



Julio Alba<sup>1</sup> y  
Ramón J. Millán Tejedor<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Consultor/Director Proyectos SATEC

<sup>2</sup>Coordinador Técnico Soporte Redes Ópticas  
Ericsson España

## ADSL de segunda generación

En España tenemos un mercado de más de 5 millones de usuarios de banda ancha, entre ADSL y cablemódems. Sin duda, con la introducción de ADSL2, ADSL2+ y VDSL, se potenciarán los servicios que se pueden dar sobre la banda ancha y que, ahora, debido a la baja velocidad alcanzada, no resultan atractivos. Además, la disminución de la relación precio/MB hará que muchos usuarios –reacios– se enganchen a la red y los productores de contenidos amplíen su oferta hacia un mercado con un gran potencial de crecimiento.

### Introducción

El término DSL (*Digital Subscriber Line*) engloba una serie de tecnologías utilizadas para ofrecer servicios de datos sobre el par de cobre telefónico tradicional. El hecho de no requerir del despliegue de nueva infraestructura de red, la han convertido en la tecnología de acceso de banda ancha más empleada en el mundo, con más de 120 millones de líneas, de las que más de 4 millones corresponden a España.

De entre todas las tecnologías DSL, la más exitosa ha sido el ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*), mediante la cual se consiguen velocidades descendentes (de la central al usuario), de hasta 1,5 Mbps sobre distancias de 6 Km, y de hasta 8 Mbps para distancias de 2 Km. Las velocidades máximas ascendentes (del usuario a la central), van de 16-640 Kbps, sobre los mismos tramos. No obstante, la velocidad real máxima depende, además, de la distancia a la central, del estado de las líneas

y del propio cableado del interior del domicilio del cliente.

La red de acceso DSL se ha apoyado tradicionalmente sobre arquitecturas de IP sobre ATM (*Asynchronous Transfer Mode*). Esto ha supuesto ciertos problemas. Por ello, se ha investigado durante años la forma de conseguir implementar sistemas de acceso DSL de una forma más sencilla, rápida y flexible. La solución es integrar DSLAM basados en Ethernet conmutado, en vez de en ATM, consiguiendo así una red totalmente IP.

### La primera generación de ADSL

Tradicionalmente, las redes ADSL utilizaban principalmente ATM, como capa de red, y sobre ella transportaban los paquetes IP en tres modalidades distintas:

– IP sobre ATM utilizando encañamiento IP y codificación de acuerdo a la RFC 1483.

– IP sobre PPPoA (PPP sobre ATM), de acuerdo a la RFC 2364.

– IP sobre PPPoE (PPP sobre Ethernet), de acuerdo a la RFC 2516.

La primera solución es la más simple pero se ha visto frenada en la práctica por la dificultad de obtener direcciones IPv4 públicas, un recurso cada vez más escaso. Este problema, hasta que se produzca la integración de IPv6, ha sido resuelto mediante el uso de direcciones IPv4 dinámicas, que es en lo que se basa el transporte de IP sobre PPPoA y PPPoE. Esto permite un cierto nivel de multiplexación estadística y una reducción del espacio de direccionamiento necesario. Mediante PPP (*Point to Point Protocol*) se establece una conexión serie entre los módems ADSL sobre la que transmitir paquetes IP sobre ATM o Ethernet, consiguiendo de este modo las ventajas del protocolo PPP como son la autenticación, encriptación y compresión.

Tradicionalmente, la mayoría de los DSLAM empleaban la tecnolo-

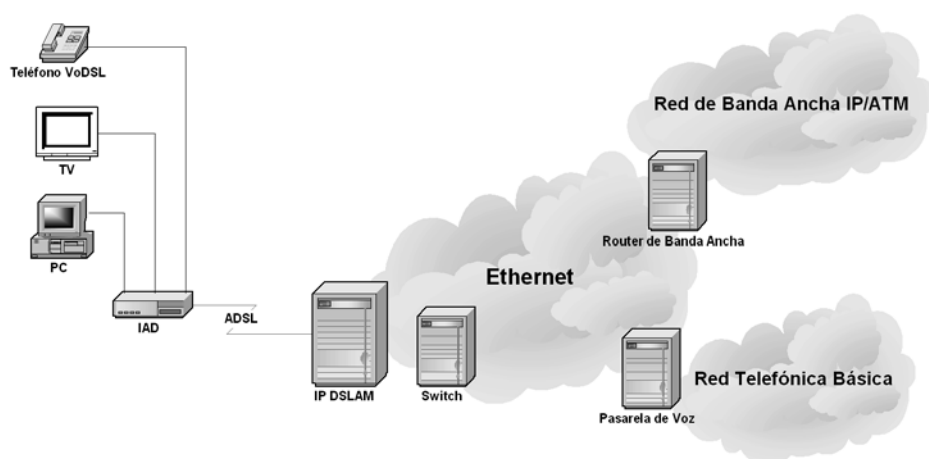


Figura 1: Red de acceso ADSL totalmente IP

**“El DSL, al no requerir una nueva infraestructura de red, es la tecnología de acceso de banda ancha más empleada del mundo”**

gía ATM para la multiplexación de varias interfaces ADSL sobre la red troncal del proveedor de acceso a Internet. Esta solución ha abocado en una complicación considerable de la pila de protocolos, que siempre implica una pérdida de eficiencia por varios motivos: sobrecarga de cabeceras, pérdida de funcionalidades para conseguir una mayor interoperabilidad, además, cada tecnología requiere su propio sistema de gestión.

## La segunda generación de la red de acceso ADSL

En la segunda generación de la red de acceso multimedia de banda ancha basado en ADSL, supone la consolidación de ésta tecnología y se pretende emplear servicios basados sólo en IP: como difusión de vídeo sobre IP o telefonía de calidad sobre IP. Hoy en día, las interfaces Ethernet son

mucho más baratas que las ATM y prácticamente igual de eficientes; además, es una tecnología menos compleja y más conocida. Precisamente, la introducción de ADSL se ha visto ralentizada, sobre todo en sus inicios, debido a los costes de infraestructura, así como a la lentitud y coste de su instalación y configuración.

Las principales razones por las que decantarse por Ethernet son:

- Menores inversiones en hardware. Las interfaces Ethernet sobre IP son unas 8-13 veces más eficientes en costes que soluciones IP sobre ATM o IP sobre SDH/SONET. Además, en las economías de escala el resultado es que el precio anual de los conmutadores Ethernet decrezca un 30-50%.
- Menores inversiones en instalación, operación y mantenimiento. Ethernet es una tecnología relativamente poco compleja y bien

conocida, pues lleva operando desde los años 80. Esto supone que los costes operativos asociados a la gestión del ancho de banda, provisioning, mantenimiento y actualizaciones de IP sobre Ethernet sean muy inferiores a los de otras tecnologías como IP sobre ATM o SDH/SONET.

- Altas velocidades. Una de las desventajas tradicionales de IP sobre Ethernet frente a IP sobre ATM o SDH/SONET, era la menor velocidad de las interfaces de la red troncal. Hoy en día, Ethernet ofrece velocidades típicas de red troncal, alcanzando en estos momentos hasta 10 Gbps (IEEE 802.3ae).
  - Protección y calidad de servicio. La inmadurez de las técnicas de seguridad, protección y calidad de servicio del tráfico IP sobre Ethernet ha sido la principal limitación asociada a esta tecnología. La introducción de protocolos como IEEE 802.1p, están resolviendo, en gran parte, estas limitaciones históricas.
  - Mayor capacidad de integración. Los DSLAM basados en Ethernet ocupan menos espacio y consumen menos potencia que los DSLAM basados en ATM. Esto supone un enorme ahorro de costes para los operadores en inmovilizado fijo.
- En una primera fase, la convergencia tiene lugar en la red troncal de los operadores, dando lugar a una red basada totalmente en IP sobre Ethernet. También se emplean tecnologías WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) para incrementar la capacidad de los

enlaces, transportando diversas señales Gigabit Ethernet o 10 Gigabit Ethernet sobre una única fibra óptica. De este modo, los clientes pueden contratar múltiples servicios de telecomunicación con el mismo proveedor de acceso. Los beneficios para el proveedor son, aprovechar la costosa infraestructura desplegada para ofrecer múltiples servicios y una mayor satisfacción del cliente. Los abonados pueden, además, seguir empleando sus módems o "routers" ADSL tradicionales.

En una segunda fase, la convergencia podría llegar a tener lugar en la propia red de acceso. De esta forma, al hacer uniforme la pila de protocolos, se produce una simplificación significativa en la gestión de la red. En este punto, la única incógnita que queda por despejar es la disponibilidad de manera universal de un método de control de acceso de usuarios que ofrezca las mismas posibilidades de control disponibles en los entornos PPP. Con tal objetivo se están realizando esfuerzos de cara a la adaptación del estándar IEEE 802.1x.

## Nuevos estándares DSL

Mientras en la segunda milla la transformación de la red de acceso está en la introducción de Ethernet, en la primera milla consiste en la introducción de nuevos estándares mejorados, como ADSL2 y ADSL2+ a corto plazo. De hecho, las primeras ofertas comerciales en España tuvieron lugar a finales de 2005.

La tecnología ADSL, estandarizada en ANSI T1.413-1995, fue adoptada como estándar ITU-T en la recomendación G.692.1,

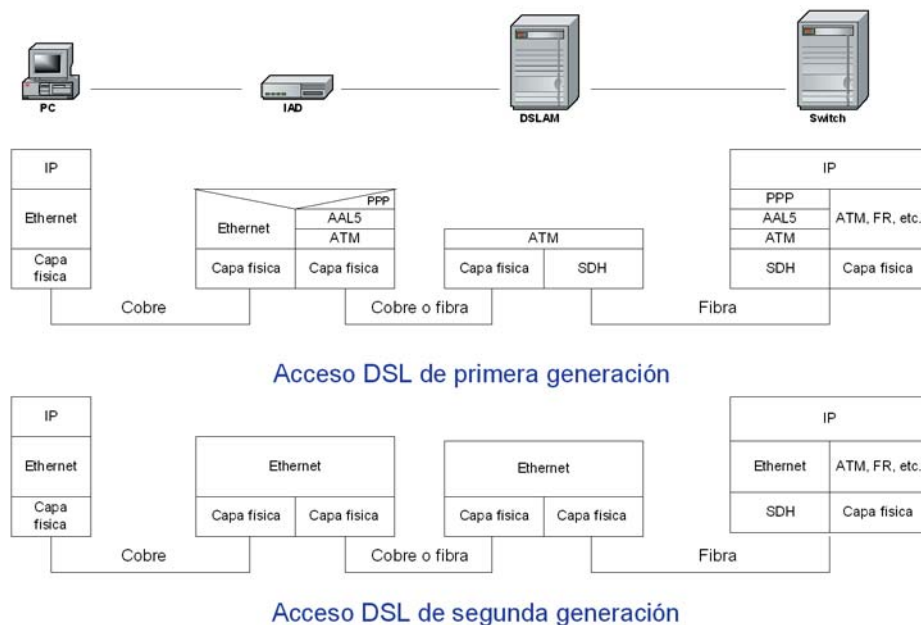


Figura 2: Protocolos de la red de acceso DSL

aprobada en julio de 1999. En julio de 2002, la ITU-T completó los estándares G.992.3 y G.992.4 dando lugar a la tecnología ADSL2 que, a su vez, fue mejorada en enero de 2003 con el estándar G.992.5, denominado ADSL2+. ADSL2 añade nuevas características y funcionalidades destinadas a mejorar el rendimiento e interoperabilidad y añade soporte para nuevas aplicaciones, servicios, y escenarios de despliegue. Entre los cambios, hay mejoras en la velocidad de datos y distancias alcanzadas, adaptación de velocidad, consumo, autodiagnóstico, etc. Por otro lado, ADSL2+ dobla prácticamente las velocidades de ADSL, pudiendo alcanzar hasta 20 Mbps de bajada y 1 Mbps de subida.

En junio de 2005 fue aprobado VDSL2, el sistema de acceso de banda ancha a través del hilo telefónico de cobre 10 veces más rápido que el ADSL. VDSL2 alcanza 100 Mbps, en ambos sentidos, a 150 metros de la central del operador hasta el cliente. Incluso si el

cliente se encuentra a 500 metros de la central, la velocidad de acceso es bastante más rápida que con ADSL2+. Con VDSL2 se ha conseguido el pleno respaldo internacional de los organismos reguladores, fabricantes y operadores, mientras que en VDSL había distintas versiones, según el continente. Además, es compatible con VDSL, ADSL2+ y ADSL, pudiendo tener distintos equipos de acceso en una misma red.

La principal limitación con la que tiene que luchar VDSL y VDSL2 son su reducido alcance en comparación con otras tecnologías DSL. Mientras la velocidad de bajada en ADSL está comprendida, entre 1,5-8,5 Mbps de 6-2 Km, y la del VDSL, entre 13-51 Mbps de 1.500-300 metros. Por otro lado, en muchos casos, los pares no cumplen con las características electromagnéticas mínimas para ofrecer servicios VDSL, a pesar de estar dentro de la distancia máxima. Debido a esto, muchos despliegues VDSL incluyen el tendido de nuevos pares de abonado, lo que los encarece significativamente. ♦