

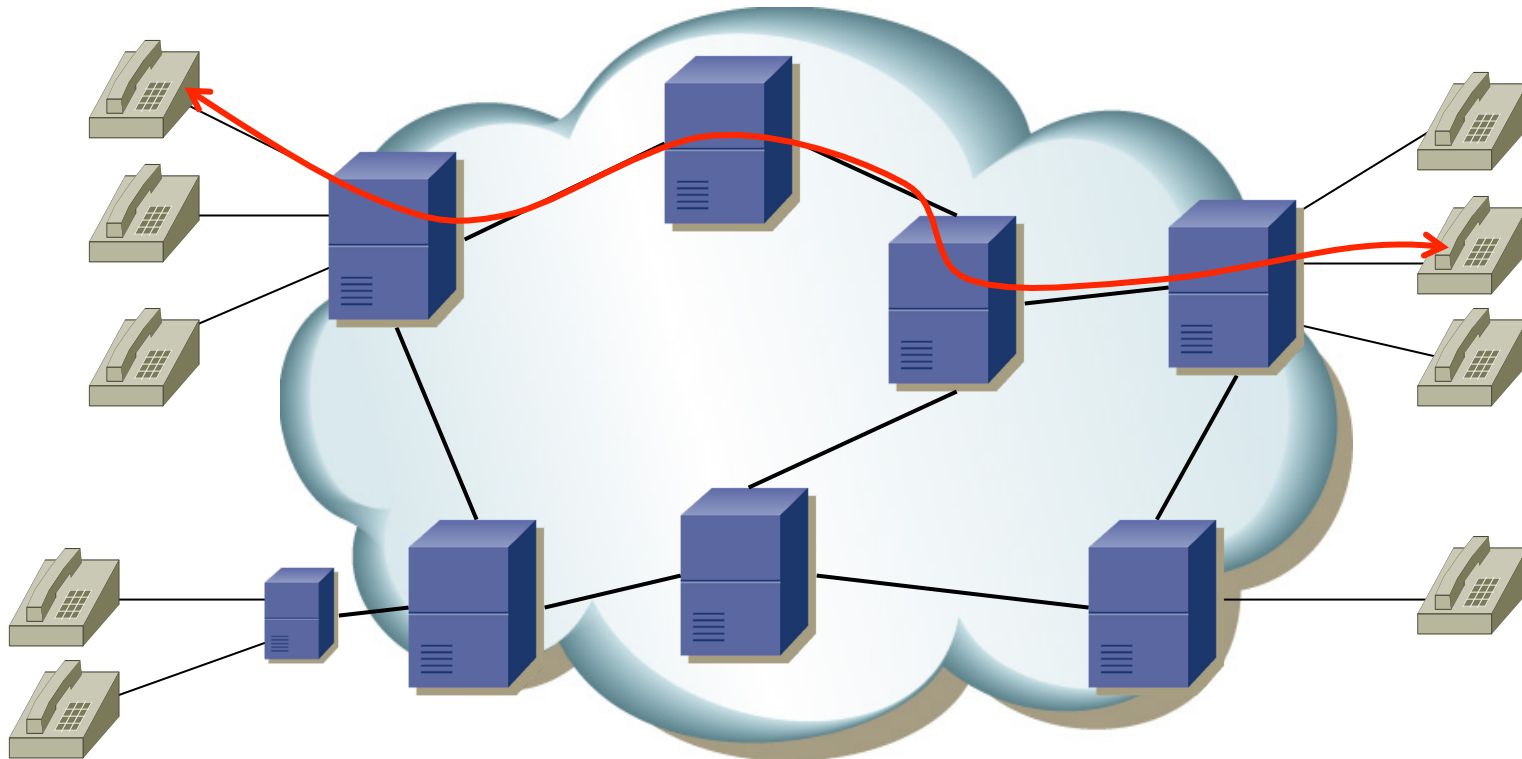
WANs

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

Redes
4º Ingeniería en Informática

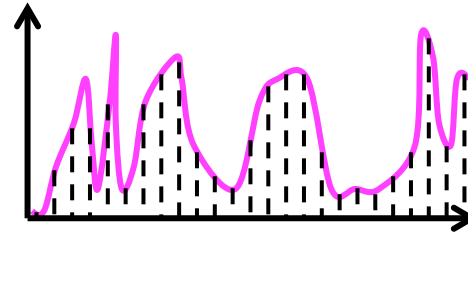
Servicio telefónico

- *PSTN = Public Switched Telephone Network*
- Primera WAN
- (...)

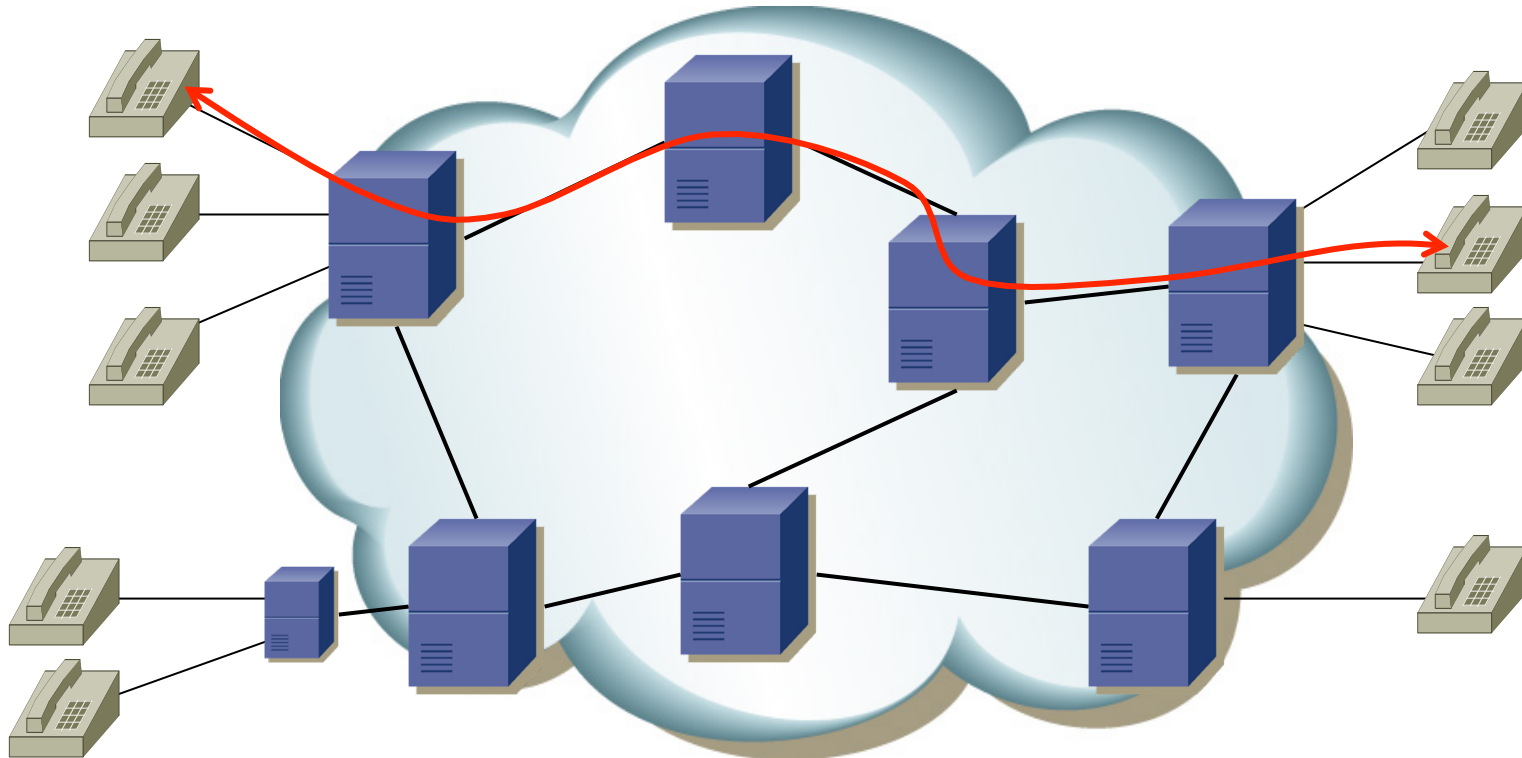


Servicio telefónico

- Señal de voz → flujo binario
E0 (DS0) : 64Kbps

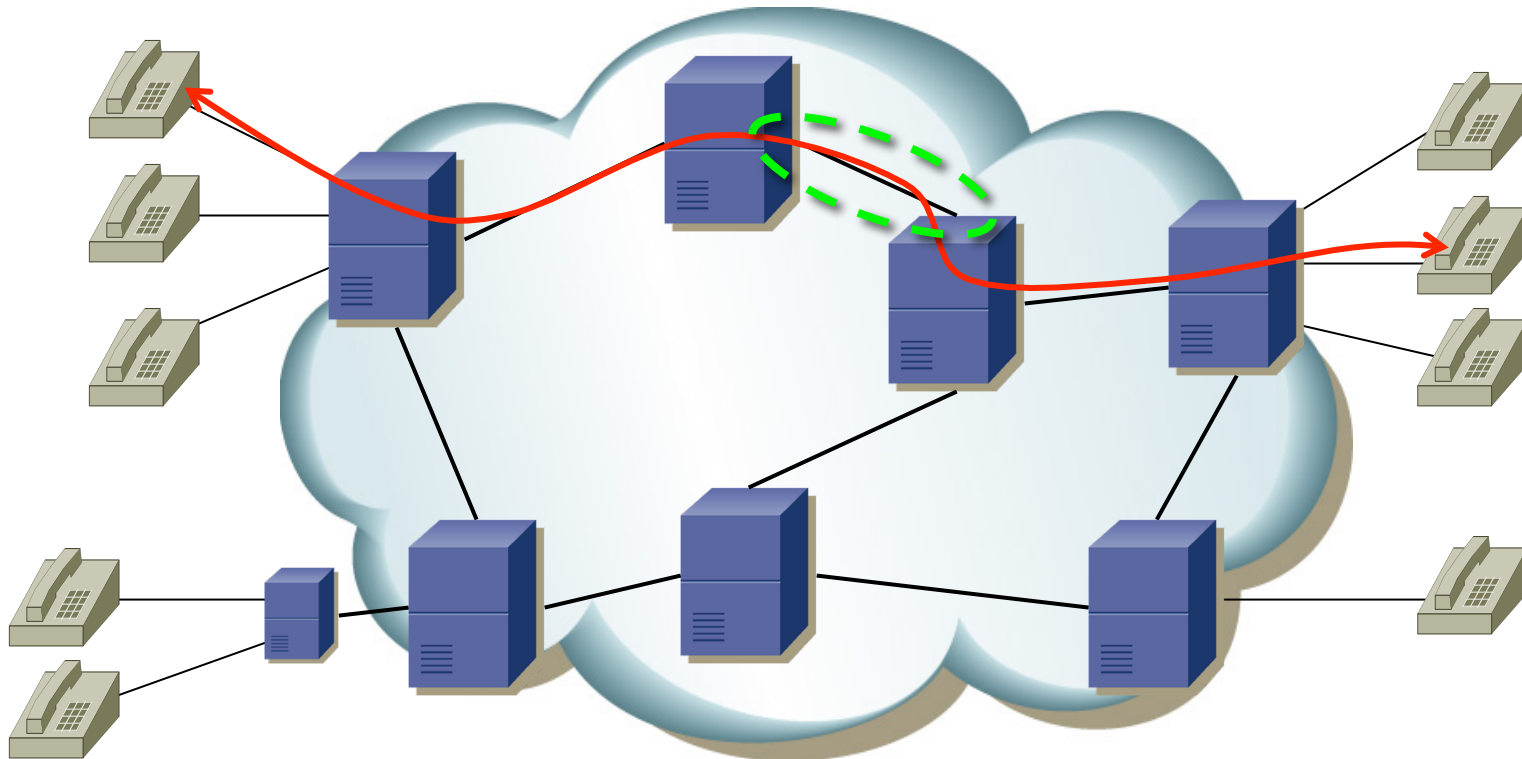


...100010001010101010110100110100100110



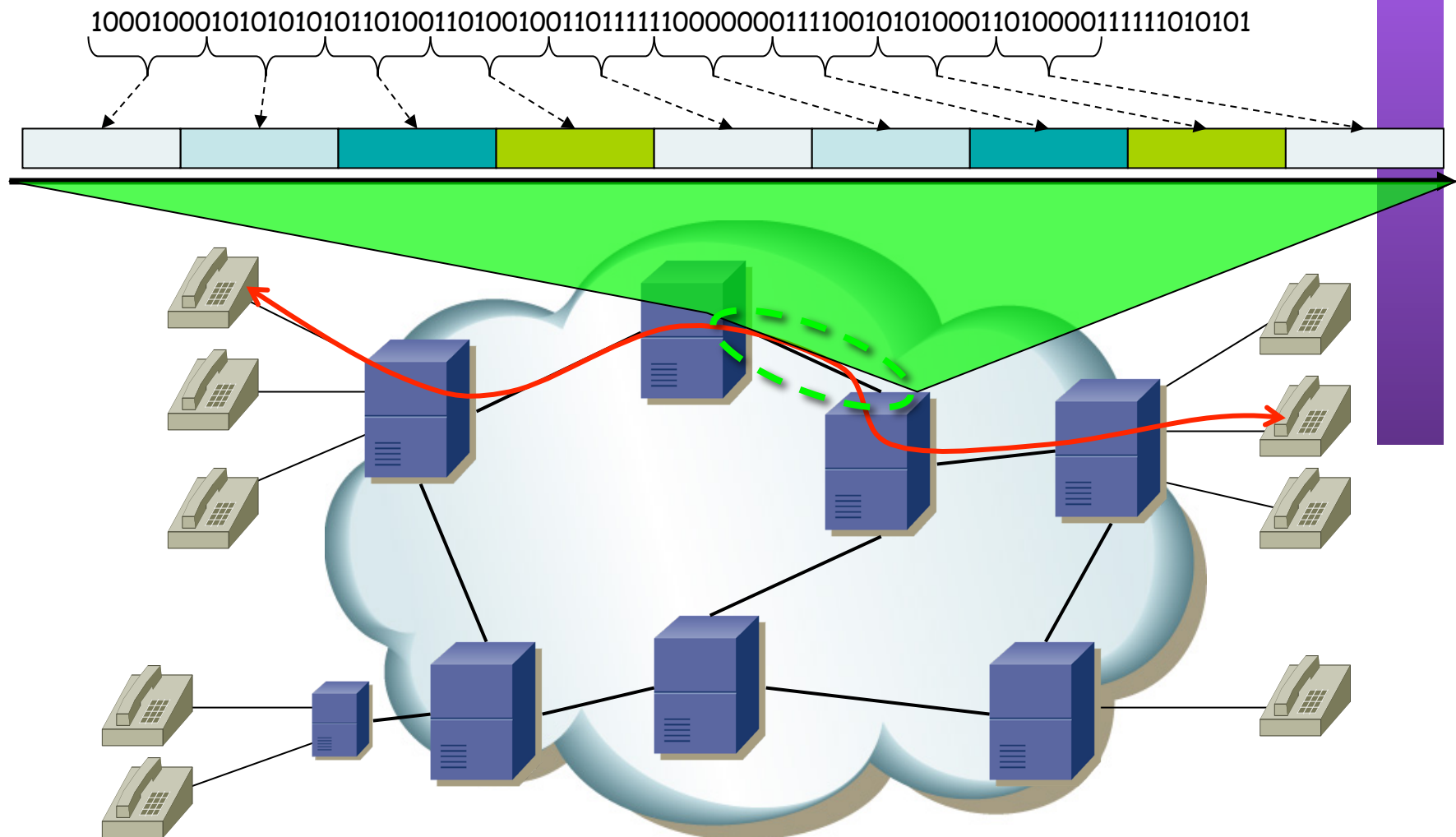
Servicio telefónico

- Red de conmutación de circuitos
- Multiplexación de múltiples llamadas en las líneas troncales entre centrales (conmutadores telefónicos)



Servicio telefónico

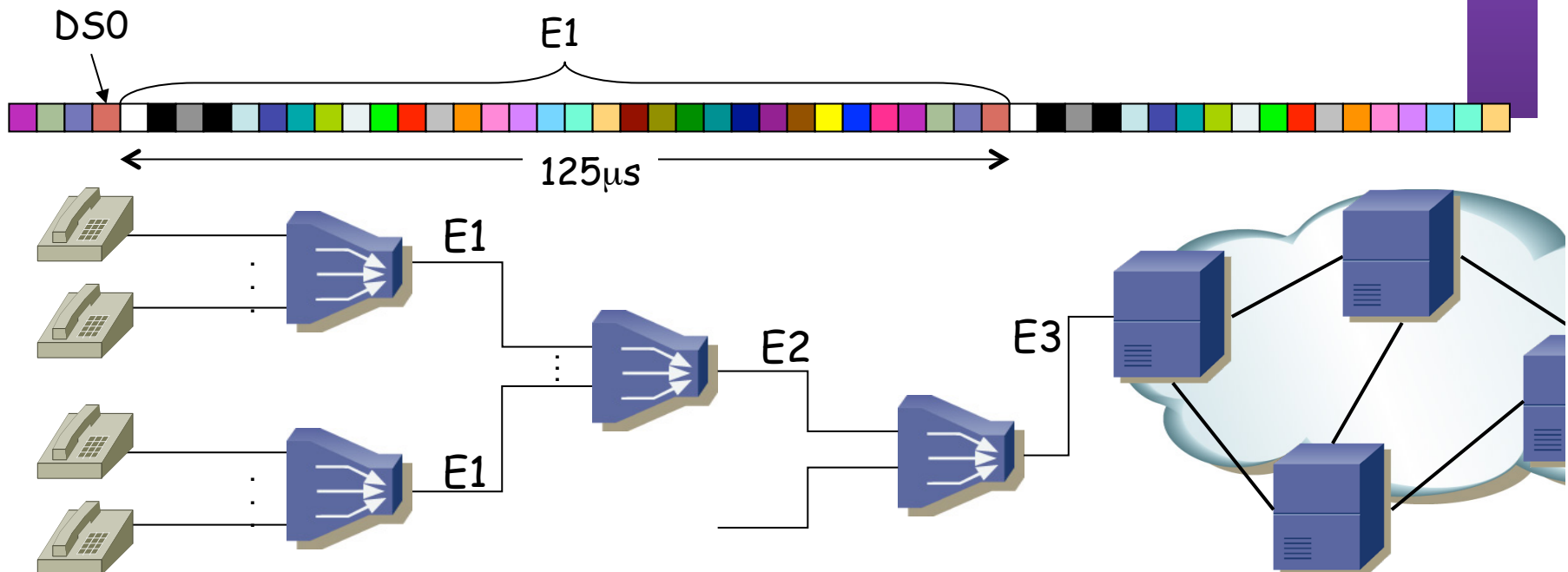
- *TDM = Time Division Multiplexing*



PDH

PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

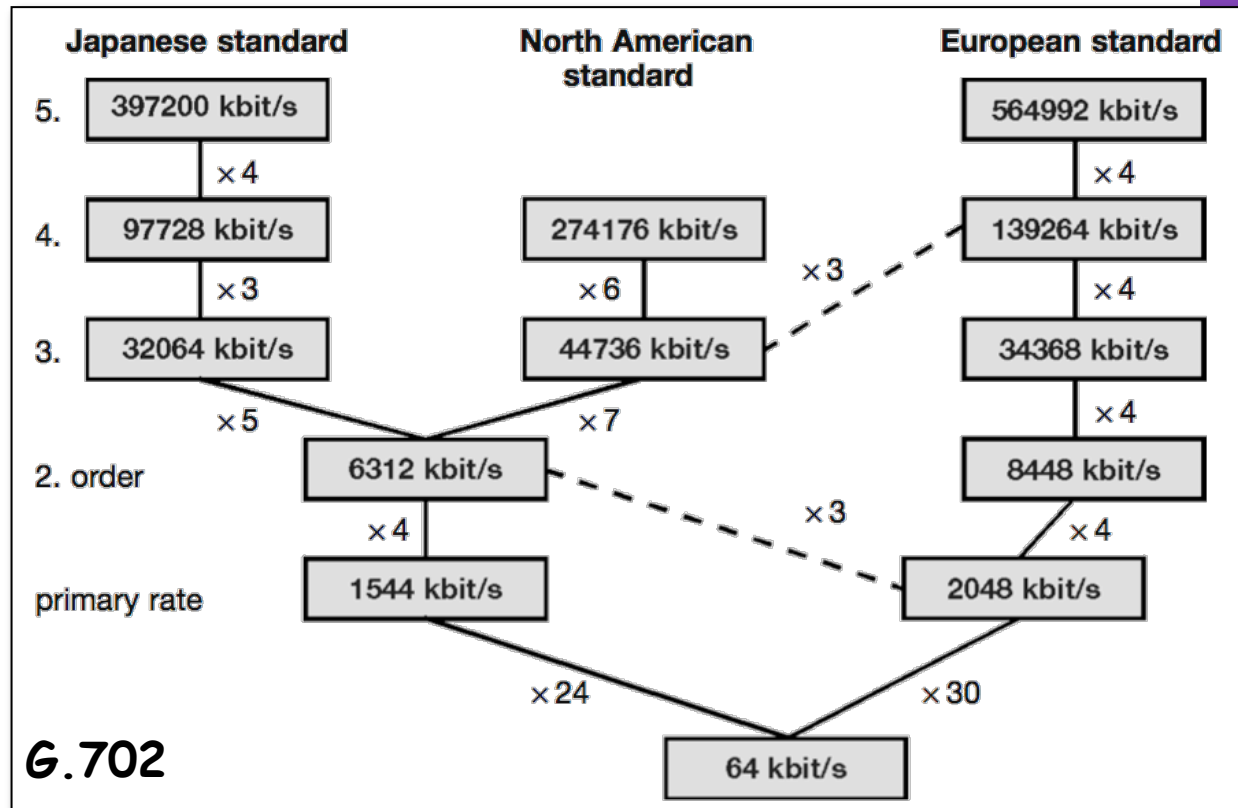
- Señales plesiócronicas:
 - Las velocidades pueden sufrir desplazamientos de fase, *jitter* y *wander* pero con unos límites
 - Cada uno su propio reloj
 - Esto limita las velocidades
- E1 (2048Kbps) = 32xE0
- En trama superior a E1 no se puede identificar un E0 concreto
- Demultiplexar para extraer canales menores en la jerarquía



PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

Multiplexación TDM

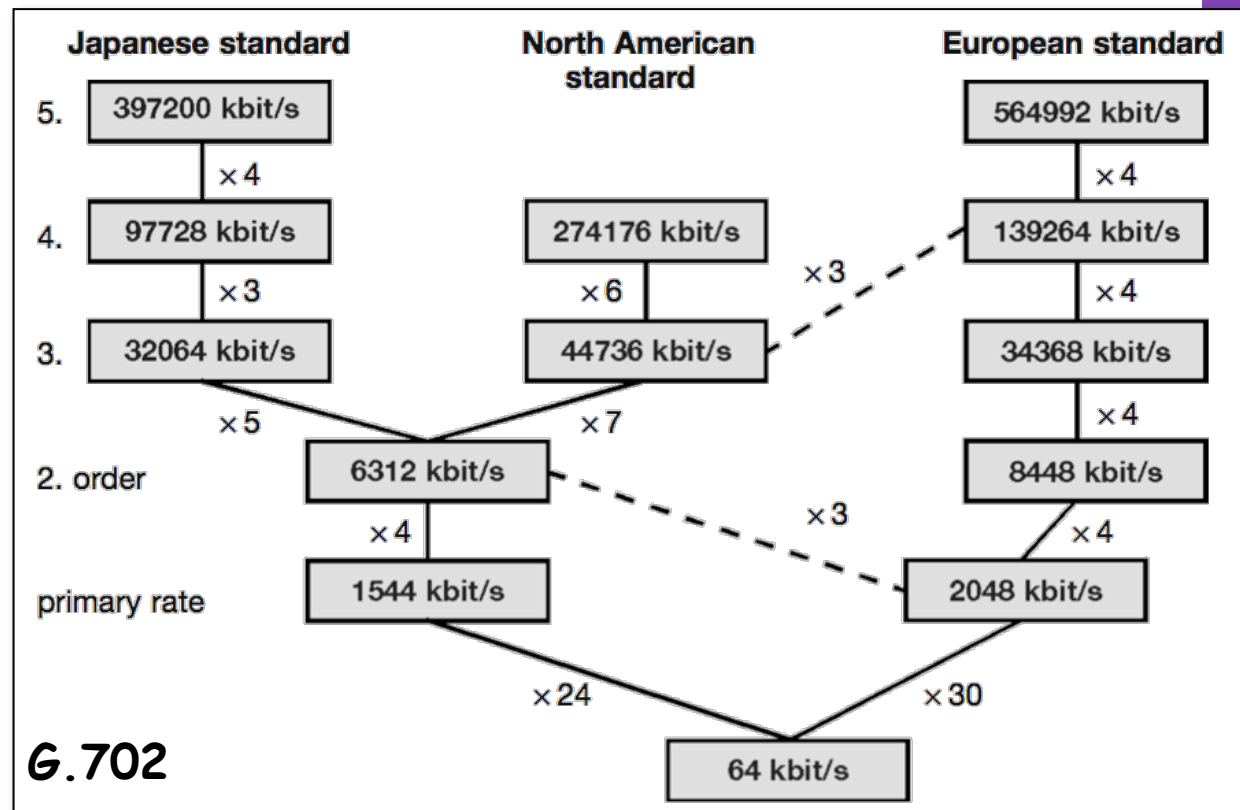
- E1 (2048Kbps) = 32xE0
- E2 = 4xE1, E3 = 4xE2, E4 = 4xE3
- T1 (DS1, 1.54Mbps) = 24xDS0
- T2 = 4xT1, T3 = 7xT2
- ITU-T G.701-703



Cuestión

- $30 \times 64\text{Kbps} \stackrel{?}{=} 2048\text{ Kbps}$
- ¿Qué puede estar sucediendo?

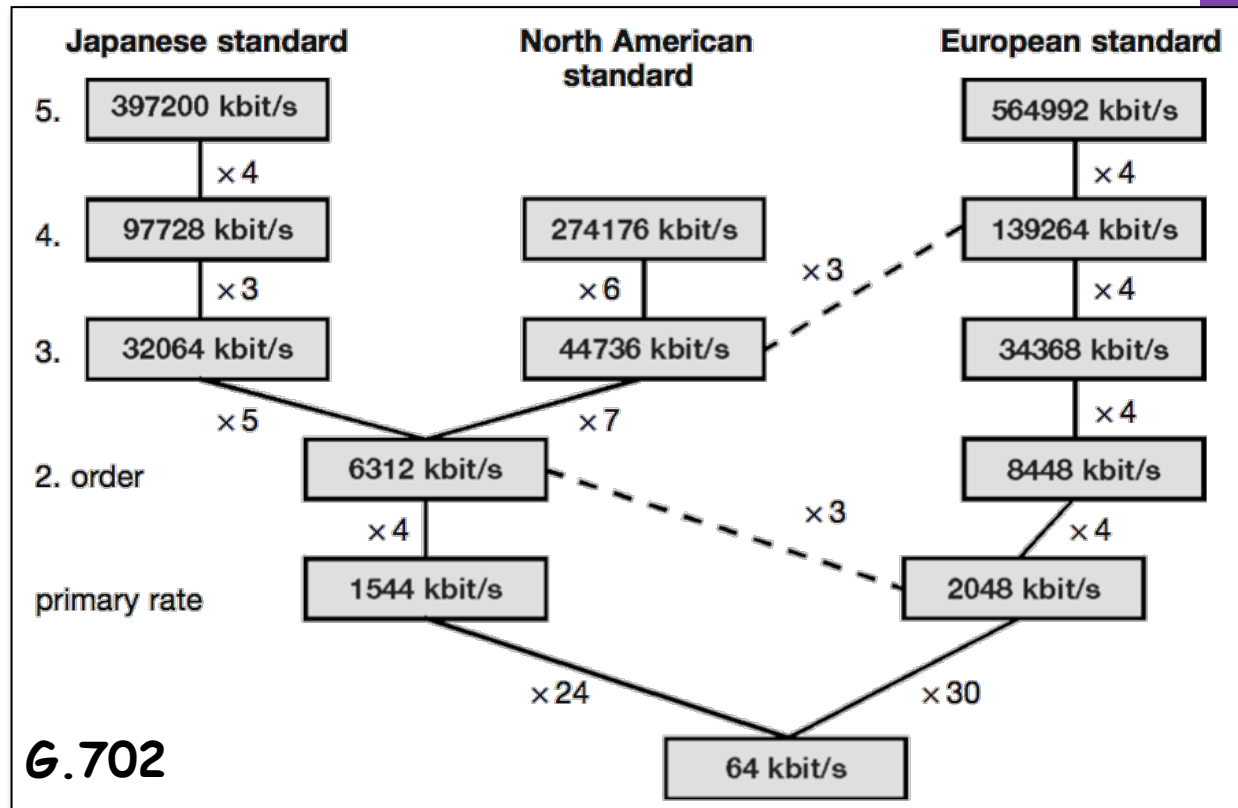
2 minutos



PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

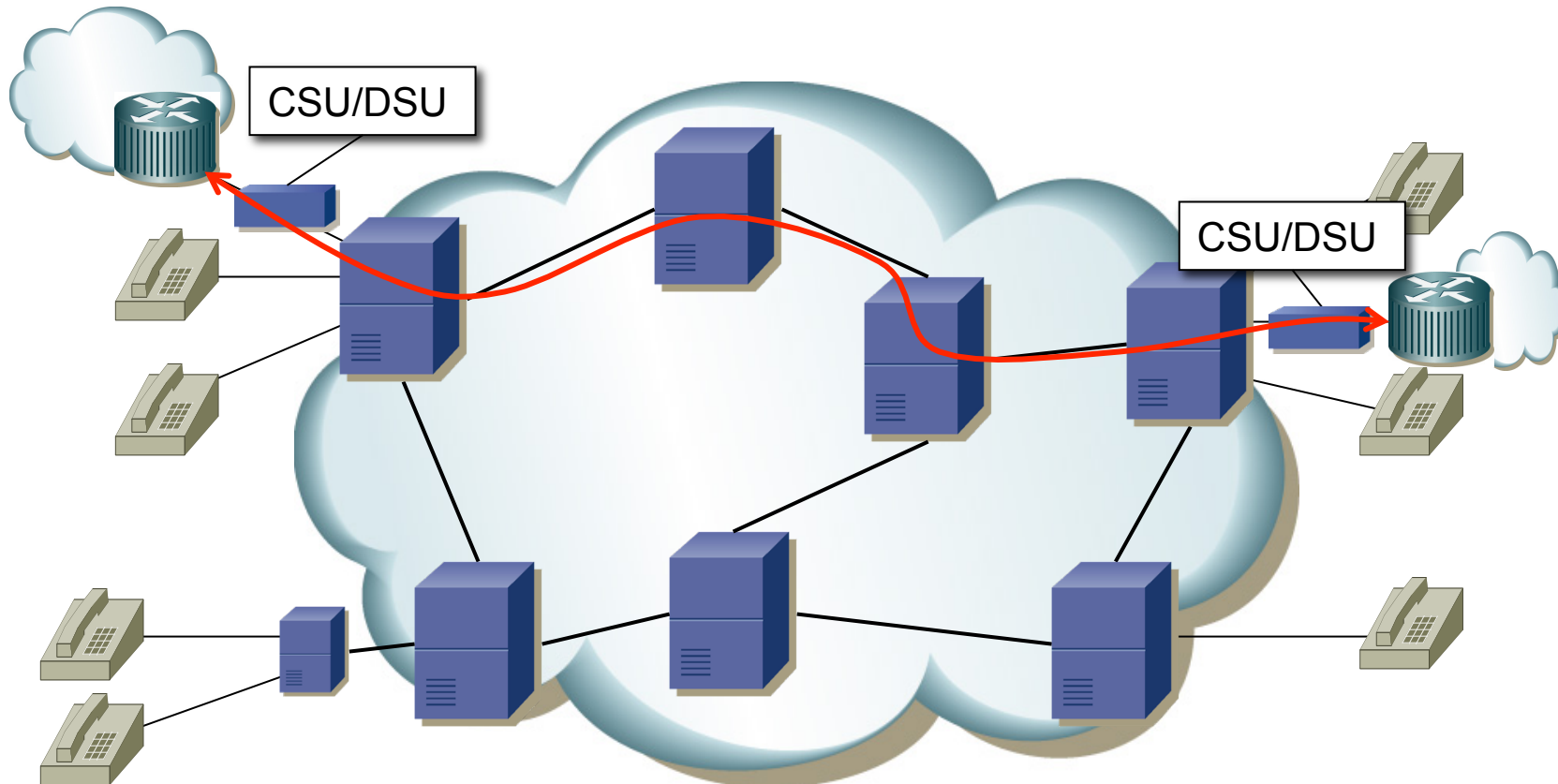
Multiplexación TDM

- E1 (2048Kbps) = 32xE0
- E2 = 4xE1, E3 = 4xE2, E4 = 4xE3
- T1 (DS1, 1.54Mbps) = 24xDS0
- T2 = 4xT1, T3 = 7xT2
- ITU-T G.701-703



Datos

- CSU/DSU = *Channel Service Unit / Digital Service Unit*
- Asignan los datos a un canal PDH
- ¿Cómo? (...)



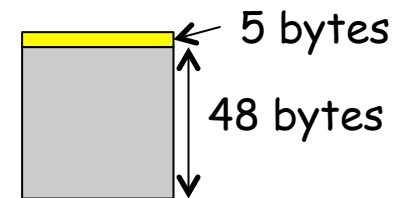
ATM

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

Arquitectura de Redes, Sistemas y Servicios
Grado en Ingeniería en Tecnologías de
Telecomunicación, 2º

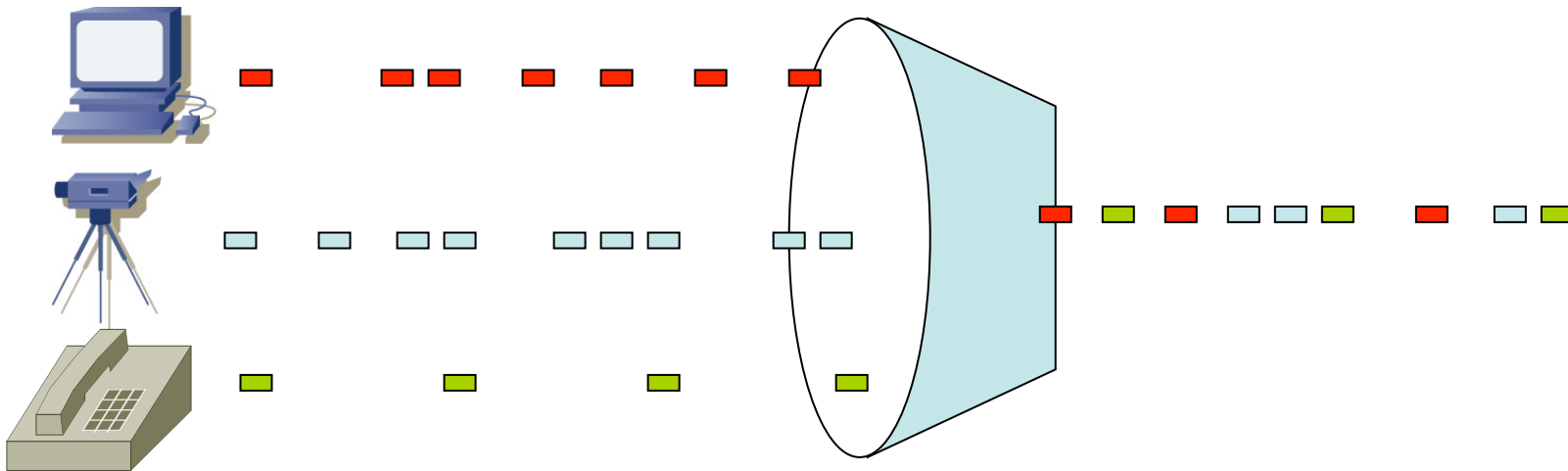
ATM

- ATM = *Asynchronous Transfer Mode*
- Estándar de la ITU-T (I.150) y el ATM Forum
- Años 80
- Seleccionada por la ITU como tecnología para la RDSI de banda ancha (BISDN)
- Conmutación de paquetes: eficiencia ante tráfico intermitente
- Orientado a conexión (circuitos virtuales): permite ofrecer capacidad garantizada y retardo acotado
- Una red para todo tipo de tráfico
 - Voz
 - Vídeo
 - Datos
- Conmutación de “celdas”: Paquetes pequeños de tamaño constante
- No asegura que lleguen
- Mantiene el orden de las celdas



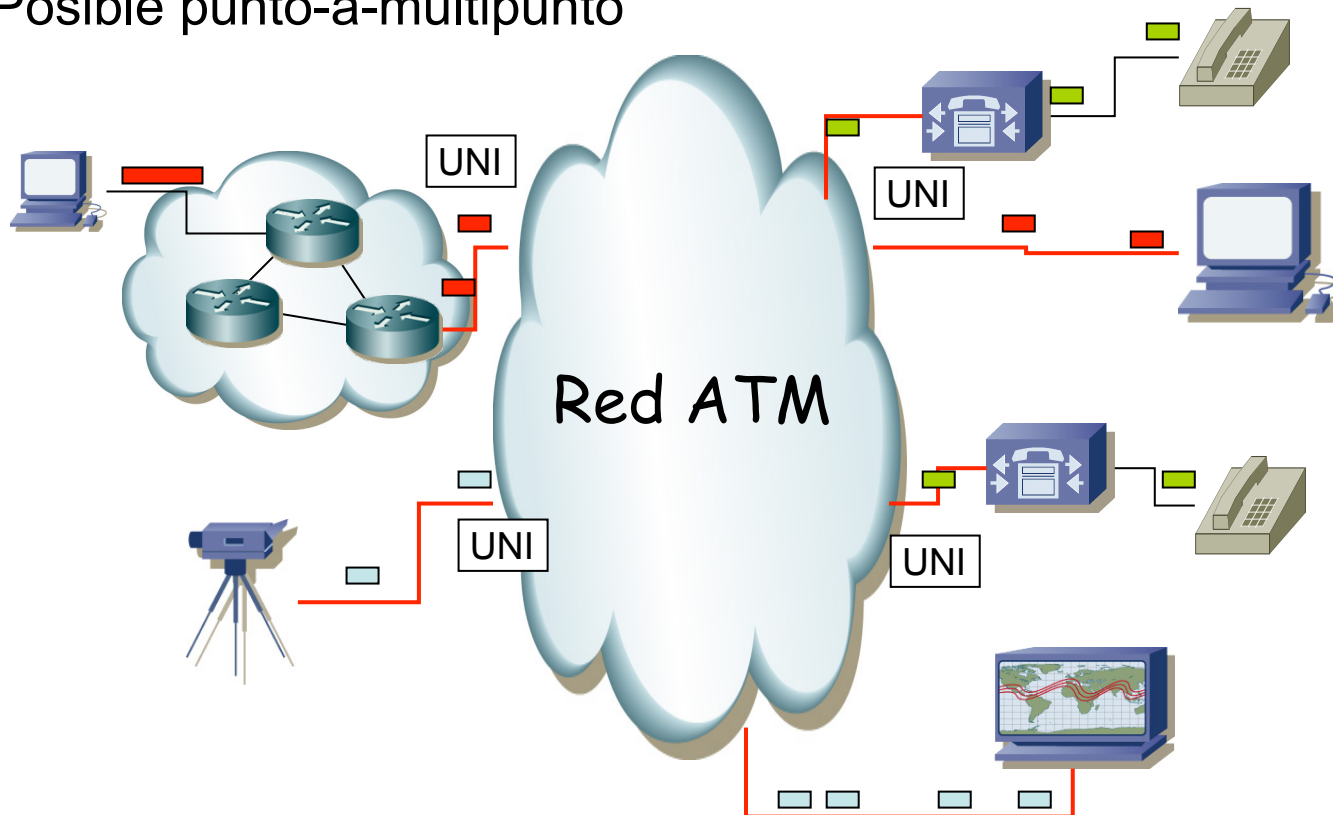
ATM

- Mínima funcionalidad en la cabecera de las celdas
- Aprovecha la *multiplexación estadística*
- ¿Por qué tamaño constante?
 - Más sencillo hacer conmutadores eficientes
 - Más predecible
- ¿Por qué pequeñas?
 - Menor retardo para tráfico de alta prioridad



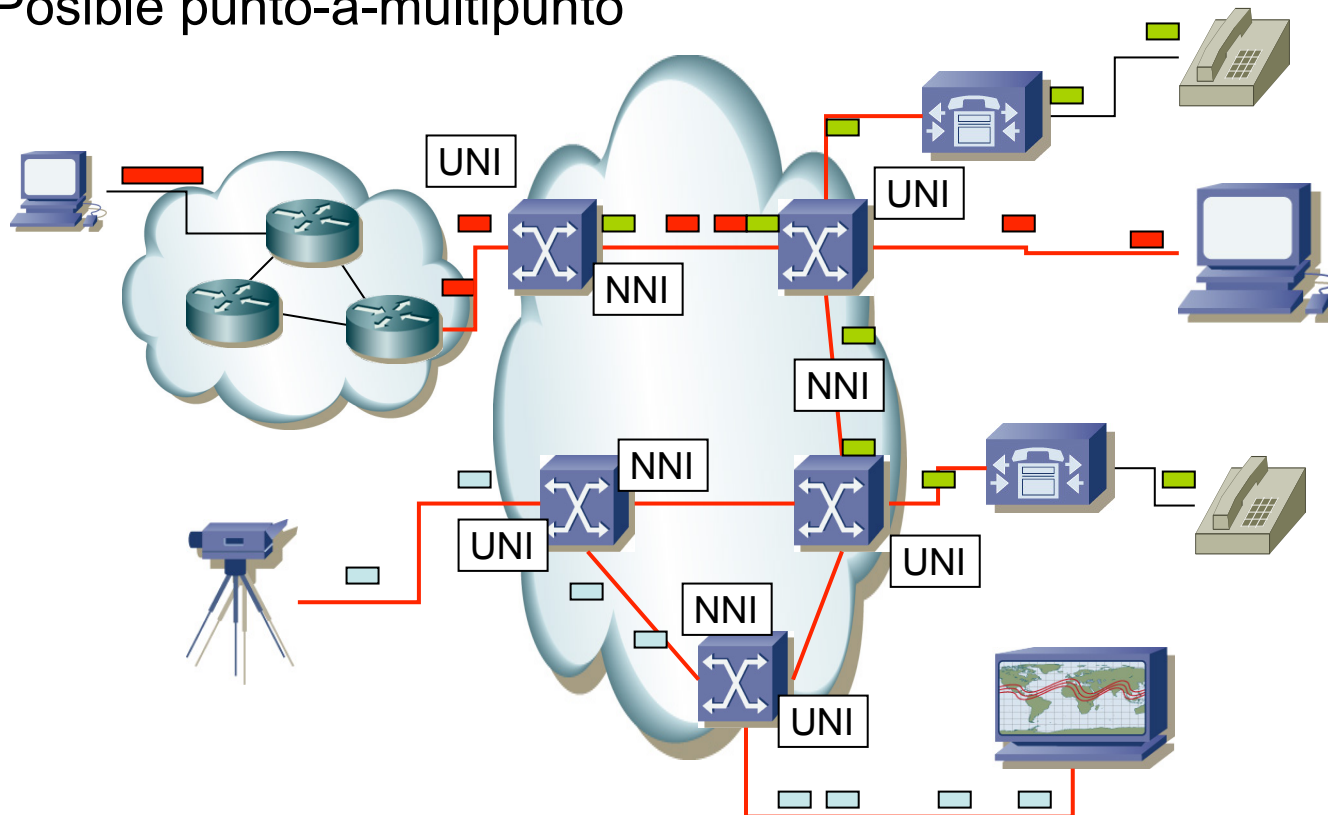
Elementos de una red ATM

- Conmutadores ATM
- ATM endpoints
- Enlaces punto-a-punto
- Unidireccional o bidireccional
- Posible punto-a-multipunto
- UNI: User to Network Interface (público o privado)
- NNI: Network to Network Interface (público o privado) (...)



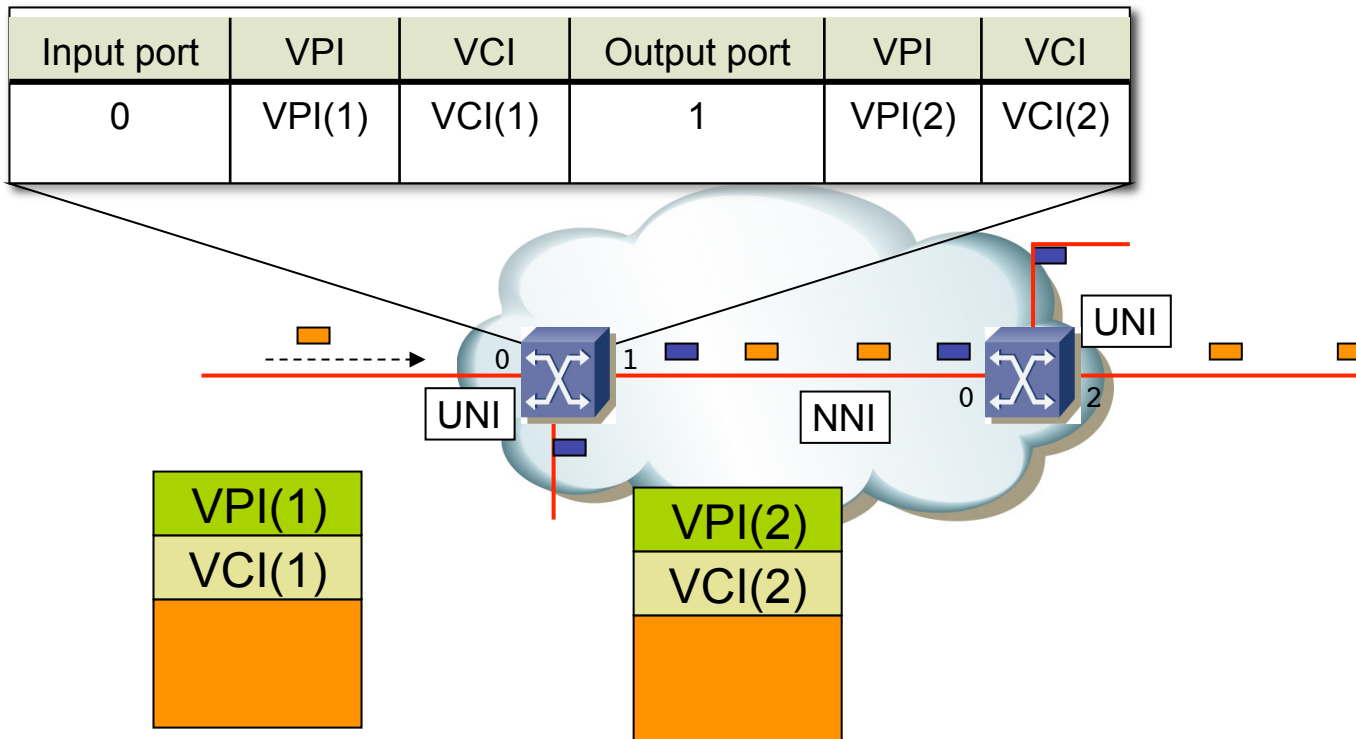
Elementos de una red ATM

- Conmutadores ATM
- ATM endpoints
- Enlaces punto-a-punto
- Unidireccional o bidireccional
- Posible punto-a-multipunto
- UNI: User to Network Interface (público o privado)
- NNI: Network to Network Interface (público o privado) (...)



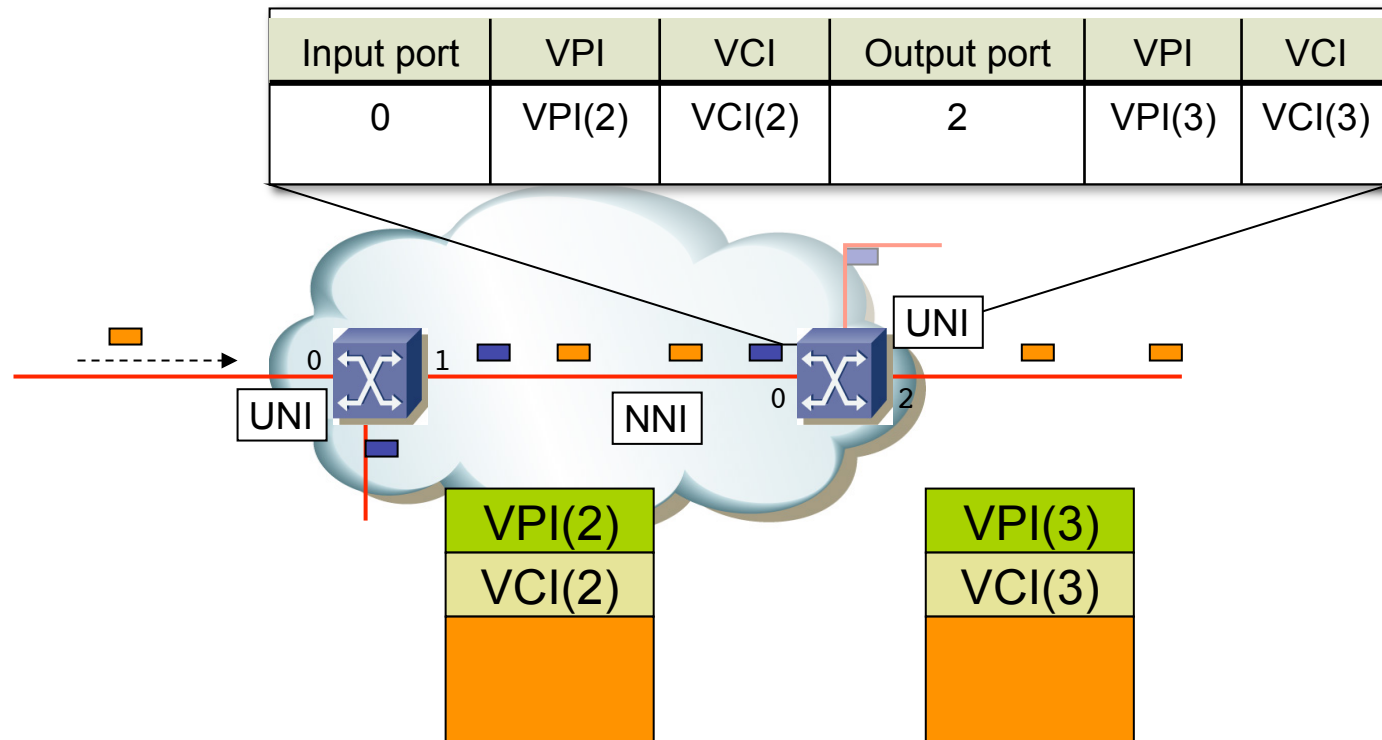
Conmutación en ATM

- Orientado a conexión
- Circuitos virtuales
- VPI/VCI identifica al circuito
- Solo tiene sentido localmente al enlace
- Mismos valores VPI/VCI en ambos sentidos del enlace
- Se establecen mediante gestión o señalización



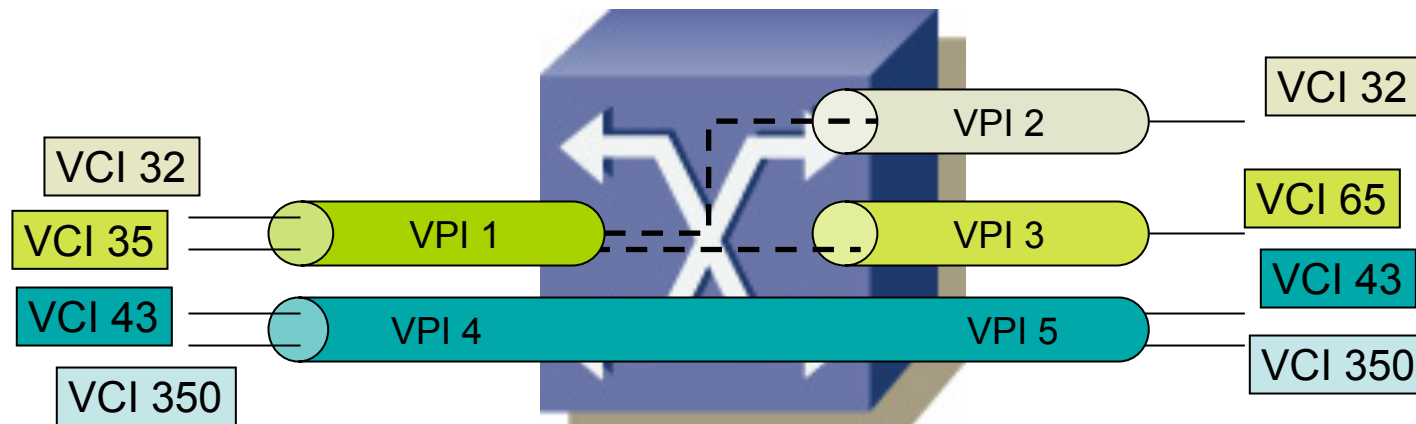
Conmutación en ATM

- Orientado a conexión
- Circuitos virtuales
- VPI/VCI identifica al circuito
- Solo tiene sentido localmente al enlace
- Mismos valores VPI/VCI en ambos sentidos del enlace
- Se establecen mediante gestión o señalización



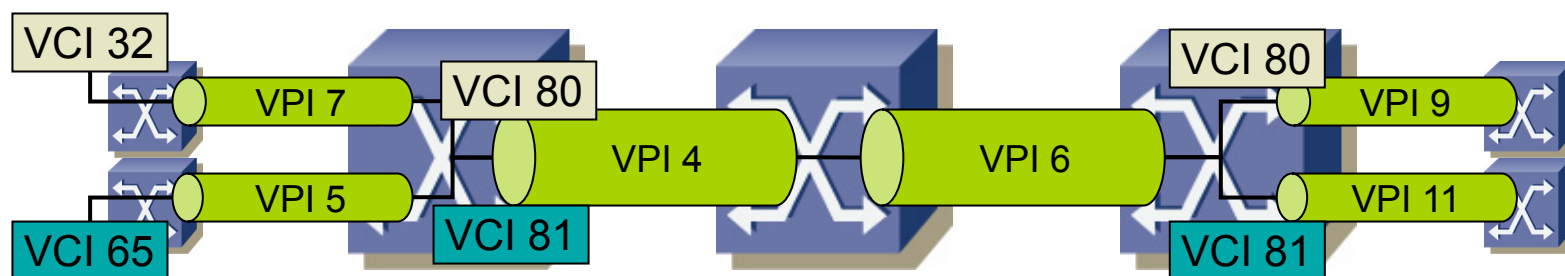
Conexiones en los conmutadores

- **VCC**: *Virtual Channel Connection*
- La conmutación depende tanto del VPI como del VCI
- **VPC**: *Virtual Path Connection*
- La conmutación depende solo del VPI
- Usadas en el backbone



Input port	VPI	VCI	Output port	VPI	VCI
0	1	32	1	2	32
0	1	35	1	3	65
0	4	X	1	5	X

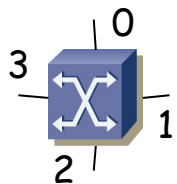
Ejemplo



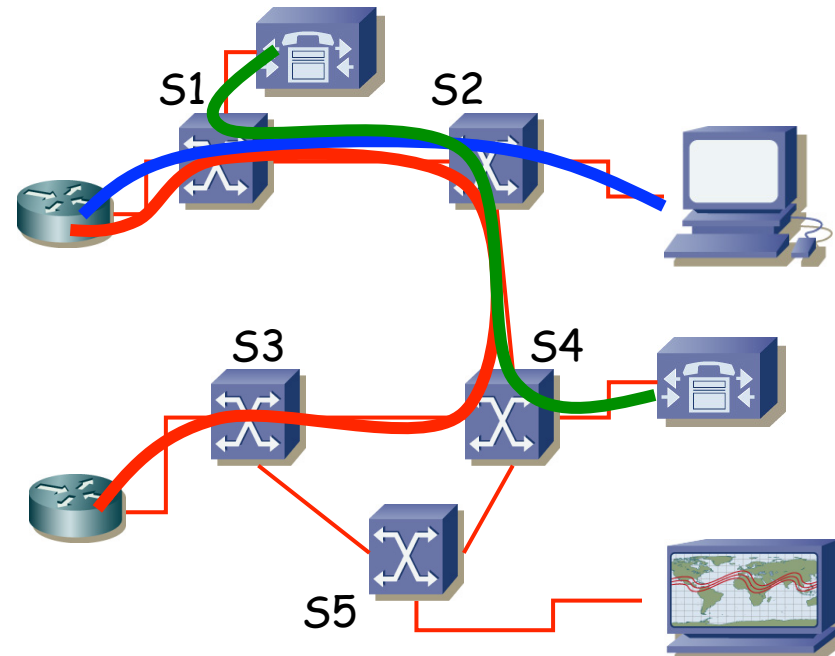
Ejercicio

- Tres circuitos virtuales
- Completar las tablas de conmutación de los switches
- Podéis elegir los VPI/VCI que queráis siempre que no colisionen
- Completad primero las tablas para el circuito 1 (...)
- Una vez en funcionamiento se establece el circuito 2 (...)
- A continuación el PVC3 (...)
- (...)

Puerto in	VPI	VCI	Puerto out	VPI	VCI



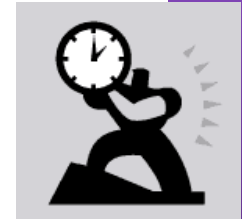
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3



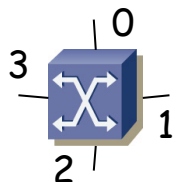
Ejercicio

- Tres circuitos virtuales
- Completar las tablas de conmutación de los switches
- Podéis elegir los VPI/VCI que queráis siempre que no colisionen
- Completad primero las tablas para el circuito 1 (...)
- Una vez en funcionamiento se establece el circuito 2 (...)
- A continuación el PVC3 (...)
- ¡ Adelante !

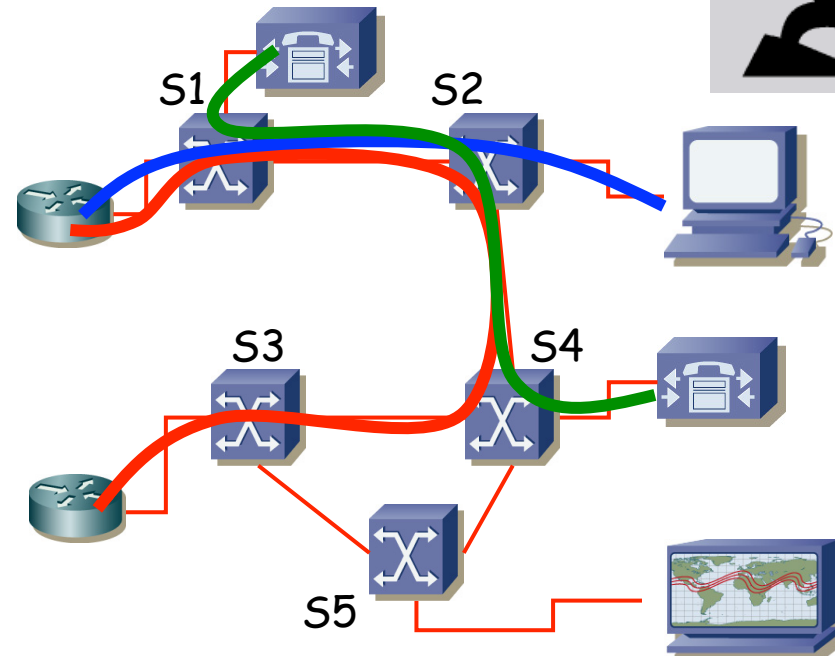
10 minutos



Puerto in	VPI	VCI	Puerto out	VPI	VCI

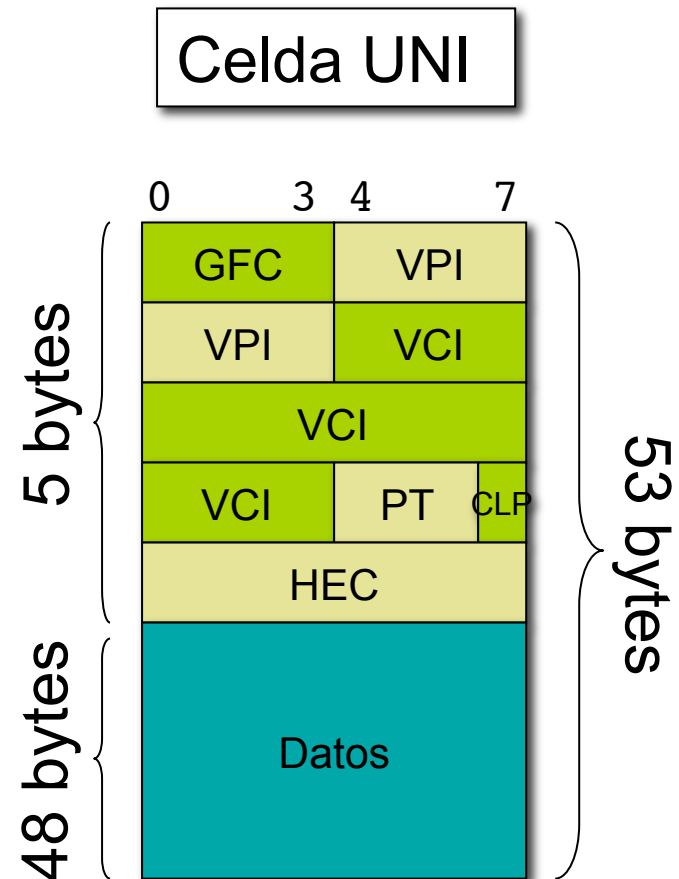


- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3

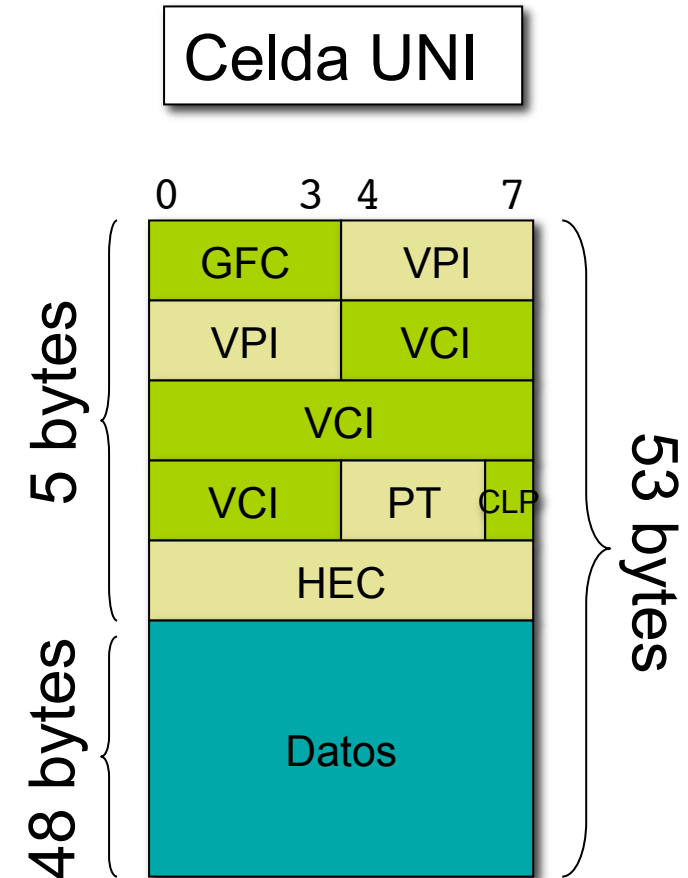
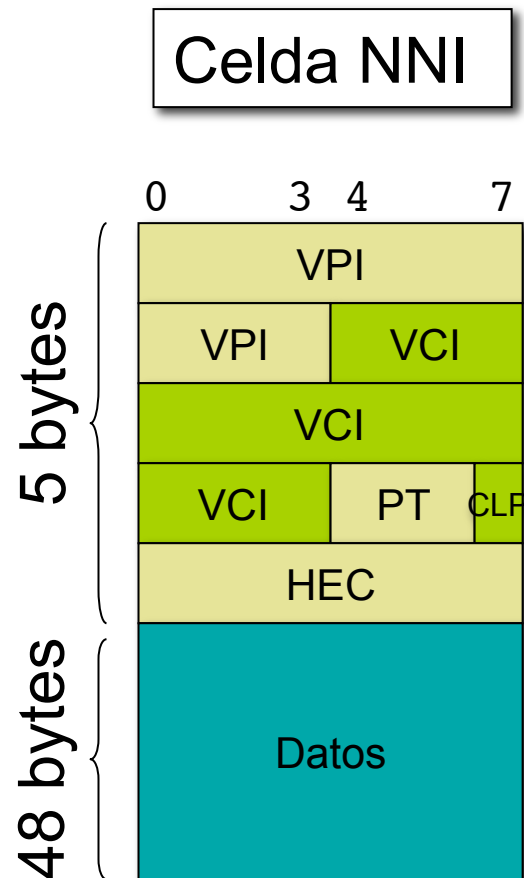


Estructura básica de las celdas

- 5 bytes cabecera
+ 48 bytes datos
= 53 bytes
- **VPI** = *Virtual Path Identifier*
- **VCI** = *Virtual Circuit Identifier*

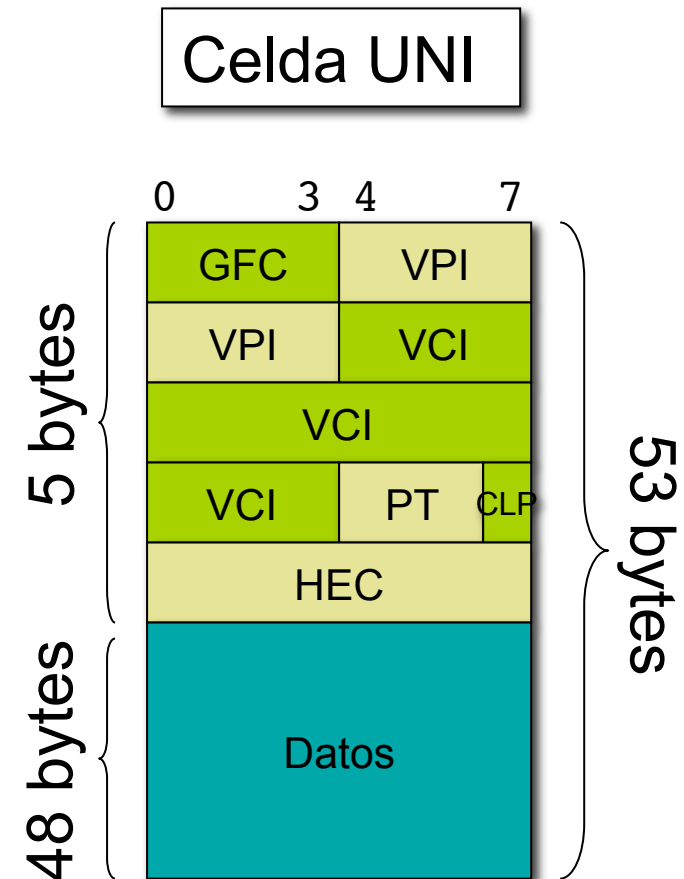


Celdas UNI y NNI



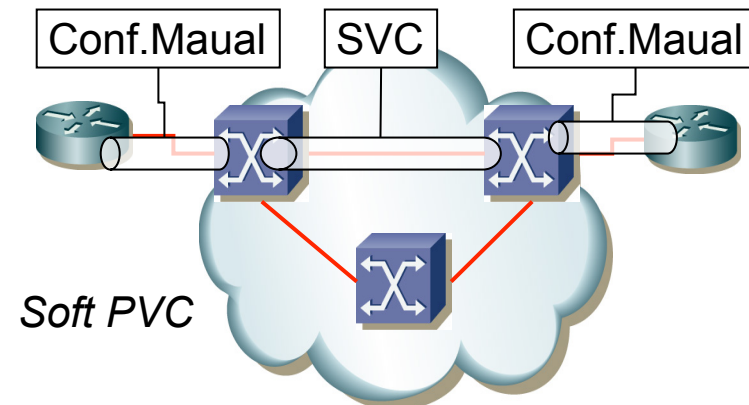
Celdas UNI y NNI

- **GFC:** *Generic Flow Control*
 - Control de flujo con usuario
- **PT:** *Payload Type*
 - 3 bits: ABC
 - A: 0=data, 1=OAM
 - B: (con A=0) B=1=congestión
 - C: (usado por AAL5)
- **CLP:** *Cell Loss Priority*
 - 0: alta prioridad
 - 1: baja prioridad



Conexiones en los conmutadores

- PVC: *Permanent Virtual Circuit*
 - Configuración manual
 - Depuración más simple
 - No escala
- SVC: *Switched Virtual Circuit*
 - Establecido mediante señalización
 - Optimiza el camino. Se recupera de fallos de enlaces
 - Mayor complejidad
- Soft-PVC:
 - Configuración manual en los extremos
 - SVC en el interior de la red
- PVP: *Permanent VP*



Más sobre ATM

- Puede ofrecer garantías de calidad al circuito (QoS)
- Señalización para establecimiento de circuitos
- Encaminamiento
- Dentro de las celdas, además de voz pueden ir paquetes de protocolos puenteados (ej: Ethernet) o enrutados (ej: IP)
- Protocolos transportados con PDUs de tamaño variable requieren segmentación y reensamblado
- Se planteó también su uso como LAN (fracasó)
- Ofrece mecanismos de OAM (*Operation, Administration and Maintenance*)
- Empleado hoy en día por ejemplo en el enlace ADSL

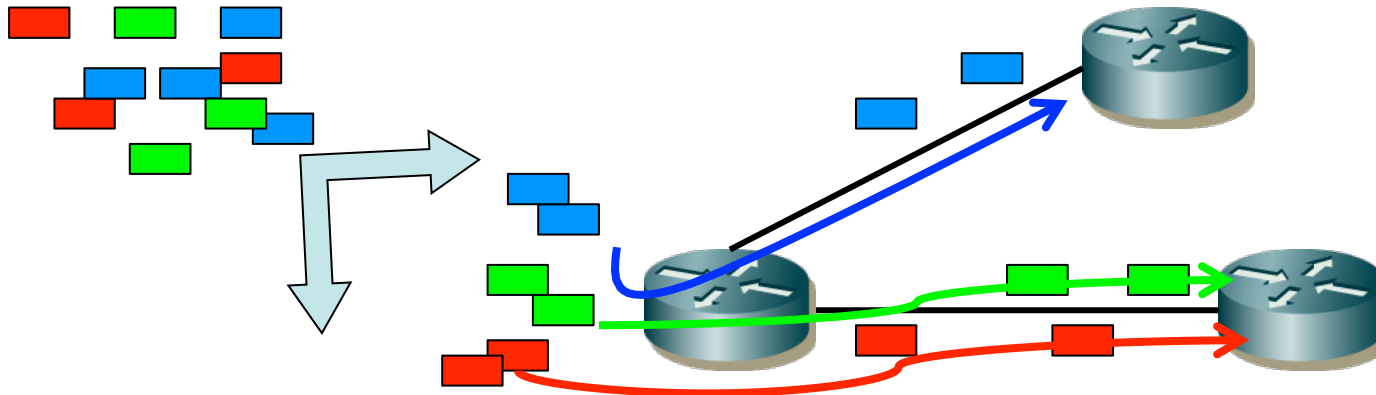
MPLS

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

Redes de Banda Ancha
5º Ingeniería de Telecomunicación

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

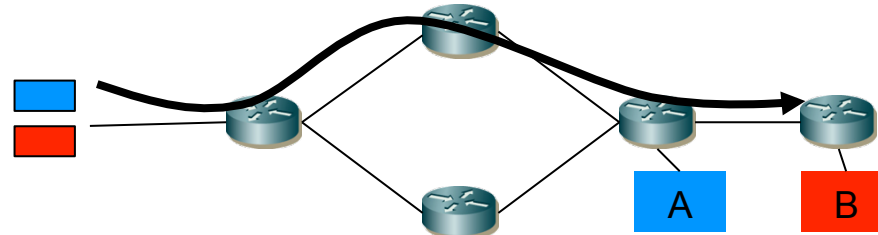


FEC

- *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

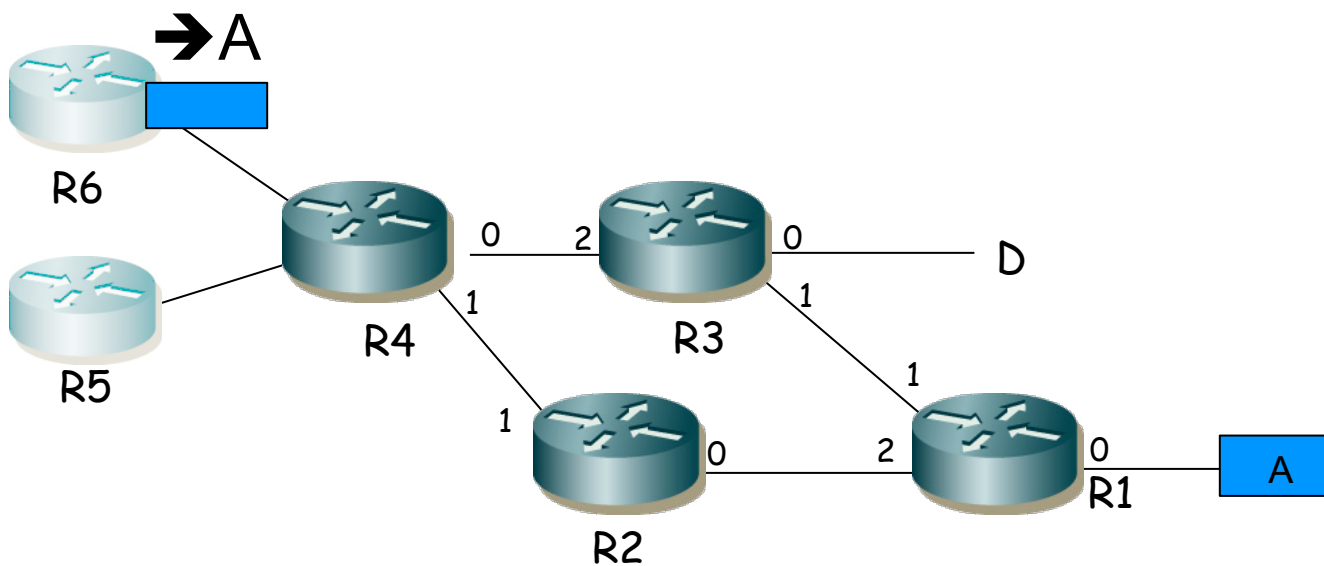
- *Forwarding Equivalence Class*
- Trafico clasificado en el mismo FEC en un nodo sigue el mismo camino
- En forwarding IP convencional
 - El FEC viene determinado por el longest prefix match
 - Cada salto reexamina y asigna el paquete a un FEC
- Problemas:
 - Longest prefix match era costoso (ahora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



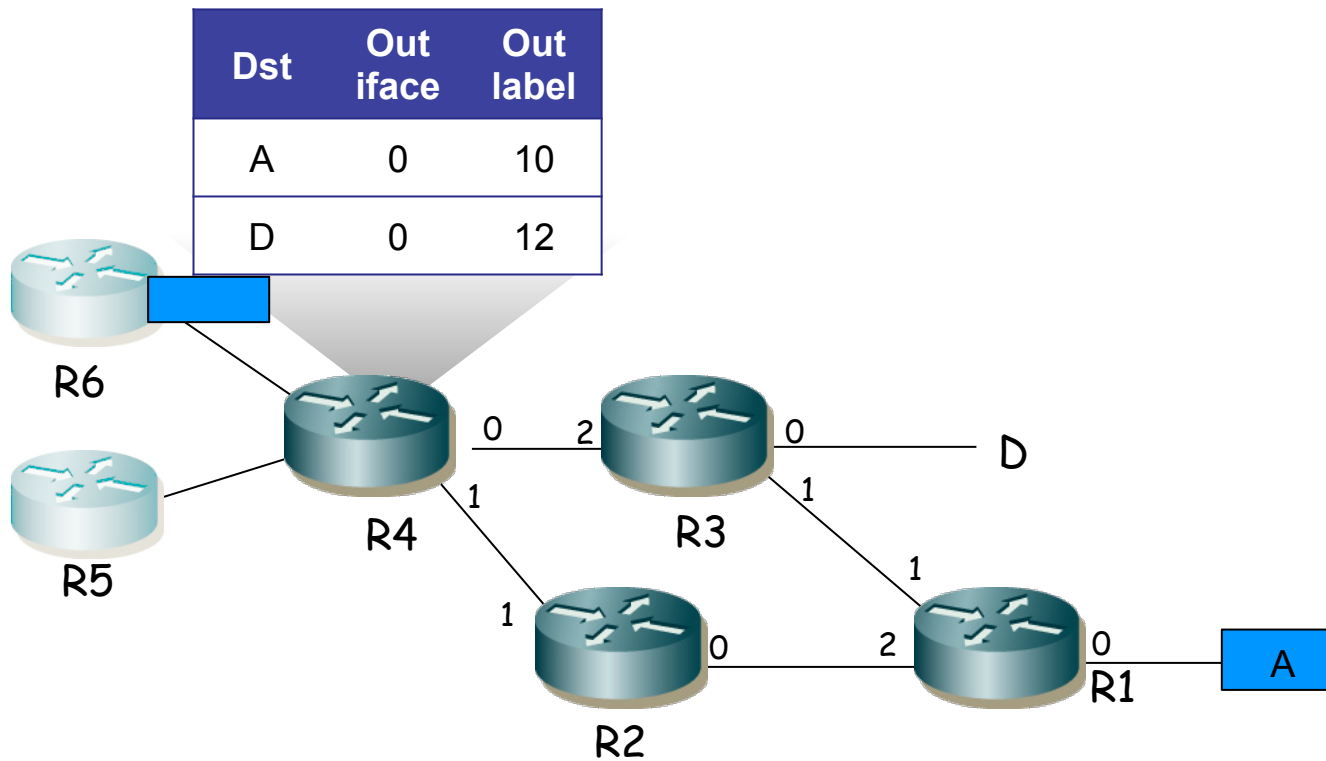
FEC

- *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)

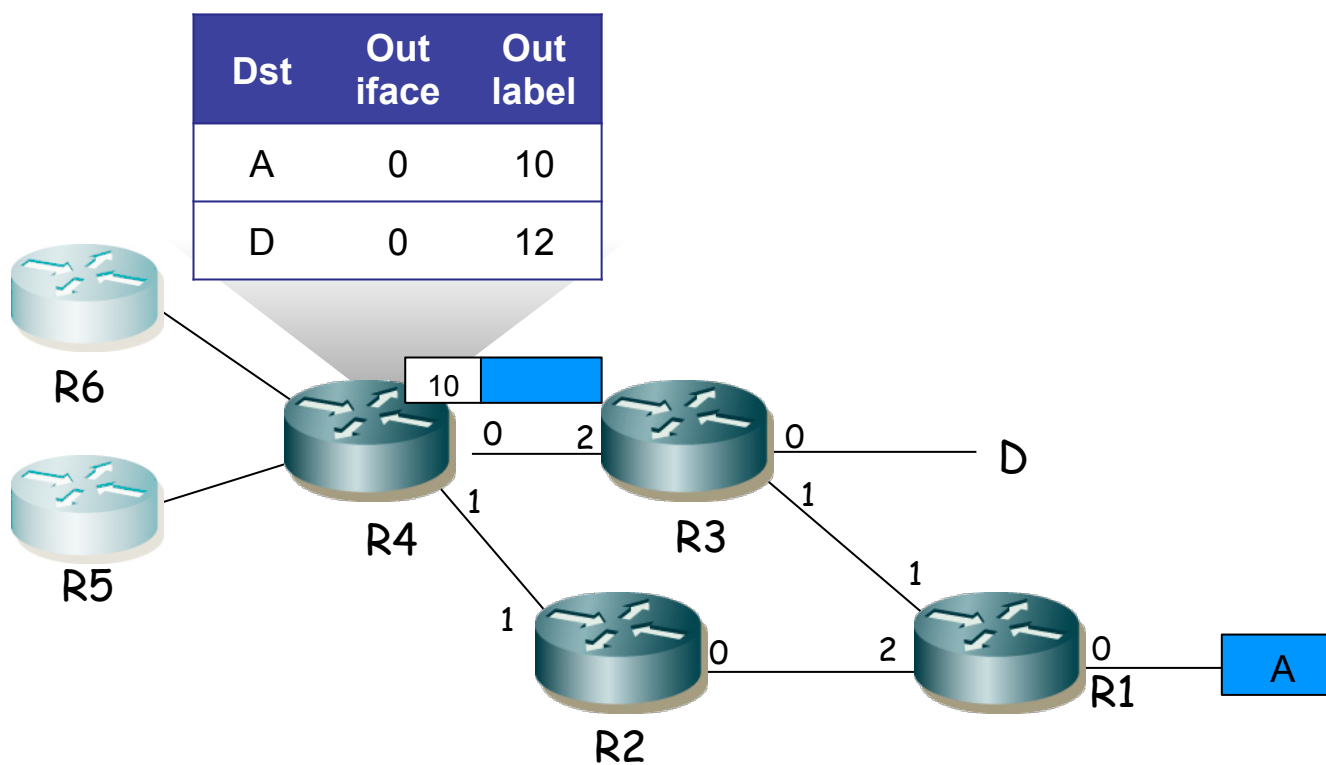
MPLS “forwarding”



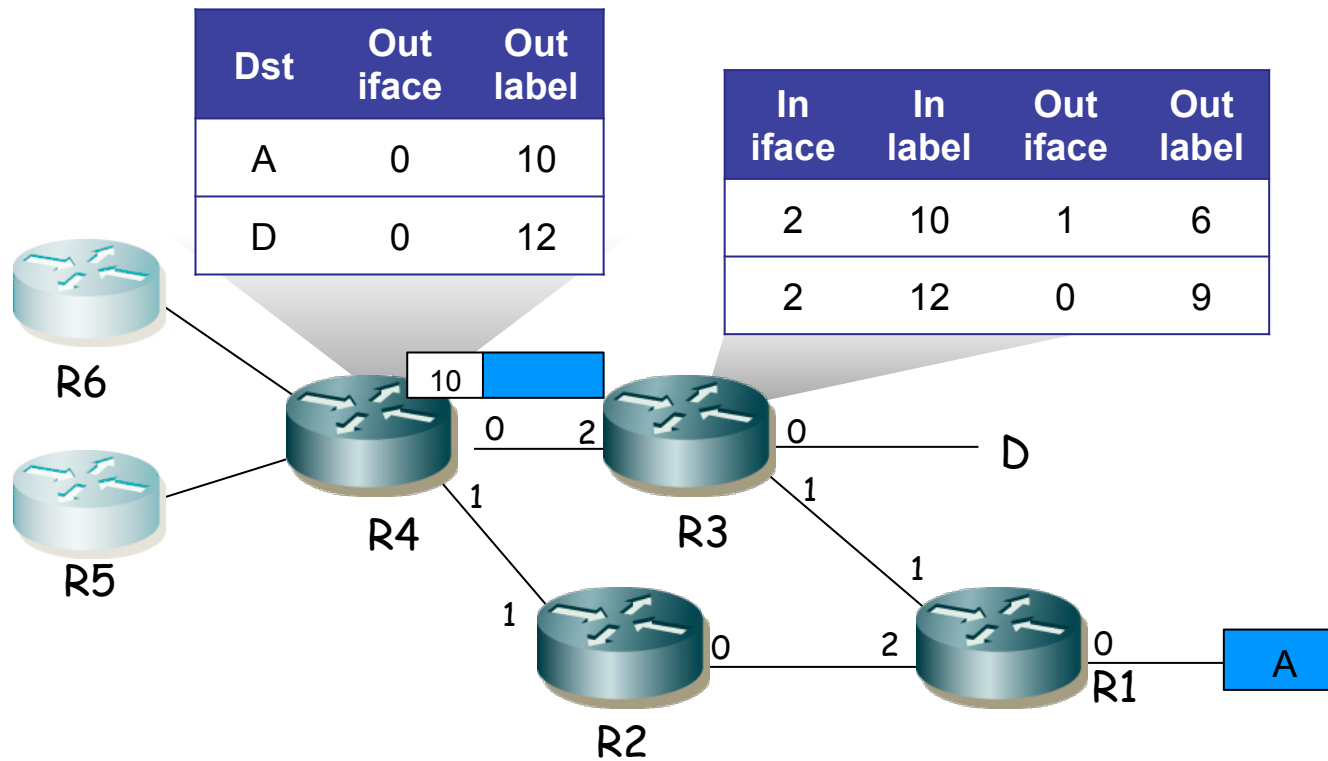
MPLS “forwarding”



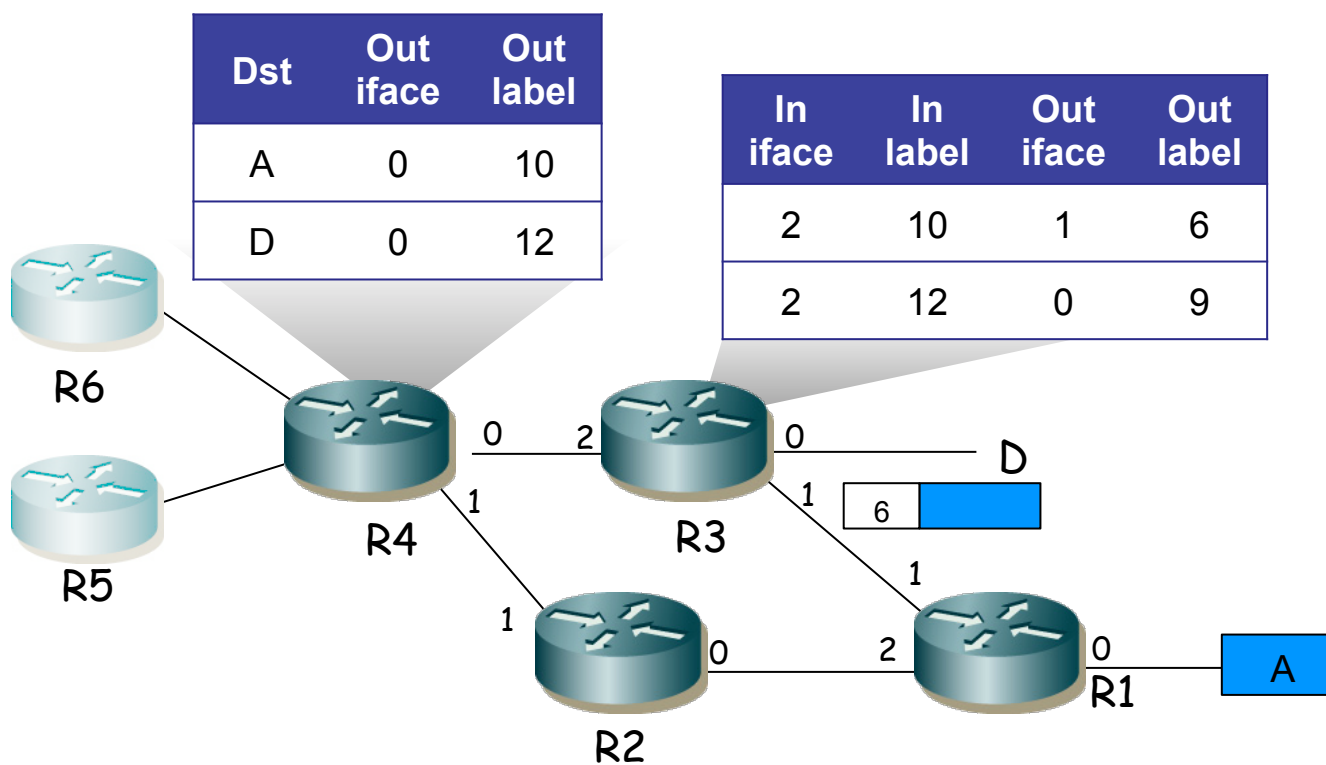
MPLS “forwarding”



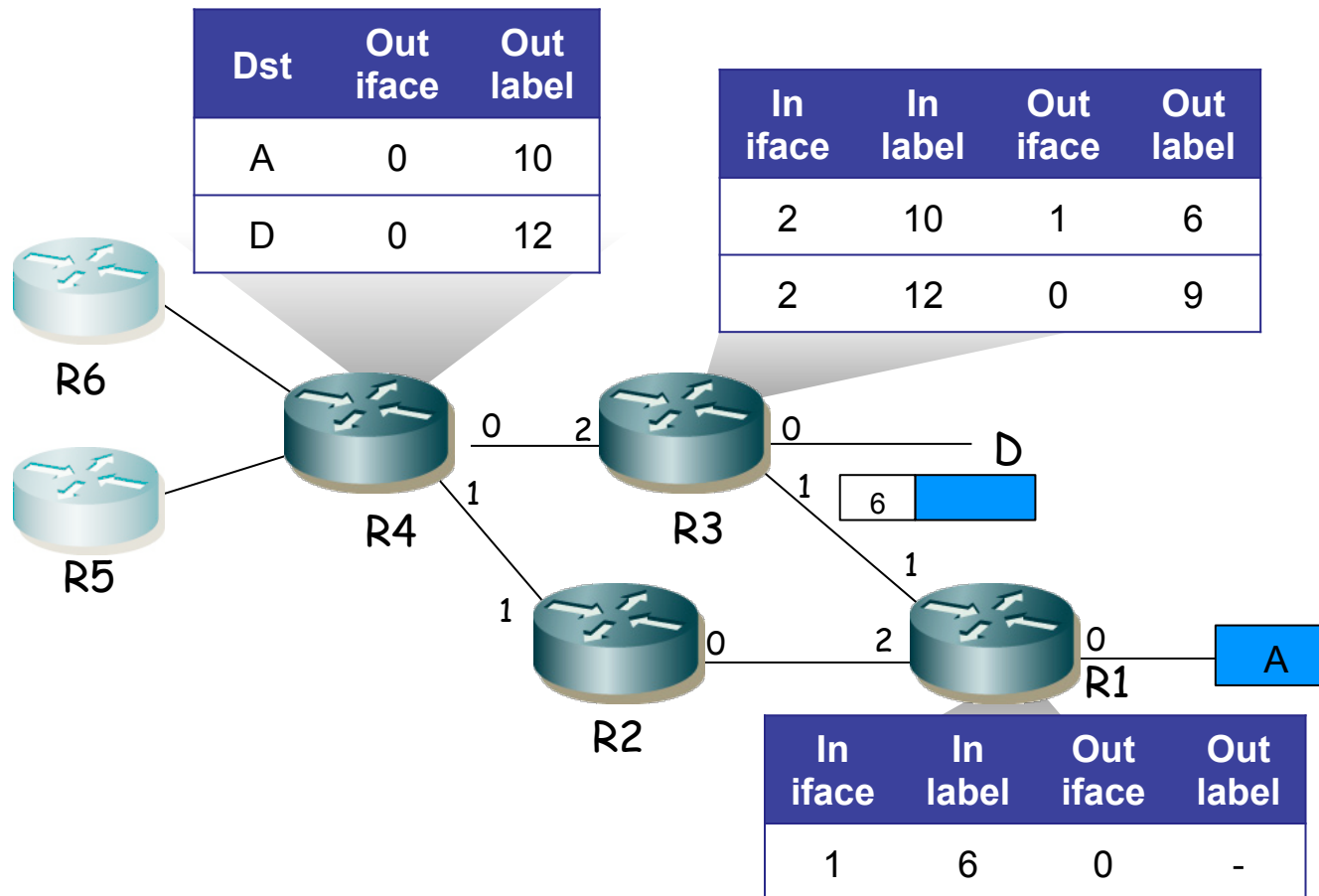
MPLS “forwarding”



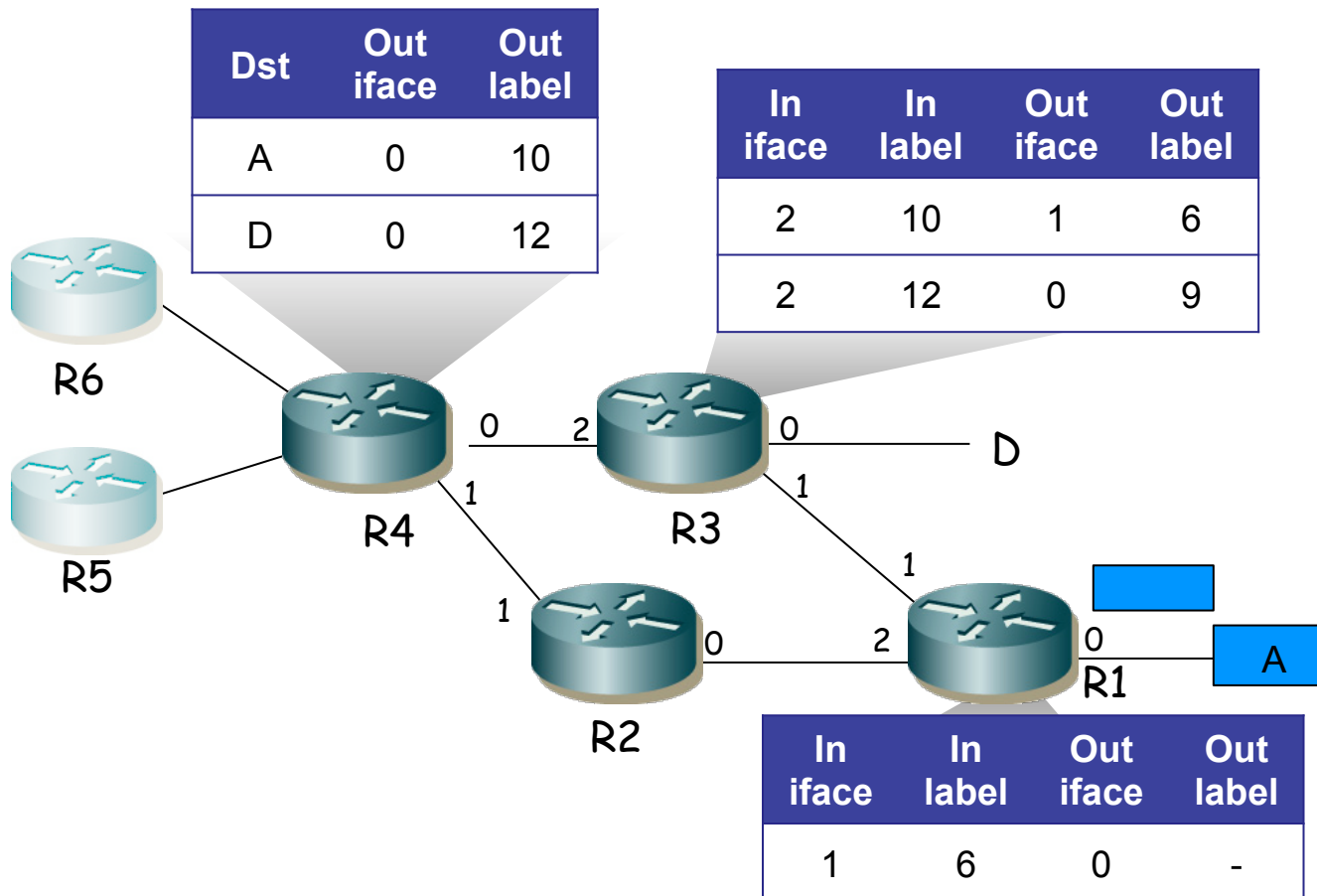
MPLS “forwarding”



MPLS “forwarding”

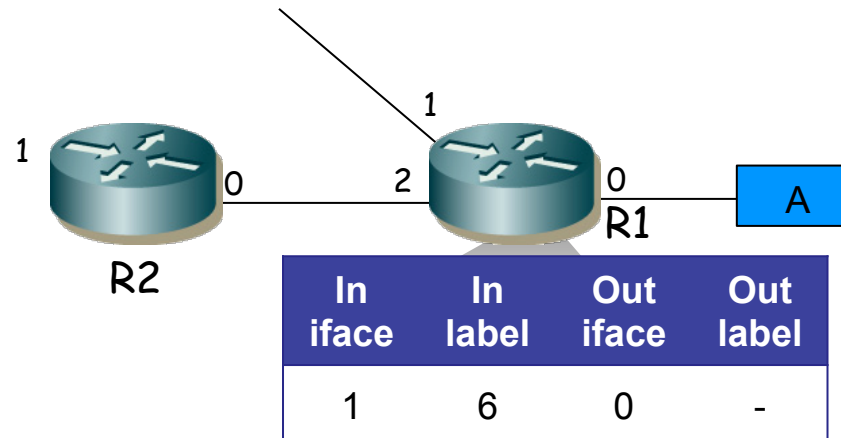


MPLS “forwarding”



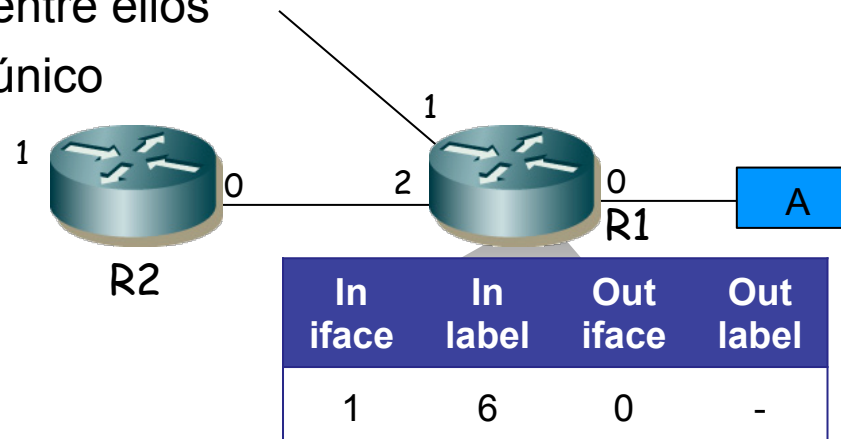
Conceptos

- “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



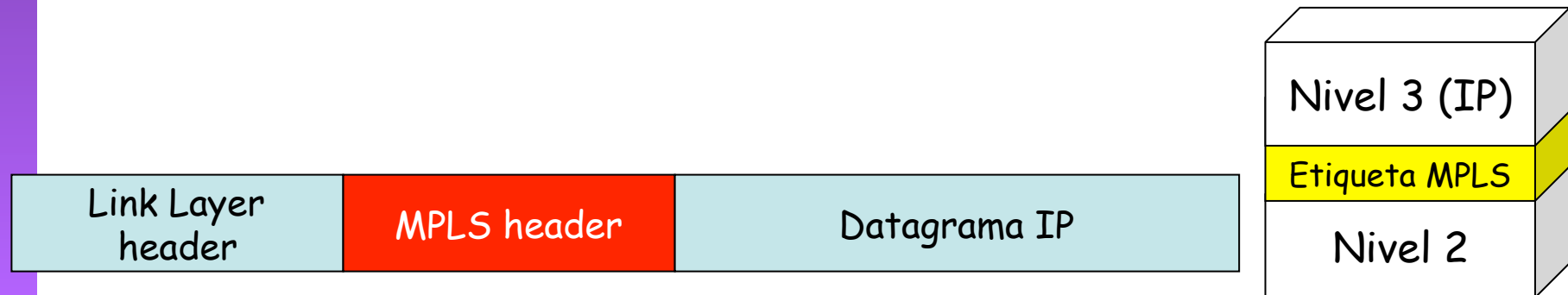
Conceptos

- La etiqueta representa un FEC en paquetes de nodo “upstream” a nodo “downstream”:
- Ejemplo: R2 es el “upstream LSR”, R1 es el “downstream LSR”
- El nodo downstream es quien toma la decisión de asociar una etiqueta a un FEC
- Nodo downstream informa al upstream de la asociación
- Soporta que nodo upstream solicite asociación (label,FEC)
- Un LSR informa a otro mediante un “label distribution protocol”
- Dos LSRs que usan un protocolo de distribución de etiquetas entre ellos son “label distribution peers”
- Si dos LSRs son “label distribution peers” se dice que existe una “label distribution adjacency” entre ellos
- No existe un protocolo único



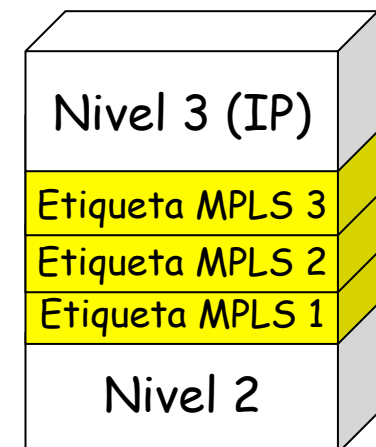
Label Stack

- 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 procesamiento 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

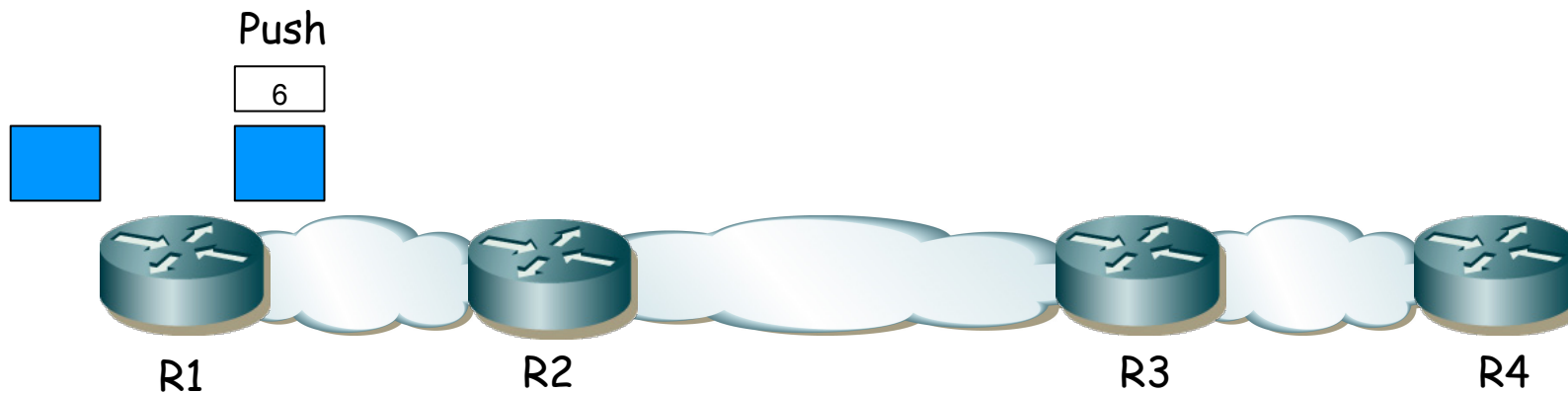
- Para asegurarse que un paquete vaya de un router Ru a otro Rd
- Cuando los routers no son adyacentes
- Ru por ejemplo encapsula el paquete IP dentro de otro paquete IP con dirección destino la de Rd
- Esto crea un túnel de Ru a Rd
- *“Hop-by-Hop Routed Tunnel”*: sigue camino salto a salto de Ru a Rd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

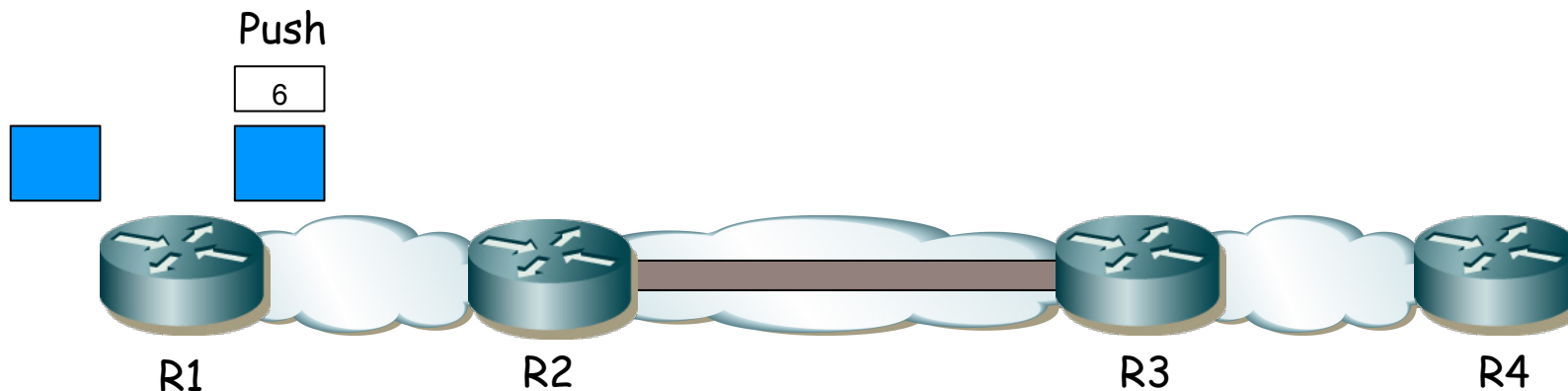
LSP Tunnels dentro de LSPs

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



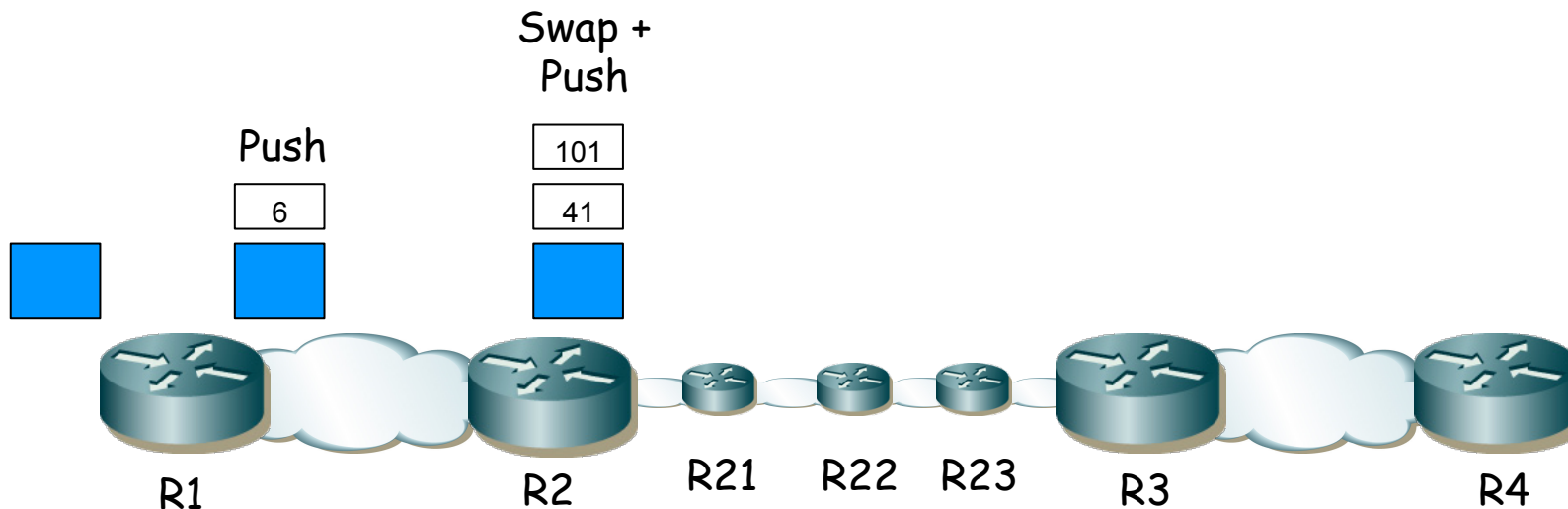
LSP Tunnels dentro de LSPs

- 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 (... ..)



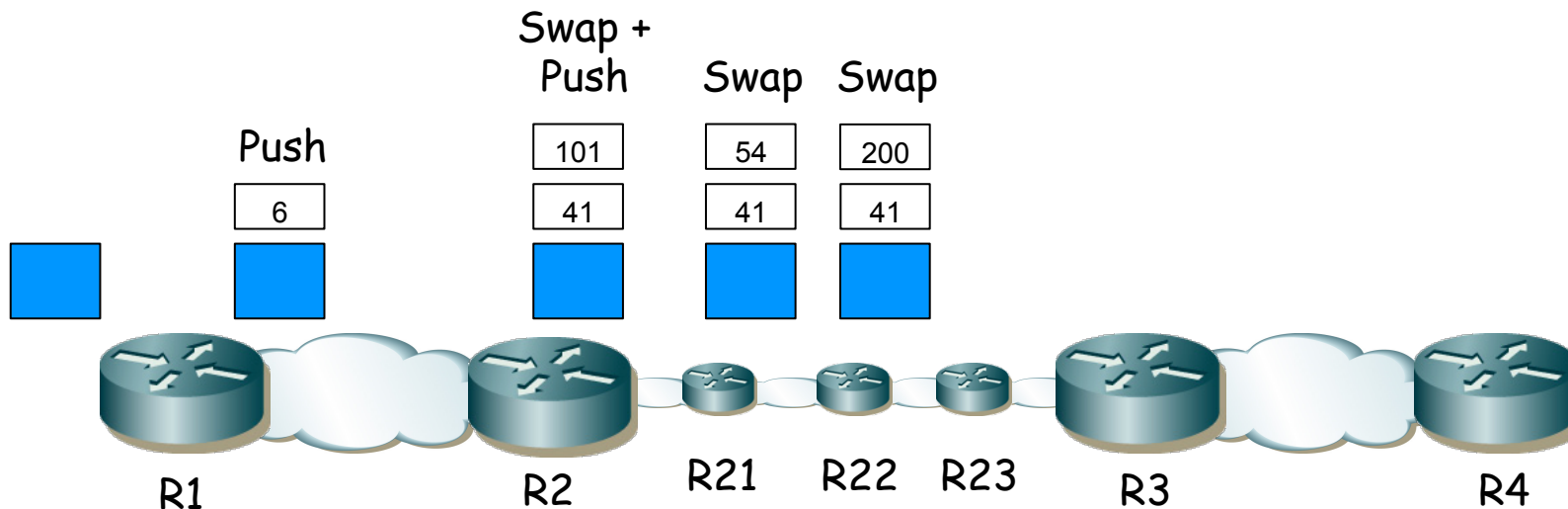
LSP Tunnels dentro de LSPs

- 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
- (...)



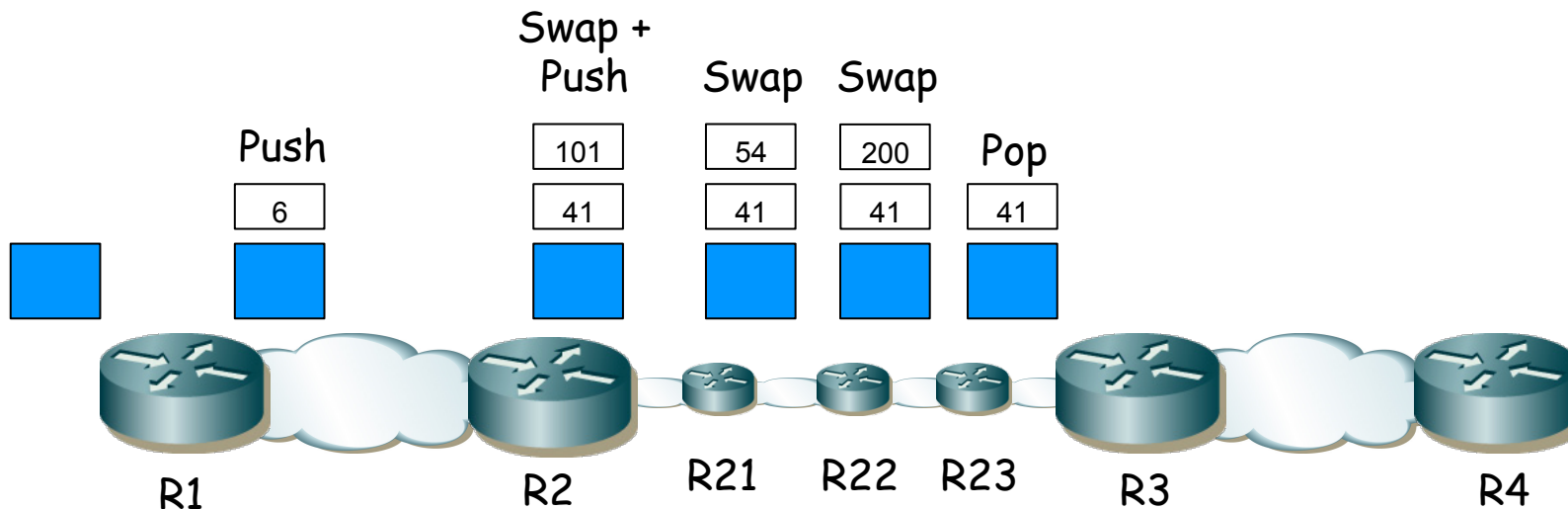
LSP Tunnels dentro de LSPs

- 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
- (...)



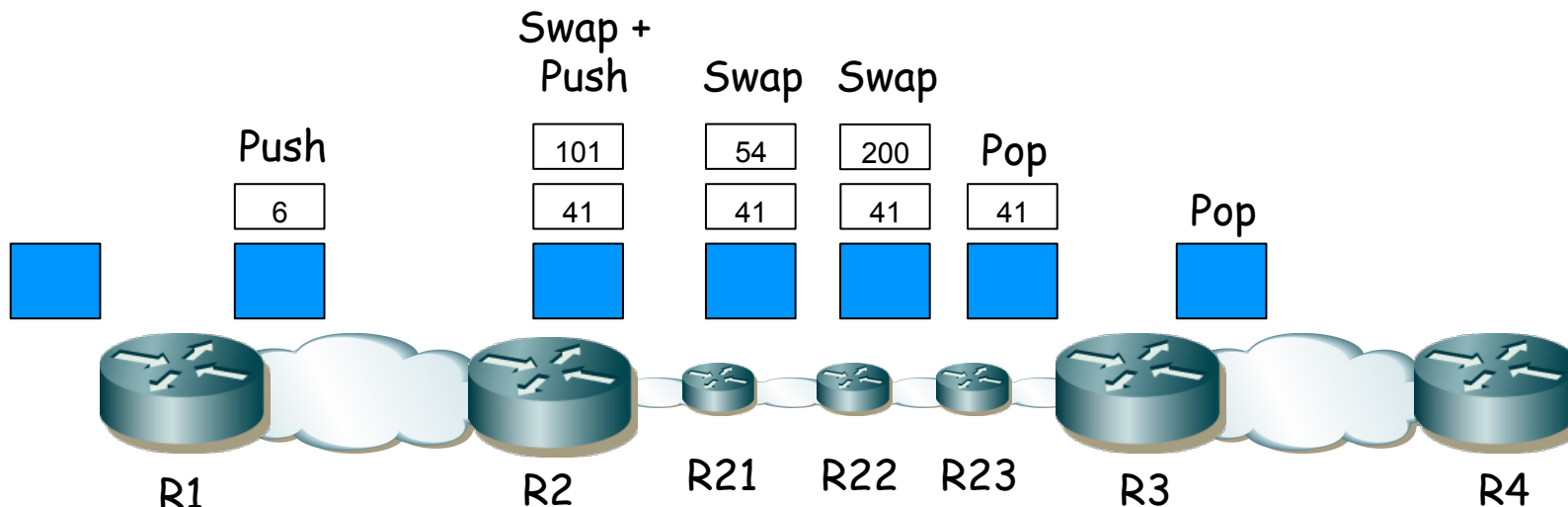
LSP Tunnels dentro de LSPs

- 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
- (...)



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



WANs

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

Redes
4º Ingeniería en Informática