

**II SIMPOSIO INTERNACIONAL
de TELEMÁTICA
CITEL ' 2002**

**INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO
JOSÉ ANTONIO ECHEVERRÍA
CUJAE**

Departamento de Telemática

La Habana
Cuba

25 al 29 de Noviembre de 2002

MODULADOR ADSL / ATM / IP

Asymmetric Digital Subscriber Line
Asynchronous Transmission Mode
Internet Protocol

Ing. Oscar Szymanczyk

oscarszy@copitec.org.ar

oscarszy@sinectis.com.ar

MODULADOR ADSL / ATM / IP

DIGITALIZACIÓN E INICIO DEL ADSL

Al finalizar la década de 1970-1980, varias transformaciones acaecían en las redes de telecomunicaciones. La digitalización de las centrales de conmutación telefónica, la aplicación del HDSL y puesta en servicio de la fibra óptica en instalaciones de enlace entre centrales y el tímido avance de las redes de servicio integrados RDSI en la red de acceso, por aquellos tiempos denominada líneas de abonados.

El inicio comenzó ante la necesidad de hacer una reingeniería de los enlaces entre centrales telefónicas locales, de las redes de áreas múltiples. En sus áreas de microcentro, tales enlaces constituidos por cables multipares, aislados en papel, ofrecían una alta congestión. Las canalizaciones agotaban sus ductos disponibles vacantes. El sistema de modulación por impulso codificado, impuesto como PCM (Pulse Code Modulation), permitió mediante dos pares, uno en cada sentido, servir hasta 30 comunicaciones simultáneas. Reemplazando 30 canales con solo utilizar 2 pares, permitió liberar muchas cañerías.

El sistema PCM tenía sus limitaciones, su alcance máximo en kilómetros era excedido muchas veces en la práctica, puesto que las centrales estaban más distanciadas. Se requería un sistema que proveyese mayor alcance en distancia sin requerir un equipo regenerador de los pulsos en su trayecto. El sistema de línea de abonado digital de alta velocidad HDSL (High bit rate Digital Subscriber Line) ofreció resolver mayores distancias.

Muchos enlaces digital estimuló la idea de digital toda la red. El siguiente paso consistió en introducir las centrales de conmutación digital. Se formaron islas digitales, con el fin de evitar la transición analógica a digital.

En los comienzos de los años 1980, hizo su aparición el cable de fibra óptica en los enlaces de oficinas locales. Su uso inicial fue justamente salvar los problemas de un alto tráfico entre centrales. Debido al beneficio de su alta capacidad de transporte, se extendió pronto a todas las redes telefónicas de transporte, interurbanas e internacionales. Posteriormente, la fibra óptica invadió la red de acceso en su topología de anillos, acercándose al domicilio del abonado.

Por su parte ya en el año 1968, el entonces Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico (CCITT) actual ITU-T, inició los estudios de implementación de los sistemas de "red digital de servicios integrados" RDSI, para la banda estrecha, N- ISDN (Narrow Integrate Service Digital Network). Recién en el año 1984, desarrolló sus principales recomendaciones, encontrando relativa aceptación en Europa. En 1989, fue activada definitivamente en su versión de banda ancha, B-ISDN (Broadband Integrate Service Digital Network), debido al auge de las aplicaciones de Internet y requerimientos de mayores anchos de banda.

En ese entonces, fines de la década de 1980-1990, los sistemas derivados del HDSL, la familia xDSL comenzó a tomar impulso en la red de acceso. Su primera distinción fue solventar la necesidad de una comunicación interactiva asimétrica, como lo es Internet, que permita bajar mucha información desde la central y requerir poca capacidad hacia la central. Otros servicios interactivos programados a un futuro cercano exigían aun más esta particularidad.

De esta familia de sistemas, la más exitosa en su inicio fue la "línea digital asimétrica de abonado" ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line). El concepto ADSL fue propuesto a principios de 1990 por investigadores de los Laboratorios AT&T Bell y de la Universidad de Stándford. El ADSL a sido ulteriormente superado por la "línea de abonado digital de muy alta velocidad" VDSL (Very high bit rate Digital Subscriber Line), en requerimientos de mayor capacidad, pero no así en alcance de longitud.

Módem en banda ancha			
Año	Velocidad	Tecnología	Alcance máximo
1985	160 Kb/s bidireccional, emplea 1 UTP	U-IC	8 á 10 Km 4 Km / 1 UTP / 0.40 mm
1990	2 Mb/s bidireccional, em- plea 2 ó 3 UTP	HDSL	2.4 Km / 2 UTP / 0.40 mm 2.6 Km / 2 UTP / 0.50 mm 3.9 Km / 3 UTP / 0.40 mm 4.9 Km / 3 UTP / 0.65 mm
1995	8192 Kb/s descendente, 640 Kb/s ascendente, emplea 1 UTP	ADSL	5.4 Km
1997	25 Mb/s descendente, 15 Mb/s ascendente, emplea 1 UTP	VDSL	200 - 500 m

De igual forma, otros sistemas de esta misma familia han surgido posteriormente, la línea de abonado digital de velocidad media el MDSL (Medium bit rate Digital Subscriber Line), el xDSL adaptable a la velocidad de la línea sobre la que funcione RDSL (Rate Asimétrical Digital Subscriber Line), o la línea de abonado digital simétrica SDSL (Symmetrical Digital Subscriber Line).

El empleo del PCM y luego de HDSL y actualmente de ADSL, permite la reutilización de la antiquísima red de abonados, construida en pares trenzados de cobre. La red de cables de fibra óptica parecía, en cierto momento, cubrir todas las necesidades de la red de telecomunicaciones, incluso de la red de acceso. Sin embargo, sus altos costos y la necesidad de sustituir la red existente de cobre de alto valor monetario insumiría gastos descomunales, recapacitando que la misma se despliega en la totalidad de las ciudades del mundo. Tal situación hizo a la alta aceptación actual de los xDSL.

RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS

Antecedentes al sistema ADSL, empleados en la línea de acceso al abonado para ofrecer ancho de banda superior a los 4 KHz, han sido los sistemas de "red digital de servicios integrados" RDSI (ISDN). Esta tecnología ofrece banda estrecha, hasta 2 Mb/s, con tecnología de banda estrecha RDSI-BE (N-ISDN) y de banda ancha con RDSI-BA (B-ISDN) en velocidades superiores.

Los sistemas N-ISDN pueden operar mediante X-25 o Frame Relay. El Frame Relay, fue creado en 1990, a los fines que las RDSI permitiesen definir circuitos virtuales, sin los inconvenientes que ofrecían los sistemas X.25. Frame Relay significa literalmente retransmisión de tramas. Es una técnica digital rápida, de conmutación de paquetes de longitud variable, en el nivel de Enlaces de datos de la capa 2, del esquema OSI.

El N-ISDN ofrece, servicio básico y servicio primario.

El acceso básico de abonado RDSI es conformado en $2B+D_1$, siendo cada B de 64 Kb/s y D_1 de 16 Kb/s. Es decir, que éstos, definen una velocidad de 144 Kb/s. Para poder efectuar su transmisión en la línea de acceso, se adiciona un canal de 16 Kb/s dedicado a su mantenimiento y sincronismo, resultando un ancho de banda total de 160 Kb/s.

El acceso primario, opera con 30 canales de 64 Kb/s. Esta conformación de 30 B+D2, corresponde a un ancho de banda total de $(30 \times 64) + 64$, totalizando así 1984 Kb/s. Para su transmisión en línea, se deberá emplear canales de mantenimiento y de sincronismo de 64 Kb/s, resultando un total de 2048 Kb/s.

En USA, para acceso de banda estrecha RDSI, se aplica el N-ISDN, donde se emplean relaciones similares para el acceso básico, denominando ISDN-BRI (Basic Rate Interface), mientras que para el acceso primario se emplean 23 canales y se los denomina como interfaz primaria ISDN-PRI (ISDN-Primary Rate Interface), o también como acceso primario ISDN-PRA (ISDN-Primary Rate Access).

También en USA, se ha dispuesto los canales de banda ancha llamados B-ISDN, con velocidades superiores a T1 (1544 Kb/s), llegando desde 25 Mb/s a más de 2.4 Gb/s. Los servicios de banda ancha RDSI-BA se dividen a su vez en dos categorías principales, los servicios Interactivos, conversacionales, de mensajería o de consulta y los servicios de distribución.

Los servicios interactivos podrán tener el carácter de hombre - hombre, hombre - máquina o máquina - máquina. Los servicios conversacionales, de mensajería o consulta permiten el manejo de información vocal, datos, gráficos o imágenes y bases de datos.

Los servicios de distribución son dedicados esencialmente a entretenimiento, como ser programas de TV, en T3 (44.736 Mb/s), STM-1 (155.520 Mb/s), STM-4 (622.080 Mb/s).

La ITU-T ha definido, además, los canales H. Los mismos disponen de otros agrupamientos de canales B en 64 Kb/s, como ser:

3 H₀, D (3 canales 384 Kb/s más 1 canal de señalización de paquetes de 64 Kb/s, USA)

5 H₀, D (5 canales 384 Kb/s y 1 canal de señalización de paquetes de 64 Kb/s, Europa)

4 H₀ (4 canales 384 Kb/s), H₁₀ (1.472 Mb/s), H₁₁ (1.536 Mb/s), H₁₂ (1.920 Mb/s), la señalización se implementa por otra interfaz de canal D. Los mismos, se emplean en servicios tales como teleconferencia, audio de alta calidad o datos de alta velocidad.

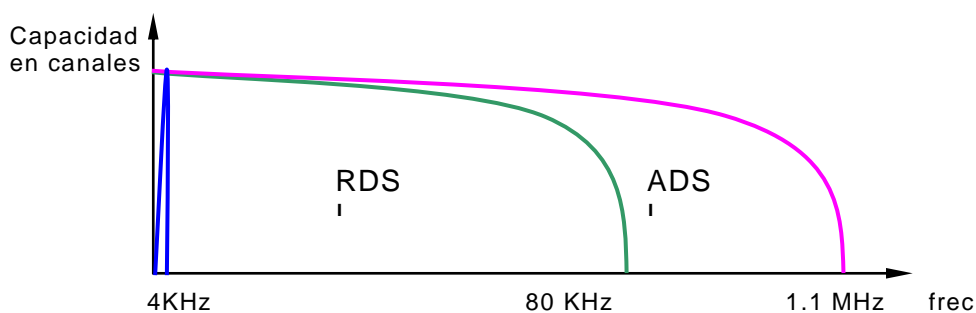
Estos sistemas, desde sus primeros años, tuvieron la preeminencia de llevar distintos servicios digitales al abonado telefónico. Posibilitaban el uso simultáneo de varias aplicaciones y de considerable número de servicios suplementarios. Estos sistemas tuvieron considerable éxito en Europa, sobretodo en Alemania (65% de penetración), pero baja aceptación en USA. y Latinoamérica. En Argentina por ejemplo, su comercialización se basó solo en ofrecer servicio de videoconferencia a 128 y 384 Kb/s.

DISTINCIÓN DE XDSL AL RDSI

La aparición del ADSL comercial a fines de la década del 1990, supera prontamente a los ISDN, por brindar mayores posibilidades de ancho de banda, mediante una superior concepción de diseño y con un más simple procedimiento. En algunos casos lo complemento como en el sistema compuesto ADSL adaptativo a ISDN, mientras que en general relego al ISDN a usos específicos como ser en el servicio de video conferencias.

Varios son los beneficios proporcionados por ADSL respecto a otros sistemas. Radican primero en proporcionar servicio de datos manteniendo inalterable un servicio de telefonía analógico. Con ello se evita tener que cambiar todos los aparatos telefónicos existentes.

Mediante N-ISDN se posibilita alcanzar velocidades de hasta 160 Kb/s en acceso básico y hasta 2 Mb/s en acceso primario, mientras que con ADSL se pueden obtener velocidades mayores a 8 Mb/s. Los sistemas ADSL y ISDN, ambos gozan de los beneficios de la tecnología ATM. Respecto a B-ISDN, se dispone VDSL con posibilidades de velocidades similares.



Ancho de banda RDSI versus ADSL

Otro factor, sumamente importante, es disponer de una estructura de transmisión asimétrica, ello concuerda con satisfacer al cliente en los servicios interactivos, como lo es Internet o VoD. Además, proporciona un gran ancho de banda, tanto en los canales ascendentes como en descendentes. Se obtienen respectivamente desde 8192 Kb/s descendente y 640 Kb/s ascendente, para una línea telefónica de 5.4 Km de longitud, lo que permite evitar interferencias entre estos canales sin emplear complicados sistemas como ser el Cancelador de Eco que utilizan los sistemas RDSI.

Otra distinción entre los RDSI y los xDSL se refiere a su modo de transmisión, como línea conmutada para los RDSI y en modo permanente punto a punto (sin conexión), para los xDSL. Básicamente los primeros actúan en la red de servicio telefónico básico, la red POTS (Plain Old Telephone Service), mientras que los xDSL operan normalmente en la red de datos. Los modem xDSL transportan los datos entre la central telefónica, los proveedores de servicio de Internet ISP (Internet Service Provider), otros proveedores de servicio como ser televisión en vivo, correo electrónico de multiservicios, LAN de alta velocidad o VoD. Por último, otra gran diferenciación respecto a los ISDN radica en los valores de atenuación 6 dB, en la línea, con muy baja resistencia ohmica admisible.

MODO DE TRANSFERENCIA ASINCRÓNICO (ATM)

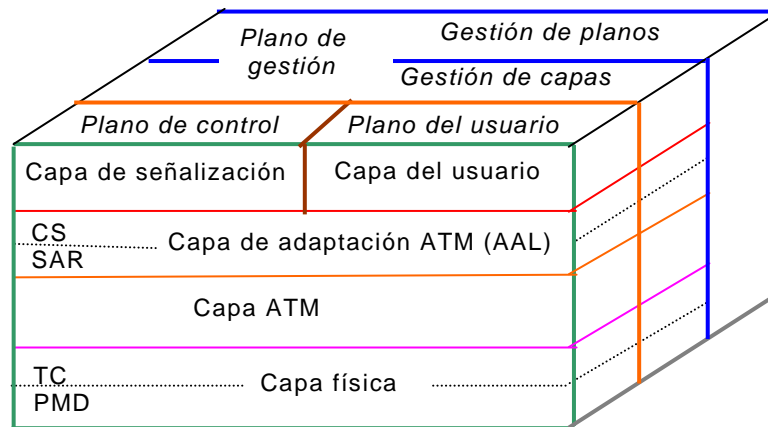
Si en una misma comunicación el tráfico es variable, debido al uso de sistemas de compresión dinámicos, se requiere distintos ancho de banda en distintos momentos, se tiene un tráfico a ráfagas (bursty traffic). Con este tipo de tráfico, resulta especialmente útil disponer de una red de conmutación de paquetes con circuitos virtuales, que puedan aprovechar el ancho de banda sobrante de los otros usuarios. Las redes establecidas con X.25 o Frame Relay son lentas y tiene valores de retardo y jitter impredecibles, luego no sirven a estos fines. Por ello se emplea, y para ello se concibió, el "modo de transferencia asincrónico" ATM (Asynchronous Transfer Mode).

Los Laboratorios Bell concibieron el ATM en 1986. Posteriormente la ITU lo adoptó en 1988, como parte de la norma para la B-ISDN.

Modelo ATM

Este estándar toma un nuevo impulso, en septiembre de 1997, al aprobar la ITU la recomendación que regula la transmisión de voz sobre ATM. Este estándar introduce la

adaptación ATM a la Capa 2, denominada capa de adaptación de ATM, AAL-2 (ATM Adaptation Layer-2).



Modelo de referencia ATM

Con esta nueva capa el modelo ATM queda constituido en tres capas: la capa física, la capa ATM y la capa de adaptación AAL, más las capas superiores que el usuario quiera adicionar correspondientes a las distintas aplicaciones. El modelo ATM está compuesto por cuatro planos. El plano de gestión incluye, la gestión de planos, que abarca al sistema total y la gestión de capas, que actúa para cada capa en la operación y el mantenimiento. El plano de usuario transporta los datos del usuario para una aplicación, que incluye el control de flujo y la recuperación de errores. El plano de control ejerce las funciones de control de llamada y control de conexión.

La capa AAL, sirve de interfaz entre la capa ATM inferior y los requerimientos de servicios de las capas altas. Esta capa se subdivide en la Subcapa de convergencia CS (Convergence Sublayer), que provee servicios AAL a las aplicaciones y la subcapa que opera en la segmentación y reensamblado SAR (Segmentation and Reassembly). La información de las capas altas, que excede de los 48 bytes, es segmentada formando las celdas ATM y en la recepción se efectúa la operación inversa de reensamblado. El protocolo de transporte AAL permite multiplexar, para que varias aplicaciones o usuarios diferentes puedan utilizar simultáneamente el mismo circuito virtual.

La capa ATM es una mezcla de las capas de enlace de datos y de red, del modelo OSI. Realiza cuatro funciones. 1- Multiplexado y demultiplexado de celdas provenientes de conexiones diferentes del mismo flujo de celdas; 2- Translación del identificador de ca-

nal virtual VCI e identificador de trayecto virtual VPI (enrutamiento); 3- Inserción y extracción de encabezamiento y 4- Control genérico de flujo, GFC (Generic Flow Control).

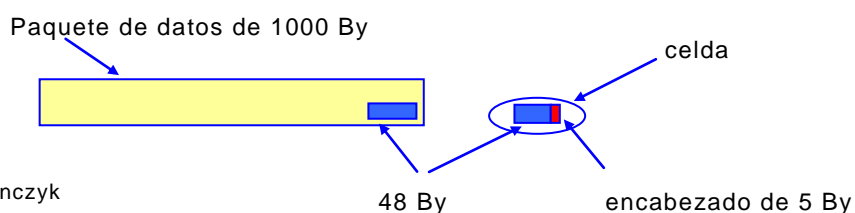
La capa física se divide en dos subcapas. La subcapa inferior dependiente del medio físico PMD (Physical Medium Dependent), es responsable de la correcta emisión y recepción de bits por cada medio físico. Establece la interfaz con el cable, transfiere los bits y controla la temporización. La subcapa superior de convergencia de transmisión TC (Transmission Convergence), convierte las celdas ATM a bits, que envía a la capa PMD y en la recepción de bits a celdas, hacia la capa ATM.

Con B-ISDN, mediante ATM (mas ADSL en el acceso de pares de cobre), se puede ofrecer sobre la red telefónica, video sobre demanda VoD, televisión en vivo, correo electrónico de multiservicios, música en calidad de disco compacto CD, LAN de alta velocidad.

El término asincrónico, hace referencia al hecho de que las células asignadas a la misma conexión pueden mostrar un patrón irregular, ya que las celdas se rellenan según una demanda que podrá ser variable. Comparado con el procedimiento sincrónico que tiene una temporización asignada fija para cada paquete de longitud variable, su calidad de asincronismo lo hace ser independiente del cualquier reloj maestro (como cualquier línea telefónica de larga distancia). Esto le permite obtener su alta flexibilidad en la red de acceso. Las celdas están tan vinculadas, que conforman una trama continua.

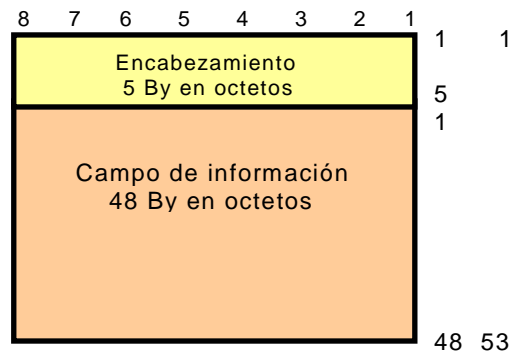
CELDA ATM

El ATM se basa en el método de transmisión de datos en banda ancha, en celdas fijas de 53 Byte, en vez de emplear tramas de longitud variable. Estas celdas consisten en 48 Byte de información y de 5 Byte adicionales para datos de encabezado ATM, denominado tara. Por ejemplo, ATM divide un paquete de datos de 1000 Byte, en 21 tramas de 48 By y pone cada una de estas tramas, adicionando un encabezamiento de 5 Bytes, en una celda. El resultado es una tecnología que transmite una celda concentrada y uniforme de 53 Bytes.



Formación de celdas ATM

Los 5 Byte de encabezado, disponen a su vez de una cabecera como etiqueta de un identificador de trayecto virtual VPI (Virtual Path Indicator) y un identificador de canal virtual VCI (Virtual Channel Identifier) Los 48 Byte de información, significan 48 Bytes formados en octetos de bits, es decir, $48 \times 8 = 384$ bit.



Estructura genérica de una celda ATM

El ancho de banda está definido por la cantidad de celdas transferidas por unidad de tiempo. Si no hubiese datos a ser transmitidos, las llamadas celdas ociosas (idle) serán insertadas en la trama. Estas celdas ociosas no contienen información. Si el ancho de banda requiere ser incrementada, la relación celdas usuario a celdas ociosas serán incrementadas, lo que significa que el ancho de banda podrá ser fácilmente adaptado a cualquier requerimiento de servicio.

TRANSFERENCIA DE DATOS ATM

En los sistemas ATM, la transferencia de datos se realiza mediante conmutación de paquetes de banda ancha. Es un sistema diseñado para combinar las características de los multiplexores por división de tiempo (TDM) con retardo dependiente y de las redes locales con retardo variable. Veamos que significa esto:

- La conmutación de paquetes en ATM, es la capacidad de enviar un mensaje segmentado en celdas, multiplexado con otras celdas de otros mensajes y situadas en un canal ATM. Las celdas son luego reensambladas, en el extremo receptor.

- En la multiplexación por división de tiempo, se combinan señales separadas en una única transmisión de alta velocidad. La información llega en el mismo orden emitido y en intervalos de tiempo regulares. Todos los paquetes son del mismo tamaño, tanto en bits como en tiempo,
- El retardo variable, se presenta en las redes locales, debido a que cada método de red, podrá utilizar un paquete de tamaño distinto.

Los enlaces ATM son básicamente punto a punto unidireccionales (a diferencia de las LANs que podrán disponer de muchos receptores). Sin embargo, se puede lograr la multidifusión haciendo que una célula entre en un conmutador ATM y salga por varias direcciones. Se puede proveer diferentes clases de servicios a los usuarios finales:

- Clase A - velocidad de bits constante CBR (Constant Bit Rate), con emulación de circuitos orientados a la conexión.
- Clase B - velocidad de bits variable VBR (Variable Bit Rate), con sincronización de tiempo entre terminales orientados a la conexión.
- Clase C, servicios de datos orientados a la conexión.
- Clase D, servicios de datos sin conexión.

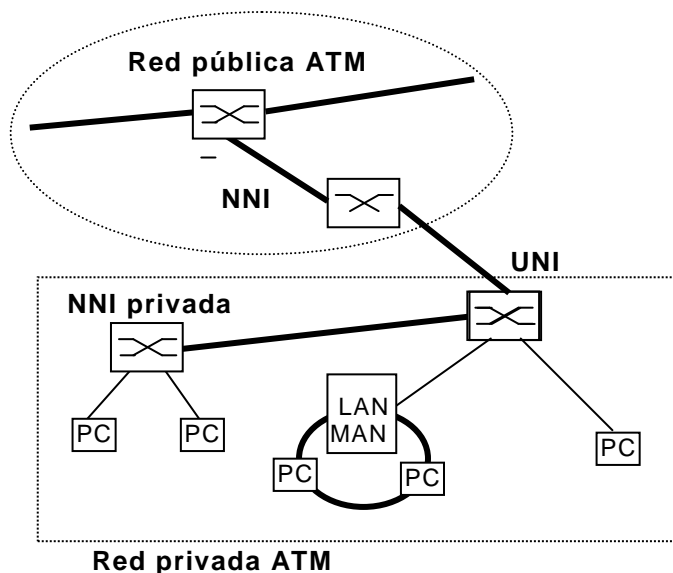
Los servicios de Clase A y B se utilizan en aplicaciones sincrónicas como lo son voz y video, mientras que los servicios de Clase C y D para datos de paquetes, de carácter asincrónico. En el caso de Clase A, es necesario garantizar en forma estricta el retardo y el ancho de banda. Las Clases B y C no tienen necesidades tan estrictas, solo es necesario contar con mecanismos de gestión y policía para garantizar una calidad de servicio QoS negociado.

INTERFACES DE LA RED ATM

Podemos distinguir dos tipos de interfaces en la red ATM. Entre el conmutador y el terminal del abonado, se halla la Interfaz red - usuario UNI (User Network Interface) y entre conmutadores de red, se halla la Interfaz de nodos de red NNI (Network Node Interface).

Los protocolos de señalización para ambas interfaces, están definidos por el ITU-T Para la red pública, el protocolo de la UNI está especificado en la recomendación Q.2931. Mientras que de la NNI, está definido en la Q.2764. Ambas basadas en los protocolos ISDN. La red privada utiliza para la NNI y la UNI, los protocolos definidos por el ATM Forum

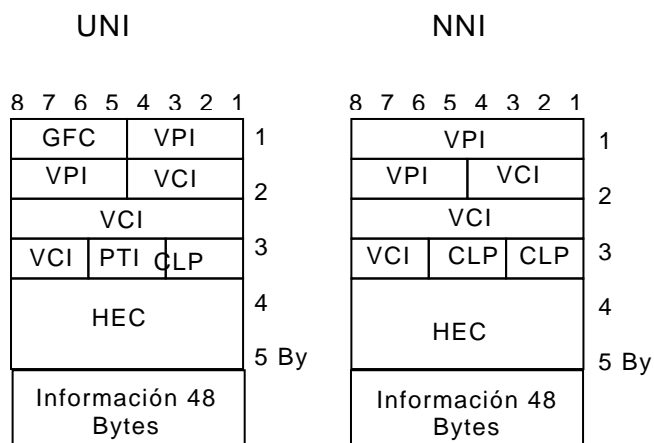
La cabecera contiene la información relativa al direccionamiento de las células y su prioridad, así como la información utilizada para asegurar una transferencia libre de errores. La celda cabecera es empleada principalmente para encaminar la celda a través de la red ATM. Los encabezamientos de las celdas ATM podrán tener una estructura del tipo de Interfaz de usuario- red, UNI y de Interfaz de nodo- red, NNI.



Estructura simplificada de la red ATM

En el caso de encabezamiento de la UNI, existe un campo GFC, cuyo propósito es aliviar las condiciones de sobrecarga a corto plazo que puede tener la red. Si una estación terminal está directamente conectada a un conmutador ATM, el GFC es el encargado de controlar la velocidad del flujo de celdas desde la estación terminal.

En el caso de la NNI, la red ATM no provee ningún mecanismo de control de flujo, por lo tanto no es necesario el GFC dentro de la red ATM.



Formato de celda ATM

- GFC (Generic Flow Control). El campo denominado control de flujo genérico, soporta la configuración del equipo del abonado. Implementa el control de un posible sistema bus de la interfaz del usuario (UNI). Este campo contiene 4 bits.
- VCI (Virtual Cannel Identifier). El identificador de canal virtual, contiene parte de las instrucciones de direccionamiento de la celda. Todas las celdas pertenecientes al mismo canal virtual, tendrán el mismo VCI. El identificador de canal virtual indica en cada caso, una sección de trayecto entre centros de conmutación o entre el centro de conmutación y un abonado. Todos estos diferentes VCIs, marcan el trayecto a través de la red. Este campo contiene 16 bits.
- VPI (Virtual Path Identifier). El identificador de trayecto virtual, contiene la segunda parte de las instrucciones de direccionamiento virtual y con más alta prioridad que el VCI. Acopla juntos, varios canales virtuales. Esto permite el rápido direccionamiento de las celdas a través de la red. Mediante el uso de los equipos de distribución (cross connects) ATM, es capaz de conmutar las tramas de celdas en varias direcciones, basándose en el VPI. El VPI y el VCI están asignados por el conmutador central, cuando la llamada es establecida. Este campo contiene 4 bits en la UNI ó 12 bits en la NNI.
- PTI (Payload Type Identifier). El identificador de tipo de carga útil, indica el tipo de datos que contiene el campo de información. Una distinción es echa entre la información de red y la del usuario. Este campo contiene 3 bits.

- CLP (Cell Loss Priority). El campo prioridad de pérdida de celda, determina con que prioridad una celda puede ser suprimida, en el caso de embotellamiento de tráfico. Una celda con CLP-0 tiene mayor prioridad que una celda con CLP-1. Este campo contiene 1 bit.
- HEC (Header Error Control). El campo, control de error de cabecera, provee el control de red y la posible corrección de errores en el mismo encabezamiento de datos. Es utilizado para sincronizar el receptor, al comienzo de la celda. Un procedimiento de chequeo redundante cíclico CRC (Cyclic Redundancy Check) es utilizado para la detección de errores. El mismo se basa en un polinomio generador $x^8 + x^2 + x + 1$.

DIFERENCIA ENTRE CELDAS

Hay celdas para la transmisión de la información y para la operación, administración y el mantenimiento. Estas últimas son llamadas celdas OAM (Operation, Administration and Maintenance) y pueden ser insertadas en la trama cuando se requiera. Estas celdas portan la información para el monitoreo de errores y alarmas, controlando los elementos de red y localizando los errores.

También se dispone de las celdas ociosas, las que son insertadas en las tramas, solo cuando no es necesario transmitir celdas con información. Estas contienen información de control de flujo GFC, pero no están asignadas a alguna conexión en particular. Todas las celdas están identificadas por medio de una combinación de los VPI y VCI.

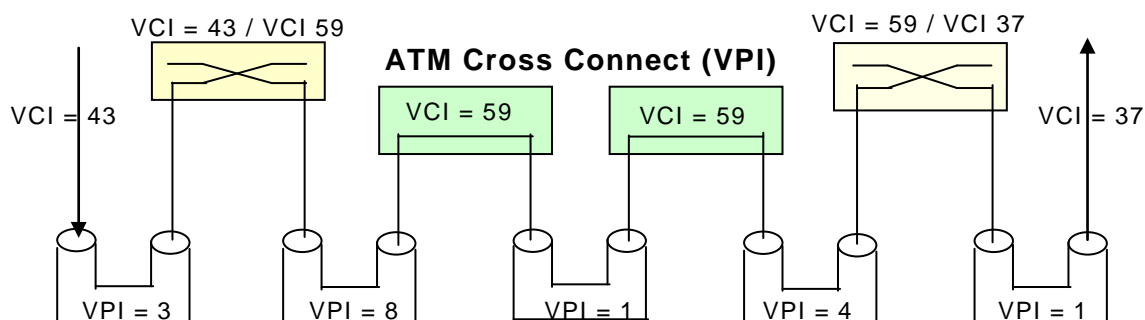
LA CONEXIÓN VIRTUAL ATM

Dijimos que ATM es un sistema con procedimiento de circuitos conmutados. Esto significa que, la conexión a través de la red debe ser establecida, antes que la información pueda ser transferida. Procedimiento similar a una comunicación telefónica.

La conexión a través de la red ATM, es denominada virtual, puesto que no existe un medio físico, para esta conexión ATM, salvo la existencia de una tabla de enrutamiento, en el conmutador central. La celda navega a través de la red utilizando la información dada en el VPI /VCI. Esta información es aplicada, solo a la sección de la conexión en cada caso. El identificador de canal virtual VCI, es asignado por el conmutador central y juntamente con el identificador de trayecto virtual VPI, identifica todas las celdas pertenecientes a una conexión en particular.

Cuando una conexión es establecida, el valor de VCI se hace disponible para su uso en red. El valor de VPI permite reunir juntos a los canales. El distribuidor digital (cross connects) ATM, puede cambiar el VPI y de ese modo llevar a cabo un grado de selección. La conmutación de la celda es mantenida exclusivamente por los conmutadores ATM, según las informaciones del direccionamiento.

Conmutación ATM (VPI + VCI)



Ejemplo de un trayecto virtual

CATEGORÍA DE LOS SERVICIOS ATM

La red ATM está diseñada para satisfacer el ancho rango de los servicios ofrecidos. La designación de los distintos servicios según ITU-T y el Foro ATM están estandarizado:

CBR - Garantiza una capacidad (velocidad digital) determinada y constante. Es equivalente a una línea dedicada punto a punto, pero con algunas diferencias:

- Las líneas dedicadas son siempre simétricas, los canales virtuales CBR son asimétricos de acuerdo a las necesidades.
- Las líneas dedicadas se contratan a 512 Kb/s ó múltiplos de 2 Mb/s con lo que su eficiencia decrece, los canales CBR se pueden configurar al valor deseado.
- Las líneas dedicadas para pasar de un tipo a otro (de 512 Kb/s a 2 Mb/s), se debe instalar una nueva línea, el caudal de un CBR se modifica en minutos.
- Las líneas dedicadas tienen reservada la capacidad en forma permanente, un CBR se contrata para la hora deseada de forma de obtener la mayor capacidad.

VBR - Este servicio está pensado para una elevada cantidad de tráfico y de forma continua. El usuario especifica un caudal medio, pero podrá cambiarlo. Tiene dos modalidades rt-VBR con bajo retardo y jitter para aplicaciones de voz, videoconferencia, VoD, etc y el nrt-VBR para cuando se trata de tráfico elevado pero el retardo no es tan importante como para datos.

ABR - El servicio esta pensado para tráfico en ráfagas y muy variable. Permite establecer un mínimo garantizado de ancho de banda y fijar un máximo operativo. Con este servicio ATM puede proveer control del flujo al emisor para poder regular el ritmo en caso de congestión.

UBR - Este servicio es el de menor calidad. No existe garantía en cuanto al ancho de banda y al retardo, tampoco se tiene control de flujo. UBR utiliza la capacidad sobrante de las demás categorías de servicio. Se usa para tráfico IP.

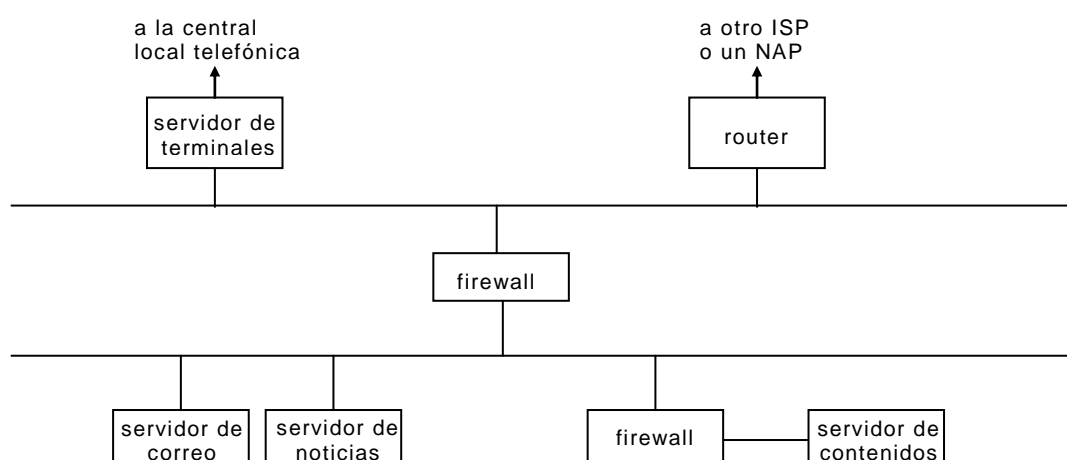
MODELOS DE REFERENCIA TCP/IP

En el año 1957 el Departamento de Defensa (DoD) de USA, acudió a su departamento de investigaciones ARPA (Advanced Research Projects Agency), para la creación de una red de control que pudiese sobrevivir a una guerra nuclear. La ARPA efectuó contratos con distintas universidades, que a principio de la década de 1960 publico un informe proponiendo un nuevo tipo de red de computadoras, llamada de conmutación de paquetes. Esta red fue construida en 1968, empleando minicomputadoras, las que no disponían de disco duro, pues se consideraban no confiables en aquella época. Se conectaban entre sí mediante líneas telefónicas alquiladas de 56 Kb/s, empleando varios caminos de enlace.

Así comenzó la formación de la red Internet mundial. Ya en 1974, a fin de posibilitar el conectar múltiples redes entre sí,. se creó el modelo TCP/IP, ideado por Celf y Kahn. En enero de 1983 este modelo se oficializó como únicos protocolos de Internet, y se conectaron las redes de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada ARPANET (Advanced Research Proyects Agency) y de la Fundación Nacional de las Ciencias NSF (National Science Foundation) de USA, luego otras redes de Europa, Canadá y el Pacífico. De esta suerte, se habían conectado a la red resultante una gran cantidad de redes LAN. Ello obligó a la creación del Sistema de Designación de Dominios DNS (Domain Naming System), que organizara las direcciones de IP. En 1989, la Fuerza de Ta-

reas de Investigación de Internet IRTF (Internet Research Task Force), concentró las tareas en investigaciones a largo plazo y la Fuerza de Tareas de Ingeniería de Internet , el IETF (Internet Engineering Task Force), se encargó de los problemas de ingeniería de corto plazo.

El Congreso de USA autorizó en diciembre de 1991, la creación de la Red Nacional Educativa y de Investigación NREN (National Research Educational Network). para asegurar que cada red regional se pudiese comunicar con las otra. Al mismo tiempo la NSF, creó los Puntos de Acceso a Red, NAP (Network Access Point). Desde esto puntos, primero en USA, luego en Europa, Asia Pacifico y actualmente en Latinoamérica, se tutelan los proveedores de servicio de Internet ISP (Internet Service Provider).

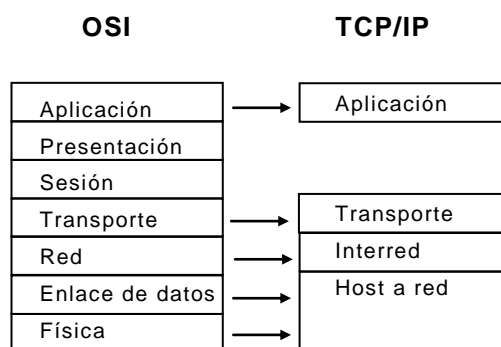


Proveedor de servicio de Internet, ISP

Como la red de Internet en sus comienzos funcionaba sobre líneas directas, rentadas a la red telefónica existente. Se empleaban líneas multipares, de radio terrestre y satelitales. Su interconexión a múltiples redes trajo problemas para interactuar entre ellas. Entonces el conjunto de protocolos TCP/IP salvaron estos problemas. Los mismos son, protocolo de control de transporte TCP (Transmission Control Protocol) y el Protocolo de Internet IP (Internet Protocol).

En este modelo las capas física y de enlace, permiten su conexión a varios estándares de LAN, aparte de su original ARPANET. Las diferentes partes de una interred pueden tener disímiles topologías, anchos de banda, retardos, tamaños de paquetes y demás parámetros. Al reunir diferentes estándares LANs, e incluso con diferentes estándares MANs y WANs, se forman complejas interredes.

La capa interred define un protocolo de interred, IP (Internet Protocol). Su función es entregar los paquetes IP donde corresponda y evitar la congestión, sin importar los tipos de redes que atraviese. La capa interred se corresponde con la capa de red del modelo OSI.



Modelo TCP/IP

La capa de transporte se corresponde a la análoga del modelo OSI. En esta capa actúa el protocolo de control del transporte de datos TCP. Este protocolo es orientado a la conexión, fragmenta los bytes entrantes en mensajes discretos que entrega a la capa de interred. También efectúa el control de flujo ente emisor y receptor.

Esta capa dispone también del protocolo de datagrama de usuario UDP (User Datagram Protocol). Este es un protocolo sin conexión, para aplicaciones que no requieran la asignación de secuencia, ni el control de flujo. Por ello es aplicable a transmisiones de voz o video, donde la entrega pronta es más importante que la entrega precisa. La IEEE, a definido el mecanismo para etiquetar tramas de forma que pueda determinarse prioridades según la clase de servicio deseada.

En el modelo TCP/IP, no se dispuso capa de sesión y capa de presentación, pues se consideró innecesarias. La capa de aplicaciones, contiene todos los protocolo de aplicación, como ser: correo electrónico (SMTP), terminal virtual Telnet, transferencia de archivos FTP, servicio de dominio DNS y HTTP para recuperar paginas en el World Wide Web.

TCP provee la comunicación confiable entre computadoras una vez establecido el enlace, mientras que IP provee los servicios necesarios para el movimiento de los datos, dirección, enrutado y conmutación. Con TCP/IP los datos se transmiten en datagramas, donde los datos son reensamblados cuando llegan a su destino, para formar el mensaje

original. Una conexión TCP es una corriente de bytes, no es una corriente de mensajes. Todas las conexiones TCP son dúplex y punto a punto.

ESQUEMA ADSL

Los sistemas ADSL emplean en su esquema de conexionado modem en cada extremo de la red de acceso. Un modem se instala en la casa del abonado y otro en la central. El modem de la casa del abonado permite conectar varios módulos de servicio, mientras que el de la central derivar la comunicación hacia el operador telefónico de Internet o de video, en su caso.

En la oficina central telefónica, se instala un modem ATU-C denominado DSLAM (según la nomenclatura Alcatel un ASAM). Este, comprende a un splitter que deriva las comunicaciones telefónicas hacia el repartidor general, de allí al conmutador y a la red de transporte telefónica. Los servicios de datos a su vez son derivados a 144 placas ADLT, que se concentran en una placa SANT IMA y desde donde parte la red ATM de servicios de datos, para alcanzar las redes, de Internet, de video, etc.

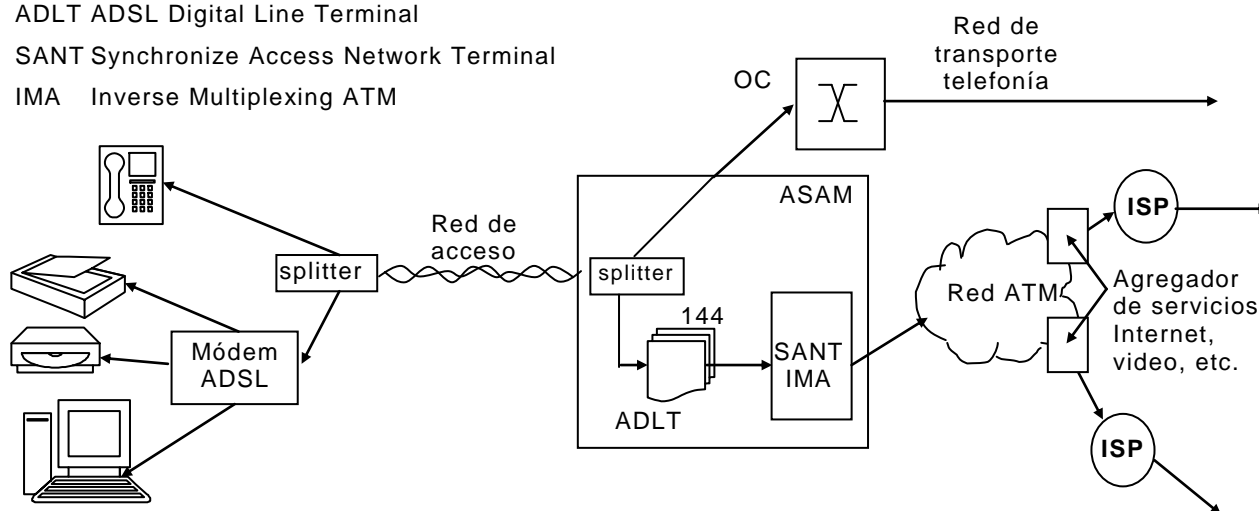
El esquema de conexionado, se completa adicionando un dispositivo denominado "agregador de servicios". Este elemento forma parte y se ubica posterior a la malla ATM. Su función se refiere a direccionar la ruta por un circuito virtual permanente, según el servicio especificado por el cliente, a un proveedor de video sobre demanda VoD, de servicio de Internet ISP u otro servicio.

ASAM ADSL System Access Multiplex

ADLT ADSL Digital Line Terminal

SANT Synchronize Access Network Terminal

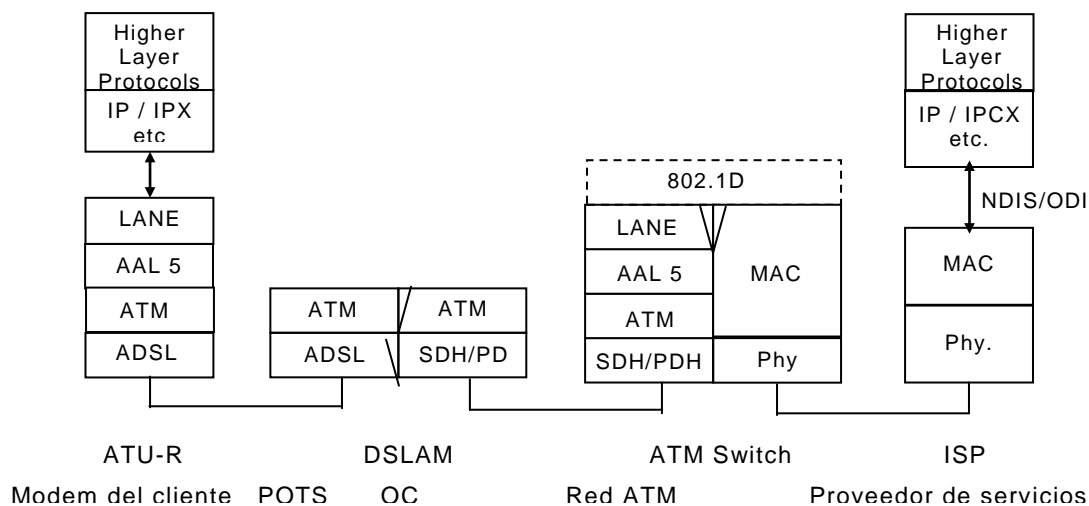
IMA Inverse Multiplexing ATM



Esquema global ADSL / ATM / IP

PROTOCOLOS EMPLEADOS POR ADSL

Cada tramo de tal red dispondrá de una serie de protocolos de diferente cantidad y niveles de capas.



Esquema global de protocolos en un sistema ADSL / ATM / IP

MODULACIÓN POR MULTITONOS DISCRETOS DMT

Minuciosas investigaciones fueron realizadas por un grupo de tareas formado a fin de estudiar la tecnología de múltiples portadoras discretas DMT (Discrete MultiTone Technology). Este grupo estaba constituido por los laboratorios Bellcore, Nynex, de GTE y British Telecom. Mediante simuladores computarizados y pruebas de prototipos, demostraron que el modelo DMT ofrece las mejores prestaciones. Integrado como grupo de tarea T1E1.4 de ANSI y congregado en Florida, USA., en marzo de 1993, decidió anexar su definición a la norma DMT.

La técnica de multitonos discretos DMT, aprovecha el proceso de modulación de amplitud en cuadratura QAM. El empleo de la modulación QAM, se realiza aplicándola sobre cada canal de una banda previamente canalizada en 256 canales. Cada uno de estos canales tiene un ancho de banda de 4.025 KHz, con una separación entre canales de 287.5 Hz, lo que permite una mejor adaptabilidad e inmunidad en la línea.

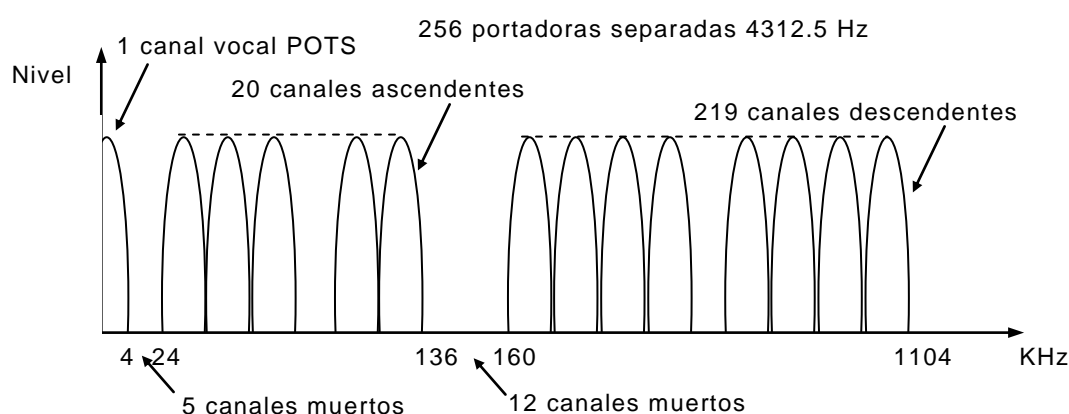
La técnica DMT consiste en dividir el rango de frecuencia reservado, en múltiples canales estrechos y manejar cada canal de forma independiente. Los módem ADSL se co-

munican entre sí por estos canales y reparten el tráfico por todos ellos en forma equilibrada. Utilizarán la cantidad de canales necesarios, de acuerdo al tráfico a cursar y al estado de transmisión de la línea.

Disponer de tal número de canales permite al módem, seleccionar en cada instante el canal más apto, que presente una señal con el menor ruido, para el valor de transmisión disponible. Si el módem detecta que un determinado canal monta un alto valor de ruido, adopta una mayor cantidad de bits por muestra (según una tabla interna similar a la indicada anteriormente). Luego transmitirá por él con menor velocidad, incluso puede llegar a anularlo, si detecta una interferencia en esa gama de frecuencias o acaece y una alta tasa de bits perdidos, porque esta irregularidad podría desbaratar toda la transmisión.

La modulación DMT divide el espectro de frecuencia en 256 canales, empleando 256 portadoras distintas. Mediante QAM se inyecta la señal en cada canal, con la codificación particular, acorde a su condición de transmisión.

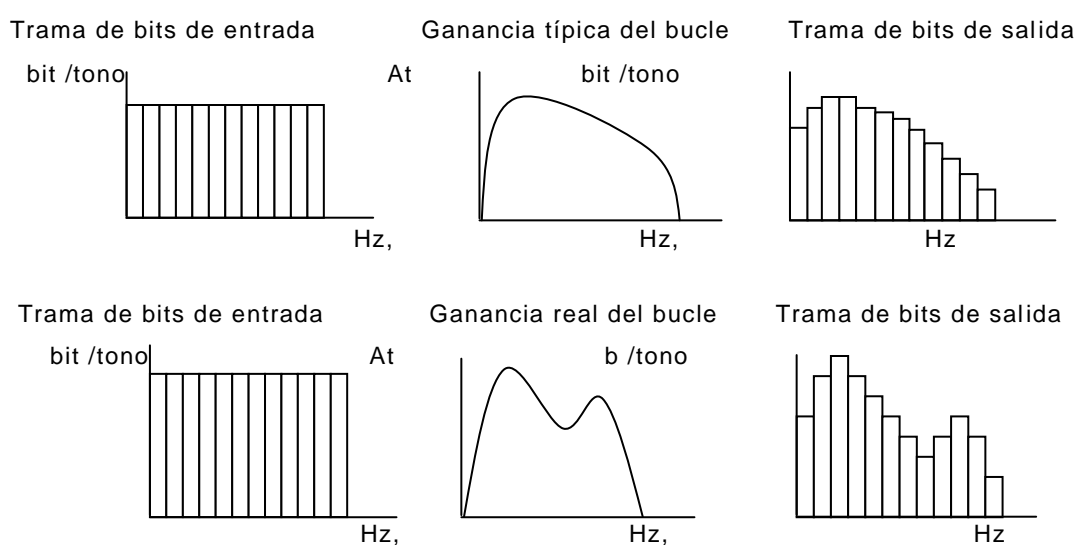
La asimetría se consigue dedicando mucho más canales en el sentido descendente, que en el ascendente. Según los modelos de distintos fabricantes la distribución entre la cantidad de canales ascendentes, descendentes y muertos entre bandas podrá variar. En el esquema se presenta un ejemplo de sistema. Debido a la gran cantidad de tareas, que han de desempeñar los módems ADSL, se requiere procesadores muy potentes.



Espectro de modulación DMT, con 8.192 Mb/s descendente y 640 Kb/s ascendente

La adaptación del modem a las características y condiciones de la línea lo efectúa, luego de un chequeo interno, con la medición de los valores de una curva de atenuación y las condiciones de S/N, de la línea. Con ambos datos adapta el módem a las condiciones temporales de la línea, compensando o minimizando sus efectos adversos.

La altura de cada trama nos indica la carga en cantidad de bits. Para conocer la velocidad que está poseyendo cada canal, se debe multiplicar la cantidad de bit empleados en el mismo por 4000, obteniendo la velocidad en bit/seg. Modular con un valor de 4000, parte del efecto de interferencia entre símbolos, si este valor disminuye habrá distorsión en la recepción. La velocidad total de transmisión será la suma las velocidades de cada canal.



Ajuste automático de la DMT según estado del bucle

Cabe discutir porque se ha adoptado esta distribución de banda en frecuencias menores para los canales ascendentes y banda de frecuencia mayores para los descendentes y no en una ubicación permutada. Ello se debe a que la banda descendente de mayor capacidad en ancho de banda, casi de 8 Mb/s y la inferior mucho menor a 1 Mb/s, en esta disposición las perturbaciones afectarían menos y la mala calidad de la red tendría menor influencia a los ruidos externos. Asimismo, su equipamiento podrá comenzar por los canales en la parte inferior de cada banda, ello permite una mejor calidad de servicio (QoS), debido a las mejores cualidades de los cables en red con respecto a las frecuencias altas, atenuaciones más bajas y menores ruidos interferentes.

La finalidad de mantener un canal de voz analógico en forma inalterable, se debe a que de esta forma no es necesario cambiar la gran cantidad de aparatos telefónicos existentes y asimismo emplear los equipos de conmutación de esta red telefónica. Por medio de un filtro pasabajo en el domicilio del abonado se filtra las frecuencias mayores, las que portarán los datos para los sistemas digitales. El propósito de emplear canales de 4 KHz, con 256 portadoras, radica en aprovechar los equipos normales de multiplexación telefónica y toda la tecnología digital de 64 Kb/s. Tal disposición favorecerá a los equipos ADSL adaptativos a RDSI.

En el domicilio del abonado, ADSL actúa como ATU-R, hacia el cliente opera los datos IP como interfaz Ethernet, hacia el par de cobre como interfaz ADSL y en el medio opera las celdas ATM en ambos sentidos.

En la oficina central, el DSLAM, recupera los bits del lado acceso y los vuelve a armar en celdas ATM. Es algo más que un cross connect digital es más bien un conmutador ATM, en sentido downstream, divide el tráfico hacia los abonados y en el sentido upstream combina los flujos de bits de los distintos clientes y los envía a la red ATM, actuando con función de servidor de acceso remoto RAS (Remote Access Server). Las celdas ATM son enviadas a la red óptica ATM, como tráfico PDF o SONET /SDH de 34 Mb/s a 155 Mb/s. En las centrales, los DSLAM se ubican cerca de los MDF, donde estos albergan múltiples ATU-C, para los distintos sistemas ADSL.

En su lado remoto estas redes ATM confluyen en agregador de servicio que encamina la comunicación al operador de servicio seleccionado en tráfico IP. En general los operadores de servicio agregado no disponen de equipos ATM. Se instala un agregador de servicio por cada 4 o 5 oficinas centrales. Desde el agregador de servicio podrán formarse backbone a cada proveedor de servicio determinado o reuniendo varios de ellos. Los proveedores de servicio podrán constituir grandes Centros de Datos (Data Center).

CORRECCIÓN DE ERRORES

La presencia de ruidos en las líneas de pares trenzados, originados en perturbaciones internas y/o externas, sobremanera del ruido impulsivo de origen aleatorio, hace necesario implementar mecanismos que confieran al trancceptor ADSL la robustez necesaria para brindar una calidad de servicio adecuado. Para ello, debe de cumplir una tasa de error admisible.

Los códigos de corrección de errores avanzado FEC (Forward Error Correction) cumplen este requisito. El código FEC-RS (FEC-Reed Slomon) ha sido declarado de uso obligatorio por el instituto de normalización ANSI. La capacidad del FEC-RS para la corrección de errores viene determinada por la adición de códigos redundantes. Este método consiste en intercalar palabras de datos en código RS. De esta manera se potencia la capacidad de corrección en un factor proporcional al nivel de intercalado, pero a costa de agenciar un retardo extra.

Es de hacer notar, que algunos servicios proveen en adición sus propios códigos de corrección contra errores de transmisión. Por ejemplo, el esquema de compresión MPEG2, del servicio de video sobre demanda, incluye su propia cancelación de errores.

INSTALACIONES INTERNAS PARA ADSL

Las instalaciones internas en edificios, para ADSL, no difieren de las realizadas para telefonía básica. Se podrán emplear cables UTP (Unshielded Twisted Pair) Categoría 3, Para casos especiales, por ejemplo en ambientes con fuentes fuertes de ondas electromagnéticas, se deberán usar cables UTP de Categoría 5, trenzados en pasos más amplios o cables blindados STP (Shielded Twisted Pair), a fin de cancelar ruidos inducidos.

FILTROS TELEFÓNICOS

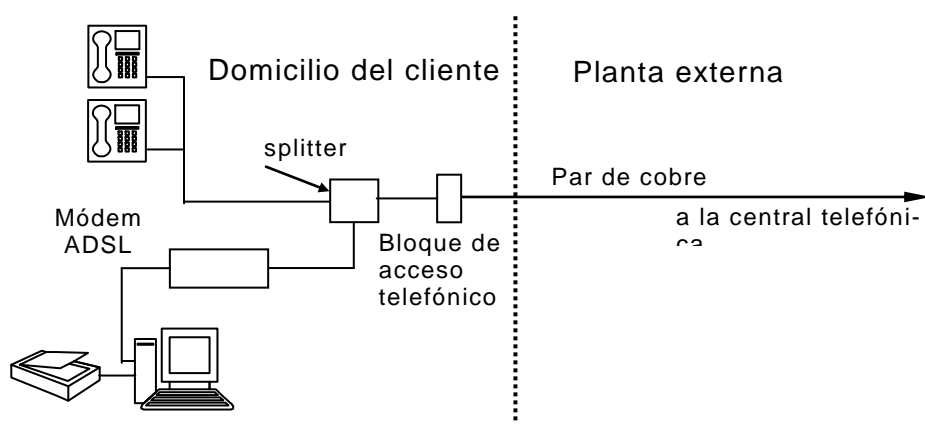
En las instalaciones internas los microfiltros telefónicos así como los splitter actúan como pasabajo y pasa alto. Dejan pasar los 4 Kb/s a los teléfonos y reservan las frecuencias mayores al módem de las PC. Se hace más frecuente el uso de microfiltros, no tanto del tipo splitter por su alto precio.

Hay distintos tipos de filtrado, del tipo centralizado, externo o interno al módem, ubicándolo a la entrada del mismo, concentrando hasta tres teléfonos. Otra configuración emplea micro filtros, uno por cada teléfono. Al módem llegan y salen las tres bandas, mientras que cada teléfono es equipado con microfiltro. El filtro central se emplea menos, puesto que con micro filtros la instalación resulta más rápida ya que no hay que modificar el cableado interno. Mientras que el filtro central presenta una curva de caída nítida, de alta calidad, los microfiltros no son filtros que presentan tal cualidad.

El factor más importante es la relación señal ruido. Disminuir los efectos de ruido resulta engorroso y oneroso, además, sus métodos son muy poco efectivos. En la actualidad los mismos diseños de los ADSL están preparados para esquivar las señales de ruido seleccionando dentro de lo posible al canal de mejor señal /ruido, siempre que no haya una ocupación total de la banda de frecuencias.

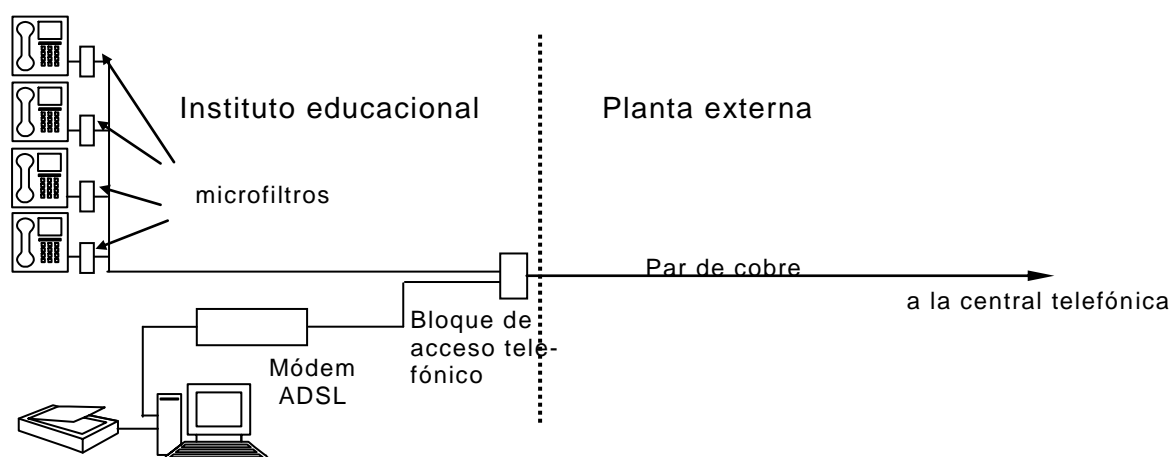
ESQUEMA RESIDENCIAL

En el esquema domiciliario a un cliente individual, la topología se conformará como un splitter central que encamine la señal analógica a los aparatos telefónicos y la señal de datos a la computadora personal.



Instalación residencial con splitter central

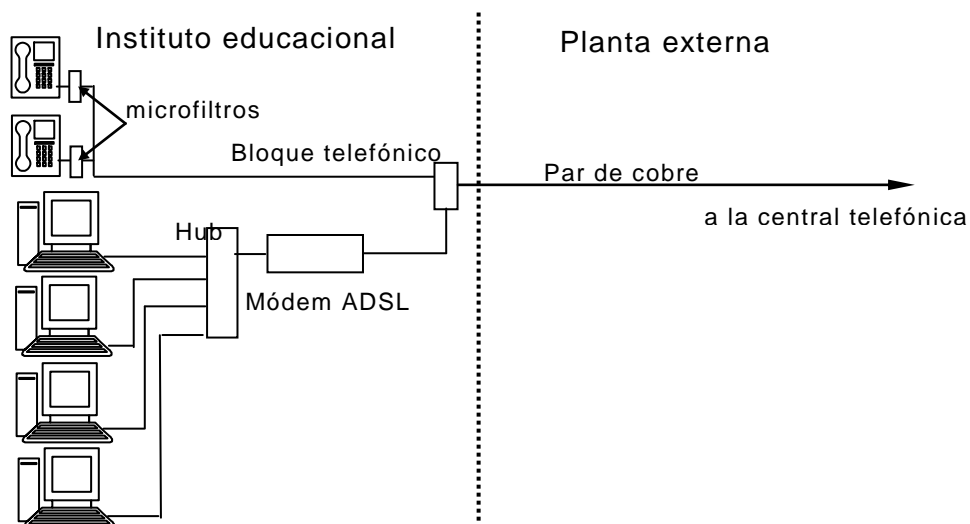
También se podrán emplear microfiltros, en la conformación individual, que actúen como filtros pasabajo para cada aparato telefónico.



Instalación con microfiltros para un instituto educacional

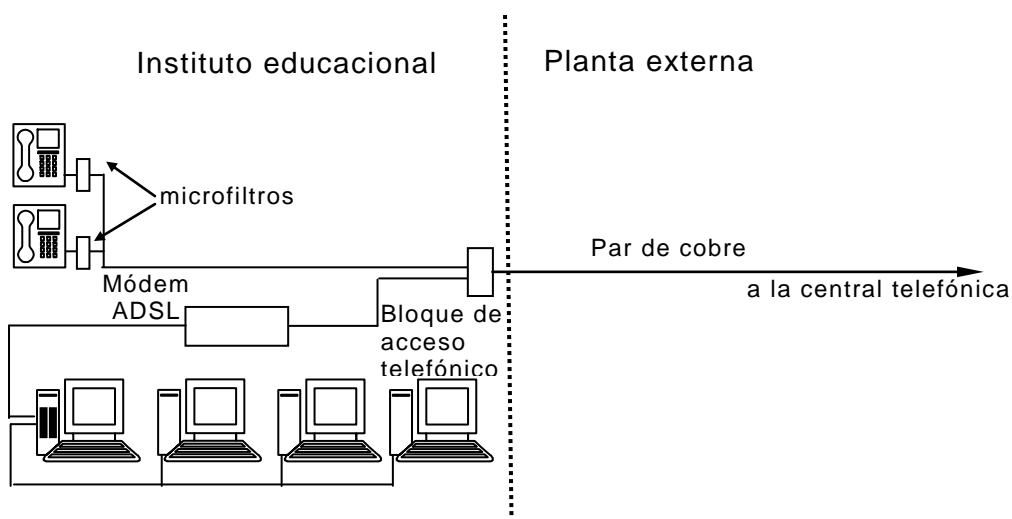
ESQUEMA EN LOCUTORIO O INSTITUCIÓN EDUCATIVA

En el esquema dispuesto para la instalación en una red interna de un locutorio (cabinas públicas) o montaje para un instituto educacional, la topología se podrá igualmente conformar incluyendo un splitter central o varios microfiltros, mientras que la señal de datos, se encamina desde el modem hasta las placas de red de la red de computadoras, empleando para ello un Hub.



Instalación con microfiltros, Hub y red de computadoras

A los fines de establecer sesiones independientes a cada máquina se podrá asignar una computadora en la función "proxy" y desde la misma servir a esta red.



Instalación con microfiltros y red de computadoras con placa "proxy"

LIMITACIONES DE ADSL EN LA RED DE COBRE

Existe una serie de limitaciones, que afectan brindar correctamente este servicio ADSL, las que se refieren fundamentalmente a los factores de transmisión teóricos y prácticos. Son factores, algunos remediables pero otros intrínsecos al diseño de la planta externa local, difícil o no enmendables:

Ancho de banda mínimo teórico (teorema de Nyquist)

Capacidad del vínculo (teorema de Shannon-Hartley)

Atenuación

Reflexiones { Desacoplo del tranceptor - línea
Cambios de diámetros de la línea
Tomas en puente

Dispersión del pulso

Ruidos e interferentes { Paradiafonía y telediafonía
Ruido blanco, térmico e impulsivo
Interferencias de radiofrecuencias

VALORES DE TRANSMISIÓN SOBRE EL PAR DE ACCESO

Satisfacer la línea de cobre, ciertos valores de transmisión permitirá ofrecer al usuario, un servicio de apropiada calidad de servicio (QoS). Para ello deberá cumplir los parámetros:

- 1- Característica de aislamiento, a-b, a-G y b-G, igual o superior de 5 MΩ.
- 2- El orden de potencia de transmisión no superará los -32 dBm para los canales más críticos o sean los de frecuencia más alta. Se podrá llegar a -40 dBm según cantidad y posición en el cable de sistemas vecinos.
- 3- La máxima atenuación admisible es de 30 dB como promedio de líneas, aunque se podrá llegar hasta 55 dB si la relación señal /ruido es alta.
- 4- El par utilizado debe tener la menor cantidad de pares multiplados (en doble), ya que la capacidad mutua entre pares se incrementa, perjudicado aún más, que la resistencia en Ohm.

TRANSPORTE DE TCP/IP SOBRE ATM

La tecnología ATM puede ser utilizada eficazmente en el área de la red de acceso, llevando al domicilio del abonado múltiples servicios, como también en los grandes enlaces de transporte, con muy elevado tráfico. Las celdas ATM pueden ser enviadas por sí solas en forma individual, por un cable de cobre o de fibra óptica o bien se pueden empaquetar dentro de la carga útil de otros sistemas portadores, como ser T1, T3, SONET o FDDI. Es decir, que ATM se diseñó para ser independiente del medio de transmisión.

Sin embargo, ATM tiene una capa orientada a la conexión, mientras que IP trabaja en comunicación sin conexión, luego como operar cuando IP se asocia a una red basada en ATM. Los hosts de origen establecen primero una conexión ATM de capa de red con el host de destino y envían por ella paquetes independientes, en este caso paquetes IP, que podrán contener a su vez correo electrónico FTP.



Transporte de TCP/IP sobre ATM

PROCESO DE ENCAPSULADO

El logro de la interacción de dos redes diferentes en ciertos casos se hace extremadamente difícil. Sin embargo hay un método que permite manejarse relativamente fácil. Fuera el caso, cuando el host de origen y el host de destino están en la misma clase de red, pero hay una o más redes distintas intermedias. Luego, los paquetes deben viajar a través de una red de otro tipo.

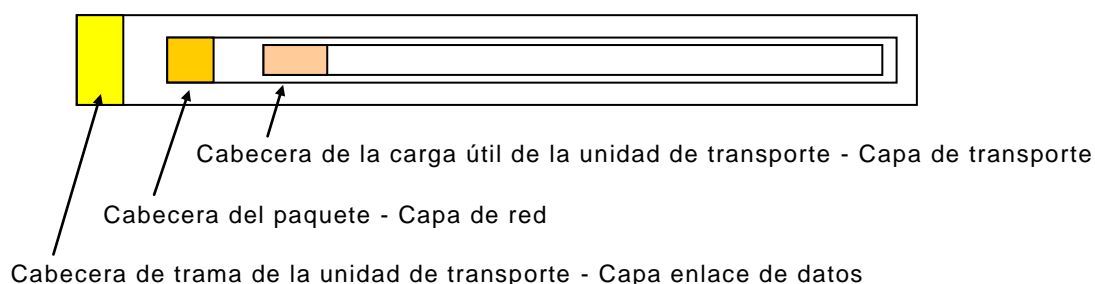
Por ejemplo, fuese una red Ethernet transmitiendo en TCP/IP, a una red también Ethernet, pero a través de una red WAN de un operador particular con protocolo SNA. La solución es una técnica denominada de encapsulado o de entunelado (tunneling).

Para enviar un paquete IP al host 2, el host 1 construye un paquete que tiene la dirección del host 2, lo inserta en una trama Ethernet dirigido al enrutador multiprotocolo y lo pone en Ethernet. Cuando el enrutador multiprotocolo recibe la trama, retira el paquete IP, lo inserta en el campo de carga útil del paquete de capa de red de la WAN y dirige el paquete WAN a la dirección de la WAN del enrutador multiprotocolo remoto. Al llegar allí, el enrutador retira el paquete IP, del paquete WAN y lo envía al host 2, en una trama Ethernet.

La WAN puede entenderse como un túnel que se extiende desde un enrutador hasta otro, el paquete IP simplemente viaja de un extremo al otro, sin preocuparse que esta transitando por una WAN. El encapsulado supone una pérdida de rendimiento ya que los paquetes viajan con doble cantidad de cabeceras, sin embargo es una solución cuando se trata de enviar poco tráfico. En Internet se han definido estándares de encapsulado.

En las estaciones de trabajo (workstation) y en los nodos de enrutamiento, cada mensaje a transmitir, se organiza, emite y procesa en pequeñas unidades denominadas paquetes. Estos se podrían enviar independientemente, pero formalmente forman tramas de bits. Los paquetes disponen de una cabecera que contienen básicamente las direcciones de origen y destino, y de la carga útil (payload), donde radican los datos propiamente dicho.

Se denomina encapsulado o anidamiento, a un mensaje en formación de paquetes, insertados dentro otros y emitidos como cadenas de tramas.



Anidamiento o encapsulado de una carga útil

En ciertas instalaciones ADSL, de abonados con redes de computadoras, se requerirá emplear sistemas de tunelado para poder brindar las distintas clases de servicios, realizando cualquiera de las cuatro funciones que nos ofrece ATM:

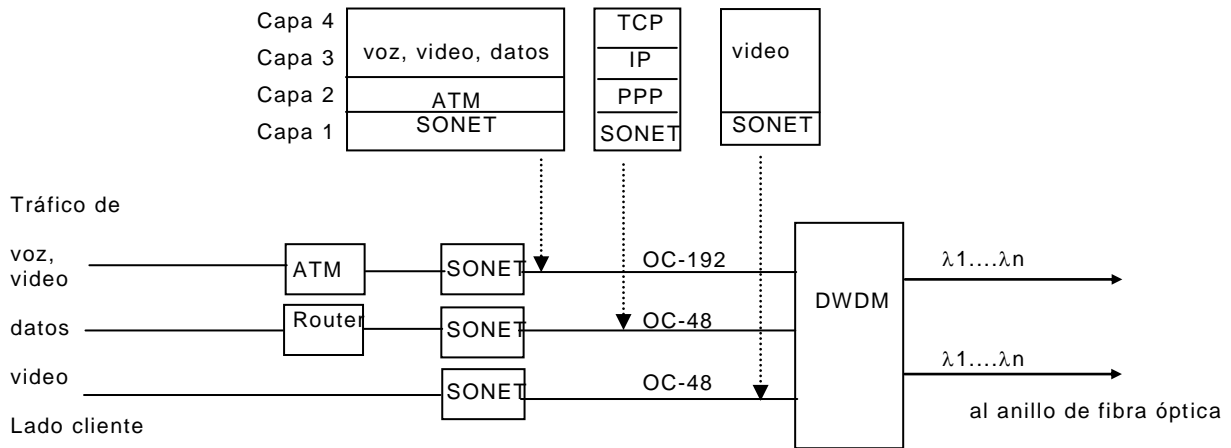
- a) Lograr el multiplexado de las celdas desde conexiones diferentes de un mismo flujo de celdas
- b) Trasladar el identificador de canal virtual VCI y el identificador de trayecto virtual VPI
- c) Permitir la inserción y extracción de encabezamiento
- d) Proporcionar el control genérico de flujo GFC.

CONVERGENCIA AL PROTOCOLO INTERNET

Vimos que en los esquemas empleados para las instalaciones de los módem ADSL posibles a emplear, se combinan las distintas técnicas de transmisión ATM y IP. Estos modelos de protocolos interactúan en la red de acceso, hasta alcanzar actualmente la oficina central telefónica de conmutación.

Más adelante cualquier red de acceso podrá funcionar en forma similar, por ejemplo sobre fibra óptica o en canales inalámbricos. La red de transporte también comparte estos protocolos. Sin embargo, en ambos casos se podrán sumar a los mismos otros protocolos y técnicas de transporte de datos, como ser SONET/SDH y/o DWDM.

Del mismo modo, se pueden incluir los protocolos, punto a punto PPP, para la función de enlace de capas, de datagrama de usuario UDP, para lograr la transmisión rápida y transparente de los paquetes IP, de control de transmisión TCP, para el suministro fiable de la información IP a través de los nodos de la red, en modo circuito o modo paquetes.



Convergencia de protocolos, sistemas y servicios

El uso de estas plataformas, en la combinación de sistema en distintos niveles, obliga al uso de complejos equipos multiplexores, introduciendo costos operativos adicionales y además produciendo retardos de tiempos, fundamentales de evitar para una transmisión digital de alta calidad de servicio QoS. El objetivo y desafío a los investigadores y fabricantes es emplear la menor combinación de sistemas, hasta lograr para la transmisión y la conmutación, el uso del número mínimo de sistemas, eléctricos y/u ópticos.

-----○-----