

## **Servicios de Banda Ancha Sobre ADSL**

**Alexei Blanco Ortiz, MSc**

Universidad de Pinar del Río (UPR), Pinar del Río, Cuba, [alexei@tele.upr.edu.cu](mailto:alexei@tele.upr.edu.cu)

**Carmen Moliner Peña, PhD**

Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría (CUJAE), La Habana, Cuba,  
[carmen@tesla.ispjae.edu.cu](mailto:carmen@tesla.ispjae.edu.cu)

### **Resumen**

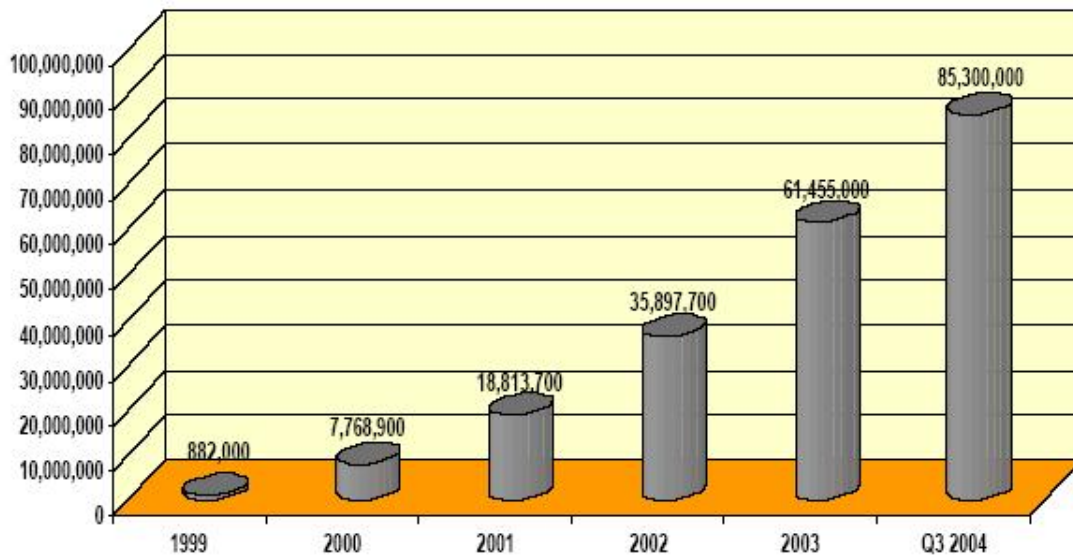
Con este trabajo se da una panorámica general de los servicios de banda ancha soportados por la tecnología ADSL, entre los cuales citamos el acceso a Internet de banda ancha, VoDSL y la transmisión de video sobre ADSL, brindando además información sobre el comportamiento del mercado de estas tecnologías.

### **Palabras clave**

Ancho de banda, Calidad de Servicio, compresión de audio y video

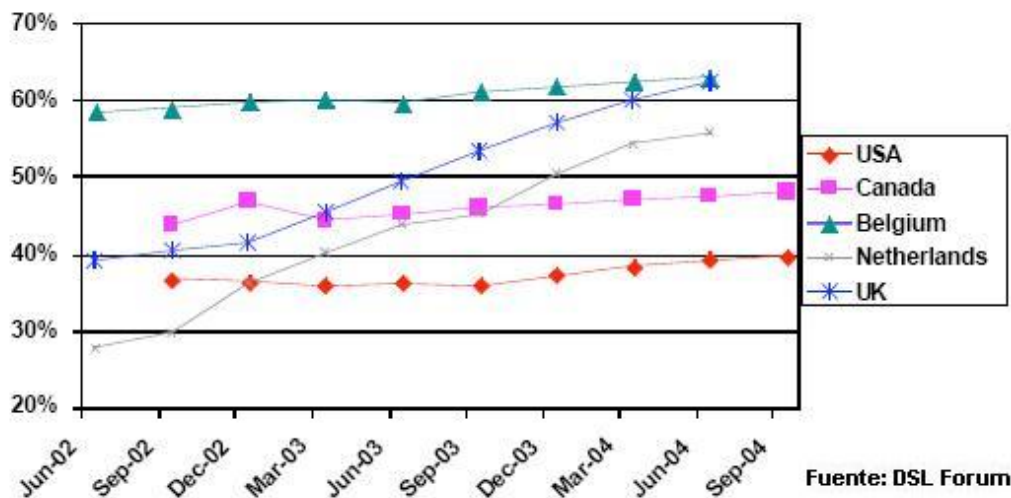
### **1. Introducción**

Desde hace algunos años hemos visto cómo el mercado de los servicios de banda ancha ha venido creciendo significativamente, y por supuesto, esto va aparejado al desarrollo de tecnologías que hacen llegar la alta velocidad hasta el usuario final, se destaca la transmisión de datos sobre las redes de cable CATV, por vía inalámbrica, o bien utilizando las líneas telefónicas ya instaladas a través de xDSL (Línea de Abonado Digital), donde ADSL (Línea de Abonado Digital Asimétrica) cada día va ganando más espacio entre sus competidores, hasta convertirse en la tecnología de acceso de banda ancha más popular en el mundo entero. Un reflejo de esto lo mostramos en la Figura 1 donde se observa como se ha venido comportando el crecimiento del número de líneas DSL instaladas a nivel mundial, llegando a un total de 85.3 millones en el tercer trimestre de 2004 (DSLForum, 2004).



**Figura 1: Crecimiento de las líneas DSL a nivel mundial**

La tecnología DSL junto con el cable modem ocupan los primeros lugares en el mercado de líneas de banda ancha. En una gran mayoría de países DSL se alza con la victoria, no siendo así en EE.UU y Canadá. En la Figura 2 se muestra el comportamiento del porcentaje de ocupación del mercado de DSL en los cinco países con mayor expansión del cable modem.



**Figura 2: Ocupación del mercado de DSL y el cable modem**

Cuando los operadores de telecomunicaciones empezaron a desplegar el ADSL, solo se brindaba, el servicio de acceso a Internet a alta velocidad a velocidades mucho mayores que las logradas por los módems de banda vocal de 56 Kbps, las que comúnmente oscilan entre 128 Kbps y 512 Kbps. En la práctica se demuestra que la mayoría de los usuarios desperdicia un porcentaje considerable del total de ancho de banda disponible, por el mero hecho de que los contenidos que normalmente descarga de la red no consumen un ancho de banda considerable, ejemplo: contenido Web, FTP, etc.

Teniendo entonces como punto de partida que los enlaces ADSL son generalmente infrautilizados, además de las condiciones de competencia que imperan a nivel mundial en busca de clientes, muchos

operadores, principalmente de países desarrollados, se han propuesto brindar servicios de tiempo real sobre las líneas telefónicas, dígame voz o video digitalizados.

Hubo que esperar primero a que se mejoraran los algoritmos de compresión de video, donde el estándar MPEG constituye el más utilizado lográndose flujos de video con calidad de TV a velocidades menores de 512 Kbps. Además, se requiere disponer de la tecnología de transporte apropiada que garantice la QoS necesaria a los flujos sensibles al retardo de voz y video, donde las redes ATM (Modo de Transferencia Asíncrono) ya instaladas son generalmente empleadas, además se destaca el hecho que la mayoría de los DSLAMs (Multiplexores de Acceso DSL) y los módems ADSL de usuario se basan en ATM.

Otro factor importante a tener en cuenta será la ubicación de la red de contenidos de banda ancha donde siempre se trata de acercarla lo más posible al usuario para así descongestionar los enlaces de la red de transporte, teniendo en cuenta por ejemplo, que en el caso de servicios de video bajo demanda se generan flujos del tipo unidifusión.

## 2. Acceso a Internet sobre ADSL

En la Figura 3 se muestra la arquitectura de ADSL para el acceso a Internet, en este caso empleando ATM como la tecnología presente en la capa 2. La trayectoria que siguen las celdas ATM se traza con una línea gruesa y va desde el módem router ADSL en la localidad del usuario hasta un router IP con interfaz ATM que da acceso al ISP.

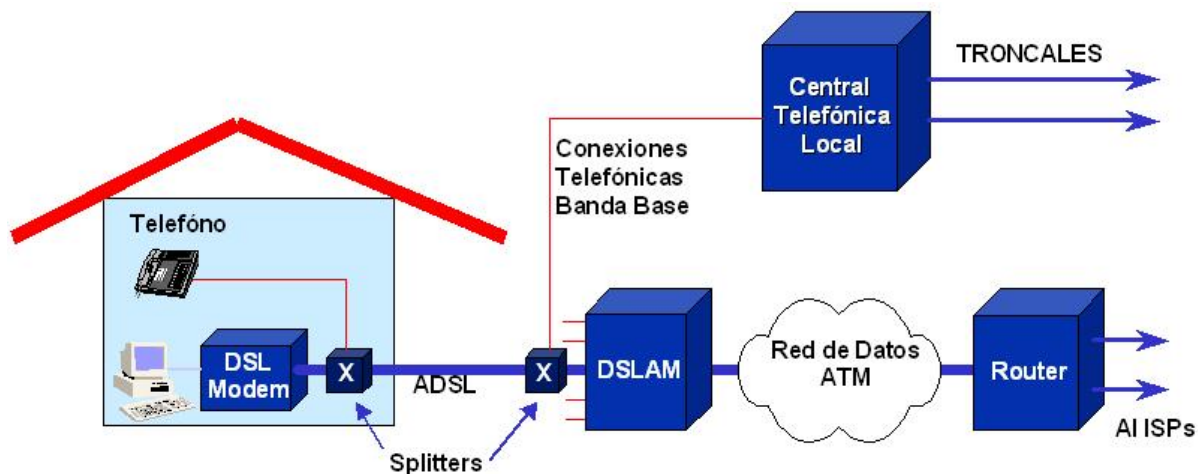
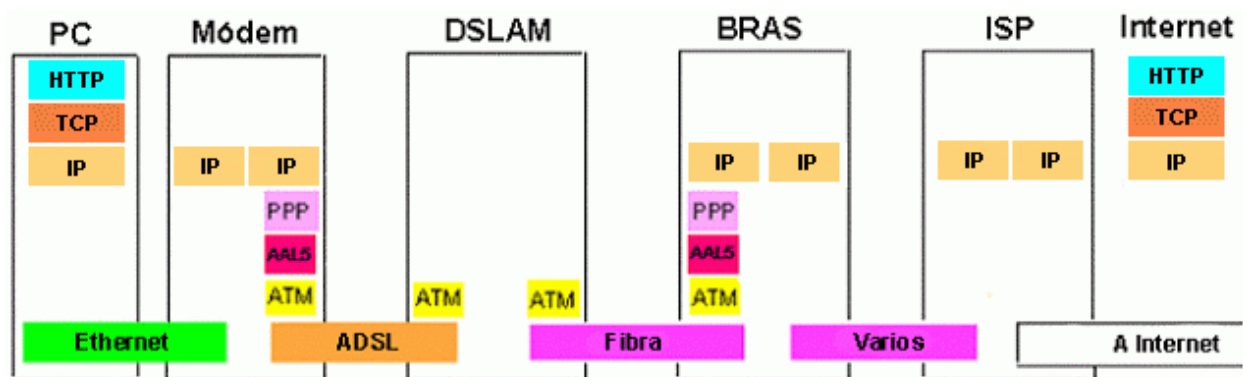


Figura 3: Arquitectura ADSL

En este modelo, la información, ya sean tramas de vídeo MPEG, voz paquetizada o paquetes IP, se distribuye en celdas ATM, y el conjunto de celdas ATM así obtenido constituye el flujo de datos que modulan las subportadoras del ADSL DMT.

Vale la pena destacar algunas ventajas relativas a la integración de ATM y ADSL. El ATM al permitir asignar el ancho de banda dinámicamente entre una serie de servicios y al ofrecer a los portadores las herramientas de gestión que le dan conocimiento de los niveles de rendimiento especificados de acuerdo al SLA (Service Level Agreements), constituye la mejor variante para integrarse con ADSL. Por otra parte, se pueden definir varios circuitos virtuales permanentes (CVPs) ATM o conexiones lógicas sobre el enlace ADSL entre el ATU-R y el ATU-C, cada una de ellas dedicadas a un servicio diferente y con la QoS que se contrate con el proveedor garantizada.

En la Figura 4 mostramos los protocolos más importantes que tienen lugar en cada uno de los dispositivos que forman parte de una conexión a Internet con acceso ADSL. Se destaca el hecho del empleo del protocolo PPP por debajo de IP, con el único fin de autentificar al usuario en un servidor de acceso remoto de banda ancha (BRAS, *Broadband Remote Access Server*) para validar el acceso a Internet. Por su parte, ATM utiliza en la capa de adaptación el tipo AAL5 para transportar las tramas PPP.



**Figura 4: Arquitectura de protocolos en una conexión a Internet con acceso ADSL**

### 3. Servicio de voz sobre ADSL, VoDSL

Tras el éxito inicial del ADSL, llegó a ser obvio que éste podría utilizarse para ofrecer líneas de voz múltiples. Esto es posible gracias al gran ancho de banda intrínseco del ADSL, a los progresos en la compresión de la voz, la cancelación de eco y las tecnologías de procesamiento digital de señales.

ADSL ofrece un gran ancho de banda para datos, parte del cual se puede utilizar para ofrecer servicios adicionales de voz, integrados con los servicios de datos. Las técnicas empleadas para transportar voz y datos de manera integrada sobre DSL, ya sea ADSL o SHDSL, son referidas como Voz sobre DSL (VoDSL).

VoDSL es una tecnología que utiliza la infraestructura de cobre existente para proveer servicios de voz de calidad en formato paquete, a la vez que permite el soporte de una gran variedad de aplicaciones de datos.

El número de líneas de voz en el circuito depende del nivel de compresión aplicado y de la velocidad del enlace. En la Tabla 1 se muestran algunos ejemplos.

**Tabla 1: DSL dedicado a VoDSL**

Velocidad de Línea DSL	Circuitos Equivalentes sin Compresión	Circuitos Equivalentes con Compresión Máxima
384 Kbps	6	40
768 Kbps	12	80
1.1 Mbps	18	110
1.5 Mbps	25	150

Con VoDSL, se abren dos grandes mercados de interés para los proveedores de servicios. El primero es el de los negocios de pequeño y mediano tamaño, ya que un porcentaje significativo de estos necesitan ser capaces de recibir y enviar datos a una velocidad aproximada de 500 Kbps. Las necesidades de voz para este tipo de clientes se encuentran normalmente entre las cuatro y las doce líneas de teléfono salientes,

que comúnmente se llevan a cabo por un sistema de línea arrendada con tecnología TDM, como son los circuitos E1 o T1. Utilizando por ejemplo, el código simple de voz ADPCM (Adaptative Differential Pulse Code Modulation) de 32 Kbps, en los momentos pico, estas líneas de teléfono solamente consumen entre 128 y 256 Kbps del ancho de banda de ADSL, que normalmente supera los 2 Mbps en dirección descendente y los 500 Kbps en dirección ascendente (Verhoeyen, 2000).

El segundo segmento de mercado se centra en los usuarios residenciales, donde se puede utilizar la tecnología VoDSL para ahorrar en los pares de cobre. Incluso, un porcentaje de estos usuarios puede encontrar interesante tener una segunda línea en la mesa de trabajo donde haya una terminación ADSL y una PC. Esta segunda línea de voz se puede utilizar, por ejemplo, para conectarse a una centralita privada (PBX) corporativa.

La mayoría del equipamiento en el mercado actual de VoDSL, implementa el transporte de voz sobre ATM por la ventajas que ofrece. Las primeras técnicas de transporte de voz sobre ATM usaron el tipo AAL1 en la capa de adaptación de ATM para una clase de servicio CBR, ésta presentaba la desventaja de que el ancho de banda que necesita el servicio de voz siempre está reservado aún cuando no hayan llamadas activas. Posteriormente el ADSL Forum adoptó el tipo AAL2 (con CVPs) el cual resulta más eficiente para el tráfico de voz. El CVP AAL2 opera como un circuito VBR-rt puesto que cumple con los requisitos de pequeño retraso y bajas fluctuaciones de fase.

AAL2 es más eficiente por el hecho de que permite a la red asignar ancho de banda dinámicamente según la demanda del servicio de voz. En los momentos en que no se usa el servicio de voz, entonces, la totalidad del ancho de banda puede dedicarse al servicio de datos. El uso de AAL2 también permite la supresión de silencio, pudiendo recuperar hasta el 50% del ancho de banda asignado para el tráfico de voz y destinarlo al tráfico de datos.

### 3.1 Arquitectura de VoDSL

VoDSL requiere como plataforma, equipamiento DSL, unido a un equipamiento adicional para el manejo de los requerimientos de los servicios de voz. En la Figura 5 se muestran todos los componentes de VoDSL. En nuestro ejemplo suponemos el transporte de voz usando AAL2/ATM.

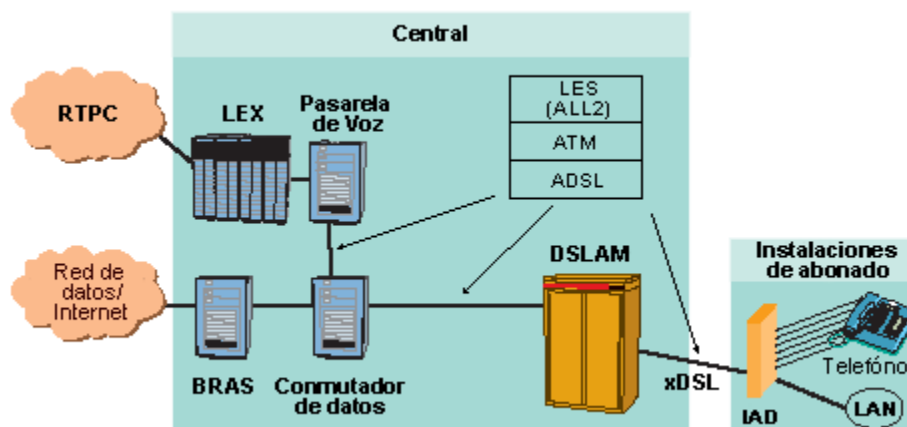


Figura 5: Arquitectura de VoDSL

En la instalación del cliente se destacan los teléfonos, PBX, fax, PC, LAN, módem ADSL, entre otros. En esta arquitectura el módem ADSL pasa a ser parte de un **Dispositivo de Acceso Integrado (IAD)** que proporciona una interfaz de datos (ej. Ethernet) y varias interfaces de voz (ej., conectores RJ11 para POTS). El IAD incluye las funciones de un módem DSL y a la vez es el encargado de la conversión de las

señales de voz analógicas en el lado del usuario a las señales de voz transportadas por AAL2/ATM en el lado de la red. Todos los flujos de la banda de voz (típicamente entre 2 y 32) están multiplexados sobre una única conexión virtual dedicada AAL2/ATM hasta la pasarela de voz. El IAD prioriza los paquetes de voz sobre los de datos para asegurar la calidad de la voz y los envía sobre la línea DSL.

El IAD debe, además, efectuar protocolos de señalización hacia la pasarela de voz para indicar cuándo están presentes llamadas de voz en los flujos de AAL2/ATM que incluyen las primitivas de establecimiento y fin de la llamada.

El **conmutador de datos** (ej., un conmutador ATM) recibe el tráfico desde el DSLAM y separa los canales virtuales de voz y datos. Los datos se tratan de una manera característica y más ampliamente por el BRAS (Servidor de Acceso Remoto de Banda Ancha) para su envío a la red de datos (ej. Internet). El BRAS termina el Circuito Virtual ATM de datos que utiliza ALL5 para proveer acceso a Internet. El tráfico de voz se pasa a una **pasarela de voz** central, que convierte las señales de voz transportadas por el acceso de banda ancha, a señales que se pueden transportar por las interfaces de banda estrecha existentes.

La **pasarela de voz** realiza las funciones que se necesitan para funcionar como interfaz entre la red de VoDSL y la red de voz de banda estrecha existente, convirtiendo la voz paquetizada al formato establecido para la RTPC (Red Telefónica Pública Conmutada). Pone fin a los flujos AAL2/ATM, realiza la función de codificación/decodificación y provee la señalización necesaria entre el domicilio del usuario y la central local de la red telefónica para el establecimiento de llamadas en cualquiera de los dos sentidos. Cuando se establece la llamada, extrae las señales de voz desde los circuitos de AAL2/ATM, en el sentido hacia la RTPC, y ejecuta en ellas cualquiera de los tratamientos de voz (ej. la descompresión y la cancelación de eco), realizando lo contrario en el sentido inverso.

En la interconexión de la pasarela con la central telefónica local, se utiliza normalmente el protocolo V5.2 para los mercados ETSI, mientras que en los mercados pertenecientes al ANSI, principalmente en EE.UU, se usa el protocolo GR-303. Ambas interfaces proporcionan, bajo demanda, concentración del tráfico de voz para minimizar el número de interfaces requeridas en la central telefónica local. Una proporción de concentración típica para abonados del tipo empresa es de 4:1 o, lo que es lo mismo, se necesita un solo canal entre la pasarela y la central telefónica local por cada cuatro canales de abonados.

El servicio de emulación de lazo local (LES, *Loop Emulation Service*), estándar del ATM Forum define los protocolos para controlar los canales AAL2 entre el IAD y la pasarela de voz (ATM Forum, 2000).

#### **4. Servicio de video sobre ADSL**

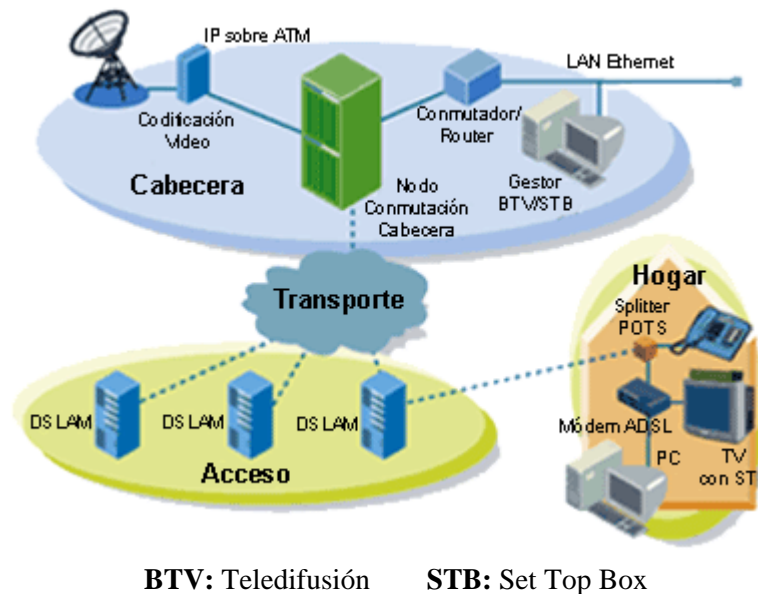
Una alternativa a la TV interactiva sobre redes de cable y de satélites lo constituye el suministro de servicios de video empleando tecnología ADSL. La red ADSL es punto a punto desde el DSLAM al abonado, suministrando un enlace dedicado en los dos sentidos, permitiendo ofrecer nuevas aplicaciones entre las que se incluyen televisión de difusión, VoD, servicio de video personalizado estilo VCR (Video Cassette Recorder), comercio por TV (T-Commerce), entre otros.

Con el desarrollo de la tecnología ADSL y de algoritmos mejorados de compresión de video que hacen disminuir los altos requerimientos de ancho de banda característicos de este servicio, los suministradores de servicios de telecomunicaciones pueden ofrecer canales de video de alta calidad, como una calidad DVD codificada a una velocidad de 3.5 Mbps MPEG-2, e incluso menores, mientras que con MPEG-4 se espera una calidad de emisión de video a velocidades menores de 1.5 Mbps, y una calidad de TV analógica a una tasa de bits de 500 a 700 Kbps.

ADSL puede entregar un flujo de hasta 8 Mbps en líneas de alta calidad a distancias relativamente cortas. Si bien muchas líneas no soportarán esta velocidad binaria, las tecnologías que ofrecen ancho de banda incrementado, tales como VDSL, los algoritmos más potentes de compresión, los procesadores de vídeo de alto rendimiento y un mayor crecimiento de la red, prometen que el alcance de video con DSL llegará a un gran número de hogares en los próximos años.

#### 4.1 Arquitectura de una red de distribución de video

La arquitectura utilizada por un suministrador de servicios de telecomunicaciones para producir servicios de video puede variar. Un ejemplo típico se muestra en la Figura 6.



**Figura 6: Arquitectura típica para producir servicios de video**

En la red de acceso, el ATM suministra conectividad de capa 2 sobre ADSL, siendo cada DSLAM un multiplexor ATM. Como resultado, los programas de video deben ser producidos tanto en formato MPEG sobre ATM, como en formato MPEG sobre IP sobre ATM. Ambas tecnologías están actualmente disponibles, pero el mercado tiende a elegir el IP como el vehículo de entrega a la capa de red ya que simplifica la distribución en el hogar sobre medios compatibles con Ethernet, unido esto al mayor número de aplicaciones disponibles para IP, lo que aumenta su audiencia. En ambos casos, las redes de cabecera y de transporte son similares.

El término **cabecera** indica una posición en la que el contenido se añade a los canales de TV, al VoD, a los portales de T-Commerce, al acceso Internet, etc, y donde se encuentran los terminales de gestión con fines de control y facturación entre otros, constituye la red de contenidos.

En el caso de un servicio de TV de difusión, el video llega de varias fuentes sobre diferentes medios, tal como DBS (*Digital Broadcast Satellite*), difusión local y estudios de TV. El contenido de todas estas fuentes es enviado a una plataforma de codificación y convertido a formato MPEG, si aún no está en este formato. Cada canal de emisión normalmente se codifica como un único flujo de transporte de programa, y se asocia con un identificador (ID) específico del canal, ensamblándose en un flujo de datos de difusión selectiva IP (cada canal está asociado a una única dirección IP de multidifusión).

En el caso de VoD, el contenido es almacenado en los servidores que pueden atender decenas, centenas e incluso millares de flujos simultáneos. El dimensionamiento de los servidores está basado tanto para la cantidad de contenido que debe almacenar, como para la cantidad de abonados activos que piden datos. Estos servidores pueden desplegarse por diferentes puntos en la red. Situarlos en la cabecera de red minimiza su número y simplifica la gestión del contenido, mientras que situarlos cerca de la periferia de red, reduce la necesidad del ancho de banda al cual debe hacer frente la red de transporte.

Normalmente, cada canal de video saliente se entrega a un nodo de conmutación ATM de cabecera con encapsulado MPEG sobre IP sobre ATM, utilizando **AAL2**, que a diferencia del AAL5 usado para el transporte de datos, se emplea para el transporte de forma eficiente de servicios de tiempo real. El conmutador de cabecera agrega entonces estos canales a la red de transporte sobre un único enlace físico, normalmente OC-12/STM-4, e.g. (Hemmrich, 2002). Los canales de video, así como el tráfico Internet de un mismo usuario se transportan sobre CVPs (Circuitos Virtuales Permanentes) ATM diferentes para brindar un tratamiento diferenciado a cada servicio.

El papel de la **red de transporte** es entregar el contenido desde las posiciones de la cabecera a los DSLAMs adecuados, o a sus centrales y/o routers asociados, en la red de acceso. Ellas pueden ser de diferentes tipos, que van desde anillos ópticos pasivos (generalmente STM-4/OC-12), Gigabit Ethernet, hasta redes ATM conmutadas.

La red de transporte debe transportar dos tipos de tráfico: multidifusión y unidifusión, correspondientes a los servicios de difusión e interactivos respectivamente. El tráfico de difusión se transporta como multidifusión IP, como ATM punto a multipunto o como una combinación de ambos.

En la **red de acceso** el elemento esencial es el DSLAM, que constituye el vehículo para entregar los servicios de video al usuario. Es responsable de la conmutación de los canales de video entregados al abonado y es el dispositivo de multidifusión más cercano al abonado.

La función de conmutación de multidifusión integrada dentro del DSLAM ofrece la mejor mezcla de rendimiento y precio en la entrega de servicios de difusión, ahorrando en equipamiento externo. Cuando el suministrador de servicio tiene una base instalada de DSLAM que no soporta facilidades de multidifusión, se requiere un dispositivo externo que realice esta función, el cual pudiera ser, un router IP, un conmutador ATM, o una combinación de ambos.

Una vez que llega el canal de video a la instalación del abonado a través de un módem DSL, es necesario distribuir el contenido al **STB (Set top Box, decodificador digital)**, de forma que se pueda ver en la TV. Esto normalmente se hace vía Ethernet, y también se puede conectar al PC. Cuando el video va encapsulado como MPEG sobre IP sobre ATM, hay más opciones de medios compatibles con Ethernet para la distribución en el hogar como el Ethernet inalámbrico (802.11b), y Ethernet alámbrado, e.g. (Mounier, 2002).

Ya muchos operadores de telecomunicaciones han superado la etapa de pruebas de campo, entre ellos, Telefónica de España lanzó su servicio Imagenio, e.g. (Telefónica, 2005) desde principios del pasado año, el que incluye contenidos bajo demanda, 15 canales de audio, más de 20 canales de TV e Internet de banda ancha en TV y PC, todo soportado por un enlace ADSL de hasta 512 Kbps en sentido descendente y 128 Kbps en sentido ascendente. Entre otros operadores que ya ofrecen este tipo de servicio están Telekom Austria (Junio 2003), France Telecom (Diciembre 2003), Telecom Italia, Aliant de Canadá.



## 5. Conclusiones

El despliegue de líneas DSL a nivel mundial, y más específicamente de ADSL a tenido un gran crecimiento desde sus inicios a finales de la década pasada. Aprovechar al máximo las capacidades de ADSL mediante la instalación de los servicios de video y de VoDSL tienen una alta prioridad para muchos operadores de telecomunicaciones. Estos servicios no solo generan ganancias adicionales sino que también constituyen potentes herramientas en la lucha para proteger su base instalada contra las amplias ofertas de servicio de los operadores de TV por cable y de otros nuevos participantes en el mercado de las telecomunicaciones. A pesar de esto, muchos operadores aun no se han decidido por este mercado desaprovechando las ventajas que ofrece el acceso por ADSL y las nuevas oportunidades que ofrecen los nuevos estándares.

## Referencias

- ATM Forum. (2000). Especificación Loop Emulation Service using AAL2 (LES), Julio 2000.
- DSL Forum. (2004). “DSL Hits 85 Million Global Subscribers As Half a Million Choose DSL Every Week”, [http://www.dslforum.org/PressRoom/news\\_12.08.2004\\_sub.html](http://www.dslforum.org/PressRoom/news_12.08.2004_sub.html)
- Hemrich, R. (2002). “Servicios de entretenimiento de banda ancha sobre DSL: pruebas actuales”. Revista de Telecomunicaciones de Alcatel No 2/2002.
- Mounier, I. (2002). “Lowering de iTV barriers”. Telecommunications Magazine, International Edition, Abril 2002.
- Telefónica Web Site. (2005). <http://www.telefonicaonline.com/on/es/imagenio/>
- Verhoeven, M. (2000). “Servicios de distribución de voz sobre DSL”. Revista de Telecomunicaciones de Alcatel No 4/2000.

## Información Biográfica

MSc. Alexei BLANCO ORTIZ. El MSc. Blanco Ortiz es profesor de redes de telecomunicaciones en el Dpto. de Telecomunicaciones de la Universidad de Pinar del Río, Cuba, siendo jefe de una disciplina afín. Obtuvo el grado de Master en la CUJAE en la especialidad de Telemática en 2003.

Dra. Carmen MOLINER PEÑA. La Dra. Moliner Peña dirige el Comité Académico de la Maestría en Telemática de la CUJAE y es profesora invitada en diferentes programas de maestrías afines en Universidades de América Latina. Desarrolla su trabajo Científico y académico en el área de la Transmisión de Datos y Redes de Telecomunicaciones.