

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**DISEÑO DE REDES DE MODO DE TRANSFERENCIA
ASINCRONO**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

CLAUDIO RICARDO OBREGON NORIEGA

**PROMOCIÓN
2002-I**

**LIMA – PERÚ
2006**

DISEÑO DE REDES DE MODO DE TRANSFERENCIA ASINCRONO

Dedico este trabajo a:

Dios por darme la fuerza y el valor para continuar el camino. A mis padres Claudio y Zenovia por su infinito amor y apoyo incondicional. A mis hermanos Yesenia, Patricia y Leonardo por su comprensión y cariño.

SUMARIO

Las redes de telecomunicaciones actuales están pasando por una rápida evolución. Desde las primeras pruebas con ISDN, realizadas a principios de los 80's, y su introducción comercial que ocurrió a finales de la misma década hasta la aparición de nuevas tecnologías de redes, tales como Frame Relay (derivación de X.25) y los servicios de Internet de Banda Ancha.

Aún cuando la máxima performance de ISDN no ha sido alcanzada debido probablemente a la falta de nuevas prestaciones atractivas, de terminales compatibles y el costo elevado para usuarios no comerciales las necesidades en la transmisión de datos han aumentado espectacularmente en los últimos años debido principalmente a la aparición de nuevos servicios como Multimedia, bases de datos distribuidas, HDTV, etc.

Este trabajo de Investigación describe los fundamentos de la tecnología de Redes de Modo de Transmisión Asíncrona ATM lo cual nos permitirá entender las razones técnicas que hacen que ATM; por su capacidad de transmitir Datos, Voz y Video utilizando la misma Red; sea considerada como la tecnología creada para satisfacer los requerimientos actuales y futuros del mundo de las Telecomunicaciones, los mismos que exigen por un lado grandes capacidades de ancho de banda mientras que por otro requieren utilizar las Redes existentes.

Los primeros estándares para redes de banda ancha definidos por el CCITT están basados en el concepto de SDH (Synchronous Digital Hierarchy) extendiéndose posteriormente a los conceptos de la transmisión asíncrona conocida como ATM.

En sus inicios ATM se enfocó principalmente en el ámbito privado para potenciar la performance de las redes locales. Posteriormente con el advenimiento de servicios de Banda Ancha fue accesible para el usuario común.

ÍNDICE

| | |
|---|----------|
| PRÓLOGO | 1 |
| CAPÍTULO I | |
| ARQUITECTURA DE REDES ATM | 3 |
| 1.1 Capa Física | 5 |
| 1.1.1 Subcapa dependiente del medio físico (PMD) | 6 |
| 1.1.2 Subcapa de convergencia de transmisión (TC) | 7 |
| a) Funciones de la subcapa TC | 7 |
| b) Control de Error de Cabecera | 8 |
| c) Delimitación de Celdas | 9 |
| d) Aleatorización de la zona de carga | 10 |
| 1.1.3 Ejemplos de mapeo TC | 10 |
| 1.2 Capa ATM | 13 |
| 1.2.1 Funciones | 13 |
| 1.2.2 Descripción de la celda ATM | 14 |
| 1.3 Capa de Adaptación ATM | 17 |
| 1.3.1 Introducción | 17 |
| 1.3.2 Funciones y tipos de capas de adaptación | 19 |
| 1.3.3 Adaptación para servicio de tasa de bit constante, AAL1 | 21 |
| a) Funciones de la SAR | 21 |
| b) Funciones de la subcapa de convergencia (CS) | 22 |
| 1.3.4 Adaptación para servicio de tasa de bit variable, AAL2 | 28 |
| 1.3.5 Adaptación para servicio de transmisión de datos: AAL ¾ | 31 |
| a) Funciones de la subcapa SAR | 32 |
| b) Funciones de la subcapa de convergencia | 34 |
| 1.3.6 Adaptación para servicio de transmisión de datos: AAL 5 | 38 |
| a) Funciones de la subcapa SAR | 39 |
| b) Funciones de la subcapa de convergencia SC | 39 |

CAPÍTULO II**SEÑALIZACIÓN ATM**

| | |
|---|----|
| 2.1. Señalización | 41 |
| 2.1.1 Configuración de Conexión y Señalización | 42 |
| 2.1.2 Protocolos de Señalización ATM (UNI y NNI) | 43 |
| 2.2. Direccionamiento | 45 |
| 2.2.1. Formato de direcciones ATM | 45 |
| 2.2.2. Selección del Formato de Dirección | 48 |
| 2.3. Direccionamiento en el ATM Switch Router | 48 |
| 2.3.1. Esquema de Auto configuración de Direcciones ATM | 48 |
| 2.3.2. Utilización de la dirección ATM por ILMI | 49 |
| a) Consideraciones de ILMI para migrar direcciones ATM | 50 |
| b) Funciones Adicionales de ILMI | 51 |
| 2.3.3. Uso de La dirección ATM por PNNI | 51 |
| 2.3.4. Uso de La dirección ATM por Emulación LAN | 51 |
| 2.3.5. Configuración de la Dirección ATM Manualmente | 52 |
| 2.4. Señalización y direcciones E.164 | 52 |
| 2.5. Opciones de Conversión de Direcciones E.164 | 54 |

CAPÍTULO III**CONTROL DE TRÁFICO EN ATM**

| | |
|---|----|
| 3.1 Procedimientos de Control de Tráfico en Atm | 55 |
| 3.1.1 Control de admisión de conexión (CAC) | 56 |
| 3.1.2 Control de parámetros de uso/red (UPC/NPC) | 56 |
| 3.2 Caracterización del Tráfico | 57 |
| 3.2.1 Parámetros de tráfico | 57 |
| 3.2.2 Descriptor de tráfico ATM | 57 |
| 3.2.3 Descriptor de tráfico de fuente | 57 |
| 3.2.4 Características de los parámetros de tráfico | 58 |
| 3.2.5 Especificaciones de trafico estadística vs. Operacional | 58 |
| a) Enfoque estadístico | 58 |
| b) Enfoque operacional | 58 |
| 3.3 El Contrato de Tráfico | 59 |
| 3.3.1 Modelo de referencia | 59 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 3.3.2 | Parámetros de la calidad del servicio (QOS) | 61 |
| 3.3.3 | Clases de QOS | 63 |
| 3.3.4 | Descriptores del tráfico | 64 |
| 3.3.5 | Chequeo de conformidad | 66 |
| 3.3.6 | Definición de una conexión conformante | 66 |
| CAPÍTULO IV | | |
| DISEÑO DE REDES DE MODO DE TRANSMISION ASINCRONO | | 67 |
| 4.1 | Role de ATM en redes Interconectadas | 67 |
| 4.1.1 | Redes Multiservicio | 67 |
| 4.1.2 | Migración de Redes TDM | 68 |
| a) | Reducción del costo del Ancho de Banda de la Red WAN | 68 |
| b) | Mejora del Rendimiento | 69 |
| c) | Reducción del tiempo fuera de servicio | 69 |
| 4.2 | Soluciones Integradas | 69 |
| 4.3 | Tipos de Switch ATM | 70 |
| 4.3.1 | ATM Switches de Campus y de grupo de Trabajo | 71 |
| 4.3.2 | ATM Switches Corporativos | 71 |
| 4.3.3 | Switches de Acceso a Multiservicios | 71 |
| 4.4 | Tecnologías de acceso a la red | 72 |
| 4.5 | Las tecnologías xDSL en la red de acceso | 73 |
| 4.6 | ADSL | 75 |
| 4.6.1 | Funcionamiento y características de ADSL | 75 |
| 4.6.2 | Multiplexor de acceso DSL | 80 |
| 4.7 | Integración de ATM y ADSL | 81 |
| CAPÍTULO V | | |
| TELEFONÍA Y OTROS SERVICIOS SOBRE ATM | | 87 |
| 5.1 | Modelo para ofrecer servicios | 87 |
| 5.2 | Encapsulado de datos | 88 |
| 5.3 | Servicios de vídeo sobre ADSL | 90 |
| 5.4 | Arquitectura de una red de distribución de video | 92 |
| 5.4.1 | Cabecera | 92 |
| 5.4.2 | Red de transporte | 93 |
| 5.4.3 | Red de Acceso | 95 |

| | |
|---------------------------------------|------------|
| 5.4.4 Red doméstica | 96 |
| 5.5 Voz sobre ATM | 97 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 100 |
| BIBLIOGRAFÍA | 102 |

PRÓLOGO

Los cambios en la estructura de la industria de las telecomunicaciones y las condiciones del mercado han brindado nuevas oportunidades y desafíos para los operadores de Redes y los proveedores de servicios públicos.

Las redes que primariamente se han enfocado en proveer mejores servicios de voz están evolucionando para adecuarse a los nuevos retos de las comunicaciones multimedia y la presión de la competencia.

El Modo de Transferencia Asíncrono (ATM), que fue visto como la tecnología de Redes Públicas del futuro, es ahora una realidad, con proveedores de servicios alrededor del mundo introduciendo las redes ATM y los servicios basados en esta tecnología. La habilidad de explotar satisfactoriamente los beneficios de la Tecnología ATM dentro de las redes públicas proveerá ventajas competitivas estratégicas de igual forma a los portadores y a las empresas.

ATM reduce los costos de infraestructura a través de administración eficiente del ancho de banda, simplificación de la operatividad y la unificación de redes superpuestas. Los portadores de servicios de Telecomunicaciones no podrán afrontar por mucho tiempo los gastos financieros y el tiempo requerido para implementar redes independientes para cada nuevo requerimiento de servicio. La Tecnología ATM permitirá contar con una red centralizada estable permitiendo interfaces de servicio y otros equipos para un rápido desarrollo.

ATM es una tecnología que permite transmitir voz, video y data a través de redes de área Local, Metropolitana y de área Amplia. Muchos en la industria de las telecomunicaciones creen que ATM revolucionará la forma en que se diseñan y administran las redes, debido a que ATM combina las mejores características de los dos métodos de transmisor comunes. Su naturaleza de servicio orientado a la conexión hace de ATM un servicio confiable para aplicaciones sensibles al atraso de bits tales como las de transmisión de voz, video y multimedia. Su característica

flexible y eficiente de conmutación de paquetes provee las facilidades para la transferencia de otro tipo de datos.

En un periodo de tiempo relativamente corto, ATM se ha ganado a nivel mundial la reputación de ser la solución de los problemas de las redes de punto a punto. La popularidad de ATM ha crecido a tal punto que virtualmente los fabricantes de equipos para redes LAN y los proveedores de servicios están desarrollando productos basados en tecnología ATM.

El objetivo de esta investigación es el estudio de las características de la tecnología ATM y el planteamiento de la metodología de diseño de Redes de Modo de Transmisión Asíncrono, para la implementación de servicios. Este trabajo se ha dividido en cinco capítulos de la forma siguiente:

En el primer capítulo se describe las sucesivas capas que forman el modelo de referencia de protocolos de ATM, así como también las funciones e implicancias de cada una de estas capas en la implementación de distintos tipos de servicio tales como transmisión de voz, video y datos.

En el segundo capítulo se describe el rol de la Señalización en Redes ATM, explica el Formato de direcciones utilizado por ATM y muestra como la dirección ATM del switch router ATM es asignada dinámicamente usando auto configuración.

El tercer capítulo trata del control de tráfico y la calidad de servicio que brindan las redes de Modo de Transferencia Asíncrono.

En el cuarto capítulo se plantean las consideraciones de diseño a tener en cuenta en la Red ATM en función de la tecnología de acceso utilizada que permitirá brindar al usuario una gama de servicios integrados que incluyen, servicio de Internet de alta velocidad, servicios de voz y de video, interconexión de redes LAN, entre otros.

Finalmente, en el quinto capítulo se describe como opera esta tecnología en el manejo de los diversos tipos de tráfico.

Capítulo I

ARQUITECTURA DE REDES ATM

En este capítulo se brinda una visión general de los fundamentos de la tecnología ATM. Cubriendo principios básicos de ATM, junto con la terminología utilizada en redes ATM. También se describirán las sucesivas capas que forman el modelo de referencia de protocolos ATM.

La tecnología de Modo de Transferencia Asíncrona, ha sido diseñada para la transferencia a alta velocidad de voz, video y datos a través de redes públicas y privadas utilizando tecnología de conmutación de celdas. ATM es un estándar de la sección de Normalización de Telecomunicaciones de La Unión de Telecomunicación Internacional. El organismo encargado de trabajar continuamente en normalización de la tecnología ATM es el ATM Forum, que fue fundado en conjunto por Cisco Systems, NET/ADAPTIVE, Northern Telecom, and Sprint en 1991.

Como tecnología basada en conmutación de celdas y multiplexación, ATM combina los beneficios de la conmutación de circuitos (Retardo de transmisión constante, capacidad garantizada), con las de la tecnología de conmutación de paquetes (Flexibilidad, eficiencia para tráfico intermitente). Para lograr este beneficio ATM utiliza las siguientes características:

- Celdas de tamaño fijo, que permite una conmutación más eficiente en hardware de la posible con paquetes de longitud variable.
- Servicio Orientado a la Conexión, que permite el ruteo de celdas a través de la red ATM sobre una conexión virtual, algunas veces llamado circuito Virtual, usando identificadores de conexión simples.
- Multiplexación asíncrona, permitiendo de este modo un uso eficiente del ancho de banda e intercalación de de la data de diferente prioridad y tamaño.

La arquitectura de Red utiliza un modelo de referencia lógico conocido como Modelo de Referencia ATM, que a diferencia del modelo OSI, utiliza el concepto de planos separados para la segregación de las funciones de usuario, de control y de gestión.

Este concepto de planos establece una continuidad con NISDN donde también son empleados. El plano de usuario transporta información de usuario, el plano de control transporta información de señalización y el plano de gestión es usado para realizar funciones operativas y de mantenimiento.

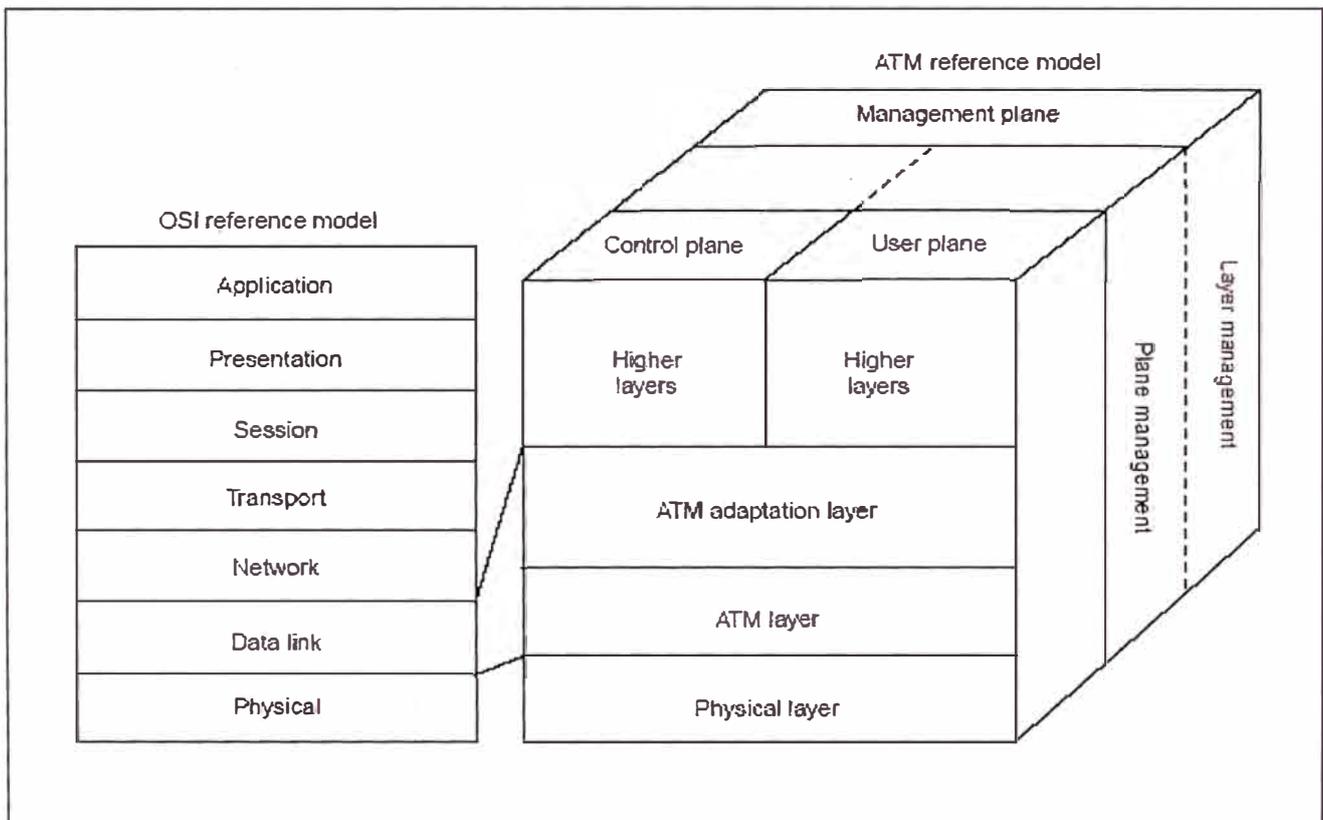


Figura 1.1: Modelo de Referencia ATM

No existe una correspondencia directa entre las capas del modelo ATM y el modelo OSI; sin embargo los protocolos e interfases ATM si hacen uso extensivo de los conceptos OSI de capas y subcapas como se verá a continuación.

La capa física corresponde (Figura 1.1) a la capa uno del modelo OSI. Las capas ATM y de adaptación AAL corresponden a partes de la capa de enlace, pero el campo de dirección de la cabecera de la celda tiene una connotación a elemento de red como en la capa

tres de OSI. Las capas superiores del modelo corresponden a la capa tres de OSI y superiores. Tal como se puede apreciar en la Figura 1.2. Una correspondencia entre ambos modelos, sin embargo no es totalmente necesaria.

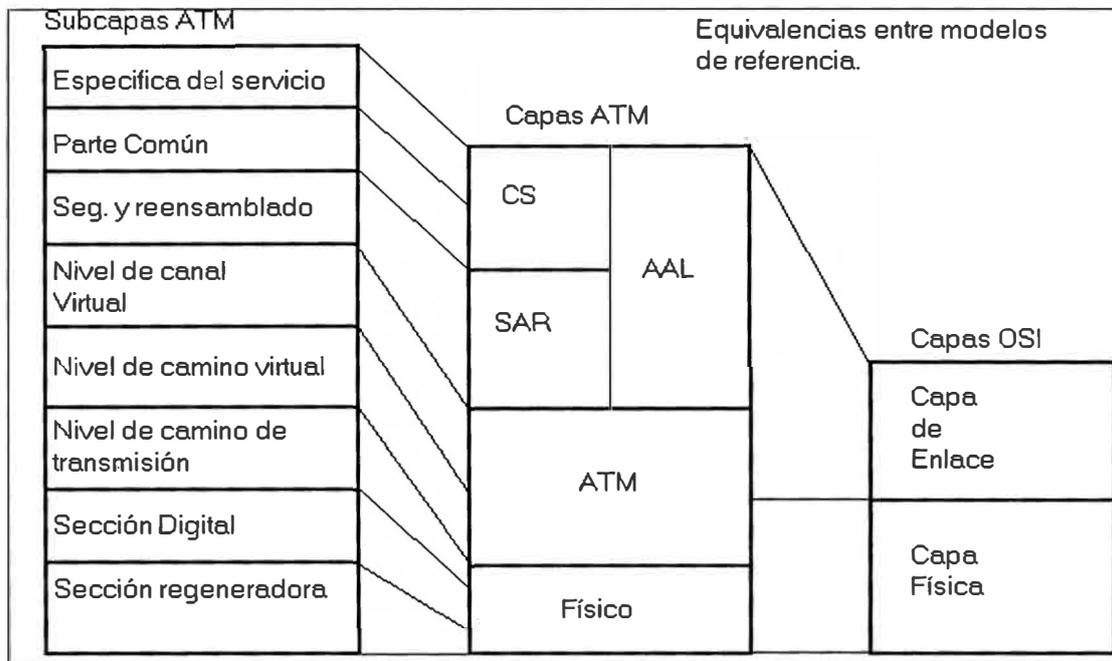


Figura 1.2: Subcapas ATM

Las capas del modelo de referencia están a su vez subdivididas en subcapas cada una de ellas ejecutando funciones diferenciadas. La gestión de las capas del modelo ATM se puede apreciar en la Tabla 1.1.

1.1 Capa Física

Los servicios de las capas superiores son encapsulados en celdas ATM y finalmente estas celdas son llevadas a la capa física para la transmisión.

La capa física está compuesta por dos subcapas: la subcapa dependiente del medio físico (PMD) y la subcapa de convergencia de transmisión (TC). La subcapa TC no depende del medio físico elegido para la transmisión.

Tabla N° 1.1: Gestión de Capas

| G E S T I O N D E C A P A S | Funciones de capas superiores | Capas Superiores | |
|--|--|----------------------------|-----|
| | | Sub - capa de Convergencia | CS |
| | Segmentación y Reensamblado | SAR | |
| | Control generico de flujo Generación - extracción de encabezado de la celda Translación del VCI / VPI de las celdas Multiplexación - Demultiplexación de celdas | ATM | |
| | Inserción - extracción de celdas no asignadas Generación - verificación de secuencias HEQ Delimitación de celda Adaptación de trama al medio de transmisión Generación - recuperación de tramas del medio de transmisión | TC | PHY |
| | Bit timing | | |
| | Medio físico | PM | |

1.1.1 Subcapa dependiente del medio físico (PMD)

Esta subcapa es la responsable de la correcta transmisión y recepción de bits en el medio físico apropiado. En la parte mas baja de esta subcapa las funciones son realmente dependientes del medio de transmisión empleado, ya sea fibra óptica, coaxial, etc. Además la subcapa deberá garantizar la correcta reconstrucción de la información de timing en el receptor. Para ello deberá insertar la información y codificación de línea necesarias para dicho timing.

Existen varios estándares propuestos por el ANSI, ITU - T y el Forum ATM, que definen las interfases en términos de velocidad y medio físico de transmisión, algunos de estos son:

- ANSI T1.624 define tres interfases ATM - SONET sobre fibras ópticas monomodo para la interfase UNI.
 - STS-1 a 51.84 Mbps
 - STS-3 a 155.52 Mbps
 - STS-12 a 622.08 Mbps
- ITU - T I.432 define dos interfases ATM - SDH e interfases para varias jerarquías PDH.
 - STM-1 a 155.520 Mbps
 - STM-4 a 622.08 Mbps
 - E1 a 2.048 Mbps (Jerarquía 1 Europea) E3 a 34.368 Mbps

- E4 a 139.264 Mbps
- DS1 a 1.544 Mbps (Jerarquía 1 Americana) DS2 a 6.312 Mbps
- DS3 a 44.736 Mbps
- El ATM Forum ha definido cuatro tasas para las interfases a nivel físico. Dos de ellas, DS3 y STS-3c están previstas para las redes públicas y están estandarizadas por el ANSI y el ITU - T. Otras interfases previstas para el ámbito privado son:
 - FDDI a 100 Mbps sobre FO multimodo.
 - Transmisión sobre fibra óptica multimodo a 155.52 Mbps
 - Par trenzado apantallado a 155.52 Mbps

1.1.2 Subcapa de convergencia de transmisión (TC)

En esta subcapa los bits ya han sido reconocidos gracias a las funciones de la subcapa inferior. Las diversas funciones de esta subcapa son realizadas o no en función del tipo de interfase que estén realizando (SDH, FDDI, PDH, celdas, etc.)

a) Funciones de la subcapa TC

- I. La primera función de esta subcapa es la adaptación de la trama al medio de transmisión utilizado, que podrán ser SDH, PDH o transmisión basada en celdas. Las celdas son ajustadas dentro del sistema de transmisión de acuerdo al mapeo de los estándares correspondientes. A su vez la subcapa deberá ocuparse de la generación- recuperación de tramas del medio de transmisión.
- II. Esta subcapa es responsable por la generación del síndrome a partir del control de error de cabecera (HEC) de cada celda en el transmisor y su correspondiente verificación en el receptor. Esto permite además realizar la correcta delimitación de las celdas. También es posible realizar directamente la delimitación de las celdas a partir de la trama TDM en la cual están mapeadas (SDH o PDH). Otra función realizada es la aleatorización de la zona de carga de celdas.
- III. Otra función de esta subcapa es la inserción – extracción de celdas vacías (celdas "idle" y de capa física). Esta característica permite adaptar la capa ATM a diversas velocidades para los distintos medios físicos de transmisión.
- IV. Finalmente, informaciones de operación y mantenimiento (OAM) deben ser intercambiadas con el plano de gestión. Esta información es transportada por celdas

especiales llamadas de capa física (celdas PL) las cuales no son pasadas a la capa superior.

b) Control de error de cabecera

El control de error de cabecera (HEC) cubre la cabecera entera. El código seleccionado de 8 bits permite corregir errores en un único bit o detectar errores en múltiples bits.

En el modo normal (default) de trabajo, el lado receptor opera en modo de corrección de bit único (Figura 1.3). Si un error en un bit es detectado, este es corregido y el receptor pasa al modo de detección. En el caso que un error en múltiples bits sea detectado, la celda es descartada y el estado del receptor permanece en modo de detección. En el modo de detección, todas las celdas en las cuales se detecte algún error son descartadas. Tan pronto cuando se detecta una celda sin error el receptor vuelve al estado de modo de corrección.

Del lado del transmisor el HEC se calcula usando el polinomial generado por los bytes de la cabecera (exceptuando los bits del campo del HEC) multiplicados por 8 y divididos por el polinomial:

$$x^8 + x^2 + x + 1 \quad (1.1)$$

El resto de esa división es transmitido en el campo de 8 bits destinado al HEC en la cabecera de las celdas. En el transmisor, el dispositivo que calcula la división es preseteado a todos ceros. Al resto de la división se le suma el patrón de bits 01010101 (llamado valor coset, de esta manera se mejora significativamente la performance de la delimitación de la celda. El receptor deberá restar el coset del HEC antes de calcular el síndrome de la cabecera.

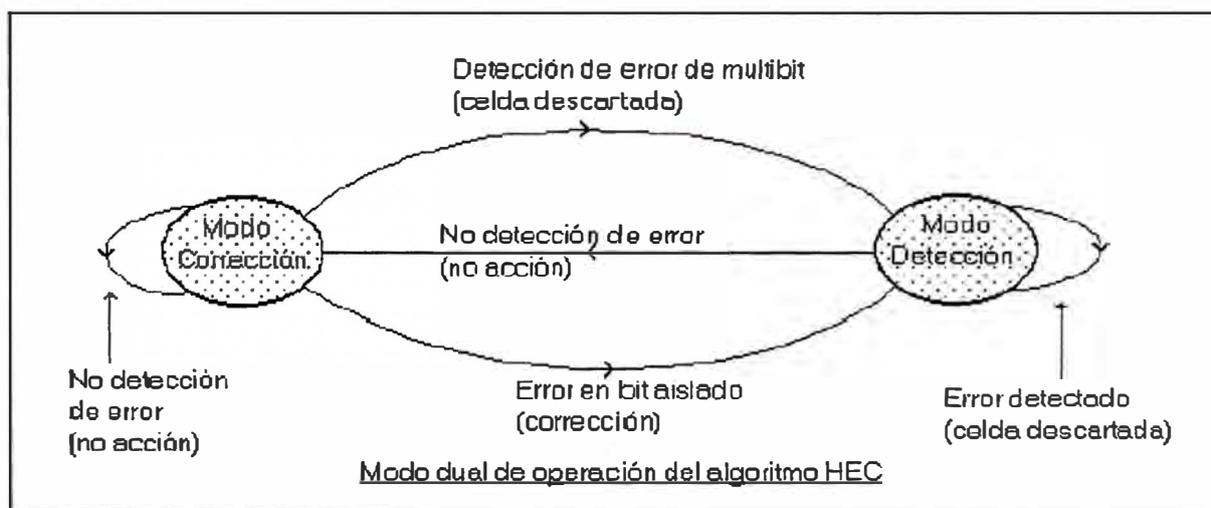


Figura 1.3: Algoritmo HEC

c) Delimitación de celdas

La recomendación I.432 declara que el algoritmo de delimitación de celda debe ser autosuficiente, de tal manera que pueda ser transportado a través de cada una de las interfaces de redes independientemente del sistema de transmisión empleado (SDH, PDH, basado en celdas, etc.).

El mecanismo de delimitación de celdas está basado en la correlación existente entre los bits de la cabecera y los bits del HEC. El diagrama de estado para la delimitación de celdas se muestra en la Figura 1.4.

- En el estado de búsqueda, el proceso de delimitación chequea bit a bit la validez de los bits del HEC para el supuesto campo de la cabecera. Cuando existe información de timing de byte obtenido de la subcapa física la búsqueda puede hacerse byte a byte. Este es el caso aplicable por ejemplo si el sistema de transmisión es SDH.
- Cuando es correcto, se entra a un estado de presincronismo. En este estado se asume que se ha alcanzado una correcta delimitación. Sin embargo se requiere una confirmación posterior. Por lo tanto la validez del campo HEC es chequeada posteriormente. Un incorrecto HEC antes de llegar al estado de sincronismo provoca el retorno al estado de búsqueda.
- El estado de sincronismo es alcanzado si esta validez es confirmada DELTA veces, entonces el sistema se declara a sí mismo sincronizado.
- Se abandona el estado de sincronismo (pérdida de delimitación de celdas) cuando ALPHA celdas consecutivas con un incorrecto síndrome del HEC son encontrados. Valores de ALPHA = 7 y DELTA = 6 son sugeridos por el CCITT para una capa física basada en SDH, y ALPHA = 7 y DELTA = 8 para una capa física basada en celdas.

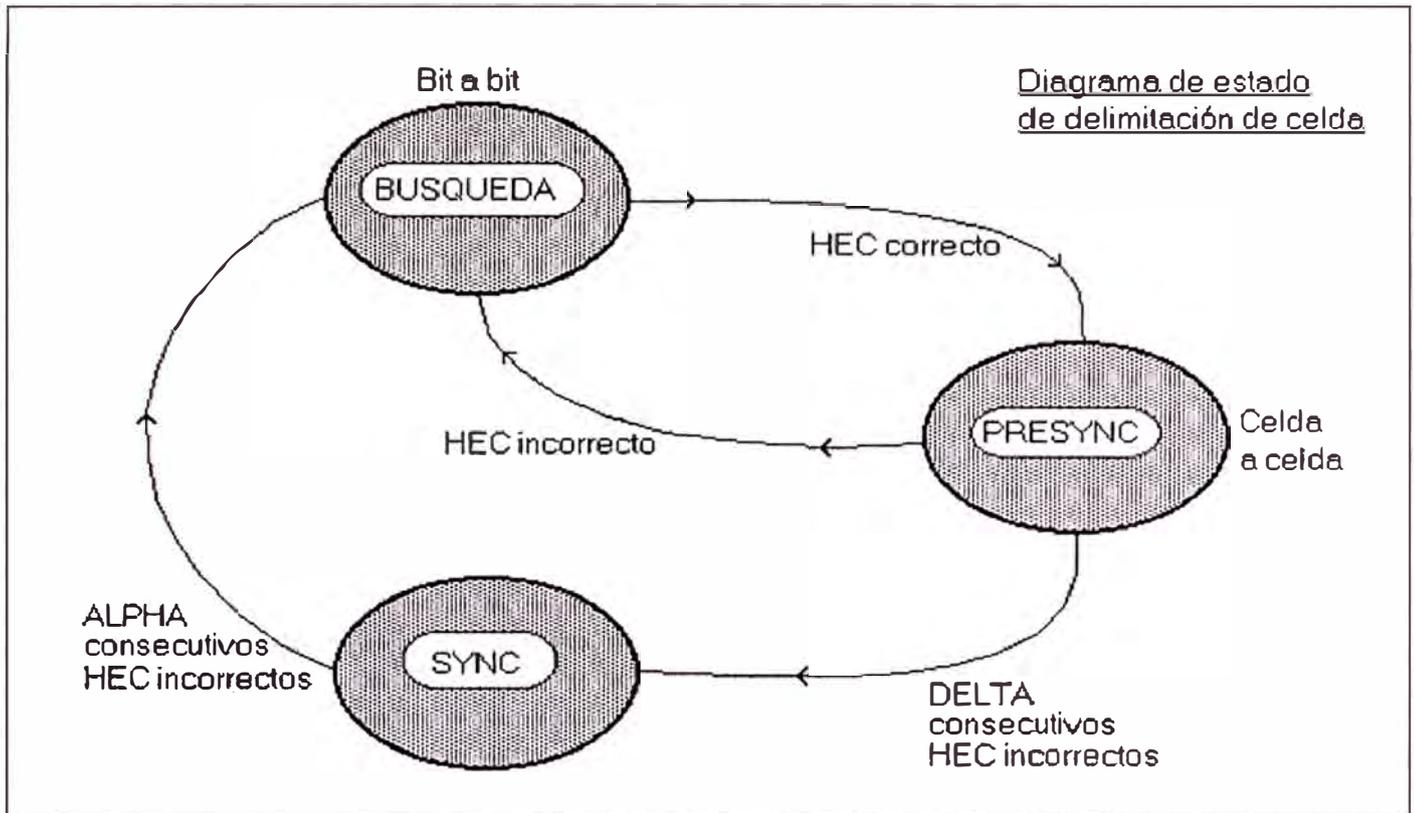


Figura 1.4: Diagrama de estado de delimitación de celda

d) Aleatorización de la zona de carga

Para incrementar la seguridad y robustez del proceso de delimitación en contra de usuarios maliciosos o simulaciones no deseadas de un correcto HEC dentro del campo de información de las celdas, dicho campo es aleatorizado.

En una capa física basada en SDH, un aleatorizador auto sincronizado con un polinomial $x^{43}+1$ es recomendado. Este aleatorizador auto sincronizado tiene una tasa de multiplicación de error de 2. Sin embargo este factor de multiplicación no tiene efecto sobre la calidad del algoritmo de corrección-detección de la cabecera puesto que esta no es aleatorizada.

1.1.3 Ejemplos de mapeo TC

Interfase con SDH

El medio físico preferido es la fibra óptica pero otros medios de transmisión como cable coaxial también son considerados.

Específicamente para STM-1 la tasa de bit disponible para la información de usuario, celdas de señalización y celdas de OAM excluyendo los bytes de la estructura de trama a nivel físico es de 149.760 Mbps en un sistema de transmisión de 155.520 Mbps. En esta opción las celdas ATM son transportadas en una trama SDH como se muestra en la Figura 1.5. La subcapa de convergencia realiza la generación y recuperación de trama, la encriptación/desencriptación necesaria para mejorar la extracción de reloj, la multiplexación de contenedores, la justificación en frecuencia de los contenedores virtuales individuales a la frecuencia de transmisión vía el procesamiento de punteros, señal de identificación de camino, OAM y recuperación de señal de clock de 125 μ s.

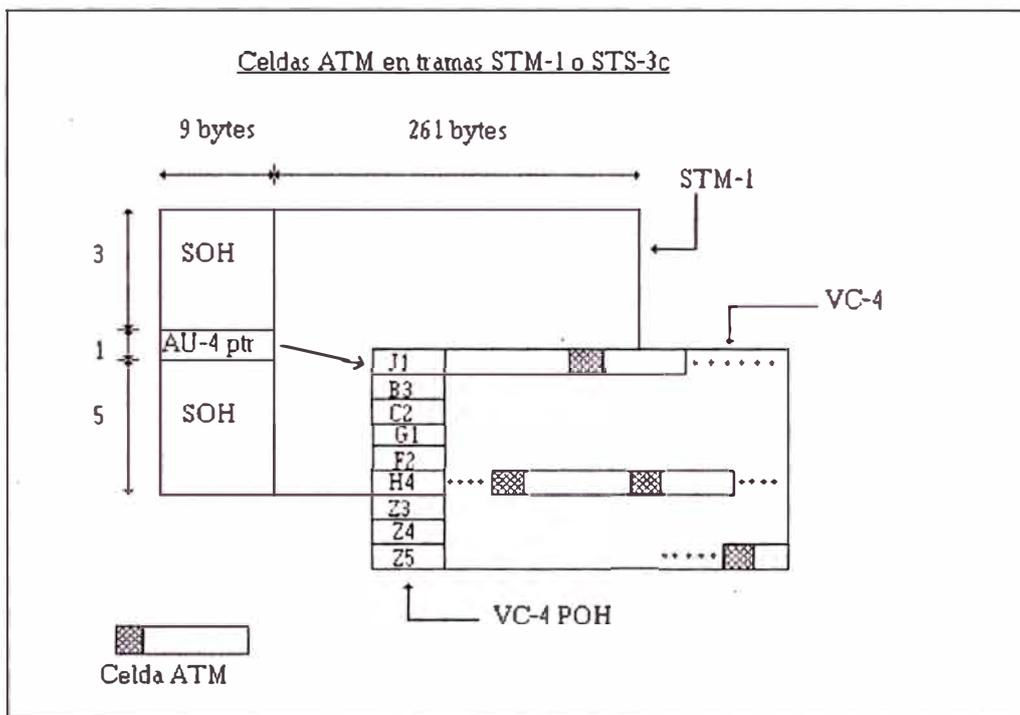


Figura 1.5: Celdas ATM en Tramas STM-1 o STS-3c

Especialmente para carga de celdas ATM se añaden: delimitación de celdas usando HEC, encriptación/desencriptación y generación - chequeo de HEC.

La implementación de OAM está en concordancia con las especificaciones generales de SDH. Esta OAM permite delimitación de trama, monitoreo de error, reporte de error etc.. La performance de transmisión es monitoreada y reportada en cada sección, camino utilizando los bytes de overhead de SDH. Solo el contenido del byte C2 es particular para

una trama SDH transportando celdas ATM. Contiene la indicación que la carga consiste en celdas ATM y la indicación de la construcción de la zona de carga.

Interfase basada en celdas:

Para el CCITT, las características del medio físico de una transmisión basada en celdas es idéntica a una basada en una interfase SDH. El Forum ATM especifica también una fibra multimodo a 100 Mbps y 155.52 Mbps con fibra multimodo o STP para dicha interfase.

Esta interfase está prevista para ser utilizada en una interfase red - usuario (UNI) privada (es decir en redes locales donde hubs, routers se conectan con un switch ATM). En esta interfase no es necesaria la complejidad en las funciones de operación y mantenimiento que hacen falta en enlaces del área pública (Ej. SDH, SONET). Por ello en esta opción las celdas son transportadas continuamente sin una delimitación a intervalos regulares, referidos a un tiempo de trama. Las funciones de operación y mantenimiento (OAM) a nivel físico son provistas por la especificación llamada Interfase de gestión local, provisional (ILMI).



Figura 1.6: Interfase basada en celdas

Debido a que no hay disponible un reloj externo en el receptor (como en SDH), este podrá ser derivado de la señal recibida del nodo local o bien ser provista por el clock del equipo del usuario.

Como se puede apreciar en la Figura 1.6, la subcapa de convergencia realiza delimitación, chequeo y generación de HEC, adaptación de tasa de celdas entre la capa ATM y la capa física, y funciones OAM. La tasa de bit disponible para información de usuario, celdas de señalización, y celdas OAM es de 149.760 Mbps en un sistema de transmisión de 155.520 Mbps.

Para no exceder la máxima capacidad de carga permitida en una interfase con una tasa física nominal de bit mayor, la capa física transporta unas celdas especiales llamadas celdas de capa física (PL) las cuales no son pasadas ni recibidas de la capa ATM. Son generadas e interpretadas a nivel de capa física. El máximo espaciado entre celdas PL sucesivas es de

26 celdas de capa ATM. Estas celdas PL pueden ser celdas desocupadas o celdas transportando información OAM de capa física (la identificación de dichas celdas se hace mediante los 4 primeros bytes de la cabecera). Tal como se aprecia en la Tabla N° 1.2. En definitiva las celdas PM efectúan una adaptación de tasa de bits entre capas.

Tabla N° 1.2: Tipo de Celda

| Tipo de Celda | BYTE 1 | BYTE 2 | BYTE 3 | BYTE 4 |
|----------------|----------|----------|----------|----------|
| Desocupadas | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000001 |
| PHY OAM | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00001001 |
| Reservadas PHY | PPPP0000 | 00000000 | 00000000 | 0000PPP1 |

P: Bits disponibles para el uso de la capa física.

Las funciones OAM realizan el monitoreo de performance, detección y reporte de errores de transmisión. El chequeo de performance incluye el conteo y cálculo de un código de error sobre la capa ATM y celdas desocupadas entre dos celdas PL-OAM subsecuentes. Los resultados son llevados en el campo de información de una celda PL-OAM junto con información de mantenimiento. En este caso el campo de información es protegido por el agregado de códigos de redundancia cíclica.

Esta interfase permite además llevar información de timing de 125 μ s a través de los enlaces de transmisión en la UNI privada.

1.2 CAPA ATM

1.2.1 Funciones

La capa ATM es completamente independiente del medio físico empleado para transportar las celdas ATM y por lo tanto de la capa física. Las siguientes son las principales funciones realizadas por esta capa.

- La multiplexación y demultiplexación de celdas de diferentes conexiones (identificadas por diferentes valores VCI y/o VPI) en un único flujo de celdas en la capa física.
- La traslación (o traducción) del identificador de la celda, lo cual es requerido en la mayoría de los casos cuando se conmuta una celda desde un vínculo físico a otro, en

un switch o cross-connect ATM. Esta traducción puede ser realizada en los VPI, VCI por separado o juntos .

- Proveer al usuario de un VCC o VPC con una QOS, de un conjunto de clases soportada por la red. Algunas clases de servicios requerirán de una cierta QOS para una parte de la conexión y una QOS menor para la restante. La distinción dentro de la conexión se hace por medio del bit CLP de la cabecera.
- Funciones de administración, la cabecera de las celdas de usuario provee de una indicación de congestión y de una indicación de usuario ATM a usuario ATM. Valores preasignados de VCI son definidos para flujos asociados a segmentos F4 10 y a flujos asociados F4 extremo a extremo. Códigos especiales de PTI son definidos para flujos asociados a segmentos F5, flujos asociados F5 extremo a extremo y a celdas de manejo de recursos. Cuando el PTI no indica que la celda transporta información de usuario, la información adicional en el campo de información de la celda concierne al plano de gestión de capas.
- Extracción (adición) de la cabecera antes (después) que la celda sea enviada a (desde) la capa de adaptación.
- Implementación de un mecanismo de control de flujo en la interfase red - usuario. Esto es soportado por los bits GFC de la cabecera.

1.2.2 Descripción de la celda ATM

En la recomendación I.361 la codificación de los campos de las celdas ATM es descrita en detalle.

La estructura de la celda contiene un campo de información de 48 bytes y una cabecera compuesta de 5 bytes. Los bytes son transmitidos en orden creciente empezando con el byte 1 de la cabecera. Dentro de cada byte los bits son enviados en orden decreciente empezando con el bit número 8. En la Figura 1.7 se aprecia la estructura de una celda ATM.

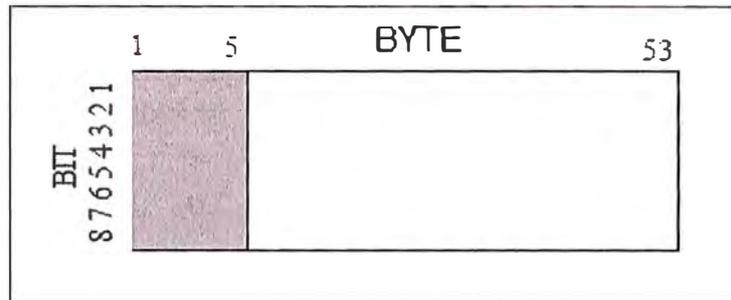


Figura 1.7: Celda ATM

Para todos los campos en una celda ATM el primer bit transmitido es también el bit más significativo.

En la interfase red-usuario (UNI) la estructura de la cabecera se muestra en la figura 1.8. El primer campo contiene cuatro bits llamados de control genérico de flujo (GFC). Estos bits están previstos para el uso en una configuración punto a punto que permita a un multiplexor el control de contención para una troncal, cuyos recursos sean compartidos. La contención se realiza a través de controles selectivos de tipo de tráfico. Si los bits están todos en cero entonces el acceso es no controlado y el tráfico generado no se ve afectado. Este campo solo tiene significado localmente y no es transportado extremo a extremo, pudiendo ser sobrescrito por nodos intermedios.

El segundo campo es el campo destinado al enrutamiento, que está dividido en el Identificador de canal virtual (VCI) de 16 bits y el Identificador de camino virtual (VPI) de 8 bits. Con la participación de alguno o ambos identificadores, se realiza la retransmisión y la conmutación de celdas a través de la red.

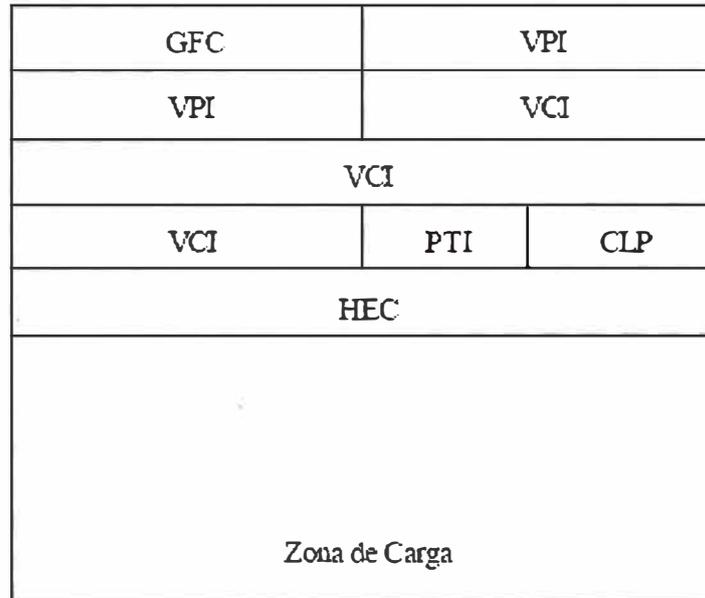


Figura 1.8: Estructura de cabeza en Interfase de Red usuario (UNI)

El siguiente campo es el indicador de tipo de carga (PTI) el cual indica si la celda contiene información de usuario o información de operación y mantenimiento (OAM). Además también es utilizado para indicación de congestión en la red.

Por último el bit de prioridad de pérdida de celda (CLP) indica la prioridad de una celda sobre otra a la hora de descartar celdas cuando existe congestión. La prioridad de cada celda será función de la calidad del servicio requerida (QOS).

El byte 5 de la cabecera contiene control de error de cabecera HEC como se explico en la subcapa de convergencia de transmisión.

En la interfase nodo - Red (NNI) el formato de la cabecera es idéntico al formato en la UNI excepto por el campo GFC que es reemplazado por bits 4 adicionales VPI.

Existen valores preasignados de la cabecera con significación especial en la capa ATM recomendados por el CCITT (Tabla N° 1.3).

- Las celdas de metaseñalización son usada para negociar señalización de VCI y recursos del sistema.
- Las celdas de Broadcast genérico transportan información que será emitida a todos los terminales en la UNI.

- La cabecera para señalización punto a punto es empleada para señalización en una UNI o NNI, caracterizando una configuración punto a punto en la capa ATM, es decir, la red intermedia no ve dicha señalización.

Tabla 1.3: Valores preasignados de la cabecera

| Tipo de Celda | VPI | VCI | PTI | CLP |
|------------------------------------|----------|-------------------|-----|-----|
| No asignadas | 00000000 | 00000000 00000000 | - | 0 |
| Meta señalización | xxxxxxx | 00000000 00000001 | 0A0 | B |
| Broadcast General | xxxxxxx | 00000000 00000010 | 0AA | B |
| Señalización punto a punto | xxxxxxx | 00000000 00000101 | 0AA | B |
| Flujo de celdas OAM F4 de segmento | yyyyyyyy | 00000000 00000011 | 0A0 | A |
| Flujo de celdas OAM F4 ext. a ext. | yyyyyyyy | 00000000 00000100 | 0A0 | A |
| Flujo de celdas OAM F5 de segmento | yyyyyyyy | zzzzzzzz zzzzzzzz | 100 | A |
| Flujo de celdas OAM F5 ext. a ext. | yyyyyyyy | zzzzzzzz zzzzzzzz | 101 | A |
| Celdas de gestión de recursos | yyyyyyyy | zzzzzzzz zzzzzzzz | 110 | A |
| Celdas de información de usuario | yyyyyyyy | vvvvvvvv vvvvvvvv | 0CU | L |

A: Bit disponible para el uso de la capa ATM.

B: Bit a ser seteado en cero por la entidad originante. La red puede cambiar dicho valor.

C: Bit indicador de congestión experimentada.

L: Bit CLP

U: Bit indicador de usuario de capa ATM a usuario de capa ATM.

x: Cualquier valor de VPI. Para VPI = 0 el valor de VCI es válido para señalización con la central local.

y: Cualquier valor de VPI.

z: Cualquier valor de VCI salvo 0.

v: Cualquier valor de VCI arriba de 0015H.

1.3 CAPA DE ADAPTACION ATM

1.3.1 Introducción

La capa de adaptación ATM (AAL) mejora los servicios prestados por la capa ATM a un nivel requerido por la próxima capa superior. Realiza funciones para el usuario, planos de control y

gestión. La AAL mapea las unidades de datos de protocolo (PDU) de usuario, control y gestión en el campo de información de una o más celdas ATM consecutivas de una conexión virtual, y viceversa. Las funciones llevadas a cabo en la AAL dependen de los requerimientos de capas superiores.

La capa AAL está subdividida en dos subcapas: **subcapa de segmentación y reensamblado (SAR)** y **subcapa de convergencia (CS)**.

El propósito principal de la subcapa SAR es la segmentación de la información proveniente de capas superiores a un tamaño conveniente para la capacidad de carga de las celdas ATM consecutivas de una conexión virtual. De manera inversa efectúa el reensamblado de los contenidos de las celdas de una conexión virtual en unidades de datos (DU) para ser entregados en capas superiores.

La subcapa de convergencia realiza funciones como identificación de mensajes, recuperación de clock/timing, etc. Para algunos tipos de AAL que soportan transporte de datos sobre ATM la subcapa de convergencia ha sido dividida adicionalmente en la Parte común de la subcapa de convergencia (CPCS) y subcapa de convergencia, específica del servicio (SSCS).

Algunos usuarios de capa AAL pueden encontrar que los servicios de la capa ATM son suficientes para sus requerimientos. En ese caso el protocolo de la capa AAL puede estar vacío. Se le suele llamar AAL0.

Las unidades de datos del servicio (SDU) son transportadas desde un punto de acceso al servicio (SAP) de la AAL hacia otro u otros a través de la red ATM. Los usuarios de la AAL tendrán la capacidad de seleccionar un dado AAL -SAP asociado con la QOS requerida para transportar la AAL -SDU.

Hasta ahora 4 AALs han sido definidas por el CCITT, cada una para cada tipo de servicio. Las AAL3 y AAL4 que proveen adaptación para servicios de transmisión de datos orientados a conexión y no orientados a conexión han sido fusionados, siendo incluidos en la capa CPCS. El Forum ATM ha definido una diferente AAL para transferencia de datos de alta velocidad, llamada AAL5. Esta AAL está siendo estandarizada por el CCITT (por ejemplo para Frame Relay).

1.3.2 Funciones y tipos de capas de adaptación

La AAL puede mejorar los servicios provistos por la capa ATM para lograr los requerimientos de algún servicio específico. Estos servicios pueden ser servicios de usuarios así como funciones de control (Ej. señalización) y administración. La AAL mapea las unidades de datos de protocolo (PDU) de usuario, control, y administración en el campo de información de una o mas celdas consecutivas de una conexión virtual y viceversa.

Los servicios a ser transportados sobre la capa ATM son clasificados en 4 clases, cada una de las cuales tiene su propio y específico requerimiento respecto a la AAL. Para obtener estas 4 clases, los servicios son clasificados de acuerdo a 3 parámetros básicos:

- **Relación temporal entre fuente y destino:**

Algunos servicios tienen una relación temporal entre fuente y destino, para otros no existe esa relación. Por ejemplo en una trama PCM de 64 Kbps transportando señal de voz hay una clara relación temporal entre fuente y destino. En cambio la información transferida entre computadoras no tiene relación temporal. A veces los servicios con una relación temporal son llamados servicios en tiempo real.

- **Bit rate:**

Algunos servicios tienen una tasa de bits constante, otros variable.

- **Modo de conexión:**

Los servicios pueden ser orientados o no a conexión.

Solo 4 tipos de las teóricamente 8 combinaciones posibles de los tres parámetros vistos resultan en servicios existentes. Por lo tanto el CCITT ha definido 4 clases de acuerdo a estos tres parámetros básicos (Tabla N° 1.4).

- En la clase A existe una relación temporal entre fuente y destino. La tasa de bit es constante y el servicio está orientado a conexión. Un ejemplo típico es el transporte de señal de voz a una tasa de 64 Kbps como en NISDN. La oferta de este servicio en la red ATM es llamada a veces emulación de circuito. Otro ejemplo es video a tasa constante de bit.

- En la clase B de nuevo existe una relación temporal entre fuente y destino con un modo orientado a conexión. Sin embargo a diferencia con clase A la clase B tiene una tasa de bits variable. Ejemplos típicos son audio y video de tasas variables de bit.
- En la clase C no existe relación temporal entre fuente y destino y la tasa de bits es variable. El servicio es orientado a conexión. Ejemplos de este tipo de servicio son transferencia de datos y señalización orientadas a conexión.
- Finalmente la clase D difiere con la clase C en que no es orientada a conexión. Ejemplos de este tipo de servicios son IP y SMDS.

Tabla N° 1.4

| Atributo | Clase A | Clase B | Clase C | Clase D |
|-------------------------------|--|-------------------------------------|----------------------|----------------------------|
| Timing entre fuente y destino | REQUERIDO | | NO REQUERIDO | |
| Tasa de bit | CONSTANTE | VARIABLE | | |
| Modo de conexión | ORIENTADO A LA CONEXIÓN | | | NO ORIENTADO A LA CONEXIÓN |
| AAL's | AAL1 | AAL2 | AAL 3/4 ó AAL5 | AAL 3/4 ó AAL5 |
| Ejemplos | DS1, E1, E3, EMULACION Nx64 Kbps (Emulación de circuitos: CES) | VIDEO, AUDIO, MPEG 2 H.320 | FRAME RELAY, X.25 | IP, SMDS |

Como fue discutido previamente las AAL están subdivididas en 2 subcapas: SAR y CS. Las funciones fundamentales de la SAR son la segmentación de PDU's en celdas ATM y el reensamblado de las mismas en PDU's. La subcapa de convergencia es dependiente del servicio. Las SAR y/o CS pueden estar vacías en algunas aplicaciones.

La recomendación I.363 describe los protocolos de las SAR y CS en una cierta combinación para ser aplicada en las clases de servicio mencionadas previamente. Sin embargo el CCITT declara que otras combinaciones pueden también ser usadas o que incluso pueden ser definidas otras SAR o CS.

Cuatro tipos de protocolos de AAL han sido recomendados hasta ahora por el CCITT: AAL1, AAL2, AAL 3/4, AAL5.

Originalmente AAL3 y AAL4 fueron previstos como dos protocolos independientes pero luego se vio que una misma AAL podía realizar ambas funciones. A esta AAL se llama entonces AAL3/4.

También es posible hablar de un tipo 0 de capa de adaptación. AAL0 indica la ausencia de capa AAL. Esto es por ejemplo si el servicio de la capa superior usa un mecanismo basado en celdas.

1.3.3 Adaptación para servicio de tasa de bit constante: AAL1

Los servicios de tasa de bit constante (CBR) requieren que la información sea transferida entre fuente y destino a una tasa constante de bits, luego que una conexión virtual haya sido establecida. Los servicios provistos por la capa AAL1 al usuario son:

- Transferencia de unidades de datos del servicio (SDU) con una fuente constante de tasa de bits y su entrega a la misma tasa binaria.
- Transferencia de información de timing entre fuente y destino.
- Transferencia de información de estructura de datos.
- Indicación de la pérdida de información o errores en la misma, la cual no es recuperada por la propia AAL si fuera necesario.

Un número de indicaciones de error, como información de usuario corrompida, pérdida de timing, desborde de buffer pueden ser pasadas desde el plano de usuario al plano de gestión.

Los servicios soportados por esta capa son CES (Servicio de Emulación de Circuitos) y VTOA (Voz & Telefonía sobre ATM).

a) Funciones de la SAR

La capa SAR acepta un bloque de 47 bytes desde la CS y agrega un byte SAR-PDU de encabezamiento para formar el denominado SAR-PDU. En el extremo receptor la subcapa SAR recibe un bloque de 48 bytes desde la capa ATM y de allí separa el encabezado SAR-PDU. La zona de carga de 47 bytes es pasada entonces a la CS. Ver Figura 1.9.

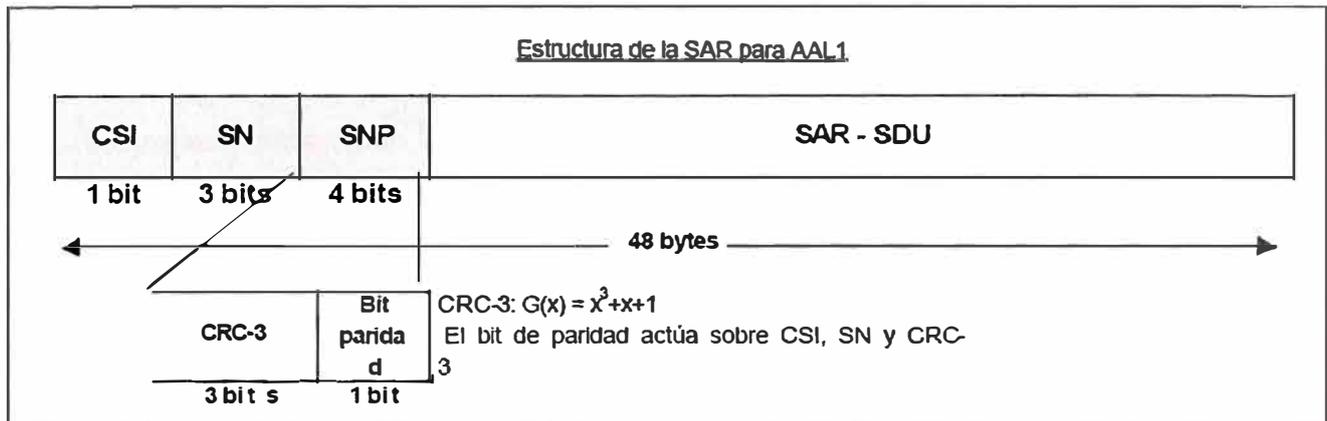


Figura 1.9: Estructura de la SAR para AAL1.

Asociado con cada grupo de 47 bytes SAR-SDU, la subcapa SAR recibe un número de secuencia (SN) desde la CS. En el extremo receptor este número es pasado a la entidad par CS. El número de secuencia podrá ser usado para detectar la pérdida o inserción errónea de cargamentos SAR, i.e. la pérdida o inserción errónea de celdas.

La subcapa SAR tiene también la capacidad de indicar la existencia de una subcapa CS. Esto se hace mediante el indicador de subcapa de convergencia (CSI), el cual se comunica a la entidad par correspondiente en el otro extremo. El uso de esta indicación es opcional. El bit CSI puede usarse entre otras cosas para transferir información de reloj.

Ambos ítems de información CSI y SN están protegidos de errores por un campo de protección de número de secuencia (SNP) capaz de corregir un bit y detectar errores en múltiples bits. En caso de ser erróneos y no poder ser corregidos, la subcapa CS es informada de ello.

b) Funciones de la subcapa de convergencia (CS)

La subcapa de convergencia depende del servicio en particular, y puede contener diferentes funciones.

- Manejo de la variación del retardo de celda (CDV)
- Manejo del retardo en el ensamble de la zona de carga de las celdas. La zona de carga del SAR-PDU puede ser llenada parcialmente con datos del usuario para reducir el retardo de ensamblado. El número de bytes utilizados por información del usuario es constante y el resto quedan como bytes de relleno.

- Recuperación del clock original en el receptor. Existen numerosos métodos para recuperación de clock en el receptor. El CCITT recomienda el uso del método de estampado sincrónico residual de tiempo (SRTS). Utiliza una estampa residual de tiempo (RTS) para medir y comunicar información al receptor sobre la diferencia entre una referencia común de reloj (derivada de la red en receptor y transmisor) y el clock en servicio en el transmisor. La RTS es transportada en los bits CSI de sucesivos SAR-PDUs.

Una referencia común de reloj está disponible en el emisor y receptor si están comunicados vía una red sincrónica como SDH o SONET. Con este método se obtienen valores requeridos de Jitter especificados por el CCITT para jerarquías de 2 y 1.5 Mbps.

Si una referencia común no está disponible como en una red PDH, un método adaptivo de recuperación de reloj basado en el monitoreo del nivel de llenado de un buffer puede ser usado.

- Recuperación de la estructura de datos del emisor, en el receptor.
- Para la delimitación de los límites de la estructura se emplea un puntero, en particular en las estructuras basadas en 8 KHz. como en los servicios modo circuito.
- Monitoreo de celdas perdidas o mal insertadas y posibles acciones correctivas.
- Monitoreo del protocolo de control de información (PCI) de la AAL para posibles errores en bits y las posibles acciones correctivas.
- Monitoreo del campo de información de usuario para posibles errores en bits y las posibles acciones correctivas.
- Reporte del status de la performance extremo a extremo deducida de la AAL.
- Para algunos servicios específicos, funciones especiales pueden ser soportadas por la CS. Ejemplos típicos de dichas funciones son:

Funciones de la Sub-Capa de Convergencia para transmisión de interfaces de conexión

Esta categoría incluye las interfaces de conexión sincrónicas (SDH y SONET) y asincrónicas (PDH: E1, T1, E2, T2, etc.). La longitud de la SDU es 1 bit. Se usa el principio de SRTS (Estampado de Sincrónico de Tiempo Residual) para recuperación del reloj. El retardo de celdas es compensado usando un buffer de latencia. Si el buffer de celdas está vacío

cuando los datos del usuario son reensamblado a partir de las celdas (buffer underflow) se agregan bits de relleno con valor '1' para mantener la tasa de bit constante. En el caso opuesto, cuando el buffer se llena, los datos recibidos desde la capa SAR son descartados. Las celdas recibidas con número de secuencia erróneo son descartadas. Cuando una celda se pierde o es descartada, la tasa de bit se mantiene agregando celdas de relleno consistentes en un campo de información completado con '1'.

Funciones de la Sub-Capa de Convergencia para transmisión señales de vídeo.

En este caso el tamaño de la SDU es 1 byte a diferencia del caso anterior. Igual que en el caso de interfaces de conexión, el retardo de celdas se compensa con un buffer de latencia. Para estas señales se cuenta con un modo de corrección opcional de tipo FEC (Forward Error Correction) para controlar la pérdida de celdas y los errores de transmisión (Figura 1.10).

El código empleado combina codificación Reed Solomon y entrelazado de bytes. El polinomio generador es:

$$G(x) = (x - \alpha^{120})(x - \alpha^{121})(x - \alpha^{122})(x - \alpha^{123}) \quad (1.2)$$

Donde:

$$\alpha^2 = x^8 + x^7 + x^2 + x + 1 \quad (1.3)$$

Este método permite corregir 2 bytes erróneos o 4 bytes perdidos en un bloque de 128 bytes. Primero, se calculan 4 bytes de código Reed Solomon a partir de 124 bytes de datos. Esto da 128 bytes que son entrelazados en una matriz de 128 columnas y 47 filas. La matriz se escribe fila por fila y luego se lee columna por columna. El número total de bytes: $128 \times 47 = 6016$ bytes corresponde al campo de información de 128 SAR PDUs.

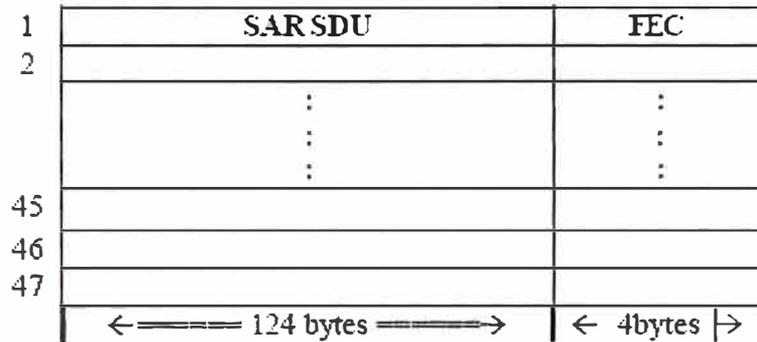


Figura 1.10: Subcapa de Convergencia para transmisión señales de vídeo

Funciones de la Sub-Capa de Convergencia para transmisión señales de voz.

Para la transmisión de voz, el tamaño de la SDU es también 1 byte. La señal de voz se codifica a

64 Kbps con la ley A o la ley μ (CCITT G.711). El retardo de celda se compensa con buffers.

No existen mecanismos para la corrección de celdas perdidas.

Nota: cuando se usan técnicas para compresión de voz o vídeo con supresión de silencio se aprovecha mejor el ancho de banda pero la tasa de bits se hace variable, para eso existe la capa de adaptación AAL2.

Métodos de recuperación del reloj en el receptor

El método más empleado para regenerar la frecuencia original en el nodo receptor después de transportar los datos en la red B-ISDN es el estampado sincrónico de tiempo residual (SRTS).

Este método está basado en la medición de la diferencia de frecuencia entre el reloj de servicio (la tasa de datos en la aplicación) y el reloj de red para la red B-ISDN.

La medición de la diferencia de fase, se hace determinando la cantidad de M_q pulsos de reloj de red f_n dentro de un período de tiempo T .

El tiempo T corresponde a N pulsos de reloj de servicio f_s . Dado que tanto f_n como N son conocidos en el extremo receptor, solo es necesario transmitir M_q para poder regenerar el reloj f_s de la aplicación, ver Figura 1.11.

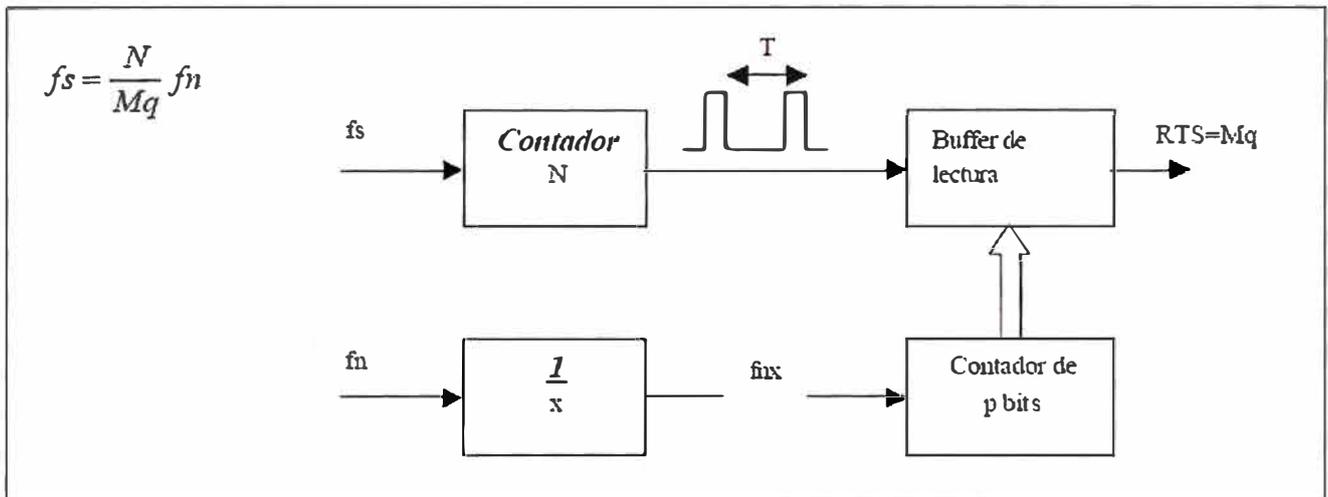


Figura 1.11: Recuperación del reloj en el receptor

En lugar de fs se usa fnx de manera que $fs < fnx < 2fs$.

Esto asegura la resolución adecuada. El contador de p bits cuenta los pulsos de red fn y esto se lee cada T segundos.

Ejemplo: para $fn = 155\text{Mbps}$ y $fs = 64\text{Kbps}$

Se usa $fnx = 155 \cdot 2^{-k}$ con $k = 11 \Rightarrow fnx = 75.9\text{Khz}$.

Se usan 4 bits para el RTS y se transmiten en el bit CSI de los SAR PDU N° 1, 3, 5 y 7. Los bits CSI de las PDUs = 0, 2, 4 y 6 se usan para otras funciones.

Transmisión de datos estructurados:

La capa AAL1 puede dar servicio a datos sin formato (tiras continuas de datos o streams) o datos estructurados (ejemplo tramas). En este último caso los límites de la estructura se identifican con punteros. Entonces, es necesario diferenciar si el campo de información de la SAR PDU contienen o no puntero. Para datos no estructurados (formato stream), no se usa puntero, por lo cual cada bit del campo de información de la SAR PDU es ocupado por datos del usuario. En cambio en la transmisión de datos estructurados, se requiere un puntero que será ubicado en el primer byte del campo de información de las SAR PDUs cuyo número sea 0, 2, 4 y 6.

El campo de puntero registra el número de bytes entre el final del campo de puntero y el comienzo del siguiente bloque de datos estructurados, dentro de un rango de 93 bytes

llamado offset. Estos 93 bytes se forman con los 46 bytes remanentes del campo de información de la SAR PDU luego del puntero y 47 bytes del campo de información de la próxima SAR PDU, que será impar y no llevará puntero. Es decir, cada puntero tiene un alcance de 2 SAR PDU y su valor es llevado en las SAR PDUs pares. Los valores válidos para el puntero son 0-92 [bytes]. Para codificar en este rango se requieren 7 bits. El primer bit del campo de puntero se ha reservado para futuras aplicaciones y se fija en '0' por defecto. Ver Figura 1.12.

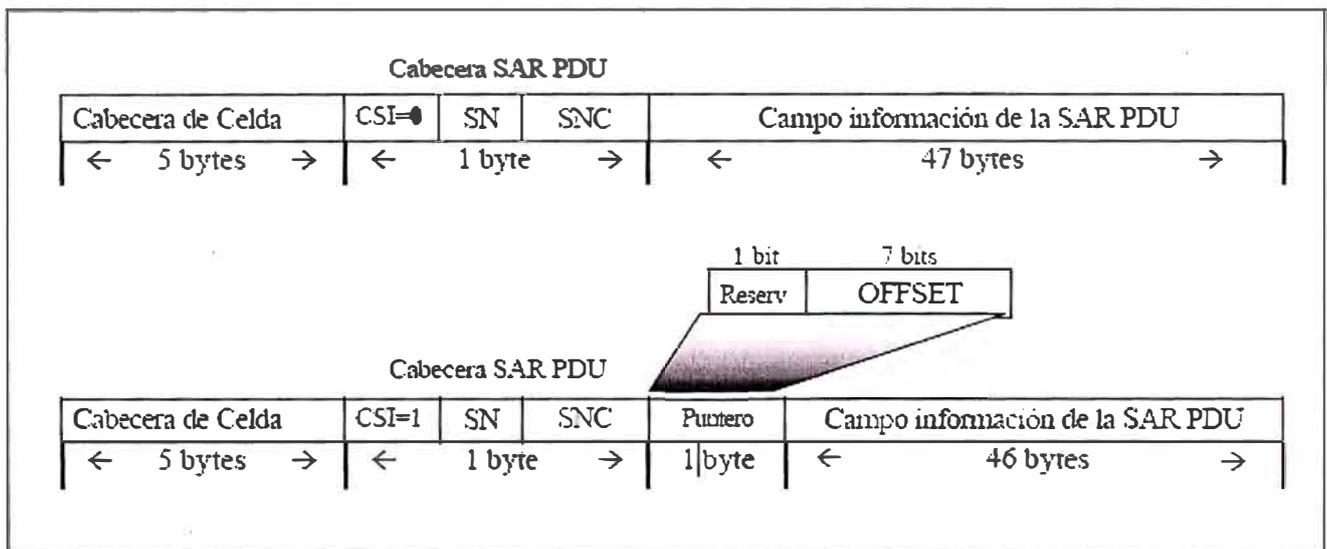


Figura 1.12: Cabecera SAR PDU

Si la SAR PDU está parcialmente llena con datos del usuario, para reducir el tiempo de reensamblado, el sobrante del campo de información se completa con bytes de relleno. La cantidad de bytes ocupados en el campo de información deberá ser la misma para todas las celdas para asegurar la tasa de bits constante propia del modo AAL1.

No es posible usar simultáneamente la transmisión de datos estructurados y la corrección de errores FEC para señales de video. Esto es debido a que cuando se usa FEC, para detectar el comienzo de la CS PDU, el bit CSI de la SAR PDU que contiene el primer campo de información de la CS PDU se pone en '1', la siguiente CSI se fija en '0'.

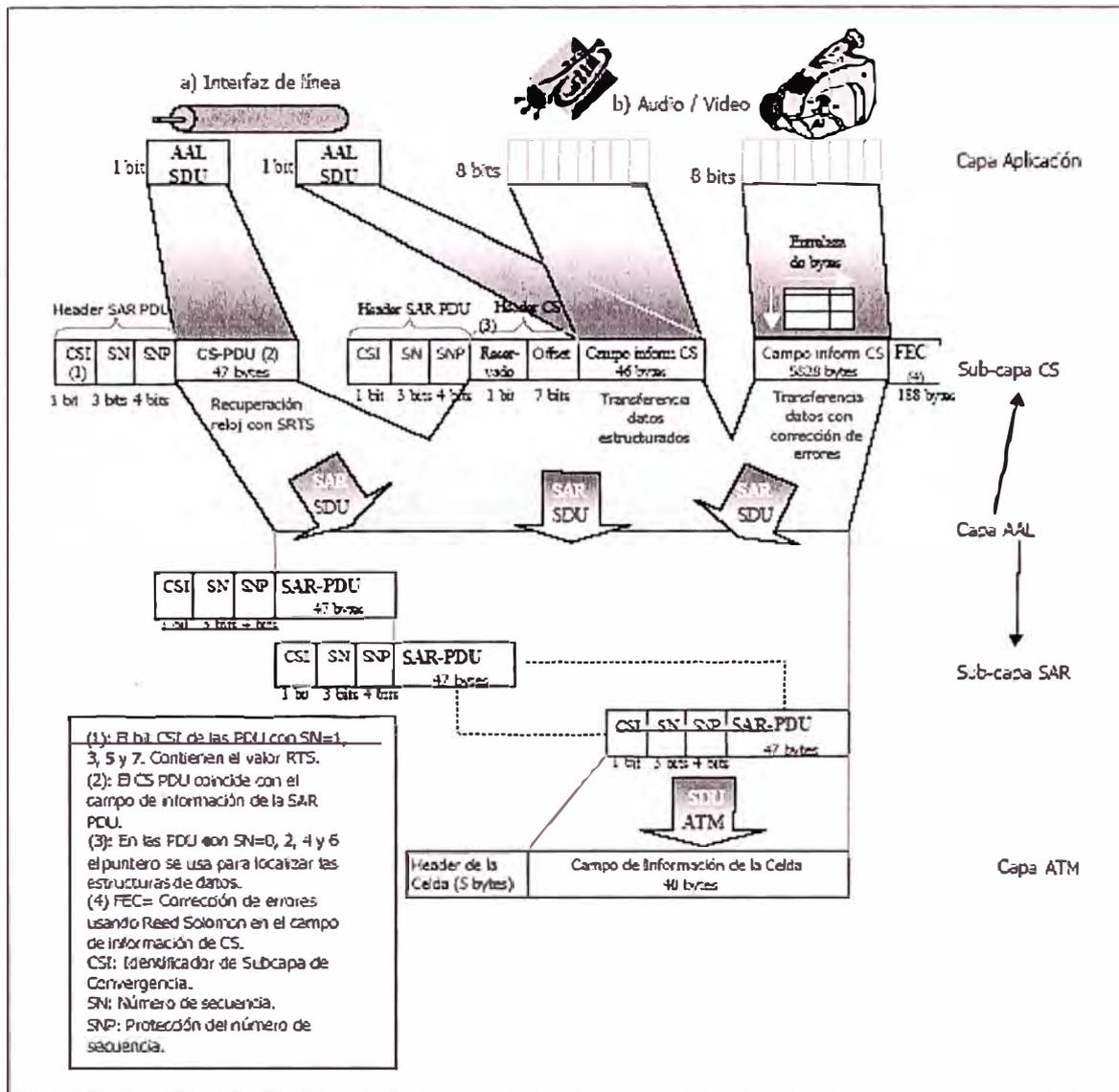


Figura 1.14: Datos estructurados

La figura 1.13 muestra un esquema de transmisión de datos estructurados y la función que cumple la capa ATM en dicha transmisión.

1.3.4 Adaptación para servicio de tasa de bit variable: AAL2

El tipo 2 de AAL ofrece la transferencia de información sensible al retardo con una tasa binaria variable (ejemplo trunking). Además se debe transferir información de timing entre la fuente y el destino. Desde que la fuente esta generando a una tasa binaria variable, es posible que las celdas no sean completamente llenadas, y el nivel de llenado varía de celda a celda. Por lo tanto se requiere un mayor número de funciones en la SAR.

En la subcapa de convergencia deben realizarse las siguientes funciones:

- Recuperación de reloj por medio de la inserción y extracción de información de timing (Ej. estampado de tiempo, etc.).
- Manejo de celdas perdidas y celdas mal enrutadas.
- Corrección de error hacia adelante (FEC).

La AAL2 es la más reciente de las definidas por la UIT-T en la I.363.2 en septiembre de 1997, esta demora se debió a que representaba dificultades técnicas serias en el manejo de recursos y control de congestión. Se la denomina comúnmente celdas en celdas.

En AAL2 las celdas también pueden ser llenadas parcialmente en cuyo caso los bytes no utilizados deben ser marcados.

Tiene 1 byte STF (Start Field) de encabezado de la CS-PDU, compuesto por 6 bits que conforman el campo de offset OSF (Offset Start Field), en los que se indica el número de octetos que separan al final del STF del principio del primer paquete CPS, un bit SN (Secuence Number) que contiene la secuencia de los payload de la PDU y otro P (Parity) donde se coloca la paridad par del STF.

Los otro 48 bytes son la carga que puede contener ningún, uno o más paquetes CPS (Common Part Sublayer).

Capa Adaptación ATM - AAL2

En la Figura 1.15, se observa un paquete CPS dentro del campo de información de la CPS-PDU, sin embargo varios paquetes pueden compartir la misma STF.

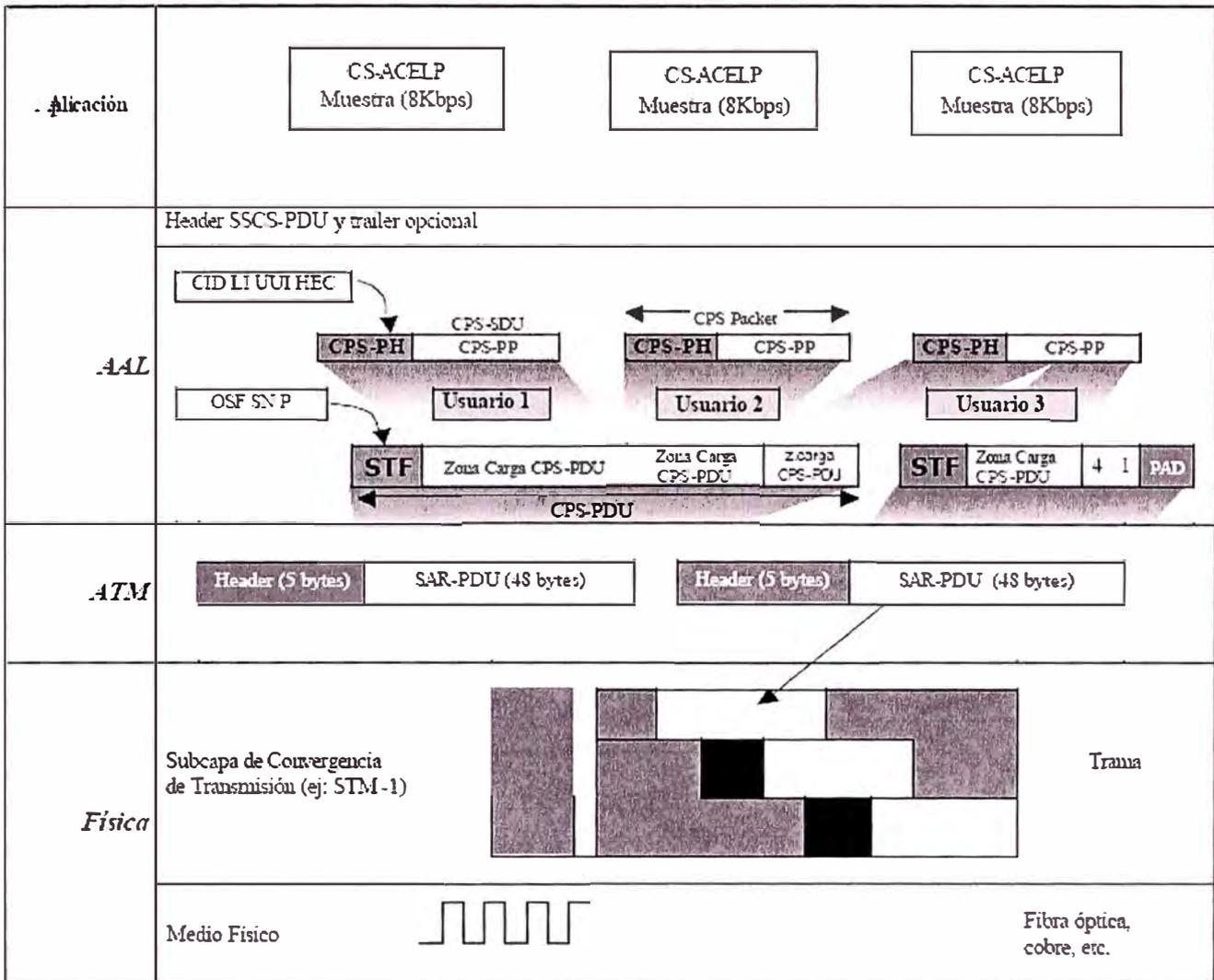


Figura 1.15: Estructura del paquete CPS

La estructura del paquete CPS está compuesta por un encabezado de 3 bytes y una carga de hasta 45 bytes.

El primero consta de 8 bits que identifican al usuario CID (Channel Identifier), 6 bits de indicador de longitud LI (Length Indicator) que contienen el número de octetos de la carga del CPS menos uno, 5 bits de datos de usuario a usuario UUI (User User Information) que transporta información en forma transparente si el paquete CPS no es de OAM y un control de errores de encabezado de 5 bits HEC (Header Error Correction) que contiene un CRC que protege la integridad de estos 3 bytes.

1.3.5 Adaptación para servicio de transmisión de datos: AAL 3/4

El CCITT recomienda el uso de la AAL 3/4 para la transferencia de datos insensibles al retardo, pero si a la pérdida de ellos. La AAL puede ser usada en un modo orientado a la conexión o en un modo orientado a la no conexión. La AAL propiamente dicha no realiza todas las funciones requeridas para un servicio orientado a la no conexión debido a que las funciones de routing y direccionamiento de red son realizadas en la capa de red. Las conexiones establecidas pueden ser punto a punto o multipunto.

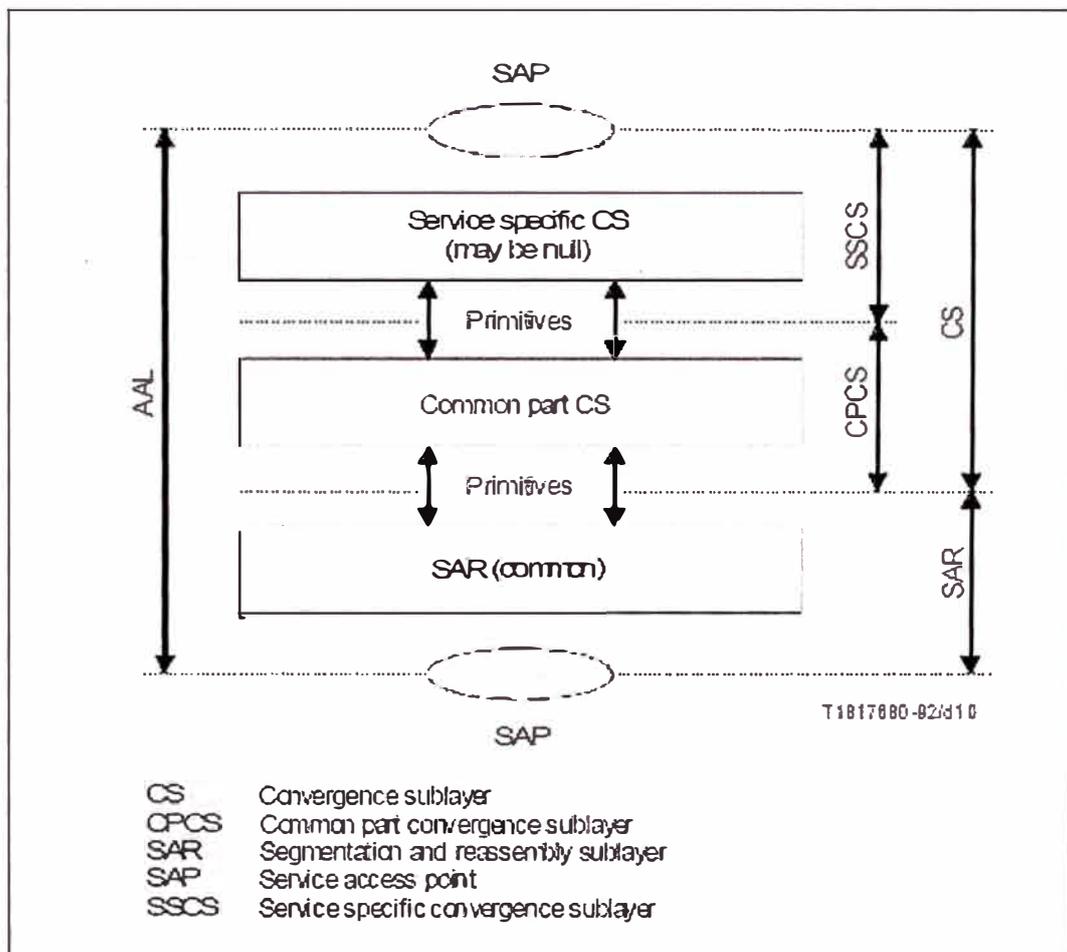


Figura 1.16: Estructura de AAL tipo 3/4

La Sub-Capa CS está dividida en 2 sub-capas SSCS (Subcapa de Convergencia Específica del Servicio: Service Specific Convergence Sublayer) y CPCS (Sub-capa de Convergencia Parte Común: Common Part Convergence Sublayer).

Los paquetes de datos de longitud variable (1-65535 bytes) de la capa de aplicación son primero rellenos agregando bits fijos, para alcanzar una longitud total que sea múltiplo entero de 32 bits. A esto se le agrega un header (cabecera) y un trailer (cola), para formar la CS PDU. La CS PDU es cortada luego en segmentos de 44 bytes cada uno y se agrega otro header y trailer formando la SAR PDU. Esta explicación simplificada da una perspectiva del funcionamiento de la capa AAL 3/4.

Están definidos dos modos para la AAL 3/4: modo mensaje y modo streaming.

- **Modo mensaje**

La AAL-SDU es pasada a través de la interfase en exactamente una unidad de datos de interfaz (IDU) de la AAL. Este servicio provee el transporte de AAL-SDUs de tamaño fijo o variable.

- **Modo streaming**

La AAL-SDU es pasada en una o más AAL-IDUs. La transferencia de dichos AAL-IDUs puede ocurrir en tiempos separados. El servicio provee las facilidades para transportar AAL - SDUs de longitud larga y variable. Incluye también un servicio de terminación a través del cual puede requerirse el descarte de una AAL-SDU parcialmente transferida.

Ambos modos del servicio pueden ofrecer los siguientes procedimientos operacionales par a par.

- **Operación asegurada:** Cada SDU es entregada si ninguna modificación en el contenido causada por errores. Cualquier CS-PDU perdido o corrompido es retransmitido. En adición, el control de flujo es soportado entre los puntos extremos. El uso de este procedimiento esta restringido a conexiones AAL punto a punto.
- **Operación no asegurada:** En este caso, un SDU puede ser entregado incorrectamente o no. Por consiguiente los CS- PDUs perdidos o con errores no son retransmitidos. La provisión de control de flujo es opcional.

a) Funciones de la subcapa SAR

- Segmentación y reensamblado de CS-PDUs de longitud variable. La SAR-PDU contiene dos campos para este propósito.

Tipo de segmento (ST): Dos bits los cuales indican que parte de la CS-DU es transportada por la SAR-PDU, la primera, intermedia, final o un segmento único. Las SAR-SDUs que serán transmitidas en forma incompleta serán descartadas.

Indicador de longitud (LI): De longitud 6 bits. Como el último segmento o un segmento simple de la SAR -PDU puede contener una zona de carga incompleta, este indicador informa de la cantidad de bytes válidos.

- Corrección de error (CRC). Un campo de 10 bits para detección y corrección de error es provisto. Además un campo de número de secuencia de 4 bits se implementa para detectar la pérdida o inserción errónea de celdas.
- Multiplexación de múltiples CS-PDUs en un portador común en la capa ATM (VCI/VPI). La multiplexación es soportada por un identificador de multiplexación (MID) de 10 bits en la SAR-PDU. El uso del MID permite multiplexar 2 conexiones usuario AAL a usuario AAL en una simple conexión usuario a usuario en la capa ATM para comunicaciones de datos orientadas a conexión.

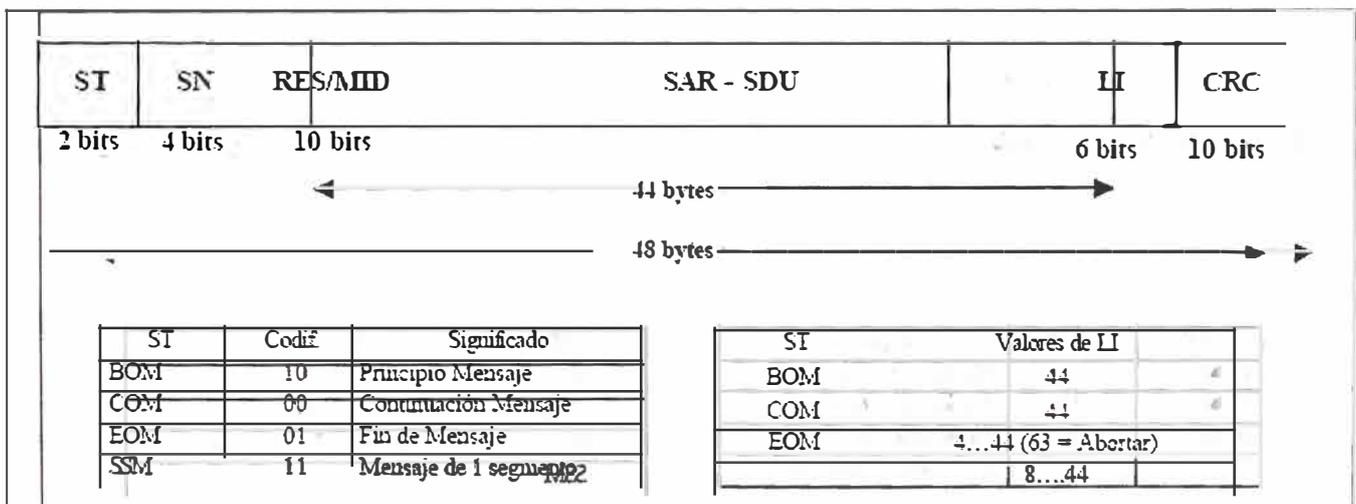


Figura 1.17: Estructura de la SAR para AAL 3/4

Como se puede apreciar en la Figura 1.17, para abortar una secuencia de SAR-PDU se pone el campo ST=EOM y el campo LI=63, en este caso el campo de información será ignorado. El campo CRC hace un chequeo con el polinomio:

$$G(x)=1+x+x^4+x^5+x^9+x^{10} \quad (1.4)$$

Para comunicaciones sin conexión como SMDS, el MID permite entrelazar SAR-PDUs de hasta 2^{10} CS-PDUs en la misma conexión virtual semi permanente en la capa ATM. Este procedimiento tiene la ventaja de que un paquete de la capa AAL no tiene que esperar a que otro sea completamente transmitido por la capa ATM antes de poder ser atendido, sino que ambos pueden ser intercalados usando el campo MID. La desventaja es el costo en el uso del campo MID que reduce la zona de carga útil.

Esta conexión puede transportar celdas ATM desde uno o más terminales sin conexión a un server sin conexión en la UNI, o entre redes de servicios sin conexión en la NNI.

Este es por ejemplo el caso donde un número de terminales están conectados a una red local (Sin conexión), mientras que dicha red local es conectada por un único Gateway ATM (Figura 1.18). Toda la información de los terminales es transportada sobre una única conexión ATM a un servidor sin conexión, el cual basado en el MID, decide enrutar la información al destino correcto. Sin embargo como describimos anteriormente, la información de routing está presente en la capa de red, y el server sin conexión tiene que establecer un enlace entre el campo MID y la información de routing de la capa de red, la cual es transportada en el primer (BOM) segmento AAL de la CS-PDU. Siendo multiplexadas en una única conexión ATM, todas las CS-PDUs tendrán la misma QOS ofrecida por la red.

b) Funciones de la subcapa de convergencia

La subcapa de convergencia consiste de una parte compartida por las aplicaciones superiores (CPCS) y una parte específica de la aplicación (SSCS). La implementación de la sub-capa SSCS es opcional para protocolos clase D pero obligatoria para protocolos clase C.

La CPCS puede trabajar en dos modos: streaming y mensaje. En el modo mensaje, cada CPCS SDU es transmitida exactamente en una CPCS PDU, usando una CPCS IDU, mientras que en el modo streaming una CPCS SDU puede transmitirse usando una o más CPCS IDUs. Las IDUs pueden llegar con retardo de tiempo. Todas las IDUs que forman parte de la misma SDU son enviadas en una CPCS PDU luego de ser recibidas.

- **Subcapa CPCS**

La parte común de la subcapa de convergencia (CPCS) de la AAL 3/4 provee de una transferencia no asegurada de tramas de datos con una longitud entre 1 y 65535 bytes. Conexiones CPCS serán establecidas por el plano de control o de gestión. Una o más

conexiones CPCS podrán ser establecidas entre dos entidades CPCS pares, mas no esta aún soportado la terminación de conexiones CPCS.

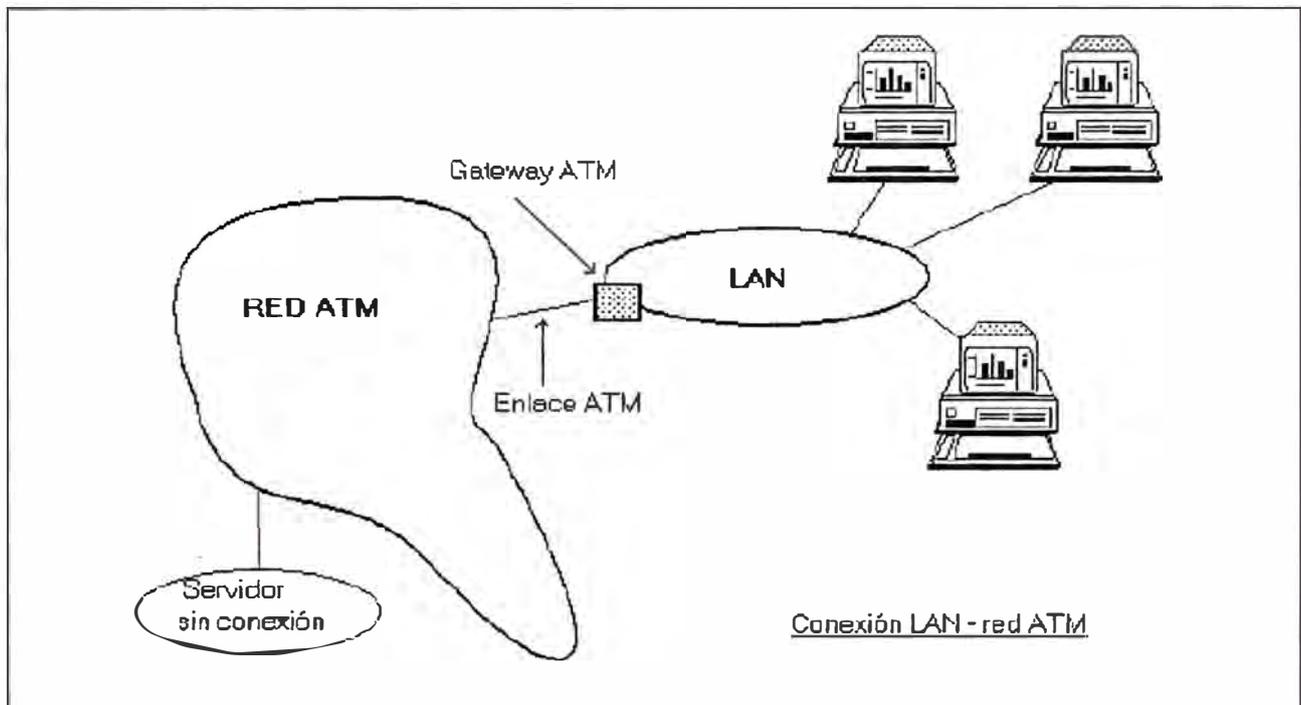


Figura 1.18: Conexión LAN – Red ATM

La integridad de la secuencia CPCS-SDU debe ser garantizada en cada conexión CPCS. La subcapa realiza las siguientes funciones (Figura 1.19):

- Preservación de la CPCS-SDU. Esta función se ocupa de la delimitación y transparencia de los CPCS-SDUs.
- Detección y manejo de errores. CPCS-SDUs corrompidos son, o bien descartados o opcionalmente enviados a la subcapa de convergencia específica del servicio (SSCS). Los errores detectados incluyen aquellos detectados en la subcapa CPCS así como aquellos detectados en la subcapa SAR.
- Tamaño de reserva de buffer. Cada CPCS-PDU transporta una indicación para la entidad par, de los requerimientos máximos de tamaño de buffer de recepción para dicho CPCS-PDU.
- Terminación. Una CPCS-PDU parcialmente transmitida puede ser abortada.

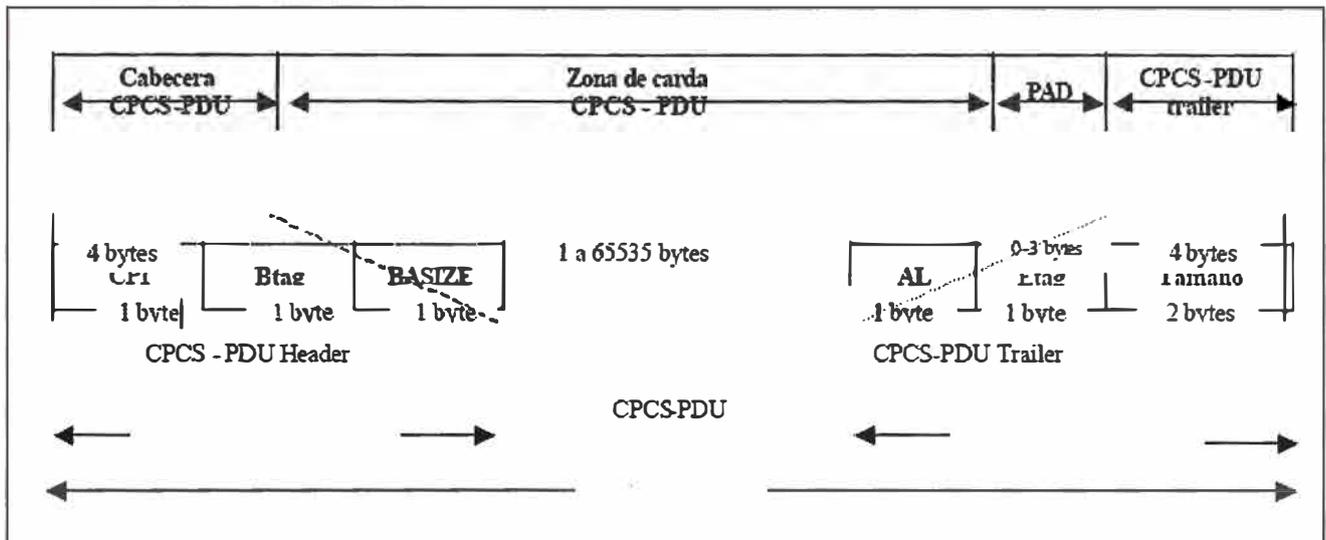


Figura 1.19 Formato de la CPCS-PDU para la AAL 3/4

BASize: Este campo (Buffer Allocation Size) informa a la entidad par receptora de los requerimientos máximos de buffer para recibir la actual CPCS-PDU antes de la llegada de los datos. En modo mensaje el tamaño de BASize es codificado al tamaño de la zona de carga de la CPCS-PDU. En modo streaming el tamaño de BASize es codificado a un valor igual o mayor que el tamaño de la zona de carga de la CPCS-PDU. Está codificado en forma binaria como un número de unidades de cuenta cuyo tamaño está indicado en CPI.

PAD: Entre el final de la zona de carga de la CPCS-PDU y la cola alineada de 32 bits de la CPCS-PDU hay entre 0 a 3 bytes inutilizados. Son llamados los campos de relleno (padding). No transportan información.

AL: Este campo de relleno (Alignment) realiza un alineamiento de 32 bits (4 bytes) de la cola de la CPCS-PDU. No transporta información y los bits son seteados a cero.

Etag (End Tag): Para un dado CPCS-PDU el emisor debería insertar el mismo valor que fue insertado en Btag.

L (Length): Contiene 2 bytes que indican el tamaño del campo de información PDU. La unidad de medida está indicada en CPI.

- **Subcapa SSCS**

Los requerimientos para esta subcapa dependen de la aplicación en uso. Un ejemplo, es la capa SSCS para canales de señalización B-ISDN usando el protocolo SSCOP (Service

Specific Connection Oriented Protocol). Otros ejemplos se verán en el capítulo de Aplicaciones.

La CPCS tiene la funcionalidad básica para soportar una capa de red sin conexión (clase D) así como un servicio de telecomunicaciones como Frame Relay (clase C). Para la red orientada a no conexión no hay necesidad de una subcapa de convergencia específica del servicio. En otros casos la SSCS está aún en estudio. En la Figura 1.20 se aprecia las funcionalidades de la capa ATM en la transmisión de datos de clase C y D.

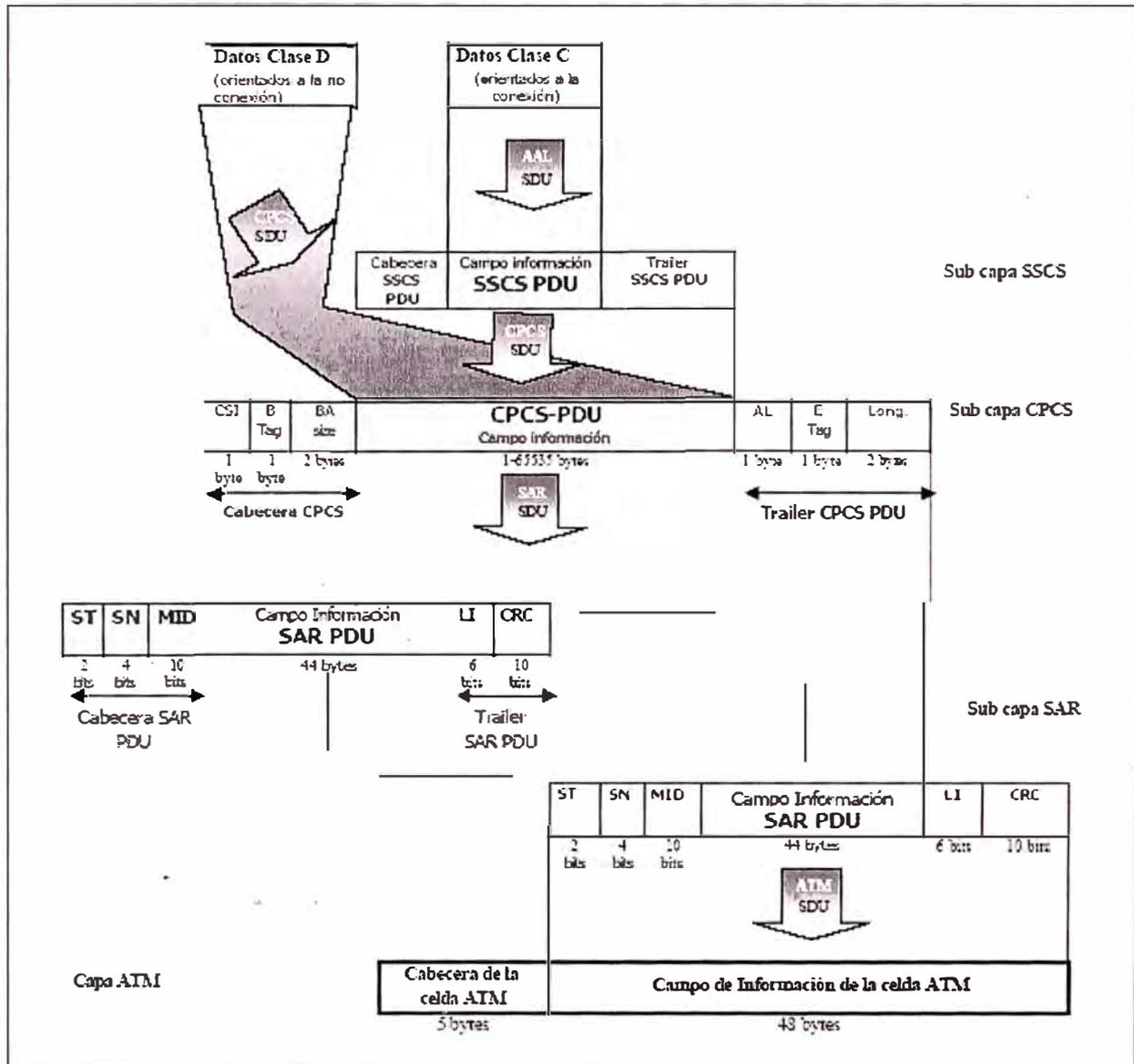


Figura 1.20: Capa ATM

1.3.6 Adaptación para servicio de transmisión de datos: AAL 5

De acuerdo a los fabricantes y usuarios de servicios de alta velocidad orientados a conexión, el estándar CCITT para la AAL 3/4 no cumple con las necesidades requeridas. La AAL 3/4 tiene un gran encabezado de 4 bytes por cada SAR -PDU de 48 bytes. Además el CRC de 10 bits para detectar segmentos corrompidos y la secuencia de 4 bits para detectar segmentos perdidos e incorrectamente insertados, no ofrecen suficiente protección para el envío de bloques de datos muy grandes.

Por lo tanto el ATM Forum ha especificado un nuevo tipo de AAL, llamado AAL 5. El objetivo es ofrecer un servicio con un encabezamiento de menor tamaño y con un mejor sistema de detección de error, ubicados debajo de la subcapa CPCS. En esta subcapa el servicio de la AAL 5 debe ser idéntico que el provisto por la CPCS de la AAL 3/4, excepto que no es soportada la multiplexación. Si la multiplexación es requerida en la capa AAL, entonces sucederá en la subcapa SSCS. El CCITT está considerando también el recomendar el AAL 5 para los servicios clase C.

La AAL5 tiene 2 modos de operación: modo mensaje y streaming y cada uno tiene 2 modos de transmisión: asegurado y no asegurado. El funcionamiento de estos modos es idéntico al explicado para la capa AAL 3/4. Igual que antes la capa CPCS solo está disponible en el modo no asegurado.

a) Funciones de la subcapa SAR

La subcapa SAR acepta SAR-SDUs de longitud variable los cuales son múltiplos enteros de 48 bytes provenientes de la CPCS, y genera SAR -PDUs conteniendo 48 bytes de datos de SAR. La delimitación y preservación de la SAR -PDU ocurre gracias a una indicación al final de la SAR-PDU la cual es transportada como un valor "1" en el bit indicador "ATM layer user to ATM user" en el PTI en las celdas que transportan información de usuario. Un valor "0" indica el comienzo o continuación de una SAR-SDU.

b) Funciones de la subcapa de convergencia SC

Las funciones implementadas por la CPCS en la AAL 5 son las mismas que aquellas ofrecidas por la CPCS en la AAL 3/4, excepto que la CPCS en la AAL 5 no provee de una indicación de reserva de buffers para la entidad par. También la protección de error en la AAL5 es totalmente manejada por la propia subcapa CPCS en vez de ser compartida entre la SAR y la CPCS como en la AAL 3/4.

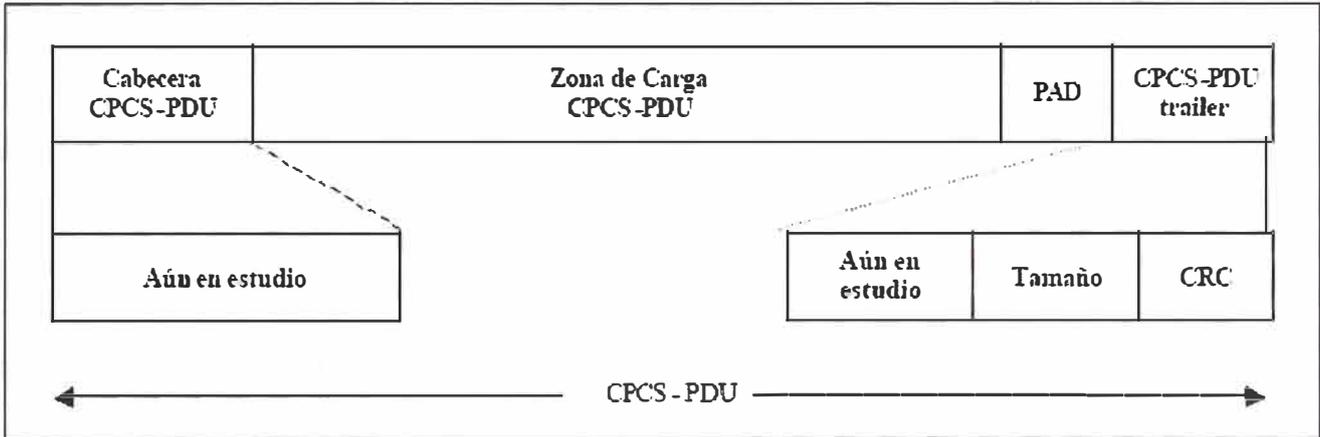


Figura 1.21: Formato de la CPCS-PDU para la AAL 5

Como se puede apreciar en la Figura 1.21, los campos con el mismo nombre que en la CPCS en la AAL 3/4 tienen idénticas funciones. Solo el campo CRC es nuevo, el cual está constituido por un cálculo de CRC realizado sobre el contenido total de la CPCS-PDU, incluyendo zona de carga, campos PAD, AL y Length.

La necesidad de las funciones a realizar por la cabecera de la CPCS están en estudio aún. Cualquier cabecera podría ser incluida en el cálculo de CRC.

Capítulo II

Señalización ATM

Este capítulo describe el rol de la Señalización en Redes ATM, explica el Formato de direcciones utilizado por ATM y muestra como la dirección ATM del switch router ATM es asignada dinámicamente usando auto configuración.

Debido a que ATM es un servicio orientado a la conexión, especifica protocolos de señalización y estructuras de direcciones, así como los protocolos para enrutar conexiones ATM, requeridas a través de la Red ATM. Las siguientes secciones describen el rol de la señalización y el direccionamiento en redes ATM.

2.1. Señalización:

Los servicios de conexión ATM son implementados utilizando Circuitos Virtuales Permanentes (PVCs) y Circuitos Virtuales Conmutadas (SVCs). En el caso de un PVC, los valores de VPI/VCI en cada punto de conmutación de la conexión deben configurarse manualmente. Este proceso puede ser tedioso, pero solo necesita hacerse una vez, debido a que solo se configura una conexión. Los PVCs resultan ser una buena opción para conexiones que son usadas frecuentemente ó de gran demanda. En vista de que requieren una labor intensa de configuración, no son muy escalables por lo que no resultan ser una buena solución para conexiones temporales ó de poco uso.

Los SVCs son la solución para requerimientos de conexiones en demanda. Estás son configuradas de acuerdo a la necesidad y puestas fuera de servicio cuando ya no se requiera el servicio. Para el registro de este comportamiento dinámico, los SVCs utilizan señalización. Los nodos finales de un sistema solicitan conectividad con otros nodos finales de la Red los cuales son asignados basándose en la necesidad de conexiones, las conexiones son configuradas en el momento que son requeridas. Estas conexiones son por lo tanto puestas fuera de servicio dinámicamente si estas no son utilizadas mas, liberando de esta forma el ancho de banda que puede ser utilizado otra vez cuando sea necesario.

Debido a que los SVCs requieren señalización, normalmente solo pueden ser utilizados con dispositivos ATM que son los responsables de la señalización. Los Switches Routers ATM soportan los protocolos estándares de señalización descritos en este capítulo.

Adicionalmente a los PVCs y los SVCs, existe un tercer tipo híbrido llamado soft PVC. Estas conexiones son permanentes pero debido a que son configurados durante la señalización, pueden ser fácilmente configurados y redireccionados entre ellos si existiera alguna falla en el enlace.

2.1.1 Configuración de Conexión y Señalización:

La Figura 2.1, demuestra como un SVC básico es configurado desde el Router A hacia el Router B utilizando señalización. Los pasos de este proceso son:

- El Router envía una señal de requerimiento de paquete para ser conectarse directamente al Switch ATM (ATM Switch 1). Este requerimiento contiene la dirección ATM de ambos routers, en base al tráfico mínimo requerido para la conexión.
- El ATM Switch 1 reensambla el paquete de señalización del Router A para luego examinarlo.
- Si el ATM Switch 1 tiene una entrada para la dirección ATM del Router B en su tabla de conmutación, este puede proveer el QoS requerido para la conexión, reservar los recursos para la conexión virtual y reenviar el requerimiento a la próximo switch (ATM Switch 2) junto con la ruta.
- Cada switch en la ruta de búsqueda del router B reensambla y examina el paquete de señalización, luego lo reenvía al siguiente switch, si los parámetros de tráfico pueden ser soportados en las interfaces de entrada y salida. Cada switch también configura la conexión virtual así como también la forma en que el paquete de señalización es reenviado. Si algún switch en la dirección de la ruta buscada no puede proveer el enlace requerido para la conexión, este es reenviado y un mensaje de reenvío del paquete es enviado al Router A.
- Cuando los paquetes de señalización llegan al router B, este reensambla y evalúa los paquetes. Si el Router B puede soportar el tráfico mínimo requerido para la conexión, este responde con un mensaje de aceptación del mensaje. Cuando este mensaje llega al Router A, se completa la conexión virtual.

- En vista de que la conexión es establecida en la dirección de la petición de conexión, el flujo de datos se da en la misma dirección.

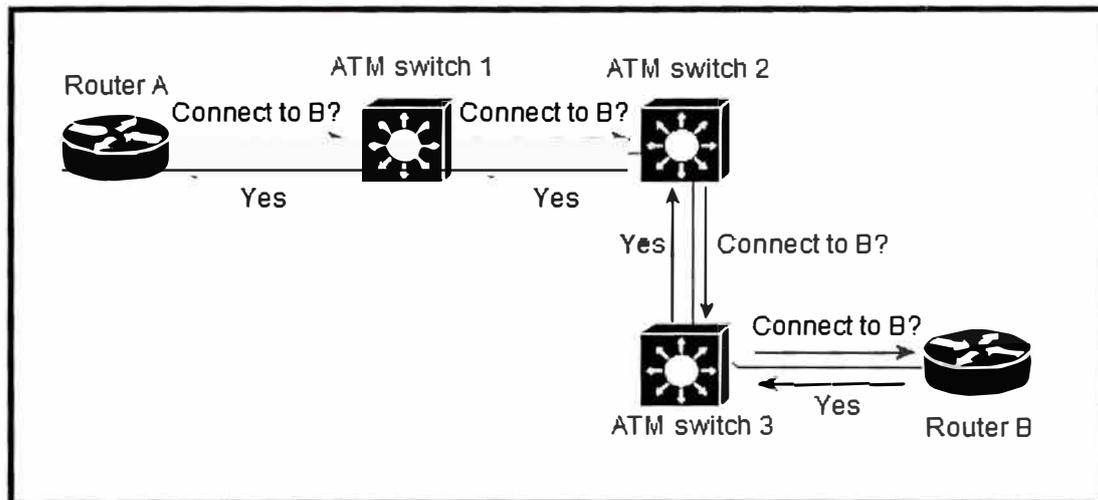


Figura 2.1: Establecimiento de un Canal Virtual de Conmutación SVC

Para cerrar la conexión, se utiliza otra secuencia de señalización:

- Ambos nodos de la conexión envían un mensaje de liberación del canal a la red ATM.
- La red ATM retorna un mensaje de liberación completada al nodo que generó la comunicación.
- La red ATM retorna un mensaje de liberación completada al nodo que aceptó la comunicación. De esta forma se completa la liberación dinámica del canal.

2.1.2 Protocolos de Señalización ATM (UNI y NNI):

Los protocolos de señalización ATM varían de acuerdo al tipo de Interfase de Red ATM, de la siguiente forma:

- **Señalización Interfase Red – Usuario (UNI)**, utilizada entre el nodo final de una red ATM y el switch ATM a través de enlaces UNI; la señalización UNI también puede usarse entre dos switches ATM.
- **Señalización Interfase Red – Red (NNI)**, utilizada entre switches ATM a través de enlaces NNI. La señalización UNI en ATM define el protocolo por el que los SVCs son configurados dinámicamente por el dispositivo ATM en la red. La señalización NNI es parte de la especificación de la Interfase Red- Red Privada (PNNI), que

incluye señalización y ruteo.

Las especificaciones UNI incluyen el Nivel Físico, Interfase de Gestión Local Integrada (ILMI) y Gestión de Tráfico adicionalmente a la señalización.

El Foro ATM tiene la tarea de estandarizar los procedimientos de señalización. Las especificaciones UNI del foro ATM están basadas en el protocolo de señalización de redes públicas Q.2931 desarrollado por el ITU-T. El protocolo Q.2931 especifica un formato de mensaje de control de llamada que contiene información, tal como: el tipo de mensaje (estructura, procedimiento de llamada, estado, etc.) y elementos de información (IEs), que incluye dirección y QoS.

Todos los IEs apropiados para un tipo de interfase en el mensaje de señalización son transmitidos por defecto. En el Switch Router ATM, es posible deshabilitar selectivamente el reenvío de Elementos de Información (IEs) individuales en una interfase.

Las especificaciones de UNI se agrupan de la siguiente forma:

- UNI 3.x, formado por dos conjuntos de especificaciones de interoperatividad, UNI 3.0 y UNI 3.1.
- UNI 4.0, incluye las especificaciones UNI 3.x y adiciona propiedades nuevas no soportadas por UNI 3.x.

La especificación de señalización original UNI (UNI 3.0), contaba con las siguientes propiedades:

- Señalización para conexiones punto a punto y conexiones punto a multipunto.
- Soporte para tráfico de ancho de banda simétrico y ancho de banda asimétrico.

UNI 3.1 incluye las características de UNI 3.0 pero provista de un número de cambios los cuales fueron pensados para brindar las primeras especificaciones en conformidad con los estándares ITU-T.

UNI 4.0 sustituye a las especificaciones detalladas del protocolo de señalización con una especificación de deltas entre este y las especificaciones de señalización ITU-T. En general, las funcionalidades de UNI 4.0 son una mejora de UNI 3.1, ambos incluyen un conjunto de funcionalidades primarias y funcionalidades opcionales.

- Señalización Anycast, permite solicitud de conexión y registro de dirección para un grupo de direcciones, donde el grupo de direcciones puede ser compartido entre los

múltiples terminales del sistema; el grupo de direcciones puede representar un servicio en particular, tal como configuración o nombre de un servidor.

- Señalización Explícita de parámetros QoS, el atraso de transferencia de celdas máximo (MCTD), variación del atraso de celdas pico a pico (ppCDV), y tasa de pérdida de celdas (CLR) puede ser señalizado por medio de UNI para CBR y VBR SVCs.
- Señalización para conexiones ABR, muchos parámetros pueden ser señalizados para crear conexiones ABR.
- UNI Virtual, provisto para utilizar un enlace físico UNI con múltiples canales de señalización. Por ejemplo, varias estaciones finales pueden conectarse a través de un multiplexor; el multiplexor conecta vía UNI a un Switch ATM. En este caso existe un canal de señalización múltiple utilizados por las estaciones terminales, pero un único UNI (el UNI virtual).
- PNNI, especifica protocolos de señalización y ruteo a través del NNI. PNNI es una adición opcional para el UNI 4.0.

2.2. Direccionamiento:

Las direcciones ATM son necesarias para propósitos de señalización cuando se configuran conexiones conmutadas. Las direcciones ATM también son utilizadas por el Protocolo de Interfaz de Administración Local Integrada (ILMI, anteriormente Protocolo de Administración Local Provisional) para conocer las direcciones de los switches vecinos.

2.2.1. Formato de direcciones ATM:

El ITU-T estableció una dirección similar al número telefónico, llamado dirección E.164 o números E.164, para uso en Redes Públicas ATM (B-ISDN). Puesto que los números telefónicos son un recurso público (costoso) el Foro ATM empezó a desarrollar un esquema de direccionamiento de Red Privada. El Foro ATM considera dos modelos para las direcciones ATM privadas: Un modelo, que trata al nivel ATM como a los niveles de red existentes, y una subnet o capa, modelo que separa el nivel ATM de cualquier protocolo existente y define enteramente por el mismo una nueva estructura de direccionamiento.

El Foro ATM estableció un modelo de capas y definió un formato de direcciones ATM basado en la semántica de dirección de un Punto de Acceso al Servicio de red OSI

(NSAP). Estos 20 bytes de una dirección privada ATM son llamados, Dirección del Sistema Terminal ATM (AESAs) o dirección ATM NSAP (Dado que técnicamente no es una dirección real NSAP). Diseñada específicamente para utilizarse en Redes Privadas ATM, mientras que las redes públicas típicas continúan utilizándose en direcciones E.164.

La estructura general del formato de direcciones NSAP, mostradas en la Figura 2.2, es como sigue:

- Parte del Dominio Inicial (IDP), consiste de dos elementos: un identificador de autoridad y un identificador de formato (AFI) que identifica el tipo y el formato del segundo elemento, el identificador de Dominio Inicial (IDI). El IDI identifica la ubicación de la dirección y administra la autoridad.
- Parte específica del Dominio (DSP), contiene la información actual de ruteo en tres elementos: Parte específica de Dominio de orden alto (HO-DSP), un identificador de la estación terminal (ESI) que es la dirección MAC y el campo selector NSAP (SEL), utilizado para identificar los componentes de la emulación LAN (LANE).
- Formato DCC (AFI=39), el IDI es un dato del Código de País (DCC). Los códigos de direcciones DCC, son administrados por la ISO en cada país.
- Formato ICD (AFI=47), el IDI es un diseñador de Código Internacional (ICD). Los códigos de direcciones identifican organizaciones internacionales particulares y son asignadas por el Instituto Británico de estándares.
- NSAP codificado del formato E.164 (AFI=45), el IDI es un número E.164.

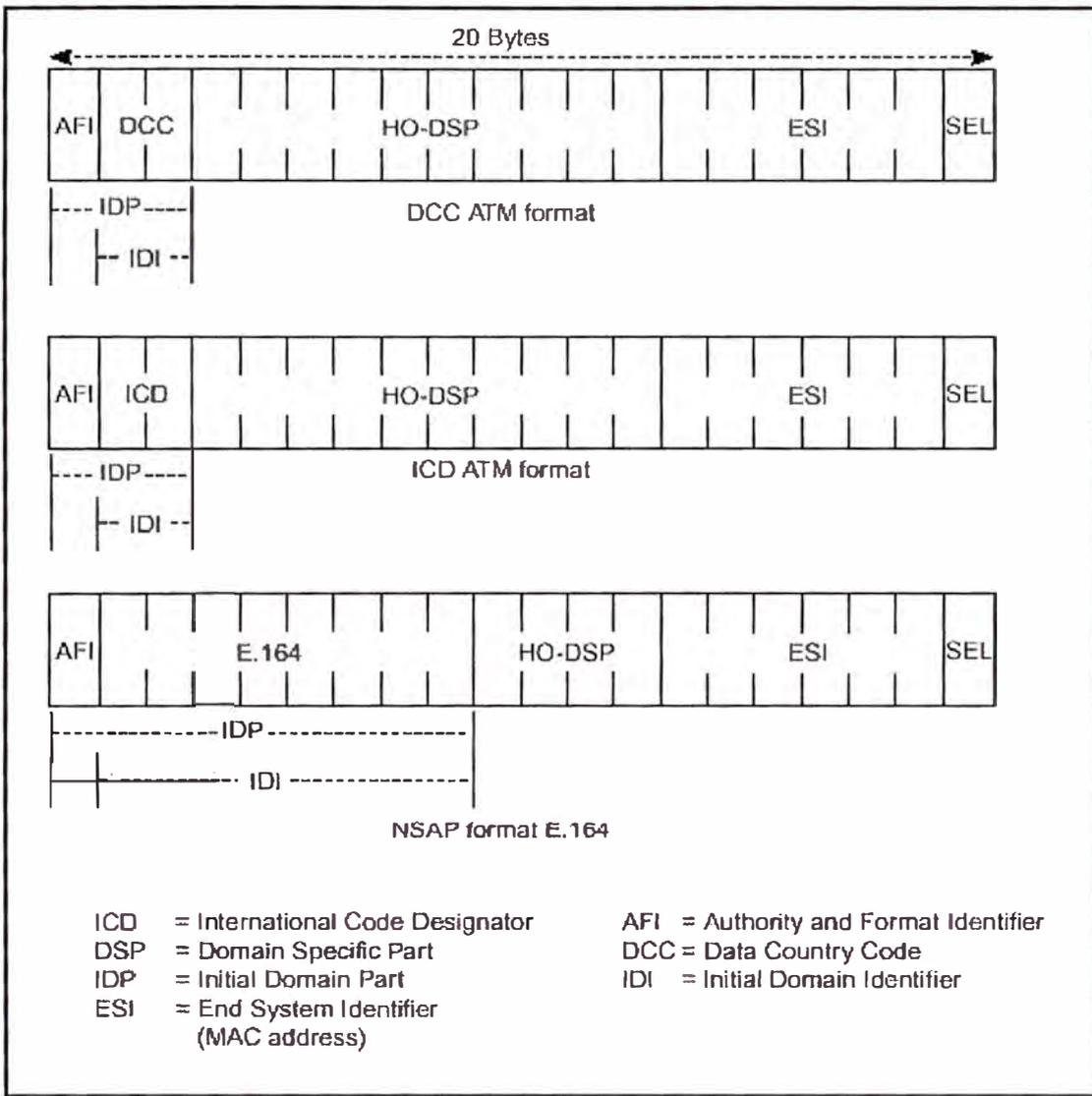


Figura 2.2: Formato de dirección de Red ATM Privada

Nota: Hay dos tipos de direcciones E.164: El NSAP codificado del formato E.164 y el Formato E.164 nativo, conocido como un número E.164, utilizado en redes públicas.

Ejemplo de dirección ATM:

47.00918100000000E04FACB401.00E04FACB401.00, que es mostrado en la Figura 2.3. El AFI de 47 identifica esta dirección como un formato de dirección ICD.

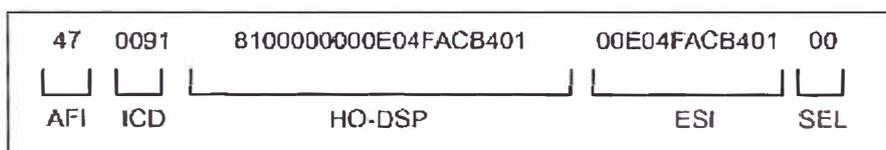


Figura 2.3: Ejemplo del Formato de Dirección ICD

2.2.2. Selección del Formato de Dirección:

Las especificaciones del Foro ATM para UNI 4.0 especifican únicamente estos tres tipos válidos de AFI. Sin embargo, las especificaciones futuras del Foro ATM permitirán cualquier AFI que tenga codificación binaria de la Parte Específica de Dominio (DSP) y una longitud de 20 octetos. Aunque el Switch Router ATM Cisco envía con un formato de direcciones ATM NSAP autoconfigurado de tipo ICD, similar a la mostrada en la figura 2.3, el Switch Router ATM no restringe los valores de AFI; se puede utilizar cualquier valor de formato válido.

El Foro ATM recomienda que las Organizaciones o proveedores de redes privadas utilicen uno de los dos formatos DCC o ICD para formar su propio plan de numeración. NSAP codificado del formato de direcciones E.164 son utilizados para codificación de números E.164 en redes privadas que necesitan conectarse a Redes Públicas que utilizan direcciones E.164 nativo, pero también pueden ser utilizadas por algunas redes privadas. Tales Redes privadas pueden basarse en su propio direccionamiento (formato NSAP) en la dirección E.164 del UNI público para que se conecten y tomen el prefijo de dirección del número E.164, identificando los nodos locales por los bits de menor orden.

2.3. Direccionamiento en el ATM Switch Router:

La dirección ATM es utilizada por el switch router ATM, para funciones de señalización y administración, y por protocolos tales como: emulador LAN y PNNI. El switch router ATM envía una dirección preconfigurada por defecto que le permite trabajar en modo plug and play. Es posible modificar la dirección por defecto si se desea.

2.3.1. Esquema de Auto configuración de Direcciones ATM:

Durante la configuración inicial, el switch router ATM genera una dirección ATM utilizando los criterios siguientes (Ver Figura 2.4):

- AFI=47, indica que la dirección es de tipo DCC.
- ICD=0091, específico de Cisco.
- Tipo de dirección específica de Cisco (parte de HO-DSP)=81000000.
- Switch Cisco ID=Formato de dirección MAC.
- ESI=Dirección MAC repetido.
- Selector =0,1 byte.

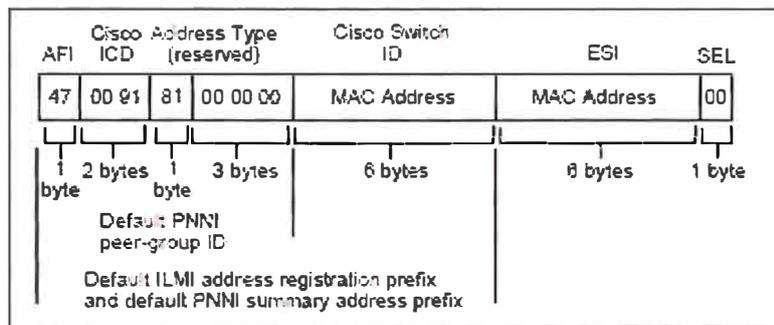


Figura 2.4: Formato de Dirección ATM por Defecto

El mecanismo de auto configuración de direcciones provee una dirección ATM por defecto para el switch no configurado. Esta dirección por defecto es utilizada por los siguientes protocolos:

- **Interfase de Administración Local Integrada (ILMI)**, es un protocolo y parte de las especificaciones UNI que facilita compartir información de Administración a través de la UNI. ILMI utiliza los primeros 13 bytes de esta dirección para entregar al sistema final para la generación de direcciones ESI.
- **Interfase Red-Red Privada (PNNI)**, es un protocolo de enrutamiento dinámico para redes ATM, PNNI utiliza los 13 bytes de prefijo para establecerse como un nodo en un nivel único del dominio de ruteo PNNI, y los 7 primeros bytes para construir el identificador de grupo por defecto.

2.3.1.1. Características e Implicancias del Formato de Direcciones por defecto:

La utilización del formato de direcciones por defecto tiene las siguientes características e implicancias:

- Todas las direcciones preconfiguradas comparten el mismo 7-byte como prefijo de dirección en la dirección autoconfigurada para un ATM switch router dado, la misma dirección MAC es utilizada por los bytes 8 al 13 y los bytes 14 al 19.
- La dirección autoconfigurada por defecto provee operaciones plug-and-play. Es posible reconfigurar la dirección ATM utilizando un estilo de direccionamiento propio, pero se debe utilizar globalmente una única dirección MAC para generar la dirección ATM.
- El esquema de direccionamiento autoconfigurado por la operación PNNI en un dominio de ruteo de nivel único. Para lograr un router ATM escalable con niveles

múltiples de PNNI jerárquico a lo largo de la red ATM, es necesario configurar manualmente las direcciones ATM.

2.3.2. Utilización de la dirección ATM por ILMI:

ILMI reduce la necesidad de configuración manual al conectar sistemas terminales y es importante en la operación de redes ATM. Una de las características más usadas, registro de direcciones, facilita enormemente la administración de direcciones ATM.

El mecanismo de registro de direcciones ILMI permite a un sistema terminal ATM informar al switch ATM su dirección MAC única y recibir del resto de los nodos la dirección completa ATM como retorno. ILMI utiliza los primeros 13 bytes de la dirección ATM como prefijo de switch que lo registra con el sistema terminal.

Cuando un sistema terminal, tal como un router (Figura 2.5), es conectado al switch ATM, ILMI es utilizado para enviar todas las direcciones MAC de router (ESIs) al switch. ESIs es incluido en el 13-byte prefijo ILMI del switch para completar la dirección ATM, que es asociado con la interfase en la cual es recibida la ESI. Esto permite al switch router ATM, en cuanto recibe un requerimiento de configuración, conocer que interfase lo envía.

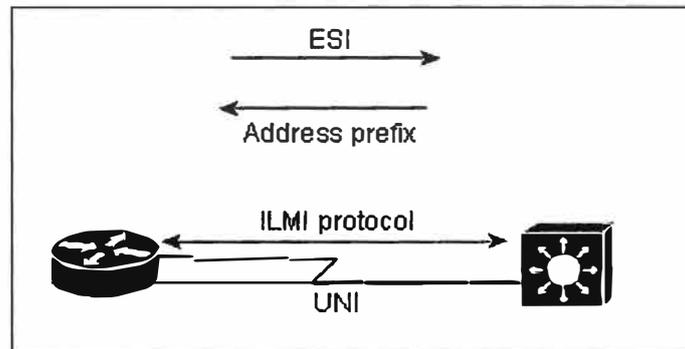


Figura 2.5: Registro de Dirección ILMI a través de UNI

a) Consideraciones de ILMI para migrar direcciones ATM:

Durante la migración de dirección (cambio de un esquema de direccionamiento a otro), las múltiples direcciones pueden ser configuradas por un solo switch. ILMI registra los sistemas terminales con prefijos múltiples hasta que la dirección anterior sea removida. (PNNI contabiliza automáticamente todos los prefijos derivados de los primeros 13 bytes de la dirección del switch ATM con un mensaje de la dirección obtenida).

Aunque la dirección autoconfigurada por defecto provee un prefijo ILMI 13 bytes fijo, el switch router ATM permite configurar el prefijo de dirección ILMI para cada Interfase ILMI, por lo que pueden registrarse prefijos distintos para Interfases distintas en un mismo sistema terminal. Cuando un prefijo de dirección ILMI es configurado para alguna Interfase, este proceso sobrescribe el prefijo obtenido de los 13 primeros Bytes de la dirección del switch ATM para esta Interfase específica.

Los filtros de acceso ILMI pueden proveer configuraciones de seguridad para permitir o denegar el registro ILMI para otras clases de direcciones.

b) Funciones Adicionales de ILMI:

El protocolo ILMI utiliza el formato de los paquetes SNMP a través del UNI para acceder a una Base de Información de administración (MIB) de ILMI asociado a cada enlace, dentro de cada nodo. El protocolo ILMI facilita la auto configuración de la WAN permitiendo a los nodos adyacentes determinar las características de los otros nodos, por ejemplo, por ejemplo el tamaño de cada una de las otras conexiones, el tipo de señalización utilizada (UNI, NNI), el tipo de enlace (publico, privado), saltos necesarios para llegar al dispositivo administrador de la red, y así sucesivamente. Los protocolos de enrutamiento ATM, PNNI y IISP, utilizan esta información para descubrir automáticamente y llevar una red de switches routers ATM interconectados.

2.3.3. Uso de La dirección ATM por PNNI:

La dirección preconfigurada es provista por la operación plug-and-play en una topología de red ATM aislada. Todos los switches con dirección ATM preconfigurada formaran un grupo único. A pesar de que las direcciones preconfiguradas son globalmente únicas, no existen direcciones suficientes para conectarse a la red proveedora del servicio o dentro de las redes PNNI jerárquica. Además del resumen de direcciones, una de las características principales de la jerarquía PNNI, es que no es posible llegar más allá del nivel de un switch ATM. Adicionalmente, mientras los números E.164 son soportados en Interfases UNI e IISP, no existe soporte directamente para PNNI. En cambio, estos son soportados indirectamente por el formato AESA E.164.

2.3.4. Uso de La dirección ATM por Emulación LAN:

En la LAN, los paquetes son diseccionados por la dirección de nivel MAC de las estaciones fuente y destino. Para proveer funcionalidades similares, La Emulación LAN (LANE) debe

soportar algunos de los mapeos de direcciones MAC-ATM. Todos los componentes cliente y servidor LANE deben por lo tanto una dirección ATM única. El switch router ATM provee lo que se conoce como asignación automática de direcciones ATM para los componentes LANE

2.3.5. Configuración de la Dirección ATM Manualmente:

Las siguientes situaciones requieren configurar manualmente la dirección ATM:

Conexión a otro sistema utilizando IISP. La utilización de IISP implica deshabilitar PNNI, por lo que no habrá soporte para ILMI.

Configurar una nueva dirección ATM que reemplace la dirección ATM anterior y genere un nuevo ID del nodo PNNI y un nuevo ID de grupo para migrar a la jerarquía PNNI.

Conexión a niveles múltiples de una jerarquía PNNI.

Conexión a una red proveedora de servicios que requiere el uso de un esquema propio de direcciones.

Utilización de un estilo particular de direccionamiento. Por ejemplo, en algunas circunstancias un esquema fácil de recordar puede ser de gran utilidad para identificar nodos los nodos de una red ATM.

Precaución: La dirección ATM puede ocasionar conflictos si no es configurada correctamente. Siempre debe estar presente la dirección correcta. Por ejemplo, si se configura una nueva dirección ATM, la dirección antigua debe ser eliminada por completo de la configuración. También, es importante mantener la unicidad de la dirección a lo largo de toda la red.

2.4. Señalización y direcciones E.164:

La codificación NSAP del formato de dirección ATM E.164, incluye una dirección E.164 incrustada (Ver Figura 2.2), la forma de dirección usada generalmente en redes telefónicas. Las Redes Privadas pueden utilizar este formato de dirección tomando una dirección E.164 asignada por un proveedor de servicio y utilizando la parte ESI del espacio de dirección ATM para identificar nodos locales. El switch router ATM, también incluye soporte para interpretación de E.164, que permite a las redes utilizar direcciones ATM privadas (DCC, ICD, o Codificación NSAP E.164) para trabajar con redes que usan direcciones E.164 nativas. Las direcciones E.164 nativas son utilizadas en muchas redes TDM públicas y en dispositivos PBX adjuntos ATM. Los números E.164, o las direcciones E.164 nativas, están

en formato ASCII y conforme a las especificaciones del ITU para E.164. Tienen las siguientes propiedades.

- Contienen de 7 a 15 dígitos, enteros de 0 a 9.
- Resultado igual a un dígito por byte; por ejemplo, 1-800-555-1212 es 3138303035353531323132.

Estas propiedades son transmitidas en la llamada y la parte de dirección IEs del llamado, que son parte de los paquetes de señalización utilizados para establecer una llamada. Las direcciones E.164 nativas son soportadas por UNI y la interfase de Protocolo de Señalización Interswitch Temporal (IISP). PNNI no soporta direcciones E.164 directamente, pero utiliza la codificación NSAP (Incrustada) del formato E.164.

Las direcciones Incrustadas E.164 son de dos tipos:

- E164_AESA—Una dirección AESA con un número E.14 incrustado; por ejemplo, 45.000007654321111FD DDDDDDDDD.CCCCCCCCCCCC.00. Los caracteres “D” y “C” en este ejemplo representan a una dirección de Sistema terminal.
- E164_ZDSP—Una dirección AESA con todos cero después de la dirección E.164 incrustada; por ejemplo: 45.000001234567777F00000000.000000000000.00. ZDSP significa “Parte Específica de Dominio Zero”.

Cuando una llamada atraviesa la red pública ATM con direcciones E.164 nativas, las direcciones deben ser convertidas del formato privado al formato público. En la Figura 2.6, una llamada de la Red privada A debe atravesar la Red pública ATM para llegar a la red privada B. Cuando la llamada deja el switch de partida de la red privada, las direcciones NSAP de origen y destino son convertidas al formato E.164, mientras se conserve la dirección de origen y destino NSAP, transmitiendo en la parte IE del paquete de señalización. En el switch de llegada, la dirección es convertida al formato NSAP original utilizado en la Red Privada B.

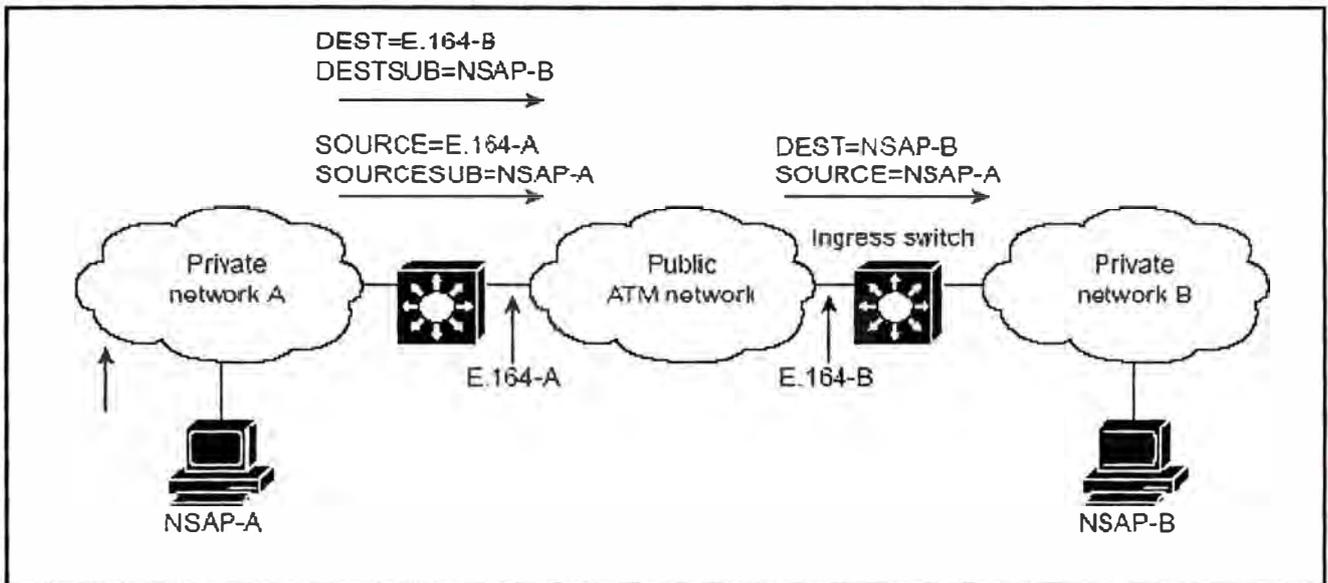


Figura 2.6: Reasignación de Dirección a través de una Red ATM Pública

2.5. Opciones de Conversión de Direcciones E.164

El switch router ATM provee tres opciones para realizar la conversión necesaria entre direcciones privadas y públicas. Las características escogidas dependen del formato de dirección utilizado en la red ATM. Las características son las siguientes.

- **E.164 Gateway**, se utiliza estas características cuando las direcciones están en formato ICD o DCC y la llamada debe atravesar la red E.164.
- **E.164 auto conversión de direcciones**, se utiliza este formato cuando las direcciones están en formato E.164 ZDSP o E.164AESA y la llamada debe atravesar la red E.164.
- **E.164 tabla de conversión de direcciones uno a uno**, se utiliza esta característica para crear manualmente una tabla de conversión de direcciones de E.164 a NSAP. Esta característica no es recomendable para muchas Redes.

Capítulo III

CONTROL DE TRAFICO EN ATM

El control de tráfico en BISDN basado en ATM ha sido sujeto de vigorosas investigaciones en años pasados. El diseño de un control de tráfico indicado para ATM esta considerado como uno de los retos fundamentales para el éxito de BISDN.

De acuerdo al CCITT, el rol primario del control de tráfico en BISDN es proteger la red y al usuario, en orden de alcanzar objetivos de performance de red predeterminados, por ejemplo, en términos de probabilidad de pérdida de celdas y retardo de transferencia de celdas. Básicamente, el control de tráfico se refiere al juego de acciones tomadas por la red para evitar la congestión. Lo último puede ser causado por fluctuaciones estadísticas impredecibles del tráfico o por una condición de fallas dentro de la red ATM, provocando posiblemente una excesiva perdida de celdas o retardos de transferencia extremo a extremo inacceptables.

Un rol adicional del control de tráfico es el de optimizar el uso de los recursos de la red con el propósito de alcanzar una eficiencia realista de la red.

Los objetivos del control de tráfico de la capa ATM para BISDN pueden ser resumidos en los siguientes puntos:

- **Flexibilidad:** Debe soportar un juego de clases de QOS de la capa ATM suficientes para todos los servicios existentes y previsibles.
- **Simplicidad:** El reto es diseñar un control de tráfico de la capa ATM simple, el cual minimice la complejidad del equipamiento en la red y maximice su utilización.
- **Robustez:** El requerimiento de alcanzar alta eficiencia en los recursos bajo cualquier tipo de circunstancias de tráfico mientras se mantienen funciones de control simples.

3.1 Procedimientos de Control de Tráfico en Atm

El control de tráfico es realizado por la gestión de capas. Para alcanzar los objetivos previamente expuestos, las siguientes dos funciones son un pre requisito para la gestión y control de tráfico en las redes ATM: Control de admisión de conexión (CAC) y Control de parámetros de uso (UPC).

3.1.1 Control de admisión de conexión (CAC):

La función de Control de admisión de conexión representa el juego de acciones tomadas por la red en la fase de establecimiento de la conexión para aceptar o rechazar dicha conexión ATM. Un pedido de conexión para una llamada dada es aceptada solo cuando hay suficientes recursos disponibles para transportar la nueva conexión a través de toda la red, y con la QOS pedida, pero sin degradar la QOS de otras conexiones ya presentes en la red. Durante el procedimiento de establecimiento de la conexión la siguiente información presente en las especificaciones del contrato de tráfico tienen que ser negociadas y acordadas entre el usuario y la red para posibilitar a la CAC la realización de decisiones confiables con respecto a la admisión o rechazo de la conexión.

- Límites específicos del volumen de tráfico que se espera que la red transporte, en términos de descriptores de tráfico correctamente elegidos.
- Una QOS pedida, expresada en términos por ejemplo, retardo de transferencia de celda, jitter de retardo, promedio de pérdida de celdas y ráfagas de pérdida de celdas.
- Una tolerancia para acomodar la variación en el retardo de celdas introducido por ejemplo, por equipamiento terminal (TE) o en el equipamiento local del usuario (CPE), los cuales pueden alterar los límites negociados del volumen de tráfico esperado.

Esta información puede ser renegociada a pedido del usuario, durante el tiempo de duración de la conexión. La red misma puede limitar la frecuencia de esas renegociaciones. Los esquemas CAC no están aún estandarizados por lo que están aún sujetos a la discrecionalidad de los operadores de las redes.

3.1.2 Control de parámetros de uso/red (UPC/NPC):

Las funciones de control de parámetros de red y control de parámetros de uso son realizadas en la UNI y la NNI respectivamente y representan el juego de acciones tomadas por la red para monitorear y controlar el tráfico en una conexión ATM en términos de volumen de tráfico de celdas y validación en el enrutamiento de celdas. Esta función es llamada también a veces "función de policía". El propósito principal es forzar el cumplimiento de cada conexión ATM con su contrato de tráfico negociado. Sin una función UPC/NPC, el funcionamiento defectuoso en algún equipamiento terminal, la excesiva variación en el retardo de celda en por ejemplo un CPE, o bien el abuso en el tráfico podría afectar seriamente la QOS comprometida con otras conexiones ya establecidas.

Un algoritmo UPC/NPC ideal deberá tener las siguientes características principales:

- Capacidad de detectar una situación de tráfico ilegal.
- Tiempo de respuesta pequeño ante violaciones de parámetros.
- Simplicidad en su implementación.

3.2 Caracterización del Tráfico

Para garantizar una apropiada operación de ambas funciones de CAC y UPC/NPC, las características intrínsecas de tráfico de las conexiones deben ser primero adecuadamente descritas por un juego estandarizado de parámetros de tráfico.

3.2.1 Parámetros de tráfico

Un parámetro de tráfico es una especificación de algún aspecto particular del tráfico. Los parámetros de tráfico pueden por ejemplo describir un aspecto cuantitativo tal como el valor medio del tiempo de espera de conexión, la tasa pico de celdas, la tasa promedio de celdas, el valor medio del tiempo de duración de ráfagas, o bien aspectos cualitativos tales como el tipo de fuente (por ejemplo, Teléfono, video teléfono, etc.).

3.2.2 Descriptor de tráfico ATM

Un Descriptor de tráfico ATM es la lista genérica de parámetros de tráfico, la cual puede ser usada para capturar las características de tráfico de una conexión ATM, como por ejemplo, la tasa pico de celdas, la tasa promedio de celdas, etc.

3.2.3 Descriptor de tráfico de fuente

Un Descriptor de tráfico de fuente es un juego de parámetros de tráfico perteneciente al descriptor de tráfico ATM usado durante la fase de establecimiento de la conexión para

especificar las características de la conexión pedida por la fuente, por ejemplo, la tasa pico de celdas.

3.2.4 Características de los parámetros de tráfico

- Simples y comprensibles, y sin ambigüedades para el usuario terminal y la red.
- Útiles para los esquemas CAC para efectivamente llegar a los objetivos de performance de la red.
- Imponibles al usuario por la UPC/NPC

3.2.5 Especificaciones de tráfico Estadístico Versus Operacional.

Existen fundamentalmente dos aproximaciones opuestas para la especificación de los parámetros de tráfico: uno de ellos es el enfoque estadístico, y el otro es el operacional o algorítmico.

a) Enfoque estadístico

La aproximación estadística se enfoca en los parámetros estocásticos del tráfico tales como la tasa promedio de celdas o el promedio en la duración de ráfagas. Es una aproximación convencional en la teoría de teletráfico, debido a la disponibilidad de metodologías para calcular las características de performance de un rango amplio de sistemas de encolamiento descritos con esos parámetros.

Desafortunadamente, los parámetros estadísticos de tráfico no se prestan fácilmente para el testeo de cumplimiento de tráfico en tiempo real. Esto es debido a que se requiere un tiempo de observación muy largo para que pueda ser detectada con alguna confiabilidad si la tasa promedio de celdas negociada de una conexión ha sido excedida o no. A la inversa, si el tiempo de observación es muy corto, entonces existe una gran probabilidad que la conexión sea catalogada incorrectamente como no cumpliendo con el contrato de tráfico. Por otro lado, un intervalo de observación demasiado largo reduce significativamente el tiempo de reacción para detectar una situación fuera de contrato. Esto deja abierta la puerta para el abuso en el tráfico.

b) Enfoque operacional

La aproximación operacional define los parámetros de tráfico por medio de una regla. Permite una discriminación no ambigua entre celdas conformantes (con el contrato de tráfico) y no conformantes, y por lo tanto es referido como un algoritmo de testeo de conformidad

parametrizada. La regla ha sido estandarizada por el CCITT y será llamada aquí como Algoritmo Genérico de Tasa Celdas (GCRA).

3.3 El Contrato de Tráfico

En esencia, existe un contrato de tráfico separado para cada VPC o para cada VCC. El contrato de tráfico es un acuerdo entre el usuario y la red a través de la interfase usuario-red (UNI) respetando los siguientes aspectos interrelacionados en cualquier flujo de celdas ATM en un VPC o VCC.

- La calidad del servicio (QOS) que es esperada una red provea.
- Los parámetros de tráfico que especifican las características del flujo de celdas.
- La regla de chequeo de conformidad usada para interpretar los parámetros de tráfico.
- La definición por parte de la red de una conexión conformante (es decir que cumple con el contrato de tráfico).

3.3.1 Modelo de referencia

La base sobre la cual se elabora el contrato de tráfico es una configuración de referencia, la cual es llamada en los estándares como modelo de referencia de terminal equivalente (ET).

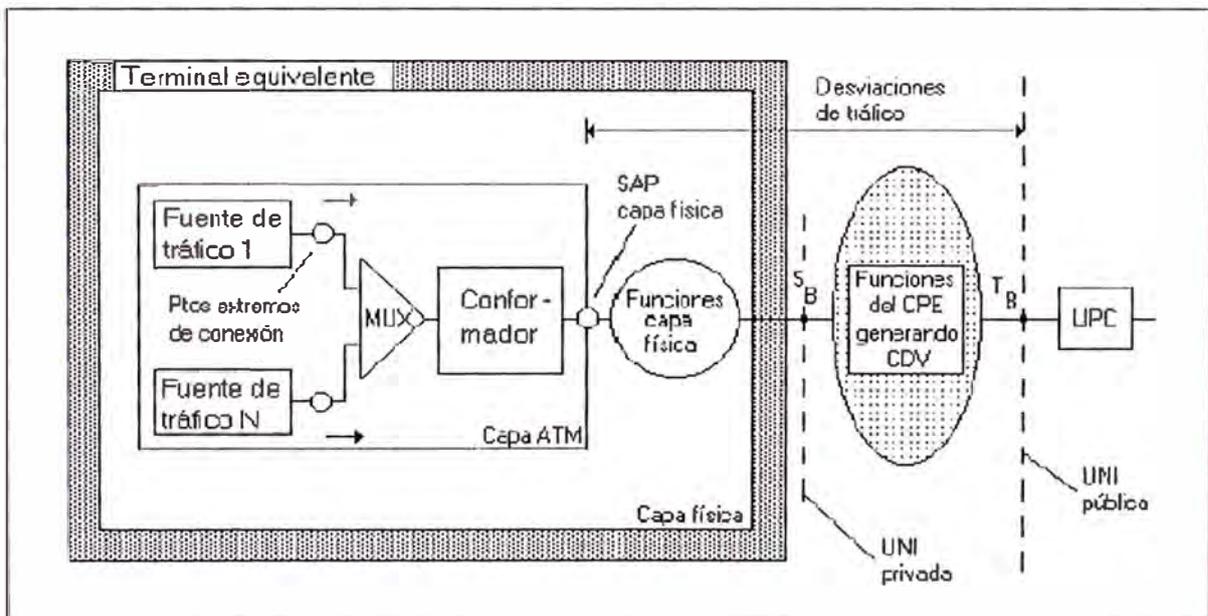


Figura 3.1: Modelo de Referencia

Como se puede apreciar en la Figura 3.1, un terminal equivalente no necesita ser un dispositivo real, y efectivamente podría ser un conjunto de dispositivos. El tráfico de celdas ATM es generado por un conjunto de fuentes, por ejemplo un número de estaciones de trabajo cada una de ellas con un extremo de conexión de VPC o VCC. Estas están todas conectadas a un multiplexor de celdas, el cual en una implementación distribuida puede ser un conmutador ATM local, un router o un hub.

Asociada con la función de multiplexación hay un conformador de tráfico, el cual asegura que el flujo de celdas conforma con un juego de parámetros de tráfico definido por un algoritmo particular de chequeo de conformidad. La salida del conformador es el punto de acceso al servicio (SAP) de la capa física.

Luego de la función de conformación se realizan funciones de capa física (y otras funciones) las cuales pueden cambiar el flujo actual de celdas (generando adicional CDV) emitidas sobre la UNI privada (O punto de referencia SB) de tal manera que ya no se cumplan con los parámetros de tráfico. Este flujo de celdas ATM puede ser conmutado por otro equipamiento local del usuario (CPE) antes de ser entregado a la UNI pública (o punto de referencia TB).

El modelo de referencia para la calidad del servicio (QOS) extremo a extremo puede contener una o más redes intervinientes, cada una de las cuales con múltiples nodos, como se muestra en figura 3.2. Cada una de la redes intervinientes puede introducir fluctuaciones adicionales en el flujo de celdas debido a la multiplexación y conmutación, impactando así en la calidad del servicio.

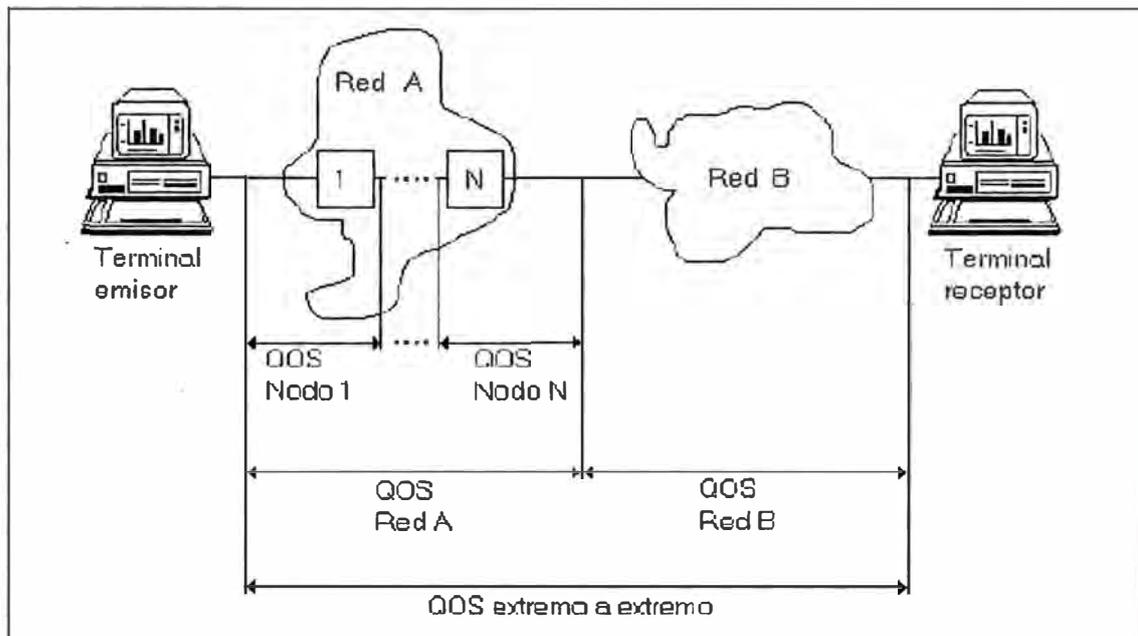


Figura 3.2: QoS Extremo a Extremo

En principio, el usuario no debería preocuparse en cuantas y de que características son las distintas redes intermedias. Sin embargo deberá garantizársele la QoS extremo a extremo para todas las configuraciones. Este principio y la realidad no han sido aún alineados en estándares o interworking de múltiples redes.

3.3.2 Parámetros de la calidad del servicio (QoS)

La calidad del servicio es definida por parámetros específicos para cada celda que forma parte del contrato de tráfico. Para simplificar los pedidos de los usuarios de una cierta QoS, se definen algunas clases de QoS.

La QoS está definida extremo a extremo, donde un extremo puede ser una estación de trabajo, una red local, una UNI privada o una UNI pública. Las mediciones son realizadas con respecto a celdas enviadas desde un usuario originador a un usuario destino.

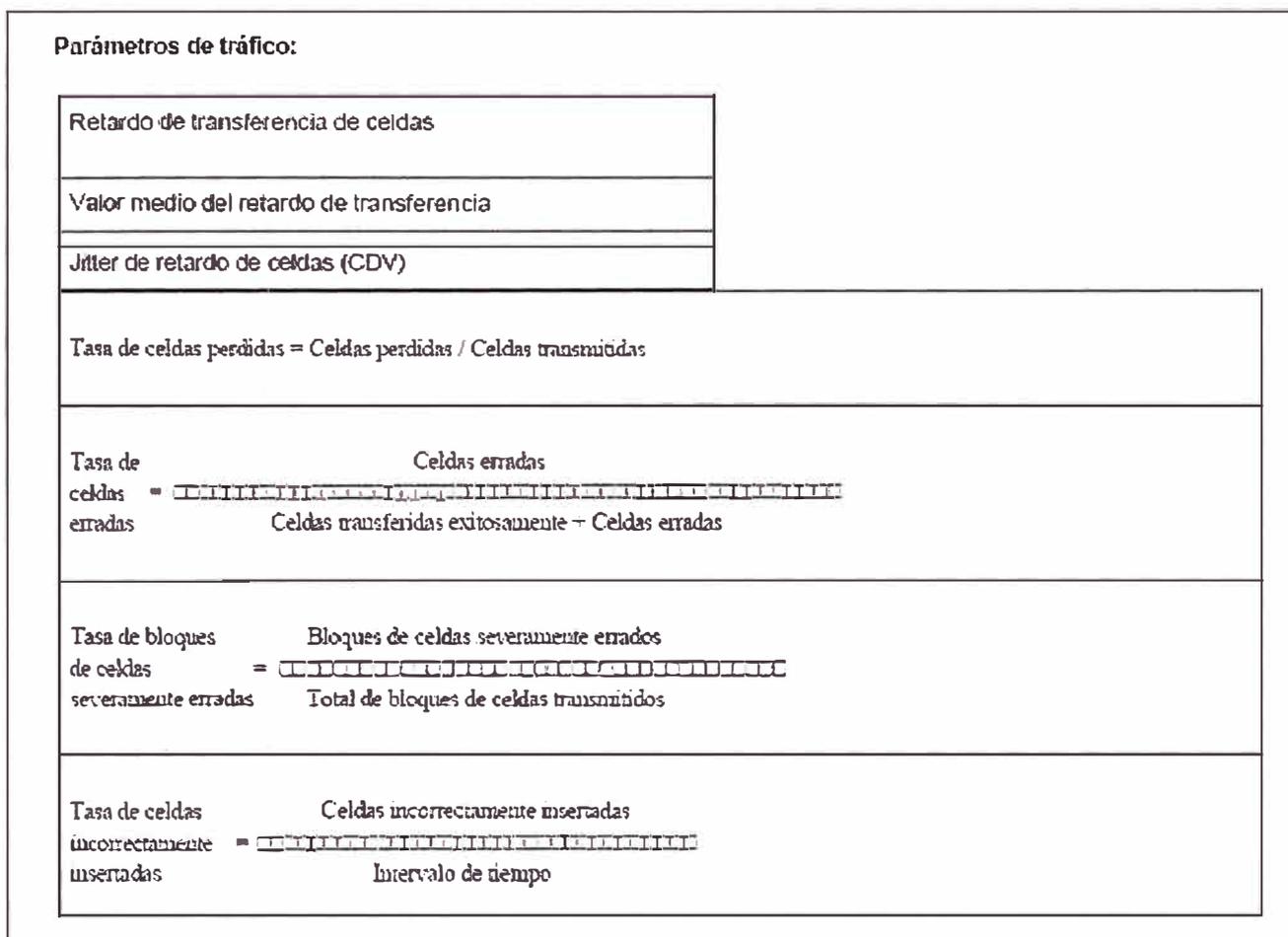


Figura 3.3: Parámetros de Tráfico

Las clases de QOS están definidas primariamente en términos de los siguientes parámetros definidos por el CCITT para cada VPC y VCC ATM:

- Retardo promedio
- CDV
- Pérdida de celdas con CLP = 0
- Pérdida de celdas con CLP = 1
- Tasa de error

La tasa de error está principalmente determinada por las características de error de transmisión de las fibras ópticas, y es común para todas las clases de QOS.

El retardo promedio depende del retardo de propagación en la red de área extensa (WAN) y el comportamiento promedio en los encolamientos.

Un límite inferior en las pérdidas de celdas está determinado por las características de error de las fibras ópticas, mientras que los valores máximos están dominados por los efectos de las estrategias de encolamiento y tamaños de buffers.

El retardo, jitter del retardo y las pérdidas dependen de los tamaños de los buffers y la estrategia de buffering. Para un único buffer compartido, si este es de tamaño grande, esto resulta en pérdidas bajas, pero en grandes retardos y variaciones de los mismos. Con buffering múltiple se puede obtener mayor flexibilidad en el intercambio de retardo vs. Pérdida de celdas.

La especificación sobre la CDV es importante debido a que si debido a estas variaciones, un grupo de celdas llegan muy cerca las unas de las otras, entonces pueden ocurrir desbordes en los buffers (Cell cumpling).

Para aquellas conexiones en la cuales no se especifican (o no pueden) parámetros de tráfico y clases de QOS, hay una capacidad definida por el Forum ATM llamada mejor esfuerzo (best effort), donde no se garantiza QOS alguna y no son necesarias las declaraciones de parámetros de tráfico. Este tráfico puede verse como "a riesgo" puesto que no hay garantías sobre la performance. En este caso, la red admite este tipo de tráfico y le permite la utilización de la capacidad no usada por otras conexiones que si tienen especificados los parámetros de tráfico y clase de QOS. Se asume que las conexiones que utilizan la capacidad de "mejor esfuerzo" pueden determinar la capacidad disponible en la ruta reservada por la red.

3.3.3 Clases de QOS

Para hacer las cosas mas simples para los usuarios, un pequeño número de clases de QOS son definidos, con valores particulares de los parámetros (definidos anteriormente) pre-especificados por una red. El Forum ATM en su especificación para la UNI define cinco clases de QOS y ejemplos de aplicación, las cuales se resumen en la Tabla N° 3.1.

Tabla N° 3.1: Clases de QoS

| <u>Clase de QoS</u> | <u>Parámetros QoS</u> | <u>Aplicación</u> |
|---------------------|-----------------------|--------------------------------|
| 0 | No especificados | "mejor esfuerzo" "a riesgo" |
| 1 | Especificados | Emulación de circuito. CBR |
| 2 | Especificados | VBR Video/audio |
| 3 | Especificados | Datos orientados a conexión |
| 4 | Especificados | Datos sin conexión |

Una QoS es definida al menos con los siguientes parámetros:

- Tasa de pérdida de celdas en flujos con CLP = 0
- Tasa de pérdida de celdas en flujos con CLP = 1
- CDV para el flujo conjunto CLP = 0 + 1 (o sea todas las celdas)
- Retardo promedio para el flujo conjunto CLP = 0 + 1

3.3.4 Descriptores del tráfico

Los descriptores de tráfico son una lista de parámetros, los cuales capturan las características de tráfico de la fuente. Deben ser comprensibles e imponibles al usuario.

- Pico de tasa de celdas (PCR), definido en el punto de acceso al servicio de la capa física del terminal equivalente (Figura 3.4). Se define como $1/T$, donde T es el tiempo mínimo entre celda y celda. Este parámetro es de cumplimiento obligatorio.
- Variación del retardo de celda (CDV). Se da una tolerancia $\hat{\delta}$ en segundos. Este parámetro de tráfico no puede ser normalmente especificado por el usuario, pero es en vez definido por la red. El número de celdas que pueden ser enviadas espalda a espalda es de $\hat{\delta} / (T + 1)$. Este parámetro es de cumplimiento obligatorio.
- Tasa sostenible de celdas (SCR). Es el máximo de la tasa promedio de celdas. Puede calcularse como MBS / T_i para un tráfico del tipo ráfaga on-off a la tasa máxima de celdas (Figura 3.3). Este parámetro es de cumplimiento opcional, y debe ser menor que PCR.
- Máximo tamaño de ráfaga (MBS). Es el número máximo de celdas que pueden ser enviadas a la tasa máxima PCR. Este parámetro es de cumplimiento opcional.

La figura 3.4 describe también el tiempo mínimo T_i entre el arribo de ráfagas consecutivas, el cual está relacionado con el SCR y el MBS tal como se indica en las ecuaciones en dicha figura. La máxima duración de la ráfaga en segundos esta dado por T_b . Estas definiciones pueden ser útiles para comprender los parámetros de tráfico, pero no son parte del contrato formal de tráfico.

La recomendación I.371 del ITU -T especifica solo el pico de la tasa de celdas. El Forum ATM añadió la especificación sobre tráfico sostenible y máximo tamaño de ráfaga a partir de un patrón de PCR para modelizar de una mejor manera el tráfico de datos en ráfaga. Esta modelización de las características de pico, promedio, y de longitud de ráfaga permite lograr ganancias en la multiplexación en las redes ATM para una tasa de pérdida de celdas especificada.

La figura 3.4, sin embargo no representa una definición rigurosa de los parámetros de tráfico, los cuales son definidos formalmente en los estándares correspondientes.

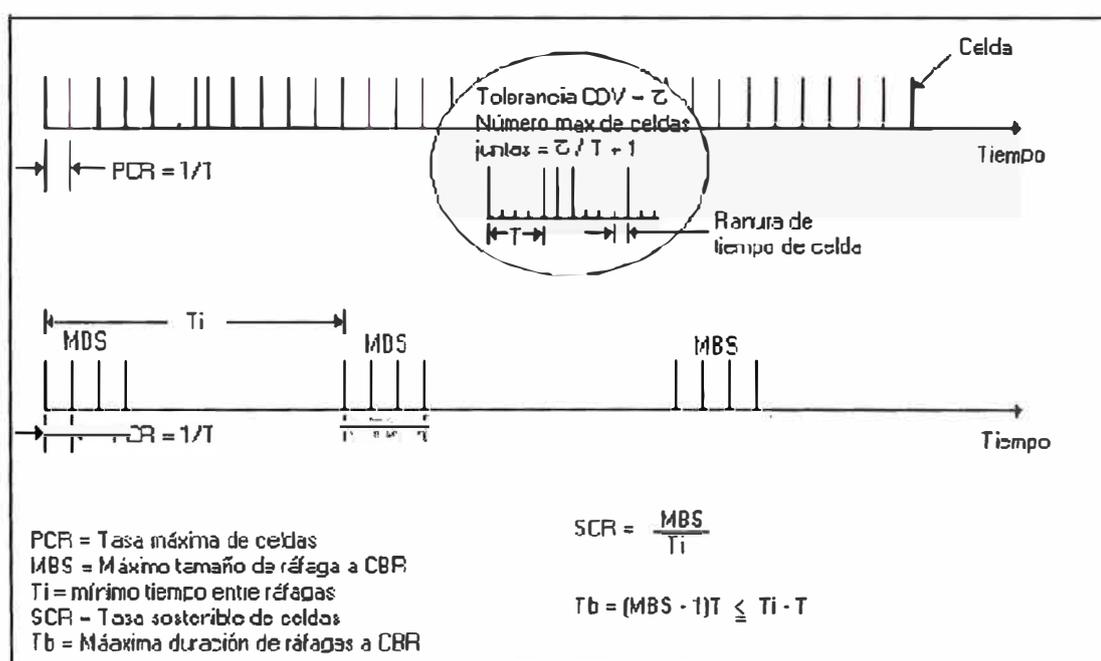


Figura 3.4: Tiempo mínimo entre Ráfagas consecutivas

3.3.5 Chequeo de conformidad

El chequeo de conformidad de una conexión se hace con alguna de las dos versiones equivalentes del Algoritmo Genérico de Tasa Celdas (GCRA): Programación Virtual (VS) y Algoritmo de estado continuo de "Balde con pérdidas" (LB). Para cualquiera secuencia de los tiempos de arribo de celdas, ambos algoritmos determinan si las celdas son conformantes o no.

3.3.6 Definición de una conexión conformante

Los procedimientos CAC y UPC, los cuales son específicos del operador deben tener en cuenta el descriptor de tráfico y la QOS pedida de la conexión para operar eficientemente. Una vez que la conexión ha sido aceptada, la QOS solicitada es provista mientras la conexión cumpla con el contrato de tráfico.

Una conexión es catalogada como conforme mientras la proporción de celdas no conformantes no exceda un cierto umbral positivo, el cual es especificado por el operador de la red en el contrato de tráfico. Para conexiones no conformes, la red no esta obligada a respetar la QOS contratada, i.e. La red puede liberar la conexión en caso de congestión. Para conexiones conformantes, la QOS requerida tiene que ser soportada siempre por la red.

Capítulo IV

DISEÑO DE REDES DE MODO DE TRANSMISION ASINCRONO

4.1 Role de ATM en redes Interconectadas.

Actualmente, el 90 % del poder de cómputo reside en ordenadores de escritorio, y este poder esta creciendo exponencialmente. Distribuyendo aplicaciones e incrementando la necesidad de ancho de banda, y el surgimiento de Internet esta conduciendo a la mayoría de redes LAN al límite de su capacidad, las comunicaciones de voz se han incrementado significativamente aumentando la dependencia en sistemas de correo de voz centralizado para el caso de comunicaciones verbales. La Ínter conectividad de Redes es una herramienta crítica para el flujo de información. Las redes Interconectadas estan siendo presionadas a bajar sus costos para soportar las aplicaciones emergentes y a un gran número de usuarios con incremento en el rendimiento.

Hasta ahora, las comunicaciones de Área Local y de Área Amplia han permanecido lógicamente separadas. En la LAN, el ancho de banda es gratis y la conectividad esta limitada por el hardware y el costo de implementación. La LAN solo transporta data. En la WAN, el ancho de banda tiene el costo predominante, y asimismo el tráfico sensible al atraso como el de voz debe permanecer separado del tráfico de datos. Las nuevas aplicaciones y los costos involucrados, no obstante han forzado a cambiar estas convenciones.

Internet es la primera fuente de multimedia para las computadoras de escritorio que inmediatamente rompen las reglas. Tales aplicaciones de Internet como voz y video en tiempo real requieren mejor rendimiento de la LAN y WAN. Adicionalmente Internet necesita que la WAN reconozca el tráfico en el segmento LAN, en consecuencia conduce a la Integración LAN/WAN.

4.1.1 Redes Multiservicio:

ATM nace como una de las tecnologías para Integrar LANs y WANs. ATM puede soportar distintos tipos de tráfico ya sea en flujo separado o mixto, tráfico sensible al retraso y el no sensible al retraso, tal como se muestra en la Figura 4.1.

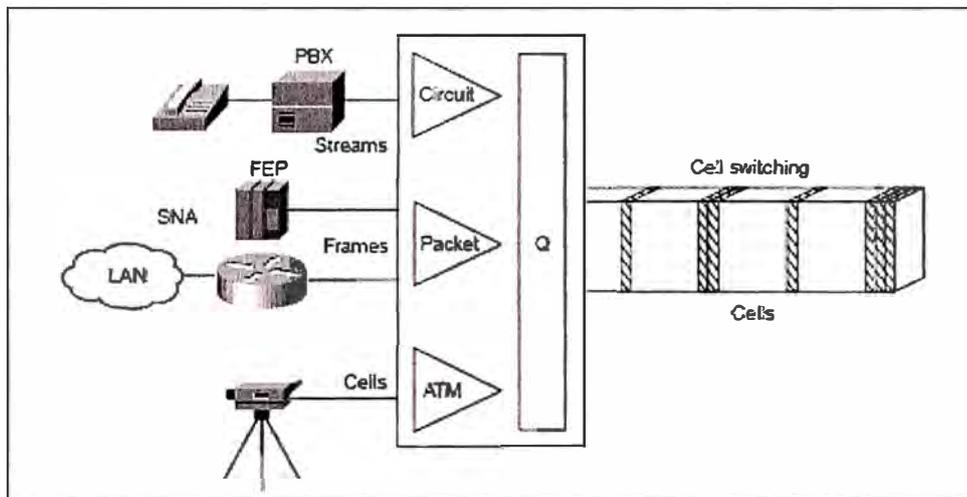


Figura 4.1: Soporte de ATM para diversos tipos de tráfico.

ATM puede también escalar de baja a alta velocidad. Está siendo adoptado por las industrias fabricantes de equipos, desde LAN hasta PBX. Con ATM, los diseñadores de redes pueden integrar Redes LAN con Redes WAN, soportar las aplicaciones emergentes económicamente en las empresas y soportar los protocolos correspondientes con un incremento en la eficiencia.

4.1.2 Migración de Redes TDM:

Adicionalmente al uso de ATM para combinar múltiples redes en una red multiservicio, los diseñadores de redes están usando la tecnología ATM para migrar de redes TDM por las siguientes razones:

- Reducción del costo del ancho de banda en redes WAN.

- Mejora del Desempeño de la Red.

- Reducir el tiempo fuera de servicio.

a) Reducción del costo del Ancho de Banda de la Red WAN:

La línea CISCO de switches ATM provee ancho de banda adicional para el uso en compresión de voz, compresión del silencio, supresión del patrón repetido y asignación dinámica del ancho de banda. La implementación ATM combina la calidad de TDM que combina slots de tiempo fijos que son usados por las compañías telefónicas para enviar voz sin distorsión con la

calidad de las redes de datos de conmutación de paquetes de unidades de datos variable que son usadas por las redes de computadoras, tales como Internet, para el envío de datos eficientemente.

b) Mejora del Rendimiento:

ATM ofrece mejora del Rendimiento garantizando el nivel de servicio y la administración de tráfico WAN robusto que soporta las siguientes funcionalidades:

Buffers de gran capacidad que garantiza la calidad del servicio para el flujo de datos y de las aplicaciones multimedia en demanda.

Programación del encolamiento y de la tasa de transferencia para cada circuito virtual (VC).

Retroalimentación de notificación de congestión.

c) Reducción del tiempo fuera de servicio:

ATM ofrece alta confiabilidad, reduciendo el tiempo de inoperatividad de la red. Esta alta confiabilidad se logra gracias a las siguientes funcionalidades de ATM.

La capacidad de soportar procesadores redundantes, interfaces de puertos y troncales, y fuentes de poder.

La capacidad de re enrutamiento rápido en caso de falla de troncales.

4.2 Soluciones Integradas:

La tendencia en redes interconectadas es proveer a los diseñadores de redes gran flexibilidad en la solución de múltiples problemas de inter conectividad de redes sin tener que crear redes múltiples o desechar la inversión existente en comunicación de datos. Los routers pueden proveer una red segura y confiable y actuar como una barrera contra el broadcast de tráfico no deseado. Los switches pueden dividirse en dos categorías principales, Switches LAN y Switches WAN, y pueden ponerse al frente del grupo de trabajo, el backbone del campus o en la WAN, tal como se muestra en la Figura 4.2.

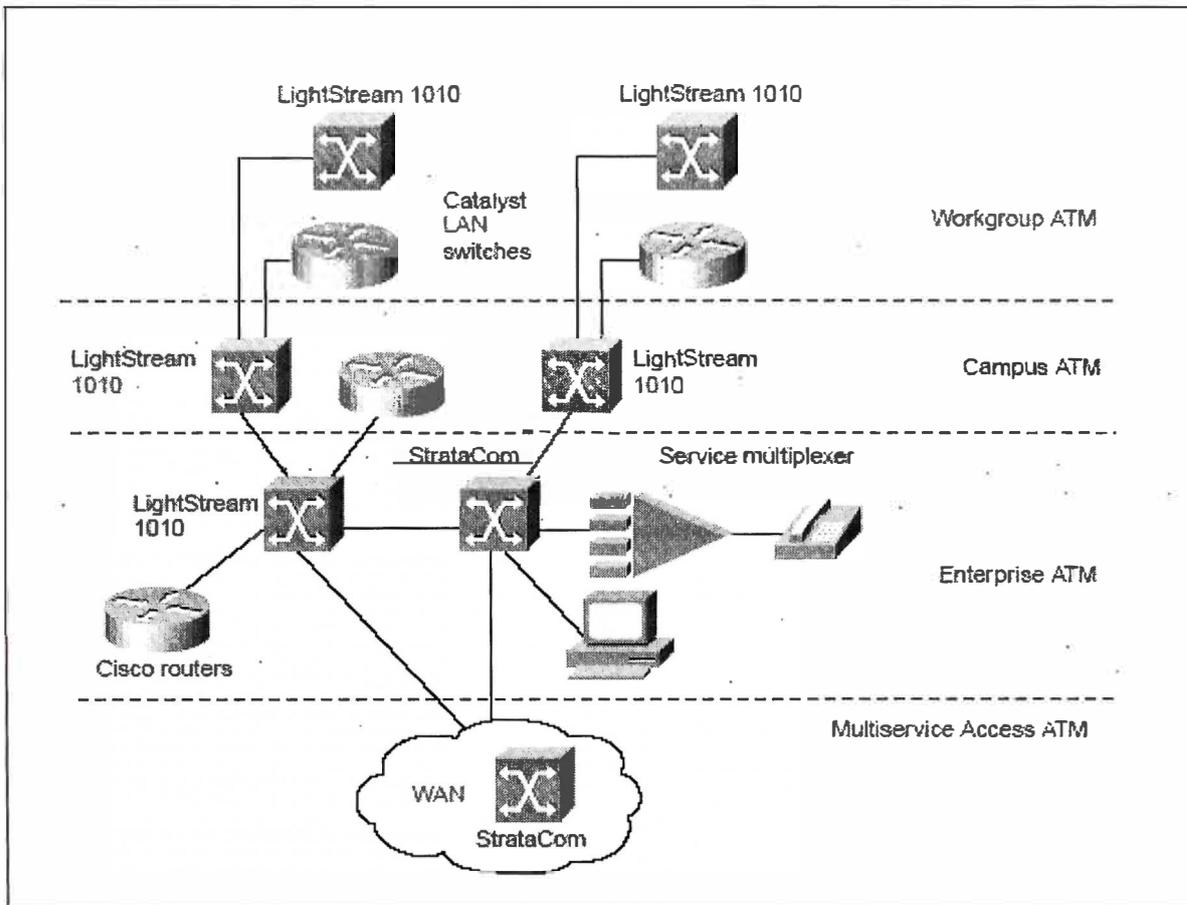


Figura 4.2: Rol de los Switches ATM en Redes Interconectadas

4.3 Tipos de Switch ATM:

A pesar de que todos los switches ATM realizan el reenvío de celdas, estos switches difieren marcadamente en los siguientes aspectos:

- Variedad de Interfaces y servicios soportados.
- Redundancia.
- Nivel del software de internetworking ATM.
- Sofisticación del mecanismo de administración de tráfico.

Dado que existen routers y switches LAN disponibles de distintos precios y rendimiento con diferentes niveles de funcionalidad, los ATM switches se pueden segmentar en los siguientes cuatro tipos distintos que reflejan las necesidades de aplicaciones específicas y marcas.

- Switches ATM de grupo de Trabajo.
- Switches ATM del campus.

- Switches ATM Corporativos.
- Switches ATM de acceso a multiservicios.

Como se puede apreciar en la Figura 4.2, CISCO ofrece un completo rango de Switches.

4.3.1 Switches ATM de Campus y de grupo de Trabajo.

Los switches ATM de grupo de trabajo están caracterizados por tener puertos de ethernet y puerto ATM de enlace para conectarse al switch ATM del campus. Un ejemplo de switch ATM de grupo de trabajo es el Cisco Catalyst 5000.

Los switches ATM de campus, son utilizados generalmente en backbones de pequeña escala (Para casos de enlace a ATM routers o switches LAN). Este modo de operación de Switches ATM puede aliviar la congestión del backbone mientras se habilita la configuración de nuevos servicios tales como los de LANs virtuales (VLANs).

4.3.2 Switches ATM Corporativos.

Los switches ATM corporativos son equipos multiservicio sofisticados que son diseñados para formar el backbone principal de una red corporativa extensa. Estos intentan complementar el rol jugado actualmente por los routers multiprotocolo de alto nivel. Los switches corporativos ATM son utilizados para interconectar switches ATM de campus. No obstante, los switches ATM de clase corporativo, actúan no solo como backbone ATM si no también pueden ser utilizados como un único punto de integración entre para todos los puntos de servicios y tecnología diferente que se pueden encontrar hoy en día en las redes corporativas. Integrandos todos esos servicios en una plataforma común y en una infraestructura de transporte ATM común, los diseñadores de redes pueden ganar gran capacidad de administración de la red y eliminar la necesidad de múltiples redes.

4.3.3 Switches ATM de Acceso a Multiservicios.

Además de las redes privadas, La plataforma ATM será ampliamente destacada por los proveedores de servicios de ambas formas como Equipos Terminales del Abonado (CPE) o dentro de las Redes Públicas. Estos equipos serán utilizados para soportar múltiples servicios MAN y WAN por instancia, Frame Relay switching, Interconexión LAN, o servicios públicos ATM en una infraestructura ATM común. Los switches ATM corporativos también serán frecuentemente utilizados en estas aplicaciones de red pública debido a su importancia en alta disponibilidad y redundancia, estos soportan interfaces múltiples, y poseen la capacidad para integrar voz y datos.

4.4 Tecnologías de acceso a la red.

La necesidad de ancho de banda ha hecho nacer varias tecnologías de acceso de banda ancha: DSL (Línea de Abonado Digital) en todas sus formas simétricas y asimétricas, utiliza la infraestructura de cobre para dar servicios a velocidades de hasta algunos mega bits por segundo; LMDS, los servicios locales de distribución multipunto ofrecen velocidades de banda ancha a usuarios residenciales y a profesionales independientes (SOHO) vía tecnología inalámbrica; CMTS (Sistema de terminación de módem por cable) emplea el cable coaxial para entregar servicios digitales a muchos usuarios; UMTS, fue concebido para servicios de voz y de datos de tercera generación.



Figura 4.3 Red de Acceso.

A pesar de las enormes diferencias entre estas tecnologías, todas ellas se caracterizan por el aumento de la velocidad de transferencia de datos al usuario final en un orden de magnitud muy superior en comparación con las soluciones de banda estrecha que les precedieron. En consecuencia, todas abren la puerta a un conjunto amplio de nuevos servicios. Otra similitud está en que todas pueden compartir el mismo protocolo subyacente: ATM. Como consecuencia, aunque el servicio final esté generalmente relacionado con las aplicaciones IP, el tráfico se monta en ATM antes de entregarlo a la red de transmisión. Ver Figura 4.3.

Es en la parte de acceso de la red donde ATM realmente brilla debido a las técnicas de compresión habilitadas por los operadores, permitiendo recoger los beneficios y eficiencias en costo, de una plataforma multiservicio. En el núcleo de la red, la principal ventaja de ATM está en la escalabilidad y en la disponibilidad.

De forma general, en documentos especializados se acostumbra a clasificar las redes de acceso en cuatro grupos principales según el medio de soporte: par trenzado, fibra/coaxial,

inalámbrico, y todo fibra. La Figura 4.4 muestra algunas de las tecnologías e implementaciones que caen en las categorías anteriores.

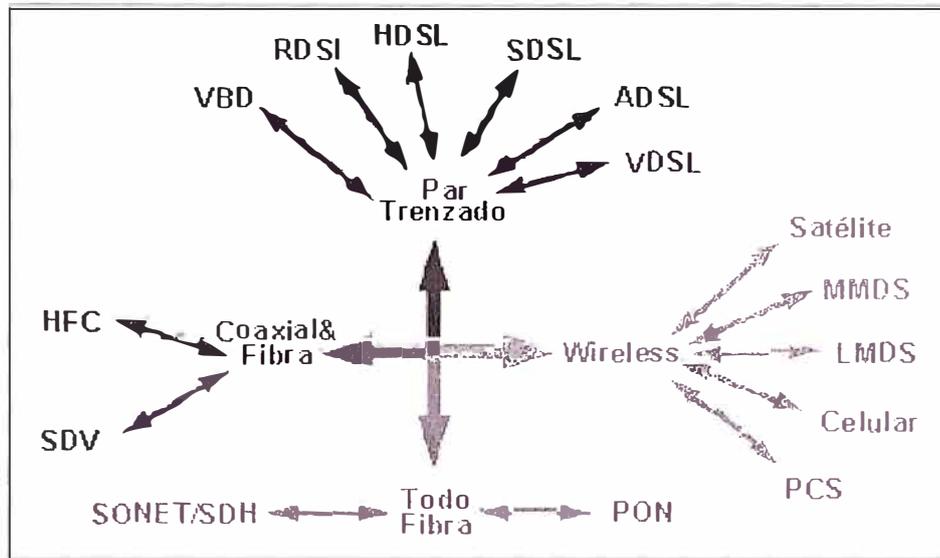


Figura 4.4 Alternativas de Acceso.

4.5 Las tecnologías xDSL en la red de acceso.

La tecnología xDSL, surge por la necesidad de aumentar la capacidad de transmisión del par de cobre. Hace referencia a toda la familia DSL las cuales utilizan técnicas de modulación modernas ayudadas por los avances en el procesamiento digital de señales para lograr transmitir a altas velocidades sobre el lazo de abonado local. En la Tabla 4.1 se muestra un resumen comparativo entre algunas de las tecnologías xDSL.

Tabla 4.1 Comparativa entre algunos tipos de xDSL.

| Tipo de DSL | Simétrico/ Asimétrico | Distancia de la línea (m) | Velocidad Descendente (Mbps) | Velocidad Ascendente (Mbps) |
|--------------------|----------------------------------|--|---|--|
| IDSL | Simétrico | 5400 | 0.128 | 0.128 |
| SDSL | Simétrico | 3000 | 1.544 | 1.544 |
| HDSL (2 pares) | Simétrico | 3600 | 1.544 | 1.544 |
| SHDSL | Simétrico (1 par) | 1800 | 2.312 | 2.312 |
| | Simétrico (2 pares) | 1800 | 4.624 | 4.624 |
| ADSL G.lite | Asimétrico | 5400 | 1.5 | 0.512 |
| ADSL | Asimétrico | 3600 | 8 | 0.928 |
| VDSL | Asimétrico | 300 | 52 | 6 |
| | Simétrico | 300 | 26 | 26 |
| | Asimétrico | 1000 | 26 | 3 |
| | Simétrico | 1000 | 13 | 13 |

La cantidad de abonados DSL ha venido aumentando a una gran velocidad, a finales del tercer cuatrimestre del pasado año ya había más de 30 millones de usuarios individuales y de

negocios servidos por DSL, y se esperaba que el año concluyera con más de 36 millones si se mantenía la tasa de crecimiento mensual de 1.67 millones de accesos.

La técnica ADSL, por su carácter asimétrico, se adapta mejor al mercado residencial por lo que ha sido la más extendida a nivel mundial. Ésta va a ser objeto de análisis al igual que VDSL, que se puede emplear tanto en el sector residencial como en el corporativo.

4.6 ADSL.

El ADSL es una técnica para la transmisión de datos a gran velocidad sobre el par de cobre. Una diferencia entre el esquema de modulación empleado por ella y las usadas por los módems en banda vocal (V.32 a V.90), es que estos últimos sólo transmiten en la banda de frecuencias usada en telefonía (300 Hz a 3400 Hz), mientras que los módems ADSL operan en un margen de frecuencias mucho más amplio que va desde los 24 KHz hasta los 1104 KHz, aproximadamente. Esto hace que el ADSL pueda coexistir en un mismo lazo de abonado con el servicio telefónico, pues no se solapan sus intervalos de frecuencia, cosa que no es posible con un módem convencional pues opera en banda vocal, la misma que la telefonía, lo que constituye otra diferencia de gran importancia.

4.6.1 Funcionamiento y características de ADSL

Al tratarse de una modulación asimétrica, o sea, en la que se transmiten diferentes caudales en los sentidos Usuario-Red y Red-Usuario, el módem ADSL situado en el extremo del usuario es distinto del ubicado al otro lado del lazo, en la central local. En la Figura 4.5 se muestra un enlace ADSL entre un usuario y la central local de la que depende. En dicha figura se observa que además de los módems situados en el domicilio del usuario (ATU-R o ADSL Terminal Unit-Remote) y en la central (ATU-C o ADSL Terminal Unit-Central), delante de cada uno de ellos se ha de colocar un dispositivo denominado "splitter" (divisor). Este dispositivo no es más que un conjunto de dos filtros: uno paso alto y otro paso bajo. La finalidad de estos filtros es la de separar las señales transmitidas, o sea, las señales de baja frecuencia (telefonía) de las de alta frecuencia (ADSL).

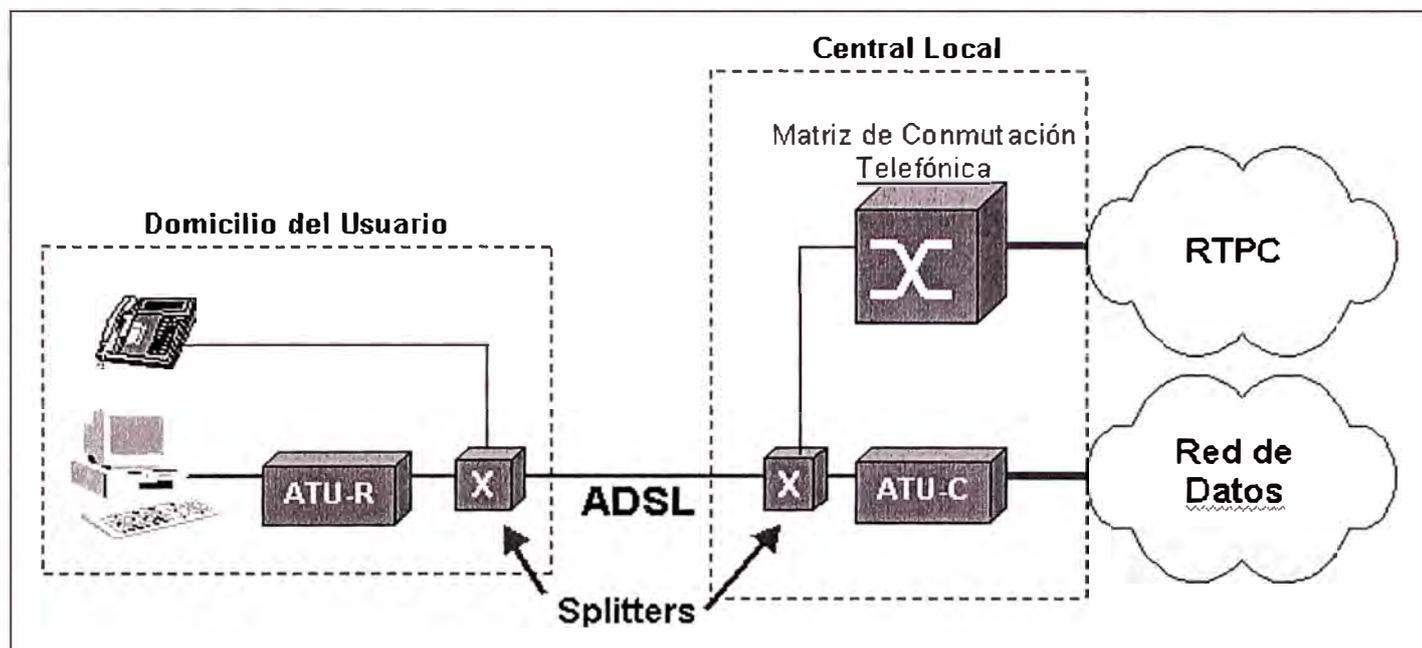


Figura 4.5: Enlace ADSL

En una primera etapa coexistieron dos técnicas de modulación para el ADSL: CAP (Carrierless Amplitude/Phase, Modulación de fase y amplitud con supresión de portadora) y DMT (Discrete MultiTone, Modulación multitono discreto). Finalmente los organismos de estandarización (ANSI, ETSI e ITU) optaron por la solución DMT. Básicamente consiste en el empleo de múltiples portadoras y no sólo una, que es lo que se hace en los módems de banda vocal. Cada una de estas portadoras (denominadas subportadoras) es modulada en cuadratura (modulación QAM) por una parte del flujo total de datos que se van a transmitir. Estas subportadoras están separadas entre sí 4,3125 KHz, y el ancho de banda que ocupa cada subportadora modulada es de 4 KHz. El reparto del flujo de datos entre subportadoras se hace en función de la estimación de la relación Señal/Ruido en la banda asignada a cada una de ellas. Cuanto mayor es esta relación, tanto mayor es el caudal que puede transmitir por una subportadora. Esta estimación de la relación Señal/Ruido se hace al comienzo, cuando se establece el enlace entre el ATU-R y el ATU-C, por medio de una secuencia de entrenamiento predefinida.

La técnica de modulación usada es la misma tanto en el ATU-R como en el ATU-C. La única diferencia consiste en que el ATU-C dispone de hasta 256 subportadoras, mientras que el ATU-R sólo puede disponer como máximo de 32. El algoritmo de modulación se traduce en una IFFT (Transformada Rápida de Fourier Inversa) en el modulador, y en una FFT (Transformada Rápida de Fourier) en el demodulador situado al otro lado del enlace. Estas operaciones se efectúan fácilmente por el núcleo del módem al desarrollarse sobre un DSP; las mismas se describen a continuación:

- El modulador del ATU-C, hace una IFFT de 512 muestras sobre el flujo de datos que se ha de enviar en sentido descendente.
- El modulador del ATU-R, hace una IFFT de 64 muestras sobre el flujo de datos que se ha de enviar en sentido ascendente.
- El demodulador del ATU-C, hace una FFT de 64 muestras tomadas de la señal ascendente que recibe.
- El demodulador del ATU-R, hace una FFT, sobre 512 muestras de la señal descendente recibida.

Las últimas modificaciones a los 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. La separación de los trayectos en ADSL se efectúa por Multiplexación por División en Frecuencias (FDM) o por Cancelación de Eco, siendo esta última la que se ha impuesto.

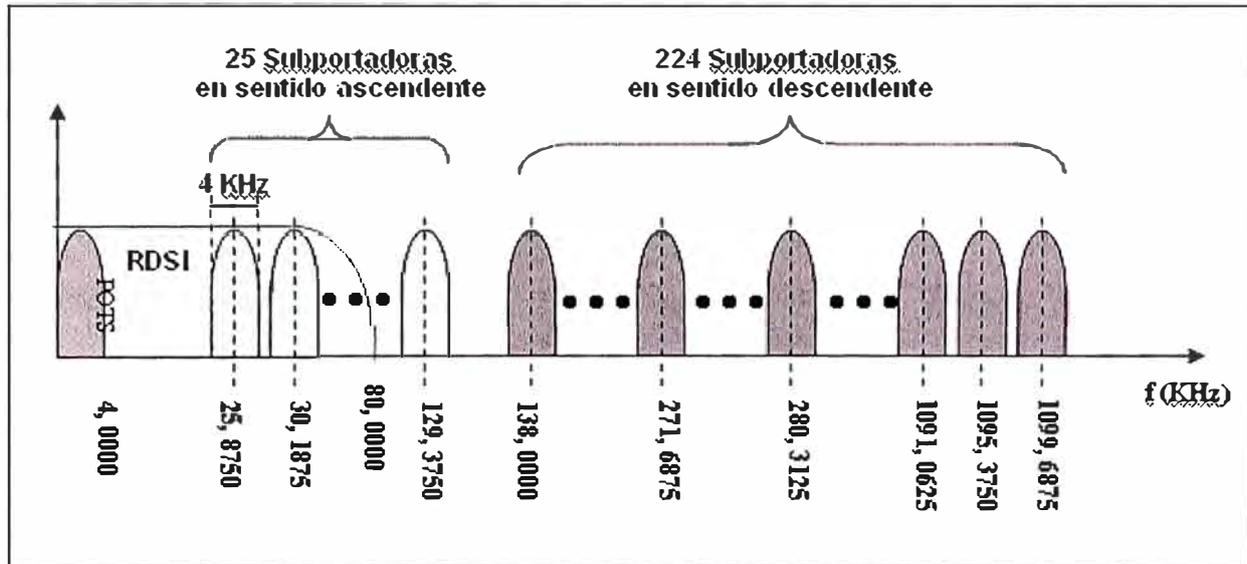


Figura 4.6: Modulación ADSL DMT con FDM.

En las Figuras 4.6 y 4.7 se han presentado las dos modalidades dentro del ADSL con modulación DMT: FDM y cancelación de ecos. En la primera, los espectros de las señales ascendente y descendente no se solapan, lo que simplifica el diseño de los módems, aunque reduce la capacidad de transmisión en sentido descendente, no tanto por el menor número de subportadoras disponibles como por el hecho de que las de menor frecuencia, aquellas para las que la atenuación del par de cobre es menor, no están disponibles. La segunda modalidad, basada en un cancelador de eco para la separación de las señales correspondientes a los dos sentidos de transmisión, permite mayores caudales a costa de una mayor complejidad en el diseño.

Como se puede ver, los espectros nunca se solapan con la banda reservada para el servicio telefónico básico (POTS, Plain Old Telephone Service), y en cambio sí se solapan con los correspondientes al acceso básico RDSI. Por ello el ADSL y el acceso básico RDSI son incompatibles, aunque existen implementaciones que logran la compatibilidad.

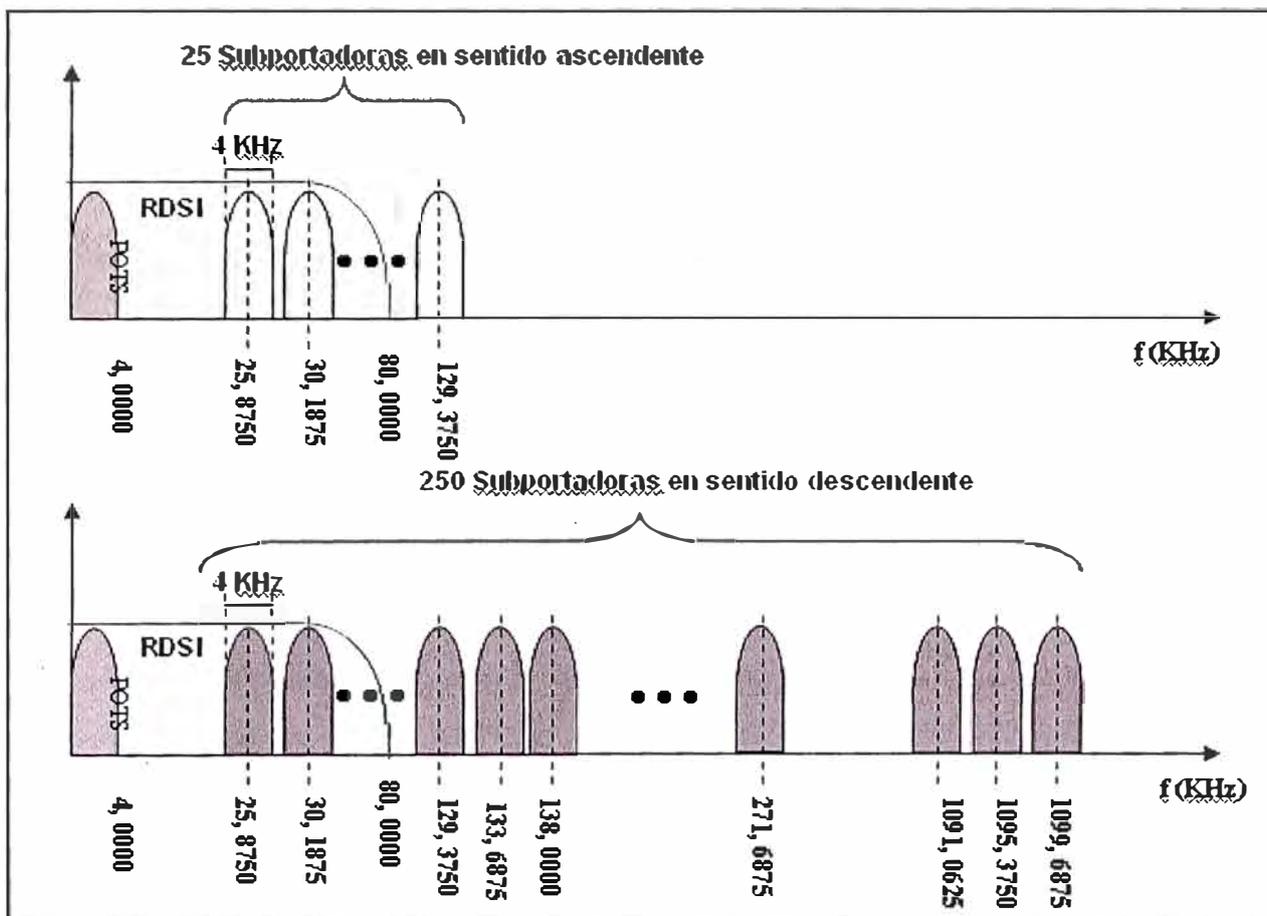


Figura 4.7 Modulación ADSL DMT con Cancelación de Eco.

En un par de cobre la atenuación por unidad de longitud aumenta a medida que se incrementa la frecuencia de las señales transmitidas, y cuanto mayor es la longitud de la línea, tanto mayor es la atenuación total que sufren las señales transmitidas.

Ambas cosas explican que el caudal máximo que se puede conseguir mediante los módems ADSL varíe en función de la longitud de la línea de abonado. La presencia de ruido externo provoca la reducción de la relación Señal/Ruido con la que trabaja cada una de las subportadoras, y esa disminución se traduce en una reducción del caudal de datos que modula a cada subportadora, lo que a su vez implica una reducción del caudal total que se puede transmitir a través del enlace entre el ATU-R y el ATU-C.

Hasta una distancia de 2.6 Km de la central, en presencia de muy altos niveles de ruido (peor caso), se obtiene un caudal de 2 Mbps en sentido descendente y 0,9 Mbps en sentido ascendente. Esto supone que en la práctica, teniendo en cuenta la longitud media de la línea de abonado en las zonas urbanas, la mayor parte de los usuarios están en condiciones de recibir por medio del ADSL un caudal superior a los 2 Mbps. Este caudal es suficiente para muchos servicios de banda ancha, y desde luego puede satisfacer las necesidades de cualquier Internauta o Teletrabajador así como de muchas empresas pequeñas y medianas.

Analizado el funcionamiento del ADSL, podemos destacar las principales ventajas del acceso a través de esta tecnología:

1. Gran ancho de banda en el acceso: permite el intercambio de información en formato digital a gran velocidad entre un usuario y la central local a la que se conecta mediante un par de cobre.
2. Este ancho de banda está disponible de forma permanente.
3. Se aprovecha una infraestructura ya desplegada, por lo que los tiempos de implantación de los servicios sobre la nueva modalidad de acceso se acortan.
4. El acceso es sobre un medio no compartido, y por tanto, intrínsecamente seguro.

El estándar G.992.2 de la UIT, más conocido con el nombre G.Lite y que es un tipo de ADSL se diferencia de éste en que se sustituyen los splitters del lado del cliente por microfiltros conectados en serie con el teléfono, que actúan como filtros pasobajo por lo que su implementación se ve favorecida. Esto hace que el ancho de banda se vea limitado, soportando velocidades menores que ADSL, 1.536 Mbps y 512 Kbps en sentido descendente y ascendente respectivamente pero no requiere intervención en el lado del cliente del operador de telecomunicaciones. G.Lite soporta solo transporte ATM a diferencia del anterior que soporta tanto ATM como STM. En la actualidad, muchas de las computadoras presentes en el mercado integran módems G.Lite por lo que se ha extendido en gran medida su uso.

4.6.2 Multiplexor de acceso DSL

El DSLAM (Multiplexor de Acceso DSL) es un equipo ubicado en la central que agrupa gran número de tarjetas, cada una de las cuales consta de varios módems ATU-C, y que además concentra el tráfico de todos los enlaces ADSL hacia la red WAN (Figura 4.8). Su utilización favoreció el despliegue de ADSL, al requerir menos espacio en las centrales.

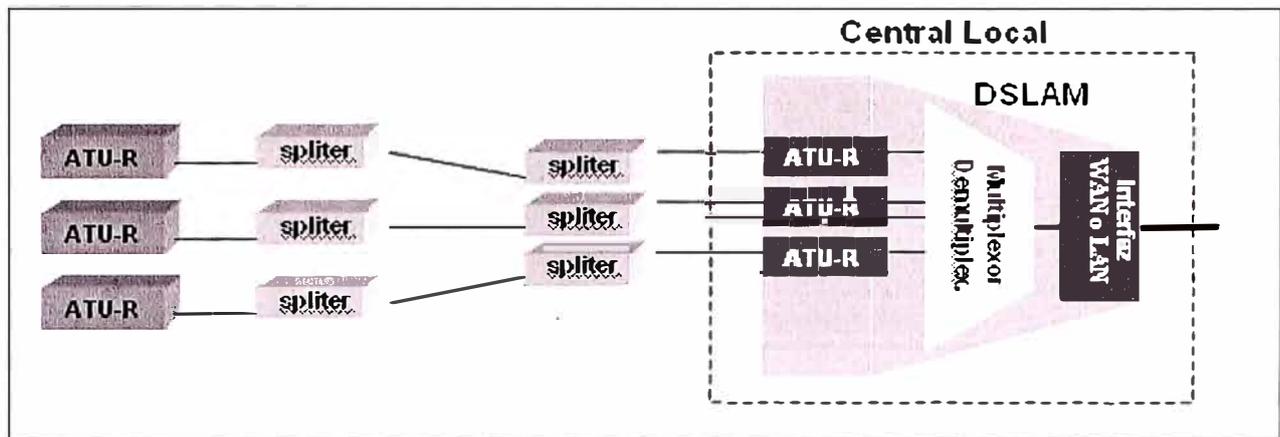


Figura 4.8: Multiplexor de Acceso DSL (DSLAM).

La integración de varios ATU-Cs en el DSLAM es un factor fundamental que ha hecho posible el despliegue masivo del ADSL ya que facilita la instalación de todo el sistema.

4.7 Integración de ATM y ADSL

Las redes de comunicaciones de banda ancha en su mayoría emplean el ATM para la conmutación en banda ancha. Desde un primer momento, dado que el ADSL se concibió como una solución de acceso de banda ancha, se pensó en el envío de la información en forma de celdas ATM sobre los enlaces ADSL y de esta forma se sacaría provecho a la gran velocidad de acceso del ADSL.

A nivel de enlace, algunos suministradores de equipos de central para ADSL plantearon otras alternativas al ATM, como PPP sobre ADSL y Frame-Relay sobre ADSL, pero finalmente se ha impuesto el primero. Otra alternativa que está siendo desplegada actualmente es el Ethernet sobre ADSL.

La Figura 4.9 muestra el modelo de referencia específico de ADSL para el modo ATM, el cual se asemeja del establecido para la RDSI pero con algunas diferencias.

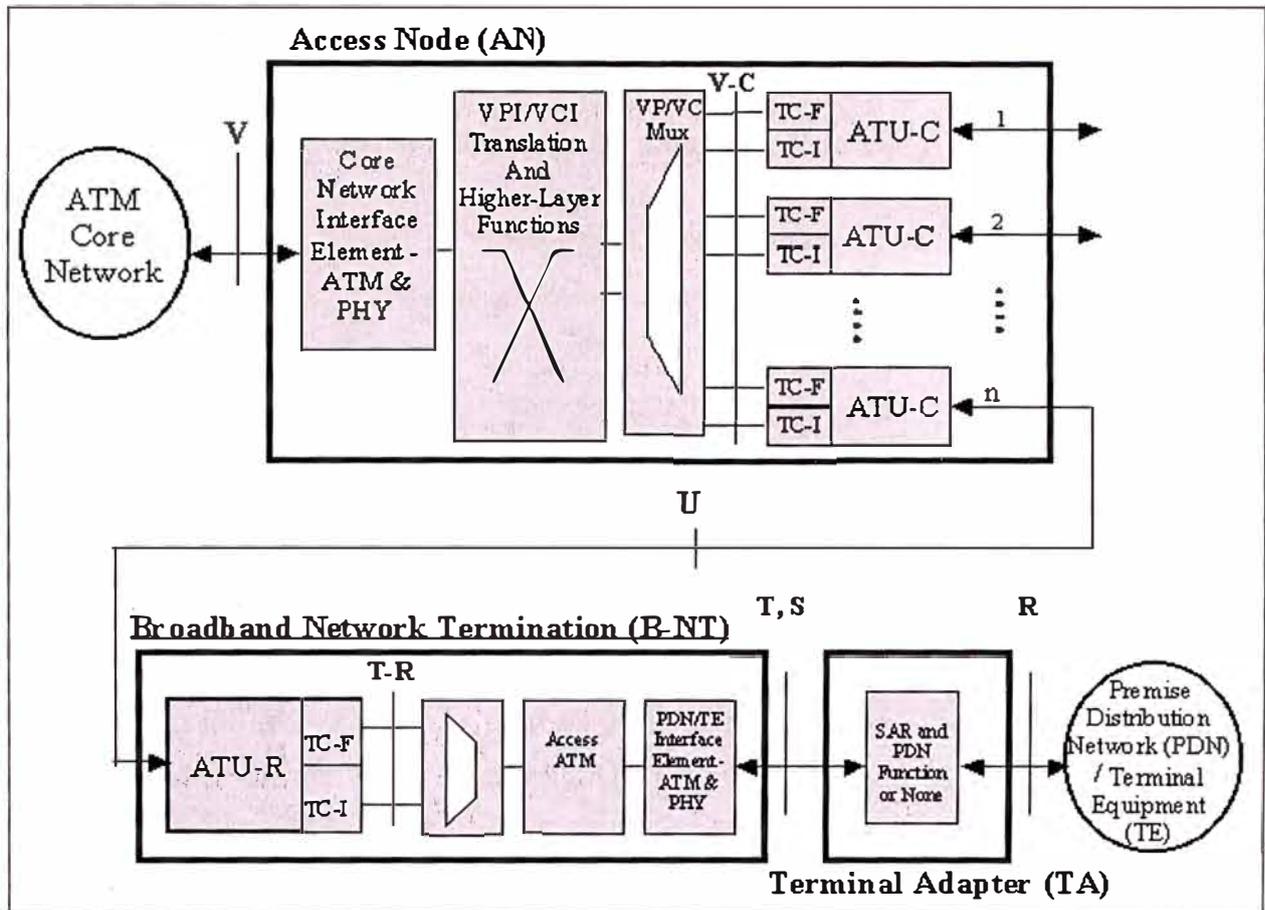


Figura 4.9 Modelo de referencia específico ADSL para el modo ATM.

TC-F: Convergencia de la Transmisión de la trayectoria Rápida.

TC-I: Convergencia de la Transmisión de la trayectoria de Entrelazado.

La interfaz V conecta la red de núcleo y el nodo de acceso (AN). Dentro del AN, una interfaz lógica llamada V-C, como se define en T1.413, conecta las funciones individuales del ATU-C a las funciones correspondientes de capa ATM.

La interfaz U conecta los ATU-R individuales en la B-NT remota a los correspondientes ATU-Cs en el nodo de acceso.

La interfaz S y T, conecta el bloque Terminación de Red (NT) al equipamiento de distribución de red (PDN) o al Equipo Terminal (TE). Dentro de la NT, una interfaz lógica llamada T-R, como se define en las recomendaciones ADSL PHY, conecta la función del ATU-R a la función de capa ATM.

La interfaz R, conecta el bloque Adaptador Terminal (TA) al PDN o TE no basado en ATM.

La información, ya sean tramas de vídeo MPEG2 o paquetes IP, se distribuye en celdas ATM, y el conjunto de celdas ATM así obtenido constituye el flujo de datos que modulan las subportadoras del ADSL DMT.

El ATM al permitir asignar el ancho de banda dinámicamente entre una serie de servicios y al ofrecer a los portadores las herramientas de gestión que le dan conocimiento de los niveles de rendimiento especificados de acuerdo al SLA, constituye la mejor variante para integrarse con ADSL.

La amplia adopción de ATM por la gran mayoría de proveedores DSL extiende los beneficios de ATM desde la última milla hasta el núcleo de la red. A su vez, la gran flexibilidad y adaptabilidad que presenta ATM para interoperar con otras tecnologías (TDM, GigE, POS/IP, Frame-Relay etc.), dan al operador la protección de su inversión reduciendo significativamente el costo y permitiendo así, introducirse en los segmentos competitivos del mercado.

En la actualidad, la evolución a la integración de Voz sobre DSL (VoDSL) en el lazo local, ha estimulado las inversiones de ATM en el área de acceso y núcleo de la red. Además, la evolución de los conmutadores ATM a soportar funcionalidades MPLS, visto en los conmutadores MPLS ATM LSR extienden la disponibilidad a MPLS, para el transporte de IP en el núcleo de la red.

Si en un enlace ADSL se usa ATM como protocolo de enlace, se pueden definir varios circuitos virtuales permanentes (CVPs) ATM sobre el enlace ADSL entre el ATU-R y el ATU-C. De este modo, sobre un enlace físico se pueden definir múltiples conexiones lógicas cada una de ellas dedicadas a un servicio diferente. Por ello, ATM sobre un enlace ADSL

aumenta la potencialidad de este tipo de acceso al añadir flexibilidad para múltiples servicios a un gran ancho de banda.

Otra ventaja añadida al uso de ATM sobre ADSL es el hecho de que en el ATM se contemplan diferentes categorías de servicio como CBR, VBR-rt, VBR-nrt, UBR, ABR, GFR, y UBR+ (UBR con MDCR), con distintos parámetros de tráfico y de calidad de servicio para cada VCC, vistos en el Capítulo 1. De este modo, además de definir múltiples circuitos sobre un enlace ADSL, se puede dar un tratamiento diferenciado a cada una de estas conexiones, lo que a su vez permite dedicar el circuito con los parámetros de calidad más adecuados a un determinado servicio (voz, vídeo o datos).

La categoría de servicio más difundida para los servicios de datos es UBR, la cual no especifica parámetros de QoS o de tráfico. Las aplicaciones que no son de tiempo real no tienen gran necesidad de estos parámetros. Sin embargo, debido al impacto potencial de la congestión, muchos prefieren tener un mínimo de ancho de banda garantizado disponible para su uso. Esto se logra con las categorías GFR o UBR+. La especificación UBR original no incorpora mecanismos para tratar la congestión tal como PPD/EPD, que ha sido incorporado en muchos productos y en el estándar UBR+.

Como IP está presente antes de la capa ATM, se han definido mecanismos QoS/CoS (Calidad de Servicio/Clases de Servicio) IP en dos formas:

Mediante la arquitectura INTSERV, la cual realiza un mapeo entre los mecanismos QoS INTSERV (mejor esfuerzo, servicio garantizado y carga controlada) y ATM, como se define en las RFCs 2380 a la 2382:

- 2380: Requerimientos para la implementación de RSVP sobre ATM.
- 2381: Interoperación del Servicio de Carga Controlada y Servicios Garantizados con ATM.
- 2382: Estructura para Servicios Integrados y RSVP sobre ATM.
- Mediante la arquitectura DIFFSERV, que presenta distintos tipos de servicios como el Premium Services, con el mecanismo EF (Expedited Forwarding, reenvío apresurado) y el

Servicio Asegurado, con el mecanismo AF (Assured Forwarding, reenvío asegurado), pero que no tiene definido un mapeo ATM específico, pero se han venido realizando importantes trabajos para lograrlo en el grupo de trabajo TM del ATM Forum y por otros investigadores.

En los módems ADSL se definen dos canales, el canal rápido y el canal de entrelazado. El primero agrupa los CVPs ATM dedicados a aplicaciones que pueden ser sensibles al retardo, como puede ser la transmisión de voz. El canal de entrelazado, llamado así porque en él se aplican técnicas de entrelazado para evitar pérdidas de información por interferencias, agrupa los CVPs ATM asignados a aplicaciones que no son sensibles a retardos, como puede ser la transmisión de datos.

Los estándares y la industria han impuesto mayormente el modelo de ATM sobre ADSL. En ese contexto, el DSLAM pasa a ser un conmutador ATM con múltiples interfaces (Figura 4.10), las interfaces WAN pueden pudieran ser STM-1, STM-4, E3 u otras estandarizadas, y el resto ADSL-DMT. El núcleo del DSLAM es una matriz de conmutación ATM. De este modo, el DSLAM puede ejercer funciones de control de parámetros y conformado sobre el tráfico de los usuarios con acceso ADSL.

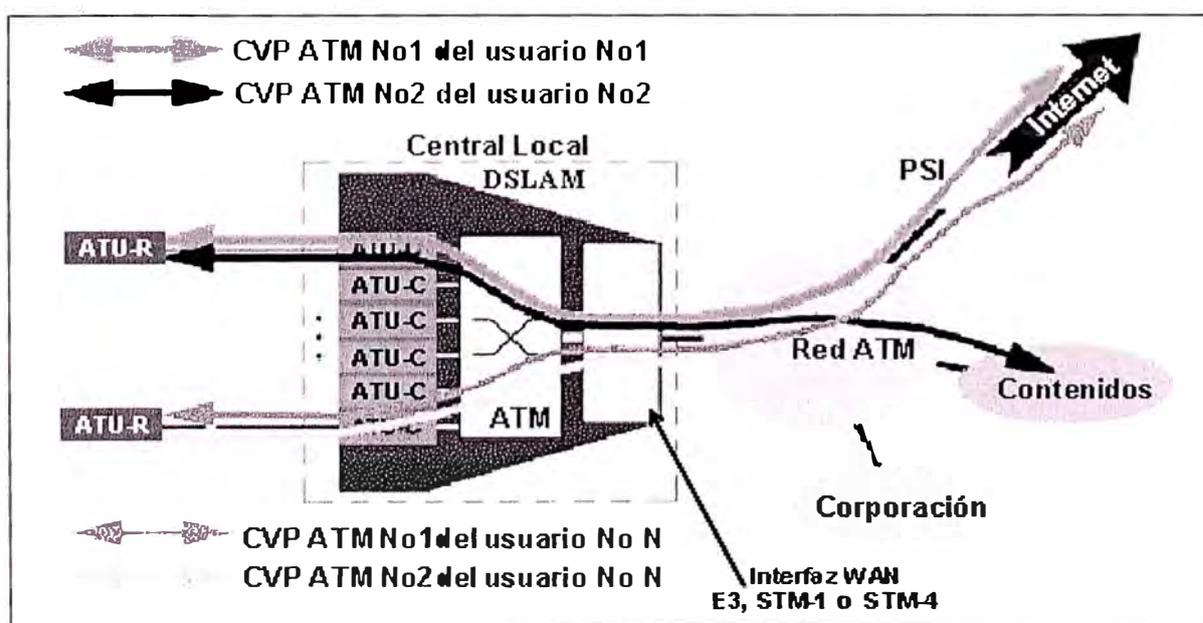


Figura 4.10 DSLAM ATM.

En la Figura 4.11 se muestra una aproximación de la torre de protocolos del ATM sobre ADSL.

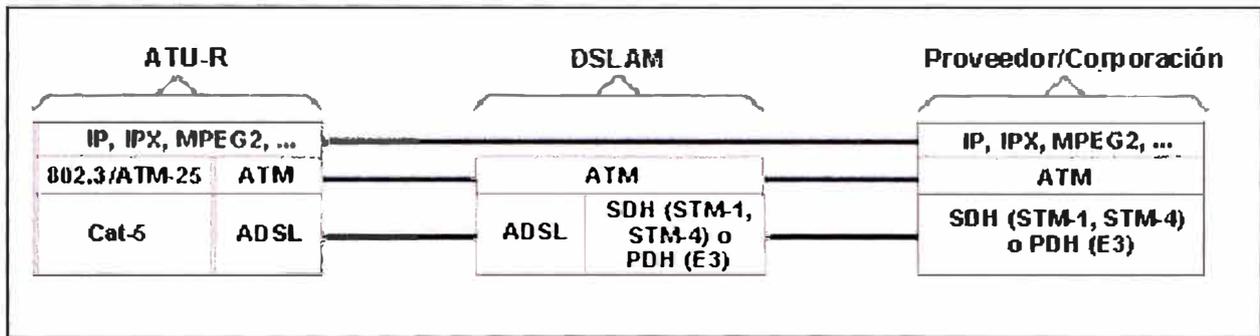


Figura 4.11 Torre de protocolos de ATM sobre ADSL.

Capítulo V

TELEFONÍA Y OTROS SERVICIOS SOBRE ATM

El avance de la tecnología en el campo de las Telecomunicaciones de los últimos años ha permitido a los operadores de estos servicios implementar nuevos servicios tales como, transmisión de Datos a alta velocidad (Internet de Banda Ancha) o Televisión Interactiva entre otros, sobre las Redes existentes, para la Implantación de estos servicios se cuenta con diversos tipos de Tecnología, siendo ATM sobre enlaces ADSL una de las mas utilizadas actualmente. A continuación se describe como opera esta tecnología en el manejo de los diversos tipos de tráfico.

5.1 Modelo para ofrecer servicios

El ADSL Forum ha propuesto distintos modelos para ofrecer servicios, teniendo en cuenta las distintas alternativas de transporte en cada enlace de la conexión, los que se muestran en la siguiente figura.

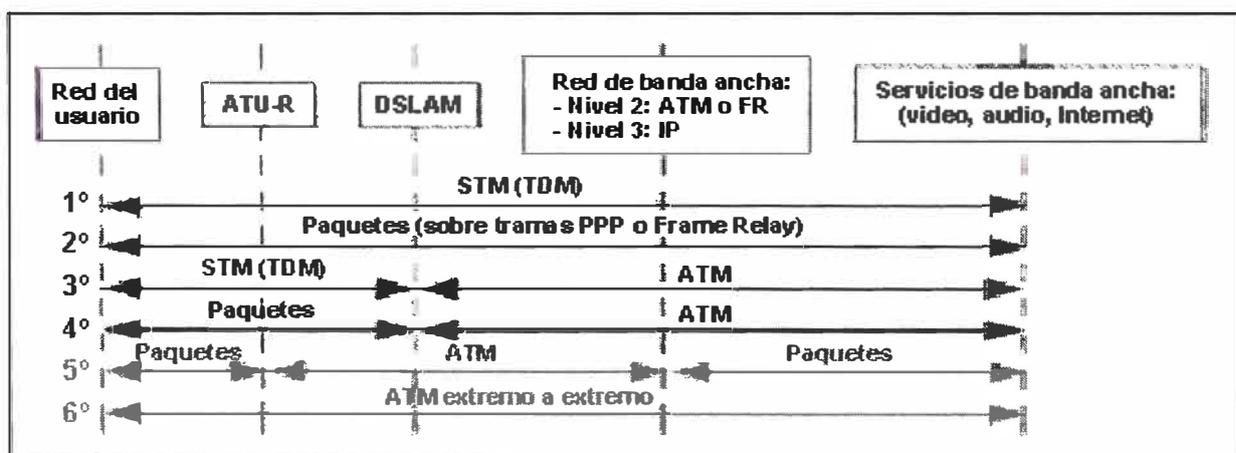


Figura 5.1. Modelos para la prestación de servicios con acceso ADSL.

De acuerdo con lo explicado anteriormente, la solución que se ha impuesto ha sido el envío de celdas ATM sobre el enlace ADSL (entre el ATU-R y el ATU-C situado en el DSLAM). Por lo tanto, de los seis modelos que propone el ADSL Forum, mostrados en la Figura 5.1, los más comunes son los dos últimos.

No obstante al amplio uso de ATM sobre DSL, algunas empresas como Net to Net Technologies, han empezado a fabricar equipamiento basado en el estándar Ethernet, que son relativamente más baratos en costo y encapsulan a IP directamente sobre Ethernet. Mayormente, los usuarios que requieren muy altas garantías de seguridad y acuerdos de nivel de servicio (SLAs) estrictos, optan por la QoS de ATM y no por la CoS (Clases de Servicio) de IP.

5.2 Encapsulado de datos

Teniendo en cuenta que la mayoría de las aplicaciones ejecutadas por el usuario, están basadas en TCP/IP, para el acceso a Internet, se hace necesario establecer un mecanismo de encapsulado del protocolo IP sobre ATM. Existen varias opciones para lograr tal propósito. Una opción aceptable es el encapsulado de IP sobre ATM según la RFC 1483 del IETF, con la modalidad de "routing", como se puede apreciar en la Figura 11. La información útil para el usuario ("payload" o carga útil) contenida en el paquete IP, lleva varias cabeceras. Estas cabeceras, que son necesarias para que la información llegue a su destino, pero que no proporcionan información al usuario, son las que explican que el caudal percibido por el usuario sea inferior a la velocidad a la que la información se transmite realmente.

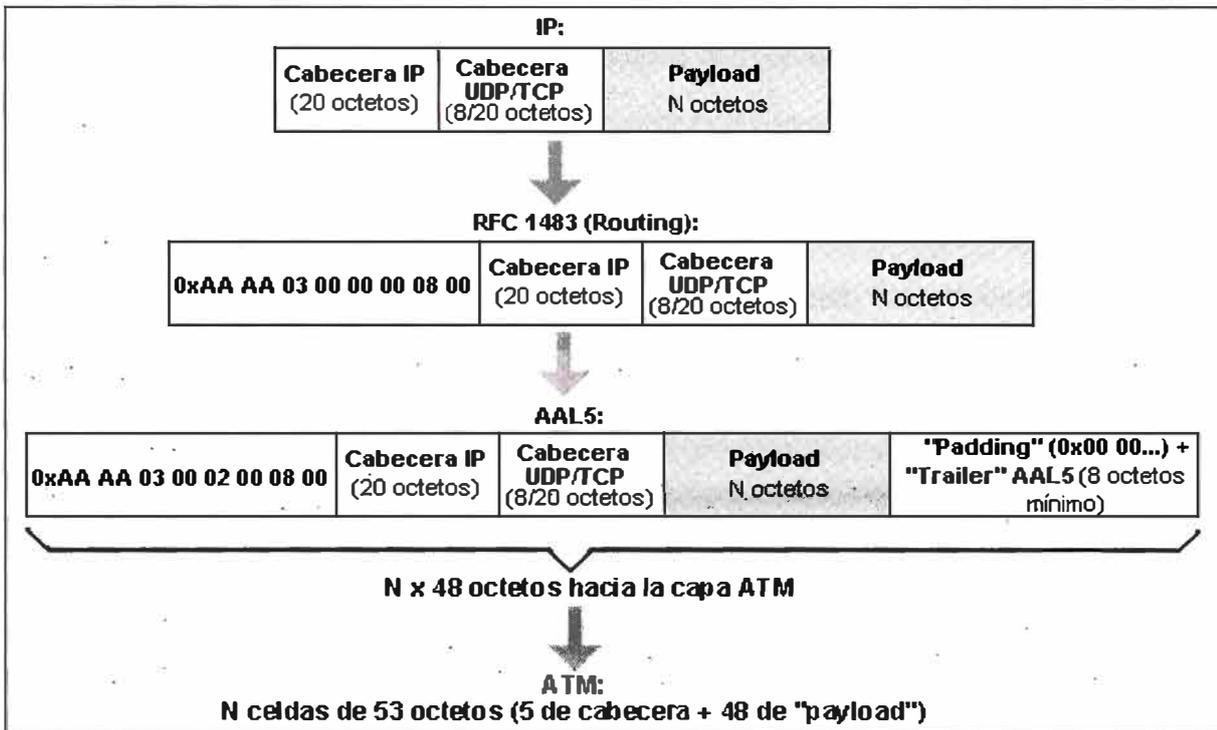


Figura 5.2 Encapsulado de IP sobre ATM según la RFC 1483

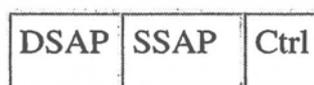
La RFC 1483 describe dos métodos para el transporte de tráfico sin conexión sobre ATM AAL5. PDUs enrutadas, y PDUs puenteadas.

1. **Modalidad Routing:** Permite multiplexación de múltiples protocolos sobre un único VC ATM. El protocolo encapsulado se identifica precediendo a la PDU de un encabezado IEEE 802.2 LLC. Se conoce como Encapsulado LLC.
2. **Modalidad Bridging:** Cada protocolo es transportado sobre un VC separado, y ejecuta multiplexación basada en los VC. Se conoce como Multiplexación de VCs. En ella los puntos finales de la conexión AAL son entidades de protocolo de capa 3, por lo que un VC llevará solamente un protocolo.

Ambas PDUs son transportadas en el campo de carga útil de la Subcapa de Convergencia de Partes Comunes (CPCS) de la AAL5.

En el Encapsulado LLC el protocolo de la PDU enrutada se identifica por el encabezado IEEE 802.2 LLC, el cual puede ir seguido de un encabezado IEEE 802.1a SNAP (SubNetwork

Attachment Point) como cuando se encapsula IP. El header LLC está constituido de tres campos de un octeto cada uno:

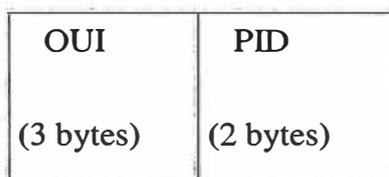


En el encapsulado de PDU enrutada el campo CTRL toma siempre el valor 0x03 especificando una PDU de información.

DSAP: Destination Service Access Point

SSAP: Source Service Access Point

Cuando se está encapsulando IP, la identificación de éste está en el header SNAP que sigue al LLC. Para ello el LLC toma un valor específico que indica la presencia del SNAP, el valor 0xAA-AA-03. El header SNAP tiene la forma siguiente:



OUI (Organizationally Unique Identifier): Identifica una organización la cual administra el significado de los siguientes dos octetos.

PID (Protocol Identifier): Identifica el tipo de protocolo en cuestión que será encapsulado.

Unidos ellos identifican distintos protocolos de enrutamiento o puente. El valor OUI de 0x00-00-00 especifica que el PID corresponde a un EtherType. Un valor PID de 0x0800 especifica IP, 0x0806 ARP, 0x8137 IPX, entre otros.

5.3 Servicios de vídeo sobre ADSL

La arquitectura de servicios de video punto a punto ofrece la provisión de nuevas aplicaciones de servicios de video entre las que se incluyen televisión de difusión, VoD, servicio de video

personalizado estilo VCR (Video Cassette Recorder), difusión interactiva y comercio por TV (T-Commerce).

El suministro de servicios de video que usan tecnología ADSL es una alternativa competitiva para la próxima generación de TV interactiva por infraestructuras de cable y de satélites. La red ADSL es punto a punto desde el DSLAM al abonado, suministrando un enlace dedicado en los dos sentidos al abonado.

En la dirección descendente, sólo se entrega al abonado el contenido de video seleccionado, tanto como canal de TV de difusión, como programa VoD. El ADSL da más escalabilidad que los servicios ofrecidos por cable y satélite, los cuales llegan hasta aproximadamente 500 canales de emisión. Una red ADSL puede ofrecer alrededor de mil canales. (Teóricamente no hay límite, ya que la última milla es un enlace dedicado).

Con el desarrollo de la tecnología ADSL y de algoritmos mejorados de compresión de video, los suministradores de servicios de telecomunicaciones pueden ofrecer canales de video de alta calidad, como una calidad DVD codificada a una velocidad de 3.5 Mbps MPEG-2. Algunos vendedores de código suministran velocidades binarias MPEG-2 menores de 3 Mbps, mientras que MPEG-4 mantiene la promesa de video con calidad de emisión a velocidades menores de 1.5 Mbps, y una calidad de TV analógica a una tasa de bits de 500 a 700 Kbps. Esto hace que el despliegue comercial de este servicio ya pueda comenzar.

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

5.4 Arquitectura de una red de distribución de video

La arquitectura utilizada por un suministrador de servicios de telecomunicaciones para producir servicios de video puede variar. Un ejemplo típico se muestra en la Figura 5.3.

En la red de acceso, el ATM suministra conectividad de capa 2 sobre ADSL. De esta forma, cada DSLAM podría ser un multiplexor ATM. Como resultado, los programas de video deben ser producidos tanto en formato MPEG sobre ATM, como en formato MPEG sobre IP sobre ATM. Ambas tecnologías están actualmente disponibles, pero el mercado tiende a elegir el IP como el vehículo de entrega a la capa de red. Aunque el IP añade alguna tara al flujo de vídeo, simplifica la distribución en el hogar sobre medios compatibles con Ethernet. Además, hay más aplicaciones disponibles para IP, lo que aumenta su audiencia. En ambos casos, las redes de cabecera y de transporte son similares.

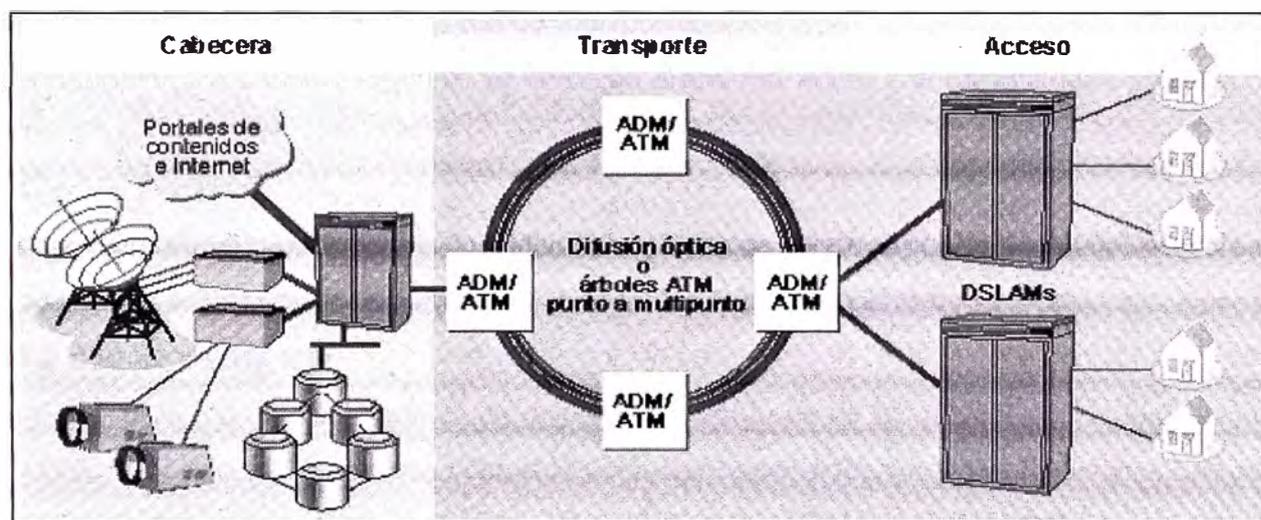


Figura 5.3 Arquitectura típica para producir servicios de video.

5.4.1 Cabecera

El término cabecera indica una posición en la que el contenido se añade a los canales de TV, al VoD, a los portales de T-Commerce, al acceso Internet, etc. Ya que el contenido de video se entrega al usuario sobre la red de acceso ATM, se puede incluir en la red en casi cualquier posición.

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

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

Normalmente los canales salientes se entregan a una red ATM con encapsulado tanto MPEG sobre IP sobre ATM, como MPEG sobre ATM. En el escenario IP, la multidifusión es una aplicación perfecta.

La cabecera en una arquitectura de video sobre DSL se puede centralizar o distribuir. Ya que el contenido se distribuye usando IP y/o ATM, la conectividad es muy flexible.

5.4.2 Red de transporte

El papel de la red de transporte es entregar el contenido desde las posiciones de la cabecera a los DSLAMs adecuados, o a sus centrales y/o routers asociados, en la red de acceso. La red de transporte debe transportar dos tipos especiales de tráfico: multidifusión y unidifusión, correspondientes a los servicios de difusión e interactivos.

El tráfico de difusión se transporta como multidifusión IP, como ATM punto a multipunto o como una combinación de ambos (Figura 5.4 y Figura 5.5).

Una buena solución para una red de multidifusión es utilizar conexiones ATM punto a multipunto en un entorno de conmutación ATM. El ATM es una tecnología estable con capacidad probada para replicar datos de gran ancho de banda.

Los servicios interactivos, que generan tráfico de unidifusión, requieren una red bidireccional. Dadas las limitaciones de la red de acceso, estos se suministran mejor mediante circuitos

virtuales ATM, soportando tanto un encapsulado nativo ATM como IP sobre ATM. Dada la abundancia de aplicaciones que se soportan fácilmente con el IP, lo más probable es que el IP sobre ATM domine el mercado.

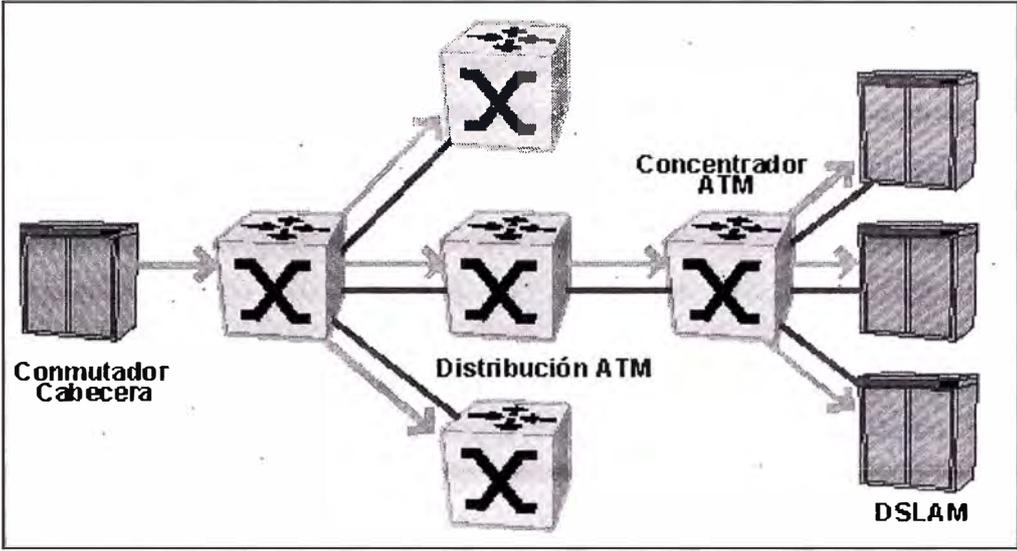


Figura 5.4. Multidifusión IP usando ATM.

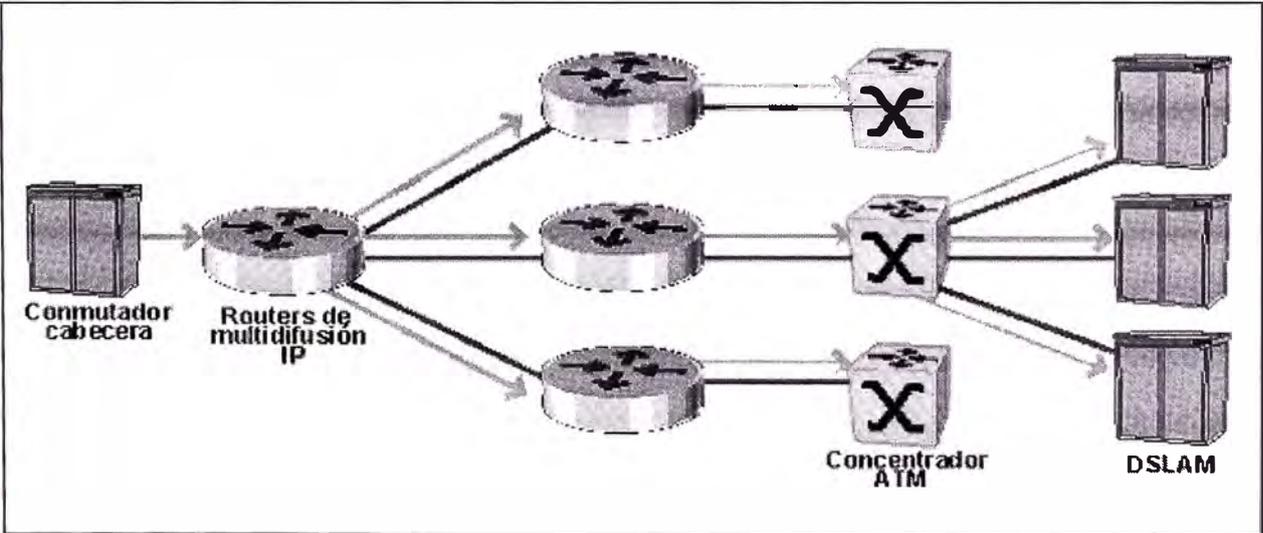


Figura 5.5. Multidifusión IP usando routers.

5.4.3 Red de Acceso

En la red de acceso se encuentra el DSLAM, éste es el último elemento en la red de acceso antes del domicilio del abonado y, por tanto, el vehículo para entregar los servicios de video. Es responsable de la conmutación de los canales de video entregados al abonado y va a ser el dispositivo de multidifusión más cercano al abonado y el de mejor servicio ofrecido en aras de dar respuesta rápida al servicio ofrecido (ej. cambio rápido de canal).

La función de conmutación de multidifusión integrada dentro del DSLAM ofrece la mejor mezcla de rendimiento y precio en la entrega de servicios de difusión, ahorrando en equipamiento externo. El DSLAM debe soportar entonces, la multidifusión en el hardware (Figura 5.6).

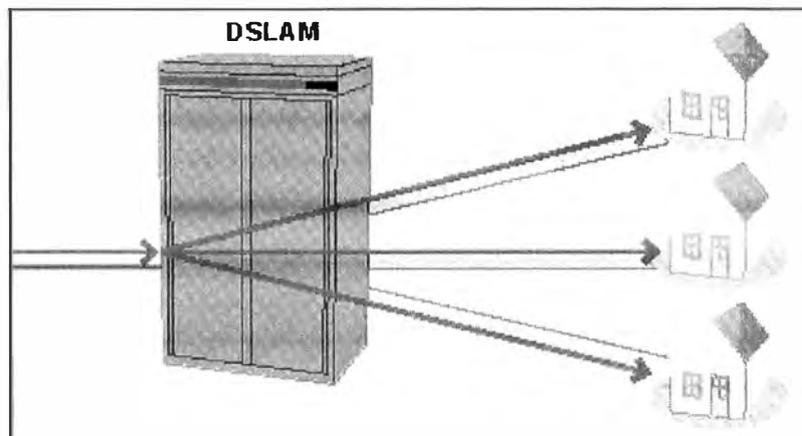


Figura 5.6. Replicación de multidifusión del DSLAM.

El enfoque anterior no es ideal en los casos que el proveedor de servicio tenga una base instalada de DSLAM que no soporta facilidades de multidifusión requiriendo un dispositivo externo que realice esta función, el cual pudiera ser, un router IP, un conmutador ATM, o una combinación de ambos.

El hecho de usar ATM en la red de acceso, favorece las necesidades del usuario en cuanto a calidad de servicio. La fuerza de la red de acceso ATM reside en el uso de circuitos virtuales, pues cada servicio, tiene un VC determinado, pudiendo tratarse las celdas de distintos circuitos de manera distinta.

5.4.4 Red doméstica

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

La HPNA es la tecnología más eficaz en el caso de que dos STBs sirvan a dos televisores sintonizados a dos programas diferentes. Esta tecnología LAN ofrece hasta 20 Mbps con y mecanismos de QoS, haciendo uso del cableado telefónico de la casa. La HPNA funciona en un espectro de frecuencia propio por encima de los 2 MHz lo que lo hace espectralmente compatible con telefonía POTS y ADSL.

El estado actual de los servicios de video sobre DSL a nivel mundial no se ha visto muy desarrollado por parte de los operadores a pesar de que el equipamiento lo permite, pues no han llegado a captar el potencial total del ADSL. El factor fundamental que ha influido sobre ello ha sido la longitud de la línea, que mayormente es demasiado grande para soportar altas velocidades por encima de 2 Mbps. No obstante, muchos operadores se encuentran en estado de prueba de multiservicios de banda ancha. Para poner un ejemplo, se presenta el servicio que ofrece, en pruebas, la operadora Telecom Italia con equipamiento Alcatel a 21 usuarios repartidos entre Roma y Milán.

5.5 Voz sobre ATM.

Como los servicios de voz de tiempo real han sido soportados en la WAN a través de técnicas basadas en circuitos (ejemplo, vía multiplexores T1 o conmutación de circuitos), es natural mapear estos circuitos a PVCs CBR ATM utilizando emulación de circuitos y la capa de adaptación ATM 1 (AAL1). Sin embargo, existen algunas desventajas significativas al utilizar Emulación de Circuitos debido a que el ancho de banda debe estar dedicado a este tipo de tráfico (Sin importar si se transmite información útil o no), por lo que implementar Emulación de Circuitos como una estrategia a largo plazo desanima a los usuarios corporativos. Por ejemplo, un circuito T1 1.544 Mbps requiere 1.74 Mbps de ancho de banda ATM cuando se transmite en modo de Emulación de circuitos. Esto no minimiza su importancia como una estrategia tradicional para dirigir la base instalada.

Como la tecnología ha evolucionado, la inherente intermitencia del tráfico de voz y de muchas aplicaciones pueden ser aprovechadas (junto con esquemas sofisticados de compresión) para disminuir significativamente el costo de transmisión a través del uso de conexiones VBR-RT sobre ATM.

Las técnicas de VBR para aprovechar la naturaleza intermitente de las comunicaciones de voz, como existen periodos de silencio que puede resultar en un incremento de la eficiencia. Estos periodos de silencio, en orden de importancia son:

- Cuando no existan llamadas activas en una troncal particular; dado que, la troncal se encuentra desocupada (idle) fuera de las horas pico (las troncales son configuradas típicamente con una probabilidad de bloqueo de ciertas llamadas: en la noche, todas las troncales pueden estar en estado idle)
- Cuando existen llamadas activas, pero solo una persona esta hablando en un tiempo determinado.
- Cuando existen llamadas activas, pero nadie se encuentra hablando.

El ATM forum esta comenzando a realizar trabajos de investigación referentes a la capa de adaptación ATM para servicios de voz VBR.

La adición de un mayor ancho de banda efectivo para la codificación de voz (Ejemplo, el servicio estándar de voz es codificado utilizando PCM de 64 Kbps PCM) resulta económicamente atractivo, particularmente sobre circuitos de gran distancia e interfaces ATM T1. Varios esquemas de compresión han sido estandarizados en la industria (ejemplo, serie de estándares G720). Haciendo que estos esquemas de codificación se provean dinámicamente los operadores de red tendrán la oportunidad de incrementar el ancho de banda en condiciones de congestión de la red sin tener que incurrir en gastos adicionales. Por ejemplo, cuando se inicie la congestión de la red, el incremento de la compresión de voz puede ser invocada dinámicamente, de este modo se incrementa el ancho de banda sin incurrir en costos y potencialmente se alivia la congestión de la red mientras se disminuye la calidad de la voz durante estos periodos.

El máximo alcance del soporte de voz sobre ATM es el poder soportar conmutación de video sobre SVCs. Esto conlleva a interpretar la señalación de la PBX y el enrutamiento de las llamadas de voz a la PBX de destino correspondiente (Figura 5.7). La ventaja de una perspectiva de administración de tráfico es que los controles de admisión de conexiones pueden ser aplicados a las nuevas llamadas; bajo condiciones de congestionamiento de la red, estas llamadas pueden ser reenrutadas a través de la red pública y por lo tanto no causarían niveles adicionales de congestión.

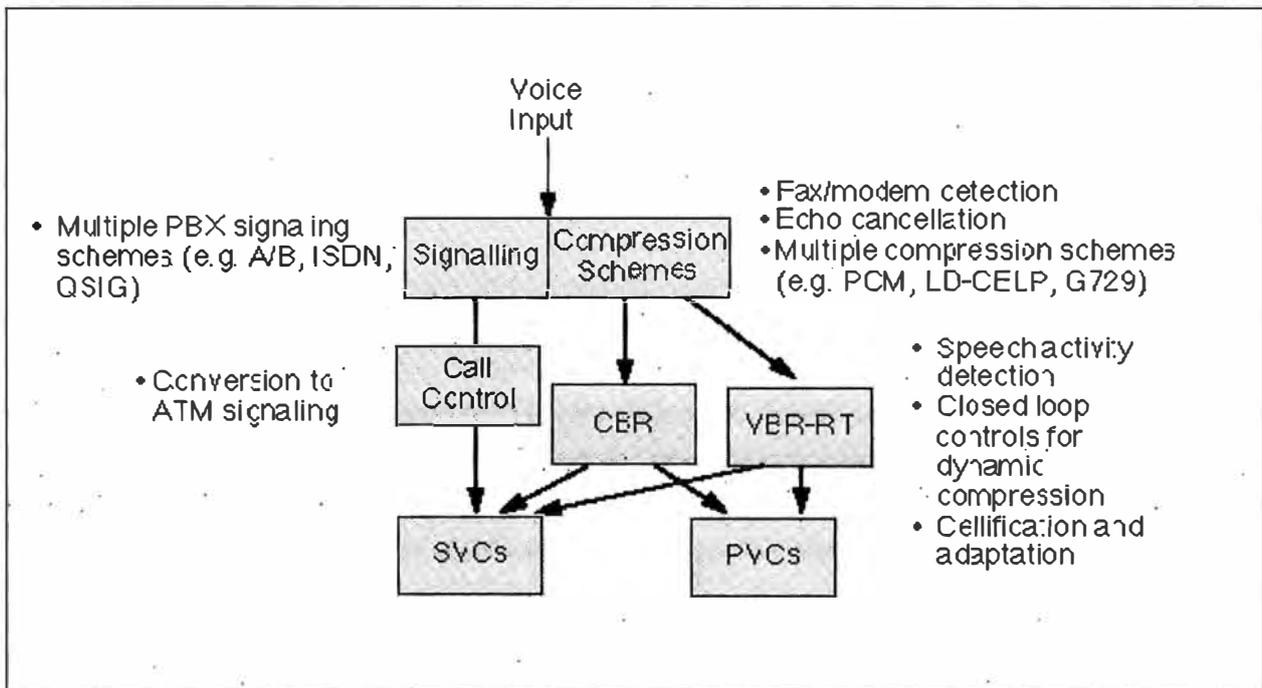


Figura 5.7. Conmutación de Voz sobre SVCs.

El ATM Forum actualmente está focalizando sus esfuerzos en el manejo de voz sobre CBR SVCs. El VBR-RT es el estándar de voz considerado para aplicaciones futuras.

CONCLUSIONES

1. El mundo de las redes de acceso de banda ancha es muy diverso, distinguiéndose por el medio de transmisión empleado, técnica de acceso al medio en caso de que se comparta el canal ascendente, tipo de modulación empleada, velocidades alcanzadas, entre otras.
2. El objetivo de todas es lograr que sobre una única infraestructura, se transporte todos los tipos de servicios, destacándose servicios de video de difusión e interactivo, servicios de voz, y de transferencias de datos esencialmente Internet; lográndose tal objetivo en mayor o menor medida. Esto ha provocado una gran competencia entre operadores de cable, inalámbricos, y de telecomunicaciones tradicionales que ha ayudado a su vez a que las investigaciones y el desarrollo de la tecnología se hayan visto acelerados en los últimos años.
3. La tecnología ATM se ha establecido a nivel mundial como la que ofrece un nivel mayor de integración de servicios con QoS garantizada, constituyendo la forma básica de transporte que implementan muchas de las tecnologías de acceso. Por tal motivo a la tecnología ATM le quedan muchos años de existencia como el medio de transmisión que mejor satisface las demandas del transporte de voz, datos y videos sobre una misma Red.
4. ATM con su núcleo de conmutación de celdas de tamaño fijo, es igualmente adecuada para entornos de LAN y WA, para aplicaciones de voz, datos, imagen y video, tanto para redes publicas como para redes privadas.
5. ATM combina los beneficios de la tecnología de conmutación de paquetes con los de la tecnología de conmutación de circuitos, reservando ancho de banda bajo demanda de una manera eficaz y de

coste efectivo, a la vez que garantiza ancho de banda y calidad de servicio para aquellas aplicaciones sensibles a los retardos.

6. ATM puede manejar tanto tráfico asíncrono como tráfico en ráfagas brindando el QoS requerido por la aplicación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cisco Systems Inc, “Internetwork Design Guide”, Año de Publicación 2005, <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/idg4/index.htm>.
2. Cisco Systems Inc, “Internetworking Technology Handbook”, Año de Publicación 2005, <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/idg4/index.htm>.
3. Cisco Systems Inc, “Guide to ATM Technology For the Catalyst 8540 MSR, Catalyst 8540 MSR and LightStream 1010 ATM Switch routers”, Año de Publicación 2000, <http://www.cisco.com/en/US/tech/index.html>
4. The international Engineering Consortium, “Asynchronous Transfer Mode (ATM) Fundamentals”, <http://iee.org.com>.
5. The international Engineering Consortium, “Voice Telephony over Asynchronous Transfer Mode (VToA)”, <http://iee.org.com>.
6. Teare, Diane. “*Designing Cisco Networks*”. Indianapolis: Cisco Press, July 1999.
7. Documentación ATM Forum, <http://www.atmforum.com>.
8. Diccionario Electrónico de Términos, ATM Forum, <http://www.atmforum.com>.
9. Diccionario Electrónico de Términos, Estudiante de Redes CISCO, <http://www.cisco.com>.