

MPLS y otras tecnologías WAN

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

Grado en Ingeniería en Tecnologías de
Telecomunicación, 3º

Temario

1. Introducción
2. Tecnologías LAN
- 3. Tecnologías WAN**
 1. Introducción
 2. PDH
 3. SDH
 4. ATM
 - 5. MPLS**
 - 6. Otros...**
4. Redes de acceso

Objetivos

- Conocer el concepto básico de la conmutación de etiquetas empleada en MPLS
- Conocer qué es un LSP y entender el apilamiento de etiquetas
- Conocer de forma básica qué añade GMPLS
- Conocer la existencia de Carrier Ethernet y los encapsulados Ethernet para ese escenario

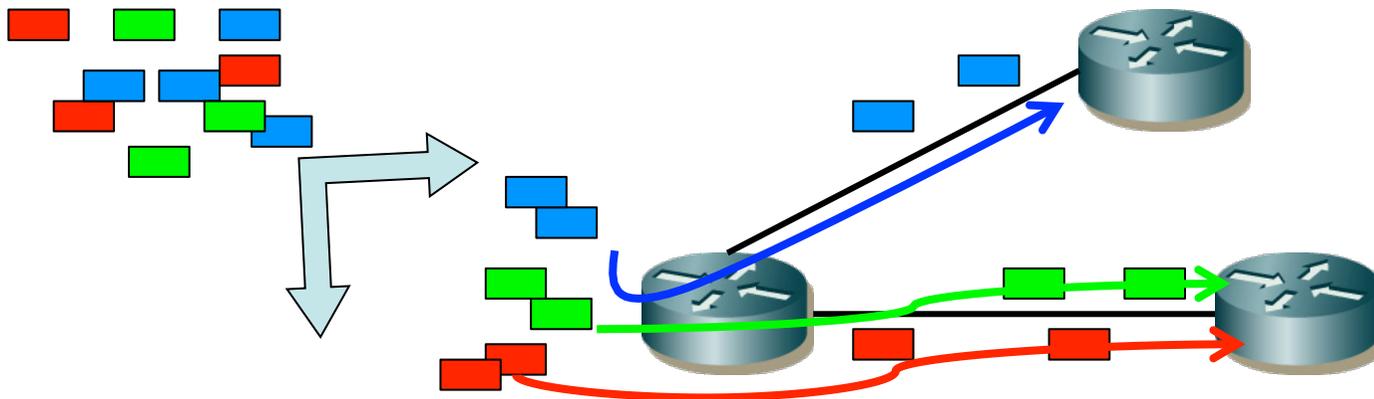
MPLS

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

Grado en Ingeniería en Tecnologías de
Telecomunicación, 3º

Forwarding IP

- Selección del siguiente salto está compuesto de:
 - Particionar el espacio de paquetes en “Forwarding Equivalence Classes (FECs)”
 - Hacer corresponder cada FEC con un siguiente salto
- Paquetes diferentes que pertenezcan al mismo FEC son indistinguibles respecto al proceso de reenvío
- Paquetes del mismo FEC en el mismo nodo seguirán el mismo camino

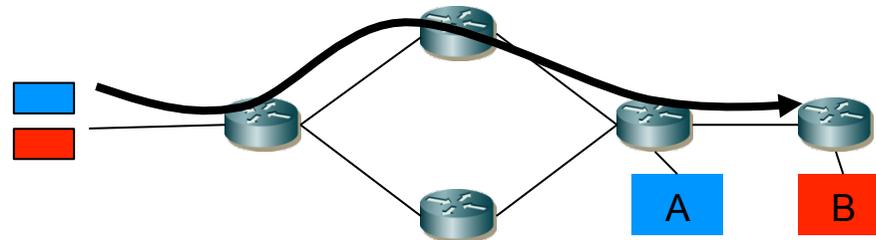


FEC

- *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

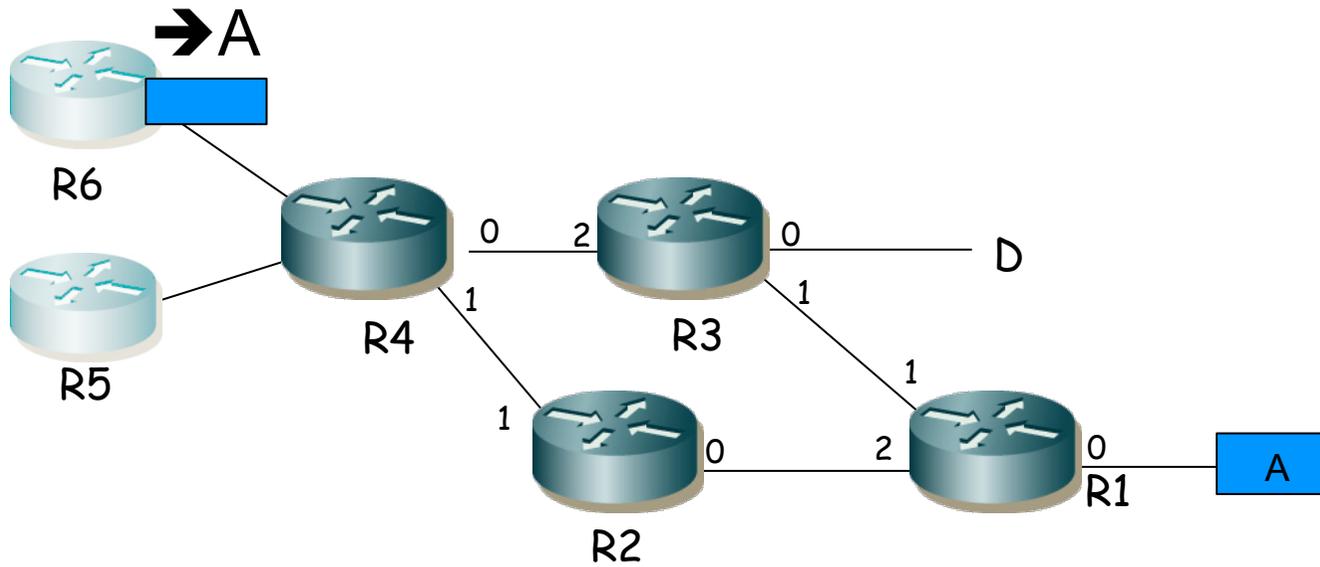
- *Forwarding Equivalence Class*
- Trafico clasificado en el mismo FEC en un nodo sigue el mismo camino
- En forwarding IP convencional
 - El FEC viene determinado por el longest prefix match
 - Cada salto reexamina y asigna el paquete a un FEC
- Problemas:
 - Longest prefix match era costoso (ahora no se hace en CPU)
 - Esas decisiones costosas se debían tomar en cada salto
 - Poco flexible pues se encaminaba solo en función del destino
 - Imposibilidad de elegir rutas alternativas, se deciden en base al menor coste de camino (SPF)
- (...)



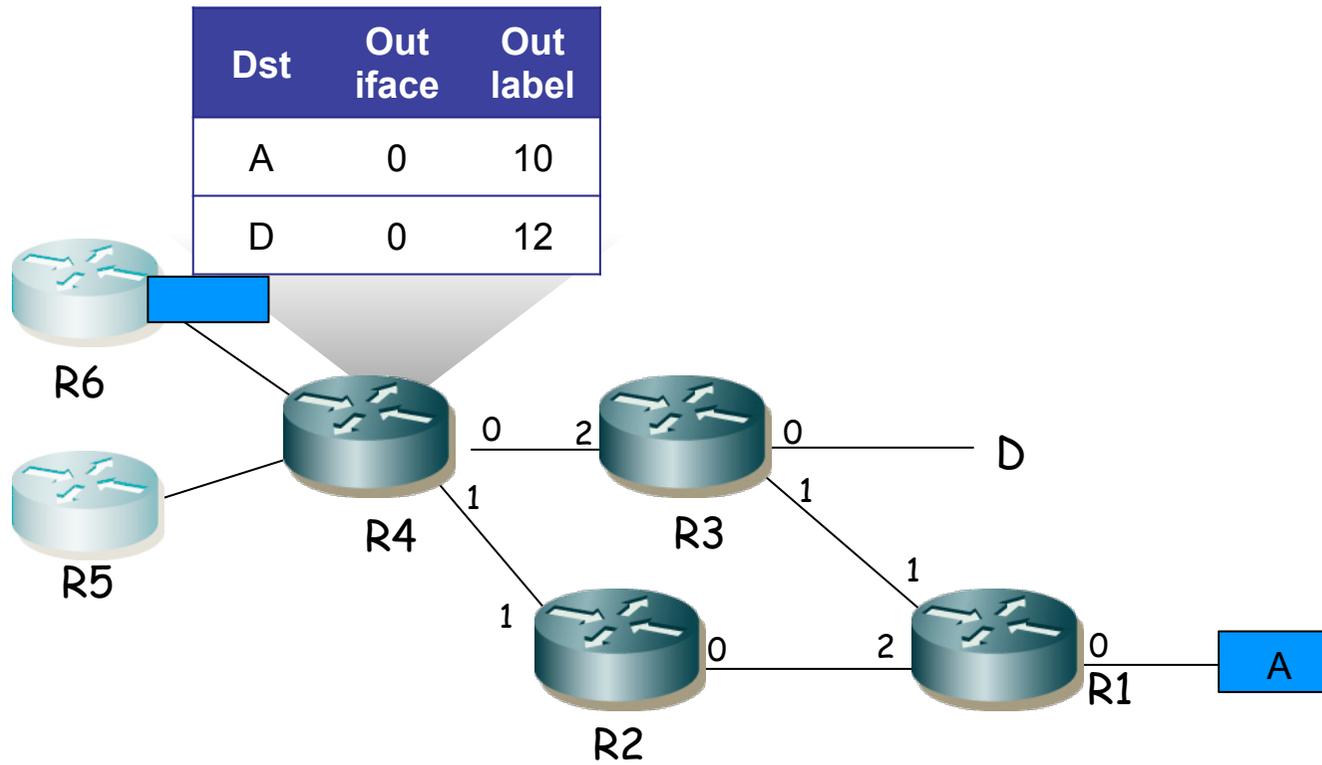
FEC

- *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)

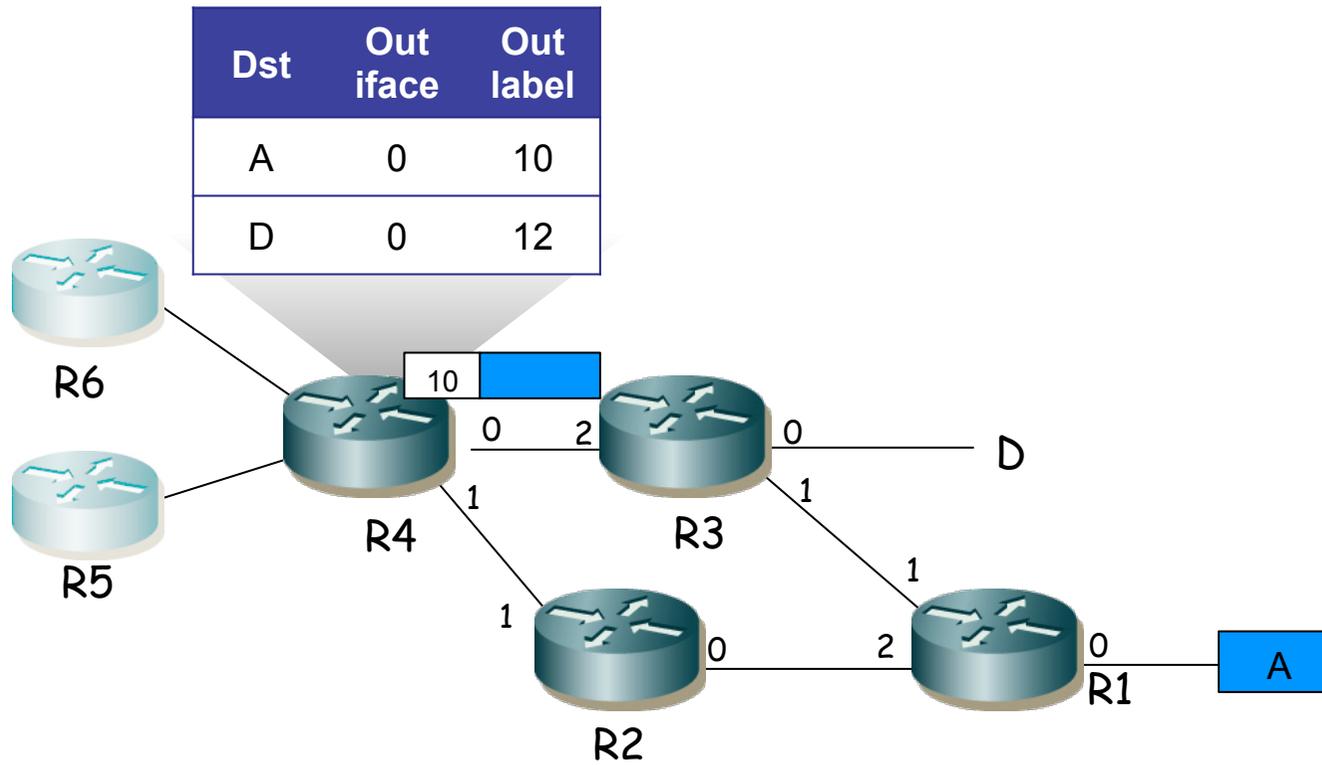
MPLS "forwarding"



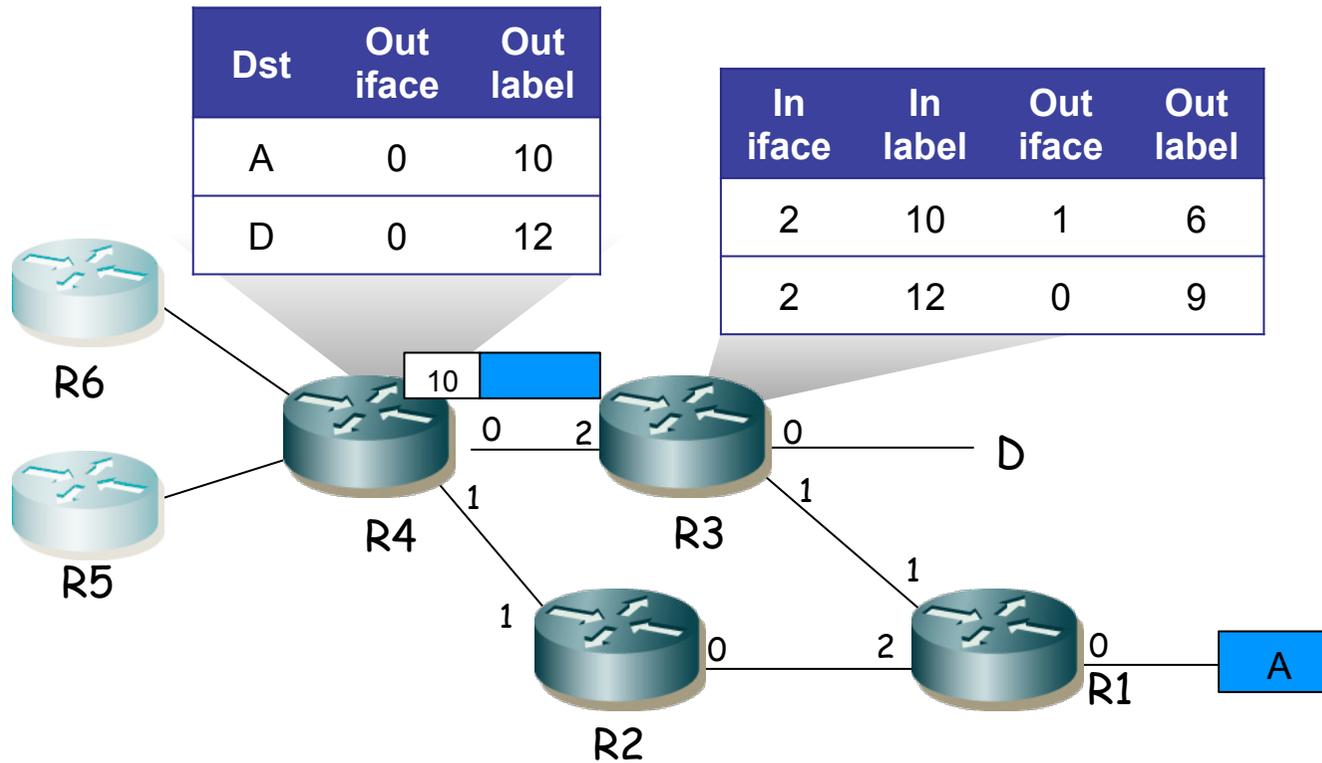
MPLS "forwarding"



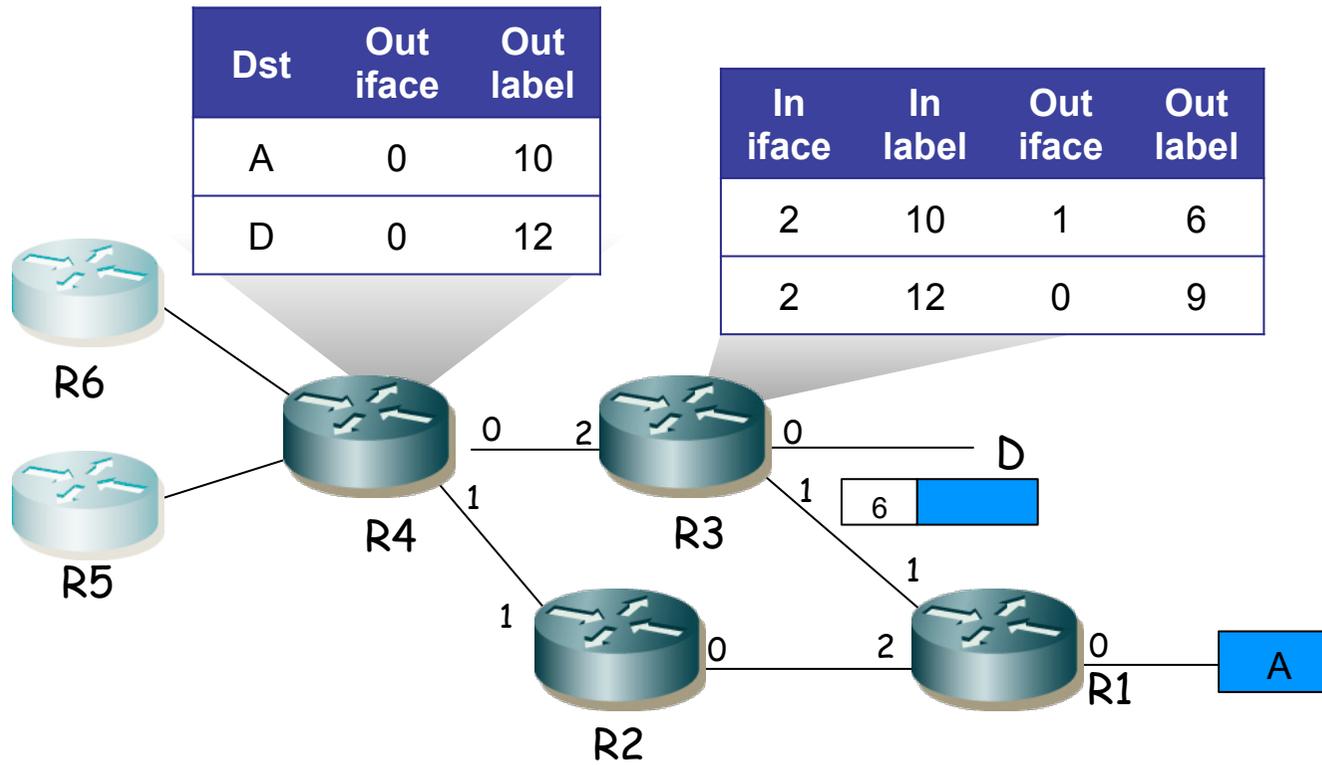
MPLS "forwarding"



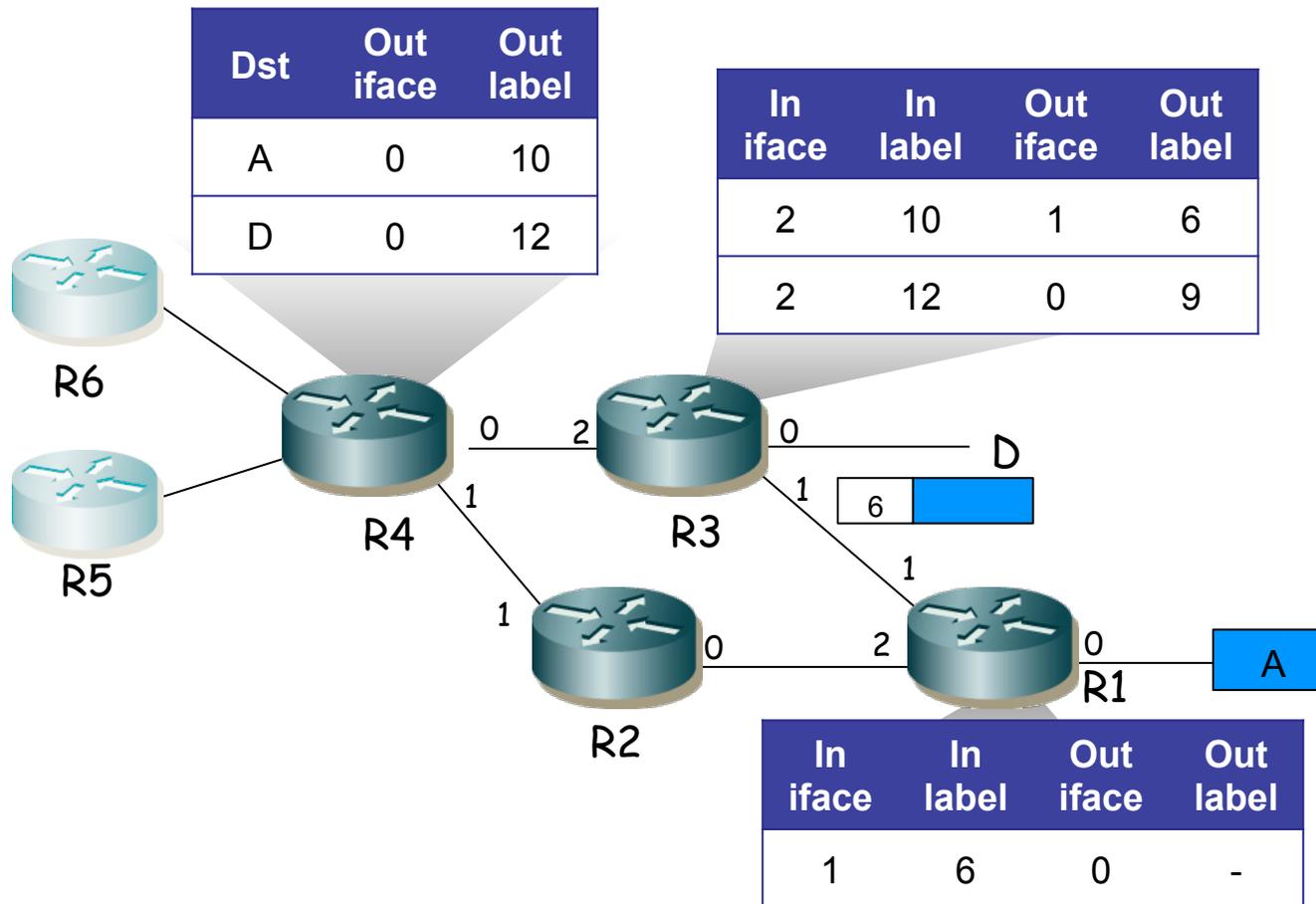
MPLS "forwarding"



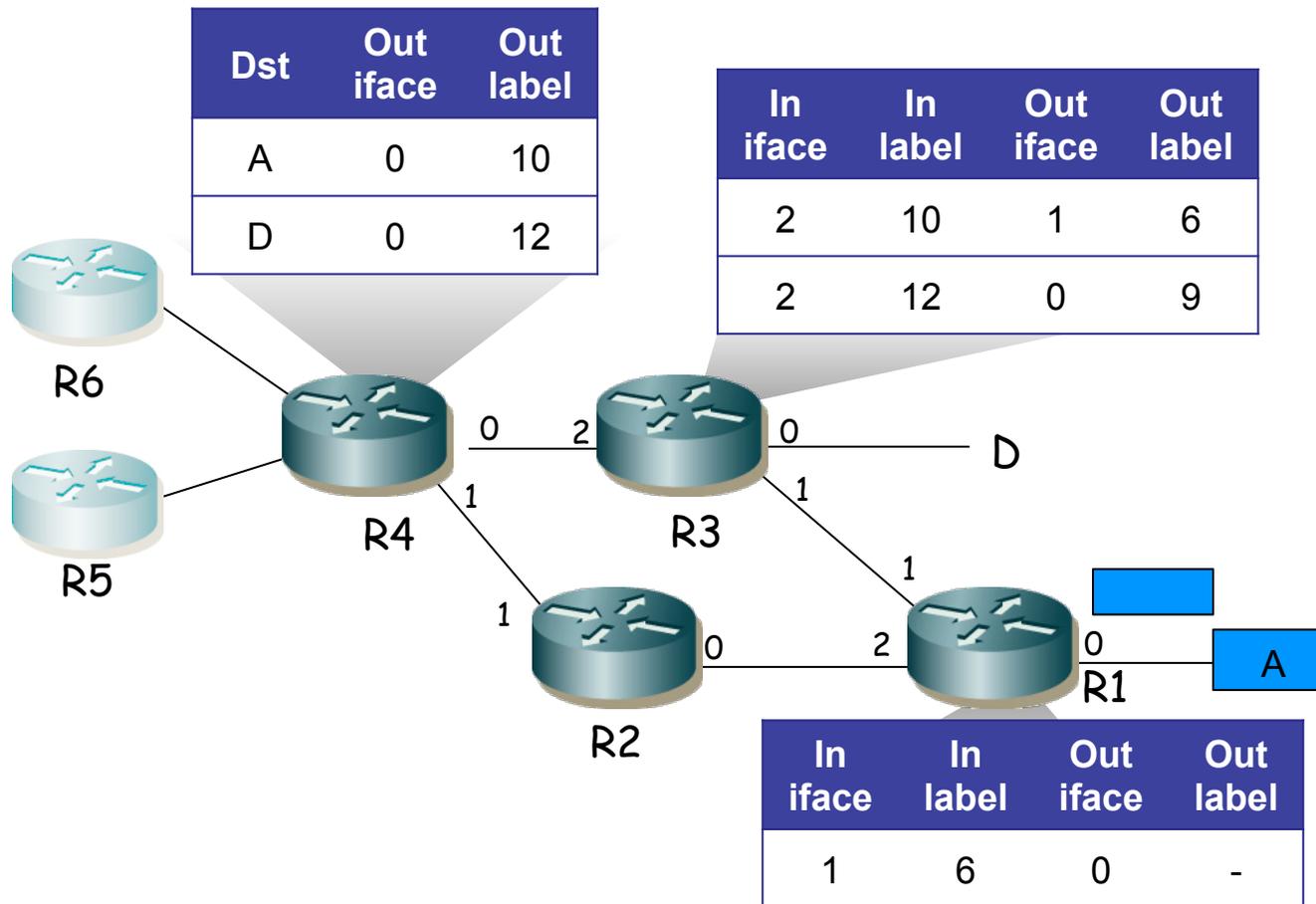
MPLS "forwarding"



MPLS "forwarding"

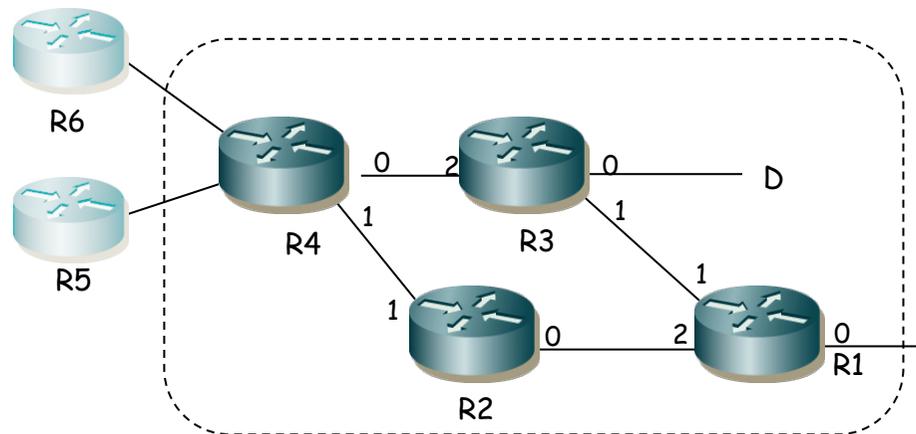


MPLS "forwarding"



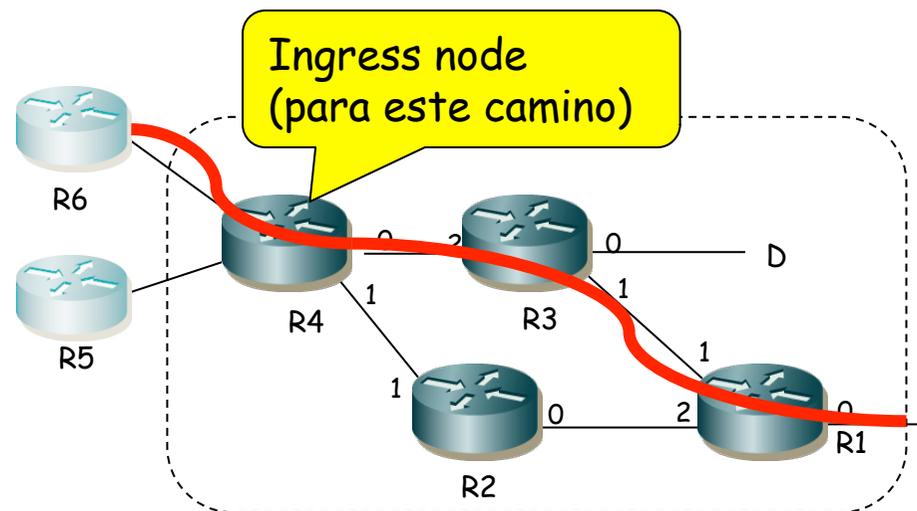
Terminología

- “MPLS domain”: conjunto contiguo de nodos MPLS bajo una misma administración
- (...)



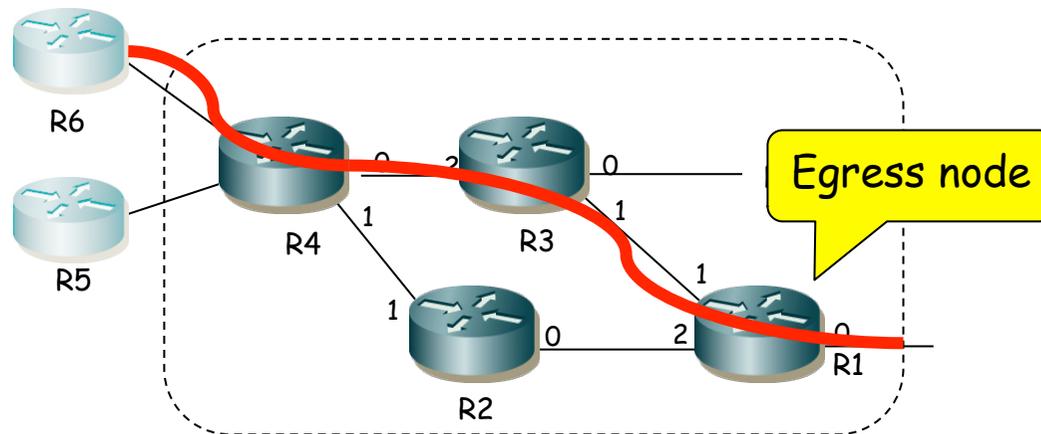
Terminología

- “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
- (...)



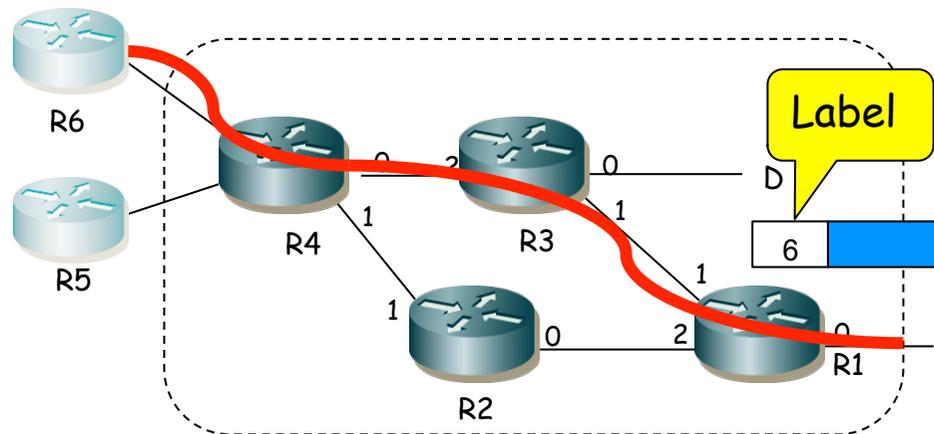
Terminología

- “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
- (...)



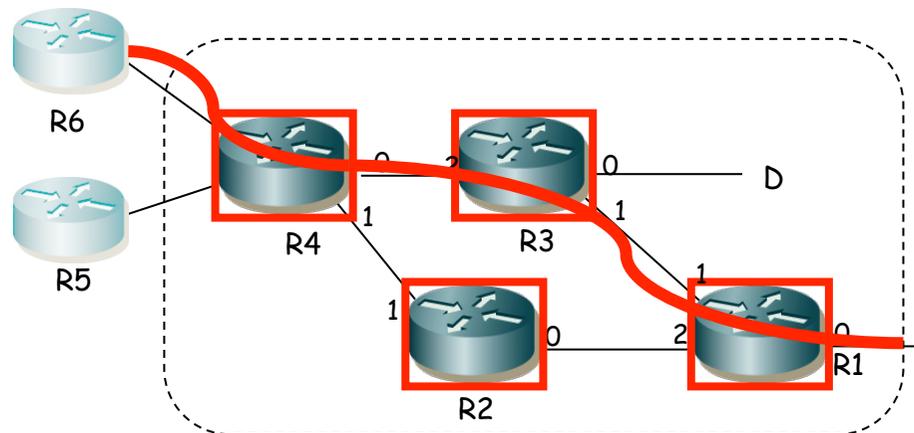
Terminología

- “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
- (...)



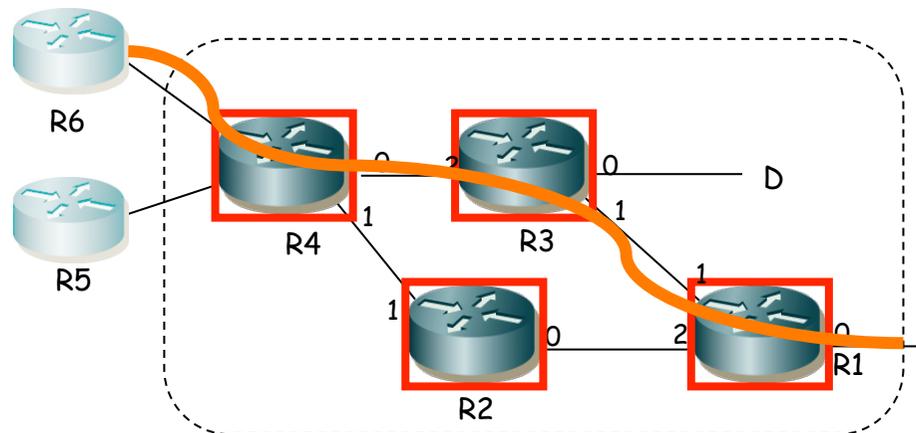
Terminología

- “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
- (...)



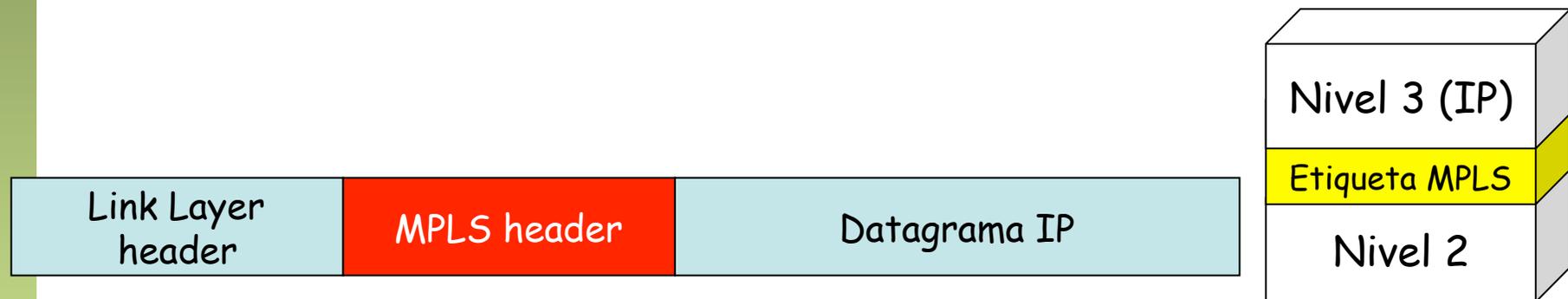
Terminología

- “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



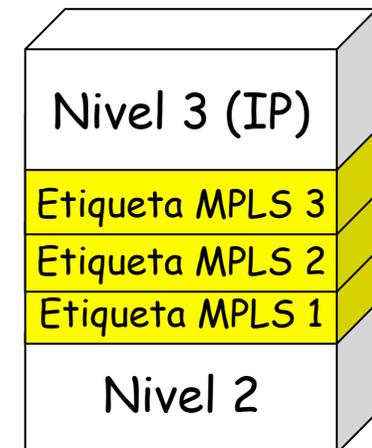
Label Stack

- La localización de la etiqueta depende de la tecnología que transporte los paquetes
- Una posibilidad es emplear un “*shim header*” entre cabecera del nivel de enlace y del protocolo transportado
- Hay otras opciones, por ejemplo si el transporte es sobre ATM se emplea el VPI/VCI como etiqueta
- A veces se dice que es una tecnología de nivel 2.5
- En realidad la etiqueta puede no ser única sino una “pila” de etiquetas (*label stack*) (...)



Label Stack

- La localización de la etiqueta depende de la tecnología que transporte los paquetes
- Una posibilidad es emplear un “*shim header*” entre cabecera del nivel de enlace y del protocolo transportado
- Hay otras opciones, por ejemplo si el transporte es sobre ATM se emplea el VPI/VCI como etiqueta
- A veces se dice que es una tecnología de nivel 2.5
- En realidad la etiqueta puede no ser única sino una “pila” de etiquetas (*label stack*) (...)
- El procesado se basa siempre en la etiqueta superior
- 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

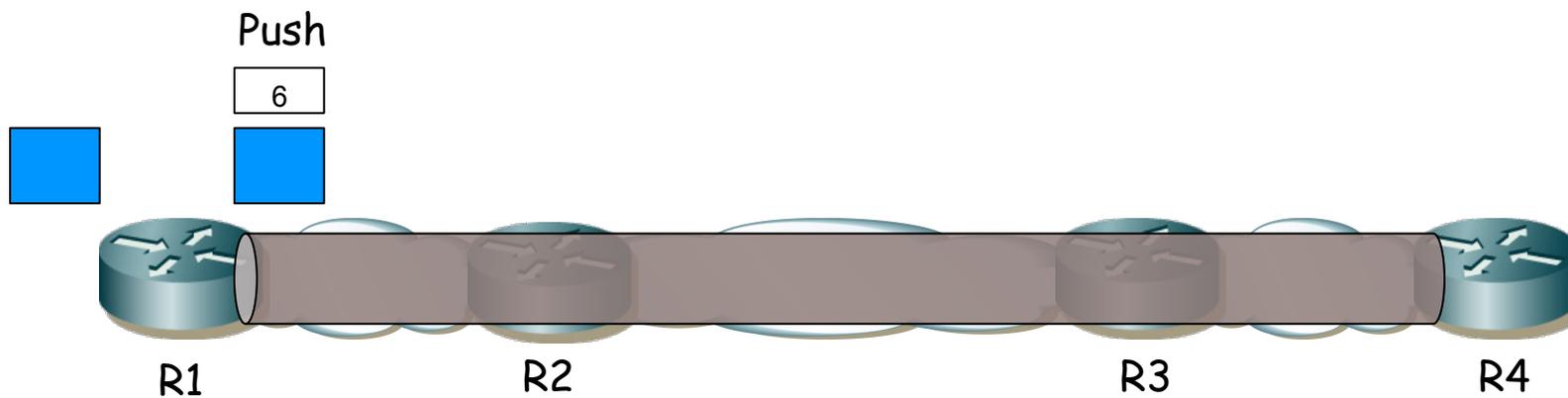
- Para asegurarse que un paquete vaya de un router Ru a otro Rd
- Cuando los routers no son adyacentes
- Ru por ejemplo encapsula el paquete IP dentro de otro paquete IP con dirección destino la de Rd
- Esto crea un túnel de Ru a Rd
- *“Hop-by-Hop Routed Tunnel”*: sigue camino salto a salto de Ru a Rd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

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”*

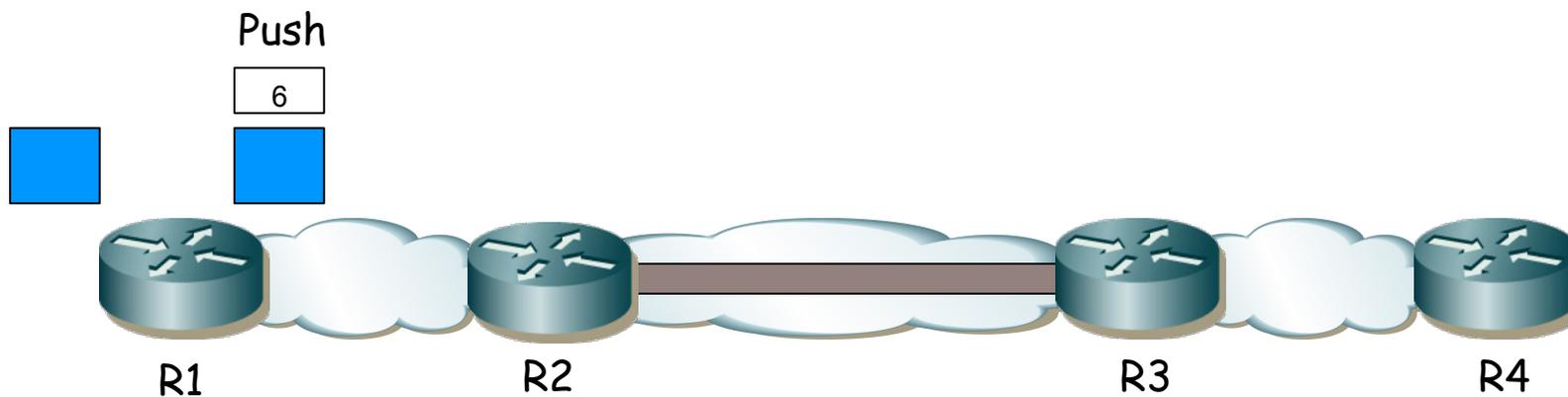
LSP Tunnels dentro de LSPs

- Por ejemplo LSP <R1, R2, R3, R4>
- R1 recibe paquetes sin etiquetar y les añade una etiqueta
- (...)



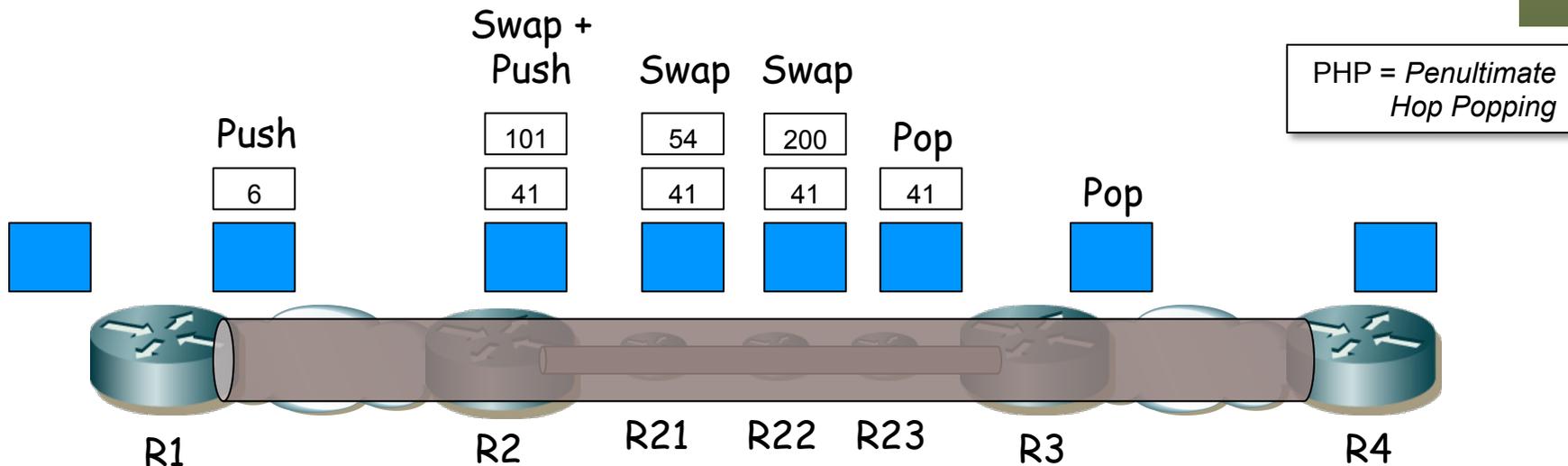
LSP Tunnels dentro de LSPs

- 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 (... ..)



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

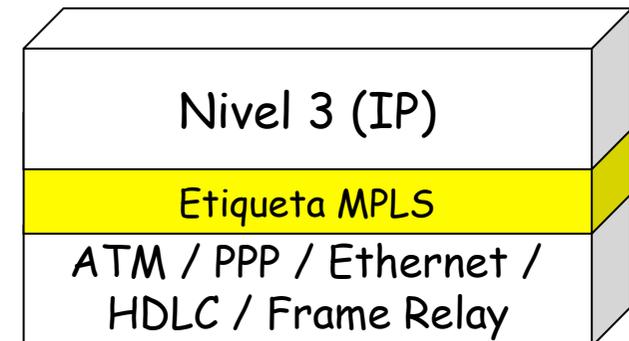


Distribución y control de etiquetas

- 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*

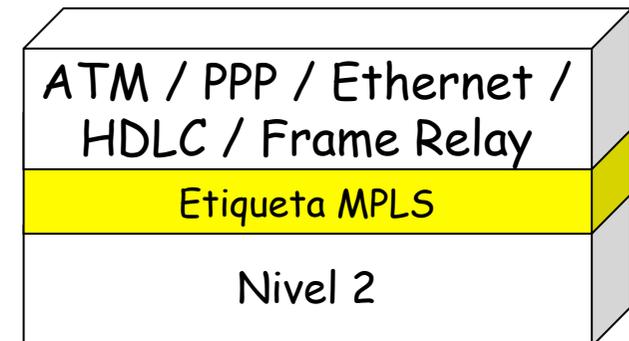
Transporte de MPLS

- 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...



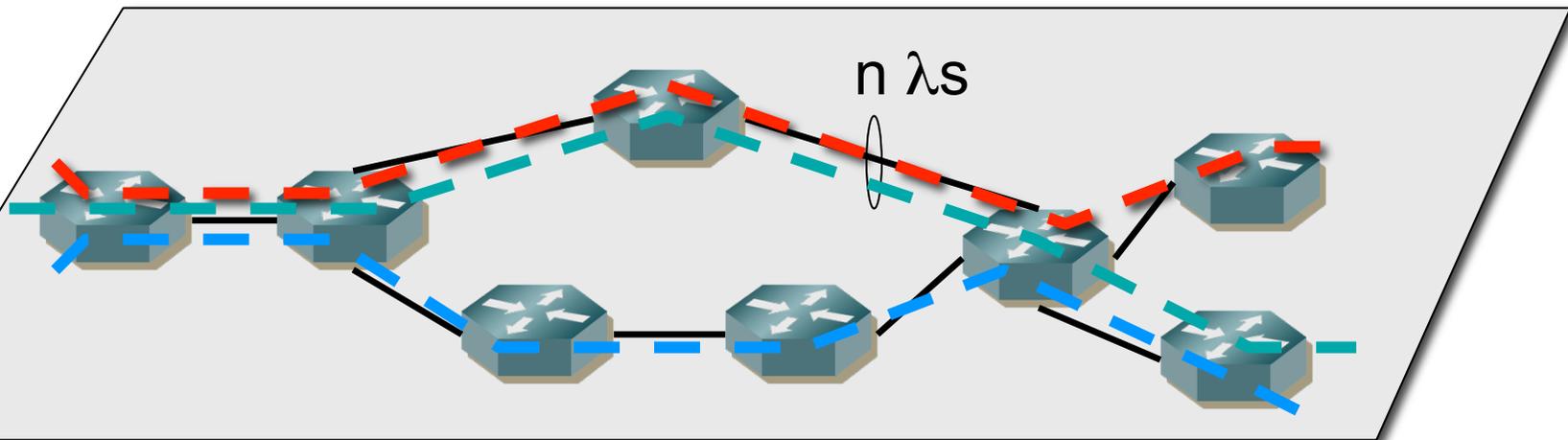
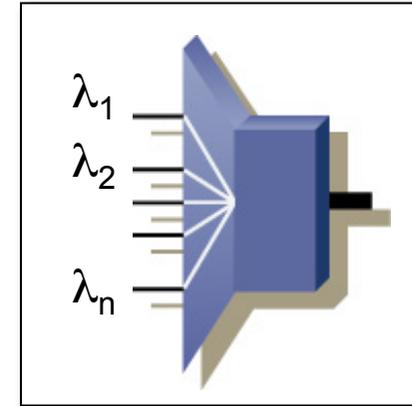
GMPLS

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

Grado en Ingeniería en Tecnologías de
Telecomunicación, 3º

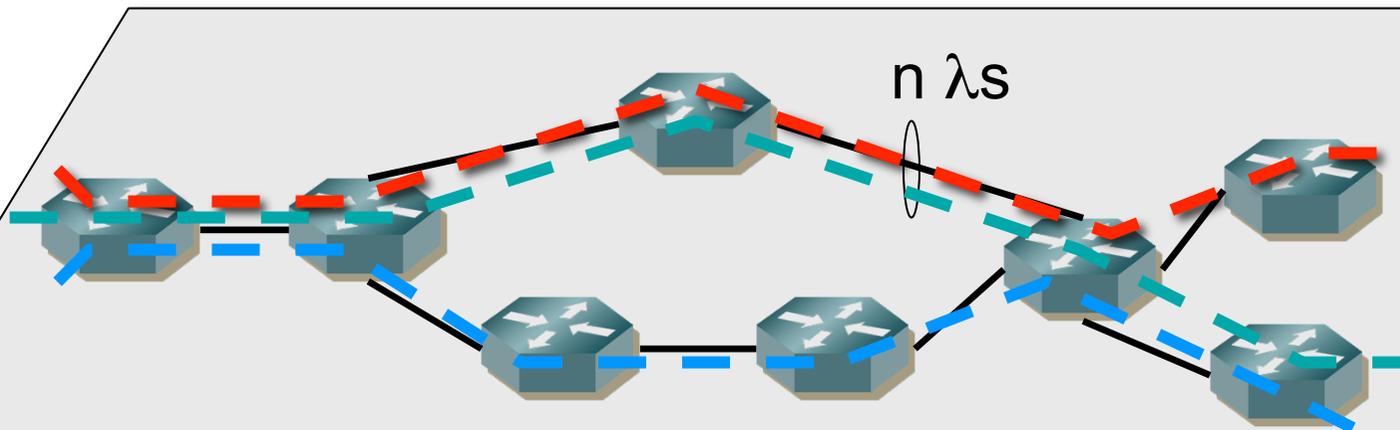
Lightpaths

- 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 λ 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

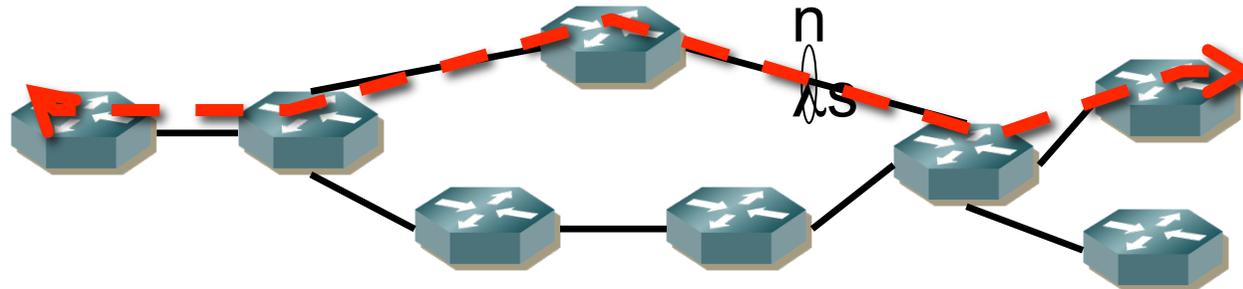
- PSC
 - *Packet Switch Capable*
 - MPLS routers
 - Identifican paquetes y los conmutan independientemente
- LSC
 - Lambda Switch Capable
 - Un optical cross connect
 - Extrae wavelenghts independientes y las conmuta
 - No es capaz de “mirar” dentro de las mismas, trabaja solo en nivel fotónico
- TDMC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

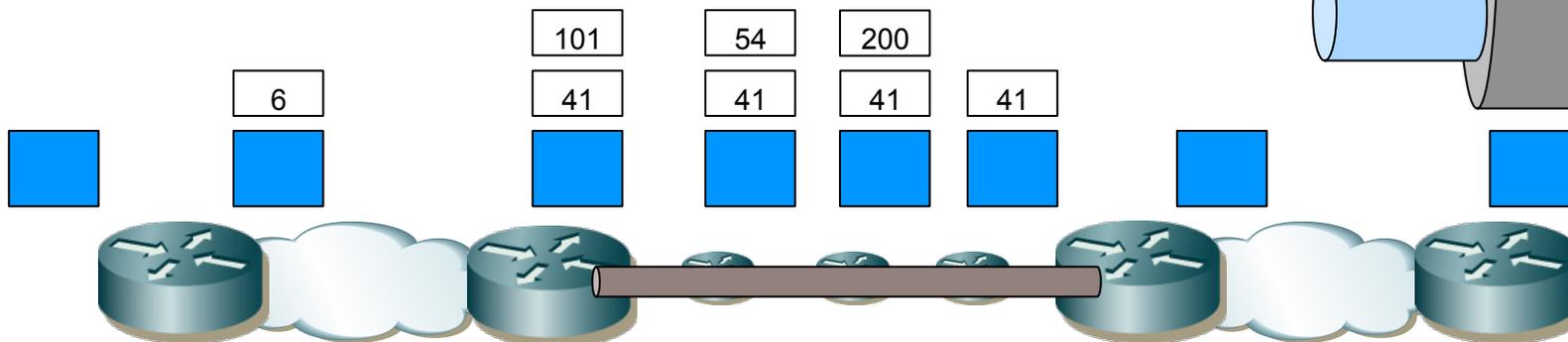
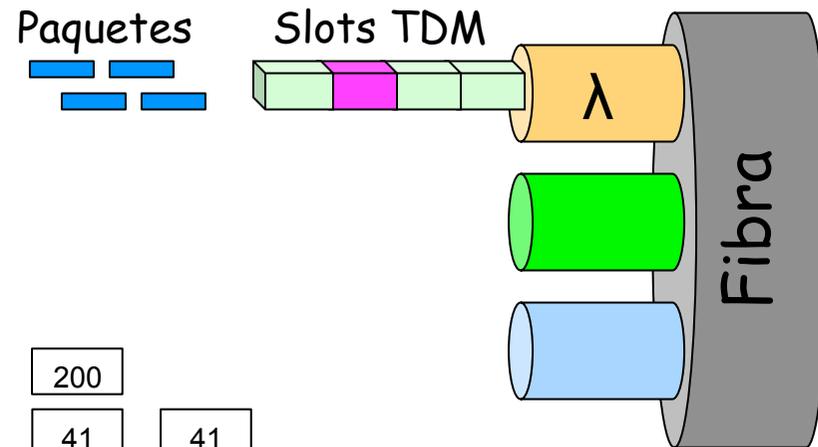
- LSPs MPLS son unidireccionales
- Se puede hacer bidireccional estableciendo dos LSPs, pero son independientes en el establecimiento
- Interesan LSPs bidireccionales para que ambos sentido “compartan destino” (*fate sharing*) antes fallos
- Los servicios ofrecidos por redes de transporte suelen ser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



Label Stacking

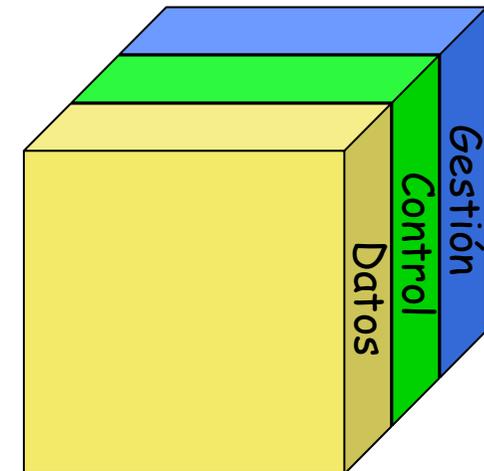
- MPLS permite hacer túneles de profundidad teóricamente ilimitada
- No es posible con redes de transporte donde la etiqueta está asociada a un recurso físico
- Por ejemplo, un LSP basado en una wavelength (wavelength es la etiqueta) si se transporta en otro LSP de wavelength no puede transportar ambas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

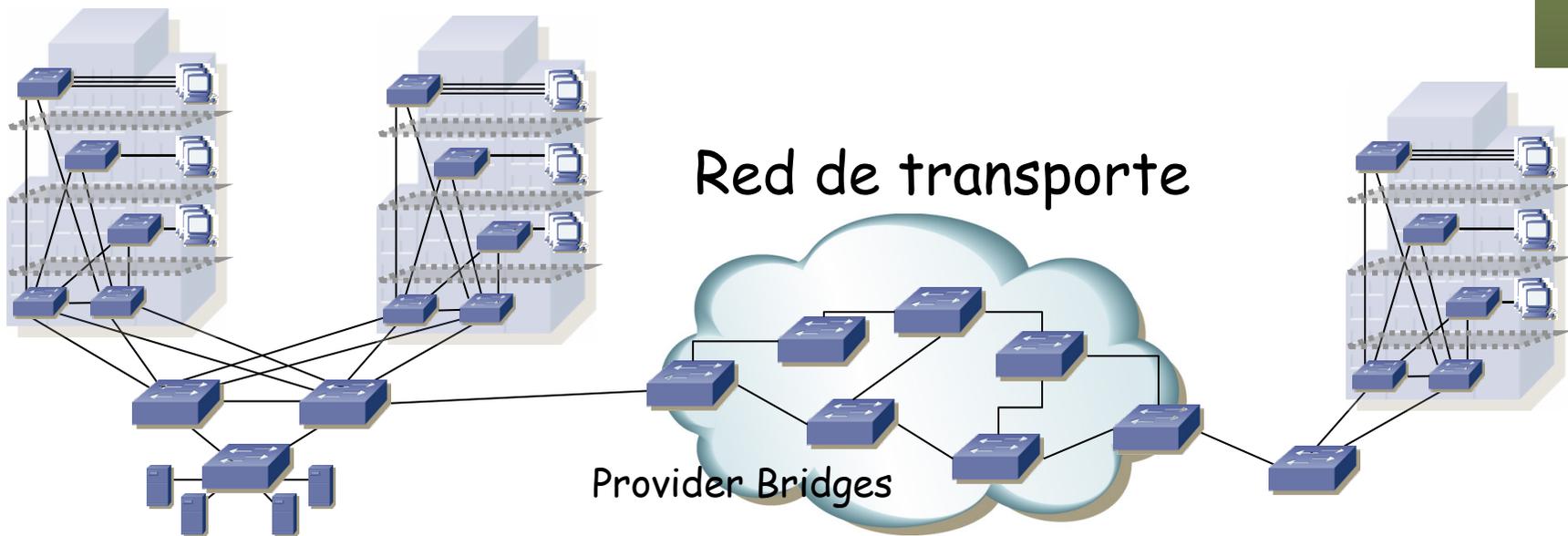
Ethernet como transporte

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

Grado en Ingeniería en Tecnologías de
Telecomunicación, 3º

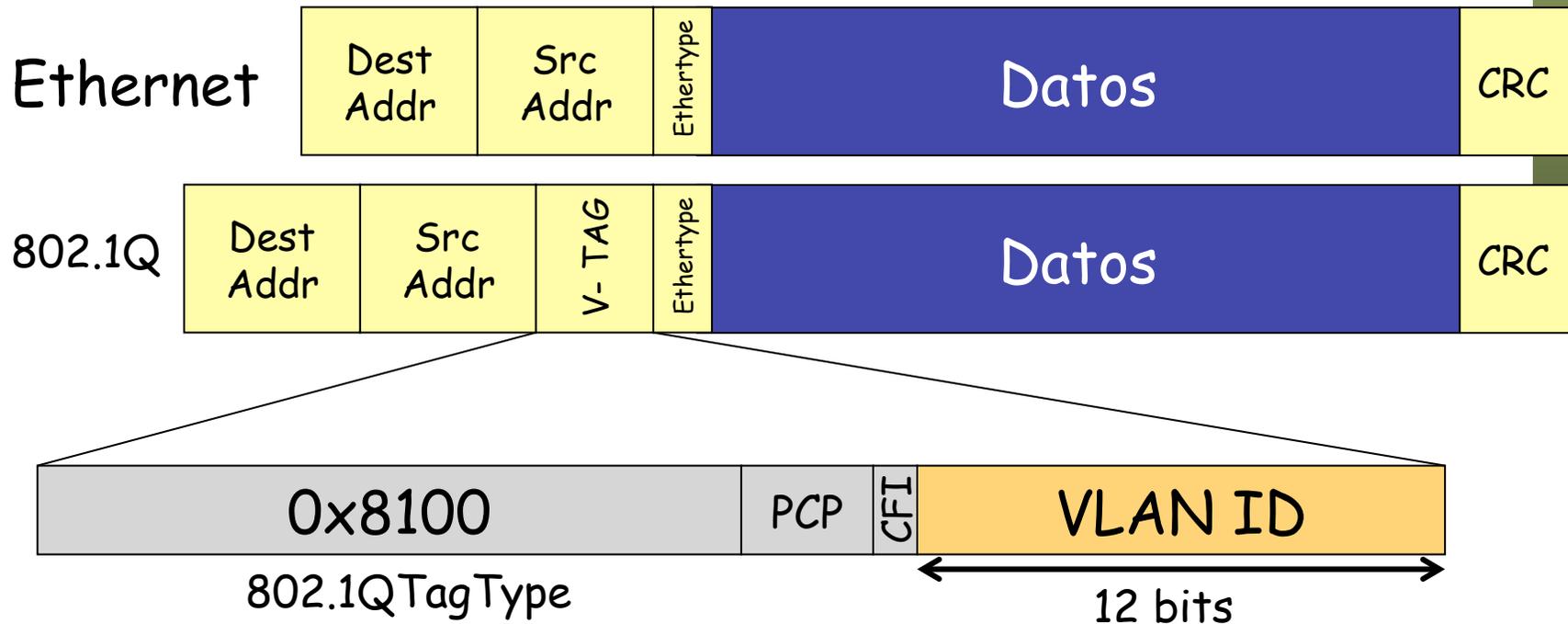
Provider Bridges

- El objetivo es que un proveedor pueda transportar tráfico Ethernet mediante una MAN/WAN Ethernet (...)
- (...)



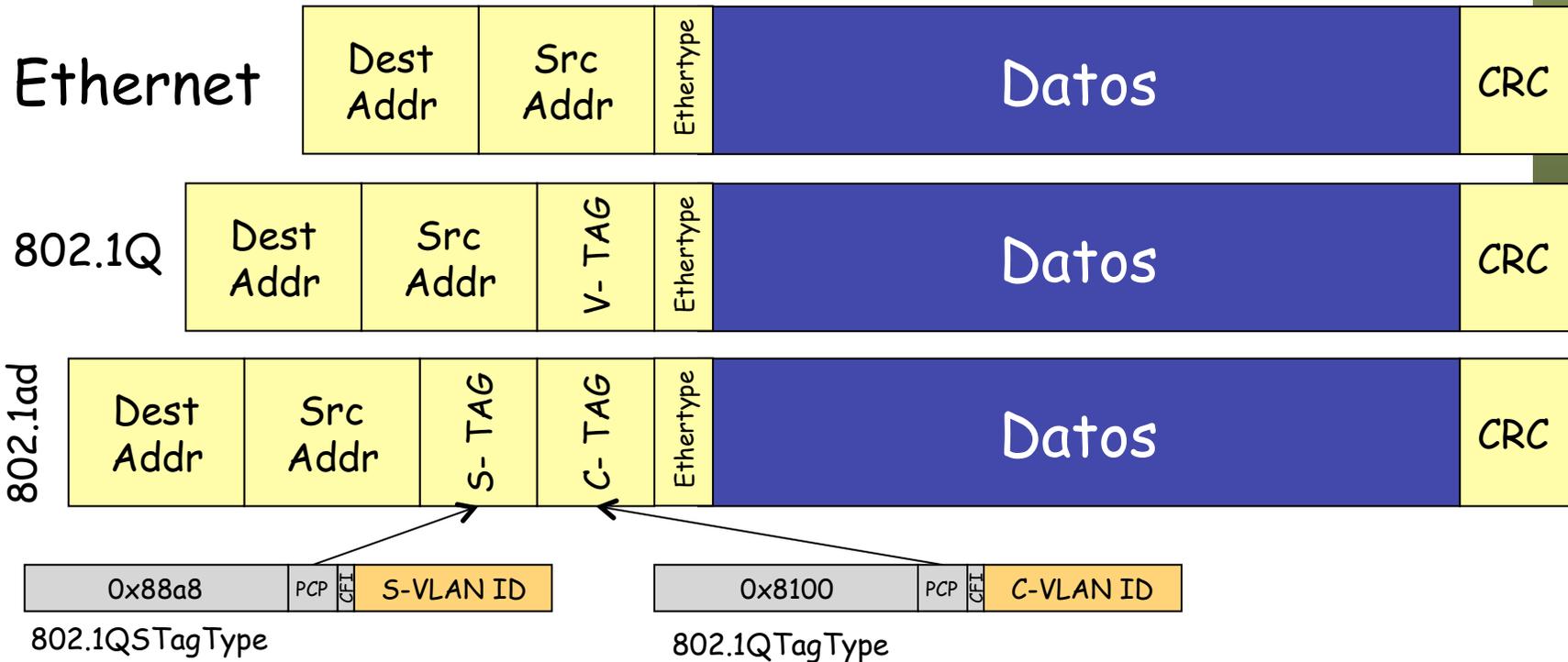
Provider Bridges

- El objetivo es que un proveedor pueda transportar tráfico Ethernet mediante una MAN/WAN Ethernet (...)
- Con 802.1Q el proveedor puede emplear tags de VLAN para diferenciar usuarios
- Pero esto impide transportar tráfico *tagged*
- 802.1ad (modificación a 802.1Q-2005) permite diferenciar entre las VLANs del cliente (C-VLAN) y las del servicio (S-VLAN) (...)



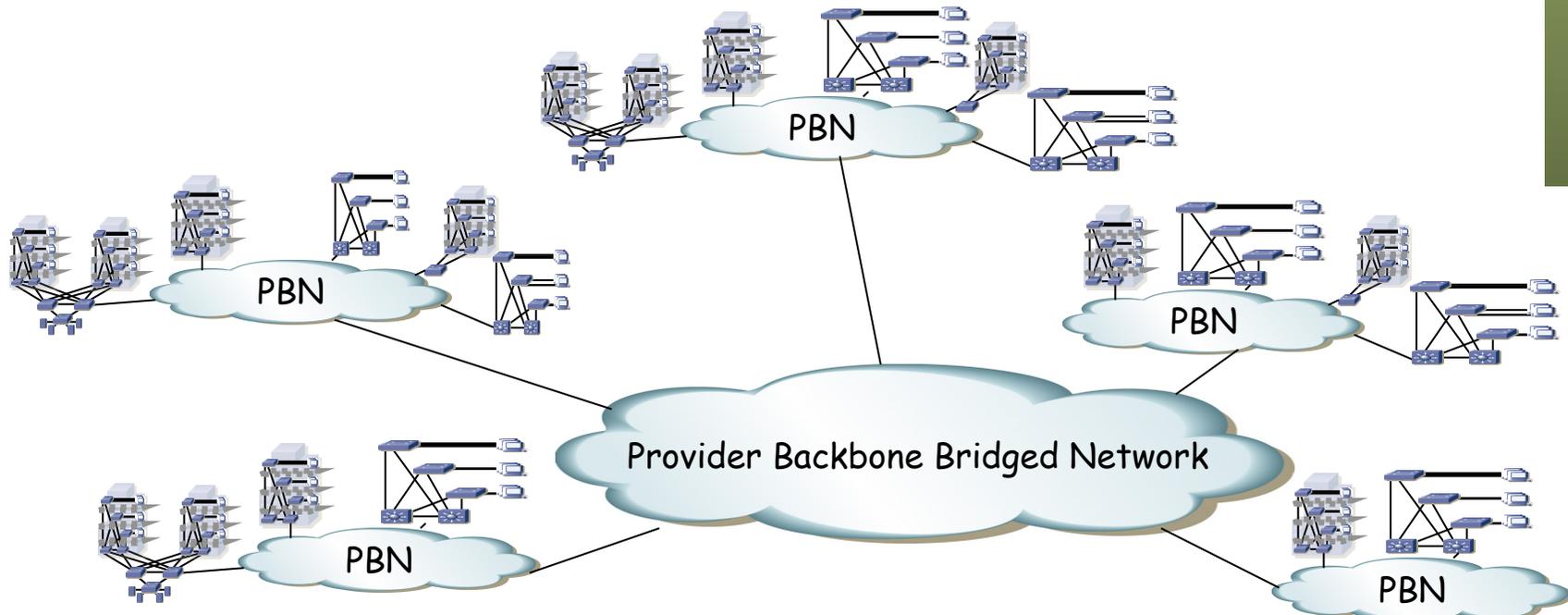
Provider Bridges

- El objetivo es que un proveedor pueda transportar tráfico Ethernet mediante una MAN/WAN Ethernet (...)
- Con 802.1Q el proveedor puede emplear tags de VLAN para diferenciar usuarios
- Pero esto impide transportar tráfico *tagged*
- 802.1ad (modificación a 802.1Q-2005) permite diferenciar entre las VLANs del cliente (C-VLAN) y las del servicio (S-VLAN) (...)



Problemas y evolución

- 802.1ad implica que los puentes del proveedor ven gran número de direcciones MAC
- Solo permite 4094 clientes simultáneos
- 802.1ah (modifica 802.1Q-2005): “*Provider Backbone Bridges*”
- Posibilita conectar PBNs (*Provider Bridged Networks*) a través de una PBBN (*Provider Backbone Bridged Network*) (...)



PBBNs

- Se define el Backbone Service Instance Tag (I-TAG) (... ..)

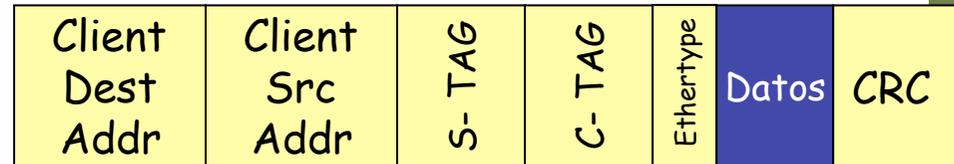
Ethernet



802.1Q



802.1ad



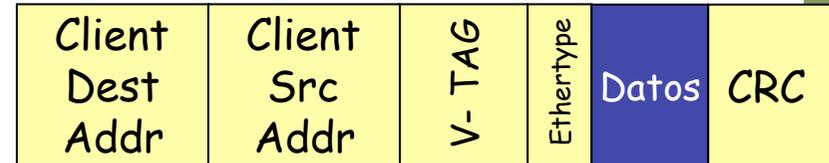
PBBNs

- Se define el Backbone Service Instance Tag (I-TAG) (... ..)

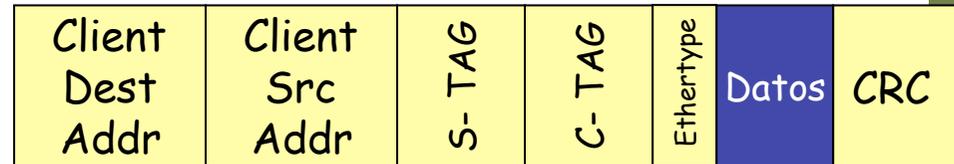
Ethernet



802.1Q



802.1ad



802.1ah



PBBNs

- Se define el Backbone Service Instance Tag (I-TAG) (... ..)
- Se encapsula la trama Ethernet 802.1ad dentro de otra:
 - B-TAG: *Backbone VLAN tag* (idéntico a un S-TAG)
 - I-SID: *Backbone Service Identifier* (24 bits)
 - C-DA: *Encapsulated Customer Destination Address*. La dirección MAC destino de la trama encapsulada (Client Dest Addr en la figura)
 - C-SA: *Encapsulated Customer Source Address*. La dirección MAC origen de la trama encapsulada (Client Src Addr en la figura)
- Direcciones MAC origen y destino son de los equipos frontera de la PBBN
- Los conmutadores de la PBBN NO ven las direcciones MAC de los equipos de cliente (van encapsuladas)

802.1ah



802.1QITagType →

Traffic Engineering

- 802.1Qay-2009 “Provider Backbone Bridge Traffic Engineering”, amendment a 802.1Q-2005 (¡ 802.1Q-2011 tiene ya 1365 páginas !)
- Define funcionamiento de Ethernet *orientado a conexión* usando trama PBB
- Para ello se crearían *Ethernet Switched Paths* (ESPs) desde el plano de gestión (un agente externo configura switches)
- Un ESP es como un LSP, es también unidireccional
- El camino viene identificado por las direcciones origen y destino del ESP y el identificador de VLAN del B-TAG (serían la etiqueta)
- La etiqueta NO cambia en el camino, manteniendo el funcionamiento del plano de datos de Ethernet
- El ESP puede ser punto-a-punto o punto-a-multipunto (entonces la dirección destino es una dirección MAC de grupo)
- Desactiva el *learning* para esos VLANs y descarta tramas en esa VLAN con destino desconocido
- Posibilita servicios tipo *Carrier Ethernet* (<http://metroethernetforum.org>)

Resumen

- MPLS conmuta en función de etiquetas
- Permite especificar el camino para los LSPs
- Se pueden transportar unos LSPs dentro de otros
- GMPLS es extender esto a escenarios de conmutación de circuitos
- y Ethernet empieza a ofrecer esta conmutación de etiquetas y especificar el camino mediante *Carrier Ethernet*