

## Capítulo 2 MPLS Básico

En este capítulo se va a hablar sobre el funcionamiento de las redes MPLS para su mayor comprensión. Se habla sobre la red MPLS en general y las versatilidades que este tiene. También se va a recalcar el funcionamiento de las tablas de enrutamiento ya que va a ser parte importante de la simulación. De igual manera se tratan puntos como lo son las etiquetas, las pilas de etiquetas así como su asignación y distribución.

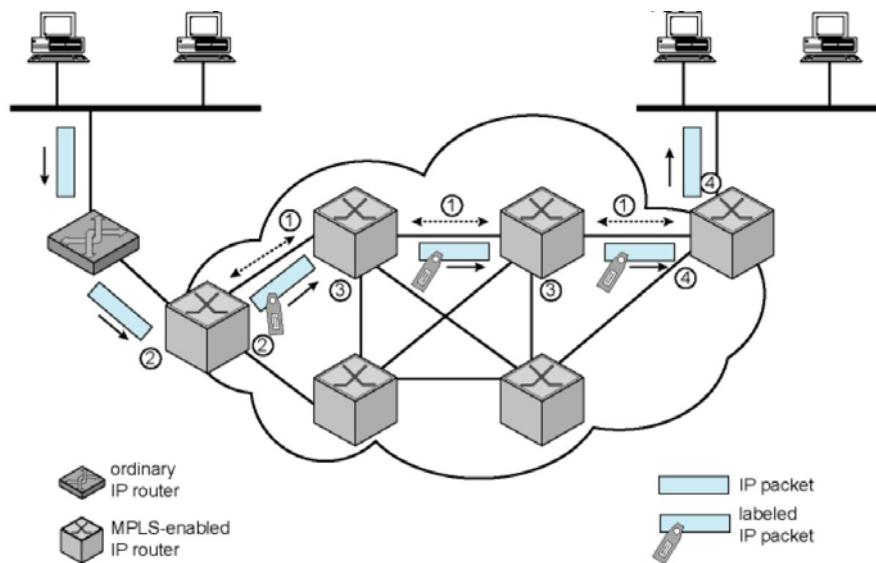
### 2.1 Funcionamiento del MPLS

Una red MPLS básicamente funciona cambiando las etiquetas de un paquete ya etiquetado. Cuando un paquete se envía de la computadora A, a la computadora B vía una red MPLS, tiene que seguir el siguiente recorrido.

El paquete mandado sale de la computadora para llegar a un enrutador IP ordinario hasta llegar a un enrutador MPLS llamado el enrutador extremo de ingreso (*Ingress Label Edge Router*) (Ver Figura 2.1). Se analiza el destino del paquete, esto varía si el paquete proviene de una red ATM, una red IP o cualquier otra red. Como se había mencionado anteriormente esta es una de las ventajas del MPLS ya que este puede empezar a funcionar sobre redes ya existentes y no es necesario invertir en más hardware, esto se puede hacer sobre el hardware existente con algunas actualizaciones de software.

Una vez que se analiza el destino del paquete, dependiendo de este se le denomina a una FEC “L”. No necesariamente el mismo destino tiene la misma FEC, todo depende de cómo se deba tratar ese paquete. Cada FEC tiene un camino específico a seguir por la red MPLS y es independiente en cada conmutador o enrutador. También cada FEC tiene diferente QoS (*Quality of Service*) que necesita. El QoS es muy importante ya que nos

permite tratar a paquetes que van al mismo destino de diferente manera, esto ayuda a mejorar la ingeniería del Internet. El QoS también nos permite utilizar todos los recursos de la red ya que no necesariamente se van a utilizar las líneas más rápidas, sino se van a tratar de utilizar todos los recursos de una manera óptima. Es decir, con el protocolo OSPF (*Open Shortest Path First*) se utilizan las líneas más rápidas y se van dejando de utilizar las otras que no son tan rápidas, sin embargo estas se pueden saturar.



**Figura 2.1 :** Intercambio de paquetes en una base MPLS [STA04]

Para saber qué etiqueta asignarle al paquete se tiene que comparar con las etiquetas ubicadas en las tablas de enrutamiento que se van dando desde la dirección destino a la dirección fuente por medio de pequeños mensajes entre conmutadores y/o enrutadores (Ver Sección 2.4 para mayor información). Normalmente ese camino es decidido antes de que se mande la información; el camino se forma en las tablas de enrutamiento cuando los dispositivos son conectados a la red.

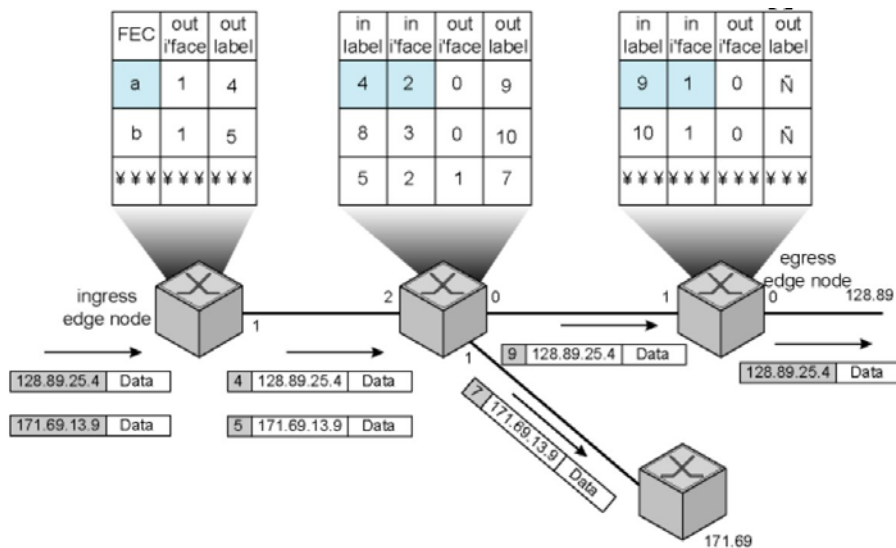
Una vez que ya se tienen las tablas de enrutamiento al paquete se le asigna una etiqueta la cual va cambiando en cada conmutador o enrutador MPLS al que llega

simplemente revisando esa etiqueta. El paquete va saltando hasta que llega al enrutador extremo de egreso (*Egress Label Edge Router*) en el cual se le quitan todas las etiquetas que tenía y llega a la computadora destino o simplemente sale de la red MPLS.

## 2.2 Operación de las Tablas de Enrutamiento

La decisión de qué etiquetas asignar y como direccionar los paquetes se hace por medio de una comparación en las tablas de enrutamiento.

En la Figura 2.2 se muestran tres conmutadores. El conmutador de la izquierda es un LER de ingreso el cual solo tiene una interfase de salida la “1”. Como es un LER de ingreso, este debe de tener la capacidad de deducir a partir de la Capa 2 y Capa 3, la dirección destino. Podemos ver en su tabla de enrutamiento que si se tiene que asignar a la FEC “a” se le agrega al paquete una etiqueta de salida “4” mientras que si se tiene que asignar a la FEC “b” la etiqueta de salida es “5”.



**Figura 2.2 :** Tablas de Enrutamiento [STA04]

El siguiente conmutador tiene una interfase de entrada la “2” y dos de salida la “0” y la “1”. En su tabla de enrutamiento podemos observar tres renglones que nos dicen lo siguiente:

- Si tiene etiqueta de entrada “4” y entra por la interfase “2”, el paquete debe de salir por la interfase “0” con una etiqueta “9”.
- Si tiene etiqueta de entrada “8” y entra por la interfase “3”, el paquete debe de salir por la interfase “0” con una etiqueta “10”.
- Si tiene etiqueta de entrada “5” y entra por la interfase “2”, el paquete debe de salir por la interfase “1” con una etiqueta “7”.

Ahora podemos observar los dos paquetes que ha mandado el primer conmutador que van a llegar por la interfase “2”, uno con la etiqueta “4” y otro con la etiqueta “5”. El segundo conmutador recibe los paquetes y luego debe de extraer la etiqueta del paquete para después revisar su tabla de enrutamiento y decidir qué es lo que debe de hacer. Después de analizar los paquetes les cambia las etiquetas por la que les corresponde y los despacha por la interfase que indica la tabla de enrutamiento.

El conmutador en la parte superior derecha de la figura en un LER de salida, el cual manda el paquete a otro tipo de red, por lo cual su función básica es decidir por cuál interfase sale el paquete y quitarle todas las etiquetas que pueda tener el paquete ya que estas no pueden ser analizadas fuera de una red MPLS.

El conmutador en la parte inferior izquierda es un conmutador destino, por lo cual sólo recibe el paquete y analiza la información recibida.

El conmutador a modelar en la tesis va a ser parecido al conmutador ubicado en el centro de la Figura 2.2. Va a llegar un paquete previamente etiquetado. Después se debe

de extraer esa etiqueta y saber por cuál interfase está entrando para poder analizar la tabla de enrutamiento. Una vez que se analice esa etiqueta se va a saber por cuál etiqueta se debe de reemplazar y por cual interfase debe de salir el paquete.

### 2.3 Etiquetas

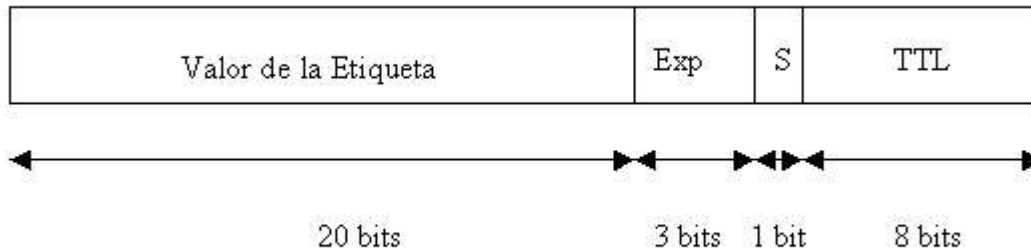
Una etiqueta es un identificador corto, de tamaño fijo e importante localmente usado para identificar una FEC. Se dice que es importante localmente porque la misma etiqueta puede señalar diferentes caminos o FECs en diferentes conmutadores o enrutadores. La etiqueta que se pone en un paquete particular representa la FEC a la cual el paquete es asignado. Comúnmente un paquete es asignado a una FEC completa o parcialmente basado en la dirección de capa de red de destino. No obstante, la etiqueta no es una codificación de la dirección.

Se supone que  $R_u$  y  $R_d$  son dos LSRs en donde  $R_u$  es el LSR río arriba (*upstream*) y  $R_d$  es el LSR río abajo (*downstream*). Los paquetes viajan de un nodo río arriba a un nodo río abajo.  $R_u$  y  $R_d$  pueden acordar que cuando  $R_u$  transmita un paquete a  $R_d$ ,  $R_u$  va a etiquetar al paquete con la etiqueta de valor “L”, si y solo si el paquete es miembro de la FEC particular “F”. Eso es que pueden acordar a la “atadura” entre la etiqueta “L” y la FEC “F” para paquetes que se muevan desde  $R_u$  a  $R_d$ . Como resultado de ese acuerdo, “L” se convierte en la etiqueta de salida de  $R_u$  que representa a la FEC “F” y “L” se convierte en la etiqueta de entrada de  $R_d$  que representa a la FEC “F”.

Cabe mencionar que “L” no necesariamente representa a la FEC “F” para cualquiera de los paquetes que no sean los mandados de  $R_u$  a  $R_d$ . Cuando se habla de los paquetes “mandados” de  $R_u$  a  $R_d$  no se implica que el paquete se originó en  $R_u$  ni que su destino sea  $R_d$ .

### 2.3.1 Pila de etiquetas

La pila de etiquetas es representada como una secuencia de “Entradas de pila de etiqueta”. Cada pila de etiquetas es representada por cuatro octetos como muestra en la Figura 2.3.



**Figura 2.3 :** Pila de Etiquetas

La pila de etiquetas aparece después del encabezado de capa de enlace pero antes del encabezado de capa de red. El principio o cima de la pila aparece al principio del paquete y el final o el fondo aparece después, esto es, la pila de etiquetas está organizada de una manera LIFO (*Last In First Out*). Si la pila de etiquetas de un paquete tiene profundidad  $m$ , nos referimos a la etiqueta debajo de la pila como la etiqueta de nivel 1 y a la que está en la cima como a la etiqueta de nivel  $m$ . Cada entrada a la pila está dividida en los siguientes campos [RTF01]:

1. Fondo de Pila (S): Este bit está en uno cuando es la última entrada de la pila y está en cero para cualquier otro caso.
2. Tiempo de Vida (*Time to Live*) (TTL): Este campo de 8 bits es usado para codificar el valor del tiempo de vida.
3. Uso Experimental (Exp): Es un campo de 3 bits reservados para uso experimental.

4. Valor de la etiqueta: Este campo de 20 bits lleva el valor de la etiqueta. Cuando un paquete etiquetado es recibido, el valor de la etiqueta de arriba es buscado.

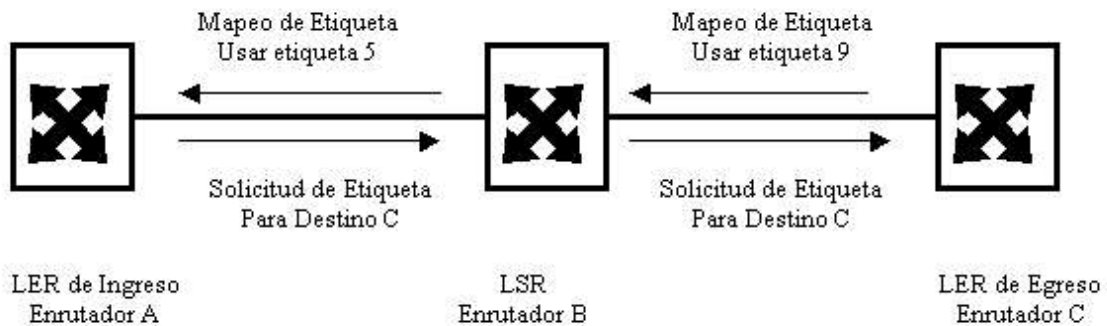
Como resultado de una búsqueda exitosa se aprenden dos cosas:

- a) El siguiente salto al cual el paquete debe ser direccionado.
- b) La operación que se debe hacer en la pila de etiquetas antes de enviarlo. Esta operación puede ser reemplazar la etiqueta de arriba con otra etiqueta, quitar (*pop*) una entrada de la pila de etiquetas o reemplazar la cima de la pila y empujar (*push*) una o más entradas a la pila.

## 2.4 Asignación y Distribución de Etiquetas

La decisión de ligar una etiqueta L a una FEC F, es tomada por el LSR que está río abajo con respecto a esa ligadura. El LSR río abajo informa al LSR río arriba de esa ligadura.

Así las etiquetas se asignan río abajo a río arriba como se muestra en la Figura 2.4:



**Figura 2.4 :** Mecanismo de Señalamiento

El proceso mediante el cual un LSR informa a otro de las ligaduras entre etiquetas y FECs se le conoce como el protocolo de distribución de etiquetas o LDP (*Label Distribution Protocol*). Este protocolo también incluye cualquier negociación en la cual

los LSRs participantes necesiten entablar para aprender sobre las capacidades MPLS de cada uno de ellos. La arquitectura MPLS no asume que solo hay un LDP en la red. Hay básicamente dos tipos de LDP:

- Río abajo no solicitado (*Unsolicited Downstream*) – Aquí un LSR distribuye ligaduras a una FEC a LSR que no las han solicitado explícitamente.
- Río abajo requerido (*Downstream-on-Demand*) – En MPLS un LSR puede pedir explícitamente del LSR que es su siguiente salto de una FEC particular, la ligadura de etiqueta que corresponde a esa FEC.

## 2.5 NHLFE (Next Hop Label Forwarding Entry)

El NHLFE es usado cuando se direcciona un paquete etiquetado; este contiene la siguiente información:

1. Es siguiente salto del paquete
2. La operación que se debe de hacer con la pila de etiquetas del paquete. Esta puede ser cualquiera de las siguientes:
  - a) Reemplazar la etiqueta de arriba con una nueva
  - b) Quitar la etiqueta de arriba (*pop*).
  - c) Reemplazar la etiqueta de arriba con un nueva y empujar una o más nuevas etiquetas a la pila.

También puede incluir:

- d) La encapsulación del enlace de datos que se va a usar para transmitir el paquete.
- e) La forma de codificación de la pila de etiquetas cuando se transmite el paquete.



- f) Cualquier otra información necesaria para transmitir el paquete propiamente.

De aquí se deriva otro término, el mapa de etiquetas entrantes o ILM (*Incoming Label Map*), el cual mapea cada etiqueta entrante a un conjunto de NHLFEs. Este es usado para direccionar los paquetes que ya lleguen etiquetados. El FTN (FEC-to-NHLFE) mapea cada FEC a un conjunto de NHLFEs. Este es usado cuando llegan paquetes no etiquetados pero se desean etiquetar antes de ser direccionados.