



CENTRO DE ESTUDIOS FINANCIEROS

VIRIATO, 52	28010 MADRID	914 44 49 20
PONZANO, 15	28010 MADRID	914 44 49 20
G. DE GRÀCIA, 171	08012 BARCELONA	934 15 09 88
ALBORAYA, 23	46010 VALENCIA	963 61 41 99

www.cef.es

info@cef.es

Índice Tema 12

1. Telecomunicaciones por cable. Estructura de la red de cable. CATV.
2. Normativa reguladora.
3. Organización de demarcaciones. Operadores de mercado. Servicios de red.



CENTRO DE ESTUDIOS FINANCIEROS

VIRIATO, 52	28010 MADRID	914 44 49 20
PONZANO, 15	28010 MADRID	914 44 49 20
G. DE GRÀCIA, 171	08012 BARCELONA	934 15 09 88
ALBORAYA, 23	46010 VALENCIA	963 61 41 99

www.cef.es

info@cef.es

TEMA 12

Telecomunicaciones por cable. Estructura de la red de cable. Normativa reguladora. CATV. Organización de demarcaciones. Operadores de mercado. Servicios de red.

1. TELECOMUNICACIONES POR CABLE. ESTRUCTURA DE LA RED DE CABLE. CATV.

Las redes de cable se desarrollaron a finales de los años cuarenta, para distribuir la señal de televisión en las pequeñas ciudades asentadas en los valles de Pensilvania, en USA y se conocieron como CATV (Community Antenna TV).

HFC (Híbrido Fiber Coaxial) es una red híbrida de fibra óptica y coaxial que se emplea para la difusión de señales con un gran ancho de banda, desde una cabecera de red hasta los usuarios finales.

En una red HFC, podemos distinguir las siguientes partes:

- Cabecera. Constituye el centro principal de operaciones en el que se llevan a cabo procesos tales como la captación de señales, el procesamiento de las señales recibidas, etc.
- Red de distribución. Construida con fibra óptica, lleva la señal hasta el punto en el que comienza la red de distribución coaxial.
- Red de acceso. Se divide en dos tramos.
 - El primer tramo parte del nodo óptico y con topología árbol-rama, lleva la señal hasta la red de abonado a través de cable coaxial.
 - El segundo tramo, también de cable coaxial, transporta la señal hasta el equipo del usuario.

La red de reparto (Red distribución más Red de acceso) distribuye la señal por fibra óptica hasta los conversores óptico-eléctricos. Podemos distinguir en ella dos tipos de enlaces:

- Enlace cabecera-nodos primarios. Es una estructura formada por un anillo de fibra óptica.
- Enlace nodo primario-nodo secundario. Su estructura puede ser o bien una red en estrella o bien un anillo de fibra. Los nodos secundarios constituyen el conversor óptico-eléctrico, a partir del cual la señal deja de ser de naturaleza óptica y pasa a tener naturaleza eléctrica y, por tanto, a distribuirse con coaxial.

La red de acceso lleva la señal desde el nodo secundario (conversor óptico-eléctrico) hasta la toma de cada bloque o manzana. Aunque en una red de cable genérica la red de acceso puede ser una red óptica (FTTH) (Fiber to the Home), se suele emplear como medio de transmisión el cable coaxial (HFC).

Las líneas de la red de acceso parten del nodo secundario llegando hasta la red de abonado. Con las nuevas técnicas de diseño, prácticamente nunca exceden los 4-6 amplificadores en cascada. De esta forma, los parámetros de calidad no sufren severas degradaciones, siendo además más fácil el mantenimiento del servicio en óptimas condiciones, aumentando así la fiabilidad del sistema.

El último tramo de la red de acceso recibe el nombre de red de abonado y se extiende desde la toma de bloque o manzana a la que pertenece el abonado hasta la toma de usuario en el interior de la vivienda del mismo, y pueden distinguirse en ella dos tramos:

- Red exterior. Distribuye la señal desde la toma de cada bloque (o manzana) hasta la toma en la base del edificio del abonado. Parte de una línea de la red de acceso, de la que salen varias líneas de distribución de abonado. En este punto nos encontramos cerca del abonado, por lo que podemos sacrificar algo de calidad de la señal en aras de alcanzar un nivel de ataque a los derivadores elevado, ya que debemos alimentar muchos abonados desde un mismo punto. La red exterior de abonado se diseña con amplificadores de más alta ganancia y mayor figura de ruido que la red de acceso y con mayores niveles de salida, por lo que la degradación es mayor que con los amplificadores empleados en la red de acceso.
- Red interior. Es el tramo final de la red que lleva la señal directamente hasta la toma de usuario. Se trata de una línea ya pasiva, compuesta por derivadores y acopladores direccionales, principalmente. En circunstancias normales ya no es necesario amplificar la señal, salvo que sean tiradas de cable anormalmente largas.

En el nuevo reglamento sobre ICT (Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones), aparece la televisión digital terrestre como nuevo servicio a contemplar en la planificación de frecuencias. Además, entre otros aspectos, se contempla la posibilidad de la televisión interactiva con canal de retorno no telefónico.

La red de dispersión es la parte de la red que enlaza la red de distribución con la red interior de usuario. Comienza en los derivadores que proporcionan la señal procedente de la red de distribución, y finaliza en los puntos de acceso al usuario. Está formada por dos cables coaxiales.

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

La introducción de la bidireccionalidad en las redes de cable ha sido generalmente un proceso gradual. Hay que destacar que la activación del canal de retorno por vía telefónica no es una opción marginal sino que supone una solución cómoda y económica para la prestación de algunos servicios interactivos.

Aunque el canal de retorno se puede activar a través de la RTPC (Red Telefónica Pública Conmutada), la mejor solución es la de activar el canal de retorno a través de la propia red HFC mediante el empleo de amplificadores bidireccionales, filtros diplexores y toda una serie de equipos que permiten ofrecer finalmente un ancho de banda ascendente de 50 MHz o más, y velocidades ascendentes reales que actualmente son de alrededor de 1 Mbps.

Un operador de cable que pretenda activar un canal de retorno en su red HFC se va encontrar con varios problemas. En primer lugar, la banda de frecuencias reservada para el canal ascendente es, según el Reglamento Técnico y de Prestación del Servicio de Telecomunicaciones por Cable, la comprendida entre 5 y 55 MHz. Este espectro se ve afectado por señales interferentes de radiofrecuencia que penetran en la red a través de imperfecciones de la misma (conectores defectuosos u oxidados, malas terminaciones, cables mal apantallados, etc.). Estamos hablando de señales de emisoras de onda corta, de radioaficionados, banda ciudadana, amén de una infinidad de ruidos de RF originados en motores eléctricos, televisores mal apantallados, ordenadores, etc.

Otra fuente de interferencias importante es el propio STB (Set-To-Box) que es la interfase del cliente para manejar la televisión por cable. Si se quieren introducir nuevos servicios digitales por el canal de retorno, habrá que asegurarse de que el viejo Set-Top-Box que servía para el servicio de Pago Por Visión (PPV) no ensucie el espectro ascendente de tal manera que sea imposible establecer el enlace digital de forma fiable.

En redes HFC, hay que tener en cuenta las especiales características de la red coaxial, que presenta una estructura árbol-rama, por lo que en el canal ascendente convergen las señales procedentes de los distintos abonados, junto con ruido y el de los elementos por los que van pasando, con lo que finalmente tendremos todo el ruido en un solo punto. Este efecto embudo se conoce como noise funneling y es el mayor inconveniente de la habilitación del canal de retorno. Lógicamente, el noise funneling aumenta con el número de abonados conectados a una rama coaxial, por ello este número debe ser limitado.

Cada abonado es una fuente de ruido, teniendo en cuenta la gran cantidad de electrodomésticos de los hogares y que el estado del cable en el interior del mismo queda fuera del control del operador. Por este motivo, es habitual colocar filtros en las tomas de abonados que no utilicen el canal de retorno para evitar que el ruido producido en sus hogares se introduzca en la red.

En los sistemas completamente coaxiales todo el ruido acaba convergiendo en la cabecera. En cambio, en los sistemas HFC, éste converge en el nodo óptico, por ello es muy importante limitar el tamaño del nodo óptico. De modo orientativo, podríamos decir que el nodo óptico debe dar servicio entre 500 y 2.000 viviendas y cada rama de coaxial no debe servir a más de 100 o 200 abonados ni tener más de 2 amplificadores en cascada.

En el sentido descendente, la misma señal se propaga por toda la red. En cambio, por el canal ascendente pueden darse dos formas de propagación:

- Los canales de retorno provenientes de cada rama coaxial se superponen al llegar al nodo óptico, resultando en un solo canal que llega hasta la cabecera. En este caso, se estarán compartiendo los 40 MHz de ancho de banda del retorno entre todos los abonados conectados en ese instante, luego todo el ruido irá por una vía única.
- Los canales de retorno de cada rama son multiplexados en frecuencia en el nodo óptico, llegando cada uno de ellos por separado a la cabecera. Ahora, el ancho de banda del retorno es compartido únicamente entre los abonados de cada rama de coaxial. Esta opción es más recomendable, por motivos de ruido y capacidad.

Debido a la direccionalidad de la red, no es posible que dos abonados se comuniquen directamente, la señal deberá pasar del canal ascendente al descendente. La cabecera es el único punto de la red que recibe las transmisiones ascendentes de todos los abonados y que puede enviar a todos estos señales por el canal descendente.

Para aprovechar al máximo la capacidad del canal ascendente debemos repartirla dinámicamente entre los usuarios que lo soliciten en cada instante. De este modo, tendremos un sistema flexible y altamente escalable, ya que a medida que aumente la demanda de servicios direccionales podemos ir acercando la fibra óptica hasta el hogar aumentando la capa. Esto es posible, pues en cada rama troncal siempre se llevan fibras sobrantes.

El estándar más extendido para redes de cable es IEEE 802.14. Esta norma define una arquitectura basada en dos capas MAC y PHY.

La capa física define las características de transmisión y el proceso de bajo nivel a que se somete la información para adaptarla a las características del canal por el que se envía.

En el diseño de la capa física encontramos varias alternativas de modulación. Debido a las altas relaciones señal-a-ruido que presenta el canal descendente, se emplean esquemas de modulación con eficiencias espectrales altas.

El canal de retorno, sin embargo, es un medio mucho más hostil, por lo que se emplean esquemas de modulación menos eficientes pero más robustos. El esquema de modulación escogido debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- Aprovechar al máximo el espectro disponible en el canal de retorno.
- Debe ser realizable mediante tecnología de bajo coste.
- Funcionamiento eficiente y robusto en el uso del espectro:
 - Evitando las partes extremadamente ruidosas del mismo.
 - Usando canales más estrechos en las partes ruidosas del espectro.
 - Empleando canales más anchos en las partes relativamente limpias.
- Debe ser suficientemente eficiente y flexible como para acomodar las diferentes necesidades de capacidad de transmisión que plantea una multitud de usuarios.
- La relación señal-a-ruido en el canal de retorno es en función de la frecuencia, de la hora del día, del tipo de red, de su tamaño y ubicación, así como de otros factores.

Con estas dos premisas, existen dos posibilidades: los sistemas de portadora única y los sistemas multiportadora.

A pesar de que los sistemas de portadora única con modulación QPSK se han convertido, de alguna manera, en una especie de estándar de facto para el canal de retorno, existen propuestas muy interesantes en el sentido de utilizar para este canal otros sistemas basados en esquemas multiportadora.

Un sistema multiportadora utiliza una banda de transmisión de una manera muy eficiente, mediante su división en cientos de subcanales totalmente independientes y aislados espectralmente unos de otros (subcanalización).

Cada subcanal ocupa tan sólo una pequeña fracción del ancho de banda total del canal de retorno, y únicamente se solapa con los subcanales inmediatamente adyacentes. Cuando las señales ascendentes se transmiten por la red coaxial hacia el nodo secundario, sufren los efectos de distintos tipos de ruido, interferencias de banda estrecha y de la propia propagación por el coaxial. Para contrarrestar los efectos indeseados de todos estos factores, el sistema multiportadora es capaz de adaptarse a la respuesta del canal. En definitiva, los sistemas multiportadora proporcionan una utilización más eficiente del espectro, adaptando el número de bits por subcanal a la relación señal-a-ruido disponible. Además, debido a que la capacidad total de transmisión se divide en cientos de subcanales, el operador de la red puede suministrar a cada abonado exactamente la capacidad que necesita, y cuando la necesita.

Otro aspecto importante en el ámbito físico es la potencia de transmisión del cablemódem. Si existen varias portadoras en el canal ascendente, además de controlar la potencia de cada portadora también habrá que controlar la potencia total de todas las portadoras, con el objetivo de no saturar los amplificadores de retorno, provocando así productos de intermodulación.

En cuanto a las velocidades de acceso, a pesar de que, a primera vista, la velocidad real de acceso podría identificarse con la velocidad del cablemódem, en realidad es solamente uno de los factores que la determinan. Además, hay que tener en cuenta otros aspectos, tales como:

- 1.º Velocidad con que el ordenador del usuario maneja la información procedente de Internet.
- 2.º Velocidad de la interfaz del ordenador hacia el módem de cable.
- 3.º Congestión en la planta de cable, donde el medio es compartido.
- 4.º Capacidad de conexión desde la cabecera a Internet.
- 5.º Congestión dentro de la propia Internet.

De los 30 Mbps anunciados teóricamente, se estima que el usuario podrá disfrutar de un acceso de unos 1,5 Mbps reales. En cualquier caso, esta oferta sigue siendo suficientemente atractiva tanto en velocidad como en precio frente a las alternativas telefónicas existentes (módem tradicional de 36,6 kbps o la RDSI de 2×64 kbps): ambas se tarifican por tiempo de utilización, mientras que los módems en principio están pensados para ofrecerse en régimen de tarifa plana.

Además, ofrecen las ventajas adicionales de conexión permanente y de no ocupar la línea telefónica ni interrumpir otros servicios que se están prestando por la red de cable.

El operador de cable puede controlar con cierta facilidad los puntos 2.º, 3.º y 4.º, pues si detecta excesivo tráfico en la red podrá habilitar canales adicionales. El punto 5.º resulta más complicado o, a decir verdad, más caro. La mayoría de los proveedores de acceso a Internet disponen de un enlace a Internet de 1,5 a 2 Mbps, para lo cual deben alquilar una línea de esa capacidad al correspondiente proveedor y su precio suele ser elevado. Una buena medida podría ser ofrecer contenido local almacenado en cabecera para evitar las salidas a la Internet.

En cuanto a la congestión en la propia Internet, algunos operadores de televisión por cable están pensando incluso en replicar en servidores locales la información más frecuentemente accedida con el fin de poder aprovechar al máximo las altas velocidades permitidas por los modems de cable.

Otro punto que no debemos olvidar es la conexión del cablemódem a la red. Los cablemodems representan el punto de separación entre la red de distribución y la red de usuario. Por tanto, deben conectarse, por un lado, a la red HFC y, por otro, a la propia instalación del usuario. Obviamos los cablemodems con retorno por la RTPC, puesto que se trata de una opción en proceso de desaparición.

Existen tres posibles configuraciones en función de dónde se ubique el cablemódem. En las dos primeras, la red de HFC llega al hogar del usuario hasta una toma de cable similar a la tradicional de televisión convencional. De aquí saldrá un cable coaxial que deberemos llevar hasta un divisor o splitter, ya que también querremos llevar cable hasta varios dispositivos (PC, TV, etc.).

En primer lugar, el cablemódem puede incluirse externamente al PC y conectarlo al mismo a través de una conexión Ethernet. El principal inconveniente de esta configuración es que es necesario equipar al PC con una tarjeta de red. Sin embargo, el cablemódem puede conectarse a una LAN. Otra interfaz posible es la USB (Universal Serial Bus), pero ésta únicamente permite la conexión de un PC.

También se puede incluir el cablemódem internamente como una tarjeta más conectada en una de las ranuras de expansión de un PC. Esta opción es la más barata, pero adolece de dos inconvenientes: por una parte, sólo se puede utilizar en PC de sobremesa (en portátiles y MAC la circuitería de la tarjeta resulta mucho más compleja) y por otra, el aislamiento del conector de cable frente a la corriente AC se convierte en un punto crítico. Finalmente, el cablemódem se puede encontrar embebido dentro de un STB.

Capa de acceso al medio. El nivel físico especifica los mecanismos de envío de bits sobre el medio de transmisión en el que se basa la red. En cambio, el nivel de MAC proporciona a las capas superiores un conjunto de servicios que permiten mapear las funciones de dichas capas en un flujo de bits.

El primer paso consiste en especificar un esquema de acceso al medio que arbitre el modo en que los cablemodems comparten el canal de retorno de la red de cable. Desgraciadamente, ninguno de los protocolos tradicionales de MAC (FDMA, TDMA y CDMA) se ajusta a las características de una red HFC. Por ello, se hace necesario definir protocolos nuevos, que pasamos a describir.

La primera solución por la que se optó fue aplicar los protocolos de acceso por contienda típicos de las redes LAN basadas en Ethernet. El acceso por contienda o CSMA/CD consiste en que cuando un nodo quiere transmitir escucha al canal y si éste está libre procede al envío de información. Pero puede darse la situación en la que una estación haya mandado un mensaje y esa señal no haya llegado aún a otra estación alejada, comenzando ésta a transmitir. En este caso se producirá una colisión de los dos mensajes y su contenido se habrá perdido. Los nodos deberán, entonces, esperar un tiempo aleatorio para retransmitir el mensaje (este tiempo será mayor cuanto más cargada esté la red, mejorándose así el comportamiento en situaciones con un elevado tráfico). Este tipo de acceso es muy eficiente en redes LAN y en comunicaciones de datos, en las que la información se transmite a ráfagas.

Pero si llevamos esto a las redes de televisión por cable, debemos tener en cuenta que los mensajes emitidos por una estación deben llegar hasta la estación cabecera por el canal ascendente y allí pasarlos al canal descendente para que el resto de estaciones puedan recibirlo.

De esta forma aumenta el tiempo que tarda una estación en recibir un mensaje y también aumenta la probabilidad de que existan colisiones. En el caso límite, el tiempo que tardará una estación en darse cuenta de que ha existido una colisión será el doble del tiempo que tarda un mensaje en llegar desde la estación hasta la cabecera. Así, una estación que decida transmitir deberá hacerlo como mínimo durante este tiempo y seguir escuchando durante el mismo. Esto no permite usar paquetes tan pequeños como deseamos (si es necesario se rellenarán hasta tener una longitud mínima), desperdiciando así la capacidad del canal.

Cuando se detecta una colisión, puede ocurrir que ésta tenga lugar en un punto mucho más cercano de uno de los dos nodos que del otro. De esta forma, el más próximo se dará cuenta antes de que haya existido una colisión y el tiempo de espera para retransmitir será menor que el tiempo que tiene que esperar el nodo lejano, lo que aumenta la probabilidad de que se vuelva a producir una colisión durante el reintento. Esto habrá que solucionarlo haciendo que las estaciones más cercanas tengan mayores períodos de espera.

Como vemos, este esquema CSMA/CD puede dar problemas en situaciones con elevado tráfico.

Además, al tener que retransmitir en el canal descendente todo el tráfico (incluso el destinado a un usuario que no esté en el canal) se desperdicia una gran cantidad de ancho de banda.

Para resolver estos problemas, se desarrollaron los protocolos de solicitud-reserva, en los que la estación cabecera participa activamente. De hecho, será ella la que dirá a los usuarios cuándo transmitir por el canal ascendente y será la única que tenga acceso al canal descendente (sólo se enviarán por este canal aquellos paquetes de datos cuyo destinatario esté sintonizado a ese canal). A cada canal ascendente estarán conectados una serie de modems transmitiendo hacia la cabecera cuando ésta se lo permita. Para ello, el canal ascendente se divide en ranuras de tiempo o slots de tamaño fijo. Las estaciones que quieran transmitir deben pedir permiso a la cabecera y cuando ésta se lo conceda sólo podrán comenzar a transmitir al principio de cada uno de los slots. La cabecera envía periódicamente información por el canal descendente indicando cómo se van a utilizar cada uno de los slots en el siguiente intervalo de tiempo. Además, da una referencia temporal para que todas las estaciones estén sincronizadas.

En función de la carga de la red, la cabecera utilizará cada slot de forma distinta. Así, podemos distinguir entre:

- Slots reservados: son uno o varios slots consecutivos destinados a que una estación transmita sus datos.
- Slots para solicitudes: son ranuras a las que las estaciones acceden por contienda con el objetivo de solicitar a la cabecera slots en el próximo intervalo de tiempo, ya que tienen datos esperando ser transmitidos.
- Slots de contienda para datos: son slots a los que un conjunto de estaciones o todas ellas pueden acceder por contienda para transmitir datos, lográndose así una transmisión inmediata en situaciones de poco tráfico.

En los dos últimos casos, la cabecera debe confirmar la correcta recepción de los datos. Si no es así, las estaciones deberán volver a transmitir los paquetes.

Con este método podemos mantener comunicación en tiempo real (reservando unos slots a una estación continuamente) así como garantizar un mínimo ancho de banda a una determinada estación (reservándole, por ejemplo, un slot de forma dedicada).

Este método es más eficiente en las redes de cable que uno basado totalmente en contienda y está bastante aceptado, aunque los fabricantes todavía no se ponen de acuerdo en factores como la longitud de los paquetes, la asignación de los slots periódica o en cualquier instante, etc.

Fijado el esquema de acceso al medio, el siguiente paso es definir el formato de trama que será y que es diferente en el canal ascendente y en el canal descendente. Desde el punto de vista del nivel de MAC, el canal descendente equivale a un flujo continuo de datos organizados en unidades de 6 bytes, llamadas unidades de reserva. Cada unidad de reserva es marcada por la cabecera cuando ésta no tiene nada que enviar o bien puede formar parte de una unidad lógica mayor.

En cuanto al canal ascendente, los formatos de trama son iguales salvo por el hecho de que algunos campos realizan funciones diferentes. Así, existe un campo EBR (Extended Bandwidth Request) que permite al cabledem solicitar slots adicionales sin emplear el algoritmo de contienda, lo que equivale a pedir ancho de banda, que podría haberse asignado ya, produciendo así una colisión.

ACCESO A INTERNET EN REDES HFC.

Las redes HFC, con algunas modificaciones, son capaces de soportar servicios bidireccionales e interactivos, como es el caso de la transmisión de datos. La experiencia ha permitido demostrar que es posible acceder a Internet a través del cable con sustanciales mejoras. Hasta ahora, el usuario debía conectar su módem a la línea telefónica tradicional para acceder a Internet y permanecer con la línea ocupada mientras estuviera conectado. El acceso a Internet a través de una red HFC libera por completo tal dependencia porque no precisa conectarse mediante una línea telefónica. Al no precisar conexión telefónica, el usuario ahorra costes de la llamada telefónica al servidor. Por otra parte, no precisa contratar una segunda línea telefónica para acceder simultáneamente a Internet y a telefonía. El usuario permanece conectado siempre a la red. Basta con encender el ordenador para introducirse en los contenidos de Internet sin sufrir los tiempos de espera en la conexión.

Existen tres posibles formas de conexión en este caso:

- Unidireccional HFC. El sistema clásico de CATV solamente permite la difusión de información en un único sentido, utilizando el ancho de banda de un canal de televisión (6 MHz). Mediante el uso de un módem de cable se puede proporcionar transmisión de datos y acceso a Internet a velocidades de hasta 30 Mbps, siendo necesario para el envío de información, a baja velocidad, en el sentido usuario-red, un enlace convencional a través de la red conmutada o cualquier otra.
- Bidireccional HFC. Los nuevos sistemas de cable, para configuraciones multiusuario, permiten el flujo de información en ambos sentidos. De esta forma, se incrementa la capacidad en ambos sentidos y los usuarios pueden disfrutar de un acceso rápido a Internet a la vez que disponen del servicio de difusión de canales de video y del telefónico.
- Sistemas SDB (Switching Digital Broadband). Acercan la fibra óptica lo máximo hasta el usuario, clasificados como un sistema banda base con una capacidad descendente de hasta 50 Mbps y ascendente de 1,5 Mbps en configuraciones punto a punto. No están muy extendidas debido a su coste.

Tareas realizadas en el canal descendente:

- Localización de paquetes para su posterior agrupación y almacenamiento.
- Elaboración de estadísticas de tráfico para ver el grado de congestión.
- Gestión del ancho de banda necesario para cada cablemódem con el fin de optimizar el ancho de banda disponible.
- Tareas de codificación de los datos y corrección de errores.

Tareas realizadas en el canal ascendente.

- Gestión de los canales disponibles.
- Gestión del control de acceso al medio.

En cualquier caso, el equipo de gestión de red debe controlar el canal descendente y ascendente.

Con objeto de poder utilizar los mismos receptores que se emplean con la TV terrestre, los sistemas de cable utilizan la misma banda de frecuencias de radio (RF) que ellos, aunque los sistemas HFC expanden la banda desde aproximadamente los 550 MHz hasta los 860 MHz o incluso 1 GHz, dejando la porción baja, hasta aproximadamente los 50 MHz (5-42 en Europa y 5-65 en EE.UU.) sin utilizar o como canal de retorno para órdenes, debido a las interferencias que se producen en este tramo por múltiples causas, como son electrodomésticos y emisiones de radio. En la porción útil se pueden incluir un gran número de canales de televisión analógicos si se tiene en cuenta que, con el estándar americano NTSC, un canal de televisión ocupa un ancho de banda de 6 Mhz y con PAL ó SECAM se va a 8 Mhz.

El proceso de modificación de una red HFC convencional para que sea capaz de ofrecer el acceso a Internet se divide en dos etapas. En primer lugar, habrá que modificar la red de distribución para que soporte la bidireccionalidad del servicio y en segundo lugar, equipar la cabecera de la red con los dispositivos adecuados. En efecto, para permitir el acceso a Internet deberá habilitarse un canal descendente destinado a la transmisión de datos desde la cabecera al usuario y otro ascendente en sentido contrario. Todos los usuarios podrán transmitir y recibir datos a través del mismo medio.

Generalmente, se suele habilitar la zona inferior del espectro para el canal ascendente. La división entre el espacio ascendente y el descendente se suele situar hacia los 50 MHz, estructuración que se conoce como sub-split. Aunque esto es lo más habitual, también hay otras alternativas conocidas como mid-split y high-split, que sitúan la frontera entre ambos sentidos en torno a 120 y 200 MHz, respectivamente. Aunque teóricamente el canal ascendente comienza en 5 MHz, la práctica dice que la zona entre 5 y 15 MHz es altamente ruidosa, por lo que en muchos casos no se utilizará. La bidireccionalidad de la red obliga a modificar los amplificadores para separar los canales ascendente y descendente, de modo que los amplifiquen por separado. Otro aspecto a tener en cuenta es que las señales de los distintos abonados en su transmisión por el canal ascendente deben compartir la misma zona del espectro. Por ello, es necesario utilizar algún método de acceso para arbitrar qué señal se transmite en cada instante y discriminar de algún modo a qué usuario pertenece la información.

En cuanto a la cabecera, lógicamente, si queremos proveer servicio de acceso a Internet, deberemos instalar un proveedor de servicios en la cabecera o conectarla a través de una línea alquilada a Internet. Básicamente, un proveedor de información puede encuadrarse, desde el punto de vista del servicio que ofrezca a los usuarios, en uno de estos dos tipos:

- **Contenidos locales.** Ofrece al usuario que se conecta a él un servicio de acceso a una información que está residente en el propio proveedor.
- **Contenidos ajenos.** Actúa como pasarela para que el usuario que accede a él pueda conectarse a servicios de información residentes en otros ordenadores de otras redes. En este caso, la información final a la que tiene acceso al que se conecta el usuario, reside fuera del proveedor.

El equipamiento necesario en la cabecera de la red y las funcionalidades que debe desempeñar difieren dependiendo de si el sistema es simétrico o asimétrico.

En los sistemas simétricos tendremos un canal ascendente por cada canal descendente. El ancho de banda de ambos canales de datos será idéntico. En este caso, deberemos instalar en la cabecera los siguientes dispositivos:

- **Convertidor de frecuencias.** Pasa el canal ascendente a uno descendente. Es necesario uno por cada par de canales habilitados para transmitir datos.
- **Módem de referencia.** Este módem está conectado a Internet por medio del router perteneciente al proveedor de servicios. Además está unido a la red de cable a través del convertidor de frecuencias, siendo su entrada la salida del convertidor y su salida la entrada de éste. Esto implica que todo el tráfico del canal ascendente pasa a través del convertidor de manera transparente al canal descendente, con lo que se está ocupando ancho de banda innecesariamente en caso de que el destinatario se encuentre en otra red o subred.

Normalmente, el módem de referencia inserta el tráfico que proviene de Internet en la entrada del convertidor de frecuencias y difunde los parámetros de operación que recibe periódicamente del sistema de gestión de red a los módems que están funcionando en el sistema. De esta forma los modems están continuamente adaptados a las características cambiantes del canal. Además, transmite cada cierto tiempo un conjunto de parámetros para que los modems recién conectados puedan configurarse. Al igual que ocurre con el convertidor de frecuencias, es necesario un módem de referencia por cada par de canales habilitados para transmitir datos. Existen equipos que integran los dos dispositivos anteriormente mencionados en uno solo.

- **Software de control del sistema.** Un ordenador situado en la cabecera se encargará de todas las funciones de gestión de red. Podremos utilizar el estándar de gestión de red de Internet SNMP (Simple Network Management Protocol) sobre una plataforma Unix o un software desarrollado por alguna compañía fabricante de modems de cable. Generalmente, estos paquetes desarrollan las siguientes funciones:
 - Autorización de los equipos que pueden funcionar en cada red.
 - Soporte para OSS/BSS (Operational Support System/Business Support System): éste es el interfaz hacia el sistema de gestión y hacia el sistema de tarificación, respectivamente.
 - Asignación de direcciones IP.

- Configuración de los parámetros del software cliente/servidor de cada terminal.
- Reloj que proporcione la hora sincronizada a todos los componentes del sistema.
- Asignación de las frecuencias de transmisión y recepción a cada uno de los módems de la red.
- Gestión y control centralizado de la red.

En los sistemas asimétricos cada subred está formada por varios canales ascendentes y un canal descendente, de lo que se deduce que el ancho de banda de éste será mayor al de los canales ascendentes. En este caso deberemos añadir a los componentes de proveedor un ordenador con el software de control de la red y un equipo de cabecera formado por:

- Módulo de recepción. Deberemos tener en el equipo de cabecera tanto módulos de recepción como canales ascendentes. La salida de estos módulos tendrá un formato estándar como puede ser Ethernet e irá conectada a otra parte del equipo de cabecera que ejercerá la función de encaminamiento de los paquetes de datos. Puesto que el número de canales ascendentes aumentará con el nivel de penetración del servicio de acceso a Internet, el número de módulos de recepción del equipo de cabecera deberá ser fácilmente ampliable.
- Módulo de encaminamiento. En esta parte del equipo de cabecera se analizará cada paquete de datos para decidir si debe ser enviado a una subred del sistema de cable o hacia Internet. De este modo se evita la utilización indebida del ancho de banda de la red.
- Módulo de transmisión. Será necesario un módulo de transmisión por cada canal descendente habilitado para transmitir datos. La entrada de éstos tendrá el mismo formato que la salida de los módulos de recepción y será una de las salidas del módulo de encaminamiento. Este dispositivo se encargará de difundir los parámetros de operación que recibe periódicamente del sistema de gestión de red a los modems que están funcionando en el sistema y transmitir cada cierto tiempo un conjunto de parámetros para que los modems recién conectados puedan configurarse. De esta forma, los modems están continuamente adaptados a las características cambiantes del canal.
- Software de control del sistema. Este será similar al necesario para sistemas simétricos.

Las redes HFC tienen una serie de ventajas sobre otras redes de acceso a la hora de ofrecer, no sólo telefonía, sino también servicios de datos. Sin embargo, también presenta un cierto número de problemas potenciales, aunque todos ellos pueden evitarse o reducirse con una planificación cuidadosa con el fin de crear una infraestructura viable y altamente competitiva.

En la implementación de servicios integrados sobre una red HFC, el ancho de banda debe ser compartido por un cierto número de servicios. Éste se suele dividir en canales de 6 MHz que, a su vez, se subdividen en líneas telefónicas para la provisión del servicio de telefonía

La disponibilidad de difusión de video no se ve afectada ya que la telefonía utiliza una porción específica de ancho de banda para cada conexión activa. Un punto que no debemos perder de vista es el hecho de que la telefonía es un servicio simétrico, por lo que debe superarse la limitación del ancho de banda dedicado al tráfico de retorno (5-42 MHz). Dado que este límite no es inherente ni al cable coaxial ni a la fibra óptica, deben planearse cuidadosamente modos de expandir la capacidad del canal ascendente.

Los requerimientos que el servicio de telefonía exige a una red de cable son muy diferentes a los de la difusión de video. En primer lugar, el ancho de banda requerido para telefonía, aunque es relativamente reducido para cada conexión particular, aumenta con el número de llamadas simultáneas. Por el contrario, en el caso de los servicios de video no ocurre así: se destina una gran cantidad de ancho de banda para un solo canal, pero no se ve afectado por el número de usuarios. Además, la telefonía necesita de un ancho de banda de retorno, que es innecesario en los servicios de video (salvo en el caso de video bajo demanda).

Por otra parte, la telefonía es un servicio crítico en el sentido de que la pérdida del servicio de video es una inconveniencia, pero la pérdida del servicio telefónico puede resultar catastrófica.

Otro aspecto a tener en cuenta es el de la calidad de servicio (QoS, Quality Of Service). La QoS es una medida de la fiabilidad de la señal (pérdida de bits, tramas o paquetes) y de sus prestaciones temporales (retardo o latencia). La telefonía tiene requerimientos de calidad de servicio variable. La difusión de video, por ejemplo, no es capaz de soportar interrupciones en el flujo de información. La voz, al igual que el video, exige retardos pequeños. Los datos, sin embargo, pueden soportar cierto retardo (incluso retransmisión de los paquetes perdidos).

Finalmente, no se debe olvidar el hecho de que los teléfonos necesitan telealimentación, mientras que los televisores no. En una red telefónica tradicional, la potencia de alimentación es transportada en la misma línea desde la central hasta el equipo de abonado. La fibra óptica, a diferencia del cable coaxial, únicamente es capaz de transportar señal y no admite corriente continua, ya que no es un elemento conductor de la electricidad. Por esta razón, la telefonía sobre redes HFC requiere que la potencia sea insertada en los nodos ópticos, punto en el que comienza la red coaxial. En cuanto a la generación de potencia, tenemos dos opciones: generar la potencia de forma centralizada y transportarla hasta los nodos por inserción o bien generar la potencia en los propios nodos. La decisión final se ve afectada por el hecho de que a medida que la potencia viaja desde el punto de inserción, existe una caída de tensión debida a la resistencia de lazo. Esto hace que en algunos puntos la tensión sea insuficiente para alimentar a los dispositivos de la red.

Además de las líneas de alimentación, es aconsejable implementar un sistema de alimentación de reserva que sea capaz de mantener el servicio en caso de un fallo de alimentación. A la hora de decidir la ubicación de las baterías conviene tener en cuenta que éstas son sensibles a la temperatura y requieren un mantenimiento. De nuevo, tenemos dos opciones: enterrarlas bajo tierra o dejarlas en la superficie. En el primer caso, se proporciona una mejor protección frente a los cambios de temperatura, mientras que en el segundo el mantenimiento se simplifica sobremanera si las baterías están situadas sobre la superficie.

Existen dos tendencias tecnológicas a la hora de ofrecer servicios de telefonía a través de redes de cable: desplegar una red de acceso telefónico paralela a la red de distribución HFC (solución superpuesta) o aprovechar la infraestructura HFC para transportar en el espectro de RF las señales telefónicas (solución integrada). Esta segunda opción presenta dos variantes: solución RF hasta la acera versus solución RF hasta el hogar.

La arquitectura superpuesta consiste en implantar una red de acceso telefónico paralela a la red de cable. Esta arquitectura, conocida habitualmente como overlay combina dos tecnologías diferentes sobre las que se tiene una gran experiencia por separado, por lo que su construcción es sencilla. Aunque no se alcanza con ella un nivel alto de integración de la red, tiene la capacidad de poder ser diseñada de tal manera que sea de rápido despliegue, económica, flexible, fiable y que tenga en cuenta una posible evolución futura hacia arquitecturas más avanzadas y con un mayor nivel de integración.

La arquitectura superpuesta lleva un canal de 64 kbps hasta cada uno de los hogares pasados por la red, a través de un cable de pares, directamente desde el nodo óptico. En el nodo, las señales a 64 kbps se multiplexan para formar canales agregados a 2 Mbps y éstos a su vez forman canales de niveles jerárquicos superiores (8, 34 y 140 Mbps), hasta llegar a la cabecera. En la cabecera, un conmutador local hace de interfaz entre la red superpuesta y la red telefónica conmutada (RTPC). En este tipo de arquitectura, por tanto, el operador pone a disposición de cada abonado un canal telefónico dedicado y toda la concentración del tráfico se realiza en la cabecera.

La segunda opción tecnológica (arquitectura integrada) consiste en aprovechar la infraestructura de la red HFC de CATV para transportar las señales telefónicas en el espectro de RF de la misma. Se reservan para el tráfico telefónico ciertos canales del espectro descendente y del de retorno. No se dedica a cada abonado un canal de 64 kbps, sino que todos los abonados de una misma zona de distribución comparten una serie de ranuras temporales de 64 kbps, a las que acceden según un esquema TDMA. La propia red HFC realiza, por consiguiente, una concentración de tráfico telefónico previa a la que tiene lugar en el conmutador local de la cabecera, y dependerá de la calidad de servicio que quiera ofrecer y del dimensionado del sistema de acceso telefónico. Esta concentración del tráfico permite simplificar los equipos digitales de la cabecera, ahorrar ancho de banda en la red HFC (muy importante en el canal de RTPC de retorno) y flexibilizar el sistema frente a problemas de ruido e interferencias, puesto que la asignación de canales de RF a los abonados se realiza de manera dinámica. Dentro de esta segunda opción tecnológica existen dos variantes:

- RF hasta la acera. Consiste en llevar las señales telefónicas en su formato RF hasta un nodo telefónico en el que se convierten a su formato digital en banda base (señales telefónicas a 64 kbps). De este nodo parten pares trenzados hasta cada uno de los hogares.
- RF hasta el hogar. La red de distribución coaxial de la red HFC lleva hasta los hogares todas las señales provenientes de la cabecera, tanto las de TV y otros servicios como las de telefonía. Es, por tanto, en el hogar del abonado donde se realiza la conversión de RF a la señal digital de 64 kbps en banda base.

La diferencia principal entre ambas variantes es el punto donde se pasa de RF a 64 kbps. En el primer caso, un solo equipo localizado en un nodo telefónico sirve a unas decenas de hogares mediante líneas punto a punto de pares trenzados y el resto de servicios llegan a través de la red de distribución coaxial. En el segundo caso, todas las señales llegan a través del cable coaxial y la conversión se realiza en el hogar del abonado, por lo que éste deberá disponer de un equipo que haga de interfaz entre la red HFC y su terminal telefónico.

A la hora de establecer una comparación entre las diferentes soluciones tecnológicas deben considerarse tres planos: técnico, económico y de integración.

La arquitectura superpuesta es la primera solución que se adoptó para ofrecer telefonía en redes de CATV. Sin embargo, existen una serie de razones que, en una primera aproximación, nos llevan a elegir la evolución de las redes HFC como mejor solución. La arquitectura HFC permite al operador ofrecer un conjunto de servicios interactivos de banda ancha a un coste inicial razonable. Debido a su propia estructura, presenta un coste de cableado y de electrónica relativamente bajo y predecible. Estos dos factores son importantes de cara al operador, pues uno de los objetivos principales es desplegar una infraestructura de bajo coste para mantener la calidad de servicio también a bajo coste dentro de un mercado muy competitivo. Por otra parte, la gran capacidad de las redes HFC para adaptarse a las necesidades de la demanda y al tipo de servicio permite al operador asignar servicios y capacidad a medida que la red evoluciona. Esta característica es vital para el operador, ya que la naturaleza competitiva del negocio hace que tanto los tipos de servicio como la demanda sean muy difíciles de predecir.

Tanto la arquitectura superpuesta como RF hasta la acera son tecnologías orientadas a la red, de ahí que tengan un alto coste por usuario para penetraciones bajas, ya que todo el coste de la red deba repartirse entre un número reducido de abonados. Sin embargo, a medida que la penetración del servicio aumenta, el coste por usuario se reduce. La solución RF hasta el hogar es muy favorable para tasas de penetración bajas, porque la mayor parte del coste es debido al equipo de usuario, que es parte del coste de instalación.

La arquitectura superpuesta, en realidad, son dos redes en paralelo para dar dos servicios diferentes, como son telefonía y transmisión de datos (en donde se incluye acceso a Internet) y todos los servicios audiovisuales, compartiendo únicamente infraestructura. No tiene riesgo tecnológico, ya que se trata de dos tecnologías muy probadas y ampliamente conocidas.

La arquitectura integrada de RF hasta la acera presenta un problema en el bucle de abonado, ya que introduce mucho ruido en la red, y también problemas de alimentación. Si hay un corte de corriente, estamos obligados a que los abonados puedan seguir llamando, por lo que es necesario instalar baterías en esos puntos. Si las pusiéramos en los decodificadores, módulos de acceso al servicio o en la casa del abonado, habría miles de baterías que tendrían que cambiarse cada dos años, lo cual supondría un elevado coste de operación.

La arquitectura integrada de RF hasta el hogar es una tecnología innovadora y en estos momentos hay muy pocos proveedores en condiciones de proporcionarla, por lo que, a pesar de que funciona, hay que asumir cierto riesgo.

ATM es, la mejor tecnología de transporte de voz, video y datos integrados en una misma red. Además, debido a su naturaleza, ATM permite la inclusión de otras aplicaciones multimedia sin la necesidad de modificar el protocolo ATM básico.

El ATM Forum define una arquitectura de referencia para redes de acceso de banda ancha genéricas, que se estructura en cinco agrupaciones funcionales abstractas, aunque hay que hacer notar que los dispositivos reales pueden comprender, bien una agrupación funcional abstracta, bien varias de ellas o bien una parte de alguna de ellas. En el modelo se definen los grupos funcionales abstractos con los subgrupos que los componen y las interfaces que existen entre unos grupos y otros. El núcleo de la red ATM está formado por el sistema de gestión de red, el sistema de conmutación y el sistema de servidores de red.

Un segundo grupo es la red de acceso a ATM, compuesta por dos: el terminal ATM digital (ADT, ATM Digital Terminal) y la red de distribución de acceso.

Entre el núcleo y la red de acceso se encuentra la interfaz ANI o interfaz de red de acceso, independiente de la tecnología de la red de acceso. En Europa, la ANI es una interfaz transparente donde el nodo de acceso confía a la red el manejo de todos los aspectos importantes de establecimiento de llamadas y administración de las mismas.

En Estados Unidos, por otra parte, se trata de una interfaz reducida en la que el nodo de acceso tiene el cometido de manejar todos los aspectos de las llamadas, incluida la tarificación.

El siguiente grupo se denomina terminación de red de acceso (ANT, Access Network Termination). Es el punto final de la red de acceso y la conecta con la red de abonado (HAN, Home Access Network).

La interfaz que separa la red de acceso y el ANT es la UNIW, y tanto ésta como la UNIX (que define la interfaz entre el terminal de red y la red HAN) no están determinadas por la especificación. Ambas soportan una interfaz basada en conmutación de celdas y opcionalmente una basada en tramas para el transporte ATM entre los elementos de la interfaz.

El cuarto grupo consiste en la red ATM en el hogar o HAN. (Home ATM Network), dentro de la cual encontramos un dispositivo de distribución (HDD, Home Distribution Device) y la red de distribución (HDN, Home Distribution Network). El primero se encarga de la conmutación y/o multiplexación de conexiones virtuales ATM entre la UNIX y los dispositivos conectados a la HAN por la UNIH, incluyendo soporte para las conexiones virtuales entre dichos dispositivos.

También puede contener funcionalidades de capa física, MAC o ATM y señalización. El HDD es opcional, no necesariamente tiene que estar presente en la HAN, puesto que algunas de sus funciones podrían ser realizadas junto con el terminal de red en único dispositivo. En cuanto a la red de distribución HDN, transporta el tráfico ATM hacia y desde el sistema final y puede ser implementada por un enlace punto a punto, una configuración en estrella o una terminación en árbol.

La última agrupación funcional abstracta da forma al sistema final ATM o equipo terminal (TE, Terminal Equipment). El TE contiene funciones sobre la capa ATM y puede incluir aplicaciones de usuario final. Se conecta, bien directamente a la HAN a través de la interfaz UNIH o bien por medio de un adaptador. En este caso, la interfaz entre el adaptador y el equipo terminal recibe el nombre de TII o interfaz independiente de la tecnología. El TII opera en la capa ATM y permite a los terminales de usuario ser independientes de la casa en particular o de la red de acceso.

Una vez analizada la arquitectura de referencia para redes de banda ancha para cualquier tipo de red de acceso pasaremos a particularizarla para las redes híbridas fibra-coaxial.

Dentro de la HAN se distinguen los mismos dos subsistemas, si bien se emplea una nomenclatura distinta. El ADT ahora es el controlador de cabecera (HC, Headend Controller) y proporciona la funcionalidad necesaria para soportar ATM sobre el medio HFC compartido.

Incluye conmutación ATM y/o concentración, señalización, funciones de capa MAC, TC y PMD tanto en la dirección ascendente como descendente. Además, la red de distribución de acceso se denomina red de distribución HFC e incluye elementos tales como duplexores, nodos de fibra, amplificadores y acopladores direccionales. Los equipos no ATM compartirán generalmente el equipo HFC, pero no son objeto de esta especificación.

Por otra parte, la función del terminal de red en este tipo de redes está presente solamente por razones de seguridad e integridad de la señal. Su misión es establecer facilidades y posiblemente otros protectores eléctricos, divisores o acopladores direccionales.

Otra diferencia es que la interfaz UNIX pasa a denominarse UNIHFC y define una interfaz específica HFC que soporta todos los elementos del protocolo necesarios para que la estación soporte el estándar UNI y proporcione conectividad ATM sobre HFC. También incluye otros servicios (NTSC/PAL video) que se multiplexan por FDM.

Dentro de la HAN aparece un sistema llamado estación (el módem de cable es una estación) tanto en el tipo pasivo como en el activo. La estación consiste en una entidad en la casa que incorpora necesariamente soporte para transporte ATM sobre medio CATV. Contiene funciones de capa PMD, TC y MAC que en el modelo de referencia general se realizaban en otras entidades.

El HAN pasivo se estructura en árbol ramificado de cable coaxial, con divisores de RF en los puntos de ramificación. Las funciones de la estación se desarrollan en el sistema final ATM o en un dispositivo adaptador externo. Puede haber más de un sistema final o más de un adaptador en la casa y cada uno contiene una estación. En cambio, el HAN activo está compuesto por un HDD, el cual contiene una estación.

Inicialmente el acceso residencial mediante ATM llegará a través de un único servicio, probablemente el acceso a Internet. Para ello usará un cablemódem conectado al cableado de televisión por cable del hogar y por otro lado al PC mediante una tarjeta Ethernet o ATM. Conforme las redes HFC evolucionen se suministrarán más servicios vía ATM.

El primer paso será disponer de una interfaz específica RF/ATM para cada nuevo servicio bajo ATM, conforme se vayan añadiendo, lo que dará lugar a una arquitectura distribuida. En general, todas las interfaces deberán disponer de un receptor RF y, en el caso de que sea necesaria la capacidad de transmisión, también de un transmisor para el canal ascendente. Sea cual sea el servicio suministrado, cada interfaz ATM debe mantener los circuitos virtuales asociados con ese servicio particular.

Un segundo paso en el acceso al hogar es la pasarela residencial. Se trata de un dispositivo de acceso integrado, que proporciona una única interfaz a la red HFC y múltiples interfaces de servicio para el hogar. La pasarela consistiría en un módulo central sobre el que se insertarían, a modo de expansiones, módulos específicos. Estas expansiones serían las encargadas de proporcionar las interfaces específicas para cada servicio. El módulo central, a su vez, contendría el transmisor, receptor de RF y el procesador ATM. La señal demodulada por el receptor RF pasaría al procesador ATM, el cual mantiene cada uno de los circuitos virtuales asociados al hogar y suministra las celdas ATM a la interfaz de servicio adecuada. Para la comunicación ascendente se opera de forma parecida: cada módulo de interfaz conforma su información como celdas ATM y se las envía al procesador. Éste toma celdas de todos los módulos y multiplexa todos los circuitos virtuales en un solo flujo de datos que alimenta al transmisor de RF.

El siguiente peldaño en la evolución son las redes LAN residenciales, en las que el procesador ATM comienza a asumir funciones adicionales. Ya que todos los circuitos pasan a través del procesador, éste puede realizar funciones de conmutación dentro del marco residencial. De este modo, se establece una comunicación directa entre los dispositivos del hogar, permitiendo el intercambio de información y la manipulación remota.

Uno de los posibles resultados de esta interconectividad sería el establecimiento de una red LAN dentro del hogar, con la pasarela ATM realizando las funciones de control y administración de la red.

2. NORMATIVA REGULADORA.

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

La legislación que las regula, aun tratándose de una legislación de tipo técnico, tiene sentido social, ya que afecta a todo tipo de viviendas con independencia del poder adquisitivo del comprador, y contribuye de manera decisiva a que disminuyan a corto y medio plazo las desigualdades sociales en lo relativo al acceso a servicios de telecomunicaciones, tales como telefonía en sus distintas modalidades, internet, telecomunicaciones por cable, radiodifusión sonora y televisión analógicas, digitales, terrestres o por satélite, etc.

Procedimiento a seguir para implantar una ICT en un edificio de nueva construcción o que va a ser objeto de una rehabilitación integral:

Encargar la redacción de un proyecto técnico a un ingeniero o ingeniero técnico de telecomunicaciones que, en sintonía con el proyecto arquitectónico, prevea las características de la ICT de acuerdo con la normativa vigente y con las necesidades de cada caso (art. 3.º 1 del Real Decreto-Ley 1/1998). El contenido y estructura del proyecto técnico de la ICT deberá ajustarse a lo dispuesto en el Anexo I de la Orden de 14 de mayo de 2003.

1. Cualquier Infraestructura Común de Telecomunicaciones debe cumplir, al menos, las siguientes funciones (art. 2.º 1 del Reglamento aprobado mediante el Real Decreto 401/2003):

- a) La captación y adaptación de las señales de radiodifusión sonora y televisión terrenales y su distribución hasta puntos de conexión situados en las distintas viviendas o locales y la distribución de las señales de radiodifusión sonora y televisión por satélite hasta los citados puntos de conexión. Las características técnicas mínimas que ha de reunir esta instalación se encuentran recogidas en el Anexo I del Reglamento aprobado por el Real Decreto 401/2003.
- b) Proporcionar el acceso al servicio de telefonía disponible al público y a los servicios de telecomunicaciones de banda ancha, mediante la infraestructura necesaria que permita la conexión de las distintas viviendas o locales a las redes de los operadores habilitados. Las características técnicas mínimas que han de reunir estas instalaciones se encuentran recogidas en los Anexos II y III del Reglamento aprobado por el Real Decreto 401/2003.

Las características técnicas mínimas que deben reunir los elementos constructivos que sirven de soporte para efectuar las instalaciones reseñadas se encuentran recogidas en el Anexo IV del Reglamento aprobado por el Real Decreto 401/2003.

2. El proyecto técnico junto con el arquitectónico deberán presentarse para obtener la licencia de construcción o el permiso para comenzar las obras (disp. adic. primera de la Orden de 14 de mayo de 2003). Asimismo, una copia del proyecto técnico deberá presentarse en la Jefatura Provincial de Inspección de Telecomunicaciones correspondiente.
3. El propietario hará entrega de una copia del proyecto técnico al director de obra o al instalador de telecomunicaciones seleccionado para ejecutar la infraestructura común de telecomunicación proyectada. El instalador seleccionado deberá estar inscrito en el Registro de Empresas Instaladoras de Telecomunicación de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información.
4. Finalizados los trabajos de ejecución del proyecto técnico, el propietario de la edificación presentará en la Jefatura Provincial de Inspección de Telecomunicaciones que corresponda, tres copias del Boletín de Instalación (Anexo IV de la Orden de 14 de mayo de 2003) expedido por el instalador de telecomunicación que haya realizado la instalación, como garantía de que ésta se ajusta al proyecto técnico, a los que se anexarán sendas copias del protocolo de pruebas realizado para comprobar la correcta ejecución de la instalación (Anexo V de la Orden de 14 de mayo de 2003). Dichos documentos se acompañarán de tres copias de un Certificado (Anexo III de la Orden de 14 de mayo de 2003) expedido por el ingeniero o ingeniero técnico de telecomunicaciones que haya dirigido la ejecución del proyecto, visado por el Colegio profesional correspondiente, al menos cuando en éste se contemple la realización de infraestructuras co-

munes de telecomunicación en inmuebles de pisos de más de 20 viviendas, o que en las mismas se contemple la presencia de elementos activos en la red de distribución (art. 3.º 3 de la Orden de 14 de mayo de 2003). La Jefatura Provincial devolverá dos copias selladas de la documentación presentada, una para presentarla ante el Ayuntamiento para obtener la correspondiente licencia de primera ocupación (art. 3.º 6 de la Orden de 14 de mayo de 2003) y otra para conservarla.

5. Cuando a solicitud de los constructores o promotores, para obtener la cédula de habitabilidad o licencia de primera ocupación, se solicite de las Jefaturas Provinciales de Inspección de Telecomunicaciones la acreditación del cumplimiento de las obligaciones establecidas en el Reglamento aprobado por el Real Decreto 401/2003, de 4 de abril, dichas Jefaturas expedirán una certificación a los solos efectos de acreditar que por parte del promotor o constructor se ha presentado el correspondiente Proyecto Técnico que ampare la infraestructura, y el Boletín de Instalación y, en su caso, el Certificado de Fin de Obra y Anexos que garanticen que la ejecución de la misma se ajusta al citado Proyecto Técnico (art. 3.º 7 de la Orden de 14 de mayo de 2003).

3. ORGANIZACIÓN DE DEMARCACIONES. OPERADORES DE MERCADO. SERVICIOS DE RED.

El servicio de telecomunicaciones por cable se organizó en España en demarcaciones territoriales cuyo ámbito puede oscilar desde una parte de un término municipal hasta la agrupación de diversos términos municipales.

El título para acceder a la prestación de este servicio se ha obtenido mediante concurso público, quedando habilitado el concesionario no sólo para la prestación de este servicio, sino también para el establecimiento de la red necesaria para tal prestación y para la utilización de dicha red para la prestación de otros servicios de telecomunicaciones e, incluso, como servicio portador para servicios a prestar por terceros.

En cada demarcación territorial, se estableció un solo operador de cable, además de Telefónica de España, S.A.

La Ley habilitó a Telefónica de España, S.A. a prestar estos servicios en todas las demarcaciones, con una serie de requisitos y condiciones, siempre que aquél se preste de forma integrada con la prestación del servicio telefónico básico.

De esta forma, en cada demarcación territorial la prestación del servicio se puede hacer tanto por Telefónica como por el adjudicatario del concurso público.

Tras el proceso concesional y de ampliación posterior de determinadas demarcaciones, el mapa de España ha quedado dividido en 43 demarcaciones, 14 de las cuales ocupan un territorio de ámbito municipal y el resto son multimunicipales con extensiones geográficas muy diversas.

En 36 demarcaciones existen dos concesionarios del servicio: el ganador del concurso correspondiente y Telefónica Cable S.A., y en otras 6 el único concesionario es Telefónica Cable S.A. por haber resultado desierto el correspondiente concurso concesional.

Relación de empresas adjudicatarias:

ABLE

Aragón de Cable, S.A.

Demarcación: Aragón.

CANARIAS TELECOM

Cabletelca, S.A.

Demarcación: las Islas Canarias.

EUSKALTEL

Euskaltel, S.A.

Demarcación: Euskadi.

GRUPO R

Cable y Telecomunicaciones Coruña S.A.

Demarcación: La Coruña.

Cable y Telecomunicaciones Galicia S.A.

Demarcaciones: Santiago de Compostela y Galicia.

MADRITEL

Madritel Comunicaciones, S.A.

Demarcaciones: Madrid Norte, Sur-Oeste y Sur-Este

MENTA

Cable y Televisión de Cataluña, S.A.

Demarcaciones: Barcelona-Besós, Cataluña Nordeste y Cataluña Oeste.

ONO

Albacete Sistemas de Cable, S.A.

Demarcación: Albacete.

Cable y Televisión de Andalucía, S.A.

Demarcación: Andalucía IV.

Cable y Televisión de El Puerto, S.A.

Demarcación: Puerto de Santa María.

Cádiz de Cable y Televisión, S.A.

Demarcación: Cádiz.

Corporación Mallorquina de Cable, S.A.

Demarcación: Isla de Mallorca.

Huelva de Cable y Televisión, S.A.

Demarcación: Huelva.

Mediterránea Norte Sistemas de Cable, S.A.

Demarcación: Comunidad Valenciana-Norte y Torrent.

Mediterránea Sur Sistemas de Cable, S.A.

Demarcación: Comunidad Valenciana-Sur.

Región de Murcia de Cable, S.A.

Demarcación: Región de Murcia.

Santander de Cable, S.A.

Demarcación: Cantabria.

Valencia de Cable, S.A.

Demarcación: Valencia.

RETECAL

Retecal, S.A.

Demarcación: Castilla y León.

RETENA

Retena.

Demarcación: Comunidad Foral de Navarra.

RETERIOJA

Reterioja, S.A.

Demarcación: Rioja.

SUPERCABLE

Supercable Almería, S.A.

Demarcación: Almería.

Supercable Andalucía, S.A.

Demarcación: Andalucía I, Andalucía II, Andalucía III.

Supercable Sevilla, S.A.

Demarcación: Sevilla.

TELECABLE

Telecable de Avilés, S.A.

Demarcación: Asturias Centro.

Telecable de Gijón, S.A.

Demarcación: Asturias Oriente.

Telecable Oviedo, S.A.

Demarcación: Asturias Occidente.

TELEFÓNICA CABLE

Telefónica Cable, S.A.

Demarcación: todas.

DESIERTOS: EXTREMADURA, CASTILLA-LA MANCHA, MENORCA, IBIZA-FORMENTERA, CEUTA Y MELILLA.

Fundamentalmente las operadoras de cable ofrecen:

Televisión, telefonía, y acceso a Internet a alta velocidad.

Podemos hablar de servicios interactivos como PPV (Pay Per View), que permiten escoger la programación que desee el usuario, video bajo demanda, teletexto interactivo, telecompra, videojuegos interactivos.

Servicios de telefonía: las redes de TV por cable, preparadas con bidireccionalidad, pueden ser utilizadas también para ofrecer servicios de telefonía integral, Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) e incluso telefonía móvil.

Transmisión de datos a alta velocidad, lo que ofrece multitud de posibilidades, como la integración de LAN's (redes de área local), acceso a rápido a Internet o a información multimedia de carácter local (distribución de CD-ROMs). Aquí cabe mencionar el teletrabajo, enlaces dedicados, telemedicina, videoconferencias así como el acceso a Internet a alta velocidad.



