



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
SECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION

MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA DE
TELECOMUNICACIONES



"Análisis de las actuales tendencias para implementar ATM en redes LAN"

**Tesis para obtener el grado de Maestro en ciencias
en ingeniería de telecomunicaciones.**

Presenta : Ing. Antonio Almaraz Ponce

México D.F. abril de 1999.

Indice

Resumen (Versión en español)	1
Resumen (Versión en inglés)	3
Introducción	5
 Capítulo 1. Consideraciones teóricas.	
1. Antecedentes	9
1.1 Ubicación de ATM en el modelo de referencia OSI	9
1.1.2 Funciones de la capa física	9
1.1.2.1 Funciones de la subcapa de convergencia de la transmisión (TC)	10
1.1.2.2 Funciones de la subcapa del medio físico (PM)	11
1.1.3 Funciones de la capa de enlace de datos	11
1.1.3.1 Capa ATM	12
1.1.3.2 Capa de adaptación ATM (AAL)	12
1.1.3.3 Capa de convergencia (CS)	13
1.1.3.4 Capa de segmentación y reensamblaje	14
1.2 Celdas ATM	18
1.3 Calidad de servicios (QoS)	20
1.3.1 Requerimientos de calidad de servicios para aplicaciones de audio y video	21
1.3.2 Requerimiento de QoS para imágenes y texto	27
1.4 Arquitectura de los servicios ATM	28
1.4.1 Servicios con tasa de bits constante (CBR).....	28
1.4.2 Servicios en tiempo real con tasa de bits variable (rt-VBR)	29
1.4.3 Servicios en tiempo no real con tasa de bits variable (nrt-VBR)	30
1.4.4 Servicios con tasa de bits sin especificar (UBR)	31
1.4.5 Servicios con tasa de bits disponible (ABR).....	31
1.5 Operación de los switches ATM	33

Capítulo 2. Análisis de la operación y problemas de LANE e IP sobre ATM

2.1	Justificación	36
2.2	Análisis del funcionamiento de LANE	39
2.3	Componentes de LANE	42
2.4	Operación de LANE	45
2.4.1	Envío de datos usando el BUS	45
2.4.2	Resolución de direcciones	46
2.4.3	Resumen de operación	47
2.5	ATM, LANE y redes virtuales	49
2.6	IP sobre ATM	51
2.6.1	Encapsulación de paquetes	51
2.6.2	Resolución de direcciones	52
2.7	Problemática de la emulación de redes LAN sobre ATM	55
2.7.1	Problemas al usar aplicaciones LAN sobre ATM.....	55
2.8	Problemas al usar ATM como backbone entre LANs	56
2.9	Problemas que presenta IP sobre ATM.....	57

Capítulo 3. Análisis de las soluciones y tendencias a la problemática de la emulación de redes LAN sobre ATM y de IP sobre ATM

3.1	Problemas que se derivan de solo encapsular la subcapa MAC	58
3.2	Multiprotocolos sobre ATM (MPOA).....	61
3.2.1	Formato de la trama AAL 5	62
3.2.2	Encapsulación de LLC	63
3.2.2.1	Encapsulamiento de protocolos de ruteo.....	63
3.2.2.2	Encapsulamiento de protocolos de puenteo.....	65
3.2.3	Multiplexaje basado en canales virtuales.....	66

3.3 LANE V 2.0	68
3.3.1 Interacciones con otras entidades proveedoras de servicios LANE	68
3.3.2 Flujos de información de LES a LES.....	71
3.3.3 Flujos de información de BUS a BUS.....	73
3.3.4 Flujos de información de LECS a LES y de LECS a BUS	73
3.4 Problemas al usar ATM como backbone entre redes LAN	75
3.4.1 Problemas de administración de la red.....	77
3.4.2 Problemas de ruteo en redes virtuales.....	79
3.4.2.1 Ruteo en el borde	80
3.4.2.2 Ruteo en un elemento	81
3.4.2.3 Servidor de ruteo	82
3.4.2.4 MPOA para solucionar los problemas de ruteo entre redes virtuales	84
3.4.3 Problemas de IP sobre ATM	85

Capítulo 4: Tendencias y recomendaciones.

4.1. Tendencias a usar Tecnología ATM en backbones entre redes LAN.	87
4.1.1 Red de datos de la Universidad Autónoma de México (UNAM).	88
4.1.2 Red de datos del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM).....	90
4.1.3 Red de datos del Instituto Politécnico Nacional (IPN)	93
4.2. Tendencias a usar ATM en modo de emulación de LAN's y en modo nativo.....	95
4.2.1 Internet II	96

4.3	Recomendaciones.....	98
4.3.1	Comparación de tráfico entre redes LAN reales y redes LAN emuladas	98
4.3.2	Requerimientos mínimos para emular LAN's	102
4.3.3	Ejemplo de diseño de una red para telediagnóstico	103
4.4	Conclusiones	106
	Glosario	107
	Indice de tablas y figuras	118
	Referencias	123
	Anexo A: RFC 1483 Encapsulamiento de multiprotocolos sobre AAL 5.....	126
	Anexo B: RFC 1577 IP clásico sobre ATM	137
	Anexo C: Estructura de la red de datos del Instituto Politécnico Nacional (IPN)	147

RESUMEN

El desmesurado crecimiento de las redes de datos en los últimos años, ha traído como consecuencia nuevas necesidades en cuestión de ancho de banda, tales como videoconferencia, video sobre demanda, voz de alta calidad, acceso a Internet y a intranets a alta velocidad y eficiencia entre otros, ante esta problemática, en el transcurso de esta década, se han desarrollado nuevas tecnologías para transmisión de datos. Una de las propuestas mas prometedoras es la tecnología conocida como Modo de Transferencia Asíncrono (ATM); Dado que ésta es una tecnología que aún esta en desarrollo, se podría pensar que existen aún muchas cosas por definir al respecto, sin embargo en los últimos años, esta propuesta ha demostrado ser una opción madura para resolver las necesidades presentes y futuras de ancho de banda, tal ha sido su crecimiento que ha incursionado en el campo de las redes de área local (LAN), campo para el cual no fue diseñada.

ATM es una tecnología diseñada para soportar los requerimientos de ancho de banda de la RDSI de banda ancha (W-ISDN), entre sus características mas importantes se encuentran la capacidad de transportar datos, audio y video sobre un mismo canal, transportar esta gamma de tráfico a velocidades mucho mayores a las soportadas por otras tecnologías actuales como Frame Relay y ethernet gigabit, además a este tráfico de datos se le garantiza una calidad de servicio (QoS), con lo cual se pueden dar servicios en tiempo real.

ATM es un protocolo de conmutación de paquetes que utiliza paquetes de 53 bits llamados celdas, cada celda se rutea hasta su destino a través de dos parámetros llamados identificador de ruta virtual e identificador de canal virtual (VPI y VCI respectivamente) contenidos en el cuerpo de cada celda.

Para que una tecnología como ATM, que es orientada a conexión, pueda acoplarse con tecnologías de broadcast como ethernet y token ring, es necesario que se intente compensar las diferencias que existen entre ambas tecnologías, debido a que ATM es mucho mas flexible que las tecnologías de broadcast, estas diferencias se compensan a través de ATM, esto dio como origen dos corrientes tecnológicas, la emulación de LAN's y las implementaciones en modo nativo.

De ambas corrientes tecnológicas la mas avanzada hasta ahora es la emulación de LAN's (LANE), que emula un broadcast entre clientes LANE para que estos puedan convivir con redes de broadcast, sin embargo en su primera versión, LANE carecía de algunos aspectos fundamentales para cumplir con su propósito, debido a esto, ahora LANE se encuentra en su versión 2 y se complementa con el estándar de multiprotocolos sobre ATM (MPOA), con lo cual un cliente LANE que contiene una o mas entidades MPOA puede ser una PC de escritorio con características especiales como un sistema operativo que corra con multitareas y multi-hilos, así como lo hace Unix ó NT y un procesador eficiente (RISC o Pentium pro).

Respecto a las implementaciones en modo nativo, estas consisten en encapsular los protocolos de la capa de red en celdas ATM. En este caso se encuentran dos propuestas, IP sobre ATM e IPX orientado a conexión (CO-IPX). A este respecto el principal obstáculo que se presenta es el hecho de que la mayoría de las implementaciones en modo nativo se hacen con tecnología propietaria, además que debido a su naturaleza de modo nativo, el ruteo es ineficiente para una tecnología como ATM.

RESUME

The inordinate growth of the data nets in the last years, it has brought as consequence new needs in a matter of bandwidth, such as videoconference, video on demand, high-quality voice, access to Internet and to intranets to high speed and efficiency among other, before this problems, in the course of this decade, they have been developed new technologies for data transmission. One of the proposals but promising is the technology known as Asynchronous Transfer Mode (ATM); since this is a technology that yet this in development, it could think that exist yet many things by defining in this regard, however in the last years, this proposal has demonstrated be an option matures to solve the future and present needs of bandwidth, such has been his growth that there has incursioned in the field of the local area nets (LAN), field for the one which was not designed.

ATM it is a technology designed to sustain the requirements of bandwidth of the RDSI broad band (W-ISDN), among their characteristic important are found the capacity of transporting data, audio and video on a same channel, to transport this traffic gamma to speeds much greater to the sustained additionally current technologies as Frame Relay and ethernet gigabit, furthermore to this data traffic is guaranteed a quality of service (QoS), with something which can be given services in real time.

ATM it is a protocol of packages commutation that uses packages of 53 bits call cells, each cell is guide to destination through two parameters called identifier of virtual route and identifier of virtual channel (++VPI and ++VCI respectively) contents in the body of each cell.

So that a technology as ATM, that it is guided to connection, could be coupled with technologies of broadcast as ethernet and token ring, it is necessary that is attempted to compensate the differences that exist among both technologies, due to the fact that ATM it is much but flexible that the technologies of broadcast, these differences are compensated through ATM, this gave as origin two technological currents, the emulation of LAN'S and the implementations in indigenous manner.

Of both technological currents the more advanced up until is the emulation of LAN'S (LANE), that emulates a broadcast between clients LANE so that these could live together with broadcast network, however in the first version, LANE was lacking some fundamental aspects to comply with purpose, due to this, now LANE is found in second version and is complemented with the standard of multiprotocols on ATM (MPOA), with something which a client LANE that contains an or but entities MPOA can be an PC of office with special characteristics as an operative system that run with multitasking and multiwire, as well as makes it Unix or NT and an efficient processor (RISC or Pentium pro).

With respect to the implementations in native mode, consist encapsulate the protocols of the net cap of cells ATM. In this case they are found two proposals, IP on ATM and IPX guided to connection (CO-IPX). To this respect the principal obstacle that is presented is the fact of the fact that most of the implementations in native mode are made with owner technology, furthermore that due to his native mode, the guided is inefficient for a technology as ATM.

Introducción

A finales de la década pasada y durante el transcurso de esta, la necesidad de contar con redes ha crecido de manera asombrosa, el crecimiento de redes corporativas y de redes públicas ha sido cada vez más común y el usar solo puentes para distribuir el tráfico entre redes LAN resultó cada vez más inadecuado.

Ante esta problemática, durante los últimos años se han desarrollado nuevos equipos y protocolos que no solo permiten una mejor administración de la red, sino que además son capaces de mejorar en mucho el desempeño de un sistema autónomo convencional.

Entre los equipos más comúnmente usados están los llamados switches, en el caso de que se usen en redes LAN convencionales, estos son capaces de asignar canales de 10 Mbps a cada uno de sus puertos en vez de compartir una acometida de 10Mbps entre todos sus puertos, sin embargo, en la actualidad aún esto resulta insuficiente, hoy en día una red corporativa o pública muchas veces necesita un backbone que pueda manejar velocidades del orden de cientos de megabits por segundo e incluso de gigabits por segundo, además cada vez se hace más necesario el implementar aplicaciones en tiempo real.

Durante muchos años la solución a estas necesidades fue el usar redes X.25 sin embargo a principios de esta década esta tecnología se volvió cada vez más inapropiada. Ante esta perspectiva, se desarrolló la especificación Frame Relay, la cual es capaz de transportar datos a velocidades mucho más grandes que X.25. Esto lo logra principalmente reduciendo el overhead sacrificando solamente la integridad de los datos; esto es, en X.25 se implementan algoritmos de detección y corrección de errores, también implementa

control de flujo; mientras que en Frame Relay solo se implementa un chequeo cíclico de paridad (CRC) de tal forma que las tramas dañadas se descartan y se retransmiten, y el control de flujo y de errores se deja para capas superiores (capas de red y de transporte) pues el canal físico ya sea fibra óptica o cable UTP no es propenso a tantos problemas como el canal usado en redes X.25 que por lo regular eran líneas telefónicas ruidosas cuando se desarrollo la especificación.

Además la especificación Frame Relay es un desarrollo que esta orientado hacia una mejor escalabilidad y un mejor desempeño que X.25, sus características han provocado que hoy en día sea esta tecnología la mas utilizada para backbones en redes públicas y en redes corporativas, y además, en algunos aspectos puede competir fuertemente con la tecnología ATM.

Sin embargo, aún Frame Relay también tiene sus limitantes, esto es, Frame Relay es capaz de transportar datos a velocidades del orden de E0 a E1, e incluso actualmente algunos fabricantes de equipo Frame Relay llegan a manejar ordenes de un T3, pero no aún así no es capaz de transportar datos en tiempo real pues la estructura de su trama puede provocar grandes retardos en el flujo de datos.

Algunos fabricantes de equipo Frame Relay ante esta problemática han comenzado a fabricar switches Frame Relay que son capaces de fragmentar las tramas a ordenes de cientos de bits con lo cual se reduce el retardo de los datos, pero estas propuestas aún son tecnologías propietarias

La trama Frame Relay tiene una longitud mínima de 265 bytes y una longitud máxima de 8000 bytes (figura 11.), y por tanto la duración de los retardos es aleatoria y aún en el mejor de los casos puede provocar graves problemas en aplicaciones de tiempo real.

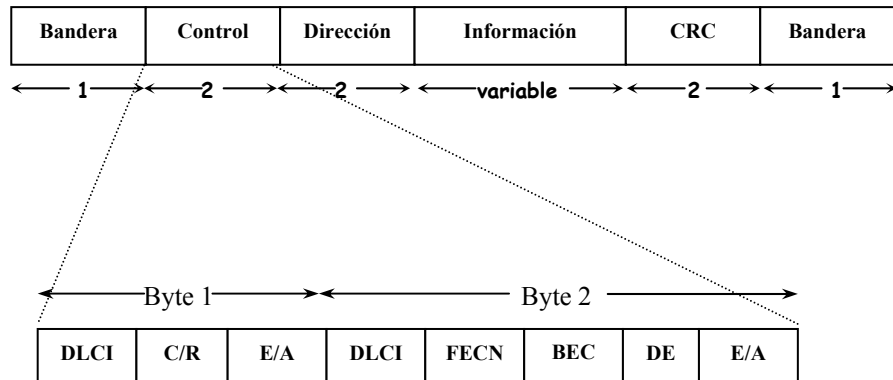


Figura I1 Formato de la trama Frame Relay.

Donde:

Bandera. Indica el principio o final de cada trama

Dirección. Es la dirección Frame Relay destino.

Información. Este campo contiene el PDU de la capa superior.

CRC. Es el campo para chequeo cíclico de paridad, en caso de que el chequeo no corresponda se acude al el campo D/E para ver si la trama es retransmitida o no.

Control. Este campo se utiliza para proporcionar control de las aplicaciones, canales virtuales, etc. Este campo se conforma con los siguientes campos:

DLCI. Es un numero que identifica el circuito virtual (Data Link Connection Identifier)

C/R. Esta reservado para cada aplicación (Command/Response)

E/A. Brinda una extensión de la dirección en caso de ser necesario (Extended/Adress)

FECN. Se usa para notificar sobre congestión a los nodos siguientes (Forward Especific Congestion Notification)

BECN. Se usa para notificar sobre congestión a los nodos anteriores (Backward Especific Congestion Notification)

D/E. Identifica las tramas que pueden ser descartadas (Discard Eligibility) en caso de que se encuentren errores en estas, con esto ya no es necesario retransmitir todas las tramas que se dañen, solo las que no puedan ser descartadas.

Mientras las propuestas para mantener a flote Frame Relay aún sean tecnologías propietarias, y aún si se llegaran a convertir en estándar, la tecnología que promete solucionar la problemática actual y futura es la tecnología ATM, pues esta fue concebida para transportar datos a velocidades muy superiores a las de Frame Relay, de ordenes como mínimo de OC 3 (155 Mbps), y además puede soportar tráfico de aplicaciones en tiempo real y garantizar una calidad de servicio. Además ATM es una tecnología cuyo crecimiento es controlado por consenso internacional y no por observación y estrategia de una simple compañía.

ATM se desarrolló inicialmente para la transmisión de información en redes ISDN de banda ancha, con tasas de transmisión que van desde 150 Mbps hasta el orden de 2.5 Gbps, pudiendo crecer hasta unos 10 Gbps y más. Además, ATM puede soportar todo tipo de tráfico, tanto datos como voz y video, puede transportar tráfico en tiempo real y garantizar calidad de servicio según las necesidades de las aplicaciones. Así mismo, ATM pretende que en un futuro no lejano, las diferencias que existen en la transmisión de datos en redes LAN y redes WAN desaparezcan

Capítulo 1. Consideraciones Teóricas.

1. Antecedentes.

ATM es una tecnología que se desarrolló para soportar los requerimientos de ancho de banda de la W-ISDN, entre sus características más relevantes se encuentra la capacidad de transportar datos, audio y video sobre un mismo canal físico y de manera simultánea, e incluso para aplicaciones en tiempo real, además de transportarlo a velocidades mucho mayores (órdenes que van desde los Mbps hasta Gbps) a las soportadas por otras tecnologías usadas actualmente como Frame Relay, X.25 ó ethernet Gigabit.

1.1 Ubicación de ATM en el modelo de referencia OSI

Con referencia al modelo OSI, ATM se sitúa en las capas bajas de este, es decir en las capas física y de enlace de datos, así mismo, cada capa se subdivide en subcapas como se muestra en la figura 1.1.

1.1.2 Funciones de la capa física

Aún cuando la especificación de la capa física no corresponde a la definición de ATM, los comités lo toman como si lo fuera. T1S1 ha estandarizado en SONET la capa física preferida y la clasificación STS hace referencia a las velocidades de SONET (como por ejemplo STS-3c soporta 155 Mbps, STS-12 622 Mbps y STS-48 2.4 Gbps), también se especifica que se puede usar medio óptico con una longitud de hasta 800m, o bien cable coaxial con una longitud de hasta 100m.

Dentro de la capa física, ATM contiene dos subcapas: la subcapa del medio físico (**physical medium PM**) y la subcapa de convergencia de la transmisión (**transmission convergence TC**) sus funciones son:

CAPA DE ENLACE DE DATOS	SUBCAPA DE ADAPTACION ATM	SUBCAPA DE CONVERGENCIA CS
	AAL	SUBCAPA DE SEGMENTACION Y REENSAMBLE SAR
	SUBCAPA ATM	
CAPA FISICA	SUBCAPA DE CONVERGENCIA DE LA TRANSMISION TC	
	SUBCAPA DEL MEDIO FISICO PM	

Figura 1.1 Ubicación de ATM en el modelo de referencia OSI.

1.1.2.1 Funciones de la subcapa de convergencia de la transmisión (TC).

- Generación y extracción de las tramas a transmitir en un sistema SDH (que utiliza multiplexores de inserción/extracción).
- Adaptación de las tramas a transmitir. Esta función se dedica al mapeo de celdas ATM dentro del flujo de transmisión; o bien a la extracción de las celdas ATM de el flujo.
- Delineación de celdas. Este término se usa para describir los límites de cada celda ATM en el flujo de celdas. Antes de cualquier mapeo o transmisión, los 48 bytes de la celda sin encabezado, pasan a través de un scrambling síncrono con ella misma (self-synchronous scrambling SSS) basado en el polinomio $X^{43}+1$. En el transmisor se realiza la función de scrambling, y en el receptor la delineación de celdas, verificación y descrambling.

- Generación y verificación de HEC (Header Control Error). Genera el HEC para los primeros cuatro bytes de la cada celda ATM, y lo inserta dentro de el quinto byte; Aplica el procedimiento inverso en la dirección contraria para detectar errores. La función del HEC es detectar y corregir errores simples en el encabezado, y detectar múltiples errores en la celda, en este caso la celda es descartada. El código usado para generar el HEC es un código cíclico con un polinomio generador X^8+X^2+X+1 . Se toman los cuatro primeros bytes de la celda y se escriben como un polinomio, este se multiplica por X^8 y se divide entre el polinomio generador, se le suma la secuencia 01010101 y el resultado se graba en el campo del HEC para que sea verificado en el lado del receptor; este debe sustraer la secuencia 01010101 antes de verificar el HEC.

- Acoplamiento del régimen de celdas. Agrega celdas en blanco para igualar la tasa de celdas del flujo, y descarta estas al recibirse.

1.1.2.2 Funciones de la subcapa del medio físico (PM)

Medio físico. Describe detalladamente cual es el medio de transmisión, como por ejemplo fibra óptica, cable coaxial, UTP, etc.

Base de tiempo. Convierte el flujo de bits de datos en una forma de onda adaptada al medio físico empleado, o la operación inversa según sea el caso. Inserta o extrae la información de sincronización y realiza la codificación y decodificación de línea.

1.1.3 Funciones de la capa de enlace de datos.

La capa de enlace de datos en ATM, se divide en dos subcapas, la subcapa ATM y la subcapa de adaptación ATM.

1.1.3.1 Capa ATM.

La capa ATM tiene como función preparar las celdas de longitud fija para soportar los diferentes de servicio de B-ISDN. La funcionalidad de esta capa es definida por los campos del encabezado de las celdas: ruteo (VPI, VCI), diferenciación de celdas (CLP), y de control de flujo. Estas funciones deben ser desempeñadas a tasas muy altas (Gbps) en fracciones de microsegundo, por lo que normalmente son hechas en hardware.

1.1.3.2 Capa de adaptación ATM (AAL).

El propósito de la capa de adaptación ATM (AAL) es proveer el enlace entre los servicios requeridos por las capas superiores y la capa ATM. Esta subcapa, introduce la información en paquetes ATM y controla los errores en la transmisión. La información transportada por la subcapa de adaptación se divide en cuatro clases según las propiedades siguientes:

- Que la información que esta siendo transportada dependa o no del tiempo.
- Tasa de bits sea constante o variable.
- Modo de conexión.

Con estas propiedades se definen ocho clases posibles, cuatro de ellas se definen como clases de servicios B-ISDN. La capa de adaptación ATM define cuatro servicios para equiparar las cuatro clases definidas por B-ISDN:

<i>CLASE DE SERVICIO</i>	<i>REALIZACIÓN DE BASE DE TIEMPO ENTRE FUENTE Y DESTINO</i>	<i>TASA DE BIT</i>	<i>MODO DE CONEXIÓN</i>	<i>EJEMPLOS DE SERVICIO</i>
Clase A	Requerido	Constante	Orientado a conexión	Video con tasa de bit constante
Clase B	Requerido	No constante	Orientado a conexión	Video con tasa de bit variable
Clase C	No requerido	No constante	Orientado a conexión	Transmisión de datos orientada a conexión
Clase D	No requerido	No constante	No orientado a conexión	Transmisión de datos no orientada a conexión

Tabla 1.1 Clases de servicios en ATM para B-ISDN

La capa de adaptación ATM se divide en dos subcapas, la subcapa de convergencia (**Convergence Sublayer CS**) y la subcapa de segmentación y reensamblaje (**Segmentation And Reensamble sublayer SAR**). Cuyas funciones dependen en gran medida del tipo de servicio que se requiera, sin embargo en general realizan las siguientes funciones.

1.1.3.3 Capa de convergencia (CS).

En esta capa se calculan los valores que debe llevar el encabezado y la carga del mensaje. La información del encabezado y de la carga depende de la clase de información que va a ser transportada. En ocasiones esta capa se divide en dos partes llamadas parte común (**Common Part CP**) y parte específica del servicio (**Service Specific SS**).

1.1.3.4 Capa de segmentación y reensamblaje (SAR).

Esta capa recibe la información de la capa de convergencia y la segmenta en trozos formando los paquetes ATM. Además agrega el encabezado que llevara la información necesaria para el reensamblaje en el destino.

Inicialmente la ITU recomendó cuatro protocolos para estos servicios, respectivamente AAL1.....AAL4. A causa de las semejanzas entre los protocolos de tipo 3 y 4, estos fueron unidos en un nuevo protocolo llamado AAL3/4 del cual existe una versión simplificada llamada AAL5. Las funciones básicas de estos protocolos son:

AAL—1.

Este protocolo se usa para transmitir tasas de bits constantes que dependen del tiempo, este por lo tanto debe mandar información que regule el tiempo con los datos. Este protocolo también proporciona corrección de errores e indica la información con errores que no puede ser corregida

Capa de convergencia.

Las funciones de esta capa difieren dependiendo el servicio que se provea, pero en general provee la corrección de errores.

Capa de segmentación y reensamblaje.

En esta capa los datos son segmentados y se les añade un encabezado y una cola, el encabezado contiene dos campos (como se ve en la figura 1.3) los cuales son:

El número de secuencia (**Secuence Number SN**) es usado para detectar la inserción y/ó pérdida de un paquete.

El numero de secuencia para protección (**Secuence Number Protection SNP**)es usado para corregir los posibles errores que ocurran en el numero de secuencia.

Una cola indicadora de la función de la capa de convergencia.

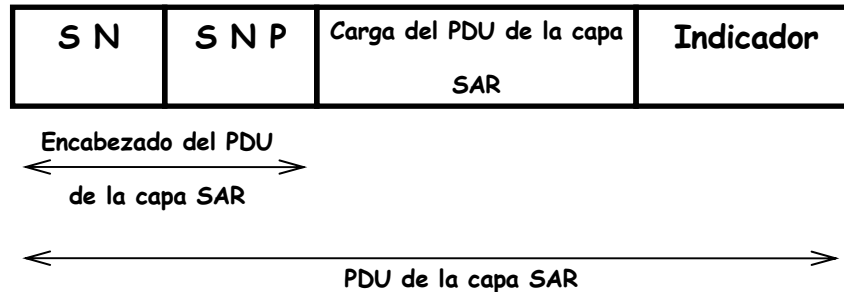


Figura 1.2 Campos del PDU de la capa de segmentación y reensamblaje para una AAL—1

AAL—2

Este protocolo se usa para transmitir información con tasas de bits variables que dependen del tiempo, La información de tiempo a envía conjuntamente con los datos para que esta pueda recuperarse en el destino. También proporciona la detección y corrección de errores.

Capa de convergencia.

En esta capa se realiza la función de corrección de errores y se transporta la información de tiempo desde el origen al destino.

Capa de segmentación y reensamblaje.

Segmenta el paquete y añade el encabezado, en este caso los campos del encabezado son:

Numero de secuencia, como en el caso anterior, se usa para detectar la inserción y/ó pérdida de un paquete.

El tipo de información que puede ser

BOM .Comienzo de un mensaje

COM. Continuación de un mensaje.

EOM. Fin de un Mensaje.

O bien puede indicar si el paquete contiene información de tiempo o no.

La carga (payload) también contiene dos campos los cuales son:

Indicador de longitud. Indica el número de bytes válidos en un paquete parcialmente lleno.

CRC para control de errores.

AAL—3

La AAL—3 se diseñó para transportar tasas variables de bits independientes del tiempo. AAL—3 se divide en dos modos de operación:

a). Fiable. Esto es, en caso de pérdida o mala recepción de datos, los paquetes vuelven a ser enviados. Soporta control de flujo.

b). No fiable. La recuperación de los errores es dejado para capas más altas y el control de flujo es opcional.

Capa de convergencia.

Esta capa es parecida a capa de convergencia de AAL—2, y se divide en dos partes:

1). Parte común. En esta capa se agrega un encabezado y una cola (AAL—2 realiza lo mismo). El encabezado tiene tres campos:

Indicador de la parte común (CPI) que dice que la carga forma parte de la parte común.

Bandera de comienzo (Btag), que indica el comienzo de la parte común de la capa de convergencia.

Tamaño del buffer (BAsize), este le indica al receptor el espacio necesario para acomodar el mensaje

La cola también contiene tres campos, los cuales son:

Alineación (AL). Este es un byte de relleno que se usa para que el encabezado y la cola tengan la misma longitud.

Etiqueta de final (Etag), esta indica el final de la parte común de la capa de convergencia.

Longitud (LI) Este campo especifica la longitud de la parte común de la capa de segmentación.

2). Parte específica del servicio. Las funciones de esta capa dependen de los servicios pedidos.

Generalmente se incluyen funciones para el control de errores, y se pueden incluir funciones especiales.

Capa de segmentación y reensamblaje.

En esta capa los datos son partidos en paquetes ATM, se agrega un encabezado y una carga con la información necesaria para el control de errores, el encabezado tiene los siguientes campos:

1). Tipo de segmento. Indica que parte de un mensaje se contiene en la carga, tiene uno de los siguientes valores:

BOM. Comienzo de un mensaje.

COM. Continuación de un mensaje.

EOM. Fin de un mensaje.

SSM. Mensaje único en el segmento.

2). Numero de secuencia. Es usado para detectar la inserción o perdida de un paquete.

3). Identificador de multiplexación. Este campo se usa para distinguir los datos de diferentes comunicaciones que han sido multiplexadas en una única conexión ATM.

La carga tiene dos campos:

1). Longitud. Indica el numero de bytes útiles en un paquete parcialmente lleno.

CRC para el control de errores.

AAL—4.

AAL-4 se diseño para transportar datos con tasa de bits variable independientes del tiempo. Es similar al AAL3 y también puede operar en transmisión fiable y no fiable. AAL-4 provee la capacidad de transferir datos fuera de una conexión explícita.

1.2 Celdas ATM.

La característica principal de ATM es el uso de “minipaquetes” de longitud fija o celdas, de únicamente 53 bytes de longitud, de los cuales 5 bytes corresponden al encabezado y los 48 restantes a los datos. Dentro del encabezado se insertan datos para identificar el destino de la celda y establecer una conexión virtual (VC). Estos datos consisten de un identificador de ruta virtual (VPI, Virtual Path Identifier) y un identificador de canal virtual (VCI, Virtual Channel Identifier). Además de estos datos, se insertan campos para identificar el tipo de carga, prioridades para descartar celdas y el HEC. De tal forma que una celda ATM se organiza como se muestra en las figuras 1.3 y 1.4, las cuales corresponden a interfaces **UNI (User Network Interface)** y **NNI (Network to Network Interface)**; se puede observar claramente que la diferencia entre ambas radica en el hecho de que la interfaz UNI, contiene el campo Control de flujo genérico (**Generic Control Flow GCF**) y la interfaz NNI lo usa como una extensión del campo VPI.

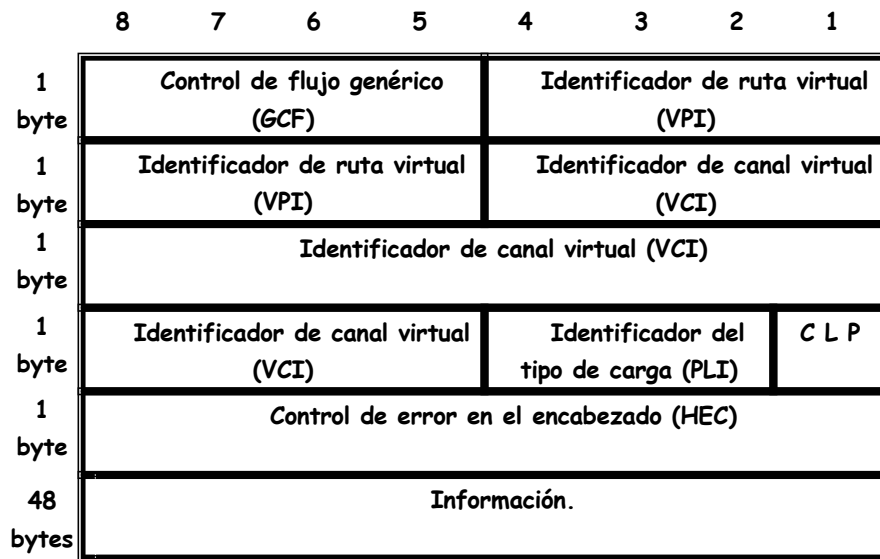


Figura 1.3 Celda ATM para una interfaz UNI

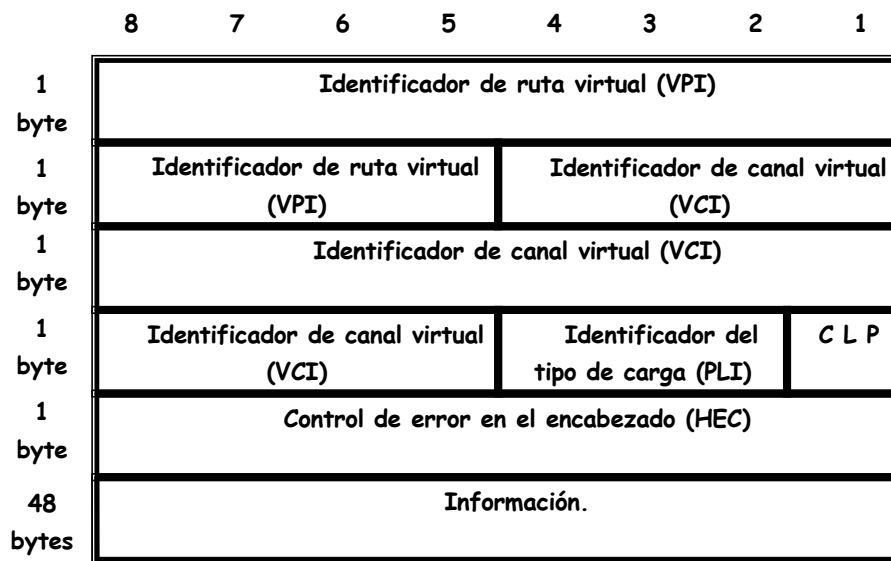


Figura 1.4 Celda ATM para una interfaz NNI

Donde:

Control de flujo genérico (Generic Control Flow GCF). Se usa para controlar el flujo mandado a la red, así como el acceso al medio físico. A menudo, también se usa para reducir jitters

Identificador de camino virtual (Virtual Path Identifier VPI). Se usa para agrupar un conjunto de conexiones ATM como una sola identidad.

Identificador de canal virtual (Virtual Channel Identifier VCI). Este campo complementa la función del campo VPI.

Tipo de carga (Payload Identifier PL). Indica que tipo de información se esta transportando en la celda.

Prioridad para descartar celdas (Cell Loss Prioriti CLP), este campo permite diferenciar que celdas pueden ser descartadas si es necesario. En caso de congestión, las celdas con el CLP=1 serán descartadas antes que las que tengan CLP=0.

Control de error de encabezado (Header Error Control HEC), Es un byte que es usado para detectar y corregir errores en el encabezado de la celda.

1.3 Calidad de servicios QoS.

Una de las grandes ventajas de ATM es que soporta conexiones donde se garantiza una calidad de servicio (QoS). Por lo tanto, cada nodo que desea establecer una conexión, puede asegurar una calidad de servicio en la red y puede estar seguro de que la red le proporcionara esta calidad de servicio durante todo el tiempo que dure la conexión.

En la calidad de servicios, se pueden manejar muchos tipos de servicios, en función de estos, se debe considerar la subcapa AAL que se utilizará. Los servicios más comunes son los referentes a la transmisión de audio, video, imágenes y textos.

1.3.1 Requerimientos de calidad de servicios (QoS) en aplicaciones de audio y video

Audio y video almacenado o en vivo, tienen algunos requerimientos de transmisión, así como la interfaz entre el sistema final y la red. Los dos flujos tienen propiedades similares. La gente usualmente tolera altas tasas de errores, pero es más exigente a los retardos de transmisión.

Otra cuestión cualitativa importante para estas aplicaciones en redes es la percepción de los sonidos y las imágenes. El ojo humano actúa como un integrador de la información, en cambio, el oído actúa como un diferenciador. De este modo, cuando los flujos de audio y video compiten por algunos recursos de la red, los flujos de audio tendrán alta prioridad. En caso de usar audio y video comprimido, las tasas de error en la red serán bajas después de comprimir los bloques de información pues pueden afectar la reconstrucción de los bloques adyacentes y provocar múltiples errores.

Algunos de los parámetros principales que indican la calidad de los servicios para audio comprimido y sin comprimir son: a) Tasa de bits (Throughput), b) Retardos de transmisión, c) Retardos de jitter, y d) tasas de error (BER)

Tasas de bits requeridas para flujos de audio sin comprimir

- a) Calidad telefónica: 64 Kbps
- b) Calidad de disco compacto (estereofónico): 1.4 Mbps

Tasas de bits requeridas para flujos de audio comprimido

a) Calidad telefónica: 32, 16, 4 Kbps

b) Calidad de disco compacto (estereofónico): 192 Kbps (técnica MUSICAM)

En la siguiente tabla se muestran algunos valores de throughput para diferentes calidades de flujos de audio:

<u>Calidad</u>	Técnica o estándar	Tasa de bits Kbps
Calidad telefónica		
Estándar	G.711 PCM	64
Estándar	G.722 SB-ADPCM	32
Mejorada	G.721 ADPCM	48,56,64
Baja	G.728 LD-CELP	16
Calidad de CD (estéreo)		
CD de audio comercial	CD-DA	1411
CD de audio comercial	MPEG audio FFT	192
Mejorada (Estudio de grabación)	MPEG audio FFT	384

Tabla 1.2 Throughput para diferentes flujos de audio.

Retardos para flujos de audio

Los requerimientos de retardo del tránsito para transmisiones en tiempo real de flujos de audio son altamente dependientes de la aplicación multimedia

Para aplicaciones donde la respuesta es esperada a partir de una señal de voz, la impresión de tiempo real que el usuario experimenta es subjetiva; pero generalmente el retardo total está entre 200 y 1000ms con lo que se requiere de un retardo en un sentido de 100 ms a 500 ms. En realidad virtual, la retroalimentación ocurre en menos de 100ms después de la entrada, con lo cual se fuerza al retardo de tránsito a estar en el orden de los 40ms.

La siguiente tabla muestra los requerimientos de QoS para retardos de tránsito

Calidad	Retardo
Sobre él limite (el mejor)	24 ms
Respuesta a una entrada de voz	100 ms - 500 ms
Realidad virtual	< 40 ms

Tabla 1.3 Retardos permitidos para diferentes flujos de audio.

Calidad	Throughput	Jitter
Calidad de CD	192 Kbps	< 100 ms
Calidad telefónica	32 Kbps	< 400 ms
Realidad virtual	20-34 Mbps	<20-30 ms

Tabla 1.4 Jitter permitido para audio comprimido.

QoS Requerido para información de video.

Para el caso de imágenes en movimiento, se toman en cuenta cinco clases de calidades para después definir la QoS de cada clase, estas clases de servicios son:

Televisión de alta definición. Son 1920 pixeles por línea y 1080 líneas por cuadro, los cuales son desplegados a 60 cuadros por segundo

Televisión digital con calidad de estudio (recomendación ITU CCIR-601) Cada cuadro puede contener 525 o 625 líneas y cada línea contiene aproximadamente 860 muestras para la luminancia y 430 muestras para las componentes de color. El esquema de rastreo es entrelazado y se despliegan 25 ó 30 cuadros por segundo. Cada pixel es codificado con 24 bits

Calidad de televisión convencional. Se puede usar el estándar NTSC (525 líneas y 30 cuadros por segundo), y/ó el estándar PAL/SECAM (625 líneas y 25 cuadros por segundo)

Calidad de VCR. Es la calidad que se obtendría de reproducir una película en una videocasetera VHS

Calidad de videoconferencia de baja velocidad.

El formato usado es llamado intermedio común (Common Intermediate Format CIF). El cual define una resolución espacial de 352 pixeles por línea y 288 líneas por cuadro; se despliegan de 5 a 10 cuadros por segundo

<i>Calidad de Video</i>	<i>Características</i>	<i>Troughput</i>
<i>HDTV</i>		
<i>Sin comprimir</i>	60 fps, 24 bits/pixel	2 Gbps
<i>Comprimida</i>		20-34 Mbps
<i>Calidad de estudio</i>		
<i>Sin comprimir</i>	25 fps, 24 bits/pixel	166 Mbps
<i>TV convencional</i>		
MPEG-2		3-6 Mbps
<i>VCR</i>		
MPEG-1, DVI		1.2 Mbps
<i>Videoconferencia</i>		112 Kbps

Tabla 1.5 Tasas de bits (throughputs) para flujos de video.

<i>Calidad</i>	<i>Throughput</i>	<i>Jitter</i>
<i>HDTV</i>	20-34 Mbps	< 50 ms
<i>TV convencional</i>	3-6 Mbps	< 100 ms
<i>Videoconferencia</i>	112 Kbps	< 400 ms

Tabla 1.6 Jitter permitido para flujos de video

Tasas de error requeridas para video en tiempo real

Una regla general de los flujos comprimidos, es que estos son más sensibles a los errores que los flujos no comprimidos. En una calidad de videoconferencia (100Kbps), el tiempo promedio entre dos cuadros consecutivos afectados debe ser de 1 segundo si la tasa de error (BER) es de 10^{-5} y 3 horas si es 10^{-9} . En una calidad de TV convencional, en modo comprimido, este promedio entre errores consecutivos debe ser de 20 ms si la tasa de error es de 10^{-5} . En una calidad de HDTV comprimido, un BER de 10^{-5} son 4 bits erróneos por cuadro, esto es 240 errores por segundo, mientras que con un BER de 10^{-9} resulta en un promedio de 1 minuto entre cuadros consecutivos que tengan errores.

En el caso de video en tiempo real, la retransmisión no es la técnica apropiada. La técnica usual consiste, necesariamente, en usar códigos predictivos de corrección de errores (Forward Error Correction FEC), que dependen de la adición de bits de control al flujo de información. Esta técnica sirve para detectar y corregir errores no agrupados. Con esto la tasa residual de error típica se reduce en cuatro ordenes de magnitud. Otra técnica consiste en usar una codificación jerárquica de los niveles de cuantificación.

La tabla siguiente describe las tasas de error después de la recuperación de errores (usando la técnica FEC) entre dos sistemas finales.

<i>Calidad</i>	<i>Throughput</i>	<i>Tasa de error. BER (Bit Error Rate)</i>
<i>Videoconferencia</i>	112 Kbps	$< 10^{-4}$
<i>TV convencional</i>	3-6 Mbps	$< 10^{-5}$
<i>HDTV</i>	20-34 Mbps	$< 10^{-6}$

Tabla 1.7 BER permitido para flujos de video.

Si la técnica FEC no es usada, la tasa de error dada debe ser dividida entre un factor de 10,000.

1.3.2 Requerimientos de QoS para imágenes e información en texto

Una imagen en formato VGA (640x480 pixeles) tiene una resolución típica media, esta requiere aproximadamente 900 Kbytes para su representación digital (asumiendo una codificación de 24 bits). En el caso de imágenes comprimidas, se prefiere un formato JPEG, con el cual se obtiene una compresión de 10-50 veces del tamaño original de la imagen. La compresión fractal, teóricamente nos dará una reducción por arriba de las 500 veces el tamaño original.

En un formato super VGA, la imagen tiene un tamaño de 1280*1024 pixeles, con lo cual se requerirán (1280*1024*24/8) 4 Mbytes por imagen, si está en un formato JPEG serán 400 Kbytes.

Si se asume una pagina en formato VGA (640*480 pixeles), con caracteres de 8*8 pixeles y dos bytes por carácter, se requerirán $4800*(2*8)=76.8$ Kbits

1.4 Arquitectura de los servicios ATM

La arquitectura de los servicios proporcionados por la capa ATM consiste de cinco categorías de servicios: Estas categorías de servicios se distinguen por ser en tiempo real (CBR, rt-VBR) o por ser en tiempo no real (nrt-VBR, UBR, ABR). Las distintas funciones de control de tráfico, tales como ruteo, control de admisión de conexión, y la asignación de recursos son estructurados de distinta manera para cada categoría de servicio. En el orden en que se definen los servicios (según el ATM forum) los tres parámetros usados para determinar la calidad de los servicios son:

a). Variación pico a pico de retardo de celdas (Peak-to-peak Cell Delay Variation peak-to-peak CDV).

b). Máximo retardo en la transferencia de celdas (Maximum Cell Transfer Delay maxCTD).

c). Relación de celdas perdidas (Cell Loss Ratio CLR).

1.4.1 Servicios con tasa de bits constante (CBR)

Los servicios de categoría CBR son usados para conexiones que requieren una cantidad constante de ancho de banda que estará disponible durante todo el tiempo que dure la conexión. Esta cantidad de ancho de banda se caracteriza por una tasa pico de celdas (Peak Cell Rate) PCR.

Una vez que la conexión ha sido establecida, esta es garantía de que la negociación de QoS fue realizada por la capa ATM, esto asegura que todas las celdas cumplen con los requerimientos de conformidad. En CBR, la fuente puede emitir celdas a una tasa pico de celdas a cualquier tiempo y a cualquier duración, o bien permanecer en silencio. CBR esta encaminado hacia las aplicaciones de tiempo real, y por lo tanto supone una restricción al retardo de tiempo real.

Las aplicaciones de tiempo real son aquellas que contienen información de video y/o de audio, y no tienden a ser muy impulsivas. Es por esto que resulta razonablemente eficiente asignar un ancho de banda fijo a una fuente. En la realidad, las comunicaciones de voz y video son comúnmente transportadas sobre circuitos de tasas fijas usando los servicios CBR. Aunado a la restricción de retardo, debe especificarse como aceptable la tasa de pérdidas y el máximo jitter.

1.4.2 Servicios en tiempo real con tasas de bits variables (rt-VBR)

Los servicios de categoría rt-VBR están encaminados para aplicaciones en tiempo real, es decir, aquellos en donde la sea muy fuerte la restricción por retardo y sea variable el retardo, lo cual sería apropiado para aplicaciones de audio y video donde la fuente permita variaciones. Se especifica como aceptable la tasa de pérdidas, el retardo y el jitter. Además también se usan los parámetros de la tasa pico de celdas, la tasa sostenible de celdas (Sustainable Cell Rate SCR) y el máximo tamaño de la ráfaga (Maximum Burst Size MBS).

Las fuentes son multiplexadas estadísticamente, resultando un uso más eficiente del ancho de banda. Para proveer el multiplexaje estadístico cuando se asegura la QoS pedido para video VBR, deben calcularse los valores apropiados para la cantidad de ancho de banda y buffers. Este diseño depende del comportamiento estadístico del codificador. De este modo, en ambientes ATM, es útil señalar los parámetros de cada tipo de fuente para diseñar el conjunto apropiado de reglas para el multiplexaje estadístico específico para cada aplicación. Actualmente la especificación de tales parámetros no existe, y un consenso adecuado con respecto al uso de rt-VBR no ha sido logrado en la industria.

Hay dos implementaciones particulares de rt-VBR, no se han separado explícitamente de las normas:

a) VBR máximo (PVBR)

En este esquema todos los recursos suficientes siempre se garantizan, y la QoS (pérdida y retardo) es constante e independiente de las variaciones del tráfico.

Cuando la fuente no es usada a su tasa pico, sobra un poco de ancho de banda que puede ser utilizado por otros servicios con prioridad más baja

El hecho de que el ancho de banda sobrante es intermitente, puede usarse para mejorar el manejo del tránsito (UBR o VBR), lo cual da beneficios de un ancho de banda mayor pero sin necesidad de contratarlo.

b) Multiplexaje estadístico para VBR (SMVBR)

Aquí, las fuentes son multiplexadas estadísticamente, y la red destina menos del máximo de la tasa para cada fuente, esto introduce una probabilidad de pérdida distinta de cero. Nuevamente, cualquier ancho de banda sobrante puede utilizarse a través del uso de un administrador de trabajo programado.

1.4.3 Servicios en tiempo no real con tasa de bits variable (nrt-VBR)

El servicio de categoría nrt-VBR es destinado a aplicaciones en tiempo no real las cuales pueden tener características impulsivas de tránsito y se caracterizan desde el punto de vista de PCR, SCR, y MBS. Con estos parámetros y el parámetro de la tasa de pérdida, los servicios de categoría nrt-VBR mejoran las pérdidas y retardos sobre UBR. La tasa de perdidas de esta categoría se diseñó para multiplexaje estadístico mientras se mantiene un desempeño aceptable. Ningunos límites de retardo se asocian con esta categoría de servicio.

1.4.4 Servicios de tasa de bits sin especificar (UBR).

Este servicio esta destinado para aplicaciones en tiempo no real, es decir estas no requieren de ajustarse estrechamente a un limite de retardo ni a variaciones de este, y esporádicamente envíe unidades discretas de información.

La mayoría de las comunicaciones de datos y las aplicaciones de mensajería se comportan de esta manera y por lo tanto se ven muy beneficiadas por el multiplexaje estadístico.

La noción de un servicio para ráfagas de tráfico en tiempo no real es lo que usualmente se llama "el mejor esfuerzo", y ha evolucionado en el grupo TM del foro ATM para ser llamado UBR porque es un servicio sin algún parámetro de tasa especifica. Se debe anotar aquí ese UBR es exactamente el modelo de servicio de la Internet actual. En los servicios UBR, no hay retardo especifico de celdas, jitter o requerimientos de tasa de pérdidas.

Sin embargo, puede ser útil para negociar la tasa pico de celdas, parámetro que corresponde al embotellamiento más pequeño a lo largo de la trayectoria de red. El control de congestión para UBR puede desempeñarse en una capa más alta sobre una base de extremo a extremo.

1.4.5 Servicios con tasa de bits disponible (ABR).

Este servicio se enfoca apoyar el costo de aplicaciones con requerimientos indistintos para throughputs y retardos. Se destina sistemáticamente y dinámicamente el ancho de banda disponible a los usuarios por controlar mediante la retroalimentación la tasa de tránsito requerida. Esta retroalimentación se transmite a la fuente mediante celdas específicas de control llamadas

Celdas de administración de recursos (Celdas RM). Usar esta retroalimentación, en un sistema final experimentará una baja relación de pérdidas de celdas y se obtiene una parte justa del ancho de banda disponible.

Sobre una conexión ABR establecida, el sistema final especifica un máximo ancho de banda (es decir la tasa pico de celdas, PCR) y un ancho de banda mínimo útil (tasa mínima de celdas, MCR) que puede especificarse como cero. La red puede proporcionar a la conexión un ancho de banda variable, pero el no llegara a ser menor que la MCR.

En ABR no se señalan los parámetros aplicables a la tasa de perdidas de celdas, ni ningún retardo o jitter. Mientras que el parámetro MCR es útil para destinar recursos mínimos a la conexión, y así mejorar el retardo promediado, es decir, la transferencia de archivos, no proporciona necesariamente un límite de retardo para cada celda transportada, como sería el caso de un servicio en tiempo real.

1.5 Operación de los switches ATM.

Como se puede observar las redes ATM son fundamentalmente orientadas a conexión. Esto quiere decir que requiere de establecer circuitos virtuales antes de cualquier transferencia de datos a través de la red ATM. Los circuitos virtuales ATM son de dos tipos: rutas virtuales, identificadas por un indicador de ruta virtual (VPI); y canales virtuales, identificados por una combinación de un VPI y un indicador de canal virtual (VCI). Una ruta virtual es un conjunto de canales virtuales, los cuales serán conmutados transparentemente en la red ATM, teniendo como base el VPI común a esto. Todos los VPI y VCI tienen, por lo tanto, solo un significado local a través de un enlace en particular, y son remapeados, según sea apropiado, en cada switch.

La operación básica del switch ATM es muy simple, este recibe una celda desde un enlace identificado por un valor de VPI ó VCI, verifica en una tabla local de traslación el valor de la conexión, para determinar el puerto ó puertos de salida para la conexión y establece nuevos valores de VPI/VCI para la conexión del nuevo enlace; una vez realizado esto retransmite la celda al enlace de salida con los apropiados identificadores de conexión.

<i>ENTRADA</i>		<i>SALIDA</i>	
PUERTO	VPI/VCI	PUERTO	VPI/VCI
1	29	2	45
2	45	1	29
1	64	3	29
3	29	1	64

Tabla 1.8 Muestra de una tabla local de traslación en un switch ATM.

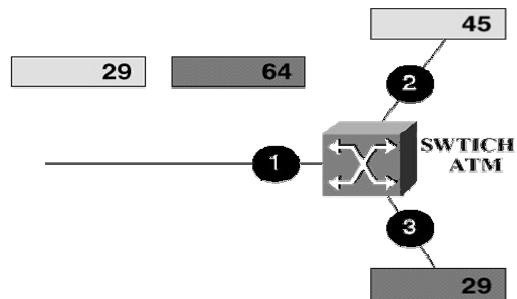


Figura 1.5. Operación de un switch ATM.

La operación del switch es sencilla debido a los mecanismos externos que ajustan las tablas de traslación antes de cualquier transmisión de datos. Hay dos maneras de ajustar estas tablas de traslación:

- Conexiones virtuales permanentes (Permanent Virtual Connections PVC): Un circuito virtual permanente es una conexión que se ajusta mediante algunos mecanismos externos, típicamente por el administrador, este programa apropiadamente los valores de VPI/VCI de los switches ATM entre una fuente y un destino.

- Conexiones virtuales conmutadas (Switched Virtual Connection SVC): Una conexión virtual conmutada es una conexión que se configura automáticamente gracias a un protocolo de señalización. Los SVC no requieren ajustes manuales como ocurre con los PVC, por esto son mas ampliamente usados. Los protocolos de capas superiores que emplean ATM, utilizan SVC.

Capítulo 2. Análisis de la operación y problemas de LANE e IP sobre ATM.

2.1 Justificación.

La necesidad de tener redes de gran capacidad en redes de área local (LAN) es uno de los catalizadores que han guiado a la tecnología ATM hacia esta dirección. Para facilitar la evolución de las actuales redes LAN hacia ATM, ATM además debe soportar las aplicaciones existentes de protocolos de capas superiores.

En este capítulo se estudiarán algunos de los problemas referentes a la implementación de protocolos de capas superiores a ATM, específicamente los referentes a los problemas de interconectividad con las infraestructuras actuales de redes LAN.

Una de las primeras visiones para emigrar hacia la tecnología ATM es la de emigrar desde "islas" ATM colocadas estratégicamente, estas islas deberán expandirse de manera natural hasta desplazar completamente a la infraestructura anterior. Sin embargo, en la actualidad, pocos usuarios podrían tolerar la presencia de islas ATM sin conectividad hacia sus redes ya instaladas. La llave de esta conectividad reside en el uso de protocolos de la capa de red tales como IP e IPX.

Es por esto que se han desarrollado fundamentalmente dos maneras para transportar protocolos de la capa de red sobre redes ATM. En el primer método, conocido como modo nativo, el mecanismo de resolución de direcciones consiste en mapear directamente las direcciones del protocolo de la capa de red en direcciones ATM, y los paquetes de la capa de red son transportados sobre la red ATM. El segundo método para transportar los paquetes de la capa de red sobre redes ATM es conocido como emulación de LAN (LANE LAN Emulation); esto es, el protocolo LANE está hecho para emular redes de área local sobre redes ATM, es decir, especifica los mecanismos para emular cualquiera de las LAN Ethernet ó Token ring.

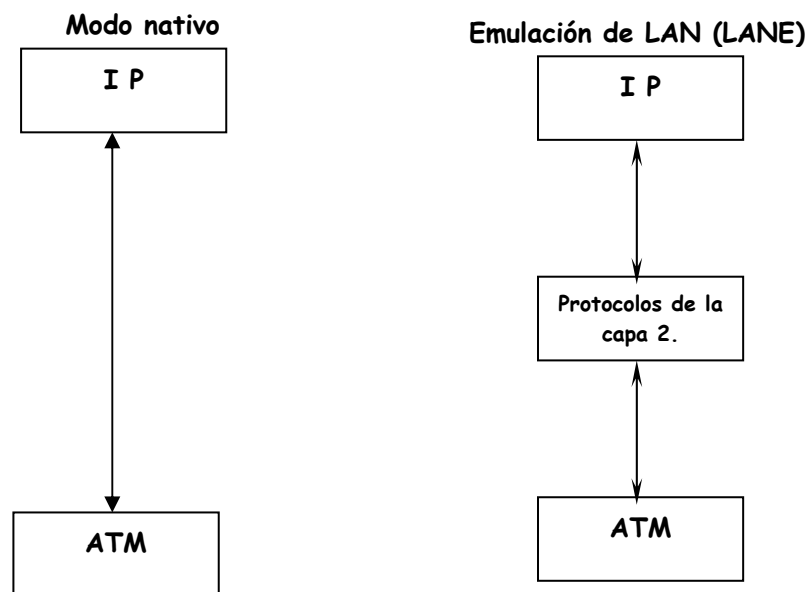


Figura 2.1 Comparación entre una operación LANE y una operación en modo nativo.

El avanzado software de LANE proporciona una completa transparencia y proporciona un camino seguro hacia el cambio hacia ATM. Además, LANE proporciona los siguientes beneficios: gran capacidad, una mejor administración y asignación de las capacidades de la red, administración sencilla de los usuarios de la LAN, acceso a múltiples redes virtuales desde la misma interfaz física, facilita la evolución hacia nuevas aplicaciones, etc.

Sin embargo para proporcionar la emulación, el protocolo LANE debe compensar las diferencias entre ambas tecnologías. En la siguiente tabla se muestran las diferencias más importantes que se deben compensar.

<i>Redes ATM</i>	<i>Redes LAN</i>
<i>Conexiones de punto a punto</i>	Sin conexión, comparten el medio
<i>En general, no utiliza un mecanismo de broadcast; las aplicaciones específicas de multicast usan conexiones punto multipunto</i>	Todo el tráfico está disponible para todos los usuarios estén incluidos en el broadcast o no
<i>Se requiere una conexión punto a punto antes de recibir o transmitir cualquier paquete</i>	No se requiere establecer conexión antes de transmitir o recibir paquetes
<i>El espacio de direcciones es grande y jerárquico, la dirección es asignada por el switch o por la red.</i>	Las direcciones siguen el patrón establecido por el estándar IEEE 802 (un espacio de direcciones de 48 bits)

Tabla 2.1 Comparación básica entre redes ATM y redes LAN.

En el modo nativo, no se presentan estos problemas pues la capa de red tomará los servicios de las capas inferiores para encapsular su información. Sin embargo, en la actualidad, las implementaciones en modo nativo solamente se realizan con IP, pues Novell decidió desarrollar una nueva versión de IPX específico para redes ATM llamado IPX orientado a conexión (CO-IPX Connection Oriented IPX), el cual promete soportar plenamente la calidad de servicios de ATM, sin embargo este desarrollo aún está lejano.

2.2 Análisis del funcionamiento de LANE.

Para minimizar los cambios necesarios para migrar hacia ATM, el foro de ATM decidió la siguiente configuración para emular LAN (Ethernet y Token ring).

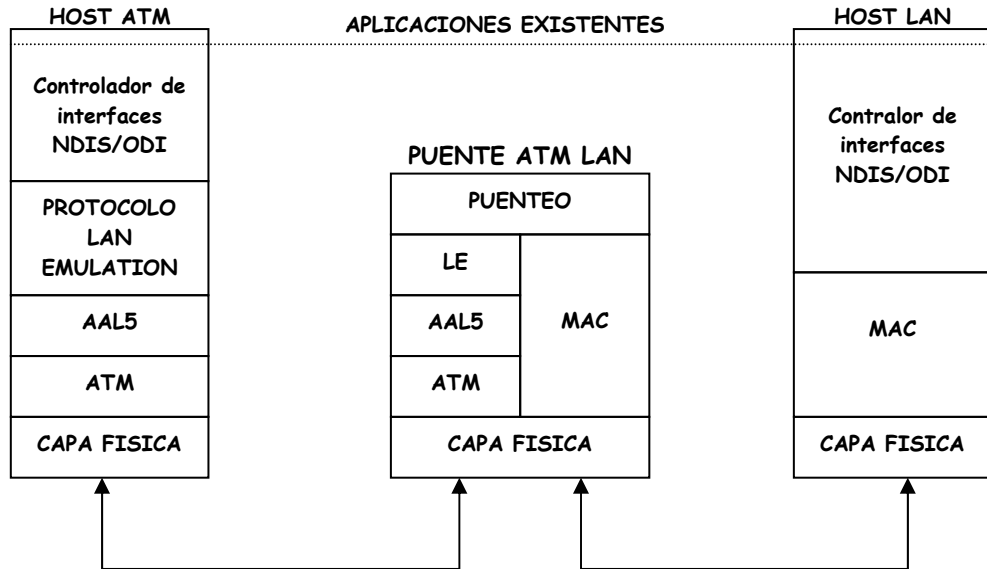


FIGURA 2.2 Especificación para la conectividad entre LANE y LAN's comunes.

Como se puede ver en la tabla 2.1, una de las diferencias más cruciales entre las dos tecnologías, es el hecho de que las redes LAN convencionales son redes de broadcast, mientras que ATM es una tecnología orientada a conexión, esto trae muchos beneficios (como seguridad, mejor aprovechamiento del ancho de banda, etc.), sin embargo, esto dificulta la interconectividad con las redes LAN.

Las especificaciones para la UNI 3.0/3.1 incluyen tanto conexiones punto a punto como conexiones punto multipunto. Se han desarrollado principalmente dos maneras de aprovechar las conexiones punto multipunto para emular la capacidad de broadcast de una red LAN.

La primera forma (figura 2.3) consiste en establecer conexiones punto multipunto desde un host hacia todos los demás hosts, este método proporciona una redundancia excelente en la emulación de LAN, así mismo, si alguna conexión falla, solo un host será afectado. Sin embargo, como el número de hosts en la LAN es grande, el número de conexiones utilizadas entre hosts vecinos crece potencialmente aumentando así el tráfico en la red.

La segunda manera (figura 2.4) de compensar las diferencias se muestra en la siguiente figura, en donde se emplea un servidor de multicast, el cual establece una conexión punto multipunto hacia todos los hosts de la LAN emulada. De esta manera cada host solo hace una conexión punto a punto hacia el servidor multicast, así solo se necesitan dos conexiones para emular un broadcast, uno de la emisora al servidor multicast y una de el servidor multicast hacia los destinos. Si la demanda de el servicio satura la capacidad del servidor, se tiene la opción de distribuir la carga entre varios servidores de multicast.

Además de la capacidad para emular broadcast, es necesario implementar un mecanismo para la resolución de direcciones (semejante a los protocolos ARP y RARP de TCP/IP). Para lograr esto se utiliza un servidor de resolución de direcciones el cual realiza el mapeo de direcciones MAC en direcciones ATM y viceversa

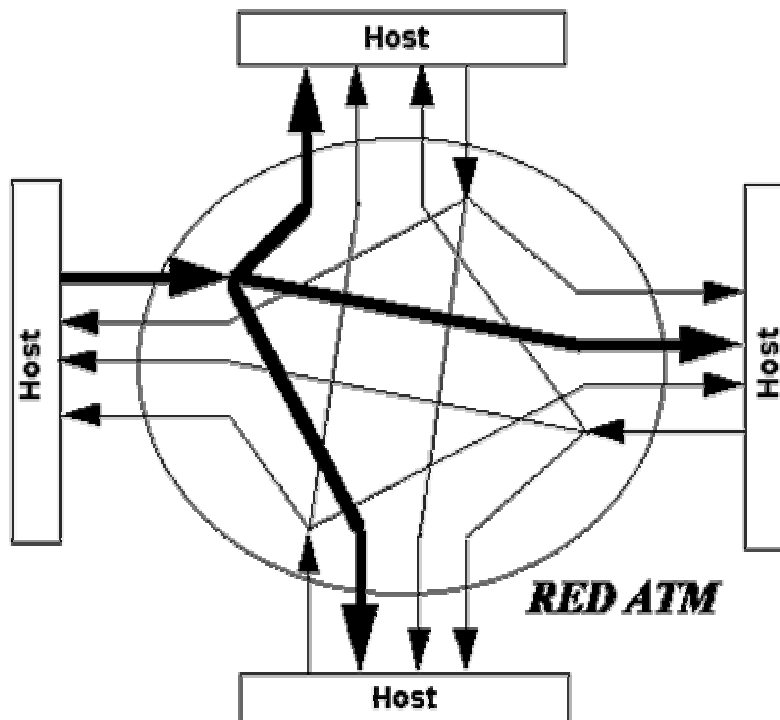


Figura 2.3 Ejemplo de muchas conexiones punto multipunto para emular un broadcast

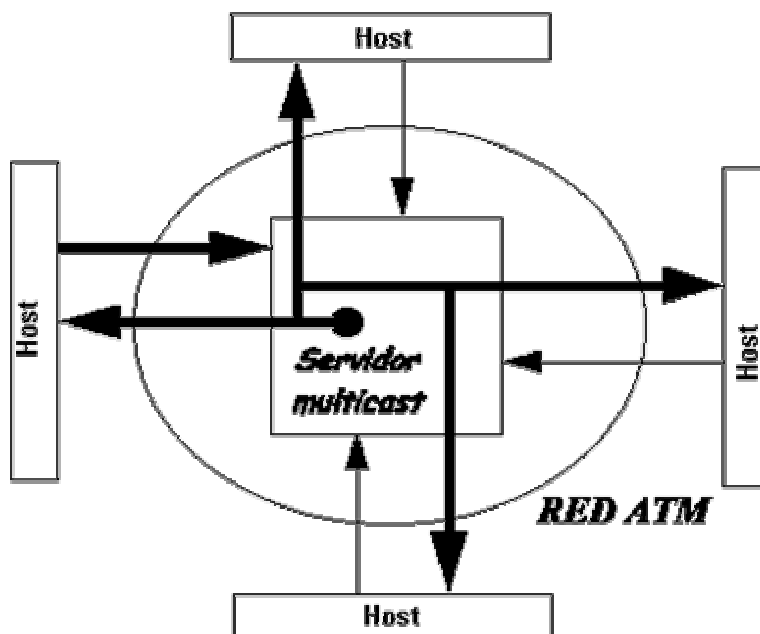


Figura 2.4 Ejemplo de una configuración con un servidor de multicast para emular un broadcast

2.3 Componentes de LANE.

LANE necesita protocolos independientes para cada LAN emulada (ELAN), de esta manera muchas ELAN pueden coexistir simultáneamente en una sola red ATM. Toda red emulada ya sea Ethernet o Token ring debe consistir de las siguientes entidades:

LEC. Cliente LANE (LAN Emulation Client). Un LEC es una entidad en un sistema final (que pertenece a una ELAN) que desempeña las tareas de seguimiento de datos, resolución de direcciones, y otras funciones de control solo para ese sistema final, también proporciona un servicio estándar de interfaz para capas superiores. Un sistema final puede estar conectado a varias LAN emuladas (a través de la misma UNI), pero por cada una debe establecer un LEC. Cada LEC es identificado por una dirección ATM única que es asociada a una o mas direcciones MAC reconocibles a través de la dirección ATM.

LES. Servidor de LANE (LAN Emulation Server). Un LES es un servidor de resolución de direcciones para una ELAN, se asigna un solo LES por cada ELAN. Cuando un LES recibe un paquete para enviarlo, consulta sus tablas con direcciones MAC, si en esta se encuentra el destino del paquete establece la conexión, de lo contrario utiliza el protocolo LE_ARP (LAN Emulation ARP) para encontrar el destino de ese paquete.

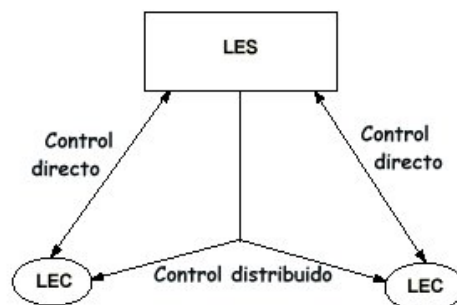


Figura 2.5 Servidor de LAN emulacion.

BUS. Servidor para broadcast y desconocidos (Broadcast and Unknown Server). Un BUS es un servidor multicast que es usado para inundar destinos de trafico desconocidos y llevar el trafico de multicast y de broadcast a los clientes de una ELAN particular. Cada LEC debe estar asociado con un solo BUS por ELAN pero una ELAN puede utilizar varios BUS.

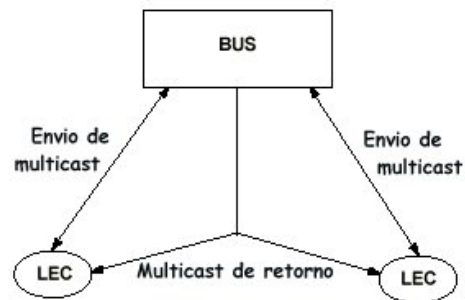


Figura 2.6 Servidor de Broadcast y desconocidos.

LECS. Servidor de configuraciones de LANE (LANE Configuration Server). Un LECS es una entidad que mantiene en su base de datos la información de las configuraciones para cada ELAN. Cuando un LEC es inicializado, una de sus primeras acciones es establecer una conexión al LECS, este responde a la requisición de configuración, en esta respuesta debe incluirse la dirección ATM del LES que deberá estar en contacto para la emulación de LAN. La base de datos del LECS comúnmente es inicializada por el administrador de la red, y es administrada a través de aplicaciones SNMP.

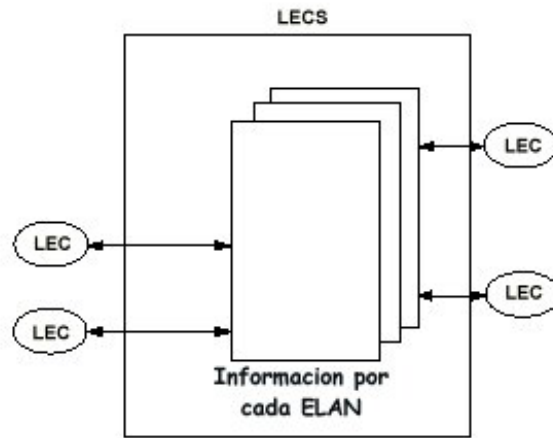


Figura 2.7 Servidor de configuraciones.

2.4 Operación de LANE.

2.4.1 Envío de datos usando el BUS.

Una vez que el LEC ha ingresado satisfactoriamente en la ELAN, este establece una conexión hacia el BUS; si esta conexión se pierde, el LEC debe ser reingresado a la ELAN. Si se desea mandar un paquete hacia un grupo de direcciones MAC o bien mandarlo por broadcast, el LEC transmite este paquete hacia el BUS, este reenvía este paquete hacia todos los demás LEC's en la ELAN. Los LEC's no pueden contestar a través de la misma conexión multicast, estos deben usar siempre el BUS para enviar su información.

Si el LEC conoce la dirección ATM asociada con la dirección MAC destino, este puede establecer una conexión directa hacia el LEC destino a través de señalización ATM. Una vez que se ha establecido la conexión, el LEC envía todos sus paquetes hacia el LEC destino.

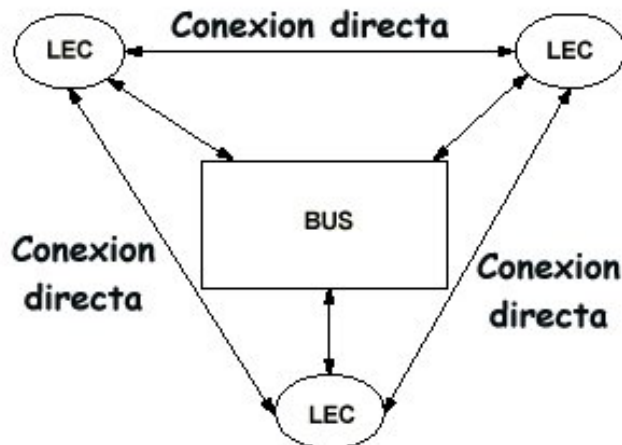


Figura 2.8 Envío de datos usando un BUS.

Esto proporciona dos posibilidades para que un paquete llegue a su destino: conexiones a través del BUS (inicialmente) y conexiones directas (después de que se estableció la conexión); con la posibilidad de hacerse en cualquier orden (si es que se presentan retardos en el BUS). Para mantener una estricta secuencia, LANE define un protocolo de depuración con el fin asegurar que los paquetes no recorran la misma ruta mas de una vez.

2.4.2 Resolución de direcciones. Protocolo LE_ARP y LE_RARP

En la siguiente figura se muestra la secuencia de mensaje necesaria para la resolución de direcciones MAC en direcciones ATM. Este proceso requiere que un LEC solicite establecer una conexión con un LEC destino cuando solo se conoce la dirección MAC de este. En la figura se muestra como el LEC1 mapea la dirección MAC del LEC2

Primero, el LEC1 envía a través de una conexión directa una solicitud LE_ARP hacia el LES. La línea punteada indica la respuesta inmediata si es que el LES es capaz de proporcionarle la dirección deseada (consultando una cache local).

Si el LES no es capaz de contestar la solicitud del LEC1, entonces envía por broadcast solicitudes LE_ARP hacia todos los LEC's que estén registrados en el proxy.

Una vez que la solicitud LE_ARP alcanza al LEC poseedor de la dirección MAC deseada, este contesta con una contestación LE_ARP (LE_ARP reply) que contiene su dirección ATM. Esta contestación es conducida por el LES hacia el LEC que origino la solicitud LE_ARP. Entonces, el LEC origen solicita una conexión directa hacia el LEC que contesto y a través de esta conexión se envían los datos

Debe notarse que en una ELAN activa, las conexiones entre LEC's son comunes, y por tanto es muy practico que estas se almacenen en la cache del LES , con lo cual se reduce el número de solicitudes y por lo tanto el trafico en la red.

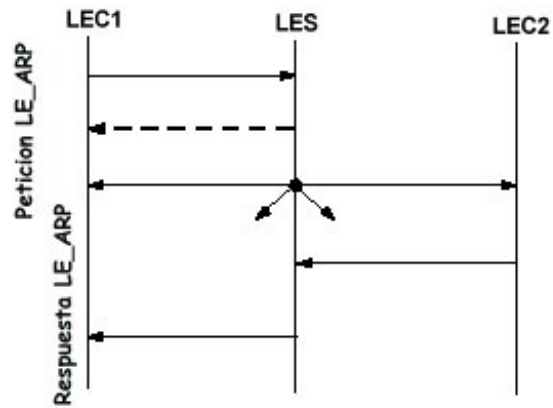


Figura 2.9 Resolución de direcciones en LAN emulation.

2.4.3 Resumen.

1. Supongamos que se envía un paquete desde una estación conectada a la red ethernet hacia el switch LAN. Este paquete esta destinado para otro sistema ethernet colocado en el otro lado del backbone ATM. El LEC (que en este caso reside en el switch ATM) envía una petición de resolución de direcciones de MAC-ATM hacia el LES (que en este caso reside en el switch ATM).
2. El LES envía un multicast hacia todos los demás LEC's en la red.
3. Solamente el LEC que contiene la dirección (dirección MAC) destino en sus tablas responde al LES.
4. Mediante un broadcast el LES avisa a todos LEC's que ya obtuvo una respuesta.

5. El LEC original recoge esta respuesta y memoriza la dirección ATM del switch destino, y establece un circuito virtual conmutado (SVC) para transportar sus paquetes a través de celdas ATM.

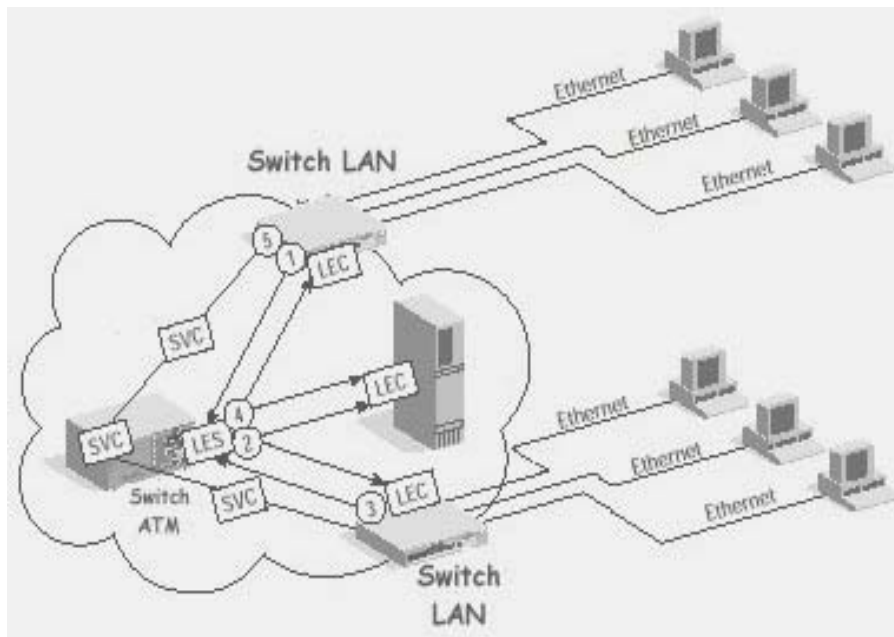


Figura 2.10 Resumen de operación de LANE.

2.5 ATM, LANE y redes virtuales.

Debido a que el concepto de red virtual se origina a partir de los switches LAN, con el tiempo fue necesario extenderlo hacia ambientes donde las redes ATM y dispositivos relacionados con estas estén presentes. El combinar VLAN con redes ATM trae consigo un nuevo conjunto de problemas para los administradores de redes, tales como la relación entre VLAN's y ELAN's así como determinar el lugar donde se efectuará el ruteo.

En un entorno donde solo se tiene un backbone de ATM (es decir no hay estaciones finales conectadas directamente al backbone), y además las redes virtuales se extienden mas allá de un switch LAN, los circuitos virtuales permanentes (PVC's) pueden configurarse para establecer una red lógica en donde se pueda transportar el trafico "interno" de la red virtual que pasa a través de los switches LAN.

Bajo estas condiciones, cualquier técnica propietaria de algún vendedor puede emplearse de manera transparente sobre el backbone de ATM. Sin embargo, si se desea conectar sistemas finales y/o servidores directamente al backbone, la solución es utilizar LANE.

LANE es utilizada por muchos vendedores para proporcionar el servicio de LAN virtual sobre backbones de ATM. Tales LAN's virtuales son implementadas a través de switches interredes que son una combinación de switches LAN, sistemas finales ATM (típicamente servidores usando tarjetas de red ATM) y ruteadores con interfaces ATM ("ruteadores ATM"), todos conectados a una LAN emulada (ELAN). Esta ELAN se comporta como una LAN en casi todos los aspectos excepto por el ancho de banda que es mucho mas grande para cualquiera de los sistemas finales que están conectados a los puertos LAN de el switch LAN.

Un administrador de red, puede usar mecanismos de LANE (como el LECS) para establecer diferentes LAN emuladas sobre un solo backbone de ATM.

Las redes virtuales construidas sobre LANE, brindan a los administradores disponibilidad, facilidad y dinamismo para crear y reconfigurar la red virtual para poder seguir fácilmente la formación y crecimiento de grupos de trabajo y proyectos, es decir las LAN virtuales permiten a los administradores adaptar la red en función de el flujo de trabajo de la organización. En otras palabras, las redes virtuales le permiten al administrador adaptar la red a los flujos de trabajo de la empresa. El poder reconfigurar la red sin tener que hacerlo físicamente constituye una reducción grande de costos y agiliza el incremento de los grupos de trabajo

Todos estos grandes beneficios que proporcionan las redes virtuales constituyen un estímulo para el desarrollo de LANE. Sin embargo, no se debe olvidar que LANE es esencialmente un protocolo de puenteo entre LAN's y así como sucede en muchos puentes físicos, en una ELAN, se corre el riesgo de que se presenten fenómenos como tormentas de broadcast. Estos fenómenos tienden a limitar el campo de aplicación de la ELAN's a grupos pequeños, en donde las redes virtuales también pueden ofrecer grandes ventajas.

2.6 IP sobre ATM.

El modo de operación nativo encapsula directamente las tramas de la capa de red en celdas ATM, específicamente en la subcapa AAL 5. Debido a políticas empresariales, la única implementación a este respecto se ha dado con IP.

Novell promete superar el trabajo realizado hasta ahora por el IETF con su versión de IPX específica para redes ATM llamado CO-IPX (IPX orientado a conexión).

Transportar protocolos de la capa de red sobre los servicios de las capas del protocolo ATM involucra dos aspectos: la encapsulación de paquetes y la resolución de direcciones. A continuación se estudian ambos aspectos.

2.6.1 Encapsulación de paquetes

El IETF ha desarrollado los métodos necesarios para transportar distintos paquetes de red a través de ATM (en la subcapa AAL 5), así como en LANE, IP sobre ATM debe poder encapsular varios protocolos sobre una misma conexión de canal virtual, esto solo es posible usando conexiones ABR ó UBR. Pero si la capa de red necesita garantizar calidad de servicio, entonces se hará necesario una conexión VBR.

Para que una sola conexión soporte varios protocolos simultáneamente, es necesario que en cada paquete se incluya un encabezado con un campo de multiplexaje, el IETF define dos métodos para hacer esto:

- **Encapsulación de LLC/SNAP.** En este método los diferentes protocolos pueden ser encapsulados en una misma conexión únicamente identificando el tipo de paquete por su encabezado LLC/SNAP.
- **Multiplexaje por canal virtual.** En el multiplexaje por canal virtual, cada protocolo es transportado sobre una conexión, y el tipo de protocolo se especifica al establecer la conexión.

La encapsulación por multiplexaje de canal virtual, puede ser usada donde existe conectividad directa de aplicación a aplicación, es decir solamente en medios homogéneos, sin embargo esta conectividad directa excluye la posibilidad de interconectarse con nodos fuera de la red ATM.

La encapsulación de LLC/SNAP es el la manera mas común de encapsulamiento usada en las implementaciones IP sobre ATM. La ITU-T ha adoptado por defecto esta manera de encapsulamiento para implementar múltiples protocolos sobre ATM.

Como se verá más adelante, en el capítulo siguiente, estos métodos son los mismos a los descritos para la especificación multiprotocolos sobre ATM (MPOA).

Un último dato interesante en este aspecto lo constituye la máxima unidad de transferencia (MTU) definida para redes ATM, este valor se ha fijado en 9180 bytes, que corresponde al MTU de SMDS.

2.6.2 Resolución de direcciones

El segundo aspecto que define el transporte de protocolos de la capa de red sobre ATM corresponde a la resolución de direcciones, a este respecto, se puede considerar un esquema trivial de una red TCP/IP en el cual cuando un paquete que llega a un ruteador, este consulta su tabla de ruteo para determinar por cual puerto debe rutear el paquete, así como determinar cual será el siguiente hop en el camino del paquete. En un esquema de IP sobre ATM, la diferencia radica en que la tabla de ruteo debe contener además de direcciones IP valores VPI/VCI, sin embargo estas tablas suelen ser configuradas de manera manual, lo cual no permite una escalabilidad eficiente.

Para solucionar este problema, el grupo de trabajo de IP sobre ATM del IETF ha definido un protocolo para resolución automática de direcciones IP, este protocolo es conocido como “IP clásico sobre ATM” (classical IP over ATM; RFC 1577, anexo B), en este se introduce el concepto de una subred lógica IP (LIS Logical IP Subnet). Así como en una subred normal IP, una LIS consiste de un grupo de nodos IP (hosts o ruteadores) que se conectan a una red ATM y pertenecen a la misma subred IP.

Para resolver las direcciones de los nodos dentro de una LIS, cada LIS debe contener un servidor ATMARP, todos los elementos de la LIS (clientes LIS) están configurados con la dirección ATM del servidor ATMARP, y cuando se desea resolver una dirección, primero se establece una conexión con el servidor ATMARP a través de esa dirección; el servidor contestará con un mensaje ARP inverso el cual contendrá la dirección deseada, si es que esta contenida en la tabla de ruteo, en caso de que la respuesta sea un mensaje ATM_NAK indicara que la dirección no se encuentra en la tabla de ruteo, y la petición será atendida por el ruteador de frontera.

Una vez que el cliente LIS ha obtenido la dirección ATM que corresponde a una dirección IP en particular, puede establecer una conexión directa a través de una canal virtual en particular.

Cuando un servidor ATMARP encuentra un nuevo cliente LIS, le envía un mensaje ARP inverso para indicarle que será añadido a la base de datos; así mismo los clientes LIS deben anunciar su presencia periódicamente (al menos cada 20 minutos) para que no sean borrados de la base de datos.

La operación de este modelo de resolución de direcciones es muy simple, pero tiene severas limitantes, entre estas está, como se indica en la frase "clásico", es el hecho de que este esquema no soporta peticiones de resolución que estén fuera de la LIS a la que pertenece, esta tarea se la deja al ruteador de frontera, y por lo tanto, evita interconectividad con otras redes como X.25.

Así mismo, IP clásico sobre ATM preserva los requerimientos de los hosts, es decir, la comunicación entre dos nodos de diferentes LIS's pero entro de una misma red ATM, debe pasar por todos los ruteadores que estén intermedios en la ruta entre ambos nodos, esto en un contexto de una red ATM es claramente ineficiente.

2.7 Problemática de la emulación de redes LAN sobre ATM.

Una vez comprendido el funcionamiento de LANE, se puede entrar de lleno al estudio de los problemas que se presentan, debe darse a notar que el protocolo LANE descrito anteriormente corresponde a la versión 1, que aun contiene algunos problemas que se describirán mas adelante.

2.7.1 Problemas al usar aplicaciones LAN sobre ATM.

El usar ATM en un sistema final, es decir, como en una PC de escritorio, nos proporciona grandes beneficios en cuestión de velocidad de transmisión, seguridad, optimización del ancho de banda, facilidad de escalamiento, etc. Sin embargo, las aplicaciones nativas para redes LAN (como los sniffers), están hechas para aprovechar al máximo las capacidades de broadcast de las redes LAN, además la mayoría de las actualizaciones para aplicaciones y sistemas operativos de red presentan el mismo caso. Esto se agrava si se toma en cuenta que LANE solo encapsula en celdas la subcapa MAC de los estándares ethernet y token ring, de tal forma que se descartan todas las aplicaciones que hagan uso de la subcapa LLC en un modo de servicio 2.

Un punto mas en este problema lo constituye el hecho de que LANE no considera la emulación de redes bajo los estándares FDDI, fiber channel, ni de protocolos de puenteo, y por lo tanto la emulación y convivencia con estas redes quedan descartadas.

Sin embargo la emulación de redes bajo los estándares Fast ethernet y 100VG any LAN si esta prevista en el protocolo LANE.

Además el protocolo LANE V 1.0 solo define las interacciones entre los clientes LANE (LEC) y las entidades proveedoras de servicios LANE. La interacción entre varias entidades proveedoras de servicios LANE no esta definida.

2.8 Problemas al usar ATM como backbone entre LAN's

Como se mencionó, el usar ATM trae grandes beneficios sobre todo en cuestión de velocidad y escalabilidad, esto hace de ATM una tecnología ideal para usarse como backbone entre redes LAN que necesiten calidad de servicio ni gran seguridad, sin embargo LANE presenta aun grandes problemas para utilizarse como backbone entre redes LAN:

El primer obstáculo para utilizar LANE como backbone entre redes LAN, es el hecho de que un cliente de una ethernet emulada (E-ELAN) no puede coexistir con un cliente de una red token ring emulada (TK-ELAN), ni comunicarse directamente con el, esto se debe principalmente a que el protocolo LANE V. 1 reconstruye las tramas ethernet y/o token ring, y estas así como en redes reales no son compatibles.

Como en el caso anterior, el hecho de que los mensajes de broadcast son transmitidos a través de un broadcast emulado (a través de un BUS), evita que todos los paquetes pasen a través de cada cliente, con lo cual se dificulta la administración de la red, esto es, en una red de broadcast, se puede saber el tráfico en cada segmento con solo censar el tráfico que pasa por uno de los nodos, pero, en un broadcast emulado se hace necesario un esquema de administración de tráfico mas complejo.

En el caso de que se tengan LAN's virtuales coexistiendo con LAN's emuladas, se presentan problemas al intentar rutear entre estas redes.

2.9 Problemas que presenta IP sobre ATM.

El protocolo IP sobre ATM es aparentemente mas viable de implementar que la emulación de LAN's, sin embargo aún presenta serios problemas de interconexión con otras tecnologías, su naturaleza regida por el IETF no permite un crecimiento fluido, a su vez, esto también genera que la mayoría de las implementaciones de IP sobre ATM sean tecnologías propietarias que a la larga serán desplazadas por otras opciones mas económicas y abiertas.

Por ultimo, IP sobre ATM además de resolver su incompatibilidad con otras tecnologías, deberá competir con CO-IPX que promete superar en mucho el desempeño de IP sobre ATM.

Las soluciones propuestas se mencionan en el siguiente capítulo.

Capítulo 3. Análisis de las soluciones y tendencias a la problemática de la implementación de tecnología ATM en redes LAN.

El desarrollo del protocolo LANE V.1.0, se penso para presentar un esquema básico para llevar tecnología ATM a redes de área local, alternativo a la implementación en modo nativo, sin embargo como se menciona al final del capítulo anterior, con este esquema básico se presentan aún muchos problemas de interconectividad, es por esto que el foro ATM ha aceptado las propuestas LANE V 2.0 y multiprotocolos sobre ATM (MPOA) las cuales resuelven la mayoría de los problemas presentados, sin embargo se espera que en un futuro no muy lejano estas propuestas evolucionen para resolver mejor la problemática que se presente. En las implementaciones en modo nativo, tanto IP sobre ATM como CO-IPX deben acelerar y mejorar sus propuestas, además deben procurar que estas sean en lo posible no propietarias si desean ser competitivos con respecto a LANE.

3.1 Problemas que se derivan de solo encapsular la subcapa MAC.

Como se mencionó, el protocolo LANE solo encapsula la subcapa MAC, específicamente la usa solo para reconocer las direcciones MAC de los destinos. Además, LANE esta hecho para emular redes LAN sobre ATM pero solo pueden convivir entre clientes LANE, como se verá mas adelante cuando un cliente LANE desea convivir con un cliente de una LAN real y no con toda la red, se pueden presentar grandes problemas de incompatibilidad.

Esto es, un cliente LANE que convive con una LAN real no reconoce tramas de información, supervisión o no numeradas, tramas que son generadas por el protocolo LLC en modo de servicio 2 (orientado a conexión). De igual manera será incapaz de reconocer un modo extendido asíncrono balanceado (ABME Asynchronous Balanced Mode Extended) o un modo asíncrono de desconexión (ADM Asynchronous Disconnect Mode).

El hecho de que no reconozca entre tramas de información, supervisión y no numeradas no es tan grave como parece, siempre y cuando se conviva con otros LEC's, pues ATM no necesita tanto overhead como los estándares ethernet y token ring, en vez de eso utiliza los campos CLP y HEC, esto es motivo para omitir las tramas supervisoras del estándar LANE.

Respecto a las tramas no numeradas, como en ATM por lo regular se establecen canales virtuales permanentes (PVC's), no es necesario tener celdas específicas donde se indique si comienza o termina una transmisión, pero, sin embargo, si se utilizan circuitos virtuales conmutados (SVC's), esto se hace necesario, pero de esto se encargan los protocolos de señalización

Las tramas de información, obviamente quedan implícitas dentro del propósito del cliente LANE; también es obvio que entre clientes LANE no es necesario establecer conexiones basadas en el servicio orientado a conexión, pues como se vio, la definición LANE funciona a través de un broadcast emulado.

Pero, ¿qué sucede si un cliente LANE desea convivir con un cliente de una LAN normal ethernet o token ring en un modo orientado a conexión?. Como se vio en la figura 2.2 el puente ATM LAN solo toma en cuenta la subcapa MAC dejando omitido el uso de la subcapa LLC y por lo tanto si el cliente de la LAN real envía sus tramas hacia el LEC, este solo toma en cuenta la información y la dirección MAC de la trama, de tal suerte que el uso de las tramas supervisoras y de las tramas no numeradas queda descartado, por lo cual hasta este punto el uso de LANE no puede extenderse hacia las PC's de escritorio solamente a interfaces LAN-WAN, tal como se vió en el punto 2.4.3 en donde se especifica que el LEC queda recluido al switch ATM que permite conectar un segmento de LAN hacia la red ATM.

Para solucionar esto y extender el uso de ATM hacia las PC's de escritorio, se ha desarrollado la propuesta MPOA (MultiProtocols Over ATM, ver anexo A).

Así mismo, las aplicaciones hechas para redes LAN, aprovechan al máximo las características de broadcast que proporcionan las redes LAN. Uno de los puntos que no se emulan en la actualidad, es el estado promiscuo de un nodo, esto es, en una red LAN, un nodo en estado promiscuo, procesa todas las tramas en el canal, contengan su dirección MAC o no. En un ambiente de LAN's emuladas, no existe nada parecido, pero desde el punto de vista de la cantidad de tráfico, resulta poco practico, pues se necesitaría que todo el tráfico de todos los LEC's se transmitiesen al LEC en estado promiscuo, aún así, una propuesta que aporoto es proponer un nuevo tipo de mensaje entre BUS para que desde estos se envíen los mensajes de broadcast hacia el nodo en estado promiscuo, una vez hecho esto, este nodo deberá decidir que cantidad de tráfico desea escuchar tomando en cuenta que no debe saturar el ancho de banda, esta toma de decisión la debe realizar la aplicación que coloque al nodo en estado promiscuo. Abajo se muestra un esquema básico.

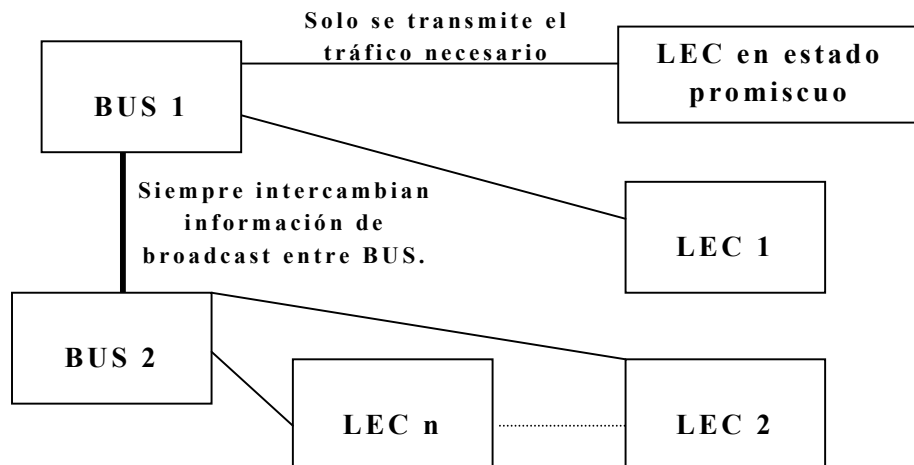


Figura 3.1 Propuesta de emulación de un nodo en estado promiscuo

3.2 Multiprotocolos sobre ATM (MPOA)

MPOA es un desarrollo cuyo propósito es eficientar la transferencia de datos entre subredes inmersas en ambientes LANE. MPOA permite ignorar las diferencias físicas entre distintos tipos de redes, permitiendo rutear entre estas a través de una técnica llamada ruteo virtual (VR), define los métodos para transportar tráfico interredes, de ruteo y de PDU's, esta propuesta indica que la encapsulación de los protocolos se debe hacer a través de la subcapa AAL 5. MPOA requiere señalización UNI 3.0, UNI 3.1 ó UNI 4.0, LANE 2.0 y protocolo para resolución del siguiente hop (Next Hop Resolution Protocol NHRP).

MPOA se compone de clientes MPOA (MPC) y de servidores MPOA (MPS), y define los protocolos necesarios para comunicarlos entre si. Los MPC solicitan enlaces hacia alguna dirección ATM y los MPS responden estas peticiones a través de estos protocolos.

MPOA define dos maneras de transportar tráfico, la primera manera permite multiplexar diferentes protocolos sobre un solo canal virtual, los protocolos son identificados por el encabezado del PDU, el mas común es el LLC (IEEE 802.2); este método es conocido como "Encapsulación LLC" es usado cuando por una u otra razón no es práctico tener los protocolos separados en canales virtuales, así como en redes donde el desempeño depende de que tantos canales virtuales permanentes pueden funcionar simultáneamente. El segundo método hace multiplexaje de protocolos de capas altas a través de canales virtuales, este método es conocido como "Multiplexaje basado en canales virtuales", este es usado en ambientes donde la creación dinámica de canales virtuales es rápida y económica, así como en redes privadas ATM. Cuando dos estaciones ATM desean intercambiar información, la selección del tipo de multiplexaje se determina de manera manual (en caso de PVC's) o por los procedimientos de señalización B-ISDN (en caso de SVC's).

3.2.1 Formato de la trama AAL 5

Como se mencionó, MPOA encapsula los protocolos usando los servicios de la subcapa AAL 5, El PDU que corresponde a esta subcapa se muestra en la siguiente figura:

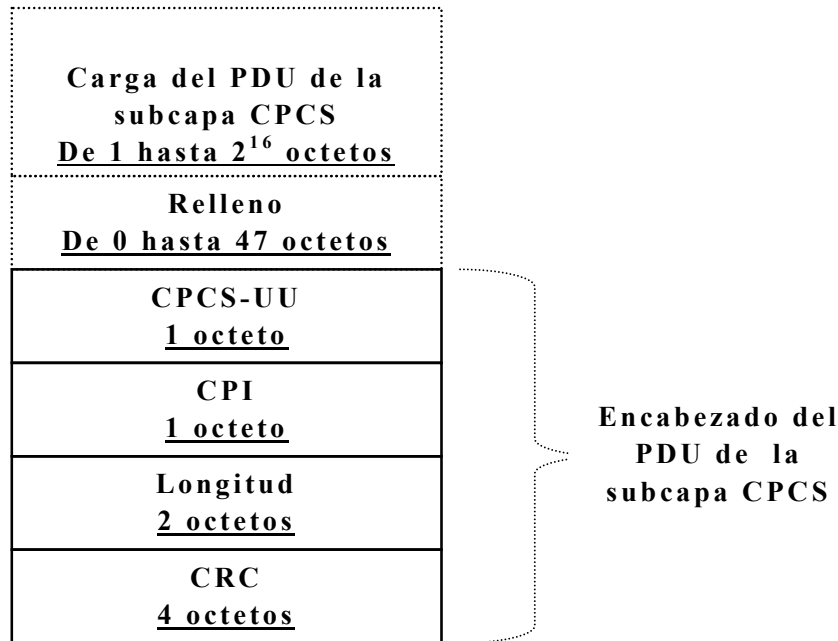


Figura 3.2 Formato del PDU de la trama AAL 5

El campo de carga del PDU contiene la información del usuario.

El campo de relleno, completa exactamente los 48 bytes que quedan libres después del encabezado principal en caso de que sea necesario.

El campo CPS-UU (identificación de usuario a usuario user to user indication) se usa para transferir transparentemente información de la subcapa CPCS entre usuarios. Este campo no se usa para MPOA.

El campo CPI (indicador de parte común Common Part Indication) ajusta el tamaño del encabezado del PDU de la subcapa CPCS a 64 bits, esto con el fin de usarlo en aplicaciones futuras. Cuando solo se usa de relleno, debe contener el código 00_{hex}.

El campo de longitud indica la longitud, en octetos, del campo de carga. El valor máximo de este valor es de 65535 (2^{16}) octetos.

El campo CRC protege la integridad del PDU a excepción del mismo campo CRC.

3.2.2 Encapsulación de LLC

La encapsulación de LLC se utiliza cuando varios protocolos deben ser transportados sobre un canal virtual. Para lograr esto, dentro de la carga del PDU de la subcapa CPCS se encuentra la información necesaria para identificar el PDU del protocolo de ruteo o de puenteo. En la encapsulación de LLC esta información es codificada dentro del encabezado LLC. La encapsulación de LLC puede operar en los dos tipos de servicios: el servicio tipo 1 que es un modo no orientado a conexión, y el servicio de tipo 2 que es un modo orientado a conexión.

3.2.2.1 Encapsulamiento de protocolos de ruteo.

En un servicio de tipo 1, el encabezado de una trama LLC consiste de tres campos de un octeto cada uno (figura 3.2). En la encapsulación de LLC para protocolos de ruteo, el campo de control siempre tiene un valor de 03_{HEX}, el cual indica información no numerada.

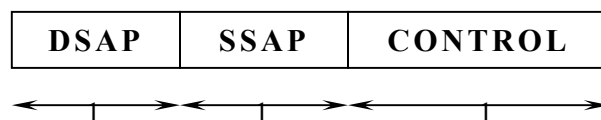


Figura 3.3 Encabezado de una trama LLC operando en modo no orientado a conexión.

En donde:

DSAP es el número del punto de acceso al servicio (SAP) destino.

SSAP es el número del punto de acceso al servicio (SAP) fuente.

Por ejemplo, en caso de que todo el encabezado contenga la secuencia FE-FE-03_{HEX} indica que se usará un ruteo ISO, y el formato del campo de carga del PDU de la subcapa CPCS sería como sigue:

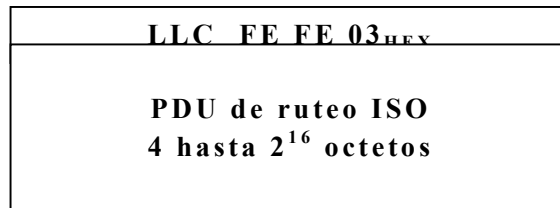


Figura 3.4 Formato del campo de la carga de la subcapa CPCS para protocolos de ruteo ISO.

Cada protocolo de ruteo ISO es identificado por un campo de un octeto llamado NLIPD, los valores NLIPD son administrados por la ISO y por el CCITT.

También es posible hacer encapsulación de protocolos de ruteo no ISO, de entre estos tal vez el mas importante sea la encapsulación de IP, entonces el encabezado LLC debe contener el valor AA-AA-03_{HEX}. En este caso el encabezado LLC esta seguido de un encabezado de punto de acceso a la subred (SubNetwork Attachment Point SNAP) que tiene la siguiente forma:

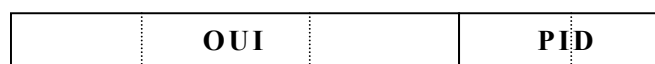


Figura 3.5 Formato del encabezado SNAP

Donde :

OUI (Organizationally Unique Identifier) Es un campo de tres octetos que identifica el tipo de red, en caso de una red ETHERTYPE el valor es 00-00-00_{HEX}

PID (Protocol Identifier) Es un campo de dos octetos que identifica a cada protocolo de ruteo o de puenteo, en caso de que sea IP, el valor es : 08-00_{HEX}.

En la siguiente figura se muestran los formatos de los campos de carga para PDU's no ISO y para PDU's IP.

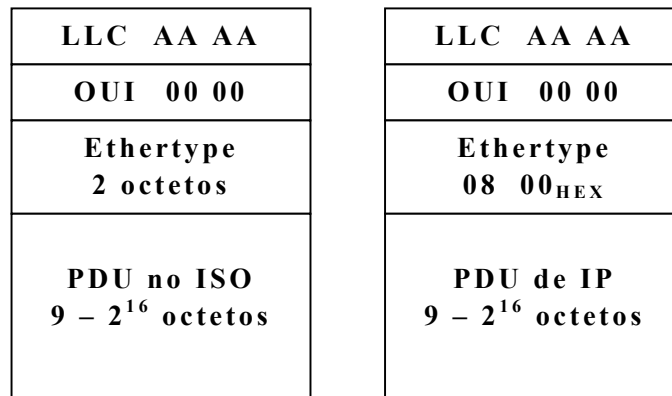


Figura 3.6 Formato del campo de carga para PDU's no ISO y para PDU's IP.

3.2.2.2 Encapsulamiento de protocolos de puentes.

Los PDU's de puentes son encapsulados similarmente a como se realiza con los protocolos de ruteo no ISO, el encabezado SNAP indica que tipo de puente es (campo PID), y el campo OUI tiene un valor de 00 80 C2_{HEX}. Además el campo PID indica si se conserva o no la secuencia de chequeo de las tramas (Frame Check Sequence FCS), los posibles valores para el campo PID se muestran en la tabla 3.1

Preservando el FCS	Preservando o no el FCS	Medio
00 01	00 07	802.3/ Ethernet
00 02	00 08	802.4
00 03	00 09	802.5
00 04	00 0A	FDDI
00 05	00 0B	802.6
	00 0D	Fragmentos
	00 0E	BPDU's

Tabla 3.1 Lista de los posibles valores del campo PID para un valor de OUI de 00 80 C2.

El formato del PDU de la subcapa CPCS para protocolos de puenteo, se muestra en la figura 3.6.

LLC	AA AA 03	LLC	AA AA 03
OUI	00 80 C2	OUI	00 80 C2
PID	00 01	ó	00 03
RELLENO	00 00	RELLENO	00 00 XX
Dirección MAC destino.		Trama de control (1	
Resto de la trama MAC.		Dirección MAC	
LAN FCS (solo si PID es		Resto de la trama MAC.	
		LAN FCS (solo si PID	

Puente Ethernet

Puente Token Ring

Figura 3.7 Formato del campo de carga de la subcapa CPCS para PDU's de puentes 802.3 y 802.5.

El campo de control de acceso (Access Control AC) del estándar 802.5 no tiene significado fuera de alguna subred local, este campo se incluye al final del campo de relleno, es por esto que en este campo se colocan las XX al final indicando que no importa el valor que se coloque ahí, no se tomará en cuenta

3.2.3 Multiplexaje basado en canales virtuales.

En este multiplexaje, los protocolos a transportar son identificados por la conexión de canal virtual entre dos estaciones ATM, es decir cada protocolo debe ser transportado en un canal virtual diferente, esto reduce significativamente el ancho de banda y el overhead.

El formato del PDU de la subcapa CPCS para transportar protocolos de ruteo se muestra en la figura 3.7. El formato para transportar protocolos de puenteo se muestra en la figura 3.8.



Figura 3.8 Formato del campo de carga de la subcapa CPCS para PDU's transportados con multiplexaje basado en canal virtual

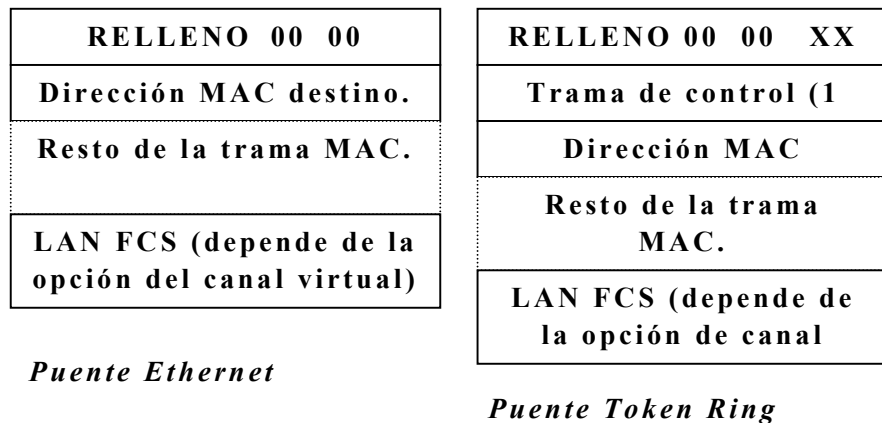


Figura 3.9 Formato del campo de carga de la subcapa CPCS para PDU's de puentes 802.3 y 802.5 transportados con multiplexaje basado en canal virtual

Como se puede ver la única diferencia con los casos de encapsulamiento de LLC consiste en que en este caso solo se incluyen los campos que siguen al campo de PID en el caso de protocolos de puenteo, en el caso de protocolos de ruteo, obviamente no se incluye el campo LLC.

3.3 LANE V 2.0

Como se mencionó en el capítulo anterior, la especificación LANE V 1.0 solo menciona las interacciones entre el cliente LANE (LEC) y las entidades proveedoras de servicios LANE (LES, LECS, BUS), pero no especifica las interacciones entre estas entidades. La propuesta del foro ATM ante este problema fue el desarrollo del protocolo LANE V 2.0. En esta propuesta se mencionan estas interacciones con el fin de complementar el protocolo LANE V 1.0.

3.3.1 Interacciones con otras entidades proveedoras de servicios LANE.

El modelo sobre el cual se definen las interacciones entre entidades proveedoras de servicios LANE es llamado modelo de "árbol doble" (peer tree), en donde se pueden encontrar nodos simples que pueden ser una sola entidad servidora (LES o BUS), o bien encontrar nodos complejos que se componen de pares de entidades servidoras conectadas entre ellas en malla total (figura 3.9).

En este modelo, los LES y los BUS siempre se encuentran en pares y la topología puede ser controlada por un LECS. Cualquier par LES-BUS puede desempeñar el papel de un nodo puro, un par de nodos puros o un nodo híbrido que tendrá conexiones a sus dos nodos vecinos más cercanos, los árboles puros no contienen nodos complejos y las mallas puras consisten de un solo nodo complejo.

Además de las conexiones entre pares de nodos, el modelo de árbol doble también incluye conexiones sin avance (non-forwarding) que proporcionan redundancia en caso de que algún elemento dentro de la topología presente fallas.

Cuando un servidor LANE presenta fallas a lo largo del árbol o en una ramificación, los enlaces sin avance conectan los nodos adyacentes al nodo dañado, de esta manera se previene la pérdida de conectividad en la ELAN. La activación de los enlaces sin avance puede realizarse desde las entidades servidoras LANE adyacentes sin que se requiera la intervención del LECS.

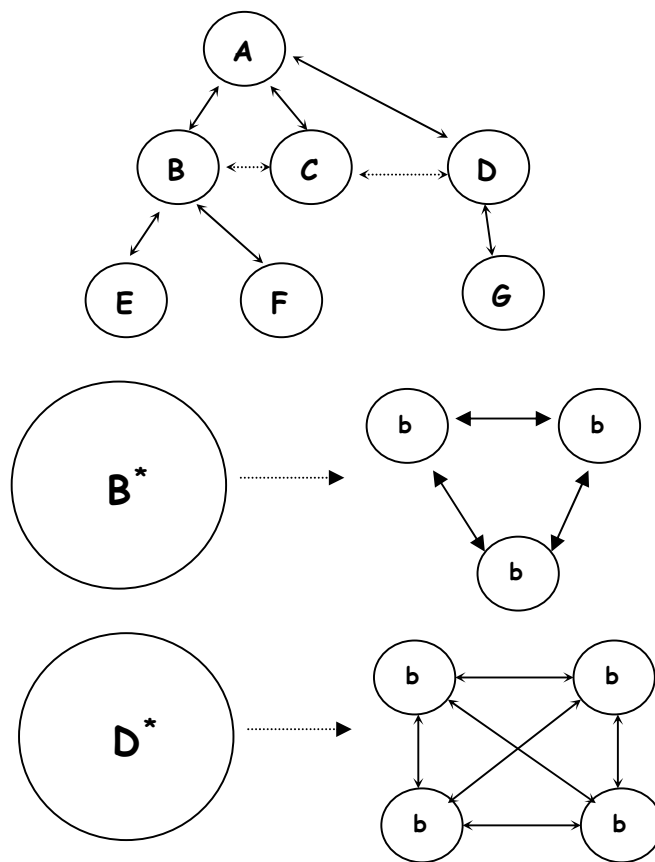


Figura 3.10 Modelo del árbol doble, además se muestran los nodos híbrido B* y el nodo complejo D*.

En la siguiente figura se muestran las posibles conexiones que se pueden presentar en una ELAN, estas interfaces son de LES a LES, de BUS a BUS, de LECS a LES, y de LECS a BUS, las interfaces de BUS a LEC se realizan con LUNI (LANE User to Network Interface).

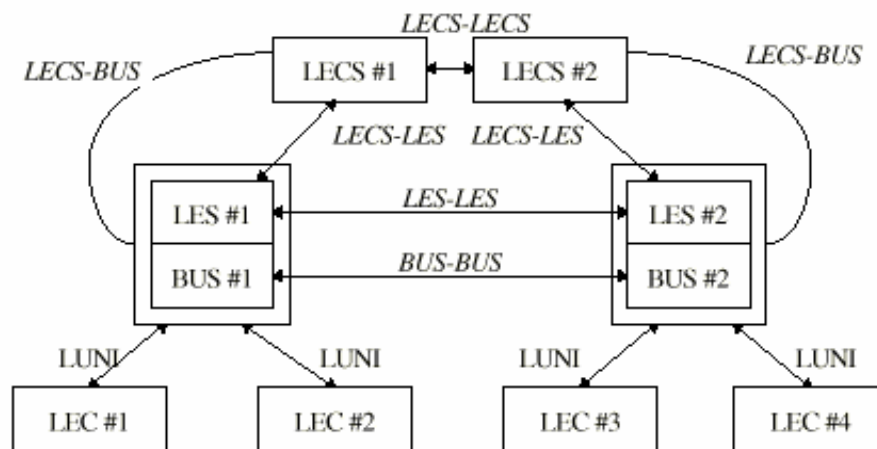


Figura 3.11 Tipos de interfaces que se pueden dar en una ELAN.

La comunicación entre entidades puede establecerse a través de conexiones de canal virtual (VCC) dedicadas o compartidas, o bien por rutas internas de comunicación (rutas propietarias), lo cual afecta a la definición de el protocolo en sí.

Cuando un protocolo requiere que se establezca un nuevo flujo, este puede configurarse sobre una conexión de canal virtual (VCC), o bien si así se indicara, multiplexarse sobre otro VCC existente. Esto también puede implementarse con rutas internas propietarias.

3.3.2 Flujos de información de LES a LES.

Los servidores LANE mantienen dos niveles de comunicación entre si mismos y su vecinos inmediatos. El nivel bajo corre sobre un algoritmo de árbol de tránsito (spanning tree), con el cual se determina cuales enlaces en el árbol están activos y cual par de nodos dentro de un nodo complejo deben tener conexiones externas, esta información también puede ser obtenida manualmente por el administrador de la red.

En el nivel alto, muchos servidores LANE colaboran para manejar las peticiones de registro de direcciones. Cada nodo en el árbol almacena la información de registro de direcciones de todos sus hosts y de todos los servidores "hijos" en el árbol; utiliza esta información para resolver peticiones ARP y enviar los paquetes eficientemente. La información de registro de direcciones se propaga sobre el árbol hasta llegar al nodo raíz, de igual manera la peticiones ARP también viajan hacia la raíz hasta que son resueltas. Si la petición ARP no es atendida cuando llega a la raíz, entonces la dirección solo puede ser interpretada por un mecanismo proxy ARP. En este mecanismo, se coloca un bit especial PROXYFLOOD en un paquete LE_ARP_REQUEST, y se inunda con este paquete a todos los servidores, con esto se fuerza a todos los servidores a enviar las respectivas peticiones ARP a todos sus clientes. Las peticiones de registro de clientes son atendidas por los servidores enviando mensajes LNNI_JOIN_REQUEST que viajan hacia la raíz del árbol, y como los mensajes pasan a través de todos los servidores intermedios, estos pueden actualizar sus bases de datos de registros de clientes. Cuando un cliente o un servidor se da de baja en la red, se envía un mensaje LNNI_UNREGISTER_REQUEST a través de todo el árbol, de esta manera cada servidor remueve directamente de sus cache la información de ese cliente.

Como se puede ver, muchos de los mensajes viajan hacia el nodo raíz, y no van mas allá, en cambio unos cuantos mensajes como las peticiones proxy ARP, mensajes de cambio de topología y mensajes de anulación de registro, inundan todos los nodos en el árbol.

A grandes rasgos los mensajes que se envían de LES a LES son:

- **Mensajes LNNI_JOIN**

- * LNNI_JOIN_REQUEST. Este mensaje es una petición que hace un cliente a su LES para ser adjuntado en la base de datos. Esta petición será atendida y se verificará a través de los demás LES que no este duplicada

- * LNNI_JOIN_REQUEST negativa. Este mensaje se presenta si después de la verificación de duplicidad de una petición de registro, se encuentra que la petición esta duplicada, en este mensaje el código de estado se coloca en "No duplicate destination".

- **Mensajes LNNI_ARP.** Son usados para resolución de direcciones, similarmente a como se hace en TCP/IP.

- **Mensajes LNNI_UNREGISTER**

- * LNNI_UNREGISTER_REQUEST. Este mensaje es enviado para solicitar a todos los servidores que se dé de baja en las bases de datos la información de ese cliente o servidor.

- * LNNI_UNREGISTER_RESPONSE. Este mensaje se envía como reconocimiento de que se ha eliminado de la base de datos la información del cliente o del servidor caído.

- **Mensajes LNNI_TOPOLOGY_CHANGE.** Estos se usan para notificar al árbol que un nodo ha caído y por tanto los enlaces sin avance se han activado para inhibir las funciones de este nodo preservando transparencia para demás los clientes.

3.3.3 Flujos de información de BUS a BUS.

En la configuración básica de LNNI, los servidores LES y BUS siempre deben estar presentes. De esta manera, los procedimientos de registro de servidores pueden ser compartidos con los procesos de los BUS. Sin embargo, estos son solo algunos de los flujos de datos de los procesos de los BUS.

En general, el tráfico real de broadcast, a diferencia del tráfico de desconocidos, debe inundar todos los BUS en la red. Los paquetes de desconocidos, en ambientes de BUS inteligentes, solo deben subir por el árbol hasta el padre más lejano común entre el BUS y el receptor. Si un paquete de desconocidos alcanza la raíz sin haber encontrado un servidor que tenga registrada la dirección MAC destino, se necesitara inundar todos los hosts proxy

Esto es por que en caso de que una dirección MAC no este registrada por ninguno de los servidores del árbol, solo los servidores proxys pueden contener las direcciones MAC que no están registradas.

3.3.4 Flujos de información de LECS a LES y de LECS a BUS.

Los flujos de información entre LECS y LES se usan principalmente para brindar una administración de los LES distribuidos a lo largo de la topología y para dar seguimiento a las instancias de estado de los LES. Estos flujos son usados para implementar mecanismos de descubrimiento de servidores, así como también modos redundantes y de protección contra fallas.

A partir de una perspectiva de topología, los flujos de datos deben soportar el registro de LES hacia el LECS, y este debe asignarle sus LES vecinos. Durante el registro el LES proporciona su(s) dirección(es) ATM al LECS y este le proporciona una lista de sus LES vecinos; la dirección ATM y el tipo de cada vecino (par o padre) también debe ser especificado.

El LECS puede proporcionar actualizaciones dinámicas en caso de agregar o borrar vecinos de las listas. El LECS debe proporcionar a cada LES un LESID para usarse en protocolos de servidor a servidor, además puede manejar un conjunto de LESID's. Cuando un LES falla, y es detectado por el LECS, este informa a las otras instancias LES que inicien el borrado del registro de la cache toda la información referente a los clientes asociados con ese LES .

Los flujos de información de LECS a BUS son análogos a los flujos de LECS a LES, de esta manera, un LES puede servir como un manejador lógico de las direcciones ATM de los BUS. Sin embargo los casos en que los LES y los BUS son independientes, la coordinación en pares y las implementaciones distribuidas aun están por definirse.

3.4 Problemas al usar ATM como backbone entre LAN's

Como se mencionó al final del capítulo anterior, uno de los principales obstáculos que limitan el uso de LANE como backbone entre redes LAN, consiste en que el hecho de que un cliente de una red ethernet emulada (E-ELAN) no puede coexistir con un cliente de una red token ring emulada (TK-ELAN), ni comunicarse con él. Este problema puede solucionarse de dos maneras:

- Comunicando a ambos clientes (E-ELAN y TK-ELAN) a través de un puente ethernet-token ring LANE. Este caso es el menos utilizado pues requiere equipo extra y no resulta costeable en la mayoría de los casos.
- Comunicando a ambos clientes utilizando un puente ethernet-token ring implementado en un cliente MPOA, pues como se mostró en la tabla 3.1 y en las figuras 3.6 y 3.8, MPOA puede encapsular tramas token ring y ethernet sin ningún problema, y un solo cliente LANE puede contener uno o mas clientes MPOA.

En el caso que se utilice como backbone ATM en modo nativo en vez de usar LANE, es preferible que el servicio de interconexión al backbone no sea puramente ATM, ésto con el fin de establecer una libre competencia con otras tecnologías WAN existentes, como frame relay o servicios conmutados de datos de multimegabit (SMDS Switched Multimegabit Data Service), sobre todo en redes públicas. Este requerimiento trae consigo el problema de interconectar dos redes ATM nativas que son capaces de soportar SVC's a través de la red pública que solo soporta PVC's.

La propuesta técnica mas comúnmente implementada ante este respecto es conocida como “tunelamiento de ruta virtual permanente” (Permanent Virtual Path tunneling), la cual permite interconectar dos redes privadas ATM usando una ruta virtual de la red publica. Es necesario contar con una señalización apropiada que permita mapear apropiadamente la señalización de la red privada hacia la red publica, comúnmente en esta se usa la ruta virtual 0 y el canal virtual 5 (VPI=0, VCI=5), en general todos los VCI por debajo de 50 están reservados para propósitos de control. La señalización es ruteada a través de la red de switch a switch estableciendo identificadores de conexión en cada nodo, hasta alcanzar el destino final.

3.4.1 Problemas de administración de la red.

En una red ethernet o token ring, gracias a su naturaleza de broadcast, es posible determinar el tráfico en la red con solo censar el tráfico que pasa por un solo nodo. En una red ATM debido a su naturaleza orientada a conexión, esto no es posible, en vez de eso es necesario colocar programas agentes y administradores de tráfico en nodos estratégicos (de manera similar a como se hace con el protocolo SNMP de la familia TCP/IP), estos programas deben censar la eficiencia de la red ATM tomando en consideración la calidad de servicio (QoS) que se deba proporcionar, la clase de servicio que se transporte a través de la red y en especial la relación de celdas perdidas. Como se mencionó en el capítulo uno las clases de servicio que se proporcionan por ATM son:

- Servicios con tasa de bit continua (CBR).
- Servicios en tiempo real con tasa de bit variable (rt-VRB).
- Servicios en tiempo no real con tasa de bit variable (nrt-VBR)
- Servicios con tasa de bit sin especificar (UBR).
- Servicios con tasa de bit disponible (ABR).

Los programas agentes deben tomar en cuenta en primera instancia la relación de celdas perdidas para realizar un diagnostico primario del estado de la red, a continuación los agentes deben tomar en cuenta los siguientes parámetros para evaluar el flujo de tráfico que pasa a través de su nodo:

- La tasa pico de las celdas (Peak Cell Rate PCR).
- La tolerancia en la variación del retardo de las celdas (Cell Delay Variation Tolerance CDVT).
- La tasa de bit promedio (Sustainable Cell Rate SCR).
- La tolerancia a ráfagas (Burst Tolerance BT)
- La tasa mínima de celdas (Minimun Cell Rate MCR), solo se aplica para ABR

Como se mencionó anteriormente, el agente debe censar la eficiencia de la red guiándose a través de la clase de servicio y de la calidad de servicio. La calidad de servicio se suele censar a través de los siguientes parámetros:

- Variación pico a pico de los retardos de las celdas (peak to peak Cell Delay Variation - CDV).
- Máximo retardo en la transferencia de celdas (Maximun Cell Transfer Delay - Max CTD)
- Retardo promedio en la transferencia de celdas (Mean Cell Transfer Delay – Mean CTD)

Sin embargo no todos estos parámetros están definidos para todas las clases de servicios, en la tabla 3.2 se muestra un resumen sobre los parámetros aplicables para determinar el tráfico o la calidad de servicio de cada clase de servicio.

Atributo	CLASES DE SERVICIO					Parámetro
	CBR	Rt-VBR	nrt-VBR	ABR	UBR	
<i>CLR</i>	Definido	Definido	Definido	Definido	Sin definir	QoS
<i>CTD y CDV</i>	CDV y Max CTD	CDV y Max CTD	Mean CTD	Sin definir	Sin definir	QoS
<i>PCR y CDTV</i>	Definido	Definido	Definido	Definido	Definido	Tráfico
<i>SCR y BT</i>	No aplica	Definido	Definido	No aplica	No aplica	Tráfico
<i>MCR</i>	No aplica	No aplica	No aplica	Definido	No aplica	Tráfico
<i>Control de congestión</i>	No	No	No	Si	No	

Tabla 3.2 Parámetros aplicables a las diferentes clases de servicio.

3.4.2 Problemas de ruteo en redes virtuales.

Cuando se estructuran las redes virtuales, estas pueden integrarse a través de redes LAN reales y redes LAN emuladas (con LANE), y con esto se combinan las ventajas que presentan las redes virtuales y las redes emuladas

Sin embargo, debido a la poca madurez de esta tecnología, se ha presentado la polémica acerca de la localización del dispositivo de ruteo entre redes virtuales de esta naturaleza. En la figura 3.11 se muestra un ejemplo típico de esta problemática. Actualmente hay cuatro propuestas de solución ante este problema:

- Ruteo en el borde (Edge routing).
- Ruteo en “un elemento” (“One armed” routing).
- Servidor de ruteo (Route server).
- Multiprotocolos sobre ATM (MPOA).

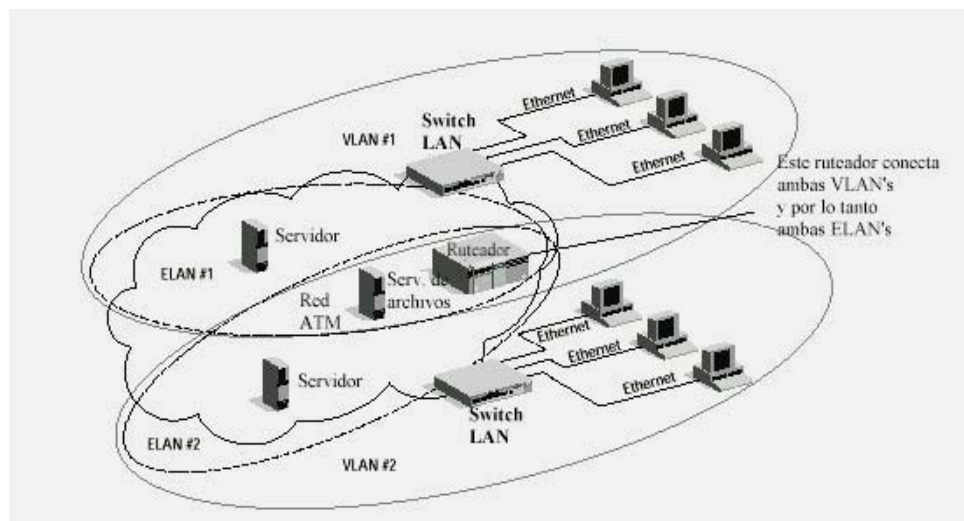


Figura 3.12 Conexión de un router entre redes VLAN/ELAN

3.4.2.1 Ruteo en el borde

La idea básica del ruteo en el borde consiste en dedicar la función de ruteo sobre el backbone de ATM a todos los switches LAN en el “borde” del backbone. El tráfico de una VLAN puede ser transportado sobre el backbone de ATM con un mínimo de retardo, y los paquetes inter-VLAN’s son procesados por las funciones implementadas dentro de los switches. En este contexto, los paquetes inter-VLAN’s no reciben un trato especial en el ruteo externo eliminando consumo extra de tiempo en el hop. Esta arquitectura presenta además tres grandes ventajas:

- Es la única solución que no presenta un control centralizado.
- Es la solución que se utiliza mas actualmente.
- Proporciona un ambiente compatible con productos de otros fabricantes de equipo LANE.

Sin embargo, se presentan dos graves problemas:

- Se dificulta la administración de todos los dispositivos físicos relacionados con la administración del control de las funciones de ruteo.
- El ruteo en el borde puede ser mas costoso que las soluciones de ruteo centralizado.

3.4.2.2 Ruteo en un elemento.

La sola idea de un ruteo en un elemento es particularmente atractiva pues con esto se remueve de las funciones de ruteo una gran cantidad de procesamiento intensivo y una gran latencia. Además una ventaja adicional de esta técnica es que el ruteador es más fácil de configurar.

El ruteador de un elemento se sitúa fuera del backbone de ATM conectándose con este con un enlace, los paquetes que no necesitan atravesar el ruteador, pasan a través del backbone de ATM sin ningún problema, y el tráfico inter-VLAN's pasa por el ruteador para ser procesado. En la figura 3.12 se muestra la estructura básica del ruteo en un elemento.

Para estructurar VLAN's que soporten la regla 80/20 (es decir que el 80% del tráfico permanezca dentro de cada VLAN), en el ruteador se requiere que se maneje poco tráfico. Para conseguir esto, las VLAN's deben configurarse para minimizar el tráfico inter-VLAN's, las soluciones ante este problema suelen ser propietarias de cada fabricante. Algunas veces el punto débil de el ruteo en un elemento, es que desarrolla fácilmente "cuellos de botella" si alguna VLAN no cumple con la regla 80/20.

Pero tal vez la principal desventaja de el ruteo en un elemento, consiste en que si el ruteador falla, ambas VLAN's se aislarían, por esto suele agregarse uno o más ruteadores de redundancia para fortalecer esta arquitectura.

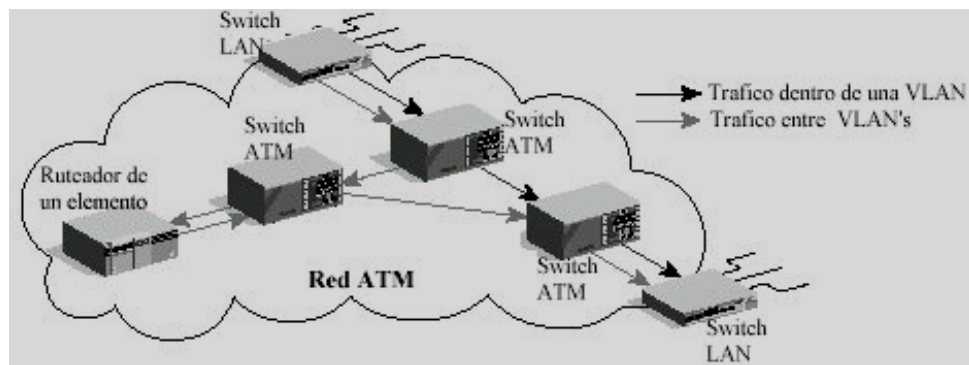


Figura 3.13 Arquitectura del ruteo en un elemento

3.4.2.3 Servidor de ruteo

Esta arquitectura es físicamente muy parecida al modelo de ruteo en un elemento (como se puede ver en las figuras 3.12 y 3.13), pero radicalmente diferente su operación lógica, pues entre otras cosas, en este modelo de servidor de ruteo, las funciones de ruteo se distribuyen en varias partes.

En una configuración de un ruteo en un elemento, un paquete que va de una VLAN A hacia una VLAN B, es enviado hacia el ruteador de un elemento, este realiza la resolución de direcciones, calcula la trayectoria, establece la conexión a través del backbone de ATM, y finalmente, realiza la transmisión. En un esquema con un servidor de ruteo, el mismo paquete consulta la cache de el switch LAN colocado en el borde del backbone de ATM antes de la transmisión. En este caso el paquete nunca atraviesa por el ruteador, y el único tráfico que procesa el servidor de ruteo es la señalización requerida para establecer las conexiones entre los switches LAN. La principal ventaja de este esquema, es la reducción del tráfico que procesa el servidor de ruteo, además en muchos casos reduce también el numero de hops en el backbone de ATM.

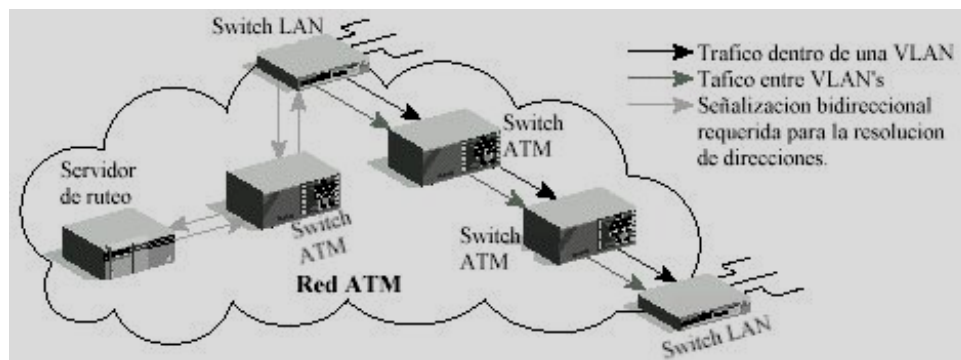


Figura 3.14 Esquema con un servidor de ruteo

Sin embargo, aun este esquema trae consigo algunas desventajas grandes:

- Los equipos LANE que implementan estas características son estrictamente propietarios y no soportan protocolos de ruteo estándar.
- Hoy en día los servidores de ruteo solo soportan IP.
- Así como en el caso de el ruteo en un elemento, si el servidor presenta fallas, la comunicación entre VLAN's se interrumpe, y por tanto también es muy común agregar redundancia.
- Debido a que esta arquitectura necesita que los switches LAN presenten ciertas funciones de ruteo, los esquemas con servidores de ruteo son mas costosos y complicados de configurar que los esquemas con ruteo en un elemento.

3.4.2.4 Multiprotocolos sobre ATM para solucionar los problemas de ruteo entre redes virtuales

Como se mencionó al principio del capítulo, MPOA se desarrollo para complementar el estándar LANE y así poder extender la emulación de LAN's hasta las PC's de escritorio, así mismo permite ignorar las diferencias físicas entre los distintos tipos de redes, con lo cual permite rutear entre estas a través de un ruteo virtual (VR), esto hace a MPOA ideal para solucionar los problemas relacionados con el ruteo en redes virtuales, debido a que este es un desarrollo de un grupo de trabajo del foro ATM, no esta sujeto a las incompatibilidades de tecnologías propietarias que presenta el ruteo en un elemento o el esquema de servidor de ruteo; con lo cual se espera que MPOA desplace de manera natural a estas otras propuestas.

Como se vio en la sección 3.2 y en la tabla 3.1, MPOA es capaz de encapsular tramas de redes ethernet, token ring y FDDI, además de soportar diversos protocolos de puenteo; con esta premisa, no representa ningún problema que se puedan encapsular tramas de redes virtuales construidas sobre una estructura de LANE.

Una vez que las tramas de diferente naturaleza son encapsuladas con MPOA, se logra alcanzar la homogeneización de la naturaleza de la red (todas las tramas ahora son celdas ATM), con esto uno o varios solo clientes MPOA o servidores MPOA pueden enrutar las tramas ya sea de redes reales, emuladas y/o virtuales sin ningún problema.

3.4.3 Problemas de IP sobre ATM.

El protocolo IP sobre ATM es aparentemente mas viable de implementar que la emulación de LAN's, sin embargo aún presenta serios problemas de interconexión con otras tecnologías, como se mencionó en su momento, la resolución de direcciones que se implementa con el protocolo IP clásico sobre ATM solo permite resolución de direcciones dentro de una misma LIS, si la petición no puede ser atendida por el servidor ATMARP, el cliente debe hacer la petición al ruteador de frontera; pero una LIS no tiene por que coincidir en topología con una subred IP, esto quiere decir que en una LIS puede haber mas de un ruteador de frontera, esto provoca que el cliente LIS debe hacer la petición a todos los ruteadores de frontera, y tomara la ruta del ruteador que resuelva la petición primero.

El mismo protocolo IP clásico sobre ATM también se vuelve muy ineficiente cuando se necesita comunicar dos nodos que pertenecen a diferentes LIS dentro de una misma red ATM, pues como se menciona arriba, el cliente tomará la dirección que le proporcione el ruteador de frontera que primero resuelva la petición de direcciones, y esta resolución será una serie de hops por los cuales deberá pasar el flujo de información entre lo nodos, en vez de establecer un circuito virtual entre ambos nodos, tal como se muestra en la figura 3.14.

Otro problema que presenta IP sobre ATM es que debido a que se rige mas por los designios del IETF y no por el foro ATM, su crecimiento y desarrollo es mucho mas lento que el desarrollo de LANE además que los fabricantes de tecnología para implementar este protocolo suelen ofrecer sus propias soluciones propietarias, que a la larga serán sustituidas por soluciones mas económicas y abiertas.

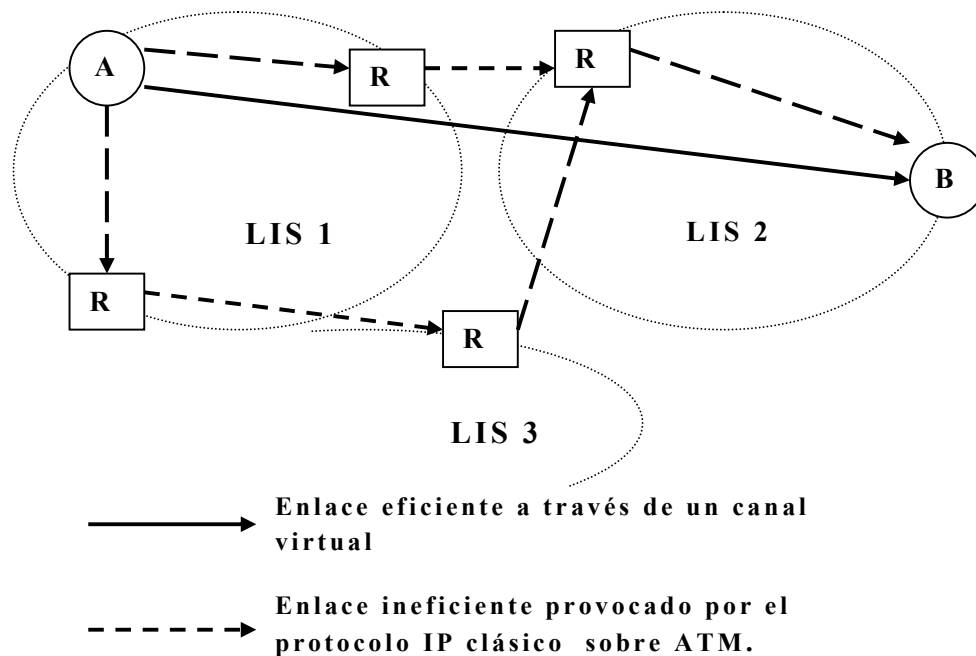


Figura 3.15 Ineficiencia de ruteo del protocolo IP clásico sobre ATM.

Para solucionar estos problemas, una propuesta es desarrollar un nuevo protocolo de resolución de direcciones que permita rutear eficientemente entre LIS's y/o fuera de la red ATM, sin embargo esta propuesta deberá ser aprobada plenamente por el IETF.

Por ultimo, IP sobre ATM además de resolver los problemas antes mencionados, deberá competir con CO-IPX que promete superar en mucho el desempeño de IP sobre ATM, sobre todo en la cuestión de ofrecer calidad de servicios, pues IP solo cuenta con un campo TOS (Type Of Service) donde se especifica el tipo de servicio que se transporta, pero no se puede garantizar este, con la evolución hacia IP V.6 y de RSVP se espera poder competir incluso en redes IP nativas, pero aun así CO-IPX promete ser su mas acérrimo rival.

Capítulo 4. Tendencias y recomendaciones.

Como se mencionó al principio de esta investigación, la tecnología ATM fué creada para dar solución a los problemas actuales y futuros en las redes de datos, problemas como ancho de banda limitado, dificultad para escalar o para reestructurar la red, además ofrece calidad de servicios y asignación dinámica de el ancho de banda. En la actualidad, las redes que implementan tecnología ATM han demostrado su eficacia, operabilidad y rentabilidad, por ende su uso se espera sea cada vez mas común.

4.1 Tendencias a usar ATM como backbone entre redes LAN.

Hoy en día los backbones de ATM usados como troncales de gran capacidad son cada vez mas comunes, sin embargo el alto precio de los equipos es el principal obstáculo para implementar esta tecnología en redes privadas pequeñas, aún así en nuestro país ya se encuentran instalados backbones de ATM en redes académicas, que podrían considerarse pequeñas en comparación con las troncales telefónicas.

Las dos redes ATM académicas mas representativas en nuestro país son la red de la UNAM y la red del tecnológico de estudios superiores de Monterrey; la red de datos del Instituto Politécnico Nacional, esta aún en la etapa de migración hacia tecnología ATM, sin embargo ya de dieron los primeros e importantes pasos.

Dentro de las redes privadas grandes, se pueden citar las troncales que usan las compañías de larga distancia, entre las cuales se encuentran: Avantel, Telmex, Digitel, Iusacell, etc.

Sin embargo, el empleo de ATM como backbone es mas usado en las redes académicas, aún cuando existen proyectos por parte de las telefónicas para brindar servicios de banda ancha, pero hace falta mucho tiempo para normar bien este tipo de servicios.

4.1.1 Red de datos de la UNAM

En 1990, la Universidad Autónoma de México (UNAM), dio a conocer entre otros proyectos, el de cómputo y comunicaciones, con el fin de mantener comunicados a sus investigadores, alumnos y administrativos. Dentro de sus primeras etapas, se instaló una red satelital para voz y datos, además se sustituyó la red telefónica interna de la ciudad universitaria por una red con conmutadores digitales. A finales de 1994 se incorporó otra red de datos con el fin de usarse para aplicaciones del tipo videoconferencia.

Para 1996, debido a las necesidades de optimizar la transferencia de datos, pues ya se contaba con cerca de 15,000 computadoras conectadas a la red, 20 salas de videoconferencia, etc. La dirección de telecomunicaciones de la DGSCA, tras diseñar la nueva red, convoca a las empresas líderes en el mercado para licitar la instalación de esta. Así mismo, en mayo de este año, se crea el NOC (centro de operación de la red Network Operation Center) con el fin de administrar el backbone y su interconexión con los nodos de la UNAM.

La instalación del backbone de ATM se comenzó a finales de 1996 y para agosto de 1997, se comenzó a enviar tráfico de datos a través de este. El tráfico de voz y videoconferencia se incorporó en octubre del mismo año.

Actualmente la red de la UNAM presenta la configuración mostrada en la figura 4.1, en la cual se puede apreciar que se cuentan con enlaces de 155Mbps (OC3), o STM1 a través de ATM, los enlaces E_1 son residuos funcionales de la red anterior.

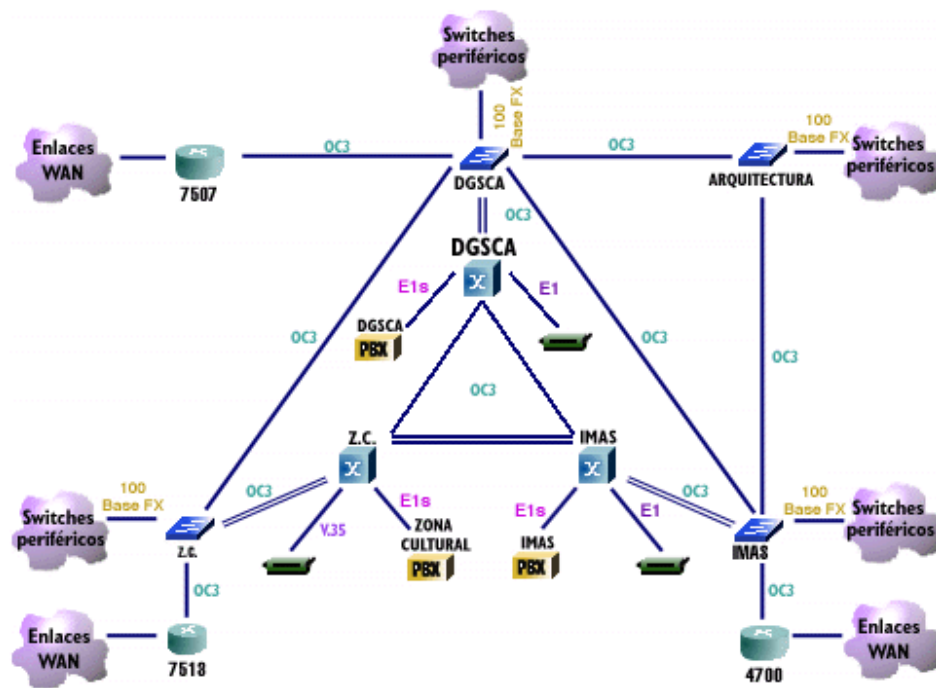


Figura 4.1 Estructura de la red de datos de la UNAM.

4.1.2 Red de datos del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM).

A partir de finales de la década pasada, el tecnológico de Monterrey se ha preocupado por estar a la vanguardia tecnológica en cuestión de redes de datos, esto debido por una parte a que sus recursos financieros son de origen particular y en parte a que sus intereses políticos no están regidos por el gobierno.

A principios de esta década, fue el tecnológico de Monterrey la primer institución educativa en establecer un enlace de datos a Estados Unidos, este enlace fue en un principio de 28.8 Kbps y se amplió a 2.048 Mbps (1993).

En diciembre de 1995 se hace el anuncio oficial el hecho de que el tecnológico de Monterrey es el encargado del Centro de información de redes de México (NIC-México), el cual se encarga de la coordinación y administración de los recursos de Internet asignados a México, entre los cuales están la administración y delegación de nombres de dominio ubicados bajo .mx; esto coloca al tecnológico de Monterrey, a la vista extranjera, como la institución educativa en México mas importante.

En enero de 1997 se comienzan las pruebas rutinarias para emigrar el backbone de ethernet hacia tecnología ATM, con el fin de aprovechar al máximo las bondades de esta tecnología (gran ancho de banda, calidad de servicios, integración de servicios, escalabilidad, etc.). Esta migración se concluye en marzo de 1997 con lo cual se logra migrar el backbone de 10Mbps (ethernet) a 155Mbps (STM-1).

Los equipos utilizados son switches ATM Cisco Lightstream 100, un Cisco Catalyst 5000, y un ruteador Cisco 7507. Además Con estos equipos, el tecnológico de Monterrey puede usar LANE para llevar las ventajas de ATM hasta el usuario final.

Para finales de 1997 y todo el 1998, se han instalado mas equipos LANE (cerca de 100 switches) que proporcionan enlaces dedicados de 10Mbps para las áreas administrativas, de investigación, para los casi 500 nodos del edificio del CEDES y para los casi 2000 nodos para computadoras portátiles.

En enero de 1998 la red ATM del tecnológico de Monterrey tenía la siguiente configuración:

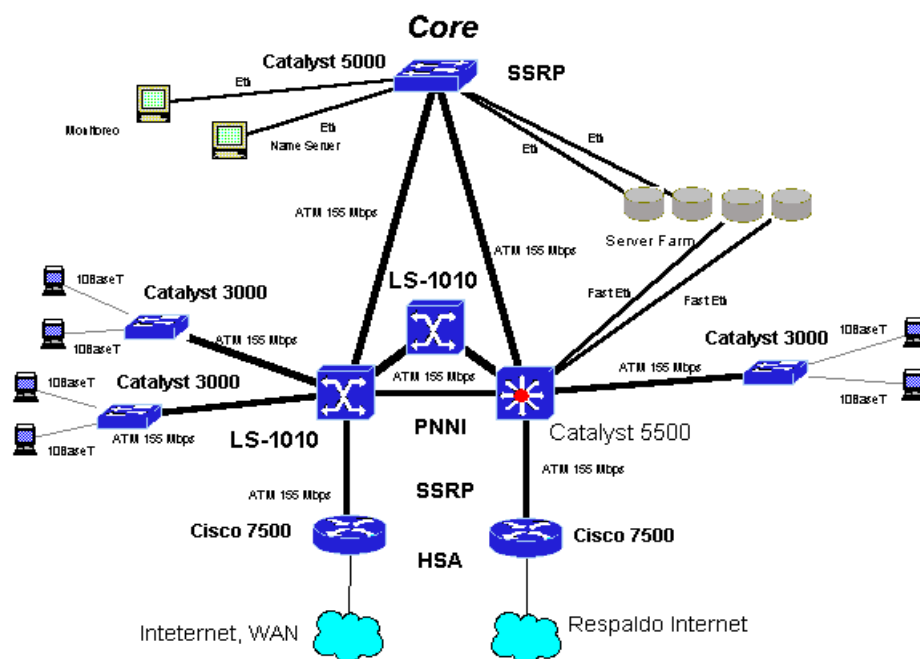


Figura 4.2 Estructura de la red ATM del tecnológico de Monterrey en enero de 1998.

Los switches catalyst 3000 son los responsables de proporcionar los servicios de LANE V.1, y los Cisco 7500 manejan el trafico del backbone, proporcionando redundancia entre si, y el tercero funge como ruteadores de frontera encargado de manejar los enlaces hacia Internet. Además esta configuración permite rediseñar o reacomodar los elementos para mejorar el desempeño según los requerimientos de los usuarios.

4.1.3 Red de datos del Instituto Politécnico Nacional (IPN)

Alrededor de 1995 el Instituto Politécnico Nacional comenzó la migración hacia tecnología ATM. En ese año se compraron switches ATM con el fin de enlazar los puntos estratégicos del Instituto, es decir se pretende enlazar el nodo Zacatenco (en la central de computo y comunicaciones) con el nodo del casco de Santo Tomas y con la UPIICSA, y de esta manera ofrecer un servicio de datos confiable y veloz entre estos puntos críticos.

A principios de este año, la configuración del corazón de la red del Instituto se presentaba como en la siguiente figura:

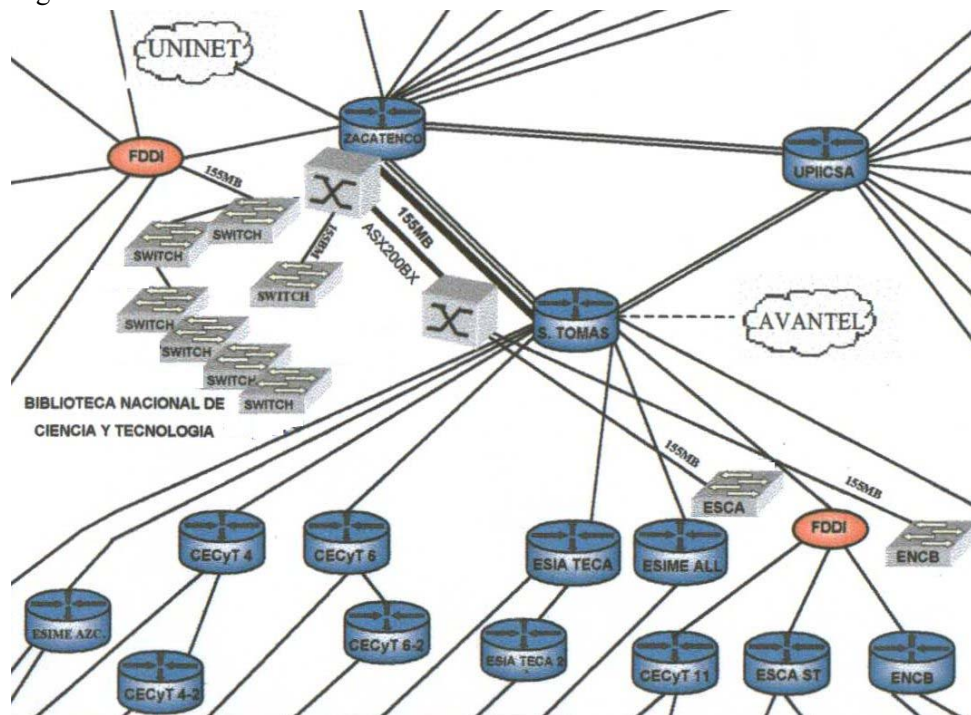


Figura 4.3 Estructura del corazón de la red de datos del Instituto Politécnico Nacional a principios de 1999.

Como puede verse, actualmente, solo se ha enlazado el nodo Zacatenco con el nodo en el casco de Santo Tomas a través de un enlace de 155Mbps, además se planea extender la salida de datos que actualmente se hace a través de Uninet (Telmex) con un enlace hacia el backbone de Avantel, ambos sobre tecnología ATM.

También puede apreciarse en la figura 4.3, que se disponen de switches ATM-LAN (sin funciones de LANE) en algunos puntos importantes, como en la ESCA, ENCB y en la biblioteca nacional de ciencia y tecnología, con el fin de usar los enlaces ATM como backbone hacia el corazón de la red.

4.2 Tendencias a usar ATM en modo de emulación de LAN's y en modo nativo.

Debido a gran parte de estas tecnologías aún este en la etapa de prototipos, en México aún no se implementa casi nada, pero en Estados Unidos, existen varios institutos que dedican muchos recursos a este campo de investigación, uno de los proyectos conjuntos que promete explotar a fondo las características de estas tecnologías es el proyecto "Internet 2".

Una tendencia mas, esta relacionada directamente con la labor constante del foro ATM para promover el crecimiento de esta tecnología, una de sus líneas de desarrollo es la de multiprotocolos sobre ATM, que aún cuando esta muy completa, se necesita complementar un poco con respecto a la convivencia con redes fiber channel, y para algunos protocolos de puenteo y/o de ruteo que no están especificados aún.

Respecto a la implementación en modo nativo, específicamente de IP sobre ATM, esta debe salvar obstáculos aún mayores que la emulación de LAN's, esto es por que aún cuando es aparentemente mas sencilla su implementación, su desarrollo esta mucho mas aletargado y en general mas propietario que el desarrollo de LANE; además tiene que hacerse competitivo con su rival CO-IPX.

4.2.1 Internet II

Internet II es un proyecto conjunto entre varias universidades (alrededor de 100 universidades), gobierno y empresas de Estados Unidos, con el fin de crear y mantener una nueva red de datos exclusivamente para la comunidad investigadora de E.U., esto debido principalmente a que en la Internet actual, el tráfico de empresas particulares frecuentemente crea cuellos de botella, congestiones, retardos, etc. El objetivo principal de Internet II es proporcionar y garantizar un ancho de banda flexible, y de ser posible con calidad de servicios, es por esto que la tecnología ideal para esta nueva red es ATM, que se espera que cuente con un backbone con una velocidad de OC-12 hasta OC-48.

Como objetivo secundario de esta nueva Internet, es proporcionar la pauta a una nueva generación de aplicaciones creadas para explotar completamente las capacidades de banda ancha de la red, tales como: integración de servicios, interactividad, colaboración en tiempo real; y como proyectos prioritarios están : la investigación y la educación a distancia.

Como tercer objetivo de Internet II, esta el mejoramiento de los servicios de Internet para todos los miembros de la comunidad académica.

Las metas que se espera alcanzar son:

- Demostrar que pueden aumentar dramáticamente el desarrollo de nuevas aplicaciones con solo facilitar la colaboración entre investigadores.
- Demostrar el aumento de la educación y de otros servicios mejorando la comunicación hasta un punto de "proximidad virtual" creada a través de una avanzada infraestructura de comunicaciones.
- Soportar el desarrollo y adopción de avanzadas aplicaciones y herramientas de desarrollo.
- Facilitar el desarrollo, expansión y operación de una infraestructura integral de comunicaciones, capaz de soportar diferentes calidades de servicios, basados en los requerimientos de las aplicaciones y de la comunidad académica e investigadora.
- Brindar un campo de experimentación para la(s) siguiente(s) generación(es) de tecnologías de comunicaciones.
- Coordinar la adopción y concordancia entre los estándares comunes entre las empresas e instituciones participantes para así asegurar una calidad de servicios e interoperabilidad hasta los sistemas finales
- Catalizar la asociación entre el gobierno y el sector privado.
- Fomentar la transferencia de tecnología de Internet II hacia el resto de la Internet
- Estudiar el impacto de una nueva infraestructura, servicios y aplicaciones en la educación superior y el la comunidad de Internet en general.

Un cliente que desee acceder a Internet II necesita contar con un sistema operativo que corra con multitareas y multi-hilos, así como lo hace Unix ó NT, así mismo debe tener un procesador eficiente (RISC o Pentium pro) y una conexión de gran ancho de banda (alrededor de 25 Mbps).

4.3 Recomendaciones

En el desarrollo de esta investigación, se ha estudiado el funcionamiento de las tecnologías de vanguardia para implementar ATM en redes LAN, sin embargo es necesario un acercamiento mas tangible, es por esto que a continuación muestro alguno problemas y estudios adicionales con respecto a estos desarrollos, estos estudios bien pueden ser implementados en el presente o en un futuro cercano.

4.3.1 Comparación de trafico entre redes LAN reales y redes LAN emuladas.

Consideremos 2 redes con las siguientes características:

- Red Fast Ethernet (100 Mbps) que para fines de esta comparación se considerará que solo se van a transmitir tramas de 64 bytes de longitud.
- Red ATM-LANE con enlaces OC-3 (155 Mbps, 53 bytes por celda).
- Ambas están conectadas a un backbone de ATM en uno de sus extremos, y conectadas a otro segmento LAN o LANE de la misma naturaleza que la red bajo estudio.
- Se considerará que el 80% de los nodos transmiten simultáneamente.

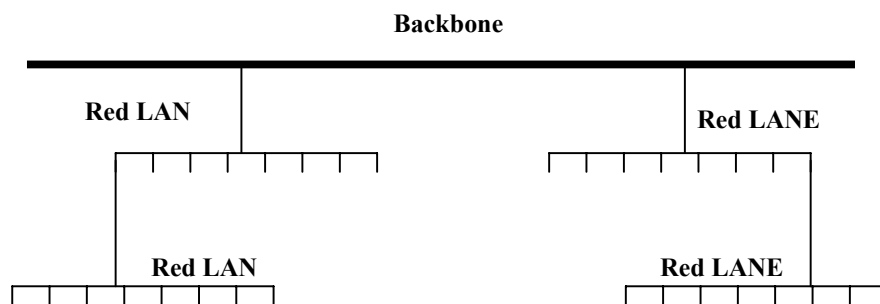


Figura 4.4 Esquema para comparar tráfico entre una red LAN real y una red LAN emulada.

Como primera comparación, se calculará la duración de la trama para cada red:

Ethernet:

$$(64\text{bytes/trama})(8\text{bits/byte})=512 \text{ bits/trama}$$
$$(512\text{bits/trama})/(100\times 10^6\text{bits/segundo})=5.12 \mu\text{seg/trama}$$

ATM:

$$(53\text{bytes/trama})(8\text{bits/byte})=424 \text{ bits/trama}$$
$$(424\text{bits/trama})/(155\times 10^6\text{bits/segundo})=2.735 \mu\text{seg/trama}$$

Comparando ambos tiempos, se observa que la celda ATM es 1.87 veces mas rápida que la trama Ethernet, esto es en gran parte debido a que es una velocidad de 155 Mbps, pero a continuación se compararan las capacidades de transportar trafico entre nodos:

Consideremos primeramente que las redes constan solo de 10 nodos cada una, y además que el 80% de ellos transmite simultáneamente.

En la red LAN, si no hubiera colisiones, se pueden transmitir hasta 195,312 tramas por segundo, en un minuto serán 11,718,750 tramas, y por ultimo considerando que son ocho los nodos que transmiten simultáneamente, daría como resultado 93,750,000 tramas se transmiten por el canal en un minuto pero solo pueden circular 195,312, pues es el tope de 100Mbps. Si todas estas tramas desean salir fuera del segmento, el dispositivo de frontera deberá tener la capacidad de procesar todas estas tramas, es decir debe poder filtrarlas y rutearlas al exterior, además si se desea darle cierta calidad de servicio, debe hacerlo con el menor retardo posible. Además, debe tener un enlace de alta velocidad (OC-3 mínimo) hacia el backbone con el fin de evitar en lo posible las congestiones.

En la red LANE, debido a su naturaleza orientada a conexión, no se presentan colisiones, en esta cada nodo puede transmitir hasta 365,566 celdas en un segundo, en un minuto serán 21,933,962 celdas y como son ocho los nodos que transmiten, da como resultado 175,471,700 celdas en un minuto, de manera similar al caso anterior, el dispositivo de frontera deberá tener la capacidad de procesar todas estas celdas, pero debido a que en estos equipos se utiliza tecnología de punta, el dispositivo puede hacerlo aún con calidad de servicio y con retardos mínimos. La conexión hacia el backbone deberá cubrir las necesidades de ancho de banda y calidad de servicio que se requieran, esto se debe hacer considerando el tipo de aplicaciones que se usarán.

Como punto final en esta comparación, se debe hacer notar que mientras que en la LAN real, todos los nodos comparten el mismo ancho de banda, en la LAN emulada, debido a que se construye a base de switches, cada nodo tiene a su disposición un ancho de banda de 155 Mbps. Sin embargo como se menciono arriba, la conexión con el backbone debe satisfacer los requerimientos de ancho de banda y de calidad de servicio que se necesiten.

Agravando este punto, se recuerda que este segmento de LAN real o emulada, sirven como punto intermedio entre el backbone y otro segmento de red, con lo cual mientras que en la LAN real todo el tráfico que desee salir de la segunda red deberá competir por canal de la primera LAN (aumentando con esto las colisiones), en la red emulada, solo compartirá el ancho de banda con el asignado a un solo nodo.

En la tabla siguiente se colocan los resultados para 10, 20, 50 y 100 nodos en cada segmento de LAN.

	<i>LAN REAL</i>		<i>LAN EMULADA</i>
	Switchheada	No switchheada	
Ancho de banda total	100 Mbps	100 Mbps	155 Mbps
Ancho de banda para cada nodo	100 Mbps	10 Mbps	155 Mbps
Tramas por segundo por nodo	195,312	195,312	365,566
10 nodos			
Probabilidad de colisión	Muy poca (solo en el nodo de enlace)	Poca	No existe
Tramas por segundo (8 nodos)	1,562,500	195,312	2,924,528
20 nodos			
Probabilidad de colisión	Muy poca	Poca	No existe
Tramas por segundo (16 nodos)	3,125,000	195,312	5,849,056
50 nodos			
Probabilidad de colisión	Muy poca	Media	No existe
Tramas por segundo (40 nodos)	7,812,500	195,312	14,622,642
100 nodos			
Probabilidad de colisión	Media	Alta	No existe
Tramas por segundo (80 nodos)	15,625,000	195,312	29,245,283

Tabla 4.1 comparación de tráfico entre una red LAN real y una red emulada.

4.3.2 Requerimientos mínimos para emular LAN's

A consecuencia de la comparación anterior, se hace necesario determinar hasta que punto es factible emular una LAN, es por esto que a continuación menciono algunos requerimientos mínimos para este fin.

- No mas de 30 nodos con enlaces OC-3 cada uno, pero si el tráfico aumenta de manera considerable, se deberá segmentar la LAN emulada; al segmentar, no es necesario adquirir nuevos LES, BUS y LECS, se puede hacer de manera lógica.
- Un enlace OC-6 como backbone entre los nodos anteriores, u OC-3 en caso de que sean menos de 15 nodos, y que no transmitan mas del 60% de ellos simultáneamente.
- Un switch ATM-LANE como LES y BUS.
- Un switch ATM-LANE como LECS (puede residir en el equipo anterior, siempre y cuando sea una red pequeña).
- El administrador de la red deberá ponderar la distribución de ancho de banda para cada clase de servicio (en el siguiente punto se muestra un ejemplo) de acuerdo con las características del equipo.
- El administrador de la red deberá planear la estructura de la red en base al esquema de árbol doble.
- En caso de implementar MPOA, los equipos deberán soportar UNI 3.0 o superior.
- En caso de usar clientes MPOA como puertas de acceso (gateway) entre ATM y redes LAN reales, el tráfico en este nodo puede considerarse relativamente bajo, pues la mayoría de las aplicaciones de las redes reales aún no están listas para solicitar calidad de servicios.
- Los clientes MPOA y LANE deberán contar con un hardware que soporte la gran velocidad y un software que soporte multitareas y multihilos.
- Si las aplicaciones de tiempo real son muy frecuentes, será necesario jerarquizar la red para los nodos mas demandantes.

4.3.3 Ejemplo de diseño para una red de telediagnóstico.

En la actualidad, una de las aplicaciones de banda ancha que se hace cada vez mas prescindible en el sector salud, es el telediagnóstico, este consiste en transmitir la información referente de una operación hacia uno o mas destinos en donde deberá haber expertos en la materia para que asesoren la operación. Para este propósito, es necesario contar con una infraestructura de datos que soporte una gran velocidad de transmisión y que soporte aplicaciones en tiempo real, sin embargo si no se tratase de una operación, si no de solo un diagnostico físico, los requerimientos no tienen que ser tan grandes.

Primeramente, se estudiaran los requerimientos mas grandes para ver hasta donde es posible implementar una red que soporte este tipo de aplicaciones.

- Se considerará que se cuenta con enlaces OC-3 entre los nodos.
- Para telediagnóstico en tiempo real, se necesita 1 canal (full dúplex de preferencia) de video de alta resolución (HDTV), este canal deberá ser transportado en un servicio de tasa de bit constante (CBR) o de tasa de bit variable para aplicaciones en tiempo real (rt-VBR).
- 2 canales estéreo (codificados en ADPCM) full dúplex, de preferencia transportados en un servicio de tasa de bit variable para aplicaciones en tiempo real (rt-VBR).
- 1 canal de teletexto, este puede ser transportado en una clase de servicio de tasa de bit variable para aplicaciones en tiempo no real (nrt-VBR), o de tasa de bit sin especificar (UBR).
- 1 canal para transmisiones extras de imágenes o de respaldo para el teletexto, también para el tráfico de mensajes de control en un entorno LANE, este canal puede ser transportado en una clase de servicio de tasa de bit sin especificar (UBR), o de tasa de bit disponible (ABR).

Primeramente, se considerarán los requerimientos para el canal de video HDTV comprimido:

- Tasa de bits de 60 Mbps
- Retardo menor a 30ms
- Jitter menor a 50ms
- Tasa de error menor 10^{-6} .

Los canales de audio deben tener las siguientes características:

- Codificación ADPCM
- Tasa de bits de 200 Kbps
- Retardo menor a 30ms
- Jitter menor a 100ms

Para los canales de teletexto y de transmisiones extras, se necesitara:

- Tasa de bits de 500 Kbps a 1 Mbps
- Retardo menor a 200 ms
- Jitter menor a 100 ms

Con estas características, se requerirá de un ancho de banda total de 61.2 Mbps, con lo cual en un OC-3 solo se podrán transportar a lo mucho 2 servicios de telediagnóstico simultáneamente. La figura siguiente muestra un ejemplo para ponderar el ancho de banda para las distintas clases de servicio empleadas en este diseño, además se esta suponiendo que los equipos soportan todas las clases de servicio. En este caso los canales de video se transportan en CBR y rt-VBR, el ancho de banda para CBR se usa para transmitir la operación, y el servicio de rt-VBR se usa para recibir.

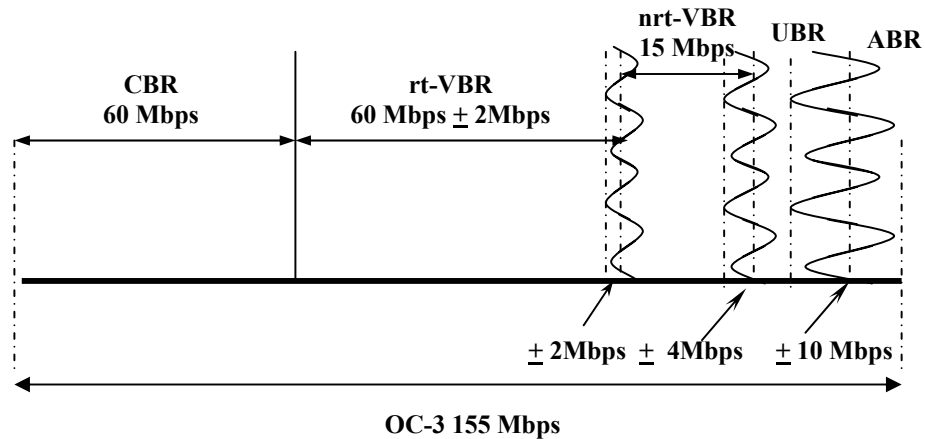


Figura 4.5 Ponderación del ancho de banda para un servicio de telediagnóstico transportado sobre enlaces OC-3.

En caso de que se requieran mas enlaces, a costa de sacrificar la calidad de la imagen, se puede usar en vez de HDTV, MPEG-2, con lo cual la tasa de bits del canal de video se reduciría de 60 Mbps a 12 Mbps e incluso hasta 6 Mbps, considerando un esquema similar al mostrado en la figura, se pueden colocar de 10 a 20 enlaces simultáneos.

En el caso de que la red de telediagnóstico se use para hacer revisiones físicas, la calidad del video se puede reducir hasta una calidad de videoconferencia (112 Kbps), y con un esquema como el anterior, se pueden colocar 535 enlaces, sin embargo esto puede variar pues en este caso, el ancho de banda de video es muy similar al de audio y al del teletexto.

4.4 Conclusiones.

El desarrollo de una investigación crítica de esta naturaleza, permite ver principalmente que aún cuando la tecnología avanza a pasos agigantados, todavía existen muchas cosas por hacer, por corregir y por adoptar, tal es el caso del desarrollo de las capas OEM, de los estándares para seguridad y ruteo eficiente específicos para ATM.

Además a través de esta visión crítica, se puede establecer una pauta para futuras investigaciones y líneas de investigación enfocadas principalmente para culturas latinas, que suelen ser relegadas en estos aspectos tecnológicos.

Pero aún cuando la tecnología obedezca principalmente los designios de los países desarrollados, existen ya varios países latinos y en general de tercer mundo que se han preocupado por implementar soluciones tecnológicas de vanguardia como ATM, es por esto que considero que es responsabilidad de los profesionales de esta generación la implementación inteligente y mas enfocada hacia la cultura de cada país, esta es la razón principal por la cual procuré traducir al español la mayoría de los conceptos usados en vez de usar los sajismos a los cuales estamos muy acostumbrados; así mismo es necesario un mayor auge de investigadores que se dediquen a implementar, experimentar y proponer nuevas tecnologías, el proyecto Internet II de México constituye una gran oportunidad para este propósito, pero es necesario que tanto las instituciones educativas como la iniciativa privada apoyen estos proyectos.

Como punto final, deseo expresar mi confianza en que las propuestas hechas (como la emulación de nodos en estado promiscuo, intercomunicación de E-ELAN con TK-ELAN o de redes virtuales a través de entidades MPOA, y los ejemplos de implementación para servicios de telediagnóstico) en este trabajo sean tomadas en cuenta para mejorar esta tecnología.

GLOSARIO

#

100VG-Any LAN. Tecnología diseñada por HP y otras compañías para transportar datos a 100Mbps en redes LAN.

A

ABME. Modo extendido asíncrono balanceado (Asynchronous Blanced Mode Extended). Modo de operación de la subcapa LLC.

ADM. Modo asíncrono de desconexión (Asynchronous Disconnect Mode). Modo de operación de la subcapa LLC.

ANSI. Instituto Americano de Estándares Nacionales (American National Standard Institute) Es la principal organización de estándares en Estados Unidos, es un organismo independiente y sin fines de lucro que apoya a organizaciones del ramo, sociedades, profesionales e industria.

ARP. Protocolo de Resolución de Direcciones (Address Resolution Protocol). Protocolo inter-redes que traduce direcciones IP en direcciones MAC.

ATM. Modo de Transferencia Asíncrona (Asynchronous Transfer Mode). Tecnología de conmutación de paquetes que se espera resuelva las necesidades de ancho de banda en el futuro.

ATM Forum. El foro ATM es una asociación de empresas interesadas en acelerar el crecimiento de la tecnología ATM, adoptarla y establecer los estándares necesarios.

B

Backbone. Se le conoce como backbone a una red de alta velocidad y de alto rendimiento que se enlaza con otras redes formando una interred ó espina dorsal entre las redes.

BER. Tasa de error (Bit Error Rate) se define como la ocurrencia de un error en una transmisión de datos, y sirve como una medida de la calidad de la transmisión. Generalmente se expresa como un exponente negativo (como 10^{-7} indica que existe la probabilidad de que ocurra un error cada 10,000,000 bits transmitidos).

BPDU. Unidad de datos del protocolo para puenteo (Bridge Protocol Data Unit). Es un PDU para protocolos de puenteo usado para intercambiar información de administración y de control.

Broadcast. Mensaje que se envía hacia todos los nodos de una red sin importar cuantos sean estos.

BUS. Servidor de broadcast y de desconocidos (Broadcast and Unknown Server). Este servidor se usa para manejar los mensajes de los clientes LANE, los broadcast de las direcciones MAC, el tráfico multicast y el tráfico punto a punto usado para emular un broadcast entre clientes LANE.

C

CD-DA. Formato de audio usado en los discos compactos de audio comerciales (Compact Disk-Digital Audio).

CLP. Prioridad para perder celdas (Cell Loss Priority). Parámetro a través del cual se puede determinar si una celda que llegó con error de puede descartarse o no.

CO-IPX. IPX orientado a conexión (Connection Oriented-IPX) Versión de IPX especial para redes ATM.

CPCS. Parte Común de la Subcapa de Convergencia (Common Part Convergence Sublayer). Es la porción de la subcapa de convergencia que no toma en cuenta el tipo de tráfico que se transporta.

D,E

E0. Canal de datos con una capacidad de 64 Kbps.

E1. Canal de datos con una capacidad de 30 E0, mas 64 Kbps para señalización y 64 Kbps para mantenimiento.

ELAN. Red LAN emulada a través de los elementos de LANE.

E-ELAN. Red ethernet emulada a través de los elementos de LANE.

Ethernet. Estándar para redes LAN (IEEE 802.3) a 10 Mbps.

F

Fast ethernet. Tecnología diseñada por INTEL, 3COM, CABLETRON y otras compañías para transportar datos a 100Mbps en redes LAN (IEEE 802.3U).

FCS. Secuencia de Chequeo de las Tramas (Frame Check Secuence). Es un parámetro basado en alguna formula matemática, y es usado para determinar el inicio y final de algún bloque de tramas dañadas.

Fiber cahnnel. Tecnología utilizada para transportar datos desde ordenes de Mbps hasta Gbps.

Frame Relay. Tecnología de conmutación de paquetes que muy utilizada en la actualidad para redes WAN.

FDDI. Interfaz de Datos Distribuidos por Fibra (Fiber Distrubuted Data Interface) Estándar especificado por el ANSI para enlaces con fibra óptica con velocidades de transmisión de hasta 100 Mbps; el estándar especifica: fibra multimodo 50/125, 62.5/125, ó 85/125 núcleo/revestimiento, una fuente LED o láser y 2Km de transmisión sin repetidores a 40Mbps. Esta tecnología muy utilizada en la actualidad como backbone de 100 Mbps entre redes LAN.

FFT. Transformada Rápida de Fourier (Fast Fourier Transform), algoritmo utilizada en el procesamiento digital de señales.

G,H

HEC. Control de errores en el encabezado (Header Error Control), campo usado para detectar si el encabezado de la celda ATM contiene errores

I

IEEE. Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronics Engineers) : Es una sociedad internacional de ingenieros profesionales que emite estándares para operación de redes ampliamente usados.

IETF. Grupo de trabajo de ingeniería en Internet (Internet Engeneering Task Forces), instituto dedicado a aprobar los estándares que se usan en la Internet actual, así como mantenerla y administrarla.

IP. Protocolo de Internet (Internet Protocol), protocolo de la capa de red, y pieza primordial de la familia TCP/IP.

IPX. Protocolo de Intercambio de paquetes entre redes (Internetwork Packet eXchange)Protocolo de la capa de red integrante de la familia de protocolos IPX/SPX, los cuales se derivaron de los protocolos XNS de Xerox.

ISDN. Red digital de servicios integrados (Integrated Services Digital Network). Estándar del CCITT que consiste en acomodar una variedad de servicios en una transmisión digital. Los canales van desde 144 Kbps hasta 1.544 Mbps y mas.

ISO. Organización Internacional de Estándares (International Standard Organization). Organización que promueve el desarrollo de estándares para computadoras.

ITU-T. Union Internaciol de Telecomunicaciones para Telecomunicaciones(International Telecommunications Union - Telecommunications)Subcomité del ITU encargado de desarrollar estándares relacionados con las telecomunicaciones.

J

Jitter. Efecto que consiste en un ligero movimiento aleatorio en tiempo o fase de la señal transmitida; esta inestabilidad puede introducir errores y causar la pérdida de sincronización en comunicaciones síncronas de alta velocidad.

JPEG. Grupo Conjunto de Expertos en Fotografía (Join Photography Expert Group). Es un estándar de compresión con perdidas de imágenes digitales.

K,L

LAN. Red de área local (Local Area Network). Es un sistema de comunicación de datos restringido a un área geográfica limitada (hasta 10 Km. aproximadamente) con velocidades de datos entre moderadas y altas (de 100 Kbps hasta 100 Mbps o más en el caso de ethernet gigabit, fiber channel y LANE). La red utiliza algún tipo de tecnología de conmutación y no utiliza los circuitos telefónicos comunes, aún cuando pueda tener puertas de acceso ó puentes hacia otras redes publicas o privadas.

LE_arp. Protocolo de resolución de direcciones para LANE(LANE-Address Resolution Protocol). Es un mensaje que se utiliza para solicitar a los clientes LANE que envíen su dirección ATM.

LEC. Cliente LANE (LANE Client). Es la entidad en un sistema final que se encarga de la manipulación de datos, resolución de direcciones, y otras funciones de control.

LECS. Servidor de Configuraciones LANE (LANE Configuration Server). Este servidor implementa las políticas de control asignadas a cada cliente LANE de diferentes LAN's emuladas para proporcionarles la dirección ATM de su LES correspondiente.

LE_RARP. Respuesta al mensaje LE_ARP, mediante este mensaje cada cliente LANE envía su dirección ATM al servidor.

LES. Servidor LANE (LANE Server). Es este servidor se implementan las funciones de control y coordinación para las LAN's emuladas, como dar de alta nuevos clientes LANE, resolución de direcciones MAC a ATM, etc.

LESID. Es un identificador único para cada servidor LANE (LES) dentro de una red emulada

LIS. Subred Lógica IP (Logical Ip Subnet). Así como en una subred normal, una LIS consiste de un grupo de nodos que se conectan a una red ATM y pertenecen a la misma subred IP, dentro de un entorno de IP sobre ATM.

LLC. Control de Enlaces Lógicos (Logical Link Control). Protocolo desarrollado por el comité 802 del IEEE para el control de transmisión de la capa de enlace de datos; este protocolo constituye la subcapa superior de la capa de enlace de datos y se complementa con la subcapa MAC.

LUNI. Interfaz de la red al usuario (UNI) para LANE (LANE-UNI). Es la interfaz estándar entre un cliente LANE y una entidad proveedora de servicio LANE (LES, LECS y/ó BUS).

M

MAC. Control de Acceso al Medio (Media Access Control). Es un protocolo de acceso a medios específicos, dentro de las especificaciones del IEEE 802; actualmente incluye variaciones para Token Ring, Token bus y CSMA/CD. Constituye la subcapa inferior de la capa de enlace de datos, la cual se complementa con la subcapa LLC.

MPC. Cliente MPOA (MPOA Client). Dispositivo en el cual se implementa el lado del cliente de uno o mas protocolos MPOA.

MPEG. Grupo de Expertos en Películas (Motion Picture Expert Group). Estándar de compresión con perdidas de video completo.

MPOA. Multiprotocolos sobre ATM (Multiprotocols Over ATM). Es un esfuerzo del foro ATM para estandarizar los protocolos, con el fin de que múltiples protocolos de la capa de red, y/ó de ruteo, puenteo corran sobre ATM.

MPS. Servidor MPOA (MPOA Server). Dispositivo en donde reside la parte del servidor de los protocolos relacionados con MPOA.

Multicast. Multipunto, Operación en la que un solo PDU que se genera desde una fuente, alcanza uno o mas destinos en un grupo.

N

NDIS. Especificación de interfaz de controladores de red (Network Driver Interface Specification). Estándar establecido por Microsoft para escribir controladores de red independientes del hardware.

NTSC. Comité Nacional de Sistemas de Television (National Television Systems Committee). Estándar para la difusión de señales de televisión a color, fué desarrollado en la década de los 50's para usarse principalmente en América del norte y parte de América del sur.

O

OC-3. Portadora Optica de nivel 3 (Optical Carrier - 3). Canal de datos con una capacidad de 155Mbps ó un STM-1

ODI. Estándar abierto de interfaz de enlace de datos (Open Data-link Interface) estándar desarrollado por Novell y apple para controladores de red independientes del hardware.

OAM. Operaciones de Administración y Mantenimiento (Operations Administration and Maintenance). Es un grupo de funciones en la red, comúnmente implementados enceldas especiales, que proporcionan indicaciones de fallas en la red, información acerca del desempeño de esta, diagnósticos, y demás datos acerca de la red.

OSI. Interconexión de Sistemas Abiertos (Open Systems Interconnection). Modelo arquitectónico desarrollado por la ISO para el diseño de una red de sistemas abiertos. Todas las funciones relacionadas con la comunicación están divididas en siete capas: física, de enlace de datos, de red, de sección, de presentación y de aplicación.

P,Q,R

PAL. Alteración de Fase por Línea (Phase Alteration for Line). Estándar para la difusión de televisión a colores utilizada principalmente en Europa. Este sistema evita la distorsión de colores que aparece en los sistemas NTSC.

Payload. Campo que indica el tipo de carga que se transporta en la celda ATM.

Pixel. Elemento de una imagen (Picture Element). Se define como la unidad mas pequeña en una pantalla de gráficos o de video, sus características (color e intensidad) son codificadas dentro de una señal eléctrica para su transmisión.

QoS. Calidad de servicios (Quality of Services). La calidad de servicio se define en términos de extremo a extremo a través de los siguientes parámetros:

- Relación de celdas perdidas.
- Retardo de las celdas durante la transmisión.
- Variación de los retardos.

RARP. Respuesta al mensaje ARP (Response-Address Resolution Protocol). Mensaje mediante el cual cada nodo responde al router con su dirección MAC.

RFC. Petición de comentario (Request For Comments). Durante el nacimiento de la Internet, las reglas no estaban bien especificadas, por lo que eran los propios usuarios los que hacían las sugerencias de modificación o de nuevos protocolos. A estas sugerencias se les llamo RFC. Debido a los años de evolución, hoy en día los RFC son las normas que rigen la comunicación en Internet. Estas normas se numeran a partir del número 1000.

S

SDH. Jerarquía Digital Síncrona (Synchronous Digital Hierarchy). Estándar internacional propuesto por el ITU-T para la transmisión de información por fibra óptica.

SECAM. Color secuencial a memoria. Es el sistema de transmisión de televisión usado en Francia, algunos países del medio oriente, Europa Oriental y Rusia.

SMDS. Servicio Digital Conmutado de Multimegabits (MDS). Servicio desarrollado por Bell communication research (Bellcore) para enfocar el mercado de operación de redes públicas a alta velocidad. El SMDS está basado en estándares de la industria y proporciona interoperabilidad entre la red de la compañía de telecomunicaciones y el equipo local del cliente de 1.544 hasta 45 Mbps.

SNMP. Protocolo Simple de Administración de la Red (Simple Network Management Protocol). Protocolo diseñado para administrar redes TCP/IP; actualmente es usado en una gran variedad de equipo de comunicaciones, y puede ser usado para controlar muchos aspectos de la operación de la red y de estación final.

SONET. Estándar para Redes Ópticas (Standard Optical Network). Conjunto de estándares para la comunicación de datos a través de fibra óptica a velocidades entre 51.84 Mbps y 13 Gbps.

Spanning tree. Un algoritmo estándar del IEEE que permite configurar bucles en una red de puentes para proporcionar trayectos alternos de datos. La configuración de puentes se asegura automáticamente de que solo un trayecto de datos sea accedido en el momento de la transmisión.

STM-1. Modulo de transporte Sincrono de nivel 1 (Synchronous Transport Module 1). Estándar de SDH para transportar datos sobre fibra óptica a 155.52Mbps.

T

T1S1. Subcomité del ANSI que se encarga de realizar convenios acerca de servicios, arquitectura y señalización.

TCP. Protocolo de Control de la Transmisión (Transmission Control Protocol). Este protocolo proporciona servicios orientados a conexión de extremo a extremo, tales como control de flujo y de secuencia; opera en la capa de transporte del modelo de referencia OSI.

TCP/IP. Familia de protocolos que especifican funciones de la capa de red y transporte además de contener protocolos de ruteo, puenteo, reserva de recursos, etc. Además, esta familia de protocolos es independiente de la plataforma, de tal manera que es posible que coexistan PC's, macrocomputadoras y estaciones de trabajo

Token ring. Estándar desarrollado por IBM y ratificado como un estándar como IEEE 802.5 a través del cual se pueden transportar datos hasta 16Mbps.

TK-ELAN. Red Token Ring emulada a través de los elementos de LANE.

- Unix.** Sistema operativo originalmente diseñado por AT&T para comunicar minicomputadoras multiusuarios de 32 bits; ha tenido una amplia aceptación por su predominio en ambientes académicos, su robustez y su facilidad de programación.
- VLAN.** LAN virtual (Virtual LAN). Es un grupo de estaciones de trabajo conectadas a un dispositivo inteligente que proporciona la capacidad de aislar a algunas de estas estaciones como si fueran otra red LAN independiente.
- VR.** Ruteo virtual (Virtual Router). Mecanismos a través de los cuales una entidad MPOA puede asumir las funciones de ruteo entre redes de distinta naturaleza.
- WAN.** Red de área amplia (Wide Area Network). Es una red que se extiende a lo largo de miles de kilómetros utilizando líneas proporcionadas por alguna compañía telefónica común.
- W-ISDN.** Red digital de servicios integrados de banda ancha (Wide-Integrated Services Digital Network).
- X.25.** Protocolo de conmutación de paquetes ampliamente usado durante la década pasada y principios de esta.

ILUSTRACIONES:

Figura 11 : Formato de la trama Frame Relay.....	7
Figura 1.1 : Ubicación de ATM en el modelo de Referencia OSI	10
Figura 1.2 : Campos del PDU de la capa de segmentación y reensamblaje para una subcapa AAL-1.....	14
Figura 1.3 : Formato de una celda ATM para una interfaz UNI.....	19
Figura 1.4 : Formato de una celda ATM para una interfaz NNI.....	19
Figura 1.5 : Operación de un Switch ATM	34
Figura 2.1 : Comparación entre una operación LANE y una operación en modo nativo.....	37
Figura 2.2 : Especificación para la conectividad entre LANE y LAN's comunes.....	39
Figura 2.3 : Ejemplo de muchas conexiones punto multipunto para emular un broadcast.....	41

<p>Figura 2.4 : Ejemplo de una configuración con un servidor de multicast para emular un broadcast.....</p>	41
<p>Figura 2.5 : Servidor de LAN emulation (LES).....</p>	42
<p>Figura 2.6 : Servidor para broadcast y desconocidos (BUS)</p>	43
<p>Figura 2.7 : Servidor de configuraciones (LECS)</p>	44
<p>Figura 2.8 : Envío de datos usando un BUS</p>	45
<p>Figura 2.9 : Resolución de direcciones en LANE</p>	47
<p>Figura 2.10 : Resumen de operación de LANE</p>	48
<p>Figura 3.1 : Propuesta de emulación de un nodo en estado promiscuo</p>	60
<p>Figura 3.2 Formato del PDU de la trama AAL-5</p>	62
<p>Figura 3.3 : Encabezado de una trama LLC operando en un modo no orientado a conexión.....</p>	63
<p>Figura 3.4 : Formato del campo de la carga de la subcapa CPCS para protocolos de ruteo ISO.....</p>	64

Figura 3.5 : Formato del encabezado SNAP	64
Figura 3.6 : Formato de carga para PDU's no ISO y para PDU's IP	65
Figura 3.7 : Formato del campo de carga de la subcapa CPCS para PDU's de puentes 802.3 y 802.5	66
Figura 3.8 : Formato del campo de carga de la subcapa CPCS para PDU's transportados con multiplexaje basado en canal virtual.....	67
Figura 3.9 : Formato del campo de carga de la subcapa CPCS para PDU's de puentes 802.3 y 802.5 transportados con multiplexaje basado en canal virtual.....	67
Figura 3.10 : Modelo de árbol doble	69
Figura 3.11 : Tipos de interfaces que se pueden presentar en una ELAN	70
Figura 3.12 : Conexión de un ruteador entre redes VLAN/ELAN	79
Figura 3.13 : Arquitectura del ruteo en un elemento.....	82

Figura 3.14 : Esquema de un servidor de ruteo	83
Figura 3.14 : Ineficiencia de ruteo del protocolo IP clásico sobre ATM.....	86
Figura 4.1 : Estructura de la red de datos de la UNAM.....	89
Figura 4.2 : Estructura de la red ATM del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey en enero de 1988.....	91
Figura 4.3 : Estructura de la red de datos del Instituto Politécnico Nacional IPN.....	93
Figura 4.4 : Esquema para comparar tráfico entre una red LAN real y una red LAN emulada	98
Figura 4.5 : Ponderación del ancho de banda para un servicio de telediagnóstico	105

TABLAS

Tabla 1.1 Clases de servicios ATM para B-ISDN	13
Tabla 1.2 Throughput para diferentes flujos de audio.....	22
Tabla 1.3 Retardos permitidos para diferentes flujos de audio.....	23
Tabla 1.4 Jitter permitido para flujos de audio comprimido.....	24

Tabla 1.5	
Throughputs para flujos de video.....	25
Tabla 1.6	
Jitter permitido para flujos de video	26
Tabla 1.7	
BER permitido para flujos de video	27
Tabla 1.8	
Tabla local de traslación en un switch ATM	34
Tabla 2.1	
Comparación básica entre redes LAN y redes ATM.....	38
Tabla 3.1	
Lista de los posibles valores del campo PID para un valor de OUI	65
Tabla 3.2	
Parámetros aplicables a las diferentes clases de servicio.....	78
Tabla 4.1	
Comparación de tráfico entre una LAN real y una LAN emulada	101

REFERENCIAS

Frame Relay

"Cell relay retreat"

<http://cell-relay.indiana.edu/cell-relay/>

" New Stuff at the Cell Relay Retreat"

<http://cell-relay.indiana.edu/cell-relay/NewStuff.html>

" The Cell Relay FAQ"

<http://cell-relay.indiana.edu/cell-relay/FAQ/ATM-FAQ/FAQ.html>

Modelo de referencia OSI

" OSI on WWW page"

<http://ganges.cs.tcd.ie/4ba2/index.html>

Conceptos generales

" Network Bibliography"

<http://www.cs.columbia.edu/~hgs/netbib/>

" Distributed Video Production (DVP)"

<http://viswiz.gmd.de/DVP/Public/deliv/deliv.222/act222.htm>

"Curso de telemática"

<http://www.cs.eafit.edu.co/Telematica/bisdn.htm>

"RFC's index"

[http://globecom.net/\(noel\)/ietf/index.shtml](http://globecom.net/(noel)/ietf/index.shtml)

"VLAN's"

<http://search.3com.com/>

"The virtual LAN, technology Report"

3COM : 1996

ATM ,LANE e IP sobre ATM

“ATM Internetworking”

Alles, Anthony. Cisco Systems: 1995

“LAN emulation over ATM Version 2”

ATM Forum Technical committee: 1996

“ATM LAN emulation in workgroup networks”

Technology white paper, Zeitnet: 1996

“Multi-protocol over ATM,Version 1.0”

ATM Forum Technical Committee: 1997

"ATM forum"

<http://www.atmforum.com/>

"Technical specifications"

<http://www.atmforum.com/atmforum/specs/specs.html>

" Approved Items as of February 1999 "

<http://www.atmforum.com/atmforum/specs/approved.html>

"LANE operation"

<http://www.impact.nl/Whiteppr/zeitnet/lan1-2.html>

" ATM Traffic Control"

<http://ganges.cs.tcd.ie/4ba2/atm/ATMtraffic.html>

" Usage Parameter Control and Network Parameter Control"

<http://ganges.cs.tcd.ie/4ba2/atm/ATMtraffic.html#upc>

" ATM Related Documents "

<http://cell-relay.indiana.edu/cell-relay/docs/docs.html>

" Archives"

<http://cell-relay.indiana.edu/cell-relay/archives/archives.index.html>

"ATM Software"

<http://cell-relay.indiana.edu/cell-relay/publications/software/software.html>

"Other ATM Web Servers"

<http://cell-relay.indiana.edu/cell-relay/publications/InternetResources/ATMsites.html>

" Other ATM Sources"

<http://www.zeitnet.com/other/other.html>

" IP over ATM home page "

<http://www.com21.com/pages/ietf.html>

" ATM DOCUMENT COLLECTION 3

The Blue Book"

<http://www.cl.cam.ac.uk/Research/SRG/bluebook.html>

"Technology topics"

<http://www.net.com/techtop/>

" CENTER FOR TELECOMMUNICATIONS RESEARCH"

<http://www.ctr.columbia.edu/>

" COMET Group Tutorials"

<http://comet.ctr.columbia.edu/publications/tutorials/>

"Technical documents"

<http://www.cisco.com/>

Anexo A:RFC 1483: Encapsulación de multiprotocolos sobre AAL 5

Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5

Status of this Memo

This RFC specifies an IAB standards track protocol for the Internet community, and requests discussion and suggestions for improvements.

Please refer to the current edition of the "IAB Official Protocol Standards" for the standardization state and status of this protocol.

Distribution of this memo is unlimited.

Abstract

This memo describes two encapsulations methods for carrying network interconnect traffic over ATM AAL5. The first method allows multiplexing of multiple protocols over a single ATM virtual circuit whereas the second method assumes that each protocol is carried over a separate ATM virtual circuit.

1. Introduction

Asynchronous Transfer Mode (ATM) based networks are of increasing interest for both local and wide area applications. This memo describes two different methods for carrying connectionless network interconnect traffic, routed and bridged Protocol Data Units (PDUs), over an ATM network. The first method allows multiplexing of multiple protocols over a single ATM virtual circuit. The protocol of a carried PDU is identified by prefixing the PDU by an IEEE 802.2 Logical Link Control (LLC) header. This method is in the following called "LLC Encapsulation" and a subset of it has been earlier defined for SMDS [1]. The second method does higher-layer protocol multiplexing implicitly by ATM Virtual Circuits (VCs). It is in the following called "VC Based Multiplexing".

ATM is a cell based transfer mode that requires variable length user information to be segmented and reassembled to/from short, fixed length cells. This memo doesn't specify a new Segmentation And Reassembly (SAR) method for bridged and routed PDUs. Instead, the PDUs are carried in the Payload field of Common Part Convergence Sublayer (CPCS) PDU of ATM Adaptation Layer type 5 (AAL5) [2].

Note that this memo only describes how routed and bridged PDUs are carried directly over the CPCS of AAL5, i.e., when the Service Specific Convergence Sublayer (SSCS) of AAL5 is empty. If Frame Relay Service Specific Convergence Sublayer (FR-SSCS), as defined in I.36x.1 [3], is used over the CPCS of AAL5, then routed and bridged PDUs are carried using the NLPID multiplexing method described in RFC 1294 [4].

Appendix A (which is for information only) shows the format of the FR-SSCS-PDU as well as how IP and CLNP PDUs are encapsulated over FR-SSCS according to RFC 1294.

2. Selection of the Multiplexing Method

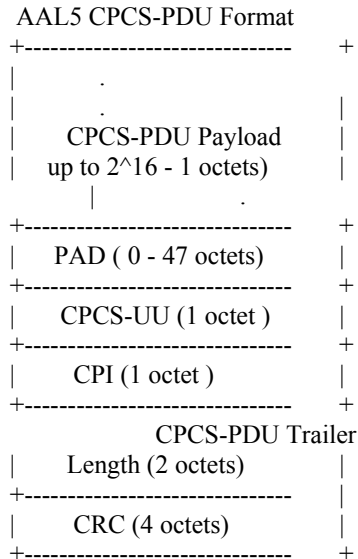
It is envisioned that VC Based Multiplexing will be dominant in environments where dynamic creation of large numbers of ATM VCs is fast and economical. These conditions are likely to first prevail in private ATM networks. LLC Encapsulation, on the other hand, may be desirable when it is not practical for one reason or another to have a separate VC for each carried protocol. This is the case, for example, if the ATM network only supports (semi) Permanent Virtual Circuits (PVCs) or if charging depends heavily on the number of simultaneous VCs.

When two ATM stations wish to exchange connectionless network interconnect traffic, selection of the multiplexing method is done either by manual configuration (in case of PVCs) or by B-ISDN signalling procedures (in case of Switched VCs). The details of B-ISDN signalling are still under study in CCITT [5]. It can, however, be assumed that B-ISDN signalling messages include a "Low layer compatibility" information element, which will allow negotiation of AAL5 and the carried (encapsulation) protocol.

3. AAL5 Frame Format

No matter which multiplexing method is selected, routed and bridged PDUs shall be encapsulated within the Payload field of AAL5 CPCS-PDU.

The format of the AAL5 CPCS-PDU is given below:



The Payload field contains user information up to $2^{16} - 1$ octets.

The PAD field pads the CPCS-PDU to fit exactly into the ATM cells such that the last 48 octet cell payload created by the SAR sublayer will have the CPCS-PDU Trailer right justified in the cell.

The CPCS-UU (User-to-User indication) field is used to transparently transfer CPCS user to user information. The field has no function under the multiprotocol ATM encapsulation described in this memo and can be set to any value.

The CPI (Common Part Indicator) field aligns the CPCS-PDU trailer to 64 bits. Possible additional functions are for further study in CCITT. When only the 64 bit alignment function is used, this field shall be coded as 0x00.

The Length field indicates the length, in octets, of the Payload field. The maximum value for the Length field is 65535 octets. A Length field coded as 0x00 is used for the abort function.

The CRC field protects the entire CPCS-PDU except the CRC field itself.

4. LLC Encapsulation

LLC Encapsulation is needed when several protocols are carried over the same VC. In order to allow the receiver to properly process the incoming AAL5 CPCS-PDU, the Payload Field must contain information necessary to identify the protocol of the routed or bridged PDU. In LLC Encapsulation this information is encoded in an LLC header placed in front of the carried PDU.

Although this memo only deals with protocols that operate over LLC

Type 1 (unacknowledged connectionless mode) service, the same encapsulation principle applies also to protocols operating over LLC

Type 2 (connection-mode) service. In the latter case the format and/or contents of the LLC header would differ from what is shown below.

4.1. LLC Encapsulation for Routed Protocols

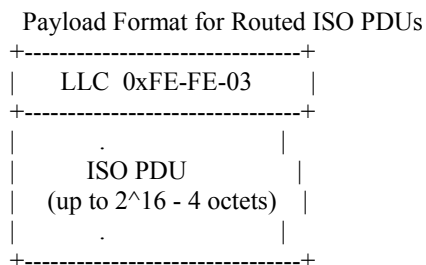
In LLC Encapsulation the protocol of the routed PDU is identified by prefixing the PDU by an IEEE 802.2 LLC header, which is possibly followed by an IEEE 802.1a SubNetwork Attachment Point (SNAP) header.

In LLC Type 1 operation, the LLC header consists of three one octet fields:



In LLC Encapsulation for routed protocols, the Control field has always value 0x03 specifying Unnumbered Information Command PDU.

The LLC header value 0xFE-FE-03 identifies that a routed ISO PDU (see [6] and Appendix B) follows. The Control field value 0x03 specifies Unnumbered Information Command PDU. For routed ISO PDUs the format of the AAL5 CPCS-PDU Payload field shall thus be as follows:

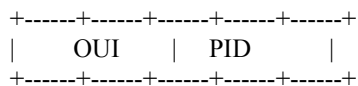


The routed ISO protocol is identified by a one octet NLPID field that is part of Protocol Data. NLPID values are administered by ISO and CCITT. They are defined in ISO/IEC TR 9577 [6] and some of the currently defined ones are listed in Appendix C.

An NLPID value of 0x00 is defined in ISO/IEC TR 9577 as the Null Network Layer or Inactive Set. Since it has no significance within the context of this encapsulation scheme, a NLPID value of 0x00 is invalid under the ATM encapsulation.

It would also be possible to use the above encapsulation for IP, since, although not an ISO protocol, IP has an NLPID value 0xCC defined for it. This format must not be used. Instead, IP is encapsulated like all other routed non-ISO protocols by identifying it in the SNAP header that immediately follows the LLC header.

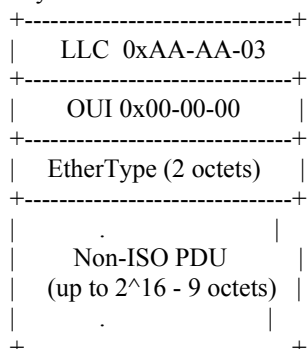
The presence of a SNAP header is indicated by the LLC header value 0xAA-AA-03. A SNAP header is of the form



The three-octet Organizationally Unique Identifier (OUI) identifies an organization which administers the meaning of the following two octet Protocol Identifier (PID). Together they identify a distinct routed or bridged protocol. The OUI value 0x00-00-00 specifies that the following PID is an EtherType.

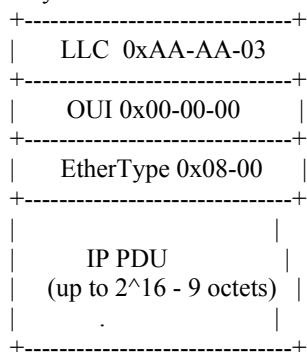
The format of the AAL5 CPCS-PDU Payload field for routed non-ISO PDUs shall thus be as follows:

Payload Format for Routed non-ISO PDUs



In the particular case of an Internet IP PDU, the Ethertype value is 0x08-00:

Payload Format for Routed IP PDUs



This is compatible with RFC 1042 [7]. Any changes in the header format specified in RFC 1042 should be followed by this memo.

4.2. LLC Encapsulation for Bridged Protocols

In LLC Encapsulation bridged PDUs are encapsulated by identifying the type of the bridged media in the SNAP header. As with routed non-ISO protocols, the presence of the SNAP header is indicated by the LLC header value 0xAA-AA-03. With bridged protocols the OUI value in the SNAP header is the 802.1 organization code 0x00-80-C2 and the actual type of the bridged media is specified by the two octet PID.

Additionally, the PID indicates whether the original Frame Check Sequence (FCS) is preserved within the bridged PDU. The media type (PID) values that can be used in ATM encapsulation are listed in Appendix B.

The AAL5 CPCS-PDU Payload field carrying a bridged PDU shall, therefore, have one of the following formats. Padding is added after the PID field if necessary in order to align the user information field of the bridged PDU at a four octet boundary.

Payload Format for Bridged Ethernet/802.3 PDUs

```
+-----+
| LLC 0xAA-AA-03 |
+-----+
| OUI 0x00-80-C2 |
+-----+
| PID 0x00-01 or 0x00-07 |
+-----+
| PAD 0x00-00 |
+-----+
| MAC destination address |
+-----+
| |
| (remainder of MAC frame) |
| |
+-----+
|LAN FCS (if PID is 0x00-01)|
+-----+
```

Payload Format for Bridged 802.4 PDUs

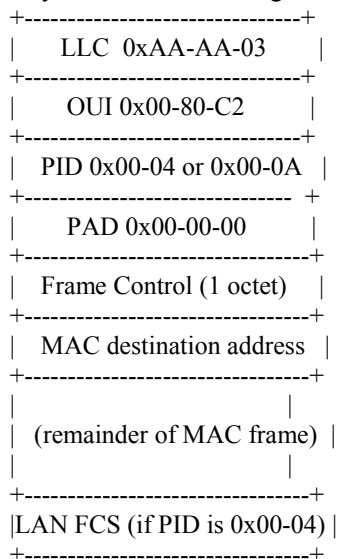
```
+-----+
| LLC 0xAA-AA-03 |
+-----+
| OUI 0x00-80-C2 |
+-----+
| PID 0x00-02 or 0x00-08 |
+-----+
| PAD 0x00-00-00 |
+-----+
| Frame Control (1 octet) |
+-----+
| MAC destination address |
+-----+
| |
| (remainder of MAC frame) |
| |
+-----+
|LAN FCS (if PID is 0x00-02)|
+-----+
```

Payload Format for Bridged 802.5 PDUs

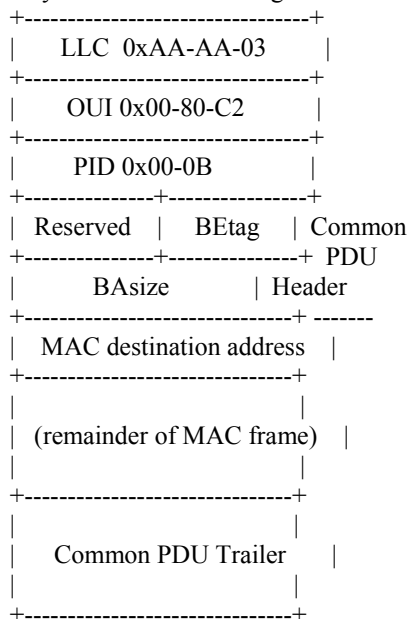
```
+-----+
| LLC 0xAA-AA-03 |
+-----+
| OUI 0x00-80-C2 |
+-----+
| PID 0x00-03 or 0x00-09 |
+-----+
| PAD 0x00-00-XX |
+-----+
| Frame Control (1 octet) |
+-----+
| MAC destination address |
+-----+
| |
| (remainder of MAC frame) |
| |
+-----+
|LAN FCS (if PID is 0x00-03)|
+-----+
```

Note that the 802.5 Access Control (AC) field has no significance outside the local 802.5 subnetwork. It can thus be regarded as the last octet of the three octet PAD field, which can be set to any value (XX).

Payload Format for Bridged FDDI PDUs



Payload Format for Bridged 802.6 PDUs

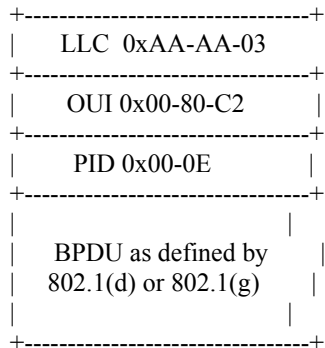


Note that in bridged 802.6 PDUs, there is only one choice for the PID value, since the presence of a CRC-32 is indicated by the CIB bit in the header of the MAC frame.

The Common Protocol Data Unit (PDU) Header and Trailer are conveyed to allow pipelining at the egress bridge to an 802.6 subnetwork. Specifically, the Common PDU Header contains the BAsize field, which contains the length of the PDU. If this field is not available to the egress 802.6 bridge, then that bridge cannot begin to transmit the segmented PDU until it has received the entire PDU, calculated the length, and inserted the length into the BAsize field. If the field is available, the egress 802.6 bridge can extract the length from the BAsize field of the Common PDU Header, insert it into the corresponding field of the first segment, and immediately transmit the segment onto the 802.6 subnetwork. Thus, the bridge can begin transmitting the 802.6 PDU before it has received the complete PDU.

Note that the Common PDU Header and Trailer of the encapsulated frame should not be simply copied to the outgoing 802.6 subnetwork because the encapsulated BEtag value may conflict with the previous BEtag value transmitted by that bridge.

An ingress 802.6 bridge can abort an AAL5 CPCS-PDU by setting its Length field to zero. If the egress bridge has already begun transmitting segments of the PDU to an 802.6 subnetwork and then notices that the AAL5 CPCS-PDU has been aborted, it may immediately generate an EOM cell that causes the 802.6 PDU to be rejected at the receiving bridge. Such an EOM cell could, for example, contain an invalid value in the Length field of the Common PDU Trailer.



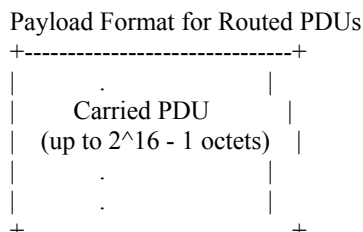
5. VC Based Multiplexing

In VC Based Multiplexing, the carried network interconnect protocol is identified implicitly by the VC connecting the two ATM stations, i.e. each protocol must be carried over a separate VC. There is therefore no need to include explicit multiplexing information in the Payload of the AAL5 CPCS-PDU. This results in minimal bandwidth and processing overhead.

As indicated above, the carried protocol can be either manually configured or negotiated dynamically during call establishment using signalling procedures. The signalling details will be defined later in other RFCs when the relevant standards have become available.

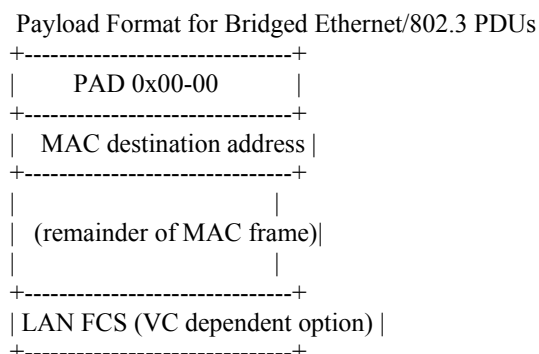
5.1. VC Based Multiplexing of Routed Protocols

PDU's of routed protocols shall be carried as such in the Payload of the AAL5 CPCS-PDU. The format of the AAL5 CPCS-PDU Payload field thus becomes:

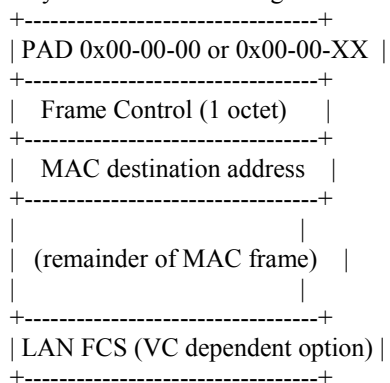


5.2. VC Based Multiplexing of Bridged Protocols

PDU's of bridged protocols shall be carried in the Payload of the AAL5 CPCS-PDU exactly as described in section 4.2 except that only the fields after the PID field are included. The AAL5 CPCS-PDU Payload field carrying a bridged PDU shall, therefore, have one of the following formats.

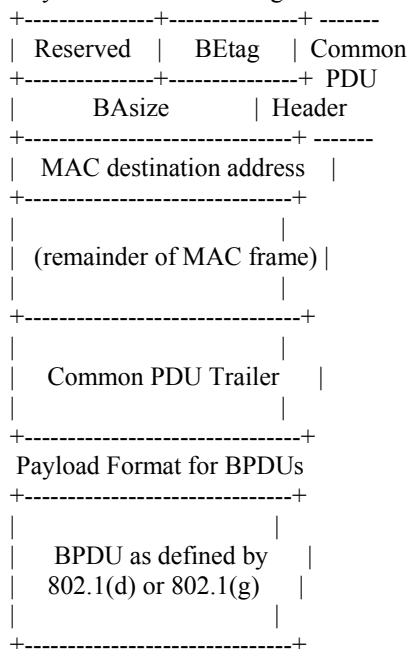


Payload Format for Bridged 802.4/802.5/FDDI PDUs



Note that the 802.5 Access Control (AC) field has no significance outside the local 802.5 subnetwork. It can thus be regarded as the last octet of the three octet PAD field, which in case of 802.5 can be set to any value (XX).

Payload Format for Bridged 802.6 PDUs



In case of Ethernet, 802.3, 802.4, 802.5, and FDDI PDUs the presence or absence of the trailing LAN FCS shall be identified implicitly by the VC, since the PID field is not included. PDUs with the LAN FCS and PDUs without the LAN FCS are thus considered to belong to different protocols even if the bridged media type would be the same.

6. Bridging in an ATM Network

An ATM interface acting as a bridge must be able to flood, forward, and filter bridged PDUs.

Flooding is performed by sending the PDU to all possible appropriate destinations. In the ATM environment this means sending the PDU through each relevant VC. This may be accomplished by explicitly copying it to each VC or by using a multicast VC.

To forward a PDU, a bridge must be able to associate a destination MAC address with a VC. It is unreasonable and perhaps impossible to require bridges to statically configure an association of every possible destination MAC address with a VC. Therefore, ATM bridges must provide enough information to allow an ATM interface to dynamically learn about foreign destinations beyond the set of ATM stations.

To accomplish dynamic learning, a bridged PDU shall conform to the encapsulation described within section 4. In this way, the receiving ATM interface will know to look into the bridged PDU and learn the association between foreign destination and an ATM station.

7. For Further Study

Due to incomplete standardization of ATM multicasting, addressing, and signalling mechanisms, details related to the negotiation of the multiplexing method as well as address resolution had to be left for further RFCs.

Acknowledgements

This document has evolved from RFCs [1] and [4] from which much of the material has been adopted. Thanks to their authors T. Bradley, C. Brown, A. Malis, D. Piscitello, and C. Lawrence. In addition, the expertise of the ATM working group of the IETF has been invaluable in completing the document. Special thanks Brian Carpenter of CERN, Rao Cherukuri of IBM, Dan Grossman of Motorola, Joel Halpern of Network Systems, Bob Hinden of Sun Microsystems, and Gary Kessler of MAN Technology Corporation for their detailed contributions.

Security Considerations

Security issues are not addressed in this memo.

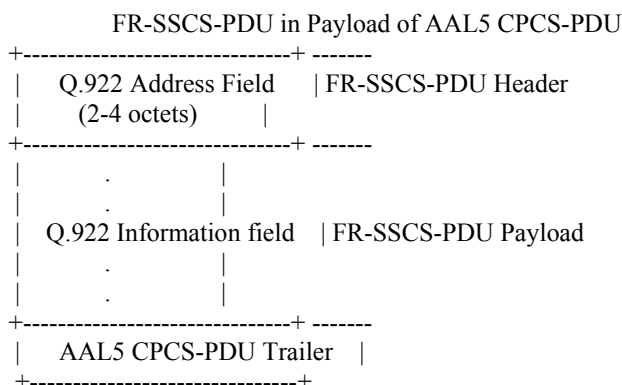
References

- [1] Piscitello, D. and Lawrence, C., "The Transmission of IP Datagrams over the SMDS Service". RFC 1209, Bell Communications Research, March 1991.
- [2] CCITT, "Draft Recommendation I.363". CCITT Study Group XVIII, Geneva, 19 - 29 January, 1993.
- [3] CCITT, "Draft Recommendation I.36x.1". CCITT Study Group XVIII, Geneva, 19-29 January, 1993.
- [4] Bradley, T., Brown, C., and Malis, A., "Multiprotocol Interconnect over Frame Relay". RFC 1294, Wellfleet Communications, Inc. and BBN Communications, January 1992.
- [5] CCITT, "Draft text for Q.93B". CCITT Study Group XI, 23 September - 2 October, 1992.
- [6] Information technology - Telecommunications and Information Exchange Between Systems, "Protocol Identification in the Network Layer". ISO/IEC TR 9577, October 1990.
- [7] Postel, J. and Reynolds, J., "A Standard for the Transmission of IP Datagrams over IEEE 802 Networks". RFC 1042, ISI, February, 1988.

Appendix A. Multiprotocol Encapsulation over FR-SSCS

I.36x.1 defines a Frame Relaying Specific Convergence Sublayer (FR-SSCS) to be used on the top of the Common Part Convergence Sublayer (CPCS) of the AAL type 5 for Frame Relay/ATM interworking. The service offered by FR-SSCS corresponds to the Core service for Frame Relaying as described in I.233.

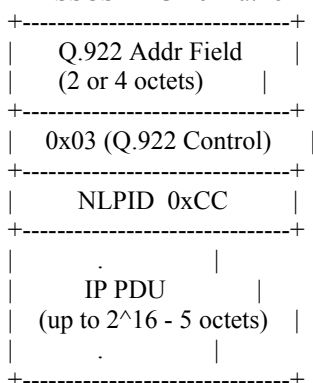
An FR-SSCS-PDU consists of Q.922 Address field followed by Q.922 Information field. The Q.922 flags and the FCS are omitted, since the corresponding functions are provided by the AAL. The figure below shows an FR-SSCS-PDU embedded in the Payload of an AAL5 CPCS-PDU.



Routed and bridged PDUs are encapsulated inside the FR-SSCS-PDU as defined in RFC 1294. The Q.922 Information field starts with a Q.922 Control field followed by an optional Pad octet that is used to align the remainder of the frame to a convenient boundary for the sender. The protocol of the carried PDU is then identified by prefixing the PDU by an ISO/CCITT Network Layer Protocol ID (NLPID).

In the particular case of an IP PDU, the NLPID is 0xCC and the FR-SSCS-PDU has the following format:

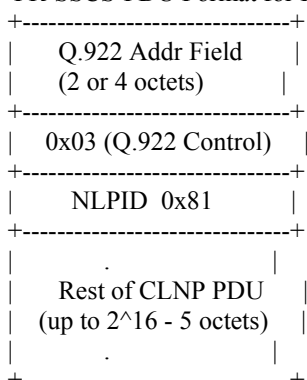
FR-SSCS-PDU Format for Routed IP PDUs



Note that according to RFC 1294 the Q.922 Address field shall be either 2 or 4 octets, i.e., a 3 octet Address field is not supported.

In the particular case of a CLNP PDU, the NLPID is 0x81 and the FR-SSCS-PDU has the following format:

FR-SSCS-PDU Format for Routed CLNP PDUs



Note that in case of ISO protocols the NLPID field forms the first octet of the PDU itself and shall thus not be repeated.

The above encapsulation applies only to those routed protocols that have a unique NLPID assigned. For other routed protocols (and for bridged protocols), it is necessary to provide another mechanism for easy protocol identification. This can be achieved by using an NLPID value 0x80 to indicate that an IEEE 802.1a SubNetwork Attachment Point (SNAP) header follows.

See RFC 1294 for more details related to multiprotocol encapsulation over FRCS.

Appendix B. List of Locally Assigned values of OUI 00-80-C2

with preserved FCS	w/o preserved FCS	Media
-----	-----	-----
0x00-01	0x00-07	802.3/Ethernet
0x00-02	0x00-08	802.4
0x00-03	0x00-09	802.5
0x00-04	0x00-0A	FDDI
0x00-05	0x00-0B	802.6
	0x00-0D	Fragments
	0x00-0E	BPDUs

Appendix C. Partial List of NLPIDs

- 0x00 Null Network Layer or Inactive Set (not used with ATM)
- 0x80 SNAP
- 0x81 ISO CLNP
- 0x82 ISO ESIS
- 0x83 ISO ISIS
- 0xCC Internet IP

Author's Address

Juha Heinanen
 Telecom Finland
 PO Box 228
 SF-33101 Tampere
 Finland
 Phone: +358 49 500 958
 Email: Juha.Heinanen@datanet.tele.fi

Anexo B: RFC 1577: IP clásico sobre ATM.

Classical IP and ARP over ATM

Status of this Memo

This document specifies an Internet standards track protocol for the Internet community, and requests discussion and suggestions for improvements. Please refer to the current edition of the "Internet Official Protocol Standards" (STD 1) for the standardization state and status of this protocol. Distribution of this memo is unlimited.

Abstract

This memo defines an initial application of classical IP and ARP in an Asynchronous Transfer Mode (ATM) network environment configured as a Logical IP Subnetwork (LIS) as described in Section 3. This memo does not preclude the subsequent development of ATM technology into areas other than a LIS; specifically, as single ATM networks grow to replace many ethernet local LAN segments and as these networks become globally connected, the application of IP and ARP will be treated differently. This memo considers only the application of ATM as a direct replacement for the "wires" and local LAN segments connecting IP end-stations ("members") and routers operating in the "classical" LAN-based paradigm. Issues raised by MAC level bridging and LAN emulation are beyond the scope of this paper.

This memo introduces general ATM technology and nomenclature. Readers are encouraged to review the ATM Forum and ITU-TS (formerly CCITT) references for more detailed information about ATM implementation agreements and standards.

Acknowledgments

This memo could not have come into being without the critical review from Jim Forster of Cisco Systems, Drew Perkins of FORE Systems, and Bryan Lyles, Steve Deering, and Berry Kercheval of XEROX PARC. The concepts and models presented in [1], written by Dave Piscitello and Joseph Lawrence, laid the structural groundwork for this work. ARP [3] written by Dave Plummer and Inverse ARP [12] written by Terry Bradley and Carolyn Brown are the foundation of ATMARP presented in this memo. This document could have not been completed without the expertise of the IP over ATM Working Group of the IETF and the ad hoc PVC committee at the Amsterdam IETF meeting.

1. Conventions

The following language conventions are used in the items of specification in this document:

- o MUST, SHALL, or MANDATORY -- the item is an absolute requirement of the specification.
- o SHOULD or RECOMMEND -- this item should generally be followed for all but exceptional circumstances.
- o MAY or OPTIONAL -- the item is truly optional and may be followed or ignored according to the needs of the implementor.

2. Introduction

The goal of this specification is to allow compatible and interoperable implementations for transmitting IP datagrams and ATM Address Resolution Protocol (ATMARP) requests and replies over ATM Adaptation Layer 5 (AAL5)[2,6].

Note: this memo defines only the operation of IP and address resolution over ATM, and is not meant to describe the operation of ATM networks. Any reference to virtual connections, permanent virtual connections, or switched virtual connections applies only to virtual channel connections used to support IP and address resolution over ATM, and thus are assumed to be using AAL5. This memo places no restrictions or requirements on virtual connections used for other purposes.

Initial deployment of ATM provides a LAN segment replacement for:

- 1) Local area networks (e.g., Ethernets, Token Rings and FDDI).
- 2) Local-area backbones between existing (non-ATM) LANs.

3) Dedicated circuits or frame relay PVCs between IP routers.

Note: In 1), local IP routers with one or more ATM interfaces will be able to connect islands of ATM networks. In 3), public or private ATM Wide Area networks will be used to connect IP routers, which in turn may or may not connect to local ATM networks. ATM WANs and LANs may be interconnected.

Private ATM networks (local or wide area) will use the private ATM address structure specified in the ATM Forum UNI specification [9]. This structure is modeled after the format of an OSI Network Service Access Point Address. A private ATM address uniquely identifies an ATM endpoint. Public networks will use either the address structure specified in ITU-TS recommendation E.164 or the private network ATM address structure. An E.164 address uniquely identifies an interface to a public network.

The characteristics and features of ATM networks are different than those found in LANs:

- o ATM provides a Virtual Connection (VC) switched environment. VC setup may be done on either a Permanent Virtual Connection (PVC) or dynamic Switched Virtual Connection (SVC) basis. SVC call management signalling is performed via implementations of the Q.93B protocol [7,9].

- o Data to be passed by a VC is segmented into 53 octet quantities called cells (5 octets of ATM header and 48 octets of data).

- o The function of mapping user Protocol Data Units (PDUs) into the information field of the ATM cell and vice versa is performed in the ATM Adaptation Layer (AAL). When a VC is created a specific AAL type is associated with the VC. There are four different AAL types, which are referred to individually as "AAL1", "AAL2", "AAL3/4", and "AAL5". (Note: this memo concerns itself with the mapping of IP and ATMARP over AAL5 only. The other AAL types are mentioned for introductory purposes only.) The AAL type is known by the VC end points via the call setup mechanism and is not carried in the ATM cell header. For PVCs the AAL type is administratively configured at the end points when the Connection (circuit) is set up. For SVCs, the AAL type is communicated along the VC path via Q.93B as part of call setup establishment and the end points use the signaled information for configuration. ATM switches generally do not care about the AAL type of VCs. The AAL5 format specifies a packet format with a maximum size of (64K - 1) octets of user data. Cells for an AAL5 PDU are transmitted first to last, the last cell indicating the end of the PDU. ATM standards guarantee that on a given VC, cell ordering is preserved end-to-end. NOTE: AAL5 provides a non-assured data transfer service - it is up to higher-level protocols to provide retransmission.

- o ATM Forum signalling defines point-to-point and point-to-multipoint Connection setup [9]. Multipoint-to-multipoint VCs are not yet specified by ITU-TS or ATM Forum.

- o An ATM Forum ATM endpoint address is either encoded as an NSAP Address (NSAPA) or is an E.164 Public-UNI address [9]. In some cases, both an ATM endpoint address and an E.164 Public UNI address are needed by an ATMARP client to reach another host or router. Since the use of ATM endpoint addresses and E.164 public UNI addresses by ATMARP are analogous to the use of Ethernet addresses, the notion of "hardware address" is extended to encompass ATM addresses in the context of ATMARP, even though ATM addresses need not have hardware significance. ATM Forum NSAPAs use the same basic format as U.S. GOSIP NSAPAs [11]. Note: ATM Forum addresses should not be construed as being U.S. GOSIP NSAPAs. They are not, the administration is different, which fields get filled out are different, etc.

This memo describes the initial deployment of ATM within "classical" IP networks as a direct replacement for local area networks (ethernets) and for IP links which interconnect routers, either within or between administrative domains. The "classical" model here refers to the treatment of the ATM host adapter as a networking interface to the IP protocol stack operating in a LAN-based paradigm.

Characteristics of the classical model are:

- o The same maximum transmission unit (MTU) size is used for all VCs in a LIS [2]. (Refer to Section 5.)

- o Default LLC/SNAP encapsulation of IP packets.

- o End-to-end IP routing architecture stays the same.

- o IP addresses are resolved to ATM addresses by use of an ATMARP service within the LIS - ATMARPs stay within the LIS. From a client's perspective, the ATMARP architecture stays faithful to the basic ARP model presented in [3].

- o One IP subnet is used for many hosts and routers. Each VC directly connects two IP members within the same LIS.

Future memos will describe the operation of IP over ATM when ATM networks become globally deployed and interconnected.

The deployment of ATM into the Internet community is just beginning and will take many years to complete. During the early part of this period, we expect deployment to follow traditional IP subnet boundaries for the following reasons:

- o Administrators and managers of IP subnetworks will tend to initially follow the same models as they currently have deployed. The mindset of the community will change slowly over time as ATM increases its coverage and builds its credibility.

- o Policy administration practices rely on the security, access, routing, and filtering capability of IP Internet gateways: i.e., firewalls. ATM will not be allowed to "back-door" around these mechanisms until ATM provides better management capability than the existing services and practices.

- o Standards for global IP over ATM will take some time to complete and deploy.

This memo details the treatment of the classical model of IP and ATMARP over ATM. This memo does not preclude the subsequent treatment of ATM networks within the IP framework as ATM becomes globally deployed and interconnected; this will be the subject of future documents. This memo does not address issues related to transparent data link layer interoperability.

3. IP Subnetwork Configuration

In the LIS scenario, each separate administrative entity configures its hosts and routers within a closed logical IP subnetwork. Each LIS operates and communicates independently of other LISs on the same ATM network. Hosts connected to ATM communicate directly to other hosts within the same LIS. Communication to hosts outside of the local LIS is provided via an IP router. This router is an ATM Endpoint attached to the ATM network that is configured as a member of one or more LISs. This configuration may result in a number of disjoint LISs operating over the same ATM network. Hosts of differing IP subnets MUST communicate via an intermediate IP router even though it may be possible to open a direct VC between the two IP members over the ATM network.

The requirements for IP members (hosts, routers) operating in an ATM LIS configuration are:

- o All members have the same IP network/subnet number and address mask [8].
- o All members within a LIS are directly connected to the ATM network.
- o All members outside of the LIS are accessed via a router.
- o All members of a LIS MUST have a mechanism for resolving IP addresses to ATM addresses via ATMARP (based on [3]) and vice versa via InATMARP (based on [12]) when using SVCs. Refer to Section 6 "Address Resolution" in this memo.
- o All members of a LIS MUST have a mechanism for resolving VCs to IP addresses via InATMARP (based on [12]) when using PVCs. Refer to Section 6 "Address Resolution" in this memo.
- o All members within a LIS MUST be able to communicate via ATM with all other members in the same LIS; i.e., the virtual Connection topology underlying the intercommunication among the members is fully meshed.

The following list identifies a set of ATM specific parameters that MUST be implemented in each IP station connected to the ATM network:

- o ATM Hardware Address (atm\$ha). The ATM address of the individual IP station.
- o ATMARP Request Address (atm\$arp-req). atm\$arp-req is the ATM address of an individual ATMARP server located within the LIS. In an SVC environment, ATMARP requests are sent to this address for the resolution of target protocol addresses to target ATM addresses. That server MUST have authoritative responsibility for resolving ATMARP requests of all IP members within the LIS. Note: if the LIS is operating with PVCs

only, then this parameter may be set to null and the IP station is not required to send ATMARP requests to the ATMARP server.

It is RECOMMENDED that routers providing LIS functionality over the ATM network also support the ability to interconnect multiple LISs. Routers that wish to provide interconnection of differing LISs MUST be able to support multiple sets of these parameters (one set for each connected LIS) and be able to associate each set of parameters to a specific IP network/ subnet number. In addition, it is RECOMMENDED that a router be able to provide this multiple LIS support with a single physical ATM interface that may have one or more individual ATM endpoint addresses. Note: this does not necessarily mean different End System Identifiers (ESIs) when NSAPAs are used. The last octet of an NSAPA is the NSAPA Selector (SEL) field which can be used to differentiate up to 256 different LISs for the same ESI. (Refer to Section 5.1.3.1, "Private Networks" in [9].)

4. Packet Format

Implementations MUST support IEEE 802.2 LLC/SNAP encapsulation as described in [2]. LLC/SNAP encapsulation is the default packet format for IP datagrams.

This memo recognizes that other encapsulation methods may be used however, in the absence of other knowledge or agreement, LLC/SNAP encapsulation is the default.

This memo recognizes the future deployment of end-to-end signalling within ATM that will allow negotiation of encapsulation method on a per-VC basis. Signalling negotiations are beyond the scope of this memo.

5. MTU Size

The default MTU size for IP members operating over the ATM network SHALL be 9180 octets. The LLC/SNAP header is 8 octets, therefore the default ATM AAL5 protocol data unit size is 9188 octets [2]. In classical IP subnets, values other than the default can be used if and only if all members in the LIS have been configured to use the non-default value.

This memo recognizes the future deployment of end-to-end signalling within ATM that will allow negotiation of MTU size on a per-VC basis. Signalling negotiations are beyond the scope of this document.

6. Address Resolution

Address resolution within an ATM logical IP subnet SHALL make use of the ATM Address Resolution Protocol (ATMARP) (based on [3]) and the Inverse ATM Address Resolution Protocol (InATMARP) (based on [12]) as defined in this memo. ATMARP is the same protocol as the ARP protocol presented in [3] with extensions needed to support ARP in a unicast server ATM environment. InATMARP is the same protocol as the original InARP protocol presented in [12] but applied to ATM networks. All IP stations MUST support these protocols as updated and extended in this memo. Use of these protocols differs depending on whether PVCs or SVCs are used.

6.1 Permanent Virtual Connections

An IP station MUST have a mechanism (eg. manual configuration) for determining what PVCs it has, and in particular which PVCs are being used with LLC/SNAP encapsulation. The details of the mechanism are beyond the scope of this memo.

All IP members supporting PVCs are required to use the Inverse ATM Address Resolution Protocol (InATMARP) (refer to [12]) on those VCs using LLC/SNAP encapsulation. In a strict PVC environment, the receiver SHALL infer the relevant VC from the VC on which the InATMARP request (InARP_REQUEST) or response (InARP_REPLY) was received. When the ATM source and/or target address is unknown, the corresponding ATM address length in the InATMARP packet MUST be set to zero (0) indicating a null length, otherwise the appropriate address field should be filled in and the corresponding length set appropriately. InATMARP packet format details are presented later in this memo.

Directly from [12]: "When the requesting station receives the InARP reply, it may complete the [ATM]ARP table entry and use the provided address information. Note: as with [ATM]ARP, information learned via In[ATM]ARP may be aged or invalidated under certain circumstances." It is the responsibility of each IP station supporting PVCs to re-validate [ATM]ARP table entries as part of the aging process. See Section 6.5 on "ATMARP Table Aging".

6.2 Switched Virtual Connections

SVCs require support for ATMARP in the non-broadcast, non-multicast environment that ATM networks currently provide. To meet this need a single ATMARP Server MUST be located within the LIS. This server MUST have authoritative responsibility for resolving the ATMARP requests of all IP members within the LIS.

The server itself does not actively establish connections. It depends on the clients in the LIS to initiate the ATMARP registration procedure. An individual client connects to the ATMARP server using a point-to-point VC. The server, upon the completion of an ATM call/connection of a new VC specifying LLC/SNAP encapsulation, will transmit an InATMARP request to determine the IP address of the client. The InATMARP reply from the client contains the information necessary for the ATMARP Server to build its ATMARP table cache. This information is used to generate replies to the ATMARP requests it receives.

The ATMARP Server mechanism requires that each client be administratively configured with the ATM address of the ATMARP Server `atm$arp-req` as defined earlier in this memo. There is to be one and only one ATMARP Server operational per logical IP subnet. It is RECOMMENDED that the ATMARP Server also be an IP station. This station MUST be administratively configured to operate and recognize itself as the ATMARP Server for a LIS. The ATMARP Server MUST be configured with an IP address for each logical IP subnet it is serving to support InATMARP requests.

This memo recognizes that a single ATMARP Server is not as robust as multiple servers which synchronize their databases correctly. This document is defining the client-server interaction by using a simple, single server approach as a reference model, and does not prohibit more robust approaches which use the same client-server interface.

6.3 ATMARP Server Operational Requirements

The ATMARP server accepts ATM calls/connections from other ATM end points. At call setup and if the VC supports LLC/SNAP encapsulation, the ATMARP server will transmit to the originating ATM station an InATMARP request (`InARP_REQUEST`) for each logical IP subnet the server is configured to serve. After receiving an InATMARP reply (`InARP_REPLY`), the server will examine the IP address and the ATM address. The server will add (or update) the `<ATM address, IP address>` map entry and timestamp into its ATMARP table. If the InATMARP IP address duplicates a table entry IP address and the InATMARP ATM address does not match the table entry ATM address and there is an open VC associated with that table entry, the InATMARP information is discarded and no modifications to the table are made. ATMARP table entries persist until aged or invalidated. VC call tear down does not remove ATMARP table entries.

The ATMARP server, upon receiving an ATMARP request (`ARP_REQUEST`), will generate the corresponding ATMARP reply (`ARP_REPLY`) if it has an entry in its ATMARP table. Otherwise it will generate a negative ATMARP reply (`ARP_NAK`). The `ARP_NAK` response is an extension to the ARMARP protocol and is used to improve the robustness of the ATMARP server mechanism. With `ARP_NAK`, a client can determine the difference between a catastrophic server failure and an ATMARP table lookup failure. The `ARP_NAK` packet format is the same as the received `ARP_REQUEST` packet format with the operation code set to `ARP_NAK`, i.e., the `ARP_REQUEST` packet data is merely copied for transmission with the `ARP_REQUEST` operation code reset to `ARP_NAK`.

Updating the ATMARP table information timeout, the short form: when the server receives an ATMARP request over a VC, where the source IP and ATM address match the association already in the ATMARP table and the ATM address matches that associated with the VC, the server may update the timeout on the source ATMARP table entry: i.e., if the client is sending ATMARP requests to the server over the same VC that it used to register its ATMARP entry, the server should examine the ATMARP requests and note that the client is still "alive" by updating the timeout on the client's ATMARP table entry.

Adding robustness to the address resolution mechanism using ATMARP: when the server receives an `ARP_REQUEST` over a VC, it examines the source information. If there is no IP address associated with the VC over which the ATMARP request was received and if the source IP address is not associated with any other connection, then the server will add the `<ATM address, IP address>` entry and timestamp into its ATMARP table and associate the entry with this VC.

6.4 ATMARP Client Operational Requirements

The ATMARP client is responsible for contacting the ATMARP server to register its own ATMARP information and to gain and refresh its own ATMARP entry/information about other IP members. This means, as noted above, that ATMARP clients MUST be configured with the ATM address of the ATMARP server. ATMARP clients MUST:

1. Initiate the VC connection to the ATMARP server for transmitting and receiving ATMARP and InATMARP packets.
2. Respond to ARP_REQUEST and InARP_REQUEST packets received on any VC appropriately. (Refer to Section 7, "Protocol Operation" in [12].)
3. Generate and transmit ARP_REQUEST packets to the ATMARP server and to process ARP_REPLY and ARP_NAK packets from the server appropriately. ARP_REPLY packets should be used to build/refresh its own client ATMARP table entries.
4. Generate and transmit InARP_REQUEST packets as needed and to process InARP_REPLY packets appropriately. InARP_REPLY packets should be used to build/refresh its own client ATMARP table entries. (Refer to Section 7, "Protocol Operation" in [12].)
5. Provide an ATMARP table aging function to remove its own old client ATMARP tables entries after a convenient period of time.

Note: if the client does not maintain an open VC to the server, the client MUST refresh its ATMARP information with the server at least once every 20 minutes. This is done by opening a VC to the server and exchanging the initial InATMARP packets.

6.5 ATMARP Table Aging

An ATMARP client or server MUST have knowledge of any open VCs it has (permanent or switched), their association with an ATMARP table entry, and in particular, which VCs support LLC/SNAP encapsulation.

Client ATMARP table entries are valid for a maximum time of 15 minutes.

Server ATMARP table entries are valid for a minimum time of 20 minutes.

Prior to aging an ATMARP table entry, an ATMARP server MUST generate an InARP_REQUEST on any open VC associated with that entry. If an InARP_REPLY is received, that table entry is updated and not deleted.

If there is no open VC associated with the table entry, the entry is deleted.

When an ATMARP table entry ages, an ATMARP client MUST invalidate the table entry. If there is no open VC associated with the invalidated entry, that entry is deleted. In the case of an invalidated entry and an open VC, the ATMARP client must revalidate the entry prior to transmitting any non address resolution traffic on that VC. In the case of a PVC, the client validates the entry by transmitting an InARP_REQUEST and updating the entry on receipt of an InARP_REPLY. In the case of an SVC, the client validates the entry by transmitting an ARP_REQUEST to the ATMARP Server and updating the entry on receipt of an ARP_REPLY. If a VC with an associated invalidated ATMARP table entry is closed, that table entry is removed.

6.6 ATMARP and InATMARP Packet Format

Internet addresses are assigned independently of ATM addresses. Each host implementation MUST know its own IP and ATM address(es) and MUST respond to address resolution requests appropriately. IP members MUST also use ATMARP and InATMARP to resolve IP addresses to ATM addresses when needed.

The ATMARP and InATMARP protocols use the same hardware type (ar\$hrd), protocol type (ar\$pro), and operation code (ar\$op) data formats as the ARP and InARP protocols [3,12]. The location of these fields within the ATMARP packet are in the same byte position as those in ARP and InARP packets. A unique hardware type value has been assigned for ATMARP. In addition, ATMARP makes use of an additional operation code for ARP_NAK. The remainder of the ATMARP/InATMARP packet format is different than the ARP/InARP packet format.

The ATMARP and InATMARP protocols have several fields that have the following format and values:

Data:

```

ar$hrd  16 bits  Hardware type
ar$pro  16 bits  Protocol type
ar$shtl 8 bits  Type & length of source ATM number (q)
ar$sstl 8 bits  Type & length of source ATM subaddress (r)
ar$op   16 bits  Operation code (request, reply, or NAK)
ar$spln 8 bits  Length of source protocol address (s)
ar$thtl 8 bits  Type & length of target ATM number (x)
ar$sttl 8 bits  Type & length of target ATM subaddress (y)
ar$tpln 8 bits  Length of target protocol address (z)
ar$sha  qoctets source ATM number
ar$ssa  roctets source ATM subaddress
ar$spa  soctets source protocol address
ar$tha  xoctets target ATM number
ar$tsa  yoctets target ATM subaddress
ar$tpa  zoctets target protocol address

```

Where:

ar\$hrd - assigned to ATM Forum address family and is 19 decimal (0x0013) [4].

ar\$pro - see Assigned Numbers for protocol type number for the protocol using ATMARP. (IP is 0x0800).

ar\$op - The operation type value (decimal): ARP_REQUEST = 1
 ARP_REPLY = 2
 InARP_REQUEST = 8
 InARP_REPLY = 9
 ARP_NAK = 10

ar\$spln - length in octets of the source protocol address. For IP ar\$spln is 4.

ar\$tpln - length in octets of the target protocol address. For IP ar\$tpln is 4.

ar\$sha - source ATM number (E.164 or ATM Forum NSAPA)

ar\$ssa - source ATM subaddress (ATM Forum NSAPA)

ar\$spa - source protocol address

ar\$tha - target ATM number (E.164 or ATM Forum NSAPA)

ar\$tsa - target ATM subaddress (ATM Forum NSAPA)

ar\$tpa - target protocol address

The encoding of the 8-bit type and length value for ar\$shtl, ar\$sstl, ar\$thtl, and ar\$sttl is as follows:

```

MSB 8 7 6 5 4 3 2 1 LSB
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 0 | 1/0 | Octet length of address |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

```

Where:

bit.8 (reserved) = 0 (for future use)

bit.7 (type) = 0 ATM Forum NSAPA format = 1 E.164 format

bit.6-1 (length) = 6 bit unsigned octet length of address (MSB = bit.6, LSB = bit.1)

ATM addresses in Q.93B (as defined by the ATM Forum UNI 3.0 signalling specification [9]) include a "Calling Party Number Information Element" and a "Calling Party Subaddress Information Element". These Information Elements (IEs) SHOULD map to ATMARP/InATMARP source ATM number and source ATM subaddress respectively. Furthermore, ATM Forum defines a "Called Party Number Information Element" and a "Called Party Subaddress Information Element". These IEs map to ATMARP/InATMARP target ATM number and target ATM subaddress respectively.

The ATM Forum defines three structures for the combined use of number and subaddress [9]:

	ATM Number	ATM Subaddress
Structure 1	ATM Forum NSAPA	null
Structure 2	E.164	null
Structure 3	E.164	ATM Forum NSAPA

IP members MUST register their ATM endpoint address with their ATMARP server using the ATM address structure appropriate for their ATM network connection: i.e., LISs implemented over ATM LANs following ATM Forum UNI 3.0 should register using Structure 1; LISs implemented over an E.164 "public" ATM network should register using Structure 2. A LIS implemented over a combination of ATM LANs and public ATM networks may need to register using Structure 3. Implementations based on this memo MUST support all three ATM address structures.

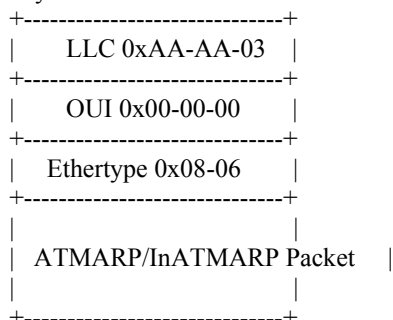
ATMARP and InATMARP requests and replies for ATM address structures 1 and 2 MUST indicate a null ATM subaddress; i.e., ar\$stl.type = 1 and ar\$stl.length = 0 and ar\$stl.type = 1 and ar\$stl.length = 0. When ar\$stl.length and ar\$stl.length = 0, the ar\$tsa and ar\$ssa fields are not present.

Note: the ATMARP packet format presented in this memo is general in nature in that the ATM number and ATM subaddress fields SHOULD map directly to the corresponding Q.93B fields used for ATM call/connection setup signalling messages. The IP over ATM Working Group expects ATM Forum NSAPA numbers (Structure 1) to predominate over E.164 numbers (Structure 2) as ATM endpoint identifiers within ATM LANs. The ATM Forum's VC Routing specification is not complete at this time and therefore its impact on the operational use of ATM Address Structure 3 is undefined. The ATM Forum will be defining this relationship in the future. It is for this reason that IP members need to support all three ATM address structures.

6.7 ATMARP/InATMARP Packet Encapsulation

ATMARP and InATMARP packets are to be encoded in AAL5 PDUs using LLC/SNAP encapsulation. The format of the AAL5 CPCS-SDU payload field for ATMARP/InATMARP PDUs is:

Payload Format for ATMARP/InATMARP PDUs:



The LLC value of 0xAA-AA-03 (3 octets) indicates the presence of a SNAP header.

The OUI value of 0x00-00-00 (3 octets) indicates that the following two-bytes is an ethertype.

The Ethertype value of 0x08-06 (2 octets) indicates ARP [4].

The total size of the LLC/SNAP header is fixed at 8-octets. This aligns the start of the ATMARP packet on a 64-bit boundary relative to the start of the AAL5 CPCS-SDU.

The LLC/SNAP encapsulation for ATMARP/InATMARP presented here is consistent with the treatment of multiprotocol encapsulation of IP over ATM AAL5 as specified in [2] and in the format of ATMARP over IEEE 802 networks as specified in [5].

Traditionally, address resolution requests are broadcast to all directly connected IP members within a LIS. It is conceivable in the future that larger scaled ATM networks may handle ATMARP requests to destinations outside the originating LIS, perhaps even globally; issues raised by ATMARP'ing outside the LIS or by a global ATMARP mechanism are beyond the scope of this memo.

7. IP Broadcast Address

ATM does not support broadcast addressing, therefore there are no mappings available from IP broadcast addresses to ATM broadcast services. Note: this lack of mapping does not restrict members from transmitting or receiving IP datagrams specifying any of the four standard IP broadcast address forms as described in [8]. Members, upon receiving an IP broadcast or IP subnet broadcast for their LIS, MUST process the packet as if addressed to that station.

8. IP Multicast Address

ATM does not support multicast address services, therefore there are no mappings available from IP multicast addresses to ATM multicast services. Current IP multicast implementations (i.e., MBONE and IP tunneling, see [10]) will continue to operate over ATM based logical IP subnets if operated in the WAN configuration.

This memo recognizes the future development of ATM multicast service addressing by the ATM Forum. When available and widely implemented, the roll-over from the current IP multicast architecture to this new ATM architecture will be straightforward.

9. Security

Not all of the security issues relating to IP over ATM are clearly understood at this time, due to the fluid state of ATM specifications, newness of the technology, and other factors.

It is believed that ATM and IP facilities for authenticated call management, authenticated end-to-end communications, and data encryption will be needed in globally connected ATM networks. Such future security facilities and their use by IP networks are beyond the scope of this memo.

There are known security issues relating to host impersonation via the address resolution protocols used in the Internet [13]. No special security mechanisms have been added to the address resolution mechanism defined here for use with networks using IP over ATM.

10. Open Issues

- o Interim Local Management Interface (ILMI) services will not be generally implemented initially by some providers and vendors and will not be used to obtain the ATM address network prefix from the network [9]. Meta-signalling does provide some of this functionality and in the future we need to document the options.

- o Well known ATM address(es) for ATMARP servers? It would be very handy if a mechanism were available for determining the "well known" ATM address(es) for the client's ATMARP server in the LIS.

- o There are many VC management issues which have not yet been addressed by this specification and which await the unwary implementor. For example, one problem that has not yet been resolved is how two IP members decide which of duplicate VCs can be released without causing VC thrashing. If two IP stations simultaneously established VCs to each

other, it is tempting to allow only one of these VCs to be established, or to release one of these VCs immediately after it is established. If both IP stations simultaneously decide to release opposite VCs, a thrashing effect can be created where VCs are repeatedly established and immediately released. For the time being, the safest strategy is to allow duplicate VCs to be established and simply age them like any other VCs.

References

[1] Piscitello, D., and J. Lawrence, "IP and ARP over the SMDS Service", RFC 1209, Bell Communications Research, March 1991.

[2] Heinanen, J., "Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5", RFC 1483, Telecom Finland, July 1993.

[3] Plummer, D., "An Ethernet Address Resolution Protocol - or -Converting Network Addresses to 48.bit Ethernet Address for Transmission on Ethernet Hardware", STD 37, RFC 826, MIT, November 1982.

[4] Reynolds, J., and J. Postel, "Assigned Numbers", STD 2, RFC 1340, USC/Information Sciences Institute, July 1992.

[5] Postel, J., and J. Reynolds, "A Standard for the Transmission of IP Datagrams over IEEE 802 Networks", STD 43, RFC 1042, USC/Information Sciences Institute, February 1988.

[6] CCITT, "Draft Recommendation I.363", CCITT Study Group XVIII, Geneva, 19-29 January 1993. [7] CCITT, "Draft text for Q.93B", CCITT Study Group XI, 23 September- 2 October 1992.

[8] Braden, R., "Requirements for Internet Hosts -- Communication Layers", STD 3, RFC 1122, USC/Information Sciences Institute, October 1989.

[9] ATM Forum, "ATM User-Network Interface Specification Version 3.0.", ATM Forum, 480 San Antonio Road, Suite 100, Mountain View, CA 94040, June 1993.

[10] Deering, S., "Host Extensions for IP Multicasting", STD 5, RFC 1112, Stanford University, August 1989.

[11] Colella, R., and Gardner, E., and R. Callon, "Guidelines for OSI NSAP Allocation in the Internet", RFC 1237, NIST, Mitre, DEC, July 1991.

[12] Bradely, T., and C. Brown, "Inverse Address Resolution Protocol", RFC 1293, Wellfleet Communications, Inc., January 1992.

[13] Bellovin, S., "Security Problems in the TCP/IP Protocol Suite", ACM Computer Communications Review, Vol. 19, Issue 2, pp. 32-48, 1989.

Security Considerations

Security issues are discussed in Section 9.

Author's Address

Mark Laubach
Hewlett-Packard Laboratories
1501 Page Mill Road
Palo Alto, CA 94304

Phone: 415-857-3513
Fax: 415-857-8526
EMail: laubach@hpl.hp.com

