

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



EMULACIÓN LAN EN REDES ATM

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

ALFREDO GABRIEL VEGA VEGA

PROMOCIÓN

1990-I

LIMA-PERÚ

2002

**A mis padres,
por su invaluable apoyo**

EMULACIÓN LAN EN REDES ATM

SUMARIO

El objetivo del presente informe es describir la forma cómo se lleva a cabo la emulación de los servicios de las redes de área local (LAN, Local Area Network) sobre las redes ATM.

Para una mejor comprensión del tema, se expondrá en primer lugar los fundamentos de operación de los sistemas ATM (Modo de Transferencia Asíncrono), para ver luego la forma cómo la emulación LAN contribuye a la preservación de la inversión existente en redes LAN mientras se efectúa la migración hacia el sistema ATM.

ÍNDICE

PRÓLOGO	1
CAPÍTULO I	
LAS REDES ATM	3
1.1 Definición de ATM	3
1.2 Beneficios de una red ATM	4
1.3 Desventajas de una red ATM	6
1.4 Dispositivos ATM	6
1.4.1 Switches ATM	7
1.4.2 Puntos terminales ATM	8
1.5 Enlaces ATM	8
1.5.1 Interfase de Usuario a Red (UNI)	8
1.5.2 Interfase de Red a Red (NNI)	9
1.5.3 Interfase entre Portadores de Banda Ancha (B-ICI)	9
1.6 Servicios ATM	10
1.6.1 Circuito Virtual Permanente (PVC)	10
1.6.2 Circuito Virtual Conmutado (SVC)	10
1.6.3 Servicios no orientados a conexión	11
1.7 Conexiones virtuales ATM	11
1.7.1 Canales Virtuales (VC)	12

1.7.2	Rutas Virtuales (VP)	13
1.7.3	Ruta de transmisión	13
1.8	Clases de servicio	14
1.8.1	Clase de servicio A	14
1.8.2	Clase de servicio B	15
1.8.3	Clase de servicio C	16
1.8.4	Clase de servicio D	16
1.8.5	Clase de servicio X	16
1.8.6	Clase de servicio Y	17
1.9	Control de tráfico	18
1.9.1	Control de admisión de conexiones	18
1.9.2	Control de los parámetros de uso	19
1.9.3	Control de prioridades	20
1.9.4	Control de congestión	20
1.10	Señalización en redes ATM	20
1.10.1	Canales Virtuales de Señalización Punto-a-Punto	21
1.10.2	Canales Virtuales de Señalización de Difusión	21
1.10.3	Canales Virtuales de Señalización General	21
1.10.4	Canal Virtual de Meta-señalización (MSVC)	22
1.11	Modelo de referencia del sistema ATM	23
1.11.1	Capa física	25
1.11.2	Capa ATM	29
1.11.3	Capa de Adaptación a ATM (AAL)	30
1.11.4	Capas superiores	33

1.12	Formato de la celda ATM	33
1.12.1	Control Genérico de Flujo (GFC)	35
1.12.2	Identificador de Ruta Virtual (VPI)	35
1.12.3	Identificador de Canal Virtual (VCI)	35
1.12.4	Tipo de Carga de Datos del Paquete (PT)	35
1.12.5	Prioridad de Pérdida de Celdas (CLP)	36
1.12.6	Control de Error de Cabecera (HEC)	36
1.13	Direccionamiento en una red ATM	37
1.13.1	Identificador de Autoridad y Formato (AFI)	38
1.13.2	Identificador Inicial de Dominio (IDI)	39
1.13.3	Código de Datos de País (DCC)	39
1.13.4	Designador de Código Internacional (ICD)	39
1.13.5	Campo E.164	39
1.13.6	Parte Específica del Dominio de Orden Superior (HO-DSP)	40
1.13.7	Identificador de Sistema Terminal (ESI)	40
1.13.8	Selector (SEL)	40

CAPÍTULO II

EMULACIÓN LAN EN REDES ATM (ELAN)	42	
2.1	Introducción	42
2.2	Concepto de ELAN	44
2.3	Beneficios de la emulación ELAN	46
2.4	Limitaciones de la emulación ELAN	47
2.5	Dispositivos ELAN	48
2.5.1	Tarjetas adaptadoras ELAN	48
2.5.2	Switches y bridges ELAN ATM	48
2.6	Tipos de conectividad en una ELAN	49
2.6.1	Conexión ATM-ATM	49
2.6.2	Conexión ELAN-ATM	50
2.6.3	Conexión ELAN-ELAN	51
2.7	Componentes de una ELAN	52
2.7.1	Cliente de Emulación LAN (LEC)	52
2.7.2	Servidor de Emulación LAN (LES)	52
2.7.3	Servidor de Difusión y de Tráfico Desconocido (BUS)	53
2.7.4	Servidor de Configuración de Emulación LAN (LECS)	53
2.8	Conexiones en una ELAN	54
2.8.1	Conexiones ELAN de datos	55
2.8.2	Conexiones ELAN de control	56
2.9	Fases de la conexión en una ELAN	58
2.9.1	Inicialización	59
2.9.2	Configuración	60

2.9.3	Incorporación	60
2.9.4	Inicialización del BUS	61
2.9.5	Resolución de direcciones	61
2.9.6	Transferencia de datos	62
2.10	Modelo de referencia de una red ELAN	63
2.11	Formato de la trama ELAN	64
2.11.1	Carga de datos del paquete (CPCS-PDU)	65
2.11.2	Pad	66
2.11.3	Campo CPCS-UU	66
2.11.4	Indicador de Parte Común (CPI)	66
2.11.5	Longitud de la Unidad de Datos	66
2.11.6	Verificación de Redundancia Cíclica (CRC)	66
2.11.7	Encapsulación a nivel de Control de Enlace Lógico	67
2.11.8	Encapsulación basada en Circuito Virtual	71
CAPÍTULO III		
APLICACIONES		74
3.1	Aplicaciones de las redes ATM	74
3.2	Equipos disponibles	76
CONCLUSIONES		79
ANEXO I: GLOSARIO		81
BIBLIOGRAFÍA		85

PRÓLOGO

La tecnología de comunicaciones ha experimentado en los últimos años una evolución sorprendente. Los avances tecnológicos han posibilitado el incremento de las velocidades de transmisión, lo que a su vez ha abierto el camino a los sistemas de banda ancha que hacen posible servicios que antes no eran imaginables como la telemedicina y el video en demanda. Estos servicios requieren de una plataforma que garantice un flujo continuo de información, sin retardos ni pérdidas, para sostener aplicaciones de misión crítica, a la vez que se pueda adaptar a los requerimientos tanto presentes como futuros de la tecnología.

Las tendencias actuales llevan hacia una convergencia de los servicios de transmisión con el fin de llegar a un manejo unificado de las transmisiones de voz, video y datos. En esta perspectiva es que los sistemas de Modo de Transferencia Asíncrono (ATM) ofrecen las mejores prestaciones en cuanto a velocidad e integración, abarcando todo lo que significan redes de área local (LAN) y redes de área amplia (WAN), y brindando un tratamiento uniforme a toda clase de tráfico. Estos sistemas no son nuevos en el mercado y cuentan con el respaldo de importantes fabricantes de la industria.

Sin embargo, existen factores que retrasan esta convergencia, como puede ser la enorme inversión realizada en equipos de comunicaciones tradicionales LAN. Los sistemas LAN fueron originalmente diseñados para el manejo del tráfico intraempresa de datos, y de alguna manera han evolucionado para cubrir otras necesidades del mercado. Sin embargo las tecnologías LAN no son aplicables a las redes de gran extensión geográfica (WAN).

El informe pretende mostrar la forma cómo estos sistemas LAN pueden convivir en un entorno ATM, por medio de los servicios de emulación LAN sobre redes ATM (ELAN). Estos servicios definen una serie de extensiones a la especificación ATM que permiten que las redes LAN se comuniquen entre sí utilizando a la red ATM como un backbone de alta velocidad. Gracias a la ELAN, las empresas pueden mantener su inversión hecha en redes LAN y a su vez expandir su plataforma para proveer tráfico de voz y de video.

CAPÍTULO I

LAS REDES ATM

1.1 Definición de ATM

El Modo de Transmisión Asíncrono (ATM: Asynchronous Transfer Mode) es una tecnología de redes de alto rendimiento, diseñada para administrar todo tipo de tráfico de información en las redes de cómputo, ya sea tráfico de voz, de video, de datos, y demás servicios que se encuentren a disposición en el futuro.

La información que fluye en una red ATM se divide en celdas, que son paquetes de longitud fija (53 bytes). Los paquetes de información de los distintos servicios de la red se subdividen para uniformizar el tamaño de las tramas admitidas. A diferencia de los sistemas basados en conmutación de paquetes, en las redes ATM las celdas son entregadas a su destino en estricto orden de salida, eliminando el retardo producido por el reordenamiento de los paquetes y los tiempos de espera por paquetes rezagados existentes en la conmutación de paquetes.

1.2 Beneficios de una red ATM

- **Integración:** El sistema ATM proporciona una red única para toda clase de transmisiones, sean éstas de voz, video, o datos. Esta integración conduce a una mayor eficiencia y a una administración unificada.
- **Compatibilidad:** El sistema ATM no está restringido a un único tipo de soporte físico. De hecho, es compatible con las instalaciones existentes y puede correr sobre cable de cobre de par trenzado así como sobre fibra óptica.
- **Universalidad:** El sistema ATM ha sido desarrollado de tal manera que las mismas tecnologías se pueden emplear en redes LAN y WAN, tanto en redes privadas como públicas, por las redes empresariales así como por los proveedores de servicios de telecomunicaciones.
- **Escalabilidad:** Gracias a sus altas velocidades y a la integración de los servicios de voz, video y datos, ATM está preparado para soportar nuevas aplicaciones como los desarrollos multimedia.
- **Calidad de Servicio (QoS: Quality of Service):** Este concepto significa que la red puede garantizar que el tráfico se transmitirá de tal forma que se asegure que el flujo de paquetes de información para cada servicio será el adecuado. Con este fin, se asignan distintas prioridades a los flujos de información:

Las transmisiones de video y voz exigen un flujo ininterrumpido de paquetes, so pena de producirse cortes perceptibles en la recepción de las señales en los terminales de destino.

En cambio, las transmisiones de datos entre computadores pueden tolerar pequeños retardos, imperceptibles para los usuarios de las aplicaciones de cómputo.

- Ruteo simple: La característica de ser orientado a conexión hace que el ruteo en un sistema ATM sea muy simple. Las celdas no se difunden por una multiplicidad de rutas, como en los sistemas basados en conmutación de paquetes, sino que siguen un único camino en cada transmisión.
- Eficiente uso del ancho de banda: El multiplexado de una red ATM se realiza basándose en patrones estadísticos, asegurándose una máxima utilización del ancho de banda disponible.
- Estandarización: Las redes ATM están sujetas a estándares internacionalmente reconocidos. Los estándares del ATM están definidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, antes CCITT). Además el Foro ATM, que es una entidad conformada por representantes de diversos fabricantes y centros de investigación, se dedica a la difusión del sistema ATM y a la discusión de los nuevos estándares a implantarse.

1.3 Desventajas de una red ATM

- Sobrecarga en la cabecera: Ya que las celdas de transmisión son tan pequeñas (53 bytes), en la práctica una gran cantidad de los bytes procesados resultan ser información de control, por lo que el protocolo no es muy eficiente. En las redes LAN, como contrapartida, se pueden transmitir paquetes muy largos con una mínima sobrecarga (overhead) en la cabecera. En realidad éste no es un defecto del protocolo sino que tiene por objeto definir una longitud uniforme para los tráficos de distinta naturaleza que recorren la red.
- Complejidad: Los mecanismos para asegurar la calidad de servicio suelen ser muy complejos.
- En ambientes de gran congestión de tráfico se pueden producir pérdida de celdas, por lo que es necesario dimensionar correctamente la instalación de la red.

1.4 Dispositivos ATM

Los dispositivos ATM son los elementos que componen una red ATM. Estos se pueden clasificar en:

- Switches ATM
- Puntos terminales ATM

1.4.1 Switches ATM

Los switches ATM son los equipos encargados del encaminamiento de las celdas en una red ATM. Su función consiste en recibir las celdas entrantes provenientes de los puntos terminales ATM o de otros switches ATM. Luego examinan la información contenida en la cabecera de la celda, la actualizan, y emiten la celda hacia una interfase de salida en dirección a su destino.

Los switches ATM trabajan en modo asíncrono. A diferencia de los sistemas síncronos que emplean multiplexado por división de tiempo (TDM: Time Division Multiplexing), en los que a cada estación se le asigna un slot de tiempo para transmitir, en la red ATM los slots de tiempo están disponibles para ser utilizados por las estaciones que requieran transmitir información, y para diferenciarlos el sistema rotula las celdas de acuerdo al identificador del equipo de origen. Este método es más eficiente puesto que se puede otorgar mayor cantidad de slots a las transmisiones que requieran alto volumen de tráfico, y no se desperdician slots en caso que la estación no tenga nada que transmitir.

Los switches ATM manejan una gran cantidad de tráfico de celdas. Para evitar el desbordamiento todos los switches cuentan con buffers que son administrados por las colas, tanto de entrada como de salida.

1.4.2 Puntos terminales ATM

Con este término se designa cualquier equipo conectado a la red que cuenta con una tarjeta de interfase de red (NIC: Network Interface Card). Los puntos terminales de red son los equipos que generan y reciben las celdas y procesan la información contenida en ellas. Ejemplos son las estaciones de trabajo, ruteadores, switches LAN, Unidades de Servicios Digitales (DSU: Digital Service Unit) y los codificadores/decodificadores de video (CODEC).

1.5 Enlaces ATM

Los dispositivos ATM se conectan entre sí a través de enlaces punto a punto establecidos entre los mismos. A estos enlaces en la terminología ATM se les conoce como interfases. Existen tres modos principales de interfases ATM:

- Interfase de Usuario a Red (UNI: User-to-Network Interface)
- Interfase de Red a Red (NNI: Network-to-Network Interface)
- Interfase entre Portadoras de Banda Ancha (B-ICI: Broadband Inter-carrier Interface)

1.5.1 Interfase de Usuario a Red (UNI)

Las interfases UNI conectan los puntos terminales (tales como las estaciones de trabajo) con los switches ATM. Se pueden clasificar en públicos (conectan un punto

terminal privado con un switch ATM público) y privados (conectan un punto terminal privado con un switch ATM privado).

Se entiende por switches ATM privados a los que pertenecen a la empresa propietaria de la red interna, mientras que los switches ATM públicos son aquellos pertenecientes a la compañía operadora de telecomunicaciones.

1.5.2 Interfase de Red a Red (NNI)

Las interfases NNI son los enlaces que conectan los switches entre sí. Pueden ser públicas (conectan dos switches dentro de la misma organización pública) o privadas (conectan dos switches pertenecientes a la misma organización privada).

1.5.3 Interfase entre Portadoras de Banda Ancha (B-ICI)

Las interfases B-ICI interconectan dos switches ATM públicos pertenecientes a dos proveedores de servicio distintos.

Para establecer dichos enlaces, los dispositivos ATM ofrecen un servicio llamado Interfase Integrada de Administración Local (ILMI: Integrated Local Management Interface). Este es un servicio presente en cada puerto de conexión ATM de los equipos, que informa a los dispositivos situados en el otro extremo del enlace el estado de los componentes, haciendo uso del Protocolo Simple de Administración de la Red (SNMP: Simple Network Management Protocol).

1.6 Servicios ATM

Los métodos de comunicación entre puntos terminales ATM, denominados servicios ATM, son de tres tipos:

- Circuito Virtual Permanente (PVC: Permanent Virtual Circuit)
- Circuito Virtual Conmutado (SVC: Switched Virtual Circuit)
- Servicios no orientados a conexión

1.6.1 Circuito Virtual Permanente (PVC)

El servicio PVC es similar al alquiler de una línea dedicada. Por medio de él se establece una conexión directa entre sitios. Sus ventajas son la disponibilidad permanente y que no requiere la negociación de conexión entre switches. Como contrapartida, la conexión debe establecerse en forma manual en todos los dispositivos por los que va a transitar la señal, y en caso de falla de uno de los dispositivos no se puede invocar una ruta de respaldo automáticamente. Si bien es factible configurar este servicio, en la práctica es poco habitual ya que no es para este modo de operación que fue pensado el sistema ATM.

1.6.2 Circuito Virtual Conmutado (SVC)

El servicio SVC es el modo habitual de establecer la conexión en las redes ATM. Un enlace SVC se crea dinámicamente y permanece activo mientras tiene lugar la

transferencia de información; luego se libera también en forma dinámica. En esta modalidad la conexión es más flexible y los dispositivos de red se pueden encargar automáticamente del establecimiento de la llamada; no hay configuración manual. Sin embargo, se introduce un pequeño retardo por efecto de la negociación de la conexión.

1.6.3 Servicios no orientados a conexión

Una extensión del protocolo, su uso habitual se refiere al manejo de Servicios Conmutados de Datos Multimegabit (SMDS: Switched Multimegabit Data Services) y se emplean en la comunicación entre proveedores de servicios de telecomunicaciones.

1.7 Conexiones virtuales ATM

Las transmisiones en una red ATM están orientadas a conexión. Esto significa que antes de iniciarse la transmisión de datos, se debe haber asegurado primero el canal de transmisión entre los extremos origen y destino, lo que quiere decir que el punto terminal destino debe estar listo para recibir datos. Aquí se observa una diferencia fundamental con las redes LAN, cuya transmisión no está orientada a conexión. En una red LAN, una estación puede empezar a transmitir sin necesidad de que la estación destino haya enviado algún mensaje indicando que está lista para recibir datos, y sin ni siquiera conocer que alguna estación le está enviando datos. Este

sistema permite en una red LAN, por ejemplo, emitir mensajes de difusión (broadcast) a toda la red.

Las conexiones ATM pueden ser de dos tipos: punto-a-punto, que pueden ser unidireccionales o bidireccionales; y punto-multipunto, las cuales únicamente son unidireccionales.

En una red ATM se establece un canal virtual entre los extremos de la transmisión (a diferencia de las redes telefónicas convencionales que usan conmutación de circuitos, donde se exige un circuito físico entre ambos receptores).

En la conexión ATM se emplean tres elementos que son:

- Canales Virtuales (VC, Virtual Channels)
- Rutas Virtuales (VP, Virtual Paths)
- Ruta de transmisión

1.7.1 Canales Virtuales (VC)

Como ya hemos explicado, los canales virtuales se establecen entre los puntos terminales origen y destino de la transmisión y se etiquetan con un Identificador de Ruta Virtual (VPI: Virtual Path Identifier) y un Identificador de Canal Virtual (VCI: Virtual Channel Identifier).

1.7.2 Rutas virtuales (VP)

Una ruta virtual es un conjunto de canales virtuales que tienen los mismos puntos terminales ATM de origen y destino, todos etiquetados con el mismo VPI.

Estos rótulos no son fijos sino a medida que los datos van pasando a través de los switches ATM, éstos remapean los VCI y los VPI para adaptarlos a los enlaces por los que son conmutados. Cada conexión se identifica por un par de números VPI/VCI.

1.7.3 Ruta de transmisión

La ruta de transmisión es el medio físico que transporta las rutas virtuales y los canales virtuales.

La figura 1.1 representa la forma como se agrupan los VCs para componer VPs:

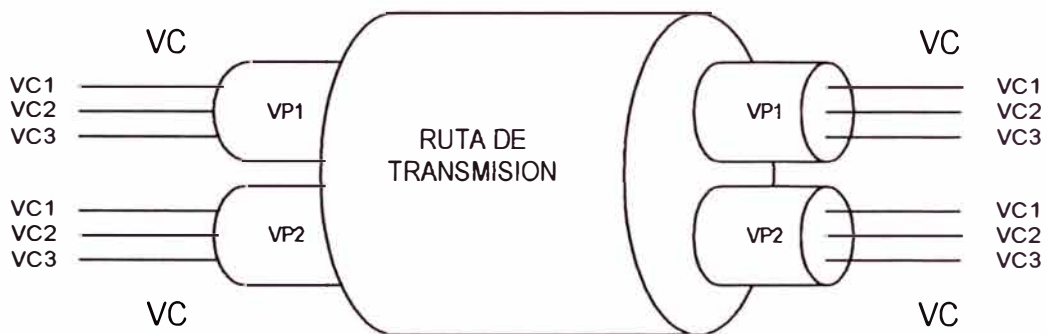


Figura 1.1 - Circuitos virtuales y rutas virtuales

1.8 Clases de servicio

Las redes ATM permiten especificar la calidad de servicio que una transmisión determinada recibirá, de acuerdo al tipo de tráfico (voz, datos, video) que acarrea. Esta característica es muy apropiada para los proveedores de servicios de telecomunicaciones, que pueden ofrecer servicios específicos a la necesidad de sus clientes con distintas tarifas, y establecer una tarificación en base a la cantidad de celdas transmitidas. Para las redes privadas, discrimina la prioridad de los distintos tráficos que corren por la red de la empresa.

Existen seis clases de servicio disponible, a saber: Clase de servicio A, B, C, D, X, e Y. Las cuatro primeras se definen en la norma emitida por el ITU y las clases de servicio X e Y son extensiones propuestas por el Foro ATM.

1.8.1 Clase de servicio A

Esta clase de servicio se otorga a las transmisiones en las que es vital el flujo ininterrumpido de la información. Estas aplicaciones (telefonía, televisión, videoconferencia) son muy sensibles a los problemas de congestión y variación del retardo. Para ofrecer la clase de servicio A, se emplean servicios de emulación de circuito y una tasa de transferencia de bits constante (CBR: Constant Bit Rate). El usuario es quien declara la tasa de bits requerida y la red se encarga de garantizarle dicha tasa de bits, el retardo y la variación del retardo de transmisión.

1.8.2 Clase de servicio B

La tasa de transmisión de celdas en esta clase de servicio varía de acuerdo a la disponibilidad de la información del usuario. Estas aplicaciones son sensibles a las variaciones de los retardos en la emisión de celdas. Aquí la tasa de transferencia de bits es variable (VBR: Variable Bit Rate). El usuario declara las tasas de bits promedio y máxima.

Existen dos modalidades de servicio VBR:

- VBR en tiempo real (VBR-RT)
- VBR no en tiempo real (VBR-NRT)

VBR en tiempo real (VBR-RT)

Destinada a aplicaciones en tiempo real, como la videoconferencia. La red garantiza el retardo máximo y la variación del retardo de la transmisión.

VBR no en tiempo real (VBR-NRT)

Para aplicaciones que no son en tiempo real, como la emisión de video almacenado.

1.8.3 Clase de servicio C

Esta clase se aplica a transmisiones de datos que son orientadas a conexión, como el X.25 y el Frame Relay. Habitualmente la red sirve estas transmisiones con una tasa de transferencia de bits disponible (ABR: Available Bit Rate). La red entrega la máxima tasa de transferencia posible sin afectar las transmisiones de las clases A y B, con las mínimas pérdidas. El sistema ATM proporciona mecanismos de retroalimentación para determinar esta tasa de bits disponible a cada instante.

1.8.4 Clase de servicio D

La clase D es la única que maneja servicios no orientados a conexión como el SMDS. Obsérvese que aquí no entran las transmisiones ELAN; como veremos más adelante, la emulación ELAN permite tratar las transmisiones de la red LAN, que nativamente son no orientadas a conexión, como transmisiones orientadas a conexión.

1.8.5 Clase de servicio X

En esta categoría se acomodan las transmisiones de datos cuya tasa de transferencia de bits no está especificada en el sistema ATM (UBR: Undefined Bit Rate). El tráfico ELAN se coloca en esta clase de servicio ya que su patrón de tasa de bits suele ser bastante irregular. No se garantizan los parámetros de transmisión ni hay

retroalimentación del estado de la red; de hecho, pueden descartarse celdas en periodos de alta congestión.

1.8.6 Clase de servicio Y

Para aplicaciones como el correo electrónico o la transmisión de archivos, los retardos en la transmisión de celdas no son críticos. En estos casos la red ATM administra la tasa de transmisión de celdas de acuerdo al grado de congestión de la red. En caso que la congestión sea alta, el switch ATM solicita al origen de las celdas a reducir su tasa. Los usuarios pueden establecer una tasa de transmisión de celdas mínima, la cual la red se ocupa de garantizar.

La tabla 1.1 resume las características de las clases de servicio en las transmisiones en una red ATM:

Clase de servicio	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D	Clase X	Clase Y
Temporización entre origen y destino	Requiere	Requiere	No requiere	No requiere	No especifica	No especifica
Tasa de bits	CBR	VBR	ABR	VBR	No especifica	No especifica
Modo de conexión	Orientado a conexión	Orientado a conexión	Orientado a conexión	No orientado a conexión	Orientado a conexión	Orientado a conexión
Ejemplo	Video CBR, telefonía	Video VBR	X.25, Frame Relay	SMDS	ELAN	Datos ATM

Tabla 1.1 - Clases de servicio en ATM

Los parámetros de las clases X e Y son definibles por el usuario.

Gracias a esta flexibilidad en el tratamiento de los diversos tráfico, las redes ATM se prestan especialmente para la integración de múltiples servicios sin degradar las respectivas performances de las transmisiones. Llegada la invención de algún servicio nuevo, simplemente se definirá un esquema que permita tratar este servicio nuevo de manera adecuada.

1.9 Control de tráfico

Con el fin de mantener el alto rendimiento que exige una red ATM, se incluyen en el sistema diversos mecanismos de control de tráfico. En la norma del ITU se listan los siguientes mecanismos:

- Control de admisión de conexiones (CAC: Connection Admission Control)
- Control de los parámetros de uso (UPC: Usage Parameter Control)
- Control de prioridades
- Control de congestión

1.9.1 Control de admisión de conexiones

Este control se establece en el momento de proceder a establecer una conexión. El sistema solamente debe admitir la conexión si es que se puede asegurar la calidad de

servicio requerida por la transmisión. De la misma manera, esta nueva conexión no debe afectar la calidad de servicio de las conexiones ya establecidas. Los parámetros que se deben monitorear son:

- Tasa promedio de bits
- Tasa pico de bits
- Duración de los picos de transferencia de bits
- Característica de la transmisión: si es por ráfagas o no

1.9.2 Control de los parámetros de uso

Los switches ATM realizan acciones para monitorear el volumen de tráfico de usuario y para validar el enrutamiento correcto de las celdas, con el fin de proteger la red de condiciones inesperadas que pudieran alterar la calidad de servicio de las transmisiones que tienen lugar. Entre otros parámetros, este control monitorea los siguientes valores:

- Validez de los valores de VPI y VCI
- Monitoreo de los volúmenes de tráfico en los canales virtuales y las rutas virtuales, en búsqueda de posibles violaciones a las calidades de servicio contratadas.
- Monitoreo de los volúmenes de tráfico total en los enlaces

1.9.3 Control de prioridades

Este control discrimina las celdas que corresponden a transmisiones muy sensitivas al retardo de las que son más resistentes a la congestión. Esta diferenciación se establece por un bit en la cabecera de las celdas ATM, el llamado bit de Prioridad de Pérdida de Celdas (CLP: Cell Loss Priority).

2.9.4 Control de congestión

Se define como congestión a un estado de la red en el cual, debido a la sobrecarga de tráfico, la red ATM ya no es capaz de garantizar la calidad de servicio a las conexiones existentes y para nuevas peticiones de conexión. Para ello se vale de mecanismos como, por, ejemplo, reducir la tasa pico de bits disponible a determinados usuarios.

1.10 Señalización en redes ATM

La señalización en una red ATM se lleva a cabo a través canales virtuales dedicados a este propósito, los que se llaman Canales virtuales de señalización. Estos canales no consumen el ancho de banda destinado para la transmisión de información.

Existen varios tipos de canales virtuales de señalización de acuerdo a su función:

- Canales Virtuales de Señalización Punto-a-Punto
- Canales Virtuales de Señalización de Difusión
- Canales Virtuales de Señalización General
- Canal Virtual de Meta-señalización (MSVC, Meta-Signalling Virtual Channel)

1.10.1 Canales Virtuales de Señalización Punto-a-Punto

Estos canales son bidireccionales y sirven para establecer, monitorear y liberar los canales VC y VP que transportan la información del usuario.

1.10.2 Canales Virtuales de Señalización de Difusión

Estos canales son unidireccionales y sirven para enviar mensajes de señalización a todos los puntos terminales, o a un determinado conjunto de ellos.

1.10.3 Canales Virtuales de Señalización General

Estos canales son similares a los canales virtuales de señalización de difusión, con la diferencia de que no permiten seleccionar grupos de destino de los mensajes de difusión.

1.10.4 Canal Virtual de Meta-señalización (MSVC)

Es un canal que sirve para crear, supervisar y liberar los canales virtuales de señalización punto-a-punto y los de difusión. Es bidireccional y de naturaleza permanente.

El procedimiento para establecer una conexión es un procedimiento de una sola pasada, al que el punto terminal origen da inicio emitiendo un mensaje de solicitud de conexión al switch al que está conectado. Este switch emite un mensaje de llamada en curso y procede a propagar la solicitud recibida a través de la red, haciendo uso de los canales de señalización. El switch que está conectado a la estación destino recibe el mensaje y lo reenvía al punto terminal destino a través de su interfase UNI. Es este punto terminal de destino el que acepta o rechaza la solicitud de conexión, y su respuesta viaja por la misma ruta pero en sentido inverso hacia el punto terminal de origen. Si la petición ha sido rechazada, se cancela la creación del canal virtual. Si en cambio se ha aceptado la petición, el punto terminal origen envía un mensaje de conformidad al punto terminal destino para aprobar el establecimiento de la conexión.

La Interfase Privada de Red a Red (PNNI: Private Network-Network Interface) es el protocolo que se hace cargo del enrutamiento de las solicitudes de conexión. Este protocolo proporciona dos funciones importantes: el descubrimiento de la topología de la red y el establecimiento de la llamada. El descubrimiento de la topología es esencial para que los switches ATM establezcan sus enlaces con otros switches. Este

protocolo es capaz de evaluar el estado de los enlaces, y en caso de detectar cambios en el estado de los enlaces, informar de este cambio a los demás switches.

Cuando una estación solicita un establecimiento de llamada al switch ATM al que está conectada, este switch consulta su tabla de ruteo PNNI para determinar una ruta entre los extremos origen y destino que cumpla con las especificaciones de calidad de servicio solicitadas por la estación origen. Esta ruta se almacena en el switch de entrada y se conoce como Lista de Tránsito Designado (DTL: Designated Transit List) y contiene una lista de todos los saltos intermedios que tiene que recorrer la transmisión.

1.11 Modelo de referencia del sistema ATM

Las redes ATM se conforman a un modelo de referencia propio, definido por el ITU y que no es el modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI) propio de las redes LAN. En todo caso este modelo define unas capas que serían equivalentes a las capas física y de enlace de datos del modelo OSI. El modelo ATM define tres secciones llamadas planos de protocolo:

- Plano de usuario: Es el plano donde fluye la transmisión de información.
- Plano de control: Es el plano encargado del control de las llamadas.
- Plano de administración: Se encarga de la supervisión de la red.

La figura 1.2 representa el modelo de referencia de la red ATM en forma gráfica.

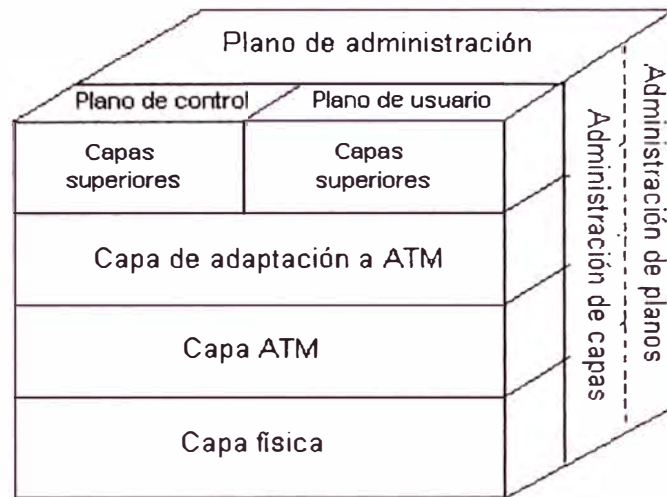


Figura 1.2 - Modelo de referencia del sistema ATM

Los planos de usuario y de control se estructuran en capas a la manera del modelo OSI. Comenzando por las capas de menor nivel, se definen las siguientes:

- Capa Física
- Capa ATM
- Capa de Adaptación a ATM (AAL: ATM Adaptation Layer)
- Capas superiores

La figura 1.3 describe el orden de las capas mencionadas.

Capas superiores	PROTOCOLOS PROPIOS DE LAS TRANSMISIONES EN LA RED ATM
Capa AAL	Subcapa de Convergencia (CS)
	Subcapa de Segmentación y Reensamblado (SAR)
Capa ATM	
Capa física	Subcapa de Convergencia de Transmisión
	Subcapa del Medio Físico

Figura 1.3 - Estructura de las capas del modelo ATM

1.11.1 Capa física

La capa física describe el medio físico por el que circulan las transmisiones ATM.

La capa física se subdivide en dos subcapas:

- Subcapa del Medio Físico
- Subcapa de Convergencia de Transmisión

1.11.1.1 Subcapa del Medio Físico

Esta subcapa define el medio físico por el que corren las señales que conducen las celdas ATM. El sistema ATM ha sido diseñado con una gran flexibilidad y puede

correr sobre fibra óptica (monomodo y multimodo) y cable de cobre de par trenzado (UTP o STP).

Las tasas de transferencia de bits pueden variar desde 25.6 Mbps para transmisiones tipo Cell Stream sobre cable UTP categoría 3 (definida en los albores del estándar) hasta 2488.32 Mbps. Una prestación muy útil de las redes ATM es que justamente el sistema permite interconectar redes que corren a diferentes velocidades, lo cual es útil sobre todo para interconectar redes públicas de distintos proveedores de comunicaciones.

La arquitectura de capa física preferida para las redes ATM está inspirada en el estándar de las redes SONET (Synchronous Optical NETwork). SONET es un estándar del Instituto Nacional de Estándares de América (ANSI, American National Standards Institute) para transporte de telecomunicaciones digitales de alta capacidad y define una serie de tramas y métodos para transmisión sobre fibra óptica a velocidades que son múltiplos de 51.84 Mbps.

En Europa se le conoce a SONET como Jerarquía Digital Síncrona (SDH: Synchronous Digital Hierarchy).

La tabla 1.2 muestra las velocidades estandarizadas según las denominaciones de SONET y del ITU:

SONET	ITU	Tasa de bits (Mbps)
STS-1 / OC-1	-	51.84
STS-3 / OC-3	STM-1	155.52
STS-9 / OC-9	STM-3	466.46
STS-12 / OC-12	STM-4	622.08
STS-18 / OC-18	STM-6	933.12
STS-24 / OC-24	STM-8	1244.16
STS-36 / OC-36	STM-12	1866.24
STS-48 / OC-48	STM-16	2488.32

Tabla 1.2 - Tasas de transferencia de bits para transmisiones ATM.

Las redes privadas por lo general corren a las velocidades de 155.52 Mbps y 622.08 Mbps. La tabla 1.3 lista una serie de medios físicos disponibles para UNIs privadas, y los nombres de los formatos de trama admitidos para dichos medios:

Formato de trama	Tasa de bits/tasa de línea	Medio	Longitud
FDDI	100 Mbps/125 Mbaud	fibra multimodo	2 km
STS-3c	155.52 Mbps	fibra monomodo	2 km
		fibra multimodo	2 km
STS-3c	155.52 Mbps	par coaxial	450 pies
		UTP-3, UTP-5	100 m
Cell Stream	155.52 Mbps/194.4 Mbaud	fibra multimodo	2 km
		STP	2 km
STS-12	622.08 Mbps	fibra monomodo	2 km
		fibra multimodo	300 m

Tabla 1.3 - Interfases UNI privadas - nivel físico

Para las redes públicas existen una serie de proveedores de portadora que también pueden transportar celdas ATM; la tabla 1.4 define las velocidades típicas de estos sistemas:

Formato de trama	Tasa de bits/tasa de línea	Medio	Longitud
DS3	44.736 Mbps	par coaxial	900 pies
STS-1	51.840 Mbps	fibra monomodo	15 km
STS-3c	155.52 Mbps	fibra monomodo	15 km
STS-12	622.08 Mbps	fibra monomodo	15 km
E1	2.048 Mbps	par trenzado	no especificado
E3	34.368 Mbps	par coaxial	no especificado
« n » líneas T1	n x 1.544 Mbps	línea T1	no especificado

Tabla 1.4 - Interfases públicas UNI - nivel físico

1.11.1.2 Subcapa de Convergencia de Transmisión

Esta capa se ocupa de la conversión de las secuencias de bits en secuencias de celdas. En este proceso realiza la generación y verificación de las cabeceras de las celdas, y se empaqueta las celdas para formar tramas. Dos funciones importantes de esta subcapa son:

- Delineamiento de celdas: Se refiere al reordenamiento y recuperación de celdas luego de reordenarlas.

- Desacoplamiento de la tasa de celdas: Se denomina así al procedimiento de inserción y supresión de las celdas que quedan sin ocupar.

1.11.2 Capa ATM

La capa ATM se encarga de la traslación de las celdas a través de la red ATM y de la administración de los circuitos virtuales que se establecen sobre un enlace físico. Para ello se sirve de la información contenida en los identificadores VPI y VCI ubicados en la cabecera de cada celda ATM.

Son funciones de la capa ATM:

- La recepción, conmutación y transmisión de las celdas.
- La administración de los buffers y el control de las congestiones.
- La generación/remoción de las cabeceras de las celdas en los puntos de origen/destino de la transmisión.
- Resetear los identificadores de conexión y prepararlos para el próximo salto en los switches.
- Traducción de la dirección de la celda.
- Envío secuencial de las celdas.

1.11.3 Capa de Adaptación a ATM (AAL)

Debido a que la red ATM debe lidiar con diferentes tipos de paquetes de distintas longitudes, estos paquetes se deben adaptar para su circulación a través de la red ATM. La capa AAL se ocupa de aislar a los protocolos de orden superior de los procesos que tienen lugar en la red ATM, adaptando y segmentando la información en fragmentos de 48 bytes que van a conformar las celdas ATM.

La capa AAL se compone de dos subcapas:

- Subcapa de Segmentación y Reensamblado (SAR: Segmentation And Reassembly sublayer)
- Subcapa de Convergencia (CS: Convergence Sublayer). Esta a su vez se subdivide en dos subcapas:

Parte Común de la Subcapa de Convergencia (CPCS: Common Part Convergence Sublayer)

Parte Específica del Servicio de la Subcapa de Convergencia (SSCS: Specific-Service Convergence Sublayer)

1.11.3.1 Subcapa de Segmentación y Reensamblado (SAR)

Se ocupa de segmentar las unidades de datos de los protocolos superiores (PDU: Protocol Data Units) en fragmentos de 48 bytes que se entregan a la capa ATM para generar celdas de 53 bytes.

1.11.3.2 Parte Común de la Subcapa de Convergencia (CPCS)

Proporciona servicios tales como el padding y la Verificación de Redundancia Cíclica (CRC). Se conoce como padding al procedimiento de agregar una ristra de bytes para completar la longitud del PDU hasta que resulte un múltiplo de 48 bytes. Esta capa toma un PDU de la subcapa SSCS, le añade padding si es necesario, y luego agrega una cola de 8 bytes. La cola consiste en 2 bytes de reserva, 2 bytes que indican la longitud del paquete, y 4 bytes de CRC.

1.11.3.3 Parte Específica del Servicio de la Subcapa de Convergencia (SSCS)

Esta subcapa depende del servicio otorgado a la transmisión y proporciona servicios tales como asegurar la transmisión de los datos en base a las retransmisiones.

Existen cuatro modalidades de adaptación de la transmisión, las cuales se numeran como AAL1, AAL2, AAL3/4 y AAL5. Cada una de ellas está orientada a un tipo determinado de transmisión y corresponden a las clases de servicio que ya hemos visto.

1.11.3.4 Capa de Adaptación a ATM AAL1

Esta modalidad de la capa AAL está destinada al control de emisiones de tasa de transferencia de bits constante (CBR). Se efectúa mediante servicios de emulación de

circuito y requiere que exista una señal de sincronización entre los extremos de la transmisión.

1.11.3.5 Capa de Adaptación a ATM AAL2

La modalidad AAL2 se emplea en el manejo de transmisiones del tipo de tasa de transferencia de bits variable (VBR), ya sea las de tiempo real (VBR-RT) o las que no requieren tiempo real (VBR-NRT). En esta modalidad se toman 4 bits del área de información de la celda para acarrear los bytes de control necesarios para el proceso de la capa AAL2, y así el área de información solamente lleva 44 bytes.

1.11.3.6 Capa de Adaptación a ATM AAL3/4

Inicialmente el estándar definía el modo AAL3 para transmisiones orientadas a conexión y el modo AAL4 para transmisiones no orientadas a conexión. Finalmente, ambas modalidades se han fusionado en un solo estándar que se conoce como AAL3/4. Este modo se usa habitualmente en las transmisiones SMDS. La modalidad AAL3/4 fue diseñada para su uso por los proveedores de servicios de redes más que para las redes internas de las empresas.

1.11.3.7 Capa de Adaptación a ATM AAL5

La modalidad AAL5 es la que se emplea principalmente para la transmisión de datos, ya sea orientados a conexión o no orientados a conexión. Se emplea mayormente

para transferir datos que no son SMDS, como por ejemplo la emulación LAN, que es motivo de este informe.

1.11.4 Capas superiores

Las capas superiores representan las pilas de protocolos correspondientes a los diferentes servicios que corren por la red (IP, IPX). Estrictamente hablando, la estructura de estas capas no pertenece al esquema ATM. La capa AAL proporciona un grado de aislamiento de modo que estos protocolos superiores no tienen que conocer el funcionamiento de la red ATM.

1.12 Formato de la celda ATM

La celda es la unidad básica de transmisión de las redes ATM. En una red ATM todos los paquetes, a los que en adelante se les conocerá como celdas, tienen una longitud fija de 53 bytes: 5 bytes de cabecera y 48 bytes de información. El tamaño pequeño de la celda tiene por objeto que las transmisiones de voz y de datos, que no admiten retardos en la recepción de los paquetes, no sean afectadas por la transmisión de paquetes largos de datos. El formato básico de una celda es el mostrado en la figura 1.4:

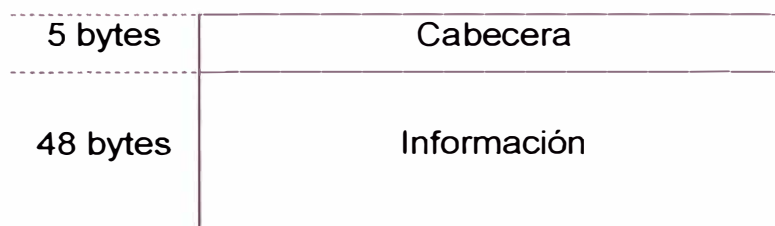


Figura 1.4 - Formato básico de una celda ATM

La estructura de la cabecera de la celda varía, dependiendo si se trata de una celda UNI o una celda NNI. La figura 1.5 muestra la diferencia entre las dos cabeceras:

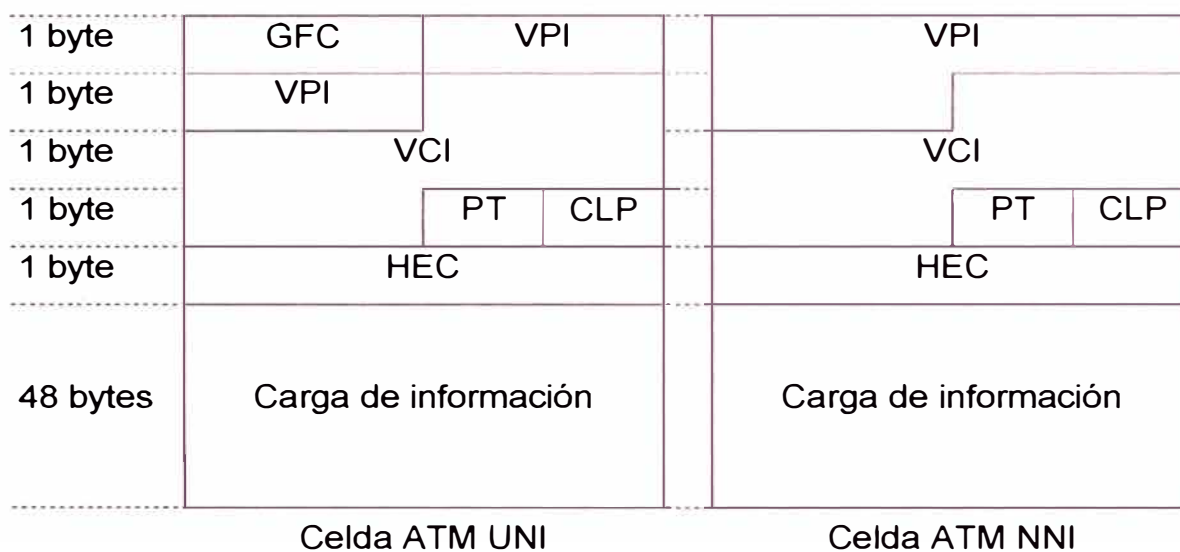


Figura 1.5 - Formato de una celda ATM UNI y NNI

Identificaremos los componentes de la cabecera:

1.12.1 Control Genérico de Flujo (GFC)

Este campo provee de ciertas funciones locales, como identificar múltiples estaciones que comparten una misma interfase ATM. Por lo general este campo no se emplea y se deja en su valor por defecto que es 0000.

1.12.2 Identificador de Ruta Virtual (VPI)

Sirve para identificar el siguiente destino de una celda a medida que pasa a través de una serie de switches ATM hacia su punto de destino.

1.12.3 Identificador de Canal Virtual (VCI)

Al igual que el VPI, identifica el destino próximo de la celda en su ruta por los switches ATM.

1.12.4 Tipo de Carga de Datos del Paquete (PT)

Sirve para diferenciar las celdas de información de las celdas de control.

1.12.5 Prioridad de Pérdida de Celdas (CLP)

Establece cómo se debe tratar la celda en casos de extrema congestión en la red. En estos casos, el sistema da prioridad a las celdas cuyo bit CLP equivale a 0, y descarta si es necesario a las celdas que tienen un 1 en el bit CLP.

1.12.6 Control de Error de Cabecera (HEC)

Calcula el checksum de los primeros cuatro bytes de la cabecera. El control por checksum permite corregir automáticamente un error que ocurriera en un solo bit de estos cuatro bytes de la cabecera.

Obsérvese que no existe un método de control de errores para la información contenida en la celda; sólo se controla la cabecera. En el sistema ATM se privilegia la eficiencia de las transmisiones sobre el chequeo intensivo de errores. Recuérdese que el propósito principal del sistema es el de transmitir información que requiere un throughput alto y que al ser orientado a conexión, en el momento de transmitir el sistema asegura que el canal es bastante confiable. El control de errores en las transmisiones de datos se controla mediante los protocolos de nivel superior; la red ATM solamente sirve de un switch para el paso de los datos, transparente para la transmisión de datos.

1.13 Direccionamiento en una red ATM

El direccionamiento en una red ATM difiere si es el caso de una red ATM pública o privada. En el caso de una red pública se emplea un modelo de direccionamiento basado en el modelo E.164 similar al utilizado en las redes telefónicas, pero que en el caso de ATM utiliza 15 dígitos BCD. Este modelo tuvo que ser ampliado para poder soportar su uso en redes ATM privadas y es así como el Foro ATM decidió diseñar un esquema de direccionamiento basado en la división de la red en subredes, inspirado en la estructura de direcciones de los Puntos de Acceso al Servicio de Red (NSAP, Network Services Access Points) definida por el OSI. Es este modelo el que nos interesa, por ser sobre el cual va a trabajar la emulación LAN. De hecho, es posible para las redes ATM codificar las direcciones públicas E.164 bajo el formato NSAP, de modo que se hace uso de un solo esquema de direccionamiento.

El formato de dirección ATM NSAP es un formato de 20 bytes. Se presenta en tres formas, dependiendo del tipo de dirección, como se ve en la figura 1.6:

AFI = 39	DCC	HO-DSP	ESI	SEL
1 byte	IDI = 2 bytes	10 bytes	6 bytes	1 byte

Formato DCC de dirección ATM

AFI = 47	ICD	HO-DSP	ESI	SEL
1 byte	IDI = 2 bytes	10 bytes	6 bytes	1 byte

Formato ICD de dirección ATM

AFI = 45	E.164	HO-DSP	ESI	SEL
1 byte	IDI = 8 bytes	4 bytes	6 bytes	1 byte

Formato E.164 de dirección ATM

Figura 1.6 - Formatos de dirección en una red ATM privada

Procederemos a explicar el significado de los campos que componen la dirección NSAP ATM:

1.13.1 Identificador de Autoridad y Formato (AFI)

Identifica el tipo de dirección que representa el campo IDI (DCC, ICD o E.164)

1.13.2 Identificador Inicial de Dominio (IDI)

Identifica a la autoridad administrativa del rango de direcciones. Su significado depende del valor del campo AFI; existen tres posibilidades: DCC, ICD o E.164.

1.13.3 Código de Datos de País (DCC)

Este código es un identificador de país. La norma ISO 3166 de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO: International Standards Organization) establece los códigos correspondientes y su administración corre a cargo de las filiales nacionales del comité ISO en cada país.

1.13.4 Designador de Código Internacional (ICD)

Este campo identifica organizaciones internacionales determinadas, y son códigos reservados. El Instituto Británico de Standards es la autoridad encargada de asignar estos códigos, según la norma ISO 6523.

1.13.5 Campo E.164

Representa la dirección E.164 según el esquema empleado en la Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (B-ISDN). Cuando el campo AFI señala hacia una dirección E.164, quiere decir que esta dirección es una dirección pública E.164 codificada según el sistema privado NSAP.

1.13.6 Parte Específica del Dominio de Orden Superior (HO-DSP)

Originalmente constaba de dos partes: el Dominio de Ruteo (RD: Routing Domain) y el Identificador de Área (AREA). Ambos campos combinados proporcionaban un manejo multinivel de las direcciones, sobre todo para los sistemas que basan la localización en prefijos. Posteriormente el Foro ATM ordenó la fusión de ambos campos en el HO-DSP.

1.13.7 Identificador de Sistema Terminal (ESI)

Contiene la dirección MAC (Control de Acceso al Medio) de 6 bytes del dispositivo ATM. Este número es único para cada elemento conectado al switch ATM.

1.13.8 Selector (SEL)

Este byte es de uso interno de los puntos terminales y sirve para efectuar el multiplexado local. Por medio de él, la estación identifica el proceso al cual la conexión va dirigida.

Los campos HO-DSP, ESI y SEL componen la llamada Parte Específica del Dominio (DSP: Domain-Specific Part) y contienen la información que es realmente relevante para el ruteo.

Los campos AFI, IDI y HO-DSP constituyen un identificador de 13 bytes único para cada switch que pertenece a la red ATM de la empresa. Los puntos terminales conectados al switch heredan estos 13 primeros bytes de la dirección NSAP del switch ATM. De esta forma, el protocolo de ruteo reconoce dónde están conectados los diferentes equipos terminales.

CAPÍTULO II

EMULACIÓN LAN EN REDES ATM (ELAN)

2.1 Introducción

El sistema ATM es un sistema cuyos estándares fueron definidos por primera vez en 1988. Como tal, tiene ya una vigencia de 14 años. Sin embargo, fuera de los proveedores de servicios de comunicaciones, no se ve en el Perú una implantación extensa de estas redes en las empresas.

Muchas empresas han evaluado en algún momento la conveniencia de migrar su plataforma a un sistema como ATM que ofrezca mayor integración y adaptación a los servicios futuros del mercado. Sin embargo, a la hora de planear la implantación de una red ATM en las empresas, ciertas consideraciones de costos han frenado en cierta medida la decisión:

- Existe una gran base instalada de hardware de comunicaciones (hubs, switches, tarjetas de red, etc.) basada en Ethernet, o en menor medida en Token Ring, la cual representaría un enorme costo descartar. Además estos

sistemas no están obsoletos y de hecho sirven muy bien para lo que representa transmisión de datos.

- Además, existe una inversión hecha en software que depende de los protocolos de comunicaciones típicos de las redes LAN. Nos referimos no sólo a software de comunicaciones como servicios de administración de la red sino también a sistemas operativos de redes y aplicativos escritos para estos protocolos.
- La aparición de sistemas como Gigabit Ethernet, con sus costos relativamente bajos, ha desalentado la migración en empresas donde la necesidad de la red es primariamente la transmisión de datos.

Algunas de estas objeciones son relativas y se deben en parte a un desconocimiento de la evolución de los servicios de las redes ATM. En este informe nos proponemos mostrar que las redes ATM sí pueden proporcionar soporte a los servicios normalmente ofrecidos por las redes LAN, mediante la implementación del servicio ELAN (Emulación de LAN sobre ATM). Gracias a la ELAN se puede conectar las redes LAN existentes utilizando la red ATM como backbone de alta velocidad, con la ventaja de que se tiene un único backbone para todos los servicios (voz, video y datos).

2.2 Concepto de ELAN

Al estudiar las redes ATM hemos visto que existen notables diferencias en la forma cómo estas redes efectúan los procesos de transmisión, en comparación con los métodos empleados en las redes LAN tradicionales. Podemos citar tres diferencias fundamentales:

- Las redes ATM están orientadas a conexión, lo que quiere decir que para iniciar una transferencia de información primero se debe establecer un canal de transmisión entre los puntos terminales origen y destino. En cambio, en las redes LAN, ya sea Ethernet o Token Ring, las estaciones comienzan a emitir datos sin necesitar una conformidad de la estación receptora, en lo que se conoce como transmisión no orientada a conexión.
- En una red LAN existe el procedimiento de difusión (multicast), por el cual una estación puede emitir un mensaje para toda la red y éste es filtrado por las estaciones de la LAN y procesado solamente por aquellas para las cuales el mensaje va dirigido. Las redes ATM no tienen nativamente un método similar, ya que solamente permiten establecer conexiones punto a punto y punto-multipunto. Las conexiones punto-multipunto se pueden efectuar solamente hacia un número determinado y concreto de puntos terminales.
- Las redes LAN confían en las direcciones MAC (Control de Acceso al Medio) de las estaciones para identificar la procedencia y destino de los

paquetes que fluyen por la red. Estas direcciones MAC son únicas y no dependen de la topología de la red, y en el caso concreto de las tarjetas de red se trata de direcciones grabadas en la tarjeta misma.

Existen diversas implementaciones de controladores de acceso al MAC, si bien todos ellos proporcionan las mismas funciones utilizando diferente código de acuerdo al fabricante:

- NDIS (Especificación de Interfase de Controlador de Red) es el controlador propio de las redes Microsoft.
- ODI (Interfase Abierta de Enlace de Datos), es el desarrollo de Novell para las redes Netware.
- DLPI (Interfase del Proveedor de Enlace de Datos), es una implementación presente en varias versiones de Unix.

Frente a esta situación, el Foro ATM define un nuevo estándar conocido como la Emulación LAN (ELAN), que viene a ser el conjunto de métodos y protocolos que hacen posible emular estos servicios sobre una red ATM.

La emulación LAN contempla un método para encapsular el tráfico de la LAN en el formato de celda utilizado por la red ATM. Su función principal es la de proporcionar a los controladores MAC una interfase para que las aplicaciones que corren en la LAN accedan a la red ATM de manera transparente, sin necesidad de

alterar ni los manejadores MAC en el lado de la red LAN ni los métodos de señalización en el lado de los dispositivos ATM.

2.3 Beneficios de la emulación ELAN

- Con las redes ELAN, es posible preservar la inversión hecha en redes LAN mientras se implanta el sistema ATM. Esta es la consideración más importante en términos de costos y tiempos de la implementación.
- Por medio de la red ATM, las redes LAN pueden interconectarse para conformar multitud de redes VLAN (Red LAN Virtual). Una sola red ELAN puede estar asociada a varias redes VLAN.

El concepto de redes VLAN consiste en conformar grupos de usuarios que aparecen para el sistema como integrantes de una única LAN, a pesar de que en la práctica se encuentren en redes físicas LAN diferentes. Esta agrupación puede hacerse por propiedades como tener la misma dirección IP de subred, por estar conectadas al mismo switch, e incluso señalando las estaciones por sus direcciones específicas. Las estaciones que forman parte de una misma VLAN son miembros del mismo dominio de broadcast.

2.4 Limitaciones de la emulación ELAN

Algunas limitaciones que se presentan en las redes ELAN:

- Los sistemas ELAN no pueden sacar provecho de todas las capacidades disponibles en las redes ATM, como las diferentes calidades de servicio, acceso completo al direccionamiento ATM, etc. Para ellos, la red ATM les ofrece una interfase idéntica a la ofrecida por la red LAN. Para implantar calidad de servicio y otras funciones en las redes ELAN, sería forzoso modificar las pilas de protocolo propias de la red LAN.
- De la misma manera, ciertas características de las redes LAN como la administración del token no se pueden habilitar sobre las redes ELAN.
- Solamente están soportados los frames 802.3 (Ethernet) y 802.5 (Token Ring).
- Las redes ATM no hacen las veces de bridges entre redes Ethernet y Token Ring. Se puede conectar simultáneamente ambos tipos de redes a la red ATM, pero las redes Ethernet se podrán comunicar solamente con otras redes Ethernet y así en el caso de Token Ring.

2.5 Dispositivos ELAN

Como hemos dicho, la implementación de una ELAN debe hacerse sin alterar el software o el hardware preexistente. Para proporcionar los servicios de ELAN existen dos clases de dispositivos:

- Tarjetas adaptadoras ATM
- Switches, ruteadores y bridges ELAN ATM

2.5.1 Tarjetas adaptadoras ATM

Los adaptadores ATM pueden proporcionar los protocolos ELAN a los hosts de la red ATM. Para ello se cargan determinados controladores de software en la estación, que se encargan de mostrar a los protocolos de alto nivel (IP, IPX) que corren en la estación en la que están instalados una interfase similar a la que mostraría un adaptador LAN tradicional. De esta manera dichos hosts pueden comunicarse con otras estaciones de la red ELAN utilizando los protocolos típicos de las redes LAN.

2.5.2 Switches, ruteadores y bridges ELAN ATM

Estos equipos son similares a los switches LAN, con la adición de un puerto ATM que se usa para interconectar las redes LAN al sistema ATM. Este puerto se suministra como un módulo adicional a insertarse en el switch o puede venir preconstruido en el switch LAN. La funcionalidad de los protocolos ELAN está

provista por la programación del switch ELAN, que está grabada en la memoria del dispositivo, y por el hardware del mismo.

2.6 Tipos de conectividad en una ELAN

Existen tres escenarios posibles de conexión en una ELAN, los cuales se van a discutir a continuación:

2.6.1 Conexión ATM-ATM

Es la que tiene lugar cuando, por ejemplo, una estación y un servidor directamente conectados a la red ATM se comunican entre sí. Para ello ambos deben estar equipados con tarjetas adaptadoras ELAN, como en la figura 2.1:

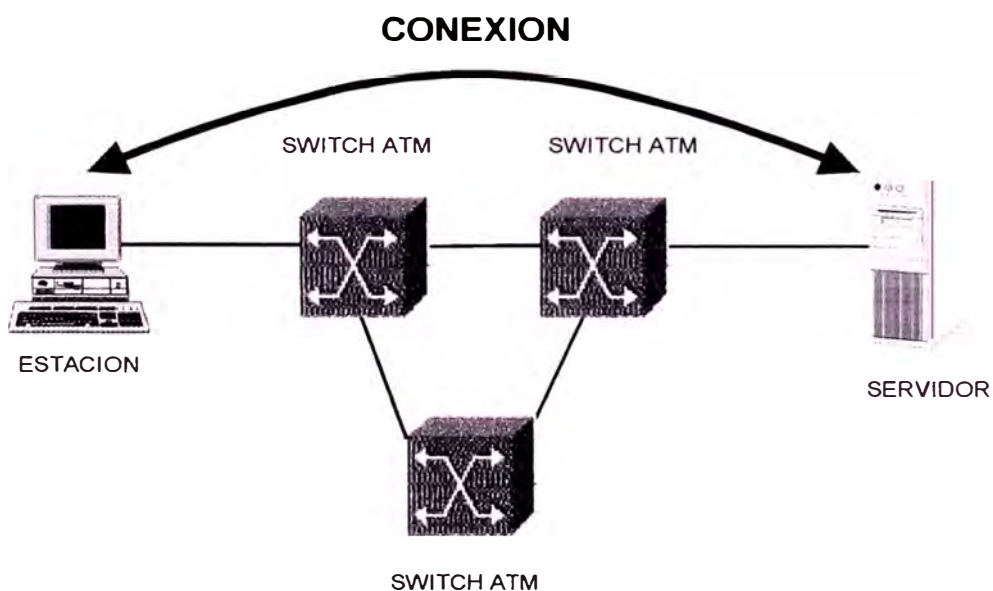


Figura 2.1- Conexión ATM-ATM entre una estación y un servidor

En la práctica y por razones de costo, se prefiere instalar tarjetas adaptadoras ATM solamente en los servidores de red, por ser los computadores que tienen mayor demanda dentro de la red. Contribuye a esta situación los bajísimos precios de los adaptadores clásicos LAN. Un adaptador Ethernet/Fast Ethernet llega a costar \$20.

2.6.2 Conexión ELAN-ATM

En este escenario una estación ubicada dentro de una red LAN Ethernet o Token Ring puede comunicarse efectivamente con un servidor localizado dentro de la red ATM. La estación cuenta con una tarjeta adaptadora de red clásica y los controladores típicos de la red LAN (NDIS, ODI). Para enlazar ambas redes se utiliza un bridge o switch con una interfase ATM, como se ve en la figura 2.2:

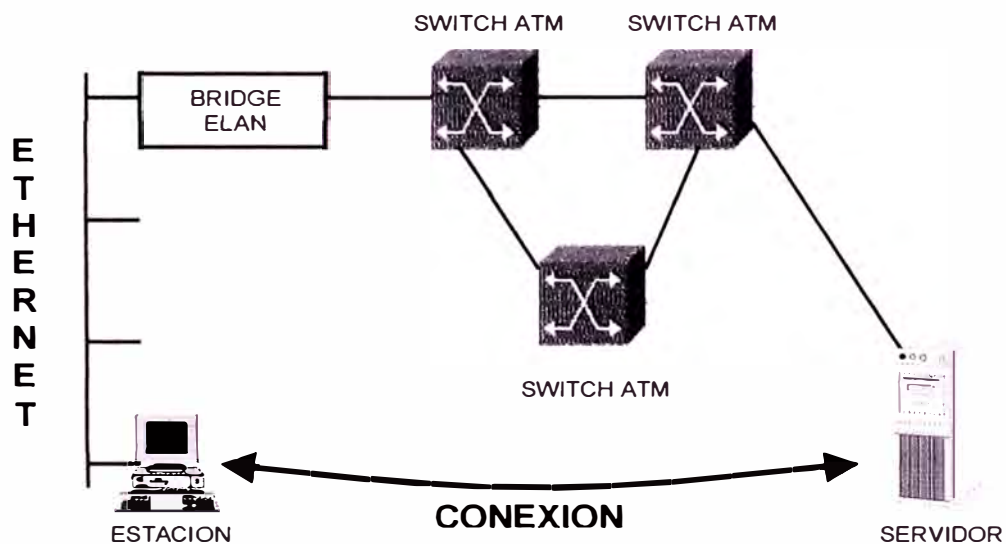


Figura 2.2 - Conexión ELAN-ATM

2.6.3 Conexión ELAN-ELAN

La implementación de una conexión ELAN-ELAN significa que se pueden interconectar varias redes LAN entre sí, haciendo uso de la red ATM como backbone del sistema. Se establece de esta manera una red LAN virtual (VLAN) entre los bridges que conectan las redes LAN al sistema ATM. Véase la figura 2.3 que describe este método.

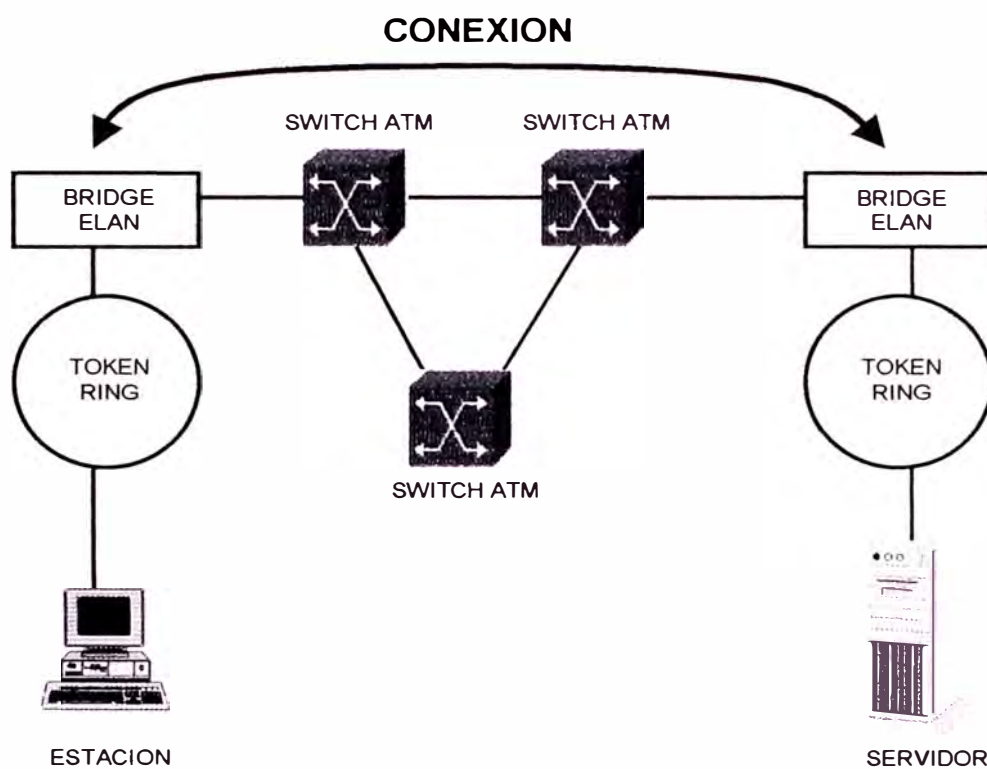


Figura 2.3 - Conexión ELAN-ELAN

2.7 Componentes de una ELAN

Para que la red ELAN opere, algunos de los equipos de la red ELAN deben cumplir determinadas funciones. En una ELAN, los dispositivos deben efectuar alguna de las cuatro funciones disponibles:

- Cliente de Emulación LAN (LEC: LAN Emulation Client)
- Servidor de Emulación LAN (LES: LAN Emulation Server)
- Servidor de Difusión y de Tráfico Desconocido (BUS: Broadcast and Unknown Server)
- Servidor de Configuración de Emulación LAN (LECS: LAN Emulation Configuration Server)

2.7.1 Cliente de Emulación LAN (LEC)

Se denomina LEC a cualquier equipo o entidad que se encarga del encaminamiento de los datos, resolución de direcciones, y otras funciones de control dentro de un equipo terminal ubicado en una red ELAN.

2.7.2 Servidor de Emulación LAN (LES)

Un LES es responsable por el control de una red ELAN. Solamente existe un LES por cada ELAN y debe tener una dirección ATM única. El servidor LES mantiene

una tabla de las direcciones MAC de los equipos conectados a la red ELAN y sus correspondientes direcciones NSAP que el sistema ATM les asigna.

2.7.3 Servidor de Difusión y de Tráfico Desconocido (BUS)

Este servidor se ocupa de difundir el tráfico cuya dirección destino es desconocida y de difundir el tráfico de multicast y broadcast a los clientes LEC de una red ELAN particular. Por cada ELAN, el cliente LEC está asociado con un único servidor BUS.

Al servidor BUS se le asigna una dirección ATM única, que viene a ser la dirección broadcast para la interfase MAC. Esta asignación se configura en el servidor LES correspondiente a la ELAN.

2.7.4 Servidor de Configuración de Emulación LAN (LECS)

El servidor LECS es la entidad cuya función es la de asignar a los clientes de la ELAN a las redes ELAN correspondientes. El servidor LECS informa a los clientes LEC cuál es la dirección del servidor LES que les corresponde.

Para tal efecto, la red se divide en conjuntos de equipos llamados dominios administrativos. Por cada dominio administrativo existe un solo servidor LECS, el cual da servicio a todas las redes ELAN contenidas en dicho dominio.

La funcionalidad del LES, BUS y LECS reside en los dispositivos ELAN, específicamente como opciones en los switches ATM, o en computadores dedicados a estas funciones. En la figura 2.4 vemos una pantalla de una estación basada en UNIX que cumple la función de un servidor LECS, ejecutando una aplicación de la firma ATI que facilita administrar estos servicios en forma gráfica.

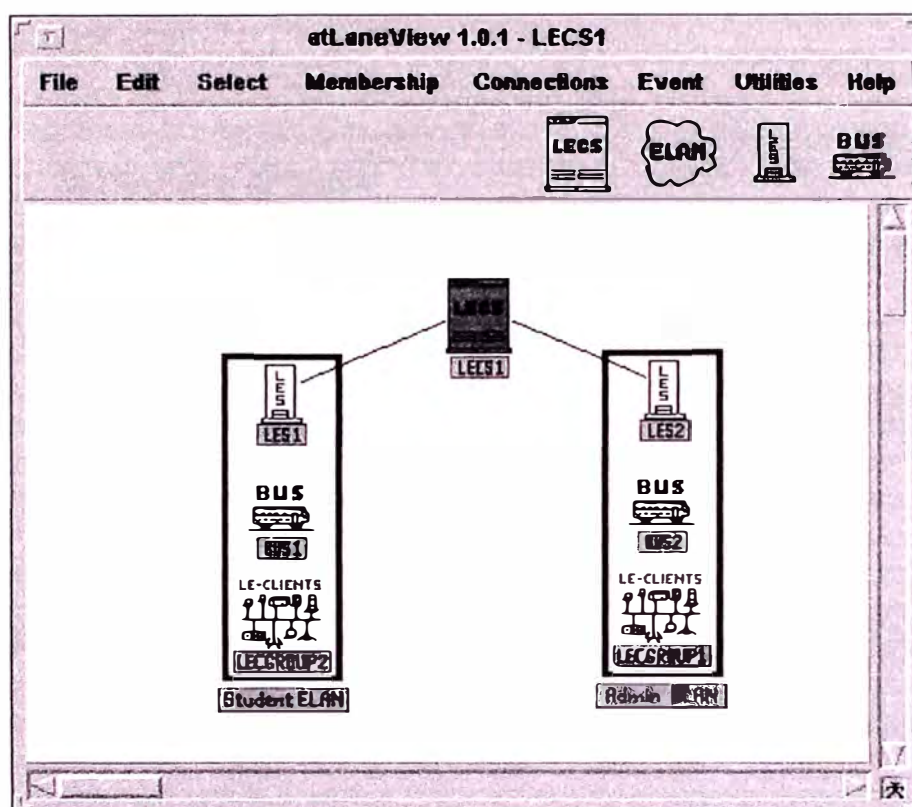


Figura 2.4 - Ejemplo de aplicación en servidor LECS dedicado

2.8 Conexiones en una ELAN

Entre los componentes que acabamos de mencionar se establecen una serie de conexiones que les sirven para intercambiar información, tramas de control y de

configuración. Estas conexiones se hacen a través de Conexiones de Canales Virtuales (VCC: Virtual Channel Connections) y se clasifican en conexiones de datos y conexiones de control.

2.8.1 Conexiones ELAN de datos

Se identifican las siguientes conexiones:

- VCC de Dirección de Datos
- VCC de Envío de Multicast
- VCC de Reenvío de Multicast

2.8.1.1 VCC de Dirección de Datos

Es un VCC que se establece entre dos LEC para intercambiar datos entre sí. Este canal es bidireccional y punto a punto.

2.8.1.2 VCC de Envío de Multicast

Es un canal que se establece desde el LEC hacia el BUS. Es bidireccional y punto a punto.

2.8.1.3 VCC de Reenvío de Multicast

Este canal es iniciado por el BUS hacia los LEC. ES una conexión unidireccional y punto-multipunto, en la que cada LEC destino figura como una hoja del árbol de la conexión.

La figura 2.5 muestra las conexiones de datos propias de la ELAN.

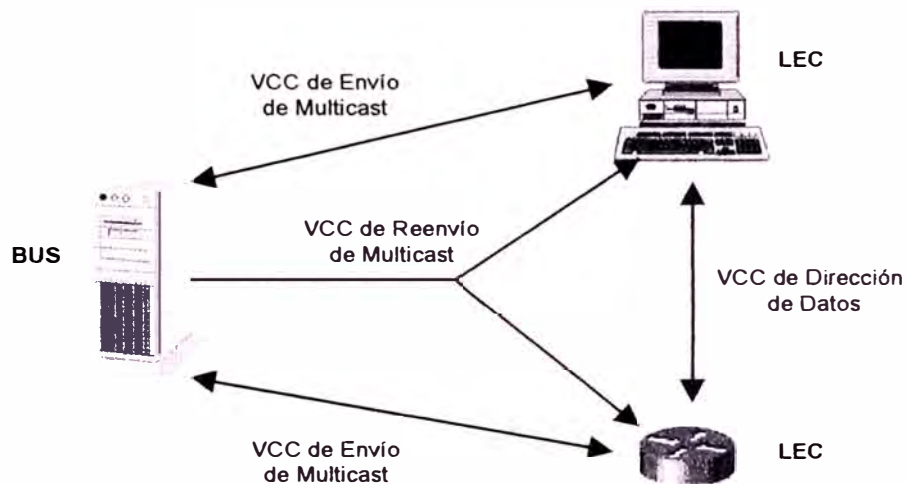


Figura 2.5 - Conexiones de datos en la ELAN

2.8.2 Conexiones ELAN de control

Existen tres clases de conexiones de control, a saber:

- VCC de Dirección de Configuración
- VCC de Dirección del Control
- VCC de Distribución del Control

2.8.2.1 VCC de Dirección de Configuración

Esta conexión es iniciada por el LEC hacia el LECS. Es una conexión bidireccional y punto-a-punto.

2.8.2.2 VCC de Dirección del Control

Es una conexión que el LEC inicia en dirección al LES. Este canal es bidireccional y punto-a-punto.

2.8.2.3 VCC de Distribución del Control

El LES establece este canal de retorno al LEC. Esta conexión es unidireccional y punto-multipunto.

Véase en la figura 2.6 las direcciones que tienen estas conexiones de control.

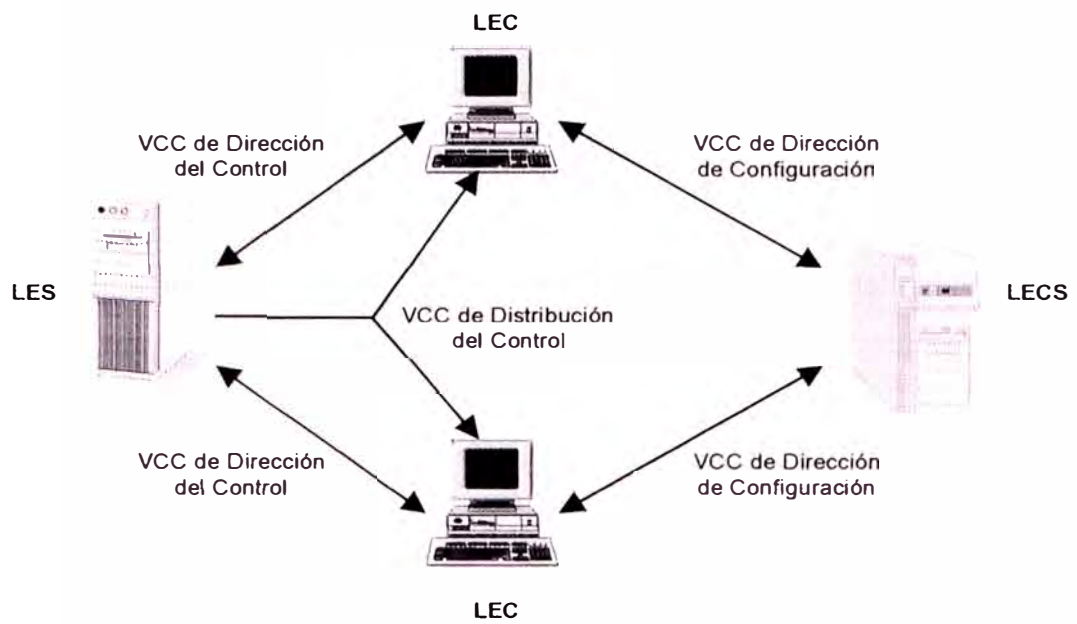


Figura 2.6 - Conexiones de control en una ELAN

2.9 Fases de la conexión en una ELAN

La conexión entre dos estaciones ubicadas en una red ELAN consta de las siguientes fases:

- Inicialización
- Configuración
- Incorporación
- Inicialización del BUS
- Resolución de direcciones
- Transferencia de datos

2.9.1 Inicialización

Este procedimiento tiene lugar en el momento del arranque del LEC, y consiste en que el LEC intenta ubicar al servidor LECS y establecer una conexión con el mismo. Este procedimiento puede tomar hasta cuatro fases, hasta que finalmente el servidor LECS sea localizado:

- Primero el cliente LEC lee una tabla localizada en el ILMI ubicado en el extremo opuesto del enlace ATM del equipo. Esta tabla contiene cierta cantidad de direcciones ATM de diversos dispositivos de la red. Cada dispositivo tiene un identificador de protocolo. El LEC busca en la tabla direcciones correspondientes a servidores LECS existentes en la red e intenta conectarse con ellos uno a uno hasta que uno de ellos responde.
- Si la tabla está vacía o ninguna de las direcciones leídas es útil, el LEC hace uso de una dirección ATM preestablecida.
- Si la dirección ATM preestablecida tampoco apunta a un servidor LECS, el LEC utiliza la combinación de ruta virtual y canal virtual VPI/VCI 0/17 y trata de establecer una conexión al LECS por dicha ruta.
- En caso de no hallarse el LECS de esta manera, el fabricante puede proporcionar otros mecanismos propietarios que permitan localizar al LECS en la red.

2.9.2 Configuración

Una vez establecida la conexión con el LECS, el LEC transmite un mensaje al LECS conteniendo su propia dirección ATM, dirección MAC, tipo de red LAN y tamaños de paquete que soporta la estación. El servidor LECS valida esta información y entrega al LEC la dirección del servidor LES que le corresponde y el tipo de red LAN y tamaño de paquete que se utilizará en la sesión. Dependiendo del fabricante, en esta fase pueden negociarse otros muchos parámetros de conexión.

2.9.3 Incorporación

Ahora que el LEC tiene la dirección ATM del servidor LES, trata de crear una conexión VCC de dirección del control al servidor LES. Una vez que se establece la conexión, el LEC emite un mensaje informando su dirección ATM, el tipo de red LAN y tamaño de paquete acordado, si el LEC hace las veces de proxy en la red, y opcionalmente, una dirección MAC para registrar. Si hubieran más direcciones MAC asociadas al LEC, también las registra mediante un mensaje especial de registro. Si el LEC afirma que es un equipo proxy, el LES añadirá al LEC en el árbol de distribución de control que tiene almacenado.

Se entiende como proxy en la terminología ATM a aquel equipo, generalmente un switch ATM, que al ser consultado informa no solamente su dirección ATM sino además las direcciones ATM de los equipos conectados a sus demás puertos.

2.9.4 Inicialización del BUS

Una vez que el LEC ha registrado todas sus direcciones MAC, solicita al LES la dirección ATM correspondiente a la dirección MAC FFFFFFFFFF, la cual representa la dirección MAC de broadcast. El LES devuelve al LEC la dirección ATM del servidor BUS. El LEC inicia un VCC de Envío de Multicast a esta dirección ATM y el servidor BUS a su vez inicia un VCC de Reenvío de Multicast hacia el LEC. El BUS conoce la dirección hacia la cual debe crear el VCC de Reenvío de Multicast porque en todas las conexiones que se realizan en ATM figuran las direcciones de las entidades origen y destino de dichas conexiones.

2.9.5 Resolución de direcciones

El LEC origen necesita conocer la dirección ATM del punto terminal destino. Para ello, remite al BUS por el VCC de Envío de Multicast un paquete de datos para ser transmitido. El BUS verifica en una tabla interna que administra para saber si ya existe una conexión establecida hacia la dirección MAC destino. Si es así, transmite el paquete por dicha conexión y pasamos a la fase siguiente.

Si no es ese el caso, el BUS reenvía el paquete a todos los LECs de la ELAN a través del VCC de Reenvío de Multicast. De esta manera gana tiempo mientras tiene lugar el proceso de resolución de la dirección ATM del LEC destino, que puede tomar cierto tiempo.

Acto seguido, el LEC inicia un VCC de Dirección de Control hacia el LES y le envía un mensaje ARP solicitando la dirección ATM del LEC destino. Si el LES conoce la dirección, la devuelve al LEC de origen. Si en cambio no tiene la dirección en su tabla, consulta a un cierto número de estaciones LEC (o a todas ellas) por medio de solicitudes ARP (Protocolo de Resolución de Direcciones). Si alguno de estos LEC es el equipo buscado, éste contesta a la solicitud ARP. Si algunos de estos LEC consultados son switches o bridges ATM proxy y resulta que dan servicio al equipo LEC buscado, ellos responden en nombre de la estación destino con la dirección ATM pedida.

Obviamente, el LEC destino deberá formar parte de la ELAN y como tal ya habrá culminado su propio proceso de inicialización, configuración e incorporación.

2.9.6 Transferencia de datos

En este punto ya se conoce la dirección ATM del LEC de destino, pero antes de empezar a transmitir, debe recordarse que mientras tenía lugar el proceso de resolución de direcciones, el BUS ha proseguido enviando los paquetes de datos que el LEC origen le iba suministrando a todos los LECs a su alcance. El LEC debe asegurarse que todos los paquetes previamente enviados al BUS han llegado a su destino y para eso hace uso del procedimiento de descarga de la ELAN. Este procedimiento consiste en que se envía un paquete de descarga por la ruta que ha tomado el último paquete de datos enviado. Luego el LEC espera hasta que la estación destino acusa recibo del paquete de descarga, y en ese momento el LEC

origen abre un VCC de Dirección de Datos hacia el LEC destino y principia la transmisión de información propiamente dicha.

Después de un cierto lapso sin transmitirse datos por el canal VCC de Dirección de Datos, el sistema cierra el VCC y queda éste disponible para otra transmisión.

2.10 Modelo de referencia de la red ELAN

Ya se ha dicho que la emulación LAN se aplica sin alterar el modelo propuesto para las redes ATM. La emulación ELAN corre como un servicio encima de la capa AAL del modelo ATM, específicamente de la modalidad AAL5, ya que ésta fue definida para lidiar con transmisiones no orientadas a conexión. Este servicio ejecutará en los hosts ELAN ATM y en los switches, bridges y ruteadores ELAN.

La figura 2.7 aclarará algunos conceptos:

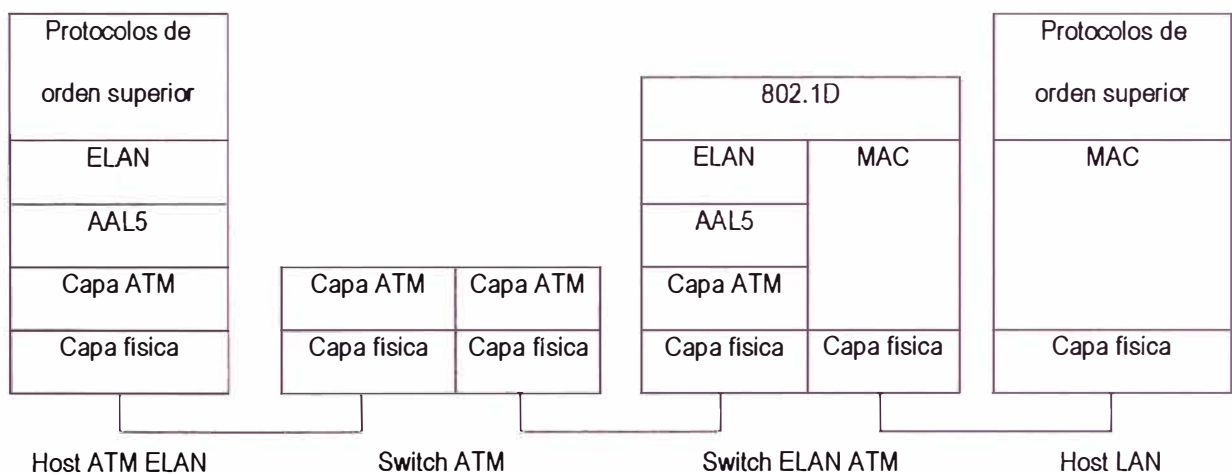


Figura 2.7 - Modelo de capas en una red ELAN

Los switches ATM no necesitan cargar pilas de protocolos ELAN. Las celdas correspondientes a los paquetes ELAN pasan a través de ellos siguiendo los procedimientos habituales de señalización de la red ATM.

Los hosts conectados del lado de la red LAN tampoco necesitan cargar los protocolos ELAN. Estos se comunican con la ELAN por medio de la interfase LAN del switch ELAN.

2.11 Formato de la trama ELAN

Los mecanismos de la emulación ELAN requieren que los paquetes de los protocolos de orden superior sean segmentados en fragmentos de 48 bytes y formateados en forma de celdas ATM de 53 bytes. De esta tarea se ocupan los protocolos de la capa AAL5 del modelo ATM. Aquí vamos a describir el formato de la trama AAL5, a la cual denominaremos trama ELAN.

El procedimiento consiste en que la subcapa CPCS del modelo ATM toma el paquete de datos, ya sea Ethernet (IEEE 802.3) o Token Ring (IEEE 802.5) y construye una trama cuya longitud es múltiplo de 48 bytes. Luego se añade una cola de 8 bytes y se pasa la trama resultante a la subcapa SAR para que sea segmentada en fragmentos de 48 bytes.

El formato de la trama mencionada es el mostrado en la figura 2.8:

máximo: 65535 bytes	Carga de datos del CPCS-PDU (Paquete LAN encapsulado)	Carga de la trama
De 0 a 47 bytes	Pad	
1 byte	CPCS-UU	Cola de la trama
1 byte	CPI	
2 bytes	Longitud del PDU	
4 bytes	CRC	

Figura 2.8 - Formato de la trama ELAN

Los campos que componen la trama ELAN se describen a continuación:

2.11.1 Carga de datos del paquete (CPCS-PDU)

Contiene el paquete de datos del usuario, debidamente encapsulado. Su longitud máxima es de 65535 bytes ($2^{16} - 1 = 65535$). Su longitud mínima depende del protocolo que se está encapsulando:

- Si el paquete es Ethernet, la longitud mínima es de 62 bytes.
- Si el paquete es Token Ring, la longitud mínima es de 16 bytes.

2.11.2 Pad

Es una secuencia de bytes de longitud de 0 a 47 bytes que se añade a la carga de datos del CPCS-PDU con el fin de que la longitud total de la carga de la trama sea exactamente múltiplo de 48 bytes.

2.11.3 Campo CPCS-UU

Este campo no es empleado por el sistema ATM y su valor se puede fijar libremente.

2.11.4 Indicador de Parte Común (CPI)

Sirve para ajustar la longitud de la cola de la trama CPCS-PDU a 8 bytes.

2.11.5 Longitud de la Unidad de Datos

Indica la longitud del PDU, ya que sin este valor no sabríamos qué porción de la carga de la trama CPCS-PDU corresponde al PDU propiamente dicho y qué porción al PAD. El máximo valor de este campo es de FFFF \equiv 65535 bytes.

2.11.6 Verificación de Redundancia Cíclica (CRC)

Realiza un control de errores sobre la trama CPCS-PDU.

Vamos a explorar con más detalle el contenido del campo de la carga de datos del CPCS-PDU. Existen dos formas de encapsular el paquete PDU del usuario en dicho campo, y se diferencian en la forma de tratar los diversos protocolos (IP, IPX) que circulan simultáneamente en la ELAN:

- Encapsulación a nivel de Control de Enlace Lógico
- Encapsulación basada en Circuito Virtual

2.11.7 Encapsulación a nivel de Control de Enlace Lógico

En este método, se efectúa el multiplexado de los diferentes protocolos (IP, IPX) sobre un solo circuito virtual ATM. La encapsulación se efectúa a nivel de la subcapa LLC (Control de Enlace Lógico) del nivel de Enlace de Datos del modelo OSI. El procedimiento difiere si los protocolos que se van a encapsular corresponden a una red que está conectada al sistema ATM mediante un ruteador o mediante un bridge:

2.11.7.1 Encapsulación LLC para protocolos ruteados

La figura 2.9 muestra el formato de la trama para este caso:

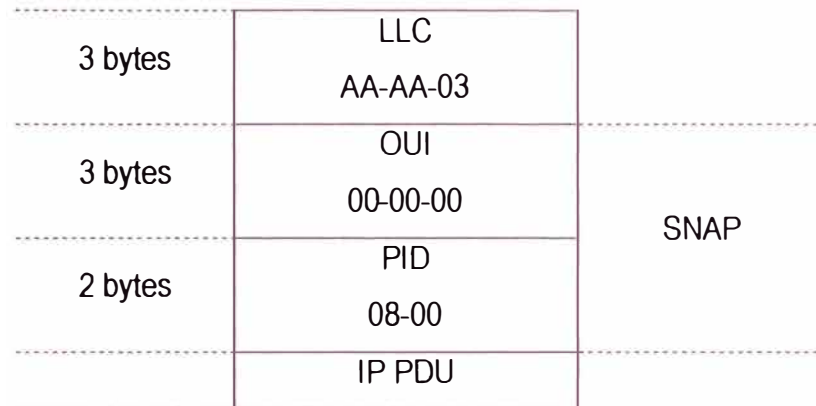


Figura 2.9 - Trama para encapsulación LLC de protocolos ruteados.

Los campos mostrados se denominan así:

LLC: Es la cabecera LLC, tal como se define en el estándar 802.2 del Instituto de Ingenieros en Electrónica y Electricidad (IEEE) e identifica el protocolo del PDU ruteado.

SNAP (Protocolo de Acceso a la Subred): Esta cabecera se compone de los campos OUI y PID y está definida en la norma 802.1a de la IEEE.

OUI: Identificador Organizacional Único.

PID (Identificador de Protocolo): Diferencia entre los protocolos de Ethernet y Token Ring.

IP PDU: Es el paquete de usuario propiamente dicho. Su longitud máxima es de 65527 bytes ($2^{16} - 9 = 65527$).

2.11.7.2 Encapsulación LLC para protocolos no ruteados

El formato de la carga de datos del CPCS-PDU difiere sea que el paquete encapsulado es Ethernet o Token Ring.

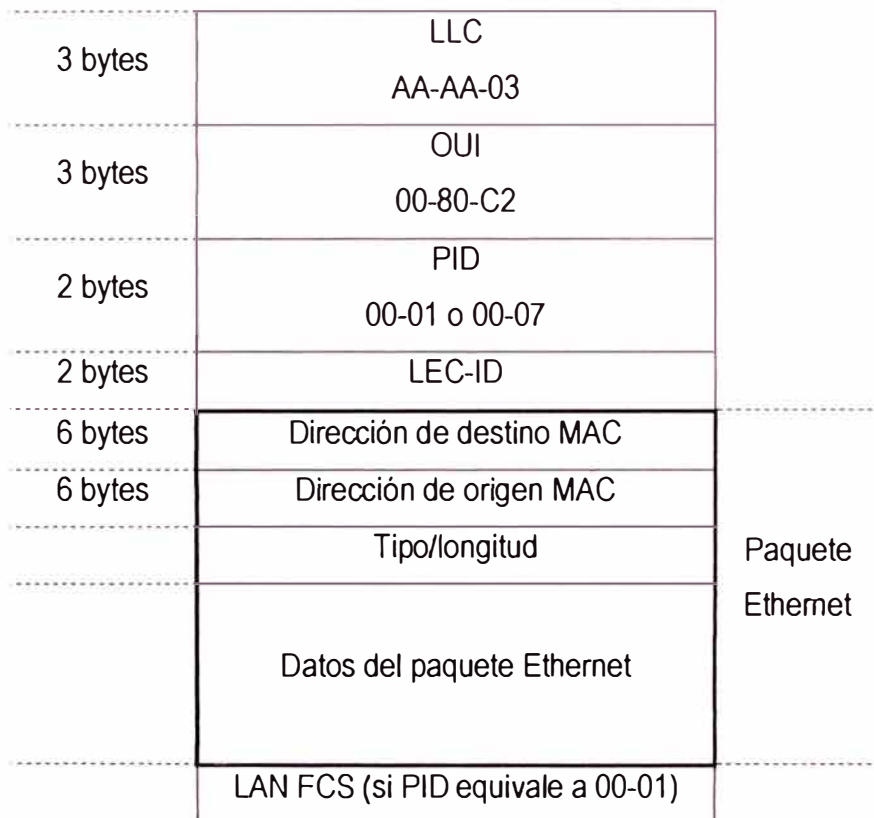


Figura 2.10 - Trama para encapsulación LLC de Ethernet 802.3 no ruteado

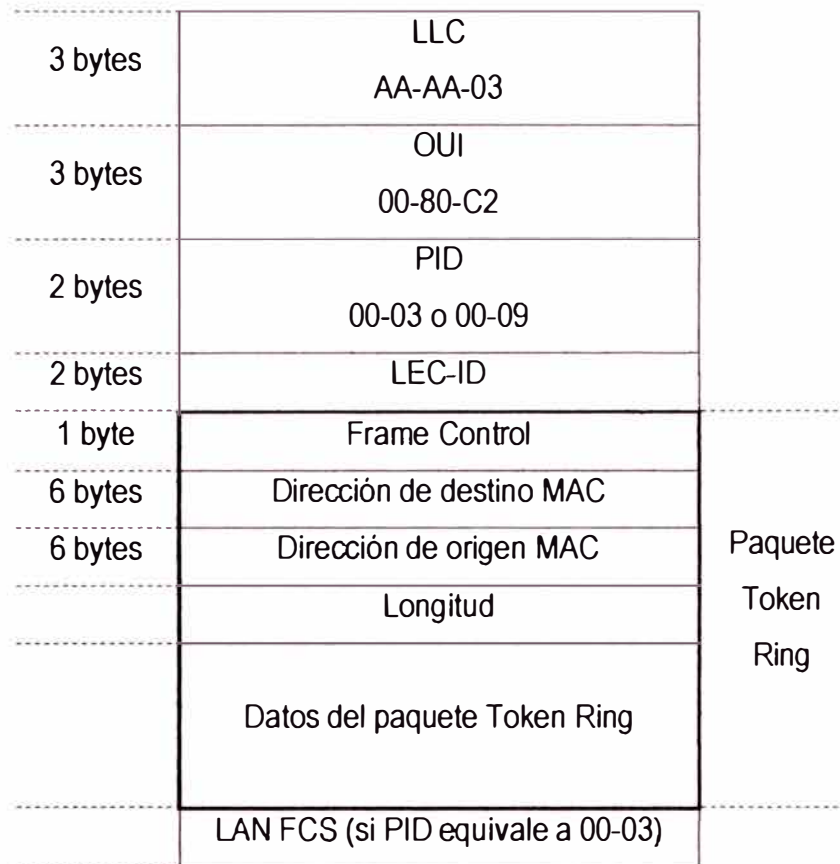


Figura 2.11 - Trama para encapsulación LLC de Token Ring 802.5 no ruteado

El campo LEC-ID o identificador del LEC también es llamado cabecera de emulación ELAN. Se emplea para proporcionar funciones de filtrado para los dispositivos proxy de la red ATM.

Para los protocolos no ruteados, es el campo PID el que diferencia entre las tramas Ethernet y Token Ring. Además, este campo indica si se preservará la Secuencia de Verificación de Tramas original (FCS: Frame Check Sequence).

2.11.8 Encapsulación basada en Circuito Virtual

El otro método de encapsulamiento consiste en transportar cada protocolo (IP, IPX) sobre un Circuito Virtual (VC) diferente.

2.11.8.1 Encapsulación basada en VC para protocolos ruteados

Como cada protocolo se transporta por un circuito virtual separado, en esta modalidad no hay necesidad de insertar información de multiplexado en la carga de datos del CPCS-PDU. Este campo se dedica completamente a almacenar el paquete de usuario, como se ve en la figura 2.12:

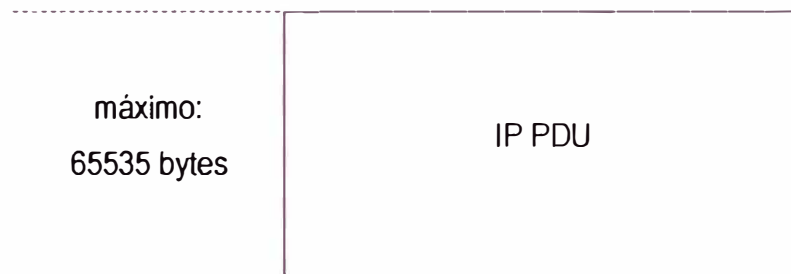


Figura 2.12 - Trama para encapsulación basada en VC para protocolos ruteados

Este modo es el más eficiente ya que la sobrecarga de procesamiento es mínima.

2.11.8.2 Encapsulación basada en VC para protocolos no ruteados

También aquí el formato de la carga del CPCS-PDU difiere para paquetes Ethernet o Token Ring.

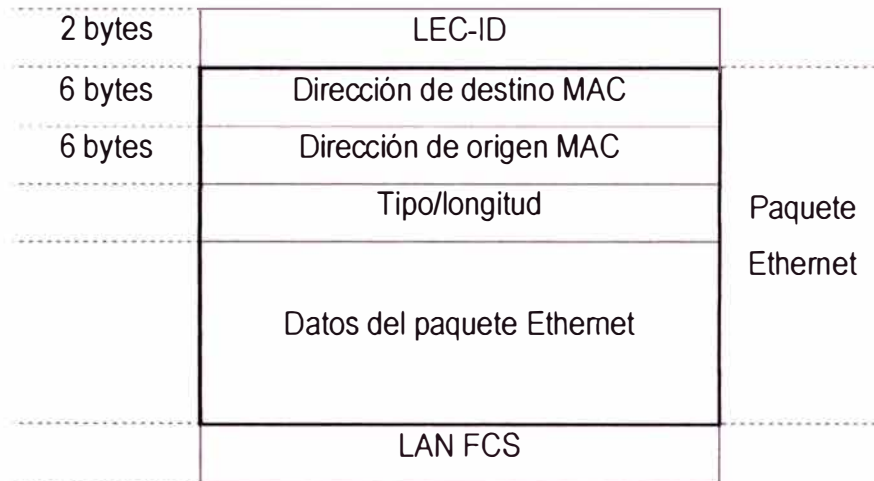


Figura 2.13 - Trama para encapsulación basada en VC de Ethernet 802.3 no ruteado

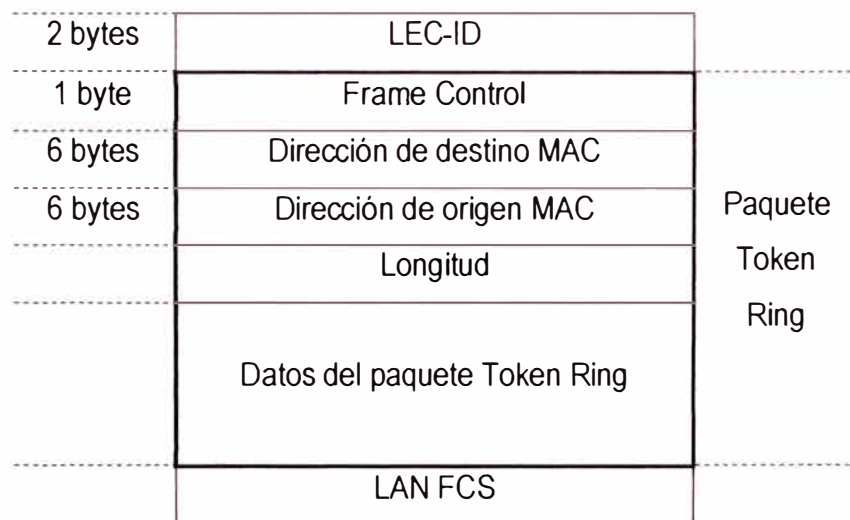


Figura 2.14 - Trama para encapsulación basada en VC de Token Ring 802.5

no ruteado

A diferencia de la encapsulación LLC, en este caso no figuran los campos LLC, OUI o PID.

CAPÍTULO III

APLICACIONES

3.1 Aplicaciones de las redes ATM

La presencia de las redes ATM hoy en día es bastante amplia. Se utiliza de manera preferente en las instalaciones de los proveedores de servicios de comunicaciones, a los que ayuda a procesar los altos volúmenes de tráfico de sus clientes. Sus sofisticados mecanismos de control de tráfico conducen a la diversificación de la oferta de servicios de comunicaciones, con diversos planes de calidad de servicio y marcos tarifarios, a la medida de las posibilidades de los clientes. También establece patrones claros para la tarificación de los servicios, mediante la contabilidad del tráfico de celdas, independientemente de la naturaleza de la información que mueven los clientes.

Las redes ATM también constituyen un buen porcentaje del backbone de la Internet. Este backbone, montado casi en su totalidad sobre enlaces de fibra óptica, mueve una enorme cantidad de tramas que transportan información que surca constantemente el globo. Como hemos visto, el sistema ATM está preparado para administrar el tráfico a tasa de transferencia muy altas de hasta 2 GBps, y no existen limitaciones en el

sistema que impidan superar estas velocidades en cuanto la tecnología evolucione y el hardware de comunicaciones alcance mayores velocidades de reloj.

Hay otros muchos servicios como el video en demanda, que está esperando el momento preciso para despegar en el mercado, que se beneficiarían mucho de las redes ATM. Hasta ahora el video en demanda ha estado limitado por la utilización de redes de throughput limitado como la red de cableTV.

Para las intranets privadas de las empresas también las redes ATM les ofrecen acceso a servicios que no se podrían suministrar de manera veloz y fiable con redes tradicionales. Podemos citar como ejemplo:

- Servicios de videoconferencia, sin necesidad de contratar enlaces dedicados para cada ocasión como hacen muchas empresas, sino sobre la misma infraestructura de redes de la compañía. En las redes LAN tradicionales el alto flujo de paquetes de una transmisión de videoconferencia tiende a congestionar el servicio de datos de los demás clientes de la red.
- Proporciona una mejor plataforma para la integración de servicios de voz y de datos como la telefonía IP y el correo de voz. El tratamiento unificado de las transmisiones de voz y datos conduce a la creación de nuevas aplicaciones que procesen directamente la información de audio en las estaciones.

- Finalmente, la aplicación que nos interesa en este informe, que es la emulación de servicios LAN sobre las redes ATM. Ya se ha discutido la utilidad de este servicio y cómo la infraestructura existente en la LAN de las empresas aprovecha la red ATM para servirse de ella como un backbone eficiente.

3.2 Equipos disponibles

El sistema ATM cuenta con un gran respaldo del mercado. Actualmente importantes fabricantes de hardware de comunicaciones desarrollan productos para redes ATM. Entre ellos podemos citar a Cisco, 3Com, y Cabletron.

En la figura 3.1 mostramos un esquema de un switch marca Cisco modelo Catalyst 5500. Este switch tipo gabinete tiene la capacidad de alojar hasta 528 puertos de usuario y como se aprecia, es del tipo modular. Esto quiere decir que las distintas opciones se agregan en forma de tarjetas llamadas módulos en cada uno de los slots del gabinete. Esta configuración proporciona la máxima flexibilidad para que los clientes configuren sus switches a la medida de sus necesidades, a la vez que brinda gran redundancia contra posibles fallos de los componentes internos (fuentes de poder, módulos de supervisión, etc).

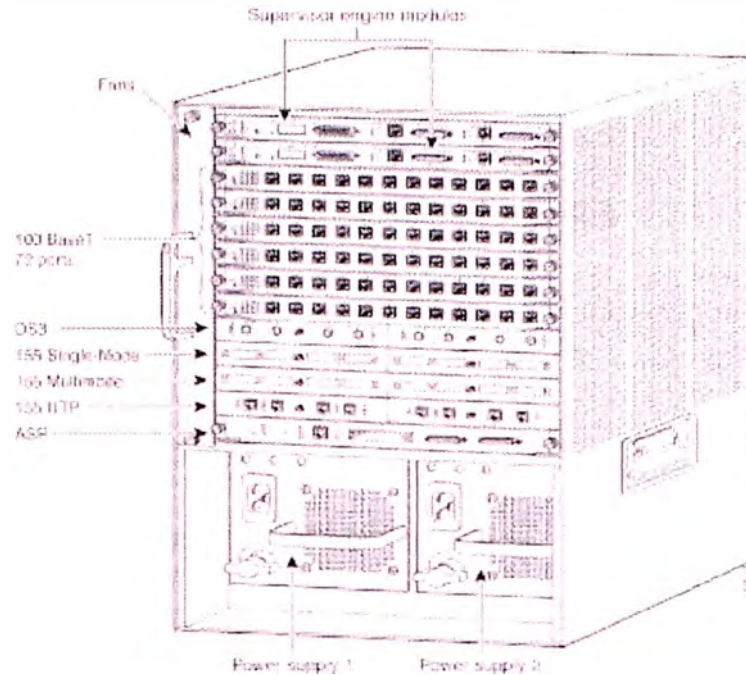


Figura 3.1 - Esquema de un switch Catalyst 5500

El switch Catalyst 5500 está destinado principalmente a la operación como switch Ethernet 10/100/1000 Mbps o Token Ring en closets de alta densidad de cableado en redes intranet. Con la adición de un Módulo de Integración ATM Catalyst 5500, el sistema puede desempeñarse también como un switch ELAN. La interfase LAN del módulo es interna y comunica a través del bus del gabinete con los demás módulos de puertos Ethernet y Token Ring. La interfaz ATM de la tarjeta es un puerto externo NNI OC-12 (tasa de transferencia de bits 622.08 Mbps), con el cual se puede conectar el switch Catalyst 5500 directamente al backbone ATM. En la figura 3.2 se observa una fotografía del Módulo de Integración ATM Catalyst 5500.

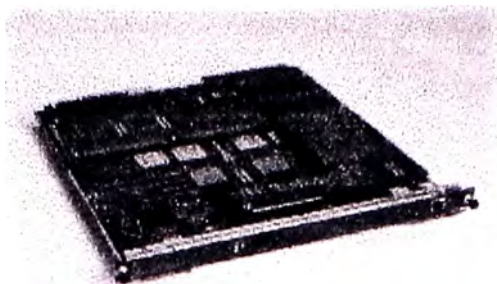


Figura 3.2 - Módulo de Integración ATM Catalyst 5500

CONCLUSIONES

Hemos dicho ya que las especificaciones de las redes ATM no se encuentran restringidas por un tipo determinado de cableado o soporte físico, ni menos por desarrollos propietarios pertenecientes a fabricantes determinados. Esta flexibilidad hace al sistema ATM uno de los más abiertos en la industria de las telecomunicaciones. A medida que se van descubriendo nuevas necesidades, el sistema se viene ampliando para suministrar servicio a dichos requerimientos. Es el caso de la emulación ELAN, la cual asegura la continuidad de las aplicaciones LAN operativas en las redes de las empresas, a la vez que facilita extenderlas sobre entornos WAN de manera insensible, ahorrando costos de reprogramación y de migración general del hardware/software de la red. El mismo estándar ELAN viene evolucionando y ya está en preparación el estándar ELAN 2.0, el cual define nuevas capacidades de las redes ELAN y dos nuevas interfases: LUNI (ELAN UNI) y LNNI (ELAN NNI), que tienen por objeto mejorar la integración de las redes LAN sobre las redes ATM.

En la actualidad, la emulación ELAN constituye uno de los elementos claves para la implantación de la arquitectura MPOA (MultiProtocol Over ATM, multiprotocolo sobre ATM). El objetivo de MPOA es el de proporcionar soporte a los protocolos de

distintos vendedores (IP, IPX, IP6, DECnet routing, Vines, AppleTalk DDP, etc.) para que puedan ejecutar todos sus servicios a través de la red ATM, convirtiendo al sistema ATM en un backbone universal. La iniciativa MPOA generará nuevos servicios de telecomunicaciones y conducirá a la aparición de vastas redes WAN que no estarán limitadas por el protocolo.

ANEXO I: GLOSARIO

AAL	Capa de Adaptación a ATM.
ABR	Tasa de transferencia de bits disponible.
AFI	Identificador de Autoridad y Formato.
ANSI	Instituto Nacional de Estándares de América.
ARP	Protocolo de Resolución de Direcciones.
ATM	Modo de Transferencia Asíncrono.
B-ICI	Interfase entre Portadores de Banda Ancha.
B-ISDN	Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha.
BUS	Servidor de Difusión y de Tráfico Desconocido.
CAC	Control de Admisión de Conexiones.
CBR	Tasa de transferencia de bits constante.
CCITT	Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía.
CLP	Prioridad de Pérdida de Celdas.
CODEC	Codificador/Decodificador.
CPCS	Parte Común de la Subcapa de Convergencia.
CPI	Indicador de Parte Común.
CRC	Verificación de Redundancia Cíclica.
CS	Subcapa de Convergencia.

DCC	Código de Datos de País.
DLPI	Interfase del Proveedor de Enlace de Datos.
DSP	Parte Específica del Dominio.
DSU	Unidad de Servicios Digitales.
DTL	Lista de Tránsito Designado.
ELAN	Red de Área Local Emulada.
ESI	Identificador de Sistema Terminal.
FCS	Secuencia de Verificación de Trama.
FDDI	Interfase de Datos Distribuida por Cobre.
GFC	Control Genérico de Flujo.
HEC	Control de Error de Cabecera.
HO-DSP	Parte Específica del Dominio de Orden Superior.
ICD	Designador de Código Internacional.
IDI	Identificador Inicial de Dominio.
IEEE	Instituto de Ingenieros en Electrónica y Electricidad.
ILMI	Interfase Integrada de Administración Local.
IP	Protocolo de Internet.
IPX	Intercambio de Paquetes de Interred.
ISO	Organización Internacional para la Estandarización.
ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones.
LAN	Red de Área Local.
LEC	Cliente de Emulación LAN.
LECS	Servidor de Configuración de Emulación LAN.
LES	Servidor de Emulación LAN.

LLC	Control de Enlace Lógico.
MAC	Control de Acceso al Medio.
MPOA	Multiprotocolo sobre ATM.
MSVC	Canal Virtual de Meta-señalización.
NDIS	Especificación de Interfase de Controlador de Red.
NIC	Tarjeta de Interfase de Red.
NNI	Interfase de Red a Red.
NSAP	Punto de Acceso al Servicio de Red.
ODI	Interfase Abierta de Enlace de Datos.
OSI	Interconexión de Sistemas Abiertos.
OUI	Identificador Organizacional Único.
PDU	Unidad de Datos de los Protocolos Superiores.
PID	Identificador de Protocolo.
PNNI	Interfase Privada de Red a Red.
PT	Tipo de Carga de Datos del Paquete.
PVC	Circuito Virtual Permanente.
QoS	Calidad de Servicio.
RD	Dominio de Ruteo.
SAR	Subcapa de Segmentación y Reensamblado.
SDH	Jerarquía Digital Síncrona.
SMDS	Servicios Conmutados de Datos Multimegabit.
SNAP	Protocolo de Acceso a la Subred.
SNMP	Protocolo Simple de Administración de la Red.
SONET	Red Óptica Síncrona.

SSCS	Parte Específica del Servicio de la Subcapa de Convergencia.
STP	Cable de par trenzado apantallado.
SVC	Circuito Virtual Conmutado.
TDM	Multiplexado por División de Tiempo.
UBR	Tasa de transferencia de bits no definida.
UNI	Interfase de Usuario a Red.
UPC	Control de los Parámetros de Uso.
UTP	Cable de par trenzado no apantallado.
VBR	Tasa de transferencia de bits variable.
VBR-NRT	Tasa de transferencia de bits variable no en tiempo real.
VBR-RT	Tasa de transferencia de bits variable en tiempo real.
VC	Canal Virtual.
VCC	Conexión de Canal Virtual.
VCI	Identificador de Canal Virtual.
VLAN	Red de Área Local Virtual.
VP	Ruta Virtual.
VPI	Identificador de Ruta Virtual.
WAN	Red de Área Amplia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Stallings, William. “Comunicaciones y Redes de Computadores”. Ed. Prentice Hall, 6ta. edición, 2000.
2. Black, Uyles. “Tecnologías Emergentes para Redes de Computadoras”. Ed. Prentice Hall, 2da. edición, 1999.
3. Ford, Merilee; Lew, H. Kim; Spanier, Steve; Stevenson, Tim. “Tecnologías de Interconectividad de Redes”. Ed. Prentice Hall, 1998.
4. International Engineering Consortium (IEC). “IEC: Asynchronous Transfer Mode (ATM) Fundamentals”.
Dirección: http://www.iec.org/online/tutorials/atm_fund/index.html, 2002.
5. Roberts, Chris. “An ATM Tutorial”.
Dirección: <http://www.cicese.mx/~aarmenta/frames/redes/atm/tutorial1/tute.html>
6. Van Dusen, Charles. “ATM Tutorial”. VideoTele.com.
Dirección: http://www.videotele.com/pdf/atm_tutorial.pdf (PDF), 1998.

7. Techfest. "Asynchronous Transfer Mode Overview".
Dirección: <http://www.techfest.com/networking/atm/atm.htm>

8. Haden, Rhys. "Overview of ATM".
Dirección: <http://www.rware.demon.co.uk/atm.htm>, 1999.

9. Subramanyan, Mahesh. "High Speed Networks and Asynchronous Transfer Mode". Northeast Parallel Architectures Center at Syracuse University.
Dirección: http://www.npac.syr.edu/users/mahesh/homepage/atm_tutorial/

10. Ebrahim, Zahir. "A Brief Tutorial on ATM".
Dirección: <http://www.lanl.gov/lanp/atm.tutorial.html>, 1992.

11. Kessler, Gary. "An Overview of ATM Technology". Vermont Telecommunications Application Center Technology.
Dirección: http://www.vtac.org/Tutorials/atm_overview.html

12. Alles, Anthony. "ATM Internetworking". ATM Product Line Manager, Cisco. Dirección: <http://cell-relay.indiana.edu/cell-relay/docs/cisco.html> (PDF), 1995

13. Jain, Raj. "ATM Networks: A Series of Tutorials". Lucent Technologies (AT&T). Publicado por la Universidad Estatal de Ohio.

Dirección: <http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/atm/index.html>, 1996

14. Townsend, Rick. "Physical Layer Specifications". AT&T. Publicado en la revista on-line "53 Bytes" del Forum ATM. Dirección: <http://www.atmforum.com/pages/library/53bytes/backissues/others/53bytes-0795-5.html>
15. Cobden, Andrew. "LAN Emulation (LANE)". Dirección: <http://www.ece.wpi.edu/courses/ee535/hwk96/hwk5cd96/cobden/cobden.html>
16. Interphase. "An Overview of ATM LAN Emulation". Dirección: <http://www.ipphase.com/docs/whitepapers/lanemul.cfm>, 2002.
17. Allied Telesyn International. "White Paper - ATM and LAN Emulation". Dirección: <http://www.jdltech.com/docs/ATMLANEM.HTM>