar reconocimientos de cada paquete recibido por la estación intermedia antes de proceder a su envío por satélite, evitando que la estación emisora tenga que esperar hasta el reconocimiento final. Ello exige disponer de *buffers* o memorias en el gateway para atender a posibles retransmisiones.
- *Splitting*. Es complementaria a la anterior, utilizando el enlace de satélite un protocolo propietario en el que se añaden los paquetes IP y que no precisa de los procesos de retransmisión usuales.
- *Catching*. Esencialmente evita establecer conexiones completas y frecuentes a ubicaciones muy populares guardando loalmente los contenidos.

8.4.5 Televisión directa (DTH)

Para la transmisión unidireccional de TV el retardo del enlace satélite no tiene ningún efecto adverso. Evidentemente, ver la noticia o la película con unas décimas de segundo de retraso no tienen ninguna importancia. Además, al ser la comunicación la misma hacia todos los receptores, las amplias zonas de cobertura representan una ventaja.

Otro aspecto que favorece el uso unidireccional del satélite es que los transmisores tienden a ser mucho más caros y costosos que los receptores. En una comunicación unidireccional, el transmisor es único y propiedad de una empre-

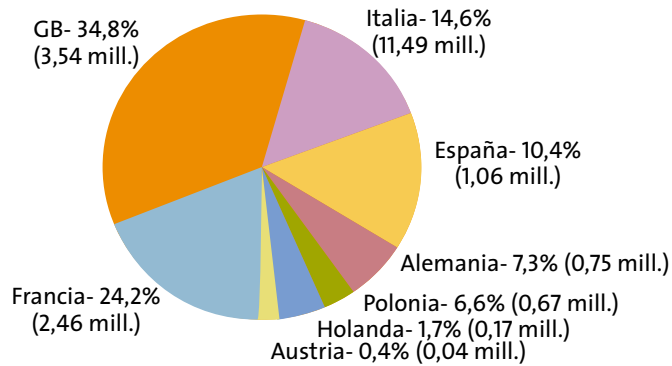
sa de radiodifusión. El cliente final sólo tiene que disponer de una antena y de un receptor, mucho más económico. Si este equipo receptor está mal ajustado o apuntado, sólo tiene efecto hacia el mismo y no hacia los otros usuarios de la red.

Por tal motivo, la mayor parte de los satélites de comunicaciones se emplean para este tipo de cometidos.

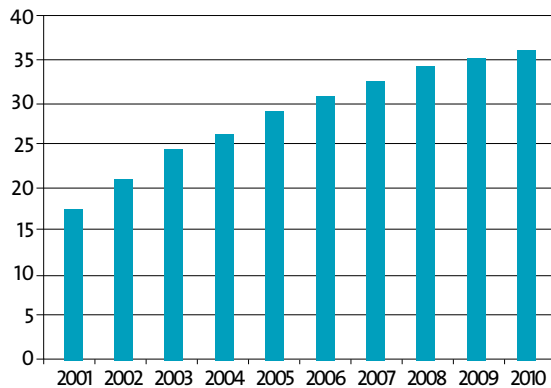
En la **Figura 8-33** se muestra el mercado de los sistemas DTH.

Figura 8-33.

Datos del mercado de DTH



Crecimiento del número de usuarios DTH previsto en EE.UU.



Fuente: Tellus Venture Associates

Hay muchas empresas dedicadas al negocio DTH. Probablemente las más importantes son SES/Astra que es el único operador con presencia en Europa y EE.UU, gracias a la adquisición de GE Americom y con presencia en mercados locales a través de AsiaSat, NSAB y Brazilsat. Intelsat, antiguo monopolio, que dispone de 21 satélites y con una base de accionistas muy amplia (en muchos casos de gobiernos); PanAmSat con 21 satélites y que fue controlado por Hughes. Esta situación puede cambiar si se produce la compra de esta compañía por EchoStar. La alianza Loral (con participación en Skynet, Orion, Satmex y Europe*Star) tienen un papel importante aunque algunos analistas sugieren que su

fracaso con Globalstar puede resultar en su adquisición a medio plazo. Eutelsat e Hispasat son los más importantes dentro de Europa. Hay además una gran profusión de sistemas locales: Brasilsat, Nahuelsat, Palapa, Arabsat, Asiasat, China-sat, Insat, JSAT, MeaSat, Koreasat, Sinosat, Sirius, Telenor, Telesat, Thaicom, etc. en muchos casos participados por las grandes compañías.

Una tendencia de mercado que cada vez tiene más importancia es la entrada en el mercado de la distribución de empresas fabricantes de satélites.

Las características que parecen definir la situación del mercado de las comunicaciones por satélite DTH en este momento son:

- Concentración de operadores para llevar a cabo el "one-stop-shopping". Así por ejemplo puede citarse la fusión Galaxy/PanAmSat, el control de Loral de Orion (ahora denominado Loral Cybersat) por SAT/MEX, y la compra de Comsat por Lockheed, además de la compra de GE Americom por parte de SES.
- Relación muy estrecha entre el proveedor de servicios y el sistema. Por ejemplo, los sistemas DTH americanos tienen su propio satélite (DirectTV, Echostar).

Las antiguas organizaciones internacionales (*Eutelsat e Intelsat*), ahora en proceso de privatización (la *spin-off* de Intelsat se denomina *New Skies*), dirigen la mayor parte de su negocio hacia el tráfico DTH o, al menos, a la distribución de TV. Una variante de la DTH, la *Satellite Radio*, está adqueiendiendo gran preponderancia en EE.UU y se le augura un prometedor futuro.

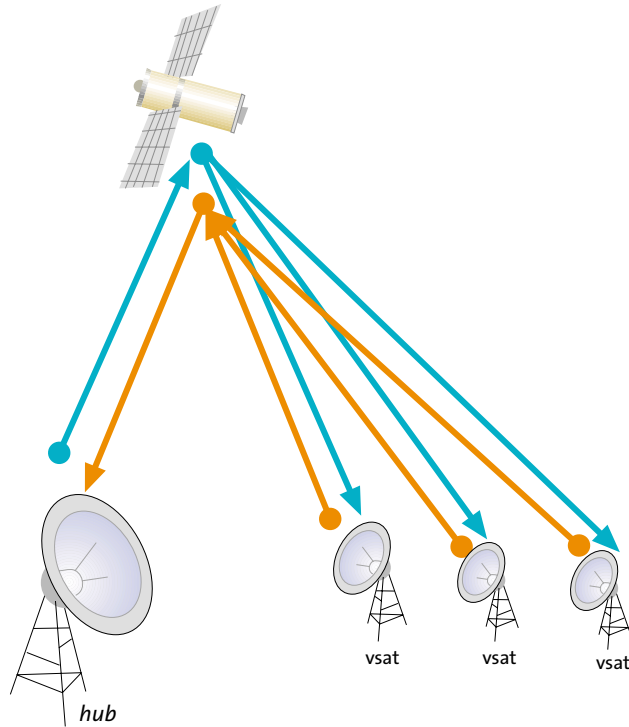
8.4.6 Los sistemas VSAT

Además de usarse para distribución de TV, los grandes satélites de comunicaciones también se utilizan para telecomunicaciones bidireccionales por medio de los sistemas VSAT, que permiten una comunicación muy rápida con nuevas ubicaciones. Estos sistemas se han utilizado y continúan en uso para la provisión de servicios de telecomunicaciones en áreas de difícil acceso, para sistemas de vigilancia y televigilancia (acueductos, oleoductos, niveles de ríos), sistemas de telepuertos de baja y media capacidad, etc.

Los sistemas VSAT suelen constar de una estación central, denominada *hub*, de relativo gran tamaño y mejores prestaciones, y una serie de estaciones más pequeñas, las VSAT propiamente dichas. Las comunicaciones se realizan a través del *hub*, no existiendo comunicación directa entre las estaciones VSAT (ver la **Figura 8-34**).

El negocio de VSAT es bastante importante, especialmente en países en desarrollo. Hay mas de 500.000 usuarios en 120 países, y existen 200 operadores que incluyen, además de a los operadores de satélites (básicamente los mismos que los que ofrecen DTH), a otros operadores de telecomunicaciones convencionales.

Figura 8-34.
Esquema de sistemas
VSAT



La mayoría de los sistemas que se utilizan hoy en día para dar comunicación a barcos y aviones se pueden considerar, en cierto modo, como estaciones VSAT muy mejoradas y simplificadas.

8.4.7 Las comunicaciones por satélite en barcos y aviones

En la actualidad, la mayor parte de este tráfico se cursa a través de Inmarsat que dispone, desde 1979, de soluciones VSAT para las comunicaciones móviles (inicialmente desde barcos, luego extendida en 1985 a sistemas aeronáuticos, y a terrenos en 1989). El "catálogo" de Inmarsat es muy amplio, pues comprende desde los iniciales sistemas INMARSAT-C, pensados para comunicaciones desde barcos, hasta soluciones VSAT mucho más avanzadas.

Recientemente el mercado ha sido liberalizado y no es necesario utilizar la organización Inmarsat, sino que es posible acudir a otras organizaciones. Algunas de ellas (*OmniTracs*, *EutelTracs*) suelen ofrecer el servicio en combinación con el de localización.

Estaciones de este tipo han sido muy útiles tanto para expediciones a zonas desérticas como para dar cobertura televisiva a recientes conflictos.

La última adición a esta lista es el sistema de Thuraya, que consta de un conjunto de dos satélites GEO y cuyo enlace descendente emplea la banda de 1.500 MHz, con lo que los terminales de usuario pueden ser fácilmente compa-

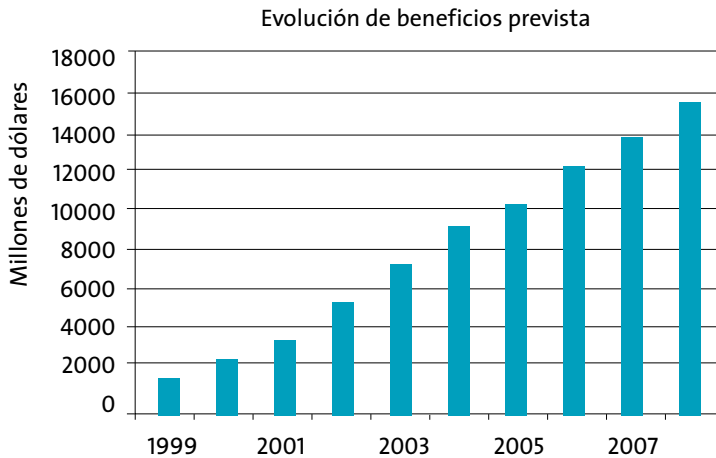
tibles con GSM. Ya existen algunos terminales en modo dual que pueden utilizarse tanto para GSM como para acceso al satélite

8.4.8 Los servicios de localización

Aunque no sea propiamente una aplicación de telecomunicaciones, los servicios de localización suponen en este momento una de las fuentes de negocio y de aplicaciones más interesantes de los satélites. La mayor parte de los sistemas que dan servicios de localización emplean los satélites GPS (*Global Positioning System*), propiedad del DoD (*Department of Defense*) norteamericano, pero cuya utilización esta liberalizada. Existen otros sistemas que generalmente operan con precisiones menores pero que ofrecen paquetes más integrados.

GPS permite obtener precisiones de 20 a 40 metros con receptores muy económicos y mucho mejores (inferiores a metros) con receptores más potentes y siempre a costa de un mayor procesado (en combinación con sistemas de corrección diferencial). El sistema está compuesto por una constelación de 24 satélites en órbitas LEO.

Como muestra del éxito de GPS, se presenta en la **Figura 8-35** una estimación de los ingresos previstos en la industria de GPS para los próximos años.



Fuente: Banc America Securities

Figura 8-35.
Ingresos previstos para GPS

El éxito de GPS ha empujado a la Comisión Europea, con el apoyo de gran parte de la industria europea, a promover un sistema, denominado Galileo, con el mismo objetivo que GPS pero con mayores grados de precisión y exactitud y, sobre todo, no controlado por el DoD norteamericano. El sistema está en estos momentos en desarrollo.

8.4.9 Los sistemas de órbita baja para comunicaciones móviles

Tal y como se ha indicado anteriormente, los sistemas GEO emplean satélites situados en la órbita geoestacionaria. Incluso con soluciones de alta tecnología, los terminales son relativamente grandes y pesados y además precisan ser "apuntados" antes de comenzar la comunicación.

Por tales motivos, hace ya algún tiempo se pensó en utilizar órbitas no estacionarias. La pionera en su utilización fue la antigua URSS. En las extensiones siberianas los satélites geoestacionarios presentan un ángulo de elevación demasiado rasante, por lo que se idearon un conjunto de órbitas elípticas que mejoraban notablemente este aspecto (*órbitas Molinya*). Sin embargo, las órbitas elípticas excéntricas, si bien mejoran la recepción en las zonas cercanas al polo, pueden ser también demasiado lejanas, especialmente si se quiere aprovechar al máximo la duración del apogeo durante el cual el satélite está casi estacionario en el cielo.

A partir de principios de los años 90 se propusieron soluciones mucho más complejas. El aspecto central de los nuevos sistemas es la utilización de órbitas LEO mucho más bajas que, al encontrarse más cerca de la Tierra, permiten trabajar con retardos mucho menores en comparación con las GEO. Además, sus menores atenuaciones posibilitan la utilización de antenas no directivas.

El mayor inconveniente de los sistemas basados en órbitas LEO es que los satélites no se encuentran (aparentemente) estacionarios en el cielo. Además, la menor área de cobertura por satélite obliga a emplear constelaciones relativamente numerosas, de forma que en cada momento exista visibilidad con varios satélites. Así, cuando un satélite desaparece por el horizonte, se puede efectuar el traspaso de la comunicación a otro satélite del sistema ¹⁹.

El negocio de los sistemas móviles LEO

Cuando se empezaron a desarrollar los sistemas móviles en órbitas LEO, sobre todo partir de 1993 en que comenzó el desarrollo de Iridium, los sistemas por satélite aparecían como una nueva revolución en las comunicaciones móviles. Iridium se veía como un gran paso adelante y analistas prestigiosos llegaron a predecir 1,5 millones de usuarios a finales del año 2000. Desgraciadamente, cuando se puso en servicio no logró imponerse comercialmente y la compañía se declaró en una quiebra de la que está todavía intentando recuperarse.

Ello trajo consigo una falta de confianza en otras soluciones como ICO y Globalstar, que en aquellos momentos estaban en construcción. Si bien Globalstar fue completado; ha tenido que solicitar la protección de las leyes de bancarrota, los lanzamientos de ICO fueron suspendidos. La compañía fue adquirida por Craig Mc Caw y está sometida a un proceso de reconsideración muy importante, fundamentalmente para adaptarla a los sistemas de datos e integrarla, posiblemente, con el sistema Teledesic y, más recientemente, con Ellipso.

¹⁹. Éste es un aspecto de los sistemas de satélites LEO que los diferencia de las comunicaciones móviles terrestres. Aquí, el traspaso no se produce por el movimiento del terminal sino, sobre todo, por el movimiento de las estaciones base.

Cabe preguntarse cuáles han sido las razones por las que los sistemas por satélite LEO para comunicaciones móviles no han logrado el éxito que inicialmente predecían los consultores. Se han realizado, por otra parte, numerosos estudios que intentan explicar las causas. Así, entre éstas se incluyen el alto coste de los terminales y la dificultad para su funcionamiento en ciudades, en las cuales el ángulo de elevación necesario es alto (de 60 a 80 grados), lo que provoca que el número de satélites visibles pueda ser demasiado pequeño. Es decir, estos sistemas sólo sirven en zonas abiertas y fuera de edificios. En estas condiciones no se puede competir con los sistemas celulares, especialmente si los terminales son pesados y voluminosos.

Además, los sistemas son demasiado complicados, con procesado a bordo, de forma que los satélites resultan caros y difíciles de mantener.

Otros factores muy importantes han sido los fallos en la comercialización. Probablemente, el más importante haya sido que los sistemas de segunda generación (tipo GSM) despertaron unas expectativas de calidad de servicio que no podían satisfacerse en un sistema por satélite. Por otra parte, la población mundial y los centros de comercio están mucho más concentrados de lo que pudiera parecer y las necesidades de los viajeros se cubren mucho más fácilmente con sistemas en itinerancia y alquiler de terminales que con un sistema global.

A continuación se comentan brevemente algunas de las características técnicas de los sistemas más representativos.

El proyecto Iridium

Propuesto por Motorola en 1990, fue el primero de los proyectos que proponían utilizar satélites LEO en gran escala. El sistema constaba inicialmente de 77 satélites (de ahí "Iridium", que es el nombre en inglés del elemento de número atómico 77, Iridio), que en órbitas bajas (765 km) cubrirían toda la Tierra, pero posteriormente se redujo el número de satélites a 66. El sistema utiliza TDMA y una señalización similar a la de GSM. El empleo de enlaces entre satélites disminuye el retardo en las comunicaciones. La **Tabla 8-13** resume las características técnicas más importantes.

6 planos orbitales de 86,4° de inclinación con 11 satélites por plano a 780 km de altitud
Enlace al móvil: banda L
Enlace a la estación central: banda K
Enlaces entre satélites: banda Ka
Acceso en TDMA
Tasas de 2.400 a 4.800 bit/s
Procesado a bordo
Antena multihaz de 48 haces con disposición triangular-hexagonal
Hasta 80 canales por haz <i>spot</i> y 1.100 por satélite
3.168 células de unos 600 km de diámetro, sólo activas 2.150
Factor de reutilización de frecuencias 12

Tabla 8-13.

Resumen de las características técnicas de Iridium

El sistema Iridium estaba dirigido a viajantes de negocios de nivel adquisitivo alto, y los estudios de mercado mostraban unas perspectivas muy interesantes. En un principio, intentó competir con los operadores de sistemas móviles terrestres, sin embargo, fallos iniciales en la puesta en servicio y demoras en la entrega de los primeros terminales dañaron considerablemente la imagen de Iridium. La compañía cambió de política, dirigiéndose entonces a los operadores, ofreciendo su servicio como alternativa para zonas con difícil cobertura y áreas marítimas o desérticas. Sin embargo, los altos costes de operación, que no se justificaban con los escasos terminales vendidos, hicieron que se declarara en quiebra a mediados de 1999, a los pocos meses de comenzar el servicio comercial. Han existido diversos intentos de salvar el sistema, gracias sobre todo al apoyo del DoD norteamericano. La situación en este momento está aún poco clara, si bien el sistema se está reconfigurando y las últimas propuestas hablan de un sistema con terminales a unos 1.500 dólares, y en el que se vendería el minuto a precios alrededor de 1,5 dólares.

El sistema ICO

Propuesto inicialmente por Inmarsat, el sistema constaría de 10 satélites a 10.335 km de altura. La propuesta posterior de ICO, más modesta y económica que la de Motorola, contaban en un principio con buenos apoyos internacionales, sobre todo los relacionados con su origen ¿en? Inmarsat, pero el sistema de ICO tuvo que superar una serie de dificultades y sufrió notablemente con el fracaso de Iridium, teniendo que declararse, finalmente, en quiebra incluso antes de tener el sistema disponible. Además, los primeros lanzamientos de satélites resultaron fallidos.

En la actualidad, el proyecto de ICO se está modificando para dar mejor servicio a las aplicaciones de datos (144 kbit/s) y ha sido totalmente replanteado.

El sistema Globalstar

Globalstar (Loral) es un sistema intermedio entre los dos anteriores. Utiliza 48 satélites y pone el énfasis en las comunicaciones con áreas rurales, como solución para incorporarlas a la Sociedad de la Información. El sistema utiliza la técnica de acceso CDMA y propone el uso de sistemas duales (AMPS/Globalstar y GSM/Globalstar) con conmutación automática. En la **Tabla 8-14** se recogen sus principales características.

Una de las diferencias de Globalstar frente a sus competidores es que su mercado objetivo son los países en vías de desarrollo, en los que no existe ninguna cobertura de telefonía convencional. Globalstar nunca ha planteado su negocio en competencia con los operadores móviles ni con las operadoras nacionales, ya que una de sus características es que dispone de un alto número de puntos de acceso (lugares desde los que se traspan las llamadas del satélite a la red fija) que están a cargo de los operadores convencionales. De esta forma, se

48 satélites (+4 de reserva)
8 planos orbitales de 52° de inclinación con 6 satélites por plano
Cobertura hasta los paralelos 68°
1.400 km de altitud
Enlace al móvil: banda L para el ascendente y S para el descendente
Enlace a la estación central: banda C
CDMA con control dinámico de potencia
Tasas variables desde 1.200 hasta 9.600 bit/s (2.400 bit/s de media)
Sin procesado a bordo y sin enlaces entre satélites
Antena multihaz de 16 haces con disposiciones diferentes en ascendente y descendente
Cada satélite soporta hasta 2.148 canales
Cobertura terrenal de 5.760 km de diámetro
Factor de reutilización 1

Tabla 8-14.

Resumen de las características técnicas de Globalstar

desa reforzar la implicación de los países hacia los que está dirigido el proyecto. Globalstar, sin embargo, no está exento de problemas. Así, debido a los fallos en los lanzamientos, entre otras razones, los costes han sido mayores que lo previsto y las pérdidas del último cuatrimestre han sido de 145 millones de dólares, además de la querrela interpuesta contra ellos por Ericsson por 67 millones de dólares. Como consecuencia de todo esto, la compañía fue retirada del Nasdaq en junio de 2001 y ha solicitado la protección de las leyes de bancarrota.

8.4.10 Los nuevos sistemas de banda ancha

El éxito de los sistemas VSAT y la necesidad de reducir costes en el segmento espacial han llevado a los grandes a proponer sistemas de satélites especializados en el negocio de la banda ancha. Estos nuevos sistemas, conceptualmente parecidos a los convencionales, en el sentido de que utilizan órbitas tipo GEO y no requieren el apuntamiento de las estaciones terrenas, ponen todo el énfasis en lograr un abaratamiento del coste por megahertzio de traspondedor embarcado, introduciendo procesado a bordo y enlaces entre satélites. Su utilización sería tanto para DTH, como VSAT y conexión con la red. El objetivo final es que el satélite tenga capacidad de procesado y reencaminamiento, comportándose como un multiplexor en el espacio. Así por ejemplo, Spaceway debe llegar a ofrecer flujos de hasta 40 Gbit/s a unos 100 spot beams (zonas cubiertas por una antena de alta ganancia).

La **Tabla 8-15** muestra las características principales de algunos de estos sistemas.

La utilización de técnicas de procesado a bordo (OBP) y los enlaces entre satélite (ISL) son soluciones técnicas que fueron analizadas en detalle a finales de los años 80, cuando se comenzaron a implantar los sistemas nacionales. En aquellos momentos, si bien se reconocieron las ventajas de arquitectura que suponían

Tabla 8-15.

Sistemas propuestos con alto ancho de banda

Sistema	Promotor	Tipo de constelación	Tipo de procesado a bordo	Banda de frecuencias	Data rate
Astrolink	Lockheed Martin	9 satélites GEO	OBP y ISL	Ka	200 Mbits/s descendente 20 Mbits/s ascendente
Spaceway	Hughes	4 satélites GEO (fase final 21)	OBP y ISL	Ka	92 Mbit/s descendente 16 Mbit/s ascendente

an para la operación del sistema, no fueron implantadas debido a su alto coste. Sin embargo, la experiencia del sistema Iridium, y sobre todo su utilización en aplicaciones militares y en satélites experimentales (como ACTS y los satélites de la ESA), han aumentado el grado de confianza en ellas.

De cualquier modo, estos sistemas aún no están en operación y su éxito definitivo no está garantizado.

Teledesic y los sistemas LEO de banda ancha

Mención aparte merece la propuesta de Teledesic (empresa cuyos accionistas principales son Bill Gates y Craig Mc Caw), que inicialmente iba a utilizar 840 satélites. Este gigantesco proyecto levantó todo tipo de especulaciones. Su objetivo era llevar las comunicaciones de banda ancha a todos los puntos del globo, pero Teledesic no sería un sistema de comunicaciones móviles, puesto que los terminales terrenos no se desplazan, y además requieren antenas tipo VSAT.

El sistema pronto redujo el número de satélites a 288 y concentró sus esfuerzos en la provisión global de Internet por medio de una red IP en el cielo con conmutación a bordo. El coste del proyecto se cifró en 9.000 millones de dólares, si bien los analistas auguraron un coste dos o tres veces superior.

Si bien Teledesic logró involucrar en su proyecto a varios fabricantes, no consiguió el apoyo de los eventuales operadores del sistema que consideraron mucho más efectiva la utilización de fibras ópticas.

Otro sistema parecido a Teledesic, que surgió poco después, fue el sistema Celestri, propuesto inicialmente por Motorola y que, tras un breve periodo de competencia, terminó integrándose en la propuesta de Teledesic.

Teledesic ha pasado por un periodo bastante difícil, en el que se ha suspendido su desarrollo y se ha modificado el grupo de diseño, ahora controlado en parte por Motorola. No se han revelado detalles del nuevo sistema, que se espera sea conocido durante el año 2002.

El sistema Skybridge

Mayor duración esta teniendo el sistema Skybridge, propuesto por Alcatel con apoyos por parte europea. Skybridge se quiere concentrar en el mercado de la "última milla", utilizando para el resto de las comunicaciones cables de fibra

óptica convencionales. Por tanto no plantea, como hacía inicialmente Teledesic, una política agresiva ante los operadores, sino más bien de colaboración. Sin embargo, hasta la fecha no parece haber tenido demasiado éxito. Una de las dificultades adicionales de Skybridge es la propuesta de utilizar la banda Ku (actualmente en uso por los satélites GEO de difusión de TV) por sus mejores características de propagación. Esto complica la asignación de frecuencias y obliga al "apagado" del satélite cuando atraviesa la franja geoestacionaria en el cielo. Aún así hay otras cinco propuestas similares a Skybridge: los sistemas NGSO FSS de Boeing, Hughes Link y Hughes Net, un sistema complementario para Teledesic y el sistema Virgo, propuesto por Ellipso.

Finalmente, hay una serie de propuestas para utilizar bandas muy elevadas (banda V para el enlace ascendente, 50 GHz, o banda Q para el enlace descendente, 40 GHz). Se han realizado 14 peticiones, casi todas ellas relacionadas con el suministro de acceso a Internet con altos anchos de banda. Sin embargo, las posibilidades de uso de estas bandas no parecen demasiado atractivas, tanto por los problemas tecnológicos como por los relacionados con la atenuación por la lluvia que, en estas frecuencias, es muy elevada.

8.4.11 Propuestas alternativas

Además de las soluciones por satélite, se han propuesto un conjunto de soluciones imaginativas para lograr aumentar la cobertura de los sistemas de radio. Todas tienen en común la utilización de plataformas elevadas con el fin de mejorar la cobertura.

En muchos casos, las propuestas incluyen sistemas completos y son más bien soluciones de despliegue para sistemas tipo LMDS, es decir, sistemas de comunicaciones vía radio para usuarios fijos.

El sistema Skystation

La propuesta de Skystation es utilizar globos dirigibles no tripulados a gran altura (21.000 metros) con una carga útil de 1.000 kg, haciendo uso de la banda de 47 GHz, para proporcionar servicios de elevada tasa binaria (2 Mbit/s, con enlaces tipo E1 o T1) a usuarios residenciales.

Otra alternativa, también considerada por Skystation, es utilizar terminales convencionales WCDMA. En la **Tabla 8-16** se recogen las principales características técnicas del sistema.

Tabla 8-16.

Principales características del sistema Skystation

INFRAESTRUCTURA TÍPICA	
Altitud	20-21 km
Área de cobertura	1.000 km diámetro
Número de haces restringidos por plataforma	1.000
Capacidad	1,77 Gbit/s por 10 MHz
Frecuencias	1885-1980 MHz, 2010-2025 MHz, y 2110-2170 MHz en Región 1/3, y 1885-1980 MHz y 2110-2160 MHz en Región 2.
Modulación	QPSK
Data rate	8,0 kbit/s para voz; 384 kbit/s - 2 Mbit/s para datos
Potencia	25mW
Unidad de abonado	Estándar WCDMA /CDMA2000

Los sistemas de planeadores

Últimamente, aparecen cada vez más proyectos en los que el problema de proporcionar cobertura se resuelve por medio de soluciones basadas en el empleo de aviones de muy bajo peso alimentados por energía solar.

Una de las propuestas que tiene mejores valedores es la propuesta Helios (ver la **Figura 8-36**), precedida por los sistemas Pathfinder y Centurion (propuesta de NASA ERAST). El objetivo de estos proyectos es desarrollar aviones con capacidad de almacenamiento de energía solar para sus motores de muy bajo consumo. Los aviones volarían a 15 o 20 km de altitud, por encima de las zonas de vuelo comerciales, y desde ellos se podría iluminar una zona de 500 km de diámetro. El verdadero problema de estos proyectos es el desarrollo de las células de almacenamiento de energía.

Los sistemas tienen una carga útil del orden de 100 kg y pueden utilizarse como base (quizá no tripulada) para comunicaciones.

Otro proyecto similar es Heliplat, propuesta del Politécnico de Turín, consistente en una plataforma alimentada por energía solar con una carga útil de 100 kg y una potencia de 100 vatios.

El sistema se asemeja a un avión ligero (casi un planeador) alimentado con energía solar. Su gran ventaja es que con un número muy reducido de estas plataformas pueden cubrirse zonas muy amplias a bajo coste.

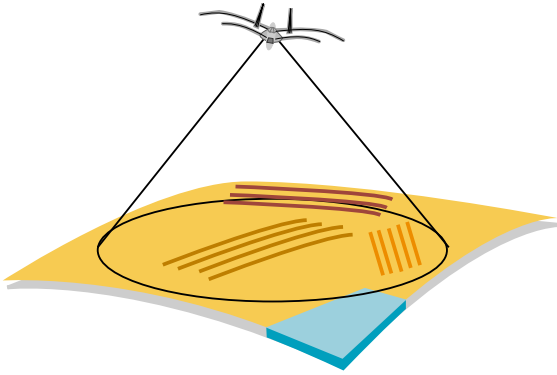
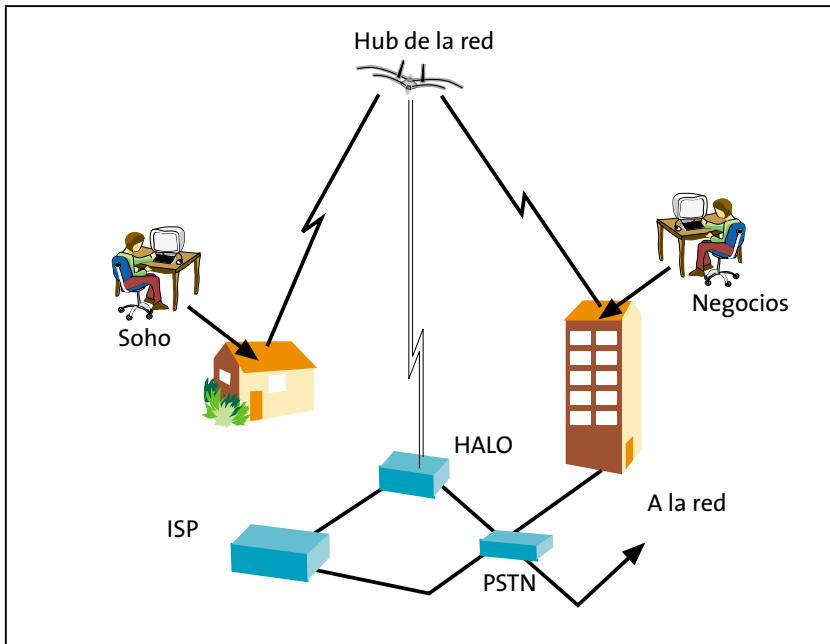


Figura 8-36.
Sistemas de aviones de
baja órbita.
Sistema Helios



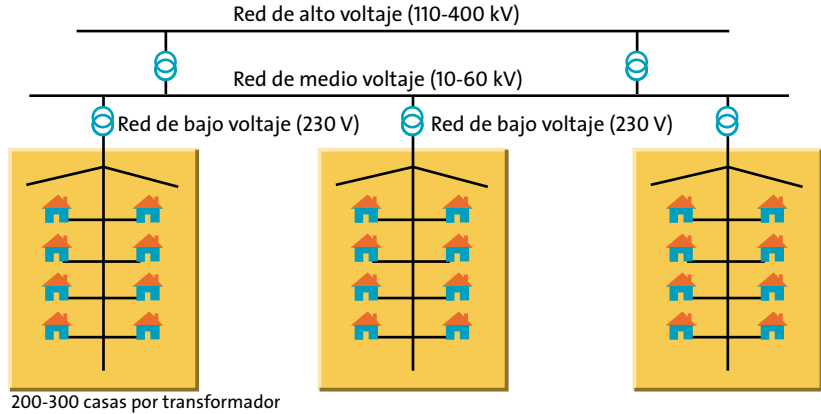
8.5 EL ACCESO POR RED ELÉCTRICA

Las líneas eléctricas son las redes con mayor capilaridad que existen, ya que llegan a cada enchufe de cada hogar. Esto permite que la tecnología PLC (*Power Line Communications*) pueda aplicarse tanto en la red pública como en el interior de los hogares.

La estructura de la red eléctrica se divide en tres niveles a modo de estructura arbórea, en la que el medio es compartido por un elevado número de usuarios (ver la **Figura 8-37**).

Las comunicaciones a través de líneas eléctricas requieren de módems especiales en las dependencias de los usuarios, y de concentradores en las estaciones transformadoras de baja tensión, donde se realiza la conexión a los prove-

Figura 8-37.
Estructura de 3 capas

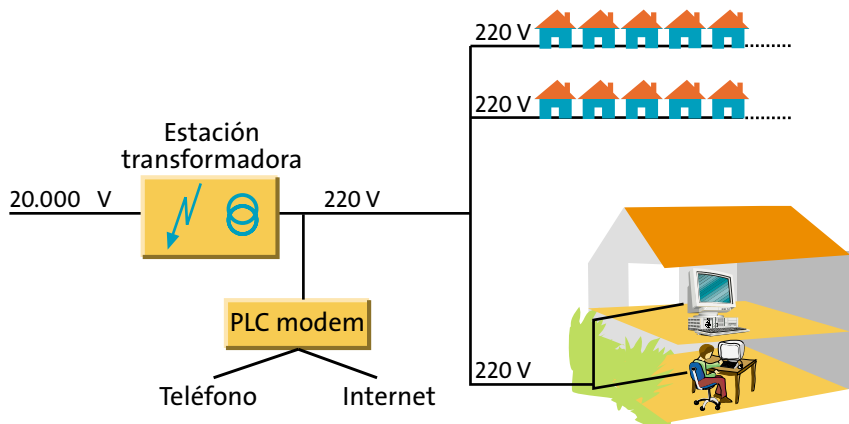


edores de telecomunicaciones. Los equipos de transmisión por línea eléctrica permiten combinar la corriente eléctrica con señales de altas frecuencias que transportan voz y datos.

Desde un principio, la dificultad más importante para la tecnología PLC era la capacidad de transmisión de las redes de baja tensión: unos 2 Mbit/s como máximo. Sin embargo, en los últimos tres años se han hecho numerosos adelantos en las técnicas de modulación que han permitido que actualmente se estén consiguiendo capacidades de transmisión muy aceptables, con máximos entre 10 y 12 Mbit/s (fabricantes como Intellon o DS2 aseguran disponer de sistemas capaces de transmitir a 14 Mbit/s y 45 Mbit/s respectivamente).

En la **Figura 8-38** se muestra cómo se realiza la transmisión de datos sobre la red de bajo voltaje. La señal de datos es inyectada en la estación del transformador y es recibida por todos los usuarios conectados al mismo. La estación base destino será la encargada de procesar los datos. El alcance de la transmisión es de 300 ó 500 metros, haciéndose necesaria la utilización de repetidores para distancias mayores.

Figura 8-38.
Red de distribución



Una característica muy importante de la tecnología PLC es que todos los domicilios conectados al concentrador comparten el mismo canal de comunicaciones, es decir, el ancho de banda es compartido.

En la **Tabla 8-17** se muestra el número medio de usuarios que comparten un mismo transformador.

Europa	200 - 300
EE.UU.	5 - 20
China	200 - 300
Japón	5 - 10

Tabla 8-17.
Número de clientes por transformador

Las comunicaciones PLC en el interior de los hogares

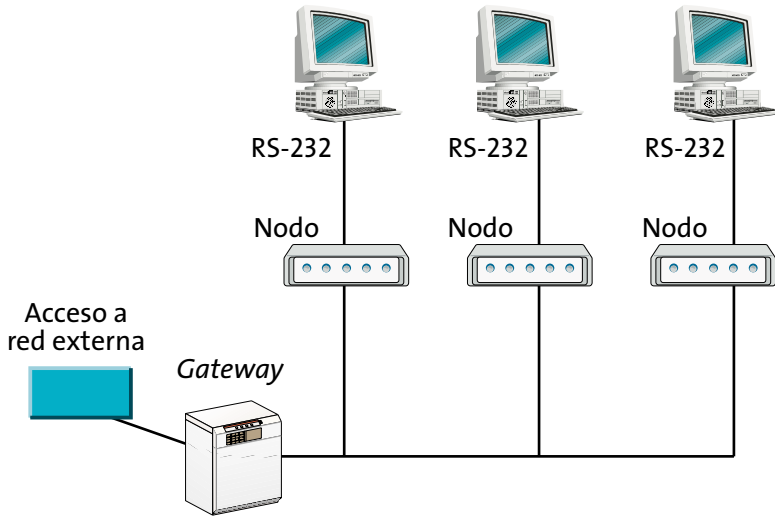
Una de las aplicaciones más interesantes de la tecnología PLC es su utilización en el interior de los hogares convirtiendo las líneas de baja tensión en el soporte de una red de área local a la que se podrían conectar diversos equipos domésticos.

Al utilizar las líneas de baja tensión sería posible construir una red doméstica sin necesidad de instalar nuevos cables, reduciendo así los costes y evitando molestias a los usuarios. Los fabricantes del sector proponen una solución "maestro-esclavo" para implementar la red doméstica. Esta estructura consiste en una serie de equipos "esclavos", tantos como se quieran enchufar, que se conectan a un módem especial (home gateway) que está situado en el interior del hogar y actúa como "maestro" (ver la **Figura 8-39**). Para tener acceso al medio físico común, en este caso a la red doméstica de baja tensión, los equipos "esclavos" deben recibir una autorización por parte del equipo "maestro".

Los "esclavos" adaptan la señal procedente de diversos equipos (PCs, impresoras, teléfonos, webcams, dispositivos de telemetría, etc.) a las condiciones de la red de baja tensión, por lo que deben disponer de una amplia variedad de interfaces (10BT, RS-232, POTS, USB, etc.).

Figura 8-39.

Diagrama de red doméstica PLC



Los estándares PLC

Existen diversos estándares para comunicaciones PLC a baja velocidad, como EIB, EHS o Batibus en Europa, y Cetibus en EE.UU. Sin embargo, para velocidades medias y altas aún no se ha definido ningún estándar común, aunque en todo el mundo ya hay unas 40 compañías trabajando en su desarrollo. Organizaciones internacionales como PLCForum (www.plcforum.org) o HomePlug Alliance (www.homeplug.com) tratan de conseguir un sistema común para todas.

Los estándares europeos existentes para tecnología PLC (CENELEC EN-50065-1: 1999) han establecido límites muy bajos en la potencia de transmisión y en la frecuencia para comunicaciones a través de las redes eléctricas. Niveles de transmisión de 1,2 voltios y frecuencias de 148,5 kHz son los más altos permitidos, con el fin de asegurar la compatibilidad electromagnética (efectos de la comunicación a través de powerline sobre el resto de terminales de la red). No obstante, operadores y fabricantes han combinado esfuerzos en el PLCForum y la HomePlug Alliance para acelerar el proceso de regulación y, al menos, aumentar las frecuencias al rango de megahertzios. Frecuencias más altas, además de reducir las interferencias, permitirían alcanzar tasas de transmisión más elevadas.

En junio de 2000, la HomePlug Alliance eligió la tecnología OFDM del fabricante norteamericano Intellon como base para crear el primer estándar PLC, que define una capacidad compartida de 14 Mbit/s. Sin embargo, actualmente tan sólo sería válido en EE.UU., ya que utiliza portadoras con frecuencias comprendidas entre los 1,7 y los 30 MHz, que, de momento, no están permitidas en Europa y Asia/Pacífico.

8.5.1 Modulaciones y codificación de canal

La red eléctrica de baja tensión se caracteriza por presentar una impedancia variable con el tiempo y la frecuencia, así como niveles variables de interferencia electromagnética y ruido. Además, los cables, al no estar trenzados, emiten una radiación elevada que puede interferir con las emisiones de radio. Entre los equipos domésticos que más interferencias introducen a la señal se encuentran los monitores, los calentadores de inducción, las estaciones de radio o las fuentes de alimentación. La interacción de estos dispositivos eléctricos supone un problema importante debido a que las frecuencias y el nivel de ruido de la red cargada son prácticamente del mismo rango que los de la señal a transmitir.

En los últimos años se han realizado importantes progresos en las técnicas de modulación, codificación de canal y corrección de errores para solventar los problemas derivados de la transmisión por red eléctrica.

La primera generación de módems PLC utilizaban modulación FSK. Sin embargo, las tasas de bit obtenidas mediante esta modulación eran muy bajas (unos 25 kbit/s) por lo que se optó por otros tipos de modulación que adaptasen la carga a las condiciones cambiantes del medio. En la actualidad, la técnica de modulación más extendida en PLC es la OFDM (*Orthogonal Frequency Multiplex Modulation*) que distribuye la información en portadoras adyacentes que son enviadas simultáneamente. En OFDM se emite de forma periódica una "secuencia de entrenamiento" para medir el grado de atenuación que existe en cada portadora. Con los datos obtenidos a partir de la "secuencia de entrenamiento" se configura una etapa de equalización que adapta la tasa de bit de cada portadora a las condiciones del medio. Por otro lado las frecuencias de portadoras susceptibles de provocar interferencias no son utilizadas para la transmisión de datos.

Otras modulaciones utilizadas con el objetivo de obtener tanto alta eficiencia espectral como baja tasa de error de bit son $\pi/4 - DQPSK$ y *GMSK*. La primera es una variante de QPSK que incluye la codificación diferencial de los datos y un filtrado de conformación de pulso de tipo coseno alzado que reduce el ancho de banda ocupado por la señal, evitando que la interferencia entre símbolos sea elevada. *GMSK* resulta de manipular espectralmente *MSK*, conservando la característica de envolvente constante. La manipulación consiste en aplicar un prefiltrado *gaussiano*, que reduce los lóbulos secundarios y por tanto limita el ancho espectral ocupado en la transmisión.

Además de técnicas especiales de modulación también se utilizan técnicas de recuperación de errores (FEC), las cuales introducen una redundancia en la transmisión de entorno a un 25 por ciento.

8.5.2 Situación del negocio de PLC

En este momento las perspectivas de las comunicaciones que utilizan la línea eléctrica no están totalmente clarificadas. Así, algunos fabricantes como Sie-

mens o Nortel, que en un principio apostaron por la tecnología PLC, finalmente abandonaron su actividad en este sector. Sin embargo, otras compañías como Ascom, Enikia, Intellon, M@in.net o DS2, han continuado trabajando en esta tecnología y han conseguido importantes avances (velocidades máximas de hasta 14 Mbit/s o 45 Mbit/s) gracias especialmente a la utilización de modulación digital OFDM.

Uno de los principales problemas es la falta de un estándar común. La HomePlug Alliance ya ha generado el primer estándar *powerline*. Sin embargo, sólo es aplicable en EE.UU. Mientras que allí las portadoras *powerline* pueden tener frecuencias de hasta 30 MHz, que permiten alcanzar velocidades de varios Mbit/s, en Europa la frecuencia máxima normalizada es de 148,5 kHz, lo que limita la velocidad máxima a unos 155 kbit/s. Sin embargo, aquí cada país puede generar nuevas normas al respecto. Así, por ejemplo, en Alemania se ha aprobado una nueva norma denominada NB30 que permite alcanzar velocidades de varios Mbit/s. En España, siguiendo sus especificaciones, se ha conseguido transmitir a 12 Mbit/s.

La compañía alemana RWE se ha basado en la norma NB30 para ofrecer el primer servicio PLC comercial. A lo largo de todo el mundo otras compañías, como las españolas Endesa, Iberdrola y Unión Fenosa, han desplegado prototipos de red para evaluar las prestaciones de esta tecnología en sus redes, por lo que se espera que en un futuro próximo entren en el mercado de acceso de "banda ancha" a través de sus redes de baja tensión.

En resumen, no hay que descartar que la tecnología PLC pueda ser un competidor en aquellas zonas donde presente condiciones óptimas, que son:

- Redes en buen estado.
- Distancias cortas entre los usuarios y el transformador.
- Número no muy alto de usuarios que comparten el enlace.
- Red de transporte de calidad que concentre el tráfico procedente de los transformadores.
- Prestación de telefonía *powerline* además del acceso a Internet.
- Marco regulativo no muy restrictivo.

Las dificultades, ya reseñadas, son esencialmente las siguientes:

- La capacidad es compartida. Así, por ejemplo, en Europa cada transformador es compartido por entre 200 y 300 usuarios.
- Aún no existe un estándar común; de momento, la norma europea vigente es muy restrictiva y tan sólo permite velocidades de 155 kbit/s, si bien cada país puede legislar de forma independiente.
- Aunque la modulación OFDM aumenta en gran medida la eficiencia de la transmisión, en algunas zonas, sobre todo en instalaciones antiguas, las tasas de bit pueden ser muy bajas debido al mal estado de la red eléctrica de baja tensión.

- En aquellos casos en los que los transformadores se encuentren a más de 300 metros habrá que instalar repetidores, con los costes de gestión y mantenimiento que ello conlleva.

Los módems PLC se fabrican en menor escala que los xDSL, por lo que es previsible que su coste sea mayor. Sin embargo, los fabricantes aseguran que sus costes son equivalentes.

PLC, como tecnología de acceso, podría tener una mayor penetración en países como Brasil, Rusia, China o India, donde el número de hogares con tendido eléctrico es mucho mayor que el de los hogares que disponen de una línea telefónica. Sin embargo, hay que tener en cuenta que en estos países la red eléctrica puede no presentar las condiciones adecuadas para el servicio PLC, así por ejemplo, en Brasil la distancia entre los usuarios y los transformadores puede ser de hasta varios kilómetros. Pero si tenemos en cuenta que el servicio con mayor penetración en los países en vías de desarrollo es la telefonía, la tecnología PLC podría tener éxito si fuera capaz de proporcionar al menos 16 kbit/s por usuario, a pesar del estado de la red eléctrica.

El ámbito en el que la tecnología PLC parece tener un futuro más prometedor es como soporte para redes *indoor*. Los módems de línea eléctrica con capacidades de 10 Mbit/s permitirían disponer de redes de área local Ethernet sin necesidad de instalar cableado nuevo. En el interior del hogar, powerline facilitaría el desarrollo de la llamada "vivienda inteligente", ya que cualquier dispositivo doméstico (PCs, teléfonos, cámaras, calefacción, contadores de agua, gas y electricidad, etc.) se podría conectar a la red a través de un módem powerline.

En definitiva, la utilización de la línea eléctrica como tecnología de acceso puede ser especialmente atractiva en países en vías de desarrollo, sobre todo si se demuestra su capacidad para soportar servicios telefónicos sobre redes eléctricas en malas condiciones. Por otro lado, en países desarrollados puede resultar una alternativa de acceso en aquellas zonas que presenten condiciones óptimas. Sin embargo, la aplicación más prometedora para PLC parece ser el soporte de redes interiores, siempre y cuando el precio de los módems no sea demasiado alto.

9

El acceso radio celular. Las comunicaciones móviles

El concepto de comunicación celular aparece como generalización del acceso radio. En este caso, el punto de acceso a la red ya no es fijo, como ocurre en los sistemas Wireless Local Loop (WLL), como, por ejemplo, el sistema Local Multipoint Distribution Services (LMDS), sino que varía en función de la posición que ocupe el usuario del sistema. Ello se logra utilizando una red de transmisores y receptores (denominados estaciones de base) que forman una estructura que cubre toda la zona o territorio donde se presta servicio. Esta estructura se denomina celular por estar compuesta por distintas células o celdas.

La estructura celular implica que deben existir unos mecanismos que permitan:

- *La localización concreta del lugar en que se encuentra el usuario dentro del sistema. Este mecanismo se denomina paging.*
- *El mantenimiento de las comunicaciones, es decir, que éstas se conserven sin desconexión cuando el usuario se mueve de un punto a otro, de una celda a otra o, en general, dentro de la cobertura de una estación a la de otra. Este mecanismo se denomina handover o traspaso.*

En definitiva, los requerimientos técnicos han impuesto unas tecnologías diferentes de las de la red fija (tanto en transmisión como en conmutación) y, además, el negocio tiene unas características especiales, hasta tal extremo que, en muchos países se han establecido nuevos operadores, distintos de los de las comunicaciones fijas, especializados en el negocio de las comunicaciones móviles.

9.1 EL NEGOCIO DE LAS COMUNICACIONES MÓVILES

Hay dos aspectos que hacen que el negocio de las comunicaciones móviles sea notablemente diferente del fijo:

1. No existe una conexión permanente entre los usuarios o clientes y el operador, sino que éstos se desplazan por las células del sistema utilizando los recursos de red a medida que los necesitan. Estos recursos pueden compartirse con otros usuarios cuando los primeros han dejado de utilizarlos, además esta posibilidad permite trabajar con costes variables más fácilmente que con la red fija, la cual exige destinar un conjunto de recursos de forma definitiva a un cliente, ya se utilice mucho o poco el servicio. El negocio orientado a los costes variables hace que sea muy atractivo, especialmente para aquellos nuevos entrantes que no dispongan de infraestructura.
2. La competencia resulta más fácil, ya que al no tener que realizar infraestructuras específicas para cada posible cliente, éstos pueden cambiar muy fácilmente de operador (churning). El resultado es un negocio más flexible, con una intervención baja del regulador, y en el que los esfuerzos en marketing, calidad, etc., se reconocen con más facilidad que en un mercado como el fijo, en el que la distorsión producida por la historia pasada, el efecto del regulador, etc., pueden ser determinantes.

El negocio de las comunicaciones celulares (ver la **Figura 9-1**) ha sido uno de los que han presentado un crecimiento más elevado, junto con una importante creación de empleo. Las comunicaciones móviles celulares, por tanto, representan cada vez más una importante parte del total de las telecomunicaciones (ver la **Figura 9-2**).

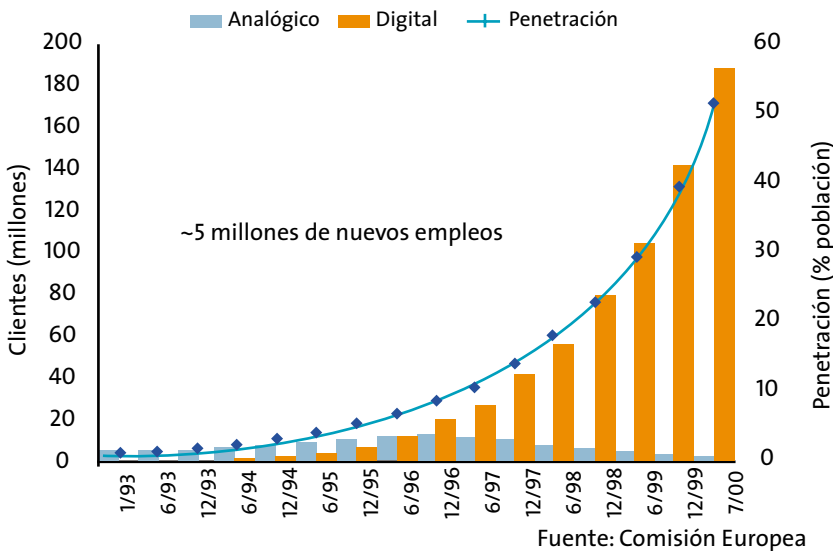
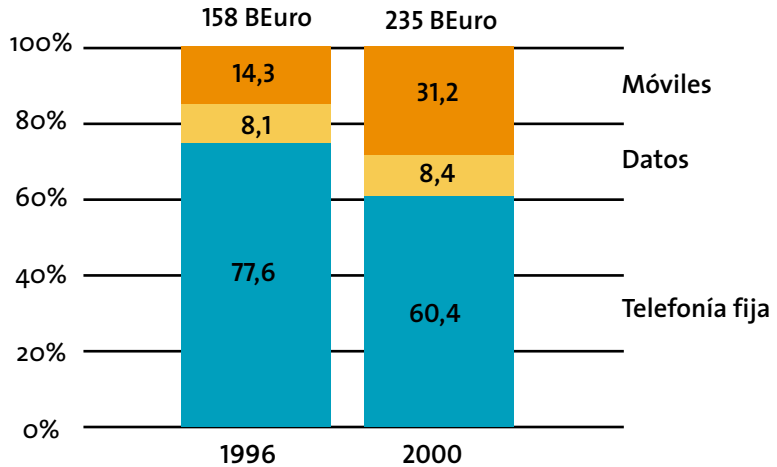


Figura 9-1.
Crecimiento de las comunicaciones móviles en Europa

Figura 9-2.

Distinta proporción de la participación de las telecomunicaciones móviles en el negocio global



Fuente: Comisión Europea

Si bien estas gráficas, y otras similares, se han convertido en referencia obligada al hablar de comunicaciones móviles, el negocio está dando muestras de cierta saturación. Los nuevos clientes pertenecen a capas sociales con menor poder adquisitivo y su consumo es notablemente inferior al de los primeros. Además se decantan hacia servicios, como los mensajes cortos, *Short Messages Services* (SMS), que son de muy bajo coste (si bien de alto beneficio para la operadora, ya que consumen pocos recursos de red). Estas tendencias hacen aconsejable dirigir el desarrollo de las comunicaciones móviles celulares de forma que se pueda lograr rentabilidad, incluso con una utilización muy baja, y de forma que los nuevos servicios puedan ofrecer soluciones de muy bajo coste.

Al mismo tiempo, el mercado de las aplicaciones empresariales requiere nuevas soluciones, en este caso de mayor calidad, para que puedan ser los iniciadores de nuevas posibilidades de negocio.

Por tanto, y tal como se describe a continuación, es interesante analizar la evolución de las comunicaciones móviles de forma histórica para observar como se van perfilando estas soluciones de negocio, así como realizar también el análisis de la red de acuerdo con las tecnologías disponibles.

9.2 LA EVOLUCION DE LOS SISTEMAS

9.2.1 Los primeros sistemas

Los primeros sistemas de comunicaciones celulares, basados en tecnologías analógicas, estaban especializados en el transporte de voz en modo circuito. Estos sistemas todavía tienen un cierto mercado, sobre todo las versiones más modernas (los sistemas tipo AMPS/TACS y el sistema NMT-450/900), si bien, precisamente por su mala adaptación a los datos y, sobre todo, por su mayor

coste de fabricación y explotación, su mercado está reduciéndose, migrando los usuarios a los nuevos sistemas digitales.

Además de la voz, estos sistemas permiten la transmisión de datos empleando modems analógicos convencionales. Sin embargo, la transmisión de datos tiene dificultades, debido a la existencia de señales en los bordes de la banda de transmisión, como el tono de supervisión, así como los microcortes que pueden producirse en el mecanismo de traspaso (*handover*) entre células. Además, debido a la transmisión analógica, tienen una capacidad relativamente reducida, siendo muy difícil superar tasas de bit superiores a 4.800 bit/s, o incluso a 1.200 bit/s.

Más importante todavía es el alto coste que suponen los sistemas de una sola portadora por usuario, en los que cada elemento de la cadena de transmisión-recepción es específico para cada usuario del servicio en cada instante. Esto implica unos costes marginales significativos si se produce aumento de tráfico, al tener que incrementarse el número de canales.

En definitiva, actualmente estos sistemas sólo son útiles en zonas rurales, en las que la mayor cobertura que normalmente proporciona la modulación de un solo usuario por portadora compensa los mayores costes marginales. Los costes de fabricación decrecientes para los sistemas de segunda generación (los sistemas 2G), que se comentan a continuación, y la demanda creciente, incluso en zonas rurales de servicios tipo SMS y datos, hacen más aconsejable reutilizar el espectro que emplean los sistemas analógicos para los sistemas 2G.

9.2.2 La segunda generación

El desarrollo de un sistema digital, con capacidad de transporte digital de voz y datos para comunicaciones móviles, comenzó a mediados de los años 80 con la creación del *Global System for Mobile Communications* (GSM). El sistema GSM debe su éxito tanto a motivos tecnológicos como de mercado y organización.

Entre los motivos de tipo tecnológico, GSM es el primer sistema que incorpora los conceptos de separación entre capas de transporte y control. Además, al tratarse de un sistema digital, se pueden incorporar todas las tecnologías de muy alta capacidad de integración, *Very Large-Scale Integration* (VLSI), en su fabricación, dando como resultado un sistema mucho más repetible y barato, con ajustes mínimos.

Pero no ha sido sólo la tecnología la causante de este desarrollo. Hay otros elementos esenciales que han provocado esta transformación, como son:

- La existencia de una serie de normas -primero europeas y luego internacionales- que han permitido el desarrollo de los mercados.
- La nueva forma de organizar el mercado, a través de la competencia y el esfuerzo de marketing.

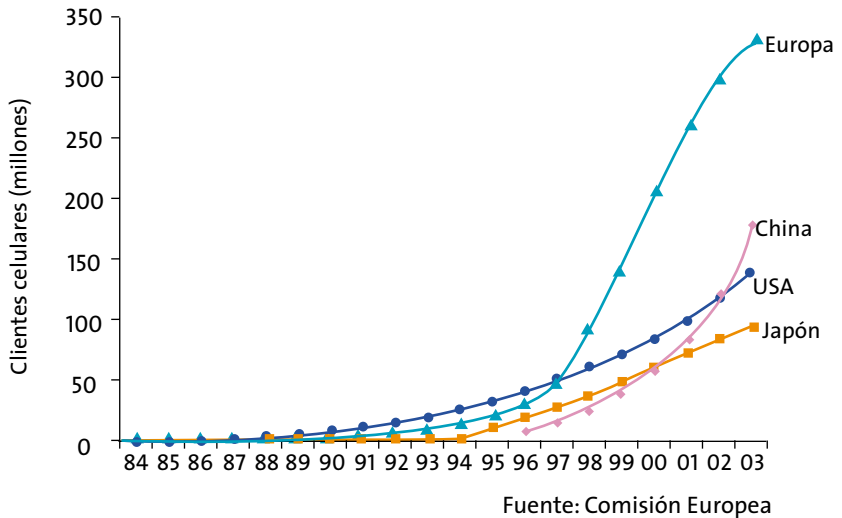
Las normas

Gran parte del éxito del sistema GSM se debe a la elaboración a partir del año 1982, primero por parte de la *Conférence Européenne des Postes et Télécommunications* (CEPT) y luego a través del *European Standards Telecommunications Institute* (ETSI), de un conjunto de normas comunes a todos los países europeos, que permitieron compartir los gastos de investigación y desarrollo del sistema y de los equipos. Con ello se amplió el mercado, posibilitando las economías de escala, siendo este camino de consenso fundamental para el éxito de la 2G.

A continuación (ver la **Figura 9-3**) se compara el diferente grado de éxito de las tres economías mundiales. La solución europea, caracterizada por normas y competencia, supera a la americana, con solo competencia, y a la japonesa, con un solo estándar propietario). Como referencia para considerar las penetraciones, se recuerda que Europa tiene unos 370 millones de habitantes, frente a unos 260 en EE.UU y 125 millones en Japón.

Figura 9-3.

Crecimiento del número de clientes de móviles en las tres economías mundiales



La competencia

Junto con las normas, la competencia es otro de los elementos clave para la transformación del negocio. Para los operadores existentes, la necesidad de considerar la competencia ha sido un elemento que ha ayudado a dinamizar y mejorar la gestión del negocio. Asimismo, para los nuevos entrantes, la necesidad de atraer clientela, hasta entonces más o menos cautiva del operador dominante, ha dado como resultado un mercado muy activo.

Quizá una de las innovaciones más importantes, en concreto para la captación de clientes, ha sido la tarjeta prepago. Este sistema ha popularizado las

comunicaciones móviles, al facilitar a los indecisos la entrada a este tipo de comunicaciones. En definitiva se trata de un cambio de paradigma: las comunicaciones no son el objeto de un contrato, sino algo que se puede comprar en cualquier lugar.

Además, el terminal móvil –elemento integrante de la oferta, y factor decisivo para el cliente – se convierte en un objeto personal que "centraliza" la interacción con el exterior. Ya han comenzado a comercializarse los primeros terminales con posibilidad de ser utilizados en transacciones de compra. Esto permite a los operadores no solo aumentar el tráfico, sino entrar en nuevos negocios, en este caso el financiero.

Gracias, por tanto, a los avances tecnológicos, a las normas y a la competencia, la demanda de los usuarios de los sistemas de 2G ha crecido de forma incluso inesperada para sus proponentes.

9.2.3 El aumento de la capacidad del sistema

El incremento del tráfico de los sistemas de 2G, junto a su propio éxito de imagen y de modelo de negocio, hizo pensar en como mejorar las prestaciones de estos sistemas.

Hay una serie de aspectos que conviene considerar:

- La eficiencia espectral
- Los servicios de datos
- La capacidad
- La cobertura.

La mejora de la eficiencia espectral

El aumento en el número de usuarios trae como resultado un aumento del tráfico. En principio, el tráfico se puede absorber colocando más transceptores –más "portadoras"– en las estaciones de base. Sin embargo, llega un momento en que esto no es posible, ya que cada portadora debe utilizar una frecuencia diferente y el espectro total destinado a las comunicaciones móviles es limitado. Debido a ello, incluso considerando los nuevos procedimientos de asignación, el aumento de los transceptores puede ser uno de los elementos más caros del total.

La forma de mejorar la capacidad es colocar más estaciones de base y con potencias más bajas, de forma que puedan reutilizarse las frecuencias a distancias menores. Este proceso es muy caro, pues exige nuevas ubicaciones con sus correspondientes licencias, arrendamientos, tomas de energía, equipos, etc. Por tanto, se debe lograr que el sistema tenga un mayor número de usuarios por MHz, es decir, que mejore su eficiencia espectral.

El sistema GSM supuso una revolución respecto de los sistemas analógicos al introducir las técnicas digitales. La digitalización permitió, además de

reducir los costes de fabricación, mejorar el número de comunicaciones que podían cursarse en un ancho de banda dado, ya que los sistemas digitales permiten utilizar relaciones portadora/interferencia mucho más bajas que los analógicos (desde unos 18 dB en los sistemas analógicos hasta valores cercanos a 9 dB en GSM). Ello permite que las operadoras puedan reutilizar las portadoras más frecuentemente, con lo que el número de comunicaciones, para un espectro disponible dado, crece considerablemente.

Aun así, se han propuesto, y se utilizan actualmente, algunas técnicas para aumentar todavía más la eficiencia espectral, como son:

- La utilización del control de potencia en el enlace descendente. El sistema GSM tiene normalmente control de potencia en el enlace ascendente. Si adicionalmente se incluye este control de potencia en el enlace descendente, se puede reducir algo la interferencia de este enlace. Así la eficiencia espectral mejora, especialmente si las estaciones de base colocadas inicialmente no estaban ubicadas en los lugares más adecuados.
- El empleo del salto de frecuencias, *Slow Frequency Hopping* (SFH). La utilización del SFH es una de las soluciones más eficaces para aumentar la capacidad del sistema GSM. De hecho, el SFH es una forma de *Code División Múltiple Access* (CDMA, acceso múltiple por división de código) que se utiliza en GSM. El SFH, consiste en que la comunicación no se realiza siempre en la misma frecuencia, sino que ésta varía de unas ráfagas a otras. Este salto continuo tiene la ventaja de que, si por cualquier circunstancia, una frecuencia estuviera interferida, se podría compensar la información que se envía por ella por la transmitida en otras frecuencias. Además, si se combina con la funcionalidad de transmisión discontinua en las pausas de la voz, (*Discontinuous Transmisión, DTX*), el SFH permite realizar una planificación para el caso medio, en lugar de para el caso peor. Todas estas técnicas, especialmente si el SFH se realiza en radio frecuencia (con lo que la separación entre los canales de salto es más elevada) permiten, en ciertos casos, un patrón de reutilización para GSM del tipo 1/3. Es decir, no es necesario realizar la planificación, puesto que las frecuencias de cada estación de base de tres sectores pueden repetirse de forma indefinida.
- El uso de estructuras jerárquicas de frecuencias, que es otra solución utilizada en el sistema GSM para aumentar la eficiencia. La idea consiste en utilizar un conjunto de frecuencias reservadas para proporcionar cobertura en diferentes capas jerárquicas; por ejemplo, dedicar una capa de microcélulas a las zonas de alto tráfico. Las estaciones destinadas a dar cobertura a estos lugares pueden utilizar SFH y están a menor altura, por lo que tienen menor alcance y producen menos interferencias.

- La utilización del *codec Adaptive MultiRate Codec* (AMR). Es una técnica que mejora, sino la eficiencia espectral, sí las prestaciones de GSM, y con ella la velocidad a la que se codifican los bits de voz varía en función de las condiciones del canal. Si el canal es muy bueno, se introduce poca redundancia y la calidad de la señal recibida (voz) permite reproducir la voz con muy buena fidelidad. En aquellos canales en los que bien por la distancia o bien por las interferencias el enlace estuviera degradado, este tipo de codec, permite introducir protección adicional. De esta forma el enlace no se interrumpe con facilidad, evitando la sensación incómoda de perder la comunicación.

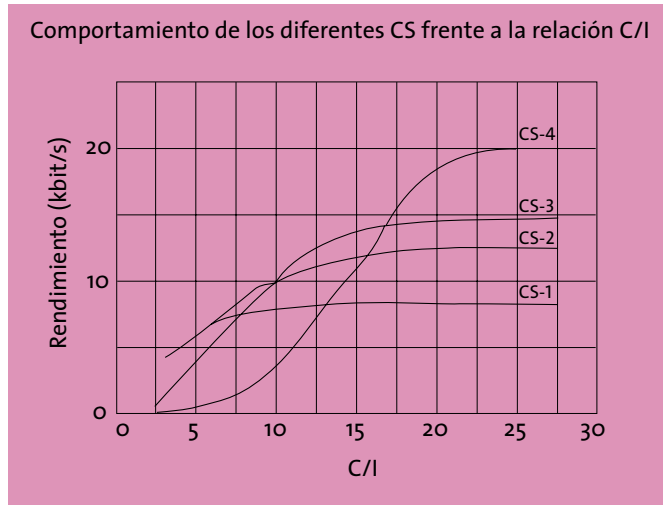
Los servicios de datos

Uno de los motores del desarrollo antes mencionado para los sistemas de 2G es la posibilidad de proporcionar servicios de datos. Una de sus versiones más populares es el *Short Message Service* (SMS), servicio de mensajes cortos, que permite enviar hasta 160 caracteres (93 en modo *broadcast* de célula). El sistema también permite utilizar los canales, en modo circuito, para la transmisión de datos con velocidades de hasta 22 kbit/s –sin corrección de errores– y, de forma más controlada, 9 600 bit/s. Sin embargo, estas opciones en modo circuito tienen poca utilización, debido a su poca adecuación a la forma de transmisión de la información digital IP. Esa fue la causa de la escasa utilización de la opción *High Speed Circuit Switch Data* (HSCSD), pensada originalmente para la transmisión de grandes volúmenes de datos sobre los canales modo circuito– convencionales.

Por tal motivo se han estandarizado una serie de opciones adicionales como el *General Packet Radio Service* (GPRS), el cual utiliza, esencialmente, la misma interfaz aérea que el GSM convencional, pero incluye una nueva capa de acceso al medio, *Medium Access Control* (MAC), y una nueva capa de control de radio, *Radio Link Control* (RLC), con lo que la transmisión de la información se puede realizar a distintas velocidades, dependiendo del tipo de codificación y del número de canales que se utilicen. El GPRS puede llegar a 171 kbit/s si se utilizan las 8 ranuras temporales del sistema (ver la **Tabla 9-1**). Además, la velocidad es adaptativa, de forma que puede optimizarse, dependiendo de las características del canal (ver la **Figura 9-4**). Sobre todo, el GPRS incorpora la comunicación en modo paquete. Esto es, los usuarios solo utilizan el canal según sus necesidades y, en todo caso, están permanente conectados *always on*, con lo que no es necesario establecer la comunicación para cada nueva llamada.

Figura 9-4.

Características técnicas del GPRS

**Tabla 9-1.**

Codificación GPRS

ESQUEMA	TASA CODIF.	INFO	BCS	USF	BITS COLA	BITS CODIF	BITS PUNCT	TASA BINARIA (kbit/s)
CS-1	1/2	181	40	3	4	456	0	9,05
CS-2	2/3	268	16	6	4	588	132	13,4
CS-3	3/4	312	16	6	4	676	220	15,6
CS-4	1	428	16	12	0	46	0	21,4

ESQUEMA DE CÓDIGO	BITS CODIF.	BITS PUNCT.	TASA BINARIA (kbit/s)	MÁX TASA BINARIA (kbit/s) MULTISLOT
CS-1	456	0	9,05	72,4
CS-2	588	132	13,4	107,2
CS-3	676	220	15,6	124,8
CS-4	46	0	21,4	171,2

La solución GPRS ha tenido un gran éxito entre los operadores y la práctica totalidad han optado por adecuar sus redes a esta tecnología (de momento no hay un número suficiente de terminales para poder juzgar el éxito por parte de los clientes)

El nuevo estándar *Enhanced Data for GSM Evolution* (EDGE) para GSM permite (a través de una nueva interfaz radio que utiliza la misma canalización de 200 kHz que usa GSM, empleando técnicas de modulación adaptativas) mejorar la capacidad de GSM, especialmente en zonas de alto tráfico. EDGE utiliza una modulación que varía de acuerdo con las condiciones de propagación y de interferencia a las que esté sometido el móvil.

Al contrario de lo que ha ocurrido con GPRS, la mayor parte de los operadores prefieren esperar al desarrollo de la tercera generación. La solución basada en EDGE no ha encontrado en sus inicios demasiado éxito comercial, probablemente debido a que su concepción está bastante limitada por razones de compatibilidad con GSM y, por tanto, la planificación resulta algo complicada. Además exige una modificación completa de la interfaz radio, con lo que las inversiones son mayores que las necesarias para instalar GPRS, que sólo precisa una adaptación del software.

La capacidad

Este aspecto está relacionado con el ya mencionado de la eficiencia espectral, pero también es importante considerar el número de usuarios por portadora. Como se ha comentado, en los sistemas analógicos hay un solo usuario por portadora, este número crece a ocho en el caso del GSM, y como el coste de los transceptores es, básicamente, proporcional al número de portadoras que implementen, es preferible que el número de usuarios por portadora sea alto (salvo en zonas rurales en las que el número de usuarios por estación puede ser muy bajo). Este aspecto no puede modificarse fácilmente en GSM, motivo por el cual en los sistemas 3G se ha preferido dar una capacidad de usuarios por portadora mayor y más flexible.

La cobertura

El problema de la cobertura también está relacionado con el número de usuarios por portadora, pero tiene efectos contrarios a los descritos en el punto anterior. Si el sistema tiene pocos usuarios por portadora, los radios de cobertura que se obtienen son altos, al contrario de lo que ocurre en los sistemas *Time División Múltiple Access* (TDMA) con muchos usuarios. Lo ideal es que la técnica de acceso permita primar la cobertura en zonas rurales y la capacidad en zonas urbanas. Esto puede lograrse, en parte, gracias a las técnicas de CDMA, que se comentan más adelante.

9.3 EL UMTS. LA TERCERA GENERACION

Para responder a los problemas descritos, como el aumento de la capacidad en el transporte de datos y el diseño de una interfaz radio más avanzada, se propuso el desarrollo del sistema *Universal Mobile Telecommunications Systems* (UMTS). En el diseño del UMTS se ha utilizado CDMA que mejora la eficiencia espectral del sistema y su interfaz multimedia.

9.3.1 El CDMA y la mejora de la eficiencia espectral

En julio de 1993 (en operación desde el año 1996) apareció en EEUU un sistema, denominado Qualcomm CDMA (que luego se convertiría en el estándar IS-95), que ofrece un conjunto de soluciones nuevas e interesantes para mejorar la eficiencia espectral.

Las técnicas de CDMA aparecen por primera vez en proyectos americanos clasificados. El principal interés de CDMA reside en que es más eficiente espectralmente. Ello es debido a que CDMA:

- Se aproxima a las condiciones ideales que, según la Teoría de la Información (teoremas de Shannon), permiten optimizar la capacidad de los canales.
- Permite aprovechar las pausas en la comunicación de la voz y los datos, repartiendo potencia en lugar de espectro-tiempo. Bastará, por tanto, limitar la potencia transmitida en estos periodos de pausa para que pueda ser aprovechada por otros usuarios. De esta forma se gana en eficiencia estadística.

El CDMA también presenta algunos inconvenientes. El más importante es la necesidad de utilizar un control de potencia muy preciso y exacto (a menos que se utilice el denominado receptor multiusuario, que en este momento requiere de un nivel de procesado digital excesivo). Esta exigencia de control de potencia puede significar que se debe transmitir una gran cantidad de información de control, reduciendo la capacidad útil disponible. Además, para una transmisión en ráfagas –necesaria cuando se transmiten paquetes tipo IP– será necesario realizar un ajuste de los niveles previamente a la transmisión, con el consiguiente retardo; o bien mantener el enlace operativo, lo que implica que entre el emisor y el receptor debe existir el flujo continuo de información de control de potencia antes mencionado.

Considerando todos los aspectos descritos, y a pesar del problema mencionado, la impresión general es que, tecnológicamente, es más fácil diseñar receptores CDMA con buena eficiencia espectral que TDMA, especialmente en lo que refiere a voz y a aplicaciones de macrocélulas. Esta es la razón por la que la mayor parte de los sistemas 3G incorporan CDMA en su interfaz aérea.

9.3.2 Una interfaz aire multimedia

La mejora del rendimiento espectral no es la única razón para introducir un nuevo estándar. Los estudios de mercado muestran que será necesario introducir servicios de datos de alta velocidad, especialmente cuando se extienda el uso del ADSL. Estos nuevos servicios requieren velocidades que pueden ser de hasta 2 Mbit/s en ciertos entornos.

Por tanto, un buen rendimiento espectral no será suficiente si el sistema no permite la transmisión de los volúmenes de información deseados. En el sistema GSM, la capacidad de cada portadora es de 115,2 kbit/s; utilizando EDGE se obtienen hasta 384 kbit/s. Por otro lado, las posibilidades de los sistemas de 2G, más avanzados en eficiencia espectral, como el IS-95, no permiten que la tasa de información del usuario sea significativamente mayor.

Si el sistema UMTS debe permitir valores de pico de las tasas de usuario cercanos a los 2 Mbit/s (500 kbit/s de forma continua), será preciso que la anchura de banda de la portadora sea superior a esta cantidad en un factor de dos o tres. Esta condición no se cumplía en ninguno de los sistemas actuales, por lo que resulta evidente la necesidad de un sistema nuevo, que al mismo tiempo incorporara las ventajas de la eficiencia espectral antes mencionada.

Para que el nuevo sistema UMTS tenga éxito debe ser capaz de ofrecer un conjunto de aplicaciones que sean realmente atractivas. Como, en todo caso, está claro que se necesita un sistema con mejor eficiencia espectral, para reducir costes en los servicios de voz (que es el auténtico generador de beneficios por el momento y probablemente en un futuro a medio plazo), ha sido planteada una nueva forma de diseñar los servicios, la cual se detalla en los apartados siguientes, abierta al futuro, pero que no determina actualmente cómo serán estos futuros servicios;

9.3.3 La definición abierta de los servicios (OSA)

En el diseño de los servicios del UMTS se han incorporado gran parte de las nuevas tendencias en la definición de servicios adaptados.

Unos de los aspectos más interesantes es la definición del denominado Entorno Personalizado de Servicios (*Personal Service Environment, PSE*). El PSE de un usuario determina el modo en que éste desea percibir e interactuar con los servicios que tiene suscritos. En UMTS, el PSE se materializa por medio del Perfil de Usuario, o conjunto de características asociadas a un usuario concreto.

En cierto modo, ya en GSM, por medio de la tarjeta SIM (*Subscriber Identity Module*), se podía definir un cierto perfil de usuario. Pero en UMTS quiere darse un paso más a través del concepto *Virtual Home Environment* (VHE)

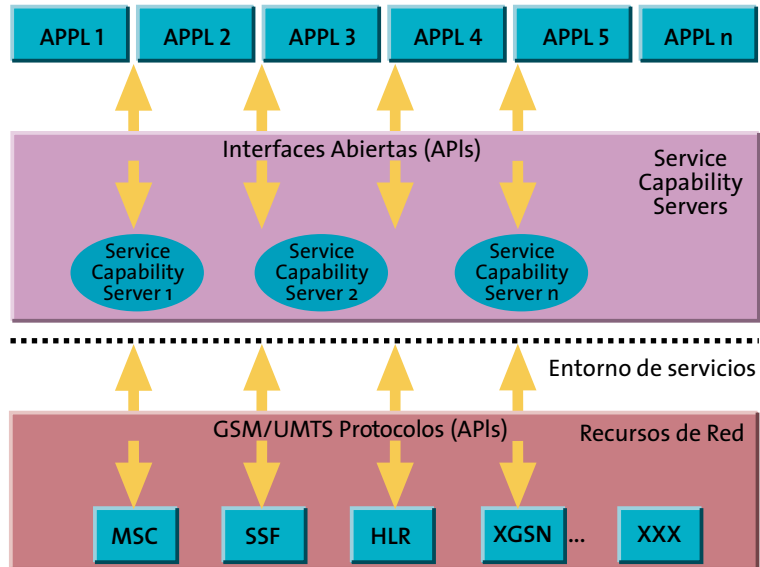
El concepto VHE implica que si bien los servicios que se proporcionan a los clientes son responsabilidad de la red en la que se encuentra en cada momento, éstos deben ofrecerse de forma independiente y con disponibilidad global,

cualquiera que sea el operador de la red a la que está conectado el usuario.

La introducción del Perfil de Usuario y de VHE se realiza por medio de una combinación de medios situados en la red (por ejemplo, con *Customized Applications for Mobile Network Enhanced Logic*, CAMEL) y en el terminal (mediante *Mobile Execution Environment*, MexE, y *SIM toolkit*) Una forma de lograr la independencia de la red y de los terminales es por medio de un conjunto de interfaces abiertas, *Open Service Architecture* (OSA), de forma similar a los que se utilizan en las redes IP (ver la **Figura 9-5**).

Figura 9-5.

Las nuevas aplicaciones para UMTS se desarrollan a partir de APIs independientes de la red de transporte



Fuente: Siemens

La introducción de OSA implica un cambio muy importante en la forma en que debe diseñarse la red y, además, asegura la evolución del sistema de manera que el desarrollo de las aplicaciones no se vea limitado por la arquitectura de la misma. La inteligencia de las aplicaciones se aleja cada vez más de la red en sí misma y pasa a ser dependiente de los extremos: terminales de usuario y servidores de aplicaciones. Ello tiene una implicación importante en la interfaz radio: ésta debe ser flexible para soportar los distintos servicios, con diferentes tasas binarias y con cierta capacidad de garantizar las calidades de servicio que requieran las aplicaciones. Todo ello debe realizarse de manera que se mantenga la eficiencia espectral.

9.3.4 Los distintos estándares

Aunque el UMTS nació con vocación mundial (de ahí la expresión Universal), una serie de condicionantes tanto económicos políticos como técnicos han impedido que se haya podido llegar a un sistema verdaderamente único.

Uno de los factores más importantes fue que el gobierno americano, a través de la *Federal Communications Comisión* (FCC), no ha acordado el mismo plan de frecuencias que en el resto del mundo (ver la **Figura 9-6**)

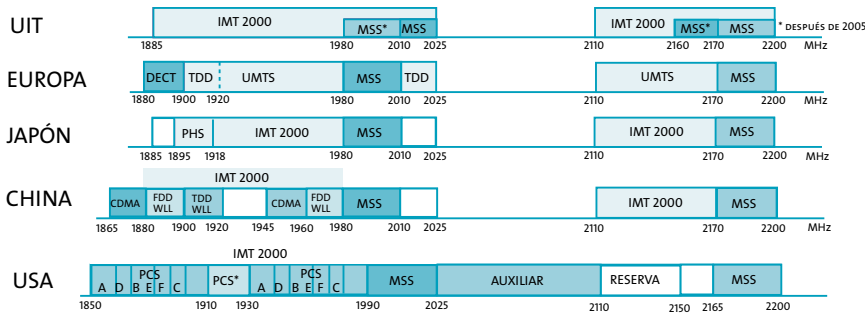


Figura 9-6. Asignaciones espectrales de la banda UMTS en las distintas regiones mundiales

Estas razones, junto con el hecho de que la política federal americana no quería imponer un estándar, especialmente si este estándar había sido desarrollado por organismos europeos, así como la presión de la industria para que el sistema de tercera generación fuese más compatible con las soluciones ya existentes, han tenido como consecuencia que sea imposible disponer de una única interfaz radio con carácter mundial.

El conjunto de sistemas estandarizados por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) reciben el nombre genérico de IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000) y comprenden (ver la **Figura 9-7**) un conjunto de sistemas relativamente numeroso.

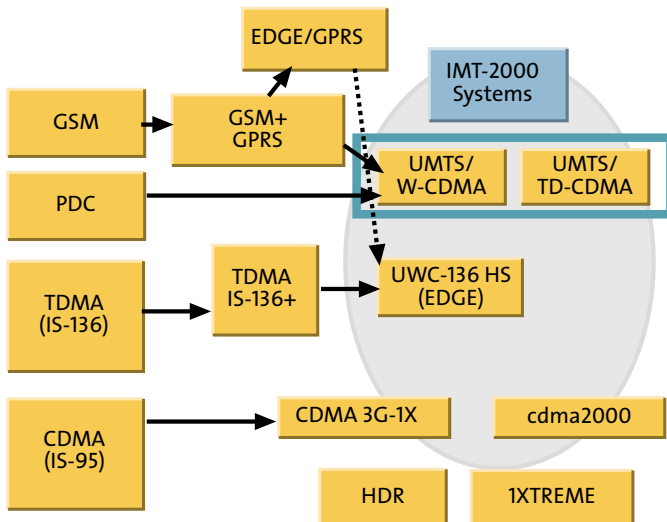
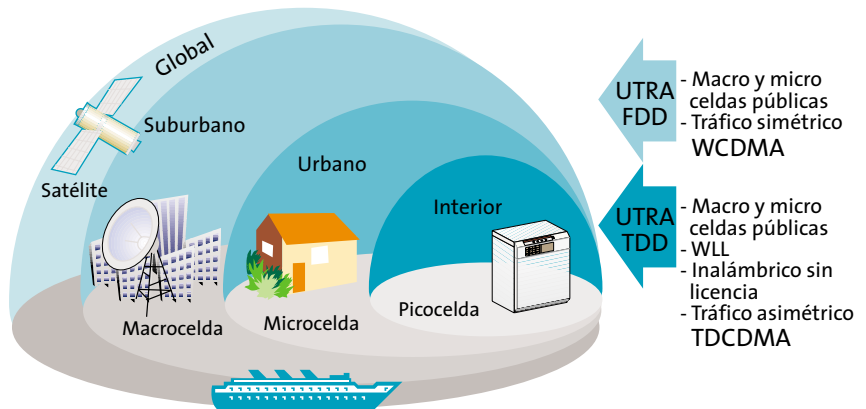


Figura 9-7. Evolución de los estándares 2G a la 3G. Familia IMT-2000

En primer lugar, el sistema GSM, a través del GPRS y EDGE (que en algunos casos se denominan sistemas de generación 2,5) da lugar al sistema UMTS. A su vez, el UMTS tiene dos modos de operación: W-CDMA y TD-CDMA, los cuales tienen dos ámbitos de aplicación específicos (ver la **Figura 9-8**). El primero se emplea sobre todo en ambientes exteriores y de células de gran tamaño, mientras que el segundo se aplicará sobre todo a edificios de oficinas y en zonas donde se requiera dar servicio a densidades de usuario más elevadas. Recientemente se ha comenzado a estandarizar una versión de alta capacidad de paquetes conocida como HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*).

Figura 9-8:
Las distintas utilidades del estándar UMTS



Asimismo, China está fomentando una versión especial de la opción TDD, que funciona en bandas de 1.6 MHz, que en un principio se llamaba TS-SCDMA, y ahora es la versión LCR (*Low Chip Rate*) de TDD (el TDD clásico es actualmente el modo HCR).

Japón ha adoptado también el sistema UMTS como evolución del su sistema *Pacific Digital Communication* (PDC), con lo que esta solución es la que tiene a escala mundial más usuarios, especialmente en su versión *Wideband CDMA* (WCDMA) que ha sido la primera en implantarse (Sistema FOMA).

El sistema TDMA IS-136 americano evolucionará hacia lo que se ha denominado UWC-136 HS (*Universal Wireless Communications 136 High Speed*). Este sistema, especialmente en sus opciones de datos de alta velocidad, emplea una interfaz muy similar a la propuesta para GSM/GPRS, y sólo en interiores podrá prestar servicios a velocidades superiores a 384 kbit/s. La razón de esta limitación es que UWC-136 debe mantener la compatibilidad con el sistema digital americano IS-136, que, a su vez, debe ser compatible con el sistema *Total Access Cellular System* (TACS). Es difícil predecir el éxito de este sistema, aunque la solución intermedia, que utiliza GPRS/GSM para datos, está siendo implantada por AT&T en EE.UU.

Por su parte, otros operadores americanos que utilizan el sistema IS-95, que ya emplea CDMA, han preferido que el sistema para implementar la 3G sea

el CDMA 3G-1XRTT, que, a su vez, evoluciona hacia el CDMA2000, el cual es similar en prestaciones a UMTS. La principal diferencia entre ambos sistemas, UMTS WCDMA y CDMA2000, concierne al procedimiento de sincronización, mientras que CDMA2000 demanda una red sincronizada, en UMTS no se trata de un requerimiento (este aspecto es muy importante, ya que una red sincronizada da lugar a un sistema bastante más simple). Por contra, la red de sincronización puede ser muy cara, y como alternativa muchos operadores utilizan para ello la red del sistema de posicionamiento global, *Global Positioning System* (GPS) del departamento de defensa americano (*Department of Defense, DoD*). Pero esta dependencia del DoD supone una limitación importante que los operadores europeos y japoneses no quisieron aceptar.

Finalmente, otros dos sistemas más: el High Data Rates (HDR, ahora denominado 1xEV-DO (de *Data Only*) y el 1XTREME (oficialmente conocido como 1xEV-DV (de *Data Voice*), son las propuestas de los fabricantes norteamericanos para el tráfico de datos de alta velocidad. Se trata de soluciones técnicamente muy atractivas, pero cuya aplicabilidad estará limitada eventualmente al mercado norteamericano.

En definitiva, esta situación ha motivado un cierto retraso en el desarrollo de los terminales y en un cierto "impasse" del que no está demasiado claro quien será el vencedor global. Las soluciones 1XRTT parecen ser las más fáciles tecnológicamente, pero el mayor peso mundial del UMTS hace que sea, en este momento, el claro favorito.

La asignación de espectro se ha convertido en uno de los aspectos más problemáticos de los nuevos sistemas de comunicaciones celulares. Tanto es así que algunas de las propuestas de futuro, como se comentará posteriormente, tienden a utilizar ya bandas en las que no existe regulación, las bandas *Industrial, Scientific and Medical* (ISM), o bien emplear técnicas de modulación, tipo *Ultra WideBand* (UWB), que no requieren asignación espectral, al implementarse por debajo de los niveles de ruido.

9.3.5 El negocio de la 3G

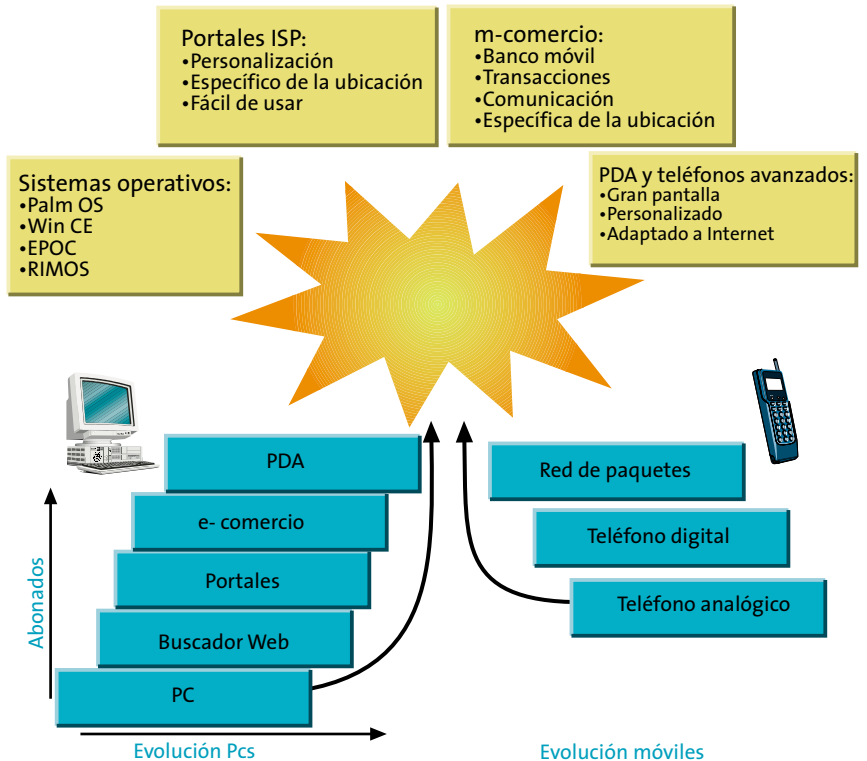
La mayoría de los analistas no han planteado la 3G como una simple continuación de la 2G. Esencialmente, la línea de argumentación es la siguiente: el negocio de las aplicaciones de solo voz no es suficiente para financiar las inversiones necesarias. Si en la red fija el negocio de la voz es cada vez menos importante, lo mismo debería ocurrir en la red móvil. Esto implicaría que el trafico de la 3G debería ser sobre todo IP. Así la red fija de soporte, si bien inicialmente fue concebida como una red ATM, pasaría rápidamente a ser una red IP en la que este tipo de paquetes sería la única información a transferir.

Como consecuencia de la integración de los móviles y de Internet, los dos sectores con crecimiento más explosivo, se producirá un gran número de nuevas aplicaciones que no estaban presentes ni con Internet ni con los móviles, pero sí en su combinación, que se beneficiarán de la aparición de (ver **Figura 9-9**):

- Nuevos terminales.
- Nuevos sistemas operativos.
- Nuevas aplicaciones (por ejemplo, las asociadas a la localización).
- Nuevas oportunidades de negocio.

Figura 9-9.

Esquema de crecimiento explosivo de las comunicaciones móviles 3G



Fuente: Goldman Sachs

Estos nuevos elementos traerán consigo un crecimiento del negocio que los analistas denominaron de tipo "viral", es decir, como los virus, exponencial. Que justificarían todas las inversiones que se efectuasen, por altas que éstas fueran.

La situación anteriormente descrita referente al gran número de estándares, así como el desarrollo relativamente lento de los terminales, unido a un cierto grado de lentitud en la disposición de los estándares, propia de un desarrollo de consenso y agravado en parte por la guerra comercial, así como la gran complejidad de la tecnología CDMA, hacía previsible un proceso de introducción lento de las tecnologías de 3G.

A este respecto, conviene resaltar que la interfaz UMTS WCDMA no ha sido optimizada para el transporte de paquetes de voz IP. Si las condiciones del mercado lo hicieran necesario, la adaptación de la comunicación a un entorno "all-IP" debería llevar consigo algunos ajustes en la actual estructura de paquetes

para mejorar la eficiencia de transporte VoIP como se está haciendo con el sistema HSDPA. Estas mejoras pueden no ser tan necesarias en la red fija, en las que el ADSL proporciona suficiente capacidad y los cuellos de botella están en otros lugares, pero son mucho más importantes en UMTS en donde la eficiencia espectral es su razón de ser.

De todos modos, es de esperar que el desarrollo de los modems ADSL y su extensión a un público más amplio, así como la generalización de los servicios de pago por Internet, que pueden acostumbrar al cliente a acceder a servicios de más calidad pero con contrapartida económica, y, sobre todo, la generalización de los servicios de voz a costes más bajos harán que UMTS, especialmente para voz y para ciertos servicios de datos, se imponga como el sistema más económico y el de más capacidad.

La intervención del regulador

La intervención del regulador se limita, al menos en teoría, a la asignación de frecuencias de espectro en las que se realizará la transmisión y recepción. Inicialmente, las asignaciones de frecuencia se hicieron de forma directa a las empresas designadas por el estado, pero últimamente se han impuesto dos procedimientos para la asignación:

1. El concurso de méritos, denominado "*beauty contest*" en la literatura técnica. En este caso, las empresas que desean acceder a las frecuencias realizan una oferta en la que especifican plazos, condiciones, características técnicas, etc. De esta forma, el regulador escoge la que mejores posibilidades de servicio público ofrece.
2. La subasta de espectro. Esta opción, utilizada inicialmente en EE.UU. con magníficos resultados (en términos económicos) para el regulador, es la que se está imponiendo. En principio, parece más abierta a la libre competencia; sin embargo, ha dado lugar a maniobras especulativas y, en muchos casos, han llevado a la ruina a algunas de las empresas que estaban interesadas por el negocio. En otros casos, las propias empresas fabricantes, que se habían convertido en valedoras o prestamistas de las operadoras, se han visto arrastradas también a una situación económica difícil. Las cantidades pagadas en Europa se recogen en la **Tabla 9-2**

Estas subastas han privado de capital a los fabricantes, ya que han sido, en último término, los que han tenido que financiarlas. Este capital habría sido necesario para poner a punto nuevos receptores y diseñar servicios de acuerdo con los nuevos estándares.

Tabla 9-2.

Cantidades pagadas por las licencias UMTS en varios países europeos

	TOTAL (EUROS)	POBLACIÓN (millones)	VALOR LICENCIA PER CAPITA	DENSIDAD DE POBLACIÓN (h/km ²)
UK	38,5	59	652	244
DE	50,8	82	620	230
F	19,6	58	334	108
I	12,155	57	220	189
NL	2,7	16	170	457
E	0,5	39	13,3	78
FIN	0	5	0	15

Como consecuencia de ello se han originado retrasos adicionales en la puesta en marcha de la 3G, lo cual, junto a la situación de pesimismo, puede llevar a la quiebra a algunos operadores y fabricantes. Todo ello no deja de ser paradójico en un sistema, como el UMTS, que se planteó, sobre todo, para ahorrar costes.

9.3.6 Las nuevas aplicaciones

La gran dificultad de los nuevos sistemas móviles de 3G siempre ha sido la falta de la denominada *killer application* (o aplicación demoledora, de uso intensivo y masivo por los clientes), que justificara por sí misma la implantación del nuevo sistema.

Aunque es muy difícil predecir cuáles serán las aplicaciones del nuevo sistema (especialmente si, como se persigue, UMTS debe ser un nuevo paradigma, resultado de la integración de las comunicaciones móviles y del mundo IP), algunos análisis de mercado muestran cuáles son las aplicaciones que van a requerir los nuevos clientes de UMTS. De ellas, la más importante, al menos durante un tiempo, seguirá siendo la voz, y a corto plazo serán la Internet móvil, el comercio electrónico y los servicios de información (incluyendo localización). Estas aplicaciones requieren velocidades de información elevadas para refrescar imágenes en los nuevos terminales que serán muy parecidos, al menos en la gama alta, a los ordenadores personales.

9.4 LAS SOLUCIONES DE 4G

La falta de terminales y la lentitud en la implantación a la que se hacía referencia, ha llevado a considerar a algunos operadores otro tipo de soluciones, que han comenzado a denominarse 4G (Cuarta Generación) para proporcionar Internet de banda ancha en recintos cerrados

Uno de los aspectos más importantes de esta nueva generación es que no se trata de desarrollar un nuevo sistema, adicional a los ya existentes, sino más bien buscar soluciones de red que, combinadas con soluciones ya disponibles o disponibles a corto plazo, puedan lograr una red integrada de comunicaciones.

Entre las soluciones que ofrecen mayores posibilidades está la utilización de redes de área local sin hilos (*Wireless Local Area Network, WLAN*). Existen varios estándares, aunque el que tiene mejores posibilidades parece ser el IEEE 802.11-b, que permite velocidades de unos 11 Mbit/s (compartidos) y que, en un futuro próximo, será complementada con el sistema IEEE 802.11-a, que permitirá 50 Mbit/s. La interfaz Hiperlan2, muy similar a IEEE 802.11-a, puede considerarse la solución europea.

Estos sistemas emplean bandas del tipo ISM, en 2,4 GHz el IEEE 802.11-b y en 5 GHz el IEEE 802.11-a, que no precisan de permisos para la emisión, al tratarse de bandas destinadas a pruebas científicas, etc. Existen otras versiones de IEEE 802.11 que incorporan aspectos de seguridad o son intermedias entre la a y la b. Por ejemplo, IEEE 802.11 g, amplía la definición de la 802.11b para ofrecer velocidades de hasta 54 Mbit/s en la banda de 2,4 GHz. Esta nueva norma, de la que actualmente está disponible el primer borrador, tiene como ventaja frente a la 802.11a que como opera en la banda de 2,4 GHz, podrá desplegarse en cuanto esté técnicamente disponible.

La norma 802.1x (actualmente es un *draft* en estado muy avanzado) proporciona una serie de mejoras en los procesos de autenticación para los protocolos PPP, Ethernet (802.3), Ethernet inalámbrica (802.11) y Token Ring (802.5). La aplicación específica de la norma 802.1x a la tecnología WLAN vendrá especificada en el futuro estándar 802.11i, cuya publicación está prevista para mediados del 2002. El IEEE está trabajando en el desarrollo del estándar 802.11e que dotará a los estándares 802.11b y 802.11a de mecanismos de Calidad de Servicio (QoS) necesarios para ofrecer, entre otros, servicios multimedia.

Otra interfaz que puede tener alguna relevancia es la IEEE1394, en su versión sin hilos, que surge del mundo de los ordenadores y del entretenimiento.

Finalmente, hay fabricantes que están trabajando en soluciones denominadas *Ultra Wide Band (UWB)*. La UWB no utiliza ninguna banda de frecuencias en particular, sino que emite en toda la banda (desde unos pocos MHz a 5.000 MHz o entre 2.000-5.000 MHz, según distintas soluciones). Las emisiones de los transmisores de UWB se realizan con potencias muy bajas, de tal forma que están por debajo de los límites de emisión electromagnética que exigen los distintos organismos internacionales para los equipos no transmisores.

De este modo, los operadores de UWB no tienen que solicitar licencias para poder ofrecer los servicios. Otro aspecto interesante de la UWB es la facilidad para obtener la información de localización, con gran precisión, de los usuarios del sistema.

El tema está en estos momentos en discusión, ya que las operadoras que han tenido que pagar por el uso del espectro están, lógicamente, en contra de la autorización de operadores que empleen UWB.

Algunos plantean la utilización de técnicas CDMA combinadas con *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM). El OFDM presenta numerosas ventajas de inmunidad frente a la distorsión en banda y frente a los canales dispersivos. Combinado con CDMA puede resultar en una solución muy robusta técnicamente.

Finalmente, otros defensores de la 4G conciben a ésta más como un conjunto de sistemas interoperando que como uno solo (ver la **Figura 9-10**). El aspecto que más interés suscita es analizar cómo pueden integrarse las distintas redes de los diferentes sistemas para que se reconozcan entre sí y realicen el encaminamiento de forma óptima (*“ad-hoc networks”*).

Figura 9-10.

El sistema 4G como conjunto de sistemas interoperando



En definitiva, aparte de los temas de investigación mencionados (UWB y redes cooperativas), el mayor interés se centra en la posible aplicación de las redes WLAN en edificios de oficinas, aeropuertos etc., que podrían restar una parte importante del tráfico previsto para los sistemas de 3G.

10

Las redes de cliente

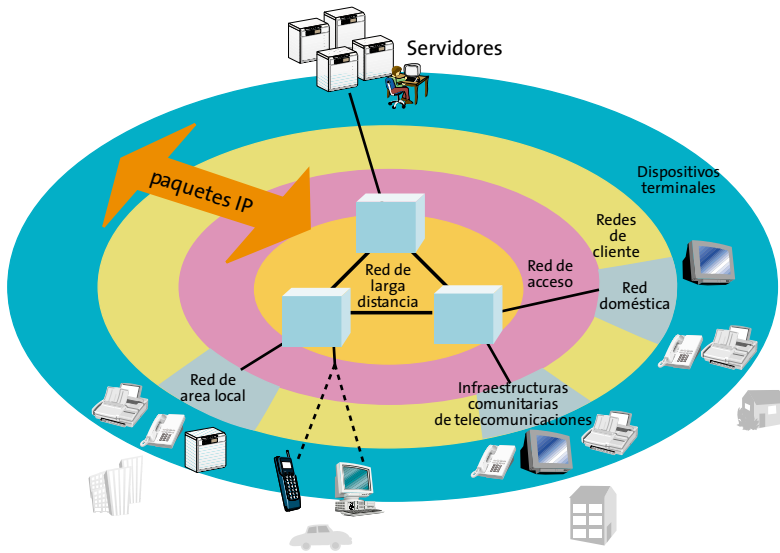
Desde el punto de vista de la topología de la red, el último elemento es la red de cliente. Tradicionalmente, este elemento ha tenido poca importancia al estar constituido solamente por el terminal de abonado y, en algunos casos, por algunos teléfonos supletorios. Tanto es así que el teléfono fue considerado pronto un electrodoméstico más. Los reguladores y operadores dejaron de considerarlo parte de la red y delegaron en los clientes su mantenimiento.

*Sin embargo, el nuevo modelo tecnológico (ver la **Figura 10-1**) se basa en la existencia de "redes", de entre las que destaca Internet como máximo exponente. Todo estará interconectado, desde las redes corporativas de las grandes empresas hasta los hospitales o los centros educativos. Muchos usuarios navegan por Internet, mantienen cuentas de correo electrónico e incluso compran a través de la red desde sus hogares.*

Poco a poco comienzan a tenerse en consideración las redes en el interior del hogar, las cuales, conectadas a su vez con las redes de banda ancha exteriores mediante equipos apropiados, permiten la interconexión de todos los elementos que se encuentran en los hogares y que hoy en día operan de manera aislada sin ningún tipo de interacción entre ellos.

Muchos usuarios no reparan en ello, pero cada vez tienen más "ordenadores" en sus casas. Realmente no se suelen llamar ordenadores, pero los microchips se encuentran instalados en nuestra vida cotidiana (en relojes, sistemas de alarma, programadores de todo tipo, electrodomésticos, televisores, vídeos, equipos de sonido, ordenadores, teléfonos, sensores etc.). El reto es unirlos de alguna manera. Es la "Infraestructura" que permitirá tanto la entrega de contenidos digitales multimedia como de servicios de valor añadido en cualquier lugar de la casa.

La conexión de todos estos sistemas entre sí y con el exterior es lo que constituye la red de cliente. Su aparición y desarrollo ofrece un conjunto de nuevas posibilidades de prestación de servicios y de ampliación del modelo de negocio.

**Figura 10-1:**

Estructura de red IP con la red de cliente en la periferia

Todo ello permite diseñar servicios para el usuario residencial que pueden ser ejecutados en su propia casa y que permiten aprovechar las redes de comunicación internas, conectadas al exterior mediante accesos de banda ancha (por ejemplo ADSL) y que disponen de multitud de posibles interfaces (preferiblemente con movilidad y ubicuidad). Todos estos nuevos servicios abren un mercado adicional al que tradicionalmente se dirigían los operadores de telecomunicaciones.

Los cambios en la forma de vida de la sociedad actual permiten pronosticar un futuro atractivo para los servicios basados en las redes de cliente. Estas predicciones se basan en hechos como los siguientes:

- Muchas personas pasan una parte importante de su vida fuera de casa.
- Las familias tienen cada vez menos miembros, aumentando de esta forma las necesidades de comunicación hacia el exterior y la necesidad de automatizar las tareas del hogar.
- El número de personas mayores que viven solas y que precisan asistencia a distancia se ha incrementado.

Las dificultades son debidas al coste de los nuevos servicios, a la percepción de su utilidad por parte de la sociedad, a su complejidad de utilización, etc. En definitiva, y como ya se ha descrito en el capítulo de introducción, el proceso puede tomar su tiempo hasta que estas novedades se incorporen a la sociedad y supongan una mejora de la forma de vida.

Lo que está claro, en todo caso, es que el modelo de negocio de las redes de cliente no va a ser el mismo que el de la transmisión, ya que aparecen algunos nuevos

elementos en la cadena de valor, que también están presentes en muchos de los nuevos servicios que van a prestarse por medio de Internet.

En este capítulo se va a describir este nuevo modelo de negocio para más tarde considerar las tecnologías y los servicios que constituyen actualmente las redes de cliente y mostrar las tendencias y su evolución. El objetivo es presentar el estado actual, algo fragmentado, de estas tecnologías y analizar las posibles líneas de evolución del negocio.

10.1 EL MODELO DE NEGOCIO

La descripción clásica de los agentes de negocio que están involucrados en las redes de cliente se representa en la **Figura 10-2**.

Figura 10-2:
Agentes de negocio



En primer lugar, destaca la gran cantidad de actores necesarios para el desarrollo completo del negocio. Estos son:

- Los promotores inmobiliarios, que deben facilitar edificios con las infraestructuras adecuadas.
- Los instaladores, encargados de realizar la implantación en los hogares.
- Los fabricantes de equipos, entre los que se incluyen los fabricantes de electrodomésticos y los fabricantes de equipos de electrónica de consumo. Los elementos domóticos tienen características que pueden corresponder a los dos sectores. También se incluyen los fabricantes de equipos de banda ancha para el acceso al hogar, que en algunos casos son las mismas empresas que fabrican los equipos electrónicos de consumo.
- Los operadores de telecomunicación, que pueden proveer la comunicación pero también, si juegan su papel adecuadamente, pueden ser los que realicen la gestión del negocio, al tener un papel central en todo el proceso.
- Los proveedores e integradores del servicio, encargados de prestar el servicio final tal y como lo percibe el usuario. Quizá son la parte más novedosa y donde se precisa más imaginación. Éstas son las empresas que suministran los servicios que se describen más adelante en este capítulo: servicios de tele-medicina, tele-enseñanza, vigilancia, etc.

Los integradores de los servicios son los encargados de realizar el contac-

to único con el cliente: la contratación, la instalación y la gestión (incluyendo la seguridad, el mantenimiento, las reclamaciones y la facturación). Según algunos análisis de mercado, serán ellos los que consigan mayores ganancias en este nuevo negocio. Los operadores de telecomunicación, como se ha apuntado, están muy bien posicionados para tomar este papel gracias a su red comercial, a su contacto con el cliente, a su conocimiento de las plataformas de gestión y operación, así como a las facilidades de facturación.

10.2 TECNOLOGÍAS E INFRAESTRUCTURAS

Desde el punto de vista tecnológico, la red de cliente está constituida por dos elementos: la pasarela residencial y las redes interiores de abonado.

10.2.1 La pasarela residencial

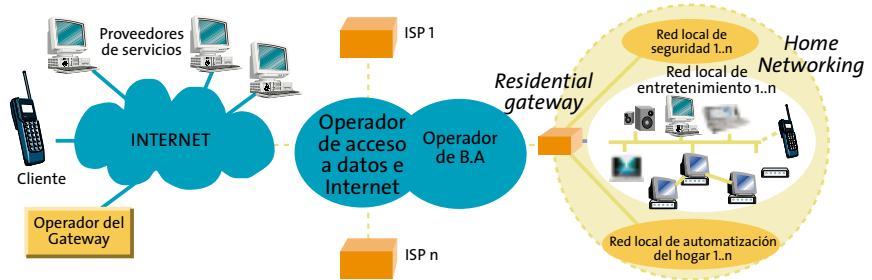
Los nuevos servicios requieren la transferencia de datos multimedia en tiempo real, con una calidad de servicio dada y sobre diferentes tipos de medios físicos (cobre con xDSL, acceso inalámbrico, fibra, coaxial, etc). Para ello es necesario disponer de un nexo de unión entre las distintas redes de acceso y el entorno de las redes internas. Dicho elemento, que realiza funciones de puente de manera transparente entre los dos mundos, se suele denominar "pasarela residencial" (*Residential Gateway*). Esta pasarela es una interfaz de terminación de red flexible, normalizada e inteligente, que recibe señales de las distintas redes de acceso y las transfiere a las redes internas, y viceversa.

La pasarela residencial será el vínculo entre el bucle de abonado de banda ancha y las redes interiores, y de éstas entre sí. Por ende, permitirá el establecimiento de comunicación entre aquellos dispositivos que se encuentren en el interior de la vivienda (estableciendo un flujo que no sale al exterior), y entre éstos y cualquier otro conectado a una red de telecomunicaciones (por ejemplo, Internet) con flujos bidireccionales entrando y saliendo de la casa (ver la **Figura 10-3**).

Sin embargo, esta definición de pasarela ha provocado que distintos dispositivos, a veces con características muy diferentes (desde simples modems a verdaderas pasarelas con completa integración de servicios), se hayan arrogado el derecho a ser denominadas "Pasarelas Residenciales". En definitiva, la definición está en cierto modo abierta, ya que depende de quién la promueva, pero está claro que debe tener unas características determinadas, como la interoperabilidad con distintos dispositivos no determinados a priori, ser abierta y evolucionable y estar dotada de funciones para la gestión de la seguridad.

Figura 10-3.

La pasarela residencial dentro de la red de cliente



10.2.2 Las redes interiores

El segundo de los elementos fundamentales en el ámbito de las redes del hogar son los propios medios de distribución interna de los datos multimedia. Debido a la dificultad de encontrar una única tecnología que se adapte a todos los requisitos necesarios para la diversidad de aplicaciones y de sus distintos formatos (audio, vídeo, datos, voz, automatismos, etc.), ha surgido toda una gama de tecnologías.

Las redes interiores pueden clasificarse metodológicamente en redes cableadas y sin hilos. La distinción es metodológica debido a que algunas de las tecnologías nacieron originariamente con el cable como medio físico pero se están adaptando también a las versiones inalámbricas.

Entre los medios cableados cabe citar IEEE1394/FireWire, USB, HomePNA, LonWorks, Konnex y las comunicaciones por red eléctrica. En comunicaciones inalámbricas destacan: Bluetooth y Wireless LAN-802.11.

Los sistemas cableados

Para los sistemas cableados existen los siguientes estándares:

- *La tecnología IEEE1394.* Constituye la apuesta del sector de la electrónica de consumo para la convergencia de sus productos con el ordenador, por lo que está fuertemente apoyada por las empresas fabricantes de televisores, vídeos, cámaras, etc. las cuales lo están incorporando como una interfaz de acceso de alta velocidad a dichos dispositivos. Sin embargo, el éxito de la iniciativa dependerá en gran medida de que dicha convergencia sea también auspiciada por los fabricantes de ordenadores personales. Por sus altas velocidades (100, 200 ó 400 Mbit/s) e incorporación a dispositivos audiovisuales, esta tecnología es muy utilizada en aplicaciones profesionales multimedia, y su incorporación masiva al hogar dependerá de su extensión a multitud de elementos, de las economías de escala que permitan reducir los precios y del aumento del alcance.

- **USB.** Se desarrolló inicialmente en el año 1995 y su principal objetivo fue definir un bus de expansión externa que permitiera añadir periféricos a un PC de una forma sencilla.

Las ventajas de USB radican en su asociación estrecha a los PCs por la extensión y popularidad de éstos. En realidad USB, no es más que una método de conexión de periféricos al PC. Sin embargo, esta ventaja puede trastocarse en inconveniente si el PC deja de ser el centro de inteligencia de la vivienda. Con la tendencia a agrupar la funcionalidad en la pasarela residencial y considerar el resto como periféricos, la capacidad de USB para formar "redes" es, desde el punto de vista topológico, menor que IEEE1394.

- **Konnex.** Es una iniciativa que pretende definir un nuevo estándar resultante de la convergencia de otros tres: Batibus, EIB y EHS.

El objetivo de la Asociación Konnex es promover un estándar para los sistemas HBES (*Home and Building Electronic System*), así como promover y organizar bajo este contexto la investigación científica y favorecer el intercambio de información entre sus miembros, definir y mejorar la especificación en lo que se refiere al protocolo, a los medios, a los modos de configuración, a los modelos de comunicación, etc., a la vez que se mantiene la coherencia para, finalmente, establecer un sistema apropiado para la certificación de los productos (hardware, software y componentes) y los servicios que garantice la compatibilidad del sistema.

- **Home PNA.** Fue creado por Epigram Inc. -la división de informática doméstica de *Broadcom Corporation*- y *Lucent Technologies Microelectronics Group*.

Home PNA utiliza *Frequency Division Multiplexing* (FDM) para el transporte de datos por las líneas telefónicas. Usa una banda para la voz, otra para el acceso a banda ancha como DSL y una tercera para la red de datos (utilizando IEEE 802.3). Permite la interconexión de ordenadores, periféricos, Internet y otras aplicaciones utilizando las líneas telefónicas. Los usuarios podrían establecer y utilizar redes telefónicas domésticas sin interrumpir el servicio telefónico estándar.

En este momento, 3COM y Gateway ya comercializan hardware que soporta esta tecnología, de gran éxito durante estos últimos meses en Estados Unidos, país en el que es muy frecuente tener una salida de la línea del teléfono para cada habitación. Esta gama de productos completa las interfaces para PC, con gateways que permiten compartir la conexión a la red desde varios ordenadores.

- **Transmisión por red eléctrica.** Los estándares de red eléctrica se han considerado en el apartado 8.5. Para aplicaciones domóticas en este momento el estándar de facto mas empleado es el denominado X.10 que permite el control de la luminosidad, encendido y apagado de los equipos conectados a la red, etc. Desgraciadamente como se indica en

el apartado 8.5, la red eléctrica presenta problemas importantes en lo que se refiere a capacidad e interferencia, por lo que la mayoría de los equipos que la utilizan tienen prestaciones muy limitadas.

Los sistemas sin hilos

Las redes de área local inalámbricas (WLANs) son sistemas de comunicación flexibles que pueden ser utilizados para aplicaciones en las que la movilidad es necesaria. En casa, aunque la movilidad no sea imprescindible desde un punto de vista estricto, las WLANs pueden ofrecer una flexibilidad no alcanzable con las redes de área local cableadas. La industria está avanzando en el desarrollo de WLANs cada vez más rápidas, ya que la velocidad convierte a WLAN en una tecnología muy prometedora para el futuro del mercado de las comunicaciones.

Actualmente se dispone de varios estándares para comunicaciones por radiofrecuencia en el interior de las casas, por lo que el desarrollo en el mercado de productos inalámbricos es lento, al ser difícil para los consumidores elegir cuál de ellos implementar:

Los estándares existentes son:

- **Bluetooth.** Esta tecnología elimina la necesidad de utilizar cables para conectar PCs, teléfonos móviles, ordenadores portátiles y otra clase de dispositivos.

Bluetooth es el resultado de los logros conseguidos por nueve compañías líderes en la industria de las telecomunicaciones, como son 3Com, Ericsson, Intel, IBM, Lucent, Microsoft, Motorola, Nokia y Toshiba. La conexión utiliza la banda de 2,4 GHz, soportando tasas de hasta 1 Mbit/s con alcances de hasta 10 metros, que se pueden extender hasta 100 metros aumentando la potencia transmitida.

Sus características incluyen el soporte para hasta tres canales de voz, seguridad, disponibilidad actual, bajo consumo de potencia y bajo coste.

- **HomeRF.** Se desarrolló para permitir la comunicación de voz y datos entre PCs, periféricos, teléfonos inalámbricos y otros dispositivos, tanto en el interior como en el exterior de las casas, sin necesidad de cables.

El grupo de trabajo lo formaron compañías como Compaq, Ericsson, Hewlett-Packard, IBM, Intel, Microsoft y Motorola. El protocolo está basado en el estándar IEEE 802.11 para datos y DECT para voz.

HomeRF utiliza también la banda de 2,4 GHz (2 Mbit/s) y de 5 GHz (10 Mbit/s), con alcances de hasta 50 metros. Se trata de una tecnología similar a *Bluetooth*. Utiliza la misma banda de frecuencia, pero en teoría no interfiere con ella gracias al método de salto en frecuencia, que en este caso es de 50 saltos por segundo.

- **HIPERLAN/2.** Se trata de una tecnología de comunicación por radio a 5 GHz, adaptada para trabajar en LANs y diseñada para proporcionar acceso a alta velocidad (hasta 54 Mbit/s) a una gran variedad de redes externas. Este estándar soportará tanto servicios de datos asíncronos como servicios de tiempo real (por ejemplo, transmisión de voz y vídeo en paquetes), que requieren acotar los retardos para conseguir una calidad de servicio (QoS) aceptable.
- **IEEE 802.11.** Es el estándar para las WLAN desarrollado por IEEE cuyo principal objetivo es establecer un modelo de operación para resolver problemas de compatibilidad entre los fabricantes de equipos WLAN.

Este estándar se ratificó en 1997, pero con muchas lagunas, lo que provocó la inexistencia de una garantía de interoperabilidad entre equipos. Esto ha provocado que aparezcan varios suplementos del estándar. Los más importantes son los siguientes:

- 802.11a, que utiliza la banda ISM de 5 GHz, adecuada para el transporte de voz e imágenes. Esta banda permite velocidades de 20-25 Mbit/s, empleando modulación OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) operando a 2,4 GHz.
- 802.11b (WiFi), que utiliza la banda ISM de 2,4 GHz, permitiendo velocidades de 11 Mbit/s. Emplea DSSS con modulación CCK (*Complementary Code Keying*), que tiene gran resistencia a la interferencia multicamino y permite dotar al sistema de un mejor rendimiento.
- **IrDA.** En esta forma especial de transmisión de radio un haz enfocado de luz (en el espectro de frecuencia infrarrojo) se modula con información y se envía hacia un receptor a una distancia relativamente corta. La transmisión tiene que hacerse en línea visual (el transmisor y el receptor deben "verse" entre sí), por lo que es sensible a la niebla y otras condiciones atmosféricas adversas. Para cubrir todas las necesidades del mercado, se encuentran dos aplicaciones distintas:
 - **IrDA-Data**, que permite comunicaciones bidireccionales a velocidades que oscilan entre 9.600 bit/s y 4 Mbit/s, dependiendo del tipo de transmisión (síncrona o asíncrona), la calidad del controlador que maneja los puertos infrarrojos, el tipo de dispositivo y la distancia que separa ambos extremos. La distancia entre emisor y receptor puede alcanzar hasta los 2 metros, siempre y cuando sus haces no formen un ángulo mayor de 30 grados y no exista ningún obstáculo entre ellos.
 - **IrDA-Control**, que fue ideado para conectar periféricos de control (como teclados, ratones, joysticks o mandos a distancia) con una

estación fija (por ejemplo un PC, una consola de videojuegos o un televisor). La distancia máxima se amplía hasta garantizar un mínimo de 5 metros y la velocidad de transmisión, algo que no es crítico para el tipo de productos al que se dirige, alcanza 75 kbit/s.

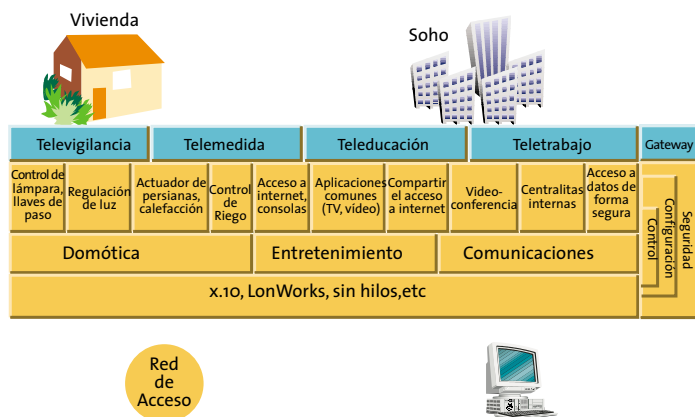
En principio, *Bluetooth* ofrecía muchas posibilidades de éxito y, de hecho, había muchos fabricantes, sobre todo europeos, que apostaban por esta tecnología por su simplicidad y bajo coste. Sin embargo, las expectativas creadas no se han visto reflejadas en el mercado y los dispositivos prometidos se están demorando en exceso. Esto está siendo aprovechado por la tecnología 802.11, que, especialmente en el mercado americano, está tomando la delantera a *Bluetooth*. Pero su uso como red dentro del hogar presenta la dificultad añadida del elevado precio que tiene. La tecnología de infrarrojos está totalmente descartada por la exigencia de visibilidad directa.

10.2.3 Arquitecturas y estándares

La conexión de los distintos elementos entre sí exige la definición de una serie de estándares y arquitecturas. Aquí, como en el caso de las redes, también existe una gran variedad de iniciativas, muestra de la dispersión que en este momento gobierna el sector.

La **Figura 10-4** muestra el esquema general, por capas, de las redes interiores.

Figura 10-4. Esquema general de la red de cliente. Estructura de capas



En primer lugar, debe considerarse la capa física, constituida por la red o las redes interiores. En algunos casos, se diferencia entre tres tipos de subredes: las dedicadas a aplicaciones domóticas, las de entretenimiento y las de comunicaciones propiamente dichas. Sobre ellas se montan las aplicaciones. La pasarela (*gateway*) se encarga de las funciones de control, de configuración y de seguridad.

La forma de llevar a cabo estas funciones de control y la interacción entre los distintos elementos puede ser muy diversa. Existen en este momento varias iniciativas tendentes a promover una serie de estándares de interconexión, de forma que pueda asegurarse fácilmente la competencia entre los distintos fabricantes. A continuación se describen algunas de estas iniciativas.

OSGi

En marzo de 1999 un conjunto de empresas multinacionales fundaron una asociación llamada OSGi (*Open Services Gateway initiative*), que ofrece un foro de desarrollo y debate para definir especificaciones abiertas con el objetivo de crear un estándar software para el desarrollo de plataformas sobre las que distribuir servicios de forma remota. Además, pretende acelerar la demanda de productos y servicios basados en estas especificaciones a través de campañas de marketing y programas de educación al usuario.

Como tal, OSGi no define ni el hardware ni el medio físico, sino la arquitectura software mínima necesaria para que todos los servicios se ejecuten sin problemas en la misma plataforma (ver la **Figura 10-5**). De esta manera, permitirá a cualquier fabricante, al estar libre de royalties, decidir cómo y dónde instala este software en plataformas compatibles que sean capaces de proporcionar múltiples servicios en el mercado residencial.

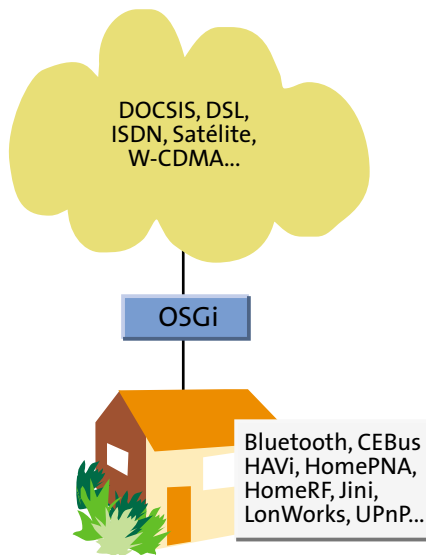


Figura 10-5.
OSGi como elemento unificador entre las tecnologías de acceso y los protocolos

OSGi especifica un conjunto de APIs (*Application Program Interfaces*) que son el principal soporte de los "e-services" y que permiten la compartición de los servicios, el manejo de datos, recursos y dispositivos, el acceso de clientes y la seguridad.

UPnP

Universal Plug and Play (UPnP) es la denominación de la tecnología propuesta por Microsoft en el campo del Home Networking. Representa una arquitectura abierta, basada en estándares típicos de Internet, como HTML, HTTP, XML, TCP/IP, UDP, DNS y LDAP, para la conexión de todo tipo de dispositivos electrónicos en redes del hogar. Podría decirse que UPnP define métodos de acceso y comunicación entre aquellos dispositivos que se conectan a una red.

Esta arquitectura se encarga de establecer un conjunto de interfaces que permiten que un usuario pueda conectar directamente un dispositivo a una red interna sin preocuparse de aspectos de configuración o de adición de los drivers de los dispositivos.

La principal característica de esta arquitectura es su posibilidad de funcionamiento sin configuración inicial y con descubrimiento automático de los dispositivos entre sí, de forma que un dispositivo cualquiera puede unirse a una red, obtener una dirección IP, anunciar su nombre, dar a conocer sus capacidades y reconocer la presencia de otros dispositivos en la misma para hacer uso de los servicios que éstos proveen.

Jini

Jini es una arquitectura basada en un modelo de programación cuyo objetivo fundamental es definir cómo los clientes y los servicios conocen mutuamente su existencia y se interconectan para formar una "comunidad de intereses". Forma parte, por ello, de los distintos métodos que están surgiendo para conseguir dispositivos que se conectan e interactúan sin mediar mayor intervención por parte del usuario. Para añadir un nuevo dispositivo a un sistema Jini, basta con conectarlo. El sistema aparece como un conjunto de servicios (hardware o software) con unas interfaces que presentan de manera simple y uniforme la forma en que el servicio se presta, con independencia del modo concreto de implementación.

Cualquier esquema de conectividad puede interoperar con Jini, al ser éste independiente del equipamiento físico subyacente y del sistema operativo. Muchas de las redes emergentes aparecidas al calor del concepto de home networking están diseñadas para tipos específicos de redes tales como IEEE1394, Wireless, Bluetooth, o infrarrojos. Sin embargo, todas ellas son susceptibles de soportar Jini.

HAVi

La arquitectura software HAVi (*Home Audio/Video interoperability*) especifica un conjunto de APIs diseñadas con el fin de que dispositivos de audio y vídeo de diferentes tipos y proveedores puedan interconectarse e interoperar sin necesidad de que exista un PC como interconexión.

Este estándar fue creado dentro de una organización denominada HAVi formada en el año 1998 por Grundig, Hitachi, Matsushita, Philips, Sarp, Sony, Thomsom y Toshiba, quienes desde entonces están trabajando en unas especificaciones que fueron publicadas en su primera versión en diciembre de 1999. Esta organización es abierta, es decir, se puede pertenecer a ella gratuitamente y aún se aceptan nuevos miembros.

En esencia, HAVi es un protocolo de control distribuido, por lo que no requiere un nodo de control (que, sin embargo, puede existir), que ofrece acceso a todos los elementos de la red, sean de la marca que sean. Aunque está orientado para audio y vídeo, los miembros iniciales también se están desarrollando bridges para conectar otro tipo de dispositivos o electrodomésticos utilizando otros estándares de *Home Networking*, como Jini, UPnP, HomePNA o HomeRF.

El objetivo de HAVi es el de simplificar las instalaciones y las operaciones con los nuevos dispositivos digitales del hogar mientras sean compatibles con el estándar. Actualmente, el funcionamiento de estos dispositivos requiere no sólo conectarlos, sino también ajustar una serie de características y parámetros, que en la mayoría de los casos van más allá de las capacidades de los usuarios finales.

HAVi es una tecnología dirigida a la comunicación full-duplex de dispositivos con capacidades multimedia para poder transmitir streams de audio y vídeo de alta calidad en tiempo real y no interrumpir la comunicación entre el resto de dispositivos. Por este motivo, la arquitectura HAVi está orientada a redes basadas en el estándar IEEE1394.

10.3 SERVICIOS

El objetivo de los estándares y tecnologías anteriormente descritas es la prestación de servicios. La lista de dichos servicios puede ser muy larga, si se incluyen todas las posibilidades que pueden ofrecer, o mucho más corta, por el contrario, si se cuentan exclusivamente aquéllos que están ofreciendo resultados en el mercado. A continuación se realiza una breve clasificación de los servicios más interesantes.

Servicios de entretenimiento

La existencia de una red interior permite la posibilidad de que se pueda acceder a los juegos, a la TV, al DVD, al audio, etc, desde cualquier lugar de la vivienda, aumentando de esta forma la comodidad y la intimidad. No se trata, por tanto, de nuevos servicios, sino de una forma de utilizar mejor los ya existentes.

Servicios de comunicaciones

Pueden ser:

- *Una red de área local.* Gracias a ella, varios ordenadores pueden estar conectados a Internet al mismo tiempo. Un portátil, por ejemplo, puede situarse en cualquier parte de la casa y seguir teniendo acceso a Internet y al resto de los recursos de la red. Se puede compartir impresoras y ficheros o acceder a un ordenador desde otro, entre otras cosas.
- *Videoconferencia.* Además de ofrecer la posibilidad de hablar, reunirse, trabajar y compartir información con personas de todo el mundo, está íntimamente relacionada con el desarrollo de la tele-medicina, permitiendo, entre otros, la consulta médica a distancia, el control remoto de los tratamientos y las sesiones entre varios centros.

Servicios de televigilancia

Ofrecen al usuario la posibilidad de controlar determinados puntos de su casa de forma local o remota mediante cámaras distribuidas por la misma. Esto permitirá al usuario vigilar la presencia de extraños, controlar a niños pequeños, etc. Podrá, a su vez, iniciar la grabación de imágenes desde la cámara de manera instantánea o previa programación.

La televigilancia puede realizarse por los siguientes medios:

- *Visualización de las cámaras.* Permite visualizar lo que está ocurriendo en el interior de la vivienda mediante el uso de cámaras conectadas a la red, de manera que se pueda acceder a las imágenes a través de Internet.
- *Actuación inmediata ante una situación de alarma.* Cuando el sistema detecte la presencia de alguien y la alarma esté activada, deberán realizarse acciones inmediatas sobre dispositivos domóticos de la propia vivienda, como la activación de una alarma sonora, el encendido intermitente de luces, etc.
- *Simulación de presencia.* Consiste en la reproducción, bien programada o bien aleatoria, de determinados eventos de la vivienda (encendido de luces, reproducción de música, movimiento en persianas, etc.) para simular la presencia de sus moradores cuando se encuentren ausentes, de manera que se pueda evitar la intrusión de delincuentes.

Servicios de control domótico

Estos servicios permiten de alguna manera actuar o controlar los dispositivos o elementos que se encuentran en la vivienda.

Se pueden considerar los siguientes servicios:

- *Control del estado (encendido/apagado) de la iluminación de la vivienda.* Permitirá saber si una luz está encendida o apagada y actuar sobre ese estado de manera individual o colectiva.
- *Control de la luminosidad de un punto de luz.*
- *Control de la posición de las persianas y toldos.* Permitirá controlar y conocer la posición (subida o bajada) en que se encuentra una persiana o toldo.
- *Control del riego.* Se puede activar o desactivar el riego del jardín, así como conocer su estado. Además, se podrán configurar diferentes zonas de riego independientes.
- *Control de otros dispositivos eléctricos.* En general, se podrá encender (activar), apagar (desactivar) y conocer el estado de cualquier dispositivo eléctrico conectado a una red domótica, como electrodomésticos, juguetes infantiles, etc.
- *Configuración y programación de electrodomésticos.* Además del instante de encendido/apagado de los electrodomésticos, se podrán programar parámetros propios de los mismos. Así, se podrá seleccionar el tipo de programa de lavado y la temperatura de una lavadora o el canal en el que debe comenzar a grabar un vídeo en el instante indicado. Se podrá disponer de un conjunto de programas personales con las configuraciones típicas del usuario.
- *Avisos programados ante eventos.* Se puede programar el sistema de control para que avise al usuario, mediante un mensaje corto, un e-mail o una llamada telefónica, al producirse un determinado evento, por ejemplo cuando se recoja un toldo por causa del viento o se bajen las persianas.
- *Apertura remota de puertas.* Este servicio permite abrir la puerta de entrada a una vivienda desde fuera de la misma. El usuario recibe la indicación de que alguien llama a la puerta y en ese momento se puede conectar con la vivienda desde donde se encuentre y ver y/o oír a quien está llamando. Si lo cree conveniente, puede entonces abrir la puerta.
- *Lectura de contadores.* Permite obtener, de forma remota, la lectura de los contadores de electricidad, agua, gas, etc., instalados en una vivienda. El usuario de este servicio puede ser la empresa de suministro correspondiente, que puede obtener el valor de estos datos que luego aplicará a la facturación de los clientes.
- *Gestión de la energía.* Mediante este servicio el usuario puede controlar la calefacción o el aire acondicionado de su vivienda, activándolo o desactivándolo, y puede programarlos para que se activen y desactiven en los instantes deseados o cuando la temperatura sea inferior/superior a un valor determinado.

Otra aplicación que se estima de utilidad es la llamada estadística energética. Es posible registrar históricamente la acumulación de eventos (encendi-

do/apagado de aparatos y luces), su duración y el consumo realizado con el fin de, por ejemplo, concluir que, si el consumo integrado en un lapso determinado es significativamente inferior al contratado, se pueda gestionar el cambio del contrato de suministro a un límite menor y, por tanto, a una tarifa más baja. Adicionalmente, se pueden obtener datos estadísticos tales como los consumos periódicos (días, meses, años, temporadas anuales, etc) particulares de cada aparato, por conjunto conceptual y/o globales.

10.4 EL FUTURO DEL HOGAR CONECTADO

10.4.1 Consideraciones de mercado

Existen predicciones que auguran un mercado de alta penetración para las redes en el hogar, basándose en los siguientes hechos:

- La tendencia al aumento del número de aparatos en el hogar (varios televisores o PCs) con la necesidad de compartir ciertos periféricos entre ellos (impresoras, DVDs, videos, descodificadores).
- La incorporación de una mayor inteligencia en los electrodomésticos y dispositivos domóticos, que proporcione al usuario una mayor seguridad, comodidad y ahorro en cuestiones como la gestión energética.
- El estilo de vida actual, con la tendencia a pasar fuera de casa la mayor parte del día y la existencia de un número creciente de personas mayores que viven solas y requieren monitorización y asistencia continuas.

Pero las dificultades son también importantes. Se pueden destacar las siguientes:

- Existencia de sistemas propietarios. En principio, como en toda tecnología incipiente, los distintos fabricantes ofrecen protocolos propietarios que deben ser utilizados si se quiere obtener el máximo rendimiento de sus equipos (caso de la domótica). En descodificación de televisión también se parte de descodificadores propietarios, aunque existen ya estándares. Lo mismo ocurre con la tecnología xDSL, donde, en la mayoría de los casos, es necesario que la pareja de modems situada en casa del usuario y en la central telefónica sea del mismo fabricante.
- Baja penetración de la banda ancha. Por ello, la mayoría de las conexiones a Internet se realizan en banda estrecha y el control remoto de los aparatos domóticos se realiza a través de interfaces basadas en comandos sencillos (por reconocimiento de voz o por tonos telefónicos).
- Baja notoriedad y falta de confianza por parte de los usuarios. En gene-

ral, la existencia y la utilidad de las soluciones avanzadas de domótica y de interconexión de dispositivos en el hogar son desconocidas para la mayoría de las personas.

- Instalaciones necesariamente realizadas por profesionales. Tanto la instalación de la infraestructura interna requerida por las redes del hogar, como la instalación y configuración de muchos de los dispositivos conectados a estas redes o las pasarelas de comunicaciones (modems ADSL, modems de cable) o la interconexión de los PCs requieren de la presencia de personal especializado o de unos conocimientos avanzados por parte del usuario. Esto actúa como un freno por el gran coste que supone y el elevado tiempo de espera para que el usuario sea atendido.

Evidentemente, la evolución del escenario actual hacia una situación en la que se resuelvan todos los problemas será gradual. Es de esperar una progresiva implantación en distintos segmentos de mercado, comenzando por aquéllos con un mayor atractivo (PYMES, hogares de alto poder adquisitivo y nuevas viviendas), y un progresivo aumento de los servicios ofrecidos.

10.4.2 Las nuevas aplicaciones

Entre los factores que son necesarios para lograr tanto el pleno éxito de estas tecnologías como la apertura de un nuevo mercado, debe incluirse la aparición de nuevas aplicaciones domóticas. Encender y apagar las luces de la vivienda a distancia no es demasiado atractivo. Vigilar a una persona enferma o a un niño puede ser más interesante, pero lo mejor debe de estar por llegar.

En primer lugar, deben mejorarse los sensores que existen en el hogar y en la oficina. En este momento se pueden medir relativamente pocas cosas y debe ampliarse la lista: sensores de posición de las personas, de temperatura, de humedad, de intensidad luminosa, de intensidad sonora, etc. El reconocimiento de las personas para controlar quién esté en casa se podrá realizar por lectores de iris, de huellas dactilares o de voz. Entre los sensores a mejorar están los relacionados con los aspectos técnicos de la vivienda: sensores de presión en vigas o envejecimiento de tuberías, por ejemplo.

En segundo lugar, se deben tener en cuenta aquellos aspectos relacionados con la domótica y la robótica propiamente dichas. Deben existir máquinas más o menos autónomas que permitan realizar aquellas tareas repetitivas o poco atractivas: limpieza de suelos y polvo, colocación de objetos desordenados, etc. Esto puede ser difícil y requerirá superar los conceptos actualmente aceptados. Por ejemplo, un lavavajillas no lava los platos de la misma forma que se hace a mano.

Aunque realizar predicciones a largo plazo siempre ha sido cuando menos aventurado, quizá el cambio más sustancial que se producirá en las relaciones con nuestras viviendas será su apoyo para superar las restricciones espacio-temporales

que siempre han dificultado el desarrollo de nuestras actividades. Esto se puede traducir en la existencia de casas adaptativas y que dispongan de capacidad de aprendizaje para que hagan un uso intensivo de las tecnologías de la información.

Las viviendas serán adaptables en espacio, en tanto en cuanto serán reconfigurables para servir mejor a la función espacial que sus habitantes requieran en cada momento. Así, a lo largo de la vida, las necesidades espaciales cambian. Normalmente el número de inquilinos varía con el tiempo, porque los hijos se independizan o porque se traen a los padres mayores cuando no pueden valerse por sí mismos. Por otro lado, las actividades personales también evolucionan y se modifican con la edad, lo que tiene importantes implicaciones espaciales (en periodos de nuestras vidas podemos ser teletrabajadores, con las consiguientes necesidades de espacio, mientras en otros tendrán mayor peso las actividades de ocio). Algunas predicciones apuntan hacia una nueva forma de construir viviendas más parecida a la de la industria del automóvil que a la construcción tradicional. Las viviendas estarían constituidas por módulos intercambiables, ya cableados y estructurados, y los espacios urbanos permitirían su fácil incorporación y reciclado.

También hay actualmente actividades ligadas a un espacio dado que podrán desaparecer en el futuro, como es el caso de la existencia de un lugar para ver la televisión, que es donde se encuentra físicamente el aparato. El futuro traerá "la visualización de imágenes sin pantalla en cualquier muro", lo cual permitirá que la televisión se pueda ver en cualquier sitio, de manera que favorecerá la movilidad. Escuchar música no estará limitado a una habitación dada, ya que el sistema determinará en todo momento el lugar en el que se encuentra el usuario y hará que la música le vaya acompañando en sus desplazamientos. Por otro lado, los distintos dispositivos serán multi-interfaz (se podrá leer o escuchar mensajes, ver videos multimedia, etc.) y el hecho de contar con dispositivos distribuidos permitirá realizar determinadas funciones en cualquier rincón de la vivienda. Además, los terminales serán multimodales, admitiendo teclado, ratón, voz, captura de imágenes, etc.

La tecnología permitirá crear ambientes con imágenes, sonidos e incluso olores que virtualmente recrearán espacios y lugares no existentes en la vivienda. Nacerá una nueva iconografía. Se podrán proyectar imágenes de cualquier sitio y de cualquier persona, incluyendo también sonidos, de manera que se obviará la limitación de no estar físicamente juntos para disfrutar de la compañía de otros. La realidad virtual hará el resto para crear la ubicuidad.

Además, la vivienda será reconfigurable no sólo en espacio, sino en proceso. Esto significa que aprenderá de los gustos y costumbres de sus moradores y será capaz de reproducir sus hábitos. Así se podrá iniciar una búsqueda de una película del estilo demandado por cada uno de sus habitantes a medida que se aproxima la hora en que suelen sentarse a realizar dicha actividad. Los electrodomésticos podrán almacenar el proceso de realización de alguna tarea cuando los usuarios hayan quedado muy satisfechos (piénsese en un horno que "aprende" la forma de hornear un asado el día que haya quedado especialmente bien,

reproduciendo tiempos, temperaturas, etc). También será posible la gestión avanzada de la energía para aumentar el confort dependiendo del modo de vida de las personas o incluso de las predicciones meteorológicas externas.

Todas estas ideas pueden parecer demasiado futuristas. Evidentemente, las evoluciones deben ser graduales y puede que no ocurran tal y como se imaginaron inicialmente. Sin embargo, el escenario que se presenta puede servir de referencia para plantear el futuro de las redes de telecomunicaciones y sus necesidades. Una cosa sí parece clara, los nuevos servicios van a ser diferentes a los que hemos imaginado hasta ahora y las redes de telecomunicaciones deben estar diseñadas para soportarlos.

Glosario de términos y acrónimos

A/V	Audio-Video
AAL	<i>ATM Adaptation Layer</i>
ADM	<i>Add-Drop Multiplexer</i>
ADSL	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>
AF	<i>Assured Forwarding</i>
ANS	Acuerdo de Nivel de Servicio
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
ASIC	<i>Application-Specific Integrated Circuit</i>
ASN.1	<i>Abstract Syntax Notation number 1</i>
ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode</i>
ATU-C	<i>ADSL Terminal Unit Central</i>
ATU-R	<i>ADSL Terminal Unit Remote</i>
BGP	<i>Border Gateway Protocol</i>
CAMEL	<i>Customized Applications Mobile Enhanced Logic</i>
CAP	<i>Carrierless Amplitude/Phase</i>
CaSMIN	<i>Connection and Service Management Information Model</i>
CDMA	<i>Code Division Multiple Access</i>
CGI	<i>Common Gateway Interface</i>
CIDR	<i>Classless Inter Domain Routing</i>
CLEC	<i>Competitive Local Exchange Carrier</i>
CMIP	<i>Common Management Information Protocol</i>
CMIS	<i>Common Management Information Service</i>
CNR	<i>Carrier to Noise Ratio</i>
COA	<i>Care of Address</i>
CORBA	<i>Common Object Request Broker Architecture</i>
CPL	<i>Call Processing Language</i>
CR-LDP	<i>Constrained Routing-Label Distribution Protocol</i>

CRM	<i>Customer Relationship Management</i>
CTB	<i>Composite Triple Beat</i>
CVP	<i>Circuito Virtual Permanente</i>
DCOM	<i>Distributed Common Object Model</i>
DECT	<i>Digital Enhanced Communications System</i>
DHCP	<i>Dynamic Host Configuration Protocol</i>
DiffServ	<i>Differenciated Services</i>
DMT	<i>Discrete Multitone</i>
DNS	<i>Domain Name System</i>
DOCSIS	<i>Estándar de red de cable (Data over Cable Service Interface Specification)</i>
DSL	<i>Digital Subscriber Line</i>
DSP	<i>Digital Signal Processor</i>
DTH	<i>Direct to home</i>
DTV	<i>Direct television (DTH)</i>
DWDM	<i>Dense Wavelegh Division Multiplexing</i>
EDFA	<i>Erbium Doped Fiber Amplifier</i>
EDGE	<i>Enhanced Data for GSM Evolution</i>
EF	<i>Expedited Forwarding</i>
EHS	<i>European Home System</i>
EIB	<i>European Distallation Bus</i>
EIS	<i>Excutive Information System</i>
EOVDSL	<i>Ethernet over VDSL</i>
ER	<i>Elemento de Red</i>
FR	<i>Frame Relay</i>
FTTB	<i>Fiber to the Building</i>
FTTC	<i>Fiber to the Curb</i>
FTTH	<i>Fiber to the Home</i>
FTTx	<i>Fiber to the x</i>
GDMO	<i>Guidelines for Definition of Management Objects</i>
GEO	<i>Geostationary orbit</i>
GFP	<i>Generic Framing Protocol</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GSM	<i>Global System for mobile communications</i>
GSM	<i>Global System for Mobile</i>
HDSL	<i>High Date Rate DSL</i>
HDTV	<i>High Definition Television</i>
HFC	<i>Hybrid Fiber Coaxial</i>
Home PNA	<i>Home Phonenumber Network Association</i>
Home RF	<i>Home Radio Frecuency</i>
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
HTTP	<i>Hipertext Transfer Protocol</i>
IDL	<i>Interface Definition Language</i>
IDSL	<i>Integrated ADSL</i>
IETF	<i>Internet Task Force</i>

IP	<i>Internet Protocol</i>
IPv4	<i>Internet Protocol version 4</i>
IPv6	<i>Internet Protocol version 6</i>
ISO	<i>International Standardisation Organisation</i>
ISP	<i>Internet Service Provider</i>
JDS	<i>Jerarquía Digital Síncrona</i>
LCAS	<i>Link Capacity Adjustment Scheme</i>
LDP	<i>Label Distribution Protocol</i>
LEO	<i>Low Earth Orbit</i>
LER	<i>Label Edge Router</i>
LSP	<i>Label Switched Path</i>
LSR	<i>Label Swith Router</i>
MAC	<i>Media Access Protoal</i>
MCU	<i>Multipoint Control Unit</i>
MEGACO	<i>MEdia GAteway COntrol protocol</i>
MEO	<i>Medium Earth Orbit</i>
MG	<i>Media Gateway</i>
MGC	<i>Media Gateway Controller</i>
MGCP	<i>Media Gateway Control Protocol</i>
MIB	<i>Management Information Base</i>
MO	<i>Managed Object</i>
MPLS	<i>MultiProtocol Label Switching</i>
MTNM	<i>MultiTechnology Network Management</i>
NAT	<i>Network Address Translation</i>
NLA	<i>Next Level Aggregators</i>
NTT	<i>Nippon Telephone and Telegraph</i>
OADM	<i>Optical Add-Drop Multiplexer</i>
OC	<i>Optical Carrier</i>
OMA	<i>Object Management Architecture</i>
OMG	<i>Object Management Group</i>
ORB	<i>Object Request Broker</i>
OSA	<i>Open System Architecture</i>
OSG	<i>Open Service Gateway Initiative</i>
OSI	<i>Open System Interconnection</i>
OSS	<i>Operation Support System</i>
OTM	<i>Optical Transport Module</i>
OTN	<i>Optical Transport Network</i>
OXC	<i>Optical Cross Connect</i>
PCM	<i>Pulse Code Modulation</i>
PHB	<i>Per Hop Behaviour</i>
PHS	<i>Personal Handyphone System</i>
PLC	<i>Power Line Communications</i>
PON	<i>Pussive Optical Network</i>
PSE	<i>Personal Service Enviroment</i>

PSTN	<i>Public Switched Telephone Network</i>
PYMES	<i>Pequeña y Mediana Empresa</i>
QAM	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i>
QoS	<i>Quality of Service</i>
RAS	<i>Remote Access Server</i>
RBOC	<i>Regional Bell Operating Companies</i>
RDC	Red de Distribución de Contenidos
RDSI	<i>Red Digital de Servicios Integrados</i>
RED	<i>Random Early Discard</i>
RIO	<i>Random early discard with In and Out packets</i>
RSVP	<i>Resource reSerVation Protocol</i>
RTB	Red Telefónica Básica
RTP	<i>Real Time Protocol</i>
SDH	<i>Synchronous Digital Hierarchy</i>
SDSL	<i>Symmetric DSL</i>
SG	<i>Signalling Gateway</i>
SHDSL	<i>Single pair-High Speed DSL</i>
SIM	<i>Suscriber Identify Module</i>
SIP	<i>Session Initiation Protocol</i>
SLA	<i>Site Level Aggregation</i>
SLA	<i>Service Level Agreement</i>
SNA	<i>Simple Network Architecture</i>
SNMP	<i>Simple Network Management Protocol</i>
SONET	<i>Synchronous Optical NETwork</i>
SS	<i>SoftSwitch</i>
SS7	<i>Signalling System #7</i>
SSN7	Sistema de Señalización No. 7
STM	<i>Synchronous Transmission Multiplexing</i>
TACS	<i>Total Access Communications System</i>
TCP	<i>Transport Control Protocol</i>
TDM	<i>Time Division Multiplexing</i>
TIM	<i>Technology Integration Map</i>
TLA	<i>Top Level Aggregators</i>
TLO	Terminador Línea Óptica (OLT)
TMF	<i>Telemanagement Forum</i>
TOS	<i>Type Of Service</i>
TRO	Terminador Red Óptica (ONT)
TROBA	TRO-Banda Ancha
TRx	Terminación de Red
TSR	<i>Terabit Switch Router</i>
UAC	<i>User Agent Client</i>
UAS	<i>User Agent Server</i>
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>
UIT-T	<i>Unión Internacional de Telecomunicaciones - Sector de Telecomunicaciones</i>

UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i>
UPnP	<i>Universal Plug and Play</i>
USAT	<i>Ultra Small Aperture Terminal</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
VADSL	<i>Asymmetric VDSL</i>
VDSL	<i>Very High Data Rate DSL</i>
VoD	<i>Video on Demand</i>
VoIP	<i>Voice over IP</i>
VOQ	<i>Virtual Output Queuing</i>
VPN	<i>Virtual Private Network</i>
VSAT	<i>Very Small Aperture Terminal</i>
WDM	<i>Wavelength Division Multiplexing</i>
WLL	<i>Wireless Local Loop</i>
WRED	<i>Weighted Random Early Discard</i>
xDSL	<i>x Digital Subscriber Line</i>

CAPÍTULO 3

Ver URL: <http://www.ahciet.net/regulacion/directorio.htm>

Ver URL: <http://www.setsi.mcyt.es/>

Ver URL: <http://www.cmt.es>

Ver URL: http://europa.eu.int/pol/info/index_es.htm

Ver URL: <http://www.etp-online.org/>

Ver URL: <http://www.fcc.gov>

CAPÍTULO 4

La Sociedad de La Información en España. 2000 Presente y Perspectivas. Telefónica Investigación y Desarrollo S.A., Julio 2000.

La Sociedad de La Información en España. Perspectiva 2001-2005. Telefónica Investigación y Desarrollo S.A., Julio 2001.

CAPÍTULO 5

Principles for a Telecommunication Management Network. ITU-T Recommendation M.3010, 1992

GB 910 Telecommunication Operation Map - TOM. V2.1 TeleManagement Forum

The Communications Industry Market for OSS. Informe de Ovum para *TeleManagement Forum*, Febrero 1999

Robert S. Kaplan: *Cuadro de Mando Integral.* Editorial Gestión 2000, Octubre 2000

J.A. Lozano López/Carmen de Hita Álvarez: *Nueva visión en la gestión de redes y servicios.* Comunicaciones de Telefónica I+D Número 18, Junio 2000.

Victoria Elbal Díaz/Ruth Gamero Tinoco: *La aportación de los sistemas de soporte al negocio en la e-transformación de Telefónica.* M. Comunicaciones de Telefónica I+D Número 22, Septiembre 2001

CAPÍTULO 6

ATM y SONET/SDH

Mike Sexton, Andy Reid: *Broadband Networking: ATM, SDH, and SONET.* Editorial Artech House, 1997.

WDM

Biswanath Mukherjee: *Optical Communications Networks.* Editorial McGraw-Hill, 1997.

Redes totalmente ópticas

J. F. Lobo Poyo, W. Warzanskyj García: *Redes de transmisión todo ópticas: independencia frente a las redes de transporte.* Comunicaciones de Telefónica I+D Número 23, Noviembre 2001.

S. Anderson: *View from the top.* Telecommunications International, Abril 2001.

D. Awduche, Y. Rekhter: *Multiprotocol Lambda Switching: Combining traffic engineering control with optical crossconnects.* IEEE Communications Magazine, Marzo 2001.

Optical networks for the rest of us; *Customer empowered networking.* NANOG 17, Montreal, 1999.

MPLS

D. Awduche et al.: *IETF RFC 2702: Requirements for Traffic Engineering over MPLS,* Septiembre 1999.

F. Le Faucheur, L. Wu, B. Davie, S. Davari, P. Vaananen, R. Krishnan, P. Cheval: *MPLS Support of Differentiated Services.* Internet Draft, Abril 2001.

E. Rosen, A. Viswanathan, R. Callon: *IETF RFC 3031: Multiprotocol Label Switching Architecture,* Enero 2001.

E. Rosen, Y. Rekhter, D. Tappan, D. Farinacci, G. Fedorkow, T. Li, A. Conta: *IETF RFC 3032: MPLS Label Stack Encoding*, Enero 2001.

DiffServ

S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, W. Weiss: *IETF RFC 2475: An Architecture for Differentiated Services*, Diciembre 1998.

J. Heinanen, F. Baker, W. Weiss, J. Wroclawski: *IETF RFC 2597: Assured Forwarding PHB Group*, Junio 1999.

V. Jacobson, K. Nichols, K. Poduri: *IETF RFC 2598: An Expedited Forwarding PHB*, Junio 1999.

K. Nichols, S. Blake, F. Baker, D. Black: *IETF RFC 2474: Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers*, Diciembre 1998.

K. Nichols, V. Jacobson, L. Zhang: *IETF RFC 2638: A Two-bit Differentiated Services Architecture for the Internet*, Julio 1999.

K. Nichols, B. Carpenter: *IETF RFC 3086: Definition of Differentiated Services Per Domain Behaviors and Rules for their Specification*, Abril 2001.

N. Seddigh, B. Nandy, J. Heinanen: *An Assured Rate Per-Domain Behaviour for Differentiated Services* Internet Draft, Julio 2001.

IPv6

S. Deering, R. Hinden: *IETF RFC 2460: Internet Protocol, Version 6 (IPv6). Specification*, Diciembre 1998.

R. Hinden, S. Deering: *IETF RFC 2373: IP Version 6 Addressing Architecture*, Julio 1998.

R. Hinden, M. O'Dell, S. Deering: *IETF 2374: An IPv6 Aggregatable Global Unicast Address Format*, Julio 1998.

Routers de altas prestaciones

Ver URL: <http://www.tellabs.com>

Ver URL: <http://www.extremenetworks.com/>

Ver URL: <http://www.avici.com/>

Ver URL: <http://www.cwnt.com/>

Ver URL: <http://www.juniper.net/>

Conmutadores convergentes

Ver URL: <http://www.santera.com>

Ver URL: <http://www.tachion.com>

Ver URL: <http://www.telica.com>

Pasarelas y softswitches

Gatekeeper. Radvision. IEC Web ProForum Tutorial.

J. Kuzma: *Introduction to the International Softswitch Consortium and Analyst Overview*, Enero 2001. Ver URL: <http://www.softswitch.org/>.

RDC

Salvador Pérez Crespo, Jaime González Rodríguez: *Redes de Distribución de Contenidos*, *Infocomunicaciones n° 4*, Marcombo Editores, Noviembre 2001.

Ver URL: <http://www.stardust.com>

CAPÍTULO 7

H.323

ITU-T RECOMMENDATION H.323 VERSION 4. ITU-T, Noviembre 2000.

H.323. Trillium. IEC Web ProForum Tutorial.

P.E. Jones: *Introduction to H.323*. Ene 2001. Ver URL: <http://www.h323forum.org/>.

SIP

H.Schulzrinne: *The Session Initiation Protocol (SIP)*. Columbia University, New York.
Ver URL: <http://www.sipcenter.com/>.

M. Handley, J. Rosenberg, E.Schooler, H.Schulzrinne: *SIP: Session Initiation Protocol. Request For Comments 2543*, *Internet Engineering Tasking Force*, Marzo 1999.

G.Camarillo, M. Handley, A. Johnston, J. Peterson, J. Rosenberg, E.Schooler, H.Schulzrinne, R. Sparks: *SIP: Session Initiation Protocol. Internet Draft, Internet Engineering Tasking Force*, Octubre 2001.

J.Lennox, H.Schulzrinne: *Call Processing Language Framework and Requirements*. Request For Comments 2824, *Internet Engineering Tasking Force*, Mayo 2000.

J.Lennox, H.Schulzrinne: CPL: *A Language for User Control of Internet Telephony Services. Internet Draft, Internet Engineering Tasking Force*, Noviembre 2001.

MEGACO/H.248

N.Greene, M. Ramalho, B. Rosen: *Media Gateway Control Protocol Architecture and Requirements. Request For Comments 2805, Internet Engineering Tasking Force*, Abril 2000.

F. Cuervo, N.Greene, C. Huitema, A. Rayhan, B. Rosen, J. Segers: *Megaco Protocol Version 1.0. Request For Comments 3015, Internet Engineering Tasking Force*, Noviembre 2000.

M. Pantaleo.: *Draft Megaco/H.248v2. Internet Draft, Internet Engineering Tasking Force*, Noviembre 2001.

CAPÍTULO 8

SISTEMAS SIN HILOS

A Comparative Evaluation of DECT, PACS, and PHS Standards for Wireless Local Loop Applications. Personal Communications Interactive, Junio 2000.

Ver URL: <http://www.marconi.com/html/solutions/wipll.htm>

Ver URL: <http://www.airspan.com/netscape/products/customer.htm>

M. Lee: *WLL in emerging markets. Intelcom Research and consultancy*, Enero 2001.

SISTEMAS POR SATELITE

Ver URL: <http://www.itu.int/>

Ver URL UMTS Forum (reports 1-6): <http://www.umts-forum.org/>

Rubio Juan: *Sistemas del servicio móvil por satélite. Telecomunicaciones móviles. 2 Edición.* Marcombo, 1998.

Lehman Brothers: *Company reports Jan's 1996 Space Directory. Lehman Brothers estimates.*

Ver URL: <http://www.iridium.com>

Ver URL: <http://www.i-co.co.uk/nonshock/system.htm>

Ver URL: <http://www.globalstar.com/>

Ver URL: <http://www.ellipso.com/>

Ver URL: <http://www.teledesic.com/>

Ver URL: <http://www.skybridgesatellite.com/>

Wells A.: *Are Satellite Services Spinning out of Control*. Mobile Europe, Abril 2000.

Ver URL: <http://www.esa.com/>

Ver URL: <http://www.skystation.com/>

Ver URL: <http://www.grc.nasa.gov/www/Electrochemistry/erast.html>

Ver URL: <http://www1.tlc.polito.it/heliplat/haleweb.html>

Y. Hu, V. O.K.Li: *Satellite-based Internet: A tutorial*. *IEEE Communications Magazine*, Marzo 2001.

Ver URL: *VSAT forum* http://www.gvf.org/vsat_industry/

Ver URL: <http://www.comsys.co.uk/vsatuser.htm>

Ver URL: www.totaltele.com

Ver URL: <http://www.satellitetoday.com/images/2001survey03.jpg>

Satélites: *the sky's the limitation?* *Public Network Europe*, Junio 2001.

Ver URL: www.thruraya.com

Mobile Europe. Mayo 2001.

I. Akyildiz, G. Morabito, S. Palazzo: *Research Issues for Transport Protocols in Satellite IP Networks*. *IEEE Personal Communications*, Junio 2001.

CAPÍTULO 9

Ver URL: <http://www.cordis.lu/ist/ka4/mobile/statistics.htm>

Hernando Rábanos, José María: *Comunicaciones móviles*. Ed. Centro de Estudios Ramón Areces, S.A. España, 1997.

Hernando Rábanos, José María: *Comunicaciones móviles GSM*. Ed. Fundación Airtel. España, 1999.

Brasche Götz and Walke Bernhard: *Concepts, Services, and Protocols of the New GSM Phase 2+ General Packet Radio Service*. IEEE Communications Magazine, Agosto 1997. Pp. 94-104.

Bettstetter Christian, Vögel Hans-Jörg, and Eberspächer Jörg: *GSM Phase 2+ General Packet Radio Service GPRS: Architecture, Protocols, and Air Interface*. IEEE Communications Surveys, vol. 2 no. 3. Pp. 2, Third Quarter 1999.

Furuskär, Anders, Näslund, Jonas and Olofsson, Hakan: *Edge—Enhanced data rates for GSM and TDMA/136 evolution*. Ericsson Review, no. 1, 1999.

Ojanperä Tero, Prasad Ramjee: *Wideband CDMA for Third Generation Mobile Communications*. Artech House Publishers. USA, 1998.

Lluch Mesquida Cayetano; *Hernando rabanos Jose M.: Comunicaciones Móviles de Tercera Generación UMTS*. Telefónica Móviles España, S.A., Año 2002.

CAPÍTULO 10

Marples Dave -Telcordia Technologies Inc, Kriens Peter – OSGi: *The Open Services Gateway Initiative: An introductory overview*. IEEE communications Magazine, Diciembre 2001.

O'Driscoll Gerard: *The essential guide to Home Networking Technologies*. Prentices Hall.

Castell Manuel: *La sociedad red (La era de la información T.1)*. Alianza editorial.

