

# MPLS y GMPLS

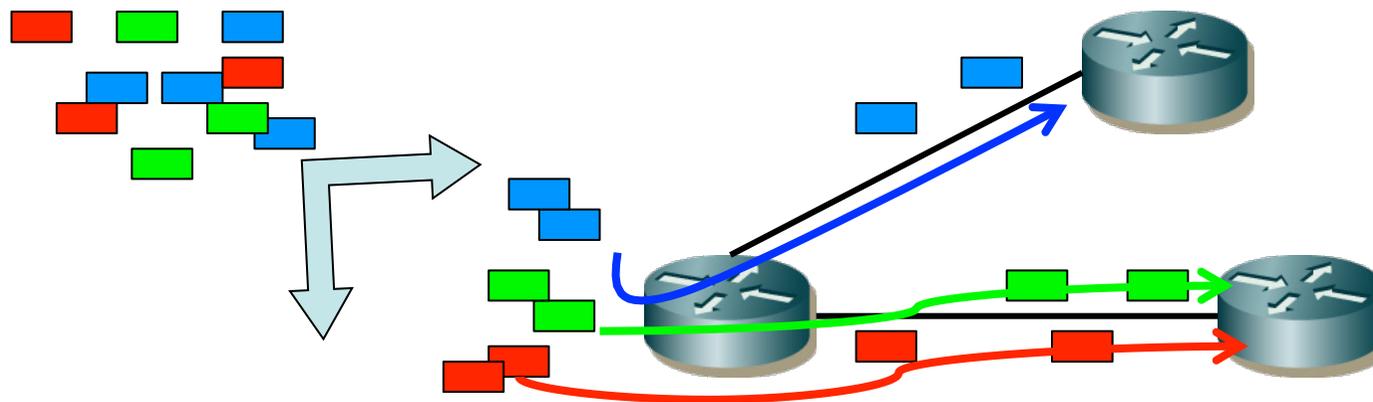
Area de Ingeniería Telemática  
<http://www.tlm.unavarra.es>

Grado en Ingeniería en Tecnologías de  
Telecomunicación, 3º

# MPLS

# FEC

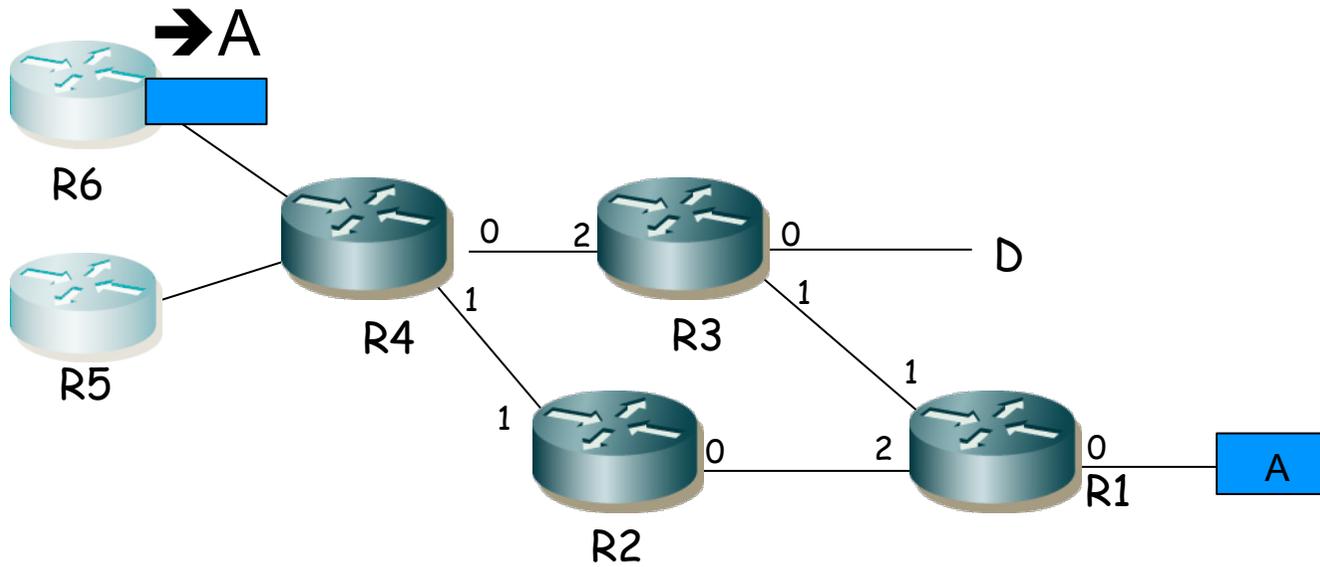
- *Forwarding Equivalence Class*
- Trafico clasificado en el mismo FEC en un nodo sigue el mismo camino
- En forwarding IP convencional
  - El FEC viene determinado por el longest prefix match
  - Cada salto reexamina y asigna el paquete a un FEC
- (...)



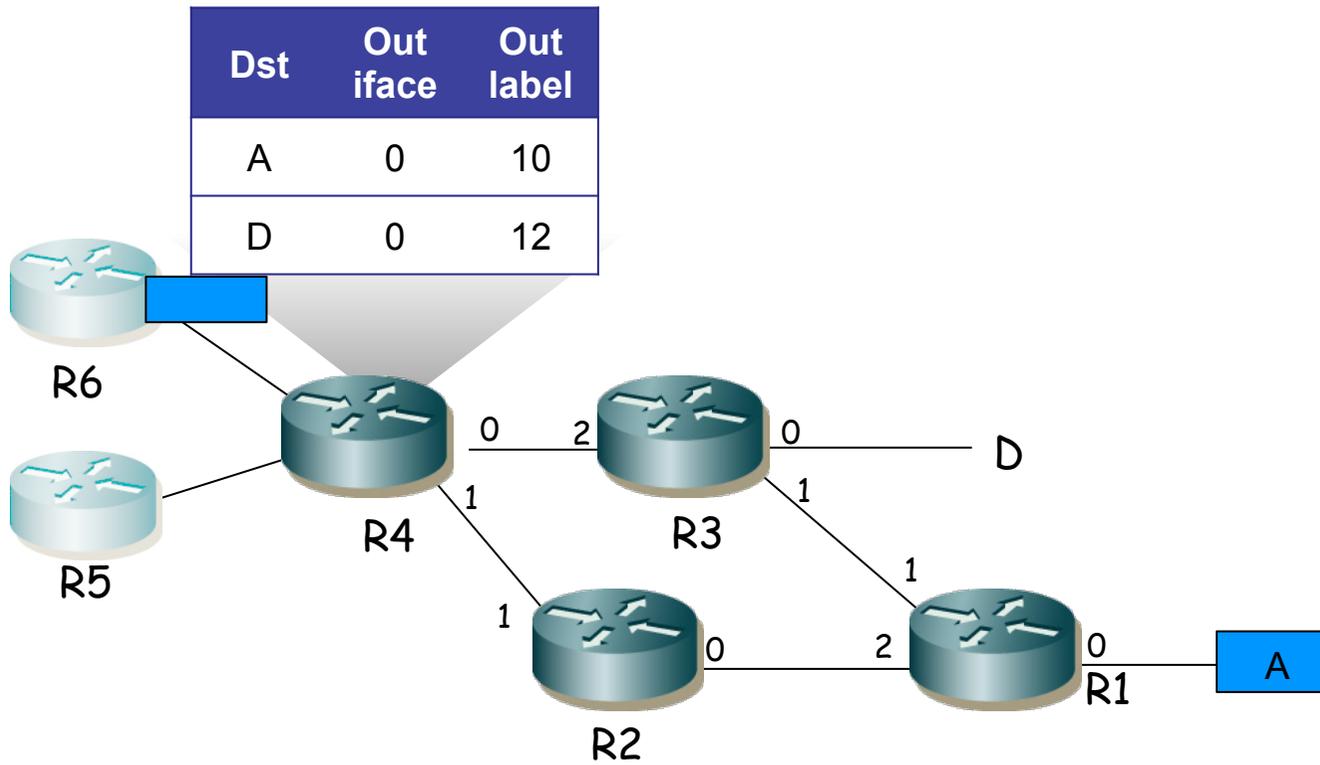
# FEC

- *Forwarding Equivalence Class*
- Trafico clasificado en el mismo FEC en un nodo sigue el mismo camino
- En forwarding IP convencional
  - El FEC viene determinado por el longest prefix match
  - Cada salto reexamina y asigna el paquete a un FEC
- MultiProtocol Label Switching (RFC 3031 “**MPLS Architecture**”)
  - El nodo de entrada a la red (ingress router) hace la asignación de cada paquete a un FEC
  - El FEC se indica mediante una etiqueta que viaja con el paquete
  - En saltos siguientes no hay necesidad de identificar el FEC pues se tiene la etiqueta
  - La etiqueta se emplea como índice en una tabla que especifica un siguiente salto y una nueva etiqueta
  - La etiqueta que traía el paquete se sustituye por la nueva
  - Reenvío MPLS no requiere que los nodos sepan procesar la cabecera del nivel de red (u otro protocolo encapsulado)

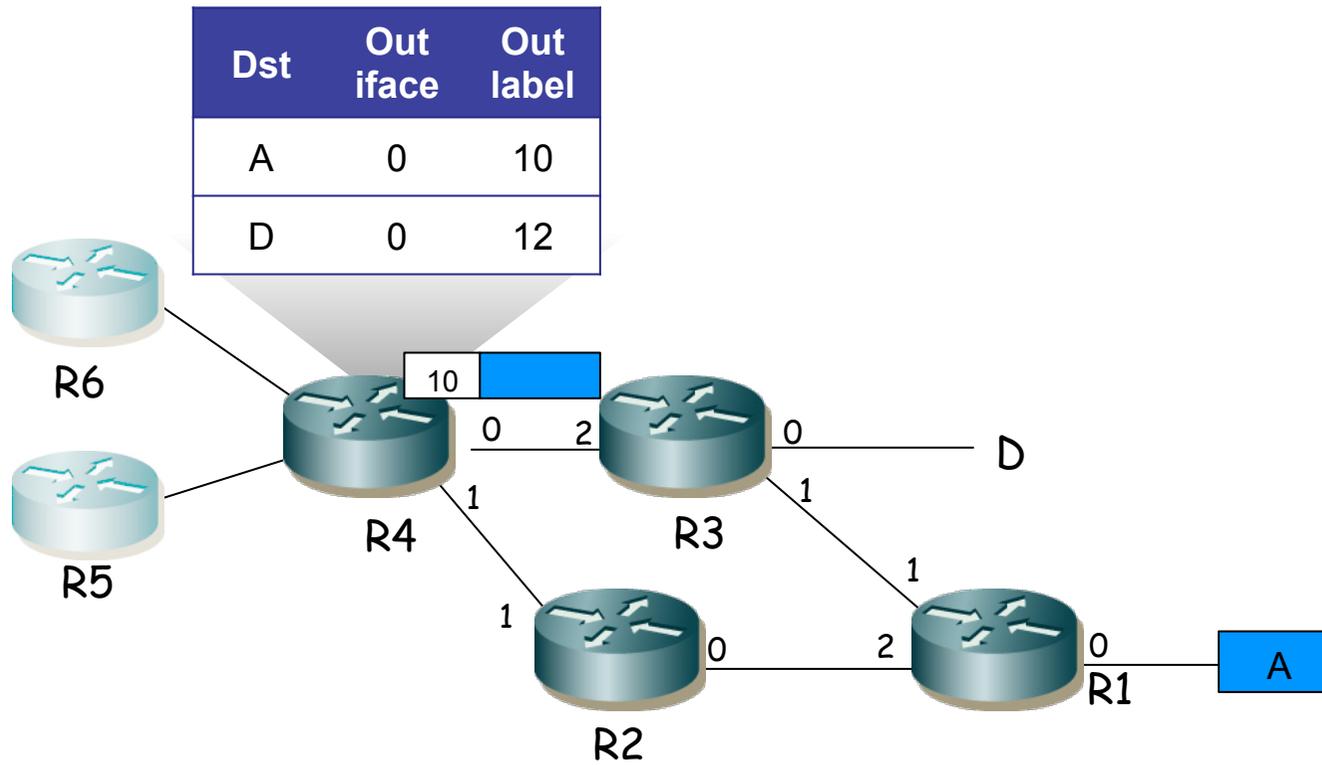
# MPLS “forwarding”



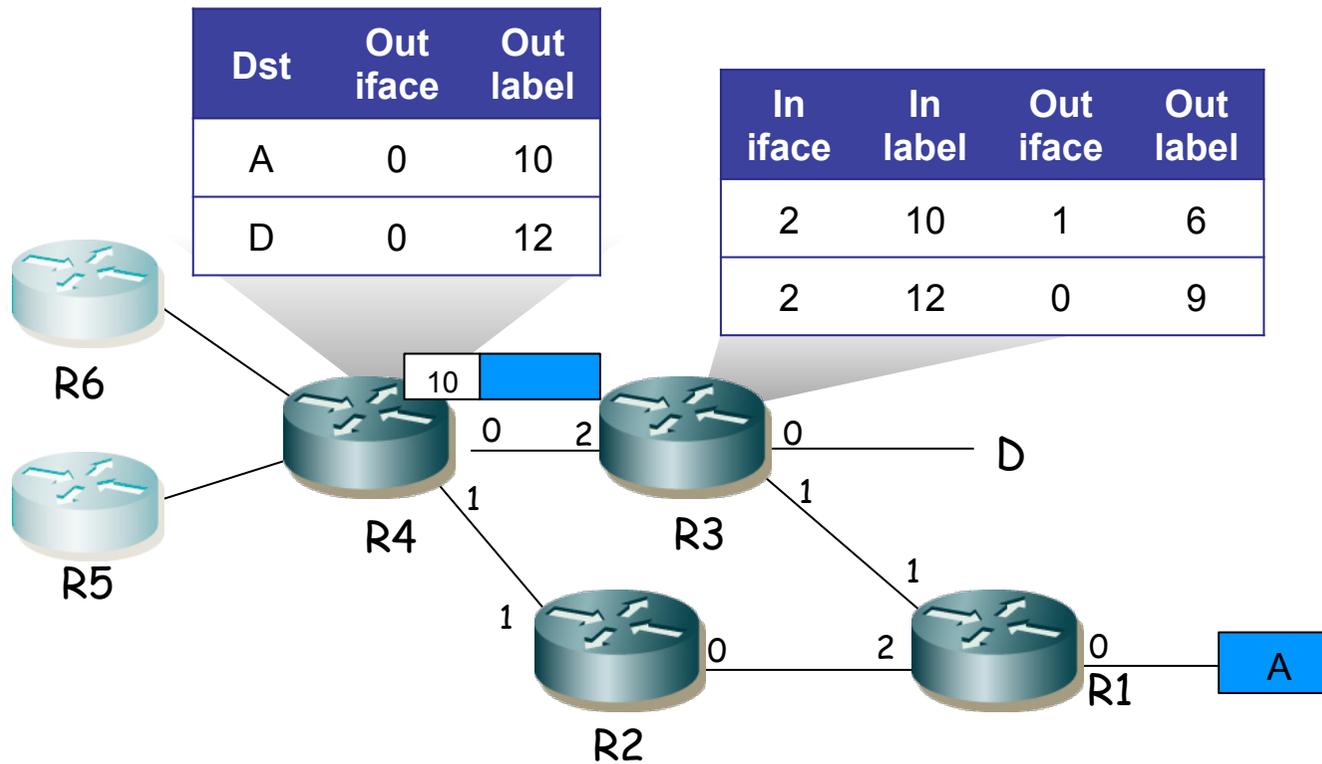
# MPLS "forwarding"



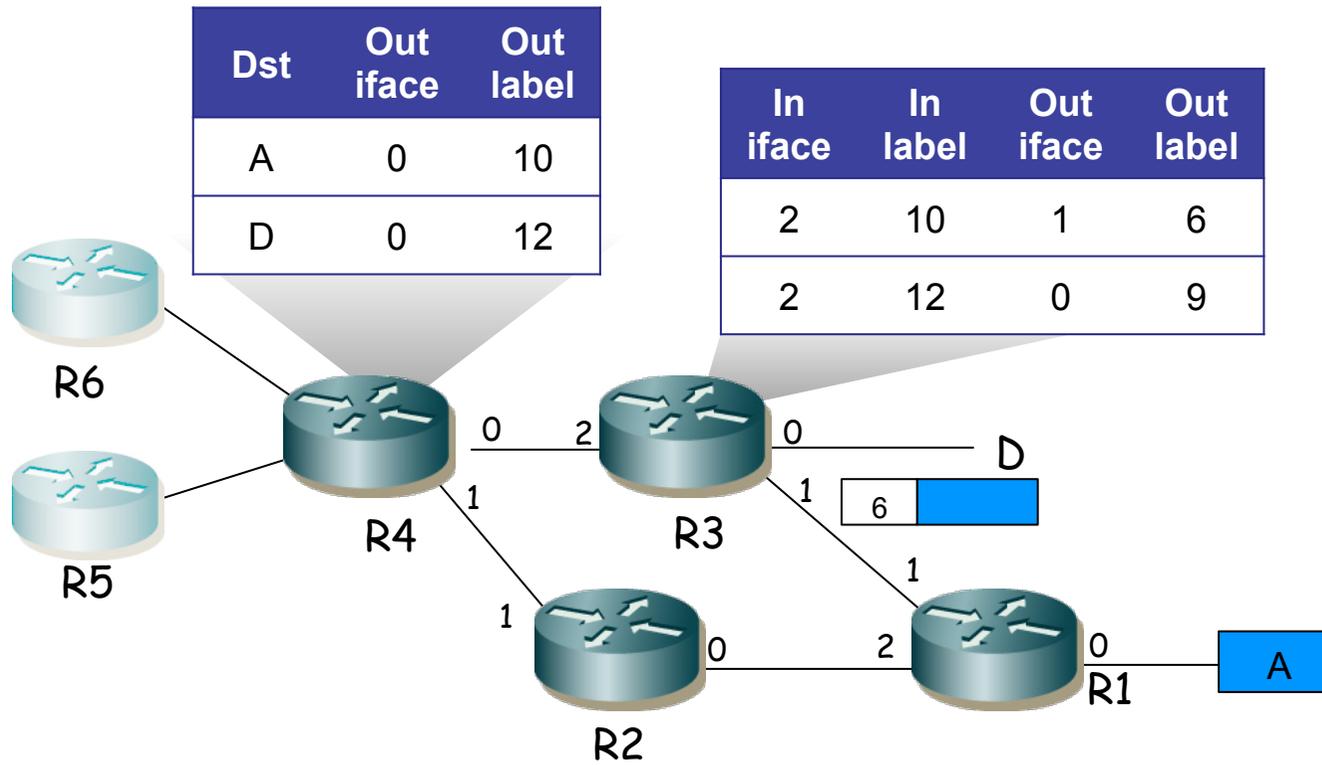
# MPLS "forwarding"



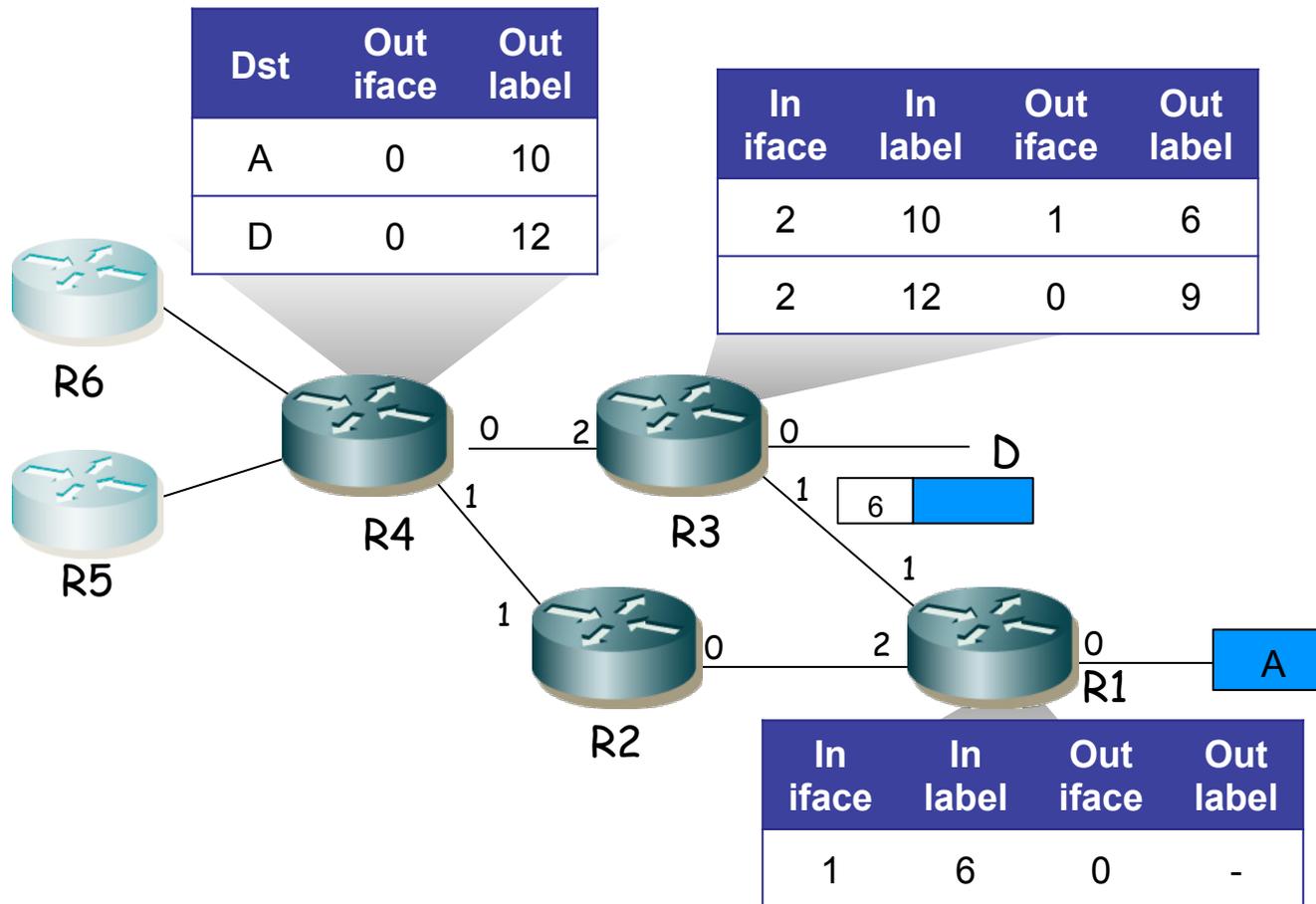
# MPLS "forwarding"



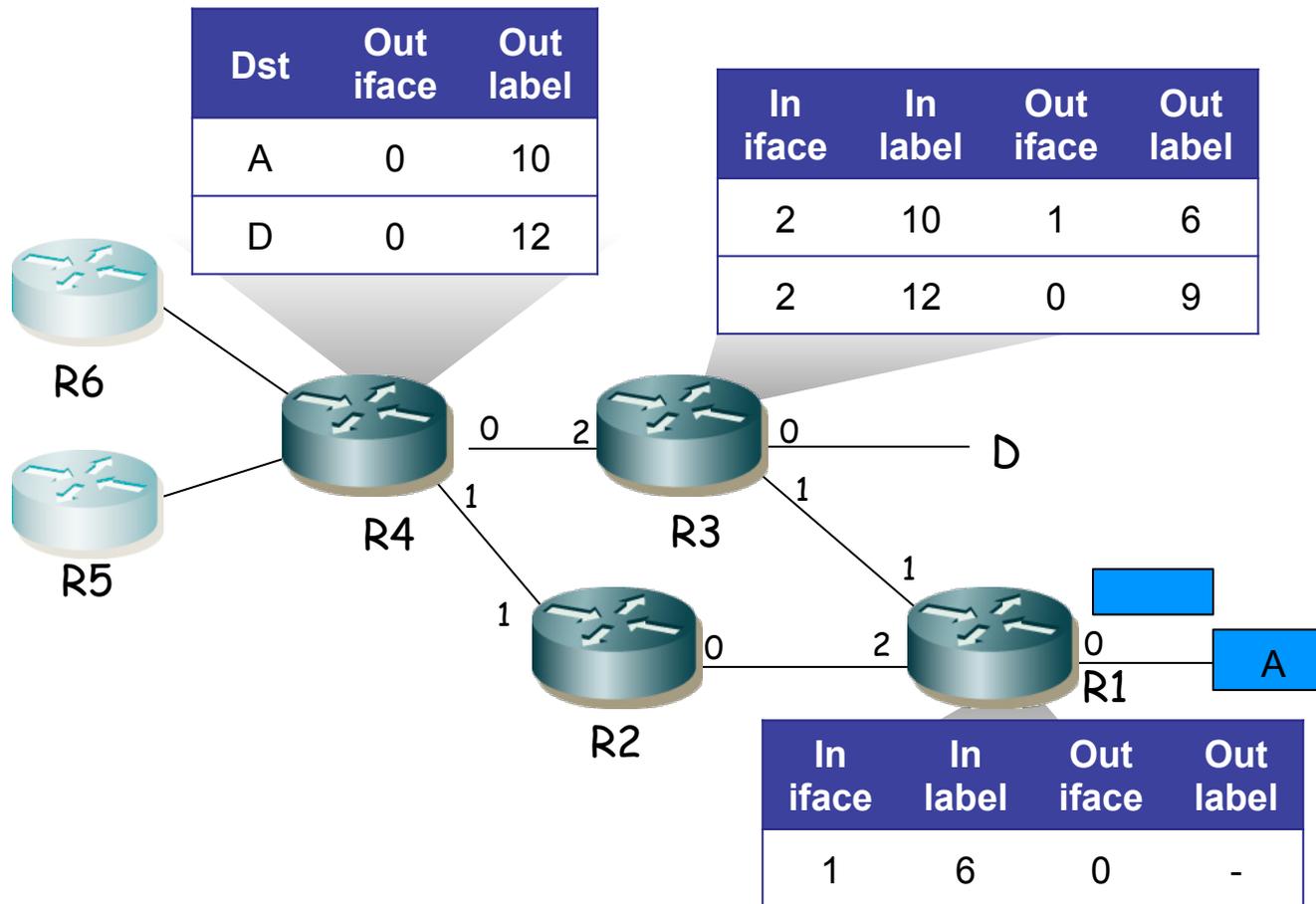
# MPLS "forwarding"



# MPLS "forwarding"

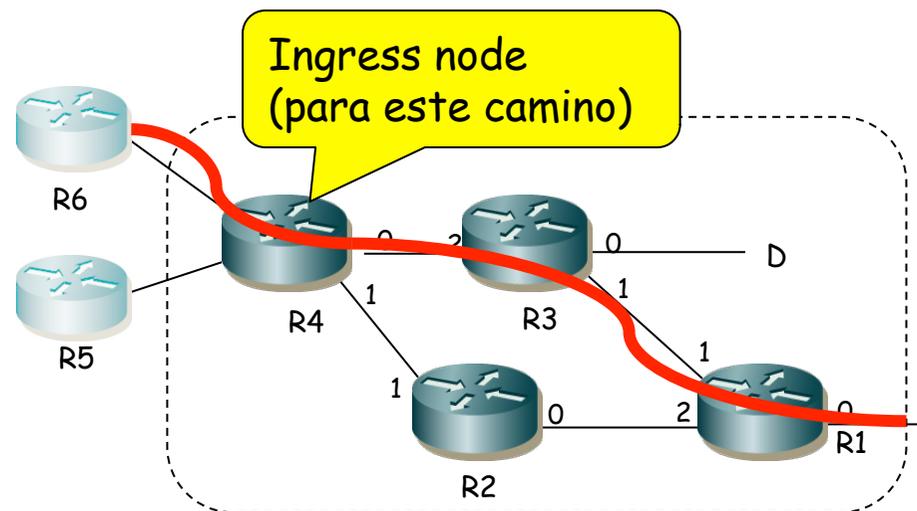


# MPLS "forwarding"



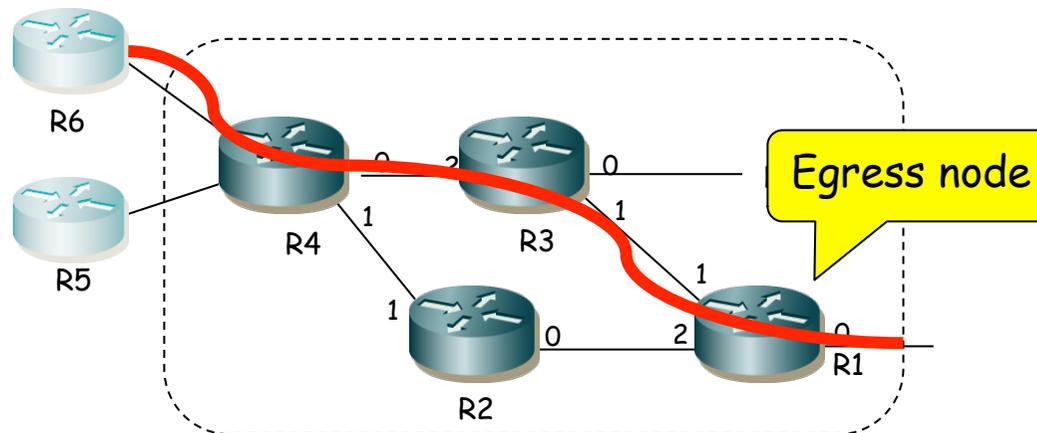
# Terminología

- “MPLS domain”: conjunto contiguo de nodos MPLS bajo una misma administración
- “MPLS ingress node”: nodo frontera de un dominio en su tarea como entrada de tráfico al mismo
- (...)



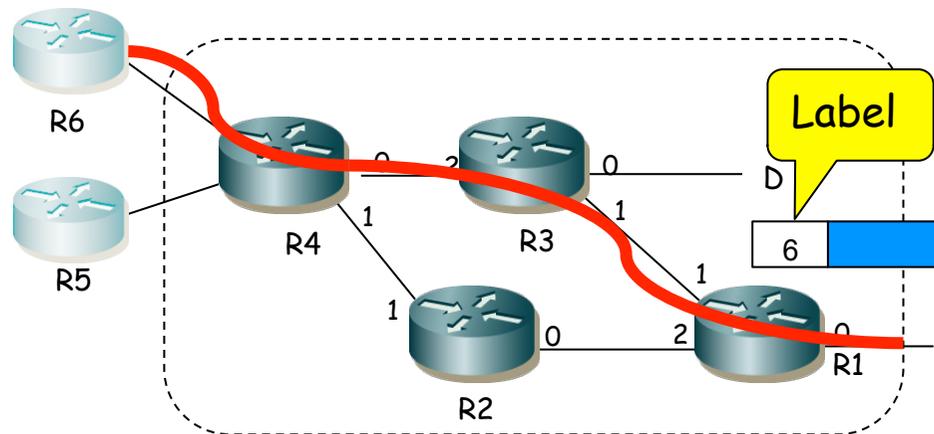
# Terminología

- “MPLS domain”: conjunto contiguo de nodos MPLS bajo una misma administración
- “MPLS ingress node”: nodo frontera de un dominio en su tarea como entrada de tráfico al mismo
- “MPLS egress node”: nodo frontera de un dominio en su tarea como salida de tráfico del mismo
- (...)



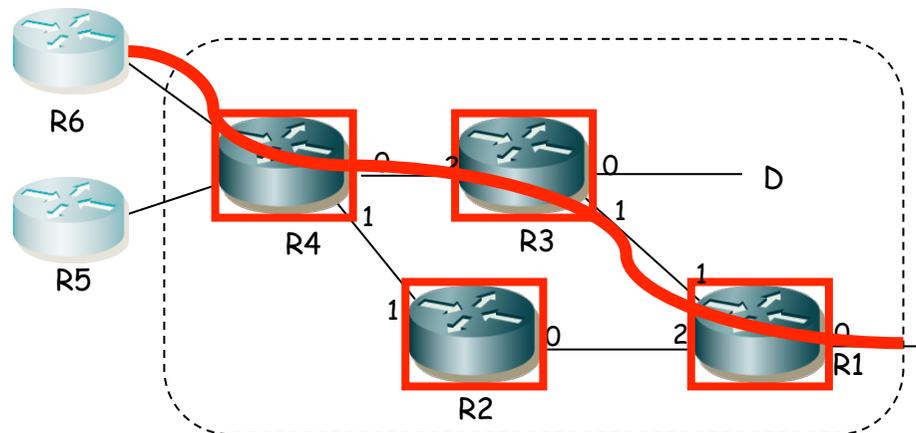
# Terminología

- “MPLS domain”: conjunto contiguo de nodos MPLS bajo una misma administración
- “MPLS ingress node”: nodo frontera de un dominio en su tarea como entrada de tráfico al mismo
- “MPLS egress node”: nodo frontera de un dominio en su tarea como salida de tráfico del mismo
- “Label”: etiqueta numérica, corta, longitud fija, identifica a un FEC localmente a un enlace
- (...)



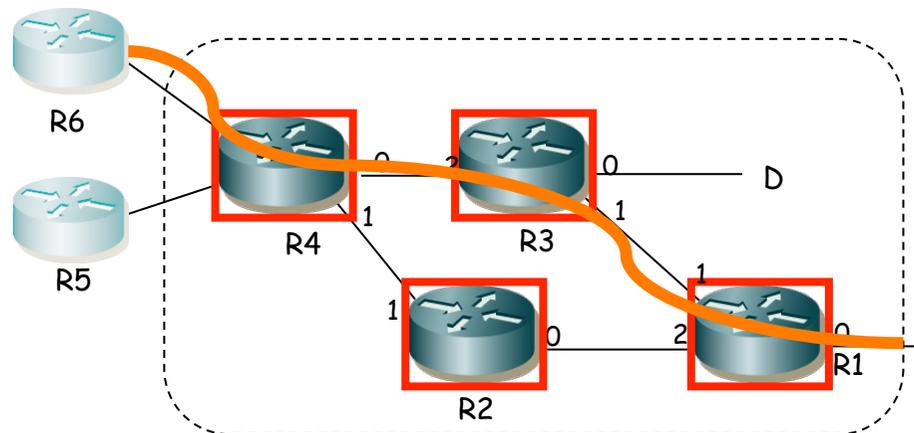
# Terminología

- “MPLS domain”: conjunto contiguo de nodos MPLS bajo una misma administración
- “MPLS ingress node”: nodo frontera de un dominio en su tarea como entrada de tráfico al mismo
- “MPLS egress node”: nodo frontera de un dominio en su tarea como salida de tráfico del mismo
- “Label”: etiqueta numérica, corta, longitud fija, identifica a un FEC localmente a un enlace
- “Label Switching Router (LSR)” : nodo MPLS capaz de reenviar en base a etiquetas
- (...)



# Terminología

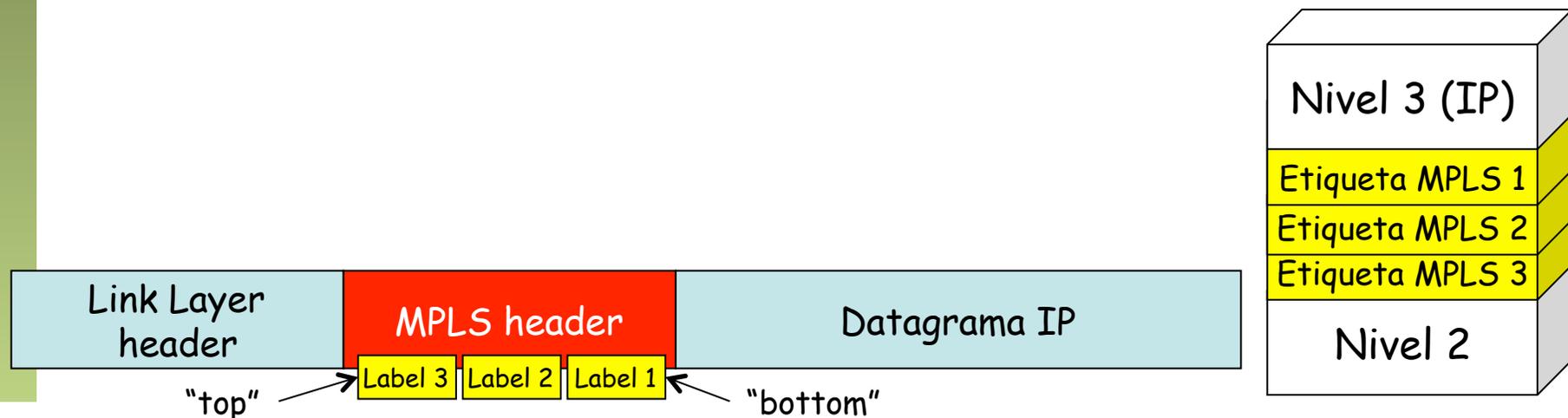
- “MPLS domain”: conjunto contiguo de nodos MPLS bajo una misma administración
- “MPLS ingress node”: nodo frontera de un dominio en su tarea como entrada de tráfico al mismo
- “MPLS egress node”: nodo frontera de un dominio en su tarea como salida de tráfico del mismo
- “Label”: etiqueta numérica, corta, longitud fija, identifica a un FEC localmente a un enlace
- “Label Switching Router (LSR)”: nodo MPLS capaz de reenviar en base a etiquetas
- “Label Switched Path (LSP)”: camino a través de LSRs



# MPLS: Label Stack

# Label Stack

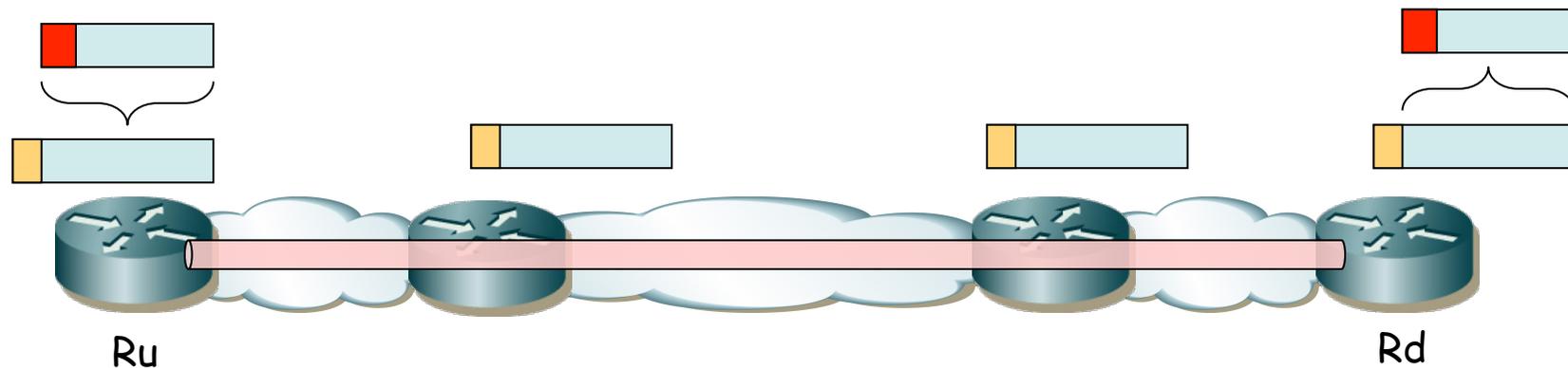
- La parte “superior” (“top”) de la pila comienza a continuación de la cabecera de nivel de enlace
- La parte “inferior” (“bottom”) de la pila está junto a la cabecera de nivel de red
- El procesado se basa siempre en la etiqueta exterior (“top”)
- Un paquete sin etiquetar tiene profundidad 0 de pila
- En un LSR se puede emplear espacio de etiquetas:
  - Por interfaz
  - Por plataforma



# Túneles

## Túneles en IP

- Para asegurarse que un paquete vaya de un router Ru a otro Rd
- Cuando los routers no son adyacentes
- Ru por ejemplo encapsula el paquete IP dentro de otro paquete IP con dirección destino la de Rd (. . .)
- Esto crea un túnel de Ru a Rd
- *“Hop-by-Hop Routed Tunnel”*: sigue camino salto a salto de Ru a Rd
- *“Explicitly Routed Tunnel”*: no sigue el camino salto a salto, por ejemplo con source routing
- (...)



# Túneles

## Túneles en IP

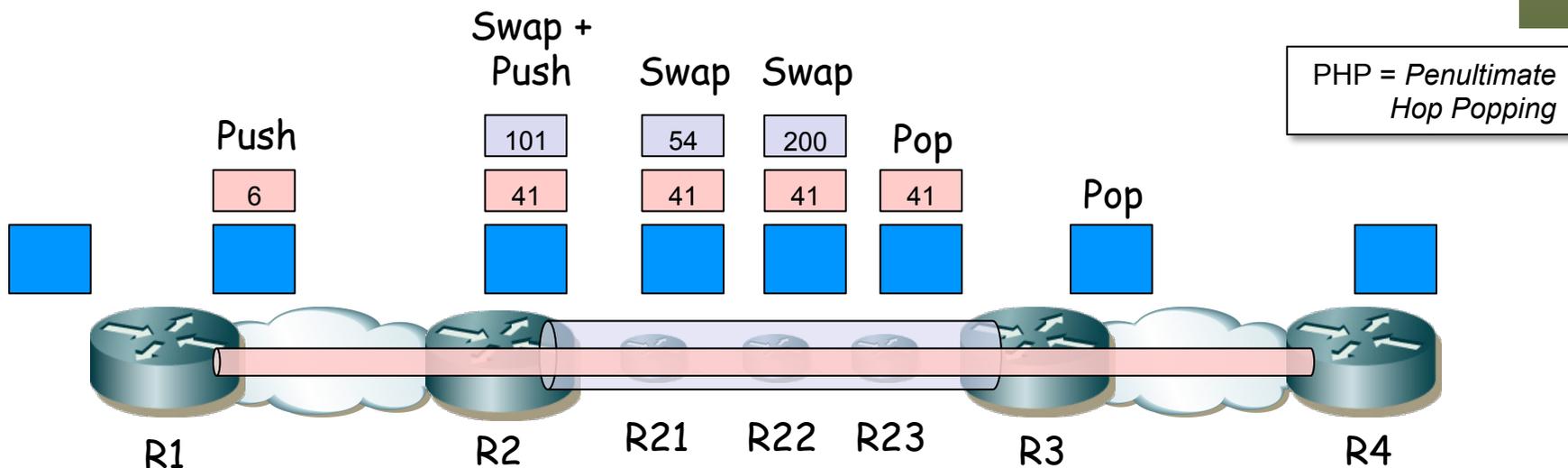
- Para asegurarse que un paquete vaya de un router Ru a otro Rd
- Cuando los routers no son adyacentes
- Ru por ejemplo encapsula el paquete IP dentro de otro paquete IP con dirección destino la de Rd
- Esto crea un túnel de Ru a Rd
- *“Hop-by-Hop Routed Tunnel”*: sigue camino salto a salto de Ru a Rd
- *“Explicitly Routed Tunnel”*: no sigue el camino salto a salto, por ejemplo con source routing

## LSP Tunnels

- Se puede implementar un túnel con un LSP
- Los paquetes a enviar por el túnel constituyen un FEC
- *“Hop-by-Hop Routed LSP Tunnel”*
- *“Explicitly Routed LSP Tunnel”*
- Y un LSP se puede meter en un túnel (...)

# LSP Tunnels dentro de LSPs

- Por ejemplo LSP <R1, R2, R3, R4>
- R1 recibe paquetes sin etiquetar y les añade una etiqueta
- R2 y R3 no están directamente conectados
- R2 y R3 son “vecinos” mediante un túnel LSP
- R2 no solo hace swap de etiqueta sino también push de una nueva para el túnel
- R21 conmuta en función de la etiqueta de nivel 2
- La etiqueta de nivel 2 es retirada por R23 (PHP) y reenvía el paquete a R3
- R3 recibe el paquete con una sola etiqueta (ha salido del túnel)
- R3 elimina la etiqueta (PHP) y envía a R4
- Se pueden anidar túneles de esta manera sin límite de profundidad



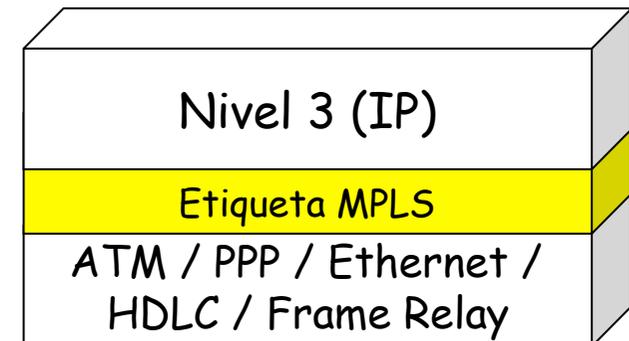
# Distribución y control de etiquetas

- Empleando un protocolo ya existente: RSVP-TE
- o creando un protocolo independiente para ello: LDP
- La creación de LSPs para estos FECs se puede hacer de dos formas:
  - *Independent LSP Control*
    - Cada LSR, al reconocer un FEC, toma una decisión independiente de asociar una etiqueta al FEC
    - LSR distribuye la asociación a sus “peers”
  - *Ordered LSP Control*
    - Un LSR solo asocia una etiqueta a un FEC si es el egress LSR para ese FEC o si ha recibido una asociación de su siguiente salto
    - Necesario para hacer Traffic Engineering
- Traffic Engineering
  - Manipular el tráfico para encajar en la red
  - Prevenir enlaces congestionados y otros infrautilizados
  - Gracias a la posibilidad de *Explicit routing*

# MPLS: Transporte

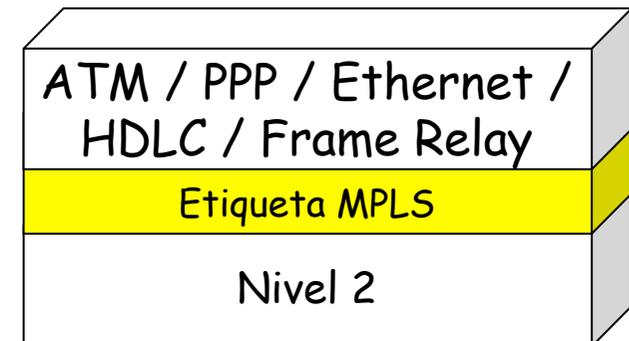
# Transporte de MPLS

- Sobre ATM (Etiqueta en el VPI/VCI)
- Sobre PPP (campo protocolo 0x0281 y 0x0283)
- Sobre Ethernet (Ethertypes 0x8847 y 0x8848)
- Sobre HDLC
- Sobre Frame Relay



# Layer 2 sobre MPLS

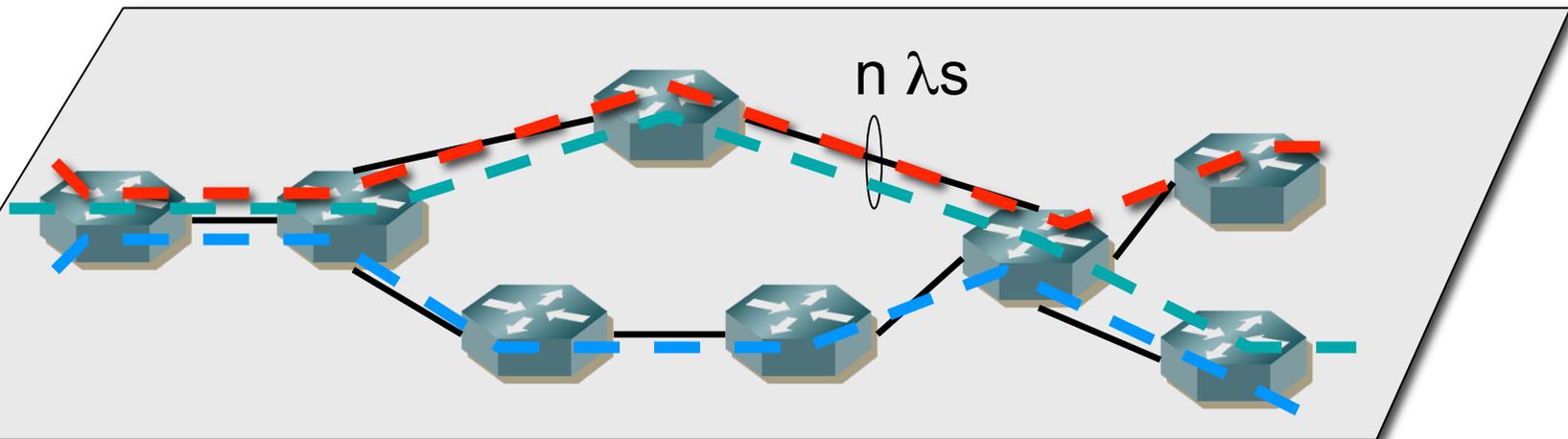
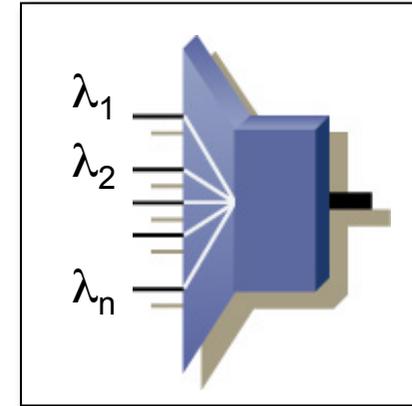
- RFC 4905 “Encapsulation Methods for Transport of Layer 2 Frames over MPLS Networks”
- y RFC 4906 “Transport of Layer 2 Frames Over MPLS”
  - Frame Relay
  - ATM (celdas o PDUs AAL5)
  - Ethernet (simple o 802.1Q)
  - PPP
  - HDLC
- Por supuesto, sobre ese nuevo layer 2, lo que queremos...



# GMPLS

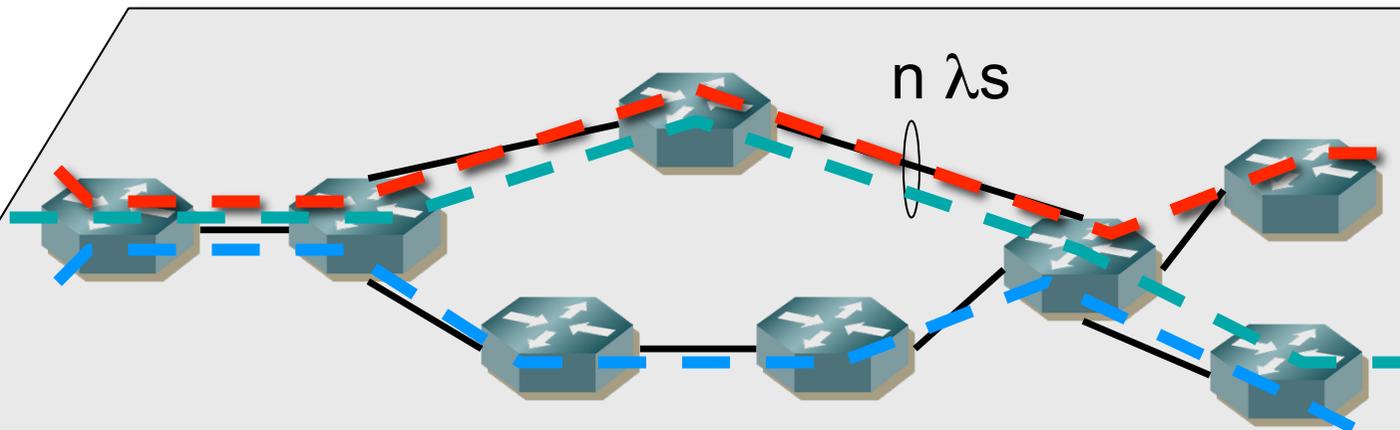
# Lightpaths

- DWDM
- Wavelength routing (. . .)
- OADM : Optical Add Drop Multiplexer
- ROADM : Reconfigurable OADM
- Con o sin conversión de longitud de onda



# GMPLS

- *Generalized MultiProtocol Label Switching* (IETF)
- Aplicación de conceptos de MPLS a redes de transporte que **NO** son de conmutación de **paquetes**
- WDM funcionamiento similar a MPLS con fibra de entrada y wavelength (etiqueta) de entrada
- Inicialmente surgió con esa idea MP $\lambda$ S
- Se amplió para *fiber switching*, TDM, layer 2 switching, etc. (“Generalización”)
- NO es reutilizable la parte de MPLS en que puede asignar etiquetas a entradas en tablas de rutas (LDP)
- Sí aplican las soluciones para *Traffic Engineering*

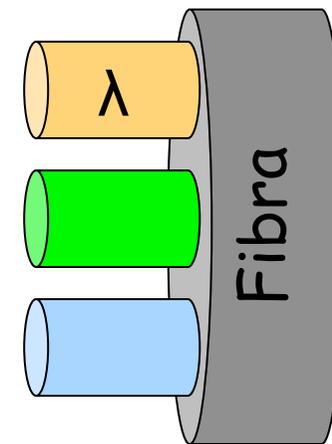


# Switching types

- PSC
  - *Packet Switch Capable*
  - MPLS routers
  - Identifican paquetes y los conmutan independientemente
- LSC
  - *Lambda Switch Capable*
  - Un optical cross connect
  - Extrae wavelenghts independientes y las conmuta
  - No es capaz de “mirar” dentro de las mismas, trabaja solo en nivel fotónico
- TDMC
  - *Time Division Multiplex Capable*
  - Es capaz de reconocer y conmutar slots temporales

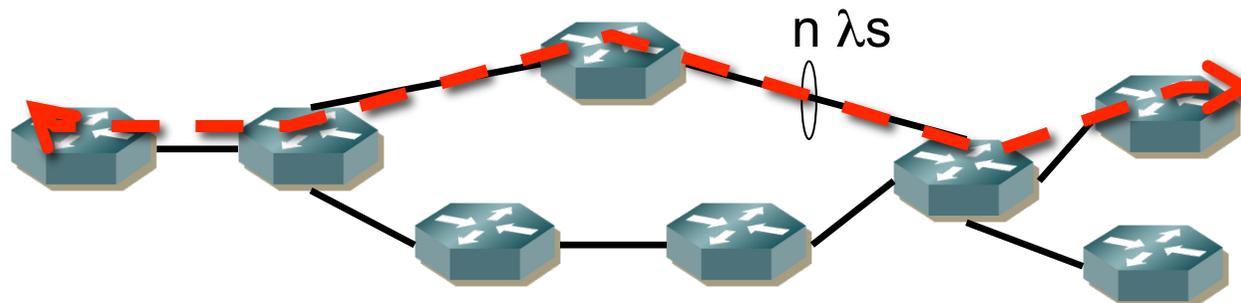
# Bandwidth

- En MPLS se puede trabajar con alta granularidad (bytes por segundo)
- En GMPLS con redes de transporte la conmutación está relacionada con recursos físicos
- Si el equipo conmuta wavelenghts y soporta de 2.5, 10 y 40 Gbps, ¡ esa es toda la granularidad que soporta !



# Bidireccionalidad

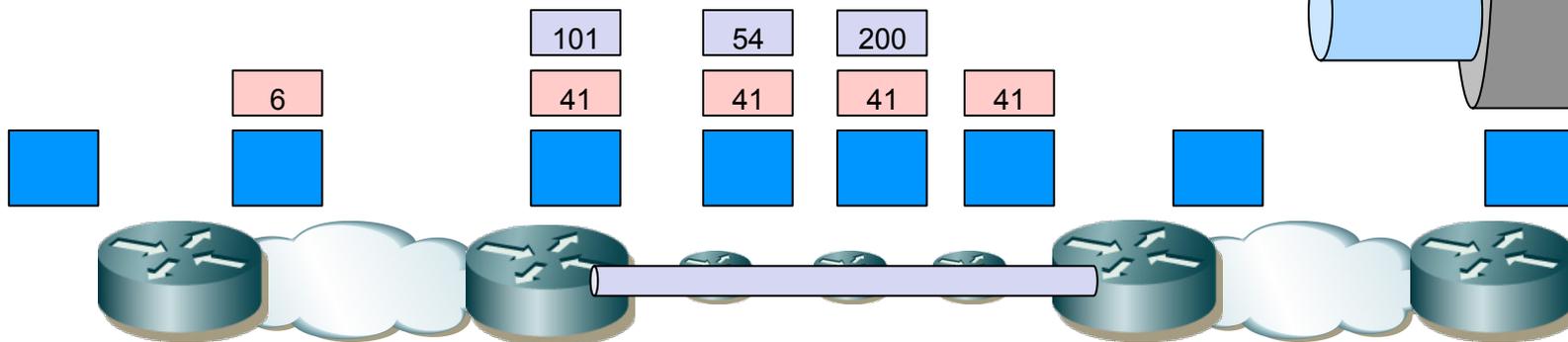
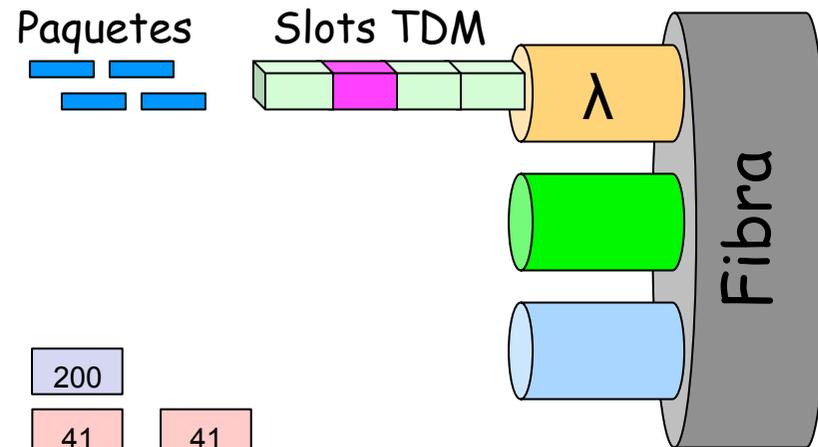
- LSPs MPLS son unidireccionales
- Se puede hacer bidireccional estableciendo dos LSPs, pero son independientes en el establecimiento
- Interesan LSPs bidireccionales (mismo camino) para que ambos sentido “compartan destino” (*fate sharing*) ante fallos
- Los servicios ofrecidos por redes de transporte suelen ser bidireccionales
- GMPLS añade soporte para establecimiento de LSPs bidireccionales



# Label Stacking

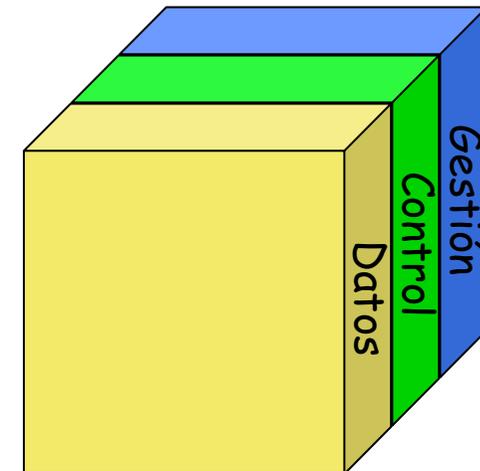
- MPLS permite hacer túneles de profundidad teóricamente ilimitada
- No es posible con redes de transporte donde la etiqueta está asociada a un recurso físico
- Por ejemplo, un LSP basado en una wavelength (wavelength es la etiqueta) si se transporta en otro LSP de wavelength no puede transportar ambas “etiquetas”
- Existe la posibilidad de hacer una jerarquía basada en los recursos físicos:

- Paquetes en slot TDM
- Slot TDM en wavelength
- Wavelength en fibra



# Planos

- En conmutación de paquetes el plano de control (señalización) y de datos pueden compartir enlaces (señalización en banda)
- En redes de transporte los nodos no pueden extraer la señalización del flujo de datos
- Conmutadores pueden no reconocer paquetes
- Por ejemplo, un optical cross-connect no puede hacer conversión OE para extraer de una wavelength mensajes de control
- Soluciones:
  - Canal de datos uso exclusivo para control (wavelength, slot, etc)
  - Emplear enlaces/redes independientes
  - Se puede usar *overhead bytes* (en TDM)
- Fallo de plano de datos ya no se detecta por dejar de recibir mensajes de control
- Mensajes de control necesitan hacer referencia a canales de datos (ya no está claro simplemente por ser compartidos)



# Control y señalización

- Entre *signaling controllers*
- Pueden estar separados de los conmutadores de datos
- Protocolo de control o gestión comunicará ambos
- MPLS inicialmente no fijaba el protocolo de señalización y aparecieron
  - CR-LDP
  - RSVP-TE
- RFC 3468 toma finalmente una decisión a favor de RSVP-TE