

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



LÍNEA DE ABONADO DIGITAL ASIMÉTRICA - ADSL

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

RENE ALEXANDER GALARRETA ACHAHUANCO

PROMOCIÓN

1998-I

LIMA-PERU

2002

Dedicatoria:

A mis padres, por su amor, comprensión, y ejemplo, con los cuales forjaron mi espíritu.

A mis amigos, por hacer mi vida más placentera.

LINEA DE ABONADO DIGITAL ASIMETRICA
ADSL

SUMARIO

El presente estudio tiene como objetivo hacer una descripción de la tecnología ADSL (Asimetric Digital Subscriber Line), y mostrar las ventajas de su implementación para el acceso del abonado a la banda ancha.

La descripción de la tecnología ADSL se basa en información de textos relacionados al tema de investigación, con gran contenido teórico. Asimismo, se contempla información actualizada de los Fóruns ADSL y ATM, debido a la estrecha relación en el fomento de ésta tecnología. Se adicionan también especificaciones técnicas de equipos actualmente utilizados en los entornos ADSL.

Para un mayor entendimiento, se ha convenido en empezar el informe con un análisis de la digitalización de las líneas telefónicas, mostrando su evolución y estandarización. A continuación se detalla la arquitectura de la tecnología ADSL y la infraestructura desplegada. Se hace luego una descripción de los servicios y los escenarios de implementación más comunes. Por último, se hace una comparación con otras tecnologías actuales.

ÍNDICE

PROLOGO	1
CAPITULO I EVOLUCIÓN	3
1.1 Empresas Telefónicas.....	4
1.2 Bucle de Abonado.....	7
1.3 Evolución de las Redes de Acceso.....	9
1.4 Proveedores de Servicios de Internet.....	17
1.5 Acceso a Banda Ancha.....	18
CAPITULO II ESTANDARIZACIÓN	23
2.1 Historia de la Estandarización.....	23
2.2 Desarrollo del ADSL.....	28
CAPITULO III ARQUITECTURA	32
3.1 Capa ADSL.....	35
3.2 ATM y ADSL.....	61
3.3 Encapsulado de Datos.....	76
3.4 Las Capas de Red y de Transporte.....	85
CAPITULO IV INFRAESTRUCTURA	95
4.1 Equipos de Usuarios.....	95

4.2 Equipos en Proveedores (Oficina Central).....	105
4.3 Agregación.....	111
4.4 Redes de Core y de Acceso.....	112
4.5 Infraestructura de Internet.....	114
4.6 Administración de Red.....	116
CAPITULO V	
SERVICIOS.....	119
5.1 Conexiones de Circuitos Virtuales ATM.....	119
5.2 Protocolo Punto a Punto (PPP).....	124
5.3 Voz.....	129
5.4 Vídeo.....	133
CAPITULO VI	
ESCENARIOS DE IMPLEMENTACIÓN.....	137
6.1 Acceso a Internet Residencial y Corporativo.....	137
6.2 PPP sobre Ethernet.....	139
6.3 Acceso a Intranet Corporativa.....	141
6.4 Conectividad a Extranet Corporativa.....	142
6.5 Voz sobre IP.....	144
6.6 Vídeo Streaming.....	145
CAPITULO VII	
COMPARACIÓN CON OTRAS TECNOLOGÍAS.....	146
7.1 POTS/ISDN.....	146
7.2 Cable Modems.....	147
7.3 Wireless.....	153
7.4 DSLs (IDSL, SDSL, HDSL).....	156

7.5 Very High Speed Digital Subscriber Line (VDSL).....	160
CONCLUSIONES.....	166
ANEXOS.....	169
ANEXO A. GLOSARIO.....	170
ANEXO B. LISTA DE VENEDORES DE MODEMS DSL.....	175
ANEXO C. LISTA DE VENEDORES DE EQUIPOS DE ACCESO A REDES DSL.....	177
ANEXO D. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MODEM ADSL SPEED TOUCH HOME DE ALCATEL.....	178
ANEXO E. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ROUTER ADSL REMOTE 612 DE 3COM.....	179
ANEXO F. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ROUTER ADSL 675 DE CISCO.....	180
BIBLIOGRAFÍA.....	183

PROLOGO

El desarrollo de las telecomunicaciones, tendrá siempre un impacto importante en la forma como vemos el mundo. La necesidad de contar con información, así como la rapidez con la cual nos comunicamos son realidades que las Compañías de Telecomunicaciones y Proveedores de Servicios de Internet han asumido como retos. En este último aspecto, el acceso a la banda ancha es un problema que dificulta el acceso a la Internet, y en general, a servicios agregados que de él devienen: la información y la comunicación.

Es así como la investigación en busca de nuevas tecnologías que satisfagan las necesidades cada vez más crecientes de los usuarios residenciales y corporativos han ido en aumento y con gran diversidad. Hace pocos años la introducción de la Línea de Abonado Digital (DSL: Digital Subscriber Line) y los cable modems permitieron distribuir conectividad de elevado ancho de banda a gran cantidad de usuarios y a un precio asequible. El presente informe cubre en gran medida todo lo relacionado con la rama que ha ahondado en promover las tecnologías DSL, y en particular, ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), motivo del presente estudio.

Cabe indicar que el informe que presentamos desarrollará una detallada visión de la tecnología, en cuanto a estándares, arquitectura usada e infraestructura desplegada para su implementación. Adicionalmente, se incluyen capítulos relativos a la evolución de las redes de acceso, orientados a comprender la tecnología ADSL, y asimismo, los servicios más importantes que de ella devienen, ejemplos de implementación comunes por los proveedores, y finalmente, una comparación con otras tecnologías alternas para visualizar sus ventajas para el acceso a la banda ancha.

CAPÍTULO I

EVOLUCIÓN

La red telefónica básica se creó para permitir las comunicaciones de voz a distancia. En un primer momento (1,876 – 1,890), cuando Alexander Graham Bell creó el teléfono, los enlaces entre los usuarios eran punto a punto, por medio de un par de cobre entre cada pareja de usuarios (en un principio un único hilo, de hierro, y después de cobre, con el retorno por tierra). Esto dio lugar a una topología de red telefónica completamente enmallada. Ésta solución inicial con el tiempo se hizo inviable, por no decir imposible, debido a la gran cantidad de cableado que requería. Por esa razón se evolucionó hacia el modelo en el que cada usuario, por medio de un par de cobre se conecta a un punto de interconexión (central local u oficina central) que le permite la comunicación con el resto, en la forma de una red en estrella. Y cada oficina central se interconecta con otra para llevar el tráfico de las llamadas realizadas. La inteligencia de éstos equipos para dirigir la llamada al destino correcto y el retardo en cada salto, fueron los primeros problemas que fueron puliéndose en el camino, y obviamente no fueron los únicos. Los diferentes requerimientos de los usuarios, marcaron la pauta para los avances en tecnología, y sus soluciones, en satisfacer éstas necesidades crecientes. Se ha convenido en empezar éste informe con un análisis general de la evolución de las comunicaciones,

orientados a su desarrollo en las topologías y redes de acceso, y la desencadenante que nos ocupa, el de la implementación de la tecnología ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line).

1.1 EMPRESAS TELEFÓNICAS

Como los primeros teléfonos fueron vendidos en pares y el consumidor era responsable de instalar su cableado, Graham Bell visionó que éste era un problema simple y por ello formó la Compañía de Operaciones Bell. Su objetivo era hacerse cargo de ésta labor. El loop local (cableado entre los clientes y las oficinas de conmutación) y la propia interconexión de las oficinas de conmutación han sido ahora captadas por éstas compañías.

El modelo básico sigue siendo el mismo 100 años después, incluso con la introducción de la transmisión digital. De este modo la red telefónica básica se puede dividir en dos partes: la red de acceso y la red de interconexión. Como introducimos anteriormente, la conexión se realiza mediante una red en estrella que es la que básicamente hoy se sigue manteniendo. Lo único que evolucionó es que la red de interconexión entre las centrales se ha estructurado jerárquicamente en varios niveles.

El bucle de abonado es el par de cobre que conecta el terminal telefónico del usuario con la central local de la que depende. El bucle de abonado proporciona el medio físico por medio del cuál el usuario accede a

la red telefónica y por tanto recibe el servicio telefónico. La red de interconexión es la que hace posible la comunicación entre usuarios ubicados en diferentes áreas de acceso (CSAs: Carriers Serving Area). Como ya se ha indicado anteriormente, la red telefónica básica se ha diseñado para permitir las comunicaciones de voz entre los usuarios. Las comunicaciones de voz se caracterizan porque necesitan un ancho de banda muy pequeño, limitado a la banda de los 300 a los 3.400 Hz (Hertz). Es decir, la red telefónica es una red de comunicaciones de banda estrecha.

El loop local está altamente diseñado para optimizar la banda estrecha de las señales de voz análoga y consiste de par trenzado descubierto. En los últimos años, la red de interconexión ha ido mejorando progresivamente, tanto en los medios físicos empleados, como en los sistemas de transmisión y equipos de conmutación que la integran. Los medios de transmisión han evolucionado desde el par de cobre, pasando por los cables de cuadretes y los cables coaxiales, hasta llegar a la fibra óptica, un medio de transmisión con capacidad para transmitir enormes caudales de información. Los sistemas de transmisión han pasado de sistemas analógicos hasta llegar a sistemas de transmisión digitales. Por último, la capacidad de los equipos de conmutación empleados ha ido multiplicándose hasta llegar a centrales de conmutación digitales con capacidad para conmutar decenas de miles de conexiones a 64 Kbps (Kilo bits por segundo).

Por ejemplo, los modernos anillos ópticos que se están desplegando permiten velocidades de transmisión de datos de 2,48832 Gbps (Giga bits por segundo), o lo que es lo mismo, de unas 38.000 comunicaciones telefónicas simultáneas, o de unos 1.500 canales de vídeo en formato MPEG2 (Motion Picture Experts Group 2, calidad equivalente a un vídeo en formato VHS) aproximadamente. Y ya se dispone de sistemas de conmutación capaces de trabajar con estos caudales. Con todos estos datos, parece que la red de interconexión está capacitada para ofrecer otros servicios además de la voz: servicios multimedia de banda ancha. Antes, muy recientemente, la modernización tecnológica de la red telefónica conmutada (PSTN, Public Switched Telephone Network), fue manejada por la necesidad de proveer telefonía básica. Las nuevas tecnologías y cambios de red fueron implementadas meramente para incrementar la eficiencia de entregar el servicio de telefonía convencional (POTS, Plain Old Telephone Service). Dentro de la última década, para generar acelerada rentabilidad, los portadores competitivos empezaron a desplegar DSL lo más rápido como fue posible. Los beneficios fueron en ese entonces haberse dirigido para mantener su mercado. Los proveedores desde luego podrían apenas administrar demanda una vez que los consumidores empezaron a comprender las actuales (y futuras) aplicaciones de banda ancha. DSL apareció para ser la perfecta solución. Todos los ISDN (Integrated Service Digital Network) y los dial-up (conexión por discado) no pudieron serlo. Sólo que eso no fue tan fácil.

Durante el tiempo en que la primera experiencia del Internet crecía explosivamente, los módems dial-up fueron, desde siempre, cambiando el camino de los negocios globales y en como fueron comunicándose. Los cuellos de botella fueron creadas en las redes porque los usuarios estuvieron en línea (on-line) por horas y al mismo tiempo. Diseñado para voz (promediando llamadas de seis minutos), los operadores de red no fueron equipados para manipular la conexión a Internet siempre (always-on). Debido a que el DSL eliminó el problema del cuello de botella y no requería de adicionales millas de alambrado (no como la fibra al borde del usuario), los operadores se cambiaron al DSL. En adición, el DSL fue rápido, siempre conectado y no requirió dial-up (establecimiento de llamada para la conexión). Sin embargo, aunque se sigue viendo que el DSL fue la solución perfecta, la infraestructura no fue todavía puesta para soportar una conexión siempre a alta velocidad para la Internet.

1.2 BUCLE DE ABONADO

Pero, que sucede en la red de acceso. Como ya se ha visto anteriormente, la red de acceso está formada por los bucles de abonado que unen los domicilios de los usuarios con su correspondiente central (central local). Hasta hace poco se había considerado que sobre este bucle sólo se podían transmitir caudales de hasta 64 Kbps en la banda de frecuencias que va desde los 0 Hertz hasta los 4 Khertz. Es decir, que el bucle sólo servía para las comunicaciones de voz y la transmisión de datos en banda vocal mediante módem (desde los V.32 a 9,6 Kbps hasta los V.90 a 56 Kbps), y

nada más. Por tanto, la red de acceso era el obstáculo que impedía a la red telefónica en su conjunto evolucionar hacia servicios de banda ancha, como son los servicios multimedia: videoconferencia, distribución de vídeo, vídeo bajo demanda, transmisión de datos a gran velocidad, etc.

De acuerdo con esta creencia generalizada, para ofrecer los servicios de banda ancha antes citados, se hacía necesario el despliegue de nuevas redes de comunicaciones basadas en el cable coaxial y en la fibra óptica. Y precisamente este era uno de los principales motivos por los que las comunicaciones de banda ancha no han progresado todo lo rápido que se esperaba: Desplegar nuevas redes, partiendo de cero, es muy caro tanto por el equipamiento como por las inversiones en obra.

Y todo esto porque el par de cobre no tiene, al parecer, la suficiente capacidad. Pero esto no es así. Un par de cobre en un aceptable estado de conservación tiene una respuesta en frecuencias que permite la transmisión de señales en una banda que puede superar el MHz (Mega hertz, es decir, unas 250 veces más de lo que hasta ahora se ha estado empleando). Para aprovechar este potencial sólo hacían falta los equipos adecuados para hacerlo.

A finales de los 80, los avances en microelectrónica hicieron posible el desarrollo de nuevos DSPs (Digital Signal Processor) capaces de aplicar nuevos algoritmos de procesado digital de señal. Pasando por el módem

ISDN, así aparecieron los módems DSL, y en especial el módem ADSL. La primera generación de módems ADSL era capaz de transmitir sobre el bucle de abonado un caudal de 1.536 Kbps en sentido de la Red hacia el Usuario (sentido "downstream" o descendente) y de 64 Kbps en sentido del Usuario hacia la Red (sentido "upstream" o ascendente). Y todo ello sin interferir para nada la banda de frecuencias vocal (de 0 a 4KHz), la que se usa para las comunicaciones de voz. De este modo, sobre el bucle de abonado podrían coexistir dos servicios: el servicio tradicional de voz y los nuevos servicios de transmisión de datos a gran velocidad.

La asimetría de caudales del ADSL era y es idónea para el servicio al que inicialmente estaba destinado: la distribución de vídeo sobre el bucle de abonado. Pero el desarrollo de Internet, cuyo tráfico es también fuertemente asimétrico (siendo mucho mayor el caudal de información transmitido desde la red hacia el usuario que en sentido contrario), ha dado nuevos bríos al ADSL. Y todo ello con una ventaja adicional: se trata de una solución "always on", es decir, se dispone de esta capacidad de transmisión de forma permanente, al revés de lo que ocurre con los módems en banda vocal (los V.90, por ejemplo), en los que es necesaria una llamada telefónica para establecer la conexión.

1.3 EVOLUCIÓN DE LAS REDES DE ACCESO

Desde el punto de vista del medio físico y los equipos directamente relacionados, no está demás decir que los medios convencionales de

transmisión permanecen vigentes (ante la embestida de tendidos de fibra y cable de distintos proveedores), debido en gran parte a la evolución de los equipos terminales a ambos extremos. Las mejoras en planta, así como el desarrollo de la tecnología digital, en compresión y modulación de la información, permitió que las velocidades alcanzadas en las redes de acceso superen ampliamente lo previsible o concebible hace muchos años.

Las redes de acceso basadas en el tradicional par de cobre del bucle de abonado, tiene ventajas desde el punto de vista económico. Se puede configurar un bucle digital con costos reducidos. Y ello, como es fácil suponer, porque se dispone de la infraestructura del abonado de la Red Telefónica Convencional. Sin embargo, las desventajas se presentan en el ancho de banda reducido (de algunos MHz). Además el medio físico del par de cobre sin apantallar es muy ruidoso. Los problemas más comunes son las diafonías entre pares y las inter-modulaciones. Como veremos más adelante, cuando profundicemos en la tecnología DSL, el ancho de banda estará en función de la distancia. Las tasas más comunes estarán en el orden de los Mbps, ofreciéndose servicios simétricos y asimétricos.

Un campo diferente al planteado nace a partir de la empresas de cable, todo un ente aparte en los Estados Unidos. El desarrollo de las empresas proveedoras de TV por cable, hizo posible no sólo la transmisión (privada) de imagen y sonido, sino de información digital. El desarrollo de la tecnología de cable módem (competidor nato del ADSL), es uno de los

logros que consiguió establecer a las empresas de TV por Cable, como los proveedores de servicios de Internet más aventajados empezando la década de los 90's. Y en gran medida conllevó a un mayor estudio en las posibilidades de las tecnologías DSL, como respuesta de las TELCO (Telephone Company) a sus abonados para el acceso a Internet.

Las redes de acceso basadas en la tecnologías del cable, suministran un gran ancho de banda, del orden de varios MHz. Sin embargo, el medio físico es compartido, ya que se utiliza la topología tipo árbol en el despliegue de la planta. Es por ello que son necesarios unos protocolos de acceso al medio algo complejos. Asimismo la red permite tráficos de tipo CBR (constant bit rate), VBR (variable bit rate) y UBR (unspecified bit rate), comunes en las redes ATM (Asynchronous Transfer Mode). En algunos países, el despliegue de la red es una evolución natural de las redes de distribución de TV por Cable analógicas. Y he ahí su limitante, ya que por ello es empleado básicamente para servicios residenciales, ofreciendo una fuerte asimetría, aunque ello no desmedra en nada su competencia y la gran cantidad de usuarios que de él acceden a la Internet. La tendencia de ésta tecnología es ofrecer servicios globales de telecomunicaciones (vídeo, telefonía, datos, etc.).

Las redes de acceso basadas en las tecnologías ópticas son de por sí, las que dejan de tener como limitante el ancho de banda. Son inmunes a las radiaciones electromagnéticas. Sin embargo, su despliegue requiere

mayor inversión y el retorno de los costos es algo retardado. Esto es porque se compone de dispositivos y sistemas ópticos que son caros. La normalización está bastante adelantada. Se pueden usar como medios compartidos o punto a punto. Pueden ofrecer servicios de difusión o conmutados (simétricos y asimétricos). Son aptas para todo tipo de tráfico y tasas.

Pero lo que nos aboca es ahondar en las redes de acceso basadas en el par de cobre, ya que la tecnología ADSL fue diseñada para éste entorno. Y es obvio que las posibilidades económicas de su despliegue son en sí el factor más importante, por cuanto se aprovecha de la planta más comúnmente instalada hace un siglo atrás. Los nuevos 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. Con éstas cifras, está claro que el despliegue de esta tecnología supone una auténtica revolución en la red de acceso de las operadoras del servicio telefónico. Pasan de ser redes de banda estrecha capaces de ofrecer únicamente telefonía y transmisión de datos vía módem, a ser redes de banda ancha multi-servicio. De este modo los usuarios podrán disponer de un abanico de servicios inimaginables hasta hace poco. Y todo ello sin afectar a un servicio básico como es la telefonía. La red de acceso deja de ser un obstáculo para el desarrollo de nuevos servicios y ofrece posibilidades insospechadas a aquellas empresas que sean capaces de ofrecer contenidos de todo tipo atractivos para el usuario.

La introducción del ADSL implica una revolución en la red de acceso, y también supone un gran reto para el sector de las comunicaciones por el abanico de servicios que se pueden poner al alcance del público.

Pero antes de todo esto, existe un camino andado, en la evolución de los equipos terminales. Nosotros estamos bastante acostumbrados a los módems de datos con calidad de voz, y sus limitaciones. Los módems con calidad de voz presentan transmisión de hasta 28.8 kbps sobre una línea telefónica común, pero el límite práctico sólo veinte años atrás fue de 1.2 kbps. Sin embargo, nadie creería que en un futuro iríamos más rápido de los 33.6 kbps. El ancho de banda de la calidad de voz no excede de 3.3 kHz. Módems como V.34 logran 10 bits por Hertz de ancho de banda, una forma sorprendente de aprovechar los límites teóricos. No sólo eso, los módems V.34 transmiten y reciben simultáneamente, en la misma banda. Y se puede comprar uno por debajo de \$200. Nosotros tenemos estos módems porque apenas habían avances grandes en algoritmos, procesamiento digital de señales, y tecnología de semiconductores.

Los módems en calidad de voz operan en el tramo final del abonado, como se muestra en la figura 1.1, mediante líneas en calidad de voz y transmiten señales a través de la red de conmutación central sin alteración. Ésta ha sido su facultad singular, que, a pesar de las lentas velocidades comparadas a los terminales de hoy, pueden ser conectados

inmediatamente a cualquier parte donde exista línea telefónica, y éstas están en alrededor de 600 millones de locaciones semejantes.

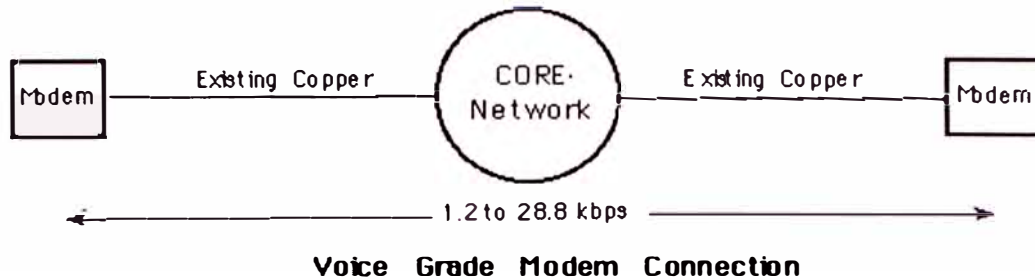


Fig 1.1 La conexión del módem en grado de voz

Las limitaciones en ancho de banda de las líneas en banda de voz no vienen de la línea del abonado, en todo caso. Vienen de la red central. Filtros a los bordes de la red central limitan el ancho de banda a 3.3 kHz. Sin filtros, las líneas de acceso de cobre pueden pasar frecuencias dentro de las regiones de MHz, aún con atenuación sustancial. Por cierto, la atenuación, la cual se incrementa con el aumento de la frecuencia, domina la restricción en velocidad de datos sobre el cable de par trenzado. Límites prácticos en velocidad de datos en una dirección comparada en largo de línea (de par trenzado de calibre 24) son:

- DS1 (Digital Signal 1) (T1, US basic multiplex rate) 1.544 Mbps 18,000 pies.
- E1 (European basic multiplex rate) 2.048 Mbps 16,000 pies.
- DS2 (Digital Signal 2) 6.312 Mbps 12,000 pies.
- 1/4 STS-1 (1/4 Synchronous Transport Module 1) 12.960 Mbps 4,500 pies.

- 1/2 STS-1 (1/2 Synchronous Transport Module 1) 25.920 Mbps 3,000 pies.
- STS-1 (Synchronous Transport Module 1) 51.840 Mbps 1,000 pies.

Las configuraciones de planta del enlace de abonado varían tremendamente alrededor del mundo. En algunos países 18,000 pies cubren virtualmente cada abonado, en otras, como en los Estados Unidos, 18,000 pies cubren menos del 80% de abonados. En todo caso, el 20% más o menos permanecen teniendo líneas con alambre desplegado, el cual no puede ser usado para cualquier servicio DSL (incluyendo ISDN), sin remover el alambre. Muchas compañías telefónicas han hecho programas para contraer el largo del enlace promedio encaminado por un número de años, en gran parte para expandir la capacidad de las existentes oficinas centrales. La técnica típica involucra instalación de nodos de acceso remoto desde la oficina central, creando lo que se denomina Áreas de Distribución con enlaces de abonados máximo de 6,000 pies desde el nodo de acceso. Los nodos de acceso remoto están alimentados por líneas T1/E1 (ahora usando HDSL, High-Speed Digital Subscriber Line) o fibra. En comunidades suburbanas un Área de Distribución conecta un promedio de 1,500 linderos; en áreas urbanas, la figura es doble, cerca de 3,000 linderos. Desde luego el número de linderos servidos decrecen de acuerdo a como el servicio incrementa la velocidad de datos. Un sistema de fibra al cordón de la calle (FTTC, Fiber to the Curb) ofreciendo velocidades STS-1 deberían sólo estar dentro del alcance de veinte casas en algunas áreas suburbanas.

Se tiene ahora bastante información para estar proyectando una red, presumiendo que el departamento de marketing ha pasado la equilibrada lista de aplicaciones. Si ésta lista no incluye televisión en vivo digital o HDTV (High-Definition Digital TV), pero incluye vídeo en demanda y acceso a Internet, entonces una velocidad de datos de bajada de 1.5 Mbps por terminal de abonado debería satisfacerlo, y puede ofrecerse virtualmente dentro de 18,000 pies, el rango nominal de ISDN. Para abonados con líneas cortas, tanto a una oficina central o a un nodo de acceso remoto, puede ofrecerse más de un canal para más de un linderero terminal. Si la televisión en vivo digital está en la lista, luego se tiene para ofrecer como mínimo 6 Mbps y puede ser limitado hasta 4,500 pies de distancia para suministrar más de un canal a la vez (este hecho es el corazón de las compañías telefónicas interesadas en emisión inalámbrica de TV digital, y la consiguiente balcanización de esta red futura). Claramente HDTV, demanda a lo más 20 Mbps, sólo yendo sobre el largo del enlace corto.

Por supuesto, este ofrecimiento de servicios digitales sobre las existentes líneas de par trenzado requieren receptores, transmisores, módems especiales capaces de brindar velocidades de datos cuando uno considera oportuno, y las originales intenciones de la tecnología de alambrado de par trenzado.

1.4 PROVEEDORES DE SERVICIOS DE INTERNET

Los proveedores de servicios juegan un rol esencial en habilitar la conectividad a alta velocidad. Estos proveedores incluyen los tradicionales proveedores de telefonía conocidos como Portadores de Intercambio Local Beneficiado (ILECs, Incumbent Local Exchange Carriers) o Compañías de Operación Bell Regionales (RBOC, Regional Bell Operating Company) en los Estados Unidos; y los PTTs (Post Telephone and Telegraph) en muchos otros países. Un portador beneficiado es lo tradicional, anteriormente monopolio o controlado por el gobierno, compañía de teléfonos en una ciudad dada que tiene construida la infraestructura a través del último siglo. Los portadores beneficiados controlan el cobre en el enlace local, en contraste con los competidores nuevos o portadores alternativos que fueron originalmente formados para especializarse en un área dada, como servicios larga distancia. Estos competitivos proveedores son conocidos como Portadores de Intercambio Local Competitivo (CLECs, Competitive Local Exchange Carriers), formados para competir con ILECs en específicos segmentos del mercado en los Estados Unidos y otros lugares. Finalmente los Proveedores de Servicio de Internet (ISPs, Internet Service Providers) son los proveedores de acceso a Internet, con frecuencia haciendo uso de las facilidades proveídas por los ILECs, PTTs o CLECs. En donde un ILEC o CLEC está proveyendo la infraestructura de acceso físico para un ISP, es algunas veces conocido como IAP (Internet Access Provider).

Todas éstas entidades tiene un rol en habilitar el servicio ADSL, y una noción de la relación entre los portadores beneficiados y competitivos es fundamental en comprender como y donde se desplegarán las diferentes tecnologías DSL. Es también importante entender el rol de la regulación, el cual determinarán los servicios ofrecidos que podrán ser desplegados en una clase dada de suscriptor. Con estas realidades a la mano, un caso empresarial puede ser desarrollado y demostrará la viabilidad de un típico despliegue ADSL, desde la perspectiva de sendos ISP y los ILECs.

1.5 ACCESO A BANDA ANCHA

Ahora, mirando hacia el caso de ADSL en empresas, tanto los ILECs/PTTs y CLECs requieren algún análisis para demostrar que un servicio dado sea en realidad popular. Predecir el tamaño del mercado ADSL ha sido el tema de muchas exámenes, tanto de analistas independientes, los mismos proveedores, y los vendedores. Opiniones varían grandemente, con analistas que predijeron desde bajo un millón a sobre 5 millones de conexiones globales ADSL para el año 2001 (para ese año se bordearon cerca de los 10 millones de usuarios según Cahners In-Stat Group, un número mucho mayor al predicho). En prestigio está Ovum prediciendo 19 millones de líneas para el 2003. Aunque éstas estimaciones deberían servir como una base para generar potenciales casos en negocios, y en circunstancias son suficientes para ese propósito, ellos muy probablemente y en gran medida menosprecian el actual potencial del tamaño del mercado.

En adición, las primeras exposiciones agresivas sólo empezaron a ocurrir exactamente en 1999.

1.5.1 Proyecciones del Mercado ADSL

Mirando hacia el crecimiento de la conectividad a Internet, a la par con el incremento del funcionamiento de la PC (Personal Computer) y contenido multimedia como mostramos antes, existe ya un incremento de demanda por la conectividad a alta velocidad. Una más acertada proyección del mercado DSL debería por lo tanto estar basado en total conectividad a Internet, luego predecir el número de usuarios servidos por un medio de alta velocidad (tanto cable y ADSL) en cualquier año dado. Una suposición sería que éste número sería aproximadamente el 100 por ciento de los usuarios de Internet en algún punto en el futuro, digamos 20 años.

El siguiente paso será predecir el porcentaje de semejantes usuarios por DSL y el porcentaje servido por otras tecnologías. Éste es probablemente el paso más dificultoso desde que estará basado en que tan rápido los proveedores de servicio y los Operadores de Sistemas Múltiples (MSOs, Multiple System Operators) mostrarán sus respectivos servicios. Últimamente, en muchas locaciones, el promedio de residencias será presentado con dos opciones, DSL y cable. Una aproximación es para situar que el 25 por ciento de los suscriptores de Internet tendrán conectividad de banda ancha 5 años desde ahora, con 50 por ciento servidos por ADSL.

Usando una muy conservadora estimación de 200 millones de usuarios de Internet por el 2004 en las países más conectados, estos seguirán con resultados de 25 millones de líneas ADSL. Aunque ésta estimación debería verse alta, sigue presentando una idea del potencial tamaño del mercado para conectividad a alta velocidad.

1.5.2 Desplegando ADSL

Distinto al Internet, ADSL no es necesariamente un tipo de servicio “edificado y arribando”, excepto para los usuarios más sofisticados. El mercado adecuado del ADSL es en todo caso un factor importante para su éxito, desde que los ILECs en los Estados Unidos y los tradicionales PTTs en otros países no son en muchos casos los dominantes ISPs. Estos son usualmente otras compañías que tienen hecha en ésta línea de negocio su especialidad, confiando en los ILEC/PTT para el enlace local. Por ejemplo, los usuarios que se conectan por marcado a Internet deberían acceder al Punto de Presencia (POP, Point of Presence) de los ISPs vía una llamada local o larga distancia. Esto debería, supuestamente, dar empuje a la infraestructura de la conmutación y transmisión de los ILEC.

En el mismo camino, el típico despliegue ADSL incluye un ILEC o CLEC proveyendo el transporte ADSL, y en consecuencia operando con multiplexores de acceso DSL (DSLAMs, Digital Subscriber Line Access Multiplexer), y uno o más ISPs proveyendo el servicio punto a punto en capa 3. De ese modo, la cooperación entre el proveedor del transporte y los ISP

es crítica para asegurar el éxito del servicio. Dos formas de cooperación son posibles:

- Al por menor: Lo primero es donde el proveedor del DSL y el ISP operan como “barcos en la noche”, con la precedencia de no manejo de circuitos virtuales privados (PVCs, Private Virtual Circuits) ATM en ADSL hacia el final.
- Al por mayor: Probablemente una más deseable relación es donde el proveedor trabaja conjuntamente el mercado con el ISP. Aquí el suscriptor debería adquirir el servicio e inclusive el equipo (CPE, Customer Premises Equipment) del ISP. El ISP en cambio debería contratar con el proveedor DSL para el enlace local. Un caso especial es la asociación de ISPs con los ILECs, como BellSouth.net en los US. Aquí, el precio del servicio ADSL más Internet puede ser enérgico, pero el ISP debería ser muy cuidadoso mantener la calidad de marca.

1.5.3 Análisis de un caso empresarial ADSL

En 1998, Cisco System en cooperación con Telechoice intentaron determinar la cantidad de oportunidades de la empresa para el despliegue DSL. El objetivo fue el equipar a los proveedores de servicio con una herramienta en cada una, para delinear sus costos de despliegue y aguardar el retorno de la inversión. El análisis se orientó al costo del despliegue ADSL

así como el anticipado gasto y la renta tanto para las ILECs construyendo infraestructura ADSL y ATM, y los ISPs ofreciendo el servicio Internet punto a punto. Ésta infraestructura, en la figura 1.2, incluye el CPE ADSL, el Multiplexor de Acceso a Línea del Suscriptor Digital (DSLAM), el Agregador de Servicio, el router (ruteador) ISP, así como la necesaria infraestructura ATM.

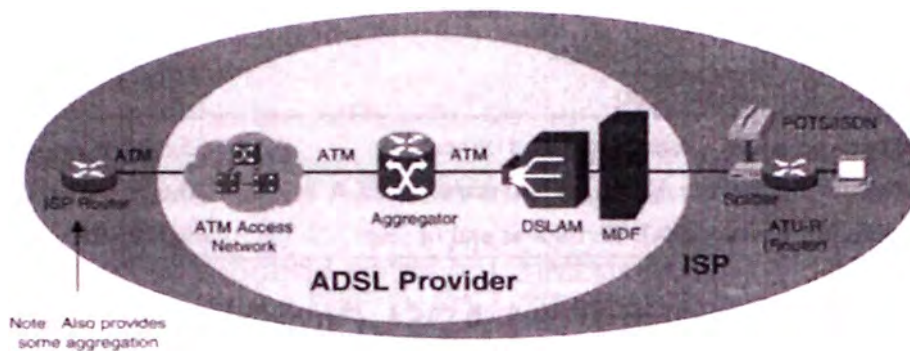


Fig 1.2 Topología del Caso Empresarial

Sistemas controlados por el ILEC (el proveedor transporta el ADSL), incluyen el DSLAM, agregador, y la red de acceso ATM, mientras el ISP es responsable por los routers CPE y los routers dentro de su backbone (los cuales deberían también actuar como agregadores).

Un modelo de servicio alternativo remueve la función de agregación del dominio del proveedor ADSL. Los dos tipos de servicios Internet ofrecidos son residencial y telecomunicación. Existen un número de componentes diferentes que, juntos, contienen el modelo total de la empresa.

CAPÍTULO II

ESTANDARIZACIÓN

2.1 HISTORIA DE LA ESTANDARIZACIÓN

La tecnología ADSL, inicialmente no fue pensada para el envío de datos, pero sí para el transporte de servicio de vídeo. Las pruebas iniciales se basaron en transportar MPEG2, de un servidor de vídeo hacia al abonado, directamente sobre ATM sin una capa de inter-conectividad. Para el nivel de calidad se requería entre 4 y 8 Mbps, lo que resto alcance a los módems, así como la cantidad de abonados que requerían éste servicio.

Afortunadamente, el desarrollo del Internet, propició que ésta tecnología sea tomada en cuenta para el envío de datos a alta velocidad a usuarios finales. Sin embargo, esto trajo consigo complicaciones, dando algunas dificultades de despliegue que primero debieron ser superadas, encontrando una tecnología ideal para desarrollar el acceso a alta velocidad que los suscriptores finales empezaron a demandar. Aunque, el acceso a Internet es brindado como servicio en primera línea, la distribución de vídeo debería probarse viable en algunas instancias. Esto es diferente del vídeo sobre demanda basado en el protocolo Internet (IP, Internet Protocol) a calidad MPEG1 y por debajo, siendo una aplicación mayor dentro del despliegue ADSL. En adición, con el incremento del desarrollo del ADSL

dentro de los despliegues DLC (Digital Loop Carrier), algunas de las limitaciones en distancia de la directa conectividad del cobre caen por el borde del camino.

La estandarización del ADSL comenzó en 1993 cuando las Compañías de Operación Bell Regionales (RBOCs) evaluaron tres competentes tecnologías de modulación: DMT (Discrete Multitone), CAP (Carrierless Amplitude/Phase) y QAM (Quadrature Amplitude Modulation) en el evento Olympics ADSL, con el fin de seleccionar una tecnología para el trabajo futuro. Basados en las pruebas de funcionamiento, ellos seleccionaron DMT, iniciando el proceso de estandarización el ANSI (American National Standards Institute). Esta decisión fue después hecha por ETSI (European Telecommunications Standardization Institute).

Dentro de ANSI, DMT es estandarizado como ANSI T1.413 (ANSI, 1998) y ha sido pasada a la ITU (International Telecommunications Union) como G.992.1 (ITU-T, 1998) y V.adsl. El estándar DMT está yendo a través de múltiples iteraciones, o publicaciones, desde el tiempo del ANSI seleccionado en 1993. El tópico 1 completado en 1995 provee el entramado básico, mientras el Tópico 2 provee mejor interoperabilidad e incluye referencias a ATM y adaptación de velocidad.

Desde la original decisión a favor de DMT, el debate en curso dentro de ANSI está enfocado en los relativos méritos de DMT versus CAP. A

mediados de 1998, el debate se ha enfriado un tanto, con DMT progresando dentro del cuerpo de estandarización y el menor esfuerzo gastado en la fomentación de CAP. Y al mismo tiempo, aproximadamente cada proveedor de servicio ha acordado DMT para nuevas instalaciones, disminuyendo el impacto de CAP. A principios de 1999, muchos, si no todas las nuevas instalaciones fueron basados en DMT.

Durante 1998, una patrocinada actividad de fomento de un número de proveedores de servicios, vendedores, e integradores de sistemas fundaron el grupo de trabajo de la Universal ADSL (UADSL), para las velocidades de adopción de ADSL en el segmento del mercado residencial. El resultado de éste esfuerzo es el estándar G.992.2, comúnmente referido a G.lite o UADSL, una tecnología sin splitter (splitterless o sin divisor de la señal de voz y datos) que se basa en la misma codificación DMT del ADSL de velocidad máxima. Adaptables DSLAMs en la oficina central soportarán ambos tipos de CPE: splitterless y a velocidad máxima.

Entre los estándares que yacen detrás del hardware y protocolos que comprenden la arquitectura end-to-end (punto final a punto final) ADSL actualmente recaen bajo la jurisdicción de un número de organizaciones. Estos incluyen al DSL Forum, ATM Forum, la IETF (el Internet Engineering Force Task), la Unión de Telecomunicaciones Internacional (ITU), y el ANSI T1 E1.

2.1.1 DSL Forum

El DSL Forum fue formado en diciembre de 1994 para promover el concepto ADSL y es el responsable de la definición del modelo de arquitectura, protocolos e interfaces para las principales aplicaciones ADSL. El forum tiene más de 200 miembros (por encima de 275 empresas de telecomunicaciones), representantes de proveedores de servicios, fabricantes de equipos y compañías semiconductoras a lo largo del mundo. Actualmente el forum ha formado seis grupos de trabajo, dividido dentro de seis áreas:

- ATM sobre ADSL (incluye transporte y aspectos de la arquitectura punto a punto).
- Paquetes sobre ADSL (éste grupo de trabajo recientemente concluyó su tarea).
- CPE/CO (equipo local del cliente/oficina central) configuración e interfaces.
- Operaciones.
- Pruebas e interoperabilidad.
- Gestión de Red.

Recientemente se formó el grupo de estudio de DSLs emergentes (ex VDSL, Very-High Digital Subscriber Line)

2.1.2 ATM Forum

El ATM Forum tiene responsabilidad para desarrollar nuevas o existentes estándares ATM que pueden después ser desplegadas por los vendedores y proveedores de servicios. Incluye:

- Capa Física.
- Administración de Tráfico.
- Wireless (inalámbrico).
- Ancho de Banda Residencial.
- Testeo.
- Seguridad.
- Señal de Control/Ruteo y Direccionamiento.
- Aspectos de Servicio y Aplicaciones.
- Múltiples protocolos sobre ATM y emulación de LAN (Local Area Network).
- Administración de Red.
- Voz y Telefonía sobre ATM.

En el campo de ADSL, el más relevante trabajo es conducido por el grupo de trabajo Ancho de Banda Residencial RBB (Residential Broadband). Este grupo define las interfaces y los modelos de servicios para el servicio de enlace local basado en las varias tecnologías DSL e incluye video en demanda (VoD). Ciertamente los varios estándares mencionados son también relevantes en el servicio end-to-end ATM distribuidos a través de DSL.

2.1.3 International Telecommunications Union (ITU)

De todos los organismos de estandarización, la ITU es probablemente la más influyente, especialmente con atención a tradicionales proveedores de servicio y vendedores de telecomunicaciones.

2.1.4 American National Standards Institute (ANSI)

ANSI T1E1.4 ha sido más instrumental trabajando para definir el estándar del encapsulado básico ADSL en cooperación con vendedores y proveedores de servicio. En 1993 patrocinaron una Olimpiada ADSL donde los varios estándares fueron evaluados y la modulación DMT fue seleccionada (sobre la modulación CAP) para fomentar el desarrollo y la estandarización. ANSI, como la representante en Estados Unidos de la ITU, luego propuso DMT como un estándar internacional.

2.1.5 European Telecommunications Standardization Institute (ETSI)

Paralelo al esfuerzo de ANSI en los Estados Unidos, TM6 de ETSI ha desarrollado un anexo para el estándar DMT T1.413, cubriendo tópicos como la coexistencia con ISDN y publicando afinamientos en el lazo local. Esto es cubierto en el reporte técnico ETR 328.

2.2 DESARROLLO DE ADSL

Desde sus inicios, el desarrollo de ADSL ha tenido numerosos tropiezos. Recordando que la tecnología fue originalmente propuesta para VoD (Vídeo sobre demanda), el primer conjunto de pruebas fueron

orientadas en muy diferentes términos de arquitectura y modelos de empresa. Con la disponibilidad de un estable y adquirible precio de hardware en 1997, los proveedores de servicios empezaron a adicionar ADSL dentro de sus modelos de empresa, retomando proyectos anticipados, y por consiguiente, rentas basadas en tarifas realistas.

El siguiente paso fue editar RFPs (Request for Proposal), alentando el desarrollo nacional de cientos de miles e incluso millones de líneas en un corto período de tiempo. La mayor parte, si no todos, de estos ambiciosos planes, no dieron sus frutos en el tiempo predicho. Sin embargo, en 1998 muchas pruebas ADSL (prestando servicio en el orden de cientos de usuarios) fueron éxitos estimados, y por la segunda mitad de 1998, al menos un proveedor, en el Oeste de US, tuvo posiblemente que reportar como una producción desplegada de servicio por encima de 10,000 suscriptores.

Las siguientes secciones detallan los despliegues, tanto dentro de los Estados Unidos, como a través del resto del mundo, en todo lo largo con tarifas para servicios anunciados. La tarifación fuera de los Estados Unidos está aún un tanto en flujo debido a la menos agresiva agenda de despliegue.

2.2.1 Despliegue Global

Existen despliegues externos paralelos a los de los Estados Unidos, con muchos protagonistas anunciando planes de servicio e incluso selección de vendedores. Sin embargo, ninguno de los despliegues excepto

posiblemente Singapur igualan a lo hecho en los Estados Unidos. Razones de esto deben ser debido a la ausencia de despliegues grandes (problemas de calificación de enlace) o la poca presión necesaria para desarrollar servicios de alta velocidad como en los Estados Unidos. En cualquier caso, a mediados de 1998 los despliegues estuvieron corriendo detrás de anuncios, aunque un poco de los proveedores estuvieron por ese tiempo anunciando más planes estratégicos realistas para finales de 1998 e inicios de 1999. Inicial selección de vendedores incluyeron Westell, Orckit, Alcatel, Siemens, y Ericsson, aunque el cambio de un proveedor de equipos a un piloto no necesariamente implicó que el mismo vendedor sería seleccionado para estrategias de larga escala.

2.2.2 Tarifas

Un principal factor en el éxito de ADSL es la estructura de tarifas para las diferentes clases de suscriptores. Por ejemplo, tarifas residenciales serían puestas a lo mucho como un camino para alentar el poderío de los usuarios para la transición de módems análogos (y algunas veces ISDN) al ADSL, mientras también permanecen competitivas con tarifas propuestas por los vendedores de cable. Para ADSL, esto es un poco más complejo desde que el servicio ADSL básico y el componente ISP están operando por entidades separadas y deberían aparecer como dos servicios separados en una cartera mensual o serían combinadas. Las empresas de telecomunicaciones, con poca sensibilidad a tarifas que a usuarios, observan

el funcionamiento y la confiabilidad. Aquí ADSL compite con ISDN e IDSL (Integrated Digital Subscriber Line).

Finalmente para suscriptores de negocios, las velocidades deberán ser puestas para alentar ser seleccionada ante la presencia de líneas alquiladas, Frame Relay y SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line). La complejidad aquí es la posible canibalización de existentes servicios de alta renta. El factor principal aquí es el nivel de competición por los proveedores de cable o CLECs en un negocio regional o nacional. Adonde sea intensivo, se tenderá a manejar tarifas bajas.

Hay una verdadera necesidad para el incremento del ancho de banda a bajo costo proveído por ADSL. El tiempo está maduro para despliegues debido a entornos competitivos actuales, y tanto los proveedores de transporte de ADSL como también los ISPs lograrán aceptables retornos en inversión cuando ofrezcan el servicio. Esto, combinado con el creciente número de proveedores (tanto CLECs y ISPs) alentando la competición de precios, fomentará apoyo a generar demanda.

CAPÍTULO III

ARQUITECTURA

Dentro de éste capítulo se desarrollará la tecnología ADSL, que se entiende como una tecnología de MODEM, prestando atención al encapsulado ATM dentro del enlace ADSL, y por último se hará una descripción de los modelos de datos de capas altas y protocolos encontrados dentro del despliegue end-to-end ADSL.

Erróneamente se ha descrito al ADSL como un servicio, cuando en realidad debe ser considerado como una sofisticada tecnología de MODEM, como V.34 ó V.90. ADSL es en efecto una tecnología de codificación, sobre el cual se despliegan encapsulados de capas altas, como ATM, protocolos e inclusive IP, y otros servicios de alto orden, como acceso Web. Esto lo explicamos claramente con el uso de las 7 capas, que siguen el modelo de referencia OSI (Open Systems Interconnection), ampliamente difundido.

El uso de las Capas es la forma más sencilla de presentar diferentes dispositivos y diferentes puntos dentro de la red. Y también conduce a un conjunto de interfaces abiertas en las cuales los desarrolladores crearán el hardware y software necesarios. Cada una de las 7 capas provee servicios a las capas por encima y debajo de ésta.

- Capa 1 - La Capa Física, provee la infraestructura física para todas las capas encima de ésta. ADSL y SDH/SONET (Synchronous Digital Hierarchy / Synchronous Optical Network) son ejemplos de tecnologías de capa física.
- Capa 2 - La Capa de Enlace provee acceso controlado a la capa física. El mejor ejemplo de una capa de enlace es Ethernet. Aunque, en ésta discusión ATM es considerado como una capa de enlace también, sin embargo esta aseveración siempre ha estado sujeta a interpretación.
- Capa 3 - La Capa de Red provee la conectividad end-to-end a través del direccionamiento y el encaminamiento (routing). Lo central aquí está en IP.
- Capa 4 - TCP y UDP (Transmisión Control Protocol / User Datagram Protocol) son los dos transportes asociados con IP.
- Capa 5 y 6 - Sesión y presentación, respectivamente, tienen funciones dentro de una aplicación dada.
- Capa 7 - La aplicación es una capa con la cual los usuarios interactúan.

Cada una de éstas 7 capas envuelven los datos originales, o paquetes, con la necesaria información de cabecera para operar en una función requerida, y los dispositivos de redes operarán sólo con esas capas relevantes a ésta función. Donde un paquete pasa de una tecnología de capa de enlace a otra, por ejemplo, la cabecera exterior es removida y una nueva es adicionada. Sin embargo, las cabeceras de capa alta se dejan sin alterar.

Dentro de un despliegue ADSL, la Capa Física maneja la codificación ADSL básica, incluyendo los estándares, velocidades de datos, y compatibilidad con otras tecnologías en el enlace de cobre. Los estándares que desarrollaremos aquí incluyen al Multi-tono Discreto (DMT), Fase y Amplitud sin Portadora (CAP), y al ADSL Universal (UADSL).

Aplicar capa sobre ésta codificación es un método de encapsulado de protocolo de capas altas asociadas con la Capa de Enlace. Aquí ATM transporta paquetes, y con una tercera tecnología, Modo de Transferencia Síncrona (STM, Synchronous Transport Module), descrita en los estándares ADSL aunque no implementada, son las opciones más relevantes. Desde que los módems ADSL y los DSLAMs desplegados hoy confían en ATM como el encapsulado de elección, ésta se describirá más adelante, en términos de estándares y arquitecturas. Aquí el tráfico de datos, voz, y vídeo están adaptados para el transporte en celdas ATM.

También se presentarán los métodos de transportes de datos. Asimismo, se tomará en cuenta la descripción de los protocolos de capa alta, con enfoque en IP como capa de red, y TCP como protocolo de capa de transporte. Como con ATM, IP no es sólo un protocolo de redes que se usará sobre ADSL, éste es sólo es más predominante, especialmente en el contexto de distribuir conectividad a Internet.

3.1 CAPA ADSL

En ésta parte del informe, se expondrá una breve historia del ADSL y presentaremos las diferentes técnicas de codificación, enfocándonos en CAP y DMT. Las áreas de énfasis incluirán no sólo las características físicas de las tecnologías por sí mismas, sino también el funcionamiento en presencia de interferencias e, inversamente, el efecto de las tecnologías en servicios existentes. Una versión de DMT enfocada al usuario conocida como G. Lite (o UADSL) es también descrita. Ésta variante de baja velocidad es promovida por la Universal ADSL Working Group (UAWG), la que fue presentada anteriormente.

ADSL es una de las más sofisticadas de las varias tecnologías DSL, capaces de poner megabits de datos (a lo largo del tradicional tráfico POTS) de bajada por un único par de cobre en distancias que exceden las 3-4 millas (5-7 km). Cumple esto por la implementación de codificación avanzada de los datos, requiriendo procesamiento a ambos extremos del enlace de cobre. Como con muchas nuevas tecnologías, aquí ha habido un

arreglo grande de debate dentro del campo de la estandarización, ésta vez enfocándose en el tipo de codificación de línea. Es una repetición del recientemente empeño de las batallas del módem de 56 kbps, proponiendo de las dos competentes técnicas de codificación ADSL, CAP y DMT, que tienen promovidos sus méritos en términos de funcionamiento, inmunidad a la interferencia, complejidad, y, últimamente, el costo. Aunque ambas son tecnologías calificadas y uno de los más grandes despliegues de datos está basado en CAP (Oeste de los Estados Unidos), está haciéndose evidente que DMT será últimamente el airoso. Esto es debido a su estatus favorecido dentro del Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europea (ETSI) y la Unión de Telecomunicaciones Internacional (ITU). Desde el punto de vista de los vendedores, proveedores de servicio, y consumidores, ésta no es más que una tecnología que ganó sobre la otra, sólo que el polvo establece como se mueve el ADSL desde el prototipo para desplegar. Afortunadamente la batalla tiene, en la mayoría de los casos, hecho pagado dentro de la estancia de la comunidad de vendedores ADSL que se oponen a la presión, como fue el caso de los módems de 56 kbps. En efecto, el debate sobre las codificaciones del módem analógico podrán tener detenido el despliegue para extender ese ADSL o cable módem, que son ahora una opción favorecida por las expansiones de infraestructura.

3.1.1 Tecnología

Las dos tecnologías, CAP y DMT, son muy diferentes en como codifican los datos a través del enlace local. Aunque ambas son técnicas en

el dominio de la frecuencia, CAP confía más excesivamente en el dominio del tiempo que lo que hace DMT, enviando símbolos de gran ancho de banda a través de un espectro ancho por un corto período de tiempo. Esta es la velocidad del baudio (baudrate), con la capacidad de CAP de velocidades de hasta 1088 Kbaudios, o sobre un millón de transiciones de símbolos a través del enlace en un segundo.

En contraste, DMT confía en muchos canales de ancho de banda pequeños, enviando símbolos de larga duración a una frecuencia angosta. Las portadoras de DMT están a lo más por encima de 4kHz, capaces de soportar un ancho de banda de alrededor de 32 kbps, cerca de lo que un módem análogo (lo cual debería ser esperado, desde que los módems análogos operan en la banda de frecuencia de POTS lo que no supera los 4 kHz). En todo caso, ambos logran su propósito en transmisión de datos.

Pasaremos a describir minuciosamente las técnicas de CAP y DMT, en términos de esquemas de modulación, procesamiento, funcionamiento e interferencia. Ambas, CAP y DMT confían en splitters POTS e ISDN para separar el tráfico de voz análogo o digital de los datos ADSL.

3.1.1.1 Fase y Amplitud sin Portadora (CAP)

CAP es una técnica de codificación DSL que confía en únicas portadoras downstream (descendente) y upstream (ascendente), ocupando una proporción grande del ancho de banda disponible. La figura 3.1 muestra

éste espectro, incluyendo el tráfico POTS en la banda base. La tecnología segmenta el espectro disponible dentro de dos portadoras, con el upstream entre f_1 y f_2 y el downstream entre f_3 y f_4 . La figura también muestra la Densidad Espectral de Potencia (PSD) de las señales, con el upstream a -38 dBm/Hz y el downstream a -40 .

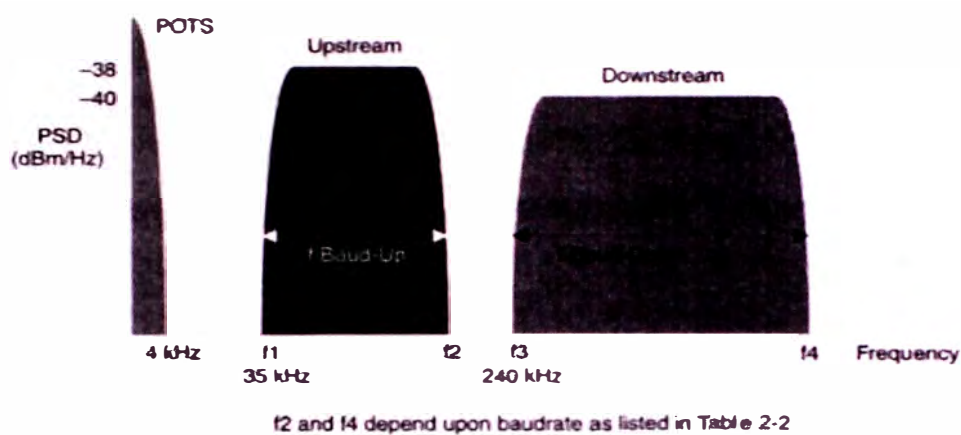


Fig.3.1 Espectro de Frecuencia CAP

Los módems CAP son capaces de aceptar ATM, paquetes, y tráfico síncrono de bit, pero como con los demás despliegues ADSL, ATM predominará a través del enlace. En adición, un Canal de Operaciones Beneficiada (EOC, Embedded Operations Channel) se provee para el monitoreo y troubleshooting (arreglo de averías) de los módems ADSL. Se muestra en la figura 3.2 el flujo de datos para una transmisión CAP.

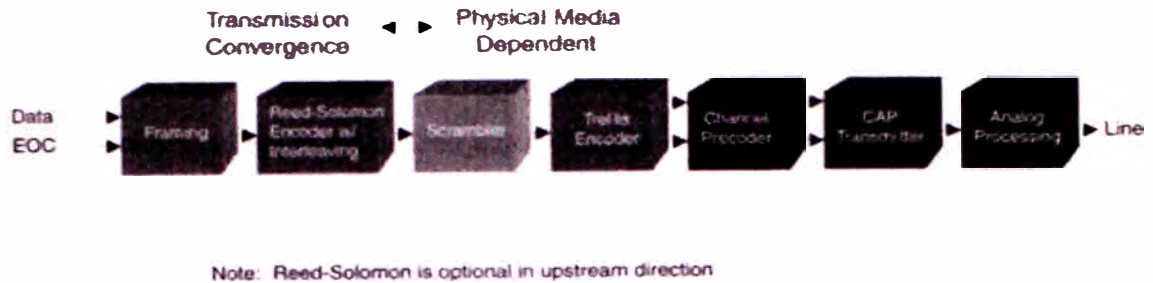


Fig. 3.2 Diagrama Funcional CAP

Los datos del usuario y el EOC son alimentados dentro de la sub-capa de convergencia de transmisión, la cual es responsable por el tramado y la codificación Reed-Solomon y entrelazado (Corrección de Error de Envío). La señal luego pasa al elemento dependiente del medio físico, la que actúa mezclando, codificando entramado, pre-codificando el canal, y transmitiendo el actual CAP.

Mirando hacia el tráfico de datos en más detalle, CAP en efecto define dos tipos de tráfico. El primero es Clase A, transportando tanto un paquete o celda basada en carga útil (payload) de datos. Éste canal no es sensible a la latencia. Un servicio Clase B, no obstante está diseñado para tráfico con sensibilidad de latencia. Este debería ser usado para llevar unos pocos canales de sincronismo, tal como una compuesta señal ISDN de 160 kbps. La Clase B desvía la corrección de error de envío (FEC, Forward Error Correction) y que es opcional. Estos dos canales de datos se combinan con

el EOC y son alimentados dentro de los módems ADSL, como se describe en la figura 3.3.

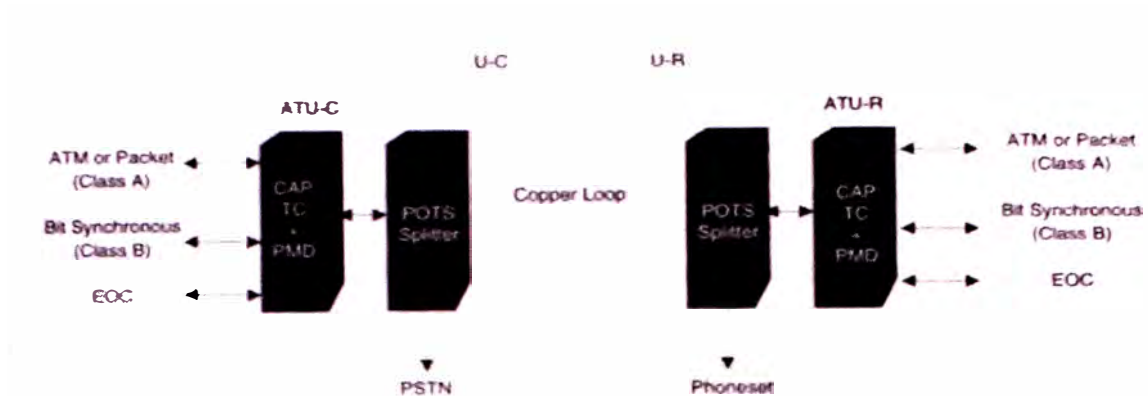


Fig. 3.3 Tipos de datos CAP

3.1.1.1.1 Velocidades de Baudio CAP

El estándar CAP define un número de velocidades baudio (baudrates) downstream y upstream, o el número de símbolos por segundo. Éstos son usados para distribuir los anchos de banda actuales basados en la complejidad de las constelaciones, descritos posteriormente. En adición, la especificación permite un número de velocidades de baudio adicionales de acuerdo con las siguientes reglas: Si N_0 y D_1 son enteros en el rango desde 1 a 256, y D_0 es un entero en el rango desde 1 a 48, y $1/2.3 < N_0 / D_0 < 3.2$, entonces la velocidad de baudio es $(34.56 \times N_0) / (D_0 \times D_1)$ en MHz. De la misma forma, si D_2 es un entero desde 2 a 32, entonces la velocidad upstream es $2 \times (\text{velocidad downstream}) / D_2$ en MHz.

Basados en éstos cálculos una velocidad downstream de aproximadamente 64 a 1088 kbaud y una velocidad upstream de 4 a 136 kbaud pueden ser elegidas.

Éstas velocidades de baudio resultan en frecuencias downstream y upstream como las descritas en la tabla 3.1. Éstas luego deben ser enfrente aplicadas.

CAP MANDATORY BAUDRATES AND FRECUENCY SPECTRUMS					
Downstream			Upstream		
Baud Rate	Start Freq f_3 (kHz)	Stop Freq f_4 (kHz)	Baud Rate	Start Freq f_1 (kHz)	Stop Freq f_2 (kHz)
136	240	396.4	85	35	132.75
340	240	631.0	136	35	191.4
680	240	1022.0			
952	240	1334.8			
1088	240	1491.2			

Tabla 3.1

3.1.1.1.2 Constelaciones

La actual velocidad de datos es una función del baudrate y el tamaño de la constelación. La constelación es un número de puntos codificados por símbolo y no es diferente de la codificación encontrada dentro de un módem dial-up. Las constelaciones pueden variar en complejidad desde 8 a 256 símbolos, reflejando el incremento en densidad de los patrones de datos, con los puntos individuales asociados a la amplitud de una onda seno (eje x) y onda coseno (eje y) la que es transmitida a través del enlace.

Por ejemplo una constelación de 8 puntos (2 puntos en cada cuadrante) será capaz de codificar dos puntos por símbolo (baudio), mientras una constelación de 256 puntos (el máximo actualmente implementado) será equivalente a 8 bits por símbolo. Basados en éstos valores, una señal de 1088 kbaudios con una constelación de 256 puntos produce la máxima velocidad de bit CAP de 8704 kbps (1088 Kbaudios x 8 bits/símbolo). Por el mismo cálculo, la velocidad upstream máxima es de 136 kbaudios con el mismo tamaño de constelación produciendo 1088 kbps.

3.1.1.1.3 Codificación Entramada (Trellis)

Éste ancho de banda máximo es un tanto reducida por la codificación entramada, un método de incrementar la adecuación de la señal transmitida al ruido a través de la línea. En contraste a la codificación directa de los datos dentro de uno de los puntos de la constelación, la constelación entramada presenta un paso adicional la que da a los datos un efecto importante en términos de robustez.

En la figura 3.4 se describe el proceso de codificación trellis. Dado un símbolo codificado para un punto de la constelación (por ejemplo 1100), el siguiente símbolo deberá ser sólo codificado a uno de un conjunto de valores pre-definidos. Si hacia el receptor, el punto ha sido derivado debido al ruido, éste podrá luego ser coincido a un valor legal externo de un número de puntos en el área (que puede ser 0011). Ésta adecuación es la razón de por que el entramado es un opción para la constelación de 256 puntos dentro de

CAP (la constelación grande incrementa el potencial de error, la cual es reducida por la constelación entramada).

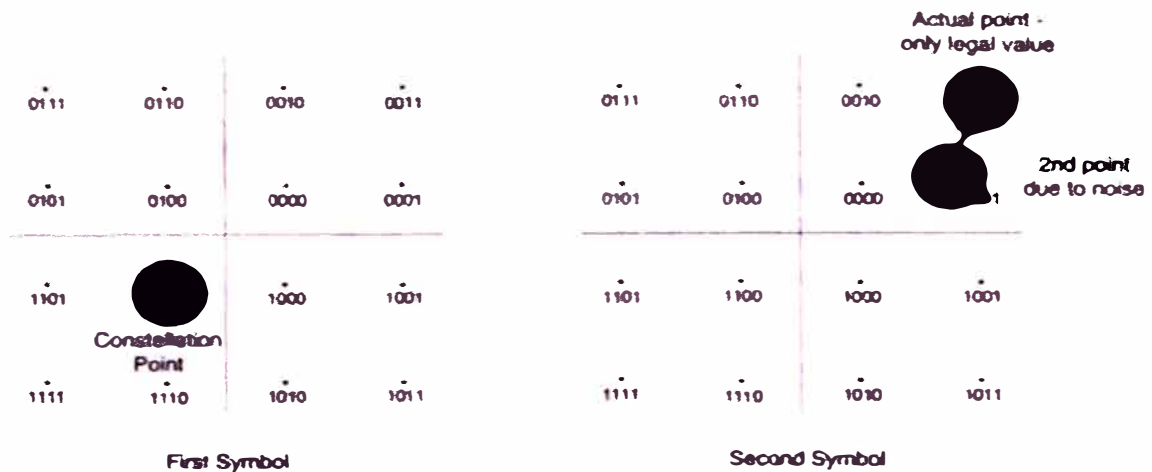


Fig. 3.4 Codificación Entramada

3.1.1.1.4 Codificación Reed-Solomon (RS)

Continuando con la discusión de la codificación, Reed-Solomon (RS), es una forma de Corrección de Error de Envío (FEC), y es usada para adecuación adicional contra el ruido de línea. Primero, los códigos de caracteres RS son formados. Luego, éstos son pasados a través de un intercalado (entrelazado) para incrementar la protección contra el ruido. La profundidad del entrelazado, D , es programable y puede ser puesto a 1 (no entrelazado), 2, 4, 8, y 16 códigos de caracteres. La profundidad del entrelazado para los canales upstream y downstream pueden ser puestas en valores independientes. El incremento de la adecuación en todo caso tiene el costo de latencia adicional.

3.1.1.1.5 Espectros de Frecuencia CAP

Los espectros de frecuencia usados en CAP, f_1 y f_3 son constantes (frecuencias de inicio de las portadoras) y f_2 con f_4 dependen del baudrate. En todo caso, las frecuencias de inicio de las portadoras upstream y downstream son de 35 kHz y 240 kHz respectivamente. Las frecuencias finales se enumeraron en la tabla anterior.

3.1.1.1.6 Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM)

Un segundo tipo de codificación definida por ANSI en 1997, aunque menos implementada ampliamente, es la Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM). Actualmente ésta técnica de codificación está incluida dentro del mismo documento que define CAP, a pesar de que es inseguro que éstas dos técnicas converjan. En contraste con la clase A y clase B de CAP, QAM define "Entrelazado" y "Rapidez" con muchas de las mismas finalidades, y con cercana terminología usada dentro de DMT. Los datos interpolados pasan a través del FEC y es en todo caso más tolerante en latencia, mientras los datos acelerados desvían ésta etapa y por lo tanto se adecuan para aplicaciones síncronas de bit. Como con CAP, QAM define un canal EOC.

Punto aparte debemos decir que QAM es la codificación elegida para el trayecto downstream en cable modems así como también una opción en el trayecto upstream. Éste también es el esquema usado para la dirección downstream dentro de VDSL.

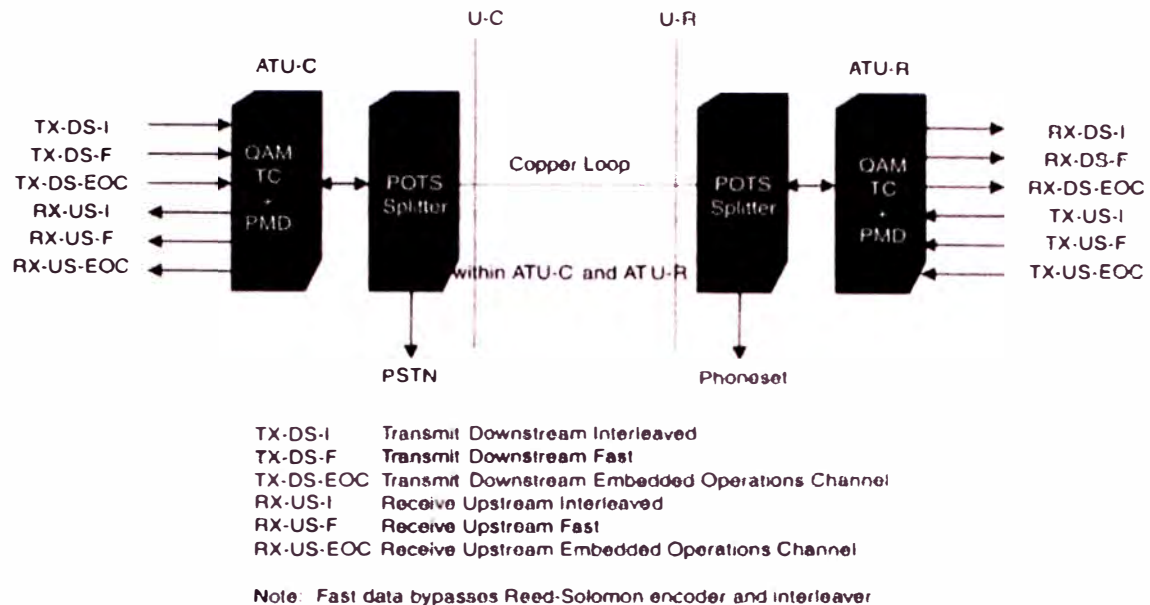


Fig 3.5 Tipos de Datos QAM

3.1.1.2 Multitono Discreto (DMT)

Aunque CAP fue la codificación escogida para los iniciales despliegue ADSL, el Multitono Discreto (DMT) es ahora el método preferido. DMT codifica los datos dentro de un número de sub-portadoras estrechas transmitidas a largos intervalos de tiempo que CAP.

Como se muestra en la figura 3.6, DMT consiste de 256 sub-portadoras espaciadas a 4.3125 kHz. El módem deberá modular cada una de éstas sub-portadoras hacia una diferente densidad de bit (hasta un máximo de 15 bits/sec/Hz o 60 kbps/4kHz de tono) bajo dependencia del ruido de línea. Por ejemplo, a bajas frecuencias donde hay poca interferencia, la línea podrá soportar 10 bits/sec/Hz, mientras a altas frecuencias éste podría descender a 4 hacia un correspondiente decremento

en ancho de banda. En casos extremos las sub-portadoras están en shutdown (caídas) debido a la interferencia. Este uso de sub-portadoras es una de las razones por las que DMT es más complejo que CAP en requerimientos de procesamiento, pero ha sido capaz de beneficiarse por los avances en el funcionamiento de DSP.

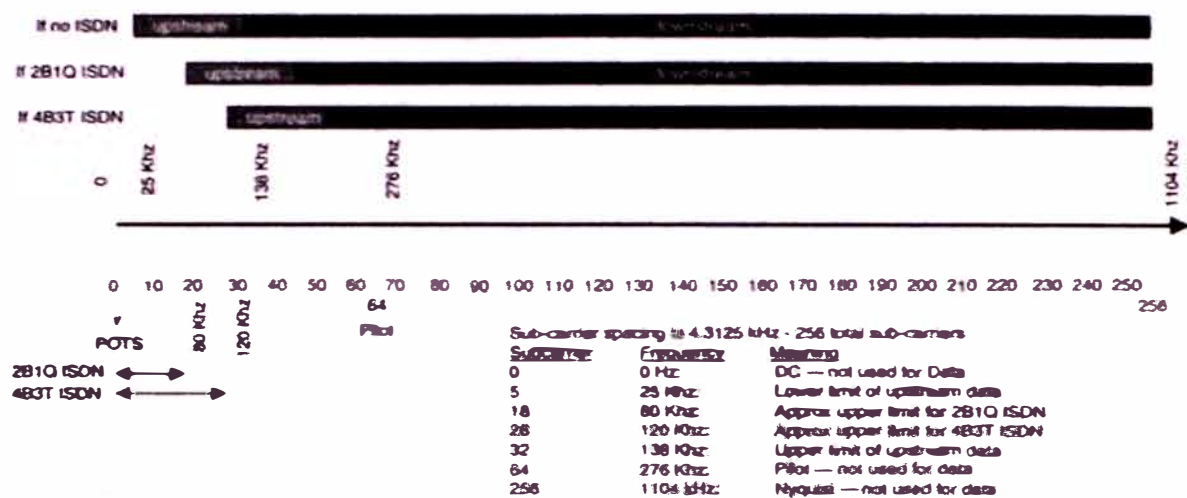


Fig. 3.6 Espectros de Frecuencia DMT

Dentro de DMT, 0 kHz (DC) es inutilizado, mientras la 256ava portadora en la frecuencia de Nyquist no es usada para datos. El límite inferior para el tráfico de datos en la dirección upstream (hacia el ATU-C) es determinada por los filtros POTS/ISDN. Estos también determinan la división de frecuencia upstream/downstream. Finalmente, un tono piloto modulado a (0,0) es llevado dentro de la portadora 64 (276 kHz). DMT se basa en una Transformada de Fourier Discreta Inversa (IDFT, Inverse Discrete Fourier Transform), para la modulación de datos dentro de cada portadora, con el

ancho de banda disponible en cada una como función del número de símbolos. Esto resulta en una constelación de tamaño de complejidad variante de hasta 256 puntos. Notar que la variante UADSL de DMT usa sólo las 128 sub-portadoras con el correspondiente decremento en ancho de banda.

3.1.1.2.1 Funcionamiento DMT

DMT soporta tanto datos en Modo de Transferencia Síncrona (STM) como en Modo de Transferencia Asíncrona (ATM). En efecto, STM fue el único modo de operación en el Tópico 1 de la especificación DMT. No obstante, desde este tiempo, la opción ATM basado en celdas ha emergido como el encapsulado de preferencia, con el transporte síncrono de bit STM como la opción menos conocida y no implementada.

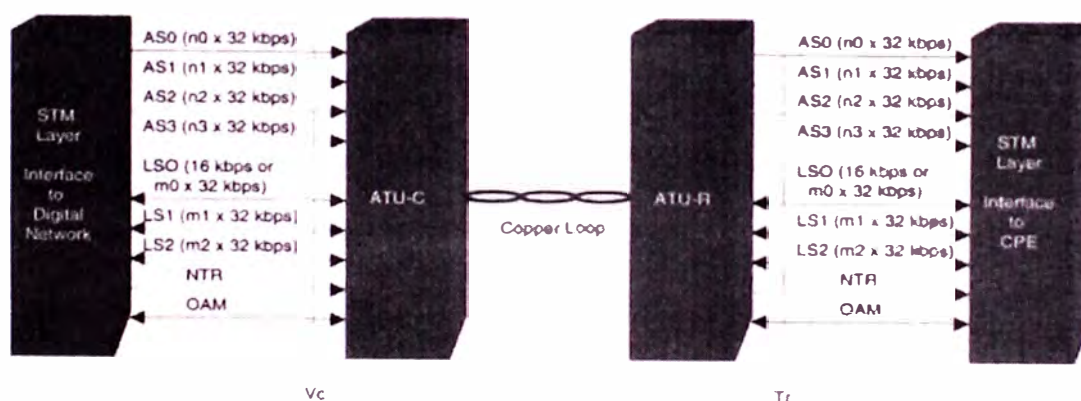


Fig. 3.7 Interfaces Funcionales DMT para STM

STM define un conjunto de canales portadores a altas y bajas velocidades (figura 3.7) que conectan desde el CPE al ATU-R (ADSL Terminating Unit Remote) hacia la interface U-R y desde la red principal al

ATU-C (ADSL Terminating Unit Central) hacia la interface U-C. Los canales portadores simples de alta velocidad desde la red principal dentro del ATU-C (hacia el usuario) debería incluir AS0, AS1, AS2, y AS3, mientras los canales dúplex de baja velocidad incluyen LS0, LS1, y LS2. No obstante, sólo AS0 y LS0 son requeridos. Todos los canales serían configurados a G.703/G.709.

En el modo ATM (figura 3.8), un primario flujo de celda ATM (ATM0) configurado a I.361/I.432 pasa a través de la etapa de convergencia de transmisión de celda y aparece hacia el ATU-R como AS0. Opcionalmente, un segundo flujo de celda ATM (ATM1) debería mapear dentro del AS1. El sistema también soporta un canal de Referencia en Tiempo de Red (NTR, Network Timing Reference), definida en el tópico 2 de DMT.

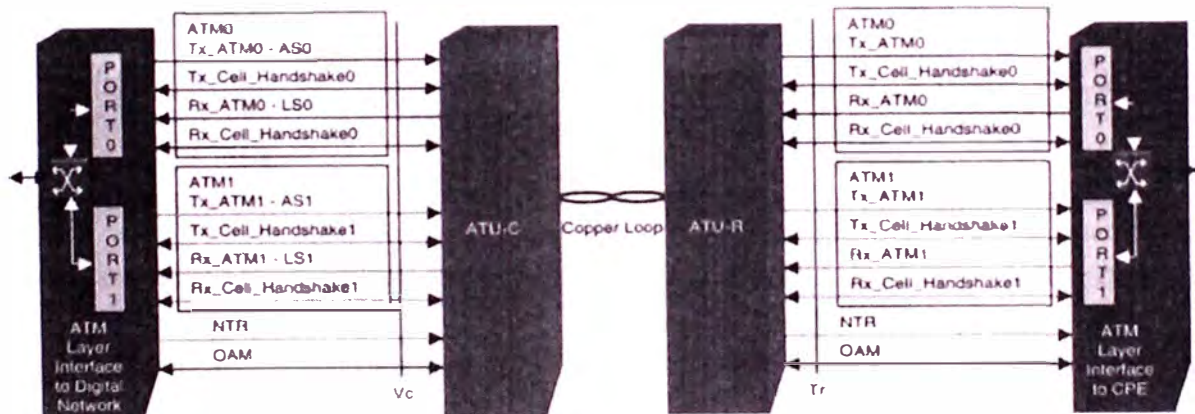


Fig. 3.8 Interfaces Funcionales DMT para ATM

En la dirección inversa, sólo los portadores de baja velocidad (LS0, LS1, y LS2) están soportados hacia el ATU-R, con únicamente LS0, como requerimiento para STM y ATM. El caso con ATM en la dirección upstream

es en gran medida el mismo como en el downstream, con LS0 un requerimiento y LS1 opcional. Como contraste a STM, estos son los únicos sub-canales realmente requeridos desde que toda la multiplexación ocurre en el nivel ATM vía los campos VPI/VCI de la cabecera de celda ATM.

Como con CAP/QAM, DMT define dos trayectos de datos: rápida y entrelazada (intercalada). Rápida ofrece baja latencia, mientras el entrelazado provee un promedio de error bajo vía la codificación RS a expensas del incremento de latencia. En un punto bajo, un sistema STM debería soportar tanto modo simple como modo dual de latencia en la dirección downstream, mientras un modo simple es requerido en upstream. ATM requiere sólo un modo de latencia simple, con la latencia dual opcional. Referente a ATM0 y ATM1 de ATM, sin asignación fija de datos rápida o entrelazada, es asumido a través de dos canales.

El modo de operación de ruta rápida garantiza un máximo retardo de 2 ms desde los puntos de referencia V-C al T-R, adaptable para el soporte de tráfico en tiempo real. En contraste, el retardo mediante el modo entrelazado es una función de tanto el tamaño del código de palabra Reed-Solomon y el entrelazado intenso. El retardo máximo resultante en ms es $(2 + S/4 + S \times D/4)$, donde S (=1, 2, 4, 8, ó 16) es igual al número de símbolos DMT por código de carácter R-S y D (=1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 un entero múltiple de S) es el entrelazado intenso.

Podemos mapear los varios modos de operación (STM y ATM) y los trayectos de datos dentro del hardware actual. Por ejemplo, en un DMT ATU-C, los datos ATM pasan primero una función de convergencia de transmisión de celda ATM antes de ingresar al control mux/sync, mientras que STM salta éste paso inicial. Las dos rutas de datos, Rápido y Entrelazado, son luego separados, ambos pasan a través de una función de Control de Redundancia Cíclica (CRC, Cyclic Redundancy Check), mientras Rápido obvia el Entrelazado. Los datos pasan dentro del medio físico dependiendo de la parte del módem para tono y la codificación constelación. Aquí es donde los 255 sub-canales DMT son generados. Finalmente los datos ingresan al componente análogo del módem para la transmisión a través del enlace ADSL.

Ahora mirando hacia la granularidad del ancho de banda, a través del uso de portadores mapeados dentro de los sub-canales DMT, incrementos de 32 Kbps son posibles. AS0 puede soportar hasta 192 portadores, produciendo una velocidad de línea de 6144 Kbps si la distancia lo permite. Hacia la inicialización del sistema, cada portador deberá ser asignado a una ruta de latencia diferente y modo de operación (ATM o STM). La adecuada elección de portadores permitirán al sistema soportar transparentemente un servicio T1 ó E1 al suscriptor (notar que el sistema no soportaría velocidades T1 ó E1 en upstream).

3.1.1.2.2 Iniciando Comunicación con DMT

Cuando dos primeros módems DMT desean comunicarse, ellos deberían entrar a una fase de inicialización. Cualquier extremo (el ATU-C o el ATU-R) deberían inicializar ésta secuencia:

- Primero mirando al ATU-C, después del encendido o pérdida de señal, el dispositivo transmitirá tonos de activación y esperará por una respuesta desde el ATU-R. Si se hacen dos intentos fallidos, será entonces esperado por el ATU-R para inicializar la conexión. Alternativamente, la red podrá requerir un reintento.
- En la dirección contraria, un ATU-R deberá repetidamente transmitir un requerimiento de activación después del encendido. Bajo la recepción de una señal de activación, continuará dentro de la fase siguiente de activar el enlace. No obstante, si se recibe un C-TONE, éste cesará el requerimiento de activación por un minuto.
- La siguiente fase de activación del enlace envuelve a los dispositivos intercambiando información relativa al rendimiento y fiabilidad del enlace.
- Después del aprendizaje del tranceiver y análisis del canal, ellos están listos para intercambiar información detallada relativo al número de bits y niveles de potencia para ser usada en cada sub-portadora.

En éste punto, los módems podrán intercambiar datos de usuario, una fase conocida como showtime.

Revisando la negociación de la velocidad del enlace, los módems DSL usualmente pasan a través de un largo procedimiento de encendido el cual optimiza los ajustes para las condiciones de línea y requerimientos de servicio. A través del tiempo, sin embargo, éstos requerimientos podrán cambiar. En lugar del requerimiento de los módems para re-negociar desde el escarbo, la Adaptación de Velocidad Dinámica de DMT especifica un método por el cual los módems continuamente siguen las condiciones de línea. Cuando los cambios ocurren actualmente, el tráfico del usuario podrá ser interrumpido por un muy corto intervalo, en el orden de las décimas de milisegundos. Otra característica es la capacidad de reasignar espacio del ancho de banda entre la ruta rápida y la intercalada cuando sea requerido. Una variante de ésta técnica, "Reinicio en caliente", podrá permitir a los módems reiniciarse si el canal necesita ser reestablecido.

3.1.1.3 Rendimiento de CAP y DMT

Después de introducir las técnicas de codificación CAP y DMT, es necesario analizar la operación del módem en términos de rendimiento, distancias y confiabilidad de los datos, bajo condiciones de calidad de cobre y ancho de banda de la línea.

Sabiendo que ADSL está basado en una codificación de datos compleja preferiblemente a través del enlace de cobre, su operación final es altamente dependiente bajo el rendimiento que el enlace es capaz de soportar con un aceptable nivel de error. Aunque la distancia es el principal factor, es también influenciada por algunas características menos visibles, como el número de bridged taps (puntos de alambre sin terminar en un cable), el espesor del alambre, otros servicios en el mismo conjunto compuesto e incluso características sucias como temperatura y contenido de humedad. Se revisarán éstas dependencias y sus efectos bajo operación.

3.1.1.3.1 Distancia – El límite de Shannon

El ancho de banda final es limitado por lo que conocemos como la Capacidad de Shannon del enlace, una combinación de esquemas de codificación y el nivel de ruido a través del enlace. La figura 3.9 describe ésta curva para la codificación CAP y AMI usados dentro de portadoras T1.

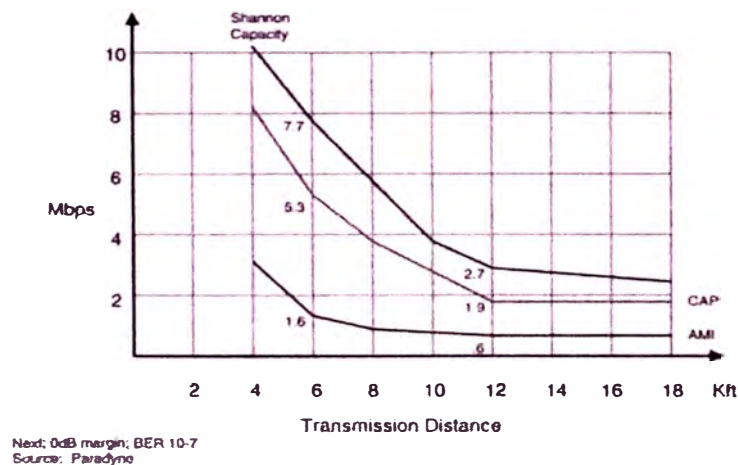


Fig. 3.9 Capacidad de Shannon

Las pruebas determinan en primer orden la operación de tanto CAP y DMT contra un conjunto de enlaces de prueba estándares, sobre diferentes calibres de alambres (diámetro del cobre), y en la presencia de diferentes interferencias como bridged taps (que es un punto en el alambre donde un segundo alambre, no terminado, es conectado). Los jacks del teléfono dentro de la residencia son los mejores ejemplos de esto, aunque el cable sirviendo a suscriptores múltiples deben ser como taps también.

En los Estados Unidos, ANSI T1.601 define los relevantes enlaces de prueba (figura 3.10) así como las conformadas por las reglas del Área de Servicio de Portador (CSA) mostradas en la figura 3.11. El CSA es un conjunto de enlaces de prueba y es útil para evaluar el funcionamiento en presencia de Near-End Cross-Talk (NEXT) donde dos o más señales en pares adyacentes interfieren una con otra. Las líneas verticales en ambas figuras son bridged taps.

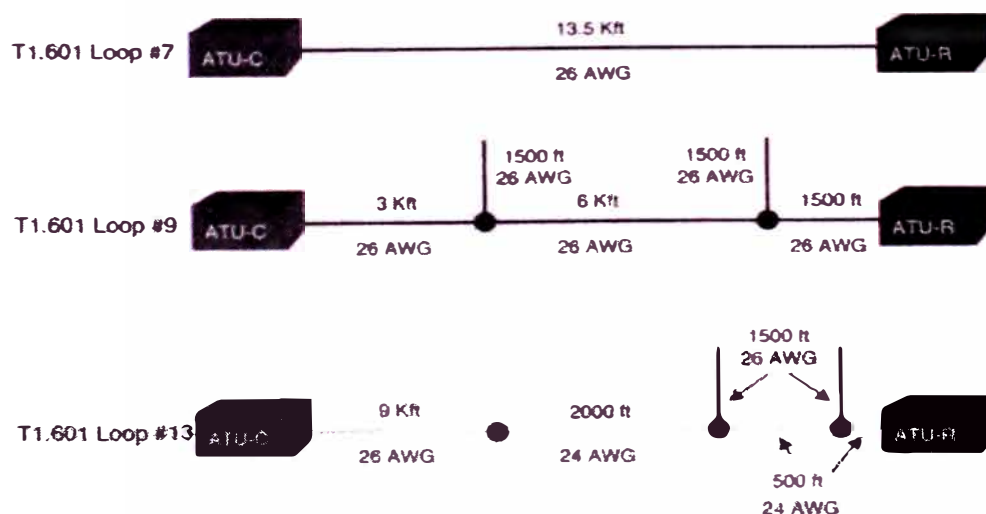


Fig. 3.10 Enlaces de Prueba ANSI

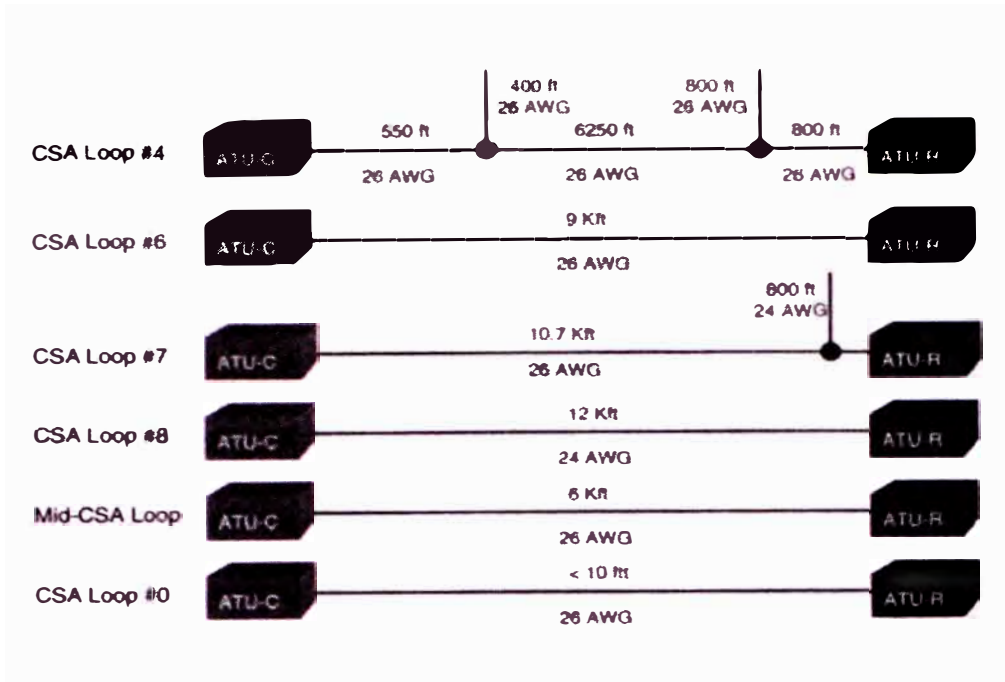


Fig. 3.11 Enlaces de Prueba CSA

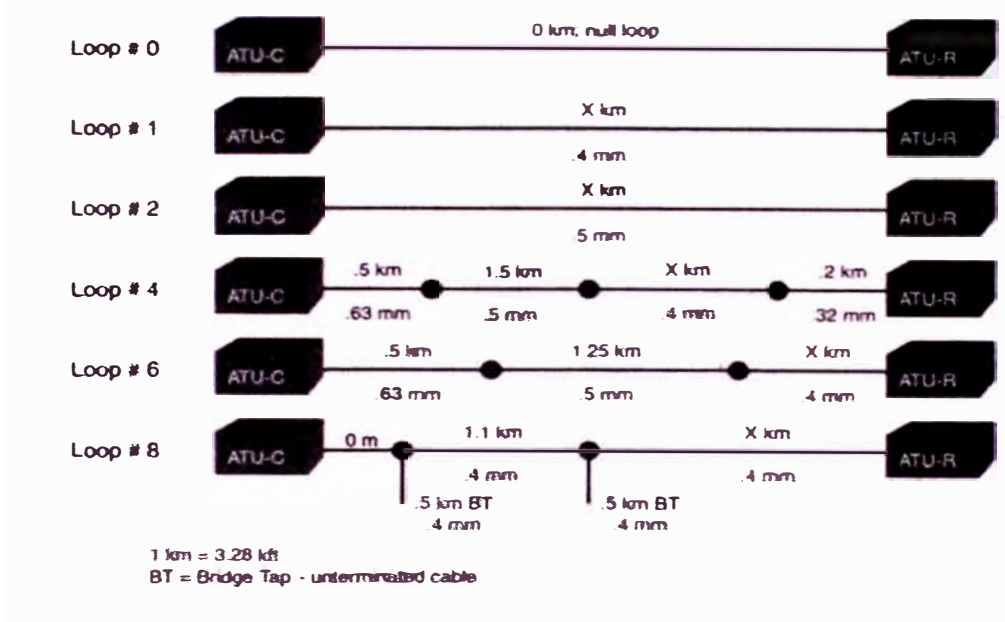


Fig. 3.12 Enlaces de Prueba ETSI

Dentro de Europa, ETSI define otro conjunto de enlaces de prueba (figura 3.12). En éstos tres casos, las descripciones son bastante directas en el retrato de la distancia del enlace, calibre (AWG y mm en los Estados Unidos y Europa respectivamente), y el número y longitud de los bridged

taps. Hay que notar que algunos de éstos enlaces de prueba pueden en efecto modelar topologías complejas, incluyendo cambios en el diámetro del cable.

En las tablas 3.2 y 3.3, vemos que los módems ADSL son esperados para soportar anchos de banda sobre éstos enlaces de prueba con una máxima Tasa de Error de Bit (BER) de un crosstalk de 10^{-7} y un mínimo margen de ruido de 6 dB. Ésta figura de 6dB es la diferencia entre el nivel de interferencia a la cual el umbral de error es cruzada y 0 dB.

EXPECTED (DMT) ADSL PERFORMANCE OVER TEST LOOPS					
Loop Sets	ATU Category	Net Data Rate			
		STM Only		ATM and STM	
		Simplex (AS0)	Duplex (LS0)	Downstream (AS0)	Upstream (LS0)
T1.601 (7, 13)	I	1536	16	1696	160
		1536	160		
CSA (4, 6, 7)	II	5920	224	6144	224
Mid-CSA					
T1.601	III	1536	16	1696	160
(7, 9, 13)		1536	160		
CSA (4, 6, 8)	II	5504	640	6144	640
Mid-CSA					
ETSI 1	I	2048	16	2208	160
		2048	160		
ETSI 2	I	2048	16	2048	32

The values in this table are only for testing - not for maximum distances

Category 1: basic - Trellis optional, EC or FDM mode

Category 2: optional - Trellis required, EC mode-and allows for overlapped spectrum

Tabla 3.2

EXPECTED (CAP AND QAM) ADSL PERFORMANCE OVER TEST LOOPS				
Loop	Net Data Rate			
	CAP		QAM	
	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream
T1.601 (7)	1700	816		
T1.601 (13)	2040 (2)	816	2100 (1)	750
CSA # 4	7616 (1)	1088	6300 (2)	1200
CSA # 6	7616 (3)	680	6700 (3)	750
CSA # 7	7616 (4)	1088	6144 (4)	1200
mid-CSA	7616 (5)	1088	6144 (5, 7)	1200
mid-CSA	6528 (6)	1088		

(1) In presence of 24 x DSL NEXT

(2) In presence of 24 x RADSL NEXT & FEXT and 24 x DSL NEXT

(3) In presence of 20 x HDSL NEXT

(4) In presence of 10 x RADSL NEXT & FEXT and 10 x DSL NEXT

(5) 4 x T1 NEXT in adjacent binder

(6) 10 x T1 NEXT in adjacent binder

(7) 3 dB margin

Tabla 3.3

3.1.1.3.2 Crosstalk

La interferencia actual es debido al efecto de otras señales (ADSL y no ADSL) en el patrón de datos. Con cada incremento en distancia, el nivel de la señal original decae, haciéndose más susceptible al crosstalk causado por esas interferencias externas. Crosstalk es la infiltración de energía desde una señal a lo largo de un par de cobre a otro y es el principal tipo de interferencia.

Como se muestra en la figura 3.13, existen dos tipos de interferencia. La primera, NEXT, que es el efecto de otra señal transmitida en la misma dirección de la original. La potencia de ésta segunda señal hace del NEXT la más seria forma de crosstalk desde que la señal recibida en el primario es

débil alguna vez. El segundo tipo Far End Crosstalk (FEXT) resulta de una señal transmitida en la dirección contraria al del original. Ésta está disminuida por el tiempo que éste alcanza la señal recibida del primario.

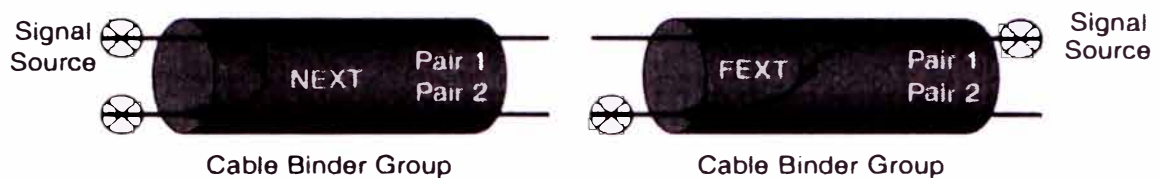


Fig. 3.13 Crosstalk

ADSL está también sujeto a interferencia de fuentes externas en el mismo espectro de frecuencia (por ejemplo, radio AM con una frecuencia de traslape entre 560 Khz y el máximo ADSL). DMT ajusta su densidad de bit como mencionamos antes, o, en casos severos, corta enteramente las portadoras. La solución para CAP es ajustar el patrón de constelación de la portadora (esto puede ser de 256-CAP a 64-CAP).

Un área de discusión, es cual de las dos técnicas de codificación es actualmente la más probable de causar interferencia. DMT hace en este punto que las sub-portadoras permitan únicamente el envío de baja potencia a una frecuencia dada y contrasta con CAP, la cual requiere más potencia de señal a una determinada tasa de datos y presenta interferencia adicional. El lado contrario de éste argumento es cual de las tecnologías es más susceptible a interferencia. Aquí CAP sustenta tomar la supremacía y muestra como el ruido del impulso tendrá efecto sólo en una porción del

espectro CAP, pero éste efecto será múltiple en las sub-portadoras DMT y en lugar de una única como se prevé. Desde que la gran mayoría de las instalaciones futuras estarán basadas en DMT en cualquier caso, la discusión no es del todo debatible.

3.1.1.3.3 Despliegues de CAP y DMT

Aunque ésta discusión de la tecnología es útil en comprender las diferentes opciones de codificación, el final y principal factor para el éxito o falla será como adecuadamente la tecnología opera en los despliegues actuales. Esto determinará el tamaño de la población de usuarios servidos en términos de distancias y anchos de banda. Dentro del apremio y la comunidad de vendedores, en términos de ancho de banda, los números para ADSL parecen ser de alrededor de 8 Mbps en la dirección downstream y 1 Mbps en upstream, con servicios tarifados a anchos de banda de alrededor de 128 Kbps a 7 Mbps.

La tabla siguiente contrasta valores publicados para CAP y DMT. En actuales implementaciones, los proveedores de servicios están encontrando que actuales funcionamientos conseguidos varían en base de par en par.

DEPLOYABLE CAP AND DMT BANDWIDTHS AND DISTANCES			
	DMT	CAP	G.lite
Downstream Max	6.1 Mbps (1) 8 Mbps (short dist)	7.168 Mbps (2)	1.536 Mbps (4)
Downstream Typical	1.5 Mbps	1.5 Mbps	512 Kbps
Downstream Min	128 Kbps	256 Kbps	64 Kbps
Upstream Max	768 Kbps	1.088 Mbps	512 Kbps
Upstream Typical	384 Kbps	256 Kbps	128 Kbps
Upstream Min	64 Kbps	90.6 Kbps	32 Kbps
Granularity	64 Kbps	136 Kbps Upstream 136, 340, 680, or 952 Downstream depending upon bandwidth	32 Kbps
Gauge (AWG)	24	24	24
Distance	12,000 ft	12,000 ft	12,000 ft

(1) ADI AD20msp90 and 918 chipsets

(2) Globespan RDT-X0-01 chipset

(3) Globespan 14 Apr 98 announcement raises this to 26,000 ft

(4) UAWG, TG/98-10R5, Universal ADSL Framework Document, April 1998

Tabla 3.4

En términos de consumo de potencia, CAP y DMT son casi iguales, aunque esta afirmación tiene que ser hecha fundamentalmente en términos de cual de las tecnologías necesita más potencia que la otra. De cualquier modo, los actuales chipsets Issue Two DMT consumen más potencia que CAP, aunque esto es mejorable en el futuro. Una razón de esto es el Índice Promedio Peak-to (PAR) definido en ANSI T1.413. En contraste a los requerimientos de DMT de 28 dB para el no recorte, CAP requiere 11 dB para 64-CAP y 14 dB para 256-CAP. Un elevado PAR resulta en un incremento de la complejidad final de la parte análoga en términos de diseño del circuito y consumo de potencia. En adición, bits adicionales son requeridos para los convertidores D/A y A/D, también resultando en requerimientos de potencia mayores.

3.1.1.3.4 Interferencia dentro de CAP y DMT

Igual o aún de mayor importancia que el funcionamiento de ADSL es el efecto de la tecnología en servicios pre-existentes dentro del conjunto compuesto del cable. Éste factor es probablemente el más crítico en un servicio decidido por el proveedor y en efecto maneja muchas de las decisiones de servicio hechas por los CLECs para ir con alternativos servicios y codificaciones.

Previo al despliegue de ADSL, servicios como HDSL e ISDN requirieron un espectro de frecuencia extendida a través del enlace de cobre y no tuvieron competencia en términos de interferencia, con la excepción de los bridged taps y el mismo. Todo esto cambio con ADSL, y la capacidad de múltiples servicios para co-existir, lo que es conocido como compatibilidad espectral. Los proveedores de servicio planean desplegar la tecnología ADSL que tenga dirigido un gran arreglo de pruebas en ésta área; tanto CAP y DMT definen la interferencia máxima tolerable, y los vendedores de chip proveen buena documentación.

3.2 ATM Y ADSL

Por encima del medio de cobre y las varias técnicas de codificación ADSL, yace ATM, datos, voz, y vídeo, el encapsulado de elección en la vasta mayoría de instalaciones ADSL. Ésta discusión sigue una aproximación de la capa y primero se introducirá a ATM como una tecnología. Luego miraremos hacia tecnologías de capa física soportando

ATM, desde que el ADSL sobre los enlaces de cobre es sólo una de un número de posibilidades. Luego se describirá la capa de adaptación ATM y finalmente las varias técnicas de señalización, gestión de tráfico, direccionamiento, y encaminamiento dinámico. Hay que anotar que la discusión básica de ATM no tiene la intención de ser exhaustiva.

3.2.1 Conceptos Básicos

El Modo de Transferencia Asíncrono (ATM) es una tecnología diseñada para preservar los requerimientos de calidad de servicio (QoS, Quality of Service) de los múltiples tipos de tráfico llevados sobre un enlace único o red. Hacia el CPE, por ejemplo, voz, vídeo, y tráfico de datos podrán ser combinados para el transporte, con ancho de banda, pérdida, latencia, y jitter (corrimiento en frecuencia de señal) preservados en requerimientos. ATM cumple esto por segmentación de todo tipo de tráfico dentro de las entidades de 53 bytes, conocidas como celdas, asociadas con diferente QoS.

El tradicional tráfico de voz (no VoIP, Voice over IP), por ejemplo, es muy intolerante al retardo y jitter a través de la red. A éste tráfico se deberá asignar, en todo caso, un QoS tal que garantice apropiada distribución. En contraste, la mayoría de tráfico de datos son un tanto tolerantes a los cambios en el funcionamiento de la red y podrán en todo caso, ser llevados con un poco riguroso QoS. Cuando combinamos clases diferentes de tráfico a través de un enlace único, la clase requerirá el más exigente QoS, que

tomará con antelación. Consideremos un CPE mezclando tráfico de voz y datos. El CPE segmenta ambos tipos de tráfico dentro de las celdas ATM, pero aquellos que pertenecen al tráfico de datos deberán ser mantenidos en una cola si existe tráfico de voz para ser enviado. En el punto final de recepción, el CPE reensambla las tramas de datos de la voz original.

ATM es tradicionalmente una tecnología orientada a la conexión, estableciendo un circuito entre la fuente y el destino. Las conexiones podrán estar bajo control de la red en el caso de Circuitos Virtuales Permanentes (PVCs, Private Virtual Circuits) o inicializados por el suscriptor. Estos Circuitos Virtuales Conmutados (SVCs, Switched Virtual Circuits) se basan en un protocolo de señalización. La razón de calificarla “tradicionalmente” es que MPLS (Multiprotocol Label Switching) cambia esto. Contrastamos esto con el tráfico de datagramas IP sin conexión, donde el protocolo de routing encamina los paquetes en demanda a través de la red. Uno de los desafíos en los últimos pocos años ha sido el integrar apropiadamente la Capa ATM orientada a la conexión con la Capa IP sin conexión.

Ahora discutiremos porque se escogió ATM para el transporte ADSL. Aquí ha habido un trato grande de debates relativos a los costos operativos de ATM en comparación a otras tecnologías. Esto es debido a la estructura de celdas ATM, consistente de una cabecera de celda de 5 bytes que identifica la conexión en cuestión entre otras cosas, y un payload en celda de 48 bytes (datos). La cabecera (overhead) de ATM está en adición a

cualquier cabecera de protocolo de capa alta o que la capa de transmisión. No obstante, ésta pérdida en eficiencia es más que compensada por la habilidad de ATM para encontrar el QoS necesario en los tipos de tráfico diferentes donde es requerido.

Este último punto es crítico, desde que existirán muchos entornos donde ATM es innecesario. Por ejemplo, un ISP con sólo servicio de datos podría ser mejor servido por la implementación de paquetes puros sobre backbone SONET/SDH. Alternativamente, un tradicional proveedor de servicios ofreciendo líneas alquiladas, Frame Relay, transporte de voz, y datos requerirá ATM para las capacidades de gestión de tráfico. Más recientemente, algunos proveedores empezaron a desplegar multi-servicios ofrecidos (integración de voz y datos) sobre ATM. La pregunta, entonces, es porque ATM fue seleccionada para el transporte de preferencia para ADSL en el enlace local y porque Frame Relay no fue suficiente.

En efecto, el primer encapsulado en uso a través de ADSL fue trama, y hasta la primera mitad de 1997, se juraría que sería lo que dominaría. Los ISPs y algunos vendedores favorecieron a la trama debido a su simple implementación y pequeño overhead, mientras que los proveedores de servicios (ILECs/PTTs) favorecieron a ATM debido a su natural orientación al circuito y compatibilidad con los recientes despliegues de acceso ATM y redes de core (redes centrales). De modo realista, cualquier tecnología podría satisfacer la necesidad de la mayoría de los servicios propuestos, de

tal manera que la cuestión fue cual de las dos podría ganar el ímpetu del mercado (en la misma forma en que el mercado decidió a favor de DMT sobre CAP).

La orientación no fue del todo garantizada cuando todos los mayores vendedores propusieron una solución basada en ATM dentro de la mayor infraestructura ILEC y PTT ofrecida; la más visible y existente es el Contrato de Adquisición Compartida (JPC, Joint Procurement Contract) en los Estados Unidos. Sin embargo, el uso de ATM en el enlace introduce complejidades en garantizar apropiado mapeo QoS entre él y la capa IP. En adición, los diseñadores del hardware de ADSL basados en ATM algunas veces no tienen una apreciación de los requerimientos del tráfico de datos. Esto fue sólo historia repitiéndose, imitando deficiencias en la primera generación de switches WAN ATM donde el almacenamiento de datos (buffering) y la administración de congestión fue inadecuada. A favor de ATM, la tecnología soporta algunos tipos de tráfico encima y además de ser apto con encapsulado basado en tramas.

Si uno considera el enlace local de ADSL en el contexto de multi-servicio, como contrastado al método de envío de sólo datos, las ventajas de ATM empiezan a aclararse. Dado que ATM puede ser distribuido sobre fibra, cable coaxial, o incluso inalámbrico, también éste puede ser distribuido vía módems ADSL. Dando un CPE apropiado y soporte dentro del DSLAM, nada imposibilita la distribución de CES/VTOA (Circuit Emulation Services /

Voice and Telephony over ATM) a los suscriptores ADSL, o el transporte de vídeo MPEG-2 directamente sobre la Capa ATM. Un número de proveedores planean en efecto éste tipo de servicios, en adición a los más tradicionales accesos a Internet. Si la asimetría de ADSL es aceptable al cliente, la tecnología empezará un viable método de distribución integrada de servicios a las oficinas del ramo y hasta incluso los hogares.

3.2.2 Capa Física

La capa física provee la actual conectividad para el tráfico ATM de capa alta, con opciones incluyendo fibra, cobre, e inalámbricas. Este consiste del actual sistema de transmisión junto con la necesaria adhesión para permitir que celdas ATM sean llevadas sobre el sistema en cuestión. En regla para cumplir esto, éste actualmente consiste de dos sub-capas. La primera es Dependiente del Medio Físico (PMD, Physical Media Dependent), la cual provee la actual codificación de línea sobre SONET/SDH, PDH (Plesychronous Digital Hierarchy), wireless (inalámbrico), o ADSL en cuestión. Encima de esta sub-capa está la Transmisión Convergente (TC, Transmission Convergence), responsable del mezclado de celdas, multiplexación, y generación/verificación HEC (Header Error Control). ADSL opera en la sub-capa PMD, y si se mira atento con cualquier otro sistema de transmisión en uso, es otra opción para el despliegue ATM.

Desde que ADSL es sólo enlace dentro del despliegue end-to-end, existen otras capas físicas ATM (hay que tener en cuenta que ATM es una

de un número de tecnologías desplegadas en la LAN y WAN). Estos incluyen:

- 622 Mbps (OC12/STM4) sobre fibra monomodo; 155 Mbps (OC3/STM1) sobre par trenzado; fibra monomodo y multimodo; y, en pocos casos, ATM25 o 2.4 Gbps (OC48/STM16). Los sistemas basados en SONET/SDH de 2.4 Gbps, 622 Mbps, y 155 Mbps están en gran medida, como los desplegados en la WAN (OC, Optical Carrier; STM, Synchronous Transport Module).
- Otras interfaces WAN incluyen los 45 Mbps (DS3), 34 Mbps (E3), 1.5 Mbps (DS1), y 2 Mbps (E1) basados en PDH.
- Una interface más reciente es ATM sobre Multiplexación Inversa (IMA, Inverse Multiplexing Over ATM), donde múltiples enlaces DS1/E1 son combinados dentro de un canal lógico único.
- El UNI (User-to-Network Interface) basado en Trama (FUNI, Frame-based UNI) es menos relevante en el ámbito ADSL, desde que está propuesto como un enlace de acceso de la misma forma como ADSL.

El típico DSLAM conectará con un switch ATM vía OC3/STM1, DS3, y en el mismo caso, E3. Si es desplegado en entornos de baja densidad o dentro de un DLC/FSAN, (Digital Loop Carrier / Full Service Access Networks)

DS1/E1 o el IMA, es una opción también. Una típica infraestructura ATM end-to-end debería consistir de ADSL en el enlace local, SONET a través de la red de acceso ATM, y PDH soportando el enlace local a un ISP.

ATM25 merece alguna discusión, desde que es una de las interfaces de servicio ATU-R (el otro siendo Ethernet). Originalmente fue propuesta para el ambiente de campo, y nunca se convirtió en un factor mayor, incluso después del esfuerzo concertado. Esto se debió a lo dominante de la conmutación LAN, y donde ATM fue requerido hacia el desktop, muchos usuarios optaron por 155 Mbps. La interface fue dada como alquiler de segunda cuando los proveedores de servicio y sus vendedores de equipos ADSL decidieron que ésta podría ser una buena interface de demarcación entre el servicio ADSL y los suscriptores, en esas locaciones donde el proveedor de servicios controló el CPE. La perspectiva fue que podría ser fácil para la gestión y tarifación que Ethernet, en adición a ser capaz para soportar vídeo distribuido a conjuntos de equipos (STBs, Sets Top Box). Sin embargo, incluso en esos lugares donde el ATU-R es de propiedad del proveedor, ATM25 está en la minoría. A pesar de todo, éste será exitoso en ese ámbito de aplicación, y un número de telcos tiene en efecto acordados ATU-Rs con interfaces ATM25 y Ethernet, el formador de primera instancia es intencionado para vídeo.

3.2.3 Capa ATM

Encima de la Capa Física está la Capa ATM, responsable de la multiplexación de celdas de 53 bytes sobre el medio físico. Como lo presentamos antes, éstas celdas consisten de 5 bytes de cabecera y 48 bytes de payload. La cabecera contiene encaminamiento, control de flujo, e información de control de error, mientras que el payload de datos, en muchos casos, los datos actuales del sistema final. Dependiendo de si la celda en cuestión es generada en la Interface de Red del Usuario (UNI, User-Network Interface) o en la Interface Red a Red (NNI, Network-Network Interface), el contenido de la cabecera cambiará. El UNI es el enlace ATM entre el suscriptor y el primer salto del switch ATM, mientras que el NNI conecta switches ATM en el core de la red. La cabecera de celda ATM en el UNI se diferencia del NNI, en que se adicionan bits de VPI (Virtual Path Identifier) en éste último, mientras se elimina el campo GFC (Generic Flow Control).

3.2.4 Adaptación ATM

La siguiente función dentro del ATM es la adaptación de datos, probablemente la más interesante sub-capa, desde que aquí, los tipos de datos de capa alta son adaptados para transportarse dentro de celdas ATM y donde el actual Reensamblaje y Segmentación (SAR, Segmentation and Reassembly) está realizado. Existen cinco adaptaciones ATM definidas, conocidas como Capas de Adaptación ATM 1-5 (AAL, ATM Adaptation Layers). AAL1, y AAL2 son usualmente consideradas en adaptaciones de

velocidad de bit constante (CBR) y tráfico de voz (aunque la voz en efecto está alejado del CBR). AAL5 es la adaptación de datos, mientras AAL3/4, diseñado para SMDS/CBDS (Switched Multimegabit Data Service / Connectionless Broadband Data Service), no está del todo desaparecido y en todo caso no será cubierto.

3.2.5 Tipos de Conexión y Señalización

Dentro de ATM, un único circuito conectando dos puntos y soportando una categoría de servicio única es conocido como un circuito virtual (VC, Virtual Circuit) o una conexión de circuito virtual (VCC, Virtual Circuit Connection). Múltiples VCs pueden ser agrupados para un propósito de gestión dentro de una trayectoria virtual (VP, Virtual Path) o conexión de trayectoria virtual (VPC, Virtual Path Connection). Éstos VCs y VPs están identificados mediante los campos de VCI y VPI en la cabecera ATM. Entre el CPE ATM y el switch de primer salto, cada circuito es identificado mediante una única combinación VCI/VPI.

Desde que ATM está orientada a la conexión, en contraste a la sin conexión, algunos mecanismos están requeridos para informar a la red sobre el establecimiento de un circuito virtual desde la fuente al destino:

- Un circuito virtual permanente (PVC, Permanent Virtual Circuit) es únicamente establecida mediante la gestión de red y es esperada que sea de duración larga.

- En contraste, un circuito virtual conmutado (SVC, Switched Virtual Circuit) es únicamente establecido mediante control del CPE. Ésta es una conexión en demanda y debe ser corta.

La mayoría de modelos de servicio ADSL requiere sólo PVCs, confiando en los protocolos de capa alta para establecer conectividad dinámica desde el origen hacia el destino. Otros tipos de conexión existen. Un ejemplo es el PVC flexible, donde el gestor de red pre-configura sólo el primer y último salto, confiando en la red para el establecimiento de la conexión dinámicamente. Esto minimiza la cantidad de aprovisionamiento requerido y permite a los PVCs seguir el trayecto más óptimo que los que pueden estar configurados manualmente.

El suscriptor puede solicitar diferentes tipos de conexión dependiendo de la aplicación requerida:

- Conexiones Punto a Punto (pt-pt) son desde un único origen a un único destino.
- Punto a Multi-punto (pt-mpt) permite a una fuente enviar datos simultáneos a un grupo de destinos.

Los switches ATM pueden implementar diferentes formas de conmutación. Una conmutación VP actúa sólo en los trayectos virtuales entre el origen y los destinos (u otros switches), conmutando mediante el campo VPI. En contraste, un switch implementando conmutación VC

examinará los Circuitos Virtuales dentro del VP, conmutando entre trayectos virtuales.

Los PVCs son la más básica forma de conectividad entre un origen y destino. Ninguna de las entidades a lo largo del trayecto (CPE, DSLAM, Agregador, y cualquier switch ATM) es requerido para implementar la señalización ATM. En contraste los SVCs permiten que la conexión sea establecida en demanda entre el origen y el destino o entre el origen y algunos puntos intermedios a través de la red como el Agregador. Ellos requieren una entidad de señalización en cada elemento de red de generar y responder al requerimiento de señalización ATM. Estos mensajes están basados en una de las especificaciones UNI del Forum ATM como el UNI 3.1 o Señalización 4.0 (Forum ATM, 1996a).

Existe otro tipo de conectividad entre el DSLAM y el Agregador (o switch ATM) que es conocido como virtual UNI. Aquí a cada usuario le está asignado un separado VP hacia la admisión del DSLAM , aunque todas éstas son mapeadas a cero. Dentro del DSLAM, están son conectadas cruzadamente mediante una función de conmutación VP a múltiples VPIs, usualmente basadas en la identidad del usuario. Éstos VPs luego terminan en el Agregador. Dentro de cada VP, un canal de señalización (un VCI) es transportado desde el CPE al Agregador, en donde termina, mientras que los usuarios SVCs están establecidos dentro de un VP asignado. Asimismo, el Agregador es requerido para terminar un canal de señalización de cada

suscriptor, y no es una tarea corta. Bajo ésta arquitectura, los suscriptores deben inicializar SVCs entre el CPE y el Agregador, aunque si bien el DSLAM no tiene noción de los SVCs.

3.2.6 La Interface Red a Red

Mientras que el UNI toma conectividad y señalización entre el suscriptor y el primer salto en el switch ATM, un protocolo diferente es requerido entre switches ATM en el core de la red. Éste es el rol de la Interface Network-Network (NNI). Han sido definidos:

- NNI Privado (PNNI, Private NNI) (Forum ATM, 1996b) - usado en el ámbito del proveedor de servicio y corporativo.
- Protocolo de Señalización Inter-conmutada Interina (IISP, Interim Interswitch Signaling Protocol) - definida para usarse en la misma ámbito de solución precediendo al PNNI.
- Interface Inter-portadora de Banda Ancha (B-ICI, Broadband Inter-Carrier Interface) - desarrollada para conectar proveedores ATM.
- Interface de Inter-conectividad de Redes ATM (AINI, ATM Internetworking Interface) - Dirigida para interconectar tanto redes privadas como públicas.

En el caso de PNNI, cuando un suscriptor inicia un requerimiento de señalización a través del UNI, el switch ATM del primer salto no toma los parámetros (QoS, seguridad, destino) dentro del PNNI. Éste protocolo, con conocimiento de alcance, envía el requerimiento al mejor trayecto conocido a través de la red, el cual encontrará los parámetros de la señal. Éste proceso es repetido switch a switch a través de la red, hasta que el requerimiento alcance el destino.

3.2.7 Direccionamiento ATM

La creación de SVCs y el encaminamiento de celdas mediante el PNNI es posible sólo si se tiene una forma de identificar a los dispositivos conectados a la red ATM. Éste es el rol de un plan de direccionamiento ATM, donde un único identificador es asignado a cada sistema conectado a la red ATM. Existen dos planes de direccionamiento en uso. La más común es la de los formatos de Direcciones del Sistema Final ATM (AESA, ATM End-System Address), la que es usada tanto para redes públicas y privadas y conforma la base de la operación del PNNI. Un número de formatos AESA ha sido definida dependiendo de quien es el responsable en la jerarquía de direccionamiento.

La segunda forma de direccionamiento está basada en el formato de las direcciones E.164 administradas por la ITU y es el equivalente al usado en la numeración ISDN. Éste formato es usado dentro de las redes públicas

y se basa en el B-ICI para el encaminamiento, si los SVCs son implementados.

3.2.8 Gestión de Tráfico

La más compleja área del ATM como una tecnología es la gestión de tráfico, lo que garantiza el QoS para tráfico de voz, vídeo y datos llevados a través de la red. La apropiada Gestión de Tráfico de la capa ATM también tiene un efecto dramático en el funcionamiento del tráfico de datos.

ATM define un número de categorías de servicio relativos a la adaptación ATM, de acuerdo a la figura 3.14:

Traffic Class	Traffic Parameters	QoS Parameters	AAL	Usage
CBR	PCR, CDVT	CDV, CTD, CLR, CER	1	Voice, Video
VBR-rt	PCR, SCR, CDVT, BT	CDV, CTD, CLR, CER	2, 5	Voice, Video
VBR-nrt	PCR, SCR, CDVT, BT	CTD, CLR, CER	2, 5	Voice, Video
ABR	PCR, MCR, CDVT	CLR	5	Data
GFR	MCR, BT	none	5	Data
UBR+/w	CDVT	none	5	Data

CBR	Constant Bit Rate	PCR	Peak Cell Rate
VBR-rt	Real Time Variable Bit Rate	CDVT	Cell Delay Variation Tolerance
VBR-nrt	non-Real Time Variable Bit Rate	MCR	Minimum Cell Rate
ABR	Available Bit Rate	CTD	Maximum Cell Transfer Delay
UBR+	Unspecified Bit Rate w/ EPD/TPD	CDV	Peak-to-peak Cell Delay Variation
UBR	Unspecified Bit Rate	BT	Burst Tolerance (also Max Burst Size - MBS)
UBRw	Unspecified Bit Rate with Weighting	CLR	Cell Loss Ratio
GFR	UBR w/ Guaranteed Frame Rate	CER	Cell Error Ratio

Fig. 3.14 Categorías de Servicio ATM

Estas técnicas directamente se relacionan para implementaciones a través de ADSL. Determinando la necesidad para soportar éstos diferentes tipos de tráficos, un CPE podría implementar el necesario almacenamiento de colas y luego mapear las aplicaciones dentro de uno o más VCCs. Por supuesto se requiere soporte en DSLAM.

3.3 ENCAPSULADO DE DATOS

La señalización ATM, encaminamiento, direccionamiento, y la gestión de tráfico son sólo un armatoste del soporte para los servicios de capa alta. Estos servicios podrán incluir voz, vídeo, y transporte de datos. En el último caso, un número de métodos de transporte de datos a través de la red ATM han sido definidos, algo optimizados para el campo y otros para la WAN. Esas optimizaciones para el campo incluyen LANE (LAN Emulation) y MPOA (Multiprotocol over ATM), mientras PPP (Point-to-Point Protocol) sobre ATM y MPLS son encontrados en la WAN (Wide Area Network). RFC-1483 de Bridging (puenteo) y el IP Clásico basado en el RFC-1577 ve su uso tanto en el campo como en la WAN. Se cubrirá brevemente los bosquejos del modelo de datos desplegado y esperados a ser encontrados como parte de servicio ADSL.

Uno de los desafíos ha sido soportar requerimientos de aplicaciones en capa alta a través del backbone ATM. Sólo recientemente ha habido alguna integración entre QoS de capa 3 (Antecedencia de IP; RSVP, ReSerVetion Protocol; y el similar) y las categorías de servicio ATM. Aunque

éstas capacidades evolucionarán en el futuro, diferentes modelos de datos permiten ésta interconectividad en una menor o mayor extensión. Ellos deberán en todo caso ser considerados en el contexto de cómo adecuadamente soportarán estos requerimientos en la LAN y la WAN, especialmente cuando aplicaciones en tiempo real basados en IP empiecen a ser más comunes.

3.3.1 Bridging

El puenteo (Bridging) es el método más simple de interconectar dos o más dispositivos de redes y confía en el direccionamiento de la Capa de Enlace (Capa 2) para las comunicaciones. En el caso de Ethernet, esto es la dirección MAC (Media Access Control) de 6 octetos, familiar para aquellos que siempre han trabajado con tarjetas de red (NICs, Network interface Cards) Ethernet. Aunque las redes grandes deberían ser basados en bridging, el encaminamiento (routing) es más escalable.

Traducido al dominio ATM, el RFC 1483 describe un método por el cual el tráfico multi-protocolo podrá ser puenteadado a través del enlace local ATM (y por consiguiente al ADSL) entre un host y un switch LAN o router. Desde que éste no provee mecanismos de resolución de direcciones, distinto de LANE, éste confía en PVCs. En la WAN o MAN (Metropolitan Area Network), donde el soporte SVC es poco común, éste no es problema mayor, y la RFC 1483 bridging ha sido desarrollada en un número de casos en soporte a servicios de extensión LAN metropolitano. Esto es poco común

en los campus, donde los SVCs son deseables y LANE, MPOA, o el Clásico IP tienen mejores requerimientos encontrados.

Vemos en la figura 3.15 el ejemplo de un router, una PC y un switch LAN, conectados vía PVCs ATM a un router centralizado. Aquí, el router centralizado termina los VCCs ATM que podrán enviar datos hacia la capa bridging o, alternativamente, podrán encaminar tráfico entre subnets conectadas. Si un puente (bridge) en lugar de un router fue desplegado, éste deberá ser capaz sólo de enviar capa bridging. El Bridging a través de ATM es normalmente un servicio siempre activado, sin provisiones para la autenticación del usuario o contabilidad de empiezo y final (start-stop), a menos que esto tome lugar en la capa ATM.

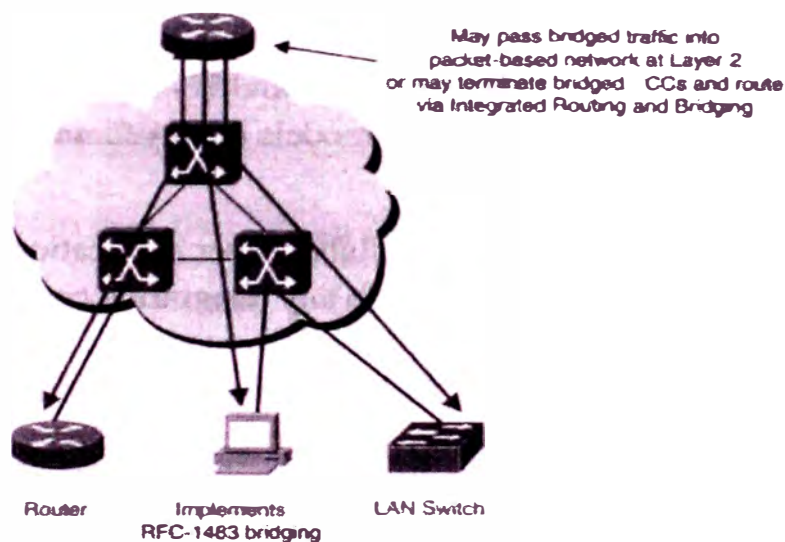


Fig. 3.15 Bridging sobre ATM

3.3.2 IP Clásico

El primer modelo encaminado (routed) desarrollado, y que sigue aún viable es el IP Clásico y ARP sobre ATM. Este es un modelo de Capa 3, donde el core ATM es rodeado con routers. Aunque el título de éste tema podría tomarse al parecer de otra manera, la arquitectura en efecto soporta múltiples protocolos de interconectividad de redes de Capa 3 como IPX (IP Exchange) y AppleTalk. Cuando es usado en éste contexto, este algunas veces es aludido como el Modelo Clásico en contraste con IP Clásico. La técnica también soporta IPmc vía un software de router apropiado o el despliegue de servidores multicast. Dos métodos son documentados como parte de la arquitectura de Servicio de Resolución de Direcciones Multicast (RFC 2022) o un simple método basado en router el cual usa un Modo Esparcido PIM (Protocol Independent Multicast) (RFC 2362).

Dando adecuada capacidad QoS en las interfaces ATM del router, el IP Clásico también soporta QoS de interconectividad de redes desde que la interface ATM del router tiene visibilidad dentro del QoS ATM. El Clásico IP es desarrollado tanto en la LAN y WAN, aunque su uso en la LAN está declinando con el despliegue de LANE/MPOA. Aunque no es primordial el modelo de datos a través de ADSL, éste debería ver algún uso bajo el despliegue de DSLAMS con capacidad SVC.

La actual técnica de encapsulado de datos tan definida en el RFC 1483, en el que el IP Clásico se basa, también forma lo básico para el

bridging a través de ADSL. La figura 3.16 describe una típica implementación de IP Clásico.

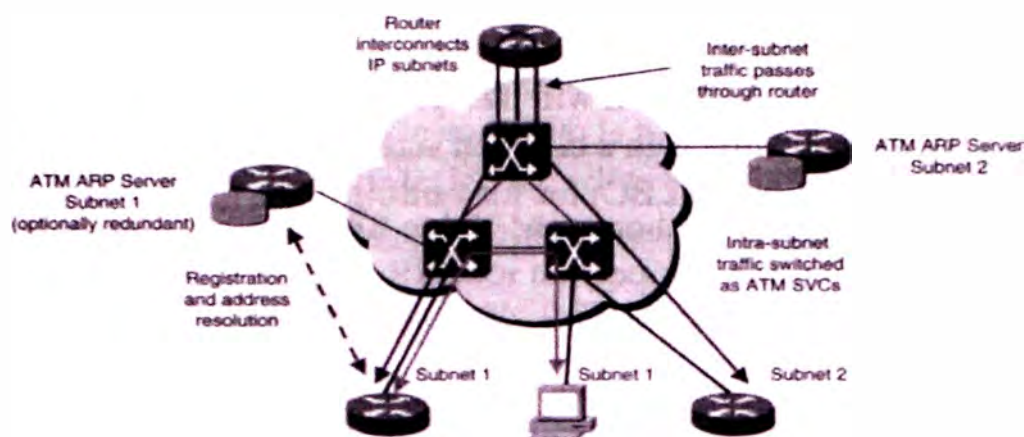


Fig. 3.16 IP Clásico

Un host que desea alcanzar un destino dado IP, en la misma subnet IP (Subnet 1), debería primero preguntar al servidor ATM ARP (ATM Address Resolution Protocol) por la dirección NSAP ATM (Network Service Access Point ATM) del destino. Éste luego procederá a establecer un SVC para el destino. Alternativamente, un host que desea alcanzar un destino en una diferente subnet (Subnet 2), enviará su tráfico al router por defecto (default router) sobre un SVC o PVC. Estos dos saltos enviados entre subnets es uno de los problemas con el IP Clásico, conduciendo a un requerimiento de entre MPOA o MPLS.

3.3.3 LANE y MPOA

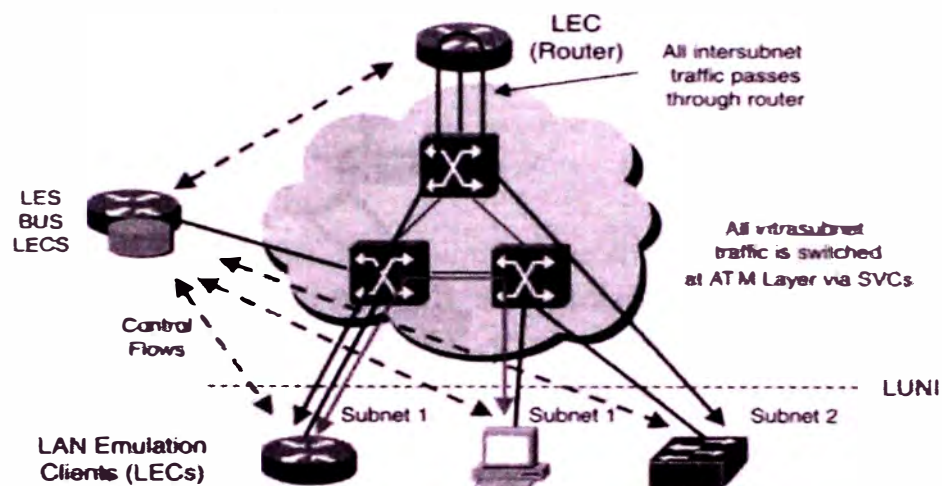
En el campus, y algunas veces en la MAN, la Emulación de LAN (LANE) y más recientemente, el multi-protocolo sobre ATM (MPOA) son

encontrados. LANE es un modelo de puente (bridge), intentando emular las características de un segmento de LAN a través del backbone ATM. Esto es a su vez exitoso a través del despliegue de un protocolo de control complejo entre los dispositivos de borde, conocidos como clientes de Emulación de LAN (LECs), y las entidades de control, conocidas como servidores de Emulación de LAN (LEs, LAN Emulation Servers) y Servidores de Configuración de Emulación de LAN (LECSs, LAN Emulation Configuration Servers).

Los Servidores Desconocidos y Difundidos (BUSs, Broadcast and Unknown Servers) emulan la capacidad broadcast/multicast de un segmento LAN. En cada dominio de Capa 2, comúnmente asociados con una subnet IP (para usar el IP como un ejemplo, aunque LANE es inherentemente apto en multi-protocolo), es llamado una LAN Virtual (VLAN, Virtual LAN). Los routers interconectan las VLANs.

MPOA se edifica bajo LANE para permitir que los dispositivos de borde (comúnmente switches LAN) establezcan conexiones a través de secciones desde una VLAN a otra. Esto evita la congestión comúnmente asociada con los routers desplegados centralmente. Como con LANE, éste confía en un protocolo de control entre clientes MPOA y servidores. En un despliegue ADSL, un campo LANE o dominio MPOA deberían terminar en el CPE ADSL.

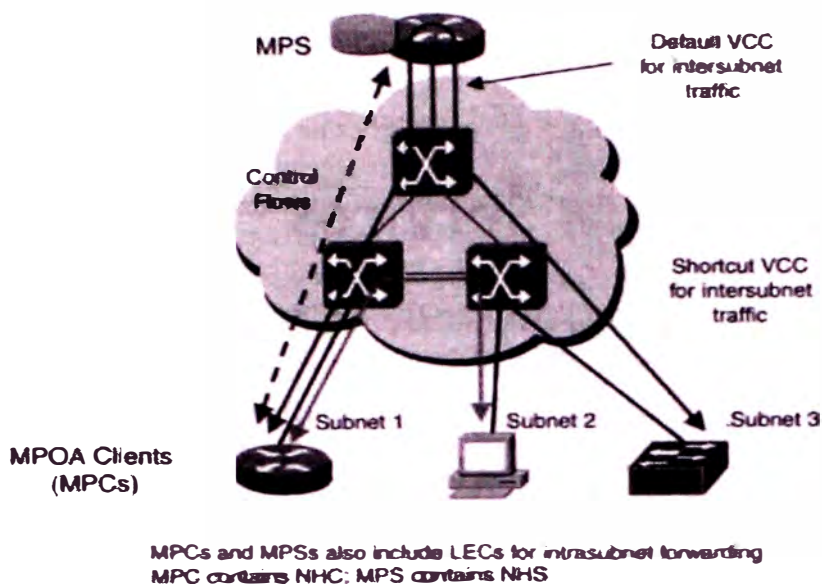
En la figura 3.17 se muestra una típica implementación LANE, con varios LECSs, LECs, LESs y BUSs. Un host (LEC) en una subnet que desea enviar tráfico a otro host en una misma subnet pregunta al LES por el destino de la dirección NSAP ATM (a menos que ésta información sea encontrada previamente). Este luego procederá a establecer un SVC al destino. Sin embargo, si el destino está en una diferente subnet, éste enviará todo el tráfico al router por defecto (default router, que es en sí un LEC) para el envío al destino.



3.17 Emulación LAN

En una implementación MPOA (figura 3.18), éste opera en la misma forma, con la excepción de que el mecanismo de resolución de direcciones vía el servidor MPLS (MPS, MPLS Server) permite a los hosts de los clientes MPLS (MPCs, MPLS Clients) el establecer SVCs directos entre diferentes subnets. Los MPCs podrán en todo caso estar equipados con interfaces ATM con inteligencia de Capa 3. MPOA también proporciona una ruta de

envío por defecto entre subnets si un SVC directo es indeseado (que es, volumen de tráfico bajo o emisión de políticas).



3.18 Multiprotocolo sobre ATM

3.3.4 Protocolo Punto a Punto (PPP) sobre ATM

El Protocolo Punto a Punto (PPP) sobre ATM es un encapsulado más reciente, primeramente implementado como parte del ADSL. Esta técnica se basa en el encapsulado definido en la RFC 1483, operando tanto en modo LLC-SNAP (Logical Link Control / Sub-Network Access Protocol) o VC-Mux. Una CPE compatible con PPP encapsula la sesión PPP basado en este RFC para el transporte a través del enlace ADSL y DSLAM.

Como se muestra en la figura 3.19, PPP opera en un modo punto a punto verídico, donde todas las VCs terminan en un router, y el tráfico es encaminado entre usuarios. Inicialmente, PPP sobre ATM se basaba en

PVCs, desde el establecimiento de sesión de capa alta actual, que es dinámico y está basado en la autenticación entre el usuario y un externo servidor RADIUS (Remote Access Dial-In User Service) o TACACS+ (Terminal Access Controller Access Control System Plus).

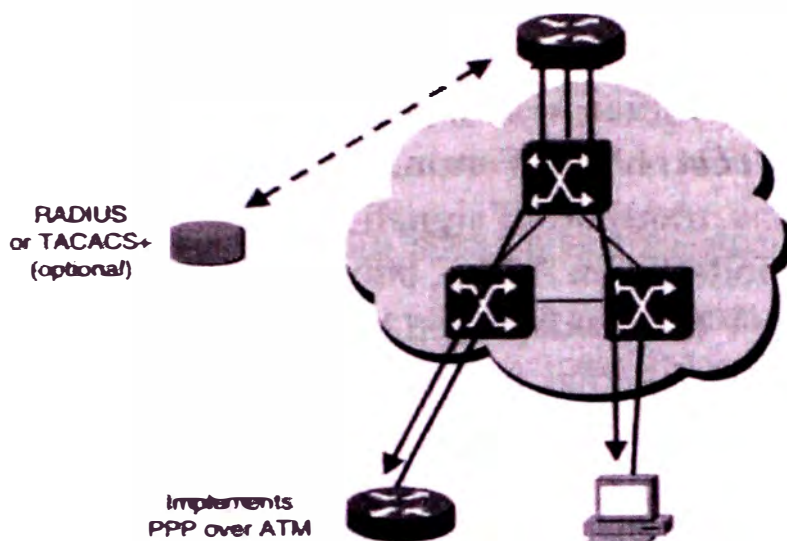


Fig. 3.19 PPP sobre ATM

En el futuro, éste encapsulado deberá basarse en SVCs también, dando adecuado soporte en el core del proveedor de servicio. Aunque los PVCs son adecuados para la operación PPP, un anhelo para minimizar recursos pre-abastecidos conducirá a algunos proveedores a optar por éstos SVCs. PPP sobre ATM se describirá más adelante en gran detalle, ya que éste será el encapsulado de datos de primer orden a través del enlace ADSL.

3.4 LAS CAPAS DE RED Y DE TRANSPORTE

Teniendo cubiertas las capas físicas ADSL y ATM, a lo largo de varios encapsulados los cuales viajan por encima de éstas capas, los siguientes puntos a tocar son las capas de Red y de Transporte, con énfasis en el protocolo Internet (IP) debido a su omnipresencia en el Internet y dentro de la mayoría de los despliegues ADSL. Todas las aplicaciones de datos se basan en protocolos de la capa de red y de transporte, junto con la apropiada interconectividad entre éstas capas y las capas inferiores.

3.4.1 El Protocolo Internet

El Protocolo Internet (IP) reside en la capa 3 del modelo de interconectividad de redes, por encima de la Capa de Enlace (en éste caso ATM) y debajo de la Capa de Transporte. La cabecera IP contiene la información de direccionamiento necesaria para permitir que los paquetes de datos sean encaminados a través de la Internet.

El concepto de una red conectando computadoras fue primero descrita en los 60's, y por 1969 los primeros nodos (switches) y hosts (computadoras) en el ARPANET fueron conectadas. Esto sólo después que los Militares en U.S. descubrieron que la tecnología usada formaría la base de un red sobreviviente para el tiempo de guerra. Los primeros protocolos de Capa 3 en uso fueron 1822 Host-to-Host, mientras que el Protocolo de Control de Red (NCP, Network Control Protocol) proveyó el servicio de transporte. Y no fue hasta comienzos de los 80's que el protocolo Internet

(v4) (RFC-791) como lo conocemos hoy fue por primera vez desplegado. Inicialmente, los vendedores de computadoras tardaron en adoptar IP, pero como el ARPANET (y el derivativo militar, MILNET) tomaron apoyo, el despliegue empezó a extenderse. Una principal dificultad en la formación de un entorno de protocolo alternativo, basado en el modelo OSI y promovido por el gobierno de los U.S. como GOSIP, nunca tuvo apoyo. Como las primeras redes crecieron en extensión, el término Internet llegó dentro a usarse ampliamente. Hacia el fin de los 80's, con la conclusión de la jerarquía de routing global, el crecimiento de los usuarios vía el dial-in, y la popularización consiguiente de la Internet en el apremio, la dominación del IP fue del todo asegurada.

La discusión de IP no debería estar completa sin dar un vistazo al IPv6, algunas veces conocido como IP Next Generation. IPv6 es el resultado de esfuerzos concertados a través de los últimos 5 años o más para desarrollar una nueva generación del protocolo IP que resolvería muchas de las deficiencias con el actualmente desplegado IPv4. Estos primeramente se concentran en la seguridad, auto-configuración, QoS, espacios de dirección extendido, complejidad de cabecera (mirando atrás a los varios campos en la cabecera IPv4), y el mejor procesamiento de opciones. Aunque muchas de éstas cuestiones son parcialmente dirigidas por protocolos externos al IP como IPsec (IP Security), DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol), NAT (Network Address Translation), y RSVP/IP CoS (Class of Service), no son, por no decir, las soluciones perfectas a largo plazo. En adición, NAT, el

cual originalmente tuvo la promesa de resolver el asunto del consumo de direcciones, tiene deficiencias mayores, explicadas posteriormente.

Asimismo hay una necesidad por un nuevo IP, y aunque el protocolo todavía no ha ganado impulso, existe una cubierta global ahora en lugar (el 6Bone, red piloto de IPv6), y los vendedores están esperando para empezar a proveer soporte amplio en los siguientes años. Esto resuelve algunos problemas mayores en extender el direccionamiento IP dentro de billones de nodos, y la capacidad de auto-configuración son bastante útiles para la administración de direccionamiento y movilidad. Deberá por tanto empezar a verse su amplio uso hacia el empiezo de la siguiente década, con la migración del usuario como proceso en curso.

3.4.2 Direccionamiento IP

La habilidad de un usuario de Internet para alcanzar a cualquier otro está basado en un plan de direccionamiento global hacia la capa IP. Cada dispositivo conectado a la Internet es tradicionalmente publicada con una única dirección IP la cual es llevada dentro de la cabecera IP. Los routers, formando el centro de la Internet, conmutan los paquetes basados en la información de la cabecera, en gran medida de la misma forma en que los conmutadores de teléfonos establecen conexiones basados en el direccionamiento global E.164 (números telefónicos).

Una dirección IP es de 32 bits (4 octetos) de longitud, ofreciendo un ámbito de sobre 4 billones de direcciones únicas. Éstos son dos formatos de direcciones:

- Direcciones Unicast, en el rango de 1.0.0.0 a 223.255.255.255, que son usadas para la comunicación entre dos sistemas. La práctica inicial de la repartición de éste ámbito dentro de las direcciones de clase A, B y C ha ido en favor del desarrollo del Encaminamiento Inter-dominio sin Clase (CIDR, Classless Interdomain Routing) y la supernetting. La primera técnica remueve la dependencia en el encaminamiento de los límites de la clase, mientras que el segundo agrega pequeños ámbitos de direcciones dentro de las grandes entidades encaminables. Por ejemplo, lo que ha sido tradicionalmente 256 subnets en el ámbito de la clase B podrían ahora estar encaminados como un solo bloque con características de una red de clase A.
- Direcciones Multicast, abarcando desde 224.0.0.0 a 239.255.255.255, son asociadas con grupos. Un usuario envía tráfico a un grupo dado, y cualquier otro sistema que está suscrito al grupo, dando restricción administrativa, recibe el tráfico.

Para prevenir el caos de la erupción, el direccionamiento IP es administrado globalmente hacia el nivel más alto por el IANA (Internet

Assigned Numbers Authority). Secciones del ámbito de las direcciones IP han sido delegadas a registros regionales para favorecer su adjudicación.

3.4.3 Encaminando Paquetes IP

La existencia del direccionamiento global resuelve sólo la mitad del problema del ámbito. Sólo como crítica en realidad es el ser capaz de encaminar los paquetes IP desde una locación a otra. Este es el trabajo de los routers dentro de la Internet, pero estos de algún modo ha tenido que aprender cual de las redes IP, y asimismo que usuario, son alcanzables a través de que enlaces. Los protocolos de encaminamiento dinámico cumplen a cabalidad éste rol, llevando jerárquicamente información de alcance de un router a otro a través de la Internet. Dentro de la Internet, diferentes tipos de protocolos de encaminamiento están en uso, basados en como ellos son diseñados para uso dentro de una única organización o son más adecuados para interconectar organizaciones.

El Protocolo de Información de Encaminamiento Versión 2 (RIPv2, Routing Information Protocol Versión 2), el Protocolo de Encaminamiento de Puerta de Enlace Interior Mejorado (E-IGRP, Enhanced Interior Gateway Routing Protocol), el Sistema Intermedio - Sistema Intermedio (IS-IS, Intermediate System-Intermediate System), y la Primera Ruta Corta Abierta (OSPF, Open Shortest Path First) son los mejores ejemplos conocidos los cuales son aludidos como protocolos de encaminamiento interno.

El Protocolo de Puerta de Enlace de Borde Versión 4 (BGP-4, Border Gateway Protocol Versión 4), un protocolo de encaminamiento externo, es usado a través del backbone de Internet para encaminar entre organizaciones y ISPs. RIP es un ejemplo de un protocolo de vector de distancia, donde la ruta a una red distante es descrita en términos de saltos, el número de routers atravesados.

En contraste, los protocolos de estado de enlace como OSPF forman mapas de topología dentro de un área. Los enlaces en este mapa son descritos en términos de costo, con paquetes enviados en la ruta de bajo costo, desde un origen al destino. Un protocolo de encaminamiento, dependiendo de su sofisticación, debería contener características como balanceo de carga, seguridad y soporte multi-protocolo.

3.4.4 Traslación de Direcciones de Red (NAT)

Una técnica algunas veces útil en conservar el espacio de direcciones IP es conocida como Traslación de Direcciones de Red (NAT). Aquí, una puerta de enlace convierte entre un espacio de direcciones privadas de una corporación a direcciones encaminadas globalmente. Por ejemplo, una corporación grande debería tener asignado el equivalente de sólo 64000 direcciones IP (una única red de clase B, ó 256 subnets dando 8 bit de direccionamiento de subnet). Esto obviamente no es suficiente para todos dentro de la corporación para alcanzar el Internet. O una corporación debería cambiar para proveerse una subnet local para cada empresa de

telecomunicaciones. El NAT permite que la corporación asigne espacios de direcciones privadas, remapeadas dentro de direcciones públicas cuando el tráfico cruza los límites de la corporación.

Dentro de la comunidad Internet, tres redes, 10/8, 172.16/12, y 192.168/16, han sido diseñadas como no encaminables y deberían ser usadas en lo posible para direccionamiento privado. Por ejemplo, imaginemos un host interno en una Intranet de una corporación, 10.10.15.7, el cual se comunicará con un host en la Internet. El NAT mantiene un pool de direcciones (118.32.10.1-118.32.10.255) los cuales son usados para remapear la dirección interna del host para un encaminamiento más de Internet. Entonces la dirección 10.10.15.7 es remapeada a 118.32.10.12. En la dirección inversa, los paquetes direccionados a éste host son mapeados de retorno dentro de 10.10.15.7.

El NAT presenta problemas, no obstante, en términos de IPsec y ámbito. Una preocupación es que IPsec asume una asociación entre una sistema final y una dirección IP. Si ésta dirección IP es alterada dentro de la red, el mecanismo falla. Incluso más problemático es el alcance para aplicaciones multimedia como el NetMeeting de Microsoft. Debido al remapeo, y en la ausencia de sistemas de directorio sofisticados, un usuario a través del NAT es efectivamente inalcanzable. Para superar tal limitación por medio del cual el tráfico entrante no debe ser "NATeado" al apropiado destino, existen soluciones disponibles implementado funciones Proxy para

aplicaciones Multimedia. Usualmente éste elemento proxy es co-residente con un router de borde o cortafuegos (firewall), y por tanto es visible desde tanto la Internet pública y la Compañía privada. El rol del proxy es el de presentar a la Internet pública un identificador de capa alta de un destino interno (por ejemplo, el H.323-ID) y luego mapear el tráfico entrante a la apropiada dirección privada interna. Notar que éstas son direcciones IP como contraste al H.323-ID el cual tiene propósito de capa de aplicación.

3.4.5 El Protocolo de Configuración de Host Dinámico (DHCP)

El Protocolo de Configuración de Host Dinámico (DHCP) permite a una PC (o router para ese asunto) el obtener una dirección dinámicamente desde un servidor DHCP. Esto es más o menos un requerimiento en el entorno de las telecomunicaciones, donde los usuarios primero obtienen una dirección IP en la oficina para sus laptops, y luego ingresan (login) desde sus casas. En un entorno ADSL, cuando un suscriptor se conecta a un servicio upstream dado, sea un ISP o una puerta de enlace corporativo, un servidor DHCP suministrará las direcciones.

Un protocolo relacionado es el Protocolo de Configuración IP (IPCP, IP Configuration Protocol), usado muchas veces para proveer direcciones a routers CPE. Aquí el router del suscriptor actúa como el servidor DHCP, mientras el router obtiene un dispositivo para su interface upstream vía IPCP. Usualmente, el NAT es usado para mapear las direcciones asignadas DHCP dentro de la corporación, globalmente encaminables espacios de

direcciones. Un antiguo protocolo, aunque sigue en uso, es BOOTP (Bootstrap Protocol), en el cual muchos de los conceptos DHCP están basados. En cuanto a éste, una diferencia principal es el concepto de arrendar dentro de DHCP, donde un usuario es asignado con una dirección por un período determinado de tiempo. Esto es útil para optimización de direcciones y si muchos usuarios están movilizándose.

3.4.6 El Sistema de Nombre de Dominio (DNS)

Relacionado al direccionamiento IP está el Sistema de Nombre de Dominio (DNS, Domain Name System), un conjunto jerárquico de servidores desplegados a través de la Internet proveyendo una dirección a la resolución de nombre. Consideremos el hostname `www.foo.com`, el que actualmente mapea a la dirección IP `192.31.7.130`. Si los usuarios siempre tuvieran que ingresar la dirección IP, la Internet debería ser de lejos poco amigable al usuario. Esto es especialmente verdad para la Web y el tráfico e-mail. El uso de DHCP podría ser de todo imposible, desde que la dirección del usuario cambia a través del tiempo; asimismo la necesidad para el DNS y un sistema regulado justamente para asignación de dominio.

DNS está basado en el código de ciudades designado por la ITU (.us, .uk, .au, etc.) correspondiendo al más alto nivel de dominios administrados dentro de cada ciudad y un conjunto de dominios de nivel alto adicional (.com, .gov, .edu, etc.) manejados por la InterNIC. Cuando un usuario requiere una conexión a un host como `www.foo.com`, la PC emite un

requerimiento al DNS por defecto, a no ser que el mapeo esté ya resuelto. El DNS debería en todo caso responder o transmitir el requerimiento a una jerarquía superior hasta que alcance al servidor habilitado para responder.

CAPÍTULO IV

INFRAESTRUCTURA

En éste capítulo se detallará la infraestructura end-to-end ADSL. Se describirán los componentes en detalle.

4.1 EQUIPOS DE USUARIOS

Dentro de un despliegue ADSL, el lindero del cliente, sea un negocio o casa, podrá a veces ser apenas tan complejo como el CO (Oficina Central). Éste ambiente contiene la PC del usuario o colección de aparatos también conocido como Equipos Terminales en la nomenclatura del Forum ADSL. Éstos dispositivos se conectan a una Red de Distribución de Lindero o Local (PDN, Premises Distribution Network), a través del cual los datos accesan el módem ADSL, o ATU-R. Éstos luego se conectan al splitter POTS/ISDN y finalmente al enlace local. El Forum ADSL formaliza esto dentro de un Equipo Local del Cliente (CPE) que hace referencia al modelo consistente de una colección de entidades lógicas e interfaces. La figura 4.1 muestra la arquitectura en el local del cliente, una porción del entorno ADSL.

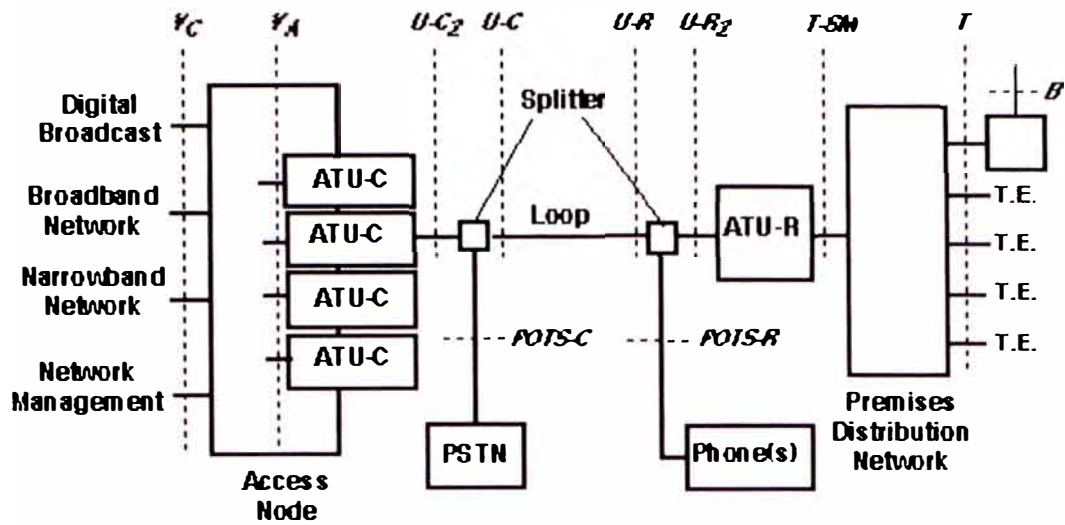


Fig 4.1 Modelo de referencia del Forum ADSL

Volviendo en dirección del enlace al usuario, la primera interfase encontrada es el U-R entre el enlace de cobre y el splitter. Éste splitter presenta una interface POTS-R hacia el conjunto de teléfonos y una interface U-R2 hacia el ATU-R. Normalmente, la conexión entre el splitter y en ambos casos, el enlace y el conjunto de teléfonos, será un RJ11, mientras que hacia el ATU-R será un RJ14 (un cable de 4 RJ11). Aunque el modelo de referencia identifica una interface T-SM entre el ATU-R y una entidad llamada el Módulo de Servicio (SM, Service Module), en casi todas las implementaciones, el ATU-R y SM son lo mismo. Sin embargo, si estos dos dispositivos son separados, la interconexión debería ser una de un número de tipos de interfaces, con RJ45 (implementando V.11) siendo lo más común. Otros tipos de interfaces incluyen TIA-530, X.21, V.24, y X.24.

El componente SM ahora presenta una interface T-PDN (Red de Distribución de Lindero) al edificado Ethernet, ATM25, Bus Serial Universal

(USB, Universal Serial Bus), o red IEEE-1394. Sin embargo, la mayoría de la primera generación de los ATU-Rs ATM/ADSL fueron equipados con ATM25, Ethernet y USB y son esperados para convertirse en lo más común a través del tiempo. Las interfaces seriales como TIA-530, T1, o E1 son también posibles, aunque éstos no han sido implementados desde que se distinguió su pequeño uso en instalaciones en edificación.

El equipo terminal (TE, Terminal Equipment), el cual incluiría PCs y conjunto de aparatos, se conecta a éste PDN. Aunque ésta terminología debería verse compleja, es útil en permitir implementar la estandarización en interfaces y operatividad, y es todo pero invisible al usuario final

4.1.1 Equipo Terminal

El equipo terminal es un término que observamos que aparece en cada modelo de referencia y estándar; un forma técnica de referirse a la computadora (PC, Mac, o estación de trabajo UNIX) o colección de aparatos. En muchos despliegues ADSL de negocios y casas, las PCs predominarán, cualquiera conectada al ATU-R vía un red edificada o donde sea permitido y deseado, integrando la operabilidad del ATU-R en un NIC (Tarjeta de Integración de Red).

4.1.2 PDN

La Red de Distribución Local (PDN) está referida a la tecnología que conecta al equipo terminal con el módem ADSL. La PDN toma muchas

formas, las que incluyen Ethernet, ATM, USB, etc. La elección depende de la mixtura de servicios del usuario, de la elección del proveedor de ADSL, de las interfaces ATU-R, y del entorno de la regulación.

4.1.2.1 ATM

ATM será predominante en aquellos países donde el proveedor de ADSL es dueño de la terminación de red (esto en muchas ciudades Europeas), siendo visionado que ATM25 podrá ser la interface elegida en el futuro. Se rige en una recomendación del Forum ATM.

4.1.2.2 Ethernet

Ethernet es posiblemente la interface más usada por los despliegues ADSL que se centran en Internet, conectando el ATU-R con la PC del usuario, hub, o switch LAN. Esta arquitectura se aplicará tanto donde el proveedor termina un servicio hacia la interface NT, así también en locaciones donde el cliente es dueño del CPE que termina el servicio. Ethernet tiene la ventaja de ser en esto la más común tecnología dentro del entorno de la empresa. Se basa tanto en Ethernet Versión 2.0 o en ANSI/IEEE 802.3, presentando conector 10BaseT o RJ-45.

4.1.2.3 USB

La relativa nueva interface USB (Bus Serial Universal), soportado por al menos cada fabricante de PCs, es una de las razones de su importancia, debido a que es práctico contar con una PC y USB, mientras que se necesita

de una interface adicional para Ethernet. Es usual en el ambiente del hogar. El USB soporta hasta 127 dispositivos y tiene gran uso en conectar dispositivos de baja a media velocidad, como impresoras, scanners, módems, etc. a la PC. Una PC equipada con USB conectará el módem ADSL de la misma forma que Ethernet.

4.1.3 ATU-R (ATU-NT)

Trabajando desde el interior del usuario hacia la red central, después del PDN está el CPE, el dispositivo que conecta las PCs del usuario, workstation, o switch LAN al par de cobre. Éste CPE podrá tomar muchas formas, dependiendo del tipo de usuario, el servicio ofrecido, la elección de la tecnología, y la regulación y entorno del negocio. La figura 4.2 muestra éstos dos entornos, la columna izquierda detalla la opción de terminación pasiva, donde el proveedor de servicio no controla el CPE; el lado derecho detalla las terminaciones activas, donde el proveedor instala un punto de terminación activa hacia la inmediaciones del cliente.

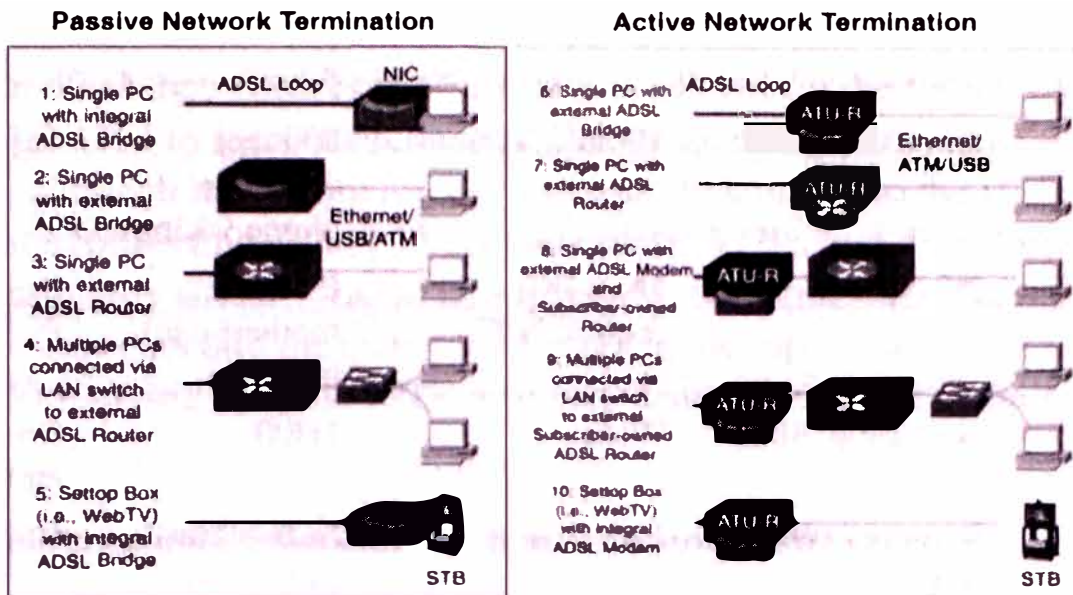


Fig. 4.2 Opciones del CPE

4.1.3.1 Terminación de Red Pasiva

Dentro del entorno de terminación de red pasiva, común en los Estados Unidos, existen múltiples opciones de conectividad. La más simple es mediante una NIC de PC integral usando drivers de Windows o Mac. Notar que nada aquí comanda al discreto NIC de la PC. La operabilidad del módem ADSL debería ser integrado dentro de la tarjeta madre de la PC, permitiendo a la PC conectarse directamente al par de cobre. Ésta última opción es común bajo G.lite, aunque se espera que las PCs estén equipadas en la totalidad de su proporción con ADSL también. En el entorno de una única PC, más opciones sofisticadas incluyen externas capacidades ADSL en bridges (puentes) y routers (ruteadores).

La elección dependerá del servicio ofrecido en cuestión. Si opera como un bridge, el ATU-R no debería contener inteligencia de capa 3, simplemente remapeo y luego segmentar el encapsulado de datos PDN del usuario elegido, dentro de ATM. Por ejemplo, en el caso de un puente Ethernet, el ATU-R deberá remapear el encapsulado de datos Ethernet dentro del puenteo RFC-1483 a través de ATM. El ATU-R es más complejo, aunque más versátil, si es un router. Aquí, no sólo actúa en el re-encapsulado de los datos del usuario, sino también segmenta el dominio de la LAN del usuario desde el proveedor ADSL. Esto es útil en proporcionar una clara demarcación hacia la capa 3, ayuda a evitar la propagación de tráfico de segundo plano puenteado a través del enlace ADSL, y ésta es la razón del porque los routers son los dispositivos que escogen las oficinas del ramo y de telecomunicaciones. Los routers también soportan características de valor agregado como la encriptación, la compresión, tunelización del protocolo, retardo DHCP, e incluso VoIP. En una vasta mayoría de lugares de multi-usuarios, ésta es una opción prevista debido al tema de manejar el espacio de la dirección local. Aquí, el usuario de la Pc deberá ser equipado con interfaces ATM25, Ethernet, o USB, al router o bridge externo. En el SOHO (Small Office and Home Office) o entorno de las oficinas del ramo, las múltiples PCs podrán ser conectadas vía un hub o switch LAN. Finalmente, la capacidad del módem ADSL debería ser incluida dentro del conjunto de aparatos.

4.1.3.2 Terminación de Red Activa

Ahora mirando hacia la terminación de red activa, la más simple arquitectura es donde la PC del suscriptor conecta un módem ADSL externo operando en modo bridge. Esta conexión debería ser vía Ethernet, ATM25, o USB. Un modelo más sofisticado de CPE presenta enrutamiento dentro del módem ADSL. En ambas de éstas instancias, el proveedor es dueño y opera el ATU-R. Alternativamente, el suscriptor debería poseer un router conectado al ATU-R de propiedad del proveedor. Adicionalmente un hub o switch LAN permite múltiples PCs para conectarse al servicio. Paralelamente, la terminación activa también soporta conjunto de aparatos (como Web TV) vía un ATU-R externo.

La pregunta real sería, desde luego, cuando un usuario debería seleccionar terminación de capa 2 o capa 3. Esto depende del tipo de servicio ADSL ofrecido y si la telecomunicación es un factor de política corporativa. El eventual usuario de Internet, en muchos casos con una única PC, usualmente no requeriría capacidad de capa 3. En contraste, el operador de telecomunicaciones debería operar múltiples dispositivos detrás del punto de terminación, cada una con su propia dirección IP. Aquí, un router equipado con una Traslación de Dirección de Red (NAT) probaría su utilidad. Desde la perspectiva de la corporación, un router permite a los usuarios más sofisticados, seguridad y administración de direcciones. Éste modelo tiene cabida, aún si el proveedor de ADSL está ofreciendo

conexiones de circuito virtual ATM punto a punto (VCCs) entre el usuario y la puerta de enlace corporativo.

Ahora mirando hacia un esbozo amplio, el pequeño negocio u oficina del ramo corporativo frecuentemente requieren servicios de valor agregado adicional, como VPNs (Virtual Private Network), implementación de corta fuegos, clarificación de contenido, o manipulación de tráfico. Cualquiera de éstos servicios deberían ser desplegados al CPE, dando habilidad dentro de la organización en cuestión, o hacia el borde de la red del proveedor. La opción final es más aplicable para esas organizaciones sin la habilidad de alojar para manejar los diferentes servicios adecuadamente. Esto no siempre se toma en cuenta en los costos obtenidos de los componentes discretos, costos que deberían ser amortizados a través de muchos suscriptores para el despliegue dentro de la red.

4.1.4 Splitters POTS

El último dispositivo a través del cual la señal ADSL pasa antes de llegar a las inmediaciones del cliente en su camino hacia la CO (Oficina Central), es el splitter POTS/ISDN. Cuando el par de cobre ingresa a la casa o negocio, contiene tanto los datos ADSL como la señal de telefonía en banda base, transportados en diferentes bandas de frecuencia. El splitter divide éstas dos bandas, separando el tráfico POTS o ISDN de los datos ADSL a través del uso de filtros.

El splitter POTS contiene un filtro pasa-bajo (LPF, Low-Pass Filter) que permite que las frecuencias de voz pasen al conjunto telefónico, mientras filtra o elimina la elevada frecuencia de los datos ADSL. Dentro del ATU-R, se debería desplegar un filtro pasa-alto (HPF, High-Pass Filter), ésta vez eliminando las frecuencias bajas. Notar que algunos ATU-Rs integran tanto la operatividad del splitter pasa-alto y el pasa-bajo, mientras G.lite recorre un largo camino hacia la eliminación de la necesidad para los filtros tradicionales. Aquí cortos micro-filtros en línea deberían ser instalados en paralelo con el conjunto telefónico y el jack del teléfono, si es requerido. Aunque el punto central aquí es el splitter POTS, en algunos países, el ADSL debería coexistir con el servicio ISDN residencial. El diseño de éste splitter es en este caso un poco diferente y más complejo porque la señal ISDN ocupa una porción grande del espectro de frecuencia y el filtro debería ser capaz de atenuar la señal de voz en pequeños rangos de frecuencia. En la figura 4.3 se muestra el diseño del splitter, con una combinación de choques, inductores y capacitores.

El diseño y operación de los splitters POTS es probablemente una de las menos comprendidas áreas del despliegue DSL debido al segundo plano que se le da por la mayoría de personas de la interconectividad de redes. Como explicamos, un splitter debería contener un LPF, un HPF, y una etapa de protección a sobrevoltaje.

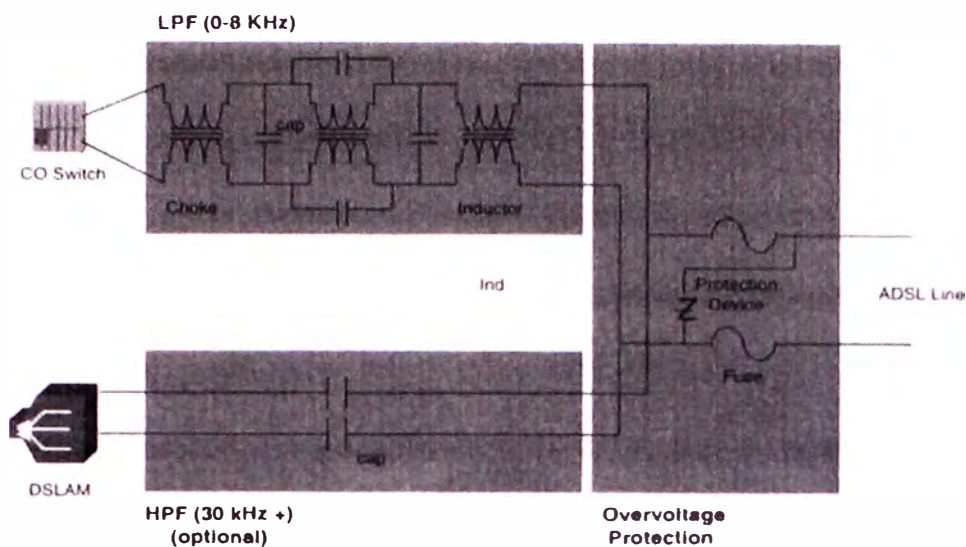


Fig. 4.3 Diseño de Splitters POTS

4.2 EQUIPOS EN PROVEEDORES (OFICINA CENTRAL)

Por encima del lindero del local del cliente, el primer ítem encontrado en la oficina central es el Armazón de Distribución Principal (MDF, Main Distribution Frame) donde el tráfico de banda base POTS/ISDN es separado de los datos ADSL. Éste tráfico de voz es llevado al existente circuito conmutado, mientras los datos entran al rack de módems ADSL, conocido como Multiplexor de Acceso de Línea del Suscriptor Digital (DSLAM). Notar que en éste mismo punto, en el futuro, el DSLAM podrá ser capaz de manipular inteligentemente el tradicional tráfico de voz, consecuentemente presentando una troncal V5 o un TR-303 al circuito conmutado. En oposición a los discretos módems ADSL en el lado del usuario, un típico DSLAM soporta por encima de 64 módems en un chasis. Éste DSLAM multiplexa los datos del usuario dentro de la troncal ATM presentándolo en una función de

agregación local, o alternativamente, para un agregador hacia arriba, alcanzable a través de la red ATM. Dependiendo del servicio ofrecido, el agregador deberá proveer acceso al contenido local y zonas de almacenamiento o simplemente enviar el tráfico hacia la capa ATM o capa 3 a través de red central hacia arriba.

4.2 1 MDFs y Splitters

Como con los splitters de clientes POTS o ISDN, el proveedor deberá también separar el tráfico de voz de los datos, dentro de la Oficina Central (CO). Hacia el CO, el manajo de cobre (cada uno conteniendo de 50-1000 o más pares) terminan en el MDF (Armazón de Distribución Central). Éste rack actúa como conector cruzado de cobre entre el enlace local y la planta edificada permitiendo las reparaciones, troubleshooting, y provisión de usuario. El proveedor tiene ahora dos opciones para el suscriptor ADSL. La primera, y más óptima solución, incluye desplegar splitters adecuando el perfil del MDF, permitiendo que la división ocurra dentro de un único armazón. Si esto no es posible, pares asignados para los suscriptores ADSL se extienden para un splitter colocado con el DSLAM. El tráfico de voz luego retorna al MDF a través de pares adicionales, desde donde posteriormente se envían al circuito de la red conmutada. Ésta opción presenta complejidad de cableado adicional. Notar que una tercera opción es distribuir con splitters enteramente, desplegando ADSL como un servicio de segunda línea u ofreciendo VoIP como un servicio tarifado.

El splitter actual debería ser proveído por el vendedor de equipos DSL, aunque ello es aguardado que un número de proveedores tendrán estandarizado una específica solución de splitter, algunas veces en conjunción con el MDF. Algunos estándares relevantes en el espacio del splitter incluyen el ADSL 97-189, T1-413 publicación 2, y GR1089-CORE. Como presentado en el párrafo previo, la siguiente generación de DSLAMs son esperados para integrar el procesamiento inteligente de voz, permitiendo al proveedor de servicio para distribuirlo con el rack de splitter. Aquí, el DSLAM presentará una interface señalizada T1 ó E1 al existente conmutador PSTN. Esto debería por supuesto implicar que el DSLAM tiene el hardware y software amoldable para proveer servicios de tendido de teléfono, desde que éste estará ahora en la ruta de voz primario.

4.2.2 DSLAM (ATU-C ó ATU-LT)

A la fecha el DSLAM ha recibido una gran cantidad de interés y cobertura dentro de la industria, debido al rol crucial que juega dentro del despliegue ADSL. Éste es también el segmento más concurrido dentro de la industria, con un número de vendedores, tanto grandes y pequeños, compitiendo por un pedazo de lo que es esperado a convertirse en un muy grande mercado en los años venideros. Después de pasar a través del MDF y los splitter de POTS (donde están instalados), los pares de cobre terminan en el DSLAM, y en la mayoría de casos, cada par termina en un módem individual. Ésta aseveración es calificada por medio de “en la mayoría de” debido a que por lo menos un DSLAM implementa una arquitectura de

módem compartido, por lo cual el par de cobre primero pasa a través de la plataforma conmutada, con usuarios asignados para cualquier módem disponible. Esto permite al proveedor implementar sobre-suscripción, en gran medida como el que existe dentro del dial-up Internet.

Dentro de un típico DSLAM (figura 4.4), la tarjeta principal ATM conecta las tarjetas de módem ADSL CAP ó DMT, un principal y opcionalmente redundante procesador de control, y un principal y también opcionalmente redundante módulo de troncal ATM. Los datos ingresan al DSLAM vía conexiones a los splitters POTS y éstos luego son encaminados a cada una de las tarjetas módem. Éstos operan con el procesamiento necesario.

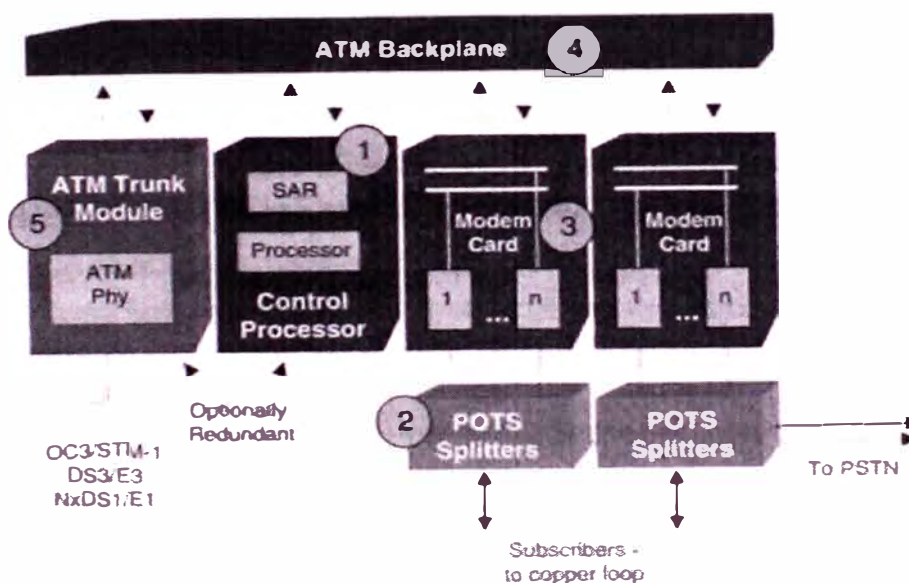


Fig. 4.4 Arquitectura DSLAM

Los datos pasan a través de la tarjeta principal del DSLAM y dentro del módulo de troncal ATM. Éste módulo conecta cualquiera, entre un agregador colocado o una red de acceso ATM. Notar que aquí hay una diferenciación entre acceso ATM y redes centrales. Una red de acceso es localizado entre la terminación de CO (Oficina Central) y un POP, proveyendo transporte de capa 2, mientras una red central está más arriba desde un punto de servicio de capa 3. Si el DSLAM implementa señalización, el tráfico de señalización (que es, VCI=5) pasará al procesador de control. En éste caso el procesador de control jugará un importantísimo papel en establecer el flujo de datos entre la tarjeta del módem ADSL y la troncal. Notar que incluso en los DSLAMs que implementan señalización, el tráfico del usuario no pasará directamente de un módem ADSL a otro, éste deberá primero pasar a través de un agregador o conmutador ATM vía el módulo de troncal.

El módulo de troncal ATM debería ser OC-3/STM-1, DS3, E3, o incluso NxDS1/E1 en pequeñas locaciones de entornos DLC. La cantidad de almacenamiento temporal de datos (buffer) dentro del módem y tarjeta troncal en un DSLAM es también importante si éste está para soportar continuos datos LAN o tráfico en tiempo real. Muchas primeras generaciones de DSLAMs soportaron sólo un único QoS, UBR, frecuentemente presentando un problema para el tráfico del usuario y equipados con un pequeño o inexistente buffer. Uno de los mejor equipados DSLAMs durante éste franja de tiempo brindó adecuado buffer por módem en la dirección de

bajada y subida para manejar cortos períodos de datos continuos. Después, los DSLAMs aparecidos son capaces de soportar múltiples QoSs.

El flujo de datos del gráfico de la figura 4.5, es como sigue:

1. Los datos entrantes y el tráfico de voz de los suscriptores fluye a través del enlace de cobre y a través de los splitters.
2. El tráfico de voz (PSTN) es enviado al switch de voz.
3. El tráfico de datos es enviado a los estantes de concentración.
4. El tráfico de datos es enviado a los módems.
5. El tráfico de datos es enviado al backbone ATM o al agregador local.

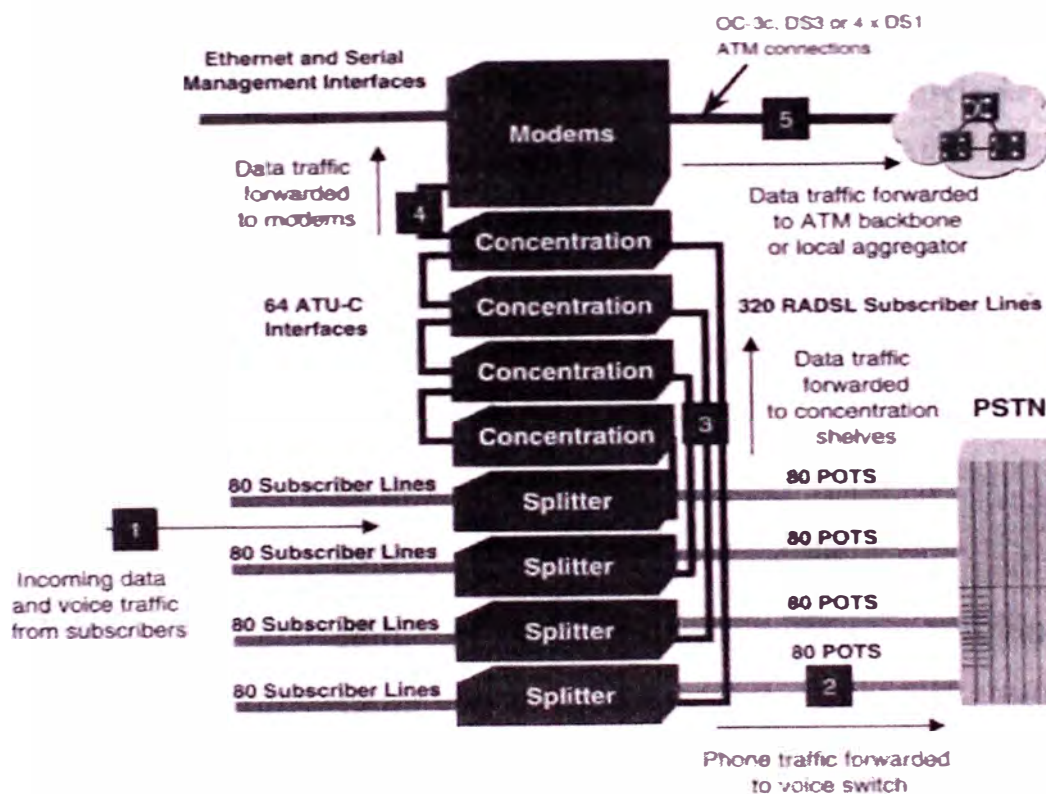


Fig. 4.5 Despliegue DSLAM en la Oficina Central

4.3 AGREGACIÓN

Es el componente vital para permitir al proveedor de ADSL ofrecer un servicio exitoso, o que permita al ISP a participar en tal ofrecimiento. El primer sistema de valor adicional agrega los circuitos virtuales del DSLAM. Si son colocados con los DSLAMs (figura 4.6), algunas veces en un mismo rack, estos sistemas son de propiedad y operados por el proveedor ADSL (ILEC o CLEC). En una red de acceso ATM podría estar también el DSLAM separado del agregador, aunque en éste caso seguirá siendo operado por el proveedor ADSL. También el agregador puede ser operado por un ISP, terminando el proveedor de ADSL, circuitos virtuales.

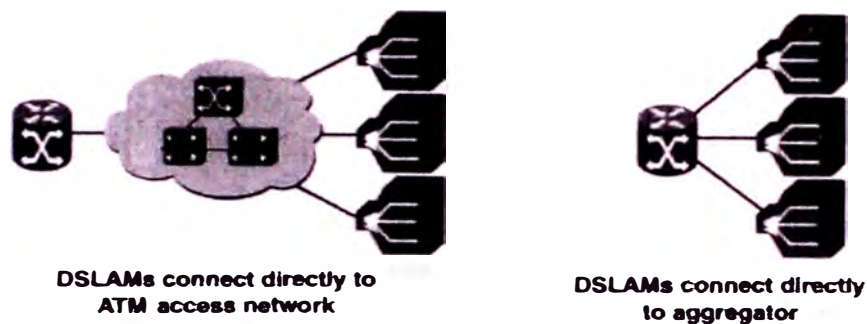


Fig. 4.6 Opciones de Despliegue de Agregadores

Las funciones operativas del agregador incluyen conmutación ATM, terminación PPP dentro de routing, tunneling PPP dentro de L2TP/L2F/PPTP (Layer 2 Tunneling Protocol /Layer 2 Forwarding / Point-to-Point Tunneling Protocol), bridging, y adicional valor agregado como firewaling, VPNs, y Gestión de Tráfico.

4.4 REDES DE CORE Y ACCESO

Parte del entorno de la Oficina Central, se dirige a la red de core MAN o WAN del proveedor. Esta infraestructura, basada en ATM, paquetes, y en algunos casos Frame Relay, provee conectividad a los proveedores ADSL, ISPs y corporaciones. En contraste a una red de acceso, la cual provee conectividad interna al proveedor ADSL, una red del core se ve con entidades externas. La elección de la tecnología del core dependerá del tipo de peering requerido y el ancho de banda requerido para el ofrecimiento de Internet.

4.4.1 Redes de Core y Acceso basados en ATM

Desde que los DSLAMs presentan un enlace activo de ATM, ésta será una tecnología de elección para las redes de acceso de ADSL, conectando remotos DSLAMs al CO upstream del proveedor, o alternativamente, lleva de regreso los VCCs al POP de capa 3 o a otro proveedor. Desde que los VCCs ADSL alcanzan el POP, ellos deben extenderse a través de una segunda red ATM, esta únicamente operada por un ISP o CLEC. La arquitectura empezará a ser común en el futuro.

4.4.2 Red del Core y Acceso basados en Paquetes

Un router de core provee una alternativa a las tradicionales redes ATM actualmente desplegadas. Aunque ATM permanecerá como la tecnología usada a través de los enlaces ADSL, como el ancho de banda IP necesita incrementarse, existe un crecimiento que se mueve en dirección a

troncales IP de los existentes backbones ATM a un infraestructura de router dedicado. En algunos casos, el punto de inflexión es alrededor de 155 Mbps, el mas bajo ancho de banda disponible para PPP sobre interfaces SONET/SDH. A velocidades que exceden los 155 Mbps, y especialmente cuando la Multiplexación de División de Onda de densidad (DWDM, Dense Wave División Multiplexing) entre a tallar, la troncalización dedicada será la solución preferida. Hay que notar que ésta transición se aplica al backbone. Inicialmente, el tráfico de ADSL empezará la transición de ATM a paquete hacia el PoP. Aunque el ancho de banda necesita incrementarse, y los ILECs empiezan a desplegar funcionalidades de agregación dentro de sus redes de acceso, la transición de ATM a paquete ocurrirá hacia el CO conteniendo tanto al DSLAM como al agregador. La figura 4.7 describe ésta transición.

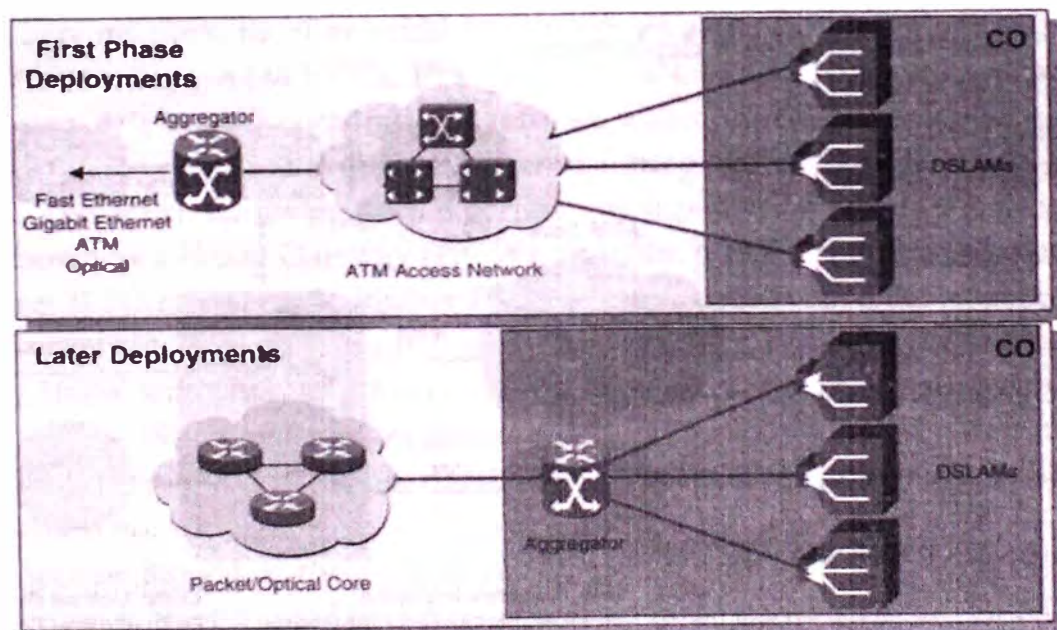


Fig. 4.7 Transición de ATM a Paquete en la Red de Acceso

4.5 INFRAESTRUCTURA DE INTERNET

La actual infraestructura de Internet está basada en múltiples enlaces de fibra en el backbone, soportando transmisiones ATM, SONET/SDH, o DWDM y en velocidades desde OC3/STM1 a OC48/STM16 e incluso OC192. El protocolo IP puede ser llevado sobre una infraestructura ATM o directamente superpuesto sobre SONET/SDH o DWDM. Al mismo tiempo, las tecnologías de acceso de alta velocidad como HFC (Hybrid Fiber-Coax) soportando a los cable modems, líneas alquiladas de alta velocidad, DSL, y wireless son emergentes o han sido desplegadas.

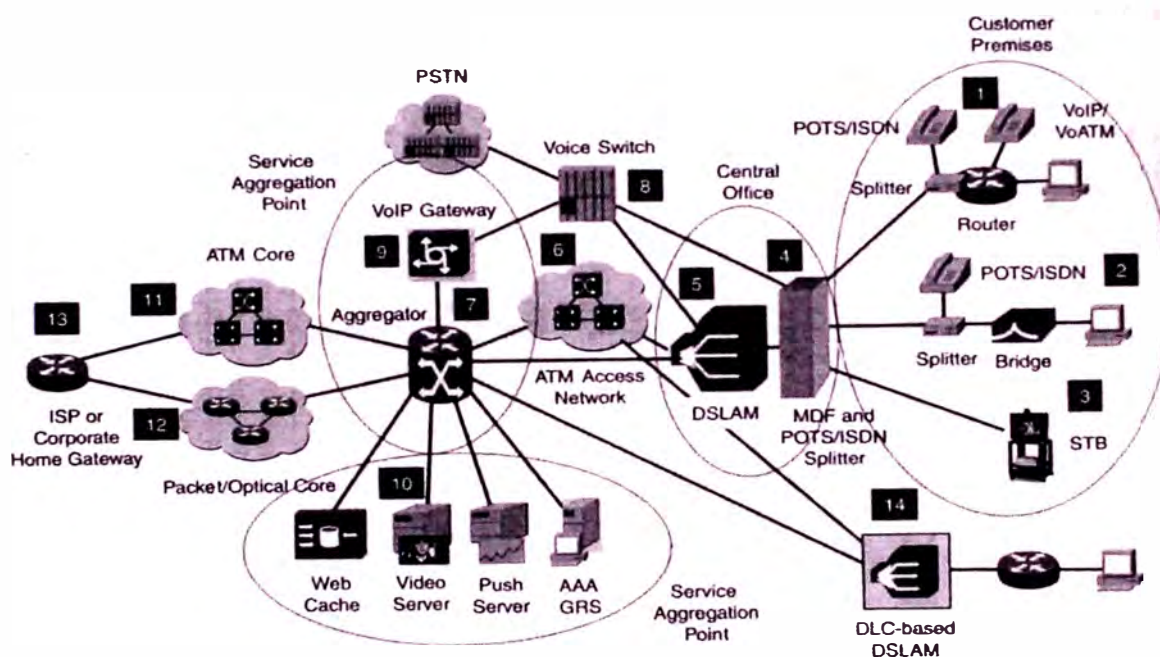


Fig. 4.8 Infraestructura Actual de Internet

En la figura 4.8 se muestra una típica configuración, que consistirá de una PC conectada a un router externo ADSL alimentándose a través de un splitter POTS/ISDN hacia en enlace local (1). El router soportará voz sobre

IP (VoIP) o voz sobre ATM (VoATM) dependiendo de la aplicación. Una arquitectura simple consiste de una PC conectada a un puente ADSL externo (2). Una alternativa es desplegar un conjunto de equipos con un módem ADSL integrado (3). El primer elemento encontrado dentro de la oficina central (CO) es el Armazón de Distribución Central (MDF) (4), el que incluye splitters POTS/ISDN. Aquí, el tráfico de voz es enviado al existente switch de voz (8). Los pares de cobre luego se extienden al Multiplexor de Acceso de Línea del Suscriptor Digital (DSLAM) (5) el cual contiene los actuales módems ADSL. Dependiendo de la carpeta de servicio del proveedor ADSL, el DSLAM puede ser conectado a un agregador de servicio co-localizado (7) o puede enviarse todo el tráfico a través de la red de acceso ATM (6) a un agregador remoto. El DSLAM puede también incluir la capacidad de realmente terminar el tráfico de voz POTS/ISDN, enviando el tráfico a través de una troncal T1/E1 hacia el switch de voz.

Un agregador de servicio, tanto el co-localizado con el DSLAM o en un punto de presencia en Capa 3 (POP), incluye interfaces para varios servidores de aplicaciones y almacenamiento web (10), como conexión a servidores AAA locales o remotos. Éste puede también conectarse a un gateway de VoIP (9) para redes PSTN. El tráfico que parte del agregador fluye a través de la red ATM regional (11) o red de paquetes (12), y finalmente termina en lugares de gateway ISP o corporativo.

En esas locaciones, donde los sistemas del Portador de Enlace Digital (DLC) han sido desplegadas y el proveedor desea ofrecer servicio ADSL, un DSLAM sera colocado dentro de cerco DLC en el vecindario del suscriptor (14), y el tráfico será enviado directamente al agregador de servicio o a través de la red de acceso ATM.

Estos básicos componentes de la arquitectura ADSL juegan un rol vital en la capa de acceso de la siguiente generación de la infraestructura de Internet

4.6 ADMINISTRACIÓN DE RED

Como en todo despliegue de red, la implementación del ADSL requiere una gestión de los componentes que la integran. Esta tarea se complica en las diferentes organizaciones, como los ILECs, CLECs y ISPs, las cuales manejan parte de los elementos de red por separado, situación no presentada si el servicio ADSL es proveído por una sola organización (que es propietaria de una red de banda ancha, y provee la red de acceso y es a la vez un ISP). Asimismo la gestión de red debe ser capaz de configurar adecuadamente los parámetros relacionados con los usuarios del sistema (aprovisionamiento o "provisioning"). Esto último está más orientado a la tarificación del servicio ADSL proveído.

Para facilitar la gestión del despliegue ADSL se utiliza la arquitectura de gestión en capas, de la Red de Gestión de Telecomunicaciones TMN

(Telecommunications Management Network), compuesta por 5 capas: capa del elemento EL (Element Layer), capa de la gestión del elemento EML (Element Management Layer), capa de la gestión de la red NNL (Network Management Layer), capa de la gestión del servicio SML (Service Management Layer) y la capa de la gestión del negocio BML (Business Management Layer).

La capa del elemento (EL) se basa en el manejo de los elementos de red mediante MIBs (Management Information Bases). Las funciones que abarcan son la configuración, troubleshooting y el monitoreo del funcionamiento. Actualmente el MIB de Línea ADSL está estandarizado. La capa de gestión del elemento (EML) consiste de varios sistemas de gestión de elementos suministrados por el vendedor para grupos de elementos de red. La capa de gestión de red (NML) es generalmente proveída por el proveedor de servicio, interactuando con los EMLs del vendedor. La capa de gestión de servicio (SML) incluye interfaces para base de datos del cliente y sistemas de facturación del proveedor. Por último, la capa de gestión de negocio (BML) se extiende a través de la organización entera del proveedor, interactuando con terceras partes donde es requerida.

Los métodos de gestión más usados se realizan mediante el Protocolo de Gestión de Red Simple (SNMP, Simple Network Management Protocol), y las técnicas nuevas basadas en gestores web. Recientemente, una simplificación conocida como el Protocolo de Dispositivo Simple (SDP,

Simple Device Protocol) ha sido propuesta para manejar la comunicación entre los DSLAM y los ATU-R.

Actualmente SNMP es el protocolo más ampliamente usado para la gestión. Se basa en el uso de MIBs (Base de Información de Gestión) los cuales describen los parámetros a ser configurados y monitoreados dentro del sistema. SNMP opera mediante un limitado conjunto de comandos entre la plataforma de gestión y los dispositivos gestionados.

En el caso de las arquitectura basadas en web, el elemento de red es equipado con un servidor http, mientras un usuario en cualquier común browser tiene la habilidad para configurar o monitorear el dispositivo. La aplicación de gestión separada no necesita ser muy complicada. Con una futura integración a una base de datos y funcionalidades disponibles como java, un entorno de gestión basado en web empezará a reemplazar muchas de las capacidades actuales en plataformas SNMP.

CAPÍTULO V

SERVICIOS

5.1 CONEXIONES DE CIRCUITOS VIRTUALES ATM

Mirando atrás, hemos visto que los enlaces locales ADSL se basan en encapsulado ATM entre el CPE (ATU-R) y el DSLAM (ATU-C) en la Oficina Central. También recordemos que el DSLAM presenta una interface de troncal ATM dentro del acceso ATM o red regional. De ese modo, el más simple de los modelos de servicio ADSL, aunque no carente de capacidades avanzadas, se basa en establecer PVCs o SVCs ATM desde un suscriptor a un destino.

Esta topología es en efecto la más común dentro de la inicial producción de despliegues ADSL, dado que el grupo de transmisión que provee el servicio ADSL está usualmente bien cursado en conmutación ATM, mientras las entidades upstream como los ISPs son cursados en routing y servicios de capa alta.

Estos circuitos virtuales ATM usualmente llevan tráfico de redes, terminando hacia entidades de Capa 3, a cualquier punto final del circuito. En un escenario típico, una PC o router CPE encapsula el tráfico de datos vía el RFC-1483 bridging o routing, IP si la red soporta SVCs, LANE o MPOA

si es en el campus (o posiblemente MAN), o PPP en la mayoría de los casos sobre ADSL. Este luego pasa al encapsulamiento de datos dentro de la capa ATM la cual adapta AAL5 IAW y segmentos de datos dentro de celdas ATM.

Dependiendo de los requerimientos de QoS en los datos originales, el PVC o SVC ATM se configurará a VBR-rt (Variable Bit Rate Real Time), VBR-nrt (Variable Bit Rate non-Real Time), ABR (Available Bit Rate), GFR (Guaranteed Frame Rate), o UBR (Unspecified Bit Rate). Alternativamente, el CPE soportará servicios ATM nativos como voz o vídeo. En el anterior caso, el CPE implementa el CES o VTOA ATM, adaptando el tráfico AAL1 o AAL2 IAW antes de generar las celdas y pasar el tráfico dentro de un PVC o SVC CBR o VBR-rt.

El vídeo sobre ATM usualmente se basa en MPEG-2 y tanto en AAL1 o AAL5 (de preferencia). Voz y vídeo sobre ATM fueron brevemente explicados anteriormente, a lo largo de los diferentes métodos de transporte de datos a través de ATM.

La arquitectura centrada en ATM tiene tantas ventajas como desventajas en términos de las posibilidades de servicio, provisión, y uso del recurso.

5.1.1 Ventajas y desventajas sobre ATM

Hacia sus ventajas, el modelo centrado en ATM hace que el enlace local ADSL se vea como sólo otro medio para distribución de multi-servicios ATM. Por ejemplo, un usuario establecerá VCCs múltiples, cada uno con un diferente QoS. Los datos luego atraviesan un VCC, mientras la voz (VTOA) usa otro. Esta deberá ser una razonable arquitectura para una organización grande, donde los centros de operaciones y lugares regionales se conectan vía un ATM nativo a OC-3/STM-1 o DS3/E3, mientras que las oficinas del ramo usan ADSL para el acceso.

Una segunda ventaja del ATM es el soporte de VPNs de Capa 2. Asignando apropiada gestión de red, el engranaje de VCCs sirviendo una organización garantiza seguridad. Para esos insatisfechos con el concepto de seguridad de capa alta como la que se basa en VPNs de Capa 3 vía L2TP, MPLS, o IPSec, ésta es una alternativa.

Sin embargo, basarse en VCCs end-to-end presenta algunas dificultades en términos de gestión de PVCs, asignación de recursos, y si se implementa SVCs, seguridad y accounting (auditoria). Hay que notar que éstos varios temas, descritos más adelante, no difieren de los encontrados dentro de cualquier gran despliegue ATM.

5.1.2 Conexiones Virtuales Privadas (PVCs)

En un entorno PVC end-to-end, el proveedor ADSL provee VCCs entre cada suscriptor y un correspondiente destino upstream. Desde que la mayoría de CPEs ADSL soportan múltiples VCCs a través del enlace, nada impide el aprovisionamiento de más de un PVC al lugar del suscriptor. Una configuración típica incluirá empresas de telecomunicaciones corporativas conectadas a través de la red de transporte ADSL hacia sus gateways corporativos u oficinas del ramo enlazadas a un punto central de operaciones conectado a ATM. En ambos casos, el proveedor de ADSL no tiene rol en los servicios de capa alta excepto el de asegurar que la Capa ATM, incluyendo el CPE, DSLAMs, y switches ATM, soporte adecuadamente cualquier aplicación requiriendo QoS.

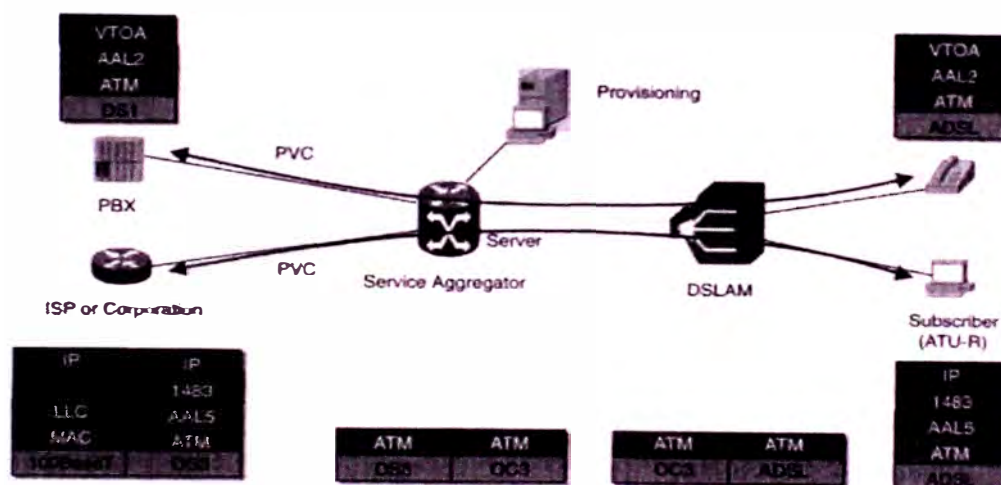


Fig. 5.1 Eventos de Conectividad PVC

En la figura 5.1 vemos el escenario típico, donde el CPE segmenta los datos del usuario dentro de las celdas ATM, transporta éstas celdas dentro del red ADSL y luego las reensambla a su destino final.

El problema en confiar en PVCs es relativo al aprovisionamiento. A diferencia de los despliegues ATM basados en PVC, con tal vez cientos de puntos de terminación, los despliegues ADSL pueden soportar decenas de miles de suscriptores. Y, a diferencia de muchos despliegues ATM actuales, el entrevero está esperado para ser grande.

Consideremos un suscriptor que primero se conecta a un ISP y luego a otro. El proveedor ADSL debe reaprovisionar el PVC cuando esto ocurra, incurriendo en costos adicionales. Éste es un principal elemento hacia una demanda para el modelo de comercialización de Internet basado en tunneling PPP. En todo caso, incluso con herramientas de aprovisionamiento escalables, la gestión se convierte en un asunto.

Un punto de vista alternativo es que las redes Frame Relay tienen ya exitosamente dirigidos esos asuntos de escalabilidad. El siguiente tema es con la conectividad en sí misma. Los PVCs permiten sólo conexiones punto a punto, de tal forma que en algunos casos, todo el tráfico fluye de un punto de la red a otro. Ésta puede o no puede ser una situación ideal. Bajo una arquitectura de PVC, el proveedor ADSL establece uno o más VCCs desde el suscriptor. Inicialmente éste será UBR, debido a las limitaciones en la

gestión del tráfico en los DSLAMs y CPE, pero no excluyen del aprovisionamiento de CBR, VBR, GFR, e incluso ABR en el futuro. En estos casos, tanto el ATU-R como el DSLAM deberán soportar las diferentes categorías de servicio ATM.

5.2 PROTOCOLO PUNTO A PUNTO (PPP)

Aunque los VCCs ATM están en un punto de empiezo en términos de despliegue de servicio, los proveedores y usuarios requieren arquitecturas de servicios más sofisticados para el Internet efectivo y la conectividad corporativa. En adición, el usuario promedio no requiere la presencia de un servicio PVC o SVC ATM, requieren la conectividad a Internet end-to-end, un IP-UNI (interface de red del usuario).

Por ésta razón, los VCCs ATM proveídos por el proveedor de transporte ADSL (el ILEC o CLEC) son realmente aquí sólo para soportes de PPP y bridging end-to.end ofrecidos por sus socios ISPs. Aunque los servicios de puenteo (bridged) predominaron durante la última parte de 1998 y en el empiezo de 1999, varios de éstas están empezando una transición a PPP la cual formará el volumen de futuros despliegues.

Las ventajas de basarse en PPP en el ámbito DSL son equivalentes a los del ámbito dial. Estos incluyen:

- Autenticación por sesión basado en PAP (Password Authentication Protocol), CHAP (Challenge Handshake Authentication Protocol), o sistemas de token-card.
- Opcional auto-configuración de direcciones de Capa 3 vía DHCP.
- Establecimiento de sesiones concurrentes múltiples (tanto vía separación de VCCs ATM o multiplexación vía PPP sobre Ethernet).
- Transparencia a protocolos de Capa 3 (aunque IP es de hecho el más dominante).
- Encriptación y compresión por sesión.
- Facturación por sesión, vía interacción con servidores RADIUS (u otros).

Otras arquitecturas como la RFC-1483 (bridging) o incluso el routing convencional desde el CPE ofrecen sólo un sub-conjunto de éstas capacidades en su despliegue más básico.

PPP fue primero estandarizado dentro de la IETF en el marco de tiempo de 1989 (RFC-1331) y provee un método estándar de encapsulado de protocolos de capa alta, a través de conexiones de líneas alquiladas y enlaces de acceso. Aunque basados en la estructura de paquete HDLC, extiende su estructura con un protocolo de 16 bits conteniendo información como el contenido del paquete. Este paquete contendrá tres tipos de información, las que siguen:

- El primero es el Protocolo de Control de Enlace (LCP, Link Control Protocol), el cual negocia parámetros de la sesión, como el tamaño del paquete o el tipo de autenticación.
- El segundo tipo de paquete consiste de tramas de control para protocolos de capa alta, usados para determinar que el receptor pueda en efecto soportar los tipos de IP, IPX, o DECnet. Esto es conocido como un Protocolo de Control de Red (NCP), y en el caso de IP, el protocolo usado es el Protocolo de Control de IP (IPCP). Éstas tramas también negocian cualquier parámetro específico de protocolo. Hay que anotar que cada protocolo de Capa 3 tiene un protocolo de control específico usado para éstas operaciones.
- Finalmente las tramas de datos conteniendo los actuales datos del usuario.

PPP sobre ATM (RFC-2364) constituye bajo las lecciones aprendidas en desplegar PPP sobre redes basadas en tramas. Cuando es aplicado en ATM coloca algunas restricciones bajo la red ATM. Solamente AAL5 es aplicable, y los PVCs y SVCs soportan sólo operación punto a punto (conexiones multipunto no son soportadas).

El CPE encapsula los datos del usuario basado en el VC-mux mapeo LLC (Logical Link Control) primeramente definidos en el RFC-1483 (como se

describe en la figura 5.2). En la mayoría de los casos, el encapsulado VC-mux es preferido por un número de razones. Primero, dado que el VCC ATM está dedicado para una única sesión PPP, las capacidades QoS del VCC deberá alinearse con los requerimientos de la aplicación. Seguidamente, la seguridad en la sesión PPP se aplicará a todo el tráfico a través del VCC, eliminando los requerimientos para adicional seguridad de la capa ATM. Finalmente, si el VCC ATM es usado sólo para el transporte PPP, la adicional cabecera LLC-SNAP (Logical Link Control - Subnetwork Access Protocol) no es requerida. Esto reduce la cantidad de procesamiento hacia puntos finales de la conexión. Sin embargo, si el proveedor implementa servicio de redes Frame Relay dentro de la red (tal como para comunicarse con CPE basados en tramas, tanto ADSL y no ADSL), sólo LLC es aceptable.

Si PPP sobre ATM es usado en conjunto con SVCs, la extensión del octeto Q.2931 B-LLI especifica un valor IPI de 0xCF, que indica PPP. El agregador de servicio, si funciona en modo de terminación PPP, despoja la cabecera PPP sobre ATM desde los datos del usuario y los envía como tráfico encaminado. Alternativamente, el agregador puede basarse en tunneling, MPLS, o IPSec para el transporte del tráfico a un punto de terminación upstream.

Re-usando PPP, como el desplegado dentro de servicios dial de Internet, ATM habilita un número de modelos de servicio. Éstos pueden ser

divididos dentro de dos clases. La terminación PPP provee acceso general dentro del core Internet, mientras que un conjunto de servicios basados en políticas de routing (PTA, L2TP, IPSec, e incluso MPLS) ofrecen acceso VPN a ISPs y gateways corporativos.

Hay que anotar que ninguno de éstos modelos de servicios requieren SVCs, como los basados en mecanismos de Capa 3 para establecer dinámicamente sesiones de usuario. También relevantes son los varios métodos de extender la sesión PPP a través del segmento Ethernet del suscriptor a las PCs. Esto incluye PPPoE (PPP over Ethernet), BMAP (Broadband Modem Access Protocol), y varias formas de tunneling (re-usando encapsulados tal como L2TP y PPTP).

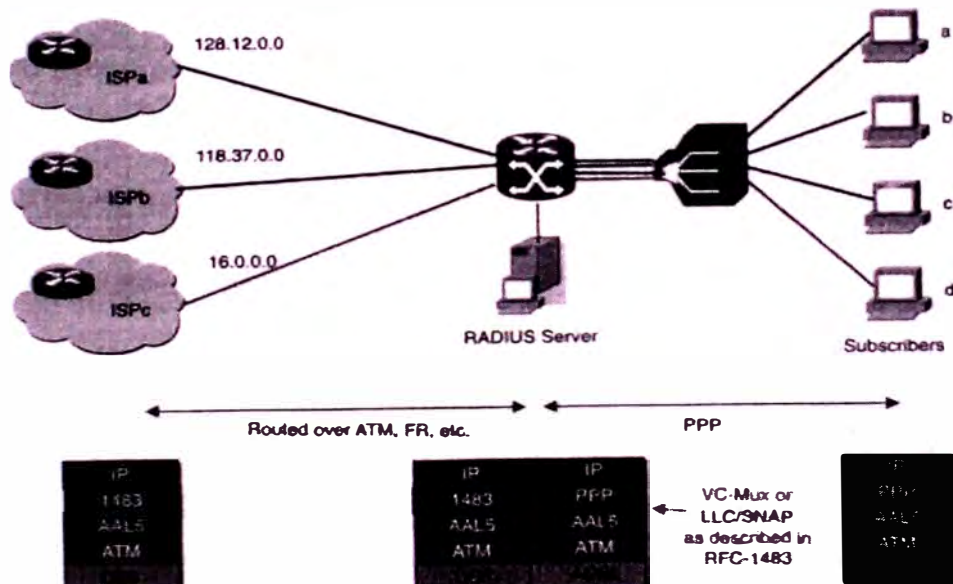


Fig. 5.2 Arquitectura PPP

Relevante a las arquitecturas tanto VPN como no VPN, es la interconectividad de red de Capa 3 y el QoS ATM. Esto es crítico en habilitar soporte para aplicaciones en tiempo real y requiere cuidadoso diseño de red, lo mismo que soporte para éstas redes dentro de los varios elementos de red. Por ejemplo, un ISP puede definir categorías diferentes de usuarios, algunos con acceso a servicios en tiempo real, tal como VoIP, y algunos con acceso para esfuerzo mejorado solamente. Cuando un usuario en la categoría anterior se autentifica en un servidor AAA, éste servidor podría pasar un atributo al agregador mapeando el tráfico del usuario para un elevado IP antecedido o dentro de un VCC ATM con un elevado QoS. Esto podría dar al suscriptor en cuestión una alta prioridad dentro del backbone de servicio.

5.3 VOZ

Paralelo a los varios modelos de servicios de datos, está el requerimiento para soportar voz a través de la infraestructura ADSL, un área en investigación dentro del Forum ADSL. Aquí hay muchas maneras para soportar éste servicio dependiendo del modelo de negocio del proveedor de servicios, tanto si el cliente es residencial o empresarial, y el tipo de CPE y la infraestructura desplegada.

Las opciones incluyen splitters de voz análogo, Voz sobre ATM (VTOA), y Voz sobre IP (VoIP). Todas éstas tres opciones existen, y en efecto, el ofrecimiento de servicio deberá consistir de más de una. En

adición, incluso despliegues de splitters de voz a través del enlace ADSL no imposibilitan la interconexión de redes hacia VTOA o VoIP dentro de la oficina central.

Los splitters son actualmente el método más común para distribuir voz al suscriptor, y la capacidad de ADSL para soportar el tráfico de telefonía tradicional en la banda base es un punto vendedor mayor.

En muchos casos, éste tráfico de voz ingresa al MDF dentro de la Oficina Central y es luego derivada al switch PSTN existente (tal como 5ESS). Alternativamente, el proveedor deberá desplegar una infraestructura de core ATM o centrado en IP, el cual elimina la necesidad por el switch. En éste caso, un dispositivo de red adecuado podrá convertir el tráfico de voz análogo (o ISDN) a tanto ATM o IP para el transporte a través del backbone.

En el caso de ATM, la requerida capacidad existe hoy, mientras que la necesaria inteligencia dentro de dispositivos IP (tal como MGCP y SS7) debe ser ampliamente disponible en los años venideros.

La siguiente opción soporta voz en banda, dentro del flujo de datos ADSL, usando VTOA o VoIP. En el caso de VTOA, adecuados equipos CPEs ADSL convierten el tráfico de voz análogo a AAL1 o AAL2 para el transporte a través del enlace de ADSL. Por supuesto, el CPE (ATU-R)

deberá incluir el queuing (cola) necesaria para proveer soporte QoS al tráfico de voz.

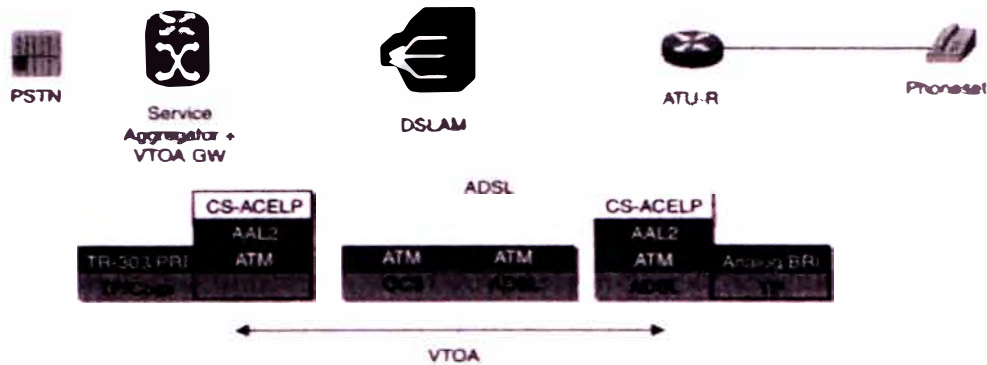


Fig. 5.3 Voz sobre ATM

El DSLAM y el agregador deberán también soportar QoS ATM. Hacia el agregador, los VCCs llevarán el tráfico de voz estando tanto troncalizado a una unidad de red externa o, alternativamente, convertida a los tradicionales troncales de voz T1/E1 para interconectividad de red dentro de la PSTN. Otra opción es la de convertir el VTOA a VoIP dentro del agregador.

Probablemente la arquitectura más interesante está basada en VoIP. Aquí, el CPE convierte el tráfico de voz análogo a VoIP, enviándolo sobre el enlace ADSL hacia el agregador. Tanto como VTOA, el CPE y DSLAM deberán proveer el requerido soporte QoS. La solución más probable es llevar el tráfico de VoIP sobre un separado VCC, almacenado (buffered) separadamente en el ATU-R y dentro del DSLAM.

Hacia el agregador, el tráfico de voz es tanto enviado dentro del backbone de VoIP o convertido a troncalización T1/E1 para redes PSTN. En cada caso, la red del proveedor soportará la necesaria gestión de llamada e inteligencia. Éste es el rol de MGCP dentro de la unidad de red, de largo con el soporte SS7 para señalización de llamada. En la figura 5.4 se describe un servicio VoIP end-to-end.

Tomando la integración de voz como un paso a fomentar, algunos vendedores han propuesto una arquitectura de DSLAM de nueva generación en la cual tanto los datos ADSL y la voz análoga terminan en la misma tarjeta de línea. Interfaces upstream incluirán troncales ATM para los datos y uno o más enlaces T1/E1 para el tráfico de voz.

Adicional versatilidad podrá ser habilitada para proveer las tarjetas de línea con conversión VoIP en la placa., aunque esto implicará funcionalidad de capa 3 en el DSLAM. Hay que notar que un problema potencial con esta integración estrecha de datos y tráfico de voz, es el estado de la regulación relativo a cuales proveedores ofrecerán que tipos de servicios. Por ejemplo, una eventualidad podrá ser que los servicios DSL sean operados por componentes CLEC de las RBOCs, prohibidos de ofrecer servicios de voz. Esto podrá imposibilitar voz analógica e interconectividad de redes de VoIP.

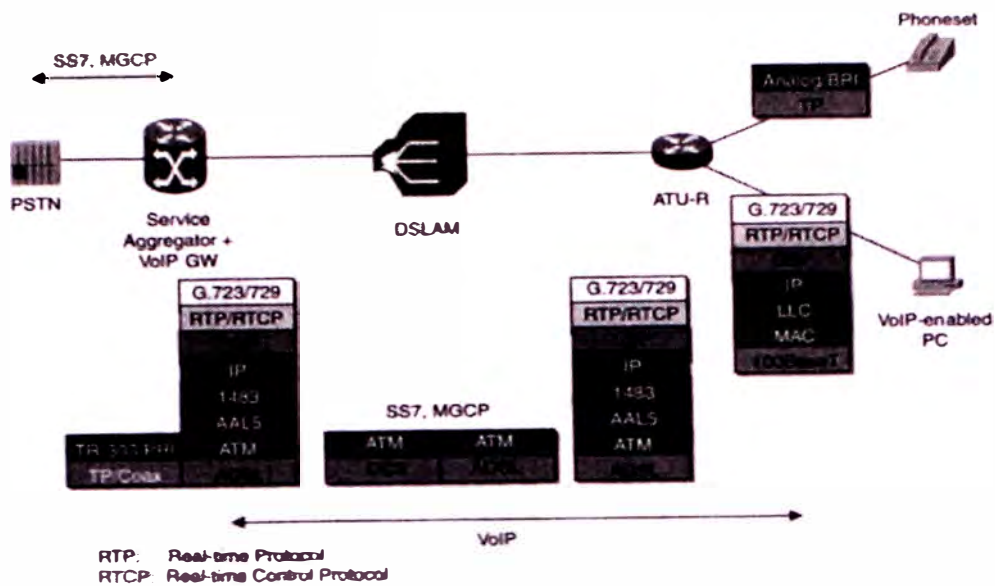


Fig. 5.4 Voz End-to-End de VoIP

5.4 VÍDEO

El transporte de vídeo a través del enlace ADSL, tanto basado en IP como encapsulado en MPEG-2 directamente sobre ATM, es una posibilidad tan interesante de servicio, como el transporte de voz. La formada solución basada en IP es realmente un especial caso de alguno de los modelos de transporte descritos anteriormente, pero éste impone diferentes requerimientos QoS sobre la red (en la misma forma como VoIP demanda algún garantía en QoS).

Viendo primero hacia el vídeo IP, existe un servidor MPEG-1 unicasts o multicasts y en algunos casos de vídeo MPEG-2. Si éste vídeo sobre IP es un servicio especial, el proveedor aprovisiona un VCC separado desde la

fuentes de contenido o agregador al suscriptor (como se muestra en la figura 5.5).

El DSLAM y ATU-R a lo largo del trayecto ahora provee éste VCC con el necesario QoS para soportar el vídeo stream (vídeo sobre demanda). Hay que notar que el servidor de vídeo no necesitó estar conectado a ATM. Si está conectado a FE (fast Ethernet), por ejemplo, el agregador solo necesitará conocer cual conjunto de VCCs del suscriptor están par recibir la señal.

Aquí, el agregador soporta multicasting, con sólo un poco de flujo de vídeo corriendo sobre la FE entre el servidor de vídeo y el agregador. El número de flujos discretos podría depender de en como el servicio esté pre-programado, Cercano al vídeo en Demanda (NvoD, Near-Video-on-Demand) donde el contenido específico es periódicamente proyectado (por ejemplo, cada 15 minutos), o verdadero VoD (Video on Demand).

En contraste al vídeo basado en IP, la industria de la radiodifusión prefiere el encapsulado directo de MPEG-2 sobre ATM, siguiendo la adopción de MPEG-2 dentro de la industria, como la codificación del cambio para la televisión digital y DVD.

En un escenario de implementación, el servidor de vídeo es conectado a ATM, con un único PVC abarcando desde el servidor a la PC o

STB sirviendo a cada suscriptor. Más adelante, los SVCs entrarán al juego, de ese modo esquivando la necesidad de la pre-provisión de conexiones del suscriptor. Una optimización adicional de éste servicio de vídeo ATM se basa en un único VCC pt-mpt (punto a multipunto) para la distribución de vídeo a múltiples suscriptores. Esto de paso requiere control adicional dentro de la red.

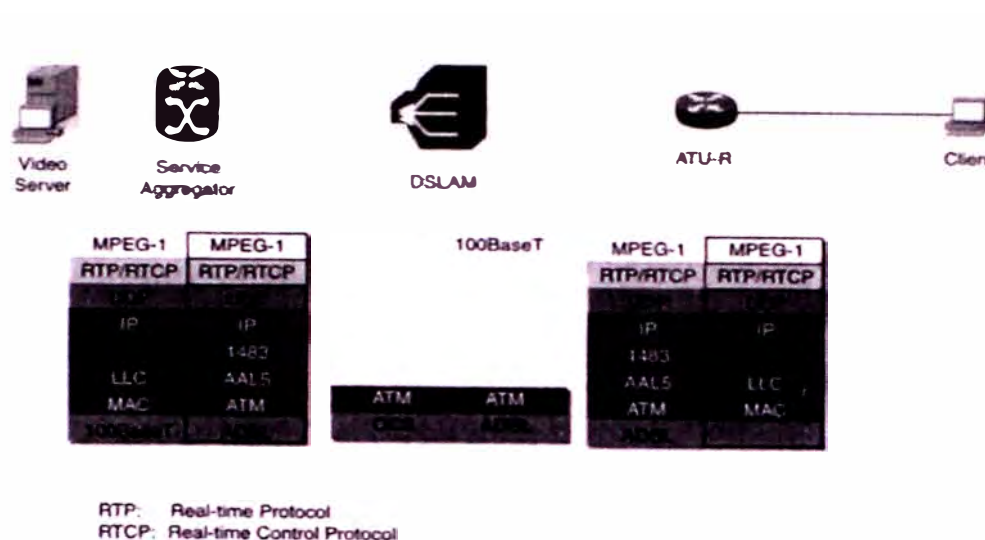
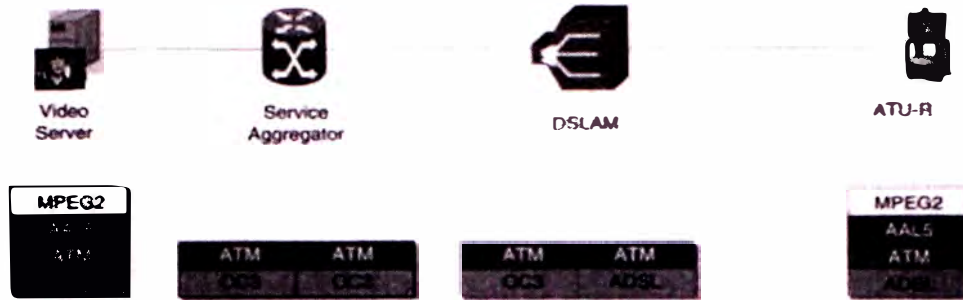


Fig. 5.5 Vídeo ATM MPEG-1

Como con el vídeo IP, el agregador, DSLAM, y CPE deberán priorizar apropiadamente los VCCs MPEG-2 en relación a cualquier otro esfuerzo mejor de VCCs en uso. La figura 5.6 describe ésta arquitectura.



Notes:

IP-based control plane is not depicted
 MPEG2 in IP encapsulation also possible across AAL5

Fig. 5.6 Video ATM MPEG-2

CAPÍTULO VI

ESCENARIOS DE IMPLEMENTACION

Este capítulo presentará ejemplos de configuración como aplicaciones y servicios visibles al suscriptor.

6.1 ACCESO A INTERNET RESIDENCIAL Y CORPORATIVO

En éste escenario un ISP quiere desarrollar conectividad a Internet, a través del servicio ADSL operado por el ILEC local.

Para ello el ISP deberá pactar con el ILEC que proporciona el servicio ADSL para ofrecer servicios de Internet para tanto suscriptores residenciales y de empresas. Aunque el tipo de CPE y encapsulado de datos soportado dependen del DSLAM desplegado, en este caso el RFC1483 bridging y routing así como PPP sobre ATM son todos soportados en el encapsulado del acceso del suscriptor.

Esto permite que el ISP conozca mejor las necesidades de los diferentes clientes. El ILEC distribuye los PVCs del suscriptor mediante una troncal ATM. El ISP termina éste enlace en un Shasta Networks Service Selection Gateway (SSG-5000), un agregador de servicio, y encamina todo el tráfico del suscriptor dentro de su backbone. Terminando todos los PVCs

hacia el agregador minimiza un tanto el número de VCCs que viajan por el backbone del ISP (en éste caso Shastanet).

En la figura 6.1, el ILEC despliega los DSLAMs dentro de la Oficina Central (CO) a lo largo del CPE ADSL. Hay que recordar que la elección del CPE depende de la elección del DSLAM. Los DSLAM en cambio se conectan a una red de acceso ATM, la cual permite al ILEC combinar los PVCs desde el DSLAM dentro de una única troncal de terminación hacia el ISP. Ésta troncal se conecta al agregador de servicio de Shastanets.net, localizado en el POP del ISP.

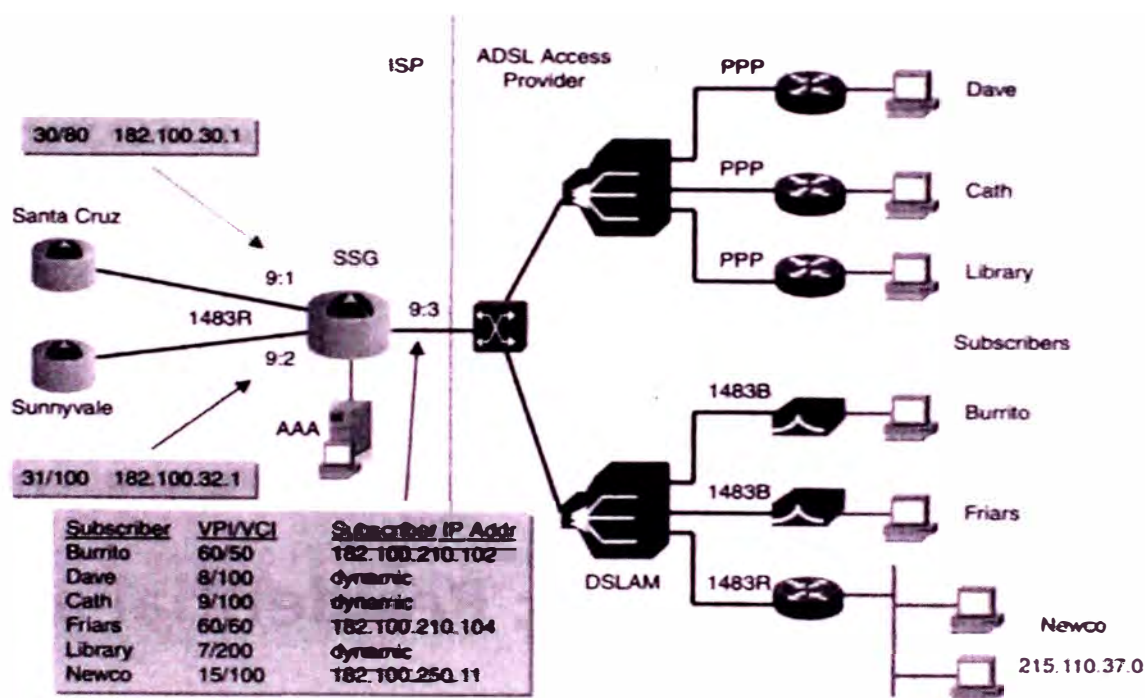


Fig. 6.1 Topología de Agregación

Una interface en este agregador conecta al proveedor de ADSL, mientras otras dos se conectan al backbone del ISP. Los suscriptores

residenciales y empresariales se conectan al servicio ADSL del ILEC, con sus PVCs enviados al agregador de Shastanet.

Aquí el ILEC despliega dos tipos de DSLAMs, uno soportando ATU-Rs en modo bridge y el otro soportando routing. Pequeñas empresas se conectan a los ATU-Rs en modo bridge mediante routers externos.

6.2 PPP SOBRE ETHERNET

En éste escenario, el suscriptor residencial requiere el servicio ADSL para conectar sus PCs, pero separándolas en dos grupos: Una conectado a una puerta de enlace corporativa y la otra a un acceso a Internet. Obviamente, la solución es bastante simple de implementar para tanto el proveedor DSL y el suscriptor.

PPPoE fue desarrollado por el Forum ADSL en 1998. Se basa en el soporte dentro de la PC, así como también dentro del agregador. Por otro lado, una alternativa a PPPoE es el crear un túnel PPTP entre la PC y el ATU-R. Los sesión PPP de los usuarios son llevados dentro de éste túnel al ATU-R, donde el túnel termina y la sesión PPP es enviada sobre el enlace ATM/ADSL al agregador de servicio. Ésta arquitectura es soportada como parte del entorno operativo Microsoft 98 y por al menos un vendedor de ATU-R: Speed Touch Home de Alcatel.

El agregador de servicio despoja el encapsulado PPPoE, autentifica cada usuario dentro grupo familiar del suscriptor IAW del modelo de tunneling L2TP y envía el tráfico sobre la apropiada conexión upstream para cualquiera entre la corporación o al ISP.

La figura 6.2 muestra dos PCs del suscriptor que se conectan al ATUR mediante un hub. El tráfico fluye a través del enlace local, a través del DSLAM, y dentro del agregador de servicio SSG-5000. Desde el agregador, el tráfico PPP fluye a través de la red regional ATM a tanto la corporación como al ISP. El cliente debe instalar el cliente PPPoE RouterWare en cada una de sus PCs y con este aplicativo seleccionará múltiples sesiones PPPoE.

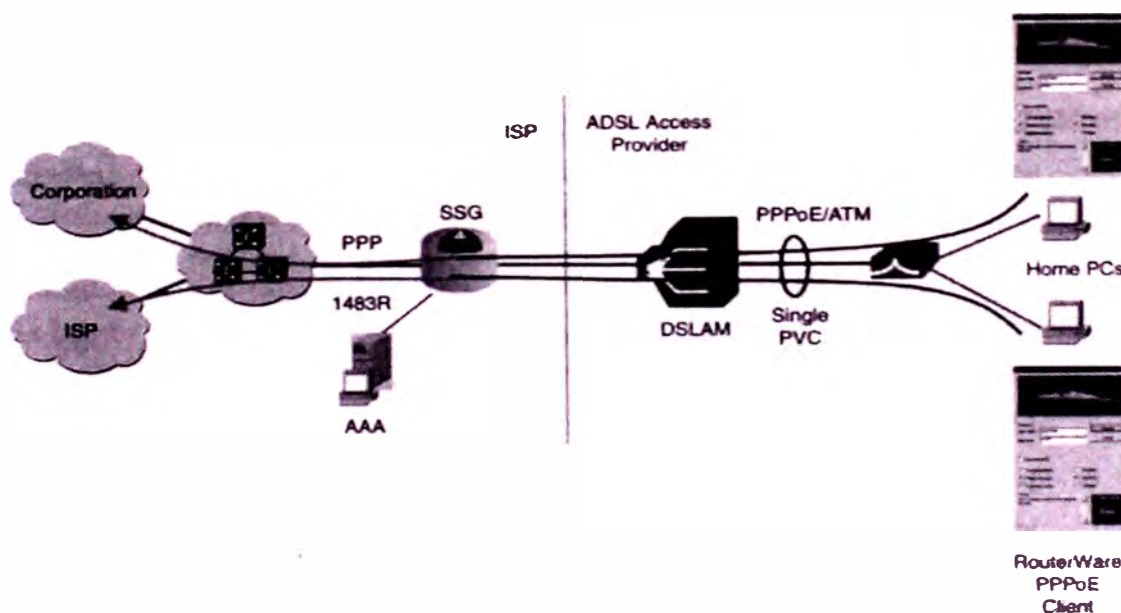


Fig. 6.2 Topología PPP sobre Ethernet

6.3 ACCESO A INTRANET CORPORATIVA

En este escenario las telecomunicaciones corporativas deben acceder a su Intranet corporativa en forma segura, mediante las facilidades de un proveedor ADSL. Idealmente, ellos podrían ser capaces de tener acceso a los recursos compartidos de un proveedor de servicio ADSL, en vez de requerir dedicados VCCs ATM, como en el primer ejemplo.

El proveedor deberá implementar un servicio VPDN, un tunneling seguro a la sesiones PPP del suscriptor desde el agregador de servicio del proveedor actúa como un Concentrador de Acceso L2TP (LAC, L2TP Access Concentrator) al servidor de Red L2TP (LNS, L2TP Network Server) corporativo del suscriptor. La sesión del suscriptor es colocada en el apropiado túnel L2TP mediante autenticación de dominio con el servidor AAA del proveedor de ADSL (figura 6.3).

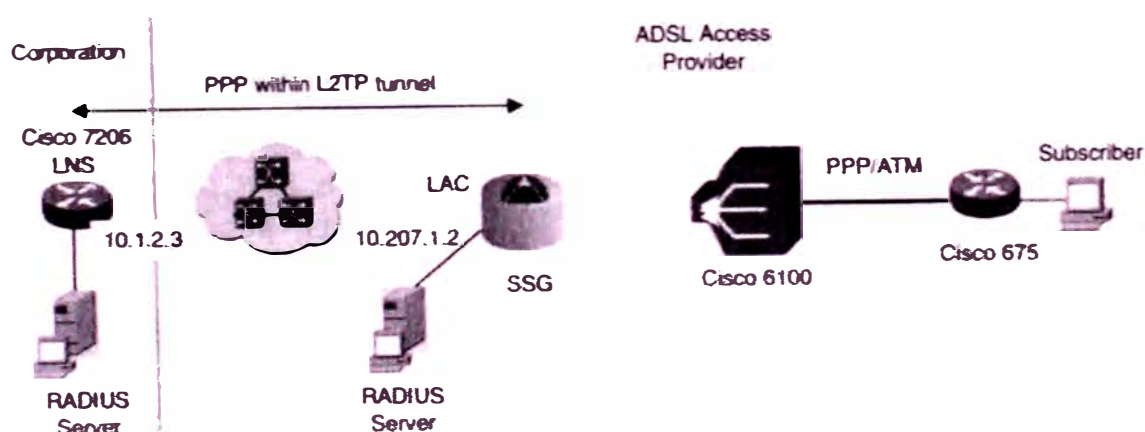


Fig. 6.3 Topología PPP/L2TP

El suscriptor está equipado con un router ADSL de telecomunicaciones, capaz de encapsular PPP. El proveedor de ADSL opera el DSLAM, el LAC, y un servidor RADIUS. La corporación despliega un router capaz de operar como un LNS. Aquí el router CPE es un cisco 675, el agregador de servicio es el Shasta SSG-5000, y el LNS es un Cisco 7206. La configuración del router CPE es idéntico al primer ejemplo (con la excepción de las direcciones IP).

6.4 CONECTIVIDAD A EXTRANET CORPORATIVA

En éste ejemplo, mostramos una segunda forma de VPN, la Red Encaminada Privada Virtual (VPRN, Virtual Private Routed Network), que permite lugares dentro de una corporación para comunicarse seguramente a través de la infraestructura compartida. Hay que notar que el tipo de VPRN inicializado por el CPE ha existido como parte de los servicios de routers de gestión por años.

En éste existente despliegue, los routers CPE, dedicados a un único cliente, se conectan al core Frame Relay o ATM, usando ésta arquitectura, cualquier encaminamiento jerárquico requiere tráfico para emigrar la nube del proveedor hacia el lugar del suscriptor, o más comúnmente, para emigrar a un router dedicado por el cliente, proveído por el router gestionado del proveedor de servicio. Ambas soluciones son sub-optimas en términos de costos de encaminamiento y hardware.

Aquí, un VPRN basado en la red está proveída por el proveedor de servicios. El suscriptor despliega un CPE simple, con el agregador de servicio tomando la responsabilidad de mantener separadas tablas de envío por suscriptor. Los enlaces a través del backbone del proveedor son seguras mediante IPsec.

En éste ejemplo, un suscriptor requiere una conectividad segura entre las oficinas del ramo conectadas a DSL y un pequeño número de sitios corporativos conectados a ATM. Éste requerimiento también existe para las oficinas del ramo que tienen directa conectividad a Internet sin tener que atravesar uno de los sitios centrales (figura 6.4).

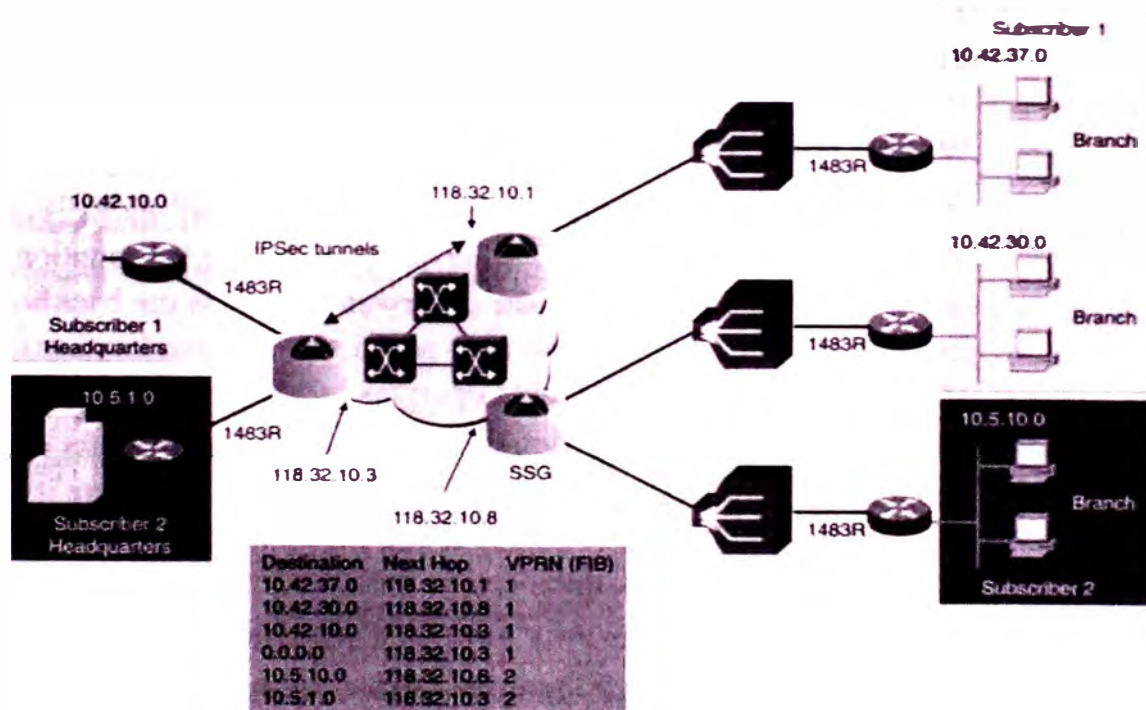


Fig. 6.4 Topología VPRN

6.5 VOZ SOBRE IP

Un usuario residencial que desee usar la conexión ADSL para tráfico tanto de voz como de datos, requiere los servicios del ISP para el transporte de voz.

El proveedor de ADSL despliega módems ADSL para integrar tanto interfaces Ethernet como POTS, el último para convertir el tráfico de voz en VoIP. Éste módem implementa los mecanismos de QoS necesarios para priorizar el tráfico de VoIP adecuadamente, transmitiéndolo sobre un separado VCC VBR-rt ATM.

Hay que notar que el uso de un separado VCC para el tráfico de VoIP es actualmente un requerimiento, desde que el DSLAM debe sólo priorizar tráfico hacia la Capa ATM. El DSLAM podría no poder priorizar el tráfico dentro de un único VCC ATM (figura 6.5).

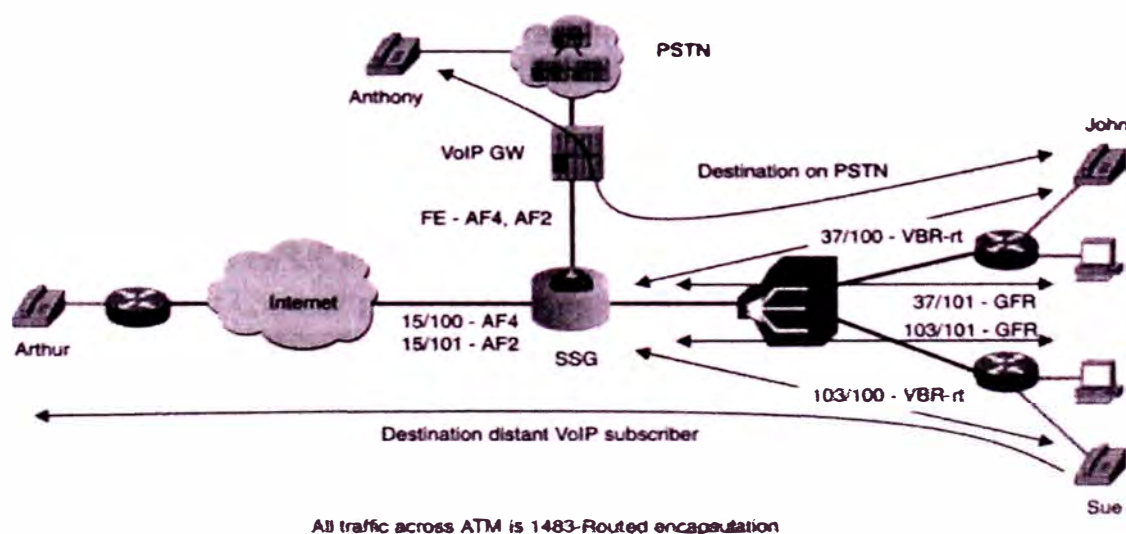


Fig. 6.5 Topología VoIP

6.6 VÍDEO STREAMING

Aquí el ADSL ofrece ancho de banda suficiente para soportar video streaming. Un ISP se da cuenta de ésta oportunidad de ingreso, y colabora con un proveedor de contenido para desplegar video streaming de alta calidad (MPEG-2) a un sub-conjunto de suscriptores base. Este servicio, en efecto, reemplazará a las tiendas de vídeo usuales. Hay que notar que ésta aplicación es diferente del existente video streaming basado en web sobre IP en calidad MPEG-1 y menor.

El ISP deberá colocar un servidor de vídeo (por ejemplo el NetShow de Microsoft) con el agregador de servicio. Los usuarios establecen en demanda VCCs ATM entre el servidor de contenido y sus PCs para el tráfico de vídeo. La figura 6.6 muestra una topología de vídeo streaming.

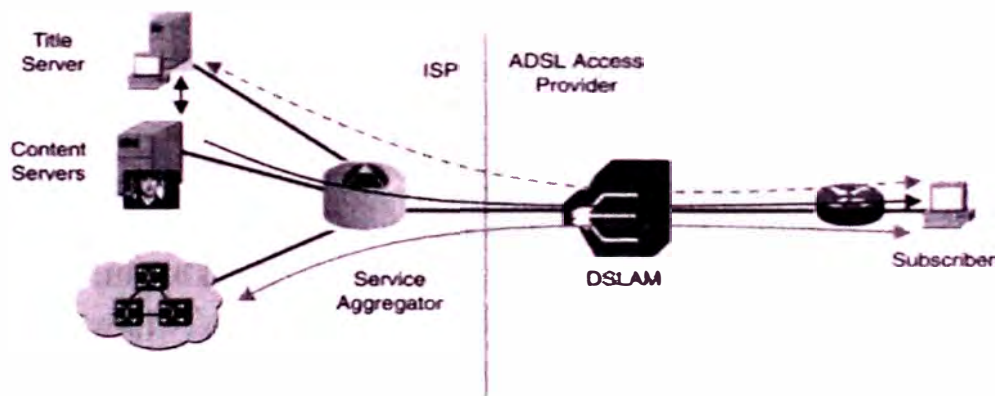


Fig. 6.6 Topología Vídeo Streaming

CAPÍTULO VII

COMPARACIÓN CON OTRAS TECNOLOGÍAS

Este capítulo está destinado a brindar información de las tecnologías alternativas a ADSL. Los proveedores de servicios en telecomunicaciones tienen de por sí una gama de servicios orientados a diferentes usuarios finales, acorde a sus necesidades. Desde las opciones del dial-up tradicional en POTS/ISDN, pasando por las otras DSLs, los cable modem, y mirando al futuro con opciones más complejas como el VDSL y el wireless, el enfoque que daremos será describir sus codificaciones, servicios soportados y posibilidades de penetración, acorde al usuario final.

7.1 POTS/ISDN

El acceso POTS e ISDN tienen, en el pasado (conocida la necesidad de muchos suscriptores), los mismos segmentos de mercado dirigido por ADSL: la residencia, teleconmutadores, y segmentos de pequeñas empresas. El dial análogo se basa en los módems tradicionales, y ha alcanzado la capacidad teórica (Shannon) del enlace local con la disponibilidad en 1998 de módems V.90 operando a 56 Kbps. Incluso con la implementación de DSL y cable módems, la inmensa mayoría de acceso a Internet desde la residencia permanecerá análogo, y debido a que aproximadamente todas las PCs y laptops están equipadas con módems,

esto implica que el acceso dial permanecerá significativo y vigente por un largo tiempo a venir.

ISDN, al menos en los Estados Unidos tiene otra historia. Después de muchos tropiezos iniciales durante los 80's e iniciando los 90's, por 1998, ISDN tuvo obtenido un mayor punto de apoyo para el acceso a Internet, eso es, antes del DSL y los cable modems. La situación es un poco diferente en Europa, donde el ISDN tiene una mayor presencia en algunas ciudades como tanto servicios de datos y para voz (como en Alemania). En éstas condiciones, y debido al retardo en la implementación de DSL y cable modems, ISDN debería continuar experimentando crecimiento sólido. En la figura 7.1 se muestra una típica conexión ISDN.

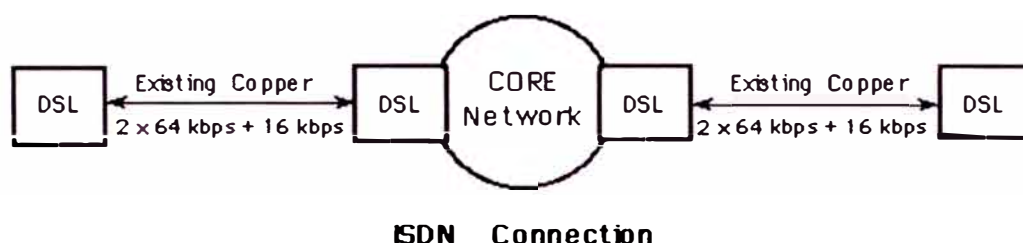


Fig. 7.1 Conexión ISDN

7.2 CABLE MODEMS

No podemos dejar de mencionar al más grande y publicitado contendor del ADSL: los cable modems (módems de cable). Desde nuestro punto de vista, el ADSL fue la respuesta mejorada del acceso a banda ancha de las telcos, a la tecnología de cable modem presentada por las empresas de cable en EEUU, para el acceso a internet a alta velocidad. Ésta

tecnología, tiene por ello el respaldo, de aproximadamente, cada proveedor de cable global, y hacia el final de 1998 tuvo por sobre el despliegue ADSL, al menos por un factor de dos.

Un estudio reciente de Strategis Group (mediados del 2001) concluyó que del 55 por ciento de los usuarios de banda ancha en los Estados Unidos, que han escogido entre DSL y cable modems, 60 por ciento están cambiando a servicios DSL. No obstante, 48 por ciento de los usuarios de cable están "extremadamente satisfechos" con su servicio, comparado al 43 por ciento de los usuarios DSL (figura 7.2).

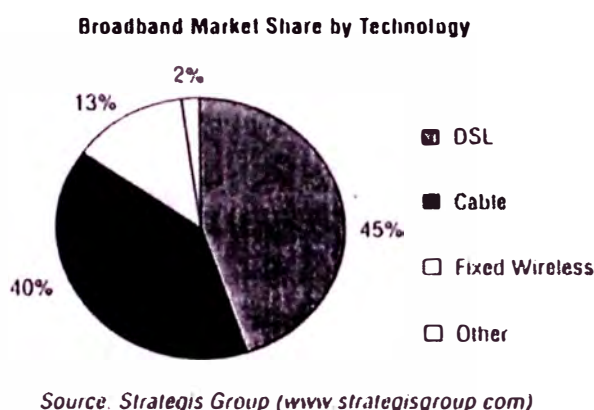


Fig. 7.2 Estudio del Mercado Broadband

Existen reportes de análisis como el de Yankee, 1998, el cual predice 4.3 millones de suscriptores de cable modems en el 2003 y predice que esto es lo menos, generando determinada atención por los proveedores de cable. El concepto detrás de los cable modems es bastante simple, a pesar que la implementación es un poco más compleja. Un cable coaxial ingresado a la casa del suscriptor tiene una capacidad por encima de 1 GHz de

espectro, propagado dentro los canales de difusión cuya banda puede ser de 6 MHz o también de 8 MHz en algunas regiones Europeas.

Aunque todo esto puede ser diseñado para video, el espectro puede ser usado para justamente cualquier cosa, incluyendo datos (mirando atrás en el tiempo, la antigua red de banda ancha Wang, desarrollada durante mediados de los 80s, ofreciendo la misma mezcla de servicio de video y datos en una escala más limitada).

Para promover la interoperabilidad del cable modem, un número de operadores de cable formó el Sistema de Red de Cable Multimedia (MCNS, Multimedia Cable Network System) a través de CableLabs. El estándar resultante es la Especificación de Interface y Servicio de Datos sobre Cable (DOCSIS, Data-over-Cable Service Interface Specification), incorporado dentro de la ITU-T J.112 Anexo B, conteniendo estipulaciones para telefonía IP, video sobre demanda, VPNs, y QoS, así como transferencia simple de datos.

Los vendedores de productos CPE y de última milla certificarán para DOCSIS, garantizando interoperabilidad. El DOCSIS especifica un protocolo MAC y físico, ofreciendo servicio de datos asimétrico entre la última milla y el suscriptor. El envío de datos (upstream) es manejado por tiempo, marcando la frecuencia de upstream dentro de mini-marcas. El organizado Estante de Terminación del Cable Modem (CMTS, Cable Modem Termination Shelf)

informa a los módems CPE de la estructura de las mini-marcas, las cuales se basan en contención, y confiere módems específicos para tráfico en tiempo real. Éste, en la mayoría de casos, se asocia a la disponible programación de QoS dentro de la especificación DOCSIS 1.1, donde los suscriptores requieren QoS, para describir un conjunto de muestras de parámetros de especificación de flujo como cubo. El sistema será luego aplicado al control de admisión para determinar si acepta el flujo. Si es aceptado, el CMTS asigna al cable modem un identificador de servicio (SID, service identifier), la cual describe que paquetes deben ser enviados con ésta especificación de flujo. Si ésta complejidad es actualmente requerida para servicios de VoIP esto todavía va a ser determinado.

En las actuales instalaciones, los datos ocupan uno o más de los canales, cada uno de los cuales soporta en el orden de 27 Mbps de tráfico vía codificación QAM64. Si el sistema está habilitado en ambas direcciones, el espectro debiera ser dividido entre recepción y envío de datos. Aquí el espectro de recepción (downstream) está entre 42 y 750 MHz, con el envío de datos (upstream) transmitido entre 5 y 40 MHz. Dado a que ésta división del espectro es ruidosa debido a la interferencia de radio y problemas de transmisión por cable, el QPSK es la codificación upstream preferida, sacrificando ancho de banda para adecuación adicional; 16QAM está también definida en el estándar y puede ser usado para operación upstream si las condiciones de planta de cable lo permiten. Bajo 16QAM, el rendimiento upstream está en el orden de 2-3 Mbps, mientras QPSK

(Quadrature Phase-Shift Keying) produce 1.5 Mbps. En éstas condiciones, la última milla del cable deberá usualmente especificarse desde 6 a 8 canales upstream por único canal downstream para un determinado número de suscriptores. Esto permite para aproximadamente igual ancho de banda upstream y downstream. Si el sistema no está habilitado en ambas direcciones, el upstream de datos es transportado por lo que conocemos como retorno por telco, es decir, un módem convencional.

La figura 7.3 bosqueja un despliegue de cable modem, empezando con la última milla, donde el cable router conecta uno o más enlaces coaxiales. También conecta hacia una red backbone de paquetes o ATM, puede incluir interconectividad de redes PSTN (especialmente si los routers CPE soportan VoIP), y puede interconectar a servidores locales de video IP y zonas de almacenamiento web.

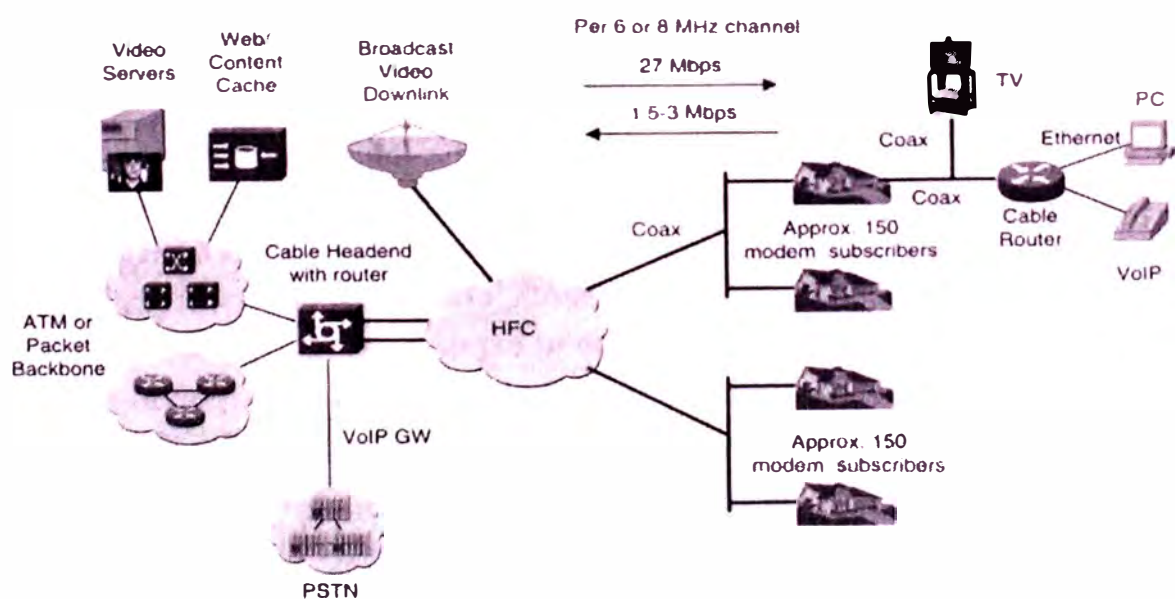


Fig. 7.3 Topología de Cable Modem

Hay que notar que la actual señal de difusión análoga o digital no pasa a través de la última milla, en cambio, ésta ingresa directamente a la red de distribución. En la dirección de los suscriptores, los enlaces de entrada coaxial, que son conocidos como una red Híbrida-Fibra-Coaxial (HFC, Hybrid-Fiber-Coax), digitalmente transportan el vídeo y el tráfico de datos a través de una infraestructura de fibra a la vecindad del suscriptor. Aquí, éste es convertido de regreso a coaxial. Dentro de la casa, el coaxial se divide para la TV y para el cable router. Éste cable router soporta tanto conectividad de VoIP y PC. Un determinado downstream del servicio del canal del cable modem estará inicialmente en el orden de 15000 hogares (asumiendo 1% de penetración del servicio de cable modem, manejando 150 suscriptores). Como la densidad se incrementa, el área para éste canal será subdividida.

Los suscriptores compiten para el acceso al ancho de banda de datos, con la resultante que la red de instalaciones del cable modem opera como un hub gigante. Como muchos usuarios acceden al servicio, ellos competirán por el ancho de banda disponible, y en vez de consumo pico, el sistema exhibirá las características de medio compartido como en el caso de Ethernet.

El soporte para tráfico en tiempo real como VoIP requiere por consiguiente apreciado QoS. Una opción aquí es el desarrollo de RSVP entre el CPE y CMTS o última milla. El CMTS asignará un SID, como

previamente describimos, basada en la demanda RVSP. DOCSIS 1.1 define un número de tipos de servicio que el suscriptor puede pedir, dependiendo en los tipos de ancho de banda garantizados requeridos.

Paralelo a la implementación en el suscriptor de un fluido QoS, tanto como por el volumen total de crecimiento de tráfico, el proveedor puede disminuir el número de suscriptores servidos por una única banda de frecuencia como describimos anteriormente.

7.3 WIRELESS

Una tecnología que guarda promesas es el wireless (tecnología inalámbrica), asumiendo que los costos de los equipos y del acceso sean menores de lo que están ahora. Aunque los servicios de alta velocidad tal como el Servicio Multipunto de Distribución Local (LMDS, Local Multipoint Distribution Service) y el Sistema de Distribución Multipunto Multicanal (MMDS, Multichannel Multipoint Distribution Service) están primeramente destinados a las empresas, en algunos ambientes pueden servir a suscriptores residenciales a velocidades de megabit también.

Como un ejemplo, Alcatel en 1998 predijo que en el año 2003, el 9 por ciento del acceso a la banda ancha será vía LMDS, comparado al 26 por ciento para cable modems, 36 por ciento para DSL, 12 por ciento para ISDN, y 12 por ciento para satélite. Esto está bien para una tecnología de acceso donde la infraestructura aún no existe.

La pregunta entonces es si el costo de ésta infraestructura alguna vez competirá con la planta de cobre instalada (o cable). En áreas donde ninguno de los dos existe, LMDS/MMDS será probablemente muy atractivo, en la misma forma que el servicio celular es atractivo para tráfico POTS en esas ciudades sin suficiente infraestructura de cobre.

LMDS es una tecnología de línea de vista ofreciendo velocidad de datos por encima de 155 Mbps en downstream a distancias de seis millas. Éstos 155 Mbps están contenidos dentro de un canal de 40MHz localizados entre las siguientes frecuencias (en los Estados Unidos):

- 27.5 y 28.35 GHz Hacia al suscriptor pt-mpt
- 29.24 y 29.375 GHz Desde suscriptor pt-pt
- 31.025 y 31.225 GHz Desde suscriptor pt-pt

Notar que las frecuencias en otros países pueden ser diferentes. Un único sitio hub deberá servir entre 1000 y 4000 suscriptores dependiendo de las velocidades de datos involucradas. Como con el cable, la velocidad de datos upstream es significativamente baja, desde que los suscriptores compiten por timeslots vía un protocolo MAC. Éste protocolo permite a un CPE reservar timeslots de upstream. Éstos deben ser transitorios para tráfico exabrupto, o permanente para tráfico como CBR. El suscriptor típico deberá tener acceso a un merecido T1/E1 de ancho de banda upstream.

La codificación downstream está basada en QPSK, mientras que los datos upstream confían en DQPSK (Differential QPSK), ambas técnicas de codificación se adecúan con la interferencia. Éste punto reciente es bastante crítico, desde que la banda de los 28GHz es bastante susceptible a pérdida a partir de la lluvia.

MMDS opera en un espectro de frecuencia diferente con más hubs espaciados ampliamente. Típicamente, los sitios hub sirven en un radio de 40 a 50 millas cubriendo entre 100 y 300 mil suscriptores. Éstos operan en la banda de 2.5GHz, con 198MHz de espectro disponible para el servicio. De 2.5 a 2.668GHz soporta un enlace de bajada pt-mpt (punto a multipunto), mientras que de 2.15 a 2.162GHz es el enlace de subida punto a punto desde el suscriptor. Un típico canal de 6MHz soportará hasta 27 Mbps de datos, más o menos idéntico al cable. Éste ancho de banda downstream está codificado en QAM, mientras los datos upstream se basan en QPSK. Como en el LMDS, los usuarios compiten por el ancho de banda upstream.

En la figura 7.4 se muestra un típico despliegue, la estación hub LMDS o MMDS se conecta a una red backbone ATM. Éste luego interconecta con cualquier caché (almacenamiento) de web o video, junto con el enlace de bajada de vídeo de emisión digital. Cada suscriptor está equipado con una antena y un convertidor, con la señal de emisión fraccionada para una TV y la señal de datos a un router. Éste router soporta tanto PCs y VoIP.

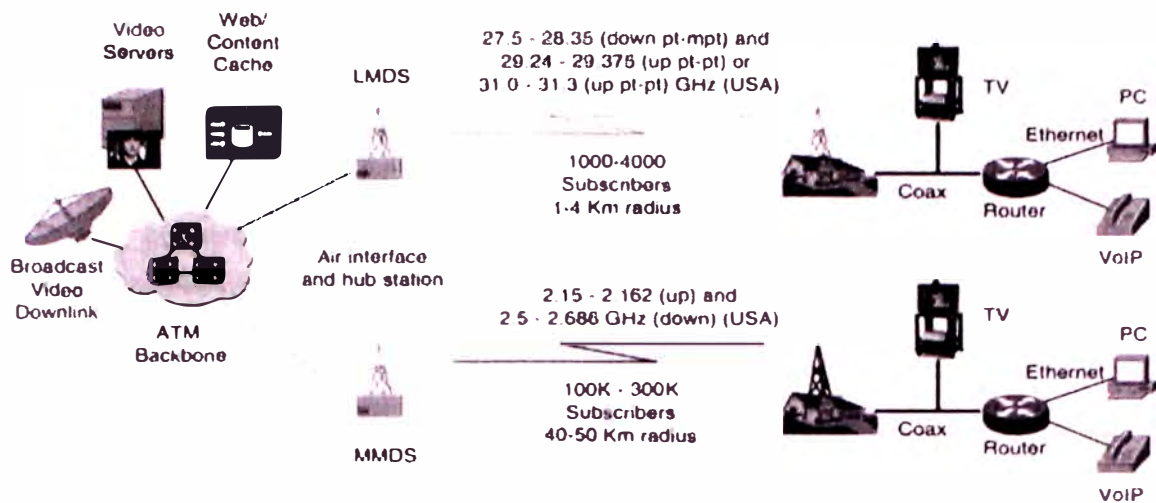


Fig. 7.4 LDMS y MMDS

7.4 DSLs (IDSL, SDSL, HDSL)

Desde mucho antes del ADSL, existieron (y existen) tecnologías digitales de transmisión por la línea de abonado que están basados en otros principios, y orientados a otros servicios. Su descripción nos ayudará a comprender que opción es la más indicada para el servicio que requerimos.

7.4.1 Integrated Digital Subscriber Line (IDSL)

La Línea de Suscriptor Digital Integrada (IDSL, Integrated Digital Subscriber Line) es relativamente una tecnología simple que re-usa la codificación 2B1Q usada en ISDN, pero sin dividir el ancho de banda dentro de los canales de datos y señalización 2B+1D. De esa manera la integridad de los 144 Kbps está disponible para el transporte de datos simétrico a distancias por encima de los 26,000 pies. Esto es equivalente al alcance de ISDN, esperado debido al re-uso de IDSL de la codificación ISDN.

A diferencia de las otras DSLs, las cuales confían en soluciones basados en chasis standalone, la mayoría de las primeras implementaciones IDSL se basaron en módulos instalados en los existentes bancos de canal D4 con la adición de los enlaces levantados en tramas DS1. Más recientemente, los DSLAMs soportan IDSL, y frecuentemente también SDSL, cuando apareció.

IDSL ha sido más afortunado en Norte América, debido a las base instalada de bancos D4, así como también a la gran penetración de ISDN para datos dentro de Europa. Anotar que hay una variante en Alemania que permanentemente conecta un canal B ISDN, en gran medida como servicio IDSL de 64 Kbps, mientras mantiene el segundo canal B y el canal D para conectividad dinámica. A pesar de todo, la exterior implementación de CLECs y PCLECs no es del todo generalizado, con sólo uno de los RBOCs implementando la tecnología. Mirando adelante, en el lado de ADSL para servicios residenciales y SDSL para empresas, el caso de negocio futuro para IDSL es incierto. Un posible uso de IDSL es con suscriptores con anexo DLC, donde ADSL no es aún viable, desde que los DLCs no afectan la codificación de los IDSL.

7.4.2 Symmetric Digital Subscriber Line (SDSL)

La Línea de Suscriptor Digital Simétrica (SDSL, Symmetric Digital Subscriber Line) es en efecto una clasificación que es aplicada a un número

de tecnologías propietarias habilitando conectividad simétrica a través de un único par de cobre.

Aunque la mayoría de implementaciones SDSL re-usa la codificación 2B1Q de ISDN e IDSL, no ha habido logro cercano en la estandarización como el ADSL, para alto nivel de interoperatividad. Por consiguiente, el hardware SDSL desde un vendedor, no podría interactuar con el de otro, a menos que sea explícitamente establecido.

La tecnología comúnmente opera a velocidades de datos de 128, 192, 384, 512, 768, y 1152 Kbps y a distancias por encima de los 12,000 pies. Distancia adicional es posible al sacrificio de ancho de banda, adecuándose bien con el modelo de empresa del CLEC de impulsar servicio a gran número de usuarios posible.

Una variante de SDSL requiere dos pares poniendo el ancho de banda a 1.544 Mbps. De esa manera la máxima velocidad factible vía SDSL traslapa a la de HDSL. En efecto, con la implementación de HDSL2 requiriendo sólo un único par para éste ancho de banda, las dos tecnologías comienzan a confundirse.

Como con ADSL, SDSL soporta PPP, tanto sobre las capas de enlace de tramas y ATM, dependiendo del vendedor. Por consiguiente, los servicios de tunneling y selección de servicio dentro de ADSL se aplica a ésta

tecnología también. En adición, el SDSL basado en ATM soporta las categorías de servicio requeridas para servicios ATM diferenciados, dando soporte dentro del DSLAM SDSL.

7.4.3 High-Speed Digital Subscriber Line (HDSL)

La Línea de Suscriptor Digital de Alta Velocidad (HDSL, High-Speed Digital Subscriber Line) es actualmente el método preferido para distribuir plena conectividad T1/E1 para pequeñas empresas, reemplazando la antigua arquitectura de más intensivos repetidores (cada 3 Kpies) del pasado. Las aplicaciones incluyen líneas alquiladas, interconexiones de router, y conectividad PABX (Private Automatic Branch eXchange).

Las primeras instalaciones HDSL confiaron en la codificación 2B1Q, poniendo 784 Kbps sobre dos cables o 1.5 Mbps (un T1 pleno) sobre 4 cables a un máximo de 12 Kpies (24 AWG). Ésta máxima distancia, no del todo grande, está en función de los 392 kHz destinados por encima del espectro de frecuencia capaz de existir soportado por los pares de cobre.

Un E1 es aún más forzado debido al alto requerimiento de ancho de banda y por consiguiente requirió originalmente 3 pares de cobre para su señal de 2.048 Mbps. En las recientes instalaciones HDSL, éste requerimiento ha sido reducido a dos pares por basarse en más avanzadas codificaciones como CAP, la cual reduce el espectro requerido y permite el alcance por encima de los 18 Kpies.

HDSL2 es un estándar evolucionado, que favorece el refinamiento de la tecnología. Experimentando estandarización dentro del ANSI T1E1.4, HDSL2 es manejado por un grupo de vendedores DSL como OPTIS (Overlapped PAM Transmisión with Interlocking Spectra). La propuesta está basada en 8 PAM (Modulación por Amplitud de Pulso) y modulación entramada. En adición, incluye modelación espectral para ayudar a la coexistencia con los grupos de cable.

Los beneficios de HDSL2 incluyen soporte para velocidades T1/E1 sobre un único par, también como una extensión del alcance, cuando esté implementado con dos pares. Por ejemplo, mientras que la limitación de 12 Kpies de HDSL lo limita a cerca del 60 por ciento de enlaces locales en los U.S. y cerca del 85 por ciento de los enlaces locales en Alemania, HDSL2 extiende esto por sobre 15 Kpies, poniendo una penetración a 78 por ciento en los Estados Unidos y 92 por ciento en Alemania. A diferencia de HDSL, HDSL2 soporta velocidades de transmisión múltiples y tiene una opción para soporte POTS.

7.5 VERY HIGH SPEED DIGITAL SUBSCRIBER LINE (VDSL)

La Línea de Suscriptor Digital de muy Alta Velocidad (VDSL, Very High Speed Digital Subscriber Line) es posiblemente la más interesante de las alternativas DSL. Esto es debido a su potencial para desarrollar verdaderas aplicaciones de banda ancha al suscriptor, en virtud a su velocidad de datos descendente (downstream) y ascendente (upstream)

máximos de 52 y 34 Mbps respectivamente. En la figura 7.5 mostramos la comparación en relación a las demás DSLs.

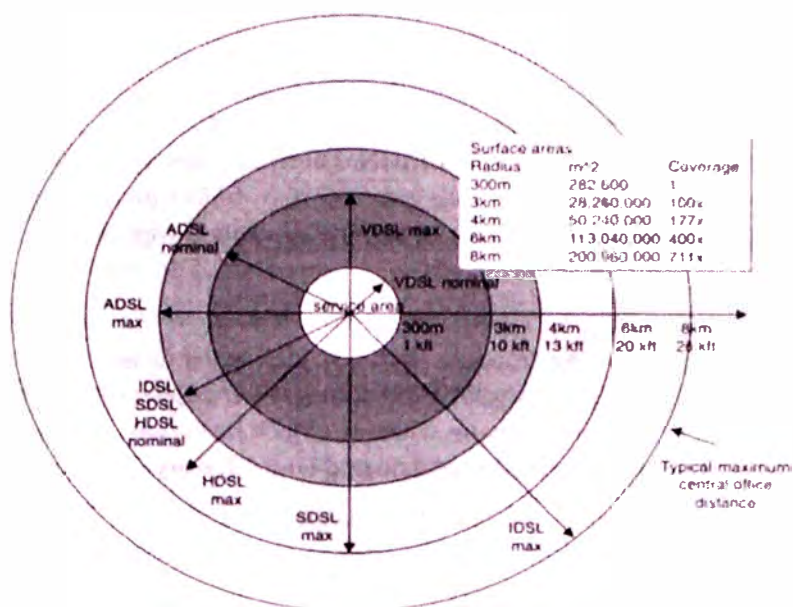


Fig. 7.5 Rangos Nominales para Tecnologías DSL

Sin embargo, ésta capacidad tiene un precio en términos de distancia (figura 7.6), con VDSL desplegado entre un punto de terminación de fibra en un vecindario o edificio y el usuario final. El punto al cual la fibra termina dentro de un FSAN (Full Service Access Network), toma múltiples nombres. Si éste punto de terminación aparece hacia el edificio, es conocido como Fiber-to-the-Home (FTTH) o Fiber-to-the-Basement (FEB). La fibra puede también terminar hacia una cabina de calle, conocido como Fiber-to-the-Node (FTTN) o hacia el borde de la acera, conocida como Fiber-to-the-Curb (FTTC). Alternativamente, la fibra puede terminar hacia la Oficina Central si los abonados están cerca.

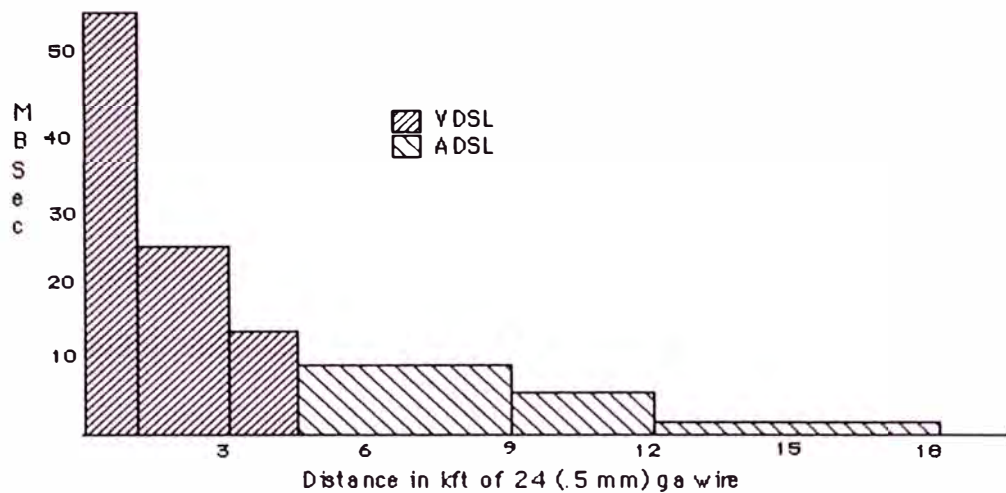


Fig. 7.6 Comparación entre VDSL y ADSL

Aunque los primeros usos visionados de VDSL fueron en una configuración asimétrica, el VDSL simétrico también existe. La primera configuración encontraría uso para VoD, HDTV, y acceso a Internet, en vista de que la multiplexación Inversa y el sustituido T1/E1 entre edificios y lugares están previstos para usos mayores del segundo. Aquí, VDSL manejará cualquier aplicación servida actualmente por éstas dos tecnologías. Se muestran en la figura las velocidades propuestas para el VDSL simétrico y asimétrico.

Cada velocidad tiene un correspondiente rango de destino:

- 12.96 - 13.8 Mbps 4500 pies 1500 metros
- 12.96 - 13.8 Mbps 4500 pies 1500 metros
- 51.84 - 55.2 Mbps 1000 pies 300 metros

Las velocidades Upstream bajo discusión caen dentro de tres rangos generales:

- 1.6 - 2.3 Mbps
- 19.2 Mbps
- Igual al Downstream

Una de las mayores preocupaciones con VDSL es la interferencia con otras señales en el mismo espectro de frecuencia y viceversa. Por ejemplo, la radiodifusión AM (500KHz a 1600KHz), las bandas de radioaficionados (2MHz, 3.5MHz, 7MHz, 10MHz), y el HomePNA, todas traslapan al VDSL. El receptor VDSL debería rechazar señales en éstos rangos de frecuencia, y el transmisor debería limitar su potencia en éstas bandas. Éstas interferencias están en adición al crosstalk y atenuación, los cuales afectan todos los DSLs, pero afectan al VDSL en gran medida. El efecto del VDSL en los otros DSLs dentro de un grupo de carpeta está aún en área para investigación.

En los Estados Unidos, la estandarización VDSL está dentro del grupo ANSI T1E1.4 y empezaron en 1995. Desarrollos incluyen una configuración de referencia, velocidad de datos, interconectividad de redes, transmisión y averías, y OAM&P (Operations Administration Maintenance and Provisioning). Dentro de Europa, TM6 de ETSI ha lanzado los primeros requerimientos funcionales y documentos de código de línea.

El Forum ADSL también provee alguna coordinación en la formación de un grupo de estudio manejando protocolos de capa alta, interconexiones con clientes, CPE y cableado, OAM&P, e interfaces de red. Donde VDSL es desplegado para conectividad a Internet, uno vería VDSL como parte de una continuación de las tecnologías de módem, con la misma arquitectura de protocolo de capa alta; de ahí el interés en el Forum ADSL. El Forum ADSL está también investigando los escenarios de migración de ADSL a VDSL en términos de re-uso de equipos, compatibilidad espectral, gestión, manejadores de negocios, y el desarrollo dentro de diferentes despliegues de fibra (FTTH, FTTC, FTTN, y en que grado).

Finalmente una alianza multi-vendedora en www.vdsl.org ayuda a promover la tecnología. Éste grupo está separado del grupo VDSL dentro de FSAN, con una responsabilidad para desarrollar el modelo VDSL e identificar donde los estándares son requeridos (aplazando a ANSI y ETSI para perfeccionamiento).

Los códigos de línea VDSL siguen estando un tanto en flujo, con múltiples propuestas bajo consideración. Hay que notar que esto es muy parecido a los primeros días de ADSL, donde DMT, CAP y QAM fueron todos contendores. Un grupo conocido como la Coalición VDSL, consistente de un número de los mayores proveedores de semiconductores y de hardware de telecomunicaciones, está proponiendo CAP/QAM (que no tiene diferencia con el ya explicado).

Una alternativa propuesta por la Alianza VDSL es conocida como SDMT/Zipper. Ésta alianza también consiste de vendedores de hardware, mientras la codificación es una variación de DMT, ofreciendo una compatibilidad espectral con las existentes en los servicios POST/ISDN, HDSL, y ADSL. A diferencia del DMT de ADSL, las sub-portadoras alternan entre tráfico upstream y downstream. Esto es, si la sub-portadora 6 es upstream, la 7 es downstream, y la 8 es upstream. Viendo un poco adelante y yendo lejos, algunas soluciones en especificaciones de los vendedores han hecho propuestas para resolver la distancia versus las limitaciones de ancho de banda de algunas DSLs.

CONCLUSIONES

1.- Después de recorrer los puntos más importantes de la tecnología ADSL, la primera conclusión implícita es la de ser una tecnología que permitirá al usuario estándar acceder a la banda ancha, lo que conlleva a estar al alcance de servicios antes impensados. El aprovechamiento del tendido de cobre existente es una de sus virtudes, debido a su gran extensión. La experiencia en los Estados Unidos y Europa deja entrever que su desarrollo y despliegue han posibilitado la distribución de servicios sobre su infraestructura, y la creación de otros nuevos que se orientarán a las necesidades del suscriptor.

2.- El éxito en el desarrollo de la implementación de ADSL depende en gran medida de la robustez de la estandarización, así como del manejo de tarifas económicas para los suscriptores residenciales y corporativos. No obstante, ello dependerá también del entorno en donde se esté. La decisión de la inversión en implementar una confiable y rentable infraestructura ADSL y la existencia de mayor número de proveedores que permitan la competencia en precios, son factores necesarios. El requerimiento de servicios por los usuarios marca la pauta. Es por ello que su despliegue en gran cantidad de países, incluido el nuestro, está aún iniciándose.

3.- La elección del ATM para el encapsulado de datos, voz y vídeo a través del enlace local hacia el proveedor de servicios, es otro factor que favorece la implementación de la red ADSL. Asimismo, con la integración de los QoS existentes en Capa 3 y las categorías de servicio en ATM, se desarrollan mayores opciones de servicios, que se demandarán.

4.- La comparación del ADSL con las actuales tecnologías en el mismo ramo dan un saldo favorable. Su arquitectura y componentes, así como su adaptación para brindar enlaces de alta velocidad y con conexión permanente a usuarios residenciales y corporativos no hacen más que impulsarla. Si bien las tecnologías emergentes como VDSL y Wireless proponen un acceso a mayor ancho de banda, es también cierto que el ADSL es una tecnología en constante mejora. Los nuevos estándares se adecuarán a los cambios y la migración o convivencia con las técnicas emergentes en acceso a la banda ancha la convierten en la opción de más amplio despliegue en los años venideros.

5.- La presencia de los proveedores de servicios es vital para brindar al usuario nuevas prestaciones que aprovechen la red de acceso ADSL. En nuestro caso, el acceso a Internet es el más requerido servicio y su expansión es conocida. Aunque la aparición de cabinas de Internet tienen mención aparte en el ofrecimiento de valores agregados, es también cierto que los equipos ADSL aún no se orientan a acoplarse como un medio de tener acceso a costos menores a los actuales. Es importante recalcar que

una vez más estamos en el dilema de las empresas telefónicas de ofrecer demasiado y correr el riesgo de disminuir el ingreso en otras alternativas y actuales formas de acceso a Internet.

6.- Por último cabe mencionar la regulación, que en éste servicio es también importante. La aplicación de tarifas planas y la conectividad permanente son bondades inherentes al ADSL. Sin embargo, el cumplimiento de los estándares garantizará un servicio de óptima calidad. El amplio despliegue actual del tendido de cobre no es aprovechable si se abarcan distancias elevadas y con alambrado deficiente (esto en general para todas las xDSLs). Debe por ello existir un estudio de las posibilidades reales del ADSL, bajo condiciones normales de operación (en la red telefónica actual), para concluir si son necesarias mejoras en planta o equipamiento. Sólo así se garantizará que el servicio sea aprovechado al máximo por los usuarios finales.

ANEXOS

ANEXO A. GLOSARIO

- ADSL** Asymmetric Digital Subscriber Line, tecnología que ofrece un ancho de banda asimétrico y simétrico de hasta 8 Mbps descendente sobre dos pares de cobre y soporta splitters de POTS; la codificación se basa en DMT, estandarizado por el ANSI y el ITU-T.
- ADSL Lite** Es una variante del ADSL con un ancho de banda descendente máximo de 1.5 Mbps y no requiere splitters; propuesto para mercado de consumidores.
- ANSI** American National Standards Institute, organismo que compone estándares de telecomunicaciones en US. El equivalente europeo es ETSI.
- ATM** Asynchronous Transfer Mode, tecnología que segmenta completamente el tráfico de voz, vídeo, y datos en celdas de largo fijo; es preferido para encapsulados de enlaces ADSL.
- CAP** Carrierless Amplitud/Phase, es una técnica de codificación ADSL que propaga la señal de datos a través de una única portadora ocupando el íntegro espectro de frecuencia del cobre; no es estandarizado.
- CLEC** Competitive Local Exchange Carrier, proveedor de servicio creado para ofrecer servicios de voz y datos de valor agregado, en competencia con los ILEC; formalizado como parte del "1996 Telecommunications Act" en los US.
- CO** Central Office, construido originalmente conteniendo sólo switches de voz y de propiedad de los ILEC; los CLECs colocarán hardware dentro de los CO.
- CPE** Customer Premises Equipment, dispositivos colocados en los locales de los clientes y gestionados por ellos mismos.
- DHCP** Dynamic Host Configuration Protocol, protocolo usado para asignar direcciones IP a hosts.
- DLC** Digital Loop Carrier, recinto ubicado cerca al suscriptor para extender el alcance de los servicios digitales. Ésta conectada al CO mediante fibra o cobre.

DMT	Discrete Multitono, técnica de codificación ADSL usando subcanales y estandarizado por el ANSI y el ITU-T; algunas instalaciones ADSL son también basadas en CAP.
DSL	Digital Subscriber Line, se refiere a cualquiera de las tecnologías DSL, incluyendo ADSL, HDSL, IDSL, SDSL, y VDSL. Es reemplazado por el término xDSL.
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer, chasis que contiene módems DSL, agregándolos dentro de enlace activo de tramas o ATM.
E1	Velocidad múltiple básica europea de 2.048 Mbps que ofrece 30 veces canales de 64Kbps; otros niveles incluyen E3 a 34 Mbps.
ETSI	European Telecommunications Standardization Institute, Organización de Estándares Europeos; el equivalente en US es ANSI.
FE	Fast Ethernet, ethernet a 100 Mbps.
FTTC	Fiber to the Curb, fibra extendida desde el CO al punto de distribución del borde de la acera donde la señal es convertida a cable coaxial o par trenzado.
FTTH	Fiber to the Home, fibra extendida directamente desde el CO a la casa del suscriptor.
FTTN	Fiber to the Node, fibra extendida desde el CO a un punto intermedio por alrededor de 3000 pies desde el suscriptor; soporta VDSL.
HDSL	High-Speed Digital Subscriber Line, tecnología simétrica que ofrece hasta T1/E1 sobre dos o cuatro pares. No soporta splitters POTS; se traslapa un poco con SDSL.
HFC	Hybrid Fiber-Coax, arquitectura dentro de la distribución de cable donde la fibra está corriendo a un punto de distribución del vecindario. La señal es luego convertida a cable coaxial.
IAP	Internet Access Provider, ofrece conectividad a Internet básica, no necesariamente es dueña de facilidades.
IDSL	Integrated Digital Subscriber Line, tecnología que ofrece 144 Kbps a través de dos pares de cobre usando codificación 2B1Q de ISDN; no soporta splitters POTS.

ILEC	Incumbent Local Exchange Carrier, el proveedor de telefonía original dentro de un área geográfica; conocido como RBOC.
ISP	Internet Service Provider, entidad que ofrece conectividad a Internet y servicios de valor agregado, posee infraestructura.
LANE	LAN Emulation, emula las características de una Ethernet en bridged o red Token Ring sobre ATM. Los componentes incluyen a LEC, LES, BUS, y LECS.
LEC	LAN Emulation Client, la PC, router o bridge que se conecta a un servicio LANE.
LEC	Local Exchange Carrier, proveedor de acceso y/o servicio en US que resulta del "Telecommunications Act" de 1996.
LECS	LAN Emulation Configuration Server, maneja el registro y configuración LEC/LES/BUS dentro de LANE.
LES	LAN Emulation Server, el punto de control dentro del servicio LANE.
NAP	Network Access Provider, ofrece servicios de telefonía en los US.
NAT	Network Address Translation, traslada direcciones IP privadas a públicas para la optimización del espacio de direcciones.
NSP	Network Service Provider, entidad que ofrece servicios de valor agregado y conectividad dentro una red de telecomunicaciones; ISPs, ILECs, y CLECs son ejemplos de NSPs.
NTE	Network Termination Equipment, termina cada final de la línea de transmisión.
OC3	Optical Carrier 3, velocidad de transmisión a 155 Mbps dentro de la jerarquía SONET en Norte América.
ONU	Optical Network Unit, nodo de acceso que convierte las señales ópticas en eléctricas para la transmisión sobre par trenzado o cable coaxial, es parte de los despliegues FSAN.
PCLEC	Packet CLEC, proveedor competitivo que ofrece sólo servicios de datos.
PON	Passive Optical Network, red de transmisión basada en fibra si equipos electrónicos activos; es parte de los despliegues FSAN.

POTS	Plain Old Telephone Service, se refiere al servicio de telefonía básica que ocupa los bajos 4 kHz del espectro de frecuencia del cobre. ADSL soporta POTS por corrimiento de datos por encima de las frecuencias POTS.
PTT	Post Telephone and Telegraph, usado en Europa para referirse a las anteriores compañías de teléfonos de propiedad del estado.
RADSL	Rate Adaptive Digital Subscriber Line, referido a la habilidad de ADSL para adaptar la velocidad a diferentes condiciones de línea; no es frecuentemente usado.
RBOC	Regional Bell Operating Company, portadores regionales que resultan de la división de AT&T. Son también conocidos como ILECs.
SDH	Synchronous Digital Hierarchy, jerarquía óptica internacional que ofrece diferentes velocidades multiplexadas e incluye adecuación; SONET es su equivalente en Norte América.
Splitter	Usa un filtro para separar el tráfico de telefonía de los datos DSL; los módems ADSL y los DSLAMs están usualmente instalados en conjunto con splitters POTS.
STM-1	Synchronous Transport Signal 1, velocidad de transmisión primario y de tramas de 155 Mbps dentro de la jerarquía SDH; otros niveles incluyen STM-4 a 622 Mbps y STM-16 a 2.4 Gbps.
TCP	Transmission Control Protocol, protocolo de transporte seguro para IP.
T1	Velocidad múltiple básica en US de 1.544 Mbps que ofrece canales (DS0) de 24 x 64 Kbps.
UAWG	Universal ADSL Working Group, consorcio de vendedores de PCs, equipos de red y telecomunicaciones dedicados a promocionar G.Lite/ADSL Lite, una versión simplificada de ADSL.
UDP	User Datagram Protocol, protocolo de transporte no seguro para IP.
VDSL	Very High-Speed Digital Subscriber Line, tecnología asimétrica o simétrica basada en una variación de la codificación CAP/QAM o

DMT que desarrolla hasta 52 Mbps sobre distancias cortas (máximo de 4500 pies) que ADSL.

- VOD** Video on Demand, se refiere a un servicio que permite a los suscriptores requerir contenido de vídeo en cualquier tiempo; ADSL ofrece el ancho de banda requerido para VoD.
- VTOA** Voz and Telephony over ATM, arquitectura para el transporte de servicios de voz a través de una red ATM.
- XDSL** Término usado para referirse a los varias tecnologías DSL.

ANEXO B. LISTA DE VENDEDORES DE MODEMS DSL

3Com
Actiontec Electronics, Inc.
ADC Telecommunications
Aethra Telecomunicazioni
Alcatel Telecom
Allied Data Technologies
Arescom
Ascom Transmission
AVM GmbH
Aware
Aztech Systems, Ltd.
BroadMAX Technologies Inc.
Castlenet Technology, Inc.
Celsian
Cisco Systems
Comtrend Corporation
Conklin Corporation
Copper Mountain
ECI Telecom
Ericsson
Fujitsu
Garnet Systems Co., Ltd.
Hyundai Electronics (HEI)
IPM Datacom
Intel
Marconi Communications
NEC
Next Level Communications
Nokia
Paradyne
RAD Data Communications
RC Networks
SBC Technology Resources
Sagem
Samsung Electronics Co.
Sasken Communication Technologies
SELTA SpA
Sumitomo Electric Industries, Ltd.
TELDAT
Telindus
Telrad Telecommunications
Tellabs
GlobespanVirata Ltd.

Virtual Access
Westell
XAVi Technologies
ZTE Corporation
ZyXEL Communications, Inc.

ANEXO C. LISTA DE VENDEDORES DE EQUIPOS DE ACCESO A REDES DSL

3Com
ADC Telecommunications
Adtran
Advanced Fibre Communications
Alcatel Telecom
Arescom, Inc.
Ascom Transmission
AVM GmbH
BellSouth Telecommunications
Catena Networks
Cayman Systems
Cisco Systems
Conklin Corporation
Copper Mountain
ECI Telecom
Ericsson
Fujitsu
Hyundai Electronics
IPM Datacom
Iskratel Ltd.
Lucent Technologies
Marconi Communications
NEC
Next Level Communications
Nokia
Paradyne
RAD Data Communications
RC Networks
Samsung Electronics Co.
SBC Technology Resources
Siemens AG
TELDAT
Telrad Communications
Tellabs
GlobespanVirata Ltd.
Westell Inc.
ZTE Corporation
ZyXEL Communications, Inc.

ANEXO D. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MODEM ADSL SPEED TOUCH HOME DE ALCATEL

The ATM interface (25 Mb/s) provides excellent service transparency, and supports consistent ATM-to-the-desktop networking. The Ethernet interface (10 Mb/s) allows for easy connection to individual PCs or multiple computers and a local area network, thereby protecting the user's network investment and hence lowering the introduction threshold.

The modem can operate as a standard network adapter, providing an 'always-on' connection to Internet or corporate network. In this mode the connection is set up when the PC starts up and terminated when the PC is turned off. The always-on mode offers the benefits of a regular network connection, email is always up-to-date, and the Internet is ready to go.

The dialthrough package, based on the standard Windows software, allows for a connection-oriented operation. Similar to traditional modems, a connection is established on user request through a Microsoft's 'dialup networking' interface. Dialup networking mode offers additional security through user authentication.

Technical Summary

Hardware Platform

- LAN interfaces: 10Base-T (RJ-45) and ATM/25 (RJ-45) (optional)
- WAN interfaces: ADSL line RJ11
- POTS interface: RJ11 via optional POTS Splitter
- Physical specifications:
 - Height: 3.5 cm (1.38 in.)
 - Width: 21.0 cm (8.26 in.)
 - Depth: 18.5 cm (7.28 in.)
- Operating environment:
 - Temperature: 5° to 40° C (40° to 105° F)
 - Humidity: 20% to 80%
- Power requirements:
 - AC voltage: 100 to 120 V AC, 220 to 240 V AC
 - Frequency: 50/60 Hz
 - Power consumption: 7 W maximum
- Approved for connection to all major network operators (Please contact your service provider for details)

Software Features

Basic Features

- Multipoint self-learning transparent bridge per IEEE 802.1D
- RFC 1483 multiprotocol encapsulation over AAL5/ATM; both LLC/SNAP and VC-based multiplexing supported

- Remote bridge ports are isolated from each other
- Service monitoring through F4/F5 loopback and continuity checks
- Remote/local software download capability
- Can be used with Windows 95, 98, NT, Macintosh and Unix platforms

Dialup networking features (PPP)

- RFC 2364 Point-to-Point protocol over ATM via PPPoA-to-PPPoP relaying
- Multiple PPP tunnels per end user allowing simultaneous VPN connections between multiple hosts and destinations
- Dialup networking user GUI allowing PPP session set up with service provider
- PAP, CHAP, MSCHAP authentication
- Support for PPPoE

ADSL modem specifications

- Up to 8 Mb/s downstream
- Up to 1 Mb/s upstream
 - ANSI T1.413 Issue 2
 - ITU G.992.1 (G.DMT)
 - ITU G.992.2 (G.Lite)
- All Alcatel Speed Touch Home variants can operate with a central splitter or splitterless (with inline filters)

ANEXO E. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ROUTER ADSL REMOTE 612 DE 3COM

Specifications

Minimum System Requirements

Any computer with an Ethernet 10BASE-T interface
Any operating system that supports an Ethernet connection with an IP mask
(Installation CD requires Windows 95, Windows 98, Windows NT 4.0 or Windows 2000)
ADSL service from local telephone company or broadband service provider
External voice/data splitter or line filter may be required for simultaneous use of telephone and data access when operating in full-rate or G.lite mode

Dimensions and Weight

Width: 8.85 in/224.8 mm
Height: 1.70 in/43.2 mm
Depth: 5.35 in/135.9 mm
Weight: 1.24 lbs/0.56 kg

Power

External Power Supply:
Region specific

General

Processor: Main CPU: Motorola MPC8500SL (20 MHz)
Flash: 2MB
SDRAM: 8MB
ADSL Chip: Alcatel MTK-20170
DMT

Environmental Range

Operating temperature:
0°C to +40°C
Nonoperating temperature:
-35°C to +70°C
Operating humidity:
0-95% non-condensing

Routing

TCP/IP routing with RIPv1,
RIPv2

IP static routes and security filters
MAC encapsulated routing
MAC encapsulated routing
DHCP server and relay
DHCP client
DNS relay, cache, proxy and server

Address Translation

Port Address Translation (PAT)

WAN Protocols

PPP over Ethernet (Point to router) (RFC 2516)
PPP over ATM (L2C/CMux) (RFC 2364)
IP routing over ATM (RFC 1483)
AAL Type: AAL5
ATM Service Class: UBR, ATM signaling, UNI 3.1, UNI 4.0
Virtual circuit (VC) traffic shaping (UBR)
5 simultaneous VCs

Security

IP static routes and security filters
SNMP password protection
HTTP password protection

Installation, Configuration and Management

Administration through HTTP, SNMP, Telnet
Web interface for configuration, software upgrades and status
Software upgradeable via FTP/TFTP
Installation GUI interface
Configuration wizard

Interoperability

Interoperable with leading ISLAM manufacturers' equipment

Hardware Features

WAN Interface

One Asymmetrical Digital Subscriber Line (ADSL) interface (RJ-11)
Full Rate ADSL, ANSI T1.413 Issue 2, ITU G.992.1 (G.Dmt) and ITU G.992.2 (G.Lite)

LAN Interface

One 10BASE-T Ethernet (RJ-45) MDI/MDIX switch

Performance

Downstream: Up to 8 Mbps
Upstream: Up to 1 Mbps

LEDs Indicators

Alert, Power, ADSL, Link Status, LAN Status

Regulatory/Agency Approvals

FCC approved Part 15, Class B
IC approved CS-03 and CES-003
UL listed
CUL listed
EN 55022 CISPR 22 Class B
EN 50082-1
EN 60950

Package Contents

QuickConnect Remote 612 ADSL router
AC power adapter
Installation map
Installation CD-ROM
RJ-45 to RJ-45 Ethernet cable
10BASE-T (8 ft)
RJ-11 to RJ-11 phone cable (7ft)
Rubber feet

Warranty Summary

Limited Lifetime Warranty
Return to Factory for repair

ANEXO F. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ROUTER ADSL 675 DE CISCO

Product Overview

The Cisco 675 provides a 10/100BaseT interface for connection to a small, home-office LAN or a single Ethernet-equipped PC. The Cisco 675 supports a robust routing feature set for seamless integration of ADSL service into corporate or home LANs and WANs. A built-in Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) server automatically assigns IP addresses to PCs on the LAN, and with Port Address Translation (PAT) these PCs can share a single IP address. In addition, with Cisco EZ-DSL no-truck-roll technology, basic telephone service splitters are not required at the premises, thus reducing the cost of installation.

Key Features and Benefits

Physical Interfaces

- Rate-adaptive DSL (CAP encoding) interface, with maximum receive data rates up to 7 Mbps and transmit data rates up to 1 Mbps
- ADSL physical connection supports ATM adaptation layer 5 (AAL5) encapsulation
- Auto-negotiating 10BaseT or 100BaseTX Ethernet interface
- Local initialization/configuration through RJ-45 serial port
- Filtered phone port for convenient connection of a phone to the modem in splitter-less environments
- Status LEDs indicating power/alarms, ADSL connectivity and activity, and Ethernet connectivity and activity
- Utilizes Cisco EZ-DSL technology to deliver full Rate Adaptive Digital Subscriber Line (RADSL) rates without truck roll to the premises
- Fully compatible with Cisco 6100 and Cisco 6200 series advanced digital subscriber line access multiplexers (advanced DSLAM)

Routing and Bridging Support

- IP routing (PPP over ATM and RFC 1483)
- Supports multi-encapsulated PPP over AAL5
- PAT support for conservation of registered IP addresses
- Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) server and client support for dynamic IP address allocation
- DHCP relay agent support
- Optional support for IP address and subnet mask assignment via IP Control Protocol (IPCP)
- Support for multiple IP addresses on the Ethernet interface
- Multicast proxy support (IGMP Proxy) for support of video applications
- Transparent bridging (RFC 1493) support
- Managed bridge support for remote configuration and management

Configuration, Management, and Security

- Remote management with Telnet or HTML browser interface
- Trivial File Transfer Protocol (TFTP) support for software updates and configuration downloads/uploads
- Cisco Commander user-based graphical user interface for configuring and monitoring the DSL link
- RADIUS and SYSLOG support for remote status monitoring
- Simple Network Management Protocol (SNMP) Management Information Base (MIB) support
- PPP user authentication protocol (PAP)
- Multilevel password protection

Specifications

Hardware

Table 27-41: Technical Specifications for Cisco 675

Description	Specification
Standard hardware components	Ethernet interface, CAP-ADSL interface, unbedded processor, SDRAM, DRAM and POTS phone port connection
Flash Memory	2 MB
DRAM	4 MB
Processor type	Intel 1960
Software options	Single user, Multi user

Table 27-42: Other Information/Components Specifications

Model	LAN Interface	Fixed WAN Interface	WAN Interface Cards Supported
Cisco 675	10/100Base-T	ADSL - CAP	N/A

Table 27-43: Power Requirements for Cisco 675

Description	Specification
AC input voltage	5V AC
AC input current	1.2 Amps

Table 27-44: Physical and Environmental Specifications for Cisco 675

Description	Specification
Operating temperature range	32 to 104°F (0 to 40°C)
Operating humidity	Humidity: 5 to 90% (noncondensing)
Dimensions (H x W x D)	5.0 x 6.2 x 1.75 in. (12.7 x 15. x 4.5 cm)
Weight (average shipping)	1.5 lb (0.68 kg)

Table 27-45: Regulatory Approvals for Cisco 675

Description	Specification
Regulatory Approvals and Compliance	FCC Part 15, Subpart B, 1997; CSA; and UL 1950 3rd Edition

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- ADSL Forum (www.adsl.com)
- 2.- ATM Forum (www.atmforum.com)
- 3.- Cisco System (www.cisco.com)
- 4.- CommVerge/Cahners InStat (edition Jun 2001)
- 5.- Design and Implementation of DSL-Based Access Solutions (Sanjeev Mervana, Chris Lee, CiscoPress 2000)
- 6.- DSL Simulation Techniques and Standards Development for Digital Subscriber Line Systems (Walter Chen, Machmillan Technical Publishing 1998)
- 7.- Global Communications (edition May, Interactive 2001)
- 8.- Implementing ADSL (David Ginsburg, Addison-Wesley 1999)
- 9.- Internetworking Technologies Handbook (M. Ford, H. Kim Lew, S. Spanier, T. Stevenson, CiscoPress 1998)
- 10.- Telecom Business (edition Jun 2001)
- 11.- TeleTimes (edition May/Jun 2001)