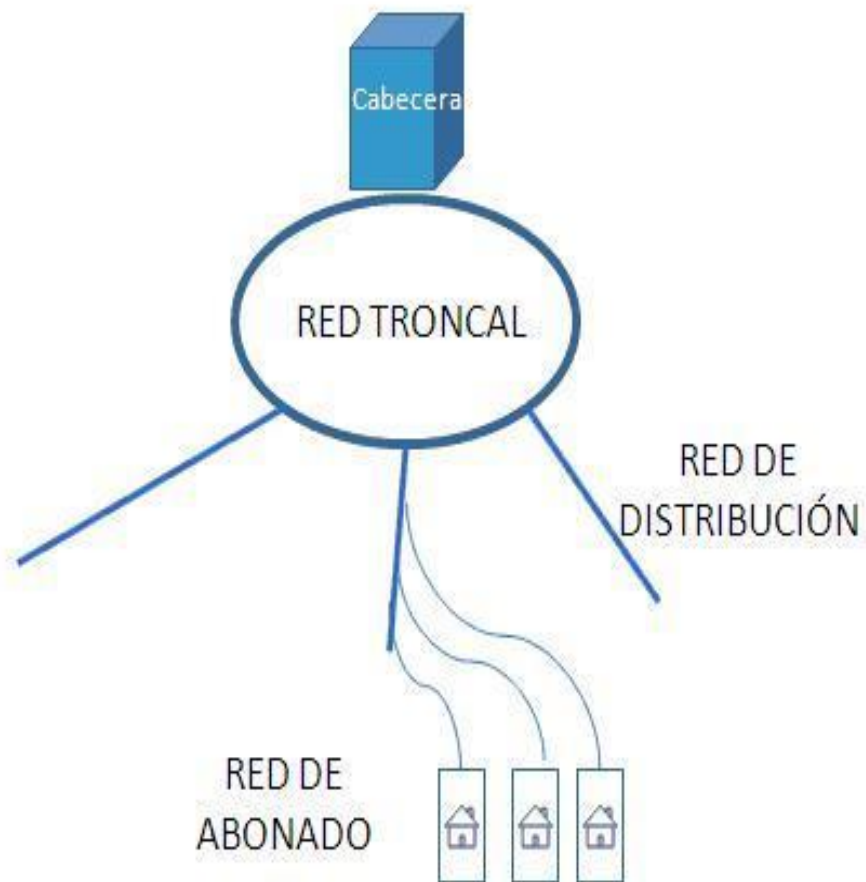


SISTEMA DE TELEVISION POR CABLE.

Luis Andreula.



INTRODUCCION.

En la presente investigación estudiaremos el sistema de televisión por cable, pudiendo comprobar que el actual diseño de las redes de cable además de ofrecer el servicio habitual de televisión, permiten ofrecer un conjunto de servicios tales como televisión más telefonía y acceso a internet de banda ancha.

También estudiaremos la estructura de la red de telecomunicación por cable, la estructura de la red HFC, el procesador heterodino, los moduladores y las actuales tecnologías para la televisión por cable, tales como overlay, RF to the Kerb y RF to the home.

Posteriormente estudiaremos los distintos aspectos que se deben considerar en la utilización de redes CATV para telefonía siendo las más importantes la tarifación, la fiabilidad, la alimentación y las señales indeseadas entre otras.

Para finalizar veremos los diversos fabricantes de equipos para telefonía por cable y los servicios que podrían ofrecer las redes HFC en un futuro próximo.

Sistema de Televisión por Cable.

La televisión por cable surge en Estados Unidos a mediados del siglo XX para solucionar el problema de recepción de televisión en zonas alejadas de los centros de emisión. Estas redes “tradicionales”, que utilizaban cable coaxial en toda su extensión, transmitían señales analógicas que llegaban directamente al hogar de los usuarios.

En la actualidad, lo habitual es que la televisión sea uno más de los servicios que ofrecen los operadores de redes de cable. Esto es así bien porque las redes antiguas se han renovado o bien porque el diseño de las redes de cable desplegadas más recientemente (en los últimos quince años) ya consideraba ofrecer un conjunto de servicios tales como televisión más telefonía y acceso a internet de banda ancha.

La renovación de las redes de televisión por cable para ofrecer servicios de voz y datos puede realizarse mediante dos diferentes vías:

- La primera opción es el uso de redes superpuestas, es decir, desplegar una segunda red para voz y datos que generalmente emplea, en su último tramo, pares de cobre. Esta alternativa es costosa para el operador pero ahorra al usuario la inversión en nuevos equipos, ya que puede utilizar su teléfono y módem convencionales.
- La segunda alternativa son las llamadas redes integradas en que, cuando las características físicas del cable así lo permiten, se “insertan” canales para telefonía y para datos. Esta técnica requiere modificar los equipos del abonado, en concreto instalar un módem de cable para la recepción de datos.

En las redes modernas, o “modernizadas”, la señal de televisión es digital, lo que unido a la mayor capacidad de las redes, permite la emisión de decenas de

canales de televisión y además la integración de servicios de televisión interactivos (como vídeo bajo demanda).

Redes de Telecomunicaciones por Cable.

Como se puede ver hoy en día es una realidad que los nuevos desarrollos tecnológicos en comunicaciones y sus aplicaciones están disponibles para ser utilizadas en beneficio de las personas y el desarrollo integral de un país. Una de estas aplicaciones es el servicio de telefonía y transmisión de datos utilizando la infraestructura que se encuentra actualmente implementada para las redes de televisión por cable (CATV) o redes HFC (Red Híbrida Fibra-Coaxial) como son las de TV CABLE en nuestro país, las cuales están impulsadas por la necesidad de transmitir volúmenes más grandes de información.

Debido al interés de integrar voz y datos, mayor interoperabilidad, el logro de soluciones efectivas y la expansión del mercado es que las compañías actuales tienden a la integración de estos servicios.

La tendencia actual nos lleva a considerar a las redes híbridas (HFC) son las redes que en un futuro cada vez más próximo harán llegar hasta los hogares de la mayoría de poblaciones de grande y mediano tamaño una amplia variedad de servicios y aplicaciones de telecomunicaciones como son los de vídeo bajo demanda (VOD), pago por visión (PPV), vídeo juegos interactivos, videoconferencia, telecompra, telebanca, acceso a bases de datos. Pero en la actualidad los que se han convertido en la principal prioridad son los de acceso a Internet a alta velocidad y telefonía.

Estructura de las redes de televisión por cable.

Híbridas Fibra Óptica-Coaxial (HFC).

Antes de mostrar como esta red puede integrar esta gran cantidad de servicios y en especial el de telefonía es necesario comprender como se encuentra diseñada esta y sus distintos componentes.

Una red HFC es una red de cable que combina en su estructura el uso de la fibra óptica y el cable coaxial. Este tipo de redes representa la evolución natural de las redes clásicas de televisión por cable (CATV). Una red de CATV está compuesta básicamente por una cabecera de red, la red troncal, la red de distribución, y el último tramo de acometida al hogar del abonado.

La cabecera (HEAD END).

Es el órgano central desde donde se gobierna todo el sistema. Suele disponer de una serie de antenas que reciben los canales de TV y radio de diferentes sistemas de distribución (satélite, microondas, etc.), así como de enlaces con otras cabeceras o estudios de televisión y con redes de otro tipo que aporten información susceptible de ser distribuida a los abonados a través del sistema de cable. Las redes de CATV originalmente fueron diseñadas para la distribución unidireccional de señales de TV, por lo que la cabecera era simplemente un centro que recogía las señales de TV y las adaptaba a su transmisión por medio del cable. Actualmente, las cabeceras han aumentado considerablemente en complejidad para satisfacer las nuevas demandas de servicios interactivos y de datos a alta velocidad.

La red troncal.

Es la encargada de repartir la señal compuesta generada por la cabecera a todas las zonas de distribución que abarca la red de cable. El primer paso en la evolución de las redes clásicas todo-coaxial de CATV hacia las redes de telecomunicaciones por cable HFC consistió en sustituir las largas cascadas de amplificadores y el cable coaxial de la red troncal por enlaces punto a punto de fibra óptica. Posteriormente, la penetración de la fibra en la red de cable ha ido en aumento, y la red troncal se ha convertido, por ejemplo, en una estructura con anillos redundantes que unen nodos ópticos entre sí. En estos nodos ópticos es donde las señales descendentes (de la cabecera a usuario) pasan de óptico a eléctrico para continuar su camino hacia el hogar del abonado a través de la red de distribución de coaxial. En los sistemas bidireccionales, los nodos ópticos también se encargan de recibir las señales del canal de retorno o ascendentes (del abonado a la cabecera) para convertirlas en señales ópticas y transmitir las a la cabecera.

La red de distribución.

Está compuesta por una estructura tipo bus de coaxial que lleva las señales descendentes hasta la última derivación antes del hogar del abonado. En el caso de la red HFC normalmente la red de distribución contiene un máximo de 2 ó 3 amplificadores de banda ancha y abarca grupos de unas 500 viviendas. En otros casos la fibra óptica de la red troncal llega hasta el pie de un edificio, de allí sube por la fachada del mismo para alimentar un nodo óptico que se instala en la azotea, y de éste parte el coaxial hacia el grupo de edificios a los que alimenta (para servicios de datos y telefonía suelen utilizarse cables de pares trenzados para llegar directamente hasta el abonado, desde el nodo óptico).

La acometida (DROPS).

Esta es la que llega a los hogares de los abonados y es sencillamente el último tramo antes de la base de conexión, en el caso de los edificios es la instalación interna.

En la siguiente figura se puede apreciar fácilmente los distintos componentes de una red de CATV:

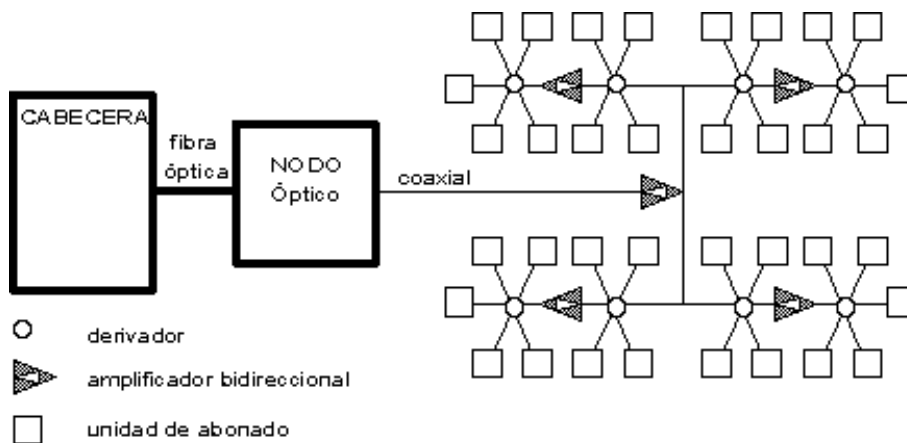


Fig.1: En la primera parte se puede observar la **cabecera**, saliendo de la cabecera hasta el nodo óptico se encuentra la **red troncal**, luego de este hasta cada derivador se encuentra la **red de distribución** y finalmente de cada derivador respectivo a cada unidad de abonado se encuentra **la acometida**.

Tecnologías para la telefonía por cable.

Dentro de estas redes existen distintos tipos de tecnologías para lograr la conexión telefónica del abonado y con esto lograr diferentes tipos de integración con la red. Las distintas opciones tecnológicas se plantean a continuación.

Overlay.

La primera opción tecnológica existente para ofrecer telefonía por cable consiste en superponer una red de acceso telefónico a la red de distribución de televisión por cable. Esta arquitectura, conocida habitualmente como overlay, combina dos tecnologías diferentes sobre las que se tiene una gran experiencia por separado, por lo que su construcción resulta relativamente sencilla. Y aunque no se alcanza con ella un nivel alto de integración de la red, tiene la capacidad de poder ser diseñada de tal manera que sea de rápido despliegue, económica, flexible, fiable, y que tenga en cuenta una posible evolución futura hacia arquitecturas más avanzadas y con un mayor nivel de integración. La arquitectura overlay lleva un canal de 64 Kbps hasta cada uno de los hogares pasados por la red, a través de un cable de pares, directamente desde el nodo óptico. En el nodo, las señales a 64 Kbps se multiplexan para formar canales agregados a 2 Mbps, y éstos a su vez forman canales de niveles jerárquicos superiores (8, 34 y 140 Mbps), hasta llegar a la cabecera. En la cabecera, un conmutador local hace de interfaz entre la red overlay y la red telefónica conmutada (RTC). En este tipo de arquitectura, por tanto, el operador pone a disposición de cada abonado un canal telefónico dedicado, y toda la concentración del tráfico se realiza en la cabecera.

Rf to the kerb y Rf to the home.

La segunda opción tecnológica consiste en aprovechar la infraestructura de la red HFC de CATV para transportar las señales telefónicas en el espectro de RF de la misma. Se reservan para el tráfico telefónico ciertos canales del espectro descendente (86-862 MHz.) y del de retorno (5-55 MHz.). No se dedica a cada abonado un canal de 64 Kbps, sino que todos los abonados de una misma zona de distribución (la servida por un nodo óptico, por ejemplo) comparten una serie de ranuras temporales de 64 Kbps a las que acceden según un esquema TDMA (Acceso Múltiple por División Temporal). La propia red HFC realiza, por

consiguiente, una concentración de tráfico telefónico previa a la que tiene lugar en el conmutador local de la cabecera, y en un grado que dependerá de la calidad de servicio que se quiera ofrecer y del dimensionado del sistema de acceso telefónico.

Esta concentración del tráfico permite simplificar los equipos digitales de cabecera, ahorrar ancho de banda en la red HFC (muy importante en el canal de retorno), y flexibilizar el sistema frente a problemas de ruido e interferencias puesto que la asignación de canales de RF a los abonados se realiza de manera dinámica.

Dentro de la segunda opción tecnológica descrita existen dos variantes: RF to the Kerb, y RF to the Home (RF hasta la acera y RF hasta el hogar, respectivamente). La primera variante consiste en llevar las señales telefónicas en su formato de RF hasta un nodo telefónico en el que se convierten a su formato digital en banda base (señales telefónicas de 64Kbps). De este nodo parten pares trenzados hasta cada uno de los hogares. En la segunda variante, RF to the Home, la red de distribución de coaxial de la red HFC lleva hasta los hogares todas las señales provenientes de la cabecera, tanto las de TV y otros servicios, como las señales de telefonía. Es, por tanto, en el hogar del abonado donde se realiza la conversión de RF a señal digital de 64 Kbps en banda base. La diferencia fundamental entre ambas variantes es el punto donde se pasa de RF a 64 Kbps. En el primer caso, un solo equipo localizado en un nodo telefónico sirve a unas decenas de hogares mediante líneas punto a punto de pares trenzados, y el resto de servicios llegan a través de la red de distribución de coaxial. En el segundo caso, todas las señales llegan a través de cable coaxial, y la conversión se realiza en el hogar del abonado, por lo que éste deberá disponer de un equipo que haga de interfaz entre la red HFC y su terminal telefónico.

La arquitectura overlay es la primera solución que se adoptó para ofrecer servicios telefónicos en redes de CATV, sin embargo, su implantación es

considerablemente más cara que en el caso de RF hasta la acera o hasta el hogar, para penetración baja del servicio telefónico. Conforme la penetración aumenta, los costos fijos del overlay se reparten entre más abonados, y las tres soluciones tienden a igualar sus costos por abonado conectado. De todas formas, para una penetración alta, la solución más económica es llevar la RF hasta la acera. Además, en este último caso, el nivel de integración de la red es mucho mayor, un sistema único soporta todo tipo de servicios y aplicaciones de telecomunicación: vídeo, voz, y datos.

En la siguiente figura se muestran las distintas tecnologías.

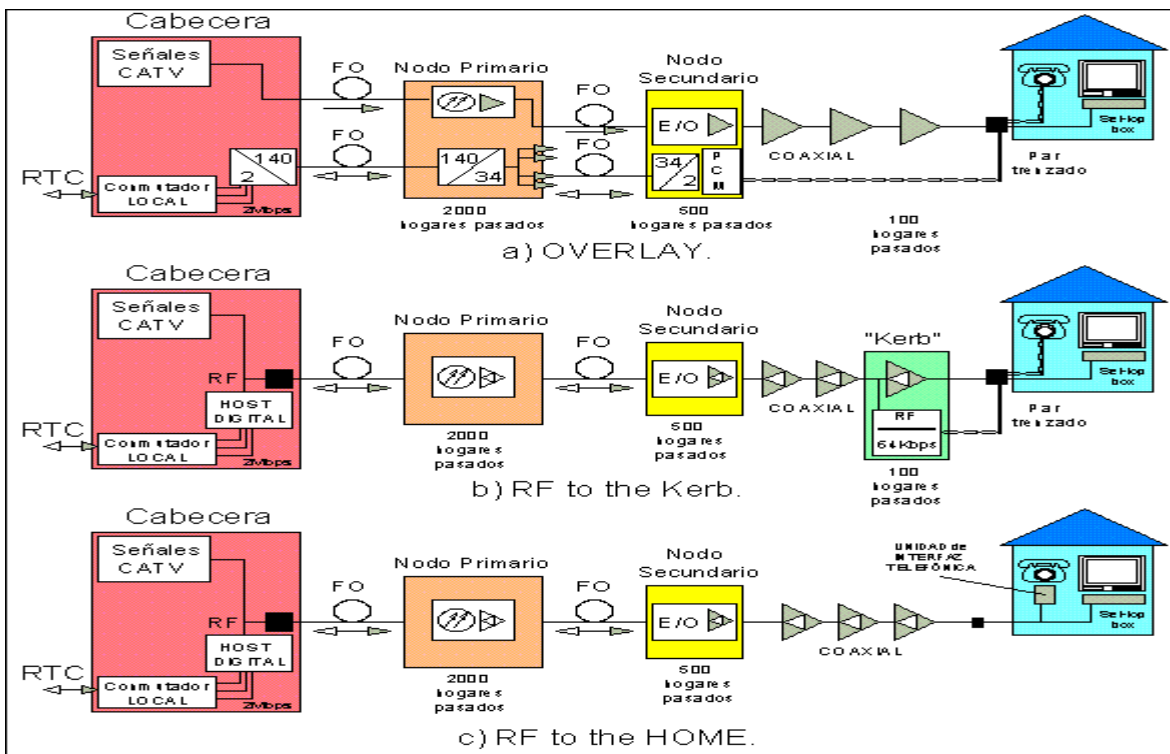


Fig. 2: Sistemas de telefonía por cable. **a) Arquitectura overlay:** las señales de CATV y las señales telefónicas llegan al abonado a través de dos redes superpuestas. **b) RF hasta la acera:** las señales telefónicas se transportan en el espectro de RF de la red HFC hasta un nodo telefónico ("Kerb") donde pasan a su formato digital en banda base (64 Kbps). Desde ahí un par trenzado las lleva al abonado. **c) RF hasta el hogar:** todas las señales comparten el espectro de RF de la red HFC. Las señales telefónicas se convierten a banda base en el hogar del abonado, donde está instalado un equipo que hace de interfaz con el teléfono.

Equipos para telefonía por cable.

En la tabla adjunta se presenta una lista de fabricantes de equipos para telefonía por cable. Actualmente, la evolución de esta tecnología, al igual que la de datos a alta velocidad, se produce a gran velocidad, por lo que cada día se incorporan nuevas empresas a la lista. Y las pruebas y despliegues comerciales de servicio telefónico en redes HFC cada vez son más, en la línea de convertir este tipo de redes en auténticas redes de acceso de banda ancha que integren todo tipo de servicios de telecomunicación.

FABRICANTE	EQUIPO
ADC	Homeworx
Alcatel	CablePhone 1570BB
AT&T	CLC-500, HFC-2000
Aware	AD6333 Chipset
DSC / General Instruments	Mediaspan
Ericsson	?
First Pacific Networks	FPN 1000
GADline	SIU 503-B
Hybrid Networks	?
Motorola	CableComm
NEC	?
Nortel	Cornerstone Voice
Phasecom	P445/446, Westec 6000
Philips	Crystal Line
Scientific Atlanta / Siemens	CoAxiom
Tellabs	Cablespan 2300
Teltone	?
West End Systems	West Bound 9600

Aspectos a considerar en la utilización de redes CATV para telefonía.

Dentro de la utilización de redes CATV para telefonía hay aspectos que deben ser considerados para tener una perspectiva más completa al momento de analizar las distintas ventajas y desventajas que estas tienen. Los siguientes temas dan una vista más amplia con respecto a esto.

Tarifación.

Hasta ahora, los operadores de CATV estaban acostumbrados a ofrecer un cierto número de canales de TV y cobrar por ello una cantidad fija al mes. Incluso los incipientes servicios y aplicaciones de datos a alta velocidad por cable pueden cobrarse de esta manera. El servicio telefónico, por contra, ha de cobrarse en función de la utilización que cada abonado hace de él, aparte de unas cuotas fijas. Parece que las redes de telecomunicaciones multiservicio HFC tienden actualmente hacia una plataforma de tarificación integrada que determine de manera conjunta el importe de una única factura que se presentará a cada abonado en función de los servicios que tenga contratados y del uso que haga de ellos. En este aspecto tan importante como es el de la tarificación de los servicios, los operadores de cable tienen varias opciones. La más inmediata es la de intentar adaptar sus sistemas de tarificación tradicionales de CATV a nuevos servicios como la telefonía. También existen nuevas soluciones software para la integración de estas funciones desarrolladas por compañías especializadas, o incluso puede subcontratarse todo el proceso de tarificación a una tercera empresa que se encargue de todo. Sea como fuere, la tarificación de los servicios es un tema clave en la ingeniería de la red HFC que no se debe descuidar puesto que de él depende en gran medida el éxito económico de un operador.

Fiabilidad.

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 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. Estos 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).

Alimentación.

Como todo el mundo sabe, cuando se produce un fallo en el suministro eléctrico el teléfono sigue funcionando con normalidad, ya que recibe la alimentación desde la central. Esto es bueno desde el punto de vista de la percepción que el abonado tiene de la fiabilidad de la red telefónica. En una red HFC, proporcionar una calidad de servicio comparable a la de la RTPC supone llevar la alimentación (por el propio cable coaxial) desde el nodo óptico hasta el equipo que hace de interfaz entre el teléfono del abonado y la red de cable, es decir, hasta la acera o hasta el hogar, según sea la solución que se haya adoptado, de las comentadas anteriormente de telefonía por cable (RF to the Kerb o RF to the Home). Para ello, es necesario dotar a los nodos de sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI ó UPS), basados en baterías, grupos electrógenos, y redundancia en el suministro de energía (dos compañías eléctricas).

Un ejemplo de diseño de red HFC comprometido con la fiabilidad del sistema es el de la compañía telefónica SNET (Southern New England Telephone

Co.). SNET inició a finales del año pasado la construcción en el estado de Connecticut (USA) de una red HFC para servicios de televisión por cable, telefonía y datos, cuyo objetivo es el de tener pasados el 22% de los hogares del estado a finales de este año, y el 36% a finales del 2010. Esta nueva red dispondrá de un anillo de fibra óptica a 2.4 Gbps que unirá dos cabeceras regionales y siete hubs remotos. Cada uno de estos hubs sirve unos 130.000 hogares pasados, tiene capacidad de inserción de servicios locales y está conectado a unos 20 nodos primarios. A su vez, cada nodo primario sirve a unos 34 nodos ópticos que sirven 200 hogares cada uno. Al aumento de fiabilidad que supone un tamaño tan reducido de los nodos ópticos hay que añadir un diseño novedoso del sistema de alimentación de la red. El cable de fibra óptica que une el nodo primario con el nodo óptico es en realidad un cable híbrido especialmente diseñado para esta aplicación, formado por un tubo central que contiene 6 ó más fibras ópticas, rodeado por 9 conductores de aluminio cuya misión es transportar 480 V de corriente eléctrica alterna trifásica (3 hilos por fase). En el nodo óptico, las señales ópticas pasan a eléctricas y una fase de los 480 V de corriente alterna se transforma a 60 ó 90 V C.A. para alimentar la red de distribución de coaxial y las unidades de interfaz de red en los hogares de los abonados. Un sistema de alimentación centralizada como este requiere unas instalaciones fiables en los nodos primarios. Afortunadamente, la alimentación centralizada es una tecnología bien desarrollada por las compañías telefónicas, por lo que un sistema como el diseñado por SNET no representa ningún problema tecnológico ni económico, y consigue, junto con el reducido tamaño de los nodos, elevar la fiabilidad del sistema a cotas equiparables a las de las redes convencionales de telefonía.

Señales indeseadas.

La red de distribución de coaxial constituye una gran antena que puede recoger señales indeseadas en todo el área a la que sirve. La mayor parte de

estas interferencias (95%) penetra en la red en los hogares de los abonados (70%) y a través del sistema de acometida (25%), siendo por tanto las instalaciones en los edificios uno de los puntos críticos en la construcción de la red. De hecho, el ruido emana de cada uno de los hogares de la red y, debido al efecto embudo, el ruido generado en cualquier punto afecta a todos los abonados. Cualquier señal que exista en el espectro de radio frecuencia (RF) en la banda de 5 a 55 MHz. puede penetrar en la red. Estamos hablando, por ejemplo, de emisoras internacionales de onda corta, emisoras de Banda Ciudadana(CB) y radioaficionados (HAM), señales provenientes de televisores mal apantallados, ruido de RF generado en ordenadores, interferencias eléctricas de tubos de neón, motores eléctricos, sistema de encendido de vehículos, secadores de pelo, interferencias generadas en líneas eléctricas, etc. 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 o *ingress*.

El ruido 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. Su origen puede ser externo o interno a la propia red, siendo este último tipo de ruido impulsivo el que más afecta a las prestaciones del canal de retorno debido a que la norma establecida por el Reglamento Técnico y Prestación del servicio de Telecomunicaciones por Cable establece que la frecuencia comprendida para el canal de retorno o ascendente es entre 5 y 55 MHz.

Como vemos, el canal de retorno exige una mayor atención que el descendente por parte el operador de red debe asegurar unas ciertas prestaciones en el enlace digital ascendente.

Servicios que podrían ofrecer las redes HFC en un futuro próximo.

APLICACIÓN	ANCHO DE BANDA REQUERIDO	OTRAS CARACTERÍSTICAS
DIFUSIÓN DE VÍDEO ANALÓGICO	Canales de entre 6 y 8 MHz.	Modulación clásica AM-VSB
DIFUSIÓN DE VÍDEO DIGITAL	2-3 Mbps de ancho de banda descendente (vídeo comprimido).	Las técnicas de compresión (MPEG-2) y las eficientes técnicas de modulación (64, 128, 256 QAM) permiten transportar hasta diez veces más canales que con las técnicas analógicas. El vídeo digital permite ofrecer servicios de tipo Pago por Visión y bajo Demanda de manera flexible.
VÍDEO BAJO DEMANDA	3 Mbps de capacidad del canal descendente (comprimido) y una pequeña capacidad del canal de retorno que permita la interactividad (del orden de 1 Kbps).	Posibilidad de detener y reanudar la reproducción por parte del usuario. El operador de red necesita una serie de mecanismos de seguridad para las aplicaciones de Pago por Visión. Se requiere un servidor especial de vídeo en la cabecera para simular las funciones de un aparato de vídeo casero convencional.
TELEVISIÓN AVANZADA	10 Mbps de ancho de banda descendente (comprimido).	Los estándares propuestos de televisión de alta definición (HDTV) requieren mucha mayor capacidad de la red. Una imagen de alta definición de 1240 x 720 pixel (no comprimida) requiere tres veces la velocidad de transmisión necesaria para una imagen de vídeo ordinario no comprimida.
AUDIO DIGITAL	1 Mbps de ancho de banda descendente.	Exigencias de reproducción análogas a las del vídeo bajo demanda. Las técnicas de compresión permiten reducir de 1.4 Mbps a 384 Kbps la velocidad de transmisión necesaria para un canal de audio de calidad CD.

TELEFONÍA	600 Kbps bidireccional (no comprimido). Mediante técnicas de compresión, la capacidad requerida es considerablemente menor.	Teóricamente basta con 128 Kbps (64 Kbps en cada sentido), pero ha de hacerse frente a problemas de Retardo de Paquetización y otros retardos que introduce la red y que precisan de técnicas de cancelación de ecos. Los usuarios demandan privacidad en las comunicaciones y los estándares de servicio telefónico exigen una alta fiabilidad del sistema.
VIDEO CONFERENCIA	100 Kbps bidireccional (comprimido).	Tasas de bit muy variables. Hay aplicaciones de baja calidad que funcionan a 28 Kbps en Internet. La red de cable puede ofrecer un servicio de mayor calidad empleando capacidades de entre 100 Kbps y 1 Mbps. Los retardos son un problema para la interactividad. Los usuarios dan mucha importancia a la privacidad de sus comunicaciones.
REDES DE ORDENADORES	100 Kbps a 100 Mbps (ó más) de tráfico bidireccional, generalmente a ráfagas (bursty).	Las características del tráfico y las necesidades futuras dependen en gran medida del tipo de aplicaciones que se usen. La mayoría de los operadores de cable tienden a ofrecer servicio de Internet, que soporta una gran cantidad de distintas aplicaciones muy atractivas para los usuarios. Uno de los grandes negocios de las redes HFC es el alquiler de enlaces punto a punto de alta velocidad a empresas, utilizando tecnología SDH o PDH.
VIDEOJUEGOS	Depende de la aplicación.	Algunos sistemas no requieren comunicaciones bidireccionales puesto que almacenan los programas de juegos en la memoria del terminal de abonado y no hay interactividad con la red. Otros, sin embargo, permiten jugar de forma interactiva con la cabecera y con otros usuarios de la red, exigiendo comunicaciones bidireccionales con retardos muy pequeños.
TELEMETRÍA	1 Kbps de tráfico a ráfagas.	La red de cable puede usarse para monitorear contadores de electricidad, gas, y agua; sistemas de tele vigilancia; y otros sistemas como, la propia red de cable.

Constitución del sistema.

Como vimos anteriormente el sistema de televisión por cable consta básicamente de un equipamiento central que recibe el nombre genérico de cabecera (head end) y una planta externa que suele llamarse red.

En la cabecera se centraliza la recepción y/o generación y luego una combinación de las señales que serán distribuidas a través del sistema. Los canales abiertos son retransmitidos por cable, generalmente sin ser demodulados a la banda base.

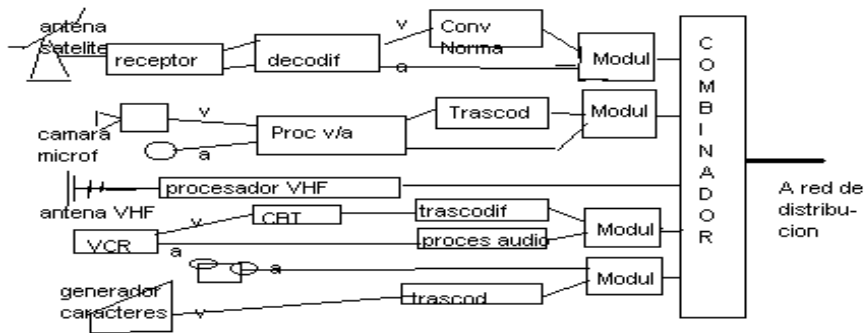
Las señales vía satélite recibidas en un receptor satelital, son procesadas en la cabecera según sea necesario su cambio de norma y/o su decodificación. Las señales originadas en video reproductores deben ser tratadas en video y audio antes de distribuir. El procesamiento mas difundido es mediante la utilización de correctores de base tiempo (CBT) para reducir las inestabilidades propias de las maquinas VCR.

Una vez obtenidas todas las señales, se mezclan en un combiner (combinador, mezclador o sumador, puede ser activo o pasivo) y de allí sale a la red. En la red se puede distinguir 2 tipos de tendido: red troncal y red subtroncal. Un tercer tipo de cable de menores dimensiones se utiliza para transportar la señal hasta el domicilio del abonado.

Debido a los bajos niveles en juego, en televisión por cable es usual referirse a las tensiones y potencias no por su valor específico, sino con el uso del dB y del dBmV (decibel milivolt).

$$N(dB) = 10 \log\left(\frac{P_s}{P_e}\right)$$

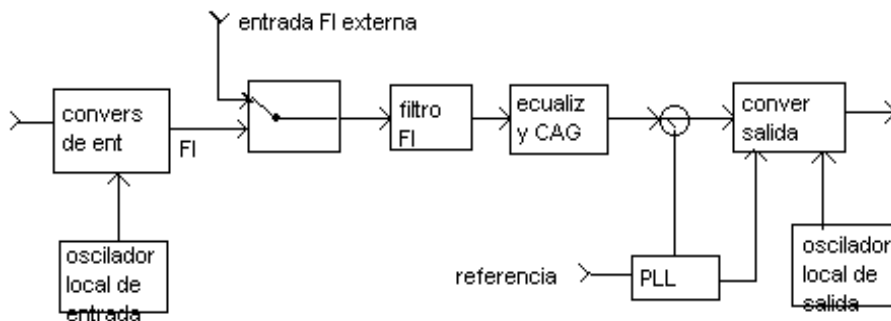
0dBmV=1mV a través de 75Ω



$$N(dBmV) = 20 \log \frac{V_{medida}}{1mV}$$

El procesador heterodino.

Nació como solución al problema de no poder controlar los niveles de portadora de video y audio.



Procesador Heterodino

El primer bloque es un conversor del canal de entrada a frecuencia intermedia (FI). La señal de FI es aplicada a un amplificador de buena selectividad con control automático de ganancia (CAG). La salida del mismo es nuevamente convertida a VHF mediante un conversor de subida, saliendo normalmente en un canal distinto que el de entrada.

Moduladores.

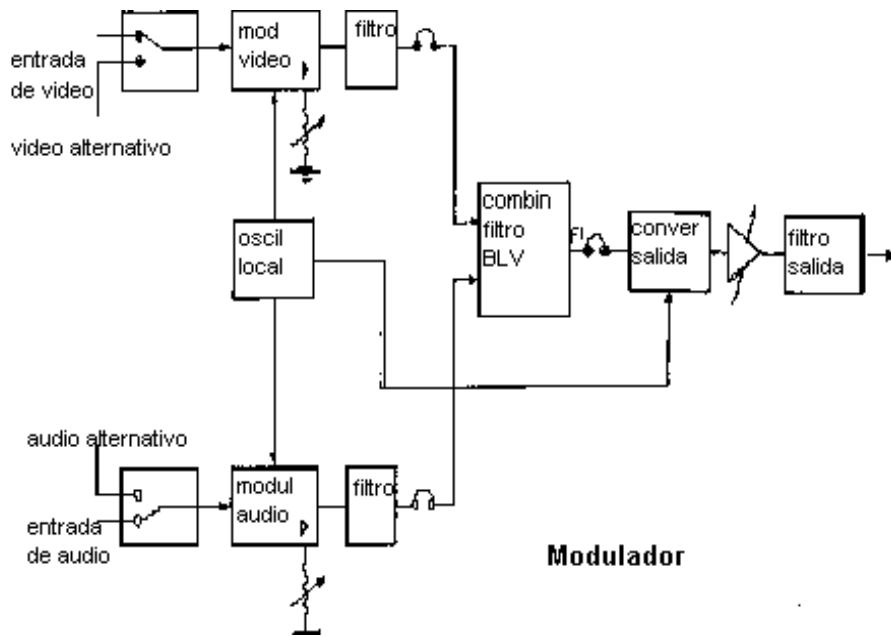
En CATV se pueden distinguir 2 tipos de moduladores:

- a. De frecuencia fija de salida.
- b. De frecuencia sintonizable de salida.

En los de frecuencia fija de salida, la señal de entrada principal ingresa al modulador directamente o a través de una etapa de ecualización que corrige la diferencia de amplitud en función de la frecuencia provocada por el cable.

En la etapa moduladora se modula en AM la señal de video y la salida de FI=45.75MHz es filtrada obteniéndose la banda lateral vestigial utilizada en televisión. Para este filtrado suele recurrirse a filtros piezoeléctricos de tecnología SAW (Surface Acoustic Wave) que poseen una característica de retardo de grupo plana en toda la banda, además de excelente estabilidad en tiempo y temperatura.

La salida de este filtro ingresa a un amplificador de FI, cuya salida tiene acceso externo al equipo.



La señal de audio (impedancia de entrada 600Ω) está modulada en FM, después de pasar por una etapa de preénfasis (75m s). Luego de modulada se filtra para eliminar armónicos no deseados y se amplifica. A la salida existe la misma facilidad de conexión que con el caso de video.

Ambas señales (video y audio) se combinan e ingresan a un convertor de salida del cual se obtiene la señal de frecuencia del canal requerido. Un amplificador permite ajustar el nivel de salida que en muchos casos alcanza a +60dBmV (portadora de video). Finalmente, el filtro de salida evita la emisión a la red de señales espurias fuera de la banda del canal.

Moduladores sintonizables.

Estos equipos suelen utilizarse como reserva en cabeceras con moduladores de frecuencia fija de salida. Este equipo posee un convertor de salida sintonizable para poder ser utilizado como modulador de cualquier canal.

Por ser tan versátil, no incluye el filtro de salida, por lo cual es susceptible a las componentes de ruido que el modulador de frecuencia fija era inmune.

Generadores de tono piloto.

Son equipos cuyas señales se transmiten a la red para la operación de los controladores automáticos de ganancia de los amplificadores.

Combinadores.

Estos equipos de salida deben presentar un alto aislamiento entre entradas y una pequeña pérdida de inserción, a fin de evitar la elevada atenuación de la señal. Los combinadores pasivos son más frecuentemente usados que los activos.

Amplificadores.

La pérdida de transmisión es la reducción en el nivel de la señal conforme esta avanza a través de los cables de la red. La atenuación presentada por el cable es función de la frecuencia, lo que provoca que los canales de frecuencias más altas sufran una mayor degradación que los canales de frecuencias más bajas.

Estas características del sistema, atenuación y respuesta en frecuencia, son compensadas en la red con la inclusión de amplificadores. Todos los amplificadores hoy utilizados, se alimentan a través del mismo cable de señal.

En la figura se muestra los bloques básicos para el transporte multicanal: un sistema de acoplamiento adecuado, un ecualizador y el amplificador propiamente

dicho. El ecualizador corrige la respuesta de atenuación en función de la frecuencia, también se le llama 'slope adj' (ajuste de pendiente).

El modulo amplificador es normalmente un integrado híbrido, aunque también existen los de R.F. discretos.

La fuente de alimentación rectifica y regula la tensión de alimentación. En la rama pasante para la alimentación del próximo generador (power through) se suele introducir un fusible o interruptor que posibilita la inhibición de alimentación al siguiente paso.

Cuando se requiere transmisión bidireccional hace falta agregar amplificación en sentido inverso y filtros separadores; comúnmente este retorno de información se hace a frecuencias menores de 50MHz (configuración 'sub-split' estandar)

También pueden existir otros bloques no considerados hasta ahora como ser amplificadores térmicos para compensación ante cambios bruscos de temperatura (comúnmente lleva un termistor) y CAG de los amplificadores.

Otro bloque de moderna inclusión es el "bridge Amplifier" (amplificador puente) donde una etapa en paralelo con la de señal directa toma muestras de la salida y se la amplifica para obtener una salida de alto nivel apta para alimentar la red subtruncal.

Un último bloque importante es el 'status monitoring system' o sistema de monitoreo de estados, sistema de tele medición y tele señalización computarizado que interroga periódicamente a los amplificadores sobre el estado de parámetros como tensiones y temperatura y los presenta en pantalla para la toma de decisiones.

Lo expuesto hasta aquí es lo básico y general que se puede encontrar, y que la verdadera combinación de bloques la da cada fabricante de equipos.

Relación portadora a ruido y señal a ruido.

Como en todo sistema de comunicaciones se debe incluir un factor de mérito que indique la calidad de la señal suministrada al usuario. Surgen 2 importantes relaciones:

- La relación C/N (carrier to noise) indicara la calidad de la señal de R.F. transportada por el sistema.
- La relación S/N (signal to noise) indicara la calidad de la señal demodulada en el receptor del abonado.

Se acepta que la distribución de ruido es uniforme en todas las frecuencias y la contribución al ruido del sistema es independiente del número de canales transportados.

La relación C/N es la relación entre los niveles de portadora de video y nivel de ruido, se expresa en dB.

Para el caso de tener amplificadores de características idénticas, la C/N se calcula como:

$$C/N = C/N_1 - 10 \cdot \log n$$

Donde el primer termino del segundo miembro representa la relación portadora a ruido de un solo amplificador (especificada por el fabricante a los niveles de operación recomendados) y n es la cantidad de amplificadores involucrados. Los amplificadores troncales son los que prácticamente manejan esta variable debido a que sus niveles de operación son menores que los de los subtroncales.

Si no se trabaja con los niveles recomendados por el fabricante, se debe buscar una fórmula para obtener C/N correspondiente a un amplificador de la cadena, la cual se define como:

$$C/N_1 = S_{Lent} - (E_{th} + NF)$$

Donde S_{Lent} es el nivel de portadora presente en la entrada del amplificador; E_{th} es el umbral de ruido térmico del sistema (-59dBmV) y NF es el factor de ruido del amplificador.

Se puede notar que la relación C/N se degrada en 3dB cuando se duplica el número de amplificadores.

La relación S/N es función de la C/N.

Distorsión e Intermodulación.

Como un amplificador real tiene una característica de transferencia no lineal, este provoca algún tipo de distorsión a su salida, modificando la forma de la señal. Respecto de la de entrada. El grado y tipo de distorsión se clasifica según sea el orden de esta, esto es el orden de armónicas de la señal de entrada que se generan en el mismo amplificador.

En este aspecto, es conocido en sistemas de cable la Intermodulación de 2do. orden, que no suele afectar los sistemas de 12 canales que por usar las bandas baja y alta solamente, no se ven influenciados por la distorsión que cae en la banda media. Otra es la situación en sistemas de mayor transporte de canales donde se hace uso de la banda media y la banda de UHF, donde esta distorsión debe ser necesariamente tenida en cuenta.

Para calcular el valor de distorsión de 2do. orden en un sistema de cable, se recurre a la siguiente formula, básicamente similar a la de C/N y que depende de los valores suministrados por el fabricante.

$$DSO = DSO_1 + 10 \log n$$

Se ha convenido en representar este parámetro como número negativo. También se puede notar que la DSO empeora en 3dB cuando se duplica el nro. de amplificadores.

Otro tipo de distorsión, la Intermodulación de 3er. orden se produce como resultado de la transferencia de grado 3 de los amplificadores. Se incluyen en esta categoría los batidos resultantes de 3 portadoras, la Intermodulación entre 2 portadoras, la generación de 3ra armónica y como caso particular la modulación cruzada.

La modulación cruzada es el resultado de la modulación de una señal por intermedio de otra. El resultado que se observa en la pantalla del receptor es una superposición de la señal de canal interferente sobre la del canal seleccionado, degradando la calidad de la señal recibida. Se calcula como

$$MC1 = MC0 + 2.(S_{Loper} - S_{Lespec})$$

Donde MC0 es el valor de modulación cruzada especificado por el fabricante a los niveles recomendados.

Sloper es el nivel de operación real y Slespec el nivel especificado.

El triple batido compuesto suele ser el factor de distorsión limitante en el comportamiento de sistemas multicanales. Se presenta con propiedades parecidas al ruido y muchas veces no es reconocido como una distorsión de 3er orden. CTB es un número negativo que se calcula como:

$$CTB = CTB_1 + 20\log n$$

CONCLUSION.

Al terminar la presente investigación, logramos comprender como funciona y como está estructurado un sistema de televisión por cable, la red hibrida HFC y sus distintas tecnologías tales como Overlay, RF to the kerb, RF to the home.

También nos adentramos en el conocimiento de los distintos aspectos a considerar en la utilización de las redes CATV para telefonía, siendo las importantes la tarifación, la fiabilidad, la alimentación y las señales indeseadas.

Con el desarrollo de esta investigación observamos la evolución que han tenido los sistemas de televisión por cable y su importancia en el desarrollo de las comunicaciones del mundo actual.

GLOSARIO.

CATV: Redes de televisión por cable.

HFC: Red híbrida fibra-coaxial.

TDMA: Acceso múltiple por división temporal.

VOD: Video bajo demanda.

SNET: Southern new england telephone

CBT: Conectores de base tiempo

FI: Frecuencia Intermedia

RF: Radio frecuencia

CAG: Control automático de ganancia

SAW: Surface acoustic wave

SLOPE ADJ: Ajuste de pendiente

BRIDGE AMPLIFILTER: Amplificador de puente

STATUS MONITORING SYSTEM: Sistema de monitoreo de estados

C/N: Relación carrier to noise

S/N: Relación signal to noise

PPV: Pay per view (pago para ver)

BIBLIOGRAFIA.

- es.wikipedia.org/wiki/catv
- www.canal cursos.com
- www.cinit.org.mx/articulo.php
- www.patentesonline.com.mx
- www.wikitel.injo