



Tecnologías de Redes WAN

Jhon Jairo Padilla Aguilar, PhD.

UPB Bucaramanga

Evolución redes WAN de paquetes

Redes X.25

Año: 1976

Primeras redes de cx paquetes



Redes Frame
Relay

Aparición de la RDSI (ISDN)

Reemplazó a X.25



Redes ATM

Desarrollada originalmente
para RDSI de banda ancha,
Introdujo conceptos QoS



Redes MPLS

Actualmente hay redes
comerciales y aún hay
muchísima investigación.
Permite hacer Ing. De
Tráfico



Frame Relay



Introducción

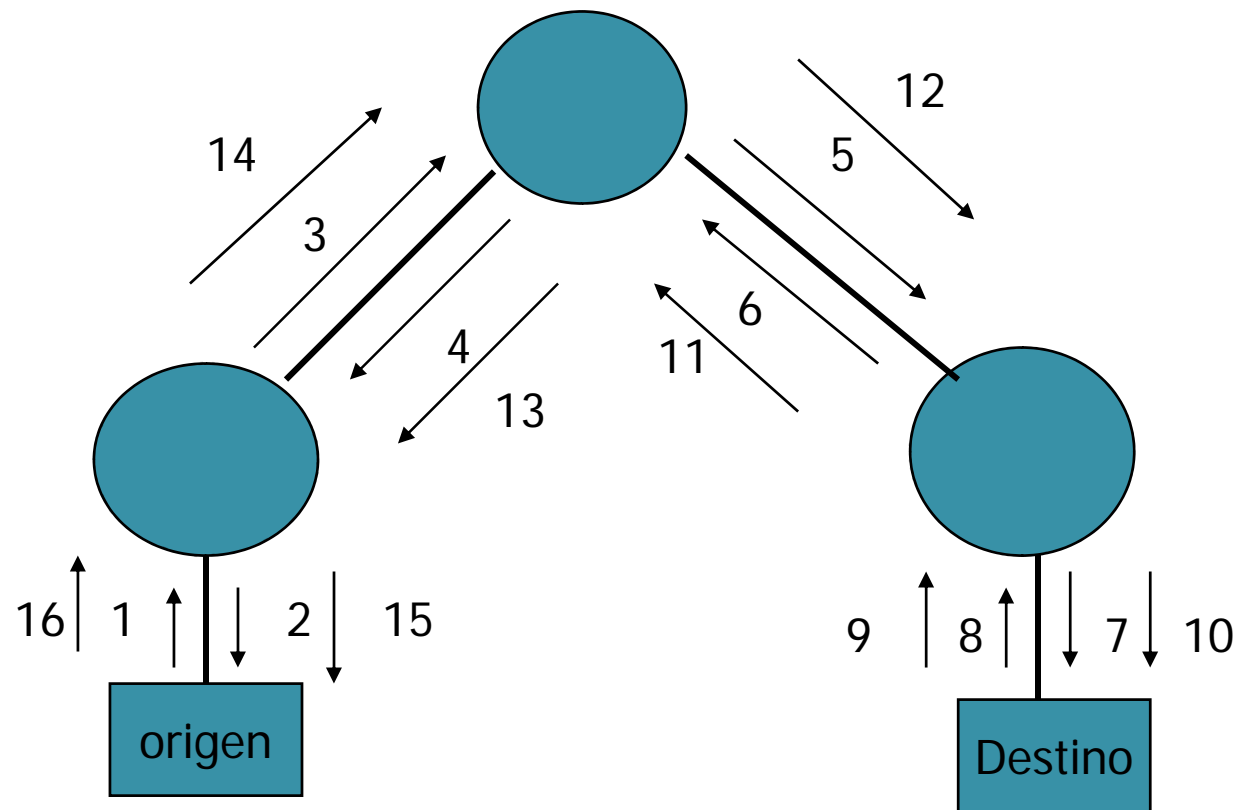
- Nació como una técnica usada en RDSI
- Se ha usado ampliamente en otros tipos de redes WAN
- Fue el siguiente paso después de X.25



Características de X.25

- Usa señalización en banda (datos y señalización por el mismo canal)
- Las capas 2 y 3 usan mecanismos de control de flujo y errores

Flujo de tramas en X.25





Características de X.25

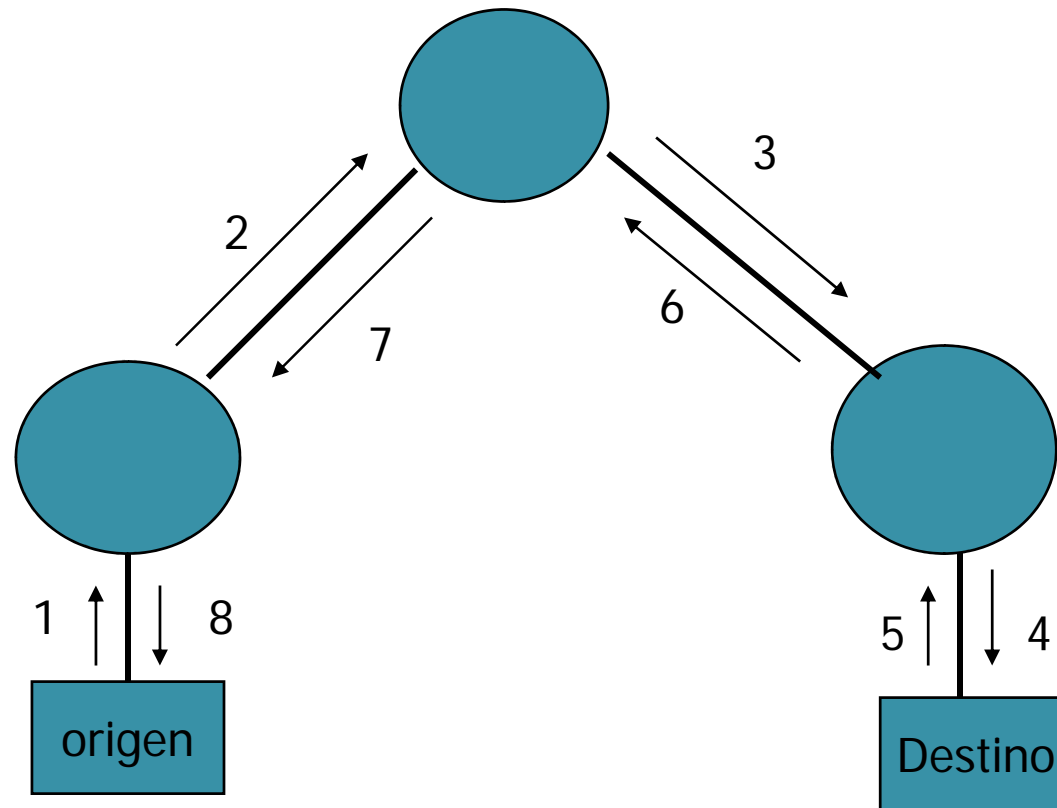
- Aproximación Costosa:
 - El control del enlace de datos provoca una confirmación en cada salto
 - Se mantienen tablas de estado por cada circuito virtual (mantenimiento de llamada y control de flujo y errores)
 - Se suponen enlaces con BER significativa



Características de Frame Relay

- Se diseñó para eliminar el alto costo de X.25 para la red
- En Frame Relay:
 - La señalización va por una conexión lógica distinta a los datos (no requiere mantener tablas de estado ni control)
 - Multiplexación y conmutación de conexiones lógicas sucede en la capa 2 en lugar de la capa 3 (elimina una capa de procesamiento)
 - *No existe control de errores ni de flujo en cada enlace (responsabilidad de las estaciones finales, usan capas superiores)*

Flujo de tramas en Frame Relay

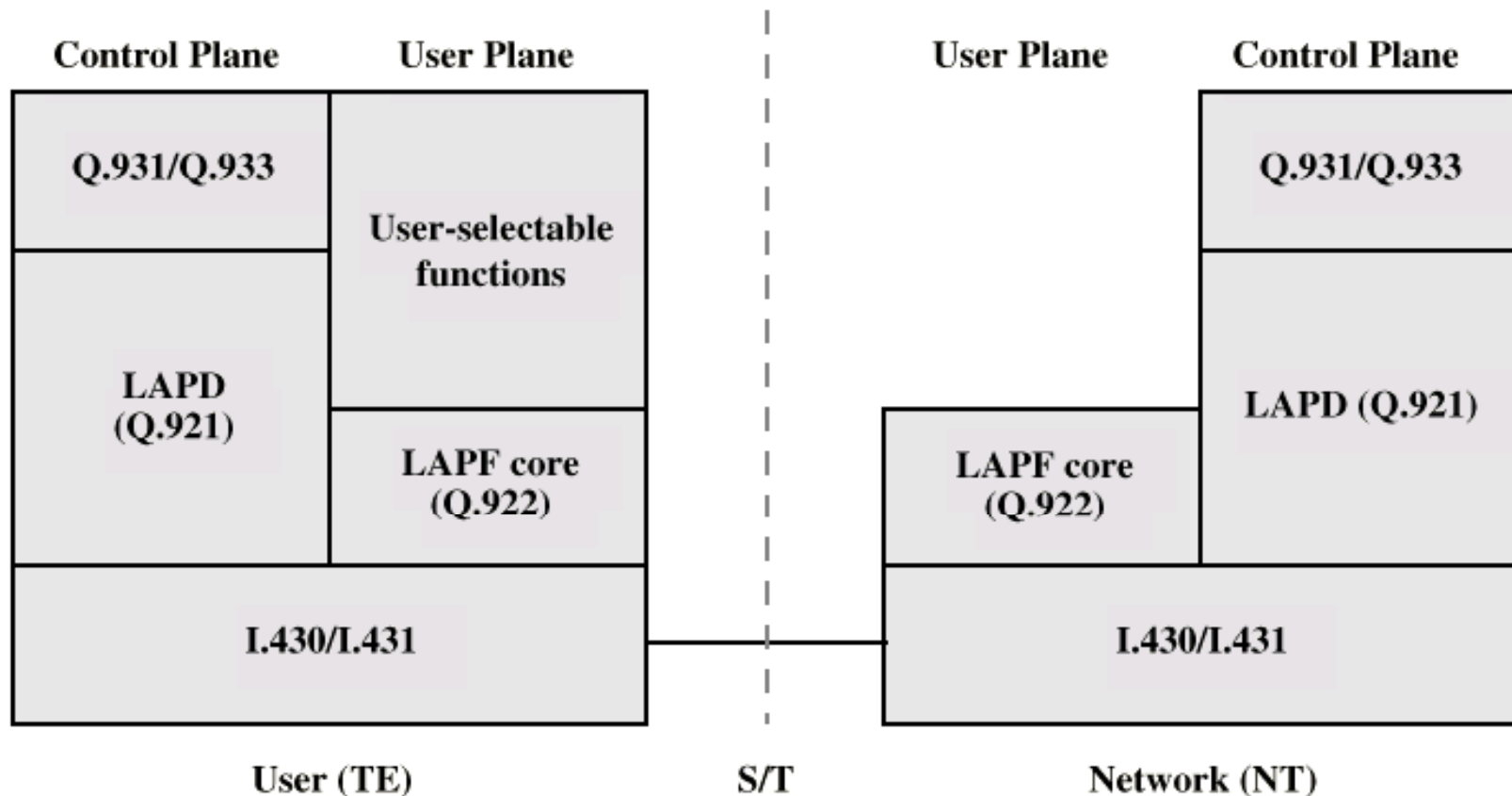




Características de Frame Relay

- Supone una mayor fiabilidad en la transmisión y mayores facilidades de conmutación (no hay control de errores)
- Mejora en retardo y rendimiento de hasta 10 veces lo de X.25
- Velocidades superiores a 2 Mbps

Arquitectura de protocolos





Arquitectura de protocolos

- 2 Planos de operación:
 - **Control:** Establecimiento y liberación de conexiones lógicas (usuario-red)
 - **Usuario:** Transferencia de datos (extremo-extremo)



Plano de Control

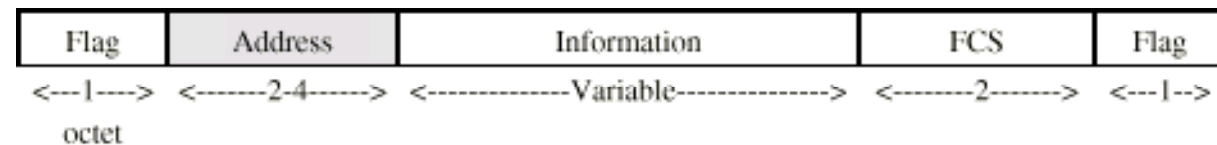
- Se hace por un canal separado (D)
- Capa de enlace: LAPD (control de flujo y errores entre usuario y red)
- Mensajes de control con estándar Q.933



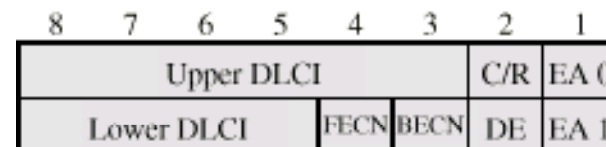
Plano de Usuario

- Los datos se transfieren mediante el protocolo LAPF (entre usuarios finales)
- Funciones de LAPF:
 - Sincronismo (bit, trama), transparencia (inserción bits)
 - Verificación núm.entero octetos
 - Verificación longitud trama (ni larga, ni corta)
 - Detección de errores
 - Control de Congestión
 - Nota: No hay control flujo, ni control errores

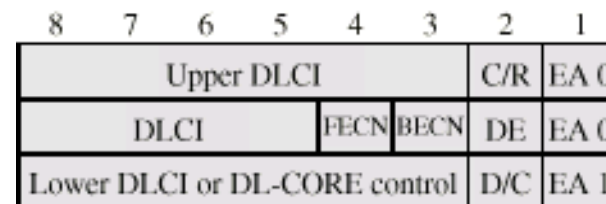
Formato de tramas LAPF



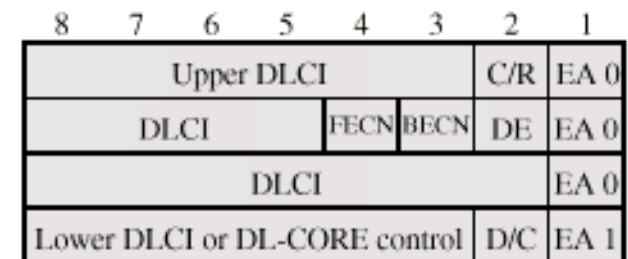
(a) Frame format



(b) Address field - 2 octets (default)



(c) Address field - 3 octets



(d) Address field - 4 octets

- EA Address field extension bit
- C/R Command/response bit
- FECN Forward explicit congestion notification
- BECN Backward explicit congestion notification
- DLCI Data link connection identifier
- D/C DLCI or DL-CORE control indicator
- DE Discard eligibility



LAPF

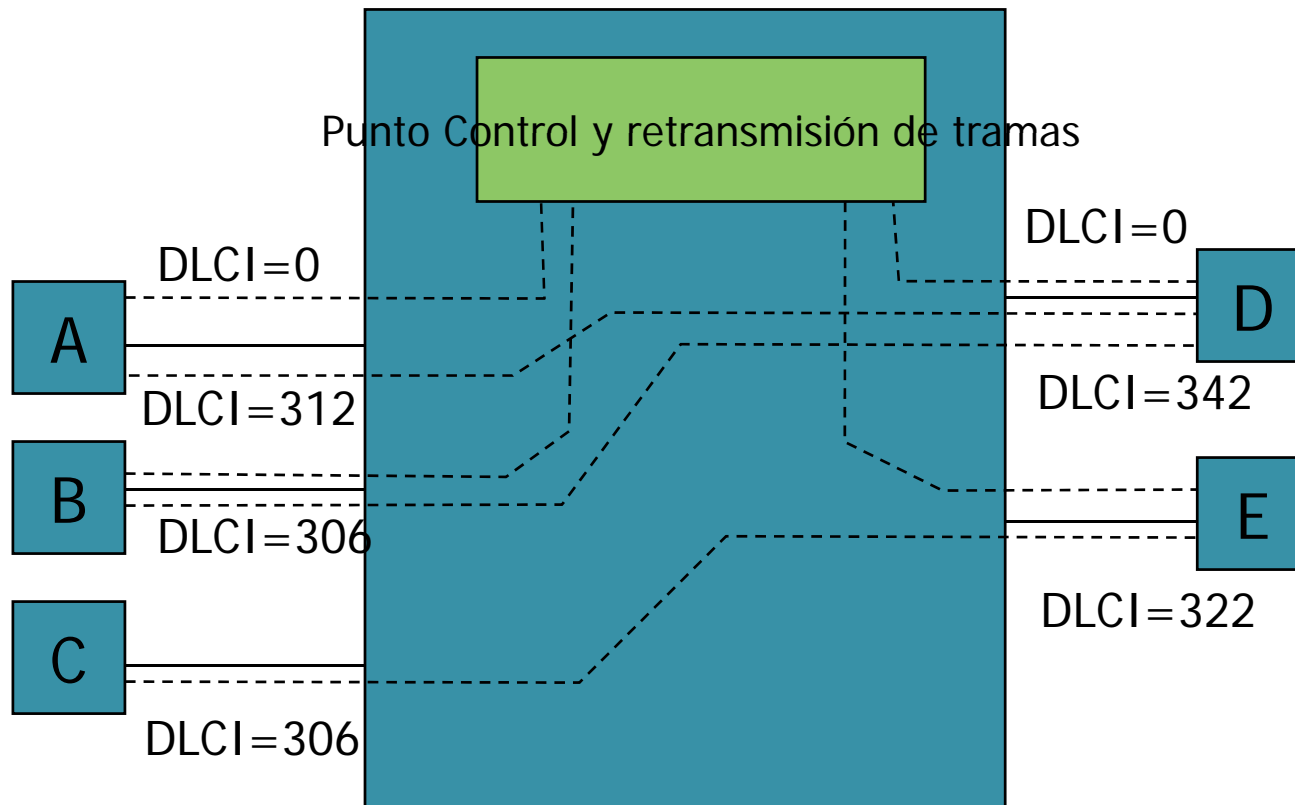
- No existe campo de control:
 - Sólo hay tramas de datos
 - No hay señalización
 - No es posible el control de flujo ni errores ya que no hay números de secuencia
 - La información de control de flujo y errores va como parte de la carga de datos (va hacia una capa superior)



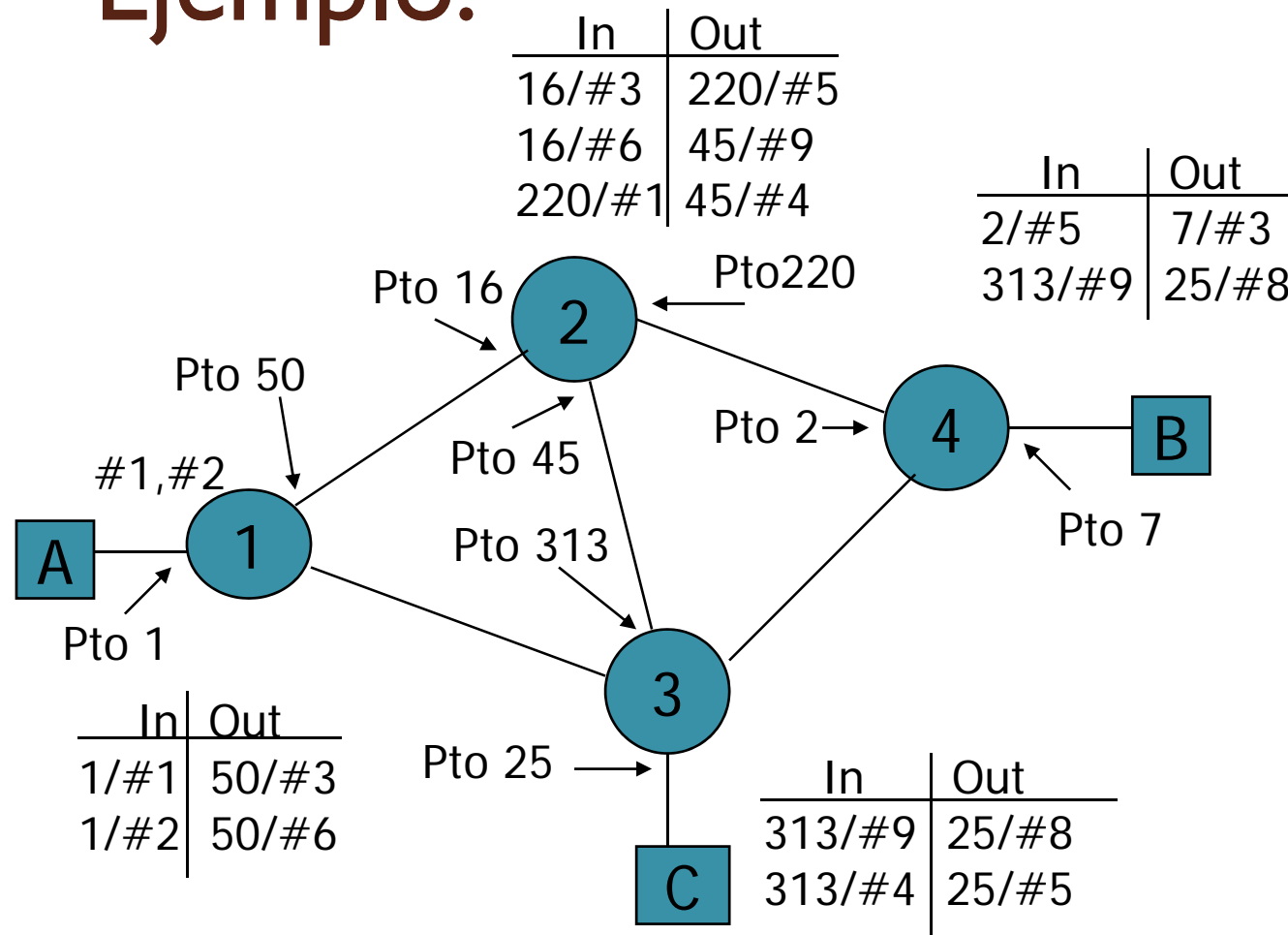
Encaminamiento en Frame Relay

- Las tablas de encaminamiento tienen 2 identificadores para cada paquete:
 - DLCI (Data Link Connection Identifier): Puerto. Significado local en el nodo.
 - Conexión lógica
 - Multiplexión: Varias conexiones lógicas pueden ir por un mismo DLCI

Nodo Frame Relay



Ejemplo:



Convención:
Pto/conexión



Control de Congestión en Frame Relay



Control de la congestión

- FR no puede usar control de flujo para controlar la congestión
- Estrategias usadas:
 - Congestión severa: Rechazo de tramas, uso de señalización implícita
 - Congestión media: Evitar la congestión, mediante señalización explícita hacia los usuarios



Gestión de la tasa de tráfico

- Tasa de Información contratada: CIR
- CIR es un límite de velocidad en una conexión particular
- Los paquetes transmitidos a una velocidad mayor que CIR son susceptibles de ser rechazados en caso de congestión
- No hay garantía de que un paquete no sea rechazado antes de alcanzar la CIR



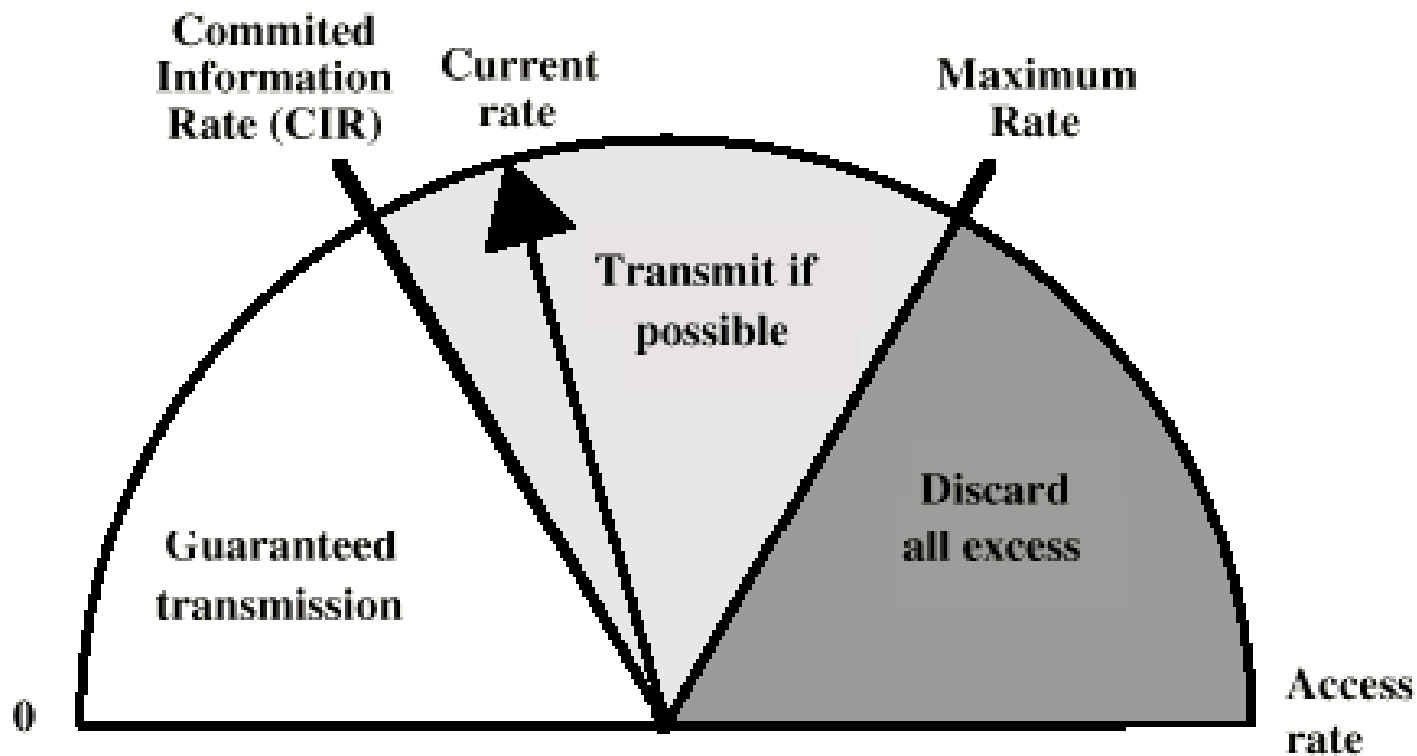
Gestión del tráfico

- CIR como criterio para eliminar tramas:
 - La red elimina las tramas de conexiones que exceden su CIR antes de descartar tramas que están por debajo de la CIR
 - Un nodo mide continuamente la velocidad de datos del usuario
 - Las tramas que exceden el CIR se etiquetan con el bit DE=I en LAPF. Si hay congestión, estas son las primeras en ser descartadas

Valor de la CIR

- $\sum_i CIR_i \leq \text{Capacidad del nodo}$
- i : cada uno de los sistemas finales
- $\sum_i CIR_{i,j} \leq \text{Velocidad de acceso}_j$
- $CIR_{i,j}$: tasa de información contratada para la conexión i del canal j
- Existe otro límite por encima de la CIR que sirve para descartar tramas instantáneamente (no se marcan con $DE=1$)

Operación de la CIR





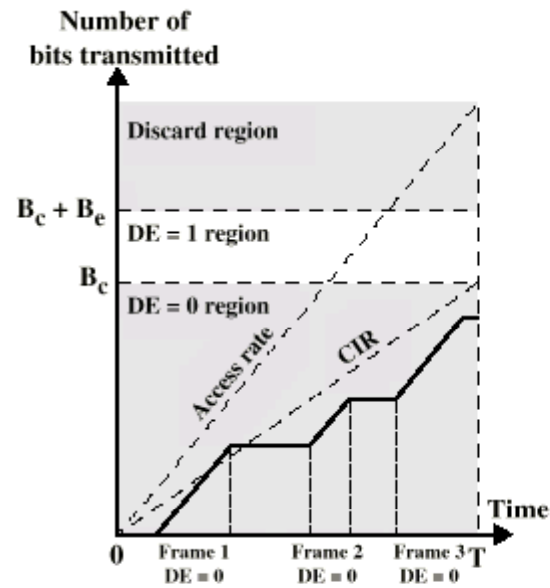
Tipos de conexiones

- **Conexión Virtual Permanente:**
 - Se mantiene siempre el mismo CIR
 - Se establece cuando se acepta la conexión usuario-red
- **Conexión Virtual Conmutada:**
 - CIR es negociable para cada conexión
 - Se produce desconexión cuando se acaba la comunicación
 - Se negocia en la fase de configuración del protocolo de control de llamada

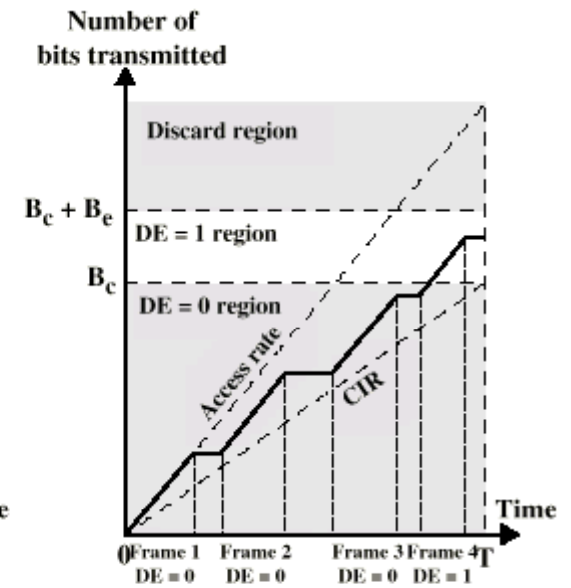
Medición de la CIR

- Un nodo cuenta la cantidad de bytes recibidos en un intervalo de tiempo (T)
- La decisión la toma con base en los parámetros:
 - Bc: Tamaño contratado de ráfaga (máximo número de bytes en un tiempo T)
 - Be: Tamaño de ráfaga en exceso (número de bytes de datos adicionales dentro del tiempo T. La red intenta pero no se compromete a transmitirlo.
 - $T = Bc / CIR$

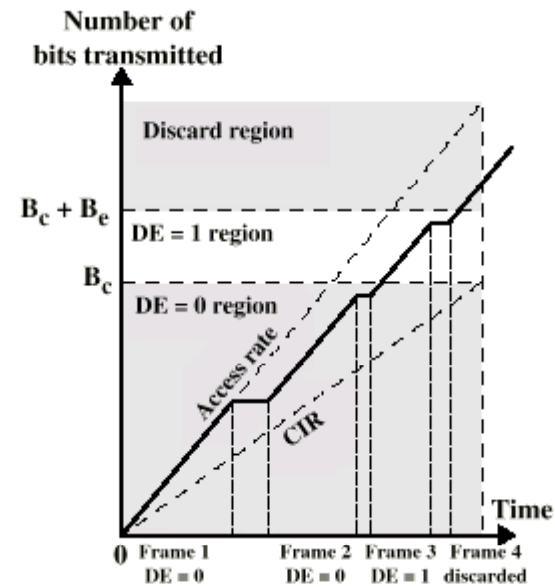
Relación entre los parámetros de congestión



(a) All frames within CIR



(b) One frame marked DE



(c) One frame marked DE; one frame discarded



Señalización explícita de congestión

- Si un nodo detecta congestión, puede activar uno de los bits de notificación de congestión (BECN,FECN)
- Los nodos que reciben paquetes con estos nodos activos no deben modificarlos (así llegan al sistema final)
- BECN: indica que hay congestión en sentido contrario al de la trama recibida
- FECN: indica congestión en el mismo sentido de la trama recibida



Señalización explícita de la congestión

- El gestor de tramas del nodo decide a qué conexiones lógicas notificar:
 - Congestion moderada: Sólo estaciones que generan más tráfico
 - Congestión severa: A todas las conexiones
- Respuesta de las estaciones: (no lo hace la red Frame Relay)
 - BECN: Reduce la velocidad de envío de tramas hasta que no se recibe más la señal BECN.
 - FECN: La estación notifica a la estación del otro extremo para que reduzca el flujo de tramas.

Señalización implícita de la congestión

- Las estaciones finales pueden agregar funciones adicionales a LAPF para control de flujo entre ellas.
- LAPF usa ventana deslizante y puede detectar la pérdida de tramas por el número de secuencia.
- Cuando se detectan tramas perdidas, la estación reduce el tamaño de la ventana del LAPF para disminuir el flujo de tramas que recibe.
- El tamaño de la ventana vuelve y se aumenta cuando se reciben varias tramas con los bits BECN y FECN inactivos.



ATM: Asynchronous Transfer Mode



Introducción

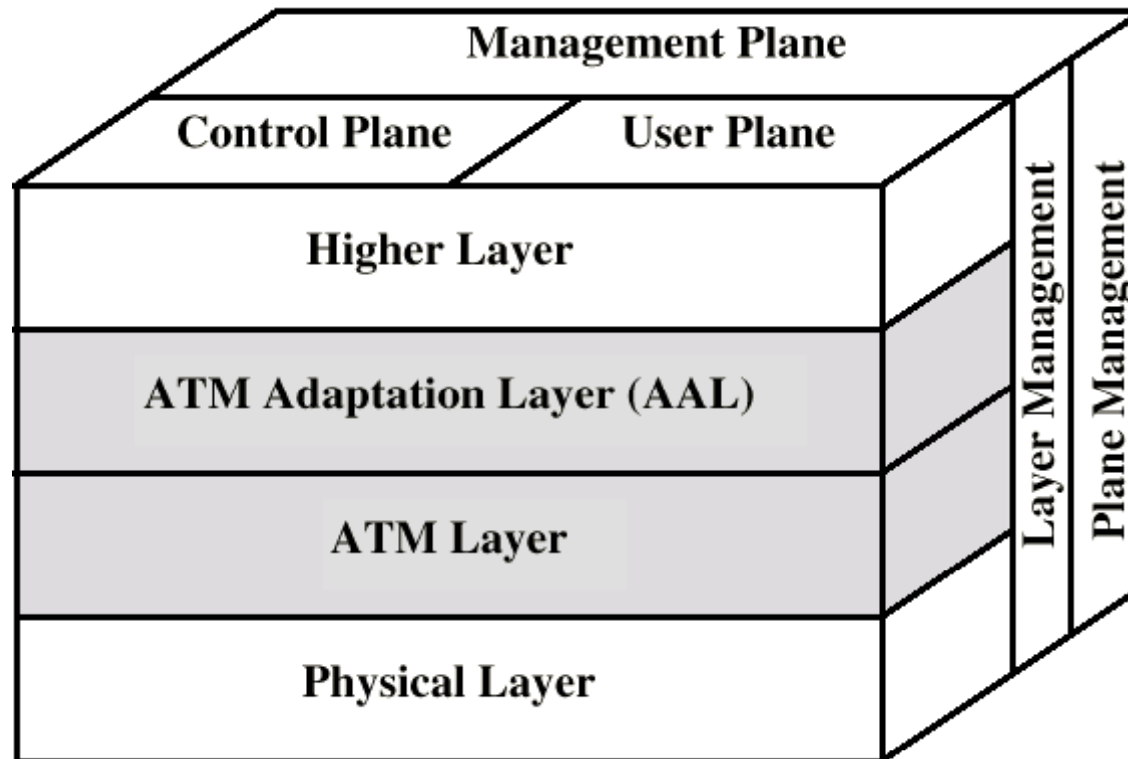
- Desarrollada como parte del trabajo de RDSI de banda ancha
- Obtiene altas velocidades de transmisión (varios órdenes de magnitud frente a Frame Relay)



Características de ATM

- Es una red de conmutación de paquetes
- Permite la multiplexación de varias conexiones lógicas sobre una única interfaz física
- Los paquetes son de tamaño fijo y se les llama **celdas**. Reduce procesamiento en los nodos.
- Tiene mínima capacidad de control de errores y de flujo:
 - Reduce el costo de procesamiento de las celdas
 - Reduce el número de bits adicionales por celda

Arquitectura de protocolos



Arquitectura de protocolos

- Capa física:
 - Velocidades: 155.52 Mbps, 622.08 Mbps. (Son posibles otras velocidades superiores e inferiores)
- Capa ATM:
 - Común a todos los servicios de conmutación de paquetes
 - Encargada de transmisión de celdas y uso de conexiones lógicas
- Capa AAL:
 - Depende del servicio (capa superior)
 - Adapta los protocolos que no se basan en ATM
 - Agrupa la información de capas superiores en celdas ATM para enviarlas por una red ATM
 - Extrae información de las celdas ATM y la transmite a capas superiores



Arquitectura de protocolos

- Planos:
 - Plano de usuario:
 - Transferencia de información de usuario
 - Control de flujo y errores
 - Plano de Control:
 - Control de llamadas
 - Control de la conexión
 - Plano de Gestión:
 - Coordinación de todos los planos
 - Gestiona recursos y parámetros de cada protocolo

Conexiones Lógicas ATM

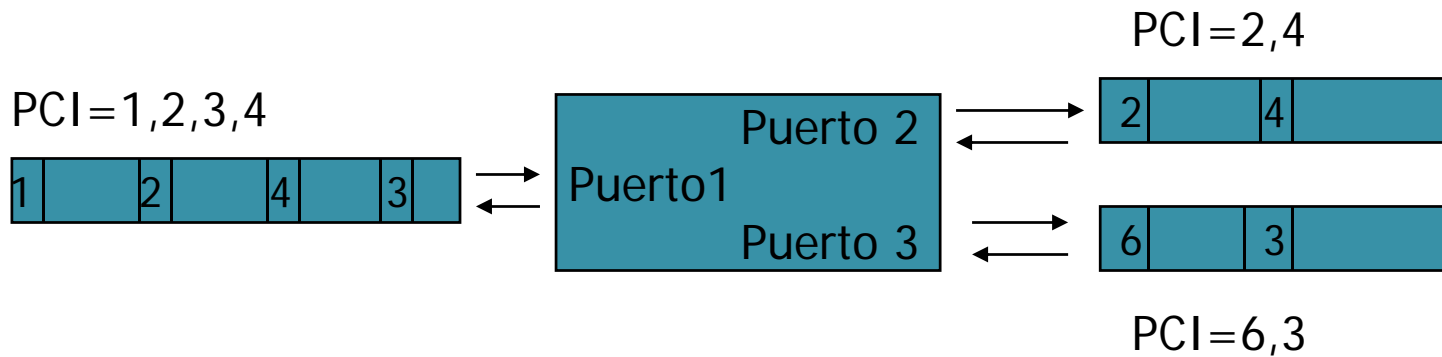
- **Camino virtual (VC):** Conexión lógica, camino a través de la red
- Todas las celdas relacionadas con una misma llamada siguen el mismo VC previamente establecido a través de la red (similar a circuito virtual)
- **PCI** (Protocol Connection Identifier): identifica cada conexión lógica a través de la red
- El PCI sirve para enrutar las celdas que pertenecen a la misma conexión



Nodos de conmutación ATM

- PCI sólo tiene significado local en los conmutadores
- El PCI cambia al pasar a través del conmutador
- Cada nodo tiene una tabla de enrutamiento con:
 - Puerto de entrada, PCI entrante
 - Puerto de salida, PCI saliente
- Decisiones de encaminamiento rápidas (búsqueda en una tabla sencilla)

Enrutamiento en ATM



| Entra | Entra | Sale | Sale |
|--------|-------|--------|------|
| Puerto | PCI | Puerto | PCI |
| 1 | 1 | 2 | 2 |
| 1 | 2 | 2 | 4 |
| 1 | 3 | 3 | 3 |
| 1 | 4 | 3 | 6 |

Puerto 1

| Entra | Entra | Sale | Sale |
|--------|-------|--------|------|
| Puerto | PCI | Puerto | PCI |
| | | | |
| 2 | 2 | 1 | 1 |
| | | | |
| 2 | 4 | 1 | 2 |

Puerto 2

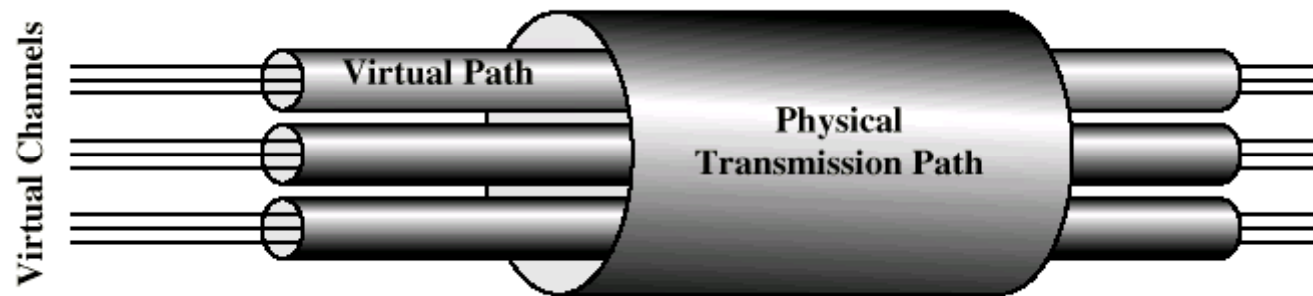
| Entra | Entra | Sale | Sale |
|--------|-------|--------|------|
| Puerto | PCI | Puerto | PCI |
| | | | |
| 3 | 3 | 1 | 3 |
| | | | |
| 3 | 6 | 1 | 4 |

Puerto 3

Nodos de conmutación ATM

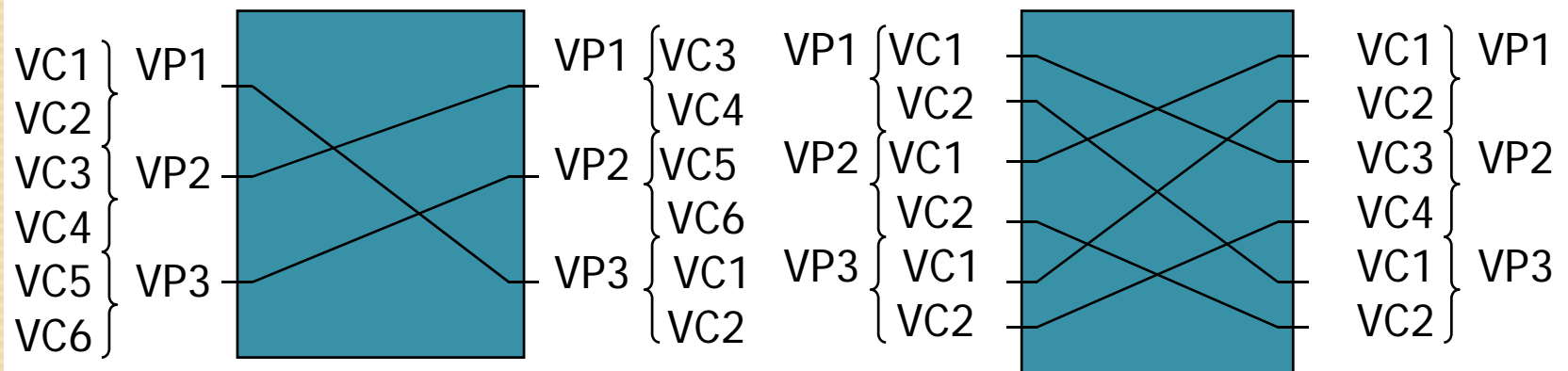
- Se pueden usar:
 - arquitecturas de conmutadores paralelos
 - enlaces de transmisión de alta velocidad (Gbps)
- El PCI se compone de dos campos:
 - Identificador de camino virtual (VPI:Virtual Path Identifier)
 - Identificador de canal virtual (VCI:Virtual Channel Identifier)

Relación entre conexiones ATM

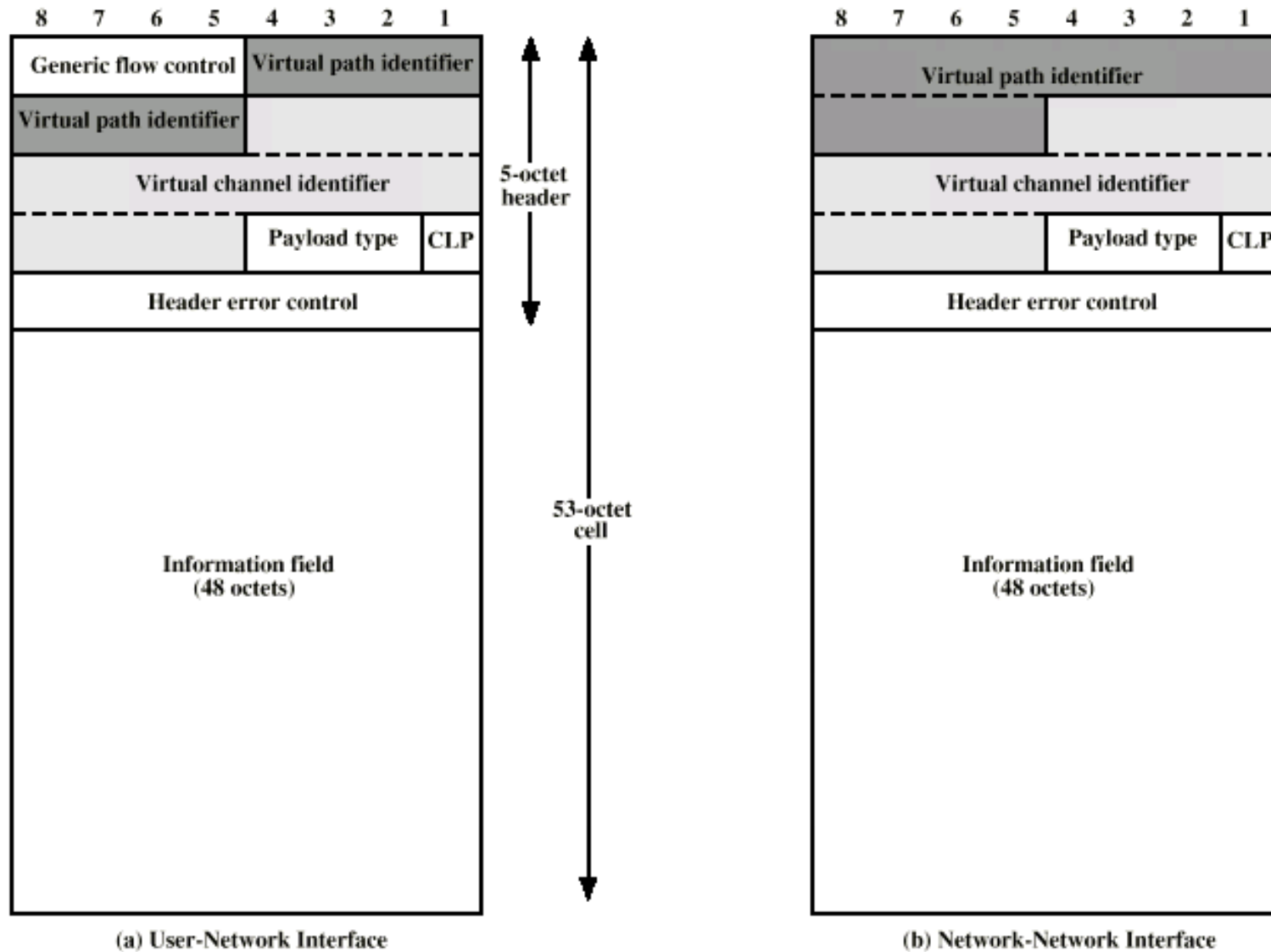


Nodos de Conmutación ATM

- El enrutamiento puede darse con VPI's, VCI's o una combinación de ambos
- Cx por VPs, los VCs no sufren modificación
- Cx por VCs, los VCs son independientes de los VPs



Formato de las celdas ATM



Campos celdas

- GFC (Generic Flow Control):
 - Sólo presente en celdas entre usuario y red
 - Usado para que el nodo controle el flujo de usuario
- VPI,VCI
- PTI (Payload Type Identifier): Tipo de carga útil de la celda (datos, control de red)
- CLP (cell Loss Priority) Se usa la prioridad para desechar celdas en caso de congestión (CLP=0 alta prioridad, CLP=1 baja prioridad)
- HEC (Header Error Checksum): CRC de los primeros 4 octetos de la cabecera



Capa de Adaptación ATM (AAL)

- Ofrece a las capas superiores varias clases de servicios para transportar mensajes
- AAL convierte la información de capas superiores en flujos de segmentos de 48 octetos (carga útil de las celdas)
- Toma la carga útil de las celdas y convierte este flujo al formato de la capa superior

Servicios AAL

- Criterios de clasificación:
 - Periodicidad y retardo de los paquetes
 - Tasa de bits (constante-CBR, variable-VBR)
 - Modo de conexión (con o sin conexión)

| | | | | |
|-----------|------------------|----------|--------------|------|
| | Tipo de Servicio | | | |
| | AAL1 | AAL2 | AAL3/4 | AAL5 |
| Periodic. | Si | | no | |
| Tasa bit | Const. | Variable | | |
| Modo | Orient. Conexión | | Sin conexión | |

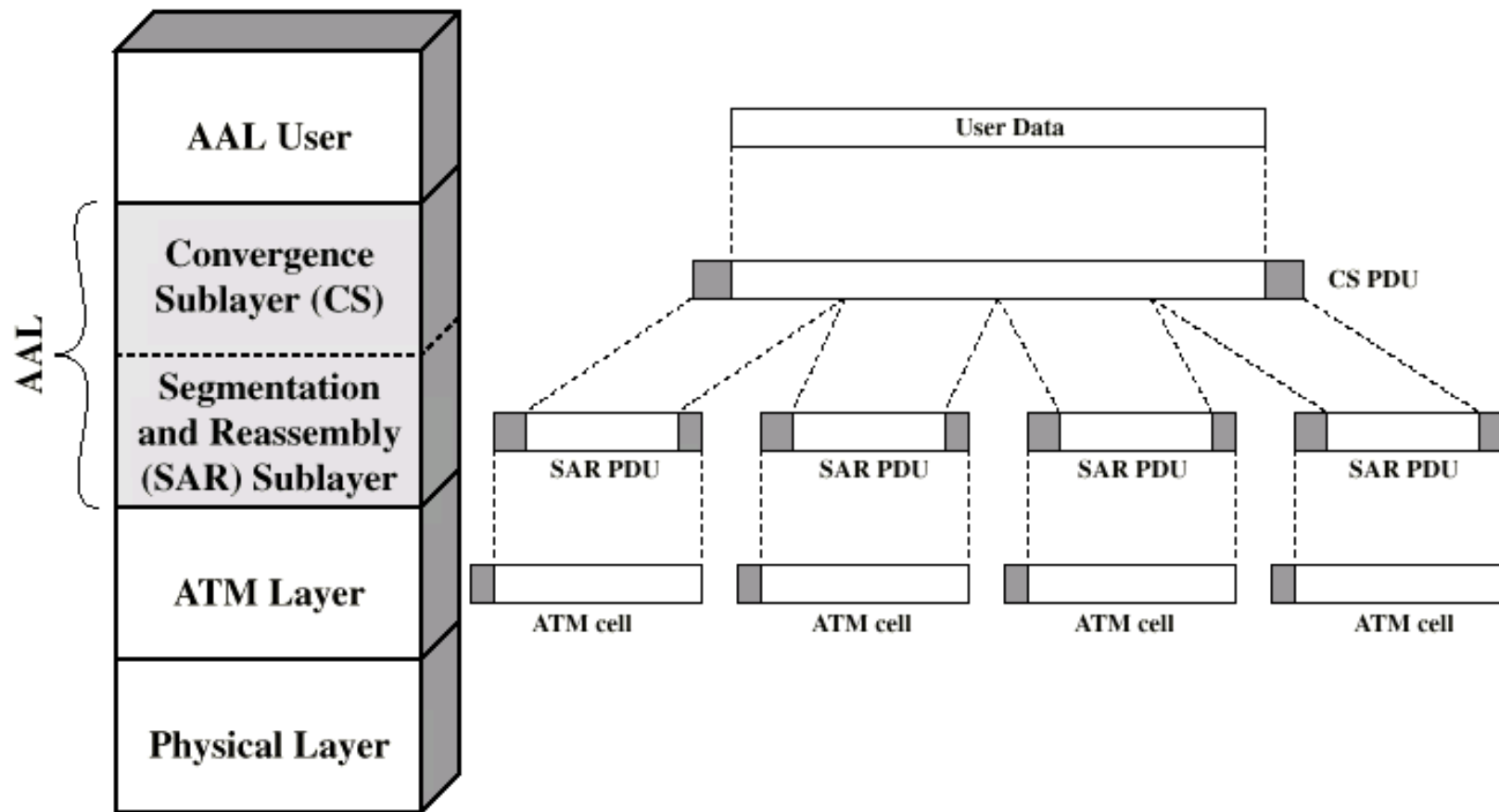
Servicios AAL

- Al principio se concibieron AAL3 y AAL4 pero el primero no fue muy usado, por lo que se fusionaron
- Ejemplos:
 - AAL1: Llamada de voz (1 Byte / 125 μ seg)
 - AAL2: Video comprimido (Codec produce tasa variable)
 - AAL3/4 y AAL5: Similares
 - Transferencia de tramas entre LANs por un puente o enrutador
 - Intercambio de información multimedia entre una estación y un servidor

Estructura Capa AAL

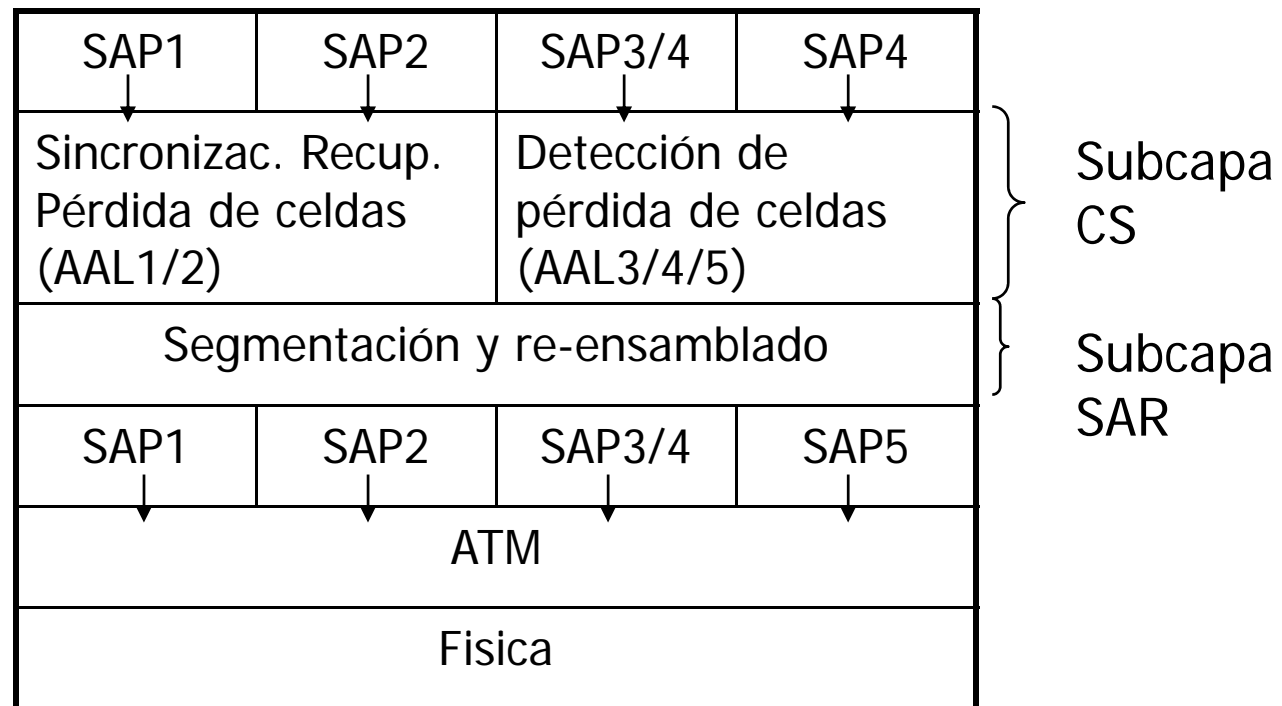
- Está conformada por dos subcapas:
 - *Subcapa de convergencia (CS)*: adapta la información entre la capa superior y ATM
 - *Subcapa de segmentación y re-ensamblado (SAR)*: Segmenta la información original en paquetes de 48 octetos de carga útil; re-ensambla la información recibida de la capa ATM

Capa AAL: Estrutura

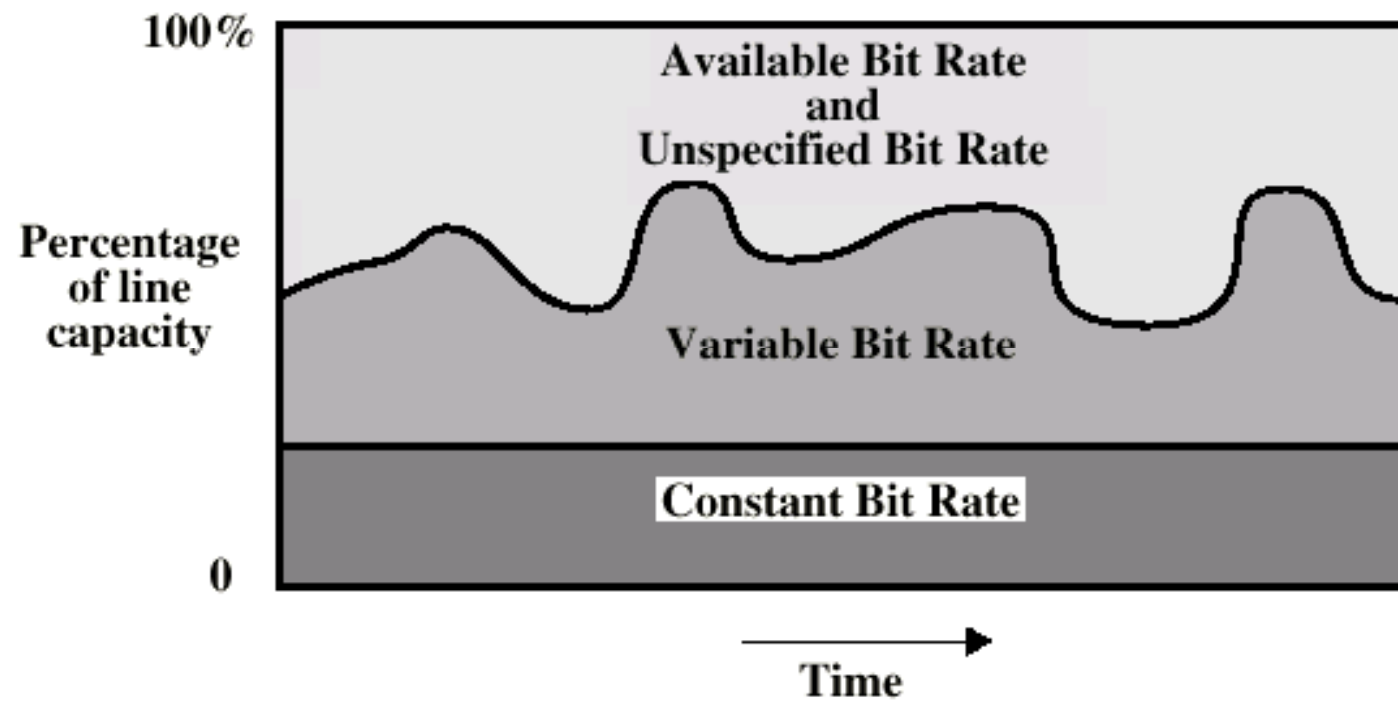


Estructura de la capa AAL

- Hay un protocolo CS distinto para cada tipo de servicio
- Cada protocolo CS tiene un punto de acceso al servicio (SAP) diferente



Servicios de ATM



Categorías de servicios ATM

| Clase | Descripción | Ejemplo |
|---------|---------------------------------|--|
| CBR | Tasa de bits constante | Circuito T1 |
| RT-VBR | Tasa de bits variable-T real | Video conferencia |
| NRT-VBR | Tasa de bits variable-T no real | Correo electrónico multimedia |
| ABR | Tasa de bits disponible | Consultas al web |
| UBR | Tasa de bits no especificada | Transferencia de archivos en segundo plano |



Clase CBR (Constant Bit Rate)

- Pretende simular un circuito pero a un costo mayor
- No hay comprobación de errores
- No hay control de flujo
- Aplicaciones: Canales PCM, T1
- Transmisión en tiempo real de audio y vídeo

Clase VBR (Variable bit Rate)

- RT-VBR:

- Tasa de bits variable en combinación con requisitos de tiempo muy estrictos
- Ejemplos: Video conferencias
 - Vídeo MPEG: marco base seguido de diferencias con el marco actual. Un retraso en las celdas causaría una imagen inestable

- NRT-VBR:

- Aplicaciones que pueden tolerar cierta fluctuación
- Ejemplo: Correo electrónico multimedia (se almacena antes de mostrarse)



Clase ABR (Available bit rate)

- Tráfico en ráfagas cuyo ancho de banda se conoce aproximadamente
- Ejemplo:
 - Capacidad entre dos puntos: 5Mbps (garantizados)
 - Picos hasta de 10 Mbps (se hace lo posible)
- Ante congestión retroalimenta al transmisor solicitándole que disminuya la velocidad



Clase UBR (Unspecified bit rate)

- No hace promesas
- No realimenta información de congestión
- Usada para paquetes IP (best-effort)
- Se aceptan todas las celdas y si sobra capacidad se entregan
- En caso de congestión, las celdas UBR se descartan sin avisar al tx y sin esperar que reduzca su velocidad
- Aplicaciones: FTP, correo electrónico
- Es el servicio más barato

Calidad del servicio en ATM

- QoS es un asunto importante en ATM ya que se usan para tráfico en tiempo real (audio, vídeo)
- Existe un contrato entre el cliente y la red con implicaciones legales:
 - Tráfico que se generará (descriptor de tráfico)
 - Servicio acordado
 - Requisitos de cumplimiento
 - Condiciones diferentes para los dos sentidos de la comunicación (Up-link, down-link)



Calidad del servicio en ATM

- La capa de transporte de la estación negocia con la capa ATM de la red
- Si no hay acuerdo, no se establece el circuito virtual
- Tanto la carga de tráfico como el servicio deben especificarse con cantidades medibles (objetivas)
- ATM especifica una serie de parámetros de QoS y para c/u se especifica el peor caso.

Parámetros de QoS

| Parámetro | Siglas | Significado |
|--|--------|--|
| Tasa celdas pico | PCR | Tasa máxima a la que se enviarán las celdas |
| Tasa celdas sostenida | SCR | Tasa de celdas promedio a largo plazo |
| Tasa celdas mín. | MCR | Tasa celdas mínima aceptable |
| Tolerancia de variac. De retardo celdas | CVDT | Fluctuación de retardo máxima aceptable en las celdas |
| Tasa perdida celdas | CLR | Fracción de celdas que se pierden o entregan muy tarde |
| Retardo transf.celda | CTD | Tiempo que lleva la entrega (medio, máximo) |
| Variac.retardo celda | CDV | Variación tiempo de entrega de celdas |
| Tasa errores celdas | CER | Fracción celdas entregadas sin error |

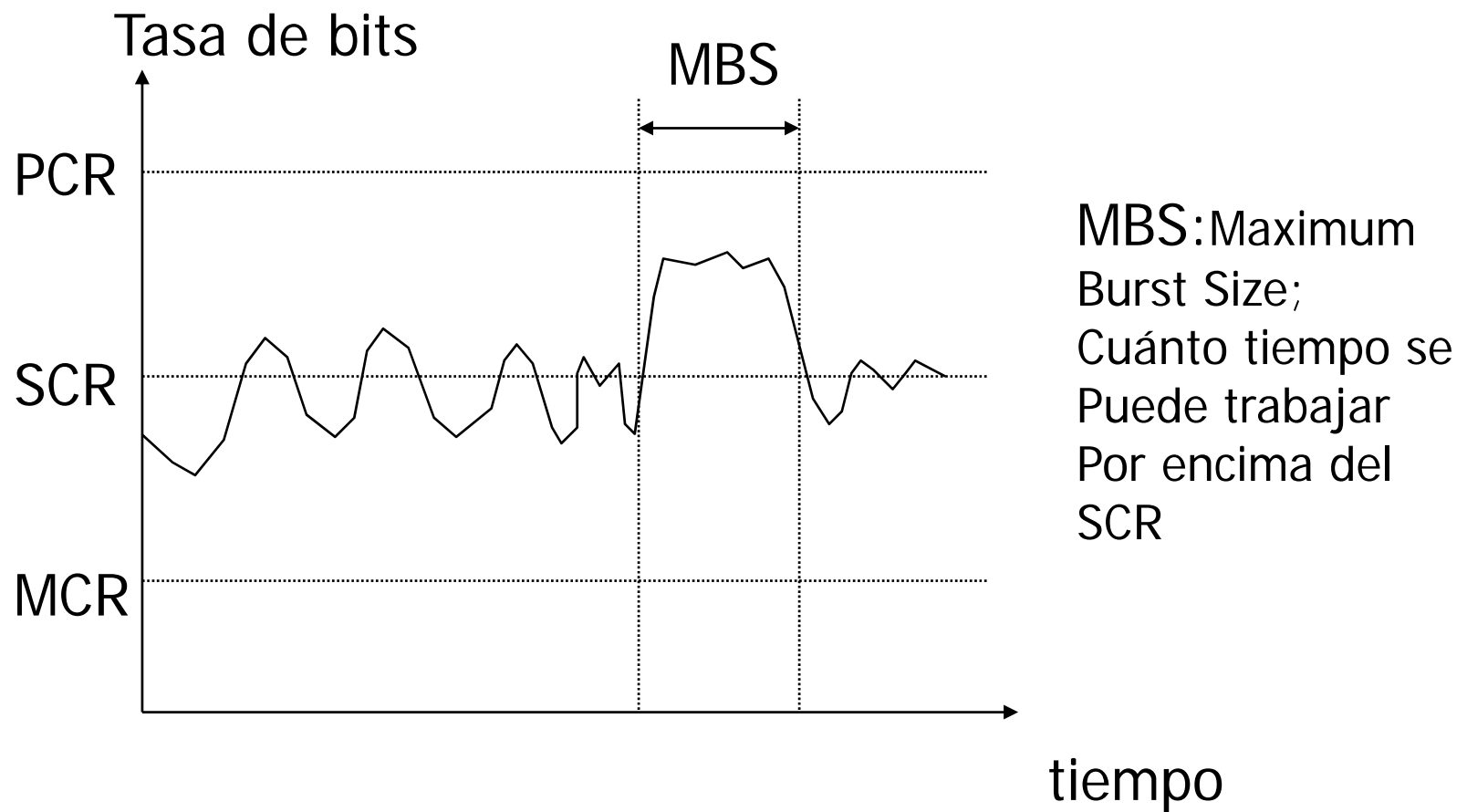
Parámetros de QoS en ATM

- **PCR** (Peak Cell Rate):
 - Tasa máxima a la que el transmisor planea enviar celdas ($\leq BW_{\text{línea}}$)
- **SCR** (Sustained Cell Rate):
 - Tasa de celdas promediada en un intervalo de tiempo grande.
 - En servicios CBR, es igual a la PCR
 - En otros servicios es mucho menor que PCR

Parámetros de QoS en ATM

- MCR (Minimum Cell Rate):
 - Cantidad mínima de celdas que el cliente considera aceptable
 - Si la red no puede soportar este mínimo, debe rechazar la conexión
 - Para servicio ABR (Available bit rate), el BW debe estar entre MCR y PCR, pero puede variar dinámicamente durante la conexión
 - Si $MCR=0$, el servicio ABR se convierte en UBR (Unspecified bit rate)

Relación entre los parámetros

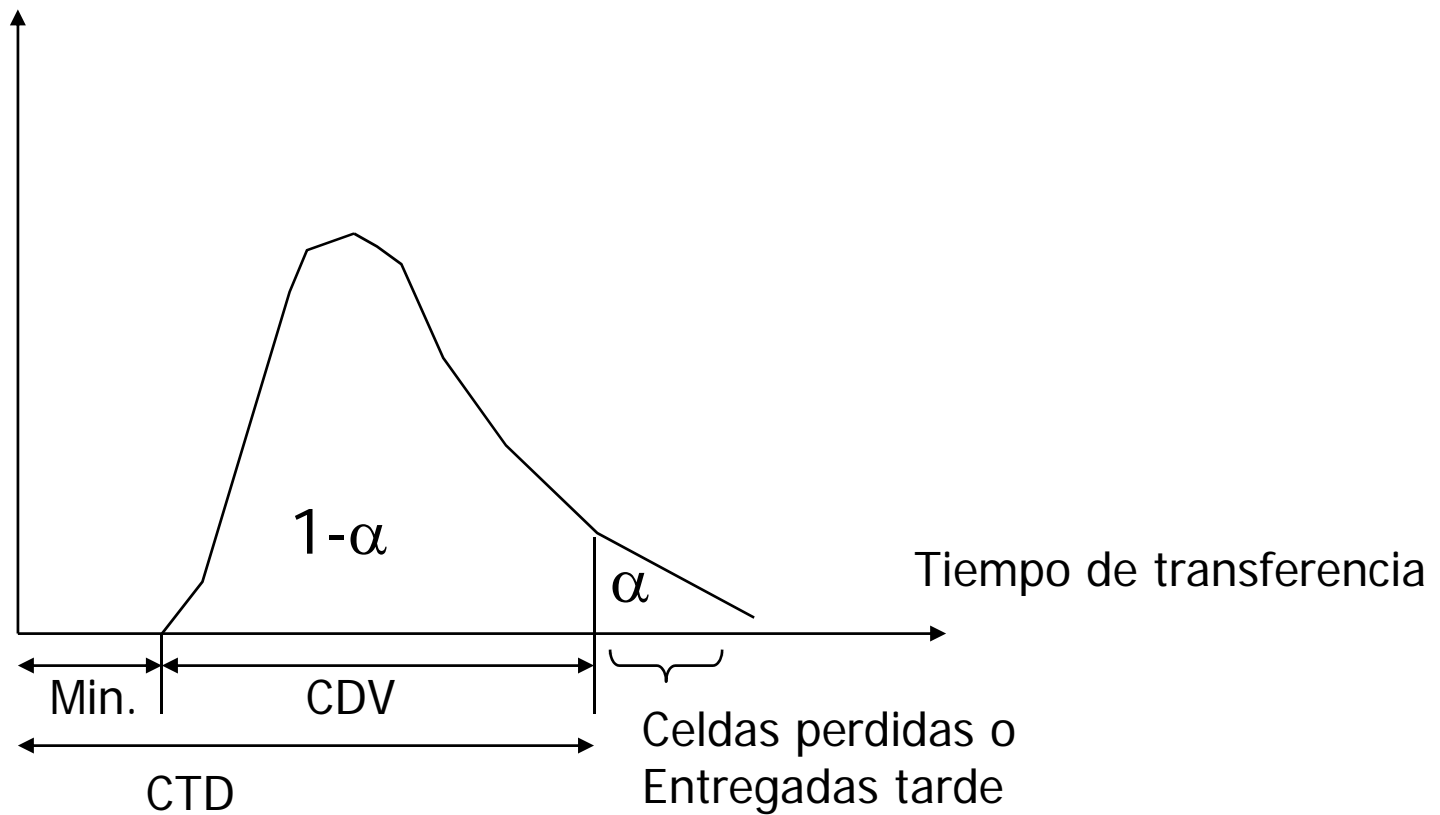


Otros parámetros de QoS

- CVDT (Cell Variation Delay Tolerance):
 - Cantidad de variación de retardo en las celdas
 - Independiente de PCR y SCR
 - Idealmente $1/(PCR)$ si se opera a PCR
- CLR (Cell Loss Ratio):
 - Cantidad de celdas que se pierden o entregan demasiado tarde
 - Util en servicios de tiempo real
- CTD (Cell Transfer Delay):
 - Tiempo promedio de retardo de las celdas
- CDV (Cell Delay Variation):
 - Uniformidad en el retardo de las celdas

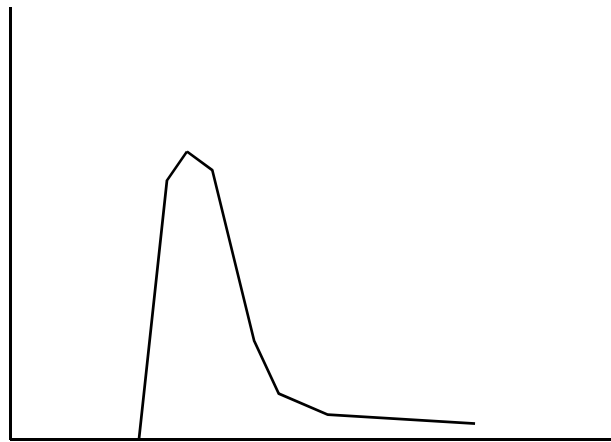
Relación CTD y CDV

Densidad de Probabilidad



Curvas de retardo para diferentes servicios

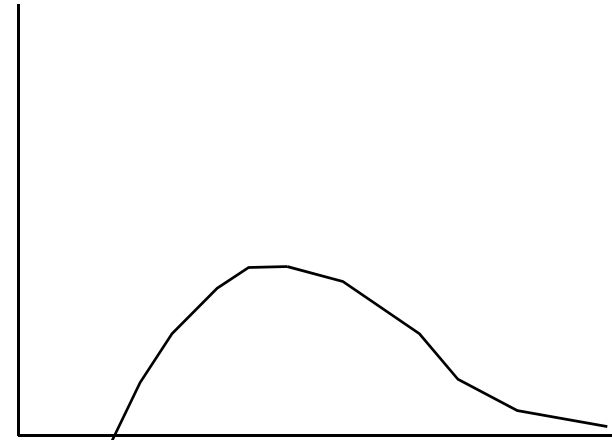
Densidad de Probabilidad



Tiempo de retardo

Servicios de t real

Densidad de Probabilidad



Tiempo de retardo

Servicios interactivos

Otros parámetros de QoS

- Los siguientes son característicos de la red y no son negociables
- CER (Cell Error Rate): Tasa de celdas que se entrega con uno o más bits dañados
- SECBR (Severy Errored- Cell Block Ratio): Fracción de bloques de N celdas en que M o más celdas contienen errores
- CMR (Cell Misinsertion Rate): Cantidad de celdas entregadas al destino equivocado por errores en la cabecera



Control de Congestión en ATM

Introducción

- ATM presenta mayores dificultades que Frame Relay para el control de la congestión debido al reducido número de bits de control en las celdas
- Documento I.371 de la ITU
- Técnicas:
 - Controles en el momento de inserción de celdas
 - Controles en tiempo de ida y vuelta
 - Controles para establecer conexiones con QoS dada
 - Controles de larga duración: Afectan varias conexiones ATM



Control de tráfico y de congestión

- **Control de tráfico:** Determina si se puede aceptar una conexión específica
- La red acepta tolerar un cierto nivel de tráfico en la conexión
- El usuario acepta no exceder los límites de las prestaciones
- El control de tráfico además verifica el cumplimiento de los parámetros de tráfico
- **Control de Congestión:** Funciona cuando falla el control de tráfico. Responde ante la congestión



Control de Tráfico

- Para controlar el tráfico se realizan 5 funciones:
 - Gestión de recursos de red
 - Control de admisión de conexión
 - Control de parámetros de uso
 - Control de prioridad
 - Gestión de recursos rápidos



I. Gestión de recursos de red

- La idea es agrupar servicios similares en un mismo camino virtual (VP). Cada conexión va por un canal virtual (VC) diferente dentro del VP.
- La red ofrece características conjuntas de prestaciones y capacidad a los canales de un mismo camino virtual.



2. Control de admisión de la conexión

- Primera línea de defensa de autoprotección de la red ante una carga excesiva
- Al solicitar la conexión, se hace una negociación usuario-red (características del tráfico, QoS)
- La red acepta sólo si puede asignar y mantener los recursos necesarios bajo estas condiciones
- La red presta el servicio mientras el usuario cumpla con los parámetros de tráfico



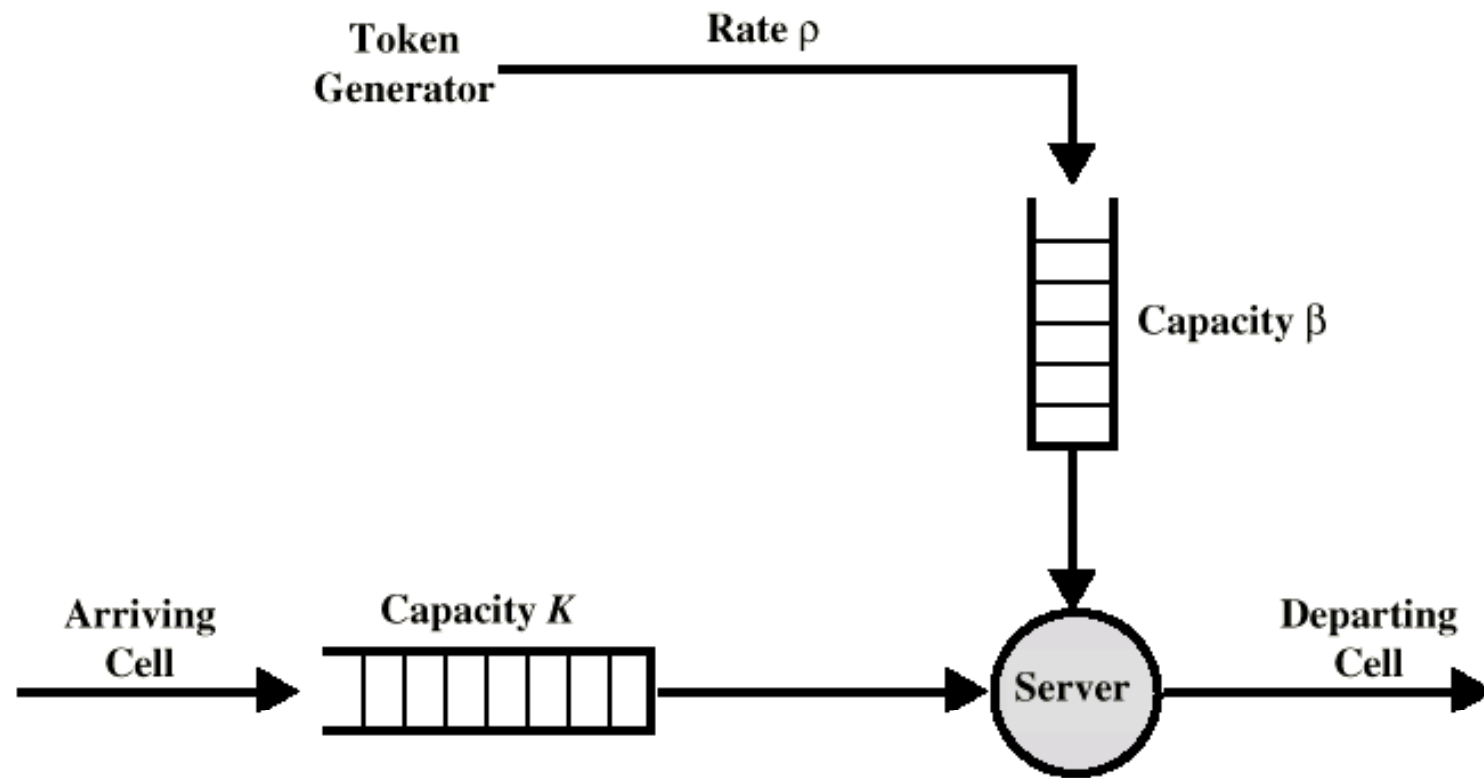
3. Control de parámetros de uso (UPC)

- Entra a funcionar después de aceptada la conexión por la función de control de admisión.
- Supervisa la conexión para determinar si el tráfico está en concordancia con el contrato de tráfico.
- Por tanto, protege los recursos de la red ante la producción de una sobrecarga en una conexión.

3. Control de parámetros de uso

- Esta función se realiza a nivel de VC o a nivel de VP. (es más usada en VP, agrupa varios VC de igual servicio)
- Marca las celdas que no cumplen el contrato de tráfico con el bit CLP=1 (baja prioridad)
- Estas celdas son aceptadas pero pueden ser descartadas posteriormente

UPC:Token Bucket





4. Control de prioridad

- Rechaza las celdas de baja prioridad ($CLP=1$) para proteger las prestaciones de las celdas de alta prioridad.

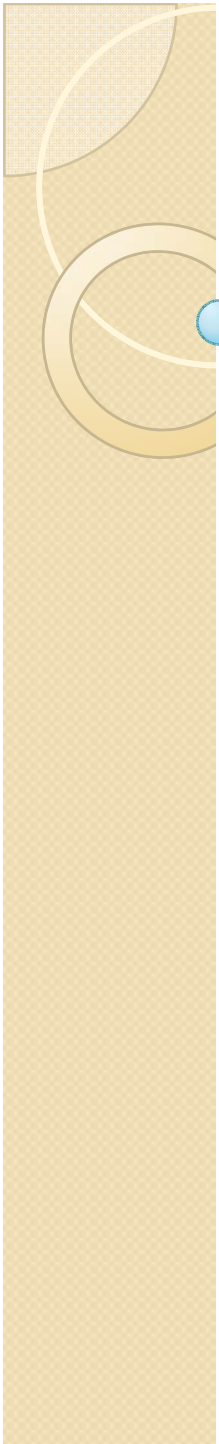


5. Gestión de recursos rápidos

- Un usuario podría solicitar a la red le autorice el envío de una ráfaga de datos de gran tamaño.
- La red determina si tiene suficientes recursos a lo largo de la ruta para ese VC o VP.
- Si hay suficientes recursos, la red concede el permiso al usuario.
- Posteriormente a la ráfaga, la red refuerza el control del flujo de tráfico para restablecer un tráfico normal.

Control de Congestión

- Busca minimizar la intensidad, extensión y duración de la congestión.
- Tiene dos mecanismos:
 - Rechazo selectivo de celdas:
 - Similar al control de prioridad.
 - La red puede descartar cualquier celda de las conexiones que incumplen su contrato de tráfico sin importar su prioridad
 - Indicación de congestión explícita:
 - Similar a Frame Relay
 - La red envía un mensaje al usuario emisor donde le indica que hay congestión en sentido contrario al de la celda. El usuario debe disminuir el tráfico.
 - Para ello coloca el campo PT en 010. Ningún otro nodo puede borrar esta información y así llega al destino.



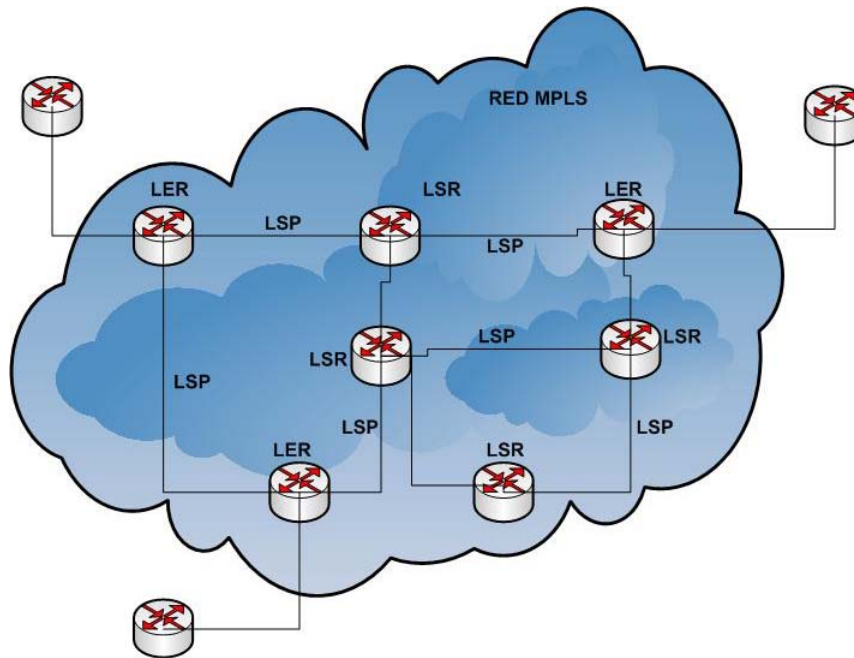
MPLS



Introducción

- MPLS: Multi-Protocol Label Switching
- Ha surgido como una importante tecnología para transportar paquetes IP (redes WAN)
- Antecedentes: IP Switch, Tag Switching, ARIS (Aggregate Route-Based IP Switching)
- Principio básico: Uso de etiquetas en la cabecera de los paquetes para la conmutación.
- Ventajas: Rapidez en la conmutación; permite hacer ingeniería de tráfico, enrutamiento con QoS, VPNs

Arquitectura de una red MPLS

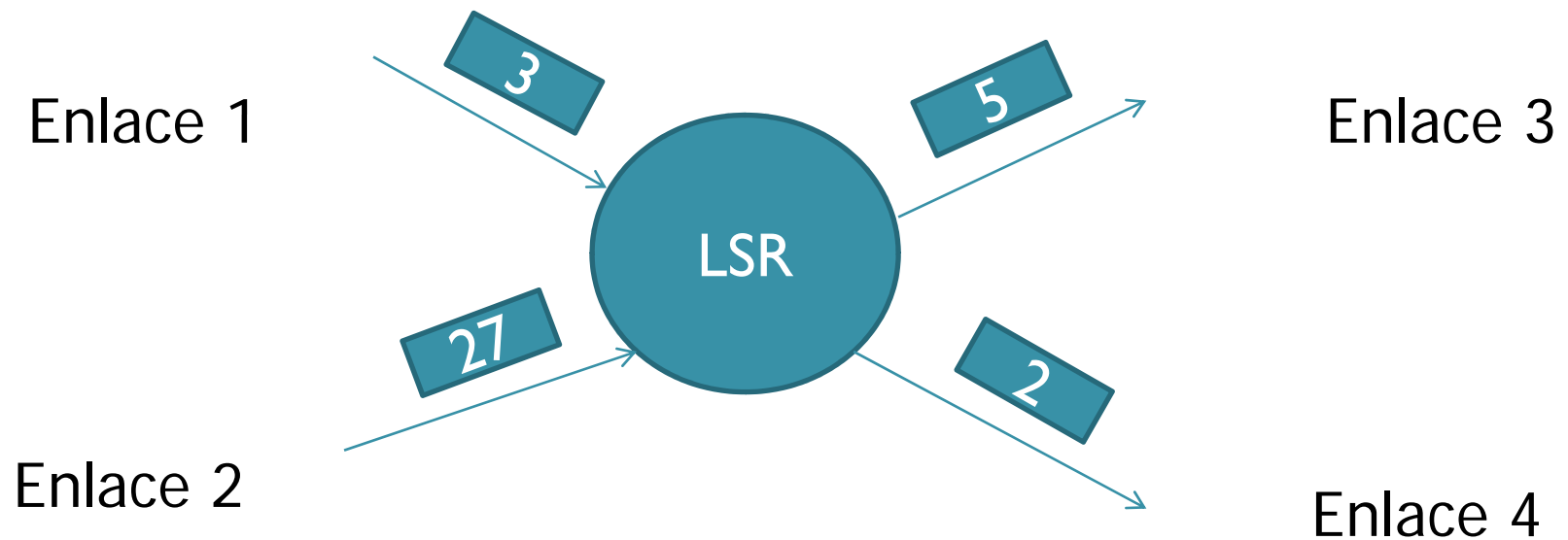


- **LSR:** Label Switched Router. Son cada uno de los Nodos de una red MPLS. Usan las etiquetas para hacer la conmutación
- **LER:** Label Edge Router. Nodos que se encuentran en las fronteras de la red. Sirven para controlar el ingreso y egreso del tráfico de los clientes.
- **LSP:** Label Switched Path. Camino que siguen los paquetes. Se define en términos de la transición entre etiquetas.

Principio de conmutación de etiquetas

Tabla de Retransmisión de Etiquetas

| Enlace entrante | Etiqueta entrante | Enlace saliente | Etiqueta saliente |
|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 3 | 3 | 5 |
| 2 | 27 | 4 | 2 |
| | | | |



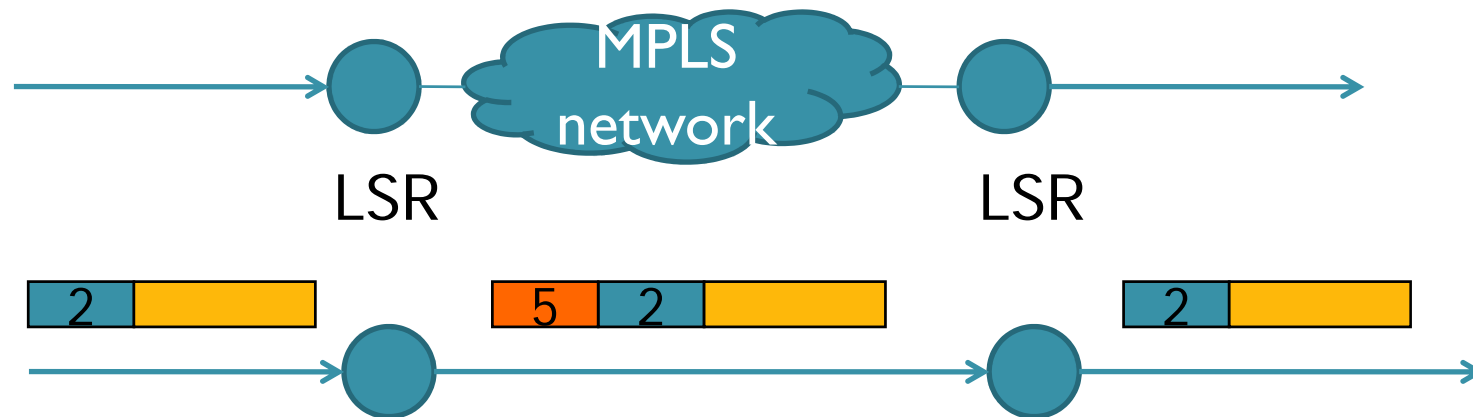


Características de las etiquetas

- Son de 20 bits de longitud
- La etiqueta debe ser única para cada enlace
- La misma etiqueta puede ser usada sobre diferentes enlaces
- Cada etiqueta se asocia con un FEC.
- FEC: Forwarding Equivalence Class. Es un grupo de paquetes IP que son retransmitidos sobre el mismo LSP con el mismo tratamiento.
- Hay una correspondencia 1-1 entre las etiquetas y los FECs.

Apilamiento de etiquetas jerárquico

- Se utiliza para soportar túneles anidados.
- Un LSP puede contener otro LSP anidado entre dos LSRs.





Protocolo de distribución de etiquetas (LDP)

- Antes de utilizar un LSP, este debe ser establecido en las tablas de enrutamiento.
- A este proceso se le llama “Distribución de etiquetas” ó “Establecimiento de LSP”.
- Un protocolo de distribución de etiquetas permite a dos LSRs intercambiar información del mapeo de etiquetas.
- A los LDPs también se les conoce como protocolos de señalización.



Protocolos de distribución de etiquetas

- Existen tres variantes:
 - LDP: Permite una distribución de etiquetas salto-a-salto. Se basa en la información de enrutamiento de IP.
 - CR-LDP: Constraint Based Route – LDP.
 - RSVP-TE: Resource Reservation Protocol- Traffic Engineering.
- CR-LDP y RSVP-TE soportan Ingeniería de Tráfico pues permiten especificar un camino determinado con base en restricciones de QoS.