

# UTN-FRBA-Dto.Sistemas Redes de Información

## Unidad 8-Clase 2 Redes MPLS

Fuente: Varias  
Versión: 1

1

## 1-Problemas con redes IP

- Aparecen usuarios con distintas aplicaciones que demandan una calidad de servicio (QoS)
  - La red tiene retardos variables y pierde paquetes
  - Hay latencias
    - variable por congestión y procesamiento en los nodos
    - fija por capacidad de los enlaces
  - Hay redes con distinta tecnología y QoS
  - La QoS entre extremos depende de cada salto

2

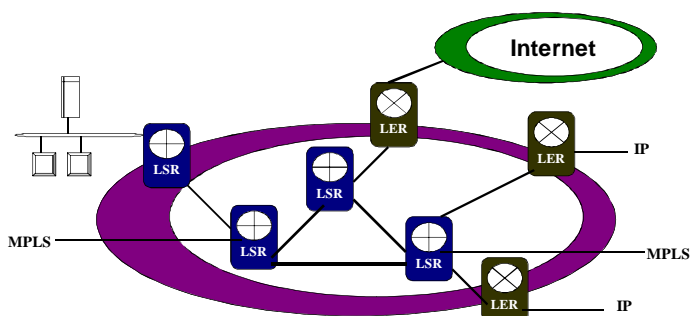
- El enrutamiento no está optimizado
  - Todo se procesa por software
  - En cada nodo se repite el cálculo
  - Se analiza el encabezamiento y se aplican algoritmos
  - Los protocolos de ruteo mantienen las tablas
  - El camino óptimo no siempre es el más corto
- Aumentan exponencialmente la cantidad de usuarios y el volumen de tráfico

3

## 2-Modelo MPLS

- Normalizado en 2001 por la IETF
- RFC 3031 al 36
- Hace una convergencia entre:
  - Técnicas de envío orientadas a conexión
  - Protocolos de enrutamiento IP
- Maneja tráfico de distinta naturaleza
- Mantiene independientes a capas 2 y 3
- No reemplaza el enrutamiento IP
- Soporta FR, ATM, SDH

4



LSR = Label Switched Router  
LER = Label Edge Router

## 3-Conceptos MPLS

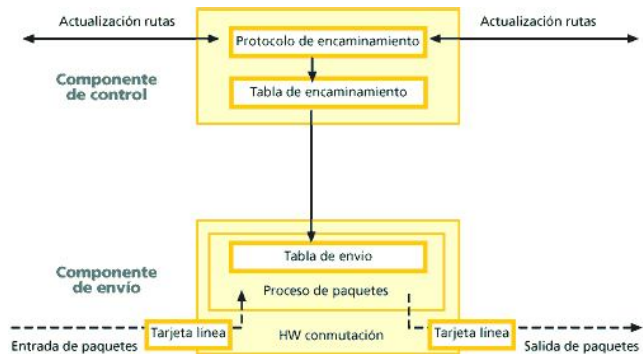
- *Multi Protocol Label Switching*
- A cada paquete se le agrega una etiqueta
- El enrutamiento se hace basado en:
  - Etiqueta del paquete
  - Protocolos de enrutamiento
- LSP (*Label Switched Path*) es la ruta que se asigna a cada etiqueta
- La ruta es una secuencia de routers que se negocia en forma distribuida entre vecinos

6

- **LIB (*Label Information Base*)**: cada router almacena la información que conoce
- Los routers de borde:
  - Analizan el encabezamiento IP para decidir la LSP
  - Agregan una etiqueta a los paquetes entrantes
  - Retiran etiqueta a los paquetes salientes
- Los otros routers del backbone:
  - Encaminan el paquete según la LSP
  - Hacen ruteo según OSPF

7

## Modelo de conmutador



8

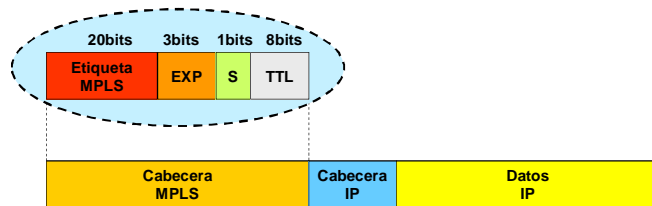
## 4-Beneficios

- Tiene las funciones de capa 3 con el rendimiento de capa 2
- Ruteo más criterioso e independiente de la arquitectura de la red
- Permite hacer túneles más eficientes que IP
- Mejora precio, desempeño, escalabilidad
- Soporta ingeniería de tráfico y calidad de servicio

9

## 5-Formato de encabezamiento

- Depende de tecnología de capa de enlace
- FR y ATM llevan la etiqueta dentro del encabezamiento (en campos DLCI o VPI/VCI)
- En otras redes se agrega encabezamiento MPLS



10

- **Campo ETIQUETA**: identifica una FEC
- **Campo EXP**: para uso experimental, puede llevar información de DiffServ
- **Campo S**: vale 1 si es la primer entrada de la pila
- **Campo TTL**: contador del número de saltos

11

- Al entrar un paquete en la red el campo TTL toma el mismo valor que el de la cabecera IP
- Durante el viaje disminuye en uno por cada salto, pero el de la cabecera IP no se modifica.
- A la salida se coloca en la cabecera IP el valor del TTL que tenía la etiqueta, menos uno
- Si en algún momento el TTL vale 0 el paquete es descartado

12

## 6-FEC

- *Forwarding Equivalence Class* : conjunto de paquetes que comparten una ruta pero tienen distintos destinos
- La FEC se asigna al entrar en la red MPLS
- Una etiqueta representa una FEC asignada
- En cada router sólo se analiza la etiqueta y se procesa por hardware
- Un paquete puede llevar varias etiquetas en una pila LIFO para atender varios CV

13

- La FEC incluye:
  - un prefijo IP
  - una dirección de host
- Un paquete corresponde a una LSP si el prefijo de la FEC coincide con la dirección destino
- Hay espacios para asignar y distribuir etiquetas
- Puede haber un espacio por interfaz o por plataforma

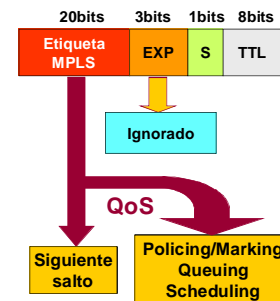
14

## 7-PHB

- *Per hop behaviour* : comportamiento por salto
- La QoS entre extremos impone ciertos comportamientos de encolado y planificación en cada salto
- Hay varios modelos a seguir
  - Tener un nuevo FEC en cada salto: modelo 1
  - Usar el campo EXP (3 bits) para 8 comportamientos
    - Para el mismo FEC: modelo 2
    - Independiente del FEC: modelo 3

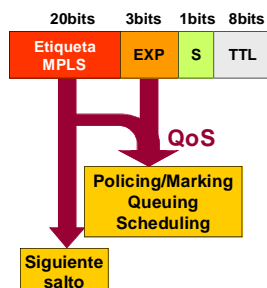
15

- Modelo 1: un FEC por cada salto



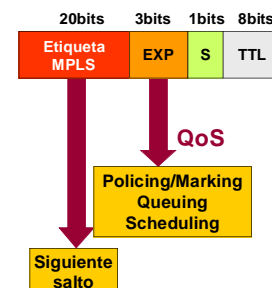
16

- Modelo 2



17

- Modelo 3



18

## 8-LSP

- *Label Switching Path* : las tablas de envío que asocian FEC con etiquetas deben ser comunicadas a los otros routers
- Esta distribución se puede hacer forzada o a pedido
- La distribución se hace mediante protocolos BGP, RSVP, LDP
- Operan de manera diferente y tienen defensores y detractores

19

## 9-LDP

- *Label Distribution Protocol* : sirve para que los routers armen los caminos
- Mapea ruteo de capa 3 en redes conmutadas de capa 2
- Permite sesiones TCP entre pares para intercambiar tablas

20

## Tipo de mensajes

- Descubrimiento: un router anuncia su presencia
- Sesión: para comunicarse entre pares
- Publicidad: para publicar tablas
- Notificación: para avisar errores

21

- Mensajes de descubrimiento
  - Reducen las tablas necesarias
  - Envían mensajes tipo Hello sobre UDP
  - Puede trabajar a nivel local o remoto
- Los identificadores LDP son seis octetos que identifican el espacio de etiquetas en un router
  - Cuatro para la dirección IP
  - Dos para el espacio

22

- Hay varios modos de distribución de etiquetas
  - Independiente: forzado o a pedido
  - Ordenado: cuando debe procesar una FEC
- Las etiquetas en un router pueden ser retenidas todas o sólo las que se usan
- Hay manejo de caminos múltiples
  - Un camino para cada nodo de entrada
  - Varios caminos con balance de carga
- Cuando se usan rutas explícitas, el nodo de entrada define el camino

23

## Formato de mensajes

0		31
U	Message Type	Message Length
Message ID		
Mandatory Parameters		
Optional Parameters		

24

## Encabezamiento de PDU

0

31

Version	PDU Length
LDP Identifier	

25

## Tratamiento de bucles

- Para el tratamiento de los bucles hay varios modos
  - Prevención en el planeamiento de las rutas
  - Detección mediante un paquete de prueba y apertura de una de las rutas
  - Detección y reducción del TTL para minimizar efectos

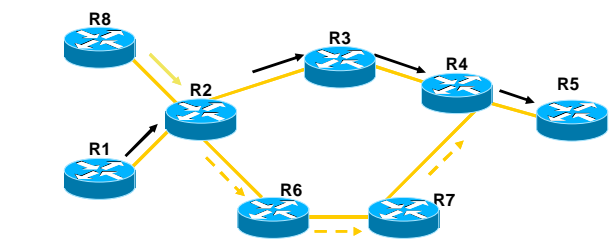
26

## 10-Ingeniería de tráfico

- Optimiza la operación de la red en capa 3
- Fija objetivos para mejorar el tráfico o reducir los recursos
- La existencia de congestión indica que los recursos son escasos o las rutas mal elegidas
- Se debe monitorear la red, fijar políticas y tomar acciones mediante comandos
- Se forman gráficos que modelan la red
- Se mide la proporción de recursos libres en cada nodo

27

## Ruteo IP



IP usa ruteo al destino basado en menor costo

Caminos alternativos no usados

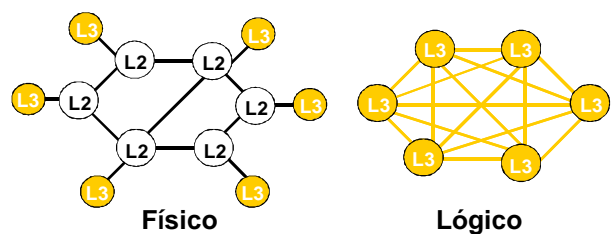
28

## Ingeniería de tráfico en IP

- Señalización: *Resource Reservation Protocol*
- Ruteo restringido:
  - IS-IS: *Intermediate System-to-Intermediate System*
  - OSPF: *Open Shortest Path First*
- Ruteo en túneles: algoritmo ISIS/OSPF extendido para manejar túneles

29

- El ancho de banda de cada enlace es un tema físico que se ve en capa 2
- Para la capa 3 hay un enlace lógico entre nodos



30

## Inconvenientes

- Elementos de red adicionales (costoso)
- Poca coordinación entre capas 2 y 3
- Gestión de red compleja en dos capas
- El ruteo por *Interior Gateway Protocol* no se aplica a mallas
- No hay servicios diferenciales (CoS)

31

## Ingeniería de tráfico en MPLS

- Controla bien la carga de los enlaces
- Trabaja con o sin LDP
- Automáticamente se recupera de fallas y optimiza la operación
- Trabaja con MPLS CoS
- Integra control de capa 2 con ruteo de capa 3
- Beneficios de capa 2 y de IP en un solo equipo

32

## Túneles

- Son un mecanismo de ingeniería de tráfico
- Los pedidos de formación de un túnel se hacen por LSP (Label Switched Path)
- Hay reoptimización de túneles por LSP
- Se usa el IGP para notificar cuando el túnel se establece y cuando se cae

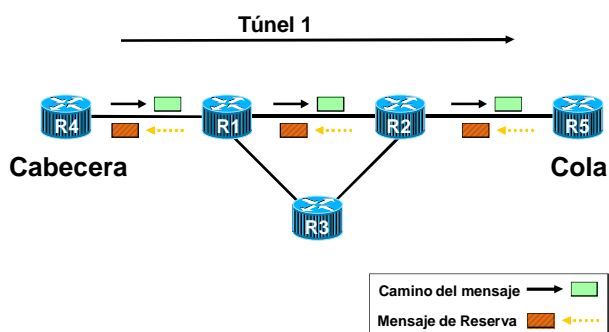
33

## Formación del túnel

- Se usa el protocolo RSVP con extensiones
- Se inicia por nodo fuente (camino de mensaje)
- Las etiquetas se establecen con respuesta (mensajes de reserva)
- El flujo de tráfico es unidireccional

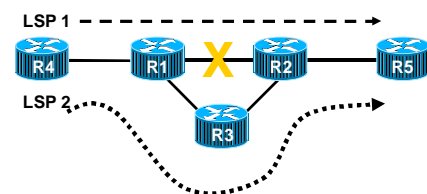
34

## Ejemplo de formación de túnel



35

## Falla de enlaces



Cuando el router cabecera detecta la falla, inicializa el LSP 2 y el tráfico del túnel se rerutea automáticamente

36

## Optimización de rutas

- Debido a la conmutación por fallas, cada 60 min se verifica si se está utilizando el camino óptimo
- Esta conmutación puede inhibirse para mantener estable el camino
- Múltiples túneles al mismo destino pueden compartir el ancho de banda y hacer balance de carga

37

## IDP

- *Information Distribution Protocol*
- Crea una base de datos distribuida de enlaces y recursos disponibles
- Trabaja inundando la red de mensajes
  - Cuando hay cambios o por temporización
  - Consulta estados y atributos de elementos
- Soportado por OSPF
- Configurado bajo un IGP

38

## 11-Clases de Servicio

- Hay distintos servicios implementados por la red
- Clasifica el flujo de tráfico basado en capa 3
- Es más simple y eficiente que los VC
- Hay dos métodos para indicar clase de servicio:
  - IP existente copiado en encabezamiento MPLS (campo CoS de 3 bits para 8 clases)
  - Etiquetas separadas para diferentes clases de servicio

39

## Beneficios

- **IP CoS en VPN sobre ATM/FR**
  - Asigna recursos a cada VC
  - Hay una malla de VC para configurar
  - Hay ancho de banda inaccesible que se pierde
- **IP CoS enVPN sobre MPLS**
  - Asigna recursos por clase o por ancho de banda
  - No hay conexiones para configurar
  - No se agregan encabezamientos
  - No se pierde ancho de banda como en VC
  - Hay ingeniería de tráfico

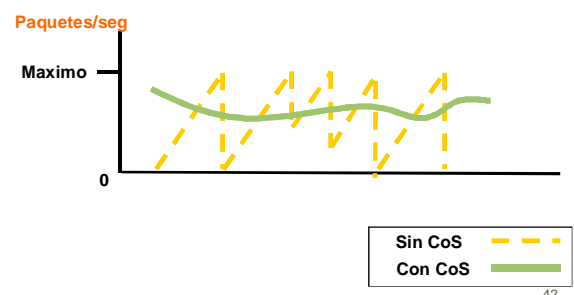
40

## Servicios

- Servicios que permiten garantizar una CoS:
  - Para clasificación de paquetes: Committed Access Rate (CAR)
  - Para evitar congestión: Weighted Random Early Detection (WRED)
  - Para manejar la congestión: Weighted Fair Queuing (WFQ)

41

- Efectos de congestión en una red



- 
- Cuando no hay CoS:
    - No se clasifican los paquetes
    - Se envían en orden de llegada
  - Cuando hay CoS:
    - Los paquetes se clasifican por prioridad de servicio
    - Hay control de congestión
    - Hay estadísticas de entrega de servicios

43

## CAR

---

- *Committed Access Rate*
- Usado para clasificar los paquetes recibidos
- Toma información de cabecera IP
- Verifica si el paquete tiene prioridad de entrega asignada por la fuente
- Se debe cumplir con el CIR y el SLA

44

## WFQ

---

- *Weighted Fair Queuing*
- Organiza la transmisión de paquetes durante la congestión
- Asigna el ancho de banda de los enlaces para cumplir con el tráfico prioritario
- Asigna lo sobrante al resto del tráfico
- Arma colas para pasar el tráfico no prioritario por el ancho de banda que le asignó

45

## WRED

---

- *Weighted Random Early Detection*
- Analiza el tamaño de las colas que se forman en los routers como indicio de la congestión
- Establece umbrales de actuación temprana para evitarle problemas mayores al tráfico prioritario

46

## 12- MPLS y ATM

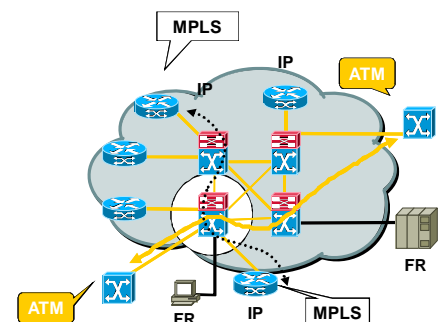
---

- Pueden coexistir en la misma plataforma
- ATM incorpora
  - Interfaces entre usuario, red y red privada
  - Troncales de Voz
  - Emulación de circuitos
- MPLS incorpora:
  - VPN
  - Clase de servicio
  - Ingeniería de tráfico

47

## Ejemplo de MPLS y ATM

---



48



## Etiquetas y ATM

- LDP arma los LSP
- Los LVC son creados para rutear las celdas
- Las etiquetas se convierten en celdas para entrar a la red ATM
- Las celdas etiquetadas se transportan en un camino virtual

49

## CoS en conmutadores ATM

- Tres modos de configuración
- PVC según ATM Forum: configuración compleja de parámetros en el PVC
- VC Unico
- Múltiples VC: colas en los enlaces según WFQ

50

## Comparación de CoS MPLS y ATM

- La configuración de Múltiples VC en MPLS tiene una dificultad de orden  $N$
- En ATM se deben configurar parámetros para  $N^2$  VC
- La aplicación de WFQ por clase permite aprovechar el ancho de banda libre asignado a un VC

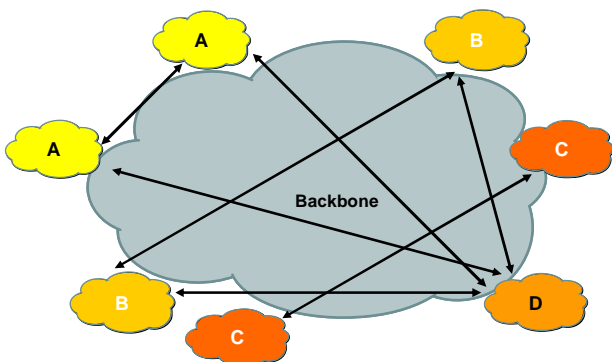
51

## 13- VPN en MPLS

- **Virtual Private Network** es un servicio de emulación de canales punto a punto ofrecido por el backbone de capa 3 de un Proveedor
- En la red del cliente se utiliza un direccionamiento regido por la RFC 1918
- Se simplifica el ruteo
- Hay conectividad de Intranet e Internet

52

## Modelo de VPN



53

## Ventajas de VPN con MPLS

- La información del ruteo se distribuye sólo a los routers que son miembros de la VPN
- El direccionamiento VPN-IP permite superposiciones
- Las etiquetas MPLS definen las VPN y representan el direccionamiento IP
- Es un modelo entre pares, lo que simplifica el ruteo
- Simplifica la configuración (sólo CPE y LER)

54

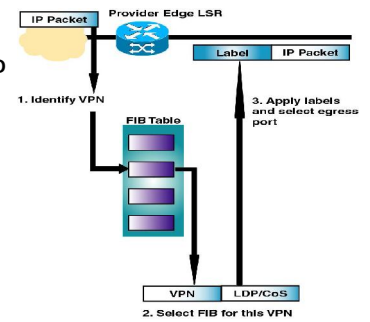
## Mecanismos deVPN con MPLS

- Se usa el BGP (*Border Gateway Portal*) Version 4
- La ruta que forma la VPN tiene propiedades BGP
- MPLS los difunde por el backbone
- La información de ruteo se distribuye por múltiples protocolos
- Hay etiquetas especiales que indican la tabla de ruteo que se debe aplicar

55

## Enrutamiento de paquetes

- Se recibe paquete IP en subinterfaz
- Subinterfaz está configurada con VPN ID
- BGP asigna etiquetas a las rutas VPN-IP
- Protocolo de distribución de etiquetas las asigna a las rutas IGP y define CoS
- Cada VPN tiene información de ruteo separada



56