

Tecnologías xDSL

Ing. Patricia Pérez Romero
Profesor del CIDETEC-IPN

Los sistemas de telecomunicaciones actuales están constituidos por un conjunto variado de redes que abarcan todos los servicios de Voz, Datos y Video, mismos que ahora son posibles gracias a la digitalización.

Sin embargo, se sigue teniendo una limitante en el lado del cliente, ya que entre éste y las centrales telefónicas existe un par de cobre que efectúa su comunicación en forma analógica. Pero con la introducción de la fibra óptica hasta el cliente y la nueva era de tecnología digital la situación está cambiando rápidamente.

INTRODUCCIÓN

Los volúmenes de tráfico de datos ya están excediendo el tráfico de voz en muchos países y se observa que ésta es la tendencia mundial. Por ello, los usuarios requieren actualmente de servicios que necesitan gran ancho de banda: para el acceso a Internet, Intranets, y acceso remoto a Redes de Área Local.

Esta demanda de servicios evoluciona a dos claras tendencias: la necesidad de mayor capacidad y la búsqueda de mayor sencillez en el transporte y gestión de la variedad de tipos de información.

Los proveedores de equipo de telecomunicaciones están desarrollando arquitecturas de red que proporcionan una fácil evolución de las redes telefónicas públicas actuales, a una red centrada en datos y basada en conmutación de paquetes no orientados a conexión, los cuales garantizan la calidad de servicio, además de incluir otras ventajas como el uso eficiente de los dispositivos instalados, escalabilidad y la habilidad de implementar nuevos protocolos de señalización de llamadas y servicios. También el control y sistema de administración tendrán un papel importante, pero sobre todo el hacer llegar estas facilidades al cliente a través de la red de cobre existente y de fibra óptica empleando para ello tecnología xDSL (x Digital Subscriber Line) que permite accederse a la red con mayor velocidad.

¿QUÉ ES xDSL?

xDSL (x Digital Subscriber Line, la "x" se utiliza para diferenciar los tipos de servicios y/o tecnologías DSL) se refiere a un grupo con tecnología similar que provee gran ancho de banda y alta velocidad de acceso sobre circuitos locales de cable de cobre, sin amplificadores o repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado, entre la conexión del cliente y el primer nodo en la red. xDSL se proporciona sobre circuitos locales de cobre no cargados (cables sin nin-

gún tipo de inducción de voltaje o señal).

La Tecnología xDSL soporta formatos y velocidades de transmisión especificados, como lo son T1 (1.544 Mbps) y E1 (2.048 Mbps), y es lo suficientemente flexible para soportar velocidades y formatos adicionales como sean especificados (ej. 6 Mbps asimétricos para transmisión de alta velocidad de datos y video). xDSL puede coexistir en el circuito con el servicio de voz; como resultado, todos los tipos de servicios, incluyendo el de voz, video, multimedia y datos pueden ser transportados sin el desarrollo de nuevas estrategias de infraestructura. xDSL es una tecnología «Modem-Like» (muy parecida a la tecnología de los módem), donde se requiere un dispositivo xDSL terminal en cada extremo del circuito de cobre. Estos dispositivos aceptan flujo de datos, generalmente en formato digital, y lo sobrepone a una señal análoga de alta velocidad. Las dos técnicas de modulación más usadas actualmente para xDSL son:

- CAP-Carrier-less Amplitude Phase Modulation
- DMT-Discrete Multitone Modulation.

CAP (CARRIER-LESS AMPLITUDE MODULATION)

Esta modulación está basada en la Modulación en Amplitud en Cuadratura QAM. El receptor de QAM

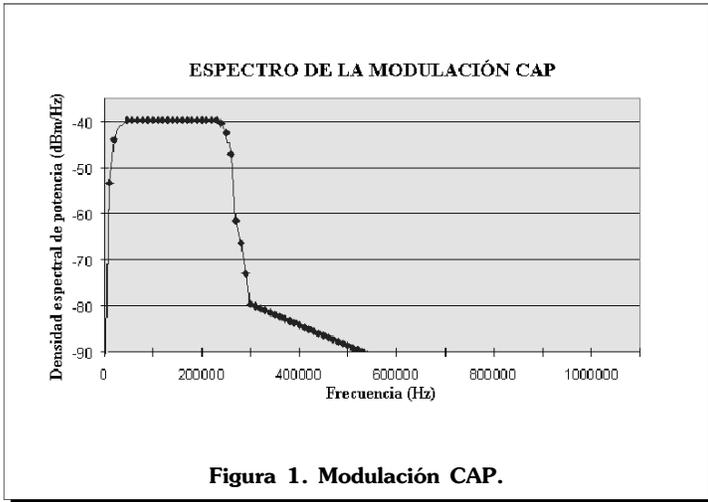


Figura 1. Modulación CAP.

necesita una señal de entrada que tenga la misma relación entre espectro y fase que la señal transmitida, pero las líneas telefónicas instaladas no garantizan esta calidad. La CAP es una implementación de QAM para xDSL, de bajo costo debido a su simplicidad y con una velocidad de 1.544 Mbps (ver **Figura 1**).

La CAP divide la señal modulada en segmentos que después almacena en memoria. La señal portadora se suprime, puesto que no aporta ninguna información. La onda transmitida se genera al pasar cada uno de los segmentos por dos filtros digitales transversales con igual amplitud, pero con una diferencia de fase de $\pi/2$. En la recepción se reensamblan los segmentos, volviendo a obtener la señal modulada. De este modo, obtenemos la misma forma del espectro que con QAM, siendo la CAP más eficiente que QAM en implementaciones digitales.

DMT (DISCRETE MULTI-TONE MODULATION)

Es un tipo de modulación multi-portadora, que elimina el problema de las altas frecuencias que aumentan considerablemente las pérdidas debido al ruido en las líneas de cobre, dividiendo el ancho de banda disponible en 256 subcanales, que son comprobados para determinar su capacidad portadora (**Figura 2**).

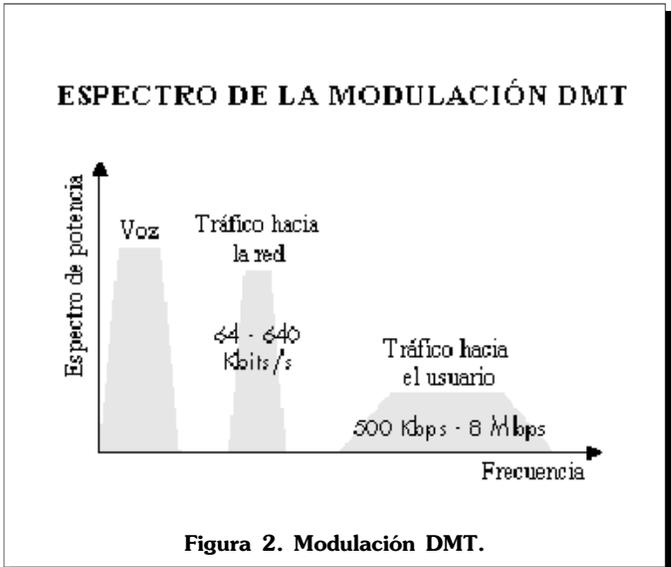


Figura 2. Modulación DMT.

PROCESO DE MODULACIÓN

- La modulación DMT emplea la transformada discreta de Fourier para crear y demodular cada una de las 256 portadoras individuales, dividiendo el ancho de banda disponible en unidades más pequeñas.
- La línea se comprueba para determinar qué banda de frecuencias es posible y cuántos bits pueden ser transmitidos por unidad de ancho de banda.
- Los bits se codifican en el transmisor mediante la transformada rápida inversa de Fourier y después pasan a un conversor analógico/digital.

- Al recibirse la señal, ésta se procesa mediante una transformada rápida de Fourier para decodificar la trama de bits recibida.

La DMT ha sido seleccionada en un primer borrador del grupo de estandarización T1E1 de ANSI, sobre la CAP y QAM.

Las últimas modificaciones a los estándares sobre ADSL han llevado al desarrollo de una nueva generación de módems capaces de transmitir hasta 8,192 Mbps en sentido descendente y hasta 0,928 Mbps en sentido ascendente. La separación de los trayectos en ADSL se efectúa por Multiplexación por División en Frecuencias (FDM) o por Cancela-

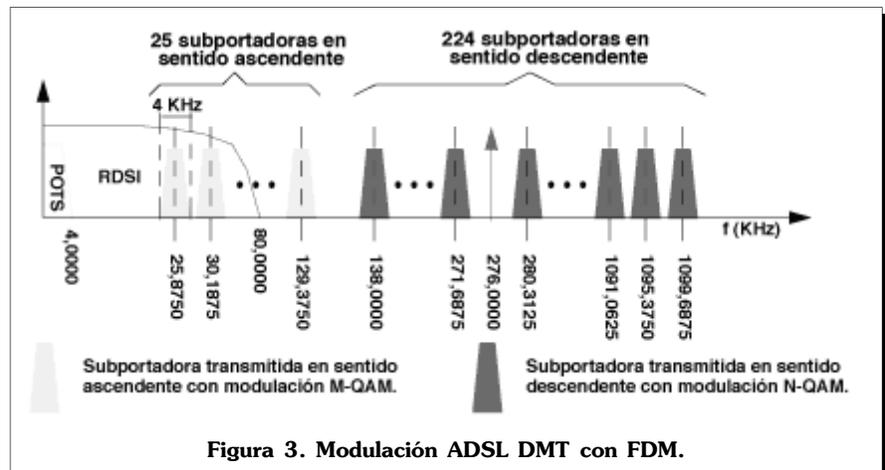


Figura 3. Modulación ADSL DMT con FDM.

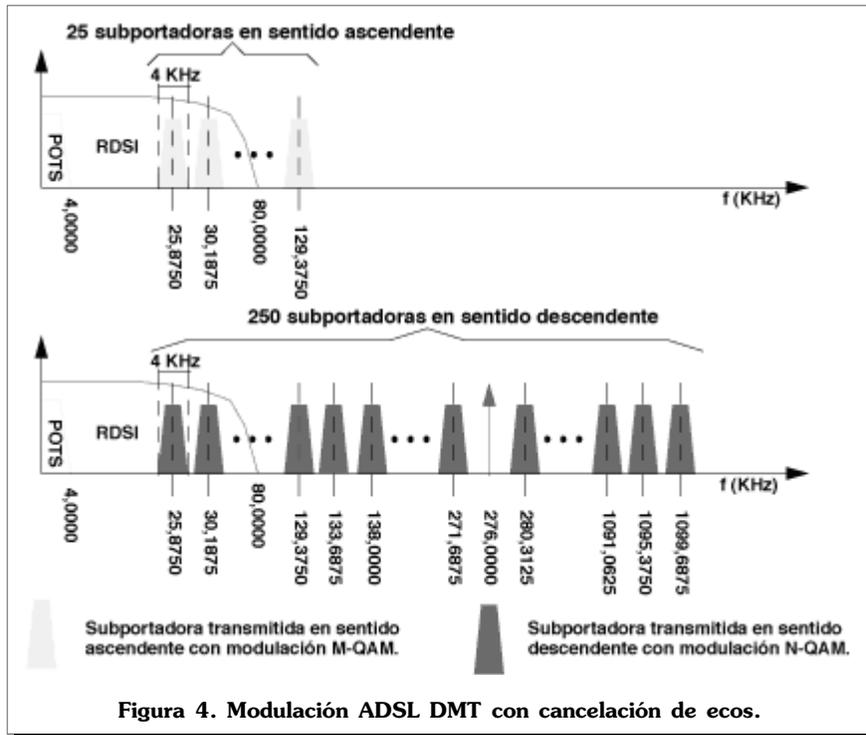


Figura 4. Modulación ADSL DMT con cancelación de ecos.

ción de Eco, siendo esta última la más empleada (Figuras 3 y 4).

En las dos figuras anteriores se han presentado las modalidades existentes dentro del ADSL con modulación DMT: FDM y cancelación de ecos. En la primera, los espectros de las señales ascendente y descendente no se traslapan, lo que simplifica el diseño de los módems, aunque reduce la capacidad de transmisión en sentido descendente, no tanto por el menor número de subportadoras disponibles sino por el hecho de que las de menor frecuencia, aquéllas para las que la atenuación del par de cobre es menor, no están disponibles. La segunda modalidad, basada en un cancelador de ecos para la separación de las señales correspondientes a los dos sentidos de transmisión, permite mayores caudales a costa de una mayor complejidad en el diseño.

En la Figura 3 (Modulación ADSL DMT con FDM) y en la Figura 4 (Modulación ADSL DMT con cancela-

ción de ecos) se muestran los espectros de las señales transmitidas por los módems ADSL tanto en sentido ascendente como descendente. Como se puede ver, los espectros nunca se traslapan con la banda reservada para el servicio telefónico básico (POTS o «Plain Old Telephone Service»), y en cambio sí lo hacen con los correspondientes al acceso básico RDSI. Por ello el ADSL y el acceso básico RDSI son incompatibles.

ESTRUCTURA Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

La línea sobre la cual se soporta el ADSL es la línea de cobre; para que sobre esta línea analógica puedan prestarse servicios DSL es necesario introducir cambios tanto en el domicilio del usuario como en la central telefónica. A continuación se enumeran los diferentes equipos y dispositivos que componen la estructura del DSL desde el usuario hasta la central.

EL SEPARADOR

La tecnología ADSL permite la simultaneidad, por el mismo medio, de los servicios tradicionales de voz y de los nuevos servicios de transmisión de datos a alta velocidad. Como es ya sabido, los servicios de voz operan en la banda baja de frecuencia que va desde los 0 KHz hasta los 4000 KHz. A partir de los 4000 KHz queda a disposición de la transmisión de datos. Nos encontramos por tanto con dos bandas de frecuencias de transmisión claramente diferenciadas y no traslapadas que se transmiten por el mismo medio físico: el hilo de cobre.

El separador es un pequeño aparato que se instala en el domicilio del cliente (generalmente cerca del PTR) y que discrimina entre un tipo de señal u otro, es decir identifica la

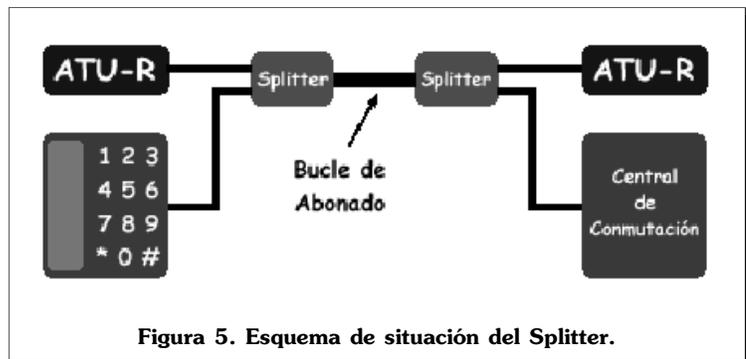


Figura 5. Esquema de situación del Splitter.

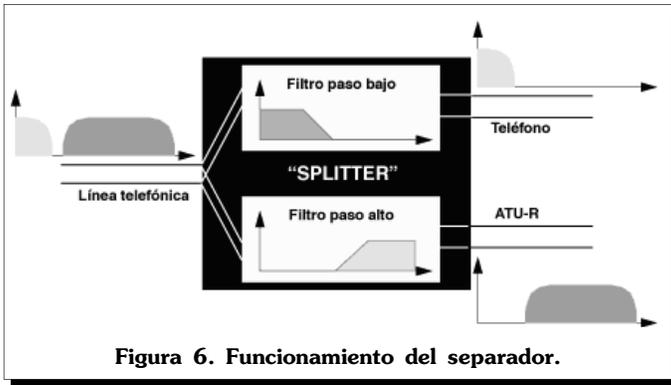


Figura 6. Funcionamiento del separador.

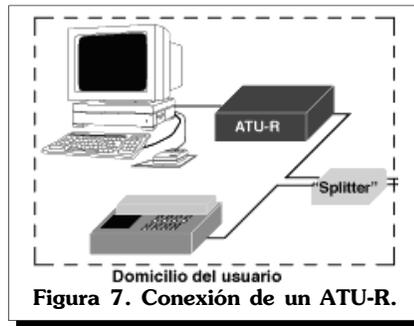


Figura 7. Conexión de un ATU-R.

R como líneas ADSL hubiese, ya que la infraestructura dedicada a ello resultaría excesiva y no sería práctico. Por ello en las centrales están las llamadas DSLAM (Figura 8).

señal de voz (0 - 4000 KHz) y la de datos, y las diferencia para su posterior tratamiento. Al Separador se conecta el hilo de cobre que sube al domicilio desde el registro de suscriptores del edificio y de él sale otro par de hilos de cobre que irán a una toma de teléfono a la cual se conectará el modem ADS o ATU-R (Figura 5).

El separador está compuesto básicamente por dos filtros: un filtro paso bajo que identifica las señales que no superen la frecuencia de los 4000 KHz y un filtro paso alto que realiza la misma función pero con señales que superan los 4000 KHz, es decir con las señales de datos (Figura 6). El separador lo instala y es responsabilidad de la compañía operadora que explote el circuito de suscriptor.

En la central se coloca también un splitter que realiza las mismas funciones para realizar el filtro en la central y discriminar entre lo que es comunicación de voz y de datos, ya que no se les da el mismo tratamiento ni acceden a la misma red de transporte.

otro extremo al separador (Figura 7). Como cualquier modem, puede ser externo o interno, comercializándose mayoritariamente los externos.

En la central, al igual que ocurría con el separador hay un equipo similar llamado ATU-C (ATU-C o «ADSL Terminal Unit-Central»). Todos los ATU-C de la central se concentran en un equipo llamado DSLAM del cual hablaremos a continuación.

DSLAM

(Digital Subscriber Line Access Multiplexer). Como ya se vió, en el domicilio del usuario es necesario instalar, aparte del separador, el modem ADSL o ATU-R. Además, en la central por cada línea ADSL que le llegue es necesario un ATU-C cuyas funciones son similares (no idénticas) a las del ATU-R. Resulta evidente pensar que sería complicado tener en una central telefónica tantos aparatos ATU-C del tamaño de los ATU-

El DSLAM agrupa todas las tarjetas ATU-C de la central, optimizando su uso y gestión. Sin embargo la función del DSLAM no es solo esa. El DSLAM se compone además de un conmutador ATM, las interfaces para las líneas ADSL y la interface para la conexión a la red de transporte ATM. Por tanto, se deduce que la función principal del DSLAM, aparte de agrupar la ATU-C, es la de enrutar todo el tráfico de esas tarjetas (tráfico que será exclusivamente de datos, ya que previamente el separador de la central se habrá encargado de separar las señales) hacia la red de transporte.

SERVICIOS QUE SE PUEDEN OFRECER CON UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN xDSL:

- Navegación Internet
- Intranet
- Video Conferencia
- Servicios Transparentes LAN para Clientes Corporativos
- Acceso Remoto LAN para Clientes Corporativos
- Educación a Distancia
- Video bajo Demanda/Televisión Interactiva
- Juegos Interactivos

EL ATU-R

(ATU-R o «ADSL Terminal Unit-Remote) El ATU-R es el equipo que se encarga de realizar la conexión en casa del cliente. También es conocido como módem ADSL y se conecta por un lado al PC del usuario, y en el

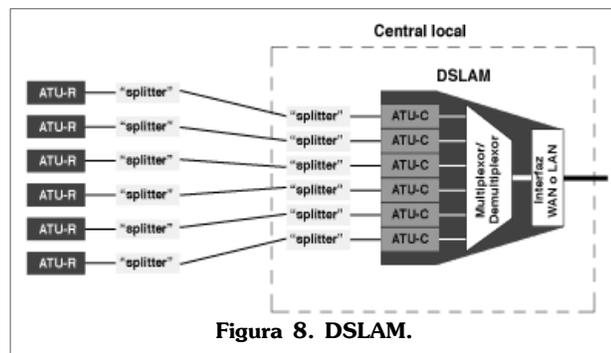


Figura 8. DSLAM.

Considerando la necesidad de soportar el incremento en la demanda del acceso a Internet combinada con telecomunicación e interconectividad de las Redes LAN, podemos ver que xDSL ofrece a los proveedores de ser-

vicios Internet (ISP's) y proveedores de acceso competitivo, una oportunidad de ampliar sus recursos.

Los accesos a Internet y a Redes LAN, pueden ser soportados por la compatibilidad de xDSL con los estándares tradicionales de comunicación. Dados esos desarrollos importantes y difíciles de alcanzar, esta claro que la tecnología xDSL será el mayor componente de la infraestructura del proveedor de servicios. Usando estas capacidades, los proveedores podrán ofrecer un rango completo de servicios, organizándolos rápidamente, y asegurándose un servicio excelente.

La UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) ha elegido la tecnología ATM como base de las redes de banda ancha. Esta elección se debe a la flexibilidad que ofrece para el manejo de servicios que exigen una gama heterogénea de velocidades de tráfico binario, variando desde varios Kbps hasta cientos de Mbps. Sin embargo, del lado del cliente con una línea convencional debe utilizarse la tecnología xDSL para cumplir con los requerimientos de ancho de banda.

VARIANTES DE xDSL

A continuación se enlistan algunas variantes del xDSL; además, en las Figuras 9a y 9b se muestran dos tablas indicando otros datos técnicos.

ADSL.- Es la más popular forma de tecnología xDSL. La clave de ADSL es que el ancho de banda «upstream» y «downstream» es asimétrico. En la práctica, el ancho de banda del proveedor al usuario (downstream) será el camino para mayor velocidad. Downstream corre típicamente en un rango de 64 Kbps a 1.5 Mbps.

Cuadro de la familia xDSL

Tipo de DSL	Descripción	Downstream/Upstream	Límite distancias	Aplicaciones
ISDN	ISDN Digital Subscriber line	128 Kbps	5,5 Km con 24 AWG	Similar al ISDN BRI, solamente para servicios de datos (sin voz sobre la misma línea)
CDSL	Consumer DSL from Rockwell	1 Mbps downstream sin Upstream	5,5 Km con 24 AWG	Sin filtro, para hogares y pymes (SOHO), similar al DSL Lite
DSL Lite	DSL sin filtro	1.544 - 6 Mbps según servicio	5,5 Km con 24 AWG	El estándar ADSL, sacrifica velocidad a condición de no instalar el filtro en el usuario final
G. Lite	DSL sin filtro	1.544 - 6 Mbps según servicio	5,5 Km con 24 AWG	El estándar ADSL, sacrifica velocidad a condición de no instalar el filtro en el usuario final
HDSL	High bit-rate digital subscriber line	1.544 Mbps dúplex sobre 2 pares trenzados; 2.048 Mbps dúplex sobre 3 pares trenzados	3,6 Km con 24 AWG	T1/E1- Servicio entre servidores WAN, LAN, Servidores de acceso

Figura 9a. Variantes de xDSL

Cuadro de la familia xDSL

Tipo de DSL	Descripción	Downstream/Upstream	Límite distancias	Aplicaciones
SDSL	Symmetric DSL	1.544 Mbps dúplex (U.S. y Canadá) 2.048 Mbps (Europa) Línea dúplex downstream y upstream	3,6 Km con 24 AWG	Similar a HDSL pero que requiere solamente un único par trenzado
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	1.544 a 6.1 Mbps downstream, 16 a 640 Kbps upstream	1.544 Mbps - 5,5 km 2.048 Mbps - 4,8 km 6.312 Mbps - 3,6 km 8.448 Mbps - 2,7 km	Usado para Internet, video, full motion, videoconferencia, telemedicina, teleducación, etc.
RADSL	Rate-Adaptive DSL from Westell	Adaptado a la línea, 640 Kbps, a 2.2 Mbps downstream; 272 Kbps a 1.088 Mbps upstream	Desconocido	Similar al ADSL
UDSL	Unidirectional DSL propuesto por una compañía Europea	Desconocido	Desconocido	Similar al ADSL
VDSL	Very High Digital Subscriber Line	12.9 a 52.8 Mbps downstream; 1,5 a 2.3 Mbps upstream	1,35 Km - 12.96 Mbps 0,9 Km - 25.82 Mbps 300 mts. - 51.84 Mbps	Red ATM, Fibra

Figura 9b. Variantes de xDSL

tancias moderadas, vía par de cables trenzados convencionales.

ADSL Lite.- Es una versión de velocidad más baja de ADSL, ha sido propuesta como una extensión para el estándar ANSI T1.413 por el Grupo de Trabajo ADSL Universal (UAWG) dirigido por Microsoft, Intel y Compaq. Utiliza el mismo esquema de modulación de ADSL, pero elimina el sistema telefónico viejo (POTS) de las premisas del usuario.

HDSL.- Tiene un rango mayor que T1/E1, sin el uso de repetidores para permitir transmisión en distancias mayores a 4 Km. Utiliza modulación de amplitud de pulso (PAM) y es una técnica para ancho de banda alto, bidireccional sobre cableado de cobre para servicios T1 y E1.

HDSL.- Es generalmente usada como un sustituto de T1/E1. Es una solución para proveer comunicación de datos simétrica full-duplex con velocidades arriba de 1.544 Mbps (2.048 Mbps en Europa) sobre dis-

RADSL.- Es una variación de velocidad de módem xDSL, pero se refiere específicamente a un estándar de modulación propietario designado por Semiconductores Globespan. Utiliza modulación de fase y ampli-

tud menor de portadora (CAP). Los módem DMT T1.413 estándar son también técnicamente RADSL.

Es una tecnología de transmisión que tiene ambas aplicaciones simétrica y asimétrica sobre una línea de par de cobre trenzado simple y con velocidades de datos arriba de 7 Mbps.

SDSL.- Es una implementación de HDSL de 2 cables. Soporta T1/E1 en un par simple a una distancia de casi 4 Km. El nombre se refiere a un servicio simétrico en una variedad de velocidades sobre un simple enlace. Es simétrico porque la velocidad de datos es la misma en ambas direcciones.

VDSL.- Es propuesto para enlaces locales más cortos, quizá hasta 1 Km. La velocidad de datos es de 10 Mbps.

CONCLUSIONES

La tecnología xDSL se ha convertido en un instrumento que está permitiendo la posibilidad de un resurgimiento a las redes telefónicas de cobre, en el preciso momento que la industria de multipares telefónicos comenzaba a cerrar sus puertas, y la de cables de fibra óptica y coaxial incrementaba día a día. xDSL permite a los proveedores ofrecer nuevos servicios a través de los pares de cobre, como son el acceso de banda ancha a Internet, transmisión de datos a alta velocidad y servicio de video en demanda. Para implementar esta tecnología sólo se necesitan los terminales xDSL apropiados, tanto en la oficina, casa o empresa y la central telefónica, y que las líneas de multipares se encuentren en buen estado. El acceso a Internet, el acceso a Redes LAN y otras necesidades de

servicio, son soportados debido a la compatibilidad de xDSL con los estándares tradicionales de los equipos de comunicaciones instalados. Usando estas capacidades, los proveedores podrán ofrecer un rango completo de servicios, organizándolos rápidamente, y asegurándose de un servicio excelente. Las soluciones xDSL también ofrecen a los proveedores de servicios la habilidad de maximizar los recursos de personal, utilizando empleados y habilidades existentes con gran eficiencia. Consecuentemente, sus clientes tendrán alto nivel de satisfacción y los proveedores podrán potencialmente experimentar una ganancia saludable sobre su inversión.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] "Seminario de Nuevas Tecnologías", ALCATEL UNIVERSITY MÉXICO, Junio 2000.
- [2] Gerald P. Ryan. "ADSL, SDSL Copper Phone Line Technologie for Multimedia". Applied Technologie Group. 1995.
- [3] Daniel Minoli and Robert Keinath, "Distributed Multimedia Through Broadband Communications", Artech House, 1994.
- [4] Alan Steward, "ADSL: Facing up to the de Future", Communication International, Septiembre de 1994.
- [5] T. VanLandegem, M. de Prycker, "Comunicaciones Eléctricas, 2005, Una visión de la red del futuro".
- [6] K. Sistanizadeh, P. S. Chow, J. M. Cioffi, "Multi-Tone Transmission for Asymmetric Digital Subscriber Lines", (ADSL) ICC93.

- [7] V. K. Bhagavath and B. Khasnabish. Emerging, "High-Speed xDSL Access Services: Architectures", Issues, Insights, and Implications, IEEE Communications Magazine, Nov. 1999
- [8] Marcelino Llano. "ADSL a Punto de su Implantación", Byte (Windows Magazine), Mayo. 1999
- [9] DSL and xDSL, <http://whatis.com/dsl.htm>
- [10] Ildefonso M. "Testing xDSL Lines", Polo Sunrise Telecom. Inc. Oct. 1999
- [11] "Ultima versión de la serie xDSL: Very High Speed Digital Subscriber Lines (VDSL)". Janse G. Judith T. <http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No4/VDSL.html>