



ADSL: ACCESO INDIRECTO AL BUCLE DE ABONADO

Xavier Lago Santín

Estudiante de 5º curso de Telecomunicacion en la ETSETB,
Proyectista de Ingeniería Electronica en del Dpto. Matemática Aplicada i Telemática.
jlagosan@relevision.es

En estos últimos años hemos podido oír que el mundo se encuentra en una era donde la información es uno de los bienes más preciados por el ser humano. El acceso a este recurso tan valioso se ha convertido en algo primordial, tanto que se ha bautizado a esta época como la “era de la información”. Para que esto sea posible han de desarrollarse una serie de tecnologías que permitan que tanpreciado bien llegue a todos sus posibles consumidores, que cada vez exigen una mayor cantidad de servicios y una mayor calidad. Hemos pasado de la telefonía, la radio y la televisión analógica, como necesidades básicas, al acceso a las redes de datos (INTERNET es el mayor exponente de este hecho), la televisión digital y el video bajo demanda, la videoconferencia, el comercio electrónico y otros servicios, que serán considerados tan básicos como eran los anteriores, en un futuro no demasiado lejano. Pero para que todo esto sea posible, sobre todo el acceso a INTERNET y los servicios multimedia, necesitamos de una tecnología que permita transmitir información a altas velocidades, mucho más de lo que hasta ahora estamos habituados.

Con la tecnología ADSL se aprovecharía la infraestructura existente y se llegaría prácticamente a toda la población con menor coste de implantación

El principal problema que nos encontramos a la hora de llevar una red de Banda Ancha hasta el usuario es que esto suele tener un coste muy elevado. Una alternativa que se impone con mucha fuerza son las redes de cable, en un principio pensadas únicamente para permitir aplicaciones de televisión digital y video bajo demanda, y que ahora se ven también como una forma de permitir el acceso a todos los otros servicios que hemos nombrado. El gran inconveniente es que hasta el momento no existe una infraestructura de cable que llegue a todos los usuarios potenciales, y que es complicado que esto ocurra en un plazo de tiempo corto, dada la terrible inversión y la gran dificultad material que la instalación del cable comporta. Otra posibilidad sería el uso del acceso por satélite, tal como ahora se usa para la difusión de televisión, pero ésta

tecnología también se encuentra con graves problemas dado que el coste del equipo transmisor que necesita el usuario para enviar información hacia la red es bastante alto. Por otra parte surge también la siguiente pregunta: ¿qué vamos a hacer con la red de acceso existente de telefonía básica? Esta red de acceso, de poder aprovecharse, tiene unas ventajas considerables. Por un lado se aprovecharía la infraestructura existente, se llegaría prácticamente a toda la población, y el coste de implantación (tanto para el usuario como para el proveedor de servicio) serían previsiblemente menores que en los otros casos. Con esta idea nacieron la familia de tecnologías xDSL, y en concreto la conocida como ADSL, que será el centro de este artículo.

En un caso como el español la red de acceso de telefonía básica, lo que conocemos normalmente como bucle de abonado, es propiedad de una operadora “dominante”, que es Telefónica S.A.. El ministerio de fomento, en unas ordenes del 26 de Marzo de este mismo año (O.M. 8181 y 8182, publicadas en el BOE del 10 de Abril de 1999), obliga a esta operadora a ceder sus líneas permitiendo que otras operadoras den servicio de acceso al abonado utilizando su bucle local, pero de forma indirecta. Esto, que a primera vista puede parecer un poco enrevesado, no lo es tanto si lo miramos detenidamente. La operadora Telefónica está obligada a ir adecuando sus centrales locales paulatinamente, de forma que en el extremo del bucle de abonado que se encuentra en ellas se instale la infraestructura necesaria para permitir el servicio ADSL. A partir de aquí, cuando un usuario contrate el servicio a una operadora, ésta instalará en su domicilio el resto de infraestructura. El tráfico que genere el usuario irá

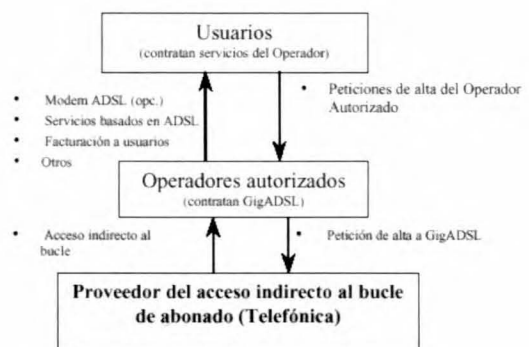


Figura 1: Estructura del acceso ADSL y sus partes

hacia la central local, donde se separará en dos partes: telefonía básica (que se direccionará por la RTB) y datos, los cuales se conducirán por la red de datos de Telefónica (red ATM) hasta un punto donde se interconectará con la red ATM de la operadora que proporciona el servicio al abonado. Esto se verá más claramente en el siguiente punto, cuando presentemos el esquema global de la tecnología.

ESQUEMA GLOBAL DE LA TECNOLOGÍA ADSL

Lo primero que hemos de ver es que es exactamente la tecnología ADSL. Su nombre mismo ya nos da una indicación de esto. ADSL es el acrónimo de *Asymmetric Digital Subscriber Line*. ADSL es un método de transmisión digital que consigue velocidades muy altas en un sentido de la comunicación mientras que en el otro son relativamente bajas (tecnología de transmisión asimétrica), aprovechando para ello el bucle local de abonado. En el mejor de los casos podemos conseguir velocidades de hasta 8 Mb/s en un sentido y del orden de 640 kb/s en el otro. Este tipo de transmisión de datos asimétrico se justifica en tanto en cuanto vamos a asociarlo a servicios para los cuales el usuario transmite muy poca información (comandos, secuencias de control) pero recibe un gran volumen de datos (imágenes, ficheros de datos, etc). Esta tecnología pretende aprovechar el par de cobre del bucle de abonado, y transmitir simultáneamente por éste la señal de voz (POTS = Plain Old Telephone Service) junto con una conexión de datos. Esto es lo que está recogido en los estándares, pero lo que queda es ver como vamos a conseguirlo.

En primer lugar tomamos una división frecuencial del espectro por el que vamos a transmitir. Aprovecharemos frecuencias de hasta 1.1 MHz, en las cuales la atenuación que introduce el cable todavía permite transmitir de forma fiable por líneas de hasta unos 5 o 6 km, pudiendo dar servicio a gran parte de los abonados (aproximadamente un 90% se encuentran a esta distancia o inferior de la central local). Distancias mayores requieren de otro tipo de tecnologías de acceso. Este ancho de banda del que partimos vamos a dividirlo en tres fragmentos:

1. En el caso más usual (el que no usa cancelación de ecos en los equipos receptores) el espectro queda separado de la siguiente forma:

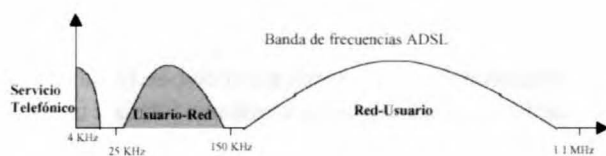


Figura 2: Diagrama espectral típico de una línea ADSL

- Un canal hasta los 4 KHz reservado para los servicios de voz (POTS).
- Un canal de los 25 KHz a los 150 kHz reservado para tráfico de subida.
- Un canal de 150 kHz a 1.1 MHz para tráfico de bajada.

2. En el caso de estar usando técnicas de cancelación de ecos la parte dedicada a tráfico de bajada puede extenderse desde los 25 kHz hasta 1.1MHz.

En primer lugar vamos a considerar tres zonas a la hora de analizar el acceso al usuario mediante la tecnología ADSL. Por un lado vamos a considerar la parte de usuario, por otro lado la parte que atañe a la operadora dominante (poseedora de la infraestructura de cobre) y finalmente a la operadora que va a proveer servicios mediante esta tecnología. Vamos a entrar un poco más en detalle en ellas.

En la parte del usuario vamos a tener dos posibles configuraciones que permiten utilizar esta tecnología. Por un lado tenemos la versión de ADSL cono-

Este tipo de transmisión de datos asimétrica se justifica en tanto en cuanto vamos a asociarlo a servicios para los cuales el usuario transmite muy poca información (comandos, secuencias de control) pero recibe un gran volumen de datos (imágenes, ficheros de datos, etc)

cida como "full-rate". En este caso podemos obtener toda la velocidad que la línea sea capaz de dar, teniendo en cuenta las apropiadas consideraciones en cuanto a distancia, ruido, interferencias, etc., hasta el máximo que permite esta tecnología. En este caso lo primero que vamos a encontrar en casa del abonado es un "POTS splitter", un dispositivo que separa el canal telefónico de voz de los dos canales de datos. A este dispositivo tendremos directamente conectados el teléfono y un módem ADSL, que a su vez irá conectado a una tarjeta de interfaz de red (NIC) en un PC, a un router, si estamos interconectando toda una red de área local (LAN) o a un "bridge". Esta configuración es cara y costosa de instalar. La solución a estos dos inconvenientes los dio la norma G.lite, que consiste en una versión de ADSL que no usa "splitter". A cambio de esto, la velocidad máxima que podemos alcanzar se ve limitada a 1.5 Mb/s de flujo de bajada y 512 kb/s de subida. En este caso sólo necesitamos el módem, que puede ser instalado fácilmente por el propio usuario. Tendremos problemas con ruidos espúreos, pero po-

demostrarlo fácilmente mediante un filtro paso bajo conectado a la clavija del aparato telefónico.

Otra parte importante del esquema de conexión va a ser la central local que está interconectada al usuario mediante el par de cobre. En esta central vamos a encontrarnos también con un "splitter", con la misma funcionalidad que habíamos visto en el extremo cliente. En este caso la presencia de este dispositivo es obligatoria. Por un lado vamos a conectar el "splitter" a la RTBC (Red Telefónica Básica Conmutada) por donde se va a dar el servicio de telefonía. Por otro lado, los canales de datos van a ir a otro módem ADSL, una tarjeta situada en el dispositivo conocido como DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) que va a recibir los paquetes de datos de cada usuario, los va a multiplexar y los va a llevar mediante la red de transporte, que usualmente va a ser ATM, hacia lo que conoceremos como PAI, o punto de acceso indirecto. Cada una de estas tarjetas típicamente contiene 4 o 8 puertos, pudiendo soportar un rack de multiplexores generalmente entre 500 y 1000 líneas ADSL.

El punto de acceso indirecto es la frontera con la tercera parte implicada en la estructura que hemos planteado. En este caso se plantea este punto como la interconexión de la red de transporte de la operadora que posee el par de cobre con el proveedor de servicios, sea otra operadora telefónica, un proveedor de acceso a INTERNET, de vídeo bajo demanda, etc. Esta interconexión se realiza entre las redes de transporte ATM de las partes implicadas.

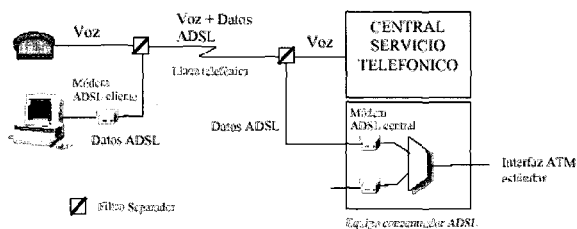


Figura 3: Esquema típico de una conexión ADSL

Hemos visto el esquema global de conexión y hemos nombrado los diferentes dispositivos que hemos de tener para poder dar servicio ADSL. Vamos ahora a hacer algunos comentarios interesantes al respecto. Los módems ADSL trabajan fundamentalmente con dos modulaciones distintas, CAP y DMT, la segunda de las cuales veremos de una forma más amplia en el siguiente apartado. Hemos de tener en cuenta que puede haber problemas de compatibilidad y habremos de asegurarnos cual es la modulación que se va a usar en el extremo del DSLAM. Por otro lado la separación de los canales de datos del canal vocal mediante filtrado permite que tengamos un servicio telefónico

como el que estamos acostumbrados, mientras que tendremos una conexión de datos que estará permanentemente en servicio, de forma que no tendremos que llevar a cabo fases de establecimiento de llamada ni otros procesos a los que estábamos acostumbrados. De la misma forma estamos descongestionando la red conmutada, separando los dos tráficos y enrutándolos hacia redes distintas.

Debido a los efectos capacitivos y resistivos distribuidos, los cables telefónicos atenuan y distorsionan las señales de voz, con efectos que se incrementan con la frecuencia y la longitud de la línea

Hasta aquí hemos hablado de la topología de la conexión y de algunas características básicas del ADSL. Vamos ahora a ver algunos de sus principales problemas. Uno de los peores problemas que tenemos son las bobinas de carga. Debido a los efectos capacitivos y resistivos distribuidos, los cables telefónicos atenuan y distorsionan las señales de voz, con efectos que se incrementan con la frecuencia y la longitud de la línea. Para equalizar las líneas en la banda vocal las compañías instalan bobinas de carga en el extremo de la línea que está en la central local. Estos inductores mejoran la respuesta en frecuencia para la banda vocal, pero incrementan la atenuación de las señales por encima de esa banda. En consecuencia van a ser perjudiciales para la transmisión de datos a alta velocidad y deberían ser eliminadas. Otro gran problema que nos vamos a encontrar van a ser los efectos de dispersión. Las diferencias en la propagación de las distintas frecuencias van a provocar la aparición de ISI, de forma que vamos a tener una velocidad de transmisión limitada por este efecto. Como en el caso de la atenuación este efecto empeora con la frecuencia y la distancia (en ambos casos al aumentar la frecuencia y la distancia el efecto es más grave). Otros problemas graves son las líneas en circuito abierto (que provocan reflexiones por desequilibrio de impedancias a altas frecuencias) y el efecto de "cross-talk" en sus dos posibilidades. El NEXT (near end cross talk) es la interferencia provocada por otro usuario situado en el mismo extremo del sistema que yo. Puede ser un efecto muy nocivo, dado que la potencia del emisor es alta mientras que la señal que yo recibo viene atenuada. El FEXT (far end cross talk) viene provocado por transmisores en el otro extremo de la línea. Estos problemas hacen que nos veamos obligados a tener muy en cuenta la potencia que hemos de enviar así como los filtros que hemos de poner para eliminar estos ruidos espúreos.

LAS MODULACIONES EN ADSL

Fundamentalmente vamos a ver que se usan dos modulaciones en esta tecnología. Por un lado está la CAP, que es el acrónimo de Carrierless Amplitude-Phase, es similar a la QAM en tanto en cuanto es un esquema de transmisión en dos dimensiones multinivel. La diferencia fundamental estriba en que no usa portadoras ortogonales generadas por un mezclador en seno-coseno, sino que la modulación de los dos flujos de bits se lleva a cabo digitalmente por dos filtros transversales paso banda. Estos filtros tienen igual característica de amplitud pero una diferencia en fase de $\pi/2$ (lo que se conoce como un par de Hilbert).

No hablaremos más sobre esta modulación ya que los estándares contemplan a la DMT como modulación a usar.

DMT son las siglas de "Discrete Multi-Tone", una tecnología de modulación multiportadora. La banda de interés se divide en 256 subcanales cada uno con un ancho de banda de aproximadamente 4 KHz. Cada subcanal puede llevar un cierto número de bits. Estos bits son asignados a una subportadora FDM (un tono frecuencial), cada una operando a una frecuencia diferente. Estas subportadoras han de ser ortogonales entre sí, siendo conveniente para esto la FFT. Esta multiplexación en frecuencia utilizando diferentes tonos es lo que conocemos como multiportadora. Estas subportadoras utilizan una QAM para transmitir la información cada una de ellas.

La comunicación de datos de subida ("upstream") suele ocupar 25 subcanales, mientras que la de bajada ("downstream") ocupa entre 225 y 250 subcanales dependiendo de si se usan o no técnicas de cancelación de ecos.

El receptor se autoajusta para poder trabajar con un número óptimo de bits. Un subcanal puede llegar a ser eliminado si en su subbanda hay un nivel de ruido demasiado grande, por ejemplo.

La DMT es flexible, tiene una gran inmunidad al ruido y optimiza la velocidad de transmisión dependiendo de las condiciones de la línea. Si todo el ancho de banda del canal opera de forma consistente en todas las frecuencias podremos enviar el mismo número de bits en cada uno de los subcanales. Pero esto no será así, de forma que los canales que trabajen en dominios frecuenciales de alta calidad llevarán más bits que los que sean de baja calidad.

DMT es pues actualmente un conjunto de sistemas QAM trabajando en paralelo con cada subcanal correspondiendo a un tono frecuencial de una FDM. Esta modulación no sólo se ajusta a las condiciones espectrales del canal (forma en que el canal atenúa las

distintas frecuencias), sino que también se puede ajustar para evitar problemas causados por el ruido impulsivo, las interferencias por radiofrecuencia y el "crosstalk".

Las normas de los diferentes organismos internacionales que han emitido documentos estandarizando la tecnología ADSL (ANSI, ETSI, ITU) han reconocido la modulación DMT como estándar para esta tecnología.

Diversos tests hechos comparando equipos que usan ambas tecnologías han puesto de manifiesto varias cosas:

- CAP necesita más potencia que DMT ya que es menos eficiente.
- CAP no es tan compatible espectralmente como DMT y puede causar interferencias en otros sistemas.
- CAP tiene peores resultados para velocidades y líneas equivalentes.
- Los equipos construidos utilizando la modulación CAP son muy poco compatibles, no así los que utilizan DMT.

También hay que decir que la técnica DMT no es recomendable si tenemos estrictos requerimientos de tiempo, si no requerimos versatilidad, adaptación y flexibilidad (puntos fuertes de esta técnica) o si hemos de ser muy eficientes en cuanto a potencia. De la misma forma CAP tuvo una clara ventaja: no tuvo que pasar por los organismos de estandarización, lo cual permitió un desarrollo mucho más rápido.

CONCLUSIONES

Como conclusiones podemos decir que la tecnología ADSL posiblemente sea la opción más barata y fácilmente implementable para suministrar un acceso de Banda Ancha a las redes de Telecomunicaciones al usuario. Esta tecnología se puede ver como un directo competidor del cable, aunque las operadoras de cable lo puedan usar para conseguir dar servicio a usuarios aislados, a los cuales todavía no haya llegado la infraestructura de la red de cable. Es una tecnología probada y regulada por estándares internacionales y existe la suficiente apertura en el mercado de servicios de telecomunicaciones como para que haya una seria competencia entre operadoras, hecho que provocará una bajada en el precio de las tarifas, posibilitando un acceso a estos servicios que, si no masivo, sea al menos bastante amplio.

REFERENCIAS

- [1] <http://www.adsl.com>
- [2] <http://www.telefonica.es:80/index/novedades/datamegaviaadsl.html>
- [3] <http://www.3com.com>

