

Multi Protocol Label Switching MPLS

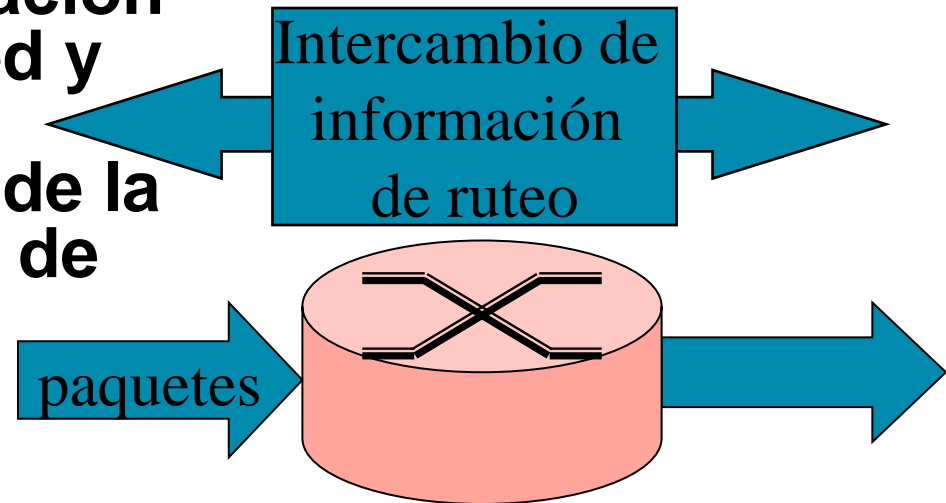
Nota: Algunas transparencias están basadas en una presentación de Daniel Kofman (ENST-Paris) realizada en el IIE.

Tabla de Contenido

- **Introducción**
- **MPLS – Arquitectura y protocolos**
- **Calidad de Servicio en IP**
- **Ingeniería de tráfico en MPLS – Calidad de Servicio**
- **MPLS –VPN**
- **Otras aplicaciones de MPLS**

Definiciones

- La función de ruteo (*routing function*), permite al router obtener una representación de la topología de la red y calcular las rutas de acuerdo con su visión de la red (cálculo de la tabla de ruteo)
- La función de envío (*forwarding function*) permite al router enviar paquetes IP a través del puerto de salida de acuerdo con el encabezado del paquete y la tabla de ruteo.



Modo clásico de envío de paquetes en redes IP

Ruteo

- Cada router corre un algoritmo que le permite construir su tabla de ruteo.

Envío

- Cada router analiza el cabezal del paquete que le llega.
- Cada router independientemente elige el próximo salto para ese paquete basado en el cabezal del paquete y la tabla de ruteo.

MPLS

- **Objetivo inicial:**
Incrementar la velocidad de los routers IP
Problemas IP/ATM
- **Es un estándar del IETF**
- **Define una arquitectura (Multiprotocol Label Switching Architecture (RFC 3031))**
- **Protocolos de señalización para definir etiquetas**
- **Puede ser usado en el core de la red.**

MPLS

- **Potencialidad actual**
 - VPN- MPLS**
 - Ingeniería de tráfico**
 - QoS sobre IP**
 - Any Transport Over MPLS**
 - Otras aplicaciones**

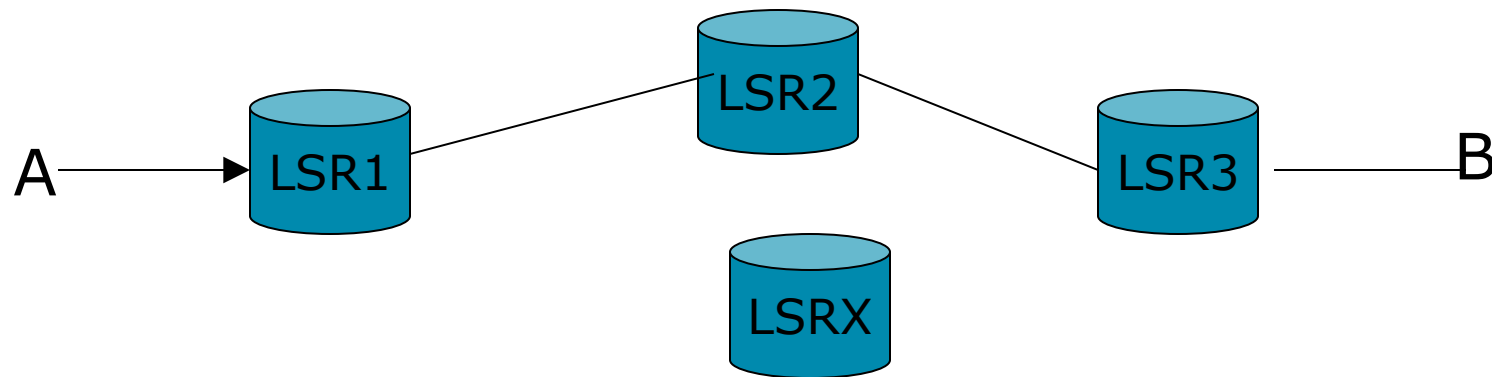
MPLS- Requerimientos funcionales básicos

- **Poder acomodar diferentes tecnologías de la capa de enlace y ser compatible con las actuales.**
- **Operar de manera independiente del protocolo de ruteo “superior”.**
- **Soportar Multicast y QoS.**
- **Poder operar en una red jerárquica.**

Arquitectura de MPLS

- **RFC 3031**

MPLS: Términos Básicos



Para un enlace entre A -> B ,

- LSR1 es el INGRESS router.
- LSR3 es el EGRESS router.
- LSR1 es el UPSTREAM router para LSR2.
- LSR2 es el UPSTREAM router para LSR3.
- LSR3 es el DOWNSTREAM router para LSR2.
- LSR2 es el DOWNSTREAM router para LSR1.

LSR: Label Switching Router

LER: Label Edge Router

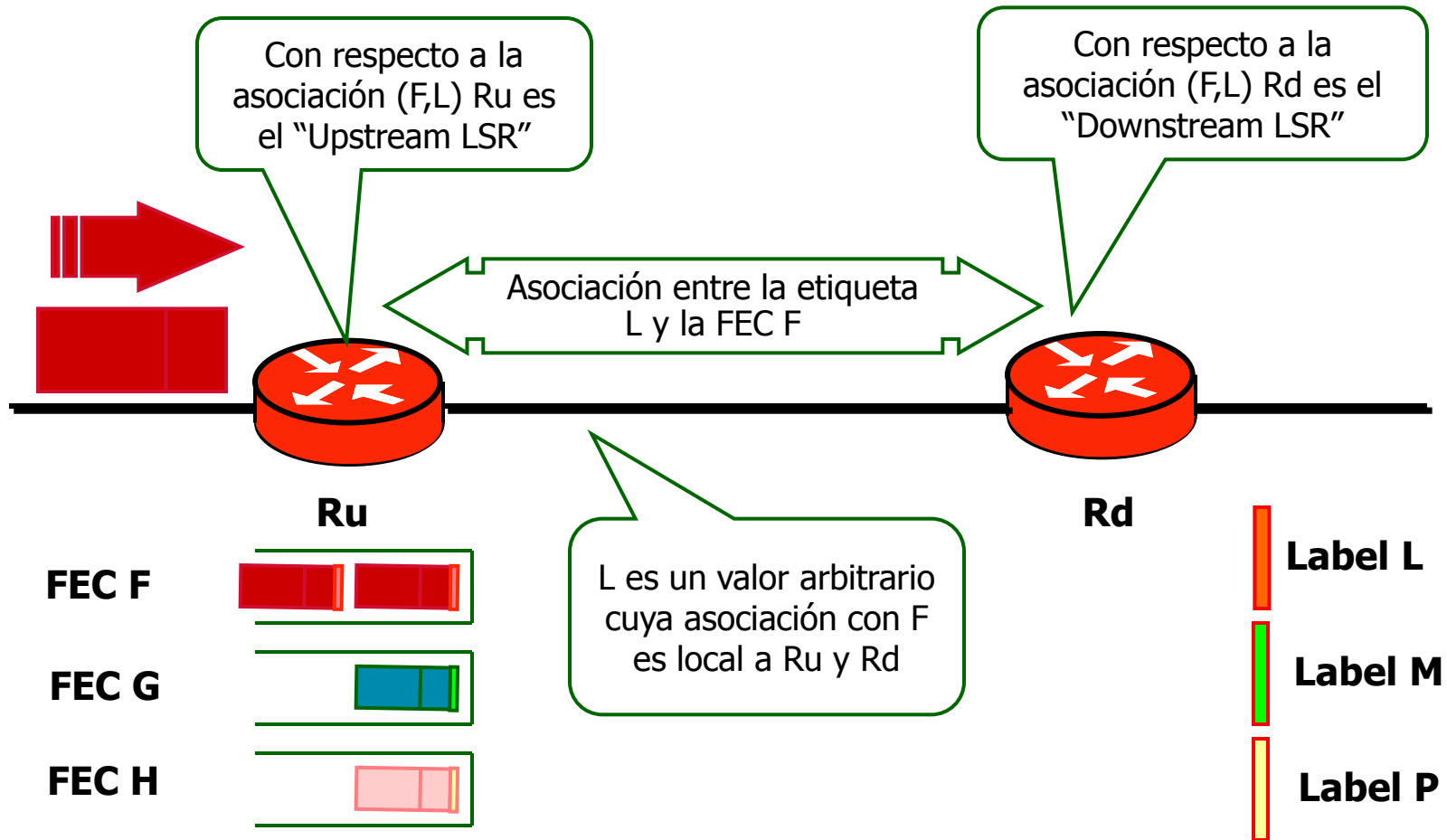
Reenvío de paquetes

- Se hace una partición del conjunto de todos los posibles paquetes en clases de equivalencia "Forwarding Equivalence Classes (FECs)".
- **FEC:**
 - Un grupo de paquetes IP que serán reenviados de la misma manera
 - En IP tradicional es el "longest match prefix"
 - Una vez asignados a una FEC los paquetes son indistinguibles desde el punto de vista de su reenvío.

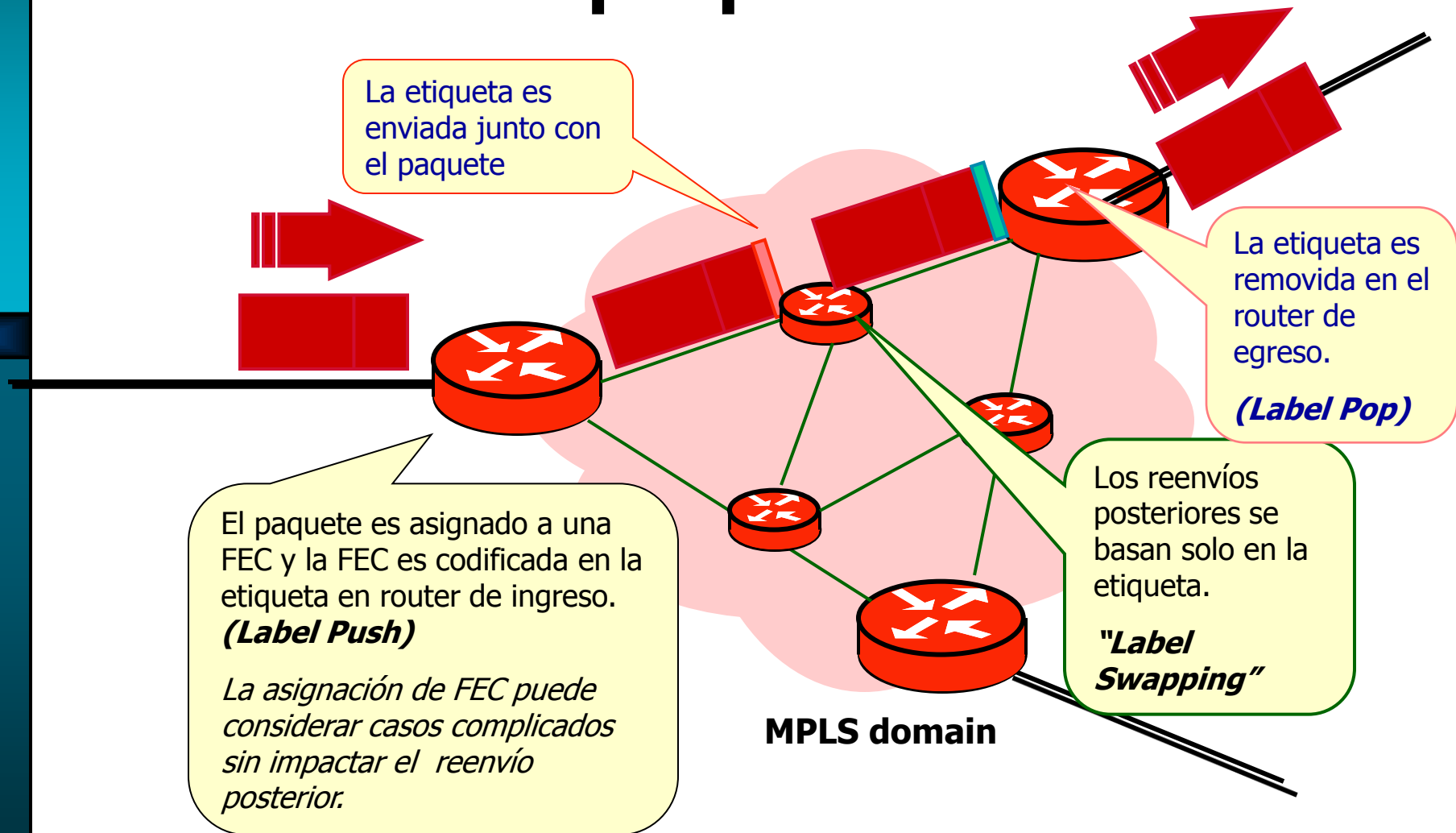
FEC

- **El concepto de FEC provee gran flexibilidad y escalabilidad**
- **En MPLS la FEC se determina en la entrada no en cada router**
- **Paquetes con distinto destino pueden agruparse en la misma FEC**
- **Posibles criterios de FEC**
 - IP Destino**
 - IP Origen – IP Destino**
 - IP Origen - IP Destino - puerto origen – puerto destino**
 - Etc.**

Label Switching Router (LSR). Asociación Label - FEC



Asignación de FEC y reenvío de paquetes

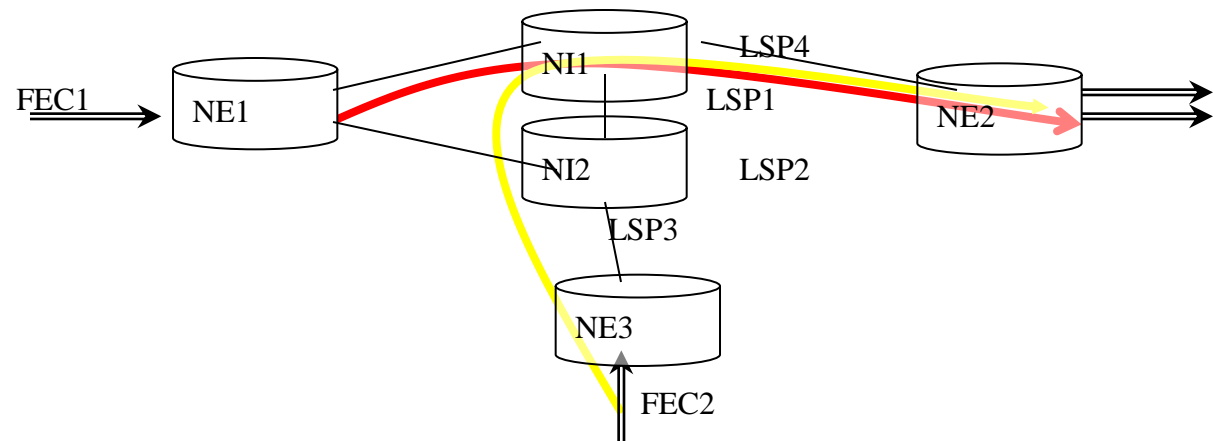


LSP: Label switched path

- En cada router se realiza la siguiente asociación:

Interfaz_entrada	etiqueta	interfaz_salida	etiqueta
i1	2000	o4	18

- De esta forma se construye para cada FEC un túnel, llamado Label Switched Path (LSP)

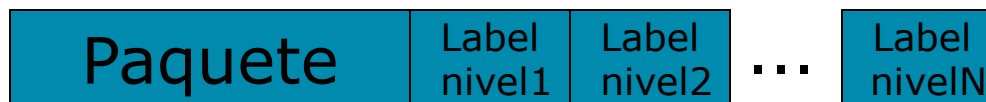


Alcance de las etiquetas

- **Las etiquetas son locales**
Espacio de etiquetas por interfaz
Espacio de etiquetas por plataforma

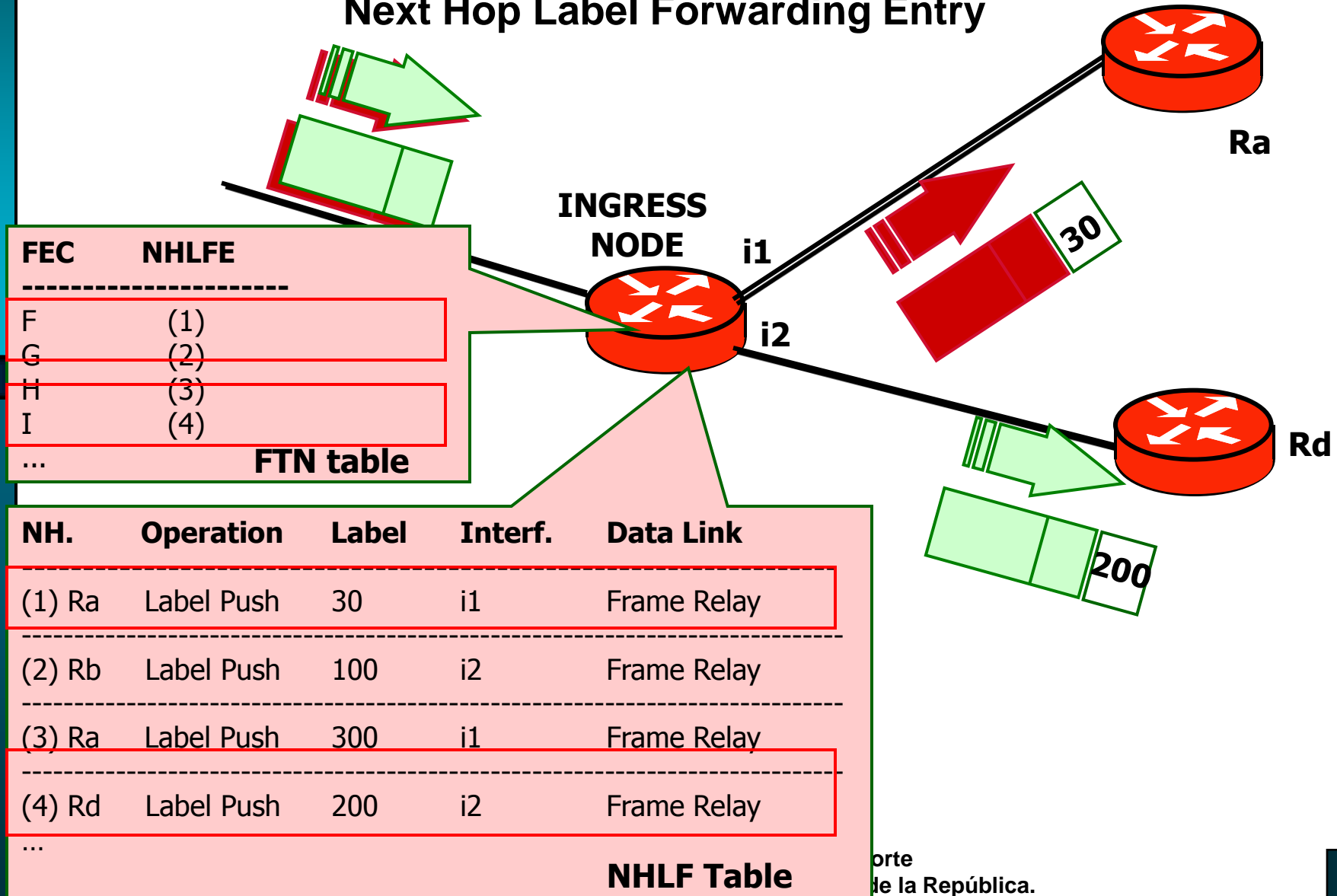
Stack de etiquetas

- Es útil tener un modelo más general en el cual un paquete pueda llevar un conjunto de etiquetas de modo LIFO: "label stack".
- El procesamiento se basa siempre en la etiqueta superior
- Este mecanismo habilita:
MPLS jerárquico
Agregación



FEC-to-NHLFE Map (FTN)

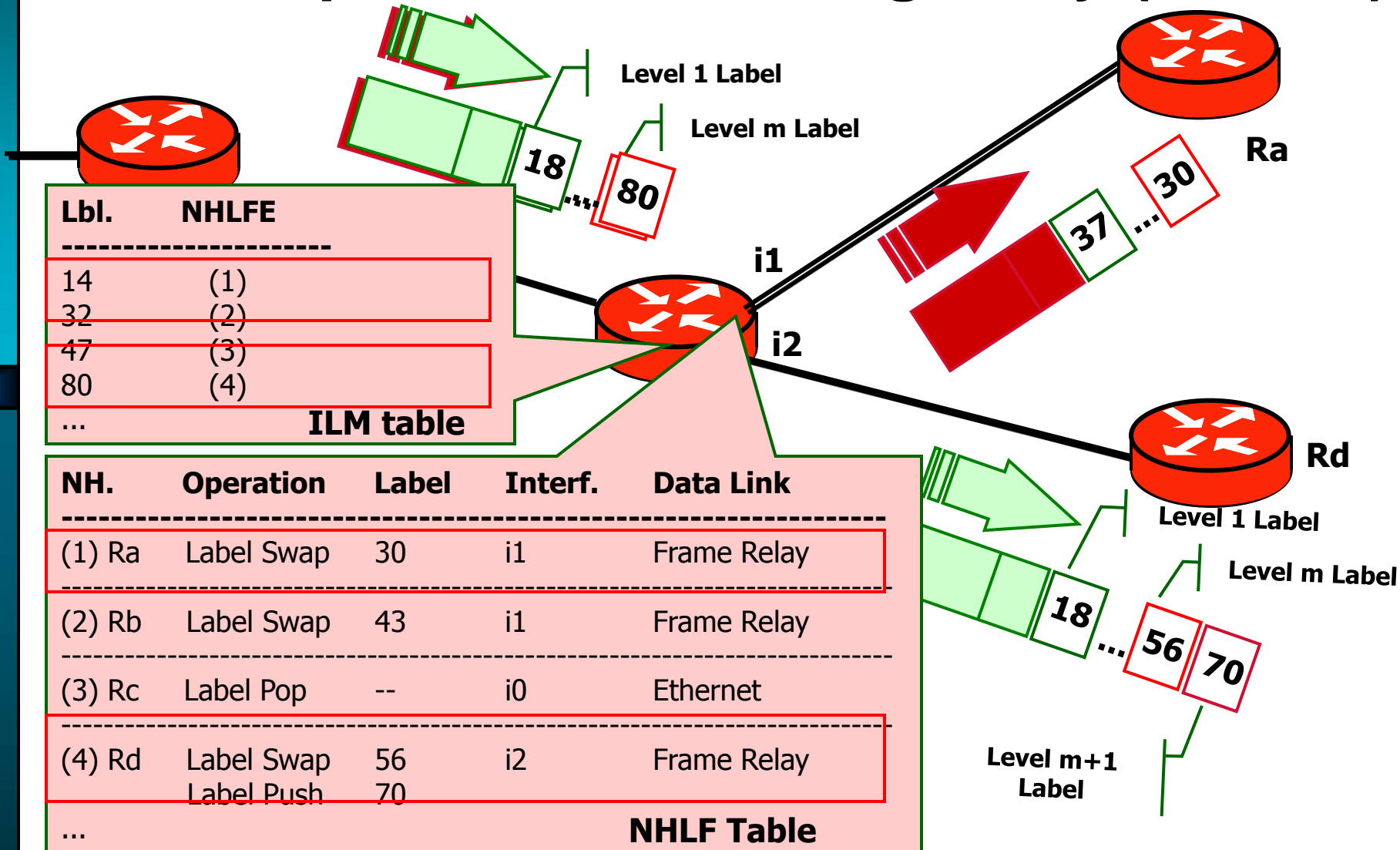
Next Hop Label Forwarding Entry



FTN (FEC-To-NHLFE)

- **Mapea cada FEC a un conjunto de entradas NHLFE**
- **Es usada cuando los paquetes arriban sin etiquetar**

Incoming Label Map (ILM) Next Hop Label Forwarding Entry (NHLFE)



ILM (Incoming Label Map)

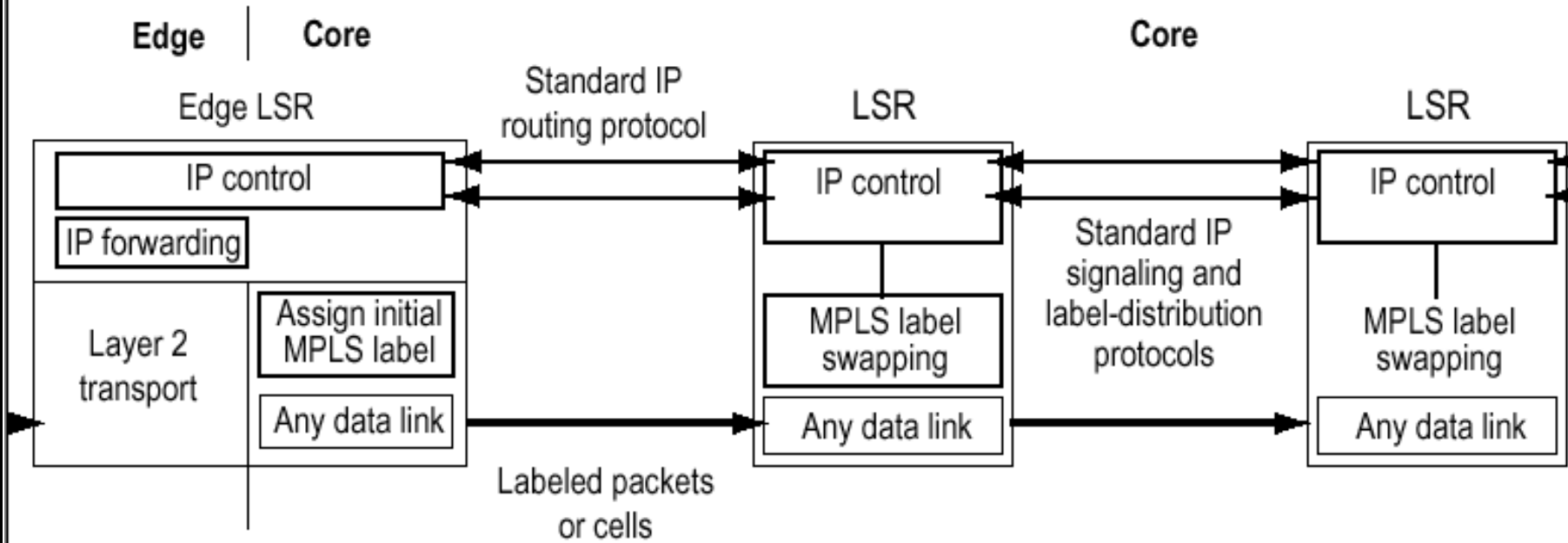
- **Mapea una etiqueta a un conjunto de entradas NHLFE.**
- **Una de estas entradas debe ser elegida antes de que el paquete sea enviado.**

Importante

Operaciones

- **En el nodo hay un mapeo FTN o ILM que define el conjunto de operaciones a realizar con el paquete.**
- **MPLS NEXT HOP puede no ser el DEFAULT NEXT HOP.**
- **Cuando se usa MPLS el next hop es siempre tomado de la tabla NHLFE el cual puede ser diferente del que se elegiría si MPLS no estuviera en uso.**

IP/MPLS

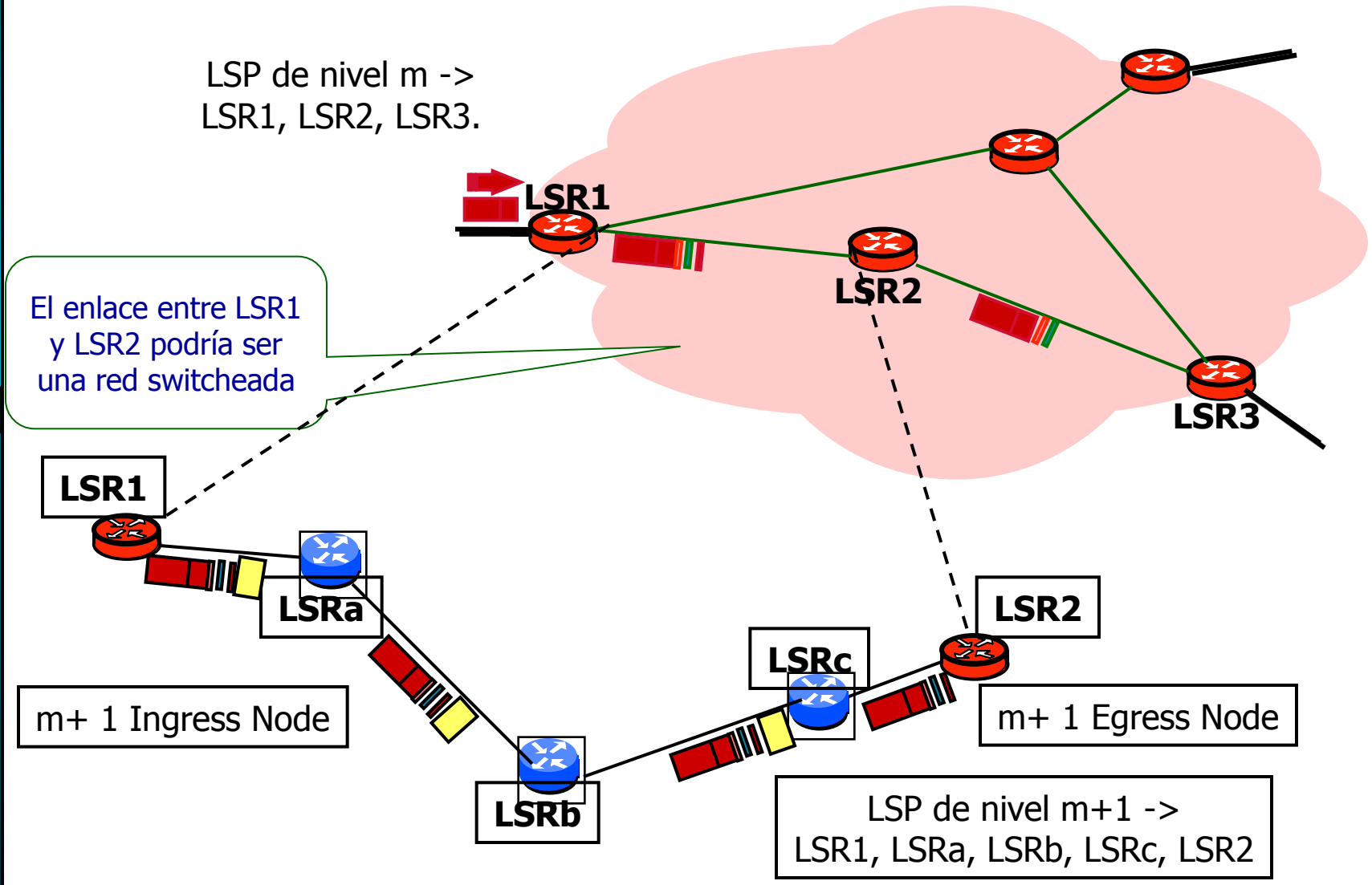


Label Switched Path : Penultimate hop popping

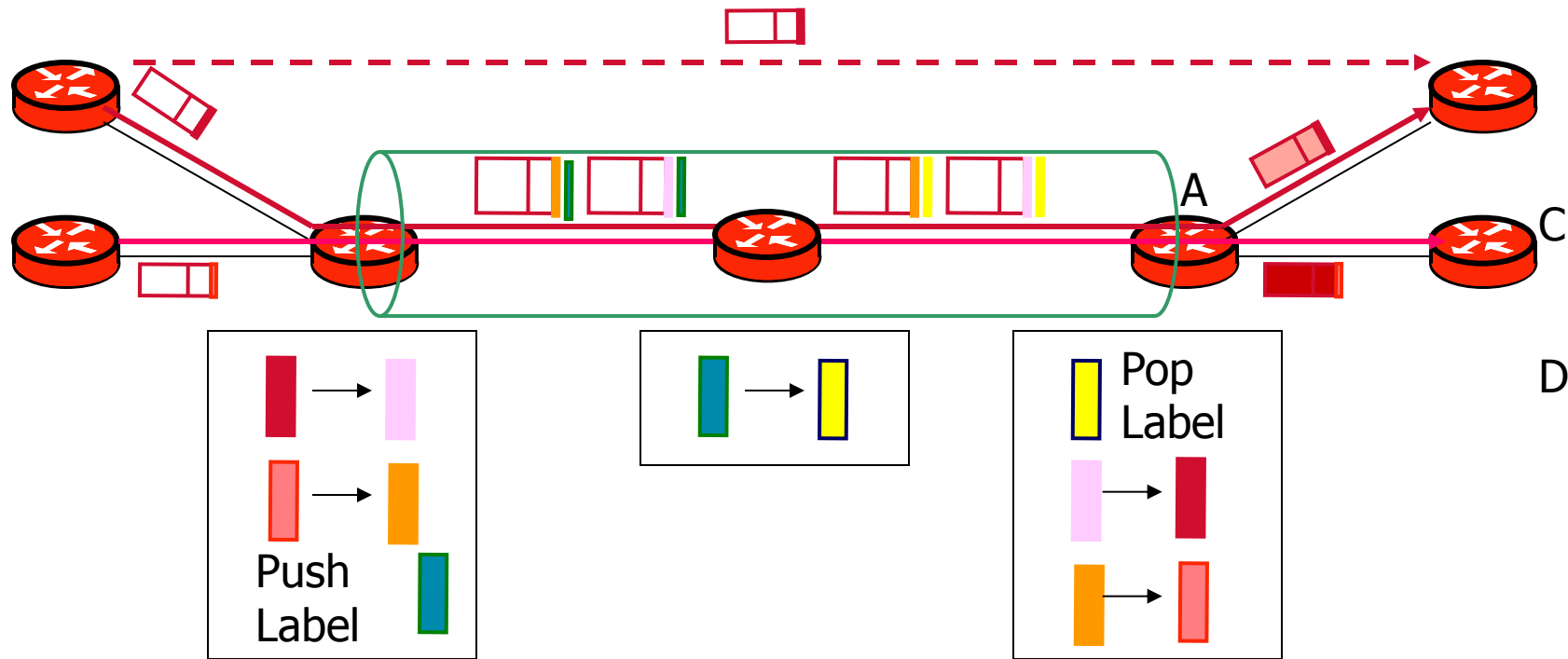
- Acuerdo entre el último y el penúltimo nodo en el LSP
- El penúltimo retira la etiqueta
- El último evita hacer una doble inspección del paquete para su reenvío.

Jerarquía MPLS

LSP de nivel m ->
LSR1, LSR2, LSR3.



Agregación



Para enviar un paquete al LSR A no se necesita saber si su destino es C o D.

La agregación simplifica las tablas en el corazón de la red.

Codificación de etiquetas

RFC 3032

- **Encapsulado genérico**
- **Otras alternativas**

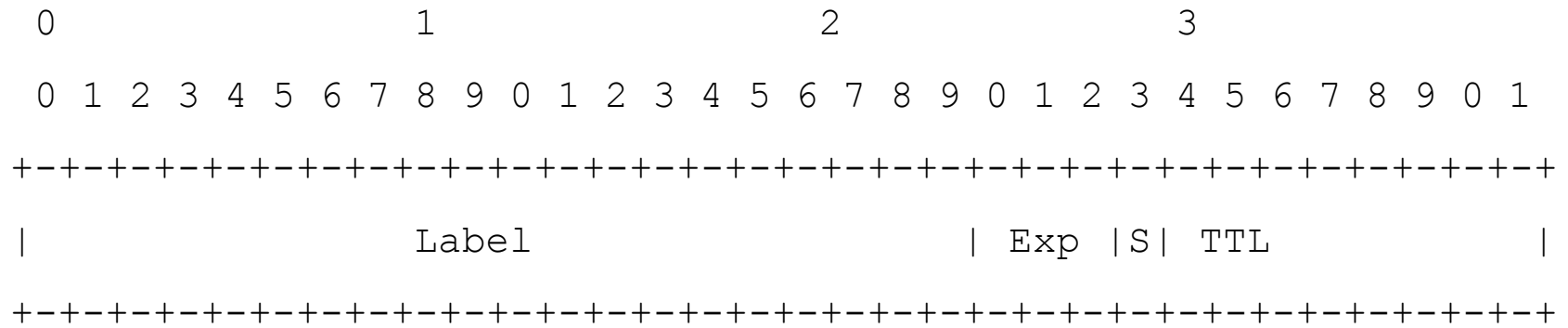
ATM: VCI/VPI

Frame Relay: DLCI

Codificación de etiquetas

- **El stack de etiquetas es representado por una secuencia de "label stack entries". Cada entrada es representada por 4 bytes.**
- **El paquete de la capa de red sigue inmediatamente después del label stack entry. La última entrada tiene el bit S seteado.**
- **Las entradas del stack de etiquetas aparecen después del encabezado de la capa de enlace pero antes de cualquier encabezado de la capa de red.**

Codificación de etiquetas



Label: Label Value, 20 bits

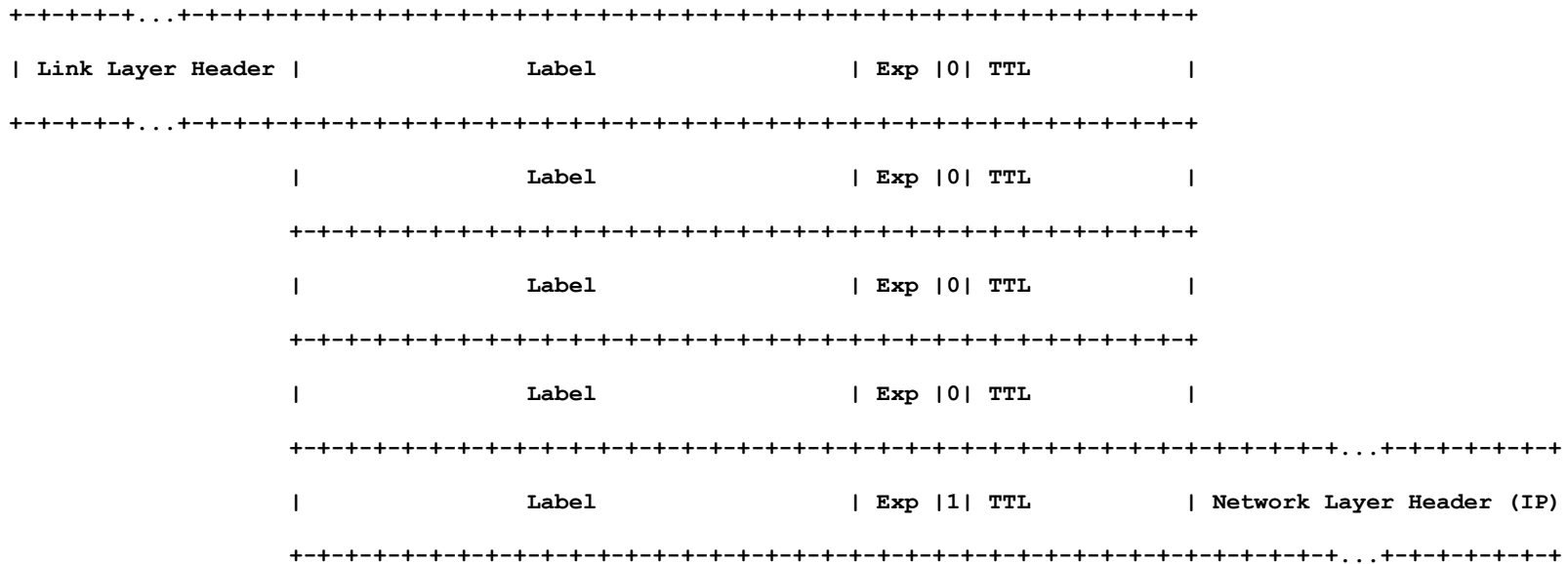
Exp: Experimental Use, 3 bits

S: Bottom of Stack, 1 bit

TTL: Time to Live, 8 bits

Label Stack Entry

Codificación de etiquetas



Label Stack Encoding

Etiquetas especiales

- **0-15 son etiquetas reservadas**
 - 0. “IPV4 Explicit NULL”**
 - 1. “Router Alert”**
 - 2. “IPV6 Explicit Null”**
 - 3. “Implicit NULL” – se distribuye pero no aparece en el cabezal**

TTL

- **“Shim header”**

Se debería (SHOULD) copiar el TTL de capa 3 al ingresar al LSP

Se debería decrementar en cada LSR

Se debería copiar al TTL de capa 3 al salir del LSP

- **“header de capa 2”**

- Segmentos no TTL

Detección de Loops

- **Path Vector**
requerido para ATM-LSR, si se lo configura
- **Colored Threads (experimental)**
RFC 3063

Plano de control: distribución de etiquetas

- **Podemos configurar los mapeos de forma estática**
 - Muy trabajoso
- **En general, protocolos de distribución de etiquetas**
- **Enviarán el mapeo de cada FEC a un valor de etiqueta**
- **Casi todos los protocolos actuales precisan tener una red IP corriendo previamente**
 - Ya que intercambian la información mediante IP

Protocolos de distribución de etiquetas

- Un protocolo de distribución de etiquetas es un conjunto de procedimientos por los cuales un LSR informa a otro de las asociaciones FEC- Label que ha hecho.
- Dos LSRs que utilizan un protocolo de distribución de etiquetas para intercambiar información de la asociaciones Label/ Fec se denominan "label distribution peers"
- La arquitectura no asume que exista un único protocolo funcionando.

Protocolos de distribución de etiquetas

- **LDP: Label distribution protocol (RFC 3036)**
Propaga el mapeo de rutas internas a etiquetas
El encaminamiento obtenido coincide con el obtenido sin MPLS
- **BGP**
Carrying Label Information in BGP-4 (RFC 3107)
Para rutas de VPNs capa 3. Multiprotocol BGP
- **RSVP** Utilizado para ingeniería de tráfico
Junto con OSPF-TE (o ISIS-TE)
Permite fijar caminos administrativamente, o de acuerdo a restricciones como ancho de banda
RSVP-TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels (RFC 3209)

Asignación y distribución de etiquetas

- **Las etiquetas siempre las genera el enrutador downstream (más cerca del destino)**

Recibirá paquetes con las etiquetas que el generó

- **2 modos de distribución de etiquetas:**

Modo de control de LSP Ordenado

Si no soy el LSR de egreso, espero a recibir etiquetas del enrutador aguas abajo antes de enviar mis etiquetas

Modo de control de LSP Independiente

En cuanto genero mis propias asociaciones de etiquetas, puedo enviarlas

Modos de distribución: no solicitado vs. a demanda

- **En el modo no solicitado, distribuyo todas las asociaciones locales a todos los enrutadores**

Unsolicited Downstream

- **En el modo a demanda (downstream-on-demand), solo envío las asociaciones que los demás enrutadores me solicitan**

Usualmente solo utilizado en ATM

Modos de retención

- **Modo liberal: guardo todas las asociaciones que me hayan enviado, aunque ahora no las vaya a usar**
 - Consume más memoria
 - Convergencia más rápida cuando los precise
- **Modo conservador: solo retengo las asociaciones que preciso en este momento**
 - Tendré que esperar a recibirlas nuevamente cuando cambie la topología

Espacios de etiquetas

- **Espacio global: la etiqueta tiene un significado global, no importa por donde llegue el paquete**
- **Espacio por interfaz: cuando se genera una etiqueta para la FEC tomando en cuenta la interfaz de entrada**

El mismo valor de etiqueta, para distintas interfaces de entrada, puede mapear a distinta FEC

Dos formas de enrutamiento

- **Hop by Hop**
- **Ruteo Explícito**

LDP: Label Distribution Protocol

- **En el funcionamiento por defecto, LDP asigna una etiqueta a cada prefijo de la tabla de enrutamiento del IGP**
 - Rutas estáticas, conectadas, aprendidas por OSPF, RIP, etc.
- **Anuncia esta asignación a todos los vecinos LDP**
- **En la dirección downstream, utiliza la etiqueta que le anuncie el próximo salto de la tabla de enrutamiento**
- **Obtenemos el mismo camino que obtendríamos sin MPLS**

4 funciones básicas de LDP

- **Descubrimiento de vecinos**
Paquetes Hello sobre UDP puerto 646
Similar a OSPF
- **Establecimiento y mantenimiento de sesión**
Sobre TCP puerto 646
- **Anuncio de etiquetas**
- **Notificación**

Descubrimiento de vecinos

- **2 tipos de sesiones:**

 - Vecinos directamente conectados

 - Vecinos **NO** directamente conectados

 - Deben ser alcanzables por IP

 - Deben configurarse explícitamente

 - No los veremos ahora

- **En el caso directamente conectado, se envían mensajes LDP Hello encapsulados en UDP, a la dirección 224.0.0.2 (all routers)**
- **Se configura habilitando MPLS en la interfaz**
- **Hello cada 5 segundos, hold-time 15 seg.**

Establecimiento de sesión

- **En el Hello se indica la dirección a la cual establecer la sesión TCP**
 - Puede configurarse explícitamente
 - Puede ser una Loopback
- **Esa dirección deberá ser alcanzable!!!**
 - Si no se establece la sesión, verificar conectividad entre ambas direcciones
- **Se elegirá uno como activo (IP mayor), este establecerá la sesión TCP**

Establecimiento de sesión (cont.)

- **Intercambio de parámetros (modo (no solicitado o a demanda), hold-time, etc.)**
- **Luego se enviarán keepalives periódicos**
Independientes de los Hello por UDP
- **Aunque tenga más de un enlace entre dos vecinos, se establecerá una única adyacencia**
Excepto en el caso de ATM que no veremos

Intercambio de etiquetas

- **7 mensajes**

Address

Address-withdraw

Con estos 2 mensajes, cada LSR mantiene una lista de las IPs de las interfaces del vecino

Necesario para saber si es el “next-hop” de una ruta

Label Request

Label Abort Request

En modo On Demand

Label Mapping

Label Withdraw

Label Release

Mapeo de etiquetas (label mapping)

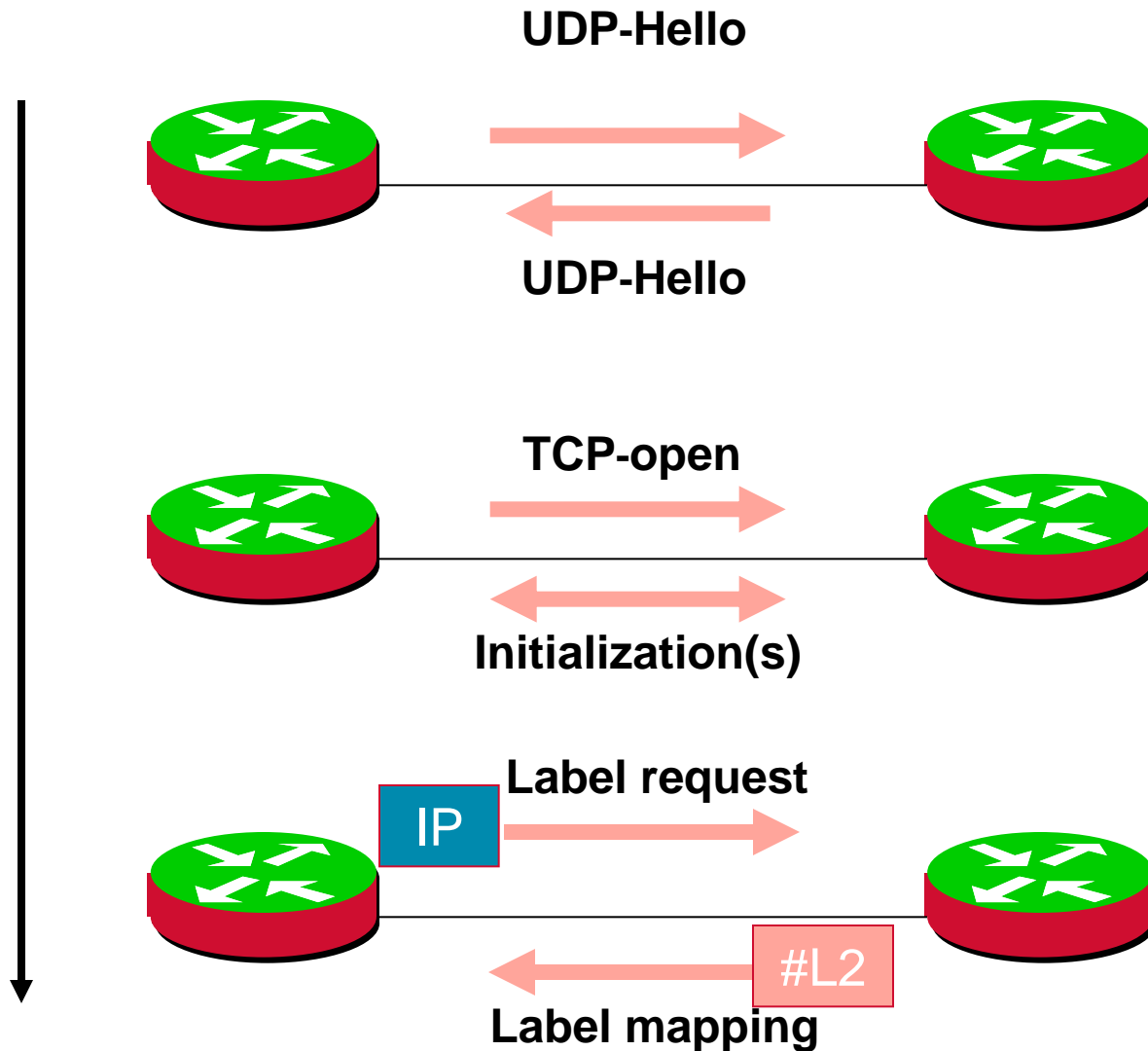
- El mensaje “label mapping” incluye una FEC, y un valor de etiqueta a asociar
- En LDP básico, la FEC corresponde con una red (una IP y una máscara)
- Se avisa que deja de ser válido con el mensaje “label withdraw”

Notificación

- **Informe de problemas**
- **Errores**
 - solo para errores fatales
 - Envía el mensaje y da de baja la sesión
 - Borra todos los mapeos de etiquetas aprendidos de ese vecino
- **Notificaciones “informativas”**
 - Warnings, sigue funcionando

Como opera ?

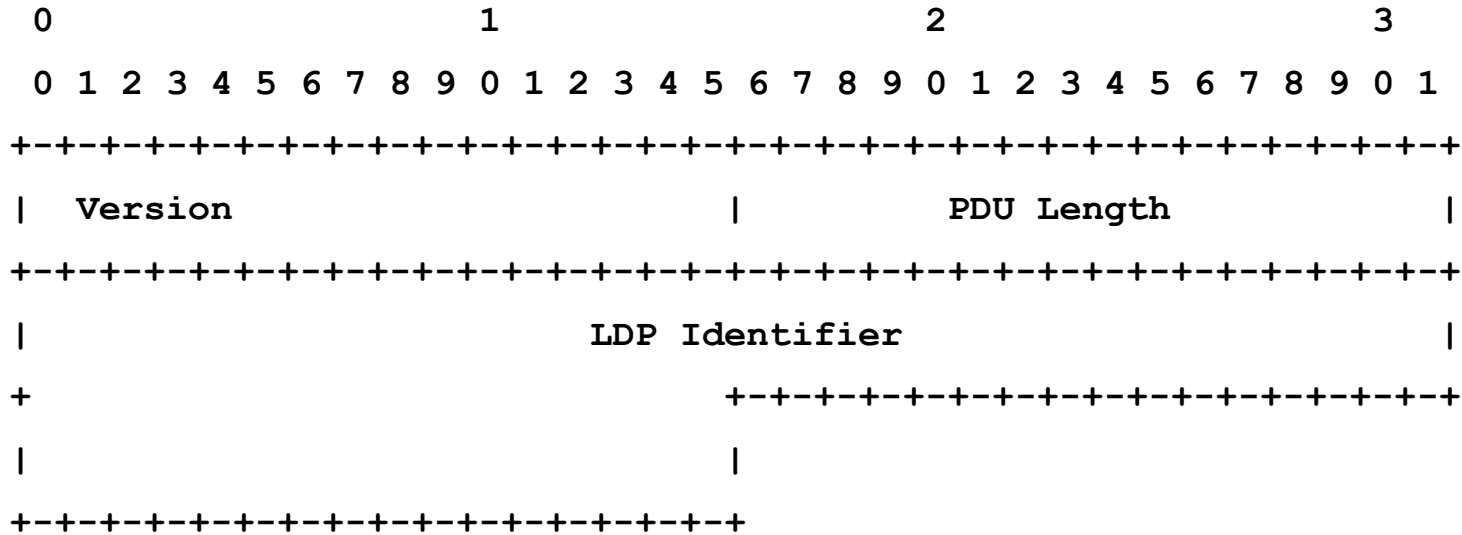
TIME



Formato de algunos paquetes

Protocolo LDP

LDP Header

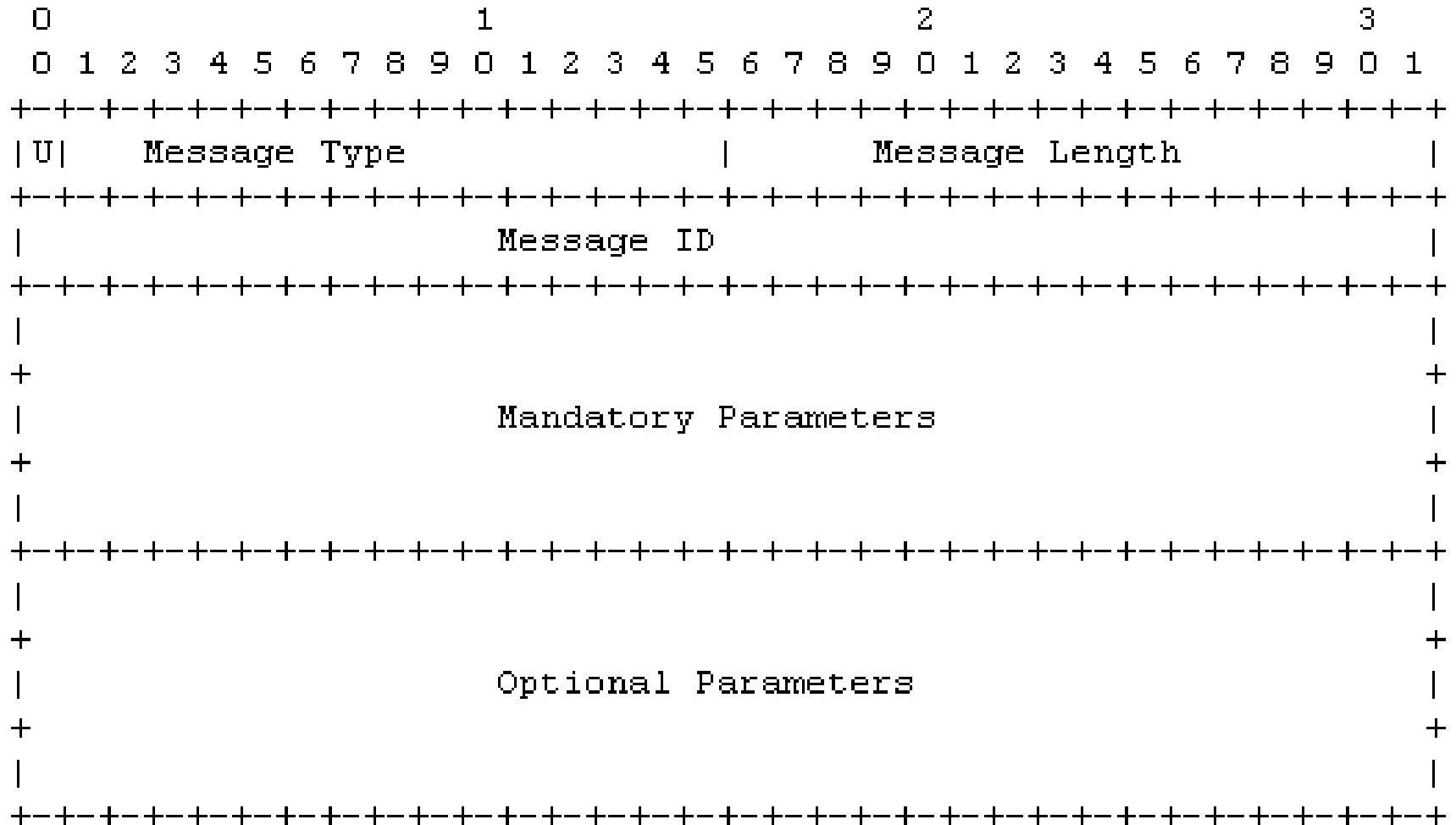


Version = 1.

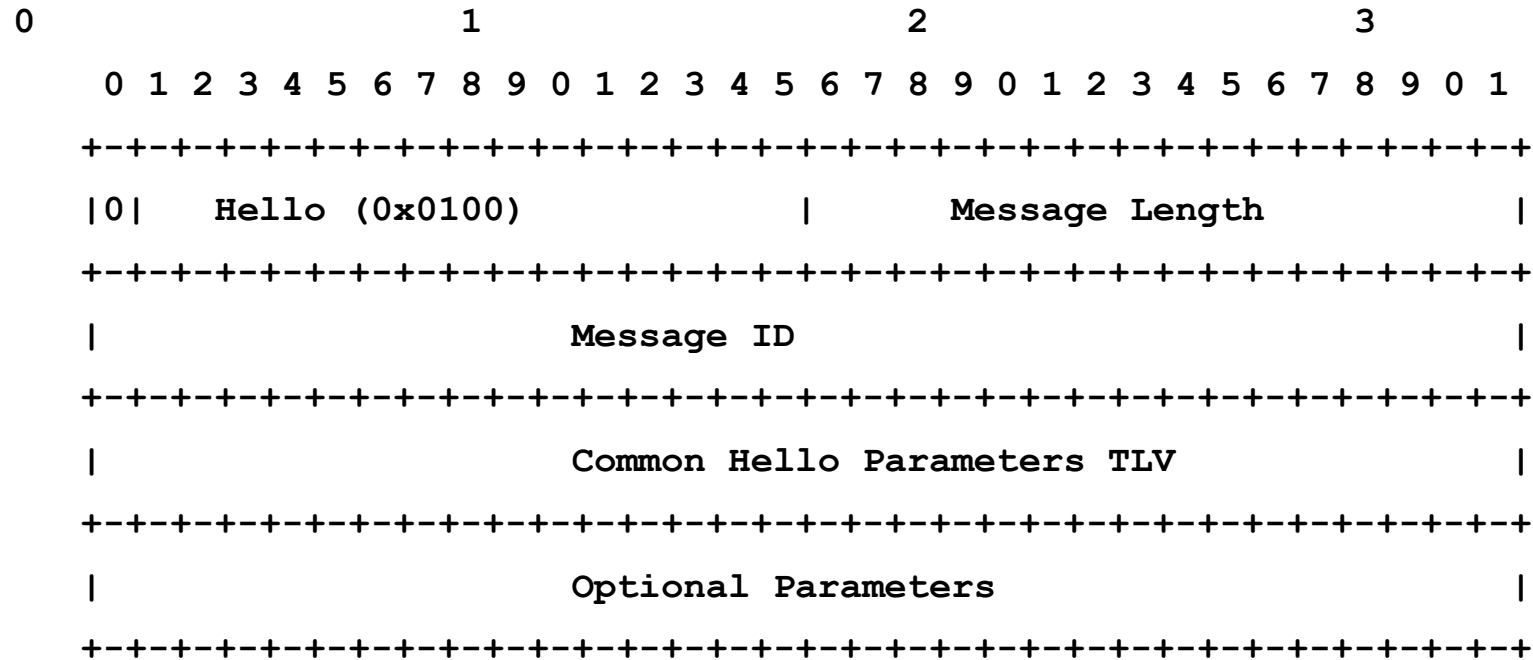
PDU Length: Two octet integer specifying the total length of this PDU in octets, excluding the Version and PDU Length fields.

LDP Identifier: Six octet field that uniquely identifies the label space of the sending LSR for which this PDU applies. The first four octets identify the LSR and must be a globally unique value. It should be a 32-bit router Id assigned to the LSR and also used to identify it in loop detection Path Vectors. The last two octets identify a label space within the LSR. For a platform-wide label space, these should both be zero.

Mensajes LDP



Hello



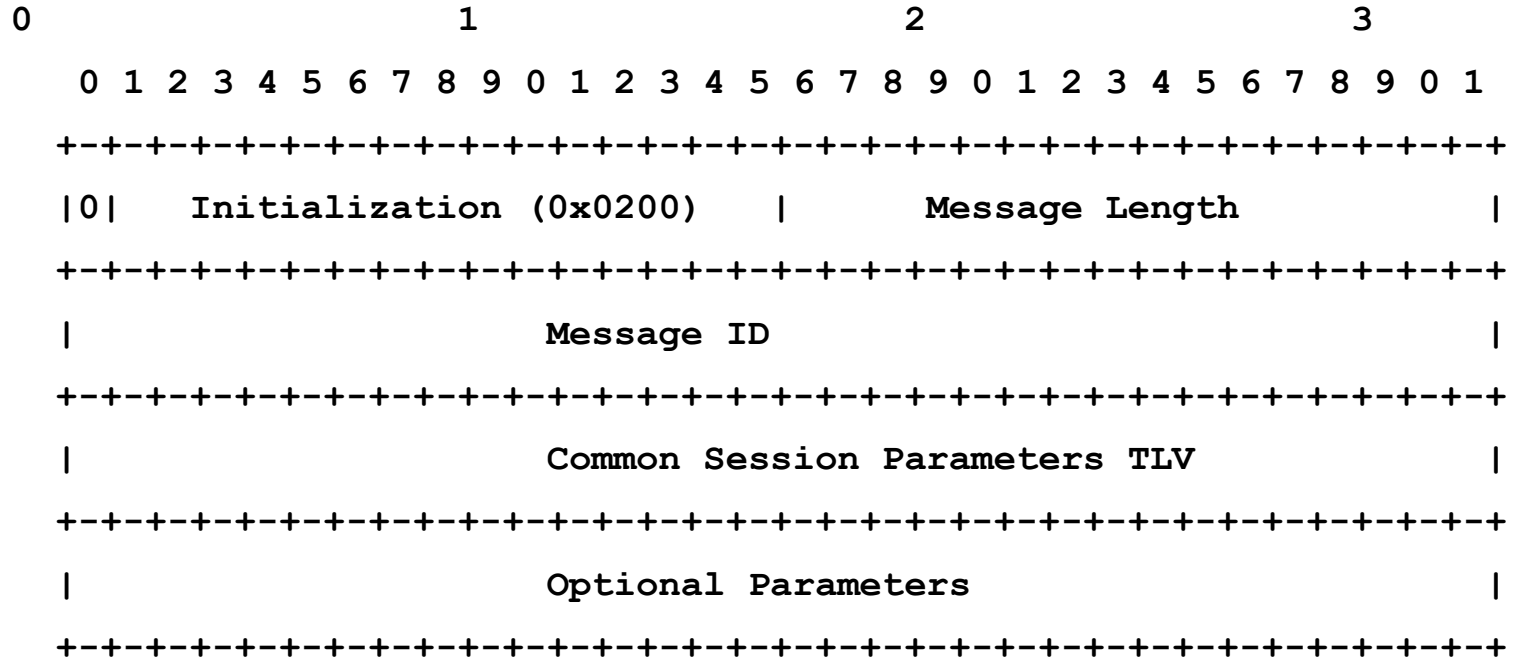
Message ID

32-bit value used to identify this message.

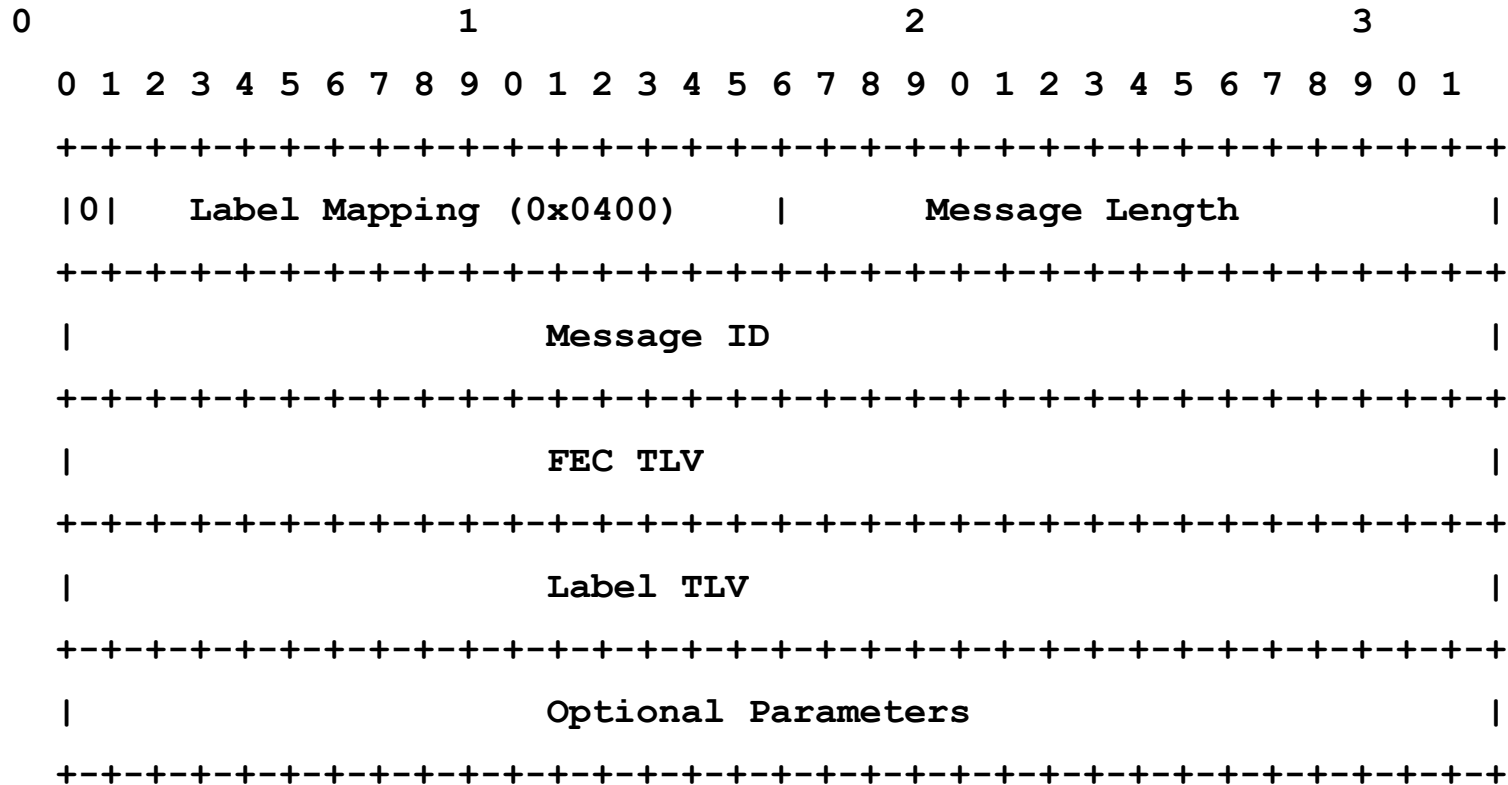
Common Hello Parameters TLV

Specifies parameters common to all Hello messages. The encoding for the Common Hello Parameters TLV is:

Initialization Message

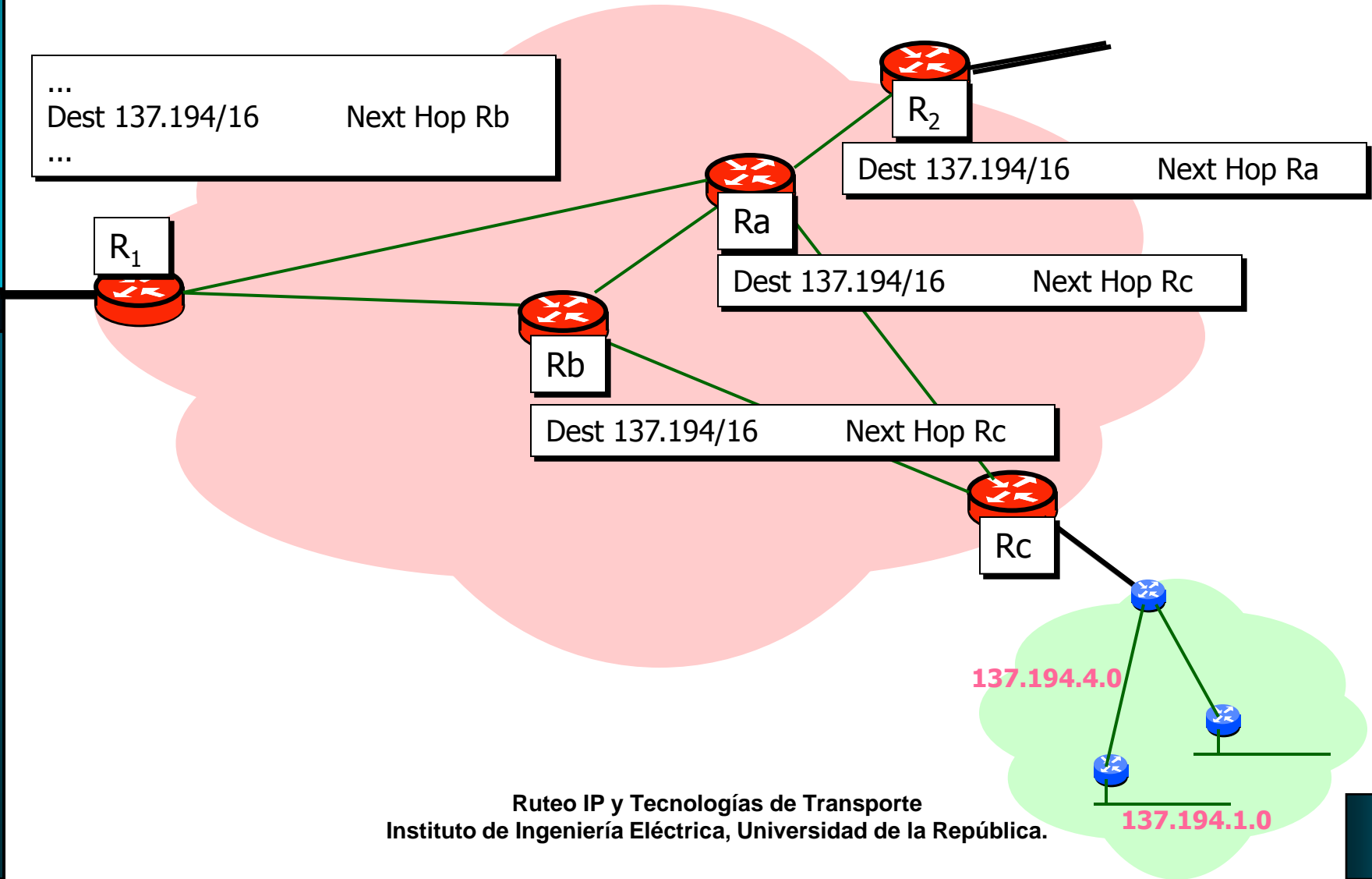


Label Mapping (binding)

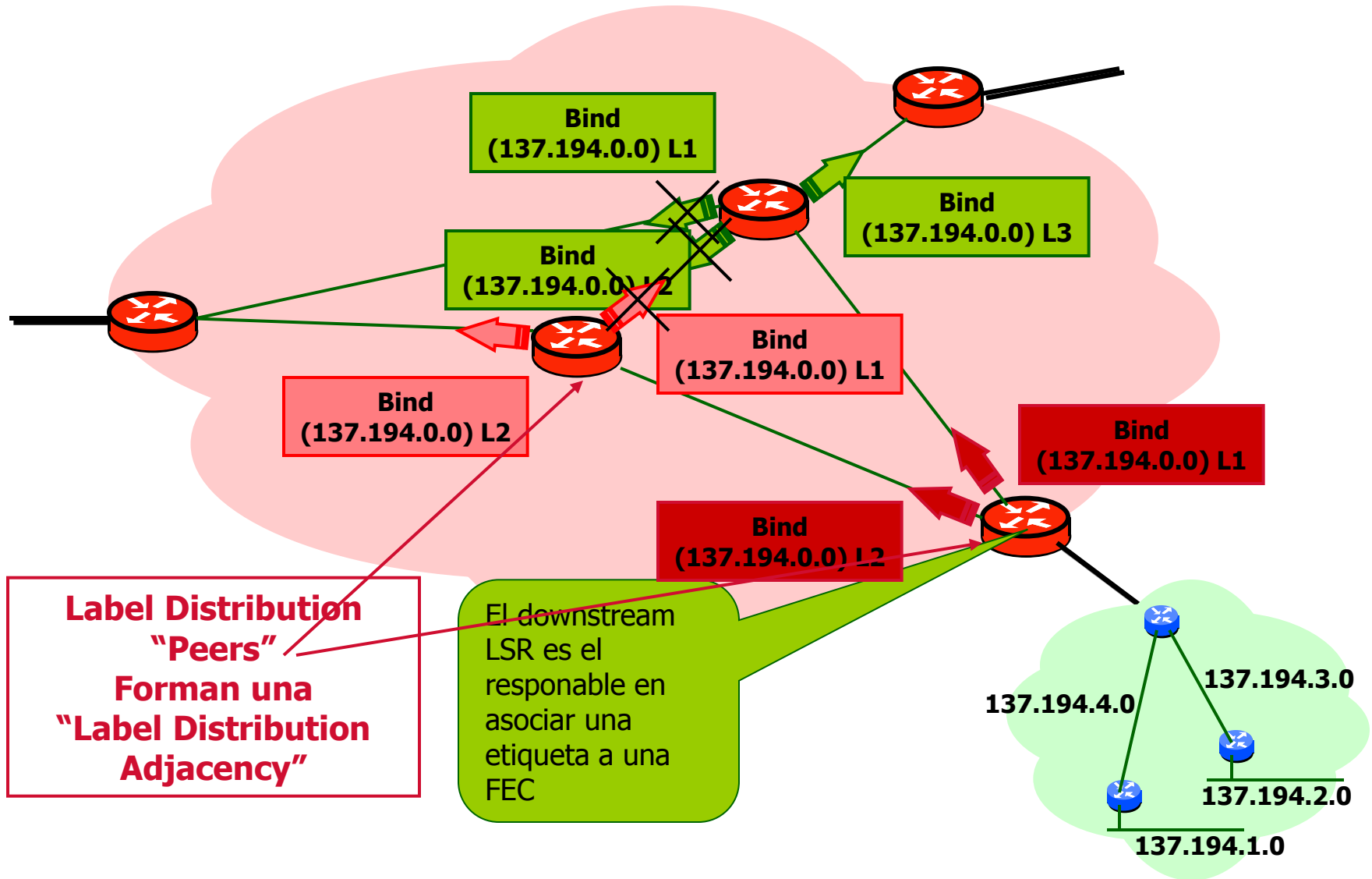


LDP: tráfico ruteado “Hop by Hop”

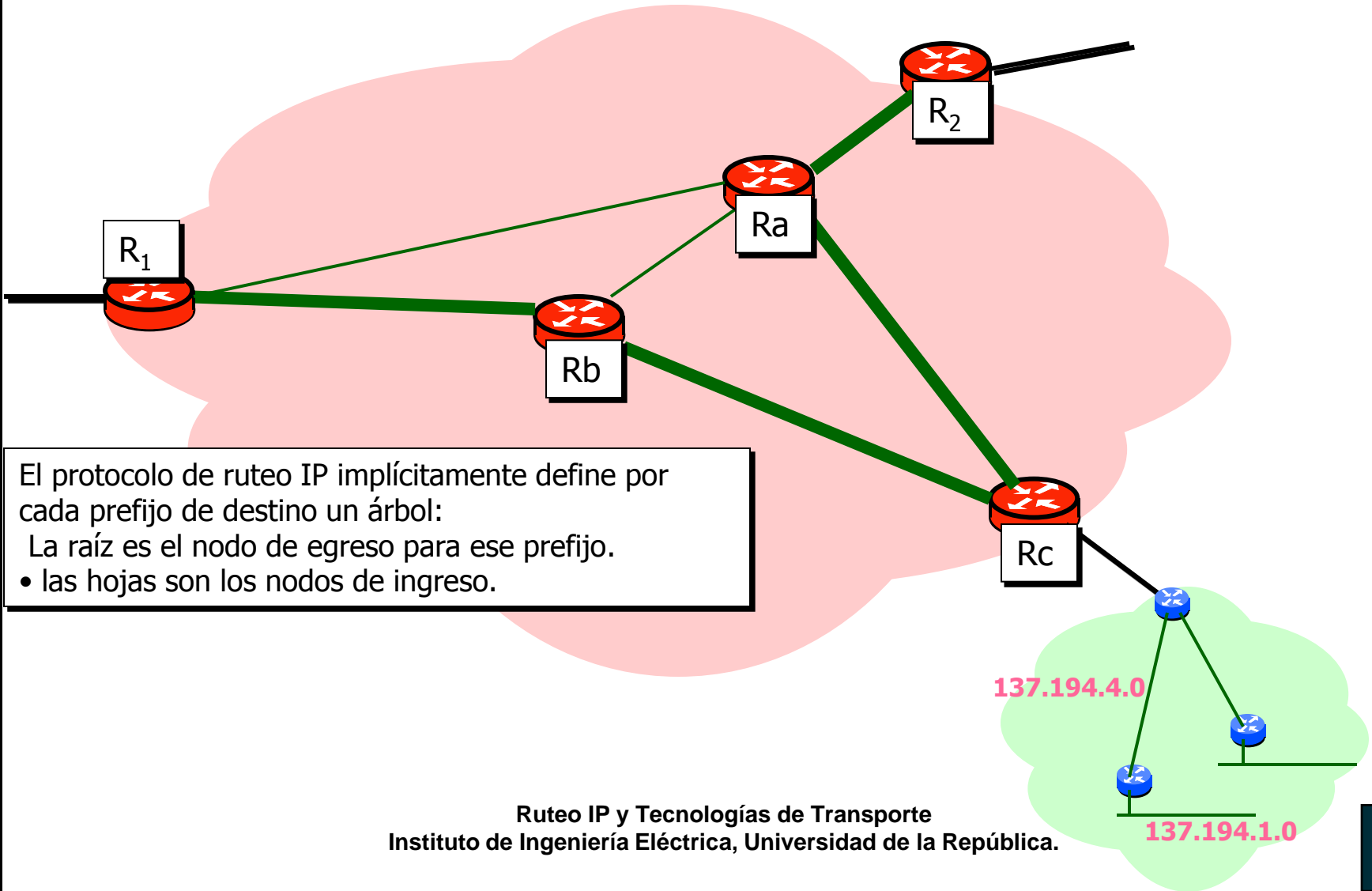
LSPs enrutados “hop by hop”



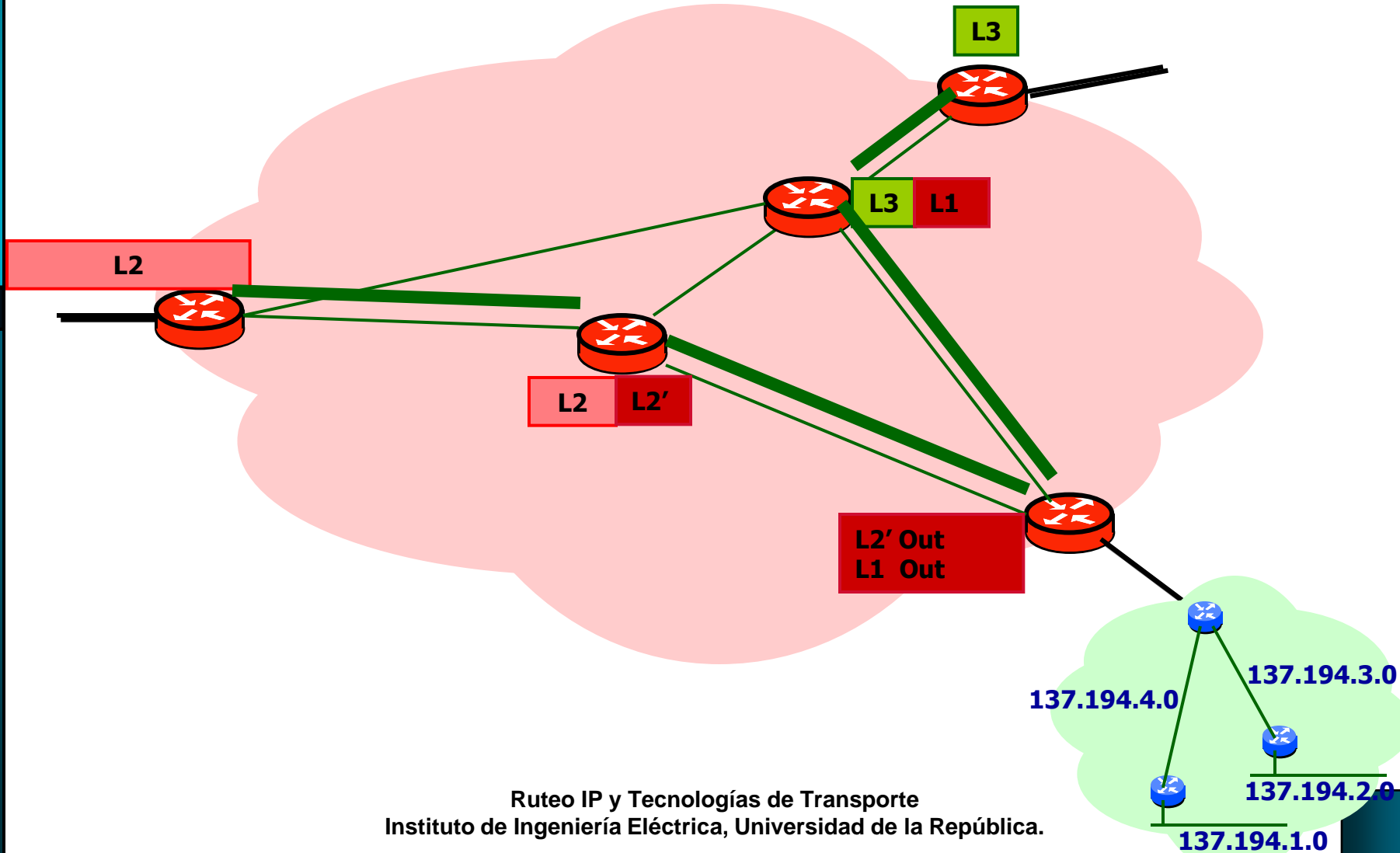
Unsolicited Downstream



LSPs enrutados “hop by hop”



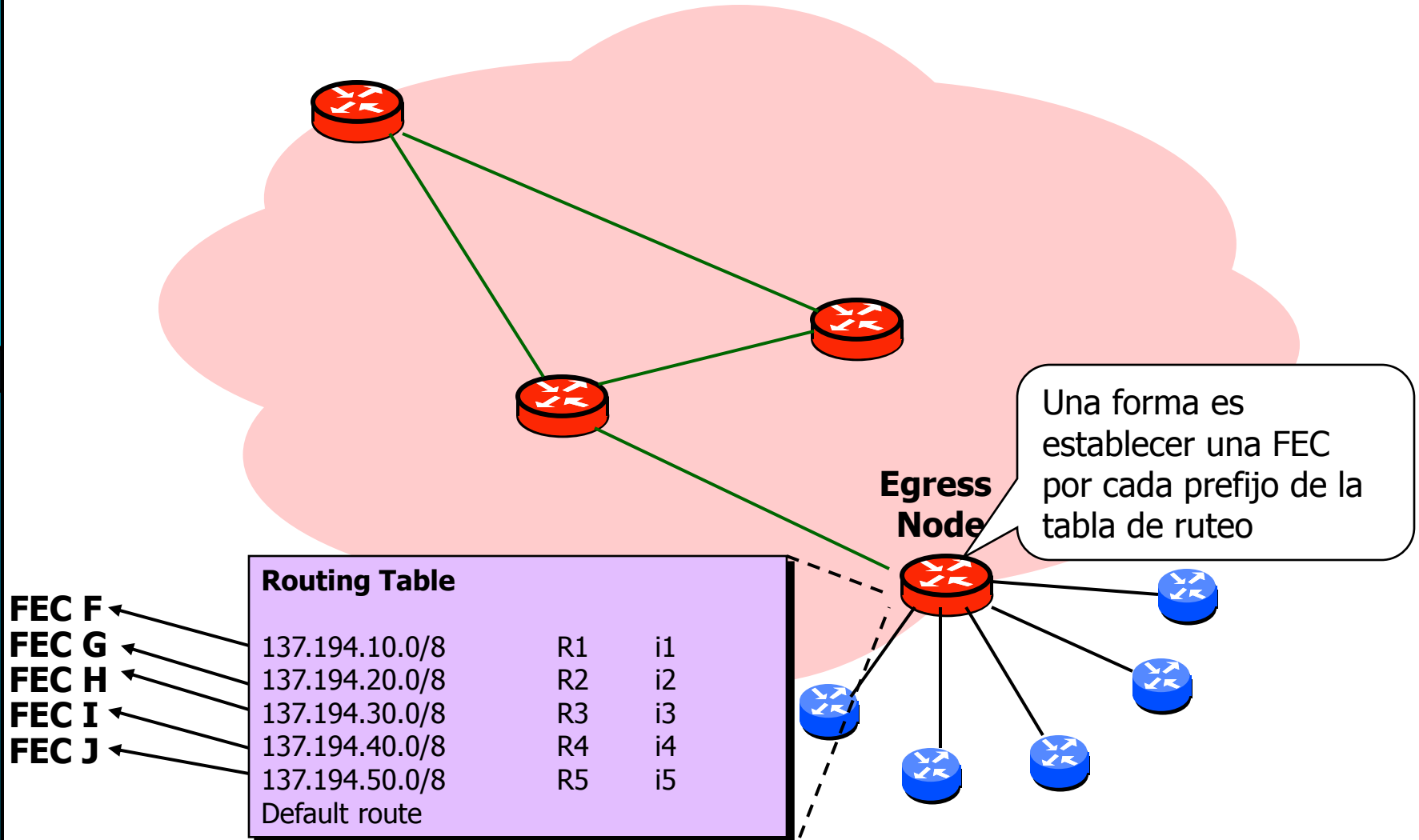
LSPs enrutados “hop by hop”



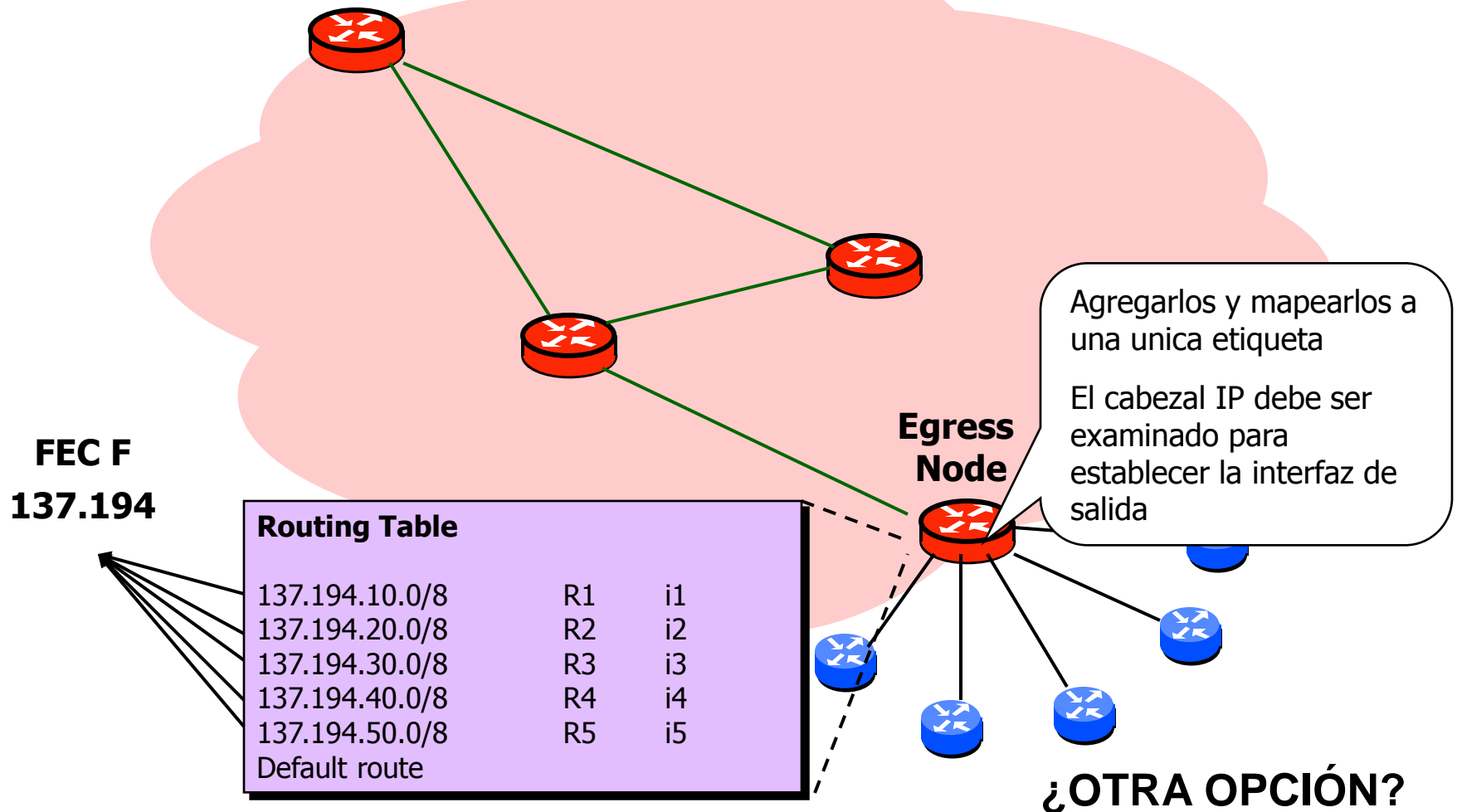
Tráfico enrutado “hop by hop”

- **Los paquetes son enviados por la misma ruta que si funcionara el ruteo IP clásico**
- **Un router en general determina la etiqueta a partir de su tabla de ruteo.**
- **Los paquetes en una FEC se corresponden a un prefijo dado en la tabla de ruteo.**

Agregación : diferentes granularidades



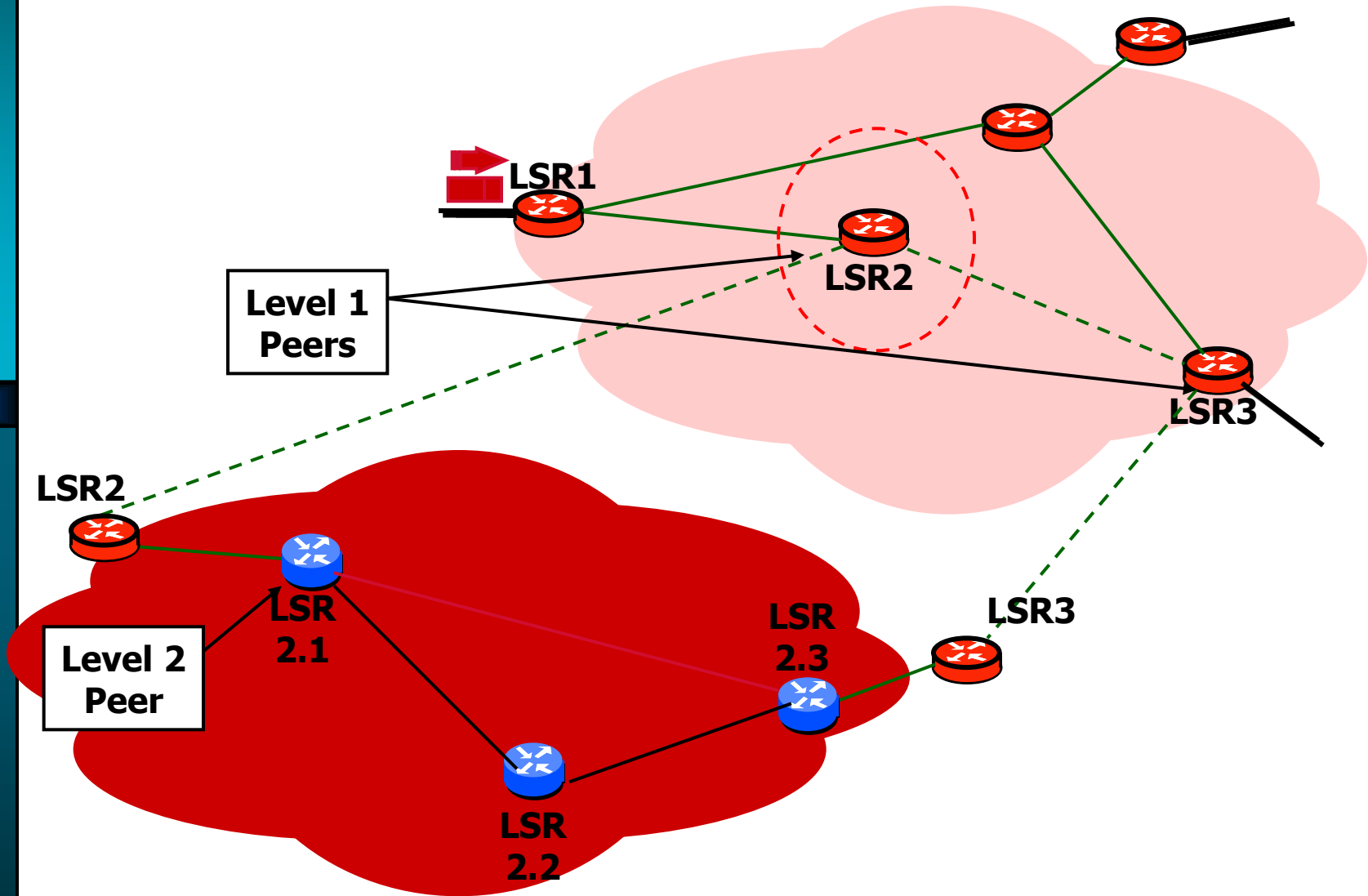
Agregación : diferentes granularidades



Distribución de etiquetas basadas en BGP

- En muchos escenarios es deseable asociar etiquetas a FEC que pueden ser identificadas con rutas a prefijos de direcciones.
- BGP es un protocolo estándar ampliamente difundido que puede ser aprovechado para tal fin
- “piggybacking”
- MPLS-VPN

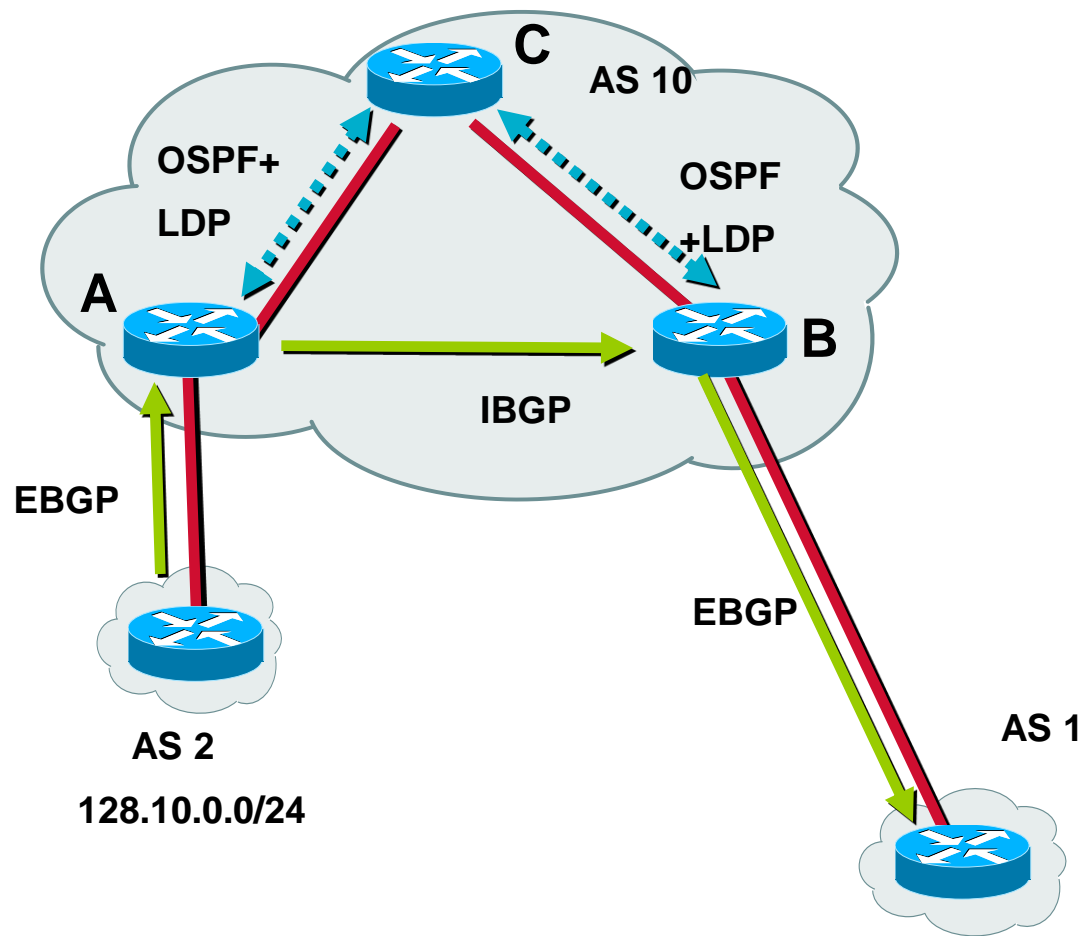
Label Distribution Peers



Interacción de MPLS/LDP con BGP

- **Cuando un prefijo se propaga por BGP interno, se mantiene el próximo salto**
- **Podemos definir una FEC que sea “todos los paquetes que van al mismo próximo salto de BGP”**
- **A cada prefijo de BGP, le asociamos la etiqueta que corresponde con el next-hop**
Muchos prefijos utilizarán la misma etiqueta
- **Los enrutadores internos no precisarán hablar BGP, solo saber cómo llegar al next-hop**

Interacción de MPLS/LDP con BGP



Interacción de MPLS/LDP con BGP

