

PRESENTACION DE LA FAMILIA xDSL

Estas tecnologías de acceso se pueden utilizar para convertir las líneas de acceso en un enlace digital de alta velocidad y para aliviar las sobre cargas de la RTC (Red Pública Conmutada). Esta línea de tecnologías forman una familia comúnmente denominada xDSL (*x –type digital subscriber line*). Algunas de estas tecnologías están basadas en los módems, esto es, algunas tecnologías de la familia xDSL utilizan métodos de señalización analógica para transportar información analógica (en contadas ocasiones) o digital a lo largo de la línea de acceso o de bucle local. Es importante resaltar que las velocidades xDSL varían dependiendo de las características físicas de los bucles locales. La familia xDSL es un conjunto de soluciones basadas en el cobre.

Existen múltiples soluciones a los problemas de la sobre carga de la RTC producidos por los paquetes de datos y servicios interactivos de banda ancha. Algunas soluciones implican la construcción de sistemas completamente nuevos basados en redes de radio y satélites. La ventaja que ofrecen estas tecnologías es que se implementan sobre una infraestructura que ya existe.

FAMILIAS xDSL

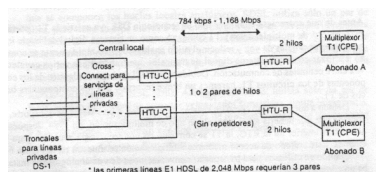
El orden con que se ubico cada una de las siguientes tecnologías es cronológico.

Nombre	Significado	Velocidad	Modo	Comentario
HDSL/HDLSL2	DSL de alta velocidad	1,544 Mbps	Simétrico	Utilizaba 2 pares de hilos.
		2,048 Mbps	Simétrico	HDSL2 utiliza un par de hilos
SDSL	DSL de par único	768 kbps	Simétrico	Utiliza un par de hilos
ADSL	DSL asimétrico	De 1,5 Mbps a 8 Mbps	Sentido Downstream (Descendente)	Utiliza un par de hilos Mínima longitud de bucle: 5,5 Kms.
		De 16 Kbps a 640 Kbps	Sentido Upstream (ascendente)	
RADSL	DSL de velocidad adaptable	De 1,5 Mbps a 8 Mbps	Sentido Downstream (Descendente)	Utiliza un par de hilos, pero puede adaptar la velocidad de datos a las condiciones de la línea.
		De 16 Kbps a 640 Kbps	Sentido Upstream (ascendente)	
CDSL	DSL de consumidor	Hasta 1Mbps	Downstream	Utiliza un par de hilos, pero necesita equipos remotos en casa.
		De 16 a 128 Kbps	Upstream	
IDSL	DSL de RDSI	Igual que el interfaz básico (BRI) de RDSI	Simétrico	Utiliza un par de hilos, denominado Bri sin conmutador
VDSL	DSL de muy alta velocidad	De 13 a 52 Mbps	Downstream	De 300 a 1300m de longitud máxima de bucle. Para funcionar necesita una red de
		De 1,5 a 6 Mbps	Upstream	

- **HDSL / HDSL2 – High-bit-rate DSL.** HDSL opera a 1,544 Mbps (velocidad de T1) en los Estados Unidos, y a 2,048 Mbps (resto del mundo). El HDSL original a 1,544 Mbps utilizaba dos pares de cobre y se extendía hasta 4,5 Kms. El HDSL de 2,048 Mbps necesitaba 3 pares de hilos para la misma distancia.
- **SDSL – Symmetric (o single pair) DSL.** Utiliza sólo un par de hilos, pero tiene su tope en 3 KMs, en sus especificaciones de diseño. Las velocidades son las mismas de HDSL por par de hilos 768 Kbps. La necesidad de soportar velocidades simétricas limita la distancia.
- **ADSL – Asymmetric DSL.** Aprovecha la naturaleza asimétrica de muchos de los servicios de banda ancha y a la vez amplía las distancias a la que puede operar hasta los 5,5 Kms.
- **RADSL – Rate Adaptive DSL.** Al utilizar modulación DMT (ADSL también la utiliza) puede adaptarse a cambios en las condiciones de la línea y ajustar las velocidades por separado para maximizar el rendimiento de cada línea individual.
- **CDSL – Consumer DSL.** Con CDSL no hay que preocuparse por los dispositivos como *splitters* (filtros) y su cableado. La función de estos filtros en la casa de la usuario es la de permitir la utilización de teléfonos y faxes de la misma manera que se utilizaban con anterioridad. Estos filtros es necesario en ADSL y RADSL.
- **IDSL – ISDN DSL (DSL de RDSI).** Está técnica toma el acceso básico (BRI) de la RDSI, compuesto por los canales 2B+D, que opera a 144 Kbps (2 canales B de 64Kbps cada uno y un canal D a 16 Kbps), y lo desvía del conmutador de voz de la RTC para dirigirlos a equipos xDSL. IDSL también funciona sobre un par de hilos y alcanza 5,5 Kms.
- **VDSL – Very High-Speed DSL.** Las velocidades son las más altas posibles, pero con un alcance sólo entre 300 y 1,300 metros sobre un par trenzado de cobre. VDSL espera encontrar una red de fibra en ese punto, y también tiene proyectado transportar celdas ATM (Modo de transferencia asíncrono).

HDSL

Las versiones mas novedosas de HDSL pueden operar a 1,168 Mbps sobre cada par, lo que la hace posible soportar las velocidades E1 sobre dos pares. Además, HDSL no necesita una planificación especial de bucle, ni necesita *repetidores* siempre que este bucle sea menor a 3,6 Kms, y la velocidad es idéntica a la conseguida con una línea T1.



En la figura se muestra un sistema HDSL que ofrece un servicio de líneas privadas dedicadas DS-1 a 1,544 Mbps a dos usuarios. El proveedor del servicio adquiere dos equipos, que son las Unidades de Terminación (HTU), en la parte central del proveedor del servicio (HTU-C) y la HTU-R, que es la unidad *remota* que se coloca tan cerca de los equipos de usuario (CPE) como sea posible. La HTU-C es normalmente un conjunto de equipos montados en bastidores colocados cerca del panel principal de distribución. Las líneas HTU-C son interconectadas para ofrecer el servicio T1 de la manera habitual.

La HTU-R se conecta a la HTU-C sobre un único par de hilos en la mayoría de las ocasiones. La HTU-R es un proveedor de servicio y no un equipo de usuario

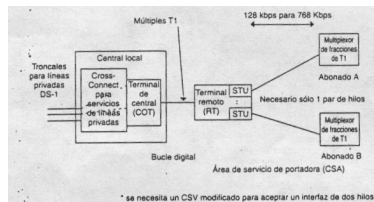
La ventaja principal de HDSL es que permite a los proveedores de servicios ofrecer T1 de un modo rápido y económico. Funciona prácticamente en cualquier bucle local. No necesita un diseño especial de

línea, ni ningún tipo de repetidores o amplificadores, y siempre existirá un par de hilos disponibles. Esto hace que los proveedores del servicio reduzcan costos (sigue siendo un servicio T1), aunque internamente se implante sobre HDSL.

Se puede ver que HDSL no opera a través del conmutador de RTC. HDSL es solo una solución para las líneas privadas dedicadas (no servicio).

SDSL

SDSL (HDSL de par único) comenzó tomando la mitad la mitad de un sistema HDSL de dos pares. De este modo SDSL comenzó operando a velocidades 784 Kbps. La utilización de varios pares de cobre para ofrecer servicios residenciales no es una situación ideal. La digitalización de bucle local es más sencilla si se utiliza un par de hilos ya existente.



En la figura, un Terminal de Central (COT – *Central Office Terminal*) y un terminal remoto (RT) se conectan por medio de múltiples enlaces T1 para formar la arquitectura de Área de Servicio (CSA). Normalmente se necesitan dos pares de hilos entre RT y el usuario para dar soporte a los 1,544 Mbps de velocidad T1 de la línea. Los RT más comunes solo soportan cuatro T1, por lo que la arquitectura está limitada si la idea es proporcionar velocidades T1 a cada usuario.

SDSL permite al proveedor del servicio ofrecer servicios DSL basados en tres parámetros: el costo, el alcance y la velocidad del servicio. Según las necesidades, la distancia a la central local de conmutación y las consideraciones económicas, los usuarios pueden escoger entre varias opciones de SDSL.

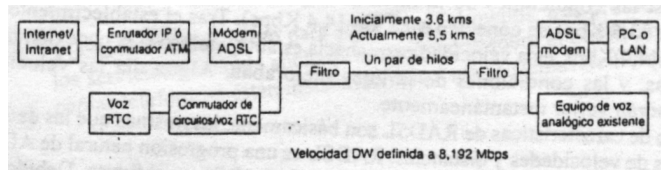
Velocidad SDSL	Distancia Máxima
128 Kbps	6,71 Km (22.000 pies)
256 Kbps	6,56 Km (21.500 pies)
384 Kbps	4,42 Km (14.500 pies)
768 Kbps	3,97 Km (13.000 pies)
1,024 Mbps	3,51 Km (11.500 pies)

ADSL

La ventaja que ofrece ADSL respecto a las variaciones xDSL anteriores, es que permite a los usuarios la utilización de sus teléfonos analógicos, cosa que no podían hacer los usuarios de HDSL, HDSL2 que debían adquirir equipos especiales de conversión (equipos terminales TA) o comprar teléfonos digitales.

En 1992 gran parte de las compañías telefónicas del mundo hicieron un esfuerzo para comenzar a transmitir video digital y el sonido que lo acompañaba (*video dial tone*) a usuarios residenciales. Se exploraron muchas tecnologías, y ADSL llamó la atención por que se podía desarrollar sobre el mismo bucle utilizado para voz analógica. Estos tipos de servicio necesitaban un gran ancho de banda en sentido descendente (downstream), es decir hacia el usuario, y un ancho de banda mucho menor en forma ascendente (upstream). Este tipo de modelo se observó en la mayoría de los servicios ofrecidos a los diferentes usuarios residenciales. Cualquier tipo de tecnología xDSL que soporte grandes anchos de

banda en un sentido y pequeños anchos de banda en el otro sentido, es por definición una tecnología ADSL.



En la figura se distinguen las dos características principales de ADSL. El filtro (*splitter*), es un dispositivo que se encuentra entre el conmutador local y los equipos de usuario; el filtro tiene dos funciones:

- Permite que teléfonos y faxes existentes continúen funcionando igual que siempre.
- Permite que el tráfico de datos de larga duración sea desviado de la RTC (conmutación de circuitos) hacia un enrutador IP o un conmutador ATM (conmutación de paquetes).

Esto alivia la congestión en la RTC y baja los costos del usuario ya que no necesita, ni requiere adaptadores especiales.

Para ADSL se define una velocidad máxima en downstream de 8,192 Mbps. De todos, modos, es difícil alcanzar esta velocidad debido a limitaciones propias de la arquitectura de Internet y sus *backbones*.

Por otro lado se puede observar que el enlace ADSL no es conmutado en forma alguna, es decir el enlace ADSL forma un tipo de línea dedicada privada desde el PC del usuario o desde una LAN hacia cualquier otro lugar del mundo.

RADSL

Este tipo de tecnología soluciona una posible limitación de los primeros dispositivos ADSL, especialmente aquellos basados en modulación CAP (*Carrierless Amplitude/Phase*). Básicamente, una vez que los equipos ADSL se instalaban en bucles analógicos locales y se realizaban las conexiones, la línea recién digitalizada operaba a unas velocidades downstream y upstream fijas durante la vida del enlace. Las velocidades podían variar de casa a casa e, incluso de par de hilos a par de hilos. El problema radica en que en que las condiciones de las líneas en el bucle local varían constantemente, ya sea por que llueva o no, por las radiaciones solares, o la temperatura. RADSL es teóricamente, capaz de adaptarse a cada uno de esos cambios en el momento, incluso durante sesiones activas.

El resto de características de RADSL es igual a las presentes en ADSL, en términos de velocidades y distancias. RADSL es una evolución de ADSL. La arquitectura básica de RADSL es exactamente igual que la arquitectura básica de ADSL.

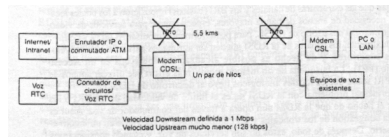
CDSL: ADSL/RADSL SIN FILTRO

ADSL/RASDL requerían de la instalación y mantenimiento de un dispositivo remoto (*splitter*). La presencia de este dispositivo causó problemas en el cableado y la configuración del cliente.

A mediados de 1997, Rockwell Semiconductor Systems presentó una variación xDSL llamada CDSL. De hecho las únicas variaciones significativas que presentó esta tecnología es la ausencia del filtro remoto y problemas de cableado, y que alcanza una velocidad menor (1Mbps en downstream).

El extremo enlace en la central de conmutación permanece igual. Aún se necesita un filtro en la parte central para separar los paquetes de datos de las conversaciones de voz. Estos filtros se encuentran

alojados en los mismos equipos de ADSL/RADSL. El gran cambio se produce en los equipos de usuario.



Ventajas que presenta CDSL:

- Facilidad de instalación en la parte del usuario.
- Voz y acceso a Internet simultáneo.
- Bajo costo para los usuarios (modems).
- Bajo costo en equipos para el proveedor (equipos en conmutador local).

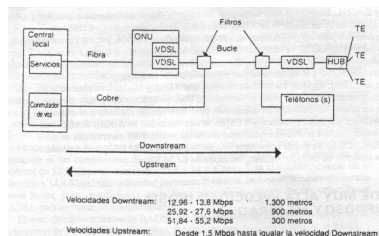
VDSL

En la actualidad muchas de las empresas telefónicas están instalando más y más sistemas de fibra, como sistemas DLC (*Digital Loop Carrier*). En grandes áreas actualmente llega la fibra óptica, con bucles de cable locales de cobre tendidos sólo en los últimos metros hacia las casa particulares, esto facilita la implementación de la tecnología VDSL.

VDSL incluye una red óptica para convertir y concentrar señales VDSL sobre una red de fibra, a demás esta tecnología esta preparada para transportar celdas ATM, esto es, VDSL está diseñado para formar una capa física de soporte a una red ATM. En este caso, el hub de VDSL en casa del usuario es un conmutador ATM, y los servicios se ofrecen desde una gran variedad de servidores ATM. La combinación de celdas ATM transportadas sobre enlaces VDSL se realiza para dar soporte a sistemas de *video digital conmutado*. A demás se podrán ofrecer otros servicios como el acceso a Internet a muy alta velocidad.

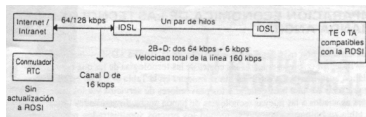
Se puede observar que VDSL ofrece compatibilidad con los teléfonos analógicos por medio de un filtro, al igual que ADSL. Por otro lado VDSL contempla la posibilidad de que existan múltiples equipos de usuarios en múltiples formas. Estos equipos son los *Equipos Terminales (TE)* para VDSL y pueden incluir PCs, redes locales LAN, televisores, e incluso frigoríficos o equipos de aire acondicionado.

VDSL se puede considerar como una red servicio total para los proveedores del servicio. ADSL es más una estrategia de red de datos.



IDSL Y RDSI

El principal problema que presenta la RDSI no es el límite de velocidad del BRI o los PRI; es el hecho de que la RDSI aún opera a través del conmutador de voz. Aquí es donde la congestión de los troncales y los conmutadores se convierte en un problema serio. Después de todo, estos no son servicios de voz, y cuando se considera la actualización para el soporte de RDSI del conmutador de una central local se habla en nuestro caso varios millones de pesos. Por esta razón la RDSI parece ser una tecnología poco llamativa.



En la figura podemos ver dos equipos IDSL operando a 160 Kbps sobre un par de hilos. La línea esta organizada en canales BRI comunes como un servicio 2B+D en agregado de 144Kbps. En el extremo de usuario, el cliente puede adquirir cualquier equipo TA o TE compatible con RDSI. En el conmutador local, todos los mensajes del canal D son ignorados ya que IDSL es en esencia un servicio de líneas dedicadas.

VENTAJAS DE XDSL

- xDSL se pone en marcha sólo cuando el usuario o cliente requiere el servicio. Un proveedor de servicios no necesita hacer una gran inversión y esperar a que los clientes lleguen.
- Ninguna tecnología xDSL requiere que se hagan cambios en software del conmutador de la central local. En la mayoría de los casos, un filtro dirige la voz analógica normal hacia el conmutador, y el resto de servicios se envía hacia enrutadores y servidores.
- De igual modo xDSL, puede utilizarse para usuarios residenciales, pequeñas y medianas empresas, y grandes corporaciones. La tecnología puede ser diferente (HDSL, ADSL), pero el servicio debería ser en esencia el mismo, con la posible excepción de los servicios de video.
- Algunas versiones de xDSL, especialmente ADSL/RADSL y VDSL pueden interactuar con un gran número de configuraciones de usuario. Se pueden soportar PC's y *set top-box* (un tipo de decodificadores de televisión) de manera individual, así como redes LAN de tipo Ethernet.
- xDSL ofrece, la infraestructura necesaria para el transporte de celdas ATM (especialmente VDSL). Esto es importante ya que ATM, a su vez, forma la base para el estándar internacional de servicios de banda ancha, conocido como RDSI de Banda Ancha (B-RDSI)

ADSL

Arquitectura de ADSL

ADSL es la tecnología más estandarizada de todas las xDSL, en términos de documentación disponible, servicios experimentales y especificaciones, hay que tener en cuenta que muchos de los servicios xDSL comenzaran con ADSL y terminaran con ADSL.

En la Figura 1 se muestra la arquitectura de un sistema ADSL. Como en la mayoría de las arquitecturas, se establecen una serie de interfaces estándar entre los principales componentes. Entre las interfaces se definen varios grupos funcionales que pueden quedar englobados bajo un producto determinado que realice las funciones requeridas, junto con otras opciones o mejoras que el fabricante del producto estime necesarias.

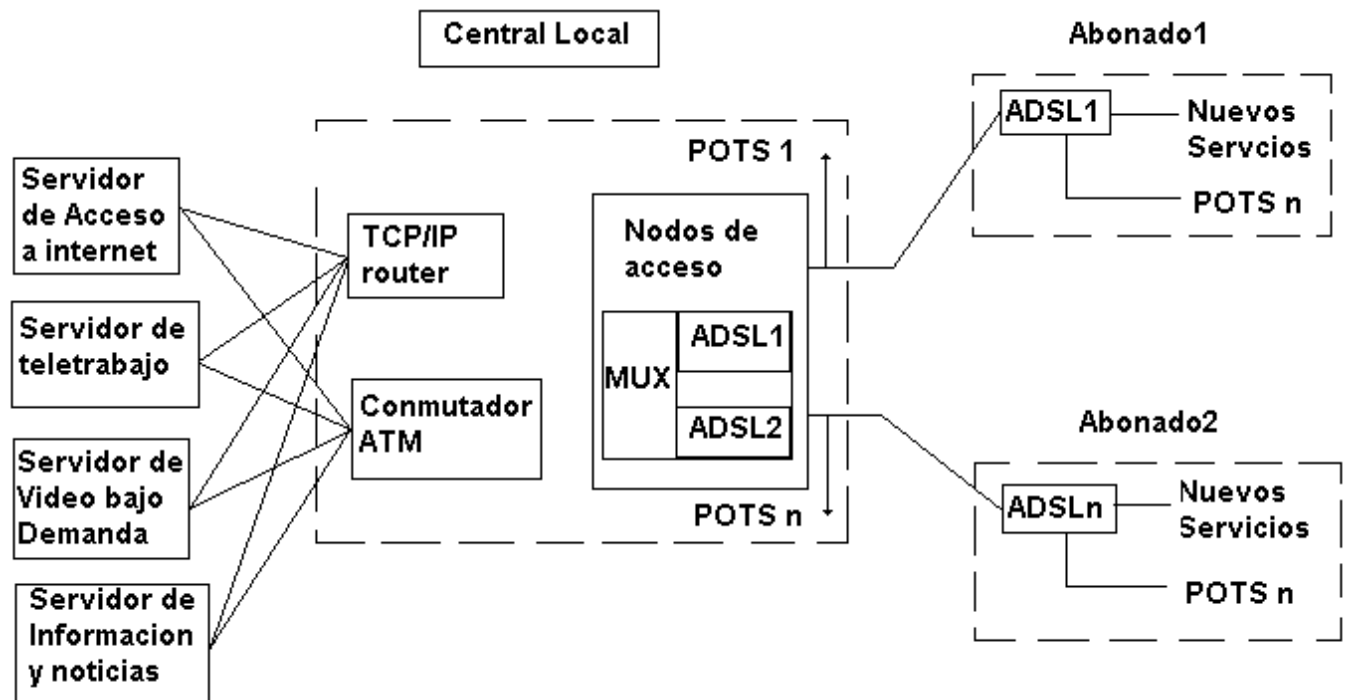


Figura 2.

En la versión mas sencilla de esta arquitectura, los abonados solo necesitarían un módem ADSL. Este dispositivo posee conectores RJ-11 normales que soportarían los teléfonos analógicos existentes en casa y oficinas. Un filtro separa el servicio POTS (servicio telefónico) de los servicios digitales.

En la central local, el servicio de voz analógica se dirige hacia el conmutador de voz con ayuda de otro filtro. El bucle local ADSL finaliza ahora en un nodo de acceso ADSL en lugar de llegar directamente al conmutador de la central local. El nodo de acceso (multiplexor de acceso DSL o DSLAM) multiplexa varias líneas ADSL. En el otro extremo del nodo de acceso, se pueden mantener enlaces a enrutadores TCP/IP o a conmutadores ATM.

Estos conmutadores o enrutadores permiten a los usuarios acceder a servicios tales como acceso a Internet, un servidor de teletrabajo (intranet corporativa), video bajo demanda, e incluso servidores de noticias e información. Una ventaja de ADSL es que soporta tanto TCP/IP como ATM.

Estándares de ADSL

Los productos ADSL han sido desarrollados de tal modo que utilicen la modulación CAP (Fase / Amplitud sin portadora) y la tecnología DMT (Multitono discretos) como codificadores de línea. En ADSL, tanto las técnicas FDM como las de cancelación de eco pueden ser, y de hecho son combinadas, lo que significa que debido a la naturaleza asimétrica de los ancho de banda ADSL, los rangos de frecuencia pueden solapar, pero no coincidir. Por este motivo la FDM y la cancelación de eco se utilizan de manera conjunta.

En lo que concierne a la codificación de línea, ADSL posee DMT. Esta codificación se caracteriza por su facilidad de adaptar su velocidad, lo que quiere decir que los dispositivos DMT pueden ajustar de una forma sencilla la velocidad a las condiciones instantáneas de la línea, como puede ser la humedad o las interferencias. También se caracteriza por su resistencia al ruido y a la presencia de señales digitales en los pares adyacentes.

Otras de las ventajas que presenta DMT son:

- Optimización integrada en los subcanales (RADSL).
- Monitorización activa y continua.
- Máxima cobertura de variaciones en el bucle.
- Alto nivel de flexibilidad en la velocidad.
- Superior inmunidad al ruido para un mayor rendimiento.
- Gran respaldo de los fabricantes de chipsets.
- Interoperabilidad a través de estándares.
- Virtualmente inmune al paso del tiempo.

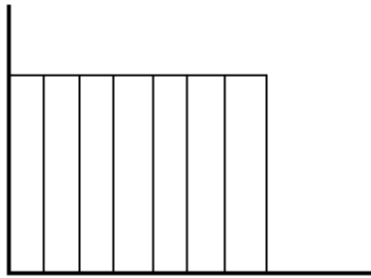
Funcionamiento de DMT: Multitonos Discretos.

A lo largo del rango de frecuencias, en la parte izquierda, existe un determinado número máximo de bits por segundo y por portadora (canal) que el dispositivo desearía transmitir y recibir. La ganancia es mayor o menor dependiendo de la frecuencia. A altas frecuencias, dominan los efectos de la distancia; a bajas frecuencias, dominan el ruido impulsivo y las diafonías. Esto deja un rango de frecuencias intermedio (aproximadamente 25 KHz. y 1,1 Mhz.) para las señales donde la ganancia disminuye progresivamente según aumenta la frecuencia.

Los dispositivos DMT pueden medir la ganancia de cada subportadora y ajustar el número actual de bits por segundo en cada canal de tal modo que quede reflejada la ganancia actual de la línea.

La figura central de la parte inferior muestra la ganancia de una bucle real. Se han añadido dos parámetros que causan una bajada de rendimiento en la línea. El primero es una muesca característica causada por los efectos de una rama multiplada. La rama multiplada actúa como un largo circuito de retardo, al recorrer la señal un camino de ida y uno de vuelta. La señal de retorno interfiere con la señal principal. La posición de la muesca en el rango de frecuencias depende de la longitud de onda de la propia rama multiplada, de cualquier modo, una u otra frecuencia se verá afectada por la onda.

Relacion bits/canal ideal



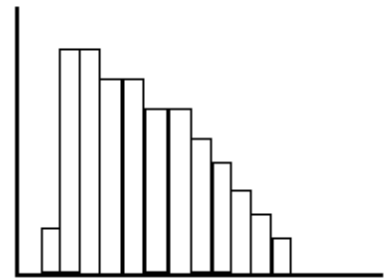
Rango de Frecuencias

Ganancia tipica del bucle



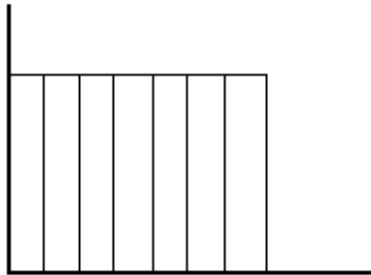
Rango de Frecuencias

Relacion bits/canal



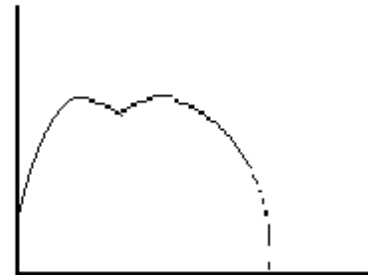
Rango de Frecuencias

Relacion bits/canal ideal



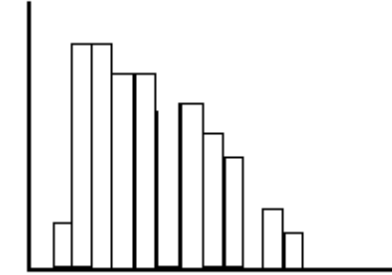
Rango de Frecuencias

Ganancia tipica del bucle



Rango de Frecuencias

Relacion bits/canal

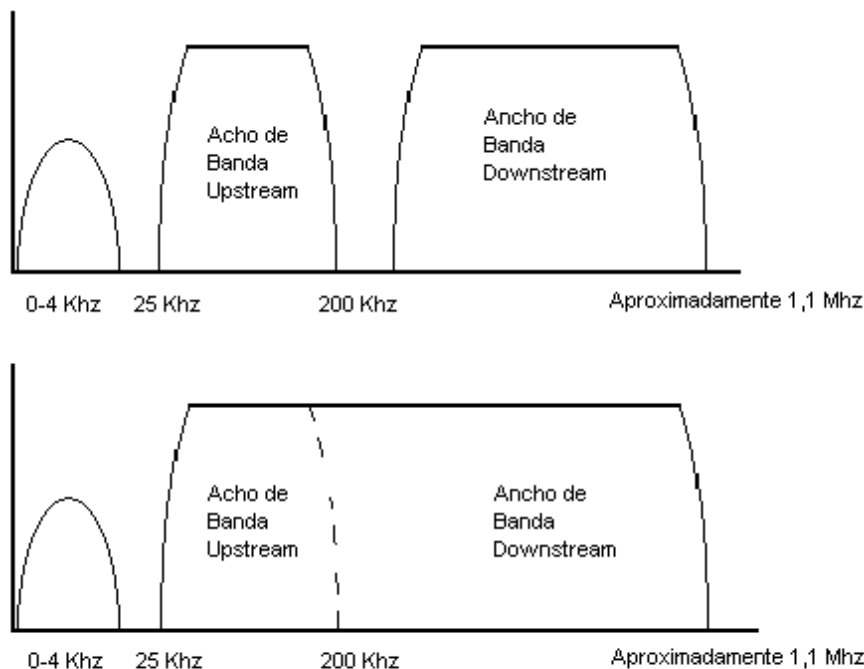


Rango de Frecuencias

DTM en funcionamiento

DSL y la cancelación del eco

Los ecos normalmente se producen por incompatibilidad de impedancias en el medio utilizado por la señal. Un método para lograr un control de eco, es separar el rango de frecuencias en bandas de upstream y downstream (una simple multiplexación por división en la frecuencia, o FDM).



La cancelacion de eco ADSL combinada FSDM

La parte superior de la figura muestra lo que ocurre cuando no se aplica un control de eco a ADSL. Se muestra una señal de banda base de 4 KHz. dedicada a la voz analógica, junto con una banda típica de en ADSL de 175 KHz. dedicada al trafico upstream (en sentido ascendente, desde casa del usuario) y una banda de unos 900 KHz. dedicada al trafico downstream (en sentido descendente, hacia casa del usuario). Este modo de operación es asimétrico, y este método FDM directo elimina la necesidad de establecer unos sistemas electrónicos de control de eco en los dispositivos finales ADSL.

Transporte Unidireccional ADSL en sentido descendente

Las interfaces ADSL pueden hacer mucho mas que soportar un flujo de bits desde y hacia los equipos de usuario, como la mayoría de los transportes esta basado en tramas; el flujo de bits del interior de las tramas ADSL se puede dividir en un máximo de siete canales portadores simultáneos (llamados bearers en ADSL). Los canales se dividen en dos clases principales: puede haber hasta 4 canales downstream totalmente independientes que siempre operan de modo unidireccional (simplex) hacia el abonado. Añadidos a estos canales, puede haber hasta tres canales bidireccionales (duplex), que pueden transportar trafico tanto en sentido upstream como downstream. Se debe tener en cuenta que estos canales portadores, son canales lógicos, y que esos bits pertenecientes a todos los canales son transmitidos simultáneamente sobre el enlace ADSL y no disponen de ningún ancho de banda dedicado.

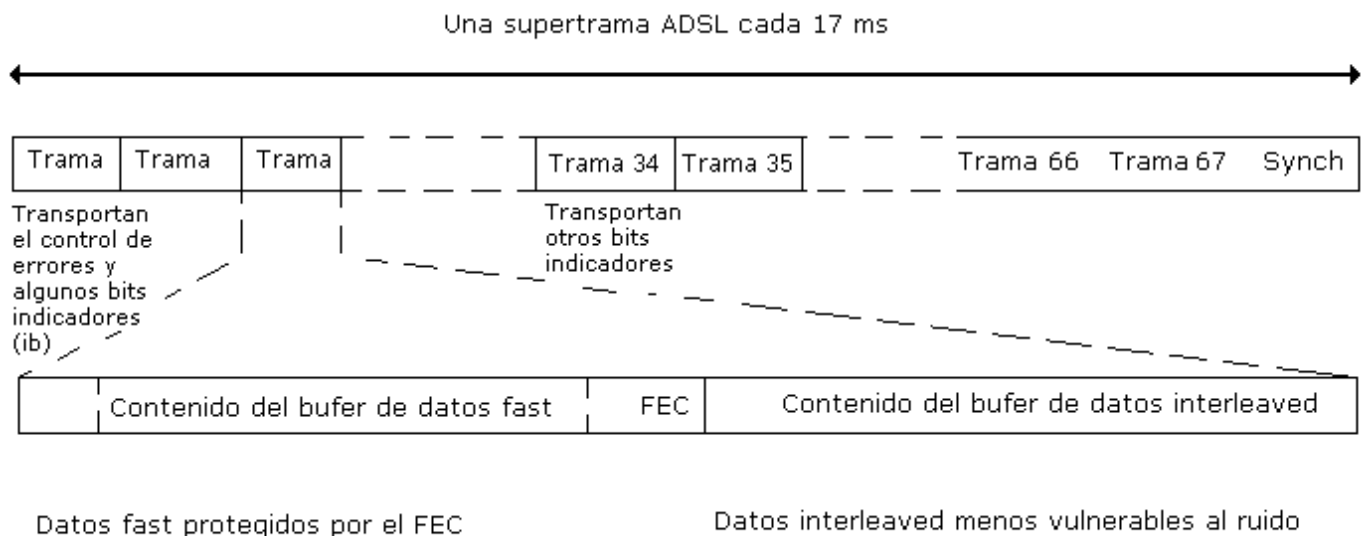
Cualquier canal portador puede ser programado para transportar bits a cualquier velocidad múltipla de 32 Kbps. Las velocidades que no son múltiplas a 32 Kbps pueden ser soportadas, pero solo transportando los bits extra en la cabecera, un área compartida de la trama ADSL.

La Supertrama ADSL

En el nivel mas bajo de cualquier protocolo se encuentran los bits, representados por medio de una codificación de línea determinada, en el caso de ADSL se utiliza DMT. Los bits se organizan en tramas y se agrupan en lo que ADSL denomina supertramas. Las tramas son las estructuras de bits de primer orden y son los últimos elementos en que se convierten los bits antes de ser enviados., y la primera

entidad en que se convierten al ser recibidos.

En ADSL la supertrama se encuentra dividida en una secuencia de 68 tramas ADSL. Algunas tramas tienen funciones especiales, tal es el caso de las tramas 0 y 1, las cuales contienen información de control de errores (un código de redundancia cíclica) y bits que actúan como indicadores (indicator bits, ib) que se utilizan para gestionar el enlace. En las tramas 34 y 35 se transportan otros ib. Una trama especial de sincronización se sitúa a continuación de la supertrama y no contiene ninguna información de usuario. Se envía una supertrama ADSL cada 17 milisegundos. Dado que los enlaces ADSL normalmente son conexiones punto a punto, no se necesita ningún identificador de conexión, ni un direccionamiento especial a este nivel de ADSL.



Las tramas se encuentran mezcladas y su tamaño varia segun la velocidad de la linea.

En el interior de la supertrama están las tramas ADSL, las cuales se componen de dos partes principales.

La primera parte es la de los datos *fast*. Este tipo de datos se consideran sensibles al retardo, aunque tolerantes al ruido. El contenido del búfer de datos fast del dispositivo ADSL se coloca en esta posición. Los datos fast se encuentran protegidos por un campo FEC en un intento de corregir los errores de los datos fast.

La segunda parte de la trama contiene información del búfer de datos *interleaved*. Dichos datos son empaquetados para ser tan resistentes al ruido como sea posible, a costa de una mayor procesamiento. El intercalado de los bits de datos, los hace menos vulnerables a los efectos del ruido. Esta parte de la trama esta diseñada principalmente para aplicaciones puras de datos, como el acceso a Internet a alta velocidad. Todos los contenidos de la trama son reorganizados antes de la transmisión para minimizar la posibilidad de una falsa sincronización de trama.

Velocidades de Servicio ADSL: Video

ADSL promete ancho de banda suficiente para ofrecer varios tipos de servicio de video al usuario. Estos servicios de video se consideraron originalmente servicios en modo de sincronismo de bit: el trafico en ambos sentidos forma una cadena de bits sin ninguna estructura particular, interpretados únicamente por los dispositivos finales conectados a la red ADSL.

Aplicación	Downstream	Upstream
Difusión de Televisión	6 a 8 Mbps.	64 Kbps.
Video bajo demanda	1,5 a 3 Mbps.	64 Kbps.
Near video bajo demanda	1,5 a 3 Mbps.	64 Kbps.
Educación a distancia	1,5 a 3 Mbps.	64 a 384 Kbps.
Telecompra	1,5 Mbps.	64 Kbps.
Servicios de información	1,5 Mbps.	64 Kbps.
Juegos en Red	1,5 Mbps.	64 Kbps.
Videoconferencia	384 Kbps a 1,5 Mbps	384 Kbps a 1,5 Mbps
Videojuegos	64 Kbps a 2,8 Mbps	64 Kbps.

Velocidades necesarias para servicios varios de ADSL

Servicio	Aplicación	Downstream	Upstream
Comunicaciones de Datos	Acceso a Internet	64 Kbps a 1,5 Mbps	> 10 % de downstream
	Acceso a LAN remoto	64 Kbps a 1,5 Mbps	> 10 % de downstream
	Educación a distancia	64 Kbps a 1,5 Mbps	64 a 384 Kbps
Basados en Imágenes	Telecompra	64 Kbps a 1,5 Mbps	64 Kbps
	Servicios de Información	64 Kbps a 1,5 Mbps	64 Kbps
Servicios Legales	POTS	4 Kbps	4 Kbps
	RSDN	160 Kbps	160 Kbps

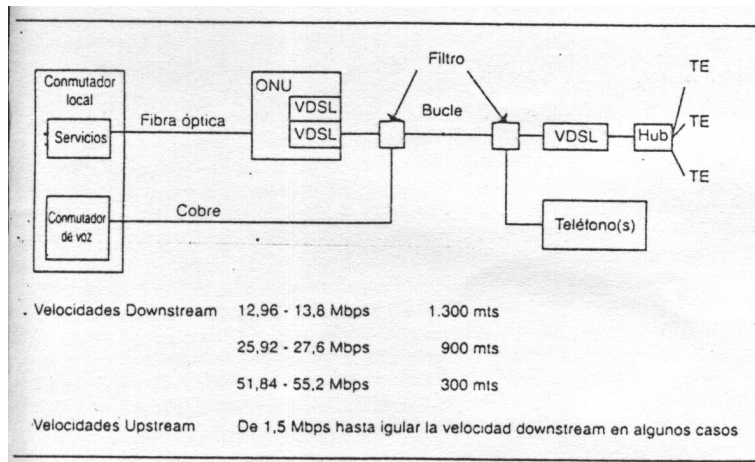
VDSL

Introducción

La línea digital de abonado de muy alta velocidad ofrece las velocidades más altas en sentido *upstream* y *downstream* de cualquier DSL diseñada hasta la fecha. Las velocidades en sentido *downstream* varían entre los 13Mbps y los 55Mbps, dependiendo de la distancia. Las velocidades en sentido *upstream* comienzan en 1,5Mbps y llegan hasta los 26Mbps.

La *figura 3* muestra las bases de la arquitectura VDSL, esta es muy similar a la arquitectura de ADSL con una gran diferencia: la presencia de la *unidad de red de fibra óptica* (ONU); Esta es una DLC (portadora digital de bucle) especial que debe emplear cable de fibra óptica para conectarse al conmutador local. Este uso de la fibra la lleva más cerca al usuario que el resto de las arquitecturas. Todavía existe un filtro para dar soporte a la telefonía analógica.

Figura 3. Arquitectura VDSL



Sin embargo, debido a la similitud de la arquitectura VDSL con la de ADSL, surgen dos preguntas principales: ¿Cómo puede ofrecer VDSL velocidades tan altas cuando otras tecnologías parecen tener dificultades en alcanzar 1,5Mbps? Y, toda esta impresionante velocidad y sus costes asociados, ¿son realmente necesarios para un acceso a Internet más rápido?

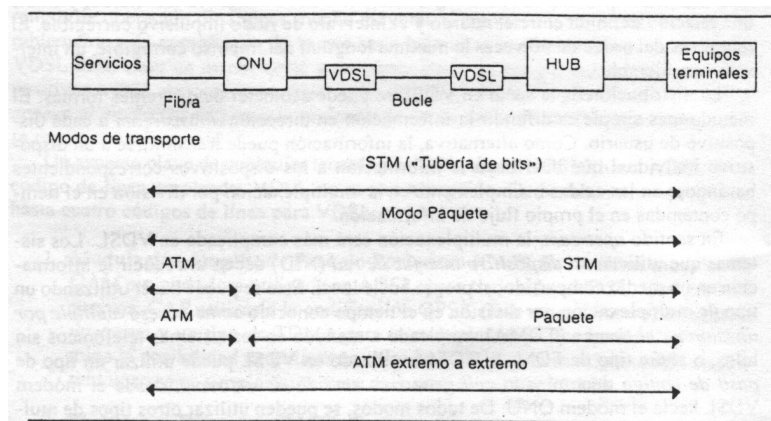
Respecto al primero de los asuntos, VDSL está diseñada para los sistemas de fibra extendidos o para los sistemas DLC de un futuro cercano, es decir VDSL comienza asumiendo que cada vez habrá menos y menos tendidos cobre de par trenzado desde la central local hasta las casas de los usuarios, suponiendo bucles de cobre de no más de 1.300 metros, con el resto del bucle formado por fibra óptica.

Respecto al segundo asunto, la intención de VDSL no es utilizarse exclusivamente para un acceso simple a Internet. VDSL está diseñada para el desarrollo de servicios basados en ATM B-RDSI (Modo de transferencia asíncrono/RDSI de banda ancha). Estos servicios de banda ancha incluirían un amplio conjunto de servicios de video y multimedia, incluyendo servicios de difusión de TV, los cual, utilizados conjuntamente con las actuales técnicas de compresión, podrían hacer que VDSL eliminara las restricciones de ancho de banda del bucle local de una vez por todas. Así mismo, VDSL está diseñado para redes de clientes SOHO (Small Home Office). VDSL está ideado y diseñado para la red de los próximos 10 - 20 años de muchos de los países del mundo.

MODOS DE TRANSPORTE DE VDSL

VDSL se ha proyectado de tal manera que pueda aprovechar las ventajas de la presencia de la fibra en los sistemas modernos, para las necesidades de un ancho de banda cada vez mayor para servicios residenciales, y con la promesa de transporte de celdas ATM como un método de transmisión unificado para los servicios de banda ancha.

Figura 4. Modos de Transporte VDSL



La documentación VDSL define cinco modos de transporte principales a lo largo de la arquitectura fibra/cobre VDSL. Estos modos de transporte se muestran en la *figura 4*.

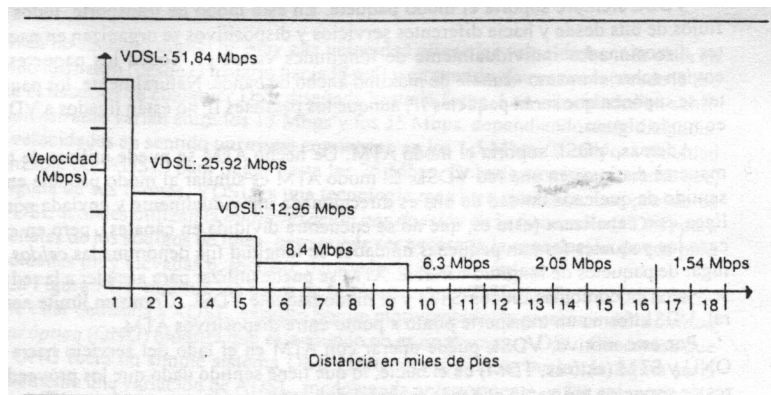
VDSL soporta el modo paquete, modo de transporte en el cual todos los flujos de bits desde y hacia diferentes servicios y dispositivos se organizan en paquetes diseccionados individualmente de longitudes variables. Todos los paquetes se envían sobre el mismo canal de máximo ancho de banda suponiendo, Naturalmente, que los paquetes sean paquetes IP.

Además, VDSL soporta el modo ATM. De hecho ATM se puede utilizar de tres maneras distintas en una red VDSL. El modo ATM es similar al modo de paquete en el sentido de que cada unidad de bits es direccionada individualmente y enviada por la línea sin canalizar (es decir, que no se encuentra dividida en canales), pero en este caso los paquetes forman pequeñas unidades de longitud fija denominadas *celdas* en lugar de paquetes de longitud variable. Por este motivo VDSL puede operar con ATM en el lado del servicio hacia la ONU y STM (es decir, TDM) en el bucle. También se soporta una combinación de servicios ATM con paquetes sobre el bucle y la ONU, combinación que aprovecha la ventaja de la amplia utilización de paquetes IP en la mayoría de las redes de distribución.

VELOCIDADES DOWNSTREAM Y DISTANCIAS

ADSL está ideado para un mundo donde la mayoría de los bucles analógicos locales consisten en simples tendidos de pares de cobre que se extienden desde el conmutador local hasta las casas de los usuarios. Sin embargo el 15% de este tendido de bucles locales se encuentra constituido de alguna forma por bucles de fibra como el DLC. En algunas ocasiones existe cierta polémica sobre el asunto de llevar la fibra hasta la propia casa (llamado FTTH, *fiber to the home*). Este despliegue de fibra hasta todos los hogares y oficinas es probablemente demasiado costoso y no es absolutamente necesario, y por ello existen ciertas variaciones para el despliegue de *fibra hasta la acera* (FTTC, *fiber to the curb*) y *fibra para el vecindario* (FTTN, *fiber to the neighborhood*). VDSL está diseñado para FTTN, pero no hay nada que evite la utilización de VDSL en otros tipos de redes de fibra. La *figura 5* compara las velocidades y distancias de VDSL con las de ADSL.

Figura 5. Comparación de las velocidades VDSL y ADSL



Como se dijo anteriormente, VDSL se puede usar en tres rangos *downstream* generales, como se muestra en la *figura 3*:

- 12,96Mbps – 13,8Mbps para bucles de 1300 metros.
- 25,92Mbps – 27,6Mbps para bucles de 900 metros.
- 51,84Mbps – 55,2Mbps para bucles de 300 metros.

Las velocidades de *upstream* también están agrupadas en tres categorías, pero no están limitadas por la distancia. Son de 1,6 a 2,3 Mbps, 19,2Mbps, y una velocidad de *upstream* igual a la de *downstream*.

DETALLES TÉCNICOS

Al igual que en ADSL, en VDSL se separarán la frecuencia de los canales de datos de los canales de voz analógica y RDSI, con vistas a permitir a los proveedores de servicio superponer VDSL sobre los servicios de voz o de RDSI existentes. Los dos canales de alta velocidad también se separarán en la frecuencia. Si la necesidad de un ancho de banda mayor en sentido *upstream* se eleva para poder ofrecer canales *upstream* de alta velocidad o incluso simétricos con respecto al canal *downstream*, los sistemas VDSL probablemente necesitarán usar técnicas canceladotas de eco.

También como en ADSL, VDSL debe transmitir video comprimido en sentido *downstream* a los usuarios. Con el propósito de facilitar el control de errores que el video comprimido necesita, VDSL también tendrá que incorporar el *forward error correction* (FEC – corrección de errores hacia adelante) intercalado, suficiente para corregir todos los errores producidos por el ruido impulsivo de una duración específica.

La distribución de la señal en VDSL se puede realizar de varias formas, El método más simple es difundir la información en dirección *downstream* a cada dispositivo de usuario. En sentido *upstream*, la multiplexación será más complicada. Los sistemas que utilicen un *dispositivo de interfaz de red* (NID) deben introducir la información en un medio compartido, esto se puede hacer utilizando *acceso múltiple por división en el tiempo* (TDMA), bastante usado en redes telefónicas inalámbricas. Por otra parte una configuración FDM daría a cada dispositivo de usuario su propio canal. Esto elimina la necesidad de un canal en sentido *upstream* compartido, pero también limitaría la velocidad de información disponible hacia un equipo de usuario en particular o, en todo caso, requeriría una asignación dinámica del ancho de banda. Los NID pasivos necesitan disponer de una capacidad conocida como *inserción en caliente*, donde un equipo VDSL nuevo puede conectarse a la línea sin interferir en la operación del resto de módems.

TECNOLOGÍA VDSL

Es obvio que la tecnología VDSL se asemeja mucho a la tecnología ADSL, sólo que VDSL debe tener

costo menor y un gasto de energía menor que ADSL, y los dispositivos VDSL de usuario podrían tener que implementar algún tipo de *control de acceso al medio* (MAC) para la multiplexación de datos en sentido *upstream*.

Un aspecto clave de cualquier tecnología xDSL es el código de línea empleado, sin ser la excepción para VDSL se han propuesto hasta cuatro códigos de línea:

- **Modulación Amplitud/Fase sin Portadora (CAP).** Es la misma modulación QAM sin portadora que se usa en ADSL, pero traducida a VDSL. Con los NID pasivos, CAP utilizaría la codificación QPSK en sentido *upstream* y un tipo de TDMA para la multiplexación.
- **Multitonos Discretos (DMT).** Esta también es la misma técnica utilizada en los sistemas ADSL. DMT es un sistema de múltiples portadoras que se utiliza la *Transformada de Fourier Discreta* para crear y remodular cada una de las portadoras. Para configuraciones de NID pasivas, DMT utilizaría FDM para la multiplexación en sentido *upstream*.
- **Multitonos Discretos Wavelet (DWMT).** Éste es otro tipo de sistema multiportadora. DWMT utiliza las transformadas *wavelet* para crear y remodular cada una de las portadoras. DWMT también utilizaría FDM para la multiplexación en sentido *upstream*.
- **Código de Línea Simple (SLC).** Éste es un tipo de señalización en banda base de cuatro niveles. SLC filtra la señal en banda base y la recupera en el receptor. Para configuraciones de NID pasivos, SLC probablemente utilizaría TDMA para la multiplexación en sentido *upstream*.

Hoy en día, DWMT y SLC han quedado eliminados como códigos de línea viables.

Las primeras implementaciones de VDSL utilizarán FDM para los canales de *downstream* de los canales *upstream*. Prácticamente con toda seguridad se requerirá cancelación de eco, en sistemas posteriores implementados con tasas de transferencia de información simétricas. Con el objetivo de producir filtros de voz analógica simples y efectivos, se necesitará mantener una gran distancia, en términos de frecuencia, entre el canal de información más bajo de los servicios VDSL y la voz analógica. La práctica habitual (como en ADSL) estipula que los canales *downstream* se encuentran por encima de los canales *upstream*, sin embargo la especificación de video digital DAVIC (*Digital Audio-Visual Council*) invierte el orden habitual de los canales *upstream* y *downstream* con el objeto de permitir la distribución de señales VDSL sobre un sistema de TV de cable coaxial. El código de errores FEC utilizado en VDSL utilizará el mismo tipo de intercalado opcional para corregir ráfagas de errores causadas por el ruido impulsivo, un asunto que debe ser resuelto es si la cabecera FEC se colocará como parte de la información útil o se añadirá como una señal fuera de banda.

Existen dos estrategias principales para manejar el tema de las colisiones debido al hecho de que los canales de *upstream* en VDSL de cada uno de los dispositivos que componen los equipos de usuario deben compartir un cable común. Una de ellas consiste en un tipo de protocolo *cell grant* según el cual las tramas *downstream* generadas en la ONU o incluso en la red VDSL contienen una serie de bits que otorgan el acceso a un elemento específico de los equipos de usuario durante un intervalo de tiempo específico que comienza cuando se recibe la trama. Una segunda forma consiste en dividir el canal *upstream* en bandas de frecuencia y asignar a una de estas bandas a cada uno de los elementos que componen los equipos del usuario. Este método tiene la ventaja de eliminar cualquier tipo de control de acceso al medio y sus cabeceras asociadas, aunque es lógico que se deba integrar un multiplexor en la ONU. El inconveniente es que este método restringe la velocidad de bits disponible para cada elemento (debido a la división en bandas) o requiere el uso de algún tipo de multiplexación dinámica inversa que permita a algún elemento de los equipos de usuario enviar más bits que los que le permite su cuota durante un intervalo de tiempo determinado.

PROBLEMAS DE VDSL

VDSL no ha conseguido en ningún lugar la madurez de ADSL, aunque este último tampoco se puede decir que tenga una madurez definitiva. De hecho VDSL se encuentra aún en estado de definición. Incluso apenas existen productos VDSL preliminares. De todos modos, se necesitan realizar muchos estudios con respecto al bucle de abonado, efectos del ruido, técnicas de multiplexación *upstream*, y otros aspectos del modo de operación de VDSL para realizar un conjunto firme de propiedades estándar.

VDSL también es sensible a las interferencias de radio, al igual que ADSL. Un largo bucle local actúa como transmisor y como antena receptora a estas frecuencias. Si los niveles de la señal VDSL son demasiado bajos, los efectos de la antena introducen ruidos procedentes de radioaficionados en la línea.

De todos modos, como ocurre en la mayoría de las ocasiones, el costo puede ser la mayor de las preocupaciones. El hecho es que existen sólo unos pocos clientes que obtienen servicios de pequeñas configuraciones ONU, al menos comparando con sistemas de TV por HFC (híbrido fibra-coaxial). ADSL tiene un costo mucho menor que VDSL ya que ADSL puede suministrarse directamente desde un panel de distribución de una central local. En el fondo parece ser que los NID activos para VDSL podrían ser más caros que los pasivos. A pesar de las ventajas obvias de la configuración de VDSL con NID activos, la eliminación de responsabilidades de otros dispositivos electrónicos de la red hace de los NID pasivos para VDSL una opción muy atractiva desde un punto de vista económico.

ESTÁNDARES PARA VDSL

Existen cinco organizaciones de estándares y foros trabajando sobre el estándar VDSL. A continuación se mencionan un poco más detalladamente cuales son y sus esfuerzos con relación a VDSL:

- TIE1.4. En Estados Unidos, el grupo ANSI TIE1.4 ha comenzado un proyecto para VDSL. Como objetivo principal se buscará establecer requerimientos del sistema VDSL, asimismo deberá evolucionarse hacia un sistema estable y a una definición de protocolo.
- ETSI. En Europa, el ETSI también dispone de un proyecto VDSL, originalmente bajo el título genérico de *High Speed (metallic) Access Systems* (HSAS). El ETSI ya ha establecido la interoperabilidad con los NID activos y la compatibilidad con SONET en su estándar internacional SDH.
- DAVIC. El DAVIC estaba bastante interesado en VDSL debido a sus capacidades relacionadas con los servicios de video. Han establecido el control de acceso al medio para la multiplexación en *upstream* basado en TDMA sobre un medio compartido.
- ATM Forum. Aunque no se encuentra relacionado con VDSL, el ATM forum ha definido una interfaz de 51,84 Mbps para UNIs de redes ATM privadas. También ha considerado el problema de la distribución residencial y el transporte de celdas ATM sobre VDSL hasta el usuario final.
- ADSL Forum. El ADSL Forum también ha comenzado a trabajar sobre VDSL. El ADSL Forum está enfocando los aspectos principales de red, protocolo y de arquitectura de VDSL. El énfasis se hará en las aplicaciones, y el Forum está dejando la codificación de línea y otros asuntos de bajo nivel al TIE1.4 y a la ETSI.