

TECNOLOGÍA DE REDES DE BANDA ANCHA
REDES HFC

HENRY ALBERTO BOLÍVAR MELÉNDEZ
HÉCTOR DAVID CALA NAVARRO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ÁREA DE COMUNICACIONES
CARTAGENA
2005

TECNOLOGÍA DE REDES DE BANDA ANCHA
REDES HFC

HENRY ALBERTO BOLÍVAR MELÉNDEZ

HÉCTOR DAVID CALA NAVARRO

**trabajo de monografía presentado como requisito para optar al título de
ingeniero electrónico**

DIRECTOR:

EDUARDO GÓMEZ
MAGÍSTER EN CIENCIAS COMPUTACIONALES

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ÁREA DE COMUNICACIONES
CARTAGENA
2005.

nota de aceptación

jurado

jurado

Cartagena D. T. Y C., Noviembre de 2004

Señores:

COMITÉ CURRICULAR

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR

La ciudad

Respetados señores:

Con toda atención nos dirigimos a ustedes con el fin de presentarles a su consideración, estudio y aprobación la monografía titulada TECNOLOGÍA DE REDES DE BANDA ANCHA, REDES HFC como requisito parcial para optar al título de ingeniero electrónico

Atentamente,

HENRY BOLIVAR MELÉNDEZ

HÉCTOR CALA NAVARRO

Cartagena D. T. Y C., Febrero de 2005

Señores:

COMITÉ CURRICULAR
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR
La ciudad

Cordial saludo:

A través de la presente me permito entregar la monografía titulada TECNOLOGÍA DE REDES DE BANDA ANCHA, REDES HFC para su estudio y evaluación la cual fue realizada por los estudiantes HENRY ALBERTO BOLIVAR MELÉNDEZ y HÉCTOR DAVID CALA NAVARRO, de la cual acepto ser su director

Atentamente,

EDUARDO GÓMEZ VÁSQUEZ
Magíster en ciencias computacionales

AUTORIZACIÓN

Yo HENRY ALBERTO BOLIVAR MELÉNDEZ, identificado con la cédula de ciudadanía número 9´146.217 de Cartagena, autorizo a la universidad tecnológica de Bolívar, para hacer uso de mi trabajo de monografía y publicarlo en el catálogo on-line de la biblioteca.

HENRY ALBERTO BOLIVAR MELÉNDEZ

9´146.217 de Cartagena.

AUTORIZACIÓN

Yo HÉCTOR DAVID CALA NAVARRO, identificado con la cedula de ciudadanía número 9'237.331 de Cartagena, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar, para hacer uso de mi trabajo de monografía y publicarlo en el catálogo on-line de la biblioteca.

HÉCTOR DAVID CALA NAVARRO

9'237.331 de Cartagena

TABLA DE CONTENIDO

1.	ESTADO DEL ARTE DE LAS REDES HFC	4
2.	TECNOLOGÍA HFC.	21
3.	CARACTERÍSTICAS DE UNA RED HFC	44
4.	SERVICIOS.	58
5.	FUTURO	68

CONTENIDO DE TITULOS

1. ESTADO DEL ARTE DE LAS REDES HFC	4
1.1. Evolución de las redes.	4
1.2. Posicionamiento de los sistemas de acceso de banda ancha.	6
1.3. Clasificación de las redes de acceso cableadas.	7
1.3.1. Redes de acceso vía cobre.	8
1.3.2. Redes de acceso vía fibra óptica.	14
1.3.3. Redes híbridas fibra-coaxial (HFC).	14
1.3.4. Redes ópticas pasivas (PON).	16
1.3.4.1. Alternativas para la primera milla óptica.	18
1.4. Infraestructura de las redes de telecomunicaciones.	19
2. TECNOLOGÍA HFC.	21
2.1. Componentes.	24
2.1.1. Cabecera u oficina central.	25
2.1.2. Red troncal.	26
2.1.3. Red de distribución.	27

2.1.4. Red de acometida.	27
2.1.5. El canal de retorno.	27
2.2. Topología.	30
2.2.1 Topología tipo árbol y rama (Tree And Branch).	31
2.2.2. Distancia a la que se puede acceder con coaxial.	34
2.2.3. Distancia a la que se puede acceder con fibra.	35
2.2.4. Confiabilidad entre uno y otro sistema.	35
2.2.5. Prestaciones de planicidad de ambos sistemas.	37
2.2.6. Diseño de red coaxial.	38
2.2.7. Superdistribución.	39
2.2.8. Topología de la red HFC.	40
3. CARACTERÍSTICAS DE UNA RED HFC	44
3.1. Modelo de red HFC.	44
3.2. Arquitectura.	48
3.3. Canales en las redes HFC.	51
3.3.1. La capa física.	52
3.3.2. La capa MAC.	54
3.3.3. Conexión del cable-módem.	56

4. SERVICIOS.	58
4.1. Aplicaciones y servicios.	58
4.2. Acceso a Internet a alta velocidad.	60
4.2.1. DOCSIS: Data Over Cable Services Interface Specification.	64
4.2.2. DAVIC/DVB (Digital Audio Video Council / Digital Video Broadcasting).	66
5. FUTURO	68
5.1. Prestaciones mejoradas.	68
5.2. Integración de servicios.	73
5.2.1. Cable-router	74
5.2.2. Cable-módem	75

ÍNDICE DE TABLAS

2.1. Diseño de la rama directa	38
2.2. Verificación de la línea de retorno	39
3.1. Distribución del ancho de banda en la red HFC.	52
4.1. Características de cada tipo de modulación.	64

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1	MODELO DE RED HFC	5
FIGURA 1.2	POSICIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE ACCESO DE BANDA ANCHA	6
FIGURA 1.3	LIMITE DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	7
FIGURA 1.4	REDES PON	17
FIGURA 1.5	Redes FTTX	17
FIGURA 1.6	RED DE TELECOMUNICACIONES CON FIBRA ÓPTICA	19
FIGURA 2.1	COMPONENTES DE LA RED HFC	25
FIGURA 2.2.	ESQUEMA SIMPLIFICADO DE RED HFC DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL CANAL DE RETORNO.	29

FIGURA 2.3. ARQUITECTURA TIPO ÁRBOL Y RAMA	32
FIGURA 2.4. MÁXIMA DISTANCIA PARA ACCEDER CON COAXIAL	34
FIGURA 2.5. PRESTACIÓN DE UN TRONCAL	36
FIGURA 2.6. PRESTACIÓN DE UN ENLACE ÓPTICO	37
FIGURA 2.7. RAMA DIRECTA	38
FIGURA 2.8. TOPOLOGÍA DE SUPERDISTRIBUCIÓN	40
FIGURA 2.9. TOPOLOGÍA DE LA RED HFC	41
FIGURA 2.10. SERVICIOS INTEGRADOS A LAS REDES HFC	42
FIGURA 3.1. (a) ESQUEMA DE RED HFC Y (b) ABSTRACCIÓN DE LA MISMA.	45
FIGURA 3.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN CABLE-MÓDEM BIDIRECCIONAL.	46

FIGURA 3.3	SISTEMA COMPLETO DE CABLE-MÓDEMS.	47
FIGURA 4.1.	SERVICIOS QUE OFRECE LA RED HFC.	61
FIGURA 5.1.	AMPLIACIÓN DE LAS REDES HFC.	70
FIGURA 5.2.	INTEGRACIÓN DE SERVICIOS EN LA RED HFC	74
FIGURA 5.3.	INICIACIÓN DE UN CABLE MODEM	76

INTRODUCCIÓN

Desde hace tiempo, los responsables de comunicaciones de las empresas tienen en mente la posibilidad de utilizar su infraestructura de datos para el transporte del tráfico interno de voz de la empresa. No obstante, es la aparición de nuevos estándares, así como la mejora y abaratamiento de las tecnologías de compresión de voz, lo que está provocando finalmente su implantación.

Las ventajas que obtendríamos al utilizar una red para transmitir voz o datos son:

- ❖ Ahorro de costos de comunicaciones
- ❖ Integración de servicios y unificación de estructura.

En sistemas de transmisión por cable, la limitación fundamental radica en el limitado ancho de banda del espectro para ubicar las señales, sin embargo, las atenuaciones son relativamente pequeñas y las relaciones señal ruido son muy grandes, por lo que el tipo de modulación empleado (QAM) antepone la eficiencia espectral a la robustez frente al ruido, incluyendo la información tanto en la amplitud como en la fase de la portadora.

El desarrollo de las nuevas redes de comunicación por cable vienen reguladas a nivel de transporte por normativas generadas por comités como el IEEE 802.14, el DAViC o por el propio CCITT y ATM Forum en B-ISDN o los comités MPEG a nivel de servicios. Los estándares 802.14 y MCNS están diseñados sobre las especificaciones de protocolos de Capas Físicas y del protocolo MAC para implementar redes bidireccionales HFC.

Las especificaciones de la capa física definen características eléctricas del cable tales como las técnicas de modulación, tasas y frecuencias usadas. También describen varias operaciones de calidad en el sistema final de la capa física tales como perturbaciones, corrección de errores adelantada, sincronización de rangos y time.

La arquitectura HFC que puede abarcar un radio de 80 kilómetros desde la cabecera. El objetivo primordial del protocolo de red en el diseño es el de transportar diferentes tipos de tráfico del IEEE 802.2 LLC (Control de Enlace Lógico), por ejemplo Ethernet. El grupo del estándar de la IEEE 802.14 define el protocolo de Capa Física y MAC de redes usando HFC.

Las redes HFC son un tipo de red de acceso que se está convirtiendo en una de las opciones preferidas por los operadores de telecomunicaciones de todo el mundo para ofrecer a sus abonados un abanico de servicios y aplicaciones cada

vez más amplio, y que abarca desde la TV digital interactiva hasta el acceso a Internet a alta velocidad, pasando por la telefonía.

Las redes de acceso HFC constituyen una plataforma tecnológica de banda ancha que permite el despliegue de todo tipo de servicios de telecomunicación, además de la distribución de señales de TV analógica y digital. El acceso a alta velocidad a redes de datos (Internet, Intranets, etc.) mediante cable-módems parece que se va a convertir en uno de los grandes atractivos de estas redes y en una fuente de ingresos importante para sus operadores. Paralelamente al despliegue de servicios de TV y datos, los operadores de redes HFC están muy interesados en ofrecer servicios de telefonía a sus abonados, tanto residenciales como empresariales.

Una red HFC puede amortizarse prestando simultáneamente una multiplicidad de servicios, uno de los cuales consiste en alquilar parte del excedente de capacidad de transmisión de la red troncal de fibra óptica a empresas o instituciones que la necesiten para interconectar redes locales de edificios distantes entre sí o para cursar tráfico telefónico directamente entre éstos.

1. ESTADO DEL ARTE DE LAS REDES HFC

1.1. Evolución de las Redes¹.

Anteriormente para la transmisión de información se tenía una red especializada para cada servicio. En el presente, debido a los grandes avances en tecnologías de redes de acceso tenemos el tráfico de datos superando al de voz, aumento de las aplicaciones multimedia, fuerte impulso hacia una red única, aparición de un nuevo modelo: Internet (se pueden dar servicios sin controlar la red) y la integración de servicios y aplicaciones. Ver Figura 1.1.

El primer gran objetivo es la integración de las subredes en una infraestructura de información global que podemos denominar red universal, siendo Internet una buena aproximación a esta definición. Orientándonos en esta meta, un paso fundamental para alcanzar la interoperabilidad de las distintas redes.

¹ tecnacc: documento anexado

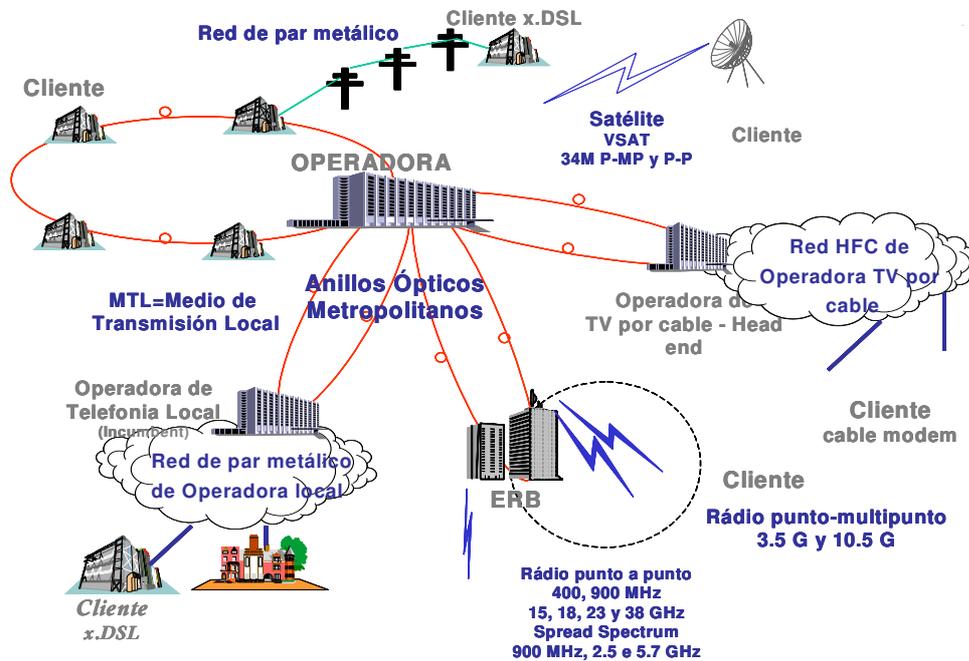


FIGURA 1.1 MODELO DE RED UNIVERSAL

Las diferencias entre las redes de acceso existirán, al menos, durante un largo período en el que las tecnologías y las estrategias de negocio irán siendo probadas por el propio mercado. De esta forma, con un mercado tan competitivo en las redes de acceso y en los equipos terminales, los dispositivos de interfaz jugarán un papel fundamental en el permitir que una gran variedad de equipos terminales se conecten a diferentes tipos de redes de acceso.

Un aspecto muy importante en el desarrollo de las redes de banda ancha es el hecho de que los servicios que demanda cada tipo de cliente son bastante diferentes, como lo son también los requisitos que imponen a las redes de soporte.

Fundamentalmente, los usuarios residenciales van a enfocarse más a servicios relacionados con el ocio (Internet, televisión y juegos) y la gestión doméstica (teléfono, telecompra, etc.). En cambio, las empresas y organizaciones de todo tipo precisarán de servicios multimedia para la transmisión bidireccional de toda clase de información. Las exigencias que estas necesidades impondrán a las redes van a ser muy superiores a las que planteen los usuarios residenciales.

1.2. Posicionamiento de los Sistemas de Acceso de Banda Ancha

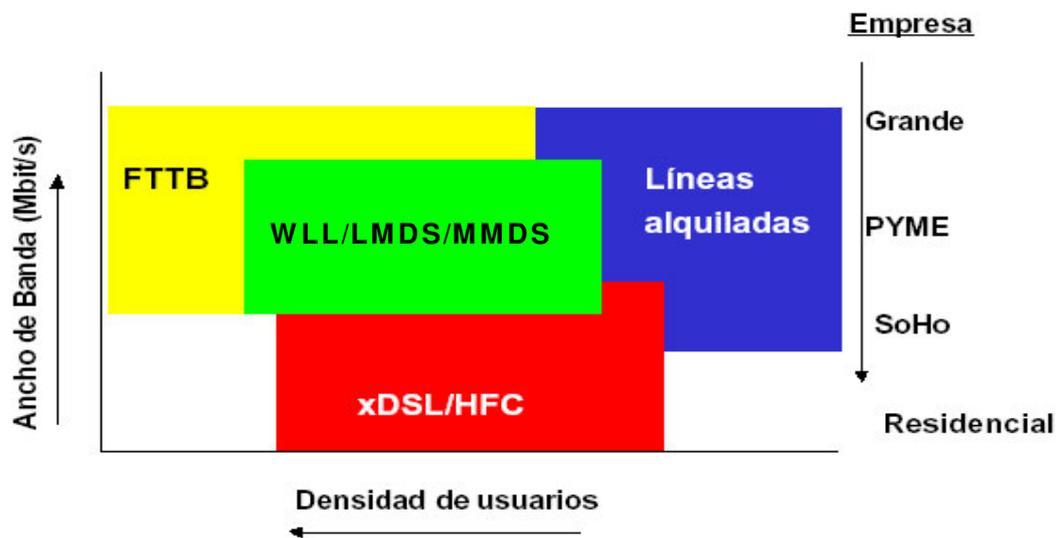


FIGURA 1.2 POSICIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE ACCESO DE BANDA ANCHA

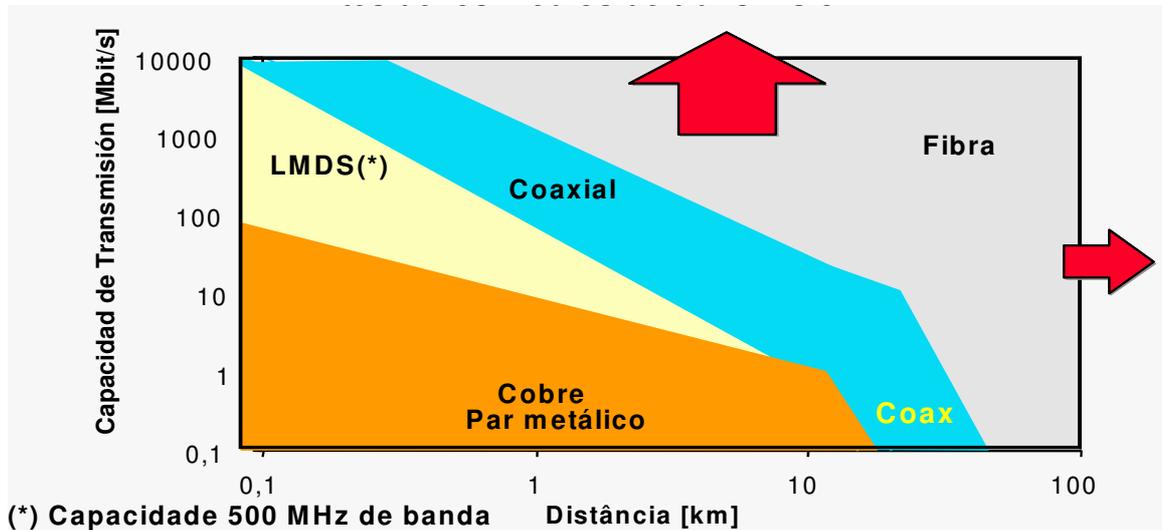


FIGURA 1.3 LIMITE DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN

1.3. Clasificación de las Redes de Acceso Cableadas.

A la hora de estudiar las diferentes redes de acceso, las clasificaremos en los siguientes grupos:

- Las redes de acceso vía cobre: entre las que destacan las tecnologías xDSL.
- Las redes de acceso vía fibra óptica: mención especial merecen las redes HFC, las redes PON y las redes CWDM.

1.3.1. Redes de acceso vía cobre².

Durante años se ha teorizado sobre las limitaciones de las redes telefónicas y, en particular, si se podría superar los 14,4 kbit/s primero, y los 28,8 kbit/s después, utilizando pares de cobre. La RDSI dio un importante paso adelante al proporcionar 192 kbit/s en su acceso básico. En los siguientes años vimos cómo los nuevos módems xDSL se aproximaron a velocidades de 10 Mbit/s. Y es que potenciales alternativas al bucle de abonado como las redes de cable o los sistemas inalámbricos de tercera generación, pasan por la instalación de nuevos medios de transmisión de fibra en el primer caso y de notables infraestructuras de antenas y estaciones base en el segundo, ambas empresas muy costosas y nunca exentas de dificultades.

Dos acontecimientos importantes han impulsado a las tradicionales compañías operadoras telefónicas a investigar una tecnología que permitiera el acceso al servicio de banda ancha sobre sus tradicionales pares trenzados de cobre: Las nuevas aplicaciones multimedia y el acceso rápido a contenidos de Internet.

El factor común de todas las tecnologías DSL, es que funcionan sobre par trenzado y usan la modulación para alcanzar elevadas velocidades de transmisión,

² <http://www.internautas.org/NOTICIAS/DIC98/ADSL.htm>

aunque cada una de ellas con sus propias características de distancia operativa y configuración. Las diferentes tecnologías se caracterizan por la relación entre la distancia alcanzada entre módems, velocidad y simetrías en el tráfico. Como consecuencia de estas características, cada tipo de módem DSL se adapta preferentemente a un tipo de aplicaciones. Las tres técnicas de modulación usadas actualmente para xDSL son 2B1Q (2 Bit, 1 Quaternary), "carrier-less amplitude phase modulation" (CAP) y "discrete multitone modulation" (DMT).

Las velocidades de datos de entrada dependen de diversos factores, por ejemplo:

- Longitud de la línea de Cobre.
- El calibre/diámetro del hilo (especificación AWG/mms).
- La presencia de derivaciones puenteadas.
- La interferencia de acoplamientos cruzados.
- La atenuación de la línea aumenta con la frecuencia y la longitud de la línea y disminuye cuando se incrementa el diámetro del hilo.

Para trabajar con DSL, el módem digital o Router debe estar accesible a la oficina central (CO) de telefonía local, donde la compañía telefónica tiene instalada un DSLAM que traduce las señales DSL. La señal es transmitida desde la línea telefónica de cobre por nuestra red backbone, y directamente al Router del servidor DSL, donde se verifica el acceso a la red y da servicio para la conexión a Internet.

xDSL utiliza mas de un ancho de banda sobre las líneas de cobre, las cuales son actualmente usadas por servicios telefónicos analógicos (POTS: Plain Old Telephone Service). Utilizando frecuencias superiores al ancho de banda telefónico (300Hz a 3,200Hz), xDSL puede codificar más datos y transmitir a más elevadas tasas de datos que por otro lado esta posibilidad estaría restringida por el rango de frecuencias de una red POTS.

Para utilizar frecuencias superiores al espectro de audio de voz, equipos xDSL deben instalarse en ambos terminales y un cable de cobre entre ellos debe ser capaz de sostener las altas frecuencias para completar la ruta. Esto quiere decir que las limitaciones del ancho de banda de estos aparatos debe ser suprimida o evitadas.

La tecnología xDSL soporta formatos y tasas de transmisión especificados por los estándares, como lo son T1 (.1544 Mbps) y E1 (2.048 Mbps), y es lo suficientemente flexible para soportar tasas y formatos adicionales como sean especificados (ej. 6 Mbps asimétricos para transmisión de alta velocidad de datos y video). xDSL puede coexistir en el circuito con el servicio de voz. Como resultado, todos los tipos de servicios, incluyendo el de voz existente, video, multimedia y servicios de datos pueden ser transportados sin el desarrollo de nuevas estrategias de infraestructura.

Hay varias tecnologías xDSL, cada diseño especifica fines y necesidades de venta de mercado. Algunas formas de xDSL son propiedad, otras son simplemente modelos teóricos y otras son usadas como estándar.

- **ADSL** - Línea de Abonados Digital Asimétrica.
- **RADSL** - Línea de Abonados Digital de Tasa Adaptable.
- **ADSL G. LITE o UDSL** -Línea de Abonados Digital Pequeña.
- **VDSL** - Línea de Abonados Digital de Tasa Muy Alta.
- **HDSL** - Línea de Abonados Digital de Índice de Datos alto.
- **HDSL2 o SHDSL** - Línea de Abonados Digital de Índice de Datos alto 2.
- **SDSL** - Línea de Abonados Digital Simétrica.
- **MDSL** - Línea de Abonados Digital Simétrica Multi Tasa.
- **IDSL o ISDN-BA** - Línea de Abonados Digital ISDN.

Los beneficios del xDSL pueden resumirse en:

Conexión Ininterrumpida y veloz: Los usuarios podrán bajar gráficos, video clips, y otros archivos, sin perder mucho tiempo esperando para que se complete la descarga.

Flexibilidad: Antes del desarrollo de la tecnología DSL, aquellos quienes querían utilizar Internet sin ocupar su línea debían adherir otra más; lo que en realidad tenía un costo bastante elevado. Utilizando la tecnología DSL, los usuarios podrán utilizar la misma línea para recibir y hacer llamadas telefónicas mientras estén on-line.

Totalmente digital: DSL convierte las líneas telefónicas analógicas en digitales adhiriendo un dispositivo de interconexión de línea en la oficina central, y un módem del tipo DSL en la casa del abonado. Para esto, los clientes deberán suscribirse al servicio DSL desde sus proveedores de servicio telefónico.

Como desventaja podemos decir que para utilizar DSL, se debe estar a menos de 5.500 mts (aproximadamente) de la oficina central de la empresa telefónica, ya que a una distancia mayor no se puede disfrutar de la gran velocidad que provee el servicio. Después de los 2.400 mts la velocidad comienza a disminuir, pero aún así este tipo de tecnologías es más veloz que una conexión mediante un módem y una línea telefónica.

El módem DSL se utiliza para ISDN banda estrecha. ISDN puede ser utilizado para transmitir voz y datos y su velocidad es suficiente para soportar también videoconferencia. A pesar de esto, ISDN es mas bien vista como un medio de acceso a Internet en los hogares y por otra parte, el incremento del uso de vídeo y

audio en tiempo real sobre Internet necesita de velocidades superiores a las proporcionadas por ISDN.

La tecnología ADSL pretende ser el sustituto del módem que habitualmente se utiliza para conectarse a Internet . Más que nada porque no es necesario realizar ninguna modificación en la línea telefónica y se puede llegar a alcanzar velocidades de hasta 1,5 Mbps .

HDSL se puede aplicar a: Red PBX, estaciones de antenas para celulares, servicios de internet y redes privadas de datos.

VDSL es la tecnología idónea para suministrar en un futuro, señales de televisión de alta definición.

Así pues podemos resumir los servicios que se pueden ofrecer con un sistema de comunicación xDSL en:

- Navegación Internet
- Intranet
- Video Conferencia
- Servicios Transparentes LAN para Clientes Corporativos
- Acceso Remoto LAN para Clientes Corporativos

- Educación a Distancia
- Video en Demanda / Televisión Interactiva
- Juegos Interactivos

1.3.2. Redes de acceso vía fibra óptica³.

La introducción de la fibra óptica en el nodo de acceso va a permitir el disponer de un medio de transmisión de gran ancho de banda, para el soporte de servicios de banda ancha, tanto actuales como del futuro. En función de la aplicación particular y de los servicios que serán entregados, podemos encontrar diversas soluciones técnicas, a continuación se presentan las dos mas usadas:

1.3.3. Redes Híbridas Fibra-Coaxial (HFC).

Una red de acceso HFC está constituida, genéricamente, por tres partes:

³www.upb.edu.co/telecomunicaciones/generales/Proyectos/especializacion/art%20Gestion%20de%20redes.html

- **Elementos de red:** dispositivos específicos para cada servicio que el operador conecta tanto en los puntos de origen de servicio como en los puntos de acceso al servicio.
- **Infraestructura HFC:** incluye la fibra óptica y el cable coaxial, los transmisores ópticos, los nodos ópticos, los amplificadores de radiofrecuencia, taps y elementos pasivos.

- **Terminal de usuario:** cable-módems y unidades para integrar el servicio telefónico.

Con mayor ancho de banda, los operadores disponen de mayor espectro en el que ofrecer servicios que generen beneficio. El ancho de banda de la red HFC es la clave en la que se fundamentan las ventajas de este tipo de redes, entre las que se incluyen:

- Posibilidad de ofrecer una amplia gama de servicios tanto analógicos como digitales.

- Soporte de servicios conmutados y de difusión.

- Capacidad de adaptación dinámica a los cambios de la demanda y del mercado, debida, en gran parte, a la gran flexibilidad y modularidad de que están dotadas este tipo de redes.

1.3.4. Redes Ópticas Pasivas (PON).

En este caso la técnica de transmisión más utilizada es la multiplexación por división en longitud de onda WDM y la configuración punto a punto. Los usuarios de negocios o comunidades científicas o educativas se suelen conectar a un anillo de distribución SDH que permite velocidades de varios cientos de Mbit/s. Al ser toda la infraestructura de fibra óptica, se proporciona una transmisión muy segura y libre de errores, con una alta capacidad de transferencia si se emplea, por ejemplo, ATM.

Prometen a los usuarios un enorme incremento en el ancho de banda de la red de acceso hasta cientos de Gbps. Las principales características que se buscan en estos equipos son su bajo costo, la facilidad de gestión y la facilidad de configuración y mantenimiento remoto.

Existen varias arquitecturas posibles de uso de la fibra que pueden clasificarse de dos formas:

1- Por el uso de elementos pasivos y/o activos:

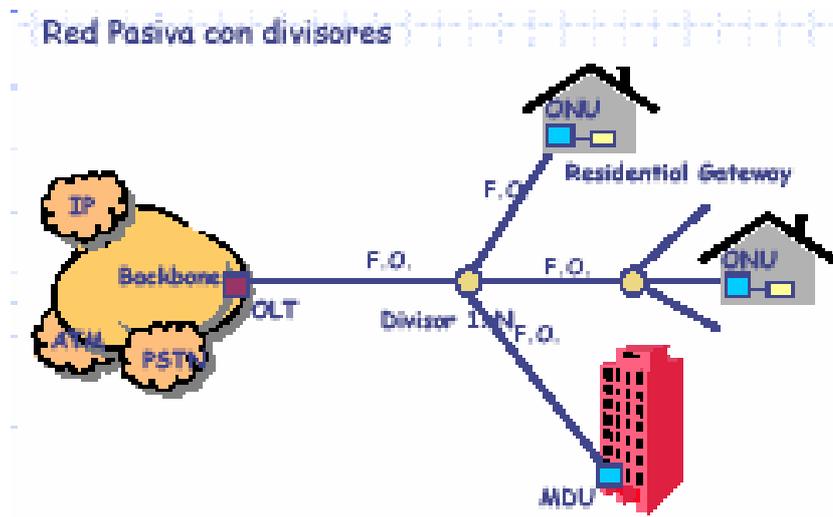


FIGURA 1.4 REDES PON

2- Por la cercanía del tramo de fibra al domicilio de cliente:

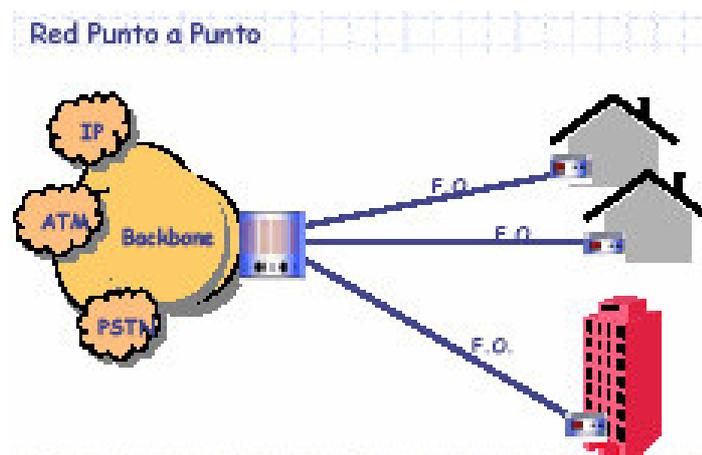


FIGURA 1.5 Redes FTTX

1.3.4.1. Alternativas para la Primera Milla Óptica.

Esta solución es apta para suministrar servicios de POTS, ISDN, LAN a abonados remotos, pudiendo ser servidos hasta un máximo de 30 abonados. El alcance de esta red es de unos 7 Km desde la Central hasta el nodo de derivación.

En el caso de usuarios residenciales se despliega la fibra hasta el domicilio del abonado y, mediante la ONU (Optical Network Unit) se le proporciona el servicio de vídeo a través del STB (set-top box) conectado al receptor de televisión, servicio telefónico o transmisor de datos.

En este caso la técnica de transmisión más utilizada es la multiplexación por división en longitud de onda WDM y la configuración punto a punto. Los usuarios de negocios o comunidades científicas o educativas se suelen conectar a un anillo de distribución SDH que permite velocidades de varios cientos de Mbit/s.

Al ser toda la infraestructura de fibra óptica, se proporciona una transmisión muy segura libre de errores, con una alta capacidad de transferencia si se emplea, por ejemplo, ATM. El anillo se puede conectar a una LAN a través de un firewall (para proteger y separar la Intranet de la Internet).

1.4. Infraestructura de las Redes de Telecomunicaciones.

Los productos de acceso, aportan nuevas capacidades de servicio a los existentes bucles de abonado de cobre. Para entender las oportunidades y retos relacionados con el desarrollo de los servicios de acceso de banda ancha, es útil revisar la existente infraestructura de las redes telefónicas.

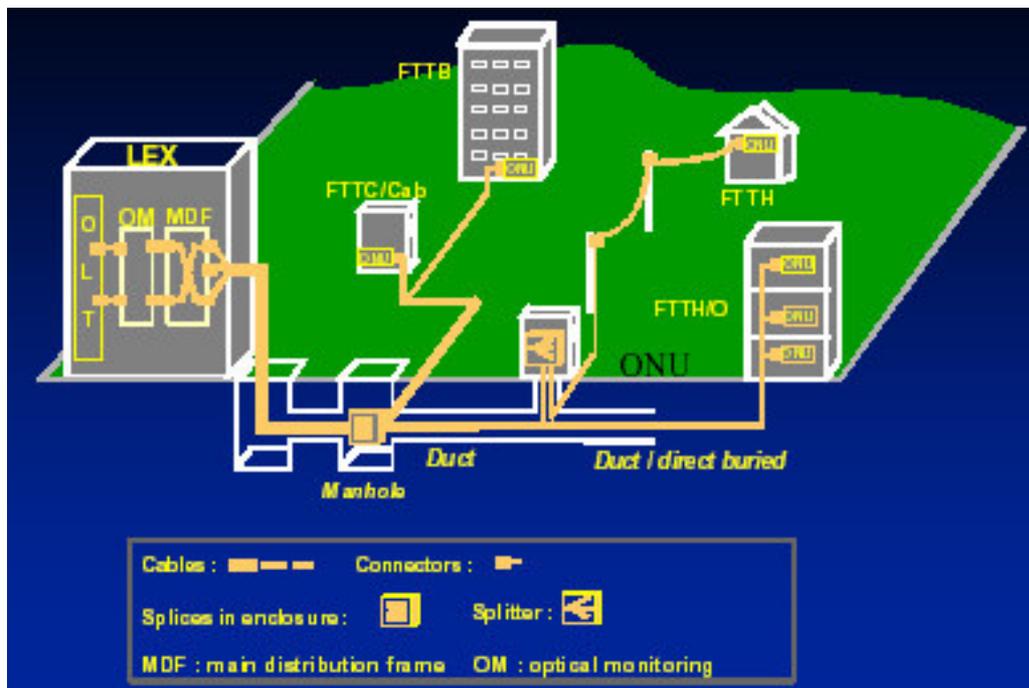


FIGURA 1.6 RED DE TELECOMUNICACIONES CON FIBRA OPTICA

Las redes telefónicas actuales, ILECs (Incumbent Local Exchange Carrier , compañía titular local de intercambios) y POTS, representan una gran inversión de capital realizada en los últimos cincuenta años. Esta estructura fue diseñada en

principio para servicios de voz. Con el tiempo, las redes telefónicas han sido modernizadas y se han mejorado sus infraestructuras en varias ocasiones, aprovechando los avances de la tecnología en transmisión y conmutación. En particular, la gran capacidad de transmisión de la fibra óptica, hace que se encuentre en casi todas las redes telefónicas del mundo. Su uso mejora la calidad de los servicios, aumenta la capacidad de la red y reduce los gastos de operadores de red.

Como resultado, existen servicios de gran capacidad entre las oficinas de las compañías telefónicas. Sin embargo, la situación es muy diferente cuando se habla del bucle de acceso de abonado. Cualquier discusión acerca del bucle de abonado y los servicios de datos a alta velocidad, ha de comenzar examinando la topología de la red física de los servicios de voz existentes.

2. TECNOLOGÍA HFC.

La tendencia actual nos lleva a considerar las redes HFC como las redes que en un futuro cada vez más próximo harán llegar hasta los hogares de la mayoría de poblaciones de grande y mediano tamaño un amplísimo abanico de servicios y aplicaciones de telecomunicaciones, entre los que pueden citarse:

- ✓ Vídeo bajo demanda (VoD)
- ✓ Pague por ver (PPV)
- ✓ Videojuegos interactivos.
- ✓ Videoconferencia.
- ✓ Telecompra.
- ✓ Telebanca.
- ✓ Acceso a bases de datos.

Y los que parece que se van a convertir en los productos estrella de las redes por cable:

- ✓ Acceso a Internet a alta velocidad.
- ✓ Telefonía.

El Grupo de Trabajo IEEE 802.14 ha expuesto un conjunto de criterios que se deben cumplir para lograr el éxito del estándar que quieren desarrollar. Esos criterios son los siguientes:

- ❖ **Amplio Mercado Potencial:** El potencial para las redes interactivas basadas en cables es tan amplio como el de la propia televisión por cable. Hoy la industria despliega un millón de cajas compuestas simplemente de un sintonizador y un descrambler (discriminador).

- ❖ **Arquitectura Compatible con IEEE 802:** La idea fundamental de la familia de estándares IEEE 802 es la provisión de protocolos que permitan el uso de un medio común, compartido por muchos usuarios. El propósito del trabajo del grupo CATV se adhiere muy bien a este paradigma ya que la red de distribución de CATV es un medio compartido.

- ❖ **Marcada Identidad:** Cualquier trabajo que provea protocolos optimizados para múltiples servicios sobre sistemas CATV no debe carecer de una marcada identidad. Varios protocolos (802.4, 10Broad36) estaban cerca de ser estandarizados para este tipo de medio físico, pero ellos no trabajan en este ambiente por las siguientes razones:

Distancia: Las redes de distribución de CATV cubren distancias por encima de los 80 Km.

Compatibilidad de Servicios: Ninguno de los protocolos existentes soportan ambientes multiservicios (CBR, VBR, tráfico desbordado).

Equipamiento del Consumidor: Los consumidores podrían cambiar sus equipos frecuentemente rompiendo con los esquemas que asumían que todas las unidades de red deberían estar continuamente encendidas.

Ambiente: Las redes de distribución de cable existentes están sustancialmente subdivididas en asignación de frecuencias, índice de ruido y tienen ambientes operacionales que no están adecuadamente direccionados por los esquemas existentes.

- ❖ **Grandes números de estaciones:** Algunas plantas de distribución de CATV hoy soportan decenas de miles de usuarios activos simultáneamente
- ❖ **Factibilidad Técnica:** Mucha de la tecnología necesaria está siendo desarrollada, como la transmisión de material de video comprimido, tasas de transmisión continuas en las cuales se han comprobado velocidades de

43 Mbps y 10 Mbps (en canal de subida y de bajada respectivamente) dentro de los 6 MHz de un canal de Televisión.

- ❖ Factibilidad Económica: La convergencia de la industria de la computación con las industrias de la televisión y la telefonía está liderando el desarrollo de cajas con el poder computacional de las mas avanzadas estaciones de trabajo, que son necesarias para tareas de compresión y descompresión de video. Se presume que estos equipos estarán al alcance del consumidor con bajos precios.

2.1. Componentes⁴.

Una red HFC es una red de telecomunicaciones por cable que combina la fibra óptica y el cable coaxial como soportes de la transmisión de las señales. Se compone de 4 partes claramente diferenciadas, así como las redes telefónicas convencionales: **cabecera, red troncal, red de distribución y red de acometida de los abonados** (VER FIGURA 2.1).

⁴http://www.tlm.unavarra.es/asignaturas/bi/bi98_99/bi06/Final/TVdigital/Cable/tvcable.htm#redescab.htm

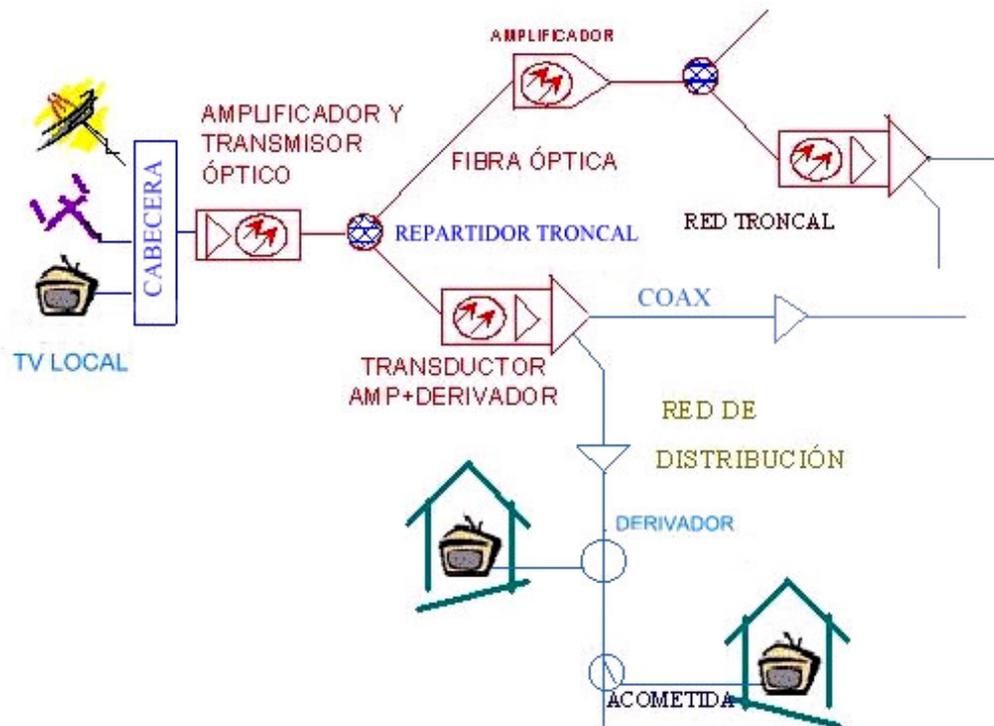


FIGURA 2.1 COMPONENTES DE LA RED HFC

2.1.1. Cabecera u oficina central.

Es el centro desde donde se gobierna todo el sistema y es la encargada de monitorizar la red y supervisar su correcto funcionamiento. Su complejidad depende de los servicios que ha de prestar la red. Las señales digitales de vídeo, audio y datos que forman los canales de TV digital se multiplexan para formar el flujo de transporte MPEG.

Tras añadir la codificación para corrección de errores y realizar una intercalación de bits, se utiliza un modulador QAM para transmitir la información hasta el equipo terminal de abonado.

La función básica:

- Generar la banda ancha de RF de TV y sonido FM, para ser distribuida hacia los abonados del sistema CATV.
- Recibe señales desde numerosas fuentes: Canales terrestres de Televisión VHF y UHF, La banda de radiodifusión en FM, Señales de televisión procedentes de satélite, Señales terrestres de microondas y señales generadas localmente en la cabecera

2.1.2. Red troncal.

La red troncal suele presentar una estructura en forma de anillos redundantes de fibra óptica que une a un conjunto de nodos primarios. Esta estructura emplea habitualmente tecnología PDH ó SDH que permite construir redes basadas en ATM. Los nodos primarios alimentan a otros nodos (secundarios) mediante enlaces punto a punto o bien mediante anillos.

2.1.3. Red de distribución.

En éstos nodos secundarios las señales ópticas se convierten a señales eléctricas que se distribuyen a los hogares de los abonados a través de una estructura tipo bus de coaxial. Cada nodo sirve a unos pocos cientos de hogares (500 es un tamaño habitual en las redes HFC), lo cual permite emplear cascadas de 2 ó 3 amplificadores de banda ancha como máximo.

2.1.4. Red de acometida.

Salva el último tramo del recorrido de las señales descendentes, desde la última derivación hasta la base de conexión de abonado.

2.1.5. El canal de retorno.

Estas redes han de estar preparadas para poder ofrecer un amplio abanico de aplicaciones y servicios a sus abonados. La mayoría de ellos requieren de la red la capacidad de establecer comunicaciones bidireccionales entre la cabecera y los equipos terminales de abonado, como por ejemplo el Pay Per View y por tanto,

exigen la existencia de un canal de comunicaciones para la vía ascendente o de retorno, del abonado a la cabecera.

El canal de retorno ocupa en las redes HFC el espectro comprendido entre 5 y 55 MHz. Este ancho de banda lo comparten todos los hogares servidos por un nodo óptico.

En el nodo óptico convergen las señales de retorno de todos los abonados, que se convierten en señales ópticas en el láser de retorno, el cual las transmite hacia la cabecera.

Debido a esta convergencia en un solo punto, pueden aparecer problemas de ruido por el llamado efecto Noise Funneling (ruido por efecto embudo) generado por todas las señales indeseadas, ruido e interferencias, recogidas en todos y cada uno de los puntos del bus de coaxial (ya que el cable coaxial actúa como una gran antena), convergen en el nodo, sumándose sus potencias y contribuyendo a la degradación de la relación señal a ruido en el enlace digital de retorno, además, el espectro del canal de retorno es considerablemente más ruidoso que el del canal descendente.

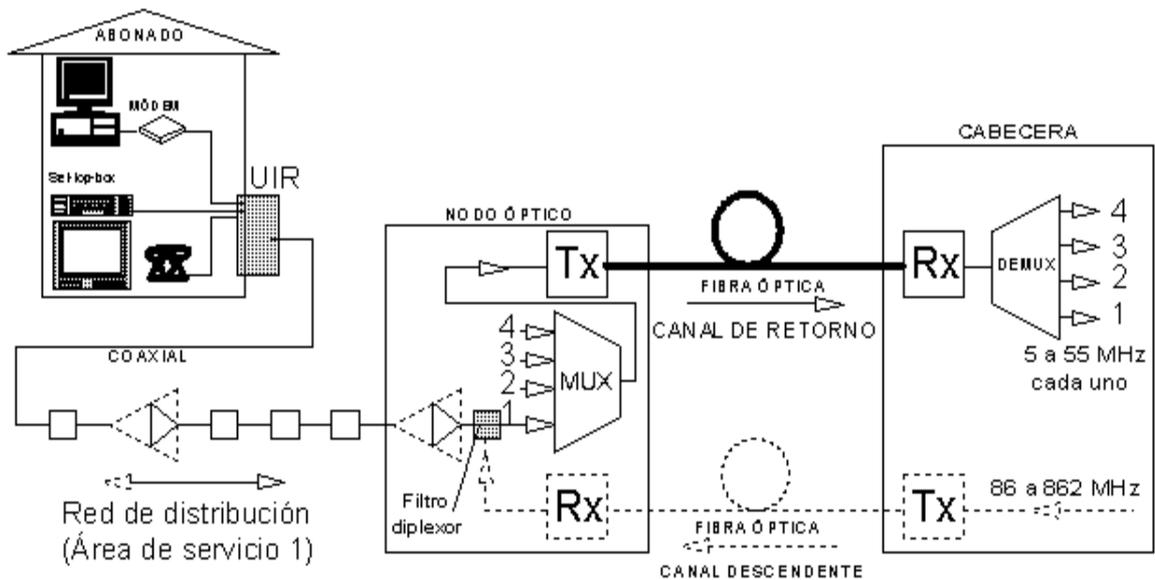


FIGURA 2.2. ESQUEMA SIMPLIFICADO DE RED HFC DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL CANAL DE RETORNO.

En esta configuración (VER FIGURA 2.2.), del nodo óptico parten 4 buses de coaxial que sirven a 4 áreas de distribución distintas. Si el nodo sirve a 500 hogares, cada bus dará servicio a unos 125 hogares, que compartirán los 50 MHz. del canal de retorno. En cada hogar, una Unidad de Interfaz de Red (UIR) sirve para conectar los distintos equipos terminales de abonado (PC/módem de cable, TV/set-top-box, y terminal telefónico) a la red HFC.

El sistema HFC es la solución preferida que están instalando los proveedores de TV por Cable. La propuesta es la siguiente. Los cables coaxiales actuales de 300

a 450 MHz serán sustituidos por cables coaxiales de 750 MHz, elevando la capacidad de 50 a 75 canales de 6 MHz.

65 de los 125 canales se usarán para la transmisión de TV análoga. Los 50 canales nuevos se modularán individualmente usando QAM-256, que proporciona unos 40 Mbps por canal, dando un total de 2 Gbps de ancho de banda nuevo. Las cabeceras se moverán mas hacia el interior de los vecindarios, de modo que cada cable pase por sólo 500 casas. Una división sencilla indica que puede asignarse a cada casa un canal dedicado de 4 Mbps, capaz de transportar combinaciones de programas MPEG-1, MPEG-2, datos ascendentes, telefonía análoga y digital, etc.

2.2. Topología⁵.

Los objetivos básicos que se persiguen al diseñar una red son:

- Brindar más servicios, ya sea aumentar el ancho de banda para así poder transmitir mas canales, o para la prestación de servicios adicionales, como ser transmisión de datos, telefonía, pay per view, entre otros.
- Obtener una mayor calidad de imagen.

⁵ www.catvnet.com.ar

- Mejorar la disponibilidad de red, esto significa minimizar la posibilidad de cortes de señal. Es decir aumentar la confiabilidad.

El empleo de Fibra Óptica permite disponer de un mayor ancho de banda, evita la cascada con todo lo que significa (mantenimiento, probabilidad de falla, interferencias), y genera beneficios en lo que se refiere a mayor cantidad de canales ó información, etc.

2.2.1 Topología tipo árbol y rama (Tree And Branch).

Fue la arquitectura tradicional por muchos años. Con una división en sub-bandas de: 50-550MHz en sentido directo, 5-40MHz para el retorno.

Se trata de un sistema de dos capas:

Sistema troncal:

- Transporta las señales desde la cabecera hacia las partes más alejadas.
- Utiliza las rutas más directas.
- Emplea largos cables coaxiales.

- Amplificadores troncales con ganancia de 22 a 31dB.
- El objetivo es minimizar la cascada.
- Las cascadas típicas constan de 2 a 30 amplificadores troncales, consiguiendo hasta 25Km de alcance.

Sistema alimentador (de distribución o feeder en inglés):

- Provee señales desde el amplificador (Troncal/Bridger) a través de amplificadores extensores de línea y taps hacia los suscriptores.
- Usualmente la cascada con dos extensores de línea como máximo.

En la actualidad las redes HFC aunque han mejorado mucho todavía presentan fallas, ya que por ser un sistema cableado, presentan resistencia a interferencias electromagnéticas externas. Sin embargo los parámetros que más degradación provocan en las portadoras digitales del canal de retorno. El nivel de ruido (Producido por la distorsión lineal, intermodulación, ruido impulsivo, ecos, etc.) y el "ingress". El ingress es una interferencia introducida en el canal de retorno por la radiación generada en otros sistemas electrónicos, tales como teléfonos móviles, señales de radio, la red eléctrica del usuario, motores eléctricos etc. El efecto es acumulativo con el nivel de ruido y es en parte imposible de eliminar, lo cual degrada altamente la señal.

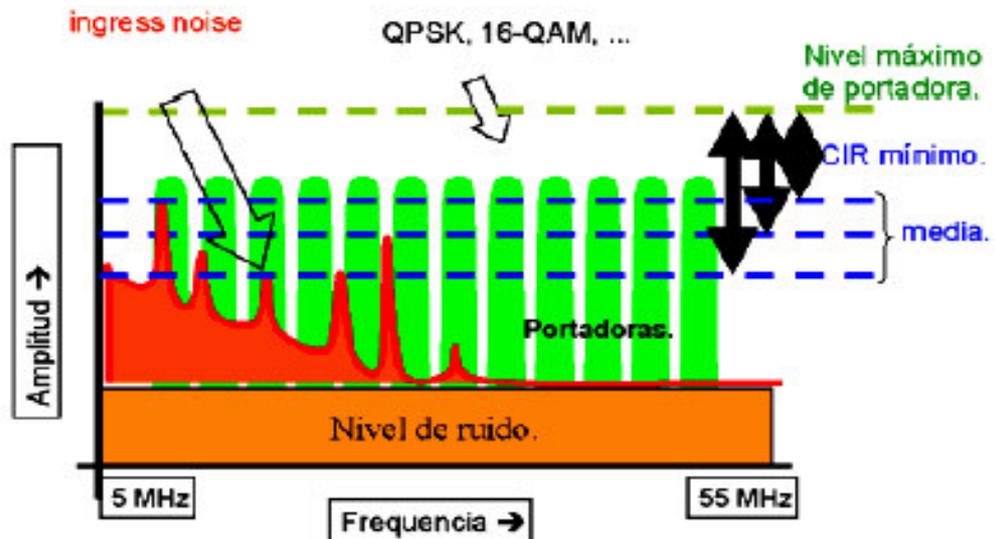


FIGURA 2.3 RUIDO E INGRESS EN REDES HFC

En el canal ascendente las señales de cada usuario junto con el ruido de los elementos de la red de coaxial que atraviesa amplificadores, distribuidores, conectores etc., se van sumando y acaba convergiendo en un único punto.

Algunas alternativas para reducir el ruido Ingress son:

- Analizar periódicamente una serie de parámetros de calidad del canal
- Reducir el ancho de banda del canal ascendente cuando este se encuentre muy ocupado.
- Mediante el uso de CDMA en la que varios usuarios acceden simultáneamente al canal pero cada uno de ellos multiplica su señal por un código ortogonal.

2.2.2. Distancia a la que se puede acceder con coaxial.

El enlace está formado por: 30 troncales + 2 L.E. (se utilizó un **pad** de entrada de 3dB), con lo cual obtenemos:

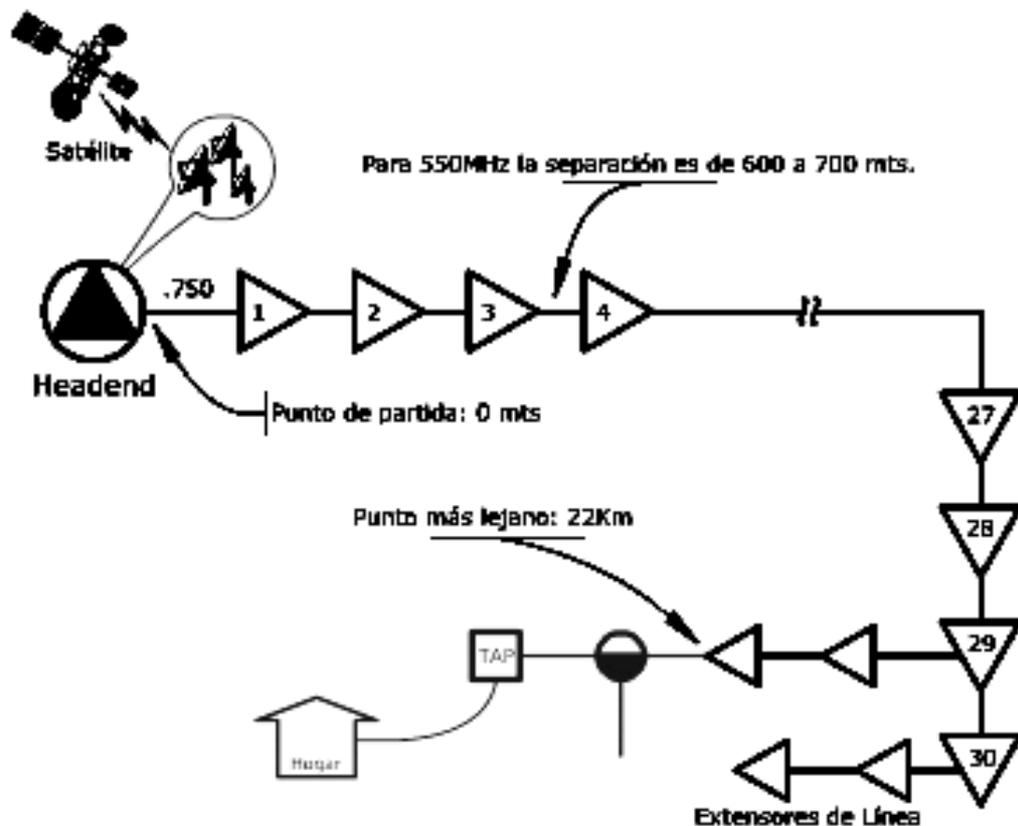


FIGURA 2.4. MÁXIMA DISTANCIA PARA ACCEDER CON COAXIAL.

C/N resultante (relación señal a ruido) = 42.85 dB.

CTB resultante (niveles de distorsión de tercer orden) = -57.00 dB.

Dando como resultado un máximo de 22 Km de distancia.

2.2.3. Distancia a la que se puede acceder con fibra.

La máxima distancia que se puede recorrer con la fibra depende del transmisor y de la calidad en cuanto al ruido en la recepción, otros factores que influyen son los conectores, la longitud de onda y los empalmes.

Como ejemplo podemos decir que un transmisor de 13dBm, en una longitud de onda de 1310nm, puede cubrir un enlace de 30 Km con un C/N de 52dB y un CTB de -65Db,

si tenemos un transmisor de 17dBm, en una longitud de onda de 1550nm, puede cubrir un enlace de 54 Km con las mismas prestaciones. Actualmente con la tecnología de los repetidores se pueden alcanzar distancias de hasta 150 Km.

2.2.4. Confiabilidad entre uno y otro sistema.

- En un sistema con muchos troncales la posibilidad de falla es muy alta dado que depende de la falla de uno de ellos o de su fuente de alimentación y falla toda la cascada.

- En cambio en el sistema óptico hay solamente dos elementos uno en el cabezal (transmisor) y otro en la calle (receptor), con lo cual la probabilidad de falla disminuye considerablemente.
- La reparación en el medio físico en caso de ruptura es mas practico, mas fácil y menos costoso en el cable coaxial que en la fibra.
- El cable coaxial envejece mas rápido que la fibra óptica.

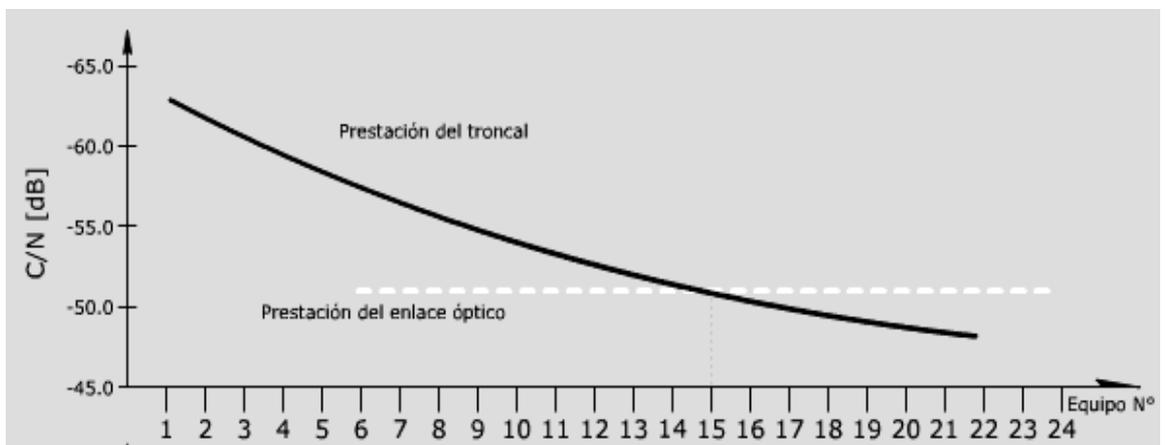


FIGURA 2.5. PRESTACIÓN DE UN TRONCAL

2.2.5. Prestaciones de ambos sistemas.

En una red de troncales la red puede mantenerse dentro de los $\pm 7.5\text{dB}$ (VER FIGURA 2.5) mediante un exhaustivo ajuste de los mismos, aunque por lo general supera estos valores.

En un enlace óptico, la planicidad no se puede ajustar, dado que este ajuste se realiza en fabrica y los valores de un enlace óptico rondan los $\pm 1.75\text{dB}$ en el peor de los casos (VER FIGURA 2.5).

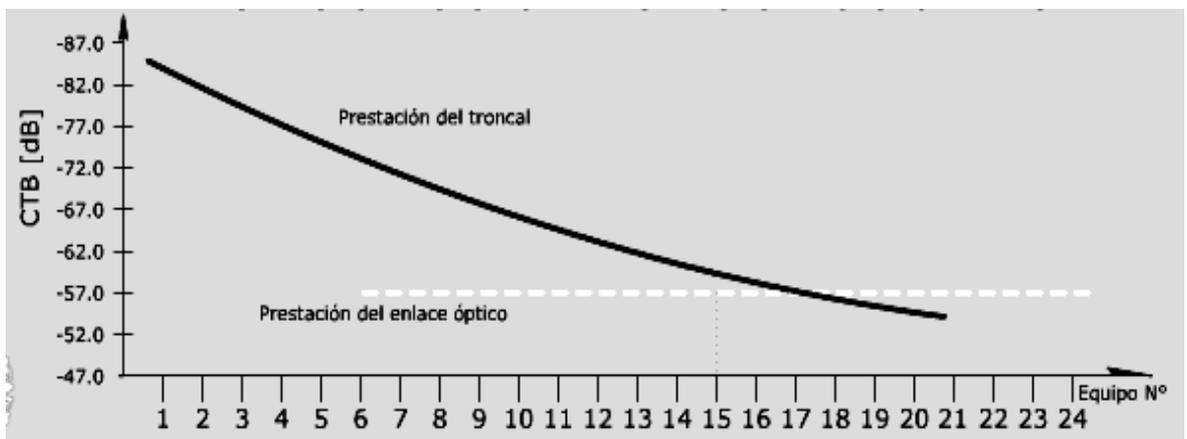


FIGURA 2.6. PRESTACIÓN DE UN ENLACE ÓPTICO

2.2.6. Diseño de red coaxial.



FIGURA 2.7. RAMA DIRECTA

A continuación se presentan los principales parámetros que se deben tener en cuenta para el montaje de una de cable coaxial, lo cual incluye factores como el tipo de cable, número de amplificadores y distancia entre ellos, pérdida de potencia, etc., como se muestra en las tablas 2.1 y 2.2 y en la figura 2.7.

	Salida directa amplificador	Inserción hasta Tap 1	Nivel Boca Tap 1	Inserción hasta Tap 2	Nivel Boca Tap 2	Inserción hasta Tap 3	Nivel Boca Tap 3	Inserción hasta Tap 4	Nivel Boca Tap 4
@750MHz	46dBmV	8.5	17.5dBmV	12.0	17.0dBmV	17.1	14.9dBmV	21.8	16.2dBmV
@54MHz	36dBmV	8.5	7.5dBmV	9.6	9.4dBmV	11.8	10.2dBmV	13.5	14.5dBmV
Tap por diseño en directa			20		17		14		8

TABLA 2.1 DISEÑO DE LA RAMA DIRECTA

	Señal requerida a la entrada del amplificador de retorno	Inserción hasta Tap 1	Nivel mín. requerido boca Tap 1	Inserción hasta Tap 2	Nivel mín. requerido boca Tap 2	Inserción hasta Tap 3	Nivel mín. requerido boca Tap 3	Inserción hasta Tap 4	Nivel mín. requerido boca Tap 4
@40MHz	17 dBmV	28.5	45.5dBmV	26.6	43.6dBmV	25.8	42.8dBmV	21.5	38.5dBmV
@5MHz	17 dBmV	28.5	45.5dBmV	26.2	43.2dBmV	25.1	42.1dBmV	20.4	37.4dBmV

TABLA 2.2. VERIFICACIÓN DE LA LÍNEA DE RETORNO

2.2.7. Superdistribución.

La súper distribución se utiliza en nodos completamente equipados o en unos mas económicos, así como un solo estilo de amplificadores de RF para la distribución, el mas utilizado es el tipo mini-bridger.

El mini-bridger se coloca en cascada mediante el uso extensivo del cable expreso no desviado. Se denomina cable expreso ya que no tiene ningún equipo pasivo en su camino.

Esta arquitectura permite realizar menos conexiones de cable coaxial por abonado y no es necesaria ninguna conexión de corriente alterna en la distribución de RF hasta los abonados. Esto a la vez reduce los problemas de corto circuito,

reemplazo de amplificadores y en el futuro se puede dividir fácilmente en células de nodos/abonados de menor tamaño, como se observa en la figura 2.8.

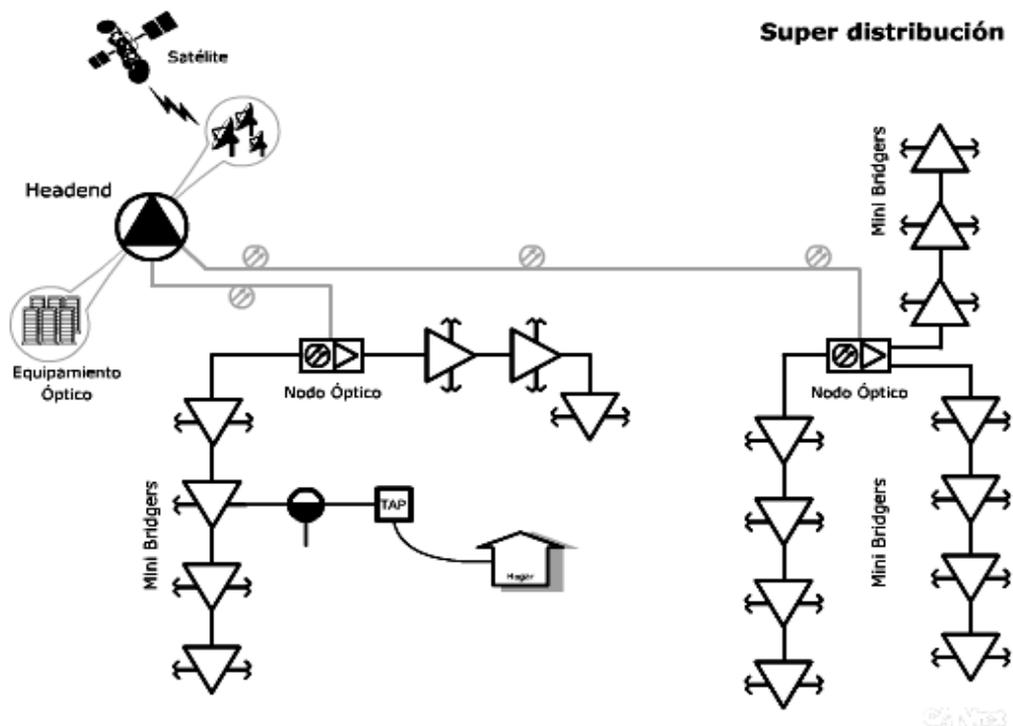


FIGURA 2.8. TOPOLOGÍA DE Superdistribución

2.3. Topología de la red HFC.

Luego de ver las topologías más comunes en las redes de fibra óptica y coaxial se explicará el modelo mas apropiado para el montaje de esta red, la cual toma las

mejores características de cada una de estas topologías anteriormente descritas (VER FIGURA 2.9.). Partiendo del uso de la fibra óptica y en nuevos tendidos se utiliza este tipo de topología.

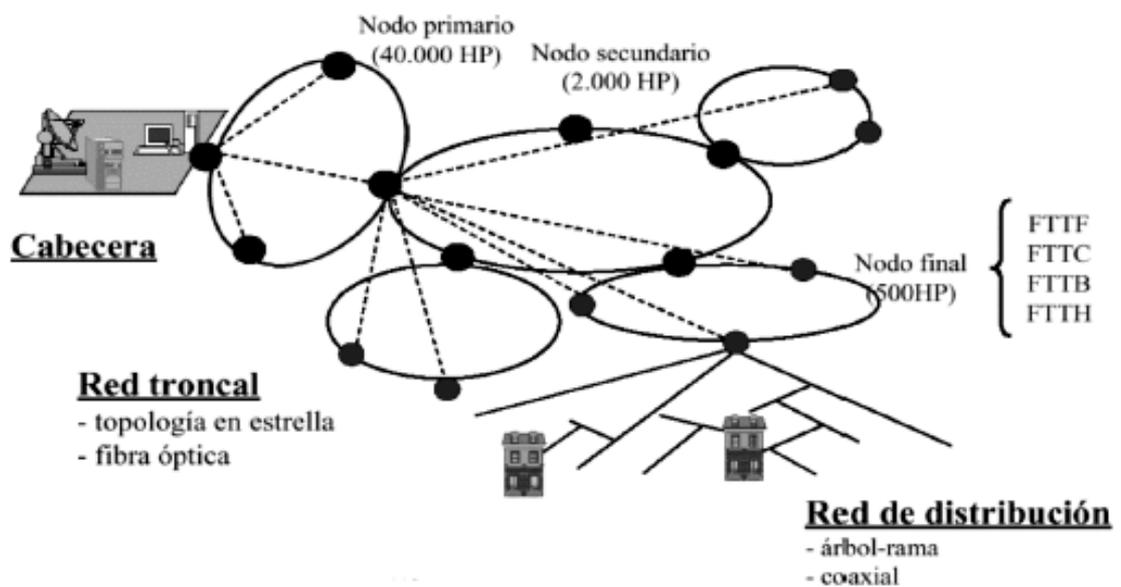


FIGURA 2.9. TOPOLOGÍA DE LA RED HFC

El objetivo de este tipo de diseño es:

- crear numerosas áreas celulares de 500 a 2000 hogares por nodo, dentro de un sistema global.

- Mejorar la calidad y confiabilidad de un sistema.
- Establecer una infraestructura para apoyar mejor los nuevos futuros.
- Proveer uniformidad en la calidad hacia todos los suscriptores.

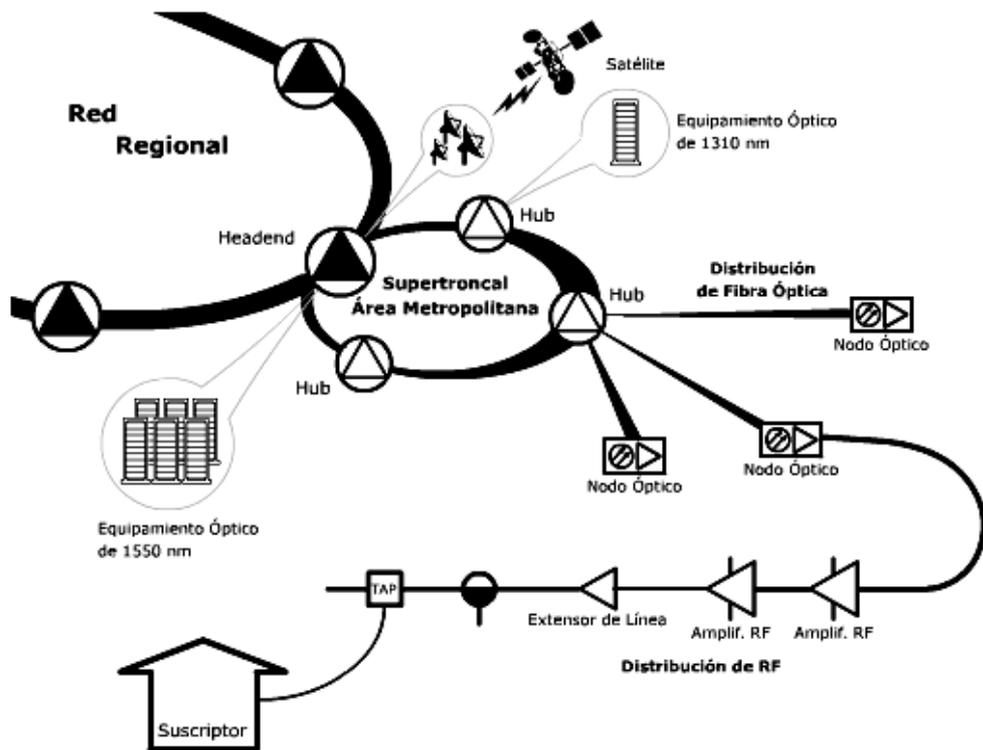


FIGURA 2.10. SERVICIOS INTEGRADOS A LAS REDES HFC

Para la transmisión de TV digital se utiliza la banda de 606 a 860 MHz y suele presentar una estructura en forma de anillos redundantes de fibra óptica que une a un conjunto de nodos primarios. Esta estructura emplea habitualmente tecnología PDH o SDH, que permite construir redes basadas en ATM.

Los nodos de distribución se sitúan físicamente en las manzanas de las grandes ciudades ofreciendo aproximadamente servicios a un millar de usuarios. El medio físico de transporte que une los nodos de conmutación con los de distribución continúa siendo la fibra óptica (VER FIGURA 2.10.).

El sistema de distribución también puede albergar centros intermedios de almacenamiento digital, que sirvan para descongestionar los servidores de información de los proveedores de servicios. A los nodos de distribución también se les denomina cabecera de red de distribución (VER FIGURA 2.10.).

3. CARACTERÍSTICAS DE UNA RED HFC

3.1 Modelo de red HFC⁶.

La figura 3.1.a. muestra el esquema de una porción de una red HFC. Agrupaciones de entre 100 y 2000 hogares son servidas por un nodo óptico, que está conectado a la cabecera a través de un enlace de fibra óptica. La distancia que recorren las señales descendentes desde la cabecera hasta el hogar de un abonado puede ser de hasta 80 Km., de los cuales tan sólo una pequeña parte corresponde al último tramo de coaxial (2 Km., por ejemplo).

Para el diseño de la capa MAC, puede utilizarse un modelo simplificado de red HFC que, como muestra la figura 3.1.b., consistiría en dos líneas de transmisión, una descendente y otra de retorno, entre las que se sitúan los cable-módems, que reciben por el canal descendente y transmiten por el ascendente, sin la posibilidad de escuchar las transmisiones de los demás (por lo tanto, son incapaces de detectar colisiones y coordinar sus transmisiones por sí solos). Se supone la existencia de una capa física que proporcione la conectividad necesaria entre la cabecera y los cable-módems.

⁶ proton.ucting.udg.mx/temas/comunicaciones/alex/home.htm

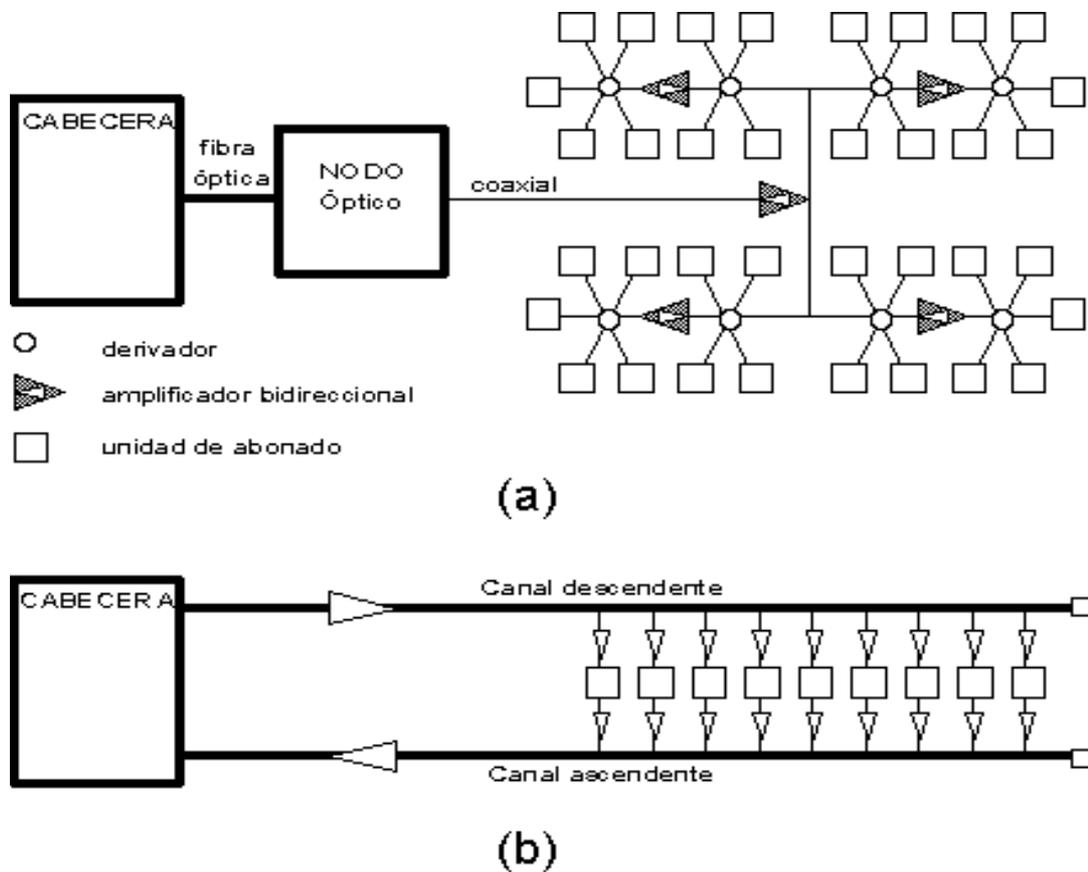


FIGURA 3.1. (a) ESQUEMA DE RED HFC Y (b) ABSTRACCIÓN DE LA MISMA.

En la práctica, los canales de que disponen éstos para comunicarse con la cabecera son más estrechos (los sistemas de cable son altamente asimétricos por naturaleza) y de peor calidad que los canales disponibles para las comunicaciones descendentes. Además, cuando la cabecera pasa de detectar un cable-módem a detectar a otro se consume un cierto tiempo en “sintonizar” esta comunicación,

mientras que los cable-módems pueden estar permanentemente “sintonizados” a un canal descendente por el que reciben datos de la cabecera.

La cabecera dispone de medios para determinar los tiempos de propagación de las señales entre ésta y los distintos cable-módems (hasta 2.400ms). La cabecera concede los permisos de utilización del espectro del canal ascendente, de acuerdo con las necesidades de capacidad de transmisión manifestadas por cada cable-módem.

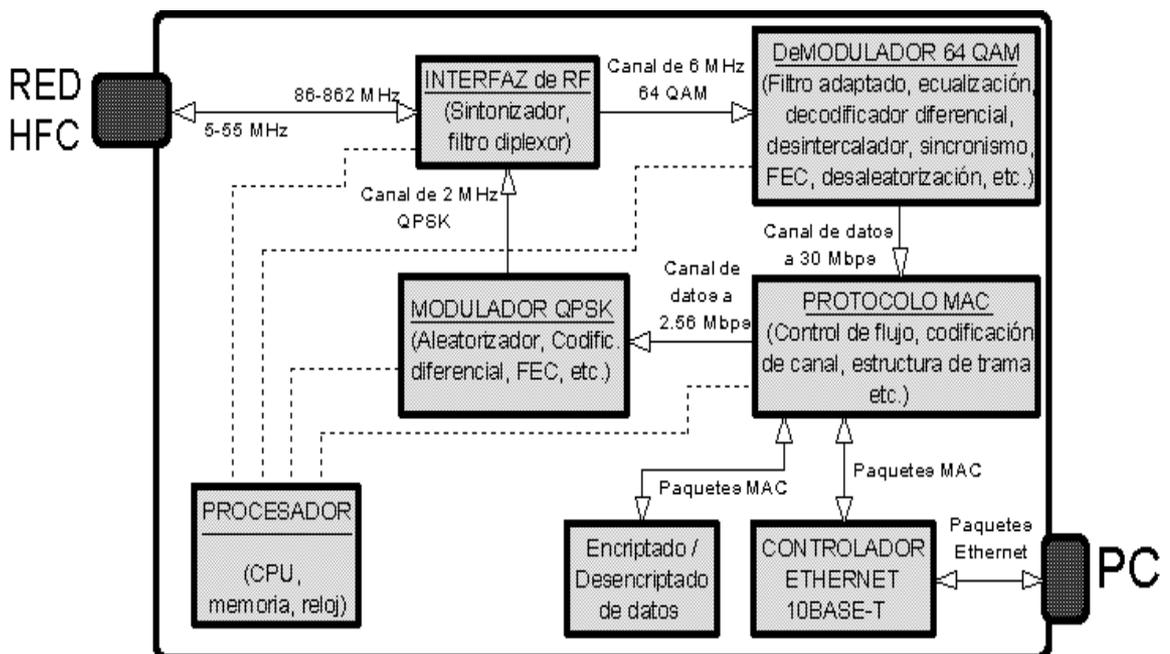


FIGURA 3.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN CABLE-MÓDEM BIDIRECCIONAL.

En la figura 3.2, el cable-módem recibe datos en canales de 6 MHz de ancho de banda con modulación 64QAM (30 Mbps). Los datos se encapsulan en paquetes Ethernet para suministrárselos al PC del abonado. Por otra parte, los paquetes originados por éste son encapsulados según el formato de trama que definen las capas MAC y PHY y enviados a la cabecera en un canal de 2 MHz de ancho de banda con modulación QPSK (2.56 Mbps).

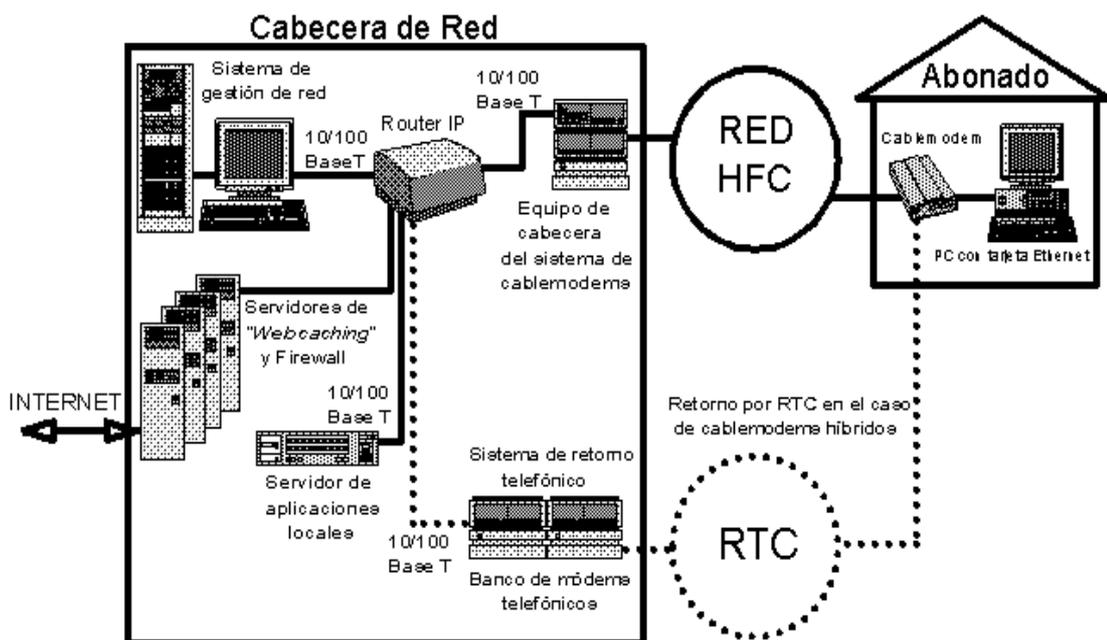


FIGURA 3.3 SISTEMA COMPLETO DE CABLE-MÓDEMS.

En la figura 3.3 se observan los equipos de cabecera y de abonado. Se han representado las dos posibilidades de conexión para el canal de retorno: cable-módem bidireccional por la red HFC; y cable-módem híbrido.

3.2. Arquitectura de la red HFC.

La cabecera ha de disponer de unos equipos que realicen funciones de Router y Switch, y que adapten el tráfico de datos de la red HFC al protocolo IP. Además, debe existir un sistema de gestión de red y de abonados, pudiendo también existir un servidor que realice funciones de caching de información y actúe como Firewall.

El acceso a Internet a través de un módem telefónico, entre éste y el módem del proveedor de servicio se establece una conexión con circuito dedicado, que ofrece al usuario una capacidad constante y simétrica (igual descendente que de retorno) y que termina cuando éste cuelga. Habitualmente, estas conexiones dedicadas son de banda estrecha y ofrecen una capacidad máxima de transmisión alrededor de 64 a 128 Kbps en RDSI, ó 33.6 Kbps ó menos con un módem telefónico estándar.

La transmisión de datos en redes HFC se realiza a través de un medio de acceso compartido, en el que un grupo más o menos grande de usuarios comparte un ancho de banda generalmente grande, un canal de 6 MHz, por ejemplo, con una capacidad de entre 10 y 30 Mbps. Como todo el mundo sabe, en una red local Ethernet de 10 Mbps, la capacidad de transmisión y recepción de datos que ve cada usuario individual de un total de 100, por ejemplo, es bastante superior a una centésima parte de los 10 Mbps. Esto es debido a la naturaleza racheada (a ráfagas) del tráfico de datos que atraviesa el medio compartido.

Este tipo de tráfico es característico de la mayoría de las aplicaciones corrientes del servicio Internet. En una navegación típica de 60 segundos por las páginas de un servidor WWW, de un PC conectado directamente a él, un promedio de poco más de 1MB de información va del servidor al PC del usuario, y éste le devuelve unos 70KB que representan clic de ratón y reconocimientos de llegada de paquetes. La relación entre el tráfico descendente y ascendente muestra una asimetría de un factor de 15 ó más.

Por este motivo, la mayoría de los módems de cable se diseñan con capacidades de recepción de datos mayores que las de transmisión a través del canal de retorno. No obstante, algunos fabricantes siguen la filosofía de construir módems simétricos en cuanto a sus capacidades de recepción y transmisión, ya que

consideran que la demanda de ancho de banda por parte de los usuarios evolucionará en el sentido de capacidades ascendentes cada vez mayores.

Un módem de cable típico tiene las siguientes características:

- Es un módem asimétrico. Recibe datos a velocidades de hasta 30 Mbps. y transmite hasta 10 Mbps. (valores más normales son 10 y alrededor de 1 Mbps descendente y ascendente, respectivamente).
- Se conecta a la red HFC mediante un conector de cable coaxial tipo F, y al PC del abonado a través de una tarjeta Ethernet.
- La recepción de datos se realiza por un canal de entre 6 y 8 MHz del espectro descendente con modulación digital 64-QAM. El módem de cable demodula la señal recibida y encapsula el flujo de bits en paquetes Ethernet. El PC del abonado ve la red HFC como una enorme red local.
- En sentido ascendente, el módem de cable descompone los paquetes que recibe del PC y los convierte en celdas ATM o en tramas con otro formato.

- Utiliza un canal de unos 2 MHz del espectro de retorno con modulación digital QPSK.
- Suele disponer de un sistema FAMM (Frequency Agile Multimode que le permite conmutar de un canal ruidoso a otro en mejores condiciones de manera automática).
- El protocolo MAC constituye el conjunto de reglas que deben seguir todos los usuarios de la red.

El protocolo MAC asigna ancho de banda a los usuarios que lo solicitan y regula su actividad de manera que cada uno reciba la capacidad deseada, asegurándose de que el sistema se comporta de manera óptima.

3.3. Canales en las redes HFC.

Básicamente en las redes HFC se manejan dos canales que son:

- ✓ Upstream (hacia arriba): se usa como un canal compartido.
- ✓ Downstream (hacia abajo): se usa como un canal “broadcast”.

Rango de frecuencia	Sentido	Aplicación primaria
5 a 65 (MHz)	Upstream	Retorno: telefonía, administración de red, facturación PPV
65 a 87.5 (MHz)		Banda de guarda
87.5 a 108 (MHz)		Radiodifusión F.M.
108 a 606 (MHz)	Downstream	TV analógica
606 a 862 (MHz)	Downstream	TV digital, VoD, Web, Telefono

TABLA 3.1 DISTRIBUCIÓN DEL ANCHO DE BANDA EN LA RED HFC.

3.3.1. La capa física.

En el diseño de la capa física encontramos varias alternativas a la hora de elegir la técnica de modulación. Canales descendentes transportan datos (información + señalización y control) de la cabecera a los abonados, mediante esquemas de modulación con eficiencias espectrales altas, gracias a que en el canal descendente se dispone de relaciones señal a ruido (S/N) elevadas.

El esquema de modulación escogido debe aprovechar al máximo el espectro disponible en el canal de retorno. Al mismo tiempo, debe de ser realizable mediante tecnología de bajo coste, empleando técnicas consolidadas de diseño

analógico. Debe también proporcionar un funcionamiento eficiente y robusto en el uso del espectro, evitando las partes extremadamente ruidosas del mismo; usando canales más estrechos o con esquemas de modulación de menor eficiencia espectral en las partes ruidosas del espectro; y usando canales más anchos o con esquemas más eficientes en las partes relativamente limpias.

El esquema de modulación debe de ser, además, lo 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 función de la frecuencia, de la hora del día, del tipo de red, de su tamaño y ubicación, así como de otros factores. Debido al efecto combinado de todas estas variables, la variación de la relación señal a ruido a lo largo de todo el canal ascendente puede ser del orden de decenas de decibeles.

En la actualidad, la gran mayoría de los cable-módems y set-top-box utilizan QPSK para el enlace digital ascendente, si bien la tendencia parece que va en la dirección de incorporar a estos equipos la capacidad de emplear esquemas más eficientes (16-QAM) cuando las condiciones del enlace son favorables, así como sistemas de selección dinámica de los canales menos ruidosos (sistema FAMM).

El sistema FAMM, junto con un protocolo apropiado para la capa MAC, permite al cable-módem conmutar de un canal excesivamente ruidoso a otro diferente para

tratar de evitar la degradación del enlace digital ascendente y también pasar dinámicamente de un esquema de modulación a otro para maximizar la eficiencia en el uso del espectro del canal de retorno, de acuerdo con la SNR disponible en cada momento.

3.3.2. La capa MAC.

Se supone la existencia de una capa física que proporcione la conectividad necesaria entre la cabecera y los cable-módems. En la práctica, los canales de que disponen éstos para comunicarse con la cabecera son más estrechos y de peor calidad que los canales disponibles para las comunicaciones descendentes., además, cuando la cabecera pasa de “escuchar” a un cable-módem a “escuchar” a otro se consume un cierto tiempo en “sintonizar” esta comunicación, mientras que los cable-módems pueden estar permanentemente “sintonizados” a un canal descendente por el que reciben datos de la cabecera. En general, se tiende a centralizar la gestión del ancho de banda en la cabecera, lo cual se traduce en una reducción de la complejidad de los equipos de abonado.

La cabecera concede los permisos de utilización del espectro del canal ascendente, de acuerdo con las necesidades de capacidad de transmisión manifestadas por cada cable-módem.

Las redes HFC presentan los retardos de propagación propios de redes WAN, pero deben de poder servir de soporte para servicios en los que conocer y acotar el tiempo de acceso es fundamental.

Por eso, la primera fase en el diálogo entre las capas MAC de la cabecera y un cable-módem consiste precisamente en determinar de forma lo más exacta posible el retardo de propagación existente entre ambos. Este proceso se conoce como proceso de adquisición o de ranging, y es en esta primera fase en la que se sincroniza el cable-módem de acuerdo con el esquema de temporización que la cabecera pone a disposición de todos los cable-módems de la red HFC a través del canal descendente.

Una vez realizado este proceso, se establece el formato de trama que se va a utilizar y se determinan otros parámetros de la comunicación ascendente como, por ejemplo, la potencia de transmisión. La cabecera asigna los recursos necesarios (ranuras temporales y/o frecuenciales) a los cable-módems que los solicitan.

Una de las funciones más importantes de la capa MAC es la de resolver conflictos entre cable-módems evitando las colisiones y controlando de forma precisa el acceso de cada uno de ellos al medio compartido. La tendencia actual indica que el protocolo MAC debe poner a disposición de los cable-módems ranuras cuyo acceso por éstos pueda realizarse bien por reserva o bien por contención, de manera que se optimice el uso de los recursos disponibles en el canal de retorno.

3.3.3. Conexión del Cable-módem.

El cable-módem puede ser un equipo independiente, con una carcasa propia, o puede tratarse de una tarjeta que se conecte directamente al bus (ISA, habitualmente) de nuestro ordenador. En el primer caso, dispondrá de un conector de coaxial tipo F con el que se conectará a la red de cable, de un conector RJ-45 para conectarse a la tarjeta Ethernet 10 Base -T con que deberá estar equipado el ordenador, y, opcionalmente, de un conector RJ-11 para conectarse a la línea telefónica, en caso de que el canal de retorno sea por la red telefónica (RTC).

Los cable-módems con retorno telefónico son una versión más sencilla de los cable-módems con retorno por la red de cable en los que el enlace digital descendente presenta las mismas características que en éstos, pero el

ascendente se realiza por la RTC mediante un módem telefónico convencional, que puede formar parte del propio cable-módem o bien ser un dispositivo aparte incorporado en nuestro ordenador.

La señal recibida por el canal descendente es demodulada para extraer los datos de usuario y la información de señalización y control que envía el equipo de cabecera. Los datos de usuario son encapsulados en paquetes con formato Ethernet y enviados al ordenador por la conexión 10 Base-T. Los datos originados por el usuario son extraídos de los paquetes Ethernet que llegan del ordenador a través de su tarjeta Ethernet y se encapsulan formando otro tipo de paquetes cuyo formato dependerá del protocolo de red empleado en el sistema de cable-módems.

Finalmente, se transmiten los paquetes en el instante y el canal indicados por la cabecera. Si el cable-módem está montado en una tarjeta ISA, lo único que deberá tener es un conector de coaxial tipo F para conectarse a la red de cable. Si el retorno es vía RTC, el ordenador deberá disponer de un módem telefónico para establecer la comunicación ascendente con la cabecera.

4. SERVICIOS.

4.1. Aplicaciones y Servicios.

A continuación se verán ejemplos de aplicaciones que pueden ser difundidas por una red de cable:

Difusión de TV/video analógico modulado en VSB-AM.

Difusión de video digital: Las señales digitales de video, audio y datos que forman los canales de TV digital se multiplexan para formar el flujo de transporte MPEG que se modula en QAM. El vídeo digital permite ofrecer servicios de tipo PPV (Pago por visión) o VoD (pago bajo demanda).

Video por demanda: Esta pensado para ser un sustituto del alquiler de video-cassettes, DVD, VCD o cualquier tipo de video que requiera de alguna disponibilidad en las tiendas especializadas, para este servicio solo se requiere de servidores de video especiales en la cabecera para interactivamente parar y comenzar la película que pida a una tasa constante de 3Mbps.

Televisión avanzada: El estándar propuesto para televisión de alta definición HDTV necesita 10Mbps.

Audio digital: Audio digital con calidad CD requiere 1.4Mbps y comprimido puede llegar a 384Kbps. También es susceptible a pagar por demanda.

Telefonía básica: En principio con sólo 128 Kbps sería suficiente, pero hay que hacer frente a problemas de retardos por lo que con técnicas fiables se necesitan unos 600 Kbps.

Videoconferencia: La red puede ofrecer entre 100Kbps y 1Mbps, lo que da una gran calidad a la señal sin olvidar la interactividad.

Redes de ordenadores: Uno de los grandes negocios de las redes HFC es el alquiler de enlaces punto a punto de alta velocidad a empresas, utilizando tecnología SDH o PDH, soportando de 100 Kbps a 100 Mbps de tráfico bidireccional (generalmente a ráfagas).

Videojuegos: La posibilidad de jugar a la última novedad sin moverte de casa ofrece un gran abanico de posibilidades, desde juegos simples hasta juegos interactivos.

Telemetría: La red de cable puede usarse para monitorizar contadores de electricidad, gas, agua, sistemas de vigilancia.

Acceso a Internet: Potencialmente es el gran negocio del cable. Pueden llegar a superar los 10 Mbps. A continuación entraremos a fondo en este tema.

4.2. Acceso A Internet A Alta Velocidad Y Otros Servicios.

Servicios Internet. La Oportunidad de la TV Digital

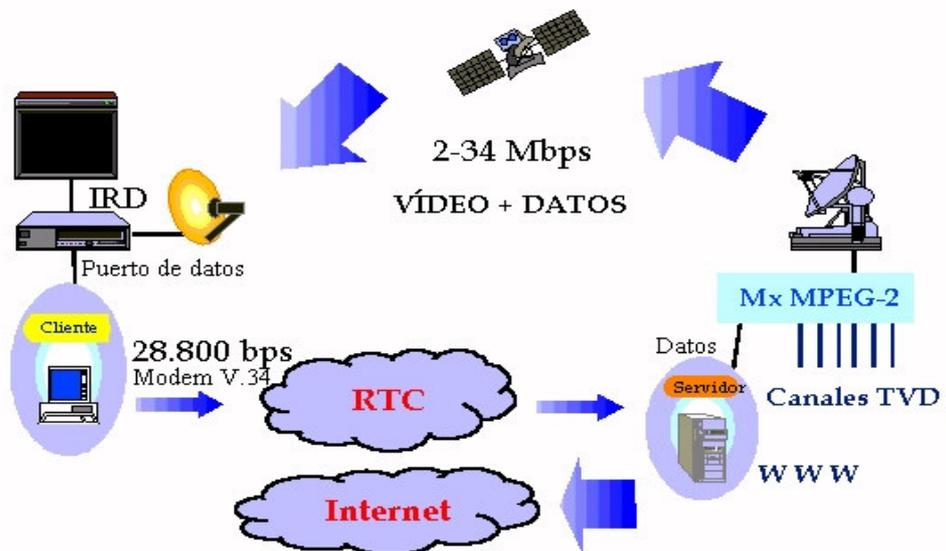


FIGURA 4.1. SERVICIOS QUE OFRECE LA RED HFC.

Las redes HFC, mediante el uso de módems especialmente diseñados para las comunicaciones digitales en redes de cable, tienen capacidad para ofrecer servicios de acceso a redes de datos como Internet a velocidades cientos de veces superiores que en la actualidad como se ve en la figura 4.1.

Estos nuevos equipos de cable que permiten acceder a redes de datos a velocidades de cientos de veces superiores a las que ofrecen los actuales módems telefónicos convencionales.

Los cable-módems son un orden de magnitud más complejos que los módems telefónicos. Un cable-módem realiza o puede realizar funciones de modulación y demodulación, sintonización, encriptado y desencriptado, bridge, router, interfaz de red, agente SNMP (Simple Network Management Protocol), y hub Ethernet.

Realmente, un sistema de cable-módems en una red de cable se compone, en su forma más simple, de dos equipos: uno en la cabecera, que hace de interfaz entre la red de cable y otras redes, locales o remotas, como Internet; y otro, el cable-

módem, en casa del abonado. Las comunicaciones entre ambos equipos se realizan por dos canales independientes: el canal descendente, de la cabecera al abonado; y el canal ascendente o de retorno, del abonado a la cabecera.

El canal descendente se caracteriza por tratarse de un canal poco ruidoso en general y del tipo “uno a muchos”. El equipo de cabecera “habla”, y los cable-módems “escuchan”. Si el mensaje va dirigido a un cable-módem en especial, éste lo adquiere mientras que el resto lo ignora. El canal de retorno posee características muy diferentes, se trata de un canal de comunicaciones muy problemático.

Los mayores problemas los crean el ruido impulsivo y las interferencias de banda estrecha, sobretodo en la parte más baja del espectro ascendente. Por otra parte, el canal de retorno es del tipo “muchos a uno”. Todos los cable-módems conectados a un nodo óptico comparten el mismo espectro de frecuencias (5 a 55 MHz) y el medio de transmisión para enviar datos a la cabecera.

Debido a la estructura de la red un cable-módem no puede “ver” a otros cable-módems, por lo que desconoce si éstos están transmitiendo o se encuentran en reposo. Por tanto, se requiere un mecanismo de control de acceso al medio (capa MAC) que controle las transmisiones del conjunto de cable-módems por el canal de retorno.

Las características de ambos canales, descendente y de retorno, condicionan de manera determinante el diseño de los cable-módems, tanto en los aspectos del enlace físico (capa física), como en los aspectos de gestión del sistema de comunicaciones (capa MAC).

Un cable-módem típico tiene las siguientes características:

- ✓ Asimétrico: recibe datos a velocidades de hasta 30 Mbps y transmite hasta 10 Mbps, aunque son más normales valores de 10 Mbps y 1 Mbps, respectivamente.
- ✓ Se conecta a la red HFC mediante un conector de cable coaxial tipo F, y al PC de abonado a través de una tarjeta Ethernet 10BaseT.
- ✓ La recepción de datos se realiza por un canal de entre 6 y 8 MHz con modulación digital 64-QAM. Se demodula la señal recibida y se encapsula el flujo de bits en paquetes Ethernet. El PC de abonado ve la red HFC como una enorme red local.

- ✓ En sentido ascendente, el módem de cable descompone los paquetes Ethernet que recibe del PC y los convierte en celdas ATM (o en tramas con otro formato propietario). Utiliza un canal de unos 2 MHz del espectro de retorno con modulación digital QPSK.
- ✓ Suele disponer de un sistema FAMM, que le permite conmutar de un canal ruidoso a otro en mejores condiciones de manera automática.

Modulación	Canal	AB	MS/s	Mb/s	Mb/s usuario
256QAM	Down	6 MHz	5,36	42,88	~ 38
8 b/Simb	Down	8 MHz	7,15	57,2	~ 57
64QAM	Down	6 MHz	5,057	30,34	~ 27
6 b/Simb	Down	8 MHz	6,74	40,44	~ 36
16QAM	Up	1,6 Mhz	1,28	5,12	~ 4,6
4 b/Simb	Up	3,2 Mhz	2,56	10,24	~ 9
QPSK	Up	1,6 Mhz	1,28	2,56	~ 2,3
2 b/Simb	Up	3,2 Mhz	2,56	5,12	~ 4,6

TABLA 4.1. CARACTERÍSTICAS DE CADA TIPO DE MODULACIÓN.

4.2.1. DOCSIS: Data Over Cable Services Interface Specification.

Es un estándar desarrollado por el consorcio MCNS (Multimedia Cable Network System), formado por empresas como Comcast, Cox, TCI y Time Warner, el cual ocupa más del 80% del mercado de módems en USA y Canadá.

- **Aspectos clave:**

DOCSIS define cuatro tipos de servicios:

1. *Unsolicited Grants [Slots no Solicitados].*

Asignación periódica de slots de tamaño constante.

El retardo y jitter de la aplicación es fácilmente controlable.

Aplicación: servicio CBR (Ej.: voz, vídeo).

2. *Real Time Polling [Chequeo en Tiempo Real] (RTP).*

El cable-router reserva minislots para el módem y le sondea.

El cable-router reasigna estos minislots a otros módems cuando no son utilizados.

Aplicación: servicio VBR (ej.:voz con supresión de silencios).

3. *Committed Information Rate [Ratio de Información Contratada] (CIR).*

El módem debe competir por el canal cada vez que transmite un datagrama.

Se garantiza un ancho de banda mínimo, aunque no el retardo.

4. *Tiered Best Effort (TBE).*

Flujos sin requisitos de retardo, jitter o ancho de banda.

Mecanismo de prioridades (8 niveles).

4.2.2. DAVIC/DVB (*Digital Audio Video Council / Digital Video Broadcasting*).

- Es un proyecto europeo desarrollado por un consorcio (operadores y fabricantes) para acordar una norma común de TV Digital.

- El más extendido en Europa.
- MPEG-2 como contenedor de transporte.
- Se integra con otros dispositivos DVB como set-top box (STB).
- Señalización y transporte en ATM con soporte para QoS.

- Resuelve aspectos de transmisión:
 - Vía satélite: DVB-S, QPSK con FEC (34Mbps).
 - Vía cable: DVB-C, 64QAM sin FEC (40Mbps).
 - Vía terrenal: DVB-T, OFDM (30Mbps).

- Los programas se encriptan con un algoritmo definido por DVB.
- Las claves se envían codificadas con un algoritmo exclusivo del operador.
- Compatibilidad entre operadores:
 - ✓ Simulcrypt (Canal Satélite):

- Algoritmo empotrado en el STB.
- Otros operadores necesitan conocer el algoritmo utilizado.
 - ✓ Multicrypt (Via Digital)

- Algoritmo residente en una tarjeta insertable.
- Otros operadores pueden insertar su tarjeta.

5. FUTURO.

5.1. Prestaciones mejoradas.

Las redes de acceso HFC ofrecen a sus abonados la posibilidad de estar permanentemente conectados (no es necesario establecer una vía de comunicación cada vez que se quiere navegar por Internet o enviar un e-mail, como es el caso del acceso telefónico o RDSI) y de que sólo se les facture por el tiempo que están realmente utilizando los recursos del sistema, o por volumen de datos recibidos y transmitidos. Otra ventaja de las redes de cable es que permiten la difusión de datos a todos o a grupos específicos de usuarios (broadcast y multicast) para servicios de noticias, juegos multiusuario, descarga de software, etc.

En las redes con circuitos dedicados esto sólo se puede hacer haciendo copias de la información para cada usuario y enviándolo por cada circuito a cada uno de ellos, lo cual es poco eficiente.

La capacidad del canal descendente en una red HFC (86 a 862 MHz.) es tal que puede absorber cómodamente un gran aumento del número de abonados y de la

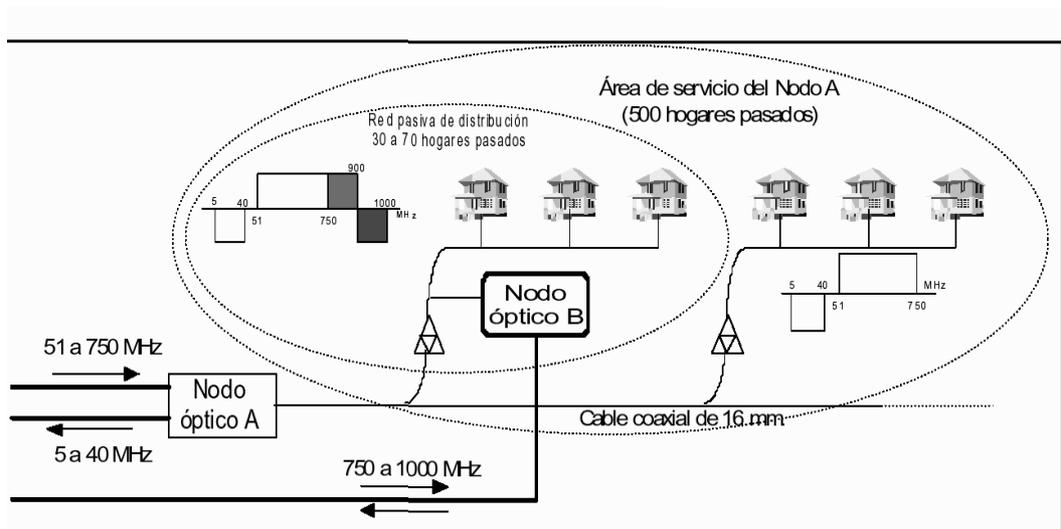
demanda de todo tipo de servicios. En cuanto al canal de retorno, la arquitectura HFC permite la evolución del sistema hacia nodos de menor tamaño (que sirvan a zonas con menor número de hogares pasados), para poder ofrecer los 50 MHz. del espectro ascendente a un menor número de abonados y por tanto aumentar sus capacidades individuales de interacción con la cabecera. En ciertos casos puntuales, existen incluso ciertas soluciones que permiten ofrecer anchos de banda ascendentes mucho mayores empleando frecuencias cercanas a 1 GHz.

La propuesta de **Scientific**⁷ Atlanta para mejorar redes HFC ya existentes, ampliando el ancho de banda ofrecido de 750 a 1000MHz. Este sistema puede proporcionar a cada abonado una capacidad de hasta 1.544Mbps en el canal de retorno y 10Mbps en el descendente, y puede ser rentable en áreas en las que la inversión necesaria para su implantación está justificada por una alta demanda de servicios digitales conmutados de banda ancha (vídeo, voz y datos).

Añadiendo un nuevo nodo óptico (NODO B en la figura 5.1) después del último amplificador de la porción de red de distribución que sirve a un reducido número de hogares (entre 30 y 70), ampliamos su ancho de banda de 750 a 1000MHz. (de 750 a 900 para el canal descendente, y de 900 a 1000 para el canal de retorno, todo ello por una única fibra). Esta solución, además, permite aumentar la

⁷ Pagina web

capacidad del sistema de manera selectiva, haciéndolo solamente en aquellas zonas en las que la demanda lo justifique.



En la figura 5.1 se explica el esquema de red HFC mejorada con la introducción de un nuevo nodo óptico. El Nodo A sirve a un área de distribución de unos 500 hogares. Mediante la introducción del Nodo B, se amplía el ancho de banda, tanto descendente como de retorno, a un grupo escogido de hogares (en la realidad, este grupo podría corresponder a una empresa que demanda una mayor capacidad en su acceso a la red).

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

sistemas basados en esquemas multiportadora: OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), DMT (Discrete MultiTone), DWMT (Discrete Wavelet MultiTone).

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.

Esto se lleva a cabo en un proceso llamado “subcanalización”, que consiste en realizar ciertas transformaciones digitales ortogonales en bloques de datos. Cada subcanal ocupa tan sólo una pequeña fracción del ancho de banda total del canal de retorno, y sólo se solapa con los subcanales inmediatamente adyacentes.

Cuando las señales ascendentes se transmiten por la red de coaxial hacia el nodo óptico, sufren, como hemos visto con anterioridad, los efectos de distintos tipos de ruido, interferencias de banda estrecha, y de la propia propagación por el cable coaxial, que atenúa en mayor medida las frecuencias más altas.

Para contrarrestar los efectos indeseados de todos estos factores, el sistema multiportadora es capaz de adaptarse a la respuesta del canal mediante “subcanalización”. Por ejemplo, asigna más bits a aquellos subcanales con S/N mayor que a aquellos que están más degradados por el ruido.

También evita las interferencias de banda estrecha suprimiendo los subcanales afectados. En cuanto al ruido impulsivo, los sistemas de portadora múltiple son más robustos debido a que los períodos de símbolo son considerablemente mayores que en los sistemas de portadora única.

Los sistemas multiportadora proporcionan, en definitiva, una utilización más eficiente del espectro, adaptando el número de bits por subcanal a la relación señal a ruido disponible.

En los canales de retorno típicos de los sistemas HFC esto proporciona más bits/s/Hz que los esquemas de portadora única. Además, y 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.

5.2. Integración de servicios.

La realidad: Se dividen en canales de radiofrecuencia, sobre cada uno se montan torres de protocolos.

Red superpuesta: Red SDH hasta nodos secundarios, y cobre, coaxial o fibra hasta el usuario. Dos redes independientes y superpuestas: una para **TV**, y otra para **Voz y Datos**

TV: Es una red HFC con canales de RF tanto en los nodos primarios como en el resto de la red, con fibra en la troncal y coaxial en distribución.

Voz y Datos: Desde cabeceras a nodos secundarios SDH sobre fibra, después pares trenzados hasta viviendas con canales de SDH separados. Se usan módems o alquiler de circuitos punto a punto.

Solución más cara: Dos redes diferentes y muchos pares.

Red Integrada: Se integran todos los servicios en una sola fibra en la red troncal, y luego en el coaxial de la red de distribución por Multiplexación por División en Frecuencia. Red HFC típica. Voz en canales de TV para bajada, y en canal de retorno para subida (VER FIGURA 5.2.)

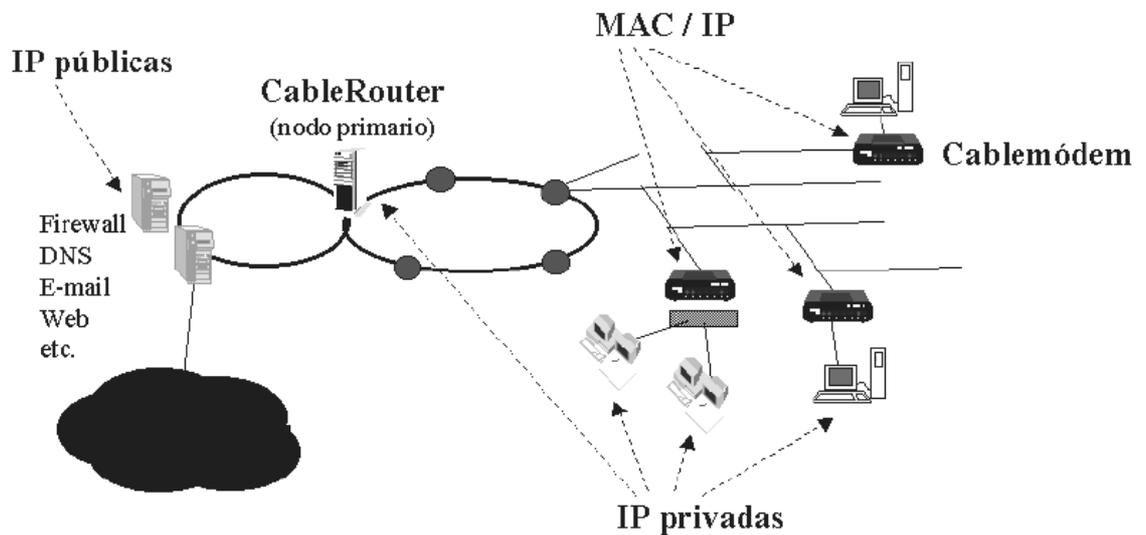


FIGURA 5.2. INTEGRACIÓN DE SERVICIOS EN LA RED HFC

5.2.1. Cable-router:

- Conecta al usuario con otros usuarios o con los proveedores de servicios.
 - Encaminamiento IP.
 - Cifrado.
 - FEC (*Forward Error Correction*).
 - Gestión del espectro de RF: se asignan subbandas dentro del canal de retorno a los distintos grupos de usuarios.

5.2.2. Cable-módem:

- Establece la comunicación con la Red de Cable.
 - ❖ Modulación y Demodulación en RF.
 - ❖ Interfaz entre HFC y *Ethernet*.
 - ❖ Hub multipuerto: es como si tuviésemos una *Ethernet* en casa.
 - ❖ Monitorización Radio Frecuencia (RF).
 - ❖ Cifrado.
 - ❖ FEC (*Forward Error Correction*).

Iniciación de Cable-módem (VER FIGURA 5.3).

- ❖ Autoiniciación
- ❖ Búsqueda de RF DS
- ❖ Ecuación del canal
- ❖ Cálculo de retardo
- ❖ Captura RF US
- ❖ Ajusta niveles de señal

- ❖ Obtención del Time-stamp
- ❖ Obtención de Dir. IP si procede

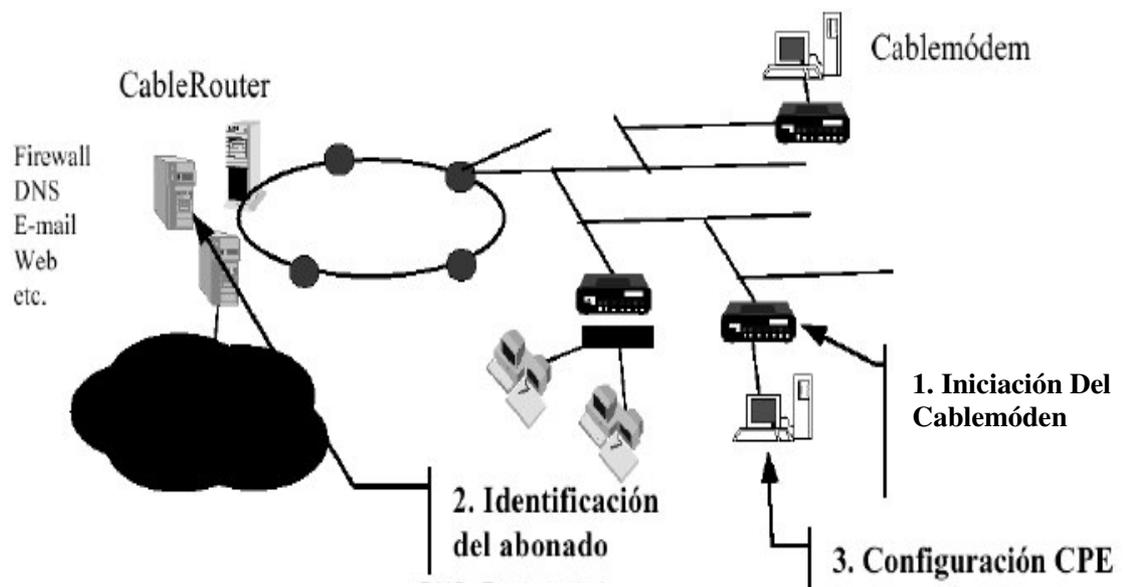


FIGURA 5.3. INICIACIÓN DE UN CABLE MODEM

Identificación del Abonado.

- ❖ Autenticación

- ❖ Datos de facturación
- ❖ Asignación de recursos US y DS
- ❖ Asignación de parámetros de cifrado

Configuración CPE.

Asignación de parámetros de red (IP, Router, DNS, etc.)

Actualización de software (eje: STB)

Acceso al medio en el canal de subida:

Mecanismos de reserva: Token Bus, Token Ring, TDMA, etc.

Mecanismos de contienda: Aloha, S-Aloha, CSMA-CD, etc.

CONCLUSIONES

A la vista de las características de los distintos sistemas, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

El módem telefónico como canal de retorno es usado en aquellos sistemas que aún no tienen desarrollado un canal de retorno por el propio sistema. Esto limita la capacidad del canal ascendente, ocupa línea telefónica, aumenta los costes y emplea dos sistemas para disfrutar de un mismo servicio.

Es muy ventajoso desarrollar sistemas que aprovechen los ya existentes, siempre que no sean un parche con evolución limitada.

El éxito de un sistema vendrá dado por su amortización de la inversión inicial, por la aceptación del usuario final (comodidad, precio, calidad de servicio) y por la capacidad de adaptarse a las necesidades de aplicaciones futuras (aumento de ancho de banda, tiempo real...), así como por su facilidad de integración y convivencia con otras tecnologías o sistemas.

La tendencia actual en todos los sectores de la sociedad es la globalización. No es eficiente desde un punto de vista técnico y económico la coexistencia de una amplia variedad de tecnologías con un oferta de servicios similar pero

excluyente (por ejemplo, oferta de TV semejante en varios sistemas, o videoconferencia de calidad media en ellos), cuando, si compartieran recursos, se podría conseguir una mayor oferta de TV o una videoconferencia de calidad alta.

Es posible entonces que, en el futuro, los operadores de las distintas tecnologías se integren o asocien para sacar el máximo partido a los recursos de los sistemas, siempre y cuando la competencia y la capacidad lo permitan.

Todo ello debe realizarse de la manera más transparente posible al usuario. Por tanto, el ideal sería disponer de sistemas multi-tecnología donde, en función de las características de los servicios, zonas u otras necesidades se empleara una u otra alternativa.

En realidad, existen ya plataformas multi-tecnología que despliegan distintas tecnologías en función del área a servir, sin tener en cuenta otros factores, y dentro de una misma empresa de telecomunicación.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

HYBRID FIBER/COAX (HFC).

DONALD RASKIN, DEAN STONEBACK

Universidad del norte

SDH EVOLUCIÓN DE LA RED Y ESTRUCTURA DE
MULTIPLEXACIÓN.

MARCO ABEL PARRA GUARÍN.

DOCUMENTOS TÉCNICOS

MODULO: FUNDAMENTOS DE COMUNICACIONES

Dr. Gonzalo Garzón.

Cartagena agosto de 2003.

MODULO: LABORATORIO DE COMUNICACIONES SESIÓN NO 2.

WAN & ROUTER.

Ing. Isaac Zúñiga S.

Septiembre de 2003.

MODULO: CABLEADO ESTRUCTURADO.

Ing. Lácides Ripio.

Febrero de 2004.

SITIOS WEB

http://www.tlm.unavarra.es/asignaturas/bi/bi98_99/bi06/Final/TVdigital/Cable/tvcable.htm#redescab.htm

<http://proton.ucting.udg.mx/temas/comunicaciones/alex/home.htm>

<http://www.monografias.com/trabajos14/acceso-atm/acceso-atm.shtml#top>

<http://www.internautas.org/NOTICIAS/DIC98/ADSL.htm>

<http://www.catvnet.com.ar/>

www.cablelabs.com

www.cujae.edu.cu/revistas/telematica/articulos/100.htm

tft.upv.es/~framos/radio/lmds.html

www.tlm.unavarra.es/asignaturas/bi/bi98_99/bi06/final/tvdigital/cable/tvcable.htm#redescab.htm

tft.upv.es/~framos/radio/planificacion.html

www.eveliux.com/articulos/internet_inal.html

www.eveliux.com/articulos/com_inalambricas.html

www.dvb.org

<http://proton.ucting.udg.mx/temas/comunicaciones/zafloto/z1.htm>

http://apuntes.rincondelvago.com/trabajos_global/telecomunicaciones/5/

http://www.adc.com/documentationlibrary/technicalpublications/all_technicalpublications.jsp

anexos

COMPARACIÓN DE LAS DISTINTAS TÉCNICAS XDSL

TECNOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD	LIMITACIÓN DE LA DISTANCIA	APLICACIONES
IDSL (ISDN-BA)	ISDN la Línea del Subscriptor Digital	128 Kbps	3.040 metros en 24 alambre de la medida	solo para datos (no voz en la misma línea)
HDSL	Línea de Abonados Digital de Índice de Datos alto	1.544 Mbps full duplex (T1) 2.048 Mbps full duplex (E1) (utiliza 2-3 pares)	24 AWG 4.572 metros	Sustitución de varios canales T1/E1 agregados, interconexión mediante PBX, agregación de tráfico frame relay, extensión de LANs.
SDSL	Línea de Abonados Digital Simétrica	1.544 Mbps full duplex (U.S. y Canada) (T1); 2.048 Mbps full duplex (Europa) (E1); (utiliza 1 par)	24 AWG 3.040 metros	Sustitución de varios canales T1/E1 agregados, servicios interactivos y extensión LANs.
ADSL	Línea de Abonados Digital Asimétrica	1.544 a 6.1 Mbps bajada 16 a 640 Kbps subida	5.847 metros (3.658 para las velocidades más rápidas)	Acceso a Internet, vídeo bajo demanda, servicios telefónicos tradicionales.
VDSL (BDSL)	Línea de Abonados Digital de Tasa Muy Alta	13 a 52 Mbps bajada 1,5 a 2,3 Mbps subida	305 a 1.471 metros (según la velocidad)	Igual que ADSL más TV de alta definición.
RADSL	Línea de Abonados Digital de Tasa Adaptable	640 Kbps a 2.2 Mbps bajada 272 Kbps a 1.088 Mbps subida	Se ajusta de forma dinámica a las condiciones de la línea y su longitud.	Es espectralmente compatible con voz y otras tecnologías DSL sin el bucle local
CDSL	El consumidor DSL de Rockwell	1 downstream de Mbps; menos upstream	18,000 pies en 24 alambre de la medida	Casa de Splitterless y el servicio de negocio pequeño; similar a DSL Lite
HDSL 2	DSL de Índice de Datos alto 2 ó DSL de Índice de Datos alto sobre un par	T1 a 1.544 Mb/s sobre un simple par de cobre		
MDSL	Línea de Abonados Digital Simétrica Multi Tasa	128 Kbps y 2.048 Mbps CAP: 64 Kbps/128 Kbps	8.9 Km sobre cables de 24 AWG (0.5 mm) y 4.5 Km (2 Mbps)	Valorada en los servicios TDM sobre una base ubicua
UDSL	Línea de Abonados Digital Unidireccional	Versión unidireccional de HDSL		

TASA DE BITS Y FRECUENCIAS

Técnica	Banda Frecuencias	Tasa de Bits
ISDN 2B1Q	10 Hz - 50 kHz	144 kbps
ADSL sobre POTS	25.875 kHz a 1.104 MHz	Hasta 8 Mbps DS, 640 kbps US
ADSL sobre ISDN	138 kHz a 1.104 MHz	Hasta 8 Mbps DS, 640 kbps US
HDSL 2B1Q (3 pares)	0.1 kHz - 196 kHz	2 Mbps
HDSL 2B1Q (2 pares)	0.1 kHz - 292 kHz	2 Mbps
HDSL CAP (1 par)	0.1 kHz - 485 kHz	2 Mbps
SDSL	10 kHz - 500 kHz	192 kbps a 2.3 Mbps
VDSL	300 kHz - 10/20/30 MHz	Hasta 24/4 DS/US, y hasta 36/36 en modo simétrico

VELOCIDADES MÁXIMAS

Tipo de Servicio	Downstream (a 18.000 pies de la oficina central)	Upstream (a 18.000 pies de la oficina central)	Downsteram (a 12.000 pies de la oficina central)	Upstream (a 12.000 pies de la oficina central)
ADSL	1.5 Mbit/s	64 kbit/s	6 Mbit/s	640 kbit/s
CDSL	1 Mbit/s	128 kbit/s	1 Mbit/s	128 kbit/s
HDSL	1.544 Mbit/s	1.544 Mbit/s	1.544 Mbit/s	1.544 Mbit/s
ISDL	128 kbit/s	128 kbit/s	128 kbit/s	128 kbit/s
RADSL	1.5 Mbit/s	64 kbit/s	6 Mbit/s	640 kbit/s
S-HDSL	No soportado	No soportado	768 kbit/s	768 kbit/s
SDSL	1 Mbit/s	1 Mbit/s	2 Mbit/s	2 Mbit/s
VDSL	51 Mbit/s	2.3 Mbit/s	51 Mbit/s	2.3 Mbit/s

GLOSARIO

Símbolos

2B1Q	2 bit, 1 Quaternary
2B+D	2 canales B (64Kbps) y 1 D (16Kbps) en BRI
λ	Longitud de onda de una portadora óptica (nm)
Ω	Ohmio (resistencia)

A

AAL	ATM Adaptation Layer
ABR	Available Bit Rate
AC	Acceso Condicional
ADSL	Asymmetric DSL
ADSL G. LITE	Línea de Abonado Digital Pequeña
AGC	CAG
AM	Amplitud Modulada
AMPS	Advanced Mobile Phone Service
ANSI	American National Standards Institute
AOC	Agrupación de Operadores de Cable
APC	Angle Physical Contact, tipo de conector de f.o.
APD	Avalanche Photo Diode, diodo detector óptico
API	Application Program Interface
ASK	Amplitude Shift Keying
ATM	Asynchronous Transfer Mode, Modo de Transferencia Asíncrono
ATU	ADSL Transceiver Unit
AWG	Average Ware

B

BB	Banda Base
BC	Broadcast Channel
BER	Bit Error Rate
BISDN	Broadband ISDN, RDSI de banda ancha
bps	Bits por segundo
BPSK	Binary PSK
BRI	Basic Rate ISDN
BTS	Base Transceiver Station
BW	Band Width, ancho de banda

C

C	Carrier, portadora
CB	Citizens Band, banda ciudadana
CAF	Control Automático de Frecuencias
CAG	Control Automático de Ganancia
CAN	Control Automático de Nivel
CAP	Carrierless AM/PM (Amplitude and Phase Modulation)
CATV	Community Antenna TV, television de antenna colectiva (cable TV)
CBR	Constant Bit Rate
CD	Compact Disc
CDMA	Code Division Multiple Access
CENELEC	Comité Europeo de Normalización Electrotécnica
CM	Cable MODEM
CMI	Cable Microcell Integrator

CMT	Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones
CMTS	Cable Modem Termination System
C/N	CNR
CN	Centro Nodal, nodo primario
CNAF	Cuadro Nacional de Asignación de Frecuencias
CNR	Carrier to Noise Ratio, relación portadora a ruido
CO	Central Office
COFDM	Coded OFDM
CPU	Central Processing Unit
CSMA	Carrier sense múltiple Access, acceso múltiple por detección de portadora
CSO	Composite Second Order, interferencia por intermodulación de segundo orden
CT	Caja Terminal de pares telefónicos
CT2	Cordless Telephone 2
CTB	Composite Triple Beat, interferencia por intermodulación de tercer orden
CWDM	

D

DAB	Digital Audio Broadcasting
DAC	Digital to Analogue Converter
DAMPS	Digital AMPS
DAVIC	Digital Audio-Visual Council
dB	Decibelio
dBm	db miliwatio
dBmV	db milivoltio
DBS	Direct Broadcast Satellite
DCS	Digital Cellular System
DECT	Digital European Cordless Telecommunications
DFB	Distributed Feed Back, tipo de fuente óptica, láser
DLC	Digital Loop Carrier
DMT	Discrete MultiTone
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification
DSL	Digital Subscriber Line, línea de abonado digital
DSLAM	DSL Access Multiplexer
DTM	Division Time Multiplexor
DVB	Digital Video Broadcasting
DVD	Digital Video Disc, disco versátil digital
DWDD	Dense Wavelength Division Demultiplex
DWDM	Dense WDM, multiplexación densa por división en longitud de onda
DWMT	Discrete Wavelet MultiTone

E

E1	señal de interfaz eléctrica a 2 Mbps
EAM	ElectroAbsorption Modulator
EDFA	Erbium Doped Fiber Amplifier, amplificador óptico dopado con Erbio
EIA	Electronics Industries Asociation
EMI	Electromagnetic Interference
ETSI	Europeen Telecommunications Standards Institute

F

FAMM	Frequency Agile MultiMode
FCC	Federal Communications Commission
FDDI	Fiber Distributed Data Interface
FDM	Frecuency Division Multiplex

FDMA	Frecuency Division Multiple Access
FEC	Forward Error Correction
FEXT	Far End Cross Talk
FI	Frecuencia Intermedia
FIC	Forward IC, canal de interacción descendente
FIR	Finite Impulse Response, tipo de filtro discreto
FITL	Fiber In The Loop
FM	Frecuencia Modulada
f.o.	Fibra Optica
FP	Fabry Perot, tipo de fuente óptica, laser
FR	Figura de Ruido (NF)
FR	Frame Relay
FSK	Frequency Shift Keying
FTTC	Fiber To The Curb
FTTH	Fiber To The Home

G

G	Ganancia
GBPS	Giga Bits Por Segundo
GE	Grupo Electrónico
GPS	Global Positioning System
GSM	Global Spécial Mobile, Global System for Mobile Communications

H

HDSL	High-bit-rate DSL
HDT	Host Digital Terminal
HDTV	High Definition TV, televisión de Alta Definición
HE	HeadEnd, cabecera
HECU	HeadEnd Control Unit
HF	High Frequency
HFC	Hybrid Fiber-Coaxial, Híbrida Fibra (óptica)-Coaxial
HIC	HeadEnd Interface Converter
HP	Hogares Pasados
HPF	High Pass Filter, filtro pasa alto
HRC	Harmonically Related Carriers
HU	Height Unit
HZ	Hertz

I

IB	In Band
IC	Interaction Channel, canal de interacción
IDSL	Linea de Abonados Digital ISDN
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IF	Intermediate Frequency
INA	Interactive Network Adaptor
IP	Internet Protocol
IPG	Interactive Program Guide, guía de programas interactiva
IPPV	Impulse PPV
IRC	Incrementally Related Carriers
IRD	Integrated Receiver/Decoder, descodificador de SAT
IS-95	Interim Standard 95
ISA	Industry Standard Architecture
ISDN	Integrated Service Digital Network (RDSI)
ISI	InterSymbol Interference, interferencia intersimbólica
ISO	International Organization for Standards

ISP Internet Service Provider
ITU International Telecommunications Union

J

JDP Jerarquia Digital Plesiócrona (PDH)
JDS Jerarquia Digital Sícrona (SDH)
JPEG Joint Photographic Expert Group
JTACS Japan TACS

K

KB Kilobyte
Kb Kilobit
Kbps Kilobits por segundo
KW Kilowatio

L

LAN Local Area Network, red de área local
LASER Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, fuente óptica
LE Line Extender, amplificador de RF de distribución
LED Ligth Emitting Diode, fuente óptica
LMDS Local Multipoint Distribution System
LNA Low Noise Amplifier
LNB Low Noise Block converter
LOS Loss of Signal
LOS Line of Sight, línea de visión
LOT Ley de Ordenación de las Telecomunicaciones
LPF Low Pass Filter, filtro pasa bajo
LSB Least Significant Bit

M

MAC Medium Access Control, control de acceso al medio
MAN Metropolitan Area Network, red de área metropolitana
MBPS MegaBits Por Segundo
MCNS Multimedia Cable Network System Partners Limited
MDSL línea de abonados digital simétrica multi tasa
MMDS Multichannel Multipoint Distribution System
MOD Modulador
MPEG Motion Pictures Experts Group
MSB Most Significant Bits
MTBF Mean Time Between Failure, tiempo medio entre fallos
MTTR Mean Time to Repair, tiempo medio hasta la reparación
MUX Multiplexor
MULTCRIPt enciptamiento multiple
MVDS Multipoint Video Distribution Service

N

NC Narrowcast Channel
NEO Nodo Electro-Óptico (NOE)
NEXT Near End Cross Talk
NF Nodo Final
NFT Nodo Final con equipamiento de Telefonía
NICAM Near Instantaneous Companded Audio Multiplex
NIU Network Interface Unit
nm Nanómetros (10^{-9} metros)
NMT Nordic Mobile Telephone

NOE	Nodo Óptico-Electrónico (NEO)
NP	Nodo Primario
NTACS	Nippon TACS
NTSC	Nacional Televisión System Committee, estándar de TV en color
NVOD	Near Video On Demand, video casi bajo demanda
O	
OFDM	Ortogonal Frequency Division Multiplex
ONU	Optical Network Unit
OOB	Out of Band
OOK	On-off Keying
OSI	Open System Interconnection
OTDR	Optical Time Domain Reflectometer
P	
PACS	Personal Access Communication Service
PAL	Phase Alternating Line, estándar de TV en color
PAP	Punto A Punto
PAD	atenuador
PBX	Private Branch Exchange
PC	Physical Contact, tipo de conector de f.o.
PC	Personal Computer
PCM	Pulse Code Modulation
PCN	Personal Communication Network
PCS	Personal Communication Service
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy (JDP)
PDU	Paquet Data Unit
PHS	Personal Handyphone System
PHY	capa física
POF	Plastic Optical Fiber, fibra óptica de plástico
PON	Redes Ópticas Pasivas
POP	Point Of Presence, punto de presencia (en la red)
POTS	Plain Old Telephone Service
PPP	Point to Point Protocol
PPV	Pay Per View, pago por visión
PS	Power Supply, fuente de alimentación
PSK	Phase Shift Keying
PSTN	Public Switch Telephone Network, red telefónica pública conmutada
PTR	Punto de Terminación de Red
PVN	Private Virtual Network, red privada virtual
PYME	Pequeña Y Mediana Empresa
Q	
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QoS	Quality of Service, Calidad de servicio
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
QR	Quantum Reach, tipo de coaxial
R	
RAD	Remote Antenna Driver
RADSL	Rate Adaptive DSL
RASP	Remote Antenna Signal Processor
RC	Return Channel, Reverse Channel, canal de retorno
RDSI	Red Digital de Servicios Integrados (ISDN)
RF	Radio Frecuencia

RFC	Request For Commentes
RFI	Radio Frequency Interference
RFP	Request For Proposals
RIC	Reverse IC, canal de interacción ascendente
RJ11/45	tipo de conector telefónico/red local
rms	root mean square, valor cuadrático medio
RS	Reed Solomom
RTC	Red Telefónica Conmutada
Rx	Receptor

S

S	Señal
SAI	Sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS)
SAT	Satélite
SCTE	Society of Cable Telecommunications Engineers
SDH	Synchronous Digital Hierarchy (JDS)
SDSL	línea de abonados digital simétrica
SECAM	Systemè Électronique Couleur Avec Mémoire, estándar de TV en color
SHDSL	línea de abonados digital de índice de datos alto 2
SIMULCRIPT	encriptamiento simultaneo
SMATV	Satellite Master Antenna TV
SMS	Subscriber Management System
SNMP	Simple Network Management Protocol
SNR	Signal to Noise Ratio, relación señal a ruido
SOHO	Small Office/Home Office
SONET	Synchronous Optical Network
STB	Set-Top Box
STM	Synchronous Transfer Mode
STP	Shielded Twisted Pair, par de cobre trenzado y apantallado
SW	Switch, conmutador

T

T1	señal de interfaz eléctrica de 1544 Kbps
TACS	Total Access Communication System
TBE	Tiered Best Effort
TCP	Transmision Control Protocol
TDM	Time Division Multiplex
TDMA	Time Division Multiple Access
TMN	Telecommunications Management Network
TS	Transport Stream, flujo de transporte digital de datos
TVi	TV interactiva
Tx	Transmisor
TV	Televisión

U

UDSL	línea de abonados digital pequeña
UIR	Unidad de Interfaz de Red
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UHF	Ultra High Frequency
UPS	Uninterrupted Power Supply (SAI)
USB	Universal Serial Bus
UTP	Unshielded Twisted Pair, par de cobre trenzado no apantallado

V

VBI	Vertical Blanking Interval, intervalo de borrado vertical
-----	---

VBR Variable Bit Rate
VCD Video Compact Disc
VDSL Línea de abonado digital de tasa muy alta
VHF Very High Frequency
VOD Video on Demand, video bajo demanda
VoIP Voice over IP, voz sobre ip
VSAT Very Small Aperture Terminal
VSB Vestigial Side Band, banda lateral vestigial

W

W Watio (potencia)
WACS Wireless Access Communication System
WAN Wide Area Networks, red de área extensa
WAP Wireless Access Protocol
WDM Wavelength División Multiplex, multiplexación por división de longitud de onda
WLL Wireless Local Loop
WWW World Wide Web

X

XM cross modulation, modulación cruzada
XTLK crosstalk, acoplamiento entre pares
XDSL cualquier tecnología DSL

Y

Y Luminancia (de una señal de TV)

Z

Z Impedancia (Ω)