

# 17

## ATM – OPERACIÓN, CONMUTADORES Y APLICACIONES

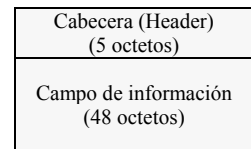
### 17.1 GENERALIDADES DE LA OPERACIÓN DEL ATM

Para comprender la operación del modo asíncrono de transferencia (*Asynchronous Transfer Mode* – ATM) es necesario conocer su unidad básica, es decir la celda ATM, su direccionamiento, las interfaces y luego su funcionalidad. Después de estos aspectos, procederemos a desarrollar los conmutadores, su arquitectura y modo de operación.

#### 17.1.1 LA CELDA ATM

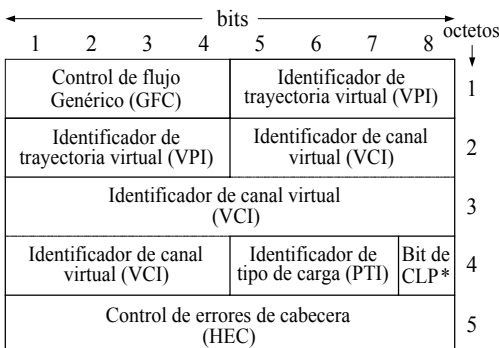
La celda ATM tiene una carga (*payload*) de 48 octetos, precedida por una cabecera de 5 octetos, y que se divide en campos, como se ve en la figura 17.1. Hay dos tipos de cabeceras, según dónde esté la celda:

- Cabecera para interface usuario a red (*User Network Interface* – UNI), para celdas en la UNI.
- Cabecera para interface red a red (*Network to Network Interface* – NNI), para celdas en la NNI.



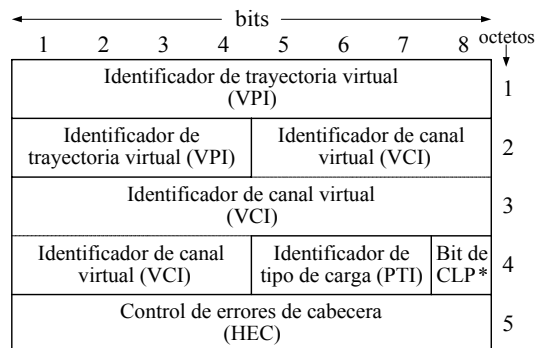
**Figura 17.1** Diagrama simplificado de la estructura de la celda ATM

La diferencia es que la estructura de la celda red a red (*Network-to-Network* – NNI) tiene anulado el campo GFC de 4 bits y, por ende, el campo del VPI se expande de 8 a 12 bits. Las figuras 17.2 y 17.3 muestran la estructura detallada de la cabecera para las celdas UNI y NNI, respectivamente.



\* CLP : Prioridad de pérdida de celda

**Figura 17.2** Estructura detallada de la cabecera de la celda ATM – Tipo UNI



\*CLP:Prioridad de pérdida de celda (Cell Loss Priority)

**Figura 17.3** Estructura detallada de la cabecera de la celda ATM – Tipo NNI

#### 17.1.2 CAMPOS DE LA CABECERA DE LA CELDA ATM

##### a) Control Genérico de Flujo (GFC)

Este campo puede implementar un control de congestión crudo cuando se define a nivel de interface usuario-red (UNI). El primer campo de 4 octetos proporciona el control de flujo genérico

(*Generic Flow Control - GFC*).

Actualmente no se usa y se entiende que soportará una función de bus local (extensión) para conectar a varios equipos terminales de banda ancha a la misma UNI como equipos pares de igual nivel. Esto equivale a la función SAPI en el ISDN. (Nótese que estos usuarios múltiples pueden conectarse a la interface UNI por medio de multiplexaje, la cual no es una función par).

**b) Indicadores de Trayectoria virtual y circuito virtual (VPI/VCI)**

El campo puntero de 24 bits de enrutamiento está dividido en un subcampo VPI de 8 bits y otro de 16 bits para el VCI. Este identifica indirectamente la ruta trazada para el tráfico sobre una conexión específica, proporcionando una función de direccionamiento dentro de la tabla del conmutador ATM que contiene dicha ruta. Detallamos estos campos a continuación:

**c) Identificador de Trayectoria Virtual (*Virtual Path Identifier - VPI*)**

Identifica la trayectoria física, la cual es entonces usada por un conjunto de identificadores VCI. Es la primera parte de la dirección de una celda ATM

**d) Indicador de circuito Virtual (*Virtual Channel Identifier - VCI*)**

Un circuito virtual es una conexión entre dos entidades ATM.

**e) Tipo de Carga (PT)**

Indica el tipo de datos que conduce la celda: si son datos de usuario o de control con información para mantenimiento, administración y control de congestión. La tabla 17.1 muestra sus códigos.

CÓDIGO	VALOR	DESCRIPCIÓN
000	0	Datos de usuario. No se experimenta congestión. Tipo de SDU = 0
001	1	Datos de usuario. No se experimenta congestión. Tipo de SDU = 1
010	2	Datos de usuario. Se experimenta congestión. Tipo de SDU = 0
011	3	Datos de usuario. Se experimenta congestión. Tipo de SDU = 1
100	4	Celda de administración OAM F5 relacionada al flujo de segmento.
101	5	Celda de administración OAM F5 relacionada al flujo de extremo a extremo.
110	6	Reservada para administración futura de control de tráfico y recursos.
111	7	Reservada para funciones futuras.

S D U = *Service Data Unit*

**Tabla 17.1** Codificación del tipo de carga (*Payload Type*)

**f) Prioridad de pérdida de la celda (CLP)**

Este solo bit, correspondiente a la prioridad de pérdida de celda (*Cell Loss Priority marker - CLP*) define dos niveles de prioridad de pérdida de celdas.

- Un valor de 0 identifica a una celda de alta prioridad que deberá recibir un tratamiento especial, durante los proceso de descarte de las celdas durante la congestión de red.
- Un valor de 1 indica que son celdas de baja prioridad, cuya pérdida es menos crítica. Como el usuario coloca este valor, la red puede descartar esta celda según las condiciones de tráfico.

**g) Control de errores del encabezamiento (HEC)**

Este control (*Header Error Control - HEC*) es un código de control de errores calculado en base a los 4 octetos previos y fue diseñado para detectar errores múltiples y corregir errores de un solo bit. No proporciona indicación de la calidad de los datos del campo de información.

El control de errores de encabezamiento (*Header Error Control - HEC*) es un código cíclico redundante (*Cyclic Redundance Check - CRC*) de 8 bits que se calcula en base a la cabecera de la celda ATM. Puede usarse para corregir todos los errores de un solo bit, pero no es obligatorio. El receptor emplea este mecanismo para determinar si la celda tiene errores y descartarla si fuera así; también sirve para recuperar la frontera de celdas en la capa física (*physical layer*).

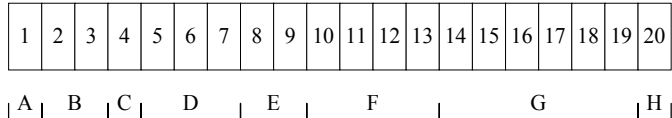
### 17.1.3 DIRECCIONAMIENTO

El direccionamiento es un aspecto fundamental en toda red. Los protocolos ATM toman el esquema de numeración telefónica jerárquica de la ISDN, especificado en la norma E.164, la cual permite que la dirección ATM pueda dividirse en una dirección y una subdirección. El Forum

ATM recomienda que la dirección describa el punto de conexión a la red pública y que la subdirección identifique a una estación terminal particular dentro de una red privada. Nótese que los VPI/VCI son sólo etiquetas y no direcciones E.164, es decir son punteros de una tabla para la retransmisión de celdas hacia su destino, basadas en las tablas de enrutamiento del conmutador.

La especificación del Forum ATM permite usar dos formatos como direcciones ATM privadas. Uno es el formato E.164 y el otro es una dirección modelada a 20 octetos en base al formato de dirección del punto de acceso al servicio de nivel red (*Network Service Access Point-NSAP*). Las direcciones E.164 comprenden 16 dígitos (cada uno de 8 octetos). Éste es el esquema de numeración convencional conocido por todos los que hemos marcado un número telefónico. La dirección E.164 tiene un código de país, un código de área (ciudad) y el número del abonado.

Las direcciones NSAP están definidas en la norma ISO 8348 y la recomendación ITU-T X.213 (1995). El Forum ATM eligió este formato de 20 octetos y su codificación para el direccionamiento de sistemas ATM conectados a redes privadas. La figura 17.4 muestra su formato.



**Figura 17.4** Formato de direccionamiento para redes privadas ATM

Los octetos son asignados de la siguiente manera:

- A.** Identificador de Autoridad y de Formato (*Authority and Format Identifier- AFI*).
- B.** Designador de Código de Datos de País / Código Internacional (*Data Country Code / International Code Designator – DDC / IDC*).
- C.** Parte del dominio específico del identificador de formato (*Domain specific part Format Identifier – DFI*).
- D.** Autoridad de Administración (*Administration Authority – AA*).
- E.** Reservado. Dominio de Ruteo (*Routing Domain – RD*) y Área (elegida por la organización).
- F.** Identificador de Sistema Terminal (*End System Identifier – ESI*)
- G.** No usado.

Un formato alternativo permite que los 8 octetos después del campo AFI contengan una dirección E.164, lo cual permite subdirecciones tanto públicas como privadas, que pueden combinarse en una sola dirección ATM. Los sistemas conectados a una red ATM pública pueden usar la dirección NSAP o la E.164, según las especificaciones del forum ATM (1994, 1996).

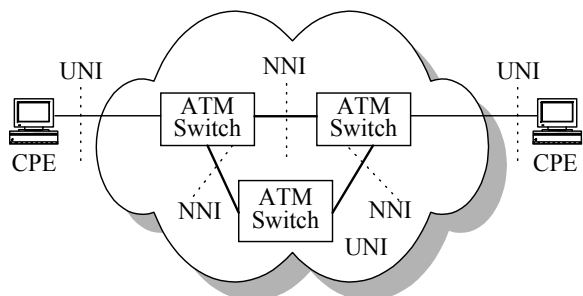
La interconexión entre redes ATM que emplean diferentes esquemas de direccionamiento (por ejemplo entre redes públicas y privadas) requieren la traslación de un tipo de dirección en el otro en la frontera de las dos redes. Pueden usarse direcciones especiales para soportar comunicaciones tipo *broadcasting*, *multicasting* y *anycasting*.

Las dos primeras son conocidas mientras que *anycasting* es un servicio descrito por el Forum ATM en su norma de señalización UNNI 4.0 (1996). Un usuario de un servicio específico no necesita saber cuál entidad en la red realiza determinado servicio, y en su lugar puede usar una dirección de grupo de dominio público asignada a este servicio. La red puede distribuir automáticamente las peticiones de servicio a los miembros del grupo que proveen este servicio.

## 17.2 INTERFACES DE UNA RED ATM

Hay dos tipos de interfaces, las cuales se presentan en la figura 17.5 y son:

- Interface usuario red.



**CPE:** Equipo en local de usuario (Customer Premise Equipment)  
**UNI:** Interface Usuario a Usuario (User-to Network Interface)  
**NNI:** Interface Red a Red (Network-to-Network Interface)

**Figura 17.5** Ubicación de las interfaces UNI y NNI

- Interface red a red.

### 17.2.1 INTERFACE USUARIO RED (*USER TO NETWORK INTERFACE - UNI*)

El dispositivo localizado en el punto extremo de una red ATM está conectado al conmutador a través de la interface de usuario – red (*User to Network Interface - UNI*), la cual representa la conexión del usuario al conmutador. Existen dos categorías de UNI y son:

#### a) UNI Privada (P-UNI)

Es una interface entre un dispositivo terminal y un conmutador de red privada que se encuentra a menudo en el ambiente LAN.

#### b) UNI Pública (P-UNI)

Es una interface entre un dispositivo terminal y una red pública conmutada. También se conoce como UNI Pública la interfase entre la red privada ATM y la red pública. Es considerada como la frontera regulatoria y representa el punto en el cual el comprador puede facturar sus servicios. Sus requerimientos son más rigurosos que los de la UNI Privada.

#### c) Especificación de la interface privada de red a red (PNNI)

Esta norma define un protocolo que permite a los conmutadores establecer circuitos virtuales conmutados entre dos terminales ATM, de igual o diferentes marcas, que cumplan con la norma PNNI. Esto permite construir redes locales, de *backbone* y de *campus* usando productos de varios vendedores. Los dispositivos que cumplan la PNNI deberán establecer conexiones virtuales entre ellos que soporten los parámetros de calidad de servicio (QOS) requeridos por las aplicaciones.

### 17.2.2 INTERFACE RED A RED (*NETWORK TO NETWORK INTERFACE*)

Las interfaces de red a red (Network to Network–NNI) se usan para conectar conmutadores ATM a otros conmutadores ATM, tal como en el caso de las UNI, hay NNI Privadas y NNI Públicas:

#### a) Una NNI privada (P-NNI)

Es la interface entre dos *switches* ATM privados.

#### b) Una NNI pública

Es la interface entre los dispositivos de conmutación de una red ATM pública. Una NNI pública crea una red WAN ATM. Los conmutadores son responsables de determinar automáticamente las diferencias entre las interfaces UNI y NNI, así como de configurar sus parámetros.

## 17.3 FUNCIONALIDAD ATM

El enrutamiento de las celdas se fundamenta en un direccionamiento de dos niveles:

- El indicador de trayectoria virtual (VPI).
- El indicador de circuito virtual (VCI).

El ATM soporta dos tipos de canales:

- Canales Virtuales (*Virtual Channels – VC*).
- Trayectorias virtuales (*Virtual Paths – VP*).

Cuando una celda llega a la puerta de entrada del conmutador la capa ATM le asigna un valor VPI/VCI (*Virtual Path Identifier/Virtual Circuit Identifier*).

Este valor asegura que la celda llegue a la puerta de salida correcta. Estos valores VPI/VCI sólo tiene significancia local: ellos pueden ser cambiados en cada conmutador. En la puerta de salida la capa ATM pasa las celdas a la capa física ATM para su transmisión al próximo enlace.

Los VC son canales de comunicación de capacidades para servicios específicos entre dos entidades pares ATM. Las conexiones de canales virtuales (*Virtual Channel Connections – VCC*) son una concatenación de VC para soportar la comunicación de sistema terminal a sistema terminal. La figura 17.6 muestra la relación entre los VC y un VP.

Los canales VC y VP son identificados por sus etiquetas VCI/VPI. No debe confundirse a los VC/VP con las conexiones VCI/VPI. Los VC son canales; las VCC son conexiones de co-

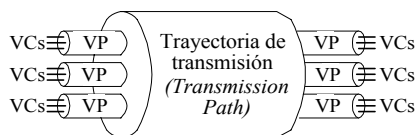


Figura 17.6 Relación entre los VP y los VC

municaciones de extremo a extremo. Estas conexiones son reconocidas por los identificadores de conexión y de referencia de llamada incluidos en el mensaje de inicialización.

Según la norma I.113, un canal virtual es un concepto usado para describir el transporte unidireccional de celdas ATM asociadas con un valor único de identificador común. Este identificador único es el VCI. Nótese que el VCI es válido en una dirección.

Una trayectoria virtual es un concepto usado para describir el transporte unidireccional de celdas que pertenecen a canales virtuales que están asociados por un valor único de identificador común. Este valor es el VPI, el cual es también válido en una sola dirección.

Las VCI y VPI están en la cabecera de las celdas y son jerárquicas. Muchos VC pueden ser agrupados en un VP. La capa ATM asegura que las celdas estén organizadas en la secuencia apropiada pero no identifica ni retransmite celdas erradas o mal direccionadas, además también traslada la información VCI/VPI.

Un conmutador ATM tiene su propia tabla de enrutamiento para identificar cada conexión. En el tránsito entre conmutadores los identificadores de celda VPI/VCI (punteros de la tabla de enrutamiento) serán diferentes. Los conmutadores trasladan los identificadores de celda conforme ellos transfieran las celdas a otros conmutadores.

Finalmente la capa ATM desarrolla funciones de administración. Si el identificador de tipo de carga (*Payload Type Identifier* – PTI) identifica una celda como un paquete de control, la capa ATM responde llevando a cabo las funciones apropiadas. Los tipos de celdas son:

- Celda de Reposo.
- No Asignada.
- Celda de Tráfico VP / VC.
- Celda de Tráfico VC de Administración (OAM).

En la figura 17.7 mostramos un ejemplo de la asignación de los VCI/VPI a una llamada. A continuación, describimos cómo la red ATM asigna estos valores de la cabecera de la celda para entregar el tráfico a través de los nodos. El proveedor de servicios normalmente acuerda con los usuarios del local A, en el momento de firmar el contrato o a través de un protocolo de señalización, que cuando el local A envíe celdas al local B, éste genere celdas con el campo VPI de la cabecera de celda puesto igual a 69. También acuerda que las celdas generadas en el local A con VPI = 76 se entreguen al local C. Así, las conexiones indicadas en los campos VPI toman el lugar de destino de canales físicos. Este es un equivalente del circuito virtual permanente (PVC) de una red de conmutación de paquetes X.25.

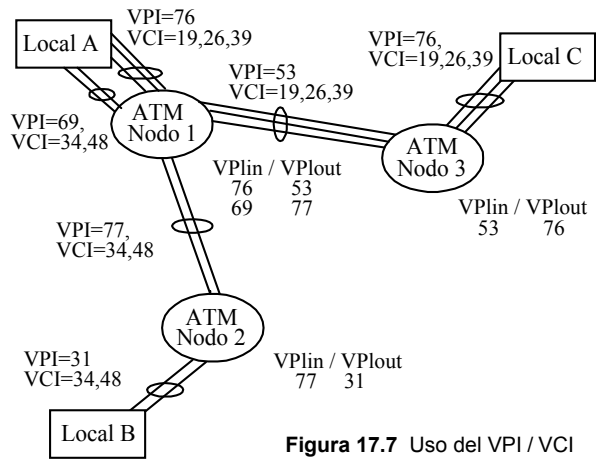


Figura 17.7 Uso del VPI / VCI

Los canales en sí mismos están representados por los valores de sus campos VCI. Los valores VCI pueden ser colocados por un contrato de servicio preacordado o por señalización, tal como los VPI. Sin embargo debido a que los VCI representan recursos dinámicos, es probable que los VPI de las redes ATM según el ATM Forum sean programados en el momento de la provisión del servicio (PVC) y los VCI serán programados por el protocolo de señalización (SVC). Nótese que los términos PVC y SVC no son términos ATM, pero son analogías muy útiles para definir los arreglos de las conexiones ATM. El local A tiene definidos los VCI = 34 y 38, contenidos dentro del VPI = 69 y dirigiéndose al local B. El local A también tiene definido a los VCI = 19, 26 y 39 dentro del VPI = 76 y que terminan en el local C.

Los canales en sí mismos están representados por los valores de sus campos VCI. Los valores VCI pueden ser colocados por un contrato de servicio preacordado o por señalización, tal como los VPI. Sin embargo debido a que los VCI representan recursos dinámicos, es probable que los VPI de las redes ATM según el ATM Forum sean programados en el momento de la provisión del servicio (PVC) y los VCI serán programados por el protocolo de señalización (SVC). Nótese que los términos PVC y SVC no son términos ATM, pero son analogías muy útiles para definir los arreglos de las conexiones ATM. El local A tiene definidos los VCI = 34 y 38, contenidos dentro del VPI = 69 y dirigiéndose al local B. El local A también tiene definido a los VCI = 19, 26 y 39 dentro del VPI = 76 y que terminan en el local C.

A continuación describimos la manera en que las celdas enviadas por una combinación VPI/VCI encuentran su camino a través de la red hacia los locales B y C. El nodo ATM 1 procesará todas las celdas recibidas del local A en el enlace físico.

La tabla VPI in/VPI out es una tabla muy abreviada del tipo de información asociada con el enlace físico hacia el local A conectado al nodo 1.

El *switch* ATM trasladará el campo VPI de una celda proveniente del local A basada en la tabla y hará salir esta celda en el enlace de salida apropiado. En este caso, una celda con un VPI = 76, sin tener en cuenta el campo VCI, será entregada al enlace que va hacia el nodo 3 con un VPI = 53. En el nodo 3 la celda con el VPI = 53 será remitida hacia el local C con el VPI = 76, tal como se muestra en su tabla. En este caso, el local C reconocerá que las celdas que llegan con un VPI = 76 provienen del local A.

Igual proceso ocurre cuando el local A envía celdas al local B. En este caso, las celdas se envían al nodo 1 con un VPI = 69. Estas celdas se remiten del puerto de salida hacia el nodo 2 con VPI = 77. El nodo 2 trasladará las celdas del VPI = 77 hacia el VPI = 31 y las enviará al local B. Nótese que no hay requerimientos que cumplir entre el VPI transmisor con el VPI receptor y que no se realizó ningún procesamiento o conmutación de los campos VCI. Las celdas fueron simplemente por la ruta basadas en la conmutación VPI.

En este ejemplo los nodos ATM no cambiarán el valor del VCI. Es posible enviar las celdas con VPI = 76 y VCI = 26 no al local C, tal como en este caso, sino al local B. Pero esto involucraría una segunda tabla y traslación. La conmutación de VPI es muy poderosa y rápida. Los VPI en sí mismos tienen sólo significancia local, es decir muchos nodos ATM podrían tener un VPI = 77, en diferentes enlaces de salida o de entrada.

## 17.4 COMPONENTES DE UNA RED ATM

Todas las funciones de la capa ATM tienen lugar en los dispositivos de la red ATM. Debe notarse que hay dos dispositivos básicos de la red:

- El adaptador de terminal ATM.
- El conmutador ATM.

Los adaptadores de terminal, que se encuentran en los dispositivos transmisores y receptores, tienen funciones de nodo terminal, siendo encargados de trasladar la transmisión dentro y fuera del tren de celdas ATM. Además se encarga de ingresar los datos en la red ATM en el terminal transmisor y de removerlos de la red en el extremo receptor. En estos dispositivos, esta capa toma los datos segmentados de las capas superiores y los ensambla en celdas, colocando la cabecera de 5 octetos, para luego pasar la celda a la capa física ATM.

Los dispositivos terminales son también responsables de garantizar la calidad de servicio de cada circuito. Un marcador de calidad de servicio o prioridad en la cabecera permite a la red ATM reconocer las diferencias en los tipos de tráfico en términos de retardo, precisión (pérdida de celdas) y fluctuaciones (*jitter*). Los diferentes tipos de tráfico tienen distintas tolerancias a estos parámetros y el marcador de calidad de servicio indica estas diferencias. Si determinada calidad de servicio no puede ser soportada, se rechaza la petición de un circuito virtual.

En los puntos extremos de una red ATM se tiene estos dispositivos:

- Estaciones de Usuarios.
- Servidores.
- Dispositivos de Conectividad.

Cuando un punto extremo de una red ATM es una estación de usuario o un servidor requiere un adaptador ATM (NIC) para conectarse directamente a la red ATM, los dispositivos de conectividad, como conmutadores y *routers*, son responsables de transferir las celdas entre distintas redes. Las transferencias se basan en la información de direccionamiento de la cabecera de celda. Estos dispositivos proveen un camino para integrar las redes existentes con ATM al permitir que estaciones y servidores No-ATM se comuniquen a través de la red ATM.

### 17.4.1 CONMUTADORES ATM - ANTECEDENTES

Antes de hablar de la conmutación ATM, debemos mencionar los sistemas de conmutación convencionales. Existe una diversidad de estos sistemas y cada cual se desarrolló para una tecnología específica. La figura 17.8 muestra un esquema con las distintas técnicas de conmutación dividi-

das, en primer lugar, según la tecnología disponible. La conmutación ATM combina la conmutación de circuitos y la conmutación de paquetes, es decir, aprovecha las ventajas de ambas.

La conmutación ATM, específicamente, es una evolución de la conmutación “Fast Packet” y de la “conmutación por división asíncrona de tiempo”, en el sentido de que se establecen conexiones virtuales entre paquetes, así como se emplea un conjunto flexible de intervalos de tiempo para transmitir la información.

Los sistemas de conmutación convencionales, basados en “sistemas de transferencia síncronos” (STM), no se aplican directamente a las redes de banda ancha, las cuales se basan en “sistemas de transferencia asíncronos” (ATM).

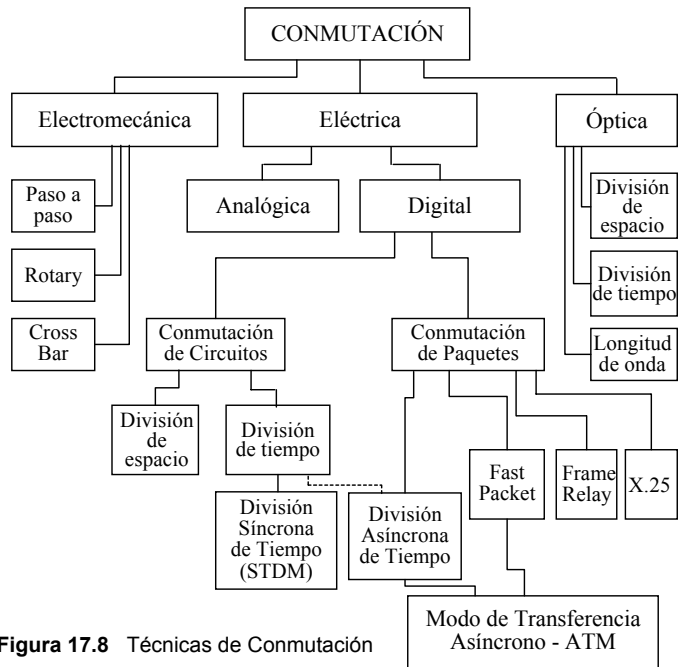


Figura 17.8 Técnicas de Conmutación

Dos de los factores que determinaron el diseño de nuevas arquitecturas de conmutadores ATM son:

- La alta velocidad a la que opera el conmutador (de 150 a 600 Mbps).
- El comportamiento estadístico del tráfico de celdas ATM, que debe soportar un sistema de conmutación ATM.

Es de particular interés conocer la arquitectura de transporte de un conmutador ATM, debido a que las mayores innovaciones en el diseño de éstos se han realizado en este campo. La parte de control de un conmutador es responsable de manejar la información de señalización, así como de tomar las decisiones de interconexión de las salidas con las entradas, y éstas podrán variar de un conmutador a otro, basándose en un *software* de control propio de cada fabricante.

La calidad del servicio a los usuarios dependerá en gran parte de la arquitectura de transporte, la cual actúa directamente sobre los parámetros: tasa de pérdida de celdas, tasa de error de bit, retardo de celda, *jitter* de celdas, entre otros.

En los conmutadores ATM, la capa ATM es responsable de que las celdas lleguen a su destino correcto en el orden correcto. Si se elimina una celda durante la transmisión, debe retransmitirse de nuevo. Esta capa también es responsable de poner el bit de control de congestión en las celdas, y de manejar el almacenamiento (*buffering*) temporal de las celdas, de ser necesario. Esto puede ser requerido cuando haya congestión de red o contención en una determinada puerta.

El enlace entre dos dispositivos terminales es efectuado a través de uno o más conmutadores. Estos conmutadores son responsables de retransmitir las celdas ATM desde la fuente hacia su destino. Los conmutadores ATM y las conexiones entre ellos podrían ser consideradas como compartidas -al menos en la extensión que ellos puedan conmutar y transportar celdas para muchos diferentes circuitos virtuales. Sin embargo los dispositivos terminales no necesitan contender por el ancho de banda así como lo hace en ambientes LAN de medio compartido.

Cada dispositivo terminal está provisto de su propio enlace dedicado a la red conmutada con un conjunto de ancho de banda -el circuito virtual. Este circuito dedicado permite varias transmisiones sin causar sobrecarga. Sin embargo, el número de nuevos dispositivos terminales que pueden ser añadidos a la red están limitados sólo por el número de puertas de conmutadores.

Usar un identificador de conexión VPI/VCI simplifica el proceso de conmutación y hace muy eficientes a los conmutadores ATM. Conforme la celda llega a un conmutador, se lee su dirección de enrutamiento y se conmuta la celda a su puerta de salida correcta. El conmutador no espera que la celda llegue entera antes de iniciar el proceso de conmutación. Muchos vendedores ofrecen conmutadores ATM con diverso número de puertas y tipos de conexión de medio físico.

### 17.4.2 ESTRUCTURA GENERAL DE LOS CONMUTADORES ATM

Un conmutador ATM es una plataforma *hardware/software* que tiene la capacidad de conmutar las celdas ATM, mediante procesos *software* sobre estructuras basadas en microprocesadores.

El procesamiento de un paquete requiere de tiempos que fluctúan entre varios microsegundos a varios milisegundos. Entre las propuestas más conocidas que existen de innovaciones de los conmutadores ATM tenemos:

- Elevado paralelismo.
- Control distribuido.
- Encaminamiento realizado en *hardware*.

La figura 17.9 muestra la estructura general de un conmutador ATM. Cada enlace de entrada termina en un controlador de entrada (*Input Controller – IC*), que realiza el enrutamiento de las celdas que llegan a cada puerta de entrada a su correspondiente puerta de salida. Esto involucra dos operaciones: un análisis del VPI/VCI de la cabecera de la celda y su asignación a la ruta establecida según la tabla de *routing (mapping)* hacia el correspondiente VPI/VCI de salida. Normalmente el número de puerta de salida se obtiene de la tabla de enrutamiento y se usa para determinar la trayectoria que ha de seguirse a través del grupo de conmutador-*fabric* hacia un determinado controlador de comunicaciones de salida.

Debido a que no hay reserva de intervalos de tiempo en los enlaces de salida, las celdas podrían llegar simultáneamente, provenientes de dos o más puertas de entrada que requieran el mismo puerto de salida. Este aspecto se maneja de dos maneras:

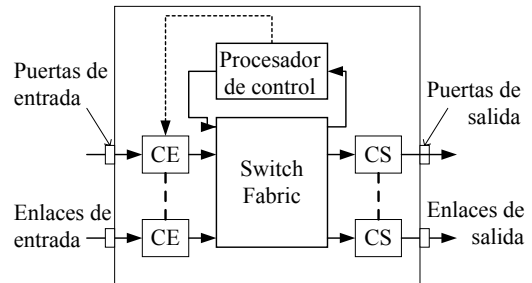
- Los controladores de entrada podrían tener un conjunto de memorias de almacenamiento de celdas que almacenen las celdas adicionales.
- El almacenamiento se efectúa en los controladores de salida.

En ambos casos, los sistemas de almacenamiento (*buffers*) están organizados en una cola del tipo “Primero en entrar, primero en salir” (*First In, First Out – FIFO*), para asegurar que las celdas de cada controlador de entrada salgan en el mismo orden como llegaron. Los controladores de salida retransmiten las celdas recibidas a la adecuada velocidad de transmisión del enlace o las celdas.

El rol principal del procesador de control es obtener o descargar (*download*) la información de *routing* y cargarla en las tablas de enrutamiento de cada controlador de entrada. La información de enrutamiento se recibe a través de la red desde el centro de administración de red o de los procesadores de punto de control de señalización. En ambos casos se usan VC semipermanentes y, a la llegada de cada conmutador, las respectivas celdas son enrutadas a través de los conmutadores-*fabric* directamente desde el controlador de entrada que recibe las celdas al procesador de control. Por otro lado, el procesador de control por sí mismo podría generar mensajes de administración de red, tales como: reporte de fallas, estadísticas de performance, etc., los cuales se envían por el conmutador *fabric* a determinado controlador de salida para su retransmisión hacia el centro de administración de la red. Los conmutadores ATM emplean varios tipos de conmutadores-*fabric*, los que se pueden clasificar según las tecnologías de conmutación en:

- División de tiempo.
- División de espacio.

Normalmente, todos los controladores de entrada se sincronizan de tal manera que el conjunto de



CE: Controlador de entrada CS: Controlador de salida

Figura 17.9 Estructura general de un conmutador ATM

celdas entrantes de todos los controladores se presenta al conmutador-*fabric* en sincronismo. El conmutador-*fabric* también opera sincrónicamente, lo cual significa que las celdas de cada controlador de entrada se transfieren al controlador de salida requerido durante un solo tiempo de celda.

**17.4.3 CONMUTADOR POR DIVISIÓN DE TIEMPO O DEL TIPO DE PANEL POSTERIOR (BACKPLANE)**

La figura 17.10 muestra el esquema de un conmutador por división de tiempo. En tales conmutadores usamos un bus de división de tiempo en el *backplane* o panel posterior, capaz de transferir N celdas por el tiempo de arribo de una sola celda, siendo N el número de puertas de entrada. Cada controlador de entrada tiene asignado su propio tiempo o intervalo de celda para transferir una celda al bus de panel posterior. El controlador de entrada pone el número de puerta de salida requerido a la cabecera de la celda, y el conjunto de controladores de salida usa este valor para decidir cuál de ellos debe leer y almacenar dicha celda. Si un controlador de salida recibe más de una celda durante el intervalo de una sola celda, entonces ésta se coloca en cola en el controlador. En el caso de una a varias comunicaciones (*multicast*), se puede especificar más de un controlador para recibir dicha celda.

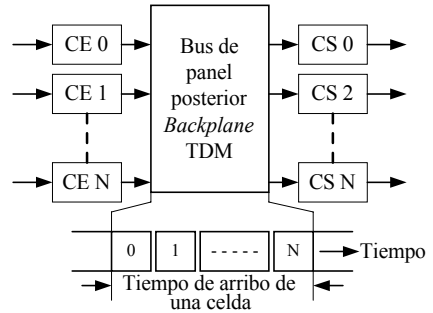


Figura 17.10 Esquema de bus de panel posterior TDM

Típicamente, este tipo de conmutador *fabric* se usa en la implementación de conmutadores que tienen un número de puertas relativamente pequeño. Este valor es limitado por la velocidad del bus de panel posterior y también por los controladores de salida; por ejemplo un bus de 2,5 Gbps puede soportar 16 x 155 Mbps ó 4 x 622 Mbps puertas/enlaces de tipo *full duplex*.

En sistemas basados en panel posterior, las celdas ATM se transportan a través de un bus de alta velocidad que enlaza los módulos ATM. Cada módulo ATM recibe celdas de acuerdo a los valores VPI/VCI que identifican las conexiones y sus trayectorias.

Estos sistemas son relativamente simples y económicos de construir pero su arquitectura no tiene buen escalamiento. Por ejemplo, para soportar 16 puertas operando a 155 Mbps cada una (OC-3) la velocidad del panel posterior debe ser de 2,480 Gbps. El mismo número de puertas a 622 Mbps (OC-12) requerirá una velocidad de panel posterior de 9,952 Gbps.

**17.4.4 CONMUTADOR POR DIVISIÓN DE ESPACIO**

En este conmutador, la conmutador-*fabric* es una matriz de elementos de conmutación interconectados que proveen colectivamente varias trayectorias alternativas a través del conmutador.

Este conmutador se conoce como **matriz de conmutación totalmente conectada**, porque provee una trayectoria desde todos los controladores y puertas de entrada a todos los controladores/puertas de salida. En el ejemplo mostrado, cada elemento de conmutación de entrada es capaz de proporcionar una copia de cada celda recibida a cualquiera de los elementos de conmutación de salida. Éstos reciben estas celdas y las dan a sus controladores de salida para su transmisión. Aunque es necesario tener colas en los controladores de entrada o de salida, el fin usualmente es impedir que se produzca una cola adicional dentro del conmutador en sí mismo. Para evitar colas internas en este tipo de conmutador, la operación de transferencia de celda debe realizarse N veces más rápido que la velocidad de llegada de celdas, siendo N el número de puertas de entrada. Se transfiere la primera celda al primer elemento de conmutación de entrada, luego la celda del segundo elemento y así sucesivamente. Logrado esto, no habrá almacenamiento adicional en la matriz, caso en que el conmutador se tipifica como

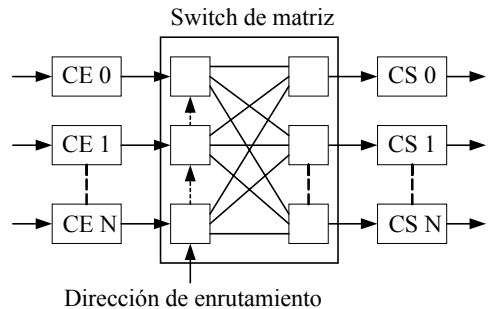


Figura 17.11 Conmutador de matriz completamente conectada

uno sin bloqueo interno (*non blocking*).

Podemos deducir de la figura 17.11 que es un conmutador totalmente conectado, el número de trayectorias de conexión requeridas a través del conmutador y así como los circuitos de entrada/salida asociados con cada elemento de conmutación crece como una función de  $N^2$  y la velocidad de operación de elementos de conmutación de salida crece por un factor de  $N$ . En la práctica, esto limita el tamaño máximo de estos conmutadores y de ahí que los diseños prácticos de conmutadores de matriz tienen etapas múltiples de conmutación, cada una de ellas compuesta por un número de pequeños elementos de conmutación interconectados en una matriz regular. Esto también simplifica considerablemente la implementación del conmutador-*fabric* en forma de un circuito integrado.

La conmutación de matriz usada por el conmutador de matriz es el método preferido actualmente para lograr esta capacidad de alta velocidad. La arquitectura de conmutación para los sistemas tradicionales PBX que usan el modo de transferencia sincrónico (*Synchronous Transfer Mode* – STM) están bien comprendidas pero estas arquitecturas no son adaptables para la conmutación ATM. Primero, un conmutador ATM debe aceptar velocidades mucho más altas que una PBX. Sin embargo, el comportamiento estadístico de los trenes de celdas ATM pasando a través de un sistema de conmutación ATM difiere del tráfico a través de una PBX. Por esa razón ahora se está proponiendo varias arquitecturas de conmutación ATM.

## 17.5 CONMUTADORES ATM PARA LAN

Los conmutadores ATM toman las celdas, las procesan y las envían sobre los enlaces de cableado físico, empleando la información en la cabecera de la celda para enrutarla. Los conmutadores ATM usados en el ambiente LAN pueden clasificarse en tres grupos:

- **Conmutadores ATM LAN**

Están diseñados para proveer conexiones locales a estaciones equipadas con tarjetas NIC-ATM. Un conmutador ATM LAN provee una troncal del tipo de circuito virtual permanente (PVC) y conexiones LAN de modo nativo. Éste representa la mezcla de las tecnologías LAN y ATM.

- **Módulos ATM para hubs multiprotocolo existentes**

En esta opción un *hub* existente se actualiza para proveer conectividad ATM. Esta unidad continúa brindando los servicios existentes, tales como conexiones LAN dedicadas a las estaciones y servidores conectadas a la red LAN sea ésta Ethernet o Token-Ring. Se añade un nuevo módulo ATM para proveer una sola puerta ATM para conectar el *hub* al conmutador ATM.

- **Hubs departamentales multiprotocolo con un switch ATM**

Proveen servicios tradicionales LAN, sin embargo el conmutador ATM que está incorporado provee múltiples puertas ATM para conectar a las estaciones, los *hubs* u otros conmutadores ATM.

Un factor relevante para los usuarios es el precio: los conmutadores de redes LAN son más económicos que los conmutadores ATM de celdas. Los conmutadores de la norma 10Base-T son especialmente más baratos porque millones de usuarios de las redes 10Base-T no necesitan reemplazar las tarjetas de interface en sus computadoras o cambiar alguna parte de su cableado. Por supuesto que un conmutador 10Base-T no provee un ancho de banda comparable con el de un conmutador ATM de 155 Mbps. Además, el precio de los conmutadores ATM no refleja su costo y probablemente los precios bajarán conforme aumente la competencia y los vendedores desarrollen una tecnología mejorada. Sin embargo, la llegada de los productos ATM de 25 Mbps deberán reducir la diferencia abismal de precios.

Una ventaja del ATM es que provee potencialmente una solución válida para el problema del control de flujo, debido a que el identificador de canal virtual (*Virtual Channel Identifier* - VCI) de cada celda permite al conmutador reconocer la trayectoria lógica (tren de datos) dentro de la suma de flujos sobre un enlace físico. Por ende, el control de flujo puede imponerse a un flujo lógico simple sin interferir con otros flujos en un mismo enlace físico, siempre y cuando el *software* del *host* se configure de tal modo que cada conexión lógica tenga su propio canal virtual.

Otra ventaja del ATM es su variedad de calidades de servicio (*Quality Of Service* - QOS)

desde un ancho de banda garantizado hasta el mejor intento (usado por los datagramas). En contraste, los conmutadores de paquetes de redes LAN –empleados en estas redes– proveen un servicio muy primitivo definido por la norma 802, el cual está restringido al servicio del mejor intento con una priorización simple de tráfico. Los beneficios potenciales de ATM todavía no han sido explotados completamente, al menos todavía no por las redes LAN.

## 17.6 APLICACIONES ATM

A continuación presentamos como aplicaciones de ATM: su servicio de *LAN Emulation*, su acceso de banda angosta tal como *Frame Relay* sobre ATM y el servicio de múltiples protocolos sobre ATM (*Multiprotocol Over ATM -MPOA*).

### 17.6.1 LAN EMULATION

La especificación del Forum ATM sobre emulación de LAN (LANE) es la clave para integrar el ATM y las porciones no-ATM en una red corporativa, al definir un método independiente de protocolo por el cual los dispositivos conectados a una red LAN puedan comunicarse a través de un *backbone* ATM.

#### 17.6.1.1 INTRODUCCIÓN

LANE funciona como un protocolo de capa 2 ó de *bridge*, que hace que la red ATM orientada a la conexión aparezca ante las aplicaciones como un red LAN no orientada a la conexión –este protocolo provee el servicio de *broadcast* requerido por los protocolos de capa de red. LANE también especifica cómo los dispositivos conectados a la red LAN interoperan con los servidores ATM sin afectar al *software* de aplicaciones. Debido a que LANE protege las aplicaciones de los dispositivos cliente del tipo ATM, las redes Ethernet o Token-ring no necesitan ser modificadas para interconectarse con un backbone ATM.

Sin embargo, esta misma protección significa que estas aplicaciones serán incapaces de explotar todas las características del ATM. LANE puentea (*bridge*) el tráfico de red a nivel de la capa MAC. El objetivo de este servicio es hacer que la red ATM parezca y actúe como cualquier otra LAN. LANE soporta servicios del tipo *broadcast* donde las tramas se envían a un grupo de dispositivos en vez de a un solo dispositivo al otro extremo del enlace. En esencia, LANE hace que la red ATM sea invisible a las redes LAN, por lo que es posible tener los beneficios del ATM sin hacer cambios al *hardware* de la estación y a las aplicaciones.

Una de las principales especificaciones que desarrolló el Forum ATM fue actualizar a los usuarios en el área de LAN con la emulación de LAN (*LAN Emulation –LANE*). Las redes LAN tradicionales brindan un servicio MAC no orientado a la conexión, soportando el arbitraje entre las estaciones terminales por acceder a un medio físico compartido, tal como un par trenzado.

En cambio, el ATM ofrece un servicio orientado a la conexión basado en un medio físico punto a punto conmutado. Para lograr un servicio MAC no orientado a la conexión sobre un enlace ATM, una capa de protocolo emuladora del servicio no orientado a la conexión, propio de la red LAN, se debe colocar encima de la capa AAL. Esta capa, diagramada en la figura 17.12, se llama **capa ATM MAC** y emula el servicio de LAN aparentando un medio virtual compartido desde la red conmutada punto a punto.

El objetivo de LANE es usar la metodología ATM orientada a la co-

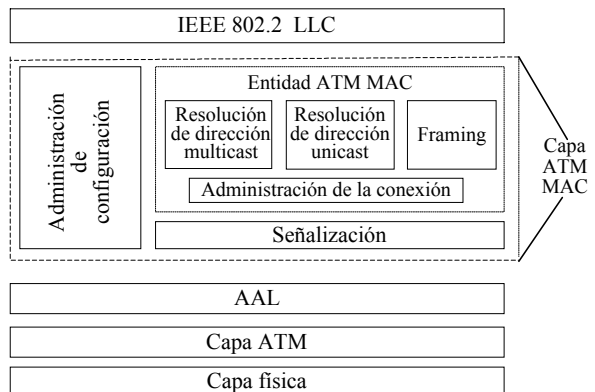


Figura 17.12 Protocolo de LANE

nexión para emular la naturaleza no orientada a la conexión de una LAN. Los dispositivos conectados a una red Ethernet o Token-Ring no requieren modificación; ellos se conectan directamente al conversor LAN- ATM. LANE también sirve para FDDI, sin embargo estas tramas deben trasladarse primero en tramas Ethernet o Token-Ring. Las LAN emuladas no pueden mezclar protocolos LANE tradicionales. Para este fin se debe usar un *router*. La figura 17.13 ilustra la arquitectura LANE.

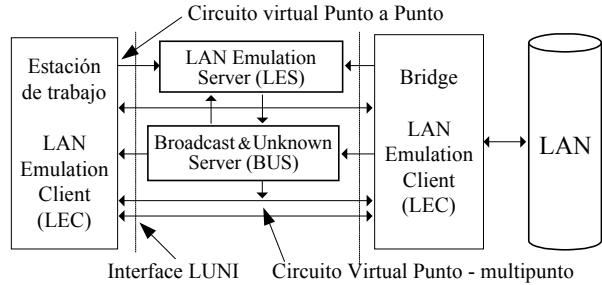


Figura 17.13 Arquitectura LANE

La versión 1.0 de LANE se adoptó en 1995 y aún se realiza trabajo adicional con él. LANE tiene como objetivo proveer a los usuarios de una trayectoria de migración a ATM evitando su alto costo inmediato a la implementación del ATM sobre el computador de sobremesa; sin embargo, el equipo LANE debe implementarse.

En las LAN tradicionales, el pertenecer a una estación en un segmento LAN se da por la conexión física de la estación al medio compartido. El vínculo de una estación con un segmento LAN ATM se reconoce por conexiones lógicas a una conexión virtual ATM del tipo *multicast*. De aquí, la relación con un segmento LAN ATM se define lógicamente y no físicamente; la información de vínculo se almacena en una base de datos de administración. Esta capacidad de la red LAN ATM ofrece a los terminales portabilidad y movilidad.

LANE provee soporte transparente para las aplicaciones basadas en LAN porque esto funciona en la capa 2 como un *bridge*. Efectivamente es un *bridge* entre dos ambientes no orientados a la conexión Ethernet o Token Ring y el ambiente orientado a la conexión ATM. Esto también permite a los dispositivos de la red LAN a comunicarse con dispositivos tipo LANE Emulation. El LANE permite coexistir, a dos LANs emuladas (ELAN) lógicamente separadas, en la misma red física ATM.

LANE no permite a los usuarios operar con clases de servicios de extremo a extremo, las cuales son provistas por el ATM a sistemas terminales; sin embargo, éste proveerá un ancho de banda mayor y una infraestructura de red más estable para troncales de edificios grandes o de *campus*. También requiere que las redes Ethernet, Token Ring y FDDI sean separadas; debido a que no provee funciones de *bridge* transparente entre estas tecnologías. Esto tampoco soporta protocolos de la capa MAC, tales como FDI y administración de Token.

### 17.6.1.2 COMPONENTES DE LANE

Las redes tradicionales usan una dirección MAC de 48 bits. Una dirección MAC de una estación es globalmente única. Esta dirección de LAN no jerárquica, asignada por el fabricante, identifica a una interface de red en la estación terminal. El uso de una dirección MAC es práctica en un segmento de LAN simple o en una pequeña Internet.

Sin embargo, redes grandes con *bridges* intermedios son difíciles de manejar y experimentan grandes cantidades de tráfico de *broadcast* al intentar localizar las estaciones terminales. El espacio de dirección para una red grande es preferentemente jerárquico. Esto hace más fácil localizar un punto particular en la red: tal como una dirección, sin embargo restringe la movilidad de los usuarios de la red. La norma E.164 usada en la red pública ATM es jerárquica.

Para emular una LAN, la red ATM debe soportar el esquema de direccionamiento usando un esquema de dirección MAC: cada entidad ATM MAC debe ser asignada con una dirección MAC de 48 bits desde el mismo espacio de direcciones para facilitar su identificación. Una red ATM, sea pública o privada, usa una dirección jerárquica. La operación de dirección de resolución en una LANE vincula a la dirección MAC de la estación terminal con la dirección física de la puerta ATM a la que la estación terminal está actualmente conectada. Cuando una estación termi-

nal está conectada a una puerta de un conmutador ATM, un protocolo de registro intercambia direcciones MAC entre la red ATM y la estación terminal.

El servicio de LANE consiste en varias piezas de *software* y *hardware* operando en una o más plataformas. Antes de explicar la operación es necesario presentar algunas definiciones:

**a) Cliente LANE (*LAN Emulation Client* – LEC)**

Es un *software* que reside en el dispositivo extremo. En este dispositivo es donde el servicio de emulación se brinda en términos de conversión entre protocolos.

**b) Servidor LANE (*LAN Emulation Server* – LES)**

Provee funciones de inicialización y configuración, registro de direcciones y resolución de direcciones. Desde que ATM y las LAN tradicionales usan distintos esquemas de direccionamiento es vital tener un modo de interrelacionar a ambas, particularmente para implementar subredes, donde puedan faltar capacidades de dirección de ATM. El LES es el centro de control de una LAN emulada. Éste registra y resuelve las direcciones MAC o enruta descriptores a las direcciones ATM.

**c) Servidor desconocido y de broadcast (*Broadcast and Unknown Server* – BUS)**

Da el mecanismo para enviar *broadcast* y *multicast* a todos los dispositivos en una LAN emulada.

**d) Interface usuario LANE – Red (*LAN Emulation User-Network Interface* – LUNI)**

Es el protocolo del cliente LANE (LEC) para comunicarse a través de la red ATM. En una LAN tradicional todas las tramas (tanto del tipo *unicast*, *multicast* y *broadcast*) son difundidas ampliamente a todas las estaciones en un medio físico compartido, en el cual cada estación selecciona las tramas que desea recibir.

Un segmento LAN puede ser emulado conectando un conjunto de estaciones a la red ATM vía una conexión *multicast* ATM virtual. La conexión *multicast* virtual emula al medio físico *broadcast* de la LAN. Esta conexión viene a ser el canal de *broadcast* del segmento LAN ATM. Con esa capacidad cualquier estación puede enviar tramas a las demás sobre el segmento LAN ATM mediante la transmisión de éstas sobre la conexión compartida *multicast* virtual ATM.

Estos tres servidores lógicos pueden implementarse, de modo flexible, en su conmutador ATM como una sola aplicación. Alternativamente ellos pueden distribuirse a través de la red. Por ejemplo, el LES puede correr sobre el conmutador de *backbone*, el servidor de configuración puede correr en un servidor ATM y el *bus* puede estar en el conversor LAN ATM.

El conmutador ATM no participa directamente en la emulación de LAN, simplemente coloca una conexión virtual y conmuta las celdas como lo haría con cualquier otro servicio ATM. Todo el trabajo requerido para convertir la trama de la red LAN tradicional en celdas ATM es manejado por el *software* LES y el servicio LANE.

Una LAN emulada sigue el modelo cliente servidor y tiene dos componentes principales:

- *Software* de cliente *LAN Emulation* (LEC).
- *Software* de Servicio de Emulación LAN.

El *software* LEC puede ser desarrollado en el conversor LAN ATM o puede ser parte del *driver* en un dispositivo ATM conectado tal como un servidor. Este *software* tiene la responsabilidad de relacionar (*mapping*) las direcciones MAC con las direcciones ATM. Esta función es conocida como resolución de direcciones.

### 17.6.1.3 OPERACIÓN DE LANE

La resolución de direcciones en LANE puede implementarse, en principio, tanto por un mecanismo de *broadcast* similar al protocolo ARP (Protocolo de resolución de direcciones del IP) o por un mecanismo de base de datos distribuida. En ambos la fuente envía una petición de resolución de dirección que contiene la dirección de destino MAC y sus propias direcciones MAC y ATM.

Para resolución de direcciones *unicast* un mecanismo de *broadcast* requiere que la fuente difunda ampliamente las peticiones a todas las estaciones en el segmento local LAN ATM y a todos los segmentos LAN ATM conectados a través de *bridges*.

Después de los autochequeos, la estación que posee la dirección MAC solicitada respon-

de con su dirección ATM actual. Esta respuesta puede ser enviada sobre el canal de *broadcast* para el segmento LAN ATM o el destino puede ser colocado en una conexión ATM hacia la fuente. Para el caso de un ARP *multicast* se debe especificar un algoritmo que convierta una dirección de grupo MAC a una dirección de grupo ATM; alternativamente, un mecanismo de un servidor simple podría ser implementado para las direcciones *multicast*.

En la resolución de base de datos, que es el método recomendado por el Forum ATM, las peticiones son recibidas por un servidor de direcciones en la red. El servidor mantiene una tabla que contiene las correspondencias (*mapping*) de las direcciones MAC-a-ATM. La tabla se actualiza como parte del protocolo de registro cada vez que una estación se integra o deja la red. El servidor podría soportar la resolución de direcciones tanto *multicast* como *unicast*. El servidor de direcciones debe implementarse como una base de datos para protegerse contra fallas. Este servidor requiere una implementación más compleja que una implementación *broadcast*.

La situación en la cual el destino no está directamente conectado a la red ATM por estar conectado a una LAN que está conectada a la red ATM a través de un *bridge* es más compleja. Cuando se guía una petición ARP, el *bridge* puede responder a esta petición de dirección con su propia dirección ATM, como un proxy por un destino, en el supuesto de que el *bridge* contiene la dirección MAC de destino en su tabla de retransmisión. En el enfoque de base de datos ARP, el servidor de direcciones que se encuentra en la red ATM debe contener entradas no sólo para los dispositivos directamente conectados sino para todas las situaciones conectadas a Internet. Para mantener esto, cada dispositivo de Internet debe actualizar continuamente al servidor de direcciones con el contenido de su tabla de retransmisión, lo cual podría ser exigente en redes grandes con *bridges* (puentes).

Los dos enfoques tipo ARP se pueden combinar transparentemente. Las estaciones terminales asumen que se usa un mecanismo de *broadcast*. El servidor *multicast* también puede actuar como un servidor de direcciones. Éste puede interceptar las peticiones ARP enviadas por un *broadcast* hacia un segmento LAN ATM y responder con la dirección requerida desde su base de datos. La base de datos de resolución de direcciones se construye del intercambio de direcciones en el protocolo de registro y también por un proceso de aprendizaje, tal como lo hacen los *bridges* transparentes. Si no se encuentra una entrada en la base de datos, entonces el servidor puede usar el mecanismo de resolución de direcciones de difusión amplia.

#### 17.6.1.4 OPERACIÓN DE LA INTERFACE DE USUARIO - RED (LUNI)

Esta interface denominada Interface de Red de Usuario – LUNI (*LAN Emulation User Network Interface*) opera en 5 etapas:

##### a) Inicialización

Antes de transferir la información el cliente LANE (LEC) debe realizar algunas operaciones de mantenimiento local. Esto empieza con la etapa de inicialización. El cliente LANE (LEC) debe hallar al servidor de configuración LECS (*LAN Emulation Configuration Server*), que es parte del LES general. Este primero usa la interface de administración local de Interim (*Interim Local Management Interface – ILMI*) para obtener las direcciones desde el conmutador ATM. Si esto falla él intentará usar la “dirección ATM bien conocida” (*well-known ATM address*). Ésta es una dirección predeterminada, usada sobre todas las redes ATM. Si esto falla él intentará usar un circuito virtual permanente (*Permanent Virtual Circuit – PVC*) con los valores VIP/VCI=0/17. Éste es un PVC bien conocido (*well-known PVC*). Finalmente, si esto falla él intentará usar el LES.

##### b) Configuración

Después de la inicialización, el cliente LANE (LEC) debe determinar el tipo de LAN emulada y el tamaño máximo de trama. Éste también enviará su dirección ATM, su dirección MAC, tipos de LAN y los solicitados tamaños de trama. Esto también opcionalmente deberá ser admitido en una LAN emulada particular.

##### c) Inclusión (*Joining*)

Una vez que el cliente LANE (LEC) ha pasado las etapas de inicialización y configuración, él

puede ser incluido en una LAN Emulada. El cliente LANE (LEC) enviará al servidor LANE (LES) una petición de inclusión que contenga su dirección ATM, información de LAN, dirección MAC y la dirección Proxy (de ser apropiada). La información Proxy es apropiada si el cliente LANE (LEC) está actuando en beneficio de estaciones terminales adicionales. El servidor LANE (LES) contesta con una respuesta de inclusión que contenga los resultados.

**d) Registración e Inicialización del Bus**

Una vez que se ha conseguido una inclusión exitosa, el cliente LANE (LEC) debe registrar todas las direcciones MAC con el servidor desconocido y de *broadcast* (BUS). La dirección MAC: Oxffffffffffff (dirección de *broadcast*) será mapeada a la dirección ATM del bus. El cliente LANE establece una conexión punto a punto con el *bus*. El bus añade al cliente LANE (LEC) a su circuito punto multipunto para la LANE específica.

**e) Transferencia de información**

Una vez que las funciones de administración local están completas, el LEC puede transferir datos. Los datos pueden ser transferidos a una dirección específica o difundidos ampliamente a todos los dispositivos de la LAN emulada. En caso de un tráfico *unicast*, el cliente LANE determina la dirección ATM de destino, ya sea revisando su memoria ARP o mediante un paquete de resolución de dirección LANE (*LAN Emulation Address Resolution Packet*—LE-ARP), entonces éste establece un circuito virtual conmutado (conmutadores *Virtual Circuit*—SVC), si es que no está establecido hacia el destino y empezará transfiriendo información. Para mandar un *broadcast*, el cliente LANE remitirá la información al *bus* para que ésta se envíe a través del circuito punto multipunto.

Un segmento LAN puede emularse, dirigiendo todo el tráfico para el segmento sobre el canal *broadcast*. Sin embargo, la mayor parte de tráfico LAN es *unicast*, de allí que es más eficiente soportar estas comunicaciones. Esto no sólo reduce el tráfico, sino se logra mayor seguridad, porque este tráfico sólo aparece en las dos estaciones pertinentes. Un segmento LAN ATM puede soportar entonces un ancho de banda mayor que el que tendría en caso que todo el tráfico se transmitiera por el mismo canal de *broadcast*. Aún más, el uso de conexiones individuales para el tráfico *unicast* permite mayor control de la calidad del servicio. Para establecer conexiones virtuales ATM punto a punto para cada instancia de una comunicación *unicast*, la localidad actual de la estación terminal de destino debe descubrirse y expresarse como una dirección de destino que el servicio de señalización ATM pueda entender. Esta operación se llama resolución de dirección.

Entonces se debe iniciar el servicio de señalización ATM para establecer una conexión ATM virtual punto a punto con la calidad de servicio apropiada hacia el destino. Dentro de la estación terminal, esta operación es implementada en el *software* de la capa MAC ATM para ofrecer un servicio transparente a la subcapa LLC.

## 17.6.2 ACCESOS ATM DE BANDA ANGOSTA

El protocolo ATM es más eficiente cuando opera a velocidades altas. Como se ha establecido antes, estas celdas son de 53 octetos de largo, de los cuales 5 se usan como información de encabezamiento y 48, para transportar los datos (*Payload*). Esto es casi el diez por ciento de sobrecabecera solamente en la capa ATM. Hay otras ineficiencias en las capas AAL y capa física. La ineficiencia del nivel ATM no se considera excesiva cuando opera a velocidades altas, considerando la habilidad del ATM de mezclar voz, video y datos.

Actualmente, los accesos de baja velocidad son comunes en la mayoría de ambientes WAN. A estas velocidades el sobreencabezamiento de ATM viene a ser una carga pesada especialmente entre 64 y 2048 Kbps. El Forum ATM atendió este requerimiento desarrollando una nueva Interface de Usuario –red (*User Network Interface* – UNI) para aumentar la eficiencia de los enlaces de baja velocidad. Esta nueva UNI, llamada *Frame UNI* – FUNI, opera con tramas que tienen campos de datos de hasta 4096 octetos.

Las normas *Frame Relay* y *Data Exchange Interface* (DXI) y FUNI se basan en tramas:

1. El *Frame Relay* define al HDLC como parte de su especificación y añade una cabecera para soportar el direccionamiento DLCI (*Data Link Control Identifier*).

2. DXI/UNI es una evolución del ATM DXI, que define la interface de un *router* a un CSU ATM (a través de HSSI) aunque el DXI/UNI también define a la V.35 y nx64000 (vía un CSU regular). Para el caso del nx64000, las tramas se transportarán a lo largo del camino hacia la oficina central. Se usan los esquemas de direccionamiento de la subcapa de convergencia AAL5 y del VPI/VCI. El ATM DXI/UNI permite a un usuario acceder a una red que soporta la tecnología ATM basada en tramas HDLC. El propósito de esta interface es proveer acceso HDLC hacia ATM a bajas velocidades.
3. FUNI está separado de DXI/UNI. Éste puede considerarse como un superconjunto DXI/UNI. La diferencia entre ambos es que FUNI extiende la señalización Q.931 para los circuitos virtuales conmutados (SVC). Esto también transporta unidades de paquetes de datos de las subcapa de convergencia AAL5 (AAL5 *Convergence Sublayer PDU*). De aquí FUNI define una alternativa de protocolo basada en HDLC para acceder al uso de ATM.

Las figuras 17.14, 17.15 y 17.16 diagraman las arquitecturas de protocolos involucrados en *Frame Relay*, DXI, DXI/UNI y FUNI.

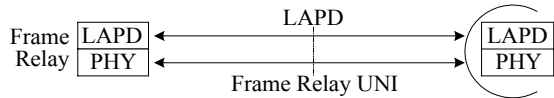


Figura 17.14 Protocolo Frame Relay

Usando el ATM DXI uno puede soportar equipos DCE por medio del encapsulamiento de tramas y transportándolas hacia la unidad de conectividad de la oficina central, que los prepara para el transporte ATM. Este enfoque es bueno para circuitos virtuales permanentes, mas no para circuitos virtuales conmutados.

Para los circuitos virtuales conmutados debe usarse FUNI, en el cual la misma encapsulación se usa tanto para el plano de control como en el plano de usuario. Esto se incorpora en una unidad de *interworking* de doble armario en la oficina central.

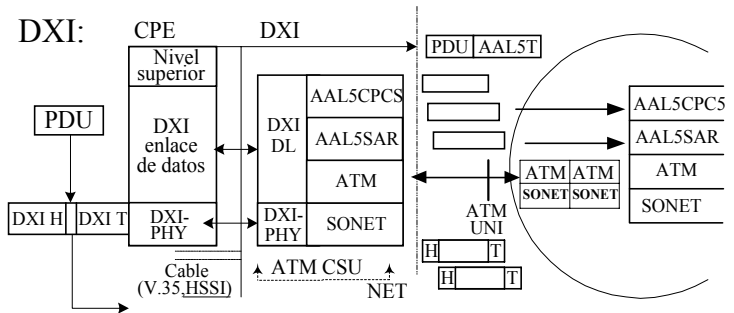
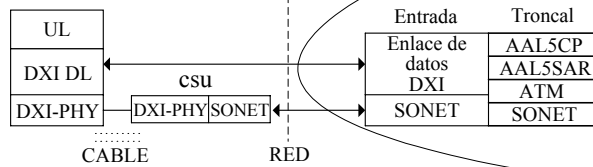


Figura 17.15 Protocolo DXI

FUNI soporta señalización completa ATM, permitiendo a los dispositivos orientados a la trama tales como *bridges* y *routers* activar circuitos conmutados y negociar clases de servicios con la red. La cabecera del FUNI contiene *flash* para indicar las características del ATM normalizado tal como prioridad de pérdida de celdas, notificación de congestión, presencia de operaciones y tráfico de mantenimiento. La especificación FUNI detalla la función de mapeo apropiado que irá entre las cabeceras de trama y cabeceras de celda. Éste también soporta las capas de adaptación 3, 4 y 5. Para el servicio de administración el FUNI soporta el ILMI (*Interim Local Management Interface*). El futuro uso comercial de

**DXI UNI :**



**FUNI :**

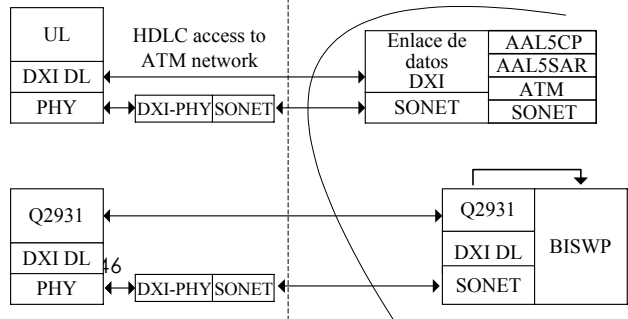


Figura 17.16 Superior: DXI UNI; Inferior: Protocolo FUNI

FUNI es incierto.

### 17.6.3 PROTOCOLOS MÚLTIPLES SOBRE ATM (MPOA)

Mientras que la especificación LANE define una manera de integrar el tráfico de las redes LAN tradicionales usando el ATM, la especificación del multiprotocolo sobre ATM (*Multiprotocol Over ATM* - MPOA) define cómo el tráfico puede enrutarse a través de ATM, el MPOA es una continuación de la especificación LANE que se completó en 1995.

Cuando acabe MPOA permitirá que el tráfico se enrute en la capa de red en un ambiente ATM. El equipamiento que soporte MPOA será capaz de dividir las redes LAN de una empresa y las redes ATM en redes LAN virtuales –VLAN– y enrutar los datos entre ellos. El objetivo del MPOA es definir una arquitectura de servidor de ruta, donde los conmutadores podrían consultar a una entidad de enrutamiento centralizado cuando ellos necesiten saber adónde enviar los datos. MPOA consiste en:

#### a) Servidores de Ruta

Estos dispositivos conocidos como servidores MPOA son responsables de: mantener las tablas de enrutamiento, determinar las rutas a través de la red para los dispositivos de frontera (*Edge Devices*) y comunicarse con otros servidores de rutas y servidores tradicionales. Las funciones de un servidor de ruta se pueden implementar sobre los *routers* y conmutadores existentes.

#### b) Dispositivos de frontera

Ellos pueden ser referidos como clientes MPOA y pueden ser:

- Conmutadores inteligentes que retransmiten tramas y celdas entre redes LAN y ATM.
- Ellos pueden ser NIC que retransmiten tramas y celdas entre dispositivos ATM conectados y redes ATM.

Juntos, ambos dispositivos actúan como *routers* distribuidos.