

Chương 1. CHUYỂN MẠCH NHÂN ĐA GIAO THỨC MPLS

I. Tổng quan.

Trong một vài năm gần đây, Internet đã phát triển thành một mạng lưới rộng khắp và tạo ra một loạt các ứng dụng mới trong thương mại. Những ứng dụng này mang đến đòi hỏi phải tăng và bảo đảm được yêu cầu băng thông trong mạng đường trục. Thêm vào đó, ngoài các dịch vụ dữ liệu truyền thống được cung cấp qua Internet, dịch vụ thoại (voice) và các dịch vụ đa phương tiện đang được phát triển và triển khai. Internet đã làm nảy sinh vấn đề hình thành một mạng hội tụ cung cấp đầy đủ các dịch vụ. Tuy nhiên vấn đề đặt ra đối với mạng bởi các dịch vụ và ứng dụng mới là yêu cầu về băng thông và tốc độ lại đặt gánh nặng cho nguồn tài nguyên trên cơ sở hạ tầng Internet có sẵn.

Bên cạnh vấn đề quá tải nguồn tài nguyên mạng. Một thách thức khác liên quan tới việc truyền các byte và bit qua mạng đường trục để cung cấp các cấp độ dịch vụ khác nhau đối với người dùng. Sự phát triển nhanh chóng của số người dùng và lưu lượng đã làm tăng thêm sự phức tạp của vấn đề. Vấn đề cấp độ dịch vụ (CoS) và chất lượng dịch vụ (QoS) phải được quan tâm để có thể đáp ứng được những yêu cầu khác nhau của lượng lớn người dùng mạng .

Nhu cầu về một phương thức chuyển tiếp đơn giản mà các đặc tính quản lý lưu lượng và chất lượng với phương thức định tuyến, chuyển tiếp thông minh là một yêu cầu cấp thiết. Tất cả các yêu cầu đó có thể được đáp ứng bởi chuyển mạch nhân đa giao thức, là một phương thức không bị hạn chế bởi các giao thức lớp 2 và lớp 3. Với các đặc tính đó MPLS đóng một vai trò quan trọng trong việc định tuyến, chuyển mạch và chuyển tiếp gói thông qua các mạng thế hệ sau để đáp ứng các yêu cầu của người dùng mạng.

1. Định tuyến và chuyển mạch gói truyền thống.

Bước phát triển khởi đầu của mạng Internet chỉ quan tâm tới những yêu cầu truyền dữ liệu qua mạng. Internet chỉ cung cấp các ứng dụng đơn giản như truyền file hay remote login. Để thực hiện những yêu cầu này, một định tuyến nền dựa trên phân mềm đơn giản, với giao diện mạng để hỗ trợ mạng đường trục dựa trên T1/E1- hay T3/E3 đã có là đủ. Với những yêu cầu đòi hỏi tốc độ cao và băng thông lớn, các thiết bị có khả năng chuyển mạch ở lớp 2 (Lớp liên kết dữ liệu) và lớp 3 (Lớp mạng) ở ngay mức phần cứng phải được phát triển. Thiết bị chuyển mạch lớp 2 quan tâm đến vấn đề nghẽn trong mạng con của môi trường mạng cục bộ. Thiết bị chuyển mạch lớp 3 giúp giảm bớt nghẽn trong định tuyến lớp 3 bằng cách chuyển việc tìm kiếm tuyến cho một chuyển mạch phần cứng tốc độ cao.

Các giải pháp trước đây chỉ quan tâm tới tốc độ truyền của các gói khi chúng truyền qua mạng chứ không quan tâm tới thông tin yêu cầu dịch vụ có trong gói. Hầu hết các giao thức định tuyến sử dụng ngày nay đều dựa trên thuật toán được thiết kế để tìm ra con đường ngắn nhất trong mạng với các gói truyền tải mà không quan tâm tới các yếu tố khác (như trễ, rung pha, nghẽn), mà có thể làm giảm bớt đáng kể chức năng mạng.

2. MPLS là gì?

Mạng MPLS là sự kế thừa và kết hợp của routing thông minh trong mạng IP và chuyển mạch tốc độ cao trong mạng ATM, có cả routing ở layer 3 (IP) và switching ở layer 2 (VPI/VCI của ATM).

MPLS là cơ chế chuyển mạch nhân do Cisco phát triển và được IETF chuẩn hóa, hỗ trợ khả năng chuyển mạch, định tuyến luồng thông tin một cách hiệu quả.

MPLS là một công nghệ kết hợp đặc điểm tốt nhất giữa định tuyến lớp ba và chuyển mạch lớp hai cho phép chuyển tải các gói rất nhanh trong mạng lõi (core) và định tuyến tốt ở mạng biên (edge) bằng cách dựa vào nhãn (label). MPLS là một phương pháp cải tiến việc chuyển tiếp gói trên mạng bằng các nhãn được gắn với mỗi gói IP, tế bào ATM, hoặc frame lớp hai. Phương pháp chuyển mạch nhân giúp các

Router và MPLS-enable ATM switch ra quyết định theo nội dung nhãn tốt hơn việc định tuyến phức tạp theo địa chỉ IP đích. MPLS kết nối tính thực thi và khả năng chuyển mạch lớp hai với định tuyến lớp ba, cho phép các ISP cung cấp nhiều dịch vụ khác nhau mà không cần phải bỏ đi cơ sở hạ tầng sẵn có. Cấu trúc MPLS có tính mềm dẻo trong bất kỳ sự phối hợp với công nghệ lớp hai nào. MPLS hỗ trợ mọi giao thức lớp hai, triển khai hiệu quả các dịch vụ IP trên một mạng chuyển mạch IP. MPLS hỗ trợ việc tạo ra các tuyến khác nhau giữa nguồn và đích trên một đường trục Internet. Bằng việc tích hợp MPLS vào kiến trúc mạng, các ISP có thể giảm chi phí, tăng lợi nhuận, cung cấp nhiều hiệu quả khác nhau và đạt được hiệu quả cạnh tranh cao.

Chức năng của MPLS:

- Định quá trình quản lý lưu lượng luồng của các mạng khác nhau, như luồng giữa các máy, phần cứng khác nhau hoặc thậm chí luồng giữa các ứng dụng khác nhau.
- Duy trì sự độc lập của giao thức lớp 2 và lớp 3.
- Cung cấp cách thức để ánh xạ các địa chỉ IP thành các nhãn đơn giản có độ dài không đổi được sử dụng bởi các công nghệ chuyển tiếp gói và chuyển mạch gói khác nhau.
- Giao diện dùng chung với các giao thức định tuyến RSVP hay OSPF.
- Hỗ trợ IP, ATM, Frame Relay.

Lợi ích của MPLS.

MPLS mang lại nhiều lợi ích như:

- Làm việc với hầu hết các công nghệ liên kết dữ liệu như IP, ATM....
- Tương thích với hầu hết các giao thức định tuyến và các công nghệ khác liên quan đến Internet.
- Hoạt động độc lập với các giao thức định tuyến (routing protocol).
- Tìm đường đi linh hoạt dựa vào nhãn (label) cho trước.
- Hỗ trợ việc cấu hình quản trị và bảo trì hệ thống (OAM).
- Có thể hoạt động trong một mạng phân cấp.
- Có tính tương thích cao.

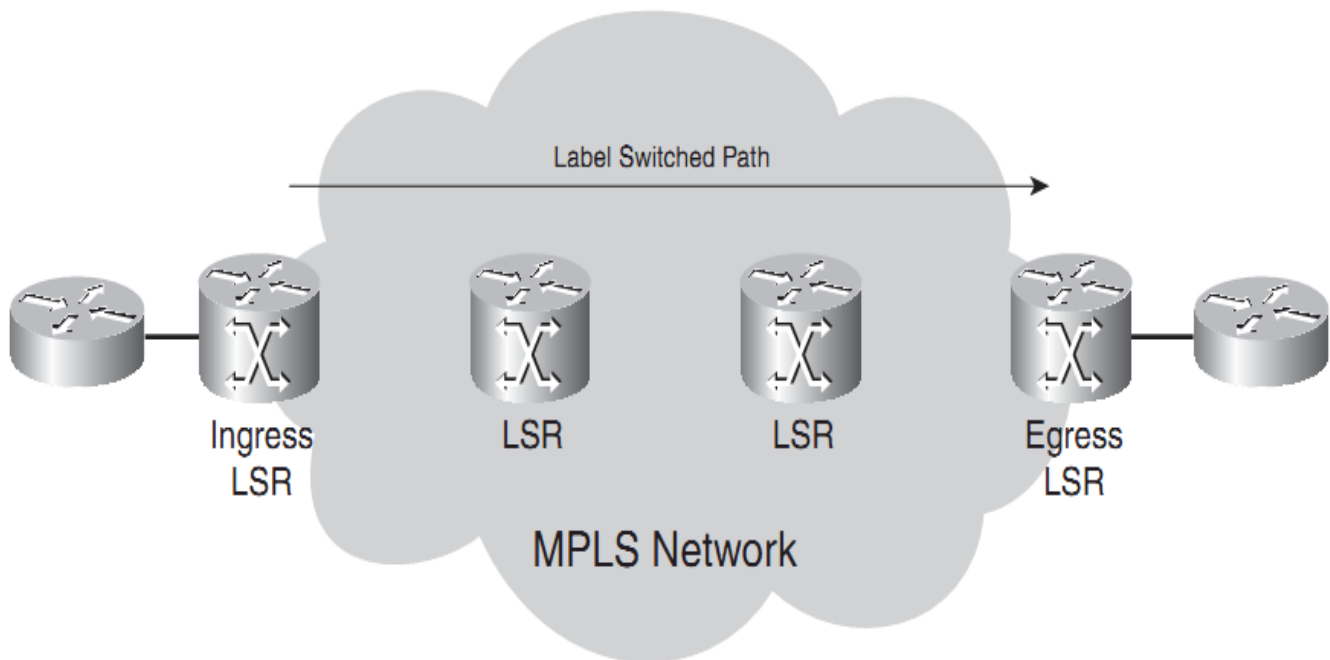
II. Các khái niệm cơ bản

1. LERs và LSRs.

Thiết bị trong giao thức MPLS có thể được phân loại thành LERs và LSRs.

Một LSR-Label Switch Router là một thiết bị định tuyến tốc độ cao trong lõi (core) của mạng MPLS tham gia vào quá trình thiết lập LSP-Label Switched Path sử dụng giao thức thích hợp và chuyển mạch tốc cao luồng dữ liệu dựa trên con đường đã được thiết lập.

Một LER-Label Edge Router là một thiết bị hoạt động ở biên của mạng truy cập và mạng MPLS. LER hỗ trợ nhiều cổng (port) nối tới các mạng không tương đồng (như ATM, Frame Relay, Ethenet) và chuyển những luồng lưu lượng này tới mạng MPLS sau khi thiết lập các LSP-Label Switch Path (tuyến chuyển mạch nhãn), sử dụng giao thức báo hiệu nhãn ở đầu vào và phân phối lưu lượng trở lại mạng truy cập ở đầu ra. LER đóng vai trò rất quan trọng trong việc gán và bỏ nhãn khi các luồng lưu lượng vào và tồn tại trong mạng MPLS.



Hình 1. Vị trí LSR và LER trong mạng MPLS

- Ingress-LSR (LSR lõi vào): đảm nhận việc nhận gói tin chưa được gán nhãn, sau đó gán nhãn (có thể 1 hoặc nhiều nhãn) vào đầu gói tin và chuyển gói tin đến hop kế tiếp.
- Egress-LSR (LSR lõi ra): đảm nhận việc nhận gói tin đã được gán nhãn, sau đó loại nhãn ra khỏi gói tin và chuyển đến đích kế tiếp.
- LSP: Mỗi khi gói tin tiến vào mạng MPLS ở ingress-LSR và đi khỏi mạng ở egress-LSR. Cơ chế này sẽ tạo ra LSP, là tập hợp các LSR mà cá gói tin có gán nhãn phải qua để đến đích. LSP là đường đi 1 hướng (unidirectional), nghĩa là sẽ có 1 LSP khác dành riêng cho đường đi ngược lại.

2. FEC-Lớp chuyển tiếp tương đương.

FEC-Forwarding Equivalency Class là biểu diễn một nhóm các gói chia sẻ những yêu cầu như nhau về việc truyền tải. Tất cả các gói trong một nhóm được đối xử như nhau trên tuyến cho tới đích. Ngược lại so với chuyển tiếp của gói IP, trong MPLS việc gán một nhãn nhất định cho một FEC nhất định chỉ được thực hiện một lần, khi gói vào mạng. Các FEC dựa trên yêu cầu dịch vụ đối với một tập các gói cho sẵn. Mỗi LSR xây dựng một bảng để xác định một gói được chuyển tiếp như thế nào. Bảng này gọi là bảng cơ sở dữ liệu nhãn (LIB), gồm các ràng buộc FEC-tới-nhãn.

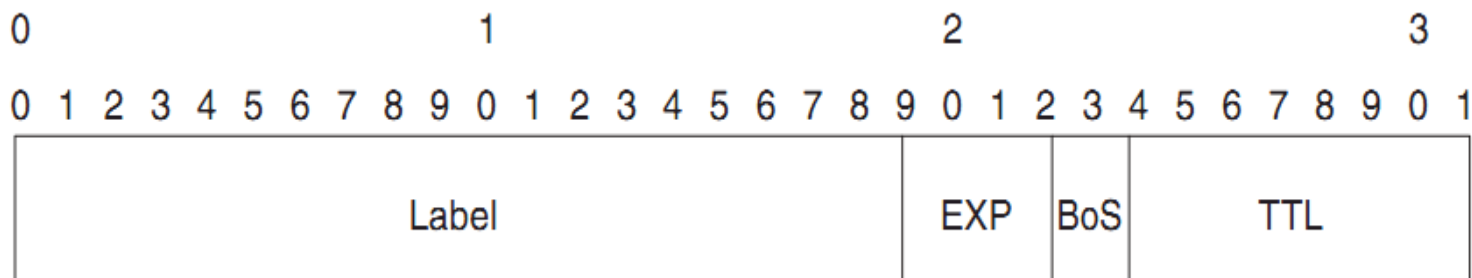
3. Nhãn.

1. Cấu trúc chung.

Thay thế cơ chế định tuyến lớp ba bằng cơ chế chuyển mạch lớp hai. MPLS hoạt động trong lõi của mạng IP. Các Router trong lõi phải enable MPLS trên từng gia tiếp. Nhãn được gán thêm vào gói IP khi đi vào mạng MPLS. Nhãn được tách ra khi gói ra khỏi mạng MPLS. Nhãn được chèn vào giữa header lớp ba và header lớp hai. Bộ định tuyến nhận được sẽ kiểm tra nội dung nhãn của gói để xác định chặng kế tiếp. Khi một gói được gán nhãn, cuộc hành trình của gói qua mạng đường trục sẽ dựa trên chuyển mạch nhãn.

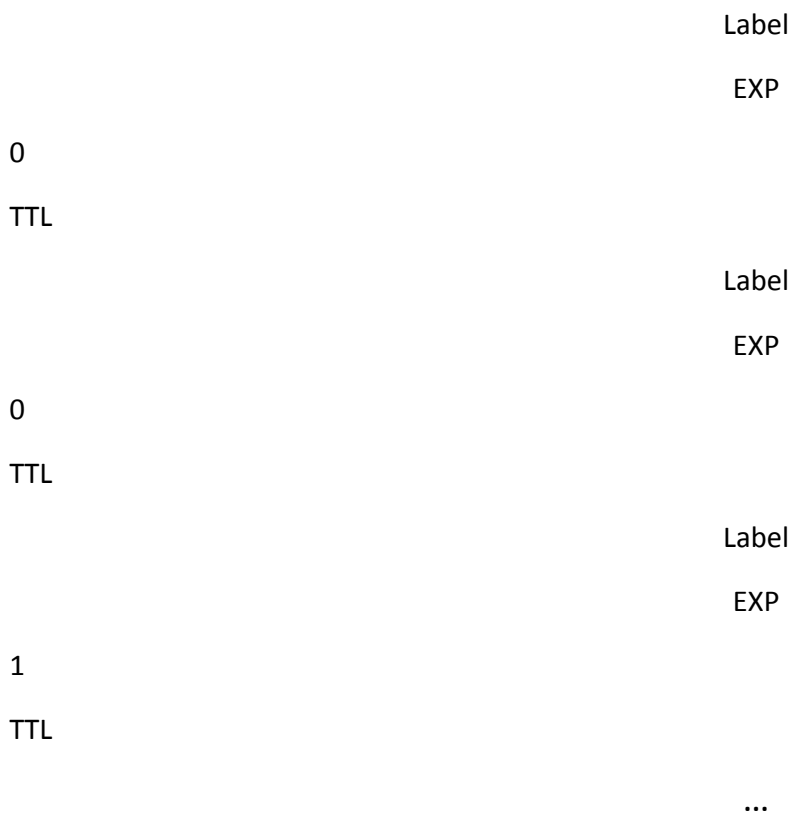
Nhãn là giá trị có chiều dài cố định dùng để nhận diện một FEC nào đó. Sự kết hợp giữa FEC và nhãn được gọi là ánh xạ nhãn-FEC. MPLS được thiết kế để sử dụng ở bất kỳ môi trường và hình thức đóng gói lớp hai nào, hầu hết các hình thức đóng gói lớp 2 đều dựa trên frame, và MPLS chỉ đơn giản thêm vào nhãn 32 bit giữa header lớp 2 và lớp 3, gọi là shim header. Phương thức đóng gói này gọi là frame-mode MPLS.

ATM là một trường hợp đặc biệt sử dụng cell có chiều dài cố định. Do đó nhãn không thể được thêm vào trong mỗi cell. MPLS sử dụng các giá trị VPI/VCI trong ATM header để làm nhãn. Phương thức đóng gói này được gọi là Cell-mode MPLS. Nhãn của gói tin đi ra là nhãn ngõ ra, tương tự cho nhãn của gói tin đi vào là nhãn ngõ vào. Một gói tin có thể có cả nhãn ngõ vào và ngõ ra, và có thể có nhãn ngõ vào mà không có nhãn ngõ ra hoặc ngược lại. Định dạng thông thường của nhãn được cho như hình 2.



Hình 2. Định dạng chung của nhãn

- Label: Trường này gồm 20 bit, như vậy chúng ta sẽ có hơn 1 tỷ nhãn khác nhau sử dụng, đây chính là phần quan trọng nhất trong nhãn MPLS nó dùng để chuyển tiếp gói tin trong mạng.
- Experimental (EXP): Trường này gồm 3 bit, nó dùng để mapping với trường ToS hoặc DSCP trong gói tin tới để thực hiện QoS.
- BoS (Bottom of Stack): Chỉ có 1 bit, khi một gói tin đi qua một tunnel, nó sẽ có nhiều hơn 1 nhãn gắn vào, khi đó ta sẽ một stack nhãn, bit này dùng để chỉ ra rằng nhãn này có nằm đáy Stack không, nếu ở đáy thì BoS=1, ngược lại BoS=0.



Hình 3. Chồng nhãn

- Time-to-live (TTL): Trường này như trường TTL trong IP header, khi chuyển tiếp gói tin nếu như router không tìm thấy destination mà vẫn cứ chạy trong mạng thì sẽ xảy ra loop làm nghẽn mạng (congestion). TTL dùng để khắc phục điều này, giá trị ban đầu của nó là 255, mỗi khi đi qua một router thì giá trị này sẽ giảm đi 1, nếu như giá trị này đã giảm về 0 mà gói tin vẫn chưa

tới đích thì nó sẽ bị rớt (dropped). Khi gói tin đến router biên thì trường TTL trong IP header sẽ giảm đi một và copy qua trường TTL trong nhãn MPLS, giá trị này sẽ giảm dần khi đi qua mạng MPLS, khi ra khỏi mạng MPLS thì trường này lại được copy qua trường TTL trong IP header, nếu giá trị là 0 thì gói sẽ bị rớt (drop).

Các giá trị qui ước cho trường TTL:

- 0: Chính nó (Host gửi tin đến chính nó)
- 1: Trong cùng một subnet
- 32: Trong cùng một site (Một mạng)
- 64: Trong cùng một vùng (Có cùng AS)
- 128: Trong cùng một một lục địa
- 255: Không giới hạn.

Các cách đóng gói tin:

Data
IP header
MPLS label
PPP header
Data
IP header
MPLS label
Ethernet header
Data
IP header
MPLS label
FR header

Hình 4. Các cách đóng gói tin

ATM
FR
Ethernet
PPP
VPC
VCI
DLCI
“SHIM header”

Hình 5. Nhãn lớp 2

Như vậy, đối với mạng IP cách đóng gói tin sẽ là Ethernet hay PPP và nhãn là một shim được chèn vào như trình bày ở trên. Đối với mạng Frame-Relay nhãn sẽ là giá trị DLCI, với mạng ATM thì nhãn sẽ là VPI hoặc VCI.

2. Các loại nhãn đặc biệt.

- Untaged: gói MPLS đến được chuyển thành một gói IP và chuyển tiếp đến đích.
- Nhãn Implicit-null hay POP: nhãn này được gán khi nhãn trên cùng (top label) của gói MPLS đến bị bóc ra và gói MPLS hay IP được chuyển tiếp tới trạm kế xuống dòng (downstream). Giá trị của nhãn là 3 (trường 20 bits). Nhãn này được dùng trong mạng cho những trạm kế cuối.
- Nhãn Explicit-null: chỉ mang giá trị EXP, giá trị nhãn bằng 0, được gán để giữ giá trị EXP cho nhãn trên cùng (top label) của gói đến. Nhãn trên được hoán đổi với giá trị 0 và chuyển tiếp như một gói MPLS tới trạm kế xuôi dòng. Nhãn này sử dụng khi thực hiện QoS với MPLS trong mô hình Pipe Mode.
- Nhãn Aggregate: với nhãn này, khi gói MPLS đến nó bị bóc tất cả nhãn trong chồng nhãn ra để trở thành một gói IP và thực hiện tra cứu trong FIB để xác định giao tiếp ra cho nó.

3. Tạo nhãn.

Có một vài phương pháp để tạo nhãn:

- Phương pháp dựa trên giao thức (Topology-base method) sử dụng quá trình của các giao thức định tuyến như OSPF, BGP.
- Phương pháp dựa trên yêu cầu (Request-base method) sử dụng quá trình yêu cầu dựa trên điều khiển lưu lượng.
- Phương pháp dựa trên lưu lượng (Traffic-base method) sử dụng một gói để kích hoạt sự gán và phân phối nhãn.

Phương pháp dựa trên giao thức và dựa trên yêu cầu là ví dụ của ràng buộc nhãn control-driven, trong khi phương pháp dựa trên lưu lượng là ví dụ của ràng buộc data-driven.

4. Phân phối nhãn.

Trước đây, trong quá trình “thai nghén” ra MPLS, Cisco đưa ra công nghệ tag-switching và hỗ trợ từ IOS 11.1CT. MPLS được hỗ trợ bởi các Router Cisco từ IOS 12.1(3)T.

Tag-switching chính là tiền thân của MPLS nên rất giống, chỉ có một số khác biệt như: Giao thức sử dụng phân phối nhãn của tag-switching là TDP-Tag Distribution Protocol – sử dụng tcp/udp port 711, còn MPLS là LDP-Label Distribution Protocol sử dụng tcp/udp port 646. Để cho phép chuyển mạch nhãn hoạt động thì IOS 11.1 ta dùng command *tag-switching ip*, IOS 12.1 ta dùng *mpls ip*.

MPLS là thế hệ sau của tag-switching, nó sử dụng giao thức LDP để phân phối nhãn, hoạt động như TDP chỉ khác là nó sử dụng LDP để phân phối nhãn, LDP phải được cấu hình trên từng giao tiếp chạy MPLS, các láng giềng của chúng sẽ tự động nhận ra các giao tiếp có chạy LDP kết nối với chúng. Sử dụng UDP broadcast và Multicast để tìm ra các láng giềng của chúng.

Để kích hoạt LDP MPLS trên các Router ta dùng các lệnh sau:

```
Router (config)# configure terminal
```

```
Router (config)# ip cef
```

```
Router (config)# mpls ip
```

```
Router (config)# interface s0/0
```

```
Router (config-if)# mpls ip
```

MPLS là thế hệ sau của tag-switching, nó sử dụng giao thức LDP để phân phối nhãn, hoạt động như TDP chỉ khác là nó sử dụng LDP để phân phối nhãn, LDP phải được cấu hình trên từng interface chạy MPLS, các láng giềng của chúng sẽ tự động nhận ra các interface có chạy LDP kết nối với chúng. Sử dụng UDP broadcast và multicast để tìm ra các láng giềng của chúng.

Để kích hoạt LDP MPLS trên các router ta dùng các lệnh sau:

```
R#configure terminal
R(config)#ip cef
R(config)#mpls ip
R(config-if)#interface serial 0/0
R(config-if)#mpls ip
```

Trong một miền MPLS, một nhãn gán tới một địa chỉ đích được phân phối tới các láng giềng ngược dòng sau khi thiết lập session. Việc kết nối giữa mạng cụ thể với nhãn cục bộ và một nhãn trạm kế (nhận từ Router xuôi dòng) được lưu trữ trong LFIB và LIB.

5. Không gian nhãn.

Nhãn được sử dụng bởi một LSR cho ràng buộc nhãn-FEC có thể được phân chia như sau:

- Per-platform: Giá trị nhãn là độc nhất quan toàn bộ LRS. Nhãn được cấp phát từ một quỹ chung. Không có hai nhãn trên hai giao diện khác nhau có cùng giá trị.
- Per-interface: Phạm vi của nhãn kết hợp với giao diện. Những quỹ nhãn được định nghĩa cho mỗi giao diện, và các nhãn được cung cấp ở những giao diện đó được cấp phát từ những quỹ tách biệt. Giá trị nhãn ở các giao diện khác nhau có thể giống nhau.

6. Kết hợp nhãn.

Luồng đầu vào của lưu lượng từ các giao diện khác nhau có thể được kết hợp lại với nhau và thực hiện chuyển mạch dựa trên một nhãn chung nếu nó được truyền qua mạng tới cùng đích cuối cùng.

Nếu mạng truyền tải lớp dưới là mạng ATM, các LSR có thể thực hiện việc kết hợp VP và VC.

7. Cầm giữ nhãn.

MPLS định nghĩa cách đối xử với ràng buộc nhãn nhận được từ các LSR mà không có chặng tiếp với một FEC đã cho. Có hai mode được định nghĩa:

- Conservative: Trong mode này ràng buộc giữa nhãn và FEC nhận được từ các LSR mà không có chặng tiếp với một FEC đã cho sẽ bị bỏ. Mode này yêu cầu các LSR duy trì ít nhãn hơn. Đây là mode được khuyến cáo cho ATM-LSRs.
- Liberal: Trong mode này, ràng buộc giữa nhãn và FEC nhận được từ các LSR mà không có chặng tiếp với một FEC đã cho được giữ lại. Mode này đòi hỏi thích ứng nhanh hơn với sự thay đổi topo mạng và cho phép chuyển lưu lượng tới các LSP khác trong trường hợp thay đổi.

4. Kỹ thuật điều khiển lưu lượng.

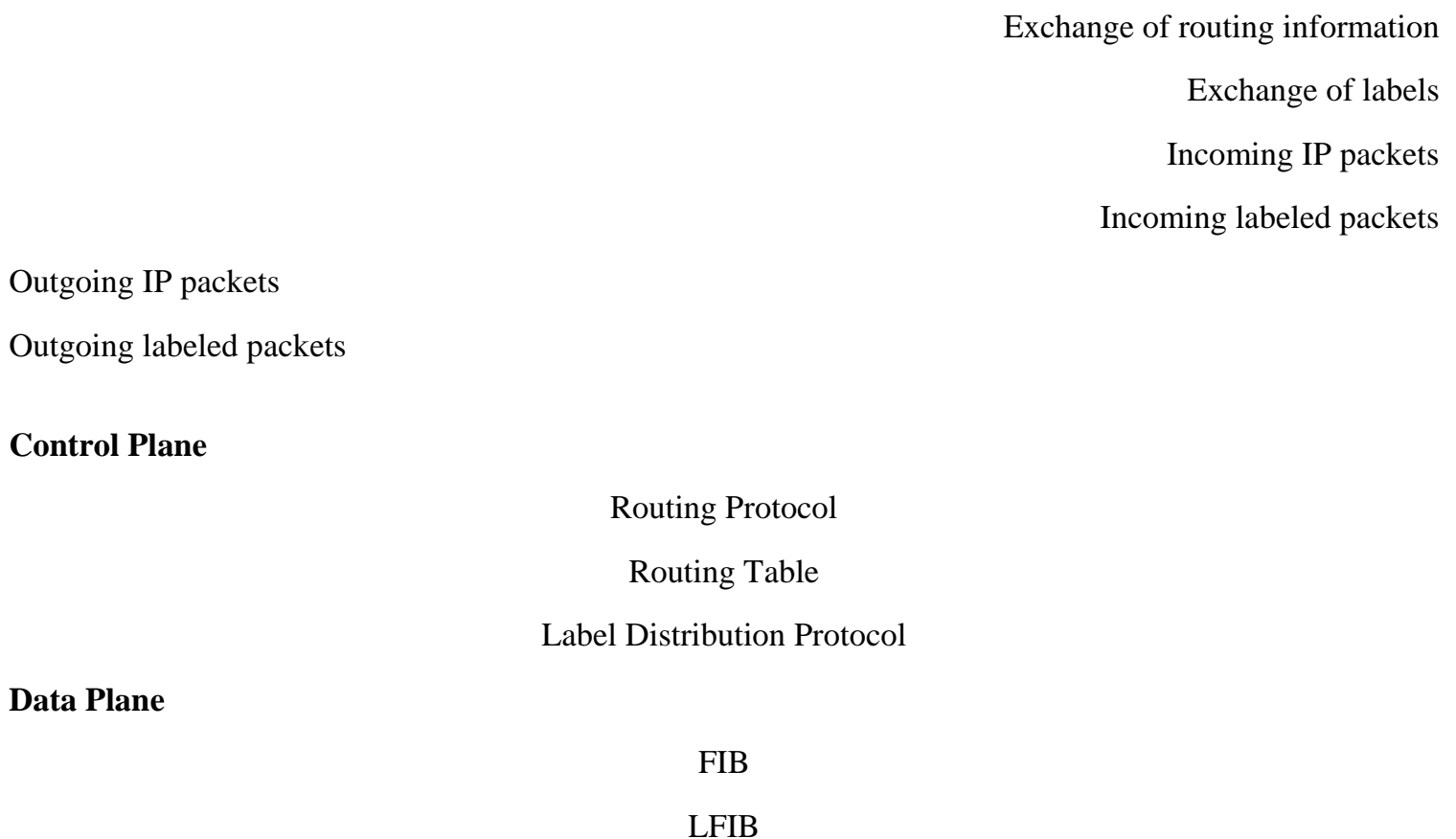
Kĩ thuật điều khiển lưu lượng là một quá trình nâng cao, tận dụng toàn bộ khả năng của mạng bằng cách cố gắng tạo một sự đồng đều hoặc phân bố thông lượng lưu lượng khác nhau qua mạng. Một kết quả quan trọng của quá trình này là tránh được tắc nghẽn ở bất kì tuyến nào. Một chú ý quan trọng là điều khiển lưu lượng không nhất thiết phải chọn con đường ngắn nhất giữa hai thiết bị. Có thể với hai luồng tải các gói dữ liệu, các gói có thể theo những con đường khác nhau thậm chí qua điểm gốc của chúng và điểm đích cuối cùng là như nhau. Theo cách này các phân đoạn mạng ít sử dụng hay ít biết tới có thể được sử dụng và có thể cung cấp các dịch vụ khác nhau.

III. Các bảng tra FIB và LFIB

Bảng tra FIB-Forwarding Information Based - sẽ ánh xạ từ một gói tin IP không nhãn thành gói tin MPLS có nhãn ở ngõ vào của Ingress-LSR hoặc từ gói tin IP có nhãn thành gói tin IP không nhãn ở ngõ ra của Egress-LSR, bảng này được hình thành từ bảng Routing Table, từ giao thức phân phối nhãn LDP và từ bảng tra LFIB.

Bảng tra LFIB-Label Forwarding Information Based là bảng chứa đựng thông tin các nhãn đến các mạng đích, một gói tin có nhãn khi đi vào một LSR nó sẽ sử dụng bảng tra LFIB để tìm ra hop kế tiếp, ngõ ra của gói tin này có thể là gói tin có nhãn cũng có thể là gói tin không nhãn.

Hình 6. Bảng tra FIB và LFIB



Hai bảng tra FIB và LFIB có giá trị như bảng Routing Table trong mạng IP, nhưng trong mạng IP thì bảng Routing Table có số entry rất lớn khoảng vài ngàn, còn với FIB và LFIB số nhãn mà nó nắm giữ rất ít khoản vài chục là tối đa.

IV. Control plane (Mặt phẳng điều khiển).

Mặt phẳng điều khiển MPLS chịu trách nhiệm tạo ra và lưu trữ LIB. Tất cả các nút MPLS phải chạy một giao thức định tuyến IP để trao đổi thông tin định tuyến đến các nút MPLS khác trong mạng. Các nút MPLS enable ATM sẽ dùng một bộ điều khiển nhãn (LSC-Label Switch Controller) như router 7200, 7500 hoặc dùng một module xử lý tuyến (RMP – Route Processor Module).

- Các giao thức định tuyến Link-state như OSPF và IS-IS là các giao thức được chọn vì chúng cung cấp cho mỗi nút MPLS thông tin của toàn mạng. Trong các bộ định tuyến thông thường, bản định tuyến IP dùng để xây dựng bộ lưu trữ chuyển mạch nhanh (Fast switching cache) hoặc FIB. Tuy nhiên với MPLS, bản định tuyến IP cung cấp thông tin của mạng đích và subnet prefix. Các giao thức định tuyến link-state gửi thông tin định tuyến (flood) giữa một tập các router nối trực tiếp, thông tin liên kết nhãn chỉ được phân phối giữa các router nối trực tiếp với nhau bằng cách dùng giao thức phân phối (LDP hoặc TDP).
- Các nhãn được trao đổi giữa các nút MPLS kế cận để xây dựng nên LFIB. MPLS dùng một mẫu chuyển tiếp dựa trên sự hoán đổi nhãn để kết nối với các node điều khiển khác nhau. Mỗi node điều khiển chịu trách nhiệm đánh dấu và phân phối một tập các nhãn cũng như lưu trữ các thông tin điều khiển có liên quan khác. Các giao thức công nội IGP – Interior Gateway Protocols-được dùng để xác nhận khả năng đến được, sự liên kết, và ánh xạ giữa FEC và địa chỉ trạm kế (next-hop address).

V. Data plane (Mặt phẳng dữ liệu).

Mặt phẳng chuyển tiếp sử dụng một cơ sở thông tin chuyển tiếp nhãn (LFIB - Label Forwarding Information Base) để chuyển tiếp các gói. Mỗi nút MPLS có hai bảng liên quan đến việc chuyển tiếp là: cơ sở thông tin nhãn (FIB - Forwarding Information Base) và LFIB. FIB chứa tất cả các nhãn được nút MPLS cục bộ đánh dấu và ánh xạ của các nhãn này đến các nhãn được nhận từ láng giềng (MPLS neighbor) của nó. LFIB sử dụng một tập con các nhãn chứa trong FIB để thực hiện chuyển tiếp gói.

Các thành phần data plane và control plane của MPLS:

- Cisco Express Forwarding (CEF) là nền tảng cho MPLS và hoạt động trên các router của Cisco. Do đó, CEF là điều kiện tiên quyết trong thực thi MPLS trên mọi thiết bị của Cisco ngoại trừ các ATM switch chỉ hỗ trợ chức năng của mặt phẳng chuyển tiếp dữ liệu.
- CEF là một cơ chế chuyển mạch thuộc sở hữu của Cisco nhằm làm tăng tính đơn giản và khả năng chuyển tiếp gói IP. CEF tránh việc viết lại overhead của cache trong môi trường lõi IP bằng cách sử dụng một cơ sở thông tin chuyển tiếp (FIB – Forwarding Information Base) để quyết định chuyển mạch. Nó phản ánh toàn bộ nội dung của bảng định tuyến IP (IP routing table), ánh xạ 1-1 giữa FIB và bảng định tuyến. Khi router sử dụng CEF, nó duy trì tối thiểu 1 FIB, chứa một ánh xạ các mạng đích trong bảng định tuyến với các trạm kế tiếp (next-hop adjacencies) tương ứng. FIB ở trong mặt phẳng dữ liệu, nơi router thực hiện cơ chế chuyển tiếp và xử lý các gói tin.

Trên router còn duy trì hai cấu trúc khác là cơ sở thông tin nhãn (LIB – Label Information Base) và cơ sở thông tin chuyển tiếp nhãn (LFIB – Label Forwarding Information Base). Giao thức phân phối sử dụng giữa các láng giềng MPLS có nhiệm vụ tạo ra các chỉ mục (entry) trong hai bảng này. LIB thuộc mặt phẳng điều khiển và được giao thức phân phối nhãn sử dụng khi địa chỉ mạng đích trong bảng định tuyến được ánh xạ với nhãn nhận được từ router xuôi dòng. LFIB thuộc mặt phẳng dữ liệu và chứa nhãn cục bộ (local label) đến nhãn trạm kế ánh xạ với giao tiếp ngõ ra (outgoing interface), được dùng để chuyển tiếp các gói được gán nhãn. Như vậy, thông tin về các mạng đến được do các giao thức định tuyến cung cấp dùng để xây dựng bảng định tuyến (RIB - Routing Information Base). RIB cung cấp thông tin cho FIB. LIB được tạo nên dựa vào giao thức phân phối nhãn và từ LIB kết hợp với FIB tạo ra LFIB.

VI. Giao thức phân phối nhãn-LDP.

Giao thức phân phối nhãn được nhóm nghiên cứu MPLS của IETF xây dựng và ban hành dưới tên RFC 3036. Phiên bản mới nhất được công bố năm 2001 đưa ra những định nghĩa và nguyên tắc hoạt động của giao thức LDP.

Sự phân phối nhãn là hoạt động cơ bản của MPLS. MPLS giúp các nhãn nằm trên đỉnh của những giao thức khác. PIM được dùng để phân phối các nhãn trong trường hợp định tuyến multicast. Trong trường hợp unicast, MPLS dùng giao thức phân phối nhãn LDP-Label Switched Protocol và BGP- Border

Gateway Protocol. Giao thức phân phối nhãn được sử dụng trong quá trình gán nhãn cho các gói thông tin yêu cầu. Giao thức LDP là giao thức điều khiển tách biệt được các LSR sử dụng để trao đổi và điều phối quá trình gán nhãn-FEC. Giao thức này là một tập hợp các thủ tục trao đổi các bản tin cho phép các LSR sử dụng giá trị nhãn thuộc FEC nhất định để truyền các gói thông tin. Vị trí của các giao thức LDP và các mối liên kết chức năng cơ bản của LDP với các bộ giao thức khác thể hiện ở hình 8 dưới đây. Giao thức phân phối nhãn LDP có các đặc trưng cơ bản sau:

- LDP cung cấp các kỹ thuật phát hiện LSR để cho phép LSR tìm kiếm và thiết lập truyền thông.
- LDP định nghĩa 4 loại bản tin :
- Discovery message: Thông báo và duy trì sự có mặt của một LSR trong mạng.
- Session message: Thiết lập, duy trì, kết thúc phiên giữa các LDP ngang hàng.
- Advertisement message: Tạo, thay đổi, và xoá ánh xạ nhãn cho các FEC.
- Notification message: Cung cấp thông tin tham khảo và thông tin báo hiệu lỗi.
- LDP chạy trên giao thức TCP để đảm bảo độ tin cậy của các bản tin (trừ bản tin phát hiện).
- LDP được thiết kế để dễ dàng mở rộng, sử dụng kiểu bản tin đặc biệt để thu thập các đối tượng mã hóa TVL (Type, Value, Length-kiểu, giá trị, độ dài).

Label Information Base

Mgr

Dscy

Sess

Advt

Notf

OSPF

UDP

TCP

IP

MAC

MPLS Fwd

ARP

PHY

Label Distribution Protocol

Thành phần giao thức MPLS

Thành phần giao thức Non-MPLS

Mgr: Quản lý LDP.

Dscy: Discovery message

Sess: Session message.

Advt: Advertisement message.

Notf: Notification message.

Hình 7. Giao thức LDP với các giao thức khác

Một kết nối TCP được thiết lập giữa các LSR đồng cấp để đảm bảo các bản tin LDP được truyền một cách trung thực theo đúng thứ tự. Các bản tin LDP có thể xuất phát từ trong bất cứ một LSR nào để điều khiển đường chuyển mạch nhãn LSP độc lập hay từ egress-LSR (điều khiển LSP theo lệnh) và chuyển từ LSR phía trước đến LSR phía sau cận kề. Việc trao đổi các bản tin LDP có thể được khởi phát bởi sự xuất hiện của luồng số liệu đặc biệt, bản tin lập dự trữ RSVP hay cập nhật thông tin định tuyến. Khi một cặp LSR đã trao đổi bản tin LDP cho một FEC nhất định thì một đường chuyển mạch LSP từ đầu vào đến đầu ra được thiết lập sau khi mỗi LSR ghép nhãn đầu vào với nhãn đầu ra tương ứng trong LIB của nó.

Thủ tục phát hiện LSR lân cận của LDP chạy trên UDP và thực hiện như sau: (Minh họa hình 8)

- Một LSR định kỳ sẽ gửi đi bản tin HELLO tới các cổng UDP đã biết trong tất cả các bộ định tuyến trong mạng con của nhóm multicast.
- Tất cả các LSR tiếp nhận bản tin HELLO này trên cổng UDP. Như vậy, tại một thời điểm nào đó LSR sẽ biết được tất cả các LSR khác mà nó có thể kết nối trực tiếp.
- Khi LSR nhận biết được địa chỉ của LSR khác bằng cơ chế này thì nó sẽ thiết lập kết nối TCP trên LSR đó.

UDP HELLO

UDP HELLO

TCP OPEN

Initialization

Label REQUEST

Label MAPPING

L2

IP

Khi đó phiên LDP được thiết lập giữa 2 LSR. Phiên LDP là phiên 2 chiều có nghĩa là mỗi LSR ở hai đầu kết nối đều có thể yêu cầu và gửi liên kết nhãn.**Hình 8. Thủ tục phát hiện LSR lân cận**

Trong trường hợp các LSR không kết nối trực tiếp trong một mạng con (subnet) người ta sử dụng một cơ chế bổ sung như sau: LSR định kỳ gửi bản tin HELLO đến cổng UDP đã biết tại địa chỉ IP xác định được khai báo khi lập cấu hình. Đầu nhận bản tin này có thể trả lời lại bằng bản tin HELLO khác truyền theo chiều ngược lại đến LSR gửi và việc thiết lập các phiên LDP được thực hiện như trên. Thông thường, trường hợp này hay được áp dụng khi giữa 2 LSR có một đường LSP cho điều khiển lưu lượng và nó yêu cầu phải gửi các gói có nhãn qua đường LSP đó.

Như chúng ta đã biết, bản tin LDP được truyền trên giao thức TCP, nhưng việc quyết định sử dụng TCP để truyền các bản tin LDP là một vấn đề cần xem xét. Yêu cầu về độ tin cậy là rất cần thiết: nếu việc liên kết nhãn hay yêu cầu liên kết nhãn được truyền một cách không tin cậy thì lưu lượng cũng không được chuyển mạch theo nhãn. Một vấn đề quan trọng nữa là thứ tự các bản tin phải bảo đảm đúng. Như vậy, liệu

việc sử dụng TCP để truyền LDP có bảo đảm hay không và có nên xây dựng luôn chức năng truyền tải này trong bản thân LDP hay không? Việc xây dựng các chức năng đảm bảo độ tin cậy trong LDP không nhất thiết phải thực hiện toàn bộ các chức năng của TCP trong LDP mà chỉ cần dựng lại ở những chức năng cần thiết nhất ví dụ như chức năng điều khiển tránh tắc nghẽn được coi là không cần thiết trong LDP. Tuy nhiên, việc phát triển thêm các chức năng đảm bảo độ tin cậy trong LDP cũng có nhiều vấn đề xem xét ví dụ như các bộ định thời cho các bản tin ghi nhận và không ghi nhận, trong trường hợp sử dụng TCP chỉ cần 1 bộ định thời của TCP cho toàn phiên LDP.

Thiết kế một giao thức truyền tải tin cậy là một vấn đề nan giải. Đã có rất nhiều cố gắng để cải thiện TCP nhằm làm tăng tốc độ tin cậy của giao thức truyền tải. Tuy nhiên vấn đề hiện nay vẫn chưa rõ ràng và TCP vẫn được sử dụng cho truyền tải LDP.

Các bản tin LDP

Như phần đầu đã trình bày có 4 kiểu bản tin cơ bản được sử dụng trong giao thức phân phối nhãn LDP, các bản tin thông dụng là :

- Bản tin khởi tạo(Initialization).
- Bản tin giữ đường (KeepAlive).
- Bản tin gán nhãn (Label Mapping).
- Bản tin giai phóng (Release).
- Bản tin Thu hồi nhãn (Label Withdraw).
- Bản tin yêu cầu (Request).
- Bản tin hủy bỏ (Request Abort).
- *Dạng bản tin Initialization.* Các bản tin thuộc loại này được gửi khi bắt đầu một phiên LDP giữa 2 LSR để trao đổi các tham số, các tùy chọn cho phiên. Các tham số này bao gồm: Chế độ phân bổ nhãn, các giá trị bộ định thời, phạm vi các nhãn sử dụng trong kện giữa 2 LSR đó. Cả 2 LSP đều có thể gửi các bản tin Initialization và LSR nhận sẽ trả lời bằng bản tin KeepAlive nếu các tham số được chấp nhận. Nếu có 1 tham số nào đó không được chấp nhận thì LSR thông báo lỗi và phiên kết thúc.
- *Dạng bản tin KeepAlive.* Các bản tin KeepAlive được gửi định kỳ khi không có bản tin nào được gửi để đảm bảo cho mỗi thành phần LDP biết rằng thành phần LDP khác đang hoạt động tốt. Trong trường hợp không xuất hiện bản tin KeepAlive hay một số bản tin khác của LDP trong khoảng thời gian nhất định thì LSR sẽ xác định đối phương hoặc kết nối bị hỏng và phiên LDP tạm dừng.
- *Dạng bản tin Label Mapping.* Các bản tin Label Mapping được sử dụng để quảng bá liên kết giữa các FEC (prefix địa chỉ) và nhãn. Bản tin Label Withdraw thực hiện quá trình ngược lại: nó được sử dụng để xóa bỏ liên kết vừa thực hiện. Bản tin này được sử dụng khi có sự thay đổi trong bản định tuyến (thay đổi prefix địa chỉ) hay thay đổi trong cấu trúc LSR làm tạm dừng việc chuyển nhãn các gói trong FEC đó.
- *Dạng bản tin Label Release.* Bản tin này được sử dụng bởi các LSR khi nhận được chuyển đổi nhãn mà nó không cần thiết nữa. Điều đó thường xảy ra khi LSR giải phóng nhận thấy nút tiếp theo cho FEC đó không phải là LSR quảng bá liên kết nhãn/FEC đó.

VII. Các chế độ hoạt động của MPLS.

Có hai chế độ hoạt động tồn tại với MPLS: chế độ khung (frame-mode) và chế độ tế bào (cell-mode)

1. Chế độ khung (Frame mode).

Chế độ này xuất hiện khi sử dụng MPLS trong môi trường các thiết bị định tuyến thuần điều khiển các gói tin IP điềm-điềm. Các gói tin gán nhãn được chuyển tiếp trên cơ sở khung lớp 2. Quá trình chuyển tiếp một gói tin IP qua mạng MPLS được thực hiện qua một số bước cơ bản sau đây:

Ingress-LER nhận gói tin IP, phân loại gói vào nhóm chuyển tiếp tương đương FEC và gán nhãn cho gói với ngăn xếp nhãn tương ứng FEC đã xác định. Trong trường hợp định tuyến một địa chỉ đích, FEC sẽ tương ứng với mạng con đích và việc phân loại gói sẽ đơn giản là việc so sánh bảng định tuyến lớp 3 truyền thống.

Các LSR tiếp theo sẽ nhận gói có nhãn và sử dụng bảng chuyển tiếp nhãn để thay đổi nhãn lõi vào trong gói đến nhãn lõi ra tương ứng cùng với vùng FEC (trong trường hợp này là mạng con IP).

Khi egress-LSR của vùng FEC này nhận được gói tin có nhãn, nó loại bỏ nhãn và thực hiện việc chuyển tiếp gói tin IP theo bảng định tuyến lớp 2 truyền thống.

Vì rất nhiều lý do nên nhãn MPLS phải được chèn trước số liệu được gán nhãn trong chế độ hoạt động khung. Như vậy nhãn MPLS được chèn giữa tiêu đề lớp 2 và nội dung thông tin lớp 3 của khung lớp 2 như thể hiện trong hình dưới đây:

Frame Layer 2

IP Header

Layer 2 Header

Gói IP không nhãn trong khung lớp 2

Frame Layer 2

IP Header

Layer 2 Header

Label

Gói IP có nhãn trong khung lớp 2

Hình 9. Vị trí nhãn trong khung lớp 2

Do nhãn MPLS được chèn vào vị trí như vậy nên bộ định tuyến gửi thông tin phải có phương tiện gì đó thông báo cho bộ định tuyến nhận biết rằng gói đang được gửi đi không phải là gói tin IP thuần mà là gói có nhãn (gói MPLS). Để đơn giản chức năng này, một số dạng giao thức mới định nghĩa trên lớp 2 như sau:

Trong môi trường LAN, các gói có nhãn truyền tải gói lớp 3 unicast hay multicast sử dụng giá trị 8847H và 8848H cho dạng Ethernet. Các giá trị này được sử dụng trực tiếp trên phương tiện Ethernet (bao gồm cả Fast Ethernet và Gigabit Ethernet).

Trên kênh điềm – điềm sử dụng tạo dạng PPP, sử dụng giao thức điều khiển mạng mới gọi là MPLSCP (giao thức điều khiển MPLS). Các gói MPLS được đánh dấu bởi giá trị 8281H trong trường giao thức PPP.

Các gói tin MPLS truyền qua chuyển dịch khung DLCI giữa một cặp Router được đánh dấu bởi nhận dạng giao thức lớp mạng SNAP của chuyển dịch khung (NLPID), tiếp theo tiêu đề SNAP với giá trị 8847H cho dạng Ethernet.

Các gói MPLS truyền giữa một cặp Router qua kênh ảo ATM Forum được đóng gói với tiêu đề SNAP sử dụng giá trị cho dạng Ethernet như trong môi trường LAN.

Khi xuất hiện một LSR mới trong mạng MPLS hay bắt đầu khởi tạo mạng MPLS, các thành viên LSR trong mạng MPLS phải có liên lạc với nhau trong quá trình khai báo thông tin qua bản tin HELLO. Sau khi

bản tin này được gửi một phiên giao dịch giữa 2 LSR được thực hiện. Thủ tục trao đổi giao thức LDP. Ngay sau khi LIB (cơ sở dữ liệu nhãn) được tạo ra trong LSR, nhãn được gán cho mỗi FEC mà LSR nhận biết được. Đối với trường hợp chúng ta đang xem xét (định tuyến dựa trên đích unicast) FEC tương đương với prefix trong bảng định tuyến IP. Như vậy, nhãn được gán cho mỗi prefix trong bảng định tuyến IP và bảng chuyển đổi chứa trong LIB. Bảng chuyển đổi định tuyến này được cập nhật liên tục khi xuất hiện những tuyến nội vùng mới, nhãn mới sẽ được gán cho tuyến mới.

Do LSR gán nhãn cho mỗi tiền tố IP trong bảng định tuyến của chúng ngay sau khi prefix xuất hiện trong bảng định tuyến và nhãn là phương tiện được LSR khác sử dụng khi gửi gói tin có nhãn đến chính LSR đó nên phương pháp gán nhãn và phân phối nhãn này được gọi là gán nhãn điều khiển độc lập với quá trình phân phối ngược không yêu cầu.

Việc liên kết các nhãn được quảng bá ngay đến tất cả các bộ định tuyến thông qua giao thức phân bổ nhãn LDP.

2. Chế độ hoạt động tế bào MPLS.

Thuật ngữ này dùng khi có một mạng gồm các ATM LSR dùng MPLS trong mặt phẳng điều khiển để trao đổi thông tin VPI/VCI thay vì dùng báo hiệu ATM. Trong kiểu tế bào, nhãn là trường VPI/VCI của tế bào. Sau khi trao đổi nhãn trong mặt phẳng điều khiển, ở mặt phẳng chuyển tiếp, router ngõ vào (ingress router) phân tách gói thành các tế bào ATM, dùng giá trị VCI/CPI tương ứng đã trao đổi trong mặt phẳng điều khiển và truyền tế bào đi. Các ATM LSR ở phía trong hoạt động như chuyển mạch ATM – chúng chuyển tiếp một tế bào dựa trên VPI/VCI vào và thông tin cổng ra tương ứng. Cuối cùng, router ngõ ra (egress router) sắp xếp lại các tế bào thành một gói.

Header (5 bytes)

Payload (48bytes)

GFC

VPI

VPI

VCI

VCI

VCI

VCI

PT

HEC

CLP

8bitss

Hình 10. Định dạng của ATM-cell

LER1

LSR1

LSR2

LSR3

LER2

LER4

LSP3 consist LSR4, LSR5 and LSR6

LER3

LSR4

LSR5

LSR6

LSP1 consist LER1, LER2, LER3 and LSR4

Tunnels

Đường hầm trong MPLS.*Hình 11. Đường hầm trong MPLS*

Đặc tính duy nhất của MPLS là có thể điều khiển toàn bộ đường truyền gói tin mà không cần xác định cụ thể các bộ định tuyến trung gian. Điều đó được tạo ra bởi các đường hầm thông qua các bộ định tuyến trung gian có thể cách nhiều đoạn. Khái niệm này được sử dụng trong VPN dựa trên MPLS.

Khảo sát hình 11. Các LER (LER1, LER2, LER3 và LER4) tất cả sử dụng BGP và tạo LSP giữa chúng (LSP1). LER1 thông báo bước tiếp theo là LER2 khi nó đang truyền dữ liệu nguồn phải đi qua hai phần của mạng. Cũng vậy, LER2 thông báo bước tiếp theo là LER3 và v.v... Các LER này sẽ sử dụng giao thức BGP để nhận và lưu trữ nhãn từ LER egress (LER4 trong dự đoán đích) theo toàn bộ đường đi tới LER lõi vào (LER1). Tuy nhiên, để LER1 gửi dữ liệu đến LER2 nó phải đi qua một vài LSR (trong trường hợp này là ba). Do vậy, một LSP riêng được tạo ra giữa hai LER (LER1 và LER2) qua LSR1, LSR2 và LSR3. Điều này thể hiện đường hầm giữa hai LER. Nhãn trong đường này khác nhãn các LER tạo cho đường truyền LSP1. Điều đó đúng cho cả LER3 và LER4 cũng như các LSR giữa chúng. Trong phần này có đường truyền LSP3. Để có cấu trúc này, khi gói tin truyền qua hai phần mạng, các khái niệm ngăn xếp nhãn được sử dụng. Khi truyền qua LSP1, LSP2 và LSP3, gói tin sẽ mang hai nhãn hoàn chỉnh cùng lúc. Hai nhãn được sử dụng cho mỗi phần là (1) phần đầu tiên – nhãn cho LSP1 và LSP2 và (2) phần thứ hai – nhãn cho LSP1 và LSP3. Khi các LER3 nhận các gói tin tồn tại trong mạng đầu tiên, các gói tin sẽ loại bỏ nhãn của LSP2 và thay bằng nhãn LSP3 trong khi quá trình trao đổi nhãn LSP1 bên trong gói tin với nhãn của đường đi tiếp theo. LER4 sẽ loại bỏ cả hai nhãn trước khi gửi gói tin đến đích.

VIII. Các ứng dụng của MPLS.

Internet có ba nhóm ứng dụng chính: voice, data, video với các yêu cầu khác nhau. Voice yêu cầu độ trễ thấp, cho phép thoát dữ liệu để tăng hiệu quả. Video cho phép thoát dữ liệu ở mức chấp nhận được, mang tính thời gian thực (realtime). Data yêu cầu độ bảo mật và chính xác cao. MPLS giúp khai thác tài nguyên mạng đạt hiệu quả cao.

Một số ứng dụng đang được triển khai là:

- MPLS VPN: Nhà cung cấp dịch vụ có thể tạo VPN lớp 3 dọc theo mạng đường trục cho nhiều khách hàng, chỉ dùng một cơ sở hạ tầng công cộng sẵn có, không cần các ứng dụng encryption hoặc end-user.
- MPLS Traffic Engineer: Cung cấp khả năng thiết lập một hoặc nhiều đường đi để điều khiển lưu lượng mạng và các đặc trưng thực thi cho một loại lưu lượng.
- MPLS QoS (Quality of service): Dùng QoS các nhà cung cấp dịch vụ có thể cung cấp nhiều loại dịch vụ với sự đảm bảo tối đa về QoS cho khách hàng.