



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
mucha investigación.
Permite hacer Ing. De
Tráfico



Frame Relay



Introducción

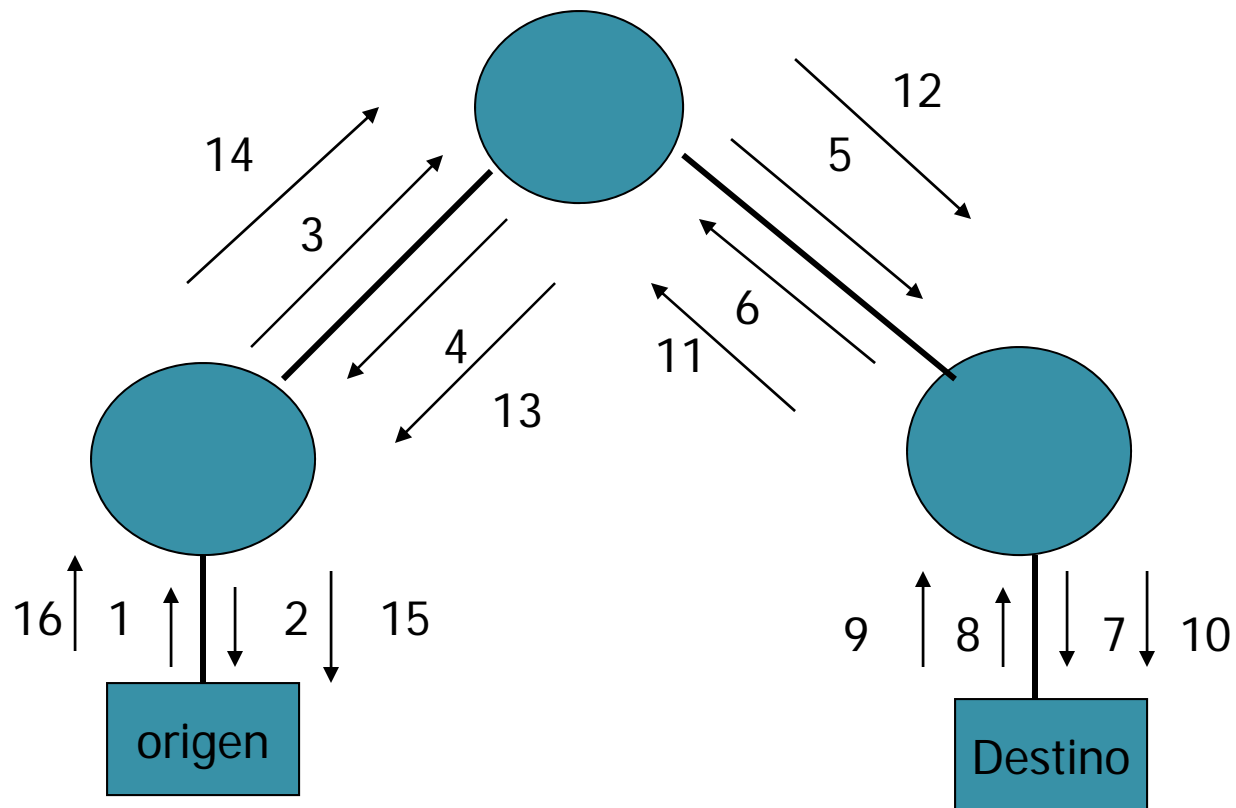
- Nació como una técnica usada en RDSI
- Se ha usado ampliamente en otros tipos de redes WAN
- Fue el siguiente paso después de X.25



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

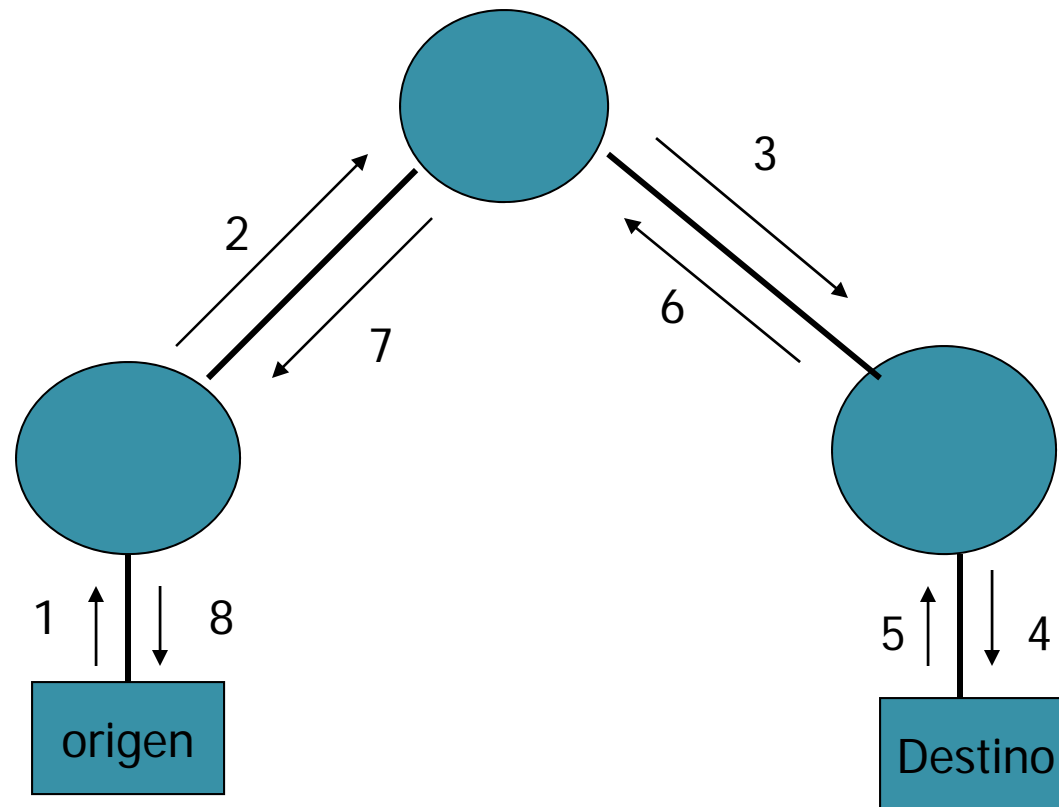
- Aproximación Costosa:
 - El control del enlace de datos provoca una confirmación en cada salto
 - Se mantienen tablas de estado por cada circuito virtual (mantenimiento de llamada y control de flujo y errores)
 - Se suponen enlaces con BER significativa



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

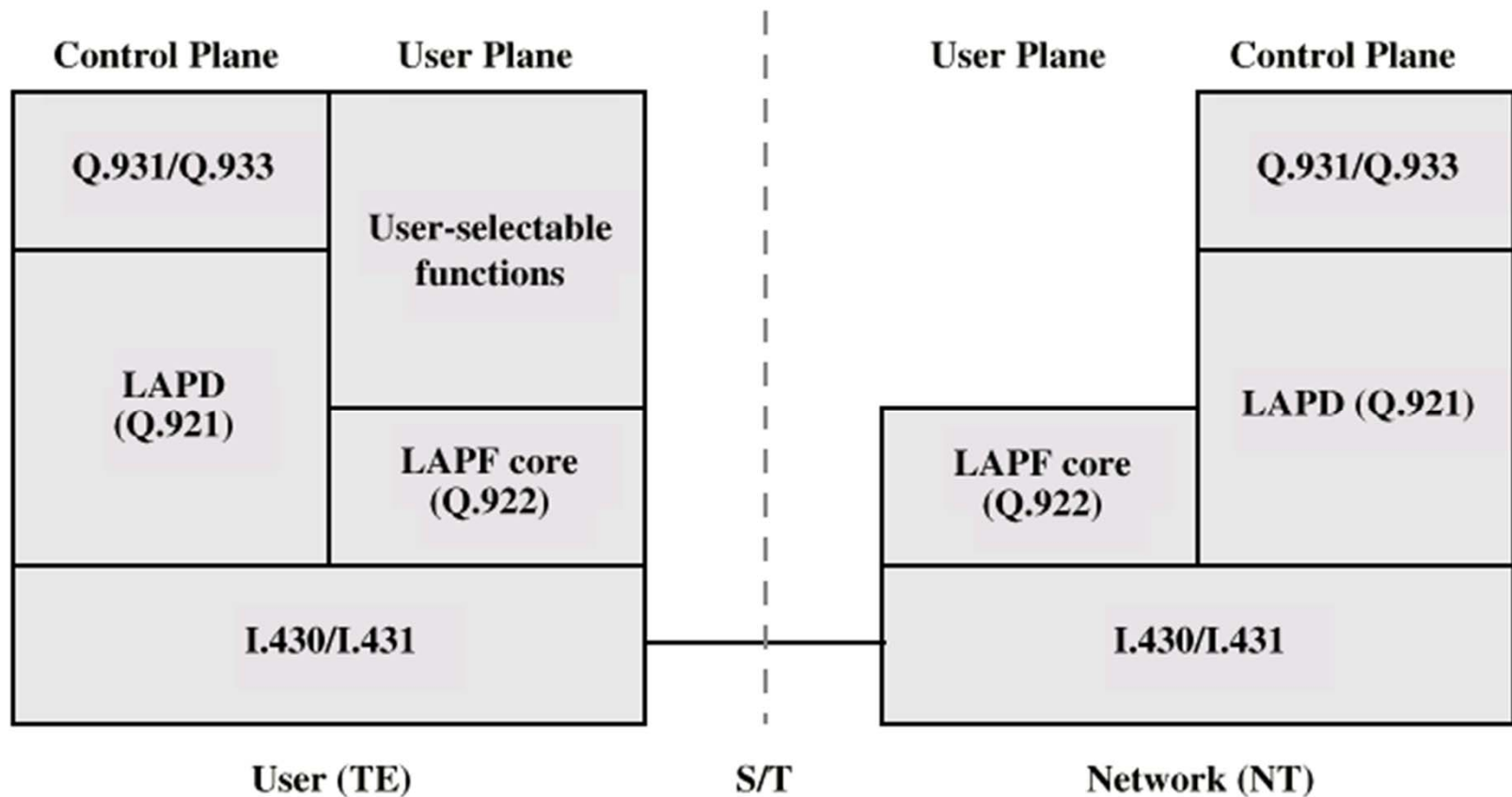




Características de Frame Relay

- 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

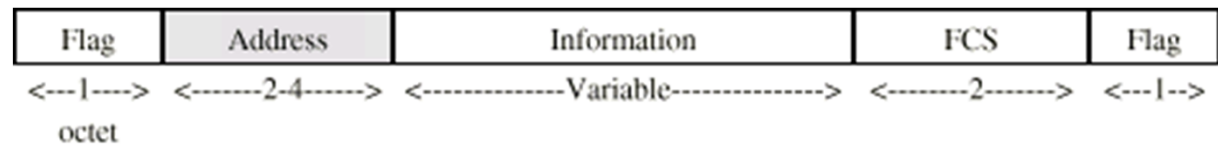
- Se hace por un canal separado (D)
- Capa de enlace: LAPD (control de flujo y errores entre usuario y red)
- Mensajes de control con estándar Q.933



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

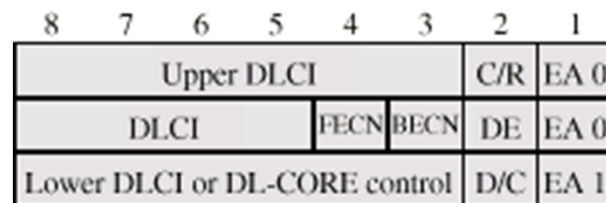
Formato de tramas LAPF



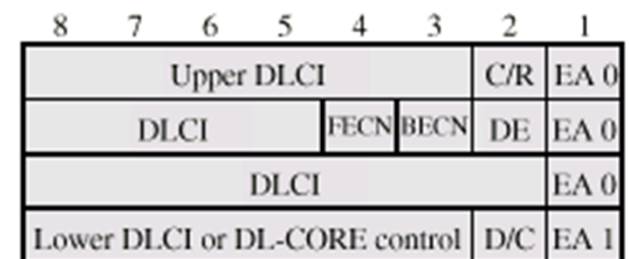
(a) Frame format



(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

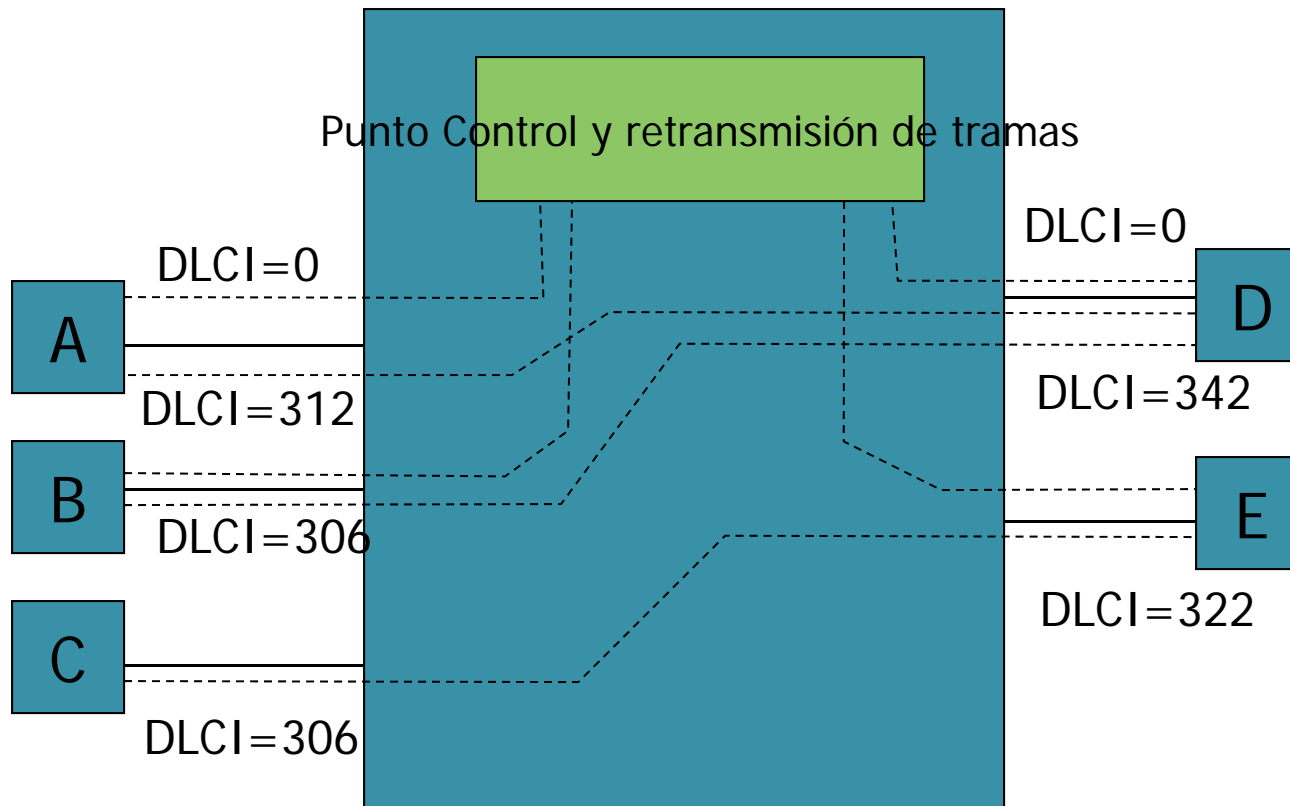
- No existe campo de control:
 - Sólo hay tramas de datos
 - No hay señalización
 - No es posible el control de flujo ni errores ya que no hay números de secuencia
 - La información de control de flujo y errores va como parte de la carga de datos (va hacia una capa superior)



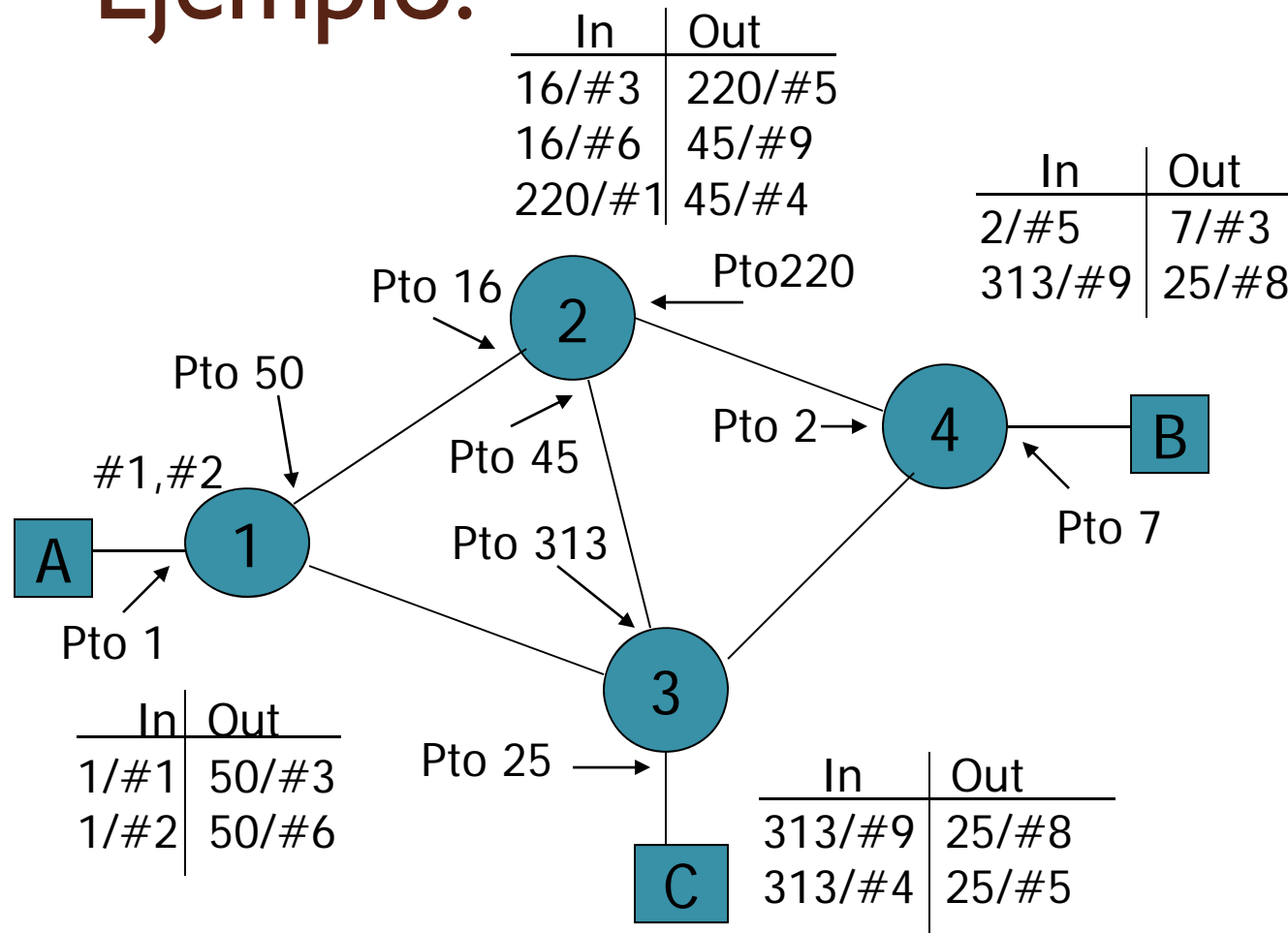
Encaminamiento en Frame Relay

- Las tablas de encaminamiento tienen 2 identificadores para cada paquete:
 - DLCI (Data Link Connection Identifier): 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



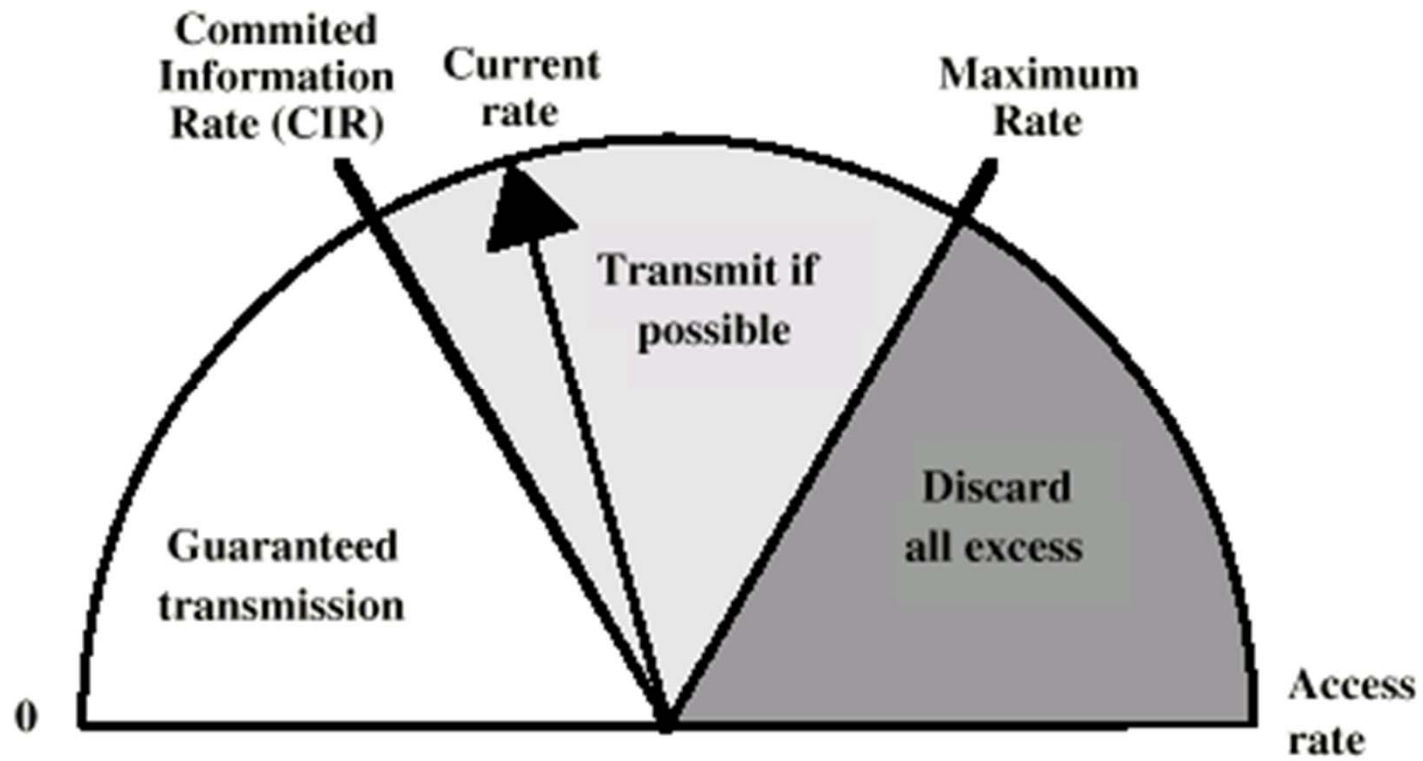
Gestión del tráfico

- 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





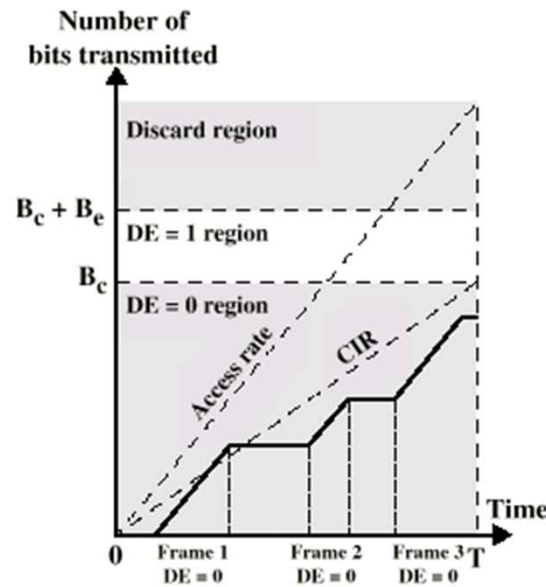
Tipos de conexiones

- **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

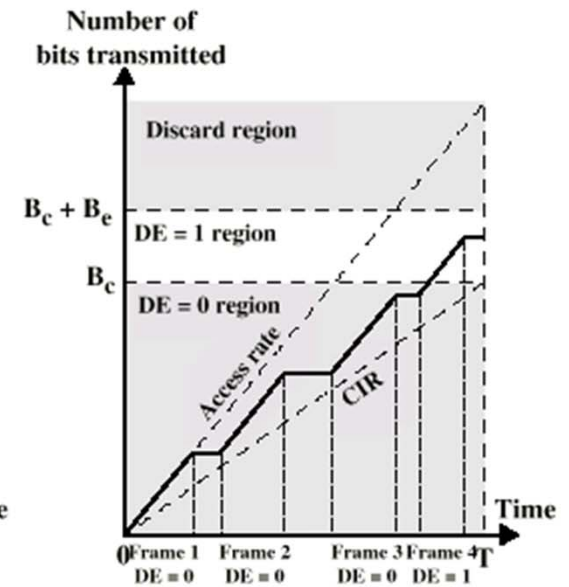
Medición de la CIR

- 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.
 - $T = Bc / CIR$

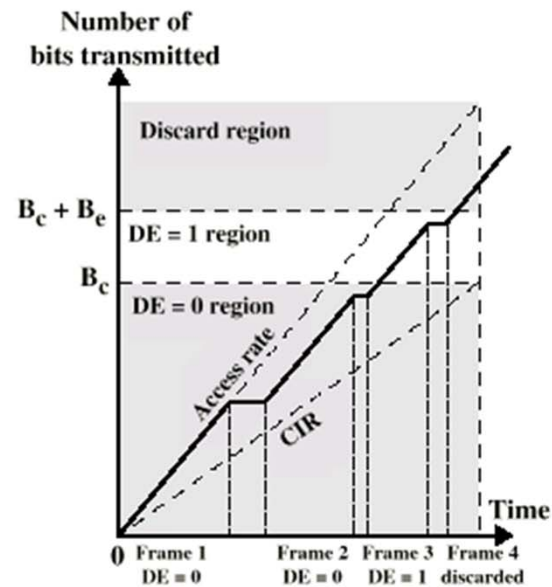
Relación entre los parámetros de congestión



(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 bits 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

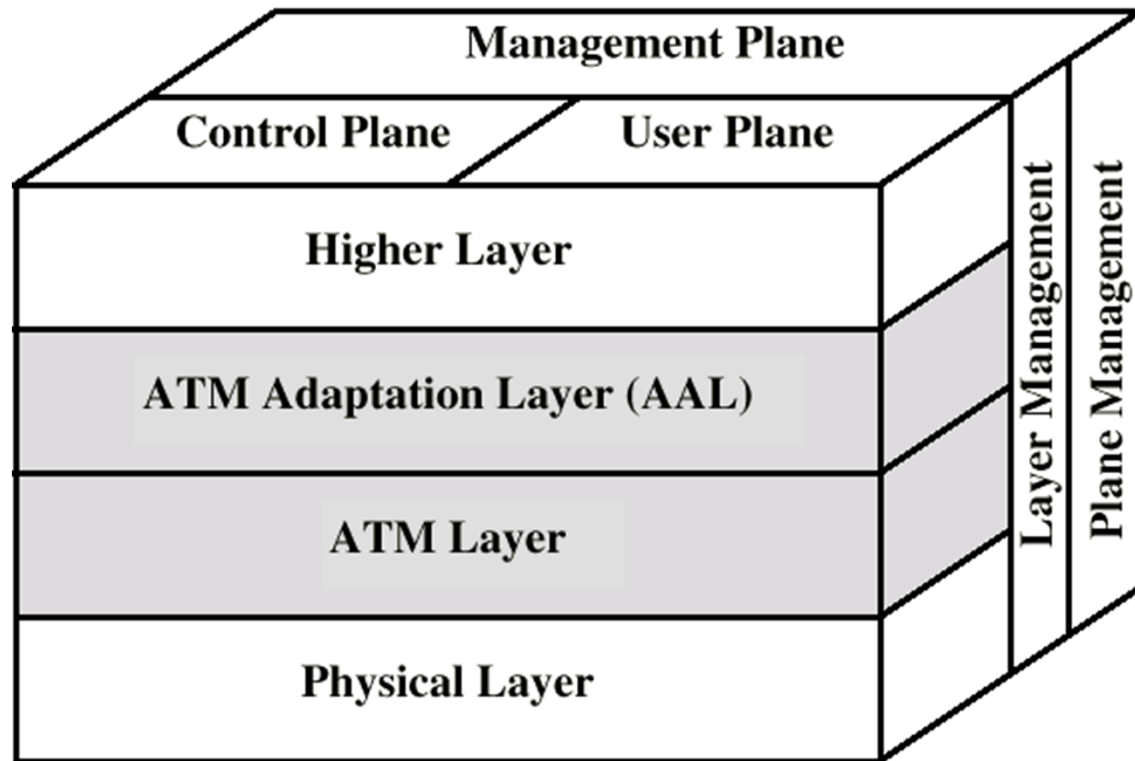
- Desarrollada como parte del trabajo de RDSI de banda ancha
- Obtiene altas velocidades de transmisión (varios órdenes de magnitud frente a Frame Relay)



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

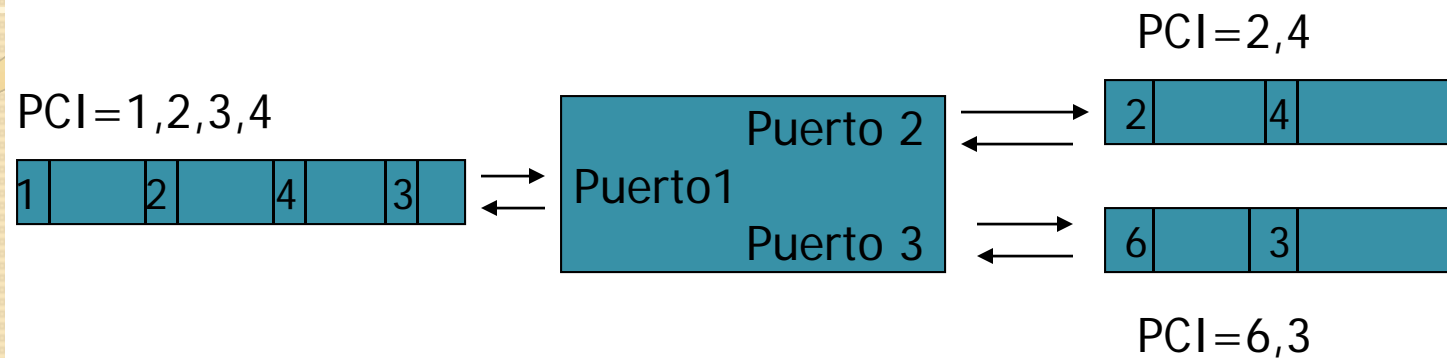
- **Camino virtual (VC):** Conexión lógica, camino a través de la red
- Todas las celdas relacionadas con una misma llamada siguen el mismo VC previamente establecido a través de la red (similar a circuito virtual)
- **PCI** (Protocol Connection Identifier): identifica cada conexión lógica a través de 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	Entra	Entra	Sale	Sale	Entra	Entra	Sale	Sale
Puerto	PCI	Puerto	PCI	Puerto	PCI	Puerto	PCI	Puerto	PCI	Puerto	PCI
1	1	2	2								
1	2	2	4	2	2	1	1	3	3	1	3
1	3	3	3								
1	4	3	6	2	4	1	2	3	6	1	4

Puerto 1

Puerto 2

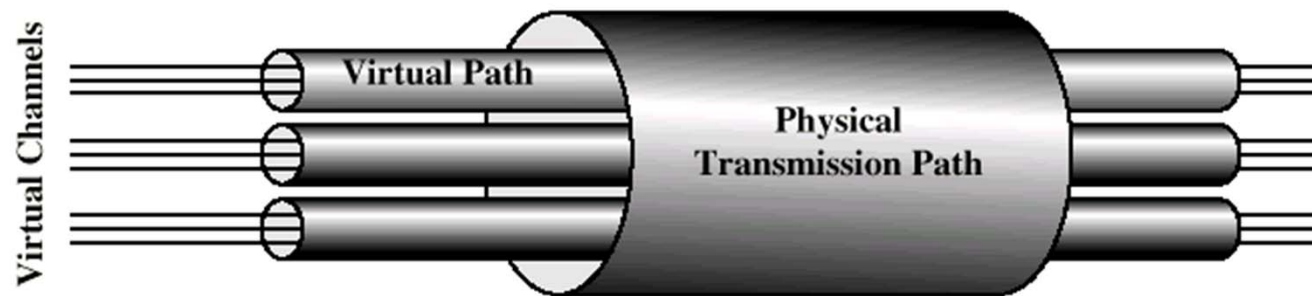
Puerto 3



Nodos de conmutación ATM

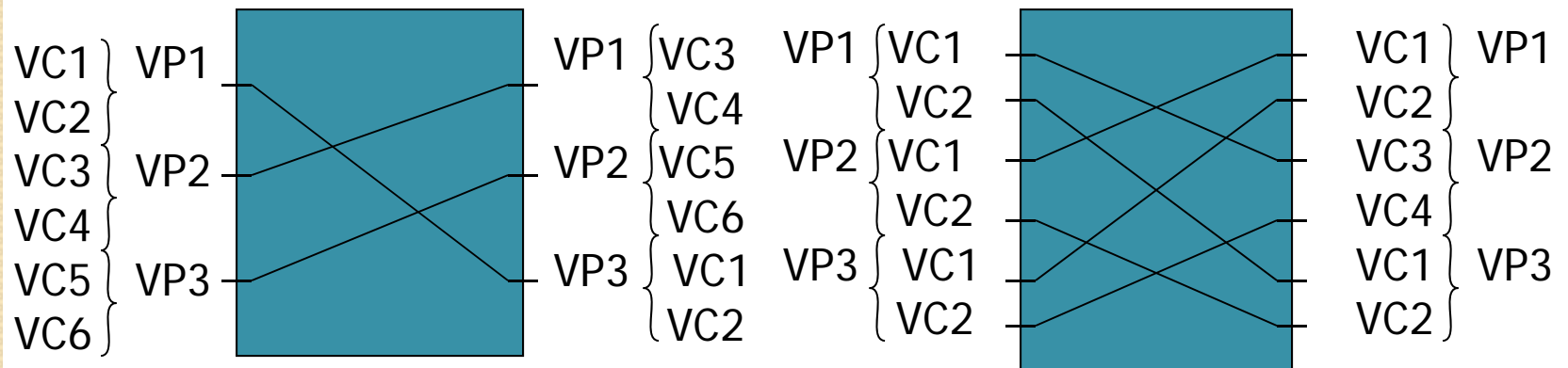
- Se pueden usar:
 - arquitecturas de conmutadores paralelos
 - enlaces de transmisión de alta velocidad (Gbps)
- El PCI se compone de dos campos:
 - Identificador de camino virtual (VPI:Virtual Path Identifier)
 - Identificador de canal virtual (VCI:Virtual Channel Identifier)

Relación entre conexiones ATM

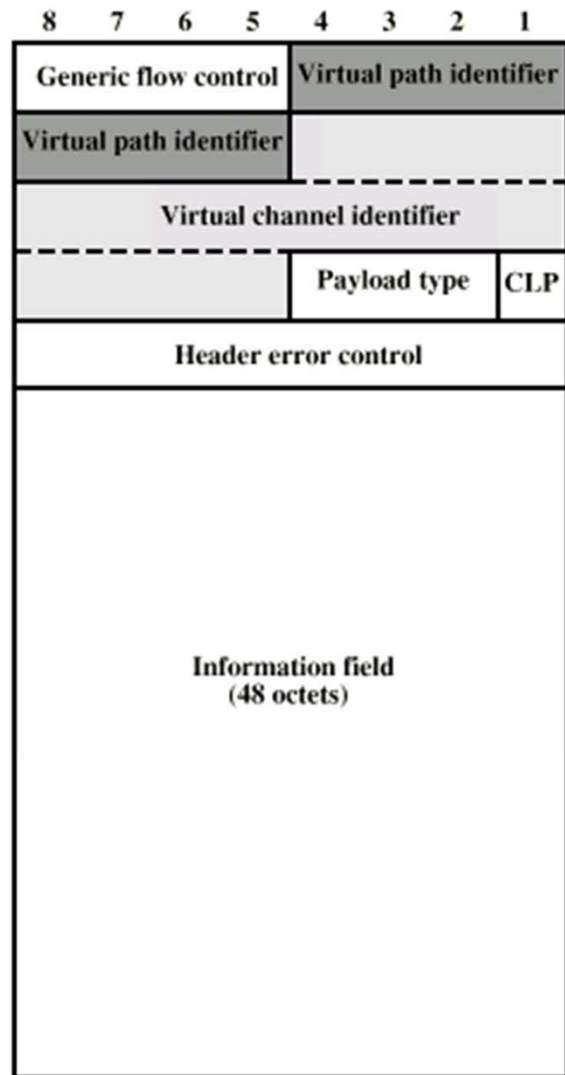


Nodos de Conmutación ATM

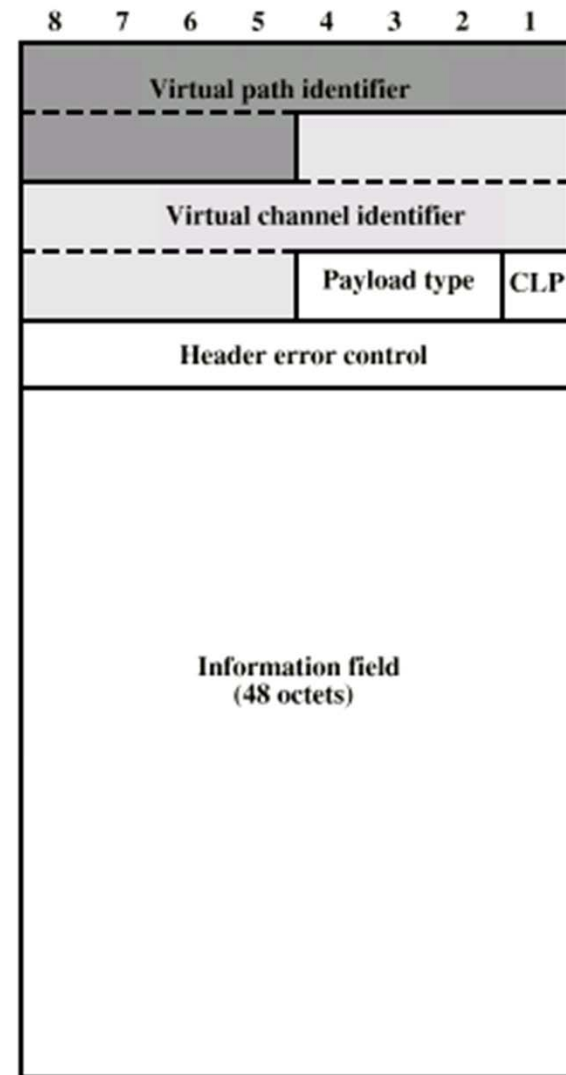
- El enrutamiento puede darse con VPI's, VCI's o una combinación de ambos
- Cx por VPs, los VCs no sufren modificación
- Cx por VCs, los VCs son independientes de los VPs



Formato de las celdas ATM



(a) User-Network Interface



(b) Network-Network Interface

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

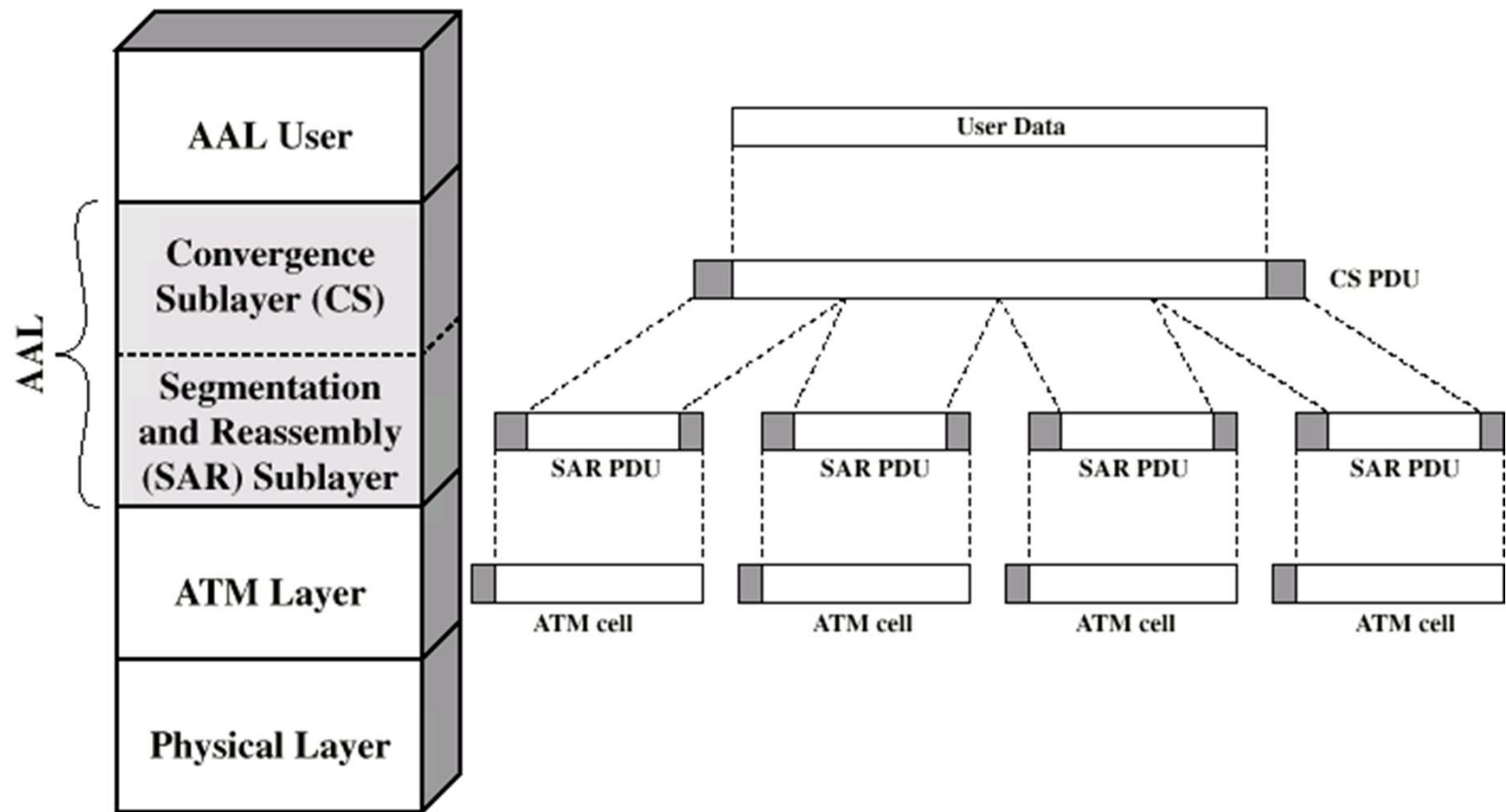
- Al principio se concibieron AAL3 y AAL4 pero el primero no fue muy usado, por lo que se fusionaron
- Ejemplos:
 - AAL1: Llamada de voz (1 Byte / 125 μ seg)
 - AAL2: Video comprimido (Codec produce tasa variable)
 - AAL3/4 y AAL5: Similares
 - Transferencia de tramas entre LANs por un puente o enrutador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



Estructura Capa AAL

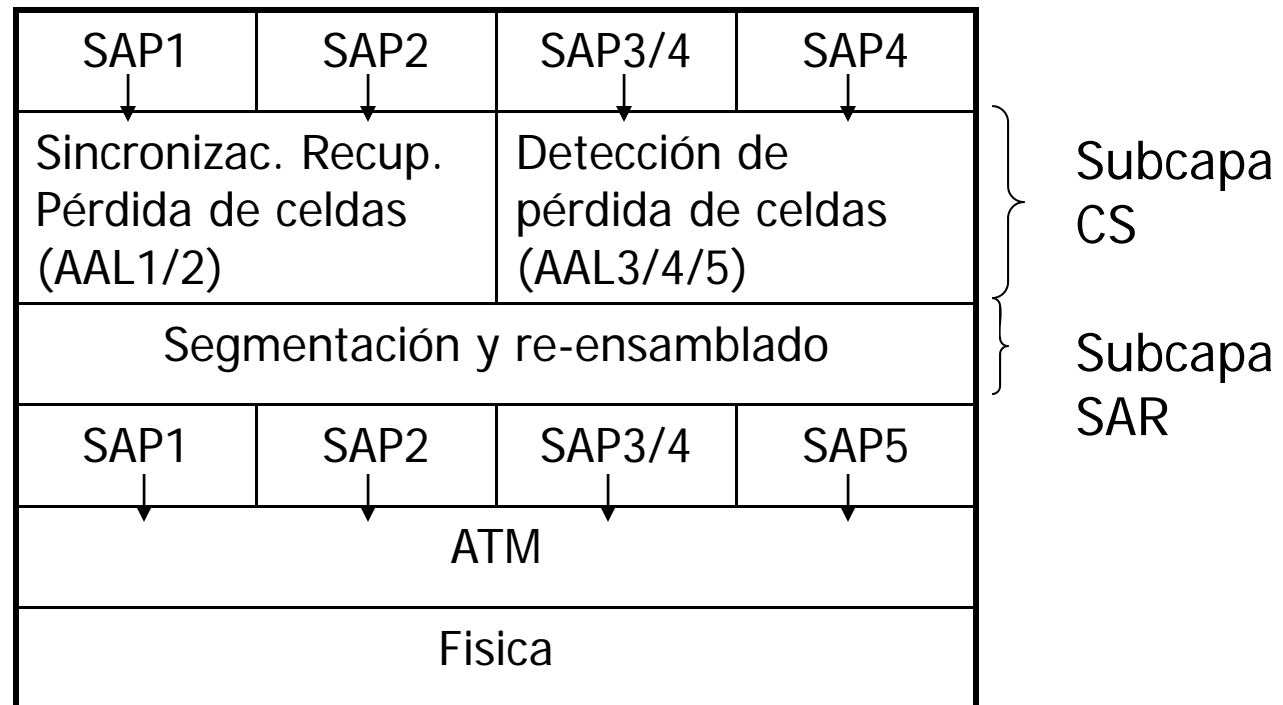
- Está conformada por dos subcapas:
 - *Subcapa de convergencia (CS)*: adapta la información entre la capa superior y ATM
 - *Subcapa de segmentación y re-ensamblado (SAR)*: Segmenta la información original en paquetes de 48 octetos de carga útil; re-ensambla la información recibida de la capa ATM

Capa AAL: Estructura

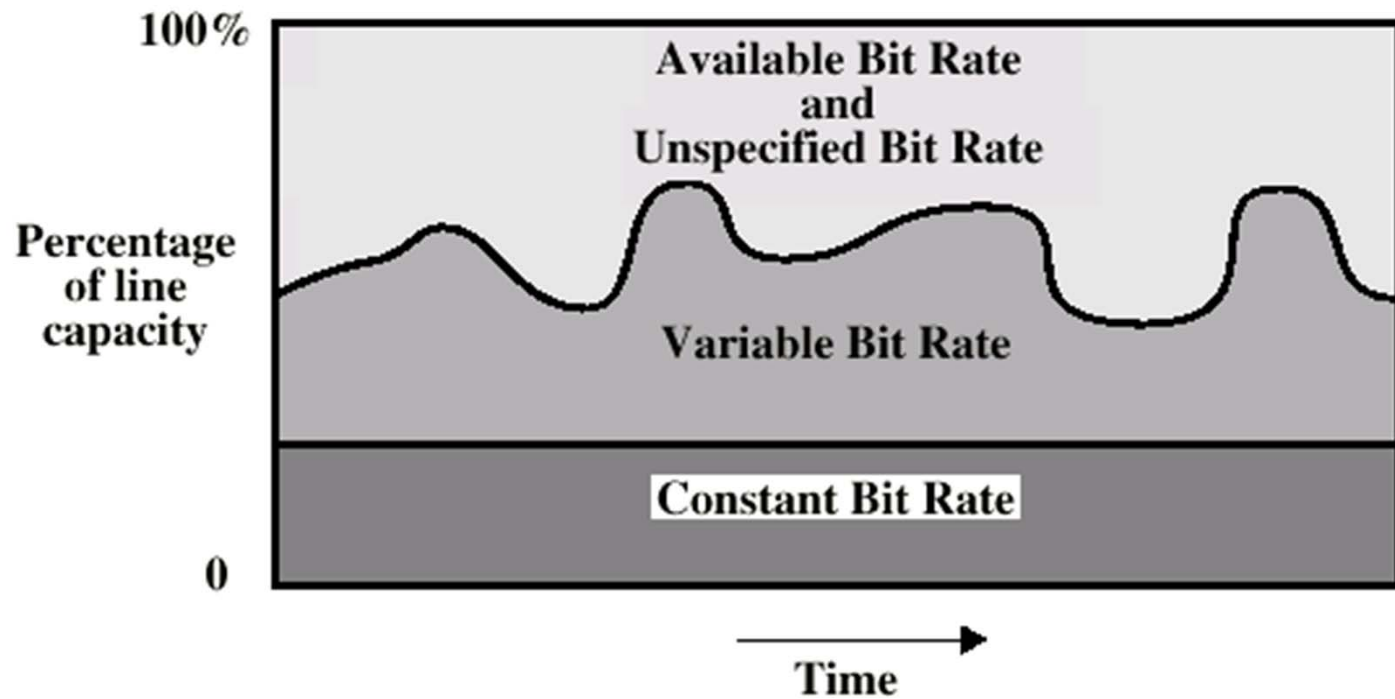


Estructura de la capa AAL

- 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

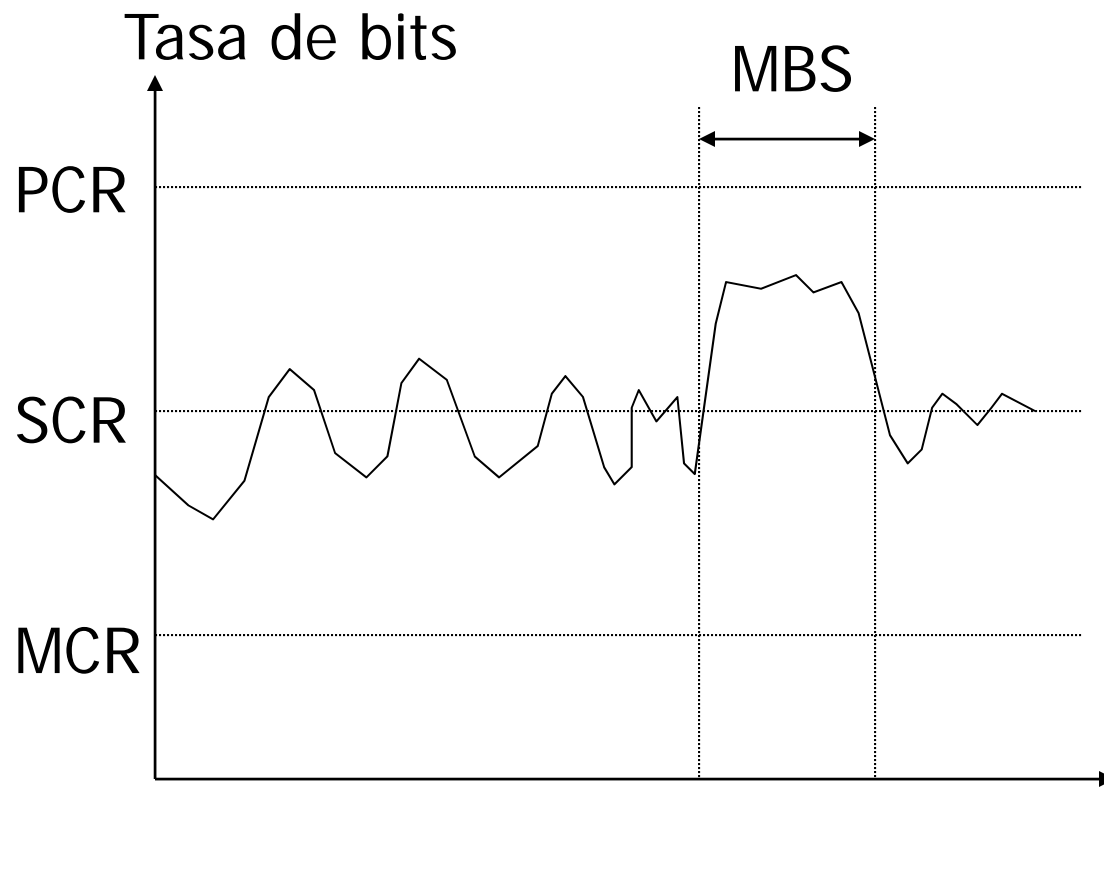
Parámetros de QoS en ATM

- **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 BWV 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



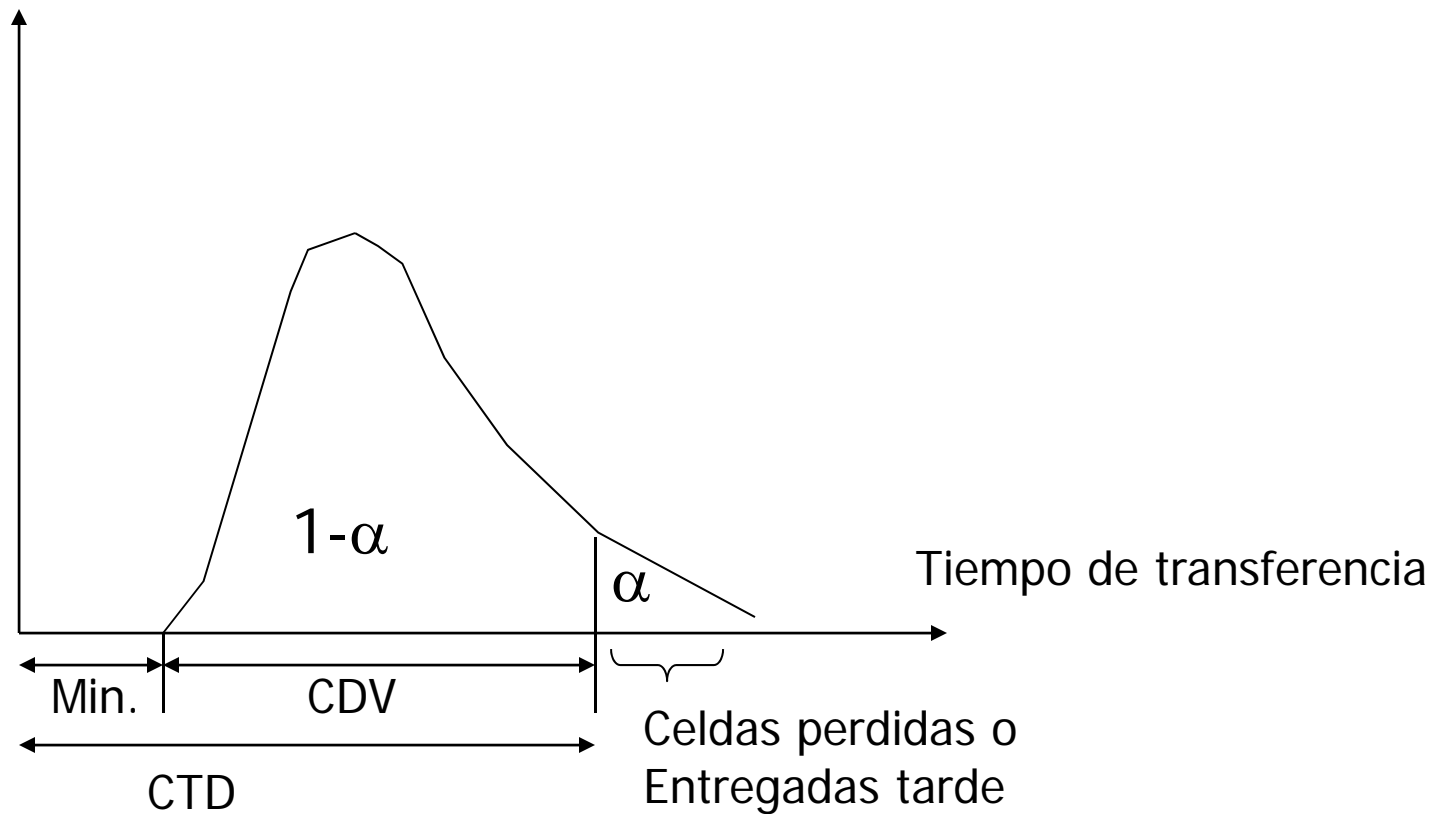
MBS: Maximum
Burst Size;
Cuánto tiempo se
Puede trabajar
Por encima del
SCR

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

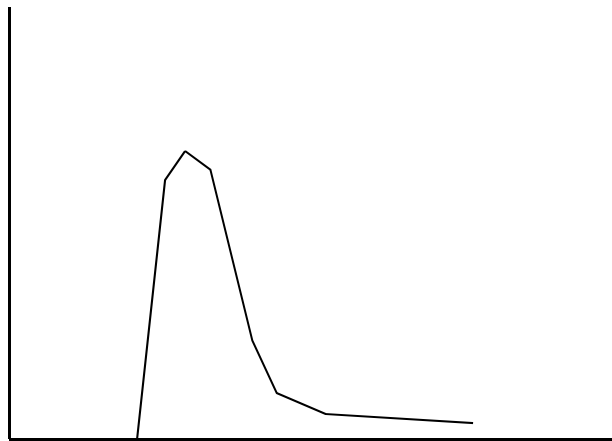
Relación CTD y CDV

Densidad de Probabilidad



Curvas de retardo para diferentes servicios

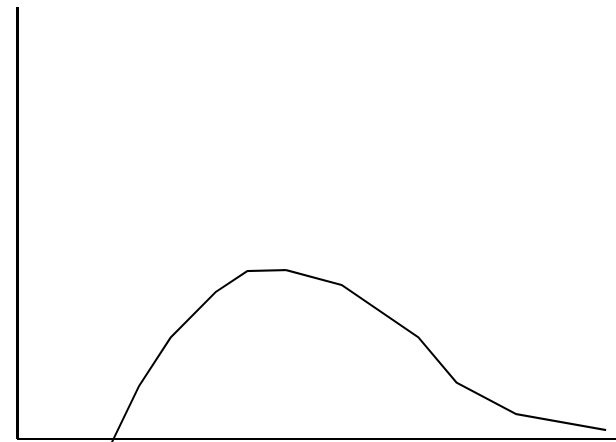
Densidad de Probabilidad



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



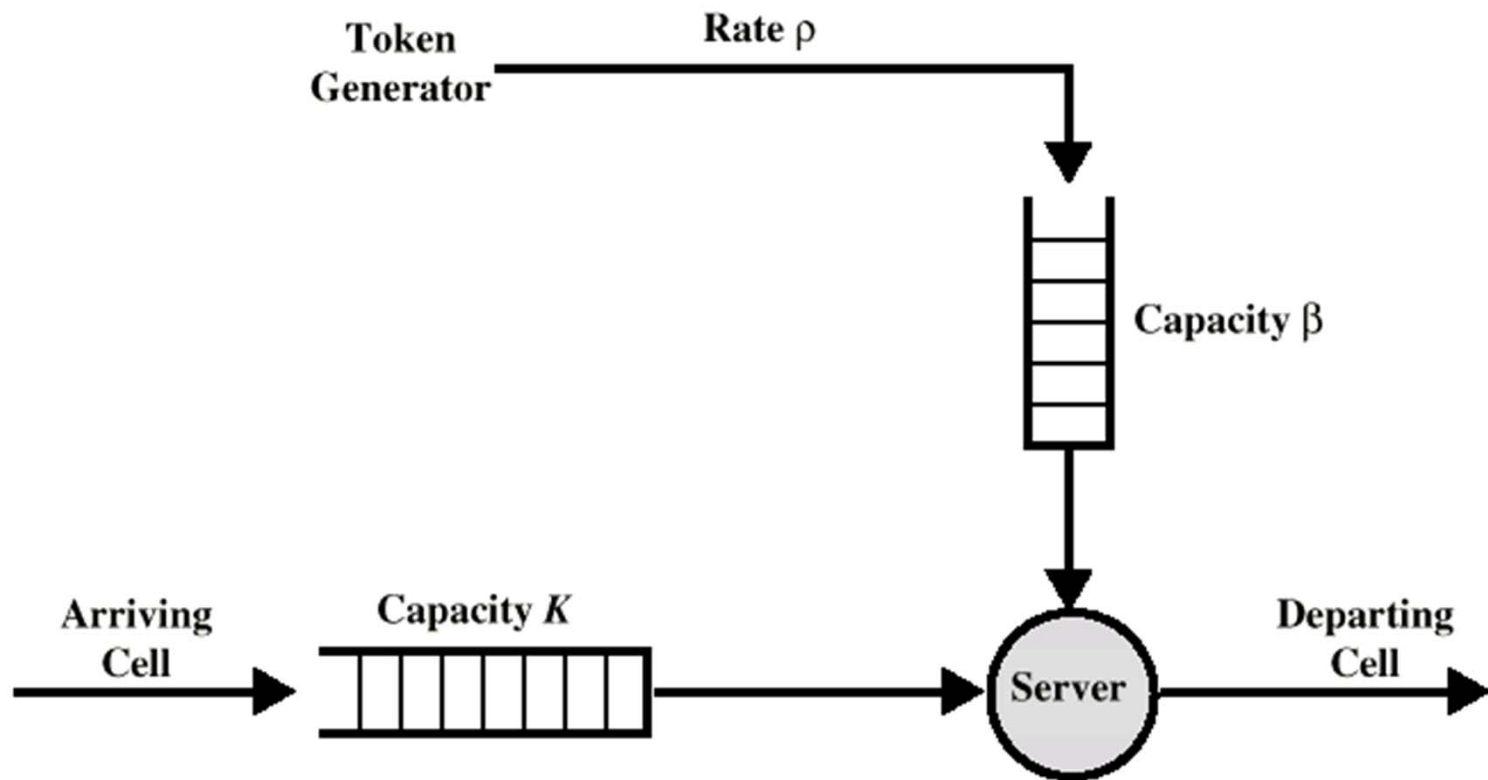
3. Control de parámetros de uso (UPC)

- 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.

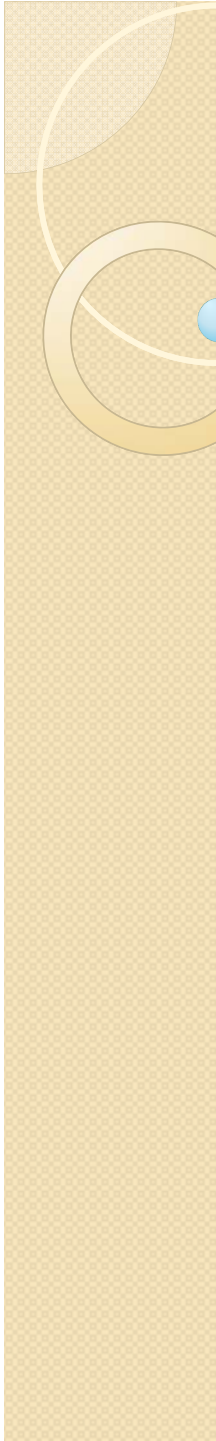


5. Gestión de recursos rápidos

- 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

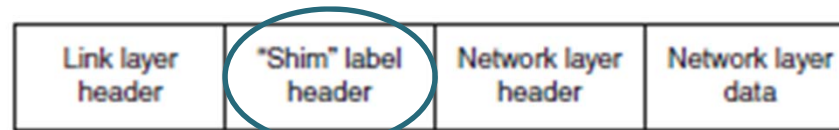


Introducción

- 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.

Transporte de paquetes con etiquetas

Formato del paquete:

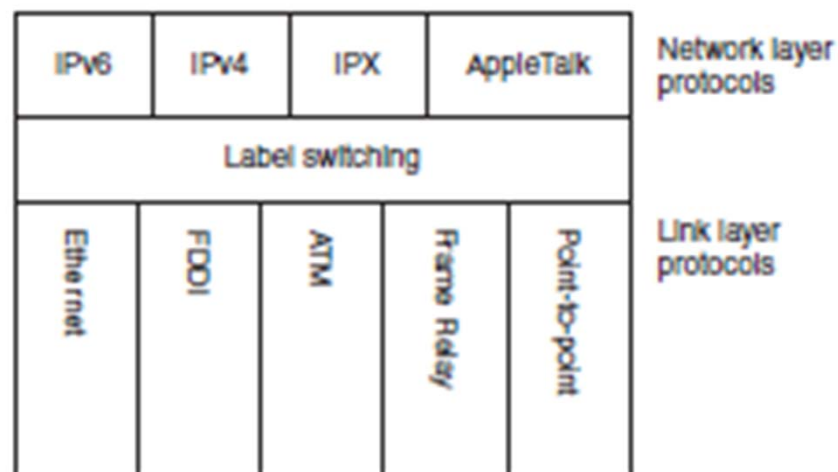


Cabecera MPLS:

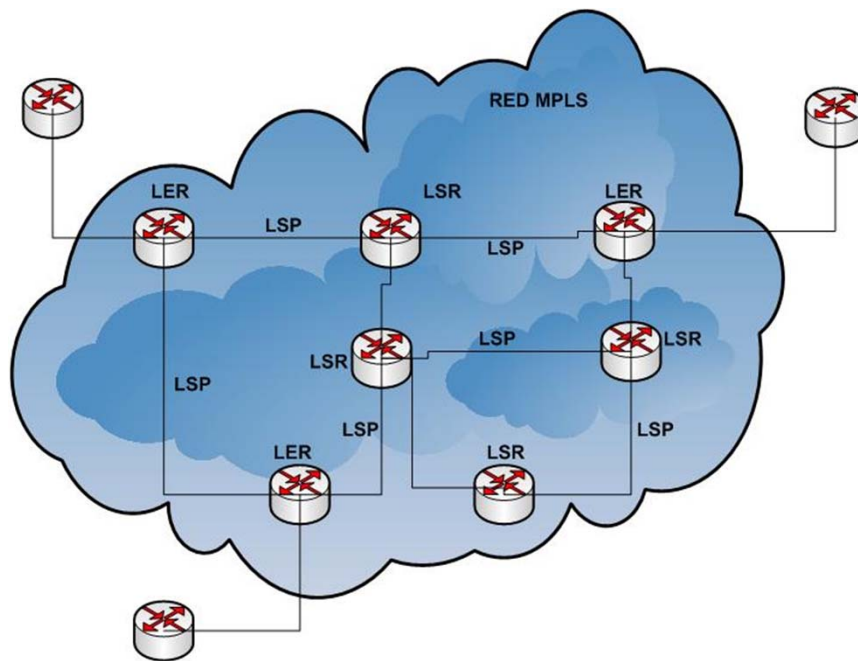


Ventajas

- Rapidez en la conmutación; permite hacer ingeniería de tráfico, enrutamiento con QoS, VPNs
- Es una tecnología que transporta paquetes de capa de red (IPX, IPv4, IPv6, etc)
- También puede usar varias tecnologías de redes de acceso (ATM, FR, FDDI, etc)



Arquitectura de una red MPLS

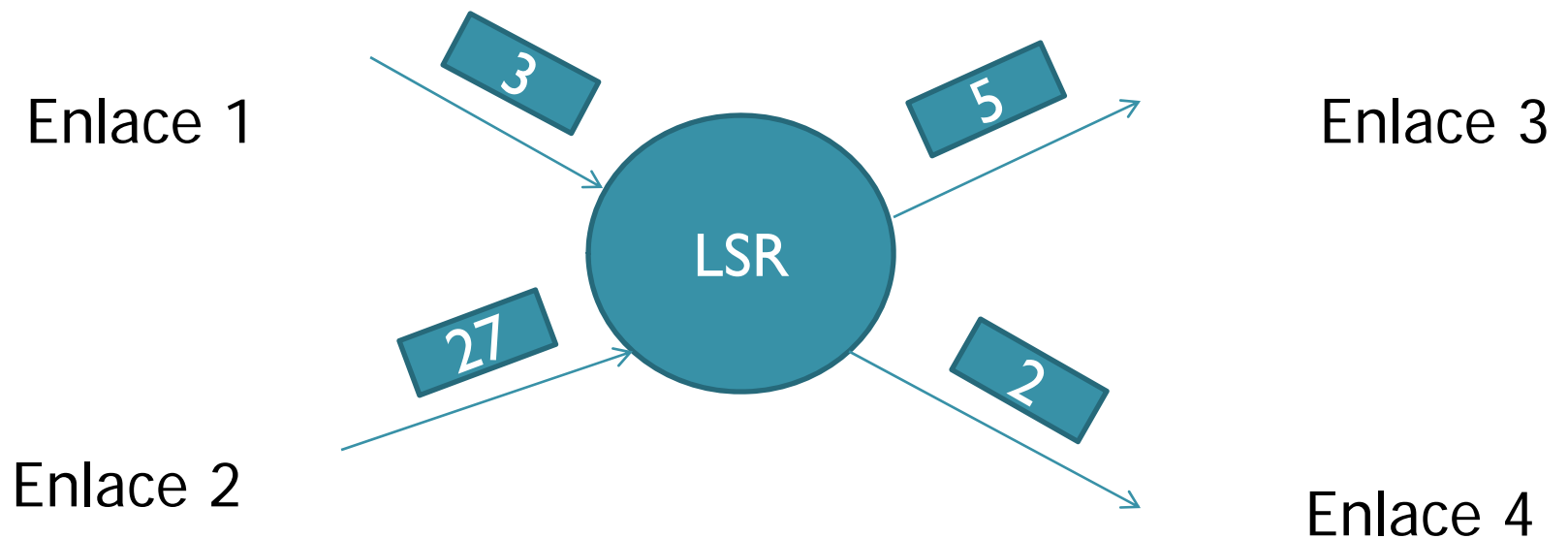


- **LSR:** Label Switched Router. Son cada uno de los Nodos de una red MPLS. Usan las etiquetas para hacer la conmutación
- **LER:** Label Edge Router. Nodos que se encuentran en las fronteras de la red. Sirven para controlar el ingreso y egreso del tráfico de los clientes.
- **LSP:** Label Switched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



Conmutación de etiquetas

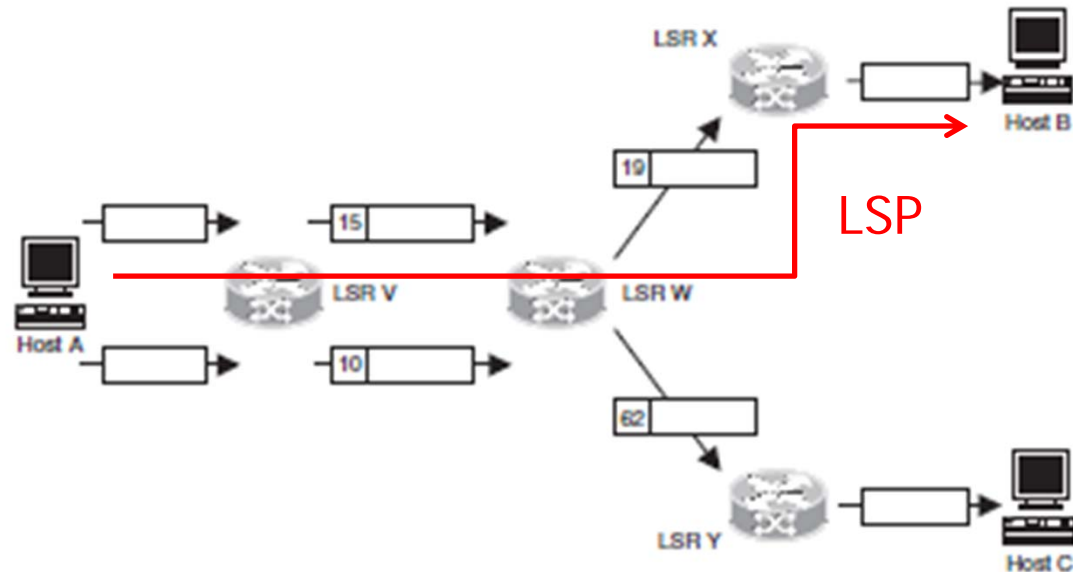


Table 2.1 The LFIB at LSR W.			
Incoming Interface	Incoming Label	Outgoing Interface	Outgoing Label
From LSR V	15	To LSR X	19
From LSR V	10	To LSR Y	62

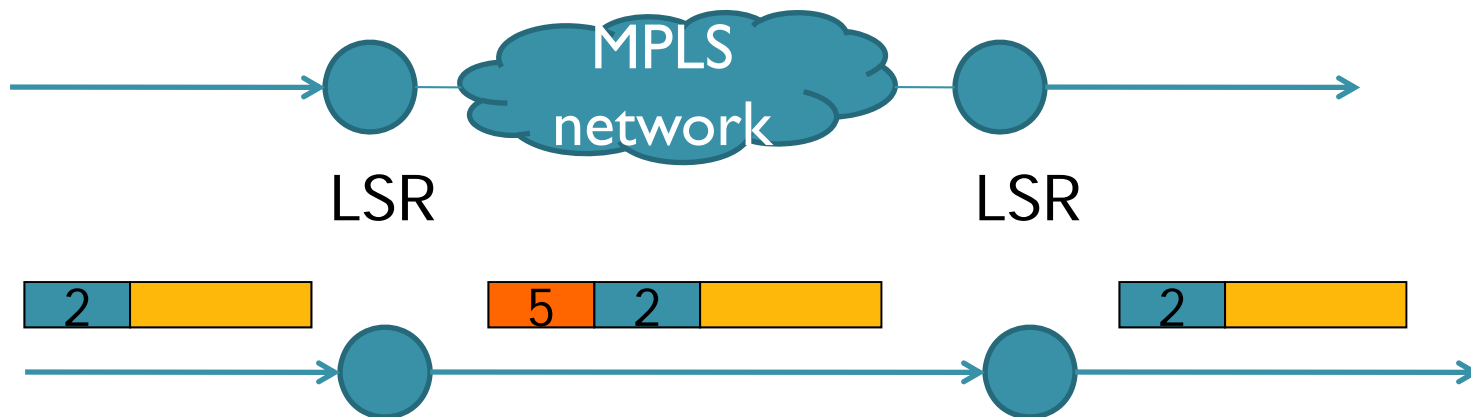


Características de las etiquetas

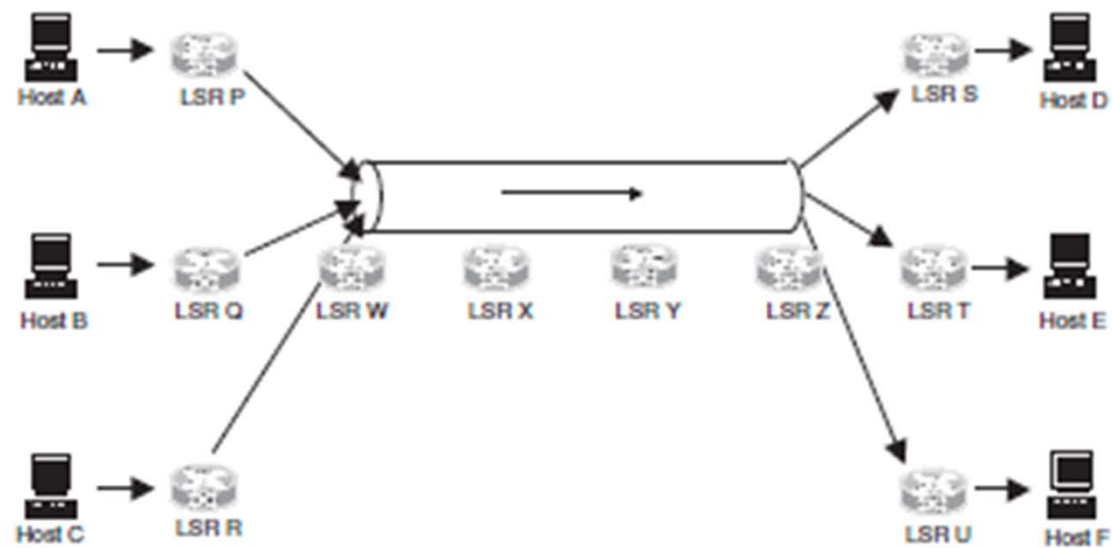
- Son de 20 bits de longitud
- La etiqueta debe ser única para cada enlace
- La misma etiqueta puede ser usada sobre diferentes enlaces
- Cada etiqueta se asocia con un FEC.
- FEC: Forwarding Equivalence Class. Es un grupo de paquetes IP que son retransmitidos sobre el mismo LSP con el mismo tratamiento.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

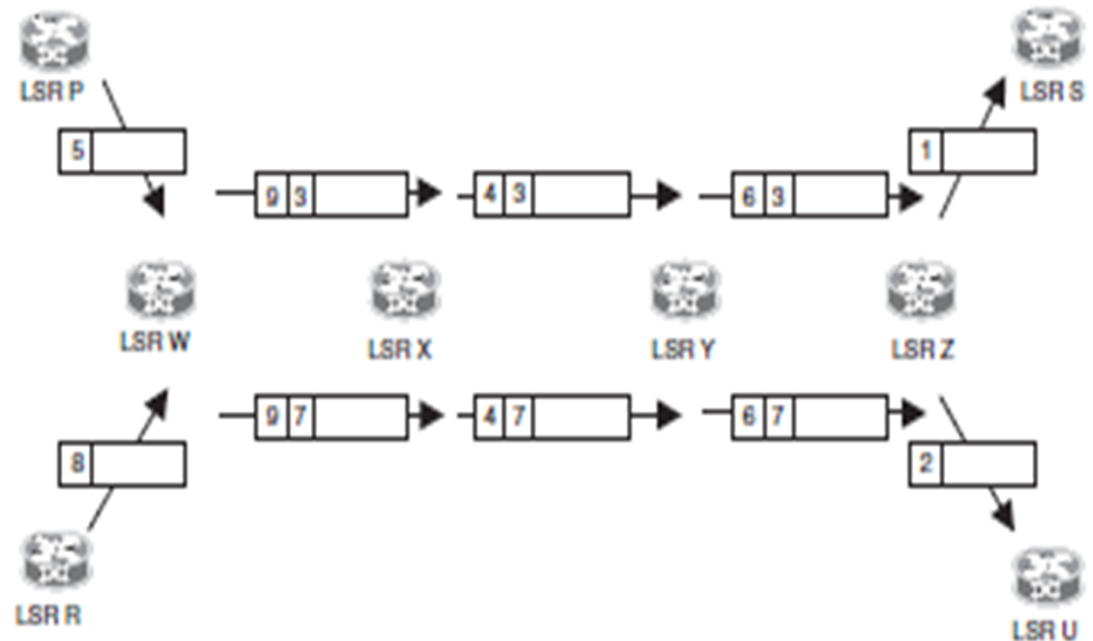


Túneles MPLS



Un túnel puede transportar varios LSPs

Operaciones con etiquetas en los LSRs



Incoming Interface	Incoming Label	Action	Outgoing Interface	Outgoing Labels
LSR W				
From LSR P	5	Swap and Push	To LSR X	9, 3
From LSR R	8	Swap and Push	To LSR X	9, 7
LSR X				
From LSR W	9	Swap	To LSR Y	4
LSR Z				
From LSR Y	6	Pop	N/A	N/A
From Tunnel	3	Swap	To LSR S	1
From Tunnel	7	Swap	To LSR U	2



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.



LDP

- LDP: Label Distribution Protocol
- Se utiliza para distribuir etiquetas que coinciden con un FEC.
- Las etiquetas son asignadas:
 - Por una solicitud específica
 - De forma no solicitada debido a que nuevas rutas están disponibles



Actividades de LDP

- Descubrimiento de los LSRs adyacentes con capacidad LDP
- Establecimiento de una conversación de control entre los LSRs adyacentes, negociación de capacidades y opciones
- Advertencia de etiquetas



Descubrimiento de pares LDP

- **Peer (Par):** Dos LSRs que utilizan LDP para advertir sobre etiquetas al otro se conocen como Pares LDP (LDP Peers)
- Un LSR se presenta a sus pares mediante un mensaje “Hello” de LDP.
- El protocolo de transporte para estos mensajes es UDP (Puerto 646).
- Cada LSR hace un seguimiento de sus pares poniendo un Temporizador (Hold Timer) a cada uno. Si se vence, supone que ya no tiene conectividad con él.
- Por tanto, se requiere que cada LSR envíe mensajes Hello cada 1/3 del tiempo de temporización.



Establecimiento de sesión LDP

- Una **sesión LDP** es una conversación entre pares LDP que es usada para gestionar e intercambiar información sobre un par de espacios de etiquetas, uno en cada par.
- Cada vez que se recibe un mensaje Hello para un nuevo espacio de etiquetas, el LSR receptor establece una sesión LDP con el par.
- Los mensajes de la sesión se transportan mediante TCP (puerto 646).
- La dirección IP utilizada por la conexión TCP es la identificación del LSR (LSR ID).
- Una conexión TCP transporta sólo una sesión LDP.



Fases de una sesión LDP

- Inicio de sesión (incluye establecimiento de conexión TCP)
- Mantenimiento de sesión
- Advertencia de dirección
- Advertencia y gestión de etiquetas
- Notificación de eventos y errores



Advertencia de dirección

- Los pares intercambian información de direccionamiento usando mensajes de Direcciones (Address Messages)
- Esto permite a un LSR *mapear entre las rutas IP distribuidas por los protocolos de enrutamiento y los LSPs*.
- Habilita al LSR para saber todas las direcciones del siguiente salto que corresponden a un par LDP adyacente particular.



Advertencia de dirección

- Las direcciones también pueden ser eliminadas.
- Esto se hace enviando un mensaje “Address Withdraw”.
- Cuando un par LDP recibe este mensaje, elimina todas las entradas de sus tablas de enrutamiento que utilizan esa dirección para el siguiente salto. Entonces deberá intentar encontrar una etiqueta alternativa en otra interfaz para transportar el tráfico.



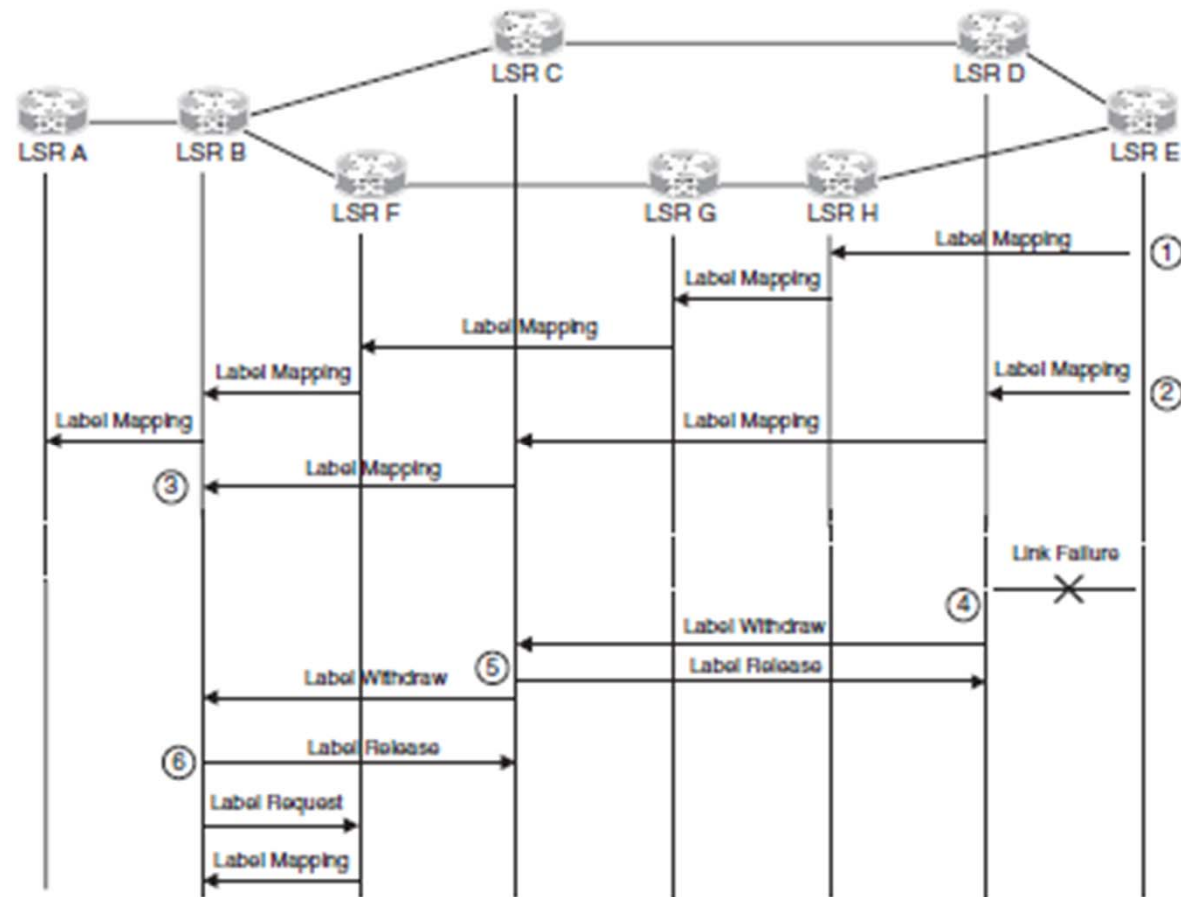
Distribución de etiquetas

- LDP tiene dos modos de distribución de etiquetas:
 - Downstream on Demand
 - Downstream unsolicited
- En ambos casos el nodo “downstream”, ó nodo receptor del flujo de paquetes, es el responsable de la distribución de etiquetas.
- **Downstream On Demand:** sólo lo hace como respuesta a una solicitud del nodo transmisor (upstream).
- **Downstream unsolicited:** el nodo receptor distribuye etiquetas cuando sea que pueda hacerlo.

Distribución de etiquetas

- Ambos modos de distribución de etiquetas pueden operar simultáneamente en una red única con islas de LSRs o enlaces individuales.
- Ambos modos de distribución usan el mismo mecanismo de distribución de etiquetas:
 - El LSR receptor envía un mensaje de mapeo de etiquetas (Label Mapping Message) hacia el nodo transmisor para saber si quiere enviar un paquete a cualquier dirección representada por un FEC particular.
 - El nodo transmisor envía un paquete etiquetado en una interfaz particular hacia el LSR receptor (lleva el FEC y la etiqueta).

Distribución de etiquetas: Downstream unsolicited





Retención de etiquetas

- Cuando un LSR transmisor recibe un mensaje de advertencia de un mejor LSR receptor, podría elegir entre:
 - Retener la etiqueta previa (Liberal Label Retention)
 - Descartar la etiqueta previa (Conservative Label Retention): utiliza menos recursos de la red



Priorización de tráfico en MPLS

- Los flujos IP pueden ser priorizados dentro de Internet a través del uso de Servicios Diferenciados.
- El RFC 3270 define los procedimientos y extensiones de protocolos para el soporte de Servicios Diferenciados sobre MPLS.
- También describe cómo los LSPs deben ser establecidos con prioridades específicas y cómo se pueden asignar prioridades a los paquetes dentro de un LSP individual.



Deduciendo las prioridades de las etiquetas

- Cada LSP se asocia con un OA (DiffServ Ordered Aggregate)
- Entonces a todo el tráfico de un LSP se le asigna el mismo PSC (Per Hop Behavior Scheduling Class) y la misma precedencia de desecho (drop precedence). Esto permite diferenciar el tráfico de diferentes LSPs en un mismo LSR.
- L-LSP: Son LSPs que se establecieron para transportar tráfico asociado con OAs específicos asociando una clase DiffServ con una etiqueta.



Mapeo de las clases y las etiquetas

- Es necesario que se relacionen los L-LSP y los PSC en cada LSR mediante una tabla.
- Esto puede ser configurado de manera estática o dinámica (usando los protocolos de distribución de etiquetas LDP, RSVP-TE)
- También pueden usarse los 3 bits EXP de la cabecera MPLS para asignar una de 8 categorías ó para que cada bit indique un PSC específico.

GMPLS

- Surgió de la necesidad de transportar MPLS sobre redes SONET/SDH y también sobre redes WDM (Wavelength Division Multiplex).
- Permite diferentes tipos de conmutación.

Table 4.1 The GMPLS Switching Types

Packet (switching based on MPLS shim header)
Layer 2 (switching based on layer 2 header such as ATM VPI/VCI)
Timeslot (TDM)
Lambda
Waveband (contiguous collection of lambdas)
Fiber (or port)

