

**Estudio sobre tecnologías xDSL
Digital Subscriber Line**

**Viviana Mendieta Jara
Sabrina A. Duarte G.**

Universidad Católica
“Nuestra Señora de la Asunción”
Departamento de Electrónica e Informática
Ingeniería Informática
Octubre 2002, Asunción – Paraguay

Cátedra
Teoría y Aplicaciones de la Informática 2

Profesor de la Cátedra
Juan de Urreza

Resumen

El presente trabajo enfoca un estudio sobre la innovadora tecnología de acceso xDSL, que siendo más que una simple tecnología de acceso de banda ancha puede ser utilizada para convertir la línea de acceso en un enlace digital de alta velocidad. Se enfatiza la tecnología VDSL siendo ésta la última versión de la familia xDSL.

1. INTRODUCCIÓN

La confluencia de los sistemas broadcast TV, las redes de telefonía (fija y wireless) y las redes de datos está propiciando el desarrollo de redes de servicios integrados de telecomunicación.

Esta integración de servicios comprende, a grandes rasgos, telefonía, datos (Internet) y entretenimiento multimedia (radio y TV). Para ello, es absolutamente imprescindible disponer de una tecnología de acceso de gran ancho de banda más un canal de retorno que permita las comunicaciones ascendentes usuario-cabecera.

La red de acceso ha de ser totalmente transparente al usuario y ha de ofrecerle aquellos servicios que éste demande sea cual sea el lugar en el que se encuentre (su casa, despacho, oficina, caminando por la calle, en un transporte público, etc).

Unas redes de acceso serán más adecuadas que otras para la prestación de determinados servicios de telecomunicación y entretenimiento. No existe la perfecta red de acceso, sino que para cada aplicación deberán determinarse la arquitectura y las tecnología óptimas para maximizar la calidad del servicio prestado y el retorno de la inversión comprometida.

La Gran Banda de comunicaciones de datos al hogar y al negocio serán una realidad en un futuro no lejano con las líneas de datos por fibra óptica, alcanzando cada hogar y negocio. Sin embargo, las dificultades técnicas que presentan los edificios construidos con la red de fibra óptica no pueden ser resueltas de la noche a la mañana, y tampoco será organizada de la misma en tan poco tiempo.

Tecnologías como ISDN fueron introducidas como una solución a este problema, pero la necesidad de instalar una nueva línea representa un inconveniente que tampoco disminuyó el bajo rango de datos suministrado por ISDN.

Por estas razones, otras tecnologías fueron creadas para hacer uso del lazo local de cables telefónicos que ya existen prácticamente en cualquier esquina del mundo. Estas tecnologías pueden proveer rangos de datos mucho más altos que ISDN o modems tradicionales. Los rangos de datos de 8 Mbps y 60 Mbps son posibles con las nuevas tecnologías, llamadas Data Subscriber Lines o

DSL (Líneas de Datos para el Suscriptor). Existen diferentes tipos de tecnologías DSL, cada una para un propósito particular. Ellas son usualmente referidas a *xDSL* para incluir ADSL, HDSL, RDSL y VDSL en un grupo general.

2. REDES DE ACCESO Y REDES DE BANDA ANCHA

Para empezar, se exponen de forma general y breve los diferentes niveles y tecnologías que constituyen las redes banda ancha, cuyo embrión lo constituyeron las redes cable pero que, actualmente, coexisten con otras tecnologías que permiten un gran ancho de banda.

En primer lugar, analicemos el significado de la expresión “red de banda ancha”. Viendo que una red es un conjunto de recursos interconectados entre sí que, gestionados de algún modo, interaccionan para satisfacer las necesidades de los usuarios que la utilizan; indicamos que el concepto de banda ancha es mucho más extenso que el de todo aquel medio físico que soporta más de un canal de voz. Los tiempos actuales exigen un concepto de banda ancha mucho más amplio, en el cual se ponga de manifiesto la importancia de ser transparente al usuario, pues éste debe poder acceder a los servicios que tiene asignados sin problemas a través de esa red de banda ancha. La integración debe ser entendida bajo varios puntos de vista: Integración como la variedad de servicios soportados sobre un medio de transporte digital común de las subredes en una infraestructura de información global que podemos denominar red universal, siendo Internet una buena aproximación a este concepto.

Otro aspecto a destacar es el de interoperabilidad. El objetivo fundamental de dicha interoperabilidad es maximizar el valor de los productos existentes en el mercado. Por otra parte, permite a los servicios alcanzar el máximo número de usuarios con el menor número de aplicaciones.

En una red de telecomunicaciones se pueden distinguir cuatro niveles funcionales:

Proveedores de servicios: involucra a los encargados de generar los contenidos multimedia, que pueden ser transmitidos en tiempo real (servicios de distribución) o almacenados en grandes bases de datos multimedia, y entregarlos al sistema de transporte, siendo esta la distinción entre los proveedores de contenido y los proveedores de servicio.

Sistema de transporte: dentro del sistema de transporte de la red, se pueden englobar todos los elementos encargados de llevar los contenidos multimedia hasta el usuario y atender las peticiones de éste por el canal de retorno. Sin embargo, es conveniente estructurar más la red y distinguir cuatro niveles dentro del sistema de transporte de la red:

Red troncal de transporte: es el primer nivel de la red de transporte y se encarga de hacer posible que la red alcance cualquier extensión geográfica. Las redes de transporte (backbone) constituyen el sistema nervioso central de una red de telecomunicaciones. Su capacidad dependerá de la capacidad de comunicaciones que se quiera ofrecer mediante el sistema de acceso que se elija. Por otra parte, una misma red de transporte puede terminar en diferentes redes de acceso dependiendo de los servicios y los tipos de usuario.

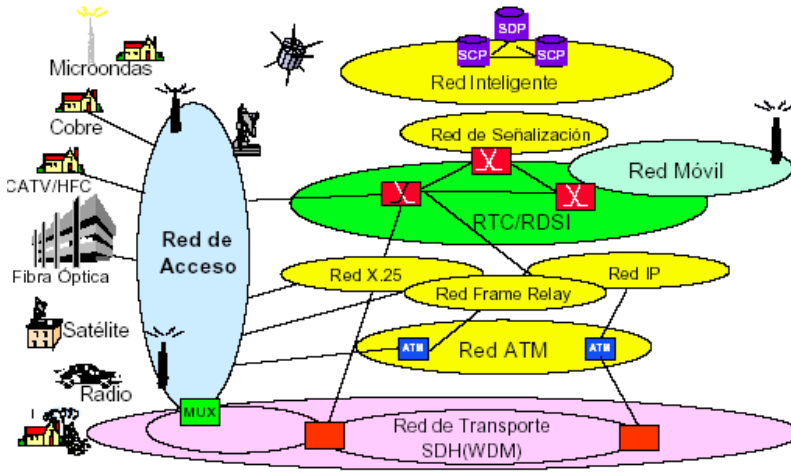
Red de distribución: a través de la red de distribución deben llevarse a cabo las tareas de transmisión de datos y conmutación, teniendo como misión principal multiplexar la información proveniente de diferentes proveedores de servicios o distintos usuarios y adaptar el sistema de transporte a las características específicas del bucle de abonado.

A la Red de Acceso también se le llama la última milla, o la primera milla, la infraestructura de acceso representa la última parte de la red de comunicación: distancias de entre 100 metros y unos pocos kilómetros entre el último nodo de conexión o de distribución y el abonado. Para bajas velocidades la solución más difundida es mediante módems y líneas telefónicas. También se utilizan diferentes tecnologías inalámbricas, sea *ad hoc* o basadas en telefonía celular. Para altas velocidades hay una gran variedad de alternativas que se pueden agrupar en tres categorías:

Basadas en líneas telefónicas: Se conocen como DSL (Digital Subscriber Lines), Líneas Digitales de Suscriptor de la que existen varias variantes tales como ADSL, VDSL, HDSL etc, agrupadas bajo la denominación genérica xDSL, que veremos más adelante.

Basadas en sistemas de televisión por cable, e Sistemas inalámbricos, terrestres o satelitales.

Las redes de acceso pueden clasificarse de manera general según su capacidad para el establecimiento de comunicaciones bidireccionales entre el usuario y la cabecera de los servicios o entre usuarios.



2.1. Red completa de telecomunicaciones

En particular, la red debe ser capaz de gestionar el establecimiento y liberación de las conexiones de banda ancha con los bucles de abonado, además de transportar la información con diferentes tipos de requerimientos en cuestiones de ancho de banda.

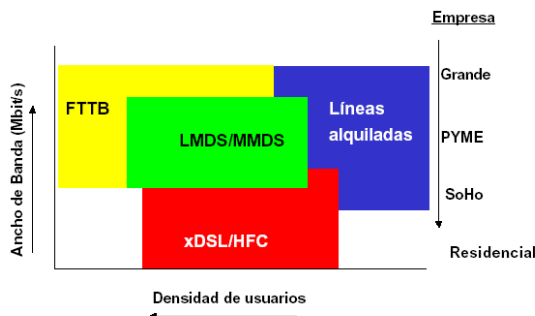
El transporte digital es bidireccional y se realiza mediante tecnologías de alta

velocidad síncronas, como la SDH (Synchronous Digital Hierachy). Las interfaces de usuario son los elementos finales de la red en el entorno de abonado que adaptan las señales a interfaces normalizadas de uso extendido. Se puede decir que la interfaz de usuario es la encargada de codificar y decodificar la información proveniente de usuario (PC, línea telefónica, RDSI,...) o de la parte de la red o bucle de abonado, como son los distintos contenidos multimedia. También realiza funciones de gestión, mantenimiento, señalización y tasación.

Las diferencias entre las redes de acceso existirán, al menos, durante un largo período en el que las tecnologías y las estrategias de negocio irán siendo probadas por el propio mercado. De esta forma, los dispositivos de interfaz jugarán un papel fundamental en el permitir que una gran variedad de equipos terminales se conecten a diferentes tipos de redes de acceso.

Además, los servicios que demanda cada tipo de cliente son bastante diferentes, como lo son también los requisitos que imponen a las redes de soporte. Fundamentalmente, los usuarios residenciales van a enfocarse más a servicios relacionados con el ocio (televisión y juegos de todo tipo) y la gestión doméstica (teléfono, tele compra, etc.), que no van a requerir de la red cantidades de información en el sentido usuario/red. En cambio, las empresas y organizaciones de todo tipo precisarán de servicios multimedia para la transmisión bidireccional de toda clase de información. Las exigencias que estas necesidades impondrán a las redes van a ser muy superiores a las que planteen los usuarios residenciales.

POSICIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE ACCESO DE BANDA ANCHA



Conviene dejar claramente sentado que lo que el usuario quiere es utilizar los servicios de telecomunicaciones que satisfagan sus necesidades de comunicación, ocio, etc. El usuario es quien, al final, va pagar todas las facturas con las que se van a nutrir las cuentas de resultados de las empresas que operen en el sector.

No hay que olvidar que los usuarios son, en la práctica totalidad de los casos, absolutamente indiferentes a la tecnología o la infraestructura que se está empleando para facilitarles el servicio.

2.2. Clasificación de las redes de acceso

A la hora de estudiar las diferentes redes de acceso, las clasificaremos en tres grupos:

Las redes de acceso vía cobre: entre las que destacan las tecnologías xDSL.

Las redes de acceso vía radio: tales como MMDS y LMDS.

Las redes de acceso vía fibra óptica: las redes HFC, las redes PON, las redes SDV y las redes HFR.

2.2.1. Redes de acceso vía cobre

Durante años se ha especulado sobre las limitaciones de las redes telefónicas y, en particular, si se podría superar los 14,4 kbit/s primero, y los 28,8 kbit/s después, utilizando pares de cobre. La RDSI ya dio un importante paso adelante al proporcionar 192 kbit/s en su acceso básico. Y es que potenciales alternativas al bucle de abonado como las redes de cable o los sistemas inalámbricos de tercera generación, pasan por la instalación de nuevos medios de transmisión de fibra en el primer caso y de notables infraestructuras de antenas y estaciones base en el segundo, ambas empresas muy costosas y nunca exentas de dificultades.

Dos acontecimientos importantes han impulsado a las tradicionales compañías operadoras telefónicas a investigar una tecnología que permitiera el acceso al servicio de banda ancha sobre sus tradicionales pares trenzados de cobre: *Las nuevas aplicaciones multimedia y el acceso rápido a contenidos de Internet*. Siguiendo básicamente los delineamientos generales de:

- Conseguir el máximo aprovechamiento de los bucles locales analógicos, diseñado para comunicaciones vocales de hasta **4KHz** de ancho de banda. (300 a 3400 Hz)
- Incluir algún tipo de compatibilidad con los equipos vocales existentes (teléfonos analógicos). Con la ayuda de equipos de acceso tipo **módem** o terminal **RDSI** se pueden alcanzar los 56Kbps (V.90) ó 128Kbps (2B).

La tecnología de acceso xDSL nos ofrecen la capacidad necesaria en términos de ancho de banda para acceder a toda clase de servicios multimedia interactivos a través de los accesos telefónicos tradicionales. En otras palabras, nos permiten convertir el bucle de abonado convencional, hoy utilizado únicamente para conectar el teléfono o un módem de hasta 33,6 kbit/s, en un potente sistema de acceso a los nuevos servicios multimedia o a las redes WAN de banda ancha.

2.2.2. Redes de acceso vía fibra óptica

La introducción de la fibra óptica en el nodo de acceso va a permitir el disponer de un medio de transmisión de gran ancho de banda para el soporte de servicios de banda ancha, tanto actuales como futuros. En función de la extensión de la fibra en la red de acceso, podemos distinguir las siguientes topologías:

□□FTTH (Fiber To The Home): se trata de llegar con fibra óptica hasta el hogar del abonado, directamente desde el nodo de servicio. Es la alternativa más directa, y también la de mayor coste a la hora de proporcionar acceso a banda ancha. Desde el punto de vista del operador, tiene el inconveniente de que requiere una fuerte inversión en obra civil.

□□FTTB (Fiber To The Building): en este caso, la fibra llega hasta el interior de un edificio residencial o de negocios, existiendo una terminación de red óptica (ONU, Optical Network Termination) para todo el edificio.

□□FTTC (Fiber To The Curb): el ONU y el tendido final de fibra son compartidos por varios abonados pertenecientes a una manzana de edificios o un área urbana de extensión reducida.

□□FTTCab (Fiber To The Cabinet): configuración muy parecida a la anterior, con la diferencia de que el ONU es compartido por un mayor número de usuarios y que la red de cable eléctrico es de mayor extensión.

□□FTTExch (Fiber To The Exchange): la fibra termina en el nodo de conmutación.

3. PRESENTACIÓN DE LA FAMILIA xDSL

Presentamos a continuación el conjunto de tecnologías que hacen a la familia xDSL, exponiendo las características en común, y las características especializadas de cada tecnología.

ADSL	Asymmetric	} Digital Subscriber Line
SDSL	Single line	
HDSL	High data rate	
VDSL	Very high data rate	
UDSL	Universal (ADSL Lite)	
RADSL	Rate Adaptive	
IDSL	ISDN (RDSI) en...	

El factor común de todas las tecnologías DSL (Digital Subscriber Line) es que funcionan sobre par trenzado y usan la modulación para alcanzar elevadas velocidades de transmisión, aunque cada una de ellas con sus propias características de distancia operativa y configuración.

Las diferentes tecnologías se caracterizan por la relación entre la distancia alcanzada entre módems, velocidad y simetrías entre el tráfico de descendente (el que va desde la central hasta el usuario) y el ascendente (en sentido contrario). Como consecuencia de estas características, cada tipo de módem DSL se adapta preferentemente a algún tipo de aplicaciones. El carácter asimétrico de algunas tecnologías xDSL se adapta perfectamente a Internet, ya que los usuarios de la Red suelen recibir (velocidad de bajada) más datos de los que envían (velocidad de subida).

- **HDSL (High bit rate Digital Subscriber Line):** los primeros en aparecer fueron los modems HDSL, diseñados para ofrecer servicios a velocidades de hasta de 2,048 Mbit/s sobre 2 o 3 pares de cables en anchos de banda que varían entre 8 kHz y 240 kHz, según la técnica de modulación utilizada de forma simétrica. El HDSL original a 1,544 Mbps utilizaba 2 pares de cobre y se extendía hasta 4,5 Kilómetros. El HDSL a 2,048 Mbps necesitaba 3 pares para la misma distancia (pero no más). Las últimas versiones del HDSL, conocidas como HDSL2, emplean sólo un par de hilos y se espera que se conviertan en un estándar para garantizar la compatibilidad entre equipos. Aplicaciones típicas para HDSL serían para la conexión de centralitas PBX, las antenas situadas en las estaciones base de las redes telefónicas celulares, servidores de Internet, interconexión de LANs y redes privadas de datos.
- **SDSL (Single line Digital Subscriber Line):** Es prácticamente la misma tecnología que HDSL pero utiliza únicamente un par, por lo que se sitúa estratégicamente en el segmento de los usuarios residenciales que sólo disponen de una línea telefónica. Pero tiene su tope en los 3 kilómetros, al menos en sus especificaciones de diseño. No obstante, las velocidades son las mismas que en HDSL.
- **RADSL (Rate Adaptive Digital Subscriber Line):** Normalmente, cuando se instala un equipo se asume que se cumplen algunos criterios mínimos para operar a una velocidad dada. Esto ha sido así con tecnologías anteriores, tales como la portadora-T o la RDSI. De todos modos, ¿qué ocurre si las condiciones de la línea varía o las velocidades a las que operan los equipos hacen que éstos sean sensibles a los cambios atmosféricos? RADSL, al utilizar la modulación DMT (característica también de ADSL) puede adaptarse a cambios en las condiciones de la línea y ajustar las velocidades por separado para maximizar el rendimiento de cada línea individual.
- **ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line):** esta nueva tecnología va suplantando a las anteriores, ofreciendo velocidades de acceso mayores y una configuración de canales que se adapta mejor a los requerimientos de las aplicaciones dirigidas a los usuarios privados como vídeo simplex (o TV en modo distribución), vídeo bajo demanda o acceso a Internet. Son estas las típicas aplicaciones donde se necesitan unos anchos de banda elevados para recibir la información multimedia y solo unos pocos kilobits por segundo para seleccionarla. SDSL utiliza sólo un par de hilos, pero la necesidad de soportar velocidades simétricas, limita la distancia. ADSL aprovecha la naturaleza asimétrica de muchos servicios de banda ancha y a la vez amplía la distancia a la que puede operar hasta los 5,5 kilómetros. El ADSL utiliza frecuencias que no utiliza el teléfono normal, por lo que es posible conectar con Internet y hablar por teléfono a la vez. Esto se consigue mediante la instalación de un splitter o filtro separador que, por otra parte, es fundamental para el funcionamiento del ADSL. ADSL establece tres canales de conexión:

- El de envío de datos (que puede llegar a 1Mb/s)
- El de recepción de datos (hasta 8Mb/s)
- El de servicio telefónico normal

■ **CDSL (Consumer Digital Subscriber Line):** Aunque está relacionada de manera cercana con ADSL y RADSL, CDSL mantiene algunas diferencias. CDSL es generalmente más modesto en términos de velocidad y distancia comparado con ADSL y RADSL, pero tiene una clara ventaja: con CDSL no hay que preocuparse por los dispositivos conocidos como splitters (filtros). La función de estos filtros en la casa del usuario es la de permitir la utilización de teléfonos y faxes de la misma manera que se utiliza bancon anterioridad. La ventaja de CDSL es que no necesita este filtro y su cableado asociado.

■ **ISDL (ISDN Digital Subscriber Line de RDSI).** Esta técnica toma el acceso básico (BRI) de la RDSI, compuesto por los canales 2B+D, que opera a 144 Kbps (dos canales B a 64 Kbps cada uno y un canal D a 16 Kbps), y lo desvía del conmutador de voz de la RTC para dirigirlo a los equipos xDSL. ISDL también funciona sobre un par de hilos y alcanza 5,5 kilómetros.

■ **VDSL (Very High Digital Subscriber Line):** El miembro más reciente de la familia, VDSL. es considerado el «último objetivo» de la tecnología DSL. Las velocidades son las más altas posibles, pero con un alcance de sólo entre 300 y 1.300 metros sobre un par de cobre trenzado. Esto no es un problema para VDSL. VDSL espera encontrar una red de fibra en ese punto, y también tiene proyectado transportar celdas ATM (Asynchronous Transfer Mode- Modo de Transferencia Asíncrono), no como una opción, pero sí como una recomendación. Esta tecnología, coincide básicamente con ADSL y permite velocidades de hasta 52 Mbit/s aunque sobre distancias menores. La diferencia básica es la velocidad. Actualmente, el ADSL "sólo" llega a los 8 Mb/s de bajada y el VDSL puede llegar a los 52 Mb/s de bajada. Proporcionalmente, el VDSL tendrá menor cantidad de velocidad de subida que el ADSL.

La familia xDSL en particular.

Nombre	Significado	Velocidad	Modo	Comentario
HDSL/HDSL2	DSL de alta velocidad	1,544 Mbps	Simétrico	Utilizaba 2 pares de hilos. HDSL2 utiliza un par de hilos.
		2,048 Mbps	Simétrico	
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 1 par de hilos. Mínima longitud de bucle: 3,5 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 1 Mbps De 16 a 128 kbps	Downstream Upstream	Utiliza un par de hilos, pero necesita equipos remotos en casa.
ISDL	DSL de RDSI	Igual que el interfaz básico (BRI) de la RDSI	Simétrico	Utiliza un par de hilos, denominado «Bri sin conmutador».
VDSL	DSL de muy alta velocidad	De 13 a 52 Mbps De 1,5 a 6,0 Mbps	Downstream Upstream	Velocidades muy elevadas. De 300 a 1300 de longitud máxima de bucle. Para funcionar necesita una red de fibra y ATM.

(Menor proporción, pero mayor cantidad). Otra diferencia es que habrá dos versiones: simétrica y asimétrica. Simétrica quiere decir que la velocidad de subida y bajada es igual (por lo tanto es mas cara) y asimétrica, que es más lento subir que bajar. A más distancia de la central, menos velocidad se puede alcanzar. De hecho, esto pasa también con el ASDL, pero de una forma menor. Para conseguir el máximo rendimiento, no se puede estar a más de 300 metros de la central.

En resumen, las técnicas xDSL aumentan la capacidad de transmisión en el bucle de abonado empleando técnicas de modulación avanzadas y modems.

Las velocidades de transmisión dependen de la **distancia** que haya que salvar, así como de la **sección de los conductores**, de la **técnica de transmisión** utilizada y de otros **factores externos**.

4. VDSL - Very High Speed Digital Subscriber Line

Lo que se va a describir a continuación es la última versión de la serie del grupo *xDSL*: **Very High Speed Digital Subscriber Line o VDSL**.

VDSL puede suministrar rangos de datos entre 13 Mbps y 60 Mbps. El rango de datos a que puede lograrse depende de la longitud de la línea. VDSL ha sido desarrollado con la idea que pueda ser utilizado como método de transmisión entre el hogar (o negocio) y el punto de acceso a la red de fibra óptica que pueda ser localizada en el vecindario. Esto es, VDSL está destinado a ser utilizado en conjunción con FTTC (Fiber To The Curb) o FTTB (Fiber To The Basement). La conexión local a la columna vertebral (backbone) de datos a grandes velocidades es hecha con la fibra. Existe un punto de acceso en la vecindad (FTTC) o en el sótano del edificio (FTTB) que es propiedad del operador de telecomunicaciones. Este centro utiliza entonces VDSL para alcanzar el hogar o negocio utilizando el lazo local existente de par trenzado.

VDSL es la tecnología que permite la transmisión de datos en un cierto estilo, sobre algún medio físico. El medio físico utilizado es independiente de VDSL. Aunque una posibilidad es utilizar la infraestructura existente de cableado local.

Aunque es muy probable que ADSL se convierta en el más utilizado en pocos años, su uso apunta al suministro de servicio de banda ancha al hogar sobre cableados POTS (Plain Old Telephone System), sobre distancias relativamente grandes. Por otro lado VDSL operará sobre distancias mucho más cortas y suministrará rangos de datos mucho más grandes. VDSL es utilizado junto con una red de fibra óptica. La fibra óptica será extendida lo más cerca a las áreas residenciales. Desde allí, el viejo servicio de cableado telefónico es utilizado (gracias a VDSL) para transmitir la información a los hogares. La figura de abajo muestra un diagrama de la configuración de una conexión VDSL.

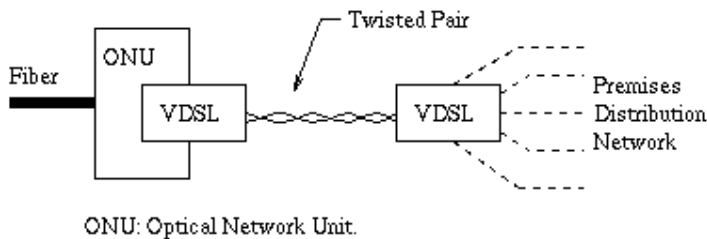


Figura Conexión VDSL

Al igual que las otras tecnologías *xDSL*, VDSL provee un canal de flujo hacia abajo y un canal de flujo hacia arriba. El canal de flujo hacia abajo posee usualmente un rango de bit mucho más alto. Esto es apropiado para las clases de

aplicaciones que las tecnologías *xDSL* utilizarán para proveer un alto rango de flujo de datos dentro del hogar.

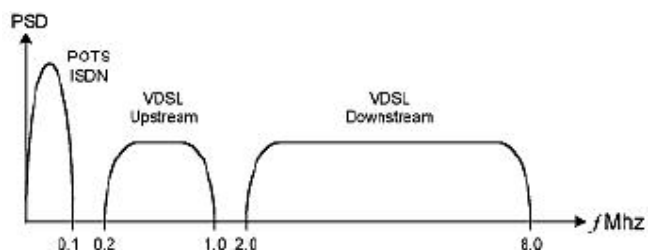
4.1 TÉCNICAS DE TRANSMISIÓN

Dentro de este apartado veremos los factores que influyen en lo que incumbe a la transmisión por VDSL, fundamentalmente acerca de la selección del ancho de banda. Veremos que las velocidades de transmisión dependen de la **distancia** que haya que salvar, así como de variables como ser la **sección de los conductores**. Veremos las **técnicas de transmisión propiamente** utilizadas y una comparación entre estas, y hablaremos de forma generica de otros **factores externos**.

4.1.1. VELOCIDADES

Ejemplo Single-Carrier VDSL Asimétrica

Las tasas de bajada son submúltiplos de SONET y SDH de 155.52 Mbps, normalmente 51.84 Mbps, 25.92 Mbps y 12.96 Mbps.



12.96 - 13.8 Mbps	4500 ft	1500 metros
25.92 - 27.6 Mbps	3000 ft	1000 metros
51.84 - 55.2 Mbps	1000 ft	300 metros

Las tasas de subida están bajo discusión; están entre rangos generales:

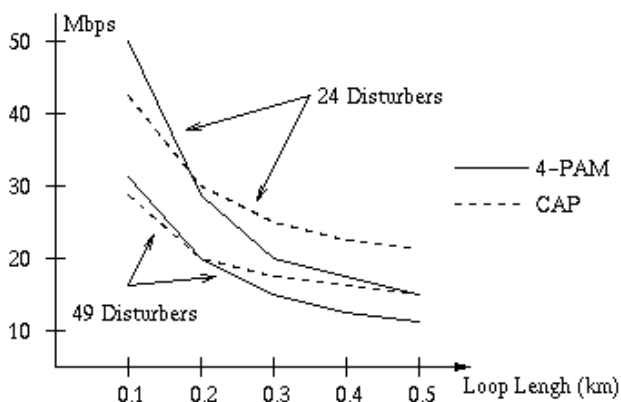
1.6 - 2.3 Mbps	19.2 Mbps	Igual que las de bajada
----------------	-----------	-------------------------

4.1.2. SELECCIÓN DEL ANCHO DE BANDA

Un aspecto de la especificación VDSL que está siendo estudiado es el ancho de banda del sistema. Si el código de línea utilizado para VDSL es CAP (una variante de QAM), entonces el ancho de banda del sistema mapea directamente algún valor para un rango de símbolo. El rango del bit es dado por el tipo de QAM utilizado.

El ruido en el canal impone un límite sobre el rango del símbolo y los bits por símbolo que pueden ser utilizados. Un estudio realizado en GTE asume un sistema asimétrico, con un radio de 10:1 en los rangos de datos (flujo hacia abajo/flujo hacia arriba). En este escenario, el modelo de ruido asumido toma en consideración principalmente el hablado cruzado (crosstalk) far-end (FEXT). Esta fuente de ruido es una consecuencia del acoplamiento capacitivo entre diferentes pares trenzados en un mismo cable multipar. Otra importante fuente de ruido presente en este medio es el ruido Gaussiano, con una altura espectral de dos lados de -140 dBm/Hz. La Interferencia Radiofrecuencial (RFI) es también tomada en cuenta, aunque no está claro como cuantificar su impacto sobre la línea de transmisión.

Se considera dos implementaciones de VDSL que utilizan CAP (Carrierless AM/PM) y PAM (Pulse Amplitude Modulation) respectivamente. La escogencia de PAM tiene la ventaja que este esquema de transmisión banda base hace uso de bandas de frecuencia baja, las cuales están menos sujetas al ruido (atenuación y crosstalk). Por otro lado, CAP puede permitir utilizar POTS (servicio de voz) o ISDN simultáneamente con VDSL. El siguiente gráfico muestra una comparación de la capacidad de transmisión de VDSL usando CAP y PAM. El número de perturbadores es el número de pares trenzados en el mismo cable multipar que pueden estar interfiriendo uno a otro si portan también señales VDSL.



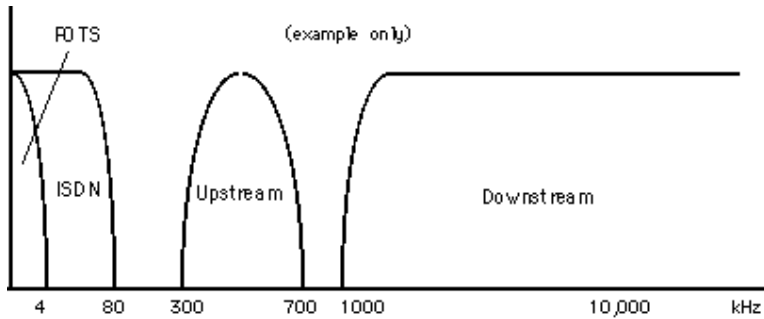
4.1.2.1. Comparación de la capacidad de transmisión para PAM y CAP basada en VDSL

Distribución ancho de banda:

Debido a las limitaciones de distancia, VDSL será suministrada a menudo desde un armario situado en la calle equipado con una fibra óptica conectada a la red backbone. Esta topología FTTCab (Fibra Hasta el Armario) se muestra a continuación:

Alternativamente, VDSL puede ofrecerse desde una central telefónica para dar servicio a los abonados situados en la proximidad inmediata de la central, topología FTTEEx (Fibra Hasta la Central). Incluso otra topología posible es utilizar VDSL para la transmisión de datos y multi-video en bloques de apartamentos con una ONT (Terminación de Red Óptica) en el sótano, dando servicio a los apartamentos individuales sobre los cables telefónicos existentes.

Es también posible el funcionamiento simultáneo de VDSL y de los servicios de banda estrecha

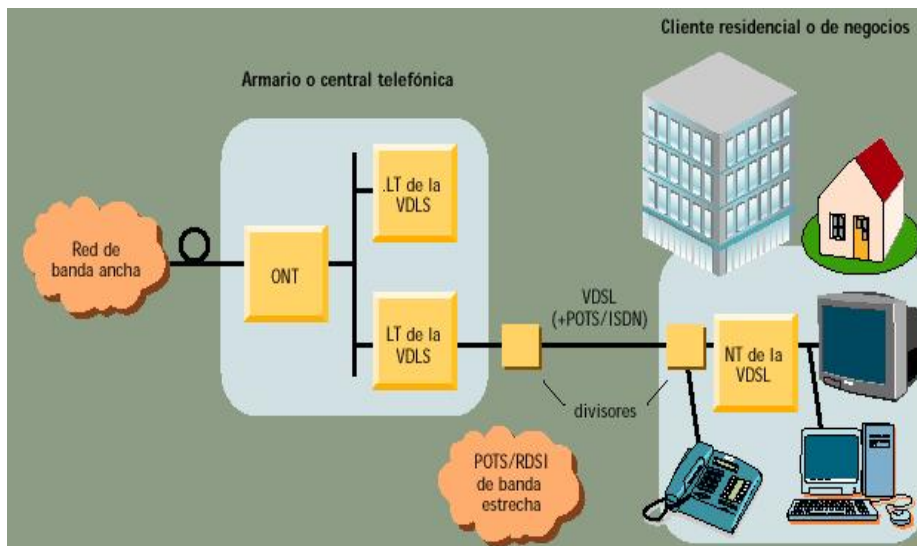


tradicionales - POTS (Plain Old Telephone Service) o RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) - sobre una única línea telefónica. Esto requiere un divisor en cada extremo de la línea para separar la señal VDSL de mayor frecuencia de la señal POTS o RDSI de menor frecuencia (transmisión fuera de banda). De forma

alternativa, los servicios de banda estrecha pueden transmitirse dentro de banda formando parte de los datos digitales.

Los sistemas VDSL están diseñados para trabajar en un entorno ruidoso muy hostil. En concreto, deben ser capaces de poder hacer frente a interferencias procedentes de emisiones de radio y de las transmisiones de los radioaficionados. Al mismo tiempo, deben tomarse precauciones para limitar las emisiones indeseadas de un sistema VDSL en las bandas de radio sensibles, tales como las bandas de los radioaficionados reconocidas internacionalmente. Esto puede requerir que la PSD (Densidad Espectral de Potencia) transmitida en estas bandas sea recortada en 20 dB o más. La conformación espectral debería asegurar además la compatibilidad espectral con otros servicios heredados (T1/E1, RDSI, ADSL, HDSL, etc) en el mismo atado del cable (grupo de pares trenzados de cobre) y una buena partición de la capacidad del cable entre los diferentes pares del cable, por medio de una reducción de la potencia, es decir, conformando la PSD de transmisión en el sentido ascendente de la NT (Terminación de Red) de forma que no se impida la recepción de transmisores remotos en el armario o en la central telefónica. La máxima potencia de transmisión que los sistemas VDSL pueden inyectar en la línea en cualquiera de sus extremos es de 11,5 dBm, en comparación con los 20 dBm y los 13 dBm, respectivamente, para la transmisión en sentido descendente y ascendente en ADSL.

El TM6 de ETSI y el Comité T1E1.4 del ANSI han adoptado ambos códigos de línea para los estándares (en pruebas) de VDSL actualmente en desarrollo. Además, se ha seleccionado FDD (Duplexación por División de Frecuencia) como técnica de duplexación por parte del ETSI, ANSI y de la UIT.

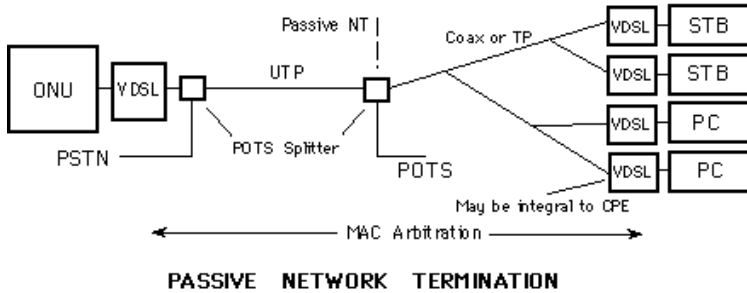
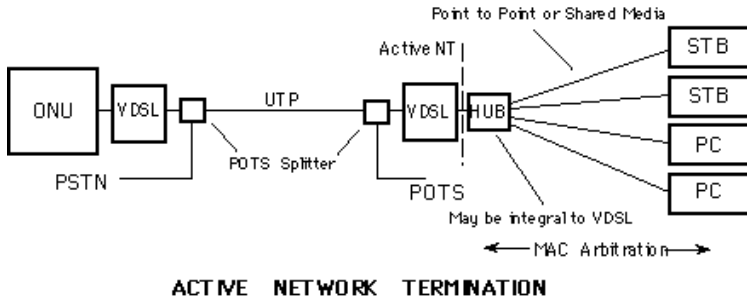


Alcatel está desarrollando un conjunto de chips para VDSL basados en FDD-DMT, que ha sido respaldado por la VDSL Alliance para una futura adopción como el estándar mundial de la UIT (posiblemente en paralelo con portadora única), en línea con las actuales especificaciones del ANSI y del ETSI.

4.1.2.2. Líneas de código propuestas para VDSL

I) CAP

Carrierless AM/PM. Para configuraciones pasivas de NT, CAP usará QPSK para upstream y un tipo de TDMA para multiplexación. La Modulación CAP está basada en Modulación en Amplitud en Cuadratura QAM y trabaja muy similar a QAM. Un receptor QAM necesita una señal de entrada con las mismas relaciones espectro y fase como la señal transmitida. Las líneas telefónicas regulares no garantizan esta calidad de envío y una implementación QAM para el uso con xDSL tiene que incluir ecualizadores adaptativos que puedan medir las características de la línea y ejecutar compensación para la distorsión introducida en el par trenzado.



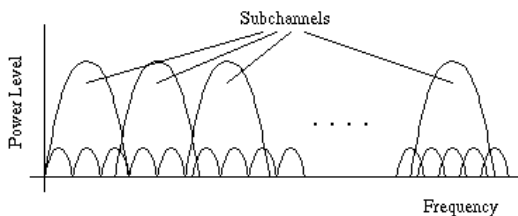
II) DMT

Discrete Multitone, Para configuraciones pasivas de NT, DMT usará FDM para multiplexar upstream.

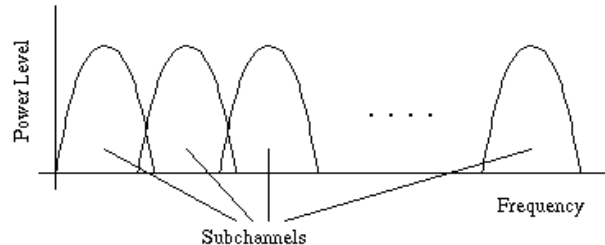
Este código de línea divide el ancho de banda disponible en unidades más pequeñas. Estas bandas individuales son probadas para determinar si pueden ser utilizadas para transmitir información. Este esquema es ventajoso debido al amplio rango de características de líneas que pueden ser encontradas en la instalación existente de cables de par trenzado. Cada instalación puede presentar diferencias en la

calidad y longitud de la línea e interferencia como hablado cruzado (crosstalk), y los radios AM y HAM pueden afectar la señal de estas líneas. DMT supera este problema utilizando estas partes del espectro que ofrece menos atenuación e interferencia.

La línea es probada para determinar cuáles bandas de frecuencia están disponibles y cuantos bits pueden ser transmitidos por unidad de ancho de banda. Los bits son decodificados en el transmisor y luego pasados a un convertor D/A. En la recepción final, la señal es procesada para decodificar la cadena de bits entrante. ADSL también utiliza este código de línea, y divide el canal de flujo "hacia abajo" en 256 tonos de 4 Khz de ancho de banda y el "flujo hacia arriba" en 32 subcanales. Cada subcanal puede portar un número diferente de bits, dependiendo de la calidad del subcanal. DMT puede operar en modos de rango fijo o adaptativo, por ejemplo, puede utilizar un rango de datos constante o puede modificar el rango de datos durante operación como una respuesta a las características de la línea. Sin embargo, el DMT sufre del aislamiento del subcanal. El uso de las transformadas de Fourier introduce armónicos adicionales que no portan la información. El DWMT ataca este problema.



Espectro Multitono Discreto



Espectro Discreto Multitono Wavelet

III) DWMT

Discrete Wavelet Multitone, También usa FDM para multiplexar upstream. El esquema de decodificación DWMT está basado en la misma idea del DMT, esto es, dividir el canal en subcanales para hacer uso de las secciones del espectro de la frecuencia que no son afectados por interferencia. Mientras que DMT usa transformadas rápidas de Fourier para decodificar los bits en cada subcanal, el DWMT utiliza transformadas wavelet (algoritmo para descomponer una señal en elementos más simples). El uso de la transformada de Fourier digital para decodificar bits en el algoritmo DMT genera armónicos con el arco principal del receptor. Sin embargo, la transformada wavelet produce armónicos de energía más bajo, lo cual hace de esto una tarea más simple para detectar la señal decodificada en la recepción.

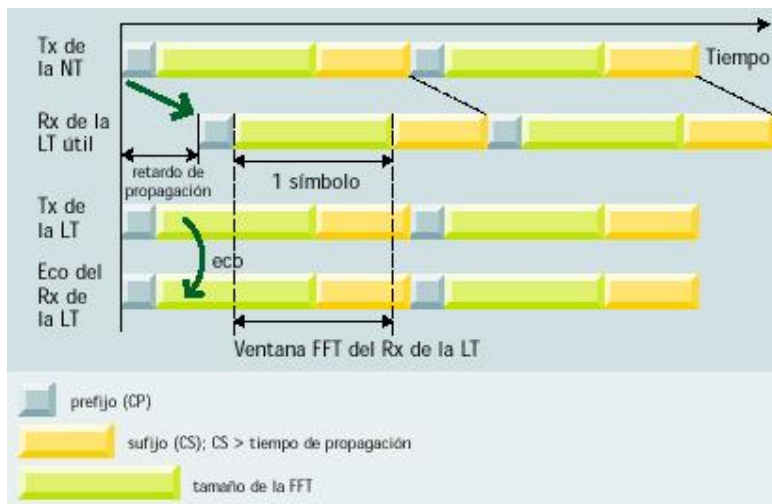
La relación señal a ruido SNR realizada con DWMT puede estar en el orden de 43 dB, mientras que DMT tiene una SNR de alrededor de 13 dB. Con DWMT, la mayoría de la energía está contenida en los subcanales actuales y no es perdida en los armónicos adicionales que resultan de la operación de transformada. **SLC** Simple Line Code, una versión de señal en banda base de 4 niveles que filtra en banda base y restablece la señal en el receptor. Para configuraciones pasivas NT, SLC debería usarse como TDMA para multiplexar upstream, aunque FDM es posible.

4.1.2.3. TRANSMISION FDD-DMT

Los sistemas multiportadora modulan datos sobre un gran número de portadoras (ortogonales) de banda estrecha. Cada portadora o tono se modula con un punto de la constelación QAM durante la duración de un símbolo de la multiportadora. Para construir el símbolo completo se suman entonces todas las portadoras. En el receptor, las portadoras se separan y demodulan. Utilizando modulación DMT, las portadoras están igualmente espaciadas y son ortogonales. La modulación y demodulación de un símbolo DMT puede realizarse de forma muy eficaz mediante el uso, respectivamente, de una IFFT (Transformada Inversa Rápida de Fourier) y una FFT (Transformada Rápida de Fourier).

Para asegurar la ortogonalidad entre tonos puede necesitarse un procesamiento adicional en el transmisor y en el receptor.

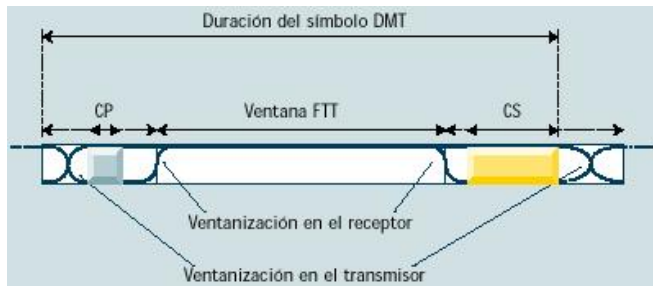
En un sistema VDSL basado en DMT pueden utilizarse hasta 4.096 portadoras, abarcando una banda de frecuencias de hasta 17,7 MHz. La separación entre tonos es idéntica a la de ADSL (4,3125 kHz), permitiendo la interoperabilidad (un módem VDSL en un extremo de la línea, tanto con LT - Terminación de Línea - como con NT, puede comunicar con un módem ADSL en el otro extremo a una velocidad reducida) entre ADSL y VDSL. La salida de la IFFT se amplía ciclicamente añadiendo un CP (Prefijo Cíclico) y un CS (Sufijo Cíclico).



Parte de la ampliación cíclica se utiliza para ventanizar en símbolo DMT en el transmisor de forma que se suavice la transición entre símbolos sucesivos, lo que da como resultado lóbulos laterales menores en el espectro de transmisión y, por consiguiente, un mejor confinamiento espectral. Otra parte de la ampliación cíclica puede utilizarse para ventanizar (en combinación con "el solapamiento") en el receptor. Esta operación es transparente para los tonos que son perfectamente periódicos en la

ventana FFT, pero reduce el efecto de las transiciones que de otra manera producirían ISI (Interferencia entre Símbolos) e ICI (Interferencia entre Portadoras), y ayuda a reducir el efecto de la diafonía y de la RFI (Interferencia de Radiofrecuencia).

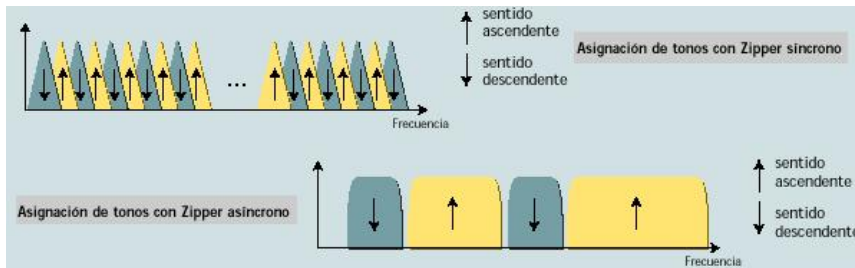
El uso de ventanización en el receptor y el transmisor y las ampliaciones cíclicas se muestran a continuación:



El resto de la ampliación cíclica se utiliza, por una parte - mediante el prefijo cíclico - para reducir (o eliminar) la ISI y la ICI, y por otra parte - mediante el sufijo cíclico - para asegurar la ortogonalidad de la señal útil recibida y del eco (producido por la desadaptación del transceptor a la línea, o por imperfecciones de ésta). Si el prefijo cíclico es lo suficientemente largo (para

evitar completamente la ISI y la ICI, el prefijo cíclico debería ser al menos tan largo como la respuesta del canal al impulso, medida desde la salida de la IFFT en el transmisor hasta la entrada de la FFT del transmisor), la ecualización no necesita un ecualizador en el dominio del tiempo, sino que puede realizarse mediante un ecualizador con una derivación en el dominio de la frecuencia,

reduciendo de este modo la complejidad del receptor. Si el sufijo cíclico excede la longitud de la línea, expresada en muestras se puede obtener una perfecta ortogonalidad entre la señal útil y el eco mediante la sincronización y



alineamiento de la transmisión en sentido ascendente y descendente. En este caso, no se necesitan filtros de duplexación digitales ni analógicos, reduciendo de nuevo la complejidad del transceptor.

El sistema VDSL descrito se le conoce a menudo como VDSL "Zipper". La combinación de un duplexado digital en el dominio de la frecuencia y de una transmisión DMT es característico de un sistema Zipper. Existen dos modos de funcionamiento: síncrono y asíncrono.

5. APLICACIONES VDSL

Aunque un estándar VDSL no está completo, existen ciertas especificaciones que están siendo consideradas como metas realizables. Dado que VDSL será utilizado para proveer conexión de "última milla" entre redes ópticas y las premisas, los rangos de datos de "flujo hacia abajo" proyectados que VDSL proveerá son 1/12, 1/6, y 1/3 de la velocidad de SONET (155.52 Mbps). Estas velocidades estarán disponibles para diferentes longitudes de línea. La siguiente tabla muestra los rangos de datos de VDSL con las correspondientes longitudes de líneas.

Tabla 1 Rangos de Datos y Longitudes de Línea en VDSL.

Longitud de Línea	Rango de "Flujo hacia abajo"
1500 metros	12.96 - 13.8 Mbps
1000 metros	25.92 - 27.6 Mbps
1000 metros	51.84 - 55.2 Mbps

Los rangos del "flujo hacia arriba" (upstream) comienzan desde los 1.6 Mbps a la misma velocidad del canal de "flujo hacia abajo" (downstream). Iguales flujos hacia arriba y abajo sólo pueden ser realizados en las líneas más cortas, y requerirán configuraciones simétricas de VDSL. Las primeras versiones de VDSL serán asimétricas, al igual que ADSL.

Las operadoras de telecomunicaciones podrían utilizar VDSL para enviar demanda de video a los hogares, usando televisión de alta definición (HDTV), dado el largo ancho de banda que VDSL permite sobre un simple par de par trenzado.

Otra aplicación potencial de VDSL es la de ser utilizada para realizar tráfico sobre ATM.

Radiación en Cables Aéreos: Laboratorios BT ha realizado algunas medidas sobre bandas de altas frecuencias generadas por cables que portan señales VDSL. Utilizando TDD (Time Division Duplexing), un transmisor VDSL produce emisiones no requeridas que interfieren muy de cerca los receptores de radio amateur. Otras medidas incluyeron la pérdida total del camino desde el punto de Lanzamiento de la señal VDSL en los UTP y a los receptores de radioaficionados. Fue descubierto que un máximo PSD de 60 dBm/Hz para el uso con VDSL puede conducir a interferencia potencial sobre algunas bandas de alta frecuencia en el espectro de radio. Los sistemas VDSL que están basados en TDD pueden requerir medidas de control de potencia para prevenir esta clase de interferencia.

Han sido sugerido que un nivel de potencia de -80 dBm/Hz sea utilizado en las bandas que son ocupadas por radio amateur, y -60 dBm/Hz en otras partes.

Operación Simétrica/Asimétrica: El servicio asimétrico es aquel en el cual los canales upstream y downstream poseen diferentes rangos de bits. Ha sido acordado que son posibles los sistemas simétricos y asimétricos. En el futuro será posible la implementación de la mezcla de ambos sistemas. VDSL simétrica está planeada para cortas distancias y la operación asimétrica está planeada para grandes rangos.


Para cortas distancias, la VDSL simétrica es atractiva debido a que puede simplificar la interfaz de la red corporativa LAN y estar en concordancia con el futuro de FTTH (Fiber To The Home). En un futuro no muy lejano, los sistemas como FTTC y FTTB podrán ser utilizados con un sistema simétrico VDSL que usa 26 Mbps, el cual es un rango saludable para ATM.


Por otro lado, una ventaja del sistema asimétrico es el hecho que simplifica el equipo electrónico requerido en el lado de los hogares del lazo.

Transceivers Flexibles: El comité Europeo TM6 ha comentado que a ellos les gustaría ver los transceivers que pueden ser configurados para ambas operaciones simétricas y asimétricas.

Código de Línea: La escogencia de un código de línea (CAP, DMT, DWMT) se encuentra también en las agendas de los comités de estándares.

6. EDICIONES EN EL DESARROLLO DE VDSL

 **Modelo de Referencia:** El modelo de ruido a utilizar para el diseño VDSL está siendo discutido. Las características de ruido sobre la línea no solamente variarán con el tipo de línea, sino también con la base instalada del lazo local. En algunos países existen llegadas por cable aéreo, mientras que en la mayoría de los otros países el cable es situado bajo tierra para la última llegada hacia el cliente. No existe acuerdo hasta la fecha, aunque ha sido notado que puede ser necesario tener múltiples modelos de ruido en un reporte técnico final.

 **Interferencia sobre Radioaficionados:** En el caso del cableado local aéreo, la señal VDSL sobre el cable generará un campo eléctrico capaz de interferir con bandas de radioaficionados. El caso contrario también es verdadero: las bandas de frecuencia de radioaficionados que coincidan con el contenido de frecuencia de VDSL dañarán la señal VDSL.

1.1 7. CONSIDERACIONES SOBRE EL SERVICIO PARA VDSL

1. A grandes rasgos, los servicios y aplicaciones que la red ha de ser capaz de soportar son: Datos a alta velocidad (acceso a Internet), Servicios broadcast, Telefonía, VOD, Teletrabajo y Comercio electrónico.
2. Integración voz-datos. Los servicios de VoIP (VoDSL / VoCM) abren nuevas posibilidades para los operadores de redes de acceso de alta velocidad, permitiendo un mix de servicios de voz y datos con un reparto dinámico del ancho de banda disponible.
3. En una época en la que todos los operadores convergen hacia una integración cada vez más amplia de servicios de telecomunicación, la tecnología ha de ser transparente al usuario y las claves del éxito son la **calidad de servicio**, los **contenidos** y la **oportunidad** (*time to market*), estar en el lugar oportuno en el momento oportuno.
4. Se está produciendo un incremento notable en la demanda de servicios de vídeo -multimedia-, aparte de los de datos en general, lo cual plantea unas exigencias técnicas superiores a las redes de acceso.
5. La velocidad es inicialmente el reclamo perfecto en el acceso a Internet, pero detrás ha de haber un servicio sólido y unos contenidos atractivos que retengan a los clientes. El valor de los mismos en la mente del usuario ha de ser superior al coste que tienen para el operador. Por otra parte, hay que tener cuidado con acostumbrar mal a los usuarios y limitar desde el principio la capacidad máxima de transferencia para no generar falsas expectativas con respecto a la velocidad de acceso contratada. Por otra parte, tan importante es para el usuario el hecho de estar *always-on-line* como la propia velocidad.
6. Los nuevos servicios de acceso a Internet a alta velocidad y con conexión permanente provocan cambios en el comportamiento de los usuarios de los que no existen aún datos estadísticos suficientes pero que parecen indicar que la tendencia natural es la de establecer una TARIFA PLANA con un límite máximo de descarga de información más un tanto variable en función del exceso de MB consumidos. De aquí a la tarificación por MB hay un paso. De la misma manera que los nuevos servicios exigen velocidades de acceso mayores, también se produce el efecto inverso: la mejora de las redes de acceso auspicia la creación de servicios y aplicaciones más ambiciosas en lo que a ancho de banda se refiere.
7. Los clientes actuales acceden mayoritariamente a servidores de información externos a la red del operador (servidores WEB en Internet) y la velocidad suele verse limitada por factores externos a dicha red. ¿Qué ocurre cuando los contenidos de la Intranet del operador se hacen más completos y atractivos y la velocidad de acceso a la información únicamente está limitada por la red? Dicha velocidad ha de evolucionar de acuerdo con los servicios y contenidos a los que se accede.
8. Es extremadamente importante conseguir una diferenciación clara entre calidades de servicio (QoS) o como mínimo entre clases o tipos de servicio (CoS) e intentar asegurar esa diferenciación más allá de nuestra red de acceso. IPv6 tiene en cuenta estas consideraciones.
9. La provisión del servicio es un punto problemático y delicado y representa la primera imagen que el operador da de sí mismo a los clientes. Una posibilidad es la de promover el “instálelo usted mismo” unido a la creación de un sólido soporte técnico pre y post-venta y a unos sistemas fiables y sencillos de autoprovisión.
10. El éxito de VDSL o de cualquier otra red de acceso no dependerá tanto de la tecnología como de las inversiones que se lleven a cabo en cada una de ellas, del marketing que los operadores realicen y de cómo los servicios consigan adaptarse a los deseos de sus clientes.

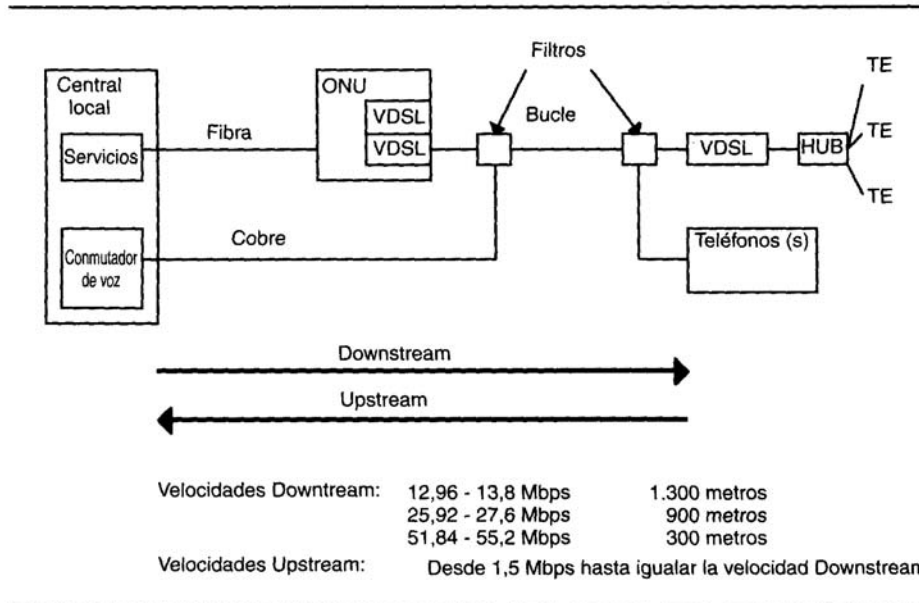
8. CONCLUSIONES

- **VENTAJAS DE XDSL:** Los proveedores de servicios se sienten atraídos por una serie de características que se presentan a continuación.
 - En primer lugar, xDSL se pone en marcha sólo cuando un cliente requiere el servicio. Desde luego, se necesita partir de unos gastos iniciales, pero generalmente son mucho menores que en otras tecnologías.
 - Ninguna tecnología xDSL requiere cambios en el 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 encaminan hacia enrutadores y servidores.
 - De igual modo, xDSL puede utilizarse para usuarios residenciales, pequeñas y medianas empresas, y grandes corporaciones. La tecnología xDSL puede ser diferente (por ejemplo, HDSL), pero el servicio debería ser esencialmente el mismo, con la posible excepción de los servicios de vídeo.
 - Otra ventaja de xDSL es que algunas versiones, 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 de área local (LAN) de tipo Ethernet, por ejemplo. Incluso las nuevas configuraciones de cableado eléctrico como los CEBus (Consumer Electronics Bus - Bus Electrónico de Consumidor) están permitidos en el extremo de usuario de una línea ADSL, RADSL o VDSL.
 - xDSL ofrece, incluso, la infraestructura necesaria para el transporte de celdas ATM (especialmente la DSL de muy alta velocidad, aunque también la tiene la DSL asimétrica). 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). Es difícil pensar en otras tecnologías que se adapten mejor a ATM de lo que lo hace xDSL, especialmente ADSL / RADSL y VDSL.
- Acerca de la información presentada como un resumen para tener una idea acerca de VDSL, así como también el estatus de las discusiones acerca de lo que VDSL deberá ser en el futuro, podemos decir que el trabajo que se está realizando corrientemente se está enfocando en la resolución de los diferentes problemas que enfrenta VDSL tales como atenuación, interferencia sobre las señales VDSL con otros medios de comunicación existentes.
- Adicionales a las dificultades técnicas, las investigaciones están siendo conducidas para determinar cuál código de línea será el más apropiado para el estándar VDSL. GTE está haciendo presión por QAM, la ETSI soporta DMT y los fabricantes de equipos xDSL se están promoviendo por el uso de CAP. Está claro que un estándar final VDSL no ha sido visto en un futuro cercano. La ETSI espera publicar un primer reporte técnico sobre VDSL a finales de año.
- VDSL puede tener un futuro brillante para aplicaciones como FTTC, FTTC. Tendremos que esperar por la organización de ADSL para tener algunos datos factibles de la penetración del mercado de las tecnologías xDSL y observar como son ejecutadas. Estos indicadores fijarán en parte la pauta para el destino de VDSL.

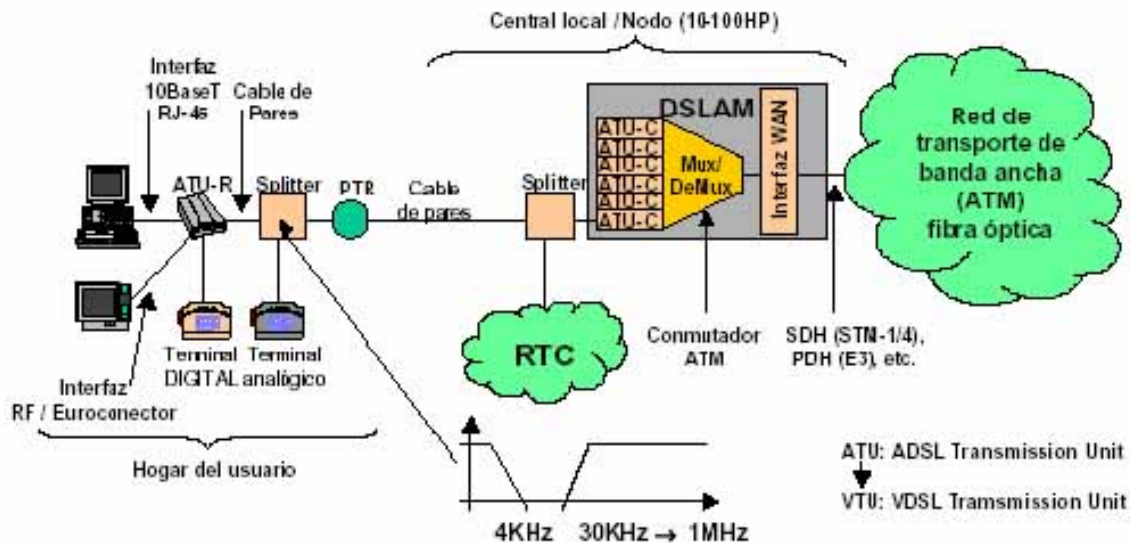
1.1.1 10. ANEXO: REDES FTTC Y VDSL

Las redes *Fiber-to-the-Curb - VDSL* combinan un diseño intensivo en fibra óptica con un bucle de abonado basado en tecnología VDSL (*Very High Digital Subscriber Line*) (Fig. de abajo). Se trata de una red de servicios integrados totalmente DIGITAL con una capacidad de transferencia máxima por usuario de unos 50-60Mbps en sentido descendente y unos 2Mbps en el retorno.

Arquitectura VDSL



Utilización VDSL



9. BIBLIOGRAFIA

- **Tecnologías ADSL y xDSL.**
Walter Goralski. Osborne McGraw-Hill 2000.
- **Broadband Access Technologies: ADSL/VDSL, Cable Modems, Fiber, and LMDS**
Niel Ransom, Albert A. Azzam. McGraw-Hill 1999.
- **Newton's Telecom Dictionary**
Harry Newton. CMP Books 2000.
- <http://www.cablecat.com/personales/almuh/artichfc.htm>
- <http://www.albertomurillo.com>
- <http://www.internautas.org>
- <https://www.ictnet.es>
- **Cable Madrid 2000**
Alberto Murillo Hernandez

INDICE DE CONTENIDOS

1 INTRODUCCIÓN

2 REDES DE ACCESO Y REDES DE BANDA ANCHA

2.1 Red completa de telecomunicaciones

2.2 Clasificación de las redes de acceso

2.2.1 Redes de acceso via cobre

2.2.2 Redes de acceso via fibra óptica

3 PRESENTACION DE LA FAMILIA xDSL

4 VDSL – Very high speed Digital Subscriber Line

4.1 Tecnicas de transmisión

4.1.1 Velocidades

4.1.2 Selección del ancho de banda

4.1.2.1 Comparación de la capacidad de transmisión para CAP y PAM basada en VDSL

4.1.2.2 Líneas de código propuestas para VDSL

I) CAP

II) DMT

III) DWMT

4.1.2.3 Transmisión FDD-DMT

5 APLICACIONES VDSL

6 EDICIONES EN EL DESARROLLO DE VDSL

7 CONSIDERACIONES DE SERVICIO

8 CONCLUSIONES

9 BIBLIOGRAFIA

10 ANEXO: DIAGRAMA DE REDES FTTC Y VDSL

REDES DE ACCESO

Tecnologías xDSL X- Digital Subscriber Line

Cátedra

Teoría y Aplicaciones de la Informática 2

**Viviana Mendieta Jara
Sabrina A. Duarte G.**

Universidad Católica
“Nuestra Señora de la Asunción”
Departamento de
Electrónica e Informática
Ingeniería Informática
Octubre 2002,
Asunción – Paraguay