

William Stallings

Comunicaciones y Redes de Computadores

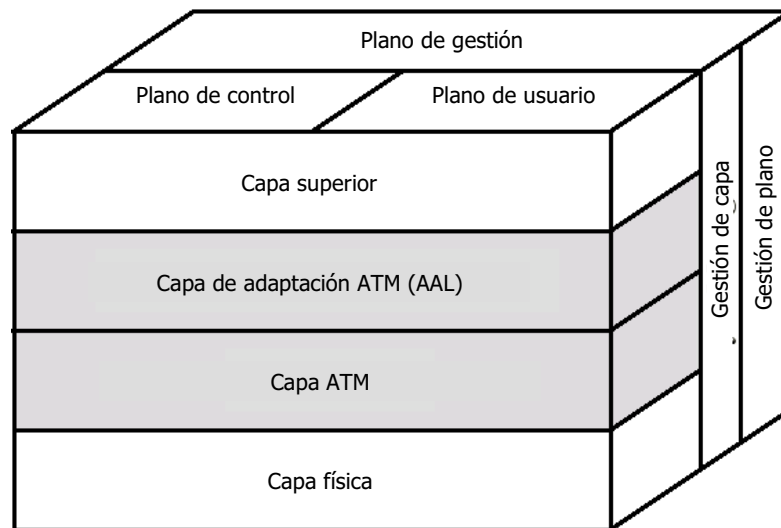
Capítulo 11

Transferencia en modo asíncrono y retransmisión de tramas

Arquitectura de protocolos

- ATM (modo de transferencia asíncrono) es similar en muchos aspectos a la conmutación de paquetes:
 - Transferencia de datos en trozos discretos.
 - Multiplexación de varias conexiones lógicas a través de una única interfaz física.
- En el caso de ATM, el flujo de información en cada conexión lógica se organiza en paquetes de tamaño fijo denominados celdas.
- Mínima capacidad de control de errores y de flujo:
 - Reduce el coste de procesamiento.
- Las velocidades de transmisión especificadas en la capa física van desde 25,6 Mbps hasta 622,08 Mbps.

Arquitectura de protocolos ATM



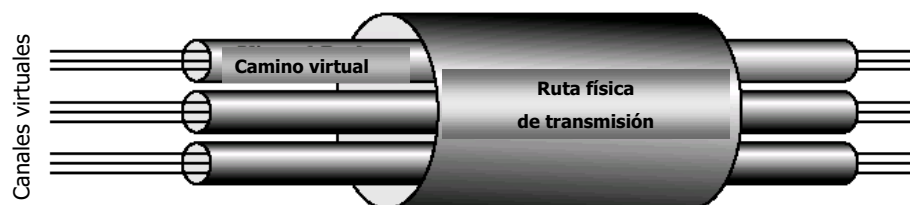
Planos del modelo de referencia

- Plano de usuario:
 - | Permite la transferencia de información de usuario.
- Plano de control:
 - | Realiza funciones de control de llamada y de control de conexión.
- Plano de gestión:
 - Gestión de plano:
 - | Funciones de gestión relacionadas con un sistema como un todo.
 - Gestión de capa:
 - | Funciones de gestión relativas a los recursos y a los parámetros residentes en las entidades de protocolo.

Conexiones lógicas ATM

- Conexiones de canal virtual (VCC, virtual channel connection).
- Similar a un circuito virtual en X.25.
- Unidad básica de conmutación.
- Entre dos usuarios finales.
- Full-duplex.
- Celdas de tamaño fijo.
- Datos, intercambios usuario-red (control) y red-red (gestión de red y encaminamiento).
- Conexión de camino virtual (VPC, virtual path connection):
 - Un haz de VCC con los mismos extremos.

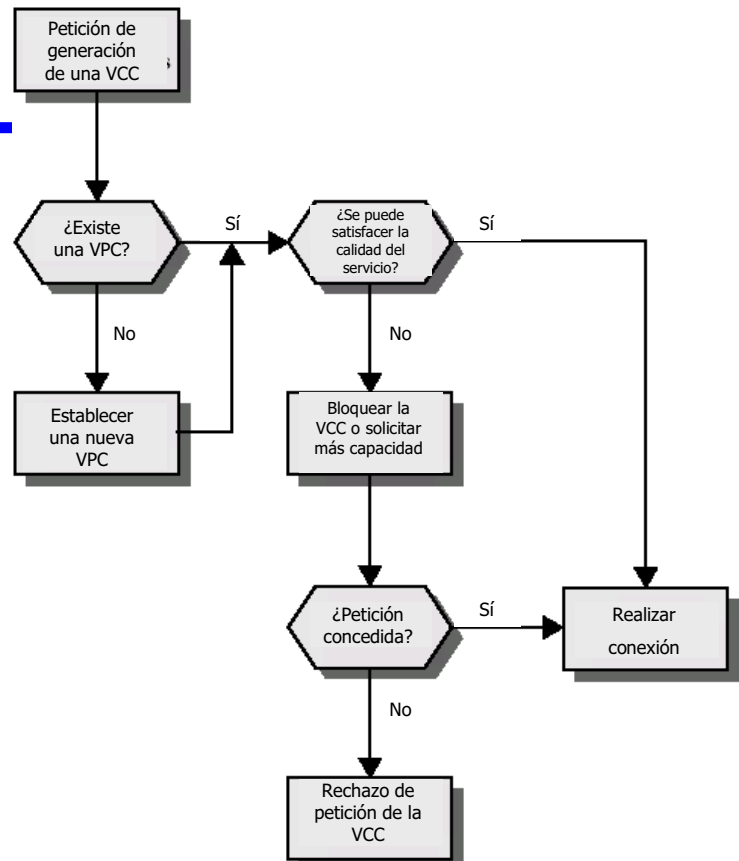
Relaciones entre conexiones ATM



Ventajas de los caminos virtuales

- Arquitectura de red simplificada.
- Incremento de eficiencia y fiabilidad.
- Reducción en el procesamiento.
- Tiempo de establecimiento de conexión pequeño.
- Servicios de red mejorados.

Establecimiento de llamadas mediante rutas virtuales



Uso de canales virtuales

- Entre usuarios finales:
 - Transporte extremo a extremo de datos de usuario.
 - Señalización de control.
 - Una VPC concede una capacidad total:
 - La organización VCC se utiliza por los usuarios.
- Entre un usuario final y una entidad de red:
 - Señalización de control.
- Entre dos entidades de red:
 - Gestión de tráfico de red.
 - Encaminamiento.

Características camino virtual/canal virtual

- Calidad de servicio.
- Conexiones de canales virtuales conmutadas y semipermanentes.
- Integridad de la secuencia de celdas.
- Negociación de parámetros de tráfico y supervisión del uso.

- Sólo para las VPC:
 - Restricción de identificador de canal virtual en una VPC.

Señalización de control para VCC

- Tiene lugar a través de conexiones distintas.
- VCC semipermanentes.
- Canal de meta-señalización:
 - Utilizado como canal permanente de señalización de control.
- Canal virtual de señalización del usuario a la red:
 - Para la señalización de control de llamadas.
 - Utilizado para establecer VCC para la transmisión de datos de usuario.
- Canal virtual de señalización usuario-usuario:
 - En una VPC preestablecida.
 - Se utiliza para posibilitar a los dos usuarios finales, sin que la red intervenga, el establecimiento de liberación de VCC usuario-usuario para el transporte de datos de usuario.

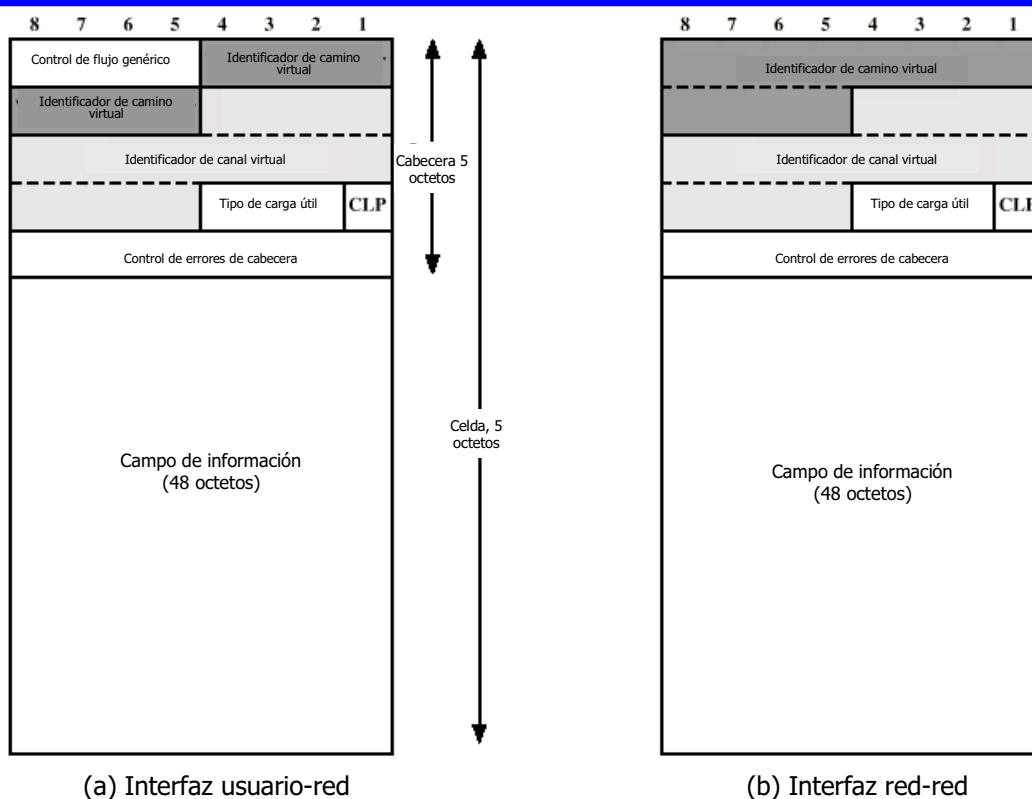
Señalización de control para VPC

- Semipermanente.
- Controlado por el usuario.
- Controlado por la red.

Celdas ATM

- Tamaño fijo.
- 5 octetos de cabecera.
- Campo de información de 48 octetos.
- El empleo de celdas pequeñas puede reducir el retardo de cola para celdas de alta prioridad.
- Las celdas de tamaño fijo se pueden conmutar de forma más eficiente.
- La implementación física de los mecanismos de conmutación es más fácil para celdas de tamaño fijo.

Formato de celda ATM



Formato de cabecera

- Control de flujo genérico:
 - Sólo en la interfaz usuario-red.
 - Control de flujo sólo en este punto.
- Identificador de camino virtual.
- Identificador de canal virtual.
- Tipo de carga útil:
 - Ejemplo: gestión de información o de red.
- Prioridad de pérdida de celdas.
- Control de errores de cabecera.

GFC: Control de flujo genérico

- Controla el flujo de tráfico en la interfaz usuario-red (UNI, user-network interface) para solucionar la aparición esporádica de sobrecarga.
- Se usan dos tipos de procedimientos:
 - Transmisión controlada.
 - Transmisión no controlada.
- Cada conexión se identifica como sujeta a control de flujo o como no sujeta a control de flujo.
- Sujeta a control de flujo:
 - Puede existir un grupo (A), caso por defecto.
 - Pueden existir dos grupos (A y B).
- La dirección del control de flujo es desde el abonado hacia la red:
 - Se lleva a cabo por parte de la red.

Único grupo de conexiones

- El equipo terminal (TE) inicia el valor de dos variables:
 - TRANSMIT es un bit de señalización que se hace igual a SET (1).
 - GO_CNTR (contador de créditos) toma el valor 0.
- Si TRANSMIT=1, se pueden enviar celdas en cualquier momento sobre conexiones no controladas.
- Si TRANSMIT=0, no se pueden enviar celdas ni sobre las conexiones controladas ni sobre las no controladas.
- Si se recibe una señal HALT, se hace TRANSMIT igual a 0 y permanece hasta que se reciba una señal NO_HALT.

Único grupo de conexiones

- Si TRANSMIT=1 y no se dispone de celdas a transmitir sobre ninguna conexión no controlada:
 - Si GO_CNTR > 0, el TE puede enviar una celda sobre una conexión controlada:
 - El TE marca esta celda como una celda de una conexión controlada.
 - GO_CNTR decrece.
 - Si GO_CNTR = 0, el TE no puede enviar una celda sobre una conexión controlada.
- El TE hace GO_CNTR igual a GO_VALUE ante la recepción de una señal SET:
 - Una señal nula no tiene efecto.

Uso de la señal HALT

- Para limitar la velocidad ATM efectiva.
- Tiene que ser de naturaleza cíclica.
- Para reducir a la mitad la velocidad de un enlace, la señal HALT tiene que ser efectiva durante el 50% del tiempo.
- Se lleva a cabo de forma regular y predecible a lo largo de la duración de una conexión física.

Modelo de dos colas

- Dos contadores:
 - GO_CNTR_A, GO_VALUE_A, GO_CNTR_B, GO_VALUE_B.

Control de errores de cabecera

- Campo de control de errores de cabecera de 8 bits.
- Se calcula en base a los restantes 32 bits de la cabecera.
- En algunos casos, es posible la corrección de errores.

Operación HEC en el receptor

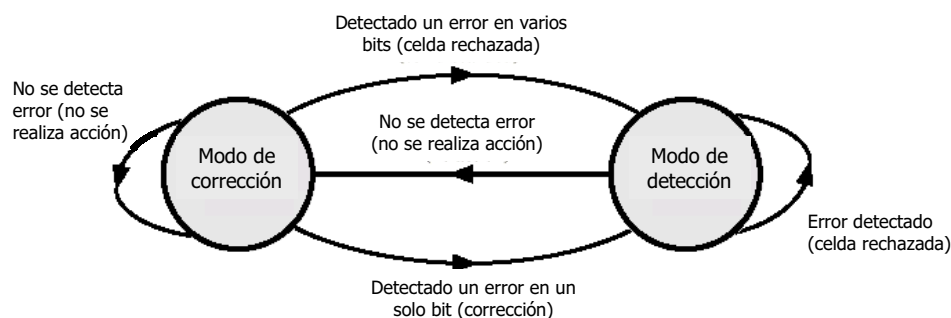
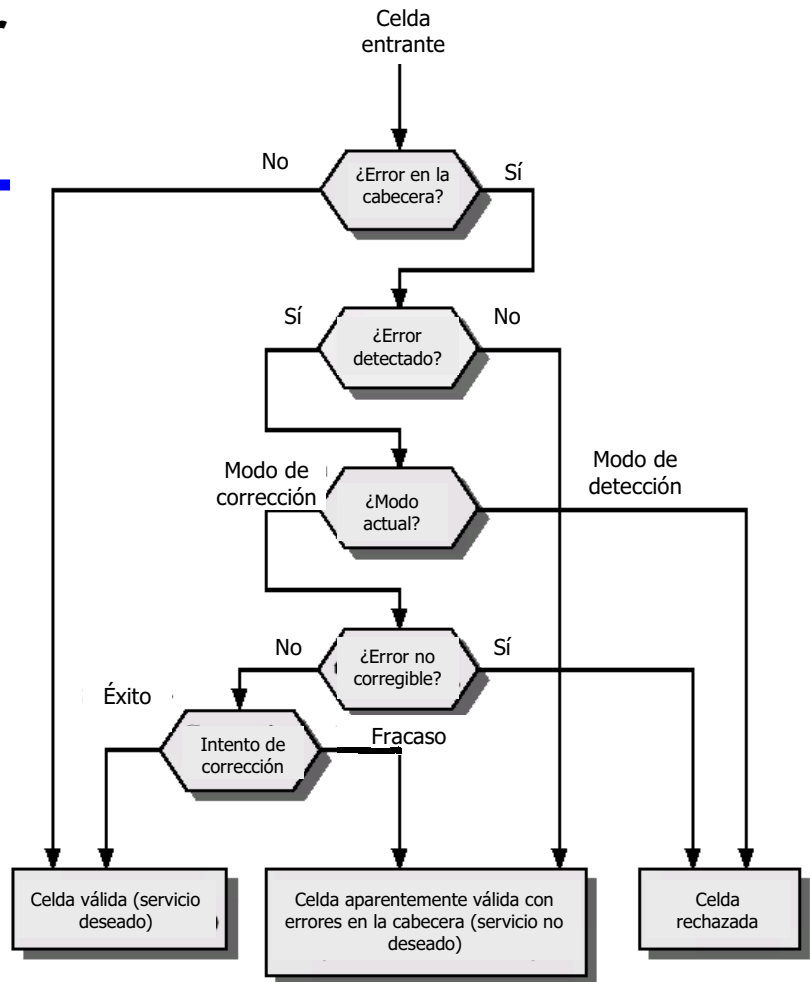
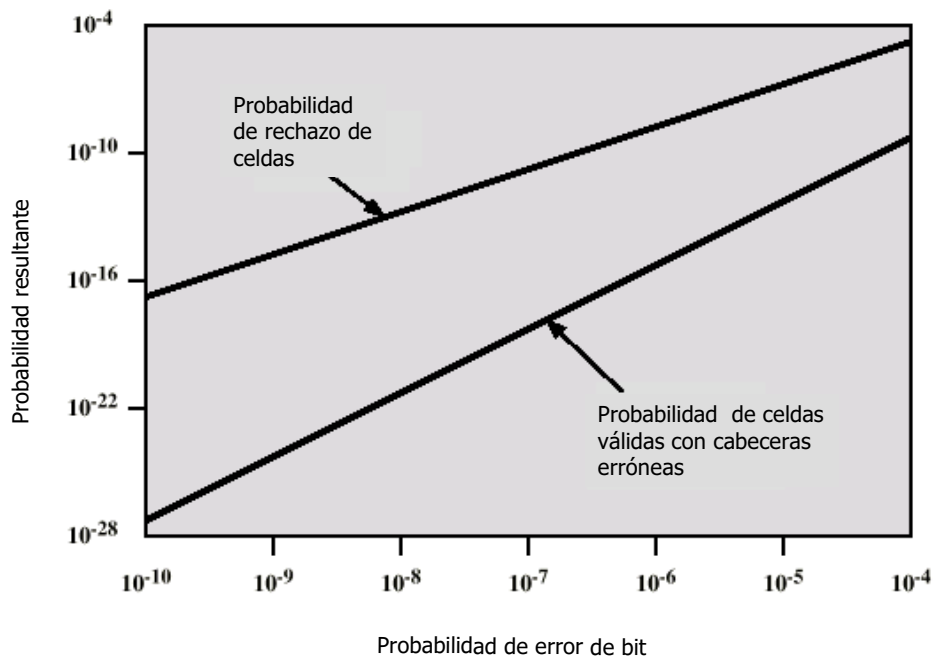


Figura 11.5. Operación HEC en el receptor.

Efecto de un error en la cabecera de una celda



Impacto de errores de bit aleatorios en las prestaciones del HEC



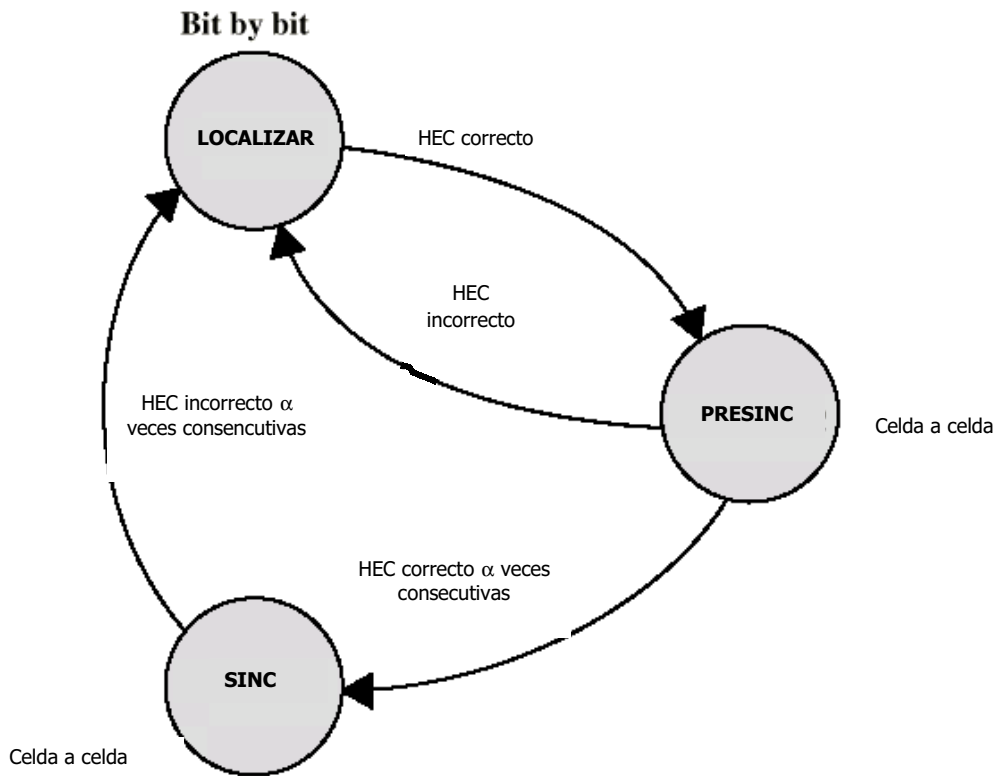
Transmisión de celdas ATM

- 622,08 Mbps.
- 155,52 Mbps.
- 51,84 Mbps.
- 25,6 Mbps.
- Capa física basada en celdas.
- Capa física basada en SDH.

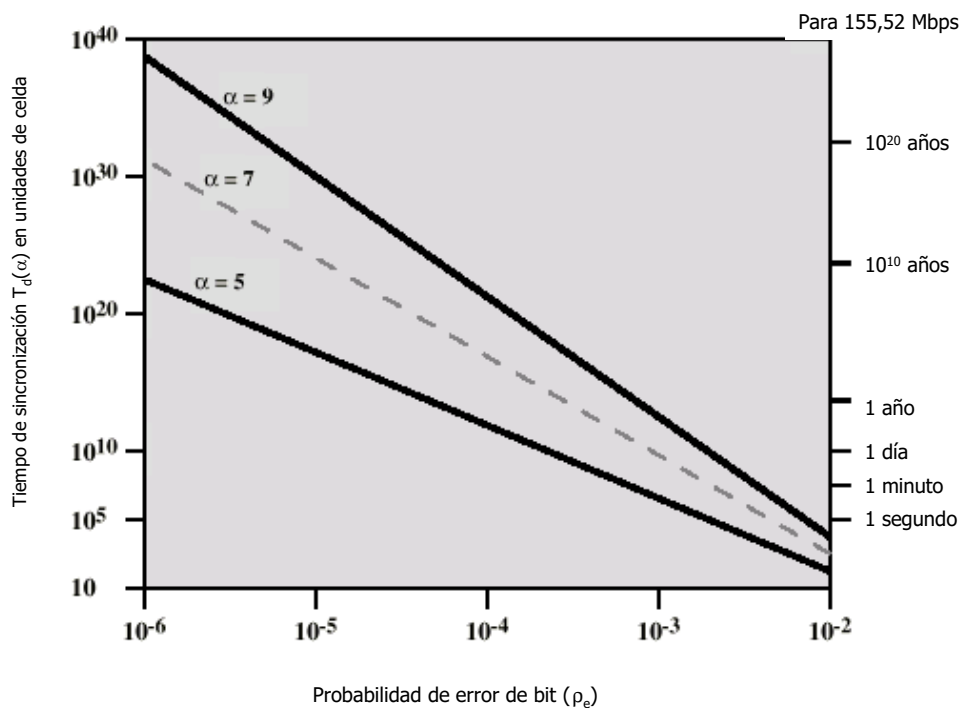
Capa física basada en celdas

- No se impone fragmentación
- Secuencia continua de celdas de 53 octetos.
- Delimitación de celdas basada en el campo de control de errores de cabecera.

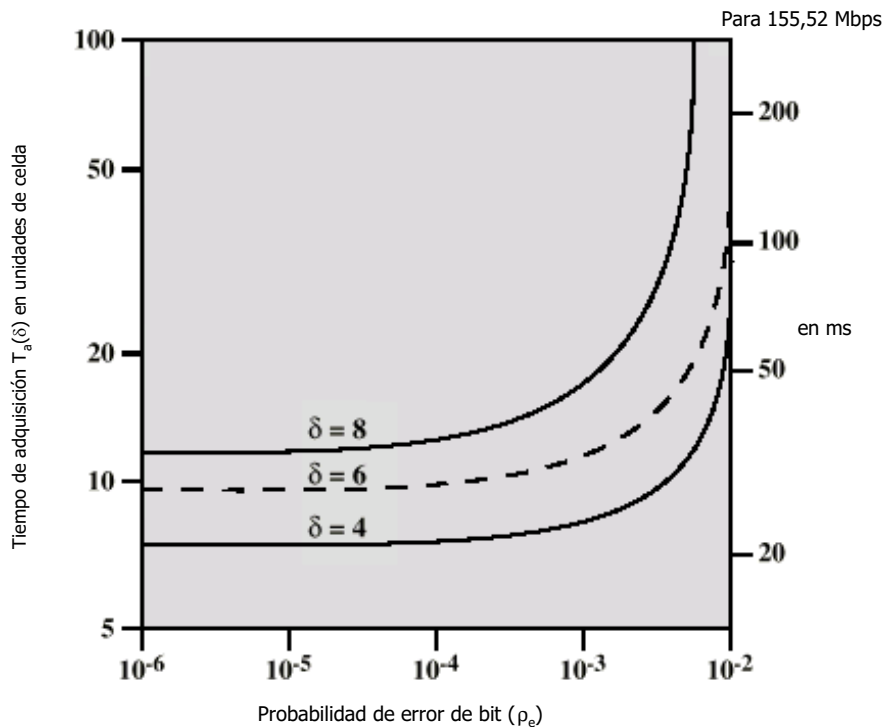
Diagrama de estados del procedimiento de delimitación de celdas



Impacto de errores de bits aleatorios en las prestaciones de la delimitación de celdas



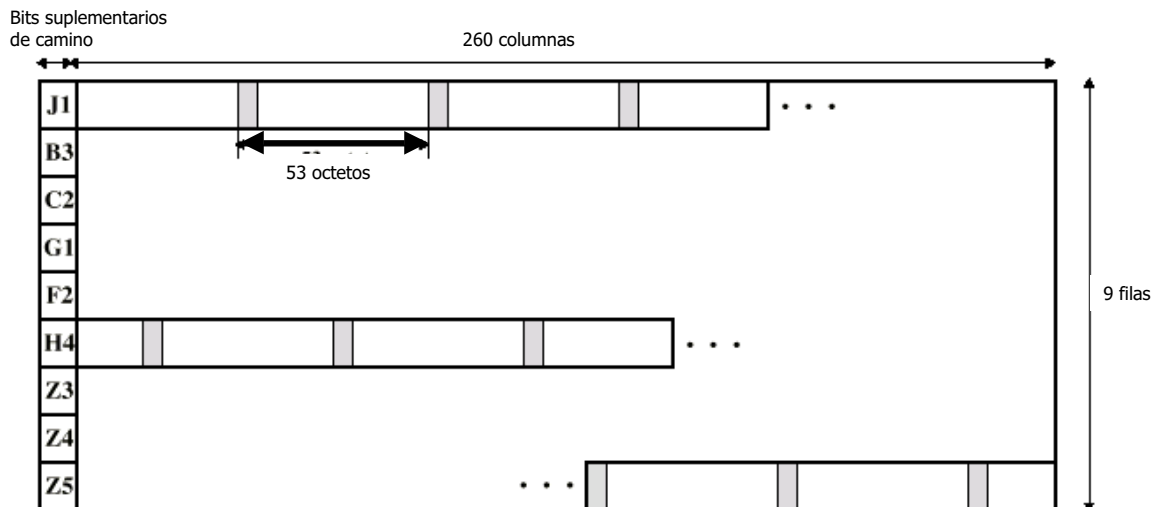
Tiempo de adquisición frente a probabilidad de error de bit



Capa física basada en SDH

- Impone una estructura basada sobre la secuencia de celdas ATM.
- Ejemplo: para 155,52 Mbps.
- Usa la trama STM-1 (STS-3).
- Puede transportar cargas útiles basadas en ATM o en STM.
- Algunas conexiones específicas pueden ser de conmutación de circuitos usando un canal SDH.
- Usando las técnicas de multiplexación síncrona SDH se pueden combinar varias secuencias ATM.

Carga útil STM-1 para transmisión de celdas ATM basada en SDH



Clases de servicios ATM

- Servicio de tiempo real:
 - A velocidad constante (CBR, Constant Bit Rate).
 - A velocidad variable en tiempo real (rt-VBR, real-time Variable Bit Rate).
- Servicio de no tiempo real:
 - A velocidad variable en no tiempo real (nrt-VBR, non-real time Variable Bit Rate).
 - A velocidad disponible (ABR, Available Bit Rate).
 - A velocidad no especificada (UBR, Unspecified Bit Rate).

Servicios de tiempo real

- Retardo.
- Vairabilidad del retardo (fluctuación).

Velocidad constante (CBR)

- Velocidad constante disponible durante toda la conexión.
- Retardo de transmisión máximo relativamente estable.
- Audio y vídeo sin comprimir:
 - Videoconferencia.
 - Audio interactivo.
 - Distribución y recuperación de audio/vídeo.

Velocidad variable en tiempo real (rt-VBR)

- Aplicaciones sensibles al tiempo:
 - Restricciones fuertes en el retardo y en el variación de éste.
- En las aplicaciones rt-VBR la transmisión se realiza a una velocidad que varía con el tiempo.
- Por ejemplo, compresión de vídeo:
 - Produce una secuencia de tramas de imágenes de tamaño variable.
 - Dado que el vídeo en tiempo real necesita una velocidad de transmisión de tramas uniforme, la velocidad real variará.
- La red puede multiplexar estadísticamente varias conexiones.

Velocidad variable en no tiempo real (nrt-VBR)

- Es posible caracterizar el flujo de tráfico esperado.
- Mejora de la calidad de servicio desde el punto de vista de las pérdidas y el retardo.
- El usuario final especifica:
 - Una velocidad de pico de celdas.
 - Una velocidad sostenible o promedio.
 - Una medida acerca de cómo de agrupadas o en ráfagas pueden estar las celdas.
- Ejemplo: reserva de vuelos o transacciones bancarias.

Velocidad no especificada (UBR)

- Una parte adicional de la capacidad que se consume en el transporte de tráfico CBR y VBR puede estar disponible por una o las dos razones siguientes:
 - No todos los recursos se han destinado a tráfico CBR y VBR.
 - La naturaleza a ráfagas del tráfico VBR.
- Adecuado para aplicaciones que toleran retardos variables y cierta tasa de pérdida de celdas:
 - Ejemplo: tráfico TCP.
- Las celdas se transmiten según una cola FIFO.
- Servicio mínimo de esfuerzo.

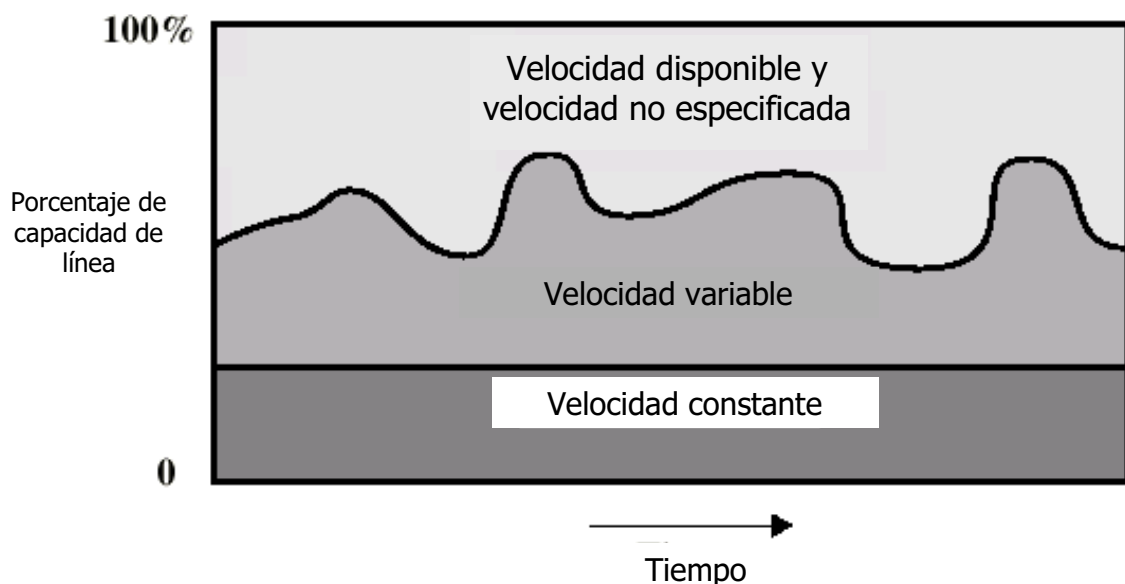
Velocidad disponible (ABR)

- Una aplicación que haga uso de ABR especifica una velocidad de pico de celdas (PCR) a usar y una velocidad de celdas mínima (MCR) necesaria.
- La red reserva los recursos para que todas las aplicaciones ABR reciban al menos su capacidad MCR.
- La capacidad no usada se comparte de forma equitativa por las fuentes ABR.
- Ejemplo: interconexión de redes LAN.

Capa de adaptación ATM

- Soporte a protocolos de transferencia de información que no estén basados en ATM.
- Voz PCM:
 - Agrupar bits PCM en celdas.
 - Se leen cuando son recibidas en el receptor de manera que se obtenga un flujo homogéneo y constante.
- Redes IP:
 - Transformación entre paquetes IP y celdas ATM.
 - Segmentación de los paquetes IP.
 - Si se permite el uso de IP sobre ATM es posible la utilización de toda la infraestructura IP existente sobre una red ATM.

Servicios ATM a distintas velocidades



Servicios AAL

- Gestión de errores de transmisión.
- Segmentación y ensamblado.
- Gestión de condiciones de pérdida de celdas y de celdas mal insertadas.
- Control de flujo y de temporización.

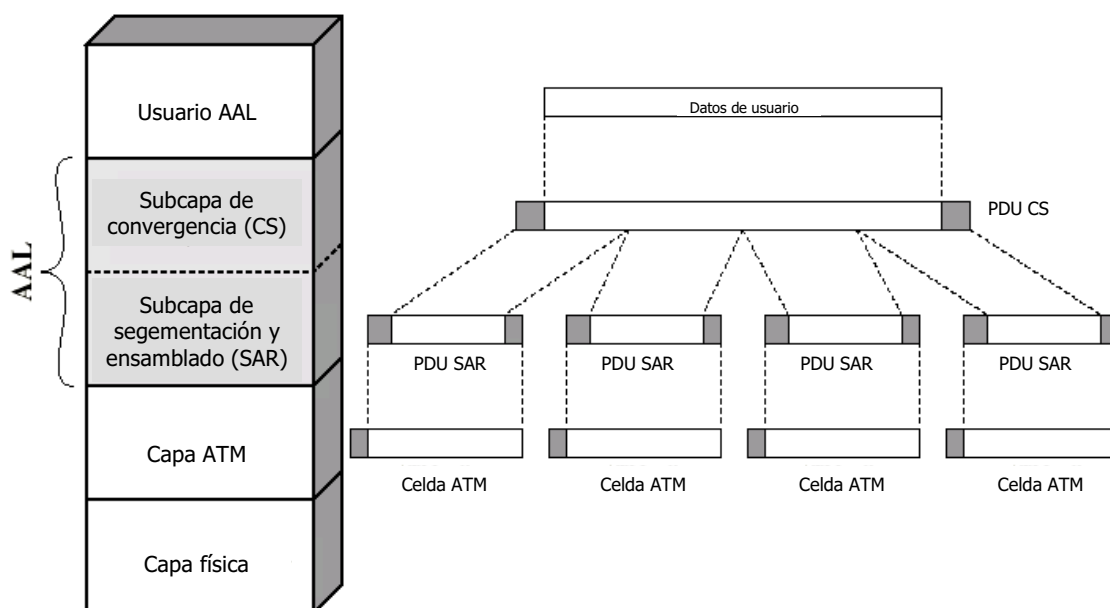
Tipos de aplicaciones que pueden soportar conjuntamente AAL y ATM

- Emulación de circuitos.
- Voz y vídeo VBR.
- Servicios generales de datos.
- IP sobre ATM.
- Encapsulado multiprotocolo sobre ATM (MPOA):
 - Ejemplo: IPX, AppleTalk, DECNET
- Emulación de redes LAN.

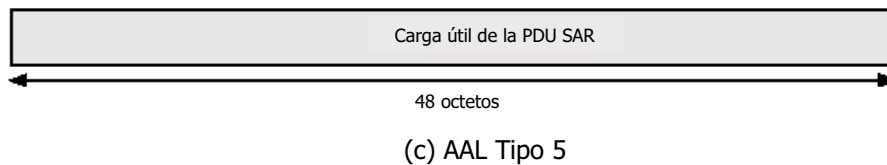
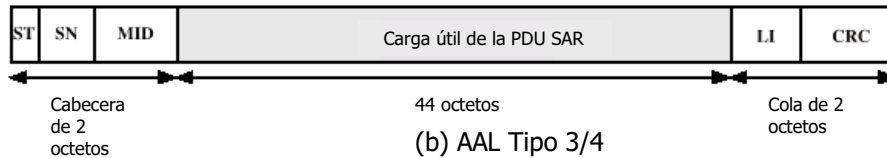
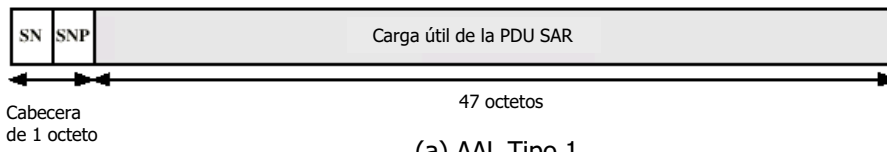
Protocolos AAL

- Subcapa de convergencia (CS):
 - Da soporte a aplicaciones específicas.
 - Cada usuario AAL se conecta a través de un punto de acceso al servicio (SAP).
- Subcapa de segmentación y ensamblo (SAR):
 - Empaqueta en celdas y desempaqueta la información recibida desde la subcapa CS.
- Cuatro tipos:
 - Tipo 1.
 - Tipo 2.
 - Tipo 3/4.
 - Tipo 5.

Protocolos y PDU AAL



Unidades de datos de protocolo (PDU) de segmentación y ensamblado



- SN = número de secuencia (4 bits)
- SNP = protección del número de secuencia (4 bits)
- ST = tipo de segmento (2 bits)
- MID = identificación de multiplexación (10 bits)
- LI = indicador de longitud (6 bits)
- CRC = comprobación de redundancia cíclica (10 bits)

AAL Tipo 1

- Fuentes de velocidad constante.
- El protocolo SAR empaqueta los bits en celdas.
- Cada bloque se acompaña de un número de secuencia.

AAL Tipo 2

- Información de velocidad variable.
- Aplicaciones analógicas.

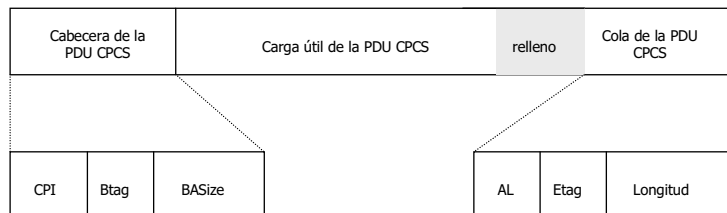
AAL Tipo 3/4

- El servicio puede ser orientado o no a conexión.
- El servicio puede realizarse en modo mensaje o en modo continuo.

AAL Tipo 5

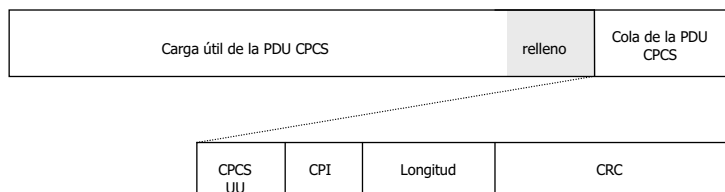
- Para proporcionar un servicio de transporte funcional para protocolos de capa superior orientados a conexión.

PDU de la subcapa CPCS



- CPI = indicador de parte común (1 octeto)
- Btag = marca de inicio (1 octeto)
- BASize = tamaño de la reserva de memoria temporal (2 octetos)
- AL = alineamiento (1 octeto)
- Etag = marca de fin (1 octeto)
- Longitud = longitud de la carga útil de la PDU CPCS (2 octetos)

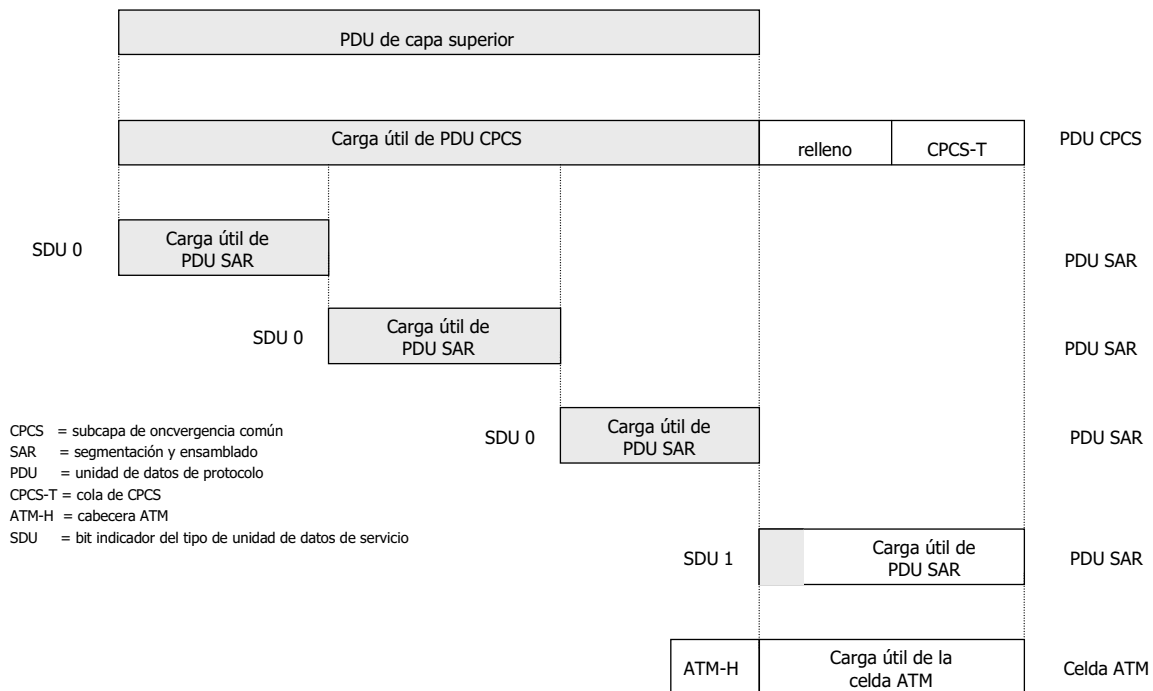
(a) AAL Tipo 3/4



- CPCS UU = indicador usuario-usuario CPCS (1 octeto)
- CPI = indicador de parte común (1 octeto)
- Longitud = longitud de la carga útil de la PDU CPCS (2 octetos)
- CRC = comprobación de redundancia cíclica (4 octetos)

(b) AAL Tipo 5

Ejemplo de transmisión de AAL 5



Retransmisión de tramas

- Diseñada para proporcionar un esquema de transmisión más eficiente que el de X.25.
- Apareció antes que ATM.
- La base de productos de retransmisión de tramas instalados es mayor que la de ATM.
- Actualmente, gozan de mayor interés las redes de alta velocidad ATM.

Fundamentos de la retransmisión de tramas X.25

- Para los paquetes de control de llamada se emplea una señalización en banda.
- La multiplexación de circuitos virtuales tiene lugar en la capa 3.
- Tanto la capa 2 como la 3 incluyen mecanismos de control de flujo y de errores.
- Esta aproximación es muy costosa.
- No es apropiada para los servicios de comunicación digitales modernos que hacen uso de tecnologías de transmisión fiables.

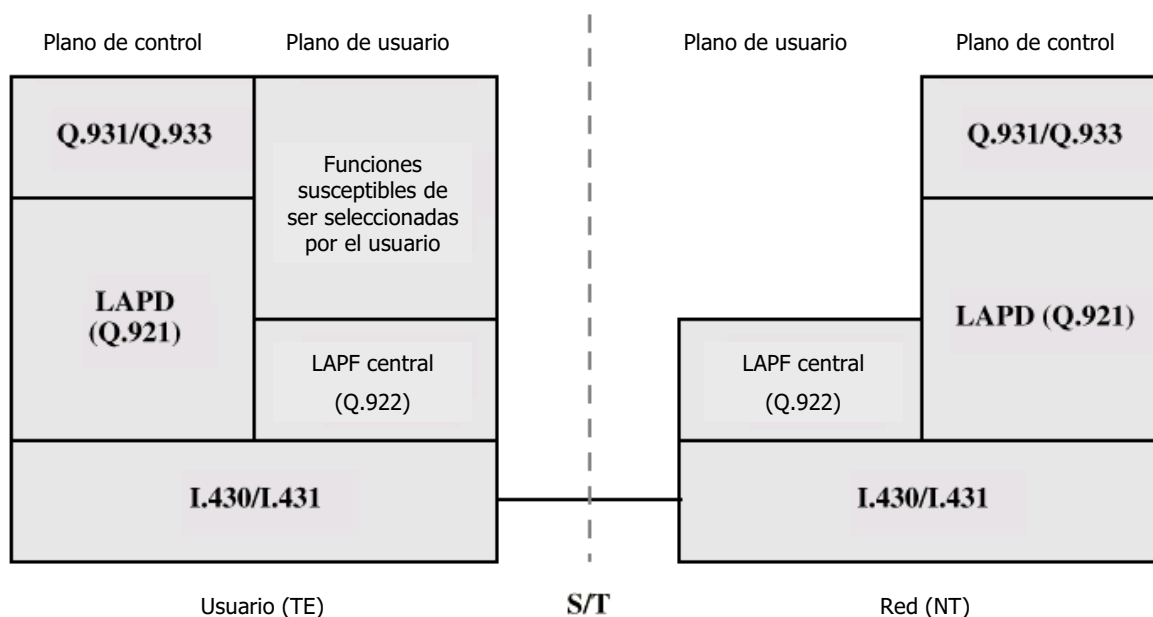
Diferencias de la retransmisión de tramas

- La señalización de control de llamadas se transmite a través de una conexión lógica distinta.
- La multiplexación y la conmutación tienen lugar en la capa 2:
 - Se elimina una capa completa de procesamiento.
- No existe control de flujo ni de errores.
- Si se lleva a cabo el control de flujo y de errores, será extremo a extremo y responsabilidad de capas superiores.
- Sólo se envía una trama de datos de usuario desde el origen hasta el destino, devolviéndose al primero una trama de confirmación generada por una capa superior.

Ventajas y desventajas

- Se pierde la posibilidad de llevar a cabo un control de flujo y de errores en cada enlace:
 - La fiabilidad hace que este inconveniente se reduzca.
- Potencia del proceso de comunicaciones:
 - Menor retardo.
 - Mayor rendimiento.
- La recomendación I.233 de ITU-T especifica que la retransmisión de tramas consigue velocidades de acceso de hasta 2 Mbps.

Arquitectura de protocolos en la interfaz usuario-red



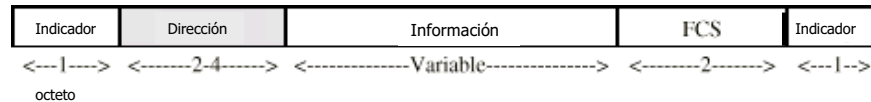
Plano de control

- Entre el usuario y la red.
- Se utiliza un canal lógico diferente:
 - Similar al de señalización por canal común para servicios de conmutación de circuitos.
- Capa de enlace de datos:
 - LAPD (Q.921)
 - Servicio de control de enlace de datos fiable.
 - Control de errores y de flujo.
 - Entre el usuario (TE) y la red (NT).
 - Se usa para el intercambio de mensajes de señalización de control Q.933.

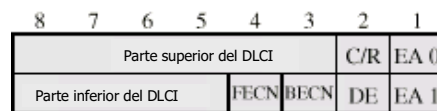
Plano de usuario

- Traslado real de información entre usuarios finales.
- LAPF (Procedimiento de Acceso al Enlace para Servicio en Modo Trama) Q.922:
 - Delimitación de tramas, alineamiento y transparencia.
 - Multiplexación/demultiplexación de tramas utilizando el campo de dirección.
 - Asegurar que la trama consta de un número entero de octetos (inserción/ extracción de bits cero).
 - Asegurar que la trama no es demasiado larga ni demasiado corta.
 - Detección de errores de transmisión.

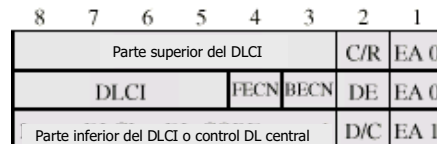
Formatos del protocolo central LAPF



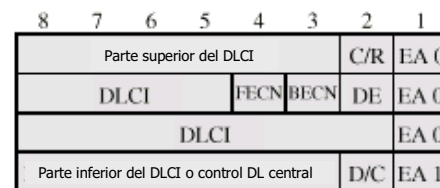
(a) Formato de trama



(b) Campo de dirección - 2 octetos (por defecto)



(c) Campo de dirección - 3 octetos



(d) Campo de dirección - 4 octetos

- EA Bit de ampliación del campo de dirección
- C/R Bit de orden/respuesta
- FECN Notificación explícita de congestión hacia adelante
- BECN Notificación explícita de congestión hacia atrás
- DLCI Identificador de conexión de enlace de datos
- D/C Indicador DLCI o de control DL central
- DE Conveniencia de rechazo

Tranferencia de datos de usuario

- Un único tipo de trama:
 - Datos de usuario.
 - No existen tramas de control.
- No es posible el uso de señalización en banda.
- No existen números de secuencia:
 - No es posible llevar a cabo control de flujo ni de errores.

Lecturas recomendadas

- Stallings, W. *Comunicaciones y Redes de Computadores*, sexta edición. Madrid: Prentice Hall, 2000: Capítulo 11.
- Web del Foro ATM.
- Foro de retransmisión de tramas.