

Kỹ thuật chuyển mạch gói ngày nay đã trở thành một kỹ thuật rất có tiềm năng và quan trọng trong lĩnh vực viễn thông bởi vì nó cho phép các nguồn tài nguyên viễn thông sử dụng một cách hiệu quả nhất. Chuyển mạch gói có thể thích ứng với diện rất rộng các dịch vụ và yêu cầu của khách hàng. Bài này giới thiệu tổng quan về chuyển mạch gói, nguyên tắc cơ bản của chuyển mạch gói, các giao thức và giao diện truyền gói, phương pháp định tuyến cuộc gọi trong chuyển mạch gói.

I. Khái quát chung

Kỹ thuật chuyển mạch gói dựa trên nguyên tắc chuyển thông tin qua mạng dưới dạng gói. Gói tin là thực thể truyền thông hoàn chỉnh gồm hai phần: Tiêu đề mang các thông tin điều khiển của mạng hoặc của người sử dụng và tải tin là dữ liệu thực cần chuyển qua mạng. Quá trình chuyển thông tin qua mạng chuyển mạch gói có thể không cần xác lập đường dành riêng và các mạng chuyển mạch gói được coi là mạng chia sẻ tài nguyên. Các gói tin sẽ được chuyển giao từ các nút mạng này tới nút mạng khác trong mạng chuyển mạch gói theo nguyên tắc lưu đệm và chuyển tiếp, nên mạng chuyển mạch gói còn được coi là mạng chuyển giao trong khi mạng chuyển mạch kênh được coi là mạng trong suốt đối với dữ liệu người sử dụng.

Đặc điểm	Dịch vụ thoại	Dịch vụ dữ liệu
Băng thông	Cố định và thấp (dưới 64kb/s)	Thay đổi (có thể lên tới Gb/s)
Bùng phát băng thông	Không	Lớn
Nhạy cảm với lỗi	Đàm thoại lại nếu có lỗi	Không cho phép lỗi
Phát lại thông tin	Không thể thực hiện được	Thực hiện dễ dàng
Độ trễ	Thấp và ổn định	Lớn và có thể thay đổi
Kiểu kết nối	Hướng kết nối	Có thể là phi kết nối

So sánh một số đặc điểm của dịch vụ thoại và dữ liệu

Các dịch vụ thoại trong mạng PSTN hiện nay sử dụng kỹ thuật điều chế PCM và chiếm băng thông 64kb/s. Nếu chúng ta có thể cung cấp băng thông lớn hơn cho mỗi cuộc gọi thì chất lượng cuộc gọi thoại cũng không vì thế mà tốt hơn. Trái lại, đối với các dịch vụ dữ liệu băng thông rất quan trọng. Một số ứng dụng đòi hỏi băng thông tới 1Gb/s hoặc cao hơn. Sự thay đổi về băng thông thường được gọi là bùng nổ băng thông. Trong khi dịch vụ thoại được cung cấp bởi kỹ thuật chuyển mạch kênh luôn đòi hỏi băng thông không đổi, ngược lại các dịch vụ dữ liệu có thể có nhu cầu về băng thông thay đổi tới hàng trăm, thậm chí hàng ngàn lần.

Độ trễ là tham số rất quan trọng để đánh giá chất lượng mạng điện thoại. Các cuộc gọi thoại đòi hỏi thời gian trễ thấp và ổn định. Nhiều mạng dữ liệu cũng có yêu cầu độ trễ tương đối thấp, tuy nhiên không đòi hỏi sự ổn định. Chẳng hạn trong khi truyền file việc các gói tin của đầu hay cuối file đến trước không có ý nghĩa gì. Để đảm bảo độ trễ thấp và ổn định mạng PSTN được thiết kế là mạng định tuyến theo hướng kết nối. Một số mạng dữ liệu cũng là mạng hướng kết nối, tuy nhiên một khi yêu cầu về độ trễ không quá ngặt nghèo thì mạng dữ liệu thường được xây dựng theo mô hình phi kết nối.

Mạng chuyển mạch gói (packet switching) là truyền dữ liệu ở dạng những khối nhỏ, riêng biệt gọi là gói tin (packet)

II. Kỹ thuật chuyển mạch gói

1. Giới thiệu

Kỹ thuật chuyển mạch kênh thường được ứng dụng cho các dịch vụ thời gian thực, hướng kết nối và lưu lượng không bùng phát. Trong khi đó mục tiêu của chuyển mạch gói là sử dụng cho dữ liệu nên luôn phải sẵn sàng chấp nhận lưu lượng bùng phát trong khi có thể không cần hướng kết nối hoặc thời gian thực.

Đặc tính hướng kết nối yêu cầu các giai đoạn kết nối phân biệt gồm: thiết lập kết nối, truyền thông tin và giải phóng kết nối. Một kiểu kết nối khác đối ngược với kiểu hướng kết nối là kiểu phi kết nối. Phi kết nối cho phép các thực thể thông tin được truyền độc lập với các đặc tính kết nối được thể hiện trong các tiêu đề thực thể thông tin. Các giai đoạn kết nối như trong chuyển mạch kênh không còn tồn tại mà thay vào đó là phương pháp chuyển mạch theo một giai đoạn duy nhất gồm cả ba giai đoạn.

Kỹ thuật chuyển mạch gói cho phép kết nối thông tin từ đầu cuối tới đầu cuối qua quá trình chia sẻ tài nguyên, sử dụng các tập thủ tục và các liên kết có tốc độ khác nhau để truyền các gói tin và có thể chuyển gói trên nhiều đường dẫn khác nhau. Có hai kiểu chuyển mạch gói cơ bản: chuyển mạch datagram (datagram) và chuyển mạch kênh ảo (Virtual Circuit).

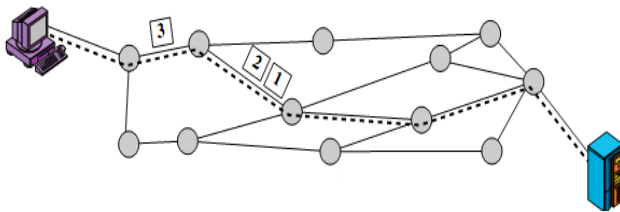
Chuyển mạch Datagram: Chuyển mạch datagram cung cấp cho các dịch vụ không yêu cầu thời gian thực. Việc chuyển gói tin phụ thuộc vào các giao thức lớp cao hoặc đường liên kết dữ liệu. Chuyển mạch kiểu datagram không cần giai đoạn thiết lập kết nối và rất thích hợp đối với dạng dữ liệu có lưu lượng thấp và thời gian tồn tại ngắn. Chuyển mạch datagram là chuyển mạch kiểu nỗ lực tối đa (best effort), các thông tin về trễ sẽ không được đảm bảo cũng như các hiện tượng lặp gói, mất gói cũng dễ dàng xảy ra đối với kiểu chuyển mạch này. Các datagram phải chứa toàn bộ các thông tin về địa chỉ đích và các yêu cầu của lớp dịch vụ phía trên được thể hiện trong tiêu đề, vì vậy tiêu đề của datagram là khá lớn. Tuy nhiên, chuyển mạch datagram cho phép lựa chọn các con đường tới đích nhanh nhất đáp ứng các thay đổi nhanh của mạng.

Chuyển mạch kênh ảo: Chuyển mạch kênh ảo (Virtual Channel) yêu cầu giai đoạn thiết lập tuyến giữa thiết bị gửi và thiết bị nhận thông tin, một kênh ảo được hình thành giữa các thiết bị trong đường dẫn chuyển mạch; kênh ảo là kênh chỉ được xác định khi có dữ liệu truyền qua và không phụ thuộc vào logic thời gian. Chuyển mạch kênh ảo yêu cầu một tuyến hiện ngay trong quá trình định tuyến và kênh ảo được nhận dạng thông qua trường nhận dạng kênh ảo VCI (Virtual Channel Identifier) nằm tại tiêu đề gói tin. Trong quá trình thiết lập kênh ảo, nhận dạng kênh ảo VCI được tạo ra bởi các node chuyển mạch để chỉ định các nguồn tài nguyên của gói tin sẽ chuyển qua (ví dụ: bộ đệm, dung lượng liên kết).

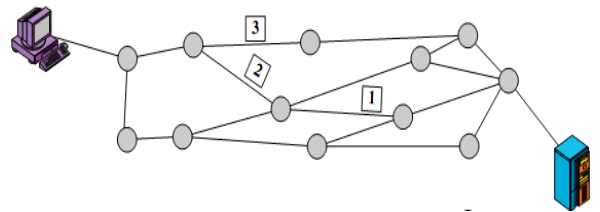
Một khi kênh ảo được thiết lập dọc theo tuyến đường từ nguồn tới đích qua các liên kết và các node thì kênh được sử dụng để truyền các gói tin. Các gói có VCI trong tiêu đề có thể được sử dụng như con trỏ để truy nhập tới các thông tin lưu trữ tại các nút chuyển mạch. Các trường nhận dạng kênh ảo cần phải duy nhất để phân biệt các thông tin người sử dụng và tái sử dụng. Nếu sử dụng các VCI cho toàn bộ mạng thì số lượng VCI rất lớn và không ngừng tăng lên theo kích cỡ mạng. Vì vậy, người ta sử dụng các nhận dạng kênh ảo theo các vùng cục bộ, thậm chí là trên từng liên kết. Với cách này, khi một VC khởi tạo mỗi một nút chuyển mạch dọc tuyến đường sẽ phải xác lập các nhận dạng kênh ảo trên các liên kết đầu vào

và liên kết đầu ra của nút chuyển mạch đó. Các nút phải thoả thuận với nhau về nhận dạng kênh ảo duy nhất trên liên kết giữa hai nút cho một kênh ảo.

Nhận dạng kênh ảo trên các liên kết đầu vào và đầu ra không cần thiết phải giống nhau, việc chuyển thông tin dựa trên tiêu đề gói tin có chứa VCI sẽ thực hiện việc chuyển đổi thông tin trong các VCI đầu vào tới VCI đầu ra. Tất cả các gói được gửi trên cùng một kênh ảo VC sẽ theo cùng một đường dẫn, vì vậy thứ tự và thời gian trễ lan truyền được khống chế. Điều này rất hữu ích đối với các lưu lượng thời gian thực và có thời gian tồn tại dài. Nếu kênh ảo lỗi hoặc hỏng, các hệ thống định tuyến sẽ tìm một con đường khác thay thế. Các phương pháp tìm đường và thiết lập đường dẫn sẽ được trình bày trong mục định tuyến. Khi muốn giải phóng kênh ảo, gói tin điều khiển ngắt đầu nối được truyền tới tất cả các thiết bị mà kênh ảo đi qua để giải phóng tài nguyên và kênh ảo sẽ được tái sử dụng cho các kết nối khác.



Chuyển mạch kênh ảo (nét đứt là kênh ảo)

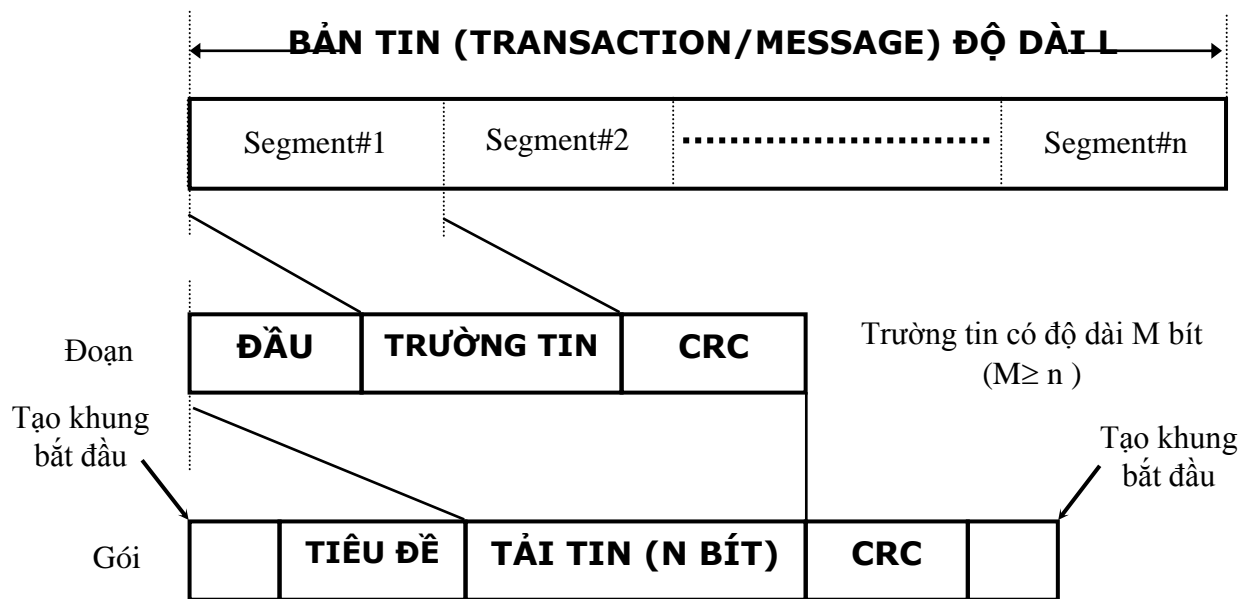


Chuyển mạch datagram (nét liền là kênh vật lý)

Nguyên tắc của chuyển mạch gói dựa trên khả năng của các máy tính số hiện đại tốc độ cao tác động vào bản tin cần truyền sao cho có thể chia cắt các cuộc gọi, các bản tin thành các thành phần nhỏ gọi là “gói” tin. Tùy thuộc vào việc thực hiện và hình thức của thông tin mà có thể có nhiều mức phân chia. Ví dụ một cách thực hiện phổ biến được áp dụng của chuyển mạch gói hiện nay là bản tin của người sử dụng được chia thành các đoạn (Segments) và sau đó các đoạn lại được chia tiếp thành các gói (Packet) có kích thước chuẩn hoá.

Các đoạn sau khi được chia cắt từ bản tin của khách hàng sẽ được xử lý chuẩn hoá tiếp bằng cách dán ”mào đầu” (Header) và ”Đuôi” (Trailer).

Đầu chứa địa chỉ đích cùng các thông tin điều khiển mà mạng yêu cầu ví dụ như số thứ tự của đoạn segments#, mã kênh logic để tách các thông tin khách hàng đã ghép kênh, đánh dấu đoạn đầu tiên và đoạn cuối cùng của bản tin và nhiều thông tin khác liên quan tới chức năng quản lý và điều khiển từ “đầu cuối - tới - đầu cuối”. Hình vẽ sau đây minh họa nguyên tắc cắt mảnh và tạo gói.



Nguyên lý cắt mảnh và tạo gói

Đối với các gói truyền tin qua mạng chuyển mạch gói còn phải chứa các mẫu tạo khung để đánh dấu điểm đầu và điểm cuối của mỗi gói, tiêu đề (Header) của gói tương tự như đầu của đoạn, ngoài ra nó còn có các thông tin mà mạng chuyển mạch yêu cầu để điều khiển sự truyền tải của các gói qua mạng. Ví dụ như thông tin cần bổ sung vào tiêu đề của gói là địa chỉ nguồn, địa chỉ đích, số thứ tự của gói và các khối số liệu điều khiển để chống vòng lặp, quản lý QoS, suy hao, lặp gói...

Trường số liệu điều khiển sai lỗi CRC cho phép hệ thống chuyển mạch gói phát hiện sai lỗi xảy ra trong gói nếu có, nhờ đó đảm bảo yêu cầu rất cao về độ chính xác truyền tin.

Tổng số tin chứa trong các trường số liệu đầu của đoạn và tiêu đề của gói là rất quan trọng. Thông thường các trường số liệu này có khoảng từ 64 đến 256 bit trong tổng số N (khoảng 1000 bit).

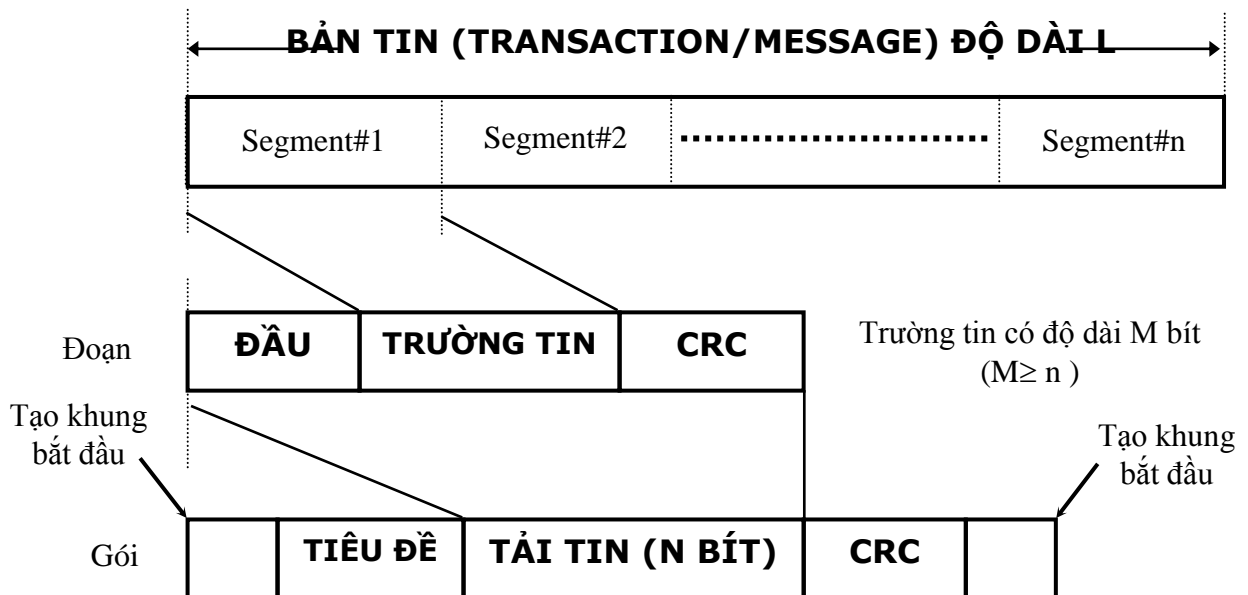
Các gói tin sẽ được chuyển qua mạng chuyển mạch gói từ Node chuyển mạch này tới Node chuyển mạch khác trên cơ sở “lưu đệm và chuyển tiếp” (Store and Forward), nghĩa là mỗi Node chuyển mạch sau khi thu một gói sẽ tạm thời lưu giữ một bản sao của gói vào bộ nhớ đệm cho tới khi cơ hội phát chuyển tiếp gói tới Node tiếp theo hay thiết bị đầu cuối của người dùng được đảm bảo chắc chắn. Bởi vì mọi quá trình thông tin được cắt nhỏ thành các gói giống nhau trên các bản tin dù dài hay ngắn đều có thể chuyển qua mạng với sự ảnh hưởng lẫn nhau ít nhất và nhờ sự chuyển tải các gói qua mạng gần như nhau được thực hiện trong thời gian thực nên chuyển mạch gói có thể đáp ứng được yêu cầu hoạt động một cách nhanh chóng kể cả khi có sự thay đổi mẫu lưu lượng hoặc có sự hỏng hóc một phần hay nhiều tính năng khác của mạng.

2. Nguyên tắc cắt mảnh và tạo gói

Nguyên tắc của chuyển mạch gói dựa trên khả năng của các máy tính số hiện đại tốc độ cao tác động vào bản tin cần truyền sao cho có thể chia cắt các cuộc gọi, các bản tin thành các thành phần nhỏ gọi là “gói” tin. Tùy thuộc vào việc thực hiện và hình thức của thông tin mà có thể có nhiều mức phân chia. Ví dụ một cách thực hiện phổ biến được áp dụng của chuyển mạch gói hiện nay là bản tin của người sử dụng được chia thành các đoạn (Segments) và sau đó các đoạn lại được chia tiếp thành các gói (Packet) có kích thước chuẩn hoá.

Các đoạn sau khi được chia cắt từ bản tin của khách hàng sẽ được xử lý chuẩn hoá tiếp bằng cách dán ”mào đầu” (Header) và “Đuôi” (Trailer).

Đầu chứa địa chỉ đích cùng các thông tin điều khiển mà mạng yêu cầu ví dụ như số thứ tự của đoạn segments#, mã kênh logic để tách các thông tin khách hàng đã ghép kênh, đánh dấu đoạn đầu tiên và đoạn cuối cùng của bản tin và nhiều thông tin khác liên quan tới chức năng quản lý và điều khiển từ “đầu cuối - tới - đầu cuối”. Hình vẽ sau đây minh họa nguyên tắc cắt mảnh và tạo gói.



Nguyên lý cắt mảnh và tạo gói

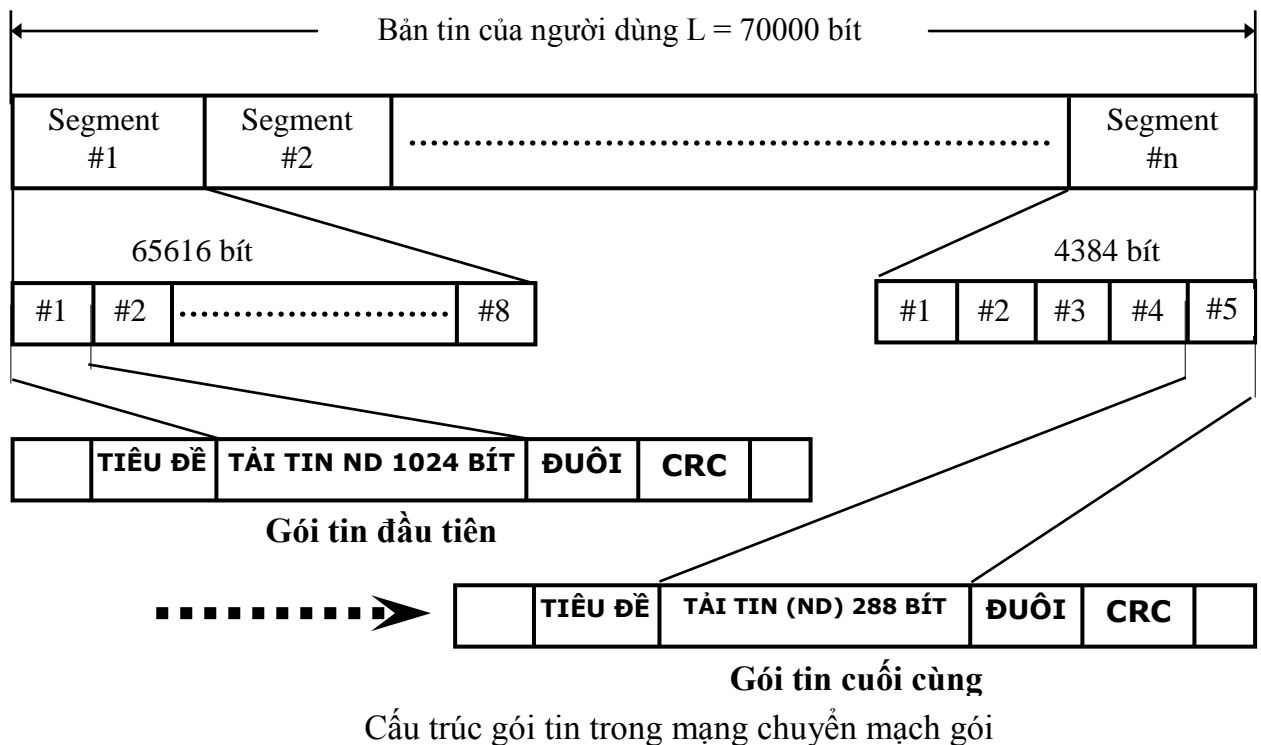
Đối với các gói truyền tin qua mạng chuyển mạch gói còn phải chứa các mẫu tạo khung để đánh dấu điểm đầu và điểm cuối của mỗi gói, tiêu đề (Header) của gói tương tự như đầu của đoạn, ngoài ra nó còn có các thông tin mà mạng chuyển mạch yêu cầu để điều khiển sự truyền tải của các gói qua mạng. Ví dụ như thông tin cần bổ sung vào tiêu đề của gói là địa chỉ nguồn, địa chỉ đích, số thứ tự của gói và các khối số liệu điều khiển để chống vòng lặp, quản lý QoS, suy hao, lặp gói...

Trường số liệu điều khiển sai lỗi CRC cho phép hệ thống chuyển mạch gói phát hiện sai lỗi xảy ra trong gói nếu có, nhờ đó đảm bảo yêu cầu rất cao về độ chính xác truyền tin.

Tổng số tin chứa trong các trường số liệu đầu của đoạn và tiêu đề của gói là rất quan trọng. Thông thường các trường số liệu này có khoảng từ 64 đến 256 bit trong tổng số N (khoảng 1000 bit).

Các gói tin sẽ được chuyển qua mạng chuyển mạch gói từ Node chuyển mạch này tới Node chuyển mạch khác trên cơ sở “lưu đệm và chuyển tiếp” (Store and Forward), nghĩa là mỗi Node chuyển mạch sau khi thu một gói sẽ tạm thời lưu giữ một bản sao của gói vào bộ nhớ đệm cho tới khi cơ hội phát chuyển tiếp gói tới Node tiếp theo hay thiết bị đầu cuối của người dùng được đảm bảo chắc chắn. Bởi vì mọi quá trình thông tin được cắt nhỏ thành các gói giống nhau trên các bản tin dù dài hay ngắn đều có thể chuyển qua mạng với sự ảnh hưởng lẫn nhau ít nhất và nhờ sự chuyển tải các gói qua mạng gần như nhau được thực hiện trong thời gian thực nên chuyển mạch gói có thể đáp ứng được yêu cầu hoạt động một cách nhanh chóng kể cả khi có sự thay đổi mẫu lưu lượng hoặc có sự hỏng hóc một phần hay nhiều tính năng khác của mạng.

Ví dụ về cắt mảnh và tạo gói cho 1 bản tin có dung lượng 70.000 bit như hình vẽ.



3. Định tuyến cuộc gọi trong mạng chuyển mạch gói

Từ các phần đã trình bày trên đây có nhận xét rằng tính Topo quan trọng của mạng chuyển mạch gói hiện thực là tồn tại nhiều đường, nhiều hướng có thể sử dụng để truyền tải các gói số liệu giữa nguồn và đích. Đương nhiên sự hoạt động của mạng bao gồm các phương pháp nhờ đó các gói tin tìm được đường đi tốt nhất hoặc tương đối nhất.

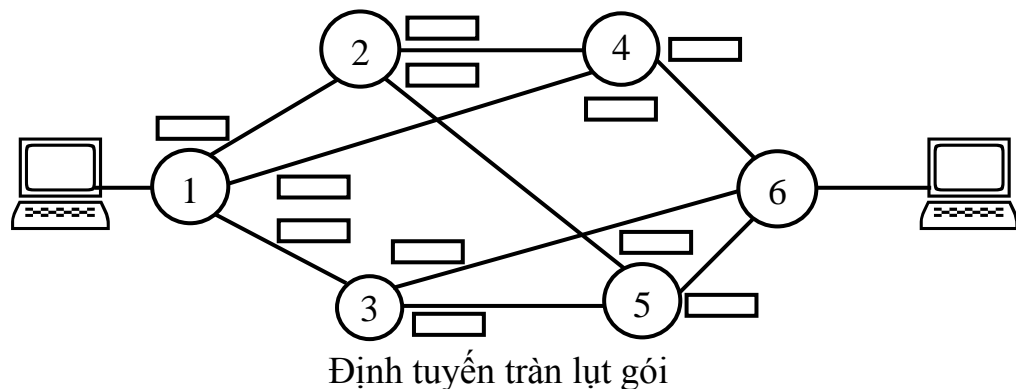
Thuật ngữ đường tốt có thể hiểu theo các tiêu chí khác nhau. Ví dụ đó là đường đi ngắn nhất, chất lượng truyền dẫn tốt nhất, độ tin cậy cao nhất, độ trễ nhỏ nhất hay ít bị tắc nghẽn nhất...

Việc tìm được một tuyến (hướng) tốt nhất qua mạng chuyển mạch gói là một bài toán rất phức tạp. Thông tin cần phải được xác định và mô tả rõ ràng về độ sẵn sàng, khả dụng của những đường có thể truyền tin khác nhau, chọn và định nghĩa các tiêu chí tối ưu và cuối cùng là hướng qua đó phải truyền được gói số liệu tới đích. Có nhiều phương pháp định tuyến được ứng dụng trong mạng chuyển mạch gói. Dưới đây sẽ trình bày bốn phương pháp định tuyến cơ bản bao gồm:

- * Phương pháp tràn lụt gói.
- * Phương pháp định tuyến ngẫu nhiên.
- * Phương pháp định tuyến theo danh bạ.
- * Phương pháp định tuyến danh bạ thích ứng.

a. Phương pháp tràn lụt gói

Quan điểm cơ bản của phương pháp truyền theo kiểu “tràn lụt” gói số liệu trong mạng chuyển mạch là cố gắng truyền các gói theo mọi đường đi có thể được từ nguồn tới đích, bắt đầu từ Node xuất phát-Node nguồn. Gói tin sẽ được truyền tới tất cả các Node lân cận. Mỗi Node sẽ thu gói, kiểm tra xem nó có phải là địa chỉ đích hay không? Nếu đúng thì giữ gói số liệu đó lại, nếu không đúng thì tìm cách gửi tiếp gói tin đã thu được tới tất cả các Node lân cận khác ngoại trừ Node mà gói số liệu đã xuất phát trước đó. Quá trình lặp lại ở tất cả các Node tiếp theo cho tới khi gói đạt tới Node đích thực. Hình vẽ sau đây biểu diễn nguyên tắc định tuyến nêu trên.

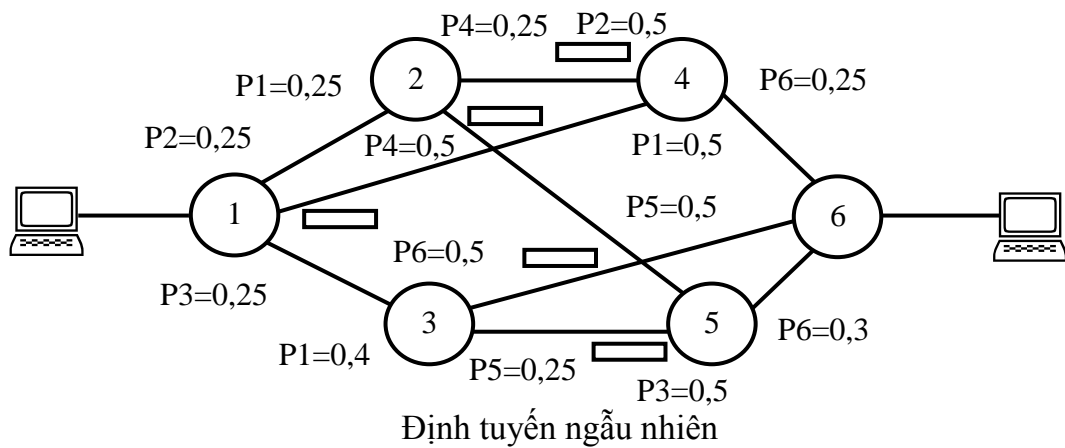


Vì rằng theo nguyên tắc mỗi đường đi có thể qua mạng đều được thử do vậy gói số liệu đến đích đầu tiên sẽ là qua đường đi với độ trễ nhỏ nhất. Bất kỳ bản sao gói khác đến sau gói đầu tiên thì ngay lập tức sẽ bị Node đích đào thải.

b. Phương pháp định tuyến ngẫu nhiên

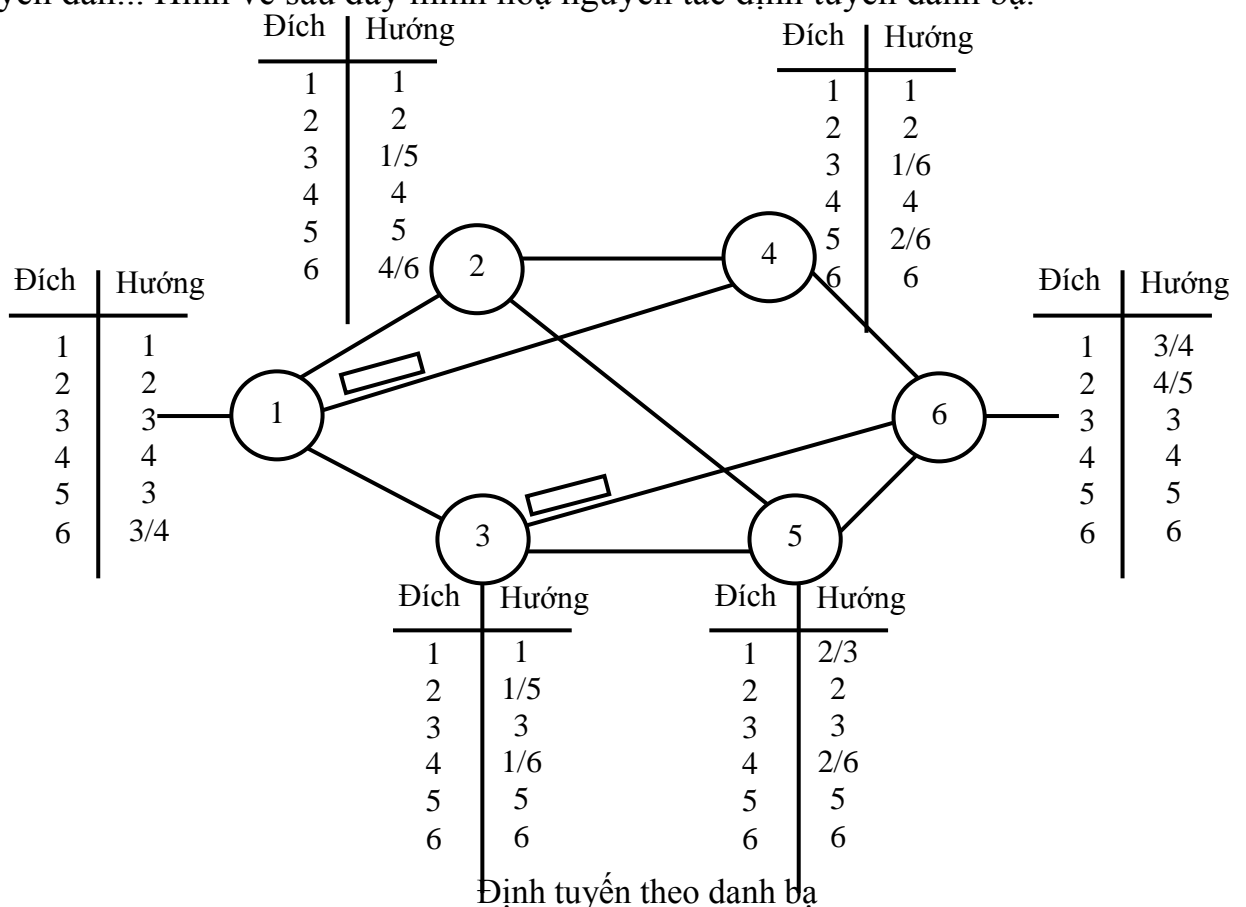
Quan điểm căn bản của phương pháp này cũng tương tự như phương pháp tràn lụt, ngoại trừ việc gói số liệu thu được sẽ gửi đi cho tất cả các Node chuyển mạch lân cận thì ở đây chỉ chọn một cách ngẫu nhiên một Node tiếp theo mà thôi và gói sẽ được phát chuyển tiếp theo một hướng đã chọn.

Thực tế gói sẽ đi “lang thang” qua mạng và cuối cùng tình cờ đến được tới đích. Xác suất chọn kênh cụ thể tại Node chuyển mạch có thể là cho biết trước dựa trên cơ sở lưu lượng, năng lực kênh hay các điều kiện khác của mạng nhưng nói chung đường đi từ nguồn tới đích là không thể đoán trước được. Hình vẽ sau đây trình bày nguyên tắc định tuyến ngẫu nhiên.



c. Phương pháp định tuyến theo danh bạ

Phương pháp định tuyến này sử dụng bảng định tuyến (danh bạ) tại mỗi Node mà nó chỉ rõ đường đi cho bất kỳ một đích nào trong mạng chuyển mạch từ một Node đang xét. Danh bạ được nhớ trong bộ nhớ của Node chuyển mạch và nó cũng được phát triển theo kiểu không trực tuyến (offline) tương ứng với số lượng bất kỳ các tiêu chuẩn có thể như đường đi ngắn nhất, đường có độ trễ nhỏ nhất, đường đi có khả năng thông lớn nhất... Để đảm bảo cho mạng hoạt động một cách tin cậy, danh bạ định tuyến cần phải không chỉ bao gồm đường chọn chủ yếu mà còn có thể chọn cả các đường khả tuyển để dùng khi các điều kiện đặc biệt ví dụ như khi đường chính xảy ra sự cố, tắc nghẽn hay giảm sút chất lượng truyền dẫn... Hình vẽ sau đây minh họa nguyên tắc định tuyến danh bạ.



Định tuyến danh bạ có ưu điểm là hoạt động chức năng định tuyến của Node chuyển mạch là hoàn toàn được xác định trước, mỗi gói số liệu cụ thể giữa một cặp nguồn- đích cụ thể sẽ được truyền theo cùng một tuyến tương ứng với bảng định tuyến hay danh bạ. Ma trận định tuyến đường đi ngắn nhất có thể chứa đến 32 thực thể cho mạng chuyển mạch chứa 6 Node .

Mỗi thực thể trong ma trận chỉ rõ Node kế tiếp dọc theo đường đi ngắn nhất từ một Node bất kỳ tới một Node bất kỳ khác trong mạng. Ví dụ các gói tới Node 2 từ Node 6 sẽ được định tuyến qua Node 4..

Mặc dầu ma trận định tuyến các đường đi ngắn nhất đầy đủ trên quan điểm hệ thống tồn tại một cách độc lập và chắc chắn nó phải được thiết kế và nhớ trong trung tâm điều khiển mạng. Tuy vậy chỉ cần một hàng đơn lẻ của ma trận định tuyến có quan hệ với một Node chuyển mạch cụ thể cần được nhớ trong mỗi Node dưới dạng bảng định tuyến cục bộ là đủ.

d. Phương pháp định tuyến danh bạ thích ứng

Phương pháp định tuyến danh bạ thích ứng hoàn toàn tương tự như phương pháp định tuyến danh bạ, trong đó mỗi Node chuyển mạch có bảng định tuyến lưu trong bộ nhớ mà nó chỉ ra hướng tốt nhất cho bất kỳ một đích nào trong mạng chuyển mạch. Đương nhiên các thực thể trong bảng định tuyến cần phải thay đổi theo thời gian thực một cách trực tuyến phụ thuộc vào sự thay đổi trong các điều kiện hoạt động của mạng chuyển mạch ví dụ như điều kiện bình thường, điều kiện tắc nghẽn, quá tải hay xảy ra sự cố... Ngoài ra việc chọn định tuyến khả tuyến trong trường hợp này là không cần thiết. Các thực thể hiện thời trong bảng định tuyến về nguyên tắc luôn luôn thể hiện hướng hiện thời tốt nhất có thể tới đích tương ứng với tiêu chuẩn lựa chọn.

III. Chuyển mạch nhãn đa giao thức

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 nhãn 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.

Đặc điểm mạng MPLS:

- Không có MPLS API, cũng không có thành phần giao thức phía host.
- MPLS chỉ nằm trên các router.

- MPLS là giao thức độc lập nên có thể hoạt động cùng với giao thức khác IP như IPX, ATM, Frame Relay,...
- MPLS giúp đơn giản hoá quá trình định tuyến và làm tăng tính linh động của các tầng trung gian.

Phương thức hoạt động:

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 giao tiếp. Nhãn được gắn thêm vào gói IP khi gói đi vào mạng MPLS. Nhãn được tách ra khi gói ra khỏi mạng MPLS. Nhãn (Label) được chèn vào giữa header lớp ba và header lớp hai. Sử dụng nhãn trong quá trình gửi gói sau khi đã thiết lập đường đi. MPLS tập trung vào quá trình hoán đổi nhãn (Label Swapping). Một trong những thế mạnh của kiến trúc MPLS là tự định nghĩa chồng nhãn (Label Stack).

Một số thuật ngữ chính trong MPLS

- Không gian nhãn (Label Space): có hai loại.
 - + Một là, các giao tiếp dùng chung giá trị nhãn (per-platform label space).
 - + Hai là, mỗi giao tiếp mang giá trị nhãn riêng, (Per-interface Label Space).
- Bộ định tuyến chuyển mạch nhãn (LSR – Label Switching Router): ra quyết định chặng kế tiếp dựa trên nội dung của nhãn, các LSR làm việc ít và hoạt động gần giống như Switch.
- Đường dẫn chuyển mạch nhãn (LSP – Label Switch Path): xác định đường đi của gói tin MPLS. Gồm hai loại:
 - + Hop by hop signal LSP - xác định đường đi khả thi nhất theo kiểu best effort
 - + Explicit route signal LSP - xác định đường đi từ nút gốc
- Lớp chuyển tiếp tương đương (Forwarding Equivalence Class – FEC)
- Bộ định tuyến nhãn biên (Label Edge Router – LER)
- Mục chuyển tiếp chặng tiếp theo (Next Hop Label Forwarding Entry – NHLFE)
- Ánh xạ FEC sang NHLFE (FEC to NHLFE – FTN)
- Cơ sở thông tin nhãn (Label Information Base – LIB)

Các hình thức hoạt động của MPLS

Mạng MPLS dùng các nhãn để chuyển tiếp các gói. Khi một gói đi vào mạng, Node MPLS ở lõi vào đánh dấu một gói đến lớp chuyển tiếp tương đương (FEC – Forwarding Equivalence Class) cụ thể.

Trong mạng MPLS nhãn điều khiển mọi hoạt động chuyển tiếp. Điều này có nhiều thuận lợi hơn sự chuyển tiếp thông thường:

- Sự chuyển tiếp MPLS có thể thực hiện bằng các bộ chuyển mạch (switch), có thể tra cứu (lookup) thay thế nhãn mà không ảnh hưởng đến header lớp mạng. Các bộ chuyển ATM thực hiện các chức năng chuyển các tế bào dựa trên giá trị nhãn. ATM-switch cần được điều khiển bởi một thành phần điều khiển MPLS dựa vào IP (IP-base MPLS control element) như bộ điều khiển chuyển mạch nhãn (LSC - Label Switch Controller). Đây là dạng cơ bản của sự kết hợp IP với ATM.
- Khi một gói vào mạng nó được chuyển đến lớp chuyển tiếp tương đương (FEC - Forwarding Equivalence Class). Router có thể sử dụng thông tin gói, như

cổng vào (ingress) hay giao tiếp (interface). Các gói đi vào mạng được gán các nhãn khác nhau. Quyết định chuyển tiếp được thực hiện dễ dàng bởi router ngõ vào. Điều này không có trong sự chuyển tiếp thông thường, vì sự xác định lộ trình của router khác với thông tin lộ trình trên gói.

- Mạng được quản lý lưu lượng buộc gói đi theo một con đường cụ thể, một con đường chưa được sử dụng. Con đường đó được chọn trước hoặc ngay khi gói đi vào mạng tốt hơn sự lựa chọn bởi các thuật toán định tuyến thông thường. Trong MPLS, một nhãn có thể được dùng để đại diện cho tuyến, không cần kèm trong gói. Đây là dạng cơ bản của MPLS Traffic Engineering.

- "Lớp dịch vụ (Class of service)" của gói được xác định bởi nút MPLS vào (ingress MPLS node). Một nút MPLS vào có thể huỷ tuyến hay sửa đổi lịch trình để điều khiển các gói khác nhau. Các trạm sau có thể định lại ràng buộc dịch vụ bằng cách thiết lập PBH (per-hop behavior). MPLS cho phép (không yêu cầu) độ ưu tiên một phần hoặc hoàn toàn của lớp dịch vụ từ nhãn. Trường hợp này nhãn đại diện cho sự kết hợp của một FEC với độ ưu tiên hoặc lớp dịch vụ. Đây là dạng cơ bản của MPLS QoS.

Nhãn (Label) trong MPLS

Kiểu khung (Frame mode):

Kiểu khung là thuật ngữ khi chuyển tiếp một gói với nhãn gắn trước tiêu đề lớp ba. Một nhãn được mã hoá với 20bit, nghĩa là có thể có 220 giá trị khác nhau. Một gói có nhiều nhãn, gọi là chồng nhãn (label stack). Ở mỗi chặng trong mạng chỉ có một nhãn bên ngoài được xem xét.

LABEL	EXP S	TTL	STACK
-------	-------	-----	-------

LABEL = 20 bits

EXP = Experimental, 3 bits

S = Bottom of stack, 1 bit

TTL = Time To Live, 8 bits

Trong đó:

- EXP=Experimental (3 bit): dành cho thực nghiệm. Cisco IOS sử dụng các bit này để giữ các thông báo cho QoS; khi các gói MPLS xếp hàng có thể dùng các bit EXP tương tự như các bit IP ưu tiên (IP Precedence).

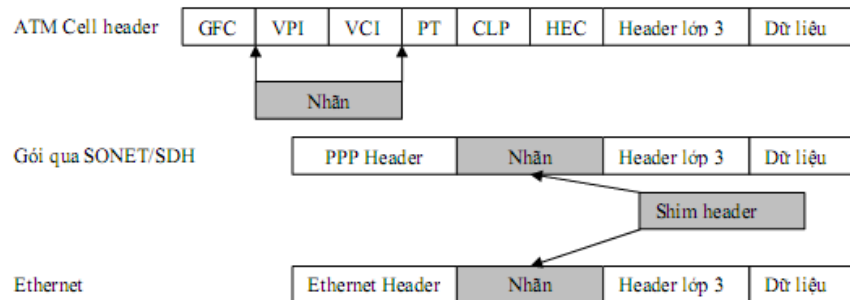
- S=Bottom of stack (1 bit): là bit cuối chồng. Nhãn cuối chồng bit này được thiết lập lên 1, các nhãn khác có bit này là 0.

- TTL=Time To Live (8 bit): thời gian sống là bản sao của IP TTL. Giá trị của nó được giảm tại mỗi chặng để tránh lặp (giống như trong IP). Thường dùng khi người điều hành mạng muốn che dấu cấu hình mạng bên dưới khi tìm đường từ mạng bên ngoài.

Kiểu tế bào (Cell mode):

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 công ra tương ứng. Cuối cùng, router ngõ ra (egress router) sắp xếp lại các tế bào thành một gói.



Trong đó:

GFC (Generic Flow Control): Điều khiển luồng chung

VPI (Virtual Path Identifier): nhận dạng đường ảo

VCI (Virtual Channel Identifier): nhận dạng kênh ảo

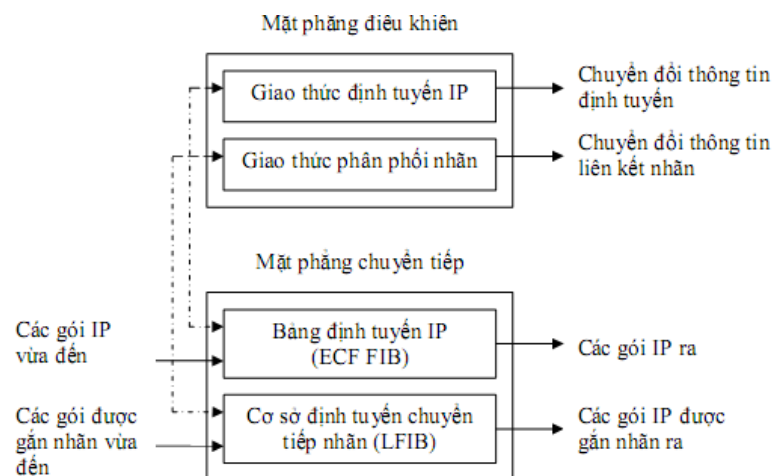
PT (Payload Type): Chỉ thị kiểu trường tin

CLP (Cell Loss Priority): Chức năng chỉ thị ưu tiên huỷ bỏ tế bào

HEC (Header error check): Kiểm tra lỗi tiêu đề.

Cấu trúc nút của MPLS

Một nút của MPLS có hai mặt phẳng: mặt phẳng chuyển tiếp MPLS và mặt phẳng điều khiển MPLS. Nút MPLS có thể thực hiện định tuyến lớp ba hoặc chuyển mạch lớp hai. Kiến trúc cơ bản của một nút MPLS như sau:



Mặt phẳng chuyển tiếp (Forwarding plane)

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 (LIB - Label Information Base) và LFIB. LIB 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 LIB để thực hiện chuyển tiếp gói.

Mặt phẳng điều khiển (Control Plane)

Mặt phẳng điều khiển MPLS chịu trách nhiệm tạo ra và lưu trữ LFIB. 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 mô đun xử lý tuyến (RMP – Route Processor Module) để tham gia xử lý định tuyến IP.

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 (dùng bởi CEF - Cisco Express Forwarding). 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 (adjacent), 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 – Label Distribution Protocol) hoặc TDP (Cisco 's proprietary Tag Distribution protocol).

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 mô đun điều khiển khác nhau. Mỗi mô đun 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 Potocols) 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).