

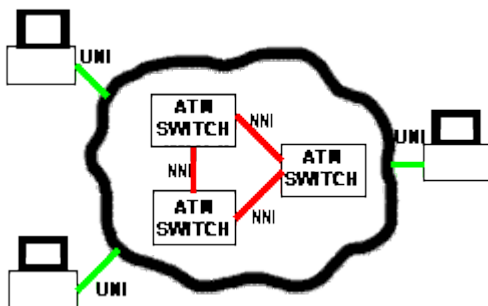
LA CAPA DE RED EN ATM

En sus orígenes, Internet y la red telefónica fueron guiadas por un número reducido de individuos competentes que decidieron estándares esenciales por consenso y en base al mérito técnico. A medida que estas redes crecieron, y conforme mas gente se implicaba en ellas, el proceso de estandarización necesariamente se ralentizó, pero las decisiones (técnicamente acertadas) hechas en los primeros días aun dirigen la evolución de la red. Por el contrario, los estándares ATM están siendo definidos en el fórum ATM por un grupo grande de empresas con intereses mutuamente incompatibles, y no todas con experiencia en construir y operar redes ATM. Al intentar estandarizar antes de que los investigadores hayan llegado al consenso, los estándares del fórum ATM a veces reflejan estimaciones obsoletas de capacidades técnicas, tales como cuanto buffering y proceso es posible en los conmutadores, y están abiertas a compromisos puramente políticos. La experiencia con OSI, que intentó estandarizar la conmutación de paquetes antes de que la tecnología estuviera madura, sugiere que este proceso dará lugar a redes innecesariamente caras. Esto bien puede retrasar la eventual adopción de tecnología ATM. El reto para las redes ATM es dejar suficiente libertad en los estándares para permitir que la tecnología innovadora se consolide.

S. Keshav, 'An Engineering Approach to Computer Networking'

ATM es una red orientada a conexión (CONS), y como tal crea circuitos virtuales (denominados canales virtuales o *Virtual Channel* en el estándar) entre los sistemas que desean intercambiar información. En ATM los nodos terminales se denominan *hosts* y los de encaminamiento *conmutadores* (análogamente a X.25 o frame relay);

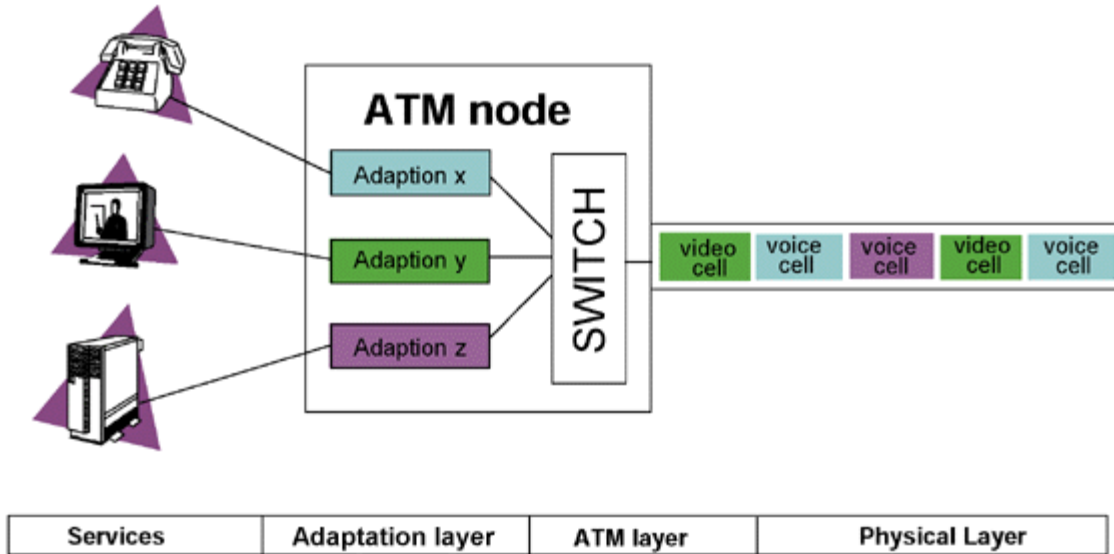
Los conmutadores ATM son siempre equipos de comunicaciones altamente especializados y de elevadas prestaciones, nunca ordenadores de propósito general. Una red (o subred) ATM está formada por una serie de conmutadores unidos entre sí por líneas punto a punto de alta velocidad, normalmente SONET/SDH de 155,52 Mb/s en adelante (OC-3c), aunque también existen interfaces de velocidades inferiores.



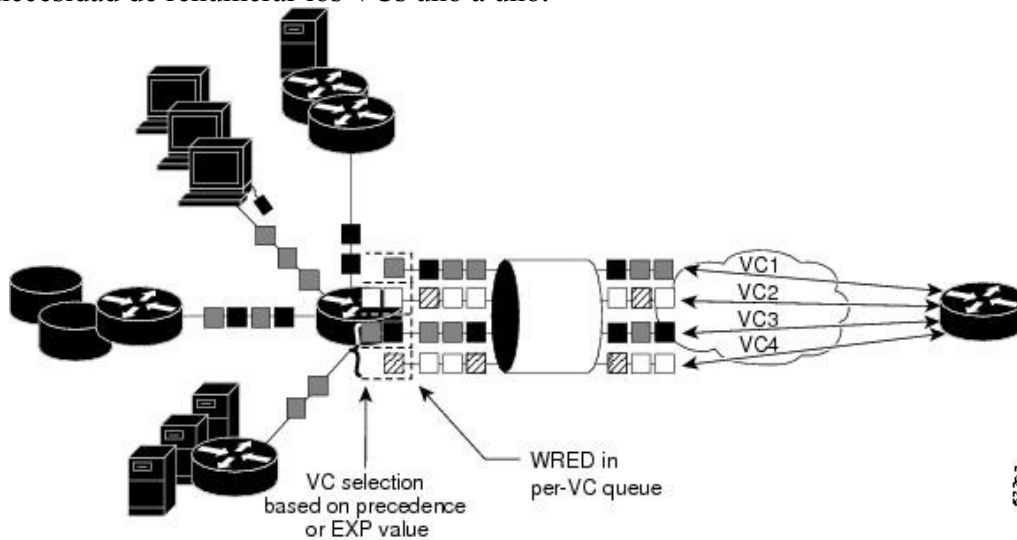
- La interfaz que conecta los hosts con la subred (es decir con los conmutadores) se denomina *UNI (User-Network Interface)*.
- La que comunica los conmutadores entre sí es la *NNI (Network-Network Interface)*.

A diferencia de X.25 ATM no envía acuses de recibo de las celdas recibidas; ni siquiera se verifica el contenido de la celda, salvo la cabecera, ya que se diseñó pensando en medios de transmisión altamente fiables, como las fibras ópticas. Además, uno de los objetivos de ATM es enviar tráfico isócrono, para el cual las retransmisiones serían peores que dejar pasar algunos errores.

La única cosa que ATM garantiza totalmente es que las celdas que se envían por un circuito virtual serán entregadas en su destino en el mismo orden en que han salido. Se podrá perder alguna (pocas) pero bajo ningún concepto se permite alterar el orden de llegada, ni duplicar celdas.



En ATM se pueden agrupar los canales virtuales entre dos nodos en lo que se conoce como trayectos virtuales o *Virtual Paths* (VPs). Podemos pensar en los VCs como pares de hilos de cobre que enlazan dos nodos y que están numerados en ambos extremos para su fácil identificación; en tal caso los VPs serían como mangueras que agrupan gran cantidad de estos pares y que también se numeran para su fácil identificación. Para poder establecer una comunicación entre dos nodos es preciso localizar un par libre en ambos extremos, para lo cual es necesario especificar el número de VP y de VC. El uso de VPs tiene algunas ventajas cuando se trata de reencaminar todos los circuitos virtuales que hay entre dos nodos determinados, ya que si se quiere reencaminar todos los VCs de un VP se puede reencaminar el bloque sin necesidad de reenumerar los VCs uno a uno.



Formato de la cabecera de las celdas

La celda ATM está formada por 5 bytes de cabecera y 48 de carga útil (payload). Existen dos formatos de cabecera según se trate del interfaz UNI o NNI, como se muestra en la tabla. Veamos el significado de estos campos en detalle.

Campo	Longitud (bits)	
	Formato UNI	Formato NNI
GFC (General Flow Control)	4	0
VPI (Virtual Path Identifier)	8	12
VCI (Virtual Channel Identification)	16	16
PTI (Payload Type)	3	3
CLP (Cell Loss Priority)	1	1
HEC (Header Error Control)	8	8

Formato de la cabecera de una celda ATM

El campo **GFC** sólo aparece en el formato UNI y no se utiliza.

VPI identifica el Virtual Path por el que debe circular la celda. Una interfaz UNI puede tener hasta 256 Virtual Paths, mientras que una NNI puede tener hasta 4096.

VCI identifica el Virtual Channel por el que debe circular el paquete dentro del Virtual Path especificado. Puede haber hasta 65536 VCs en cada VP.

El campo **PTI** contiene tres bits; la siguiente tabla, se detalla el significado de cada uno de los ocho posibles valores del campo PTI. Como puede verse, el primer bit indica si se trata de una celda de usuario (0) o de mantenimiento de la red (1), el segundo se utiliza para informar de situaciones de congestión mediante un aviso 'piggybacked' y el tercero indica si la celda es de tipo 0 o de tipo 1; algunos protocolos de transporte de ATM (AAL5 por ejemplo) utilizan la distinción entre tipo 0 y tipo 1 para marcar la última celda de una secuencia, como veremos más adelante.

Valor PTI	Significado
000	Celda de usuario tipo 0; no se detecta congestión
001	Celda de usuario tipo 1; no se detecta congestión
010	Celda de usuario tipo 0; se detecta congestión
011	Celda de usuario tipo 1; se detecta congestión

100	Información de mantenimiento entre conmutadores vecinos
101	Información de mantenimiento entre conmutadores de origen y destino
110	Celda de gestión de recursos (utilizada para control de congestión ABR)
111	Reservado

Significado del campo PTI

El campo **CLP** sirve para distinguir entre celdas importantes y no importantes, de cara a un posible descarte por congestión. Las celdas con CLP 1 serán descartadas primero. Si por ejemplo la red permite al usuario enviar un caudal superior al acordado normalmente marcará el tráfico excedente con el bit CLP para indicar que se trata de tráfico de ‘segunda’ clase, que es el primer candidato a ser descartado por la red en caso de apuro. Obviamente las celdas que se envían para notificar una situación de congestión tiene este bit a 0 para evitar en lo posible que sean descartadas.

El campo **HEC** es un CRC de los primeros 32 bits que detecta todos los errores simples y la mayoría de los errores múltiples.

Puesta en marcha de una conexión ATM

En ATM existen tanto PVCs como SVCs. Los PVCs se configuran de manera estática en los conmutadores. Un PVC está establecido siempre que estén operativos los conmutadores por los que pasa y los enlaces que los unen, es decir siempre que la red está operativa. En cambio los SVCs se crean y destruyen dinámicamente, según se necesita. El protocolo utilizado para establecer SVCs en ATM se denomina Q.2931, y esta basado en el Q.931 utilizado en la señalización de RDSI. Q.2931 es bastante complejo, por lo que solo veremos algunos aspectos básicos de su funcionamiento.

Cuando un nodo desea establecer un VC con otro ha de enviar un mensaje solicitando la conexión por el VC reservado para señalización, que por convenio es el VP 0 VC 5; en cierto modo podemos considerar este VP/VC equivalente al canal D de RDSI.

El establecimiento y finalización de una conexión se lleva a cabo mediante un conjunto de mensajes que pasan del nodo de origen al nodo de destino, recibiendo confirmación en cada nodo intermedio. Para establecer el VC el nodo de origen enviará un mensaje SETUP con la dirección del nodo de destino; cada nodo intermedio reenviará el mensaje al siguiente nodo en la dirección adecuada y responderá con un mensaje CALL PROCEEDING al anterior; cuando el mensaje llegue finalmente al destinatario éste responderá con un mensaje CONNECT que será enviado al originador; como respuesta al CONNECT cada nodo responderá con un CONNECT ACK.

En las redes ATM está soportado el tráfico multicast. En una emisión multicast no se envían celdas duplicadas por un enlace físico, sino que se replican justo en el conmutador donde se produce la

bifurcación de caminos físicos, con lo que se consigue una optimización del tráfico. Para esto se establecen circuitos multipunto. Una vez se ha establecido un VC entre dos nodos se puede 'invitar' a otros a participar mediante el comando ADD PARTY

Direccionamiento en ATM

Para que el protocolo de señalización Q.2931 y el establecimiento de circuitos virtuales conmutados en ATM funcionen correctamente es necesario disponer de un esquema de direcciones adecuado. Inicialmente la ITU-T acordó utilizar direcciones con el formato E.164, que son ni mas ni menos que las utilizadas por la red telefónica pública internacional; esto permite integrar las direcciones ATM con las de la RDSI de banda estrecha. Las direcciones E.164 estan formadas por hasta 15 dígitos decimales (aunque la ITU-T está considerando extenderlo a 16 ó 17) que se representan en código BCD (es decir dos dígitos por byte); la dirección se ajusta por la derecha y se rellena con ceros por la izquierda en caso necesario. Una dirección E.164 tiene los siguientes campos:

Relleno	Código de país	Código de área/proveedor	Número de suscriptor
---------	----------------	--------------------------	----------------------

- El **código de país** tiene de uno a tres dígitos y especifica el código correspondiente al país según el estándar E.163; por ejemplo 34 representa España, 1 Estados Unidos, 507 Panamá, etc.
- El **código de área/proveedor** sirve para identificar al operador dentro de un país y/o el código de área dentro del país; en el caso de España identifica a la provincia (96 para Valencia, 945 para Álava, etc.). Tiene una longitud variable.
- El **número de suscriptor**: identifica al usuario del servicio. Este podría ser un host o un conmutador ATM del usuario (pero siempre conectado a la red mediante un interfaz UNI). Un ejemplo de número de suscriptor es cualquier número de teléfono analógico o RDSI.

Las direcciones E.164 tienen una estructura jerárquica en la que la longitud de cada campo no esta establecida de antemano, sino que depende del valor de la propia dirección. Así el código de país puede tener de uno a tres dígitos, el código de área en España puede tener dos o tres dígitos, etc.

Prácticamente todas las redes públicas ATM (o sea las operadas por compañías telefónicas) utilizan direccionamiento E.164, ya que esto permite la integración total con RDSI y con la red telefónica convencional. De cualquier forma el direccionamiento solo es importante cuando la red soporta SVCs, cosa que no ocurre por ejemplo con el servicio ATM de Telefónica que solo soporta PVCs.

Dado que el espacio de direcciones E.164 es relativamente pequeño no es factible su utilización en redes ATM privadas, por lo que en este caso se suele utilizar el direccionamiento especificado por el ATM forum, que se basa en el OSI de 20 bytes denominado direccionamiento NSAP (Network Service Access Point); las direcciones NSAP tienen una longitud de 20 bytes. Las direcciones NSAP de ATM pueden tener cualquiera de los tres siguientes formatos:

AFI	DCC	HO-DSP	ESI	SE
X'3				L
9'				

Formato DCC (Data Country Code)

AFI	ICD	HO-DSP	ESI	SE
X'4				L
7'				

Formato ICD (International Code Designator)

AFI	E.164	HO-DSP	ESI	SE
X'4				L
5'				

Formato NSAP E.164

El primer byte contiene el AFI (Authority and Format Identifier) y su valor indica cual de los tres tipos de dirección se está utilizando.

El formato DCC (Data Country Code) se utiliza para hacer una distribución geográfica por países; en este caso los bytes 2 y 3 especifican el código del país, pero de una forma completamente distinta a como se hace en las direcciones E.164; dado que se trata de direcciones ISO aquí se emplean los códigos de país según el estándar ISO 3166, que son siempre de tres dígitos (por ejemplo a España le corresponde el código 724); el código se almacena en formato BCD como en E.164, pero en vez de ajustarlo por la derecha se ajusta por la izquierda y se rellena a unos por la derecha; así por ejemplo en el caso de España una dirección ATM tendría en el campo DCC el valor X'724F'.

Una vez asignado el código del país el miembro ISO de dicho país (AENOR en el caso de España) asigna los bytes 4 y 5, que son los dos primeros de la parte que genéricamente se denomina HO-DSP (High Order-Domain Specific Part); estos dos bytes especifican redes u organizaciones registradas dentro del país; por ejemplo en España AENOR ha asignado a RedIRIS el HO-DSP X'1001'. Los ocho bytes restantes del HO-DSP los distribuye la autoridad registrada según su propio criterio (RedIRIS en nuestro ejemplo). Normalmente esta parte de la dirección se estructura en varios campos con una estructura jerárquica descendente, para facilitar el routing jerárquico.

El campo ESI (End System Identifier) sirve, como su nombre indica, para identificar al equipo final con el que se quiere conectar; normalmente este campo contiene una dirección MAC IEEE de seis bytes que identifica al equipo, con lo que se asegura que dicha dirección es única a nivel global

(mundial).

El campo SEL (Selector) permite distinguir diferentes entidades (por ejemplo protocolos) en el nivel de red en el mismo host. Cumple una función similar al campo protocolo en una trama PPP, o al DSAP y SSAP en un paquete LLC.

Veamos a modo de ejemplo como se estructuran las direcciones ATM de la red académica española, RedIRIS:

```

+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|39|72 4F|10 01|rr|pp ii|ii|dd dd nn cc|ee ee ee ee ee ee|ss|
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+

```

El significado de cada uno de los campos es el siguiente:

- **X'39'**: indica que se utiliza formato DCC
- **X'724F'**: Código ISO de España (rellenado a unos por la derecha)
- **X'1001'**: Código asignado a RedIRIS por el miembro español de ISO, AENOR.
- **rr**: Indica la Comunidad Autónoma. X'30' representa la Comunidad Valenciana.
- **pp**: Indica la región (provincia, comarca, etc.) dentro de una Comunidad Autónoma. Si no se han asignado valores a este campo se utiliza el valor X'10'.
- **iiii**: Representa la Universidad u Organización. X'0001' representa la Universidad de Valencia.
- **dddd**: Area dentro de una organización. X'0012' es el Campus de Burjassot.
- **nn**: Red dentro de un área. X'11' red del Servicio de Informática.
- **cc**: Conmutador dentro de una red
- **eeee.eeee.eeee**: Equipo final.
- **ss**: selector dentro del equipo final.

Por ejemplo la dirección del conmutador ATM de la Universidad de Valencia en el Campus de Burjassot es X'39.724F.1001.3010.0001.0012.1101.0090.b1f4.2c01.00'

En realidad la estructura de la dirección a partir del campo iiii es solo orientativa ya que cada institución puede decidir organizarlo de manera diferente.

El formato ICD (International Code Designator) está pensado para organizaciones o redes transnacionales que no puedan utilizar el formato DCC (por ejemplo la ONU); en este caso la organización o red correspondiente ha de obtener un identificador (un ICD) de la ISO, para utilizarlo en sus direcciones; a partir de ahí la organización o red decide como estructura la parte HO-DSP de la dirección. Los campos ESI y SEL tienen el mismo significado que en el formato DCC. Por ejemplo la red académica NORDUnet, que se extiende por Suecia, Noruega, Finlandia y Dinamarca, utiliza direcciones ICD con el valor X'0023' en el campo ICD, y a partir de ahí define una estructura con múltiples niveles, similar a la de RedIRIS, para los 10 bytes siguientes. Los fabricantes de equipos ATM también suelen utilizar direcciones ICD; por ejemplo Cisco tiene registrado el ICD X'0091' y lo utiliza en las direcciones que asigna por defecto a todos sus equipos.

El tercer formato, NSAP E.164, contiene en los ocho bytes siguientes al AFI una dirección E.164 empaquetada en 8 bytes y ajustada por la derecha. Este formato permite transportar una dirección E.164 por una red con direccionamiento NSAP.

Los tres formatos de direccionamiento NSAP tienen en común dos aspectos importantes:

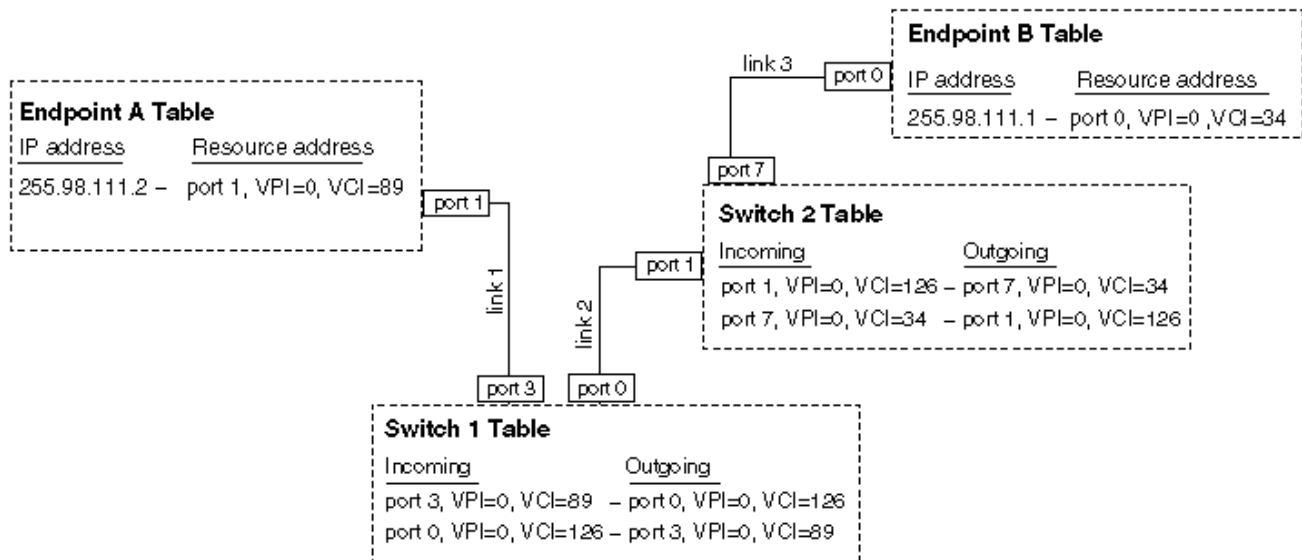
- Los 13 primeros bytes se utilizan para encaminamiento dentro de la red y los siete últimos para encaminamiento hacia el equipo final, también denominados a veces encaminamiento de nivel 2 y de nivel 1, respectivamente. Podemos considerar que los 13 primeros bytes constituyen la parte de red y los siete últimos la parte de host.
- La parte del ESI contiene una dirección MAC de seis bytes global y única que puede ser utilizada para la autoconfiguración de los equipos; en este caso el equipo pondría por su cuenta la parte de host (los siete últimos bytes) y obtendría del conmutador ATM al que se conecta la parte de red (los 13 primeros).

En ATM un conmutador posee una dirección única para todas sus interfaces; en esto es radicalmente diferente de un router IP que tenía una dirección IP diferente para cada interfaz. En cambio un host con dos interfaces ATM tendrá normalmente dos direcciones diferentes si estas interfaces se conectan a conmutadores diferentes.

Encaminamiento y conmutación de celdas

El uso de Virtual Paths (VP) para agrupar Virtual Channels (VC) permite facilitar la gestión de las conexiones ATM, por ejemplo:

- Una vez fijado un VP entre dos hosts la creación de nuevos VCs entre ellos no requiere decisiones de encaminamiento, y puede hacerse sin intervención de los conmutadores intermedios; los nuevos VCs irán sencillamente por dentro del mismo VP.
- Si todos los VCs entre dos destinos discurren por el mismo VP el encaminamiento de celdas en los conmutadores será mas sencillo pues solo será preciso consultar la tabla de VPs, no la de VPs+VCs que tiene muchas mas entradas.
- En caso de tener que modificar la ruta, por ejemplo por avería de una línea o un conmutador, en vez de tener que redirigir los VCs uno a uno se puede hacer por grupos de VCs.



Los valores de VPI tienen significado local dentro de cada conmutador en una red ATM; por tanto en cada salto que realiza una celda dentro de la red el campo VPI es modificado y por consiguiente el campo HEC es recalculado cada vez.

Routing en ATM

El funcionamiento orientado a conexión de ATM establece una diferencia importante en cuanto al routing dinámico respecto a IP. Mientras que en IP el protocolo de routing dinámico elige la ruta óptima en cada momento, en ATM la elección se realiza solo en el momento de establecer el circuito; si más tarde el trayecto elegido sufre congestión el circuito no se reconducirá por otros caminos que pueda haber mas descargados de tráfico, a no ser que el circuito se termine y se realice una nueva conexión.

En una red ATM mallada se dispone en general de varias rutas alternativas para el establecimiento de un VC. Para la elección de la ruta se pueden emplear tablas estáticas contenidas en los conmutadores (routing estático), o utilizar un protocolo de routing dinámico que permita a los conmutadores elegir el camino óptimo cada vez que se establece un circuito. Como en el caso de IP si queremos realmente aprovechar las posibilidades de resistencia a fallos que nos brinda una red mallada necesitamos implementar routing dinámico en la red; de lo contrario será necesaria una intervención manual para cambiar las rutas y eludir así la parte no operativa de la red. Además conviene recordar que esto solo tiene sentido si la red implementa un protocolo de señalización que haga posible el establecimiento de SVCs, pues si tenemos PVCs la intervención manual será necesaria para configurar el circuito por la nueva ruta.

El routing dinámico en ATM es más complejo que en IP, ya que además de los factores relativos a carga y estado de los enlaces se ha de tomar en consideración los requerimientos de calidad de servicio

especificados en la solicitud de conexión, y la cantidad de recursos libres en cada uno de los enlaces de cada una de las rutas posibles. El protocolo de routing utilizado en ATM se denomina P-NNI (Private Network-to-Network Interface) y se basa en el algoritmo del estado del enlace, igual que OSPF e IS-IS. De la misma forma que éstos, P-NNI permite definir niveles jerárquicos (denominados 'peer-groups'), cada uno de los cuales va asociado a una parte de la dirección ATM. En el caso de utilizar direcciones NSAP de 20 bytes el máximo de la dirección que puede asignarse a la parte red es de 13 bytes, que son 104 bits; por esta razón el número máximo de niveles jerárquicos que permite P-NNI es de 105, asociados a los 104 bits mas un nivel superior englobando todos los inferiores.

A diferencia de lo que ocurre en IP en ATM el conmutador que solicita establecer el circuito fija la ruta completa, no solo el siguiente salto. De esta forma si en algún tramo del trayecto no es posible cumplir los requisitos de calidad de servicio planteados se produce un mensaje de vuelta atrás denominado 'CrankBack' y el conmutador que inició la solicitud se replantea de nuevo la ruta óptima desde el principio, pudiendo entonces elegir una ruta completamente distinta a la inicialmente prevista. El proceso descrito se realiza independientemente para cada peer-group por parte del conmutador de entrada a dicho peer-group. Es evidente que para poder realizar con máximas de probabilidades de éxito este proceso el conmutador ATM necesita disponer de una información lo más completa posible sobre la topología de la red, lo que explica porqué no hay en ATM protocolos de routing basados en el algoritmo del vector distancia.

Categorías de servicio

Para poder satisfacer un amplio espectro de necesidades se definen en ATM las denominadas *Categorías de Servicio*, que difieren en el nivel de garantía que dan al usuario respecto de la disponibilidad de los recursos de red solicitados. En un servicio ATM ofrecido por un operador el usuario contrataría una determinada categoría de servicio y en función de ello pactaría con el operador una serie de parámetros que especificarían la capacidad y la calidad de servicio que obtuviera. Normalmente una misma capacidad tendrá un precio diferente según la calidad de servicio solicitada. De esta forma se pretende que el usuario contrate en cada caso la categoría de servicio que mejor se acomode a sus necesidades, y a su presupuesto.

El servicio **CBR (Constant Bit Rate)** garantiza una capacidad determinada y constante, independientemente de la utilización que hagan de la red otros usuarios. Este servicio es el mas sencillo de implementar y el mas seguro de todos, ya que la red reserva la capacidad solicitada en todo el trayecto de forma estática. No se realiza ningún tipo de control de congestión, ya que se supone que ésta no puede ocurrir. El servicio CBR es equivalente a una línea dedicada punto a punto. Las principales diferencias (y ventajas) de CBR respecto a las líneas punto a punto son las siguientes:

- Las líneas punto a punto son siempre simétricas; un circuito CBR puede contratarse asimétrico y adaptarse así a las necesidades del usuario.
- Las líneas punto a punto solo están disponibles con determinadas capacidades preestablecidas, a veces con enormes separaciones entre sí (512 Kb/s, 2 Mb/s, 34 Mb/s); cuando se requieren

capacidades intermedias es preciso recurrir a agregar varios enlaces de la capacidad inferior, lo cual es costoso y poco eficiente; un CBR se puede contratar con el caudal que se desee (normalmente redondeado a un valor entero en Kb/s).

- Una línea punto a punto tiene un proceso de instalación complejo; si se desea aumentar la capacidad es preciso instalar una nueva línea, con el consiguiente costo y tiempo de instalación. El caudal de un CBR se puede modificar en cuestión de minutos.
- Una línea punto a punto tiene reservada la capacidad de forma permanente; un CBR puede contratarse con un perfil horario determinado, de forma que tenga una mayor capacidad precisamente en las horas del día en que más se necesita, reduciéndolo en las que no se utiliza.

Debido a su sencillez CBR es el servicio mas extendido actualmente en las redes ATM públicas. El servicio ATM de Telefónica (Gigacom) ofrece actualmente VCs CBR con velocidades de entre 64 Kb/s y 155 Mb/s. Es posible contratar un perfil horario con hasta cuatro cambios de caudal cada 24 horas.

El servicio **VBR (Variable Bit Rate)** está pensado para cuando se prevé un tráfico a ráfagas. Tiene dos modalidades: RT-VBR, con requerimientos de bajo retardo y jitter para aplicaciones en tiempo real (vídeoconferencia, vídeo bajo demanda, etc.), y NRT-VBR para aplicaciones en las que el control del retardo no es tan importante, por ejemplo transferencia de ficheros. En VBR el usuario especifica un caudal medio pero, en función de sus necesidades y del estado de la red, podrá utilizar ocasionalmente caudales superiores, lo cual da mayor flexibilidad y permite ajustar el caudal a las necesidades medias. Para el control de las ráfagas se utiliza el algoritmo del pozal agujereado. En algunos servicios VBR el tráfico excedente sale marcado con el bit CLP. Desde el punto de vista de la red VBR tiene una complejidad superior a CBR.

El servicio **ABR (Available Bit Rate)** es de todas las categorías de servicio que ofrece ATM la que mas se parece a Frame Relay. ABR está pensado para tráfico a ráfagas, se supone que habrá instantes de gran demanda de capacidad seguidos de otros de total inactividad. ABR permite establecer un ancho de banda mínimo garantizado y fijar un valor máximo orientativo. ABR es la única categoría de servicio ATM en la que se prevé que la red suministre control de flujo al emisor para que reduzca el ritmo en caso de congestión; esta circunstancia hace de ABR la categoría de servicio mas apropiada para tráfico de datos, por ejemplo para enviar datagramas IP, pero lo hace poco apropiado para aplicaciones isócronas. Debido a su funcionalidad ABR es la categoría de servicio mas compleja de implementar, por lo que no esta aún muy desarrollada en la práctica.

El servicio **UBR (Unspecified Bit Rate)** puede considerarse el de mas baja calidad. Es en cierto modo equivalente al servicio que ofrece Frame Relay cuando se utiliza un CIR 0. No existe ningún tipo de garantía en cuanto al retardo o ancho de banda, y tampoco se informa al emisor en caso de congestión. UBR utiliza la capacidad sobrante en la red de las demás categorías de servicio; por este motivo UBR será presumiblemente el servicio de menor coste cuando esté disponible comercialmente. Puede utilizarse para enviar tráfico IP cuando el costo sea el factor principal y la calidad de servicio no sea importante (por ejemplo para enviar tráfico de news).

Por último diremos que el ATM fórum ha definido una variante del servicio UBR denominada UBR+, que consiste en añadir al servicio UBR la posibilidad de especificar una capacidad mínima requerida. UBR+ sería similar al servicio ABR pero sin el control de congestión.

Calidad de servicio y descriptores de tráfico

La posibilidad de establecer Calidad de Servicio es una de las grandes virtudes de ATM. No es sorprendente pues que en las redes ATM se puedan fijar una larga serie de parámetros que definen los niveles mínimos de calidad que el operador debe ofrecer al usuario para cada una de las categorías de servicio antes definidas. Estos parámetros podemos clasificarlos en dos grupos, los parámetros de tráfico y los parámetros de Calidad de Servicio. No todos los parámetros tienen sentido en todas las categorías de tráfico.

Los parámetros de tráfico son los siguientes:

- **PCR (Peak Cell Rate) y CDVT (Cell Delay Variation Tolerance):** Máximo caudal que permite el VC y tolerancia (pequeña) respecto a este caudal
- **SCR (Sustainable cell rate) y BT (Burst Tolerance):** Caudal medio máximo permitido y tolerancia a ráfagas (grande) respecto a este caudal
- **MCR (Minimum Cell Rate, tasa de celdas mínima):** velocidad mínima que se considera aceptable para establecer el circuito ATM.

Los parámetros de Calidad de Servicio son los siguientes:

- **Max. CTD (Maximum Cell Transfer Delay, máximo retardo de transferencia de una celda):** es el retardo o latencia máximo permitido, o sea el tiempo máximo que puede tardar la red en transmitir una celda de un extremo a otro del circuito.
- **Peak-to-Peak CDV (Peak to Peak Cell Delay Variation, variación del retardo pico a pico):** es el 'jitter' o máxima fluctuación que se podrá producir en el retardo de las celdas.
- **CLR (Cell Loss Ratio, tasa de pérdida de celdas):** porcentaje máximo aceptable de celdas que la red puede descartar debido a congestión. Cuando una celda es entregada en el destino con un retardo superior a MCTD se considera celda perdida.

No todos los parámetros son aplicables a todas las categorías de servicio. Por ejemplo en un servicio CBR se especifica PCR, pero no SCR ni MCR puesto que todos tendrían el mismo valor. En un servicio UBR no se especifica ningún parámetro, ya que UBR ofrece un servicio 'best effort'.

La siguiente tabla resume que parámetros se especifican normalmente en cada categoría de servicio:

	CBR	VBR-RT	VBR-NRT	ABR	UBR +	UBR
PCR/CDVT	SI	SI	SI	SI	NO	NO
SCR/BT	NO	SI	SI	NO	NO	NO
MCR	NO	NO	NO	SI	SI	NO
Max. CTD	SI	SI	NO	SI	NO	NO
Pk-t-Pk CDV	SI	SI	NO	NO	NO	NO
CLR	SI	SI	SI	SI	NO	NO

Tabla 4.6.- Parámetros QoS aplicables a cada categoría de servicio ATM

Conformación y vigilancia del tráfico

En una red que pretende ofrecer calidad de servicio a sus usuarios es fundamental que el usuario no exceda los límites de caudal pactados en su contrato de servicio. Esta tarea tiene dos aspectos íntimamente relacionados: por una parte el autocontrol que el usuario ejerce sobre el tráfico que inyecta en la red y que denominamos conformado de tráfico o 'traffic shaping' y por otra la vigilancia que la red ha de ejercer sobre el tráfico de dicho usuario que denominamos vigilancia de tráfico o 'traffic policing' y que normalmente realiza el conmutador ATM que conecta a dicho usuario a la red.

Los mecanismos de control de tráfico dependen mucho de la categoría de tráfico de que estemos hablando. En el caso de tráfico CBR las labores de conformado y vigilancia son muy simples, ya que el usuario dispone de una capacidad constante asignada y reservada de forma estática. Supongamos por ejemplo que un usuario contrata un circuito CBR con un PCR de 10.000 celdas/s (equivalente a 4,24 Mb/s); en este caso el usuario estará autorizado a introducir una celda en la red cada 100 μ s; si su conexión física con la red ATM es un enlace OC3 (155,52 Mb/s) el usuario tardará 2,7 μ s en enviar una celda, por lo que después de cada envío deberá estar como mínimo 97,3 μ s sin enviar otra, ya que de lo contrario excedería su PCR y el conmutador descartaría todas las celdas que llegaran antes del plazo previsto.

En el extremo opuesto se encuentra el tráfico UBR. Aquí no se pacta ningún parámetro por lo que el usuario recibe un servicio 'best effort'; normalmente esto se traduce en que los circuitos UBR utilizan la capacidad sobrante al resto de circuitos de la red, con lo que un usuario UBR podría llegar a ocupar totalmente la capacidad de un enlace en momentos en que no hubiera tráfico de otro tipo (a excepción del caudal que estuviera asignado a circuitos CBR), pero este tráfico de mínima prioridad será desplazado en cuanto otros usuarios tuvieran alguna necesidad. El servicio UBR es el que se utiliza normalmente en las redes locales ATM.

En tráfico ABR se fija una capacidad mínima requerida (MCR) y una máxima prevista (PCR); en el momento de establecer el circuito la red se asegura de que la capacidad correspondiente al MCR esté

disponible, pero no promete nada respecto a PCR, que estará sujeto a disponibilidad. Dado que el usuario recibe realimentación de la red en caso de congestión, se supone que si inyecta un tráfico superior a MCR y la red no puede soportarlo recibirá mensajes de la red que le harán reducir el caudal. No se establece la duración de las ráfagas (parámetro MBS) ya que éstas pueden tener una duración considerable en ratos de baja carga en la red. De la misma forma que en UBR un usuario de servicio ABR podría emplear cantidades importantes de la red en momentos de baja utilización de otros usuarios, pero sin superar en ningún momento el caudal especificado en el parámetro PCR.

El control de tráfico VBR es el mas complejo. Los parámetros especificados, SCR, PCR y MBS, configuran un pozal agujereado. En el caso mas sencillo utilizaríamos SCR como caudal ρ , MBS sería el tamaño del buffer C , y PCR el caudal con que el host envía los datos al pozal. El forum ATM prevé tres posibles algoritmos diferentes que pueden utilizarse para especificar el comportamiento del tráfico VBR frente a las ráfagas, basados en el uso de uno o dos pozales agujereados. Se prevé también la posibilidad de que el usuario o la aplicación controle el marcado del bit CLP en las celdas para evitar el descarte de tráfico importante. Aun cuando se permite la emisión de ráfagas la aplicación del algoritmo del pozal agujereado implica que en un servicio VBR el caudal medio nunca supera el valor de SCR pactado.

Control de congestión

Control de admisión y reserva de recursos

Dado que ATM ofrece un servicio CONS es posible comprobar en el momento de establecer el circuito si existen en la red recursos suficientes para satisfacer la solicitud, es decir ejercer control de admisión. En los servicios CBR, VBR, ABR y UBR+ la solicitud de establecer el VC viene acompañada de unos requerimientos medios y máximos de ancho de banda, con los que es posible realizar una comprobación e incluso reserva de recursos en todo el trayecto.

Control de congestión basado en el ritmo

Como ya hemos visto la única categoría de servicio que contempla mecanismos de control de congestión es ABR. El tráfico CBR nunca debería encontrar congestión pues funciona como una línea dedicada; el VBR aplica conformado y vigilancia de tráfico con lo que se supone que las ráfagas podrán ser amortiguadas por los buffers de los conmutadores, y el UBR se supone que se dará cuenta de la congestión por el descarte de celdas.

El mecanismo que se sigue para notificar de la presencia de congestión en tráfico ABR es el siguiente: el emisor de celdas genera cada k celdas de datos una celda especial llamada de gestión de recursos (celda RM, Resource Management); la celda RM llega al receptor el cual la examina, la modifica, y la devuelve al emisor. En caso de congestión el receptor puede informar al emisor en la celda RM devuelta. Si la congestión es tan severa que las celdas RM se pierden el emisor detectará que no está recibiendo las celdas RM devueltas al ritmo previsto y sospechará que hay congestión.

El control de congestión en tráfico ABR se lleva a cabo ajustando un parámetro denominado ACR (Actual Cell rate, flujo de celdas real) en un valor comprendido entre los parámetros MCR (Minimum Cell Rate) y PCR (Peak Cell Rate) pactados entre el usuario y la red en el momento de establecer el circuito. Las celdas RM tienen un campo denominado ER (Explicit Rate) donde se anotan el valor de Cell Rate que puede utilizarse. Una celda RM empieza su viaje de ida y vuelta con un valor de ER por ejemplo igual a PCR; cada conmutador por el que pasa la celda RM revisa el valor de ER que ésta lleva anotado y si le parece aceptable lo respeta, pero si el conmutador tiene congestión y le parece excesivo lo reduce (nunca lo puede aumentar); la revisión del ER se lleva a cabo tanto en la ida como en la vuelta. Al final el emisor cuando recibe la celda RM devuelta puede saber por el valor de ER que ACR debe utilizar.

Además en situaciones de congestión severa un conmutador puede generar celdas RM propias y enviarlas al emisor. Como tercera vía para notificar la congestión los conmutadores ATM pueden poner a 1 el bit medio del campo PTI (Payload Type) de la cabecera en las celdas de datos que envían al causante de los problemas, que actúa de forma parecida al bit BECN de Frame Relay..

ATM y el modelo OSI

La relación de ATM con el modelo ISO-OSI supera al de la mayoría de los protocolos de transporte.

Aplicación	Nivel adaptación ATM
Presentación	
Sesión	
Transporte	Nivel adaptación ATM
Red	
Enlace de datos	Nivel ATM
Físico	Físico

Capa ATM

Lo que se ha tratado hasta ahora son operaciones que tienen lugar en la capa ATM, que corresponde, en cierta manera, a los niveles de enlace de datos y de red del modelo ISO-OSI. Si ATM fuera como otros protocolos, estos serían los únicos niveles afectados por ATM y la descripción podría acabar aquí.

Provee un solo mecanismo de transporte para múltiples opciones de servicio

Es independiente del tipo de información que es transmitida (datos, gráficos, voz, audio, vídeo) con excepción del tipo de servicio (QOS) requerido

Existen dos tipos de header ATM: UNI (User-Network Interface) y NNI (Network-Network Interface)

Los Protocolos de Transporte de ATM

Dentro del modelo ATM la capa que se ocupa de la comunicación host-host, y que por tanto podemos considerar de transporte, es la denominada capa de adaptación ATM, o capa AAL (ATM Adaptation Layer).

Existen importantes diferencias entre los protocolos de transporte habituales, como TCP, y los utilizados en ATM. Esto se debe a que las redes ATM no fueron diseñadas en principio para el transporte de datos informáticos, sino para la transmisión de datos en tiempo real, principalmente voz y vídeo digitalizado.

La ITU-T define la capa AAL en la recomendación I.363. Esta recomendación ha sido fruto de diversos compromisos y reajustes sobre la marcha, y para comprender su estado actual tenemos que referirnos aunque sea brevemente a su evolución histórica.

Dado que el objetivo de la capa AAL es adaptar diversos tipos de tráfico para su transporte sobre redes ATM, la ITU-T empezó estudiando y clasificando las clases de tráfico que podían tener cierto interés. Desde el punto de vista de la ITU-T (principalmente formada por compañías telefónicas) los parámetros relevantes para esa clasificación eran tres:

- Tiempo real o no tiempo real (tráfico isócrono o asíncrono)
- Caudal de tráfico constante o variable
- Servicio orientado a conexión o no orientado a conexión

Con tres parámetros y dos posibles valores para cada uno se obtienen en total ocho combinaciones. De éstas la ITU-T decidió que sólo cuatro tenían sentido; por ejemplo se consideró que un tráfico en tiempo real con caudal constante no orientado a conexión no tenía sentido o era algo inútil, por lo que se descartó esa combinación. Las cuatro clases que se consideraron interesantes se denominaron A, B, C y D; en la tabla 8.7 se recogen las características relevantes de cada una de ellas.

Clase	Tiempo real	Caudal de tráfico	CONS-CLNS
A	Si	Constante	CONS
B	Si	Variable	CONS
C	No	Variable	CONS
D	No	Variable	CLNS

Tabla 8.7.- Clases de tráfico ATM definidas por la ITU-T

Aunque esta clasificación hoy en día está obsoleta tiene cierto interés porque fue la base para definir los protocolos de adaptación de ATM (AAL). Inicialmente se definieron cuatro protocolos AAL, denominados AAL1 a AAL4, que correspondían a las cuatro clases descritas. A medida que se iban

especificando los detalles de cada AAL se observó que los requerimientos de las clases C y D eran tan similares que no se justificaba la existencia de dos protocolos diferentes, por lo que AAL3 y AAL4 fueron agrupados en un protocolo conjunto, denominado por ello AAL3/4. La gama de protocolos AAL quedaba así reducida a tres posibilidades: AAL1 para servicios CONS en tiempo real con tasa constante, AAL2 para servicios CONS en tiempo real con tasa variable y AAL3/4 para tráfico no en tiempo real con tasa variable; este último sería el protocolo normalmente elegido cuando se tratara de transmitir datos sin el requerimiento de tiempo real, por ejemplo para la interconexión de redes locales.

El grupo de trabajo que se ocupaba en la ITU-T de especificar los protocolos AAL estaba formado principalmente por representantes de las operadoras, que eran (y son) los representantes ‘genuinos’ de la ITU-T. Por aquel entonces recibía una cierta atención una tecnología de redes MAN denominada DQDB (Distributed Queue Dual Bus) estandarizada por el IEEE bajo la denominación 802.6; este estándar se perfilaba como una vía por la cual las operadoras podrían ofrecer servicios de transporte de datos a los usuarios. Cabe pensar que redes DQDB distantes se unieran entre sí utilizando redes ATM, y en particular el protocolo AAL3/4. No resulta pues extraño que AAL3/4 se diseñara pensando en disfrutar una buena compatibilidad con DQDB, de forma que fuera fácil el intercambio de datos entre ambas tecnologías. Sin embargo a cambio de esta virtud, de cuestionable utilidad por cuanto que DQDB es una tecnología hoy olvidada, el protocolo AAL3/4 es poco eficiente e introduce un overhead excesivo tanto en la información de control que requiere como en la cantidad de proceso necesario para generarla e interpretarla. Las empresas fabricantes de equipos informáticos (conmutadores y adaptadores ATM), que se incorporaron tarde al proceso de estandarización de los protocolos AAL, se dieron cuenta de esto cuando ya no era posible modificar el AAL3/4, por lo que decidieron crear un nuevo protocolo que denominaron AAL5, para transportar la misma clase de datos que AAL3/4 pero de forma más eficiente.

Dos hosts acuerdan el protocolo AAL a utilizar cuando establecen una conexión o VC (Virtual Channel); a partir de ese momento el protocolo permanece inalterado durante toda la conexión. Un VC no puede transportar simultáneamente tráfico utilizando diferentes protocolos AAL; sin embargo un mismo enlace físico si puede ser utilizado por diferentes AALs si cada uno utiliza un VC diferente.

Conviene diferenciar las *clases de tráfico* a las que nos estamos refiriendo de las *categorías de servicio* que hemos visto en el nivel de red. La categoría de servicio es algo que se pacta con el prestador del servicio (por ejemplo con el operador a la hora de solicitar un VC en una red ATM pública), mientras que el protocolo AAL es algo que solo afecta a los dos hosts comunicantes de forma transparente a la red y a todos los conmutadores ATM por los que pase ese VC. Mientras que la categoría de servicio se pacta especificando una serie de parámetros (de tráfico y de Calidad de Servicio) no existe ningún parámetro que intercambiar entre dos hosts cuando eligen utilizar uno u otro protocolo AAL.

No obstante lo anterior, es evidente que los protocolos AAL que transmiten tráfico en tiempo real necesitarán de la red una categoría de servicio que garantice estos parámetros. Por tanto normalmente una comunicación entre dos hosts mediante el protocolo AAL1 requerirá de la red un servicio CBR para funcionar correctamente, y una mediante AAL2 requerirá un servicio VBR-rt. Los protocolos AAL3/4 y AAL5 pueden utilizar cualquiera de las categorías de servicio, incluidas las CBR y VBR-rt cuando las características del tráfico a transmitir lo justifiquen.

Al margen de lo que sea mas adecuado, la elección de categoría de servicio estará supeditada a lo que esté soportado por los hosts y la red por la que se comunican; la elección del protocolo AAL solo estará supeditada a las posibilidades de los hosts ya que para la red no participa en el protocolo AAL. Al ser este un campo muy cambiante en cuanto a la especificación de los estándares existen muchas diferencias de funcionalidad entre los productos disponibles en el mercado y la interoperabilidad entre diversos fabricantes no está ni mucho menos asegurada, aun cuando la documentación indique una estricta adherencia a estándares.

Estructura de la Capa de Adaptación ATM

La capa AAL se compone de dos subcapas. La inferior denominada subcapa de *segmentación y reensamblado* o **SAR** (Segmentation And Reassembly) se ocupa, como su nombre indica, de crear en el emisor las celdas a partir de los datos recibidos de la subcapa superior, y de reconstruir en el receptor los datos originales a partir de las celdas recibidas. La superior se denomina subcapa de *convergencia* o **CS** (Convergence Sublayer) y actúa de interfaz entre la capa AAL y la aplicación, permitiendo adaptar diversos tipos de tráfico para su transporte sobre redes ATM.

La subcapa SAR construye las celdas con el formato propio del protocolo AAL utilizado, que puede incluir determinados campos de control. En recepción se encarga de la verificación e interpretación de esos campos de control, y de la reconstrucción de los datos para su envío a la subcapa CS. Los cinco primeros bytes de cabecera de la celda ATM contienen la información del nivel ATM, por lo que para la subcapa SAR la celda ATM sólo tiene 48 bytes, que corresponden a la parte denominada carga útil o 'payload' de la celda. En esos 48 bytes debe estar incluida cualquier información de control que requiera el protocolo AAL utilizado.

La subcapa superior, llamada de convergencia o CS (Convergence Sublayer) se subdivide a su vez en dos partes, una inferior y otra superior. La inferior depende del protocolo AAL utilizado pero no de la aplicación, por lo que se denomina *parte común* de la subcapa de convergencia o **CPCS** (Common Part Convergence Sublayer), y una superior que es específica de la aplicación por lo que se la llama subcapa de convergencia *específica del servicio* o **SSCS** (Service Specific Convergence Sublayer); en algunos casos esta última puede no existir. Por su naturaleza dependiente de la aplicación no veremos aquí la subcapa específica (SSCS), y siempre que nos refiramos a la subcapa CS estaremos haciéndolo implícitamente a la parte común (CPCS).

La subcapa CS se ocupa de recibir los mensajes llegados de la aplicación (o de la parte específica si existe) y pasarlos a la subcapa SAR para su proceso. En algunos protocolos AAL la subcapa CS añade una información de control a los datos recibidos, creando así una estructura que denominaremos mensaje; el mensaje es enviado (haciendo uso de los servicios de la subcapa SAR) a la subcapa CS en el otro extremo, la cual realiza el proceso inverso interpretando y verificando la información de control recibida para pasar el mensaje a la aplicación, o a la parte específica si la hay. En algunos protocolos AAL (concretamente AAL 1 y AAL 2) las funciones de la subcapa CS son mínimas, ya que no se construye mensaje alguno; el flujo de datos es formateado en celdas directamente por la subcapa SAR.

Todos los protocolos AAL calculan CRCs. En el caso de AAL 1 el CRC sólo afecta a la cabecera de la

parte de carga útil de la celda. En AAL 2, AAL 3/4 y AAL 5 se calcula un CRC de los datos enviados, que se comprueba en recepción, pero en caso de error el receptor se limita a descartar los datos erróneos, o a pasarlos e informar de ello a la aplicación. No existe en los protocolos AAL ningún mecanismo de notificación al emisor para el reenvío de datos erróneos; si se desea éste debe ser implementado por los niveles superiores.

El AAL 3/4 ha caído en desuso al ser reemplazado por el AAL 5. El AAL 2 se especificó en su momento de manera incompleta y ahora se está redefiniendo. Por tanto nosotros describiremos solamente el AAL 1 y el AAL 5, que son los únicos que se utilizan en la práctica.

AAL 1

Este protocolo está pensado para transmitir tráfico en tiempo real con caudal constante. Por tanto se corresponde normalmente con la categoría de servicio CBR. AAL 1 sirve por ejemplo para transportar circuitos de voz digitalizada (PCM) cuando se conectan centralitas mediante una red ATM mediante lo que se conoce como servicio de emulación de circuitos o CES (Circuit Emulation Services). Es bastante habitual emular circuitos E1 (2,048 Mb/s) que permiten interconectar centrales telefónicas soportando hasta 30 conversaciones simultáneas (audio no comprimido). Se puede utilizar este protocolo con equipos de compresión de audio siempre y cuando el algoritmo de compresión utilizado genere una tasa de bits constante. También hay algunos sistemas de videoconferencia especialmente diseñados para funcionar con AAL1 sobre circuitos CBR; estos sistemas se caracterizan también por emplear algoritmos de compresión que funcionan con una tasa de bits constante, como el M-JPEG¹.

El protocolo AAL1 garantiza un mínimo retardo, un jitter pequeño y un reducido overhead de proceso y de información de control.

En AAL 1 la subcapa CS se ocupa de compensar las irregularidades que se puedan producir en el tráfico entrante para ajustarlo lo más posible a un caudal constante. Para esto se construye un buffer con unas pocas celdas antes de empezar a entregar los datos a la aplicación correspondiente. El número de celdas utilizado como buffer depende de la velocidad del circuito.

Los datos son recibidos de la aplicación normalmente como un flujo continuo de bits sin ninguna separación que permita identificar en él mensajes discretos. La subcapa CS no tiene un protocolo propio, es decir, no incorpora información de control. La subcapa SAR sí lo tiene; utiliza un byte de la parte de carga útil de cada celda para incluir una información de control constituida por un número de secuencia y un CRC del número de secuencia; de esta forma el receptor puede verificar con seguridad que las celdas le están llegando todas y en orden, y corregir pequeñas pérdidas que se puedan producir, o notificar a la aplicación en caso de que las pérdidas sean superiores a lo tolerable.

¹ La compresión MJPEG consiste en enviar el flujo de vídeo como una secuencia de fotogramas independientes aplicando a cada uno de ellos el algoritmo de compresión JPEG como si se tratara de una fotografía independiente. Al no aprovechar la redundancia temporal de la información de vídeo la eficiencia es menor que con MPEG, pero la tasa de bits es más constante.

AAL 5

AAL5, que es lo más parecido a un servicio de transporte de datos en ATM, se asemeja en cierto modo a UDP. Se supone que si el usuario desea un transporte fiable incorporará su propio protocolo encima de AAL5. En la práctica, para no reinventar la rueda, se suelen utilizar protocolos ya existentes, por ejemplo TCP. En realidad lo que se suele hacer es encapsular paquetes del nivel de red, por ejemplo datagramas IP, o incluso tramas MAC como veremos luego. Aunque esta solución no es ideal, pues aumenta la cantidad de información de control, es la más extendida actualmente.

Como ya hemos explicado, AAL5 fue propuesto después de los demás AALs por las empresas informáticas como alternativa a AAL3/4, y fue rápidamente adoptado por el ATM Forum y también por la ITU-T. Al principio AAL5 fue denominado SEAL (Simple Efficient Adaptation Layer) lo cual da una idea de los principios que dirigieron su diseño.

En AAL5 la subcapa CS recoge de la aplicación un mensaje discreto que puede tener una longitud de entre 0 y 65.535 bytes. A este mensaje AAL5 le añade una cola de 8 bytes de información y construye un mensaje con la siguiente estructura:

Carga útil (0-65535)	Relleno (0-47)	UU	CP I	Longitud	CRC
-------------------------	-------------------	----	---------	----------	---------

- El *relleno* se utiliza para asegurar que la longitud total del mensaje (incluida la cola) sea un múltiplo de 48 bytes.
- El *campo UU* (User to User), de un byte de longitud, queda a disposición de la aplicación para la transmisión de información usuario-usuario de forma transparente (la aplicación puede ser la parte de la subcapa CS específica de la aplicación). Este campo puede utilizarse, por ejemplo, para multiplexar varias conexiones, o para números de secuencia.
- El *campo CPI* (Common Part Indicator), también de un byte, indica el significado del resto de los campos de control. De momento solo se ha definido un significado, que es el que describimos a continuación.
- El *campo Longitud* indica la longitud de la parte de carga útil, sin contar el relleno si lo hubiera. Como tiene dos bytes la longitud máxima es de 65.535 bytes.
- El último campo es un *CRC* de 32 bits, el mismo que se utiliza habitualmente en las redes locales.

En AAL 5 la subcapa SAR se limita a cortar el mensaje que recibe de la subcapa CS en trozos de 48 bytes que acomoda en la parte de carga útil de celdas consecutivas, sin incluir ninguna información de control adicional. Para que el receptor pueda detectar el final de los mensajes se marca como tipo 1 la

última celda de cada mensaje, poniendo a 1 el último bit del campo PTI (Payload Type Identifier) en la cabecera ATM de dicha celda.

Como puede verse la labor de la capa de adaptación en AAL5 es relativamente sencilla. Solo se calcula un CRC por mensaje, por lo que si se consigue que los mensajes sean relativamente grandes el ahorro respecto a AAL3/4 es considerable. Esto también hace más rápido el proceso. Además, el hecho de no tener información de control por celda reduce el overhead, ya que los 8 bytes de información de control del mensaje suponen un costo despreciables si éste es bastante grande.

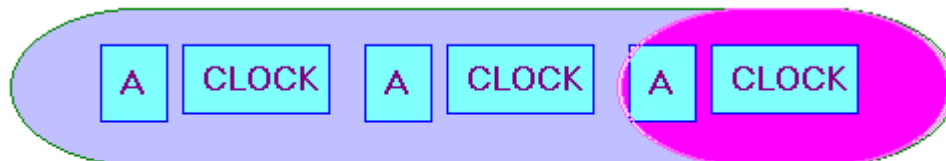
AAL5 es con diferencia el protocolo más utilizado para transmisión de datos a través de redes ATM. Como veremos a continuación las dos aproximaciones más utilizadas para la transmisión de datos en redes ATM, LAN Emulation y Classical IP over ATM, utilizan AAL5. Todo hace pensar que esta tendencia seguirá en el futuro.

Glosario:

Métodos de tx de datos: sincrónico y isócrono (asincrónico)

Servicio Sincrónico

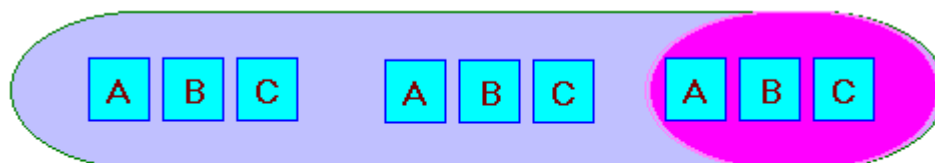
- Se envía una señal de reloj junto con los datos.
- Hay intervalos de tiempo pre-definidos para mantener sincronía.
- El ancho de banda se comparte de una manera determinada.
- Las aplicaciones son sensibles al retardo.



Inda.

Servicio Isócrono ó Asincrónico

- Intervalos de tiempo periódicos y conocidos.
- El tiempo de acceso tiene una duración fija.
- Ancho de banda específico.
- Enfocado a aplicaciones que requieren un estricto control de acceso.



SONET

Synchronous Optical Network (SONET) es un estándar para el transporte de telecomunicaciones en redes de fibra óptica.

SDH

La Jerarquía Digital Síncrona (SDH) (Synchronous Digital Hierarchy) , se puede considerar como la revolución de los sistemas de transmisión, como consecuencia de la utilización de la fibra óptica como medio de transmisión, así como de la necesidad de sistemas más flexibles y que soporten anchos de banda elevados. La jerarquía SDH se desarrolló en EE. UU. bajo el nombre de SONET o ANSI T1X1 y posteriormente el CCITT (Hoy UIT-T) en 1989 publicó una serie de recomendaciones donde quedaba definida con el nombre de SDH.

OC-3

OC-3 is a network line with transmission data rate of up to 155.52 Mbit/s (payload: 148.608 Mbit/s; overhead: 6.912 Mbit/s, including path overhead) using fiber optics.

PVC

Permanent Virtual Circuit : Circuito Virtual Permanente

VPI

Virtual Path Identifier : Identificador de Camino Virtual

VCI

Virtual Channel Identifier : Identificador de Canal Virtual