



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGON

INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

SERVICIOS DE VOZ, DATOS Y VIDEO POR
REDES DE TELEVISION POR CABLE.

T E S I S

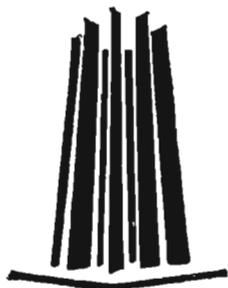
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

EDWIN FRANCISCO ORANTES DOLORES

ASESOR: ING. JOSE LUIS PEREZ BAEZ



MEXICO

FEBRERO DE 2005

m. 342421



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGON

INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

SERVICIOS DE VOZ, DATOS Y VIDEO POR
REDES DE TELEVISIÓN POR CABLE.

TESIS PRESENTADA PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
POR

EDWIN FRANCISCO ORANTES DOLORES

ASESOR: ING. JOSE LUIS PEREZ BAEZ

DEDICATORIA

A mis padres Pau y Pancho y a mi hermana Erika por su cariño y comprensión y por el apoyo incondicional brindado a lo largo de toda mi carrera y en este trabajo.

A Jesús, mi inspiración, por el Amor Eterno que nos une

AGRADECIMIENTOS

A Dios por todo lo que me ha dado en la Vida

A mi asesor por su tiempo y apoyo

A la UNAM, a la ENEP Aragón

A mis sinodales

A toda la gente que contribuyó para la realización de este trabajo.

CAPITULADO

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	3
ANTECEDENTES.....	4
CAPITULO I.-CONSIDERACIONES TEÓRICAS.....	10
• Tecnologías actuales del manejo de voz.....	11
• Tecnologías actuales del manejo de datos.....	24
• Tecnologías actuales del manejo de video.....	38
• Descripción técnica de los sistemas actuales de TV por cable y como trabajan.....	46
CAPITULO II .- TELEFONIA POR CABLE.....	69
• Características de Softswitch.....	71
• Interrelación entre el MGC y el MG mediante MEGACO.....	74
• Requerimientos para la aplicación de Softswitch a la Telefonía Local.....	76
• Características del Dispositivo de Interfase de Red (DIR).....	78
• Fiabilidad del Sistema.....	79
CAPITULO III .- DATOS POR CABLE.....	81
• Arquitectura de la Red.....	82
• Instalación, configuración y mantenimiento del Cabledem desde el CMTS.....	84
• Acceso a Internet con un Cabledem.....	85
• Funcionamiento de un Cabledem.....	86
• Tipos de Cabledems.....	87
• Conexión del Cabledem con la PC del usuario.....	88
• Estandarización.....	89

CAPITULO IV .- ESTRUCTURA DE UNA RED PARA PRESTAR SERVICIOS DE VOZ, DATOS Y VIDEO POR CABLE....	92
• Arquitectura Híbrida Fibra/Coaxial.....	93
• El canal de Retorno.....	95
• Equipo en Cabecera.....	96
• Equipo en el Hogar del Usuario.....	99
• Sistema de Alimentación.....	100
• Seguridad y Calidad de Servicio.....	102
 CAPITULO V.- PROCESO DE DISEÑO DE RED.....	 105
• Diseño de Troncal.....	107
• Diseño de Distribución.....	108
• Sistema de Cable Bidireccional.....	109
• Diseño de Cabecera.....	110
○ Video.....	111
○ Voz y Datos.....	112
• Dimensionamiento de la Red IP.....	124
 CONCLUSIONES.....	 126
 Apéndices.....	 128

INTRODUCCION

Históricamente, las redes de televisión por cable fueron inicialmente concebidas para llevar la señal de TV hasta los hogares. Sus orígenes se remontan hasta mediados de los años 40, por aquel entonces solo las grandes ciudades contaban con estaciones transmisoras de TV. En una pequeña localidad de Pensilvania llamada Mahanoy, el propietario de la tienda de electrodomésticos tenía ciertas dificultades para vender sus aparatos de TV, pues el pueblo estaba ubicado en un valle la señal procedente de la ciudad más cercana no llegaba con suficiente calidad. Así que decidió instalar una antena en lo alto de una montaña circundante, donde la TV se recibía correctamente, y la llevó hasta el pueblo mediante un cable. El también se encargaba de extender este cable, con los amplificadores que fuesen necesarios hasta los hogares de todo aquel que le comprase un aparato de TV.

El término CATV (Community Antenna TV) se acuñó para estos primeros sistemas, que se limitaban a extender la señal radioeléctrica mediante un cable hasta aquellos lugares donde no llegaba con suficiente nitidez.

Los sistemas de Televisión por Cable propiamente dichos surgieron a partir de los años 50. Las estaciones de TV se multiplicaron, y los operadores de CATV tuvieron que introducir canales adicionales para que su servicio siguiese siendo atractivo. El verdadero "boom" se produjo en 1972 con la aparición del primer canal de pago HBO (Home Box Office), que transmitía películas de cine durante las 24 horas al día. El sistema de difusión por cable se hizo popular incluso en aquellos lugares donde se recibía perfectamente la televisión por ondas. Este canal hoy en día permanece en emisión siendo una de las mayores fuentes de ingresos para los operadores de cable que lo ofertan.

Gracias al desarrollo de nuevas tecnologías, en este caso de la fibra óptica, es posible tener redes híbridas de fibra-coaxial (HFC) que 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 cablemódems (o módems de cable) 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.

Es mediante los módems de cable con lo que el usuario podrá comunicarse con su proveedor de CATV a través de la red de cable y transmitir ya sea voz, datos o video sin necesidad, naturalmente, de ocupar la línea telefónica. Los módems de cable están pensados para utilizar las redes de forma bidireccional, transmitiendo por un canal ascendente y recibiendo por uno descendente (1). Estos módems de cable sobre las redes híbridas de fibra-coaxial pueden proporcionar tasas de hasta 40 Mb/s (actualmente con un módem telefónico se tiene una tasa de 56.6 kb/s) en el canal descendente, aunque estas tasas son compartidas con un gran número de usuarios.

Una vez que esta estructura esté instalada, la compañía de cable puede proporcionar más que solo Internet de alta velocidad. La tecnología de voz sobre IP (VoIP) puede ser usada para ofrecer servicios de telefonía que la misma compañía de cable podría ofrecer o podría vender en sociedad con una compañía local competitiva.

En los primeros años es posible que asistamos a una transición importante en las redes de televisión por cable; de simple difusora de video para entretenimiento, a plenos proveedores de servicios de telecomunicación integrados (voz, datos, video).

Las redes de CATV hasta ahora han tenido como único fin la difusión de canales de TV, desde su aparición no han cesado en su empeño por incrementar y mejorar la oferta de canales difundidos. Sus posibilidades son muchas otras, pero la mayor parte de ellas requieren dotarlas de transmisión bidireccional.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- 1.- Acceso Veloz a Internet por las redes de Televisión por Cable. Eva Parrilla Escobar, Judith Redoli Granados, Rafael Mompó Gómez. Secretariado de Publicaciones e Intercambio Científico, Universidad de Valladolid. 120 pp. Valladolid, España. 1996
- 2.- Telefonía en Redes Híbridas Fibra óptica-Coaxial. Comunicaciones World, nº 114. Alberto Murillo. 1997
www.albertomurillo.com
- 3.- Broadband Access Technologies. Albert Asma, Niel Ransom. Mc Graw Hill. 1ª Ed. E.U.A. 1999.

OBJETIVOS.

Proponer una estructura para redes de televisión por cable que ofrezca los servicios de voz datos y video.

Determinar ventajas y desventajas, tanto técnicas como económicas, que ofrecen los servicios de voz, datos y video por las redes de televisión por cable a los usuarios.

HIPOTESIS.

El servicio de voz, datos y video por las redes de televisión por cable ofrece mayores ventajas, tanto técnicas como económicas a los usuarios, comparado con los medios tradicionales de acceso para cada servicio por separado.

ANTECEDENTES

Comparado con otras formas de comunicación, el video tiene un ancho de banda muy grande. Mientras que la voz por teléfono solo necesita 4 kHz del espectro y el sonido de alta fidelidad necesita 20 kHz (40 kHz para el caso del sonido estéreo), el estándar para el video en banda base consume 4.2 MHz del espectro y cuando es modulado ocupa hasta 6 MHz. El concepto fundamental de la televisión por cable es el reuso del espectro.

Históricamente el espectro en el espacio libre fue asignado para otros propósitos, y por lo tanto gran parte del espectro no está disponible para el transporte de las señales de televisión. La televisión por cable es posible gracias a la tecnología del cable coaxial, cuya característica más importante es su capacidad para conducir un espectro en frecuencia muy amplio, esta propiedad permite al espectro comportarse como si estuviera en el espacio libre. Esto significa que un receptor de televisión conectado a una señal de cable se comporta como si estuviera conectado a una antena, y de esta manera un sistema de cable puede usar frecuencias que estaban asignadas para otros propósitos en el espectro del espacio libre sin causar interferencia a otras aplicaciones o producir interferencia con otros sistemas de cable.

Ventajas de la utilización del cable

Así como la tendencia en telefonía es hacia lo inalámbrico, en la televisión hay fuertes argumentos a favor del cable y del uso de satélites de difusión directa. La utilización del cable físico para transmitir televisión ofrece sin duda varias ventajas, tanto para el estado y los operadores, como para los televidentes o afiliados; trátense de sistemas abiertos al público o mediante suscripción. Entre otras destacan:

- Como no existe uso del espectro electromagnético en estos sistemas, se estimula la presencia de un mayor número de competidores en una misma área, por pequeña que esta sea.
- Es posible la creación de pequeñas y medianas empresas que se dediquen al negocio.
- Puede llegar a ser rentable operar un sistema con un pequeño número de suscriptores, si se ofrecen canales con alta eficiencia y calidad de servicio.
- Algunos pequeños operadores pueden convertirse en comercializadores de grandes sistemas de cable.
- La presencia de nuevas empresas en el negocio de la TV favorece la economía del país.
- Se puede promover la producción nacional de programas ante una mayor demanda, exigiendo una cuota mínima de éstos, que por supuesto debe ser inferior a la exigida a la televisión abierta.
- El cable físico – coaxial o fibra óptica – ofrece mayor capacidad de transporte de canales y más flexibilidad en su uso,. En comparación con algunos sistemas de difusión radioeléctrica. Un cable coaxial con capacidad de 400 Mhz puede conducir hasta 54 canales, uno de 1Ghz hasta 150, y uno de fibra óptica hasta 1 millón de canales, aproximadamente.
- El cable permite además la prestación de servicios complementarios, entre otros: videotexto, monitoreos, transmisión de datos, lectura automática de contadores de otros servicios y emisoras de radio, así como el infinito mundo de la multimedia interactiva.
- Mediante la operación de TV por cables físicos se puede llegar a pequeños segmentos de mercado o grupos de interés especializados a costos razonables. Por ejemplo un operador puede transmitir a sólo 100 suscriptores interesados en un canal de temas espaciales, al mismo tiempo que está llegando con su cable al mercado masivo de películas, deportes, telenovelas, etc.

“La ventaja del cable es su ancho de banda, ya que ningún sistema inalámbrico tendrá capacidad similar, y con las técnicas actuales, en donde se tiene un canal de televisión se podrán tener 10 canales. Por ejemplo, Cablevisión en México tiene 750 Mhz de ancho de banda, equivalente a 125 canales analógicos de TV; Multivisión tiene 132 Mhz de ancho de banda, equivalente a 22 canales analógicos de TV”, detalló Humberto Álvarez, director comercial y de servicios de Tecnología, Sistemas y Aplicaciones de México.

Televisión por cable en América Latina

Con un potencial de más de 500 millones de televidentes, Latinoamérica ofrece un mercado de televisión por cable que está siendo sumamente atacado. Cabe destacar que una elevación de las percepciones, la introducción de satélites y una repentina proliferación de servicios noticiosos las 24 horas del día, de pronto transformaron a Latinoamérica en uno de los mercados más disputados de televisión de paga en el mundo, enfrentado a cadenas con cede en Estados Unidos con rivales locales en toda la región. América Latina es un lugar enorme, donde los mercados de cable y satélite crecen con rapidez extraordinaria, los avances en tecnología y sistemas de distribución han creado nuevas oportunidades, y la mayoría de los países con notable excepción de Brasil, hablan el mismo idioma.

Recordando un poco CNN en español, que salió al aire en marzo de 1997, es el primer proyecto de la red con cede en Atlanta que ofrece servicio las 24 horas del día bajo su propio nombre, en otro idioma que no sea inglés. Por su parte, la CBS ha estado en el mercado desde los años 80 luego de comprar telenoticias a un consorcio que incluía Reuters, Telemundo y la red española Antena 3.

Realmente las compañías que están ingresando a este mercado de TV por cable se enfrentan a competidores que poseen una trayectoria avanzada, principalmente con el mercado de noticias en español como ECO, una subsidiaria exclusiva de noticias que forma parte desde hace 12 años del grupo Televisa; TVE, canal de noticias, información y entretenimiento operador por el gobierno español, así como Canal Sur, que retransmite noticiarios desde todos los países importantes de América Latina, y Univisión, la red noticiosa en español con cede en Miami cuyos noticiarios se ven en toda la región.

Acciones en México

En 1990 el Estado inició la desregulación del sector de las telecomunicaciones, permitiendo su desarrollo y la competencia no sólo en el mercado nacional sino en el mercado internacional. Al mismo tiempo, el uso de las redes de datos como Internet empieza a proliferar, y con ello se inicia la gran carrera en las telecomunicaciones. Más de 160 proveedores de servicios de valor agregado están incursionando en este campo tratando de ganar mercados, lo cual hace que las opciones de comunicación de los usuarios potenciales se multipliquen.

“Con el gran desarrollo de Internet en los últimos 5 años, las cableras han encontrado un nicho de mercado en donde es posible generar nuevos ingresos con una inversión mínima. Por ello tanto las cableras como las compañías proveedoras de infraestructura de Telecomunicaciones, han trabajado en conjunto para desarrollar estándares, equipos y software exclusivos para la industria de servicios a través de cable”, puntualizó César Fuentes, director de Carriers Packet Solutions de Nortel Networks.

Por otra parte, en el marco de la televisión de paga existen dos sistemas en nuestro país: Cablevisión, de Televisa, y los sistemas de cable de empresarios mexicanos en los estados de la República. Estos últimos ofrecen más opciones en sus paquetes de programación, a precios razonables, lo cual representa una situación de gran interés para los inversionistas, quienes actualmente están considerando muy en serio a la TV por cable, y desde luego para los televidentes. Hoy, combinar servicios con canales de televisión ha configurado el dúo perfecto para elegir entre diversos servicios de televisión de paga, que ofrezcan no solo programas de TV para niños o adultos, sino también servicios adicionales.

"En México, los servicios de televisión por cable se ofrecen a más de dos millones de hogares. Dichos servicios se encuentran operando con buena utilidad a pesar de las inversiones en los últimos años, proporcionando en promedio 50 canales de TV; y hoy en día se empieza a incursionar en Internet de alta velocidad, ya que es considerado como un buen medio de comercialización", señaló Humberto Álvarez, director comercial y de servicios de Tecnología, Sistemas y Aplicaciones de México.

"Actualmente existen empresas que están ofreciendo servicios que van más allá que la simple televisión por cable (canales de entretenimiento, música, noticias, documentales, etc.) como televisión digital, acceso a Internet desde la propia TV y envío de datos a través de la misma, sin dejar de ver su canal favorito. Todo al mismo tiempo y sin tener la línea telefónica ocupada" precisó Javier Martínez.

Sin duda, una de las industrias de Telecomunicaciones con un crecimiento exponencial es la Cámara Nacional de la Industria de la Televisión por Cable (CANITEC) que agrupa o representa a los grupos cableros del país, y su operadora, la Productora y Comercializadora de TV por Cable (PCTV). En México en los últimos 9 años se han otorgado un poco más de 145 nuevas concesiones. La industria de la televisión por cable cuenta con más de un millón de suscriptores y más de 6500 km de infraestructura.

La Modernización de las Redes de Cable

La arquitectura de las redes de cable fue desarrollada para un servicio específico y fue optimizada para llevar eficientemente servicios de video a los hogares. Las redes de cable de hoy en día no están diseñadas para proveer nuevos servicios interactivos. Este panorama se ve aún más complejo por las impredecibles aplicaciones del futuro. Las redes de CATV de hoy necesitan una mejor reestructuración a fin de conseguir una comunicación bidireccional integrada.

Los usuarios de ahora son muy estrictos con respecto a que los servicios que la red debe proporcionar deben satisfacer aplicaciones de anchos de banda muy grandes. Los módems de cable pueden jugar el papel más importante en cuanto a proporcionar estos servicios interactivos y bidireccionales.

La modernización de las redes de cable para proporcionar servicios interactivos de alta velocidad parece dar a los operadores de cable ventajas sobre otras redes. El ancho de banda de las redes HFC es envidiable y con la introducción de los módems de cable a una red HFC bien estructurada es lo ideal para proporcionar el rango completo de canales de televisión por cable analógicos, acceso a Internet de alta velocidad, voz y video interactivo de alta calidad.

Las compañías de cable están encontrando en el mercado de acceso a Internet una razón importante para mejorar sus redes para que puedan soportar los módems de cable, por otro lado el tráfico de voz puede llevarse sobre módems de cable usando la tecnología de voz sobre IP, los grandes operadores de cable deben optar por invertir e implementar switches digitales para proporcionar directamente servicios de telefonía.

El Negocio de las redes HFC

La planeación e implementación de nuevas plataformas para los servicios interactivos debe incluir ciertos factores como el área geográfica, la facilidad de acceso, la capacidad de la red existente, etc. Una cuestión importante para los diseñadores será, integrar capacidades adicionales en las redes actuales u optar por construir una red sobre la ya existente de rápida fabricación. La última decisión será determinada por el proyecto de cada compañía de cable en particular. El rédito potencial para mejorar la calidad de una red HFC de dos vías parece ser muy atractivo. Como mínimo deben existir las siguientes oportunidades de mercado:

- El mercado de acceso a las POTS (servicio tradicionales de telefonía) incluyendo larga distancia reditúa cerca de 70 billones de dólares, esto es cerca de 475 dólares por usuario anualmente.
- Los servicios de CATV, incluidos los cargos por canales Premium, están cerca de los 390 dólares al año.

- Los cargos de acceso a Internet están cerca de los 240 dólares para acceso a banda estrecha, el acceso a Internet de banda ancha es más o menos el doble.
- El mercado de video sobre demanda ha sido confundido y las predicciones de su fallecimiento han sido exageradas. Los ensayos de mercado sugieren que los suscriptores usaran dicho servicio si es incluido como parte de un paquete, pero no pagarán por él si es un servicio por separado. Las estimaciones están cerca de los 200 dólares al año por usuario.

Acceso a Internet a través de las Redes de Televisión por Cable

Son muchas y ya conocidas las ventajas de acceder a Internet con velocidades altas, que sería el servicio precursor de las futuras autopistas de la información. El papel de las redes de CATV es especialmente importante pues va a permitir que las autopistas de la información lleguen hasta los usuarios residenciales y no queden limitadas solamente al ámbito empresarial y de negocios. Algunos servicios inmediatos que se pueden ofrecer a través de una red de televisión por cable con posibilidad de transporte de datos son:

- Teletrabajo: Este es un concepto amplio, que supone no sólo trabajar desde casa, sino más bien trabajar desde cualquier lugar: seguir en contacto con la oficina cuando se está de viaje, no tener que desplazarse a diario hasta el centro de la ciudad, etc.
- Enlaces dedicados entre puntos alejados de una misma ciudad: hasta ahora las comunicaciones a alta velocidad han estado restringidas a las grandes empresas que podían permitirse pagar el elevado precio de las líneas alquiladas de datos. Las redes de CATV pueden ofrecer una alternativa más económica para que las PyMES conecten sus instalaciones.
- Telemedicina: compartir historiales clínicos entre distintos centros sanitarios y consultas privadas, diagnóstico remoto, etc.
- Videoconferencias: Entre empresas o particulares, para aplicaciones de negocios, entretenimiento o servicios concretos como teleeducación con verdadera interactividad en tiempo real.
- Todo tipo de teleservicios, con especial énfasis en los de carácter doméstico: telecompra, telebanco, distribución de CD-ROMs multimedia, de audio, de publicaciones periódicas, etc.
- Acceso a Internet a alta velocidad: las redes de CATV por sus características particulares de ancho de banda compartido, están en estos momentos en disposición de proporcionarnos el acceso más rápido y al mejor precio.

La red de televisión por cable permite prestar los servicios mencionados y otros más con carácter local, restringidos a una sola ciudad. Al conectar la cabecera de red a Internet adquirirán carácter universal (la mayoría de los servicios mencionados se pueden prestar a través de Internet). Esto no significa que todos los datos que circulen por la planta de cable estén en Internet, se puede limitar la salida de los mismos para que los que por razones de seguridad lo deseen puedan quedar limitados al sistema local.

Las páginas WWW cada vez son más ricas en contenido multimedia, al principio eran ilustraciones a todo color, hasta ahora son animaciones e incluso videos y sonidos. Esto resulta sumamente atractivo, pero genera enormes volúmenes de información que requieren cada vez mayores velocidades de acceso para que su visualización no resulte demasiado lenta. Las redes de cable permiten ese acceso a gran velocidad. Sin embargo, son muchos los que opinan que la Red no está preparada para tal sobrecarga, al menos de momento. Una buena medida podría consistir en almacenar la información más frecuentemente accedida en servidores locales situados en cabecera, junto con interesante contenido local multimedia: periódicos locales, videos cortos de noticias, actuaciones musicales ó los mejores goles de la jornada, guía de servicios y publicidad de las empresas de la ciudad.

Servicio de Telefonía por las Redes de CATV

Los servicios que hemos comentado hasta ahora son novedosos y se encuentran en plena fase de expansión. El servicio telefónico sin embargo es ya tradicional y se encuentra completamente consolidado.

Las redes de CATV utilizadas bidireccionalmente también pueden ofrecer servicios de telefonía tradicional, Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) e incluso transporte de tráfico de telefonía móvil.

El servicio telefónico actualmente es el más rentable, el problema es que estos sistemas son relativamente complejos y caros de instalar y mantener pues se consideran servicios (de supervivencia) y deben cumplir condiciones muy exigentes. Por ejemplo, si sufrimos un corte de suministro eléctrico, dejamos de tener TV, pero el teléfono sigue funcionando porque está alimentado remotamente desde la central. Algunos equipos de telefonía por cable requieren alimentación local, se deberán conectar a la corriente en casa del abonado. Otros disponen de alimentación remota, esta es una condición altamente aconsejable aunque el sistema resulte algo más complicado.

Los servicios de telefonía, además tiene unos particulares requisitos de ancho de banda en comparación con los datos. Requieren *tiempo real*, es decir un pequeño fragmento de ancho de banda asignado de forma permanente mientras dure la comunicación, en contra posición con los servicios de datos en los que el tráfico es *a ráfagas* y no requieren inmediatez. Por ejemplo, una conversación telefónica necesita ir transmitiéndose poco a poco a medida que se va produciendo, ocupando una pequeña parte del canal durante todo ese tiempo, mientras que la transferencia de un fichero de datos ocupara un gran ancho de banda durante unos instantes y luego se dejará el canal libre.

Importancia de la integración de servicios en una misma red.

Por motivos de competencia y rentabilidad resulta conveniente integrar distintos tipos de servicios dentro de una misma red. La inversión más fuerte necesaria para poner en marcha un servicio es la instalación de la red, una vez que esta está en funcionamiento el añadir nuevos servicios generalmente resulta más sencillo.

Sin embargo, antes de lanzarse a ofrecer un nuevo servicio hay que hacer consideraciones básicas sobre el costo que va a suponer, el mercado potencial del mismo que se puede acaparar y el precio que vamos a cobrar por él.

En el caso de servicios novedosos, como ciertas formas de TV interactiva, este análisis se limita a estudiar la aceptación que tendrá el nuevo servicio y el precio que los usuarios estarán dispuestos a pagar por él. En el caso de servicios ya existentes y consolidados como la telefonía, su rentabilidad es conocida y lo que se trata es de ver que ventajas se pueden ofrecer respecto a los operadores actualmente existentes para lograr atraer una parte del mercado que estos disfrutan.

Una posible medida para atraer a los usuarios hacia el nuevo proveedor es ofrecer el servicio más barato. Pero evidentemente, si el precio que se ha de poner para lograr esto es tan bajo que no se logra cubrir los gastos, no merecerá la pena.

Otra alternativa puede ser la diferenciación. Si es complicado ofrecer un producto más barato o de mejor calidad, habrá que intentar que el servicio tenga ciertas características que el competidor no pueda lograr. Actualmente, un acceso a Internet a alta velocidad con una importante aportación de contenido local en la cabecera podría ser un buen ejemplo de servicio diferenciado.

Los operadores de telefonía llevan años proporcionando comunicaciones de voz, y a decir verdad han logrado optimizar bastante el precio y calidad. Por otra parte se está dando un fuerte impulso a la distribución de TV digital por satélite, que resulta fácil y rápida de instalar y puede ofrecer un buen número de canales incluso algunas formas de Pago Por Visión.

Sin duda será complicado que un mismo operador pueda mejorar o diferenciar más de un servicio. Una oferta realmente interesante podría ser un paquete integrado de servicios: telefonía, video y datos a alta velocidad suministrados por un mismo operador, con características distintivas como el contenido local multimedia o precios especiales en llamadas locales.

La posibilidad de ofrecer servicios integrados es sumamente atractiva para cualquier operador, en estos momentos las redes de televisión por cable disfrutan de una situación privilegiada para llevarlo a cabo con sus redes de gran capacidad. Ni el bucle de la compañía telefónica tiene tanto ancho de banda ni el satélite posibilidades económicas de bidireccionalidad y ninguno de ellos de momento puede presta todos los servicios simultáneamente a través de un único acceso.

La integración de servicios aunque muy conveniente, frecuentemente resulta complicada de implementar. Son tres grados de integración los que pueden tener los servicios de la red de cable:

1. Convivencia de servicios. Distintos servicios conviven en una misma red pero de forma completamente independiente: simplemente no interfieren entre sí. Se asigna un fragmento del ancho de banda para cada uno de ellos que no deberán sobrepasar para no interferir con el resto. Resulta sencillo pero es poco eficiente.
2. Gestión común: Cada servicio es independiente en el sentido de que requieren equipos diferentes en cabecera y también diferente equipo terminal para el usuario, pero los recursos se comparten y se gestionan conjuntamente. Por ejemplo, el ancho de bandas se comparte dinámicamente en función de las necesidades de cada momento, quizá por la mañana se asignen más canales para telefonía y por la tarde para acceso a Internet. También el sistema de tarificación puede ser conjunto.
3. Integración completa: Todos los servicios a través de un mismo sistema (no sólo a través de una misma infraestructura). Un solo terminal en casa del usuario. Por ejemplo, en lugar de un decodificador, un módem y una caja de teléfono, se instalaría un solo aparato del que saldría el cable del televisor, hacia el ordenador y ahí se conecta también el teléfono. Esta arquitectura es aún más flexible pero también más compleja.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- 1.- Modern Cable Televisión Technology: video, voice and data communications. Walter Ciciora, James Farmer, et al. Morgan Kaufmann Publishers. E.U.A. 1999
- 2.- La Lucha de los Sistemas de TV por Cable. Antonio Trejo. Revista Red. Suplememnto del Mes. No. 114
- 3.- Broadband Access Technologies. Albert Asma, Niel Ransom. Mc Graw Hill. 1ª Ed. E.U.A. 1999.
- 4.- Acceso Veloz a Internet por las redes de Televisión por Cable. Eva Parrilla Escobar, Judith Redoli Granados, Rafael Mompó Gómez. Secretariado de Publicaciones e Intercambio Científico, Universidad de Valladolid. 120 pp. Valladolid, España. 1996

CAPITULO I

CONSIDERACIONES TEÓRICAS

1.1 TECNOLOGÍAS ACTUALES EN EL MANEJO DE VOZ

En este apartado hablaremos de cómo funciona un sistema de telefonía tanto de conmutación de circuitos como de conmutación de paquetes y el equipo necesario para que ambos sistemas trabajen, esto con el fin de comprender las consideraciones necesarias para implementar cualquiera de los dos sistemas y así conocer los requerimientos necesarios para implementar un sistema de telefonía por cable.

TELEFONÍA DE CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS

La Oficina Central

En los primeros días de la telefonía, los aparatos telefónicos estaban conectados juntos sin conmutación. Estos arreglos llegaron a ser imprácticos debido al incremento del número de teléfonos; debido a esto se originó el enlace local u oficina central (OC), que establece el manejo de conmutación además de otras funciones.

Hoy en día, cada teléfono está conectado a una OC que contiene equipo de conmutación, señalización y baterías que suministran dc para operar el teléfono. En la figura 1-1 se muestra el circuito simplificado de un teléfono y una oficina central OC. Cada teléfono se conecta a la OC a través de un enlace o bucle local mediante un par de alambres. A uno de los alambres se le denomina T (tip) y al otro R (ring). Se encuentran switches en la OC que responden a los pulsos o tonos de marcado desde el teléfono para conectar ambos aparatos telefónicos. Cuando se establece la conexión los dos teléfonos se comunican sobre un enlace de transformador-acoplado utilizando la corriente suministrada por las baterías de la oficina central.

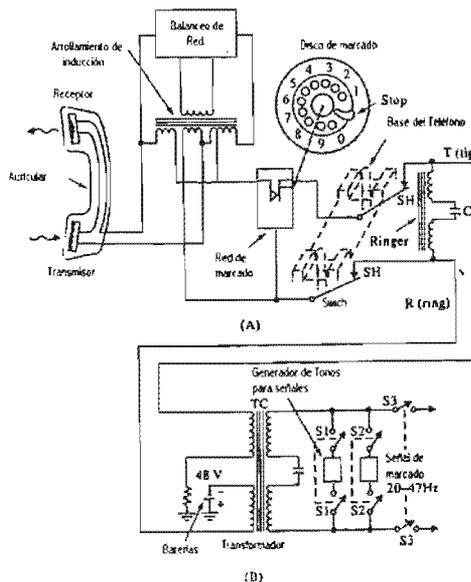


Figura 1-1 Diagrama del circuito del teléfono y la oficina central

El Aparato Telefónico

Aunque estos aparatos utilizados para originar y recibir llamadas telefónicas son simples en apariencia y operación, realizan una serie de operaciones importantes.

- Solicita automáticamente el uso del sistema telefónico cuando el usuario descuelga el teléfono.
- Reconoce que el sistema está listo para usarse recibiendo un tono.
- Envía el número telefónico al que se llama al sistema cuando la persona marca el número.
- Indica a la persona que realiza la llamada el estado de la llamada recibiendo tonos de ocupado, fuera de operación, llamada en proceso, etc.
- Indica que hay una llamada entrante mediante algún tipo de tono audible.
- Cambia la conversación de la parte que llama a señales eléctricas para la transmisión a una parte distante a través del sistema, después cambia las señales eléctricas recibidas a señales de voz para la parte llamada.
- Automáticamente ajusta los cambios en la potencia que se le suministra.
- Indica al sistema que una llamada ha finalizado cuando un usuario cuelga el teléfono

Para realizar una llamada se requiere marcar un cierto número telefónico, para realizar esto se tiene dos formas: ya sea por marcación de pulsos o por tonos.

Con el sistema de marcación por pulsos, se tiene un disco con 10 agujeros que interrumpe el circuito de teléfono en una tasa de aproximadamente 5 Hz, un número específico de veces para el marcado de un número. En la marcación por tonos, esta se realiza mediante un teclado que combina un par de frecuencias para originar la frecuencia del número deseado. El teclado consta de 12 botones que corresponden a los números del 0 al 9, al símbolo (*) y al símbolo (#). A este sistema se le llama Acceso de Múltiple Frecuencia de Tono Dual (DTMF) y requiere de una combinación de tonos a distintas frecuencias para su correcta operación.

Inicio de una llamada Cuando el teléfono está colgado, se dice que está en condición *on-hook*, y por lo tanto los switches se encuentran abiertos. El circuito entre el teléfono y la oficina central está abierto, sin embargo, como se muestra en la figura anterior, el circuito ringer siempre está conectado a la oficina central. El capacitor C bloquea el flujo de cd desde la batería pero sí pasa la ca de la señal de timbre. Debido a la alta impedancia presentada por las señales de voz el circuito ringer no tiene efecto sobre estas señales.

Cuando se descuelga el teléfono, condición *off-hook*, el switch se cierra y se completa el circuito con la OC permitiendo el flujo de corriente en el circuito. La señal *off-hook* le indica a la OC que se quiere hacer una llamada, entonces la OC regresa un tono de marcado o epitación para indicarle al usuario que está listo para aceptar un número telefónico.

Realización de la conexión La OC tiene varios switches y relevadores que automáticamente conectan los dos teléfonos que quieren hacer una llamada. Si el teléfono llamado está descolgado cuando se intenta hacer la conexión, un tono de ocupado generado por la OC se retorna al teléfono que quiere hacer la llamada. Por otra parte, se le envía al teléfono llamado una señal de timbre que le indica que una llamada está en espera. Al mismo tiempo, se envía al teléfono que llama un tono que le indica que el teléfono llamado está sonando.

Cuando la parte llamada descuelga el teléfono, el circuito se cierra y la corriente fluye a través del circuito. La oficina central se encarga de eliminar los tonos de llamada y de timbre.

LA RED TELEFÓNICA PÚBLICA CONMUTADA

Hasta ahora, la discusión acerca de la conexión de teléfonos se ha limitado a enlaces locales y oficinas centrales. La mayoría de estas centrales telefónicas pueden manejar hasta 10 000 abonados o usuarios. Sin embargo, cuando se tiene más de 10 000 teléfonos, o los teléfonos están

en diferentes ciudades, estados o países, se tiene que emplear una red de centrales telefónicas más compleja.

Designaciones de las Centrales Telefónicas

Para identificar y describir su función, cada oficina central tiene una designación:

- Central de Conmutación Internacional o Mundial (Estados Unidos y Canadá)(CCI)
- Central de Conmutación con Capacidad de Enrutamiento Nacional (CCE)
- Central de Conmutación con Capacidad de Enrutamiento Local y con Conmutación de Área (CCE/CCA)
- Centro de Conmutación de Área (CCA)
- Oficina Terminal (OT)

Nivel	No de Centrales	Observación
CCI	22	Centro de conmutación mundial/Internacional
CCE	406	Nacional (áreas de servicio local)
CCE/CCA	±1350	Locales
OT	600	Rurales

Tabla 1-1 Jerarquía de centrales telefónicas

Normalmente se utiliza una topología en árbol para definir estructuralmente la jerarquía de la red.

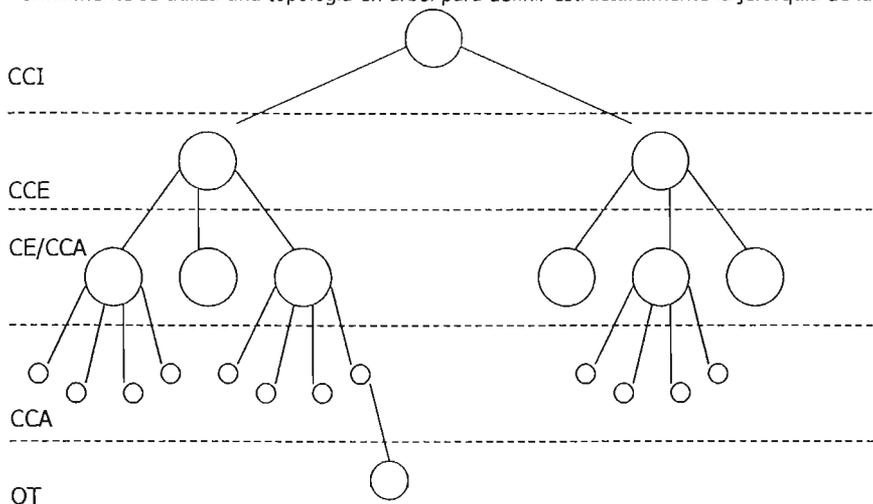


Figura 1-2 Topología en Árbol

Existen grupos de líneas de teléfono que entran a una central telefónica desde una localidad específica a los cuales se les llama *grupos troncales*. Estos grupos están clasificados por la dirección (entrada, salida, bidireccionales) o por el uso (tránsito). A cada troncal se le asigna un número único. Una troncal de entrada termina en la central donde es entrante; una troncal de salida se origina en la central desde la cual es saliente; una troncal bidireccional se utiliza en base a la llamada en cualquier dirección.

Estructura del Sistema

Las señales de voz y las señales utilizadas para la conexión de los teléfonos son llevadas por sistemas de transmisión sobre trayectorias. Estos sistemas están divididos en tres categorías de red: local, nacional y larga distancia (internacional).

Red Local. Es la manera en como los hogares y negocios son conectados a las oficinas centrales. Son casi exclusivamente un par de alambres que se abre desde un punto llamado Conexión Central y se extiende a lo largo que un área de servicio. Las áreas de servicio varían en tamaño, desde un promedio de 12 millas cuadradas en localidades urbanas hasta 130 millas cuadradas en áreas rurales. En ocasiones, en áreas de servicio urbanas se requirieren más de una oficina central mientras que en áreas de servicio rural es suficiente con una OC. Una conexión central en un área urbana puede servir hasta 41 000 abonados.

Red Nacional. Está en medio de la red local y la red de larga distancia. Las centrales están interconectadas con los sistemas de transmisión de área. Estos sistemas consisten de pares de alambres en cables, enlaces de microondas o cables de fibra óptica. La red nacional normalmente interconecta centrales locales y centrales *tandem*. Las centrales *tandem* hacen las conexiones entre centrales, en otras palabras, es una central de centrales.

Red de Larga Distancia. Estas centrales tienen una gran capacidad por circuito y consiste principalmente de cable y enlaces de microondas. En algunas rutas donde se requiere transportar una gran cantidad de canales, se instalan cables de fibra óptica.

Transmisiones de Voz Analógicas

Recordando que a las señales con continuidad y fácil variación de amplitud o frecuencia se les llama señales analógicas, las señales de voz entran dentro de este tipo ya que varían en amplitud y en frecuencia. La distribución típica en las señales de voz se ilustra en la figura 1-3 y muestra que las frecuencias se extienden desde antes de los 100 Hz hasta arriba de los 6 kHz. Sin embargo, se ha comprobado que la mayoría de la energía se encuentra concentrada entre los 200 Hz y los 4 kHz.

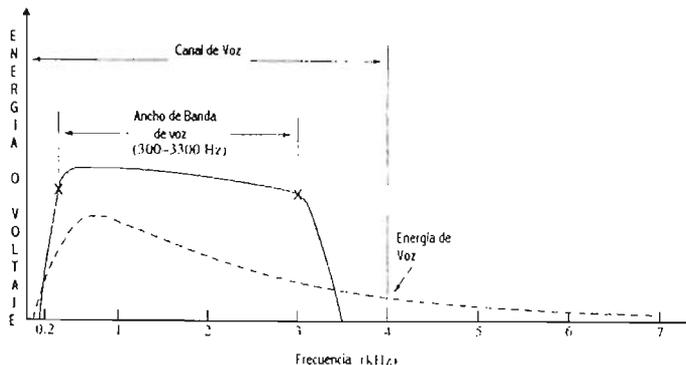


Figura 1-3 Ancho de banda y distribución de energía de la voz

Ancho de banda del canal de voz Para eliminar las señales indeseadas (ruido) que pueden perturbar las conversaciones o causar errores en las señales de control, los circuitos que llevan las señales telefónicas están diseñados para pasar solo ciertas frecuencias, estas van desde 0 hasta 4 kHz para un canal de voz del sistema telefónico; así, el ancho de banda de un canal de voz es 4 kHz. Sin embargo no todos los canales de voz se utilizan para la transmisión de una conversación. El rango de frecuencias de la voz es estrictamente de 300-3300 Hz como se observa en la figura 1-

3. Por consiguiente, cualquier señal llevada en el circuito telefónico que se encuentra dentro del rango de 300-3300 Hz es llamada señal *en banda*; cualquier señal que no esté dentro de ese rango pero que esté dentro del canal de voz se le llama señal *fuera de banda*. Todas las señales de conversación son señales en banda. Algunas transmisiones de señalización están en banda y otras fuera de banda.

Multiplexaje

Un enlace local solo puede llevar un canal de voz al mismo tiempo. Como este plan no es económico se ha inventado un método para que una misma trayectoria de transmisión pueda llevar al mismo tiempo muchas conversaciones simultáneamente. A este método se le llama multiplexaje. Para señales analógicas, varias conversaciones telefónicas se llevan juntas sobre un mismo canal de transmisión pero están separadas por frecuencias.

Los principios básicos del multiplexaje analógico se ilustran en la figura 1-4. En la figura (A), una señal de voz que tiene frecuencias dentro del ancho de banda del canal de voz de 0 a 4 kHz es modulado en amplitud en una portadora de 8140 kHz. Así, la información en la señal de voz se lleva cambiando la amplitud de la portadora y las frecuencias de la voz han sido trasladadas a diferentes frecuencias.

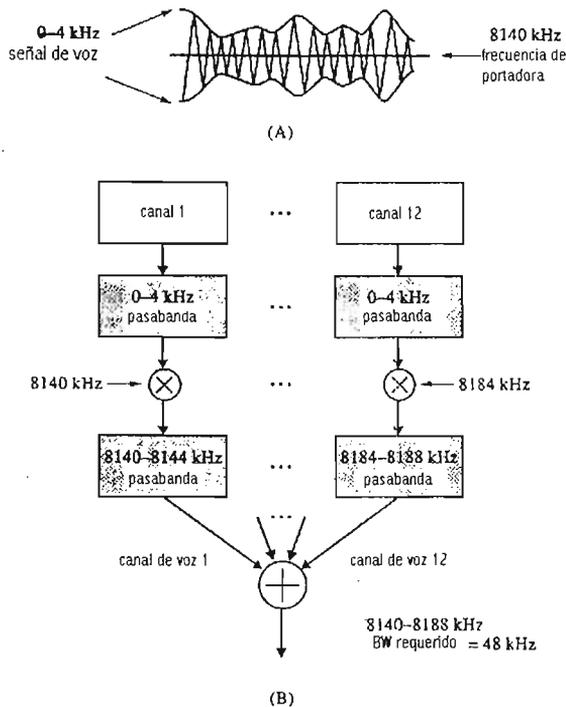


Figura1-4 Multiplexaje analógico

Si diferentes señales de voz se ubican sobre diferentes portadoras, muchas conversaciones pueden multiplexarse en una misma trayectoria de transmisión, y en el punto de recepción, las diferentes conversaciones pueden identificarse y separarse por frecuencias; de esta manera, la conversación original se recupera desde la portadora (demodulada) y se envía al teléfono llamado.

En la figura (B) se muestra el Multiplexaje para 12 canales de voz. Cada canal tiene un ancho de banda de 4 kHz, así los 12 canales requieren un ancho de banda de 48 kHz ($4\text{kHz} * 12$) siendo la frecuencia más baja 8140 kHz y la más alta 8188kHz ($8140\text{ kHz} + 48\text{ kHz}$).

SEÑALIZACIÓN

Como se dijo antes, un canal de voz está comprendido por la señal de voz y la señalización que se refiere a señales específicas en la línea de transmisión que se utilizan para controlar la conexión desde el teléfono que llama hasta el teléfono llamado o para indicar el estado de una llamada. En esta sección se discutirá la señalización de cd, señalización de tono, señal de control digital y señalización interna de canal común.

Señalización de cd. En este tipo, la señalización está basada en la presencia o ausencia de corriente o voltaje del circuito, o en presencia de una cierta polaridad de voltaje dada. El estado de la señal indica on-hook, off-hook, marcación por pulsos o el estado de la interconexión. Estas señales son digitales. En enlaces locales, el estado on-hook se indica mediante un circuito abierto y sin flujo de corriente; la marcación por pulsos consiste en flujo de corriente con interrupciones a una tasa específica, la señal off-hook se señala por un circuito cerrado y un flujo de corriente con interrupciones.

Otro tipo de señalización de cd llamada *batería inversa* se utiliza entre centrales telefónicas para indicar el estado de una conexión conmutada. Cuando el punto más cercano de una central requiere servicio, se toma una troncal idle. Como existe una cierta polaridad de voltaje dado en la central, está indicará al punto más cercano de la central que el teléfono llamado está colgado y sonando. Entonces, el punto más alejado de la central reconoce e indica al punto más cercano mediante la inversión de la polaridad que la parte llamada ha contestado.

Enlaces E&M. Los enlaces troncales antes mencionados utilizan el mismo par de cables tanto para la ruta de audio como para las funciones de señalización. Los enlaces troncales E&M aíslan estas funciones en pares de cables distintos. Dependiendo de la configuración del circuito E&M, las señales de enlace troncal y la ruta de audio pueden necesitar uno o dos pares de cables, para un total de cuatro a ocho cables. Este arreglo permite que tanto la señalización de on-hook como la off-hook se puedan enviar en ambas direcciones al mismo tiempo sin interferencia entre ellos.

Señalización de tono Se utilizan varios tonos tanto para control como para indicación del estado de llamada. Estos tonos pueden ser de frecuencia sencilla o de una combinación de frecuencias. Estas señales analógicas son ya sea tonos continuos o tonos intermitentes a una tasa específica. En la tabla 1-2 se enlistan los tonos que se envían por la central al teléfono que realiza la llamada para informar al usuario acerca del estado de la llamada. Por ejemplo, el tono de marcado es un tono continuo hecho por la combinación de frecuencias 350 Hz y 440 Hz. La señal de ocupado (o descolgado) es una combinación de tonos de frecuencia interrumpidos con un tiempo ON de 0.5 s y un tiempo OFF de 0.5s. La señal de advertencia que indica que el receptor está descolgado es una combinación de cuatro frecuencias y esta en ON 0.1s y en OFF 0.1s. Esta señal es muy fuerte para llamar la atención de alguien para que cuelgue el teléfono. Todos estos tonos, así como los DTMF son señalización en banda.

Tono	Frecuencia (Hz)	Tonos de ON (s)	Tonos en OFF (s)
Marcación	350+400	Continua	
Ocupado	480+620	0.5	0.5
Tono de llamada (normal)	440+480	2	4
Tono de llamada (PBX)	440+480	1	3
Receptor descolgado	1400+2060+2450+2600	0.1	0.1

Tabla 1-2 Tonos de llamada

Los tonos de señalización entre centrales pueden estar en banda o fuera de banda. Los tonos más utilizados son 2600 Hz para los tonos en banda y 3700 Hz para los tonos fuera de banda. Las señales E&M son convertidas a frecuencia sencilla para su transmisión en los sistemas ya que las señales cd no pueden ser transmitidas. Las señales de supervisión multifrecuencia utilizan seis frecuencias para transmitir la información del número telefónico: 700, 900, 1100, 1300, 1500 y 1700 Hz. Las frecuencias se utilizan en pares para representar los dígitos 0-9 y algunas funciones de control.

Señales Digitales de Control En lugar de interrumpir un voltaje de dc como en el caso de la señalización dc o tonos intermitentes, las señales de control también pueden ser códigos digitales. A diferencia de señales ON-OFF que ocurren a intervalos de tiempo aleatorios, estos son combinaciones de señales con dos niveles, 0 o 1, y con una relación de tiempo definido entre uno y otro como se ilustra en la figura 1-5. En el sistema telefónico, los dígitos binarios 1 y 0 pueden ser representados por niveles de voltaje o corriente. Nótese que los bits ocurren en una secuencia de tiempo en particular. Por ejemplo, un código binario de ocho bits como se muestra con bits d_0 - d_7 siempre ocurren en el mismo intervalo de tiempo, t_1 - t_8 , cuando se transmiten en secuencia. Para el diseño de un sistema en particular, una vez que se fija la relación de tiempo de bit, esta ya no se cambia.

La información de control puede estar contenida en el código binario de muchas maneras:

1. Los 8 bits pueden ser usados como un grupo para representar un número entre 0 y 255. El código binario para el número 136 se muestra en la primera fila de la figura. Del lado izquierdo, el código es representado por 1s y 0s; del lado derecho, el código está representado por niveles de voltaje o pulsos.
2. El grupo de 8 bits puede representar una letra del código de comunicaciones de datos. En la fila media de la figura se muestra la letra D en ASCII.
3. Ya sea subgrupos o bits individuales del grupo de 8 bits se pueden utilizar para comandar diferentes funciones. En la última columna se muestra un ejemplo de subgrupo para las funciones X, Y y Z.

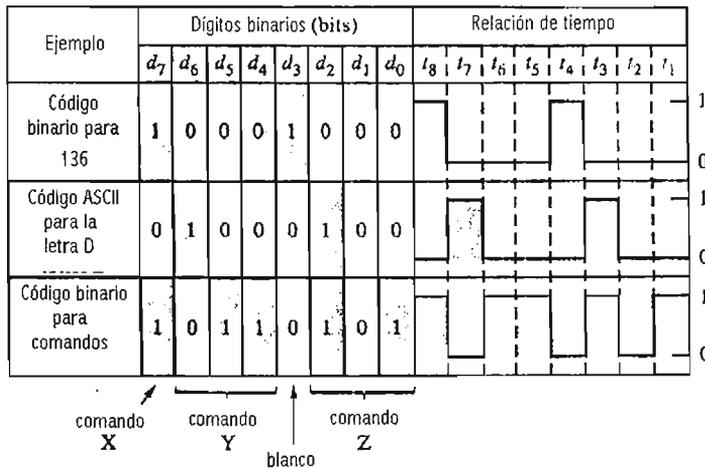
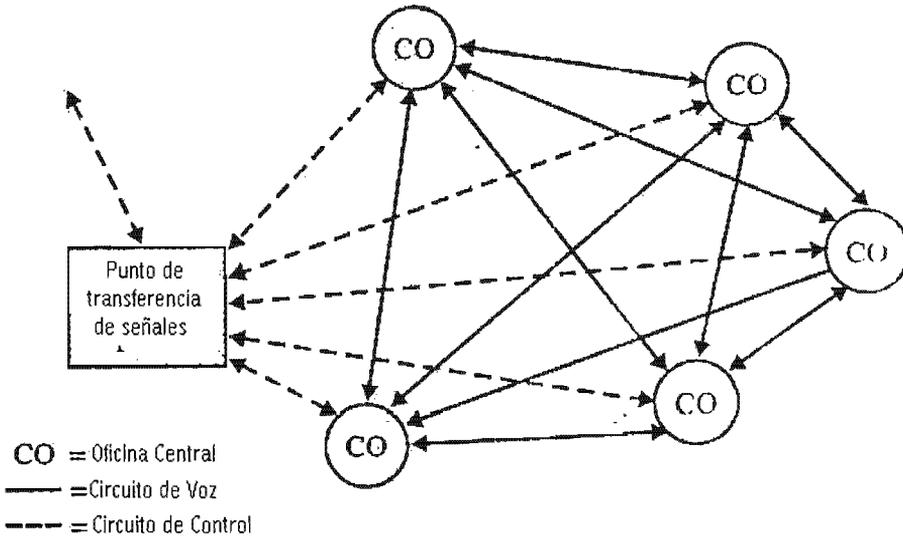


Figura 1-5 Señales digitales de control

Señalización Interna de Canal Común Todos los métodos de señalización antes mencionados envían las señales de control y direccionamiento sobre el mismo circuito junto con las señales de voz. Pero este método en particular separa las señales de control de las señales de voz. Aquí, las señales de control se envían en un circuito por separado y realizan el control y la conmutación de las líneas independientemente de las señales de voz. Este método llamado señalización interna de canal común (CCIS, por sus siglas en inglés) se ilustra en la figura 1-6. El control básico se realiza mediante una computadora digital, y CCIS es una red separada para el intercambio de señales de control entre computadoras. Como el nombre lo dice, CCIS se utiliza para la interconexión de troncales que llevan las señales entre las centrales telefónicas.



1-6 Arquitectura de la señalización de canal común

Hasta ahora hemos hablado de los sistemas de telefonía de conmutación de circuitos, pero en la actualidad ha tenido mucho auge la telefonía por conmutación de paquetes, en específico la telefonía IP. Este sistema es de gran importancia para la telefonía por cable de la que hablaremos en el próximo capítulo y que es tema fundamental de este trabajo.

VOZ SOBRE IP

Voz sobre IP (VoIP, Voice over IP) es una tecnología que permite la transmisión de la voz a través de redes IP en forma de paquetes de datos. La Telefonía IP es una aplicación inmediata de esta tecnología, de forma que permite la realización de llamadas telefónicas ordinarias sobre redes IP u otras redes de paquetes utilizando una PC, gateways y teléfonos estándares. En general, servicios de comunicación - voz, fax, aplicaciones de mensajes de voz - son transportados vía redes IP, Internet normalmente, en lugar de ser transportados vía la red telefónica convencional.

Los pasos básicos que tienen lugar en una llamada a través de Internet son: conversión de la señal de voz analógica a formato digital y compresión de la señal a protocolo de Internet (IP) para su transmisión. En recepción se realiza el proceso inverso para recuperar de nuevo la señal de voz analógica.

Cuando hacemos una llamada telefónica por IP, nuestra voz se digitaliza, se comprime y se envía en paquetes de datos IP. Estos paquetes se envían a través de Internet a la persona con la que estamos hablando. Cuando alcanzan su destino, son ensamblados de nuevo, descomprimidos y convertidos en la señal de voz original.

Hay tres tipos de llamadas:

- PC a PC
- PC a Teléfono
- Teléfono a Teléfono

Una llamada telefónica normal requiere una enorme red de centrales telefónicas conectadas entre sí mediante fibra óptica y satélites de telecomunicación, además de los cables que unen los teléfonos con las centrales. Las enormes inversiones necesarias para crear y mantener esa infraestructura las tenemos que pagar cuando realizamos llamadas, especialmente llamadas de larga distancia. Además, cuando se establece una llamada tenemos un circuito dedicado, con un exceso de capacidad que realmente no estamos utilizando.

Por el contrario, en una llamada telefónica IP estamos comprimiendo la señal de voz y utilizamos una red de paquetes sólo cuando es necesario. Los paquetes de datos de diferentes llamadas, e incluso de diferentes tipos de datos, pueden viajar por la misma línea al mismo tiempo. Además, el acceso a Internet cada vez es más barato, muchos Proveedores de Servicios de Internet (ISP, por sus siglas en inglés) lo ofrecen gratis, sólo se tiene que pagar la llamada, siempre con las tarifas locales más baratas.

Redes IP

Para soportar las llamadas de VoIP se requiere de al menos dos gateways de voz sobre IP. Normalmente, un proveedor de servicio de VoIP establecerá gateways en todos los estados o regiones en los cuales se originarán o terminarán llamadas. La red de VoIP resultante está compuesta de gateways, el acceso local de cada gateway a la red telefónica pública conmutada (RTPC) y la red IP que enlaza los gateways.

En la figura 1-7 se puede apreciar la realidad actual, un entorno en donde conviven de forma paralela las redes de una determinada organización. Por un lado existe un circuito de datos y de forma paralela se aprecia un circuito de voz.

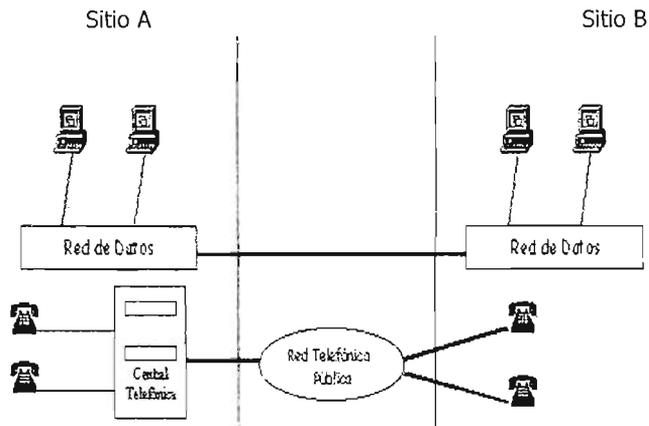


Figura 1-7 Infraestructura de la red actual

Por el contrario en la figura 1-8, mediante la incorporación de unos elementos denominados VoIP GW (Gateway para Voz sobre IP) se puede observar como se consigue la unificación de ambas redes y por tanto se logra la Convergencia.

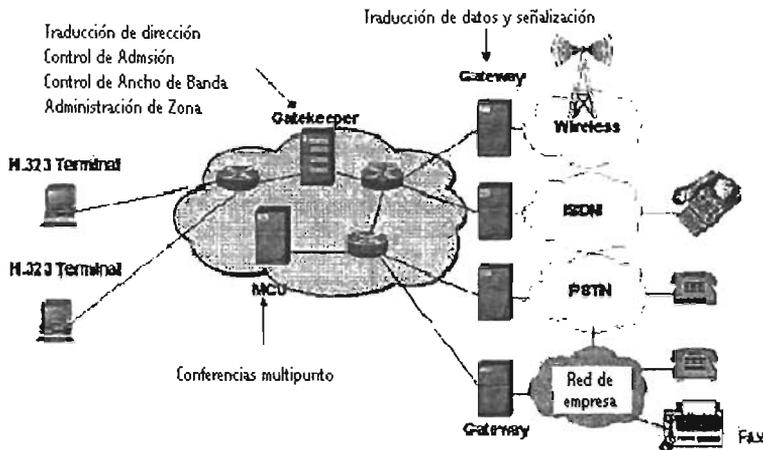


Figura 1-8 Convergencia de redes de voz y datos

Como se observa en la figura anterior, las comunicaciones VoIP, basadas en el estándar H.323 por razones que se comentan más adelante, se dan entre los siguientes componentes del sistema:

- Terminal
- Unidad de control Multipunto
- Gateway
- Gatekeeper

Terminal. Utilizados para comunicaciones multimedia bidireccional en tiempo real, una terminal VoIP puede ser una PC o un teléfono con soporte opcional para vídeo interactivo y aplicaciones de datos compartidos. Las terminales poseen interfaces basadas en software que los usuarios finales operan directamente. Deben soportar codecs de audio siendo opcional el soporte para los codecs de video y de datos.

Unidad de control Multipunto MCU. Proporciona soporte para conferencias entre dos o más terminales; todas estas terminales deben establecer una conexión con el MCU. Este administra los recursos necesarios para manejar la conferencia, negocia entre terminales el uso del CODEC de audio o video necesario, y puede manejar el flujo de medios.

Gateway. Un gateway conecta dos redes diferentes. Por ejemplo, puede conectar una red VoIP con la RTPC. Esta conectividad de distintas redes se logra con la conversión de protocolos, conversión de formatos de medios, conversión de señalización de llamada, conversión de señalización de medios y la transferencia de información entre las redes conectadas por el gateway. Sin embargo, para la comunicación entre terminales de la misma red VoIP, el gateway no es necesario.

Gatekeeper. En H.323, una zona es el conjunto de dispositivos administrativamente definidos que controla una gatekeeper. Un gatekeeper regula los puntos finales dentro de su zona que pueden iniciar o recibir llamadas. También puede regular el procedimiento de las llamadas, permitiendo la comunicación directa entre los puntos finales, o bien actuando como intermediario para transmitir la señalización de llamada. Los gatekeeper no son un requisito obligatorio en la red pero proporcionan servicios importantes como direccionamiento, autorización y autenticación de terminales y gateways, administración del ancho de banda, contabilidad y facturación.

La telefonía IP, necesita un elemento que se encargue de transformar las ondas de voz en datos digitales y que además los divida en paquetes susceptibles de ser transmitidos haciendo uso del protocolo IP. Este elemento es conocido como Procesador de Señal Digital (DSP), el cual está ya disponible y utilizan los Teléfonos IP o los propios Gateways encargados de transmitir los paquetes IP una vez paquetizada la voz. Cuando los paquetes alcanzan el Gateway de destino se produce el mismo proceso a través del DSP pero a la inversa con lo cual el receptor podrá recibir la señal analógica correspondiente a la voz del emisor.

Actualmente podemos partir de una serie de elementos ya disponibles en el mercado y que, según diferentes diseños, nos permitirán construir las aplicaciones VoIP. Estos elementos son:

Teléfonos IP.
 Adaptadores para PC.
 Hubs Telefónicos.
 Gateways (pasarelas RTC / IP).
 Gatekeeper.
 Unidades de audioconferencia múltiple. (MCU Voz)
 Servicios de Directorio.

Ancho de Banda Necesario. Actualmente la voz que recibe un gateway es digitalizada y comprimida según distintos algoritmos (GSM, G.723.1, G.711, G.729) los cuales se caracterizan por conseguir mayores rangos de compresión en perjuicio del tiempo de latencia (tiempo necesario para descomprimir la voz para que pueda ser entendida de nuevo). Algunos de estos algoritmos consiguen comprimir los paquetes de voz en 8 Kbps aproximadamente. El protocolo IP añade al paquete de voz digitalizado y comprimido una serie de cabeceras para su correcto transporte a través de la red, lo que hace que el ancho de banda necesario se incremente hasta unos 16 Kbps.

Hay que considerar así mismo el parámetro denominado "supresión de silencio". Con este parámetro activado, se consigue que la transmisión de paquetes (uso de ancho de banda) se reduzca a las situaciones en que los agentes están hablando. El resto del tiempo (cuando no existe voz a transmitir) se libera el ancho de banda. Considerando este aspecto, se puede afirmar que el tamaño medio de un paquete de voz durante una conversación es de 8 Kbps.

Con todo lo anterior se puede afirmar que con un canal B de cualquier línea RDSI (Red Digital de Servicios Integrados: 2 canales B y 1 canal D), cuyo ancho de banda es de 64 Kbps se puede realizar una comunicación de 8 llamadas simultáneas. Esta situación suele coincidir con las dimensiones de cualquier central de una PyME (Pequeña y Mediana Empresa). Esto viene a demostrar que las necesidades de ancho de banda para este tipo de aplicaciones están al alcance de prácticamente cualquier empresa.

En la tabla 1-3 se muestra la relación existente entre los distintos algoritmos de compresión de voz utilizados y el ancho de banda requerido por los mismos:

VoCodecs	Ancho de Banda (BW)
G.711 PCM	64 kbps
G.726 ADPCM	16, 24, 32, 40 kbps
G.727 E-ADPCM	16, 24, 32, 40 kbps
G.729 CS-ACELP	8 kbps
G.728 LD-CELP	16 kbps
G.723.1 CELP	6.3 / 5.3 kbps

Tabla 1-3 Algoritmos de compresión de voz y ancho de banda

Calidad en la Transmisión de la Voz. Referente a la calidad de la transmisión de la voz, todos los fabricantes e investigaciones hacen referencia a tres factores determinantes:

- Codificadores de Voz: influyen en la digitalización de la voz en paquetes de datos que contienen voz y que serán transmitidos por la red IP, también influyen por el retardo necesario para la descompresión de esos paquetes de voz, lo que implica un retardo añadido a la comunicación.
- Cancelación de Eco: requerimiento necesario para una comunicación a través de Telefonía IP, que elimina de forma automática y en tiempo real posibles ecos, ya que si no lo hiciera haría inteligible la comunicación.
- Latencia: tiempo necesario para que la voz viaje de un extremo al otro, incluyen los tiempos necesarios para la compresión, transmisión y descompresión. Este tiempo tiende a minimizarse pero jamás podrá ser suprimido. Actualmente los tiempos que se están obteniendo de latencia giran alrededor de 120 ms.

Estándares. A finales de 1997 el VoIP forum del IMTC (Internacional Multimedia Teleconferencing Consortium) ha llegado a un acuerdo que permite la interoperabilidad de los distintos elementos que pueden integrarse en una red VoIP. Debido a la ya existencia del estándar H.323 de ITU-T, que cubría la mayor parte de las necesidades para la integración de la voz, se decidió que H.323 fuera la base de VoIP. De este modo, VoIP debe considerarse como una clarificación de H.323, de tal forma que en caso de conflicto, y a fin de evitar divergencias entre los estándares, se decidió que H.323 tendría prioridad sobre VoIP. VoIP tiene como principal objetivo asegurar la interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes, fijando aspectos tales como la supresión de silencios, codificación de la voz y direccionamiento, y estableciendo nuevos elementos para permitir la conectividad con la infraestructura telefónica tradicional. Estos elementos se refieren básicamente a los servicios de directorio y a la transmisión de señalización por tonos multifrecuencia (DTMF).

VoIP/H.323 comprende a su vez una serie de estándares y se apoya en una serie de protocolos que cubren los distintos aspectos de la comunicación:

- Direccionamiento:

RAS (Registration, Admission and Status). Protocolo de comunicaciones que permite a una estación H.323 localizar otra estación H.323 a través de un Gatekeeper.

DNS (Domain Name Service). Servicio de resolución de nombres en direcciones IP con el mismo fin que el protocolo RAS pero a través de un servidor DNS

- Señalización:

Q.931 Señalización inicial de llamada

H.225 Control de llamada: señalización, registro y admisión, y paquetización / sincronización del flujo de voz

H.245 Protocolo de control para especificar mensajes de apertura y cierre de canales para flujos de voz.

- Compresión de voz:

Requeridos: G.711 y G.723

Opcionales: G.728, G.729 y G.722

- Transmisión de voz:

UDP. La transmisión se realiza sobre paquetes UDP, pues aunque UDP no ofrece integridad en los datos, el aprovechamiento del ancho de banda es mayor que con TCP.

RTP (Real Time Protocol). Maneja los aspectos relativos a la temporización, marcando los paquetes UDP con la información necesaria para la correcta entrega de los mismos en recepción.

- Control de la transmisión:

RTCP (Real Time Control Protocol). Se utiliza principalmente para detectar situaciones de congestión de la red y tomar, en su caso, acciones correctoras.

Establecimiento de llamada y Control					
Presentación					
Direccionamiento		Compresión de audio G.711 ó G.723		DTMF	Direccionamiento
RAS(H.225)	DNS	RTP/RTCP		H.245	Q.931 (H.225)
Transporte UDP			Transporte TCP		
Red (IP)					
Enlace					
Físico					

Tabla 1-4 Pila de protocolos en VoIP

Bibliografía citada

- 1.- Electronic Communications Systems. Frank R. Dungan. ED. Delmar. 3a edición. EUA, 1998
- 2.- Sistemas de Comunicaciones Electronicas. Wayne Tomasi. Pearson Educación. 2ª Edición. México, 1996.
- 3.- Recursos de voz sobre IP Telefonía IP netmeeting
<http://www.recursosvoip.com/intro/index.php>
- 4.- VoIP una puerta hacia la convergencia. Marcos Valiño García. Depto de Lenguajes y Sistemas Informáticos. Universidad de Vigo. 1999
<http://www.cesga.es/ga/Recetga/Proxrecet.html>
- 5.- El estándar VoIP – Voz sobre IP. Luis Enrique Torreyes Rico.
<http://www.comunicaciones.unitronics.es/tecnologia/voip.htm>
- 6.- What is VoIP – www.innomedia.com
- 7.- SEMINARIO DE REDES DE COMPUTADORAS
<http://www.gta.ufrj.br/~gardel/redes/rede.htm>
- 8.- H.323. The International Consortium Engineering. Web ProForum Tutorials.
<http://www.iec.org>
- 9.- Integración de redes de voz y datos. Scout Keagy. Cisco Press. Pearson Educación. España 2000.

1.2 TECNOLOGÍAS ACTUALES EN EL MANEJO DE DATOS

INTRODUCCIÓN

La comunicación de datos es el proceso de transferir información digital (normalmente en forma binaria), entre dos o más puntos. En la fuente y el destino, los datos están en forma digital. Sin embargo, durante la transmisión, los datos pueden estar en forma digital o analógica.

Estructura de un Circuito de Datos

La figura 1-9 ilustra un sencillo sistema de comunicación de datos. El nodo A podría ejecutar una aplicación (AP_{A1}) en forma de programa para acceder al proceso de aplicación en el nodo B (que es, en este caso, el programa [AP_{B1}] y una base de datos). Se muestra también un programa en el nodo B (AP_{B2}) que accede a un archivo en el nodo A mediante un programa de aplicación (AP_{A2}).

La aplicación reside en el equipo terminal de datos, o ETD. ETD es un término genérico para designar a la máquina de usuario final, habitualmente una computadora o terminal.

La finalidad de un sistema de computadoras, en este caso las redes de datos, es conectar ETDs de forma que puedan compartir recursos, intercambiar datos, apoyarse entre sí y permitir a los usuarios realizar su trabajo desde lugares geográficamente remotos.

En la figura 1-9 podemos ver que una red proporciona comunicaciones lógicas y físicas entre las terminales y computadoras conectadas. Las aplicaciones y archivos emplean el canal físico para realizar comunicaciones lógicas. Lógica significa que los ETDs no necesitan saber nada de los aspectos físicos del proceso de la comunicación. La aplicación A1 sólo necesita realizar una solicitud lógica de lectura con una identificación de los datos. A su vez, el sistema de comunicaciones es responsable de enviar la orden de lectura a través de los canales físicos a la aplicación B1.

También se observa el equipo terminal del circuito de datos, o ETCD (también denominado equipo de comunicación de datos). Su función es conectar los ETDs al canal o línea de comunicaciones. Aunque los ETCDs más modernos también realizan algunas funciones de aplicación su función primordial sigue siendo la de servir de interfase entre el ETD y la red de comunicaciones. El módem es un ejemplo de ETCD.

Las interfases se especifican y establecen mediante protocolos. Los protocolos establecen la forma en la que los ETD y la parte de comunicaciones intercambian información entre sí. Pueden incluir regulaciones reales, que estipulan una técnica requerida o recomendada. Típicamente, para soportar una aplicación de usuario final se requieren varios niveles de interfases y protocolos.

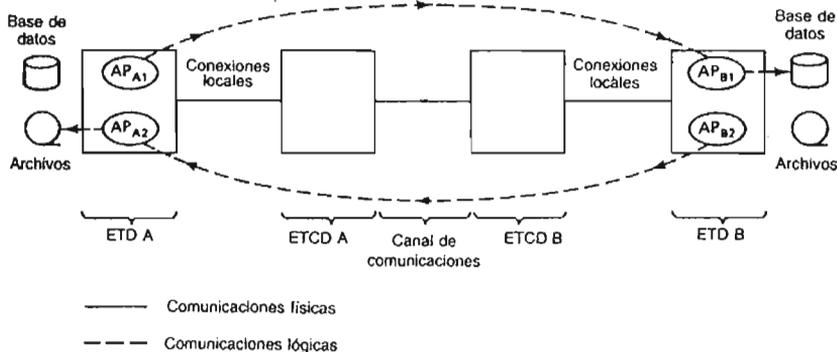


Figura 1-9 Sistema de comunicaciones de datos.

Configuración y Topologías de Circuitos de Comunicación de Datos

Configuraciones: Los circuitos de comunicación de datos pueden catalogarse generalmente como de dos puntos o multipunto. Una configuración de dos puntos involucra sólo dos ubicaciones o estaciones, mientras que una configuración de multipunto envuelve 3 o más estaciones. Un circuito de dos puntos puede involucrar la transferencia de información entre una computadora de mainframe y una terminal de computadora remota, dos computadoras de mainframe o dos terminales de computadoras remotas. Un circuito, multipunto generalmente se usa para la interconexión de una sola computadora de mainframe (host) a muchas terminales de computadoras remotas, aunque cualquier combinación, de tres o más terminales de computadoras, sustituye un circuito multipunto.

Topologías. Se denomina topología a la forma geométrica en que están distribuidas las estaciones de trabajo y los cables que las conectan. Las estaciones de trabajo de una red se comunican entre sí mediante una conexión física, y el objeto de la topología es buscar la forma más económica y eficaz de conectarlas para, al mismo tiempo, facilitar la fiabilidad del sistema, evitar los tiempos de espera en la transmisión de los datos, permitir un mejor control de la red y el aumento de las estaciones de trabajo de forma eficiente. Las formas más utilizadas son:

a) *Configuración en Estrella.* En esta configuración todo el flujo surge en el centro de la estrella etiquetado con A (ver figura 1-10). El nodo A, típicamente una computadora o cualquier dispositivo de conmutación, controla completamente las estaciones conectadas a él. Permite incrementar y disminuir fácilmente el número de estaciones. Si se produce una falla en una de ellas no repercutirá en el funcionamiento general de la red pero, si se produce una falla en el servidor central, la red completa se viene abajo. Tiene un tiempo de respuesta rápido en las comunicaciones de las estaciones con el servidor y lenta en las comunicaciones entre las distintas estaciones de trabajo.

b) *Configuración en anillo.* En ella todas las estaciones de trabajo están conectadas entre sí formando un anillo, de forma que cada estación sólo tiene contacto directo con las otras dos. En las primeras redes de este tipo los datos se movían en una sola dirección de manera que los datos tenían que recorrer todas las estaciones para llegar a la de destino donde se quedaban. En las redes actuales se dispone de dos canales que transmiten en direcciones diferentes. Este tipo de redes permite aumentar o disminuir el número de estaciones sin dificultad pero, a medida que aumenta el flujo de información, será menor la velocidad de respuesta de la red. Una falla en una estación puede dejar bloqueada la red pero una falla en un canal de comunicaciones la dejará bloqueada en su totalidad y será bastante difícil localizar la falla y repararla de forma inmediata.

c) *Topología en BUS.* En ella todas las estaciones comparten el mismo canal de comunicaciones, toda la información circula por ese canal y cada una de ellas recoge la información que le corresponde. Esta configuración es fácil de instalar, la cantidad de cable a utilizar es mínima, tiene una gran flexibilidad a la hora de aumentar o disminuir el número de estaciones y la falla en una estación no repercute en la red, aunque la ruptura de un cable dejará la red totalmente inutilizada. Entre sus inconvenientes destacan: es fácil de intervenir por usuarios externos a la red sin perturbar el funcionamiento normal; ya que como hay un único bus, aunque varias estaciones intenten transmitir a la vez, sólo podrá hacerlo una de ellas, por lo que cuantas más estaciones tenga la red más complicado será el control del flujo. Este control de flujo se puede realizar de dos maneras: por el método de acceso múltiple por detección de portadora con detección de colisiones (CSMA/CD) o por el paso de testigo que se verán más adelante.

d) *Configuración en Malla.* Su principal atractivo es su relativa inmunidad a cuellos de botella y problemas de fallas. Dada la multiplicidad de caminos entre los ETD y los ECD, es posible encaminar al tráfico evitando componentes que fallan o nodos ocupados. Aunque esta solución es

costosa, algunos usuarios prefieren la gran fiabilidad de la topología en malla frente a las otras (especialmente para las redes con pocos nodos).

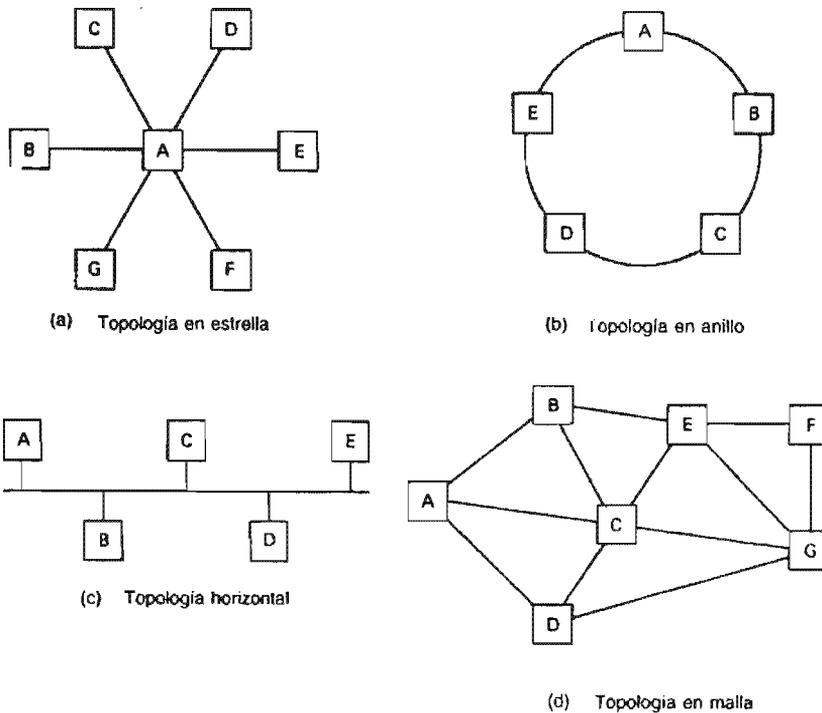


Figura 1-10 Topologías más comunes

Redes de Área y de Cobertura Amplia

Las redes de cobertura amplia *WAN* consisten en ECD (computadoras de conmutación) interconectadas por canales alquilados de alta velocidad. Cada ECD utiliza un protocolo responsable de encaminar correctamente los datos y de proporcionar soporte a las computadoras y terminales de los usuarios finales conectados a los mismos. La función soporte del ETD se denomina a veces PAD (packet assembly/disassembly – ensamblador/ desensamblador de paquetes). Para los ETD, el ECD es un dispositivo que los aísla de la red. El centro de control de red (CCR) es el responsable de la eficiencia y fiabilidad de las operaciones de la red.

La figura 1-11 muestra las diferentes conexiones entre los ETD y el PAD/conmutador.

A Una computadora de usuario está conectada al ECD mediante un protocolo asíncrono utilizando líneas analógicas y un puerto dedicado del ECD (un puerto reservado exclusivamente para el usuario).

B Un procesador frontal de usuario está conectado al ECD mediante un protocolo síncrono con líneas digitales de 56 kbps y unidades de servicio de datos (USD).

C Una terminal asíncrona (o computadora personal) de usuario se conecta a un puerto no dedicado del ECD con líneas analógicas conmutadas.

D Un centro de usuario posee un ECD dedicado en su edificio que se conecta a la red mediante líneas digitales privadas a 56 kbps con unidades de servicio de datos (USD).

Este tipo de red posee las siguientes características:

- Los canales suelen proporcionarlos las compañías con un determinado costo mensual si las líneas son alquiladas, y un costo proporcional a la utilización si son líneas normalmente conmutadas.
- Los enlaces son relativamente lentos. Las conexiones de los ETD con los ECD son generalmente más lentas.
- Los ETD y los ECD están separados por distancias que varían desde algunos kilómetros hasta cientos de kilómetros.
- Las líneas son relativamente propensas a errores (si se utilizan circuitos telefónicos convencionales).

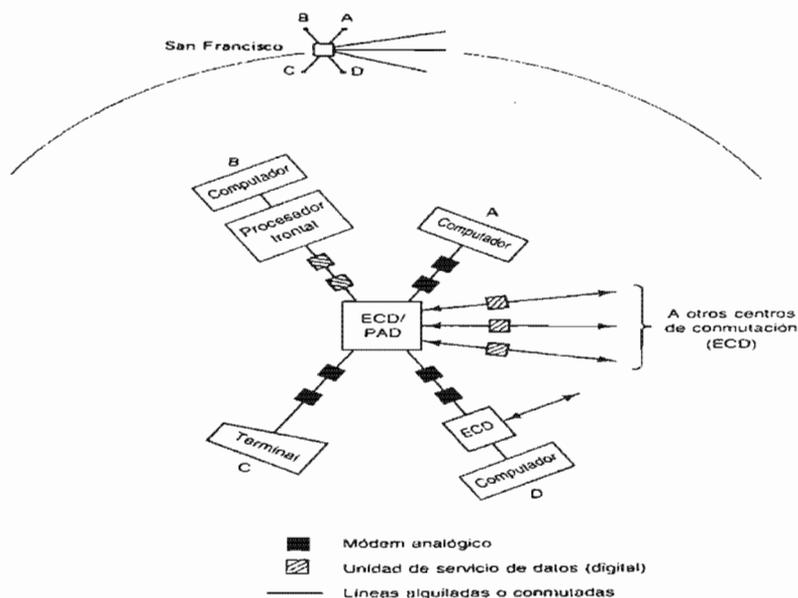


Figura 1-11 Red WAN

Las redes de área local (LAN, del inglés Local Area Network) son significativamente diferentes a las redes de cobertura amplia. El sector de las LAN es uno de los de más rápido crecimiento en la industria de las comunicaciones. Las redes de área local poseen las siguientes características:

- Generalmente, los canales son propiedad del usuario o la empresa.
- Los enlaces son líneas de muy alta velocidad. Los ETD se conectan a la red vía canales de baja velocidad.

- Los ETD están cercanos entre sí, generalmente en un mismo edificio. Puede utilizarse en ECD para conmutar entre diferentes configuraciones, pero no tan frecuentemente como en las WAN.
- Las líneas son de mejor calidad que los canales en las WAN

Sincronización

Para que los componentes de una red se puedan comunicar, en primer lugar necesitan notificarse entre sí que están disponibles y que desean comunicarse. Después, mientras se están comunicando, hace falta un procedimiento para asegurar a ambos dispositivos que el proceso está transcurriendo correctamente. Consideremos ahora el primer punto. El receptor debe saber el momento exacto en el que llega cada bit por el canal de comunicaciones. Para ello, debe existir una base de tiempos o "reloj común" entre ambos dispositivos.

El dispositivo transmisor debe enviar al dispositivo receptor un aviso de que desea comunicarse con él. Si el transmisor enviara directamente los bits por el canal, es muy posible que el receptor no tuviera tiempo suficiente para atender la cadena de bits que llega y se perderían los primeros bits de la transmisión. Este proceso es parte del protocolo que gobierna la comunicación y recibe el nombre de sincronización.

Las señales de reloj o sincronización se utilizan para dos funciones: sincronizar inicialmente el receptor antes de la llegada de los datos y mantenerlo sincronizado con los bits de datos que llegan.

Habitualmente se utilizan dos formatos de datos que ayudan a conseguir una correcta sincronización. El primero se denomina formato *asíncrono*. Con este método, cada byte de datos (carácter) está rodeado por señales de arranque y de parada (las señales de sincronización). El propósito de estas señales es, en primer lugar, advertir al receptor de la llegada de los datos. Los bits de arranque y de parada son señales bien diferenciadas que son reconocidas por el dispositivo receptor.

La transmisión *síncrona* es un proceso más complejo. Utiliza canales de sincronización separados o autosincronización (por el mismo canal de datos se manda la sincronización). Con los formatos síncronos se eliminan las señales de arranque y de parada alrededor de cada carácter. Las señales preliminares se llaman bytes de sincronización. En los sistemas más modernos se denominan banderas (flags). Su función principal es avisar al receptor de que están llegando datos de usuario. Este proceso se conoce como entramado.

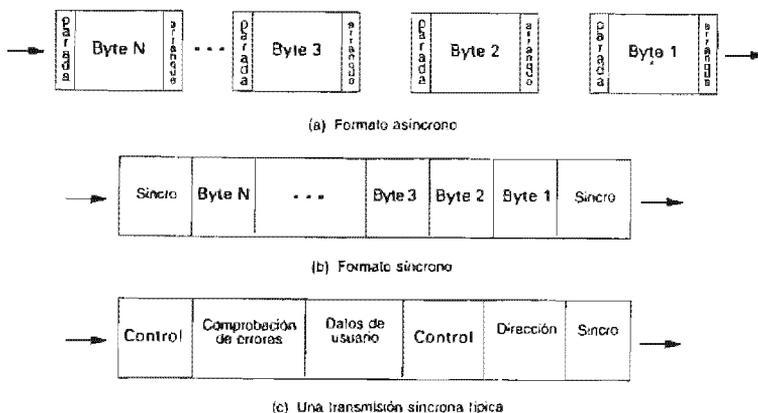


Figura 1-12 Formatos de sincronización

Métodos de Acceso

Para que pueda existir un flujo continuo y ordenado de los datos a través del canal de comunicación existen métodos de acceso al medio para que la información viaje por el cable y llegue a su destino correctamente. Los métodos más comúnmente utilizados son:

Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones (CSMA/CD). Este método utiliza un único canal y la estación no transmite hasta que la línea esté libre. Para ello, la estación emisora se pone a la escucha, en una frecuencia secundaria, para saber si hay otra estación que esté enviando algún bloque de datos. Mientras se encuentra a la escucha puede actuar de dos maneras distintas:

1. Escucha continuamente a la espera de que quede libre y entonces transmite.
2. Escucha si el canal está ocupado. Si lo está, deja la transmisión un tiempo aleatorio y después vuelve a intentarlo.

Cuando la línea está libre, envía el bloque de datos y, además, otra señal en la frecuencia secundaria para avisar a las demás estaciones que la línea está ocupada.

Además de comprobar si la línea está libre antes de comenzar la transmisión, comprueba si se ha producido alguna colisión durante la transmisión, esto es, si la información de dos estaciones se ha eliminado debido a un choque dentro del canal por transmitir al mismo tiempo. Si se ha producido alguna colisión, se detiene la transmisión y se vuelve a enviar el bloque de datos después de un tiempo de espera aleatorio.

Llamada Selectiva. Para utilizar este método se necesita que la red disponga de dos tipos de estaciones: la estación principal y las estaciones secundarias. Cada estación secundaria dispone de una zona de almacenamiento temporal donde envía el bloque de datos que desea transmitir. La estación principal comprueba en cada una de las secundarias si alguna tiene algún bloque de datos para transmitir. Si en alguna de ellas encuentra uno, se autoriza a dicha estación para que lo transmita de forma inmediata o al cabo de un determinado tiempo. Si no tiene ningún bloque de datos pasa a revisar la estación siguiente y así sucesivamente.

Paso de Testigo (Token Passing) Este método hace circular continuamente un grupo de bits (testigo) por la red. Este testigo está formado por una cabecera, un campo de datos y un campo final.

CABECERA	CAMPO DE DATOS	CAMPO FINAL
----------	----------------	-------------

Cuando una estación quiere transmitir ha de esperar a que llegue hasta ella el testigo vacío. Es ese momento le añade unos datos, quedando el testigo formado por: la cabecera, la dirección destino, la dirección origen, el camino que ha de seguir para llegar a su destino y el bloque de datos, y lo envía a su destino.

CABECERA	DIRECCIÓN DESTINO	DIRECCIÓN ORIGEN	CAMINO A SEGUIR	BLOQUE DE DATOS
----------	----------------------	---------------------	--------------------	--------------------

Si la estación no desea transmitir pasa el testigo vacío a la siguiente estación y así sucesivamente. El testigo ocupado llega a la estación destino que recoge el bloque de datos, pone

una marca en el testigo indicando si lo acepta o bien si lo rechaza porque viene con errores y lo devuelve a la estación que lo ha enviado.

Control de Errores

Un circuito de comunicación de datos puede ser tan corto, de unos cuantos metros o, tan largo, de varios miles de kilómetros; el medio de transmisión puede ser tan sencillo, como un pedazo de cable, o, tan complejo, como un sistema de microondas satélite o fibra óptica. Por lo tanto, debido a las características, no ideales, que están asociadas con cualquier sistema de comunicación, es inevitable que ocurran errores y es necesario desarrollar procedimientos para el control de errores que puede dividirse en dos categorías generales: detección y corrección de errores.

Detección de Errores

Es simplemente el proceso de monitorear la información recibida y determinar cuando un error de transmisión ha ocurrido. Las técnicas de detención de errores no identifican cual bit (o bits) es erróneo, solamente indica que ha ocurrido un error. El propósito de la detención de errores no es impedir que ocurran, pero previene que los errores no detectados ocurran.

Redundancia La redundancia involucra transmitir cada carácter dos veces. Si el mismo carácter no se recibe dos veces sucesivamente, ha ocurrido un error de transmisión. El mismo concepto puede usarse para los mensajes. Si la misma secuencia de caracteres no se recibe dos veces sucesivamente en exactamente el mismo orden, ha ocurrido un error de transmisión.

Verificación de Paridad Es probablemente el esquema de detección de error más sencillo y se usa con chequeo de redundancia vertical y horizontal. Con la paridad, un solo bit (llamado bit de paridad) se agrega a cada carácter para forzar el total de números unos en el carácter, incluyendo el bit de paridad, para que sea un número impar (paridad impar) o un número par (paridad par).

Método de Redundancia Cíclica o polinómico Este método agrega al final de cada trama una secuencia de bits llamada *secuencia de verificación de trama*, la cual capacita al receptor para determinar si se ha producido un error de transmisión. La secuencia de verificación de trama está relacionada matemáticamente con la información de la trama, por lo que el receptor sólo tiene que recalcular el valor y compararlo con la secuencia recibida. Si la comparación no es exacta el receptor notifica al transmisor que se ha producido un error y este le retransmitirá la trama.

Corrección de Errores.

Retransmisión. Cuando es recibido un mensaje con error, la terminal de recepción automáticamente pide la retransmisión de todo el mensaje. La retransmisión frecuentemente se llama ARQ, que significa petición automática para retransmisión. ARQ es probablemente el método más confiable de corrección de errores aunque no siempre es el más eficiente.

Seguimiento de Corrección de Error (FEC). Es el único esquema de corrección de error que detecta y corrige los errores de transmisión del lado receptor, sin pedir retransmisión. Con el FEC se agregan bits al mensaje antes de la retransmisión. El código más popular es el llamado *método de Hamming*. El número de bits en el método de Hamming depende del número de bits en el carácter de datos.

El código de Hamming, como todos los códigos FEC, requiere de la adición de los bits de protección a los datos, alargando consecuentemente el mensaje transmitido. El propósito de los códigos FEC es reducir o eliminar el tiempo gastado en retransmisiones. Sin embargo, la suma de los bits FEC a cada mensaje gasta el tiempo de transmisión. Obviamente se negocia entre ARQ y FEC, los requerimientos del sistema determinan que método es mejor para un sistema en particular. El FEC frecuentemente se usa para transmisiones sencillas a muchos receptores, cuando los reconocimientos no son prácticos.

Los Protocolos y el Modelo OSI

Las computadoras se comunican empleando convenciones establecidas llamadas protocolos. Puesto que los sistemas de computadora ofrecen muchas funciones a los usuarios, se requiere más de un protocolo para apoyar estas funciones. También se necesita una convención para definir la forma en que los diferentes protocolos de los sistemas interactúan unos con otros para apoyar al usuario final. Esta convención recibe varios nombres: arquitectura de red o arquitectura de comunicaciones.

El modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI, por sus siglas en inglés) es un estándar basado en siete niveles o capas. ISO y CCITT han desarrollado el modelo de referencia básico OSI para definir redes y protocolos basados en niveles. El modelo ha recibido atención en todo el mundo y ha sido adoptado por muchos fabricantes. Entre los objetivos del modelo OSI están:

- Estandarizar la comunicación entre sistemas.
- Eliminar los impedimentos técnicos para la comunicación entre sistemas.
- Eliminar la necesidad de describir las operaciones internas de los sistemas.
- Definir los puntos de interconexión para el intercambio de información entre sistemas.
- Disminuir las posibles opciones para aumentar la capacidad de comunicación sin necesidad de realizar caras conversiones y transformaciones entre productos.
- Proporcionar un punto de partida razonable en el caso de que los estándares no cubran todas las necesidades.

El nivel más bajo del modelo se denomina *nivel físico*. Este nivel es el responsable de activar, mantener y desactivar el circuito entre el ETD y el ETC. Se han publicado muchos estándares para el nivel físico. Los más notables son RS-232 y V.24.

El *nivel de enlace de datos* es el responsable de la transferencia de datos por el canal. Proporciona las funciones de sincronización para delimitar el flujo de bits del nivel físico. Asimismo, garantiza la identidad de los bits, asegurando que lleguen sin errores al ETD receptor. Proporciona funciones de control de flujo para garantizar que el ETD no se sobrecargue con demasiados datos a la vez. Una de sus funciones más importantes es ocuparse de la detección de errores de transmisión y proporcionar mecanismos para la recuperación de datos perdidos, duplicados o erróneos.

El *nivel de red* especifica la interfaz del ETD de usuario con las redes de conmutación de paquetes, así como el interfaz entre ETD mediante redes de paquetes. Especifica también el encaminamiento por la red y las comunicaciones entre redes.

El *nivel de transporte* se ocupa de la interfaz entre la red de comunicación de datos y los tres niveles superiores. Es el nivel que permite al usuario escoger entre las diversas opciones de calidad (y costo) a partir de la red en sí (es decir, el nivel de red). Se diseña para aislar al usuario de los aspectos físicos y funcionales de las redes de paquetes. Se encarga, además, de la facturación entre los dos extremos.

El *nivel de sesión* sirve como interfaz de usuario con el nivel de servicio de transporte. Este nivel proporciona los medios organizados para el intercambio de datos entre usuarios. Los usuarios pueden escoger el tipo de sincronización y control que desean de la red; a saber:

- 1.- Diálogo simultáneo y alterno en dos sentidos.
- 2.- Puntos de sincronización para comprobaciones intermedias y recuperaciones durante la transferencia de archivos.
- 3.- Flujo de datos normal y acelerado.

El *nivel de presentación* proporciona la sintaxis de los datos del modelo; es decir la representación de los datos. No se ocupa del significado o la semántica de los datos. Su papel principal, por ejemplo, es aceptar tipos de datos (entero, carácter) procedentes del nivel de aplicación y negociar con su nivel homólogo en el otro extremo la sintaxis de representación (por

ejemplo, ASCII). Por lo tanto, sus funciones son limitadas. Este nivel consta de muchas tablas de sintaxis (teletipo, ASCII, Videotexto, etc.).

El nivel de aplicación soporta los procesos de aplicación de los usuarios finales. A diferencia del nivel de presentación, este nivel sí tiene en cuenta el significado de los datos. Este nivel contiene diversos elementos de servicio que soportan los procesos de aplicación, como pueden ser la gestión de tareas, el intercambio de datos financieros, sentencias send/receive (enviar/recibir) de distintos lenguajes de programación e intercambio de datos de negocios. El nivel también maneja los conceptos de terminal virtual y de archivo virtual.

TCP/IP

TCP/IP es un conjunto de protocolos de comunicación creado para permitir la colaboración y compartir partición de recursos entre más computadoras conectadas entre sí por medio de una red. Internet es en absoluto la más grande entre todas las redes existentes, debido a que logra conectar entre sí computadoras personales y redes de menor amplitud en todo el mundo. El nombre más apropiado para indicar este conjunto de protocolos, es Internet Protocol Suite, es decir, colección de protocolos de Internet. TCP e IP son dos protocolos que pertenecen a esta colección. Puesto que éstos son también los protocolos más conocidos, ha entrado en el uso común llamar TCP/IP a toda la familia pero TCP/IP representa una familia de protocolos que proveen gestión a las funciones de bajo nivel, que son necesarias para la mayoría de las aplicaciones. Sobre esta base, se desarrollan otros protocolos que gestionan funciones particulares, como transferencia de ficheros, envío de correo electrónico, conexión remota, control de los usuarios que se han conectado a la red en un momento específico, compartir impresoras y programas aplicativos etc. TCP/IP es un conjunto de protocolos 'a capas' o, si se prefiere, 'a niveles'. Es necesario introducir el concepto de datagrama, que representa cada uno de los paquetes de informaciones que es enviado a través de la red, consiste en una cabecera y datos y es específico de TCP/IP y representa la mínima unidad lógica utilizable por los diversos protocolos, el paquete es una entidad física bien presente para quien administra una red de tipo Ethernet.

Estructura Interna

El modelo básico en Internet es el modelo Cliente/Servidor. El Cliente es un programa que le solicita a otro que le preste un servicio. El Servidor es el programa que proporciona este servicio. La arquitectura de Internet esta basada en capas. Esto hace mas facil implementar nuevos protocolos. El conjunto de protocolos TCP/IP, al estar integrado plenamente en Internet, también dispone de este tipo de arquitectura. El modelo de capas de TCP/IP es algo diferente al propuesto por ISO (International Standard Organization) para la interconexión de sistemas abiertos (OSI).

Aplicación						
Presentación	TELNET	FTP	SNMP	SMTp	DNS	HTTP
Sesión						
Transporte	TCP					
Red	IP					
Liga de Datos	802.2				X.25	LLC/SHAP
	802.3	802.5		LAPB		ATM
Física	Ethernet	Token Ring	FDDI	Línea Síncrona WAN		SONET

Tabla 1-5 Relación del modelo TCP/IP con el modelo OSI

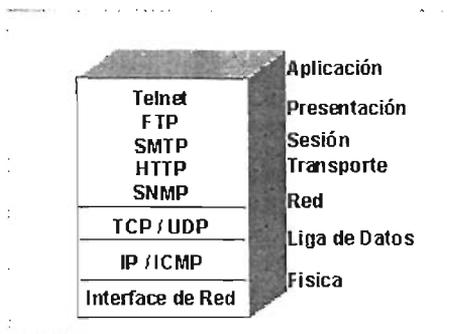


Tabla 1-6 Modelo de capas de TCP/IP

Capa de Aplicación

Esta capa corresponde a las aplicaciones que están disponibles para los usuarios, como TELNET, FTP, HTTP, etc. Daremos una breve explicación de los protocolos más comúnmente utilizados.

FTP File transfer Protocol, Protocolo de Transferencia de Archivos

El objetivo principal de este protocolo son varios puntos, promover el compartir archivos entre computadoras (programas y/o datos), alentar el uso remoto de las computadoras, y transferir datos de una forma segura y óptima por computadora.

HTTP Hyper Text Transfer Protocol, Protocolo para la transferencia de hipertextos

El protocolo para la transferencia de hipertextos es para todos los sistemas de información distribuidos que tengan la necesidad de mostrar la información y pasarla por una comunicación normal haciendo uso de las ligas de este lenguaje. Se utiliza para manejar la consulta de hipertexto y el acceso de datos con World Wide Web (WWW).

SNMP (Simple Network Management Protocol)

El protocolo SNMP se utiliza para administrar múltiples redes físicas de diferentes fabricantes, es decir Internet, donde no existe un protocolo común en la capa de Enlace. La estructura de este protocolo se basa en utilizar la capa de aplicación para evitar el contacto con la capa de enlace.

Capa De Transporte

En esta capa se encuentran los protocolos UDP y TCP.

UDP (User Datagram Protocol)

El protocolo UDP proporciona aplicaciones con un tipo de servicio de datagramas orientado a transacciones. El servicio es muy parecido al Protocolo IP en el sentido de que no es fiable y no está orientado a conexión. UDP es simple, eficiente e ideal para aplicaciones como TFTP y DNS. Una dirección IP sirve para dirigir el datagrama hacia una máquina en particular, y el número de puerto de destino en la cabecera UDP se utiliza para dirigir el datagrama UDP a un proceso específico localizado en la cabecera IP. La cabecera UDP también contiene un número de puerto origen que permite al proceso recibido conocer como responder al datagrama.

TCP (Transmission Control Protocol)

El protocolo TCP proporciona un servicio de comunicación que forma un circuito, es decir, que el flujo de datos entre el origen y el destino parece que sea continuo. TCP proporciona un circuito virtual el cual es llamado una conexión.

Al contrario que los programas que utilizan UDP, los que utilizan TCP tienen un servicio de conexión entre los programas llamados y los que llaman, chequeo de errores, control de flujo y capacidad de interrupción.

Capa De Red

Controla la comunicación entre un equipo y otro. Conformar los paquetes IP que serán enviados por la capa inferior. Desencapsula los paquetes recibidos pasando a la capa superior la información dirigida a una aplicación.

ICMP (Internet Control Message Protocol)

Internet es un sistema autónomo que no dispone de ningún control central. El protocolo ICMP (Internet Control Message Protocol), proporciona el medio para que el software de hosts y gateways intermedios se comuniquen. El protocolo ICMP tiene su propio número de protocolo (número 1), que lo habilita para utilizar IP directamente. La implementación de ICMP es obligatoria como un subconjunto lógico del protocolo IP. Los mensajes de error de este protocolo los genera y procesa TCP/IP, y no el usuario.

IP (Internet Protocol) Versión 4

El Protocolo IP proporciona un sistema de distribución que es poco fiable incluso en una base sólida. El protocolo IP especifica que la unidad básica de transferencia de datos en TCP/IP es el datagrama.

Los datagramas pueden ser retrasados, perdidos, duplicados, enviados en una secuencia incorrecta o fragmentados intencionadamente para permitir que un nodo con un buffer limitado pueda capturar todo el datagrama. Es responsabilidad del protocolo IP reensamblar los fragmentos del datagrama en el orden correcto. En algunas situaciones de error los datagramas son descartados sin mostrar ningún mensaje mientras que en otras situaciones los mensajes de error son recibidos por la máquina origen (esto lo hace el protocolo ICMP).

El protocolo IP también define cuál será la ruta inicial por la que serán mandados los datos.

Cuando los datagramas viajan de unos equipos a otros, es posible que atraviesen diferentes tipos de redes. El tamaño máximo de estos paquetes de datos puede variar de una red a otra, dependiendo del medio físico que se emplee para su transmisión. A este tamaño máximo se le denomina MTU (Maximum Transmission Unit), y ninguna red puede transmitir un paquete de tamaño mayor a esta MTU.

Direcciones IP

Las direcciones IP hacen que el envío de datos entre computadoras se haga de forma eficaz, de un modo similar al que se utilizan los números de teléfono.

Las direcciones IP tienen 32 bits, formados por cuatro campos de 8 bits separados por puntos. Cada campo puede tener un valor comprendido entre 0 y 255. Esta compuesta por una dirección de red, seguida de una dirección de subred y de una dirección de host. Existen cinco clases de subredes, tal y como muestra la siguiente figura.

Direcciones unicast: Están dirigidas a una única interfaz en la red. Actualmente se dividen en varios grupos, y existe un grupo especial que facilita la compatibilidad con las direcciones de la versión 4.

Direcciones anycast: Identifican a un conjunto de interfaces de red. El paquete se enviara a cualquier interfaz que forme parte del conjunto. En realidad son direcciones unicast que se encuentran asignadas a varias interfaces.

Direcciones multicast: Identifican a un conjunto de interfaces de la red, de manera que cada paquete es enviado a cada uno de ellos individualmente.

Las direcciones IPv6 tienen una longitud de 128 bits y pueden identificar a nodos individuales o a conjuntos de nodos. El tipo específico utilizado se indica en los primeros bits de la dirección.

Hay tres formas de representar dichas direcciones:

- La primera forma, que es la más adecuada, consiste en representarla de la manera x: x: x: x: x: x: x: x, donde las x representan los valores hexadecimales de los ocho bloques de dos octetos cada uno.

Ejemplo:

```
FADB:CA58:96a4:B215:FABC:BA61:7994:1782
A090:1:0:8:A800:290C:1:817B
```

Como puede observarse, no es necesario escribir todos los ceros que hay por delante de un valor hexadecimal en un campo individual, pero se ha de tener por lo menos una cifra en cada campo.

- La segunda forma consiste en suprimir los ceros que se encuentran en medio de las direcciones. La expresión de dos "::" indicaría uno o varios grupos de 16 bits iguales a 0. Por ejemplo, la dirección siguiente:

```
A123:FF01:0:0:0:0:0:92
```

se representaría de la manera siguiente:

```
A123:FF01::92
```

los "::" sólo pueden aparecer una vez en la dirección.

- Otra forma a veces más cómoda cuando haya un entorno mixto de nodos IPv6 e IPv4, es representarla de la manera x: x: x: x: x:d.d.d.d, donde las x son valores hexadecimales (6 grupos de 16 bits) y las d son valores decimales (4 grupos de 8 bits en la representación estándar de IPv4).

Ejemplos:

```
0:0:0:0:0:A234:23-1-67-4
0:0:0:0:0:1:129.154.52.31
```

o con el formato comprimido

```
::A234:23.1.67.4
::1:129.154.52.31
```

BIBLIOGRAFIA CITADA

- 1.- Tecnologías emergentes para redes de computadoras. Uyles Black. Pearson Educación. 2ª edición. México 1999.
- 2.- Domine TCP/IP. José Luis Raya, Victor Rodrigo. Alfaomega. 1998. Madrid, España. 1ª Edición
- 3.- Redes de Computadoras Protocolos, Normas e Interfaces. Uyles Black. Alfaomega. 2ª Edición. Madrid, España, 1998.
- 4.- Sistemas de Comunicaciones Electronicas. Wayne Tomasi. Pearson Educación. 2ª Edición. México, 1996.

1.3 Tecnologías en el Manejo de Video

La Televisión Monocromática y la Televisión a Color

La emisión de la televisión monocromática involucra la transmisión de dos señales separadas: una aural (sonido) y una señal de video (imagen). Cada transmisor de televisión emite dos señales totalmente separadas para información de la imagen y sonido. La transmisión aural utiliza la modulación de frecuencia y la transmisión de video utiliza la modulación en amplitud en banda vestigial. La información de video se limita a las frecuencias menores a 4 MHz y la información de audio se limita a frecuencias menores a 15 kHz. Las señales de sincronización horizontal y vertical se combinan con la información de la imagen antes de la modulación. Estas señales se utilizan en los receptores para sincronizar las razones de exploración horizontal y vertical.

Con las emisiones a color, todos los colores se generan mezclando diferentes cantidades de tres colores primarios: rojo R, verde G y azul B. Cuando se explora una imagen, se utilizan tubos de cámara independientes para cada uno de los colores primarios. La cámara roja produce la señal de video R, la cámara verde produce la señal de video G y la cámara azul produce la señal de video B. Las señales de video R, G y B se combinan en un codificador para la señal de color compuesta, la cual cuando se combina con la señal de luminancia, modula en amplitud la portadora de RF.

Generación de la Señal de TV

Esta se inicia con la cámara que puede decirse que son tres en una (juego de espejos y lentes), por lo que la misma escena es captada por los "tres tubos", rojo, verde y azul, simultáneamente y en perfecta sincronía (vease figura 1-14). Cada barrido es controlado por el filtro correspondiente, los cuales dejan pasar el color correspondiente.

De la sección de cámaras, las señales son enviadas a los Correctores de Gamma que preponderantemente son amplificadores y que comparan a la señales en su relación de brillantes con respecto a una tonalidad en gris como referencia, por lo que en esta etapa se compensan las pérdidas que se sufren en los filtros.

A la salida de los Correctores de Gamma se checan las señales con un monitor de control y pasan a un bloque Sumador de Matrices donde las señales se transforman en las Señales Y, I y Q de las que hablaremos más adelante; en este bloque se inyecta la ráfaga de color y las señales de sincronía.

Las tres señales pasan al bloque de codificación y filtros que sustancialmente es un modulador donde se inyecta la subportadora de color para las señales I y Q a 3.579 MHz y defasadas una con respecto a la otra 90°, creando la señal de Crominancia (C) y dejando pasar la señal luminancia (Y) sin cambios por lo que aquí se codifica la señal, el bloque se compone primordialmente de filtros.

Nuevamente la señal es monitoreada para su control, pasando inmediatamente al Igualador de Retardo de Fase, que generalmente son amplificadores y filtros pasabanda con una curva de respuesta diseñada para corregir cualquier retardo de fase de la señal.

Como etapa final, la señal pasa a la sección de modulación en RF, donde se fijan exactamente las portadoras de audio y video a 4.5 MHz más alta la señal de audio con respecto a la de video (superheterodino), pasando a una antena que si desde ahí se transmite es del tipo isotrópica, es decir radia igualmente en todas direcciones. Y si no es la planta emisora, la señal se ubica en la gama de microondas y se envía a través de una antena parabólica generalmente del tipo Cassegrain hacia la planta emisora.

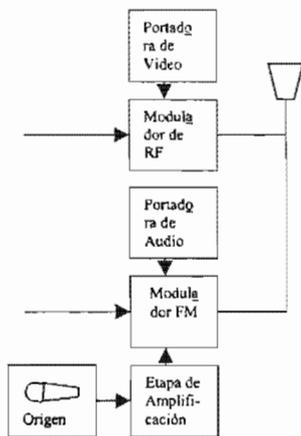
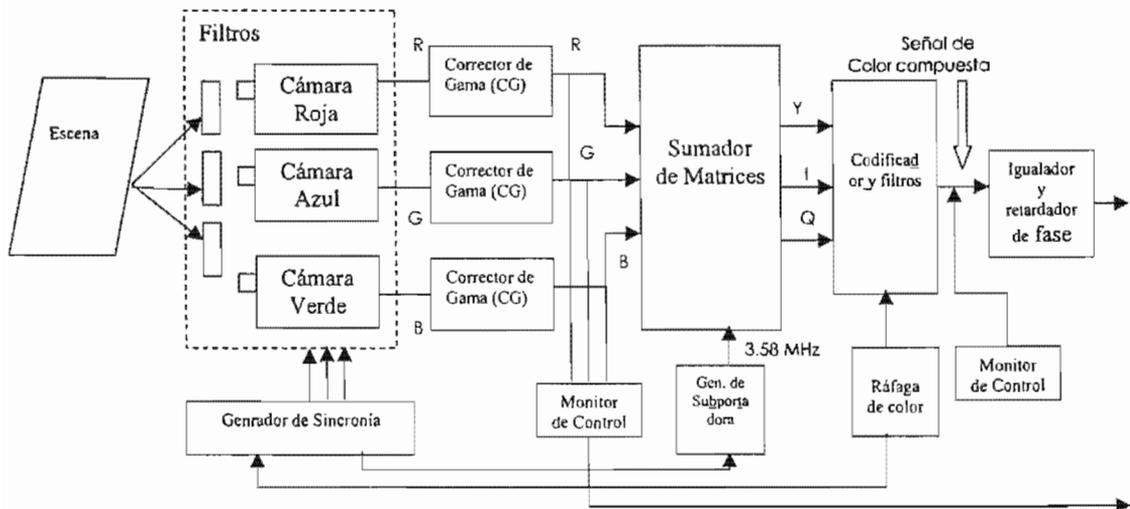


Figura 1.14 Generación de la señal de TV

Señal de Video Compuesta

La señal viajera lleva consigo otras informaciones además de la de video y audio como son las señales de crominancia y luminancia, pulsos de sincronización horizontal y vertical, pulsos de blanqueo y la información de color, que hacen que la señal se vuelva sumamente compleja por lo

que se le llama señal compleja de TV o señal colorplexada (multiplexar las diferentes señales en un solo canal de 6 MHz).

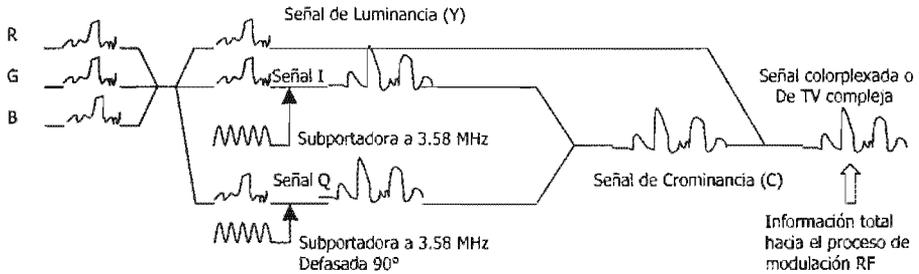


Figura 1.15 Señal de video compuesta o Colorplexada.

Ancho de Banda de la TV

En la siguiente figura se muestra el ancho de banda de la TV con las portadoras de video y audio, la subportadora de color, así como las señales Y, I y Q.

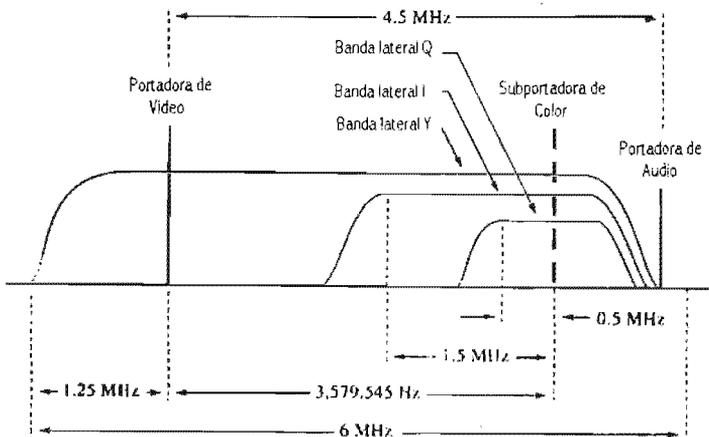


Figura 1.16 Ancho de banda de televisión estándar

Sistema NTSC

Es un sistema desarrollado en América por el National Television System Committte (NTSC). Las características básicas del sistema se pueden resumir:

- Relación de pantalla: 3:4
- Líneas de barrido: 525 = 31.42 ms
- Tiempo de barrido de una línea: 53.5 μs

- Tiempo de retorno o blanqueo: 10 μ s
- Frecuencia de línea: 30 cuadros o imágenes por segundo * 525 líneas por imagen = 15750 Hz
- Ancho de banda del canal: 6 MHz
- Ancho de banda de video: 4 MHz

Al barrido completo de una imagen se le llama cuadro, y se puede decir que este cuadro se divide en cuadros más pequeños llamados elementos.

Digitalización y Compresión de la señal de Televisión

Para obtener una imagen digital para formar la señal de TV necesitamos digitalizar las señales que nos proporcionan las cámaras. Además de la digitalización veremos más adelante que tendremos que introducir un bloque de compresión de información para que la televisión en formato digital pueda transmitirse en los espacios espectrales destinados a la transmisión de este servicio.

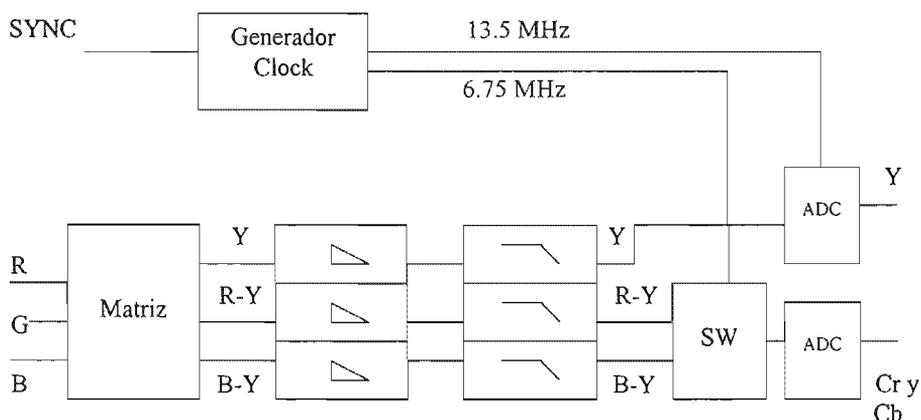


Figura 1.17 Diagrama a bloques para la digitalización de la señal.

Digitalización

Preparación de la Señal Las señales deben ser correctamente acondicionadas, esto es que primero hay que asegurar el correcto rango de voltaje y amplitud de las señales que pueda aceptar el CAD (convertidor analógico/digital), esto involucra un número finito de valores de cuantización ($2^8 = 256$).

La ITU-R 601 es la recomendación para codificación digital que indica que el color negro corresponde al nivel 16 y el blanco al 235. De manera similar las señales R-Y y B-Y (diferencia de color) corresponden al nivel 128 y al 255 en ese orden.

En seguida las señales deben ser filtradas utilizando filtros pasabajas de 5.75 MHz para limitar el ancho de banda de la luminancia y 2.75 MHz para la diferencia de color.

Muestreo y Digitalización Una vez controladas las diferentes amplitudes de las señales, función que llevan a cabo los LPF, se utilizan dos CAD, uno para la luminancia y otro para la diferencia de color (crominancia).

Los CAD toman las muestras de las señales analógicas creando píxeles y finalmente las ITU-R 601 define para Y una frecuencia de reloj de 13.5 MHz y para cada diferencia de color de 6.75 MHz por lo que se toma un total de rango de muestreo de 27 MHz.

Una vez digitalizada la señal con la frecuencia de muestreo adecuada se cuantifica con un número que oscila entre 8 y 10 bits.

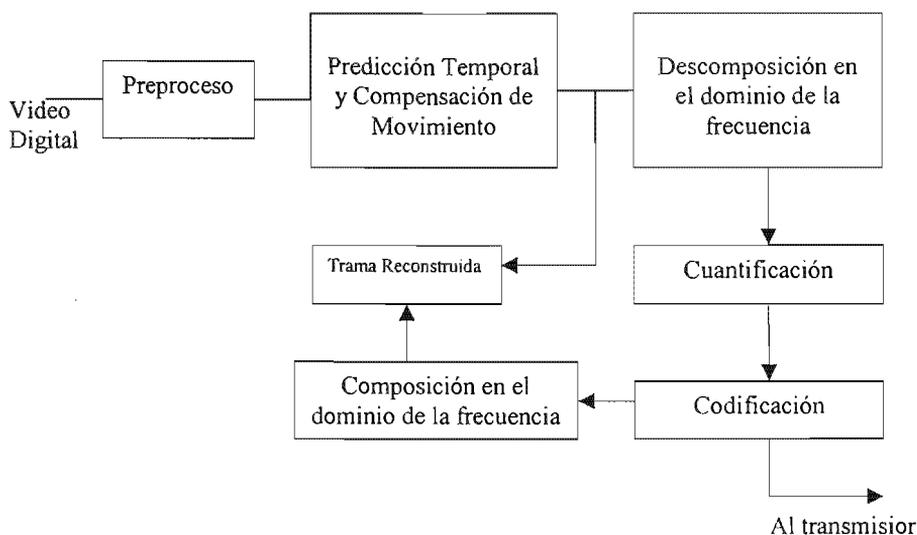


Figura 1.18 Diagrama a bloques del CODEC

Compresión

El interés comercial creciente por comunicaciones audiovisuales sofisticadas ha hecho necesarios estándares de compresión internacionales. El grupo MPEG (Moving Pictures Expert Group) junto con la Organización Internacional de estandarización (ISO) ha desarrollado una serie de estándares audiovisuales conocidos como MPEG-1 Y MPEG-2.

La codificación de video MPEG consigue altas tasas de compresión de la señal de video eliminando no solo redundancias sino también temporales, para conseguirlo se basa en dos filosofías fundamentales: la codificación para una imagen fija, es decir, eliminar redundancias dentro de una misma imagen y la determinación de vectores de movimiento que es base para eliminar redundancias entre imágenes sucesivas.

Proceso de Codificación

En la figura 1-18 se muestra el diagrama a bloques del codificador MPEG. Vamos a analizar a continuación la función de cada uno de los bloques que en él aparecen.

Preproceso Esencialmente consiste en eliminar la información que es más difícil decodificar y que no es tan significativa en la calidad de la imagen. Típicamente está formada por filtros no lineales, espaciales y temporales.

Predicción Temporal y Compensación de movimiento Debido a que el video está altamente relacionado con el tiempo, existe muy poca diferencia entre tramas consecutivas. Por lo tanto se calculan los vectores de movimiento entre dos imágenes, los cuales serán transmitidos y además utilizados para calcular la predicción de la imagen actual. Se realiza una predicción del fotograma actual partiendo del fotograma anterior almacenado y de los vectores de movimiento calculados para el fotograma actual. La predicción obtenida en este bloque se resta del fotograma actual obteniéndose el error de predicción (e) que es lo que se va a transmitir.

Descomposición en el dominio de la frecuencia El siguiente paso es encontrar una frecuencia que represente la diferencia entre la mejor compensación entre la trama anterior y la trama actual (compensación de movimiento residual). Esto tiene dos ventajas:

1.- La señal tiene comúnmente la mayor parte de su energía en un pequeño rango de frecuencias (típicamente las frecuencias más bajas) así son muy pocos bits los que se necesitan para este rango.

2.- Esta descomposición en el dominio de la frecuencia representa el procedimiento de recepción de la visión humana, la técnica más popular para esta descomposición en el dominio de la frecuencia es la transformada discreta del coseno (DCT).

Cuantificación Reduce la cantidad de información tomando cada uno de los coeficientes de la descomposición en el dominio de la frecuencia y los reduce. Por ejemplo, si un coeficiente está entre los números 2 y 4 , juntos reproducen el 3 por lo que el efecto de compresión resulta obvio.

Codificación Los coeficientes en el dominio de la frecuencia cuantificada tienden a tener el valor de cero en muchas frecuencias diferentes, por lo que amplios grupos de ceros pueden ser agrupados en las frecuencias más altas, agregando una compresión adicional, la técnica más utilizada se conoce como código de carrera longitudinal que permite codificar individualmente los coeficientes. Los otros códigos utilizados son:

- Código Huffmann
- Código aritmético
- Código Lempel –Ziv

Estándares MPEG

También se define como ISO/CCITT MPEG. Está definido para la compresión de datos de imágenes en movimiento, utilizando la técnica de intertrama. Además se fundamenta en JPEG lo que resulta en una compresión extra (intratrama), disminuyendo considerablemente la cantidad de información de las imágenes en movimiento.

Intertrama Compara tramas consecutivas eliminando elementos comunes dentro de las tramas, usa 2 tipos de técnicas, una llamada predictiva y otra llamada bidireccional.

Intratrama Esto ocurre en la propia trama removiendo la información redundante de ella misma, no tomando en cuenta las otras tramas.

MPEG -1 El objetivo de este estándar, el primero y más básico de todos los emitidos, consiste en la transmisión o almacenamiento de imágenes móviles con una tasa binaria fija de 1.5 Mbps. Esta tasa lo hace adecuado para aplicaciones de CD ROM pero no tiene calidad suficiente para broadcast de televisión.

MPEG-2 Tiene un rango de compresión entre 4 y 100 Mbps con excelente calidad que permite aplicaciones broadcast y DVD's. Se apoya en compresión Intertrama creando grandes grupos de imágenes llamados GOP.

Generalmente trabaja con una relación de píxeles de 4:2:0 (para Y, Cr y Cb respectivamente) encontrándose en desarrollo 4:2:2 que cuenta con una gran luminancia.

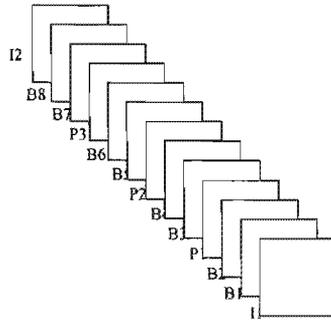


Figura 1.19 Grupos de Imágenes llamados GOP

Trama I Se codifican como si fuesen imágenes fijas utilizando la norma JPEG, utiliza compresión intratrama.

Trama P. Es la predicción de una imagen con compensación de movimiento a partir de la I o P anterior, generando la diferencia entre la trama presente y la trama previa.

Trama B Utiliza compresión Intertrama. Son imágenes que se codifican utilizando la I o P anterior y la I o P siguiente.

MPEG audio

Con MPEG-1 la información se comprime para sistemas monoaurales y en 2 canales con DOLBY SURROUND con rangos de codificación entre 32 – 384 kbps. Con MPEG - 2 se especifica para 7.1 canales (aunque el más común es 5.1 canales) con rangos de hasta 1 Mbps que puede ser variable.

DOLBY SURROUND Codificación de audio para 4 canales (izquierdo, derecho, central y surround) comprimidos a 2 canales, los cuales se denominan left total LT y right total RT.

Para la reproducción (receptor) el decodificador se conoce como DOLBY SURROUND PROLOGIC DECODER, el cual convierte los 2 canales (LT y RT) en derecho, izquierdo, central, surround y opcionalmente un subwoofer. Este sistema fue inicialmente para el cine y posteriormente adoptado por MPEG.

Canal Derecho

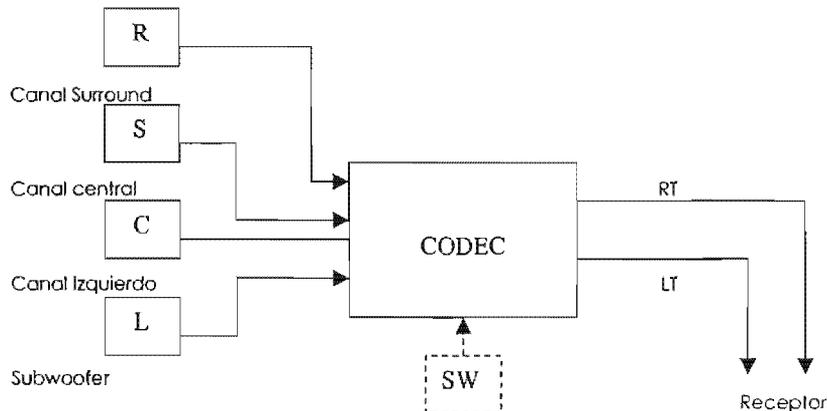


Figura 1.20 Diagrama a bloques de un CODEC de audio

BIBLIOGRAFIA CITADA

- 1.- Electronics Communications Systems. Frank R. Dungan. ED. Delmar. 3a edición. EUA. 1998
- 2.- Sistemas de Comunicaciones Electronicas. Wayne Tomasi. Pearson Educación. 2ª Edición. México, 1996.
- 3.- Compressed Video Over Networks. Ming-Ting Sun, Amy R. Reibman. Marcel Dekker, Inc. New York 2001.
- 4.- Sistemas de Televisión. Mossi, García, Naranjo. Universidad Politécnica de Valencia, Servicio de Publicaciones. Valencia, España.

1-4 ARQUITECTURA DE LAS REDES DE TELEVISIÓN POR CABLE

Tradicionalmente las redes de televisión por cable han tenido como objetivo primordial la distribución de multitud de canales de TV. Para ello han utilizado una topología de árbol que se divide en 5 etapas:

- Cabecera
- Red troncal
- Red de distribución
- Acometida de usuario
- Equipo terminal (set top box y hardware electrónico del usuario)

El hogar está conectado al sistema de cable mediante un cable coaxial flexible, normalmente de 45 m de longitud (150 ft) para llevar la señal al equipo terminal del usuario (figura 1.21). En el caso más simple, el equipo terminal es la televisión o VCR. Si la TV o VCR no sintonizan todos los canales de interés, entonces se coloca un convertidor entre el cable y el sintonizador de la TV o VCR. El cable de la red de distribución se extiende en el vecindario de los usuarios, este cable tiene derivaciones en donde el cable flexible es conectado para conducirlo hasta el hogar. La red de distribución se enlaza con la red troncal mediante un amplificador llamado amplificador puente (bridger amplifier) el cual incrementa el nivel de la señal para entregarla a múltiples usuarios. Uno o dos amplificadores especiales llamados amplificadores de línea (line extenders) son incluidos en cada red de distribución.

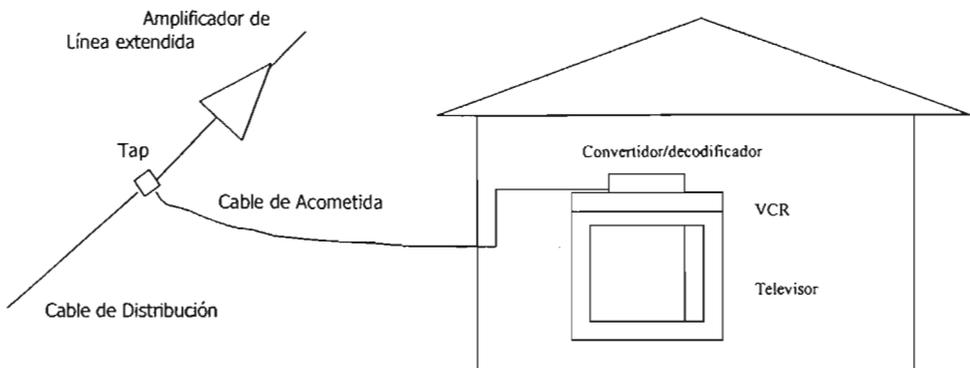


Figura 1.21 Equipo terminal y cable de Acometida

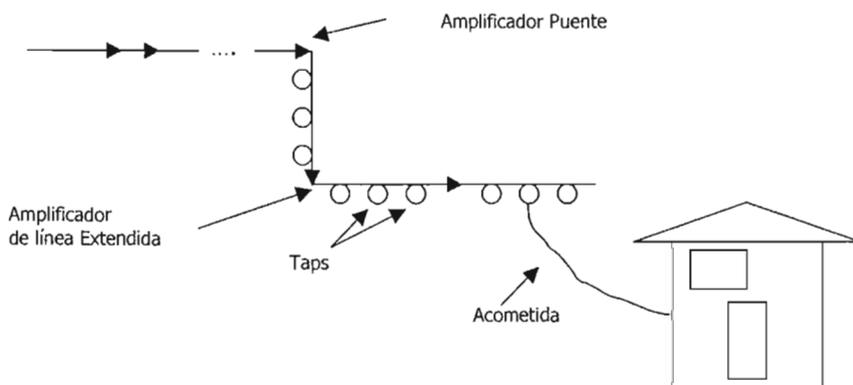


Figura 1.22 Red de Distribución

La red troncal del sistema de cable transporta las señales desde la cabecera hasta la red de distribución. Su principal objetivo es cubrir dicha distancia mientras se conserva la calidad de la señal en buenas condiciones. Los amplificadores de banda ancha se requieren aproximadamente cada 600 m (2000 ft) dependiendo del ancho de banda del sistema. El número máximo de amplificadores puestos en cascada está limitado por el aumento del ruido y la distorsión, aproximadamente pueden ser 20 o 30 amplificadores en cascada en aplicaciones de un ancho de banda relativamente grande. En los antiguos sistemas de cable con muchos menos canales se podían tener hasta 50 o 60 amplificadores en cascada. Aproximadamente el 12 % de la longitud del sistema de cable esta en la red troncal.

La cabecera es el punto de origen de las señales en el sistema de cable. Tiene antenas parabólicas u otros tipos apropiados de antenas para recibir las señales enviadas por satélite, antenas de alta ganancia para recibir señales de TV distantes, máquinas para reproducir programas grabados e inserción de comerciales y estudios de origen local y programas en vivo. El origen local es la programación sobre la cual el operador de cable tiene control de la edición y puede abarcar desde eventos ocasionales hasta una colección de programas de televisoras independientes. Con frecuencia, la cobertura móvil de eventos es proporcionada mediante enlaces de microondas hacia la cabecera. El origen local también incluye texto alfanumérico y video, aunque en algunos sistemas el texto en la única forma de origen local.

CABECERA O HEAD END

Originalmente la televisión por cable surgió como un servicio de antena comunitaria para favorecer a los lugares en donde no se tenía buena recepción debido a que la señal era muy débil como por ejemplo ciudades localizadas en zonas montañosas. Como el cable y la TV abierta han aprendido a cooperar, se está haciendo muy común que las cabeceras sean suministradas con alimentación directa de las televisoras, de esta manera, las señales son recogidas mediante antenas aéreas del tipo Yagi o del tipo logaritmo-periódicas (logarítmicas).

Recepción de televisión por satélite

Las dos bandas más utilizadas para el servicio de satélite son la banda C (3.7 – 4.2 GHz) y la banda Ku (11.7 – 12.2 GHz). Para la recepción de señales de satélite se utilizan diferentes tipos de antenas, pero generalmente se utilizan antenas de plato parabólico, en el cual la superficie parabólica se utiliza para recoger la señal, esta señal es enfocada en el receptor de la antena conocido como alimentador donde la señal es amplificada por un amplificador de bajo ruido (LNA) y

posteriormente convertida a una frecuencia más baja por un bloque convertidor de bajada. Generalmente se combinan el amplificador de bajo ruido con el convertidor de bajada en una sola unidad (LNB) y se instala directamente en la antena. La banda más común para convertir las señales es 950 – 1450 MHz. El LNB abarca toda la banda la cual es convertida en su totalidad a frecuencia intermedia y sale por cable coaxial eliminando la necesidad de guías de onda. Los LNB actuales tienen ganancias típicas de 60 a 70dB y temperaturas de ruido de 45°K a 150° K en banda Ku y desde 20 °K en banda C.

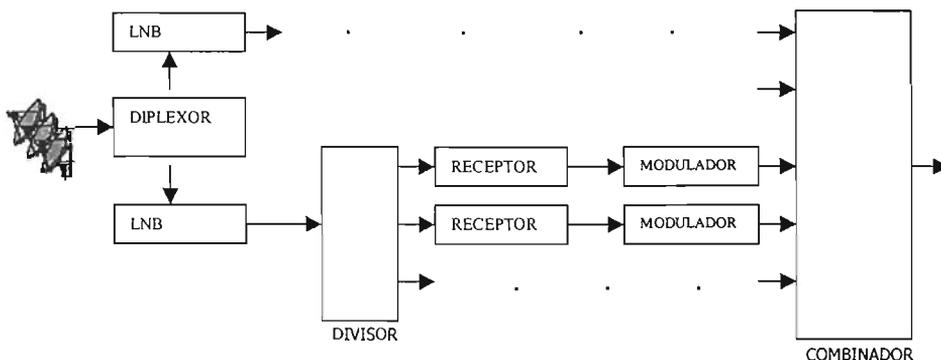


Figura 1.23 Sistema de recepción de señales por satélite

OTROS MÉTODOS DE RECEPCIÓN DE TELEVISIÓN EN LA CABECERAS.

Aunque los métodos más comunes para la recepción de señales en las cabeceras son tanto por antenas aéreas como por satélite, existen otros métodos que quizá tomarán más importancia en el futuro.

En los primeros días de la industria de cable era muy común usar microondas de FM terrestres para llevar las señales a la cabecera desde estaciones de televisión lejanas. Muchos de estos enlaces han sido reemplazados con fibra óptica o con estaciones de televisión cerrada, aunque unos enlaces permanecen en operación. Los estándares utilizados para la modulación eran muy similares a los usados para satélites.

Un número moderado de estaciones de televisión ahora están usando alimentación directa desde estudios hasta la cabecera de cable. La estación de televisión local prepara una edición especial para uno o más sistemas de cable. Otras programaciones pueden ser más complicadas, ya que son producidas tanto por la estación de televisión como por el operador de cable. Algunos métodos son utilizados para el transporte de señales a la cabecera, los más populares son analógicos usando cable coaxial o fibra óptica, aunque la tendencia se inclina a la transmisión digital usando la fibra óptica.

Origen Local

Finalmente, el origen local de los programas de TV es practicado en muchos sistemas. Está hecho directamente en lo estudios operados por las compañías de cable que contienen equipo similar al que existe en las estaciones transmisoras. Mucha de la programación se origina en cintas de formatos VHS, súper VHS, y de 3/4 de pulgada. Se utilizan correctores de tiempo para compensar los inevitables errores causados por la inconsistente velocidad de la cinta ya sea por computadoras o pueden ser también controladas manualmente. La principal ventaja es el almacenamiento del origen local ya que utiliza servidores de archivos de video. Los programas son digitalizados y comprimidos, utilizando la compresión MPEG. Una vez comprimido, el programa es almacenado en un gran servidor de archivos y al tiempo programado el servidor envía el archivo a un convertidor

MPEG-NTSC (para canales analógicos) y convierte la señal en analógica. Este tipo de sistemas tuvo mucho éxito en la inserción de comerciales (ad insertion), pero se verá en aplicaciones futuras de programación de formatos largos.

PROCESAMIENTO DE LA SEÑAL EN LA CABECERA

A continuación describiremos los dispositivos más comúnmente utilizados en las cabeceras para darle un formato adecuado a las señales para la transmisión en la planta de cable. Estos dispositivos incluyen procesadores de señal, que son dispositivos de RF usados para tomar las señales de TV desde el aire o desde un cable entrante para introducir las a la red de cable; también se incluyen los moduladores, transmisores que aceptan las señales de audio y video en banda base y las convierten a una canal en RF; los demoduladores que hacen lo contrario, es decir, convierten una señal RF en una señal en banda base de audio y video; los codificadores estereofónicos que convierten los canales izquierdo y derecho de audio al formato estéreo usado en la transmisión de televisión.

Se utilizan diagramas a bloques para describir los equipos comúnmente disponibles, aunque se pueden encontrar variaciones en la realidad o los equipos pueden no funcionar exactamente como se describe a continuación como consecuencia de las diferencias en los diagramas a bloques.

PROCESADORES DE SEÑAL.

Los procesadores de señal de RF son normalmente usados para transferir señales entrantes con modulación VSB-AM (modulación en amplitud con banda lateral vestigial) desde antenas aéreas o cables que entran directamente a la planta de CATV. Consta de una sección de entrada compuesta de filtros para eliminar cualquier interferencia, circuitos CAG para estabilizar el nivel de salida y etapa de amplificación; una sección de FI a 45.75 MHz para la portadora de video y 41.25 MHz para la portadora de audio. Y finalmente cuenta con una sección de salida donde se ajustan los niveles de las portadoras de la señal compuesta por audio y video, se amplifica y se mezcla con la señal de un oscilador local para asignarle una frecuencia de canal de salida. Este dispositivo puede cambiar el canal (la frecuencia) de la señal y el nivel relativo de la portadora de sonido. Opcionalmente se tiene una portadora en standby (en espera) en caso de que la señal de entrada se vaya o desaparezca por algún motivo. Se puede intercambiar entre diferentes fuentes de señales de FI para optimizar el uso de un canal.

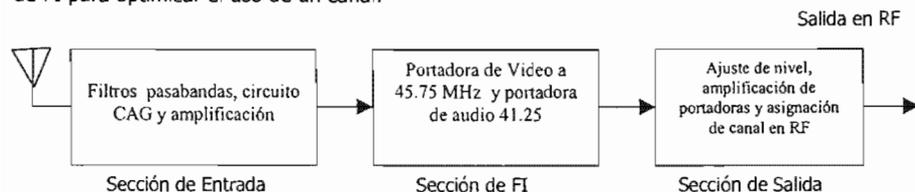


Figura 1.24 Diagrama a bloques del procesador de señal

MODULACION

Para que las señales puedan insertarse en la red de CATV, deben ser ubicadas en el espectro para después combinarse con las demás señales y así ser transmitidas. Estas señales son voltajes de audio y video en banda base que se ubican en una frecuencia portadora de audio y video de televisión por un dispositivo conocido como *Modulador*. La salida de este modulador es una portadora en RF que contiene las señales de audio y video de TV.

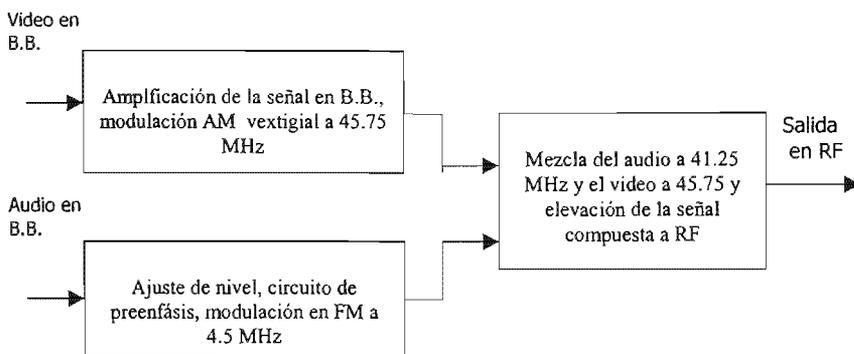


Figura 1.25 Diagrama a bloques de una Modulador

La señal de video en banda base (B.B.), se conecta al modulador y en la primera etapa del proceso, se amplifica, se modula en AM pasando a FI y se elimina una de las bandas laterales (la banda lateral inferior) mediante un filtro de banda lateral vestigial. Por su parte el audio balanceado se amplifica y pasa al modulador de FM que genera una subportadora de audio de 4.5 MHz. Mediante un mezclador de FI la señal de audio de 4.5 MHz se convierte a una subportadora de 41.25 MHz. Posteriormente, se conecta a un filtro de banda lateral vestigial donde se agrega a la señal de video en FI a 45.75 MHz. Esta señal en FI combinada alimenta a un divisor para obtener dos salidas, una que está disponible para utilizarse en otro equipo, y la otra que pasa a un mezclador en la sección de salida para que mediante la ayuda de un oscilador local se produzca la portadora en RF a una frecuencia de señal de TV. Esta salida se filtra y se amplifica antes de enviarse al conector de RF. El amplificador proporciona una salida de aproximadamente +60 dBmV de nivel máximo.

DEMODULACIÓN

Un tercer elemento utilizado en la cabecera es el demodulador que tiene como principales funciones, además obviamente de la demodulación, la de chequeo de calidad, recuperación de señales aéreas para propósitos de apoyo, para poner las señales en una ruta de transporte digital, y como interfaces para sistemas de microondas de FM. Este dispositivo cuenta con una sección de RF similar a la del procesador, una sección de FI donde se recuperan las señales de banda lateral vestigial de la señal de video por medio de filtros especiales, se cuenta también con circuitería CAG necesaria para mantener la señal a un nivel constante independiente de las variaciones en la señal de entrada y una sección de demodulación de la portadora de video y audio por separado.

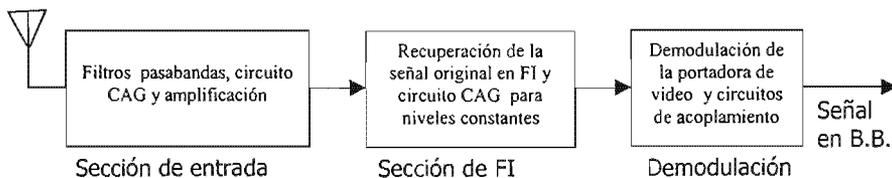


Figura 1.26 Diagrama a Bloques de un Demodulador

INSERCIÓN DE COMERCIALES.

La inserción de comerciales en los programas transmitidos por varios programadores es una fuente importante de ingresos para muchos sistemas de cable. Las redes tienen tiempo disponible cada hora para venta de comerciales por los sistemas de cable local. El control de inserción se hace por la propia red, la cual transmite tonos de señal para iniciar el set de comerciales locales y tonos para transferirlos a la red.

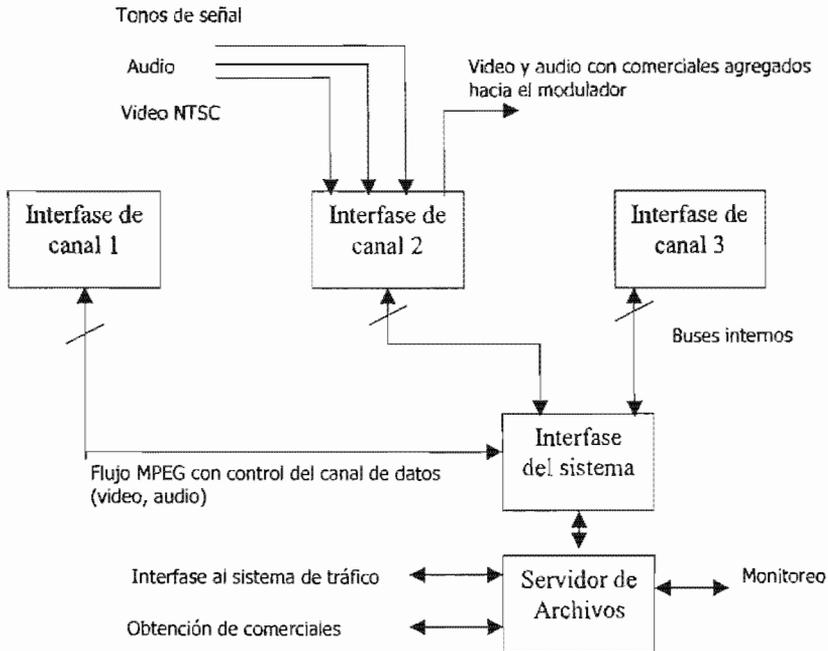


Figura 1.27 Sistema de servidor de archivos de video para la inserción de comerciales

Anteriormente, la inserción se hacía utilizando reproductores de cinta analógicos controlados por computadoras. Hoy en día, los servidores de archivo han remplazado a los reproductores en los sistemas más recientes. El servidor por sí mismo es una estación de trabajo optimizada para transferir archivos digitales grandes cargados a su disco duro interno mediante una interfase hacia el exterior. También se enlaza con un sistema de tráfico que proporciona el horario para reproducir los comerciales que normalmente se comprimen utilizando codificación MPEG-2. Un servidor de archivos es capaz de suministrar datos lo suficientemente rápido para dar servicio a un número de canales simultáneamente. El servidor de archivos "reproduce" el archivo a través de una interfase de sistema, a una interfase de canal individual, la interfase de canal recibe el audio y video analógicos (o digitales) desde alguna fuente con tonos de señal. Usualmente, los tonos de señal se transmiten en las subportadoras de audio ya que este se transmite digitalmente con el video. Por medio de demoduladores de FM, se recuperan los tonos de señal que pasan al servidor de archivos, donde se inicia la reproducción de comerciales.

En una interfase de canal individual. El video NTSC se suministra a un switch que permite la conmutación del video entrante por un comercial. La sincronía se extrae del video para permitir que el video insertado sea sincronizado con el video entrante, un requerimiento para la conmutación entre las fuentes. Un decodificador MPEG recibe el video desde el servidor de archivos

y lo convierte a video NTSC. Los tonos de señal se suministran a un detector que los pasa al servidor de archivos.

El audio y el video del sistema de inserción se suministran a un modulador y a un codificador en estéreo para transmitirlos a los usuarios. Si el video insertado está apropiadamente sincronizado con el video entrante, y la conmutación entre ambas señales se realiza en el intervalo de blanqueo vertical, el suscriptor no notará el cambio ni escuchará los tonos de señal, debido a que estos se transmiten en otro canal diferente al utilizado para el audio del programa.

CABLE COAXIAL PARA CATV

Los cables coaxiales tienen las mejores características de transmisión dentro de la variedad de cables de cobre que existen en la actualidad para comunicaciones, por lo que se consideran la solución ideal para el transporte de señales de radiofrecuencia (5-1000 MHz.).

El uso de cables coaxiales es paralelo al desarrollo tecnológico de equipos de comunicación y aparatos de laboratorio que funcionan en MHz. Su crecimiento inicial acompañó al del radar y el radio para comunicaciones militares; por ello, una de las normas más antiguas de la década de los años cuarenta y que aún se utiliza como referencia en varios países, es la norma militar estadounidense MIL-C-1 7. Todos los cables basados en esta norma conservan las siglas RG y un número que identifica la construcción de un cable en particular.

En la actualidad, el uso de equipo electrónico de entretenimiento: televisión, radio en FM, videograbadoras y juegos electrónicos en general, ha propiciado el contacto del consumidor con los cables coaxiales, que por sus características mantienen o mejoran las propiedades de transmisión de los RG, pero que son diseñados para usos menos rudos. El principal ejemplo de esto son los cables CATV para acometida a usuarios de TV por cable, o distribución de señal de antena maestra.

En un cable coaxial, la malla exterior tiene una función doble: es el conductor de retorno de la línea de transmisión, y es un blindaje para reducir la interferencia que el cable pueda emitir o captar del exterior.

En todos los cables coaxiales rígidos, el conductor exterior es un tubo de aluminio; presentan menor atenuación de señal de alta frecuencia y al mismo tiempo pueden transmitir energía para alimentar amplificadores. Se usan en la parte troncal y ramales de distribución para TV por cable, y otros servicios de banda ancha.

El tipo de cable utilizado generalmente en una la red troncal, consiste en un conductor grueso central de aluminio que está recubierto de cobre. El conductor exterior o blindaje es también de aluminio en forma tubular. El espacio interior está relleno de espuma de polietileno y soporta al conductor interior situado exactamente en el centro. El diámetro del cable es aproximadamente de $\frac{3}{4}$ de pulgada, (19.1 mm). Algunos tipos de cable de red troncal son huecos, con el conductor interior soportado por perlas de plástico regularmente espaciadas. Cuanto mayor es el diámetro del cable menor es la atenuación; pero los cables de gran diámetro no son flexibles y son difíciles de instalar.

Con líneas aéreas de postes largos el cable mensajero está enfundado en una camisa o cubierta exterior, y colgado de un hilo de suspensión de acero.

Las líneas de enlace subterráneas o subacuáticas son de cables con camisa impermeable de polietileno. Además hay cables acorazados con una capa en espiral de alambre de acero. En algunos sistemas se combinan dos cables en una sola camisa exterior, estos se denominan cables siameses.

El cable utilizado en la red de distribución es análogo al anterior pero de menor diámetro; se pueden utilizar cables más delgados si el recorrido no es demasiado largo.

La acometida es generalmente de cable coaxial RG 59U. Este cable es flexible porque para el blindaje o apantallamiento exterior se utiliza una trencilla de cobre. Su diámetro es de $\frac{1}{4}$ de pulgada (6.35 mm), incluyendo la camisa exterior de polietileno que impermeabiliza al cable.

Pérdidas en el Cable

En la práctica se disipa alguna energía en la propia línea. El resultado es la atenuación de la señal. Hay tres causas de atenuación:

1. Pérdidas I^2R producidas por la corriente en los conductores.
2. Pérdidas dieléctricas en el aislador entre los conductores. Recuérdese que en la banda VHF las frecuencias de las señales pertenecen a la gama de radiofrecuencias.
3. Efecto pelicular. La corriente de RF fluye más en la superficie del conductor que en su masa central. A causa de la menor área para la corriente, la resistencia en CA del conductor aumenta.

Las pérdidas aumentan de modo directamente proporcional a la raíz cuadrada de la frecuencia f . En un caso práctico, las frecuencias del canal 13 son de 210 a 216 MHz que son unas 4 veces más altas que la del canal 2 de 54 a 60 MHz. En $4f$ las pérdidas de la línea para el canal 13 son iguales a $\sqrt{4}$ de 4, o el doble de las pérdidas para el canal 2.

Los diseñadores de sistemas de distribución por cable piensan en términos de atenuación de señal por unidad de distancia de la línea. Así, supongamos que un cable particular tiene una atenuación de 1 dB por cada 100pies (30.5 m). La pérdida es 6 dB en 600 pies (183 m) y 20 dB para 2000 pies (610 m). Una pérdida de 6 dB de tensión significa la mitad de la señal.

Factores Prácticos en la Selección del Cable.

- Costo de manufactura (el cual variará dependiendo del diámetro)
- Peso (que afecta el costo del soporte de la estructura en líneas aéreas)
- Diámetro (que afecta el tamaño de la canalización tanto para líneas subterráneas como aéreas, además del costo de los conectores)
- Pérdidas (limita la distancia entre amplificadores)
- Coeficiente de expansión mecánica (afecta la cantidad de caída que se debe utilizar para líneas aéreas)
- Costo de los conectores (relacionado con el tamaño del cable)
- Recubrimiento (aunque los conductores externos sólidos proporcionan un aislante perfecto, los recubrimientos trenzados pueden proporcionar una protección adecuada en algunas aplicaciones.)
- Protección del medio ambiente (capas de protección mecánica, compuestos para la protección contra el ingreso del agua, etc.)
- Características de manejo (radio de doblado, resistencia de compresión, resistencia a fuerzas de estiramiento, etc.)
- Resistencia eléctrica y capacidad para llevar corriente a bajas frecuencias.

En términos sencillos, la selección del cable óptimo, para el diseño de la red de distribución consiste en comparar el costo del cable (y los componentes asociados) por decibel de pérdida con el costo por decibel de amplificación para vencer dichas pérdidas y escoger la combinación más barata. Por supuesto, en el diseño de sistemas prácticos se incluyen muchos otros factores que pueden afectar la última decisión.

Cable troncal y de distribución

El cable más común para el diseño de distribución utiliza una cubierta de aluminio sólido, un dieléctrico espumoso de polietileno, y un conductor central de aluminio revestido de cobre. El uso del aluminio ofrece la mejor combinación en cuanto a costo, características de manejo, peso y fuerza, mientras que el dieléctrico ofrece bajas pérdidas, protección contra la humedad, y fuerza mecánica para el conductor central. Por su rigidez, comparado con cables que utilizan forro de alambre trenzado, los cables troncal y de distribución utilizan esta estructura básica conocida como cable "hard-line". El uso de un conductor central de aluminio proporciona un par para el coeficiente

de expansión del forro, mientras que el revestimiento de cobre proporciona una baja resistencia para RF.

La necesidad de proporcionar baja resistencia a la potencia, así como bajas pérdidas en RF, ha permitido el uso de cables con diámetros de recubrimiento exterior de 0.412 a 1.125 pulgadas, con los cables más largos utilizados donde la distancia de cobertura es superior, y los cables más pequeños utilizados para las distancias más cortas y casos donde una cantidad sustancial de pérdida es debido más a las derivaciones que a los cables. Esta familia de cables está etiquetada por el diámetro del forro exterior en milésimas de pulgadas; por ejemplo, "500 cable" se refiere a un cable *hard-line*, con un diámetro de forro externo de 0.500 pulgadas. Los diámetros más comunes incluyen 0.412, 0.500, 0.625, 0.750, 0.825 y 1.000 pulgadas.

Los siguientes son los parámetros más importantes referidos al coaxial de .500, los mismos fueron extraídos de "The Cable Book II" de TFC.

Especificaciones físicas		
Dimensiones nominales	pulgadas	milímetros
Conductor	0.109	2.77
Aislación	0.450	11.4
Espesor Conductor Externo	0.025	0.64
Diámetro Conductor Externo	0.500	12.7
Revestimiento	0.580	14.7
Portante	0.109	2.77
Peso Nominal [lb/1000ft] [Kg/Km]	154	230
Peso Nominal (por carrete) [lb] [Kg]	463	210
Longitud nominal (por carrete) [feet] [m]	2350	716
Fuerza de tracción máxima [lb] [Kg]	900	410
Radio mínimo de curvatura [in][mm]	4.0	100
Fuerza de ruptura del portante [lb] [Kg]	1800	820
Medidas de las bobinas [in] [cm]	42*18*18	107*46*46

Especificaciones Eléctricas		
Resistencia Nominal @ 20°C (68°F)	Ohms por 1000	
	pies	metros
Conductor Central Aluminio revestido en Cobre		
Conductor Central	1.35	4.43
Conductor Externo	0.36	1.18
Lazo	1.70	5.58
Impedancia	75 +/- 2 ohms	
Velocidad de propagación	87 % Nominal	
Capacitancia Nominal	15.76 pF/ft	51.2 pF/m

Atenuaciones Máximas @ 20°C (68°F)		
Frecuencia [Mhz]	dB/100ft	dB/100m
5	0.16	0.52
55	0.55	1.80
211	1.08	3.55
250	1.19	3.92
270	1.24	4.07
300	1.31	4.30
330	1.38	4.54
350	1.43	4.69
400	1.53	5.02
450	1.63	5.35
500	1.73	5.68
550	1.82	5.97
600	1.91	6.27
750	2.16	7.09
870	2.35	7.69
1000	2.53	8.30

Tabla 1.7 Parámetros para cable coaxial .500

Otra medida utilizada principalmente en sistemas de CATV es la .750, se reserva el uso de esta medida principalmente para líneas troncales. A pesar de la poca diferencia en diámetro del mismo, comparado con la de un .500, los costos principalmente de instalación crecen mucho. Los

siguientes son los parámetros mas importantes referidos al coaxial .750, los mismos fueron extraídos de "The Cable Book II" de TFC.

Especificaciones físicas		
Dimensiones nominales	pulgadas	milímetros
Conductor	0.166	4.22
Aislación	0.678	17.2
Espesor Conductor Externo	0.036	0.91
Diámetro Conductor Externo	0.750	19.1
Revestimiento	0.850	21.6
Portante	0.250	6.35
Peso Nominal [lb/1000ft] [Kg/Km]	380	565
Peso Nominal (por carrete) [lb] [Kg]	1217	552
Longitud nominal (por carrete) [feet] [m]	2400	731
Fuerza de tracción máxima [lb] [Kg]	3325	1508
Radio mínimo de curvatura [in] [mm]	7.0	108
Fuerza de ruptura del portante [lb] [Kg]	6650	3016
Medidas de las bobinas [in] [cm]	63*26*40	160*66*102

Especificaciones Eléctricas		
Resistencia Nominal @ 20°C (68°F)	Ohms por 1000	
Conductor Central	0.58	1.90
Conductor Externo	0.17	0.56
Lazo	0.75	2.46
Impedancia	75 +/- 2 ohms	
Velocidad de propagación	87 % Nominal	
Capacitancia Nominal	15.76 pF/ft	51.2 pF/m

Atenuaciones Máximas @ 20°C (68°F)		
Frecuencia [Mhz]	dB/100ft	dB/100m
5	0.11	0.36
55	0.37	1.21
211	0.73	2.41
250	0.81	2.65
270	0.84	2.76
300	0.89	2.92
330	0.94	3.08
350	0.97	3.18
400	1.05	3.44
450	1.12	3.67
500	1.18	3.87
550	1.25	4.10
600	1.31	4.30
750	1.48	4.86
870	1.61	5.28
1000	1.74	5.71

Tabla 1.8 Parámetros para cable coaxial .750

Otras versiones del mismo cable están disponibles con el conductor central de cobre sólido para usos donde se requiere reducir las pérdidas de la potencia a 60Hz. Incluyen distintas opciones de protección como camisas de polietileno de varios diseños y grados de resistencia al sol y al fuego, componentes sumergidos (una sustancia insertada entre el forro y la camisa para evitar el ingreso del agua), y cubiertas de acero adicionales para la resistencia a la compresión.

Una variación de este diseño utiliza aire como dieléctrico con soportes de conductor central. Este diseño tiene un diámetro ligeramente más pequeño para las mismas pérdidas por pie por sus bajas pérdidas dieléctricas y baja razón de forro a diámetro del conductor central. Se requieren características de diseño especial para prevenir el ingreso de agua, para mantener al conductor en el centro, compresión y flexibilidad.

Cable de Acometida

En los sistemas de cable típicos se toma un poco más de la mitad de la longitud del cable para la acometida. Por esta razón el costo es un parámetro importante así como el peso y la apariencia. En Norteamérica se tienen 4 medidas más comunes para cable de acometida, como se muestran en la siguiente tabla.

Designación de medida	59	6	7	11
Diámetro aproximado sobre la cubierta en pulgadas	0.24	0.27	0.34	0.40

Tabla 1.9 Designaciones más comunes para cable de acometida

Estos cables se construyen utilizando un conductor central de acero revestido de cobre, un dieléctrico de espuma, un forro hecho de al menos una capa de lámina de aluminio, una capa de trenza de aluminio y una cubierta de plástico. Las capas adicionales de lámina y trenza son opcionales para obtener una mayor protección. Aunque la medida 59 de cable es la elección desde siempre para la industria de televisión por cable, la número 6 es también utilizada en los sistemas modernos, debido al uso de frecuencias cada vez más altas. Las medidas más largas se reservan para cables de acometida de mayor duración. El material utilizado para el recubrimiento es normalmente PVC o polietileno. Los cables utilizados para acometidas que van por encima del techo frecuentemente incluyen un miembro separado de acero (mensajero) encerrado en la misma estructura de plástico.

Componentes para la distribución de las señales en la red

Una vez procesadas las señales en la cabecera, ya están listas para ser enviadas hasta los usuarios por medio de la red de CATV, la transmisión de dichas señales requiere del uso de distintos elementos necesarios para mantener una calidad en las señales, además de la buena distribución de estas por toda la red. A continuación se describen estos elementos.

AMPLIFICADORES

Los amplificadores de televisión por cable son principalmente utilizados para amplificar las señales de TV (para compensar las pérdidas) y así mejorar la calidad de la señal antes de enviarlas a cada usuario. Además de esto, los amplificadores de CATV proporcionan las siguientes funciones:

- Amplifica las señales sobre un gran ancho de banda para la transmisión de la señal en múltiples canales.
- Logra una mínima distorsión y una fluctuación característica de frecuencia.
- Una impedancia característica de entrada/salida de 75Ω.
- En muchos casos se requiere de un dispositivo bidireccional.
- Ganancia variable para responder a cambios del medio ambiente.

Los amplificadores de CATV se alimentan directamente de la línea coaxial, por lo tanto parte de su circuitería esta destinada a separar del coaxial su alimentación de AC que normalmente es de 60VAC o 90 VAC.

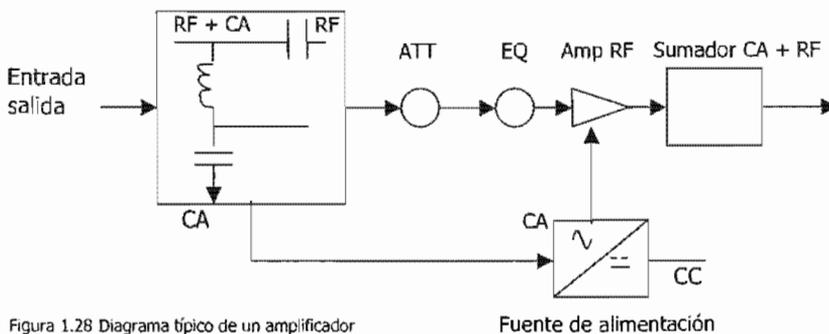


Figura 1.28 Diagrama típico de un amplificador

Fuente de alimentación

En la figura 1.28 están claramente definidos los dos caminos diferentes. Uno de AC (60 o 90V / 50Hz) y otro de RF. Este último admite circulación de señales de RF en un solo sentido.

En la siguiente figura, vemos un amplificador que permite la utilización bidireccional de una red, siendo la distribución de frecuencias:

Vía directa --> 50-750MHz (Alta RF -H)

Vía Inversa o retorno --> 5-30MHz (Baja RF - L)

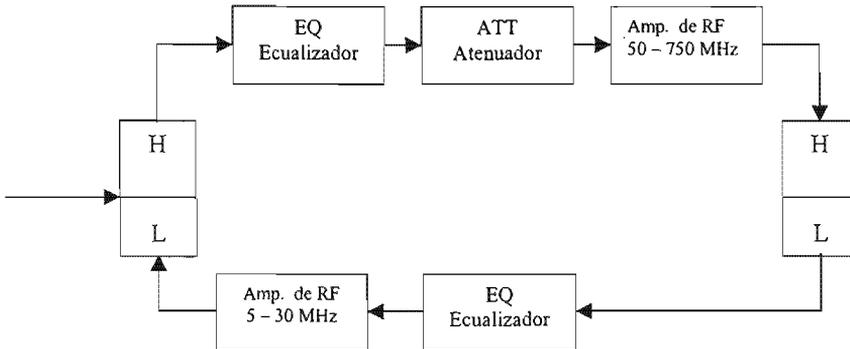


Figura 1.29 Amplificador Bidireccional.

La atenuación del cable está en función de la temperatura y de la edad de los componentes. En un sistema de cierta longitud con amplificadores modernos, se utiliza una señal piloto para regular circuitos con capacidad de control automático de ganancia (AGC) y/o una segunda señal piloto sustancialmente diferente a la frecuencia de la primera se utiliza para monitorear la pendiente de la atenuación característica y así introducir la compensación necesaria mediante un control automático de pendiente (ASC). Denominados también ALSA en el caso de que posean ambos controles automáticos.

Los principales tipos de amplificadores utilizados para CATV son:

Amplificador de Troncal. El diseño objetivo de la parte troncal del sistema de cable es transportar la señal a distancias sustanciales con la mínima degradación posible. A distancias significantes, se utiliza ya sea la fibra o los cables con bajas pérdidas, los más comunes para la parte troncal son los cables de 1 y $\frac{3}{4}$ de pulgada mientras que el cable de $\frac{1}{2}$ pulgada se utiliza mucho para la parte de distribución. Los niveles de señal en la salida de los amplificadores de la parte troncal son de 30 a 32 dBmV dependiendo del equipo utilizado. Estos están insertados a intervalos regulares a lo largo del cable troncal para compensar las pérdidas. Operan a niveles de salida que causan solo una moderada distorsión para así permitir largas cascadas de amplificadores. La unidad que se utiliza para las señales del cable es el decibel por encima de 1 mV (dBmV). Normalmente, los niveles de salida de los canales más altos son de +35 a +40 dBmV, y la ganancia es cerca de 22 dB con los amplificadores son espaciados por 20 dB. La distancia real en ft es una función de la máxima frecuencia llevada y la atenuación característica del cable. Con el advenimiento de los sistemas híbridos HFC que permiten producir cascadas muy cortas de amplificadores y una gran capacidad de canales, la tendencia es hacia un espaciamiento de 30 a 40 dB. Ya que la atenuación varía con la frecuencia, el espectro en el cable coaxial desarrolla una pendiente que es compensada en las estaciones de amplificación con redes de ecualización. Para los amplificadores troncales de intemperie en un sistema aéreo, estos se montan en un poste y la potencia la obtienen de una toma o derivación de las líneas de servicio eléctrico.

Ya que la señal no es derivada repetidamente en la parte troncal del sistema, no se requieren altos niveles de potencia para compensar las pérdidas. Como resultado, los niveles son

más bajos que en la parte de distribución; normalmente estos niveles son cercanos a los 30 dBmV. La mayoría de los amplificadores de troncal operan dentro de su región lineal. El reto principal de estos amplificadores es mantener el ruido bajo control ya que cada vez que el número de amplificadores se duplica en cascada la C/N se decrementa 3 dB y al final de la cascada el CTB (del que se habla posteriormente) se incrementa en 6dB.

Amplificador Puentes Este tipo de amplificador alimenta a una rama de abonado de la red troncal. La ganancia típica es de 20 a 40 dB. La salida es para las líneas individuales de abonado.

Se toma una muestra de la señal de salida, se le amplifica y luego se le divide en dos, tres o cuatro salidas "bridger" o de distribución constituirá la red de distribución que dispone de los elementos pasivos (Taps), donde finalmente obtendremos la señal para el abonado. En algunos casos, los amplificadores troncal y de puente están colocados en la misma caja de intemperie. Se puede utilizar un atenuador adicional en la entrada al amplificador de puente para equilibrar los niveles de señal.

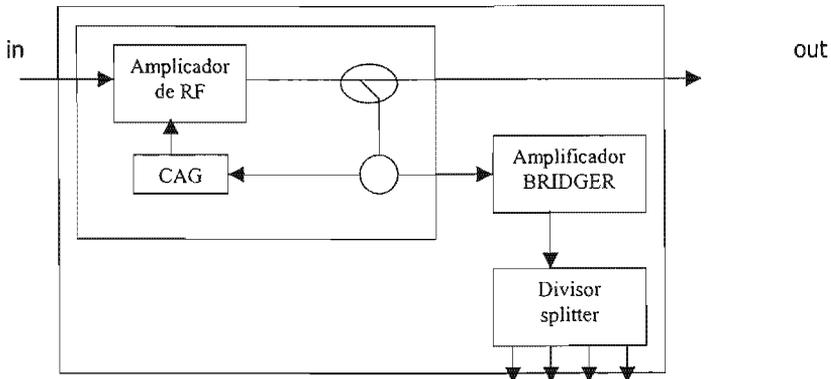


Figura 1.31 Amplificador de distribución o BRIDGER

Amplificadores de Línea Los tramos largos de línea desde el amplificador puente pueden requerir amplificadores de línea que se insertan en la línea del abonado para compensar las pérdidas en ella. Este amplificador aumenta las líneas de abonado o acometidas que se pueden derivar de una extensión de línea. La ganancia típica es también de 20 a 40 dB y son la clasificación más simple de amplificador.

Parámetros de un amplificador de CATV

La evaluación eléctrica de un amplificador está determinada por parámetros tanto de la red como del espectro.

Medidas de la Red

- Amplitud (ganancia)
- Retardo de fase o grupo
- Relación de onda estacionaria (SWR) y pérdidas de retorno.

Medidas del espectro

- Beat de tercer orden (Composite triple beat, CTB)
- Beat de segundo orden(Composite second order beat, CSO)
- Distorsión por modulación cruzada
- Distorsión por intermodulación
- Modulación de zumbido (HUM)

Generalmente, la distorsión de la señal es inducida por la característica no lineal de un dispositivo de transmisión. Por ejemplo, la distorsión de la modulación es causada por múltiples señales que pasan a través de un dispositivo con una función de transferencia no lineal. Ya que cada amplificador de CATV siempre amplifica un número de señales, puede causar una variedad de distorsiones debido a la intermodulación si la característica no lineal reside en el dispositivo. La distorsión de modulación presente en un canal también puede afectar un poco a otro canal dónde una señal de TV pueda estar presente. Por ejemplo, si la distorsión de la modulación mutua aparece en dos señales; 131.25 MHz (f1) y 137.25 MHz (f2), entonces la señal en el canal adyacente de 125.25 MHz (2f1-f2) puede distorsionarse. En la práctica, cada amplificador real involucra algún funcionamiento no lineal, sobre todo a los niveles de potencia más altos.

Beat de tercer orden. Ya que la parte de distribución de la planta debe operar a altos niveles de potencia, los efectos no lineales llegan a ser muy importantes. Como sabemos, la señal de televisión tiene principalmente tres portadoras: la portadora de video, la portadora de audio y la subportadora de color. Siendo la portadora de video la más fuerte y la subportadora de color la más débil. Estas concentraciones de energía en el dominio de la frecuencia dan lugar a una amplia gama de beats cuando se tienen no linealidades. Para minimizar estos efectos, la portadora de audio se atenúa alrededor de 15 dB por debajo de la portadora de video.

Cuando los sistemas de cable llevaban solo los 12 canales de VHF, las distorsiones de segundo orden creaban productos del espectro que resultaban de la banda de frecuencia de interés. Como se agregaban canales para llenar el espectro, los efectos de segundo orden eran minimizados a través del uso de circuitos de salida balanceados en los amplificadores. La componente de tercer orden de la característica de transferencia domina en muchos de estos diseños. El efecto total de todas las portadoras "golpeando" (beating) unas contra otras da lugar a una interferencia llamada beat (golpe) de tercer orden o composite triple beat (CTB) y es el golpeteo (beat) que existe entre tres portadoras o una armónica y una portadora, que cae sobre la portadora de otro canal.

Por ejemplo: CH2+CH7-CH4=55,25+175,25-67,25=163,25 (Coincide con CH21)

Puede suceder que sobre la portadora de un cierto canal se ubiquen varios beats, con lo que es evidentemente, que cuanto mayor sea la cantidad de beats, mayor será la degradación. A su vez es evidente también, que a mayor cantidad de canales, mayor la cantidad de beats posibles.

Esto se refleja en la pantalla como líneas diagonales moviéndose a través de la imagen y cuando estas componentes caen en la parte del espectro que lleva la información de color, aparece un arco iris en la pantalla.

Los motivos del incremento del beat de tercer orden son:

- Estas distorsiones de tercer orden se incrementan cerca de 6 dB cada vez que el número de amplificadores en cascada se duplica.
- Niveles muy elevados de salida de los amplificadores (1dB de aumento en el nivel empeora en 2 dB el CTB).
- Otro factor que modifica el CTB es la carga de canales de la red; a mayor cantidad de canales mayor degradación del CTB.

El nivel mínimo esperado en abonado es de -52 dB para el cual la distorsión no se percibe en la pantalla del televisor.

Para un cierto número de amplificadores en cascada:

$$CTB_{\text{total}} = 20 \log (10^{CTB1/20} + \dots + 10^{CTBn/20})$$

Cuanto mayor sea el número de canales mayor será el CTB:

$$CTB_{\text{amplificador}} = CTB_{\text{nominal}} + 10 \log \left[\frac{\text{cantidad de beats nuevos}}{\text{cantidad de beats nominal}} \right]$$

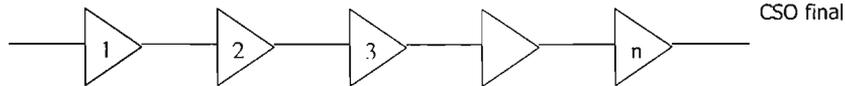
Variación de CTB por nivel:

$$CTB_{\text{amplificador}} = CTB_{\text{nominal}} + 2 * (\text{Nivel}_{\text{salida}} - \text{Nivel}_{\text{salida nominal}})$$

Beat de segundo orden. Es el golpeteo (beat) entre dos portadoras que cae dentro de los 6 MHz de un canal y el efecto en el televisor son rayas delgadas diagonales. La ubicación y valores de las portadoras de TV son tales que cualquier beat de dos de ellas, o cualquier armónica de una de ellas caerá dentro de los 6MHz de otra señal, a una distancia con respecto a la portadora que podrá ser alguna de las siguientes: -1.25, -0.75, +0.75 ó +1.25MHz.

Por ejemplo: CH6 + CH17=83.25MHz + 139.25MHz=22.5MHz (a -0.75MHz de CH24)
 Puede suceder que dentro de la banda de 6MHz de un canal se ubiquen varios beats, con lo que evidentemente cuanto mayor sea la cantidad de beats, mayor será la degradación. A su vez es evidente que a mayor cantidad de canales, mayor es la cantidad de beats posibles. De esta forma, de acuerdo al número de canales, existirá un canal que será el más afectado en CSO.

Para varios equipos en cascada:



$$CSO_{\text{final}} = 15 \log (10^{CSO1/20} + \dots + 10^{CSOn/20})$$

Variación CSO por nivel: Cuanto mayor sea el nivel de salida de los amplificadores, mayor será la posibilidad de aparición de beats. De esta forma, el CSO varía según:

$$CSO_{\text{amplificador}} = CSO_{\text{nominal}} + (\text{Nivel}_{\text{salida}} - \text{Nivel}_{\text{salida nominal}})$$

Esto significa que por cada dB que subimos en el nivel de salida implica 1dB de empeoramiento del CSO.

Variación CSO por N° de canales: Cuanto mayor sea la cantidad de canales, mayor degradación del CSO:

$$CSO_{\text{amplificador}} = CSO_{\text{nominal}} + 10 \log \left[\frac{\text{cantidad de beats nuevos}}{\text{cantidad de beats nominal}} \right]$$

El nivel mínimo esperado en abonado es de -52 dB para el cual la distorsión no se percibe en la pantalla del televisor.

Modulación Cruzada (XMOD). Otra forma de distorsión ocurre cuando en los amplificadores que exhiben distorsión de tercer orden se cargan con señales moduladas en amplitud. Cuando el nivel promedio de cualquier otra señal varía por la modulación, el nivel de salida del canal deseado también variará ligeramente. La prueba estándar para la modulación cruzada es cargar al amplificador con una serie de portadoras moduladas simultáneamente más una portadora no modulada en la frecuencia de prueba; de esta manera el nivel de modulación se mide con respecto a la portadora no modulada. Así, la modulación cruzada se define como la diferencia entre la

modulación cruzada del nivel de banda lateral y la banda lateral que correspondería al 100% de la modulación expresada en decibeles.

Ya que este es causado por la distorsión de tercer orden, el nivel de modulación cruzada varía de la misma manera que el CTB; esto es, el nivel relativo varía en 2dB por cada cambio de 1dB en los niveles de operación.

Cuando la señal deseada es un programa de TV analógico y las señales de modulación cruzada más importante también lo son, la primera indicación visible es una línea horizontal y otra vertical anchas que pueden moverse lentamente a través de la imagen deseada. Esto es causado por los pulsos de sincronía horizontales y verticales de otra señal de TV.

Distorsión por intermodulación. Este tipo de distorsión se produce cuando un espectro de señales, cada una con su portadora que representa la mayor parte de la energía en el canal, se sujetan a una distorsión de segundo o tercer orden pero no producen armónicas sino bandas con ruido cuya amplitud y frecuencia dependen del mecanismo de distorsión (de segundo o de tercer orden).

En la suposición de que sea una distorsión de tercer orden la que domine y que por lo tanto, existen tres productos de frecuencia, los productos de intermodulación que involucran portadoras digitales serán de tres tipos:

- Los productos formados de la mezcla de dos portadoras analógicas y una señal digital aparecerán como bloques de ruido con un ancho de banda igual al de la señal digital.
- Los productos formados de la mezcla de una señal analógica y dos señales digitales parecerán tener un espectro de amplitud contra frecuencia de forma simétrica triangular donde el triángulo tendrá un ancho espectral igual a la suma de los anchos de las dos señales digitales individuales.
- Los productos formados de la mezcla de tres señales digitales parecerán tener una forma Gausiana de banda limitada con un ancho espectral igual a la suma de los anchos de banda de las tres señales mezcladas.

Modulación de zumbido (HUM). Aunque los amplificadores tienen una entrada externa para el voltaje ac, la mayoría de los amplificadores de distribución se energizan vía el voltaje de ac que se multiplexa con las señales en el cable coaxial de distribución. A lo largo de los circuitos procesadores de señal, la estación de amplificador incluye circuitería para separar la potencia de las señales y así conectarla a los circuitos que la convierten a corriente directa.

La modulación en amplitud en las señales transmitidas a la frecuencia de la potencia de la línea (hum) puede ocurrir de dos maneras: un voltaje de ac excesivo a la salida del power pack y una modulación de los componentes con propiedades magnéticas. El "ripple" de la fuente power pack puede modular la ganancia del amplificador o ser acoplado a otros circuitos como un CAG. Este ripple puede resultar de una falla en la fuente power pack o de pérdidas de regulación de voltaje debido a voltaje excesivo entre la fuente de poder y la fuente interna power pack del amplificador.

La modulación magnética no es tan obvia. Considere el circuito de la figura 1.32. La corriente se toma de la entrada del coaxial y se envía a través de L a la fuente power pack del amplificador. El capacitor C sirve para pasar las señales en el amplificador mientras se bloquea el voltaje de la fuente. Finalmente T es el arrollamiento de entrada de cualquier elemento de procesamiento de señal típico como un tap, un divisor, etc.

Una posible fuente de modulación hum es L. Este componente es requerido para exhibir una alta impedancia a frecuencias que cubren el espectro de ida y retorno. Si el centro magnético llegara a saturarse a picos de la corriente de la fuente, entonces la impedancia del amplificador variará de acuerdo con esto, resultando en una variación de nivel de la señal transmitida a la frecuencia de la línea.

T es un componente mucho más sensitivo. Normalmente, estos transformadores están contruidos de tal manera que deben tener características magnéticas constantes sobre rangos de frecuencia extremadamente amplios. Aunque C nominalmente protege a T de la corriente de la

fuente, existe un desplazamiento de corriente que se mantiene ahí. El reto de los diseñadores es asegurar que este nivel de corriente adicional en el arrollamiento de T no cambie las características del transformador.

En el sistema NTSC, la tasa de repetición de marco es 59.94 Hz. Ya que la frecuencia comercial es 60 Hz, la modulación hum normalmente aparece en la pantalla como una barra horizontal o una variación de brillo cuyo patrón se mueve lentamente hacia arriba. En los componentes típicos (tanto amplificadores como elementos pasivos) está especificado tener una modulación hum no mayor a -70dB relativo al 100% de modulación.

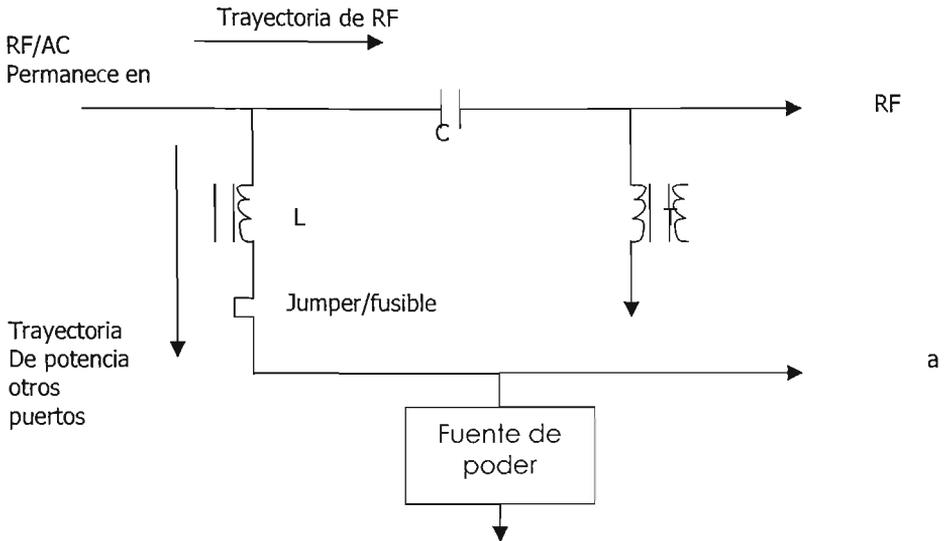


Figura 1.32 Separación de la potencia y RF en amplificadores

COMPONENTES PASIVOS

La naturaleza de los sistemas típicos de distribución de coaxial es que la trayectoria de bajada es dividida para crear muchas terminales desde un punto de inserción de señal común. En la dirección de retorno sucede lo contrario con señales desde muchos puntos de inserción que se combinan en un nodo común. En la cabecera la señales provienen desde moduladores individuales y procesadores de señal que se combinan para crear un espectro completo de bajada, mientras que las señales de subida son divididas para alimentar los receptores de cada servicio.

La señal se divide ya sea dentro del amplificador o mediante componentes autosuficientes. Aquellos que dividen la señal equitativamente se conocen como "splitters" o divisores, mientras que aquellos que desvían una porción definida de la señal de entrada a un puerto se conocen como acopladores direccionales. Finalmente aquellos que desvían una porción de la señal de entrada, la dividen para crear las acometidas de usuario que se conocen como derivadores o "taps". Todos ellos son bidireccionales; esto es, que el mismo dispositivo se puede utilizar para dividir las señales y alimentar múltiples trayectorias o para combinar señales desde múltiples puertos de entrada. Características importantes son pérdidas de la señal, acoplamiento de impedancia y aislamiento entre puertos que lo requieren.

Acopladores Direccionales. La potencia de la señal tomada de la red troncal se debe mantener muy pequeña para que la línea no se cargue excesivamente por todas las acometidas. El dispositivo utilizado para derivar la señal es un acoplador direccional. Es un dispositivo de tres terminales; una de ellas es para la entrada de la señal, otra transporta la señal a través de la red troncal y la tercera deriva la señal de salida.

El acoplador direccional se denomina así porque alimenta una muestra de la señal enviada desde la terminal central, llamada de sentido directo o descendente, pero prescindiendo de la energía reflejada en la red troncal.

Los acopladores direccionales tienen una pérdida de inserción muy pequeña entre las señales de entrada y salida de la red troncal. Un valor típico es -1 dB para la pérdida de inserción de 300 MHz. La pérdida de derivación desde la entrada hasta la salida es típicamente -13 dB.

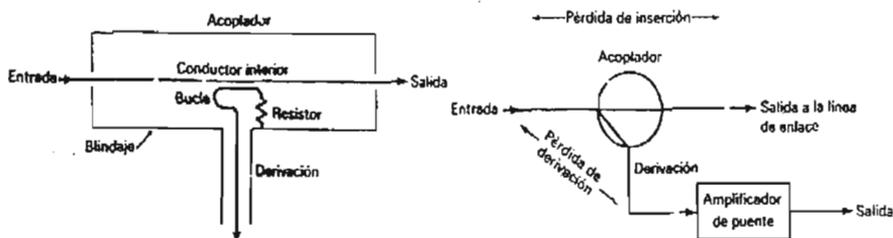


Figura 1.33 Acoplador Direccional

Divisor o splitter. Los divisores de dos vías difieren funcionalmente del acoplador direccional sólo en que la señal dividida es igual. Existen otras configuraciones comunes que incluyen 4 y 8 vías pero todas con divisiones iguales. Las divisiones de tres vías no son iguales, ya que internamente están construidas de un divisor de dos vías, y después una de ellas se vuelve a dividir para crear una razón de salidas de 50% : 25% : 25%.

La figura 1.34 ilustra un divisor simétrico de dos vías con expansión a 4. En la figura a) está el diagrama esquemático de una unidad de 4 vías y en la figura b) está el símbolo estándar con su terminología.

Otras especificaciones importantes de los divisores incluyen pérdidas de inserción normalmente del puerto 1 al puerto 2, con el 3 terminado (o viceversa), y las pérdidas de retorno en cada puerto con los otros puertos terminados.

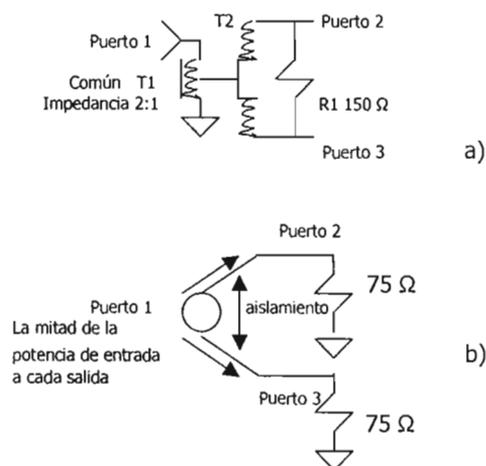


Figura 1.34 Divisor simétrico de 2 vías a) diagrama esquemático b) símbolo estándar

Derivadores o taps. Este dispositivo es el nexo entre la red de distribución y el abonado, vía la bajada del cable coaxial hasta el receptor de TV. La configuración más común consiste de un acoplador direccional con un brazo lateral que divide la señal en 2, 4, u 8 caminos para crear acometidas de usuario. Esquemáticamente vemos como es un Tap de cuatro salidas:

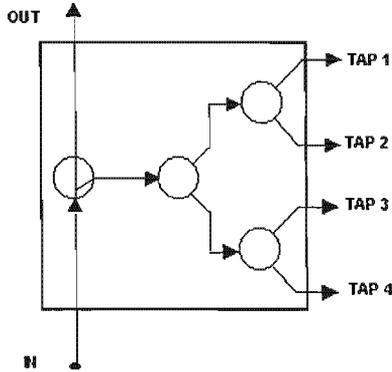


Figura 1.35 Tap de 4 salidas

Aunque la entrada y los puertos son normalmente proporcionados con conectores apropiados para la distribución de cable, los brazos laterales se equipan con conectores apropiados para cable de acometida. En los sistemas de Norteamérica se utiliza "5/8-24" para los puertos y la entrada y conectores tipo F para la acometida.

Los Taps se caracterizan por un valor en dB que corresponde a la atenuación total entre entrada y salida del abonado (IN-TAP x). Por ejemplo, supongamos que se pretende tener +15dBmV en cada salida Tap. En ese sitio, la red de distribución tiene +32dBmV de nivel de señal. Entonces el valor del Tap a instalar sería de 17dB.

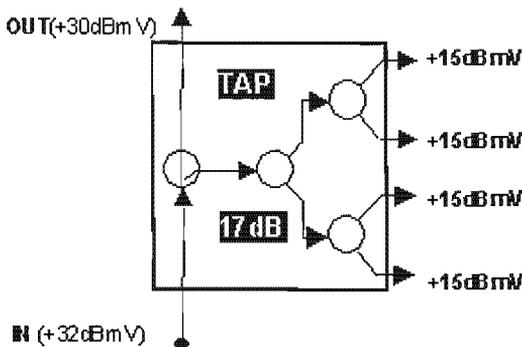


Figura 1.36 Tap de 17 dB para obtener 15 dBmV en cada salida a partir de una entrada de 32 dBmV

Anteriormente los derivadores sólo proporcionaban señales de RF, pero no potencia, y eran limitados en la línea principal por una capacidad de manejo de corriente de 7 Amperes o menos. Ahora, con las arquitecturas HFC para servicio de telefonía se incrementan las demandas en las capacidades de los derivadores:

- Expansión del ancho de banda a 5 -1000 MHz
- Habilidad para suministrar potencia al dispositivo de interfase de red (NID, por sus siglas en inglés) que puede proporcionar una interfase entre el par trenzado del teléfono y las portadoras en RF en el sistema de distribución.
- Facultades para cambiar las configuraciones y los valores del derivador sin interrumpir el servicio a los usuarios.
- Incremento de la capacidad de voltaje y corriente, normalmente 90 Vrms y 10 amperes para permitir la transmisión suficiente de potencia tanto para los amplificadores de red como para los NID´s sobre el mismo cable coaxial utilizado para el servicio de video.

La nueva generación de derivadores conocidos como *derivadores de paso de potencia* o *derivadores de telefonía* proporcionan la potencia a lo largo del cable de distribución junto con las señales en RF a los NID´s a cada hogar. Dependiendo del diseño, esta potencia se puede multiplexar con las señales en el coaxial de acometida o puede llevarse a lo largo de un par trenzado de alambre de cobre en una configuración híbrida.

Una preocupación para aquellos que utilizan en conductor central del cable de acometida para llevar la potencia a los NID´s es que, si se produce un arco debido a un mal contacto en el conductor central, el arco transferirá una cantidad significativa de potencia en RF al canal de subida probablemente ocasionando interferencia con todos los usuarios del espectro inverso.

Fuentes de Poder.

Las fuentes de poder están encargadas de convertir la potencia comercial a voltajes más bajos que se multiplexan con las señales en RF en los cables coaxiales. Aunque no parte de un circuito RF, ciertas características de las fuentes tienen un efecto en la transmisión de la señal.

Los equipos o estaciones amplificadoras, cualquiera que sea su tipo, necesitan para su funcionamiento ser alimentados con CA. Generalmente la tensión elegida es de 60VAC, aunque cada vez más es utilizada una tensión de 90VAC, esto es debido a la exigencia en cantidad de equipos que requieren trabajar con anchos de banda cada vez mayores. Dicha tensión suele tener una forma de onda casi cuadrada, lo que permite una transmisión de potencia más efectiva. Además, se le debe proveer de un cierto grado de regulación de línea, ya que la alimentación primaria está sujeta a variaciones y perturbaciones.

Junto con el incremento de voltaje, se ha requerido incrementar también la corriente, con necesidades de 10 a 15 amperes. Y ya que la corriente se suministra tanto a una sola trayectoria de cable como a más de una, las fuentes de poder con capacidad de 40 amperes ya son muy comunes.

El campo de las fuentes está dividido en:

- Sin Respaldo:
 - Lineales
 - Estabilizadas
 - Ferroresonantes
- Con Respaldo:
 - Stand-by
 - UPS

Las denominadas fuentes lineales son aquellas compuestas por un transformador común y no tienen ningún tipo de regulación ni de carga ni de línea, es decir, la tensión de salida será proporcional (según la relación de transformación) a la tensión de entrada.

Una fuente estabilizada se compone de un transformador con múltiples salidas, y de algún circuito sensor que conmutará a la salida requerida para mantener un nivel de tensión lo más adecuado posible.

Las fuentes con transformador ferroresonante, son actualmente las adoptadas para toda planta moderna de CATV, por sus particularidades constructivas que la hacen sobresalir en su funcionamiento. Su construcción hace que posea una amplia regulación de línea con variaciones muy leves en la tensión de salida, así mismo puede prescindir de protección a la salida ya que soporta incluso cortocircuitos netos a su salida. De todos modos se protege la salida con fusible para proteger a los activos en la línea o no permitir una descarga innecesaria de las baterías (si la fuente se encuentra en modo stand-by). Este tipo de fuentes tienen propiedades interesantes para los operadores: a) regulación del voltaje de salida (con especificaciones típicas de $\pm 5\%$ de cambio de voltaje de salida para un cambio de voltaje de entrada de $\pm 15\%$), b) limitación de corriente y protección de cortocircuito, c) protección de transitorio y d) 90% o más de eficiencia para la corriente de salida.

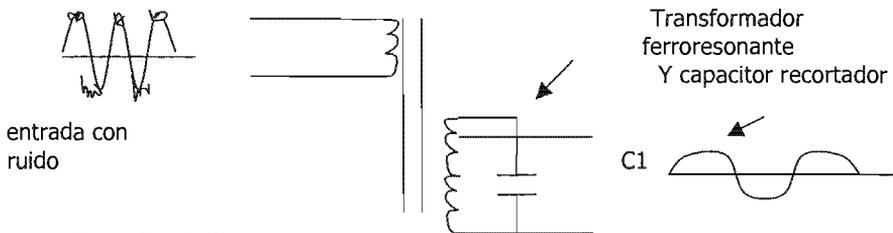


Figura 1.37 Transformador ferroresonante

Las fuentes de poder standby tiene un cargador de batería, un juego de baterías recargables, un inversor y un switch. Con el cargador se asegura que las baterías están siempre al 100%, mientras que el inversor suministra una potencia de onda cuadrada para reemplazar la onda senoidal de la potencia comercial cuando esta se interrumpe (ver la figura 1.38). Dependiendo de la operación, las baterías pueden suministrar de 2 a 8 horas o más de operación standby.

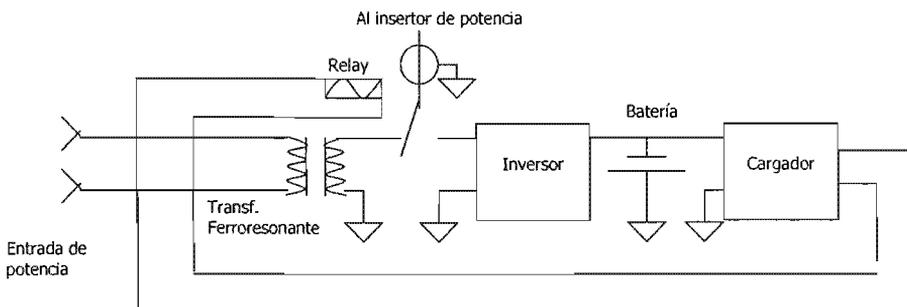


Figura 1.38 Fuente de poder

Cuando la potencia comercial falla, hay una breve pero inevitable interrupción mientras en relevador conmuta entre el transformador resonante y el transformador inversor. Normalmente este tiempo es de 8 a 16 ms. La mayoría de las fuentes sincronizan en fase sus inversores con la potencia comercial antes de la conmutación para evitar los transitorios en las fuentes de poder de los amplificadores. Pero aún con la sincronización de fase, existe un pequeño transitorio que puede causar problemas con respecto a los efectos en amplificadores en cascada. Para evitar esto, se tiene una tercera alternativa que es la fuente de poder ininterrumpible (UPS, por sus siglas en inglés). Algunas versiones de UPS evitan esos transitorios utilizando el mismo transformador

ferroresonante tanto para el inversor como para la potencia comercial. Durante los cortes de ac, la potencia comercial se desconecta y el inversor continúa suministrando por medio de un enrollamiento adicional en el primario.

En cada fuente interviene un "Power Inserter", o insertor de potencia, que separa eléctricamente la RF + AC del coaxial y la AC únicamente proveniente de la fuente. La figura 1.39 representa lo expuesto:

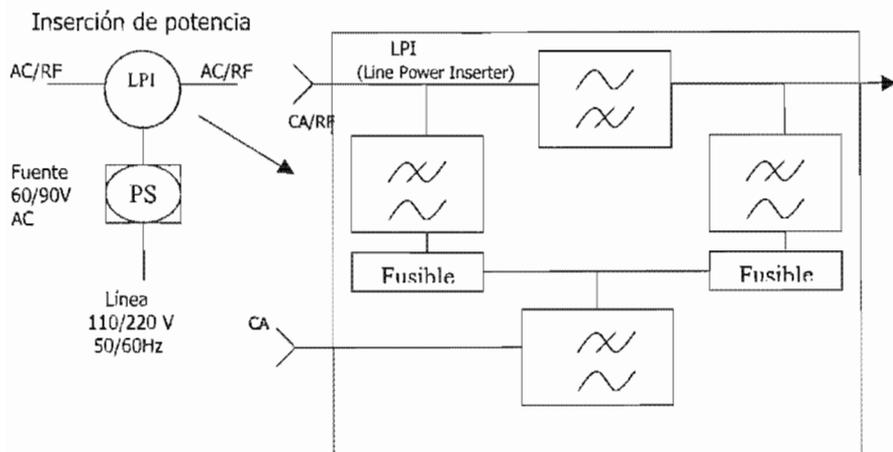


Figura 1.39 Inserción de potencia

La pérdida de RF entre puntas del "Power Inserter" es muy baja, no siendo entonces notable su presencia desde el punto de vista de RF.

Características de las fuentes de CATV:

- Tensión de entrada: 110/220VCA
- Tensión de salida 60/75/90V
- Forma de onda: Cuasicuadrada
- Frecuencia: 50Hz
- Potencia de salida: 600 a 900VA
- Corriente de salida: 10 a 15 A
- Protecciones eléctricas: Sobretensiones, sobrecargas y cortocircuitos.
- Rango de temperatura: -40°C a +55°C
- Regulación de línea: -50V a +30V
- Regulación de carga: +/-2V
- Montaje: Poste, columna, portante o pedestal.
- Todas las fuentes de alimentación y amplificadores deberán poseer puesta a tierra (3, 8, 10, 11).

BIBLIOGRAFIA CITADA

- 1.- Modern Cable Televisión Technology: video, voice and data communications. Walter Ciciora, James Farmer, et al. Morgan Kaufmann Publishers. E.U.A. 1999
- 2.- Televisión práctica y sistemas de Video. Bernard Gob. AlfaOmega Grupo Editor S. A. de C. V. 1ª Edición. México. 1995.
- 3.- Comunicación por satélite, Principios, Tecnologías y Sistemas, Rosado Carlos. Editorial Limusa. México. 1999
- 4.- Cables Coaxiales Condumex
http://www.condumex.com.mx/cables/cables_coaxiales_television.html
- 5.- Sistemas de Comunicaciones Electronicas. Wayne Tomasi. Pearson Educación. 2ª Edición. México, 1996.
- 6.- CATVnet, la red de CATV. Sistemas de CATV Su Funcionamiento
www.catvnet.com.ar/00
- 7.- How to Characterize CATV Amplifiers Effectively. Agilent Technologies
www.agilent.com/find/
- 8.- Cable TV Technology And Operations: HDTV and NTSC Systems. Eugene R. Bartlett. Mc Graw Hill. E.U.A 1990

CAPITULO II

TELEFONIA POR CABLE

Para implementar un sistema de telefonía sobre una red de cable es necesario contar con equipo especializado en cabecera para soportar las funciones de control y señalización de llamada, además del equipo necesario en el hogar del usuario que realice la interfase entre la red y el teléfono.

Una solución para integrar los servicios de voz sobre una red de cable es optar por una arquitectura basada en una tecnología de conmutación de paquetes como lo es IP. Esta tecnología nos va a proporcionar un ancho de banda dedicado, determinístico y escalable utilizando los canales de 6 MHz en la transmisión en RF descendente y el espectro disponible para la trayectoria ascendente.

A continuación se muestra la arquitectura necesaria para implementar el servicio de telefonía por cable. Se cuenta con el equipo necesario en cabecera que soporta control y señalización de llamada con su interfase hacia la Red Telefónica Pública Conmutada (RTPC), la distribución de las señales en la red y la interfase entre la red y el teléfono en el hogar del usuario.

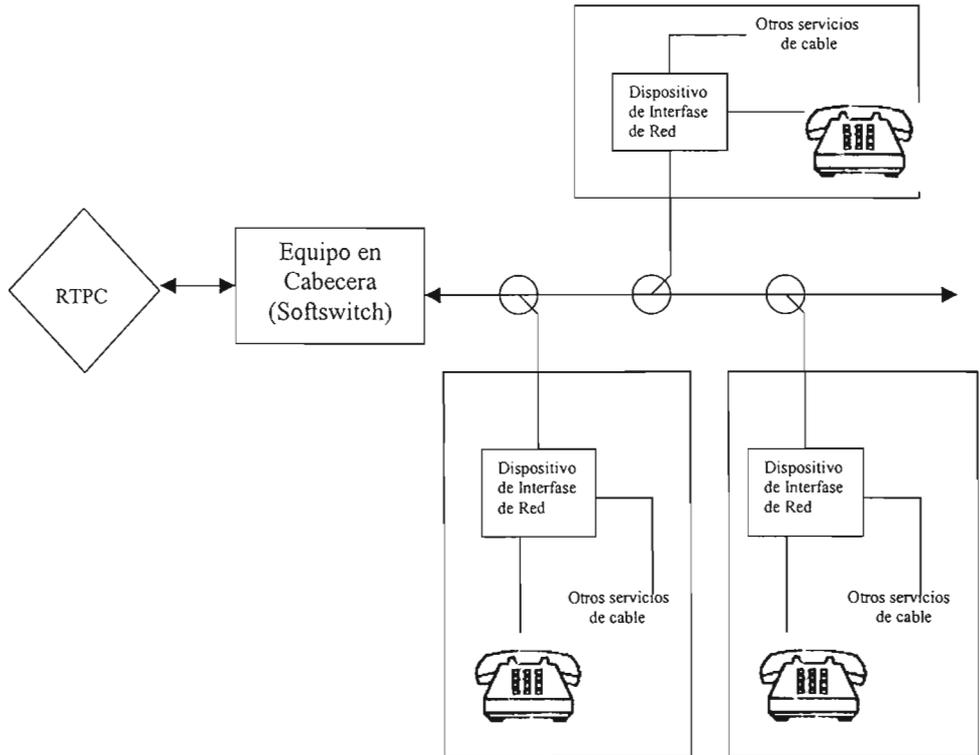


Figura 2-1 Arquitectura de red para el servicio de telefonía

El equipo de cabecera está conformado por un Softswitch; arquitectura que proporciona servicio de telefonía por cable mediante la tecnología de Voz sobre IP (aunque no necesariamente) basada en cualquier combinación de H.323, Protocolo de Iniciación de Sesión (SIP), Protocolo de Control de Gateway del Medio (MGCP) o Megaco de los cuales hablaremos más adelante. Una de las ventajas de utilizar la tecnología de conmutación de paquetes IP (o cualquier otra) es que se separa la trayectoria de señalización y control de llamada del medio de comunicación. Es similar al sistema de telefonía de conmutación de circuitos donde la red SS7 (sistema de señalización No. 7) soporta señalización de control de llamada sobre una trayectoria de red separada de la trayectoria portadora de la llamada.

Características de un Softswitch

Un Softswitch es una interconexión de módulos de software basados en estándares que administra el control de llamada, señalización, mediación de protocolos y creación de servicios dentro de una red. El softswitch realiza manejo de llamada inteligente entre gateways del medio independientemente del acceso (alámbrico o inalámbrico, banda angosta o banda ancha), del medio (video, voz o datos) y la velocidad. Esencialmente, un softswitch lleva la creatividad de Internet al mundo de la telefonía, poniendo la plataforma a los proveedores para desplegar servicios basados en IP y que sean favorablemente personalizados.

Para entender mejor la arquitectura Softswitch, es necesario hablar de la siguiente generación de redes basada en una arquitectura de tres niveles que separa lógicamente el transporte, el control de llamada, y el servicio dentro de la red. Esto permite a los proveedores de servicio direccionar las necesidades de los clientes de una manera individual diseñando soluciones en cada nivel independientemente.

El **nivel uno** es la capa de procesamiento del medio que consiste de gateways del medio que acomodan el tráfico desde una variedad de medios de acceso, incluyendo alámbrico, inalámbrico, banda angosta y banda ancha.

El **nivel dos** une diferentes protocolos de señalización y control de llamada, permitiendo a los proveedores de servicio integrar la RTPC y la red de IP e integrar tráfico desde distintas redes que utilizan protocolos diferentes.

El **nivel tres** se enfoca en la creación de servicios. Proporciona un ambiente abierto para la interconexión de servidores de aplicación que habilitan un servicio rápido de personalización y despliegue.

Una vez determinados los tres niveles que definen esta arquitectura, podemos hablar de las **entidades lógicas funcionales** necesarias para una red de VoIP en cada uno de los niveles, las cuales nos van a definir las funciones de los elementos necesarios en la arquitectura.

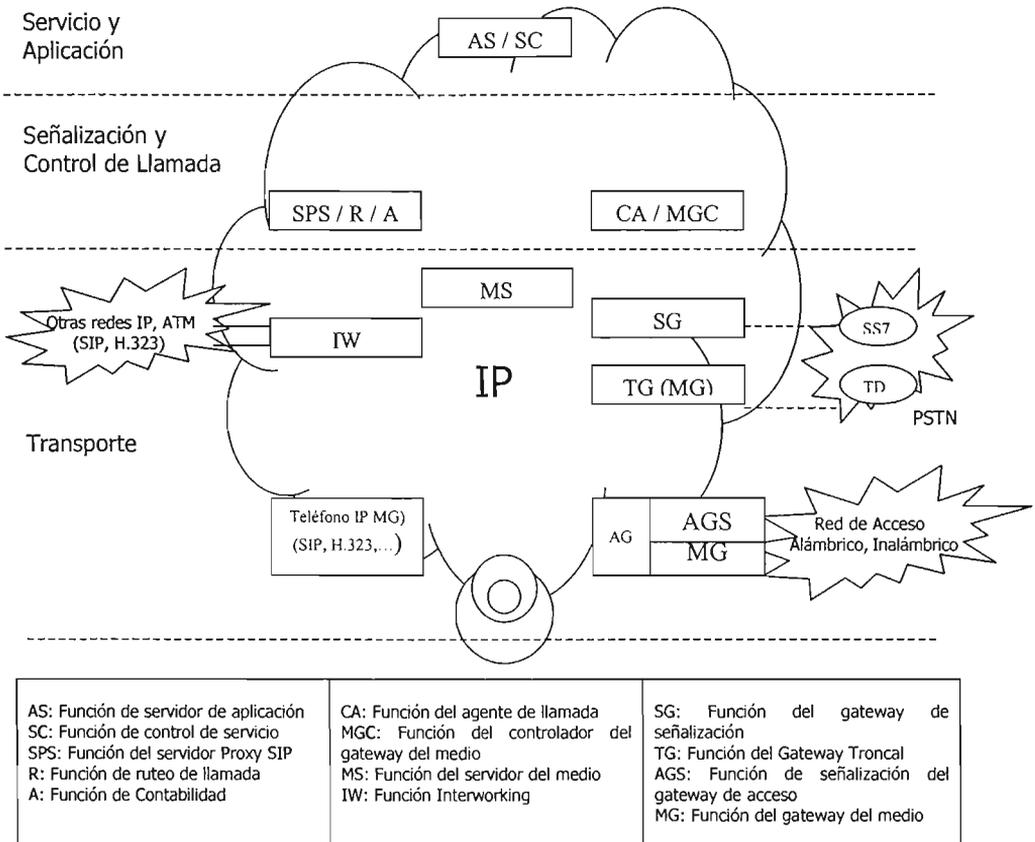


Figura 2-2 Niveles y Entidades Lógicas necesarios para la implementación de un sistema Softswitch

En el diagrama se muestran 12 funciones diferentes, sin embargo se hará énfasis en aquellas que son puntos clave en los componentes básicos para la arquitectura del softswitch.

Función del Servidor de Aplicación (AS)

Es la entidad de ejecución de aplicación. Su principal función es proporcionar el servicio lógico y la ejecución para una o más aplicaciones o servicios. Entre sus principales características están:

- Puede requerir al MGC terminar sesiones o llamadas para ciertas aplicaciones (correo de voz o conferencia)
- Puede requerir al MGC reiniciar características de llamada (función de sígueme o tarjetas de prepago de llamadas)
- Puede modificar descripciones del medio usando SDP
- Puede controlar un MS para funciones del manejo del medio
- Puede ser enlazado a aplicaciones Web o tener interfaces de Web

- Puede tener interfaces de programación de aplicación (API) para creación de servicios
- Puede interfazarse con el MGC o el MG
- Puede utilizar los servicios de un MGC para controlar recursos externos
- Protocolos aplicables son SIP, MGCP, H.248, HTTP, LDAP, CPL y XML

Frecuentemente, la combinación del AS y el MGC proporcionan servicios de control de llamada como llamadas de tres vías, llamada en espera, etc. Pero en lugar de conectar ambas funciones mediante un protocolo, los proveedores utilizan un API entre estos cuando se implementan en un sistema sencillo.

Función del Controlador del Gateway del Medio (MGC)

Este es uno de los elementos más importantes. Su función es controlar los gateways del medio y los gateway de señalización. Proporciona señalización de control de llamada y lógica de llamada para uno o más gateways del medio. Sus características son:

- Mantener el estado de llamada para todas las llamadas en un MG.
- Comunica los mensajes entre dos MGs, así como con teléfonos IP o terminales.
- Actúa como conductor para la negociación de parámetros del medio.
- Origina y termina los mensajes de señalización desde puntos terminales, otros MGCs y redes externas.
- Puede interactuar con el AS para proporcionar un servicio característico al usuario.
- Puede manejar algunos recursos de la red (puertos del MG, ancho de banda, etc)
- Realiza la interfase entre R y A para ruteo de llamada, autenticación y contabilidad.
- Los protocolos aplicables incluyen H.248 y MGCP o Megaco.

Función de Gateway de Señalización (SG) y Función de Gateway de Acceso de Señalización (AGS)

El SG proporciona un gateway para señalización entre la red de VoIP y la RTPC, su principal función es encapsular y transportar los protocolos de señalización RTPC sobre IP.

El AGS es un gateway para señalización entre redes VoIP y redes de acceso de conmutación de circuitos como la red digital de servicios integrados (RDSI). Su principal función es encapsular y transportar los protocolos de señalización RDSI sobre IP.

Función del Gateway del Medio (MG)

Interfaza la red IP con un punto terminal de acceso o red troncal, o una conexión de puntos terminales y/o troncales. Como tal, el MG sirve como el gateway entre la red de paquetes y redes externas, como RTPC, redes móviles, etc. Por ejemplo, puede proporcionar el gateway entre una red IP y una red de circuitos, (por ejemplo, IP a RTPC) o entre dos redes de paquetes (IP a ATM). Su principal función es transformar el medio desde un formato de transmisión a otro, la mayoría de circuitos a paquetes, entre paquetes ATM y paquetes IP, o entre circuitos analógicos/RDSI a paquetes como en un gateway residencial.

Entre sus características principales están:

- Siempre tiene una relación maestro/esclavo con el MGC logrado a través de un protocolo de control como MGCP o Megaco.
- Puede realizar funciones de procesamiento del medio, paquetización del medio, cancelación de eco, manejo de jitter, compensación de pérdida de paquetes, etc.
- Puede realizar funciones de inserción del medio como generación de tonos de progreso de llamada, generación DTMF, etc.
- Puede realizar funciones de detección de eventos de medio y señalización como detección DTMF, detección de colgado/descolgado, detección de actividad de voz, etc.
- Proporciona un mecanismo al MGC para intervenir el estado y capacidades de puntos terminales

- No es requerido para mantener el estado de las llamadas que pasan a través de él, solo mantiene el estado de la conexión de las llamadas que soporta.
- Protocolos aplicables incluyen RTP/RTCP, TDM, H.248 y MGCP.

Función del Servidor del Medio (MS).

Proporciona manipulación del medio y tratamiento de flujos de medios paquetizados en nombre de cualquier aplicación. Su principal función es operar como un servidor que maneja requerimientos desde el AS o el MGC para realizar procesamiento de medios en flujos de medios paquetizados.

Entre sus principales características están:

- Soporte para control de múltiples AS y MGC
- Soporte para múltiples capacidades coexistentes
 - detección de dígitos
 - generación de tonos algorítmicos
 - grabación de flujos multimedia
 - reconocimiento de conversación
 - conferencia
 - procesamiento de fax
 - detección de actividad de voz y reporte de intensidad
- Protocolos aplicables incluyen SIP, MGCP y H.248

La industria de las telecomunicaciones ha optado por separar las funciones de procesamiento de llamada de la función de conmutación física y conectar las dos por medio de un protocolo estándar. En un softswitch, la función de conmutación física se lleva a cabo por el gateway del medio (MG), mientras que el procesamiento lógico de llamada se lleva a cabo en el controlador del gateway del medio (MGC). La arquitectura softswitch se centra en MGCP o Megaco que proporcionan un control del gateway del medio, y un protocolo de señalización de llamada IP como SIP o H.323. Cualquiera de los dos protocolos puede ser utilizado, sin embargo, SIP se ve más favorecido debido a que sus mensajes son mucho más simples que los de H.323, además de que SIP interopera muy bien con MGCP/Megaco porque ambos protocolos utilizan mensajes basados en el protocolo de Descripción de Sesión (SDP). SDP, definido en RFC 2327, proporciona un formato que describe la información de sesión y define la sintaxis de los mensajes actuales contenidos en las cargas útiles de MGCP y SIP.

Las soluciones de softswitch actuales están basadas en su mayoría en el Protocolo de Control del Gateway del Medio (MGCP, por sus siglas en inglés), compuesto por dos primeras propuestas llamadas Protocolo de Control de Gateway Simple (SGCP) y Control de Dispositivo de Protocolo de Internet (IPDC, por sus siglas en inglés). MGCP es publicado como RFC2705.

MGCP es un protocolo centrado en IP y no tiene la capacidad de manejar otros métodos de transporte de paquetes de voz, como voz sobre ATM. La experiencia operacional con MGCP ha identificado otras limitaciones como la falta de un método efectivo para que un MGC obtenga información acerca de las capacidades de un MG. Como resultado, MGCP ha sido abandonado y se ha trabajado en un nuevo protocolo conocido como Megaco dentro de la IETF (Internet Engineering Task Force).

Interrelación entre el MGC y el MG mediante Megaco

Megaco está basado en el principio de que toda la inteligencia del proceso de llamada radica en el MGC. El MG no tiene conocimiento del estado de llamada; solamente proporciona la capacidad de interconectar varios tipos de flujos de medio bajo el control del MGC, detectar y transmitir varios tipos de señalización asociados con esos flujos de medio.

Megaco ve al MG como una colección de terminales, cada una de las cuales representa un cierto tipo de flujo de medio. Una terminal puede ser una entidad física como una línea analógica o una interfase DS-1, o puede ser una entidad lógica como un flujo de paquetes de VoIP. Si los flujos de medios asociados con las terminales que están en el mismo contexto son de tipos diferentes (por

ejemplo, uno es una ranura de tiempo DS-0 mientras que el otro un flujo de paquetes VoIP) el MG debe realizar la apropiada conversión de medios entre ellos. Para soportar esto, las terminales tienen varias propiedades de flujos de medios asociados con ellas como la identificación de codificación de voz que se está utilizando.

Las terminales tienen otras propiedades, tales como una lista de eventos de señalización que se espera notificar al MGC y una lista de señales que son capaces de transmitir en requerimiento del MGC. Por ejemplo, una terminal de línea analógica debe ser capaz de notificar al MGC cuando un evento de estado off-hook/on-hook (línea colgada o descolgada) está sucediendo; debe ser capaz también de aplicar una señal de llamada en la línea cuando se lo requiera el MGC. Los eventos y señales que se asocian a un tipo de terminal específico se describen en un paquete.

Megaco está diseñado para ser transportado independientemente, aunque la especificación incluye el uso del Protocolo de Control de Transporte/IP (TCP/IP) y el Protocolo de Datagrama de Usuario/IP (UDP/IP).

Conexiones de Señalización para los MGC

Para redes basadas en paquetes de voz, los protocolos de señalización más utilizados incluyen H.245 y SIP. Estos protocolos van por encima de un transporte IP, y como el MGC tiene una conexión de red IP para el transporte de Megaco, esta conexión puede ser compartida para el transporte de una señalización de paquetes de voz.

Para redes basadas en circuitos, los protocolos de señalización aplicables incluyen sistema de señalización 7 (SS7), señalización PRI de ISDN, y señalización de canal común (CAS). Estos protocolos usualmente son transportados en facilidades basadas en circuitos. En el caso de protocolos basados en mensajes, como SS7 y PRI, los mensajes se llevan en la capa de enlace de datos orientada a conexión, como protocolos de acceso de enlace para canales D (LAPD) o transferencia de mensaje SS7 parte 2 (MTP2), el cual ocupa una o más ranuras de tiempo DS-0 en un T1. CAS es un protocolo orientado a bit que es llevado en la trama de información de un T1.

El MGC no contiene interfaces físicas necesarias para conectar y terminar estos protocolos de señalización basados en circuitos. Ya que la manera más elemental de comunicación del MGC con el exterior está basada en IP, la manera más obvia es mapear cada uno de los protocolos de señalización basados en circuitos en un transporte basado en IP. Este es el propósito de SIGTRAN, una propuesta de IETF para llevar los protocolos de señalización basados en circuitos sobre redes IP. El componente clave de esta solución es el protocolo de transmisión de control simple (SCTP), un protocolo que puede llevar múltiples sesiones de varios protocolos de señalización sobre una sencilla conexión IP de manera eficiente.

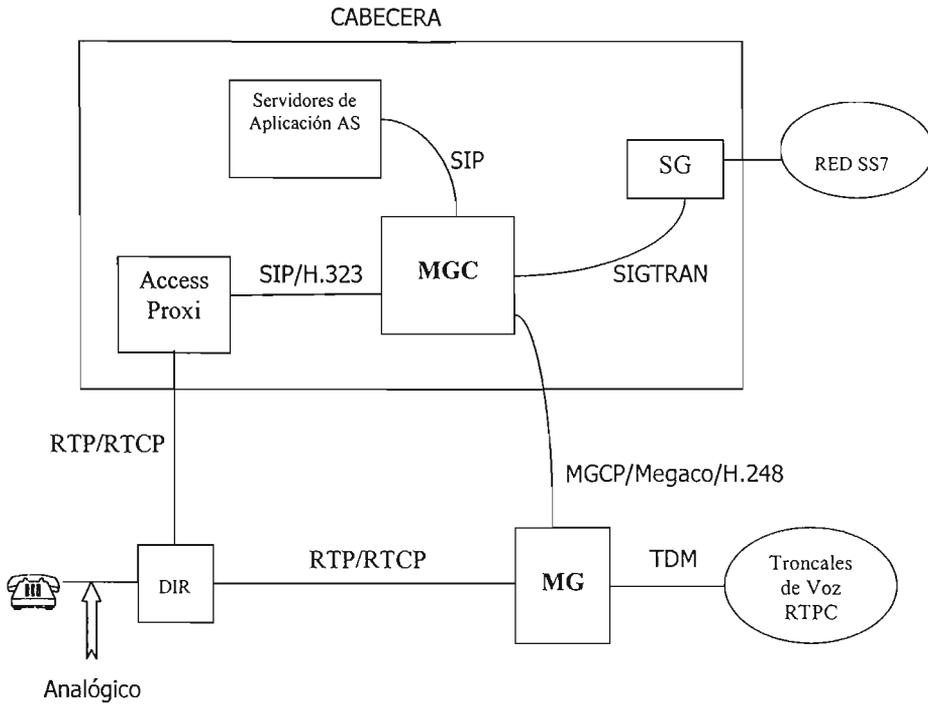


Figura 2-3 Interrelación entre el MGC y los elementos importantes necesarios para la arquitectura Softswitch

Requerimientos para la Aplicación de Softswitch a Telefonía Local

Una solución aceptable para el manejo de un softswitch en la telefonía local requiere soporte de los siguientes tipos de conexiones de red:

- Conexiones de acceso de red basadas en las tecnologías de telefonía tradicional, incluyendo líneas analógicas, DLCs, y facilidades basadas en circuitos digitales para la conexión de PBX
- Conexiones de acceso de red basadas en tecnologías de paquetes de voz
- Conexiones de red troncal sobre facilidades basadas en circuitos digitales para switches de otras oficinas centrales, switches tandem locales y de larga distancia, y switches tandem para servicios de operadora y servicios especiales.
- Conexiones de red troncal hacia otros MGs sobre facilidades basadas en paquetes.

A continuación se muestra la forma más sencilla para realizar la tramitación de una llamada:

Cuando se requiere realizar una llamada desde el teléfono de algún usuario (véase figura 2-4), al descolgar este, el DIR (Dispositivo de Interfase de Red) debe ser capaz de generar la señalización necesaria como los tonos de progreso (tonos de marcado, etc.), detectar los tonos DTMF así como las señales de marcación por pulso y enviarla sobre IP (mediante SIP, H.323) hasta el MGC para

que este a su vez controle al SG (mediante SIGTRAN) necesario para realizar el traslado de señalización entre SIP y SS7. Una vez que se establece la señalización y el control de llamada entre ambos teléfonos, el DIR es el encargado también de digitalizar la señal de voz del teléfono analógico, paquetizarla y enviarla a través de la red mediante paquetes RTP hasta el MG controlado por el MGC (mediante Megaco o MGCP o H.248) si es que el teléfono destino se encuentra en otra red, sino solo la envía sobre la red IP hasta llegar al DIR del teléfono destino. En el primer caso, el MGC es el encargado de controlar al SG y al MG necesarios para comunicarse con la otra red, ya sea de paquetes o circuitos como la RTPC; habrá tantos MGs como distintos tipos de flujos de medios se requieran comunicar con la red IP.

Una vez terminada la llamada, el DIR comunicará al MGC que la llamada ha terminado (señalización SIP/H.323) y el MGC controlará e indicará al MG y al SG que se finaliza el flujo de datos con ese DIR.

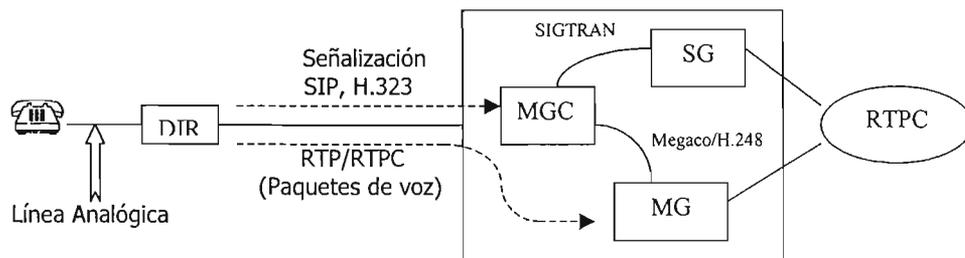


Figura 2-4 Tramitación de llamada en una arquitectura Softswitch para telefonía por cable

Una oficina central o MGC debe implementar tres capas de funcionalidad para conocer las necesidades de una solución de telefonía basada en softswitch: un agente de llamada, un set de características de llamada básicas y un ambiente para creación de esas características.

Agente de Llamada

Agente de llamada es el término utilizado para describir la funcionalidad básica de un MGC necesaria para establecer y terminar llamadas, y para mantener detalles del estado de llamada. El agente de llamada interactúa con los protocolos de señalización que existen en ambos lados del MG para propósitos de coordinación en el establecimiento y terminación de llamada. Por ejemplo, un MG que soporta la conversión de troncales con SS7 a conexiones VoIP requiere de un MGC con un agente de llamada que pueda manejar mensajes SS7 y mensajes de control de llamada H.245 para soportar establecimiento de llamada VoIP como parte del protocolo H.323.

El agente de llamada incluye funcionalidad de ruteo de llamada. En general, el ruteo de llamada es más complejo en un switch de oficina central que en un switch Tandem en el centro de la red. Esto es porque el switch de oficina central tiene que soportar capacidades de ruteo de llamadas especiales, incluyendo servicios de operadora, números 800, etc.

Características de Llamada Básicas

Negocios pequeños y usuarios residenciales esperan que un set de características de llamada, como identificador de llamada, llamada en espera, correo de voz, entre otros sean proporcionados por la red. Los proveedores de servicios han hecho un buen trabajo con estos servicios hoy en día, y los

usuarios han llegado a depender de estos. Por esto, los proveedores deben ofrecerlos como parte de cualquier solución softswitch para telefonía local.

Ambiente de Creación de Características

Es el requerimiento clave para atraer y retener a los usuarios, por esto un MGC para servicios de telefonía local debe tener la habilidad para crear estos nuevos servicios y personalizarlos por el proveedor de servicios.

Los switches de oficinas centrales de ahora no ofrecen facilidades para la creación de servicios debido a que estos se implementan en software contenido dentro de la electrónica (microprocesadores) y no existen interfaces en las cuales las características puedan ser agregadas al switch o que las características existentes sean modificadas.

El bajo costo y rápido desarrollo para nuevas características significa que, para la primera vez, los proveedores de servicio pueden proporcionar los servicios de acuerdo a las necesidades de un segmento de mercado en específico. Una sencilla característica que conozca las necesidades de un grupo en particular o comunidad podría atraer y retener a un gran número de nuevos usuarios, sin tener que ofrecer grandes descuentos o incentivos.

Características del Dispositivo de Interfase de Red (DIR)

A la hora de dar de alta un nuevo DIR al sistema, existen una serie de pasos que deben seguirse para que este sea reconocido por la cabecera y así pueda trabajar correctamente.

Cuando un nuevo DIR se agrega al sistema, se dice que este debe ser *ordenado*. Este proceso incluye ser reconocido por la cabecera para asignarle una frecuencia y un nivel para transmitir. Después del ordenamiento, el DIR es capaz de comunicarse con la cabecera pero no necesariamente está habilitado para manejar llamadas telefónicas. Debe ser abastecido con un software de recepción y/o un arreglo de parámetros que lo configuran para realizar su tarea asignada.

El primer paso en el ordenamiento es comunicar las frecuencias sobre las que el DIR va a recibir y a transmitir. El DIR busca su banda de recepción hasta que encuentra un canal de bajada en el cual reconoce datos. Uno de los elementos de información que el DIR estará escuchando es la frecuencia de subida con la que va a transmitir.

Para identificar al DIR desde cabecera, se utiliza un método llamado *aproximación sucesiva* en el que se transmite un saludo desde cabecera con el cual pregunta a todos los DIR cual está *desordenado*; por ejemplo, se envía una señal con el siguiente saludo: "todos los DIRs desordenados cuya dirección empiece con 1 contesten ahora". Si no recibe ninguna información, la cabecera sabrá entonces que no hay ningún DIR desordenado que empiece con 1; por el contrario, si se recibe una contestación entonces se sabrá cual DIR está desordenado y se procederá con el reconocimiento y ordenamiento de ese DIR.

Otro punto importante a considerar es el nivel de potencia al cual va a transmitir el DIR. El sistema debe observar el nivel de la señal de retorno en la cabecera y comandar al transmisor del DIR para incrementar o reducir su nivel hasta que sea el correcto. Para que sea el correcto, el ingeniero debe saber la ganancia entre la entrada del transmisor del canal de subida y el punto en la cabecera en el cual se mide la ganancia. Cuando el DIR debe transmitir por primera vez para que pueda ser reconocido por la cabecera, debe hacerlo a su nivel de potencia más bajo y esperar a recibir respuesta, si no recibe señal entonces eleva su nivel y vuelve a transmitir; así sucesivamente hasta que reciba un reconocimiento por parte de la cabecera; una vez hecho esto, ya se podrá comandar al DIR para su nivel correcto.

Después de que el DIR ha sido reconocido por la cabecera y su nivel ha sido establecido, también debe asignársele un valor de tiempo de desplazamiento basado en la distancia que existe entre la cabecera y el DIR. Debe medirse el retardo que hay de ida y vuelta desde la cabecera

hasta el DIR y así asignarse un tiempo de desplazamiento que indica que tanto tiempo ha avanzado su reloj con respecto al de la cabecera, esto con el fin de que al transmitir el DIR por el canal de subida, la señal llegue a la cabecera al tiempo exacto.

El retardo que experimentará la señal de ida y vuelta está dado por

$$\text{Retardo} = \frac{\text{distancia del viaje de ida y vuelta}}{\text{velocidad de propagación}}$$

Esto debido a que la velocidad de la luz en distintos medios dependiendo del material del medio de transmisión, como por ejemplo el cable coaxial o la fibra óptica.

Para realizar la medición del retardo, el DIR debe transmitir un mensaje en un tiempo conocido por la cabecera. Se mide el retardo en que la señal de retorno fue recibida y se compara con el tiempo esperado en la recepción. La diferencia entre los dos es el tiempo que tiene que adelantarse a transmitir el DIR.

Fiabilidad del Sistema.

Una medida de las prestaciones y de la fiabilidad de una red de comunicaciones es la medida de la disponibilidad de la misma. Las normas para redes de banda estrecha de telefonía establecen un tiempo medio máximo en el que la red no está disponible (el abonado descuelga y no oye tono de invitación a marcar, por ejemplo) de 53 minutos al año por abonado, o lo que es lo mismo, una disponibilidad del 99.99%. En una red HFC existen numerosos elementos susceptibles de fallar: derivadores, amplificadores, transmisores y receptores ópticos, servidores en la cabecera, cable y elementos pasivos de la red de fibra óptica, acometida al abonado, cable coaxial, sistema de alimentación. De todos ellos, los tres últimos son los que en mayor medida contribuyen con sus fallos al tiempo total de no disponibilidad de la red.

Para alcanzar el objetivo de los 53 minutos al año, es necesaria una serie de mejoras en el diseño y construcción de las redes HFC. El tamaño de los nodos ópticos, por ejemplo, es fundamental. La fiabilidad aumenta notablemente reduciendo este tamaño a alrededor de 500 hogares pasados o menos, ya que de esta manera se reduce el número de elementos en serie (cascadas de amplificadores en la red de distribución de coaxial, por ejemplo), la longitud de los tendidos de cable coaxial, el número de equipos de alimentación, etc. Generalmente, la red de fibra óptica es mucho más segura y fiable que la de coaxial. Los fallos que tienen lugar en esta última incluyen cortes y rotura de cables, filtraciones de agua, deterioro de empalmes y conectores, etc, y guardan una relación directa con la antigüedad de los materiales empleados. En este sentido, una red HFC de nueva construcción es mucho más fiable que una red antigua de CATV mejorada para la prestación de servicios bidireccionales de telecomunicación como el de telefonía. La acometida al hogar del abonado es otro de los puntos problemáticos de la red de coaxial debido básicamente a los conectores tipo F de coaxial, que en ocasiones no están bien montados o simplemente están mal conectados. Por otra parte, la prioridad que se daba a las averías en las acometidas de los abonados individuales antes de la llegada de los servicios interactivos era relativamente baja, por lo que un abonado podía permanecer desconectado o con problemas en su servicio de CATV durante muchas horas. La nueva concepción de la red HFC como red de telecomunicaciones de banda ancha y los problemas asociados a las comunicaciones por el canal de retorno que provocan estas averías individuales obligan a reconsiderar estas prioridades de reparación. En cuanto a la red óptica troncal, es conveniente introducir una cierta redundancia, tanto en los equipos de comunicaciones (transmisores y receptores ópticos en la cabecera y los nodos), como en el propio trazado de la red (arquitecturas con anillos redundantes).

ESTA TESIS NO SALI
DE LA BIBLIOTECA

BIBLIOGRAFIA CITADA

- 1.- Modern Cable Televisión Technology: video, voice and data communications. Walter Ciciora, James Farmer, et al. Morgan Kaufmann Publishers. E.U.A. 1999
- 2.- Packet Communications referente Architecture V 2.0. Internacional Packet Communications Consortium. 2003
www.packetcomm.org
- 3.- Packet Communications referente Architecture V 2.1. Internacional Packet Communications Consortium. 2003
www.packetcomm.org
- 4.- Local Exchange Softswitch System: Softswitch and Packet Voice. Web Forum Tutorials. The International Engineering Consortium.
<http://www.iec.org>
- 6.- Soluciones Tecnológicas Para La Telefonía Por Cable
<http://wyndury.radionet.udg.mx/wyndury/comunicaciones/telefonía/home.htm>
- 7.- Las nuevas Ofertas de Conexión a Internet de banda TVCABLE, (TV+CABLE+INTERNET+TELEFONIA) VS ADSL Informativo Editado por EBOSA S.A. y producido por Rafael Zzáens
http://www.ebosa.cl/pdf/nuevas_ofertas.pdf
- 8.- www.softswitch.org
- 9.- Integración de redes de voz y datos. Scout Keagy. Cisco Press. Pearson Educación. España 2000.
- 10.- Delivering Converged Services Using Dedicated IP Connections Over HFC. Ryan Leatherbury. Advent Networks. Austin Texas.
www.adventnetworks.com
- 11.- High- Availability Considerations for Softswitch-Based Networks. ipVerse
<http://www.iec.org>
- 12.- Telefonía en Redes Híbridas Fibra óptica-Coaxial. Comunicaciones World, nº 114. Alberto Murillo. 1997
www.albertomurillo.com

CAPITULO III

DATOS POR CABLE

La Industria de televisión por cable se ha convertido en un proveedor de datos importante debido a que pueden ofrecerse servicios interactivos como juegos, multimedia, etc, que requieren de un gran ancho de banda sobre redes de CATV. El acceso a Internet a gran velocidad es un atractivo que puede ofrecerse también ya que la capacidad de información que puede conseguirse debido al ancho de banda tan grande que ofrece la red de CATV puede ser 10 veces mayor a la velocidad obtenida actualmente con los módems tradicionales. A continuación se explicará como estos servicios de banda ancha pueden ofrecerse sobre una red de cable y se ofrecerá una arquitectura de red de cable que proporcione el servicio de datos.

Arquitectura de la Red

Según el estándar DOCSIS (del cual hablaremos más adelante), un sistema de datos por cable que ofrezca servicios de tráfico IP de manera bidireccional sobre una red enteramente de coaxial o híbrida de fibra/coaxial (HFC) tiene la siguiente arquitectura:

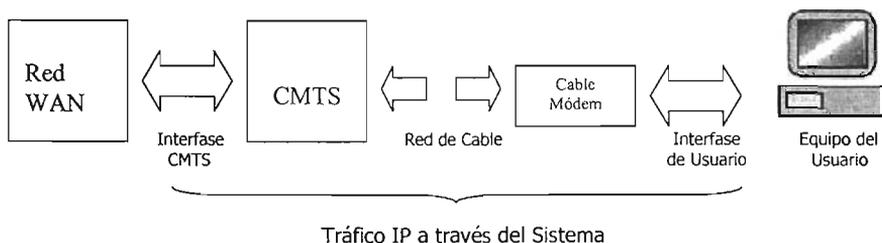


Figura 3-1 Arquitectura de red para datos por cable de acuerdo con el estándar DOCSIS

Los usuarios se conectan a la red de datos por cable mediante un dispositivo llamado cablemódem. Una vez conectados, los usuarios tienen una conexión continua a Internet vía la red de cable. Estos cablemódems pueden ser dispositivos internos o bien externos conectados a la PC mediante una interfase.

En la cabecera de red los datos provenientes de los usuarios se filtran, demodulan y pasan a un equipo llamado Sistema de Terminación de CableMódem (CMTS, por sus siglas en inglés) el cual es un sistema de conmutación de datos especialmente diseñado para enrutar los datos provenientes de muchos cablemódems sobre una interfase de red multiplexada y proporcionar velocidades de hasta 50 Mbps, sirve también para darle soporte y seguridad al cablemódem además de conectar la red de cable a Internet y a otros medios de conmutación de paquetes.

En la cabecera, los canales de datos descendentes se combinan con las señales de video de los canales de TV, comerciales, pago por evento, telefonía, etc. y se transmiten a través de la red de distribución de cable a todos los usuarios. El número de canales ascendentes y descendentes en un CMTS está basado en el área de servicio, el número de usuarios, la tasa de datos ofrecida a cada usuario y el espectro disponible.

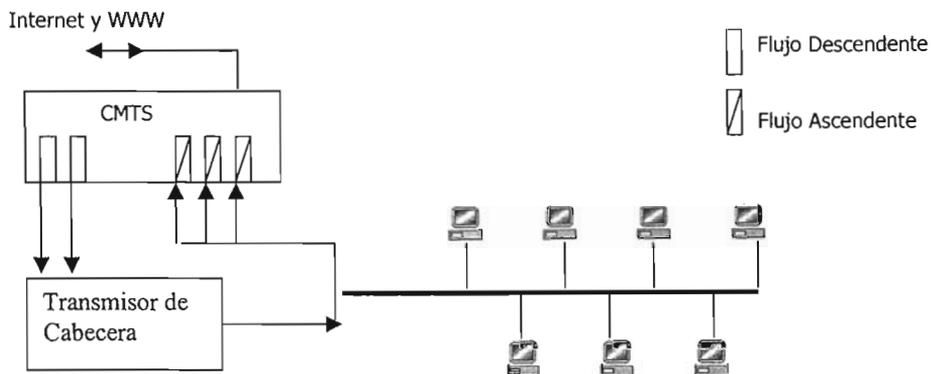


Figura 3-2 Sistema de Terminación de CableMódem CMTS

Otro elemento importante en las operaciones y el manejo del sistema de datos por cable es el Sistema de Manejo de Elementos (EMS, Element Management System), el cual está especialmente diseñado para configurar y manejar al CMTS así como a los cablemódems asociados a este. Entre sus tareas están monitoreo, administración diaria, alarmas, y la realización de pruebas a los componentes del CMTS. Desde un centro de operaciones de red (NOC), un EMS puede dar soporte a varios CMTS en una determinada región geográfica.

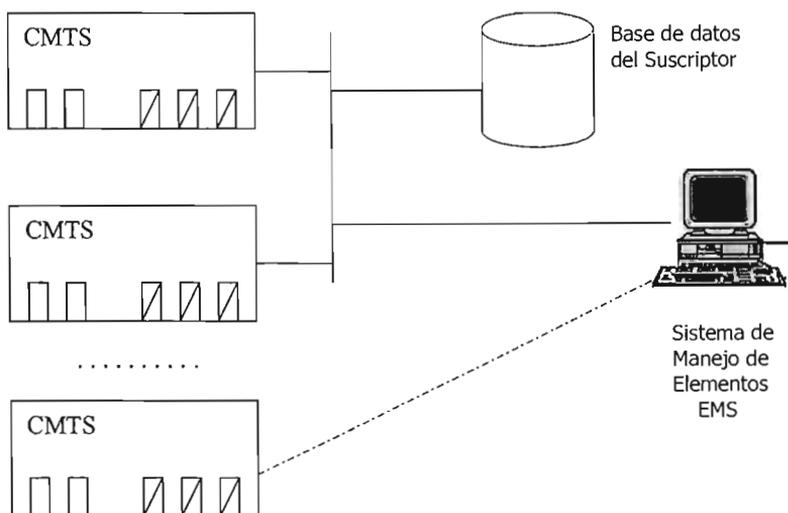


Figura 3-3 Sistema de Manejo de Elementos, EMS

La red de cable utiliza FDM (multiplexaje por división de frecuencia) para ubicar los canales de TV los cuales tienen un ancho de banda de 6 MHz, y uno o más de estos canales son dedicados para el transporte de datos. Para el flujo descendente las velocidades van de 30 Mbps o menos, mientras que para el flujo ascendente, que se localiza en la parte baja del espectro, las velocidades van de los 300 kbps hasta los 10 Mbps.

Las velocidades del flujo descendente varían ya que el sistema es compartido entre todos los usuarios y va a depender de la cantidad de usuarios que estén descargando información al mismo tiempo. El operador de cable tiene la facultad de aumentar el ancho de banda asignando para habilitar más canales para datos. El flujo ascendente es un problema ya que se utilizan los canales bajos del espectro, los cuales están más propensos a ruido debido a interferencias eléctricas ocasionadas en el hogar por aparatos electrodomésticos, malas instalaciones eléctricas, etc, o inclusive debido a una mala calidad del sistema de cable, pérdidas en conexiones, cable mal aislado, etc. Además, normalmente se utiliza TDMA y los usuarios deben esperar a que se les asigne una ranura de tiempo.

Instalación, configuración y mantenimiento del cabledem desde el CMTS

Cuando un usuario solicita abonarse al servicio de datos, el operador le facilita el cabledem previamente configurado en cabecera con un software facilitado por el fabricante. El cabledem se conecta a la PC que tiene instalado el programa de configuración, a través del cual se le grabaran una serie de datos para su funcionamiento como detalles sobre la forma de acceder a la planta de RF, velocidades de transmisión y recepción de datos, parámetros de gestión, asignación de una dirección mediante la cual se le identifica, etc. Además, para que un cabledem pueda funcionar es necesario darle de alta, es decir, comunicar al CMTS que ese cabledem está autorizado para operar; este detalle es muy importante, ya que solo se permitirá acceder al sistema a aquellos equipos que estén registrados. Otra medida de control es el hecho de que es completamente imposible cambiar los parámetros de configuración del cabledem si no se dispone del software correspondiente, esto con el fin de mantener un cierto orden y control en el sistema ya que si cada usuario escogiese el canal por el cual transmitir, se correría el riesgo de saturar unos canales y dejar vacíos otros.

Antes de utilizar el módem a pleno rendimiento, hay que dejarlo unos instantes para que termine su configuración. Hay ciertos parámetros, como por ejemplo la distancia del hogar del usuario hasta la cabecera, que no se conocen hasta que el equipo está instalado y que influyen directamente en el modo de operación. Así, cuando el cabledem se conecta, entra en contacto con la cabecera indicándole que ya está instalado, transmite un paquete de prueba y mide el tiempo que tarda en volver a llegar a él. De esta forma calcula lo que se conoce como round trip delay, que es el tiempo que tardan los datos en llegar hasta la cabecera por un canal ascendente y volver de nuevo a él por uno descendente. Dependiendo de cómo y cuando reciba el paquete sabrá en que condiciones se encuentra la red en términos de calidad, su distancia hasta la cabecera, podrá calcular la potencia con la que se debe transmitir, así como saber el tiempo en que tardan en llegar los datos a la cabecera con el fin de evitar que dos estaciones o equipos transmitan al mismo tiempo y los datos lleguen justo en el momento en que les corresponde para que no se colapsen con los del usuario que transmitió antes o después. Esto es, que la estación transmita con una cierta anticipación dependiendo de la distancia que le separa de la cabecera.

Tras conectar el cabledem y esperar unos instantes para su completa configuración, el operador del sistema de cable comprobará el correcto funcionamiento del mismo. A partir de este momento, el control y gestión del módem se realizará remotamente desde la cabecera por medio del CMTS como tipo y cantidad de tráfico que éste ofrece a la red, nivel de potencia emitido, frecuencia de acceso, etc.

Se puede cambiar la totalidad de los parámetros de operación del cablemódem remotamente desde el CMTS, por ejemplo, si se detecta que un canal tiene demasiado tráfico, se puede indicar a algunos de los cablemódems que pasen a utilizar un canal alternativo. Los módems constituyen además una valiosa herramienta para el control y monitorización de la planta de cable. Gracias a la información que envían al CMTS desde los distintos puntos de la red donde se encuentran ubicados, éste puede tener en todo momento una panorámica global del estado de la red y así localizar averías, puntos de inserción de ruido, etc.

Acceso a Internet con un cablemódem

El acceso a Internet es hoy por hoy el servicio por excelencia ofrecido a través de los cablemódems, ya que un buen acceso a Internet, además de proporcionarnos las ya consolidadas aplicaciones de navegar por WWW, correo electrónico, etc., sirve como una poderosa herramienta de integración de servicios: si pensamos en datos, desde una simple transferencia de ficheros hasta la más completa aplicación de teletrabajo; pero también sería posible mantener conversaciones telefónicas con una calidad razonable e inclusive difusión de audio y video.

La ventaja inmediata y más evidente es la rapidez, pero lamentablemente la velocidad del módem es tan solo uno de los factores de la ecuación. Entre el usuario y la información a la que se desea acceder en algún lugar remoto de la red hay una serie de obstáculos que hay que solventar:

1. La velocidad a la que la computadora es capaz de manejar la información proveniente de Internet.
2. Velocidad de la interfase hacia el cablemódem: habitualmente es el estándar 10baseT Ethernet, con lo que limitamos el flujo a 10 Mbps.
3. Velocidad del cablemódem que dependerá directamente del modelo.
4. Congestión en la planta de cable: el medio es compartido y los 10 o 30 Mbps del canal descendente deberán repartirse entre todos los usuarios conectados a la misma subred.
5. Capacidad de la conexión desde la cabecera a Internet: contratada por el operador y que es compartida entre todos los usuarios al cable.
6. Congestión dentro de la propia Internet: impredecible en determinadas circunstancias o al acceder a los puntos más concurridos.

De los 10 ó 30 Mbps anunciados teóricamente, se estima que el usuario podrá disfrutar de un acceso a unos 1.5 Mbps reales. Esta oferta sigue siendo atractiva tanto en velocidad como en precio, y desde luego mucho mejor que las alternativas telefónicas disponibles: el módem tradicional no excede los 56.6 kbps, y la RDSI (dos canales de 64 kbps) tiene un precio excesivamente elevado por minuto de utilización.

El operador de cable puede controlar con cierta facilidad los puntos del 2 al 4, pues si detecta tráfico excesivo en la red podrá habilitar canales adicionales. El punto 5 resulta más complicado, o más bien más caro. La mayoría de los proveedores de acceso a Internet disponen de un enlace a la red de 1.5 o 2 Mbps, para ellos deben alquilar una línea de esa capacidad al correspondiente proveedor y su precio suele ser realmente elevado.

Este es uno de los motivos por los que se recomienda promocionar el desarrollo de contenido local almacenado en cabecera. Páginas web con noticias, publicidad, guías de servicios locales, etc. Y elevado contenido multimedia (videos cortos de sucesos o deportes), que al estar almacenadas en el servidor de cabecera podrán ser accedidas a gran velocidad a través de la red de CATV. Esto puede ser una ventaja adicional del acceso por cable.

Funcionamiento de un Cablemódem

Al igual que los módems tradicionales, los cablemódems modulan y demodulan las señales de datos. Sin embargo, los cablemódems incorporan funciones más convenientes para los servicios a Internet a alta velocidad.

Un cablemódem es un receptor de RF capaz de entregar hasta 30 o 40 Mbps de datos en un canal de cable de 6 MHz. Los datos desde el usuario a la red se envían en un sistema programable y flexible bajo control de la cabecera. Un suscriptor puede continuar recibiendo el servicio de televisión por cable mientras recibe simultáneamente datos en el cablemódem para entregarlos a una PC.

En realidad lo cablemódems funcionan como gateways pasando de un protocolo Ethernet al protocolo particular de la red de cable. En cabecera se hará el proceso inverso, se convierte el protocolo del cable en alguno de los estándares disponibles, y además se realizan ciertas funciones de control sobre el sistema.

La arquitectura básica de un cablemódem se muestra en la figura 6-2

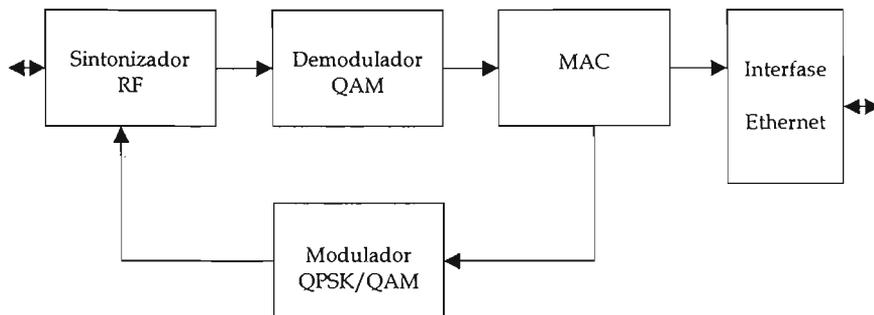


Figura 3-4 Diagrama a bloques de un cablemódem

Sintonizador. El sintonizador está conectado directamente a la salida de la red CATV y convierte los canales de TV a una frecuencia más baja. Normalmente tiene un diplexer para proporcionar tanto la señal ascendente como la señal descendente a través del mismo sintonizador. Debe ser de suficientemente buena calidad para recibir las señales moduladas digitalmente en QAM.

Demodulador. En la dirección de recepción, la señal de FI alimenta a un demodulador. Que normalmente consiste de un convertidor analógico-digital (A/D), un demodulador QAM 64/256, una trama de sincronización MPEG y un corrector de error.

Modulador. En la dirección de transmisión, un modulador alimenta al sintonizador. Este modulador codifica la señal y la modula en QPSK/16-QAM a la frecuencia seleccionada y convierte la señal de digital-analógico. La señal de salida se alimenta a través de un driver con un nivel de salida variable, y así el nivel de señal puede ajustarse para compensar las pérdidas del cable.

MAC. Es el mecanismo de control de acceso al medio y se encuentra entre las etapas de recepción y transmisión. La MAC es muy compleja comparada con la MAC de Ethernet, y en realidad no hay ninguna MAC capaz de controlar todas las funciones de la capa MAC sin la ayuda de un microprocesador.

Interfase. Los datos pasan a través de la MAC y se van hacia la interfase de computadora del cablemódem. Normalmente, se utiliza interfase Ethernet 10/100baseT o USB.

Podemos distinguir dos sistemas de cablemódems.

1.- *Sistemas Simétricos:* Intentan reproducir en la red de cable las características de una red de área local (LAN). Ofrecen la misma capacidad de transmisión en ambos sentidos, de los usuarios a cabecera y de cabecera hacia los usuarios. Las portadoras ascendente y descendente son de iguales características, típicamente cada una ocupa un canal de 6MHz.

2.- *Sistemas Asimétricos* Más adaptados a las características de la red de cable, ofrecen mayor capacidad de transmisión de cabecera hacia los usuarios que de los usuarios hacia la cabecera. Típicamente las portadoras descendentes son de 6 MHz y las ascendentes de ancho variable entre 200 kHz y 2 MHz. Esta estructura además esta pensada para optimizar la aplicación de WWW, donde el usuario accederá probablemente a recoger información de la red más que aportarla.

Todos los cablemódems son sintonizables, es decir, pueden transmitir y recibir señales en cualquiera de las frecuencias de los canales ascendente y descendente respectivamente.

Las portadoras emitidas desde cabecera o descendentes se colocarán junto con los canales de TV difundidos, en cualquier espacio libre entre 55 y 860 MHz. Típicamente tienen el mismo ancho que los canales de TV, 6MHz en el estándar americano y 8MHz en el estándar europeo.

La ubicación de la portadoras ascendentes resulta más complicada debido al abundante ruido en esta zona del espectro, se buscará un lugar lo más despejado posible donde no interfieran con otros servicios bidireccionales (TV interactiva, telefonía) en los sistemas simétricos las portadoras ascendentes también ocupan canales de 6MHz. Generalmente resultan más convenientes los sistemas asimétricos, que buscan un fragmento del canal de retorno en buenas condiciones de ancho variable entre 200 KHz y 2 MHz .

Modulación

Los sistemas simétricos habitualmente utilizan modulación QPSK o BPSK, más robusta frente al ruido, logrando 10 y 4 Mbps respectivamente en los canales de 6 MHz.

Dadas las distintas características de los canales ascendente y descendente los sistemas asimétricos utilizan distintos esquemas de modulación para cada uno de ellos. Es muy común utilizar 64QAM (6 bits/símbolo) para aprovechar las buenas condiciones del canal descendente, logrando velocidades binarias en torno a los 30 Mbps (27Mbps de datos sin el FEC) en canales de 6MHZ. En el canal ascendente se manejan varias posibilidades: BPSK, QPSK o 16QAM.

Potencia emitida

Los cablemódems emiten una potencia variable, aproximadamente entre 30 y 60 dBmV. Este valor se ajusta automáticamente en función de su distancia a la cabecera. Cuando hay muchas portadoras en el canal ascendente, además de controlar el nivel de potencia de cada portadora hay que controlar el nivel de potencia total para no saturar los amplificadores de retorno y provocar la aparición de productos de intermodulación, corriendo el riesgo de que estos coincidan con alguna de las portadoras de datos.

Dado lo ruidoso del canal, es importante mantener una relación C/N adecuada para lograr transmisiones digitales libres de errores, los valores necesarios dependen del esquema de modulación empleado en cada caso. Las especificaciones de los distintos fabricantes suelen exigir una relación C/N entre 22 y 25 dB en el canal ascendente para un BER de 10^{-9} aunque en la práctica parece ser un poco más.

Tipos de Cablemódems

Existen tres configuraciones que son las más comunes en el mercado:

Cablemódem externo Es una pequeña caja externa que se conecta a la computadora a través de una conexión ordinaria Ethernet. El plus que tiene la tarjeta Ethernet es que se pueden conectar

más computadoras. El cablemódem trabaja con la mayoría de los sistemas operativos y plataformas de hardware incluyendo Mac, UNIX, computadoras laptop, etc. La otra opción de interfase es el puerto USB que tiene la ventaja de instalarse más rápido pero la desventaja es que solo se puede conectar una PC por cablemódem basado en USB, mientras que se tienen hasta 4 puertos RJ-45 para manejar 4 PCs con tarjeta Ethernet.

Cablemódem interno Este tipo de cablemódem normalmente es una tarjeta para bus PCI. Este tipo puede ser la implementación más barata en el mercado pero tiene un número de desventajas. El primer problema es que solo puede usarse en PC desktop. Es posible conectarlos a una Mac o a laptops, pero se requiere de un sistema distinto. El segundo problema es que el conector del cable no está aislado de la ca; esto puede ser un problema para algunas redes de CATV, requiriendo de una actualización más cara en la instalación de la red.

Set Top Box interactivo La principal función del set top box es que proporciona más canales en el mismo número de frecuencias gracias a la codificación de televisión digital (DVB). Un set top box proporciona un canal de retorno a través del servicio de telefonía tradicional (POTS, por sus siglas en inglés.) que permite al usuario acceder a buscadores web, correo electrónico, etc, directamente desde la pantalla.

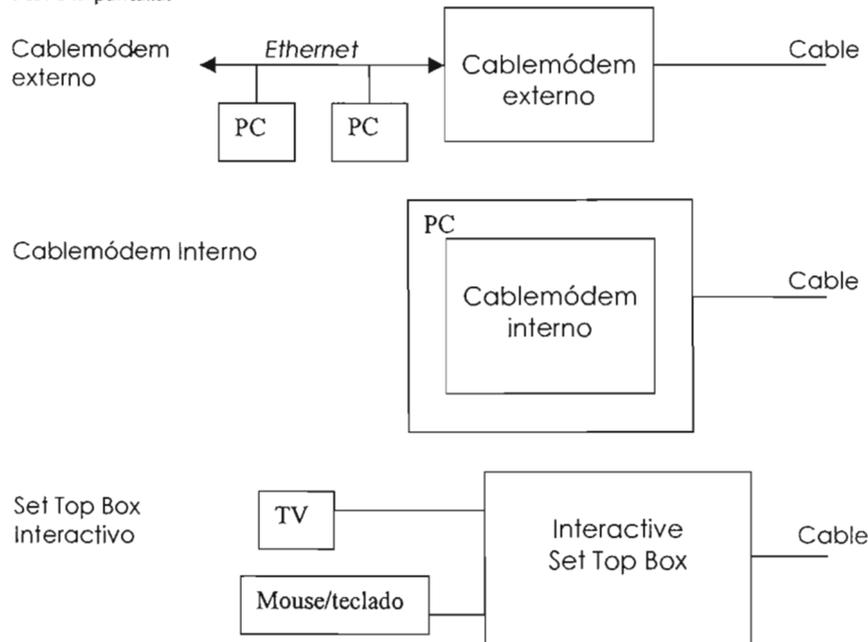


Figura 3-5 Tipos de cablemódem

Conexión del cablemódem con la PC del usuario

El operador de cable se encargará del mantenimiento en buen estado de la red y del correcto funcionamiento de los equipos de cabecera y del cablemódem, ofreciendo a partir de éste una interfase estándar. El estándar adoptado es Ethernet 10baseT, tecnología de red de área local perfectamente consolidada y utilizada en todo el mundo. La interfase de red se instala como una tarjeta y su configuración resulta inmediata en la mayoría de los casos. Cada una de estas interfaces tiene un número único en el mundo. Por lo tanto la conexión del cablemódem a la computadora consiste simplemente en conectar el par trenzado que sale del cablemódem en el

conector estándar RJ-45 de la tarjeta Ethernet instalada en la computadora. El estándar dice que a través de esta interfase fluyen datos simétricamente a 10 Mbps, es decir, el usuario puede transmitir 10 Mbps hacia el módem y el módem puede enviarle otros 10 Mbps hacia el usuario. Recientemente, se ha anunciado la interfase USB para los cablemódems que facilitará la conexión con la PC, ya que no es necesario abrir la PC para conectar el puerto USB como lo es con una tarjeta de red.

Algunos modelos permiten conectar tan solo una computadora por cablemódem, mientras que otros permiten conectar varias (hasta 4 normalmente), bien directamente o a través de un módulo intermedio (un concentrador o hub) al que se conectarán todos y éste mediante solo un cablemódem.

Estandarización

Un sistema de datos por cable está comprendido de muchos estándares de tecnologías diferentes. Para desarrollar un mercado de cablemódems, los productos de distintos fabricantes deben ser interoperables.

Para lograr la tarea de sistemas interoperables, los operadores de televisión por cable en Norte América formaron una sociedad limitada, Multimedia Cable Network System (MCNS), y desarrollaron una serie inicial de requerimientos para el cablemódem (DOCSIS). MCNS fue inicialmente formado por Comcast, Cox, TCI, Time Warner, Continental (now MediaOne), Rogers Cable, and CableLabs. Los requerimientos de DOCSIS ahora son manejados por CableLabs. La conformidad de un fabricante de equipo a los requerimientos de DOCSIS y las pruebas de interoperabilidad son administradas por un programa de certificación de CableLabs.

La IEEE está trabajando con un estándar separado para los cablemódems, el 802.14. Tanto DOCSIS como 802.14 comparten una capa física común pero son diferentes en la capa MAC. Sin embargo, los dos estándares existen en el mismo canal descendente. Además, 802.14 estudia alternativas para el canal ascendente como CDMA y TDM.

El modelo OSI puede compararse con el estándar DOCSIS de la siguiente manera:

OSI	DOCSIS	
Capas más altas	Aplicaciones	DOCSIS Control de Mensajes
Capa de Transporte	TCP/UDP	
Capa de Red	IP	
Capa de Enlace de Datos LLC/MAC	IEEE 802.2/ IEEE 802.3	
Capa Física	<i>Flujo Ascendente</i>	<i>Flujo Descendente</i>
	TDMA (mini-slots) 5 - 42 MHz QPSK/16-QAM	TDM (MPEG) 42 - 850 MHz 64/256-QAM ITU-T J.83 Annex B(A)

Tabla 3-1 Comparación del modelo OSI con el estándar DOCSIS

Algunos de los detalles de los requerimientos de un cablemódem son:

Capa Física

Canal de Datos Descendente En la capa física del cablemódem, el canal de datos descendente está basado en las especificaciones de video digital de Norte América (UIT-T recomendación J.83 anexo B) e incluye las siguientes características:

Canal de datos descendente

- Modulación 64QAM con 6 bits por símbolo (normal) y 256 QAM con 8 bits por símbolo (más rápido pero más sensible al ruido)
- Un ancho de banda de 6 MHz que coexiste con otras señales en la planta de cable.
- Flujo continuo de datos
- Tasa de datos de 27 a 56 Mbps (4-7 MBps)
- Corrección de error Reed-Solomon (corrige 6 errores en 204 bytes)

Canal de datos ascendente.

- Modulación QPSK con 2 bits por símbolo y 16QAM con 4 bits por símbolo
- Tasa de datos de 320 kbps hasta 10 Mbps
- Ancho de banda de 2 MHz
- Agilidad de frecuencia
- Se transmiten ráfagas de datos en ranuras de tiempo (TDM)
- Codificación Reed-Solomon programable
- Ráfagas de longitud variable

Capa MAC

Esta capa proporciona los requerimientos generales para que muchos suscriptores de cablemódem compartan un canal de datos ascendente para la transmisión a la red. Estos requerimientos incluyen detección de colisión y retransmisión. El largo alcance geográfico que tiene la red de datos de cable posee problemas especiales como resultado del retardo de transmisión entre los usuarios cercanos a la cabecera y los usuarios más alejados a la cabecera. La capa MAC proporciona *ranking*, esto es que cada cablemódem evalúa el tiempo que tarda para transmitir a la cabecera. Esta capa también soporta timing y sincronización, asignación de ancho de banda para los cablemódem desde el CMTS, detección de errores, manejo y recuperación de errores y procedimientos para el registro de nuevos cablemódems.

Privacidad

Otro aspecto importante a considerar por la capa MAC es la privacidad. La privacidad de los datos del usuario se logra encriptando los datos de la capa de enlace entre los cablemódems y el CMTS. Los cablemódems y el controlador de la cabecera CMTS encriptan la carga útil de datos de la trama de la capa de enlace transmitida en la red de cable. Se asignan una serie de parámetros de seguridad incluyendo codificación de datos a los cablemódems por la Asociación de Seguridad (SA, Security Association). Todas las transmisiones del cablemódem viajan a través de un canal de datos ascendente y los recibe el CMTS. En el canal de datos descendente el CMTS debe seleccionar la apropiada SA basándose en la dirección de destino del cablemódem. La línea de seguridad emplea el Estándar de Encriptación de Datos (DES) para la encriptación de los datos de usuario. La encriptación puede ser integrada directamente dentro del software y hardware de la interfase MAC.

Capa de RED

Las redes de datos por cable utilizan IP para la comunicación del módem a la red. Mediante el protocolo DHCP (Protocolo de Configuración de Host Dinámico) se forman las bases para los direccionamientos IP asignados y la administración en la red de cable. Se utiliza un sistema de traducción de direcciones de red (NAT) para tener un "mapa" de las computadoras que utilizan un acceso de alta velocidad vía cablemódem.

Capa de transporte

Las redes de datos por cable soportan tanto el Protocolo de Control de Transmisión (TCP) como el Protocolo de Datagrama de Usuario (UDP) en la capa de transporte.

Capa de Aplicación

Todas las aplicaciones relacionadas a Internet se manejan aquí. Estas aplicaciones incluyen correo electrónico, FTP, TFTP, noticias, chat, y el Protocolo de Manejo de Señalización de Red (SNMP). El uso de SNMP proporciona el manejo de la CMTS y la red de datos de cable.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- 1.- Data Over Cable Specifications DOCSIS 1.1
Cable Modem to Customer Premise
Equipment Interface Specifications
SP-CMCI-109-030730
www.cablemodem.com
- 2.- Cablemódem Tutorial. International Consortium Engineering.
http://www.iec.org/online/tutorials/cable_mod/index.html
- 3.- Acceso Veloz a Internet por las redes de Televisión por Cable. Eva Parrilla Escobar, Judith Redoli Granados, Rafael Mompó Gómez. Secretariado de Publicaciones e Intercambio Científico, Universidad de Valladolid. 120 pp. Valladolid, España. 1996
- 4.- Modern Cable Televisión Technology: video, voice and data communications. Walter Ciciora, James Farmer, et al. Morgan Kaufmann Publishers. E.U.A. 1999
- 5.- What is a Cable Modem?. The cable modem reference guide
<http://www.cable-modems.org/tutorial/>
- 6.- www.cablelabs.com
- 7.- www.packetcable.com
- 8.- www.cablemodem.com
- 9.- Cablemódem Impact on Service. Jessica L. Kemp. University of Maryland Baltimore County LAN Management II, 1996
<http://userpages.umbc.edu/~jkemp1/cablemdm.htm>
- 10.- CATVnet, la red de CATV. Sistemas de CATV Su Funcionamiento.
www.catvnet.com.ar/00
- 11.- CableModems y Redes HFC. Comunicaciones World. Alberto Murillo. 1997
www.albertomurillo.com

CAPITULO IV

ESTRUCTURA DE UNA RED PARA PRESTAR LOS SERVICIOS DE VOZ, DATOS Y VIDEO POR CABLE

En este capítulo haremos una conjunción de los diferentes sistemas que hemos descrito anteriormente, como telefonía por cable y datos por cable, tratados en los capítulos 2 y 3 respectivamente, para definir una estructura que sea capaz de soportar y ofrecer los servicios de voz, datos y video por una misma red de TV por cable.

Comenzaremos por hablar un poco sobre redes híbridas de fibra/coaxial HFC, posteriormente intentaremos definir el equipo necesario en cabecera para ofrecer los tres servicios, hablaremos también acerca del equipo necesario en el hogar del usuario para manejar los tres servicios y finalmente comentaremos la necesidad de alimentar la red desde la cabecera.

Arquitectura Híbrida Fibra-Coaxial

La arquitectura híbrida fibra/coaxial (HFC) es una combinación optimizada de fibra óptica en la parte troncal y cable coaxial en la parte de distribución y de acometida. Esta optimización HFC ha hecho posible incrementar el ancho de banda, mejorar la calidad de la señal, mayor fiabilidad, mientras se reduce el costo de mantenimiento además de ser fácil de trabajar. También se reducen los retos técnicos al proporcionar un servicio de cable bidireccional.

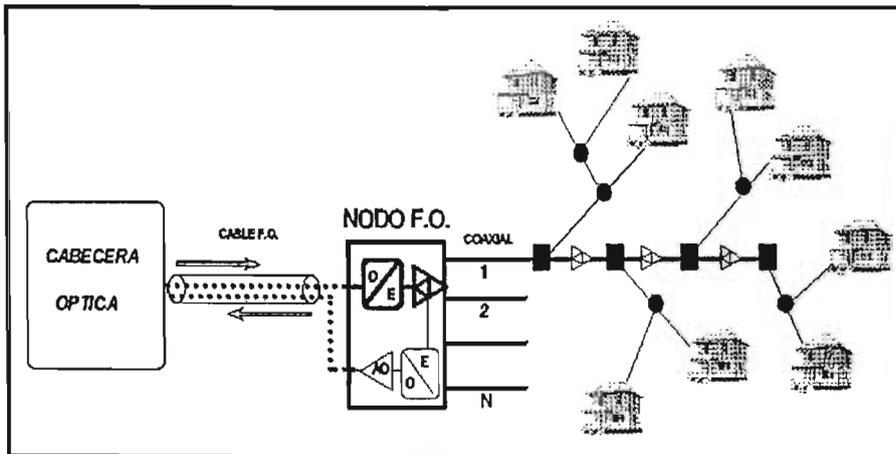


Figura 4.1 Estructura de red bidireccional

Una red HFC tipo FSA (Fibra hasta el Área de Servicio) es la siguiente evolución en el uso y mejor aprovechamiento de la fibra óptica. Lo que se hace es seccionar el sistema de cable en múltiples sistemas de cable más pequeños de entre 500 a 2000 abonados cada uno, con cascadas limitadas a cuatro o seis amplificadores. Cada uno de estos pequeños sistemas se alimenta con un enlace de fibra desde la cabecera hasta un nodo óptico que transforma la información lumínica en RF. Al tener menos abonados por nodo, se aprovecha mejor la arquitectura estrella, ya que aumenta su fiabilidad y su capacidad para ampliar servicios en el futuro en áreas, como por ejemplo, transmisión de datos o telefonía.

La parte troncal de la planta cubre solamente cerca del 12% de la longitud total. Por su parte la red de distribución del sistema alcanza aproximadamente el 38% de la longitud total, mientras que el cable de acometida que llega hasta el hogar abarca el 50% aproximadamente de todo el sistema.

La parte de distribución debe soportar los taps para los usuarios. Su longitud no debe ser muy grande debido a que la energía se deriva en las taps para alimentar los hogares. Consecuentemente, los niveles de potencia deben ser relativamente altos. Estos niveles alcanzan la

región no lineal de la curva de los amplificadores. Además esta porción del sistema está siempre en constante actividad, ya que todo el tiempo existen suscriptores que se agregan y otros que se desconectan debido a que se dan de baja del sistema. Por esto es importante que sea de fácil manejo. La parte troncal de la planta es relativamente estable y existen pocos cambios.

La operación del sistema bidireccional llega a ser muy práctica por dos razones: la primera es que como el sistema está seccionado en sistemas más pequeños y cada uno está aislado de los demás con su propio enlace hacia la cabecera, el ingreso de señales no deseadas que provoca interferencia en uno de estos sistemas, no dañaría los otros subsistemas de la planta. La segunda razón, es que la fibra por sí misma está libre del ingreso de señales que provoquen interferencia.

Ahora es común instalar componentes pasivos (taps, divisores, etc) con capacidad de hasta 1 GHz. Los amplificadores actuales de 1 GHz de capacidad aún son muy caros, sin embargo, algunos sistemas se están acondicionando para soportar las magnitudes de GHz para que la adición de módulos de amplificadores con capacidad de GHz mejoren el sistema con muy poca o ninguna pérdida de instalación de la planta. Por lo pronto, los sistemas actuales están trabajando con capacidades de 550MHz, 750 MHz y 860 MHz.

Los láser que manejan las fibras son muy caros, los receptores que convierten la energía óptica en señal de TV lo son también. Por esta razón, los componentes deben servir a cientos de usuarios para amortizar los costos.

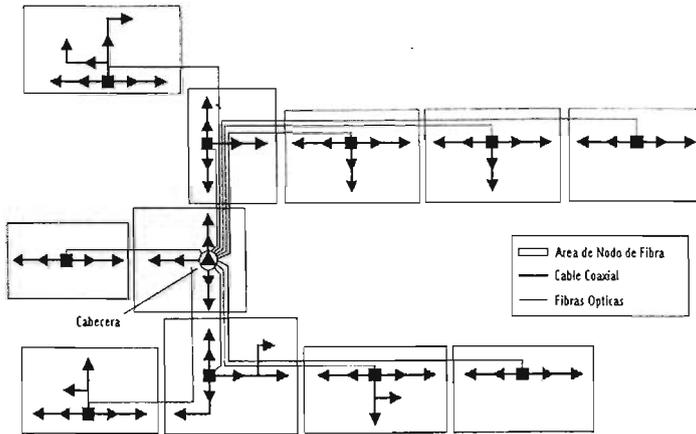


Figura 4.2 Estructura HFC

Mejoramientos en la Planta de Distribución

El utilizar niveles de señal muy altos en la parte de distribución, significa que debemos alcanzar áreas no lineales de la curva característica de operación de los amplificadores, lo que provoca distorsión. Si a esto agregamos que los taps no tienen un acoplamiento de impedancias perfecto, nos da como consecuencia que la señal se refleje entre los taps y la imagen se vea con manchas. A este fenómeno se le llama *microreflexión* por dos razones: la longitud de las reflexiones es baja y el tiempo de retardo es corto.

La *superdistribución* es la solución a estas dificultades. Esto es, que cada uno de los amplificadores de línea está estructurado con tres chips amplificadores. Uno alimenta al próximo amplificador de línea, otro alimenta a la mitad de los taps de la línea extendida previa, y el tercero alimenta a la mitad de los taps de la próxima línea extendida. En la red existente, el cable de distribución es cortado a la mitad entre las líneas extendidas. El nuevo cable no tiene derivaciones y conecta directamente las líneas extendidas. Esto permite que el nivel de la señal sea bajo entre amplificadores ya que el cable no está derivado. Con esto se reducen las no-linealidades y también

las fugas de señal. Además de esto, el número de taps que existe en cualquier cable se reduce drásticamente en comparación con la estructura anterior, reduciendo también la cantidad de microreflexiones que se presentan con cualquier usuario.

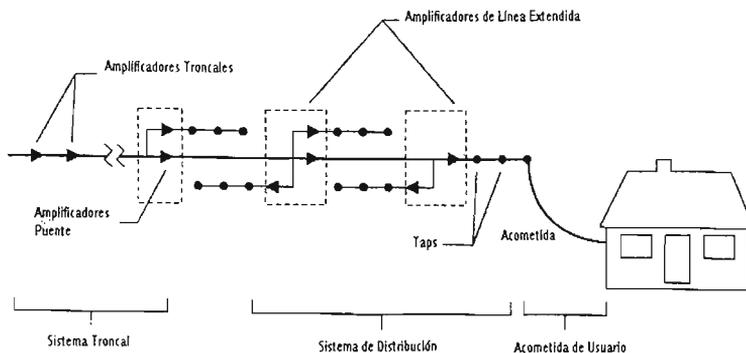


Figura 4.3 Superdistribución

Con mucho menos amplificadores en serie, las limitantes en su diseño y operación se reducen, los anchos de banda se hacen más prácticos y el costo se reduce también.

El Canal de Retorno

Las redes HFC deben estar preparadas para ofrecer distintos tipos de aplicaciones y servicios bidireccionales a sus abonados y por tanto es necesaria la existencia de un canal de comunicaciones para la vía ascendente o de retorno, del abonado a la cabecera. Este canal de retorno ocupa un ancho de banda, en las redes HFC, de entre 5 y 55 MHz que lo comparten todos los hogares servidos por un nodo óptico. Los retornos de distintos nodos llegan a la cabecera por distintas vías o multiplexados a distintas frecuencias y/o longitudes de onda. Una señal generada por el equipo terminal de un abonado recorre la red de distribución en sentido ascendente, pasando por amplificadores bidireccionales, hasta llegar al nodo óptico. Allí 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.

Un problema que presenta la estructura de árbol típica de la red de distribución en una red HFC es que, así como todas las señales útiles ascendentes convergen en un único punto (nodo óptico), también las señales indeseadas, ruido e interferencias, recogidas en todos y cada uno de los puntos del bus de coaxial, convergen en el nodo, sumándose sus potencias y contribuyendo a la degradación de la relación señal a ruido en el enlace digital de retorno. Este fenómeno se conoce como acumulación de ruido por efecto embudo (*noise funneling*). A esto hay que añadir el hecho inevitable de que el espectro del canal de retorno es considerablemente más ruidoso que el del canal descendente, sobre todo su parte más baja, entre 5 y 15-20 MHz.

Además de las interferencias de banda estrecha provenientes de estaciones emisoras de radio, uno de los principales problemas de interferencias en la parte de coaxial de una red HFC es el que representa el ruido impulsivo que tiene su origen en varias fuentes: descargas por efecto corona en redes de suministro eléctrico, a menudo localizadas en los mismos postes o conductos que el cable de la red de CATV; descargas entre contactos de conectores oxidados; sistema de encendido de automóviles; y aparatos domésticos tales como motores eléctricos. Consiste en estrechos picos de señal de amplitud generalmente grande, que afectan a todo el espectro del canal de retorno. Su densidad espectral de potencia disminuye con la frecuencia, por lo que su efecto en el canal descendente es considerablemente menor. El ruido impulsivo provoca aumentos momentáneos muy fuertes del nivel de entrada (señal + ruido) en amplificadores y en el láser de

retorno. La saturación de estos dispositivos hace que entren en las zonas no lineales de sus características entrada-salida, lo que a su vez provoca la aparición de productos de intermodulación de segundo y tercer orden (CSO *-composite second order-* y CTB *-composite triple beat-*, respectivamente). Los amplificadores modernos están diseñados de manera que prácticamente se cancelen los CSO para niveles normales de entrada, siendo los CTB los productos de intermodulación que limitan las prestaciones del sistema en caso de sobrecarga de los amplificadores. En el caso del láser de retorno, un aumento incontrolado del nivel de entrada al driver hace que los picos de la señal entren en la zona negativa (por debajo del umbral de emisión láser) de la característica entrada-salida, en la que el láser no presenta respuesta (sencillamente se apaga). Este fenómeno se conoce como *laser clipping*, y es el responsable de la aparición de productos de intermodulación a la salida del mismo.

Para combatir todo este ruido del canal de retorno tanto de efecto embudo como impulsivo, es que se ha optado por reducir las áreas de servicio de cada nodo en pequeños sistemas como se describió al principio. También, recientemente ha surgido una tecnología llamada Multiplexaje por División de Onda Denso (DWDM, por sus siglas en inglés) que combina la salida de varios transmisores ópticos de la trayectoria de retorno, cada uno a diferente longitud de onda o "color", en una sola fibra, de esta manera se limita el número de usuarios para cada trayectoria y se reducen los ruidos de retorno, ya que es como si cada trayectoria se enviara por separado; además de la ventaja de reutilizar el ancho de banda. En la siguiente figura se muestra un esquema simplificado, donde se observa el canal de retorno. En esta configuración, del nodo óptico parten cuatro buses de coaxial que sirven a cuatro 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 Interfase de Red (UIR) sirve para conectar los distintos equipos del usuario (TV, PC y teléfono).

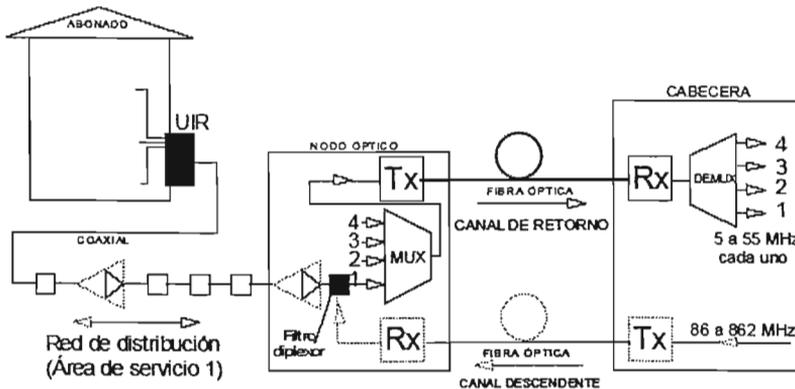


Figura 4.4 Canal de Retorno

Equipo en Cabecera

Ahora hablaremos acerca del equipo necesario en cabecera para ofrecer los servicios de voz, datos y video por una red de TV por cable.

En el caso del video, se cuenta con equipo de recepción de canales de TV, ya sea satelital o local, o probablemente de origen propio del sistema como estudios de grabación, etc. Todo esto comentado en el capítulo 1 en el apartado de Sistemas de Cable. Mientras tanto, para el manejo de

telefonía se cuenta con un softswitch conectado mediante una interfase hacia la RTPC. A su vez, el manejo de datos se realiza con el CMTS y su respectiva interfase hacia Internet.

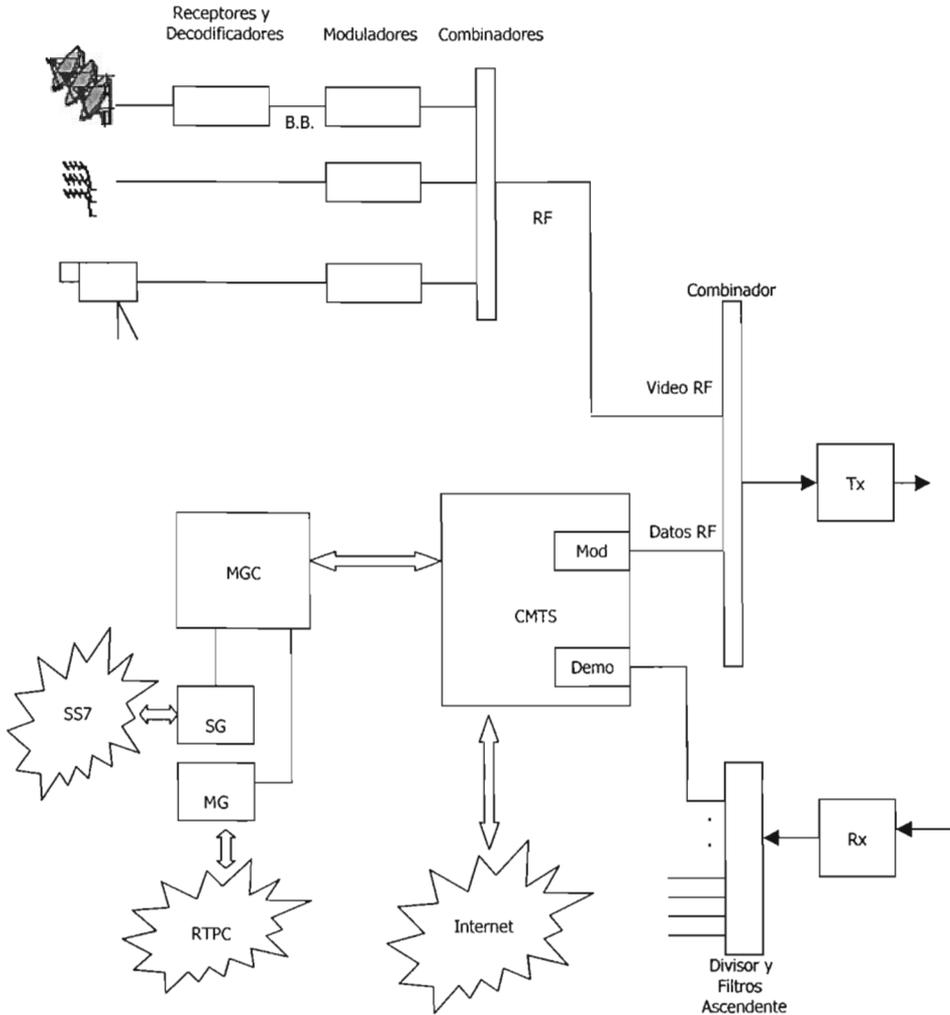


Figura 4.5 Estructura de cabecera

Obviamente, este es el equipo básico necesario para ofrecer los tres servicios ya que se requieren otros equipos como servidores para ofrecer páginas de acceso local, dispositivos de soporte y operación, controladores de seguridad y acceso, equipo de contabilidad, etc; necesarios para interactuar con el equipo básico y que así haya un buen funcionamiento de cabecera.

La parte de la cabecera enfocada al tratamiento de las señales de video, está conformada por los siguientes bloques: recepción de señales, tratamiento en banda base, y modulación y combinación. Un canal de TV, analógico o digital, proveniente de satélite o de difusión terrenal, es

captado, demodulado y decodificado en el primer bloque. Si el sistema es analógico, todos los canales, sea cual fuere su origen, son convertidos a un formato analógico en banda base. El segundo bloque permite monitorizar la calidad de estos canales y agregar otros como el típico mosaico, una carta de ajuste, un logotipo, etc, así como realizar otras funciones propias de los sistemas. Finalmente, el último bloque se encarga de modular, ordenar y codificar (con un sistema de acceso condicional determinado) cada programa según la conveniencia del operador de cable.

En el caso de que el sistema sea digital, en la etapa de recepción se reciben señales de una amplia variedad de fuentes (satélite, terrenal, cable) que los receptores demodulan a señales digitales en banda base. Será necesario digitalizar aquellas señales analógicas que formen parte de la contribución a la cabecera para convertirlas en ES MPEG-2. Al igual que en la cabecera analógica, el operador de cable puede establecer su propio proceso de encriptación. El procesado de la señal en una cabecera digital es complejo. El operador de cable tiene varias alternativas para realizar dicho procesado de la información, según sean sus necesidades y según el grado deseado de control sobre la misma. MPEG-2 define cómo a partir de diferentes flujos elementales de audio y vídeo, ES (*Elementary Streams*), se crea un *stream* de transporte (TS). Cada ES se inserta en el TS como un paquete con identificación propia PID (*Packet Identifier*). Si el *stream* de transporte contiene únicamente un programa, una combinación simple de audio y vídeo, se habla de SPTS (*Single Program Transport Stream*). Pero puede haber más de un programa multiplexado en un único flujo de transporte. Se habla entonces de MPTS (*Multiple Program Transport Stream*), que también se puede definir como una multiplexación compleja de diferentes servicios. Un MPTS puede contener, por ejemplo, varios programas de TV codificados con diferentes niveles de compresión, dependiendo del tipo de imágenes que contengan (retransmisiones deportivas, dibujos animados, cine en blanco y negro, etc.). La tasa de bit total del TS dependerá, por tanto, del número y tipo de programas incluidos en el mismo, ya que cada uno de ellos precisará una determinada cantidad de Mbps, en función de su nivel de compresión. MPEG-2 ha definido dos tipos de tablas, las PSI (*Program Specific Tables*) y las SI (*Service Information*) dentro de los campos de control del TS. Las PSI especifican qué contenido de audio y datos acompañan a la correspondiente información de vídeo, permiten al decodificador seleccionar y acceder a un programa individual y le suministran los datos necesarios para que localice y extraiga la información del acceso condicional. El contenido de las tablas SI permite la sintonización automática de los equipos receptores y contiene guías de los programas de usuario (EPG, *Electronic Program Guide*).

En la última etapa del sistema de cabecera, las señales en banda base se modulan y se convierten a RF. Las cabeceras de cable emplean modulación QAM (16 a 256 QAM). También se pueden utilizar otros esquemas de modulación como QPSK, menos eficiente en términos de bps por Hertz pero más robusto. En vez de ofrecer 30 ó 40 programas/servicios como hasta ahora, esta cantidad puede aumentar hasta 200 ó más ya que las técnicas digitales permiten una mayor compresión de la información y un mejor aprovechamiento del ancho de banda. La oferta de servicios se ha de procesar de una manera diferente en un sistema digital. Y además, en tiempo real. Para ello existen actualmente en el mercado equipos que permiten una gestión integral totalmente informatizada de los *streams* de transporte MPEG-2, tanto de los recibidos vía satélite o provenientes de otras fuentes como de los creados por el propio operador de cable.

Para el manejo de telefonía y datos en cabecera, contamos con el CMTS, el cual es el encargado de recibir todos los paquetes, provenientes ya sea del MGC para el caso de paquetes de voz, o de la red Internet para el caso de paquetes de datos; posteriormente se encarga de modularlos para obtener una sola señal en RF.

Una vez que se tiene el video así como también los paquetes de datos y voz en RF con los canales perfectamente ubicados a una frecuencia específica, pasan a un combinador para obtener, ahora sí, un espectro completo con los canales de video, voz y datos que ya está listo para ser enviado a través del transmisor óptico hacia la red HFC.

Para el espectro de retorno, se cuenta con un receptor óptico que envía las señales ascendentes hasta un divisor en donde las señales se filtran para evitar ruidos e interferencias y

posteriormente pasan al CMTS que las demodula y las enruta ya sea hacia Internet, si es que son datos; o hacia el MGC si son paquetes de voz.

Para que el usuario pueda recibir todos los servicios ofrecidos por el sistema, es necesario que cuente con el equipo que demodule, decodifique y convierta las señales a formatos ya conocidos por los equipos caseros actuales como el televisor, la PC o el teléfono.

Equipo en el hogar del Usuario

Para que el usuario pueda disfrutar de todos los beneficios que le ofrece la red HFC, como es telefonía, acceso a Internet, servicios de interactividad con el operador de la red como por ejemplo video en demanda (VOD), etc; es necesario que cuente con un equipo denominado Unidad de Interfase de Red (UIR) que pueda recibir todas las señales desde la red y pueda convertirlas a su formato original para que, ya sea el teléfono, PC o el televisor, puedan procesarlas correctamente. Obviamente, lo que se busca es que el usuario tenga solo un equipo capaz de realizar todo esto, ya que es poco práctico que el usuario tenga un equipo para cada servicio, además de la gran ventaja que ofrece el tener un solo equipo como es la reducción del costo en lugar de tener dos o tres equipos que harían que el costo se incrementara.

Para esto se pretende que la UIR sea un cablemódem capaz de recibir, del lado de la interfase de red, el cable coaxial proveniente del tap por medio de un conector tipo F; y que a su vez, sea capaz de proporcionar del lado de la interfase de usuario las salidas necesarias, por ejemplo, conectores RJ-11 para la conexión del teléfono, conectores RJ-45 para la conexión de la tarjeta de red Ethernet 10/100BASE-T o cable USB de la PC y conectores tipo F para la conexión del televisor.

Este cablemódem tendrá internamente demoduladores para recuperar la señal original, filtros para dividir los anchos de banda de cada uno de los servicios, módulos de procesamiento de cada una de las señales como decodificadores MPEG 2 o MPEG 4 para el caso del video, así como módulos para el manejo de paquetes IP para el caso de los paquetes de voz IP de telefonía o paquetes de datos. También, debe tener los módulos necesarios para la comunicación con cabecera para configuración, mantenimiento, asignación de ancho de banda, etc; parámetros necesarios (comentados anteriormente) para tener una comunicación total con la cabecera.

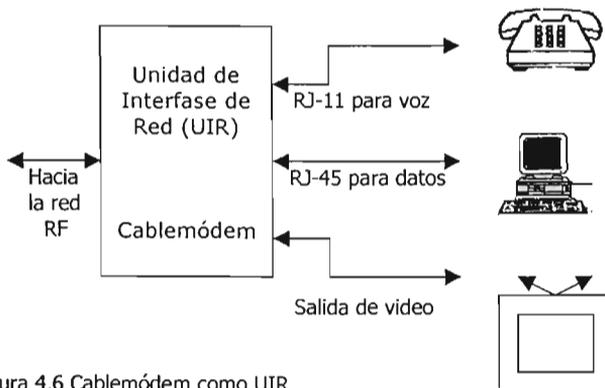


Figura 4.6 Cablemódem como UIR

A pesar de esto, existen una serie de configuraciones para que el usuario pueda tener acceso a la red. Como se comentó anteriormente, lo ideal es que sea un solo equipo el encargado de recibir y procesar los tres servicios, pero aún así puede ser que sea necesario tener equipos adicionales; como por ejemplo para el caso de la telefonía, el cablemódem tal vez solo proporcione salidas de conectores del tipo RJ-45 con el flujo de paquetes de voz; en este caso es necesario contar con otro equipo (ATA, Adaptador de Teléfono Analógico) capaz de convertir ese flujo de paquetes de voz en audio analógico por medio de salidas RJ-11 para la conexión de un teléfono

convencional. A sí mismo, talvez el cablemódem no sea capaz de manejar las señales de canales de TV, y sea necesario tener a la salida del tap un splitter que divida el ancho de banda de cada servicio y conectar, a la salida de donde se obtiene el ancho de banda correspondiente al video, un Set Top Box. Esto sería poco práctico y muy complejo debido a la necesidad de servicios interactivos, ya que desde cabecera tendría que manipularse el STB aparte del cablemódem y complicaría demasiado el procesamiento de la señal en esta.

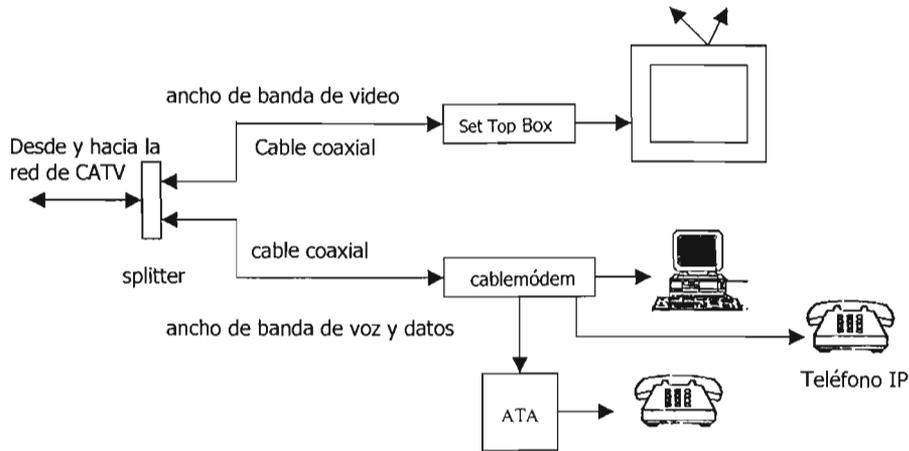


Figura 4.7 Configuración de equipos en el hogar del usuario sin UIR

Sistema de Alimentación

Una red de CATV está integrada en última instancia por una serie de equipos de telecomunicación a los que hay que suministrar energía eléctrica, y que se encuentran geográficamente dispersos en el área de despliegue de la red. Lo que el usuario espera de una red de estas características es una alta calidad de servicio, se trate de televisión, de telefonía, o de transmisión de datos. Uno de los factores clave que determinan la calidad de servicio que el usuario percibe es precisamente la disponibilidad de la red que lleva hasta él los canales de televisión, las líneas de teléfono, y los datos a alta velocidad. Es fundamental, por consiguiente, asegurar el suministro de corriente eléctrica en estos puntos para garantizar la prestación ininterrumpida de los servicios que soporta la red de cable. Generalmente, en la cabecera se dispone de espacio suficiente para instalar seguros sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI). A estos puntos haremos llegar, si es posible, una acometida eléctrica redundante que consistirá en el suministro de corriente alterna por parte de dos compañías eléctricas distintas, o en su defecto de suministros provenientes de dos centros de transformación diferentes, aunque se trate de la misma compañía. Por otra parte, el SAI dispondrá de una bancada de baterías que deberán ser capaces de aguantar la red durante un cierto tiempo (autonomía) durante el que se llevarán a cabo las acciones oportunas para restablecer el suministro de energía. También se debe contar con el equipo necesario para acondicionar la tensión y la corriente de entrada al formato adecuado para alimentar los equipos: normalmente, de corriente alterna trifásica o monofásica entre 220 y 400V, a corriente alterna monofásica a 60/90V para equipos de CATV, y/o corriente continua a -48V para equipamiento de telefonía y datos. El diseño de esta alimentación alternativa mediante baterías puede pensarse con el objetivo de que el sistema no caiga durante el tiempo que necesita un grupo electrógeno para ponerse en marcha y acoplarse al sistema de alimentación en régimen estacionario.

Una vez asegurado un suministro de energía a la cabecera por medio de, ya sea compañías eléctricas o bancos de baterías, se requiere de un análisis detallado para la alimentación de los

elementos activos en la red de distribución y acceso de coaxial (amplificadores bidireccionales de banda ancha).

Básicamente existen dos alternativas para alimentar este tipo de redes: alimentación distribuida y alimentación centralizada.

En el sistema de alimentación distribuida, cada elemento de la red (nodos finales) dispone de su propio equipo de alimentación; la disponibilidad de espacio es reducida y limita a tener solo una acometida eléctrica desde alguna compañía y un SAI con una banco de baterías que proporciona cierto tiempo de autonomía en caso de falla en el suministro principal. Como ventaja principal de un sistema distribuido destaca el hecho de que no es necesario acondicionar un local especial para los equipos de alimentación sino que éstos se reparten por los emplazamientos de los nodos finales, y las instalaciones son sencillas. Sin embargo, los inconvenientes son numerosos:

- Mayor dependencia de la calidad de servicio proporcionada por la compañía eléctrica que nos ofrece el suministro. No podemos instalar un grupo electrógeno junto al nodo final y la autonomía de las baterías es limitada.
- Nodos finales de mayor tamaño. Limitaciones de espacio en los emplazamientos de nodo final. No en todas partes cabe un nodo electro-óptico con su SAI correspondiente y su grupo de baterías.
- Elevados costos de mantenimiento. Las baterías son una fuente inagotable de problemas, que se multiplican cuando las tenemos dispersas geográficamente en distintos emplazamientos.
- Mayor dificultad para ofrecer una alta fiabilidad. Autonomía limitada.
- Aumenta el número de potenciales puntos de falla.

El sistema de alimentación centralizada supone que agrupaciones de un cierto número de nodos finales son alimentados desde puntos concretos de la red en los que se concentran los equipos de alimentación: se trata de los nodos de alimentación o nodos de potencia. El mayor o menor grado de centralización determinará el tamaño de estos nodos de potencia, cuyos SAI, baterías, y grupos electrógenos serán dimensionados de acuerdo con las necesidades específicas de las áreas servidas y con las previsiones de crecimiento en la penetración de los diferentes servicios ofrecidos a los usuarios. Puede modificarse fácilmente la configuración de estos nodos conforme los requerimientos de potencia aumentan.

Como ventajas del esquema de alimentación centralizada mediante nodos de potencia cabe citar:

- Mayor eficiencia en la gestión de la energía.
- Mayor fiabilidad del sistema. Ya no son docenas de puntos los susceptibles de fallar, ahora es uno y mucho mejor controlado.
- Permite emplear un esquema redundante N+1 para los equipos de potencia.
- Escalabilidad. Puede ampliarse la capacidad del nodo de potencia de manera sencilla conforme aumentan las exigencias de potencia de alimentación en las diferentes áreas de servicio de los nodos finales.
- Disponibilidad de elementos estándar (SAI, grupos electrógenos, baterías). Al disponer de un espacio bien acondicionado y de tamaño adecuado no es necesario recurrir a soluciones a medida y se puede trabajar con elementos estándar montados en bastidores de dimensiones normalizadas.
- Menores costos de operación y mantenimiento. La operación se facilita enormemente con el uso de sistemas de gestión remota de los emplazamientos de los nodos de potencia. Y el mantenimiento se realiza más cómodamente y de manera más controlada.
- Costo de las baterías inferior al instalar grupos en vez de infinidad de unidades dispersas.

- Menor número de acometidas eléctricas que contratar.
- Sistema de monitorización más sencillo y barato.
- Mejor aprovechamiento de espacios.

Aunque también hay inconvenientes:

- Necesidad de habilitar un local especial para la ubicación del Nodo de Potencia.
- El fallo de un Nodo de Potencia afecta a una porción mayor de la red de cable.

Seguridad y Calidad de Servicio

DOCSIS en su versión 1.1 ha agregado características de seguridad y calidad de servicio (QoS, por sus siglas en inglés) necesarias para comunicación de voz, así como la prioridad del tráfico de paquetes con el fin de dar mayor importancia al servicio de voz sobre otros servicios debido a la comunicación bidireccional y en tiempo real que este requiere.

Seguridad

CableLabs creó la especificación PacketCable conocida como protocolo de Señalización de Llamada basado en Red (NCS, por sus siglas en inglés). NCS entrega el MGCP existente y utiliza agentes de llamada basados en red para negociar las llamadas de telefonía IP basada en paquetes. Los agentes de llamada aseguran que los paquetes de voz atraviesen la red y sean audibles únicamente por los dos puntos de conversación.

NCS soporta especificaciones de autenticación IPsec, por lo tanto los gateways de telefonía deben aceptar solamente los paquetes que han sido autenticados por IPsec. DOCSIS soporta un protocolo de encapsulado para paquetes de datos encriptados a lo largo de la red. Este protocolo de encapsulado define el formato de trama para llevar los paquetes de datos encriptados, el grupo de algoritmos de encriptado y autenticación de datos y las reglas para la aplicación de los algoritmos de criptografía a dichos paquetes. CableLabs reporta que DOCSIS emplea el modo Encadenamiento de Bloque de Cifras (CBC, Cipher Block Chaining) del estándar de Encriptación de datos Americano (DES) para encriptar los paquetes de datos.

Algunas características de IPsec

Proporciona seguridad a nivel red que corre inmediatamente por encima de la capa IP en la pila de protocolos. Proporciona seguridad tanto para TCP como para UDP y consiste en dos protocolos, IPsec ESP e IPsec AH. IPsec ESP proporciona confidencialidad e integridad en el mensaje y no incluye encabezado IP; mientras que IPsec AH solo integridad e incluye la mayoría del encabezado IP. PacketCable utiliza únicamente el protocolo IPsec ESP ya que la autenticación del encabezado IP no es necesaria para mejorar la seguridad dentro de la arquitectura PacketCable.

Calidad en el Servicio de Telefonía

Los retos a vencer más importantes para lograr ofrecer un servicio de alta calidad son: latencia, eco, jitter y pérdida de paquetes.

Latencia. Es un retraso que causa principalmente dos problemas: eco y traslape de voz. El eco llega a ser un problema significativo cuando es mayor a 50 milisegundos; mientras que el traslape de voz es problemático cuando es mayor a 250 milisegundos.

Eco. Como se menciona arriba, no debe ser mayor a 50 milisegundos. Para esto debe utilizarse canceladores de eco basados en las normas G.165 y G.168 de la UIT.

Jitter. El problema del retraso se complica por la necesidad de eliminar el jitter – un tiempo variable entre paquetes causado por el hecho de que no todos cruzan la red a la misma velocidad. La eliminación del jitter requiere coleccionar paquetes y detenerlos el tiempo suficiente para que los

paquetes más lentos lleguen y sean puestos en la secuencia correcta, esto ocasiona retraso. Una manera de solucionar esto, es contar el número de paquetes que llegan tarde y crear una razón de estos paquetes al número de paquetes que se procesan exitosamente. A su vez esta razón se utiliza para ajustar el buffer de jitter a una razón de paquetes retardados específica.

Pérdida de paquetes: Bajo cargas pico y congestión, las tramas de voz caen a la misma tasa que las tramas de datos. Los paquetes de datos perdidos pueden rescatarse mediante la retransmisión pero los paquetes de voz deben manejarse de otra manera. Para esto se utiliza software con algunas técnicas como las siguientes:

Interpolación. Interpola los paquetes de voz perdidos repitiendo el último paquete recibido durante el intervalo en el que se supuso que el paquete perdido fue terminado. Esta técnica funciona bien para pérdida de paquetes poco frecuente.

Redundancia. Envía información redundante a expensas de ancho de banda. Replica y envía el paquete N junto con el paquete N+1. Es muy confiable pero utiliza mucho ancho de banda y crea demasiado retraso.

Codificador de Voz. Utiliza un codificador de bajo ancho de banda para proporcionar información redundante llevada en el paquete N+1. Reduce el problema de ancho de banda pero no el problema de retraso.

Packet Cable utiliza un formato de trabajo de Calidad de Servicio Dinámico (DQoS, Dynamic QoS). La contribución clave de DQOS es el reconocimiento de la necesidad de coordinación entre señalización, lo cual controla el acceso para servicios de aplicación específica; y manejo de recursos, de esta manera se controla el acceso de recursos a nivel de red. Asegura que los usuarios sean autorizados y autenticados antes de recibir acceso al servicio. Asegura también que los recursos de la red estén disponibles en comunicación punto a punto antes de alertar al equipo destino, por ejemplo el cablemódem. Finalmente asegura que el uso de recursos sea apropiadamente tarifado de acuerdo con las convenciones del servicio tradicional de telefonía en el cual, el cargo ocurre solamente si la parte llamada ha descolgado.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- 1.- Redes HFC.
http://www.fortunecity.com/marina/southsea/318/HFC/archivos_web.htm
- 2.- Cable Network Return Path Systems. Tim Templeton, BCT
<http://www.scte.org/chapters/newengland/reference/ReturnPath.htm>
- 3.- Cabeceras Digitales de CATV. Alberto Murillo Hernández, Sandra Solé Rodríguez
<http://www.albertomurillo.com>
- 4.- Modern Cable Televisión Technology: video, voice and data communications. Walter Ciciora, James Farmer, et al. Morgan Kaufmann Publishers. E.U.A. 1999
- 5.- Redes de Cable de Banda Ancha HFC (Híbridas Fibra óptica-Coaxial). Alberto Murillo Hernández. 1997
<http://www.albertomurillo.com>
- 7.- Packet Communications referente Architecture V 2.0. Internacional Packet Communications Consortium. 2003

www.packetcomm.org

- 8.- Packet Communications referente Architecture V 1.2. Internacional Packet Communications Consortium.
www.packetcomm.org
- 9.- ATA Motorota o VT (voice Terminal)
www.motorola.com/broadband/consumers
- 10.- Acceso Veloz a Internet por las redes de Televisión por Cable. Eva Parrilla Escobar, Judith Redoli Granados, Rafael Mompó Gómez. Secretariado de Publicaciones e Intercambio Científico, Universidad de Valladolid. 120 pp. Valladolid, España. 1996
- 11.- Voice Over Cable (VoCable) V 1.6. Edward Morgan. Telogy Networks Inc, Texas Instruments. 2000
http://www.telogy.com/our_products/golden_gateway/vocable.html
- 12.- PacketCable Dynamic Quality-of-Service Specification. PKT-SP-DQOS-I10-040721
www.packetcable.com
- 13.- PacketCable Security Specification. PKT-SPSEC-111-040730
www.packetcable.com

CAPITULO V

PROCESO DE DISEÑO DE RED

En este capítulo hablaremos del proceso que tiene que llevarse a cabo para diseñar una red con las características descritas hasta el momento en capítulos anteriores. Cabe señalar que esto no es una receta de cocina y que habrá variantes de acuerdo con las características del lugar, los servicios que se van a ofrecer, etc., además del criterio del propio diseñador de la red.

El diseño de un sistema de red de cable comienza con el mapeo del lugar. El área designada, tal como un vecindario, ciudad, poblado, debe ser estudiada desde el punto de vista demográfico así como de características de superficie. Los mapas del área deben mostrar el camino disponible y en donde se encuentran situados los hogares a los que se les pretende ofrecer el servicio. También es importante tener en cuenta mapas obtenidos de la compañía de agua o de departamentos de servicios públicos ya que son de gran ayuda para tener una buena referencia a la hora de distribuir todo el cableado.

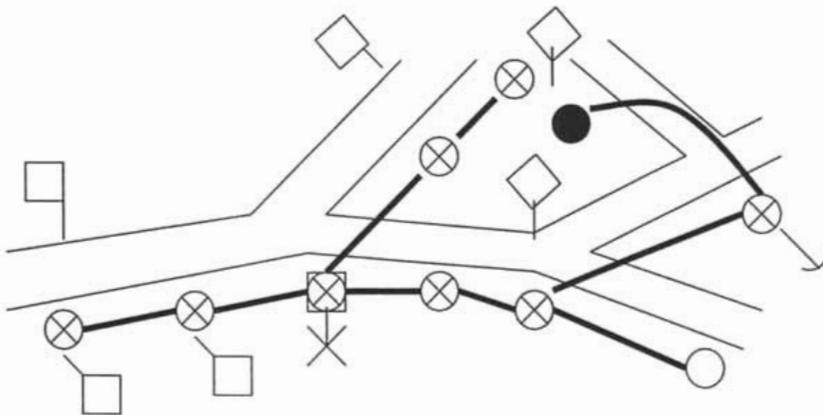
Posteriormente debe ubicarse estratégicamente el lugar donde se instalará la cabecera de manera que se acorten las distancias desde este punto hasta el último tramo de cable; pero sin dejar a un lado las dimensiones de dicho lugar.

Para el diseño de distribución aérea, debe tomarse en cuenta la posición y localización de los postes y otras características como la altura, si son de concreto o madera y su utilidad, si llevan cables de energía eléctrica, de telefonía, de otra red de cable, etc. Para recabar toda esta información es necesario realizar un estudio de campo: número de postes recorridos desde el punto donde se instalará la cabecera y medición de distancias entre ellos; una vez obtenidos, los resultados se arrojan en los mapas. Estas mediciones deben ser lo más exacto posible, pero obviamente va a existir un margen de error que debe ser tomado en cuenta a la hora de hacer los cálculos.

Para la distribución subterránea también es necesario el trazado de mapas con la información sobre caminos y ductos disponibles en el lugar. Esto debido a que en un dado caso dichos ductos pueden ser rentados a los dueños para la distribución del cableado.

Una vez que se han trazado los mapas, se debe elegir la forma de distribución, esta puede ser en zigzag de un lado de la calle al otro, o distribuir el cable por ambos lados de la calle o distribuir solo en un lado y pasar únicamente los cables necesarios hasta el otro lado. Todo va a depender de la elección del diseñador de acuerdo con el presupuesto designado y el nivel de pérdida por cable, ya que por ejemplo, la segunda elección puede resultar más práctica debido a que no se cruzan cables a lo ancho de la calle y las pérdidas por cable en cada hogar son menores pero resulta más costoso por la razón de utilizar dos cables para una sola calle.

Cabe señalar que dichos mapas deben contener una simbología de los componentes marcados, como son los postes, los ductos, las calles, etc.



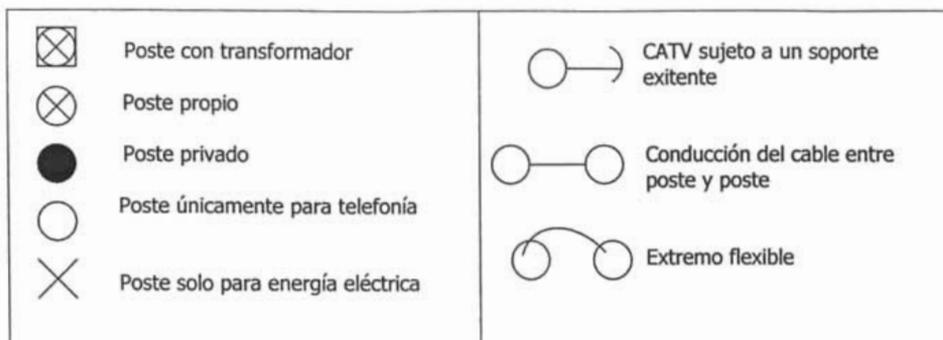


Figura 5.1 Distribución de cable aéreo en las calles y simbología

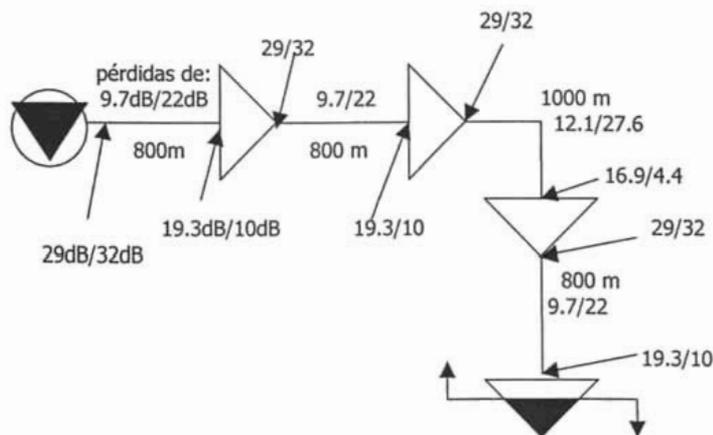
A continuación se comienza a realizar el trazo de la distribución del cable por todas las calles y se determinan los puntos donde habrá inserción de splitters para dividir el cable y repartirlo hacia otros puntos. Esto es importante ya que la inserción de un splitter significa pérdidas de señal. Posteriormente se comienza con el cálculo de dichas pérdidas debidas a las distancias recorridas por el cable y las pérdidas por inserción de divisores, esto con la finalidad de determinar la localización de los amplificadores. Esta información debe ubicarse también en los mapas.

Para ubicar los amplificadores a lo largo de la red, necesitamos conocer los niveles de atenuación a diferentes frecuencias que se encuentren dentro del espectro de nuestra red; normalmente se selecciona la frecuencia más baja, una frecuencia intermedia y la frecuencia más alta y se observa el comportamiento de atenuación en cada una con el fin no solo de ubicar los amplificadores sino también de ecualizar la red para que las pérdidas entre las distintas frecuencias varíen lo menos posible.

DISEÑO DE LA PARTE TRONCAL

El diseño de la porción troncal comienza con el nivel de señal de salida de la cabecera, este debe ser el nivel óptimo para que los usuarios puedan recibir la señal en buenas condiciones y por lo tanto debe tener el mismo valor que el deseado a la salida de los amplificadores. Como se comentó anteriormente, la ecualización de la red es un punto importante a considerar, por ejemplo, en la figura 5.2 se muestra el cálculo de pérdidas en el cable para el dimensionamiento de los amplificadores; consideremos una señal de +32 dBmV que viaja en un cable de 800 metros a la frecuencia de 220 MHz, dicha señal disminuirá hasta +10 dBmV; pero a la frecuencia del canal 2 (54 MHz) solo disminuirá hasta 19 dBmV. Obviamente el amplificador necesita tener un ecualizador para compensar esa diferencia de tal forma que a 54 MHz la señal se reduzca hasta 10 dBmV mientras que la señal de 10 dBmV a 220 MHz solo disminuya 0.5 dBmV para mantener equilibrada la red. Esta ecualización de la señal es con el fin de mantener un nivel de pendiente (slope) dentro del rango. Este nivel de pendiente nos indica la máxima separación en dB que existe entre las frecuencias más alta y más baja para que no se produzca distorsión por saturación en el amplificador. Normalmente se recomienda un nivel de pendiente de 6 dB para la parte troncal. Así, una vez que se ha ecualizado la red, se ajustan los niveles de ganancia y pendiente en el amplificador para obtener a la salida el nivel de señal requerido sin ningún problema de distorsión o ruido.

La parte troncal de la red se lleva hasta los puntos finales del transporte de la señal; sin embargo, los taps que bajan hasta los hogares de los usuarios nunca se instalan en esta parte de la red; para esto, la parte de distribución es la encargada de alimentar a dichos taps. Esta parte de distribución es alimentada mediante los amplificadores de línea extendida contenidos dentro de las estaciones de los amplificadores de troncal.



A dB / B dB
 ↗ ↘
 canal 2 canal 37
 (más bajo) (más alto)

Pérdidas de cable .750 para troncal:

Canal 2 (54 MHz) 1.21 dB/100m
 Canal 37 (276 MHz) 2.76 dB/100m

Figura 5.2 Cálculos de pérdidas en cable para dimensionamiento de amplificadores.

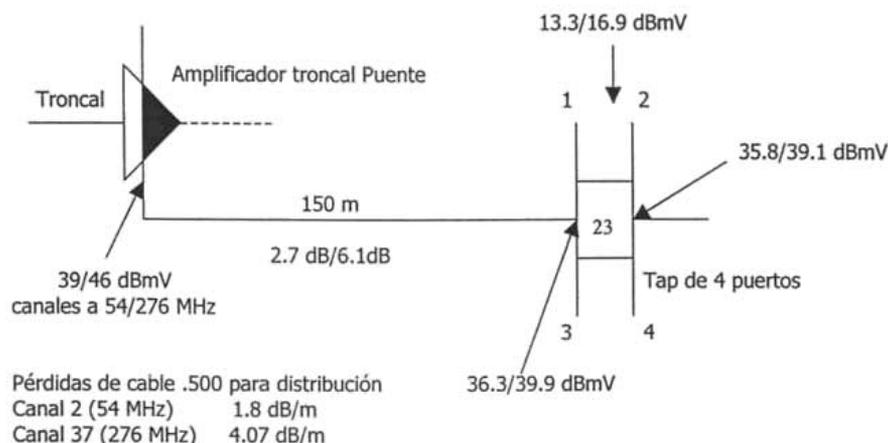
En el ejemplo anterior se observa que se necesita ecualizar la señal ya que las pérdidas a 800 MHz tienen una pendiente muy alta, así que se deben elegir amplificadores con un nivel de ajuste de pendiente adecuado a la ecualización y nivel de señal de la red.

En el caso de que la red sea híbrida fibra/coaxial, la parte troncal viene a ser de fibra óptica. Entonces cambia el diseño, ya que el área determinada se divide en subsistemas que serán alimentados por un nodo óptico. Por lo tanto, la parte troncal está comprendida por la fibra óptica que alimenta ese nodo, el cual convertirá la señal óptica en eléctrica, y de ahí comenzará la red de distribución de cable coaxial. Deben considerarse otros aspectos como el ancho de banda destinado a todos los usuarios que se les dará el servicio, el número de usuarios por nodo que se recomienda que sea entre 500 a 2000 hogares, aunque lo mejor es que sea el menor número posible debido a que el ancho de banda del canal de retorno será dividido entre todos ellos.

DISEÑO DE LA PARTE DE DISTRIBUCIÓN

Cuando se va a trabajar con el diseño de la parte de distribución, el principal objetivo es proporcionar el nivel de señal apropiado al tap del usuario. La mayoría de los diseños destinan un puerto a cada hogar con la excepción de los edificios con departamentos. En el segundo caso, la parte de distribución entra al edificio hasta los hogares y si es necesaria la utilización de un amplificador dentro del edificio, este se considera como parte del sistema en caso de realizar

pruebas. Los taps también exhiben un nivel de pérdida que debe ser considerado en el diseño del sistema de distribución además de las pérdidas del cable; esto provoca que a la salida del amplificador puente, el cable de distribución deba tener un nivel de pendiente mayor que el del sistema troncal. Los taps ofrecen cierto número de puertos con el mismo nivel de pérdida en cada uno, esto debe ser considerado a la hora de poner el siguiente tramo de cable a la salida del tap para calcular el valor del siguiente. Normalmente los valores de pérdidas de los taps van en decremento para compensar el nivel de la señal y así tener aproximadamente el mismo nivel en cada hogar.



A la entrada del Tap:

$$\begin{aligned} \text{canal 2 } (+39 - 2.7) &= +36.3 \text{ dBmV} \\ \text{canal 37 } (+46 - 6.1) &= +39.9 \text{ dBmV} \end{aligned}$$

A la salida de cada puerto:

$$\begin{aligned} \text{Canal 2 } (+36.3 - 23) &= +13.3 \text{ dBmV} \\ \text{Canal 37 } (+39.9 - 23) &= +16.9 \text{ dBmV} \end{aligned}$$

Figura 5.3 Diseño de la parte de distribución

En la figura 5.3 se muestra un ejemplo de cálculo de pérdidas en taps. El nivel de pérdida en cada puerto del tap es de 23 dB, por lo tanto el usuario tendrá un nivel de señal de +13.3 dBmV a la frecuencia del canal 2 (54 MHz) y +16.9 dBmV a la frecuencia del canal 37 (276 MHz) que se encuentran dentro del rango de señal especificado entre +17 dBmV (máximo) y +10 dBmV (mínimo). Mientras tanto, la pérdida a través del tap es de 0.5/0.8 dB para dichas frecuencias, de esta manera obtenemos un nivel de señal a la salida del tap de 35.8/39.1 dBmV. Este valor sirve para calcular el valor de pérdida del próximo tap de tal manera que obtengamos un nivel de señal aceptable tanto para el usuario como para la continuación de la parte de distribución.

SISTEMA DE CABLE BIDIRECCIONAL

En un sistema de cable bidireccional debemos tomar en cuenta el ancho de banda designado para la trayectoria de retorno y el espacio en el espectro que se va a utilizar; normalmente está ubicado entre los 5 y los 45 MHz, aunque la zona entre 5 y 15 MHz es muy propensa al ruido y por lo tanto normalmente se comienza a ubicar el espectro de retorno desde los 15 o 20 MHz. De ahí la división entre los espacios ascendente y descendente se suele situar hacia los 50 MHz en el sistema conocido como sub-split; aunque esto es lo más habitual, también hay otras alternativas conocidas como mid-split y high-split, que sitúan la frontera entre ambos sentidos en torno a los 120 MHz y los 200 MHz respectivamente.

Desde donde se desee tomar el espectro de retorno hasta los 45 MHz es el ancho de banda para el canal ascendente. Este ancho de banda se divide entre todos los usuarios que comparten la rama de coaxial; de ahí que es importante calcular el número de usuarios que se alimentaran con esta rama para evitar el ruido conocido como *noise funneling* en el canal de retorno, comentado en el capítulo 4, además de tratar de que ese ancho de banda sea equitativo y suficiente para todos los usuarios. Se recomienda que aproximadamente sean 200 usuarios por cada rama de coaxial.

Otro punto a considerar es el cálculo del nivel de potencia para el canal de retorno, para esto se debe considerar la ubicación de los amplificadores bidireccionales, así que debe hacerse un balance entre el nivel de la señal del canal ascendente y el nivel de la señal del canal descendente de tal forma que los amplificadores se ubiquen a lo largo de la red para que la señales lleguen, tanto al usuario como a la cabecera, con un buen nivel y con el menor ruido posible.

Si consideramos 4 ramas de coaxial por cada nodo óptico, entonces estaremos hablando de que llegarán 4 canales de retorno y por lo tanto serán 800 usuarios los que comparten dicho nodo. Una vez que llegan los 4 canales de retorno, estos se multiplexan en frecuencia en el nodo, llegando cada uno de ellos por separado hasta la cabecera. De esta forma el ancho de banda del retorno solo se comparte entre los 200 usuarios de cada una de las ramas de coaxial; esto es lo más recomendable por motivos de ruido y capacidad.

El diseño descrito anteriormente permite que el sistema vaya creciendo conforme la demanda del canal de retorno aumenta y así la fibra óptica se puede ir acercando más hacia los usuarios además de disminuir el tamaño del nodo óptico y por lo tanto el número de abonados que compartan cada canal de retorno. Esto es posible debido a que en cada rama troncal deben llevarse fibras sobrantes; en principio solo se utilizan dos, una para cada sentido, pero después se pueden habilitar más para el aumento de la capacidad del sistema o incluso para usuarios dedicados.

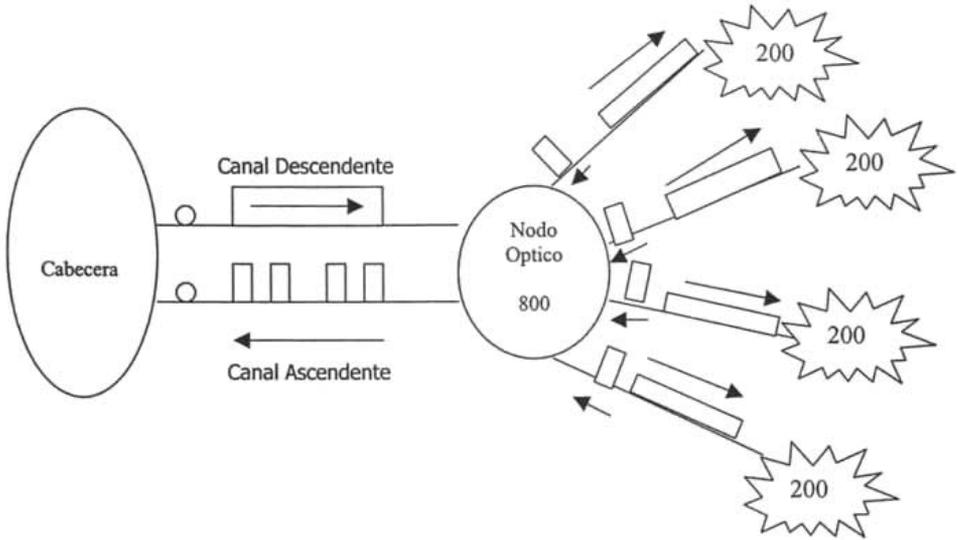


Figura 5.4 Sistema Bidireccional HFC

DISEÑO DE CABECERA

Para el diseño de cabecera lo primero es tomar en cuenta los servicios que desean ofrecerse, tanto de video, voz y datos; ya que en función de esto se realiza la asignación del ancho de banda y por lo tanto del lugar en el espectro que ocupará cada servicio. Se hace una selección de los distintos canales que van a ofrecerse, así como la determinación de canales de servicio, por ejemplo para programación, publicidad, etc.

Tomemos como ejemplo un sistema de 40 canales en banda sub-split. En este sistema se pretenden ofrecer 30 canales de televisión, 6 canales para tráfico de voz y datos y 4 canales para el retorno. De esta manera y tomando en cuenta que los canales son de 6 MHz, el video tendrá un ancho de banda de 180 MHz, el de voz y datos será de 36 MHz y el ancho de banda del retorno será de 24 MHz. A continuación se presenta una tabla con el plan de frecuencias de los distintos servicios.

Canales	Frecuencia (MHz)	Servicios
2 - 15	54 - 144	Video
16 - 21	144 - 180	Voz y Datos
22 - 37	180 - 276	Video
T-10 - T-13	23.75 - 43.75	Retorno

Tabla 5-1 Distribución del espectro para la asignación de canales de los tres servicios.

Cabe señalar que este es un plan propio del sistema pero con base en el cuadro de frecuencias del sistema NTSC.

Por lo regular se cuenta con canales de servicio destinados a programación, publicidad, etc. que se asignaría a cualquiera de los canales de TV, por ejemplo en el canal 22 a la frecuencia de 180 MHz.

Una vez que se tiene el plan con las frecuencias asignadas a cada servicio, se continúa con el diseño y la selección del equipamiento físico de cabecera de acuerdo con el número de usuarios que en un principio se quiere acaparar, aunque siempre tomando en consideración que la red debe crecer para dejar la capacidad un tanto sobrada.

Video

Para el caso del video, se seleccionan los orígenes desde donde se adquieren las señales, ya sea satelital, de origen local (estudios de grabación propios), de antena local, o desde otras televisoras cercanas mediante enlaces de microondas, cable coaxial o inclusive fibra óptica. Esto para determinar el equipo que se requiere para recibir y procesar dichas señales como son equipos de recepción de señales, moduladores y procesadores de señal, ya sea analógicos o digitales, para la asignación de las señales en el espectro de acuerdo con el plan de frecuencias que la red va a ofrecer. En el ejemplo se requieren 30 moduladores para los 30 canales que van a ofrecerse cuyas salidas van a pasar a una serie de combinadores que ofrecerán una salida única con el espectro del video completo.

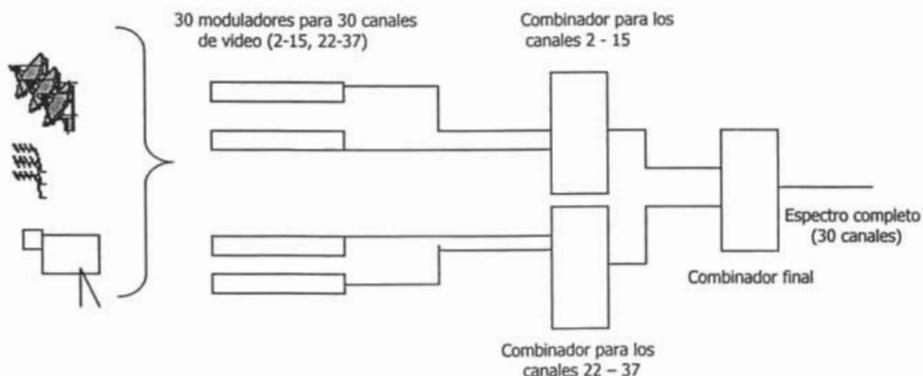


Figura 5.5 Diseño de la sección de video en cabecera

VOZ Y DATOS

Al diseñar la parte de voz y datos en nuestra red, existen parámetros importantes a considerar necesarios para el dimensionamiento del equipo en cabecera como es el CMTS y en el hogar del usuario, el cablemódem. Estos parámetros importantes son:

- Número de cablemódems por CMTS. Este dato nos representa la penetración de mercado que se pretende acaparar, es decir el número de usuarios que contratarán el servicio.
- El número de paquetes por segundo (PPS) tanto para la trayectoria ascendente como para la descendente. Este parámetro nos va a representar los requerimientos de tráfico que se manejarán en la red.
- Número de bytes por segundo (Bps) para ambas trayectorias. Que nos determina los requerimientos de ancho de banda de la red.

Pero antes de describir el método para determinar los parámetros antes mencionados es necesario definir algunos conceptos útiles para dicho diseño.

Conceptos de telefonía. Las conexiones de telefonía se dividen en líneas y troncales. Las líneas son un par de alambres que llegan hasta los aparatos telefónicos de los usuarios, mientras que las troncales son las conexiones que transportan el tráfico de voz en la red. Mediante un switch las líneas se concentran en troncales. En el ambiente DOCSIS, el cablemódem actúa como este switch. De un lado tiene puertos para líneas y del otro lado tiene conexiones DOCSIS que actúan como troncales.

De aquí partimos para definir un concepto importante en el diseño de un sistema de telefonía. Introduzcamos el concepto de ERLANG. Erlang se refiere a la carga de tráfico desde una línea o grupo de líneas y tiene un valor entre 0 y 1 para una línea sencilla. Por ejemplo, si una línea tiene un valor Erlang de 0.1, quiere decir que se encuentra descolgada el 10 % del tiempo. Si hay 20 líneas con 0.1 erlangs de tráfico cada una, entonces el tráfico total es de 2.0 erlangs.

Debido a que una troncal puede manejar un cierto número de líneas, el número de troncales será menor que el número de líneas. Debido a esto, existe la probabilidad de que una llamada sea bloqueada debido al exceso de tráfico en la troncal. A este fenómeno se le conoce como Grado de Servicio (GoS) que normalmente toma un valor típico de 1% cuando la troncal está ocupada al 100 %

Para que esto no ocurra, debemos calcular ese GoS:

$$P_r = \frac{\frac{A^N}{N!}}{\sum_{j=0}^N \frac{A^j}{j!}}$$

- A = Carga de tráfico en Erlangs
- N = Número de troncales
- Pr = Grado de Servicio

En el Apéndice C existen tablas que de acuerdo al número de Erlang y al porcentaje de GoS (1% y 0.5%) podemos obtener las troncales necesarias para no saturar la red y así evitar bloqueo de llamadas.

$$N = \text{Erlang-B}[A, Pr]$$

Un Erlang de tráfico podría ser una sola llamada que duró una hora o hasta 10 llamadas con una duración de 6 minutos cada una. Por esto deben introducirse dos conceptos más. Los intentos de llamadas por hora (call attempts per hour, CAT) y el tiempo de duración de llamada (call holding time, CHT). De esta manera:

$$\text{Erlangs} = \text{CAT} * \text{CHT} / 3600 \text{ segundos}; \text{ por lo tanto } \text{CAT} = \text{Erlangs} * 3600 / \text{CHT}$$

Otra forma de expresar el tráfico es en términos de llamadas por centum segundos (call per centum seconds, CCS). Un centum segundo equivale a 100 segundos. Ya que hay 3600 segundos en una hora, entonces hay 36 CCS en una hora. Un Erlang es promediado en una hora, así que también un Erlang equivale a 36 CCS. La forma de convertir Erlangs a CCS es la siguiente:

$$\text{Erlang} = \text{CCS} / 36$$

El valor típico para CCS por líneas se encuentra entre 3 y 6 CCS.

Conceptos de datos. Los datos, a diferencia de la voz, son asimétricos y a ráfagas. Por lo tanto el ancho de banda va a variar dependiendo de la trayectoria, del medio, de la información que se está manejando e inclusive del usuario. Por esto, el ancho de banda se ha "clasificado" en categorías:

Ancho de banda promedio. Es la tasa de datos promedio que percibe un usuario en un intervalo de tiempo determinado, normalmente se toma como referencia 5 minutos.

Ancho de banda pico: A la hora de transferir datos, se determina el número de usuarios que lo hacen en un intervalo de tiempo determinado que equivale a un determinado ancho de banda pico.

Ancho de banda máximo: El usuario lo experimenta durante la ráfaga actual. Sirve para configurar la tasa límite de la red.

Ancho de banda del medio: Es el número de usuarios que puede soportar el medio basándose en su BW promedio y su BW pico

Por ejemplo, los requerimientos en una trayectoria descendente pueden especificar un ancho de banda promedio de 80 kbps con un ancho de banda pico de 400 kbps, un límite de ancho de banda de 2Mbps sobre un medio a 27 Mbps.

Solo un porcentaje de los usuarios contratarán el servicio de datos. Este es el mercado de penetración de datos. De este grupo de usuarios, uno más pequeño estará utilizando su computadora y estará conectado a la red, estos son los usuarios activos que determinarán la actividad promedio de datos. De los usuarios activos, solo unos cuantos estarán transfiriendo datos, son los usuarios pico cuya cantidad medirá el factor de actividad pico de datos.

Una vez mencionados estos conceptos básicos de voz y datos ya podemos empezar a describir el procedimiento para el diseño de la red con el dimensionamiento del equipo. Comenzaremos a describir el procedimiento necesario para determinar cada ancho de banda y ejemplificaremos con ayuda de los siguientes parámetros de configuración que se toman como parte del diseño de la red.

La red del ejemplo tiene una configuración en anillo compuesta por una Cabecera, 5 Hubs y 40 Nodos de Fibra (NF) por Hub con 500 Hogares cada uno.

Planta

Hogares por cabecera	100 000 Hogares
Hubs por cabecera	5 Hubs
Nodos de Fibra por Hub	40 NF
Hogares por Nodo	500 Hogares
Hogares por receptor ascendente	2000 Hogares

Nodos por receptor ascendente	4 NF
Parámetros DOCSIS	
Trayectoria Descendente	64 QAM y 5.057 Msp/s
Trayectoria Ascendente	QPSK a 1.280 Msp/s
Encabezado PHY y MAC ascendente	15 %
Encabezado PHY y MAC descendente	10 %
Encabezado de mantenimiento y señalización por CM	1kbp/s
Parámetros de Red IP	
Encabezado de señalización de red IP	2 %
Encabezado de paquete IP	40 bytes
Encabezado de trama IP	18 bytes
Voz	
Mercado de penetración:	
Penetración de Voz total	15%
1ª línea	20%
2ª línea	15%
3ª línea	10%
4ª línea	5%
Intervalo de trama VoIP	10 ms
Codec	G.711
Tráfico:	
1ª línea	6 CCS
2ª línea	5 CCS
3ª línea	4 CCS
4ª línea	3 CCS
Intentos de llamada (CAT):	
CAT por hora por línea	2.78 Llamadas
Duración de llamada	180 segundos
Paquetes de señalización CMTS por llamada	20 paquetes
Detector de Actividad de Voz (VAD)	100%
Datos	
Mercado de Penetración:	
Penetración de datos	10%
Penetración de Voz y datos	5%
Factor de Actividad de Usuario:	
Promedio	20%
Pico	5%
Taza de datos descendente:	
Promedio	80 kbp/s
Pico	400 kbp/s
Taza de datos ascendente	
Promedio	32 kbp/s
Pico	100 kbp/s
Tamaño del paquete promedio:	
Descendente	500 bytes
Ascendente	64 bytes

Parámetros CMTS

Trayectorias descendentes por Dominio CMTS	1
Trayectorias ascendentes por Dominio CMTS	6
Dominio CMTS por tarjeta	1 dominio
Tarjetas por chasis	3 tarjetas

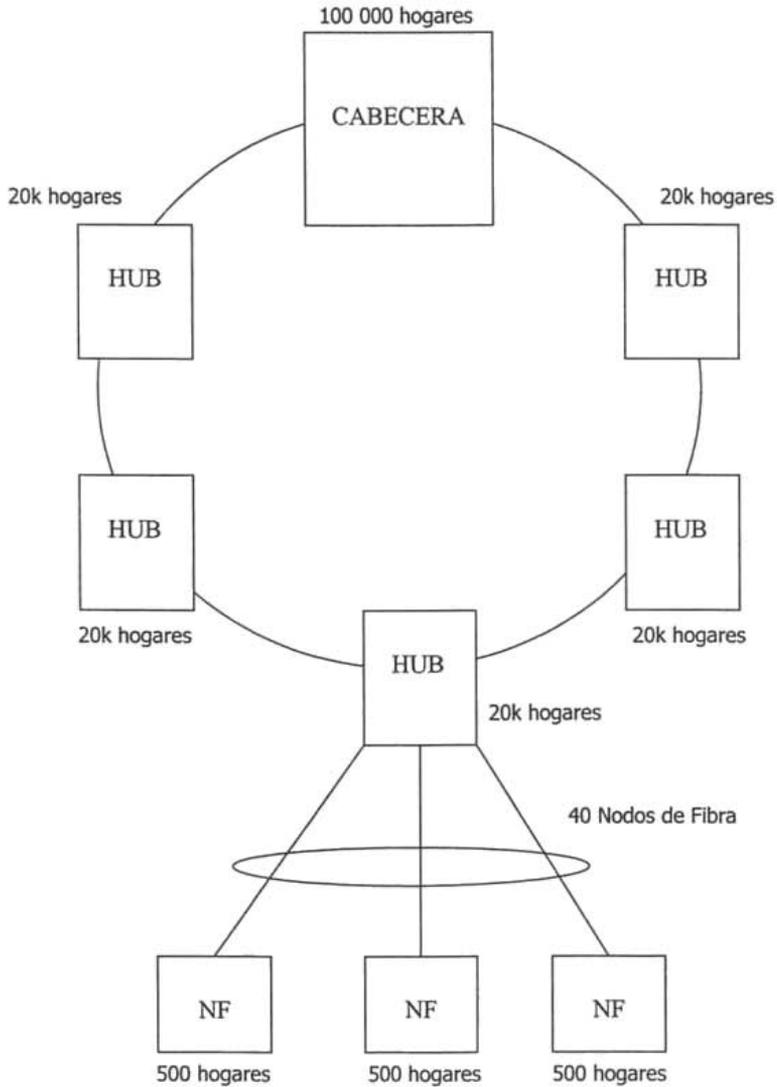


Figura 5.6 Configuración de ejemplo de red

Voz

Dentro de los parámetros a considerar para diseñar la red mencionamos el mercado de penetración que es el número de usuarios a los que se les pretende ofrecer el servicio. Estos usuarios pueden contratar solo el servicio de datos, el servicio de voz o ambos. Este valor está dado en porcentaje y se calcula de la siguiente manera:

Penetración de mercado total = Σ penetraciones de mercado por separado – penetración combinada de ambos servicios.

Para el ejemplo:

Mercado de penetración de voz total: 15% solo voz + 5% Voz/datos = 20%

Mercado de penetración de datos total: 5% solo datos + 5% Voz/datos = 10%

Mercado de penetración total: 20% voz + 10% datos - 5% Voz/datos = 25%

Antes de empezar a calcular el ancho de banda de voz se debe conocer el ancho de banda libre por trayectoria que depende de la tasa de símbolos o symbol rate y el número de bits por símbolo resultado de la técnica de modulación.

BW libre = Bits por símbolo * tasa de símbolos

Para el ejemplo:

BW libre para la trayectoria descendente = $6 * 5.057 = 30$ Mbps

BW libre para la trayectoria ascendente = $2 * 1.28 = 2.56$ Mbps

Sin embargo, el ancho de banda utilizable está determinado por el ancho de banda libre menos el encabezado de capa física y MAC (PHY y MAC):

BW Utilizable = BW libre * (1 – encabezado PHY y MAC)

BW utilizable para trayectoria descendente = $30 * (1 - 10\%) = 27$ Mbps

BW utilizable para trayectoria ascendente = $2.56 * (1 - 15\%) = 2.2$ Mbps

Ahora sí comenzamos a calcular el ancho de banda de la voz. Para esto es necesario calcular las líneas por usuario y el tráfico por línea.

Ya que normalmente los cablemodems tienen salidas hasta para 4 líneas, debemos calcular la penetración relativa por línea. Como es de suponerse, los usuarios tendrán por lo menos una línea, así que la primera es igual al mercado de penetración, y el cálculo de las demás se obtiene con respecto a la penetración de la primera línea.

Penetración relativa por línea = Penetración por línea / penetración de la primera línea

Para el ejemplo:

Penetración relativa de la 1ª línea = $0.20 / 0.20 = 100\%$

Penetración relativa de la 2ª línea = $0.15 / 0.20 = 75\%$

Penetración relativa de la 3ª línea = $0.10 / 0.20 = 50\%$

Penetración relativa de la 4ª línea = $0.05 / 0.20 = 25\%$

Ahora se calcula el promedio de líneas por hogar,

Líneas por hogar = Σ (Mercado de penetración por línea) / Penetración de la 1ª línea

Para el ejemplo:

$$\text{Línea por hogar} = (0.20 + 0.15 + 0.10 + 0.05) / 0.20 = 2.5$$

Como se mencionó anteriormente y según los datos iniciales, se supone que la primera línea tendrá un tráfico de 6 CCS; la segunda, 5 CCS; la tercera, 4 CCS y la cuarta, 3 CCS; así que el tráfico por línea está dado por:

$$\text{Tráfico por línea} = \Sigma (\text{tráfico por línea} * \text{mercado de penetración}) / (\text{penetración de la primera línea} * \text{líneas por hogar})$$

Para el ejemplo:

$$\text{CCS por línea} = (6*0.20 + 5*0.15 + 4*0.10 + 3*0.05) / (0.20*2.5) = 5 \text{ CCS}$$

Por lo tanto:

$$\text{Erlangs por línea} = 5 \text{ CCS} / 36 = 0.139 \text{ erlangs}$$

Una vez que hemos obtenido el tráfico por línea debemos ahora analizar el tráfico que hay por nodo, para esto debemos conocer el número de líneas que hay por nodo:

$$\text{Líneas por Nodo} = \text{Hogares por nodo} * \text{Mercado de penetración de voz} * \text{líneas por hogar}$$

Para el caso del ejemplo:

$$\text{Líneas por nodo} = 500 * 20\% * 2.5 = 250$$

De esta manera, el total del tráfico por nodo se da por:

$$\text{Tráfico por Nodo} = \text{Líneas por Nodo} * \text{Tráfico por Línea}$$

Del ejemplo:

$$\text{Erlangs por Nodo de Fibra} = 250 * 0.139 = 35$$

El tráfico de voz, viene desde los puertos VoIP en los cablemódems DOCSIS que equivalen a las líneas de usuario. Así el número de conexiones requeridas se calculan con la fórmula de Erlang con ayuda de las tablas del apéndice C. Esto debido a que las conexiones que van sobre la trayectoria ascendente actúan como troncales.

$$\text{Conexiones por Nodo de Fibra} = \text{Erlang (Erlangs por nodo, GoS)}$$

En el ejemplo:

$$\text{Conexiones por NF} = \text{Erlang (35,1\%)} = 47$$

Para obtener el ancho de banda de voz total, debemos conocer las conexiones por trayectoria ascendente para el tipo de CODEC que se está utilizando.

$$\text{Conexiones por trayectoria ascendente máximas} = \Sigma (\text{conexiones por codec para la trayectoria ascendente} * \% \text{ de utilización del codec})$$

En el caso de nuestro ejemplo utilizamos un CODEC G.711 al 100% de utilización que de acuerdo a la tabla del apéndice permite 23 conexiones para un BW de 2.56 Mbps en trayectoria ascendente.

Ahora sí, el ancho de banda libre para voz en trayectoria ascendente es:

BW voz = BW ascendente * Conexiones por NF/Conexiones por trayectoria ascendente

$$\text{BW voz} = 2.56 \text{ Mbps} * 47 / 23 = 5.2 \text{ Mbps}$$

Datos

A continuación procedemos a calcular el ancho de banda para datos. Debemos recordar que tenemos usuarios activos y usuarios pico, lo cual ya se describió anteriormente. El número de usuarios activos que reciben una tasa de datos promedio está dado por:

Usuario Activos = Número de Hogares * Penetración de mercado en datos * Factor de actividad promedio de datos

Para el ejemplo:

$$\text{Usuarios activos por NF} = 500 * 10\% * 20\% = 10$$

$$\text{Usuarios activos por HE} = 100000 * 10\% * 20\% = 2000$$

El número de usuarios que están transfiriendo y recibiendo datos simultáneamente a una tasa de datos pico:

Usuarios Pico = Número de Hogares * Penetración de mercado en datos * Factor de actividad pico de datos

Para el ejemplo:

$$\text{Usuarios pico por NF} = 500 * 10\% * 5\% = 2.5$$

$$\text{Usuarios pico por HE} = 100000 * 10\% * 5\% = 500$$

Hora calculamos los BW pico y promedio requeridos y el máximo de estos 2 es el que se toma como el ancho de banda total. Debido a que el ancho de banda deseado esta referido a un paquete Ethernet, debe considerarse el encabezado PHY y MAC de DOCSIS. Por lo tanto:

BW promedio de datos = (usuarios activos * BW por usuario) + (1 + encabezado PHY y MAC)

Para el ejemplo:

$$\text{BW promedio descendente} = (10 * 80 \text{ kbps}) + (1 + 0.1) = 880 \text{ kbps}$$

$$\text{BW promedio ascendente} = (10 * 32 \text{ kbps}) + (1 + 0.15) = 368 \text{ kbps}$$

Para el BW pico:

BW pico de datos = (usuarios pico * BW por usuario) + (1 + encabezado PHY y MAC)

Para el ejemplo:

$$\text{BW pico descendente} = (2.5 * 400 \text{ kbps}) + (1 + 0.1) = 1100 \text{ kbps}$$

$$\text{BW promedio ascendente} = (2.5 * 100 \text{ kbps}) + (1 + 0.15) = 288 \text{ kbps}$$

Ahora si obtenemos el ancho de banda total tomando el máximo entre el promedio y el pico:

BW TOTAL DE DATOS = MAX (BW PROMEDIO, BW PICO)

Para el ejemplo:

$$\text{BW de datos descendente} = \max(880, 1100) = 1100 \text{ kbps}$$

$$\text{BW de datos ascendente} = \max(368, 288) = 368 \text{ kbps}$$

Mantenimiento y Señalización

Hasta ahora hemos obtenido los anchos de banda tanto para voz como para datos. Ahora es necesario obtener el ancho de banda para la señalización y el mantenimiento (MyS). Cabe destacar que este ancho de banda es por cablemódem.

BW MyS = Hogares por NF * Penetración total * Encabezado por módem

Para el ejemplo:

$$\text{BW MyS por NF} = 500 * 25\% * 1 \text{ kbps} = 125 \text{ kbps}$$

Una vez obtenidos los distintos anchos de banda para cada servicio y señalización por separado, ya estamos en condiciones de hacer el cálculo de un ancho de banda total que manejaremos en cada trayectoria en el Nodo de Fibra NF:

BW Total = BW Datos + BW Voz + BW MyS

Para el ejemplo:

$$\text{BW Total Descendente} = 1.1 + 5.1 + 0.125 = 6.5 \text{ Mbps descendente por NF}$$

$$\text{BW Total ascendente} = 0.37 + 5.1 + 0.125 = 5.7 \text{ Mbps ascendente por NF}$$

Tráfico (paquetes por segundo, pps)

Otro parámetro importante para dimensionar el equipo, en especial el CMTS, es conocer la cantidad de tráfico que manejaremos en cabecera o Hub, dependiendo de la configuración, muy específicamente en el CMTS. El tráfico se mide en paquetes por segundo (pps) para cada servicio, además de la señalización.

Tráfico de Voz

El tráfico en pps debido a la voz, se relaciona con el intervalo de trama VoIP, que es el tiempo que toma el grabar un paquete de voz, normalmente 10 ms y 20 ms. La tasa de paquetes en cada dirección se suma, de esta manera:

$$\text{Tráfico de voz por conexión} = 2 \text{ direcciones} * 1 / \text{intervalo de trama de VoIP}$$

En el ejemplo:

PPS por conexión = $2 \times 1 / 0.01 \text{ seg} = 200 \text{ pps}$ para tramas de 10 ms

PPS por conexión = $2 \times 1 / 0.02 \text{ seg} = 100 \text{ pps}$ para tramas de 20 ms

Si partimos de que tenemos 47 conexiones por NF, el tráfico por Nodo sería:

Tráfico de voz por NF = pps de voz por conexión * conexiones por NF * nivel de actividad de VAD en las dos vías

PPS de voz por NF = $200 \text{ pps} \times 47 \times 100\% = 9.4 \text{ kbps}$

El 100% de actividad VAD indica que a la hora de existir tráfico de voz, se le dará toda la prioridad sobre el tráfico de datos, es decir, se asignará todo el ancho de banda necesario para voz y el resto se designará a datos.

Ahora calculamos el tráfico que se pretende para el CMTS:

PPS de voz por CMTS = pps de voz por CMTS * NF por CMTS

Como se observa en la fórmula anterior, es necesario conocer los Nodos de Fibra por CMTS, pero para esto debemos conocer primero los receptores por Nodo de Fibra, ya que todo esto está en base al ancho de banda ascendente y al ancho de banda por receptor.

Antes de calcular este parámetro, es necesario hablar acerca de la densidad de los receptores ascendentes. Existen dos factores determinantes para esto:

- Número de Hogares
- Número de Nodos

A mayor número de hogares, existirá mayor ingreso de ruido en la planta, sin embargo a mayor número de Nodos combinados, también será mayor el ruido producido por los láseres ascendentes. En la práctica el utilizar modulación 16 QAM requiere sistemas con menor penetración de ruido que el utilizar modulación QPSK, por esto, para sistemas de Nodos con 500 hogares, existen tres topologías básicas de acuerdo con la penetración por nodo de fibra.

Baja penetración utilizando receptores ascendentes combinados: Se construye la red con una relación de 4 Nodos de fibra por cada receptor ascendente en un CMTS (4:1). El sistema corre sobre una línea de 1280 kbps, QPSK, 2.5 Mbps y 1.6 MHz por receptor. Conforme la demanda de ancho de banda incrementa, se puede duplicar el ancho de banda de los canales ascendentes (1280 a 2560 kbps) mediante software sin requerir de ampliación física en la planta.

Penetración moderada utilizando conexión directa: Esto es reduciendo la combinación a un nodo por receptor ascendente. En este punto, el número de hogares debe ser lo suficientemente bajo para permitir una mejoría de software desde QPSK hasta 16 QAM para la duplicación del ancho de banda sin tener problemas de ruido.

Alta penetración utilizando receptores compartidos o divididos: Aquí podría utilizarse relación 1:3 o similar en los receptores ascendentes del CMTS, es decir, que una misma trayectoria ascendente puede colocarse en varios receptores del CMTS. Cada receptor opera a una frecuencia distinta pero dentro del rango de las que utiliza la trayectoria ascendente. Las limitantes son el ruido al combinar receptores, principalmente existen 2 tipos. El primero es el ruido conocido como noise funneling

proporcional al número de hogares ya que de ahí proviene; y el segundo es el ruido producido por los láseres ascendentes.

Ahora considerando una baja penetración inicial, con 2.5 Mbps de ancho de banda por receptor para nuestro ejemplo, el número de receptores por nodo de fibra es el siguiente:

Receptores por NF = BW ascendente total / BW por receptor

En el ejemplo:

Receptores por FN = 5.7 Mbps / 2.5 Mbps = 2.28 = 3 receptores por NF

Una vez calculados el número de receptores, necesitamos saber el Número de Nodos por CMTS, para esto debemos definir algunos conceptos relacionados con la capacidad del CMTS.

En DOCSIS, un dominio CMTS MAC, puede tener una o más trayectorias descendentes y una o más trayectorias ascendentes. Un CMTS contiene uno o más dominios CMTS MAC. Dependiendo de la construcción del CMTS, el dominio CMTS MAC puede tener sus trayectorias descendentes en una tarjeta y sus trayectorias ascendentes en otra, o inclusive podrían ser uno o más dominios por tarjeta.

Por lo tanto, para calcular los NF por dominio CMTS, necesarios para saber los NF por CMTS, aplicamos la siguiente fórmula:

NF por dominio CMTS = Receptores por dominio CMTS / receptores por NF

Entonces:

NF por dominio = 6 receptores por dominio / 3 receptores por Nodo = 2 NF por dominio

Ahora sí es posible calcular los NF que puede soportar el CMTS:

NF por CMTS = NF por dominio CMTS * dominios CMTS por tarjeta * tarjetas por CMTS

Para el ejemplo:

NF por CMTS = 2 * 1 * 3 = 6 NF por CMTS

Una vez obtenido el número de NF por CMTS podemos calcular la densidad de tráfico de voz que hay por CMTS:

Tráfico de voz por CMTS = 9.4 kbps * 6 NF por CMTS = 56.4 kbps

Tráfico de Datos

El tamaño de los paquetes tiende a basarse en el paquete Ethernet, entre 64 y 1522 bytes (incluyendo encapsulado Ethernet). Para aplicaciones de datos, el protocolo dominante es TCP/IP. TCP genera un ACK para cada paquete recibido. Los paquetes ACK son de 64 bytes y viajan en la dirección opuesta del paquete original. El tráfico de datos típico actual es de Web, transferencia de archivos, etc, que se traduce en grandes paquetes en la trayectoria descendente y paquetes pequeños para la trayectoria ascendente. La tasa de paquetes promedio en la trayectoria descendente es:

PPS de datos por dirección = Taza de datos/8 bits por byte/tamaño del paquete

Para el ejemplo:

PPS de datos promedio descendentes = $80,000/8/500 = 20$ pps

PPS de datos promedio ascendentes = $32,000/8/64 = 63$ pps

La formula anterior muestra que existen más paquetes en la dirección ascendente que en la descendente; sin embargo hay que recordar que los paquetes de mayor tamaño se encuentran en la trayectoria descendente, mientras que en la trayectoria ascendente dominan paquetes ACK.

Una vez obtenido el tráfico por dirección, es necesario conocerlo por cablemódem para calcularlo por CMTS:

Tráfico de datos por CM = $1.5 * (BW \text{ por usuario} / 8 \text{ bits por byte} / \text{tamaño del paquete})$

Para el ejemplo:

Tráfico de datos por CM promedio = $1.5 * (80\ 000 / 8 / 500) = 30$ pps

Tráfico de datos por CM pico = $1.5 * (400\ 000 / 8 / 500) = 150$ pps

Tráfico por CMTS = pps por CM * usuarios activos por NF * NF por CMTS

Para el ejemplo:

Tráfico por CMTS promedio = $30 * 10 * 6 = 1800$ pps

Tráfico por CMTS pico = $150 * 2.5 * 6 = 2250$ pps

Tráfico de Señalización

El tráfico de señalización de voz esta directamente relacionado con los intentos de llamada (CAT) por hora ya que en los intentos es en donde fluye el tráfico de señalización. Estos intentos son por línea.

CAT por línea por hora = Tráfico por línea en Erlangs * 3600 / tiempo de duración de llamada

CAT por CMTS = $0.139 * 3600 / 180 = 2.78$ intentos por línea por hora

Ahora los intentos por CMTS por hora:

CAT por CMTS = CAT por línea por hora * líneas por NF * NF por CMTS

En el ejemplo:

CAT por CMTS = 2.78 intentos por hora por línea * 250 líneas por NF * 6 NF por CMTS = 4170 CAT por hora por CMTS

Por lo tanto la tasa de paquetes de señalización de voz es:

Tráfico de Señalización por CMTS = CAT por CMTS * paquetes de CAT por CMTS / 3600 seg

Para el ejemplo:

Tráfico de Señalización por CMTS = $4170 * 20 / 3600 = 24$ pps de señalización

Una vez calculados los tráfico de datos, voz y señalización por separado, podemos obtener la carga de tráfico total por CMTS:

Tráfico total por CMTS = tráfico de datos por CMTS + tráfico de voz por CMTS + tráfico de señalización por CMTS

Para el ejemplo:

Tráfico del CMTS promedio = $1800 + 56400 + 24 = 58224$

Tráfico del CMTS pico = $2250 + 56400 + 24 = 58674$

Ya obtuvimos el ancho de banda total, el tráfico total, ahora solo nos falta el mercado de penetración total conociendo el número de cablemódems por CMTS:

Hogares por CMTS = NF por CMTS * hogares por NF

En el ejemplo:

Hogares por CMTS = $6 * 500 = 3000$

Ahora los cablemódems por CMTS son:

CM por CMTS = hogares por CMTS * penetración de mercado total

En el ejemplo:

CM por CMTS = $3000 * 25\% = 750$ cablemódems por CMTS

Como se observa, para hacer los cálculos de datos, es necesario tomar en cuenta dos tipos de anchos de banda así como dos tipos de usuarios principalmente: los promedio y los pico definidos al principio del tema, esto porque debemos saber el comportamiento de la red en ambos casos con el fin de conocer cual es el mayor y así dimensionar el equipo. En cuanto a la voz, se observa que es necesario echar mano de estadísticas y suposiciones de tráfico y de tiempos de utilización ya que es muy difícil conocer con exactitud estos parámetros por el hecho de que los usuarios pueden ser ya sea hogares, pequeños negocios o grandes empresas; así que lo mejor es hacer la estimación en promedio de las cantidades de dichos parámetros y en base a eso realizar los cálculos para dimensionar el equipo.

Dimensionamiento de la Red IP

La clave en el dimensionamiento de la red IP se encuentra en el dimensionamiento del CMTS ya que es este el encargado en enrutar todo el tráfico de voz y datos. Para calcular el ancho de banda en el CMTS, se utiliza un modelo aproximado en el que el CMTS actúa como un punto de concentración de un grupo de nodos. Si el CMTS maneja en su mayoría datos, el BW sería la suma de la carga de datos de cada nodo; si la mayoría de tráfico es voz, se requiere hacer un cálculo de tráfico para obtener el BW total.

Para la carga de tráfico, el BW en el CMTS para la carga de datos en la dirección descendente sería:

BW de datos descendente en el CMTS = BW datos descendente * NF por CMTS

Para el ejemplo:

BW datos descendente en CMTS = $1100 * 8 = 8800$ kbps

Ahora para la dirección ascendente:

BW de datos ascendente en el CMTS = BW datos ascendente * NF por CMTS

Para el ejemplo:

BW datos ascendente en CMTS = $368 * 8 = 5950$ kbps

Ahora, como se está dimensionando la red IP, se deben tomar en cuenta los paquetes VoIP que son diferentes a los DOCSIS, sobretodo en el encabezado. Entonces la mejor aproximación es convertir las conexiones del CMTS, que es donde va todo el tráfico, en ancho de banda, esta conversión involucra longitud del paquete de voz, compresión y formato de trama. En el mundo de datos, la trama más frecuentemente es la Ethernet. La cantidad de bytes de voz en esta trama depende de la longitud de la trama y la tasa de codificación. Para un CODEC G.711 y 10 ms de trama, el número de bytes de voz en un paquete sería:

Bytes de voz por paquete = Tasa del CODEC / 8 * tiempo de trama VoIP

Para el ejemplo:

Bytes de voz por paquete = $64000 / 8 * 0.01 = 80$

Ahora que conocemos la carga útil del paquete, podemos obtener el ancho de banda por conexión. IP agrega un encabezado de 12 bytes para RTP (protocolo de transporte en tiempo real), un encabezado de 8 bytes para UDP (Protocolo de datagrama de usuario), y un encabezado de 20 bytes para IP. Ethernet agrega un encabezado de 14 bytes y 4 bytes más para CRC (redundancia cíclica). Por lo tanto el BW por conexión sería:

BW por conexión = (Bytes de voz por paquetes + encabezado de paquete + encabezado de trama) * 8 bytes por paquete / tiempo de trama VoIP

Para el ejemplo:

$$\text{BW por conexión} = (80 + 40 + 18) * 8 / 10 = 110 \text{ kbps}$$

Las conexiones totales en el CMTS se calculan como sigue:

$$\text{Conexiones en el CMTS} = \text{Conexiones por NF} * \text{NF por CMTS}$$

Para el ejemplo:

$$\text{Conexiones por CMTS} = 47 * 8 = 376$$

Ahora si estamos en condiciones de calcular el ancho de banda que manejaría el CMTS:

$$\text{BW total en el CMTS} = (\text{BW datos en CMTS} + \text{BW voz en CMTS}) + (1 + \text{encabezado de señalización IP})$$

En el ejemplo:

$$\text{BW total descendente en CMTS} = (8.8 + 83) * (1 + 0.02) = 94 \text{ Mbps}$$

$$\text{BW total ascendente en CMTS} = (2.95 + 83) * (1 + 0.02) = 88 \text{ Mbps}$$

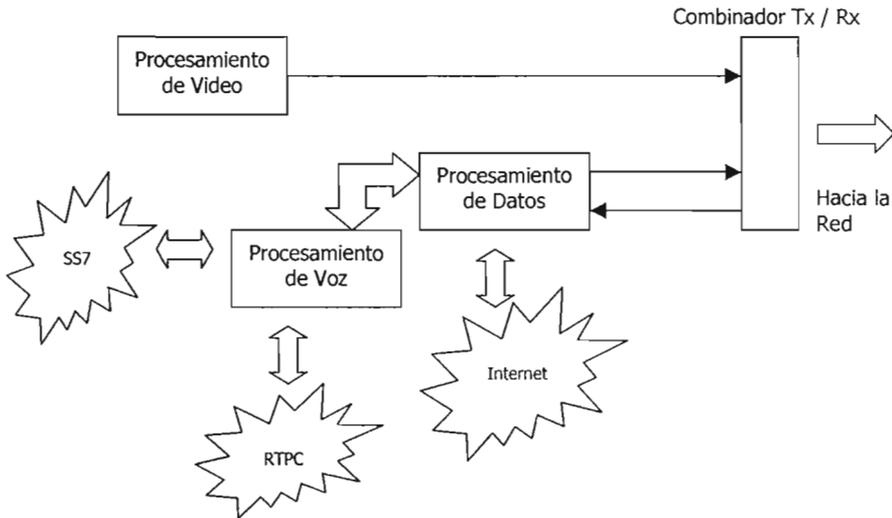
Hemos obtenido ya el ancho de banda por CMTS, el tráfico en paquetes por segundo y el número de cablemódems por CMTS que se manejarán en un principio en la red, con esto podemos ya elegir el equipo necesario para echar a andar la red. Como se ha observado, el diseño de la parte de voz y datos requiere de parámetros estadísticos y de un gran número de cálculos para obtener el dimensionamiento del equipo. Obtuvimos también la penetración de mercado a la que se pretende llegar inicialmente con el respectivo crecimiento de este de manera gradual y para lo que se debe estar preparado en un principio calculando la capacidad del equipo de manera sobrada. Este es el equipo más esencial pero obviamente existe más equipo en cabecera como servidores, o equipo de administración de red, de contabilidad, etc. que también debe dimensionarse pero ya en base al equipo calculado aquí que, como se mencionó antes, es el que determina la capacidad de la red y la penetración de mercado.

BIBLIOGRAFIA CITADA

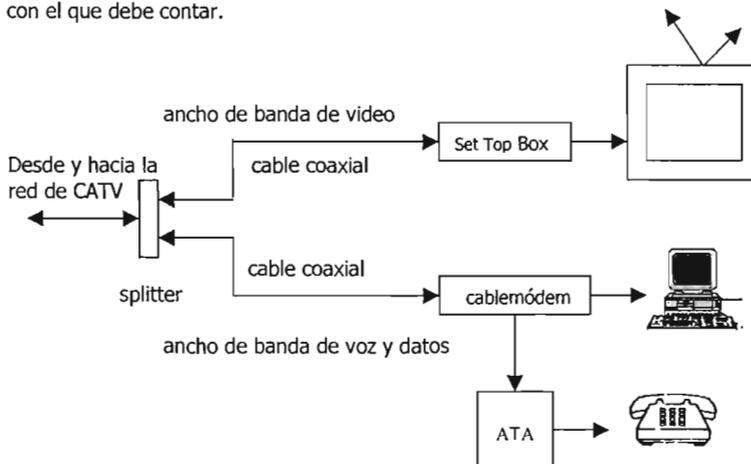
- 1.- Cable Televisión Technology and Operations: HDTV and NTSC Systems. Eugene R. Bartlett. Mc Graw Hill. E.U.A. 1990
- 2.- Acceso Veloz a Internet por las redes de Televisión por Cable. Eva Parrilla Escobar, Judith Redoli Granados, Rafael Mompó Gómez. Secretariado de Publicaciones e Intercambio Científico, Universidad de Valladolid. 120 pp. Valladolid, España. 1996
- 3.- Catalogo de Productos de Banda Ancha. PICO MACOM, Steren Company
- 4.- Multimedia Traffic Engineering for HFC Networks. A White Paper On Data, Voice, And Video Over Ip
Cisco Systems, 1999
<http://www.cisco.com>

CONCLUSIONES

La propuesta de estructura de una red de cable que ofrezca los tres servicios: voz, datos y video, es posible tal y como se plantea en el trabajo de tesis. La convergencia se lleva a cabo desde la cabecera, donde se cuenta con el equipo necesario para cada uno de los servicios con la finalidad de que se integren y se distribuyan a lo largo de la red en un mismo cable, característica en donde radica una de las ventajas de este servicio, por lo tanto la cabecera quedaría de la siguiente manera:



Por otro lado, se ofrece la propuesta del equipo en el hogar del usuario para que reciba todas las ventajas de este servicio de una manera económica, aunque no muy práctica por todo el equipo con el que debe contar.



Haciendo un recuento de las ventajas y desventajas en la aplicación de una arquitectura softswitch a la telefonía por cable se concluye que los operadores de cable tienen la facilidad de implementar nuevos servicios de acuerdo con la demanda del mercado y de acuerdo con el sector de la población para así adecuarlos a las necesidades de dicho sector; ventaja que no tienen los operadores de telefonía actuales debido a que ellos utilizan equipo basado en hardware mediante microprocesadores incluidos en sus equipos, a diferencia de una arquitectura basada en software en la que sí pueden crearse nuevos servicios de manera casi inmediata. Otra ventaja es la utilización de una red basada en paquetes como lo es una red IP; el costo de utilización una vez instalada la red, se reduce demasiado en cuanto a llamadas locales, y no se diga en llamadas de larga distancia nacional o internacional; ya que con las empresas de telefonía actuales, el costo por llamada de larga distancia es muy alto, mientras que con redes de conmutación de paquetes los costos se abaratan gracias a la red mundial de Internet con la que podemos salir a cualquier parte del mundo con el costo solo del acceso a la red, que es muy pequeño comparado con el costo de una llamada de larga distancia.

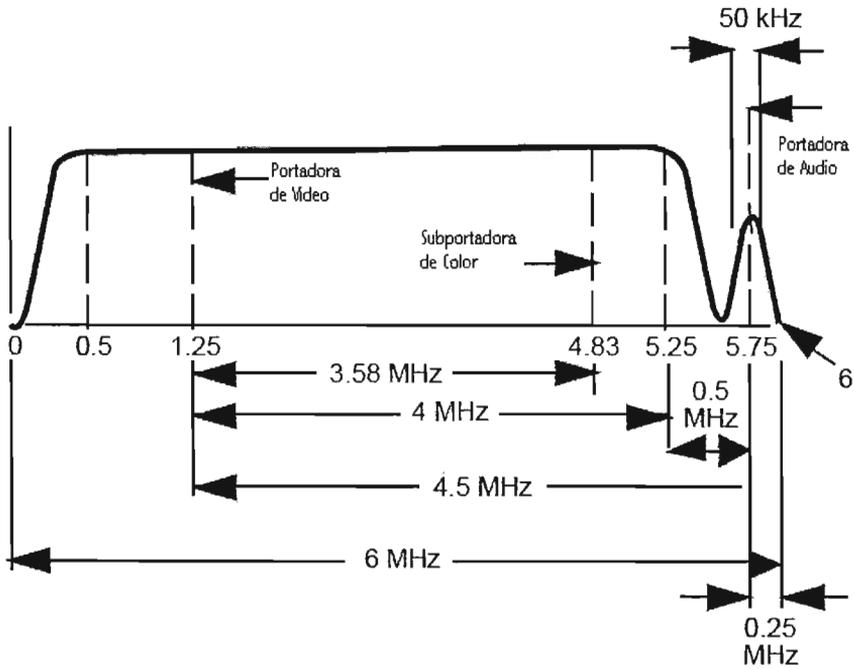
Por otro lado, la principal ventaja de ofrecer datos mediante una red de cable es la velocidad que obtendrá el usuario final debido al gran ancho de banda que maneja la red. Con la introducción del cablemódem, el usuario tiene acceso a datos o a Internet sin la necesidad de utilizar el aparato telefónico, esto trae ventajas tanto en el costo-ya no se paga el servicio de cada llamada más la contratación del servicio de Internet-como en la comodidad del usuario que en cualquier momento al encender su computadora estará conectado a Internet y podrá al mismo tiempo realizar una llamada y ver cualquier canal de TV ofrecido por el operador de cable. Con el control total de la red por parte del operador mediante el CMTS se puede evitar el problema del uso indebido o de la introducción de personas ajenas a la red, en donde se presenta un reto importante al usar algoritmos de encriptación eficaces que implican la utilización de ancho de banda, de esta manera se mantiene la seguridad, parámetro importante en este momento que es crucial en el manejo de información a nivel mundial.

Pero esto conlleva numerosos retos técnicos que se deben afrontar: la actualización de la red para el manejo de un sistema bidireccional, además de la implementación del nuevo equipo en cabecera para el manejo de voz y datos. El equipo de usuario también es otro reto más ya que actualmente no existe una Unidad de Interfase de Red capaz de entregar los tres servicios a partir del cable de acometida que se entrega al usuario y es necesaria la implementación de una serie de equipos para que el usuario pueda recibir todas las ventajas de los servicios que se ofrecen en la red. Esto se traduce en una inversión por parte del operador si este renta o presta el equipo al usuario, o para el mismo usuario si es este el que tiene que invertir en el equipo para gozar de dichas ventajas. Otra desventaja es la calidad de servicio que no solo implica la calidad con la que debe llegar la información, como en el caso de la voz, sino la fiabilidad del servicio. Y es ahí donde nos enfrentamos con otro reto más, la alimentación del equipo de distribución y del equipo del usuario. Actualmente el equipo del usuario se ofrece con alguna fuente externa de alimentación como baterías recargables o eliminadores de baterías para energizarlos. Pero el equipo activo como amplificadores o nodos ópticos a lo largo de la red debe alimentarse desde cabecera en el caso de alimentación centralizada o en cada uno de los equipos con alimentación distribuida que debe estar respaldada siempre por una fuente alternativa en caso de falla de la principal para ofrecer un servicio fiable al usuario y una calidad de servicio que será parte fundamental en la elección del usuario.

En base a lo mencionado anteriormente y al trabajo de investigación realizado se concluye que sí es posible obtener una estructura capaz de integrar los servicios de voz, datos y video sobre una misma red de televisión por cable, los retos no son imposibles y existen distintas alternativas para afrontarlos y sacarles provecho mientras se cuenta con numerosas ventajas tanto para el operador como para los usuarios ya que se ofrece un servicio de calidad con un abanico de alternativas para distintos sectores de mercado a tarifas razonables que convienen tanto al usuario como al operador de cable, esto es lo que marca la diferencia con respecto a las compañías actuales que ofrecen por separado cada uno de los servicios.

APENDICE A

Asignación de Canales NTSC



Banda	Canal		Ancho de Banda MHz	Rango de Frecuencia MHz
	CATV	TV		
Sub Banda	T-7	-	6	5.75 - 11.75
	T-8	-	6	11.75 - 17.75
	T-9	-	6	17.75 - 23.75
	T-10	-	6	23.75 - 29.75
	T-11	-	6	29.75 - 35.75
	T-12	-	6	35.75 - 41.75
	T-13	-	6	41.75 - 47.75

Banda Baja VHF	2	2	6	54 – 60
	3	3	6	60 – 66
	4	4	6	66 – 72
	5	5	6	76 – 82
	6	6	6	82 – 88

Banda FM	A-5	95	6	90 – 96
	A-4	96	6	96 – 102
	A-3	97	6	102 – 108
	A-2	98	6	108 – 114
	A-1	99	6	114 – 120

Banda Media VHF	A	14	6	120 – 126
	B	15	6	126 – 132
	C	16	6	132 – 138
	D	17	6	138 – 144
	E	18	6	144 – 150
	F	19	6	150 – 156
	G	20	6	156 – 162
	H	21	6	162 – 168
I	22	6	168 – 174	

Banda Alta VHF	7	7	6	174 – 180
	8	8	6	180 – 186
	9	9	6	186 – 192
	10	10	6	192 – 198
	11	11	6	198 – 204
	12	12	6	204 – 210
	13	13	6	210 – 216

Super Banda	J	23	6	216 – 222
	K	24	6	222 – 228
	L	25	6	228 – 234
	M	26	6	234 – 240
	N	27	6	240 – 246
	O	28	6	246 – 252
	P	29	6	252 – 258
	Q	30	6	258 – 264
	R	31	6	264 – 270
	S	32	6	270 – 276
	T	33	6	276 – 282
	U	34	6	282 – 288
	V	35	6	288 – 294
w	36	6	294 – 300	

Hyper Banda	AA	37	6	300 – 306
	BB	38	6	306 – 312
	CC	39	6	312 – 318
	DD	40	6	318 – 324
	EE	41	6	324 – 330

Hyper Banda	FF	42	6	330 – 336
	GG	43	6	336 – 342
	HH	44	6	342 – 348
	II	45	6	348 – 354
	JJ	46	6	354 – 360
	KK	47	6	360 – 366
	LL	48	6	366 – 372
	MM	49	6	372 – 378
	NN	50	6	378 – 384
	OO	51	6	384 – 390
	PP	52	6	390 – 396
	QQ	53	6	396 – 402
	RR	54	6	402 – 408
	SS	55	6	408 – 414
	TT	56	6	414 – 420
	UU	57	6	420 – 426
VV	58	6	426 – 432	
WW	59	6	432 – 438	
XX	60	6	438 – 444	
YY	61	6	444 – 450	
ZZ	62	6	450 – 456	

Ultra Banda Cable	AAA	63	6	456 – 462
	BBB	64	6	462 – 468
	CCC	65	6	468 – 474
	DDD	66	6	474 – 480
	EEE	67	6	480 – 486
	FFF	68	6	486 – 492
	GGG	69	6	492 – 498
	HHH	70	6	498 – 504
	III	71	6	504 – 510
	JJJ	72	6	510 – 516
	KKK	73	6	516 – 522
	LLL	74	6	522 – 528
	MMM	75	6	528 – 534
	NNN	76	6	534 – 540
	OOO	77	6	540 – 546
	PPP	78	6	546 – 552
	QQQ	79	6	552 – 558
	RRR	80	6	558 – 564
	SSS	81	6	564 – 570
	TTT	82	6	570 – 576
UUU	83	6	576 – 582	
VVV	84	6	582 – 588	
WWW	85	6	588 – 594	
XXX	86	6	594 – 600	
YYY	87	6	600 – 606	
ZZZ	88	6	606 – 612	

Fuente: Catalogo de Productos de Banda Ancha. PICO MACOM, Steren Company

APENDICE B

Anchos De Banda DOCSIS

El ancho de banda que un sistema DOCSIS proporciona, depende principalmente del ancho de banda del canal, tasa de símbolos y la técnica de modulación. Las tablas B-1, B-2 y B-3 muestran todas las posibilidades de DOCSIS. Las consideraciones secundarias como el encabezado de capa MAC, mensajes de señalización y actividades de mantenimiento no se incluyen en estas tablas, pero pueden obtenerse de los cálculos de tráfico.

Ancho de Banda en RF	Modulación	Tasa de Símbolo (Mpsps)	Tasa de Bit	
			Crudo (Mbps)	Carga Util (Mbps)
6 MHz	64 QAM	5.056941	30.34	~ 27
	256 QAM	5.360537	42.88	~ 38
8 MHz	64 QAM	6.74	40.44	~ 36
	256 QAM	7.15	57.20	~ 51

Tabla B.1 Tasas de Bits descendentes (Downstream)

Ancho de Banda RF	Tasa de Símbolos	Tasa de Bit Cruda	
		QPSK	16 QAM
200 kHz	160 ksps	320 kbps	640 kbps
400 kHz	320 ksps	640 kbps	1.28 Mbps
800 kHz	640 ksps	1.28 Mbps	2.56 Mbps
1.6 MHz	1280 ksps	2.56 Mbps	5.12 Mbps
3.2 MHz	2560 ksps	5.12 Mbps	10.24 Mbps

Tabla B.2 Tasas de Bit Ascendentes para DOCSIS 1.0 y 1.1

BW RF	Tasa de Símbolo	Tasa de Bit Cruda				
		QPSK	8 QAM	16 QAM	32 QAM	64 QAM
200 kHz	160 ksps	320 kbps	480 kbps	640 kbps	960 kbps	1.28 Mbps
400 kHz	320 ksps	640 kbps	960 kbps	1.28 Mbps	1.92 Mbps	2.56 Mbps
800 kHz	640 ksps	1.28 Mbps	1.92 Mbps	2.56 Mbps	3.84 Mbps	5.12 Mbps
1.6 MHz	1280 ksps	2.56 Mbps	3.84 Mbps	5.12 Mbps	7.68 Mbps	10.24 Mbps
3.2 MHz	2560 ksps	5.12 Mbps	7.68 Mbps	10.24 Mbps	15.36 Mbps	20.40 Mbps
6.4 MHz	5120 ksps	10.24 Mbps	15.36 Mbps	20.40 Mbps	30.72 Mbps	40.80 Mbps

Tabla B.3 Tasas de Bit Ascendentes para DOCSIS 1.2

Fuente: <http://www.cisco.com>

APENDICE C

Tablas ERLANG B

Erlang	Trunk
1	5
2	7
3	8
4	10
5	11
6	13
7	14
8	15
9	17
10	18
11	19
12	20
13	22
14	23
15	24
16	25
17	27
18	28
19	29
20	30
21	31
22	32
23	34
24	35
25	36
26	37
27	38
28	39
29	40
30	42
31	43
32	44
33	45
34	46
35	47
36	48
37	49
38	51
39	52
40	53
41	54
42	55
43	56
44	57
45	58

Erlang	Trunk
46	59
47	61
48	62
49	63
50	64
51	65
52	66
53	67
54	68
55	69
56	70
57	71
58	73
59	74
60	75
61	76
62	77
63	78
64	79
65	80
66	81
67	82
68	83
69	84
70	85
71	87
72	88
73	89
74	90
75	91
76	92
77	93
78	94
79	95
80	96
81	97
82	98
83	99
84	100
85	101
86	103
87	104
88	105
89	106
90	107

Erlang	Trunk
91	108
92	109
93	110
94	111
95	112
96	113
97	114
98	115
99	116
100	117
101	118
102	119
103	121
104	122
105	123
106	124
107	125
108	126
109	127
110	128
111	129
112	130
113	131
114	132
115	133
116	134
117	135
118	136
119	137
120	138
121	139
122	140
123	142
124	143
125	144
126	145
127	146
128	147
129	148
130	149
131	150
132	151
133	152
134	153
135	154

Erlang	Trunk
136	155
137	156
138	157
139	158
140	159
141	160
142	161
143	162
144	163
145	164
146	166
147	167
148	168
149	169
150	170
151	171
152	172
153	173
154	174
155	175
156	176
157	177
158	178
159	179
160	180
161	181
162	182
163	183
164	184
165	185
166	186
167	187
168	188
169	189
170	190
171	191
172	192
173	194
174	195
175	196
176	197
177	198
178	199
179	200
180	201

Tabla C-1 Erlang B con 1.0 % de Grado de Servicio

Después de 180, trunks = Erlang / 0.9 % cuando se utiliza una limitante de 90 %

Erlang	Trunk
1	5
2	7
3	9
4	11
5	12
6	14
7	15
8	16
9	18
10	19
11	20
12	22
13	23
14	24
15	26
16	27
17	28
18	29
19	30
20	32
21	33
22	34
23	35
24	36
25	38
26	39
27	40
28	41
29	42
30	44
31	45
32	48
33	47
34	48
35	49
36	51
37	52
38	53
39	54
40	55
41	56
42	57
43	59
44	60
45	61

Erlang	Trunk
46	62
47	63
48	64
49	65
50	66
51	68
52	69
53	70
54	71
55	72
56	73
57	74
58	75
59	76
60	78
61	79
62	80
63	81
64	82
65	83
66	84
67	85
68	86
69	87
70	89
71	90
72	91
73	92
74	93
75	94
76	95
77	96
78	97
79	98
80	100
81	101
82	102
83	103
84	104
85	105
86	106
87	107
88	108
89	109
90	110

Erlang	Trunk
91	111
92	113
93	114
94	115
95	116
96	117
97	118
98	119
99	120
100	121
101	122
102	123
103	124
104	125
105	127
106	128
107	129
108	130
109	131
110	132
111	133
112	134
113	135
114	136
115	137
116	138
117	139
118	140
119	142
120	143
121	144
122	145
123	146
124	147
125	148
126	149
127	150
128	151
129	152
130	153
131	154
132	155
133	156
134	158
135	159

Tabla C-2 Erlang B con 0.5 % de Grado de Servicio

Erlang	Trunk	Erlang	Trunk	Erlang	Trunk
136	180	181	207	226	254
137	181	182	208	227	255
138	182	183	209	228	256
139	183	184	210	229	257
140	184	185	211	230	258
141	185	186	212	231	260
142	186	187	213	232	261
143	187	188	215	233	262
144	188	189	216	234	263
145	189	190	217	235	264
146	190	191	218	236	265
147	191	192	219	237	266
148	192	193	220	238	267
149	193	194	221	239	268
150	194	195	222	240	269
151	195	196	223	241	270
152	197	197	224	242	271
153	198	198	225	243	272
154	199	199	226	244	273
155	200	200	227	245	274
156	201	201	228	246	275
157	202	202	229	247	276
158	203	203	230	248	277
159	204	204	231	249	278
160	205	205	232	250	279
161	206	206	233	251	280
162	207	207	234	252	281
163	208	208	235	253	282
164	209	209	237	254	283
165	210	210	238	255	284
166	211	211	239	256	286
167	212	212	240	257	287
168	213	213	241	258	288
169	214	214	242	259	289
170	215	215	243	260	290
171	216	216	244	261	291
172	217	217	245	262	292
173	218	218	246	263	293
174	219	219	247	264	294
175	220	220	248	265	295
176	221	221	249	266	296
177	223	222	250	267	297
178	224	223	251	268	298
179	225	224	252	269	299
180	226	225	253	270	300

Tabla C-3 Erlang B con 0.5 % de Grado de Servicio
Después de 270, trunk = Erlang / 0.9 cuando se utiliza una limitante de 90

Fuente: <http://www.cisco.com>

APENDICE D

Especificaciones Técnicas de Equipo

En este apéndice se ofrecen las especificaciones técnicas de algunos de los equipos clave en la implementación de una estructura de TV por cable para manejar los servicios de voz, datos y video de distintas marcas en el mercado actual. Estos equipos son Cablemódems, Softswitch y CMTS.

SOFTSWITCH PGW 2200 DE CISCO

El softswitch PGW 2200 de Cisco es un MGC multiprotocolo que proporciona un puente entre la RTPC y las redes de conmutación de paquetes, proporciona ya sea interconexión SS7 simple o funciones de control de llamada y ruteo. Proporciona una conexión que puede manejar servicios dial-up, MGCP, SIP y H.323, así como otros estándares.

El softswitch PGW 2200 de Cisco consiste de hasta 5 diferentes elementos:

- Software MGC de Cisco, corriendo sobre una plataforma Sun Microsystems – requerida
- Terminales de Enlaces de Señalización Cisco (SLT, por siglas en inglés) – requerido
- Switch LAN para interconectividad IP entre elementos del PGW 2200 – requerido
- Procesador adjunto de Interface de Señalización H.323 (HSI) – opcional
- Productos de Administración– Incluye en Administración Nodo MGC, herramientas de aprovisionamiento de servicios de voz (VSPT, por siglas en inglés), Servidor de Medida y Facturación (BAMS, por siglas en inglés) – opcional

Las siguientes aplicaciones de gateway PSTN están disponibles por el PGW 2200 de Cisco:

- Tránsito VoIP
- PRI y TDM
- Gateway PSTN SIP
- Gateway PSTN H.323

Interfaces de Interconexión

Físico:	E1, T1, V.35, RS-449 y RS 530
Tipos de Enlaces:	Enlaces-A conectados directamente Enlaces-F con tráfico separado y enviado al gateway
Enlaces de señalización por nodo:	256 (hasta 4 por SLT)

Especificaciones y configuraciones del servidor Sun

	Sun Netra t 1400/1405	Sun Netra 20 AC/DC	Sun Netra 120/Sunfire V120
Dimensiones	10.4 x 17 x 19.9 in.	6.97 x 17.13 x 19.53 in.	1.73 x 17.21 x 19.19 in.
	26.4 x 43.1 x 50.4 cm	17.7 x 43.5 x 49.6 cm	4.4 x 43.7 x 48.7 cm
Peso	81.8 lb/37 kg	60 lb/27.30 kg	20 lb/9 kg
Energía	1400 DC: -48 VDC/60 VDC 1405 AC: 100-240 VAC	DC: -48 VDC/60 VDC AC: 90-240 VAC, 47-63 Hz	DC: -48 VDC/60 VDC AC: 100-240 VAC, 47-63 Hz
Tamaño de Rack	19 in., 23 in., 24 in., 600 mm (kit montado)		
Número de procesadores soportados	Up to 4 440 MHz UltraSPARC-II	Up to 2 900 MHz UltraSPARC-III	1 650 MHz UltraSPARC-IIi+
RAM	4 GB	2 GB	1 GB
Disco Duro	2 a 4 discos duros de 36 GB	2 disco de 36 GB	2 disco de 36 GB

Especificaciones plataforma Sun Netra

Software	
Sistema Operativo	Solaris 8
Arquitectura	
Interfaces	Ethernet/Fast Ethernet, STP (10BASE-T y 100BASE-T) RS-232C/RS-423 (DB-25) puertos seriales puerto paralelo Centronics-compatible (DB-25; ECP mode capable) on 140x
Almacenamiento y Medio	DVD interno DAT interno (externo para Netra 120/Sunfire V120) Disco Duro interno Ultra SCSI interface para dispositivo externo
Alarmas	Sistema de Monitoreo remoto, puerto serial RJ-45
Fuente de poder	Entrada dual
Condiciones ambientales	
Rango de Temperatura	41 to 104° F 5 to 40° C
Humedad	5 to 85%
Elevación	-300 to +3000 metros
Regulaciones	
Seguridad	UL 1950 Third Edition, CSA C 22.2 No. 950, EN 60950, IEC 950, CB Scheme, GR-63-CORE, GR-1089-CORE, TR-NWT-000295

Softswitch Succession Communication Server 2000 Marca NORTEL NETWORKS

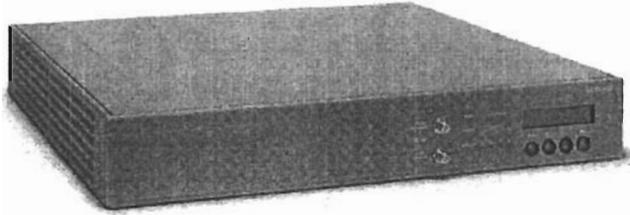
- Capacidad de hasta 250 000 líneas
- 165 000 canales troncales (CS-Os)
- Interface 100BaseT Ethernet para Backbone
- Protocolos de control de gateway troncal: H.248, H.323, MGCP, NCS
- Protocolos de intercomunicación de Softswitch: SIP, BICC
- PacketCable 1.0 basado en las siguientes especificaciones:
 - Network-Based Call Signaling Protocol Specification (NCS) PKT-SP-EC-MGCP-I04-011221
 - Dynamic Quality-of-Service Specification (DQoS) PKT-SP-DQOS-I03-020116
 - Security Specification PKT-SP-SEC-I05-020116

CMTS 1000 CORNERSTONE Marca ARRIS

Equipo certificado por DOCSIS 1.0 de CableLabs, capaz de soportar requerimientos de EuroDOCSIS sin la necesidad de hardware adicional ni cambios en el mismo. Interoperabilidad con cablemódems certificados por CableLabs soporta hasta 8 canales upstreams (ascendentes) y un canal downstream (descendente), redundancia ascendente y monitoreo ascendente. Proporciona seguridad al sistema utilizando encriptación de datos y filtro de paquetes.

Especificaciones Técnicas:

Físicas	
Temperatura de Operación °F (°C)	32-104 (0-40)
Humedad relativa (min-max)	10-90%
Voltaje de entrada (min-max)	88-264 Vrms @ 47-63 Hz o -48 Vdc
Potencia de entrada (Wmax)	100
Dimensiones (HxWxD) in (cm)	2.62x17.35x16.56 (6.65x44x42)
Peso lbs (kg)	18 (8.16)
Instalación	
Tipo de montaje	Rack 19''
Fuente de poder	Slimline package/standalone
Conectividad Ethernet	10/100BASE-T
RF	
Descendente	
Ancho del canal RF (MHz)	6 (DOCSIS NorteAmérica) 8 (EuroDOCSIS)
Rango de Frecuencia (MHz)	88-860
Modulación (QAM)	64 o 256
Nivel de Salida en RF (dBmV)	50-61
Impedancia de Salida (ohms)	75
Pérdida de retorno (dB)	14
Potencia de salida de transmisión (dB)	1
Ascendente	
Canal RF	Variable, 200 kHz – 3.2 MHz
Rango de Frecuencia (MHz)	5-42 (DOCSIS NorteAmérica) o 5-65 (EuroDOCSIS)
Modulación	QPSK o 16 QAM
Nivel de Recepción (dBmV)	-4 a 26 (configurable por el operador)



CMTS Cadant C3 Marca ARRIS

Equipo certificado por DOCSIS 2.0 y EuroDocsis 2.0 que puede soportar hasta 3000 cablemodems registrados en la red ocupando solo una unidad de rack. Soporta un canal RF descendente y hasta seis canales RF ascendentes. Soporta también Ethernet 10/100/1000BASET.

A continuación se enlistan las especificaciones técnicas del equipo:

RF Descendente:	
Rango de Frecuencia	88-860
Modulación	64 o 256 (1024 QAM en el futuro)
Taza de datos (Mbps)(máx)	30-53.6
Nivel de salida de RF (dBmV)	+45 a +61
RF Ascendente	
Rango de Frecuencia	5-42 (DOCSIS), 5-55; 5-65 (EuroDOCSIS)
Modulación	QPSK, 8, 16, 32, 64 QAM
Taza de datos (Mbps)(máx)	5.12-30.72
Nivel de salida de RF (dBmV)	+45 a +61
Instalación	
Interfaces de RF	Conector tipo F externo
Interfaces	Conexiones Ethernet RJ-45 Dual
Interfaces de Red	10/100/1000BASE T Ethernet
Potencia	Unidad de poder Dual: -48 Vdc o AC universal
Energía AC	100-240 Vac, 2 A, 47-63 Hz
Energía DC	40-60 V, 4 A
Consumo de Potencia	87 W max
Físicas	
Temperatura de Operación °F (°C)	32-104 (-40)
Humedad (min-max)	10-80 %
Disipación térmica	90 W max, 80 W típica
Dimensiones (HxWxD) in (cm)	1.75x19x18.3 (4.4x48.3x46.5) unidad de rack alto
Peso lb (Kg)	10 (4.5)
Soporte de Software	
DOCSIS 2.0, EuroDOCSIS 2.0 3000 cablemódems registrados agentes DHCP SNMP v1, v2, v3	

CLI SNMP configurable
 Telnet
 Manejo en-banda o fuera-de-banda
 Seguridad: hasta 30 ACLs con 20 entradas por ACL
 Balanceo de carga numérica de cablemódems en trayectoria ascendente
 IGMP Proxy
 Soporte de Aplicaciones DOCSIS inalámbrico
 FTP seguro



CABLEMODEM SB 5100 Marca Motorola

Equipo certificado por DOCSIS 1.1 Y 2.0 de CableLabs que incluye además del equipo, cables Ethernet y USB, adaptador de potencia, drivers de instalación, guía de usuario y garantía.

Requerimientos de Sistema:

- 486/66 mínimo (de preferencia procesador Pentium) o CPU compatible con Macintosh (Power PC)
- Sistemas Operativos como: Windows 95/98/2000/NT/Me/XP; Macintosh OS 8 o mayor y UNIX
- Unidad CD-ROM
- Conexión USB o Ethernet 10/100Base-T

Especificaciones Técnicas:

Físicas	
Temperatura de Operación	32 – 104 °F (0 – 40 °C)
Humedad	0 – 95 %
Dimensiones	6.2" x 2.3" 60"
Potencia	9 W (nominal)
Energía	105 – 125 VAC, 60 Hz
Interface de cable	Conector F, hembra, 75 ohms
Interface de Red	Ethernet 10/100Base-t, USB
Protocolo	TCP/IP
Canal Descendente	
Modulación	64 o 256 QAM
Tasa de datos máxima	38 Mbps
Ancho de Banda	6 MHz
Tasa de Símbolos	64 QAM, 5.069 Msps 256 QAM, 5.361 Msps
Rango de nivel de operación	-15 a +15 dBmV
Impedancia de entrada	75 ohms
Rango de frecuencia	88 – 860 MHz



Fuente: www.motorola.com/broadband/consumers

Cablemódem 300 A Touchstone Marca ARRIS

Equipo certificado por DOCSIS 1.1 de CableLabs con puertos USB y Ethernet capaz de manejar 2 PC's sin la necesidad de equipo adicional. De fácil instalación utilizando un CD-ROM.

Especificaciones Técnicas:

Físicas	
Temperatura de Operación °F (°C)	41 a 104 (5 a 40)
Humedad de Operación (min - max)	5 – 85 %
Dimensiones in (cm)	6.8 x 6.4 x 1.2 (17.2x 16.3 x 3.0)
Peso lb (g)	0.8 (350)
Instalación	
Interface de Datos	10/100BASE-T (conector RJ-45), USB 1.1
Conector RF	Tipo F
Potencia de Entrada	90 – 132 Vac, 47 – 63 Hz, 9 W
Switch de usuario	Standby
RF Descendente	
Rango de Frecuencia (MHz)	88 – 860
Ancho de Banda (MHz)	6
Modulación (QAM)	64 o 256
Tasa de datos max (Mbps)	30 o 42
Impedancia de entrada (ohms)	75
Sensitividad de entrada RF (dBmV)	-15 a +15
RF Ascendente	
Rango de Frecuencia (MHz)	5 – 42
Ancho de Banda	200 kHz, 40 kHz, 800 kHz, 1.6 MHz, 3.2 MHz, (6.4 MHz con A-TDMA)
Modulación	QPSK o 16 QAM (32/64 QAM con A-TDMA)
Tasa de datos máx (Mbps)	5.12 o 10.24 (hasta 30 Mbps con A-TDMA)
Impedancia de entrada (ohms)	75
Nivel de salida RF (dBmV)	8 a 58 (QPSK) 8 a 55 (16 QAM)

Rango de Control de ganancia (dB)	50
Estabilidad de frecuencia	+5
Ajuste de nivel automático	sí



Adaptador Terminal Analógico o Terminal de Voz

Voice Terminal VT1000v Marca Motorola

Equipo que permite realizar una llamada telefónica desde un teléfono analógico convencional sobre una red IP, en este caso la red HFC con servicio de telefonía por cable IP. Pueden realizarse llamadas de larga distancia sobre la conexión de banda ancha, tener servicios de llamada en espera, identificador de llamada, correo de voz, mensaje en espera y el servicio de sígueme; mediante la red HFC podemos tener una conexión de Internet y hablar por teléfono al mismo tiempo, soporta hasta dos líneas telefónicas separadas, soporta también máquinas de fax.

Características:

- Dos puertos Ethernet 10/100BASE-T para interfaces WAN y LAN
- Prioridad de voz sobre datos para asegurar alta calidad en el servicio telefónico
- Dos puertos RJ-11 para teléfonos analógicos
- Ruteo con NAPT (Traducción de Dirección de Puerto de Red)
- Trabaja con cablemódems
- Trabaja con SIP para el manejo de señalización de llamada
- Soporte de G.711 y vocoders de baja tasa
- De fácil configuración mediante la Web

Incluye:

- Terminal de Voz VT1000v
- Fuente de poder (eliminador de baterías)
- Un cable Ethernet

Requerimientos de Sistema:

- Acceso a Internet de banda ancha (cable, DSL u otro) con puerto Ethernet (RJ-45)
- Servicio de telefonía VoIP
- PC con Web disponible con puerto Ethernet 10/100BASE-T (para configuración)

Especificaciones Técnicas:

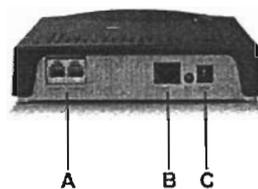
Interfaces	WAN Ethernet 10/100BASE-T (autosensado) RJ-45 PC Ethernet 10/100BASE-T (autosensado) RJ-45
Terminal Telefónica	1 o 2 puertos RJ-11
Tasa de datos Ethernet	10 y 100 Mbps full y half-duplex
Potencia de entrada	12 Vdc
Dimensiones físicas	1.6" * 5.5" * 6.5"
Telefonía	
Tipo de línea	Par de hilos
Señalización de estado	Loop start
Longitud de línea máx (una vía)	5 REN sobre 2000ft
Tango de nivel de sensibilidad DTMF	0 y -20 dBm
Codificación de voz	G.711 64 kbps PCM, ley u y ley A así como vocoders de baja tasa de datos
Pérdidas	Receptor (D/A) 4 dB transmisor (A/D) 2 dB
Tolerancia de pérdida (una vía)	+/- 1 dB
Especificaciones ambientales	
Temperatura de operación	32 – 104 °F (0 – 40 °C)
Humedad de Operación	5 – 95 % humedad relativa

Adaptador de Teléfono Analógico ATA 186 Marca CISCO

De manera similar al equipo anterior, este es un convertidor de telefonía IP a telefonía convencional para utilizar los aparatos telefónicos convencionales (analógicos) en redes IP y poder realizar llamadas. Este es un adaptador de teléfono analógico-Ethernet que soporta dos puertos de voz, cada uno con su propio número telefónico, y un puerto Ethernet 10BASE-T.

Algunas de sus características son:

- Preproceso avanzado para optimizar la compresión full-duplex
- Detección de actividad de calidad de voz ahorra ancho de banda al entregar solo voz y no silencio.
- Monitoreo de red dinámico para reducir jitter y pérdidas de paquetes
- Soporta multiples protocolos para interoperabilidad y flexibilidad de despliegue
 - H.323 v2 y v4
 - SIP
 - MGCP 1.0, 1.0/NCS
 - SCCP, Protocolo de control de cliente – tecnología de manejo de llamada de Cisco
- Actualizaciones remotas a través de la red
- vides Codecs G.729, G.729A, G.729AB2, G.723.1, G.711a-law, G.711μ-law
- Configuración y aprovisionamiento:
 - DHCP (Dinamic host control protocol)
 - Configuración web vía built-in web server
 - Configuración de teclado con indicador de comandos con voz
 - Aprovisionamiento de plan de marcado
 - Protocolo de descubrimiento de Cisco mediante SCCP
- Seguridad:
 - H.235 para H.323
 - Encriptación RC4 para TFTP



- A: Entradas RJ-11 para teléfonos analógicos
- B: Entrada RJ-45 para 10baseT con cable categoría 5
- C: Adaptador de energía para AC/DC