

Curso ATM - COPITEC

Bibliografía:

www.atmforum.com

An Engineer Approach to Computer Networking: ATM networks, the Internet and the telephone network, S. Keshav

Solution for Broadband ISDN, Martín de Prycker

Internetworking with ATM, Uyles D. Black

Comunicaciones y Redes de Computadores, William Stalling

Redes Globales de Información con Internet y TCP/IP, Douglas Comer

Ámbito del sistema ATM

En un principio, para cubrir reducidas distancias y las bajas velocidades de las LAN, se concibió las técnicas Ethernet. Posteriormente y para cubrir mayores velocidad se idearon los medios Token Ring, Fast Ethernet y más recientemente los Giga Ethernet.

En el entorno MAN se dispuso el X.25, que cubría las bajas velocidades. En la introducción de B-ISDN, se ideó ATM y se implementó Frame Relay que permitía operar las velocidades de hasta 2 Mb/s, de N-ISDN.

La aplicación posterior difundió la práctica de Frame Relay, no así la de ATM que quedó relegada a su aplicación en los troncales de redes de telefonía y para el ofrecimiento de algunos servicios como ser el de videoconferencia.

Se podrá emplear Frame Relay sobre ATM o Ethernet sobre ATM para cubrir áreas de mayores distancias y velocidades. También utilizar placas ATM en la PC del usuario, sin embargo mientras que una placa ATM cueste más de 200 dólares y una placa Ethernet 30 dólares o menos, difícilmente se difunda su uso en el entorno LAN (Fig. 1).

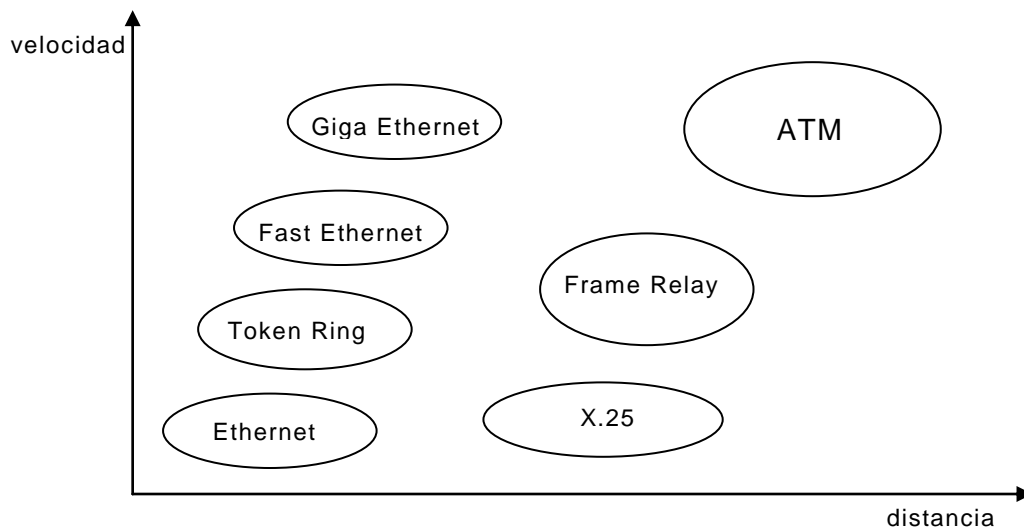


Fig. 1 - Ámbito de los sistemas

ATM se utiliza para backbone como concentrador de tráfico, por ejemplo en una red bancaria, reservando Frame Relay para las redes internas de sus sucursales y cajeros. En esos caso se puede usar Frame Relay sobre ATM, aunque crea que solo se emplea Frame Relay. En telefonía más datos empleando ADSL se llega con la red de acceso hasta el DSLAM en la central telefónica. Desde allí se separa la red telefónica conmutada y la red de datos ATM / IP. En la red troncal telefónica también se podrá implementar voz sobre IP y voz sobre ATM, con servicio en tiempo real.

Analogía ATM y Frame Relay

Son varias las similitudes entre ATM y Frame Relay, como ser que ambas pueden trabajar con ancho de banda sobre demanda para cada servicio.

En Frame Relay se distinguen dos tipos de tráfico: Distribución de Tráfico y Política de Tráfico, Traffic Sharing y Traffic Polycing, los que manejan el tráfico en exceso (Fig. 2).

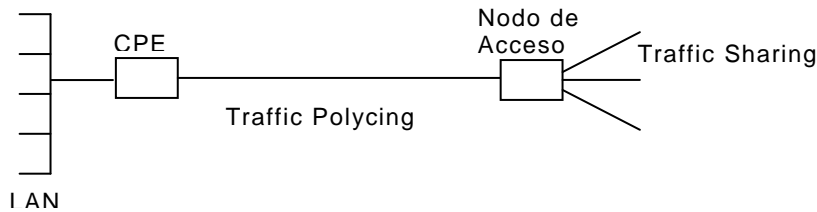


Fig. 2 - Tráfico en Frame Relay

Para el tráfico en Frame Relay, por cada circuito virtual, se tiene una conexión de acceso (Access Rate) con ancho de banda físico definido con una *velocidad-digital-comprometida* CIR (Committed Identification Rate). Lo mismo sucede en ATM donde a esta velocidad convenida, para un circuito virtual de extremo a extremo, se la denomina *tasa-sostenida-de-celdas* SCR (Sustainable Cell Rate).

Si la red de acceso ATM lo permite, se envía los datos con una velocidad en exceso a la comprometida. Los datos en exceso entran marcados como descartables. Si no compromete a la calidad de servicio de la red llegarán al otro extremo, pero si se compromete a los canales vecinos, se descartará primero estos datos marcados. Si el envío es mucho mayor al enlace físico serán descartados todos estos datos antes de su ingreso a la red. Este tratamiento del servicio se conoce como del mejor esfuerzo (Best Effort).

Para cada circuito virtual y en cada nodo, se podrá presentar tres situaciones:

1. Pasa todo si es posible.
2. Pasa solo lo comprometido.
3. No pasa nada.

Estos tres escenarios se podrá visualizar según el esquema de la figura 3.

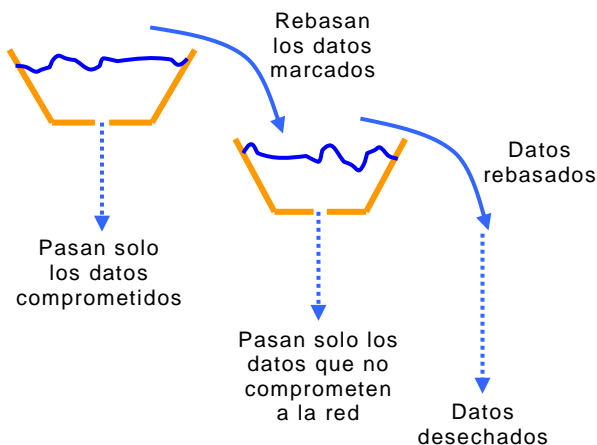


Fig. 3 - CIR Datos descartados

Generalmente para disponer en los enlaces troncales de muy alta velocidad, se monta en el acceso las celdas ATM sobre distintas jerarquías SDH, 155 Mb/s, 622 Mb/s, 2.5 Gb/s, para cada circuito virtual. Este acceso físico SDH se canaliza para tener varios circuitos virtuales extremo a extremo.

Como diferencias entre Frame Relay y ATM se destacan dos características:

1. En ATM el tamaño de la unidad de información es pequeño y fijo.
2. Se soportan en ambos sistemas distintas calidades de servicio.

Para Frame Relay en la trama se dispone de un campo de datos de carga útil (Payload) variable y en la cabecera una señal bandera (flag) de principio y una de fin, un CRC de control, etc.

En la celda de ATM, al ser de longitud fija en 53 By, y al ser utilizados en redes de mayor confiabilidad disponen solo de una pequeña cabecera de 5 By, resultando una carga útil de 48 By. Aunque no dispone de un cabal CRC en la cabecera, en las capas superiores se chequean errores pero no celda por celda. Si llega una celda corrompida, dio mal en su carga útil o en su Header, se descarta. Existe para ello una capa que deja pasar a las capas superiores solo las celdas que estima correctas. Esto lo realiza una *capa-de adaptación-ATM* AAL (ATM Adaptation Layer), inmediata superior a la capa ATM.

En la transmisión de un datagrama IP, la capa AAL antes de ser dividida en celdas por la capa ATM, le agrega un pequeño CRC (Cyclic Redundancy Code) como indicador de longitud, que indica que han llegado todas las celdas. Además agrega un relleno para que la división de los campos de carga útil resulte, $n \times 48$ By.

Al ser la celda de tamaño fijo y pequeño, se tiene la ventaja de mayor velocidad de conmutación, que no halla retardos en cada momento y que las variaciones de retardo sean más predecible. Con retardos de 200 μ s no sirve para la transmisión de voz.

En X.25 o Frame Relay en formato de trama con principio y fin, según la cantidad de información a enviar es su tamaño. Solo se limita su longitud de onda mediante un MTU (Maximum Transfer Unit), por lo general no superior a 2 KBy, llamado en ese caso MTU de 2 K. En caso de enviar una trama superior de 2.5 KBy, se envían dos tramas, una de 2 KBy y otra de 500 By.

Fuese una red Frame Relay en donde se establecen dos circuitos virtuales, uno transmitiendo tramas de 4 KBy en intervalos muy separados y otro tramas de voz muy inferiores. En un enlace compartido de la red, se intercalarían ambas tramas produciendo un retardo a la transmisión de voz (Fig. 4).

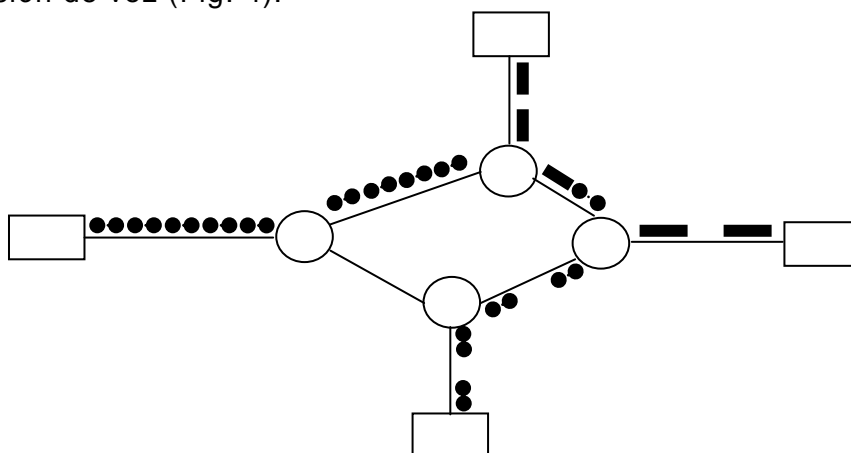


Fig. 4 - Retardo de tramas

Pero, si ambos circuitos virtuales transmitiesen a 53 KBy, como en ATM, con una velocidad digital de 155 Mb/s resultaría un retardo de 1.2 μ s lo que no representa un retardo apreciable.

Sistema sincrónico y sistema asincrónico

En los sistemas ATM no hay relación entre el elemento que envía la celda y el que la recibe. Al no haber la necesidad de disponer de un elemento de sincronismo entre la transmisión y la recepción, resulta un modo de transmisión asincrónico.

En TDM si hay 3 canales de 64 Kb/s se envía la información en secuencia predeterminada, luego no es necesaria una señal de sincronismo puesto que siempre se predice la llegada. Se envía la señal A, luego la B y posteriormente la C, y se recibe la A, luego la B y posteriormente la C, en ese mismo orden. Se dice que hay un sincronismo entre el que transmite y el que recibe.

En la TDM es un sistema en modo-de-transferencia-síncrono STM (Síncrono Transfer Mode), mientras que en Frame Relay , en X.25 o en ATM se trabaja en multiplexación estadística.

En un multiplexor estadístico, se diseña el sistema para una velocidad de valor medio. Es el promedio de la sumatoria de las peores condiciones de uso para cada momento. Si un canal no transmite en ese dado tiempo, es ocupado por otro canal. Por un canal de 128 Kb/s, se podrá enviar en una secuencia A, C, A, B, C, en cada momento más o menos cantidad de información, pero siempre que se totalice un tope de 128 Kb/s.

Para ello, tanto en X.25, en Frame Relay o en ATM, que trabajan en multiplexación estadística, se debe contar en el receptor con un indicador de canal lógico. Cuando llega una trama o celda se debe determinar por cual canal llegó según el mapeado en el Header.

En ATM, en el caso de transmitir a 155 Mb/s, si comprometo 1/4 de la velocidad del sistema para un cierto canal virtual, unos 38 Mb/s, un bit de cada 4 sería siempre para este canal, se use o no. Resulta una transmisión tipo TDM.

Para el caso de Frame Relay o X.25, el controlador, cuando no se transmiten tramas siempre envía flags, indicando que el canal está activo. Se envía 1 By indicando signos vitales de actividad del canal. En cuanto se envía una trama de información, se suspende esta señal puesto que la trama dispone de un flag de principio y otro de fin.

En ATM se diferencian dos tipos de equipos, las unidades de acceso o CPE (Customer Premise Equipment) y los conmutadores ATM (Fig. 5).

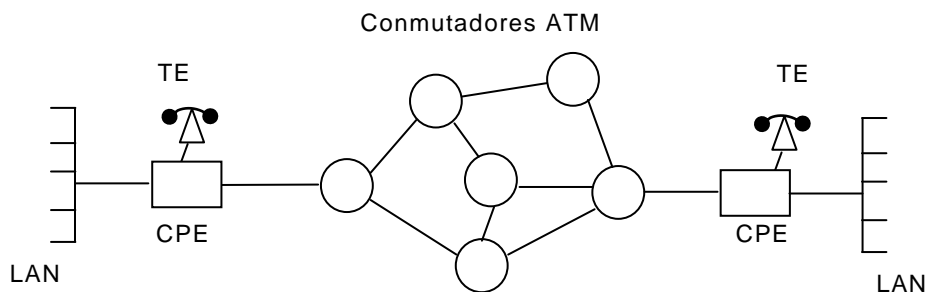


Fig. 5 - Red ATM

El CPE se divide en dos partes, una que mira hacia el lado usuario, con el protocolo del usuario y otra que mira hacia la red que corresponde al protocolo ATM.

La red es íntegra ATM y corresponde a conmutadores de celdas. Estos conmutadores de celdas no tienen idea de la información que estos llevan, solo diferencian calidad ATM.

Mientras que en Frame Relay y X.25 cada nodo efectúa en una acción de almacenamiento luego envío "Store and Forward", donde se chequea errores en la trama y el canal a enviar, sobre ATM se actúa como On the Flight / Cut Through, es decir "como va entrando va saliendo".

Clases de servicio ATM

En ATM se posibilita la elección de varias clases de servicios:

- CBR Constant Bit Rate (emula a TDM)
- VBRrt Variable Bit Rate, real time
- VBRnrt Variable Bit Rate, no real time
- ABR Available Bit Rate
- UBR Unspecified Bit Rate

Se podrá visualizar el comportamiento según el esquema de la figura 6:

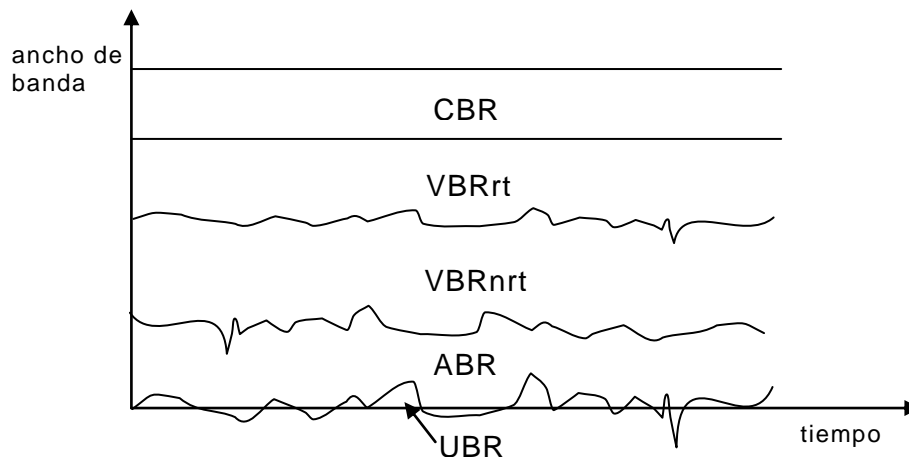


Fig. 6 -Clases de servicio ATM

Para ABR es necesario conocer primero cual es la disponibilidad del canal, para ello se envía una celda que indica si pasa o no la señal. UBR no se está ofreciendo.

En ATM cuando se transmite voz, caso CBR, se envían siempre celdas y de las n celdas una es siempre la de un canal dado..Se envían celdas llenas, y en caso que no haya información que enviar en ese tiempo especificado, se emiten celdas vacías. En la figura 6 las celdas rojas representan el servicio CBR, son constantes aun tiempo dado. Las azules ocuparán o no esos entretiempos con un o más celdas, mientras que las restantes podrán, si les es posible, ocuparán el resto del entretiempos (Fig. 7).

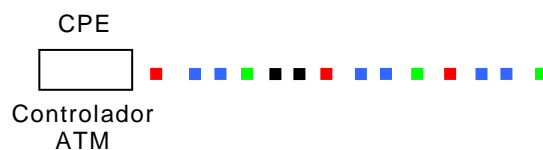


Fig. 7 - Emisión de celdas según clase de servicio

Representación de la celda ATM

Siendo:

- GFC (Generic Flow Control) 4 bit
- VPI (Virtual Path Identifier) 8 bit
- VCI (Virtual Cannel Identifier) 16 bit
- PTI (Payload Type Identifier) 3 bit
- CLP (Cell Loss Priority) 1 bit
- HEC (Header Error Control) 8 bit

Disponemos un formato esquemático (Fig. 8):

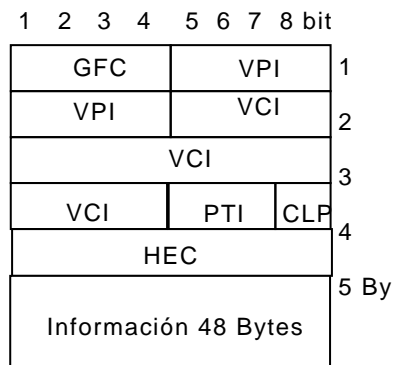


Fig. 8 – Formato de la celda ATM

Los canales virtuales se agrupan según caminos virtuales (Figs. 9 y 10):

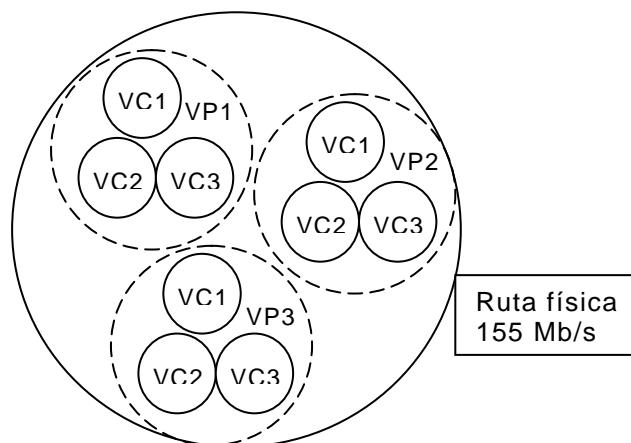


Fig. 9 Canales y caminos virtuales ATM

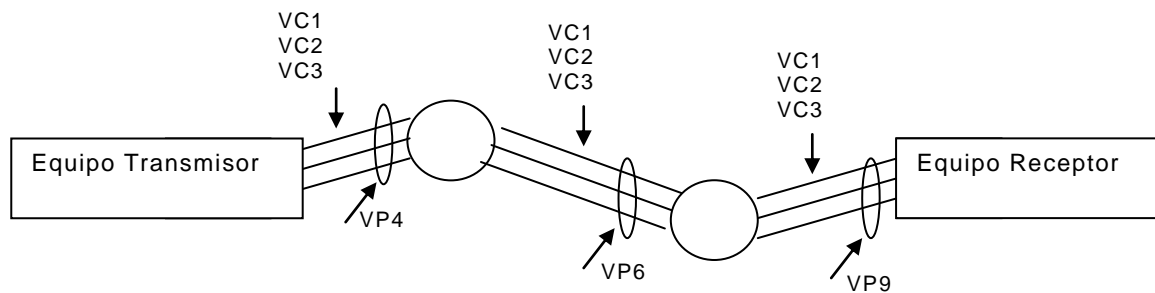


Fig. 10 Canales y caminos virtuales ATM

En Frame Relay los caminos virtuales toman el nombre de DLSI (Digital Link Connection Identifier), mientras que en X.25 se denominan LCGN (Logical Chanel Group Number) y el canal virtual es LCN (Logical Chanel Number).

Se podrá conmutar al nivel de canal VC o de ruta VP (path), pero en ATM el circuito virtual conmuta al nivel de ruta. La ventaja será en rapidez de conmutación y usar menor tabla de conversión. El nodo asigna el canal, sabiendo de donde viene y a donde va, a diferencia de cuando se establece un circuito virtual permanente. Como ATM puede ser soporte de múltiples sistemas de datos, voz, alarmas y video, se agrupa por rutas iguales según servicio afines y correlación de requerimientos, para obtener mayor eficiencia de los recursos del sistema.

Mediante PTI se indica tipo de carga. Se dedican 3 bit, con 1 bit se señala que se trata de datos o señalización. Si se trata de datos, con 1 bit se indica si hay congestión (similar al FEC de Frame Relay) y mediante el otro bit se indica principio, continuación o fin del mensaje (según AAL5). Si se trata de señalización, los 2 bits, posibilitan 4 combinaciones que indican distintas configuraciones de la celda.

Mediante CLP se marca si la celda es descartable. En el caso de ser la celda marcada como descartable podrá ser admitida pero en su ruta si un nodo detecta congestión que perjudique a otro canal, es descartada impidiendo que entre al mismo.

En el nodo de acceso existe un controlado que cuenta bits en tiempo dado. Si según el pacto de clase de tráfico y velocidad comprometida establecida determina un exceso de tráfico enviado, descarta el exceso. Por ejemplo, si una conexión física es de 128 Kb/s y se acuerda un circuito virtual de 64 Kb/s, de valor medio comprometido CIR, podrá enviar a 128 Kb/s, pero solo en tiempos parciales. Si el valor de tráfico emitido es en exceso a la misma capacidad física, es descartado por entero.

Si se detecta pérdida de información por exceso de tráfico se da aviso del mismo y se baja la velocidad del tráfico emitido. Los protocolos como TCP tienen procedimientos que regulan evitar los distintos congestionamientos de red. Los mismos fijan porcentajes.

Mediante HEC se efectúa el control de errores. Se prefiere que una celda no llegue a que llegue a un destino equivocado. Si el Header está corrompido se descarta la celda. El HEC chequea los 4 primeros bytes, luego permite corregir errores de hasta 1 bit. Si el error es mayor a 1 bit, solo detecta los mismos sin corregirlos. En la recepción detecta las celdas vacías y las descarta. El formato de una celda vacía es 01101010.

Reconocimiento de sincronismo de HEC

Para establecer el sincronismo del HEC, se establece el siguiente proceso (Fig. 11):

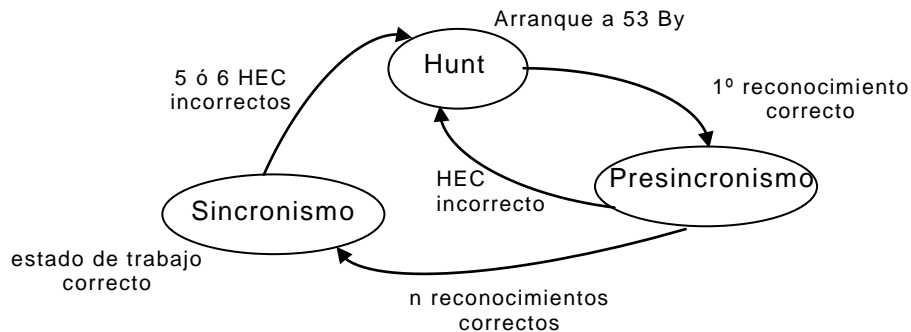


Fig. 11 - Sincronismo del HEC

Se comienza en estado de búsqueda (Hunt) en arranque. Si llega un HEC incorrecto vuelve al estado de arranque y se espera un nuevo HEC.

En el arranque se cuenta 53 By, si no da correcto el HEC se corre un bit y cuenta los próximos 53 By. A lo sumo en $53 \times 8 = 424$ intentos se engancha el sincronismo. Es decir que a 155 Mb/s en solo $3 \mu\text{s}$ se engancha. Con un HEC correcto se pasa al estado de presincronismo. Luego de n reconocimientos consecutivos con HEC correctos pasa al estado de sincronismo o de trabajo estable. Se dice que el sistema está enganchado. Si llega un HEC incorrecto sigue enganchado en sincronismo, pero si llegan luego m HEC consecutivos incorrectos se desengancha recomenzando el ciclo del procedimiento.

La cantidad de n y m del contador dependerá de del tipo de enlace indicado.

Diagrama macro ATM comparado con el modelo OSI

Para servicios de voz una muestra entra en una celda, luego podrán ser secuenciadas en tiempo real cada $125 \mu\text{s}$. Si en el receptor viene una muestra se espera la llegada de otra a los $125 \mu\text{s}$. Si no llega en ese tiempo, sino antes tendremos la incertidumbre de saber si corresponde a una celda atrasada o una próxima que se ha adelantado.

En consecuencia, para salvar esa incertidumbre cuando se trabaja en tiempo real, se deberá numerar la secuencia de las muestras. Si llega una muestra retrasada se descarta para mantener la secuencia y si llega una próxima adelantada se deberá memorizar y enviar digitalizada a su tiempo correspondiente de $125 \mu\text{s}$. Este procedimiento de temporización es realizado por la capa-de-adaptación-ATM, la que se denomina AAL (ATM Adaptation Layer).

Tal adaptación no es necesariamente forzoso realizar cuando se trabaja con los distintos servicios de datos. Esta diferenciación nos indica que habrá diversos tratamientos de adaptación AAL, para poder dar servicio a las diferentes aplicaciones en B-ISDN, definidas por la ITU-T. Por ello fue necesario la diferenciación de la funcionalidad de la capa AAL en 3 subcapas:

SAR (Segmentación And Reassembly) Segmentación y reensamblado, que adapta el tamaño de la unidad de datos de servicio, al tamaño del campo de datos de la celda ATM.

CPCS (Commun Part Convergence Sublayer) Subcapa de convergencia de las partes comunes que agrega control de errores y recuperación de sincronismo, como función específica para algunas aplicaciones.

SSCS (service Specific Convergence Sublayer) Subcapa de convergencia para servicios específicos de algunos tipos de aplicaciones.

Con distintas combinaciones de las subcapas SAR y CPCS, se han obtenido 4 tipos de AAL normalizados:

AAL1 (CBR). Calidad de servicio en tiempo real. Voz en PCM y video.

AAL2 (VBRrt). Norma no concluida. Voz de mayor calidad.

AAL3
 AAL4 → AAL_{3/4} (VBRnrt) Datos en modalidad sin conexión. Se agrega a cada celda de 44 By un Header y una cola con número de sesión y secuencia. No se emplea actualmente pues consume muchos By con muy bajo rendimiento.

AAL5 (VBRnrt) Datos en la modalidad orientada a la conexión.

El significado de AAL1 ó AAL5 se refiere al tratamiento de envío de la información.

En AAL1 se dispone de 47 By en el campo de datos y 1 By, compuesto de 4 bit como SNP (Secuence Number Protetion) que actúa como CRC, 3 bit para SN (Secuence Number) que indica la secuencia, más 1 bit de sincronismo. Se emplea en telefonía.

En AAL5, al campo de datos a enviar se le agrega, n By en número variable de relleno para completar n x 48 By de la carga útil de IP. Además 2 By que indican la longitud y 4 By como CRC. El campo de longitud cumple dos funciones, la de asegurar que la información llege bien y ayuda a distinguir los datos de relleno. como la longitud es de 2 By los datos podrán tener un campo de 64 KBy. como resultado el mensaje queda conformado según el esquema siguiente. Para AAL1 Fig. 12a y AAL5 Fig.12b.

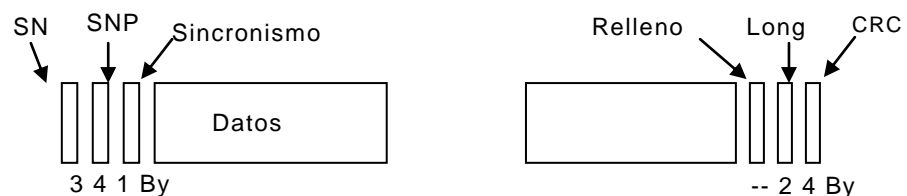


Fig. 12a - AAL1

12b - AAL5

La Capa AAL se subdivide en CS y SAR. Si se quiere enviar un mensaje IP, CP agrega el relleno para que la división en celdas resulte n x 48 By enteros y en SAR el Header de 4 By dejando 1 By para ser agregado el HEC por el TC de la Capa Física. Luego se envía en trama E1 si se trata de cable.

Para llegar a la Capa 1 Física, los mensajes enviados por las capas superiores, por ejemplo TCP del nivel 4 o IP del nivel 3, deben primero ser tratados por el nivel 2 de la Subcapa AAL y la Subcapa ATM.

Siendo

Si IP es de nivel 3, como ATM está un nivel inmediato inferior, se considera de nivel 2, aunque dispone de numeración y de conmutación que sería de nivel 3.

Cuando se introdujo la capa AAL, a esta se la consideró también como Capa 2. Salvo HEC que se efectúa en Capa 1, el resto es del tipo software realizado en Capa 2.

Un mensaje IP no se chequea en la Capa ATM sino en capas superiores como ser TCP.

En el mensaje IP se han agregado en el campo Payload 2 By para indicar longitud es decir que el mismo llegó entero y un CRC que indica sin error en el encabezamiento. En transmisión de datos solo se comprueba la longitud y errores en el Head, sin embargo para la transmisión de voz es necesario efectuar sincronismo. Para ello se numeró la secuencia. Este procedimiento se efectúa en la Capa AAL.

Si en ATM un controlador recibe una celda con un Head mal y lo puede recuperar lo recobra, pero si la próxima celda viene con un Head también malo y lo podría recuperar, no lo hace y la desecha al igual que todas las celdas sucesivas en esa condición. Esto se realiza por considerarse que en ese caso una fuerte perturbación a dañado a esas celdas. La Capa ATM es lo que pone las cualidades de prioridad de la celda.

La Capa física también se divide en dos subcapas. La superior se denomina TC (Transmission Convergence) y la inferior PMD, Physical Dependent (Fig. 12).

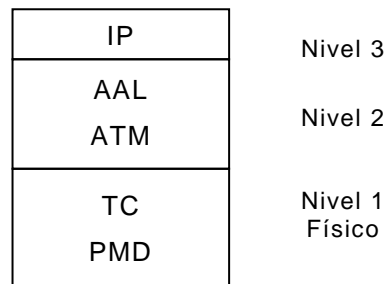


Fig. 12 - Modelo ATM

Un canal ATM podrá estar montado sobre un enlace SDH, luego la capa física debe realizar varias funciones por ejemplo la generación y la verificación HEC. Esto se realiza en la subcapa TC. También en TC se realiza el sincronismo de la celda, la generación y desecho de las celdas vacías. Entra todo pero pasan solo los datos que están bien, es decir todos los HEC correctos y válidos, y las celdas llenas.

Asimismo en TC se insertan las celdas sobre el container virtual SDH. Estos son todos procedimientos automáticos, luego los realiza la capa física. Mientras tanto, la subcapa PMD se encarga de todo lo verdaderamente concerniente al nivel de la capa física.

Capa 4 Datagrama

Capa 3 Paquetes (conmutación de tramas)

Capa 2 Trama (conmutación de paquetes o de celdas)

Capa 1 By