

TECNOLOGÍA ADSL

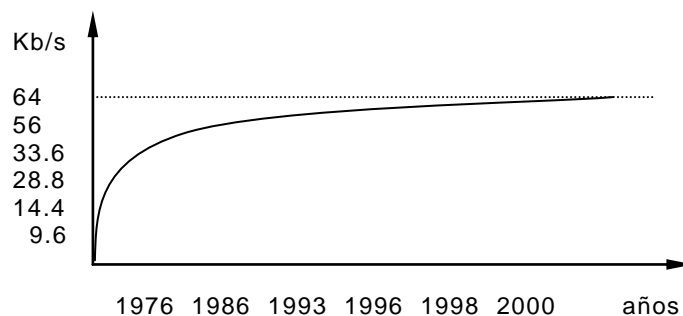
Génesis ADSL

El empleo masivo de teletipos dio origen a la transmisión de datos de baja velocidad en la red telefónica. Luego los facsímiles digitales, el empleo de sistemas PCM y posteriormente la proliferación de computadoras radicalmente digitales, llevaron paulatinamente a la necesidad de disponer de una red totalmente digital. En esos años, entre 1950 y 1970, las redes telefónicas existentes eran de concepción esencialmente analógica.

Esa necesidad de transmitir señales digitales, usando las redes telefónicas existentes analógicas, obligó al empleo de equipos moduladores y demoduladores combinados en ambos extremos de las líneas a utilizar. Estos equipos combinados se denominaron módem. En ellos, los pulsos digitales son básicamente transformados en ondas analógicas de diferentes frecuencias. Por cada símbolo o ausencia del mismo se enviaba un cierto valor de frecuencia.

Subsecuentemente se requirió el envío de señales digital de mayores velocidades, consecuentes con un mayor ancho de banda analógico. La primitiva red telefónica de conductores de cobre se acostumbra denominarla como de servicio telefónico básico antiguo, en siglas inglesas POTS (Plain Old Telephone Service) o también como red telefónica pública conmutada PSTN (Public Switching Telephone Network).

La evolución de los módems se ha mantenido siguiendo una curva asintótica para alcanzar la velocidad digital de 64 Kb/s, valor definido por la UIT como equivalente al canal analógico de voz de 4 KHz. Su evolución fue progresiva, trabajosa en un principio y dificultosa hasta logra los 64 Kb/s, considerando períodos similares.



En un primer intento, entre los años 1950 y 1960, se emplearon módem de muy baja velocidad, alcanzando desde 300 b/s hasta 1.2 Kb/s. La UIT emitió la norma V.26 en el año 1968 para un modelo de 2.4 Kb/s, con modulación QPSK. Posteriormente impuso los estándares V.27, V.29, V.33, y el V.90.

Módem en banda estrecha			
Año	Velocidad	Estándar UIT	Modulación
1960	300 b/s-1.2 Kb/s	V.22	----
1968	2.4 Kb/s	V.26	QPSK
1972	4.8 Kb/s	V.27	8-PSK
1976	9.6 Kb/s	V.29	16-QAM
1986	14.4 Kb/s	V.33	64-QAM+TCM
1989	19.2 Kb/s	V.33 bis	64-QAM+TCM
1993	28.8 Kb/s	V. 34	DMT
1996	33.6 Kb/s	(KFlex)	DMT
1998	56 /33 Kb/s	V.90	DMT

Los primeros módems permitían la transmisión en un solo sentido, luego por requerimientos del mercado se lanzaron los módems bidireccionales, es decir, en transmisión en ambos sentidos. Desde la central en transmisión descendente y hacia la central en transmisión ascendente. El modem V.90 designado como de velocidad digital en 56 Kb/s, en sentido descendente, permite la transmisión ascendente de 33.6 Kb/s, aunque realmente en la práctica por ser de tráfico compartido en ciertos tramos de la red, obtiene velocidades máximas ascendentes de 44 ó 48 Kb/s.

El modelo V.92 permite velocidades descendentes /ascendentes en 56 Kb/s y 44.8 Kb/s. También otros posibilitan el servicio Call Waiting, facilitando crear sesiones de trabajo, suspender el servicio de e-mail o Web, para establecer una comunicación telefónica.

Nuevos requerimientos del mercado de negocios y el advenimiento masivo de Internet, han impulsado la comercialización intensiva de los módems de banda ancha.

A principio de los años 1970 los enlaces entre centrales telefónicas locales, es decir, en redes de áreas múltiples, estaban constituidos por cables multipares aislados en papel. Ya las canalizaciones sufrían congestión, sobremanera en las zonas céntricas. Un sistema denominado Modulación por Impulso Codificado (MIC), en siglas inglesas PCM (Pulse Code Modulation), permitió mediante dos pares, uno en cada sentido, servir hasta 30 comunicaciones simultáneas.

Pero este sistema tenía sus limitaciones. Su alcance máximo en kilómetros muchas veces era excedido en la práctica, pues las centrales estaban harto distanciadas entre sí. Se requería un sistema que proveyese mayor alcance en distancia sin empleo de equipo regenerador de pulsos en su trayecto. Luego, surgió el sistema denominado línea de abonado digital de alta velocidad HDSL (High bit rate Digital Subscriber Line). El mismo, posibilitaba mayor alcance, incluso con mejor calidad de la transmisión.

A comienzo de los años 1980 hicieron su aparición los cables de fibra óptica. Su uso inicial fue justamente salvar estos inconvenientes de alto tráfico entre centrales. Por su éxito, se extendieron a las redes interurbanas y posteriormente hasta las redes internacionales, complementando la red satelital y en muchos casos reemplazándola.

Así las cosas, la fibra óptica cubrió toda la red de transporte, solo quedaba entenderse a la red de acceso al abonado. En ese entonces entraron a tallar los sistemas derivados del HDSL, la familia xDSL. Su primera distinción fue solventar la necesidad de una comunicación asimétrica, como lo es Internet, bajar mucha información desde la central y requerir poca capacidad hacia la central. Otros servicios interactivos presentes y programados a un futuro cercano exigían aun más esta particularidad. Por ejemplo la televisión interactiva o la televisión sobre demanda VoD, las que son fundamentalmente bidireccionales.

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 ha sido recientemente superado en su uso, debido a los requerimientos de capacidad, por la línea de abonado digital de muy alta velocidad, el VDSL (Very high bit rate Digital Subscriber Line).

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 Asimetri-

cal Digital Subscriber Line), o la línea de abonado digital simétrica SDSL (Symmetrical Digital Subscriber Line).

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, emplea 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

Conceptos de RDSI y de ADSL

Antecesoros al sistema ADSL, empleados en la línea de acceso al abonado para ofrecer ancho de banda superior a los 4 KHz, han sido los llamados Red Digital de Servicios Integrados RDSI. La CCITT, actual ITU-T, comenzó su estudio en 1968 y en el año 1984 desarrolló sus principales recomendaciones, Serie I.

Esta tecnología ofrece banda estrecha, hasta 2 Mb/s, con tecnología RDSI-BE y banda ancha en velocidades superiores a 2 Mb/s con RDSI-BA (B-ISDN, Broadband- ISDN). A su vez RDSI-BE se ofrece como servicio básico y servicio primario.

El acceso básico de abonado RDSI es conformado como $2 B+D_1$, 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 $30 B+D_2$, 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 (Narrow Integrated Services Digital Network)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 lo denomina como interfaz primaria ISDN-PRI (ISDN-Primary Rate Interface) o también como acceso primario ISDN-PRA (ISDN-Primary Rate Access).

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

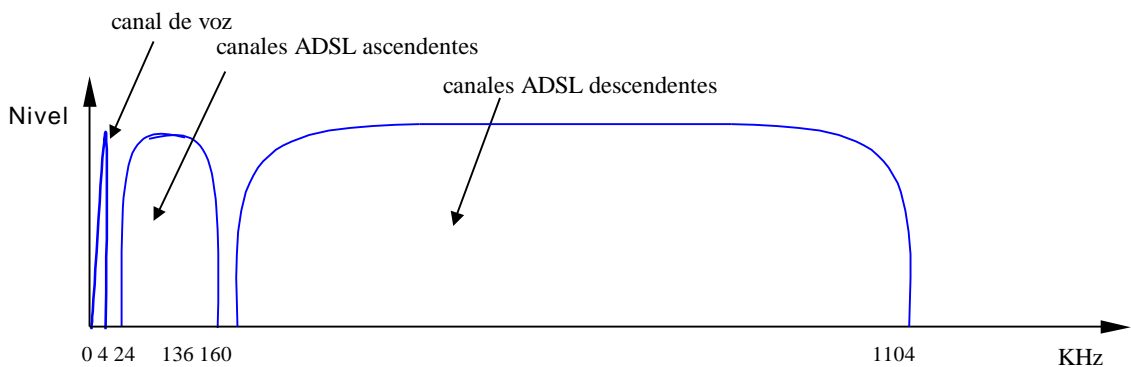
Los servicios de distribución son dedicados esencialmente a entretenimiento, como ser programas de TV, en T3 (44.736 Mb/s), STM-1 (155.520 Mb/s), STM-4 (622.080 Mb/s).

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), en estos 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.

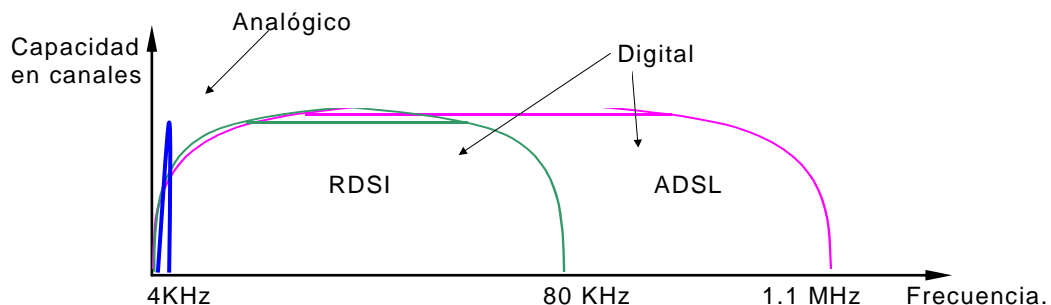
Estos sistemas, desde sus primeros años, tuvieron la preeminencia de llevar distintos servicios digitales al abonado telefónico. Posibilitaban el uso simultáneo de varias aplicaciones y de considerable número de servicios suplementarios. Estos sistemas tuvieron considerable éxito en Europa, sobretodo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

Sin embargo, por brindar mayores posibilidades de ancho de banda en una superior concepción y simple procedimiento, fue superado prontamente en la aparición comercial del ADSL a fines de la década del 1990.



Estructura espectral del sistema ADSL

Varias son las diferencias distintivas entre el ISDN y ADSL. Mediante RDSI-BE 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.



Diferencia entre una transmisión ISDN simétrica y la ADSL asimétrica

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 POTS y los segundo en la red de

Internet, entre las centrales telefónicas, los proveedores de servicio de Internet ISP (Internet Service Provider) y los punto de acceso principales de redes, NAP (Network Access Point).

Limitaciones de la red de acceso en cobre

Existe una serie de limitaciones teóricas que afectan brindar este servicio. Algunas re-remediabiles, pero otras intrínsecas al diseño de la planta externa local no enmendables.

Ancho de banda mínimo teórico (teorema de Nyquist)

Capacidad del vínculo (teorema de Shannon-Hartley)

Atenuación

Reflexiones

- Desacoplo del tranceptor
- Cambios de diámetros
- Tomas en puente

Dispersión del pulso

Ruidos e interferentes

- Paradiafonía y telediafonía
- Ruido blanco, térmico e impulsivo
- Interferencias de radiofrecuencias

Teorema de Nyquist

Según el teorema del muestreo, enunciada en 1924 por Harry Nyquist, es posible reconstruir completamente una señal analógica si se conoce un número suficiente de muestras y se cumple que la frecuencia de muestreo sea igual o mayor dos veces la frecuencia máxima ($2 f_{\text{máx}}$) de la onda a transmitir. Si esto se cumple, la señal original se podrá recuperar con fidelidad por completo, mediante filtros. La separación entre dos muestras consecutivas de cada onda, o sea, que el periodo de muestreo esta definido por esa frecuencia de muestreo.

$$H_{\text{mínimo}} = 2 f_{\text{máx de muestreo}}$$

Si deseamos modular un canal de voz, como la banda vocal es de 300 Hz a 3400 Hz, le corresponderá una frecuencia de muestreo de 8 MHz, es decir, el doble de 4 KHz, considerando los márgenes debidos a los filtrados.

Asimismo, este investigador ha enunciado lo que se podría considerar como segundo Teorema de Nyquist, de tanta importancia como el anteriormente descrito. El mismo indica que el ancho de banda, BW (Bandwidth) mínimo teórico necesario para detectar R_s símbolos por segundo, deberá ser igual a $R_s / 2$, expresado en Hertz.

$$BW = \frac{R_s}{2} \text{ [Hz]}$$

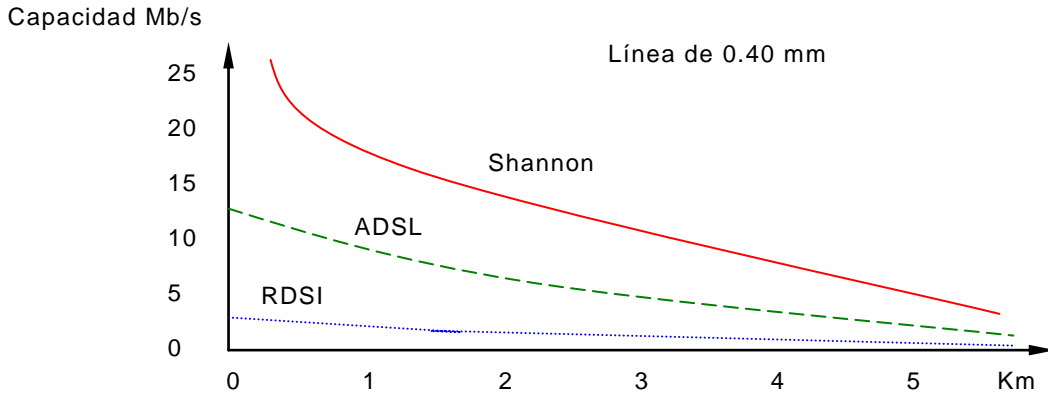
Teorema de Shannon-Hartley

Para estudios integrales de la capacidad de un sistema, se deberá emplear una función analítica más real, haciendo intervenir la relación entre el valor de una señal y del ruido aleatorio interferente, S/N (Señal /Noise), como ser la formulada en 1948 por Claude Shannon. Esta ley nos indica que la tasa máxima de datos en bits /seg, o sea, la veloci-

dad de transmisión C (b/s), de un canal ruidoso cuyo ancho de banda es BW expresado en Hz y cuya relación señal al ruido es del valor S/N, estará dada por la expresión:

$$C \text{ (b/s)} = BW \log_2 (1+S/N)$$

La capacidad máxima del sistema definida según dicha fórmula da origen a curvas teóricas que se podrán comparar con curvas prácticas las que describen su variación en función de la longitud de la línea.

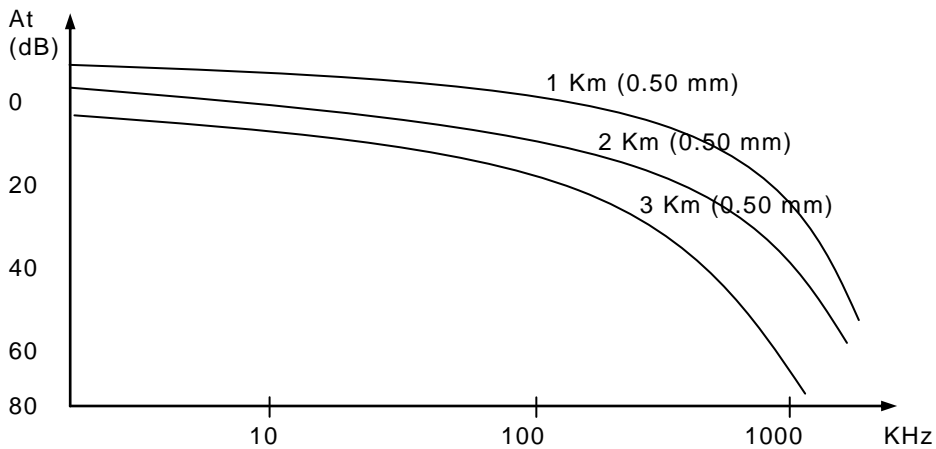


Capacidad máxima de un sistema según la relación S/R de la línea

Atenuación

En una red digital los pulsos sufrirán una atenuación de amplitud de acuerdo a la longitud de línea recorrida, por efectos capacitivos y de resistencia óhmica del conductor, empalmes derivaciones y desadaptaciones. Considerando banda ancha las pérdidas que se obtienen en una línea, son mayores que a frecuencias vocales de 4 KHz.

Una línea de longitud de 2 Km, constituida en calibre 0.50 mm, tiene una pérdida por atenuación de 20 dB, medida a 600 MHz. Esta misma línea a 4 Km tendrá una pérdida de 60 dB. Si midiésemos a un valor menor de frecuencia, a 300 KHz, veríamos que su pérdida es menor, por ejemplo esta línea tendría una pérdida de 55 dB. Las sucesivas mediciones a distintas longitudes desde la central y frecuencia nos describirán correspondientes curvas.



Atenuación de la línea según distintas longitudes y frecuencia

Reflexiones

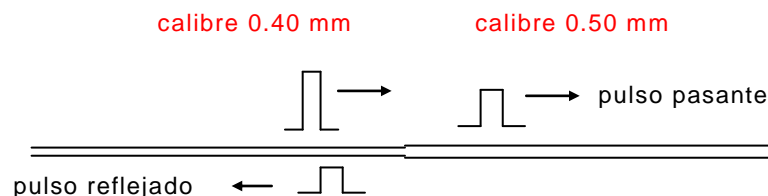
Desacoplo del tranceptor

Se debe cuidar la correcta adaptación de las líneas y los tranceptores. Los conexonado de ingreso y salida deberán disponer de las mismas características de Impedancia característica, en su defecto se producirán reflexiones, atenuaciones y ruidos por desadaptaciones entre ambos. Ello podrá originar faltas y/o mala calidad de la transmisión.

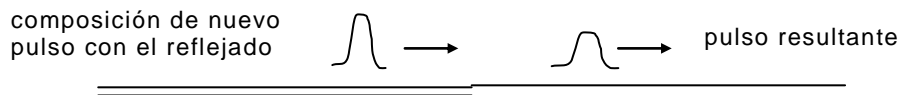
Combinación de calibres

La técnica empleada en la Argentina para la red de acceso, a fin de reducir atenuaciones por efecto óhmico por su distancia hasta la central, es combinar las distintas secciones de los conductores, calibres en la jerga telefónica. Instalando mayores secciones se logra disminuir las atenuaciones en las señales.

Sin embargo, los cambios de diámetros significan crear desadaptaciones de impedancias en las líneas, lo que provoca reflexiones de ondas, incrementando la relación señal al ruido. Cuando se opera con canales de frecuencia vocal estos efectos en la transmisión son despreciables, no así en cuanto la frecuencia de trabajo es mayor. Otros países parten de la central con cables multipares de un cierto calibre, el que sirve una determinada zona del acceso, con 0.40 mm la zona más cercana a la central, con 0.50 mm la zona contigua más alejada y así sucesivamente.



Resultando el ingreso de un nuevo pulso deformado, más atenuado y con mayor dispersión:



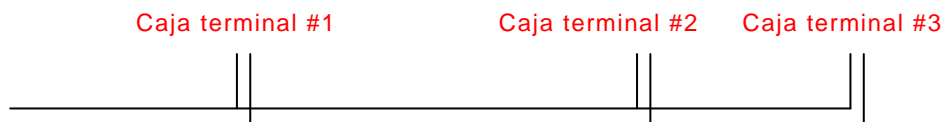
Con la técnica de combinar calibres, se parte desde la central siempre con secciones de 0.40 mm, esto permite partir con cables de capacidad en pares, que ocupen con mayor eficiencia los conductos subterráneos. En su recorrido una vez que los cables han alcanzado una cierta distancia y amerita una pérdida óhmica comprometida para el tramo restante, se cambia a un valor de sección superior de 0.50 mm y así sucesivamente. Se estudia que distintas secciones de conductores, den servicio a determinadas áreas de servicio. De esta forma, se conforma una red de mínimo costo, considerando el alto precio del cobre. Se crean áreas a cubrir con calibres de 0.40, 0.50, 0.65 y en algunos casos hasta 0.90 mm. De esta forma, a la vez que se consiguen áreas más baratas, se obtiene alcances mayores con líneas más largas.

Este factor de desadaptación es agravado si tenemos en cuenta que ya de por sí hay varios puntos en la red de acceso que cuenta con desadaptaciones por cambios de calibre, los alambres internos de la central, las cruzadas en el repartidor general, los cables multipares, las acometidas a los abonados y sus cableados internos.

Las acometidas o bajadas (drop) son de todas estas secciones de red la mayor lesiva, por estar constituida en alambre de cobre acerados. Además, estas tienen una componente fuertemente inductiva debido a tener los conductores muy separados y en disposición paralela. Ello genera componentes en frecuencia no lineales, con amplios picos

Pares en doble

Sin embargo, en función a la distancia hasta la central, el efector de mayor perjuicio no lo representa el factor resistencia óhmica, sino la capacidad mutua entre conductores de un mismo par. Este factor se agrava si se emplean tomas en puente, o sea, instalar pares en doble creando una red de acceso llamada multiplada.



Esta práctica facilita la disposición de pares vacantes para las nuevas solicitudes de servicio, se diseñan redes de acceso empleando pares en doble. Tal técnica de diseño, además de agregar más puntos de falta introduce una longitud de líneas ficticia. De tal forma se incrementa innecesariamente el valor de capacidad mutua, aunque estos tramos extras no sean utilizados. También estos cables puentes originan ruidos extras debido a inducciones adicionales.

Dispersión del pulso

Considerando redes de acceso que den servicio enteramente digitales, los efectos por atenuación en las líneas serán variados. Los pulsos sufrirán pérdidas de amplitud y también experimentarán la dispersión de su ancho. Ambos efectos causarán errores de transmisión, pero la dispersión del pulso, además, provocará la reducción del ancho de banda efectivo del canal.

Por otra parte, considerando redes digitales constituidas con cambios de calibres y pares multiplados, se tendrán pulsos reflejados en cada desadaptación, en cada bifurcación y en todo final de línea. Cada par en doble significará un tramo (stub) abierto o en corto circuito, según de que frecuencia de trabajo se trate. Luego, la señal digital reflejada llega de regreso hasta colisionar con otra nueva señal digital emitida provocando la distorsión del pulso y con ello ocasionar errores en la transmisión.

Ruidos e interferentes

Los inconvenientes originados en interferencias y ruidos surgen de los campos eléctricos y magnéticos, al circular corriente eléctrica por los conductores adyacentes de energía eléctrica o de los mismos circuitos de telecomunicaciones. Estos campos inducen voltajes y corrientes en los conductores de telecomunicaciones sumergidos en los mismos.

Los efectos de interferencia eléctrica se deben a voltajes de los equipos interferentes, y al efecto electromagnético de las corrientes que circulan por sus circuitos, como ser, letreros luminosos, transformadores, líneas de alta tensión. Los valores de ruido son siempre relativos a los valores de la señal. Un ruido elevado podrá ser tolerado ante valores de señal altos, pero no así cuando la señal es pobre, luego lo que vale es el número de ruido, o sea, la relación del ruido a la señal en el punto de medición.

Se debe preservar altos valores en la relación señal ruido, previendo efectuar las instalaciones siempre alejada de fuentes electromagnéticas que generen inducciones de ruido. Tales como, transformadores o líneas de alta tensión para la planta externa y motores o tubos fluorescentes en la red interna de los edificios de abonados.

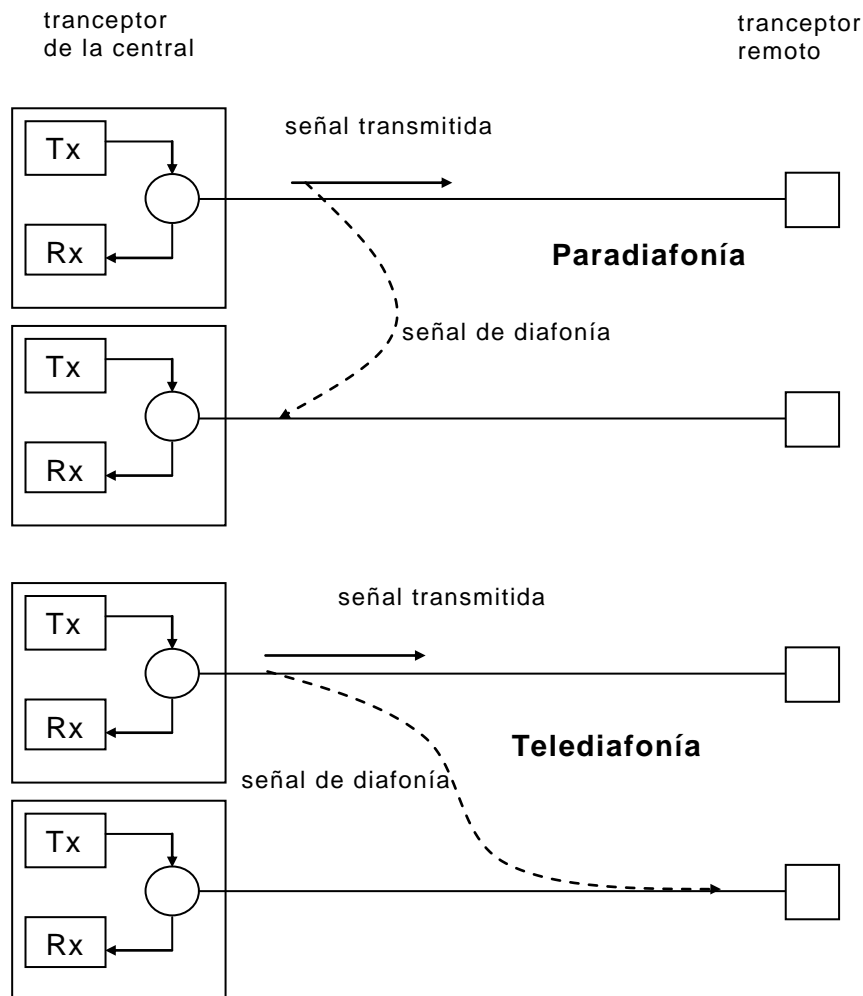
Paradiafonía y telediafonía

El efecto de diafonía hace al mayor detrimento de la transmisión digital, limitando la calidad del servicio. Se origina principalmente en el acoplamiento capacitivo entre pares de un mismo grupo y de grupos adyacentes.

La transmisión indeseable entre distintos sistemas de telecomunicaciones se denomina diafonía (cross talk) y se estudia en sus distintos efectos diferenciándolos en paradiafonía y telediafonía.

Paradiafonía, NEXT (Near End Crosstalk), es el efecto de diafonía que ocurre entre pares de transmisión y recepción adyacentes, causado del lado trancceptor cercano. Se mide el ruido inducido sobre otro par, en el extremo cercano, que se inyecta la señal al par inductor.

Telediafonía, FEXT (Far End Crosstalk), es el efecto de diafonía que ocurre entre pares de transmisión y recepción adyacentes, causado del lado trancceptor remoto. Se mide el ruido inducido sobre otro par, en el extremo lejano al que se inyecta la señal en el par inductor.



Para estos sistemas ADSL, de banda ancha, los efectos de diafonía son mucho mayores por trabajar en gamas de frecuencia mucho mayor, hasta 1.1 MHz.

Otra consideración destacable la constituye la acción perjudicial de paradiafonía, considerada de afección mucho mayor respecto a la acción de telediafonía. Esto se debe a

que la paradiafonía actúa en función distribuida, esparciendo su efecto en varios puntos de la red y con menor valor de señal. Por el contrario, la paradiafonía actúa básicamente en un solo punto, afectando a varios equipos ubicados todos en el mismo lugar, concentrando señales interferentes concatenadas y de mayor nivel. Aunque la sumatoria de las señales de telediafonía fuese superior afectaría menos que las señales de paradiafonía.

Prevenir estos detrimentos del servicio se logrará principalmente separando los diferentes servicios, sus cableados e instalando cables de categoría superiores a las telefónicas de Categoría 3. Mientras que estos disponen un trenzado con un paso cada 15 cm, la Categoría 5 dispone un paso cada 10 cm.

En realidad, la condición de mejor calidad del cable se obtiene cuando cumple los valores de paradiafonía del conjunto de los grupos de pares del mismo. Este tipo de medición se denomina PSN (Power Sum Next). En redes internas es necesario el empleo de esta categoría de cables.

Ruido blanco

El ruido expresado como valor de la corriente eficaz de fluctuación de la carga de los electrones en un conductor por unidad de ancho de banda, se denomina ruido blanco o de granalla. Es el resultado de emisiones catódicas en variaciones aleatorias.

$$I_n = \sqrt{2 Q_e I_b BW}$$

I_n = Valor eficaz de la corriente de ruido, Ampere

Q_e = Carga del electrón, $1.6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb

I_b = Valor medio de la corriente, Ampere

BW = Ancho de banda, Hz

Recibe el nombre de ruido blanco, por disponer un comportamiento similar a la luz blanca, en la cual la relación de potencia por unidad de intervalo de frecuencia es uniforme a lo largo de todo el espectro.

Aunque el valor de ruido blanco es independiente de la temperatura tiene el mismo comportamiento estadístico de la agitación térmica.

El ruido blanco se manifiesta como un ruido de fondo. Es producido por múltiples causas circuitales y es de difícil eliminación práctica.

Ruido térmico

Todo conductor eléctrico en circuito abierto, produce una tensión irregularmente variable entre sus terminales, como resultado del movimiento aleatorio de los electrones libres en el mismo, como producto de la agitación térmica.

$$e_n = \sqrt{4 k T R BW}$$

e_n = Valor eficaz de la tensión de ruido térmica, Volt

k = Constante de Boltzmann, $1.374 \cdot 10^{-23}$ Joule /°K

T = Temperatura absoluta, °K

BW = Ancho de banda, Hz

Pruebas realizadas sobre cables tendidos en la planta externa han obtenido valores de temperaturas internas en los pares superiores a 10°C y hasta 30 °C en algunos casos, respecto al valor de temperatura ambiente. Para el caso de los modem ADSL estos equipos compensan la variaciones de atenuación debidos a estos efectos.

Ruido impulsivo

Los ruidos impulsivos son producidos por transitorios electromagnéticos externos al circuito considerado, los que generan perturbación en este último.

Estos se caracterizan por estar constituidas en:

- Ráfagas aleatorias de gran amplitud
- Generadas principalmente en la central de conmutación
- Pulsos de marcado
- Corrientes de llamadas
- Señales discontinuas

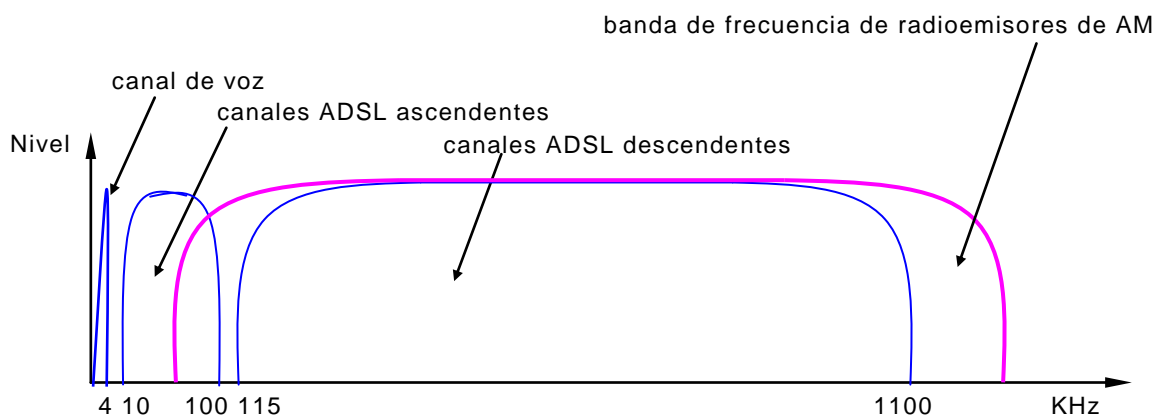
También por descargas de rayos o proximidades con equipos de ascensores, ferrocarriles, fábricas, etc. Son originados por sistemas de ignición eléctrica en automotores o lámparas fluorescentes, disrupciones en líneas de transmisión o inducciones provocadas por interruptores, motores o transformadores eléctricos. Sus efectos son directamente proporcionales al ancho de banda de trabajo.

Se calcula que el nivel de ruido pico en líneas activas puede sobrepasar los 200 V, mientras que en pares inactivos, por efecto paradiafónico, podrá acoplar tensiones pico de hasta 60 mV.

Interferencias de radiofrecuencias

En los tendidos aéreos de las redes telefónicas, los desbalances de resistencia óhmicas entre conductores de un mismo par, permiten fuertes inducciones de ondas de radio frecuencia. También podrán ser originadas por artefactos eléctricos domésticos, equipos industriales, de teléfonos celulares y emisoras de onda media como las de banda ciudadana o de onda larga. Los ruidos distantes de los 220 V son se evitan con un buen trenzado de pares en cables y alambres de bajada. El blindaje del apantallado en los cables y su correcta continuidad impide la influencia de ruidos externos.

Las ondas emitidas por emisoras de radio de amplitud modulada AM, que transmiten en elevadas potencias son las más nocivas. Además, al ocupar sus emisiones la gama de frecuencia desde 530 á 1610 KHz, se superponen a las bandas, ascendente y descendente de ADSL, de 10 á 100 y de 115 á 1100 KHz respectivamente, lo que preocupa un perjuicio directo.



Interferencias de radiofrecuencias

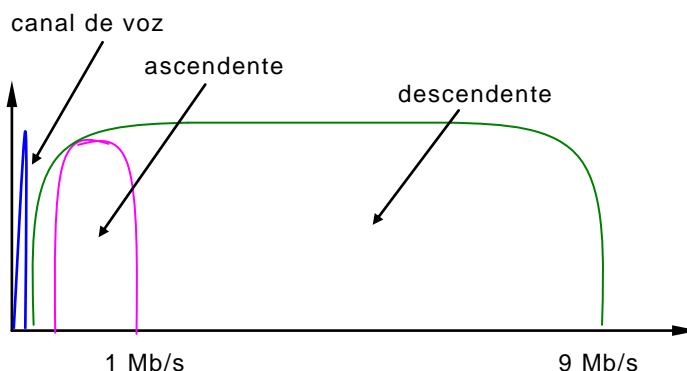
Se debe medir el ruido y la densidad de ruido en banda ancha. Una gran ventaja de los sistemas ADSL es el de selección automática de la portadora del canal de menor ruido.

Canales ADSL

Vimos algunas consideraciones que diferencian a los RDSI de los xDSL. Otra diferenciación importante se refiere a la disposición de los canales en su sentido de transmisión bidireccional.

Mientras que RDSI emplea fundamentalmente los equipos canceladores de eco, ADSL en particular tiene una conformación de canales en modulación de frecuencia, es decir, separando los canales en dos bandas cada una para un sentido de transmisión, ubicando cada banda en diferentes gamas de frecuencias.

Para RDSI el esquema de bandas de frecuencias en sentido ascendente y descendente, las muestra superpuestas para ambos sentidos de transmisión. El transmisor y el receptor operan en la banda inferior iguales frecuencias. En servicio estas frecuencias se las separa mediante el cancelador de eco. La banda de frecuencia descendente llega a 9 Mb/s, mientras que la ascendente la solapa hasta 1 Mb/s



Esquema ADSL con cancelador de eco

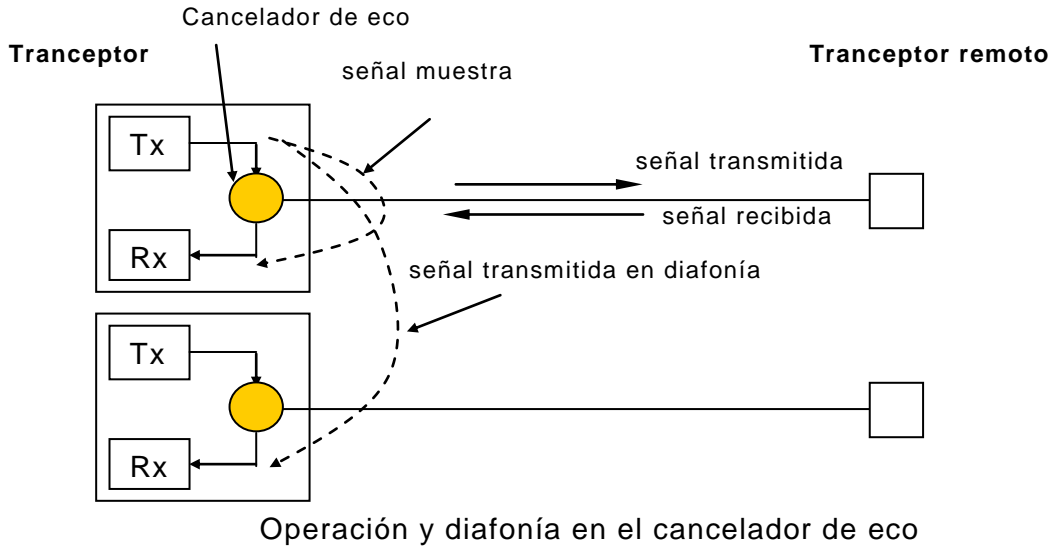
Los vendedores de equipos acostumbrados al uso del cancelador de eco para los servicios de RDSI y HDSL, propiciaban su utilización en ADSL. Sin embargo, las pruebas efectuadas empleando FDM (Frequency Division Multiplexing) resolvió esta cuestión.

El cancelador de eco opera inyectando una muestra de la señal transmitida en el receptor, para un intervalo de tiempo dado. Este receptor cuando recibe la onda del transmisor remoto elimina las señales correspondientes a esa muestra. El cancelador de eco trabaja comparando entre la señal emitida y la recibida, en un intervalo de tiempo prefijado.

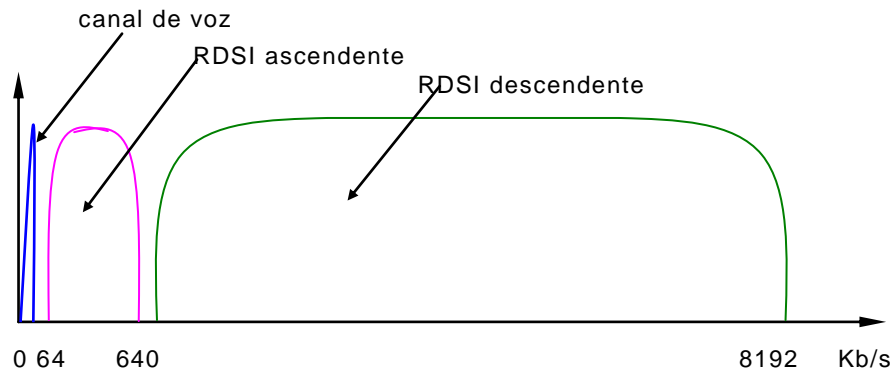
Si la señal recibida no es suprimida por el cancelador se genera una señal de ruido. Las desadaptaciones de la línea, fundamentalmente variables debido a los parámetros que la afectan, hacen que este sistema complique o malogre su principio de funcionamiento. Se podrá degradar la transmisión e incluso hacer caer la misma interrumpiendo el servicio.

El principal problema se crea al tener en la central un alto número de trancceptores. La diafonía entre sistemas es el principal factor de error ya que un receptor desprecia por comparación la señal emitida por su transmisor pero ignora las muestras de otros transmisores de ese mismo lado. A gran escala se requeriría implementar muchos filtros para actuar con los canceladores de eco, y cada uno de alto costo.

En tal situación el ITU recomendó para los sistemas ADSL el método de multiplexión por división de frecuencias FDM. Transmiten canales en una banda descendente de altas velocidades y en canales ascendentes en una banda de velocidades más lentas.



De esta forma se transmiten ambas bandas simultáneamente, sin que se produzcan interferencias entre ellas y al canal telefónico de frecuencia vocal. En su caso, se pueden emplear filtros pasabajo y/o pasa altos.



Esquema digital ADSL

El transporte de información bidireccional considerando un alcance máximo de 5400 m en condiciones de líneas normales es de 640 / 8192 Kb/s. Sin embargo, se comercializa actualmente para una línea de longitud máxima de 3 Km, garantizando velocidades máximas de 512 / 256 Kb/s o también en menor precio de 256 / 128 Kb/s. Para líneas de longitud superior se debe efectuar pruebas del estado de la línea a utilizar. Efectuar adecuaciones en ella en su caso o seleccionar otra adecuada a este servicio.

La diferencia con el RDSI de banda estrecha es que ha sido comercializarlo garantizando las velocidades ofrecidas. Por otra parte, el modem Dial Up entrega como máximo velocidades en 44.8 / 56 Kb/s teóricas, dependiendo del tráfico en la red compartida.

Los sistemas RDSI-BA empleando igualmente la red de cobre pareada, por ser de banda ancha y diseñado en base a sistemas con modo de transferencia asíncrono ATM (Asynchronous Transmission Mode), permiten velocidades superiores. Por otra parte las redes de acceso en fibra óptica, coaxiales, híbridas fibra coaxial HFC o inalámbricas, también posibilitan ofrecer servicios de banda ancha a muy alta velocidad.

El sistema ADSL cuenta con la recomendación G.992.1 de la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (ITU) y estándar ANS T1.413 del ANSI (American National Standards Institute) de EE.UU.

La disimilitud entre ambas solo radica en la sustentación al modelo de red artificial básica. Ambos conjuntos de modelos representan líneas multipladas en diferentes calibres y longitudes y pares puente. El modelo ITU cuenta con 6 modelo de redes de acceso y el modelo ANSI con 15 redes tipo.

Modulación

Los métodos de modulación nos permite adaptar la información a un medio. Ciertas cualidades podrán ser tomadas del tipo de modulación, por ejemplo facilitar la radiación en radioenlaces, asignación de frecuencias, multiplexación, superar limitaciones del medio, etc. Es el caso de las señales emitidas por un computador a ser transportada en forma más apta por un par de cobre. Tal proceso es realizado por un modem.

En las modulaciones digitales binarias se emplean métodos similares a las modulaciones analógicas, por variaciones de la amplitud, frecuencia o fase de la señal de portadora. Será respectivamente ASK, FSK y PSK. La combinación de estos parámetros, permite la modulación empleada en los módem avanzados de alta velocidad.

Códigos bidimensionales

Primariamente deberemos distinguir entre código plano y código de línea. Los códigos planos, como ser de retorno a cero RZ ó de no retorno a cero NRZ, llevan solo la información binaria y se emplean internamente en equipos, mientras que los códigos de línea deben llevar mucha mayor información, como ser el tipo de línea, su estado, el sincronismo, correctores de errores, etc. Luego estos códigos serán más complejos.

Por ejemplo, para enviar una sucesión de unos el receptor debe detectar cada uno de estos dentro de una ventana temporal. Para ello, debe mantener un fuerte sincronismo entre el emisor y el receptor. Se facilita esto agregando un franco en medio del pulso, el cambio de estado me indica que es un uno, y crea una forma de sincronismo más fácil de detectar por el receptor, pero para representar un cero deberá crear otro símbolo.

Luego debo de introducir una codificación que obtengan mas bits por muestra, o sea, más bits por Baud. Un Baud (por Emil Baudot), es la cantidad de cambios de una muestra por segundo. Según su codificación, la velocidad de transmisión Baud/s podrá ser igual a la de b/s, o a nb/s. Para transmitir n bits por Baud y facilitar así el rescate del sincronismo, se han ideado distintos tipo de códigos, como ser AMI, HDB3, CMI, o los ternarios 4B3T y cuaternarios 2B1Q.

Uno de los detrimentos al proceso de detección digital, es la interferencia intersímbolos, ISI (Intersymbol Interference), como mezcla de energías entre las colas de los pulsos adyacentes, lo que trae aparejado la posibilidad de introducir errores de señalización.

Para evitar esta interferencia intersímbolos, se deberá cumplir el teorema de Nyquist indicado anteriormente, verificándose que la relación del ancho de banda BW mínimo teórico necesario, para detectar R_s símbolos por segundo, cumpla la relación:

$$BW = \frac{R_s}{2} \text{ [Hz]}$$

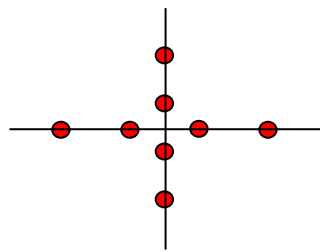
Ahora bien, si se quiere evitar estos efectos e incrementar la velocidad de transmisión digital en bit /seg, se podrá emplear módems que dispongan una simbología más compleja de códigos compuestos.

Modulación de amplitud en cuadratura (QAM)

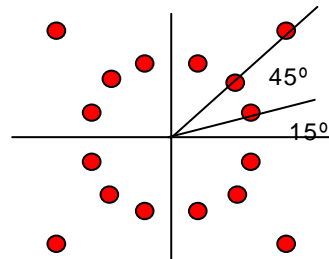
La modulación digital por codificación de amplitud en cuadratura, QAM (Quadrature Amplitude Modulation), consiste en la modulación multinivel de amplitud, de dos portadoras en cuadratura en forma independiente a diferencia de la modulación PSK (Phase Shift Keying) en donde la cuadratura entre canales mantenían dependencia de amplitud, describiendo una constelación de círculos. En este sistema de modulación, se combinan las variaciones de amplitud y fase. Se obtiene gran densidad de modulación, por ejemplo en el caso de 14 bit por muestra.

Tal diagrama bautizado como patrón de constelación, es el resultado de tomar las variaciones de dos parámetros independientes, consecuentemente estas modulaciones emplean códigos bidimensionales. Estos esquemas de constelaciones, se entienden como el conjunto de puntos formados por las distintas posiciones posibles y su combinación digital respectiva.

En el caso de transmitir a 3 bit /Baud y se describe un patrón de constelación de 8 puntos, representado en la siguiente figura. Si se tienen defasajes a 0°, 90°, 180° y 270°, con dos niveles de amplitud cada una de ellos, se obtienen 8 combinaciones de amplitud y fase.



Modulación QAM de 3 bits/Baud



Modulación QAM de 4 bit/Baud

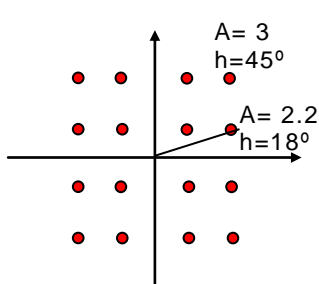
La ecuación de la señal QAM se puede escribir como:

$$s_i(t) = a_i \cos \omega_0 t + b_i \sin \omega_c t$$

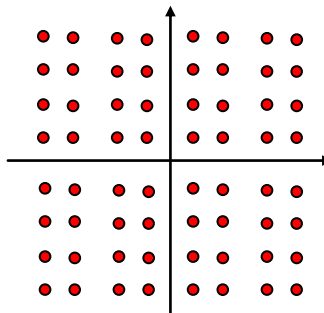
Donde

$$s_i(t) = A \cos (\omega_c t + x(t) \text{ sen } \omega_c (t) \Delta\phi/2)$$

Los factores a_i y b_i toman en forma independiente valores discretos previstos según un número de niveles establecidos. Entonces, se obtiene esquema donde cada canal en cuadratura puede tomar distintos niveles. Por ejemplo cuatro niveles distintos, resultando el sistema denominado como 16 QAM. Otras expresiones similares definirán otros esquemas más complejos.



Patrón de 16 QAM



Patrón de 64 QAM

donde $A = \sqrt{a^2 + b^2}$
 $h = \arctan(b/a)$
 siendo $a \cos(\theta) + b \sin(\theta) = A \cos(\theta - h)$

Las constelaciones multinivel, al crecer requieren mayores anchos de banda, asimismo disponen de menor tasa de error e introducen mayores valores de la relación señal a ruido S/N. Sin embargo, se hacen más sensibles a las variaciones de sus parámetros.

Nº de bit / muestra (r)	Constelación (2^r -QAM)	S/N (dB) para $10^{-7} \geq \text{BER}$
4	16-QAM	21.8
6	64-QAM	27.8
8	256-QAM	33.8
9	512-QAM	36.8
10	1024-QAM	39.9
12	4096-QAM	45.9
14	16284-QAM	51.9

Cada estándar de módem tiene su propio patrón de constelación. Por ejemplo el modelo ITU V.32 para módem de 9.6 Kb/s emplea la transmisión de 4 bit /Baud a 2400 Baud y resulta el patrón de 16 combinaciones, representado en la figura anterior.

El modelo ITU V.32 bis, modem para facsímil, es de 14.4 Kb/s y se logra transmitiendo 6 bit por muestra a 2400 Baud con una constelación de 64 puntos. Una posterior versión del V.34 opera a 36.6 Kb/s.

Se debe optar por el código de línea que satisfaga la longitud requerida y solvente la calidad de servicio QoS (Quality of Service), estipulada para el mismo. En circunstancia de adoptar y normalizar los sistemas de transmisión a emplear con los ADSL, el ANSI se encontraba en la opción de elegir una de tres alternativas:

- Modulación QAM sobre portadora simple
- Modulación en fase /amplitud sin portadora, versión derivada de la anterior
- Modulación DMT

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, EE.UU., en marzo de 1993, decidió anexar su definición a la norma DMT.

La técnica de modulación mediante la DMT parte del proceso de modulación de amplitud en cuadratura QAM. En su aplicación, la modulación QAM se realiza sobre 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.

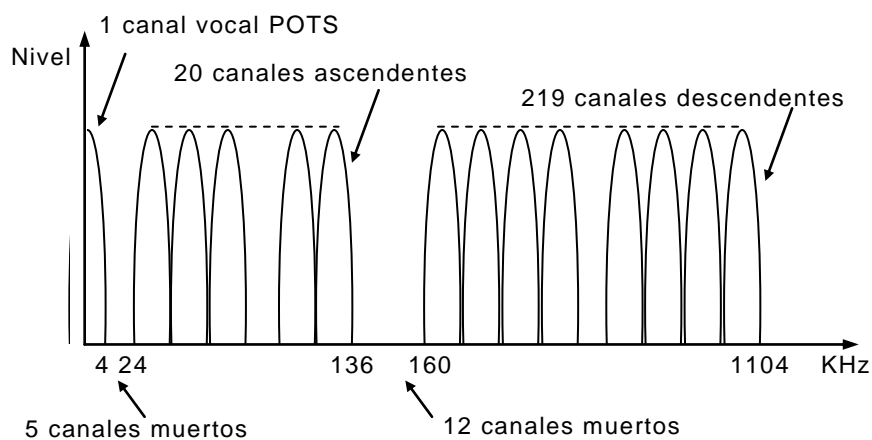
La técnica DMT consiste en dividir el rango de frecuencia reservado, en múltiples canales estrechos y manejar cada canal de forma independiente. Los módem ADSL se comunican entre sí por estos canales y reparten el tráfico por todos ellos en forma equilibrada. Utilizarán la cantidad de canales necesarios, 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 modem detecta que un determinado canal encierra un alto valor de ruido, adoptará una mayor de bit por muestra (según una tabla interna similar al la dada 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.

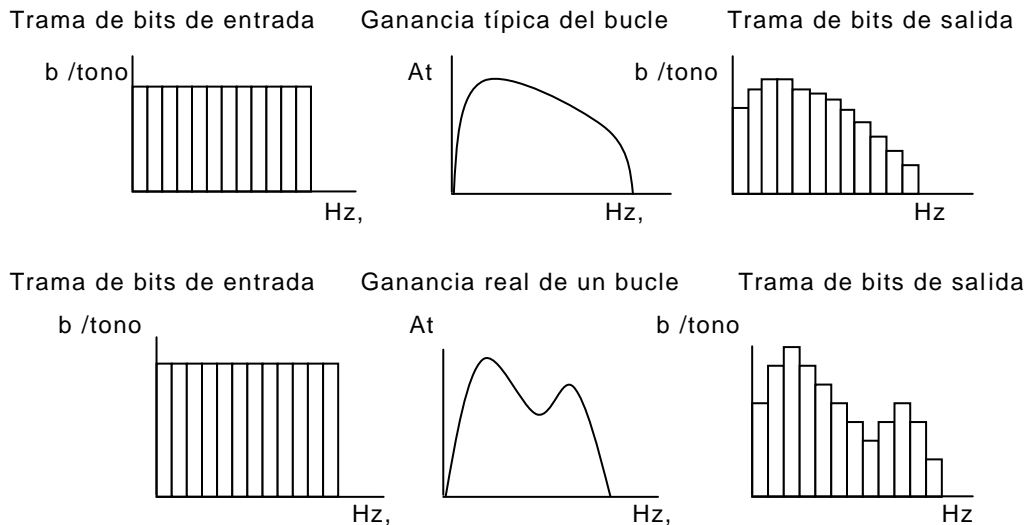
La asimetría se consigue dedicando mucho mas canales en el sentido descendente, que en el ascendente. Según los modelos de distintos fabricantes la distribución entre la cantidad de canales ascendentes, descendentes y muertos entre bandas podrá variar. Debido a la gran cantidad de tareas, que han de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

256 portadoras separadas 4312.5 Hz



Modulación DMT con 256 canales

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.



Ajuste automático de la DMT según estado del bucle

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.

Cabe discutir porque se ha adoptado esta distribución de banda menor para los canales ascendentes y banda mayor para los descendentes y no en una ubicación permutada. Ello se debe a que al se 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 se puede 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.

Estructura de la trama ADSL

La norma NCII (Network Customer Installation Interfaces) ADSL define una interfaz portadora de transporte de bits en conformación de tramas, de una supertrama ADSL.

El flujo de bits de estas tramas, se puede dividir en subcanales portadores (bearer ADSL). Estos subcanales se diferencian en dos tipos, como AS0, AS1, AS2 y AS3, o LS0, LS1 y LS2. Los cuatro primeros transportan bits downstream y los tres últimos en sentido bidireccional. Estos canales lógicos pueden transportar a velocidad múltiple de 32 Kb/s, correspondiente a la granularidad de DMT.

Canales Clase AS

Los canales Clase AS son de transporte simplex descendiente (downstream).

El estándar ADSL establece cuatro clases de velocidad de transporte, donde la Clase 1 y la Clase 4 son obligatorias y la Clase 2 y 3 son optativas.

La norma fija velocidades de estructura similar para la jerarquía T1 y E1.

Considerando los subcanales AS0, AS1, AS2 y AS3, en la jerarquía T1 se tiene las conformaciones siguientes:

Subcanal	Velocidad del subcanal	Valor de n
AS0	$n_0 \times 1.536 \text{ Mb/s}$	$n_0 = 0, 1, 2, 3 \text{ ó } 4$
AS1	$n_1 \times 1.536 \text{ Mb/s}$	$n_1 = 0, 1, 2 \text{ ó } 3$
AS2	$n_2 \times 1.536 \text{ Mb/s}$	$n_2 = 0, 1 \text{ ó } 2$
AS3	$n_3 \times 1.536 \text{ Mb/s}$	$n_3 0, 1 \text{ ó } 2$

La Clase 1 es obligatoria, tiene sentido downstream y transporta en la combinación de canales, velocidades de 6.144 Mb/s. Para tramos corto se emplea la Clase 1.

1 canal de 4.608 + 1 canal de 1.536 Mb/s
 2 canales de 3.072 Mb/s
 1 canal de 3.072 + 2 canales de 1.536 Mb/s
 4 canales de 1.536 Mb/s

La Clase 2 es optativa, tiene sentido downstream y transporta velocidades de 4.608 Mb/s en la combinación de canales:

1 canal de 4.608 Mb/s
 1 canal de 3.072 + 1 canal de 1.536 Mb/s
 3 canales de 1.536 Mb/s

La Clase 3 es optativa, tiene sentido downstream y transporta velocidades de 3.072 Mb/s en la combinación de canales:

1 canal de 3.072 Mb/s
 2 canales de 1.536 Mb/s
 3 canales de 1.536 Mb/s

La Clase 4 es obligatoria, tiene también sentido downstream y transporta solo velocidades de 1.536 Mb/s. Se emplea en los bucles de mayor longitud.

Canales Clase LS

Los subcanales Clase LS son de transporte dúplex, es decir en sentido bidireccional. Los subcanales LS0 operan en 64 Kb/s. El control C puede operar en LS0. Los subcanales

LS1 operan a 160 Kb/s y los LS2 a 384 Kb/s ó 576 Kb/s. La opción de 160 Kb/s puede ser empleada en transporte del canal D del RDSI básico.

Si las celdas ATM son transportadas sobre el canal opcional LS2, se emplea además del formato AAL1, el formato AAL5, método de mapeo de la información del usuario, en el campo útil de las celdas ATM. La ventaja de AAL5 es disponer de la cabecera más pequeña de todas las AAL. El formato AAL5 está diseñado para aplicaciones con transferencias de bits variables VBR (Variable Bit Rate). En este caso, si se requiere un retardo estable, el mismo lo debe implementar la aplicación.

La tasas de transferencia de canales LS2, para transportar celdas ATM, son de 448 Kb/s ó de 672 Kb/s.

La cabecera ADSL

La supertrama ADSL conforma los bits en tramas de primer orden, de la codificación DMT. Esto significa que es la primera entidad en que se convierten los bits al ser recibidos y la última al ser transmitidos. Es similar a la trama T1 ó E1 y muy distinta a la trama de Ethernet.

Además de los canales portadores simples y dúplex, ADSL incluye una cabecera que comprende el sincronismo, tipo de configuración de canal AS y LS, a que velocidad operan y el mapeo de los bits. Además otras funciones incluyen un canal de operación integrado (EOC), un canal de operación (OOC) empleados para la reconfiguración remota y adaptación de la velocidad, detección y control de errores de redundancia cíclica (CRC), bits indicadores de la operación, administración y mantenimiento (OAM) y la corrección de errores hacia adelante (FEC), sin necesidad de ser retransmitidos.

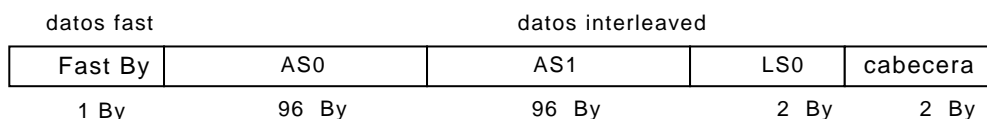
La supertrama esta dividida en 68 tramas ADSL. La primera parte, se trata de datos fast, sensibles al retardo aunque tolerante al ruido, se emplea en audio y video. El contenido del búfer de datos fast del dispositivo ADSL, intenta mantener la latencia a un mínimo absoluto. Un Byte llamado fast Byte precede la sección, contiene CRC, indicadores de conexión para el direccionamiento y un campo FEC.

La segunda parte son los datos interleaved (de entrelazado), que es un empaquetado para ser resistente al ruido aun a costa de una mayor latencia. Esta parte se emplea para aplicación pura de datos como ser para transmitir Internet.

Estructura de la trama ADSL

El flujo de bits entre ATU-R y ATU-C, mantienen una estructura de supertrama ADSL, que podremos analizar. Revisando el transporte Clase 1, veremos una configuración de canales portadores AS0, AS1, etc y LS0, LS1, etc. Fuese el caso de, AS0 y AS1 de 96 Bytes y LS0 de 2 Bytes.

Como cada Byte está formado por 8 bits y se transmiten 4000 tramas ADSL por segundo, resultará para AS0 y AS1 una tasa de transferencia de 3.072 Mb/s (96 By x 8 bit/By x 4000 tramas /seg), en downstream y para LS0 una tasa de 64 Kb/s en ambas direcciones (2 By x 8 bit//By x 4000 trama /seg).

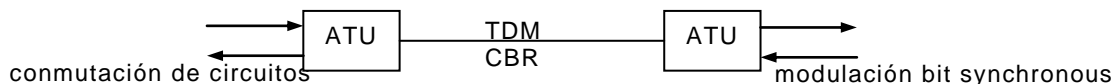


Trama ADSL en transporte Clase 1

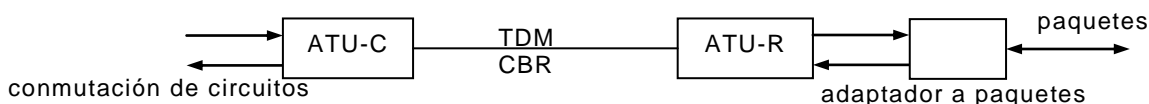
Modos de distribución

El ADSL Forum ha definido cuatro diferentes modos de distribución para todas las tecnologías xDSL. El modo de distribución indica la forma en que se envían los bits de las tramas.

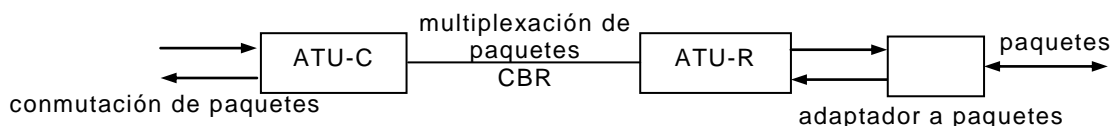
Modo 1 - Sincronía en bits



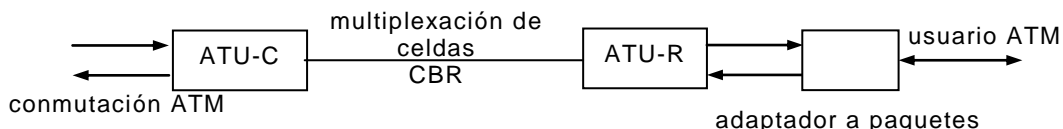
Modo 2- Adaptador de paquetes



Modo 3 - Paquete extremo a extremo



Modo 4 - ATM

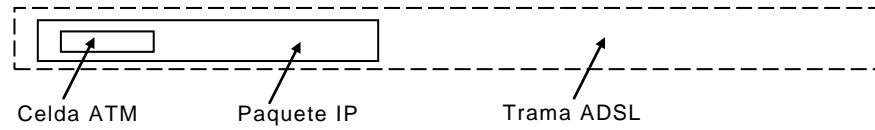


En el Modo 1, sincronía de bits, se puede colocar hasta cuatro dispositivos por cada ATU-R, ya que hay flujos de bits descendentes AS0 al AS3, a un STB de TV o una PC, además, por lo menos un LS0, para el control C. De este modo el enlace ADSL es una tubería que desemboca en una línea fija, al igual que una línea directa alquilada.

En el Modo 2, adaptador de paquetes, los paquetes de diferentes fuentes y destinos pueden compartir un único canal LS1 del acceso. El ATU-R mapea estos paquetes sobre canales fijos en el acceso. Si detrás del AT-C y el nodo de acceso existe un enrutador Internet, los paquetes son entregados en forma efectiva como flujo de bits en canales AS y LS multiplexados en TDM a los puntos finales, mediante circuitos en secuencia de tramas ADSL.

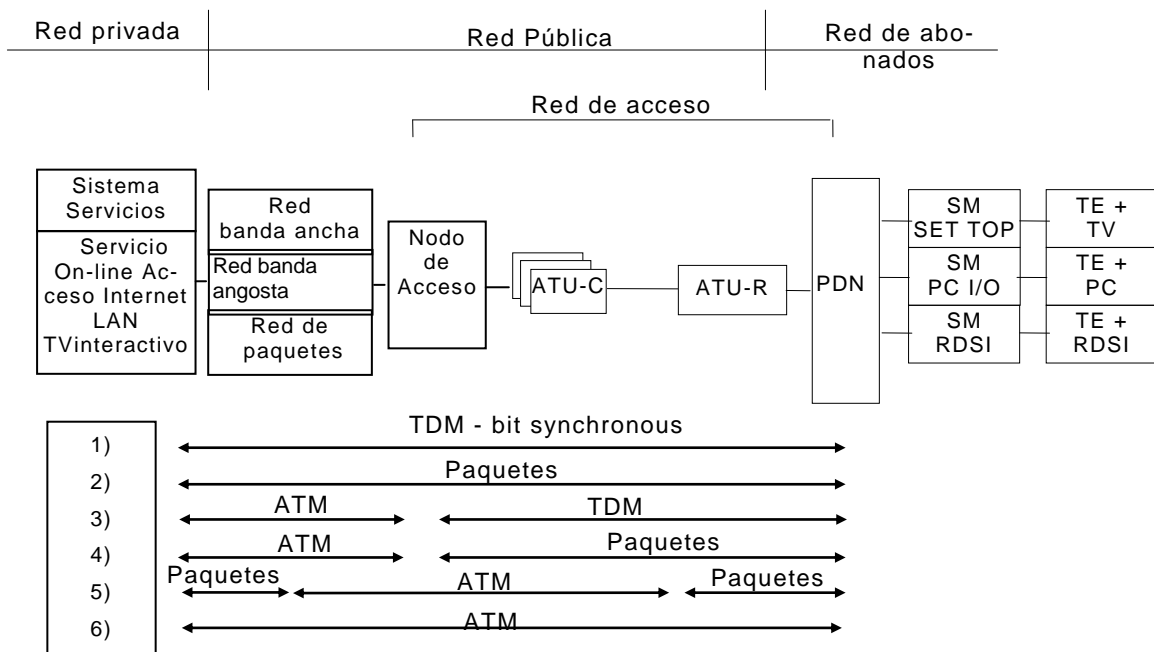
El Modo 3, paquetes punto a punto, los paquetes enviados por varios dispositivos del usuario son enviados en el enlace ADSL por flujos ascendentes y descendentes sin formar canales. Los paquetes del usuario deben ser del mismo tipo que los usados por el proveedor del servicio mediante un dispositivo adaptador multiplexor de paquetes como TCP/IP.

En el Modo 4, de transferencia ATM punto a punto, se multiplexa y envía celdas ATM, en vez de paquetes IP, desde su adaptador en el ATU-R. En el ATU-C se trasvasa las celdas a la red ATM. El contenido de las celdas podrá ser paquetes IP, mediante el protocolo IP punto a punto (PPP) sobre ATM para la distribución.



La combinación de estos cuatro casos con los formatos de información de otros equipos de la arquitectura, conforman los típicos tráficos de la red de banda ancha.

De la figura se desprende que la red de acceso ADSL, es solo una parte de una completa arquitectura.



Caso 1 - La red ADSL es una tubería pasiva de bits, en TDM y CBR sobre canales AS y LS ADSL. La red utiliza el modo de sincronismo de bits extremo a extremo.

Caso 2 - La red ADSL discurre paquetes IP de extremo a extremo. Los paquetes podrán representar otros protocolos o servicio siempre que ambos extremos entiendan el formato de los paquetes. La ventaja es que la red puede combinar flujos de paquetes y conmutar hacia varios puntos finales de distribución de servicio.

Caso 3 - El ATU-C maneja una tubería de bits, la que requiere un gran potencial para administrar la red ATM y sus diferentes tipos de tráfico.

Caso 4 - La red ADSL emplea paquetes IP y se deshace de la tubería de bits pasiva.

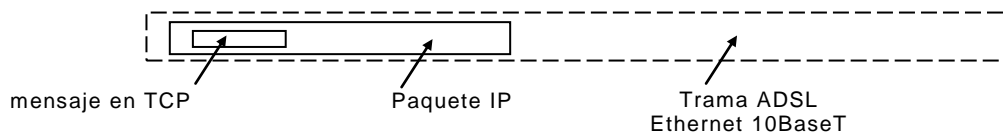
Caso 5 - Permite al usuario y al operador, proporcionar servicios ADSL basados en ATM, manteniendo el uso de interfaces de paquetes IP.

Caso 6 - La red ADSL discurre celdas ATM entre los extremos de la red. Es conveniente por disponer menos latencia y mayor ancho de banda en diferentes tipos de tráfico a clientes corporativos, pudiendo ser un proceso evolutivo de los proveedores de servicio.

La conjunción paquetes TCP/IP en el acceso, con red troncal ATM, se realiza en el DSLAM que opera con funciones de conmutación ATM y el contenido de la celda ATM es adaptada al flujo de paquetes TCP/IP. Otra variante es que el contenido del paquetes TCP/IP se transporte desde el DSLAM hasta el ATU-R, en el interior de celdas ATM utilizando el AAL5. Una vez en el ATU-R, los paquetes TCP/IP se extraen de las celdas ATM, utilizando nuevamente el AAL5.

Otra posibilidad que establece el ADSL Forum, es el modo soporte TCP/IP extremo a extremo, como paquetes TCP/IP dentro de las tramas y supertramas ADSL, mediante el protocolo punto a punto PPP de Internet, empleado en formaciones WAN para sistema ISDN y de arquitectura de red SNA de IBM.

Los mensajes se envían desde una PC mediante TCP/IP que se encuentra dentro del paquetes IP localizados en el interior de una trama Ethernet 10 Base T.



En el ATU-R se colocan TCP/IP, en tramas PPP, que disponen de su propio control de enlace y chequeo de errores, en el interior de la trama y soporte ADSL.

Como se obtiene el transporte IP, utilizando tramas PPP sobre un enlace ADSL, con celdas ATM. El método para soportar PPP sobre ATM, consiste en ofrecer una serie de PVC sobre ADSL para alcanzar independientemente al proveedor seleccionado. Ello se realiza mediante los identificadores VCI y VPI de cada dispositivo.

El manejo de valores VP / VC permite crear circuitos virtuales entre el modem del cliente y los distintos proveedores de servicio, en forma de conexiones independientes con calidad de servicio asegurada y ancho de banda definido.

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.

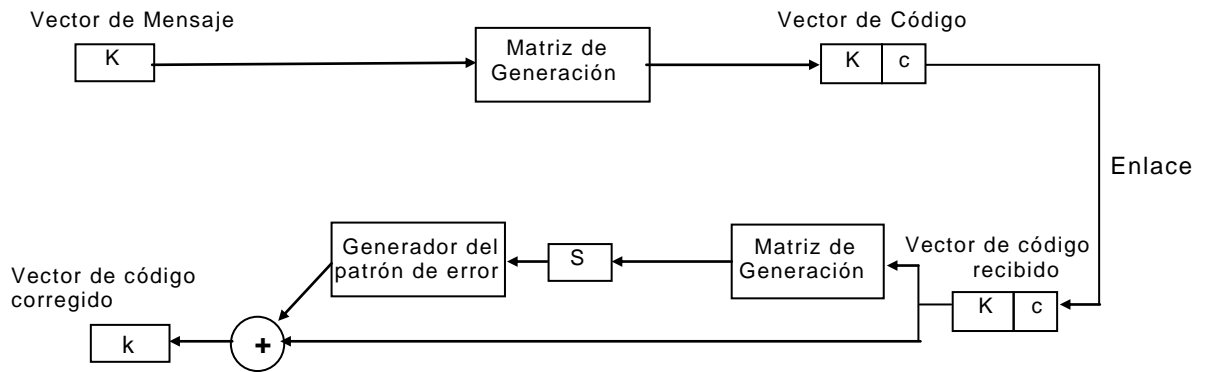
La capacidad del FEC-RS para la corrección de errores viene determinada por la adición de códigos redundantes. Este método consiste en intercalar palabras de datos en código RS. De esta manera se potencia la capacidad de corrección en un factor proporcional al nivel de intercalado, pero a costa de agenciar un retardo extra.

Es de hacer notar, que algunos servicio 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 propio cancelación de errores.

Código Reed Solomon

El código Reed Solomon para la corrección de errores trabaja bajo el vector de síndrome (síntoma) igual al vector (magnitud) cero, para definir la ausencia de errores.

Si este vector es distinto de cero, al vector recibido se le agrega un patrón de errores para corregir los errores de transmisión. El patrón de errores es n dimensional. El receptor selecciona un patrón de errores que tenga el mismo síndrome de error que el vector recibido. Como varios patrones de error pueden dar como resultado el mismo resultado de error, es posible que la parte receptora seleccione un patrón incorrecto. Cuanto mayor sea la distancia entre palabras de código menor, será la probabilidad de seleccionar un patrón incorrecto.



Implementación del código de corrección

El código Reed Solomon proporciona a través de la implementación mejorada de la paridad y la utilización de matrices complejas obtener una muy buena relación relleno /corrección. El agregado de 16 bit al mensaje y la implementación de paridad permite obtener la detección y corrección de hasta 8 Byte errados.

El entremezclado del mensaje anterior a la transmisión y su reordenamiento posterior a la recepción, logra el mayor distanciamiento posible entre errores originados y un mejor rendimiento del Reed Solomon. El receptor debe conocer el patrón de redistribución de bit para poder reagrupar el flujo de símbolos antes de comenzar la codificación. El espacio necesario depende de la duración de la ráfaga.

Entrelazado

El entrelazado de un mensaje, se refiere al entemezclado previo del mismo, antes de su emisión y al reordenamiento posterior en su recepción. Ello se efectúa para lograr el mayor distanciamiento posible entre errores originados durante la transmisión y conseguir el mayor rendimiento de la corrección Reed Solomon. Para ello el intercalador reparte los símbolos de código sobre un intervalo de longitudes fijas.

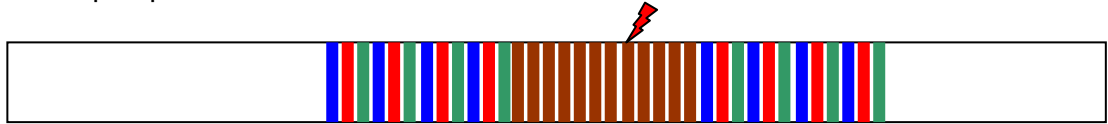
Bytes a emitir sin entrelazar



Bytes a emitir entrelazados



Bytes dañados por perturbación en la transmisión



Bytes recibidos con errores espaciados



Proceso de entrelazado

El espacio asignado al entrelazado depende de la duración de la trama a emitir. El receptor debe conocer este patrón de entrelazado para poder reagrupar el flujo de símbolos antes de comenzar la codificación.

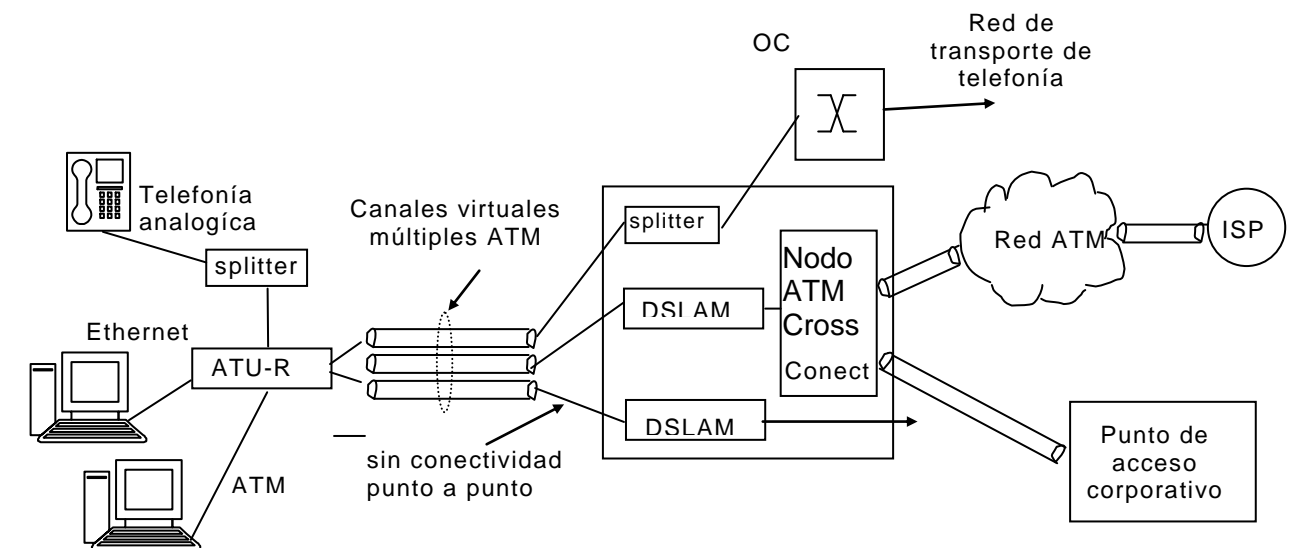
Configuración de la red del cliente

La configuración del modo de conexión podrá ser del tipo PPOA o del tipo PPOE. Según la placa utilizada por el cliente en su PC, ATM ó Ethernet, esta conexión se configurará llegando hasta el modem o a la PC.

La conexión punto a punto sobre ATM PPOA (Point to Point over ATM) permite la formación de canales virtuales de trayecto (VP) y de canal (VC), extremo a extremo, con posibilidad de agregar un túnel sobre el lado cliente. La firma Alcatel denomina esta conexión como modo PPTP/PPP (Point to Point Tuneling Protocol /Point to Point Protocol).

La creación de un ccircuito virtuales permanentes PVC (Permanent Virtual Circuits), permite compartir la PC con quien se desee y también la conexión hacia donde se quiera, en forma compartida o no. Permite asimismo preservar el secreto de la información.

Con la creación de PVC se podrá utilizar la IP Pública como si fuese IP Privada. Mediante la formación de túnel se podrá seleccionar cualquier de las PVC disponibles.



Esquema ADSL - ATM canalizado

Las conexiones punto a punto sobre Ethernet PPOE (Point to Point over Ethernet), son de constitución más simples. Según el proveedor y modelo, se requerirá la instalación de un software adecuado.

La configuración de IP del módem, se podrá efectuar en forma automática mediante el protocolo DHCP (Dynamic Host Control Protocol) o en forma manual siguiendo los menús correspondientes de Windows.

En ciertos casos de configuración se requerirá disponer del programa MSDUN13.exe que corre sobre el WINPoET. La disponibilidad de NAT (Network Address Translation), en el módem posibilitará trabajar en red al igual que con las placas Proxy.

Características de las redes de datos

Una red de datos está compuesta en general por un emisor, el medio de transmisión y un receptor. Como principio de funcionamiento para lograr la comunicación entre el emisor y el receptor, en el transporte de la información, se debe establecer un circuito o un canal, temporal o permanente.

Los circuitos o canales podrán estar formados como línea dedicada o conmutada, contener servicio orientados a la conexión o no orientados a la conexión, transmitirse por modo físico o virtual. Además, la transmisión podrá tomar el carácter de direccional o bidireccional y la forma, punto a punto, punto a multipunto (multicast), o de difusión general (broadcast).

Para los distintos casos, el medio o red a transmitir la información podrá ser variada, combinando pares de cobre trenzados, cables coaxiales, guías de onda, fibras ópticas, sistemas de VHF, UHF o microondas terrestre o satelitales.

Línea dedicada o línea conmutada

Los circuitos o canales podrán tener la propiedad de línea dedicada o de línea conmutada.

Línea {
dedicada
conmutada

Se denomina línea dedicada a una línea establecida como circuito conectado permanente. Se la conoce también como una línea directa. Es una línea alquilada por un término de tiempo dado, uno o más meses, para un evento determinado tal como un simposio, etc. Se diferencia de una línea conmutada ya que ésta establece el circuito solo para una llamada solicitada y luego este circuito se deshacer y la línea queda disponible a la espera de otra nueva llamada.

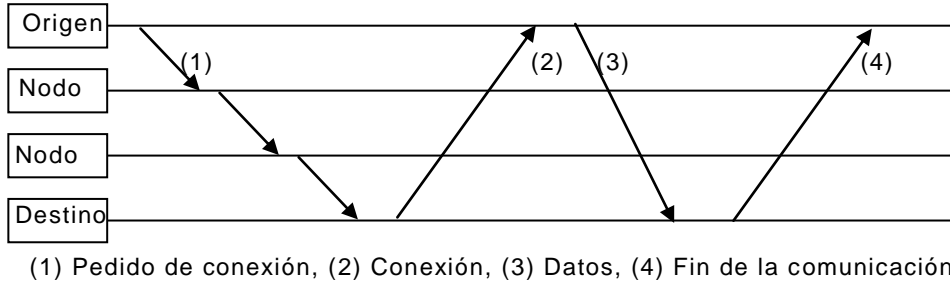
Las líneas conmutadas podrán tener el carácter de conmutación de circuitos, de mensajes, de canales, de paquetes o de celdas:

Línea conmutada {
de circuitos
de canales
de mensaje

de paquetes
de celdas

Conmutación de circuitos, se refiere en cuanto se mantiene un circuito permanente (físico y/o de radio), en un trayecto extremo a extremo, durante una sesión de comunicación. Al realizarse el pedido de conexión se cursa un mensaje que produce en su recorrido, la asignación de líneas entre los nodos intermediarios hasta el destino solicitado.

El proceso establece que primero se efectúa el pedido de conexión, completada esta fase se envía un retorno al origen que habilita el comienzo del intercambio de información, se transmiten los datos y por último se establece la confirmación de fin de la comunicación al emisor para que deshaga esta conexión.

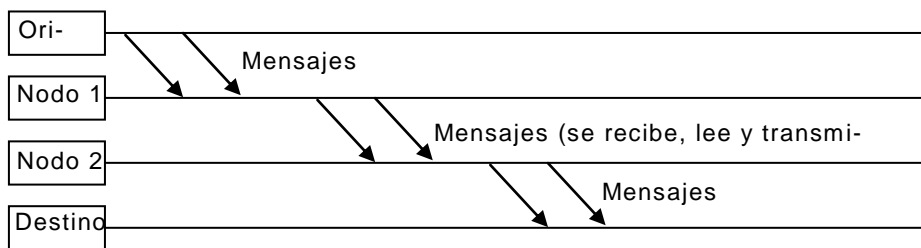


Conmutación de circuitos

Establecida la conexión, la transmisión solamente sufre el retardo de propagación por la línea, ya que el flujo no sufre congestión y no existe conversión de códigos o velocidades en los equipos

Conmutación de canales, se refiere en cuanto se utiliza un canal (banda de frecuencias o tramas digitales), con carácter reservado permanente o semipermanente.

Conmutación de mensajes, se refiere a los sistemas en donde la información se organiza en mensajes. Su proceso consiste en que el nodo que recibe el mensaje, procura y asigna en ese momento una línea disponible de salida. Si momentáneamente no es posible lograr esta línea, el mensaje se almacena en memoria, hasta que se disponga de ella. Se refiere a conmutación de mensajes cuando se almacenan los mensajes en nodos intermedios, por el término de dos o más minutos.



Conmutación de mensajes

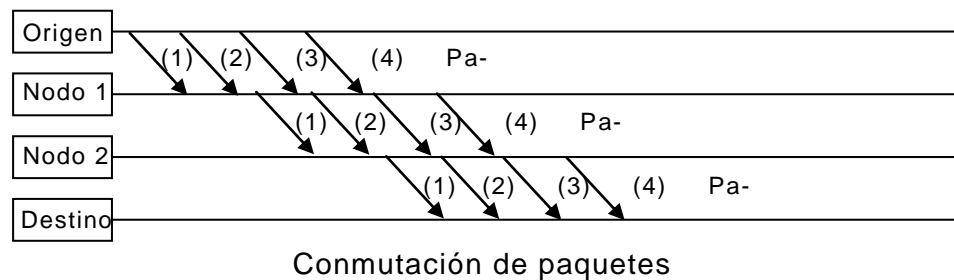
A este método también se le denomina de almacenamiento y reenvío, Store & Forward. En el mismo existe la posibilidad de conversión de códigos y /o velocidades. Ejemplo de este método lo tenemos en la red telex.

Conmutación de paquetes, se refiere cuando se realiza en una red de datos que dispone de nodos de conmutación de este tipo. En estos nodos, cada mensaje a transmitir, se

organiza, emite y procesa en pequeñas unidades digitales denominadas paquetes. Si envían independientemente unos de otros, en la modalidad Store & Forward.

Si bien se produce almacenamiento similar al caso anterior, aquí los tiempos son sustancialmente menores. A costa de un mayor procesamiento de los paquetes en los nodos, se logra una mayor utilización de canales de comunicación.

Estos paquetes tienen un contenido del orden de cientos de bytes. Admite la conversión de códigos y/o velocidades. La red puede organizarse para entregar los paquetes en el orden introducido, método empleado en el modo circuito o sin preservar ese orden, como en el modo datagrama.



Los paquetes de datos de diferentes sistemas tienen ciertos elementos en común, por ejemplo la conformación de sus componentes en cabecera (overhead), carga útil de datos (payload) y cola (trailer). Más adelante analizaremos estos elementos con mayor detalle.

La conmutación de paquetes, entrelaza la regeneración de pulsos, codificaciones de línea y reconfiguración de las tramas (frames), según el método de acceso al medio y procedimientos de transporte. Con trama se refiere a la construcción de paquetes discretos en bits.

Conmutación de celdas, esta técnica describe una red de datos que dispone de nodos de conmutación ATM. En estos nodos, cada mensaje a transmitir, se organiza, emite y procesa en pequeñas unidades denominadas paquetes. Si envían independientemente unos de otros, en la modalidad Store & Forward.

Circuitos virtuales, SVC ó PVC

Se denomina circuitos virtuales a las conexiones lógicas, entre un equipo emisor y un equipo receptor. Estos circuitos no representan un enlace físico real, sino un canal o ancho de banda asignado bajo demanda. Estos circuitos virtuales podrán tener el carácter temporal o permanente.

En los circuitos virtuales temporales, los circuitos se mantienen activos tanto como la conversación lo requiera. Se los individualiza con las siglas TVC (Temporal Virtual Circuit), aunque es común denominarlos circuitos virtuales conmutados SVC (Switched Virtual Circuit). En los circuitos virtuales permanentes, los circuitos se mantienen activos durante todo el tiempo que los equipos estén en funcionamiento. Se los individualiza con las siglas PVC (Permanent Virtual Circuit).

Circuitos virtuales {
temporales o conmutados (SVC)
permanentes (PVC)

En la técnica ATM se puede establecer dos clases de conexiones de circuito virtual permanente PVC. Las definidas para un trayecto virtual permanente PVPC (Permanent Virtual Path Connection) y las definidas para una conexión de canal virtual permanente PVCC (Permanent Virtual Channel Connection).

Conexión PVC {
 de canal virtual permanente, PVCC
 de trayecto virtual permanente, PVPC

Servicios de datagrama y los orientados a la conexión

Por otra parte deberemos hacer la diferenciación entre los servicios, clasificándolos según clases, de las normas del IEEE.

Clase 1, Servicio de datagrama no confiable (sin conexión / sin reconocimiento)

Clase 2, Servicio de datagrama confiable (sin conexión / con reconocimiento)

Clase 3, Servicio orientados a la conexión

Servicios {
 orientados a la sin conexión { datagrama sin reconocimiento
 datagrama con reconocimiento
 orientados a la conexión

Para la modalidad de servicio sin conexión se emplean básicamente los modos paquetes, mensajes o celdas, mientras que en la modalidad de servicio orientado a la conexión, se emplea las comunicaciones en modo circuito o canales.

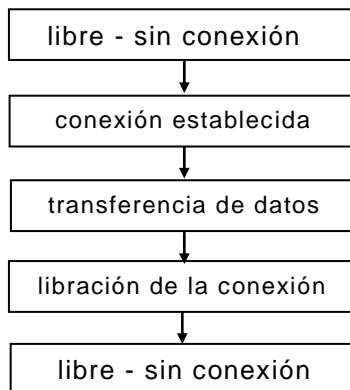
Comunicaciones en modo orientado a la conexión

En las comunicaciones orientadas a la conexión, antes de establecerse el intercambio de información entre dos usuarios, se establece una conexión. Esta conexión se mantiene mientras dura la comunicación y se desconecta al finalizar el envío de datos. Las tramas a enviar se numeran y se aseguran el emisor y el receptor que han llegado todas correctamente y solo una vez. Tiene su analogía a un sistema telefónico. La conexión es del tipo virtual, ya que una vez finalizada la comunicación la misma línea o canal es utilizada por otro usuario.

El protocolo de control de la transmisión TCP (Transmission Control Protocol), corresponde a la Capa 3 del modelo Internet, servidor a servidor (Host to Host). Orientada a la conexión utilizando circuitos virtuales, provee el establecimiento y la liberación de la comunicación, condiciones de tarificación, identificador de llamada, detección de errores, secuencia de números, control de flujo. Proporciona mayor seguridad y calidad en las comunicaciones.

Para la primera fase de conexión, se debe determinar la ubicación del destinatario, para ello se requiere la dirección de destino, luego la determinación de la ruta y por último el control mediante comprobaciones del acceso. En la fase de transferencias, se envían los datos, controlando y registrando el flujo transmitido. Por último en la fase de desconexión, se liberan todos los recursos asignados a esta conexión, entendiéndose por recursos a un programa de computación, base de datos o archivo y también a sus procedimientos como ser búsqueda, sincronización, presentación de los datos.

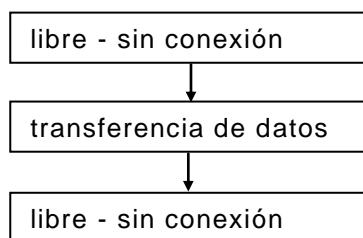
Al establecerse una conexión, se obtiene el reconocimiento del envío correcto al destinatario solicitado, el control de errores de los datos enviados y la entrega ordenada de los paquetes de la información. Además, al establecerse una conexión permanente quedan liberados los niveles superiores del proceso. Tal método se utiliza en conexiones entre redes de áreas locales LANs, para formar un área extendida WAN.



Comunicaciones en modo a la conexión

Comunicaciones en modo sin conexión

En las comunicaciones en modo sin conexión, no existe ninguna asociación entre la fuente de la información y su destino. Es análoga al sistema postal. Cada mensaje lleva la dirección de destino. No hay ruta establecida entre los extremos de la comunicación y según el camino y estado del mismo un mensaje podrá llegar antes aún cuando no se halla enviado primero. La red pasa directamente del estado libre, al modo de transferencia de datos, finalizado el cual retorna al estado libre.



Comunicaciones en modo sin conexión

La red de paquetes puede organizarse para entregar los paquetes en el orden introducido como en el método empleado para los circuitos virtuales o sin preservar ese orden como en el modo datagrama. El modo datagrama es un símil de un servicio de mensajería sin aviso de recepción. Cuando se envía un mensaje no se conoce el estado del destinatario, ni si éste recibió el mensaje. Es decir, que la recepción del mensaje no es garantizada. No existe control de acceso ni detección de errores. El mensaje es limitado a la memoria disponible (buffer) del receptor. El protocolo datagrama del usuario UDP (User Datagram Protocol), corresponde a este modo. Al no disponer de orden en la secuencia de envío de los datos, la aplicación debe tomar esta tarea.

El modo datagrama sin aviso de recepción, se utiliza en conexiones LANs o de fibra óptica, donde la tasa de error es muy baja y se puede considerar de alta confiabilidad. Al no realizarse funciones de control de errores, de flujo o contador estadístico, se obtienen rendimientos elevados. Se considera que la probabilidad de error es tan baja que se pierde tiempo haciendo comprobaciones inútiles. También este sistema sin conexión y sin confirmación de recibo, se utiliza cuando se quiere transmitir información en tiempo real, típicamente para los servicio de voz y video. En estos casos, el retardo producido en las sucesivas comprobaciones afectaría el servicio en sí.

Contrariamente, para los casos que la confiabilidad es importante, se puede proporcionar el servicio operacional de datagrama con acuse de recibo. Tal prestación es el servicio de petición y respuesta, donde el emisor envía un mensaje y el receptor debe contestar al remitente, indicado en el mismo. Se emplea en sistemas de redes inalámbricas.

Transmisión punto a punto, a multipunto o de difusión

La transmisión en modo sin conexión, puede tomar la forma de transmisión punto a punto, punto a multipunto, multipunto a multipunto o de difusión general.

La transmisión punto a punto, llamada también unicast, se refiere a un equipo emisor (origen) que transmite solo a un determinado equipo receptor (destino). Punto a multipunto o multicast, se refiere, cuando es generada desde un origen y transmitida (o copiada) hacia un subconjunto de varios determinados equipos (o nodos) receptores. Mientras que de difusión general o broadcast, se refiere a la emisión y transmisión hacia varios equipos con recepción simultánea de todos a la vez. En este último sistema, el o los canales son compartidos por todas las máquinas.

Transmisión en modo sin conexión	{	<ul style="list-style-type: none"> punto a punto (unicast) multipunto (multicastig) en difusión (broadcasting)
----------------------------------	---	---

En transmisión punto a punto para redes con muchos ramales, la ruta es asignada para cada segmento de enlace del trayecto extremo a extremo. La asignación es en forma aleatoria y dependiente de las características y estado de transmisión y tráfico de la red y de los equipos. En su recorrido visita varias máquinas hasta llegar a la dirección de destino del paquete. Los paquetes podrán contener algoritmos de ruteo que determinan prioridades del camino a seguir.

En el caso de transmisión en modo sin conexión punto a punto, multipunto o también en el caso de difusión, la comunicación comienza y termina en una unidad de datos del tipo de datagrama.

Carácter de la transmisión dúplex o semidúplex

La comunicación en la red de datos, al igual que otras redes para telecomunicaciones, podrá tener diferente carácter de transmisión: direccional o bidireccional.

Transmisión	{	<ul style="list-style-type: none"> direccional bidireccional 	{	<ul style="list-style-type: none"> semidúplex o half dúplex dúplex o full dúplex
-------------	---	--	---	--

Indicamos como transmisión direccional (o comunicación simplex) la transmisión en un sentido de transmisión y bidireccional en los dos sentidos de transmisión.

Se denomina semidúplex o HDX (Half Dúplex) cuando se emplean ambos sentidos de transmisión, pero no en forma simultánea, el transmisor termina su emisión y espera la

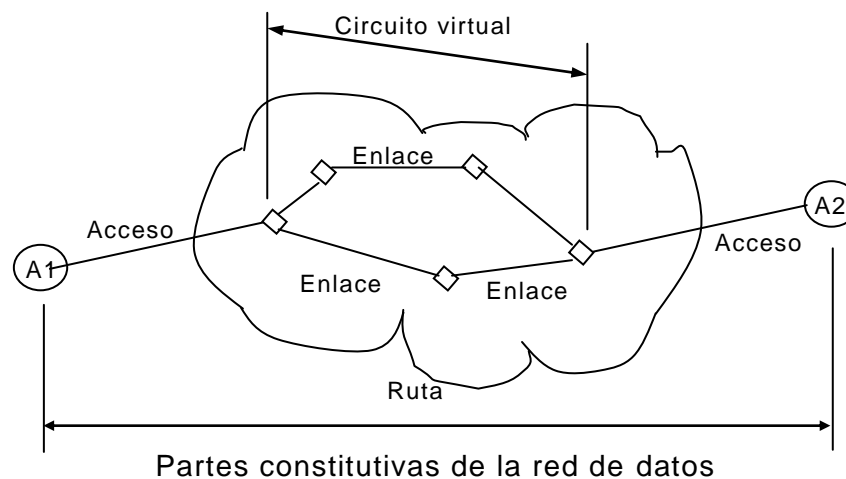
respuesta, es decir, se realiza en un solo sentido de transmisión por vez, por un solo medio, como ser un par.

La acepción dúplex o FDX (Full Dúplex) se emplea cuando se emiten mensajes simultáneamente en ambos sentidos. Podrá ser full dúplex con el empleo de un par para transmitir y otro para recibir, o por un único par, como en el caso de telefonía.

Constitución de las redes de datos

Para su estudio y operación las redes de datos se subdividen partes constitutivas. Los accesos y los circuitos virtuales, conforman la ruta total asumida por la comunicación. A su vez los circuitos virtuales son establecidos por los distintos enlaces entre los nodos de enrutamiento.

El armado interno para que mensaje circule, como camino formado dentro de la red, se le conoce como circuito virtual. Lo que la red soporta son circuitos virtuales, como sumatoria de los diferentes tramos, enlaces entre nodos de enrutamiento.



Estos nodos disponen de puertos de conexión entre enlaces, los que se le conoce como canales lógicos. Representan una bornera lógica de conexión, de naturaleza software. No es solo el camino físico del trayecto, sino el camino virtual de los canales.

Una ruta está conformada por estos circuitos virtuales más los tramos de acceso a la red.

Modelos protocolares

Se hace necesario saber como administra el módem los protocolos, como adapta TCP/IP a la ATM y ésta al ADSL. Conocer como actúan estos según las distintas capas de los diferentes modelos.

Los protocolos de direccionamiento encaminan los mensajes de acuerdo a una estructura de modelo protocolar. Estos protocolos interesan a la conformación de los pulsos de direccionamiento, que son ubicados como cabecera de la carga útil del mensaje.

Para su mejor análisis, cada protocolo se dispone en su correspondiente capa superpuesta. Cada protocolo corresponde a una única capa y ha sido creado con funcionalidad exclusiva solo para esa capa. En particular actúa un solo protocolo por cada capa, salvo el caso de la capa de las aplicaciones, donde pueden actuar varias aplicaciones a la vez ya que estarán diferenciadas.

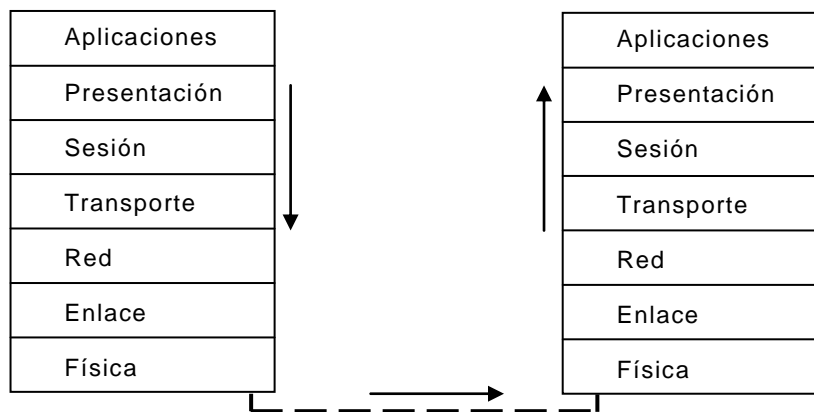
Varios son los modelos protocolares sistematizados, como estándares abiertos al uso internacional, constituidos como pilas de capas, entre los que podremos destacar.

Modelo {
 OSI y ampliado en el modelo IEEE
 TCP/IP del DARPA
 ATM (B-ISDN) de la ITU

Modelo OSI

En 1978 la ISO (International Organization for Standardization), desarrolló el modelo de arquitectura de red para conectar los distintos dispositivos de la red. En 1984 al publicar una revisión del mismo se le denominó Sistema OSI de Interconexión Abierto. Con la filosofía de aplicación abierta, se propone el uso internacional de protocolos y estándares por los diferentes fabricantes. La ITU adoptó posteriormente este estándar, rediseñando como recomendación X.200.

Este estándar considera la operatividad de los distintos elementos de red, mediante una estructura que define las funciones, constituidas como siete capas o niveles diferenciadas.



Esquema del modelo OSI

Se define como interfaz, la interacción hardware entre dos capas adyacentes, mientras que como protocolo a la serie de reglas de software utilizadas para comunicarse entre capas y entre equipos.

El modelo OSI describe el tratamiento del flujo de información según la estructura de estas siete capas. La marcha de la comunicación se realiza, desde el emisor comenzando por la capa superior hasta la inferior, recorriendo el vínculo de enlace y en el receptor, en forma inversa, desde la capa inferior hasta la superior. No obstante ello, todo sucede como si cada capa en el emisor se comunicara, en forma virtual, con su capa equivalente en el receptor.

En el emisor los datos pasan de un nivel de capa a otro inferior, conformando una unidad de información denominada paquete. En cada nivel el software agrega un formato cabecera al paquete, necesario para su transmisión a través de la red y al correspondiente proceso en cada nivel correspondiente del receptor. Veamos la funcionalidad asignada a cada capa, partiendo de la aplicación en el emisor:

Capa 7, de Aplicación

Sirve a los usuarios mediante el sistema operativo de red, para que las aplicaciones tengan acceso a los servicios de red. Soporta las aplicaciones del usuario como ser, el software para la transferencia de archivos, el acceso a base de datos o el correo electrónico. En esta capa se controla, el acceso general a la red, el flujo de datos y la recuperación de errores.

Capa 6, de Presentación

Determina el formato para la comunicación entre máquinas, por ejemplo 8 bits por mensaje. En el receptor, esta capa transforma este formato en el utilizado por la correspondiente aplicación. Se la reconoce en un server, con la función de redireccionador de entrada-salida (I/O). También provee servicio de seguridad del encriptado, la pauta de transmisión y compresión de datos. En esta capa se gestiona la conversión de protocolos, la traducción y codificación de datos, se cambia y convierte los juegos de caracteres y se expande los comandos gráficos.

Capa 5, de Sesión

Establece, efectúa y finaliza una sesión de conexión. Permite iniciar sesiones por cada servicio diferenciado y entrelazar los mismos, como ser en la transmisión punto a punto, punto a multipunto o de difusión general. Ejecuta el reconocimiento de nombres y funciones, como la seguridad necesaria para permitir a dos aplicaciones comunicarse en red. Provee la sincronización entre usuarios introduciendo un control dentro del flujo de datos. Si la transmisión falla, solo se tiene que retransmitir los datos posteriores a ese punto. Implementa el control del diálogo en el proceso de comunicación, regulando que extremo, cuando y por cuanto tiempo transmite

Capa 4, de Seguridad en el Transporte

Empaqueta los mensajes, dividiendo largos mensajes en varios paquetes o empaquetando varios mensajes cortos, a fin de incrementar la eficiencia de la transmisión sobre la red. En el receptor se reempaqueta el mensaje, vuelto a ensamblar a su formato original y envía una señal de confirmación de la recepción del mensaje. Establece una conexión virtual y asegura que los paquetes sean transmitidos libre de errores, sin pérdida o duplicación de los mismos. Agrega la información de secuencia y proporciona el control de flujo.

Capa 3, de Red

Es responsable por la construcción de los paquetes, agregando su cabecera de direccionamiento. Direcciona, trasladando nombres y dirección lógica, dentro del encaminamiento físico. Determina la ruta de los segmentos de red, desde la fuente a la computadora de destino, basándose en la prioridad del servicio, condiciones y estado de la red. Administra problemas de tráfico sobre la red, según el estado de conmutación, enrutamiento y congestión de datos. Si la estación de destino indica que no puede recibir los datos por su gran tamaño, la estación de emisión fragmenta los paquetes en unidades menores. La

estación de destino reensambla los datos a su tamaño original. Dispone su operatividad en tres fases, establecimiento, secuencialidad y conectividad, según tipo de transmisión.

Capa 2, de Enlace de Datos

Resuelve solo los tramos parciales, es decir, el enlace entre nodos. No garantiza secuencialidad, ni selecciona el mejor camino. En la estación emisora pospone los paquetes de datos en el campo de carga útil de una trama de salida, llevándolos desde la capa de red al medio físico. Sobre el receptor empaqueta los bits en bruto, tomándolos de la capa física y llevándolos a la capa de red. Este nivel, es responsable de la transferencia de datos en el medio físico libre de errores.

Capa 1, Física

Es responsable del envío de bit en bruto, ceros y unos, desde una computadora a otra, sin interesarle su significado intrínscico. Define como son recibidos los bits, los de codificación y sincronización, la formación del pulso, su duración y velocidad adecuada para el medio de red utilizado. Relaciona la interfaz eléctrica u óptica, con el medio físico o virtual, sus velocidades máximas, valores de tensión. Define como el cable es terminado en la placa de red, cuantos contactos (pines) tiene el conector, las funciones de cada contacto, las toma de tierra, calibre y colores de los conductores. También define la mejor técnica y códigos de línea a utilizar para el envío de los datos sobre la red.

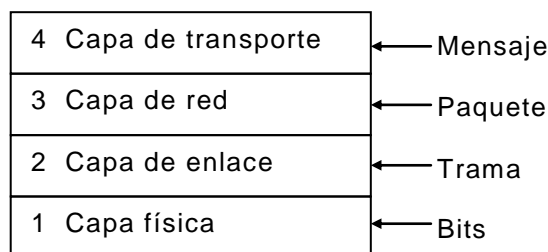
Mensaje, paquete y trama

Es importante distinguir la diferenciación entre mensaje, paquetes y trama. En el emisor de origen, la Capa 3 "de red", en el modelo OSI, toma un mensaje de la Capa 4 "de transporte", y construye un paquete con el agregado del encabezado de esta capa de red.

Este paquete se pasa a la Capa 2 "de enlace de datos", para su inclusión en un campo fijo de una trama de salida.

La trama pasa a la Capa 1 "física", la que la transmite en formaciones de bits. Cuando estos bits llegan al receptor de destino, la su capa 2 del mismo, extrae el paquete de la trama de bits y lo pasa a la capa 3.

De esta forma la Capa 3 "de red" actúa como si las máquinas intercambiasen paquetes en forma directa virtual, aunque realmente los datos sufren varios proceso en su encaminamiento físico real, constituidos como tramas en tren de bits.

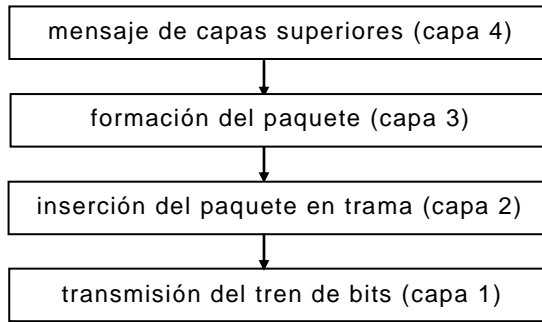


Correlación de mensaje, paquete y trama de bits según capa

Procesamiento de los datos según el modelo OSI

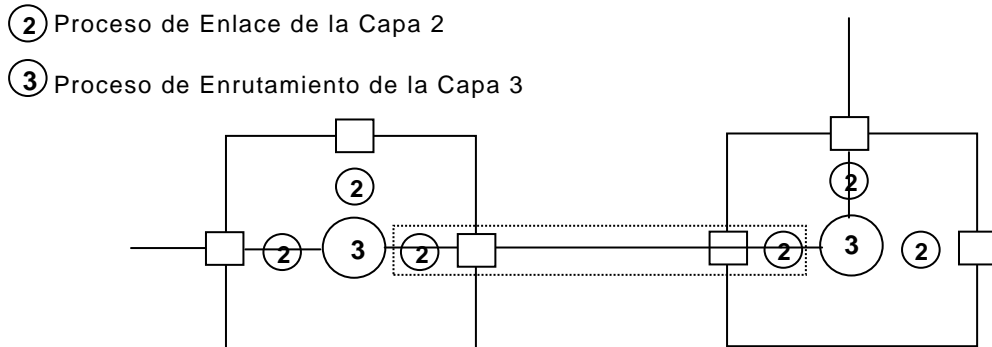
Al efectuar una descripción sucinta de las funciones de Capa 3 y Capa 2, se indicó que en el emisor, la Capa 3, de red, era la responsable del direccionamiento de los paquetes y determina la ruta entre segmentos de red hasta su destino. Mientras que, la Capa 2, de enlace, posee los datos en tramas, desde la capa de red a la capa 1, del medio físico, donde son enviados como bits.

Sobre el receptor, la Capa 2, de enlace, empaquetan los bits en tramas, tomándolos de la Capa 1 (medio físico) y llevándolos a la Capa 3, de red y de allí a las capas superiores como mensaje original.



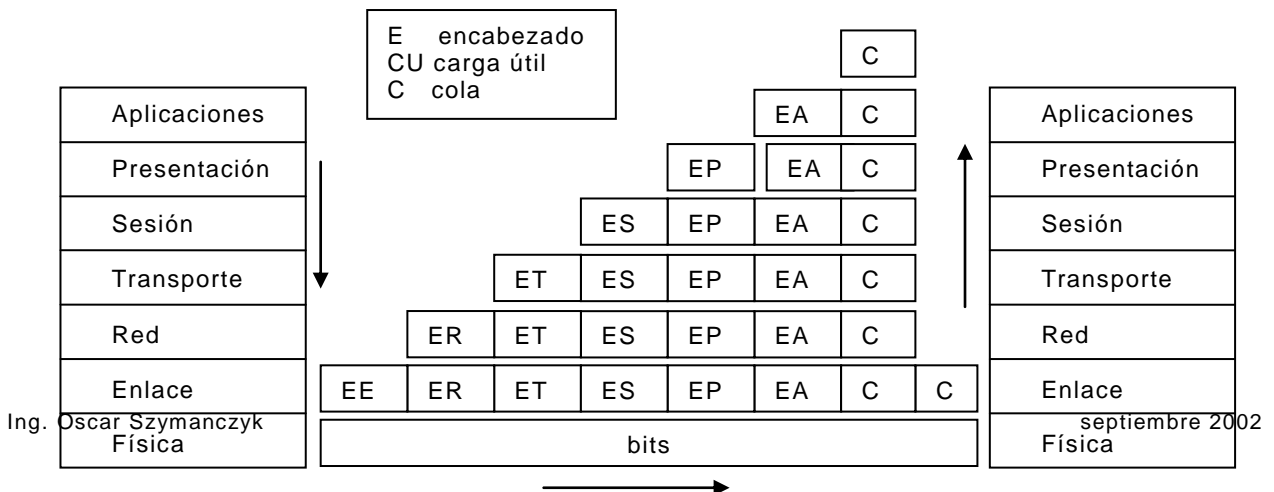
Proceso de los mensajes, paquetes, tramas y bits

Este proceso se gestiona tanto en las máquinas origen como en las de destino, mientras que en cada nodo de la red se opera consecuentemente en la definición del enrutamiento por cada uno de los enlaces de la red.



Procesos de enlace y enrutamiento

Mientras que la Capa 2 resuelve solo los tramos de enlace entre nodos, no garantiza secuencialidad, ni selecciona el mejor camino. Entretanto la Capa 3, determina la ruta de los segmentos de red, desde la fuente al equipo de destino, basándose en la prioridad del servicio, condiciones y estado de la red. Asimismo, administra problemas de tráfico sobre la red, según el estado de conmutación, enrutamiento y congestión de datos. Si es necesario, en el origen fragmenta los paquetes en unidades más pequeñas y la estación de destino los reensambla a su tamaño original.



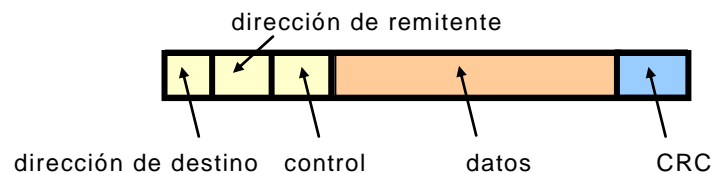
Adicionado de encabezados y cola a la carga útil

El modelo OSI también regula como los datos son tratados por las capas, desde la emisión de la aplicación, en la red y hasta la aplicación de destino. Los datos pueden formar archivos suficientemente grandes, que al enviarlos por la red la saturarían imposibilitando la correcta comunicación de las restantes máquinas y de ella misma

Otra dificultad radica en la dificultad de detectar y corregir los posibles errores surgidos en la transmisión. Estas dificultades se subsanan creando pequeños formatos de datos, los paquetes de datos. La partición en paquetes acelera las transmisiones individuales.

Cuando el sistema operativo de red divide los datos en paquetes, agrega información de control a cada una de sus tramas, para permitir, enviar los datos en grupos, reconstruir los datos originales en el orden correcto, y comprobar si existen errores en los datos.

Redes distintas, tienen distinto formato para los paquetes y permiten paquetes de distintos tamaños. La estructura del paquete viene definida por el protocolo utilizado por los dos equipos a comunicarse. Los paquetes se podrán estudiar como agrupados por una cabecera o encabezado (header /overhead), la carga útil (payload) y la cola (trailer).

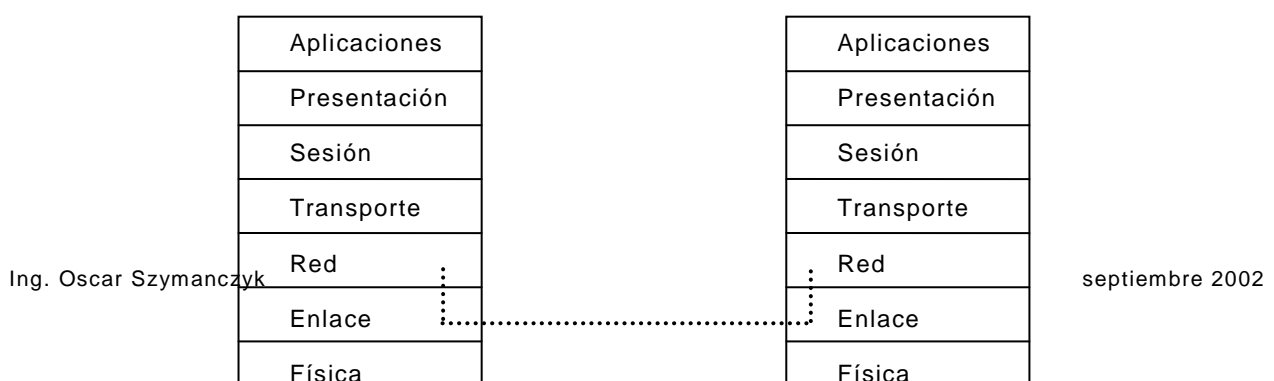


Conformación de una trama OSI

El encabezado incluye una señal de control que indica según los sistemas, la condición y gestión de la transmisión, contiene las direcciones de origen y destino, señales de control y de reloj del sincronismo. La información de control se refiere a la verificación del tipo de trama enviada, su sincronización, enrutamiento y orden de la segmentación.

El sector de datos conforma la verdadera carga útil de los paquetes. Según los distintos métodos puede variar entre pocos bytes (By) y varios kilobytes.

El sector de cola contiene normalmente un código de comprobación de errores, como ser el llamado comprobación de redundancia cíclica CRC (Cyclic Redundancy Checking). En el origen el CRC produce por cálculo matemático un número aleatorio, correspondiente a ese paquete, que sirve en la recepción a la verificación de errores. Cuando el paquete llega a su destino vuelve a hacer el cálculo y verifica si es igual al del origen. Si no coincide, indica que los datos han cambiado en su recorrido y por lo tanto, se deberá efectuar la retransmisión de los datos.



Enlace virtual entre capas de red y de enlace

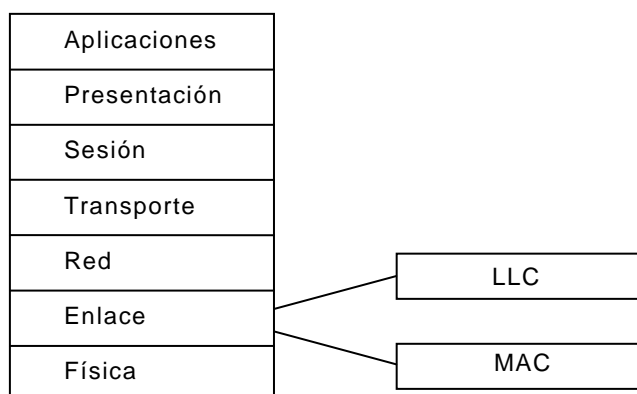
Los componentes de la red dirigen los paquetes a su correcta dirección. Cada placa de red ve todos los paquetes enviados sobre su segmento, pero solo admite al equipo al que disponga de su dirección. Tienen la posibilidad del reenvío en base al encabezado del paquete y el filtrado de paquetes.

Modelo IEEE 802

A fines de los años 1970, el IEEE desarrolla los estándares de LANs, los que son publicados en febrero de 1980 como especificación internacional, asignando según su año y mes de emisión el número 802. Ésta norma cubre cierto defecto en la norma ISO original, dividiendo la capa 2 (de Enlace) y redefiniéndola como dos subcapas, la denominada "control de enlace lógico" LLC (Logical Link Control) y la subcapa "control de acceso al medio" MAC (Media Access Control).

La subcapa superior LLC administra el establecimiento, mantenimiento y terminación de un enlace y define el uso de puntos de interfaz lógica, llamados puntos de acceso a servicio SAP (Service Access Point). Es la responsable de transferir la información a las capas superiores.

La subcapa inferior MAC provee el acceso compartido de las placas de red, de los equipos al nivel físico. El subnivel MAC se comunica directamente con la placa de red y es responsable que solo un dispositivo pueda acceder a la vez al medio para la transmisión y entrega de datos. Además, libra de errores a la red entre equipos.



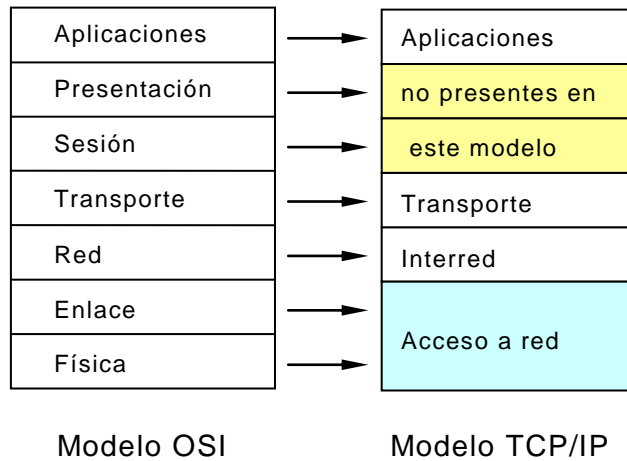
Capa de enlace, dividida en las subcapas LLC y MAC

Modelo TCP/IP - DARPA

El modelo empleado para las redes Internet se conoce como por sus protocolos TCP /IP o por el de sus creadores, la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de la Defensa, DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency).

El DARPA organismo del Departamento de Defensa de EE.UU., en la filosofía de crear una red con nodos capaces de sobrevivir a un ataque nuclear y con capacidad de conectar múltiples redes de arquitectura disímil como ser las ópticas, móviles y satelitales. con estos requisitos, este modelo se definió en 1974, por Cerf y Kahn, como red de paquetes, carente de conexión.

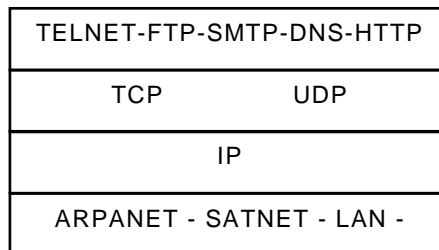
La capa de Interred funciona como eje que mantiene unida toda la arquitectura, permitiendo que todos los nodos puedan inyectar paquetes, que puedan viajar por cualquier red, e incluso sin un orden predeterminado. Esta capa de Interred define un formato de paquete y el protocolo IP (Internet Protocol). Este protocolo actúa en capa 2 de este modelo, que es equivalente a la funcionalidad de la capa 3 de red del modelo OSI.



La capa de transporte tiene funciones equivalentes a la del modelo OSI. Para esta capa se definió el protocolo de control de transporte TCP (Transmission Control Protocol) y el protocolo de datagrama UDP (User Datagrama Protocol).

El TCP es un protocolo confiable orientado a la conexión, que permite que una corriente de bytes originada en una máquina se entregue sin errores en cualquier otra máquina de la red. Este protocolo fragmenta los bytes de los mensajes en grupos de mensajes discretos los que los pasa a la capa de Interred. El TCP también reensambla los mensajes en el origen y se encarga del control de flujo entre emisor y receptor.

El UDP es un protocolo sin conexión, no confiable, empleado en aplicaciones que no requieran la asignación de secuencia ni el control de flujo, y que desean utilizar los suyos propios. Se emplea un redes de alta confiabilidad como son la redes ópticas o en servicio de voz o video donde es más importante la entrega pronta que la entrega precisa.



Protocolo del modelo TCP/IP

Este modelo no tiene capas de sesión ni de presentación, por considerarse que no eran necesarias a su uso. Para la capa de aplicaciones se emplean:

- TELNET, protocolo de terminal virtual que permite a un usuario acceder a Internet en otra computadora.
- FTP (File Transfer Protocol), protocolo de transferencia de archivos que opera con servidores de archivos conectados a Internet.
- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol), protocolo de transferencia de correo simple.
- DNS (Domain Names Service), servicio de nombres de dominio, que opera con bases de datos de Internet distribuidas, que permite saber el número de un dominio IP.
- NNTP (Net News Transport), protocolo de transporte de noticias en red, que permite en Internet el intercambio de noticias y de datos entre servidores.
- HTTP (Hypertext Mark up Languaje), lenguaje de hipertexto para páginas Web.

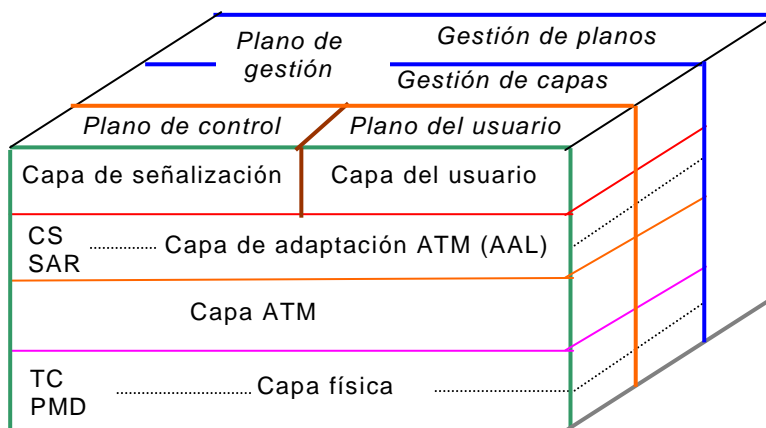
En situación de comparar el modelo OSI con el TCP/IP se puede puntualizar la diferencia de capas en cantidad y funciones. En el primero OSI, se apoya la comunicación sin conexión tanto como la orientada a la conexión en capa 3 "de red", pero en la capa 4 "de transporte" lo hace solo en orientación a la conexión. El modelo TCP/IP por el contrario solo tiene el modo sin conexión en capa de red, pero apoya ambos modos en la capa de transporte. Esto hace al modelo TCP/IP más flexible al uso de los usuarios.

Modelo ATM (B-ISDN)

Si en una misma comunicación el tráfico es variable, debido al uso de sistemas de compresión dinámicos, se requerirá distintos ancho de banda, se dice que es un tráfico a ráfagas (bursty traffic). Cuando el tráfico es a ráfagas, 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 "modo de transferencia asincrónico" ATM (Asynchronous Transfer Mode) en 1986. Posteriormente la ITU lo adoptó en 1988, como parte de la norma para la Red Digital de Servicios Integrados de banda ancha, RDSI (B-ISDN, Broadband-Integrated Services Digital Network).

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, además de las capas superiores que el usuario quiera adicionar.

Además, 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.

Además, este modelo está compuesto por cuatro capas, basadas sobre el principio de la arquitectura OSI. La capa superior de aplicaciones, la capa de adaptación ATM, la capa ATM y la capa física.

La capa superior corresponde a las distintas aplicaciones.

La capa de adaptación (AAL), sirve de interfaz entre la capa ATM inferior y los requerimientos de servicios de las capas altas. La capa AAL 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 canal 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).

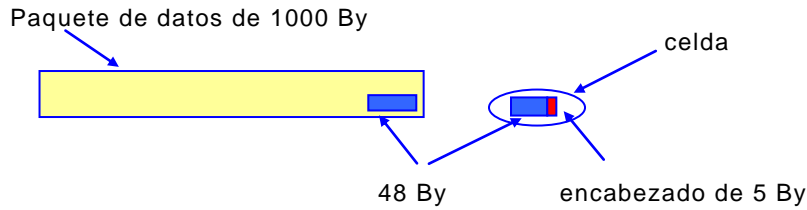
La capa física se divide en dos subcapas. La subcapa inferior dependiente del medio físico PMD (Physical Medium Dependent), es responsable de la correcta emisión y recepción de bits por cada medio físico. Establece la interfaz con el cable, transfiere los bits y controla la temporización. La subcapa 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.

Su cualidad de asincronismo lo hace ser independiente del cualquier reloj maestro (como cualquier línea telefónica de larga distancia), que le permite obtener su mayor flexibilidad en la red de acceso. 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. Las celdas están tan vinculadas, que conforman una trama continua. Comparado con el procedimiento sincrónico que tiene una temporización asignada fija para cada paquete de longitud variable.

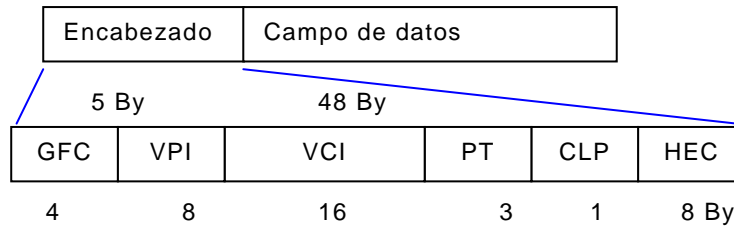
El ATM se basa en el método de transmisión de datos en banda ancha, en celdas fijas de 53 Byte, en vez de emplear tramas de longitud variable. Estas celdas consisten en 48 Byte de información y de 5 Byte adicionales para datos de encabezado ATM, denominado tara. Por ejemplo, ATM divide un paquete de 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.



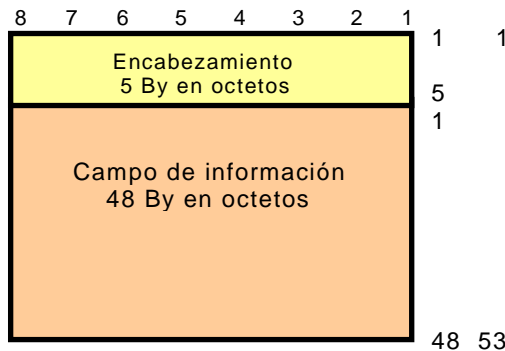
Formación de celdas ATM

Los 5 Bytes 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 Bytes de información, significan 48 Bytes formados en octetos de bits, es decir, $48 \times 8 = 384$ bit.



Encabezado de celda ATM

Donde GFC control genérico de flujo (Generic Flow Control)
HEC corrección de errores de cabecera (Header Error Control)



Estructura genérica de una celda ATM

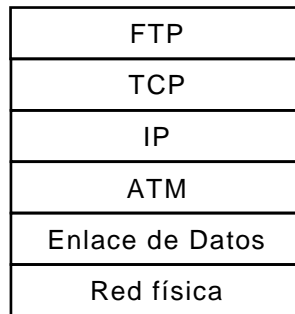
El ancho de banda está definido por la cantidad de celdas transferidas por unidad de tiempo. Si no hubiese datos a ser transmitidos, las llamadas celdas ociosas (idle) serán insertadas en la trama. Estas celdas ociosas no contienen información. Si el ancho de banda requiere ser incrementada, la relación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

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 si solas en forma individual, por un cable de cobre o de fibra óptica o bien se pueden empacar dentro de la carga útil de otros sistemas portadores, como ser T1, T3, SONET o FDDI. Es decir, que ATM se diseño 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 host de origen establecen primero una conexión ATM de capa de red con host de destino y envía por ella paquetes independientes, en este caso paquetes IP, que podrán contener a su vez correo electrónico FTP.



Transporte de TCP/IP sobre ATM

TRANSFERENCIA DE DATOS ATM

En los sistemas ATM, la transferencia de datos se realiza mediante conmutación de paquetes de banda ancha, siendo 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. 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.

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 reensambladas en el extremo receptor. 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, a diferencia de las LANs que podrán disponer de muchos receptores. Sin embargo, se puede logra la multidifusión haciendo que una célula entre en un conmutador ATM y salga por varias direcciones. En ese caso, 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. Posibilita la transmisión de videoconferencias
- 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 se usan para datos de paquetes de carácter asincrónico. En el caso de servicio Clase A, es necesario garantizar en forma estricta el retardo y el ancho de banda. Los servicios Clases B y C no tienen necesidades tan estrictas, solo es necesario contar con mecanismos de gestión y de guarda para garantizar una calidad de servicio QoS negociado.

Además de las categorías de servicio CBR y VBR aludidas anteriormente se dispone de las ABR (Available Bit Rate), disponible en ráfagas con ancho de banda aproximado y el UBR (Unspecified Bit Rate), con tasa de datos no especificados, en este caso, si sobran celdas se entregan igual y si faltan no se reponen.

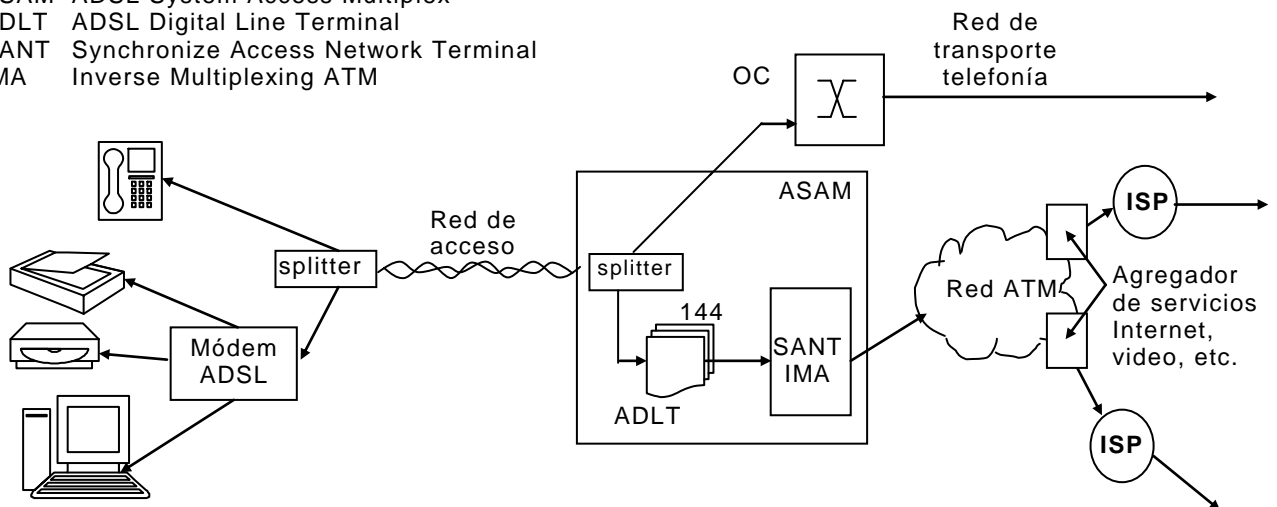
Protocolos empleados en ADSL

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 o según la nomenclatura Alcatel un ASAM. Este está comprendido por un splitter que deriva las comunicaciones telefónicas hacia el repartidor general, de allí al conmutador y ala 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 la red Internet, de video, etc.

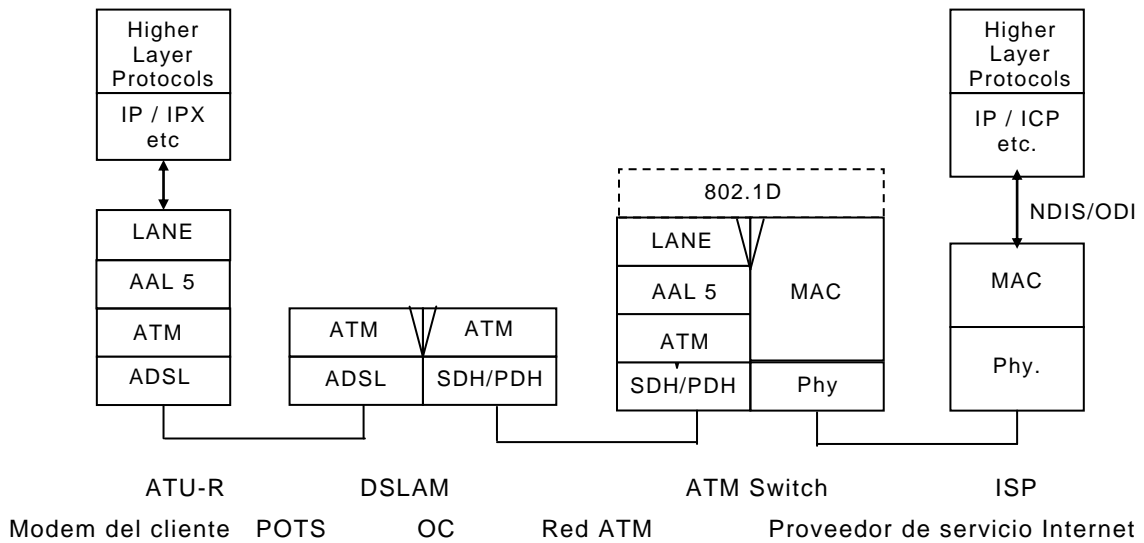
Al esquema de conexionado se completa adicionando un dispositivo denominado "agregador de servicios". Este elemento forma parte y se ubica posterior a la malla ATM. Su función se refiere a direccionar la ruta por un circuito virtual permanente, según el servicio especificado por el cliente, a un proveedor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

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



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

Arquitectura troncal ATM

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).

En las centrales, los DSLAM se ubican cerca de los MDF, donde estos albergan múltiples ATU-C, según modelo y proveedor de los distintos sistemas.

Líneas por bastidor	Líneas por sistema	Red de interconexión	Interfaz hacia red de datos	Categoría ATM	ATU-R	Clientes por BAS
92 á 1280 (144 - 240)	92 á 1280 (576 - 1560)	cascada ----- 4 etapas de concentración ----- árbol ----- estrella.	4 x E1 ----- E3 ----- SMT-1 ----- SMT-4	CBR rt CBR nrt UBR VBR	Bridge y Router Ethernet ----- ATM-F25 PC NIC USB	768 á 48000 (4800 á 14000)

La red de interconexión, de hasta cuatro DSLAM, trabaja a 34 Mb/s. Las celdas ATM son enviadas a la red óptica ATM, como tráfico PDF hasta un centro concentrador, desde allí a la red ATM, en STM-1 de 155 Mb/s. En la red ATM con STM-! sobre SDH.

En las jerarquías inferiores podría emplearse TDM y Frame Relay en velocidades de E1.

En su lado remoto estas redes ATM confluyen en agregador de servicio que encamina la comunicación al operador de servicio seleccionado en tráfico IP. Se podrán disponer de hasta diez servicios diferentes, videoconferencias, VoD, etc.

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).

Instalaciones internas

Las instalaciones internas en edificios, para ADSL, no difieren físicamente de las realizadas para telefonía básica. Se podrá emplear cables UTP (Unshielded Twisted Pair) de 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 frecuencia mayores a los módem de las PC.

Es más frecuente el uso como filtros, no del tipo splitter por su precio.

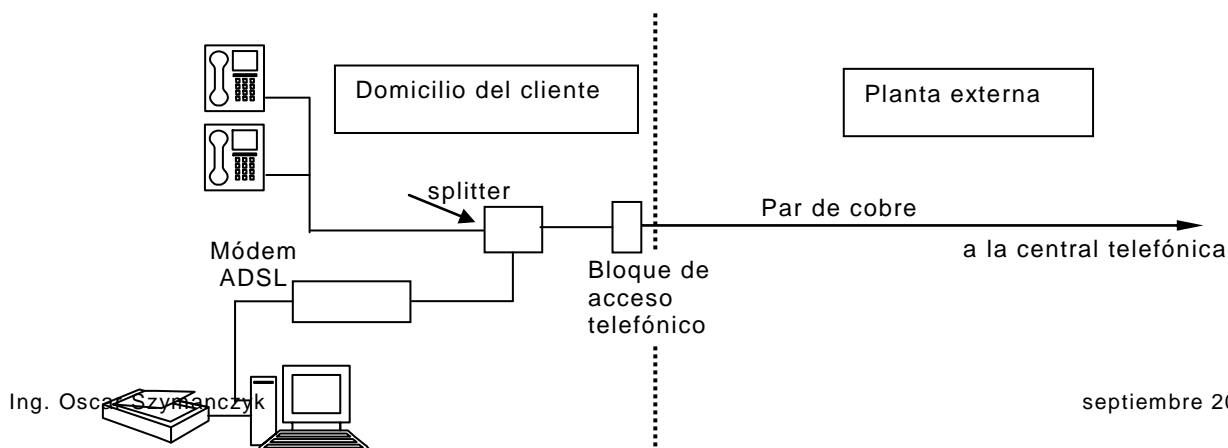
Hay distintos tipos de filtrado, del tipo centralizado, externo o interno al módem, ubicándolo a la entrada del mismo, concentrando tres teléfonos por modem. Otra configuración emplea micro filtros, uno por cada teléfono. Al módem llegan las tres bandas y salen a cada teléfono equipados con micro filtros.

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 presenten tal cualidad.

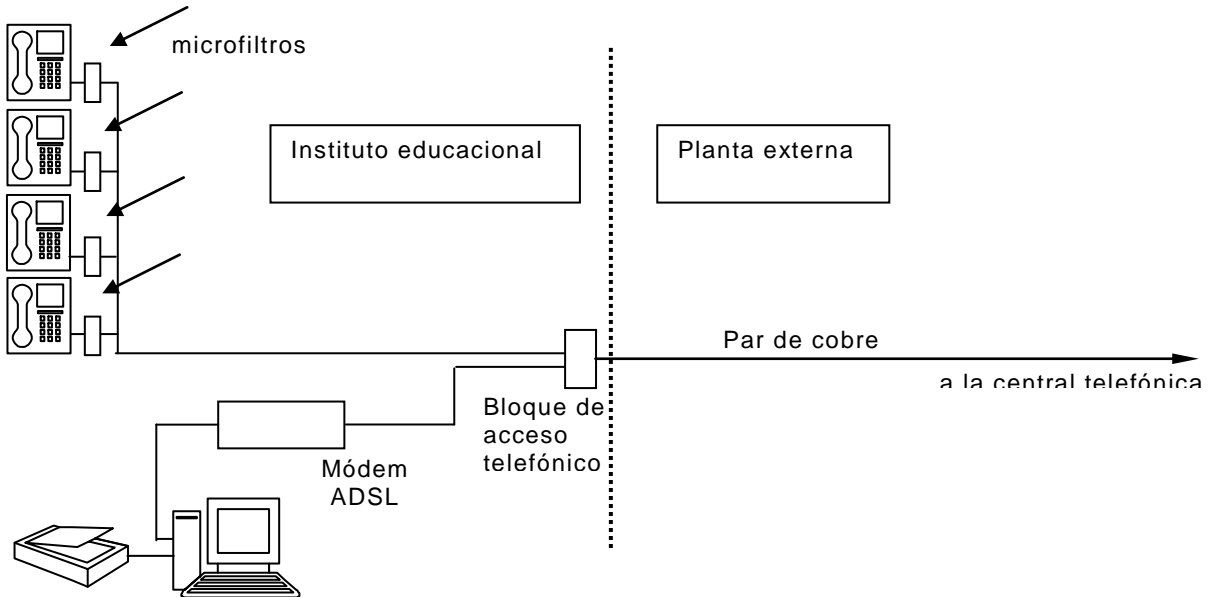
El factor más importante es la relación señal ruido. Disminuir los efectos de ruido resulta engoroso y oneroso, además, sus métodos son muy poco efectivos. En la actualidad los mismos diseños de los ADSL están preparados para esquivar las señales de ruido seleccionando dentro de lo posible al canal de 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 instalando un splitter central que encamine la señal analógica a los aparatos telefónicos y la señal de datos a la computadora personal.



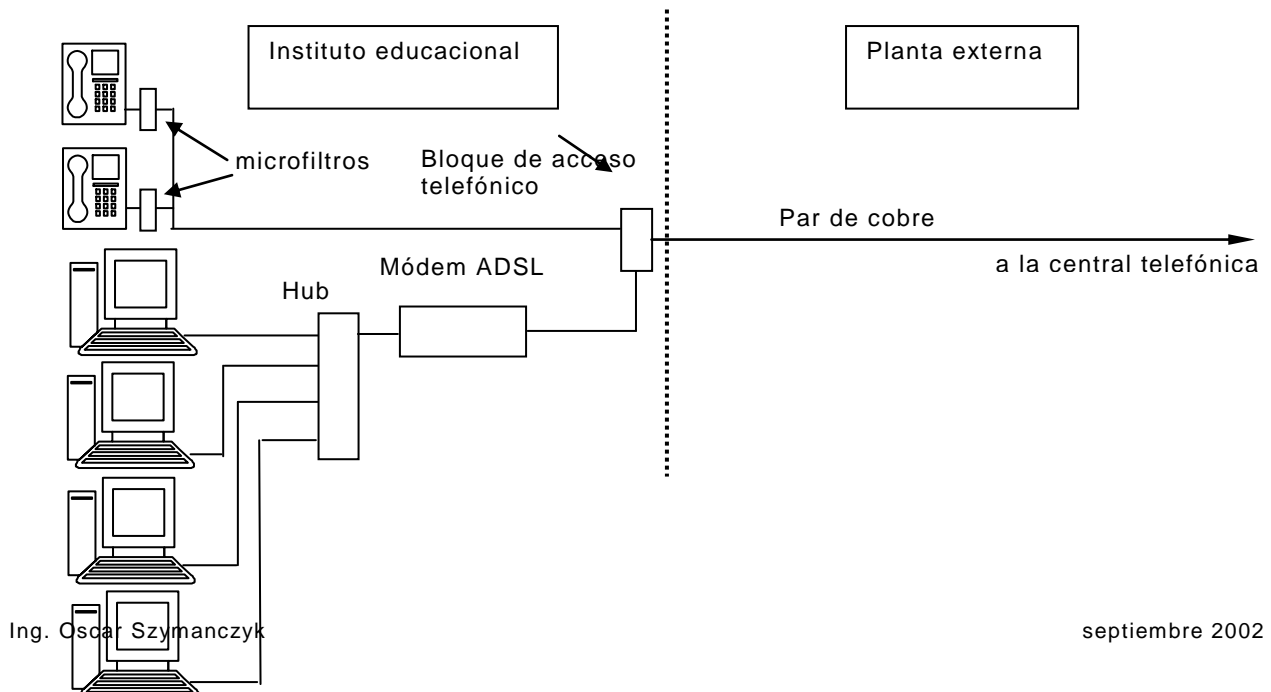
También se podrán emplear microfiltros, en la conformación individual, que actúen como filtros pasabajo para cada aparato telefónico.



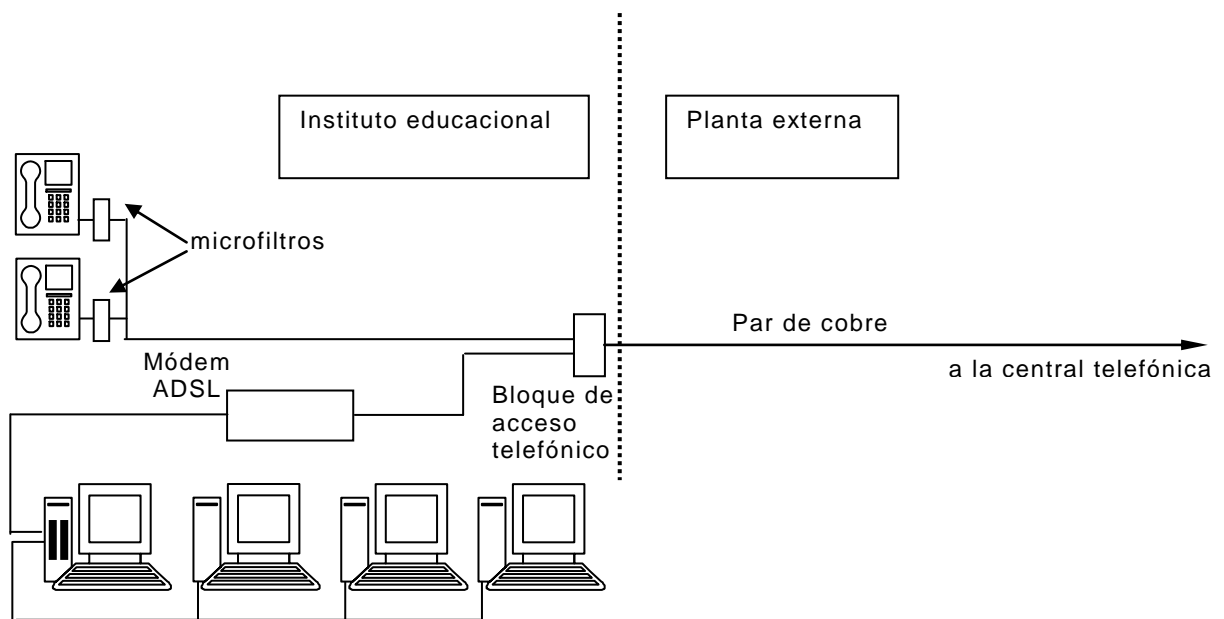
En este caso no será aconsejable el uso de más de tres aparatos telefónicos debido a presentar alta Impedancia.

Esquema en locutorio e institución educativa

En el esquema dispuesto para la instalación en una red interna de un locutorio (cabinas públicas) o montaje para un instituto educativo, la topología se conformará pudiendo incluir 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.



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.



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 canales de mayor frecuencia, que son más afectados por la atenuaciones de la línea. 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 en banda angosta, aunque se podrá llegar hasta 55 dB si la relación señal /ruido es alta. En banda ancha la atenuación depende del canal analizado
- 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. Los cambios de calibre también perjudica al valor de transmisión.

- 5- Los instrumentos de medición, opera en general sobre su lado derecho, las funciones digitales de velocidad, cantidad de bits y características del ADSL, mientras que sobre su lado izquierdo las funciones de medición analógicas de la línea, como multímetro y reflectómetro.

Mercado de equipos ADSL

En el mercado argentino, solo tres modelos de hardware han sido comercializados. A comenzado el lanzamiento de módem ADSL la firma Cisco, seguida de Alcatel y Arecom un producto de fabricación coreana, con dos modelos, el DSL 800 y el DSL 1000.

Alcatel tiene tres modelos el ANT, Pittach Home y Pittach Brown, todos robustos, confiables y de mejor servicio. De los módems ANT, no hubo la necesidad de cambiado uno. Luego se instalaron instaló la línea Pittach, hasta principio de 2001, cuando comenzó la venta del módem Arescom, más económicos. En EE.UU. esta firma comercializa también cable módem para CATV.

Conexión del modem ADSL

La conexión de las PC en el modem ADSL, se realiza siempre por un puerto de alta velocidad, descartando el puerto serie de interfaz serie RS132. Se usan los puertos Ethernet, DSL o ATM F.25. Del Pentium 2 en adelante las PC introdujeron el terminal de norma universal USB, el mismo no es práctico usar en redes, solo emplear en instalaciones residenciales, sino se tiene placa Ethernet. Todos los módems tienen puerto Ethernet pero no todos USB.

Con placas Ethernet se podrá disponer de 10 Mb/s, con USB hasta 16 Mb/s y con placa ATM-F25, hasta 25.6 Mb/s.

El puerto Ethernet es mucho más económico y mejor configurable por Windows, aunque el puerto ATM es mucho más rápido, su uso debe justifica su precio. Ethernet funciona con cualquier plataforma, no depende del sistema operativo, es más rápido y más estándar.

El módem tiene un lado llamado LAN o DSL y otro llamado WAN, el primero es el lado 10BaseT, Ethernet, que va hacia la PC y el segundo es el lado ADSL, que va hacia el splitter y la red de acceso.

Cuando se conectan varias PC al modem, se utiliza un Hub. Los módem según modelo podrán trabajar como Bridge o como Router.

Si se utilizan varios microfiltros sus impedancias cargan en demasía al modem, por lo que este pierde rendimiento.

Instalaciones en el domicilio del abonado

En esta última sección, se presenta algunos elementos constitutivos de la red interna del abonado y anexos al sistema. En Argentina son varios los proveedores de equipos modem ADSL. Como ejemplo tenemos la marca Cisco, Arescom y Alcatel.



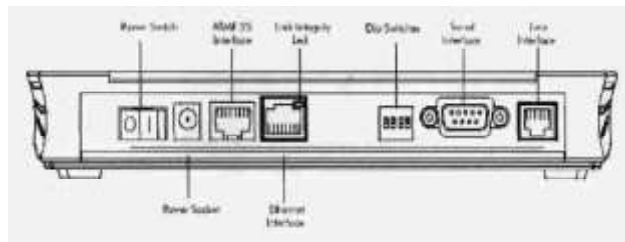
Ing. Oscar :



re 2002

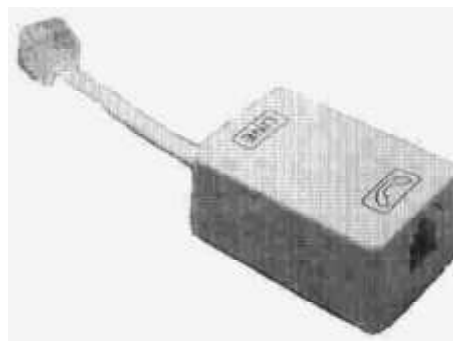
Módem Arescom

Módem Cisco



Módem modelo Alcatel

En cuanto a filtros, se dispone del tipo splitter o del tipo microfiltros. Se muestra un modelo de este último ejemplar.



Microfiltro

Como instrumentos de medición empleado se muestra el provisto por la firma SunSet xDSL.



Instrumento de medición xDSL

SIGLARIO	
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line Línea digital asimétrica de abonado
ADLT	
ASAM	ATM Subscriber Access Multiplexer Múltiplexor de acceso de abonado ATM
ATU-C	ADSL Termination Unit-Central Office Unidad terminal ADSL en la oficina central
ATU-R	ADSL Termination Unit-Remote Unidad terminal ADSL remoto (en la casa del abonado)
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer Múltiplexor de acceso a línea digital de abonado
SANT IMA	

Muchas veces, módems que usan USD realmente están transfiriendo recursos de la PC, parte del procesamiento de la señal digital lo realiza la misma PC.

