

46
Lej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores
CUAUTITLAN

COMUNICACIONES Red ATM

TRABAJO DE SEMINARIO
Que para obtener el título de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
p r e s e n t a
FERNANDO MEJIA GASCA

Asesor: Ing. Vicente Magaña González

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México
1999

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

271772



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

VISTO BUENO
CUAUTITLÁN

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN
PRESENTE.

AT'N: Q. MA. DEL CARMEN GARCIA MIJARES
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Comunicaciones. Red ATM

que presenta el pasante: Fernando Mejía Gasca
con número de cuenta: 8733667-6 para obtener el Título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a 10 de Diciembre de 19 98

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>I</u>	<u>Ing. Vicente Magaña González</u>	<u>Vicente Magaña</u>
<u>II</u>	<u>Ing. Juan González Vega</u>	<u>[Firma]</u>
<u>III</u>	<u>Ing. Jorge Ramírez Rodríguez</u>	<u>[Firma]</u>

Agradecimientos

A mis padres, porque me lo han dado todo,
cariño, educación, principios y por ellos
he llegado hasta donde estoy.

A mi esposa, por todo el amor que me ha brindado,
por su apoyo y por su insistencia. A ella le
debo el estar a punto de titularme.

A mi hermano y primos, por bromear y no perder
el sentido del humor en los momentos difíciles.

A mis abuelos, por quererme, cuidarme y creer en mí.

A mi tía Luz María, por ayudarme y apoyar a mi
familia en los momentos difíciles.

A mis tíos, por creer y confiar en mí.

A mis compañeros de generación, que hicieron
que el camino fuera más grato.

A Felipe y Moisés, por apoyarme en esta etapa
de mi vida.

Al Ing. Vicente Magaña González, por su notable
asesoría y sus valiosos consejos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a la
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (IME),
con agradecimiento sincero por los
conocimientos adquiridos.

A Dios, por permitir que todos los mencionados
anteriormente existamos y nos mantengamos
unidos.

CAPITULO 1. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN.	2
1.1. PLANTEAMIENTO	2
1.2. LOS PRINCIPIOS DE LAS REDES ATM	3
CAPITULO 2. ARQUITECTURA DE LA RDSI-BA	10
2.1. CONFIGURACION DE REFERENCIA Y MODELO DE REFERENCIA DE PROTOCOLO RDSI-BA	10
2.2. CAPA FISICA	12
2.2.1. INTRODUCCION.	12
2.2.2. JERARQUÍAS DIGITALES EN REDES DE BANDA ANCHA.	13
2.2.3. LA JERARQUIA DIGITAL SINCRONA SDH.	16
2.2.4. CAPAS FISICAS EN REDES ATM.	19
2.3. CAPA ATM	22
2.3.1. FUNCIONES DE LA CAPA ATM.	22
2.3.3. CANALES VIRTUALES Y TRAYECTOS VIRTUALES.	24
2.3.4. FLUJOS DE GESTION. OPERACIONES, ADMINISTRACION Y MANTENIMIENTO. OAM.	27
2.3.5. PARAMETROS DE TRAFICO Y CALIDAD DE SERVICIO	29
2.3.6. ASIGNACION DE ANCHO DE BANDA Y CONTROL DE CONGESTION.	29
2.4. CAPA AAL. CAPA DE ADAPTACIÓN ATM.	32
2.4.1. FUNCIONES DE LA CAPA AAL	32
2.4.2. ESTRUCTURA DE LA CAPA AAL.	33
2.4.3. INTRODUCCION A LA CAPA AAL 1.	35
2.4.4. INTRODUCCION A LA CAPA AAL 5.	36
2.5. SEÑALIZACION Y DIRECCIONAMIENTO.	38
CAPITULO 3. LA TECNOLOGIA ATM EN REDES DE AREA LOCAL	42
3.1. PLANTEAMIENTO	42
3.2. IP SOBRE ATM.	44
3.2.1. ENCAPSULACION DE PDU DE CAPA DE RED.	44
3.2.2. RESOLUCION DE DIRECCIONES.	45
3.3. EMULACION DEL LAN.	47
3.3.1. ESCENARIOS.	47
3.3.2. ARQUITECTURA DE EMULACION DE LAN.	49
3.3.3. OPERACIÓN DE LA EMULACIÓN DE LAN	53
CONCLUSIONES	56
ACRONIMOS	58
BIBLIOGRAFIA	61

CAPITULO 1. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN.

1.1.PLANTEAMIENTO

En la actualidad, la tecnología digital con transmisión por fibra hace posible la distribución en red de aplicaciones como multimedia, video a la carta, videoconferencia, etc., que requieren una integración de los mundos de datos, audio e imagen estática y animada. Existen numerosos servicios que demandan esta integración y una elevada utilización de ancho de banda. Pueden señalarse, entre otros, telemedicina, conferencias y correo multimedia, trabajo en grupo con documentos multimedia, enseñanza distribuida, servidores de video, bases de datos distribuidas orientadas a objeto, simulaciones distribuidas de cálculo intensivo, CAD/CAM, por no mencionar los nuevos servicios " en línea" como telemarketing, telecompra, museos y bibliotecas virtuales, ocio, etc. Que se están ofertando a través de Internet.

La proliferación de redes y servicios hace necesario plantearse un sistema integrado, aplicable a todos, que evite la problemática derivada de la diversificación actual y permita aplicar una economía de escala que proporcione precios asequibles.

Para ello se requiere un sistema de transferencia multipropósito que debe funcionar con todo tipo de servicio, tráfico y demanda, opere sobre todas las distancias y alcance velocidades de gama muy elevada, hasta los Gbps.

Para plantear las características que debería tener este nuevo sistema, conviene analizar esquemáticamente los problemas que surgen de la dispersión de arquitecturas de redes existente en la actualidad.

- Las LAN, WAN y MAN utilizan arquitecturas heterogéneas, básicamente acceso al medio compartido y no orientado a conexión en las LAN y MAN y conmutación de paquetes o circuitos, orientados a conexión en las WAN.
- Las Redes de Área Metropolitana, MAN, han proporcionado la aparición de nuevos protocolos. Es el de DQDB y, en cierto modo, de FDDI, que se apoya en los conceptos de paso de testigo en anillo.
- Las arquitecturas de red de área extensa se han diseñado en sus orígenes redes con baja fiabilidad y relativamente baja capacidad de ancho de banda. Esto hace que los sistemas operen con los enlaces muy cargados y con sofisticados métodos de control de flujo, como es el caso de X.25. Frame Relay mejora la situación, reduciendo los procesos en los nodos de conmutación y permitiendo mayores velocidades de acceso.
- RDCI-BE, aparte de la clásica red telefónica conmutada, es el único tipo de red que ha sido diseñado específicamente para la transmisión de tráfico isócrono, con lo que permite la integración de datos, audio e imagen estática y animada. Sin embargo, al ser una tecnología TDM síncrona, presenta el grave inconveniente del desaprovechamiento del ancho de banda para los servicios con demanda variable de tráfico.

El análisis previo plantea la necesidad de definir un nuevo concepto de transferencia que integre lo mejor de los mundos existentes; en definitiva, el nuevo paradigma de transferencia buscado tendría que tener las siguientes características:

Funcionar en entornos LAN, MAN y WAN, y poder utilizar las posibilidades de la tecnología de fibra, que proporciona independencia de la distancia y un ancho de banda prácticamente ilimitado. Lógicamente también debería funcionar con gran base instalada de cable de pares, particularmente UTP.

Funcionar con tráfico integrado de datos/audio/video.

Cubrir una amplia gama de velocidades, hasta Gbps.

Estar diseñado para redes de alta fiabilidad. En la actualidad, tecnologías como la fibra proporcionan una tasa de errores de entre 10^{-12} y 10^{-15} . Por ello los protocolos de red pueden ser descargados de las funciones de control de error y de control de flujo. Éstas pueden realizarse extremo a extremo, en los equipos terminales, por los protocolos del nivel superior.

Basarse en conceptos de conmutación de alta velocidad. La tendencia es que la conmutación se realice por hardware y con células de longitud fija, para que pueda ser transportado el tráfico sensible a 1 retardo, como la voz y la imagen animada.

Como consecuencia de estos planteamientos ha surgido el concepto de ATM: ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE. MODO DE TRANSFERENCIA ASINCRONO.

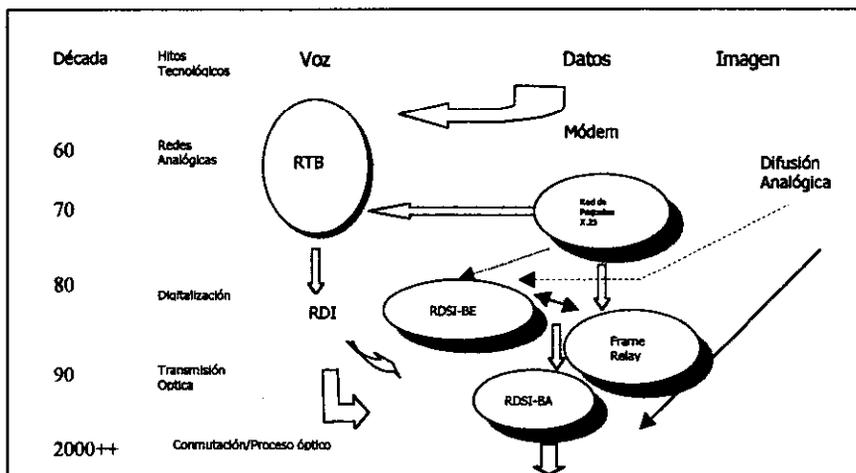


Figura 1.1. Evolución de las Redes en las últimas décadas.

1.2. LOS PRINCIPIOS DE LAS REDES ATM

En 1987, la UIT-T (entonces CCITT) selecciona el ATM como la respuesta adecuada para integrar las ventajas de la conmutación de paquetes y de la conmutación de circuitos. En 1990, la UIT-T añadía un conjunto de 13 Recomendaciones a la serie I (ISDN) para especificar los aspectos más importantes de ATM. En esencia, las características más significativas de las redes ATM son: su capacidad de integración de diversos tipos de tráfico, la asignación dinámica y flexible de ancho de

banda, la optimización del compromiso entre caudal y latencia y la ganancia estadística, es decir, su capacidad de optimizar la relación entre la suma de las velocidades de pico de las fuentes y la velocidad de enlace. Por estas razones, la tecnología ATM, que fue propuesta originalmente por la Industria de las Telecomunicaciones, es recomendada en la actualidad como solución universal para redes de banda ancha por los demás importantes organismos de las industrias de Comunicaciones y Computadores, como la mencionada UIT-T, el ATM Forum o el IETF.

Los conceptos de ATM son, en esencia, muy simples:

- Operación por conmutación de paquetes, sin bien se utilizan paquetes de longitud fija (48 octetos de información y 5 octetos de control), denominados células. Esta opción de células de tamaño fijo permite el uso de nodos de conmutación a velocidades muy altas.
- Orientado a conexión al nivel más bajo. La información se transfiere por canales virtuales asignados durante la duración de la conexión.
- La asignación de ancho de banda se realiza en función de la demanda de envío de tráfico.
- No se realiza control de errores en el campo de datos, y el control de flujo se realiza fundamentalmente por los ETD de usuario. Con ello se maximiza la eficiencia.
- Proporciona transferencia temporal, es decir, pequeñas variaciones de retardo entre las señales de la fuente y el destino. Por ello permite la transferencia de señales isócronas.
- Las células se transmiten a intervalos regulares; si no hay información se transmiten células no asignadas.
- Se garantiza que las células llegan a su destino en el mismo orden en que fueron transmitidas.

Como se ha comentado, las células constan de un campo de información de 48 octetos y una cabecera de 5 octetos, la cual contiene un conjunto de informaciones de control, como identificadores, que se utilizan para identificación de las conexiones y encaminamiento, entre otros fines.

El tamaño de la célula de 48 octetos se deriva de un compromiso entre una serie de características deseables para cada tipo de tráfico. Por una parte, por razones de eficiencia de transmisión es conveniente que las células sean de tamaño razonablemente grande. Desde el punto de vista de la transmisión de datos, también es aconsejables que las células tengan tamaños grandes para evitar una excesiva segmentación. Sin embargo, para las aplicaciones sensibles al retardo o a la variación de retardo, es aconsejable que las células sean de la menor magnitud posible. Con las anteriores premisas se realizaron varias propuestas, desde 32 octetos, adecuadas para transmisiones telefónicas, hasta 64 octetos como tamaño mínimo razonable para la transferencia de datos. Es obvio que 48 octetos es un claro compromiso derivado de la media aritmética de las células. El retardo de paquetización de una célula de 48 octetos para el tráfico telefónico a 8.000 octetos por segundo es de 6 ms, que es una cifra aceptable para la transmisión de voz, aun considerando otros retardos que se producen en la red.

Al ser ATM una técnica orientada a conexión, tiene que establecerse una conexión virtual entre usuarios finales antes de que se comience a transmitir la información. Las conexiones pueden establecerse mediante procedimientos de señalización del plano de control o pueden ser permanentes o semipermanentes establecidas por procedimientos del plano de gestión.

A cada conexión se le asigna un conjunto de parámetros de tráfico y de CdS, de acuerdo con las peticiones del usuario, siempre que puedan ser proporcionadas por la red. Esta asignación se realiza normalmente durante el establecimiento de la conexión, mediante un proceso denominado Control de Admisión de Conexión (CAC). Este proceso determina los parámetros que se asignan a la conexión en función de los requisitos de los usuarios; se establece entonces lo que se denomina un "contrato de tráfico".

Durante la transferencia tiene lugar otro proceso denominado Control de Parámetros de Usuario, UPC, denominado familiarmente "policía de tráfico", cuya misión es monitorizar la conexión y tomar las medidas oportunas en caso de que la conexión exceda los límites asignados.

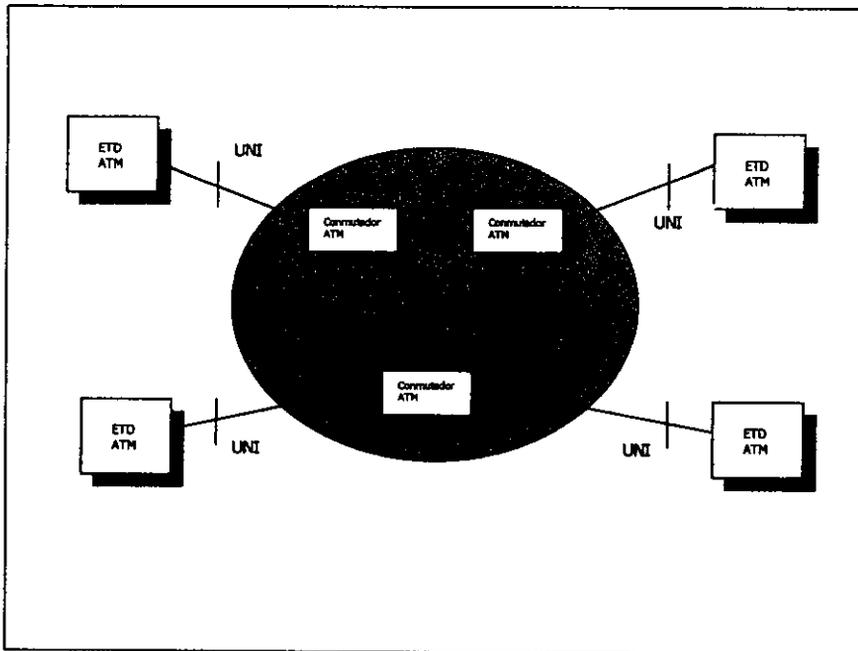


Figura 1.2. Esquema de una Red ATM.

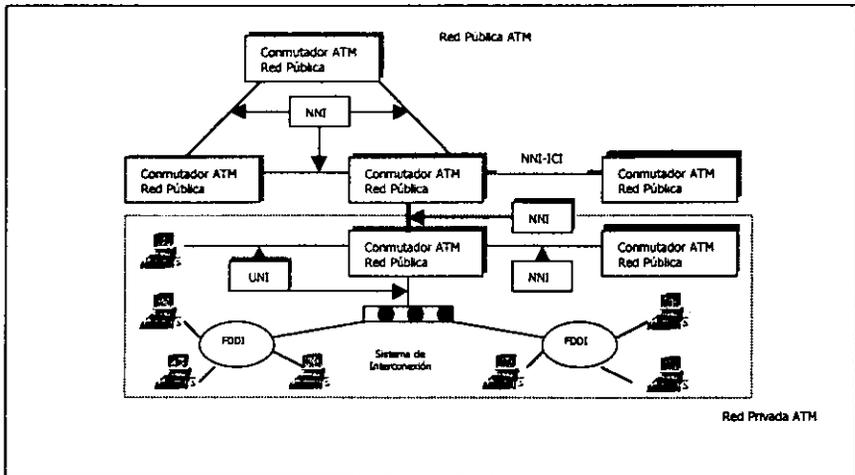


Figura 1.3. Aplicación de la tecnología ATM en una red corporativa

Los estándares ATM definen dos interfaces significativas: la UNI (User-to-Network Interface) y la NNI (Network-to-Network Interface).

La UNI proporciona la conexión a la red ATM desde un equipo terminal ATM o bien desde un sistema intermedio, IS, tal como hub, puente o encaminador, que a su vez controla los equipos de usuario final.

La NNI define la interfaz entre dos nodos ATM; cuando la NNI conecta nodos pertenecientes a distintas redes se denomina NNI-ICI, es decir, NNI-Inter Carrier Interface.

La siguiente figura representa el esquema de principio de un conmutador ATM que controla varios tipos de dispositivos y de tráfico, como encaminadores, PBX, o estaciones de trabajo con interfaz nativa ATM.

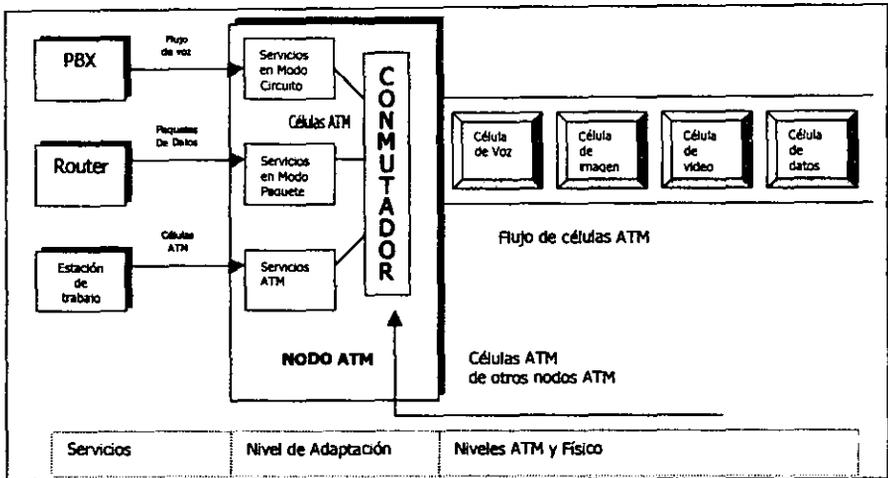


Figura 1.4. Ejemplo de conmutador ATM

Para adecuar la velocidad del enlace ATM a la de los dispositivos conectados se insertan células no asignadas, tal como se representa en la siguiente figura.

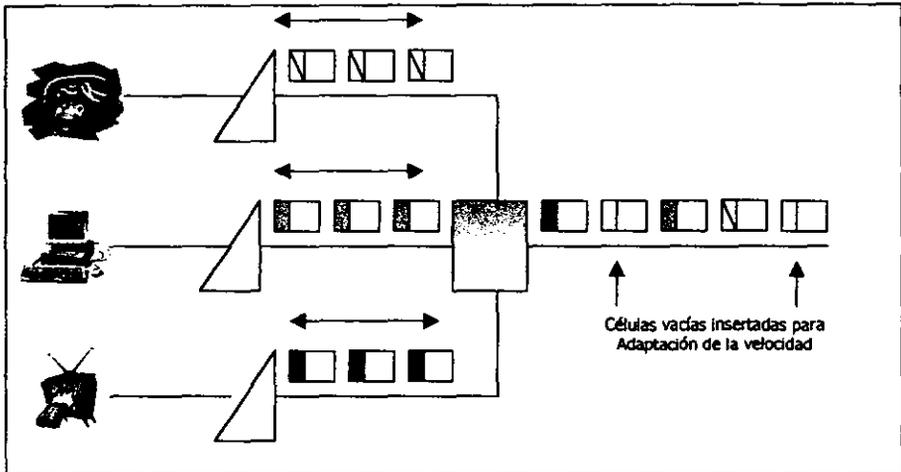


Figura 1.5. Adaptación de velocidad en ATM

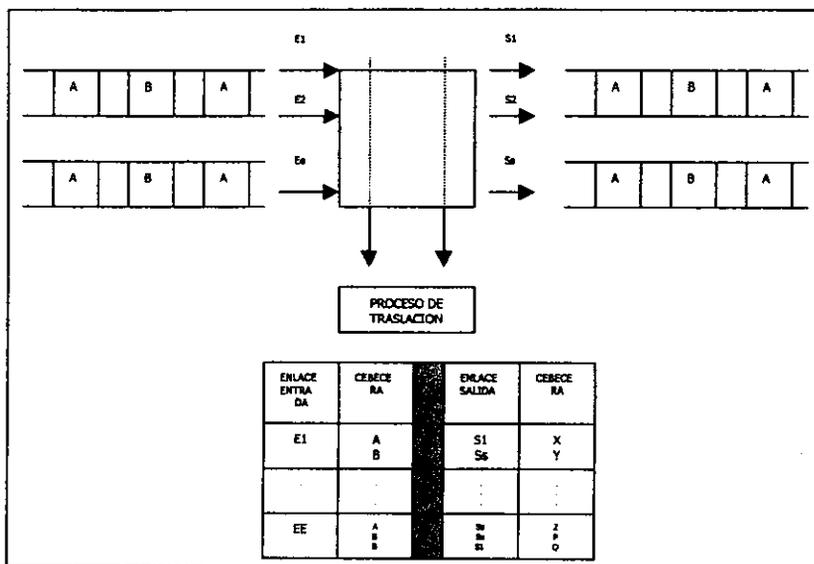


Figura 1.6. Principio de operación ATM

La operación básica de un conmutador ATM se representa en la figura 1.6. El flujo ATM se transporta a través de una serie de enlaces de entrada (E1, E2.....Ee). En función de la cabecera que identifica el canal virtual, así como otro concepto denominado trayecto virtual, la información se transfiere a los enlaces de salida (S1, S2.....Ss). Se observa que los identificadores de cabecera pueden cambiar tras ser procesados por el conmutador ATM.

Las conexiones lógicas en ATM se denominan Conexiones de Canal Virtual (CCV), concepto heredado del circuito virtual de las redes de paquetes X.25, también similar a la conexión lógica en Frame Relay.

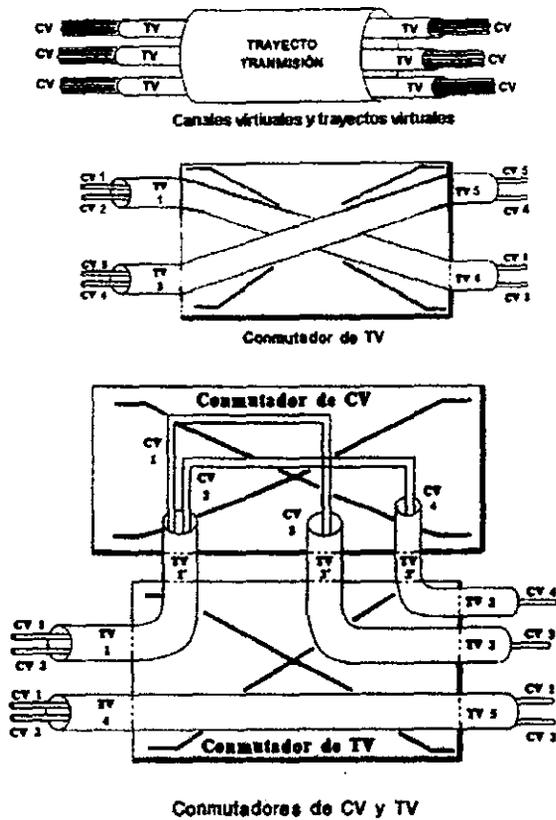


FIGURA 1.7. canales y trayectos virtuales en ATM.

Adicionalmente a las CCV, en ATM se introduce el concepto de Trayecto Virtual. Una Conexión de Trayecto Virtual, CTV, es un conjunto de CCV que tienen los puntos de terminación. Por consiguiente, todas las células del conjunto de los CCV se conmutan conjuntamente en una única CTV. De esta forma se reducen los cortes de control y gestión de la red. En la figura 1.7 se representa la relación lógica entre canales y Trayectos Virtuales (MEGAHE, 1996).

CAPITULO 2. ARQUITECTURA DE LA RDSI-BA

2.1. CONFIGURACION DE REFERENCIA Y MODELO DE REFERENCIA DE PROTOCOLO RDSI-BA

La siguiente figura representa la Configuración de Referencia de la RDSI-BA (MEGAHE, 1996). Conceptualmente similar a la de RDSI-BE. El grupo funcional TR1-BA realiza las funciones de elemento frontera entre la red pública y la privada; el grupo funcional TR2-BA incorpora todas las funciones de las instalaciones del usuario, como son concentración, multiplexación, control de parámetros de usuario, etc.

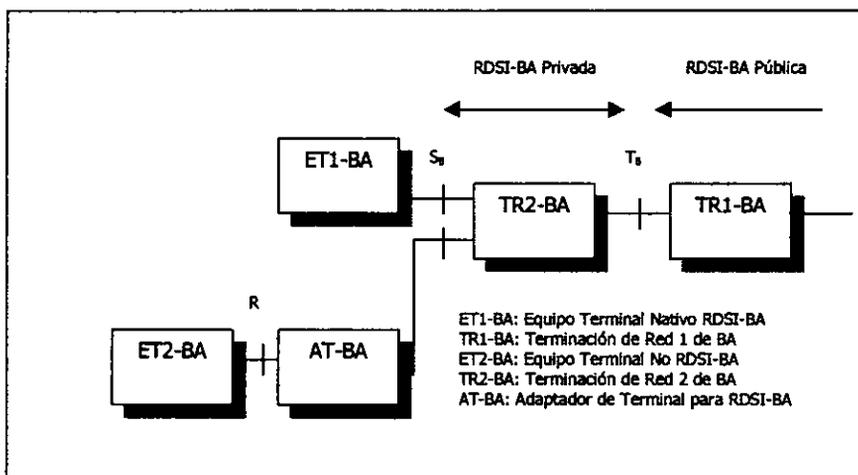


Figura 2.1. Configuración de Referencia RDSI-BA. (Fuente: MEGAHE, 1996, en Mundo Electrónico)

El Modelo de Referencia de Protocolos, PRM, de la RDSI-BA, está representado en la siguiente figura. El componente esencial es la capa ATM común de todos los servicios y medios físicos empleados; su misión es ofrecer la funcionalidad básica para el transporte de cédulas. Esta capa se complementa con la Capa de Adaptación a ATM, AAL, ATM Adaptation Layer, cuyo objetivo es proporcionar las funcionalidades necesarias para los diversos tipos de servicios soportados, y con la Capa Física, para adecuación a los distintos medios físicos y estructuras de transporte.

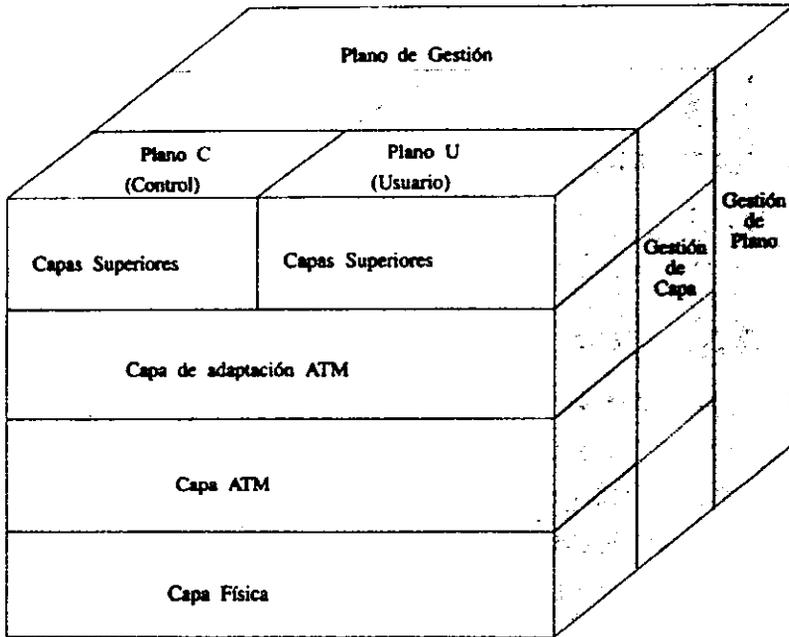


Figura 2.2. Modelo de Referencia de Protocolos RDSI-BA

En esta figura, se distinguen como es habitual, los planos de gestión, control y usuario. El plano de gestión se ocupa de la gestión global del sistema, tanto a nivel de plano como de capa. El plano de control se encarga fundamentalmente de las funciones de señalización.

Las capas físicas y ATM se ocupan de las funciones de transferencia y transporte de la información estructurada en células y son comunes a todos los planos.

La capa AAL, en el plano de usuario, es externa a la red, es decir, forma parte de los equipos de usuario.

En la siguiente figura se representan las funciones de cada una de las capas mencionadas. Conviene resaltar que los términos capa y subcapa se corresponden con los estratos del MR-OSI, es decir, con los layer. Es importante esta aclaración porque en las redes ATM aparece otro concepto, que es el nivel, level. Se ha definido 5 niveles que están asociados a flujos de operación y mantenimiento. Los flujos F5 y F4 se corresponden con los niveles de Canal Virtual y Trayecto Virtual respectivamente. Los flujos F3, F2 y F1 se corresponden con sendos niveles físicos.

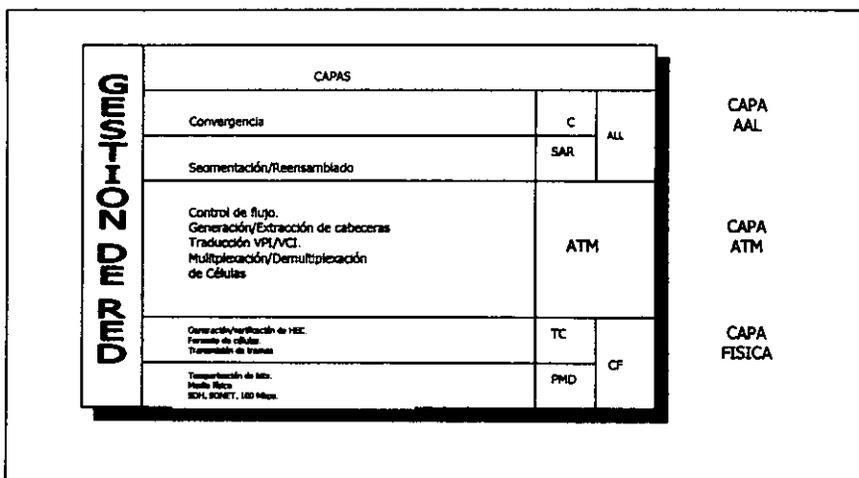


Figura 2.3. Funciones de las capas RDSI-BA

2.2. CAPA FISICA

2.2.1. INTRODUCCION.

La función de la capa física es el transporte de las células ATM. Se divide en dos subcapas:

- Subcapa dependiente del medio físico (PMD).
- Subcapa de Convergencia de Transmisión (TC).

La subcapa PMD lleva a cabo funciones que dependen del medio físico, sea eléctrico u óptico, como son la transmisión y temporización de bits.

La subcapa TC es responsable de todas las funciones relacionadas con la transmisión de las células, el control de errores de cabecera (HEC, Header Error Control), la delimitación de las células a las tramas de transmisión y la generación y recuperación de tramas.

Existe un gran número de capas físicas estandarizadas y propuestas, tanto para redes públicas como privadas, y su descripción sobrepasa con creces los límites de esta obra. Por otra parte, habría que realizar previamente un análisis de las jerarquías digitales, la PDH o Jerarquía Digital Síncrona. Baste decir que la PDH se basa en las estructuras existentes para los sistemas MIC, que parten de canales de 64 kbps. La SDH es la propuesta actual y se basa en una estructura básica compuesta por 9 filas y 270 columnas de octetos. De estos 270 octetos, 261 son de información y 9 son de control. Es fácil deducir que si una estructura SDH tiene que transmitirse en 125 microsegundo, la velocidad binaria necesaria es de 155,52 Mbps.

2.2.2. JERARQUÍAS DIGITALES EN REDES DE BANDA ANCHA.

Para comprender la operación de la capa física, particularmente en las redes públicas ATM, es conveniente hacer una digresión sobre la evolución de las jerarquías de las estructuras digitales.

Los sistemas de transmisión actuales tienen una serie de limitaciones muy significativas cuando se desea universalizar su utilización para gran capacidad de ancho de banda, hasta los Gbps y todo tipo de tráfico:

- Las jerarquías de las velocidades de transmisión son distintas en la Unión Europea, EE. UU. y Japón: En EE. UU. y Japón las velocidades de acceso primario para redes digitales comienzan en 1.544 Mbps (24 canales); en Europa comienzan en 2.048 Mbps (32 canales, incluyendo señalización y sincronismo). En consecuencia las velocidades de la jerarquía so también distintas.
- Los sistemas actuales compensan las diferencias de las velocidades de reloj de los diversos canales con bits de relleno; de esta forma la identificación y extracción de canales individuales en puntos intermedios de la transmisión es complejo y costoso.
- Los sistemas actuales de transmisión prácticamente no disponen de elementos para control y gestión de red. Esta es una limitación importante cuando se está pensando en sistemas integrados de alta velocidad para datos, voz e imagen animada.

Como consecuencia de las limitaciones de los sistemas actuales, surge el concepto de Jerarquía Digital Síncrona, JDS o su acrónimo en inglés, SDH (Synchronous Data Hierarchy), que culminó en las Recomendaciones del CCITT G.707, G.708 y G.709, publicadas en 1989 en el libro azul del CCITT. En Norteamérica, ANSI definió las especificaciones SONET, análogas a SDH, con la incorporación de la velocidad de 51,58 Mbps para U.S.A. y Japón, así como algunos de sus múltiplos, no especificados en SDH.

En función del concepto emergente de SDH, se distingue ahora entre la jerarquía existente, que pasa a ser llamada PDH (o JDP, Jerarquía Digital Plesiócrona) y la SDH. En la figura siguiente se indican las velocidades definidas para cada jerarquía en los tres grandes bloques. La palabra "plesiócrono" es un termino derivado del griego, cuyo significado es "cuasi síncrono".

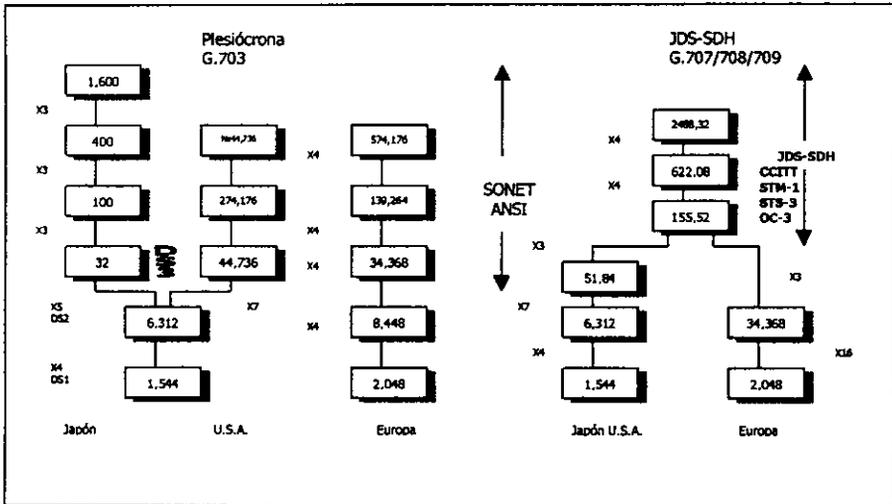


Figura 2.4. Jerarquías de multiplexación

En SDH se parte de una velocidad normalizada, 155,52 Mbps para Europa y 51,84 para EE. UU. Se aprecia que la velocidad europea es justamente el triple de la velocidad en EE. UU. Además, las velocidades de la PDH (1,544, 6,312, 44, 736, 32,0, 2,048, 8,448, 34,368, 139,264 pueden transportarse en contenedores dentro de la SDH, con objeto de garantizar una migración no traumática. El hecho de que en Europa la velocidad de referencia sea de 155,52 Mbps es precisamente para contener la velocidad PDH existente de 139,264.

La velocidad de 155,52 se deriva de una estructura denominada STM Synchronous Transport Modul Nivel 1. La velocidad SNET de 51,84 Mbps deriva de una estructura denominada STS-1, Synchronous Transport Signal Nivel.

Las limitaciones de la multiplexación plesiócrona pueden deducirse del esquema el esquema siguiente. Se aprecian dos señales procedentes de los canales A y B. Los relojes de los canales pueden tener una cierta desviación que se representa en la siguiente figura. El reloj del multiplexor debe operar a una frecuencia suficientemente grande para compensar las eventuales desviaciones de los relojes en cada canal. En cada entrada al multiplexor existen adaptadores de velocidad, cuyo objetivo es acoplar las velocidades de los canales a la del reloj del multiplexor. Dado que la velocidad de éste es más grande, es necesario añadir bits de justificación (bit "J") que no contengan información. Después de varios procesos de multiplexación, la única forma de identificar y extraer los bits correspondientes a cada canal es rehaciendo totalmente el proceso de demultiplexación, tal como se indica en la figura posterior.

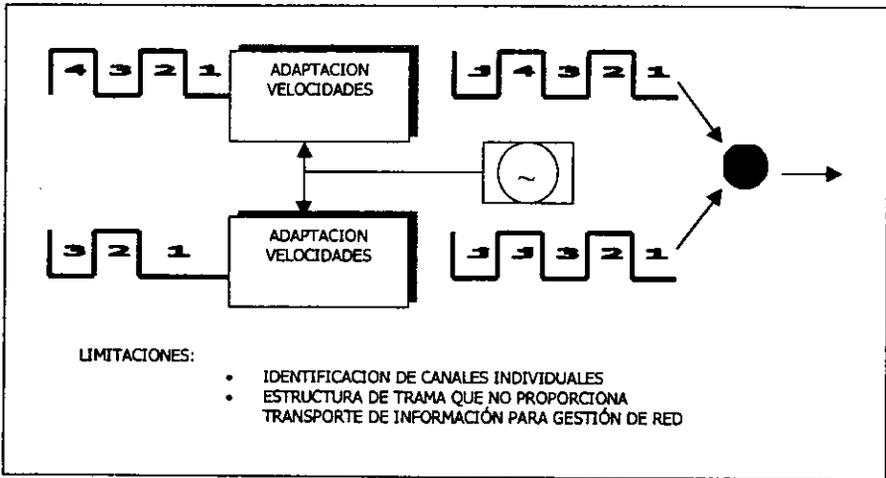


Figura 2.5. Multiplexación pliesiocróna

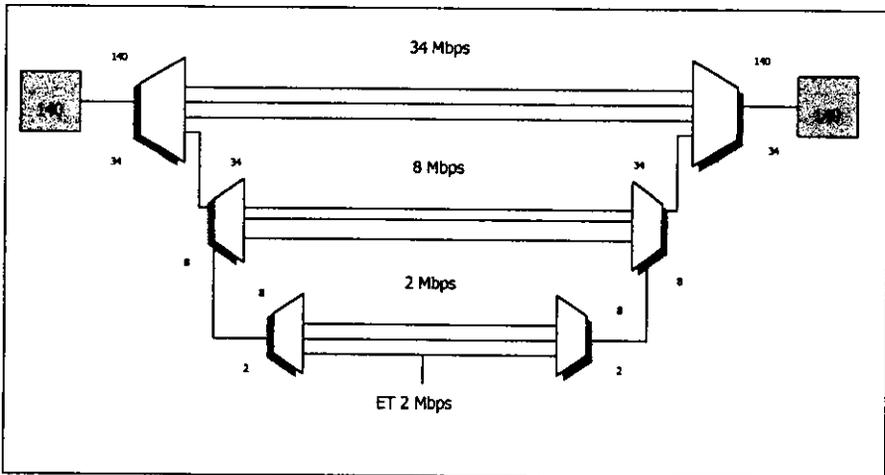


Figura 2.6. Inserción/extracción pliesiocróna

Se ve claramente que, en sistema plesiócrono, es necesario demultiplexar totalmente un canal de jerarquía superior (139,264 Mbps en este caso), hasta llegar al canal de 2,048 Mbps. Toda esta cadena de multiplexación y de demultiplexación entraña una complejidad y un incremento de costes que, evidentemente, crecen cuanto mayor sea la velocidad de transmisión utilizada. Particularmente, este sistema hace inviable, en la práctica, la transmisión a velocidades de gigabits e incluso a cientos de megabits.

2.2.3. LA JERARQUIA DIGITAL SINCRONA SDH.

La velocidad binaria básica definida en JDS es 155,52 (STM-1, Synchronous Transport Module Level 1 o MTS. Módulo de Transporte Síncrono Nivel 1).

Esta velocidad se deriva de la estructura reflejada en la siguiente figura. La información se transmite integrada en una estructura matricial constituida por 270 columnas y 9 filas de octetos.

Naturalmente, la transmisión es secuencial, de manera que se transmiten primero los octetos correspondientes a la primera fila, seguidamente los de la segunda y así sucesivamente. En cada octeto se transmite primero el bit más significativo. Si en cada estructura de 270x9 octetos se desea transmitir un octeto de un canal telefónico, por el teorema de Nyquist, se deben transmitir 8,000 estructuras por segundo (una estructura cada 125 microsegundos). En consecuencia, la velocidad es de $270 \times 9 \times 8 \times 8000 \text{ bits} = 155,52 \text{ Mbps}$. Se definen también velocidades binarias más altas, múltiplos de la anterior, como 622,080 Mbps (STM-4) ó 2,488,320 Mbps (STM-16). Se observa que la velocidad binaria básica es la misma que la definida para las redes DQODB.

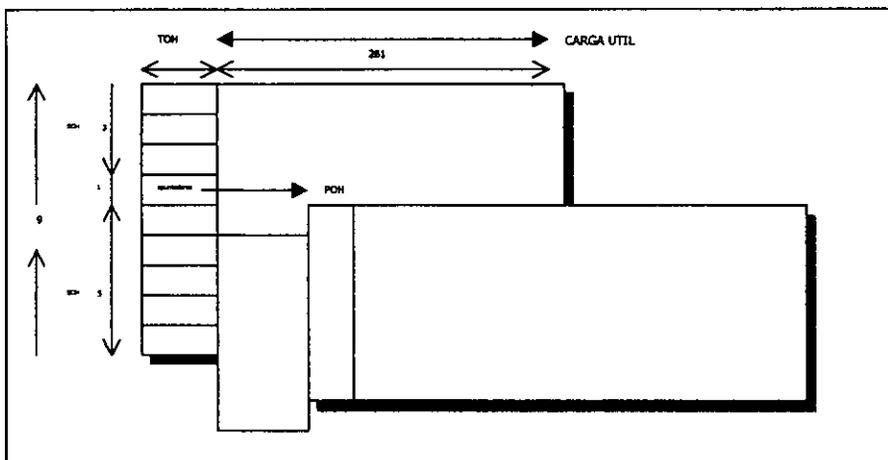


Figura 2.7. Estructura STM-1

En la estructura de 270x9 octetos se distinguen fundamentalmente los siguientes campos:

Las primeras 9 columnas constituyen lo que se denomina Función Auxiliar de Sección o Transport Overhead. Entre sus funciones más significativas están: entramado, detección de errores, canal de comunicación para gestión de red y señalización de mantenimiento. También incluye apuntes que indican la posición de los diversos canales, sean síncronos o plesiócronos, dentro de la

estructura. En la Función Auxiliar de Sección está contenida la SOH, Section OverHead, constituida por los octetos de las filas 1 a 3 y 5 a 9, columnas 1 a 9; los octetos de la fila 4 de las columnas 1 a 9 constituyen los apuntadores que indican el comienzo de la POH, Path OverHead, o Función Auxiliar del Trayecto, constituida a su vez por las 9 primeras columnas de la carga útil. Como puede apreciarse, si bien la carga útil, incluyendo POH, está formada por 9 filas y 261 columnas, su posición "flota" entre dos estructuras matriciales, partiendo de la señalada por los apuntadores de las 9 primeras columnas de la fila 4.

En la estructura estándar STM-N, la velocidad de transmisión de líneas es de $N \times 155,52$ Mbps ($N=1$ a 16) y la trama está compuesta por 9 filas con $270 \cdot N$ octetos por fila, de los cuales la cabecera está por $9 \cdot N$ octetos.

La Jerarquía Digital Síncrona difícilmente hubiera tenido aceptación si no contuviese las estructuras de la Jerarquía Digital Plesiócrona. De hecho, todas las señales plesiócronas entre 1'5 Mbps y 140 Mbps pueden ser acomodadas para formar una señal STM-1.

Naturalmente, el paso de la PDH a la SDH no se producirá de manera inmediata, pues el cambio de equipamiento entraña importantes inversiones.

Las recomendaciones más significativas de la UIT-T que contemplan la SDH son:

- G.707: Marco de la SDH y valores de N correspondientes a los niveles SDH.
- G.708: Especifica la interfaz de nodo de red.
- G.709: Especifica las estructuras de multiplexación.

Ajuste de apuntadores en SDH.

Como se ha visto, en los sistemas PDH se requiere multiplexar/demultiplexar toda la señal para acceder a la información que se dirige a un nodo determinado. SDH ofrece una capacidad de extracción/inserción estándar que se aplica a todos los niveles de la jerarquía. Para ello se hace uso de un conjunto de apuntadores que localizan los canales dentro de la carga útil y ésta dentro de la estructura, de forma tal que la información puede extraerse, insertarse o localizarse mediante un simple ajuste de apuntadores. En la anterior figura puede observarse como los apuntadores señalan el comienzo de la POH de la carga útil dentro de la estructura. A su vez, la POH contiene apuntadores que proporcionan información de la estructura multiplexada de los canales dentro de la carga útil. Puesto que los relojes pueden diferir en cada nodo, estos deben recalcular los apuntadores para indicar a próximo nodo la posición exacta del comienzo de los canales.

En la siguiente figura se describe la jerarquía de multiplexación en SDH para contener las estructuras PDH. Se define un número de contenedores de tal manera que cada uno de ellos se corresponde a una velocidad binaria plesiócrona existente. La información de la señal plesiócrona se organiza en el contenedor adecuado. A cada contenedor se le añade, además, la información de control de la POH.

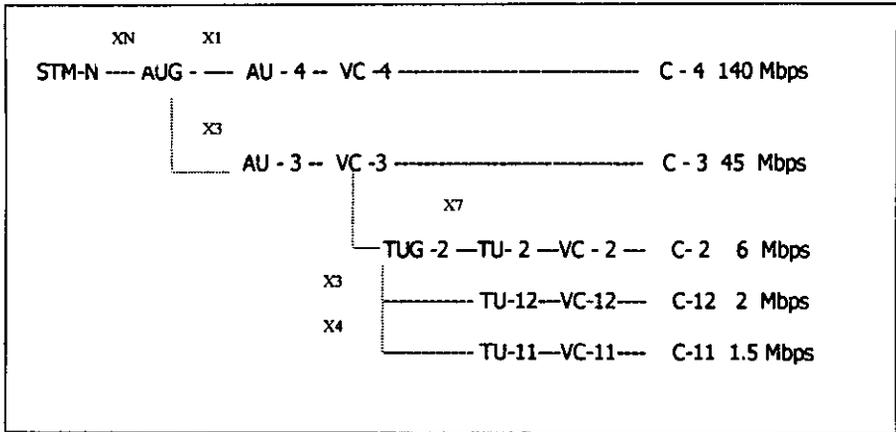


Figura 2.8. Contenedores en SDH

Los significados de las siglas son los siguientes:

- C: Contenedor.
- VC: Contenedor Virtual.
- TU: Unidad Tributaria o afluente.
- TUG: Grupo de Unidades tributarias.
- AU: Unidad administrativa.
- AUG: Grupo de Unidades administrativas.

Después de añadirse la POH, un apuntador indica el comienzo del VC dentro de la estructura STM-1. El VC se corresponde con una Unidad Tributaria si transporta tributarios de orden inferior o con una Unidad Administrativa si los tributarios son de orden superior. Si bien el VC tiene las mismas dimensiones que la AU o TU correspondientes, no está necesariamente alineado con ella.

Diferencias entre SDH y SONET

SONET se ha desarrollado en EE. UU. A partir de las especificaciones de ANSI. Las diferencias más significativas entre SONET y SDH tienen lugar en el nivel STM-1. En la figura 2.4. se aprecian las jerarquías SDH y SONET. El primer nivel de la jerarquía SONET se conoce como STS-1 (Synchronous Transport Signal-1) para una señal eléctrica u OC-1 (Optical Carrier-1) para una señal óptica, y corresponde a una velocidad binaria de 51,84 Mbps. Esta velocidad se deriva del hecho de que una estructura STS-1 está constituida por 90 columnas y 9 filas de octetos. También puede apreciarse que la estructura STM-1 es equivalente a la STS-3, con lo que obtiene compatibilidad entre los sistemas SDH y SONET.

Los niveles definidos en la jerarquía SONET son:

OC-1/STS-1	51,84 Mbps	
OC-3/STS-3	155,52"	(=STM-1)
OC-9/STS-9	466,56"	
OC-12/STS-12	622,08"	(=STM-4)

OC-18/STS-18	933,12"	
OC-24/STS-24	1244,16"	
OC-36/STS-36	1866,24"	
OC-48/STS-48	2488,32	(=STM-16)

Para un conocimiento más profundo sobre el tema se recomienda la referencia (GIKALE, 1993).

2.2.4. CAPAS FÍSICAS EN REDES ATM.

Entre las capas físicas propuestas para las redes ATM, pueden señalarse, sin ánimo de ser exhaustivos:

- ATM sobre SDH: stm-1 (155,52 Mbps)
- ATM sobre PDH: E1 (2,048 Mbps), DSI (1,548 Mbps), DS2 (6'312 Mbps), E3 (34,368), E4 (139,264 Mbps) y DS3 (44,736 Mbps)
- ATM a 100 Mbps sobre FDDI (TAXI)
- ATM a 25,6 Mbps. (Solución propuesta por IBM en el ATM Forum para llevar ATM a la estación de trabajo)

Capa Física ATM a 25.6 Mbps

Es un ejemplo muy representativo de utilización de ATM en entornos privados. El objetivo es minimizar el coste de la circuitería electrónica para llevar la tecnología ATM nivel de estaciones de trabajo y así tener una arquitectura escalable tanto en velocidad como en entornos LAN, MAN y WAN. Esta capa física no requiere el uso de tramas; las células se transportan continuamente por el medio físico una vez que se han codificado adecuadamente. Este esquema es conocido genéricamente como interfaz basada en células.

Subcapa dependiente del medio físico.

La misión de esta subcapa es la de transportar las señales por el medio físico incluyendo la temporalización de bit. La velocidad de transmisión es de $25,6 \cdot 5/4 = 32$ Mbaudios, dado que se utiliza una codificación 4B/5B. El medio físico es par trenzado, utilizándose dos pares por enlace, uno para emisión y otro para recepción. Se puede utilizar tanto UTP de Categoría 3 ó 5 como STP.

Subcapa de convergencia de transmisión

Como se ha indicado, las células se transportan continuamente, sin que exista una estructura de trama asociada a intervalos regulares de tiempo. Puesto que el receptor no dispone de un reloj externo, la información de reloj puede derivarse de la señal recibida o bien ser proporcionada directamente por el equipo de usuario. Las funciones asociadas a la subcapa de convergencia de transmisiones asociadas a la subcapa de convergencia de transmisión son las siguientes.

- Codificación/decodificación 4B/5B
- Codificación/decodificación de línea NRZI
- Delimitaciones de células
- Generación y verificación del HEC, Control de Error de Cabecera
- Adaptación de las velocidades de células entre la capa ATM y la Capa Física
- Funciones de transmisión periódica para servicios isócronos

Cada objeto de adaptar la velocidad de las células ATM a la velocidad de la capa física, ésta transporta adicionalmente un conjunto de células no asignadas que no se transfieren a la capa ATM y que están identificadores predefinidos. La figura siguiente representa un esquema del principio de operación de la subcapa de convergencia de Transmisión con interfaz basada en células.

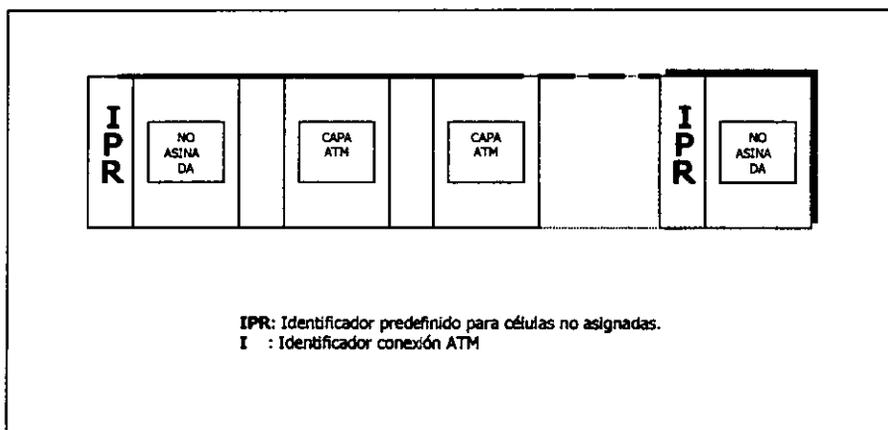


Figura 2.9. Interfaz basada en células utilizada a 25,6 Mbps

Capa Física ATM sobre STM-1 a 155,52 Mbps

Este apartado describe un caso característico de aplicación de la tecnología ATM sobre entornos públicos. Estos entornos se caracterizan por suponer de una estructura de transporte a la se debe adaptar la transferencia ATM. Las estructuras de transporte actuales se basan normalmente en la Jerarquía Digital Plesiócrona, PDH, si bien progresivamente se irán desplazando hacia estructuras basadas en SDH. Por esta convicción es por lo que en este libro se trata el caso de ATM sobre estructuras STM-1. Obviamente, esta convicción es generalizada, por lo que a sido una de las primeras es especificarse.

Pues bien, para realizar este apartado, hay que recurrir a las digresiones realizadas sobre jerarquías digitales en los apartados anteriormente mencionados.

Subcapa dependiente del medio físico

El medio físico puede ser óptico o electrónico. En ambos casos se utilizan dos circuitos por enlace, uno para cada sentido de la transformación, con una velocidad binaria de 155,52 Mbps. Es responsabilidad de esta subcapa la temporización de bit y la recuperación del reloj en el receptor. Las especificaciones para la interfaz eléctrica están definidas en la Recomendación G.703. La distancia máxima está en el rango de 100 a 200 mts. Se puede utilizar cable coaxial de 75 ohmios de pares de categorías 5, UTP o STP. El medio óptico permite una cobertura entre 800 y 200 mts, utilizándose fibra monomodo, SMF.

El código de línea utilizado es NRZ, con lo que la velocidad de línea es también 155.52 Mbaudios. El reloj se deriva de la señal recibida de línea.

Subcapa de Convergencia de Transmisión

El flujo de células se transporta en una estructura SDH, tal como se representa en la figura 8.10. El flujo, de acuerdo con la recomendación de la UIT-T, se transporta en el Contenedor 4, C-4, que se empaqueta en el Contenedor Virtual 4, VC-4, conjuntamente con el POH. El Contenedor Virtual 4 coincide en dimensiones con la Unidad Administrativa 4, AU 4, pero no está necesariamente alineado con ella. Las células ATM se alinean a nivel de octeto y deben cruzar la frontera del C-4, puesto que la capacidad de éste (260.9 octetos) no es un múltiplo entero de los 53 octetos de la célula.

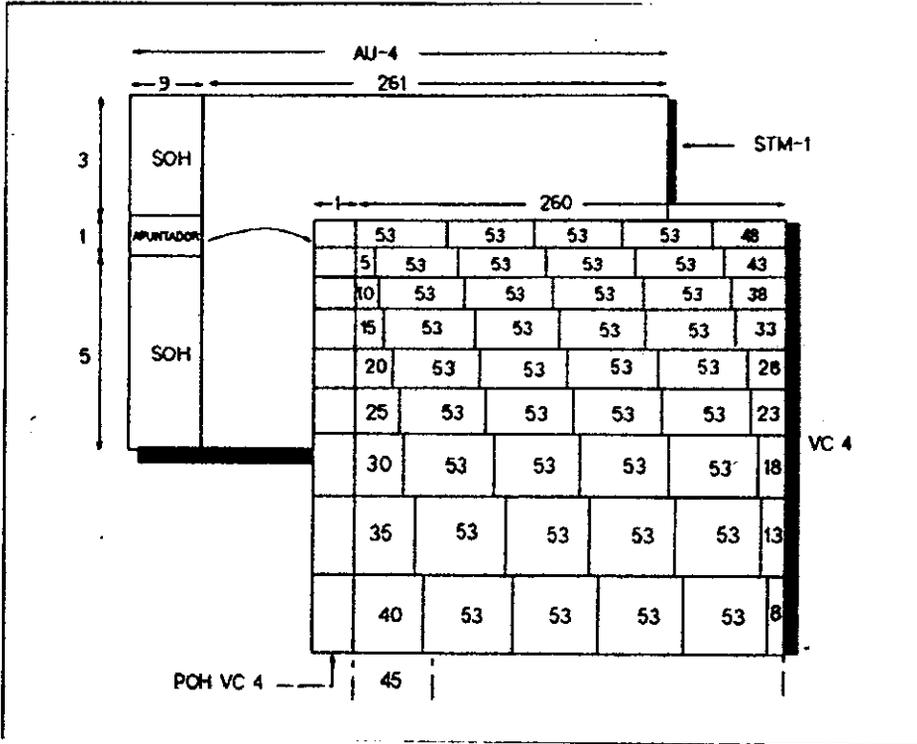


Figura 8.10. Transporte de células en una estructura STM-1

La carga útil del C-4 es fácil de evaluar. La eficiencia es de 260/270, lo que supone una capacidad útil de transporte de 149.76 Mbps. El número de octetos útiles de transporte contenidos en un C-4 es de $260.9 = 2340$, equivalente a 44 células con un remanente de 8 octetos.

Lógicamente, también existen especificaciones para la transformación de flujos ATM de velocidades inferiores en contenedores de menor capacidad.

Las funciones que realiza la subcapa de convergencia son las siguientes:

- Generación y recuperación de tramas.
- Aleatorización y desaleatorización para extracción del reloj.

- Delimitación de células mediante el uso de HEC.
- Generación y verificación de HEC.
- Desacoplo de velocidades.

Cuando se transportan flujos ATM de velocidad inferior es necesario incluir la función de multiplexación de los contenedores.

De acuerdo con la operación de la estructura STM-1, los pasos necesarios para su formación, cuando transporta células ATM son:

- Inclusión de las células en el contenedor C-4.
- Generación del Contenedor Virtual VC-4 añadiendo el POH al C-4.
- Generación de la Unidad Administrativa AU-4 añadiendo el apuntador que indica la primera posición del VC-4 dentro de la trama STM-1.
- Formación del SOH para formar la trama STM-1 completa.

La implementación de las funciones de OAM se realiza de acuerdo con las recomendaciones G.708 y G.709, mediante el uso de algunos octetos de los campos SOH/POH. Para más información sobre estos temas, se recomienda la referencia (MEGAHE, 1996).

2.3. CAPA ATM

2.3.1. FUNCIONES DE LA CAPA ATM.

La misión principal de la Capa ATM es la transferencia del flujo de células a través de la red. Para ello, la capa ATM realiza un conjunto de funciones que se describe a continuación.

Multiplexación/Demultiplexación de células

En emisión se combinan (multiplexan) células de diferentes Trayectos Virtuales, TV, y Canales Virtuales, CV, en una única corriente de células. En recepción, se realiza el proceso inverso, es decir, se dirigen las células a correspondientes TV y CV. En los nodos intermedios tiene lugar una función de encaminamiento entre la demultiplexación y multiplexación. Para ello se utilizan unos campos de la cabecera de la célula denominados Identificador de Trayecto Virtual, ITV, e Identificador de Canal Virtual, ICV.

Generación/Extracción de cabecera de la célula

Estas funciones están presentes únicamente en los puntos de terminación ATM. En emisión, la función de generación de cabeceras de células genera la cabecera de la célula, una vez recibida la información de la capa superior, con excepción de la secuencia HEC, Control de Error de Cabecera, que se calcula e inserta por la capa física. En recepción, la función de extracción de cabeceras extrae la cabecera de la célula y pasa el campo de información a la capa superior.

Traslación ITV/ICV

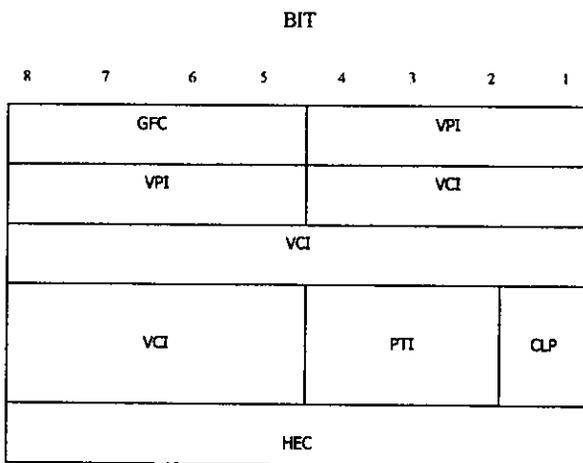
Los ITV e ICV son etiquetas que identifican los TV y CV en cada enlace. No se trata de direcciones explícitas, pues, debido a su longitud, éstas no podrían estar contenidas en la cabecera de la célula. Tal como se ha comentado, las etiquetas ITV e ICV tienen una validez local, por lo que es necesario cambiarlas en los nodos de conmutación, de acuerdo con una cierta función de translación que esquemáticamente puede representarse por una tabla.

Control de Flujo Genérico, GFC

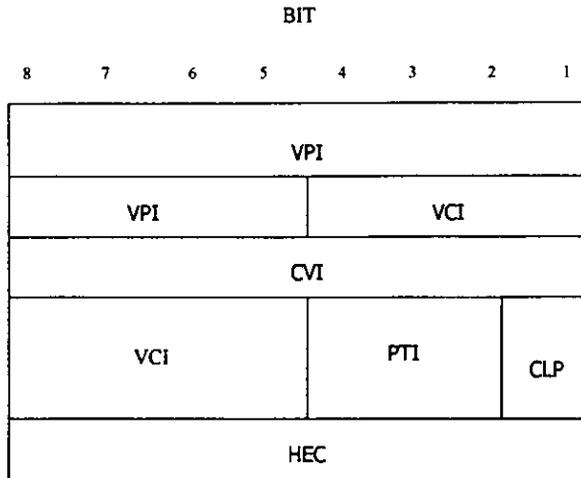
El objetivo de esta función es controlar el flujo de células de los usuarios a la red en la UNI (nunca a la inversa). Su utilización está siendo objeto de debate en los foros y organismos de normalización, habiéndose especificado otros mecanismos para control de congestión.

ESTRUCTURA DE LA CÉLULA

La célula ATM consta de una cabecera de 5 octetos y un campo de información de 48 octetos. En la recomendación I.361 de la UIT-T se especifican dos formatos de células, para la UNI, User to Network Interface, y la NNI, Network to Network Interface, respectivamente. La diferencia radica en la necesidad de que la UNI disponga de un campo para GFC. En la figura 8.11 se representan los formatos de las células.



a) Formato de la cabecera de la célula ATM en la interfaz UNI



b) Formato de las cabecera de las células ATM en la UNI y la NNI

Figura 8.11 Formato de las cabeceras de las células ATM en la UNI y la NNI

Los campos de las células ATM son los siguientes:

- Campo **GFC** (en la UNI): Consta de 4 bits.
- Campos **ITV/ICV**: Tiene 24 bits en la UNI (8 para ITV y 16 para ICV) y 28 bits en la NNI (12 para ITV y 16 para ICV). Los 4 bits de diferencia se deben al campo GFC de la UNI.
- Campo de tipo de carga útil, **PTI**, Payload Type Identifier. Está constituido por 3 bits. Indica el contenido de carga útil (datos de usuario, información de gestión, información OAM), así como situación de congestión en algún punto de la red.
- Campo de Prioridad de Pérdida de Células, **CLP**, Cell Loss Priority. Tiene un bit de longitud. Las Células con este bit a 1 son las primeras en ser descartadas en caso de congestión.
- Campos de Control de Error de cabecera, **HEC**. Consta de 8 bits. Es procesado por el nivel físico para detectar errores en la cabecera. El código utilizado permite la corrección de errores múltiples.

2.3.3. CANALES VIRTUALES Y TRAYECTOS VIRTUALES.

Se ha expuesto que en ATM existen dos conceptos básicos: Canal Virtual, heredado de X.25 y FR y Trayecto Virtual. En la figura 2.12 se representa el procedimiento de operación asociado a estos conceptos.

Desde una perspectiva arquitectónica, también en ATM se utiliza el término objeto para designar a cada una de las entidades abstractas que se pueden establecer en la arquitectura. Estos objetos son:

- Enlace de Canal Virtual, ECV.
- Conexión de Canal Virtual, CCV.
- Enlace de Trayecto Virtual, ETV.
- Conexión de Trayecto Virtual, CTV.

Estos objetos de apoyan en los conceptos de Canal Virtual y Trayecto Virtual, precedentemente comentados.

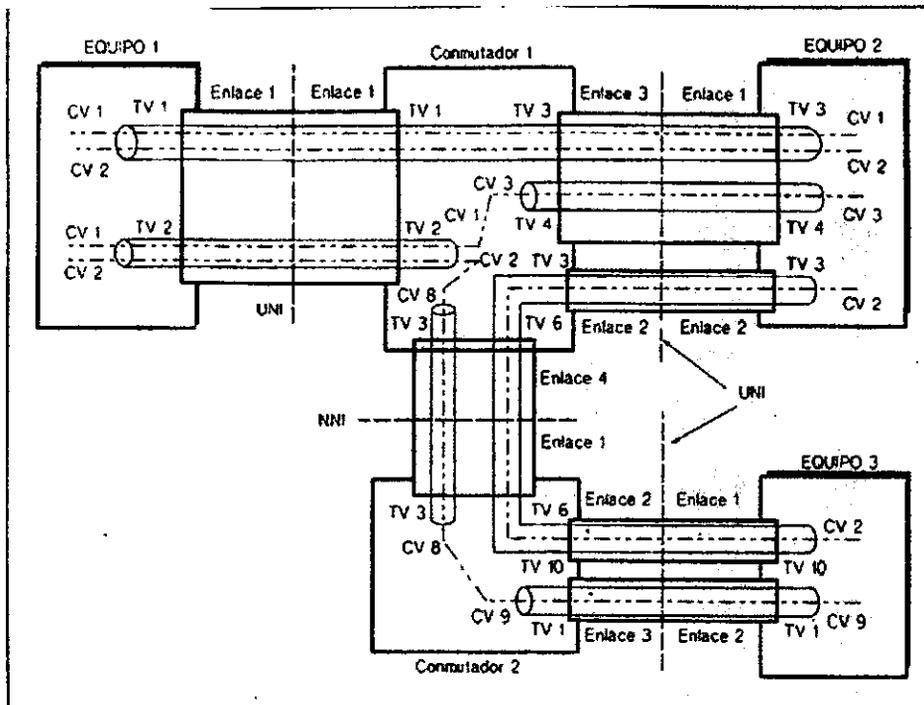


Figura 2.12. Operación de Canales Virtuales y Trayectos Virtuales

El Canal Virtual, CV, se define en ATM como un término genérico para describir la capacidad de comunicación unidireccional para transportar células ATM.

El Trayecto Virtual, TV, es un término genérico para designar un agrupamiento de Canales Virtuales. Todos los CV de un TV tienen los mismos puntos de terminación.

Así pues, los conceptos de CV y TV son genéricos. Los objetos previamente mencionados son los que tienen una semántica más precisa desde un punto de vista arquitectónico.

Un Enlace de Canal Virtual, ECV, es un medio de transporte unidireccional de células ATM entre el punto en el que el Identificador de Canal Virtual, ICV, se asigna y el punto en el que el ICV se termina o traslada. Recuérdese que los ICV tienen un significado local; en definitiva, un ICV identifica un ECV determinado dentro de un Enlace de Trayecto Virtual.

Una conexión de Canal Virtual, CCV, es básicamente una concatenación de ECV. En el plano de usuario, consiste en una conexión extremo a extremo que permita a los usuarios enviar datos. El concepto es similar al de circuito virtual en X.25, con la diferencia de que una CCV transporta datos en una sola dirección.

Un Enlace de Trayecto Virtual, ETV, es una agrupación de ECV con los mismos puntos de terminación.

Una Conexión de Trayecto Virtual, CTV, es una concatenación de ETV.

En base a los anteriores conceptos en las redes ATM existen conmutadores de Canales Virtuales y Trayectos Virtuales, CV/TV y conmutadores de Trayectos Virtuales, TV. En la figura 2.12 ambos conmutadores con de CV/TV. En la siguiente figura se representan individualizadamente un conmutador de TV y un conmutador de CV/TV.

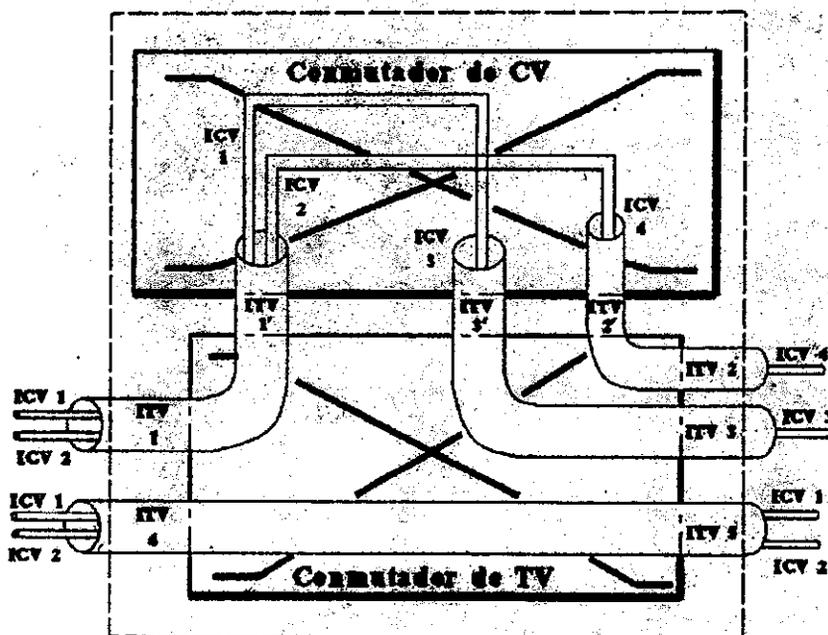


Figura 2.13. Conmutador de TV y Conmutador de CV/TV

La necesidad de establecer un nuevo nivel dentro de la capa ATM, el nivel de CTV se deriva de una serie de ventajas operativas, como son:

- Posibilidad de estructurar una red de Conexiones de Trayectos Virtuales independiente de la estructura física de soporte.
- Posibilidad de separación de las funciones relacionadas con CCV individuales de las que forman un grupo de CTV.

- La red debe gestionar menos entidades, dado que pueden agregarse.
- El proceso de establecimiento y liberación de las conexiones se reduce; la adición de nuevas CCV a una CTV ya existente no requiere ningún proceso en los nodos intermedios.

Tanto las CCV como la CTV pueden establecerse mediante procedimientos de señalización en el plano de control (bajo demandas) como mediante el plano de gestión para conexiones permanentes o semipermanentes.

En la siguiente figura se representa un sencillo ejemplo de aplicación del concepto de CTV y CCV.

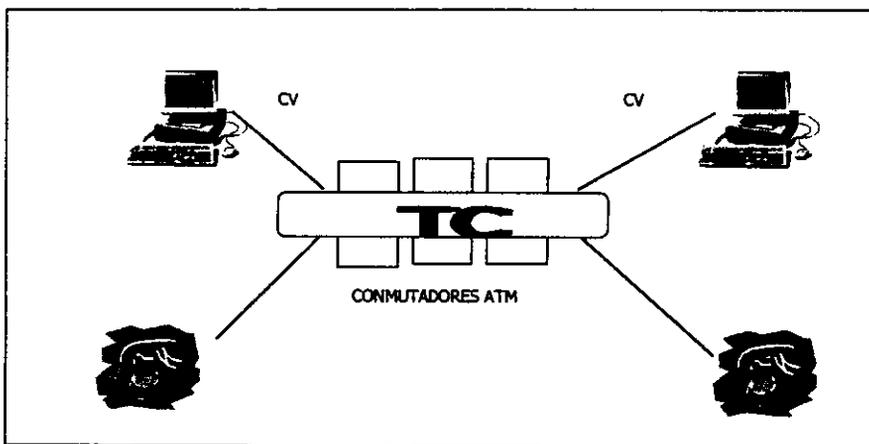


Figura 2.14. Ejemplo de utilización de la Conexión de Trayecto Virtual

El TV puede ser asignado permanentemente por el plano de gestión como si se tratara de un circuito dedicado con unas características determinadas. Los usuarios pueden utilizar el TV para un conjunto de aplicaciones, siempre que los parámetros de TV, como ancho de banda o CdS, sean adecuados. La gestión de la red también se simplifica, pues solo tiene que controlar las características de TV.

2.3.4. FLUJOS DE GESTION. OPERACIONES, ADMINISTRACION Y MANTENIMIENTO. OAM.

Para la gestión de red se establecen en ATM flujos de células de OAM. Estos flujos están asociados con conceptos de la red denominados niveles. En la actualidad hay definidos 5 niveles que se corresponden a otros tantos flujos de gestión; el F5 está asociado al nivel de CV, el F4 al TV (ambos en la capa ATM); en la capa física, los flujos están asociados de la siguiente forma: F3 al trayecto de transmisión, F2 a la sección de línea y F1 a la sección de regeneración.

En la siguiente figura se representan los flujos F5 y F4, mientras que la figura 2.16 se representan los flujos F3, F2 y F1. Para más detalles sobre estos temas véase la referencia (PRYC, 1995).

Básicamente, los flujos OAM en la capa ATM proporcionan funciones de monitorización de rendimiento y CdS, protección contra fallos, informes de rendimiento y determinación y recuperación de problemas. Las células OAM se transportan con el mismo ITV que las células de datos y utilizan valores de ICV presignados.

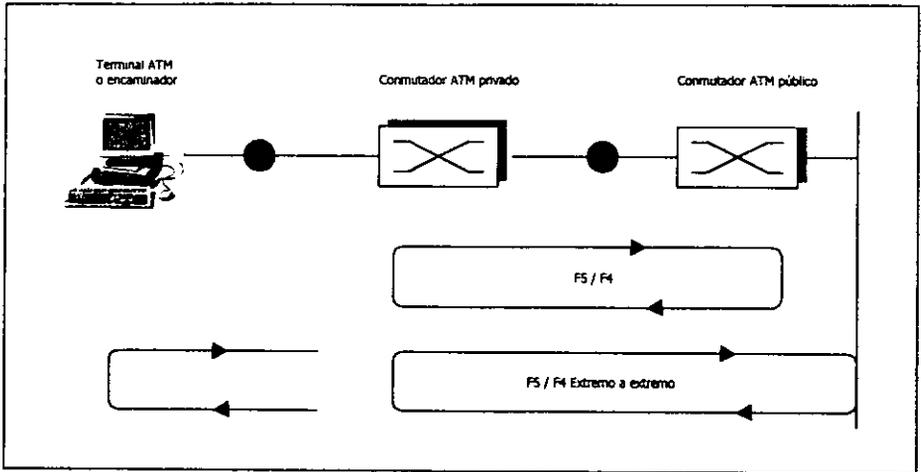
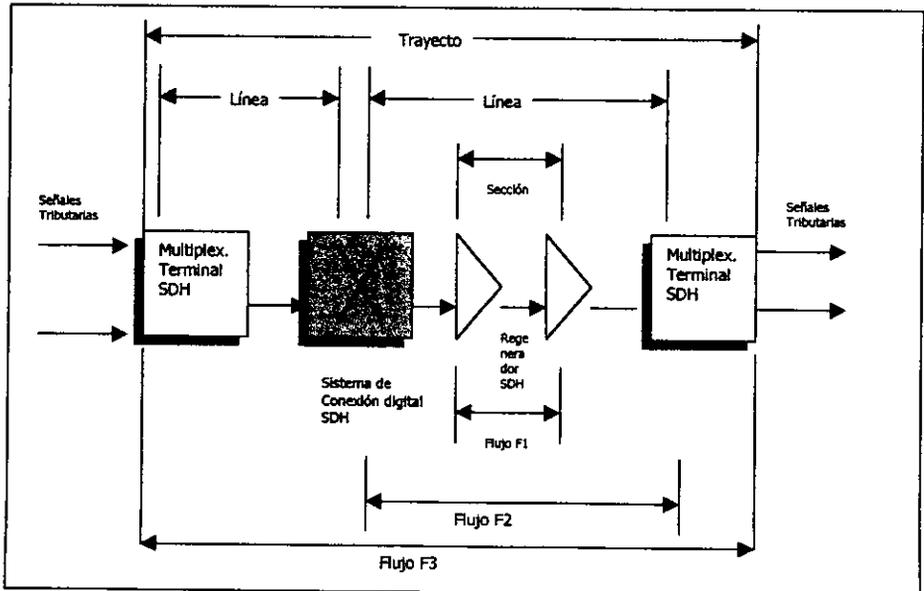


Figura 2.15. Flujos OAM F5 y F4

Figura 2.16. Flujos OAM F3, F2 y F1



2.3.5. PARAMETROS DE TRAFICO Y CALIDAD DE SERVICIO

Cuando se establece una conexión ATM se constituye lo que se denomina un "contrato de tráfico" en el que se especifican los parámetros de tráfico y los parámetros de Cds.

Entre los parámetros más significativos y aceptados por los organismos de normalización, como la UIT-T, el ATM Forum o la ETSI, pueden citarse:

Parámetros de tráfico.

Para conexiones de velocidad constante, CBR, solamente es relevante PCR; para conexiones de velocidad variable, VBR, los parámetros SCR y MBS determinan la velocidad media de las células, así como el número de células que pueden transmitirse en una ráfaga.

Parámetros de Cds.

- **CER.** Cell Error Ratio, Coeficiente de error de células.
- **S-ECBR.** Severely-Errored Cell Block Ratio, Coeficiente de bloques de células con errores severos.
- **CLR.** Cell Loss Ratio, Coeficiente de células perdidas.
- **CMR.** Cell Misinsertion Rate, Células mal insertadas por unidad de tiempo.
- **CTD.** Cell Transfer Delay, Retardo de transferencia de células.
- **MCTD.** Mean Cell Transfer Delay, Retardo medio de transferencia de células para una o más conexiones.
- **CDV.** Cell Delay Variation, Variación del retardo de células.

Con objeto de estructurar las anteriores ideas, los organismos de normalización están tratando de definir un conjunto de clases de calidad de servicio o modos de transferencia que puedan ser utilizados con los contratos de conexión. No existe por el momento una total armonización, si bien hay una aceptación general sobre los modos de transferencia que se comentan a continuación:

- **CBR.** Constant Bit Rate. Velocidad Binaria Constante. Proporciona una velocidad fija. Está definida por la PCR y es adecuada para tráfico isócrono de voz o de video con codec de velocidad constante.
- **VBR.** Variable Bit Rate. Velocidad Binaria Variable. Proporciona una capacidad de velocidad variable. Es adecuada para los servicios de video de calidad constante (velocidad variable).
- **UBR.** Unspecified Bit Rate. Velocidad Binaria no Especificada. No garantiza varones respecto al retardo o a la pérdida de células. Conceptualmente, puede asimilarse a la idea de datagrama.
- **ABR.** Available Bite Rate. Velocidad Binaria Disponible. Se garantiza un abajo valor para las pérdidas de células a costa de no proporcionar ninguna garantía respecto a la variación de retardo. El parámetro que la define es el MCR. Es la única clase en la que se utiliza control de congestión. Es adecuada para aplicaciones de datos cuyo tiempo de respuesta no sea crítico.
- **ABT.** ATM Block Transfer. Transferencia de Bloque ATM. Es similar a ABR. La diferencia es que la fuente, antes de transferir una ráfaga, debe solicitar autorización a la red; ésta aceptará la transferencia en caso de que existan recursos disponibles.

2.3.6. ASIGNACION DE ANCHO DE BANDA Y CONTROL DE CONGESTION.

El comportamiento de una red ATM es función de un adecuado diseño y dimensionamiento, así como una adecuada gestión de OAM, por ejemplo, para establecer el número apropiado de TV en un enlace; por otra parte, la red ATM debe considerar el comportamiento estadístico del tráfico y

permitir lo que se denomina ganancia estadística, es decir, que la suma de tasas de pico de las fuentes sea superior a la capacidad del enlace. En cada conexión existen métodos preventivos de control, denominados Control de Admisión de Conexión, CAC. Si la red puede ofertar los parámetros de tráfico y de CdS solicitados, se establece la conexión. Una vez realizada la conexión, la red realiza un monitoreo mediante la función de policía o UPC, User Parameters Control, que permite controlar el tráfico real del usuario de corresponde con el solicitado. Los algoritmos utilizados por la función de policía, UPC, se denominan GCRA, Generic Cell Rate Algorithm. Uno de los más conocidos es el denominado "cubo goteante" (Leaky Bucket).

Los anteriores procedimientos tienen un carácter preventivo para evitar que se produzcan situaciones de congestión. Entre los métodos reactivos están los comentados CLP, Cell Loss Priority, que determinan las células que primeramente deben descartarse ante situaciones de congestión, o bien el GFC, Generic Flow Control, que controla el tráfico de usuario en la UNI; recuérdese que este último no se está empleando porque no se ha alcanzado un acuerdo sobre su utilización. Por ello se han considerado otras técnicas de control de congestión que se comentan más adelante en este mismo apartado.

Antes de exponer este tema es interesante hacer una consideración sobre la ganancia estadística. Los métodos de control de congestión requieren la participación de las estaciones; en contraposición, la ganancia estadística no requiere la intervención de los usuarios, es decir, de las capas superiores, en los mecanismos de control.

En este último caso, dada la baja probabilidad, particularmente de los servicios VBR y ABR, de que la máxima velocidad se produzca simultáneamente en todas las fuentes, la multiplexación estadística intrínseca a la transferencia ATM permite incrementar significativamente el factor de utilización de la red a cambio de aumentos ocasionales de retardos y de pérdidas de células. En la referencia (MERA, 1995) se realiza un estudio con profundidad sobre la multiplexación estadística en ATM. De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede obtener una notable mejora de eficiencia en el uso de los enlaces:

- Incrementando la relación entre el ancho de banda de los enlaces y la tasa de pico de los servicios. Para ello se pueden emplear técnicas de multienlace.
- Reduciendo el coeficiente de ráfaga de los servicios.

El control de congestión ha sido uno de los temas más debatidos durante los últimos años en los Foros Internacionales. Las dos opciones más significativas consideradas fueron el control basado en créditos y el control basado en la velocidad.

El sistema de control basado en créditos está representado en la figura siguiente. Los conmutadores y las estaciones terminales intercambian el espacio de cola disponible para cada enlace. Las estaciones terminales envían tráfico ABR solamente cuando hay suficiente capacidad de buffers disponible.

En definitiva, se trata de un sistema de créditos en el que el extremo receptor emite créditos que indican el número de células que puede enviar el extremo emisor. Este sistema permite el desarrollo de tarjetas de bajo costo y proporciona buenos resultados en distancias relativamente cortas, propias de redes de área local. El mayor inconveniente es que el tamaño de buffer que debe reservar la estación receptora debe tener en consideración el retardo de ida y vuelta de la conexión virtual. Es fácil evaluar que, a una velocidad de 155.52 Mbps, se requiere un buffer de células por kilómetro y conexión virtual, solo teniendo en cuenta el retardo de propagación y sin considerar otros retardos adicionales como la demora en los conmutadores ATM. Con estas cifras esta solución es obviamente inadecuada para redes de área extensa.

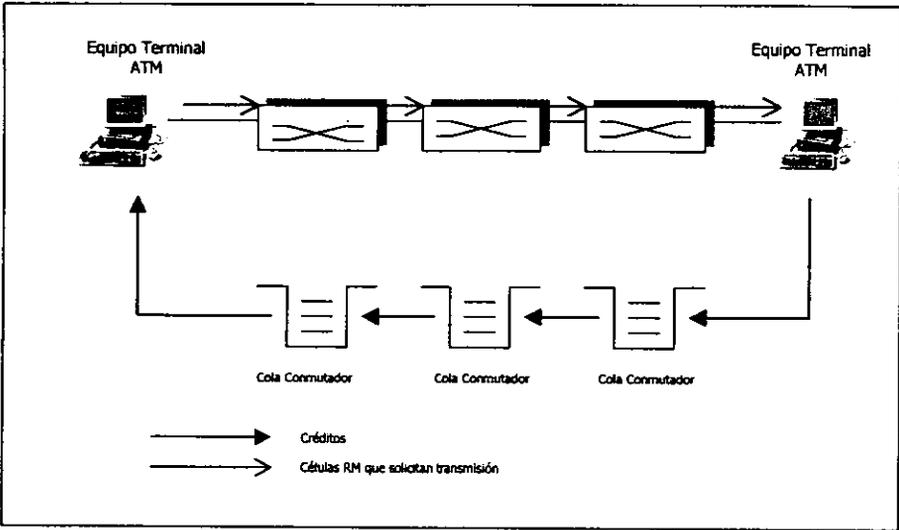
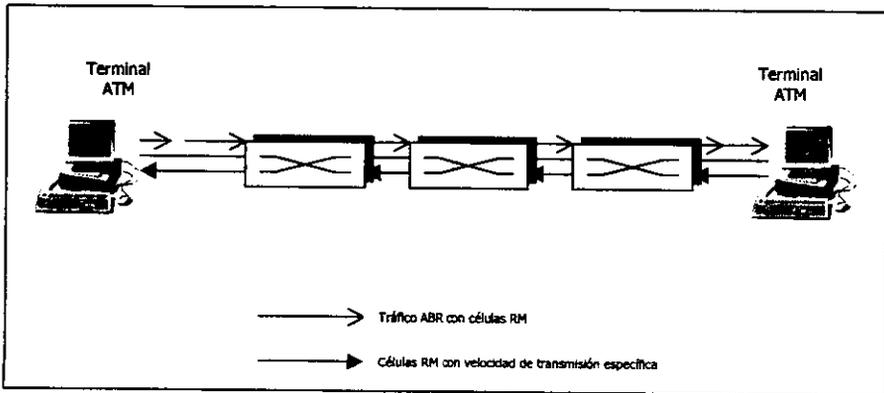


Figura 2.17. Control basado en créditos.

El sistema de control basado en velocidad está representado en la figura siguiente. Opera con un procedimiento de realimentación extremo a extremo, mediante el cual las estaciones y conmutadores ajustan sus velocidades dinámicas. La propuesta más simple considera fue la utilización de mensajes EFCI (Explicit Forward Congestion Indication) desde los conmutadores. Estos mensajes se insertan en las células de datos, que notifican a la estación de destino la situación de congestión. La estación de destino envía seguidamente hacia la fuente un mensaje contenido en una célula especial de Gestión de Recursos (RM, Resource Management), indicado que reduzca su velocidad de transmisión. Este esquema tiene el inconveniente de que el bucle no trabaja cuando se pierde la célula RM, o bien cuando alguna de las estaciones no soporte ABR o esté averiada. Por otra parte se mantiene el mencionado problema del tamaño de los buffers.

Figura 2.18 Control basado en velocidad



En el sistema basado en velocidad adaptado por el ATM Forum, la fuente de un CV intercala una célula RM cada "n" células de datos. La célula RM indica la velocidad de la estación emisora y la velocidad más alta que ésta desearía utilizar. Cada vez que la estación de destino recibe una célula RM la reenvía a la fuente. En el viaje de vuelta, cada conmutador la marca, indicando si la velocidad actual es o no aceptable, así como la situación de congestión, con lo que la fuente tiene información para reducir o aumentar su velocidad, siempre entre los valores de MCR y PCR. Para aumentar la fiabilidad del sistema y reducir su dependencia de las estaciones finales y el tiempo de propagación, se utiliza el esquema conocido como bucle de control segmentado con fuente virtual/destino virtual (VS/VD). Conmutadores situados en puntos estratégicos de la red actúan como estaciones finales virtuales, de forma que la red se segmenta en bucles más pequeños. En el límite, todos los conmutadores de red pueden tener la función VC/VD, de forma que el bucle de realimentación se cierra en cada nodo. El esquema basado en velocidad proporciona soluciones más adecuadas para redes de área extensa, al no depender el tamaño y la gestión de los buffers de la longitud del enlace.

A lo largo del debate se han llegado a proponer soluciones mixtas: basada en crédito para Redes de Área Local y basada en velocidad para Redes de Área Extensa. Esta opción se descarta porque requiere interfaces separadas para cada tipo de red, con lo que contradice el principio de ATM como solución universal para todo tipo de redes y tráfico. Finalmente, se ha adoptado únicamente el sistema basado en velocidad; la economía de escala está conduciendo a implementaciones de los adaptadores a costos razonables.

2.4. CAPA AAL. CAPA DE ADAPTACIÓN ATM.

2.4.1. FUNCIONES DE LA CAPA AAL

La capa AAL está entre la capa ATM y las capas de los servicios superiores. La misión de la capa AAL es complementar los servicios ofrecidos por la capa ATM para soportar las funciones requeridas por las capas superiores, es decir, la heterogénea gama de servicios que puede transferirse por una red ATM. Originalmente se clasificaron los servicios en cuatro clases, tal como se representa en la tabla siguiente, para los que se definieron cuatro tipos de AAL (tipo 1 para la Clase A, 2 para la B y así sucesivamente). A partir de esta situación ha habido una tensión integradora para intentar conseguir una sola capa AAL válida para todo tipo de servicios, lo cual es un problema muy complejo por lo que el tema está todavía en debate. En la última versión de la recomendación I.362 (mayo de 1996), en la que se realiza la descripción funcional de la capa AAL, incluso desaparece el intento de clasificar los servicios en clases.

Clase de servicio	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
Relación de tiempo entre fuente y destino	Requerida	Requerida	No requerida	No requerida
Velocidad	Constante	Variable	Variable	Variable
Modo de conexión	Orientado a conexión	Orientado a conexión	Orientado a conexión	Sin conexión

2.19. Clases de servicio propuestas originalmente

De la tabla anterior se desprende que los servicios de Clase A son los denominados CBR, Constant Bit Rate, como la voz o el video codificado con codec de velocidad constante. En consecuencia los servicios esenciales que debe proporcionar la capa AAL correspondiente (AAL 1) son:

- Transferencia de Unidades de Datos de Servicio (SDU) con una velocidad constante de la fuente y su entrega con la misma velocidad.
- Transferencia de la información de temporización entre fuente y destino.

La Clase B comprende esencialmente los servicios de video codificados a velocidad variable, VBR. Este tipo de tráfico es el más difícil de manejar por la red pues sus variaciones no son predecibles. En la última versión de la I.362 se dice que la definición de la capa AAL 2 correspondiente a este tipo de servicio se realizará en un futuro.

Las Clases C y D se definieron para servicios de transferencia de datos. En realidad las funciones de la capa AAL no tienen que ser diferentes en función de que el servicio sea o no orientado a conexión, puesto que las funciones requeridas por un servicio no orientado a conexión, como encaminamiento, difusión y direccionamiento deben ser proporcionadas por los servicios superiores.

En la actualidad, las capas AAL definidas en la I.362 son AAL 1, AAL 5 y AAL 3/4. Es decir: solo sobrevive una de las originales, la AAL 1. La más utilizada es la AAL 5, porque puede emplearse tanto para datos como para tráfico CBR, siempre que las condiciones de relación temporal no sean muy estrictas, en cuyo caso se utilizaría la AAL 1. La capa AAL 3/4 es considerada demasiado compleja y en algunos casos no proporciona suficiente protección contra errores. Actualmente solo se utiliza en los servicios SMDS. En el ATM Forum se está considerando la posibilidad de una nueva capa AAL 6 que integra los servicios de AAL 1 y AAL 5.

2.4.2. ESTRUCTURA DE LA CAPA AAL.

Está representada en la siguiente figura. La capa AAL está organizada en dos subcapas: la subcapa de convergencia (CS) y la subcapa de segmentación y reensamblado (SAR).

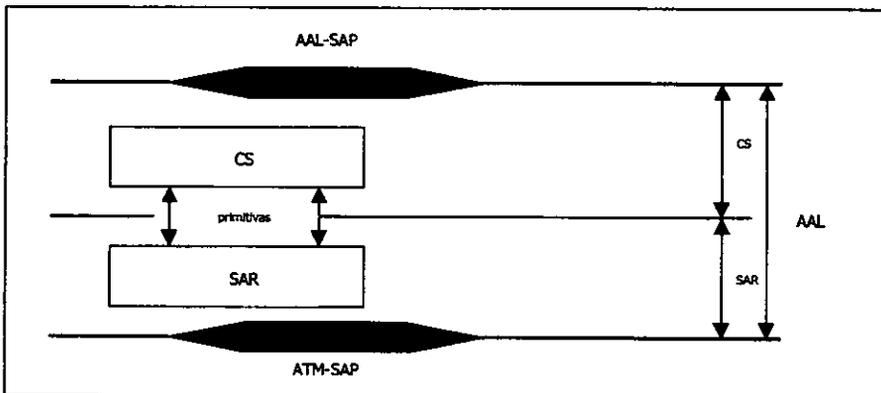


Figura 2.20. Estructura de la Capa AAL.

La subcapa SAR segmenta la información de las capas superiores para construir la carga de las células ATM y, recíprocamente, reensambla los campos de información de las células en unidades de información para las capas superiores.

La subcapa CS tiene como misión realizar funciones específicas para cada servicios, como el tratamiento de la variación de retardo de células, sincronización extremo a extremo o tratamiento de las células perdidas a mal insertadas. Por ello pueden existir diferentes CS (dependiendo del servicio) sobre la subcapa SAR.

Dada la variedad de servicios para los que fueron concebidas las capas AAL 3/4 y más concretamente la AAL 5, en estos casos la subcapa de convergencia se dividió en dos partes: la Parte Común CS (CPCS) y la Parte Específica de Servicio CS (SSCS), tal como se representa en la siguiente figura.

La CPCS se acopla a la SAR para conformar una parte común específica para cada tipo de AAL. Para completar la capa AAL necesita ser complementada con la subcapa SSCS, en la que se definen diversos protocolos para soportar los servicios específicos del usuario (capa superior) de la capa AAL.

Si bien se han definido primitivas lógicas en cada subcapa, solamente existe SAP para acceder a los servicios de la capa AAL y de la capa ATM; esto entraña que no puede haber interfaces de programación entre las subcapas.

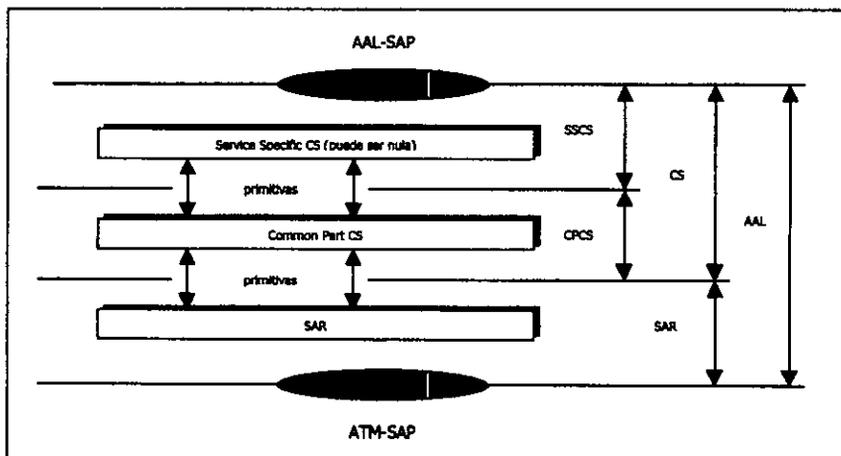


Figura 2.21. Estructura de AAL 5 y AAL 3/4.

Para más detalles sobre los elementos del Modelo de Referencia OSI utilizados en la descripción de la capa AAL, véase la referencia (GAFPEI, 1996).

A continuación se hace una breve descripción de las capas AAL 1 y AAL 5, por ser las más utilizadas.

2.4.3. INTRODUCCION A LA CAPA AAL 1.

La capa AAL está diseñada fundamentalmente para servicios CBR, con estrictos requisitos de relación temporal entre fuente y destino.

Para proporcionar los servicios indicados en las funciones de la capa AAL, los protocolos de la capa AAL deben tener las siguientes características:

- Numeración de la secuencia de las células para detectar pérdidas o células mal insertadas.
- Recuperación de la estructura de los datos de la fuente en el receptor, mediante un mecanismo de apuntador, caso necesario. Este procedimiento es necesario, por ejemplo, para transferir servicios de emulación de circuito con estructuras basadas en muestreos a 8 KHz.
- Procedimientos para recuperación del reloj de la fuente en el receptor, caso necesario.
- Procedimientos para corrección de células perdidas y/o información de usuario errónea, caso necesario.
- Indicación de información de usuario errónea o perdida, no recuperada por la capa AAL 1, caso necesario.

En la recomendación I.363.1 se describen las funciones de la subcapa CS para los siguientes servicios:

- Transporte de circuito.
- Transporte de señal de video.
- Transporte de señal de frecuencias de voz.
- Transporte de señal de audio de alta calidad.

También se indican las bases para un protocolo genérico de CS.

Las SAR-PDU tiene el formato descrito en la siguiente figura.

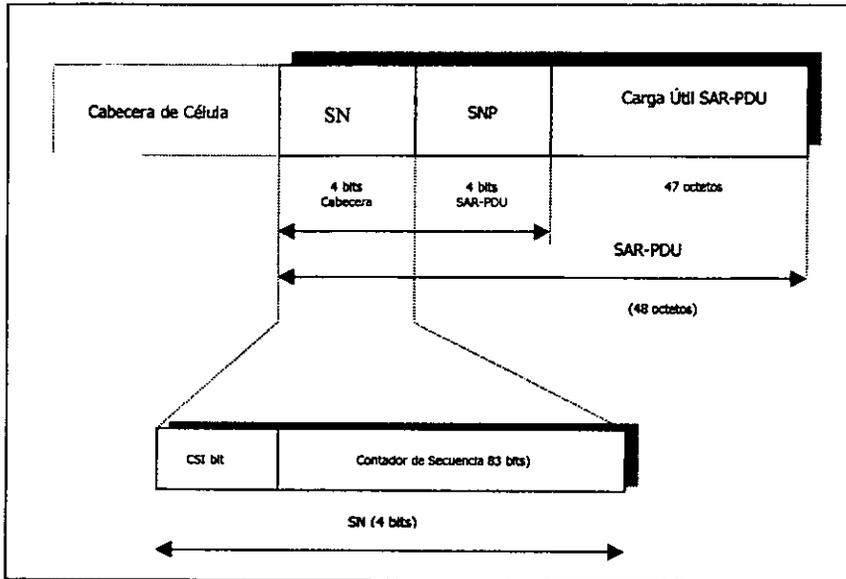


Figura 2.22. Formato de la SAR-PDU de la Capa AAL tipo 1.

La cabecera, conjuntamente con los 47 octetos de carga útil, conforman los 48 octetos de la ATM-SDU.

El campo SN, número de secuencia, está dividido en dos partes:

Campo de contador de secuencia de tres bits (proporcionado por la CS).

Campo CSI, que lleva la indicación proporcionada por la CS. El valor por defecto es "0". Se utiliza en algunos procedimientos para recuperación del reloj de la fuente, mediante la información transportada en varios bits CSI.

El campo SNP, Sequence Number Protection, se utiliza para detección y corrección de errores en la cabecera de la SAR-PDU.

2.4.4. INTRODUCCION A LA CAPA AAL 5.

La SAR y la PCS de la AAL tipo 5 se especifican en la recomendación I.363.5. Como se ha indicado, si bien su aplicación original ha sido para servicios de datos sensibles a pérdidas o errores, pero no muy sensibles al retardo y variación de retardo, también se utiliza para servicios CBR cuando los requisitos de relación temporal no son muy estrictos.

Se definen dos modalidades de servicio:

- ❑ Modo mensaje: la SDU se pasa a través de la interfaz con la capa AAL a través de una sola IDU, Interface Data Unit.

- Modo flujo (streaming): la SDU se pasa a través del interfaz en una o más IDU.

Ambas modalidades de servicio pueden proporcionar los siguientes procedimientos:

- Operaciones fiables (assured): cada AAL-SDU se entrega con el mismo contenido enviado por la entidad emisora. Para ello se realizan retransmisiones de las PDU de la subcapa SSCS erróneas o perdidas.
- Operaciones no fiables (non-assured). Las AAL-SDU pueden perderse o llegar erróneas sin que se realicen retransmisiones en la capa AAL.

El protocolo de las subcapas SAR y CS de la AAL tipo 5 debe tener las siguientes características:

- Utilización de indicación usuario ATM-usuario ATM (UU) para el soporte de función de segmentación y reensamblado.
- Indicación, en la información usuario-usuario (UU) de la CPCS-PDU, de cuando se llega al final de la SDU.
- Detección de células perdidas, mal insertadas o información errónea de usuario mediante CRC en la cola de la CPCS-PDU.

La subcapa SAR aceptada SAR-SDU múltiplo de 48 octetos de la CPCS y genera SAR-PDU que contienen 48 octetos de datos SAR. Esta eficiencia se debe a que la delimitación de la SAR-SDU se realiza mediante una indicación de fin de la SAR-PDU, que está en un parámetro, AUU, ATM-layer-user, de las primitivas de la capa ATM. El valor "1" para el parámetro AUU indica el fin de la SAR-PDU, y el valor "0" una PDU inicial o intermedia. Esta información se codifica en el campo PTI, Payload Type de la cabecera de la célula ATM. El formato de la SAR-PDU para la AAL tipo 5 se representa en la siguiente figura.

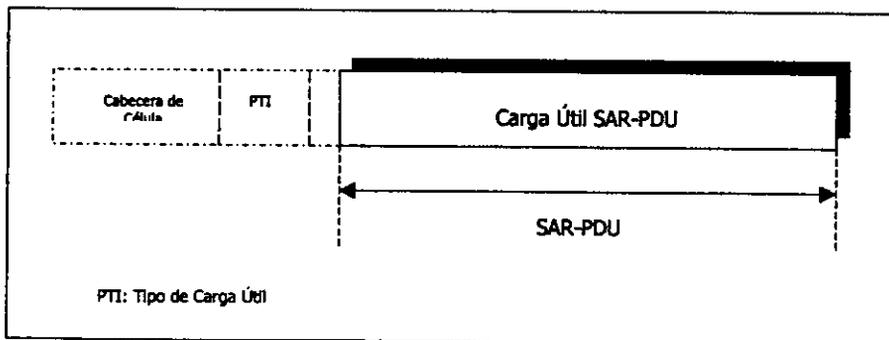


Figura 2.23 Formato de la SAR-PDU para la AAL tipo 5

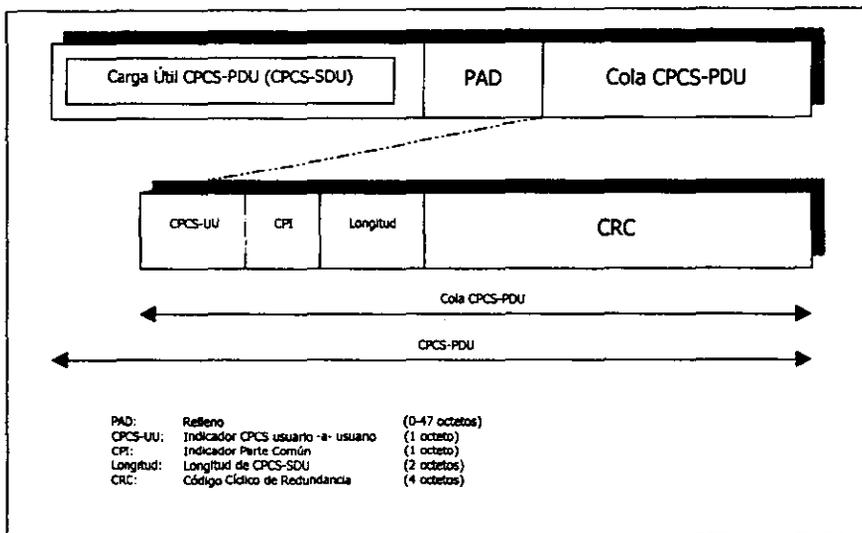


Figura 2.24. Formato de la CPCS para la capa AAL tipo 5.

El formato de la CPCS-PDU para la AAL tipo 5 se representa en la figura anterior, que es autoexplicativa; el campo CPI no se utiliza en la actualidad.

La capa AAL 3/4 se utiliza en la actualidad prácticamente solo en los servicios SMDS. Tiene peor rendimiento y control de errores a cambio de ofrecer multiplexación en las CPCS.

2.5. SEÑALIZACION Y DIRECCIONAMIENTO.

Los protocolos de señalización varían según se trate de la interfaz UNI o NNI. Ambos son conceptualmente comparables, si bien los protocolos NNI tienen unos mayores requisitos de fiabilidad y multiplexación, al existir más conexiones virtuales. La señalización en RDSI-BA es similar al existente para RDSI-BE (Q.931 para la UNI e ISUP, ISDN User Part para la NNI). Ambos deben extenderse para funciones adicionales de ATM, tales como conexiones punto-multipunto, parámetros ATM y nuevos mensajes. La estandarización de la señalización de la UIT-T es la Q.2931 y la del ATM Forum está especificada en la UNI 3.1, si bien se está trabajando en la UNI 4.0. En la NNI, la estandarización de la UIT-T es la B-ISUP, y el ATM Forum no tiene por el momento un estándar específico para esta interfaz, sin bien está trabajando en la definición de un protocolo NNI privado, P-P-NNI.

A diferencia de la señalización en RDSI-BE, en la que los mensajes se transportan sobre el canal D, en ATM se utiliza un CV/TV independiente por el que adicionalmente puede realizarse un procedimiento de metaseñalización mediante el cual pueden generarse CV/TV adicionales para señalización.

La capa AAL utilizada en la AAL 5, con una SSCS específica. Esta, a su vez se divide en dos partes, en un proceso de tipo recursivo (siguiente figura).

La parte inferior (inmediatamente sobre la CPCS) se denomina **SSCOP**, Service-Specific Connection-Oriented Protocol, que realiza funciones típicas de los protocolos de enlace de datos, como integridad de secuencia, corrección de errores por retransmisión, control de flujo mediante ventana deslizante, etc. El protocolo SSCOP está especificado en la recomendación Q.2110.

La parte superior (que proporciona directamente los servicios a la capa superior a AAL) se denomina **SSCF**, Service-Specific Coordination Functions. Hay definidos dos SSCF: Q.2130 para el protocolo Q.2931 en la UNI, y Q.2140 para el protocolo MTP-3 en la NNI.

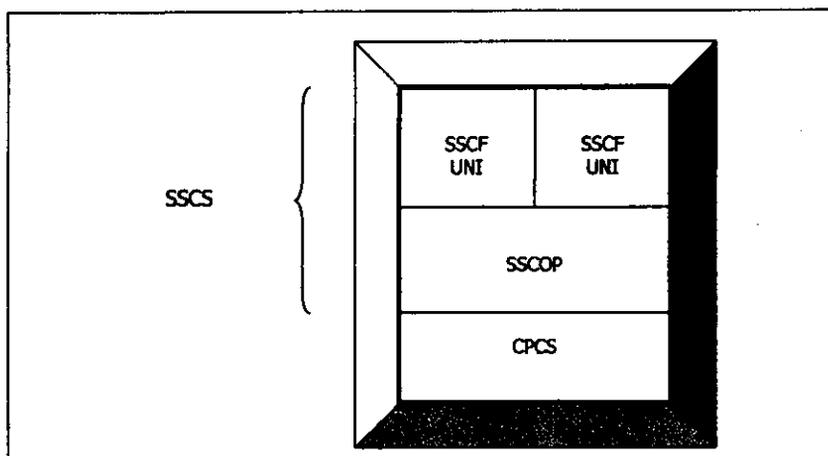


Figura 2.25. Organización de la capa AAL 5 para Señalización.

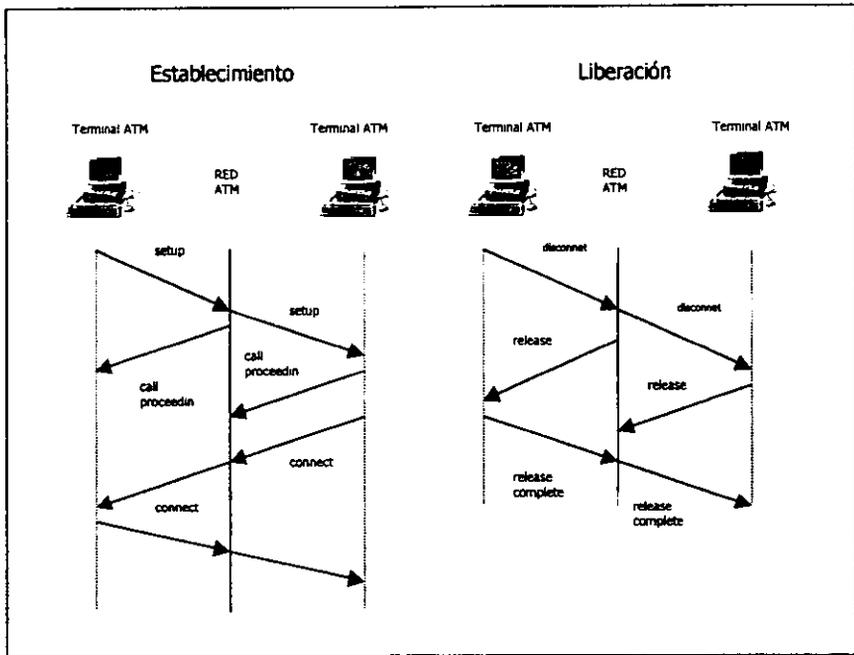


FIGURA 8.26. Establecimiento y liberación de la conexión en ATM.

El equipo final ATM envía y recibe mensajes para establecimiento de conexión, status, liberación y mensajes punto a multipunto. Entre los tipos de mensajes están:

- Establecimiento de llamada: Setup, Call Proceeding, Connect, Connect Acknowledge.
- Liberación de llamada: Release, Release Complete.
- Status: Status Inquiry, Status.
- Punto multipunto: Add Party, Add Party Acknowledge, Add Party Reject, Drop Party, Drop Party Acknowledge.

Para el establecimiento de la comunicación entre dos direcciones es necesario el registro de la dirección y la determinación de la ruta. Esta función puede proporcionarse por un servidor central para un grupo de conmutadores o de forma distribuida en cada conmutador de la red.

Para encontrar el camino hacia el nodo final hace falta su dirección ATM. Por ello, la dirección tiene que ser traducida del esquema de direcciones utilizado por los niveles superiores (por ejemplo, IP) mediante protocolos ARP, Address Resolution Protocol. Véase referencia (GAPEPI. 1996).

Actualmente, hay tres tipos de direcciones ATM definidos:

- Formato IEEE 802 (LAN).

- Formato ISO NSAP, Network Service Access Point.
- Formato UIT-T E.164

Los protocolos de encaminamiento son conceptualmente similares a los utilizados en las redes Internet, IP, como el IGRP u OSPF, si bien con requisitos más estrictos, debidos a la escalabilidad de las redes ATM y al hecho de que el encaminamiento debe ser proporcionado en base a la diversidad y complejidad de parámetros de CdS que pueden solicitarse. Para un análisis de los procedimientos de encaminamiento basados en IP, véase la referencia (GAFEP1).

CAPITULO 3. LA TECNOLOGIA ATM EN REDES DE AREA LOCAL

3.1. PLANTEAMIENTO

Las características de la tecnología ATM, como se adaptación a todo tipo de tráfico, ancho de banda, multiplexación estadística, posibilidad de utilización del cableado existente, solución universal para redes de área extensa y de área local y su escalabilidad, la convierten en una solución muy atractiva para el soporte de redes de área local y grupos de trabajo virtuales. Si bien lo razonable es que ATM se integre en una primera fase en los servidores de tráfico elevado y/o de servicios de audio e imagen animada, o bien en estaciones de trabajo con aplicaciones críticas, el hecho es que, como se ha visto en 7.2.5, en la actualidad existen ya tarjetas ATM a 25,6 Mbps que pueden operar con cable UTP-3, a precios razonables, del orden de los de las tarjetas IEEE 802.5 a 16 Mbps.

Obviamente la agregación de la tecnología ATM en las redes de área local tiene que contemplar tanto los aspectos de migración como los coexistencia con los millones de estaciones de trabajo, de todo tipo de arquitectura y fundamentalmente Ethernet/IEEE 802.3 e IEEE 802.5. El problema dista de ser trivial, porque los conceptos de Redes de Área Local basadas en medio compartido tienen características muy diversas a los de la tecnología ATM: está es una tecnología de conmutación y aquellas se basan en procedimientos de difusión.

En la tabla de la siguiente figura se ilustra algunas de las características de ambas tecnologías.

ATM puede integrarse en una Red de Área Local como un sistema basado en hubs (básicamente constituidos por los propios conmutadores ATM) o bien como un sistema basado en encaminadores, entre los cuales, los nodos ATM realizan la función de conmutación.

Redes ATM	LAN
Conexiones punto a punto y punto a múltiplo.	Medio compartido no orientado a conexión.
No hay un mecanismo general de difusión (broadcast): es específico de la aplicación y se logra mediante conexiones punto a multipunto.	El ancho de banda está disponible para todos los usuarios tanto si es difusión (broadcast) como si no.
Se requiere una conexión punto a punto previa a la transmisión o recepción de células.	No se requiere un establecimiento previo a la transmisión o recepción de las tramas.
El espacio de direcciones es grande y jerárquico. Las direcciones de las estaciones se obtienen de los nodos de la red.	El direccionamiento se basa en el IEEE 802 (48 bits)

Figura 3.1. Comparación entre la tecnología ATM y la de Redes de Área Local de medio compartido.

Las siguientes dos figuras reflejan los mencionados esquemas.

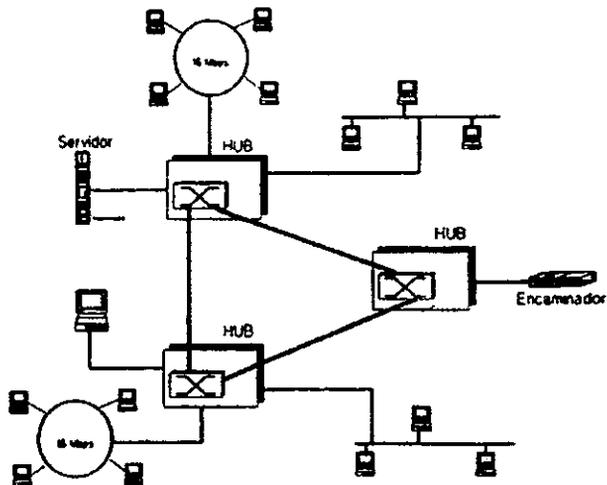


Figura 3.2. Red de Área Local ATM basada en hubs.

En el sistema basado en hubs, ATM proporciona conexiones directas entre los dispositivos que requieren gran ancho de banda, mientras que la mayoría de los usuarios continúan conectados a las redes clásicas. Este sistema es naturalmente compatible con el uso de encaminadores que pueden incorporarse para aislar subredes por razones de administración o seguridad.

En el sistema basado en encaminadores, ATM proporciona una red dorsal entre encaminadores. En un principio, tal como se definió en la RFC 1577 (IP y ARP sobre ATM) del IETF (Internet Engineering Task Force), ATM se contemplaba como un enlace punto a punto conmutado entre encaminadores. Posteriormente, el concepto se amplió, de manera que se incorporaron funciones de encaminamiento mediante encaminadores externos, con lo que sobre una sola red física ATM se pueden establecer múltiples subredes IP lógicamente independientes. Con ello, las topologías de encaminador colapsado pueden extenderse para proporcionar una gran cobertura.

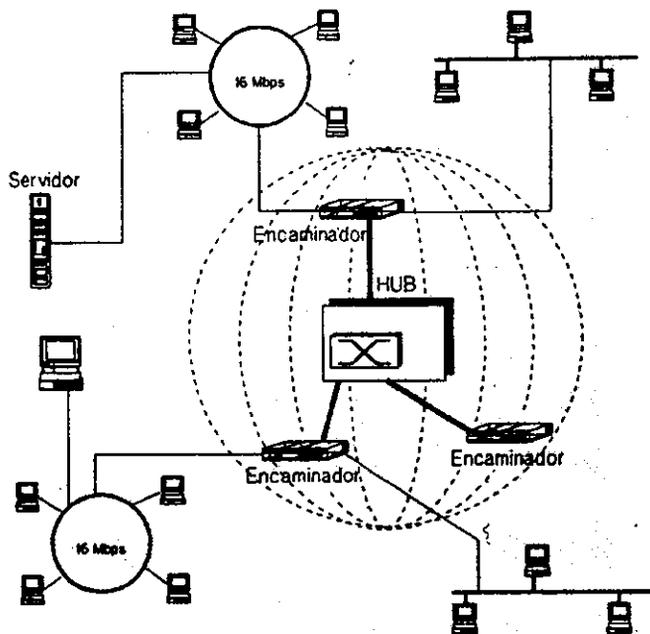


Figura 3.3. Red de Área Local ATM basada en encaminadores.

3.2. IP SOBRE ATM.

Para analizar la operación del sistema basado en encaminadores, se considera el caso del encaminamiento IP. Este modelo está descrito en la RFC 1577, en la que se propone una arquitectura en la que ATM sustituye a las redes que tradicionalmente conectan nodos IP. Define la operación de IP sobre ATM, la encapsulación de paquetes y la resolución de direcciones.

3.2.1. ENCAPSULACION DE PDU DE CAPA DE RED.

Existen varias posibilidades de encapsular una N-PDU en una PDU de AAL. Hay un acuerdo generalizado de que la capa AAL utilizada debe ser la AAL 5. A continuación se describen las dos opciones más significativas, representadas en la siguiente figura.

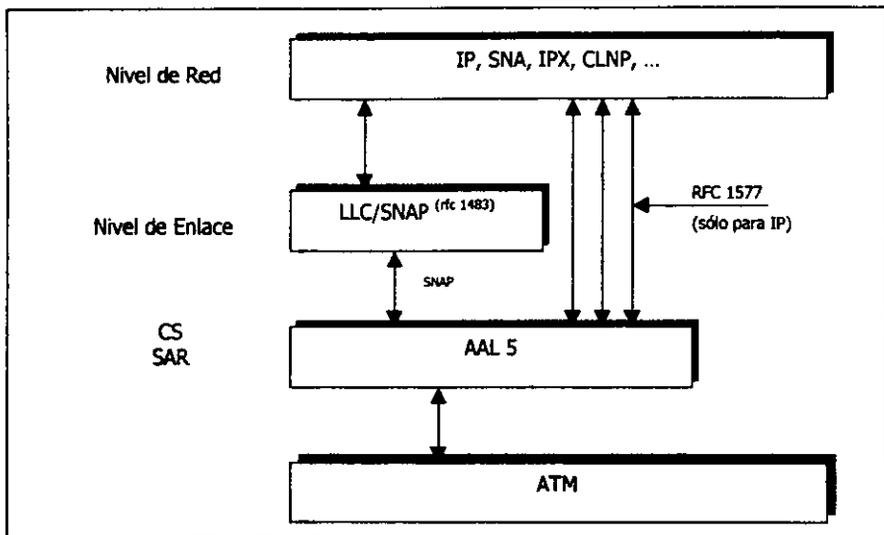


Figura 3.4. Encapsulación sobre AAL.

a) Encapsulación LLC/NSAP

Consiste en identificar la capa superior mediante una cabecera LLC. Esto puede hacerse mediante los campos DSAP y SSAP, es decir, SAP de destino y SAP de origen. Recuérdese que la cabecera de la PDU de LLC consta de tres campos: DSAP, SSAP y Control. La PDU AAL deberá contener la información necesaria para que en el destino se puedan recibir los datagramas adecuadamente. Este procedimiento se define en la RFC 1483 (Multiprotocol Encapsulation over AAL 5) y permite la multiplexación de varios protocolos (como IP, Path Control de SNA, IPX, CLNP, etc.) por el mismo canal virtual.

b) Encapsulación por canal virtual.

Con este método solo circula un protocolo por cada conexión ATM. Se especifica en le RFC 1577 (IP y ARP sobre ATM) para el caso de IP. En este caso la PDU de AAL 5 no debe contener ninguna información especial.

Este último método es el más adecuado en entornos donde se puedan establecer dinámicamente conexiones de Canal Virtual de forma eficiente y económica. La encapsulación LLC/SNAP será más conveniente cuando no sea práctico el establecimiento de gran número de Conexiones de Canal Virtual, por razones de tarificación, por ejemplo, o bien cuando no se soportan Canales Virtuales conmutados.

3.2.2. RESOLUCION DE DIRECCIONES.

En la figura siguiente se representa esquemáticamente el procedimiento de resolución de direcciones para el caso IP sobre ATM.

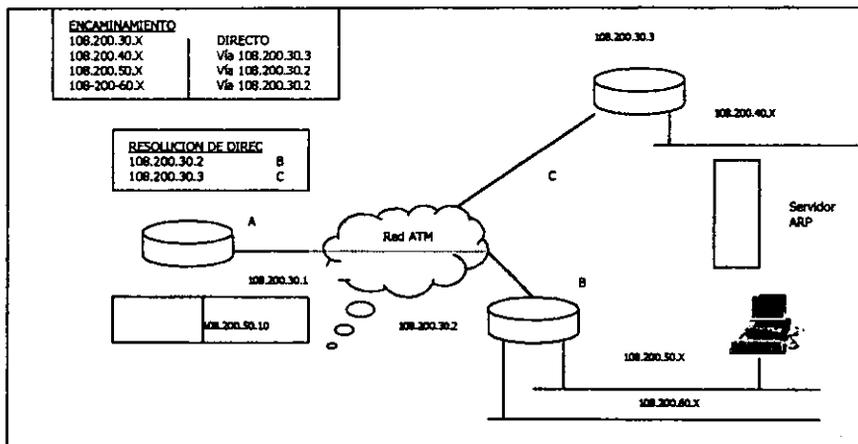


Figura 3.5. Procedimiento de resolución de direcciones para el caso de IP sobre ATM.

Se introduce el concepto de subred IP lógica (LIS, Logical IP Subnet). Una LIS consiste en un grupo de nodos IP que se conectan a una red ATM y pertenecen a una misma subred IP.

Para obtener las direcciones de los nodos de una LIS, cada LIS tiene un servidor ATMARP y todos los nodos (clientes) de la LIS están configurados con una única dirección ATM, la del servidor ATMARP. Cuando un nodo se une a la LIS, se establece primeramente una conexión con el servidor ATMARP usando la dirección de configuración, y cuando el servidor detecta que hay un nuevo nodo en la LIS obtiene la dirección y la nota en su tabla.

Cuando cualquier nodo de la LIS quiere obtener una dirección ATM de destino correspondiente a una dirección IP, debe enviar una petición ATMARP al servidor, que responderá con ella en caso de encontrarla. En caso de ausencia de esta dirección responderá con ATM-NAK. Lógicamente las direcciones ATM, una vez obtenidas, pueden almacenarse en una tabla de resolución de direcciones, en un caché, al igual que se hace en las estaciones tradicionales con el procedimiento ARP.

Una vez que el cliente LIS ha obtenido la dirección ATM que se corresponde con la dirección IP, ya puede establecer la conexión ATM.

En resumen, las fases del procedimiento de resolución de direcciones son:

- Dada una dirección IP de destino, en la tabla de encaminamiento se obtiene la dirección del próximo destino.
- En la tabla de resolución de direcciones o a través del servidor ARP se transforma la dirección IP del próximo destino en dirección ATM.
- Por procedimientos de señalización del plano de control se crea una conexión virtual ATM entre los encaminadores.
- Se envía el datagrama a través de la conexión virtual.

3.3. EMULACION DEL LAN.

Para mantener la compatibilidad con los protocolos y LAN tradicionales, o "legadas", el ATM Forum decidió emular las LANs a nivel MAC (Medium Access Control, parte de la capa 2 de la torre de protocolos OSI) para minimizar los cambios necesarios para la migración y coexistencia con la tecnología ATM. Por su difusión se decidió entonces que fueran las redes Ethernet/IEEE 802.3 y Paso de Testigo en anillo IEE 802.5 las LAN legadas a emular, y se adoptó una solución con arquitectura cliente/servidor.

En concreto según la especificación, la emulación de LAN debe proporcionar:

- Servicios no orientados a conexión.
- Servicios de difusión (broadcast) y grupos funcionales de direcciones.
- Interfaces de dispositivos MAC en las estaciones ATM (el objetivo principal del servicio de emulación de LAN es permitir que las aplicaciones existentes accedan a una red ATM a través de las pilas de protocolos como IP, APPN, NetBIOS, IPX, AppleTalk, etc. como si estuvieran ejecutándose sobre una LAN tradicional; también se incluyen aquí las interfaces estandarizadas para los manejadores de dispositivos MAC, como NDIS, ODI, etc.).
- LAN emuladas (definimos este concepto como un grupo de dispositivos unidos por ATM que lógicamente es análogo a un grupo de estaciones de LAN unidas a segmentos Ethernet/IEEE 802.3 o 802.5, es decir, una LAN virtual a través de ATM).
- Interoperación con las LAN existentes (no solo se permite interoperación entre sistemas finales ATM, sino interoperación con estaciones conectadas a LAN; esto incluye entre estaciones ATM y estaciones LAN así como entre dos estaciones pertenecientes a distintas LAN pero unidas a través de ATM).

La emulación de LAN ha sido definida por el ATM Forum, en el documento LAN Emulation over ATM (ATMF, 1995).

3.3.1. ESCENARIOS.

El principal objetivo de la Emulación de LAN, LANE, es la migración y coexistencia de una LAN existente con un sistema basado en ATM con el menor cambio en el software de la estación.

En la siguiente figura se muestran los distintos escenarios o configuraciones de la Emulación de LAN, que incluyen ATM-ATM, ATM-LAN e interconexión LAN-LAN.

En la configuración uno de figura (ATM-ATM), se ve como una aplicación de un sistema final ATM forma parte de una LAN virtual emulada. De hecho, los sistemas finales ATM están interconectados a través de una re ATM.

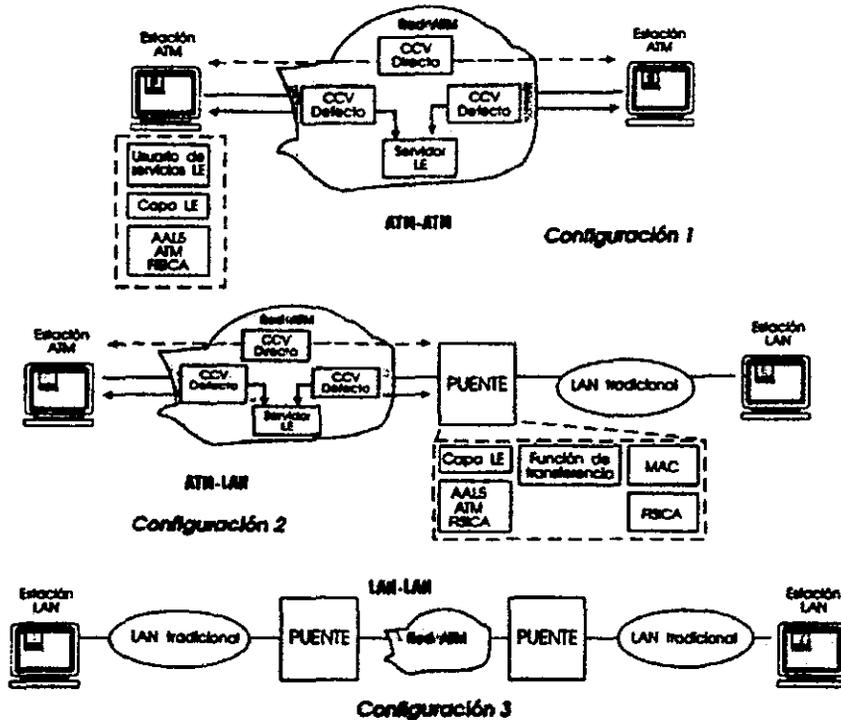


Figura 3.6. Configuraciones de la Emulación de LAN. Fuente "ATM Essentials".

La configuración dos (ATM-LAN) muestra la conexión de un sistema final ATM (en la parte izquierda) a una estación de LAN unida a una LAN convencional de medio compartido (Ethernet o paso de testigo).

La configuración tres (interconexión LAN-LAN) muestra la interconexión de dos estaciones de LAN de medio compartido a través de una red ATM intermedia. En este ejemplo, los puentes aportan las interfaces locas entre cada LAN y la red ATM.

En las configuraciones dos y tres las interconexiones se realizan mediante puentes. Lógicamente también podrían emplearse encaminadores.

En las configuraciones uno y dos existen Conexiones de Canal Virtual (CCV) por defecto entre las estaciones ATM y el servidor de LANE. Dichas CCV por defecto pueden ser permanentes o conmutadas. Los mensajes de control de LANE entre la capa de LANE y el servidor de LANE se propagan por la CCV por defecto. Las CCV directas son conexiones entre las capas LANE de los sistemas ATM finales y se establecen por demanda.

3.3.2. ARQUITECTURA DE EMULACION DE LAN.

En la siguiente figura se representan con mayor detalle las capas de emulación de LAN en la configuración ATM-LAN.

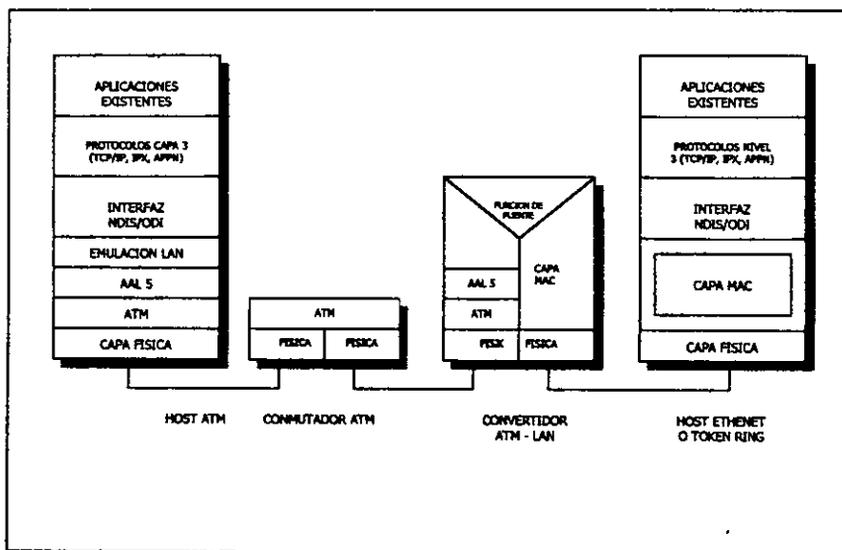


FIGURA 3.7. Capas arquitectónicas en la configuración ATM-LAN.

Una LAN emulada tiene dos componentes principales: los clientes de LAN Emulation (LECs) y un Servicio de LAN Emulation.

El software del LEC reside en los convertidores de ATM a LAN o en los sistemas finales ATM (Capa de LANE). Tiene varias funciones; una de las más importantes es la resolución de direcciones, es decir, la correspondencia de direcciones MAC y direcciones ATM.

El software que proporciona el Servicio de LAN Emulation se arquitectura mediante tres servidores lógicos: el Servidor de Configuración (LECS), el Servidor de LAN Emulation (LES) y el servidor de difusión (broadcast) y direcciones desconocidas (BUS, Broadcast and Unknown Server).

Trabajando juntos los tres servidores realizan en una LAN Emulada las siguientes funciones: transferencia de datos punto a punto entre una estación final y otra (unicast), transferencia de datos punto multipunto desde una estación final a varias estaciones (broadcast o multicast) y la resolución de direcciones MAC a direcciones ATM.

El ATM Forum ha dejado bastante libertad a los implementadores en cuanto a la localización física de estos tres servidores. Por ejemplo, los tres servidores podrían estar implementados en un nodo de la red ATM como una única aplicación, o estar distribuidos en la red, con el LEC corriendo, por ejemplo, en un nodo de la red, el LECS corriendo en un sistema final ATM, y el BUS residiendo en un convertidor ATM a LAN. En condiciones normales de tráfico, se suelen implementar en un solo dispositivo.

La emulación de LAN es un servicio de nivel 2, completamente independiente de los protocolos de nivel superior (véase figura anterior). Por lo tanto, no solo maneja protocolos encaminables, (TCP/IP, APPN, IPX...), si no que también maneja comunicaciones mediante protocolos no encaminables (SNA, Netbios, LAT...).

A continuación se detallan los componentes de LAN Emulation.

Ciente de LAN Emulation (LEC)

El cliente de LAN Emulation es la entidad en los sistemas finales que lleva a cabo la entrega de datos, resolución de direcciones y algunas funciones de control. Los clientes y el Servicio de Emulación de LAN interactúan de una interfaz completamente definida, utilizando Unidades de Datos del Protocolo (PDU), que se conoce como LUNI (LAN Emulation to Network Interface) y que curiosamente se pronuncia LOONY. Esto en la siguiente figura.

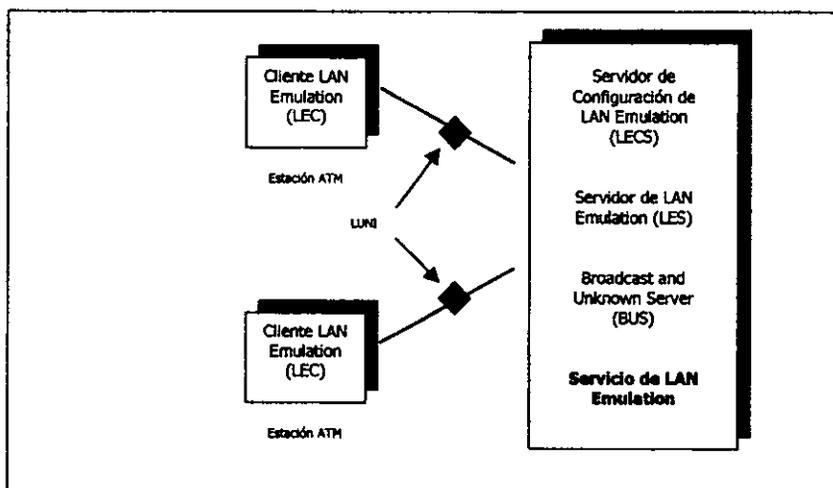


Figura 3.8. Interfaz de usuario a red en Emulación de LAN (LUNI)

El LEC ofrece por lo tanto una interfaz emulada a nivel MAC que pueden utilizar los niveles superiores.

Broadcast and Unknown Server (BUS)

El BUS es el servidor de difusión para una LAN Emulada. Hay un BUS lógico por cada LAN emulada. Se establece una conexión punto a punto (Multicast Send) desde cada LEC en la LAN emulada y el BUS cuando el cliente LEC se une a la LAN. Los paquetes que el LEC recibe de sus niveles superiores para que sean difundidos (broadcast) se envían al BUS, el cual los recibe como paquetes completos. El BUS envía los paquetes a todos los LECs, usando una conexión punto a punto (Multicast Forward). Esto se lleva a cabo mediante una política FIFO, un paquete cada vez, de tal forma que no se mezclen células de diferentes paquetes en la salida.

Los LECs también envían paquetes cuyo destino es aún desconocido para el BUS. Éste envía paquetes a , al menos, todos los LECs que en el momento de la conexión se registraron como

dispuestos a recibir dichos paquetes de destino desconocido (normalmente puentes, encaminadores ..., conocidos genéricamente como "apoderados" (proxy).

LAN Emulation Server (LES)

El LES es el servidor encargado de la resolución de direcciones en una LAN emulada. Hay un LES lógico en cada LAN emulada. Cuando un LEC recibe de los niveles superiores un paquete para enviar, busca la dirección MAC destino en sus tablas. Si ya tiene una conexión asociada con la dirección MAC, transmite el paquete por dicha conexión. Si no tiene establecida la conexión, pero conoce la dirección ATM asociada con la dirección MAC destino, solicita entonces que se establezca una conexión con el destino. Si no tiene la conexión establecida y no conoce la dirección ATM, tiene que enviar una petición LE_ARP (LAN Emulation Address Resolution Protocol) al LES (en la Conexión Directa de Control) preguntando la dirección ATM asociada con la dirección MAC destino.

El LES puede guardar en su caché las asignaciones de direcciones ATM y MAC. Estas asignaciones se mantienen cuando los LECs se registran en el LES. Si se conoce la asignación, el LES puede contestar directamente al LEC, proporcionándole la dirección ATM que necesita para establecer la conexión con el destino.

Si el LES no conoce la dirección MAC, entonces difunde la petición LE_ARQ a los LECs de la LAN emulada utilizando la Conexión Distribuida de Control. Cuando un LEC recibe una petición LE_ARP, verifica en sus propias tablas si la dirección MAC solicitada es la suya propia o si la conoce ese LEC está actuando como un apoderado de dirección de dirección MAC. Si es un apoderado, ese LEC envía una respuesta LE_ARP de vuelta al LES. Éste, a su vez, la devuelve al LEC que originó la petición LE_ARP. El LEC puede estar programando para recordar estos detalles en su caché.

Una vez conocida la dirección MAC de destino (o la de su apoderado, un puente transparente, por ejemplo), se puede establecer una Conexión Directa de Datos entre el LEC que originó la petición y el destino.

LAN Emulation Configuration Server (LECS)

El LECS mantiene una base de datos con información de configuración de la LAN emulada. Hay un LECS lógico por cada LAN emulada. Cuando un LEC se inicia, una de las primeras acciones es establecer una conexión con el LECS enviando su configuración e incluyendo la dirección ATM del LES con el que debería contactar para unirse a la LAN emulada. La base de datos en el LECS debería ser iniciada normalmente por el administrador de la red y gestionada mediante aplicaciones del plano de gestión (arquitecturas SNMP, CMIS/CMIP, TMN...). La base de datos podría ser centralizada o distribuida.

CONEXIONES

Un cliente LEC tiene CCV diferentes para tráfico de control (por ejemplo, peticiones LE_ARP) y para tráfico de datos (para enviar tramas encapsuladas de tipo IEEE 802.3 e IEEE 802.5). Cada CCV lleva tráfico para sólo una LAN emulada. Las CCV forman una red de conexiones entre los LECs y las otras entidades de LAN Emulation (LECS, LES y BUS).

En la siguiente figura se muestra un ejemplo del conjunto de conexiones a través de la interfaz LUNI en una configuración simple de dos LECs, el LECS, el LES y el BUS.

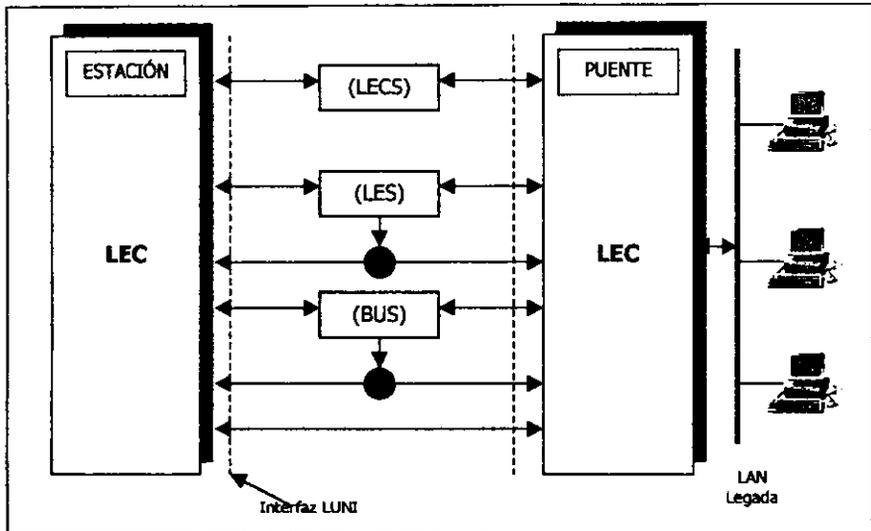
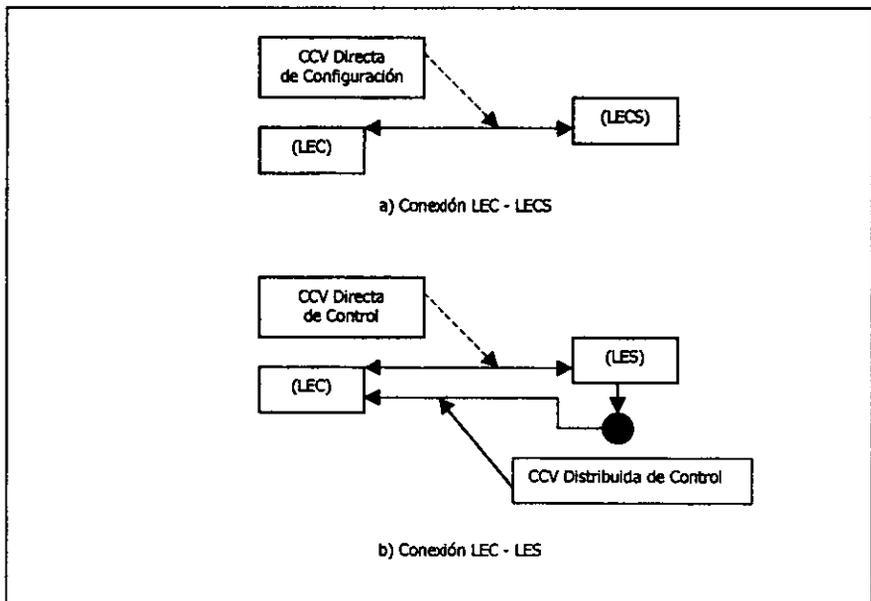


Figura 3.9. Ejemplo de conexiones a través de la Interfaz LUNI.

En la siguiente figura a) b) c) y d) se representan respectivamente las conexiones que se establecen entre LEC y LECS, LEC y LES, entre clientes, LEC-LEC, y, por último, entre LEC y BUS.



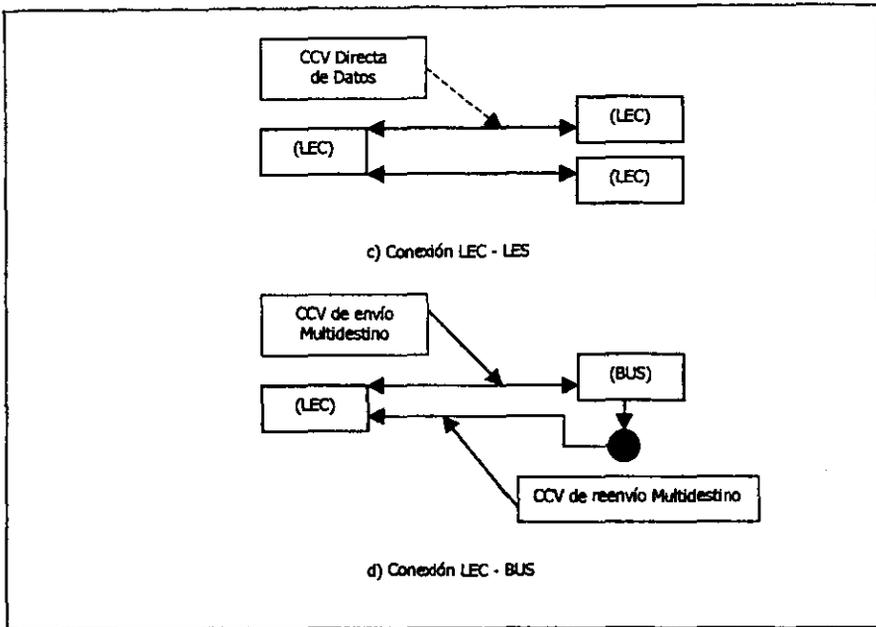


Figura 3.10. Conexiones en LAN Emulation.

3.3.3. OPERACIÓN DE LA EMULACIÓN DE LAN

Básicamente, la actividad que se desarrolla en una LAN emulada es la siguiente, esquematizada en la siguiente figura.

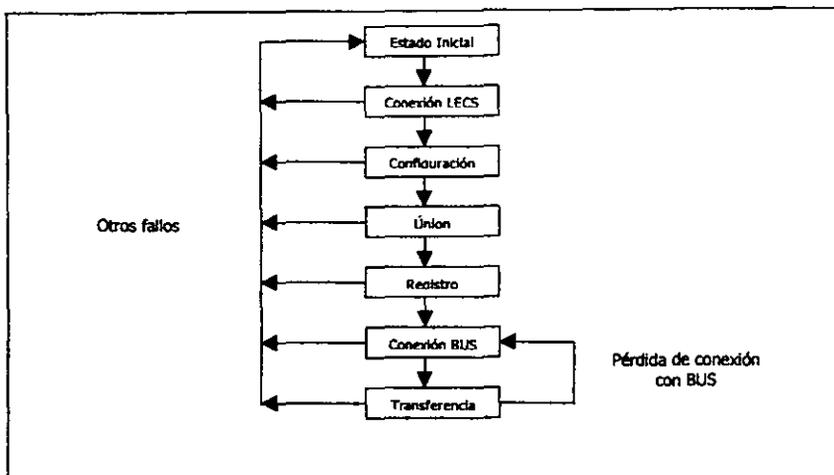


Figura 3.11. Fases de operación en Emulación de LAN.

1. **Iniciación:** lo primero que hace un cliente de LAN Emulation (LEC) es localizar y crear una conexión con la dirección ATM del Servidor de Configuración (LECS); bien utilizando ILMI (Interim Local Management Interface) definido por el ATM Forum, para intentar encontrar la dirección del servidor de configuración en una tabla, bien a través de una dirección ATM conocida o utilizando el circuito virtual reservado ITV/ICV 0/17. Esta conexión inicial LEC-LECS se denomina CCV Directa de Configuración.
2. **Configuración:** una vez que el cliente ha establecido la conexión con el LECS, transmite una trama de Petición de Configuración (Configuration Request), que contiene su dirección ATM, su dirección MAC e información de tipo LAN que soporta y el máximo tamaño de trama que acepta. El LECS devolverá entonces información de tipo LAN y la dirección ATM del Servidor de LAN Emulation (LES). En este momento, el LEC puede terminar la conexión con el LECS.
3. **Unión:** el cliente LEC crea entonces una conexión con el LES, denominada CCV Directa de Control. Una vez que la conexión se ha establecido, el LEC transmite una trama de Petición de Unión (Join Request) que contiene información específica de la LAN emulada. El LES valida la petición de unión del LEC y si este es un apoderado (por ejemplo, un puente transparente), el LES crea una CCV Distribuida de Control con el LEC, la cual se usa para enviar peticiones de resolución de direcciones que el LES es incapaz de responder directamente (de esta forma LAN Emulation soporta puentes transparentes). Una vez que el LES ha validado la Petición de Unión, y, si ha sido necesario, a creado la CCV Distribuida de Control, devuelve una Respuesta de Unión (Join Response), indicando el estado, el tipo de LAN y el tamaño de trama.
4. **Registro en el BUS:** una vez que el cliente se ha registrado en el LES, le pregunta cual es la dirección ATM que se corresponde con la dirección MAC de la difusión (broadcast) que es la dirección que se utiliza para indicar que un mensaje esta dirigido a todas las estaciones de la red. Esta dirección es la dirección ATM del BUS. El cliente entonces establece la conexión de datos con el BUS el cual añade el cliente tanto a su conexión virtual punto a multipunto como a su conexión punto a punto, dentro de su topología en estrella.
5. **Transferencia de datos:** en este momento, el cliente LEC está listo para enviar datos a otra estación en la LAN emulada. Cuando el LEC recibe el orden de enviar un paquete de sus niveles superiores, consulta si se conoce la dirección ATM del destino. El bit inicial de la dirección MAC destino le indica si el paquete va a una sola dirección (unicast) o va dirigido a varias estaciones (multicast/broadbast). Si va dirigido a varias estaciones, el paquete se pasa al BUS para que sea distribuido en la red. Si va en una sola dirección, el LEC comprueba si conoce la dirección

ATM que corresponde a la dirección MAC. Si la conoce busca si tiene ya establecida una conexión virtual. Si la tiene envía el paquete; si no, utiliza los procedimientos de señalización para establecerla. Pero si no conoce la dirección ATM correspondiente, produce una petición LE_ARP al LES solicitándola.

Envío de datos utilizando el BUS

Una vez que el LEC se ha unido con éxito a la LAN emulada, tendrá una conexión con el BUS (si perdiese esta conexión debería unirse de nuevo a la LAN emulada). Cuando el LEC reciba un paquete de dos niveles superiores con una dirección MAC de tipo difusión (broadcast o multicast), envía el paquete al BUS, el cual lo distribuye a todos los otros LECs en la LAN emulada.

El BUS acepta tramas de difusión desde las diferentes Conexiones de Envío Multidestino, CCV Multicast Send, y las entrega a la Conexión de Reenvío Multidestino, CCV Multicast Forward.

CONCLUSIONES

Partiendo de las características de las diversas redes y servicios, se plantea la conveniencia de definir un concepto de transferencia que opere en todo tipo de entornos: LAN, MAN y WAN, sea escalable, sea adecuada para tráfico integrado de datos, audio y video, y cubra una amplia gama de velocidades, hasta los Gbps.

La tecnología ATM se perfila como la solución más adecuada para todo tipo de redes y servicios. ATM o Modo de Transferencia Asíncrono es un concepto basado en multiplexación estadística, conceptualmente basado en la conmutación de paquetes y orientado a conexión. Los paquetes son células de tamaño fijo, con 48 octetos de información y 5 octetos de cabecera, para conseguir un adecuado compromiso entre las aplicaciones de datos y las de voz de video. La longitud constante de las células permite un efectivo control del retardo y de la variación del retardo, y facilita la realización de conmutadores ATM de alta velocidad.

Ciertamente, aún quedan caminos que recorrer para que las redes ATM cumplan todos sus objetivos. Las capas de arquitectura de los equipos finales ATM deberán contribuir a compensar las funciones proporcionadas por la capa ATM de las redes. Por ello es necesario una decidida voluntad de entendimiento entre los operadores de redes y los fabricantes de equipos.

También se analizaron los elementos de la arquitectura de la RDSI-BA. El Modelo de Referencia de Protocolos, como es habitual, se compone de planos de usuario, de control y de gestión. Fundamentalmente se han tratado las entidades del plano usuario y los principios de operación de la señalización en el plano de control, así como se ha esbozado el concepto de niveles, relacionados con flujos QAM.

En el plano de usuario, las redes ATM proporcionan los servicios de la capa ATM y de la capa física. La capa AAL, en el plano de usuario, reside en los equipos terminales ATM.

La transferencia ATM se puede realizar sobre numerosas capas físicas, tanto estructuradas, basadas en la Jerarquía Digital Síncrona, JDS o SDH, como en la Jerarquía Digital Plesiócrona, JDP o PDH, como no estructuradas en tramas, como en el caso de la capa física ATM a 25,6 MBPS, que permite introducir la tecnología ATM en las estaciones de trabajo a precios relativamente económicos.

La capa ATM es el centro de la arquitectura de la red. Construye las células y realiza una serie de funciones entre las que se encuentran la multiplexación y demultiplexación de las células en Canales Virtuales y Trayectos Virtuales, con la consiguiente asignación y traslación de etiquetas identificadoras.

La capa AAL complementa las funciones de la capa ATM para adecuarse a la naturaleza de la heterogeneidad de servicios demandados por las capas superiores. Por esta razón, la definición de la capa AAL es un problema muy complejo. En la actualidad se tiende a la utilización de la clase AAL 5 para la mayoría de los servicios, y de la capa AAL 1 específicamente para los servicios CBR que requieren una estricta relación temporal.

Las características de la tecnología ATM la convierten en una solución muy atractiva para su integración en redes de Área Local y grupos de trabajo.

La migración y coexistencia de la LAN tradicionales hacia ATM no es un problema trivial, porque sus características son heterogéneas. Así las redes ATM son orientadas a conexión y las LAN operan por difusión.

ATM puede integrarse en una LAN como un sistema basado en hubs (los propios conmutadores ATM), o bien como un sistema basado en encaminadores entre los cuales los nodos ATM realizan las funciones de conmutación.

La operación de un sistema basado en encaminadores está definido en la RFC 1577, Classical IP and ARP over ATM, para IP, encapsulado directamente en AAL 5, y en la RFC 1483, Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5, que contempla numerosos protocolos encapsulados sobre LLC/NSAP.

La operación de un sistema basado en hubs se denomina Emulation de LAN, tiene la ventaja de poder conservar los protocolos y los manejadores de dispositivos MAC existentes. También permite la coexistencia de varios tipos de capa de red. Está definida en el documento del ATM Forum LAN Emulation over ATM.

Lógicamente, en este segundo esquema pueden emplearse también encaminadores para separar subredes, por razones de administración y/o seguridad.

ACRONIMOS

AAL	Asynchronous Transfer Mode Adaption Layer
ABR	Available Bite Rate
ABT	ATM Block Transfer
ANSI	American National Standars Institute
APPN	Advanced Peer to Peer Networking
ARP	Adress Resolution Protocol
AT	Adaptador de Terminal
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BUS	Broadcast and Unknown Server
CAC	Control de Admisión de Conexión
CAD/CAM	Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing
CBR	Constant Bit Rate
CCITT	Comite Consultatif International Telegraphique et Telephonique
CCV	Conexión de Canal Virtual
CdS	Calidad de Servicio
CDV	Cell Delay Variation
CER	Cell Error Ratio
CLP	Cell Loss Priority
CLR	Cell Loss Ratio
CMIS/CMIP	Common Management Information Services/Common Management
CMR	Cell Misinsertion Rate
CPCS	Common Part CS
CRC	Cyclic Redundancy Check
CS	Convergence Sublayer
CTD	Cell Transfer Delay
CTV	Conexión de Trayecto Virtual
CV	Canal Virtual
DQDB	Distributed Queue Dual Bus
DSAP	Destination Service Access Point
ECV	Enlace de Canal Virtual
EFCI	Explicit Forward Congestion Indication
ET	Equipo Terminal
ETD	Equipo Terminal de Datos
ETSI	Europeen Telecommunication Standards Intitute
ETV	Enlace de Trayecto Virtual
FDDI	Fiber Digital Device Interface
FDDI	Fiber Distributed Data Interface
FIFO	First In First Out
GCRA	Generic Cell Rate Algorithm
GFC	Generic Flow Control
HEC	Header Error Control
ICV	Identificador de Canal Virtual
IDU	Interface Data Unit
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF	Internet Engineeing Task Force
IP	Internet Protocol
IPX	Internetwork Packet Exchange
ISDN	Integrated Services Digital Network
ITV	Identificador de Trayecto Virtual
LAN	Local Area Network

LE-ARP	LAN Emulation-Address Resolution Protocol
LEC	LAN Emulation Protocol
LECS	LAN Emulation Configuration Server
LES	LAN Emulation Server
LIS	Logical IP Subnet
LUNI	LAN Emulation User to Network Interface
LLC	Logical Link Control
MAC	Media Access Control
MAN	Metropolitan Area Network
MCTD	Mean Cell Transfer Delay
MIC	Modulación por Impulsos Codificados
MTS	Módulo de Transporte Síncrono
NDIS	Network Driver Interface Specification
NNI	Network to Network Interface
NNI-ICI	NNI-InterCarrier Interface
NRZI	Non Return to Zero Invert on ones
NSAP	Network Service Access Point
OAM	Operaciones Administración y Mantenimiento
OC	Optical Carrier
ODI	Open Data-Link Interface
OSI	Open Systems Interconnection
OSPE	Open Shortest Protocol First
PBX	Private Branch Exchange
PAD	Packet Assembler/Disassembler
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
PDM	Physical Layer Medium Dependent
PDU	Protocol Data Unit
PMD	Physical Layer Medium Dependent
POH	Path Over Head
PTI	Payload Type Identifier
RDI	Red Digital Integrada
RDSI	Red Digital de Servicios Integrados
RDSI-BA	Red Digital de Servicios Integrados-Banda Ancha
RDSI-BE	Red digital de Servicios Integrados-Banda Estrecha
RFC	Request For Comments
RM	Resource Management
SAR	Segmentation And Reassembly
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SDU	Service Data Unit
SMDS	Switched Multi-MegabitData Service
SNA	Systems Networks Architecture
SNAP	Subnetwork Attachment Point
SNMP	Simple Network Management Protocol
SOH	Section OverHead
SONET	Synchronous Optical Network
SSAP	Source Service Access Point
SSCF	Service-Specific Coordination Functions
SSCOP	Service-Specific Connection-Oriented Protocol
SSCS	Service Specific CS
STM	Synchronous Transport Module
STP	Service Transaction Program
STP	Synchronous Twisted Pair
STS	Synchronous Transport Signal

**ESTA TESIS
SALIR DE LA
NO DEBE
DE LA
BIBLIOTECA**

TDM	Time Division Multiplexing
TR	Terminación de RED
TV	Trayecto virtual
UBR	Unspecified Bit Rate
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UNI	User to Network Interface
UPC	User Parameter Control
UTP	Unshielded Twisted Pair
VBR	Variable Bit Rate
VCI	Virtual Channel Identifier
VS/VD	Virtual Source/Virtual Destiny
WAN	Wide Area Network

BIBLIOGRAFIA

Comunicaciones de Voz y Datos
José Manuel Huidobro
Editorial Paraninfo

Telecomunicaciones: Redes de Datos
GS Comunicaciones
Editorial Mc. Graw Hill

Redes de Alta Velocidad
Jesús García Tomás, Santiago Ferrando-Mario Piattini
Editorial ca-ma

Redes del Futuro
Revista Alcatel
1er. Trimestre, 1998