

MPLS (Multi Protocol Label Switching)

Diversos mecanismos han sido diseñados para mejorar el rendimiento de las redes IP y para proporcionar diferentes niveles de QoS (Quality of Service) a los usuarios del servicio. Aunque los protocolos de enrutamiento (ej. RIP, OSPF, BGP, etc.) tienen como propósito fundamental encontrar dinámicamente una ruta entre cualquier par fuente y destino dentro de una red, también proporcionan soporte para objetivos relacionados con el rendimiento, de dos maneras [6]:

- Reacción ante la congestión. Esto tiende a suavizar la carga mejorando el rendimiento.
- Las rutas pueden basarse en distintas métricas, que facilita la manipulación de paquetes con distintas necesidades de servicio.

Sin embargo, estos mecanismos son muy primitivos, puesto que no aportan soluciones a la mejora del rendimiento global y al manejo del retardo en una red.

MPLS supone un esfuerzo prometedor en la provisión del tipo de soporte de QoS, orientado a conexión y a la gestión de tráfico, con el fin de acelerar los procesos de envío de paquetes conservando la flexibilidad de un modelo de red IP. Las raíces de MPLS se remontan a una serie de esfuerzos realizados a mediados de los '90s encaminados a "casar" dos tecnologías: IP y ATM [6].

El primero de esos esfuerzos que alcanzó el mercado real fue la conmutación IP, desarrollada por Ipsilon. Para competir con esta oferta, numerosas compañías anunciaron sus propios productos, fundamentalmente Cisco Systems, IBM y Cascade. Sus productos tenían como objetivo mejorar el rendimiento y las características de retardo de IP, y todos tomaban el mismo enfoque: utilizar un protocolo de enrutamiento estándar, como OSPF, para definir las rutas entre los diversos puntos, asignar paquetes a estas rutas según entraban en la red y utilizar conmutadores ATM para mover los paquetes a lo largo de las rutas. Cuando estos productos salieron al mercado, los conmutadores ATM eran mucho más rápidos que los routers IP y lo que se pretendía era mejorar el rendimiento empujando el mayor número posible de tráfico hacia abajo, hacia el nivel ATM y empleando hardware de conmutación ATM.

En respuesta a estas iniciativas, la IETF (Internet Engineering Task Force) constituyó el grupo de trabajo MPLS en 1997 para desarrollar un modelo común estandarizado. Este grupo hizo público su primer conjunto de estándares propuestos en el año 2001. Mientras tanto, el mercado no se quedó de brazos cruzados: el final de los '90s fue testigo de la introducción de varios routers igual de rápidos que los conmutadores ATM, eliminando la necesidad de tener ambas tecnologías (ATM e IP) en la misma red. MPLS juega un papel esencial, ya que reduce la cantidad de procesamiento requerida por paquete en cada router.

En este documento se define la tecnología MPLS, su arquitectura y componentes. Se detalla su funcionamiento y se describen sus ventajas.

1. Conceptos básicos

MPLS fue publicado por la IETF en el RFC 3031 [5] en el año 2001. MPLS es una tecnología de mapeo de etiquetas y reenvío de paquetes, que integra el intercambio de etiquetas con el enrutamiento a nivel de red. El intercambio de etiquetas (o mapeo) implica el cambio del valor de la etiqueta en la cabecera del paquete a medida que este se desplaza de nodo en nodo dentro de la red. La idea de MPLS es mejorar el rendimiento del enrutamiento de capa de red y su escalabilidad [1].

MPLS da soporte a diversas tecnologías de red, ubicándose entre las capas 2 y 3 del modelo OSI (Open Systems Interconnection) [7].

1.1 Arquitectura

En esta sección se definen algunos elementos básicos de MPLS y se describe el enfoque general a usar.

1.1.1 Nodos MPLS

Un nodo MPLS es un dispositivo de interconexión que soporta MPLS. Tiene conocimiento de los protocolos de control MPLS, opera en uno o más protocolos de enrutamiento de capa 3, y es capaz de reenviar paquetes en base a etiquetas. Opcionalmente, puede reenviar paquetes capa 3 nativos [5]. Los nodos MPLS son llamados LSR (Label Switching Router). Existen diferentes tipos de nodos MPLS:

- **Nodo de tránsito (Transit Node):** Recibe el PDU y usa la cabecera MPLS para tomar las decisiones de reenvío, asimismo realiza intercambio de etiquetas. También es llamado LSR interior, o LSR de core [1].
- **Nodo de borde (Edge Node):** Conecta un dominio MPLS con un nodo fuera del dominio, ya sea porque no soporta MPLS, y/o porque está en un dominio diferente. Pueden haber dos tipos, de acuerdo al rol que adopten en un momento dado:
 - **Nodo de egreso (Egress Node):** maneja el tráfico que sale del dominio MPLS.
 - **Nodo de ingreso (Ingress Node):** maneja el tráfico que entra en el dominio MPLS.

1.1.2 Dominio MPLS

Un dominio MPLS es un conjunto de nodos contiguos que operan con enrutamiento y reenvío MPLS y que se encuentran bajo una misma autoridad administrativa [6].

1.1.3 Clase de Equivalencia de Reenvío – FEC

MPLS no toma decisiones de reenvío por cada paquete de capa 3, sino que usa un concepto denominado *Forwarding Equivalence Class* (FEC) [1]. La FEC es un grupo de paquetes IP que son reenviados del mismo modo (ej. por el mismo camino, con el mismo tratamiento de reenvío, etc.). Una FEC es asociada con una clase de datagramas; la clase depende de varios factores, como mínimo la dirección de destino y quizás el tipo de tráfico en el datagrama. Basándose en la FEC, una etiqueta es negociada entre LSRs vecinos, desde el ingreso hasta el egreso de un dominio [1].

1.1.4 Etiquetas

Una etiqueta es un identificador corto, de longitud fija y de alcance local que identifica una FEC. La etiqueta que se coloca en un paquete en particular representa a la FEC a la que el paquete está asignado, y comúnmente, esta asignación se hace basándose en la dirección de red del destino, sin llegar a ser una codificación de la misma [5].

1.1.5 Planos de Datos y de Control

MPLS opera con planos de datos y de control. La principal tarea del plano de control es anunciar las etiquetas y las direcciones, y relacionarlas; esto es, asociar (mapear) etiquetas y direcciones. Más de un protocolo puede operar en el plano de control de MPLS, entre ellos LDP (Label Distribution Protocol), que será discutido en la sección 4. Los mensajes de control se intercambian entre LSRs para realizar varias operaciones [1]:

- Intercambio de mensajes periódicos de *hello*.
- Intercambio de mensajes de etiquetas y direcciones para ser asociadas, y usar posteriormente esta asociación en el plano de datos para el reenvío de tráfico.

Luego del intercambio de etiquetas y direcciones de red, estas son *asociadas* (binding). Posteriormente, el plano de datos de MPLS reenvía el tráfico examinando la etiqueta en el encabezado del paquete MPLS. La dirección de red no es examinada hasta que el tráfico es entregado a través de la red al nodo del usuario receptor. La cabecera de etiquetas es entonces eliminada y se usa la dirección de red para entregar el paquete [1].

1.1.6 Paquete etiquetado

Se refiere a un paquete en el cual se ha codificado una etiqueta. En algunos casos, la etiqueta se coloca en una cabecera de encapsulación que existe específicamente para este propósito, que se ubica entre las cabeceras de capa 2 y capa 3. En otros casos, la etiqueta puede colocarse en la cabecera de capa 2 o capa 3, siempre y cuando exista un campo disponible [5].

1.2 Funcionamiento de MPLS

Una red MPLS se compone de un conjunto de nodos, denominados LSR, capaces de conmutar y enrutar paquetes según cual sea la etiqueta que se haya asignado a cada paquete. Las etiquetas

definen un flujo de paquetes entre dos extremos o, en el caso de multicast, entre una fuente y un grupo de destinatarios. Para cada flujo distinto se define un camino específico a través de la red de LSRs. Así pues, MPLS es una tecnología orientada a la conexión. Asociada a cada FEC se tiene una caracterización del tráfico que define los requisitos de QoS de ese flujo. Los LSRs no necesitan examinar o procesar la cabecera IP, sino más bien enviar simplemente cada paquete basándose en el valor de su etiqueta; por tanto, el proceso de envío es más simple que con un router IP [6].

La Figura 1.1 [6] describe el funcionamiento de MPLS dentro de un dominio de routers MPLS. A continuación se explican los elementos claves del funcionamiento:

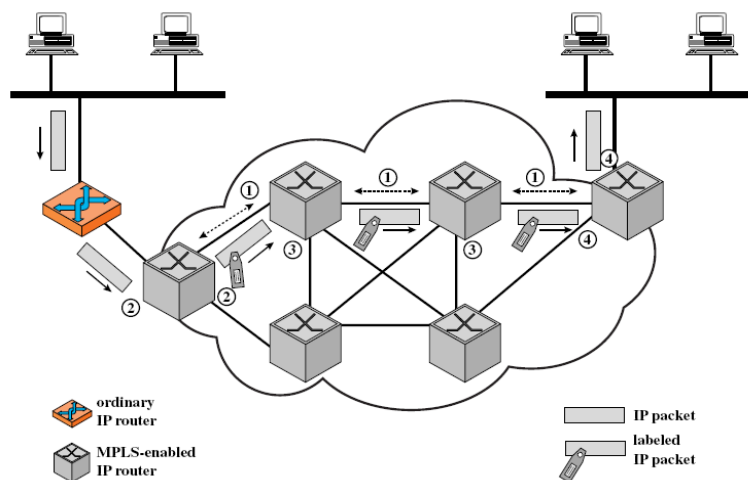


Figura 1.1. Funcionamiento de MPLS

1. Antes del enrutamiento y la entrega de paquetes en una determinada FEC, se debe definir una ruta en la red, conocida como LSP (Label Switched Path) y establecer los parámetros de QoS a lo largo de dicha ruta (que determinan cuántos recursos asignar a la ruta, qué política de colas y de descarte de paquetes utilizar, etc.). Para cumplir estas tareas, se emplean dos routers que realizarán el intercambio de información necesaria:
 - 1.1 Un protocolo de enrutamiento interior, como OSPF, se usa para el intercambio de información.
 - 1.2 Las etiquetas deben ser asignadas a los paquetes para una FEC en particular. Como la utilización de etiquetas únicas y globales impondría una carga añadida a la gestión de paquetes, y limitaría el número de etiquetas disponibles, las etiquetas son sólo de uso local. Las rutas pueden ser especificadas manualmente de forma explícita por parte de un operador de red; o se puede emplear un protocolo para determinar la ruta y establecer los valores de etiquetados entre LSRs adyacentes (se puede usar LDP –Label Distribution Protocol).
2. Un paquete entra en un dominio MPLS a través de un LSR de ingreso, donde es procesado para determinar qué servicios requiere a nivel de red, definiendo su QoS. El

3. Dentro del dominio MPLS, conforme cada LSR recibe un paquete etiquetado, éste:
 - 3.1 Retira la etiqueta entrante y asocia al paquete la etiqueta de salida apropiada.
 - 3.2 Reenvía el paquete al siguiente LSR a lo largo del LSP.
4. El nodo de egreso extrae la etiqueta, lee la cabecera del paquete de capa 3 y lo envía a su destino final.

Una de las características más potentes de MPLS es la capacidad de apilar etiquetas. Un paquete etiquetado puede tener varias etiquetas, organizadas en una pila LIFO. El procesamiento siempre toma como referencia la etiqueta superior. En cualquier LSR, una etiqueta puede ser apilada o retirada. El apilado de etiquetas hace posible enmascarar múltiples LSPs como uno solo, creando así un túnel. Al comienzo del túnel, un LSR asigna la misma etiqueta a los paquetes de varios LSP introduciendo la etiqueta en cada pila. Al final del túnel, otro LSR extrae el elemento superior de la pila, revelando la etiqueta interna. MPLS admite un apilado ilimitado, dentro de las restricciones de tamaño impuestas por la red [6].

2.1 Formato de las etiquetas

bits:

20	3	1	8
Label value	Exp	S	Time to live

Exp = experimental
S = bottom of stack bit

- Label value: etiqueta de 20 bits, de alcance local.
- Exp: 3 bits reservados para uso experimental.
- S: establecer un 1 para la entrada más antigua de la pila y cero para las demás.
- Time to live (TTL): 8 bits que se utilizan para codificar un contador de saltos.

2.2 Colocación de la Pila de Etiquetas: Encabezado MPLS

La cabecera MPLS está compuesta por la pila de etiquetas. Las entradas de la pila de etiquetas aparecen tras las cabeceras de la capa 2, pero antes de cualquier cabecera de capa 3. El tope de la pila es lo primero que aparece en el paquete (la más cercana a la cabecera de capa 2) y la parte inferior es la última en aparecer (la parte más cercana a la cabecera de capa 3). El paquete de la capa 3 sigue inmediatamente a la entrada de la pila que contenga el bit S activado. Algunos ejemplos de encapsulamiento de la pila (en varios protocolos de capa 2) se muestran en la Figura 1.3 [6].

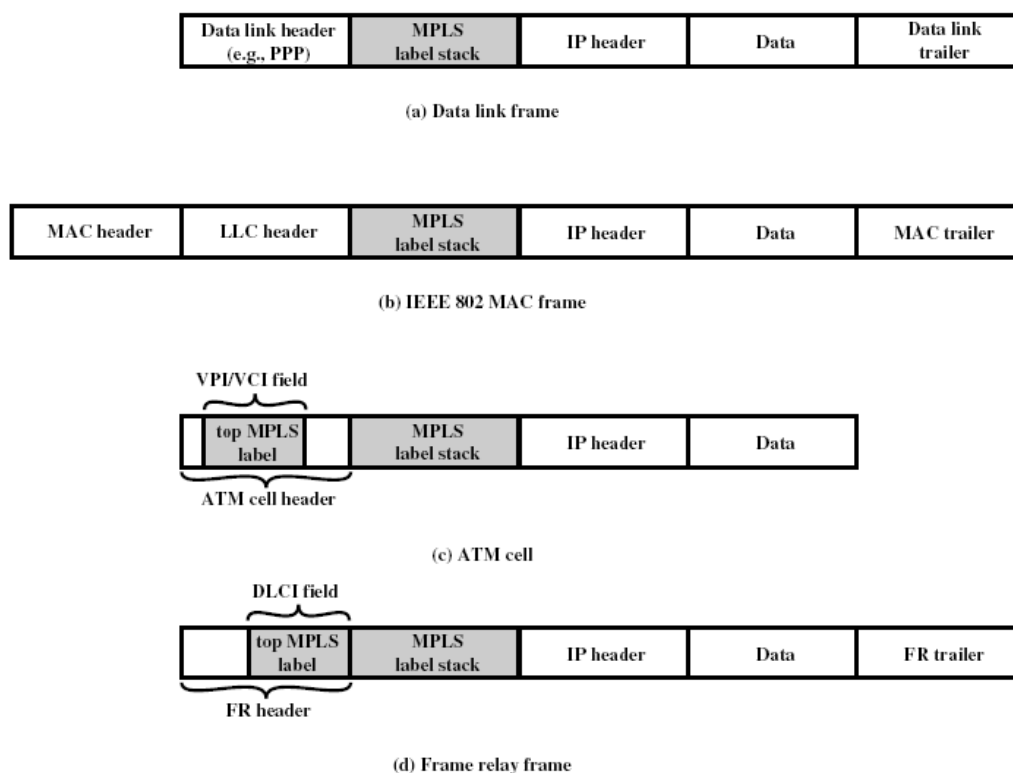


Figura 1.3. Ubicación de las etiquetas MPLS.

2.3 LSP – Label Switched Path

El camino completo a través de una red de conmutación de etiquetas es denominado LSP (Label Switched Path). El LSP es determinado de varias formas; la primera a través de un protocolo de enrutamiento convencional (RIP, OSPF, etc.), la dirección del próximo nodo es correlacionada con la etiqueta, generando el LSP. El segundo método permite que el LSP sea configurado manualmente [1].

Un LSP de nivel m para un paquete particular P es una secuencia de routers, $\langle R_1, \dots, R_n \rangle$ con las siguientes propiedades [5]:

- R1, el LSR de ingreso, es el LSR que apila una etiqueta en la pila de P, resultando en una pila de profundidad m.
- Para todo i , $1 < i < n$, P tiene una etiqueta de profundidad m cuando es recibido por R_i .
- En ningún momento durante el tránsito de P de R_1 a R_{n-1} su pila de etiquetas tiene una profundidad menor a m.
- Para todo i , $1 < i < n$: R_i transmite P a R_{i+1} a través de MPLS, es decir, usando la etiqueta al tope de la pila.
- Para todo i , $1 < i < n$: si un sistema S recibe y reenvía a P luego de que P es transmitido por R_i pero antes de que P sea recibido por R_{i+1} (ejm. R_i y R_{i+1} están conectados por un conmutador), entonces la decisión de reenvío de S no se basa en la etiqueta de profundidad m, ni en la cabecera de capa 3.

El LSP de extremo a extremo es llamado *túnel LSP*, que es una concatenación de cada segmento de LSP entre cada nodo, como se muestra en la Figura 1.4 [1]. Las características del túnel LSP, como reservación de ancho de banda, son determinadas mediante una negociación entre los nodos. Luego de la negociación, el nodo de ingreso (B en el ejemplo), define el flujo de tráfico por su elección de la etiqueta L. A medida que el tráfico es enviado por el túnel, la idea no es examinar el contenido de otras cabeceras, sino sólo la cabecera de etiquetas. Por lo tanto, el resto del tráfico es “enviado por el túnel” a través del LSP sin ser examinado ni alterado. Al final del túnel LSP, el nodo de egreso (D en el ejemplo), elimina la etiqueta y entrega el tráfico de capa 3 al siguiente nodo [1].

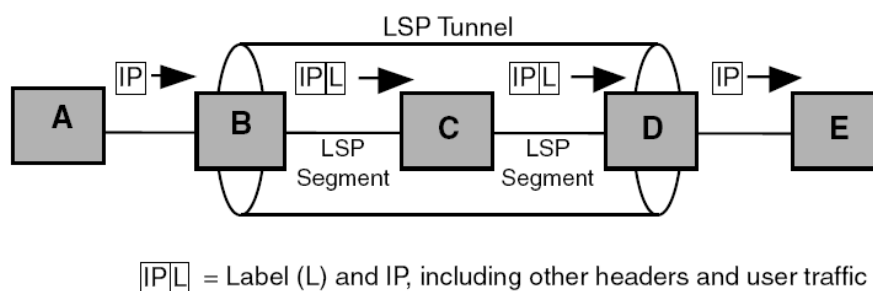


Figura 1.4. Túnel LSP.

2.4 Métodos de asignación de etiquetas

Existen varios enfoques para definir los modos de asignación de etiquetas: de acuerdo al punto donde se asigna la etiqueta en el LSR, y de acuerdo al LSR que la asigna. Ambos enfoques se discuten a continuación.

2.4.1 De acuerdo al punto donde se asigna la etiqueta en el LSR

Las etiquetas pueden ser asignadas entre LSRs por dos métodos. Para explicar esta idea se introduce el término *espacio de etiquetas* (label space) para referirnos a la forma en la que una etiqueta se asocia con un LSR [1].

El primer método es un *espacio de etiquetas por interfaz*. Las etiquetas son asociadas a una interfaz específica en un LSR. Implementaciones comunes de este método se observan en redes ATM y Frame Relay, donde los identificadores de circuitos virtuales son asociados con una interfaz. Si el LSR usa el valor de la interfaz para hacer seguimiento de las etiquetas en cada interfaz, el valor de una etiqueta puede ser reusado en cada interfaz. En cierta forma, el identificador de interfaz se convierte en una etiqueta interna en el LSR para etiquetas externas enviadas entre LSRs.

El segundo método es un *espacio de etiquetas por plataforma*. Aquí, las etiquetas entrantes son compartidas entre todas las interfaces del nodo. Esto significa que el nodo (host o LSR) debe asignar el espacio de etiquetas entre todas sus interfaces. La elección de estos métodos es dependiente de la implementación, aunque el método de asignación de espacio de etiquetas por interfaz es más común.

La Figura 1.5 [1] describe ambos métodos de este enfoque.

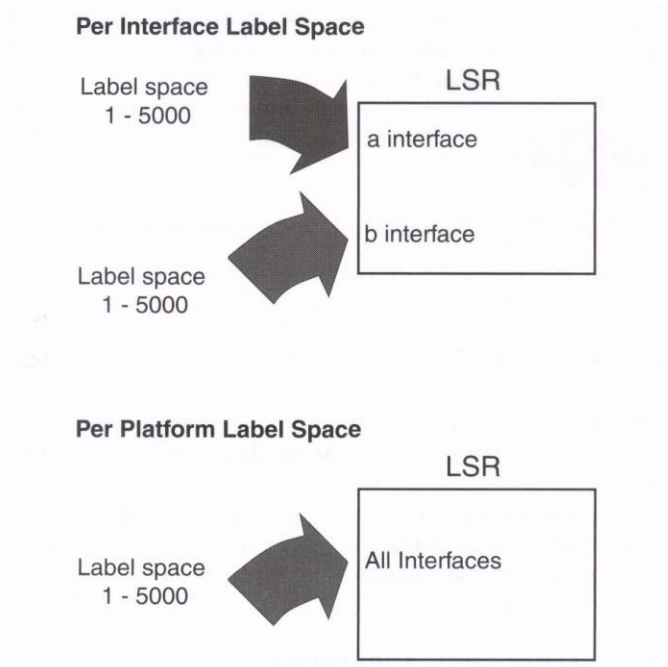


Figura 1.5. Asignación de Etiquetas.

2.4.2 De acuerdo al LSR que asigna la etiqueta

Existe otra clasificación en los modos de asignación de etiquetas. Este enfoque se refiere a cuál LSR de un par dado será el encargado de asignar las etiquetas a usar en el tráfico que se

intercambiará entre uno y otro. Para un flujo dado de datos, el LSR que debe interpretar las etiquetas en los paquetes del flujo recibido del otro es el LSR de *downstream*. El LSR que coloca las etiquetas en los paquetes del flujo que se envía a otro es el LSR de *upstream* [3].

En la *asignación de etiquetas downstream* se genera una mínima cantidad de negociación de etiquetas, ya que el LSR que debe interpretarlas es responsable de su asignación. En la *asignación de etiquetas upstream* la ventaja asociada es que el hardware de conmutación puede obtener ganancias significativas al poder utilizar la misma etiqueta en distintas interfaces para tráfico multicast [3].

3. LIB y LFIB

La LIB (Label Information Base) es una base de datos que almacena información acerca de los posibles destinos y la forma de alcanzarlos. Se almacena la información sobre las direcciones en esta especie de “tabla de rutas” y se asigna una etiqueta a cada una [1].

La LFIB (Label Forwarding Information Base) es usada para determinar cómo procesar los paquetes entrantes etiquetados, tal como determinar el próximo nodo que debe recibir el paquete. La LFIB es para MPLS lo que la tabla de rutas es para IP [1].

Los términos LIB y LFIB son usados por Cisco, sin embargo, existen otros términos empleados para definir estos elementos de información, que se explican a continuación [1].

3.1 Términos MPLS para LIB y LFIB

La especificación de MPLS usa tres elementos en lugar de LIB y LFIB [5]. Se define la FIB (Forwarding Information Base) como la combinación de estos tres elementos: NHLFE (Next Hop Label Forwarding Entry), ILM (Incoming Label Map) y FTN (FEC-to-NHLFE map) [3].

3.1.1 NHLFE – Next Hop Label Forwarding Entry

La NHLFE es usada cuando un paquete etiquetado es reenviado. Contiene la siguiente información [5]:

- El próximo salto del paquete.
- La operación a realizar en la pila de etiquetas del paquete; que corresponde a una de las siguientes:
 - Reemplazar la etiqueta en el tope de la pila con una nueva etiqueta específica.
 - Eliminar la etiqueta del tope de la pila.
 - Reemplazar la etiqueta del tope de la pila con una nueva etiqueta específica, y luego apilar una o más nuevas etiquetas específicas.

La NHLFE también puede contener información acerca del método de encapsulación de enlace de datos, y de la forma de codificar la pila de etiquetas.

3.1.2 FTN - FEC-to-NHLFE Map

FTN correlaciona cada FEC a un conjunto de NHLFEs. Este es usado cuando los paquetes a reenviar llegan sin etiquetar pero deben ser etiquetados antes de ser reenviados. Si el FTN correlaciona una etiqueta particular a un conjunto de NHLFEs que contiene más de un elemento, exactamente un elemento del conjunto debe ser elegido antes de reenviar el paquete [5].

3.1.3 ILM - Incoming Label Map

El Incoming Label Map mapea cada etiqueta entrante a un conjunto de NHLFEs. Es usado cuando los paquetes a reenviar llegan etiquetados. Si el ILM correlaciona una etiqueta particular a un conjunto de NHLFEs que contiene más de un elemento, exactamente un elemento del conjunto debe ser elegido antes de reenviar el paquete. La etiqueta en el tope de la pila es usada como índice en el ILM [5].

3.2 Ejemplos de LIB y LFIB

El primer proceso que ocurre cuando se inicia un nodo MPLS es la creación de la LIB. Distintos proveedores difieren en este proceso; para esta sección se usará la terminología Cisco.

3.2.1 LIB

La Figura 1.6 muestra una LIB en el nodo D para la asociación de etiquetas (*binding*) que se genera, así como la asociación reservada para sus vecinos para el prefijo de red 192.168.20.0/24. Las entradas de la LIB para LSRs no adyacentes no se almacenan en la LIB, ya que no son necesarias para reenviar paquetes [1].

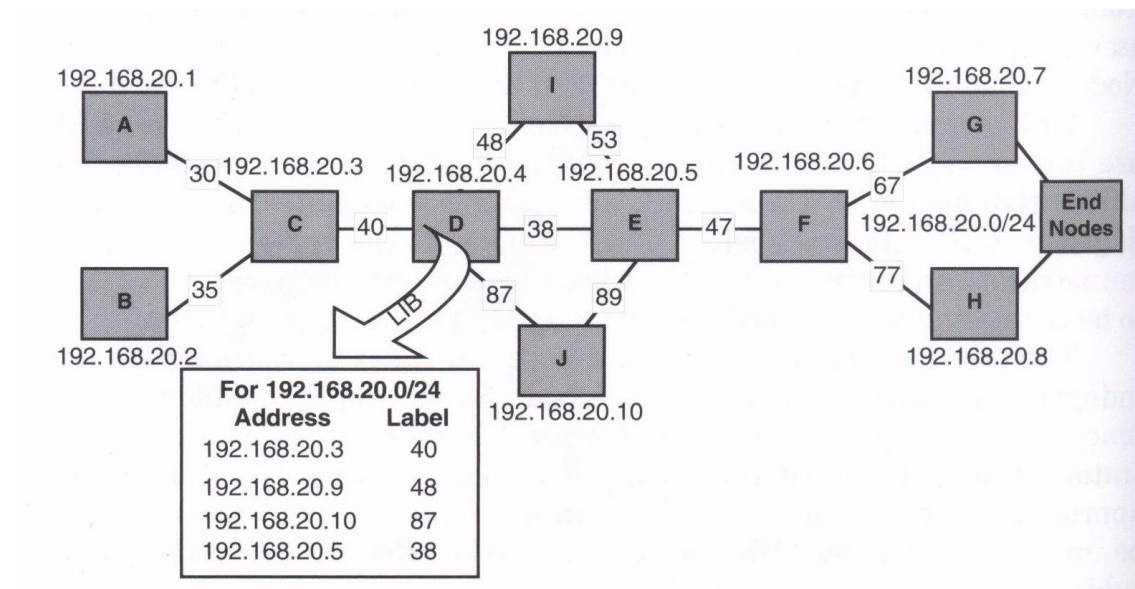


Figura 1.6. Ejemplo de LIB

3.2.2 LFIB

En la Figura 1.7 se muestra la LFIB en el LSR D para el prefijo de red 192.168.20.0/24. Es importante notar que esta tabla contiene sólo la información necesaria para reenviar el paquete al próximo salto en el LSP. La etiqueta 40 es usada en este LSP entre los nodos C y D. La etiqueta 38 es usada en este LSP entre los nodos D y E, y así según la Figura 1.7. La etiqueta 40 es la “etiqueta local” de D porque fue creada por D y distribuida a los pares de distribución de D. Por otro lado, la etiqueta 38 fue proporcionada por el nodo E. Así, estas dos etiquetas fueron asignadas por sus nodos de *downstream* a sus nodos de *upstream* respectivos [1].

Las entradas de interés en la LFIB mostrada en la Figura 1.7 son:

- La etiqueta local para el prefijo 192.168.20.0/24, que es 40.
- La etiqueta saliente, asignada previamente por el nodo E, que es 38.
- La interfaz física para el enlace de comunicación hacia el siguiente salto (nodo E) que es n.

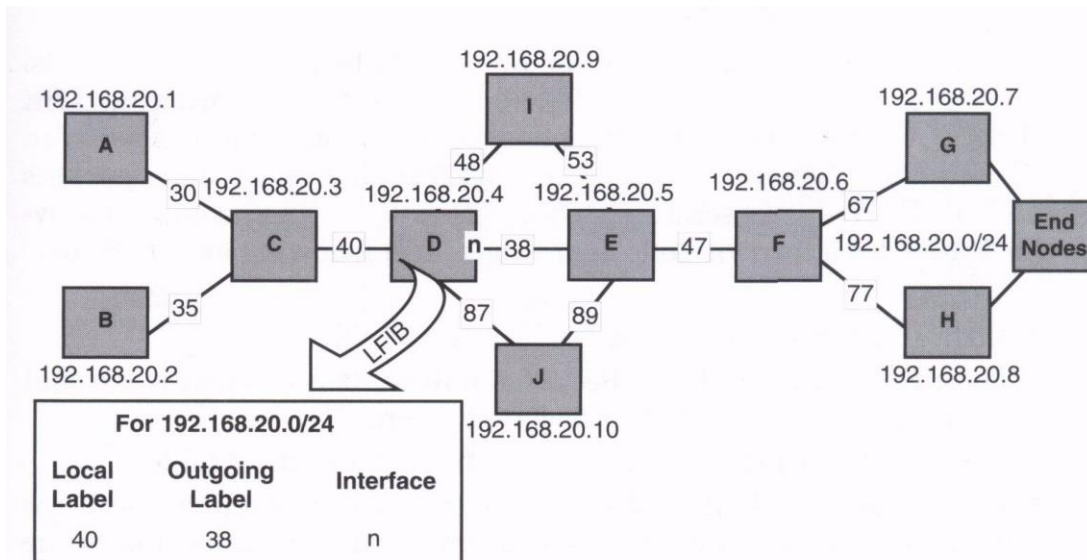


Figura 1.7. Ejemplo de LFIB

Es necesario aclarar dos puntos importantes:

- Si el LSR no recibe un mensaje de asociación de etiqueta del LSR correspondiente al próximo salto, el paquete se envía sin etiquetar.
- Si el LSR recibe un mensaje de asociación de etiqueta del LSR correspondiente al próximo salto, esta etiqueta y la local se introducen en la LFIB, como se vio en la Figura 1.7.

4. LDP – Label Distribution Protocol

MPLS debe proveer un método estándar para la distribución de etiquetas de enrutamiento entre LSRs vecinos. En esta sección se describen los elementos más importantes del método provisto por MPLS, descrito en el RFC 3036 [1].

MPLS no toma decisiones de reenvío por cada datagrama de capa 3 recibido. En lugar de esto, se determina una FEC de datagramas capa 3, y se negocia una etiqueta de longitud fija entre LSRs vecinos en un LSP de ingreso a egreso. Los LSRs deben ser capaces de determinar cuáles de sus vecinos tienen soporte de operaciones MPLS, y deben acordar los valores de las etiquetas que se usarán para el tráfico de datos de usuario. LDP es usado para dar soporte a este requerimiento.

La Figura 1.8 muestra los conceptos generales de LDP. Su operación se da entre LSRs que están conectados directamente por un enlace (LSR A y LSR B, así como LSR B y LSR C). También puede operar entre LSRs no adyacentes (LSR A y LSR C). Obviamente, los mensajes LDP para la asociación de etiquetas entre A y C atraviesan a B, pero B no toma acciones sobre esos mensajes. Los LSRs que usan LDP para intercambiar etiquetas e información de mapeo son llamados *pares LDP*, esta información se intercambia en una sesión LDP [1].

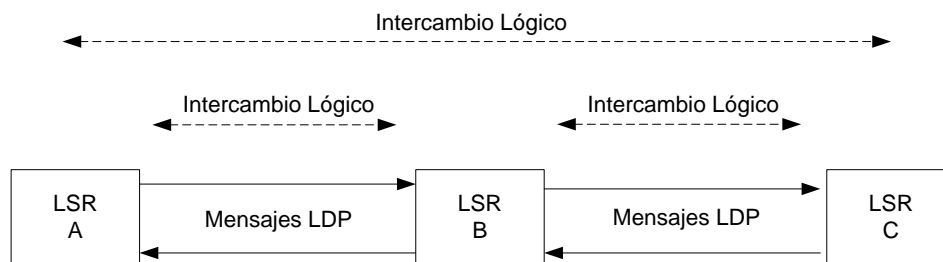


Figura 1.8. Intercambio de mensajes LDP.

La especificación de LDP es el resultado del trabajo de un equipo de diseño representado por varios proveedores. LDP tiene las siguientes características [2]:

- Provee un mecanismo de *descubrimiento* de LSRs vecinos que les permite ubicarse y establecer comunicación.
- Define cuatro clases de mensajes:
 - DISCOVERY, usado para anunciar la presencia de un LSR adyacente. Ej.: hello.
 - ADJACENCY, que tratan la inicialización, el mantenimiento y cierre de las sesiones entre LSRs. Ej.: INITIALIZATION, KEEPALIVE.
 - ADVERTISEMENT, que tratan el anuncio de asociación de etiquetas, solicitudes y liberaciones. Ej.: LABEL MAPPING, LABEL REQUEST.

- NOTIFICATION, usados para proveer información de notificación de errores.
- Se ejecuta sobre TCP (Transmission Control Protocol) para brindar confiabilidad en la entrega de los mensajes (a excepción de los mensajes DISCOVERY).
- Fue diseñado para ser fácilmente extensible, usando mensajes especificados como una colección de objetos codificados en formato TLV (Type-Length-Value).

4.1 Mensajes LDP

En esta sección se describen algunos de los mensajes LDP y su encabezado.

4.1.1 Tipos de mensajes

Los mensajes comúnmente usados son [2]:

- INITIALIZATION. Los mensajes de inicio se envían al comienzo de una sesión LDP para permitir a dos LSR acordar varios parámetros y opciones para la sesión. Estos incluyen valores de temporizadores, el rango de etiquetas a ser usado en el enlace, etc.
- KEEPALIVE. Son enviados periódicamente en ausencia de otros mensajes para asegurar que el LSR extremo de un enlace sepa que su contraparte está funcionando correctamente.
- LABEL MAPPING. Son el corazón de la distribución de etiquetas. Son usados para anunciar la asociación entre una FEC y una etiqueta. El mensaje LABEL WITHDRAWAL revierte el proceso.
- LABEL RELEASE. Usado por un LSR que previamente recibió un mapeo de etiquetas y ya no tiene necesidad para ese mapeo. Esto ocurre típicamente cuando el LSR que hace la liberación descubre que el próximo salto para esta FEC no es el LSR anunciante.

4.1.2 Espacios de Etiquetas e Identificadores

Los espacios de etiquetas en LDP son los mismos que en MPLS, el espacio de etiquetas por interfaz y el espacio de etiqueta por plataforma. Un espacio de etiquetas es descrito por un identificador de 6 octetos. Los primeros 4 octetos identifican un LSR y deben tener un valor único global, como una dirección IP por ejemplo. Los últimos dos octetos identifican el espacio de etiquetas dentro del LSR. Estos octetos se colocan en cero para los espacios de etiquetas por plataforma. Si el LSR usa múltiples espacios de etiquetas, asocia un identificador de LDP diferente con cada espacio de etiquetas [1].

4.1.3 Encabezado LDP

Cada PDU de LDP comienza con una cabecera, seguida de uno o más mensajes LDP. La cabecera se muestra en la Figura 1.9. Los campos de la cabecera son [1]:

- Version: el número de la versión del protocolo.
- PDU length: longitud total del PDU en octetos, sin incluir los campos de versión y longitud.
- LDP ID: identificador del espacio de etiquetas del LSR emisor de este mensaje.

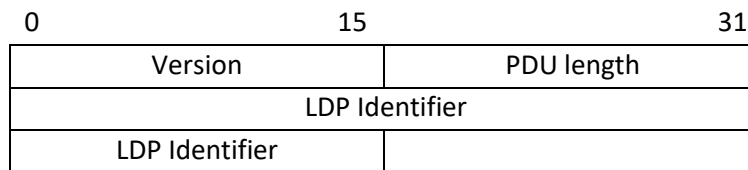


Figura 1.9. Encabezado LDP

4.1.4 Codificación TLV (Type-Length-Value)

LDP usa un esquema TLV para codificar mucha de la información transportada en sus mensajes. Como muestra la Figura 1.10, la codificación TLV de LDP consta de un campo de dos octetos que usa 14 bits para especificar un tipo y dos bits para determinar el comportamiento de un LSR cuando éste no reconoce el tipo, seguido de un campo de 2 octetos para indicar la longitud, y finalmente un campo de longitud variable.

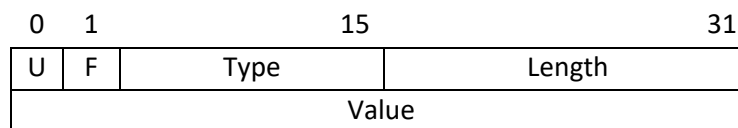


Figura 1.10. Codificación TLV.

En la recepción de un TLV desconocido [1]:

- Si el bit U (unknown) está fijado en 0, se debe devolver una notificación al origen y el mensaje debe ser descartado.
- Si el bit U está fijado en 1, el TLV desconocido es ignorado de forma silenciosa y el resto del mensaje es procesado como si el TLV desconocido no existiese.
- El bit F (forward unknown) sólo aplica cuando el bit U está fijado en 1 y el mensaje LDP que contiene el TLV desconocido debe ser reenviado.
 - Si F=0, el TLV desconocido no se reenvía con el mensaje.
 - Si F=1 el TLV desconocido es reenviado con el mensaje.

4.1.5 Formato del mensaje LDP

Todos los mensajes LDP tienen el mismo formato, mostrado en la Figura 1.11. Los campos incluyen [1]:

- Bit U: El bit de mensaje desconocido (unknown). Si está fijado en 1 y es un mensaje desconocido por el receptor, el mensaje es descartado de forma silenciosa.

- Message type: El tipo del mensaje.
- Message length: Longitud de los campos Message ID, Mandatory parameters y Optional parameters.
- Message ID: Identificador unívoco del mensaje. Este campo puede ser usado para asociar mensajes de notificación con otros mensajes.
- Mandatory parameters: Parámetros obligatorios. Dependen del tipo de mensaje usado.
- Optional parameters: Parámetros opcionales. Dependen del tipo de mensaje usado.

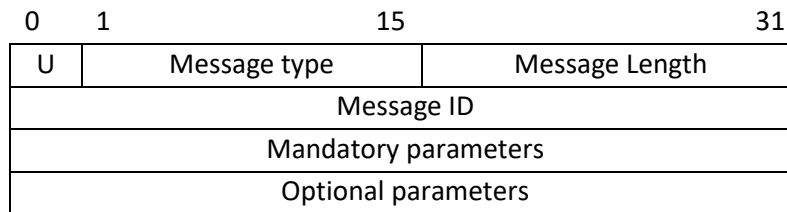


Figura 1.11. Formato del mensaje LDP.

5. Referencias

1. Black, U. MPLS and Label Switching Networks. Prentice Hall. 2nd ed. 2002.
2. Davie, B and Rekhter, Y. MPLS: Technology and Applications. Morgan Kaufmann. 2000.
3. Gray, E. MPLS: Implementing the Technology. Addison Wesley. 2001.
4. Rosen, E. et al. MPLS Label Stack Encoding. RFC 3032. 2001.
5. Rosen, E. et al. Multiprotocol Label Switching Architecture. RFC 3031. 2001.
6. Stallings, W. Redes e Internet de Alta Velocidad: Rendimiento y Calidad de Servicio. Prentice Hall. 2005.
7. Tanenbaum, A. Redes de Computadores. Prentice Hall. 4ª ed. 2003.