

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



EMULACIÓN DE REDES LAN CON ATM

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

ABEL ESTACIO ROLDÁN

PROMOCIÓN
1996-I

LIMA – PERÚ
2003

**Dedico este trabajo a mis padres:
Abel , Carmen y a mi "Mey" por su
apoyo incondicional en la realización
del mismo.**

EMULACIÓN DE REDES LAN CON ATM

SUMARIO

El siguiente informe de ingeniería tiene por objeto mostrar lo que se necesita para poder implementar una red ethernet sobre un backbone ATM y así poder ofrecer a los usuarios finales tráfico multimedia a grandes velocidades.

El presente informe técnico se inicia con una serie de conocimientos básicos sobre la tecnología ATM, para poder entrar en forma más amplia con conceptos ya definidos previamente y ver la parte esencial de nuestro informe que es la EMULACION DE REDES LAN SOBRE ATM (Modo de transferencia Asíncrona), mostraremos los tipos de conexión y componentes en una emulación de Red LAN (Emulación Lan).

Además se verá como opera el LANE (Lan Emulation), sus etapas de operación: Inicialización, Configuración Unión, Registro y transferencia de datos entre estaciones.

ÍNDICE

PRÓLOGO	01
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN AL MODO DE TRANSFERENCIA ASINCRONO	03
1.1 Antecedentes	03
1.2 La Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha	03
1.3 Modos de Transferencia	05
1.3.1 El Modo Síncrono	06
1.3.2 El Modo Paquete	10
1.3.3 Comparación de los Modos Síncronos y Paquetes	16
1.3.4 El Modo ATM	17
1.3.5 El Modo circuito virtual	19
1.4 La Celda ATM	24
1.5 Organismos de Normalización	26
CAPÍTULO II	
FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE LAS REDES ATM	30
2.1 Conmutación	30
2.2 Estructura de los Conmutadores ATM	31
2.3 Medios Físicos en ATM	35
2.4 Adaptación del Servicio ATM	36
2.5 El Protocolo AAL tipo 5.	41
CAPÍTULO III	
FUNCIONAMIENTO AVANZADO REDES ATM	44

3.1	Introducción	44
3.2	Señalización	45
3.3	ALL de Señalización	48
3.4	Protocolos de Señalización	51
3.5	Señalización y Plano de Control	54
3.6	Encaminamiento	56
3.7	Direccionamiento	57

CAPÍTULO IV

	REDES ATM : ORIGEN INTERCONEXIÓN	60
4.1	Modelo LANE (Emulation Lan) de Interconexión	62
4.2	Componentes de una red Lane Emulada	66
4.2.1	Lane Emulation Cliente (LEC)	66
4.2.2	Lane Emulation Server (LES)	66
4.2.3	Lane Emulation Configuration Server (LECS)	66
4.2.4	Broadcast Unknow Server (BUS)	66
4.3	Ubicación de los Componentes de una Red Emulada (ELAN)	67

CAPÍTULO V

	PROTOCOLO LANE (LANE EMULATION)	68
5.1	Tareas a Cumplir	68
5.2	Comunicación Unicast en una red Lane Emulada	71
5.3	Comunicación Multicast en una red Lane Emulada	72
5.4	Configuración de una red Lane Emulada	75
5.5	Comunicación fuera de una red Lane Emulada	76

5.5.1 Comunicación mediante routers IP	77
5.5.2 Comunicación mediante Puentes	81
5.6 El Stack de una red Lane Emulada	83
5.7 Transferencia de datos en una red Lane Emulada	84
5.8 Ejecución de los Broadcast	86
5.9 Transferencia de datos: el método correcto	88
5.10 Etapas de Operación de Lane	90
5.10.1 Etapa de Inicialización y configuración	90
5.10.2 Etapa de Unión y Registro	91
5.10.3 Etapa de Transferencia de Datos	93
5.11 Formato del paquete de dato en una Lane Emulada	95
5.12 Formato de los Paquetes de Control	96
CONCLUSIONES	99
ANEXOS : GLOSARIO	100
BIBLIOGRAFÍA	109

PRÓLOGO

ATM apareció en los años 90's como una tecnología que resolvería todos los requerimientos de ancho de banda de las aplicaciones a través de LANs Y WANs.

Inicialmente los usuarios potenciales no vieron claramente la interoperabilidad y el internetworking con las bases ya instaladas de equipos Lan.

Dentro de los últimos dos años el interés ATM (Modo de transferencia Asíncrona) ha aumentado dramáticamente y las compañías están ahora implementando la base para redes de prueba de todos los tipos. Muchos han empezado la transición a las redes basadas en ATM. Otros están esperando a los comités que finalicen más estándares de ATM, los cuales proveerán rasgos adicionales y redundancia para sus redes.

Con la aparición de ATM se materializo el potencial integrador de servicios que se buscaba con la RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS DE BANDA ANCHA (RDSI-BA), la realidad fue que inmediatamente se constituyo en la tecnología mas recurrida para implantar redes de Datos

Dos razones de índole no tecnológica determinaron este devenir. En primer lugar , el ATM forum se dio cuenta enseguida de la complejidad que involucraría el proceso normalizador que diese lugar a un conjunto de especificaciones técnicas que cubriese la provisión integrada de servicios por parte de la redes ATM, .es decir los servicios de Voz ,Datos y Video. Se tomo la decisión de abordar este proceso en forma escalonada procediendo en primer lugar con el servicio de datos para lo cual bastaba con llevar el paradigma best-effort de las redes de datos tradicionales.

En segundo lugar, los fabricantes de equipos de red llegaron a la conclusión de que las fuertes inversiones que estaban dedicando a l desarrollo de la tecnología ATM necesitaban generar beneficios pronto, por lo que decidieron introducir en el mercado equipamiento de red ATM con soporte de servicio de datos únicamente. Nótese que ambas razones están vinculadas, dado a que los fabricantes de equipos de red son los miembros de más peso del ATM FORUM.

También existieron razones puramente tecnológicas que hicieron deseables para los administradores de red el incorporar ATM a sus redes de datos:

- La s redes ATM eran las únicas que permitían conmutar elevadas velocidades y que ofrecían accesos a

 - 34Mbps y a 155Mbps.

- Las redes ATM ofrecían una gran escalabilidad .La misma tecnología puede emplearse como una red troncal de redes corporativas y de redes de campus y como red troncal operada por un operador de telecomunicaciones para la interconexión remota de redes corporativas o de campus.

- Las redes ATM que se desplegaban a mediados de los 90`s ofrecían el atractivo de posibilitar una migración de la red de datos hacia el soporte de aplicaciones multimedia a mediado plazo no solo por las elevadas capacidades que permitían sino porque incorporarían mecanismos de calidad de servicio.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN AL MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONO

1.1 Antecedentes.-

A mediados de los años ochenta, se planteó la necesidad de integrar de una forma eficiente el soporte de aplicaciones tan diversas como la telefonía, la videoconferencia, la transferencia de datos, etc. Sobre una misma infraestructura de red. Esta pretensión se materializó en la definición, por parte del CCITT, de la Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (RDSI-BA).

La tecnología de soporte de esta RDSI-BA fue propuesta a partir de la experiencia obtenida en el diseño y operación de las redes de conmutación de circuitos de las redes de conmutación de paquetes. Finalmente, en 1988 el CCITT definió las características del Modo de Transferencia Asíncrono (Asynchronous Transfer Mode, ATM) y determinó que fuese el modo de Transferencia para la RDSI-BA.

1.2 La Red Digital De Servicios Integrados De Banda Ancha

A mediados de los años ochenta, la realidad de la prestación de los servicios de telecomunicación era tal que cada uno de los servicios existentes era provisto mediante una red particular. De esta forma, para la prestación del servicio telefónico se debía diseñar, desplegar, operar y mantener una red telefónica conmutada y esto mismo era necesario para proveer el servicio de datos, para proveer el servicio de difusión de TV por cable y para proveer el incipiente servicio de videoconferencia.

Se imponía, por tanto la necesidad de conseguir economías de escala para la provisión eficiente de los servicios de telecomunicación existentes y futuros. Ello debería traducirse en la consecución del soporte de todos los servicios de telecomunicación sobre una misma infraestructura de red. De este modo. Solo sería necesario el diseño, despliegue, operación y mantenimiento de una sola red.[9]

	Telefonía	Datos	Tv cable	Video Conferencia
Sin conexión	OK		OK	
Orientado a Conexión	OK	OK	OK	
Retardo	Sensible	Insensible	Insensible	Sensible
Variabilidad de Retardo	Sensible	Insensible	Sensible	Sensible
Ancho de Banda	Bajo	Medio	Alto	Alto
Tasa de bit cte.	OK		OK	OK
Tasa de bit variable	OK			OK

Tabla 1.1 Clases de Servicios

En la tabla 1.1 se muestra para cada uno de los servicios, si se trata de un servicio sin conexión u orientado a conexión, cuáles son los requisitos de retardo y de variabilidad de retardo, cuáles son los requisitos de ancho de banda y, finalmente, cuáles son las características del patrón de tráfico generado.

Queda de manifiesto la diversidad de requisitos de cada uno de estos servicios de telecomunicación. Esta diversidad impuso un importante desafío a quienes pretendían encontrar un modo de transferencia que soportase la RDSI-BA.

Cuando se planteó la definición de la RDSI-BA, la normalización de la RDSI, que a partir de entonces pasó a denominarse RDSI-BE (Banda Estrecha), había alcanzado

un grado de madurez aceptable. La pregunta que surge es: ¿Por qué la RDSI-BE no pudo satisfacer las necesidades que hicieron necesario el planteamiento de la RDSI-BA? Dos son las principales razones:

1.- La RDSI-BE consiguió integrar distintos servicios de telecomunicación. Ahora bien, esta integración que se consiguió fue únicamente en el acceso, con la RDSI-BE se logró conseguir la prestación de diversos servicios de telecomunicación a través de un conjunto reducido de interfaces y de protocolos. Sin embargo, la infraestructura de red necesaria para la prestación de cada uno de ellos era específica del servicio. No se consiguió una economía de escala global.

2.- La RDSI-BE fue diseñada para soportar accesos de hasta 2048 Mbit/s. A mediados de los ochenta se preveía la aparición de nuevos servicios que estaban pocos definidos aún, pero para los que se esperaba que necesitasen grandes anchos de banda, por encima de los 2 Mbit/s. [5]

Es en el escenario descrito hasta ese punto, en el que se debe enmarcar la definición y normalización de ATM, que se describirá más adelante.

1.3 Modos De Transferencia

El término Modo de Transferencia fue acuñado por el CCITT durante el proceso de definición de la tecnología de soporte de la RDSI-BA. El CCITT lo definió como: “La técnica empleada en una red de telecomunicación y que cubre aspectos relacionados con la transmisión, el multiplexado y la conmutación”.

Al inicio del proceso de definición del modo de transferencia para la RDSI-BA, existían dos modos de transferencia en uso en las redes de telecomunicación: el modo de transferencia síncrono y el modo de transferencia paquete.[9] [5]

1.3.1 El Modo Síncrono

El modo de Transferencia Síncrono (Synchronous Transfer Mode, STM) era el empleado en la red telefónica conmutada digital y en la RDSI-BE, esto es, las redes digitales basadas en la conmutación de circuitos. Más específicamente, el Modo Síncrono incluía la técnica de multiplexado por división en el tiempo síncrono y la técnica de conmutación de circuitos.

La técnica de multiplexado por división en el tiempo (Time División Multiplexing, TDM) síncrono es la técnica utilizada en el múltiplex MIC 30+2, profusamente empleado en telefonía digital.

En la figura 1.1 se muestran los principios de su funcionamiento. El ejemplo que se ilustra consiste en cuatro (en un caso general, n) afluentes o tributarios que son multiplexados sobre un enlace y cuyas transmisiones se muestran en el diagrama temporal. Tal diagrama temporal sirve como ejemplo de generación de información no necesariamente procedente de una fuente de voz. Se supone que todos los tributarios tienen la misma capacidad C bit/s y que agrupan su información en períodos de T segundos.

En un múltiplex TDM síncrono, el enlace múltiplex se dimensiona a una capacidad igual a $C \cdot n$ y se ranura cada intervalo de duración T segundos en intervalos de tiempos (o spot) de duración igual a T/n . Cada uno de los n slots se asigna invariablemente a uno de los tributarios. Ello significa que, por ejemplo, el tercer spot de la trama múltiplex contendrá la información que llegó a multiplexor durante el intervalo T correspondiente a la trama anterior. El conjunto de r slots consecutivos de denomina trama. Del mismo modo, la sucesión de los slots asignados a un

tributario en cada trama se denomina canal. En la figura 1.1 se ilustra el resultado de la operación del multiplexor TDM síncrono sobre el diagrama temporal del ejemplo.

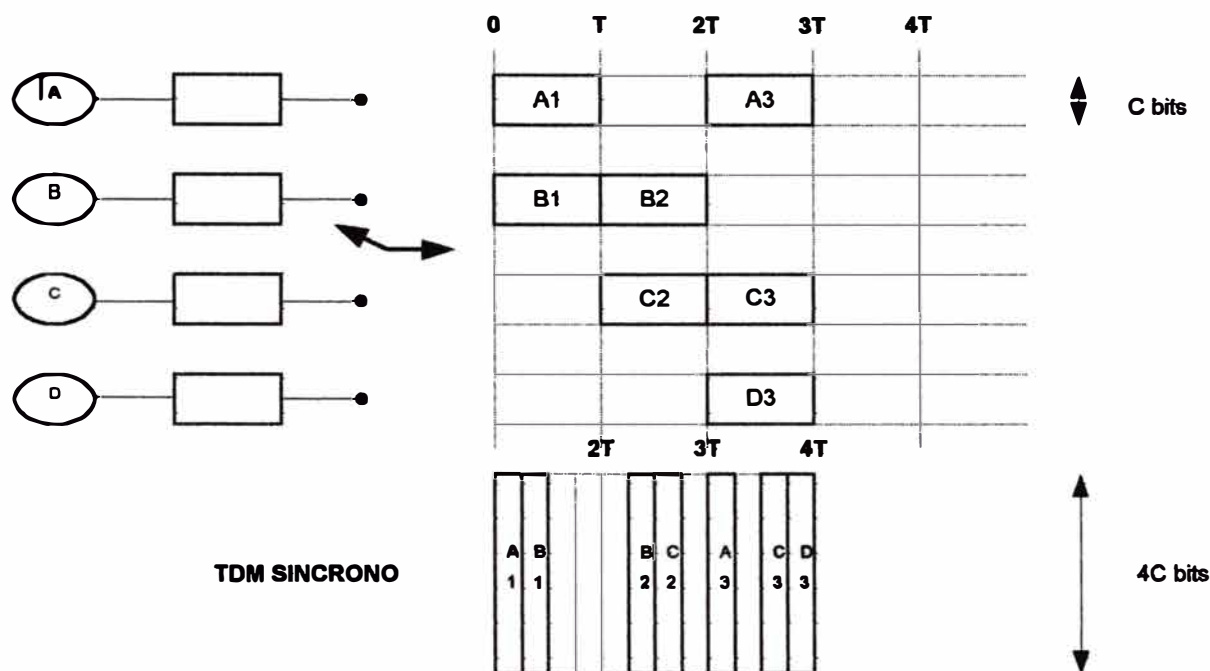


Figura 1.1 Ejemplo de funcionamiento de TDM síncrono

Podemos identificar las siguientes características, significativas desde el punto de vista de la evaluación que más adelante se llevará a cabo sobre la idoneidad del Modo síncrono para soportar al RDSI-BA, en la técnica TDM síncrono:

- El retardo que sufren los datos al atravesar el multiplexor es constante. Obsérvese cómo los datos que llegan al multiplexor durante el intervalo de $3T$ a $4T$ segundos, abandonan el multiplexor durante el intervalo de $4T$ a $5T$ segundos.
- Aquellos slots de la trama que no son utilizados por los tributarios que los tienen asignados no pueden ser aprovechados por otros tributarios. En otras palabras la capacidad no usada por un tributario es desaprovechada.

La posición que ocupan los datos múltiplex en el tiempo identifica la procedencia de los mismos. Esta información es utilizada en el proceso de demultiplexado. Se habla entonces de que el direccionamiento es implícito.

Una vez dimensionada la capacidad del múltiplex y determinada el rasurado y la asignación de slots, la distribución de la capacidad entre cada uno de los tributarios queda fijada. Se dice que la asignación de capacidad efectuada por TDM síncrono es estática.

El dimensionado de la capacidad necesaria y de la memoria necesaria para el multiplexor es sencilla: la capacidad, como se ha indicado anteriormente, es igual a $C \cdot n$, la memoria necesaria es únicamente un buffer capa de almacenar los datos de un intervalo de T segundos, por cada tributario.

La técnica de conmutación de circuitos tiene unos principios básicos de funcionamiento idénticos a los de multiplexado TDM síncrono. En la figura 1.2 se muestra el funcionamiento básico de un conmutador de circuitos, del tipo digital o también llamado espacio-temporal.

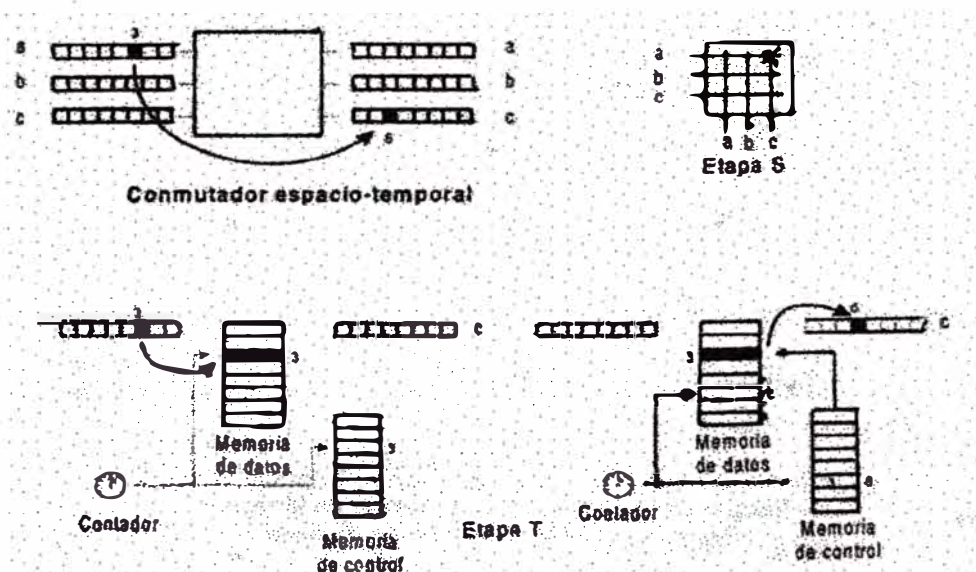


Figura 1.2 Ejemplo de funcionamiento de un conmutador de circuitos

El propósito de un conmutador es permitir el paso discrecional de los datos de un canal de un multiplex TDM síncrono de entrada a otro canal de salida. En el ejemplo dibujado en la figura, del canal 3 del multiplex de entrada a al canal 6 del multiplex de salida c. Para conseguir la conmutación deseada es necesario realizar una conmutación espacial (desde el multiplex a al multiplex c) y una conmutación temporal (desde el canal 3 al canal 6). Las etapas de un conmutador digital encargadas de la primera se denominan Etapas S, mientras que las encargadas de la segunda, Etapas T. En la figura se muestra los fundamentos del funcionamiento de una etapa S y de una etapa T.

La etapa s puede presentarse esquemáticamente como una matriz de puntos de cruce cuya activación (señalada mediante un aspa) provoca la transferencia de los datos desde la entrada (barra horizontal) a la salida (barra vertical). Para nuestro propósito, sería necesaria la activación del punto de cruce señalada en el diagrama durante el spot 3, o bien durante el spot 6. para controlar la activación de los puntos de cruce de la etapa S en cada spot de la trama, se precisará de una memoria de control.

La etapa T, responsable, como se ha apuntado anteriormente, de realizar la conmutación desde el slot 3 al slot 6, se compondrá de un elemento denominado Intercambiador de Intervalos de Tiempo (Time spot Interchanger, TSI) por cada multiplex de entrada o de salida. Un TSI se compone de una memoria de datos, de una memoria de control y de un contador.

En la disposición mostrada en la figura 1.2, el contador genera, a partir de una señal de reloj sincronizada con los slots de la trama, el número de spot de la trama de entrada. Este número se emplea para escribir en la memoria de datos el contenido

del slot de entrada. Se habla de una escritura cíclica de la memoria de datos. Por otro lado, la posición de la memoria de datos que se lee para ocupar el spot de salida no se determina directamente a partir del valor actual del contador. Es el contenido de la posición de la memoria de control a la que apunta el valor actual del contador, la que determina la lectura. Se habla de una lectura aleatoria de la memoria de datos. Así pues, en el ejemplo mostrado, para conseguir la conmutación desde el slot 3 al spot 6, será necesario programar la posición número 6 de la memoria de control con el valor 3.

Las mismas consideraciones hechas para la técnica TDM síncrono son aplicables para la técnica de conmutación de circuitos. Además, podemos añadir las siguientes dos características:

- El proceso necesario en la conmutación de circuitos está lo suficientemente simplificado como para que, con el estado de la tecnología a mediados de los años ochenta, fuese factible su realización mediante hardware.

Sobre los datos que se conmutan en un conmutador digital no se realiza ningún control de errores.

1.3.2 El Modo Paquete

El Modo de Transferencia Paquete (Paquet Transfer Mode, PTM) era el empleado en las redes de datos, esto es, las redes digitales basadas en la conmutación de paquetes, tales como Iberpac, TYMNET o ARPANET. Más específicamente, el Modos Paquete incluye la técnica de multiplexado por división en el tiempo asíncrono y la técnica de conmutación de paquete.

La técnica de multiplexado por división en el tiempo asíncrono o estadístico se ilustra en la figura 1.3.

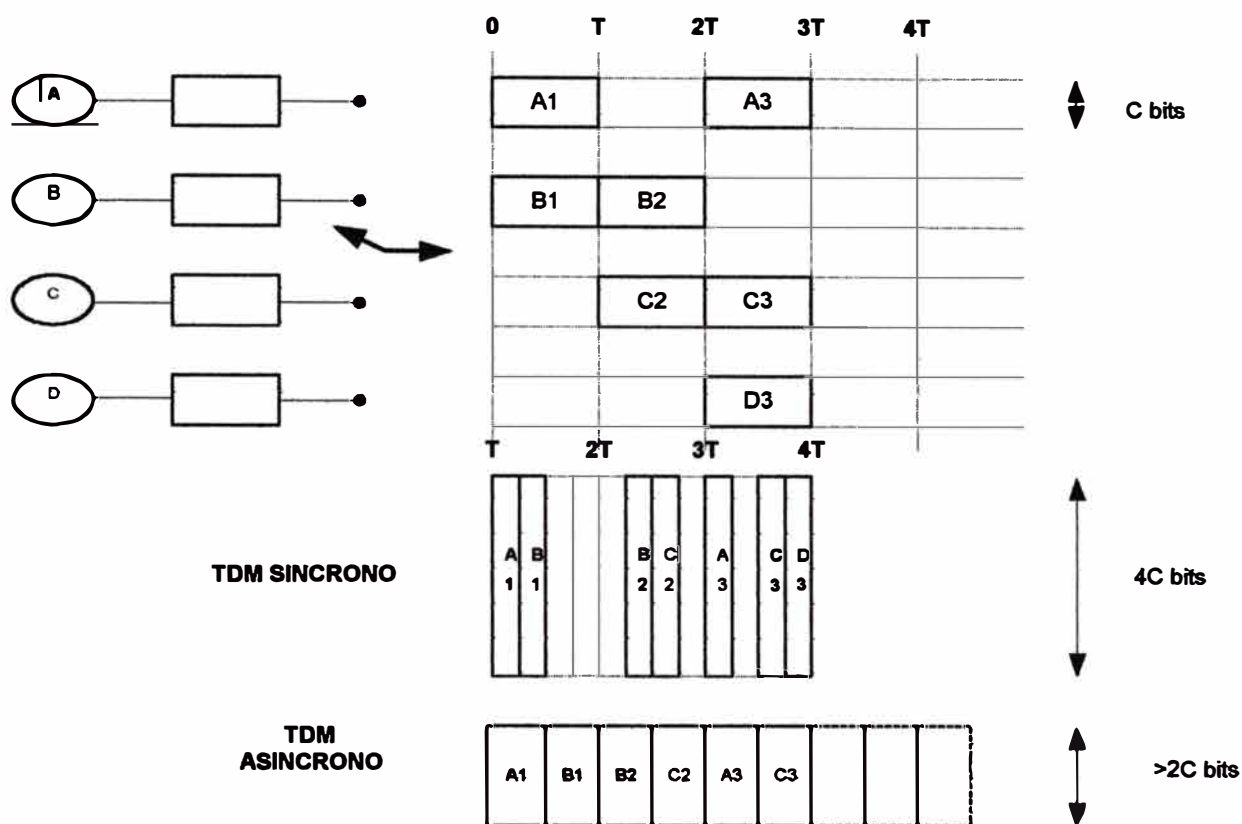


Figura 1.3 Ejemplo comparado de funcionamiento de TDM Síncrono

Para abordar su funcionamiento, se ha empleado el mismo ejemplo que se empleó para la técnica TDM síncrono. A diferencia de éste, en TDM asíncrono no hay preasignación de los slots a cada uno de los tributarios del multiplexor. De este modo, a medida que los datos llegan al multiplexor, éstos son transmitidos por el enlace múltiplex. Cuando llegan simultáneamente datos procedentes de más de un tributario, debe adoptarse una disciplina de servicio para resolver la contención. Dado que no hay preasignación de slots, los datos de cada tributario deben identificarse de forma explícita, para lo cual se les añade una cabecera. Al conjunto de los datos más su cabecera, se lo denomina paquete. Además, como razonaremos más adelante, la capacidad del múltiplex se dimensiona a un valor menor que el requerido por la técnica TDM síncrono. De este modo, como se observa en el

ejemplo durante la transmisión de los datos recibidos durante el intervalo de $3T$ a $4T$, existe la posibilidad de que los datos de un tributario se demoren más tiempo del imprescindible en el multiplexor, en el caso de que la capacidad del múltiplex no permita la transmisión de los datos llegados durante el intervalo previo de T segundos.

Podemos identificar las siguientes características, significativas desde el punto de vista de la evaluación que más adelante llevaremos a cabo sobre la idoneidad del Modo Paquete para soportar la RDSI-BA, en la técnica TDM asíncrono:

- El retardo experimentado por los datos al atravesar un multiplexor TDM asíncrono es variable. En el ejemplo de la figura 1.4, los datos A1, B1, B2, C2, A3 y C3 son transmitidos en el intervalo siguiente de T segundos, mientras que los datos D3, lo son en el intervalo posterior al siguiente.
- Dado que no hay preasignación de los slots del múltiplex, es posible el aprovechamiento de la capacidad del múltiplex. O de otro modo, se puede dimensionar la capacidad del múltiplex a un valor menor que el máximo requerido, que sería el necesario para TDM síncrono. Se habla de ganancia por multiplexado estadístico. En el ejemplo de la figura 1.3, el múltiplex se ha dimensionado a la capacidad necesaria para transmitir los datos procedentes de dos tributarios más las cabeceras asociadas.
- Como se ha apuntado anteriormente, es necesario identificar explícitamente la procedencia de los datos, para posibilitar el demultiplexado. Se habla en este caso de direccionamiento explícito.

- La fracción de la capacidad del múltiplex que es efectivamente asignada a cada tributario no es un valor establecido a priori, sino que depende de la tasa relativa de llegada de datos al multiplexor. De este modo, la capacidad queda asignada dinámicamente en función de las necesidades de cada tributario.
- El dimensionado de la capacidad necesaria y de la memoria necesaria para el multiplexor es más complejo. En realidad, se trata de fijar un compromiso entre ambos recursos, capacidad y memoria. Cuánto menos capacidad preveamos para el múltiplex, mayor será la probabilidad de que los datos tributarios deban demorarse más de un intervalo de T segundos, por lo que habrá que disponer mayor cantidad de buffers para cada tributario. En el ejemplo de la figura, si durante el intervalo $3T$ a $4T$ hubiesen llegado los datos $D4$, habría sido necesario disponer al menos dos buffers para evitar la pérdida de datos del tributario D . En cierto modo, la técnica TDM síncrono corresponde al caso de dimensionado de máxima capacidad y mínima memoria.

La técnica TDM asíncrono tiene unas condiciones de funcionamiento no tan restrictivas como la técnica TDM síncrono. Efectivamente, en el primer caso los datos pueden llegar en paquetes de distinto tamaño, y, además, de una forma asíncrona. La razón de mostrar el funcionamiento de la técnica TDM asíncrono para el caso de paquetes del mismo tamaño y llegada síncrono ha sido la de permitir aprovechar el mismo ejemplo que para el estudio de la técnica TDM síncrono.

La técnica de conmutación de paquetes tiene unos principios básicos de funcionamiento idénticos a los de multiplexado TDM asíncrono. En la figura 1.4 se muestra el funcionamiento básico de un nodo de conmutación de paquetes, con independencia del protocolo empleado en la red.

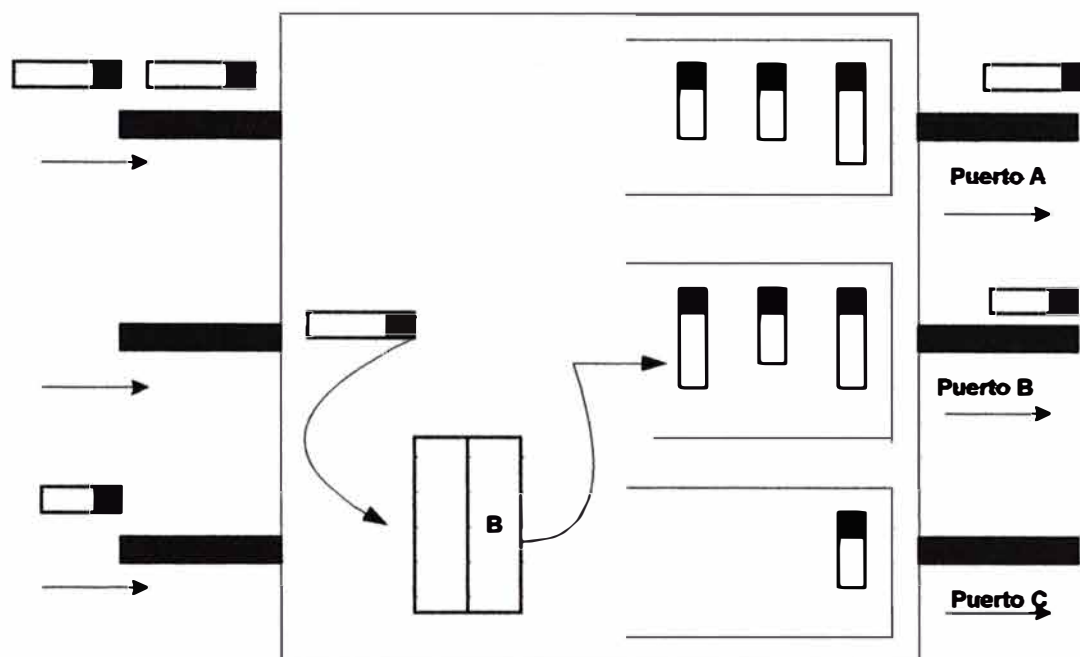


Figura 1.4 Ejemplo de funcionamiento de un Conmutador de paquetes.

El propósito de un nodo de conmutación de paquetes es trasladar los paquetes desde un múltiplex TDM asíncrono de entrada a otro múltiplex TDM asíncrono de salida. Dado que los paquetes no ocupan una posición preasignada en los múltiplex TDM asíncronos, no tiene sentido hablar de canales, como sí se hacía para la conmutación de circuitos. A medida que llega cada paquete al conmutador, a través de su correspondiente múltiplex de entrada, se examina su cabecera, con el fin de identificar su procedencia y/o su destino final. A partir de esta información, se consulta la tabla de encaminamiento del nodo, que deberá indicar cuál es el múltiplex de salida a través del cual debe ser transmitido el paquete. En la disposición que se muestra en la figura, con el objeto de prever las ocasiones en las que la capacidad del

multiplex no sea suficiente para transmitir sin demora los paquetes conmutados, se han dispuesto buffers en cada puerto de salida. Esta memoria cumple la misma función que los buffers dispuestos en cada uno de los tributarios del multiplexor TDM asíncrono.

Las mismas consideraciones hechas para la técnica TDM asíncrono son aplicables para la técnica de conmutación de paquetes. Además, podemos añadir las siguientes características:

El procesado necesario en la conmutación de paquetes no es lo suficientemente simple como para que, con el estado de la tecnología a mediados de los años ochenta, fuese factible su realización mediante hardware. Al contrario, tal conmutación solo podía ser realizada mediante software.

Sobre los datos que se conmutan en un nodo de conmutación de paquetes si se realiza control de errores. De hecho esta necesidad ya se planteó durante la normalización, por parte del CCITT en los años setenta, del acceso normalizado x.25 a redes públicas de datos, además, la ISO también incluyó esta funcionalidad cuando abordó la normalización del Modelo de Referencia OSI en los años ochenta. La presencia del control de errores, junto con otras funcionalidades relacionadas, en la capa de enlace de datos fue necesaria debido a las altas tasas de error de bit que presentaban los medios de transmisión utilizados en las redes de datos hasta la aparición y utilización de la fibra óptica a finales de los años ochenta.

1.3.3 Comparación de los Modos Síncrono y Paquete

Vistos pues los fundamentos del funcionamiento de los Modos de transferencia empleados a mediados de los años ochenta, se procederá a evaluar comparativamente cuál de los dos es el más apropiado para soportar la RDSI-BA.

En la tabla 1.6 siguiente se muestra una comparación de las siguientes características, para cada uno de los Modos de Transferencia:

	Modo síncrono	Modo Paquete
Retardo de transferencia	constante	Variable
Asignación de capacidad	Estática	Dinámica
Ganancia de Multiplexado	Ninguna	Alta
Implementación	Hardware	Software

Tabla 1.2 Comparación Modos Síncrono y paquete

- El retardo de transferencia, esto es, la suma del retardo experimentado por los datos al ser conmutado por los nodos de una red que funcionen según el modo síncrono o según el modo paquete (más, por supuesto, los retardos de propagación y de transmisión a través de los enlaces, que son, por definición constantes).
- La asignación de capacidad, es decir, cuál es el grado de apriorismo en la asignación de la capacidad de los enlaces a cada uno de los flujos que atraviesa la red, asignación que los nodos de la red llevan a cabo.
- La ganancia de multiplexado, esto es, el aprovechamiento de la capacidad potencialmente no empleada por unos flujos, por parte de otros.
- El tipo de implementación, esto es, si los nodos de conmutación pueden ser implementados en hardware o, por el contrario, han de ser implementados en software.

De la enumeración de características mostrada en la tabla 1.6, podemos extraer las siguientes dos conclusiones:

- El Modo Síncrono, en cuanto que garantiza un retardo de transferencia constante, es un buen candidato a soportar servicios de tiempo real. Ahora bien, al forzar una asignación estática de la capacidad a cada uno de los canales o flujos que atraviesan la red, no será un buen candidato a soportar la gran diversidad de requisitos de ancho de banda que se prevé para los servicios existentes y futuros de la RDSI-BA. Podemos, por tanto, afirmar que el Modo Síncrono es idóneo para servicios de tiempo real de tasa constante, tales como la telefonía (de hecho, éste es el servicio básico proporcionado por las redes basadas en el modo síncrono).
- El modo paquete, por su parte, si que asigna la capacidad de la red dinámicamente, con lo cual si satisfacerla de una forma adecuada la diversidad de requisitos de ancho de banda prevista en la RDSI-BA. Por el contrario, la variabilidad que introduce en el retardo de transferencia hace del Modo Paquete un mal candidato para el soporte de servicios de tiempo real. Podemos, por tanto, afirmar que el Modo paquete es idóneo para los servicios de datos, esto es, servicios con tasa de generación de bits pero son requisitos de tiempo real.

1.3.4 El Modo ATM

Dado que ni el modo síncrono ni el modo paquete se mostraron apropiados para soportar de una forma integrada los distintos servicios previstos y futuros de la

RDSI-BA, el CCITT se planteó la necesidad de definir un nuevo Modo de Transferencia para ello.[4]

Este modo de transferencia se definió en 1988 y recibió la denominación de Modo de Transferencia Asíncrono. El modo ATM surge como una fusión entre el modo STM y el modo PTM, buscando conservar la adecuación del primero para soportar servicios de tiempo real y la del segundo para servicios con tasa de bit variable y, al mismo tiempo, evitar los problemas de ambos. De hecho, durante los años ochenta, habían aparecido grupos de investigación que podríamos alinear en dos bandos:

Aquellos que buscaban reducir la variabilidad que introducían los nodos de conmutación de paquetes en el retardo de transferencia, con el fin de hacer el modo paquete más adecuado para el soporte de servicios con requisitos de tiempo real. La propuesta de J.S. Turner, denominada Fast Packet Switching, es representativa de esta línea.

- Aquellos otros que, en cambio, buscaban hacer más flexible la asignación de capacidad que llevaba a cabo el nodo síncrono, con el fin de hacerlo más atractivo para el soporte de servicios con tasa de bit variable. Dentro de esta línea, merece mención la propuesta de J.P. Coudreuse, denominada Asynchronous Time Division.

Como se ha dicho, en 1988 se normalizaron las características del modo ATM, que más abajo enunciaremos. Más adelante, en 1990 el CCITT publicó la primera tanda de recomendaciones que normalizaban los aspectos fundamentales de las redes basadas en el modo ATM, esto es, de la RDSI-BA. Estas recomendaciones fueron incluidas en la Serie I, donde estaban incluidas ya las relativas a la RDSI (-BE).

Básicamente, el modo ATM se caracteriza por los siguientes tres aspectos:

- Emplear la técnica de multiplexado TDM estadístico y la técnica de conmutación de paquetes, con dos salvedades: los paquetes tendrán un tamaño fijo e igual a 53 bytes y el modo de operación de los nodos de conmutación ATM será circuito virtual.
- Minimizar el procesado de los paquetes dentro de la red, para lo cual no se realizará control de errores en los nodos ATM.
- Realizarse mediante hardware, con el fin de conseguir una conmutación de paquetes rápida.

A continuación se describen los detalles de funcionamiento del modo circuito virtual y, posteriormente, se justifican las decisiones de normalización del tamaño del paquete en ATM.

1.3.5 El Modo Circuito Virtual [9]

La técnica de aplicación de paquetes puede implementarse según dos modos de operación, en función de la información de estado, relativa a los flujos que atraviesan la red, que quede registrada en los nodos de conmutación de paquetes. Estos modos de operación se denominan Modo Datagrama y Modo Circuito Virtual.

En el Modo Datagrama, cada paquete contiene en su cabecera información de direccionamiento completa, es decir, que contiene una etiqueta que identifica al destino del paquete sin necesidad de hacer referencia a información adicional. Además esta identificación es global, en cuanto que es una etiqueta única en la red. Los nodos de conmutación de paquetes operan según el Modo Datagrama, funcionan según se muestra en el diagrama de la Figura 1.5, que añade el detalle necesario al diagrama de la Figura 1.4.

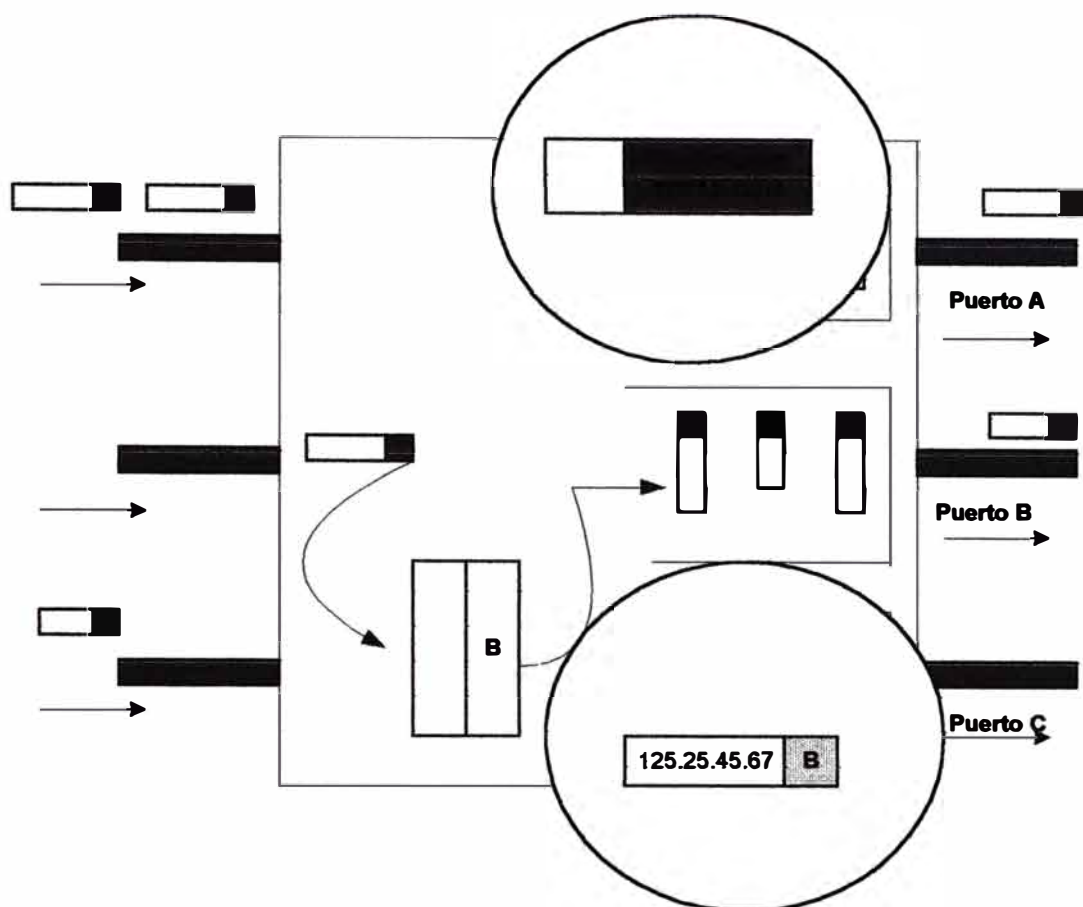


Figura 1.5 Conmutación de paquetes en modo datagrama

En la conmutación en modo datagrama, la búsqueda en la tabla de encaminamiento se realiza a partir de la dirección de destino que contiene el paquete a conmutar (en el ejemplo, la dirección IP es 125.25.45.67); la información que genera la tabla de encaminamiento es exclusivamente la del puerto de salida por el cual se debe transmitir el paquete a conmutar. Además, la dirección de la cabecera del paquete no se modifica, lo cual es coherente con la afirmación anterior de que contiene información de direccionamiento con significación global, esto es, que es información utilizable por parte de todos y cada uno de los nodos de conmutación que atravesará el paquete. Siendo éste el funcionamiento de un nodo de conmutación en modo datagrama, podemos afirmar que cada paquete es conmutado en función del contenido de la tabla de encaminamiento en ese momento. Para ilustrar esta

afirmación, en la figura 1.6 se muestra un subconjunto de los nodos de conmutación de una red que funciona en modo datagrama. En dicha figura, las estaciones 1,2 y 3 generan paquetes con destinos ubicados a la derecha del nodo del extremo derecho de la figura.

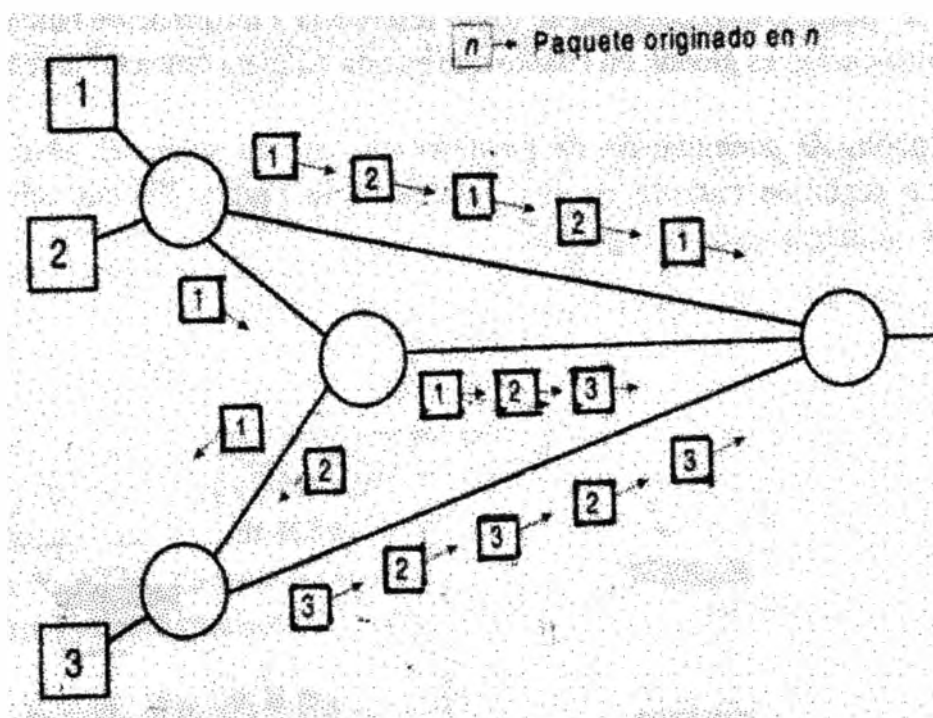


Figura 1.6 Encaminamiento en modo datagrama

Observamos que los paquetes originados en la estación 1, por ejemplo, pueden ser conmutados, en principio, hacia diferentes enlaces en cada nodo de conmutación, cuando tales enlaces sean, en el momento en que se lleva a cabo la conmutación, los más apropiados para alcanzar un determinado destino. Lo mismo es aplicable para los paquetes generados en las estaciones 2 y 3.

En el Modo Circuito Virtual, en cambio, cada paquete contiene, en su cabecera, información de direccionamiento resumida, esto es, información que por sí sola no identifica a un destino en la red, sino que es necesario hacer referencia a determinada

información complementaria. Esta información de direccionamiento se denomina Identificador de Circuito Virtual (Virtual Circuit Identifier, VCI). Además, se trata de una información con significado local, en cuanto que no es un valor único en la red.

Los nodos de conmutación de paquetes que operan según el Modo Circuito Virtual, funcionan según se muestra en el siguiente diagrama de la figura 1. 7.

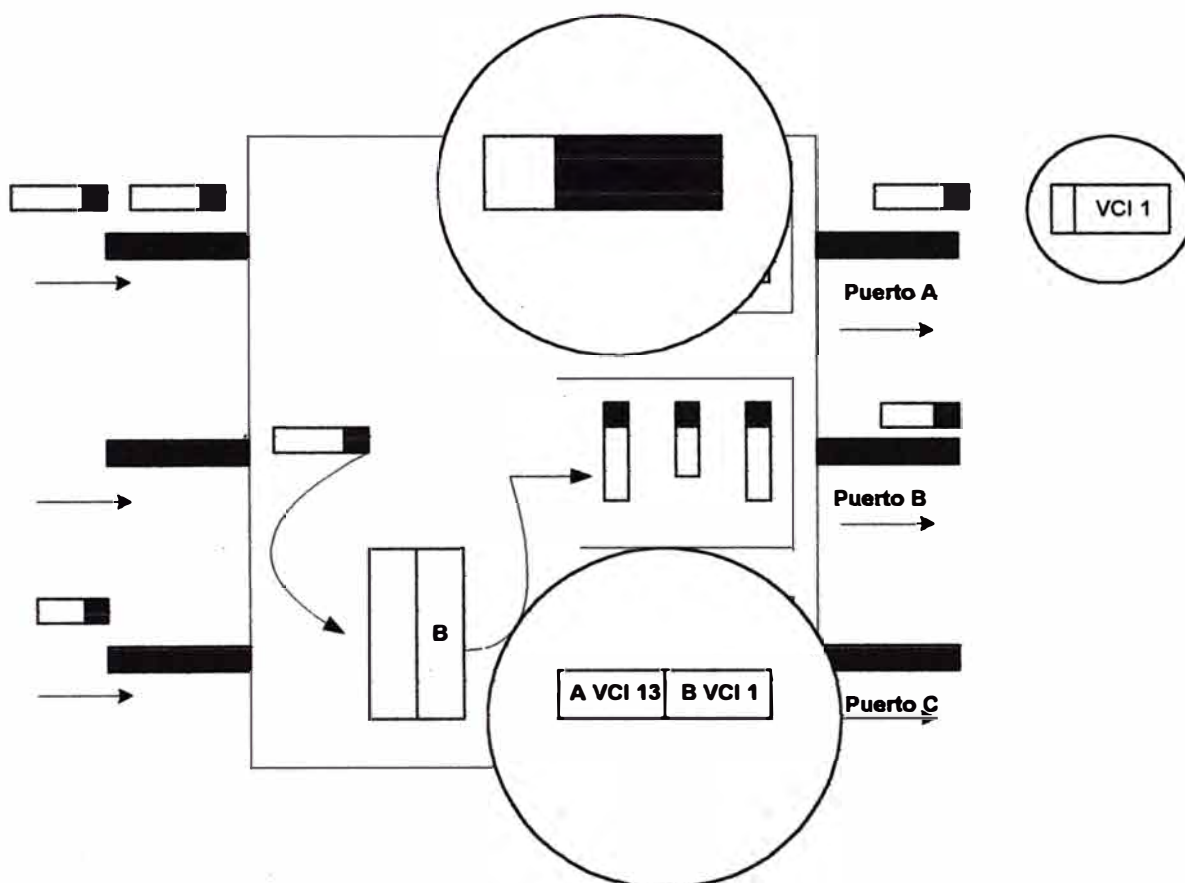


Figura 1.7 Conmutación de paquetes en modo circuito virtual

En la conmutación en modo circuito virtual, la búsqueda en la tabla de encaminamiento se realiza a partir del identificador del puerto por el que entró el paquete y del identificador VCI de la cabecera del paquete (VCI nº 13 en el ejemplo

de la figura 1.7); la información que genera la tabla de encaminamiento consiste en el puerto de salida por el que transmite el paquete a conmutar. Además, el identificador VCI se sustituye por el que indica la tabla de encaminamiento paquete (VCI nº 1 en el ejemplo de la figura). Ello es coherente con la afirmación anterior de que contiene información de direccionamiento con significación local. Efectivamente, el identificador VCI que contiene cada paquete en una red que opera según el modo circuito virtual informa al nodo de conmutación del destino final del paquete, pero sólo permite distinguir este flujo del resto de flujos de confluyen en un mismo puerto de entrada. Es por ello que la gestión de los identificadores VCI se realiza de forma separada en cada enlace.

Siendo éste el funcionamiento de un nodo de conmutación en modo circuito virtual, es necesario que el contenido de la tabla de encaminamiento no se modifique durante el tiempo en que fluyan paquetes entre un origen y un destino determinados. En otras palabras, si modificamos el puerto de salida correspondiente a un circuito virtual en un nodo, el circuito virtual se conmutará hacia un nodo distinto, el cual interpretará con toda probabilidad que pertenece a un circuito virtual diferente, pues un mismo identificador VCI no identifica al mismo flujo en distintos enlaces.

Así pues, todos los paquetes correspondientes a un mismo flujo, que denominamos circuito virtual, son conmutados idénticamente. Para ilustrar esta afirmación, en la figura 1.8 la misma disposición que en la figura 1.6, con dos estaciones más (la número 4 y la 5), pero donde el modo de operación es circuito virtual. En particular, desde cada estación hay establecido un circuito virtual.

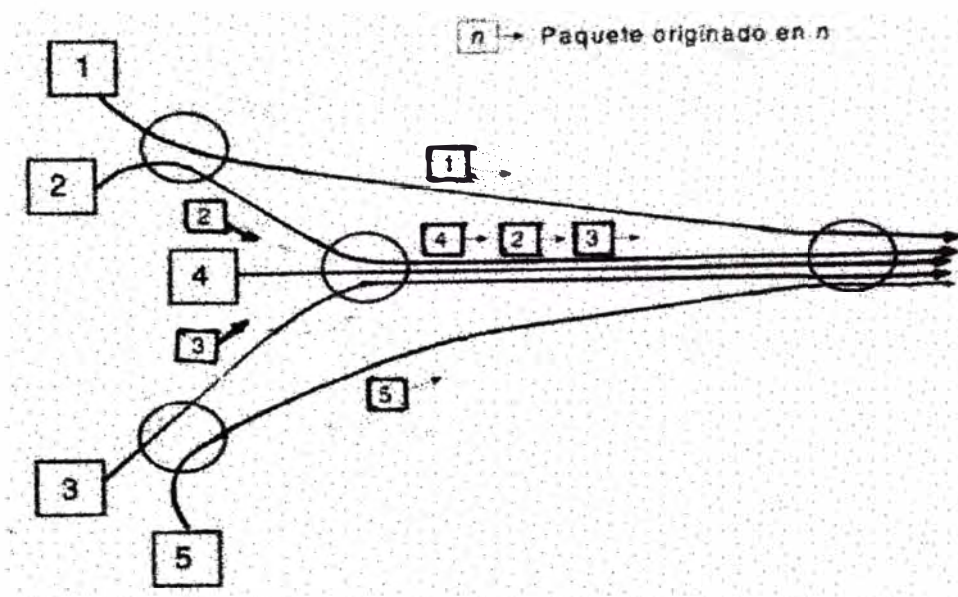


Figura 1.8 Encaminamiento en modo circuito virtual

Observamos que los paquetes asociados a cada circuito virtual sólo pueden atravesar una determinada secuencia de nodos y enlaces, a diferencia de lo que ocurría en el modo de operación datagrama.

1.4 La Celda ATM

Como se ha indicado anteriormente, el modo ATM, si bien emplea la técnica de conmutación de paquetes, prescribe que los paquetes tengan un tamaño fijo de 53 bytes. El paquete en el modo ATM recibió la denominación de célula ATM (ATM cell). Vamos a ver a continuación cuáles fueron las razones, primero, que llevaron a determinar que el tamaño de la celda fuese fijo y, segundo, que fuese un tamaño de 53 bytes. A la hora de optar entre tamaño fijo y tamaño variable para los paquetes, hay que tener en cuenta la siguientes consideracion:

- Desde el punto de vista de la eficiencia, el tamaño variable permite mayores valores, en cuanto que solo se añade una vez los datos de cabecera.

Finalizamos este apartado abordando el formato normalizado de la celda ATM. En la figura 1.9 se muestran los campos de cabecera y el campo de datos, donde los bytes se disponen de arriba abajo.[5]

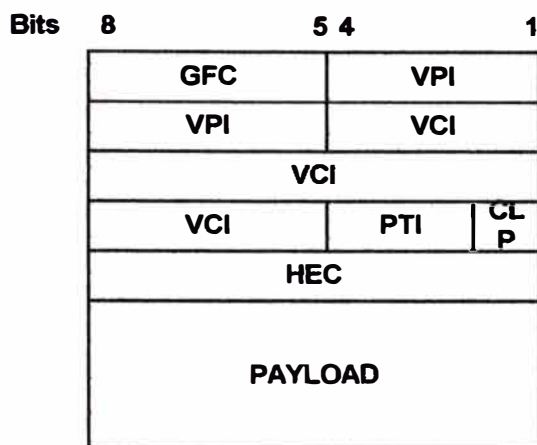


Figura 1.9 Formato de la trama de la celda ATM

Los campos de la cabecera que interesa destacar son los siguientes:

- El identificador de trayecto Virtual y el de Canal Virtual (Virtual Path/Channel Identifier, VPI / VCI). Conjuntamente sirven para identificar el circuito virtual correspondiente. Con el fin de permitir escalar la gestión de los recursos de la red y la conmutación de los circuitos virtuales, en ATM se decidió agrupar los circuitos virtuales, que pasaron a denominarse Canales Virtuales, en Trayectos Virtuales. De este modo, un conmutador ATM podría optar por conmutar a partir de identificador completo VPI / VCI, o bien a partir únicamente del identificador VPI.
- El identificador de Tipo de Carga (Payload Type Identifier, PTI). Sirve para diferenciar entre aquellas células que encapsulan información de capa

superior y aquellas otras que cumplen una función determinada en la capa ATM.

- El campo de Prioridad de Pérdida de Celda (Cell Loss Priority, CLP). Permite distinguir, para cada circuito virtual, que las células son más importantes a la hora de tener que descartarlas en un conmutador. El valores 0 corresponde a células prioritarias, esto es, para las que se desea que preferentemente no se descarten.
- El campo de Control de Errores en Cabecera (Header Error Control, HEC) sirve únicamente para proteger contra errores a los bits de la cabecera. Más concretamente, contienen los bits de redundancia que se generan tras aplicar codificación cíclica sistemática sobre los cuatro bytes de la cabecera. Permite corregir errores de 1 bit o detectar errores de varios bits. Nótese, sin embargo, que la presencia del campo HEC no implica la incorporación de control de errores en la red ATM. Efectivamente, en primer lugar, los bits del campo de datos no están protegidos; y en segundo lugar, cuando se detecta un error no corregible en una cabecera, la célula se descarta, sin intentar recuperarla mediante retransmisión. De hecho, la inclusión del campo HEC permite únicamente evitar males mayores ocasionados por una lectura errónea del campo VPI/VCI, que puede provocar una conmutación incorrecta.

1.5 Organismos De Normalización

Se ha dicho ya que el CCITT dio un impulso inicial en la definición y la normalización del modo ATM. Hablaremos a continuación de éste y de otro organismo de normalización, el ATM Forum.

El CCITT, cuyas siglas corresponden a Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía, ha venido protagonizando la normalización a nivel internacional de las telecomunicaciones en los últimos treinta o cuarenta años. El CCITT es un comité dependiente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UITT), que remonta sus orígenes a 1865. Evidentemente, en aquel año, lo único que podía normalizarse era la telegrafía. Es después de la Segunda Guerra Mundial, cuando a la UIT se le dota del estatus de agencia de la ONU, carácter que ha mantenido hasta la actualidad.

La composición del CCITT y su funcionamiento han sufrido un gran cambio a principios de los años 90, principalmente debido a la liberalización y a la globalización que el sector de las telecomunicaciones empezó a experimentar. Como consecuencia de ello, en 1993 la UIT se reorganizó y quedó estructurada en tres sectores:

- El UIT-T o Sector de la Normalización en las Telecomunicaciones de la UIT, que hereda la función del extinto CCITT y del que hablaremos más adelante.
- El UIT-R o Sector de Radiocomunicaciones de la UIT, que hereda la función del extinto CCIR y una de las cuyas principales atribuciones es la asignación del espacio radioeléctrico.
- El UIT-D, o Sector de Desarrollo de la UIT, encargado del desarrollo de las telecomunicaciones en los países en vías de desarrollo.

Del UIT-T forman parte miembros de las siguientes categorías:

- Las administraciones, es decir, los Estados. Por ejemplo, el Estado español está representado a través de su Dirección General de Telecomunicaciones.

- Los operadores, esto es, las compañías públicas o privadas que prestan servicios de telecomunicación. Por ejemplo, Telefónica, Retevisión, Airtel, etc. Antes de la reorganización de la UIT, cada Estado estaba representado a través de su único Operador de telecomunicación.
- Las Organizaciones Regionales, por ejemplo, el ETSI.
- Los proveedores, es decir los fabricantes de equipos de telecomunicación.
- Otros, como por ejemplo, propietarios de grandes redes corporativas, etc.

Las normas que genera el UIT-T se denominan Recomendaciones, pues no tienen carácter vinculante. Además, el UIT-T organiza su trabajo de normalización en forma de Comisiones de Estudio (study Groups, SG).

A principios de los años 90, cuando apareció la primera tanda de recomendaciones UIT-T sobre RDSI-BA, quedó patente el potencial que ofrecía las redes basadas en el modo ATM. Este estimuló enormemente el interés de los proveedores y de los usuarios corporativos por esta tecnología. Este interés, junto con el temor planteado por algunos de que la implantación de la tecnología ATM sufriese los avatares que sufrió la RDSI-BE, llevó a un grupo de proveedores a crear una organización privada con el fin de acelerar la introducción de las redes ATM en el mercado. Esta organización se creó en 1992 en EE.UU. bajo la denominación de ATM Forum.

El ATM forum estaba abierto a cualquier compañía, organización o individuo. Las normas que genera el ATM Forum se denominan Especificaciones Técnicas, que evidentemente no tienen ningún carácter vinculante, únicamente el que asumen los proveedores. El ATM Forum dio, efectivamente, un impulso vital al proceso de normalización de ATM; hasta tal punto ello es así que muchos opinan en 1999 que, sin la intervención del ATM Forum, la tecnología ATM habría perdido su ventana

de mercado, que se le abrió hacia 1994 y se le cerrará a principios de la próxima década.

Desde un principio se planteó el problema de las incompatibilidades entre las Recomendaciones UIT-T y las Especificaciones Técnicas ATM Forum. Tras unos primeros años de problemas a este respecto, desde mediados de los 90 las normas de ambos organismos están alineadas. No obstante, el enfoque que ha tomado una y otra organización en la normalización de la tecnología ATM es diferente. Mientras que el UIT-T históricamente ha considerado a las redes públicas su objeto de normalización, el ATM Forum nació con el objetivo de normalizar los equipos ATM que integrarían las redes corporativas ATM. Además el ATM Forum ha concentrado su esfuerzo en garantizar, a través de la publicación de sus especificaciones técnicas, la interoperabilidad de los equipos. Ello buscaba hacer posible que una corporación pudiese instalar una red corporativa ATM a partir de varios proveedores distintos: la interoperabilidad de los equipos vendría garantizada por la adhesión de los proveedores a las especificaciones técnicas del ATM Forum. En cambio, UIT-T busca en su labor de normalización conseguir el interfuncionamiento de las redes. Con ello, una red operada por un operador que ofrezca un servicio sobre una red ATM distinto, de modo que sea posible la comunicación extremo a extremo entre usuarios de las distintas redes, y ello gracias a la vinculación de las recomendaciones del UIT-T. Evidentemente, aun siendo los enfoques de sus actividades diferentes, existirá, y de hecho existe, un conjunto intersección amplio entre las normas generadas por el UIT-T y por el ATM Forum.

CAPÍTULO II

FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE LAS REDES ATM

Las redes basadas en el modo ATM son, redes de conmutación de células. Los conmutadores ATM son conmutadores de paquetes optimizados para operar a velocidades elevadas. A su vez, los conmutadores ATM aprovechan las elevadas velocidades de transmisión que proporcionan los diversos estándares físicos existentes, tales como SDH/SONET. Si bien la conmutación rápida que proporciona ATM es condición necesaria para soportar de una forma integrada diversos servicios, no es suficiente. Será necesario incorporar, en los terminales, funcionalidad específica dependiente del servicio específico que se pretende ofrecer en cada caso. Esta funcionalidad la proporcionan los protocolos de Adaptación de Capa ATM.[4]

2.1 Conmutación

Los nodos de conmutación empleados en las redes basadas en el modo ATM, en adelante conmutadores ATM, son nodos de conmutación de paquetes que operan en modo circuito virtual. En la figura 2.1 se muestra un ejemplo de funcionamiento de una red ATM sencilla de 4 terminales y dos conmutadores, sobre la que hay establecidas 4 circuitos virtuales.[4]

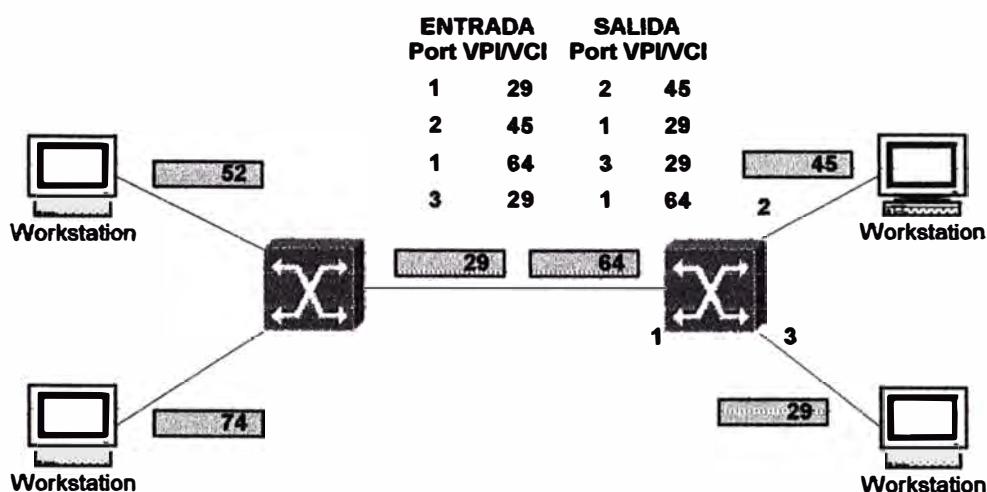


Figura 2.1Conmutación de celdas ATM

En el ejemplo se han empleado identificadores VPI/VCI no normalizados. Se muestra el contenido de la tabla de encaminamiento del conmutador ATM de la derecha. Obsérvese que la primera y segunda entrada, por un lado, y la tercera y la cuarta entrada, por otro, son simétricas. Ello se debe a que en ATM los circuitos virtuales que se establecen siempre son bidireccionales: de otro modo, el establecimiento de un circuito virtual ATM entre una estación de origen y una estación de destino lleva siempre parejo el establecimiento del circuito virtual asociado al sentido inverso. Además, ambos circuitos virtuales recorren la misma secuencia de conmutadores. Así pues, en la figura quedan establecidos dos circuitos virtuales bidireccionales, uno que termina/empieza en la estación superior derecha y otro que termina/empieza en la estación inferior derecha.[4][5]

2.2 Estructura de Los Conmutadores ATM

A la hora de realizar un conmutador ATM, no se pudieron trasladar las arquitecturas basada en software que se empleaban en los nodos de conmutación de

paquetes, debido a que, en ATM, se debía operar a velocidades muy superiores (155 Mbits/ por lo menos). Tampoco los conmutadores empleados para el Modo Síncrono fueron aplicables, debido a que los flujos de células debían multiplexarse estadísticamente, lo cual era imposible en los conmutadores de circuitos.

Todo lo anterior propició una labor intensa de investigación y desarrollo con el fin de diseñar y realizar de forma eficiente conmutadores ATM. Los elementos funcionales básicos que se pueden identificar en un conmutador ATM son:

- Una matriz de conmutación, que es la responsable de efectuar la conmutación espacial, esto es, la traslación de un puerto de entrada a un puerto de salida, así como la modificación del identificador VPI/VCI.
- Las colas, necesarias desde el momento que asumimos el funcionamiento del conmutador en régimen de multiplexado estadístico. Suelen ser colas con disciplina de servicio FIFO (First-In First-Out).

Existen, básicamente, dos alternativas de diseño a la hora de ubicar las colas en un conmutador ATM:

Colas a la entrada (input queueing), esto es, disponer las colas en cada uno de los puertos de entrada,

Colas a la salida (output queueing), es decir, disponer las colas en cada uno de los puertos de salida.[5]

En la figura 2.2 se muestra un diagrama de un conmutador con colas de salida.

A medida que las células llegan al conmutador a través de cada uno de los puertos de entrada, son conmutados por la matriz hacia el puerto de salida correspondiente, en cuyas colas quedan a la espera de ser transmitidas por el enlace de salida.

En los conmutadores con colas a la salida, la matriz de conmutación ha de ser lo

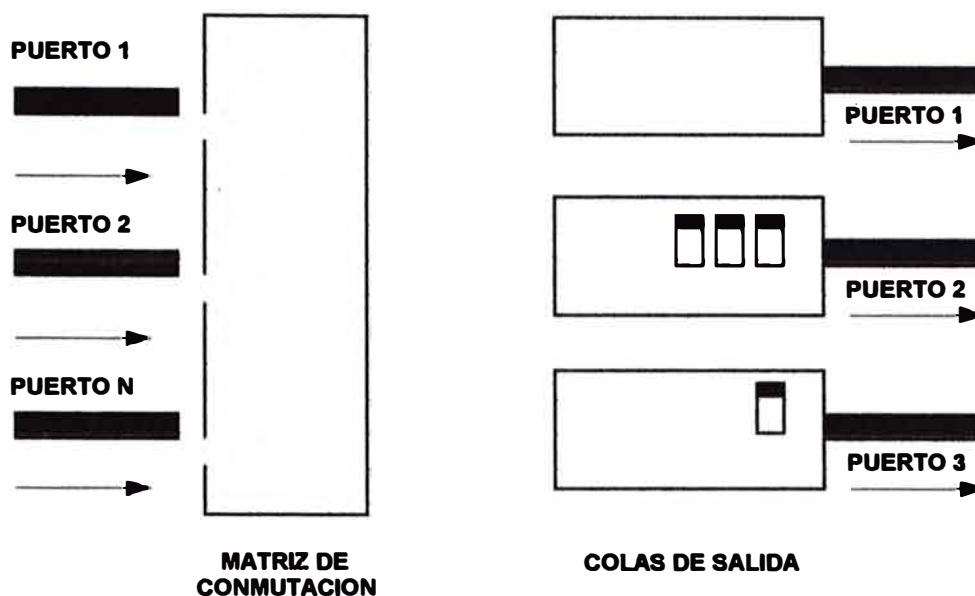


Figura 2.2 Conmutador de colas de salida

suficientemente rápida como para conmutar todas las células que llegan por los puertos de entrada. Observemos con más detalle este requisito. Si nos centramos en el caso sencillo de un conmutador con un solo puerto de entrada, el tiempo del que dispone la matriz para realizar la conmutación de una célula que ha llegado por el puerto de entrada es igual al tiempo que tarda en ser recibida la célula siguiente, que en el peor caso, es igual al tiempo de transmisión de una célula. En el caso general de N puertos de entrada, para lograr no perder ninguna célula, la matriz debería ser capaz de conmutar N células durante el tiempo de transmisión de una célula suponiendo que todos los enlaces de salida tienen la misma capacidad. Así pues, podemos concluir que en un conmutador con colas a la salida la velocidad de conmutación ha de ser igual a N veces la capacidad de un enlace de entrada.

Los conmutadores con colas a la entrada se muestran en la figura 2.3. A medida que

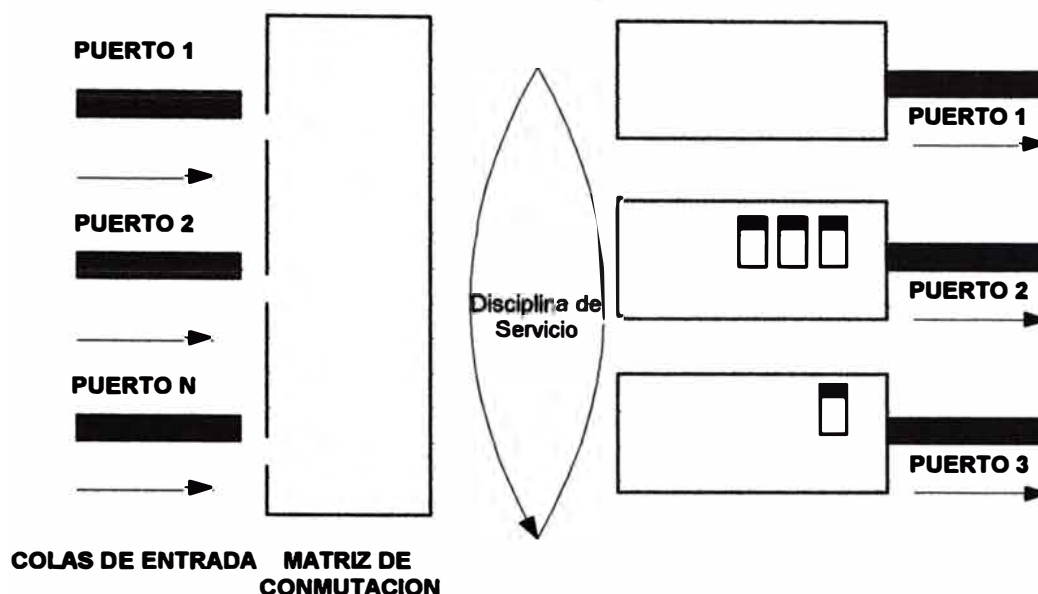


Figura 2.3 Conmutador con colas a al entrada

llegan las celdas a través de los puertos de entrada quedan almacenadas en las colas ubicadas en los mismos, a la espera de que la matriz las conmute. Por este mismo principio de funcionamiento, la matriz ya no debe conmutar a la máxima velocidad impuesta por los enlaces de entrada. Por otro lado, el criterio a seguir para decidir la velocidad de donde tomar la célula que conmutar debe ser tal que ninguna cola quede injustificadamente discriminada. Este criterio se denomina disciplina de servicio o algoritmo de planificación.

Los conmutadores con colas a la entrada, sin embargo, plantean un inconveniente. Consideremos el caso de que una célula presente en el puerto de entrada nº 1 del conmutador, con destino al puerto de salida nº 2 del conmutador, y otra en el puerto de entrada nº N también con destino al puerto de salida nº 2 del conmutador. Dado que en los puertos de salida no hay colas, durante el tiempo de transmisión de una célula sólo una de las dos células podrá ser conmutada hacia el puerto nº 2, independientemente de lo rápido que conmute la matriz. Supongamos que la célula del puerto nº 1 es la que se conmuta. La otra deberá quedar a la espera en la cola del

puerto n° N. Si en la misma cola existe una célula con destino a un puerto distinto del puerto n° 2, en el que no existe contención con otros puertos, esta célula no podrá ser conmutada dado que la matriz sólo considera las células situadas en la cabeza de la cola de cada puerto. Se produce, por tanto, un bloqueo denominado head-of-line blocking.[1]

Si consideramos de nuevo la disposición de colas a la salida, ésta no presenta bloqueo head-of-line dado que la contención por el uso de un enlace de salida se resuelve mediante la espera, no en las colas de entrada, sino en la cola del puerto de salida en cuestión.

En resumen, mientras que los conmutadores con colas a la entrada no necesitan conmutar a una velocidad igual al agregado de los enlaces de entrada, sí presentan bloqueo head-of-line.

2.3 Medios físicos en ATM

Las células ATM se generan en los terminales, son conmutadas por los conmutadores ATM y son recibidas por otros terminales. Tanto la generación como la conmutación son procesos asíncronos, en virtud del modo de transferencia que se aplica. Esta funcionalidad, dentro del Modelo de Referencia de Protocolos de la RDSI-BA, se incluye en la capa ATM.

El modo ATM no prescribe la utilización de ningún medio físico en particular. Asimismo, no presupone ningún interfaz físico para la transmisión de los bits de las celdas ATM. A partir de estas premisas, el ATM Forum decidió acometer como primer paso en su labor, la normalización del transporte de las células utilizando cualquiera de los interfaces físicos normalizados hasta el momento. Sirvan como mención de los mismos, los siguientes: E1, DS1, E3, DS3, (ver anexo A). La

normalización de la capa física en la RDSI-BA ha seguido la siguiente estructuración en subcapas:

Subcapa de convergencia de la Transmisión (Transmisión Convergente, TC), encargada de transformar el flujo de células que le entrega la capa ATM en un flujo continuo de bits que entrega a la siguiente subcapa.

Subcapa dependiente del Medio Físico (Physical Medium Dependent, PMD), que es la encargada de transmitir los bits que le entrega la subcapa TC a través del medio físico.

SONET/SDH es un conjunto de normas aplicables a un interfaz de transmisión óptica, ampliamente utilizado desde principios de los años 90 para la transmisión de voz digitalizada a altas velocidades binarias. Más concretamente, SONET (Synchronous Optical NETWORK) es una norma aprobada por el instituto de Normalización Nacional Americano (ANSI) a partir de la tecnología desarrollada por los laboratorios BellCore. El UIT-T adaptó SONET y las incorporó en recomendaciones de la serie G, constituyendo la Jerarquía Digital Síncrona (Synchronous Digital Hierarchy, SDH). Teniendo en cuenta el grado de madurez y de la implantación de la tecnología SONET/SDH, fue un acierto acometer desde el primer momento la normalización del transporte de células sobre SONET/SDH, que el ATM Forum denominó Interfaz Físico SONET STS-3 [1].

2.4 Adaptación del servicio ATM

Hasta este momento, se ha estudiado la funcionalidad de las capas ATM y Física de una RDSI-BA. Así pues, se ha conseguido determinar los procedimientos pertinentes para hacer llegar, como se ilustra en la figura 2.4, una agrupación de 48 bytes de datos que se generan en un terminal hasta otro terminal remoto. Ambos

terminales se encuentran conectados mediante un enlace físico a un conjunto de conmutadores ATM conectados entre ellos a su vez mediante enlaces físicos.[9]

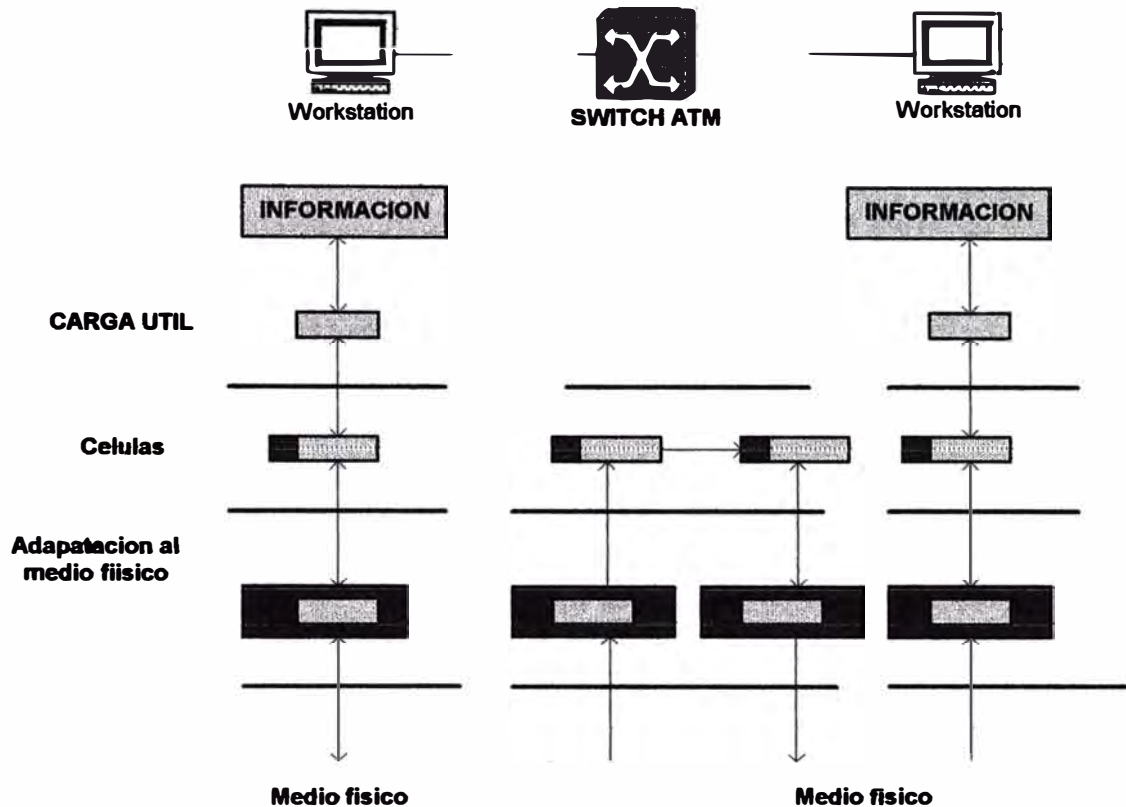


Figura 2.4 Servicio ATM

Obsérvese cómo los datos son encapsulados y desencapsulados en los estreñís de la red, esto es, en los terminales, mientras que las células son encapsuladas y desencapsuladas en los extremos de los enlaces, es decir, en cada terminal y conmutador por lo que discurre el circuito virtual.

El servicio que proporciona una red de estas características es un servicio de capa ATM, esto es, el servicio ATM. Se trata de un servicio que, por la potencialidad que ofrece el modo de transferencia sobre el que se soporta, puede ser empleado por aplicaciones de muy distintas características y de muy distintos requisitos de calidad de servicios. No obstante, podemos identificar las siguientes deficiencias[5]:

- No efectúa control de errores, es decir, no garantiza la integridad de los datos entregados en los puntos de acceso al servicio. Esto es indeseable, sobre todo, para las aplicaciones de datos.
- El tamaño de datos de usuario es de 48 bytes, que no es apropiado para ninguna aplicación específica; recuérdese que este valor se adoptó en virtud de un compromiso.
- Los circuitos virtuales están preestablecidos. De este modo, el servicio ATM ofrece conexiones semipermanentes.
- No incorpora mecanismos para garantizar retardos máximos ni variabilidades máximas de retardo. Esto es indeseable, sobre todo, para las aplicaciones de tiempo real.

Estas deficiencias convierten al servicio ATM en un servicio inapropiado para las aplicaciones destinatarias de la RDSI-BA. Para evitarlo y para suplir las deficiencias identificadas arriba, el UIT-T normalizó una nueva capa. Esta utilizaría el servicio ATM y lo adoptaría a las características y necesidades de las aplicaciones destinatarias de la RDSI-BA. Se denomina Capa de Adaptación a ATM (ATM Adaptation Layer, ALL) y su funcionalidad sólo estaría presente en los terminales. Ello debe ser así porque, en caso contrario, se estaría dotando a los conmutadores ATM de la funcionalidad de la que se les despojo en virtud de los principios de diseño del modo de transferencia asíncrono. En la figura 2.5 se ilustra la relación de la capa AAL con el resto.

A la hora de normalizar la capa AAL, el UIT-T se planteó la necesidad de alcanzar un compromiso entre normalizar un protocolo AAL para cada aplicación usuaria de

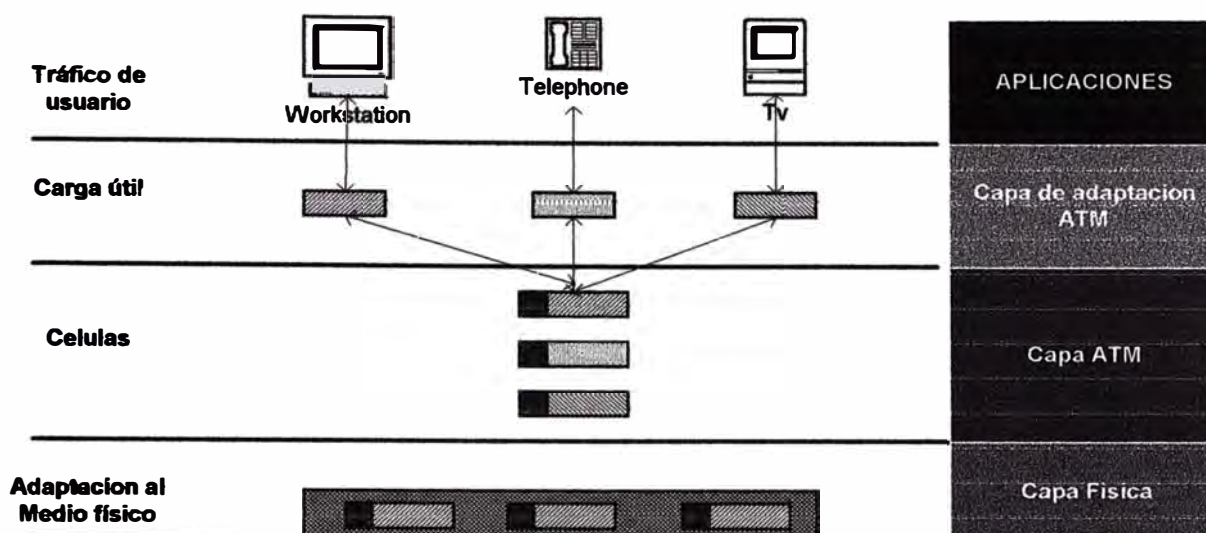


Figura 2.5 Capa AAL

la RDSI-BA existente o prevista y normalizar un único protocolo AAL para todas las aplicaciones usuarias de la RDSI-BA.

En la solución por la que se optó, fue necesario dividir la funcionalidad de la capa AAL en varias subcapas, como se ilustra en la figura 2.6.

Una de las funciones AAL necesarias en cualquier caso es la adaptación del tamaño de la unidad de datos de servicio al tamaño del campo de datos de la célula ATM. Esta función se asignó a la Subcapa de Segmentación y Reensamblado (Segmentation and Reassembly, SAR) que utiliza el servicio ATM.

- Algunas de las funciones específicas de algunos tipos de aplicaciones son el control de errores y la recuperación del sincronismo. Tales funciones se ubicaron en la Subcapa de Convergencia (Convergente Sublayer, CS) y, más concretamente, en la subcapa CS de Partes Comunes (Common Part CS, CPCS).
- Finalmente, aquellas funciones específicas de cada aplicación se ubicarían en la subcapa CS Específica del Servicio (Service-Specific CS,SSCS).

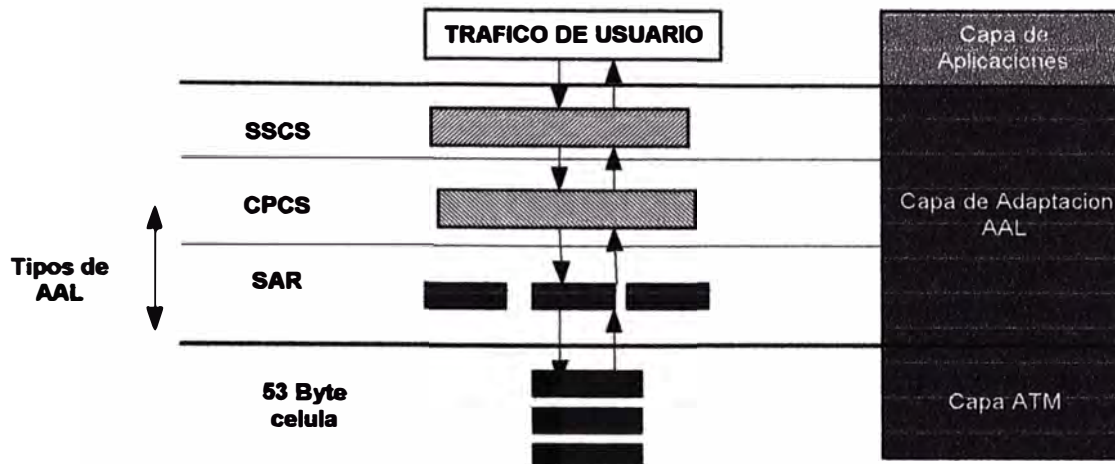


Figura 2.6 Estructura de la capa AAL

El UIT-T optó por normalizar únicamente combinaciones de subcapas SAR y CPCS, a las que denominó Tipos de AAL. En la actualidad, hay normalizados los siguientes protocolos AAL[9]:

- Protocolo AAL tipo 1, destinado al transporte de información generada a una tasa de bit constante y con requisitos temporales de calidad de servicio. Principalmente se emplea para transportar flujos multiplexados de voz MIC.
- Protocolo AAL tipo 2, destinado al transporte de información generada a una tasa de bit variable y con requisitos temporales de calidad de servicio. Se emplea para transportar voz de una forma más eficiente que con AAL1.
- Protocolo AAL tipo 3/4, destinado al transporte de datos, esto es, información generada a una tasa de bit variable sin requisitos temporales de calidad de servicio y en la modalidad de servicio sin conexión. En la actualidad no se emplea a causa del nulo impacto de las soluciones que se basaban en su utilización.

- Protocolo AAL tipo 5, destinado al transporte de datos, de forma análoga a AAL3/4 pero en la modalidad de servicio orientado a conexión. En la actualidad es el protocolo AAL de uso más extendido.

2.5 El protocolo AAL tipo 5

El protocolo AAL5, a diferencia del protocolo AAL3/4, incorpora la funcionalidad mínima necesaria para el transporte de datos a través de una red ATM, desplazando algunas funciones a las capas superiores, por ejemplo a la capa de transporte.

La subcapa CPCS en AAL5 acepta Unidades de Datos de hasta 65635 bytes y añade diferentes campos de cola. Los más importantes de ellos desempeñan las siguientes funciones(ver la figura 2.6)[9]:

- Añadir relleno al campo de datos de la Unidad de Datos Protocolo (Protocol Data Unit, PDU) de capa CPCS para conseguir un tamaño múltiplo entero de 48 bytes.
- Indicar la longitud de la PDU en un campo de 2 bytes de tamaño.
- Computar 4 bytes de bits de paridad CRC que permiten detectar errores sobre la PDU de capa CPCS.

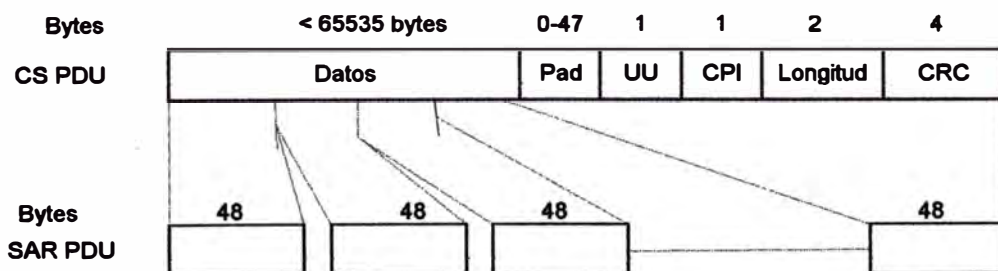


Figura 2.6 Formato de la PDU de AAL tipo 5

Por su parte, la subcapa SAR en AAL5 acepta la Unidad de Datos que le entrega la subcapa CPCS y efectúa el segmentado, en transmisión, y el reensamblado, en recepción. Para ello, sigue el procedimiento:

- Divide la Unidad de Datos CPCS en segmentos de 48 bytes, cada uno de los cuales se entrega, para su transmisión, a la capa ATM.A
- Para controlar el segmentado, se utiliza el bit menos significativo del campo PTI de la cabecera de la célula ATM. Aquellas células de datos, esto es, aquellas células ATM que encapsulan datos de capa superior, se identifican mediante el bit más significativo del campo PTI a 0. El bit menos significativo se denomina ATM Layer User-to-ATM Layer User (AUU). La subcapa SAR AAL5 pone el bit AUU a 1 en la célula que encapsula el último segmento generado por la entidad SAR. Para el primer segmento y los segmentos intermedios, el bit AUU se pone a 0.

Para garantizar el reensamblado exitoso de los segmentos SAR, se aprovechan los siguientes hechos[4]:

- Cada conexión AAL se soporta sobre una conexión ATM, esto es, sobre un circuito virtual. Por lo tanto, los segmentos procedentes de distintas PDUs de capa CPCS pueden distinguirse en recepción en virtud de su identificador VPI/VCI.
- Todos los segmentos de una PDU de capa CPCS se entregan a la capa ATMA antes de proceder a entregar los de la siguiente PDU de capa CPCS.
- La capa ATM reproduce en recepción el orden de entrega de los segmentos SAR en transmisión. Ello, junto con el hecho anterior, hace innecesario el empleo de números de secuencia para controlar el reensamblado.

- La pérdida de un segmento o la inserción errónea de un segmento se detecta en la subcapa CPCS, mediante los campos de longitud y de CRC.

Nótese que la subcapa CPCS proporciona protección contra errores a través del campo CRS que permite detectar errores en la transferencia. Ahora bien, hace uso de este campo exclusivamente para decidir si se entrega o no la PDU al usuario del servicio CPCS. En otras palabras, si se detectan errores en la comprobación de la longitud o de los bits de paridad que se efectúa en recepción, la PDU de capa CPCS se descarta, pero no se toma ninguna medida para pedir su retransmisión. En rigor, se puede afirmar que AAL5 no efectúa control de errores; esta función se deberá incluir en las capas superiores, si se desea proporcionar un servicio seguro a las aplicaciones de datos.

CAPÍTULO III

FUNCIONAMIENTO AVANZADO DE LAS REDES ATM

3.1 Introducción.

En los capítulos anteriores, se ha abordado el estudio de mecanismos necesarios para transportar de una manera integrada información de muy distinta índole a través de una red basada en el modo ATM. Para conseguir transformar una red ATM en una red de telecomunicación, tal como lo es la Red Telefónica Básica, las Redes Públicas de Datos o la RDSI-BE, es necesario extender la funcionalidad de la red con tres elementos:

Señalización, esto es, aquellos procedimientos que, en una red que ofrece un servicio orientado a la conexión, como lo es la red ATM, permiten el establecimiento automático de conexiones.

- **Direccionamiento**, esto es, un esquema de identificación que permita identificar el destinatario de una petición de establecimiento de conexión.
- **Encaminamiento**, es decir, aquellos procedimientos que determinan cuál es la secuencia de conmutadores ATM que atravesará el circuito o circuitos virtuales que darán soporte a la conexión que se desea establecer.

Es importante hacer notar en este momento que los tres elementos enumerados son procedimientos independientes del modo de transferencia sobre el que se basa la red. La operación concreta de la señalización, del direccionamiento y del

encaminamiento en una red de telecomunicación sí depende del modo de transferencia.[5]

3.2 Señalización

En el capítulo anterior se ha estudiado el transporte de información a través de circuitos virtuales ATM. Desde el punto de vista del usuario de la capa ATM, el servicio ATM se ofrece en forma de conexiones ATM, que se soportan sobre circuitos virtuales ATM, sean éstos canales o trayectos virtuales. En el contexto del presente capítulo se abandona el término circuito virtual y se empleará el término conexión virtual (Virtual Connection, VC).

El tipo de conexiones ATM que fueron objeto de estudio en el capítulo anterior se soportaban sobre circuitos virtuales preestablecidos. A estas conexiones se las conoce como Conexiones Virtuales Permanentes (Permanent VC, PVC). Las conexiones PVCs requieren la intervención del administrador de la red para su establecimiento, que se lleva a cabo mediante la intervención en cada uno de los nodos que conmutarán el circuito virtual que soporte la conexión.

Por el contrario, es muy deseable que la red ATM permita a las aplicaciones usuarias de la RDSI-BA que soliciten el establecimiento de conexiones ATM de forma dinámica, esto es, según requiera su funcionamiento en cada momento y sin la intervención del usuario humano ni del administrador de la red. A estas conexiones se les conoce como Conexiones Virtuales Conmutadas (Switched VC, SVC).

La señalización es el conjunto de procedimientos presentes en la red que permiten el establecimiento, seguimiento y liberación automáticos de conexiones conmutadas. Existe señalización, por ejemplo, en la Red Telefónica Básica y en la RDSI-BE, en donde permite el establecimiento, seguimiento y liberación

automáticos de conexiones que soportarán conversaciones telefónicas. Pues bien, es necesario normalizar la señalización también en la RDSI-BA para conseguir gestionar de forma automática conexiones SVC.

En la figura 3.1 se muestra sucintamente el procedimiento que habitualmente se sigue para el establecimiento de una conexión SVC en una red ATM. Este procedimiento se articula mediante el intercambio de Mensajes de Señalización. Al protocolo que gobierna este intercambio se le denomina Protocolo de Señalización.

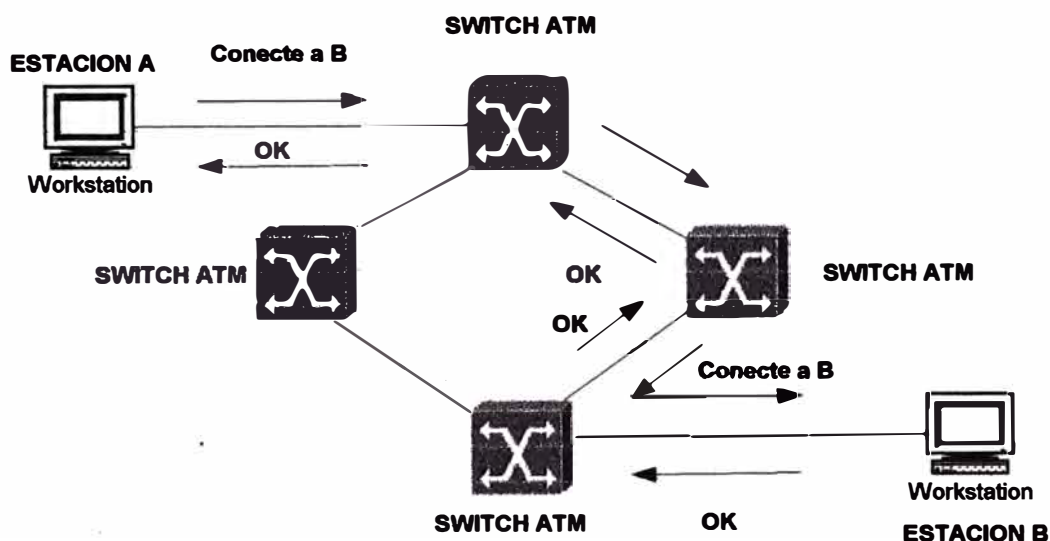


Figura 3.1 Establecimiento de una conexión ATM

En la figura 3.1, el terminal A desea establecer una conexión ATM con el terminal B a través de una red ATM consistente en cuatro conmutadores ATM. Los pasos a seguir son:

El terminal A envía un mensaje de petición de establecimiento de conexión. Este mensaje lo envía a la red; en realidad, este mensaje lo recibe el conmutador al cual se encuentra conectado el terminal, que denominaremos

conmutador de acceso. En este mensaje de petición, el terminal debe al menos especificar tres elementos:

- La dirección del terminal destino de la conexión que se pide establecer,
- El perfil del tráfico de células que va a fluir por esta conexión,
- La calidad de servicio que se requiera para la conexión.

- Cuando el conmutador de acceso recibe el mensaje de petición debe tomar dos decisiones:

- Si dispone de los recursos necesarios para garantizar a la conexión, en caso de que se establezca, la calidad de servicio que solicita para el perfil de tráfico que declara, este procedimiento se denomina Control de Admisión de Conexión (Connection Admisión Control, CAC);
- En caso de contestar afirmativamente a la pregunta anterior, cuál es el conmutador al cual pasarle el mensaje de petición; en otras palabras, cuál debe ser el conmutador siguiente en el circuito virtual que se está estableciendo; este procedimiento se denomina encaminamiento;
- En caso de contestar negativamente a la pregunta anterior, devolver un mensaje de rechazo de la petición al que le envió la petición

Cada conmutador que recibe el mensaje de petición, procede de idéntica forma que el conmutador de acceso.

- Eventualmente, cuando el mensaje lo recibe el terminal B, en caso de aceptar la petición, contestará afirmativamente a su conmutador de acceso.

- El mensaje de confirmación de la petición atravesará, en consecuencia inversa, los mismos conmutadores que procesaron la petición y provocará el establecimiento del circuito virtual, que consistirá básicamente en fijar la

programación prevista de la tabla de encaminamiento y en reservar los recursos necesarios.

La liberación de la conexión puede iniciarse tanto por el terminal origen como por el terminal destino. Nótese que el procedimiento descrito se limita al caso de una conexión punto a punto, esto es, aquellas conexiones con un terminal origen y un terminal destino y que permiten el flujo de células desde el terminal origen y desde el terminal destino.

Las redes ATM permiten, además el establecimiento de conexiones ATM punto a multipunto, esto es, aquellas conexiones con un terminal origen y varios terminales destino y que permiten el flujo de células únicamente desde el terminal origen hacia los terminales destino. Estas conexiones reciben el nombre de árboles multidestino. En este caso, el establecimiento por simplicidad está gobernado por el terminal origen, que recibe el nombre de raíz de árbol. Por cada terminal destino deseado, el terminal raíz envía un mensaje de petición de establecimiento- si se trata del primero de los terminales destino-o de adición-si se trata de los siguientes-a la red a cada uno de los terminales destino, que reciben el nombre de hojas de árbol.

Un terminal hoja puede decidir su desprendimiento del árbol, enviando el mensaje correspondiente a la red. El terminal raíz, por su parte, puede decidir el desprendimiento de uno de los terminales hoja o la liberación del árbol multidestino.[4]

3.3 ALL DE SEÑALIZACIÓN

El procedimiento descrito anteriormente es un procedimiento típico de una red que proporciona un servicio orientado a la conexión, como lo son la Red Telefónica Básica o la RDSI-BE. Es más, en la descripción anterior no aparece

ningún concepto intrínsecamente ligado al Modo de Transferencia Asíncrono. No obstante, para conseguir un funcionamiento correcto de la señalización cuyos principios básicos se han descrito en el apartado anterior, es necesario especificar un mecanismo para transportar los mensajes de señalización desde un terminal a su conmutador de acceso, desde un conmutador a otro y desde un conmutador de acceso a un terminal.

Para transportar los mensajes de señalización se ha especificado lo siguiente. En primer lugar, los mensajes de señalización deberán ser transportados mediante células ATM a través de conexiones virtuales. En principio, estas conexiones podrían ser conmutadas o permanentes. Inmediatamente se descarta la primera posibilidad, puesto que esta facilidad es posible gracias a los mensajes de señalización y no al revés. En cuanto a la segunda de las posibilidades, se ha establecido en el apartado anterior que cada conmutador decide dinámicamente cuál es el conmutador hacia el cual va a hacer progresar la petición de establecimiento. Es decir, no se dispone con antelación de la información relativa al camino que seguirá la conexión. Por tanto, no pueden emplearse tampoco conexiones permanentes.

La solución por la que se optó fue la de reservar un identificador VPI/VCI para estos propósitos; concretamente, el valor VPI=0/VCI=5. De este modo, cuando un conmutador ATM recibe células con VPI=0/VCI=5, decide no conmutarla sino interpretar la información de señalización que contengan.

Evidentemente, el tamaño de los mensajes de señalización no coincide con el tamaño de campo de datos de las células ATM. Además, el servicio ATM no puede ser empleado directamente para transportar los mensajes de señalización dado que

este transporte debe ser fiable. Es por ello que se normalizó un protocolo AAL para Señalización (Signaling AAL, SAAL). En la figura 3.2 se muestra los protocolos incluidos en el SAAL)[5].

Dado que los mensajes de señalización son datos, se optó por emplear el protocolo AAL5 para las subcapas SAR y CPCS de SAAL. Se conseguía con ello resolver el problema de la segmentación. Faltaba aún resolver el problema de la fiabilidad de los datos. Los protocolos de señalización, que gestionan los mensajes de señalización y cuyas entidades residen tanto en los terminales como en los conmutadores, esperan que los mensajes de señalización puedan ser intercambiados sin errores, duplicados ni pérdidas. Con este propósito, el UIT-T normalizó un protocolo denominado Protocolo Orientado a la señalización puedan ser intercambiados sin errores, duplicados ni pérdidas.

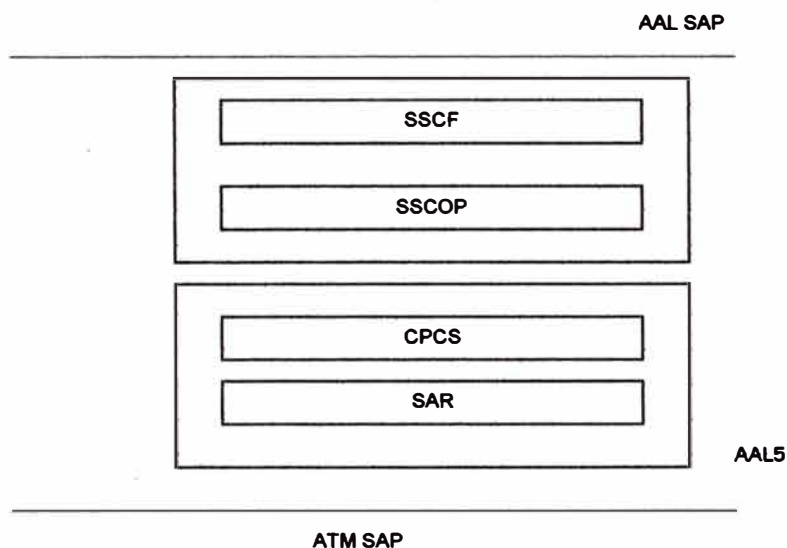


Figura 3.2 Estructura de la capa AAL de señalización

Con este propósito, el UIT-T normalizó un protocolo denominado Protocolo Orientado a la Conexión Específico de Servicio (Service-Specific Connection Oriented Protocol, SSCOP) y que ubicó en la subcapa SSCS del SAAL.

La función principal del protocolo SSCOP es el control de errores y de flujo. Para comprender las características de este protocolo, es conveniente establecer algunas analogías entre la RDSI-BE y la RDSI-BA. En la RDSI-BE, los mensajes de señalización, que se intercambian el terminal y la red, se transportan sobre el canal D, que cumple el mismo propósito que el canal virtual VPI=0/VCI=5 en la RDSI-BA. Sobre el canal D, el intercambio de datos se controla mediante un protocolo de enlace de datos, concretamente el protocolo LAP-D. En la RDSI-BA, por su parte, los mensajes de señalización también atraviesan un enlace que necesita ser controlado. Nótese que los mensajes de señalización se generan en el terminal y se reciben en el conmutador, al otro extremo del enlace, a diferencia de los datos de usuario, que se generan en el terminal y se reciben en el terminal remoto. Por esta razón, SSCOP adapta el protocolo LAP-D de la RDSI-BE. Finalmente, para adaptar el protocolo SSCOP al servicio AAL, el UIT-T normalizó la Función de Convergencia Específica de Servicio (Service-Specific Convergente Function, SSCF).

3.4 Protocolos de Señalización

Se ha definido en los apartados anteriores la función y los procedimientos básicos de los protocolos de señalización en la RDSI-BA. No se ha considerado oportuno, abordar el funcionamiento de los protocolos de señalización de la RDSI-BA. Si se tratará, no obstante, de aclarar qué protocolos de señalización se emplean en qué casos, de entre los normalizados por el UIT-T y por el ATM Forum.

Se ha mencionado que la tecnología ATM tiene unas características de escalabilidad que la hacen apropiada tanto para redes corporativas como para redes públicas. Además, el objeto de normalización del ATM Forum es las redes corporativas y el del UIT-T, las redes públicas.

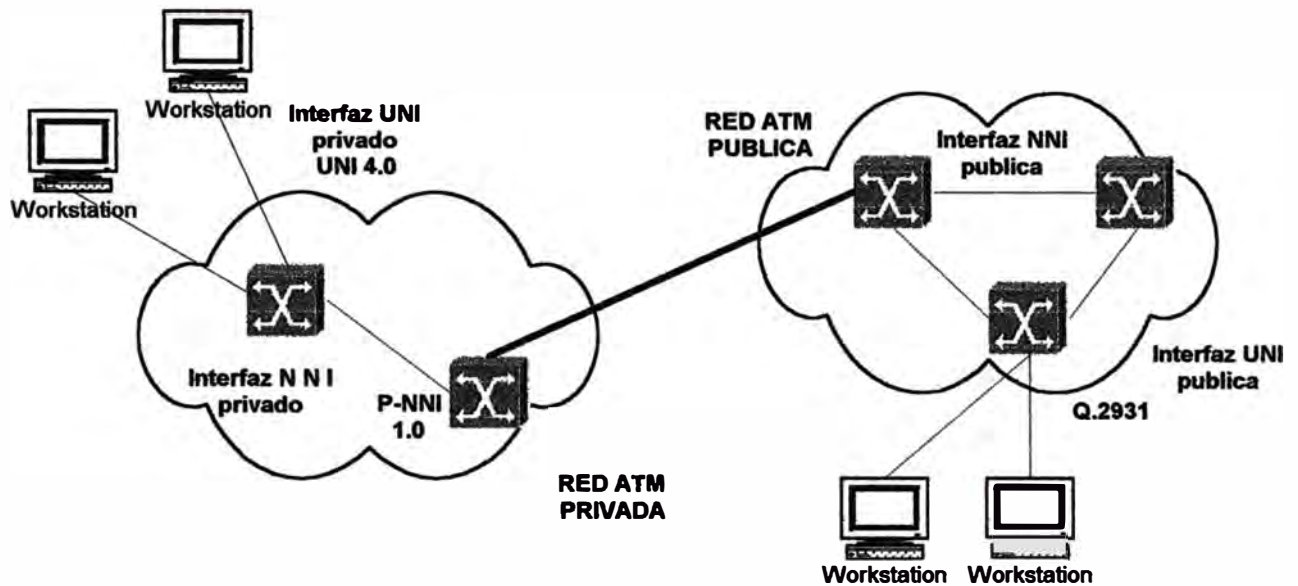


Figura 3.3 Protocolos de señalización en redes ATM

Así pues, un escenario típico de despliegue de redes ATM se muestra en la figura 3.3, en donde se muestra una red pública ATM (la RDSI-BA propiamente dicha), a la derecha, y un red corporativa, a la izquierda. Los protocolos de señalización se especifican en dos puntos:

- Entre un terminal y la red, esto es, entre un terminal y su conmutador de acceso; se habla entonces de Interfaz Usuario-Red (User-network Interface, UNI).
- Entre un conmutador y otro de la misma red; se habla entonces de Interfaz Nodo-Red (Network-node Interface, NNI).

La razón que ha conducido a distinguir entre señalización UNI y la señalización NNI es la inherente complejidad de la señalización NNI. Se ha visto en el primer

apartado que es fundamental tener conocimiento del estado de la red para hacer regresar la petición de establecimiento, para lo cual se emplea la señalización NNI; pero en este aspecto el terminal no participa, es decir, la señalización UNI no debe tenerlo en cuenta. [5]

La clasificación anterior puede aplicarse a una red pública y a una red privada, por lo cual se dan los cuatro casos siguientes: UNI privado, NNI privado, UNI público y NNI público.

La normalización de los protocolos de señalización en los interfaces UNI privado y NNI privado se ha llevado a cabo bajo la responsabilidad y los auspicios del ATM Forum:

- El protocolo de señalización normalizado para el UNI privado es el UNI 4.0 (aunque la versión anterior UNI 3.1 aún está en uso)
- El protocolo de señalización normalizado para el NNI privado es el P-NNI 1.0 (Private NNI versión 1.0)

En cambio, la normalización de los protocolos de señalización en los interfaces UNI público y NNI público la ha llevado a cabo el UIT-T.

- El protocolo de señalización normalizado para el UNI público es el Q.2931, también conocido como DSS2 (Digital Subscriber Signaling System nº 2). Se trata de un protocolo que ha evolucionado a partir del protocolo de señalización de la RDSI-BE, contenido en la recomendación Q.931, también conocido como DSSI.
- El protocolo de señalización normalizado para el NNI público es el B-ISUP (Broadband ISDN User Part). Se trata de un protocolo que ha evolucionado a partir del protocolo ISUP, normalizado para la RDSI-BE como extensión del Sistema de Señalización nº 7 (Signaling system nº 7, SS7).

Es evidentemente indeseable, desde el punto de vista de la interoperabilidad de los equipos, que los protocolos UNI 4.0 y Q.2931 sean incompatibles. Ello tendría el mismo efecto pernicioso que un teléfono que se pudiese utilizar conectado a una centralita privada pero en absoluto conectado a la red pública telefónica. El hecho es que el protocolo UNI 4.0 está “alineado” con la recomendación Q.2931, esto es, las capacidades especificadas en UNI 4.0 incluyen la normalización por Q.2931; además, UNI 4.0 extiende algunos aspectos considerados útiles en el escenario corporativo.[4]

3.5 Señalización y plano de control

Del estudio abordado de la señalización en la RDSI-BA, se ha constatado los siguientes puntos:

Los protocolos de señalización son conceptualmente independientes del modo de transferencia ATM de la RDSI-BA.

Las entidades de señalización RDSI-BA residen tanto en los terminales como en los conmutadores ATM.

Los mensajes de señalización emplean las mismas capacidades de la red ATM que cualquier otro tipo de información de usuario que se transporte a través suyo.

A partir de la constatación de estos hechos, adquiere sentido la normalización por parte del UIT-T del denominado Modelo de Referencia de Protocolo (Protocol Referente Model, PRM) de la RDSI-BA. Este modelo de referencia, como otros modelos de referencia, tal como el Modelo de Referencia OSI de ISO, tiene como objetivo dotar de un marco donde ubicar las funcionalidades necesarias para cumplir el objetivo fijado para el objeto del modelo, que en este caso es la RDSI-BA, en el caso de OSI eran las redes de datos.

Únicamente abordaremos aquellos aspectos del PRM que permitan un mejor entendimiento de la señalización en la RDSI-BA. El PRM de la RDSI-BA contempla tres capas de protocolo:

La capa física

La capa ATM

La capa AAL

Cuyo estudio ya se abordó en el capítulo anterior, Por otro lado, el PRM de la RDSI-BA especifica, en la línea adoptada ya durante la normalización de la RDSI-BE, la existencia de dos planos:

El plano U o Plano de Usuario, en el que se incluyen todas aquellas capas responsables del transporte, generación y recepción de información de usuario, es decir, de información originada en un usuario/terminal RDSI-BA y destinada a otro usuario/terminal RDSI-BA.

El plano C o Plano de Control, en el que se incluyen todas aquellas capas responsables del transporte, generación y recepción de señalización de red, es decir, de mensajes de señalización originada y/o destinada a los nodos de la RDSI/BA.

Además, prevé un tercer Plano M o de Gestión y una función de Gestión de Planos.

Considerando todo esto , podemos afirmar que:

Las entidades SAAL y las entidades Q.2931 pertenecen al Plano C y están presentes en los terminales y en los conmutadores.

Las entidades de aquellos protocolos AAL escogidos para soportar las aplicaciones de usuario pertenecen al Plano U y están presentes únicamente en los terminales.

Las entidades ATM y de capa física pertenecen tanto al Plano U como al Plano C y están presentes en los terminales y en los conmutadores.

3.6 Encaminamiento

El encaminamiento en las redes ATM engloba aquellos procedimientos que determinan cuál es la secuencia de conmutadores ATM que atravesará el circuito o circuitos virtuales que darán soporte a la conexión que se desea establecer.

La secuencia de conmutadores que atravesará un circuito virtual se determina durante el establecimiento de la conexión ATM y se plasma en la información contenida en la tabla de encaminamiento, que se emplea durante la conmutación de las células de la conexión. El encaminamiento, por tanto, es responsable de la determinación de la tabla de encaminamiento durante el establecimiento de la conexión.

El encaminamiento como función se plasma en la operación de los protocolos de encaminamiento. Las entidades de los protocolos de encaminamiento están obligadas en los nodos de la red, esto es, en los conmutadores ATM. Estas entidades tratan de obtener, mediante el intercambio de la información pertinente, el conocimiento suficiente para poder establecer el circuito virtual que se precise en el establecimiento de una conexión.

El funcionamiento de los protocolos de encaminamiento en las redes ATM es similar al de los protocolos de encaminamiento en la Internet.:

Los protocolos de encaminamiento buscan determinar los caminos óptimos entre una estación de origen y una estación de destino.

Las entidades intercambian información cuantitativa sobre caminos, nodos y/o enlaces y aplicando los algoritmos apropiados determinan los caminos óptimos.

Ahora bien, existen diferencias en cuanto al empleo de la información de encaminamiento:

En la Internet, la información de encaminamiento se emplea en la conmutación de cada uno de los datagramas que atraviesa un nodo.

En una red ATM, la información de encaminamiento se emplea únicamente en el establecimiento de la conexión, de modo que cualquier novedad reportada posteriormente por los protocolos de encaminamiento no es tomada en cuenta para la conmutación de las células pertenecientes a una conexión ya establecida.

El ATM Forum ha invertido gran esfuerzo en la normalización de los protocolos de encaminamiento. Téngase en cuenta que se trata de un aspecto fundamental para un funcionamiento perfecto de una red corporativa. El protocolo de encaminamiento especificado por el ATM Forum está contenido en la especificación P-NNI 1.0, que también contiene los aspectos de señalización nodo-red.

El protocolo P-NNI 1.0 es una evolución del protocolo OSPF (Open, Shortest-Path First), que es uno de los protocolos de encaminamiento más extendidos en la Internet. P-NNI 1.0 es del tipo link-state, esto es, que determina el camino óptimo a partir de la información topológica y métrica de toda la red. Además, para conseguir escalabilidad, emplea un modo jerárquico de la red, es decir, resume recursivamente la topología y la métrica de la red en forma de nodos lógicos.[5]

3.7 Direccionamiento

Se ha afirmado en el apartado en el que se abordó el estudio de la señalización que en el proceso de establecimiento de una conexión ATM es esencial que los conmutadores ATM conozcan el destino de la conexión que se pretende establecer. Este conocimiento viene proporcionado por la dirección ATM. Una dirección ATM debe ser:

Global, esto es, debe permitir identificar a uno de entre todos los terminales de la red;

Unívoco, es decir, dos terminales de la red nunca pueden tener el mismo identificador.

De este planteamiento, se deduce que el identificador VPI/VCI no puede ser empleado como dirección ATM. El ATM Forum especificó ya desde un primer momento los formatos admisibles para las direcciones ATM en una red ATM privada.

El direccionamiento vuelva a ser, al igual que la señalización y el encaminamiento, un componente independiente del modo de transferencia ATM. Es por ello que en su normalización, el ATM Forum optó por incluir antes de excluir aquellos formatos de direcciones más empleados en las redes de datos. De este modo, los formatos de dirección ATM especificados por el ATM Forum en la especificación UNI 3.1 fueron:

DDC (Data Country Code) Format.

ICD (International Code Designator) Format

E.164 Format.

Todos estos formatos están basados en la sintaxis normalizada para las direcciones de red efectuada por ISO para OSI en la norma ISO 8348 y por el CCITT en la recomendación X.213. Estas direcciones son conocidas con el nombre de direcciones NSAP (Network Service Access Point).

Las direcciones ATM, independientemente del formato al que se atengan, se caracterizan por tener un tamaño de 20 bytes y por estar divididas en dos partes:

Una parte de red, de 13 bytes de tamaño, que identifica el conmutador al cual se encuentra conectado el terminal y que se estructura de una forma jerárquica para permitir localizarlo dentro de la red; y

Una parte de terminal, de 7 bytes de tamaño, cuyo 6 bytes (denominados ESI, End System Identifier) más significativos permiten distinguir un terminal del resto de terminales conectados al mismo conmutador, y cuyo byte menos significativo (denominado SEL, Selector) permite identificar un punto final de conexión dentro del terminal.

El identificador ESI se trata de una dirección de 48 bits asignada por el comité IEEE 802. El ATM Forum ha normalizado un mecanismo de registro de direcciones que permite a un terminal obtener la parte de red de su dirección ATM. Esta parte de red le es proporcionada, durante el proceso de inicialización del terminal, por parte del conmutador al que se conecta. Este mecanismo de registro de direcciones está incluido en la especificación ILMI (Interim Local Management Interface). De esta forma, se consigue evitar la necesidad de configurar manualmente la dirección ATM en el terminal. [9]

CAPÍTULO IV

REDES ATM: ORIGEN E INTERCONEXIÓN

Una simple red ATM esta compuesta de un Switch ATM y algunos usuarios ATM. (Ej. Workstation).

Esto es mostrado en la siguiente figura 4.1:

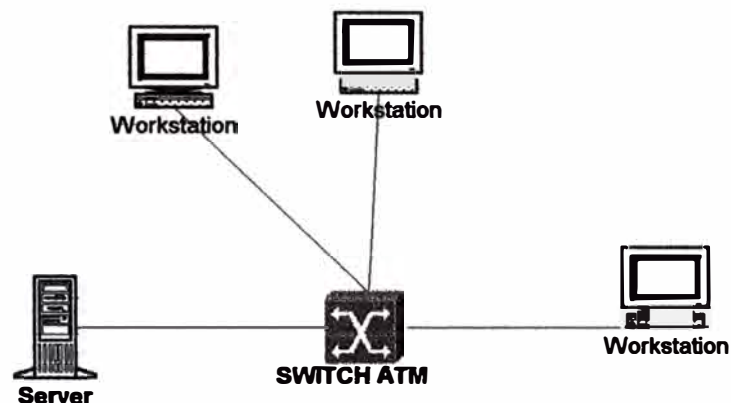


Figura 4.1 Red típica ATM

Esta simple red mostrada en la figura 4.1 puede ser llamada Red nativa ATM, se le llama nativa en el sentido que todas las conexiones de red son únicamente ATM y que no se requiere interconexión de la red ATM con otras tecnologías. Este tipo de red puede ofrecer enlaces dedicados ATM a velocidades tales como 155Mbps. Sin embargo, la implementación de tal red algunas veces involucra un costo significativo como las Tarjetas de red ATM y los switches ATM cuyos precios son mas elevados que su contraparte : la Red Lan. Por lo tanto cuando se requiere que las estaciones

finales tengan que acceder a una red ATM, una solución económica usualmente será anhelada [10].

Una solución completa y económica será dada cuando los equipos ATM se interconectan con tecnologías de redes ya existentes. Esto se muestra en la siguiente figura.4.2

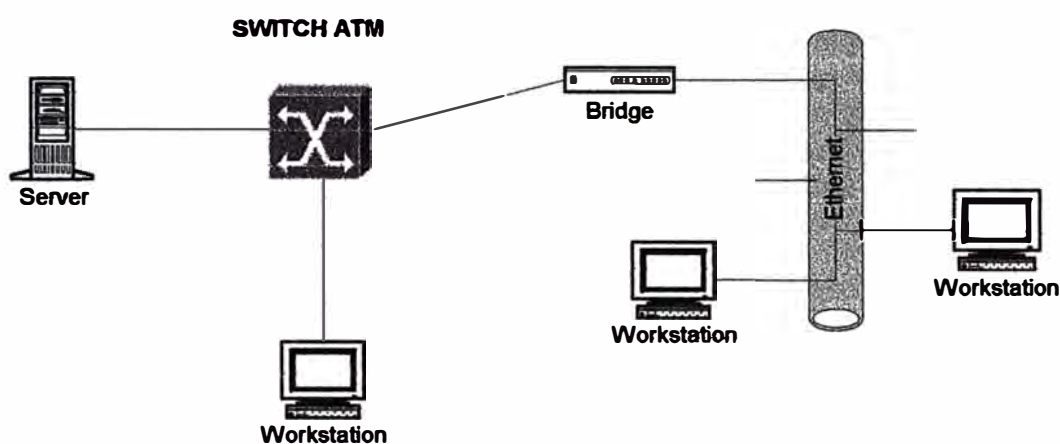


Fig. 4.2 Equipos ATM interconectados con Red existente.

En esta red las estaciones que requieren gran ancho de banda para poder acceder a la red ATM son las que tienen conectados los enlaces ATM. Un típico ejemplo de tal estación es el Servidor de archivos (File Server) donde está concentrado el mayor tráfico de la red. Las otras estaciones que restan se conectan vía ethernet y así conservan sus tarjetas de red originales[2].

Existen algunos problemas los cuales deben ser resueltos por tal esquema de trabajo:

- Las direcciones MAC deberán ser trasladadas de una parte a otra dentro de direcciones ATM

En una red Lan se confía en la habilidad que tienen las estaciones para recibir broadcast y mensajes multicast.

- Las conexiones con otras estaciones no están siempre presentes y deberán ser creadas.

La introducción de una nueva tecnología tal como ATM requiere de un costo significativo, a menos que esta sea ejecutada solo en una etapa de prueba. Existen dos aspectos para una migración económica: el costo del Hardware (Nuevas interfase de tarjetas, equipos, cableado, equipos de testeo); y costo de software (cambio ó reescritura de aplicaciones existentes, herramientas adicionales de administración)

La Emulación de una Red Lan (Lan Emulation) fue diseñada para facilitar la ayuda a la migración, este protocolo corre sobre equipos ATM y tiene dos ventajas fundamentales:

- La habilidad de correr todas las aplicaciones existentes sobre ATM sin cambios. Por lo tanto el beneficio inmediato de los usuarios al no tener que reinvertir en nuevas aplicaciones.
- La habilidad de interconectar los equipos ATM con la redes LANs existentes y para poder enlazar lógicamente LANs separadas vía un backbone ATM. La ventaja es que solo los equipos ATM pueden ser instalados donde estos sean necesarios[10].

4.1 Modelo LANE (EMULACION LAN) de interconexión

Una red Lan Emulada (Elan) es una red ATM que incorpora un protocolo denominado LANE que es responsable de ofrecer a las estaciones conectadas a al red Lan Emulada (ELAN) un servicio de las mismas características que una red Lan IEEE 802.3/5.(Red Ethernet ó Token Ring)

Este concepto se ilustra en la figura 4.3. En una red Lan tradicional por ejemplo una red Ethernet/802.3, las estaciones:

Se encuentra conectadas a un bus compartido

Tienen asignadas unas direcciones únicas de 48 bits, y

Emplean el mecanismo CSMA/CD de acceso al medio compartido.

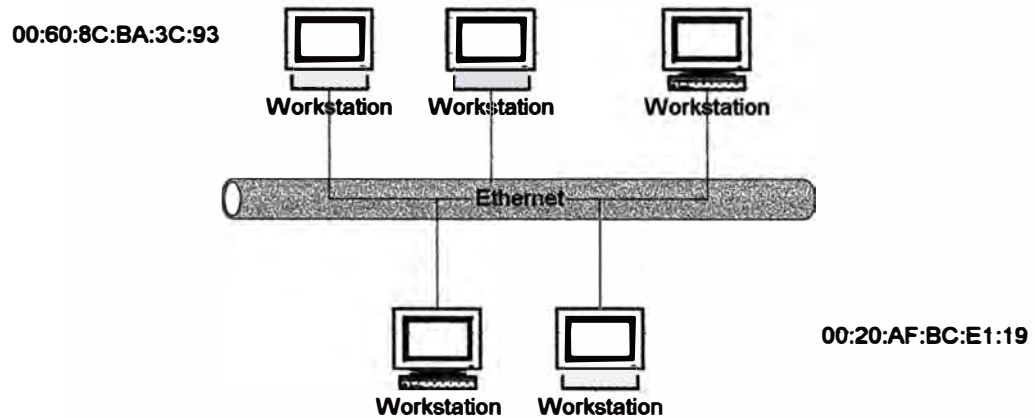


Figura 4.3 Red Lan ethernet

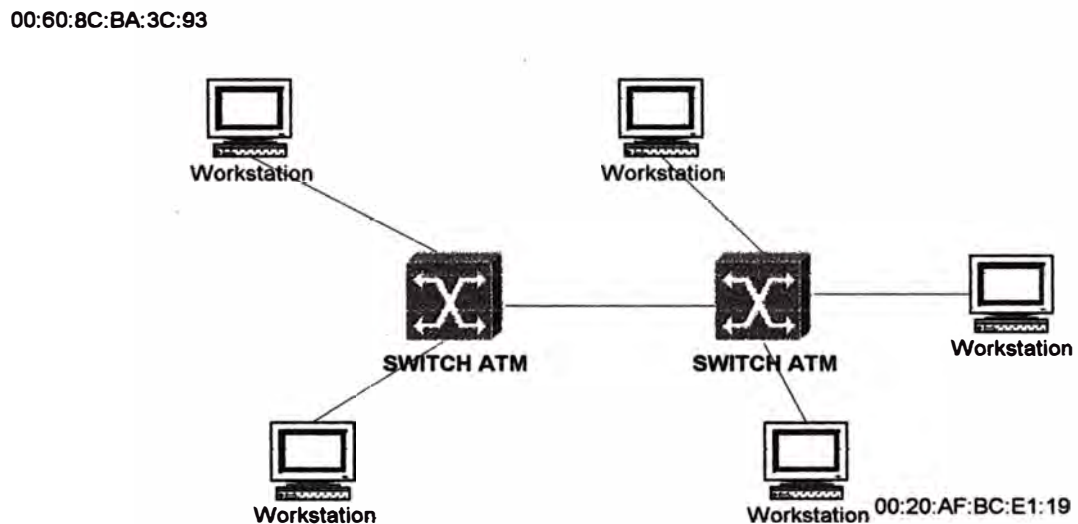


Figura 4.4 Red Lan Emulada

Una red ELAN (figura 4.4) consiste en el mismo conjunto de estaciones:

- Ahora conectadas a una red de conmutadores(Switch) ATM,

- Que tienen asignadas direcciones ATM de 20 bytes y
- Que emplean los mecanismos de transporte y de señalización específicos de ATM para transmitir datos.

Sin embargo, al igual que las estaciones de Lan tradicional:

- Tienen también asignadas direcciones únicas de 48 bits y
- Además, a las aplicaciones residentes en las estaciones de la ELAN se les ofrece un servicio de red de las mismas características que en la red Lan tradicional.

El servicio que a nivel MAC, ofrece una red Lan tradicional Ethernet/802.3 se caracteriza por:

- Ser un servicio orientado a la conexión;
- Permitir la entrega uní destino (unicast) y multidespino (multicast) de datos;
- Identificar los destinos mediante direcciones IEEE 802 de 48 bits.

Por otro lado, el servicio que, a nivel AAL ofrece una red ATM con protocolo de adaptación AAL 5, se caracteriza por:

- Ser un servicio orientado a la conexión;
- Permitir únicamente la entrega uní destino de datos;
- Identificar a los destinos mediante direcciones ATM de 20 bytes.

Por tanto el protocolo LANE cuya función es emular el servicio MAC Ethernet /802.3 a partir del servicio AAL 5 de una red ATM, deberá adaptar las características del segundo para ofrecer a los protocolos de capa superior un servicio de las características del primero[10].

Lan Emulation ha sido definido por el grupo de trabajo del FORUM ATM.

En pocas palabras, Lan Emulation traduce entre direcciones Lan MAC y direcciones ATM.

Este diseño esta basado en algunos de los siguientes objetivos:

- Basados en las especificaciones del ATM FORUM UNI 3.0
- Permite alta performance y escalabilidad en backbone de la red
- Provee baja latencia
- Trabaja en ambientes de conexiones: Circuitos Virtuales Permanentes (PVC) y Cicuitos Virtuales Switched (SVC).

Lan Emulation puede emular lo siguiente:

- La funcionalidad de un segmento Ethernet 802.3
- La funcionalidad de un segmento token ring 802.5

La mejor ventaja de una emulación Lan es también su mayor desventaja: Esta esconde la capa ATM de la capa de Aplicación. Esto significa que las aplicaciones que corren sobre Lan Emulation no pueden usar el beneficio adicional de la redes ATM: Soporte de múltiples de data, una determinada calidad de servicio, administración de la congestión y la prioridad etc.

Adicionalmente Lan Emulation no servirá como:

- Un puente entre tecnologías diferentes como Ethernet y Token ring.
- Solución al problema de administración y monitoreo asociado con el movimiento a una red, particularmente esas estaciones no pueden largamente recibir todos los frames de la red.
- Soporte a los protocolos de la capa MAC como tampoco a la Administración del token.
- Emulacion de colisiones, token y otros productos asociados con la existencia de redes Ethernet y Token Ring. [4]

4.2 Componentes de una red Lan Emulada(Elan)

Existen algunos componentes en la operación del protocolo Lan Emulation: El Cliente de emulación de una Red Lan (LAN EMULATION CLIENTE: LEC), El Servidor de Emulación de una Red Lan (LAN EMULATION SERVER: LES); El Servidor de configuración de Emulación de Red Lan (LAN EMULACION CONFIGURATION SERVER: LECS), y el Servidor desconocido y de Broadcast (Broadcast and Unknown Server: BUS).Cada uno de los cuales lo describiremos a continuación.[9]

4.2.1 Lan emulation cliente (LEC)

El LEC es el usuario que requiere los servicios de una Lan EMULATION. Típicamente esta es una Workstation que corre en la aplicación ó un bridge ATM el cual conecta la Red TAM con la Red Lan ya existente. Puede existir muchos LEC en una solo Lan Emulada.

4.2.2. Lan emulation Server (LES)

El LES implementa el registro de direcciones (Permitiendo a la estaciones registrar sus direcciones MAC y ATM) y provee la resolución de direcciones (Protocolo de Resolución de Direcciones: ARP) requerido para convertir direcciones MAC en direcciones ATM.

Cada Lan Emulada puede tener solo un LES, sin embargo una Lan FISICA puede servir para varias Lan Emuladas cada una con su propio LES.

4.2.2 Lan emulation configuration server (LECS)

El LECS provee de información de configuración, incluyendo la dirección del LES, el tipo de Lan Emulada, el tamaño máximo del frame, entre otros. Cada red puede tener un solo LECS.

4.2.3 Broadcast/unknown server (BUS)

El BUS ejecuta todos los broadcast y multicast .Los frames son enviadas a través del BUS en dos instancias:

- Cuando la información va ser transferida (broadcast) a todas las estaciones
- Cuando el origen LEC tiene que enviar un ARP al LES y no desea esperar por una respuesta antes de empezar a transferir la data al LEC destino. En este caso el origen LEC trasmite la información al BUS, el cual a su vez inunda a toda la red con esta.

Cada Lan Emulada puede tener solo un BUS, sin embargo una red Lan fisica puede servir a varias Lan Emuladas, cada una de estas con su propio BUS.

4.3 Ubicación de los componentes de una Red Lan emulada (ELAN)

Mientras que el ATM FORUM especifica que son tres los componentes lógicamente separados para el servicio Lan Emulation (El LES, LECS y el BUS), esto deliberadamente no especifica si ellos están físicamente separados ó unidos. Esta decisión depende del proveedor de los equipos.

Muchos proveedores incorporan el LES, LECS y el BUS dentro de una sola unidad física.

Existen dos preferencias muy populares para poder escoger el lugar de esta unidad:

- Incorporando la funcionalidad del servicio Lan Emulation (LANE) dentro de los switches.
- Suministrando la funcionalidad a una estación externa, el cual se conecta a un Switch y provee el servicio Lan Emulation.[2]

CAPÍTULO V

EL PROTOCOLO LANE(EMULACIÓN LAN)

5.1 Tareas a cumplir

Tres son las principales tareas que debe efectuar el protocolo LANE para cumplir su función:

- a) Definir un formato de trama LANE que permita ofrecer un servicio IEEE 802.3 a los protocolos de capa superior usuaria, tales como IP, IPX, etc.
- b) Definir un mecanismo de encapsulado de la trama LANE sobre red ATM para ser transportada entre dos estaciones de la misma ELAN.
- c) Definir un mecanismo de resolución de dirección MAC a ATM, que permita averiguar la dirección ATM propia de una estación ELAN identificada por su dirección MAC.

El protocolo LANE emplea tramas de datos y de control para su operación. En la figura 5.1 se muestra el formato de la trama LANE de datos. Los campos están dispuestos de arriba abajo y de izquierda a derecha en filas de 4 bytes de longitud.

Obsérvese las siguientes características:

Al igual que las tramas Ethernet e IEEE 802.3, la trama LANE dispone de un primer campo de dirección de destino y un segundo campo de dirección de origen, de 6 bytes cada uno.

El campo tipo/longitud permite alternativamente emular el encapsulado Ethernet,

CABECERA L.E	Direccion Destino
Direccion Destino	
Direccion Origen	
Direccion Origen	Tipo/Longitud
INFORMACION	

Figura 5.1 Formato del Trama LANE

siendo campo tipo, y el encapsulado IEEE 802.3 siendo campo longitud.

A diferencia de las tramas Ethernet e IEEE 802.3 la trama LANE no incluye un campo CRC de detección de errores de la transmisión. La razón es que esta tarea la realizará la subcapa CPCS-AA1.5, por lo que se ha considerado redundante su inclusión [6].

El campo LE header específico de la trama LANE, desempeña funciones específicas de protocolo LANE como la identificación del tipo de trama.

Para la transmisión de tramas LANE, tanto de datos como de control, se utiliza el servicio AAL 5 orientado a la conexión. Es decir se establecen conexiones ATM conmutadas y, a través de ellas, se envían las tramas LANE. La identificación del protocolo LANE no se realiza mediante ningún mecanismo de encapsulado, sino mediante el identificador del punto de acceso al servicio.

Uno de los aspectos que el protocolo LANE debía adaptar para emular el servicio IEEE 802.3 a partir del servicio AAL es la duplicidad de direcciones en una red ELAN. El envío de tramas a través del servicio IEEE 802.3 se realiza identificando

el destino mediante direcciones IEEE 802 mientras que la transmisión efectiva de la trama se realiza a través de conexiones ATM conmutadas en las que el destino se identifica mediante direcciones ATM. Se plantea un problema de correspondencia de direcciones MAC y ATM que el ATM Forum ha resuelto mediante un mecanismo de resolución de direcciones.

En la figura 5.2 se muestra un ejemplo de resolución de direcciones en una red Lan Emulada (ELAN).

Supóngase que la estación 00:60:8C:BA:3C:93 desea enviar un trama LANE de datos a al estación 00:20:AF:BC:E1:19, para lo cual necesita conocer la dirección ATM de esta última. El ATM Forum ha normalizado un protocolo denominado LE_ARP, para la red ELAN.

Efectivamente, en cada ELAN hay un elemento denominado servidor LES (Lan Emulation Server) que conoce la correspondencia de todas las direcciones MAC a ATM de las estaciones de la ELAN. Cuando un miembro de la red ELAN denominado genéricamente LEC (Lan Emulation Client), desea resolver una dirección MAC, le envía una petición de resolución en forma de trama LANE de control LE_ARP_REQUEST - paso designado por el dígito 1 -. El servidor LES contesta a la petición con la dirección ATM requerida en forma de trama LANE de control LE_ARP_RESPONSE – paso designado por el dígito 2.

Para que el servidor LES tenga conocimiento de los pares MAC-ATM de las estaciones de la ELAN se ha establecido un procedimiento de registro de direcciones. Durante la inicialización de cada cliente LEC éste debe establecer una conexión ATM con su servidor LES, a través de ella y mediante las tramas LANE de control

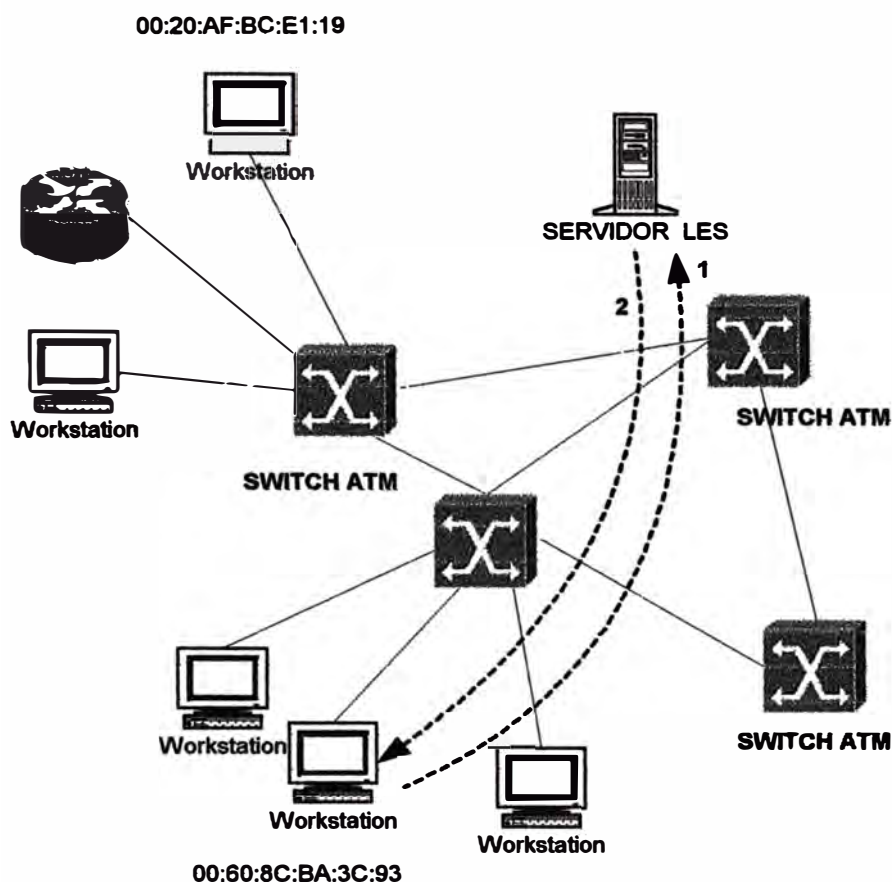


Figura 5.2 Resolución de direcciones LE ARP

adecuadas, registra sus direcciones MAC y ATM. Esta conexión se denomina control direct VCC, y es punto a punto. Esta conexión es la utilizada, además, durante el procedimiento de resolución LE_ARP, para el envío de las tramas LE_ARP_REQUEST y LE_ARP_RESPONSE. Evidentemente, la dirección ATM del servidor LES debe ser conocida por todos los clientes LEC de la ELAN. La configuración de este parámetro es como se verá más adelante, automática.

Finalmente, se establece que los pares MAC-ATM que obtienen los clientes LEC caduquen a los 5 minutos.

5.2 Comunicación unicast en una Lan Emulada

Una vez especificados los procedimientos de encapsulado de trama LANE y de resolución de direcciones MAC, se puede especificar el procedimiento de

comunicación uní destino entre estaciones de una ELAN, como el caso mostrado en la figura 5.3.

En el ejemplo de la figura 5.3 para que la estación 00:60:8C:BA:3C:93 pueda enviar una trama LANE de datos a la estación 00:20:AF:BC:E1:19 son necesarios los siguientes pasos:

La estación debe obtener la dirección ATM de 00:20:AF:BC:E1:19 mediante el protocolo LE_ARP.

Deberá establecer una conexión ATM con el destino utilizando los procedimientos de señalización UNI 3.1/4.0. Esta conexión ATM se denomina data direct VCC que se vera con mayor detalle mas adelante cuando definamos los tipos de conexión y control que existen al emular una red Lan.

Debe finalmente enviar la trama LANE a través de la conexión data direct VCC.

5.3 Comunicación multicast en Red Lan emulada

La tercera característica que debe ser emulada en una red ELAN es como se apuntó anteriormente la capacidad de entregar datos a un grupo de destinatarios determinados.

En efecto, las redes Lan tradicionales permiten el envío de tramas con destino a un grupo determinado. Esta alternativa, denominada envío multidesino o simplemente multicast, es posible gracias a la existencia de un medio fisico compartido, al esquema de direccionamiento IEEE 802. Que reserva el bit menos significativo del primer byte para indicar si se trata de una dirección de grupo o individual.

Recuérdese el bit G/I. Existe una dirección de grupo predefinida, que incluye a todas las estaciones conectadas a la red: se trata de la dirección de difusión o broadcast.

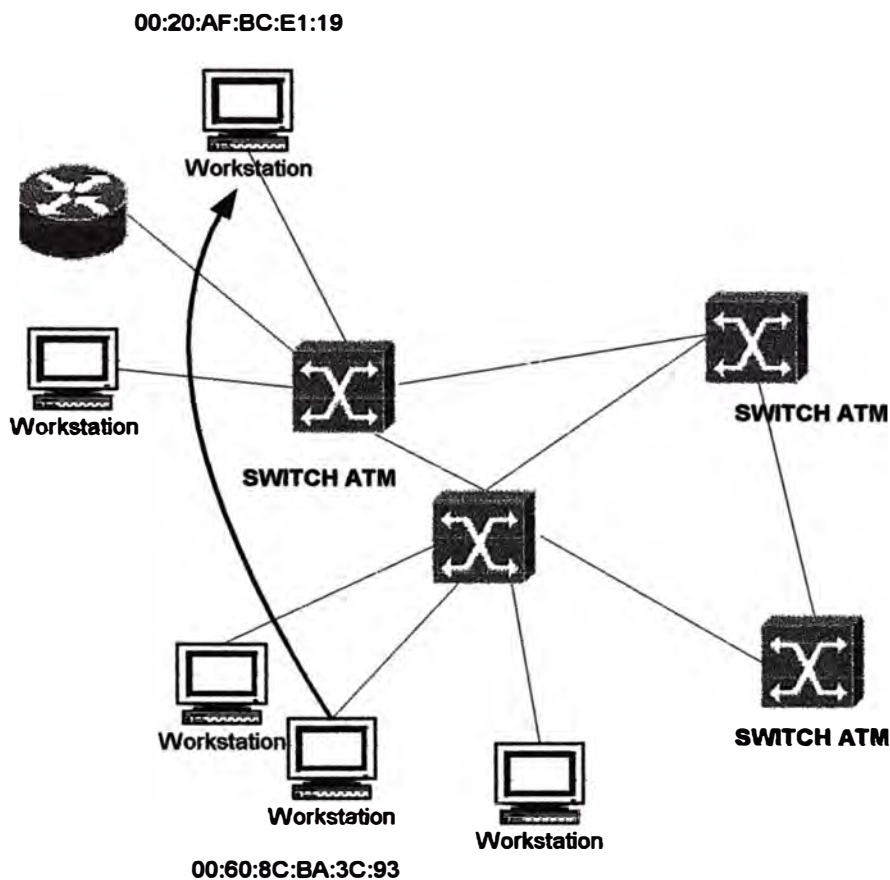


Figura 5.3 Funcionamiento Lane

Otro caso de posibilidades de conectividad que permiten las redes ATM son: las conexiones punto a punto bidireccional y las conexiones punto a multipunto unidireccionales. Este último caso es útil, como se verá a continuación, para conseguir difusión en una red ELAN, pero no es asimilable a la capacidad multicast de una red Lan tradicional. Nótese que una conexión punto a multipunto únicamente permite el flujo de datos desde una estación, la que se constituye en modo raíz hacia el resto. En cambio, cuando se habla de multicast, o más propiamente de un grupo multicast, se hace referencia a la posibilidad de enviar flujos de datos concurrentemente entre todas las estaciones incluidas en el mismo.

En Lane, se consigue emular la capacidad multicast mediante un elemento denominado servidor BUS (Broadcast and Unknown Server), que se encarga de

recibir las tramas LANE multidestino para reenviarlas al grupo correspondiente de estaciones[6].

Como se muestra en la figura 5.4, en cada ELAN existe un servidor BUS, de igual manera que existía un servidor LES en cada ELAN.

Cuando un cliente LEC desea enviar una trama LANE a un grupo multicast de estaciones de su misma red ELAN, inserta la dirección de grupo correspondiente en la trama LANE y la envía al servidor BUS de su red ELAN. Para ello es necesario cumplir dos tareas previas:

- Averiguar la dirección ATM del servidor BUS. Para ello, el cliente LEC deberá resolver la dirección de grupo mediante el protocolo LE_ARP; es decir, el servidor LES de la red ELAN es el encargado de proporcionar tal dirección, siguiendo el procedimiento estándar de resolución de direcciones que se estudió para la comunicación unicast.
- Establecer una conexión ATM con el servidor BUS. Se trata de una conexión punto a punto bidireccional cuyo establecimiento inicia el cliente LEC. Esta conexión se denomina multicast send VCC.

Una vez recibida, por parte del servidor BUS, la trama LANE multicast, éste la entregará a los miembros del grupo multicast indicado por la dirección de grupo. Para ello, el servidor BUS mantiene una conexión punto a multipunto por cada grupo multicast. El servidor BUS es el nodo raíz de esta conexión ATM, mientras que cada miembro del grupo multicast se constituye en hoja. El servidor BUS, por tanto, es el encargado de incorporar a los miembros del grupo. Esta conexión se denomina multicast forward VCC [6] que se verá con mayor detalle mas adelante.

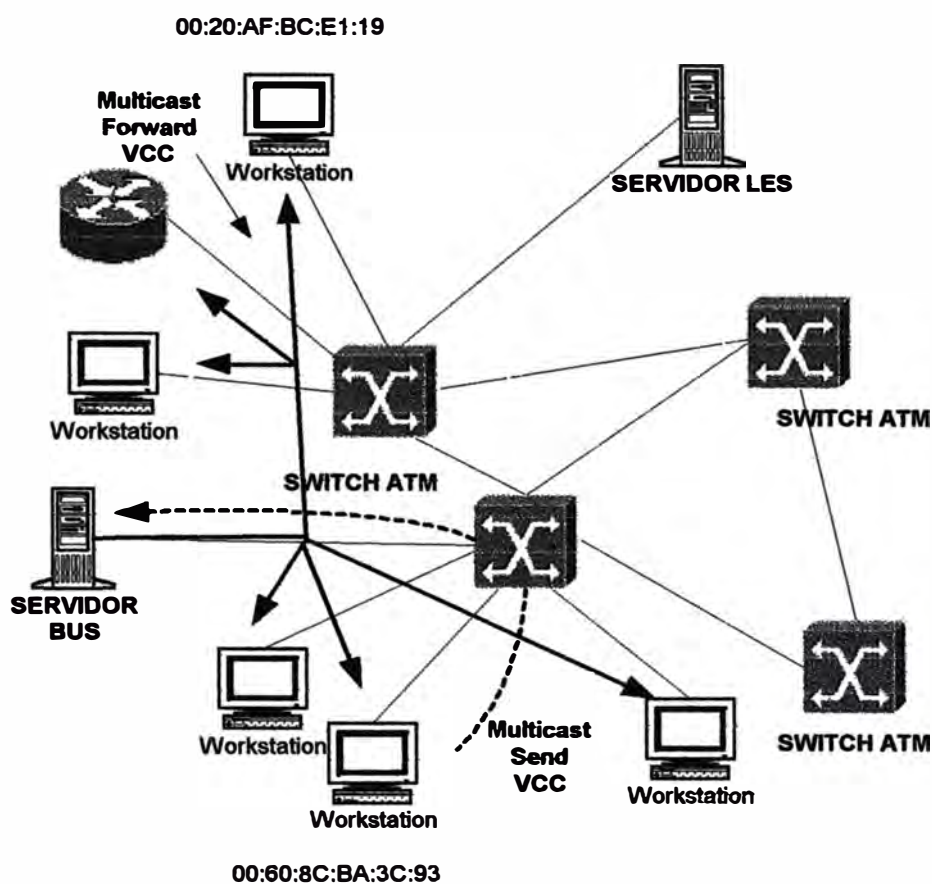


Figura 5.4 Comunicación Multicast en Lane

5.4 Configuración de una Red Lan emulada

Se ha mencionado anteriormente que cada cliente LEC de una red ELAN debe conocer la dirección ATM del servidor LES de su red ELAN. De este modo, el cliente LEC sabe a quien dirigirse para resolver la dirección MAC de otro cliente LEC, o bien para conocer la dirección ATM del servidor BUS de la red ELAN.

La necesidad de configurar manualmente la dirección ATM del servidor LES en cada una de las estaciones que implementen LANE en una red ATM es indeseable y, además, se trata de un procedimiento propenso a errores. Por añadidura, la pertenencia de una estación LANE a una determinada red ELAN de entre las

configuradas en una red ATM es, en principio, una característica dinámica de la estación, lo que añade complejidad a la administración de la red.

Por las razones anteriores, el ATM Forum incluyó en la especificación Lan Emulación un procedimiento de configuración automático. Para ello, en cada red ATM que implemente LANE debe existir un servidor denominado LECS (LE Configuración Server, que será único independientemente del número de redes ELAN configuradas en la red ATM. La dirección ATM del servidor LECS debe ser conocida por todos los clientes LEC de la red ATM. Con estas premisas, durante la inicialización de un cliente LEC, éste solicita al servidor LECS que le proporcione la dirección ATM del servidor LES del que se servirá a partir de ese momento. El servidor LECS tiene atribuida de este modo la función de asignar cuál es la red ELAN a al que queda asignado cada cliente LEC de una red ATM [6].

Gracias al procedimiento descrito de asignación de ELAN mediante el servidor LECS, el administrador de la red puede configurar dinámicamente a qué ELAN pertenece cada estación. Esta tarea se simplifica al mantener una única base de datos residente en el servidor LECS.

5.5 Comunicación fuera de una Red Lan emulada

Una red ELAN, a diferencia de las redes Lan tradicionales, no viene limitada en su extensión por su propia tecnología. En efecto, la red ATM, que es la tecnología que subyace a al red ELAN, no impone límite a ala extensión geográfica ni al número de estaciones conectadas. No obstante, desde el punto de vista del administrador de la red corporativa, es conveniente limitar el número de estaciones conectadas a una misma ELAN. Piénsese en que una ELAN puede soportar a un grupo de trabajo o un departamento de una empresa. Se impone, de igual modo que

ocurría en el caso de las redes Lan tradicionales, determinar mecanismos para comunicar las estaciones de una ELAN con estaciones no pertenecientes a las mismas.

Se abordan a continuación dos aproximaciones para la comunicación fuera de la red ELAN. Ambas se basan en la utilización de unos u otros dispositivos de interconexión de redes. En efecto, en primer lugar, se estudiará la comunicación de una ELAN con el exterior mediante routers IP; a continuación, se estudiará cómo posibilitar la misma comunicación mediante puentes IEEE 802.1 [9].

5.5.1 Comunicación mediante routers IP.

Una red ELAN, en cuanto que ofrece un servicio de idénticas características que una red Lan tradicional IEEE 802, puede ser interconectada con otras redes de la misma o de distinta tecnología si se adopta la solución de interconexión mediante routers IP.

Cuando se interconecta una ELAN mediante IP hay que tener presente las siguientes consideraciones. En primer lugar, el router IP no es consciente de la presencia de ATM, sino que presupone la existencia de una Lan IEEE 802. Por tanto, los mecanismos de encapsulado y de resolución de direcciones diseñados para este tipo de redes son los aplicables para el caso que nos ocupa. En segundo lugar, la comunicación fuera de una ELAN a través de un router no puede iniciarla el protocolo LANE, sino el protocolo de interconexión en la estación de origen, esto es, el protocolo IP. En tercer lugar, al emplear IP, la red ELAN es tratada como una subred. Por tanto, deberá tener asignado un netid (Identificación de red).

Con el fin de comprender el funcionamiento del protocolo IP cuando interconecta una red ELAN, se muestra un ejemplo en la figura 5.5, figura 5.6 y figura 5.7. Se ha

tomado la red ELAN de la figura 5.3 y se ha asignado direcciones MAC e IP a los elementos relevantes en el ejemplo. En éste, la estación 158.44.2.16 desea enviar un datagrama con destino fuera de su ELAN, para lo cual debe entregárselo al router 158.44.2.14.

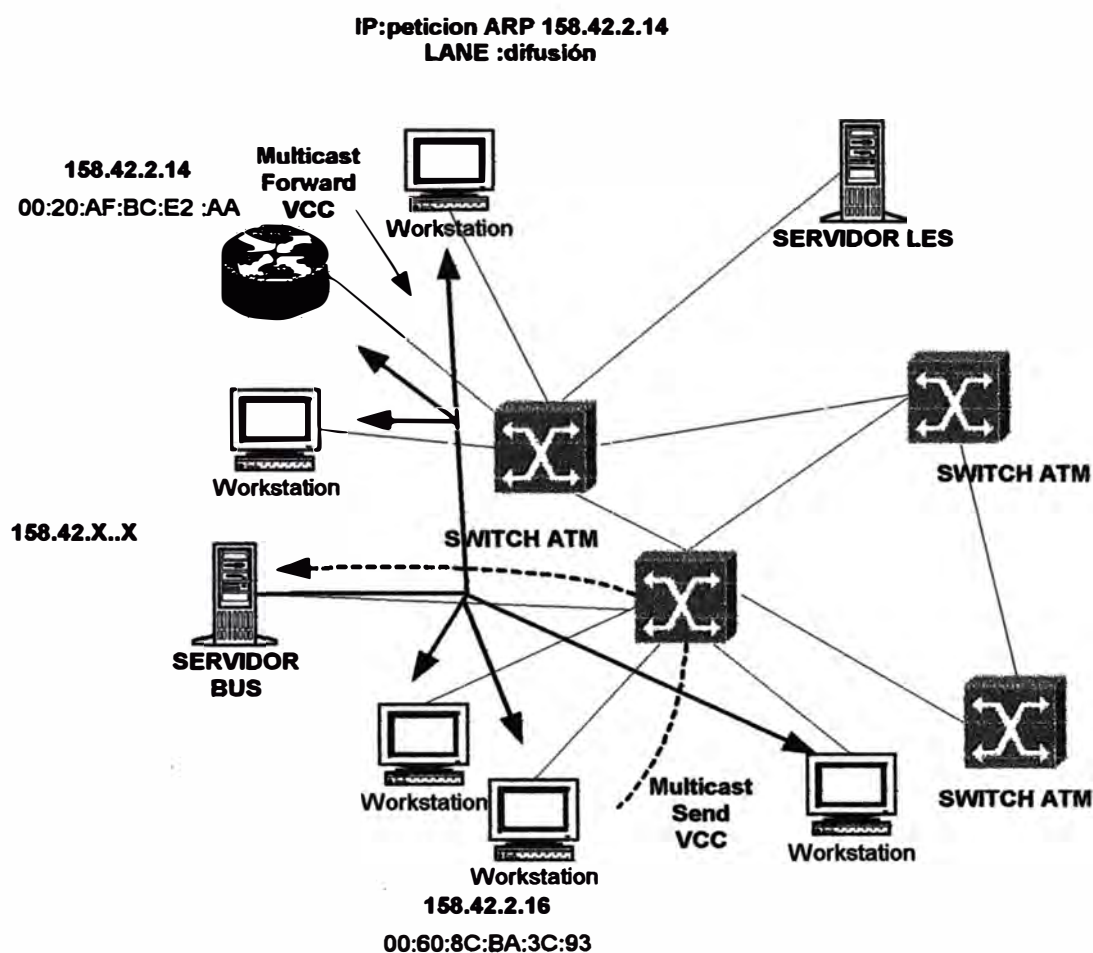


Figura 5.5 Ejemplo de funcionamiento de IP sobre LANE (1)

El primer paso que se da para efectuar la entrega deseada del datagrama IP al router 158.44.2.14 es resolver la dirección IP del router. Para ello, se empleará el protocolo ARP. Tal como se indica en la figura 5.5, la estación 158.44.2.16 envía un mensaje de petición ARP, que se difundirá a través de la red ELAN. Esta difusión la efectúa el protocolo LANE, el cual encapsulará el mensaje en una trama LANE de difusión y

al enviará al servidor BUS de su ELAN. El servidor BUS, a su vez, la difundirá a todos los clientes LEC de su ELAN. El servidor BUS, a su vez, la difundirá a todos los clientes LEC de su ELAN, a través de la conexión punto a multipunto correspondiente, con lo cual la trama y por tanto, el mensaje ARP llegará al router 158.44.2.14.

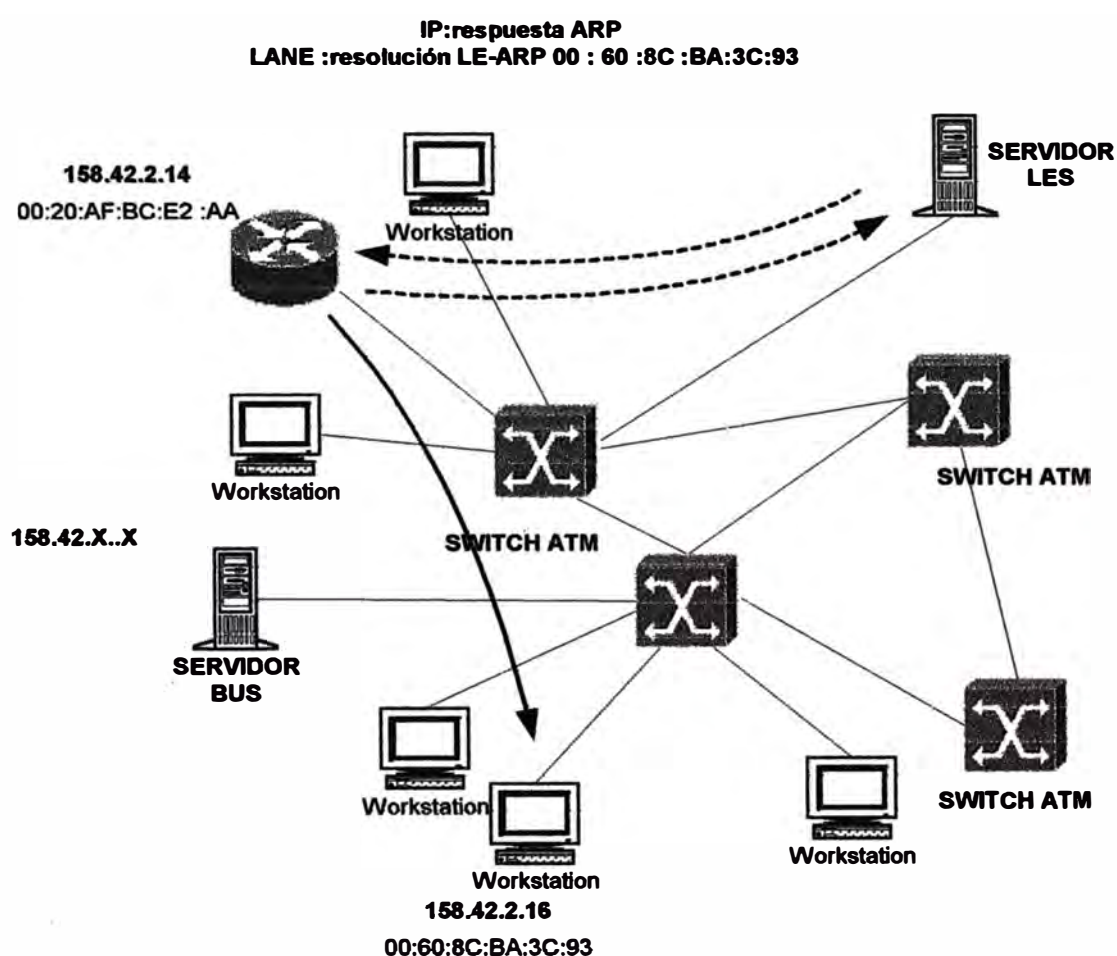


Figura 5.6 Ejemplo de funcionamiento IP sobre LANE (2)

Como se indica en la figura 5.6, el router, una vez recibe el mensaje de petición ARP, deberá devolver a la estación 158.44.2.16 un mensaje de respuesta ARP, en el que proporcionará su dirección física, es decir, la dirección MAC 00:20:AF:BC:E2:AA. Para ello, deberá entregar el mensaje ARP al protocolo

LANE, quien lo encapsulará en una trama LANE de datos con dirección MAC de destino 00:60:8C:BA:3C:93. Para hacer llegar esta trama a la estación de destino, el protocolo LANE hace uso del protocolo de resolución LE_ARP, mediante el que solicita al servidor LES de su red ELAN cuál es la dirección ATM correspondiente a la dirección MAC 0060;8C;BA3C:93. Una vez obtenida la dirección ATM, el router enviará la trama a través de una conexión ATM punto a punto. Ver flechas en trazo continuo.

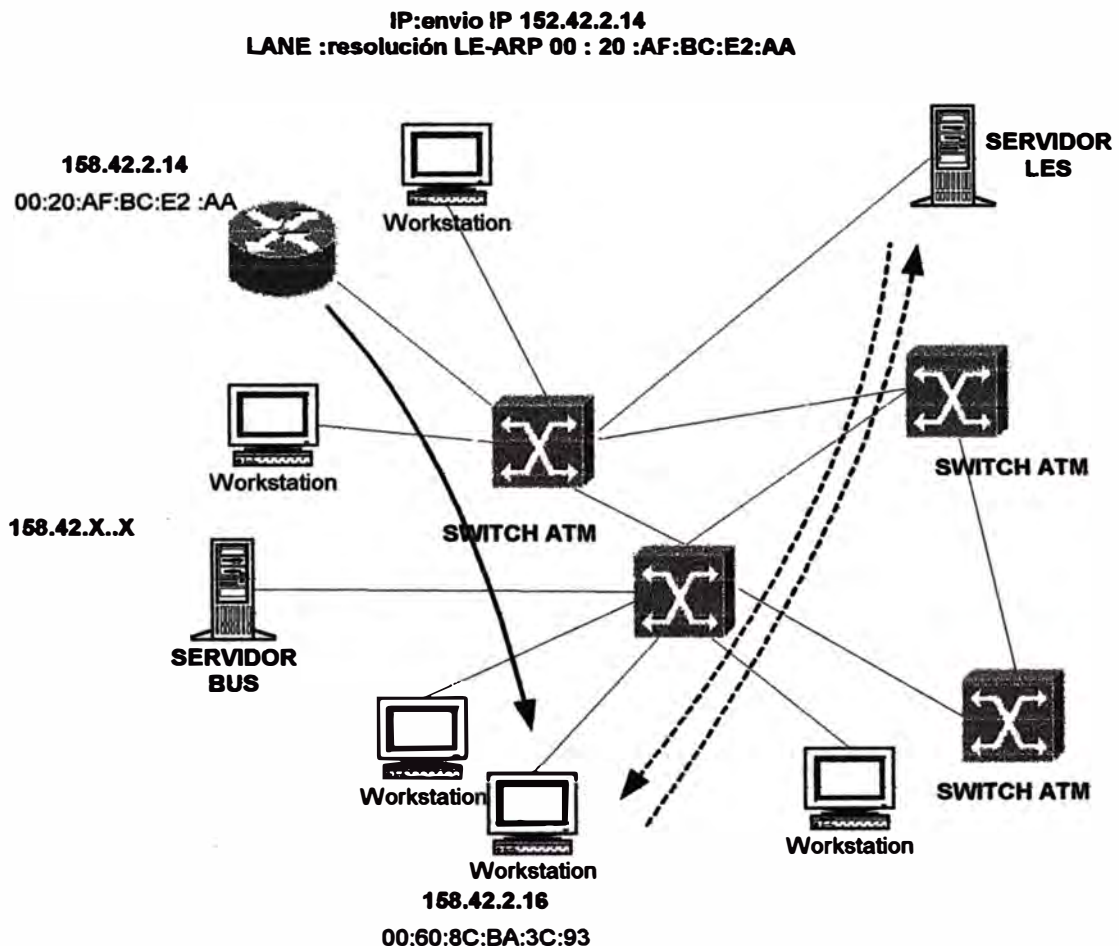


Figura 5.7 Ejemplo de funcionamiento IP sobre LANE (3)

El segundo paso, una vez que la estación 158.44.2.16 ha obtenido la dirección MAC del router 158.44.2.14, es encapsular el datagrama y enviarlo a través de la red

ELAN. Para ello, tal como se indica en la figura 5.7, el diagrama IP se encapsula en una trama LANE de datos, cuya dirección de destino es 00:20:AF:BC:E2:AA. Para enviar la trama LANE, la estación 00:60:8C:BA:3C:93 deberá averiguar, haciendo uso del protocolo LE_ARP, la dirección ATM correspondiente a la dirección MAC 00:60:8C:BA:3C:93; en este proceso interviene el servidor LES de la red ELAN. Una vez obtenida la dirección ATM, se establece una conexión ATM punto a punto con el router y se transmite la trama LANE.

Nótese cómo el protocolo LANE garantiza la transparencia requerida por el protocolo IP para operar sobre una red LAN IEEE 802.3.

5.5.2 Comunicación mediante puentes

Para las redes IEEE 802.3 existe una alternativa de interconexión a la utilización del protocolo IP, Tal alternativa consiste en la utilización de puentes transparentes, de acuerdo con la especificación IEEE 802. 1. Pues bien, las redes ELAN pueden interconectarse con otras redes IEEE 802.3 o con otras re des ELAN mediante puentes transparentes.

La interconexión de una red ELAN con una red Lan tradicional mediante un puente transparente es una alternativa muy apreciada por los administradores de redes corporativas. La pila de protocolos necesaria para conseguir la interconexión se muestra en la siguiente figura 5.8:

Nótese cómo se consigue transparencia de protocolos a varios niveles. En primer lugar, la estación conectada a la red Lan tradicional no es consciente de la existencia de otras redes Lan, gracias a la operación del puente transparente. En segundo lugar, el puente transparente no es consciente de la existencia de una red ATM, gracias a la operación del puente transparente.

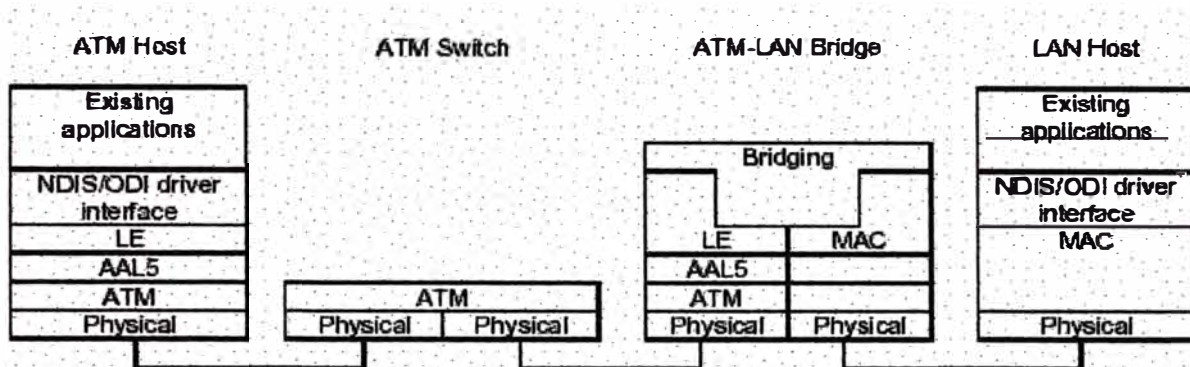


Figura 5.8 Interconexión de ELAN mediante puentes

A pesar de la pretendida transparencia que se consigue con el puente IEEE 802.1D, existe una situación en la operación del protocolo LANE que se requiere una consideración excepcional. Si una estación de la red ELAN desea enviar una trama a una estación de la red Lan tradicional, el protocolo LE_ARP deberá devolver la dirección ATM, no de la estación dado que no la tiene, sino del puente a través del cual es accesible.

Para tener en cuenta esta situación, se han previsto algunas modificaciones del protocolo LE_ARP. En primer lugar, cada puente deberá registrar en el servidor LES de la red ELAN a la que pertenece, la dirección ATM asociada a su dirección MAC, así como a todas las direcciones MAC de estaciones conectadas a redes Lan tradicionales a las que tenga enlace. Evidentemente no es factible registrar todas las estaciones Lan, por dos razones: en primer lugar, porque obligaría a mantener una tabla de resoluciones de gran tamaño; en segundo lugar, porque el puente desconoce en un momento dado la totalidad de las estaciones Lan a las que puede alcanzar, debido a que emplea el procedimiento de aprendizaje hacia atrás para rellenar su

tabla caché de encaminamiento. Es por ello que se deja a criterio del administrador de la red la decisión de cuantas y cuales registrar.

En segundo lugar, en aquellos casos en los que el servidor LES, cuando recibe una petición LE_ARP_REQUEST, no conoce la dirección ATM solicitada, reenvía la petición a todos los clientes LEC de la red ELAN. Con este propósito, el servidor LES mantiene una conexión punto a multipunto, denominada VCC de control distributivo, de la que es el nodo raíz. Esta posibilidad está prevista para el caso descrito en el párrafo anterior, pues de otro modo, todas las estaciones de la Lan tradicional deberán estar registradas en su servidor LES [2].

5.6 El stack de protocolos de una red Lan emulada

Lan Emulación es implementada en todos los equipos requeridos para participar en un Lan emulada; particularmente Workstation, switch, tarjetas interface de red, bridges y otros. La figura 5.9 también describe el stack de protocolos de una Red Lan Emulada:

Los extremos finales de la conexión (El Server y el Workstation) corren la misma aplicación sobre un driver NDIS/ODI en este ejemplo. Esta es la capa fundamental que es diferente: El Server corre Lane sobre AAL5 y el Workstation corre sobre ethernet. La importancia de este asunto es que las capas altas de aplicaciones se mantienen sin cambios. El bridge tiene ambas tecnologías: Un puerto Lan hacia el lado de la Red Lan existente y otro puerto ATM hacia el lado de la nueva Red ATM. El Switch es el que conmuta las celdas ATM y crea las conexiones.

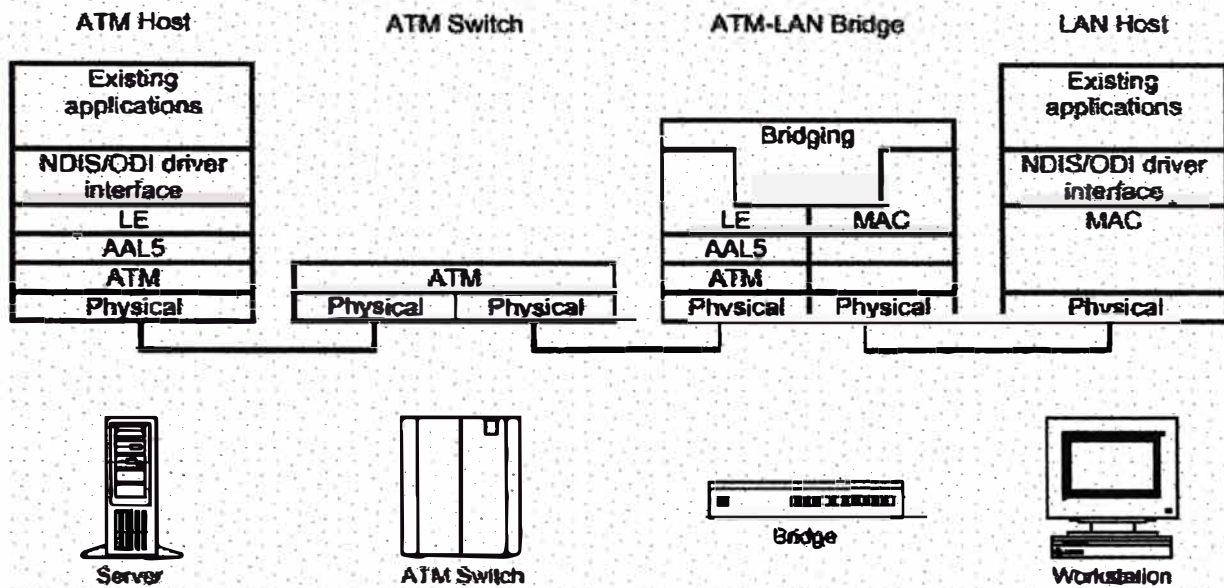


Figura 5.9 Pila de protocolos de Lan Emulación.

5.7 Transferencia de datos sobre una red Lan emulada.

El objetivo de una Emulación Lan es la transferencia de data de una Red Lan. Esto es logrado por el establecimiento de una conexión VCC entre la estación origen y la estación destino. La transferencia de data sobre una Lan emulada no requiere del componente LES para activar el envío de datos.

Vamos asumir que el origen LEC quiere enviar datos a un destino LEC. La dirección MAC Ethernet del origen y destino son conocidas. Entonces nos preguntaremos si la conexión establecida entre el origen y el destino existe: si es así entonces los datos de las tramas del origen LEC de una Lan Emulada son empaquetados y enviados hacia su destino.

En caso contrario la conexión deberá ser creada, una vez creada la transferencia de data debe empezar. Para crear la conexión, el origen LEC necesita la dirección ATM (dirección de 20 bytes) del destino LEC, para esto necesita mapear la dirección MAC de destino en dirección ATM.[6]

Veamos (figura 5.10) si el origen LEC tiene la dirección ATM del destino LEC ,se crea una conexión usando el protocolo de señalización y se envía la data, caso contrario el LEC debe preguntar al LES y una vez recibida la dirección ,una conexión puede ser creada y empezar la transferencia normal de data.

Para responder a la solicitud ARP, el LES deberá mantener una tabla de correspondencia de las direcciones MAC y las direcciones ATM. Para llenar esta tabla, cada LEC registrara sus direcciones ATM y MAC con el LES.

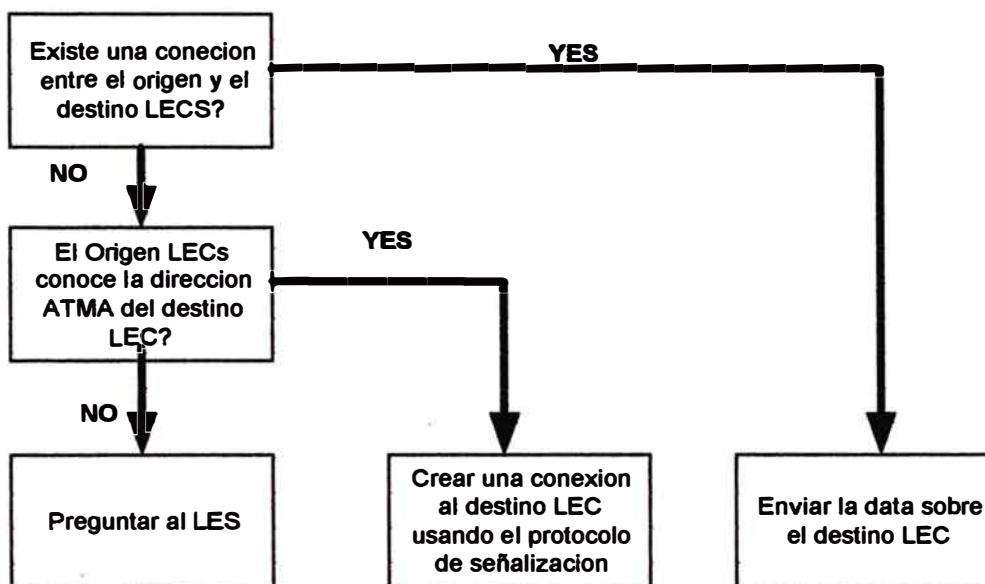


Figura 5.10 Envío de data sobre una Lan Emulada

Esto es hecho al inicializarse cada LEC, antes del envío de data sobre la Lan Emulada.

Consecuentemente, cuando el LES es contactado para una solicitud de ARP (sabiendo la dirección MAC y desconociendo la dirección ATM), este puede consultar sus tablas y retornar la dirección ATM desconocida, entonces la estación

solicitante puede usar esta dirección ATM para crear una conexión hacia el destino y enviar luego la data.

Para contactar al LES, el LEC crea una conexión de control con el LES usando un protocolo de señalización.

Ahora para que el LEC encuentre al LES necesariamente el LEC debe consultar al LECS. Una conexión (la cual puede ser cortada mas adelante) es creada entre el LEC y el LECS.

El LEC provee la solicitud del tipo de red Lan (802.3 ó 802.5), tamaño del frame y su dirección MAC. El LECS retorna la dirección ATM del LES. Una vez que el LEC tiene la dirección ATM del LES, el primero puede registrarse con el segundo y usar al LES para futuras solicitudes de ARP.

Una vez conocido todo esto, existen diferentes caminos para que el LEC pueda encontrar al LECS:

Extraer esta dirección desde el Switch ATM usando ILMI, si esto es posible, entonces el LEC se conecta a esta dirección ATM [11].

Caso contrario se usa una dirección bien conocida (Una dirección preconfigurada manualmente) para intentar y establecer un SVC (Circuito Virtual conmutado) con el LEC.

Si esto no es logrado se usa un PVC (Circuito virtual permanente) con VPI=0 y VCI=17 para tal conexión.

Si todo esto no da resultado, se prueba contactar con el LECS mediante un ARP.

5.8 Ejecución de los broadcast

Los broadcast son una parte necesaria para el funcionamiento de la red Lan.

Teóricamente para realizar un broadcast, cada LEC deberá mantener una conexión

punto a multipunto con todos los otros LEC's. Sin embargo esta deberá crear un numero grande de conexiones (tan grande como el número de LEC's) y requerirá de un mantenimiento constante de estaciones asociadas y no a una Lan emulada.

La solución adoptada por el ATM FORUM fue la de crear la tercera parte del servicio Lane: El BROADCAST UNKNOWN SERVER (BUS).

El BUS es el único capaz de mantener la conexión punto a multipunto con todos los otros LEC's, cuando un LEC requiere enviar un broadcast, este envía el mensaje al BUS, el cual reenvía este mensaje a todas las estaciones en la Lan.

Para hacer esto el BUS deberá estar enterado de todas las estaciones que pertenecen a la Lan emulada. Cuando un LEC desea asociarse a una Lan, esta deberá registrarse también en el BUS. Se debe tener en cuenta que la dirección MAC del BUS se encuentra fácilmente y es la dirección normal de broadcast. (0*FFFFFFFFFFFF), entonces esta es actualmente la primera solicitud ARP que el LEC envía al LES.

Una vez que el LES retorna la dirección ATM del BUS, una conexión deberá ser creada de acuerdo al registro del LEC con el BUS.

Además de realizar todos los broadcast, el Bus tiene otra función .Recuerde que cuando el LEC no conoce la dirección ATM de destino, este le consulta al LES. Esta consulta deberá tomar algo de tiempo (debido a que el LES esta ocupado atendiendo otros requerimientos) algunas veces muchos tiempo para un protocolo en particular que es ejecutado sobre el LEC. En este caso el LEC deberá enviar los paquetes de datos al BUS, el cual inundará la red con estos. De esta manera la estación destino recibirá la data deseada. Esta aplicación usará el BUS para transferir data a los destinos desconocidos.

Esto es correcto, pero altamente ineficiente y tan pronto como la solicitud de ARP es respondida por el LES, el LEC deberá parar el envío usando el BUS. Para estar seguro que los paquetes de datos no salgan fuera de la secuencia, el LEC enviará un mensaje llamado FLUSH al BUS solicitándole a finalizar toda la transferencia de datos que no ha sido finalizada antes de parar el envío de datos a través del BUS a destinos desconocidos[2]

5.9 Transferencia de datos: el método correcto

Existen algunas etapas relativas al establecimiento de conexión sobre una Lan Emulada. Los pasos son descritos desde el punto de vista del LEC. LANE usa el protocolo de señalización para establecer las conexiones transitorias .Cada LEC tiene una única dirección ATM (En un formato de direcciones soportados por el UNI del ATM FORUM's.4.0 señalización)[12].

En LANE existe dos tipos de conexiones: las de control y las de datos.

Los controles de conexión son como sigue [2]:

- **Conexión de canal virtual de configuración directa (VCC).**- Es una VCC bidireccional punto a punto y es activada por el LEC hacia los LECS.
- **VCC de control directo :** Es una VCC bidireccional y es activado por el LEC hacia el LES
- **VCC de control distribuido:** Este es una VCC unidireccional activada desde los LES de respaldo hacia el LEC típicamente es una conexión punto a multipunto

Las conexiones de datos son:

- **VCC de Datos Directos(Data Direct VCC) :** Es una VCC bidireccional punto a punto y es activado por medio de dos LEC's que desean intercambiar datos, de acuerdo a la siguiente figura. Los dos LEC's típicamente usarán la misma VCC

de datos directos para transportar todos los paquetes entre ellos, además que abren una VCC nueva por cada par de direcciones MAC entre ellos para conservar los recursos de la conexión. Puesto que LANE emula las LAN's existentes, incluyendo su carencia de soporte de calidad e servicio (QoS), las conexiones de datos directos, serán típicamente conexiones UBR o ABR que no ofrecen garantías de QoS.

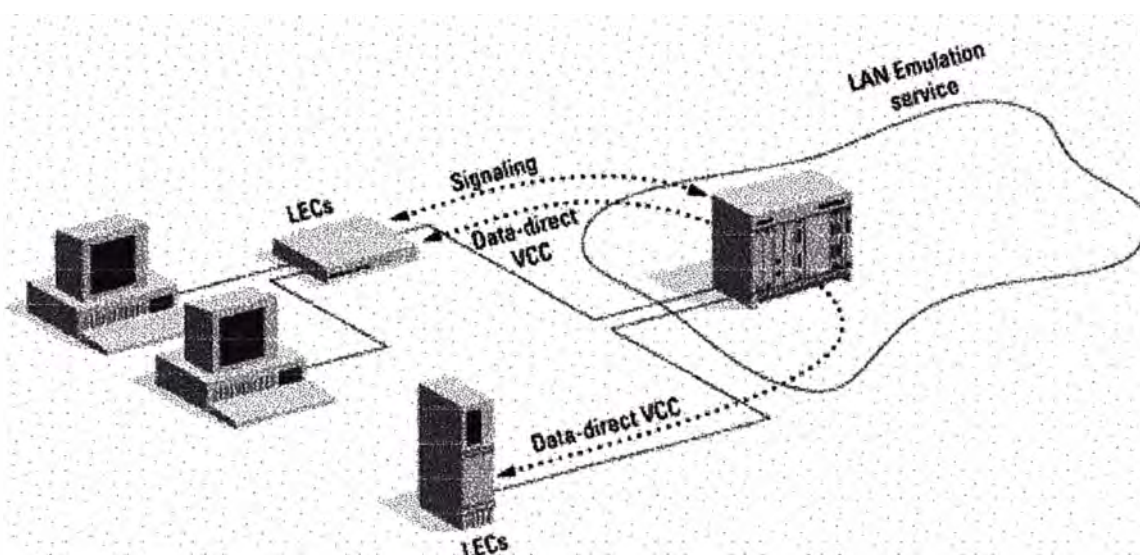
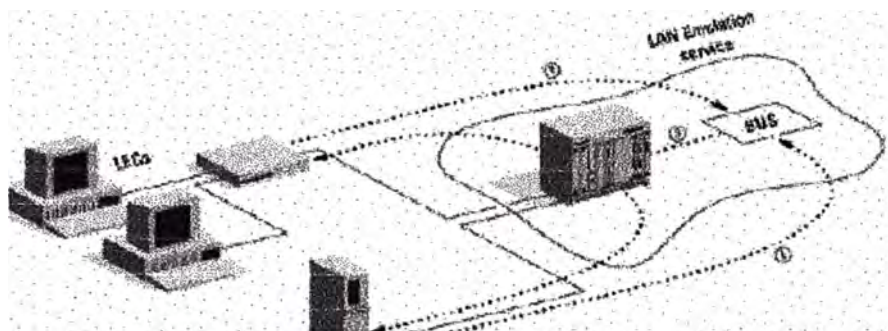


Figura 5.11 VCC de datos directos

- Multiemisor VCC de envío (Multicast Send VCC): Este es una VCC bidireccional punto a punto que es activada por el LEC hacia el BUS [2].
- Multiemisor VCC de envío (Multicast forward VCC): Esta es una VCC unidireccional que e activada hacia el LEC desde el BUS; típicamente es una conexión punto a multipunto, con cada LEC como terminal [2].



LECs

Figura 5.12 Mensajes broadcast y multicast manejado por el BUS

5.10 Etapas de operación de LANE

Describiremos a continuación la forma como opera LANE [6].

5.10.1 Etapa de inicialización y configuración.

Sobre la inicialización, el LEC primero deberá obtener su propia dirección ATM (típicamente, esto será a través del registro de direcciones o también en forma manual durante la fase de instalación de drivers). El LEC entonces activa una conexión de configuración directa hacia el LECS. Haciendo esto, el LEC deberá encontrar la localidad del LECS usando un procedimiento llamado ILMI definido para determinar la dirección del LECS ó usando una dirección de LECS conocida, ó usando una conexión permanente conocida hacia el LECS (VPI=0, VCI=17).

Después de encontrar el LECS, el LEC establecerá un VCC de configuración directa hacia el LECS. Una vez conectado, un protocolo de configuración es utilizado por el LECS para informar al LEC de la información que este requiere al conectarse a su tarjeta ELAN. Esta incluye la dirección ATM del LES, el tipo de Lan que esta siendo emulada (Ethernet ó Token Ring), tamaño máximo de los paquetes de la ELAN y el nombre de la ELAN.

El LECS es configurado generalmente por el manejador de red, con esta información se indica a cual VLAN (donde una ELAN pertenece a una ELAN) pertenece el LEC.

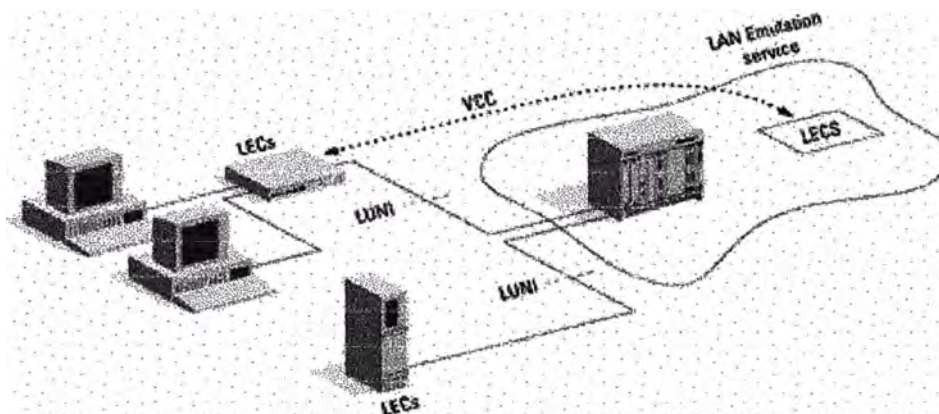


Figura 5.13 Configuración del LEC inicial a través de LECS

5.10.2 Etapa de unión y registro

Después de que el LEC obtiene la dirección del LES, este podrá limpiar oportunamente el VCC de configuración directa hacia el LECS. Entonces este activa el VCC de control directo hacia el LES. Una vez esto, el LES asigna el LEC con un identificador LEC único (LECID). El LEC entonces registra su propia dirección MAC y ATM con el LES.

El LES entonces activa, el respaldo hacia el LEC y el VCC de control distributivo. Los VCC de control directo y distributivo ahora puede ser utilizado por el LEC para el procedimiento LANE ARP (LE ARP) requiriendo la dirección ATM que corresponde a una dirección MAC en particular. Haciendo esto, el LEC formula un LE-ARP y lo envía a un LES. Si el LES reconoce este mapeo, este puede escoger una respuesta directamente sobre el VCC de control directo. Si no este reenvía el

requerimiento en el VCC de control distributivo para solicitar una respuesta de un LEC que reconozca a la dirección MAC requerida de acuerdo a la figura 6.14.

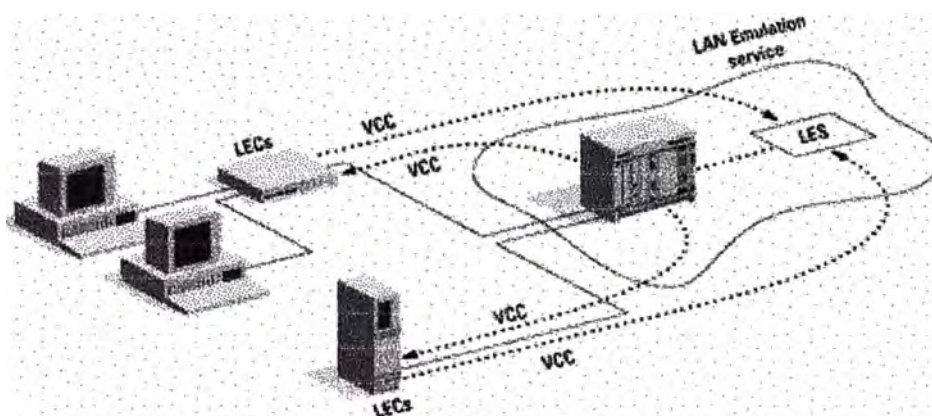


Figura 5.14 Uniendo una Lan emulada

Una razón porqué el LES no reconocería el mapeo es porque la dirección MAC esta detrás de un puente MAC y el puente pueda que no tenga la dirección registrada. Un NIC ATM son equipos basados en ATM que implementan el protocolo LANE y la interfase de redes ATM, pero presentará una interfase de servicio a la Lan en los protocolos de drivers de los niveles más altos dentro del sistema de conexión final. Ahora por otro lado un NIC ATM podría soportar uno o un número pequeño de direcciones MAC, muchas de las cuales pueden ser registradas fácilmente. Típicamente cualquier dirección MAC no conocida por el LES podría ser encontrada por el LEC dentro de un puente y no dentro de un NIC ATM ,y solamente los LEC's dentro de tales dispositivos necesitan recibir LE ARP's redireccionados.

Para acomodar esto, los LEC's pueden registrarse con los LES como un Nodo Apoderado (Proxy nodes), indicando que este puede ser apoderado para otras direcciones y necesitan obtener los LE-ARP's. Los LES entonces tienen la opción de

activar las VCC de control distributivo y que los LE-ARP's son solamente enviados hacia tales LEC's apoderados. .

5.10.3 Etapa de transferencia de datos.

Durante la transferencia de datos ,un LEC recibe un paquete de la capa de red para transmitirlo desde un protocolo de las capas superiores (en el caso del NIC) ó lo recibe de la capa MAC para reenviarlo a través de un puerto Lan (en el caso de un Lan SWITCH).En primera instancia la fuente LEC no tendrá la dirección ATM del LEC destino a través del cual una dirección MAC puede ser obtenida .En este caso ,el LEC primero formula y envía hacia el ;ES una respuesta LE-ARP.

Mientras espera la respuesta del LE-ARP, el LEC también retransmite el paquete hacia el BUS. El BUS en turno distribuirá el paquete a todos los LEC's. .Esto debe ser realizado porque en el caso de un dispositivo pasivo que este detrás de un switch, no habrá forma de que el LEC pueda saber donde esta localizado la dirección MAC .Como un puente de aprendizaje, un LEC aprenderá la localización del dispositivo si solo si este responde al paquete reenviado. Adicionalmente, resolviendo un LE-ARP puede tomar algo de tiempo y como muchos protocolos de red son intolerantes a estas perdidas o latencia. Para esto el BUS se encarga de enviar esto paquetes a destinos desconocidos.

Si una respuesta de un LE-ARP se recibe, el LEC entonces activa la VCC de datos directos hacia el nodo destino y usa a este para la transferencia de datos a si como la trayectoria del Bufantes que pueda hacer esto, el LEC puede necesitar el uso del procedimiento de transporte del LANE para asegurar que todos los paquetes enviados al BUS sean reenviados al destino prioritario que utiliza la VCC de datos directos. En este mecanismo se envían un control de celdas como bajo la primera

trayectoria de transmisión siguiendo hasta el último paquete. No hasta que la recepción de la celda transporte sea reconocida por el destinatario se utiliza la segunda trayectoria para enviar paquetes. El mecanismo es la forma de garantizar el encontrar la Lan estándar en uso que requiere los puentes Lan para preservar estrictamente la trama requerida.

Si una conexión de datos directos existe hacia un LEC (En la misma ELAN) a través del cual una dirección MAC es alcanzable, la fuente LEC puede escoger opcionalmente para reuso la misma conexión de datos directos tanto para conservar las conexiones y guardarlas. Si una respuesta no es recibida hacia el LE-ARP, el LEC continuará enviando datos hacia el BUS, pero regularmente reenviará LE-ARP's hasta que una respuesta sea recibida. Una vez que un paquete sea fluido a través del BUS y el destinatario responda a la fuente, algún LEC aprenderá la localidad del destinatario y entonces responderá a un LE-ARP subsecuente.

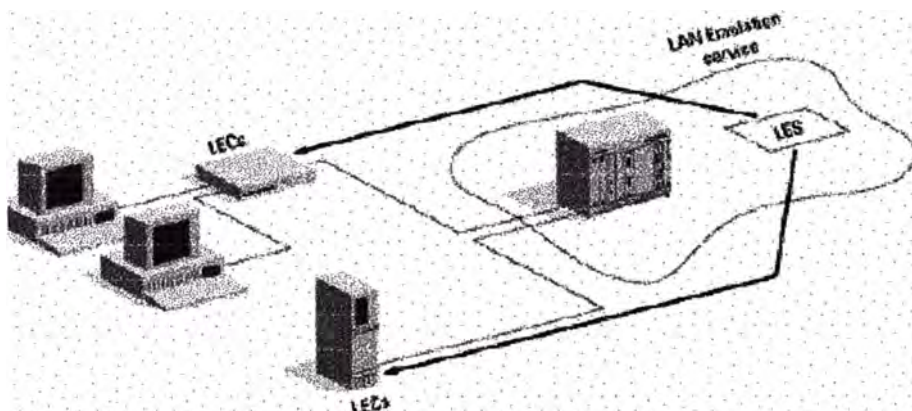
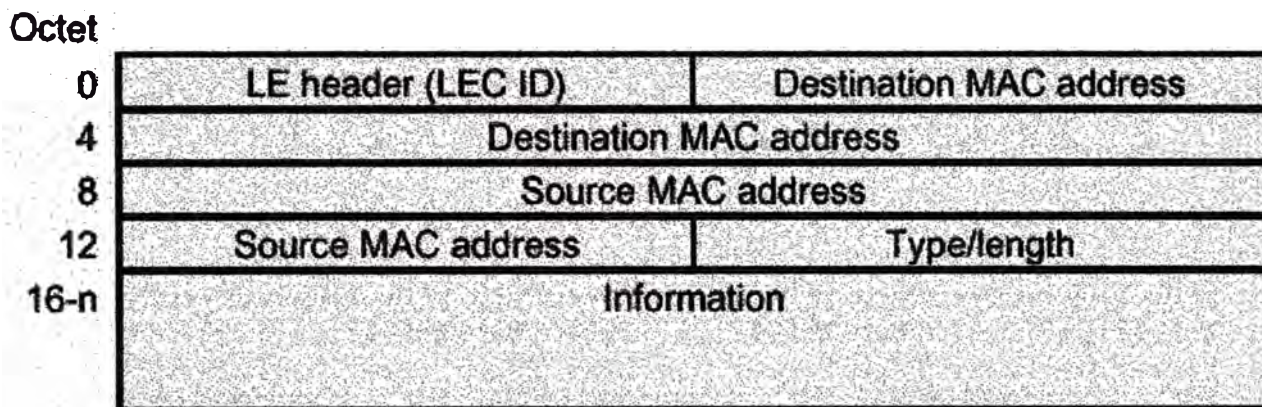


Figura 5.15. Transmisión de LE-ARP desde LES hacia todos los LECs.

5.11 Formato del paquete de datos en una Lan Emulada (LANE)

Una Red Lan Emulada ofrece dos posibles formatos de paquetes de datos

Ethernet y token ring .Los paquetes de datos de una emulación Lan conservan toda la información contenida en los paquetes originales del 802.3 y 802.5,pero se adicionan 2 byte LEC ID (La identificación del origen) , el cual es único para cada LEC. El primer formato basado en el ethernet 802.3 es mostrado en la figura 6.16



[6]:

FIG 5.16 Formato del paquete LANE ETHERNET.

El segundo formato de paquetes de datos esta basado en el 802.5 (Token Ring) y es mostrado en la figura 5.17 [6]

El formato original del 802.3 Ethernet y 802.5 Token Ring es mantenido dado que este deberá ser necesario en algunos nodos. Por ejemplo un bridge ATM-ETHERNET recibirá los frame LANE Ethernet desde el lado ATM, retirando la primera franja de 2Byte y enviando el frame ethernet sobre el lado ethernet.

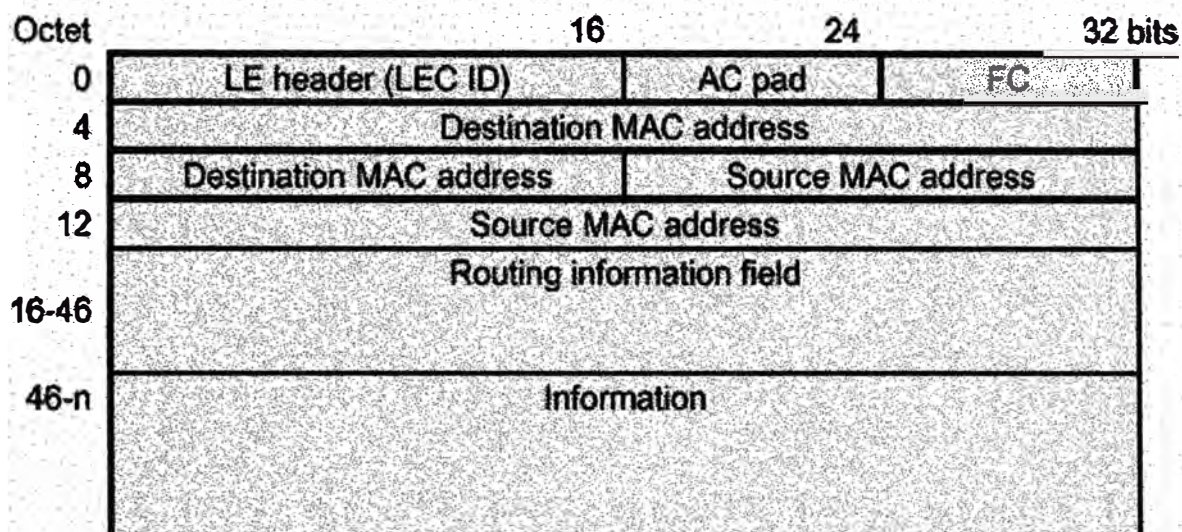


Figura 5.17 Formato del paquete LANE Token Ring

5.12 Formatos de los paquetes de control

0	MARKER = XiFF00i		PROTOCOL = Xi01i	VERSION = Xi01i
4	OP-CODE		STATUS	
8	TRANSACTION-ID			
12	REQUESTER-LECID		FLAGS	
16	SOURCE-LAN-DESTINATION			
24	TARGET-LAN-DESTINATION			
32	SOURCE-ATM-ADDRESS			
52	LAN-TYPE	MAXIMUM-FRAME-SIZE	NUMBER-TLVS	ELAN-NAME-SIZE
56	TARGET-ATM-ADDRESS			
76	ELAN-NAME			
108	TLVs BEGIN			

Figura 5.18 Formato de los paquetes de control

OP CODE.- Pueden ser los siguientes valores ver tabla 5.1:

0001	Solicitud de configuración LE.
0101	Respuesta de configuración LE
0002	Solicitud de asociación LE.
0102	Respuesta de asociación LE
0003	Interrogación de listo
0103	Respuesta de listo
0004	Solicitud de registro LE
0104	Respuesta de registro LE
0005	Solicitud de no registro LE
0105	Respuesta de no registro LE
0006	Solicitud de LE ARP
0106	Respuesta de LE ARP
0007	Solicitud de limpieza de conexión
0107	Respuesta de limpieza de conexión
0008	Solicitud de no LE ARP
0108	Indefinido
0009	Solicitud de topología de LE.
0109	Indefinido

tabla 5.1 Codigo de operacion

- TRANSACTION ID

Valor arbitrario proporcionado por el solicitante y retornado por el que responde para permitirle al receptor diferenciar entre las diferentes respuestas.

- Request LEC ID.

Es el LEC ID que envía un solicitante.

- Flags

Pueden tomar los siguientes valores ver tabla 5.2

0001	Dirección Remota usado con la solicitud LE ARP
0080	Flag proxy usado con la solicitud de asociación LE
0100	Cambio de topología usada con la Solicitud de topología
	LANE EMULATION.

Tabla 5.2 Flags

El significado de los demás campos depende de los valores de OP-CODE.

CONCLUSIONES

Con esta versión de una Red Lan Emulada, se tiene el camino hecho para la integración ATM, con sus sistemas, protocolos y aplicaciones en las empresas. Esta define la formas estándares para los clientes LANE en resolver problemas de direcciones, comunicación con otros clientes y envío de datos en las redes ATM.

Usando Lan, los administradores de redes pueden disfrutar los beneficios el ancho de banda ATM sin modificar los protocolos, software y hardware existentes.

Con estas especificaciones de LANE se proveerán una gran flexibilidad e interoperabilidad para las redes ATM.

ATM puede resultar ser muy interesante en el ambiente Lan porque proporciona soluciones para la interconexión de redes a grandes velocidades. Hasta ahora el real desarrollo como hemos visto del ATM en la LAN ha sido sobre el backbone de las redes LAN donde ATM es valioso por su capacidad de crear redes LAN virtuales (VLANs) y por su escalable performance.

El próximo paso de migración del ATM en la LANs deberá ser al del nivel usuario final debido a que a que el tráfico de multimedia a altas velocidades será requerido para obtener información en tiempo real.

GLOSARIO

AAL: Adaptación ATM layer.

Capa de adaptación ATM .Subcapa dependiente del servicio de la capa de enlace de datos.AAL acepta datos de diferentes aplicaciones y los presenta a al capa ATM en forma de segmentos ATM de 48 bytes. La AAL consta de dos subcapas,CS y SAR. Difieren en cuanto a la temporizacion origen destino usada ya sea que utilicen CBS o VBR, y si se usaron para la transferencia de datos en modo orientado o no a la conexión .Existen 4 tipos de AAL: AAL1, AAL2, AAL3/4 y AAL5

AAL1: Capa 1 de adaptación de ATM

El AAL1 se utiliza para los servicios que son sensibles al retardo, orientados a la conexión y que requieren de tasas de transmisión constantes como el video sin compresión y los servicios de tráfico isócronos. .

AAL2: Capa 2 de adaptación ATM.

El AAL2 se utiliza para los servicios orientados a la conexión, que soportan una tasa de transmisión variable, como el video isócrono y el tráfico de voz.

AAL3/4: Capa de adaptación de 3/4 ATM

Es una de las capas de adaptación que en un principio eran distintas, soporta enlace tanto orientados o no a la conexión;

AAL5: Es la capa 5 de adaptación de ATM. Una de las cuatro AALs recomendada

Por el ITU-T soporta VBR orientados a la conexión y se utiliza básicamente

Para la transferencia de IOP sobre ATM y para el tráfico LANE.

ATM: Asynchronous Transfer Mode

Estándar para la transmisión por conmutación de células (o paquetes) en sistemas avanzados de comunicaciones de banda ancha. Sistema de transmisión de datos usado en banda ancha para aprovechar al máximo la capacidad de una línea.

Se trata de un sistema de conmutación de paquetes que soporta velocidades de hasta 1.2 Gbps

Backbone: Nivel máximo de una red jerárquica**BISDN: ISDN de banda ancha.**

Estándares de comunicación de la ITU-T diseñados para manejar aplicaciones de gran ancho de banda ,como video.BISDN utiliza la tecnología ATM sobre circuitos de transmisión basados en SONET para proporcionar velocidades de transmisión en el rango de 155 a 622Mbps y mayores.

Best Effort: Clasificación de tráfico de red de baja prioridad.

Los distintos tipos de tráfico cursado requieren distintas prioridades. Las comunicaciones en tiempo real, como video-conferencia, requieren de un ancho de banda y retardo mínimo garantizado, por lo que deben ser de prioridad alta. El correo electrónico, por ejemplo, tolera demoras arbitrariamente largas por lo que puede ser clasificado como un servicio en calidad de “best effort”.

Capa ATM: Capa ATM

Es una subcapa independiente del servicio de la capa de enlace de datos en una red ATM. La capa ATM recibe los segmentos de información de 48 bytes provenientes del AAL y adjunta a cada segmento un encabezado de 5 bytes generando celdas estándares de ATM de 53 bytes. Éstas se transfieren a la capa física para su transmisión a la capa física.

Celdas: Celdas ATM

Es la unidad básica para la conmutación de y el multiplexaje en ATM. Las celdas contienen identificadores que especifican el flujo de datos al que pertenecen. Cada celda consta de un encabezado de 5 bytes y un campo de información de 48 bytes.

Circuito Virtual: Virtual Circuit

Circuito lógico diseñado para asegurar una comunicación confiable entre dos dispositivos de red. Un circuito Virtual es definido por un par VPI/VCI y puede ser permanente (Un PVC) o conmutado (SVC).

En ATM, a un circuito virtual se le llama canal virtual. Se suele abreviar VC.

CoS: Clase de Servicio.

Propiedades de desempeño de un servicio de red, que incluye retardos y prioridades. Algunos protocolos como MPLS permiten que paquetes o caudales incluyan requerimientos de CoS.

CPCS: Subcapa de convergencia de la parte común.

Es una de las dos subcapas de cualquier AAL. El CPCS es independiente del servicio y se divide en las subcapas CS y SAR. Es responsable de preparar datos para su transporte a través de la red ATM., incluyendo la creación de celdas de información de 48 bytes que son transferida a la capa ATM.

CS :Subcapa de convergencia

Es una de las dos subcapas de AAL CPCS, responsables de la adición de bits y verificación de errores. A los PDUs que son transferidos desde el SSCS se les agrega un finalizador de 8bytes para la verificación de errores y demás información de control y se les agrega además bits extra si es necesario, de modo que la longitud del PDU resultante sea divisible entre 48.

Datagrama: Se denomina así a una entidad de data independiente que lleva consigo la información que facilita su enrutamiento desde una fuente hasta un equipo destino, sin depender de intercambios entre ambos y la red de transporte.

ELAN: Lan Emulada.

Red ATM en la que se emula una Lan ethernet o Token Ring utilizando un modelo cliente – Servidor. Las ELANs se componen de un LEC, un LES ,un BUS y un LECS.

Fibra óptica: Fibra de vidrio o plástico más delgada que un pelo humano, usada para transmitir información por medio de haces de luz infrarrojo e incluso luz visible. El haz es una señal electromagnética con una frecuencia de entre 10^{14} y 10^{15} Hz, muy poco susceptible al ruido de señales externas. El material que rodea la fibra provee reflexión total, para evitar la degradación de la señal. Asimismo se garantiza la seguridad contra intrusos en los tendidos de fibra ya es muy difícil de intervenir.

IEEE: Instituto de ingenieros en electrónica y electricidad.

Organización profesional cuyas actividades incluyen el desarrollo de los estándares de comunicaciones y redes .Los estándares Lan son los que predominan actualmente.

IEEE 802.1: Especificacion IEEE que describe un algoritmo que evita la existencia de ciclos de puentes creando un arbol de recubrimiento (Protocolo Spanning-tree).

IEEE 802.2: Protocolo IEEE Lan que especifica una implantación de la subcapa LLC de la capa de enlace de datos .Este protocolo se utiliza en redes Lan IEEE 802.3 e IEEE 802.5.

IEEE 802.3: Protocolo IEEE Lan que especifica una aplicación de la capa física y de la subcapa MAC de la capa de enlace de datos. El IEEE 802.3 utiliza el método de acceso CSMA/CD a una gran variedad de velocidades sobre diferentes medios de transmisión. Las extensiones del estándar IEEE802.3 especifican aplicaciones para fastethernet,.

IEEE802.5 : Protocolo IEEE Lan que especifica una aplicación de la capa física y de la subcapa MAC de la capa de enlace de datos. Utiliza un método de acceso de estafeta circulante a 4 ó 16 Mbps sobre cableado STP.

ILMI: Interface de Administración Local interim.

Especificación desarrollada por el foro ATM para incorporar equipos de administración de la red en ATM UNI.

IP: Internet Protocol

Protocolo de comunicaciones que provee enrutamiento de paquetes, fragmentación y ensamble en el nivel 2 de OSI (enlace de datos). IPv4 es la versión más usada. IPv6 se está usando cada vez más a partir del 2000.

ITU-T: Unión internacional de telecomunicaciones .Sector de estandarizaciones de las Telecomunicaciones. Organismo Internacional que desarrolla estándares para la diferentes tecnologías de telecomunicaciones a nivel mundial.

Kbps: Kilo Bits por segundo

Lan: Local Área Network (Red de área local)

Red de datos geográficamente cercana (típicamente en un radio de hasta 1 Km.) con fácil interconexión entre sus terminales, microprocesadores y

computadoras distribuidas en edificios adyacentes. Las redes Ethernet y FDDI son ejemplos de Lan estándares.

Debido a que la red sólo cubre un área limitada, los protocolos de señalización de red pueden ser optimizados permitiendo velocidades de transmisión de datos de hasta 100 Mbps.

LANE: Emulación Lan

Tecnología que permite que una red ATM funcione como una troncal LAN. La red ATM debe proporcionar soporte de multidifusión y difusión, conversión de direcciones (MAC a ATM), administración de SVC y un formato de paquetes utilizables.

Protocolo: Grupo de reglas formales que describen como transmitir data, especialmente a través de una red. Los protocolos de niveles bajos definen los estándares físicos y eléctricos, el ordenamiento de bits, vides, la transmisión, detección de errores y corrección de cadenas de bits. Los protocolos de niveles superiores tratan acerca del formato de la data, incluyendo la sintaxis del mensaje, el diálogo entre terminal y computadora, el grupo de caracteres, la secuencia de los mensajes, etc.

PNNI: Interfase privada de Red a Red.

Especificación del foro ATM que define un protocolo de ruteo de circuito virtual de ATM, así como un protocolo de señalización entre los switch

ATM. Se le utiliza para permitir la interconexión de los switch ATM dentro una red privada.

Puente(bridge):

Dispositivo que conecta y transfiere paquetes entre dos segmentos de red que utilizan el mismo protocolo de comunicaciones. En general, un puente filtra, enruta, distribuye una trama entrante con base en la dirección MAC de esa trama.

Router: Dispositivo que envía paquetes entre redes. Las decisiones de envío se basan en información de la capa de red (capa 3) y de tablas de ruteo construidas por protocolos de transmisión

SAR: Segmentación y Reensamblado.

Es una de las dos capas del AAL CPCS, encargada de dividir (en el origen) y reensamblar (en el destino) los PDU transferidos desde el CS y después

SEAL:AAL Simple y eficiente

Esquema utilizado por AAL 5 en la que la subcapa SAR segmenta a los CSPDUs sin sumar campos adicionales.

SVC : Circuito virtual conmutado

Es un circuito virtual que se establece de manera dinámica por demanda y es liberado cuando se termina la transmisión .Se llama conexión virtual conmutada dentro de la terminología ATM

TCP/ IP: Transmisión Control Protocol over Internet Protocol

Protocolo de comunicaciones estándar Ethernet, desarrollado para Internet y que engloba la capa de red (capa 3) y la capa de transporte (capa 4)

VCC: Conexión de canal virtual.

Es un circuito lógico hecho de VCLs que transporta datos entre dos puntos terminales en una Red ATM. A menudo se le llama conexión de circuito virtual.

VCI: Virtual Channel Identifier (Identificador de Canal Virtual)

Campo de 16 bits en el encabezado de una celda ATM. Su función es similar a la de un DLCI de Frame Relay

VCL : Enlace de canal virtual.

Conexión entre dos dispositivos de ATM.

VPI: Virtual Path Identifier (Identificador de Trayecto Virtual)

Campo de 8 bits en el encabezado de una celda ATM. El VPI, así como el VCI, es utilizado para identificar el destino sucesivo a medida que una celda pasa a través de una serie de switches ATM hacia su destino final.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Alcocer García, A. C., “Redes de Computadoras”, Infolink E.I.R.L., Lima, 2000.
- [2] Carlos Usbeck Wandemberg, “Redes Lan en ambiente ATM”, Complementos Electronicos, México, 1999.
- [3] Martin de Prycker, Asynchronous transfer mode: "Solution for broadband ISDN" 3era Edición New York Prentice Hall, 1995.
- [4] Merille Ford , “Tecnologías de Interconectividad de Redes”, Prentice Hall, Mexico 1998.
- [5] Stamatios V. Kartalopoulos , “Understanding Sonet/SDH y ATM”, Trans Neural Network Alanta ,June 1998.
- [6] ATM Forum, “Lan Emulation over ATM Specification”, version I Febrero 1995.
- [7] E. Witte-Zigura, “Architectura for ATM Switching Systems”, IEEE Commun Mag ,Nov. 1993
- [8] Uyles Black, “ATM: Foundation for broadband Network, 3vol ,Prentice Hall Hall, Mexico 1995.
- [9] Luis Guijarro Coloma, "Redes ATM Principios e interconexion", Ediciones RA-MA ,Universidad Politecnica de Valencia ,Octubre 1998

- [10] Yubal S.Boguer , “A Introduction to ATM Lan Emulation" ,RADCOM technical brief TB/45 1995.
- [11] ATM Forum , “ATM User-Network Interface UNI Specification" Version 3.1 July 1994.
- [12] ATM Forum , “ATM User-Network Interface UNI Signaling" ,Version 4.0 May 1996.