

XDSL EN EL LAZO DE ABONADO

*Autor: M en C. Héctor Enrique Gaona Flores.
Candidato a Dr. Ciencias Computación
Prof. Computación del Cetic 37 DGETI
Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Computación
y Presidente de la Sección Electrónica
De la UAEM Valle de Chalco.*

XDSL EN EL LAZO DE ABONADO

Resumen

A final de la década de los noventa se abrió paso a la era de las aplicaciones de banda ancha, varias son las opciones que encuentran las compañías para brindar nuevos servicios a la creciente demanda de sus clientes, entre ellas las ya existentes líneas de la red digital de servicios integrados (RDSI). Esto posibilita una gran variedad de servicios, pero aun ésta seguía siendo banda estrecha. Posteriormente, la aparición de los módems xDLS, abren paso a la verdadera era de las aplicaciones de banda ancha. xDSL es un grupo de tecnologías de comunicación que permiten transportar información multimedia a mayores velocidades, que las que se obtienen actualmente vía MODEM, simplemente utilizando las líneas telefónicas convencionales.

Puesto que la red telefónica también tiene grandes limitaciones, tales como la de que su ancho de banda tan solo llega a los 4Khz, no permite el transporte de aplicaciones que requieran mayor amplitud de banda, nace la tecnología DSL (Digital Subscriber Line), que soporta un gran ancho de banda con unos costes de inversión relativamente bajos y que trabaja sobre la red telefónica ya existente, y que convierte la línea analógica convencional en una línea digital de alta velocidad. Son unas tecnologías de acceso punto a punto a través de la red telefónica pública (circuitos locales de cable de cobre) sin amplificadores ni repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado, que soportan un gran ancho de banda entre la conexión del cliente y el primer nodo de la red, que permiten un flujo de información tanto simétrico como asimétrico y de alta velocidad sobre el bucle de abonado.

xDSL es una tecnología en la que se necesita un dispositivo módem xDSL terminal en cada extremo del circuito de cobre, que acepte flujo de datos en formato digital y lo superponga a una señal analógica de alta velocidad. De todas las variantes conocidas el ADSL es la que predomina por ser más factible económicamente, aunque se prevé que el VDSL, tomara lugar prominente por permitir mayores velocidades. Estas tecnologías utilizan modernas técnicas de modulación y codificación como son: **2B1Q, CAP, DMT, DWMT**, versión modificada de **DMT**, a velocidades de 13 a 55 Mb/s, las de velocidades diferentes de ambos sentidos de flujo de información.

Palabras clave: red digital, servicios integrados, xDSL

XDSL IN THE BOW OF THE ABANDONMENT

Abstract

The end of the 1990s saw the introduction of broadband applications, many of which are used by telephone companies to offer new services in response to the growing demand of their clients, among them the already existing line of Integrated Service Digital Network (ISDN) which facilitates a large number of services, even though still a narrow band service. The subsequent introduction of the xDSL modem will signal the true arrival of the broadband applications era. xDSL represents a similar technological group all of which provide broadband access over local copper cable circuits. Of all the above variants ADSL prevails, being financially the most accessible, although it would appear that VDSL will be more successful as it gives higher transmission speeds. These technologies use modem coding and modulation techniques like: 2B1Q, CAP, DMT, DWMT, a modified version of DMT, with speeds from 13 to 55 Mb/s. The speed varies depending on the direction of the information flow.

Since the wire net also has great limitations, such as the one of that its bandwidth only arrives at 4Khz, it does not allow the transport of applications that require greater amplitude of band, the technology DSL is born (Digital Subscriber Line), that supports great a bandwidth with relatively low costs of investment and that works on already existing the wire net, and that the conventional analogical line turns a digital line of high speed. They are access technologies point to point through public the wire net (local circuits of copper cable) without repeating amplifiers nor of signal throughout the route of the wiring, that support great bandwidth between the connection of the client and a first node of the network, which they allow a flow of symmetrical information as much asymmetric and high speed on the subscriber curl.

xDSL is a technology in which a device is needed terminal modem xDSL in each end of the circuit of copper, that accepts data flow in digital format and it superposes it signal to an analogical of high speed. Of all the well-known variants the ADSL is the one that predominates for being more feasible economically, although it is anticipated that the VDSL, took prominent place to allow greater speeds. These technologies use modern techniques of modulation and codification as they are: 2B1Q, CAP, DMT, DWMT, modified version of DMT, at 55 speeds from 13 to Mb/s, those of speeds different from both senses of information flow.

Key words: integrated service, digital network, xDSL.

INICIO

La evolución histórica de las tecnologías xDLS quedó marcada a partir de 1983, cuando inicialmente se diseñó para vídeo bajo demanda y aplicaciones de TV interactiva sobre el par de cobre. En 1987, la compañía Bell Communications Research (Bellcore) saca a la luz sus primeras especificaciones y en 1996 se les dio un nuevo impulso, cuando se aprobó la ley de Reforma de las Telecomunicaciones.

Los equipos xDLS son una generación avanzada de dispositivos que mediante nuevos códigos de línea, modernas técnicas de modulación adaptativa son capaces de lograr que los pares de cobre lleguen a soportar capacidades de transmisión de varios mega bits por segundo (Mb/s) sobre alcances típicos del lazo de abono.

Son tecnologías de acceso a punto a punto a través de la red pública, que posibilitan transmisión de datos, voz y vídeo a alta velocidad sobre circuitos locales de cable de cobre. Se diferencian entre sí por la forma en que se realizan el procesamiento digital de señales, por la simetría del tráfico y por la distancia que alcanza, dependiendo de la velocidad.

La idea básica detrás de las tecnologías xDLS es un módem especial unido a cada extremo terminal de la red de cobre, es decir, un módem en la central telefónica y otro en el extremo del cliente, conectado, en los casos de que se requiere, a un filtro para separar la banda de frecuencias correspondientes de voz (0-4KHz)^{9,10}

La banda de frecuencias correspondientes a datos o vídeos, se divide en partes simétricas o asimétricas, en dependencias de la tecnología empleada, para distribuir los flujos de información ascendentes (del cliente a la central) o descendentes (de la central al cliente).

En la categoría de los simétricos figura HDSL, SDSL, HDSL e ISDL; y asimétricos lo componen: ADSL, RADSL, ADSL Lite y VDSL. Cada uno de ellos se diferencia entre sí por la técnica de procesamientos digital de señales desarrollada para lograr las altas velocidades, entre las que se encuentran: codificación de línea 2B1Q (2 Binary. 1 Quaternary), CAP (Carrier-Less Amplitude and Phase Modulation), DMT (Discrete Multi-Tone Modulation).¹⁰⁻¹¹

Basta señalar ahora que el código de línea 2B1Q se emplea fundamentalmente para HDSL, HDSL, ISDL Y SDSL, mientras que las modulaciones CAP, DMT, y DWMT se emplean básicamente para ADSL, RADSL, ADSL, ADSL Lite, VDSL.

DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS XDSL

Existen diferentes tipos de tecnologías xDSL, que se clasifican en cuanto a su evolución, características y ventajas, las cuales son:

1. HDSL(High Bit Rate Digital Subscriber Line).Es una tecnología simétrica, es decir, provee el mismo ancho de banda en los dos sentidos y la transmisión se realiza de modo full dúplex. Instalando repetidores se puede incrementar dicho alcance, sin elevar excesivamente los costos. Utilizan cancelación de eco y en la mayoría de los casos utilizan el código de línea 2B1Q.¹⁴⁻¹⁵

2. SDSL (Single High Bit Rate Subscriber Line) DSL _simétrico_, o de par único_.

Si el objetivo de la tecnología xDSL es la reutilización de los bucles locales analógicos, entonces quizá lo mejor sea emplear un único par de hilos, que es de lo que se componen los bucles locales analógicos. SDSL utiliza solo un par de hilos, pero tiene su tope en los tres kilómetros, al menos en sus especificaciones de diseño. No obstante, las velocidades son las mismas que en HDSL. SDSL es HDSL sobre un solo par de cobre.

No es un estándar de la ANSI T1 E1. ⁴. Utiliza la modulación 2B1Q. Es simétrica, con relación de velocidades adaptativa, las cuales van desde 192 kb/s hasta 2,36 Mb/s para usuarios que estén entre 4,5 y 1,8 km de la central. ¹⁶⁻¹⁷

3. ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line).

Esta tecnología es asimétrica. Utiliza un ancho de banda en recepción (down stream) mayor que en transmisión (upstream).

Las velocidades son de hasta 8 Mb/s en sentido descendente y en el ascendente, entre 640 kb/s y 1,5 Mb/s; es apropiada para aplicaciones donde se descargue desde la red más información, que la que se transmite hacia ella. Utilizando el cable telefónico la mayor velocidad que se alcanza con el modem convencional más rápido es de 56 kb/s. Incluso usando la RDSI (red digital de servicios integrados), la máxima velocidad de transmisión que se logra es de 128 kb/s. Con el ADSL, esta velocidad alcanza hasta los 8 Mb/s en recepción y 1,5 Mb/s en transmisión, lo que permite un incremento en el flujo de datos considerable. ^{16,18}

4. R-ADSL

(Rate Adaptive - Asymmetrical Digital Subscriber Line).

Opera con las mismas velocidades de transmisión que ADSL, pero se adapta dinámicamente a las variaciones en la longitud y otros parámetros de las líneas de pares trenzados. ¹⁸ Con R-ADSL es posible conectar diferentes líneas que transmitan a distintas velocidades. La velocidad de la conexión se puede seleccionar cuando se inicia, durante la conexión, o bien cuando la señal llega a la oficina central. Es muy eficiente para la transferencia de datos, pues permite asignar ancho de banda bajo demanda.

Garantiza seguridad, ya que no comparte el medio y utiliza técnicas de cifrado que permiten unas transacciones seguras de la información, mientras que el transporte de datos mediante la tecnología del cable se realiza compartiendo el mismo medio para todas las comunicaciones multimedia. ^{5,19}

5. ADSL Lite es una versión más económica de ADSL, aunque más lenta. Surgió para disminuir los costos de instalación y para ahorrar trabajo al ajustar los splitters. Por esto surgieron dos variantes de fabricación; una en que se coloca el teléfono en serie con un microfiltro, que no necesita ajustes, y otra variante en la que no se coloca filtro alguno. Por este motivo, se reduce el ancho de banda disponible y las velocidades que se alcanzan son, en sentido descendente 1,5 Mb/s y en el ascendente 512 kb/s. ^{20,21}

6. VDSL (Very High Speed Digital Subscriber Line). Una alternativa para alcanzar altas velocidades de transmisión de datos, es la combinación de cables de fibra óptica que alimentan a las unidades ópticas de la red (ONU: Optical Network Units) en los sectores residenciales y la conexión final a través de la red telefónica de cobre. Esta topología es denominada (FTTN :Fiber to the Neighborhood) .

Una de las tecnologías FTTN disponibles es VDSL, la cual transmite datos a alta velocidad sobre distancias cortas de pares trenzados de líneas de cobre con un intervalo de velocidad que depende de la longitud de la línea, es la más rápida de todas las tecnologías xDSL, es asimétrica, con velocidades en sentido red-usuario dentro del intervalo 13-52 Mb/s y en sentido usuario-red 1,5 - 3,3 Mb/s, sobre líneas de longitud de 1,5 y 300 m. Aunque se puede transmitir a menor velocidad cuando el lazo de abonado utiliza un único par de cobre y modulación CAP o DMT. ⁹ VDSL, además de soportar las mismas aplicaciones que ADSL, tiene mayor ancho de banda, que ésta. La tecnología VDSL, basada en equipos de arquitectura de banda ancha, podrá satisfacer la demanda de mayor ancho de banda para el transporte de servicios, lo cual puede simultáneamente proporcionar un acceso a Internet más rápido, video interactivo y mayor velocidad para los servicios de comunicación de datos. ^{24,25}

XDSL Y LOS ESTÁNDARES

Como cualquier otra tecnología, xDSL necesita de los estándares. Todas las tecnologías pasan por una etapa de exploración y experimentación; no se puede olvidar que, por ejemplo, los primeros aviones y automóviles tenían extrañas formas y tamaños. Antes de que los consumidores acepten una nueva tecnología y paguen por ella un dinero ganado con mucho trabajo, esta tecnología debe estar lo suficiente estandarizada como para satisfacer a cualquiera. La gente desea que los productos basados en esta tecnología sean consistentes en apariencia y rendimiento, independientes de un fabricante en particular, y que funcionen con los otros dispositivos de su misma categoría. ^{22,25}

Los productos xDSL han sido desarrollados para utilizar la modulación CAP (Carrierless Amplitude/Phase-fase/ amplitud sin portadora) y la tecnología DMT (Discrete Multitonemultitonos discretos) como codificaciones de línea. Se han probado otras en experimentos de laboratorio, pero estas son más comunes. Sea cual sea la técnica de codificación utilizada, siempre que se utilice el mismo par de hilos para una operación full duplex, se debe dividir la gama de frecuencias en dos bandas, una ascendente (upstream) y otra descendente (downstream) aplicando FDM (multiplexación por división de frecuencia), o utilizar cancelación del eco.

La cancelación del eco elimina la posibilidad de que la señal en una dirección sea interpretada como "una señal producida por una persona" en la dirección opuesta, y por lo tanto devuelta en forma de eco hacia el origen. En xDSL, tanto las técnicas FDM como las de cancelación de eco puede ser, y de hecho normalmente son, combinadas, lo que significa que debido a la naturaleza asimétrica de los anchos de banda xDSL, las gamas de frecuencia pueden solaparse, pero no coincidir. Por este motivo la FDM y la cancelación del eco se utilizan de manera conjunta.^{25,26}

XDSL Y LA CANCELACIÓN DEL ECO

Cuando se utiliza la misma gama de frecuencias para enviar las señales en ambas direcciones de manera simultánea sobre el mismo medio físico, se requiere algún tipo de control de eco. Los ecos normalmente se producen por la incompatibilidad de impedancias en el medio utilizado por la señal. En otras palabras, una parte de la señal se refleja y vuelve al emisor en los puntos donde no están adaptadas las impedancias. Cuando se utiliza la misma gama de frecuencias en ambas direcciones, la reflexión de la señal podría ser interpretada de manera equivocada, como una señal originada en el extremo remoto del circuito. Los canceladores de eco restan electrónicamente la señal enviada de la señal recibida, permitiendo que cualquier señal enviada correctamente desde el extremo remoto sea distinguida. Un método para lograr ³⁴ un control de eco en los dispositivos finales (ver figura 1).^{27,28}

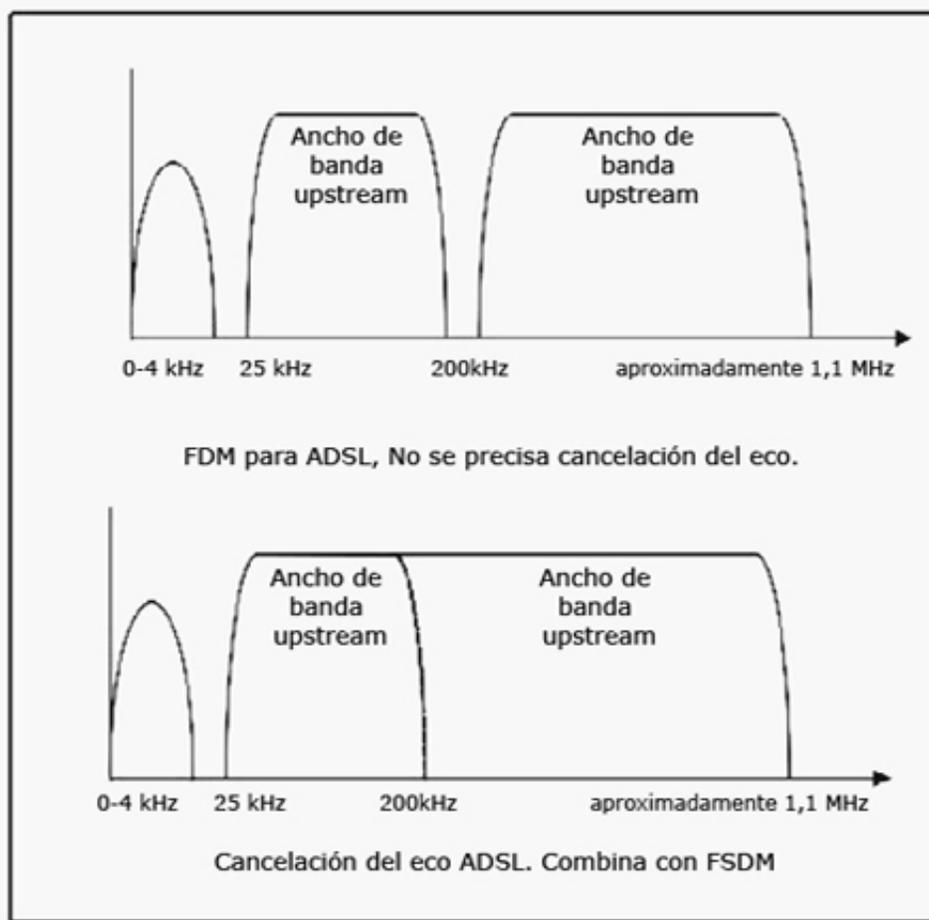


Figura 1

En la parte superior de la figura 1 se muestra el ejemplo de lo que ocurre cuando no se aplica un control de eco a ADSL. Se muestra una señal en banda base de 4 kHz dedicada a la voz analógica, junto con una banda típica en ADSL de 175 kHz dedicada al tráfico en sentido ascendente, desde la casa del usuario y una banda de unos 900 kHz, dedicada al tráfico en sentido descendente, hacia la casa del usuario. Este modo de operación es asimétrico. Y este método FDM directo elimina la necesidad de establecer sistemas electrónicos de control de eco en los dispositivos finales ADSL. De todos modos, el uso de la FDM pura no consigue la utilización más eficiente del ancho de banda disponible. La parte inferior de la figura 1 muestra un método más efectivo, donde se solapan las bandas upstream y downstream. Ahora, incluso cuando sólo se solapa una parte del espectro de frecuencia, son necesarios los sistemas de control de eco en los dispositivos ADSI que utilicen estos procedimientos.²⁹⁻³⁰

TÉCNICAS DE MODULACIÓN

Las técnicas de modulación y codificación usadas actualmente para xDSL son: CAP, QAM, DMT y DWMT.

CAP (Carrier-Less Amplitude and Phase Modulation) y DMT son los códigos de línea utilizados más frecuentemente en los productos ADSL (ATU-R-ADSL Transmisor Unit, Remote Sideunidad terminal ADSL del lado del usuario) y (ATU-C- ADSL Transmission Unit, CO Side-unidad de transmisión ADSL de lado de la central telefónica). Los códigos de línea determinan cómo se envían los ceros y unos de la señal digital. Uno utiliza la modulación amplitud-fase sin portadora (CAP) y el otro la modulación por multitonos discretos (DMT).^{25,26-31}

QAM (Quadrature Amplitude Modulation) puede verse a dos niveles. 1. Un modulador QAM origina dieciséis señales diferentes realizando una modulación de amplitud y de fase. Introduciendo doce posibles cambios de fase y dos posibles de amplitudes, es posible obtener los dieciséis diferentes tipos de señal. Estas dieciséis señales representan 4 bit por cada nivel de la señal o, lo que es lo mismo, 4 bit por baudio. 2. Existe un nivel más profundo. QAM modula las amplitudes de dos señales de cuadratura. En lugar de utilizar amplitudes de ± 1 , un ejemplo de QAM simple utiliza cuatro amplitudes diferentes para cada una de las dos ondas. Si se denominan a las cuatro amplitudes desde $\pm A1$ hasta $\pm A4$, se obtienen dieciséis señales diferentes, combinando todas las posibles parejas de amplitudes y aplicándolas a señales de seno y coseno. Esto origina las características constelaciones expresadas en los manuales basados en QAM.^{32,33}

No existe una controversia mayor en ADSL (y en xDSL en general) que sea a la vez tan vital para la tecnología y tan confusa para los no especialistas. El debate gira alrededor del rendimiento, relaciones entre costos y eficiencia o retardos en el proceso de la señal.

CAP está íntimamente relacionado con QAM y mucha gente los trata como si fuesen virtualmente la misma cosa porque dos portadoras se modulan en cuadratura de fase, pero la diferencia está en que CAP es la implementación digital de QAM mediante filtros pasabanda transversales y se suprime la portadora antes de la transmisión: CAP divide la señal modulada en segmentos que después almacena en memoria. La señal portadora se suprime, puesto que no aporta ninguna información (sin portadora). La onda transmitida es generada al pasar cada uno de estos segmentos por dos filtros digitales transversales con igual amplitud, pero con una diferencia de fase $p/2$ (cuadratura). En recepción se reensamblan los segmentos y la portadora, volviendo a obtener la señal modulada.^{9,34,35} (Ver figura 2.)

La figura citada muestra el esquema de un dispositivo (transceptor) CAP. En el transmisor se asigna a cada combinación de m bit, correspondientes al símbolo a transmitir, los valores apropiados a las entradas a los filtros en fase y en cuadratura de fase. La suma de las salidas de los filtros mencionados corresponde a las representaciones digitales de las muestras de la señal de salida. Esta codificación multidimensional acepta el uso de un número fraccionario de símbolos separados, por ejemplo en el caso de CAP32 que tiene treinta y dos puntos en la constelación donde cada punto representa un símbolo de 5 bit, se produce una asignación de 2 bit codificados por eje o por dimensión.^{9,36,37}

La modulación CAP es apropiada para implementaciones digitales y en aplicaciones donde el ancho de banda del espectro de señal es de la misma magnitud que la frecuencia central del espectro.

DMT (Discrete Multi-Tone Modulation). Esta modulación consiste en el empleo de múltiples portadoras, en lugar de una (como ocurre en los módems de banda local). Esto elimina el problema de altas frecuencias que provocan un aumento considerable de las pérdidas debido al ruido en las líneas de cobre, dividiendo el ancho de banda disponible en 256 subcanales, donde cada subcanal es utilizado para transmitir una fracción de la información.^{38,23} (Ver figura 3.)

En la figura 3 se muestra como cada una de estas portadoras, denominadas subportadoras, es modulada en cuadratura (modulación QAM), por parte del flujo total de datos que se va a transmitir. Estas subportadoras están separadas entre sí 4,312 5 kHz. y el ancho de banda que ocupa cada subportadora modulada es de 4 kHz.¹

DMT emplea la transformada de Fourier para modular y demodular las portadoras individuales, dividiendo el ancho de banda disponible en unidades más pequeñas.

Para asegurar prestaciones nominales óptimas en un sistema DMT es necesario mantener la sincronización entre transmisor y receptor para garantizar condiciones de ortogonalidad entre las portadoras para recuperar la información transmitida libre de interferencia en bandas laterales adyacentes a la subportadora.³⁵

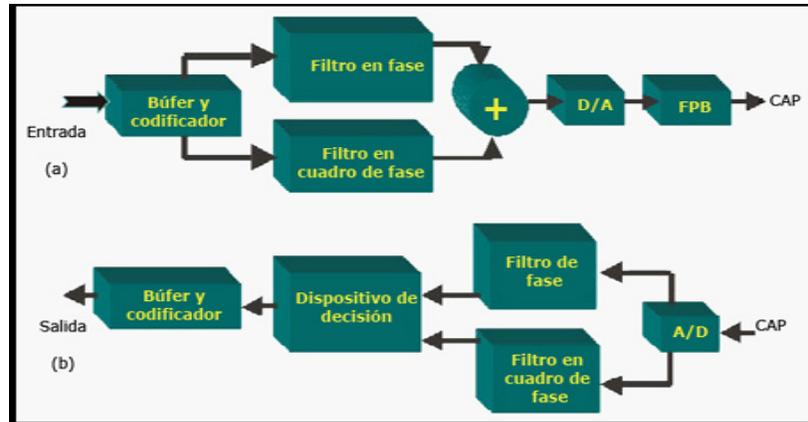


Figura 2 CAP: (a) Transmisor; (b) Receptor.

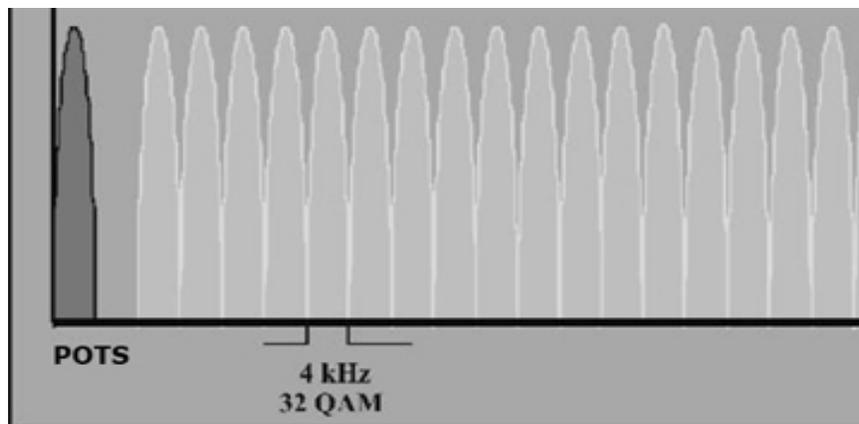


Figura 3 División del espectro de frecuencia de DMT en 256 subcanales.

La norma especifica un tono especial (piloto) dedicado al sincronismo (Loop Timing) a 276 kHz. Para el canal downstream y a 69 kHz para el canal upstream, además de predisponer de un adecuado tiempo de guarda mediante la inserción de un prefijo cíclico, gracias a éste es posible efectuar para una complejidad limitada una adecuada ecualización del canal.^{38,39}

DMT es robusto a las interferencias temporales como eco e interferencia intersímbolo debido a que la duración del símbolo por subcanal se vuelve más largo que para el caso de sistemas de portadora simple, el proceso de ecualización es más sencillo que en el caso CAP, ya que éste último utiliza ecualización lineal en todo el espectro empleado, mientras que en DMT este proceso se realiza en múltiples subbandas de frecuencias, poniendo plano el espectro en la gama de frecuencias pertenecientes a cada subcanal independientemente. Con esto se logra una ecualización más simple y de mejor calidad y por consiguiente se minimiza la interferencia intersímbolo. También el ruido de banda ancha como ruido impulsivo se hace menos influyente cuando su energía es distribuida por todos los subcanales. DMT está estandarizado por ANSI, ETSI e ITU.^{26,39,40}

DMT tiene como desventaja el hecho de que se procesen datos en subcanales separados, lo que contribuye a una mayor complejidad del sistema y la sincronización puede tornarse un factor crítico; por otra parte, el uso de la transformada de Fourier que, al introducir armónicos adicionales que no transportan información, consumen potencia y ancho de banda innecesario, hace que su costo sea elevado.^{28,32}

DWMT (Discrete Wavelet Multitone). Está basado en el mismo principio de DMT, divide el canal en subcanales para utilizar los segmentos del espectro de frecuencia que no son afectados por interferencia. Surge para disminuir el inconveniente que presenta DMT, ya que al utilizar la transformada de Fourier para modular, provoca que fuera de la frecuencia fundamental, entre subcanales adyacentes haya una diferencia de niveles de solo 13 dB, y esto aumenta la probabilidad de error en el receptor, mientras que la transformada de Wavelet, se basa en un algoritmo de descomposición de la señal en elementos más simples que incrementan la diferencia de niveles en 43 dB, de modo que esta transformada produce menos interferencia entre subcanales adyacentes lo que hace la recepción de la señal más simple y de mejor calidad.^{41,15} (Ver figura 4.)

PERSPECTIVAS DE LAS TECNOLOGÍAS XDSL EN EL MUNDO

1. xDSL continuará expandiéndose mientras que los costos de equipamiento seguirán disminuyendo a medida que se incrementa el número de clientes.
2. Los progresos que experimentan las tecnologías xDSL están permitiendo incrementar su alcance, haciendo posible a un número de clientes obtener el servicio.
3. Ha surgido un nuevo grupo de servicios de entretenimiento basados en estas tecnologías, que están siendo cada vez más interactivos y personalizados, logrando atraer la atención de un gran número de clientes.
4. La integración del acceso a Internet con voz sobre xDSL, será una nueva ventaja en la infraestructura de comunicaciones del hogar. Emergerá el concepto de PBX virtuales, donde cada miembro en el hogar tendrá su propio teléfono virtual y conexión a Internet.
5. El mercado VDSL se desarrollará en la medida en que se instale la fibra óptica hasta la acera, y el ancho de banda disponible (a) DMT (b) DWMT 13 dB 43 dB

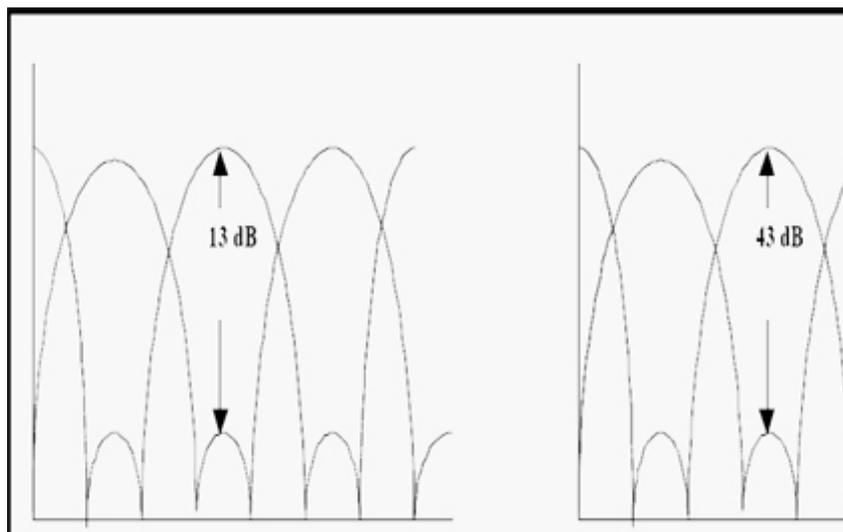


Figura 4

DENSIDAD DE POTENCIA.

para VDSL permitirá desplegar una red de servicios que soportará aplicaciones para voz, datos y vídeo; incluyendo servicios de difusión de vídeo.

6. Hace diez años cuando surgieron estas tecnologías, nadie imaginaba la variedad de aplicaciones que hoy soportan y continuarán arraigándose en la vida diaria, para permitir comunicarnos, entretenerse y aprender, más rápido que antes.

CONCLUSIONES

Esta información ha presentado un resumen para tener una idea acerca de la tecnología xDSL, así como las diferentes variantes de estas y las posibles configuraciones que se pueden tener.

Se presentan además las diferentes técnicas de modulación de la señal para lograr las distintas velocidades de transmisión (QAM, CAP, DMT y DWMT).

VDSL puede tener un futuro brillante para aplicaciones como Fiber to the Neighborhood (FTTN) que se ejecuta en conjunto con FTTC (Fiber to the Curb) que consiste en llevar el cable de fibra hasta la cercanía de los usuarios, y así proveerles mayores velocidades. Se tendrá que esperar por la consolidación de la tecnología 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. En la tabla 1 se presenta un análisis comparativo de las diferentes tecnologías xDSL.

REFERENCIAS

1. BHINGHAM, JOHN A. C.: "ADSL, VDSL & Multicarrier Modulation", Telephony, No. 4, USA, April, 2000.
2. <http://www.aniel.es>.
3. GILLESPIE, ALEX: Access Networks: Technology and VS Interfacing, pp. 5-34, Ed. Artech House, Inc., Boston, London, 1997.
4. KERPEZ, KENNETH: "The Error Performance of Digital Subscriber Lines in Presence of Impulsenoise", IEEE Transaction on Communications, Vol. 43, No. 5, pp. 1902-1905, USA, May, 1995.
5. MAGNONE, LORENZO, et al.: xDSL, Noticiario Técnico Telecom, Anno 7, No. 2, pp. 7-27, Italia, octubre, 1998.
6. BIAGI, SUSAN: "Getting ANSI with HDSL2". Telephony, No. 9, p.40, USA, November, 1998.
7. _____ : " Helping Copper Row", Telephony, No. 9, pp. 28-32, 36-37, USA, November, 1998.
8. LEE, BYEONG et al.: "Broadband Telecommunications", Technology, Chap. 2, pp. 35-50, Boston-London: British Library Cataloging Publication Data, Londres, 1996.
9. BUTTERWORTH-HEINEMANN: Telecommunication Engineer's, pp. 2, 8-2,10, 11,14, 15,3-15,5,33,4-33/8, Oxford: Ed. por Mazda, Fraidom, USA, 1993.
10. GOLDBERG, LEE: "ADSL Technologies: Moving Toward". The Lite and Beyond, pp.79-105, Londres, November, 2000.
11. GIRAR, FERNANDO et al.: Guía latines de redes de área extensa, pp. 253-261, Ed. Interamericana, España, 1997.
12. KESSLER, GARY et al.: ISDN.: Printed and Bound by R.R, pp. 27-28, 107-119, 615-573, Donnlleg & Sons Company, USA, 1998.
13. KUSTRA, RUBÉN OSVALDO: Tujsnaider, Principios de Comunicaciones Digitales. AHCET-ICI, pp. 563-573, España, 1999.
14. LABARBA, LIANE: "Interoperability Steals the Show", Telephony, p. 44, USA, March 1, 1999.
15. <http://www.monografias.com/trabajos5/tecdsl/tecdsl.shtml>.
16. LEWIS, GEOFF: "ADSL, an EASY Route to Video on Demand", Electronics World + Wireless Word, pp.102-105, USA, February, 1995.
17. <http://www.conelectronica.com/articulos/xdsl30.htm>. 18. LORENZI, SERGIO: "Circuitos ADSL. Los fabricantes potencian la oferta", Mundo Electrónico, No. 288, pp. 49-52, Madrid, junio, 1998.

19. MARKIS, JOANNA: "DSL: Don't be Duped", Data Communications, pp. 38-50, 52, USA, 21 the April, 1998.
20. MARKIS, JOANNA & ANDREW CRAY: "Services Monitor: Red Light for G. Lite". Data Communications, p. 39, USA, June, 1998.
21. <http://planeta.clix.pt/jose-tavares/xdsl/Index.html>.
22. NILSON, PATRIK & MICHAEL PERSSON: "Any-High Speed", Internet Access, No. 6, pp. 24-31, Suecia, 1998.
23. <http://www.ameritech.com>.
24. OSHEA, DAN: "A Better Bandwith Booster". Telephony, No. 9, p. 46, USA, November, 1997
25. PAPIR, ZDZISLAW & ANDREW SIMMONS: "Competing for Throughput in Local Loop", IEEE Communications Magazine, Vol. 37, No. 5, pp. 61-66, USA, May, 1998.
26. POLLET, THIERRY & MIGUEL PEETERS: "Synchronizaction with DMT Modulation", IEEE Communications Magazine, pp. 80-86, USA, April, 1999.
27. SORET MEDEL, JESÚS et al.: "ADSL, como aprovechar al máximo el ancho de banda de un cable telefónico", Mundo Electrónico, No. 280, pp. 60-70, octubre, 1997.
28. TRIGOS, ESTEBAN: "ADSL: la tecnología que hará posible la tarifa plana para Internet", PC World, pp. 191-206, España, marzo, 1999.
29. VERBIEST, WILLEN: "Acceso de alta velocidad a Internet con ADSL: una realidad", Telecomunicaciones Alcatel, Cuarto trimestre, pp. 280-286, Francia, septiembre, 1997.
30. http://www.adsl.com/vdsl_tutorial.html.
31. <http://www.3com>.
32. VERNIEUWE, NICO: "Asimetric Digital Subscriber Loop Technology", Electronic Engineering, pp. 32-34, USA, March, 1998. 33. <http://www.adsl.com>.
34. WILLIAMSON, JOHN: "Getting a Grip", Global Telephony, Vol. 7, No.1, pp. 21-32, USA, December-January, 1999.
35. <http://www.acterna.com>
36. Y. CHEN, WALTER: "Development and Standardization of Asymmetrical Digital Subscriber Line", IEEE Communication Magazine, Vol. 37, No. 5, pp.68-72 , USA, May, 1999.
37. ZIMMERMAN, GEORGE: "HDSL2 Tutorial Spectral Compatibility and Real-World Performance Advances", Pairgain Technologies, pp. 1-12, USA, June, 1998.
38. <http://www.alcatel.com>.
- 39 [http://www.planetee.com/planetee/servlet/Display Document?ArticleII\)=2861](http://www.planetee.com/planetee/servlet/Display Document?ArticleII)=2861).
40. <http://www.dsllife.com>.
41. <http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No4/vdslc.html>.

BIBLIOGRAFÍA:

BHINGHAM, John A. C.: "ADSL, VDSL & Multicarrier Modulation", *Telephony*, No. 4, USA, April, 2000.

GILLESPIE, Alex: *Access Networks: Technology and VS Interfacing*, pp. 5-34, Ed. Artech House, Inc., Boston, London, 1997.

KERPEZ, Kenneth: "The Error Performance of Digital Subscriber Lines in Presence of Impulsenoise", *IEEE Transaction on Communications*, Vol. 43, No. 5, pp. 1902-1905, USA, May, 1995.

MAGNONE, Lorenzo, et al.: xDSL, *Noticiero Técnico Telecom*, Anno 7, No. 2, pp. 7-27, Italia, octubre, 1998.

BIAGI, Susan: "Getting ANSI with HDSL2". *Telephony*, No. 9, p.40, USA, November, 1998.

_____ : " Helping Copper Row", *Telephony*, No. 9, pp. 28-32, 36-37, USA, November, 1998.

LEE, Byeong et al.: "Broadband Telecommunications", *Technology*, Chap. 2, pp. 35-50, Boston-London: British Library Cataloging Publication Data, Londres, 1996.

BUTTERWORTH-HEINEMANN: *Telecommunication Engineer's*, pp. 2, 8-2,10, 11,14, 15,3-15,5,33,4-33/8, Oxford: Ed. por Mazda, Fraidom, USA, 1993.

GOLDBERG, Lee: "ADSL Technologies: Moving Toward". *The Lite and Beyond*, pp.79-105, Londres, November, 2000.

GIRAR, Fernando et al.: *Guía latines de redes de área extensa*, pp. 253-261, Ed. Interamericana, España, 1997.

KESSLER, Gary et al.: *ISDN.: Printed and Bound by R.R*, pp. 27-28, 107-119, 615-573, Donnlleg & Sons Company, USA, 1998.

KUSTRA, Rubén Osvaldo. *Tujsnaider, Principios de Comunicaciones Digitales*. AHCIET-ICI, pp. 563-573, España, 1999.

LABARBA, Liane: "Interoperability Steals the Show", *Telephony*, p. 44, USA, March 1, 1999.

LEWIS, Geoff: "ADSL, an EASY Route to Video on Demand", *Electronics World + Wireless Word*, pp.102-105, USA, February, 1995.

LORENZI, Sergio: "Circuitos ADSL. Los fabricantes potencian la oferta", *Mundo Electrónico*, No. 288, pp. 49-52, Madrid, junio, 1998.

MARKIS, Joanna: "DSL: Don't be Duped", *Data Communications*, pp. 38-50, 52, USA, 21 the April, 1998.

MARKIS, Joanna & Andrew Cray: "Services Monitor: Red Light for G. Lite". *Data Communications*, p. 39, USA, June, 1998.

NILSON, Patrik & Michael Persson:"Any-High Speed", *Internet Access*, No. 6, pp. 24-31, Suecia, 1998.

OSHEA, Dan: "A Better Bandwith Booster". *Telephony*, No. 9, p. 46, USA, November, 1997

PAPIR, Zdzislaw & Andrew Simmons:"Competing for Throughput in Local Loop", *IEEE Communications Magazine*, Vol. 37, No. 5, pp. 61-66, USA, May, 1998.

POLLET, Thierry & Miguel Peeters: "Synchronizaction with DMT Modulation", *IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE*, pp. 80-86, USA, April, 1999.

SORET Medel, Jesús et al.: "ADSL, como aprovechar al máximo el ancho de banda de un cable telefónico", *Mundo Electrónico*, No. 280, pp. 60-70, octubre, 1997.

<http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art82/int82.htm>

TRIGOS, Esteban: "ADSL: la tecnología que hará posible la tarifa plana para Internet", *PC World*, pp. 191-206, España, marzo, 1999.

VERBIEST, Willen: "Acceso de alta velocidad a Internet con ADSL: una realidad", *Telecomunicaciones Alcatel*, Cuarto trimestre, pp. 280-286, Francia, septiembre, 1997.

VERNIEUWE, Nico: "Asimetric Digital Subscriber Loop Technology", *Electronic Engineering*, pp. 32-34, USA, March, 1998.

WILLIAMSON, John: "Getting a Grip", *Global Telephony*, Vol. 7, No.1, pp. 21-32, USA, December-January, 1999.

Y. CHEN, Walter: "Development and Standardization of Asymmetrical Digital Subscriber Line", *IEEE Communication Magazine*, Vol. 37, No. 5, pp.68-72, USA, May, 1999.

ZIMMERMAN, George: "HDSL2 Tutorial Spectral Compatibility and Real-World Performance Advances", *Pairgain Technologies*, pp. 1-12, USA, June, 1998.

Sitios de interés

http://www.adsl.com/vdsl_tutorial.html

<http://www.monografias.com/trabajos5/tecdsl/tecdsl.shtml>

<http://planeta.clix.pt/jose-tavares/xdsl/Index.html>

<http://www.conelectronica.com/articulos/xdsl30.htm>

<http://www.ameritech.com>

<http://www.acterna.com>

<http://www.alcatel.com>

<http://www.planetee.com/planetee/servlet/Display>

<http://www.aniel.es>

<http://www.dsllife.com>

<http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No4/vdslc.html>

<http://www.adsl.com>

<http://www.3com>