

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



KỸ THUẬT CHUYÊN MẠCH 1

(Dùng cho sinh viên hệ đào tạo đại học từ xa)

Lưu hành nội bộ

HÀ NỘI - 2007

KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH 1

Biên soạn: THS. HOÀNG TRỌNG MINH
THS. NGUYỄN THANH TRÀ

LỜI NÓI ĐẦU

Kỹ thuật chuyển mạch là một trong những kỹ thuật nền tảng trong các mạng truyền thông. Sự phát triển của kỹ thuật chuyển mạch luôn gắn liền với sự phát triển của hạ tầng mạng. Để đáp ứng yêu cầu nhận thức về các khía cạnh kỹ thuật chuyển mạch của các lớp Đại học từ xa, nhóm tác giả thực hiện biên soạn bài giảng “Cơ sở kỹ thuật chuyển mạch 1” dựa trên khung đề cương của Học viện Công nghệ Bưu chính viễn thông ban hành. Với cách thức tiếp cận từ các vấn đề mang tính cơ sở tiến tới các giải pháp kỹ thuật và giải pháp công nghệ, nhóm biên soạn thực hiện bố cục nội dung bài giảng thành 4 chương. Các chương này cung cấp cho người học những kiến thức cơ bản trong lĩnh vực chuyển mạch gồm các cơ chế hoạt động và kỹ thuật điều khiển hệ thống chuyển mạch, các giải pháp kỹ thuật chuyển mạch, giải pháp công nghệ cơ bản trong mạng viễn thông và mạng máy tính. Tiêu đề của các chương như sau:

Chương 1. Giới thiệu chung về kỹ thuật chuyển mạch;

Chương 2. Kỹ thuật chuyển mạch kênh;

Chương 3. Kỹ thuật chuyển mạch gói;

Chương 4. Kỹ thuật chuyển mạch tiên tiến;

Các vấn đề cơ sở toán liên quan tới lĩnh vực chuyển mạch, sự phát triển của kỹ thuật mạng và vị trí chức năng cũng như tầm quan trọng của kỹ thuật chuyển mạch được trình bày trong chương 1. Chương 2 là các khía cạnh mấu chốt nhất trong kỹ thuật chuyển mạch kênh bao gồm các dạng tín hiệu chuyển mạch, cấu trúc ma trận chuyển mạch và các nguyên lý cơ bản của kỹ thuật chuyển mạch kênh. Các nhìn nhận về hệ thống chuyển mạch gói trên phương diện phân lớp theo mô hình OSI, kiến trúc phần cứng và các cơ sở kỹ thuật chuyển mạch gói, định tuyến và báo hiệu của hệ thống chuyển mạch gói được trình bày trong chương 3. Chương 4 đề cập tới các giải pháp kỹ thuật và giải pháp công nghệ chuyển mạch tiên tiến chủ yếu hiện nay trên cơ sở của mạng IP và ATM, mạng thế hệ kế tiếp, công nghệ chuyển mạch mềm và các ứng dụng trong mạng viễn thông trong giai đoạn hội tụ hiện nay.

Trong quá trình thực hiện bài giảng nhóm tác giả đã nhận được rất nhiều sự giúp đỡ và góp ý chân thành từ các giảng viên của bộ môn Chuyển mạch, khoa Viễn thông 1, Học viện công nghệ bưu chính viễn thông. Nhóm biên soạn chân thành cảm ơn và mong muốn tiếp tục nhận được sự góp ý của các thầy cô giáo và độc giả.

Trong quá trình biên soạn tài liệu chắc khó tránh khỏi một số sai sót, nhóm tác giả rất mong nhận được sự quan tâm và góp ý của độc giả. Các ý kiến góp ý qua mail xin được gửi về: Hoangtrongminh@yahoo.com; Thanhtraptit@yahoo.com.

Nhóm tác giả

ThS. Hoàng Trọng Minh

ThS. Nguyễn Thanh Trà

Chương 1

GIỚI THIỆU CHUNG VỀ KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH

Chương mở đầu của tài liệu kỹ thuật chuyển mạch I nhằm giới thiệu cho học viên tổng quan về kiến trúc mạng viễn thông, xu hướng phát triển công nghệ mạng viễn thông. Các khái niệm cơ sở và các mô hình toán đưa ra là cơ sở của các vấn đề sẽ được đưa ra trong các phần sau của bài giảng. Xu hướng phát triển và các công nghệ mạng hiện đại được giới thiệu trong chương này nhằm giúp học viên nhìn nhận khái quát những hướng tiếp cận mới trong lĩnh vực kỹ thuật chuyển mạch.

1.1. NHẬP MÔN KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH

Viễn thông là một phần của khái niệm thông tin - một dạng thức chuyển giao thông tin. Mạng viễn thông (telecommunications network) được coi là hạ tầng cơ sở của xã hội sử dụng kỹ thuật điện, điện tử và các công nghệ khác để chuyển giao thông tin. Mạng viễn thông gồm tập hợp các nút mạng, các đường truyền dẫn kết nối giữa hai hay nhiều điểm xác định và các thiết bị đầu cuối để thực hiện trao đổi thông tin giữa người sử dụng. Một cách khái quát chúng ta có thể coi tất cả các trang thiết bị, phương tiện được sử dụng để cung cấp dịch vụ viễn thông tạo thành mạng viễn thông. Thiết bị đầu cuối là các trang thiết bị của người sử dụng để giao tiếp với mạng cung cấp dịch vụ. Thiết bị chuyển mạch là các nút của mạng viễn thông có chức năng thiết lập và giải phóng đường truyền thông giữa các các thiết bị đầu cuối. Thiết bị truyền dẫn được sử dụng để nối các thiết bị đầu cuối hay giữa các nút với nhau để thực hiện truyền các tín hiệu một cách nhanh chóng và chính xác. Cùng tham gia xây dựng mạng viễn thông có các nhà cung cấp thiết bị, khai thác thiết bị và các nhà cung cấp dịch vụ, v.v.

Cùng với sự phát triển của công nghệ tiên tiến là xu hướng hội tụ mạng truyền thông giữa mạng cố định, mạng di động và mạng internet sang mạng thế hệ kế tiếp NGN (Next Generation Network). Hạ tầng mạng viễn thông thay đổi không ngừng nhằm đáp ứng các yêu cầu ngày càng cao của người sử dụng, sự tác động này liên quan và ảnh hưởng tới rất nhiều lĩnh vực trên các yếu tố khoa học công nghệ và khoa học kỹ thuật, trong đó bao gồm kỹ thuật chuyển mạch. Cuốn tài liệu “kỹ thuật chuyển mạch” này tiếp cận từ các vấn đề cơ bản và mấu chốt nhất trong lĩnh vực chuyển mạch tới các xu hướng và giải pháp chuyển mạch tiên tiến nhằm giúp người đọc nhận thức các khía cạnh kỹ thuật liên quan tới lĩnh vực này.

Trong các phần đầu tiên của tài liệu sẽ giới thiệu các khái niệm cơ sở liên quan tới lĩnh vực chuyển mạch, sau đó là các kỹ thuật và nguyên tắc hoạt động của các mạng chuyển mạch kênh và chuyển mạch gói cùng với các vấn đề liên quan như định tuyến, đánh số và chất lượng dịch vụ. Các kỹ thuật chuyển mạch mới trong mạng tốc độ cao được trình bày trong các chương cuối là sự kết hợp giữa các giải pháp công nghệ và giải pháp kỹ thuật, nhằm thể hiện mô hình tổng thể của các công nghệ tiên tiến đang ứng dụng và triển khai trên mạng viễn thông hiện nay.

1.2. CÁC KHÁI NIỆM VÀ LÝ THUYẾT CƠ BẢN

1.2.1. Một số khái niệm cơ sở.

(i) Định nghĩa chuyển mạch

Chuyển mạch là một quá trình thực hiện đầu nối và chuyển thông tin cho người sử dụng thông qua hạ tầng mạng viễn thông. Nói cách khác, chuyển mạch trong mạng viễn thông bao gồm chức năng định tuyến cho thông tin và chức năng chuyển tiếp thông tin. Như vậy, theo khía cạnh thông

thường khái niệm chuyển mạch gắn liền với lớp mạng và lớp liên kết dữ liệu trong mô hình OSI của Tổ chức tiêu chuẩn quốc tế ISO.

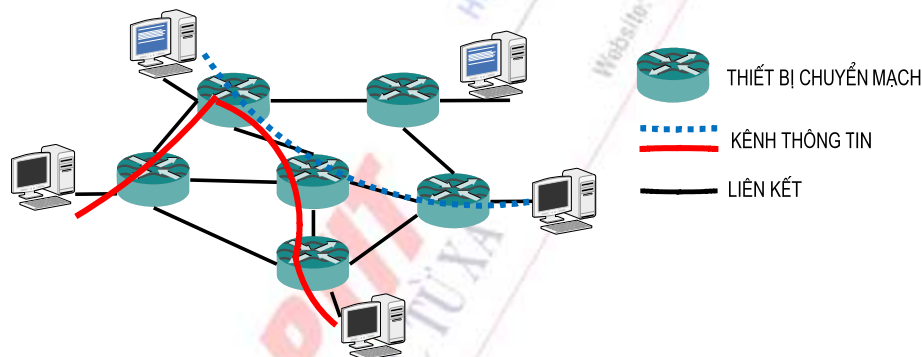
(ii) Hệ thống chuyển mạch

Quá trình chuyển mạch được thực hiện tại các nút chuyển mạch, trong mạng chuyển mạch kênh thường gọi là hệ thống chuyển mạch (tổng đài) trong mạng chuyển mạch gói thường được gọi là thiết bị định tuyến (bộ định tuyến).

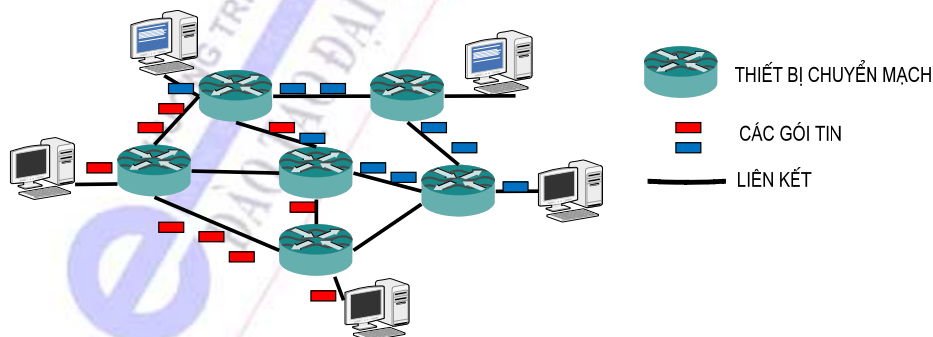
(iii) Phân loại chuyển mạch

Xét về mặt công nghệ, chuyển mạch chia thành hai loại cơ bản: chuyển mạch kênh và chuyển mạch gói. Mặt khác, chuyển mạch còn được chia thành bốn kiểu: chuyển mạch kênh, chuyển mạch bản tin, chuyển mạch gói và chuyển mạch tế bào. Các khái niệm cơ sở về công nghệ chuyển mạch được thể hiện trong hình 1.1 (a,b,c) dưới đây.

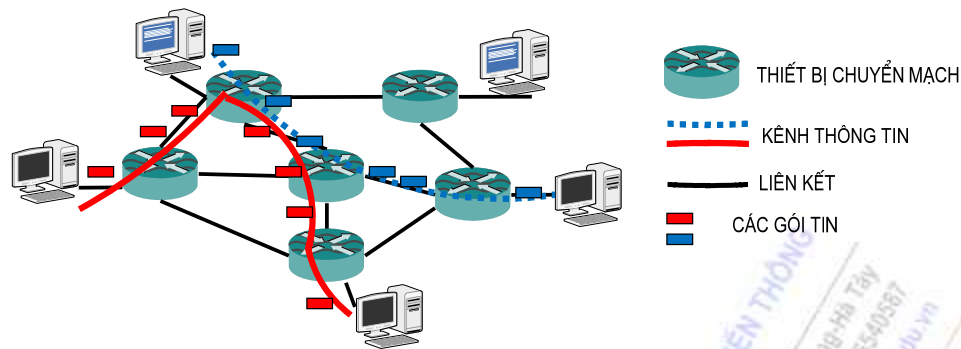
Mạng chuyển mạch kênh thiết lập các mạch (kênh) chỉ định riêng cho kết nối trước khi quá trình truyền thông thực hiện. Như vậy, quá trình chuyển mạch được chia thành 3 giai đoạn phân biệt: thiết lập, truyền và giải phóng. Để thiết lập, giải phóng và điều khiển kết nối (cuộc gọi) mạng chuyển mạch kênh sử dụng các kỹ thuật báo hiệu để thực hiện. Đối ngược với mạng chuyển mạch kênh là mạng chuyển mạch gói, chia các lưu lượng dữ liệu thành các gói và truyền đi trên mạng chia sẻ. Các giai đoạn thiết lập, truyền và giải phóng sẽ được thực hiện đồng thời trong một khoảng thời gian và thường được quyết định bởi tiêu đề gói tin.



a, Chuyển mạch kênh; hai dòng thông tin trên hai mạch khác nhau.



b, Chuyển mạch gói; các tuyến đường độc lập trên mạng chia sẻ tài nguyên



c, Chuyển mạch gói kênh ảo; các gói tin đi trên kênh ảo

Hình 1.1: Các kiểu mạng chuyển mạch cơ bản

(iv) Kỹ thuật lưu lượng TE

Kỹ thuật lưu lượng TE (Traffic Engineering) được coi là một trong những vấn đề quan trọng nhất trong khung làm việc của hạ tầng mạng viễn thông. Mục đích của kỹ thuật lưu lượng là để cải thiện hiệu năng và độ tin cậy của các hoạt động của mạng trong khi tối ưu các nguồn tài nguyên và lưu lượng. Nói cách khác, TE là công cụ sử dụng để tối ưu tài nguyên sử dụng của mạng bằng phương pháp kỹ thuật để định hướng các luồng lưu lượng phù hợp với các tham số ràng buộc tĩnh hoặc động. Mục tiêu cơ bản của kỹ thuật lưu lượng là cân bằng và tối ưu các điều khiển của tải và tài nguyên mạng thông qua các thuật toán và giải pháp kỹ thuật.

(v) Báo hiệu trong mạng viễn thông

Báo hiệu sử dụng các tín hiệu để điều khiển truyền thông, trong mạng viễn thông báo hiệu là sự trao đổi thông tin liên quan tới điều khiển, thiết lập các kết nối và thực hiện quản lý mạng. Các hệ thống báo hiệu có thể phân loại theo đặc tính và nguyên tắc hoạt động gồm: Báo hiệu trong băng và báo hiệu ngoài băng, báo hiệu đường và báo hiệu thanh ghi, báo hiệu kênh liên kết và báo hiệu kênh chung, báo hiệu bắt buộc, v.v. Các thông tin báo hiệu được truyền dưới dạng tín hiệu điện hoặc bản tin. Các hệ thống báo hiệu trong mạng chuyển mạch điện thoại công cộng PSTN (Public Switched Telephone Network) được đánh số từ No1-No7.

(vi) Mạng tích hợp dịch vụ số băng rộng B-ISDN

Cung cấp các cuộc nối thông qua chuyển mạch, các cuộc nối cố định (Permanent) hoặc bán cố định (Semi-Permanent), các cuộc nối từ điểm tới điểm tới điểm hoặc từ điểm tới đa điểm và cung cấp các dịch vụ yêu cầu, các dịch vụ dành trước hoặc các dịch vụ yêu cầu cố định. Cuộc nối trong B-ISDN phục vụ cho cả các dịch vụ chuyển mạch kênh, chuyển mạch gói theo kiểu đa phương tiện (Multimedia), đơn phương tiện (Monomedia), theo kiểu hướng liên kết (Connection-Oriented) hoặc phi liên kết (Connectionless) và theo cấu hình đơn hướng hoặc đa hướng.

1.2.2. Các mô hình toán học của lưu lượng

Lý thuyết lưu lượng được định nghĩa như là ứng dụng của lý thuyết xác suất để giải quyết các vấn đề liên quan tới kế hoạch, đánh giá hiệu năng, điều hành và bảo dưỡng hệ thống viễn thông. Nói một cách tổng quát hơn, lý thuyết lưu lượng được nhìn nhận như là quy tắc lập kế hoạch mạng, nơi các công cụ (xử lý ngẫu nhiên, hàng đợi và mô phỏng số) được đưa ra từ các nghiên cứu hoạt động mạng. Nhiệm vụ cơ bản của lý thuyết lưu lượng là sử dụng các mô hình toán và đưa ra các mối quan hệ giữa cấp độ dịch vụ GoS (Grade of Service) và khả năng của hệ thống thông qua các công cụ mô hình hoá và mô phỏng cho các hệ thống thực tế. [1]

Lưu lượng trong kỹ thuật chuyển mạch được mô tả qua các sự kiện đến của các thực thể rời rạc (yêu cầu chiếm kênh, gói, tế bào, v.v.), nó có thể mô hình hoá bởi tiến trình điểm. Có hai dạng tiến trình điểm là tiến trình đếm và tiến trình giữa hai sự kiện đến. Tiến trình đếm $\{N(t)\}_{t=0}^{\infty}$ là một chuỗi giá trị nguyên dương thời gian liên tục, với $N(t) = \max\{n: T_n \leq t\}$ là số sự kiện đến trong thời gian $(0:t]$. Tiến trình giữa hai sự kiện đến là một chuỗi số thực ngẫu nhiên $\{A_n\}_{n=1}^{\infty}$ với $A_n = T_n - T_{n-1}$ là thời gian giữa hai sự kiện đến thứ n và $n-1$.

Lưu lượng được gọi là lưu lượng tổ hợp khi các gói đến theo từng nhóm. Để đặc trưng cho nhóm lưu lượng, kỹ thuật lưu lượng sử dụng tiến trình đến theo nhóm $\{B_n\}_{n=1}^{\infty}$ trong đó B_n là số đơn vị trong nhóm. Tiến trình tải làm việc được mô tả qua chuỗi $\{W_n\}_{n=1}^{\infty}$ với W_n là lượng tải phục vụ của hệ thống tại sự kiện đến thứ n .

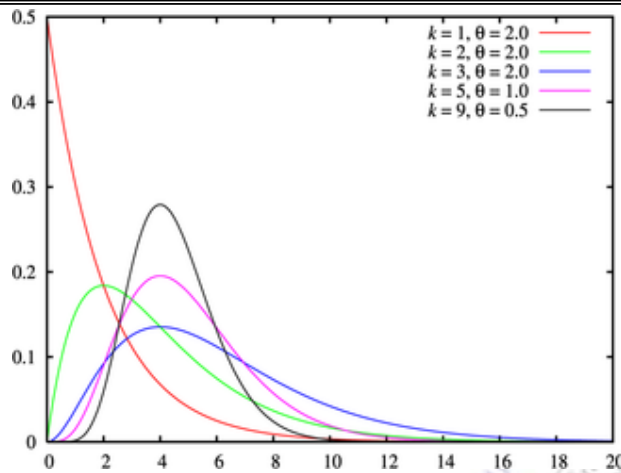
Bảng 1.1 dưới đây chỉ ra một số ứng dụng cơ bản trong mạng truyền thông được mô tả qua các mô hình lưu lượng với các hàm phân bố cơ bản.

Ứng dụng	Mô hình	Phân bố
Telnet	Thời gian tương tác phiên	Hàm mũ
	Thời gian phiên	Hàm loga
	Thời gian tương tác gói	Hàm Pareto
	Kích thước gói	Kích thước nhỏ
FPT	Thời gian tương tác phiên	Hàm mũ
	Kích thước	Hàm loga
Thoại CBR	Thời gian tương tác phiên	Hàm mũ
	Thời gian phiên	Hàm loga
	Thời gian tương tác gói	Hằng số
	Kích thước gói	Cố định
Video VBR	Thời gian tương tác khung	Cố định
	Kích thước khung	Phân bố Gamma
WWW	Thời gian yêu cầu tương tác	Hàm mũ
	Kích thước gói	Phân bố Pareto

Bảng 1.1: Một số mô hình và hàm phân bố cho các ứng dụng cơ bản

a, Phân bố Erlang

Phân bố Erlang là một phân bố xác suất liên tục có giá trị dương cho tất cả các số thực lớn hơn zero và được đưa ra bởi hai tham số: Độ sắc k (số tự nhiên; Int) và tham số tỉ lệ λ (số thực; real). Khi tham số $k=1$ phân bố Erlang trở thành phân bố mũ. Phân bố Erlang là trường hợp đặc biệt của phân bố Gamma khi tham số k là số tự nhiên, còn trong phân bố gamma k là số thực. Hàm mật độ xác suất của phân bố Erlang được chỉ ra trên hình 1.2 dưới đây.



Hình 1.2: Hàm mật độ xác suất của phân bố Erlang

$$f(x, k, \lambda) = \frac{\lambda^k x^{k-1} e^{-\lambda x}}{(k-1)!} \quad \text{với } x > 0$$

Nếu sử dụng tham số nghịch đảo $\theta = 1 / \lambda$ ta có:

$$f(x, k, \theta) = \frac{x^{k-1} e^{-x/\theta}}{\theta^k (k-1)!} \quad \text{với } x > 0$$

Erlang là đơn vị đo lưu lượng ứng dụng rất nhiều trong kỹ thuật chuyển mạch. Lưu lượng đo bằng Erlang để tính toán cấp độ dịch vụ GoS và chất lượng dịch vụ QoS (Quality of Service) trong đó GoS được coi là khía cạnh về mặt kỹ thuật của chất lượng dịch vụ QoS. Hai công thức tính Erlang được sử dụng rộng rãi trong kỹ thuật lưu lượng để tính GoS là công thức Erlang B và công thức Erlang C, ngoài ra còn có các công thức như Erlang B mở rộng và Engset.

Erlang B cho phép tính toán xác suất yêu cầu một nguồn tài nguyên sẽ bị từ chối vì lý do thiếu tài nguyên. Mô hình lưu lượng Erlang B thường được sử dụng để tính toán trong bài toán thiết kế các tuyến nối trong kỹ thuật chuyển mạch kênh, trên công thức Erlang B (1.1) thể hiện xác suất một nguồn tài nguyên sẽ bị từ chối. Công thức tổng quát được chỉ ra dưới đây:

$$P = \frac{\frac{A^N}{N!}}{\sum_{x=0}^N \frac{A^x}{x!}} \quad (1.1)$$

Trong đó:

N: số tài nguyên trong hệ thống

A: Lưu lượng đo bằng Erlang

P: Xác suất bị từ chối

Mức độ chiếm dụng tuyến nối hoặc thiết bị trong kỹ thuật chuyển mạch kênh thường được đo lường bằng tốc độ đến các cuộc gọi và thời gian chiếm giữ thể hiện qua công thức:

$$A = \lambda s \quad (1.2)$$

Trong đó:

A là lưu lượng tính bằng Erlang,

λ là tốc độ đến của cuộc gọi,

s là thời gian chiếm giữ trung bình.

Thông thường, các giá trị λ và s là các giá trị trung bình bởi trong thực tế các cuộc gọi đến và thời gian chiếm giữ là ngẫu nhiên, các khoảng thời gian giữa các cuộc gọi đến và phân bố thời gian có thể được xác định qua phương pháp thống kê, trên cơ sở đó nhằm xây dựng mẫu mô hình lưu lượng (Bảng tham chiếu lưu lượng). Một cách tiếp cận khác cũng thường được sử dụng là dựa trên phương trình trạng thái cuộc gọi nhằm tính khả năng tắc nghẽn của thiết bị.

Erlang C cho phép tính toán thời gian đợi khi yêu cầu tài nguyên trong trường hợp tài nguyên hạn chế. Mô hình lưu lượng Erlang C sử dụng rất nhiều trong kỹ thuật chuyển mạch gói gắn với các cơ chế hàng đợi khác nhau, ví dụ (M/M/1).

$$P(>0) = \frac{A^N}{A^N + N! \left(1 - \frac{A}{N}\right) \sum_{x=0}^{N-1} \frac{A^x}{x!}} \quad (1.3)$$

Trong đó:

N: Số tài nguyên trong hệ thống

A: Số lưu lượng yêu cầu

P: Xác suất đợi tại thời điểm khởi tạo $t > 0$.

b, Quá trình Markov

Quá trình Markov là một quá trình mang tính ngẫu nhiên (*stochastic process*) thường sử dụng để mô tả các hệ thống không nhớ với đặc tính như sau: trạng thái c_k tại thời điểm k là một giá trị trong tập hữu hạn $\{1, \dots, M\}$. Với giả thiết rằng quá trình chỉ diễn ra từ thời điểm 0 đến thời điểm N và rằng trạng thái đầu tiên và cuối cùng là đã biết, chuỗi trạng thái sẽ được biểu diễn bởi một vector hữu hạn $C = (c_0, \dots, c_N)$.

Nếu $P(c_k | c_0, c_1, \dots, c_{k-1})$ biểu diễn xác suất (khả năng xảy ra) của trạng thái c_k tại thời điểm k khi đã trải qua mọi trạng thái cho đến thời điểm $k-1$. Giả sử trong quá trình đó thì c_k chỉ phụ thuộc vào trạng thái trước c_{k-1} và độc lập với mọi trạng thái trước khác. Quá trình này được gọi là *quá trình Markov bậc 1 (first-order Markov process)*. Có nghĩa là xác suất để trạng thái c_k xảy ra tại thời điểm k , khi biết trước mọi trạng thái cho đến thời điểm $k-1$ chỉ phụ thuộc vào trạng thái trước, ví dụ: trạng thái c_{k-1} của thời điểm $k-1$. Khi đó ta có công thức sau:

$$P(c_k | c_0, c_1, \dots, c_{k-1}) = P(c_k | c_{k-1}) \quad (1.4)$$

Nói tóm lại, một hệ có thuộc tính Markov được nhìn nhận là quá trình Markov (bậc 1).

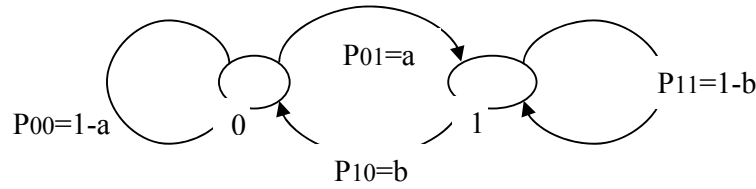
Như vậy, với quá trình Markov bậc n , xác suất trạng thái được thể hiện qua công thức dưới đây:

$$P(c_k | c_0, c_1, \dots, c_{k-1}) = P(c_k | c_{k-n}, \dots, c_{k-1}) \quad (1.5)$$

Nếu xác suất chuyển trạng thái xảy ra có các giá trị nguyên $(0, 1, 2, \dots, n, \dots)$ thì đó là chuỗi Markov rời rạc và đối ngược với nó là chuỗi Markov liên tục.

(i) Chuỗi markov rời rạc

Chuỗi Markov thời gian rời rạc bao gồm một tập hợp các trạng thái và xác suất chuyển đổi giữa chúng tại những khoảng thời gian rời rạc nhau. Với yêu cầu xác suất chuyển đổi giữa các trạng thái là một hàm chỉ phụ thuộc vào trạng thái. Sự chuyển đổi này không cần xuất hiện tại những khoảng thời gian xác định mà chỉ tuân theo một quy luật thời gian nào đó.



Hình 1.3: Chuyển tiếp hai trạng thái chuỗi Markov rời rạc

Nếu không gian trạng thái là hữu hạn, phân bố xác suất chuyển trạng thái có thể được biểu diễn dưới dạng ma trận có tên gọi là ma trận chuyển đổi trạng thái. Ma trận chuyển đổi trạng thái P được cấu thành từ các phần tử (i,j) thể hiện qua công thức $p_{ij} = P(c_{k+1}=j | c_k=i)$, nếu chuỗi markov là chuỗi markov thời gian thuần nhất thì ma trận chuyển đổi trạng thái P chỉ phụ thuộc vào k .

Kỹ thuật chuỗi Markov thời gian rời rạc áp dụng cho các sơ đồ trạng thái tùy ý, mà các sơ đồ này liên kết các đối tượng khác nhau với một số điều kiện. Nếu một số trạng thái không thể chuyển đến trạng thái khác thì tiến trình mắc lỗi, bởi vì chuỗi này được rút gọn thành 2 hay nhiều hơn 2 chuỗi riêng lẻ. Việc tăng số lượng trạng thái sẽ mô tả hệ thống chính xác hơn nhưng cũng làm tăng độ phức tạp tính toán.

(ii) Chuỗi Markov thời gian liên tục

Xét một hệ thống đa người sử dụng kết nối tới một bộ định tuyến hay truy nhập thiết bị chuyển mạch. Một kiểu mô hình cho loại hệ thống này là xem các sự kiện xảy ra tại các khoảng thời gian rất nhỏ. Khi gia số thời gian tiến tới 0, giá trị gần đúng đó là mô hình cho thời gian liên tục. Tuy nhiên, bây giờ chúng ta phải sử dụng các phép tính vi phân toán học thay cho những phép nhân xác suất đơn giản được sử dụng để phân tích chuỗi Markov thời gian rời rạc. Xét hệ thống có số trạng thái có thể xảy ra là $j=0,1,2,...,n$. Trước hết, ta xác định xác suất chuyển đổi trạng thái từ trạng thái i sang trạng thái j với thời gian t hệ thống đang ở trạng thái i theo công thức:

$$q_{ij}(t, t + \Delta t) = q_{ij} \cdot \Delta t \quad (1.6)$$

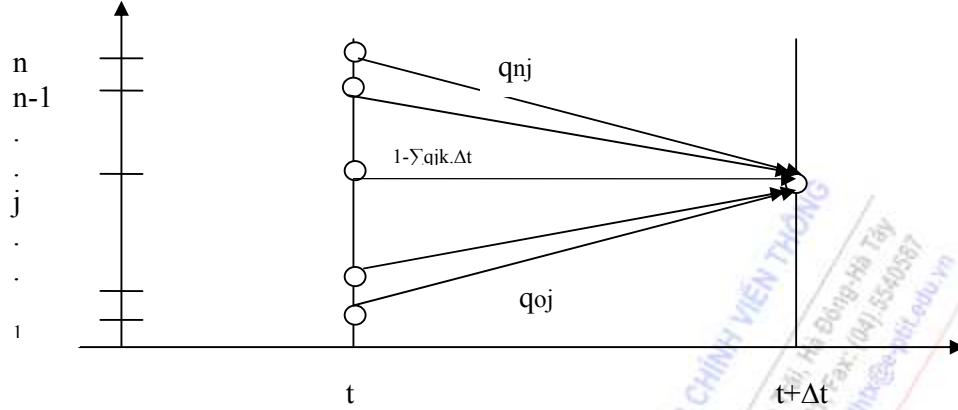
Tham số q_{ij} là xác suất mà hệ thống chuyển từ trạng thái i sang trạng thái j trong khoảng thời gian vô cùng nhỏ Δt . Đặt q_{ij} như là tốc độ chuyển đổi trạng thái. Ta quy về trường hợp chung là tốc độ chuyển đổi của chúng nhận các giá trị khác nhau phụ thuộc vào trạng thái của hệ thống như một tiến trình MMPP (Markov modulate Poisson Process). Do đặc tính của hệ thống Markov chỉ phụ thuộc vào khoảng thời gian tăng so với trước đó (Δt), vì vậy kết quả ở trên đúng với tất cả các giá trị của thời gian t . Bây giờ, định nghĩa trạng thái hệ thống bởi giá trị ngẫu nhiên $x(t)=j$ với mật độ xác suất cho dưới đây :

$$\Pi_j(t) = \Pr[x(t) = j]$$

Chúng ta có thể đưa ra xác suất hệ thống ở trạng thái j tại thời gian t như sau (xác suất chuyển trạng thái được chỉ ra trên hình 1.4):

$$\Pi_j(t + \Delta t) = \sum_{i \neq j} \Pi_i(t) q_{ij} \Delta t + \Pi_j(t) [1 - \sum_{k \neq j} q_{jk} \Delta t] \quad (1.7)$$

Trong đó, phần đầu của vế phải phương trình 1.7 ở trên là xác suất mà hệ thống đang ở trạng thái khác và chuyển về trạng thái j trong khoảng thời gian Δt . Phần sau của vế phải là xác suất mà hệ thống vẫn ở trạng thái j trong suốt thời gian Δt .



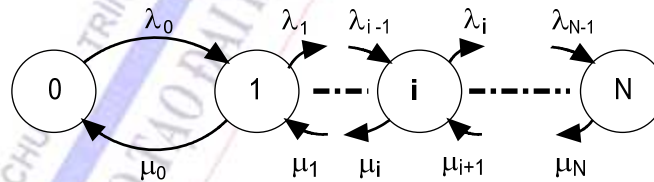
Hình 1. 4: Sự chuyển đổi trạng thái trong chuỗi Markov thời gian liên tục

Mô hình chuỗi Markov được ứng dụng trong kỹ thuật chuyển mạch trong các bài toán mô hình hoá lưu lượng, tính toán khả năng tắc nghẽn, cấp độ phục vụ GoS của trường chuyển mạch và một số vấn đề điều khiển khác. Tuy nhiên, với mạng đa dịch vụ một số bài toán lưu lượng phải được xét ở mô hình thích hợp hơn, ví dụ như mô hình lưu lượng tự tương đồng. Ví dụ dưới đây chỉ ra một ứng dụng của mô hình Markov trong tính toán bài toán tắc nghẽn.

Như phần trên đã trình bày, trong thực tế các cuộc gọi đến và thời gian chiếm giữ là ngẫu nhiên vì vậy sẽ có rất nhiều dạng mô hình mẫu lưu lượng khác nhau. Giả thiết tổng số lượng thiết bị là N và i biểu diễn số các cuộc gọi đang trong quá trình xử lý, i sẽ tương ứng với số thiết bị bận và thường được gọi là trạng thái của mạng và hệ thống sẽ tắc nghẽn khi $i=N$. Để mô tả khả năng tắc nghẽn ta giả thiết:

- Các cuộc gọi đến độc lập;
- Tốc độ đến của cuộc gọi khi mạng trong trạng thái i là λ_i ;
- Tốc độ đi của cuộc gọi khỏi trạng thái i là μ_i ;
- Chỉ một sự kiện (cuộc gọi đến hoặc đi) xảy ra trong một thời điểm.

Lưu đồ trạng thái được thể hiện trong hình 1.5 dưới đây:



Hình 1.5: Lưu đồ chuyển trạng thái cuộc gọi

Trạng thái $(N+1)$ được coi là trạng thái tắc nghẽn, vì vậy $(0 \leq i \leq N)$ với $i: 1, 2, 3, \dots$

λ_i liên quan trực tiếp tới lưu lượng yêu cầu, μ_i được xác định bởi đặc tính của tự nhiên lưu lượng. Để xác định xác suất của hệ thống trong trạng thái i , ta phải tìm các xác suất trạng thái. Xác suất trạng thái hệ thống trong trạng thái i tại thời gian $t+dt$ được xác định bằng tổng các xác suất sau:

- Xác suất hệ thống trong trạng thái i và thời điểm t với điều kiện không có cuộc gọi đến hoặc đi.
- Xác suất hệ thống trong trạng thái $i-1$ tại thời điểm t và một cuộc gọi đến trong thời gian dt .

- Xác suất hệ thống trong trạng thái $i+1$ tại thời điểm t và một cuộc gọi giải phóng trong thời gian dt .

Ta có biểu thức biểu diễn xác suất trạng thái hệ thống $[i]$ tại i như sau:

$$[i]_{t+dt} = [i]_t(1 - \lambda_i dt - \mu_i dt) + [i+1]_t(\mu_{i+1} dt) + [i-1]_t(\lambda_{i-1} dt)$$

hay

$$\begin{aligned} ([i]_{t+dt} - [i]_t) / dt &= -(\lambda_i + \mu_i) [i]_t + \mu_{i+1} [i+1]_t + \lambda_{i-1} [i-1]_t; \\ i &= 1, 2, 3, \dots \end{aligned} \quad (1.8)$$

Ta xét $i = 0$ là trường hợp đặc biệt và $\mu_0 = 0$ (không có cuộc gọi đi từ trạng thái 0), $\lambda_{-1} = 0$ (không tồn tại trạng thái -1). Phương trình tại công thức 1.8 trên trở thành:

$$\frac{d[0]_{t+dt} - [0]_t}{dt} = -\lambda_0 [0]_t + \mu_1 [1]_t;$$

Cho dt tiến tới 0

$$\frac{d[0]_t}{dt} = -\lambda_0 [0]_t + \mu_1 [1]_t,$$

mở rộng tới trạng thái i ta có:

$$\frac{d[i]_t}{dt} = -(\lambda_i + \mu_i) [i]_t + \mu_{i+1} [i+1]_t + \lambda_{i-1} [i-1]_t,$$

Nếu ta giả thiết sự độc lập của các xác suất trạng thái là bằng 0 thì $d[i]/dt = 0$; ta có:

$$\lambda_0 [0] = \mu_1 [1]; (\lambda_1 + \mu_1) [1] = \lambda_0 [0] + \mu_2 [2] \quad (1.9)$$

dạng tổng quát như sau:

$$(\lambda_i + \mu_i) [i] = \lambda_{i-1} [i-1] + \mu_{i+1} [i+1]$$

$$\text{Ta đã có: } \lambda_1 [1] = \mu_2 [2]; \lambda_2 [2] = \mu_3 [3]; \dots \quad (1.10)$$

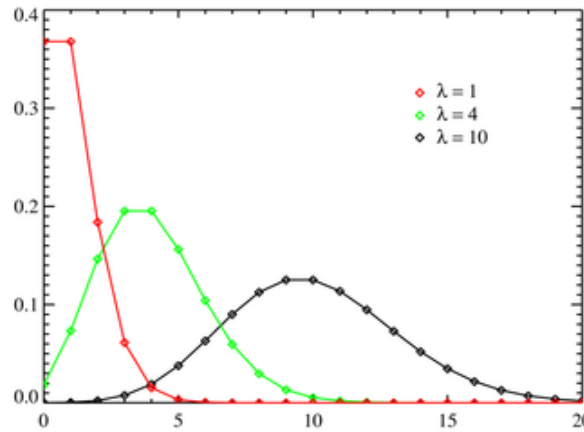
Thay các giá trị từ công thức 1.10 vào công thức 1.9 được công thức tổng quát sau:

$$\lambda_{i-1} [i-1] = \mu_i [i] \quad (1.11)$$

Công thức 1.11 thể hiện khái niệm cân bằng trạng thái trong hệ thống với số lượng cuộc gọi đến hệ thống cân bằng với số lượng cuộc gọi đi ra khỏi hệ thống khi hệ thống trong trạng thái i . Công thức trên thường được sử dụng trong tính toán xác suất tắc nghẽn và thời gian tắc nghẽn của các cuộc gọi trong hệ thống chuyển mạch kênh.

c, Phân bố Poisson

Phân bố Poisson là phân bố xác suất rời rạc, nó mô tả xác suất của một số các sự kiện xảy ra trong một khoảng thời gian nếu các sự kiện này xảy ra với một tốc độ trung bình biết trước, và độc lập với thời gian xảy ra sự kiện cuối phía trước. Quá trình Poisson là một chuỗi Markov với thời gian liên tục. Hàm mật độ xác suất của phân bố Poisson được chỉ ra trên hình 1.6.



Hình 1.6: Hàm phân bố mật độ xác suất của phân bố Poisson

$$P_r(N_t = k) = f(k, \lambda t) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^k}{k!} \quad (1.12)$$

Trong đó:

λ : Tốc độ đến trung bình

N_t : Số lượng sự kiện trước thời điểm t

k : Số lượng các sự kiện

Nếu thời gian đợi T của biến cố đầu tiên là một biến ngẫu nhiên liên tục với phân bố hàm mũ (λ) thì công thức 1.12 có thể rút gọn thành công thức 1.13 dưới đây:

$$P_r(T > t) = P_r(N_t = 0) = e^{-\lambda t} \quad (1.13)$$

Một quá trình Poisson là một quá trình ngẫu nhiên được định nghĩa theo sự xuất hiện của các biến cố. Một quá trình ngẫu nhiên $N(t)$ là một quá trình Poisson (thời gian-thuần nhất, một chiều) nếu:

- Số các biến cố xảy ra trong hai khoảng con không giao nhau là các biến ngẫu nhiên độc lập.
- Xác suất của số biến cố trong một khoảng con $[t, t + \tau]$ nào đó được cho bởi công thức 1.13. Biến ngẫu nhiên N_t mô tả số lần xuất hiện trong khoảng thời gian $[t, t + \tau]$ tuân theo một phân bố Poisson với tham số $\lambda\tau$.

Các quá trình Poisson thời gian thuần nhất (*time-homogeneous*) được xuất phát từ các quá trình Markov thời gian liên tục thời gian thuần nhất.

Số cuộc điện thoại tới tổng đài trong một khoảng thời gian xác định có thể có một phân bố Poisson, và số cuộc điện thoại tới trong các khoảng thời gian không giao nhau có thể độc lập thống kê với nhau. Đây là một quá trình Poisson một chiều. Trong các mô hình đơn giản, ta có thể giả thiết một tỉ lệ trung bình là hằng số, ví dụ $\lambda = 12.3$ cuộc gọi mỗi phút. Trong trường hợp đó, giá trị kỳ vọng của số cuộc gọi trong một khoảng thời gian bất kỳ là tỉ lệ trung bình nhân với khoảng thời gian, λt . Trong các bài toán thực tế hơn và phức tạp hơn, người ta sử dụng một hàm tỉ lệ không phải là hằng số: $\lambda(t)$. Khi đó, giá trị kỳ vọng của số cuộc điện thoại trong khoảng giữa thời điểm a và thời điểm b là $\int_a^b \lambda(t) dt$.

1.2.3. Lý thuyết hàng đợi

Lý thuyết hàng đợi là một trong các công cụ toán học mạnh cho việc phân tích ước lượng trong các hệ thống viễn thông và các mạng máy tính. Lý thuyết hàng đợi thông thường được áp dụng cho các hệ thống lý tưởng để đưa ra kết quả gần đúng cho một mô hình thực tế. Tính chất chung của các giải pháp ứng dụng lý thuyết này là làm rõ hơn các đặc trưng lưu lượng, để cung cấp dự báo những ranh giới lớn hơn trên những kết quả nghiên cứu nhất định và chúng có thể rất hữu ích trong việc kiểm tra tính chính xác và hợp lý của các giả thiết thống kê. Lý thuyết hàng đợi là một hướng phát triển của lý thuyết xác suất để nghiên cứu các quá trình liên quan đến hàng đợi và cung cấp các phương pháp phân tích hoặc dạng thức đóng (closed form) trong vài lĩnh vực nhất định.

Lý thuyết hàng đợi khởi phát một cách tự nhiên trong việc nghiên cứu các mạng chuyển mạch kênh và chuyển mạch gói. Trong mạng chuyển mạch kênh cuộc gọi sẽ đến một phương tiện chuyển mạch theo một kiểu ngẫu nhiên, mỗi cuộc gọi sẽ giữ một kênh trong một thời gian ngẫu nhiên nào đó và quá trình chờ được phục vụ của các cuộc gọi ứng dụng lý thuyết hàng đợi. Trong mạng chuyển mạch gói, các bản tin có độ dài biến đổi được chuyển qua mạng, ở đó các phương tiện truyền dẫn (các chuyển mạch và kết nối) được chia sẻ bởi các gói. Thời gian sử dụng trong bộ đệm là một trong những tiêu chuẩn hoạt động mạng. Dĩ nhiên thời gian này phụ thuộc thời gian xử lý, độ dài bản tin hoặc một người sử dụng đến một phương tiện phục vụ (nút và tuyến liên kết) và bị buộc phải đợi khi phương tiện này bận. Vì vậy, hàng đợi là một giải pháp không thể thiếu trong các kỹ thuật chuyển mạch lưu đệm và chuyển tiếp.

Trong ứng dụng tương tác và thời gian thực, thường thì thời gian trả lời trung bình được xem như một tiêu chuẩn thực hiện quan trọng, trong khi ở các ứng dụng khác, thông lượng hệ thống là tiêu chuẩn thực hiện cơ bản. Các mô hình phân tích dựa trên phân tích hàng đợi được sử dụng để dự kiến sự thực hiện của nhiều vấn đề thực tế.

Cho dù lý thuyết hàng đợi phức tạp về mặt toán học thì việc phân tích hoạt động của một hệ thống mạng sử dụng mô hình hàng đợi có thể đơn giản đi rất nhiều. Để có thể áp dụng vào thực tiễn, chúng ta cần những kiến thức về khái niệm thống kê cơ bản và hiểu biết về việc áp dụng lý thuyết hàng đợi.

Mô tả hàng đợi Kendall

D.G.Kendall đề xuất ký hiệu cho các hệ thống hàng đợi: A/B/X/Y/Z. Thông thường mô hình Kendall được xét theo nguyên tắc đến trước phục vụ trước FCFS, đến sau phục vụ trước LCFS, phục vụ theo thứ tự ngẫu nhiên SIRO và chia sẻ xử lý PS. Trong đó:

- A: phân bố thời gian tiến trình đến
- B: phân bố thời gian phục vụ
- X: số lượng server
- Y: dung lượng tổng cộng của hệ thống
- Z: số lượng các khách hàng

Các hệ thống hiện đại phụ thuộc rất lớn vào phần mềm và xử lý đối với các công việc điều khiển và quản lý hệ thống. Trong các hệ thống chuyển mạch gói, các bộ đệm được sử dụng cho các nhiệm vụ xếp hàng đợi xử lý. Tất cả các hàng đợi đều có thể phân tích bởi các lý thuyết hàng đợi, đó là một tập các mô hình toán nhằm tìm ra các giá trị đo lường (ví dụ: thời gian trễ). Phân tích dưới đây chỉ ra một cơ chế hàng đợi thông thường nhất; hàng đợi M/M/1: Thời gian của tiến

trình đến được phân bố theo hàm mũ âm hay theo tiến trình Poisson (thực chất là tiến trình không nhớ hoặc có tính Markov) $A := M$.

- Thời gian đến của các sự kiện theo tiến trình Markov
- Thời gian phục vụ phân bố theo hàm mũ âm $B := M$.
- Hệ thống chỉ có 1 server.
- Hàng đợi có không gian đệm là vô hạn.

Ta có xác suất hệ thống trong trạng thái i được xác định trong công thức sau:

$$\mu_i [i] = \frac{A}{s} [i-1] \quad (1.14)$$

Vì có 1 server nên μ là cố định và độc lập với i , thêm vào đó ta đã có $A = \lambda.s(1.2)$ nên: $\mu_i = \mu$ và $A = \lambda.s$ thay vào công thức 1.14 ta có.

$$\mu_i [i] = \frac{\lambda.s}{s} [i-1] \text{ và } [1] = \lambda/\mu [0]; [2] = \left(\lambda/\mu\right)^2 [0]. \quad (1.15)$$

Từ ct 1.15 ta rút ra công thức tổng quát :

$$[i] = \left(\lambda/\mu\right)^i [0] \text{ hay } \sum_{i=0}^{\infty} [i] = 1; \sum_{i=0}^{\infty} \left(\lambda/\mu\right)^i [0] = 1;$$

Hay:

$$[0] = \frac{1}{\sum_{i=0}^{\infty} \left(\lambda/\mu\right)^i} \text{ và } [i] = \frac{\left(\lambda/\mu\right)^i}{\sum_{i=0}^{\infty} \left(\lambda/\mu\right)^i} \quad (1.16)$$

Giả thiết tốc độ đến λ nhỏ hơn tốc độ phục vụ μ để tránh cho hàng đợi tăng lên vô hạn, gọi hiệu suất sử dụng là $\rho = \lambda/\mu$. Từ công thức 1.16 ta có:

$$[i] = \frac{\rho^i}{\sum_{i=0}^{\infty} \rho^i} \quad (1.17)$$

Mẫu số có thể triển khai dưới dạng $(1 - \rho^{-1})$; nên ta viết lại công thức 1.17 như sau:

$$[i] = \rho^i (1 - \rho) \quad (1.18)$$

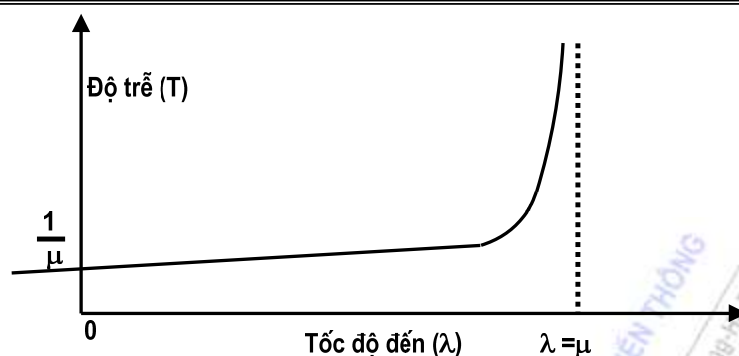
Gọi N là giá trị trung bình của số khách hàng đến trong hàng đợi được tính bằng tổng các xác suất trạng thái hệ thống, ta có:

$$N = \sum_{i=0}^{\infty} i [i] = \sum_{i=0}^{\infty} i \rho^i (1 - \rho) = \frac{\rho(1 - \rho)}{(1 - \rho)^2} = \frac{\rho}{1 - \rho} \text{ hoặc } N = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \quad (1.19)$$

Thời gian đợi trung bình (T) của gói trong hệ thống là thời gian tổng của thời gian trong hàng đợi cộng với thời gian phục vụ. T có thể quan hệ với N theo công thức sau: $T = \lambda.N$, thay N từ công thức 1.19 ta có:

$$T = (\mu - \lambda)^{-1} \quad (1.20)$$

Từ công thức 1.20 ta có quan hệ thời gian đợi với tốc độ đến và đi của các gói được thể hiện qua hình vẽ 1.7 dưới đây.



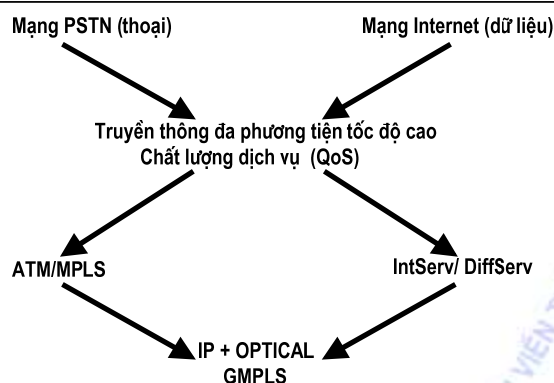
Hình 1.7: Thời gian trễ phụ thuộc vào tốc độ đến và tốc độ phục vụ của hàng đợi

Như vậy, tốc độ đến của các sự kiện đến tăng dần từ $1/\mu$ và đạt tới trạng thái bão hoà khi tốc độ đến λ bằng tốc độ phục vụ μ .

1.3. QUÁ TRÌNH PHÁT TRIỂN CỦA KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH

Vào khoảng thập niên 60 của thế kỷ 20, xuất hiện sản phẩm tổng đài điện tử số là sự kết hợp giữa công nghệ điện tử với kỹ thuật máy tính. Tổng đài điện tử số công cộng đầu tiên ra đời được điều khiển theo chương trình ghi sẵn SPC (Stored Program Control), được giới thiệu tại bang Succasunna, Newjersey, USA vào tháng 5 năm 1965. Trong những năm 70 hàng loạt các tổng đài thương mại điện tử số ra đời. Một trong những tổng đài đó là tổng đài E10 của CIT – Alcatel được sử dụng tại Lannion (Pháp). Và tháng 1 năm 1976 Bell đã giới thiệu tổng đài điện tử số công cộng 4ESS. Hầu hết cho đến giai đoạn này các tổng đài điện tử số đều sử dụng hệ thống chuyển mạch là số và các mạch giao tiếp thuê bao thường là Analog, các đường trung kế là số. Một trường hợp ngoại lệ là tổng đài DMS100 của Northern Telecom đưa vào năm 1980 dùng toàn bộ kỹ thuật số đầu tiên trên thế giới. Hệ thống 5ESS của hãng AT&T được đưa vào năm 1982 đã cải tiến rất nhiều từ hệ thống chuyển mạch 4ESS và đã có các chức năng tương thích với các dịch vụ mạng số tích hợp dịch vụ ISDN (Integrated Service Digital Network). Sau đó hầu hết các hệ thống chuyển mạch số đều đưa ra các cấu hình hỗ trợ cho các dịch vụ mới như ISDN, dịch vụ cho mạng thông minh và các tính năng mới tương thích với sự phát triển của mạng lưới.

Khoảng năm 1996 khi mạng Internet trở thành bùng nổ trong thế giới công nghệ thông tin, nó đã tác động mạnh mẽ đến công nghiệp viễn thông và xu hướng hội tụ các mạng máy tính, truyền thông, điều khiển. Hạ tầng mạng viễn thông đã trở thành tâm điểm quan tâm trong vai trò hạ tầng xã hội. Một mạng có thể truyền băng rộng với các loại hình dịch vụ thoại và phi thoại, tốc độ cao và đảm bảo được chất lượng dịch vụ QoS (Quality Of Service) đã trở thành cấp thiết trên nền tảng của một kỹ thuật mới: Kỹ thuật truyền tải không đồng bộ ATM (Asynchronous Transfer Mode). Các hệ thống chuyển mạch điện tử số cũng phải dần thay đổi theo hướng này cùng với các chỉ tiêu kỹ thuật, giao thức mới. Một ví dụ điển hình là các hệ thống chuyển mạch kênh khi cung cấp các dịch vụ Internet sẽ có độ tin cậy khác so với các cuộc gọi thông thường với thời gian chiếm dùng cuộc gọi lớn hơn rất nhiều, và cũng như vậy đối với các bài toán lưu lượng. Sự thay đổi của hạ tầng mạng chuyển đổi sang mạng thế hệ kế tiếp NGN đã và đang tác động rất lớn tới các hệ thống chuyển mạch, dưới đây trình bày một số vấn đề liên quan tới mạng NGN và các đặc điểm của quá trình hội tụ mạng của hạ tầng mạng công cộng. Mạng chuyển mạch kênh công cộng PSTN và IP (Internet Protocol) đang dần hội tụ tới cùng một mục tiêu nhằm hướng tới một hạ tầng mạng tốc độ cao có khả năng tương thích với các ứng dụng đa phương tiện tương tác và đảm bảo chất lượng dịch vụ. Hình 1.8 dưới đây chỉ ra xu hướng hội tụ trong hạ tầng mạng công cộng:

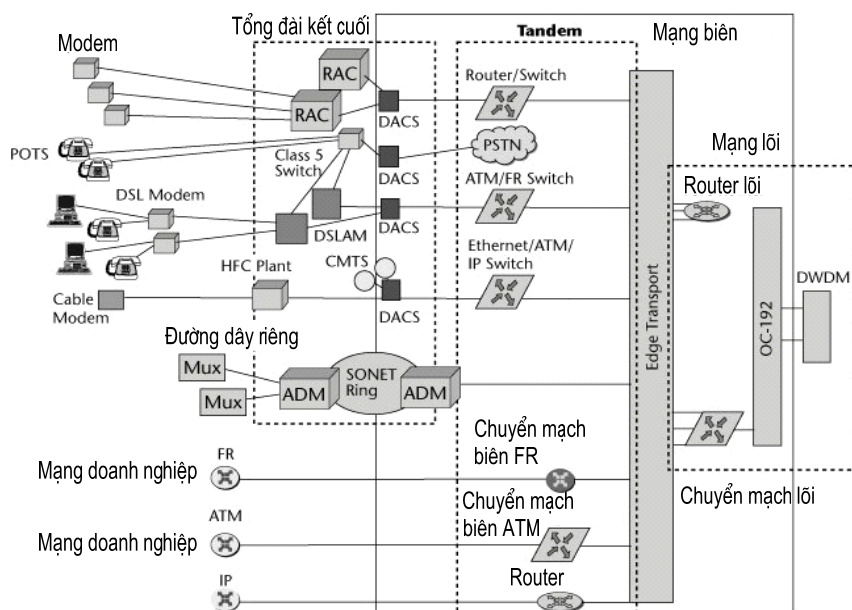


Hình 1.8: Xu hướng hội tụ công nghệ mạng công cộng

Sự khác biệt này bắt đầu từ những năm 1980, PSTN chuyển hướng tiếp cận sang phương thức truyền tải bất đồng bộ ATM để hỗ trợ đa phương tiện và QoS, sau đó chuyển hướng sang công nghệ kết hợp với IP để chuyển mạch nhãn đa giao thức hiện nay. Trong khi đó Internet đưa ra một tiếp cận hơi khác với PSTN qua giải pháp triển khai kiến trúc phân lớp dịch vụ CoS (Class Of Service) và hướng tới đảm bảo chất lượng dịch vụ QoS thông qua mô hình tích hợp dịch vụ IntServ và phân biệt dịch vụ DiffServ, các chiến lược của Internet theo hướng tương thích với IP, mạng quang và hướng tới mạng chuyển mạch nhãn đa giao thức tổng quát GMPLS (Generalized MultiProtocol Label Switch). Công nghệ chuyển mạch nhãn đa giao thức MPLS ra đời vào năm 2001 là sự nỗ lực kết hợp hai phương thức chuyển mạch hướng kết nối (ATM, FR) với công nghệ chuyển mạch phi kết nối (IP), công nghệ chuyển mạch nhãn đa giao thức MPLS định nghĩa khái niệm nhãn (Label) nằm trên một lớp giữa lớp 2 và lớp 3 trong mô hình OSI, với mục tiêu tận dụng tối đa các ưu điểm của chuyển mạch phần cứng (ATM, FR) và sự mềm dẻo, linh hoạt của các phương pháp định tuyến trong IP. Một số quốc gia có hạ tầng truyền tải cáp quang đã phát triển tốt có xu hướng sử dụng các kỹ thuật chuyển mạch quang và sử dụng các công nghệ trên nền quang như GMPLS, IP qua công nghệ ghép bước sóng quang WDM (Wavelength Division Multiplexing), kiến trúc chuyển mạch trong mạng thế hệ tiếp NGN

Trong môi trường mạng hiện nay, sự phân cấp hệ thống thiết bị biên (nội hạt), thiết bị quá giang và thiết bị lõi trong mạng cung cấp các dịch vụ PSTN vẫn đang tồn tại. Các mạng bao trùm như FR, ATM và Internet đang được triển khai song song và tạo ra nhu cầu kết nối liên mạng. Các truy nhập cộng thêm gồm cáp đồng, cáp quang và truy nhập không dây đang được triển khai làm đa dạng và tăng mật độ truy nhập từ phía mạng truy nhập.

Sự tăng trưởng của các dịch vụ truy nhập đã tạo nên sức ép và đặt ra 3 vấn đề chính đối với hệ thống chuyển mạch băng rộng đa dịch vụ: Truy nhập băng thông rộng, sự thông minh của thiết bị biên và truyền dẫn tốc độ cao tại mạng lõi. Các thiết bị truy nhập băng thông rộng bao gồm các thiết bị hạ tầng mạng truyền thống (tổng đài PSTN nội hạt) và các module truy nhập đường dây số DSLAM (Digital Subscriber Line Access Mutiplexer) phải truyền tải và định tuyến một số lượng lớn các lưu lượng thoại và dữ liệu tới thiết bị gờ mạng. Các thiết bị gờ mạng hiện có rất nhiều dạng gồm VoiP Các cổng truy nhập cho thiết bị VoiP (Voice Over IP), cổng trung kế, chuyển mạch ATM, bộ định tuyến IP và các thiết bị mạng quang. Các thiết bị biên cần phải hỗ trợ các chức năng nhận thực, cấp quyền và tài khoản AAA (Authenticaton, Authorization và Accounting) cũng như nhận dạng các luồng lưu lượng từ phía khách hàng, vì vậy việc quản lý và điều hành thiết bị biên là một vấn đề rất phức tạp.



Hình 1.9: Các thiết bị chuyển mạch trong mô hình mạng công cộng điển hình

Với môi trường mạng PSTN trước đây, các thiết bị lõi mạng chịu trách nhiệm chính trong điều hành và quản lý và điều này được thay đổi chức năng cho các thiết bị gờ mạng trong môi trường NGN. Các hệ thống chuyển mạch đa dịch vụ cần phải hỗ trợ các chuyển mạch lớp 3 trong khi vẫn phải duy trì các chuyển mạch lớp 2 nhằm hỗ trợ các dịch vụ ATM và FR truyền thống, có độ tin cậy cao và phải tích hợp tốt với các hạ tầng có sẵn.

Hơn nữa, các hệ thống chuyển mạch phải có độ mềm dẻo lớn nhằm tương thích và đáp ứng các yêu cầu tăng trưởng lưu lượng từ phía khách hàng. Vì vậy, cơ chế điều khiển các hệ thống chuyển mạch đã được phát triển theo hướng phân lớp và module hoá nhằm nâng cao hiệu năng chuyển mạch và đảm bảo QoS từ đầu cuối tới đầu cuối. Hướng tiếp cận máy chủ cuộc gọi CS (Call Server) và hướng triển khai phân hệ đa dịch vụ IP (IMS) được trình bày dưới đây chỉ ra những sự thay đổi lớn trong lịch sử phát triển hệ thống chuyển mạch.

1.3.1. Chuyển mạch mềm và hướng tiếp cận máy chủ cuộc gọi CS.

Hướng tiếp cận máy chủ cuộc gọi CS được hình thành trong quá trình chuyển đổi các hạ tầng mạng chuyển mạch kênh sang chuyển mạch gói trong mạng PSTN. Để thực hiện quá trình chuyển đổi và truyền thoại trên nền IP, một giải pháp có thể thực thi là tạo ra một thiết bị lai có thể chuyển mạch thoại ở cả dạng kênh và gói với sự tích hợp của phần mềm xử lý cuộc gọi. Điều này được thực hiện bằng cách tách riêng chức năng xử lý cuộc gọi khỏi chức năng chuyển mạch vật lý. Thiết bị Bộ điều khiển công đa phương tiện MGC (Media Gateway Controller) được coi là thành phần mấu chốt trong giải pháp kỹ thuật chuyển mạch mềm Softswitch.

Thực chất của khái niệm chuyển mạch mềm chính là phần mềm thực hiện chức năng xử lý cuộc gọi trong hệ thống chuyển mạch có khả năng chuyển tải nhiều loại thông tin với các giao thức khác nhau (chức năng xử lý cuộc gọi bao gồm định tuyến cuộc gọi và quản lý, xác định và thực thi các đặc tính cuộc gọi). Theo thuật ngữ chuyển mạch mềm thì chức năng chuyển mạch vật lý được thực hiện bởi cổng đa phương tiện MG (Media Gateway), còn xử lý cuộc gọi là chức năng của bộ điều khiển công đa phương tiện MGC.

Một số lý do chính cho thấy việc tách 2 chức năng trên là một giải pháp tốt:

- Cho phép có một giải pháp phần mềm chung đối với việc xử lý cuộc gọi. Phần mềm này được cài đặt trên nhiều loại mạng khác nhau, bao gồm cả mạng chuyển mạch kênh và mạng gói (áp dụng được với các dạng gói và môi trường truyền dẫn khác nhau).
- Là động lực cho các hệ điều hành, các môi trường máy tính chuẩn, tiết kiệm đáng kể trong việc phát triển và ứng dụng các phần mềm xử lý cuộc gọi.
- Cho phép các phần mềm thông minh của các nhà cung cấp dịch vụ điều khiển từ xa thiết bị chuyển mạch đặt tại trụ sở của khách hàng, một yếu tố quan trọng trong việc khai thác tiềm năng của mạng trong tương lai.

Chuyển mạch mềm thực hiện các chức năng tương tự chuyển mạch kênh truyền thống nhưng với năng lực mềm dẻo và các tính năng ưu việt hơn. Các ưu điểm của chuyển mạch mềm mang lại là do việc chuyển mạch bằng phần mềm dựa trên cấu trúc phân tán và các giao diện lập trình ứng dụng mở.

Trong chuyển mạch truyền thống, phần cứng chuyển mạch luôn đi kèm với phần mềm điều khiển của cùng một nhà cung cấp. Điều này làm tăng tính độc quyền trong việc cung cấp các hệ thống chuyển mạch, không cung cấp một môi trường kiến tạo dịch vụ mới, làm giới hạn khả năng phát triển các dịch vụ mới của các nhà quản trị mạng. Khắc phục điều này, chuyển mạch mềm đưa ra giao diện lập trình ứng dụng mở API (Application Programable Interface), cho phép tương thích phần mềm điều khiển và phần cứng của các nhà cung cấp khác nhau. Điều này cho phép các nhà cung cấp phần mềm và phần cứng có được tiếng nói chung và tập trung vào lĩnh vực của mình. Với các giao diện lập trình mở, chuyển mạch mềm có thể dễ dàng được nâng cấp, thay thế và tương thích với ứng dụng của các nhà cung cấp khác nhau.

Chuyển mạch mềm được xây dựng trên cơ sở mạng IP, xử lý thông tin một cách trong suốt, cho phép đáp ứng nhiều loại lưu lượng khác nhau. Được xây dựng theo cấu hình phân tán, tách các chức năng khác khỏi chức năng chuyển mạch cũng làm cho nhiệm vụ chuyển mạch trở nên đơn giản hơn và do đó năng lực xử lý mạnh mẽ hơn. Công nghệ chuyển mạch mềm làm giảm tính độc quyền của các nhà cung cấp, góp phần tăng tính cạnh tranh và do đó giảm giá thành của hệ thống chuyển mạch mềm.

1.3.2. Hướng tiếp cận phân hệ đa phương tiện IP (IMS)

Để thực hiện hội tụ giữa mạng di động với mạng cố định theo hướng IP hoá hoàn toàn, mạng thế hệ kế tiếp NGN ứng dụng tới mạng 3G (Third Generation) trong nhiều cách. Vào năm 2000, 3GPP(3rd Generation Partnership Project) đã thiết lập các đặc tính của WCDMA R4 (Wireless Code Division Multiple Access Release 4), đó là lần đầu tiên đưa khái niệm chuyển mạch mềm vào trong hệ thống mạng lõi di động. Sự thay đổi này ảnh hưởng tới kiến trúc mạng, các giao diện mạng, sự phát triển của các dịch vụ trong hệ thống thông tin di động hướng sự phát triển của 3G tới NGN. Trong kiến trúc mạng, NGN và 3G đều nhằm chuyển hướng tách biệt giữa lớp điều khiển và lớp kênh mang trong các giao thức giao tiếp. 3G và NGN đưa ra rất nhiều giao thức như: Giao thức điều khiển độc lập kênh mang BICC (Bearer Independent Call Control), Giao thức khởi tạo phiên SIP/SIP-T (Session Initiation Protocol), giao thức điều khiển báo hiệu H.248/Megaco, giao thức truyền tải báo hiệu trong nền IP (SIGTRAN),v.v. 3G và NGN không chỉ cung cấp các dịch vụ như thoại mà còn là các dịch vụ đa phương tiện thông qua các giao diện dịch vụ mở. Điều này tạo khả năng kiến tạo các dịch vụ mới qua các nhà cung cấp thứ 3. Các dịch vụ có thể kiến tạo đồng thời trên cả vùng mạng cố định và vùng mạng di động. Các phiên bản R4/R5 đều định hướng theo kiến trúc NGN như vậy, khi kiến trúc chuyển mạch mềm được ứng dụng trong vùng NGN 3G, nó được gọi là chuyển mạch mềm di động. Giải pháp tích hợp và hỗ

trợ các dịch vụ IP trong di động được thực hiện qua phân hệ IMS (Internet Multimedia Subsystem) nằm tại biên vùng mạng cố định và di động.

Tóm tắt chương 1

Nội dung cơ bản của chương 1 giới thiệu các khái niệm và thuật ngữ cơ bản sử dụng trong kỹ thuật chuyển mạch, một số cơ sở toán sẽ được sử dụng trong tính toán một số tham số của trường chuyển mạch, lịch sử và kiến trúc mạng chuyển mạch hiện nay và hướng tiếp cận của các công nghệ chuyển mạch hiện đại.



Chương 2

KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH KÊNH

Trong chương kỹ thuật chuyển mạch kênh sẽ trình bày với người đọc các vấn đề liên quan tới mạng chuyển mạch điện thoại công cộng PSTN, gồm các khuôn dạng tín hiệu số, phương pháp chuyển đổi các tín hiệu thoại tương tự sang số, cấu trúc khung truyền dẫn theo tiêu chuẩn Châu Âu và Bắc Mỹ. Tâm điểm quan trọng nhất của kỹ thuật chuyển mạch kênh là các hệ thống chuyển mạch trong đó là các trường chuyển mạch, vì vậy các đặc điểm mấu chốt của kỹ thuật chuyển mạch kênh được trình bày qua các nguyên lý, nguyên tắc cấu tạo và phương thức hoạt động của các trường chuyển mạch gồm có: chuyển mạch thời gian, chuyển mạch không gian và chuyển mạch ghép. Phương pháp ghép nối đa tầng chuyển mạch và nguyên lý ghép nối cơ bản chỉ ra cách thức tiếp cận và xây dựng các hệ thống chuyển mạch thực tế. Phần cuối của chương 2 trình bày hai trường chuyển mạch trong hệ thống chuyển mạch thực tế đang khai thác tại Việt Nam.

2.1. CƠ SỞ KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH KÊNH

Kỹ thuật chuyển mạch kênh dựa trên nguyên tắc thiết lập kênh nối dành riêng cho các cuộc nối để phục vụ cho quá trình truyền tin qua mạng. Kỹ thuật chuyển mạch kênh đóng vai trò quan trọng trong các hệ thống mạng viễn thông kể từ mạng chuyển mạch điện thoại công cộng truyền thống PSTN đến các mạng quang hiện đại. Trong chương 2 của cuốn tài liệu này sẽ trình bày các vấn đề kỹ thuật chuyển mạch kênh được ứng dụng trong mạng điện thoại công cộng PSTN và tập trung vào các nguyên lý cơ bản của chuyển mạch kênh tín hiệu số.

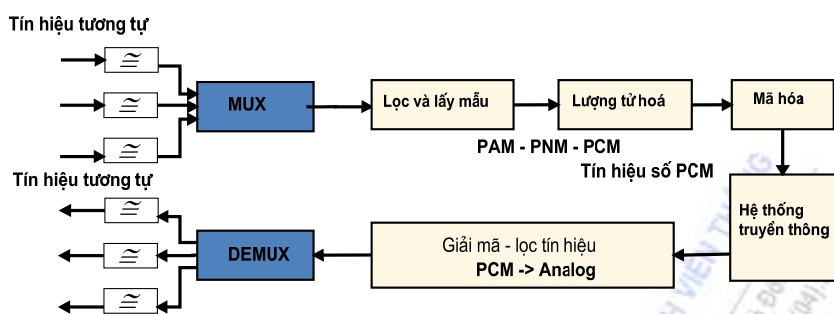
Hạ tầng mạng PSTN truyền thống phục vụ cho truyền thông thoại thời gian thực và liên tục. Các hệ thống chuyển mạch kết nối với nhau qua các phương tiện truyền dẫn tạo thành mạng chuyển mạch, nhiệm vụ của các hệ thống chuyển mạch là thực hiện việc kết nối cho các cuộc gọi từ đầu cuối tới đầu cuối mạng, bao gồm cả các đường dẫn báo hiệu và đường dẫn thông tin. Quá trình kết nối thực hiện theo yêu cầu của thiết bị đầu cuối và định tuyến dựa trên địa chỉ được đánh số theo tiêu chuẩn E.164 của ITU-T [2]

Chuyển mạch kênh tín hiệu số là quá trình kết nối, trao đổi thông tin số trong các khe thời gian được phân chia theo phương thức chia thời gian TDM. Với mục tiêu tìm hiểu về nguyên tắc hoạt động của các hệ thống chuyển mạch kênh, ta xem xét lần lượt các vấn đề: Quá trình chuyển đổi tín hiệu tương tự sang tín hiệu số theo nguyên lý PCM (Pulse Code Modulation), trao đổi nội dung thông tin trong các khe thời gian, lưu lượng của mạng chuyển mạch kênh và nguyên lý cấu trúc của chuyển mạch không gian và thời gian trong hệ thống chuyển mạch kênh, kỹ thuật ghép nối trường chuyển mạch và các trường chuyển mạch trong thực tế.

2.1.1. Kỹ thuật điều chế xung mã PCM

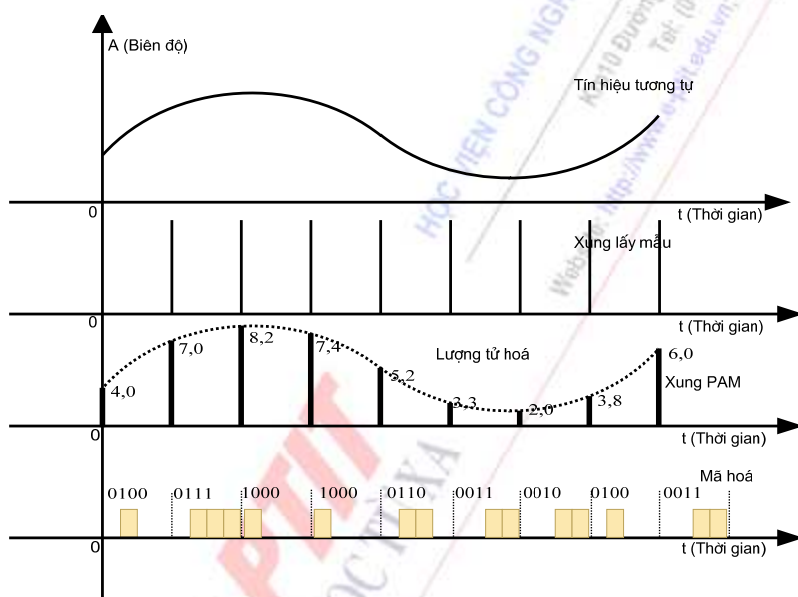
Kỹ thuật điều chế xung mã PCM là một quá trình gồm nhiều bước nhằm thực hiện việc chuyển đổi tín hiệu tương tự thành tín hiệu số, mặc dù kỹ thuật này có thể ứng dụng với một số dạng tín hiệu tương tự khác nhau như: thoại, video. Nhưng trên thực tế kỹ thuật này thường được ứng dụng cho tín hiệu thoại trong mạng PSTN. Kỹ thuật điều chế xung mã PCM ra đời năm 1969, các đặc tính kỹ thuật được mô tả trong khuyến nghị G.711 của ITU-T năm 1988 (sách xanh). Một hệ thống PCM 30 được mô tả trong hình 2.1 dưới đây, hệ thống gồm 30 kênh thoại có giới hạn tần số trong khoảng (0.3kHz – 3.4kHz) và lấy mẫu tại tần số 8 kHz. Các tín hiệu xung số của tín hiệu tương tự sau quá trình lấy mẫu được mã hoá dưới dạng nhị phân

và truyền đi trong hệ thống truyền dẫn. Tại đầu cuối thu tín hiệu, một quá trình hoàn nguyên tín hiệu được thực hiện nhằm khôi phục lại dạng tín hiệu phía phát.



Hình 2.1: Hệ thống PCM điển hình

Trước khi xem xét các đặc tính của các bước biến đổi ta xem xét thể hiện đơn giản qua hình vẽ 2.1 .



Hình 2.2: Các bước biến đổi trong nguyên lý PCM

Đặc trưng của kỹ thuật biến đổi tín hiệu thoại tương tự sang tín hiệu số có thể chia thành các bước được mô tả như sau:

(i) Lấy mẫu tín hiệu.

Dải phổ của tín hiệu thoại bao gồm nhiều loại tần số có khoảng tần số từ 50Hz tới 20 kHz. Tuy nhiên, phổ tần số có vùng năng lượng tập trung lớn vào khoảng 0.8kHz – 1.2 kHz. Để giảm thiểu băng tần truyền dẫn, kỹ thuật PCM sử dụng dải phổ từ 0.3kHz (f_{\min}) – 3.4 kHz (f_{\max}) và chọn tần số tín hiệu lấy mẫu 8kHz tuân thủ theo định lý Niquist $f_s \geq f_{\max}$ [2]. Phương pháp lấy mẫu trong kỹ thuật PCM là phương pháp lấy mẫu theo biên độ tín hiệu, các xung lấy mẫu được gọi là xung PAM (Pulse Amplitude Modulation). Các xung tín hiệu sau khi lấy mẫu được đưa vào hệ thống ghép kênh phân chia theo thời gian TDM (Time Division Multiplexer), như vậy khoảng thời gian giữa các tín hiệu lấy mẫu T sẽ bằng đúng tần số lấy mẫu và bằng 125μS. $T = 1/f_s = 1/8.000\text{Hz} = 125\mu\text{S}$.

(ii) Lượng tử hoá.

Lượng tử hoá là một quá trình biến đổi các mẫu tín hiệu tương tự thành các giá trị rời rạc để truyền trong các hệ thống số. Các mẫu tín hiệu PAM được so sánh với một tập hữu hạn các mức lượng tử để xác định và gán các mẫu xung PAM vào các mức lượng tử tương ứng. Giả thiết khoảng cách giữa hai mức lượng tử là δV thì khoảng cách điểm giữa (V_j) của hai mức lượng tử cũng là δV . Bất kỳ mẫu tín hiệu nào trong vùng $V_j \pm \delta V/2$ đều được nhận cùng một mức lượng tử. Quá trình làm tròn này sẽ gây ra các sai số trong quá trình biến đổi thông tin từ tương tự sang số. Các lỗi này là các lỗi ngẫu nhiên và được gọi là nhiễu lượng tử, để tính toán được nhiễu lượng tử cần phải nắm rõ hàm mật độ xác suất biên độ của tín hiệu đầu vào lấy mẫu.

Để giảm nhiễu lượng tử có thể sử dụng phương pháp tăng số lượng mức lượng tử, nhưng điều này sẽ kéo theo số lượng các thông tin cần phải truyền đi, đồng nghĩa với việc tăng băng thông cho tín hiệu. Một tiếp cận khác dựa theo đặc tính của dạng sóng tín hiệu là phương pháp lượng tử hoá không đều, các tín hiệu thoại có đặc tính xác suất xuất hiện biên độ nhỏ lớn hơn nhiều so với xác suất xuất hiện biên độ lớn. Vì vậy, hàm số loga được chọn cho hàm phân bố mức lượng tử.

Trong thực tiễn, người ta sử dụng kỹ thuật nén-giãn tín hiệu (COMPANDING) tức là thực hiện việc nén mẫu tín hiệu để thực hiện mã hoá và cuối cùng là giãn tín hiệu với các tham số ngược với các tham số nén để hoàn nguyên tín hiệu. Quá trình nén được thực hiện theo hàm loga, các mẫu tín hiệu lớn được nén nhiều hơn các mẫu tín hiệu nhỏ nhằm đưa tỉ số Tín hiệu/nhiều (S/N) của các giá trị tín hiệu đầu vào về giá trị không đổi. Hai tiêu chuẩn của ITU-T sử dụng cho kỹ thuật nén-dẫn là luật A và luật μ .

Lược đồ nén – giãn tín hiệu theo luật A và luật μ được khuyến nghị trong tiêu chuẩn G.711 của ITU-T nén các mức tín hiệu 16 bit theo phương pháp lượng tử hoá tuyến tính thành 8 bit. Luật A được mô tả qua công thức 2.1 dưới đây.

$$F(x) = \begin{cases} \frac{A * |x|}{1 + \ln(A)} & 0 \leq |x| < 1/A \\ \frac{\text{Sgn}(x) * (1 + \ln(A|x|))}{1 + \ln(A)} & 1/A \leq |x| \leq 1 \end{cases} \quad (2.1)$$

Trong đó: $\text{Sgn}(x)$ là hàm dấu

A là hằng số xác định mức nén $A = 87,6$.

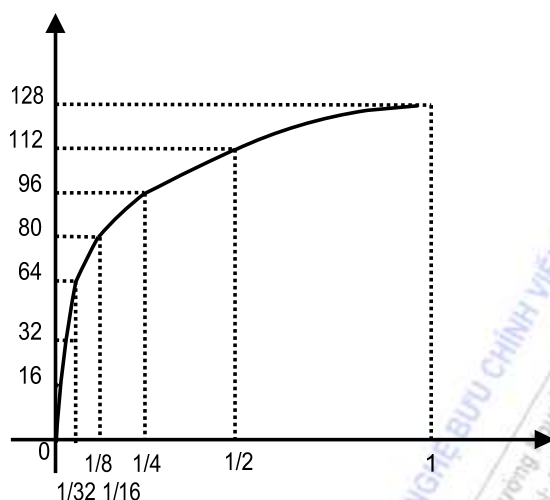
$A|x|$ là hàm nén tín hiệu

x giá trị mẫu đưa vào nén (nguyên)

Công thức 2.1 gồm hai thành phần cho mức tín hiệu trong khoảng $(0 - 1/A)$ có dạng tuyến tính, và mức tín hiệu lớn $(1/A - 1)$ có dạng logarithm và sẽ được lấy xấp xỉ hoá theo các segments (đoạn) tuyến tính. Vùng tuyến tính đảm bảo khi tín hiệu vào $x = 0$ thì tín hiệu ra $F(x) = 0$; Vùng phi tuyến đảm bảo khi tín hiệu vào $x = 1$ thì tín hiệu ra $F(x) = 1$. Kỹ thuật PCM sử dụng 256 mức lượng tử cho tín hiệu thoại và được chia thành 2 cực tính dương (+) và âm (-) thông qua bit dấu.

Như vậy, mỗi nửa của tín hiệu sẽ gồm 128 mức lượng tử. Số lượng bit sử dụng để biểu diễn các mức lượng tử là 8 bit(xem ví dụ trên hình 2.3). Đặc tính nén theo luật A sử dụng 8 đoạn

cho cực tính (+) và 8 đoạn cho cực tính (-), các bước lượng tử được tăng theo cơ số 2. Trong mỗi đoạn sử dụng 4 bit để biểu diễn 16 mức lượng tử đều.



Hình 2.3: Đặc tuyến nén lượng tử theo luật A

Luật μ được mô tả qua công thức 2.2 dưới đây:

$$F(x) = \frac{\text{Sgn}(x) * \ln(1 + \mu|x|)}{\ln(1 + \mu)} \quad 0 \leq |x| \leq 1 \quad (2.2)$$

Trong đó: Sgn(x) là hàm dấu

μ là hằng số xác định mức nén $\mu = 255$.

$\mu|x|$ là hàm nén tín hiệu

x giá trị mẫu đưa vào nén (nguyên)

Công thức 2.2 chỉ ra toàn bộ dải tín hiệu đầu vào được nén theo dạng logarithm, như vậy số lượng đoạn trong luật μ là 15 đoạn và được chia thành hai cực tính (+) và âm (-). Luật μ được sử dụng trong các hệ thống PCM 24 kênh.

Các đặc điểm tương tự của hai luật nén dẫn tín hiệu:

- Cả hai luật đều sử dụng phương pháp xấp xỉ tuyến tính theo quan hệ loga.
- Đồng sử dụng từ mã 8 bit để mã hoá. Tốc độ bit cho kênh là 8 bit x 8 kHz = 64 kb/s.
- Tiếp cận phân đoạn để thực hiện mã hoá tương tự nhau.

Các đặc điểm khác biệt giữa hai luật nén dẫn tín hiệu :

- Phương pháp xấp xỉ tuyến tính khác nhau cho các đường cong khác nhau.
- Các bit gán cho các segment và các mức lượng tử trong segment khác nhau.
- Luật A cung cấp dải động lớn hơn luật μ .
- Luật μ cung cấp tỉ số S/N tại miền tín hiệu mức thấp tốt hơn luật A.

(iii) Mã hoá

Quá trình mã hoá tín hiệu trong kỹ thuật PCM thực hiện việc chuyển đổi các mẫu tín hiệu đã lượng tử hoá thành các mã nhị phân 8 bit. Khuôn dạng của một từ mã PCM như sau: X = P ABC DEGH ; X thể hiện từ mã, P là bit dấu, ABC là bit chỉ thị phân đoạn, DEGH là bit chỉ thị các mức lưu lượng trong đoạn. Trong thực tế, quá trình lượng tử và mã hóa được thực hiện đồng thời trong một chip vi xử lý theo luật A hoặc luật μ .

2.1.2. Cấu trúc khung tín hiệu PCM

Tiêu chuẩn G.704 ITU-T mô tả các dạng cấu trúc khung tín hiệu PCM cho các phương tiện truyền dẫn và chuyển mạch. Trong mục này chúng ta xem xét cấu trúc khung và đa khung của hệ thống PCM 24 (T1) và hệ thống PCM 30/32 (E1).

(i) Cấu trúc khung và đa khung PCM 24

Cấu trúc khung PCM 24 được mã hoá theo luật μ và có một số đặc tính cơ bản sau:

- Tốc độ truyền 1,544 Kb/s; Một khung gồm 24 DS0 (64 kb/s).
- Độ dài khung là 125 μ s có 193 bit được đánh số từ 1- 193;
- Bit đầu tiên của mỗi khung được sử dụng để xếp khung, giám sát và cung cấp liên kết số liệu.



Hình 2.4: Cấu trúc đa khung PCM 24

- Kỹ thuật mã hoá đường dây : AMI, B8ZS.
- Cấu trúc đa khung gồm hai khuôn dạng: DS4 nhóm 12 khung, và khung mở rộng EPS nhóm 24 khung (hình 2.4 thể hiện cấu trúc đa khung 24).
- Bit báo hiệu F sử dụng để xếp đa khung, liên kết dữ liệu, kiểm tra và báo hiệu được chỉ định trong từng khung thể hiện trong bảng 2.1 dưới đây.

Số thứ tự khung trong đa khung	Bit F				Số bit trong khe thời gian		Sử dụng cho báo hiệu
	Số bit trong đa khung	Các bit gán					
		FAS	DL	CRC	Cho th báo hiệu	Báo hiệu CAS	
1	1		m		1-8		
2	194			e ₁	1-8		
3	387		m		1-8		
4	580	0			1-8		
5	773		m		1-8		
6	966			e ₂	1-7	8	A
7	1159		m		1-8		
8	1352	0			1-8		
9	1545		m		1-8		

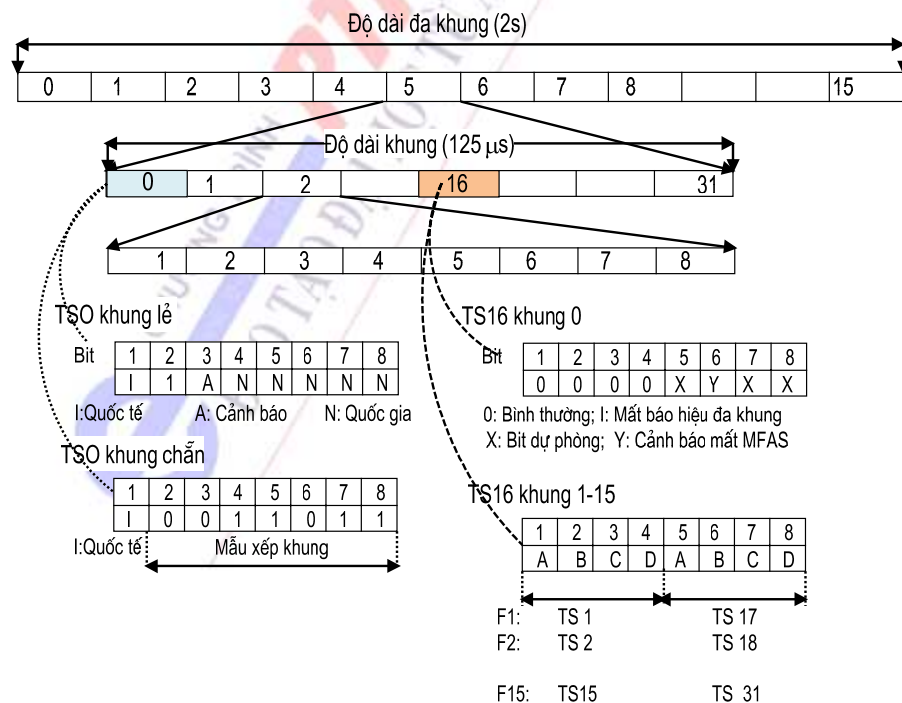
10	1738			e_3	1-8		
11	1931		m		1-8		
12	2124	1			1-7	8	B
13	2317		m		1-8		
14	2510			e_4	1-8		
15	2703		m		1-8		
16	2896	0			1-8		
17	3089		m		1-8		
18	3282			e_5	1-7	8	C
19	3475		m		1-8		
20	3668	1			1-8		
21	3861		m		1-8		
22	4054			e_6	1-8		
23	4247		m		1-8		
24	4440	1			1-7	8	D

FAS : Tín hiệu xếp khung (... 001011..)

DL: Liên kết số liệu

CRC: trường kiểm tra mạch vòng dư theo chu kỳ

Bảng 2.1: Bit F trong cấu trúc đa khung 24



Hình 2.5: Cấu trúc khung và đa khung PCM 30

(ii) Cấu trúc khung và đa khung PCM 30

Cấu trúc khung PCM 30 được mã hoá theo luật A và có một số đặc tính cơ bản sau:

- Tốc độ truyền 2,048 Kb/s; Một khung gồm 32 TS/30 CH.
- Độ dài khung là 125 μ s chứa 256 bit; đánh số từ 1 đến 256.
- Kỹ thuật mã hoá đường dây : AMI, HDB3.
- Cấu trúc đa khung chứa 16 khung. TS0 sử dụng để xếp khung và đồng bộ, TS16 sử dụng cho báo hiệu. (cấu trúc khung và đa khung chỉ ra trên hình 2.5)

Khi sử dụng mã vòng dư theo chu kỳ CRC-4 để kiểm tra lỗi tuyến PCM, cấu trúc đa khung được chia thành 2 phân nhóm đa khung nhỏ SMF I và SMF II, mỗi nhóm gồm 8 khung. Việc phân nhóm này không ảnh hưởng tới các khe thời gian sử dụng cho báo hiệu. Bố trí các bit trong TSO khi sử dụng CRC-4 được chỉ ra trong bảng 2.3 dưới đây:

	SMF	Số khung	Các bit trong TSO							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Đa khung	I	0	c ₁	0	0	1	1	0	1	1
		1	0	1	A	Sa	Sa	Sa	Sa	Sa
		2	c ₂	0	0	1	1	0	1	1
		3	0	1	A	Sa	Sa	Sa	Sa	Sa
		4	c ₃	0	0	1	1	0	1	1
		5	1	1	A	Sa	Sa	Sa	Sa	Sa
		6	c ₄	0	0	1	1	0	1	1
		7	0	1	A	Sa	Sa	Sa	Sa	Sa
	II	8	c ₁	0	0	1	1	0	1	1
		9	1	1	A	Sa	Sa	Sa	Sa	Sa
		10	c ₂	0	0	1	1	0	1	1
		11	1	1	A	Sa	Sa	Sa	Sa	Sa
		12	c ₃	0	0	1	1	0	1	1
		13	E	1	A	Sa	Sa	Sa	Sa	Sa
		14	c ₄	0	0	1	1	0	1	1
		15	E	1	A	Sa	Sa	Sa	Sa	Sa

Ghi chú:

C₁- c₄: Kiểm tra mã vòng dư theo chu kỳ; E: Chỉ thị lỗi CRC

A: Cảnh báo; Sa: Các bit dự phòng.

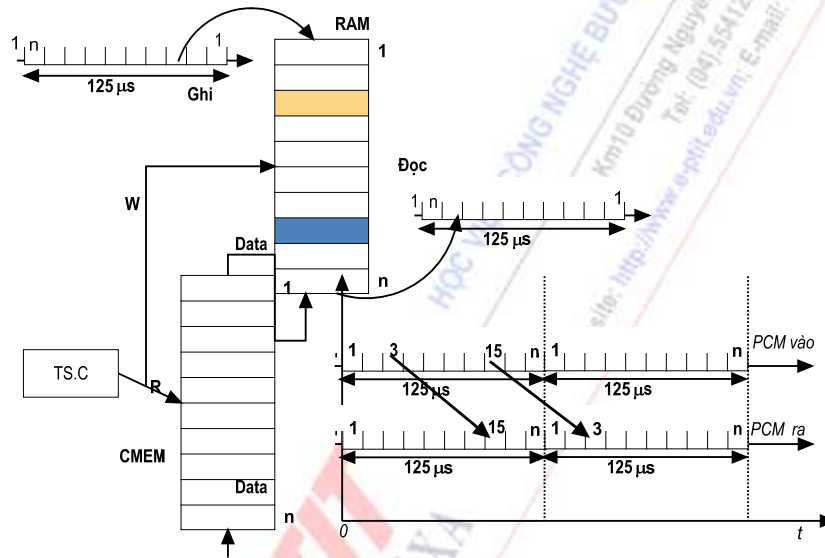
Bảng 2.2: Cấu trúc TSO của đa khung PCM30 sử dụng CRC-4.

2.1.3. Trao đổi khe thời gian nội TSI

Trong kỹ thuật chuyển mạch kênh, sau khi tín hiệu thoại được mã hoá thành các từ mã nhị phân 8 bit, các kênh thông tin được xác lập trên các khe thời gian cách nhau $125\mu s$ và được truyền đi nhờ các hệ thống truyền dẫn và chuyển mạch.

Trên nguyên tắc sử dụng chung tài nguyên, các thông tin của người sử dụng được chuyển đi trên các kênh được phân chia logic theo thời gian, sự khác biệt của khe thời gian được ấn định cho nguồn tin phía phát và nguồn tin phía thu là một yếu tố yêu cầu có sự chuyển đổi nội dung thông tin từ khe thời gian này sang khe thời gian khác trong cùng một khung, đó chính là quá trình trao đổi khe thời gian nội TSI.

Một cơ cấu sử dụng chuyển đổi TSI được minh hoạ trên hình 2.6 dưới đây, các khối thiết bị chính gồm có:



Hình 2.6: Nguyên lý trao đổi khe thời gian nội TSI

- Các tuyến PCM đầu vào và đầu ra có cấu trúc khung gồm n khe thời gian, yêu cầu chuyển đổi nội dung thông tin của một khe thời gian bất kỳ từ đầu vào tới đầu ra.
- Bộ nhớ lưu đệm tạm thời hoạt động theo nguyên tắc truy xuất ngẫu nhiên có dung lượng đủ chứa toàn bộ thông tin dữ liệu trong một khung PCM, (Số ngăn nhớ: n , dung lượng ngăn nhớ: 8 bit).
- Khối điều khiển CM (Control Memory) sử dụng để ghi các thông tin điều khiển chuyển đổi nội dung khe thời gian cho bộ nhớ lưu đệm (Số ngăn nhớ: n , dung lượng ngăn nhớ: $L = \log_2 n$).
- Khối đồng bộ cho quá trình ghi đọc vào các bộ nhớ được đồng bộ thông qua một bộ đếm khe thời gian TS.C.

Khi có yêu cầu chuyển đổi nội dung thông tin và tùy thuộc vào nguồn tài nguyên của hệ thống, khối xử lý trung tâm sẽ đưa các dữ liệu điều khiển tới khối điều khiển CM nhằm sắp xếp vị trí chuyển đổi của các khe thời gian. Để đảm bảo tốc độ luồng thông tin đầu vào và đầu ra, trong cùng một khoảng thời gian bộ nhớ lưu đệm phải thực hiện đồng thời hai tác vụ ghi thông tin vào và đọc thông tin ra. Theo nguyên tắc trao đổi khe thời gian nội TSI, độ trễ tối đa của thông tin trao đổi không vượt quá thời gian của một khung $T_d(\max) = (n-1)TS < 125\mu s$.

2.2. KIẾN TRÚC TRƯỜNG CHUYỂN MẠCH KÊNH

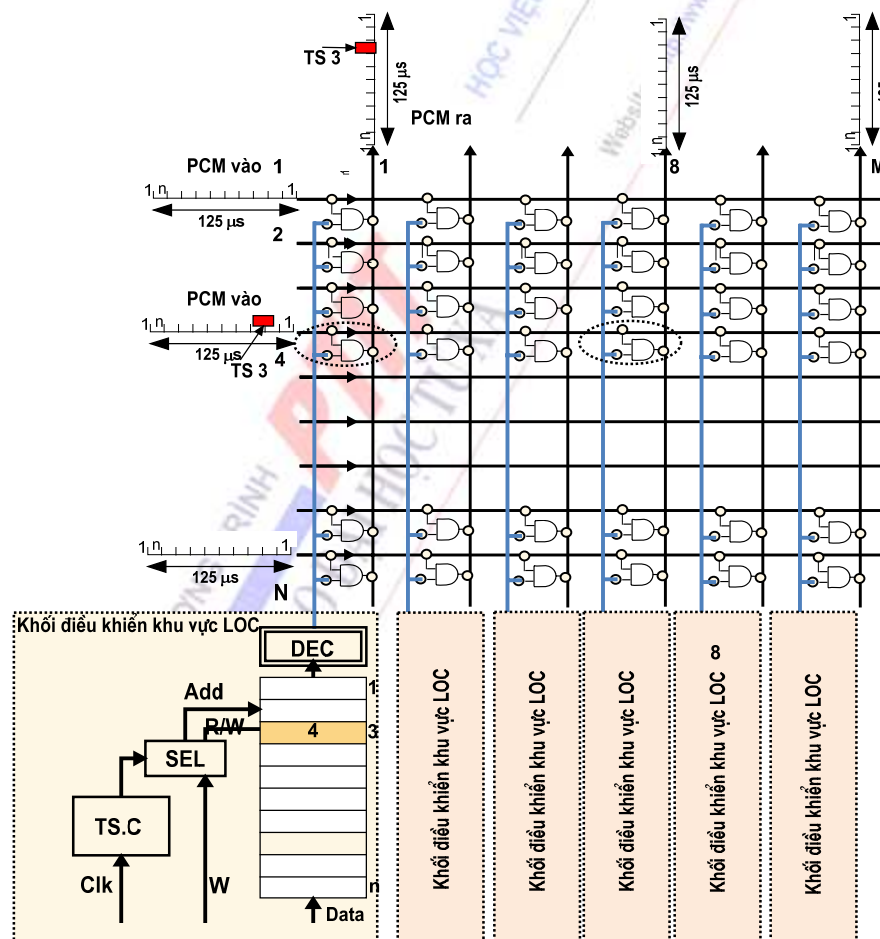
Chuyển mạch kênh tín hiệu số là quá trình thực hiện trao đổi nội dung thông tin số trong các khe thời gian của các tuyến PCM đầu vào tới đầu ra. Để thực hiện hiệu quả quá trình chuyển mạch, các tuyến PCM thường được ghép kênh với tốc độ cao trước khi đưa tới trường chuyển mạch.

Việc bố trí sử dụng các trường chuyển mạch trong hệ thống chuyển mạch phụ thuộc chủ yếu vào kiến trúc điều khiển của hệ thống. Tuy nhiên, kiến trúc trường chuyển mạch kênh được chia thành hai dạng phân chia theo nguyên tắc hoạt động: Trường chuyển mạch không gian (S) và trường chuyển mạch thời gian (T).

Dưới đây sẽ trình bày nguyên lý cấu trúc của trường chuyển mạch không gian S, thời gian T và kiến trúc ghép nối các trường chuyển mạch TST.

2.2.1 Trường chuyển mạch không gian số

Trường chuyển mạch không gian số S thực hiện quá trình chuyển nội dung thông tin từ các tuyến PCM đầu vào tới các tuyến PCM đầu ra mà không làm thay đổi vị trí khe thời gian trên trục thời gian. Để tạo ra kênh truyền thông cho các cuộc gọi, các thông tin được chuyển qua trường chuyển mạch không gian số được chuyển mạch định kỳ với khoảng thời gian $125\mu s$.



Hình 2.7: Nguyên lý chuyển mạch không gian S

Các trường chuyển mạch không gian S được thiết kế để hỗ trợ chuyển mạch đồng thời một số lượng lớn các cuộc nối dưới sự điều khiển của các chương trình ghi sẵn. Hình 2.7 trên đây chỉ

ra sơ đồ nguyên lý cấu trúc của trường chuyển mạch không gian S điển hình theo kiểu điều khiển đầu vào, kiểu điều khiển đầu ra được thực hiện bằng sự hoán đổi vị trí gắn cổng đầu ra của các phần tử kết nối.

Trường chuyển mạch không gian S được cấu tạo từ hai khối chính: Khối ma trận chuyển mạch và khối điều khiển cục bộ.

(i) Khối ma trận chuyển mạch

Khối ma trận chuyển mạch được cấu trúc dưới dạng ma trận hai chiều gồm các cổng đầu vào và các cổng đầu ra, trên các cổng là các tuyến PCM có chu kỳ khung $125\mu s$. Các điểm nối trong ma trận là các phần tử logic không nhớ (thông thường là các mạch AND). Một ma trận có (N) cổng đầu vào và (M) cổng đầu ra trở thành ma trận vuông khi $N=M$.

(ii) Khối điều khiển khu vực

Khối điều khiển khu vực gồm một số khối thiết bị như:

- Bộ nhớ điều khiển kết nối CMEM (Control MEMory) lưu trữ các thông tin điều khiển theo chương trình ghi sẵn cho ma trận chuyển mạch, nội dung thông tin trong CMEM sẽ thể hiện vị trí tương ứng của điểm kết nối cần chuyển mạch (Số ngăn nhớ: n, dung lượng ngăn nhớ: $L = \log_2 N$);
- Bộ giải mã địa chỉ DEC (DECode) chuyển các tín hiệu điều khiển mã nhị phân thành các tín hiệu điều khiển cổng cho phần tử kết nối AND;
- Bộ đếm khe thời gian TS.C (Time Slot Counter) nhận tín hiệu đồng hồ từ đồng hồ hệ thống cấp các xung đồng bộ cho bộ điều khiển theo đồng bộ của các tuyến PCM vào và ra.
- TS.C đưa tín hiệu đồng bộ vào bộ chọn (SEL) để đồng bộ quá trình ghi dịch địa chỉ và tác vụ ghi đọc của bộ nhớ CMEM.

Nguyên tắc hoạt động của trường chuyển mạch không gian S gồm một số bước cơ bản sau:

Các tuyến PCM trên các cổng đầu vào và đầu ra được đồng bộ hoá theo tín hiệu đồng bộ. Như trên hình 2.5 chỉ ra mỗi khối điều khiển khu vực LOC đảm nhiệm một cổng đầu ra, vì vậy số bộ điều khiển LOC sẽ bằng đúng số cổng đầu ra (M bộ điều khiển).

Để rõ hơn nguyên tắc điều khiển và hoạt động của trường chuyển mạch S, ta xét một ví dụ cụ thể: Yêu cầu chuyển nội dung thông tin trên TS3 tại cổng số 4 đầu vào ra TS3 trên cổng số 1 đầu ra. Với yêu cầu trên, khối điều khiển khu vực LOC 1 sẽ thực hiện nhiệm vụ điều khiển chuyển mạch, thông tin điều khiển được đưa trước vào CMEM thông qua đường dữ liệu điều khiển Data, thanh ghi địa chỉ của bộ chọn SEL trở đến ngăn nhớ số 03: tương ứng với chỉ số TS 3 của khung PCM, nội dung dữ liệu điều khiển thể hiện cổng kết nối vào (cổng 4).

Qua sự phối hợp đồng bộ của TS.C, một chu trình điều khiển tuần tự và đồng bộ giữa chỉ số khe thời gian và con trỏ địa chỉ đọc dữ liệu ra từ CMEM. Vì vậy, khi con trỏ chỉ đến địa chỉ 03, thời gian hệ thống sẽ trùng khớp với TS3 trên các tuyến PCM, đồng thời SEL chỉ thị quá trình đọc dữ liệu và chuyển thông tin dữ liệu qua bộ DEC để giải mã, thực hiện đóng tiếp điểm giữa cổng vào 4 và cổng ra 1. Tiếp điểm được đóng trong suốt thời gian chuyển dữ liệu và bằng thời gian của khe thời gian. Với tính chất logic của tiếp điểm AND, khi hàm điều khiển có mức 1 thì toàn bộ số liệu đầu vào sẽ được chuyển tới đầu ra.

Đối với mỗi một cuộc nối thoại, chu kỳ đóng tiếp điểm được thực hiện tuần tự theo chu kỳ $125\mu s$, việc ngắt các kết nối được thực hiện đơn giản thông qua quá trình ghi lại dữ liệu trong bộ nhớ CMEM, các khoảng thời gian còn lại sẽ được thực hiện cho các kết nối khác. Nếu ma

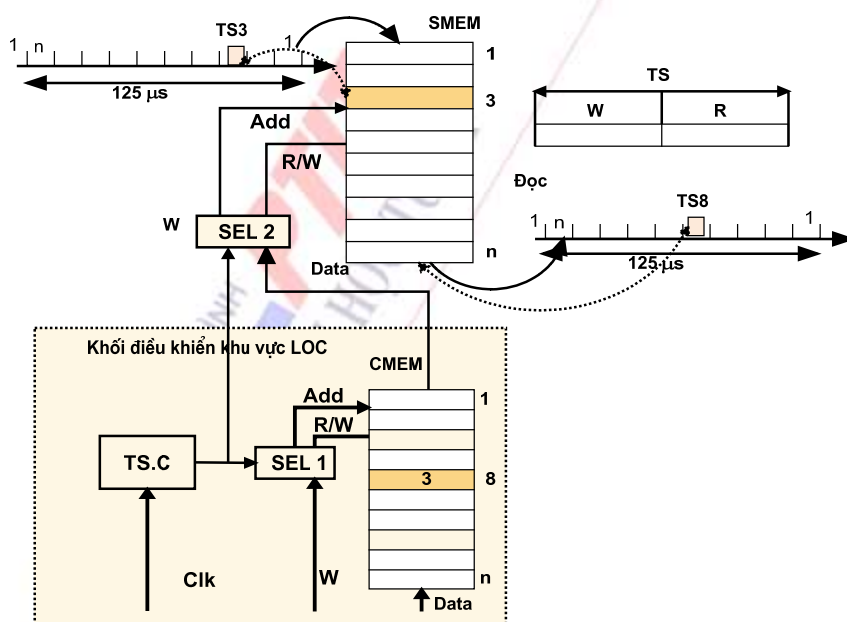
trận chuyển mạch là ma trận vuông thì tổng số kênh tối đa có thể kết nối đồng thời sẽ là $Ch = n \times N$ (N : số khe thời gian trong một khung PCM; N : số cổng đầu vào chuyển mạch S).

Trường chuyển mạch không gian S mang tính thời gian nếu xét về tính chu kỳ của quá trình đóng ngắt tiếp điểm, tuy nhiên chu kỳ này là cố định cho tất cả các cuộc nối qua trường chuyển mạch. Nhược điểm luôn tồn tại trong các trường chuyển mạch không gian S là khả năng tắc nghẽn khi có nhiều hơn một yêu cầu chuyển mạch TS đầu vào cùng muốn ra một cổng đầu ra. Một ma trận chuyển mạch không tắc nghẽn hoàn toàn được định nghĩa là một ma trận có khả năng đáp ứng được các kết nối từ các đầu vào bất kỳ tới các đầu ra bất kỳ.

Hiện tượng tranh chấp cổng đầu ra trong nội bộ trường chuyển mạch được gọi là hiện tượng tắc nghẽn nội. Để giải quyết vấn đề trên, các trường chuyển mạch S thường được kết hợp với các bộ đệm gây trễ thời gian để tránh tranh chấp, giải pháp ghép nối với trường chuyển mạch thời gian T được sử dụng phổ biến trong các hệ thống chuyển mạch hiện nay.

2.2.2. Trường chuyển mạch thời gian số

Trường chuyển mạch thời gian tín hiệu số thực hiện quá trình chuyển đổi nội dung thông tin từ một khe thời gian này sang khe thời gian khác, với mục đích gây trễ cho các tín hiệu. Quá trình gây trễ tín hiệu được thực hiện theo nguyên tắc trao đổi khe thời gian nội TSI. Hình 2.6 dưới đây chỉ ra sơ đồ nguyên lý cấu trúc của trường chuyển mạch thời gian T . Trường chuyển mạch thời gian T có hai kiểu điều khiển: Điều khiển đầu vào thực hiện quá trình ghi thông tin có điều khiển và đọc ra tuần tự; Điều khiển đầu ra thực hiện ghi thông tin tuần tự và đọc ra theo điều khiển. Trong mục này ta xem xét nguyên lý hoạt động của trường chuyển mạch T theo kiểu điều khiển đầu ra.



Hình 2.8: Nguyên lý chuyển mạch thời gian T

Trường chuyển mạch thời gian T được cấu tạo từ 2 khối chính: Khối bộ nhớ thoại SMEM (Speech Memory) và khối điều khiển cục bộ LOC.

- Khối bộ nhớ thoại SMEM là một thiết bị ghi nhớ truy xuất ngẫu nhiên RAM (Số lượng ngăn nhớ: n ; dung lượng ngăn nhớ: 8 bit). Như vậy, bộ nhớ SMEM lưu toàn bộ thông tin trong một khung tín hiệu PCM. Để đảm bảo tốc độ luồng thông tin qua trường

chuyển mạch, tốc độ ghi đọc của CMEM phải lớn gấp 2 lần tốc độ luồng trên tuyến PCM đầu vào hoặc đầu ra.

- Khối điều khiển khu vực gồm một số khối như: Bộ nhớ điều khiển CMEM lưu trữ các thông tin điều khiển SMEM, số thứ tự của ngăn nhớ và nội dung dữ liệu trong CMEM thể hiện các chỉ số khe thời gian TS cần trao đổi nội dung tin. TS.C nhận tín hiệu từ đồng hồ hệ thống để điều khiển các bộ chọn SEL1, SEL2 nhằm đồng bộ hoá quá trình ghi đọc thông tin dữ liệu cho CMEM và SMEM.

Nguyên tắc hoạt động của trường chuyển mạch thời gian T trên cơ sở của nguyên tắc trao đổi khe thời gian nội TS1. Hình 2.8 thể hiện kiểu điều khiển ghi vào tuần tự đọc ra có điều khiển SWRR (Sequence Write Random Read), để rõ hơn ta xem xét một ví dụ minh hoạ có yêu cầu chuyển đổi nội dung thông tin từ khe thời gian TS3 sang TS8.

Theo nguyên tắc ghi vào tuần tự, nội dung thông tin trong TS3 sẽ được lưu vào ngăn nhớ số 3. Với yêu cầu chuyển đổi trên, hệ thống xử lý trung tâm sẽ chuyển thông tin tới CMEM thông qua đường dữ liệu điều khiển, bộ nhớ CMEM sẽ lưu chỉ số khe thời gian TS3 tại ngăn nhớ số 8. Con trỏ địa chỉ của CMEM sẽ quét lần lượt, đồng bộ với các khe thời gian trên tuyến PCM, như vậy khi con trỏ địa chỉ chỗ đến ngăn nhớ số 8 trùng với thời điểm xuất hiện khe thời gian số 8 trong khung PCM. Bộ chọn SEL1 sẽ chuyển tín hiệu đọc tới CMEM để CMEM chuyển dữ liệu điều khiển tới SMEM, thông tin cần chuyển từ CMEM tới SMEM trong trường hợp này là 3 (0...011) để SEL2 đưa con trỏ địa chỉ tới ô nhớ số 3, đồng thời cấp tín hiệu điều khiển đọc ra nội dung thông tin tại ô nhớ số 3 của SMEM.

Như vậy, tại thời điểm xuất hiện khe thời gian TS8, toàn bộ nội dung thông tin của TS3 được chuyển qua trường chuyển mạch. Quá trình chuyển mạch được lặp lại theo chu kỳ 125 μ s để hình thành nên kênh thông tin qua trường chuyển mạch. Nếu cùng với yêu cầu chuyển mạch từ TS3 sang TS8 và trường chuyển mạch hoạt động theo kiểu ghi vào có điều khiển và đọc ra tuần tự RWSR (Random Write Sequence Read) thì tại ngăn nhớ số 3 của CMEM sẽ lưu thông tin địa chỉ TS8.

Trường chuyển mạch thời gian T mang tính không gian nếu xét trên khía cạnh vị trí thông tin dữ liệu trong các ngăn nhớ của CMEM. Chuyển mạch T luôn gây trễ tín hiệu và độ trễ lớn nhất không vượt quá một khung PCM, $T_d \max = (n-1)TS$. Do tốc độ ghi đọc của bộ nhớ yêu cầu lớn gấp 2 tốc độ luồng PCM nên số lượng khe thời gian trong một khung không vượt quá 1024 TS do giới hạn của công nghệ vật liệu điện tử. Để mở rộng dung lượng, người ta lựa chọn giải pháp ghép với các trường chuyển mạch không gian S.

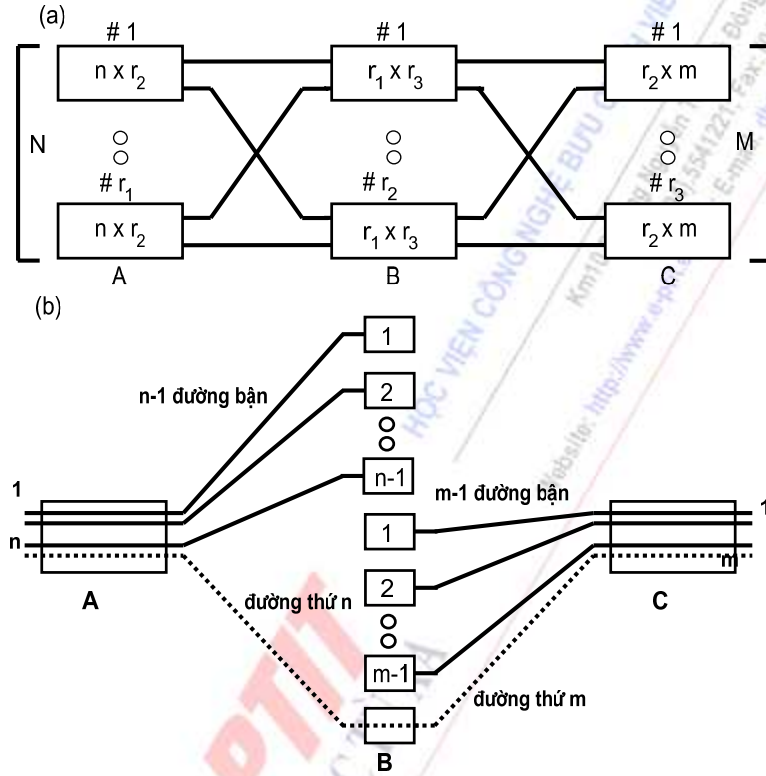
2.2.3. Trường chuyển mạch ghép TST

Các hệ thống chuyển mạch số được nhìn nhận như là các hệ thống tổn thất, vấn đề nâng cao hiệu năng chuyển mạch luôn là vấn đề hàng đầu trong thiết kế chế tạo trường chuyển mạch. Trong kỹ thuật chuyển mạch kênh, các hiện tượng tắc nghẽn được coi là tham số chủ yếu để đánh giá chất lượng dịch vụ hệ thống và chủ yếu rơi vào các hệ thống chuyển mạch sử dụng tầng S. Trong khi việc sử dụng các chuyển mạch không gian S trong hệ thống chuyển mạch là một trong những nhu cầu bắt buộc để đáp ứng dung lượng cần thiết trong thực tiễn. Mục tiêu kết nối đa tầng chuyển mạch không chỉ nhằm tăng dung lượng hệ thống mà còn làm giảm bớt độ phức tạp và số lượng thiết bị trong trường chuyển mạch, kết nối đa tầng gồm hai kiểu: kiểu kết nối đầy đủ và kết nối từng phần đều nhằm mục tiêu xây dựng trường chuyển mạch không tắc nghẽn (non-blocking).

Trước khi tìm hiểu nguyên tắc hoạt động của trường chuyển mạch ghép kiểu TST, ta xem xét mô hình ghép nối 3 tầng chuyển mạch không gian theo định lý Clos.

Mô hình ghép nối có liên kết đầy đủ 3 tầng chuyển mạch được thể hiện trên hình 2.9 (a) dưới đây. Ma trận chuyển mạch không gian có N đầu và M đầu ra ($N \times M$) được kết nối bởi r_1 ma trận tầng A (kích thước $n \times r_2$), r_2 ma trận tầng B (kích thước $r_1 \times r_3$) và r_3 ma trận tầng C (kích thước $r_2 \times m$). Với giả thiết $r_2=1$, $r_1=n$ và $r_3=m$ ta có mô hình kết nối trên hình 2.9(b).

Định lý Clos phát biểu như sau: Ma trận chuyển mạch kết nối 3 tầng không tắc nghẽn khi và chỉ khi số kết nối trung gian $r_2 \geq n + m - 1$ (2.3). Trường hợp đặc biệt khi $n=m$ thì $r_2 \geq 2n-1$.



Hình 2.9: Ma trận kết nối 3 tầng chuyển mạch

Chứng minh:

Một ma trận chuyển mạch không tắc nghẽn hoàn toàn khi toàn bộ các yêu cầu đầu vào bất kỳ được đầu nối tới các đầu ra bất kỳ. Giả thiết có $n-1$ đường vào yêu cầu chiếm, vậy có $n-1$ đường liên kết giữa tầng A và tầng B bị chiếm. Tương tự như vậy, nếu đầu ra có $m-1$ đường bị chiếm thì sẽ có $m-1$ đường liên kết giữa tầng B và tầng C bị chiếm (hình 2.9b).

Trường hợp xấu nhất xảy ra khi $n-1$ đường liên kết A-B đầu nối tới các khối chuyển mạch tầng B khác biệt hoàn toàn với $m-1$ đường liên kết B-C. Vậy tổng số khối chuyển mạch trong tầng B bằng $(n-1) + (m-1)$ để đảm bảo không tắc nghẽn ngay cả khi trường hợp xấu nhất xảy ra.

Ma trận chuyển mạch không tắc nghẽn hoàn toàn khi đường vào thứ n của tầng A kết nối được đường ra thứ m của tầng C, dẫn đến số lượng khối chuyển mạch trong B tối thiểu phải dư 1 khối cho đường dẫn cuối cùng này. Hay nói cách khác số lượng liên kết tối thiểu $r_2 \geq (n-1) + (m-1) + 1 = n + m - 1$.

Nếu ma trận chuyển mạch là ma trận vuông ($N=M$), ($n = m$) và ($r_1 = r_3$), ta có số lượng điểm kết nối chéo là:

$$C = 2Nr_2 + r_1^2 r_2 = 2N(2n-1) + r_1^2 (2n-1) = (2n-1) (2N + N^2/n^2) \quad (2.3)$$

Khi kích thước của trường chuyển mạch lớn, n lớn ta có thể tính số lượng điểm kết nối chéo C xấp xỉ theo công thức (ct 2.4) sau.

$$C \cong 2n (2N + N^2/n^2) = 4nN + 2N^2/n \quad (2.4)$$

Để tối ưu số điểm kết nối chéo, lấy vi phân C theo n (dC/dn) và cho kết quả tiến tới 0 ta có $n \approx (N/2)^{1/2}$ (2.5). Thay n từ công thức 2.5 vào công thức 2.4 ta có:

$$C = 4\sqrt{2} \cdot N^{3/2} = O(N^{3/2}) \quad (2.6)$$

Như trên công thức 2.6 chỉ rõ, chuyển mạch kết nối 3 tầng Clos giảm độ phức tạp phân cứng (số tiếp điểm đầu nối chéo) xuống còn $N^{3/2}$ thay vì N^2 trong ma trận kết nối crossbar mà vẫn đảm bảo được mục tiêu không tắc nghẽn.

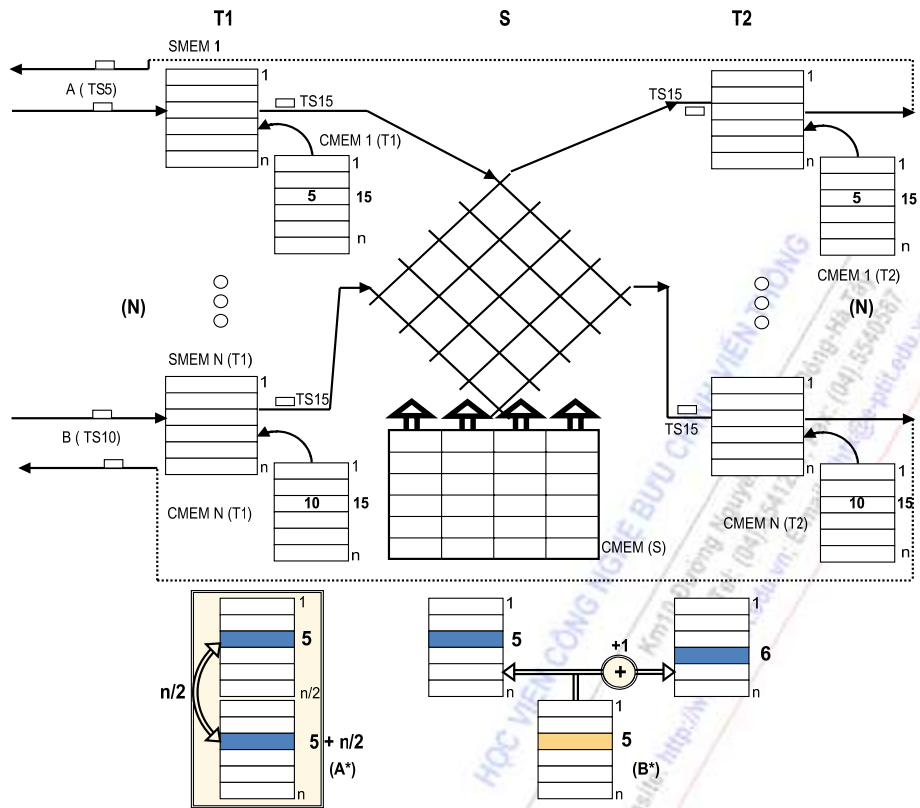
Có rất nhiều mô hình phối kết hợp ghép nối trường chuyển mạch T và S như: TS , ST , STS và TST , v.v [3]. Mỗi dạng ghép nối đều có những ưu nhược điểm nhất định và trong phần này ta xem xét mô hình kết nối phổ biến trong các hệ thống chuyển mạch kênh hiện nay, mô hình ghép nối TST . Trường chuyển mạch ghép TST nhằm giải quyết bài toán mở rộng dung lượng và sử dụng cho các kết nối hai hướng trong trường chuyển mạch thực tế. Theo lý thuyết, trường chuyển mạch TST có hệ số tập trung là 1:1 và đảm bảo không tắc nghẽn khi số lượng khe thời gian trên liên kết trung gian tuân thủ theo định lý Clos (công thức ct 2.3).

Như mục 2.2.2 trên đây đã trình bày, trường chuyển mạch thời gian T có thể hoạt động theo hai kiểu điều khiển đầu vào ($RWSR$) và điều khiển đầu ra ($SWRR$), vì vậy khi ghép 2 tầng T ta sẽ có 4 phương án ghép nối.

Trong ví dụ trên hình 2.10 dưới đây ta chọn chuyển mạch thời gian tầng $T1$ hoạt động theo nguyên tắc $SWRR$ và chuyển mạch thời gian tầng $T2$ hoạt động theo nguyên tắc $RWSR$, A truyền và nhận thông tin dữ liệu trên $TS5$, B truyền và nhận thông tin dữ liệu trên $TS10$, khe thời gian trung gian giữa $T1-S$ và $S-T2$ được chọn là $TS15$, thông tin điều khiển tại các $CMEM$ tầng T được viết tắt dưới dạng $a(b)$ [a : chỉ số ngăn nhớ, b : nội dung ngăn nhớ] . Nội dung thông tin trên các bộ nhớ $CMEM$ được trình bày văn tắt như sau:

- Hướng kết nối từ $A-B$ qua $SMEM 1(T1) - S - SMEM N (T2)$, các bộ nhớ $CMEM 1 (T1)$ và $CMEM N (T2)$ có nội dung tương ứng 15(5) và 15(10).
- Hướng kết nối từ $B-A$ qua $SMEM N (T1) - S - SMEM 1 (T2)$, các bộ nhớ $CMEM N(T1)$ và $CMEM 1 (T2)$ có nội dung tương ứng 15(10) và 15(5).

Từ nội dung các khối điều khiển chuyển mạch T như trên hình vẽ, ta nhận thấy hai khối điều khiển $CMEM 1(T1)$ và $CMEM 1(T2)$ hoàn toàn giống nhau, cũng như vậy đối với $CMEM N (T1)$ và $CMEM N (T2)$.



Hình 2.10: Trường chuyển mạch ghép TST

Để tiết kiệm số bộ điều khiển ta có thể sử dụng 01 bộ điều khiển sử dụng điều khiển chung cho 2 bộ điều khiển. Vì trường hợp đang xét là trường hợp đặc biệt khi ta chọn khe thời gian trung gian giống nhau (TS15), điều này sẽ không đúng với trường hợp tổng quát khi A và B cùng được kết nối tới cùng một khối chuyển mạch thời gian trong tầng T1, hiện tượng tranh chấp sẽ xảy ra khi có hai yêu cầu đầu vào TS5 và TS10 cùng muốn ra đầu ra TS15. Một giải pháp để tránh trường hợp này là sử dụng kết nối thứ hai (B-A) qua tuyến trung gian có khe thời gian là $TS15 + n/2$. Lúc này nội dung bộ điều khiển tương ứng là: CMEM 1(T1) : 15(5); CMEM 1 (T2): 15+n/2 (5); CMEM N (T1): (15+n/2) (10); CMEM N (T2) : 15(10).

Khi sử dụng một bộ nhớ đối ngẫu như trên hình 2.10 (A*) ta hoàn toàn có thể điều khiển được hai bộ điều khiển CMEM tại hai tầng chuyển mạch bằng một khối điều khiển.

Trường hợp sử dụng một bộ nhớ dùng chung như trên hình 2.10 (B*) khi ta chọn chuyển mạch tầng T1 hoạt động theo nguyên tắc RWSR và chuyển mạch tầng T2 hoạt động theo nguyên tắc SWRR.

Vấn đề chọn khe thời gian trung gian trong trường chuyển mạch TST để điều khiển kết nối giữa các tầng T và S là một khâu quan trọng trong quá trình xử lý chuyển mạch. Phương pháp tìm kiếm khe thời gian trung gian rồi được thực hiện một cách đơn giản qua việc xử lý tìm kiếm các cặp bit (bận/ rỗi) tại đầu ra tầng T1 và đầu vào tầng T2. Phương pháp được đề xuất để tìm kiếm các cặp bit rỗi tại hai đầu là phương pháp tìm kiếm kiểu mặt nạ chọn kênh. Các bit trong thanh ghi chỉ thị trạng thái và thanh ghi mặt nạ thể hiện rõ sự bận/rỗi của các kênh thông qua bản đồ nhớ ánh xạ trạng thái.

Hình 2.11 dưới đây chỉ ra nguyên tắc hoạt động của phương pháp mặt nạ chọn kênh.



Hình 2.11: Phương pháp chọn kênh rồi theo mặt nạ chọn kênh

Thanh ghi trạng thái là sơ đồ ánh xạ trạng thái hiện thời của các kênh được chọn (bit 1 thể hiện trạng thái rỗi của kênh, bit 0 thể hiện trạng thái bận của kênh). Thanh ghi mặt nạ là một logic nhị phân có độ dài bằng thanh ghi trạng thái, trên đó tồn tại 02 bit có giá trị 1 và còn lại là các bit có giá trị 0. Thanh ghi mặt nạ có nhiệm vụ lựa chọn 2 khe thời gian rỗi (đầu vào và đầu ra) cho kết nối, các bit 1 sẽ di chuyển trong thanh ghi mặt nạ cho đến khi trùng khớp và tìm được khe thời gian rỗi tương ứng trong thanh ghi trạng thái, kết quả thu được thông qua một phép AND đơn giản giữa thanh ghi trạng thái và thanh ghi kết quả. 3 thuật toán thường được sử dụng trong cách thức di chuyển mặt nạ gồm: Ngẫu nhiên – liên tiếp, cố định- liên tiếp và phương pháp thử lặp.

(i) *Phương pháp ngẫu nhiên - liên tiếp*: phương pháp này dựa trên nguyên tắc tìm kiếm ngẫu nhiên một khe thời gian rỗi, nếu khe thời gian đầu tiên chọn ngẫu nhiên không thỏa mãn yêu cầu, hệ thống dịch chuyển liên tiếp trong toàn dải nhằm tìm khe thời gian thỏa mãn yêu cầu. Phương pháp này tạo ra hiệu ứng chiếm dụng cục bộ từ các điểm xác lập ngẫu nhiên, thời gian tìm kiếm sẽ kéo dài khi số lượng kênh bị chiếm tăng lên.

(ii) *Phương pháp cố định – liên tiếp*: Phương pháp này chỉ định khe thời gian đầu tiên sau đó tìm liên tiếp trên toàn dải. Hiệu ứng trải dài các kênh bị chiếm dụng bắt đầu từ kênh được chọn và xác suất chọn kênh trong phương pháp này không giống nhau.

(iii) *Phương pháp thử lặp*: Phương pháp này dựa trên đặc tính của lưu lượng yêu cầu và sự chiếm dụng ngẫu nhiên của các khe thời gian. Quá trình thử lặp dựa trên theo khoảng thời gian chiếm dụng khe thời gian. Phương pháp này đặc biệt hiệu quả nếu mô hình lưu lượng đầu vào được xác định.

2.3. ĐỊNH TUYẾN TRONG CHUYÊN MẠCH KÊNH

Mạng chuyên mạch điện thoại công cộng PSTN là hệ thống phân cấp, quá trình định tuyến cho các cuộc gọi trong mạng dựa trên địa chỉ đích, các hệ thống nút mạng thực hiện quá trình định tuyến thông qua địa chỉ và các phương pháp báo hiệu. Các phương pháp định tuyến phải thống nhất với kế hoạch đánh số, tính cước, truyền dẫn và báo hiệu. Mục dưới đây sẽ trình bày về một số đặc điểm cơ bản của kế hoạch đánh số trong mạng PSTN.

2.3.1. Kế hoạch đánh số trong mạng PSTN

Nguyên tắc cơ bản của kế hoạch đánh số trong mạng PSTN phải đảm bảo 3 yếu tố:

- (i) Cung cấp nhận dạng duy nhất trong phạm vi quốc gia và quốc tế,
- (ii) Đáp ứng được các yêu cầu tăng trưởng của thiết bị đầu cuối,
- (iii) Độ dài các con số phù hợp với khuyến nghị của tổ chức viễn thông quốc tế.

Tiêu chuẩn đánh số ITU-T E.164 ra đời vào tháng 5 năm 1997, thuộc vào seri E: "Hoạt động chung của mạng, dịch vụ điện thoại, hoạt động dịch vụ và các tác nhân con người", quy định

các "Hoạt động, đánh số, định tuyến và các dịch vụ di động - Hoạt động quốc tế - Quy hoạch đánh số cho dịch vụ điện thoại quốc tế". Trong đó E.164 quy định "Quy hoạch đánh số viễn thông công cộng quốc tế".

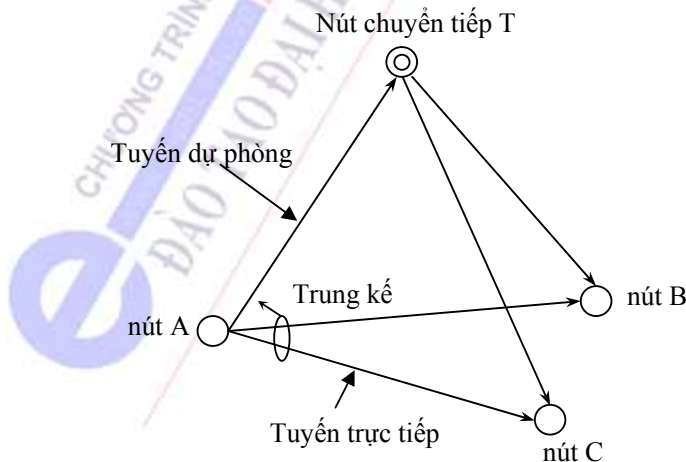
E.164 tập trung quy định cấu trúc số và chức năng của 3 dạng cơ bản của số sử dụng trong viễn thông công cộng quốc tế là theo vùng, dịch vụ chung và theo mạng. E.164 quy định cụ thể mọi loại tiền tố cần thiết cho từng mục đích nhằm thống nhất việc đánh số toàn cầu cho mọi loại nhu cầu dịch vụ. Nó cũng cung cấp các quy ước dùng để định tuyến cuộc gọi giữa các số và nhóm số trên toàn hệ thống.

Chuẩn E.164 quy định tổng độ dài các con số không vượt quá 15 digits, được phân cấp thành các vùng mã: mã quốc gia, mã vùng, mã tổng đài và các con số thuê bao. Các hệ thống mã này thường đi kèm với mã trung kế tạo ra các tiền tố cố định (prefix), các hệ thống chuyển mạch dựa trên các tiền tố để phân biệt các cuộc gọi ra trong vùng, trong nước hoặc quốc tế. Căn cứ vào các địa chỉ tiền tố, hệ thống bảng biên dịch của hệ thống chuyển mạch số lưu các ánh xạ địa chỉ logic sang địa chỉ vật lý để sử dụng trong quá trình định tuyến. Một ví dụ về hệ thống đánh số theo vùng địa lý như sau: +84 4 556 9999; Trong đó: + là tiền tố cho biết số viễn thông là đầy đủ; 84 là mã quốc gia của Việt nam, 556 9999 là số thuê bao gồm 556 là mã tổng đài và 9999 là một phân khúc thuê bao.

2.3.2. Các phương pháp định tuyến trong mạng chuyển mạch kênh

Định tuyến trong mạng chuyển mạch kênh là quá trình xác định đường đi giữa các nút mạng đảm bảo tối ưu về kinh tế và kỹ thuật của mạng, các điều kiện phải tuân thủ trong quá trình định tuyến trong mạng PSTN gồm: Không lặp vòng giữa các nút mạng, thủ tục điều khiển đơn giản, sử dụng và quản lý thiết bị hiệu quả và đáp ứng được các yêu cầu thay đổi trong tương lai. Hai phương pháp định tuyến cơ bản thường sử dụng trong mạng chuyển mạch kênh là định tuyến cố định và định tuyến luân phiên.

Định tuyến cố định thường được sử dụng trong các kết nối trực tiếp hoặc các mạng cấp thấp. phương pháp này đơn giản và nhanh chóng khi toàn bộ các hướng đều được ngàm định. Định tuyến cố định bị hạn chế khi xảy ra sự cố và không linh hoạt lựa chọn tuyến, dẫn tới khả năng tắc nghẽn cao khi lưu lượng không ổn định.



Hình 2.12: Định tuyến luân phiên

Định tuyến luân phiên bao gồm hai kiểu luân phiên cố định và luân phiên động, trong thực tế việc áp dụng nguyên tắc định tuyến luân phiên được thực hiện như hình 2.12. Trong đó, lưu

lượng giữa hai nút mạng A và C có thể thực hiện qua hai tuyến: tuyến trực tiếp A-C, tuyến tràn A-T-C. Nguyên tắc chung khi các kênh trên tuyến A-C bị chiếm hết thì lập tức lưu lượng tràn sẽ được chuyển sang tuyến A-T-C. Nếu lúc đó, tuyến A-T-C mà cũng bị chiếm hết thì lưu lượng tràn này sẽ bị tổn thất.

Trong định tuyến như hình 2.12, được gọi là định tuyến luân phiên cố định bởi vì mỗi một tuyến số kênh được khai báo sử dụng là cố định được tính toán dựa trên kết quả dự báo lưu lượng. Trong trường hợp kết quả dự báo lưu lượng sai thì sẽ xảy ra hai trường hợp: lưu lượng sẽ bị tổn thất nhiều dẫn đến chất lượng dịch vụ không cao hoặc các kênh bị thừa nhiều dẫn đến hiệu quả sử dụng kênh không cao.

Trong định tuyến luân phiên tự động, nếu một cuộc gọi thành công trong một tuyến đã cho thì việc chọn mạch đó được lưu lại. Trái lại, đối với lựa chọn hiện tại mà cuộc gọi không thành công thì sẽ thực hiện một lựa chọn mới cho cuộc gọi tiếp theo. Do sử dụng báo hiệu kênh chung giữa các tổng đài kết hợp với các tổng đài có các tuyến nối đến nhiều trung tâm bậc cao hơn thì có thể tạo nên một kế hoạch định tuyến luân phiên tự động phức tạp. Như vậy, nếu một cuộc gọi gặp tắc nghẽn tại mức cao hơn trong phân cấp, nó có thể quay lại tổng đài bậc thấp hơn và chọn một tuyến đi khác.

Định tuyến luân phiên tự động sẽ định tuyến lại các cuộc gọi ra từ một tuyến mức sử dụng cao bất cứ khi nào mà nó không thể chuyển tải lưu lượng được. Điều này có thể xảy ra nếu có sự thay thế tuyến lưu lượng cao hơn hồng hóc. Như thế rất có lợi vì lưu lượng vẫn đến được đích của nó trong khi nó không thể làm được nếu chỉ có các tuyến trực tiếp. Tuy vậy, nếu bổ sung thêm một lưu lượng lớn vào tuyến trung kế có thể gây nên tắc nghẽn các cuộc gọi cho các điểm thu mà chỉ do tuyến này phục vụ (nó sẽ đến hầu hết các tổng đài khác trong mạng). Một giải pháp cho khó khăn này là dành trước đường trung kế. Một phần các mạch trên tuyến cuối cùng được dành riêng cho các cuộc gọi mà chỉ xảy ra trên tuyến đó. Như vậy, các cuộc gọi này vẫn đạt được một mức dịch vụ hợp lý khi lưu lượng tràn qua một tuyến tăng bất thường.

Để khắc phục nhược điểm trên kiểu định tuyến luân phiên động được đưa ra. Nó được chia thành hai loại: định tuyến động theo trạng thái trung kế và định tuyến động theo thời gian.

Nguyên tắc định tuyến động theo trạng thái trung kế : Để truyền tải lưu lượng giữa hai nút mạng, số lượng kênh trên các hướng không gán cố định. Trong trường hợp có các cuộc gọi xuất hiện giữa hai nút trung tâm quản lý mạng sẽ xác định được trạng thái các kênh trên các hướng và điều khiển để chiếm vào một kênh rồi. Để thực hiện được nguyên tắc này cần phải xây dựng được một mạng quản lý tổng thể. Một trung tâm quản lý mạng sẽ kết nối tới tất cả các phần tử trên mạng thông qua một mạng truyền số liệu và xử lý các số liệu về tình trạng chiếm dùng các trung kế.

Nguyên tắc định tuyến động theo thời gian: Trong thực tế lưu lượng xuất hiện trong một khu vực hay giữa hai nút mạng là thay đổi theo giờ trong ngày. Ví dụ nếu vùng phục vụ của hai nút mạng là khu thương mại thì lưu lượng vào buổi sáng hoặc chiều là rất cao, trong khi đó lưu lượng vào buổi tối thấp. Ngược lại, trong các khu dân cư, lưu lượng vào buổi tối thường cao hơn ban ngày. Để đảm bảo đáp ứng được sự thay đổi lớn về lưu lượng như vậy tại các nút mạng số lượng kênh cung cấp cho các tuyến sẽ thay đổi theo nhu cầu một cách tự động (theo giờ). Định tuyến luân phiên tự động phức tạp hơn có thể gây ra tắc nghẽn bắt nguồn từ một phần của mạng dẫn đến sự bùng nổ lưu lượng tràn qua các tuyến khác. Rõ ràng điều này là không mong muốn, nên người ta dựa vào kỹ thuật quản lý mạng. Một trung tâm quản lý tập trung có thể giám sát lưu lượng trên các tuyến khác nhau và nếu cần nó có thể giảm hoặc cắt

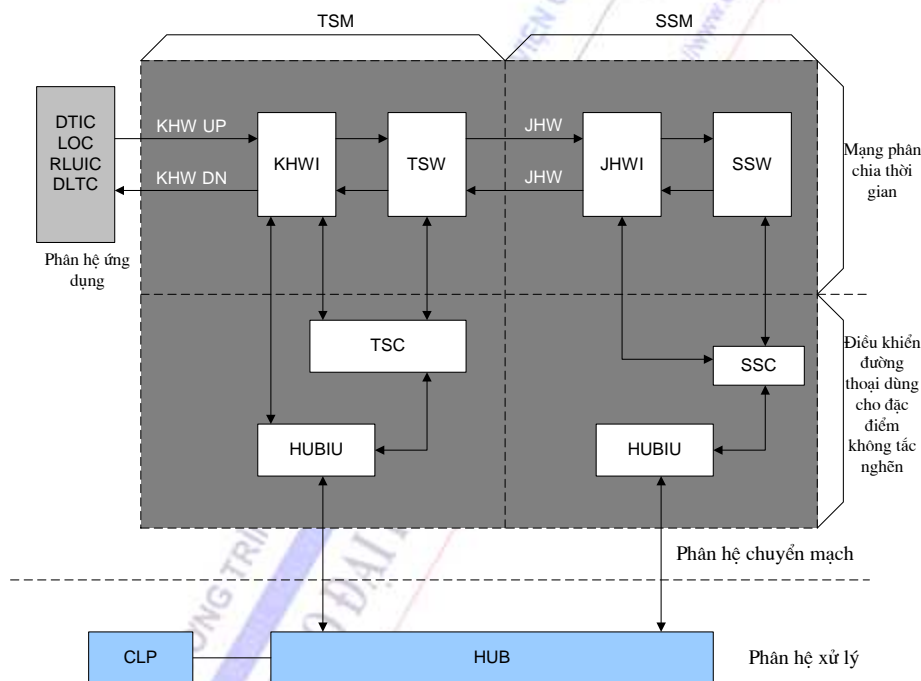
toàn bộ lưu lượng bắt nguồn từ các trung tâm chuyển mạch để ngăn ngừa sự quá tải. Theo kiểu định tuyến chuyển mạch theo thời gian, các thay đổi định tuyến thay thế luôn phù hợp với điều kiện lưu lượng trong mỗi một chu kỳ thời gian (tức là ngày/ đêm, ngày trong tuần, các dịp đặc biệt).

2.4. CÁC TRƯỜNG CHUYỂN MẠCH TRONG THỰC TIỄN

Trong mục này ta xem xét hai dạng cấu trúc trường chuyển mạch thực tế của hệ thống chuyển mạch NEAX-61Σ và hệ thống chuyển mạch A1000 E10.

(i) Trường chuyển mạch trong hệ thống NEAX-61Σ

Hệ thống chuyển mạch NEAX-61Σ chia thành các phân hệ: Phân hệ ứng dụng, phân hệ chuyển mạch, phân hệ xử lý và phân hệ vận hành, bảo dưỡng. Phân hệ chuyển mạch bao gồm mạng chuyển mạch phân chia thời gian, bộ điều khiển đường thoại. Mạng chuyển mạch phân chia thời gian là trường chuyển mạch ghép TST. Bộ điều khiển đường thoại điều khiển chuyển mạch thời gian TSW và chuyển mạch không gian SSW theo các bản tin điều khiển từ bộ xử lý cuộc gọi CLP thông qua HUB trong phân hệ xử lý. Cấu trúc ghép nối trường chuyển mạch được thể hiện trong hình 2.13 dưới đây.



Hình 2.13: Cấu trúc phân hệ chuyển mạch của tổng đài NEAX-61Σ

Các khối chức năng cơ bản trong phân hệ chuyển mạch gồm:

Giao tiếp KHW (KHWI) Card P-8A4W: Nhận các loại tín hiệu từ TSC và tổng hợp các mẫu, đăng ký kênh trạng thái ST rồi gửi chúng tới khối xử lý bản tin giao thức PMH; lựa chọn khối chuyển mạch thời gian TSW làm việc, tìm các lỗi và thông báo tới hệ thống; ghép tín hiệu thoại từ TSW, tín hiệu trạng thái từ khối điều khiển chuyển mạch thời gian TSC và tín hiệu bản tin từ HUBI thành tín hiệu KHW. và gửi tín hiệu KHW tới phân hệ ứng dụng.

Khối giao tiếp Hub (HUBIU) Card P-8A8J: Tập hợp lại các tín hiệu bản tin từ dữ liệu phù hợp nằm trong các tế bào điều khiển nhận được thông qua Hub và gửi các tín hiệu tới TSC và KHWI; tách các tín hiệu bản tin nhận được từ TSC và KHWI, chèn các tín hiệu vào tế bào điều khiển tới Hub.

Khối chuyển mạch thời gian TSW Card P-8A4X: Thực hiện chuyển mạch thời gian của tín hiệu thoại nhận được từ KHWI phù hợp với tín hiệu điều khiển từ TSC và gửi tín hiệu thoại thông qua JHW tới SSW; nhận các thông tin lỗi từ HUBIU, TSW, KHWI và các khối khác và gửi các thông tin tới bộ xử lý cuộc gọi CLP.

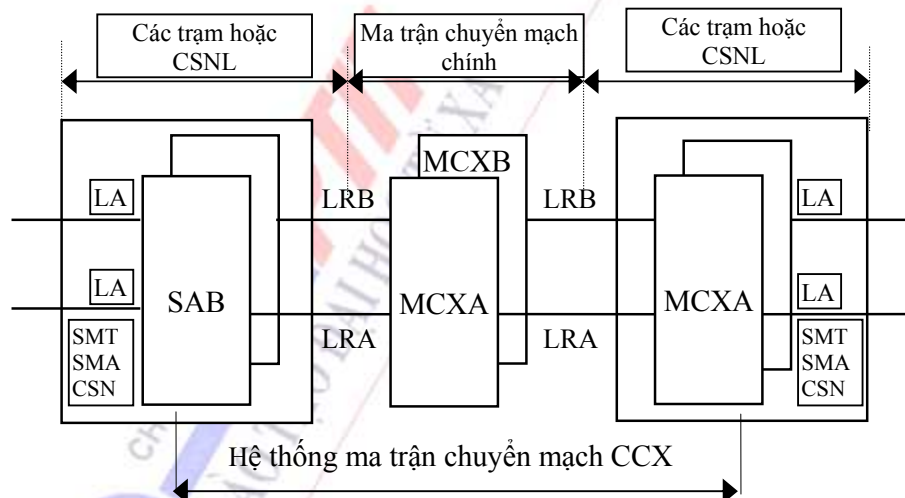
Khối chuyển mạch không gian SSM Card P-8A4S: Thực hiện chuyển mạch không gian và giao tiếp với chuyển tiếp đường cao tốc JHW; thực hiện chuyển mạch không gian của tín hiệu thoại nhận được từ JHWI phù hợp với tín hiệu điều khiển từ SSC và gửi chúng tới JHWI.

(ii) Trường chuyển mạch trong hệ thống A1000 E10.

Hệ thống chuyển mạch A1000 E10 có cấu trúc phân chia theo các trạm (phân hệ). Trường chuyển mạch của hệ thống A1000 E10 nằm trong trạm điều khiển ma trận SMX. Hệ thống ma trận chuyển mạch thiết lập tuyến nối giữa các khe thời gian cho các đơn vị truy nhập thuê bao và các trạm SMT, SMA. Đặc điểm chính của ma trận chuyển mạch là:

- Cấu trúc kép hoàn toàn (2 nhánh CCXA và CCXB) với một tầng chuyển mạch phân chia theo thời gian (T).
- Mở rộng tới 2048 tuyến nối PCM trên một nhánh mà không gây ra gián đoạn.
- Chuyển mạch 16 bit qua mỗi khe thời gian.

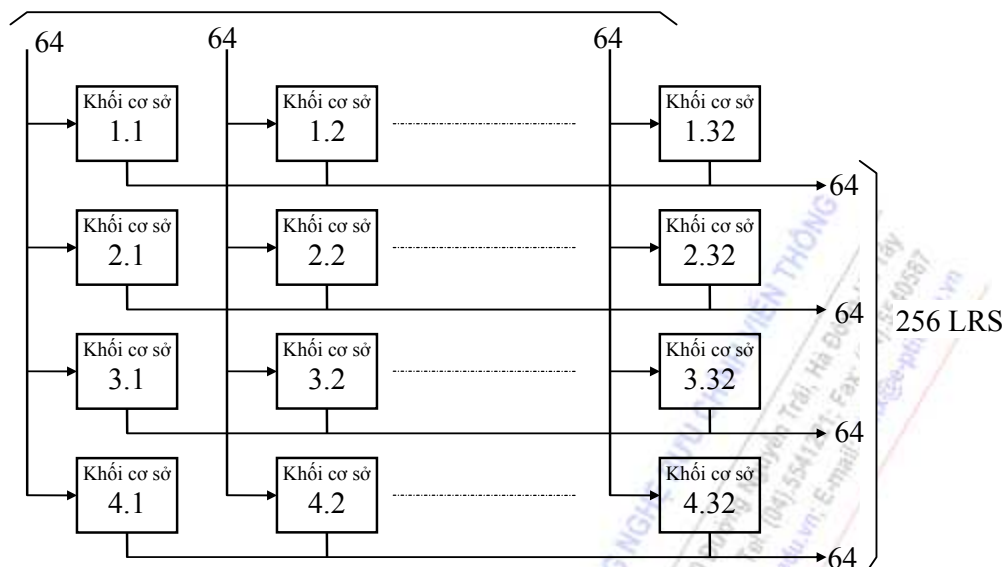
Ngoài 8 bit quy ước của kênh chuyển mạch phân chia theo thời gian, các bit còn lại được dùng như sau: 3 bit điều khiển cung cấp các quá trình kiểm tra chuyển mạch và quản lý việc lặp lại của hệ thống ma trận chuyển mạch; 5 bit thực hiện chuyển mạch ngoài băng, ví dụ bằng cách truyền các tín hiệu kết hợp với các tuyến nối chuyên dụng.



Hình 2.14: Sơ đồ cấu trúc của CCX

Hệ thống ma trận chuyển mạch kép có chứa các thiết bị chọn nhánh và khuếch đại (SAB), một ma trận chuyển mạch chính (MCX) và các đường nối ma trận (LR) với tốc độ 4Mb/s. Các đường nối ma trận được chia thành LRA (đối với nhánh A) và LRB (đối với nhánh B). Cấu trúc của CCX được chỉ ra trên hình 2.14 trên đây.

Ma trận chuyển mạch chính MCX được chia thành 2 nhánh A và B và đứng trên góc độ phần cứng, nó được tạo thành từ các trạm điều khiển đầu nối SMX. Một nhánh của ma trận chuyển mạch chính bao gồm tối đa 8 trạm SMX nhận tín hiệu đồng bộ (8 Mhz) và tín hiệu đồng bộ khung từ khối cơ sở thời gian kép 3 STS.



Hình 2.15: Ma trận chuyển mạch phân chia thời gian của SMX

Mỗi trạm SMX xử lý 256 đường nối ma trận vào (LRE) và 256 đường nối ma trận ra (LRS). Ở đầu vào, khi ra khỏi các giao diện ILR, các đường nối LCXE (đường nối nội bộ tới ma trận chuyển mạch chính, xuất phát từ một SMX tới một SMX khác) cùng số thứ tự được đưa tới vị trí giống nhau của tất cả các trạm SMX. Mỗi ma trận chuyển mạch phân kênh theo thời gian có khả năng chuyển mạch bất kỳ khe thời gian nào trong số 2048 LRE tới bất kỳ khe thời gian nào trong số 256 LRS.

Trong SMX, ma trận phân kênh theo thời gian của nó bao gồm các khối cơ sở chuyển mạch phân kênh theo thời gian 64x64 như trên hình 2.15. Cấu trúc gồm 32 cột, mỗi cột có 4 khối cơ sở tạo một ma trận của SMX với dung lượng tối đa 2048 đường vào LRE và 256 đường ra LRS. Tất cả hoạt động kết nối khe thời gian đều thông qua khối cơ sở và thời gian truyền trung bình là 1 khung (125 ms). SMX là ma trận vuông với một tầng T có cấu trúc kép hoàn toàn, cho phép phát triển đầu nối đến 2048 đường mạng (LR).

Tóm tắt chương 2

Trong chương 2 trình bày về các đặc điểm cơ bản của kỹ thuật chuyển mạch kênh, tập trung vào giải quyết các vấn đề: nguyên lý hoạt động của trường chuyển mạch thời gian, trường chuyển mạch không gian, giải pháp nâng cao dung lượng hệ thống chuyển mạch kênh thông qua phương pháp ghép nối các trường chuyển mạch T và S, nguyên lý cơ bản của kỹ thuật định tuyến trong mạng chuyển mạch kênh và ví dụ về cấu trúc trường chuyển mạch trong thực tiễn.

Chương 3

KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH GÓI

Trong sự phát triển của hạ tầng viễn thông, chuyển mạch gói trở nên rất quan trọng trong hệ thống truyền thông khi các dịch vụ số liệu tăng và vượt số lượng dịch vụ thoại. Chương này sẽ trình bày các đặc điểm quan trọng trong kỹ thuật chuyển mạch gói gồm: cơ sở kỹ thuật chuyển mạch gói, các nguyên tắc, cấu trúc hoạt động của các hệ thống chuyển mạch gói, trường chuyển mạch gói. Với mục tiêu hướng tới các giải pháp kỹ thuật chuyển mạch và định tuyến, hướng tiếp cận trong chương này sẽ xoay quanh mô hình kết nối mở OSI và giới thiệu cụ thể các cấu trúc trường chuyển mạch gói cùng với phương pháp luận nghiên cứu các vấn đề này.

3.1. CƠ SỞ KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH GÓI

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.

Trên hướng tiếp cận tương đối đơn giản từ khía cạnh dịch vụ cung cấp, các dịch vụ được cung cấp trên mạng viễn thông chia thành dịch vụ thoại và dịch vụ phi thoại, trong đó đại diện cho dịch vụ phi thoại là dịch vụ số liệu. Chúng ta hiểu rằng, số hoá và gói hoá thoại là hai vấn đề hoàn toàn khác nhau, trong mạng chuyển mạch điện thoại công cộng PSTN hiện nay tín hiệu thoại đã được số hoá, và kỹ thuật chuyển mạch truyền thống được áp dụng là kỹ thuật chuyển mạch kênh. Dữ liệu thoại chỉ được gọi là đã gói hoá nếu những gói này được chuyển tải trên mạng chuyển mạch gói. Trong mục này chúng ta sẽ xem xét những vấn đề kỹ thuật cơ bản được ứng dụng trong hệ thống chuyển mạch: Kỹ thuật chuyển mạch kênh và kỹ thuật chuyển mạch gói. Mạng điện thoại công cộng (PSTN) được phát triển trên mạng chuyển mạch kênh để cung cấp các dịch vụ thoại truyền thống. Các mạng dữ liệu như các mạng cục bộ LAN (Local Area Network), mạng Internet là mạng chuyển mạch gói rất thích hợp để trao đổi dữ liệu. Trong Bảng 3.1 ta thấy sự khác biệt giữa các dịch vụ thoại (chuyển mạch kênh) và dịch vụ dữ liệu (chuyển mạch gói).

<i>Đặc điểm</i>	<i>Dịch vụ thoại</i>	<i>Dịch vụ dữ liệu</i>
Băng thông	Cố định và thấp (dưới 64kb/s)	thay đổi (có thể lên tới Gb/s)
Bùng phát băng thông	Không	Lớn (100/1000:1)
Nhảy 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

Bảng 3.1: 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

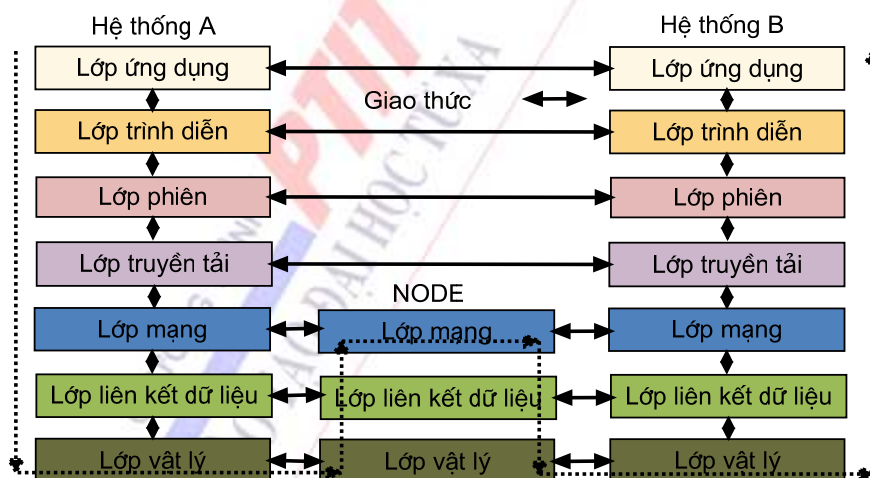
lượng cuộc gọi thoại cũng không vì thế mà tốt hơn. Trái lại, đối với các dịch vụ dữ liệu băng thông rất quan trọng. Một số ứng dụng đòi hỏi băng thông tới 1Gb/s hoặc cao hơn. Sự thay đổi về băng thông thường được gọi là bùng nổ băng thông. Trong khi dịch vụ thoại được cung cấp bởi kỹ thuật chuyển mạch 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.

3.1.1. Mô hình kết nối hệ thống mở OSI.

Trong khoảng giữa những năm 70, công nghiệp máy tính bắt đầu phát triển rất mạnh, và nhu cầu kết nối thông tin qua mạng tăng lên rất nhanh. Các hệ thống máy tính cần trao đổi thông tin qua rất nhiều hình thái khác nhau của mạng. Hệ thống mở ra đời nhằm tiêu chuẩn hoá cho tất cả các đầu nối gọi là mô hình kết nối hệ thống mở OSI.

Mục tiêu của mô hình OSI (Open System Interconnection) là đảm bảo rằng bất kỳ một xử lý ứng dụng nào đều không ảnh hưởng tới trạng thái nguyên thủy của dịch vụ, hoặc các xử lý ứng dụng có thể giao tiếp trực tiếp với các hệ thống máy tính khác trên cùng lớp (nếu các hệ thống cùng được hỗ trợ theo tiêu chuẩn của mô hình OSI). Mô hình OSI cung cấp một khung làm việc tiêu chuẩn cho các hệ thống. Cấu trúc phân lớp được sử dụng trong mô hình và có 7 lớp, có thể phân loại thành 2 vùng chính.



Hình 3.1: Mô hình phân lớp OSI RM

- Lớp thấp cung cấp các dịch vụ đầu cuối - tới - đầu cuối đáp ứng phương tiện truyền số liệu, các chức năng hướng về phía mạng từ lớp 3 tới lớp 1.
- Lớp cao cung cấp các dịch vụ ứng dụng đáp ứng truyền thông tin, các chức năng hướng về người sử dụng từ lớp 4 tới lớp 7.

Mô hình OSI có thể chia thành ba môi trường điều hành:

Môi trường mạng: liên quan tới các giao thức, trao đổi các bản tin và các tiêu chuẩn liên quan tới các kiểu mạng truyền thông số liệu khác nhau.

Môi trường OSI: Cho phép thêm vào các giao thức hướng ứng dụng và các tiêu chuẩn cho phép các hệ thống kết nối trao đổi thông tin tới hệ thống khác theo hướng mở.

Môi trường hệ thống thực: Xây dựng trên mô hình OSI và liên quan tới đặc tính dịch vụ và phần mềm của người sản xuất, nó được phát triển để thực hiện nhiệm vụ xử lý thông tin phân tán trong thực tế.

<i>Các lớp</i>	<i>Chức năng</i>	<i>Ví dụ</i>	<i>Ứng dụng</i>
<i>Lớp ứng dụng</i>	Quản lý truyền thông giữa các ứng dụng	Các giao thức: Telnet, FTP	Sử dụng các bản tin
<i>Lớp trình diễn</i>	Thêm các cấu trúc vào đơn vị số liệu để trao đổi	Giao thức : Biến đổi, nén, giải nén.	Sử dụng kỹ thuật thay đổi số liệu; nén, và giải nén
<i>Lớp phiên</i>	Quản lý các dịch vụ và điều khiển luồng số liệu	Các giao thức: SIP, RTCP	Sử dụng các cuộc gọi thủ tục từ xa
<i>Lớp truyền tải</i>	Độ tin cậy và ghép các số liệu truyền qua mạng	Các giao thức: TCP, UDP	Sử dụng các segments
<i>Lớp mạng</i>	Truyền số liệu qua mạng	Các giao thức: IP, IPX	Sử dụng tiêu đề (datagram)
<i>Lớp liên kết số liệu</i>	Truyền dẫn, khung và điều khiển lỗi	Các giao thức: PPP, HDLC, ATM, FR, MPLS	Sử dụng khung, gói, tế bào
<i>Lớp vật lý</i>	Giao tiếp cơ, điện tới phương tiện truyền thông	Card giao tiếp mạng	Sử dụng bit

Bảng 3.2: Tóm tắt chức năng các lớp của mô hình OSI

Những môi trường này cung cấp những đặc tính sau:

- Giao tiếp giữa các lớp.
- Chức năng của các lớp, giao thức định nghĩa tập hợp của những quy tắc và những quy ước sử dụng bởi lớp để giao tiếp với một lớp tương đương tương tự trong hệ thống từ xa khác.
- Mỗi lớp cung cấp một tập định nghĩa của những dịch vụ tới lớp kế cận.
- Một thực thể chuyển thông tin phải đi qua từng lớp.

Các chức năng chi tiết của các lớp được định nghĩa trong tiêu chuẩn ISO 7498 và chuẩn X.200 của ITU-T. Các đặc tính cơ bản được tóm tắt như sau:

(i). Lớp ứng dụng

Cung cấp các dịch vụ truyền thông của người sử dụng với các dạng thức số liệu, báo hiệu điều khiển và các đáp ứng của các thiết bị đầu cuối, các hệ thống giao thức điều khiển các ứng dụng thông qua các phần tử dịch vụ ứng dụng, quản lý truyền thông giữa các ứng dụng.

(ii). Lớp trình diễn

Lớp trình diễn chịu trách nhiệm tạo ra các khuôn dạng dữ liệu cho lớp ứng dụng tương thích giữa các ứng dụng và hệ thống truyền thông. Các giao thức lớp trình diễn đưa ra các ngôn ngữ, cú pháp và tập đặc tính phù hợp cho truyền thông, đồng thời thống nhất các mã, dữ liệu cho các dịch vụ lớp ứng dụng.

(iii). Lớp phiên

Lớp phiên quản lý các dịch vụ và điều khiển luồng số liệu giữa các người sử dụng tham gia vào phiên truyền thông, các giao thức lớp phiên chỉ ra các luật và phương pháp thực hiện phiên truyền thông mà không can thiệp vào nội dung truyền thông.

(iv). Lớp truyền tải

Lớp truyền tải cung cấp các dịch vụ truyền tải dữ liệu từ đầu cuối tới đầu cuối, cung cấp khả năng truyền tải có độ tin cậy giữa các thiết bị đầu cuối mà không liên quan trực tiếp tới phần cứng mạng truyền thông. Đáp ứng các yêu cầu của lớp phiên qua chất lượng dịch vụ, kích thước đơn vị dữ liệu, điều khiển luồng và các yêu cầu sửa lỗi.

(v). Lớp mạng

Lớp mạng cung cấp chức năng định tuyến, thiết lập và quản lý các kết nối trong mạng, các giao thức lớp mạng cung cấp thông tin về cấu hình logic của mạng, địa chỉ và ánh xạ các kết nối tới các thiết bị vật lý trong mạng.

(vi). Lớp liên kết dữ liệu

Lớp liên kết dữ liệu hoạt động trên các liên kết dữ liệu hoặc một phần mạng của kết nối, lớp liên kết dữ liệu cung cấp các chức năng liên quan tới hệ thống truyền dẫn như đồng bộ, điều khiển luồng dữ liệu, phát hiện và sửa lỗi truyền dẫn và ghép hợp các kênh logic trên đường dẫn vật lý.

(vii). Lớp vật lý

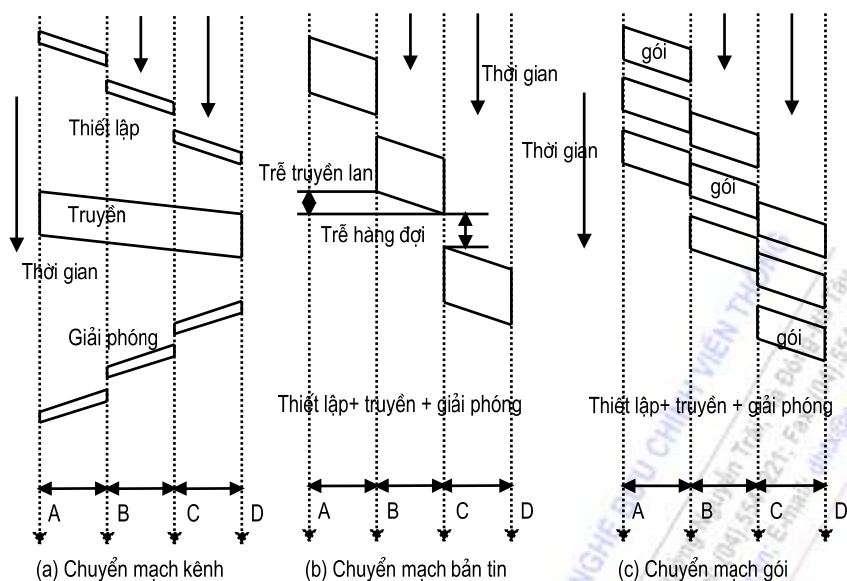
Lớp vật lý cung cấp môi trường truyền dẫn, tín hiệu đồng hồ và cách thức truyền bit trên phương tiện truyền dẫn. Các chuẩn của lớp vật lý cung cấp các đặc tính và nguyên tắc giao tiếp cơ, điện, sóng tới phương tiện truyền thông.

3.1.2. Nguyên tắc cơ bản của chuyển mạch gói

Chương 2 đã xem xét các đặc tính cơ bản của kỹ thuật chuyển mạch kênh, chúng ta nhận thấy rằng 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 theo một giai đoạn duy nhất gồm cả ba giai đoạn.

Hình 3.2 dưới đây chỉ ra sự khác biệt cơ bản xét theo phương diện kết nối của các phương thức chuyển mạch kênh, chuyển mạch bản tin và chuyển mạch gói.



Hình 3.2: Các phương pháp chuyển mạch cơ bản

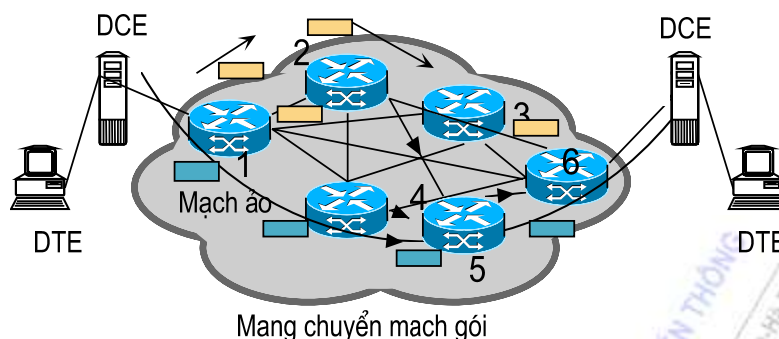
Sự khác biệt giữa chuyển mạch bản tin và chuyển mạch gói nằm tại quá trình xử lý bản tin, chuyển mạch gói thực hiện việc phân đoạn bản tin thành các thực thể phù hợp với đường truyền và cấu hình mạng, các gói có thể có kích thước thay đổi hoặc cố định, phương pháp chuyển mạch với các gói có kích thước cố định được gọi là chuyển mạch tế bào (cell). Như vậy, một bản tin người dùng có thể phân thành nhiều gói. Sau quá trình chuyển mạch các gói sẽ được tái hợp để hoàn nguyên lại thông tin của người sử dụng [7]

Quá trình phân mảnh và tạo gói được thực hiện tại các lớp trong mô hình OSI thể hiện trong hình 3.3 dưới đây.



Hình 3.3: Đóng gói dữ liệu theo mô hình OSI

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 DG (datagram) và chuyển mạch kênh ảo VC (Virtual Circuit). Trên hình 3.4 mô tả sơ lược 2 kiểu chuyển mạch này.



Hình 3.4: Chuyển mạch Datagram và chuyển mạch kênh ảo

(i). *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.

(ii) *Chuyển mạch kênh ảo*: Chuyển mạch kênh ảo VC (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 thỏa 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 không 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

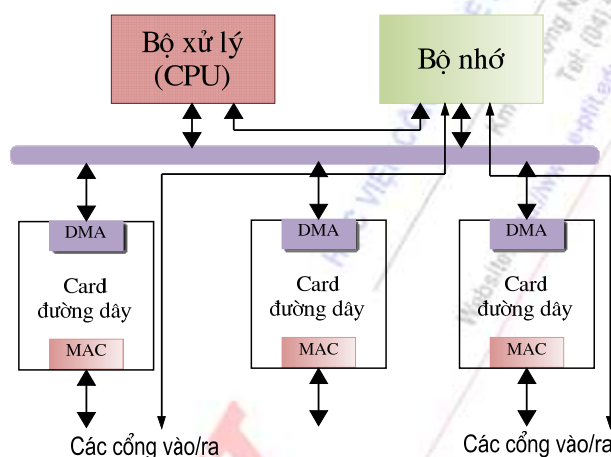
đường và thiết lập đường dẫn sẽ được trình bày trong mục định tuyến. Khi muốn giải phóng kênh ảo, gói tin điều khiển ngắt đầu nối được truyền tới tất cả các thiết bị mà kênh ảo đi qua để giải phóng tài nguyên và kênh ảo sẽ được tái sử dụng cho các kết nối khác.

3.2. CÁC KIẾN TRÚC CỦA TRƯỜNG CHUYỂN MẠCH GÓI

Trước khi tìm hiểu các vấn đề liên quan tới kiến trúc trường chuyển mạch gói, ta xem xét sơ lược các cấu trúc cơ bản của hệ thống chuyển mạch gói hiện nay, các hệ thống chuyển mạch gói trong mạng internet được còn được gọi là các bộ định tuyến.

Đã có rất nhiều cấu trúc được ứng dụng cho các bộ định tuyến, các cấu trúc được lựa chọn để đưa vào khai thác dựa trên rất nhiều yếu tố gồm giá thành, dung lượng, chất lượng yêu cầu và công nghệ hiện thời.

Thế hệ thứ nhất của bộ định tuyến tương đối đơn giản nếu chúng ta nhìn nhận từ phương diện cấu trúc (xem trên hình 3.5).



Hình 3.5: Kiến trúc bộ định tuyến thế hệ đầu tiên

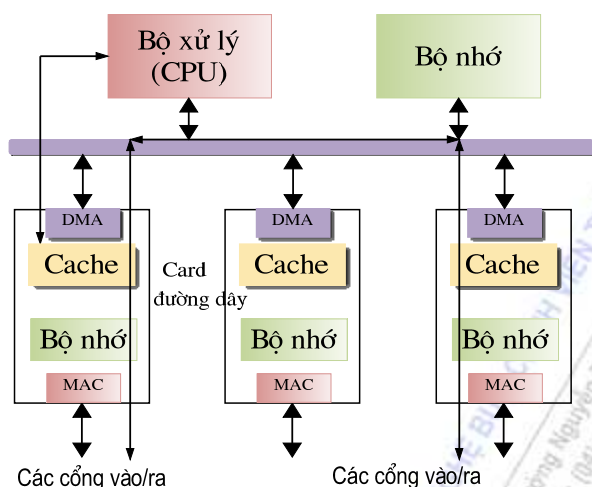
Bộ định tuyến sử dụng bus truyền thống gồm một bộ xử lý tập trung đa chức năng, bộ đệm tập trung và một BUS chung chia sẻ dữ liệu cho các card đường truyền đầu vào và đầu ra. Bộ định tuyến nhận các gói tin tại giao diện và gửi các gói tin này tới bộ xử lý trung tâm (CPU). CPU có nhiệm vụ xác định chặng đến tiếp theo của gói tin và gửi chúng tới giao diện đầu ra tương ứng. Các gói tin đi vào bộ định tuyến phải được truyền trên cùng một bus để lập lịch trình tới đầu ra và thường được lưu đệm tại một bộ nhớ dữ liệu tập trung. Các card giao tiếp đường truyền là các thiết bị không chứa khả năng xử lý gói.

Nhược điểm cơ bản của mô hình kiến trúc này là dữ liệu phải đi hai lần qua bus sau khi vào bộ định tuyến và bus chỉ có thể được sử dụng cho một card đường truyền tại một thời điểm. Một nhược điểm khác nữa là hệ thống xử lý của bộ định tuyến, với chức năng đa xử lý, CPU sẽ phải thực hiện rất nhiều công việc gồm cả chức năng định tuyến lẫn chuyển gói, nó tạo ra một tải trọng lớn cho các bộ xử lý đồng thời tạo ra hiện tượng nghẽn cổ chai tại bộ định tuyến.

Hiệu năng của bộ định tuyến thế hệ đầu tiên phụ thuộc rất lớn vào tốc độ bus và năng lực xử lý của bộ xử lý trung tâm. Kiến trúc này không thể đáp ứng được nhu cầu lưu lượng ngày càng tăng của các giao diện mạng với tốc độ lên tới nhiều gigabit.

Thiết kế cơ bản của bộ định tuyến thế hệ thứ hai được chỉ ra trên hình 3.6 sau đây. Bộ định tuyến được bổ sung các bộ xử lý ASIC và một vài bộ nhớ trong card đường truyền nhằm phân tán hoạt động chuyển gói, giảm lưu lượng tải trên bus dùng chung. Những thành phần bổ sung

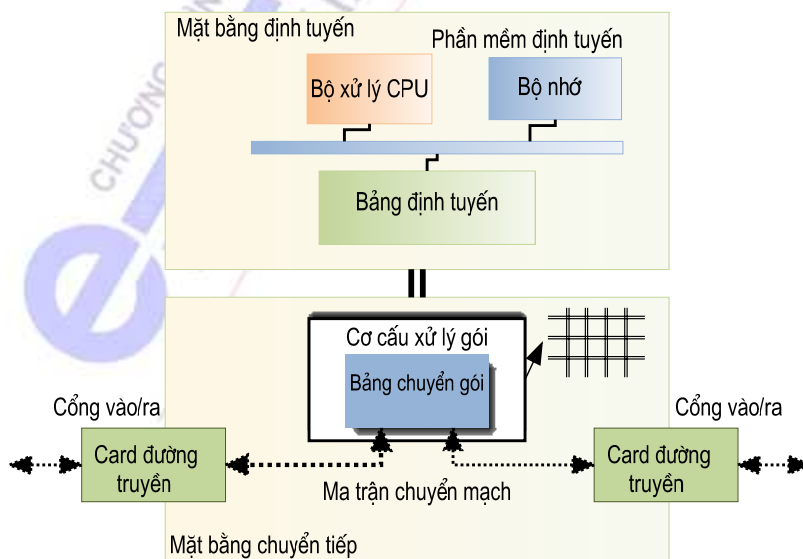
này có thể thực hiện tìm kiếm trong tiêu đề gói tin các thông tin và thực hiện lưu đệm gói tin đến khi bus rỗi, có nghĩa là kiến trúc này cho phép xử lý gói tin ngay tại các giao diện.



Hình 3.6: Kiến trúc bộ định tuyến thế hệ thứ hai

Trong kiến trúc này, bộ định tuyến giữ một bảng định tuyến trung tâm và các bộ xử lý vệ tinh tại các giao diện mạng. Nếu một tuyến nối không có sẵn trong bảng lưu đệm thì giao diện sẽ yêu cầu tới bảng biên dịch tại trung tâm, như vậy, tại tốc độ cao các bộ xử lý trung tâm vẫn xảy ra hiện tượng tắc nghẽn vì có quá nhiều yêu cầu cần xử lý tại các giao diện mạng và thời gian xử lý chậm hơn rất nhiều nếu như dữ liệu này đã được cache tại card đường dây.

Hạn chế cơ bản của kiến trúc này là lưu lượng phụ thuộc rất lớn vào khả năng xử lý của CPU và năng lực của BUS, tuy nhiên chúng ta có thể thấy rõ biện pháp cải thiện hiệu năng hệ thống qua việc tăng cường tính năng cho các giao diện, bằng cách sử dụng bộ nhớ lớn hơn với các bảng định tuyến có kích thước tăng lên. Một giải pháp khác nhằm phân tán và giảm tốc độ truyền bằng các khối chuyển gói song song, như vậy cấu trúc này tận dụng được băng thông của BUS sử dụng chung. Tuy nhiên, các bộ định tuyến thế hệ 2 chỉ tồn tại trong một khoảng thời gian ngắn vì không hỗ trợ được yêu cầu thông lượng lại mạng lỗi, cấu trúc sử dụng bus làm phương tiện truyền đã bộc lộ điểm yếu rõ rệt và rất khó thiết kế tại tốc độ cao.



Hình 3.7: Kiến trúc của bộ định tuyến thế hệ thứ ba

Để giải quyết vấn đề tắc nghẽn của các bộ định tuyến thế hệ thứ hai, thế hệ bộ định tuyến thứ ba được thiết kế với mục tiêu thay thế bus sử dụng chung băng trường chuyển mạch. Các thiết kế cho bộ định tuyến thế hệ thứ 3 nhằm giải quyết 3 vấn đề tiềm tàng trước đây: Năng lực xử lý, kích thước bộ nhớ, và băng thông của bus. Cả 3 vấn đề này đều có thể tránh được bằng cách sử dụng một kiến trúc với nền tảng là ma trận chuyển mạch và các giao diện được thiết kế hợp lý.

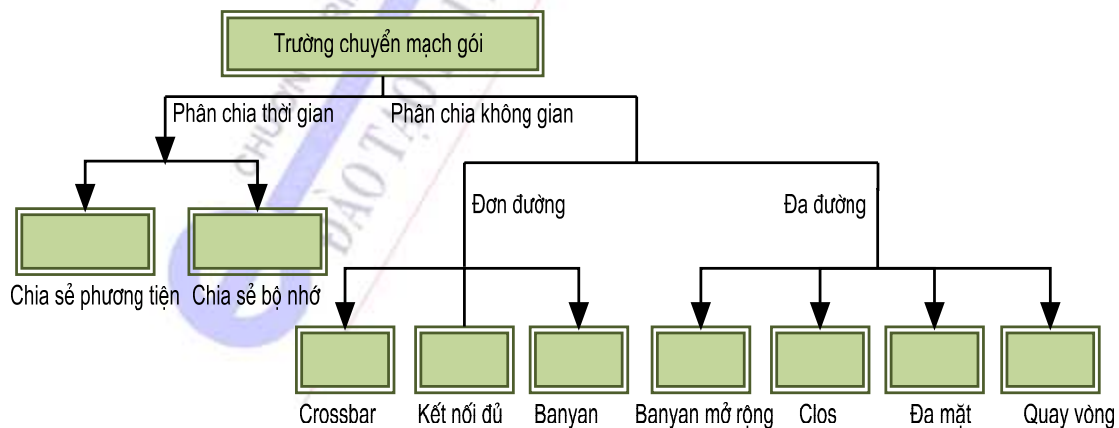
Hình 3.7 chỉ ra một kiến trúc thông dụng nhất, bộ định tuyến được chia thành hai mặt bằng xử lý riêng biệt: Mặt bằng định tuyến gồm bộ xử lý, bộ nhớ điều hành và cơ sở dữ liệu sử dụng cho các giao thức định tuyến; mặt bằng chuyển tiếp gói tin được xây dựng trên cơ sở ma trận chuyển mạch gói và được điều khiển trực tiếp bởi bảng thông tin chuyển tiếp gói tin. Một bước tiến quan trọng trong việc xây dựng các bộ định tuyến hiệu năng cao là tăng cường xử lý cho từng giao diện mạng để giảm thiểu khối lượng xử lý và nguồn tài nguyên bộ nhớ của bộ định tuyến. Các bộ xử lý đa năng và các mạch tích hợp đặc biệt hoàn toàn có thể giải quyết vấn đề này. Tuy nhiên, khả năng xử lý tổng thể cho các gói tin qua hệ thống như thế nào còn phụ thuộc vào khả năng tìm và chọn tuyến, cũng như kiến trúc trường chuyển mạch được lựa chọn.

3.2.1 Tổng quan về kiến trúc trường chuyển mạch gói

Như phần trên đã trình bày các thế hệ bộ định tuyến không sử dụng trường chuyển mạch trong mặt bằng chuyển tiếp gặp rất nhiều trở ngại khi xử lý tốc độ cao bởi các giới hạn của bộ xử lý về mặt tốc độ, kiến trúc không phân tán chức năng và được coi như là một kiểu chuyển mạch phân chia thời gian. Nên hầu hết các bộ định tuyến tốc độ cao hiện nay đều sử dụng trường chuyển mạch không gian.

Các trường chuyển mạch gói có khả năng lưu đệm và chuyển tiếp các gói tin có độ dài thay đổi hoặc cố định, nên chiến lược sử dụng bộ đệm phải phù hợp với kiến trúc của trường chuyển mạch, các bộ đệm có thể được bố trí tại đầu vào, đầu ra hoặc trung tâm trường chuyển mạch. Các vấn đề liên quan đến sử dụng bộ đệm sẽ được trình bày cụ thể trong mục 3.2.3.

Hình 3.8 dưới đây chỉ ra một cách nhìn tổng quan về các kiểu kiến trúc trường chuyển mạch gói. Mô hình này dựa trên cách phân chia của công nghệ chuyển mạch tế bào ATM, là công nghệ chuyển mạch gói có kích thước gói cố định. Các ứng dụng trường chuyển mạch tốc độ cao phổ biến hiện nay đều dựa trên nguyên tắc chuyển mạch kiểu tế bào này [4].



Hình 3.8: Phân loại trường chuyển mạch gói

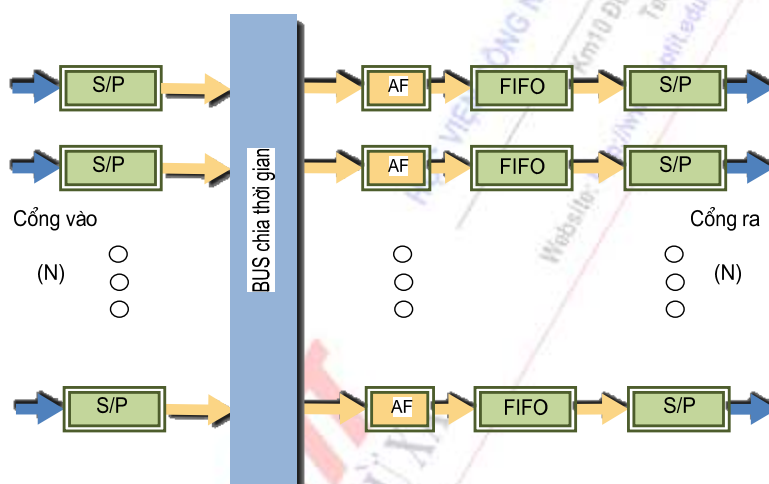
Dựa trên kỹ thuật chuyển mạch các trường chuyển mạch gói được phân chia thành hai nhóm tương tự như trong kỹ thuật chuyển mạch kênh: Chuyển mạch phân chia theo thời gian TDS (Time Division Switching) và chuyển mạch phân chia không gian SDS (Space Division Switching).

Switching). Chuyển mạch phân chia thời gian TDS chia thành hai kiểu: chia sẻ bộ nhớ và chia sẻ phương tiện. Chuyển mạch phân chia theo không gian chia thành hai nhánh chính: Chuyển mạch đơn đường và chuyển mạch đa đường. Trong mục này chúng ta xem xét một số đặc điểm cơ bản, các ưu nhược điểm của các ma trận chuyển mạch này.

(i) Chuyển mạch phân chia thời gian

Cấu trúc chuyển mạch phân chia theo thời gian TDS được nhìn nhận như một cấu trúc truyền thông đơn chia sẻ tài nguyên cho các gói tin vào/ra hệ thống. Thành phần chia sẻ tài nguyên này có thể là Bus, mạch vòng Ring hoặc bộ nhớ. Nhược điểm lớn nhất của kỹ thuật này là giới hạn dung lượng của cấu trúc truyền thông nội. Tuy nhiên, các cấu trúc này có thể dễ dàng mở rộng để hỗ trợ cho các điều hành kết nối đa hướng hoặc multicast. Một số bộ định tuyến IP vẫn sử dụng kiến trúc này và thuộc về các thể hệ đầu và thế hệ hai của bộ định tuyến.

Chuyển mạch chia sẻ phương tiện: Trong chuyển mạch chia sẻ phương tiện, các gói tin tại cổng vào được ghép kênh theo thời gian và chuyển trên phương tiện (bus hoặc mạch vòng ring). Độ thông qua của phương tiện chia sẻ này quyết định năng lực của toàn bộ chuyển mạch.

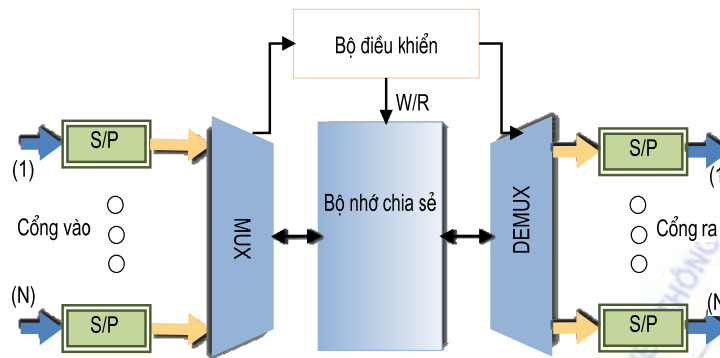


Hình 3.9: Cấu trúc trường chuyển mạch chia sẻ phương tiện

Như chỉ ra trên hình 3.9 các cổng đầu ra được gắn trực tiếp với bộ lọc địa chỉ AF (Address Filter) và bộ đệm FIFO (First in First Out). AF xác định địa chỉ của các cổng đầu vào và lọc các địa chỉ có đầu ra tương ứng trên cổng đầu ra. Các bộ lọc địa chỉ và các bộ đệm trên các cổng đầu ra hoạt động độc lập và có thể thiết kế riêng biệt nhưng điều đó cũng là trở ngại khi số lượng mạch logic lớn. Để thực hiện chuyển mạch qua phương tiện sử dụng chung, hệ thống chuyển mạch chia thời gian thành N khe thời gian TS và trong các khe thời gian nhất định các gói được truyền qua phương tiện chung.

Điểm bất lợi lớn nhất của kiến trúc này là kích thước trường chuyển mạch N bị giới hạn bởi tốc độ bộ nhớ. Trong thực tế, khi tất cả N gói đầu vào đều cùng ra một cổng đầu ra, FIFO không thể lưu toàn bộ N gói tin trong một khe thời gian nếu trường chuyển mạch có kích thước lớn và tốc độ đầu vào quá cao. Việc thiếu bộ nhớ đệm FIFO sẽ gây tắc nghẽn cục bộ tại đầu ra và các gói sẽ bị tổn thất trong khi đó các bộ nhớ tại các cổng khác có thể còn trống mà không được sử dụng.

Chuyển mạch chia sẻ bộ nhớ: Trong cấu trúc chia sẻ bộ nhớ như chỉ ra trên hình 3.10 dưới đây, các gói tin được ghép theo thời gian thành một luồng dữ liệu đơn và chuyển tuần tự vào bộ nhớ chia sẻ.



Hình 3.10: Kiến trúc trường chuyển mạch chia sẻ bộ nhớ

Căn cứ vào tiêu đề của gói tin, các gói tin sẽ được chuyển tới các đầu ra tương ứng. Địa chỉ để cung cấp cho các gói tin ghi vào và đọc ra được điều khiển bởi module điều khiển theo các thông tin trong tiêu đề gói tin.

Ưu điểm của kiểu trường chuyển mạch chia sẻ bộ nhớ này là có thể tối ưu được bộ nhớ khi chia sẻ tài nguyên. Kích thước của bộ nhớ có thể đặt phù hợp với yêu cầu để giữ tỉ lệ mất mát tế bào dưới một giá trị chọn trước. Tuy nhiên, nhược điểm chính cũng nảy sinh từ vấn đề bộ nhớ này, bộ nhớ phải duy trì một không gian tối thiểu đồng thời phải mềm dẻo để đáp ứng sự bùng nổ của lưu lượng. Đồng thời tốc độ ghi đọc bộ nhớ phải lớn gấp N lần tốc độ luồng đầu vào (λN). Có hai kiểu chia sẻ bộ nhớ là phân hoạch hoàn toàn và chung hoàn toàn. Hai kiểu chia sẻ này hướng tới hai tiêu chí ngược nhau: tiêu chí chia sẻ và tiêu chí công bằng. Vì vậy, nếu chọn một tiêu chí thì tiêu chí còn lại sẽ là nhược điểm.

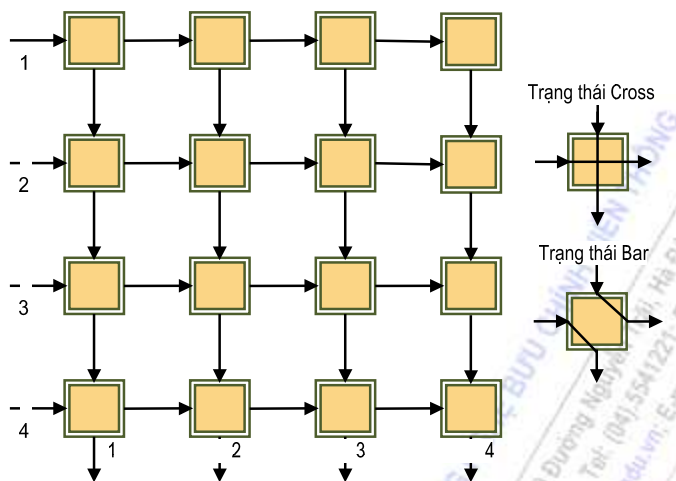
(ii) Chuyển mạch phân chia không gian

Trong chuyển mạch không gian các đường dẫn được thiết lập đồng thời giữa các cổng đầu vào và các cổng đầu ra, hoạt động cùng một tốc độ số liệu như tại đầu vào và đầu ra. Hơn nữa, ở đây không cần bộ điều khiển tập trung mà được phân bố trong toàn bộ trường chuyển mạch. Theo lý thuyết, dung lượng của trường chuyển mạch không gian là vô hạn, tuy nhiên trong thực tế dung lượng bị hạn chế bởi số lượng các đầu nối vật lý, giới hạn của kết nối và đồng bộ hệ thống.

Trường chuyển mạch phân chia theo không gian có thể không đáp ứng được việc thiết lập cho tất cả các yêu cầu đầu nối đồng thời và nó phụ thuộc rất nhiều vào cấu trúc của chuyển mạch. Trường hợp đó gọi là tắc nghẽn nội, và đó là vấn đề trung tâm của trường chuyển mạch không gian. Thậm chí nếu trường chuyển mạch là không tắc nghẽn, vẫn có thể xảy ra trường hợp có nhiều hơn 1 đầu vào cùng muốn đầu nối tới đầu ra trong cùng một thời điểm. Đây là hiện tượng gọi là nghẽn đầu ra. Vấn đề tranh chấp đầu ra được giải quyết bởi giải pháp bố trí các bộ đệm trong trường chuyển mạch. Các kiểu bố trí bộ đệm sẽ được trình bày trong mục 3.2.3.

SDS được phân chia dựa trên số lượng đường dẫn khả dụng giữa các cặp đầu vào và đầu ra, trong các chuyển mạch đơn đường, chỉ tồn tại một đường dẫn giữa một cặp đầu vào/ra, trong khi chuyển mạch đa đường tồn tại nhiều hơn một đường dẫn giữa một cặp đầu vào/ra. Trong chuyển mạch đơn đường có các kiểu chuyển mạch crosbar, chuyển mạch kết nối đầy đủ và chuyển mạch banyan. Trong chuyển mạch đa đường gồm: chuyển mạch Banyan mở rộng, chuyển mạch clos, chuyển mạch đa mặt và chuyển mạch quay vòng.

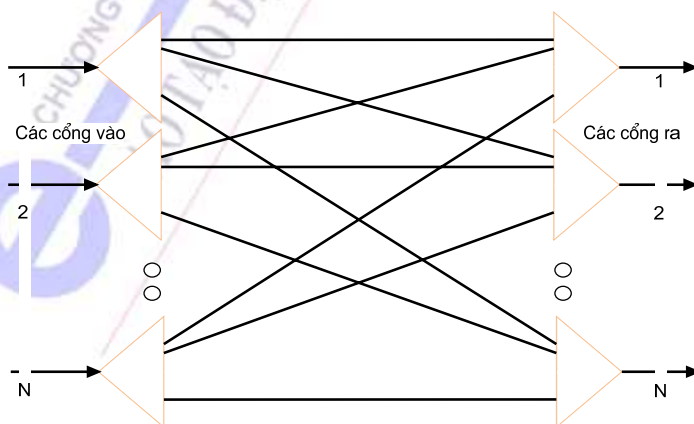
Chuyển mạch crossbar: Chuyển mạch crossbar là một ma trận chuyển mạch hai chiều thường là ma trận vuông ($N \times N$), được cấu tạo bởi các phần tử kết nối chéo hai trạng thái (cross – bar). Hình 3.11 chỉ ra ví dụ của một ma trận crossbar kích thước (4x4).



Hình 3.11: Kiến trúc ma trận chuyển mạch Crossbar

Trong kỹ thuật chuyển mạch kênh, các tiếp điểm được điều khiển từ một trung tâm điều khiển khu vực LOC (Local Controller). Trong ma trận crossbar của kỹ thuật chuyển mạch gói, các phần tử đầu nối chéo thực hiện trực tiếp việc kết nối. Đặc tính tự kết nối là một đặc điểm riêng của trường chuyển mạch gói, chức năng này còn được gọi là chức năng tự định tuyến (sẽ được đề cập ở mục 4.2.2). Kiến trúc trường chuyển mạch kiểu Crossbar có 3 đặc điểm ưu việt: Không tắc nghẽn nội, cấu trúc đơn giản và có thể cấu trúc theo module. Tuy nhiên, độ phức tạp phần cứng sẽ tăng theo số lượng điểm kết nối chéo và bằng $O(N^2)$ và vẫn có thể xảy ra khả năng tranh chấp đầu ra.

Chuyển mạch kết nối đầy đủ: Trường chuyển mạch với các kết nối trung gian đầy đủ cho phép các gói tin luôn lựa chọn được một tuyến đường giữa hai cổng của trường chuyển mạch. Kiểu kết nối này đảm bảo khả năng không tắc nghẽn của trường chuyển mạch nhưng tăng độ phức tạp của phần cứng khi số điểm kết nối tăng lên. Trường chuyển mạch kết nối đầy đủ hoạt động tương tự như trường chuyển mạch chia sẻ phương tiện. Hình 3.12 chỉ ra một ví dụ của kiểu trường chuyển mạch kết nối đầy đủ.

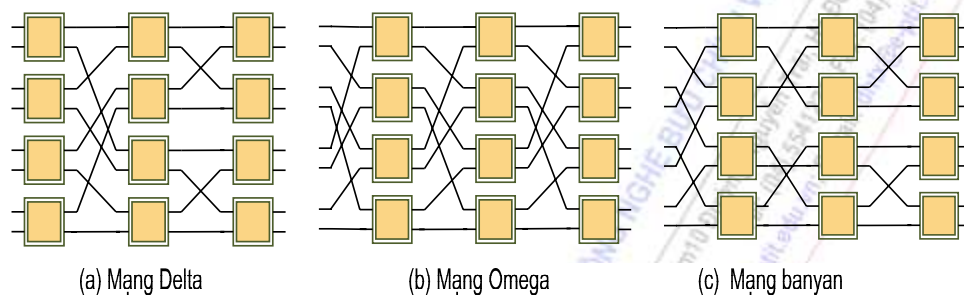


Hình 3.12: Chuyển mạch không gian kiểu kết nối đầy đủ

Các gói tin đầu vào được phát quảng bá trên toàn bộ các cổng đầu ra, vì vậy một số gói từ các đầu vào khác nhau có thể yêu cầu ra đồng thời một cổng đầu ra tại một thời điểm, để giải

quyết vấn đề này các bộ đệm sẽ được bố trí tại trung tâm hoặc tại đầu ra của các cổng. Chuyển mạch kết nối đầy đủ có tốc độ xử lý tiêu đề rất lớn không gian tiêu đề yêu cầu N^2 bus quảng bá riêng biệt. Đây chính là nhược điểm lớn nhất của kiểu trường chuyển mạch này. Ưu điểm của trường chuyển mạch kết nối đầy đủ nằm ở chỗ đơn giản và cấu trúc không tắc nghẽn.

Chuyển mạch dựa trên cấu trúc Banyan: Chuyển mạch dựa trên cấu trúc banyan là một họ chuyển mạch tự định tuyến dựa trên các phần tử chuyển mạch (2×2) . Mạng banyan là mạng cho phép kết nối bất kỳ một đầu vào đến một đầu ra bất kỳ. Các trường chuyển mạch trong họ Banyan gồm có: delta, omega và mạng banyan. Sự khác biệt chủ yếu của các trường chuyển mạch là cách kết nối trung gian như chỉ ra trên hình 3.13 dưới đây.

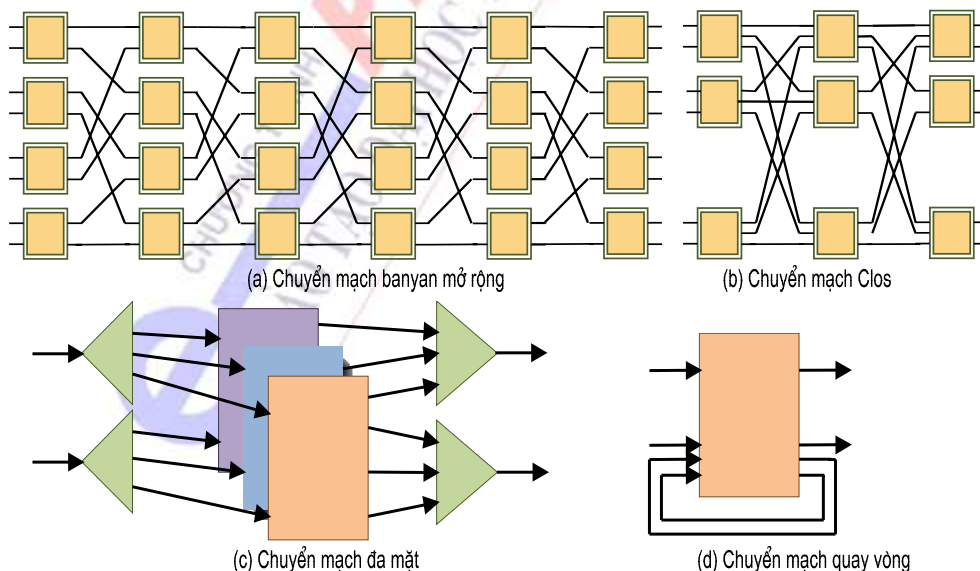


Hình 3.13: Các trường chuyển mạch trong họ banyan

Các kiểu chuyển mạch dựa trên cấu trúc banyan có một số ưu điểm chính:

- Độ phức tạp phần cứng của các điểm kết nối chéo giảm xuống $O(N \log_{10} N)$;
- Không cần cơ chế định tuyến;
- Có thể xây dựng các cấu trúc song song để phục vụ cho các kết nối đa đường.

Một nhược điểm cơ bản của các trường chuyển mạch dựa trên cấu trúc banyan là tắc nghẽn nội. Tắc nghẽn nội làm giảm hiệu năng của trường chuyển mạch đáng kể khi kích thước của trường chuyển mạch tăng lên. Giải pháp hiện nay đối với các trường chuyển mạch này là sử dụng bộ đệm hoặc tăng tốc độ của các liên kết giữa các trường chuyển mạch.



Hình 3.14: Kiến trúc các trường chuyển mạch đa đường

Chuyển mạch dựa trên cấu trúc banyan mở rộng: Kiến trúc trường chuyển mạch banyan mở rộng trình bày trên hình 3.14 (a), đây là phương pháp mở rộng theo chiều ngang. Việc mở rộng thêm tầng chuyển mạch đồng nghĩa với việc tạo thêm cơ hội chọn đường cho các gói tin đi trong nội bộ trường chuyển mạch. Vì vậy, hiện tượng mất gói sẽ giảm xuống so với trường chuyển mạch banyan. Nhược điểm của trường chuyển mạch dựa trên cấu trúc mạng banyan mở rộng là vấn đề định tuyến phức tạp cùng với độ phức tạp phần cứng sẽ tăng lên cùng với số điểm kết nối chéo.

Chuyển mạch dựa trên cấu trúc ghép Clos: Trong mục 2.2.3 tại chương 2 đã trình bày về phương pháp ghép nối Clos, trường chuyển mạch clos cho phép giảm độ phức tạp của hệ thống xuống còn $O(N^{3/2})$ như trên công thức 2.7. Nhược điểm của trường chuyển mạch này là cần có một cơ chế điều khiển thông minh và nhanh để sắp xếp các gói tin vào ma trận chuyển mạch. Trong thực tế, rất khó đạt được khả năng không tắc nghẽn nếu trường chuyển mạch không phải là trường chuyển mạch không tắc nghẽn hoàn toàn, nhất là với các dạng lưu lượng không đồng dạng như lưu lượng mạng chuyển mạch gói. Việc tăng các kết nối trung gian cũng sẽ làm giảm khả năng tắc nghẽn nhưng đồng thời lại làm tăng độ phức tạp của điều khiển. Một giải pháp khác có thể thực hiện để khắc phục nhược điểm trên là bố trí bộ đệm vào tầng chuyển mạch trung gian.

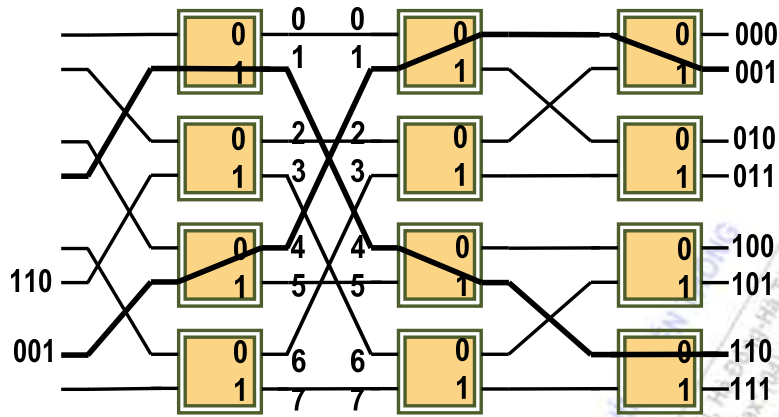
Chuyển mạch dựa trên cấu trúc đa mặt: Như chỉ ra trên hình 3.14 (c) trường chuyển mạch gồm nhiều mặt nhằm mục đích tăng khả năng thông qua của trường chuyển mạch. Sử dụng một số kỹ thuật nhằm phân chia lưu lượng đầu vào. Chuyển mạch dựa trên cấu trúc đa mặt giảm hiện tượng tranh chấp trong trường chuyển mạch. Các ưu điểm khác của kiểu kiến trúc này là tốc độ của đầu ra chỉ bằng tốc độ đầu vào và độ tin cậy của hệ thống sẽ tăng lên khi có các trường chuyển mạch hoạt động song song. Tuy nhiên, tính tuần tự của các gói tin sẽ không được đảm bảo nếu như không cùng được truyền trên cùng một mặt.

Chuyển mạch dựa trên cấu trúc quay vòng: Chuyển mạch quay vòng chỉ ra trên hình 3.14 (d) được thiết kế để tránh tranh chấp đầu ra. Việc quay vòng các gói tin không tìm đúng địa chỉ đích về các cổng đầu vào tương tự như một quá trình trễ thời gian. Tỷ lệ tổn thất gói tin sẽ giảm xuống và làm tăng độ thông qua của trường chuyển mạch. Tuy nhiên, nhược điểm của chuyển mạch quay vòng là yêu cầu số lượng chuyển mạch lớn tương ứng với số cổng, hơn nữa việc quay vòng có thể gây ra lỗi nên cần phải thêm một số cơ chế điều khiển và làm phức tạp hơn cho hệ thống chuyển mạch.

3.2.2 Các trường chuyển mạch mạng Banyan

Như mục 3.2.1 đã trình bày, có rất nhiều kiểu trường chuyển mạch sử dụng trong công nghệ chuyển mạch gói, mỗi một kiểu kiến trúc đều có những ưu nhược điểm riêng. Các kiểu kiến trúc chuyển mạch ghép đa tầng thường được sử dụng trong các hệ thống chuyển mạch gói trong thực tế, điều này cũng xảy ra tương tự như trong kỹ thuật chuyển mạch kênh. Trong mục này ta tập trung vào một số vấn đề cơ bản liên quan tới các trường chuyển mạch banyan. Các đặc tính cơ bản của mạng banyan gồm:

- (1) Mạng banyan gồm $k = \log_2 N$ tầng và mỗi tầng có $N/2$ node.
- (2) Mạng banyan có đặc tính tự định tuyến qua sử dụng k bit địa chỉ, mỗi bit sử dụng để định tuyến qua một tầng.
- (3) Luật đấu nối dễ dàng được thực hiện bằng các mạch điện tử tích hợp cao VLSI.



Hình 3.15: Ví dụ về mạng banyan (8x8)

Hình 3.15 trên đây chỉ ra một ví dụ về định tuyến qua mạng banyan (8x8) đơn giản với các phần tử đầu nối là ma trận (2x2), trong trường hợp tổng quát mạng banyan được cấu thành từ các phần tử ma trận (b x b). Các đường đậm chỉ ra con đường định tuyến, tuyến nối xác định bằng một chuỗi gồm k bit nằm trong tiêu đề của gói tin (b_1, b_2, \dots, b_k). Tại tầng đầu tiên, bit b_1 được kiểm tra: nếu giá trị $b_1 = 0$ gói tin sẽ được chuyển ra đường liên kết ra phía trên, nếu giá trị $b_1 = 1$ gói tin sẽ được chuyển ra đường liên kết phía dưới. Tương tự như vậy cho đến tầng cuối cùng.

(i) Đặc tính kết nối liên tầng của mạng banyan.

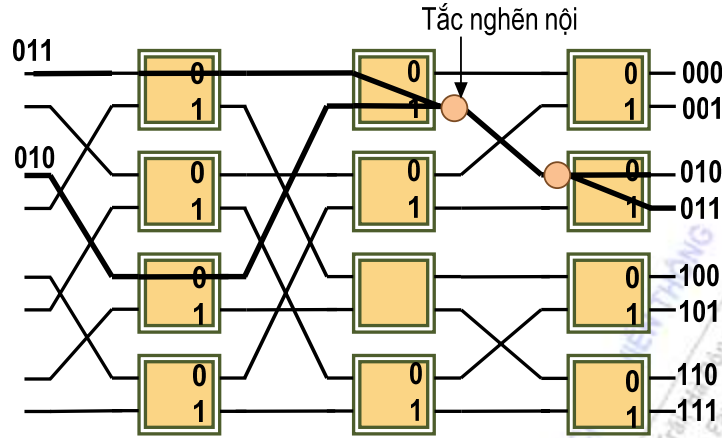
Các kết nối chéo có thể thể hiện dưới dạng hàm đầu vào ví dụ trên hình 3.15 ta có: $I(0) = 0, I(1) = 2, I(2) = 4, I(3) = 6, I(4) = 1, I(5) = 3, I(6) = 5, I(7) = 7$. Đặt p là chỉ số liên kết tầng và $p_2 p_1 p_0$ là dãy nhị phân biểu diễn số liên kết. Ví dụ: $p = 3$ (011 dưới dạng mã nhị phân) thì $p_2 = 0, p_1 = p_0 = 1$. ta có $I(p_2 p_1 p_0) = p_1 p_0 p_2$. Bằng một phép chuyển đơn giản ta có được một hoán vị xáo trộn, với dãy k bit, hoán vị tương tự như lệnh quay trái của vi xử lý và có thể biểu diễn dưới công thức sau:

$$p_{k-1} p_{k-2} \dots p_0 \rightarrow p_{k-2} \dots p_0 p_{k-1} \quad (3.1)$$

Như vậy, các đặc tính (1), (2) hoàn toàn được thỏa mãn như trên hình 3.15 chỉ ra, ma trận ghép hợp đầu nối như trên hình có nhiệm vụ cân bằng lưu lượng đầu vào tới các tầng trung gian. Công thức 3.1 giải thích đặc tính (3) khi sử dụng các tính năng cơ bản của vi xử lý để thực hiện đầu nối liên tầng.

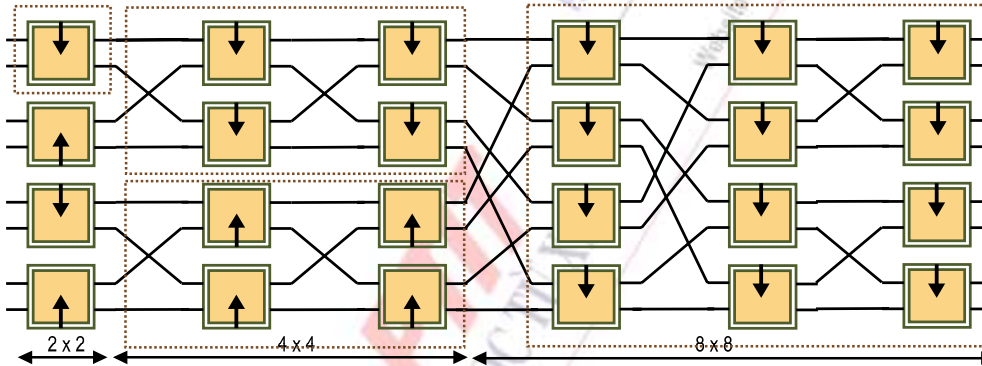
(ii) Hiện tượng tắc nghẽn nội trong mạng banyan.

Hiện tượng tắc nghẽn nội trong trường chuyển mạch banyan xảy ra khi có hiện tượng tranh chấp liên kết giữa các tầng chuyển mạch. Nói cách khác, hiện tượng tắc nghẽn nội xảy ra khi : không có một đầu vào rồi giữa hai đầu vào hoạt động bất kỳ và các địa chỉ đầu ra của các gói đều trên cùng một cổng phía trên hoặc phía dưới. Hình 3.16 dưới đây chỉ ra hiện tượng nghẽn nội của ma trận banyan.



Hình 3.16: Hiện tượng nghẽn nội trong chuyển mạch Banyan

Để tránh hiện tượng nghẽn nội cũng như nâng cao hiệu năng chuyển mạch, mạng banyan thường được kết hợp với kỹ thuật phân lô batcher. Mạng phân lô được tạo ra từ một loạt các mạng ghép hợp với các kích thước khác nhau, mạng ghép hợp (Merge) là mạng có khả năng phân lô hai chuỗi có thứ tự có chiều dài $N/2$ thành một chuỗi có thứ tự chiều dài N . Hình 3.17 chỉ ra mạng phân lô batcher (8×8) gồm 3 mạng ghép hợp với 3 kích thước khác nhau: Bốn ma trận kích thước (2×2); Hai ma trận kích thước (4×4) và một ma trận kích thước (8×8).



Hình 3.17: Mạng phân lô kết nối kiểu banyan

Mạng ghép hợp được tạo thành từ các phần tử (2×2) trong các tầng và kết nối giữa các phần tử tương tự như mạng banyan. Ta giả thiết rằng, nếu thứ tự của các nửa tầng đầu vào đầu tiên tăng dần và tầng thứ hai giảm dần thì mạng ghép hợp sẽ phân lô thành một danh sách tăng dần tại các đầu ra (đặc tính bitonic).

Danh sách ngẫu nhiên của 8 gói đầu vào sẽ được phân thành 4 danh sách hai gói \rightarrow 2 danh sách 4 gói và cuối cùng là một danh sách của 8 gói. Một mạng ghép hợp ($N \times N$) gồm $\log_2 N$ tầng, mỗi tầng chứa $N/2$ phần tử chuyển mạch vậy tổng số chuyển mạch là: $S(N) = (N \log_2 N)/2$ chuyển mạch. Vậy mạng phân lô sẽ có $1 + 2 + \dots + \log_2 N = (\log_2 N)(\log_2 N + 1)/4$ tầng và có $(N \log_2 N)(\log_2 N + 1)/4$ phần tử. Mỗi một phần tử chuyển mạch có hai trạng thái (0,1) vì vậy số trạng thái được tính theo công thức 3.2 dưới đây:

$$St_{banyan} = 2^{\frac{N}{2} \log_2 N} = \sqrt{N^N} \quad (3.2)$$

Để tìm các điều kiện không tắc nghẽn nội trong mạng ghép hợp phân lô, ta xem xét trường hợp sau:

Xét trường hợp hai gói tin cùng đi vào trường chuyển mạch có địa chỉ nguồn và địa chỉ đích tương ứng như sau: gói thứ nhất $P1(s,d)$, gói thứ hai $P2(s',d')$. Giả thiết $d' > d$ và $s' > s$.

Khi hai gói cùng đi ra từ mạng phân lô ta có $d'-d \geq s'-s$. Cần phải chứng minh rằng hai gói tin này phải được chuyển trên các liên kết khác nhau tại tất cả các liên kết tầng. Ta xét tại tầng i theo công thức 3.1 ta có chỉ số của liên kết gồm một dãy số:

- $d_{k-1} \dots d_{k-i}$ và $s_{k-i-1} \dots s_0$ cho gói thứ nhất
- $d'_{k-1} \dots d'_{k-i}$ và $s'_{k-i-1} \dots s'_0$ cho gói thứ hai

Tại đây có hai trường hợp cần phải xem xét: (i) nếu một hoặc nhiều hơn một bit trong tập $d_{k-1} \dots d_{k-i}$ và $d'_{k-1} \dots d'_{k-i}$ khác nhau thì hai gói sẽ đi trên hai liên kết khác nhau; (ii) mặt khác, $d' - d < 2^{k-i}$ điều đó có nghĩa là hai đích nhỏ hơn 2^{k-i} khoảng liên kết. Khi ta có $d - d' \geq s - s'$, $2^{k-i} > s' - s > 0$, nên các nguồn cũng phải nhỏ hơn 2^{k-i} khoảng liên kết. Vì vậy, ít nhất là có một bit khác nhau giữa $s_{k-i-1} \dots s_0$ và $s'_{k-i-1} \dots s'_0$, điều đó chứng tỏ rằng hai gói sẽ đi trên hai liên kết khác nhau.

3.2.3 Các chiến lược sử dụng bộ đệm trong trường chuyển mạch

Một trong những tiêu chí quan trọng nhất trong các bài toán thiết kế xây dựng trường chuyển mạch là hiệu năng của trường chuyển mạch. Hiệu năng của trường chuyển mạch được đánh giá qua rất nhiều tham số và đều hướng tới sự tối ưu các tham số. Một số tham số cơ bản của trường mạch gói gồm:

(i) *Khả năng thông qua của trường chuyển mạch*: Đó là lưu lượng truyền qua trường chuyển mạch, được định nghĩa như là xác suất một gói tin truyền trong một khe qua trường chuyển mạch tới đầu ra. Độ thông qua tối đa của trường chuyển mạch thường được gọi là dung lượng chuyển mạch, chỉ thị mức tải thực hiện được khi đầu vào có mức tải cao nhất.

(ii) *Độ trễ trung bình của gói*: Thời gian trung bình yêu cầu của chuyển mạch để chuyển các gói từ đầu vào tới đầu ra theo yêu cầu.

(iii) *Xác suất mất gói*: Được định nghĩa như là xác suất mà các gói nhận được trong đầu vào mất trong trường chuyển mạch vì tràn bộ đệm hoặc do tranh chấp.

Một hệ thống chuyển mạch lý tưởng cần phải chuyển tất cả các gói mà không gây mất mát với trễ truyền có thể nhỏ nhất, với thứ tự gói ổn định. Hiệu năng của chuyển mạch ảnh hưởng bởi mẫu lưu lượng của các gói đi đến trường chuyển mạch.

Quá trình đến đơn giản nhất mô tả cho các gói đi đến trường chuyển mạch là quá trình bernoulli, là dãy các gói đến đầu vào chuyển mạch độc lập với p là xác suất đến trong một khe thời gian. Thêm nữa, yêu cầu phân bổ tới đích tại đầu ra là đồng dạng với kiểu gói đầu vào, kiểu lưu lượng này còn gọi Mẫu ngẫu nhiên đồng dạng. Trong trường hợp thực tế, mẫu lưu lượng thể hiện tính độc lập giữa dòng các gói đầu vào và các gói đầu ra. Hơn nữa, các gói tới đầu vào trường chuyển mạch có thể không tuân theo bất kỳ một mẫu lưu lượng nào, ví dụ tất cả các gói đến cùng một lúc và cùng muốn đi ra trên cùng một cổng.

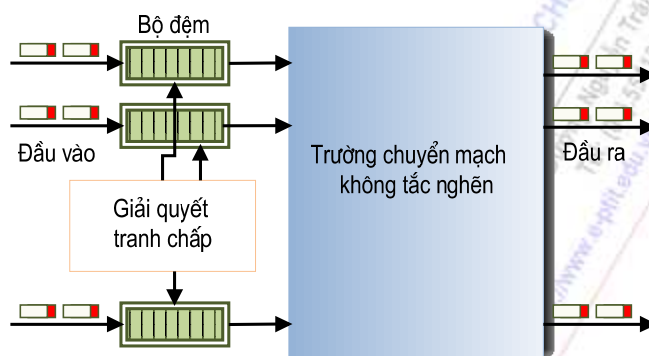
Trong kỹ thuật chuyển mạch tế bào các mẫu lưu lượng đến được chia thành hai dạng: Mẫu lưu lượng đến ngẫu nhiên theo tiến trình bernoulli, mẫu lưu lượng bùng nổ đến theo mô hình ON/OFF. Các kiểu kiến trúc trường chuyển mạch phân chia không gian trình bày trên mục 3.2.3 cũng nhằm mục đích phân bổ lại lưu lượng đầu vào phù hợp với kiến trúc trường chuyển mạch. Các kỹ thuật trên đã giải quyết được phần nào các yêu cầu về khả năng không tắc nghẽn (i), tồn thất gói (iii) và cải thiện độ thông qua của trường chuyển mạch. Các vấn đề liên quan

tới trễ trong trường chuyển mạch liên quan trực tiếp tới cấu trúc trường chuyển mạch và là nhược điểm cơ bản của các trường chuyển mạch kiểu quay vòng gói tin.

Một hướng tiếp cận khác được sử dụng rộng rãi trong các trường chuyển mạch là chiến lược bố trí các bộ đệm nhằm giải quyết tranh chấp, phối hợp lưu lượng và cải thiện độ thông qua của các trường chuyển mạch sẽ được trình bày vắn tắt dưới đây. Các chiến lược sử dụng bộ đệm sắp xếp các hàng đợi tại các vị trí : đầu vào, trung tâm và đầu ra của trường chuyển mạch.

a) Chuyển mạch đệm đầu vào

Các trường chuyển mạch đệm đầu vào gồm một ma trận không gian bố trí các bộ đệm tại tất cả các cổng đầu vào để giải quyết vấn đề tranh chấp. Mô hình trường chuyển mạch đệm đầu vào được chỉ ra trên hình 3.18 dưới đây.



Hình 3.18: Chuyển mạch bố trí đệm đầu vào

Cấu trúc trường chuyển mạch gồm ba khối chức năng :

- Bộ đệm đầu vào;
- Khối chuyển mạch không nghẽn;
- Khối giải quyết tranh chấp.

Các gói tin được lưu giữ đầu tiên tại các bộ đệm đầu vào chờ cho đến khi đầu ra rỗi. Mạng chuyển mạch không tắc nghẽn thực hiện chức năng định tuyến nội bộ, có thể được cấu trúc từ các ma trận crossbar. Khối giải quyết tranh chấp phân bổ các cặp đầu vào và các cặp đầu ra. Một ưu điểm quan trọng của chuyển mạch hàng đợi đầu vào là chuyển mạch tốc độ cao có thể thực hiện dễ dàng, bởi vì với chuyển mạch hàng đợi đầu vào có tốc độ hoạt động bộ đệm mong muốn (tốc độ ghi/đọc bộ nhớ) cân bằng và xấp xỉ với tốc độ cổng. Vì vậy, chuyển mạch với cơ chế đệm đầu vào có thể tăng kích thước tương đối dễ dàng.

Tuy nhiên, chuyển mạch đệm đầu vào phải đối mặt với vấn đề độ thông qua bị hạn chế bởi hiện tượng nghẽn đầu dòng HOL (Head Of Line) và vấn đề sắp xếp các gói tin để tránh tranh chấp tại đầu ra của trường chuyển mạch không gian. Vấn đề đầu tiên có thể được giải quyết thông qua việc tăng tốc độ điều khiển trường chuyển mạch hoặc mở rộng các liên kết trung gian. Vấn đề chống tranh chấp cổng đầu ra sẽ được thực hiện qua các lược đồ điều khiển, một lược đồ điều khiển thông dụng nhất đã được đề xuất bởi HUI [4] qua thuật toán chiếm công 3 giai đoạn. Ngoài ra còn một số lược đồ dựa trên kiểu quay vòng các khoảng thời gian chiếm công và phương pháp chiếm công đầu ra ảo.

(i) *Độ thông qua của trường chuyển mạch đệm đầu vào*: Độ thông qua của trường chuyển mạch đệm đầu vào chỉ đạt 58,6% do hiện tượng nghẽn đầu dòng HOL. Một số phân tích dưới đây chỉ ra tính toán lý thuyết cho giới hạn này. Giả thiết trường chuyển mạch trong trạng thái

bảo hoà và luôn có một gói tin trong bộ đệm cần chuyển, bất cứ khi nào có một gói được chuyển tới đầu ra thì có ngay một gói khác chiếm vị trí đầu của bộ đệm.

Gọi B_{mi} là số lượng các gói trong vị trí đầu bộ đệm muốn tới đầu ra i trong khe thời gian m , chỉ có 01 gói tin được chuyển trong khe thời gian m . Gọi A_{mi} là số lượng các gói được chuyển đi tới đầu ra i từ vị trí đầu của bộ đệm trong khe thời gian m . Mỗi quan hệ trên được biểu diễn trong công thức 3.3.

$$B_{mi} = \max(0, B_{(m-1)i} + A_{mi} - 1) \quad (3.3)$$

Công thức 3.3 trên tương tự như phương trình tính toán cho một hàng đợi đơn, khi B_{mi} là số lượng gói trong hàng đợi i trong khe thời gian m , A_{mi} là số gói đến hàng đợi trong khe thời gian m . Nói cách khác, mỗi cổng đầu ra i có thể coi như là một hàng đợi ảo. Ta xem xét hàng đợi ảo này với F_{m-1} là số lượng gói chuyển quan trường chuyển mạch trong khe thời gian $(m-1)$ ta có:

$$P(A_{mi} = k) = \left(\frac{F_{m-1}}{k}\right) \left(\frac{1}{N}\right) \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{F_{m-1}-k} \quad (3.4)$$

$$\text{Khi } 0 \leq k \leq F_{m-1} \text{ và } F_{m-1} = N - \sum_{i=1}^N B_{(m-1)i} = \sum_{i=1}^N A_{mi} \quad (3.5)$$

Tốc độ chuyển trên mỗi cổng đầu ra là $\rho_0 = \bar{F}/N$ khi $N \rightarrow \infty$ A_{mi} là phân bố poisson với tốc độ đến ρ_0 , hàng đợi đầu ra ảo tương đương với hệ thống M/D/1 với thời gian đợi trung bình được đưa ra bởi công thức 3.6:

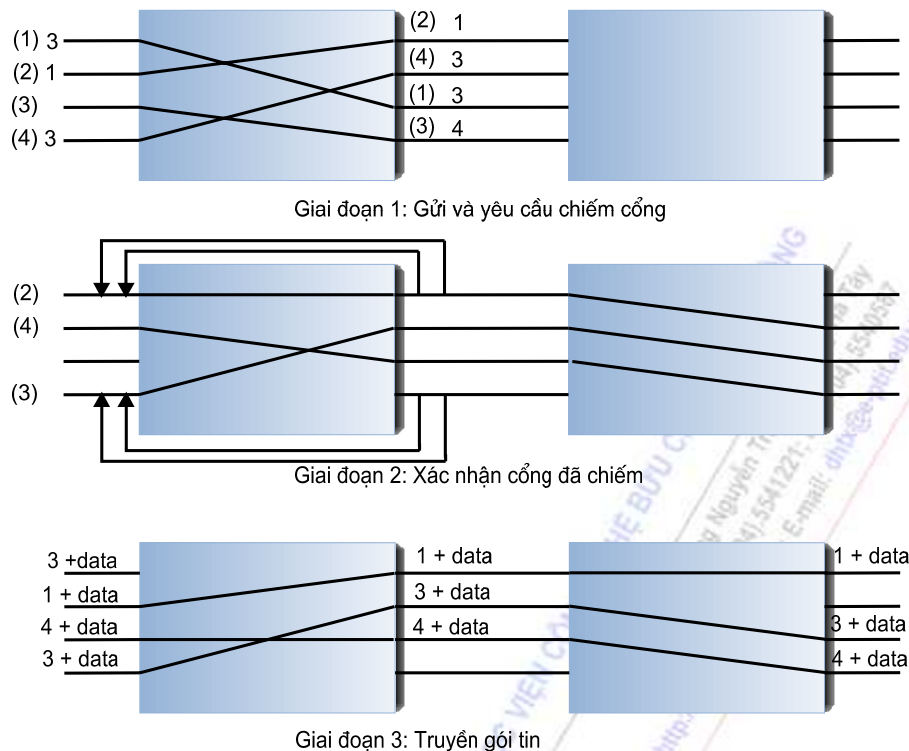
$$\bar{B}_i = \frac{\rho_0^2}{2(1-\rho_0)} \quad (3.6)$$

Mặt khác ta có:

$$\bar{B}_i = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{B}_i}{N} = \frac{N - \bar{F}}{N} = 1 - \rho_0 \quad (3.7)$$

Ghép hai kết quả của công thức 3.6 và công thức 3.7 ta có $\rho_0 = 2 - \sqrt{2} = 58,6\%$.

(ii) *Thuật toán giải tranh chấp 3 pha*: Thuật toán giải tranh chấp 3 giai đoạn gồm: Tìm kiếm, xác nhận chiếm cổng, và gửi gói tin. Trong pha thứ nhất, tất cả các đầu vào đều có các gói đầu tiên của hàng (HOL), gửi gói yêu cầu, chỉ chứa địa chỉ nguồn và địa chỉ đích qua mạng lô. Các gói được phân loại bởi mạng lô loại phù hợp với đích yêu cầu. Tất cả các gói sẽ được lọc tìm địa chỉ đích. Gói tìm thấy sẽ được vòng lại, tất cả các gói đầu vào có các gói vòng lại sẽ gửi gói xác nhận ACK, chứa địa chỉ nguồn của gói vòng như là địa chỉ đích cần đi tới, qua mạng Lô-banyan. Các đầu ra của mạng banyan được cặp với các đầu vào để xác nhận đường chiếm. Các đường chiếm của cổng đầu vào tiếp tục gửi gói HOL (pha 2 và 3) qua mạng, và các bộ đệm đầu vào chờ đợi chu kỳ thời gian tiếp theo sau khi gửi gói đi từ bộ đệm. Hoạt động 3 pha này được mô tả trên hình 3.19.



Hình 3.19: Lưu đồ xử lý 3 giai đoạn chống tranh chấp

Nhược điểm chủ yếu của lược đồ này nằm tại 2 pha đầu khi xử lý tiêu đề. Quá trình gửi thông tin chiếm cổng và xác nhận cổng sẽ làm trễ quá trình xử lý gói tin trong trường chuyển mạch, nhất là khi trường chuyển mạch được yêu cầu xử lý tốc độ cao. Các yếu tố phụ thuộc vào tốc độ xử lý nằm tại kích thước của trường chuyển mạch và kích thước của trường thông tin. Với giả thiết ma trận chuyển mạch có kích thước (1000x1000) và các gói có độ dài 1000 bit, tiêu đề chiếm khoảng 14%. Điều này ngụ ý rằng trường chuyển mạch phải hoạt động ít nhất tại tốc độ 170Mb/s để chuyển các luồng 150Mb/s.

(iii) *Thuật toán giải quyết tranh chấp dựa trên kiểu nghịch vòng*: Thuật toán mạch vòng không cần chức năng phân loại, phối hợp giữa các bộ đệm đầu vào được thực hiện trên hai chu kỳ phục vụ: thứ nhất cho nghẽn đầu ra qua kích hoạt các bộ điều khiển đệm, thứ hai là chỉ định các đầu ra không thể phục vụ tới các bộ điều khiển đệm còn lại. Cơ chế nghịch vòng là cơ chế phân chia thời gian logic theo chu kỳ chọn cổng chuyển mạch. Trong lược đồ này, các bộ điều khiển cổng đầu vào được liên đầu nối thành cấu trúc mạch vòng. Một token được tạo ra tuần tự tương ứng tới tất cả các cổng đầu ra. Token được chiếm khi nó tới tại cổng đầu tiên chứa đầu ra liên kết với token. Đầu vào nào chiếm token đầu tiên, thì sẽ được phép chuyển gói tin tới cổng đầu ra tương ứng. Ma trận chuyển mạch không cần đẩy tốc độ lên mà vẫn thực hiện được nhiệm vụ chuyển mạch.

Tuy nhiên, có hai điểm hạn chế với kiểu cấu trúc này; tốc độ bit tăng lên trong mạch vòng với kích thước của chuyển mạch và không thỏa mãn điều kiện công bằng tại quá trình chiếm token. Lược đồ này chỉ thích hợp cho các trường chuyển mạch nhỏ.

(iv) *Các cấu trúc giải quyết tranh chấp khác*: Chuyển mạch sử dụng hàng đợi đầu vào cũng có thể cải thiện được để nâng cao hiệu năng của trường chuyển mạch. Nó được lưu ý khi tải cao, các gói sẽ bị rơi theo thứ tự ưu tiên. Có thể giải thích bằng thực tế, khi lưu lượng đầu vào là rất cao để duy trì các cổng đầu ra bận thay vì loại bỏ bớt lưu lượng bằng cách bỏ bớt các gói.

Với hai thuật toán giải quyết tranh chấp có thể coi là một bước phát triển lớn khi so sánh với các chuyển mạch hàng đợi đầu vào thuần túy. Chúng không đảm bảo được tỉ lệ mất mát tế bào khi lưu lượng cao. Để duy trì tỉ lệ mất mát tế bào, các con đường phải được tìm ra để điều khiển nghẽn HOL. nghẽn HOL có thể giảm đi theo nhiều cách: chuyển mạch mở rộng, kỹ thuật cửa sổ, hoặc kỹ thuật nhóm kênh.

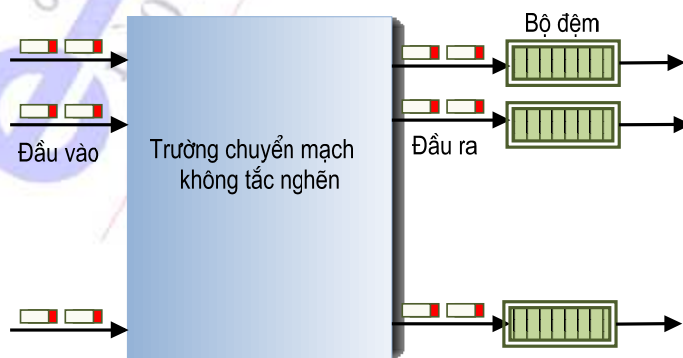
Một kỹ thuật nữa thường sử dụng cho chuyển mạch có bộ đệm đầu vào là kỹ thuật cửa sổ. Trong kỹ thuật này, tất cả các đầu vào được cho phép gửi các yêu cầu cho các gói của nó tuần tự trong hàng đợi tại điểm bắt đầu của khe thời gian, cho đến khi một trong sổ chúng được chiếm hoặc có một con sổ chắc chắn của các lần thử tối đa (gọi là cửa sổ) được tìm thấy. Thực tế nó không vượt quá một cửa sổ kích thước w , khi nó có nghĩa là các thuật toán trước đây chạy w lần, vì vậy nó cần tốc độ bit rất cao. Nó chỉ ra qua mô phỏng rằng độ thông qua tăng lên cùng với kích thước của cửa sổ w . Nhưng sự cải tiến này không sử dụng w lớn hơn 4 vì tại $w=4$ độ thông qua đã đạt 0.8.

Một kỹ thuật khác cũng có thể được sử dụng để nâng cao độ thông qua tối đa (khả năng của trường chuyển mạch) là kỹ thuật nhóm kênh. Trong kỹ thuật này, các đầu ra chuyển mạch được chia thành các nhóm kênh kích thước R và các gói được cộng vào các nhóm kênh thay vì tồn tại dưới dạng kênh riêng biệt. Nó có khả năng cải thiện hiệu năng, khi tổng tải cung cấp đồng thời trên cùng một nhóm kênh không giống như tải trung bình vì số lượng nguồn phục vụ lớn cho một nhóm kênh.

Tuy nhiên, còn có một số vấn đề cần quan tâm trong mô hình này là trong một khe thời gian không chỉ có đầu ra xung đột mà còn phải xử lý tránh xung đột cho cả một nhóm kênh khi được chỉ định trên cùng một tuyến truyền dẫn trong cùng thời gian. Mạng chỉ định nhóm kênh trong trường hợp cửa sổ kích thước N chạy trên $\log_2 R$ tầng địa chỉ phần cứng. Độ thông qua có thể đạt được trong trường hợp này là 0.9 trong trường hợp nhóm kênh là 32. Với cùng một kích thước nhóm kênh và cửa sổ, cải thiện độ thông qua trong lược đồ này đơn giản hơn so với lược đồ cửa sổ.

b) Chuyển mạch đệm đầu ra

Như chỉ ra trên hình 3.20, chuyển mạch đệm đầu ra được thực hiện bởi một ma trận chuyển mạch không gian đầu vào và mỗi đầu ra chuyển mạch được trang bị một bộ đệm. Các tế bào tranh chấp cùng một đầu ra sẽ được lưu trữ tạm thời vào trong các bộ đệm này. Với chuyển mạch $(N \times N)$ trong trường hợp xấu nhất sẽ có N tế bào tranh chấp trong một khoảng thời gian một tế bào. Vì vậy, tốc độ mong muốn của các bộ đệm đầu ra là lớn hơn N lần tốc độ đường liên kết.

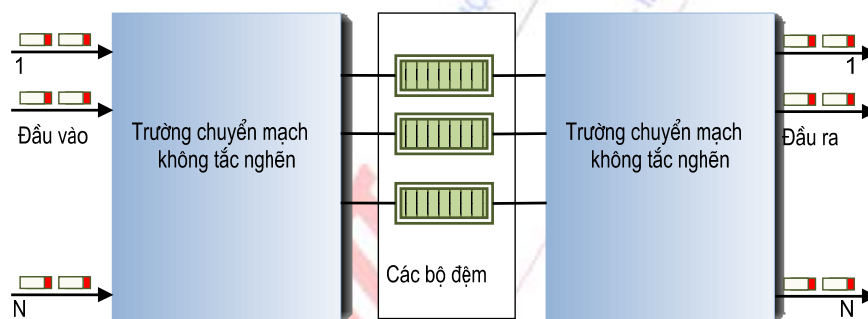


Hình 3.20: Chuyển mạch đệm đầu ra

Vì các chuyển mạch hàng đợi đầu ra không bị nghẽn đầu dòng tiêu đề HOL, nên hiệu năng của trường chuyển mạch này tốt hơn so với các trường chuyển mạch trang bị bộ đệm đầu vào. Theo lý thuyết xếp hàng, xác suất mất gói được xác định bởi hiệu quả của liên kết và kích thước bộ đệm. Nếu bộ đệm có kích thước N thì không có hiện tượng mất mát gói tin, trong khi dung lượng bộ đệm là $(k \leq N)$ thì số gói tin có khả năng bị mất do tràn bộ đệm là $(N-k)$. Một số tính toán cho thấy kích thước hàng đợi thường rất nhỏ (khoảng 2 tế bào) thì vẫn đảm bảo được hiệu suất sử dụng liên kết là 0.8 [6]. Nếu hàng đợi được sử dụng riêng rẽ thì kích thước trường chuyển mạch ảnh hưởng rất hạn chế tới độ trễ trung bình. Các tính toán lý thuyết cho thấy độ thông qua của trường chuyển mạch đệm đầu ra có thể đạt tới 81%.

c) Chuyển mạch có bộ đệm trung tâm

Bộ đệm trung tâm cũng được biết đến với tên gọi là hàng đợi chia xẻ. Các trường chuyển mạch có bộ đệm trung tâm chỉ có một hàng đợi được chia xẻ cho các đầu vào và các đầu ra. Cấu trúc cơ bản của trường chuyển mạch có bộ đệm trung tâm chỉ ra trên hình 3.21. Với kiểu hàng đợi trung tâm, tồn tại một bộ nhớ trung tâm có thể được truy nhập bởi tất cả các đầu vào và các đầu ra. Các tế bào đến được lưu trữ tạm thời trong bộ đệm và các đầu ra sẽ lựa chọn các tế bào có đích tới nó để đọc ra. Như vậy, giới hạn của trường chuyển mạch kiểu này là tốc độ truy nhập bộ nhớ.



Hình 3.21: Trường chuyển mạch đệm trung tâm

Độ thông qua của trường chuyển mạch loại này tương đương với trường chuyển mạch sử dụng bộ đệm đầu ra. Tuy nhiên, không gian bộ nhớ của trường chuyển mạch bộ đệm trung tâm nhỏ hơn của trường chuyển mạch sử dụng bộ đệm đầu ra vì bộ nhớ được chia xẻ.

Vì tiếp cận đệm trung tâm tương tự như với chuyển mạch thời gian nên một vấn đề đáng chú ý là khi các tế bào đầu vào tới bộ đệm trung tâm và được chuyển ra tới các đầu ra khác nhau, các tế bào sẽ được đọc ngẫu nhiên (có điều khiển) tại các vùng nhớ ngẫu nhiên, vì vậy cần phải có một chiến lược quản lý vùng nhớ. Trong các chuyển mạch chia xẻ bộ nhớ có một vấn đề chung là hogging, xảy ra trong trường hợp lưu lượng không đồng nhất. Một đầu nối bất kỳ nào đó có thể chiếm toàn bộ không gian nhớ trong một khoảng thời gian. Các tế bào khác không thể có cơ hội chuyển mạch trong thời gian này. Để giải quyết vấn đề này có thể có một phương án khác nhằm phân hoạch vùng nhớ thành các vùng nhỏ hơn độc lập. Tuy nhiên, phương pháp phân hoạch thành các vùng nhớ nhỏ hơn sẽ gây nên tổn thất khi một số lưu lượng chiếm một đường nào đó lớn trong khi các đường khác không có hoặc rất ít lưu lượng, điều này cũng làm giảm hiệu năng tổng thể của mạng chuyển mạch khi việc sử dụng bộ nhớ đệm không hiệu quả.

3.3. KỸ THUẬT ĐỊNH TUYẾN TRONG MẠNG CHUYỂN MẠCH GÓI

Như trong chương 1 đã định nghĩa, định tuyến là một tiến trình lựa chọn con đường cho thực thể thông tin chuyển qua mạng. Nó được xem như là khả năng của một node trong vấn đề lựa chọn đường dẫn cho thông tin qua mạng. Định tuyến là một khái niệm cốt lõi của mạng chuyển mạch gói và nhiều loại mạng khác nhau. Định tuyến cung cấp phương tiện tìm kiếm các tuyến đường theo các thông tin mà thực thể thông tin được chuyển giao trên mạng. [7]

Mỗi nút trong mạng nhận gói dữ liệu từ một đường vào (incoming link) rồi chuyển tiếp nó tới một đường ra (outgoing link) hướng đến đích của dữ liệu. Như vậy ở mỗi nút trung gian phải thực hiện các chức năng chọn đường hay còn gọi là *định tuyến* và chuyển tiếp cho đơn vị dữ liệu. Các chức năng đó thuộc lớp mạng - lớp 3 của mô hình OSI, vì các giao thức định tuyến hoạt động ở trên lớp liên kết dữ liệu - lớp 2 và để cung cấp một dịch vụ “trong suốt” cho tầng giao vận, vì vậy chúng phải ở dưới tầng giao vận – lớp 4.

Mục tiêu cơ bản của các phương pháp định tuyến nhằm sử dụng tối đa tài nguyên mạng, và tối thiểu hoá giá thành mạng. Để đạt được điều này kỹ thuật định tuyến phải tối ưu được các tham số mạng và người sử dụng như : Xác suất tắc nghẽn, băng thông, độ trễ, độ tin cậy, giá thành, v.v. Vì vậy, một kỹ thuật định tuyến phải thực hiện tốt 2 chức năng chính sau đây:

- (i) *Quyết định chọn đường theo những tiêu chuẩn tối ưu nào đó.*
- (ii) *Cập nhật thông tin định tuyến, tức là thông tin dùng cho chức năng (i)*

Tuỳ thuộc vào kiến trúc, hạ tầng cơ sở mạng mà các kỹ thuật định tuyến khác nhau được áp dụng. Các tiêu chuẩn tối ưu khi chọn đường dẫn từ trạm nguồn tới trạm đích có thể phụ thuộc vào yêu cầu người sử dụng dịch vụ mạng. Giữa mạng và người sử dụng có thể có các thoả thuận ràng buộc về chất lượng dịch vụ cung cấp hay một số yêu cầu khác. Điều đó có thể dẫn tới khả năng chọn đường của mạng chỉ là cận tối ưu đối với một loại hình dịch vụ cụ thể, hoặc với một số nhóm người sử dụng dịch vụ cụ thể. Chức năng cập nhật thông tin định tuyến là chức năng quan trọng nhất mà các giao thức định tuyến phải thừa hành. Các giải pháp cập nhật thông tin định tuyến đưa ra hiện nay tập trung vào giải quyết bài toán cân đối lưu lượng báo hiệu và định tuyến trên mạng với tính đầy đủ và sự nhanh chóng của thông tin định tuyến. Các tiêu chí cơ bản để so sánh giữa các giao thức định tuyến sẽ được chỉ ra trong phần sau với các bộ tham số đánh giá cụ thể.

Trong các mạng máy tính có rất nhiều các kỹ thuật định tuyến khác nhau đã được đưa ra. Sự phân biệt giữa các kỹ thuật định tuyến chủ yếu căn cứ vào các yếu tố liên quan đến 2 chức năng chính đã chỉ ra trên đây. Các yếu tố đó thường là:

- (a) *Sự phân tán của các chức năng chọn đường trên các nút của mạng.*
- (b) *Sự thích nghi với trạng thái hiện hành của mạng.*
- (c) *Các tiêu chuẩn tối ưu để định tuyến.*

Dựa trên yếu tố (a) ta có thể phân biệt kỹ thuật định tuyến thành: kỹ thuật định tuyến tập trung (centralized routing) và phân tán (distributed routing) . Dựa trên yếu tố (b) ta có kỹ thuật định tuyến tĩnh (static hay fixed routing) hoặc động (adaptive routing). Cuối cùng các kỹ thuật định tuyến cùng loại theo (a) và (b) lại có thể phân biệt bởi yếu tố (c). Tiêu chuẩn tối ưu để định tuyến được xác định bởi người quản lý hoặc người thiết kế mạng, nó có thể là:

- Độ trễ trung bình của thời gian truyền gói tin.
- Số lượng nút trung gian giữa nguồn và đích của gói tin.
- Độ an toàn của việc truyền tin.

- Nguồn tài nguyên mạng sử dụng cho truyền tin .
- v.v..
- Tổ hợp của các tiêu chuẩn trên.

Việc chọn tiêu chuẩn tối ưu như vậy phụ thuộc vào nhiều bối cảnh mạng (topo, thông lượng, mục đích sử dụng.v.v..). Các tiêu chuẩn có thể thay đổi vì bối cảnh mạng cũng có thể thay đổi theo thời gian hoặc các triển khai ứng dụng trên mạng. Chính vì thế mà vấn đề tối ưu hoá định tuyến luôn được đặt ra trong thời gian triển khai mạng, nhất là sự đối lập về quan điểm người sử dụng dịch vụ và nhà khai thác dịch vụ mạng. Người sử dụng luôn muốn có những dịch vụ tốt nhất cho họ còn nhà khai thác lại muốn tối ưu dịch vụ người dùng trên nền mạng có sẵn hoặc đầu tư tối thiểu để đem lại lợi nhuận cao nhất, thậm chí ngay cả các dịch vụ của người sử dụng cũng không thể sử dụng một tiêu chuẩn cho tất cả. Vì vậy, các giải pháp định tuyến thường là giải pháp dung hoà hay còn gọi là giải pháp cận tối ưu.

Về mặt nguyên tắc, các giải pháp quản trị mạng bao gồm cả chức năng định tuyến trong mạng thường được chia thành hai loại, quản lý kiểu tập trung và kiểu phân tán. Giải pháp quản lý định tuyến cho các mạng nhỏ (về kích cỡ mạng và độ phức tạp của mạng) thường ứng dụng kiểu định tuyến tập trung để giảm giá thành và thuận tiện trong công tác quản lý. Tuy nhiên kiểu định tuyến tập trung thường bộc lộ các yếu điểm vì phải công khai thông tin định tuyến cho toàn mạng và dễ bị tấn công. Hơn nữa, định tuyến tập trung phản ứng với sự thay đổi trạng thái mạng kém nhanh nhạy. Giải pháp định tuyến phân tán khá phù hợp với các mạng lớn và độ phức tạp cao, nó dựa trên sự tái tạo và kết hợp giữa các nút được coi là ngang hàng, vì vậy nếu có lỗi xảy ra thì nó chỉ mang tính cục bộ giữa các nút liên quan. Các thông tin định tuyến phân tán được xử lý và chuyển rất nhanh trong mạng qua các nút mạng có chức năng phân bổ thông tin định tuyến trên diện rộng của mạng.

3.3.1. Các thuật toán tìm đường ngắn nhất

Hai thuật toán thường được sử dụng phổ biến trong kỹ thuật định tuyến động là: Thuật toán định tuyến theo vectơ khoảng cách DVA (Distance Vector Algorithm) và thuật toán định tuyến theo trạng thái liên kết LSA(Link State Algorithm). Việc tính toán định tuyến trong mạng chuyển mạch gói thường được gắn với đồ thị $G(E,V)$ - (E: số cạnh, V: số đỉnh). Việc sử dụng đồ thị có hướng và có trọng số sẽ tường minh các bài toán định tuyến đảm bảo QoS. Trong phần này ta xem xét các thuật toán sử dụng mô tả hai kỹ thuật tìm đường ngắn nhất thông dụng hiện nay.

(i) *Thuật toán định tuyến theo Vector khoảng cách*: Là một thuật toán định tuyến tương thích nhằm tính toán con đường ngắn nhất giữa các cặp node trong mạng, dựa trên phương pháp tập trung được biết đến như là thuật toán Bellman-Ford. Các node mạng thực hiện quá trình trao đổi thông tin trên cơ sở của địa chỉ đích, node kế tiếp, và con đường ngắn nhất tới đích. Mô tả hình thức thuật toán này như sau:

Giả thiết

r là node nguồn, d là node đích

C_d^r là giá thấp nhất từ node r tới đích d

N_d^r là node tiếp theo của r trên đường tới d

c_{rs} là giá của liên kết từ r tới s

DVA giả thiết giá của tuyến liên kết có tính cộng giá và dương.

Tính toán

Bảng định tuyến trong mỗi node r được khởi tạo như sau:

$$C_r^r = 0; \forall s : s \neq N_d^r \text{ thì } C_s^r = \infty;$$

$C_d^r(r, d, N_d^r)$ là tập các giá của con đường đi từ node r tới node d qua nhiều nhất (s - 2) node trung gian.

- Bước s = 1 : $C_d^r(r, d, 1) = C_{sd}^s, \forall N_d^r \neq r$
- Bước s > 1 : $C_d^r(d, N_d^r) = \text{Min}[\text{Min}[C_d^r(r, d, s)], C_d^r(r, d, s - 1)], \forall d \neq r$

Một khi node r nhận được thông tin vecto khoảng cách ((d, C_d^s),...) từ node s, r sẽ cập nhật bảng định tuyến tất cả các đích tới d trong tập chứa s.

Nếu ($C_d^s + c_{rs} < C_d^r$ hoặc $N_d^r = s$) thì ($C_d^r = C_d^s + c_{rs}$ và $N_d^r = s$) thì thuật toán dừng.

(ii) *Thuật toán định tuyến theo trạng thái liên kết (LSA)*: Trong thuật toán lên quan tới trạng thái của các liên kết, các node mạng quảng bá giá trị liên kết của nó với các node xung quanh tới các node khác. Sau khi quảng bá tất cả các node đều biết rõ topo mạng và thuật toán sử dụng để tính toán con đường ngắn nhất tới node đích được mô tả hình thức như sau:

Giả thiết:

r là node nguồn, d là node đích

C_d^r là giá thấp nhất từ node r tới đích d

N_d^r là node tiếp theo của r trên đường tới d

$C_s^r(r, s)$ là giá của liên kết từ r tới s,

Tính toán:

Bảng định tuyến trong mỗi node r được khởi tạo như sau:

$$C_r^r = 0; \forall s : s \neq N_d^r \text{ thì } C_s^r = \infty;$$

Gọi Ω là tập các nút sau khi thực hiện sau k bước thuật toán :

$$\text{Khởi tạo: } C_d^r(r, d) = \infty, \forall d \in \Omega$$

- Bước 1: $\Omega = r$

$$C_s^r(r, s) = \text{Min } C_s^r(r, s); N_d^r = s, \forall r \neq s;$$

- Bước k: $\Omega = \Omega \cup w \text{ (} w \notin \Omega \text{)}$

$$C_d^r(r, d) = \text{Min} [C_s^r(r, s) + C_d^s(s, d)], \forall s \notin \Omega.$$

Thuật toán dừng khi tất cả các node thuộc Ω .

Khi tính toán đường đi ngắn nhất sử dụng các thuật toán trên đây, thông tin trạng thái của mạng thể hiện trong hệ đo lường (metric), các bộ định tuyến phải được cập nhật giá trên tuyến liên kết. Một khi có sự thay đổi topo mạng hoặc lưu lượng các node mạng phải khởi tạo và tính toán lại tuyến đường đi ngắn nhất, tùy theo giao thức được sử dụng trong mạng.

3.3.2. Các giao thức định tuyến nội miền và liên miền.

Khái niệm miền hay hệ thống tự trị xuất phát từ mạng Internet. Mạng Internet là mạng diện rộng lớn đến mức một giao thức định tuyến không thể xử lý công việc cập nhật các bảng định tuyến của tất cả các bộ định tuyến. Vì lý do này, liên mạng được chia thành nhiều hệ thống tự trị AS (Autonomous System). Hệ thống tự trị là một nhóm các mạng và bộ định tuyến có chung chính sách quản trị. Nó đôi khi còn được gọi là miền định tuyến. Các giao thức định tuyến được sử dụng bên trong một AS được gọi là giao thức định tuyến nội miền IGP (Interior

Gateway Protocol). Để thực hiện định tuyến giữa các AS với nhau chúng ta phải sử dụng một giao thức riêng gọi là giao thức định tuyến ngoại miền EGP (Exterior Gateway Protocol). Trong mục này ta xem xét một số giao thức định tuyến thông thường được sử dụng trong mạng internet. Bảng 3.3 dưới đây tổng kết các đặc điểm chính của các giao thức định tuyến.

Tiêu chí	Các giao thức định tuyến							
	tĩnh	RIP-1	RIP-2	IGRP	EIGRP	IS-IS	OSPF	BGP
Thích hợp cho mạng lớn	Có	Không	Không	Không	Có	Có	Có	Có
Dễ cho thi hành	Không	Có	Có	Có	Có	Không	Không	không
Kiểu thuật toán	Không	DVP	DVP	DVP	DUAL	LSP	LSP	DVP
Hỗ trợ địa chỉ	Có	Có	Có	Có	Có	Có	Có	Có
Hỗ trợ CIDRR và VLSM	Có	Không	Có	Không	Có	Không	Có	Có
Hỗ trợ chia tải	Không	Không	Không	Có	Có	Có	Có	Có
Hỗ trợ chứng thực	Không	Không	Có	Không	Có	Có	Có	Có
Cho phép đánh trọng số	Không	Không	Không	Có	Có	Có	Có	Có
Hội tụ nhanh	Không	Không	Không	Có	Có	Có	Có	Có
Thủ tục Hello	Không	Không	Không	Không	Có	Có	Có	Không
Sử dụng quảng bá cập nhật	Không	Có	Có	Có	Có	Có	Có	Không

Bảng 3.3: Các giao thức định tuyến và tiêu chí so sánh

(i) Giao thức thông tin định tuyến RIP

RIP là một giao thức định tuyến miền trong được sử dụng cho các hệ thống tự trị. Giao thức thông tin định tuyến thuộc loại giao thức định tuyến khoảng cách vectơ. Giao thức sử dụng giá trị để đo lường đó là số bước nhảy (hop count) trong đường đi từ nguồn đến đích. Mỗi bước đi

trong đường đi từ nguồn đến đích được coi như có giá trị là 1 hop count. Khi một bộ định tuyến nhận được 1 bản tin cập nhật định tuyến cho các gói tin thì nó sẽ cộng 1 vào giá trị đo lường bước nhảy đồng thời cập nhật vào bảng định tuyến.

RIP thực hiện việc ngăn cản vòng lặp định tuyến vô hạn bằng cách thực hiện giới hạn số đường đi cho phép trong 1 đường đi từ nguồn tới đích. Số bước nhảy tối đa trong một đường đi là 15. Nếu 1 bộ định tuyến nhận được một bản tin cập nhật định tuyến và tại đây giá trị đo lường trở thành 16 thì đích coi như là nút mạng không thể đến được. Nhược điểm của RIP chính là giới hạn đường kính tối đa của 1 mạng RIP là dưới 16 hops. RIP có đặc điểm hoạt động ổn định nhưng khả năng thay đổi chậm. Khi có thay đổi về cấu hình mạng, RIP luôn thực hiện chế độ chia rẽ tầng (phạm vi) và áp đặt cơ chế ngăn chặn các thông tin định tuyến sai được phát tán trong các bộ định tuyến. RIP sử dụng các bộ định thời để điều chỉnh hoạt động của mình. Bộ định thời cập nhật định tuyến theo khoảng thời gian định trước, thông thường 30s là bộ định thời lại được reset để cập nhật lại các thông tin định tuyến được gởi từ các bộ định tuyến lân cận. Điều này cũng giúp ngăn chặn sự tắc nghẽn trong mạng khi tất cả các bộ định tuyến cùng 1 thời điểm cố gắng cập nhật các bảng định tuyến lân cận. RIP có hai phiên bản là RIP1 và RIP2. [7]

(ii) Giao thức định tuyến OSPF

OSPF là một giao thức định tuyến miền trong được sử dụng rộng rãi. Phạm vi hoạt động của nó cũng là một hệ thống tự trị (AS). Các router đặc biệt được gọi là các router biên AS có trách nhiệm ngăn thông tin các AS khác vào trong hệ thống hiện tại. Để thực hiện định tuyến hiệu quả, OSPF chia hệ thống tự trị ra thành nhiều khu vực (area) nhỏ. Mỗi AS có thể được chia ra thành nhiều khu vực khác nhau. Khu vực là tập hợp các mạng, trạm và router nằm trong cùng một hệ thống tự trị. Tất cả các mạng trong một khu vực phải được kết nối với nhau. Tại biên của khu vực, các router biên khu vực tóm tắt thông tin về khu vực của mình và gửi các thông tin này tới các khu vực khác. Trong số các khu vực bên trong AS, có một khu vực đặc biệt được gọi là đường trục; tất cả các khu vực trong một AS phải được nối tới đường trục. Hay nói cách khác đường trục được coi như là khu vực sơ cấp còn các khu vực còn lại đều được coi như là các khu vực thứ cấp.

Các router bên trong khu vực đường trục được gọi là các router đường trục, các router đường trục cũng có thể là một router biên khu vực. Nếu vì một lý do nào đó mà kết nối giữa một khu vực và đường trục bị hỏng thì người quản trị mạng phải tạo một liên kết ảo (virtual link) giữa các router để cho phép đường trục tiếp tục hoạt động như một khu vực sơ cấp.

OSPF là giao thức định tuyến trạng thái liên kết, được thiết kế cho các mạng lớn hoặc các mạng liên hợp và phức tạp. Các giải thuật định tuyến trạng thái sử dụng các giải thuật tìm đường ngắn nhất SPF (Shortest Path First) cùng với một cơ sở dữ liệu phức tạp về cấu hình của mạng. Cơ sở dữ liệu cấu hình mạng về cơ bản bao gồm tất cả dữ liệu về mạng có liên kết đến bộ định tuyến chứa cơ sở dữ liệu.

Giải thuật chọn đường ngắn nhất SPF là cơ sở cho hệ thống OSPF và nằm tại các bộ định tuyến. Khi một bộ định tuyến sử dụng SPF được khởi động, bộ định tuyến sẽ khởi tạo cấu trúc cơ sở dữ liệu của giao thức định tuyến và sau đó đợi chỉ báo từ các giao thức tầng thấp hơn dưới dạng các hàm. Bộ định tuyến sẽ sử dụng các gói tin OSPF Hello để thu nhận thông tin về các bộ định tuyến lân cận của mình. Bộ định tuyến gửi gói tin Hello đến các lân cận và nhận các bản tin Hello từ các bộ định tuyến lân cận. Ngoài việc sử dụng gói tin Hello để thu nhận

các lân cận, bản tin Hello còn được sử dụng để xác nhận việc mình vẫn đang hoạt động đến các bộ định tuyến khác.

Mỗi bộ định tuyến định kỳ gửi các gói thông báo về trạng thái liên kết (LSA) để cung cấp thông tin cho các bộ định tuyến lân cận hoặc cho các bộ định tuyến khác khi một bộ định tuyến thay đổi trạng thái. Bằng việc so sánh trạng thái liên kết của các bộ định tuyến liên kết đã tồn tại trong cơ sở dữ liệu, các bộ định tuyến bị lỗi sẽ bị phát hiện ra nhanh chóng và cấu hình mạng sẽ được biến đổi thích hợp. Từ cấu trúc dữ liệu được sinh ra do việc cập nhật liên tục các gói LSA, mỗi bộ định tuyến sẽ tính toán cây đường đi ngắn nhất của mình và tự mình sẽ làm gốc của cây. Sau đó từ cây đường đi ngắn nhất sẽ sinh ra bảng định tuyến dưới dạng cơ sở dữ liệu.

(iii). Giao thức công biên BGP

Giao thức công biên là một giao thức định tuyến liên miền, thực hiện việc định tuyến giữa các hệ thống tự trị AS. Giao thức này dựa vào phương pháp định tuyến có tên là định tuyến vectơ đường đi. Trước khi xem xét về định tuyến vectơ đường đi thì ta xem xét xem tại sao hai phương thức định tuyến vectơ khoảng cách và trạng thái liên kết lại không thích hợp cho định tuyến giữa các AS. Vectơ khoảng cách không thích hợp vì tuyến được chọn luôn là tuyến có số bước nhảy nhỏ nhất. Trong khi đó, có nhiều trường hợp người quản trị không muốn cho gói đi qua một mạng không an toàn mặc dù tuyến này là tuyến có số bước nhảy nhỏ nhất. Định tuyến vectơ khoảng cách cũng không được vì các router chỉ thông báo số bước nhảy để tới đích chứ không định nghĩa đường đi cụ thể dẫn tới đích. Định tuyến trạng thái liên kết cũng không phù hợp cho định tuyến giữa các AS vì một liên mạng là quá lớn cho loại giao thức định tuyến này. Để sử dụng định tuyến trạng thái liên kết cho toàn bộ liên mạng yêu cầu mỗi router phải lưu trữ một cơ sở dữ liệu trạng thái liên kết khổng lồ. Cũng mất rất nhiều thời gian để tính toán bảng định tuyến sử dụng giải thuật Dijkstra. Định tuyến vectơ đường đi khác với cả định tuyến vectơ khoảng cách và định tuyến trạng thái liên kết. Mỗi mục trong bảng định tuyến chứa địa chỉ mạng đích, router kế tiếp và đường đi đến đích. Đường đi ở đây được thể hiện dưới dạng một danh sách các AS mà gói phải đi qua để tới đích.

3.3.3. Định tuyến hỗ trợ chất lượng dịch vụ QoS

Các vấn đề liên quan tới định tuyến đã được trình bày tại các mục trên đây. Các đặc điểm và khung làm việc của chất lượng dịch vụ mạng sẽ được trình bày trong mục 3.4. Trong mục này sẽ trình bày về các vấn đề lý thuyết mấu chốt trong định tuyến hỗ trợ chất lượng dịch vụ (QoS routing). Cơ chế định tuyến hỗ trợ chất lượng dịch vụ QoS được tạo ra nhằm giải quyết một số các hạn chế của cơ chế định tuyến truyền thống. Bên cạnh mục tiêu đáp ứng các yêu cầu về QoS của luồng lưu lượng, định tuyến hỗ trợ QoS còn cần phải nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên mạng, như vậy các mục tiêu chính của nó là:

(i) Đáp ứng đòi hỏi về QoS của các luồng dữ liệu.

Định tuyến hỗ trợ QoS cần phải tìm ra một đường đi từ nguồn tới đích thỏa mãn yêu cầu của luồng dữ liệu về băng thông, trễ... Cơ chế tìm đường thường là động theo yêu cầu chứ không cấu hình tĩnh hoặc hướng luân phiên. Ngay cả khi tồn tại vài đường có thể sử dụng thì việc chọn đường có thể dựa vào các ràng buộc về chính sách như: đường đi có số nút nhỏ nhất hoặc chi phí thấp nhất.

(ii) Tối ưu hệ số sử dụng tài nguyên mạng.

Định tuyến hỗ trợ QoS cần phải chuyển hướng lưu lượng theo cách hiệu quả nhất để có thể tối đa nhất tổng thông lượng qua mạng. Vì đường dài sẽ tốn nhiều tài nguyên mạng, nên đường ngắn nhất trong các đường có thể đáp ứng sẽ được chọn.

(iii) Hiệu suất mạng không bị giảm đáng kể khi có sự cố xuất hiện như tắc nghẽn.

Khi mạng trong tình trạng tải nặng, định tuyến hỗ trợ QoS phải đưa ra một hiệu suất tốt hơn so với các cơ chế định tuyến cũ. Nghĩa là ngay cả khi tải nặng thì thông lượng toàn bộ mạng cũng không được giảm nhiều hơn so với định tuyến best effort.

Để thực hiện định tuyến đảm bảo chất lượng dịch vụ QoS, một số kiểu định tuyến đã được định nghĩa và phát triển gồm:

- Định tuyến hỗ trợ QoS là cơ chế định tuyến xác định các đường đi cho các luồng dựa vào hiểu biết về tài nguyên hiện có trên mạng cũng như yêu cầu về QoS của các luồng dữ liệu;
- Định tuyến theo chính sách không dựa vào thông tin về cấu trúc mạng và các tham số đo, mà dựa vào các chính sách quản trị;
- Định tuyến theo điều kiện ràng buộc để tính toán các tuyến theo nhiều điều kiện ràng buộc khác nhau, bao gồm cả định tuyến theo chính sách và định tuyến hỗ trợ QoS.

Như trong chương 2 đã giới thiệu các đặc điểm cơ bản của kỹ thuật định tuyến, ta đã biết đối với một cơ chế định tuyến, có hai nhiệm vụ quan trọng là duy trì và trao đổi thông tin về trạng thái mạng và tính toán đường đi theo các tham số đã chọn. Ngoài thông tin về kết nối mạng như trong giao thức định tuyến hiện nay, giao thức định tuyến QoS còn phải duy trì thêm các thông tin về trạng thái mạng (như băng thông, trễ hiện có tại các liên kết). Các thông tin này thường thay đổi nhanh làm tần suất cập nhật thông tin thay đổi theo và dẫn đến chi phí (tính toán, truyền thông) tăng lên. Để tìm ra đường đi thỏa mãn các tham số cho trước, thuật toán định tuyến sẽ trở nên phức tạp hơn vì cần phải tính toán theo nhiều ràng buộc khác nhau. Vì vậy, để giảm độ phức tạp của thuật toán định tuyến, các tham số được chọn cần phải biểu diễn các thuộc tính cơ bản của mạng, và không quá phức tạp để có thể thực hiện biện pháp lọc tuần tự các tham số.

Trong môi trường Internet, định tuyến hỗ trợ QoS có một số khó khăn sau:

- Thứ nhất, các ứng dụng có yêu cầu QoS rất đa dạng, quá nhiều ràng buộc sẽ làm cho vấn đề định tuyến trở thành không khả thi.
- Thứ hai, một mạng thích hợp phải hỗ trợ cả lưu lượng nỗ lực tối đa best - effort và đảm bảo chất lượng dịch vụ QoS, nên vấn đề tối ưu hóa hiệu suất trở nên rất phức tạp. Rất khó có thể xác định điểm hoạt động tốt nhất cho cả hai lưu lượng nếu quá trình phân bổ chúng là độc lập với nhau. Mặc dù lưu lượng QoS không bị ảnh hưởng nhờ vào quá trình chiếm giữ tài nguyên, nhưng lưu lượng nỗ lực tối đa sẽ bị tổn thất nếu đánh giá phân bổ lưu lượng tổng thể sai.
- Khó khăn cuối cùng là trạng thái của mạng thay đổi rất nhanh do sự thay đổi của tải, kết nối, liên kết, hay sự tăng trưởng của mạng dẫn tới khó khăn trong quá trình thu thập thông tin về trạng thái của mạng trong một môi trường động. Nếu thông tin về trạng thái mạng không chính xác và đầy đủ thì hiệu suất của thuật toán định tuyến sẽ giảm.

Thuật toán định tuyến QoS sẽ dựa vào các thông tin được thu thập và duy trì về tình trạng mạng để tìm ra đường đi tối ưu cho các gói dữ liệu. Có ba cách tiếp cận với bài toán tìm đường là: Định tuyến tập trung (định tuyến nguồn), định tuyến phân tán, định tuyến phân cấp. Phần này giới thiệu các nguyên tắc của ba thuật toán định tuyến trên và đánh giá những điểm mạnh và yếu của chúng.

(1) Định tuyến tập trung

Trong kỹ thuật định tuyến tập trung, mỗi nút duy trì thông tin về toàn bộ trạng thái mạng, bao gồm cấu trúc vật lý của mạng và thông tin trạng thái của từng liên kết. Giao thức trạng thái liên kết sẽ cập nhật trạng thái toàn mạng tại mỗi nút (như OSPF, IS-IS). Dựa vào thông tin này, toàn bộ đường đi sẽ được tính toán tại mỗi nút. Do vậy, nó tránh được các vấn đề của tính toán phân tán, như lặp đến vô cùng, đường đi lặp vòng. Có nhiều thuật toán đơn giản, dễ thực hiện sẽ thực hiện việc tính toán để tìm đường đi tối ưu.

Tuy vậy, định tuyến tập trung gặp phải một số vấn đề sau.

- Thứ nhất, để hỗ trợ QoS, trạng thái toàn mạng tại mỗi nút phải được cập nhật đủ tần suất cần thiết để đáp ứng các thay đổi liên tục của các tham số mạng như băng thông và trễ. Yêu cầu này sẽ dẫn đến chi phí truyền tin khá cao đối với các mạng lớn.
- Thứ hai, giao thức trạng thái liên kết chỉ có thể cung cấp thông tin gần đúng với trạng thái mạng và mức độ sai lệch càng lớn nếu thông tin chưa được cập nhật. Vì vậy, thuật toán định tuyến QoS có thể không tìm ra đường đi cho lưu lượng yêu cầu do thông tin trạng thái không chính xác.
- Thứ ba, vì quá trình tính toán chỉ tập trung tại nút nguồn nên chi phí là khá cao khi có một lượng lớn các yêu cầu và nhiều ràng buộc. Như vậy, vấn đề của cơ chế định tuyến tập trung chính là khả năng mở rộng kém. Định tuyến tập trung khó có thể được thực hiện với mạng có quy mô lớn.

(2) Định tuyến phân tán

Trong định tuyến phân tán, đường đi được tính toán tại các nút trung gian giữa nguồn và đích. Vì vậy, thời gian đáp ứng yêu cầu định tuyến là ngắn hơn và có thể mở rộng được. Định tuyến phân tán có thể tìm ra nhiều đường đi đồng thời cho cùng một nút và làm tăng xác suất thành công của bài toán định tuyến. Hầu hết các thuật toán định tuyến cũng yêu cầu mỗi nút duy trì trạng thái toàn mạng (thường dưới dạng các vector khoảng cách, mỗi bảng chứa thông tin cho từng tham số), các quyết định định tuyến được thực hiện tại từng nút mạng.

Vì định tuyến phân tán cũng dựa vào trạng thái toàn mạng nên nó cũng gặp phải một số vấn đề về khả năng mở rộng như định tuyến tập trung. Ngoài ra, do thông tin trạng thái ở mỗi nút không hoàn toàn giống nhau nên có thể hình thành các đường đi lặp vòng, gây lãng phí tài nguyên mạng. Lặp vòng cũng có thể được phát hiện khi nút nhận được các bản tin điều khiển trong khoảng thời gian tính theo giây đồng hồ. Tuy nhiên, các vòng lặp thường làm cho quá trình định tuyến không thành công vì các vector khoảng cách không cung cấp đầy đủ các thông tin để tìm đường đi thay thế.

(3) Định tuyến phân cấp

Định tuyến phân cấp nhằm giải quyết khả năng mở rộng của định tuyến nguồn trong các mạng lớn. Định tuyến phân cấp có khả năng mở rộng rất tốt bởi vì mỗi nút mạng chỉ duy trì thông tin về trạng thái toàn mạng đã giản lược, nghĩa là các nhóm nút tương ứng với các nút logic. Ở mỗi cấp, trong mô hình phân cấp, định tuyến tập trung được sử dụng để tìm đường đi phù hợp dựa vào trạng thái mạng đã giản lược. Vì vậy định tuyến phân cấp có nhiều ưu điểm

của định tuyến tập trung. Bên cạnh đó, nó cũng có ưu điểm của định tuyến phân tán vì quá trình tính toán được chia sẻ tại nhiều nút mạng.

Tuy vậy, vì trạng thái mạng đã được gom lại nên thông tin này là càng trở nên không chính xác. Cụ thể hơn, mỗi nút logic có thể là một mạng con có rất nhiều nút và có nhiều liên kết vật lý khác nhau, nhưng các thông tin này không được thể hiện nếu coi mạng đó là một nút logic. Vấn đề này càng trở nên phức tạp hơn khi cơ chế định tuyến hỗ trợ nhiều tham số QoS. Có thể có nhiều đường đi giữa hai nút biên của một logic ứng với các tài nguyên khác nhau trên các đường đi đó. Làm thế nào để gom các thông tin vẫn còn là một vấn đề mở đối với định tuyến phân cấp.

Việc lựa chọn phương pháp định tuyến QoS nào còn phụ thuộc và chi phí của quá trình định tuyến và phân thành 3 loại: Chi phí giao thức, xử lý và lưu trữ thông tin.

Chi phí giao thức: Một yêu cầu cơ bản để hỗ trợ định tuyến QoS là phải theo dõi sự thay đổi của các tài nguyên mạng hiện có (như băng thông liên kết) nên thông tin này sẽ có giá trị với thuật toán tìm đường. Giả sử giao thức trạng thái liên kết được sử dụng để cập nhật trạng thái mạng, vì cơ chế cập nhật sẽ đồng thời gửi thông tin về tất cả trạng thái liên kết của bộ định tuyến cho các bộ định tuyến còn lại trong mạng, nên chi phí xử lý và vận chuyển bản tin sẽ phân bổ nhiều cho các liên kết và các nút trong mạng. Mặt khác giao thức trạng thái liên kết chỉ cần thay đổi một chút để phân bổ thêm các thông tin về QoS, nhưng cần phải thêm cơ chế để xác định thiết bị cần gửi bản tin cập nhật. Cụ thể hơn, các bộ định tuyến cần xác định bằng thông tin hiện có tại các liên kết và xác định khi nào có một sự thay đổi đáng kể cần cập nhật. Cơ chế khởi động quá trình cập nhật sẽ quyết định chi phí và hiệu suất của định tuyến QoS.

Cơ chế khởi động cập nhật sẽ xác định khi nào gửi bản tin cập nhật, mọi sự thay đổi của tài nguyên được thông báo sẽ cung cấp thông tin về trạng thái mạng rất chính xác, nhưng chi phí để chuyển tải thông tin này là rất đắt. Một phương pháp đơn giản để hạn chế tần suất cập nhật thông tin là sử dụng bộ định thời gian. Cơ chế này điều khiển trực tiếp lượng tin cập nhật, nhưng không bám sát mọi thay đổi quan trọng theo thời gian. Để bám sát mọi thay đổi quan trọng, người ta đánh giá mức độ thay đổi của tham số. Ví dụ, phương pháp dựa vào mức ngưỡng sẽ quyết định gửi bản cập nhật bất cứ lúc nào giá trị mới nằm ngoài phạm vi tính theo % của giá trị cũ. Phương pháp này điều khiển dựa vào sự cân đối giữa độ chính xác của thông tin và lượng tin cập nhật dẫn tới hiện tượng lưu lượng tăng đột biến và làm tắc nghẽn mạng.

Vì vậy, người ta có thể sử dụng kết hợp bộ định thời với mức ngưỡng đánh giá thay đổi. Chu kỳ cập nhật xác định khoảng thời gian tối thiểu và tối đa giữa hai lần cập nhật. Mức ngưỡng sẽ đánh giá sự thay đổi của các tham số QoS là đáng kể hay không. Nếu thay đổi của tham số QoS là đáng kể (tức là vượt ngưỡng cho phép) và khoảng thời gian từ lần cập nhật trước đến hiện tại lớn hơn mức ngưỡng của chu kỳ cập nhật, thì thay đổi sẽ được thông báo cho các nút mạng. Nếu quá chu kỳ cho phép mà không có sự thay đổi đáng kể (có thể do mức ngưỡng đặt quá cao) thì bản tin trạng thái vẫn sẽ được gửi đi. Như vậy, vấn đề là phải cân đối giữa chi phí của tần suất thông báo và độ chính xác của thông tin trạng thái.

Chi phí yêu cầu xử lý: Chi phí xử lý bao gồm xử lý các bản tin cập nhật và tính toán, chọn đường đi. Chi phí xử lý các bản tin cập nhật truy nhập vào cơ sở dữ liệu dựa vào bản tin nhận được. Nếu số lần cập nhật tăng thì chi phí này sẽ tăng theo.

Tính toán đường đi là thành phần có nhiều thay đổi hơn cả so với định tuyến nỗ lực tối đa. Các đường đi hỗ trợ QoS được tính toán dựa vào các tính chất của yêu cầu và thông tin về tài nguyên hiện có. Cơ chế định tuyến nỗ lực tối đa và định tuyến QoS khác nhau ở hai điểm:

thuật toán thực hiện và điều kiện kích hoạt thuật toán. Điều kiện kích hoạt thuật toán chính là nhân tố quyết định chi phí tính toán của cơ chế định tuyến QoS.

Trong định tuyến hỗ trợ QoS, các đường đi có thể được tính theo yêu cầu hoặc được tính trước. Trong cơ chế định tuyến nỗ lực tối đa, thông tin định tuyến được chuyển vào bảng chuyển tiếp gói FIB (Forward Information Base) theo mô hình đẩy “push”, tức là giao thức định tuyến đẩy toàn bộ nội dung của bảng định tuyến RIB. Khác với định tuyến nỗ lực tối đa, định tuyến QoS sử dụng mô hình “pull” (kéo). Các đường đi hỗ trợ QoS được chèn có chọn lọc vào bảng FIB. Việc chèn các đường vào bảng FIB được thực hiện bởi giao thức báo hiệu để thiết lập đường đi cho loại lưu lượng nào đó.

Nếu đường đi QoS được tính theo yêu cầu, thì ưu điểm là luôn sử dụng thông tin mới được cập nhật nên độ sai lệch với trạng thái mạng thực tế là thấp. Tuy nhiên, nếu yêu cầu đến quá nhiều sẽ làm tăng đáng kể chi phí tính toán. Cách tiếp cận thứ hai tương tự như định tuyến nỗ lực tối đa, các đường đi sẽ được tính trước. Tuy nhiên, khi yêu cầu về băng thông chưa được biết thì bảng định tuyến cần phải được tính trước cho từng nút đích với các yêu cầu băng thông có thể có trong tương lai.

Thực hiện thuật toán theo yêu cầu là khá đơn giản vì nó chỉ duyệt cơ sở dữ liệu và quyết định một số đường đi QoS đơn giản. Chi phí để tính toán một đường đi phụ thuộc vào cấu hình mạng và khoảng cách tương đối giữa nguồn và đích. Một nhân tố quyết định đối với tính toán yêu cầu là tần suất của các yêu cầu mới.

Ngược lại, tính toán trước hầu như không nhạy cảm với tần suất của các yêu cầu mới, nó chỉ phụ thuộc vào tần suất mà bảng định tuyến QoS được tính lại. Trong khi tần suất của yêu cầu mới không thể điều khiển được thì tần suất tính lại bảng định tuyến lại phụ thuộc vào bộ định tuyến. Việc tính toán lại bảng định tuyến thường xuyên sẽ làm tăng độ chính xác và hiệu suất định tuyến, nhưng cũng đồng thời làm tăng tải cần xử lý. Hơn nữa để xây dựng bảng định tuyến QoS sẽ phức tạp hơn nhiều so với việc tính toán một đường đơn và nó đòi hỏi chi phí giải phóng bộ nhớ và tái cấp phát bộ nhớ. Ngoài ra, sau khi bảng định tuyến QoS đã được xây dựng, cần phải thêm một bước chọn đường từ bảng định tuyến - tức là tìm đường đi thích hợp khi có một yêu cầu đến.

Chi phí xây dựng bảng định tuyến QoS trong cách tính trước phụ thuộc vào băng thông hiện có của các liên kết mạng, tập hợp các giá trị khác nhau sẽ tạo ra các bảng định tuyến khác nhau với chi phí khác nhau. Chi phí cho việc tìm đường thích hợp sau khi đã xây dựng bảng định tuyến QoS là nhỏ và không đáng kể so với các chi phí khác.

Khi một đường được tính để phục vụ một yêu cầu mới, chi phí tính toán phụ thuộc vào vị trí đích của yêu cầu, vị trí đích sẽ quyết định số lần lặp của thuật toán. Khi chiều dài đường đi tăng lên, chi phí tính toán đường đi sẽ tiến gần đến chi phí xây dựng bảng định tuyến; vì với nút đích ở xa, các đường đi tới tất cả các nút sẽ được tính trước khi tới đích.

Chi phí lưu trữ thông tin: Chi phí lưu trữ liên quan đến việc mở rộng cơ sở dữ liệu để lưu trữ thêm các thông tin về tài nguyên liên kết hiện có. Ngoài ra, nếu bảng định tuyến QoS được dùng thì cũng làm tăng thêm chi phí lưu trữ. Kích cỡ bảng định tuyến QoS phụ thuộc vào phần thực hiện cụ thể.

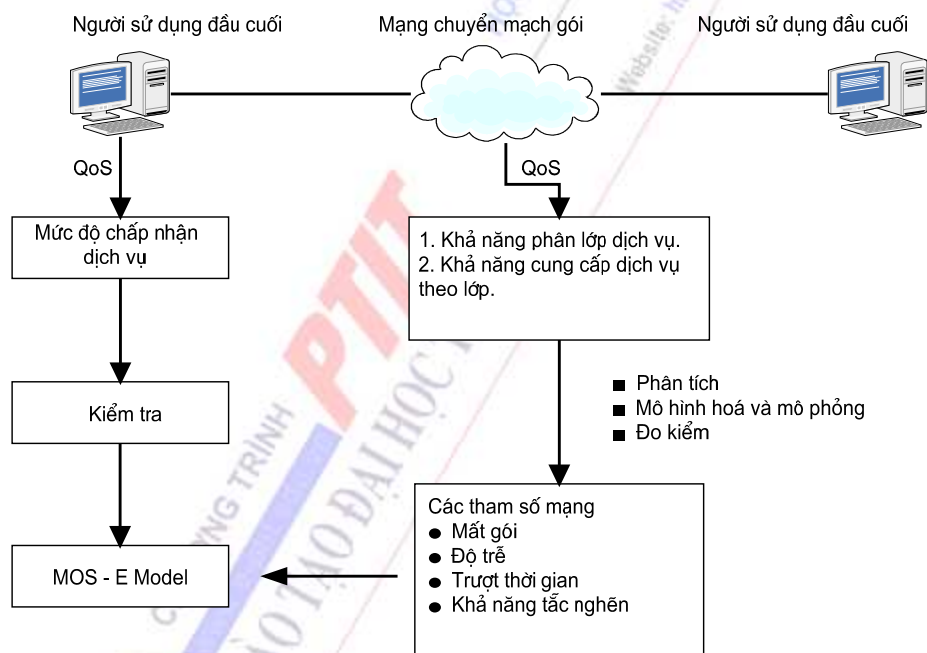
Như vậy chi phí hoạt động của định tuyến QoS gồm chi phí cho giao thức trao đổi thông tin định tuyến, tính toán đường đi QoS, và lưu trữ các thông tin về tài nguyên trong cơ sở dữ liệu. Một số nghiên cứu cho thấy chi phí hoạt động của định tuyến QoS là có thể đáp ứng được với khả năng của các bộ vi xử lý hiện nay.

3.4. MỘT SỐ BÀI TOÁN VỀ CHẤT LƯỢNG DỊCH VỤ.

Chất lượng dịch vụ QoS được nhìn từ hai khía cạnh: phía người sử dụng dịch vụ và phía mạng. Từ khía cạnh người sử dụng dịch vụ, QoS được coi là mức độ chấp nhận dịch vụ của người sử dụng và thường được đánh giá trên thang điểm đánh giá trung bình MoS (Mean of Score) [9]. Từ khía cạnh dịch vụ mạng, QoS liên quan tới năng lực cung cấp các yêu cầu chất lượng dịch vụ cho người sử dụng. Có hai kiểu năng lực mạng để cung cấp chất lượng dịch vụ trong mạng chuyển mạch gói. Đầu tiên, mạng chuyển mạch gói phải có khả năng phân biệt các lớp dịch vụ. Thứ hai, một khi mạng có các lớp dịch khác nhau, mạng phải có cơ chế ứng xử khác nhau với các lớp bằng cách cung cấp các đảm bảo tài nguyên và phân biệt dịch vụ trong mạng. Hình 3.22 chỉ ra các đặc điểm cơ bản của chất lượng dịch vụ.

Mức độ chấp nhận dịch vụ từ phía người sử dụng có thể được kiểm tra qua các thông số mạng như khả năng tổn thất gói, độ trễ, trượt và xác suất tắc nghẽn. Số lượng và đặc tính các tham số chất lượng phụ thuộc vào cơ cấu mạng cung cấp dịch vụ.

Đối với các mạng hiện nay, lưu lượng truyền tải trên mạng thường là lưu lượng phức tạp, một thông số mạng có thể quan trọng đối với ứng dụng và dịch vụ này nhưng lại không quan trọng đối với ứng dụng hoặc dịch vụ khác. Một cơ chế cải thiện chất lượng dịch vụ cần phải tối ưu nhằm tránh các điều kiện xung đột, các yêu cầu trái ngược nhau nhằm nâng cao hiệu năng tổng thể của toàn mạng.

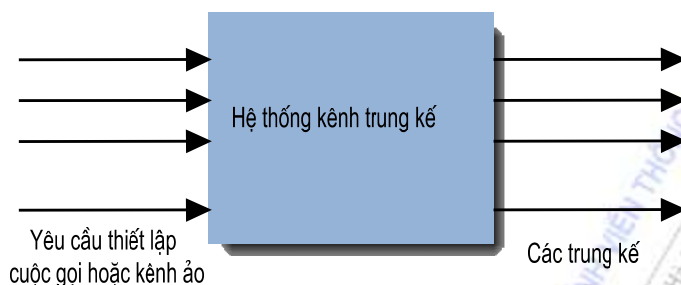


Hình 3.22: Các khía cạnh của chất lượng dịch vụ

Như chúng ta đã biết, hệ thống mạng truyền thông được chia thành hai kiểu chuyển mạch kênh và chuyển mạch gói, trong chuyển mạch gói được chia thành hai kiểu mạng kết nối có hướng (ví dụ: mạng ATM) và mạng phi kết nối (ví dụ: mạng IP). Trong mục này chỉ ra hai ví dụ nhỏ để tính toán một tham số của chất lượng dịch vụ với các công thức đã chỉ ra trong chương 1 của tài liệu. Tính toán xác suất tắc nghẽn và thời gian trễ trong mô hình hệ thống kênh trung kế.

Trong mạng kết nối có hướng, tương tự như trong chuyển mạch kênh các tham số cơ bản ảnh hưởng đến chất lượng dịch vụ là khả năng tắc nghẽn của hệ thống. Mô hình các hệ thống

kênh trung kế như chỉ ra trên hình 3.23 dưới đây thể hiện các yêu cầu đầu nối tới nguồn tài nguyên chung, các kênh thông tin được ấn định nhằm đáp ứng các yêu cầu này. Mỗi kênh được chiếm trong khoảng thời gian kết nối và được tái sử dụng cho các kết nối khác.



Hình 3.23: Mô hình hệ thống kênh trung kế

Lưu lượng yêu cầu: Lưu lượng yêu cầu đến hệ thống được tính bằng công thức 3.8 dưới đây:

$$T_r = \lambda \cdot H \text{ và } T = T_r \cdot M \quad (3.8)$$

Trong đó:

T_r : Lưu lượng của một user ; λ : Tốc độ đến

H : Thời gian chiếm giữ trung bình; M : Số lượng user phục vụ bởi hệ thống.

Từ các định nghĩa đã giới thiệu trong chương 1, hệ số sử dụng tải ρ đã được xác định.

$$\rho = A/N \quad (3.9)$$

(A : Lưu lượng đo bằng Erlang; N : Số lượng trung kế).

Đối với hệ thống trung kế trên hai kiểu hệ thống Erlang B và Erlang C được ứng dụng trong các bài toán tính toán tắc nghẽn. Công thức Erlang B đã được chỉ ra trong chương 1 (ct 1.2), hệ thống Erlang B dựa trên một số giả thiết sau:

- (i) Tiến trình đến của các cuộc gọi là tiến trình đến ngẫu nhiên, phân bố poisson, chuỗi các sự kiện đến là vô hạn.
- (ii) Thời gian chiếm giữ trung bình phân bố theo hàm mũ.
- (iii) Hữu hạn các kênh trung kế trong hệ thống phục vụ.
- (iv) Hệ thống đạt trạng thái bão hoà và chuyển sang tắc nghẽn nếu toàn bộ các kênh bị chiếm. (Bộ nhớ đệm có dung lượng bằng zero).

Đo chất lượng dịch vụ QoS dùng cho hệ thống Erlang B là xác suất tắc nghẽn theo công thức 1.2.

$$P = \frac{\frac{A^N}{N!}}{\sum_{x=0}^N \frac{A^x}{x!}}$$

Phương trình trên được sắp xếp trong bảng Erlang B gồm 3 tham số: Xác suất tắc nghẽn (P); số lượng kênh (N); lưu lượng yêu cầu (A). Nếu biết hai tham số thì tham số thứ 3 sẽ tính được theo công thức Erlang B.

Ví dụ: Tìm số lượng kênh ảo N để đảm bảo xác suất tắc nghẽn trong giờ bận là 2% với các giả thiết: Số lượng user M=1000; số lượng các yêu cầu kết nối trong giờ bận, $\lambda=2$; thời gian giữ kết nối ảo, H=18 sec.

Lời giải:

$A = \lambda \times H \times M = 2 \times 0.3 \times 60 \times 1000 = 36000$ giây bận trong 1 giờ

$A = 36000/100 = 360 \text{ ccs} = 10 \text{ Er.}$

Sử dụng A tra bảng Erlang B ta có N =17. vậy số lượng kênh cần thiết là 17.

Trong hệ thống trung kế sử dụng mô hình hệ thống Erlang C, các cuộc gọi tắc nghẽn sẽ được thay thế bởi xác suất đợi. Từ công thức Erlang C (1.3) ta có các xác suất trễ tại các thời điểm khởi tạo, xác suất trễ tại thời điểm >t (3.10) và xác suất trễ trung bình (3.11) dưới đây.

$$P(>0) = \frac{A^N}{A^N + N! \left(1 - \frac{A}{N}\right) \sum_{x=0}^{N-1} \frac{A^x}{x!}}$$

$$P(>t) = P(>0) \cdot e^{-\frac{(N-A)t}{H}} \quad \text{với } N > A \quad (3.10)$$

$$P_e = P(>0) \frac{H}{N-A} \quad \text{với } N > A \quad (3.11)$$

Ví dụ: Tính thời gian trễ trung bình của các cuộc gọi với các giả thiết sau: Số lượng user M=1000; số lượng các yêu cầu kết nối trong giờ bận, $\lambda=2$; thời gian giữ kết nối ảo, H= 1.5 min.

Lời giải:

Tổng lưu lượng yêu cầu $A = (2 \times 1.5 \times 1000)/100 \times 36 = 50 \text{ Er.}$

Từ bảng tham số Erlang C ta có P = 0.1 vì vậy sử dụng công thức (ct 3.11) ta tính được thời gian trễ :

$$P_e = P(>0) \frac{H}{N-A} = 0.1 \cdot \frac{1.5 \cdot 60}{60-50} = 0.9 \text{ sec}$$

Tóm tắt chương 3

Trong chương 3 đã trình bày về các đặc điểm của kỹ thuật chuyển mạch gói theo các vấn đề cơ bản như sau: Đặc tính của mạng chuyển mạch gói, các kiến trúc của bộ định tuyến IP, cấu trúc và các giải pháp kỹ thuật ứng dụng trong trường chuyển mạch, các vấn đề liên quan tới kỹ thuật định tuyến và tổng quan về kỹ thuật định tuyến đảm bảo chất lượng dịch vụ.

Chương 4

KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH TIỀN TIẾN

Kỹ thuật chuyển mạch tiên tiến được trình bày dưới các khía cạnh tổng quan về các công nghệ chuyển mạch hiện đại cùng với các giải pháp kỹ thuật được sử dụng trong hai công nghệ phổ biến: công nghệ IP và công nghệ ATM. Các vấn đề liên quan tới công nghệ IP gồm kiến trúc mạng, địa chỉ và mô hình chất lượng dịch vụ. Một số các giải pháp công nghệ và giải pháp kỹ thuật đã được đề xuất thực hiện sẽ được trình bày trong chương này. Các khía cạnh ưu việt của phát triển công nghệ chuyển mạch tiên tiến cũng sẽ được trình bày. Các vấn đề liên quan đến công nghệ ATM gồm các phương thức chuyển mạch kênh ảo và luồng ảo. Chương này sẽ tập trung vào kiến trúc các trường chuyển mạch gói tốc độ cao dưới các góc độ chuyển mạch và định tuyến. Các vấn đề liên quan tới chuyển mạch tốc độ cao như: phương pháp chuyển mạch nhân, định tuyến PNNI, kỹ thuật lưu lượng là các vấn đề cốt lõi quan trọng nhất trong kỹ thuật chuyển mạch tiên tiến. Các mục cuối của chương sẽ trình bày về một số đặc điểm cơ bản của mạng thế hệ kế tiếp NGN và hướng tiếp cận chuyển mạch mềm dựa trên mô hình máy chủ cuộc gọi. Các ứng dụng của chuyển mạch mềm sẽ được trình bày nhằm chỉ ra một số ứng dụng thực tế trên mạng viễn thông giai đoạn hội tụ hiện nay.

4.1. GIỚI THIỆU TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ IP/ATM

4.1.1. Tổng quan về IP/ATM

Xét dưới góc độ chuyển mạch, công nghệ IP và công nghệ ATM là hai công nghệ mạng chuyển mạch gói với hai phương thức chuyển gói khác nhau (hướng kết nối và phi kết nối). Dưới đây sẽ trình bày tổng quan về IP dưới góc độ so sánh với mô hình OSI, mô hình tham chiếu của ATM sẽ được trình bày trong mục 4.1.2.

Nền tảng công nghệ IP được xây dựng trên cơ sở giao thức toàn cầu IP (TCP/IP) sử dụng cho mạng Internet, hình 4.1 dưới đây chỉ ra mô hình tham chiếu các giao thức TCP/IP với mô hình OSI.

Mô hình OSI	TCP/IP	Các giao thức
Lớp ứng dụng	Lớp ứng dụng	HTTP, SNMP, FTP
Lớp trình diễn		
Lớp phiên		
Lớp truyền tải	Lớp truyền tải	TCP/UDP
Lớp mạng	Lớp IP	IP, ARP, RARP, ICMP
Lớp liên kết dữ liệu	Giao diện mạng	NIC, Ethernet, MAC
Lớp vật lý		

Hình 4.1: Mô hình tham chiếu TCP/IP với OSI

Lớp thấp nhất trong mô hình TCP/IP là lớp giao diện mạng hay còn được gọi là lớp mạng cục bộ bao gồm liên kết vật lý giữa các thiết bị. Lớp giao diện mạng có mặt ở tất cả các thiết bị mạng (các Host, các trạm trung chuyển). Nó bao gồm tất cả các thành phần phần cứng của cơ sở hạ tầng mạng và có chức năng tương ứng với tầng vật lý và tầng liên kết dữ liệu trong mô hình OSI, nó tạo các kết nối vật lý đến hệ thống cấp trong thời gian thích hợp, tạo khung số liệu

cho thông tin. Giao tiếp mạng có thể bao gồm một chương trình điều khiển thiết bị hay một hệ con phức tạp sử dụng các giao thức kết nối dữ liệu riêng.

Lớp Internet của mô hình TCP/IP tương ứng với lớp mạng trong mô hình OSI. Nó cách ly các Host với các chức năng chi tiết của mạng, ví dụ như phương pháp đánh địa chỉ để thực hiện các chức năng định tuyến và chuyển mạch thông tin qua mạng. Cụ thể lớp Internet giải quyết một số vấn đề: đánh địa chỉ, phân phối gói tin, định tuyến. Giao thức IP được phát triển để cung cấp các dịch vụ đầu cuối tới đầu cuối cho lớp Internet, gửi và nhận các thông điệp kiểm soát và xử lý lỗi ICMP (Internet Control Message Protocol).

Nhiệm vụ cơ bản của lớp truyền tải là cung cấp phương tiện liên lạc từ một chương trình ứng dụng này tới một chương trình ứng dụng khác. Trong khi lớp Internet thực hiện chức năng phân phối bản tin từ đầu cuối đến đầu cuối và không đảm bảo cho sự phân phối đó. Mức truyền tải có thể điều chỉnh luồng thông tin, nó có thể cung cấp quá trình truyền có độ tin cậy, bảo đảm dữ liệu đến nơi không có lỗi và đúng thứ tự. Để làm được điều đó phần mềm giao thức sẽ gửi lại nơi nhận bản tin xác nhận. Có hai giao thức được phát triển để hỗ trợ lớp này là: Giao thức điều khiển truyền dẫn TCP (Transport Control Protocol) - hỗ trợ các ứng dụng yêu cầu dịch vụ từ đầu cuối- tới - đầu cuối có độ tin cậy. Giao thức lược đồ dữ liệu người dùng UDP (User Datagram Protocol)- hỗ trợ các ứng dụng không yêu cầu độ tin cậy cao. Ngoài ra giao thức bản tin điều khiển ICMP cho phép các Host và các trạm trung chuyển trao đổi các thông tin quản lý và điều khiển bằng các bản tin.

Lớp cao nhất trong mô hình TCP/IP là lớp ứng dụng/xử lý, chỉ có mặt ở các Host để hỗ trợ quá trình xử lý hay ứng dụng từ người dùng - tới - host và từ host - tới - host. Có nhiều tiêu chuẩn ứng dụng được phát triển bao gồm ứng dụng cho mạng viễn thông, cho các truy nhập thiết bị đầu cuối ở xa (TELNET), giao thức FTP (File Transfer Protocol) để truyền file, giao thức truyền thư đơn giản SMTP (Simple Message Transfer Protocol) cho thư điện tử. Lớp này tương đương với 3 lớp trên cùng của mô hình OSI.

Một số thuộc tính cơ bản của hai công nghệ được trình bày ngắn gọn dưới đây:

(i) Khả năng hỗ trợ các ứng dụng

Công nghệ IP nguyên thủy chủ yếu hỗ trợ các ứng dụng số liệu không đồng bộ, các ứng dụng dữ liệu đồng bộ được xử lý qua các giao thức lớp cao. Trong khi đó công nghệ ATM hỗ trợ cả các ứng dụng thoại, dữ liệu đồng bộ và không đồng bộ với các đặc tính phân lớp dịch vụ ứng dụng theo nhóm.

(ii) Khả năng kết nối

Các kết nối trong công nghệ ATM được thực hiện qua 3 giai đoạn tương tự như chuyển mạch kênh, vì vậy đường dẫn xuyên qua mạng được tính toán và giữ nguyên trong suốt quá trình truyền dữ liệu. Đối nghịch với phương pháp này, trong công nghệ IP sử dụng kết nối từng bước để chuyển thông tin và có thể đi trên nhiều đường dẫn khác nhau.

(iii) Kích thước gói

Các gói tin IP có độ dài thay đổi và được biến đổi theo khả năng của đường truyền, năng lực của đường truyền sẽ xác định đơn vị truyền bản tin lớn nhất MTU (Maximum Transfer Unit). Các tế bào ATM có độ dài cố định gồm 48 byte thông tin + 5 byte tiêu đề.

- *Trường thời gian sống TTL (Time-to-live)*: Trường thời gian sống của gói tin sử dụng để ngăn các gói tin lặp vòng trên mạng, có vai trò như một bộ đếm ngược nhằm tránh hiện tượng trễ gói tin quá lâu trên mạng. TTL cũng sử dụng để xác định phạm vi điều khiển, qua việc xác định xem một gói có thể đi được bao xa trong mạng. Bất kỳ gói tin nào có vùng TTL đạt giá trị bằng 0 thì gói tin đó sẽ bị bộ định tuyến hủy bỏ và thông báo lỗi sẽ được gửi về trạm phát gói tin.
- *Trường giao thức (Protocol)*: Trường này được dùng để xác nhận giao thức lớp kế tiếp mức cao hơn đang sử dụng dịch vụ IP, thể hiện dưới dạng con số thập phân.
- *Trường kiểm tra tiêu đề (Checksum)*: Trường kiểm tra tổng dài 16 bit, được tính toán trong tất cả các trường của tiêu đề IPv4 (TOS, HL, TTL...). Mỗi khi gói qua bộ định tuyến, các trường lựa chọn có thể bị thay đổi và trường TTL sẽ bị thay đổi giá trị. Cho nên một gói tin khi qua các bộ định tuyến thì trường kiểm tra tổng cần phải được tính toán và cập nhật lại để đảm bảo độ tin cậy của thông tin định tuyến.
- *Trường địa chỉ nguồn- địa chỉ đích (Source Address- Destination Address)*: Trường địa chỉ nguồn và địa chỉ đích được các bộ định tuyến và các gateway sử dụng để định tuyến các đơn vị số liệu, luôn luôn đi cùng với gói tin từ nguồn tới đích.

(b*) Các trường chức năng cơ bản của tế bào ATM gồm có.

- *Trường điều khiển luồng chung GFC (General Flow Control)*: Có 4 bit, trong đó 2 bit dùng cho điều khiển và 2 bit dùng làm tham số. GFC chỉ xuất hiện tại giao diện UNI, chức năng của nó là: Điều khiển luồng truy nhập từ khách hàng vào mạng, giảm tình trạng quá tải trong thời gian ngắn có thể xảy ra trong mạng của người sử dụng. Còn đối với mạng riêng của khách hàng, GFC có thể được sử dụng để phân chia dung lượng giữa các thiết bị đầu cuối. Ngoài ra GFC có thể dùng cho cả cuộc nối điểm - điểm và điểm - đa điểm.
- *Trường nhận dạng kênh ảo và luồng ảo (VCI/VPI)*: Đối với UNI, trường này gồm 24 bit (8bit VPI và 16 bit VCI), đối với NNI, trường này gồm 28 bit (12 bit VPI và 16 bit VCI). Trường định tuyến VPI/VCI tạo thành một giá trị duy nhất cho mỗi cuộc nối và tùy thuộc vào vị trí hai điểm cuối của một cuộc nối mà nút chuyển mạch ATM sẽ chuyển tiếp các tế bào trên cơ sở VPI&VCI hay chỉ dựa trên giá trị VPI. Khi qua nút chuyển mạch VPI và VCI sẽ nhận giá trị mới phù hợp cho chặng kế tiếp.
- *Trường kiểu lưu lượng PT (Payload Type)*: 3 bit dùng để chỉ thị thông tin được truyền là thông tin của người sử dụng hay thông tin của mạng (gồm thông tin giám sát, vận hành, bảo dưỡng).
- *Trường ưu tiên tổn thất tế bào CLP (Cell loss Priority)*: Gồm 1 bit duy nhất, được dùng để phân biệt mức độ ưu tiên của các kết nối khác nhau do khách hàng hoặc nhà cung cấp dịch vụ xác lập. Các tế bào với bit CLP=0 có mức ưu tiên cao, ngược lại các tế bào với bit CLP=1 có mức ưu tiên thấp hơn, Vì vậy, khi tắc nghẽn xảy ra, các tế bào có bit CLP=1 sẽ bị loại bỏ trước tế bào có CLP = 0.
- *Trường điều khiển lỗi tiêu đề HEC (Header Error Check)*: Gồm 8 bit, được xử lý tại lớp vật lý để sửa các lỗi đơn hay phát hiện các lỗi khối trong 5 Byte tiêu đề tế bào.

(iv) Đảm bảo chất lượng dịch vụ

Trong khi công nghệ ATM là công nghệ chuyển mạch gói nhanh đảm bảo chất lượng dịch vụ, thì chất lượng dịch vụ QoS của IP là một vấn đề lớn cần phải giải quyết. Các tham số chất lượng mạng cần phải cải thiện trong công nghệ IP gồm: Trễ, trượt và tắc nghẽn.

(v) Phương pháp chuyển tin

Cả hai công nghệ đều sử dụng tiêu đề làm cơ sở dữ liệu cho bài toán định tuyến và chuyển tin. Công nghệ ATM sử dụng các nhãn VPI/VCI để kết nối giữa một tuyến đầu vào tới một tuyến đầu ra của một nút mạng, công nghệ IP sử dụng địa chỉ đích cho bài toán định tuyến và quá trình chuyển tin được thực hiện tại mặt bằng chuyển tiếp thông qua bảng chuyển tiếp. Các thông tin chuyển tiếp được xác định từ thông tin trong bảng định tuyến.

(vi) Địa chỉ định tuyến

Các địa chỉ tìm kiếm trong bảng định tuyến ATM có độ dài cố định trong khi đó các địa chỉ IP có độ dài thay đổi. Tìm kiếm các địa chỉ có độ dài thay đổi có thể được thực hiện gần đúng thông qua các tiền tố dài nhất.

(vii) Báo hiệu

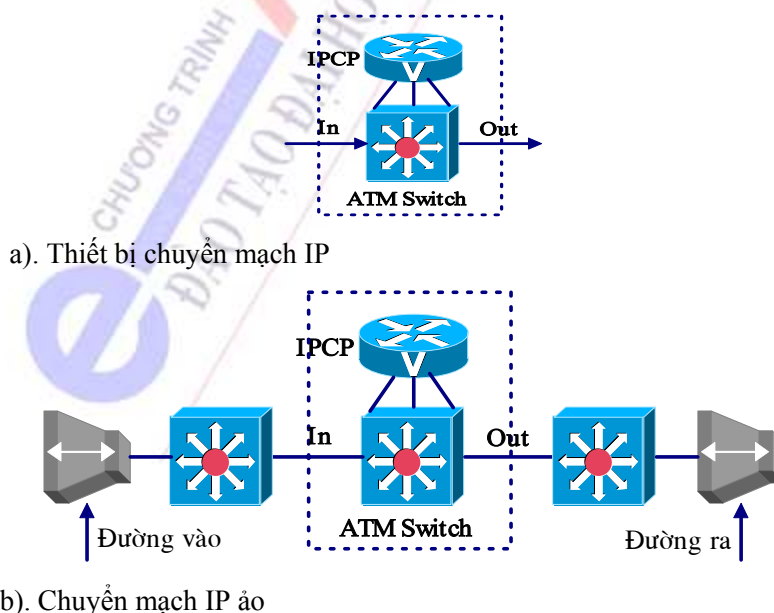
Các cơ chế báo hiệu trong công nghệ ATM khá phức tạp và chặt chẽ nhằm đảm bảo chất lượng dịch vụ, công nghệ IP truyền thống sử dụng chuyển mạch datagram nên không tồn tại giao thức báo hiệu riêng.

4.1.2 Công nghệ chuyển mạch IP

(i) Khái niệm cơ bản về thiết bị chuyển mạch IP:

Chuyển mạch IP là một thiết bị hay hệ thống mà nó có thể gửi các gói tin IP ở lớp 3 và chứa thành phần chuyển mạch có khả năng chuyển mạch các gói tin ở lớp 2. Thiết bị chuyển mạch IP có cơ chế nhận biết loại gói tin nào sẽ được chuyển đi ở lớp 3 và gói nào sẽ được chuyển mạch ở lớp 2, sau đó gửi một vài hoặc tất cả các gói tin đi trên đường được chuyển mạch lớp 2. Hầu hết các chuyển mạch IP sử dụng cơ cấu chuyển mạch ATM. Hình vẽ 4.3 sau đây chỉ rõ hai mô hình thiết bị chuyển mạch IP.

Điều khiển IP IPCP (IP Control Point) thực hiện các giao thức định tuyến IP điển hình như RIP, OSPF, BGP để cung cấp đường định tuyến từng chặng lớp 3 ngàng định và có thể liên lạc trực tiếp hoặc gián tiếp tới các thành phần của chuyển mạch ATM để gửi các gói tin IP. Cũng như các chuyển mạch ATM thông thường, những thành phần chuyển mạch ATM trong chuyển mạch IP duy trì một bảng kết nối các cổng vào/ra, các nhãn vào/ra (VPI/VCI).



Hình 4.3: Thiết bị chuyển mạch IP

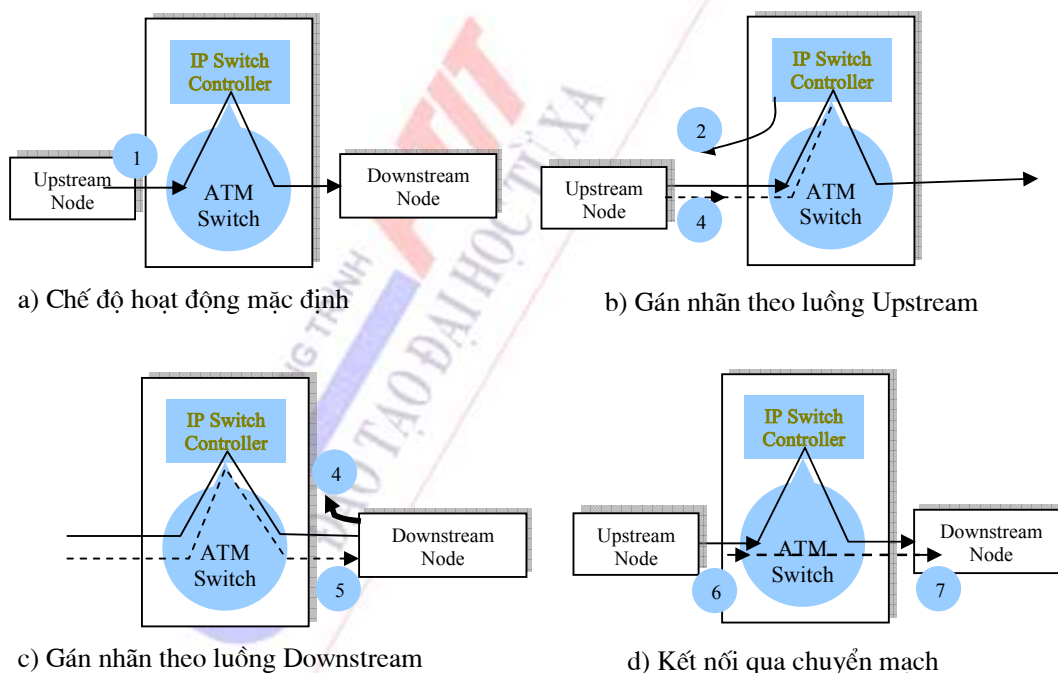
Có một số đặc điểm khác nhau giữa hai mô hình chuyển mạch IP biểu diễn trên hình 4.3 trên đây. Mô hình thiết bị chuyển mạch IP (a) gồm bộ điều khiển IP và trường chuyển mạch tồn tại trong một thiết bị đơn. Mô hình chuyển mạch IP ảo bao gồm nhiều thành phần chuyển mạch được điều khiển trực tiếp hay gián tiếp của một bộ điều khiển IPCP. Sự khác nhau nữa là vị trí của các cổng vào và cổng ra. Trong cấu hình của chuyển mạch IP thì các cổng vào và cổng ra đều nằm trong cùng một đơn vị giao diện. Với bộ chuyển mạch IP ảo, thành phần vào/ra cũng có thể được định vị trên cùng một đơn vị giao diện hoặc trên mỗi giao diện riêng biệt. Điều đó dẫn tới cách thức sử dụng và sự phụ thuộc vào các giao thức tìm đường và báo hiệu ATM và IP trong mỗi mô hình là khác nhau.

(ii) Cơ chế hoạt động của chuyển mạch IP

Điều khiển bộ xử lý định tuyến IP được ghép với chuyển mạch ATM và cho phép chuyển mạch IP như một giao thức của bộ định tuyến IP thông thường và thực hiện truyền gói trên nguyên tắc từng chặng (1). Khi Luồng dữ liệu lớn xuất hiện giám sát bộ xử lý định tuyến IP sẽ báo hiệu cho luồng truyền trạm kế tiếp phía trên để gán nhãn của một tuyến ảo/ luồng ảo cho các tế bào của luồng và sau đó sẽ cập nhật vào bảng định tuyến ở chuyển mạch ATM có liên quan. Gửi giao thức IFMP tới trạm phát (2). Tiến trình này xảy ra độc lập giữa các cặp chuyển mạch IP phụ thuộc vào tuyến kết nối. Nó trở thành nhiệm vụ đơn giản trong kết nối ở các bảng định tuyến chuyển mạch IP. Khởi tạo một kết nối có theo các bước trên hình 4.4 dưới đây.

Nếu luồng đến được biên dịch, nó sẽ gửi tiếp các gói của luồng trên một Kênh ảo rồi với một nhận dạng kênh ảo (3)

Luồng ra có thể giám sát trên cùng một luồng và yêu cầu chuyển mạch IP hiện thời sử dụng một VCI cho nó. (4)



Hình 4.4: Mô hình kết nối theo chuyển mạch IP

Sau đó bộ điều khiển chuyển mạch IP chỉ dẫn chuyển mạch ATM tạo bản đồ cổng cho luồng đó. Các số liệu tiếp theo sẽ được chuyển mạch trực tiếp trên phần cứng của chuyển mạch ATM. (5)

Trong khoảng thời gian 60 giây sau khi thiết lập luồng ảo, thì trạng thái của các luồng ảo sẽ được kiểm tra. Nếu không có số liệu truyền qua trong khoảng thời gian đó (time out), thì kênh ảo đó được giải phóng. Thời gian kiểm tra tùy thuộc vào cấu trúc mạng và thuật toán điều khiển ấn định.

Một số giải pháp và kỹ thuật dựa trên chuyển mạch lớp 2 nhằm cải thiện cách thức định tuyến IP. Cuối năm 1996 nhóm làm việc cho IETF tạo ra một forum mới có tên là MPLS nhằm tiêu chuẩn hoá giải pháp chuyển mạch và định tuyến kế hợp (chuyển mạch lớp 3 và lớp 4). Cho phép nhiều nhà cung cấp thiết bị cùng nhau xây dựng giải pháp chuyển mạch IP. Các giao thức này sẽ được chỉ ra trong các phần sau.

Khi sử dụng phương pháp định tuyến IP trên nền mạng ATM dẫn tới một số vấn đề sau:

- Các bộ định tuyến tạo thành điểm nút tắc nghẽn và không thể hỗ trợ lưu lượng ổn định tại tốc độ quá cao (OC3), trong khi khả năng của trường chuyển mạch ATM là rất lớn.
- Các bảng định tuyến quá lớn và việc truy nhập địa chỉ mất quá nhiều thời gian, vấn đề này có thể cải thiện được nếu sử dụng bảng định tuyến đơn chiều, với sự sắp xếp nhãn theo hình cây, phương pháp tra cứu có sự can thiệp chỉ dẫn của các bảng VPI/VCI trong phần cứng.
- Các mạng IP thế hệ tiếp theo cần có sự quản lý dải thông, khả năng thực hiện và QOS mà ATM có thể đưa ra.
- Cần một cách thức đơn giản để hỗ trợ lưu lượng IP phi kết nối qua mạng hướng kết nối.
- Bảo hiệu và định tuyến trong ATM Forum UNI/NNI được coi là quá phức tạp, cần một giao thức đơn giản mà dễ chấp nhận đối với IP.

4.1.3 Công nghệ chuyển mạch MPLS/GMPLS

Giải pháp công nghệ MPLS (Multi Protocol Label Switching) là kết quả của phát triển của nhiều giải pháp chuyển mạch IP, mục tiêu cơ bản của giải pháp này là tích hợp định tuyến và chuyển mạch thành một tiêu chuẩn đơn nhất. Đặc biệt, MPLS là giải pháp nhằm liên kết định tuyến các lớp mạng và các cơ chế trao đổi nhãn thành một giải pháp đơn để đạt được các mục tiêu sau:

- *Cải thiện hiệu năng định tuyến*
- *Cải thiện tính mềm dẻo của định tuyến trên các mô hình chồng lán truyền thống.*
- *Tăng tính mềm dẻo trong quá trình đưa và phát triển các loại hình dịch vụ mới.*

MPLS cũng có thể coi như một giải pháp công nghệ tổ hợp, mạng MPLS có khả năng chuyển các gói tin tại lớp 3 và tại lớp 2 sử dụng cơ chế hoán đổi nhãn như một kỹ thuật chuyển tiếp. MPLS dựa trên mô hình ngang cấp, vì vậy mỗi một thiết bị MPLS chạy một giao thức định tuyến IP đơn, cập nhật trao đổi thông tin định tuyến với các thiết bị lân cận, duy trì một không gian cấu hình mạng và một không gian địa chỉ.

MPLS chia bộ định tuyến IP làm hai phần riêng biệt: chức năng chuyển gói tin và chức năng điều khiển. Phần chức năng chuyển gói tin giữa các bộ định tuyến IP, sử dụng cơ chế hoán đổi nhãn như của ATM. Kỹ thuật hoán đổi nhãn về bản chất là việc tìm nhãn của gói tin trong một bảng các nhãn để xác định tuyến của gói và nhãn của nó. Việc này đơn giản hơn nhiều so với việc xử lý gói tin thông thường và do vậy cải tiến khả năng của thiết bị. Các bộ định tuyến sử dụng thiết bị này gọi là bộ định tuyến chuyển mạch nhãn LSR (Label Switching Router).

Phần chức năng điều khiển của MPLS bao gồm các giao thức định tuyến lớp mạng với nhiệm vụ phân phối thông tin giữa các LSR, và thủ tục gán nhãn để chuyển thông tin định tuyến thành các bảng định tuyến cho việc chuyển mạch. MPLS có thể hoạt động được với các giao thức định tuyến Internet khác như OSPF và BGP. Do MPLS hỗ trợ việc điều khiển lưu lượng và cho phép thiết lập tuyến cố định nên việc đảm bảo chất lượng dịch vụ là hoàn toàn khả thi. Đây là chức năng vượt trội của MPLS so với các giao thức định tuyến khác. Tuy nhiên, do MPLS là công nghệ chuyển mạch định hướng kết nối nên khả năng bị ảnh hưởng bởi lỗi đường truyền là cao hơn so với các công nghệ khác.

Bên cạnh độ tin cậy, công nghệ MPLS cũng khiến việc quản lý mạng được dễ dàng hơn. Do MPLS quản lý việc chuyển tin theo các luồng tin, các gói tin thuộc một lớp chuyển tiếp tương đương FEC có thể được xác định bởi giá trị của nhãn. Do vậy, trong miền MPLS các thiết bị đo lưu lượng mạng có thể dựa trên nhãn để phân loại gói tin. Bằng cách giám sát lưu lượng tại các LSR, nghẽn lưu lượng sẽ được phát hiện và vị trí xảy ra nghẽn có thể được xác định nhanh chóng, đây là một trong những điều kiện đảm bảo cho mạng MPLS có khả năng hỗ trợ QoS tốt nhất, vì vậy MPLS tạo ra các lợi ích cho các nhà cung cấp dịch vụ để quản lý lưu lượng và hỗ trợ các dịch vụ mới. Tuy nhiên, giám sát lưu lượng theo phương thức này không đưa ra toàn bộ thông tin về chất lượng dịch vụ (ví dụ, như trễ xuyên suốt).

Để giám sát tốc độ của mỗi luồng và đảm bảo các luồng lưu lượng tuân thủ tính chất lưu lượng đã định trước, hệ thống giám sát có thể dùng thiết bị nắn lưu lượng. Thiết bị này cho phép giám sát và đảm bảo lưu lượng được tuân thủ theo tính chất mà không cần thay đổi giao thức hiện có.

MPLS có thể được nhìn nhận như một mặt bằng điều khiển trên ATM cho phép mở rộng phương pháp định tuyến và điều khiển lưu lượng IP. Có thể coi như là một phương pháp xây dựng các VC ATM, ngoại trừ các cuộc gọi MPLS là đường dẫn chuyển mạch nhãn LSP (Label Switched Path). Khi chạy trên phần cứng ATM, cả MPLS và forum ATM đều sử dụng cùng một khuôn dạng gói tin (53 byte), cùng nhãn (VPI/VCI), cùng một kỹ thuật dán nhãn cho tế bào chuyển mạch, cùng chức năng trên các thiết bị gờ mạng. Cả MPLS và ATM đều yêu cầu giao thức thiết lập kết nối (ví dụ, giao thức phân bổ nhãn LDP cho MPLS, UNI/PNNI cho ATM). Sự khác nhau cơ bản nằm trong một số vấn đề sau: MPLS không sử dụng địa chỉ ATM, định tuyến ATM, và các giao thức trong forum ATM. Thay vào đó, MPLS sử dụng địa chỉ IP, định tuyến IP động, thêm vào đó là giao thức điều khiển phân bổ nhãn LDP để sắp xếp các FEC vào trong LSP. Trong thực tế MPLS sẽ cùng tồn tại với môi trường thuần ATM trong cấu hình Ship-in-the-night (SIN), tại đó hai điều hành hoạt động theo chế độ tương hỗ, hoặc nút mạng MPLS có thể trao đổi thông tin qua các chuyển mạch thuần ATM (tích hợp). Cuối cùng, kiến trúc MPLS có thể hoạt động trên bất kỳ một công nghệ liên kết dữ liệu nào, không chỉ ATM. Vì vậy, nhà cung cấp mạng có thể cấu hình và chạy MPLS trong một vùng các kết nối như: giao thức điểm tới điểm PPP (Point to Point Protocol), chuyển mạch khung, ATM, LAN quảng bá.

Công nghệ chuyển mạch nhãn đa giao thức tổng quát GMPLS (Generalized Multiprotocol Labeled Switching) là bước phát triển theo của công nghệ chuyển mạch nhãn đa giao thức MPLS (Multiprotocol Labeled Switching). GMPLS thực chất là sự mở rộng chức năng điều khiển của mạng MPLS, nó cho phép kiến tạo mặt phẳng điều khiển quản lý thống nhất không chỉ ở lớp mạng mà còn thực hiện đối với các lớp ứng dụng, truyền dẫn và lớp vật lý. Việc kiến tạo một mặt phẳng điều khiển thống nhất đối với các lớp mạng hứa hẹn khả năng tạo ra một mạng đơn giản về điều hành và quản lý, cho phép cung cấp các kết nối từ đầu cuối tới đầu, quản lý tài

nguyên mạng một cách hoàn toàn tự động và cung cấp các mức chất lượng dịch vụ (QoS) khác nhau các ứng dụng trên mạng.

Xu hướng phát triển mạnh mẽ việc xây dựng các hệ thống truyền tải quang trong cơ sở hạ tầng mạng viễn thông quốc tế nói chung, của quốc gia và các nhà cung cấp dịch vụ mạng nói riêng đã phần nào đáp ứng nhu cầu rất lớn về băng thông truyền tải cho các ứng dụng mới trên mạng, chẳng hạn như ứng dụng mạng lưu trữ, thuê băng thông, cập nhật dữ liệu trực tuyến trong cơ sở hạ tầng mạng truyền tải đa dịch vụ. Hiện nay người ta cho rằng để đáp ứng được nhu cầu băng thông cho các ứng dụng dịch vụ thì mạng truyền tải chủ yếu sẽ là các hệ thống truyền dẫn trên sợi quang với các thiết bị ghép tách luồng ADM, thiết bị ghép bước sóng quang WDM, thiết bị đầu chéo luồng quang OXC... Sự đa dạng và phức tạp trong quản lý các phần tử mạng tại các phân lớp mạng khác nhau là nhân tố cơ bản thúc đẩy việc nghiên cứu cải tiến bộ giao thức MPLS thành GMPLS không ngoài mục đích thống nhất quản lý giữa các thực thể mạng không chỉ ở phương thức chuyển mạch gói mà MPLS đã thực hiện mà còn cả trong lĩnh vực chuyển mạch thời gian, không gian quản lý. GMPLS còn mở rộng chức năng hỗ trợ giao thức IP để điều khiển thiết lập hoặc giải phóng các đường chuyển mạch nhãn LSP cho mạng hỗn hợp bao gồm cả chuyển mạch gói, chuyển mạch kênh, mạng quang.

Một trong những yếu tố kinh tế nổi bật của GMPLS đó là nó có chức năng tự động quản lý tài nguyên mạng và cung ứng kết nối truyền tải lưu lượng khách hàng từ đầu cuối tới đầu cuối. Việc cung ứng kết nối cho khách hàng theo kiểu truyền thống như đối với mạng truyền tải Ring SDH có đặc điểm là mang tính nhân công, thời gian đáp ứng dài và chi phí kết nối cao. Để thiết lập được kết nối từ đầu cuối đến đầu cuối theo phương thức nhân công nói ở trên người ta cần phải xác định các vòng ring SDH nào trong mạng mà đường kết nối đó đi qua, dung lượng còn lại của vòng Ring đó còn đủ khả năng phục vụ không, nếu như chưa đủ thì cần phải tìm đường vu hồi qua vòng Ring nào khác? Sau khi xác định được đường kết nối người ta phải thông báo cho toàn bộ các nút mạng thuộc các vòng ring để thực hiện các thiết lập luồng hoặc đầu chuyển nhân công trong các vòng ring, công việc này đòi hỏi rất nhiều nhân công và tốn rất nhiều thời gian trao đổi thông tin nghiệp vụ. Công nghệ GMPLS cho phép các nút mạng tự động cung cấp các kết nối theo yêu cầu do vậy giá thành chi phí cung cấp kết nối cũng như giá thành quản lý bảo dưỡng giảm đi rất nhiều, thời gian cung ứng kết nối cung cấp dịch vụ giảm đi rất nhiều so với phương pháp truyền thống.

4.2 KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH ATM

4.2.1. Mô hình phân lớp ATM

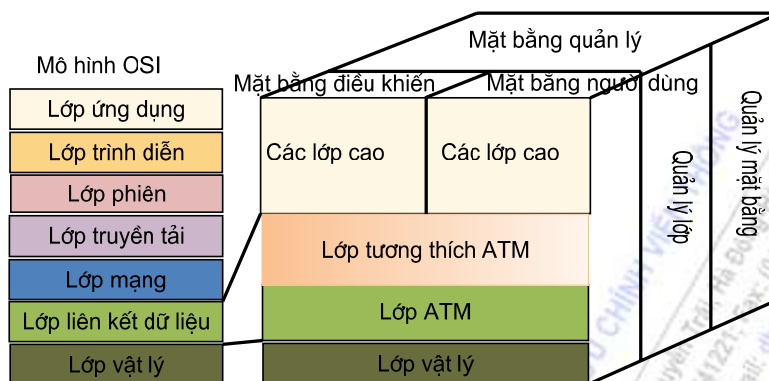
Công nghệ truyền tải không đồng bộ ATM là kỹ thuật chuyển mạch gói tốc độ cao được ITU-T thông qua như là các chuẩn ghép kênh và chuyển mạch cho mạng số tích hợp đa dịch vụ băng rộng B-ISDN (Broadband Integrated Service Digital Network). ATM sử dụng các gói có độ dài cố định được gọi là các tế bào để mang các lưu lượng thoại, dữ liệu, video và đa phương tiện. ATM được xem là công nghệ đầu tiên cung cấp băng thông theo yêu cầu và cho phép nhiều người dùng tối ưu tài nguyên mạng bằng cách chia sẻ băng thông một cách hiệu quả. Hình 4.4 dưới đây chỉ ra mô hình tham chiếu của ATM với mô hình B-ISDN và so sánh với mô hình OSI. Mô hình tham chiếu của ATM chia thành các mặt bằng và các lớp.

a, Các mặt bằng của mô hình tham chiếu B-ISDN.

(i) Mặt bằng quản lý

Thực hiện hai chức năng chính: Đầu tiên là chức năng quản lý lớp được chia thành các lớp khác nhau nhằm thực hiện các chức năng liên quan tới nguồn thông tin và các tham số của các

thực thể giao thức tại các lớp; tiếp theo là quản lý mặt bằng: Liên quan đến quản lý toàn bộ hệ thống và phối hợp các mặt bằng với nhau. Trong khi quản lý mặt bằng không có cấu trúc phân lớp thì quản lý lớp lại có cấu trúc phân lớp.



Hình 4.5: Mô hình tham chiếu của ATM-BISDN và OSI

(ii) Mặt bằng người dùng

Thực hiện truyền thông tin của người sử dụng từ nguồn đến đích trong phạm vi của mạng, các dịch vụ có thể là thoại, số liệu, hình ảnh. Thực hiện các chức năng lớp cao như điều khiển luồng, điều khiển tắc nghẽn, chống lỗi. Ngoài ra mặt phẳng người dùng cũng có cấu trúc phân lớp, mỗi lớp thực hiện một chức năng riêng biệt liên quan tới việc cung cấp một loại dịch vụ cho người dùng.

(iii) Mặt bằng điều khiển và báo hiệu

Thực hiện các chức năng như: Điều khiển kết nối, xử lý cuộc gọi và các chức năng báo hiệu liên quan đến việc thiết lập, duy trì, giám sát và giải phóng kết nối.

b, Các lớp của mô hình tham chiếu ATM với OSI

(i) Lớp vật lý

Lớp vật lý được chia thành 2 lớp con, lớp con môi trường vật lý PM (Physic Medium) và lớp con hội tụ truyền dẫn TC (Transmisiom Convergence).

Lớp con môi trường vật lý PM là lớp thấp nhất, có chức năng phụ thuộc vào môi trường truyền dẫn vật lý cụ thể, bao gồm khả năng thu/phát các tín hiệu, đồng chỉnh bit, mã hoá, giải mã, biến đổi quang-điện/điện-quang,... Lớp này thực hiện các chức năng chính như: Cung cấp khả năng truyền dẫn bit, mã hoá dòng bit theo mã đường truyền và đồng bộ bit. Trong chế độ hoạt động bình thường, việc đồng bộ thường dựa trên các đồng bộ thu qua giao diện. Ngoài ra, cũng có thể sử dụng hệ thống đồng bộ riêng trong trường hợp truyền dẫn tế bào.

Lớp con hội tụ truyền dẫn TC thực hiện các chức năng sau:

- Phối hợp tốc độ tế bào; nhằm phối hợp các luồng lưu lượng tế bào đến khác nhau để đảm bảo tốc độ luồng chung thông qua các việc chen các tế bào rồi không mang thông tin.
- Tạo và xác nhận dãy HEC; Tạo ra các mã xác nhận cho các tế bào hợp lệ.
- Thích ứng khung truyền dẫn; Tạo các luồng dữ liệu thích ứng với các công nghệ truyền dẫn khác nhau.
- Tạo và khôi phục khung truyền dẫn. Đây là chức năng của các thiết bị kết cuối mạng nhằm tạo ra các khung dữ liệu sử dụng trong các hệ thống truyền dẫn khác nhau.

(ii) Lớp ATM

Lớp ATM là lớp nằm ngay trên lớp vật lý trong mô hình giao thức B-ISDN và công nghệ ATM chủ yếu thể hiện ở lớp này. Chức năng chính của lớp ATM là: Xử lý định tuyến các cuộc gọi dựa vào VPI/VCI và chức năng chuyển mạch nhằm đảm bảo cho quá trình truyền tải thông tin từ nguồn tới đích đáp ứng các yêu cầu về chất lượng dịch vụ và nâng cao hiệu quả các phương pháp kỹ thuật truyền dẫn được sử dụng.

Lớp ATM sẽ đảm trách việc tạo và thẩm tra tế bào khi lớp bên trên như AAL (Adaptive Atm Layer) đưa thông tin xuống để truyền đi qua mạng. Ngoài ra lớp ATM còn có chức năng điều khiển luồng GFC, chức năng đa hợp và giải đa hợp các luồng tế bào ở hai đầu phát và thu khi các luồng tế bào từ nhiều nguồn khác nhau đi trên cùng một liên kết.

(iii) Lớp tương thích ATM (AAL)

Lớp tương thích ATM (AAL) là lớp liên kết lớp ATM với lớp ứng dụng. Các chức năng lớp AAL do các thiết bị đầu cuối hoặc thiết bị tương thích tại giao diện người dùng đảm nhiệm. Trong mạng ATM, phần mạng xử lý các chức năng lớp ATM hoàn toàn độc lập với các dịch vụ truyền thông trong mạng. Có nghĩa là thông tin khách hàng được truyền một cách trong suốt qua mạng ATM, mạng không tham gia xử lý thông tin và cũng không được biết về cấu trúc số liệu truyền đi. Điều này được gọi là tính chất độc lập về nội dung. Một đặc tính khác của mạng ATM là tính độc lập về thời gian, nghĩa là trong mạng ATM tín hiệu định thời của mạng độc lập với tín hiệu nhịp của các ứng dụng (hoặc thiết bị) và mạng chấp nhận tất các tốc độ.

Chức năng lớp AAL phụ thuộc vào các yêu cầu của các lớp cao. Vì mạng ATM có thể cho phép đa dịch vụ, do vậy để mạng không quá phức tạp người ta đã nhóm các dịch vụ có cùng một số đặc tính lại với nhau thành từng loại, nhằm đơn giản hoá giao diện trong ATM. Việc phân loại AAL dựa trên ba tham số là: Quan hệ thời gian giữa nguồn và đích, Đặc tính về tốc độ truyền và đặc tính về phương thức kết nối. (bảng 4.1)

	Lớp A	Lớp B	Lớp C	Lớp D
Quan hệ thời gian	Đồng bộ		Bất đồng bộ	
Tốc độ bit	Cố định	Thay đổi		
Kiểu kết nối	Hướng kết nối			Phi kết nối
Kiểu AAL	AAL 1	AAL 2	AAL 3/4	AAL 5
Kiểu ứng dụng	Mô phỏng kênh	Video, thoại VBR	Data	Bảo hiệu, TCP/IP, FR

Bảng 4.1: Phân loại các dịch vụ lớp tương thích ATM

Lớp AAL được chia thành 2 lớp con là: Lớp hội tụ CS (Convergence Service) và lớp cắt/ ghép tế bào SAR (Segmentation Reassembly Sublayer).

- CS thực hiện các chức năng phối hợp và thích ứng giữa lớp cao và lớp AAL như: Tạo các thông tin dịch vụ cho khách hàng lớp cao, điều khiển các thủ tục đóng gói/mở gói đối với các CS-PDU. Lớp con CS lại có thể được chia làm 2 thành phần là phần dịch vụ riêng và phần dịch vụ chung.
- Lớp cắt/ghép tế bào SAR thực hiện chia nhỏ các đơn vị dữ liệu PDU (Packet Data Unit) của các lớp cao thành các phần có độ dài 48 byte tương ứng với trường dữ liệu

trong tế bào ATM. Tại đầu thu, SAR lấy thông tin trong trường số liệu tế bào để khôi phục lại các PDU ban đầu. Một điểm truy nhập dịch vụ lớp AAL là AAL-SAP (Service Application Point) cung cấp các giao diện tới các lớp cao hơn nhờ việc chuyển đổi các tiền tố liên quan AAL-PDU.

4.2.2. Nguyên lý chuyển mạch ATM

Trước khi xem xét nguyên lý trường chuyển mạch ATM, ta xem xét một số khái niệm mẫu chốt liên quan trực tiếp đến cơ chế điều hành chuyển mạch của các trường chuyển mạch ATM. Mục này sẽ trình bày các khái niệm kênh ảo VC, luồng ảo VP, chuyển mạch VC và VP và nguyên tắc chuyển mạch của trường chuyển mạch ATM.

a, Kênh ảo VC

Để thiết lập một kết nối giữa hai đầu cuối đòi hỏi sự kết hợp của một chuỗi nhiều liên kết với nhau từ nguồn cho tới đích. Tổ hợp chuỗi các liên kết kênh ảo được gọi là kết nối ảo VCC (Virtual Channel Connection). Việc quyết định khả năng sử dụng từng liên kết phụ thuộc vào băng tần khách hàng yêu cầu và dung lượng còn lại của liên kết. Trong từng tế bào, kênh ảo được nhận dạng bởi giá trị VCI (Virtual channel Identifier), là một thành phần của phần tiêu đề tế bào như đã chỉ ra trên hình 4.1.

Tại các nút chuyển mạch, bảng định tuyến sẽ cung cấp các thông tin biên dịch VCI cho từng tế bào khi được truyền tới. Thông tin cần thiết của bảng này được cập nhật trong giai đoạn thiết lập cuộc gọi và giữ nguyên trong suốt quá trình cuộc gọi. Các kết nối kênh ảo có thể dùng trong các ứng dụng sau:

(i) Các ứng dụng từ khách hàng tới khách hàng

Trong ứng dụng này, VCC được thiết lập giữa thiết bị đầu cuối khách hàng tại các đầu của kết nối. Thông tin được truyền tải dưới dạng các tế bào ATM giữa các thiết bị đầu cuối khách hàng.

(ii) Các ứng dụng khách hàng tới mạng

Trong ứng dụng này, VCC được thiết lập nối thiết bị đầu cuối của khách hàng với điểm nút mạng và cung cấp truy nhập tới các thành phần của mạng.

(iii) Các ứng dụng mạng tới mạng

Trong ứng dụng này, VCC được thiết lập giữa hai điểm nút mạng. ứng dụng mạng - mạng của VCC gồm cả quản lý lưu lượng và định tuyến mạng.

Một số đặc tính của kết nối kênh ảo gồm có:

- Khách hàng sử dụng VCC có khả năng yêu cầu chất lượng dịch vụ xác định bởi các tham số như tỷ lệ mất tế bào, biến thiên độ trễ tế bào ...
- VCC được cung cấp trên cơ sở yêu cầu trực tiếp hoặc bán cố định.
- Trong VCC, thứ tự tế bào không thay đổi. Đây là nguyên lý cơ bản của ATM
- Đối với từng VCC, các tham số về dung lượng sẽ được thoả thuận giữa khách hàng và mạng khi kết nối được thiết lập và sau đó có thể thoả thuận lại.

Đối với việc gán các giá trị VCI có 4 phương pháp được sử dụng: Do mạch gán, do khách hàng gán, theo sự thoả thuận của khách hàng và mạng và theo phương pháp được chuẩn hoá.

Nói chung, giá trị VCI được gán độc lập với dịch vụ được cung cấp qua VC tương ứng. Tại NNI, VCI được gán trước trong các trường hợp sau: Chỉ thị tế bào không được gán, chỉ thị tế bào lớp vật lý, chỉ thị báo hiệu Meta và chỉ thị báo hiệu quảng bá chung.

b, Đường ảo VP

Đường ảo là một tập các kênh ảo có cùng điểm kết nối. Chuỗi các liên kết đường ảo liên kết với nhau hình thành một kết nối đường ảo VPC (Virtual Path Connection) nối giữa hai điểm kết cuối VPC (điểm kết cuối VPC là điểm mà ở đó các VPI được hình thành, biên dịch và bị loại bỏ), hoặc trong cấu hình điểm-đa điểm có số điểm kết nối từ 2 trở lên.

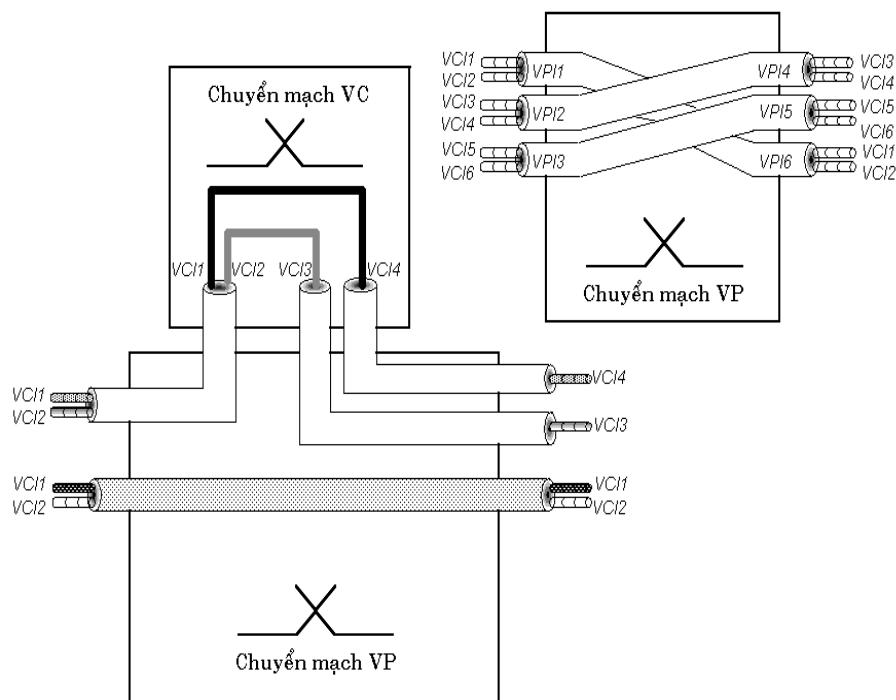
Khái niệm đường ảo VP dùng để chỉ các đường nối logic trực tiếp (sử dụng bởi nhiều kênh ảo) giữa các điểm chuyển mạch thông qua các điểm nối chéo trung gian.

Đường truyền ảo là hình thức (đấu nối bán cố định hoặc chuyển mạch) tạo ra liên kết có tính chất tương đương về mặt logic giữa hai nút chuyển mạch mà không cần thiết phải đấu nối trực tiếp bằng một liên kết vật lý. Điều này cho phép phân biệt giữa cấu trúc mạng vật lý và logic, đồng thời cho phép sắp xếp lại cấu trúc logic phù hợp các yêu cầu về lưu lượng. Đường truyền ảo được phân biệt bằng giá trị trường nhận dạng đường ảo VPI, là một tham số của tiêu đề tế bào.

Các bảng biên dịch định tuyến tại các nút chuyển mạch thực hiện biên dịch giá trị VPI của từng tế bào khi thâm nhập vào các bộ nối chéo. Tuy nhiên, thông tin đối với các kênh ảo thuộc đường ảo này không bị xử lý. Tất cả các kênh ảo thuộc đường ảo sẽ được truyền tải trên cùng một đường ảo ở đầu ra.

c, Chuyển mạch VP và VC

Tại một số nút chuyển mạch, việc biên dịch VPI được thực hiện cùng với việc biên dịch VCI tạo nên sự thay đổi của VCI và VPI. Hình 4.6 chỉ ra 2 phương pháp chuyển mạch theo kênh ảo và theo luồng ảo.



Hình 4.6: Chuyển mạch VP và VC

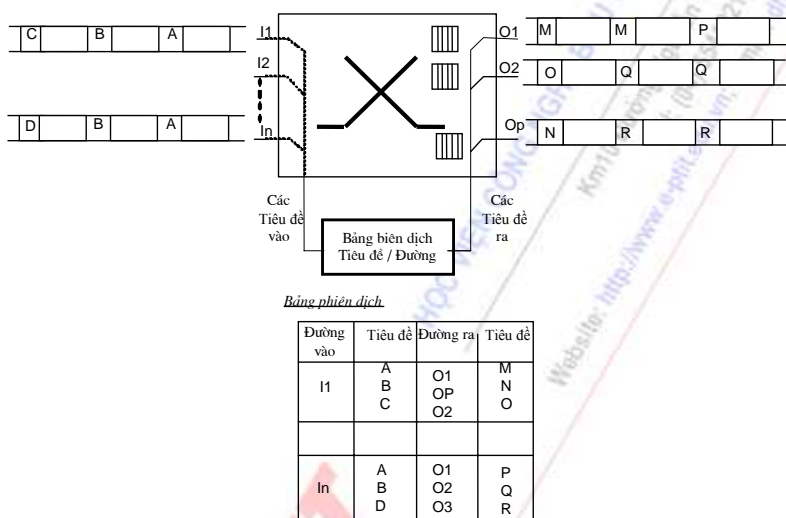
Dãy các tế bào ATM được đảm bảo cho mỗi VCC trong phạm vi cùng một VPC. Các tham số QoS như: độ tổn thất tế bào, biến thiên độ trễ tế bào... sẽ được đảm bảo cho mỗi VCC. Tại

thời điểm thiết lập VCC, các tham số lưu lượng khách hàng sẽ được xác định qua sự thỏa hiệp giữa mạng và khách hàng và sau đó mạng sẽ giám sát các tham số đó.

Tương tự như đối với các kết nối ảo VCC, các kết nối ảo VPC có thể được dùng cho việc truyền thông tin giữa khách hàng với khách hàng, giữa khách hàng với mạng và giữa mạng với khách hàng. Việc thiết lập và giải phóng VPC được thực hiện bằng các thủ tục quản lý mạng, phụ thuộc vào việc các VPC sẽ được gán hoặc được cung cấp khi có nhu cầu. Khi đó việc thiết lập và giải phóng các VPC theo nhu cầu có thể được mạng hoặc khách hàng thực hiện.

d, Nguyên tắc chuyển mạch và định tuyến trong nút mạng ATM

Chuyển mạch ATM thực hiện chức năng chuyển mạch các tế bào ATM từ một đầu vào (trong số N đầu vào) đến một hay nhiều đầu ra (trong số M đầu ra) dựa trên việc biên dịch các VPC và VCC.



Hình 4.7: Nguyên lý chuyển mạch ATM

Trên hình 4.7 các tế bào ATM được chuyển mạch vật lý từ một đầu vào Ii (N) đến một đầu ra Oj (M), đồng thời một giá trị tiêu đề vào (A, B, C, ...) được phiên dịch sang một tiêu đề ra (M, N, O, ...). ở mỗi đường vào và đường ra giá trị tiêu đề là duy nhất, nhưng trên các đường khác nhau có thể có các tiêu đề như nhau (ví dụ: A ở các đường I1 và In). Tất cả các tế bào có đầu đề A ở đường vào I1 đều được chuyển tới đầu ra O1 và đầu đề chúng được phiên dịch hay chuyển đổi vào giá trị M. Còn tất cả tế bào có đầu đề A ở đường vào In được chuyển đến O1 nhưng đầu đề chúng khi ra lại nhận giá trị là P. Mặt khác hai tế bào ở hai đầu vào khác nhau (Ii và In) đến chuyển mạch ATM cùng một lúc và dự định ra cùng một đường ra O1, chuyển mạch ATM không thể đồng thời đưa ra 2 tế bào này cùng một lúc được. Để giải quyết vấn đề này chuyển mạch phải có bộ nhớ đệm để lưu giữ các tế bào chưa thể phục vụ và cho ra tế bào có độ ưu tiên cao nhất. Các cơ chế đệm và kiểu trường chuyển mạch đã trình bày trong chương 3.

Như vậy mỗi kết nối được xác định theo các giá trị VPI riêng của mỗi VP trong từng chặng của đường truyền và giá trị VCI riêng của mỗi VC trong từng VP. Bước đầu tiên để thiết lập kết nối giữa các đầu cuối là quá trình xác định đường nối giữa thiết bị nguồn và thiết bị đích. Quá trình này kết thúc với kết quả là xác định được các chặng đường truyền dùng trong kết nối và các giá trị nhận dạng của chúng.

Có hai phương thức định tuyến được sử dụng trong chuyển mạch ATM, đó là nguyên tắc tự định tuyến và định tuyến dùng bảng định tuyến. Theo nguyên tắc tự định tuyến này việc biên

dịch VPI/VCI cần phải thực hiện tại đầu vào của các phần tử chuyển mạch sau khi biên dịch xong tế bào sẽ được thêm phần mở rộng bằng một định danh nội bộ thể hiện rằng đã xử lý tiêu đề của tế bào. Tiêu đề mới của tế bào được đặt trước nhờ nội dung của bản biên dịch, việc tăng thêm tiêu đề tế bào ở đây yêu cầu tăng thêm tốc độ nội bộ của ma trận chuyển mạch. Ngay sau khi tế bào có được định danh nội bộ, nó được định hướng theo nguyên tắc tự định hướng. Mỗi cuộc nối từ đầu vào tới đầu ra có một tên nội bộ nằm trong ma trận chuyển mạch xác định. Trong các cuộc nối đa điểm VPI/VCI được gán tên nội bộ nhiều chuyển mạch do đó có khả năng các tế bào được nhân bản và định hướng tới các đích khác nhau phụ thuộc vào tên được gán.

Theo nguyên tắc sử dụng bảng định tuyến như trên hình 4.7, VPI/VCI trong tiêu đề tế bào được biên dịch tại mỗi phần tử chuyển mạch thành một tiêu đề mới và mã số cổng đầu ra thích hợp nhờ một bảng định tuyến gắn với cơ cấu chuyển mạch. Trong giai đoạn thiết lập cuộc nối, nội dung của bảng được cập nhật phù hợp với các yêu cầu của người dùng và mạng.

4.3. KỸ THUẬT ĐỊNH TUYẾN TRONG MẠNG TỐC ĐỘ CAO

4.3.1. Định tuyến PNNI

PNNI được viết tắt từ cụm từ: Private Network Network Interface – Giao diện nút mạng riêng. PNNI là phương pháp định tuyến dựa vào kỹ thuật trạng thái liên kết được sử dụng trong mạng chuyển mạch ATM. PNNI gồm có 2 thành phần giao thức:

- Giao thức báo hiệu mô tả thủ tục về các bản tin sử dụng trong quá trình thiết lập kết nối từ điểm tới điểm và điểm tới nhóm đích trên mạng ATM. Giao thức báo hiệu xây dựng trên nền tảng là các tín hiệu theo chuẩn giao diện người dùng và mạng UNI trong mạng ATM, có bổ sung thêm cơ chế hỗ trợ định tuyến nguồn, thủ tục Crankback và định tuyến luân phiên (phục vụ cho việc thiết lập lại kênh truyền trong trường hợp có lỗi khi kết nối).
- Giao thức định tuyến sử dụng để tính toán đường đi trên mạng. Mô hình phân cấp của mạng PNNI đảm bảo nó có thể ứng dụng trong các môi trường mạng lớn.

a, báo hiệu PNNI

Trong phần này chúng ta sẽ xem xét về các thủ tục báo hiệu được sử dụng trong giao thức PNNI, các thủ tục này giúp tạo kênh ảo để truyền tin qua mạng ATM. PNNI giai đoạn một có một số đặc điểm chính như sau :

- Hỗ trợ tất cả các báo hiệu của chuẩn UNI 3.1 và tương thích với một số đặc điểm của báo hiệu chuẩn UNI 4.0.
- Phù hợp cho ứng dụng với các mạng lớn.
- Hỗ trợ định tuyến phân cấp.
- Hỗ trợ đảm bảo chất lượng dịch vụ QoS
- Hỗ trợ định tuyến với nhiều tham số và thuộc tính khác nhau.
- Sử dụng phương pháp định tuyến nguồn.
- Hoạt động trong các khu vực đã được phân chia.
- Giải pháp định tuyến động, có thể đáp ứng sự thay đổi về cơ sở mạng
- Hỗ trợ anycast

Báo hiệu PNNI được xây dựng tương thích với chuẩn UNI 3.1 về các giao diện kết nối trong mạng ATM, gồm các tính chất cơ bản như sau:

- Kết nối điểm – điểm và điểm – đa điểm.
- Có hỗ trợ chất lượng dịch vụ từ đầu cuối tới đầu cuối.
- Hỗ trợ Anycast.
- Cung cấp báo hiệu cho các dịch vụ tốc độ bit khả dụng ABR (Available Bit Rate)
- Kết nối đường dẫn chuyển mạch ảo.
- Thỏa thuận về tham số truyền – số khối tối đa, số khối tối thiểu và kích thước khối.

Ngoài ra, báo hiệu PNNI xây dựng để tương thích với phiên bản UNI 4.0 nên có thêm kênh ảo cố định mềm - SPVC (Soft Permanent Virtual Circuit), ở cả mức kênh ảo VC và luồng ảo VP. Hơn nữa, do mô hình PNNI sử dụng kỹ thuật định tuyến nguồn nên giao thức báo hiệu có thể hỗ trợ cả danh sách đường đi định sẵn DTL, thủ tục Crankback, và định tuyến luân phiên.

(i) Thủ tục thiết lập kênh ảo trong mạng PNNI

Khi thiết lập kênh ảo từ điểm đầu đến điểm cuối đi qua mạng PNNI, tại nút nguồn, thủ tục thiết lập đặt được khởi tạo. Đầu tiên, nút nguồn quyết định yêu cầu thiết lập kênh và sử dụng thông tin có trong sở dữ liệu mạng tại chính nút nguồn để tìm đường đưa đến đích theo yêu cầu tạo kênh, đường đi được thiết lập phụ thuộc vào luật định tuyến tại nút nguồn. Sau khi tìm được đường đi, nút nguồn đẩy danh sách các nút trung gian được chọn để đi qua vào phần tử thông tin gọi là danh sách đường đi định sẵn DTL (Designated Transit List). DTL bao gồm các bản tin báo hiệu để có thể thông qua nút chuyển kế tiếp. Kênh ảo có thể bị lỗi nếu như thông tin định tuyến được đưa vào thời điểm nút nguồn xác định đường đi không còn chính xác, trường hợp này có thể xảy ra với các mạng lớn do có độ trễ khi truyền giữa các nút. Vì vậy PNNI bổ sung thêm thủ tục quay vòng Crankback để báo cáo lỗi cho nút nguồn, từ đó nút nguồn sẽ tìm một đường đi khác để thiết lập kênh ảo.

(ii) Danh sách đường đi định sẵn

PNNI sử dụng định tuyến nguồn để chuyển tiếp yêu cầu của kênh ảo chuyển mạch SVC qua một nút hoặc một tầng trong cấu trúc phân cấp của định tuyến PNNI. PNNI xác định hướng đi từ nút nguồn bằng danh sách đường đi định sẵn. DTL là một bảng thông tin được định nghĩa đầy đủ đường đi từ nguồn đến đích qua các nhóm cùng cấp của cấu trúc phân tầng PNNI. Danh sách đường đi định sẵn được tính toán từ nút nguồn hay nút đầu tiên trong nhóm để nhận yêu cầu về kênh ảo chuyển mạch SVC. Dựa trên cơ sở dữ liệu về tình trạng mạng của nút đầu tiên, nó tính toán đường đi đến đích để đảm bảo chất lượng dịch vụ theo yêu cầu. Các nút trung gian tạo các liên kết đến nút kế tiếp theo danh sách định sẵn, thực hiện quản lý kênh ảo và chuyển tiếp yêu cầu của kênh ảo chuyển mạch trên mạng.

DTL thực hiện như phần tử thông tin khi gửi bản tin SETUP trong mạng PNNI. Nút nguồn tính toán danh sách đường đi định sẵn cho toàn bộ đường đi đến đích qua các nhóm cùng cấp. Một DTL được tính toán trên yêu cầu cho các nhóm cùng cấp. Khi nút nguồn cung cấp danh sách DTL đầy đủ cho các nhóm cùng cấp, nó đưa ra tên định danh của các nhóm khác, các nút mà nó sẽ đi qua. Danh sách DTL sẽ chứa địa chỉ tường minh của các chuyển mạch trong các nhóm cùng cấp của nút nguồn và địa chỉ logic hóa của các chuyển mạch trên các nhóm cùng cấp khác. Khi có một yêu cầu nằm trong phạm vi nút trong một nhóm mới, nó xóa danh sách DTL cũ và tính toán DTL mới để đi qua nhóm này. Khi yêu cầu đến đích nằm trong phạm vi nhóm cùng cấp, nút ở biên của nhóm cùng cấp sẽ tính toán đường đi đến nút đích.

(iii) Thủ tục Crankback và định tuyến luân phiên

Trong mạng PNNI, khi tìm đường đến đích đường đi được tính toán theo cơ sở dữ liệu trạng thái mạng tại nút nguồn, bao gồm thông tin về các node dự định đi qua tại thời điểm yêu cầu kết nối. Đối với một mạng lớn, thông tin về tình trạng của các nút có thể không được cập nhật kịp thời do một số nguyên nhân liên quan đến thời gian hội tụ và độ trễ lan truyền giữa các node. Trong trường hợp này, yêu cầu tạo kênh có thể bị hủy giữa chừng vì băng thông của kênh truyền, nút truyền trung gian không đáp ứng được như thông tin về đường truyền theo tính toán tại nút nguồn, nguyên nhân ở đây là do băng thông của hệ thống vào thời điểm cập nhật bảng DTL và băng thông khi kênh truyền được thiết đặt không còn giống nhau. Nút mà DTL bị chặn lại gửi bản tin giải phóng (RELEASE) đến nút trước nó theo danh sách đường đi định sẵn DTL và cũng bao gồm phần từ thông tin Crankback.

Khi thống kê tất cả các thông tin cần thiết để tìm đường định tuyến luân phiên, phần từ thông tin xác định lý do bị hỏng của quá trình lập kênh truyền và chặn nút hoặc liên kết đã xảy ra hỏng đó. Thông tin này được sử dụng tại nút nguồn để tìm đường định tuyến luân phiên. Nút nguồn bỏ qua nút hoặc liên kết đã bị chặn và thử tìm đường đi khác đến đích. Nếu nó tìm được đường đi, bản tin SETUP mới được điền vào bảng DTL và cùng gửi đến đích.

Thủ tục Crankback và định tuyến luân phiên mang lại cho PNNI lợi thế để nâng cao khả năng thành công trong việc thiết lập kênh. Người sử dụng có thể đặt được số lần thử lại tối đa của thuật toán quay ngược để thử kết nối tại nút nguồn kết nối với đầu cuối nhằm đạt được hiệu năng cao nhất cho mạng.

b, Định tuyến PNNI

Các chức năng chính của định tuyến PNNI bao gồm:

- Tìm kiếm thông tin trạng thái các nút lân cận.
- Trao đổi thông tin về cơ sở dữ liệu cấu hình mạng
- Tràn lút các bản tin trạng thái cấu hình PTSE
- Bầu ra trưởng nhóm trong nhóm cùng cấp – PGL
- Tổng kết lại các thông tin trạng thái của cấu hình mạng.
- Xây dựng đường đi trong hệ thống phân cấp.

Ban đầu, thuật toán Dijkstra được sử dụng trong định tuyến PNNI. Tuy nhiên, nó chỉ đáp ứng được yêu cầu tìm đường trong đó đòi hỏi đáp ứng tham số chất lượng dịch vụ đơn lẻ. Vì vậy, thuật toán Dijkstra không thể sử dụng cho định tuyến đáp ứng đảm bảo chất lượng với nhiều dịch vụ cùng lúc. Sau đó thuật toán Dijkstra được cải tiến nhằm đáp ứng các loại hình đa dịch vụ bằng cách kết hợp với một số chức năng báo hiệu. Các thành phần trong cấu trúc định tuyến PNNI được chỉ ra trên hình 4.8 dưới đây gồm:

(i) Nút logic và liên kết logic

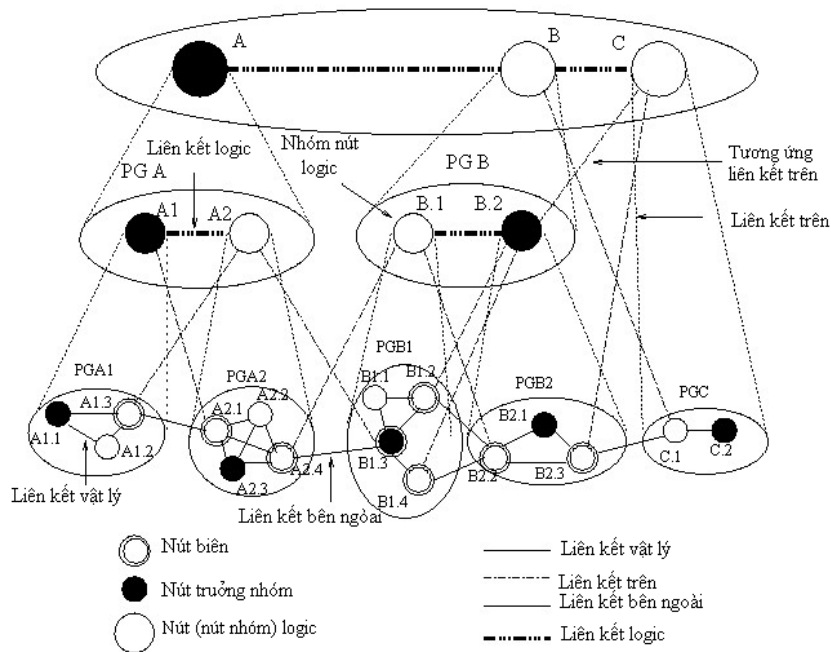
Nút logic là thành phần cơ bản nhất trong mô hình hệ thống mạng PNNI, nó nằm ở tầng dưới cùng trong hệ thống phân cấp mạng.

Liên kết giữa các 2 nút logic gọi là liên kết logic, liên kết này có thể là một liên kết vật lý hoặc một kênh VPC. Liên kết logic giữa 2 nút một nhóm cùng cấp còn gọi là liên kết ngang hàng, liên kết giữa 2 nút thuộc 2 nhóm cùng cấp khác nhau còn gọi là liên kết bên ngoài.

(ii) Nhóm ngang hàng PG (Peer Group)

Tập hợp các nút logic có chia sẻ thông tin cấu trúc mạng do các nút đó quảng bá trong cấu trúc mạng gọi là nhóm ngang hàng. Thành viên trong các nhóm ngang hàng này tìm kiếm thông tin về các nút lân cận bằng giao thức HELLO, mỗi nút gửi gói tin HELLO qua cổng kết nối tới nút khác để thu được thông tin về các nút khác. Về vật lý các nhóm ngang hàng bao gồm các nút vật lý, về logic các nhóm ngang hàng là nhóm các nút được tập hợp bởi các nút logic đại diện cho các nhóm cùng cấp ở tầng thấp ở tầng tiếp theo của cấu trúc.

Trên hình 4.8 ta có các nhóm ngang hàng với nhau gồm (PGA,PGB), ở tầng thấp hơn ta có các nhóm (PGA1,PGA2,PGB1,PGB2,PGC) là ngang hàng với nhau.



Hình 4.8: Mô hình phân cấp định tuyến PNNI

(iii) Định danh nút, định danh nhóm ngang hàng

Định danh nhóm ngang hàng và định danh nút được sử dụng để phân biệt các nút trong cùng một nhóm ngang hàng cũng như giữa các nhóm với nhau, có 13 octet đầu của địa chỉ ATM để định danh nút. Trong hình 4.8 ta có thể thấy định danh các nhóm như (PGA, PGA) và định danh các nút khác nhau như (A1.1, A1.2). Điều này cho thấy rõ tính duy nhất của mỗi nút và mỗi nhóm trong mô hình PNNI

(iv) Trưởng nhóm ngang hàng PGL (Peer Group Leader)

Trong nhóm cùng cấp, sau khi các nút trao đổi thông tin theo giao thức HELLO, quá trình bầu chọn ra 1 nút làm trưởng nhóm cùng cấp này sẽ bắt đầu. Nút trưởng nhóm này sẽ đại diện cho các nút trong cùng nhóm tại các mức tiếp theo cao hơn. Nút trưởng nhóm sẽ tổng hợp thông tin nhóm và gửi thông tin đến nút logic đại diện cho nó ở các mức kết tiếp. Đồng thời, nó thu thập thông tin về các tầng cha ông, thông tin này được sử dụng để tìm đường cho các thông tin muốn đi qua nhóm ngang hàng. Các nút trưởng nhóm được đánh dấu màu đen như A1.1, B2.

(v) Nút đại diện cho nhóm logic LGN (Logical Group Node)

Nút đại diện cho nhóm logic là khái niệm trừu tượng về nút có chức năng giới thiệu nhóm cùng cấp ở tầng dưới với tầng trên của mạng PNNI trong mô hình phân cấp, nó tập hợp và tổng kết các thông tin về nhóm con ứng với nó. LGN bao gồm thông tin cấu trúc mạng được tập hợp lại ở tầng dưới bởi nút trưởng nhóm. Thông tin này liên tục được gửi tới các nút ở nhóm khác theo kỹ thuật tràn lụt. Ví dụ: Trong hình 4.8, nút A.1 cung cấp thông tin về nhóm PGA1 cho các nút ở PGA. Ta có thể thấy chức năng của nút đại diện cho nhóm logic và nút trưởng nhóm của nhóm con ở tầng thấp hơn của nó khá giống nhau.

Tập hợp các LGN cũng được chia thành các nhóm cùng cấp với định danh xác định. Nhóm các LGN này cũng bầu ra trưởng nhóm nhằm nhiệm vụ tập hợp thông tin của các thành viên trong nhóm – thông tin về nhóm con ứng với mỗi thành viên của nhóm và tràn lụt thông tin đó trong nhóm cùng cấp cũng như đại diện với tầng trên của nhóm trong mô hình phân cấp. Đối với nút đại diện cho nhóm logic, thông tin của nó nhận được là thông tin từ nút trưởng nhóm của nhóm con gửi lên, còn gọi là thông tin lên, thông tin do nó gửi xuống nhóm con là thông tin xuống.

(vi) Nút biên và liên kết bên ngoài:

Nút biên là nút được xác định rõ ràng trong một nhóm tương đương. Nút biên là nút có chứa ít nhất một mối liên kết với nút nằm bên ngoài đường biên của nhóm cùng cấp. Nó được tìm thấy trong khi thực hiện giao thức HELLO bằng cách so tên định danh. Liên kết đến nút biên gọi là liên kết bên ngoài, không có các cơ sở dữ liệu được chuyển qua liên kết này mà chỉ có các thủ tục của gói tin HELLO trong giao thức PNNI được truyền trên đó.

(vii) Liên kết trên và tương ứng liên kết trên

Liên kết trên là liên kết mang thông tin cấu hình quảng bá từ nút biên đến nút ở bậc cao hơn – nút đại diện cho nhóm logic. Sự tồn tại của liên kết trên xuất phát từ việc trao đổi gói tin HELLO giữa các nút biên. Những trao đổi được xác định ở bậc cao hơn nơi mà 2 nhóm cùng cấp có các nút logic giới thiệu trong cùng nhóm cha.

Tương ứng liên kết trên là liên kết tồn tại do PNNI cho phép tính không đối xứng trong liên kết giữa nhóm cha và nhóm con

(viii) Nhóm cha và nhóm con

Nhóm cha là nhóm bao gồm nhóm các nút đại diện cho nhóm logic của tầng thấp hơn tại tầng cao hơn, nhóm con là nhóm các nút mà trong cấu trúc thông tin là chuyển giữa chính nó và nhóm logic miêu tả nhóm này với nhóm cha. Nút con là nút thuộc nhóm con nằm ở tầng thấp hơn trong hệ thống phân cấp của cấu trúc mạng PNNI.

(ix) Giao thức HELLO

Giao thức HELLO là thủ tục trạng thái liên kết sử dụng bởi các nút lân cận để tìm kiếm sự tồn tại và nhận dạng với nhau. Trong gói tin HELLO có chứa một số thông tin như địa chỉ cuối của hệ thống ATM, định danh nút, định danh nhóm ngang hàng, nếu 2 nút có cùng định danh nhóm ngang hàng thì chúng cùng thuộc một nhóm ngang hàng do vậy các nút có thể biết được các nút nào nằm cùng nhóm ngang hàng với nó, nút nào khác nhóm ngang hàng. Giao thức PNNI được trao đổi liên tục khi có mỗi liên kết, do vậy có thể nói nó cũng xác định được các liên kết bị hỏng. Sau khi trao đổi giao thức HELLO, nút tạo ra phần tử trạng thái cấu hình PTSE (PNNI Topology State Element) và trao đổi liên tục với các nút lân cận bằng kỹ thuật tràn lụt.

(x) Phân tử trạng thái cấu hình PNNI

PTSE là tập hợp thông tin nhỏ nhất của thông tin định tuyến PNNI được tràn lụt giữa các nút logic trong một nhóm cùng cấp. Thông tin cơ sở dữ liệu cấu hình mạng tại một nút bao gồm thông tin của tất cả các phân tử thông tin PTSE mà nó đã nhận được.

PTSE là phân tử thông tin sử dụng bởi các nút để xây dựng và trao đổi dữ liệu cấu trúc mạng trong các nhóm cùng cấp, các PTSE được trao đổi liên tục giữa các nút theo kiểu tràn lụt trong cùng nhóm cùng cấp và đi xuống từ LGN đến các nhóm con để thông tin đến các nút lân cận về tài nguyên thông tin. PTSE bao gồm thông tin cấu hình mạng về các liên kết, nút trong các nhóm cùng cấp, các tham số, trọng số trong đó có thể có các thông số động như băng thông, tập hợp các phân tử PTSE được mang trong gói tin trạng thái cấu hình (PTSP). Các gói này với thông tin cập nhật về cấu hình được gửi đi nếu có một thay đổi trong cấu hình mạng

(xi) Kênh điều khiển định tuyến

Các nút lân cận trong mô hình PNNI có một kênh điều khiển định tuyến để trao đổi thông tin về định tuyến PNNI. Ở tầng thấp nhất của mô hình PNNI, các nút sử dụng một kênh VCC được định sẵn để điều khiển định tuyến.

Tại tầng cao hơn của mô hình PNNI, các nút đại diện cho nhóm logic sử dụng một kênh SVCC. Thông tin yêu cầu thiết lập kênh SVCC này được bắt nguồn từ những tin quảng bá gửi qua liên kết trên trong nhóm cùng cấp đại diện bởi nút đại diện cho nhóm logic.

(xii) Kỹ thuật tràn lụt

Kỹ thuật tràn lụt là sự lan truyền các phân tử thông tin PTSE xuyên suốt các nhóm ngang hàng, nó đảm bảo cho mỗi nút trong nhóm cùng cấp có thể duy trì định danh trong cơ sở dữ liệu cấu hình mạng. Kỹ thuật tràn lụt chính là phương pháp quảng bá thông tin trong định tuyến PNNI

Về bản chất, kỹ thuật tràn lụt gồm các bước sau đây :

- Các phân tử PTSE được đóng gói thành các PTSP để truyền đi
- Khi PTSP được nhận, nó kiểm tra các thành phần PTSE trong đó
- Mỗi phân tử PTSE đã được nhận sẽ báo cáo lại việc nó đã được nhận bằng cách gửi gói tin Acknowledgment đến nút vừa gửi gói tin PTSP chứa phân tử PTSE đó.
- Nếu thông tin chứa trong phân tử PTSE là mới hoặc có thời gian khởi tạo gần hiện tại hơn so với gói tin trong cơ sở dữ liệu thì nó sẽ được cài đặt lên cơ sở dữ liệu và gửi tràn lụt đến các nút khác.
- Các phân tử PTSE sẽ được gửi đi gửi lại sau những khoảng thời gian nhất định cho đến khi nhận được gói tin trả lời Acknowledgment.
- Nếu sau một thời gian, một nút không được cập nhật thì nó sẽ bị xóa đi trong cơ sở dữ liệu.

(xiii) Điều khiển định tuyến PNNI

ATM cho phép người sử dụng thiết lập khi thiết lập kênh truyền các giá trị về đảm bảo chất lượng dịch vụ QoS và các giá trị về băng thông để đáp ứng yêu cầu chất lượng kênh truyền.

Kênh truyền được thiết lập bao gồm 2 thao tác chính :

- Chọn đường đi từ nguồn đến đích
- Thiết lập các kết nối từ mỗi điểm trên đường truyền

Quá trình tìm đường kết thúc khi tìm được đường đi từ nguồn đến đích và đường đi đó đảm bảo được các yêu cầu về chất lượng dịch vụ cũng như bằng thông dựa trên những thông tin có sẵn. Các nút được đi qua trên kênh truyền phải có đủ khả năng để đáp ứng, nếu không thủ tục Crankback sẽ được thực hiện.

Trên thực tế, hiện nay các thuật toán phục vụ cho việc tính toán các tham số về đảm bảo chất lượng dịch vụ hiện nay vẫn đang được nghiên cứu phát triển. Một số thuật toán hiện nay đang được sử dụng đòi hỏi các tính toán rất “đắt” với nhiều giá trị tham số và trọng số phức tạp. Do vậy PNNI cho phép lựa chọn một cách mềm dẻo các phương pháp tính toán để đưa ra thông tin về đảm bảo chất lượng dịch vụ.

(xiv) Hội tụ mạng

Khái niệm hội tụ mạng được đưa ra nhằm giảm bớt các thông tin lan truyền về nút cũng như các thông tin về các liên kết để đạt được hiệu năng cao hơn khi phát triển các mạng lớn.

Hội tụ mạng không chỉ được thúc đẩy phát triển bởi nhu cầu làm giảm sự phức tạp của mạng mà còn nhằm che giấu cấu hình mạng của các nhóm có nhu cầu được bảo mật trong cấu hình mạng. Hội tụ mạng bao gồm hội tụ liên kết và hội tụ về nút.

Để đặc tả thông tin cấu hình mạng PNNI ở cấp con cho nút logic ở mức cha, cần thiết phải có sự hội tụ thông tin của nút và liên kết. Quá trình này tổng hợp tin tại một nhóm cùng cấp để quảng bá lên tầng trên. Hội tụ cấu hình mạng được thực hiện bởi các trưởng nhóm cùng cấp PGL. Nhiều liên kết ở mức con được tập hợp vào trong một liên kết ở mức cha và các nhóm nút cùng cấp được tập hợp lại vào trong Nút đại diện cho nhóm logic tại tầng kế tiếp.

(xv) Chọn đường đi trong PNNI

Có 2 phương pháp cơ bản được sử dụng trên các mô hình mạng đó là định tuyến nguồn và định tuyến từng bước (hop - by - hop). Về nguyên tắc, cả 2 phương pháp trên đều có thể được áp dụng trên các mạng kỹ thuật hướng kết nối như ATM. Tuy nhiên, phương pháp định tuyến theo tính toán từng bước có một số bất lợi trong trường hợp này.

Định tuyến từng bước có thể bị lặp vòng, xảy ra mâu thuẫn giữa các nút khi chọn đường do mỗi nút sử dụng các thuật toán khác nhau, mâu thuẫn do cơ sở dữ liệu cấu hình mạng trên các nút chuyển mạch không đồng bộ. Ngoài ra định tuyến từng bước còn có một số hạn chế khác.

Đối với định tuyến nguồn, điểm nguồn có trách nhiệm chọn được đi đến đích một cách rõ ràng, chuẩn xác, các nút trung gian phải thực hiện đúng theo đường đi này. Do vậy không xảy ra hiện tượng lặp vòng, mâu thuẫn giữa các chuyển mạch, không phụ thuộc vào cơ sở dữ liệu của nút trung gian. Đối với định tuyến nguồn, các nút chuyển mạch phải sử dụng cùng một thuật toán, vì vậy cũng không có mâu thuẫn về tính toán giữa các nút.

Để loại bỏ các hạn chế của định tuyến từng bước cũng như tận dụng các ưu điểm của định tuyến nguồn, PNNI sử dụng định tuyến nguồn cho tất cả các yêu cầu tạo kênh truyền. Điều này dẫn đến nút đầu trong nhóm cùng cấp PG phải chọn đường đi cho các kênh liên lạc trong mạng. Kết hợp định tuyến PNNI và triển khai trên công nghệ kết hợp IP và ATM sẽ được trình bày trong mục sau.

4.3.2. Các giải pháp chuyển mạch và định tuyến IP/ATM

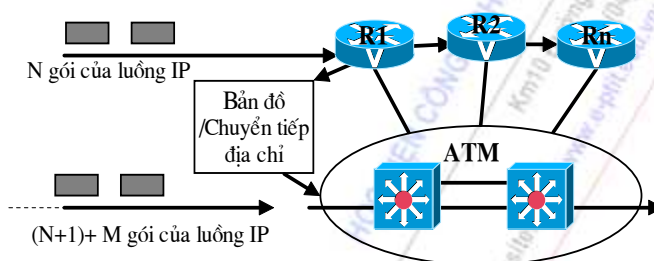
a, Các giải pháp chuyển mạch IP

Khi kết hợp IP/ATM chuyển mạch IP có hai kiểu mô hình chuyển mạch: Chuyển mạch IP điều khiển luồng và chuyển mạch IP điều khiển topo.

(i) Mô hình chuyển mạch IP điều khiển luồng

Mô hình điều khiển luồng hoạt động trên luồng IP thực tế, mà nó được định nghĩa như là các gói liên tiếp nhau có cùng địa chỉ nguồn, địa chỉ đích và số thứ tự của cổng (minh họa trên hình 4.9). Model điều khiển luồng hoạt động theo cách sau :

Một vài gói đầu tiên của luồng IP được định tuyến nhảy từng bước qua một hoặc vài thực thể định tuyến IP ($R1, R2, Rn$) qua mạng ATM. Các thực thể định tuyến ATM được kết nối tới các thực thể khác bằng kết nối ATM. Dựa trên đặc tính của luồng IP (ví dụ kiểu lưu lượng, số cổng, các địa chỉ nguồn / đích, tốc độ đến, ..v.v), thực thể định tuyến IP sẽ hoạt động tức khắc xử lý địa chỉ chuyển tiếp mới để bắt đầu. Xử lý địa chỉ chuyển tiếp gồm có các hoạt động yêu cầu tạo lập một kết nối ATM mới (hướng tắt) và để định hướng luồng IP qua hướng tắt và vì vậy xử lý định tuyến từng bước được thực hiện. Điều này được hoàn tất bởi quá trình gán nhãn VPI/VCI mới tới các tế bào thuộc về luồng IP và do có các bảng chuyển nhãn VPI/VCI cập nhật trong chuyển mạch ATM.



Hình 4.9: Mô hình chuyển mạch IP điều khiển luồng

Một khi luồng IP được chuyển tiếp địa chỉ mới qua hướng tắt, tất cả các tế bào thuộc về luồng IP đều là tế bào chuyển mạch. Xử lý trên cơ sở bộ định tuyến đi xuyên qua mạng ATM. Độ trễ được giảm xuống và hiệu suất được tăng lên.

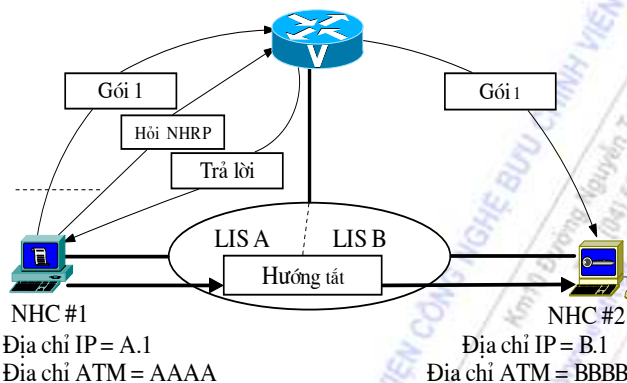
Các đặc tính của Model chuyển mạch IP điều khiển luồng :

Các hướng tắt được thiết lập động tùy thuộc vào đặc tính của luồng IP tới. Vì vậy nó có tên là điều khiển luồng. Mạng hỗ trợ chuyển mạch điều khiển luồng IP có 2 tuyến đường : Tuyến đường mặc định đi qua từng bước định tuyến IP, và thiết lập động các hướng tắt qua phân cứng chuyển mạch ATM. Điều này khác cách định tuyến truyền thống chỉ tồn tại hướng mặc định (tuyến đường ngắn nhất). Nếu đường tắt bị hỏng, luồng IP có thể định tuyến lại qua tuyến mặc định. Chuyển mạch IP điều khiển luồng phù hợp nhất cho các khu vực ATM nhỏ và hợp thành mạng Intranet vì lý do sau .

- Thứ nhất, tất cả đầu cuối sử dụng sẽ chạy các ứng dụng khác nhau với đặc tính luồng và yêu cầu mạng lưới khác nhau.
- Thứ hai, điều khiển luồng có nguồn tài nguyên chuyển mạch đáp ứng tốt (không gian nhãn VPI/VCI) có khả năng cung cấp chuyển mạch IP cho các luồng riêng biệt – và nó chỉ là các luồng yêu cầu hướng tắt điều đó sẽ tiêu dùng rất nhiều tài nguyên chuyển mạch. Chú ý rằng không phải tất cả các luồng IP đều yêu cầu hướng tắt (ví dụ ICMP, SMTP, SNMP, ..v.v).

Một giải pháp khác cho chuyển mạch IP điều khiển luồng là giao thức giải bước kế tiếp NHRP (Next Hop Resolution Protocol). Giao thức này đưa ra bởi Nhóm tạo tuyến qua không gian lớn ROLC (Routing over large Clouds), để giải quyết vấn đề giữa các bộ định tuyến của các mạng con logic. Mục tiêu ở đây là chỉ ra điểm tồn tại trong vùng gần nhất tới đích và để đạt được địa chỉ ATM. Server NHRP tương tác lẫn nhau với các server khác để đưa ra được

kết quả điểm gần đích nhất. NHRP không phải là giao thức định tuyến và trên thực tế nó sử dụng định tuyến IP tiêu chuẩn để định trước các bản tin NHRP qua mạng lưới. NHRP gồm 2 thành phần (hình 4.10). Trạm con bước kế tiếp NHC (Next hop client) có chứa trong ATM được gắn với các thiết bị /bộ định tuyến và trạm chủ bước kế tiếp NHS (Next hop server). NHS cùng tồn tại với chức năng định tuyến và duy trì các địa chỉ IP ẩn và kết hợp với ATM. Bộ định tuyến/ NHS cũng được gọi là trạm chủ định tuyến. NHC truy tìm trạm chủ định tuyến để tìm địa chỉ ATM của địa chỉ đích IP và Trạm chủ định tuyến trả lời các địa chỉ ATM liên quan hoặc định trước nó tới trạm chủ định tuyến khác qua tuyến đường mặc định sẵn.



Hình 4.10: Giao thức giải bước kế tiếp

Chuyển mạch IP dựa trên NHRP làm việc theo cách sau:

NHC nguồn (#1) sẽ định trước vài gói IP đầu tiên qua kết nối ATM tới Trạm chủ định tuyến. Trạm chủ định tuyến định trước các gói IP tới trạm chủ đích (NHC #2) qua tuyến đường định sẵn.

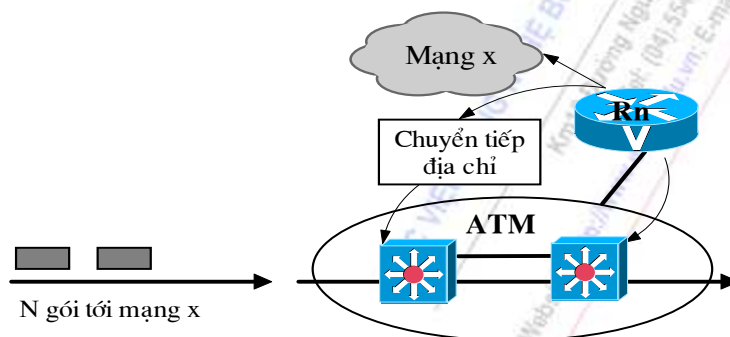
Dựa trên kỹ thuật tác động nhanh điều khiển luồng, NHC nguồn (#1) sẽ tra vấn trạm chủ định tuyến các địa chỉ ATM liên quan tới địa chỉ IP đích (B.2). Các tra vấn yêu cầu giải NHRP gồm các địa chỉ IP nguồn/ đích và địa chỉ nguồn của ATM. NHC nguồn tìm kiếm thấy địa chỉ đích có địa chỉ ATM của trạm chủ B.2. Nếu Cache của trạm chủ định tuyến chứa bảng truy nhập cho địa chỉ IP (B2_BBBB) có trong yêu cầu chuyển mạch nó sẽ quay trở lại trả lời cho NHC(#1). Nếu không có trong yêu cầu chuyển mạch, NHRP sẽ định hướng theo tuyến mặc định tới Trạm chủ định tuyến tiếp theo hoặc tới trạm chủ có chứa địa chỉ IP đích trong cache của nó. Trạm chủ định tuyến cuối cùng sẽ trả lại địa chỉ ATM đích (BBBB) qua các tuyến mặc định về NHC nguồn (#1). Chú ý rằng địa chỉ đích có thể là địa chỉ ATM của trạm chủ IP đích thực sự hoặc là các thiết bị gờ (Edge) hoặc bộ định tuyến gần nhất trạm đích. NHC nguồn (#1) bây giờ có thể khởi tạo ATM SVC trực tiếp tới địa chỉ đích (BBBB) của trạm chủ đích(NHC #2). ATM SVC là tuyến tắt bỏ qua tất cả các bước trung gian trong mạng ATM. Tuyến tắt được thiết lập bởi các định tuyến và báo hiệu ATM UNI/PNNI tiêu chuẩn.

Chuyển mạch IP theo phương thức NHRP được dựa trên model điều khiển luồng. Các gói IP khởi tạo hướng qua tuyến đường mặc định đi qua Trạm chủ định tuyến, các gói tuần tự có thể chuyển hướng qua mạng chuyển mạch ATM bằng các kết nối độc lập khác nhau. Mạng cung cấp hai phương thức cho NHRP : Tuyến mặc định và tuyến tắt qua phần cứng chuyển mạch ATM. Nếu tuyến tắt không thể thực hiện được thì tất cả các gói IP sẽ chuyển theo tuyến mặc định cho đến khi tuyến tắt được thiết lập trở lại.

(ii) Mô hình chuyển mạch IP điều khiển topo

Chuyển mạch IP điều khiển Topo dựa trên topo mạng IP trên đó là các giao thức định tuyến (ví dụ OSPF, BGP, ..v.v) có trong ISR. Các nhãn VPI/VCI mới liên kết với các đặc trưng tiền tố IP (IP prefix) đích được tạo ra và phân bổ tới các ISR khác trong vùng định tuyến. Tất cả lưu lượng đã trừ định chi tiết cho mạng sẽ chuyển mạch các luồng theo các giá trị của VPI/VCI. Hoạt động của Model chuyển mạch IP điều khiển topo như sau:

Các ISR hội tụ trên cơ sở trao đổi giao thức định tuyến điều khiển thông tin giữa các thực thể định tuyến IP. Các nhãn VPI/VCI mới liên quan tới tiền tố IP đích được tạo ra và phân bổ tới các thành phần chuyển mạch của các ISR. ISR tại đầu vào của mạng kiểm tra tiền tố IP đích của gói. Gắn các giá trị VPI/VCI thích hợp vào các tế bào và định trước chúng qua đường chuyển mạch tới ISR đầu ra mạng và như vậy tất cả các dữ liệu được chuyển tới đích (minh họa trên hình 4.11).



Hình 4.11: Chuyển mạch IP điều khiển topo

Giải pháp chuyển mạch IP điều khiển topo được thiết kế cho các mạng liên kết lớn (Internet). Xây dựng tuyến đường chuyển mạch dựa trên tiền tố IP mở ra khả năng ghép các luồng IP có cùng địa chỉ vào một tuyến. Như vậy nó sẽ giảm phần chi phí tài nguyên chuyển mạch (Không gian nhãn VPI/VCI) hơn là giải pháp điều khiển luồng.

Hai giải pháp chuyển mạch điều khiển topo đưa ra hiện nay: chuyển mạch thẻ Cisco và chuyển mạch IP dựa trên kết hợp hướng ARIS, và có các đặc tính chung:

- Các nhãn mới (VPI/VCI) liên quan tới các thông tin định tuyến trước IP được tạo ra và phân bổ giữa các ISR trong vùng định tuyến.
- Các tế bào/ gói có chung tiền tố địa chỉ đích được đánh dấu với các nhãn riêng.
- Các nhãn được sử dụng để đánh số trong bảng chuyển nhãn chứa trong thành phần chuyển mạch của ISR.

Tuy nhiên có một vài điểm khác nhau cơ bản:

Khi thiết lập tuyến đường chuyển mạch. ARIS khởi tạo thiết lập đường chuyển mạch từ đầu ra hoặc ISR gốc mà nó được chỉ định tại gờ của mạng. Chuyển mạch thẻ khởi tạo tuyến đường chuyển mạch giữa hai ISR bất kỳ trong vùng định tuyến.

ARIS có khả năng kết hợp và tái kết hợp qua tiến trình xác nhận đầu ra, mà nó có thể biểu diễn tuyến đường chuyển mạch đơn lẻ tới các tài nguyên IP đã chỉ định lân cận hoặc liên quan tới đầu ra ISR. Chuyển mạch thẻ sử dụng tương tự nhưng với kỹ thuật khác có tên lớp tương đương định trước.

Mạch vòng phát hiện và phòng ngừa. ARIS cung cấp mạch vòng dò lỗi và phòng ngừa tại thời điểm thiết lập tuyến đường chuyển mạch. Chuyển mạch thẻ không cung cấp mạch vòng dò lỗi và phòng ngừa.

Hợp nhất VP/VC. Các luồng VP/VC được hợp nhất thành một luồng đơn tạo ra khả năng chuyển mạch đa điểm tới một điểm. ARIS tiêu phí rất ít tài nguyên chuyển mạch khi tạo đường chuyển mạch đa điểm tới một điểm. Nó yêu cầu tài nguyên $O(N)$ trong đó N là số ISR trong vùng định tuyến. Trong khi chuyển mạch thẻ cần dùng $O(N^2)$ nguồn tài nguyên.

Hỗ trợ Multicast. ARIS hỗ trợ nhiều giao thức như DVMRP, PIM, CBT, ..v.v. Chuyển mạch thẻ chỉ hỗ trợ PIM.

Giao thức phân bổ nhãn. ARIS sử dụng dịch vụ phi kết nối datagram để chuyển nhãn giữa các ISR. Chuyển mạch thẻ sử dụng TCP, kết nối định hướng.

Một số sự khác biệt giữa hai giải pháp chuyển mạch theo topo và điều khiển luồng như sau:

- Dòng lưu lượng trong giải pháp chuyển mạch theo topo được chuyển mạch toàn bộ chứ không chỉ phần dưới của dòng dữ liệu như trong giải pháp chuyển mạch điều khiển luồng.
- Đối với giải pháp điều khiển topo thì tổng chi phí thời gian thực hiện thấp hơn nhiều. Bởi vì những đường chuyển mạch được xây dựng chỉ sau khi một sự thay đổi trong topo hoặc sau khi có lưu lượng điều khiển đến nếu topo ổn định, các đường chuyển mạch vừa được chuyển mạch việc lưu thông dòng. Và từ sự phối hợp mở rộng điều khiển theo topo được đưa lên trên hết bởi vì số lượng các đường được chuyển mạch trong cùng một tuyến cần tương ứng với số lượng bộ định tuyến và kích cỡ của mạng. Thêm vào đó một mức kết hợp cao có thể thực hiện bằng cách tạo ra những đường tắt đa điểm đến đơn điểm sử dụng ghép kênh.

- Chuyển mạch IP kiểu Topo xây dựng những đường tắt cho dù lưu lượng có chảy qua chúng hay không, điều này có nghĩa là những nguồn chuyển mạch được dùng hết do lưu lượng điều khiển và không phải là lưu lượng dữ liệu.
- Trên thực tế tồn tại vấn đề là rất khó cung cấp chất lượng dịch vụ cho một dòng lưu lượng mà nó được truyền trên đường tắt kiểu điều khiển topo, bởi vì có thể hợp nhất các dòng IP, thời gian thực và dòng tin có nỗ lực tối đa trên một mạng đích chung, cho chúng truyền trên một đường tắt.
- Cuối cùng khi một mạng hội tụ, việc cập nhật bảng định tuyến không chính xác có thể gây nên sự hình thành các vòng lặp ngắn mà có thể dẫn tới việc tổng hợp một tập nhãn hình thành trên một vòng lặp chuyển mạch, các bộ định tuyến chỉ có thể hạn chế những vòng lặp này bằng cách sử dụng trường TTL của các gói tin.

b, Các giao thức định tuyến trong IP/ATM

(i) Định tuyến PNNI mở rộng

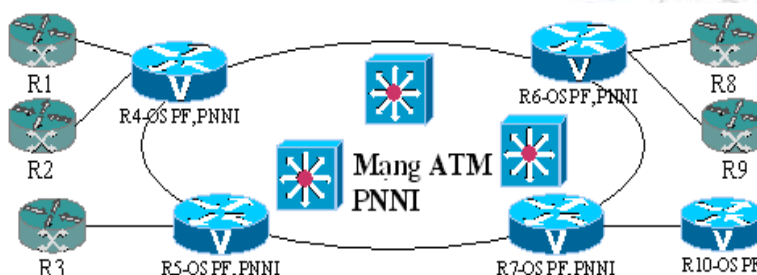
Định tuyến PNNI mở rộng PAR (PNNI Augmented Routing) là phương pháp đầu tiên mở ra khả năng định tuyến PNNI để hỗ trợ IP. Trong mạng PAR tất cả các bộ định tuyến IP chạy các giao thức IP truyền thống như là OSPF để xây dựng và quản lý bảng chuyển tiếp gói tin. Tất cả các chuyển mạch ATM chạy giao thức định tuyến PNNI.

PAR cho phép các bộ định tuyến gắn trường chuyển mạch ATM cũng là một thành viên trong hoạt động phân bổ cấu hình PNNI. Đặc biệt, bộ định tuyến PAR sử dụng định tuyến PNNI để phát hành sự hiện diện và khả năng của nó (giao thức định tuyến, nhận dạng bộ định tuyến, địa chỉ IP,...), cũng như thu nhận các thông tin và dịch vụ hỗ trợ bởi các bộ định tuyến

khác. Bộ định tuyến lọc các thông tin nhận được qua tiến trình xử lý định tuyến PNNI và tách ra các thông tin cần thiết để thiết lập các SVC.

PAR cho phép các bộ định tuyến có các tham số cấu hình IP chung để xây dựng và duy trì một tập các SVC tới các bộ định tuyến khác, vì vậy quản lý và cấu hình mạng sẽ đơn giản đi rất nhiều, thêm vào đó là các bộ định tuyến không phải cấu hình PVC giữa các bộ định tuyến.

PAR cung cấp khả năng hỗ trợ nhiều mạng ảo trên một nền mạng ATM, qua việc dán nhãn tất cả các thông tin liên quan tới PAR với một giá trị nhận dạng VPN. Nếu giá trị PAR cập nhật không tìm thấy giá trị nhận dạng của bộ định tuyến thì thông tin đó sẽ bị lọc bỏ. Các bộ định tuyến PAR có thể lọc các thông tin lớp IP như là các cờ giao thức và địa chỉ IP. Điều này chứng tỏ rằng các bộ định tuyến PAR sẽ không chỉ xử lý các thông tin cần thiết cho các điều hành định tuyến qua mạng ATM.



Hình 4.12: Định tuyến PNNI mở rộng

Trong hình 4.12 các bộ định tuyến từ 1 đến 10 hỗ trợ OSPF. Các bộ định tuyến từ 4 đến 7 chạy giao thức PNNI và gắn các chuyển mạch ATM. Các bộ định tuyến PAR sẽ tham gia vào tiến trình quản lý cấu hình mạng PNNI. Chúng trao đổi bản tin Hello và tham gia vào nhóm ngang hàng nhau. Các bộ định tuyến PAR trao đổi các phần tử trạng thái cấu hình PNNI (PTSE) với các nút PNNI lân cận và xây dựng, duy trì cơ sở dữ liệu cấu hình PNNI. Chúng cũng đưa các thông tin của các bộ định tuyến non-ATM vào trong PTSE để quảng bá trong nhóm. Các chuyển mạch ATM chạy các PNNI tiêu chuẩn sẽ bỏ qua các thông tin này và chuyển toàn bộ tới các nút khác trong nhóm. Điều này cho phép các bộ định tuyến gắn ATM sử dụng PNNI để phân bổ thông tin IP tới các bộ định tuyến khác. Bởi vì các bộ định tuyến PAR duy trì cơ sở dữ liệu PNNI, nên chúng có một ảnh xạ đầy đủ về cấu hình topo mạng. Các cập nhật PAR có thể được phân mức khác nhau trong một mạng PNNI.

Cơ sở dữ liệu cấu hình PNNI duy trì bởi bộ định tuyến PNNI cũng chứa các địa chỉ và các dịch vụ hỗ trợ trên các bộ định tuyến PAR khác. Các bộ định tuyến này chia sẻ thông tin cấu hình mạng IP chung và thiết lập một số SVC khi khởi tạo mạng.

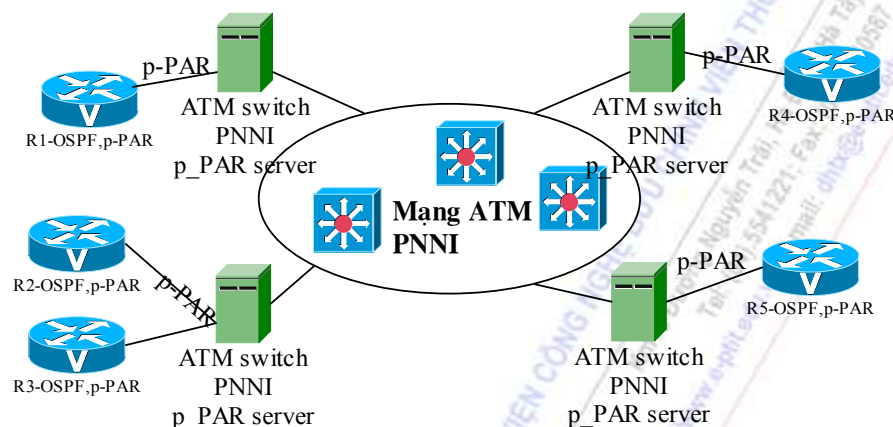
PAR đòi hỏi không có sự thay đổi các chuyển mạch ATM khi PNNI đang chạy ngoại trừ trường hợp chúng có thể quảng bá PTSE một cách trong suốt. Một thiết bị PAR phải có khả năng tạo ra và giao tiếp với các thông tin liên quan tới PAR.

Cuối cùng, các bộ định tuyến vẫn phải chạy các giao thức định tuyến IP truyền thống để xác định nút kế tiếp tốt nhất trên con đường tới đích.

(ii) Proxy-PAR

Yêu cầu cơ bản của PAR là PNNI phải chạy đồng thời trên các bộ định tuyến. Để làm giảm nhẹ lưu lượng thông tin định tuyến cần chuyển qua mạng và tạo ra các chức năng cấu hình và tự động tìm kiếm, giải pháp proxy-PAR ra đời vào năm 1998. Proxy-PAR là một phiên bản nhỏ của PAR cho phép các bộ định tuyến gắn ATM khai thác phân bổ định tuyến PNNI từ các

bộ định tuyến khác. Proxy-PAR gồm các thành phần client hoạt động trên các bộ định tuyến, thành phần server hoạt động trực tiếp trên các chuyển mạch ATM, thông tin giao thức server-client được trao đổi trên các dạng bản tin khác nhau. Client đăng ký các thông tin lớp IP tại server, các thông tin để đăng ký được phân bổ qua vùng PNNI. Client có thể truy vấn server các thông tin liên quan tới lớp IP có thể sử dụng. Giống như PAR. Mục tiêu của Proxy-PAR là để cho phép các thiết bị non-ATM sử dụng kỹ thuật tràn lụt PNNI để đăng ký và phát hiện dịch vụ.



Hình 4.13: Proxy – PAR

Trong hình 4.13 các bộ định tuyến từ 1 đến 5 được đấu nối tới mạng ATM chạy PNNI trên các nút chuyển mạch. Mỗi một bộ định tuyến được cấu hình như là một thành viên trong vùng OSPF và chạy Proxy-PAR client. Thêm vào đó, các chuyển mạch này được đấu nối trực tiếp tới các bộ định tuyến chạy Proxy-PAR server. Khi mạng khởi tạo, Proxy-PAR client trên các bộ định tuyến sẽ liên lạc với server của chúng và đăng ký thông tin lớp IP như nhận dạng vùng OSPF, nhận dạng bộ định tuyến, v.v. Các thông tin này được sử dụng cho kỹ thuật tràn lụt PNNI và để các Proxy-PAR client lấy lại các thông tin cần thiết cho các điều hành tiếp theo. Trong trường hợp các thông tin cung cấp cho các bộ định tuyến có chứa địa chỉ ATM của các bộ định tuyến trong vùng OSPF, thì rất đơn giản cho quá trình xử lý của các bộ định tuyến khi muốn thiết lập các SVC với các bộ định tuyến khác. Kết quả là, các bộ định tuyến tự động cấu hình SVC với sự phản ánh trung thực cấu hình vùng OSPF. Người điều hành trong trường hợp này không cần cấu hình trước các PVC và để tìm các bộ định tuyến trong cùng vùng OSPF các SVC sẽ được thiết lập tự động. Thêm một điểm chú ý rằng mỗi một bộ định tuyến đơn phương truy vấn server về các thông tin liên quan tới PAR mà nó không cần tự động tràn lụt như trong trường hợp PAR.

Các đặc tính kỹ thuật của Proxy-PAR được định nghĩa trong 3 giao thức chức năng đặc biệt.

- Đầu tiên là giao thức Hello có bản chất giống như giao thức Hello PNNI giai đoạn 1 (đã mô tả chi tiết trong giao thức định tuyến PNNI). Giao thức hello thiết lập các liên kết giữa các Proxy-PAR server và Proxy-PAR client đăng ký thứ tự và các bản tin truy vấn có thể truyền. Server cũng thông tin cho các client qua giao thức hello thời gian phục vụ các dữ liệu.
- Thứ hai, là giao thức đăng ký. Proxy-PAR client sử dụng giao thức này để đăng ký các giao thức IP đặc biệt và các dịch vụ mà nó hỗ trợ. Liên quan tới các thông tin này là địa chỉ ATM và phạm vi của các thành viên trong vùng PNNI. Cuối cùng nó cho phép các thông tin đặc biệt liên quan tới PAR được phân bổ trong vùng phân cấp PNNI. Ví dụ,

một bộ định tuyến đăng ký các dịch vụ OSPF để phân bổ tới các bộ định tuyến khác trong cùng lớp vùng phân cấp PNNI, các dịch vụ BGP tới các bộ định tuyến BGP khác trong vùng phân cấp lớp trên. Khuôn dạng của một gói tin dịch vụ Proxy-PAR điển hình gồm tiêu đề PNNI, địa chỉ ATM, số thứ tự và phạm vi thành viên. Một hoặc nhiều nhóm thông tin định nghĩa dịch vụ IG (Service Definition Information Group) cũng được định nghĩa. IG định nghĩa cho IPv4 gồm có địa chỉ IPv4, mặt nạ địa chỉ, mặt nạ dịch vụ. Mặt nạ dịch vụ sẽ chỉ ra những dịch vụ thực tế được đăng ký ứng dụng (SPF, BGP, PIM). Mỗi một gói tin đăng ký gửi đi bởi Proxy-PAR client được server xác nhận và đáp lời. Các thông tin đăng ký này được tràn lụt qua mạng PNNI trong phạm vi các thành viên. Nó không trực tiếp gửi tới các client khác vì cần phải truy vấn tường minh từ các Proxy-PAR client. Nếu một Proxy-PAR client muốn đăng ký các thông tin mới, tất cả các thông tin đăng ký trước đây sẽ bị ghi đè. Không có trạng thái duy trì giữa server và client ngoại trừ các thông tin để được đăng ký.

- Thứ ba, là giao thức truy vấn, Một Proxy-PAR client sử dụng giao thức truy vấn để lấy lại các thông tin liên quan tới PAR, ngoài ra client có thể hỏi các thông tin trong phạm vi thành viên như : địa chỉ IP, mặt nạ địa chỉ, nhận dạng VPN, và dịch vụ. Điều này cho phép các Proxy-PAR client chỉ nhận các thông tin liên quan tới cấu hình riêng và điều hành riêng của nó trong mạng ATM. Nó cho phép client định kỳ truy vấn server để loại bỏ các thông tin không cần thiết hoặc quá hạn sử dụng

PNNI mở rộng cho phép các bộ định tuyến PAR và Proxy-PAR đăng ký và truy nhập thông tin không chỉ trên lớp dịch vụ IP (giao thức) sử dụng trong trên mạng ATM. Một vài dịch vụ thông thường được chỉ ra trên bảng 4.2 sau đây.

<i>Dịch vụ</i>	<i>PNNI hỗ trợ</i>
OSPF	có
RIP	không
BGP4	có
MOSPF	có
DVRMP	không
PIM-SM	có
PIM-DM	không
MARS	không
NHRP	không
ATMARP	không
DHCP	không
DNS	có

Bảng 4.2: Các dịch vụ được PNNI hỗ trợ

Các thông tin dịch vụ có thể đi cùng với thông tin giao thức đặc biệt để hoàn thiện quá trình cấu hình mạng. Ví dụ, một bộ định tuyến phát hành dịch vụ OSPF sẽ gồm các IG tách biệt trong nhận dạng vùng, mức ưu tiên của bộ định tuyến yêu cầu chuyển qua, và kiểu của giao tiếp OSPF. Thêm vào đó là một hệ thống có khả năng IG có thể được sử dụng để đăng ký các thông tin thử nghiệm và riêng biệt.

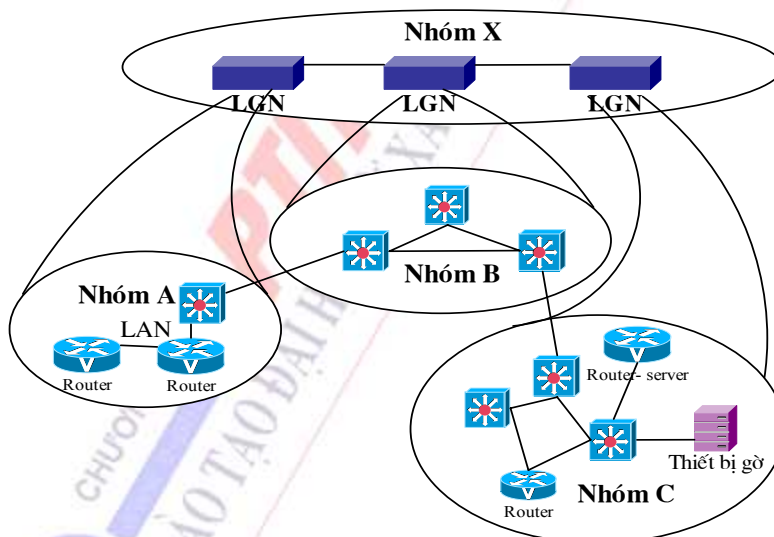
Proxy-PAR lợi dụng mối quan hệ xử lý hiện đại nhất với các chỉ định yêu cầu vùng nhớ tại phía client. Nó rất hiệu quả trong quyết định thiết kế từng phần để phát triển Proxy-PAR. Tuy nhiên, nó cung ngụ ý rằng các client không thể lưu trữ và yêu cầu một số lượng lớn dữ liệu.

Bên cạnh mục tiêu chính là để sử dụng Proxy-PAR cho tràn lụt PNNI cho một số lượng nhỏ các client ổn định, nó không được thiết kế để điều hành trong môi trường mạng thay đổi thường xuyên. Tuy nhiên, nó cung cấp một cách hiệu quả các kỹ thuật quảng bá tự do để phát hành và khám phá các thiết bị gắn ATM với thông tin cấu hình IP chung.

PAR và Proxy-PAR tạo ra trên các thành phần có khả năng bootstrap làm việc trên cấu hình chồng lấn của các SVC. Nó tương thích hoàn toàn với các giao thức phân giải địa chỉ IP/ATM hoạt động trên mô hình chồng lấn hiện có (ATMARP, NHRP, v.v.).

(iii) PNNI tích hợp

Một phương pháp mở rộng thứ ba của PNNI là tích hợp định tuyến IP và ATM gọi là I-PNNI (Integrated PNNI). I-PNNI có thể nhìn nhận như tiếp cận ngược hướng với OSPF ARA. Thay vì sử dụng định tuyến IP để phân bổ các địa chỉ ATM, I-PNNI sử dụng giao thức định tuyến PNNI để phân bổ các địa chỉ IP. Đặc biệt, I-PNNI tích hợp các chức năng định tuyến của IP và PNNI vào một giao thức đơn trên nền PNNI. Trong đó nó chỉ dùng PNNI để định nghĩa các IG mang thông tin định tuyến IP. I-PNNI được thiết kế để điều hành trên chuyển mạch ATM, các bộ định tuyến gắn ATM, Các bộ định tuyến non-ATM và thậm chí cả trạm chủ (Host). I-PNNI tương thích hoàn toàn với các hoạt động điều hành chuyển mạch ATM. Mỗi một bộ định tuyến gắn các phương tiện như ethernet hoặc chuyển mạch khung, I-PNNI sử dụng giao thức định tuyến IP động như OSPF và BGP.



Hình 4.14: PNNI tích hợp

Từ góc độ nhìn của IP, I-PNNI chỉ là một giao thức liên kết trạng thái được sử dụng để phân bổ các tiền tố địa chỉ IP trong mạng và tính toán tuyến đường theo phương pháp từng chặng. Mặt khác, từ góc độ ATM I-PNNI chỉ là một giao thức PNNI với vài chức năng mở rộng sử dụng để chuẩn bị cho các dữ liệu không phải là ATM mà các chuyển mạch sẽ rất dễ dàng bỏ qua được chuyển mạch. Các bộ định tuyến và chuyển mạch chạy I-PNNI duy trì một cơ sở dữ liệu duy nhất cho toàn bộ mạng. ưu điểm đầu tiên của giải pháp này khi chạy một bộ giao thức đơn sẽ giảm bớt sự chồng các giao thức định tuyến và giảm rất nhiều các định tuyến lân cận, cuối cùng giải pháp này là kết quả thực tế cho bất kỳ một nút nào trong mạng, kể cả bộ

định tuyến và chuyển mạch, định dạng định tuyến lân cận để trao đổi cập nhật thông tin định tuyến. Một ưu điểm quan trọng nữa là định tuyến IP có thể nâng cấp vì các bộ định tuyến có một cái nhìn tổng thể về toàn bộ kiến trúc mạng gồm các bộ định tuyến, các chuyển mạch ATM, và các liên kết đầu nối. Mạng phân cấp hai mức gồm các bộ định tuyến và chuyển mạch chạy giao thức I-PNNI được chỉ ra trên hình 4.14.

Điều hành trong nhóm C gồm có các máy chủ định tuyến và các thiết bị gờ mạng. Máy chủ định tuyến (ví dụ, máy chủ cho MPOA) thường giao thức IP thì nay thay thế bằng I-PNNI. Các thiết bị gờ mạng không chạy I-PNNI mà chạy giao thức client IP/ATM tiêu chuẩn như LANE hoặc MPOA.

Các chức năng cơ bản của I-PNNI gồm có:

- Tất cả các bộ định tuyến, chuyển mạch và máy chủ phục vụ đều chạy giao thức định tuyến đơn nhất I-PNNI.
- Các bộ định tuyến và chuyển mạch tham gia trong nhóm một cách ngang hàng. Một nhóm gồm có các chuyển mạch, các bộ định tuyến hoặc tích hợp. Trong môi trường tích hợp người quản trị nhóm phải hỗ trợ khả năng phát hành địa chỉ IP ra các nhóm khác.
- Phát hành cấu hình PNNI được trao đổi giữa các bộ định tuyến, giữa các chuyển mạch, và giữa các chuyển mạch và bộ định tuyến.
- Các địa chỉ IP và ATM được phát hành tách biệt trong giao thức phát hành PNNI PTSE. Vì vậy I-PNNI là một giải pháp tích hợp định tuyến IP và ATM, cần có hai không gian địa chỉ được hỗ trợ và duy trì.

Quá trình tìm kiếm địa chỉ IP được phát hành theo một trong ba cách sau:

- *Thực tiếp*: địa chỉ IP được tìm kiếm trực tiếp qua các bộ định tuyến phát hành.
- *Truy vấn*: Một phương pháp truy vấn địa chỉ như trong giao thức giải bước kế tiếp NHRP để tìm địa chỉ.
- *Gián tiếp*: Địa chỉ IP phụ thuộc vào thành phần thứ 3. Nó được sử dụng để một bộ định tuyến phát hành địa chỉ IP và địa chỉ ATM liên quan của một mạng con hoặc trạm chủ thông dụng. Điều này làm giảm bớt các truy vấn NHRP.

Một mạng có một cơ sở dữ liệu chung được xây dựng và duy trì bởi các thành viên trong nhóm ngang nhau. Các bộ định tuyến thông báo hạn chế truyền khi nó không có khả năng đáp ứng được các SCV yêu cầu, tuy nhiên các bộ định tuyến có thể khởi tạo và ngắt các đầu nối SVC qua sử dụng kỹ thuật định tuyến PNNI chuẩn để giải quyết vấn đề đó.

Các bộ định tuyến chạy I-PNNI có khả năng quảng bá trong LAN thông qua các nút giả từ OSPF để thể hiện cơ sở dữ liệu cấu hình LAN. Có thể tạo ra phân cấp định tuyến nhiều mức.

NHRP cần thiết cho các nút I-PNNI để sắp xếp địa chỉ IP/ATM khi các thông tin đến không đầy đủ. Ví dụ, một phân cấp định tuyến chỉ cung cấp các thông tin địa chỉ ATM tổng quát giữa các nhóm, hoặc một máy chủ định tuyến chạy I-PNNI không phát hành các bộ định tuyến chủ riêng của tất cả các máy chủ ATM mà nó hỗ trợ.

Trên đây đã mô tả một cách ngắn gọn về các thành phần cơ bản cấu tạo nên mô hình phân cấp của định tuyến PNNI như các nút, các liên kết và quan hệ giữa chúng. Gắn liền với mô hình này là cơ cấu trao đổi bản tin HELLO, các phần tử thông tin PTSE, gói thông tin PTSP phục vụ cho việc tràn lụt thông tin trong mô hình mạng PNNI. Ngoài ra, các phương pháp định

tuyến mở rộng của PNNI cũng là những nội dung quan trọng mang tính ứng dụng cao trong các mô hình chuyển mạch ATM riêng cũng như giữa các nhóm chuyển mạch ATM.

Định tuyến PNNI mở rộng cho thấy khả năng hoạt động tốt của cơ chế định tuyến nguồn với yêu cầu về chất lượng dịch vụ cũng như bằng thông trên các mô hình mạng lớn và dễ dàng thích ứng được với các thay đổi về vật lý của cơ sở hạ tầng mạng IP/ATM.

4.3.3. Kỹ thuật định tuyến đảm bảo QoS trong MPLS

Chất lượng dịch vụ (QoS) chính là một trong những yếu tố quan trọng nhất để thúc đẩy MPLS và nó luôn là một vấn đề lớn đối với kỹ thuật định tuyến không chỉ trong mạng MPLS. MPLS giải quyết bài toán QoS tương tự như mô hình phân biệt dịch vụ (Differs) trong IP, bằng cách hỗ trợ chất lượng dịch vụ trên cơ sở phân loại các luồng lưu lượng tại biên mạng. Các tham số ràng buộc về QoS của kết nối thường được đánh giá qua mức độ đảm bảo băng thông tối thiểu, độ trễ/trượt và tỉ lệ mất thông tin. Mục tiêu cơ bản của kỹ thuật định tuyến QoS là tìm ra một đường có khả năng đảm bảo các điều kiện ràng buộc của đầu nối và thậm chí để loại bỏ một số đầu nối khác.

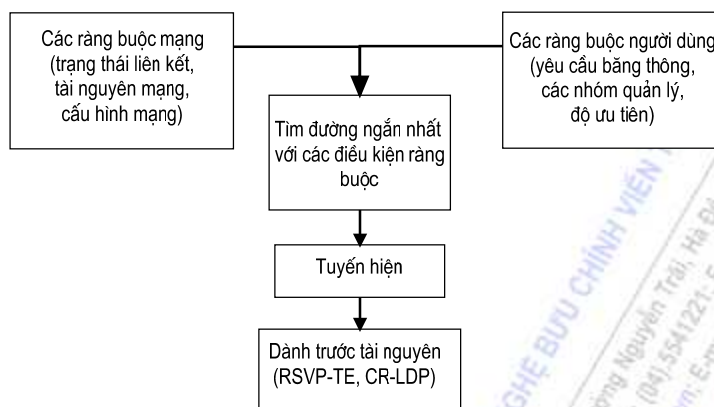
Một mô hình trạng thái mạng QoS thường được biểu diễn dưới dạng một đồ thị $G(V,E)$. Trong đó V thể hiện cho các nút và E là các liên kết. Lưu lượng vào mạng qua nút S_i và ra qua nút T_i . Mỗi liên kết (i,j) có 2 đặc tính : $C_{i,j}$ là dung lượng liên kết và $f_{i,j}$ là lưu lượng thực tế. Gọi $R_{i,j} = (C_{i,j} - f_{i,j})$ là băng thông dư. Một kết nối có yêu cầu băng thông là d_k thì một liên kết được gọi là khả dụng khi $R_{i,j} \geq d_k$. Một kết nối mới có thể được chấp thuận nếu ít nhất tồn tại một đường dẫn khả dụng giữa S_i và T_i .

Một trong các khía cạnh then chốt của kỹ thuật định tuyến trong MPLS là hỗ trợ các đường dẫn hiện (nổi) dựa trên kỹ thuật chuyển tiếp nhãn, vì vậy thuật toán định tuyến trong MPLS cho phép lựa chọn các đường dẫn và các tham số chất lượng dịch vụ QoS để có được các kết quả tốt nhất. Yêu cầu chất lượng dịch vụ QoS của kết nối có thể được đưa ra như một tập các điều kiện ràng buộc, các điều kiện này có thể thể hiện rõ ràng như các yêu cầu về băng thông tối thiểu từ phía khách hàng, hoặc không tường minh như các yêu cầu về độ đàn hồi của mạng. Một tuyến hiện có thể được định tuyến hiện hoàn tuyệt đối hay tương đối. Trong trường hợp định tuyến hiện tuyệt đối, đường dẫn cho các LSR lỗi vào được định nghĩa một cách chính xác. Khi đó tất cả các LSR mà đường dẫn sẽ đi qua được chỉ rõ ràng. Trong trường hợp định tuyến hiện tương đối, không phải tất cả các LSR đường dẫn sẽ đi qua được chỉ rõ. Ví dụ, nếu một đường dẫn phải đi qua một vài miền, đường dẫn hiện hành qua một miền có thể không được định nghĩa chính xác. Trong trường hợp này, LSR biên của MPLS sẽ tính toán một đường dẫn qua miền của nó.

Trong công nghệ chuyển mạch nhãn đa giao thức MPLS, việc lựa chọn đường dẫn chuyển mạch nhãn LSP dựa trên phương pháp tìm đường ngắn nhất với điều kiện ràng buộc CSPF là giải pháp định tuyến động cơ bản trong mạng MPLS.

Định tuyến ràng buộc đảm bảo chất lượng dịch vụ CSPF (Constraint Shortest Path First) trong MPLS sử dụng một tập thuộc tính của trung kế lưu lượng, tập thuộc tính này liên quan tới tài nguyên và các thông tin trạng thái khác của mạng. Một trung kế lưu lượng là sự tập hợp các luồng lưu lượng của cùng một phân lớp được đặt trong một LSP. Một trung kế lưu lượng có thể có liên kết riêng với nó (các địa chỉ, chỉ số cổng). Một trung kế lưu lượng có thể được định tuyến bởi nó là một bộ phận của LSP. Do đó, tuyến đường mà các luồng trung kế lưu lượng có thể bị thay đổi. Dựa trên các thông tin này, một tiến trình định tuyến ràng buộc trên mỗi nút tự động tính toán tuyến hiện cho mỗi trung kế lưu lượng từ nút đó đi. Trong trường

hợp chung, giải pháp để tìm đường dẫn khả dụng nếu nó tồn tại thường được tiến hành theo hai bước: Đầu tiên là loại bỏ toàn bộ các tài nguyên mà không thỏa mãn các yêu cầu của trung kế lưu lượng (kết nối), sau đó chạy thuật toán tìm đường ngắn nhất trên đồ thị còn lại hoặc ngược lại. Mô hình mô tả nguyên lý của định tuyến ràng buộc được chỉ ra trên hình 4.15 dưới đây:



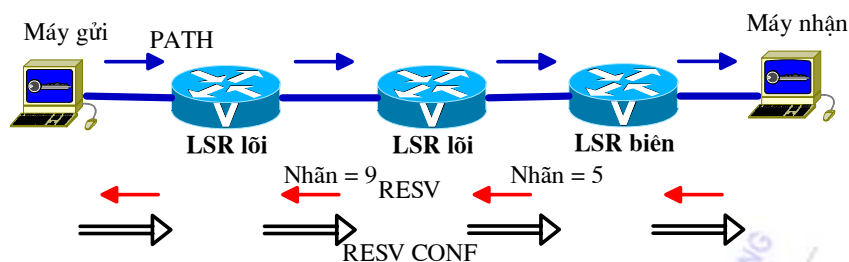
Hình 4.15: Nguyên lý định tuyến dựa trên các điều kiện ràng buộc

Như trên hình 4.15 chỉ rõ, các điều kiện ràng buộc được tính toán gồm các ràng buộc từ phía mạng và phía người sử dụng, đó chính là các tham số trong quá trình chạy thuật toán tìm đường ngắn nhất. Sau khi tìm đường ngắn nhất ta có các tuyến hiện và dựa vào các giao thức báo hiệu để dành trước các tài nguyên mạng thông qua các đường dẫn chuyển mạch nhãn LSP. Để thiết lập các đường dẫn LSP trong MPLS sử dụng hai phương pháp báo hiệu để thiết lập tuyến hiện là RSVP mở rộng và CR-LDP.

a, Giao thức RSVP mở rộng

Giao thức RSVP ban đầu được xây dựng để hỗ trợ kiến trúc IntServ trong các mạng IP truyền thông. RSVP được mở rộng để hỗ trợ việc phân bổ nhãn cho các CR-LSP trong mạng MPLS. Trước khi trình bày về giao thức RSVP mở rộng, ta tìm hiểu về sơ lược hoạt động của giao thức RSVP ban đầu được xây dựng hỗ trợ quá trình chiếm giữ tài nguyên trong mô hình IntServ.

RSVP thiết lập đường đi sử dụng các bản tin PATH và RESV, nó là một giao thức “mềm” - tức là trạng thái của các nút trung gian phải được duy trì bằng việc gửi các bản tin “làm tươi” theo chu kỳ. Trong RSVP, một đường đi là một tuyến mà luồng gói IP, hay còn gọi là phiên RSVP đi qua. Phiên RSVP được nhận diện bằng địa chỉ IP đích, và giá trị cổng tầng giao vận của dữ liệu được dành trước tài nguyên. Để thiết lập một đường đi từ một host nguồn đến host đích, host gửi sử dụng bản tin PATH để thiết lập trạng thái đường đi qua các nút trung gian dựa vào định tuyến hop-by-hop tại các nút này. Sau đó phía nhận sẽ sử dụng bản tin RESV, với các tham số về lưu lượng và QoS, đi theo chiều ngược lại với chiều gửi để chiếm giữ tài nguyên tại mỗi nút trên đường đi đó. Mỗi nút trên đường đi nhận được bản tin RESV sẽ kiểm tra tài nguyên hiện có và so sánh với tài nguyên yêu cầu. Nếu tài nguyên hiện có không đủ để đáp ứng yêu cầu thì nút này sẽ gửi bản tin báo lỗi đến cả hai phía gửi và nhận để giải phóng trạng thái đường đi đi và tài nguyên đã chiếm giữ. Nếu tất cả các nút trung gian trên đường đi có đủ tài nguyên hỗ trợ thì đường đi sẽ được thiết lập. Vì giao thức RSVP dựa trên giao thức IP không tin cậy để gửi bản tin báo hiệu nên không đảm bảo quá trình chiếm giữ tài nguyên diễn ra từ đầu đến cuối. Do vậy khi host gửi nhận được bản tin RESV, nó sẽ gửi thêm một bản tin RESVCONF để khẳng định kết quả đối với phía nhận.



Hình 4.16: Thiết lập CR-LSP dùng RSVP mở rộng

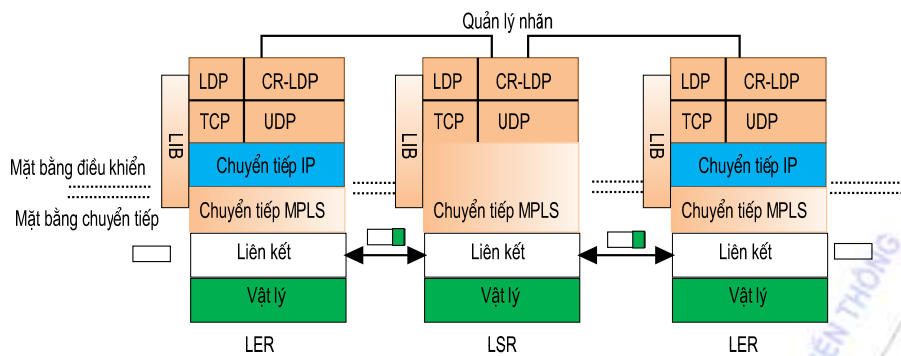
RSVP được mở rộng để hỗ trợ thiết lập và duy trì đường CR-LSP và phân phối nhãn trong MPLS. Các đặc tính của RSVP-TE [RFC 3209] TE (Traffic Engineering) là sự mở rộng phần lõi của RSVP để thiết lập các tuyến đường hiện dựa trên định tuyến ràng buộc LSP trong mạng MPLS sử dụng RSVP làm giao thức báo hiệu. Dự trữ tài nguyên là một thành phần rất quan trọng của xử lý lưu lượng. Đây là một trong số các lý do để nhóm làm việc MPLS chọn RSVP hơn là việc xây dựng mới hoàn toàn một giao thức báo hiệu khác để hỗ trợ các yêu cầu xử lý lưu lượng. RSVP mở rộng thành giao thức báo hiệu để hỗ trợ việc tạo LSP có thể được định tuyến tự động tránh khỏi lỗi mạng và tắc nghẽn. RSVP đơn giản hoá việc vận hành mạng bằng quá trình xử lý lưu lượng một cách tự động. RSVP-TE sử dụng các bộ định tuyến chuyển mạch để thiết lập, duy trì các đường ống LSP và để phục vụ tài nguyên cho các LSP đó.

Báo hiệu RSVP-TE thay thế thiết bị gửi và thiết bị nhận là các bộ định tuyến thay vì là các máy chủ. Hoạt động của nó giống như các điểm lỗi vào và lỗi ra của trung kế lưu lượng. RSVP-TE cài đặt các trạng thái ứng dụng với tập hợp luồng có chung một đường và chia sẻ chung tài nguyên mạng thay cho một luồng riêng lẻ từ máy chủ tới máy chủ. Bằng cách tập hợp rất nhiều luồng lưu lượng vào mỗi đường hầm LSP, RSVP-TE giảm khối lượng lớn các trạng thái RSVP cần thiết phải duy trì trong lõi của mạng nhà cung cấp dịch vụ. Báo hiệu RSVP cài đặt trạng thái phân phối liên quan tới chuyển tiếp gói, bao gồm cả quá trình phân phối các nhãn MPLS.

RSVP-TE yêu cầu thiết bị có khả năng mang một đối tượng “mờ” (opaque object), nghĩa là các đối tượng này không bị xử lý bởi các thiết bị khác khi truyền trong mạng. RSVP mang các đối tượng trong các bản tin của nó như là các đoạn mờ của thông tin. Những đoạn mờ này được mang tới các module điều khiển thích hợp trong bộ định tuyến. Phương thức thiết lập báo hiệu dựa trên cơ sở này khuyến khích sự phát triển của các đối tượng RSVP mới. Các đối tượng này có thể được dùng để tạo ra và duy trì các trạng thái được phân phối cho các thông tin khác ngoài vấn đề dự trữ tài nguyên đơn thuần. Tập hợp các mở rộng có thể nhanh chóng và dễ dàng được phát triển qua việc cải thiện RSVP nhằm hỗ trợ các yêu cầu xử lý lưu lượng mang tính tức thời trong vấn đề định tuyến chính xác và giảm độ phức tạp trong quá trình phân phối nhãn.

b, Giao thức phân phối nhãn LDP và CR-LDP

Giao thức phân phối nhãn được nhóm nghiên cứu MPLS của IETF xây dựng và ban hành [RFC 3036]. Giao thức phân phối nhãn được sử dụng trong quá trình gán nhãn cho các gói thông tin, 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 giao thức LDP trong chồng giao thức được thể hiện trong hình sau:



Hình 4.17: Vị trí của LDP trong chồng giao thức của MPLS

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 bất cứ một LSR phía trước đến LSR phía sau cận kề. Việc trao đổi các bản tin LDP có thể xuất phát từ bất cứ một LSR (điều khiển đường chuyển mạch nhân LSP độc lập) hay từ LSR biên lối ra (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, giao thức dự trữ tài nguyên RSVP hay cập nhật thông tin định tuyến.

Thông tin trong các bản tin LDP được đóng gói trong cấu trúc TLV (kiểu, độ dài, giá trị). Các trường thông tin TLV được sử dụng nhằm tương thích với các tính năng tiêu chuẩn và mở rộng của các nhà cung cấp thiết bị khác nhau. Một giải pháp phân phối nhân hỗ trợ kỹ thuật lưu lượng TE được thể hiện qua giao thức phân phối nhân định tuyến ràng buộc CR-LDP.

CR-LDP hỗ trợ phương pháp phân phối nhân theo yêu cầu và hoạt động trong chế độ duy trì nhân bảo thủ. Các chức năng mở rộng so với LDP gồm có:

- (1) khả năng thiết lập các đường dẫn chuyển mạch nhân với điều kiện ràng buộc
- (2) hỗ trợ các tham số lưu lượng
- (3) chiếm giữ trước tài nguyên mạng
- (4) phân lớp nguồn tài nguyên.

Để hỗ trợ định tuyến cưỡng bức ngoài một số điều kiện không chế về băng thông, khoảng cách quản lý còn cần có khả năng định tuyến hiện (hoặc định tuyến nguồn).

Có hai lý do để sử dụng định tuyến cưỡng bức để phân phối nhân trong MPLS. Trước hết, MPLS cho phép tách các thông tin sử dụng để chuyển tiếp nhân từ các thông tin có trong mào đầu của gói IP. Thứ hai là việc chuyển đổi giữa FEC và LSP chỉ được giới hạn trong LSR tại một đầu của LSP. Nói một cách khác, việc quyết định gói IP nào sẽ định tuyến hiện như thế nào hoàn toàn do LSR tính toán xác định tuyến. Và như đã trình bày ở trên, đây chính là chức năng cần thiết để hỗ trợ định tuyến đảm bảo chất lượng dịch vụ trong MPLS.

4.4. KỸ THUẬT LƯU LƯỢNG TRONG MPLS

4.4.1. Tổng quan về kỹ thuật lưu lượng

Các định nghĩa cơ bản về kỹ thuật lưu lượng đã được trình bày trong chương 1, mục này chúng ta xem xét một số vấn đề liên quan tới kỹ thuật lưu lượng trong mạng hiện đại, chủ yếu là kỹ thuật lưu lượng trong MPLS. TE giải quyết vấn đề hoạt động của mạng trong việc hỗ trợ người dùng mạng và QoS nó cần. Hoạt động chủ yếu của TE đối với các mạng chuyển mạch

gói là đo lường lưu lượng và điều khiển lưu lượng. Hoạt động sau cùng giải quyết vấn đề đảm bảo cho mạng có một nguồn tài nguyên để hỗ trợ yêu cầu QoS của người dùng.

Kỹ thuật lưu lượng trong môi trường chuyển mạch gói thiết lập mục tiêu hướng tới 2 chức năng hoạt động : Định hướng lưu lượng và định hướng tài nguyên.

- Hoạt động định hướng lưu lượng hỗ trợ hoạt động QoS của lưu lượng người dùng. Trong một phân lớp đơn, mô hình dịch vụ Internet nỗ lực tối đa, hoạt động định hướng lưu lượng then chốt với mục đích cung cấp tổn thất lưu lượng nhỏ nhất, trễ nhỏ nhất, độ thông qua lớn nhất, nỗ lực của các thoả thuận lớp dịch vụ (SLA).
- Hoạt động định hướng tài nguyên mục đích giải quyết tài nguyên mạng như các liên kết truyền thông, các router và các server là các thực thể góp phần vào sự thực hiện mục đích định hướng lưu lượng. Quản lý năng lực của những tài nguyên này vẫn đề sống còn đối với thành công của các mục đích hoạt động định hướng tài nguyên. Bảng tần sử dụng là vấn đề đầu tiên, không có bảng tần thì bất cứ hoạt động nào của TE đều là vô nghĩa. Việc quản lý năng lực của băng tần sử dụng là đặc trưng của kỹ thuật lưu lượng. Vì vậy, các hiện tượng tắc nghẽn xảy ra trong các hệ thống mạng có thể do hai nguyên nhân cơ bản: thiếu tài nguyên phục vụ và đủ tài nguyên nhưng phục vụ không hiệu quả.

4.4.2. Điều khiển quản lý và truy nhập

Điều khiển quản lý và truy nhập lưu lượng là một vấn đề phức tạp, hầu hết các mạng hiện nay đều cho phép quản lý các luồng lưu lượng của thiết bị đầu cuối dựa trên các thoả thuận mức độ dịch vụ SLA. Công nghệ ATM là công nghệ có cơ chế chặt chẽ và nghiêm ngặt đối với việc quản lý luồng thông tin đầu vào dựa trên trường chức năng điều khiển luồng chung của tế bào ATM UNI. Các cơ chế điều khiển quản lý lưu lượng hiện nay thường đi theo hướng này thông qua các lớp dịch vụ tương tự như trong ATM.

Phân lớp	Các đặc điểm cơ bản
Lớp A	Tốc độ bit cố định (CBR), cơ sở TDM, hướng kết nối, yêu cầu định thời, điều khiển luồng là tối thiểu, tổn thất nhỏ được phép.
Lớp B	Tốc độ bit thay đổi (VBR), cơ sở STDM, hướng kết nối, yêu cầu định thời, điều khiển luồng là tối thiểu, tổn thất nhỏ được phép.
Lớp C	VBR, cơ sở STDM, không yêu cầu định thời, hướng kết nối, điều khiển luồng cho phép, không cho phép tổn thất
Lớp D	VBR, cơ sở STDM, không kết nối, không yêu cầu định thời, điều khiển luồng cho phép, không cho phép tổn thất.

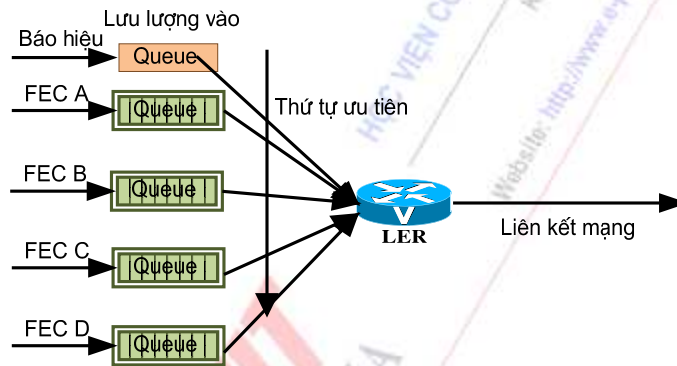
Bảng 4.3: Các lớp dịch vụ lưu lượng

Các phân lớp này được định nghĩa nhằm tập trung tới các hoạt động sau:

- Điều chỉnh thời gian giữa phía gửi và phía nhận.
- Xác lập tốc độ bit (biến đổi hoặc hằng số)
- Đặc tính phiên kết nối có hướng và phi kết nối giữa bên gửi và bên nhận
- Tính liên tục của tải trọng người dùng.

- Hoạt động điều khiển luồng.
- Tính toán lưu lượng người sử dụng.
- Phân chia và tái hợp các PDU.
- Tính toán lưu lượng người dùng.
- Sự phân chia và tái hợp của các PDU.

Trong dạng đơn giản nhất, kỹ thuật lưu lượng luôn nỗ lực đáp ứng QoS của người dùng qua việc tạo ra tài nguyên mạng tốt nhất để hỗ trợ những nhu cầu này. Dĩ nhiên, tài nguyên mạng là hạn chế. Do đó, với một mạng mà không có đủ băng tần để hỗ trợ các yêu cầu QoS của người dùng ở mọi thời điểm trong ngày, hoạt động kỹ thuật lưu lượng phải sắp xếp lưu lượng người dùng. Điều này nghĩa là các kỹ thuật phải đưa ra quyết định cách thức hỗ trợ các phân lớp khác nhau của lưu lượng người dùng. Việc sắp xếp lưu lượng thường đặt tại biên mạng, như trong mạng MPLS các LER phải thiết lập hàng đợi và hoạt động trên phân công ưu tiên lớp lưu lượng. Trên hình 4.18, mỗi lớp lưu lượng được phân vào một hàng đợi khác nhau và lưu lượng báo hiệu được đưa vào trước các lớp lưu lượng khác, đó là nguyên lý hoạt động chung.



Hình 4.18: Sắp xếp lưu lượng tại LER trong mạng MPLS

Các loại hàng đợi thường được sử dụng trong bộ định tuyến MPLS gồm:

- Hàng đợi FIFO: Truyền dẫn các gói được dựa trên yêu cầu đến của chúng, sắp xếp theo trình tự đến. MPLS dùng phương pháp này cho việc đưa ra một FEC.
- Hàng đợi cân bằng trọng số WFQ: Băng tần khả dụng dọc theo hàng đợi của lưu lượng được chia ra dựa trên trọng số. Các lớp lưu lượng được xử lý ngang bằng nhau. Điều này thường được dùng khi toàn bộ lưu lượng là sự hoà hợp của nhiều lớp lưu lượng. Lưu lượng lớp A được hoà hợp với khối lượng lớn hơn tức là lưu lượng lớp D. WFQ phù hợp với việc quản lý luồng MPLS.
- Hàng đợi theo yêu cầu CQ: Băng tần được phân cân xứng cho mỗi lớp lưu lượng. Nó đảm bảo mức dịch vụ tới tất cả các lớp dịch vụ.
- Hàng đợi ưu tiên PQ: Tất cả các gói thuộc lớp ưu tiên cao được truyền trước bất cứ lớp có độ ưu tiên nào thấp hơn. Do đó, một vài lưu lượng được truyền do lưu lượng khác chịu phí tổn.

4.4.3. Điều khiển chống tắc nghẽn trong MPLS

Trong các trường hợp, kỹ thuật điều khiển lưu lượng được áp dụng dựa vào các tình huống bất thường. Lưu lượng thông thường được định tuyến bằng giao thức tìm đường đi ngắn nhất.

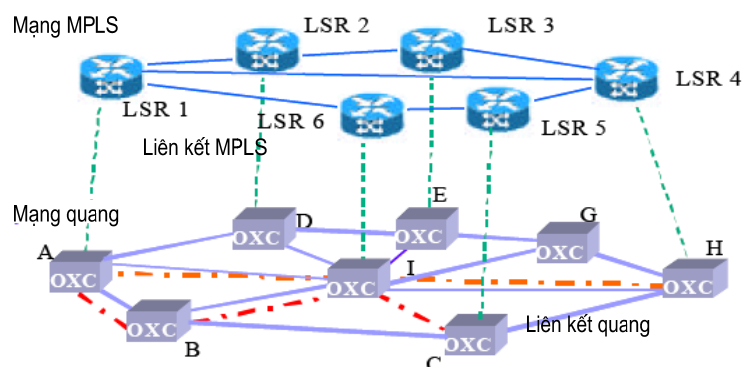
Nếu việc định tuyến theo đường đi ngắn nhất tạo thành các nút tắc nghẽn trong mạng thì kỹ thuật điều khiển lưu lượng sẽ được sử dụng để khắc phục phần nào ảnh hưởng do nhưng tình huống này gây ra. Trong các cơ chế xử lý lưu lượng trong MPLS có thể chia thành các trường hợp kết nối tới một vùng nóng, và các đường không cân bằng tải.

Trong trường hợp kết nối tới một vùng nóng, các lưu lượng bị dồn trong một khoảng thời gian khó dự báo mang và thường mang tính ngắn hạn. Kết quả có thể dẫn đến tắc nghẽn trên một vài liên kết hay bộ định tuyến nhất định. giải pháp với vấn đề này là định nghĩa một đường hầm CR-LDP không phải là đường đi ngắn nhất và đẩy một phần lưu lượng vào đường này.

Khi các đường ra không cân bằng về lưu lượng, tải lưu lượng không cân bằng giữa các đường có thể gây ra hiện tượng tắc nghẽn tại bộ định tuyến. Để sử dụng kỹ thuật điều khiển theo các trường hợp này, cần phải có dữ liệu về hệ số sử dụng các liên kết trong mạng và thống kê ma trận lưu lượng. Khi các thông tin này được thu nhập thì mới có thể lái lưu lượng dựa vào phần đầu địa chỉ hoặc đầu ra tránh các chỗ tắc nghẽn trong mạng. Các giải pháp nâng chống tắc nghẽn thông qua định tuyến sẽ được trình bày trong chương 5.

4.4.3. Điều khiển lưu lượng đa lớp

Vấn đề hướng tới xây dựng hạ tầng mạng chuyển mạch tích hợp là thiết yếu đối với các công nghệ mạng hiện nay, các dịch vụ đa phương tiện có xu hướng sử dụng IP là lớp trung gian vì tính mở và phổ biến của giao thức IP, điểm bất lợi là IP không hỗ trợ chất lượng dịch vụ nên mô hình chồng lấn sử dụng các kỹ thuật hướng kết nối như ATM và MPLS để đảm bảo QoS. Các mạng bảo vệ sử dụng các chuyển tiếp nhanh như mạch vòng cáp quang để đảm bảo băng thông và bảo vệ lưu lượng nằm tại các lớp thấp hơn trong mô hình OSI.



Hình 4.19: Mô hình mạng đa lớp

Quá trình phân lớp mạng tạo ra sự sai khác giữa cấu trúc vật lý và cấu hình logic của mạng. Kỹ thuật điều khiển đa lớp nhằm hướng tới sự phù hợp của các dịch vụ đa phương tiện cung cấp hiện nay. Theo mô hình đảm bảo QoS cho người sử dụng, mạng được phân chia thành vùng mạng lõi và mạng truy nhập, trong vùng mạng lõi mô hình phân biệt dịch vụ DiffServ được kết hợp với các công nghệ mạng lõi nhằm đưa ra các lớp lưu lượng khác biệt. Trong khi đó, tại các mạng truy nhập, mô hình tích hợp dịch vụ InterServ được áp dụng nhằm tạo hỗ trợ tối đa các kiểu truy nhập cho người dùng và dành trước tài nguyên hệ thống cho từng dịch vụ. Điều khiển lưu lượng trong vùng mạng lõi thường được xử lý tại các mức tổng thể, một số kỹ thuật chọn đường, bảo vệ đường dẫn và quản lý đường dẫn được đề xuất. Các chức năng này thuộc về lớp 3 của mô hình OSI. Thêm vào đó là các lớp điều khiển phiên truyền thông cho các ứng dụng đa đường, quản lý tài nguyên của các đường đã thiết lập, các phương pháp báo hiệu

hỗ trợ kỹ thuật lưu lượng được thực hiện trong cả vùng mạng lõi và mạng truy nhập. Tại phía mạng truy nhập nơi luồng lưu lượng được đưa vào mạng, các giải pháp kỹ thuật hỗ trợ kỹ thuật như chia cắt, đóng gói và phân loại các luồng lưu lượng dựa trên các yêu cầu của mạng và người sử dụng, cấu trúc lại các nhóm luồng chủ yếu thực hiện tại mức 2 của mô hình OSI.

Kỹ thuật điều khiển lưu lượng đa lớp xuất phát từ các mô hình chồng lán, trong hình vẽ 4.19 chỉ ra một mô hình kịch bản mạng chung hiện đang sử dụng phổ biến trên thế giới. Các đường liên kết quang tạo ra các nhóm bước sóng và mang trên đó một số LSP, các LSP được phân biệt với nhau bởi các đặc tính về băng thông. Các đặc tính băng thông của mỗi LSP phụ thuộc vào cấu trúc IP/MPLS. Trong cấu trúc mô hình chồng lán việc điều khiển lưu lượng của các LSP trên từng phân lớp sẽ thực hiện tương tự kiểu điều khiển chủ tớ tại mỗi nút. Một số chiến lược kỹ thuật lưu lượng đa lớp đã được đề xuất và tập trung vào giải quyết các vấn đề sau:

(i). Độ phức tạp của chức năng định tuyến ràng buộc tham số: Các yêu cầu và điều kiện ràng buộc đến từ cả phía mạng và phía người sử dụng, với các mạng lớn đây là một vấn đề khó khăn và phức tạp khi các thành phần của mạng phức tạp.

(ii). Xử lý QoS: Việc quản lý QoS yêu cầu một vài phân lớp quản lý là một vấn đề cần phải giải quyết, đặc biệt là các tuyến đường có nhiều độ ưu tiên và yêu cầu mức chiếm dụng khác nhau.

(iii). Báo hiệu: để thực hiện hiệu quả truyền thông cho các dịch vụ các định tuyến ràng buộc tham số phải biết rõ trạng thái liên kết của toàn mạng, điều đó có nghĩa là sẽ có một số lượng lớn các thông tin tràn lút qua mạng, một số chiến lược nhằm tối ưu các lưu lượng báo hiệu trong mạng đã được đề xuất dựa trên các mô hình phân vùng và phân lớp.

Để giải quyết các vấn đề trên các kỹ thuật điều khiển lưu lượng đa lớp hiện nay được đề xuất theo hướng phân thành hai lớp: Lớp IP/MPLS và lớp truyền dẫn quang.

Trên lớp IP/MPLS các giao thức định tuyến được mở rộng thêm các phần quản lý băng thông và các chiến lược định tuyến dựa trên hệ thống quang như tái định tuyến lại nhanh và hướng luân phiên, hướng phát triển dựa trên cấu trúc truyền dẫn quang tập trung vào các vấn đề xử lý định tuyến nhanh và có độ dự phòng đường dẫn cao. Dự phòng và bảo vệ đường dẫn có thể thực hiện trên từng khu vực hoặc toàn mạng.

Tại các lớp truyền dẫn quang, các nhiệm vụ ấn định đường dẫn LSP vào trong các bước sóng quang và các yêu cầu dành trước tài nguyên cho các LSP được thực hiện nhờ vào các thông tin điều khiển từ một mặt bằng điều khiển duy nhất. Mặt bằng điều khiển này biết rõ các cấu hình của cả phân lớp IP/MPLS và lớp quang, cho phép điều khiển các thứ tự ưu tiên trong từng LSP.

4.5 CÁC GIẢI PHÁP NÂNG CAO HIỆU NĂNG CHUYỂN MẠCH MPLS

4.5.1 Báo hiệu đảm bảo chất lượng dịch vụ

Như các phần trên đã trình bày, hiệu năng của chuyển mạch phụ thuộc vào rất nhiều tham số chủ yếu liên quan đến đặc tính luồng lưu lượng và giải pháp chuyển mạch. Các vấn đề về giải pháp kỹ thuật chuyển mạch đã được chỉ ra tại chương 3 và phần đầu của chương này. Với các mục tiêu chuyển mạch đảm bảo chất lượng dịch vụ cho các luồng thông tin đa dịch vụ, các giải pháp nâng cao hiệu năng chuyển mạch được trình bày trong mục này gồm hai phần: báo hiệu đảm bảo chất lượng dịch vụ và định tuyến đảm bảo chất lượng dịch vụ. Động lực cơ bản nhằm đẩy mạnh vấn đề nghiên cứu báo hiệu đảm bảo QoS nhằm nâng cao:

- Độ mềm dẻo để đảm bảo một số lượng lớn các luồng lưu lượng vào mạng lõi mà không làm suy giảm hiệu năng mạng;
- Dễ dàng quản lý các luồng thích hợp;
- Gia tăng độ tin cậy và khả năng khôi phục lỗi của các đường dẫn.
- Hạn chế bớt thông tin duy trì trạng thái luồng tại các bộ định tuyến trung gian nhằm nâng cao hiệu năng mạng;

Hệ thống báo hiệu đảm bảo chất lượng dịch vụ thường thực thi qua các tương tác với các máy chủ chính sách, kỹ thuật lưu lượng và các thành phần quản lý mạng. Nguyên tắc chung của các phương pháp báo hiệu đảm bảo QoS hiện nay dựa trên các cơ chế phân vùng và quản lý băng thông.

Cơ chế phân vùng báo hiệu của các mạng tích hợp đa dịch vụ băng thông rộng dựa trên các miền chính sách khác nhau, trong đó bao gồm cả chính sách quản lý, chính sách định tuyến và kỹ thuật lưu lượng ứng dụng. Một hệ thống mạng lớn thường được chia thành hai vùng mạng: mạng lõi và mạng truy nhập. Các phương pháp báo hiệu cho vùng mạng truy nhập thực hiện trên các cơ sở mô hình Intserv với các báo hiệu dành trước tài nguyên như RSVP. Các vùng mạng lõi thường sử dụng mô hình Diffserv với các phương pháp báo hiệu của PNNI mở rộng hoặc dựa trên CR-LDP.

Các phần tử quản lý băng thông là một trong những phần tử quan trọng nhất trong các kết nối liên vùng, chính sách băng thông được coi là chính sách ưu tiên hàng đầu cho các luồng lưu lượng khi chuyển qua các vùng định tuyến khác nhau. Chiếm dụng tài nguyên trong các đường dẫn liên mạng là một trong những vấn đề phức tạp yêu cầu rất nhiều cơ cấu để đảm bảo tính mềm dẻo trong các kết nối liên vùng. Quản lý băng thông trên lớp liên kết dữ liệu thực hiện việc ánh xạ các yêu cầu QoS từ các lớp cao tới liên kết vật lý nhằm chiếm dụng tài nguyên và xác lập các thứ tự ưu tiên trong các kết nối từ đầu cuối tới đầu cuối.

4.5.2. Định tuyến và chuyển tiếp đảm bảo QoS

Định tuyến QoS xác định tuyến dựa trên tài nguyên mạng hiện có và yêu cầu của luồng lưu lượng. Kết quả là chất lượng của ứng dụng được đảm bảo và cải tiến so với định tuyến nỗ lực tối đa truyền thống. Nó có các ưu điểm sau:

- Định tuyến đảm bảo chất lượng dịch vụ QoS lựa chọn tuyến đường đi khả thi bằng cách tránh các nút và kết nối bị nghẽn.
- Nếu tài lưu lượng vượt quá giới hạn của tuyến đường đang có thì định tuyến đảm bảo QoS đưa ra nhiều tuyến khác để truyền lưu lượng dư đó.
- Nếu xảy ra lỗi mạng hoặc lỗi nút thì định tuyến đảm bảo QoS sẽ lựa chọn một tuyến đường đi thay thế để nhanh chóng khôi phục lại việc truyền dữ liệu mà không làm giảm nhiều QoS.
- Các loại lưu lượng khác nhau có yêu cầu QoS khác nhau, các tổ hợp lưu lượng có nguồn và đích giống nhau có thể đi các tuyến đường khác nhau.

Tuy nhiên, các ưu điểm này của định tuyến QoS cũng phải chịu chi phí để phát triển các giao thức định tuyến mới hay mở rộng các giao thức hiện tại. Một số khó khăn chủ yếu là:

- Thứ nhất: do các ràng buộc về chất lượng (trễ, rung pha, tỉ lệ mất gói, băng thông...) của các ứng dụng phân tán thường thay đổi. Nhiều ràng buộc đồng thời thường làm cho việc định tuyến trở nên phức tạp vì rất khó cùng một lúc thoả mãn được tất cả các ràng

buộc. Hơn nữa, độ phức tạp của giao thức định tuyến QoS cũng phụ thuộc vào sự phân nhỏ của nó sử dụng trong các quyết định định tuyến

- Thứ hai: bất kì một mạng tích hợp dịch vụ nào trong tương lai cũng sẽ truyền tải cả lưu lượng QoS và lưu lượng BE, điều đó làm cho vấn đề tối ưu hoá trở nên phức tạp hơn và rất khó có thể xác định được điều kiện để thoả mãn tốt nhất cả hai loại lưu lượng trên nếu chúng phân bố độc lập.
- Thứ ba: trạng thái mạng thay đổi thường xuyên do tải không ổn định, các kết nối được tạo ra và giải phóng liên tục, kích thước mạng ngày càng lớn làm cho việc thu thập thông tin về trạng thái mạng trở nên khó khăn hơn, đặc biệt khi bao gồm cả mạng vô tuyến. Hoạt động của các thuật toán định tuyến QoS có thể bị ảnh hưởng nghiêm trọng nếu không cập nhật thông tin trạng thái mạng kịp thời.

4.5.3 Các giải pháp thực tiễn

Các giải pháp thực tiễn đưa ra trong mục này tập trung vào các giải pháp thực tiễn thực hiện trên mạng chuyển mạch nhãn đa giao thức MPLS. Các giải pháp bảo hiệu đảm bảo QoS trong MPLS được xây dựng trên hai giao thức RSVP-TE và CR-LDP mở rộng trên mô hình phân vùng RSVP-TE tại mạng biên và CR-LDP tại mạng lõi, mô hình này tương thích với hầu hết các nhà cung cấp thiết bị vì phần lớn các hệ thống định tuyến biên mạng có sẵn giao thức RSVP nhằm phục vụ cho lưu lượng IP. Bảo hiệu RSVP mở rộng thêm một số đối tượng như: tuyến hiện, đối tượng yêu cầu nhãn, đối tượng đặc tính phiên và đối tượng ghi lại tuyến trong một phần mở rộng (mở) của RSVP. Các đối tượng này được định nghĩa trong một bản tin gồm có 3 trường chức năng chính trong tiêu đề gồm: Trường độ dài, trường kiểu bản tin và trường giá trị được gọi tắt là TLV (Type; Length, Value).

Các giải pháp định tuyến đảm bảo QoS trong MPLS được cải thiện từ thuật toán tìm đường ngắn nhất và bổ sung một số điều kiện ràng buộc của mạng. Một số phương pháp cơ bản gồm:

(i) Thuật toán bước nhảy tối thiểu MHA (min Hop Algorithm)

Thuật toán bước nhảy tối thiểu là thuật toán đơn giản nhất nhằm tìm ra một đường dẫn với số bước nhảy tối thiểu từ nguồn tới đích, mặc dù thuật toán này có khả năng tìm được đường dẫn đáp ứng được yêu cầu băng thông và có ưu điểm là tính toán nhanh, nhưng MHA gây ra hiện tượng nghẽn cổ chai tại liên kết tải lớn trong mạng. MHA có khuynh hướng sử dụng cùng một đường dẫn cho tới khi đạt tới tình trạng bão hoà trước khi chuyển sang các đường dẫn khác có mức tải thấp hơn.

(ii) Thuật toán tìm đường ngắn nhất và rộng nhất WSPA (Widest Sortest Path Algorithm)

Thuật toán tìm đường ngắn nhất và rộng nhất (WSPA) là một thuật toán cải tiến từ thuật toán bước nhảy tối thiểu nhằm cân bằng tải lưu lượng mạng. Trong thực tế, WSP sử dụng bước nhảy như là một hệ đo lường và chọn đường dẫn có ít bước nhảy nhất thoả mãn các yêu cầu, nếu tồn tại nhiều đường dẫn, thuật toán sẽ chọn một đường dẫn với băng thông còn dư tối đa. Tuy nhiên, thuật toán này vẫn có điểm hạn chế giống như MHA khi lựa chọn đường dẫn được thực hiện giữa các đường dẫn ngắn nhất được dùng tới khi bão hoà, hơn nữa thuật toán không tính tới sự liên quan giữa các yếu tố bước nhảy và băng thông.

(iii) Thuật toán tìm đường rộng nhất và ngắn nhất SWPA (Shortest Widest Path Algorithm)

Thuật toán tìm đường rộng nhất và ngắn nhất (SWPA) sử dụng băng thông như là một tham số đo lường và lựa chọn đường dẫn với băng thông nghẽn cổ chai tối đa. Băng thông nghẽn cổ chai tối đa của một đường dẫn là băng thông dư tối thiểu trong tất cả các liên kết của một

đường dẫn. Nếu có nhiều hơn một đường dẫn có cùng băng thông dư tối thiểu, thuật toán sẽ chọn đường có số lượng bước nhảy ít nhất. Nhược điểm của thuật toán này là ưu tiên băng thông nhằm tối ưu tải liên kết mà bỏ qua các tham số khác.

(iv) Thuật toán định tuyến nhiều tối thiểu MIRA (Minimum Inteference Routing Algorithm)

Mục tiêu của thuật toán này là cung cấp đường dẫn có nhiều ít nhất với các yêu cầu kết nối đường dẫn chuyển mạch nhãn (LSP) trong tương lai giữa các cặp nguồn – đích khác (S_j, T_j). Thuật toán này giả thiết có một số nhận định về tiềm năng của các cặp nguồn- đích. Nhận định về tiềm năng của cặp nguồn- đích cho phép định tuyến lưu lượng mới dọc theo các đường dẫn không bị tới hạn bởi yêu cầu trong tương lai, vì vậy nó giảm được các số từ chối yêu cầu kết nối. Nhiều của một đường dẫn có thể được định nghĩa như là sự suy giảm giá trị luồng tối đa của một cặp nguồn đích do vấn đề định tuyến trên cùng một LSP của các cặp nguồn đích khác. Các liên kết tới hạn là các liên kết khi sử dụng trong một hướng mới giữa một cặp nguồn-đích, nó làm suy giảm tốc độ luồng tối đa giữa các cặp khác. Nó tính toán đường dẫn ngắn nhất bằng cách đặt giá liên kết là tham số tới hạn và chạy thuật toán Dijkstra. Nhược điểm của thuật toán này là sử dụng phương pháp tính nhằm đạt được tối đa số các yêu cầu, vì vậy nó có thể chọn các đường dẫn dài và tải cao thay vì các đường dẫn có số bước nhảy ngắn nhưng rơi vào tới hạn, điều đó sẽ dẫn tới tải tổng thể của mạng sẽ tăng lên. Hơn nữa, khi sử dụng các cặp nguồn –đích để tính các liên kết tới hạn, thuật toán không xác nhận tải thực tế sử dụng trên các cặp liên kết này, vì vậy mức ảnh hưởng của các cặp liên kết có tải khác nhau là khác nhau. Nhược điểm cuối cùng là MIRA không tính toán cho các yêu cầu trên cùng một cặp nguồn - đích (trường hợp tự can nhiễu).

Đã có rất nhiều các giải pháp định tuyến ràng buộc được đề xuất trong MPLS như trình bày trên đây, mục tiêu cơ bản của các giải pháp này là đưa các điều khiển ràng buộc băng thông vào trong các bài toán tìm đường dẫn ngắn nhất. Một số điều kiện khác như độ trễ, độ tin cậy hay tổ hợp các tham số tính toán cũng được đề xuất, tuy nhiên khi sử dụng phương pháp tổ hợp các tham số đo trong điều kiện thực tế gặp rất nhiều khó khăn vì sự biến động của lưu lượng mạng và độ phức tạp trong tính toán định tuyến.

4.6. MẠNG THẾ HỆ KẾ TIẾP NGN VÀ CHUYỂN MẠCH MỀM

4.6.1. Mạng thế hệ kế tiếp NGN

Khái niệm mạng thế hệ kế tiếp NGN (Next Generation Network) ra đời gắn liền với việc tái kiến trúc mạng, tận dụng tất cả các ưu thế về công nghệ tiên tiến nhằm đưa ra nhiều dịch vụ mới, mang lại nguồn thu mới và góp phần làm giảm chi phí đầu tư, khai thác ban đầu cho các nhà kinh doanh.

Các động lực cơ bản phát triển NGN như sự phát triển công nghệ, thị trường, hội tụ kết hợp mạng và các loại hình dịch vụ tác động tới sự biến đổi kiến trúc mạng bao gồm :

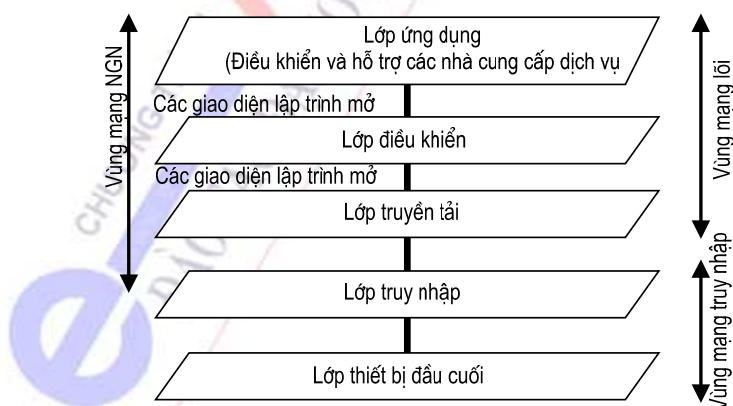
- Sự tăng trưởng của các dịch vụ di động với các nhà cung cấp dịch vụ thứ 3 đã dẫn tới một môi trường cạnh tranh mạnh mẽ giữa các nhà điều hành mạng.
- Sự gia tăng về mức độ phức tạp và quản lý dịch vụ mạng.
- Giá thành công nghệ và yêu cầu đảm bảo các dịch vụ truyền thống.
- Yêu cầu về chất lượng dịch vụ ngày càng cao

NGN được ITU-T định nghĩa như sau:

Mạng thế hệ kế tiếp (NGN) là mạng dựa trên nền gói có thể cung cấp các dịch vụ truyền thông và có thể tận dụng được các dải băng tần rộng, các công nghệ truyền tải với QoS cho phép và ở đó các chức năng liên quan đến dịch vụ sẽ độc lập với các công nghệ truyền tải ở lớp dưới. NGN cho phép người dùng truy nhập không hạn chế tới các nhà cung cấp dịch vụ viễn thông khác nhau. NGN hỗ trợ tính lưu động nói chung để có thể cung cấp dịch vụ thích hợp và rộng khắp tới các người dùng. Như vậy NGN được mô tả theo các đặc điểm cơ bản như sau:

- Truyền tải trên nền chuyển mạch gói.
- Tách biệt các chức năng điều khiển với các khả năng mang, cuộc gọi/ phiên và ứng dụng/ dịch vụ.
- Tách riêng việc cung cấp dịch vụ khỏi mạng và cung cấp các giao diện mở.
- Hỗ trợ tất cả các dịch vụ, các ứng dụng và các kỹ thuật dựa trên khối xây dựng dịch vụ (bao gồm dịch vụ thời gian thực, phân loại dịch vụ, dịch vụ phi thời gian thực và dịch vụ đa phương tiện).
- Các khả năng băng rộng với QoS đầu cuối tới đầu cuối và truyền tải trong suốt.
- Tương tác với các mạng trước đây thông qua các giao diện mở.
- Tính linh động của thiết bị đầu cuối.
- Truy nhập không hạn chế cho người dùng tới các nhà cung cấp dịch vụ khác nhau
- Đa dạng về kế hoạch nhận dạng để giải quyết địa chỉ IP cho mục đích định tuyến trong mạng IP.
- Nhìn từ phía người sử dụng các dịch vụ được hội tụ thành một dịch vụ chung duy nhất.
- Hội tụ dịch vụ giữa mạng cố định và mạng di động
- Các chức năng liên quan đến dịch vụ độc lập với các công nghệ lớp dưới
- Phục tùng tất cả các thủ tục theo quy tắc như truyền thông khẩn cấp và an ninh/ riêng lẻ.

NGN tập hợp được ưu điểm của các công nghệ mạng hiện có, tận dụng băng thông rộng và lưu lượng truyền tải cao của mạng gói để đáp ứng sự bùng nổ nhu cầu lưu lượng thoại truyền thông hiện nay và nhu cầu truyền thông đa phương tiện của người dùng đầu cuối.



Hình 4.20: Mô hình phân lớp của ITU-T

Đặc điểm của NGN là cấu trúc phân lớp theo chức năng và phân tán các tài nguyên trên mạng. Điều này đã làm cho mạng được mềm hóa và sử dụng các giao diện mở API (Application Program Interface) để kiến tạo các dịch vụ mà không phụ thuộc nhiều vào các nhà cung cấp thiết bị và dịch vụ mạng. Mô hình phân lớp do ITU-T đưa ra trình bày trên hình 4.20

trên đây gồm 4 lớp chức năng chính (ứng dụng, điều khiển, truyền tải, truy nhập) và một lớp quản lý chung cho 4 lớp này.

(i) Lớp ứng dụng và dịch vụ mạng

Lớp ứng dụng cung cấp các chức năng điều khiển và kiến tạo môi trường dịch vụ cho các nhà cung cấp thứ 3 được tổ chức thành một lớp duy nhất cho toàn mạng nhằm đảm bảo cung cấp dịch vụ đến tận đầu cuối theo cách thống nhất. Số lượng nút ứng dụng và dịch vụ phụ thuộc vào lưu lượng dịch vụ cũng như số lượng và loại hình dịch vụ, được tổ chức phân tán theo dịch vụ nhằm đảm bảo an toàn cho hệ thống.

(ii) Lớp điều khiển

Lớp điều khiển được tổ chức thành một cấp thay vì ba hay bốn cấp như cấu trúc mạng PSTN truyền thống nhằm giảm tối đa cấp mạng và tận dụng năng lực xử lý cuộc gọi rất lớn của thiết bị điều khiển thế hệ mới và giảm chi phí đầu tư trên mạng.

Lớp điều khiển có nhiệm vụ điều khiển lớp chuyển tải và lớp truy nhập cung cấp các dịch vụ mạng NGN gồm nhiều module như module điều khiển kết nối ATM, MPLS, điều khiển định tuyến IP, điều khiển kết nối thoại, xử lý các báo hiệu mạng gồm CS7, SIP, MEGACO... Số lượng nút điều khiển được tổ chức thành cặp được kết nối trực tiếp với một cặp nút chuyển mạch đa dịch vụ đường trục.

(iii) Lớp truyền tải

Lớp truyền tải phải có khả năng chuyển tải các loại lưu lượng. Lớp chuyển tải được tổ chức thành hai cấp đường trục và truy nhập. Các giao thức hoạt động trong lớp truyền tải phải thích ứng với hầu hết các công nghệ lớp 3.

(iv) Lớp truy nhập

Lớp truy nhập gồm toàn bộ các nút truy nhập hỗ trợ các dịch vụ cho người sử dụng bao gồm các dịch vụ thoại và phi thoại, các nút truy nhập kết nối tới mạng đường trục thông qua các thiết bị cổng đường biên và các thiết bị trung kế.

(v) Lớp quản lý mạng

Lớp quản lý mạng là phần quản lý mạng tập trung xuyên suốt tất cả các lớp khác. Lớp này thực hiện các chức năng quản lý như tính cước, hỗ trợ vận hành, các xử lý liên quan đến các thuê bao. Lớp quản lý mạng có thể tương tác với các lớp khác thông qua các giao diện chuẩn hay giao diện lập trình ứng dụng mở API.

Chuyển mạch mềm gắn liền với sự ra đời của mạng thế hệ kế tiếp NGN, dưới đây là một số định nghĩa của các nhà phát triển hệ thống:

Theo Nortel, Softswitch là một thành tố quan trọng nhất của mạng thế hệ sau (NGN - Next Generation Network). Họ định nghĩa: Softswitch là một phần mềm theo mô hình mở có thể thực hiện được những chức năng thông tin phân tán trên một môi trường máy tính mở và có những tính năng của mạng chuyển mạch thoại TDM truyền thống. Chuyển mạch mềm có thể tích hợp thông tin thoại, số liệu và video, nó có thể phiên dịch giao thức giữa các mạng khác nhau ví dụ như giữa mạng vô tuyến và mạng cáp. Chuyển mạch mềm cũng cho phép triển khai các dịch vụ VOIP (thoại qua mạng IP) mang lại lợi nhuận. Một chuyển mạch mềm kết hợp tính năng của các chuyển mạch thoại lớp 4 và lớp 5 với các cổng VOIP, trong khi vẫn hoạt động trên môi trường máy tính mở chuẩn. Các hệ thống máy tính kiến trúc mở sử dụng các thành phần đã được chuẩn hoá và sử dụng rộng rãi của nhiều nhà cung cấp khác nhau. ở đây, hệ thống máy tính có thể là một máy tính cỡ nhỏ cho tới những server cỡ lớn như Netra của Sun

Microsystem. Sử dụng các hệ thống máy tính mở cho phép các nhà khai thác phát triển dịch vụ một cách độc lập với phần cứng và hưởng lợi ích từ định luật Moore trong ngành công nghiệp máy tính.

Theo MobileIN, Softswitch là ý tưởng về việc tách phần cứng mạng ra khỏi phần mềm mạng. Trong mạng chuyển mạch kênh truyền thống, phần cứng và phần mềm không độc lập với nhau. Mạng chuyển mạch kênh dựa trên những thiết bị chuyên dụng cho việc kết nối và được thiết kế với mục đích phục vụ thông tin thoại. Những mạng dựa trên chuyển mạch gói hiệu quả hơn thì sử dụng giao thức Internet (IP) để định tuyến thông tin thoại và số liệu qua các con đường khác nhau và qua các thiết bị được chia sẻ.

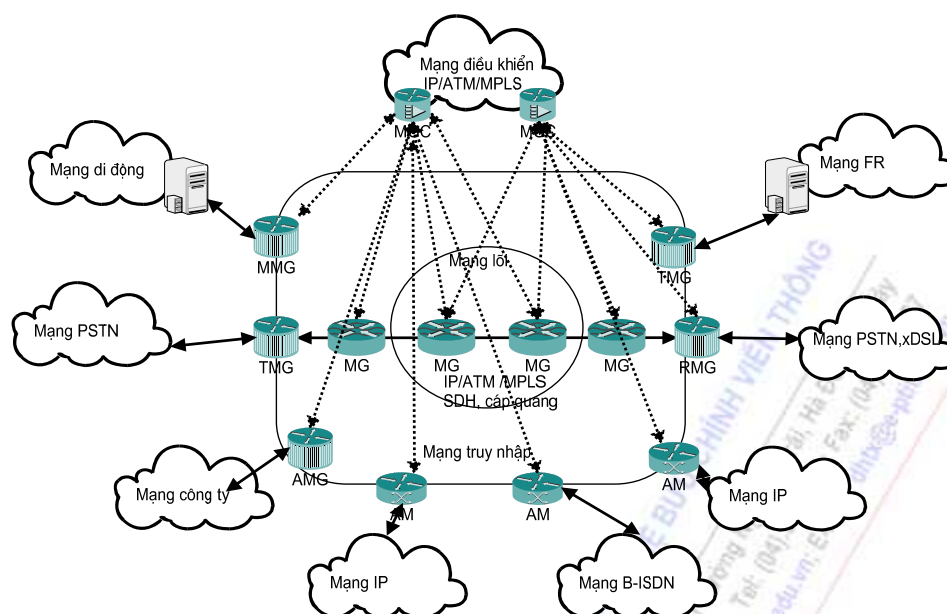
Theo Alcatel, Softswitch là trung tâm điều khiển trong cấu trúc mạng viễn thông. Nó cung cấp khả năng chuyển tải thông tin một cách mềm dẻo, an toàn và đáp ứng các đặc tính mong đợi khác của mạng. Đó là các sản phẩm có chức năng quản lý dịch vụ, điều khiển cuộc gọi, Gatekeeper, thể hiện ở việc hội tụ các công nghệ IP/ATM/TDM trên nền cơ sở hạ tầng sẵn có. Hơn nữa, Softswitch còn có khả năng tương thích giữa các chức năng điều khiển cuộc gọi và các chức năng mới sẽ phát triển sau này. Như vậy, Softswitch là trung tâm chuyển mạch có đầy đủ chức năng của chuyển mạch truyền thống và tương thích được với các chức năng mới, sử dụng các công nghệ sẵn có cũng như công nghệ mới.

Còn theo CopperCom, Softswitch là tên gọi dùng cho một phương pháp tiếp cận mới trong chuyển mạch thoại có thể giúp giải quyết được các thiếu sót của các chuyển mạch trong tổng đài nội hạt truyền thống. Công nghệ Softswitch có thể làm giảm giá thành của các chuyển mạch nội hạt, và cho ta một công cụ hữu hiệu để tạo ra sự khác biệt về dịch vụ giữa các nhà cung cấp dịch vụ và đơn giản hoá quá trình dịch chuyển từ mạng truyền thống sang mạng hỗ trợ thoại gói từ đầu cuối - đến - đầu cuối (end - to - end) trong tương lai.

Mỗi nhà phát triển nhìn Softswitch dưới góc độ khác nhau, các nhà cung cấp nhỏ thường chỉ nhắc tới vai trò của Softswitch trong việc thay thế tổng đài nội hạt. Đúng là Softswitch thể hiện rất rõ ưu điểm của mình trong ứng dụng làm tổng đài nội hạt như chúng ta sẽ nói đến dưới đây, nhưng không chỉ có vậy. Các nhà cung cấp lớn hơn (như Nortel, Alcatel, Cisco...) đã đưa ra các giải pháp Softswitch hoàn chỉnh cho cả tổng đài nội hạt và tổng đài chuyển tiếp.

4.6.2. Mô hình phân cấp chuyển mạch trong mạng NGN

Với mô hình phân lớp của ITU-T trên đây, các thành phần thiết bị cơ bản của NGN liên quan tới chuyển mạch gồm: Các thiết bị chuyển mạch lớp truy nhập gồm thiết bị chuyển mạch lớp 2 và lớp 3, các thiết bị chuyển mạch trên lớp truyền tải và điều khiển là thiết bị chuyển mạch lớp 5 hay còn gọi là thiết bị chuyển mạch mềm. Một cách nhìn nhận khác về cấu trúc phân cấp chuyển mạch trong NGN là theo phân cấp vùng gồm vùng truy nhập và vùng mạng lõi. Hình 4.21 dưới đây chỉ ra các thiết bị chuyển mạch trong mô hình phân cấp chuyển mạch của NGN.



Hình 4.21: Các phần tử cơ bản trong mạng NGN

Mạng thế hệ sau NGN được chia thành hai mạng thành phần: mạng truyền tải gói tốc độ cao và mạng điều khiển tương thích với kiến trúc hệ thống mở hiện đại. Trong đó, mạng truyền tải gói tốc độ cao có cấu trúc phân cấp bao gồm hai thành phần cơ bản là mạng lõi và mạng truy nhập.

Mạng lõi được cấu thành từ mạng cáp quang tốc độ cao sử dụng các công nghệ truyền dẫn SONET/SDH, WDM, ATM và các cổng MGC/MG dung lượng lớn. Mạng truy nhập bao gồm các cổng đa phương tiện MG như AMG, MMG, RMG, TMG, các hệ thống chuyển mạch nhánh và mạng truyền dẫn gói tốc độ cao.

Cổng RMG (Remote Media Gateway) dùng để kết nối trực tiếp các thuê bao của mạng PSTN/xDSL, cổng AMG (Access Media Gateway) có thể trang bị các giao diện tốc độ sơ cấp PRI để kết nối với các thiết bị tập trung như tổng đài PBX, bộ tập trung quang FLC (Fiber Lines Concentrator) của mạng công ty. Cổng AMG cũng có thể kết nối trực tiếp với các bộ định tuyến (Router) của mạng số liệu nói chung, trong đó bao gồm mạng IP để cung cấp các dịch vụ Internet cho khách hàng. Các cổng trung kế TMG thực hiện chức năng của các tổng đài đường dài/chuyển tiếp để kết nối với các mạng khác như mạng PSTN, N-ISDN hay mạng chuyển tiếp khung FR ... qua giao diện NNI. Cổng MMG (Mobile Media Gateway) hỗ trợ cho sự tích hợp mạng để kết nối với mạng thông tin di động.

Mạng điều khiển là mạng liên kết các cổng điều khiển đa phương tiện MGC. Chức năng chính của các cổng MGC là điều khiển các cổng MG, AMG, MMG, RMG, TMG (Trunking Media Gateway) và các tài nguyên khác của mạng như các đường truyền dẫn, băng thông, v.v...

Mạng NGN cho phép thực hiện đa dịch vụ, nó không chỉ phục vụ thông tin thoại hay số liệu mà NGN là một mạng thống nhất mang lại những ứng dụng chất lượng cao, dịch vụ phong phú, đa dạng. Việc triển khai các dịch vụ được thực hiện đa dạng và nhanh chóng, đáp ứng sự hội tụ giữa thoại và số liệu, giữa cố định và di động. Nó tạo ra cơ hội không chỉ làm tăng lợi nhuận mà còn giảm được chi phí đầu tư, khai thác và quản lý. Điều quan trọng là các lớp này

có khả năng cung cấp các ứng dụng số liệu và các dịch vụ mới tới tận nơi làm việc của người sử dụng, nơi đặt các thiết bị điện thoại, thiết bị cầm tay và các hệ thống máy tính.

Trong thuật ngữ của Softswitch, chức năng chuyển mạch ở phần vật lý do MG - Media Gateway đảm nhiệm, còn phần điều khiển cuộc gọi thuộc về MGC. Có một số lý do chính mà dựa vào đó người ta tin rằng phân chia hai chức năng như trên là giải pháp tốt nhất:

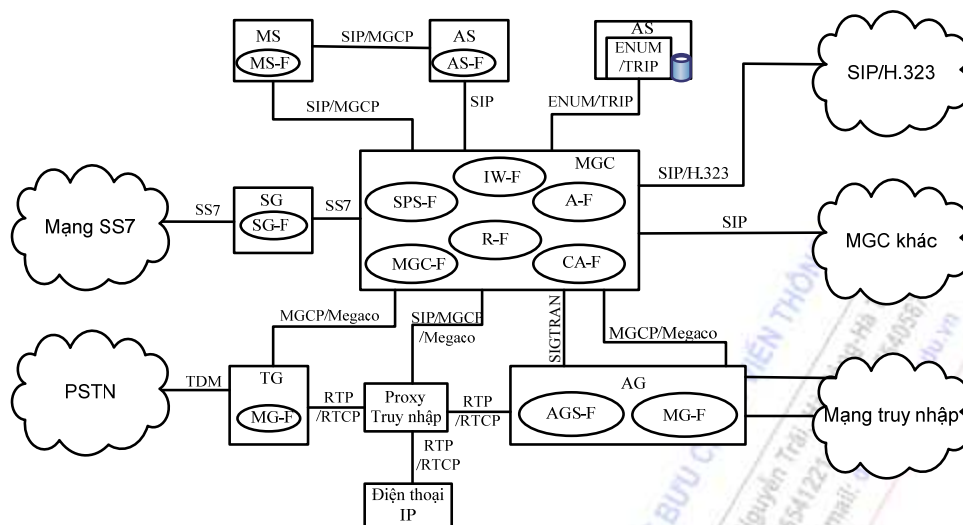
- Việc tách chức năng điều khiển và chuyển mạch tạo cơ hội cho một số công ty nhỏ và linh hoạt vốn vẫn chỉ tập trung vào các phần mềm xử lý cuộc gọi hoặc vào phần mềm chuyển mạch gói gây được ảnh hưởng trong ngành công nghiệp viễn thông giống như các nhà cung cấp lớn từ trước tới nay vẫn kiểm soát thị trường.
- Cho phép có một giải pháp phần mềm chung cho xử lý cuộc gọi cài đặt trên rất nhiều loại mạng khác nhau, bao gồm cả mạng chuyển mạch kênh và mạng gói sử dụng các khuôn dạng gói và phương thức truyền dẫn khác nhau.
- Là động lực cho các hệ điều hành, các môi trường máy tính chuẩn, tiết kiệm đáng kể trong việc phát triển và ứng dụng các phần mềm xử lý cuộc gọi.
- Cho phép các phần mềm thông minh của các nhà cung cấp dịch vụ điều khiển từ xa các thiết bị chuyển mạch đặt tại trụ sở của khách hàng, một yếu tố quan trọng trong việc khai thác hết tiềm năng của mạng trong tương lai.

Trong mạng NGN các tổng đài TDM sẽ được thay thế bằng các tổng đài chuyển mạch mềm. Kết nối các softswitch là mạng chuyển mạch gói đa dịch vụ IP/ATM/MPLS. Phần tiếp cận thuê bao của mạng NGN là các nút truy nhập băng rộng BAN (Broadband Access Node) và thiết bị truy nhập tích hợp IAD (Integrated Access Device) hỗ trợ các loại đầu cuối như máy tính, máy điện thoại IP và máy điện thoại thông thường. Mạng NGN giao tiếp với các mạng khác như mạng PSTN và mạng di động qua các MG.

4.6.3. Mô hình kiến trúc chuyển mạch mềm

Để rõ hơn kiến trúc chuyển mạch mềm, ta xem xét mô hình tham chiếu các thực thể chức năng cơ bản trong mạng NGN như thể hiện trên hình 4.22 dưới đây gồm:

- Chức năng điều khiển công phương tiện (MGC-F)
- Chức năng định tuyến cuộc gọi và tính cước (R-F, A-F)
- Chức năng công báo hiệu và chức năng báo hiệu cổng truy nhập
- Chức năng Server ứng dụng
- Chức năng công phương tiện (MG-F)
- Chức năng Server phương tiện.



Hình 4.22: Mô hình tham chiếu các thực thể chức năng trong NGN

(i) Chức năng điều khiển cổng phương tiện (MGC-F)

Được thực hiện bởi thực thể vật lý MGC (Media Gateway Controller). Đây là một thiết bị rất quan trọng được biết đến như các tên Call Agent, Call controller hay phổ biến nhất là chuyển mạch mềm. Chức năng MGC-F tạo logic dịch vụ và báo hiệu điều khiển cuộc gọi cho MG. Nó có các đặc điểm:

- Duy trì trạng thái cuộc gọi với mọi MG.
- Điều khiển giao tiếp cuộc gọi giữa MG và các thiết bị đầu cuối (máy vi tính, điện thoại...) cũng như giữa các MG với nhau.
- Là trung gian thỏa thuận các tham số kết nối giữa các đầu cuối thuộc các MG.
- Nhận và khởi tạo các bản tin đi/ tới các điểm kết cuối và các mạng bên ngoài.
- Quản lý một số tài nguyên mạng như: các MG, băng thông ..
- Tương tác với server ứng dụng để cung cấp các dịch vụ tới khách hàng.
- Giao tiếp với các chức năng định tuyến và tính cước để hỗ trợ cho AAA.
- Có thể làm nhiệm vụ quản lý trong môi trường di động.
- Bao gồm các giao thức ứng dụng Megaco/ H248 và MGCP.

Chức năng Call- Agent (CA-F) và Internetworking (IW-F) là các chức năng thuộc MGC-F. CA-F thể hiện khi MGC xử lý điều khiển cuộc gọi hay quản lý trạng thái cuộc gọi. IW-F được thể hiện khi MGC thực hiện chức năng báo hiệu giữa các mạng báo hiệu khác nhau.

(ii) Chức năng định tuyến cuộc gọi và tính cước (R-F, A-F)

A-F thực hiện nhiệm vụ thu thập các thông tin phục vụ cho tính cước còn R-F cung cấp thông tin định tuyến cuộc gọi cho MGC-F. Hai chức năng này có các đặc điểm sau:

- Hai chức năng này thường được tích hợp trong chức năng MGC-F.
- Cung cấp chức năng định tuyến cho các cuộc gọi cần định tuyến qua liên mạng.
- Cung cấp khả năng quản lý phiên và di động.
- Tương tác với AS-F để cung cấp các dịch vụ hay ứng dụng cho khách hàng.
- Cập nhật các thông tin định tuyến từ bên ngoài.

(iii) Chức năng cổng báo hiệu (SG-F) & báo hiệu cổng truy nhập (AGS-F)

AGS-F tạo công phương tiện cho việc báo hiệu giữa mạng IP và mạng truy nhập dựa trên chuyển mạch kênh. Chức năng chính của AGS-F là đóng gói và truyền các bản tin báo hiệu V5 hay ISDN, BSSAP, RANAP qua mạng IP.

SG-F cung cấp công phương tiện cho việc báo hiệu giữa mạng IP và PLMN, PSTN (thường là báo hiệu CCS7). Chức năng chính của SG-F là đóng gói và truyền đi các bản tin báo hiệu số 7 của PSTN (là ISUP hay INAP) hay PLMN (MAP hay CAP) qua mạng IP. Các đặc điểm của SG-F:

- Đóng gói và truyền các bản tin báo hiệu của mạng PSTN (SS7) (sử dụng giao thức SIGTRAN) tới các MGC-F hay một SG-F khác.
- Một SG-F có thể thực hiện việc phục vụ cho nhiều MGC-F.
- Khi SG-F và MGC-F không cài đặt chung thì SG-F thực hiện chức năng giao diện giao thức (như SIGTRAN).
- Các giao thức ứng dụng của chức năng này gồm: SIGTRAN, TUA, SUA hay M3UA trên SCTP.

Các đặc điểm của AGS-F:

- Đóng gói và truyền các bản tin báo hiệu V5 hoặc ISDN tới MGC-F.
- Một MGC-F có thể phục vụ cho nhiều AGS-F.
- Khi AGS-F và MGC-F không được cài đặt chung, AGS-F thực hiện chức năng giao thức giao diện (như SIGTRAN).
- Các giao thức ứng dụng của chức năng này gồm: SIGTRAN, IUA, V5UA hay M3UA trên SCTP.

(iv) Chức năng Server ứng dụng (AS)

AS có chức năng chính là cung cấp các logic dịch vụ ứng dụng. Các đặc điểm của AS-F bao gồm:

- Có thể thay đổi các mô tả về lưu lượng thông qua giao thức mô tả phiên SDP.
- Điều khiển MS-F khi thực hiện chức năng xử lý lưu lượng.
- Có các giao diện Web và có thể kết nối tới các ứng dụng Web.
- Có giao diện lập trình ứng dụng để tạo các dịch vụ mới.
- Giao tiếp với MGC-F hay MS-F.
- Có thể sử dụng các dịch vụ của MGC-F để điều khiển các nguồn tài nguyên bên ngoài.
- Các giao thức ứng dụng bao gồm: SIP, MGCP, H248, LDAP, HTTP, CPL, XML.
- Các giao diện lập trình ứng dụng mở gồm: JAIN và Parlay.

Sự kết hợp giữa AS-F và MGC-F tạo ra các năng lực điều khiển các dịch vụ tăng cường như: điện thoại hội nghị, chờ cuộc gọi. Các nhà khai thác thay vì sử dụng một giao diện giữa AS và MGC sẽ dùng một giao diện lập trình ứng dụng. Khi đó AS có một tên gọi khác là máy chủ tính năng (Feature server). Khi AS-F thực hiện điều khiển logic dịch vụ sẽ có chức năng điều khiển dịch vụ.

(v) Chức năng cổng phương tiện (MG-F)

MG giao tiếp với mạng IP thông qua các đường điểm truy nhập hay trung kế mạng, hay MG-F hoạt động như một cổng giao tiếp giữa mạng IP và mạng ngoài (mạng ngoài có thể là mạng PSTN hay PLMN..). MG-F có thể cung cấp các cổng giao tiếp giữa mạng IP và mạng chuyển mạch kênh hay giữa

mạng chuyển mạch gói với nhau (IP và 3G hay ATM). Các chức năng cơ bản của nó như là: chuyển lưu lượng từ một dạng khung truyền dẫn này sang một dạng khung truyền dẫn khác, thông thường là giữa chuyển mạch kênh sang chuyển mạch gói hay giữa gói IP và gói ATM, ..v.v. Đặc điểm của MG-F:

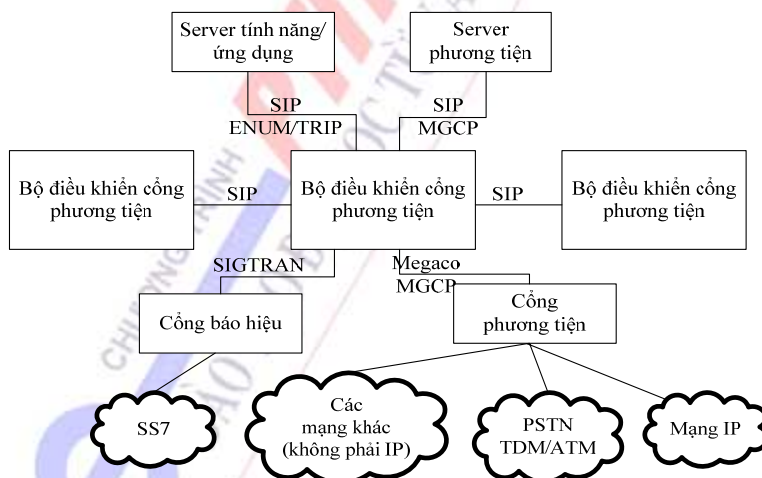
- Duy trì mối quan hệ chủ/tớ với MGC-F thông qua giao thức MGCP hay MEGACO/H248.
- Có thể thực hiện chức năng xử lý lưu lượng như chuyển mã, loại bỏ tiếng dội, đóng gói cho các thông tin thoại qua IP.
- Có thể thực hiện chèn lưu lượng như tạo âm báo tiến trình cuộc gọi, tạo DTMF.
- Giám sát và phát hiện sự thay đổi trạng thái của các đầu cuối.
- Tự phân bổ tài nguyên để thực hiện các chức năng đã nêu trên.
- Phân tích các con số nhận được từ đầu cuối dựa trên kế hoạch đánh số và quay số do MGC gửi tới.
- Cung cấp cơ chế thay đổi trạng thái và năng lực của các điểm kết cuối.
- Các giao thức ứng dụng gồm: RTP/RTCP, TDM, H248, MGCP.

(vi) Chức năng máy chủ đa phương tiện..

Đáp ứng các yêu cầu của AS-F và MGC-F về xử lý lưu lượng trên các dòng lưu lượng đóng gói.

Thành phần chính của chuyển mạch mềm là bộ điều khiển cổng thiết bị Media Gateway Controller (MGC), ngoài ra còn có các thành phần khác hỗ trợ hoạt động như: Cổng báo hiệu SG, cổng đa phương tiện MG, Máy chủ đa phương tiện MS và các máy chủ ứng dụng như đã trình bày ở trên. Trong đó Cổng đa phương tiện MG là thành phần nằm trên lớp phương tiện, cổng báo hiệu SG là thành phần ở trên cùng lớp với MGC, MS và AS nằm trên lớp ứng dụng.

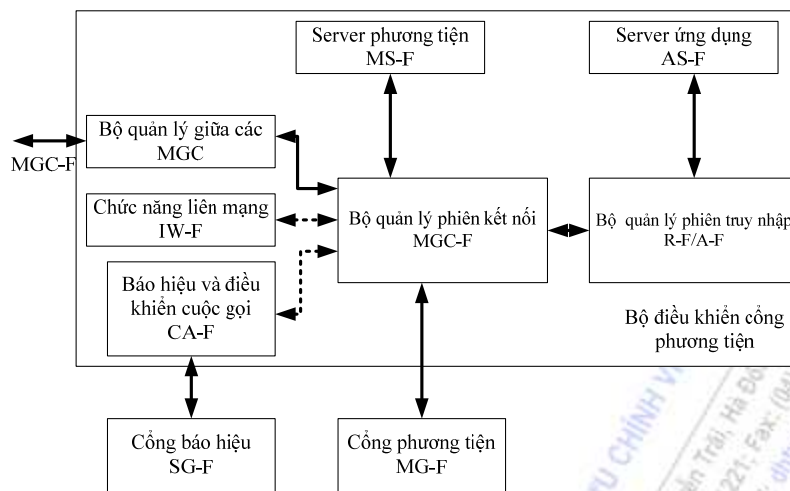
Sơ đồ kết nối và giao thức sử dụng giữa các thành phần ở trên được mô tả như sau:



Hình 4.23: Kết nối MGC với các thành phần khác của NGN

Trong đó các thiết bị thuộc mạng IP là các router, các chuyển mạch thuộc mạng đường trực để truyền tải các gói tin đi. Mạng không IP là các mạng có các đầu cuối không phải thuộc mạng IP và các mạng vô tuyến không dây. Các thiết bị đầu cuối không thuộc mạng IP như: thiết bị đầu cuối ISDN, thiết bị truy nhập tích hợp IAD cho mạng DSL..v.v.

MGC là thành phần chính của chuyển mạch mềm và thường được gọi là Softswitch hay Call Agent. Các chức năng chính của MGC được thể hiện ở hình sau:



Hình 4.24: Chức năng của bộ điều khiển công đa phương tiện MGC

CA-F và IW-F là hai chức năng con của MGC-F. CA-F được kích hoạt khi MGC-F thực hiện điều khiển cuộc gọi. IW-F được kích hoạt khi MGC-F thực hiện các báo hiệu giữa các mạng báo hiệu khác nhau. Thực thể chức năng Inter-operator Manager có nhiệm vụ liên lạc, trao đổi thông tin giữa các MGC với nhau. MGC có nhiệm vụ tạo ra cầu nối giữa các mạng có đặc tính khác nhau gồm PSTN, SS7, IP. Các chức năng chính của MGC gồm:

- Điều khiển cuộc gọi, duy trì trạng thái mỗi cuộc gọi trên một MG
- Điều khiển và hỗ trợ hoạt động của Media Gateway, Signalling Gateway.
- Trao đổi các bản tin cơ bản giữa hai MG-F
- Xử lý bản tin SS7 (khi sử dụng SIGTRAN)
- Xử lý bản tin liên quan QoS
- Phát hoặc nhận bản tin báo hiệu
- Định tuyến: gồm bảng định tuyến, phân tích số và dịch số
- Tương tác với AS-F để cung cấp dịch vụ hay đặc tính cho người dùng
- Có thể quản lý các tài nguyên mạng (công, băng tần)

Các giao thức của MGC được sử dụng:

- Đề thiết lập cuộc gọi: H.323, SIP
- Điều khiển Media Gateway: MGCP, MEGACO/ H248
- Đề truyền thông tin: RTP, RTCP
- Điều khiển Signalling Gateway: SIGTRAN (SS7)

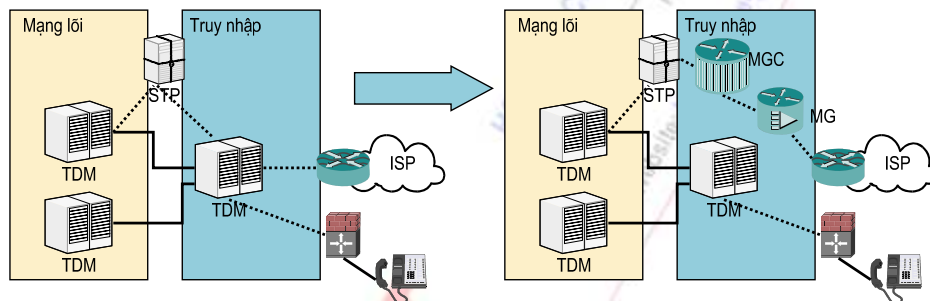
4.6.4 Các ứng dụng của chuyển mạch mềm

i, Ứng dụng làm công báo hiệu SG

Ứng dụng này nhằm vào các nhà khai thác dịch vụ thoại cạnh tranh, những doanh nghiệp đang tìm kiếm một giải pháp giá thành thấp thay cho chuyển mạch kênh truyền thống để cung cấp giao diện tốc độ cơ sở cho các nhà cung cấp dịch vụ Internet (ISP) phục vụ các đường truy nhập dial-up. Sự bùng nổ truy cập Internet (qua đường dial-up) và khuynh hướng của các ISP muốn kết nối các Modem Server của họ với các luồng trung kế tốc độ cơ sở (PRI) làm cho các nhà cung cấp dịch vụ nhanh chóng cạn hết công PRI hiện có. Bên cạnh việc làm cạn kiệt các kênh PRI, lưu lượng truy cập Internet qua đường dial-up làm quá tải và tắc nghẽn cho mạng chuyển mạch kênh. Bởi vì chuyển mạch kênh vốn được thiết kế để phục vụ các cuộc gọi có độ

dài trung bình khoảng 3 phút, nên khoảng thời gian trung bình tăng thêm do truy cập Internet lớn hơn rất nhiều nên có xu hướng làm suy kiệt tài nguyên tổng đài, tăng số lượng cuộc gọi không thành công. Và để duy trì chất lượng thoại cho các khách hàng sử dụng dịch vụ điện thoại thực sự, các nhà khai thác phải chọn một trong hai phương án: mua thêm tổng đài, hoặc cung cấp cho các ISP các kênh PRI có lưu lượng tải thấp; cả hai phương án này đều tương đương nhau về mặt đầu tư.

Phần bên trái trong hình 4.25 minh họa mô hình mạng hiện nay của các nhà khai thác tổng đài nội hạt, nó cho thấy các kênh PRI phục vụ thông tin thông thường và phục vụ các ISP là như nhau. Và bởi vì phần lớn thuê bao Internet nằm ở phía thiết bị của nhà khai thác cấp cao hơn nên phần lớn lưu lượng số liệu từ modem sẽ đi qua các kênh kết nối giữa thiết bị của nhà khai thác cấp cao và nhà khai thác cạnh tranh, hơn nữa không có sự phân biệt giữa lưu lượng thoại và lưu lượng số liệu Internet, điều đó dẫn đến tình trạng chuyển mạch của nhà khai thác cạnh tranh trở thành một “nút cổ chai” trên mạng. Modem vẫn sẽ là phương tiện thông dụng để kết nối Internet trong một thời gian nữa, thực tế đó đòi hỏi các nhà khai thác tìm ra một giải pháp kinh tế cung cấp kênh PRI cho các ISP và chuyển các kênh PRI họ đang dùng cho các khách hàng điện thoại truyền thống.



Hình 4.25: Ứng dụng làm cổng báo hiệu SS7 của chuyển mạch mềm

Ứng dụng chuyển mạch mềm làm SG là một trong những giải pháp trong tình huống này. Như phần bên phải của hình trên cho thấy, MGC và MG được đặt ở trung kế liên tổng đài giữa nhà khai thác cấp cao và nhà khai thác cạnh tranh. Chuyển mạch kênh kết nối với MG bằng giao diện TDM chuẩn còn liên lạc với MGC thông qua báo hiệu số 7. Các modem server của ISP vì thế sẽ được chuyển sang kết nối với MG, giải phóng các luồng PRI cho chuyển mạch kênh TDM truyền thống. Khi cuộc gọi Internet (dial-up) hướng tới ISP từ phía tổng đài cấp cao, nó sẽ đi qua trung kế tới MG rồi được định hướng tới ISP từ phía tổng đài cấp cao, nó sẽ đi qua trung kế tới MG rồi được định hướng trực tiếp tới modem server mà không qua chuyển mạch kênh như trước. Các cuộc gọi thoại vẫn diễn ra như bình thường. Bên cạnh việc cung cấp các kênh PRI giá thành thấp, chịu được các cuộc gọi thời gian trung bình lâu hơn so với trước đây, ứng dụng SS7 PRI Gateway còn có khả năng cung cấp các dịch vụ mới VoIP.

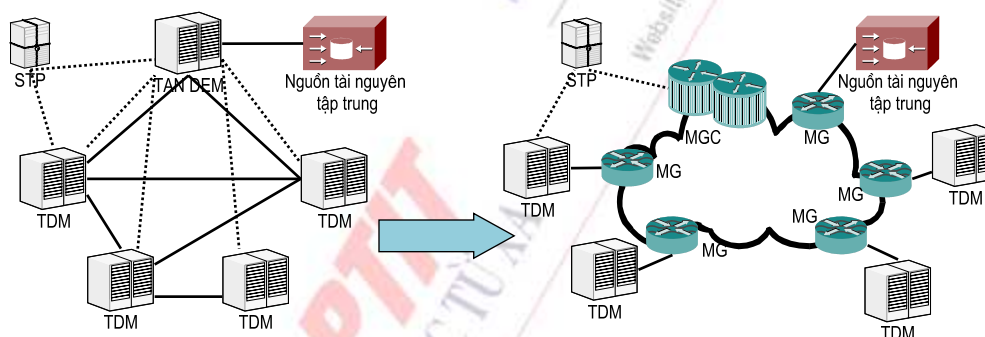
(ii) Ứng dụng cho tổng đài tandem

Giảm tải các tổng đài chuyển tiếp

Ứng dụng Tandem hướng vào các nhà cung cấp dịch vụ thoại truyền thống với mong muốn giảm vốn đầu tư và chi phí điều hành các tổng đài quá giang chuyển mạch kênh hiện nay, ngoài ra còn cung cấp các dịch vụ mới về số liệu. Giải pháp chuyển mạch TDM hiện nay đang bộc lộ dần nhược điểm trước nhu cầu ngày càng tăng nhưng rất thất thường của lưu lượng thông tin thoại nội hạt (phát sinh do truy cập Internet), vô tuyến và đường dài.

Phần bên trái của hình 4.26 cho thấy một mạng tổng đài TDM cấp thấp nhất (lớp 5, tổng đài nội hạt, MSC của mạng di động...) được nối với nhau và nối tới tổng đài chuyển tiếp cấp cao hơn (lớp 3, 4) bằng một mạng lưới trung kế điểm - điểm khá phức tạp. Khi một cuộc gọi diễn ra giữa hai tổng đài cấp thấp, thông tin sẽ đi trên trung kế nối trực tiếp giữa hai tổng đài, nếu đường nối trực tiếp đã sử dụng hết, cuộc gọi có thể được định tuyến thông qua tổng đài chuyển tiếp. Một số cuộc gọi (ví dụ như truy nhập hộp thoại hay quay số bằng giọng nói) lại được định tuyến trực tiếp tới tổng đài chuyển tiếp để sử dụng các tài nguyên tập trung phục vụ cho các dịch vụ cao cấp. Kiến trúc này đã được sử dụng nhiều năm nay, và cũng đã được cải tiến rất nhiều nhằm phục vụ các ứng dụng thoại, tuy nhiên vẫn có một số giới hạn như sau:

- Chi phí điều hành và bảo dưỡng cao, mất thời gian; việc định lại cấu hình và nâng cấp mạng lưới phải thiết lập mạng lớn hơn nhu cầu thực tế cho các tổng đài chuyển tiếp. Ví dụ, khi một tổng đài nội hạt được thêm vào mạng lưới, phải xây dựng các nhóm trung kế từ tổng đài đó tới tổng đài chuyển tiếp và tới một số tổng đài nội hạt khác.
- Các trung kế điểm - điểm hoạt động với hiệu suất không cao vì chúng được thiết kế để hoạt động được trong các vùng của mạng (ví dụ ở khu doanh nghiệp là ban ngày còn khu dân cư lại là buổi đêm).
- Nếu có nhiều tổng đài chuyển tiếp trong mạng, mỗi tổng đài đó lại nối với một nhóm các tổng đài nội hạt, cuộc gọi có thể chuyển qua nhiều tổng đài chuyển tiếp để đến được nơi lưu giữ tài nguyên mạng (như trong trường hợp dịch vụ hộp thư thoại).



Hình 4.26: Ứng dụng làm tổng đài Tandem

Tất nhiên là sẽ có giải pháp cho vấn đề này. Softswitch là một trong những giải pháp như vậy. Trong hình 4.26 phía bên phải cho thấy softswitch cùng với các MG thay thế chức năng của các tổng đài chuyển tiếp chuyển mạch kênh trước đây, các tổng đài nội hạt kết nối tới các cổng đa phương tiện bằng giao diện chuẩn TDM thông thường và với softswitch bằng báo hiệu số 7.

Mô hình này mạng lại một số lợi ích so với mô hình mạng chuyển mạch kênh:

- Loại bỏ lưới trung kế hoạt động hiệu suất không cao, thay thế chúng bằng các đường dẫn tốc độ cao trong mạng IP/ATM phục vụ cho các cuộc gọi cần chuyển tiếp, giảm tải cho các tổng đài chuyển tiếp truyền thống hoặc loại bỏ chúng hoàn toàn.
- Giảm được chi phí vận hành vì giảm được số tổng đài chuyển tiếp, số trung kế ít hơn (so với mạng lưới trước đây), và tránh không phải thiết kế các mạch TDM phức tạp.
- Giảm được một số lượng các cổng chuyển mạch dùng cho các trung kế giữa các tổng đài nội hạt với nhau.
- Truy nhập các tài nguyên tập trung một cách hiệu quả hơn.

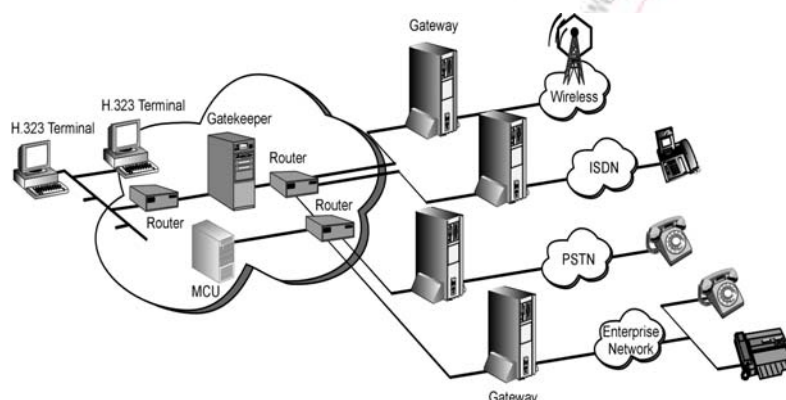
- Hợp nhất thông tin thoại và số liệu vào một mạng duy nhất, qua đó giảm vốn đầu tư và chi phí so với các mạng riêng biệt hiện nay cho thoại và số liệu.

Dịch vụ đường dài

Dịch vụ này hướng tới các nhà cung cấp dịch vụ điện thoại đường dài đang mong muốn có một giải pháp giá thành thấp hơn so với phương pháp chuyển mạch kênh truyền thống để cung cấp các dịch vụ gọi đường dài trong nước và quốc tế. Giải pháp sử dụng softswitch cùng với MG có thể cung cấp dịch vụ thoại đường dài một cách hiệu quả. Các nhà khai thác nối tổng đài của họ với MG thông qua giao diện TDM chuẩn, còn nối với softswitch qua giao diện báo hiệu số 7. Các tổng đài PBX cũng được nối tới MG thông qua giao diện ISDN PRI. Tùy thuộc yêu cầu của nhà khai thác, softswitch có thể cung cấp nhiều loại dịch vụ thoại đường dài khác nhau, ví dụ như: bán lại dịch vụ (resale), dịch vụ gọi quốc tế từ tổng đài PBX, dịch vụ thoại giữa các thuê bao trong các tổng đài PBX với nhau, hay dịch vụ đường dài cung cấp cho các nhà khai thác cấp thấp hơn.

(iii) Ứng dụng trong công nghệ VoIP

Trong lộ trình tiến tới NGN, tiếp cận hội tụ các dịch vụ trên nền mạng IP được coi là chiến lược cho mạng hội tụ. Công nghệ truyền thoại qua IP được đánh giá là công nghệ có khá nhiều điểm lợi thế khi hạ tầng mạng viễn thông chưa chuyển đổi hoàn toàn sang mạng gói. VoIP là công nghệ được xây dựng trên mô hình H.323 là mô hình hỗ trợ truyền thông đa phương tiện trên nền mạng gói, mô hình này bao gồm cả các phần tử thuộc tiêu chuẩn H.323 quy định và các mạng khác như PSTN, ISDN và mạng di động như chỉ ra trên hình 5.10.



Hình 4.27: Kết nối các phần tử trong mạng VoIP

Chuyển mạch mềm được ứng dụng trong công nghệ VoIP thể hiện qua các thành phần chức năng sau: Gateway GW và Gatekeeper.

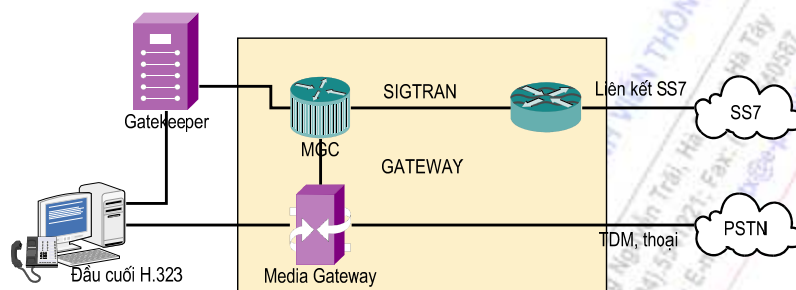
Gateway (GW)

GW một điểm cuối trong mạng thực hiện các chức năng chuyển đổi về báo hiệu và dữ liệu, cho phép các mạng hoạt động dựa trên các giao thức khác nhau có thể phối hợp với nhau. Trong mạng VoIP, Gateway H.323 cho phép kết nối mạng VoIP với các mạng khác. Nó cung cấp các khả năng truyền thông thời gian thực và song hướng giữa các đầu cuối H.323 trong mạng gói với các đầu cuối trong mạng khác hay với các Gateway khác. Trong khuyến nghị H.323, Gateway H.323 là một phần tử tùy chọn và được sử dụng như là một cầu nối giữa các đầu cuối H.323 với các đầu cuối H.310 (cho B-ISDN), H.320 (ISDN), H.321 (ATM), H.324M (Mobile). Các chức năng chính của Gateway gồm:

- Cung cấp phiên dịch giữa các thực thể trong mạng chuyển gói (mạng IP) với mạng chuyển mạch kênh (PSTN).

- Các Gateway cũng có thể phiên dịch khuôn dạng truyền dẫn, phiên dịch các tiến trình truyền thông, phiên dịch giữa các bộ mã hoá/giải mã hoặc phiên dịch giữa các đầu cuối theo chuẩn H.323 và các đầu cuối không theo chuẩn này.
- Ngoài ra, nó còn tham gia vào việc thiết lập và huỷ bỏ cuộc gọi.

Các thành phần của một Gateway gồm Cổng đa phương tiện MG, bộ điều khiển MG và cổng bảo hiệu SG được mô tả trong hình sau:



Hình 4.28: Chức năng cơ bản của Gateway H.323.

Cổng đa phương tiện MG

Cổng đa phương tiện MG cung cấp phương tiện để thực hiện chức năng chuyển đổi mã hoá. Nó chuyển đổi giữa các mã truyền trong mạng IP (truyền trên RTP/UDP/IP) với mã hoá truyền trong mạng chuyển mạch kênh (PCM, GSM).

MGW bao gồm các chức năng sau:

- *Chức năng chuyển đổi địa chỉ kênh thông tin:* cung cấp địa chỉ IP cho các kênh thông tin truyền và nhận.
- *Chức năng chuyển đổi luồng:* chuyển đổi giữa các luồng thông tin giữa mạng IP và mạng chuyển mạch kênh bao gồm việc chuyển đổi mã hoá và triệt tiếng vọng.
- *Chức năng dịch mã hoá:* định tuyến các luồng thông tin giữa mạng IP và mạng SCN.
- *Bảo mật thông tin:* Đảm bảo tính riêng tư của kênh thông tin kết nối với GW.
- *Kết cuối chuyển mạch kênh:* bao gồm tất cả các phần cứng và giao diện cần thiết để kết cuối cuộc gọi chuyển mạch kênh, nó phải bao gồm các bộ mã hoá và giải mã PCM luật A và PCM luật μ .
- *Kết cuối chuyển mạch gói:* chứa tất cả các giao thức liên quan đến việc kết nối kênh thông tin trong mạng chuyển mạch gói bao gồm các bộ mã hoá/giải mã có thể sử dụng được. Theo chuẩn H.323 thì nó bao gồm RTP/RTCP và các bộ mã hoá giải mã như G.711, G.723.1, G.729...
- *Giao diện với mạng chuyển mạch kênh:* Kết cuối các kênh mạng (ví dụ như DSO) từ mạng chuyển mạch kênh và chuyển nó sang trạng thái có thể điều khiển bởi chức năng xử lý kênh thông tin.
- *Chức năng chuyển đổi kênh thông tin giữa IP và mạng chuyển mạch kênh:* chuyển đổi giữa kênh mang thông tin thoại, fax, dữ liệu của mạng chuyển mạch kênh và các gói dữ liệu trong mạng chuyển mạch gói. Nó cũng thực hiện chức năng xử lý tín hiệu thích hợp ví dụ như: nén tín hiệu thoại, triệt tiếng vọng, triệt khoảng lặng, mã hoá, chuyển đổi tín hiệu fax và điều tiết tốc độ modem tương tự. Thêm vào đó, nó cũng thực hiện chuyển đổi giữa tín hiệu DTMF trong mạng chuyển mạch kênh và các tín hiệu thích hợp trong mạng chuyển mạch gói khi mà các bộ mã hoá tín hiệu thoại không mã hoá

tín hiệu DTMF. Chức năng chuyển đổi kênh thông tin giữa IP và mạng chuyển mạch kênh cũng có thể thu thập thông tin về lưu lượng gói và chất lượng kênh đối với mỗi cuộc gọi để sử dụng trong việc báo cáo chi tiết và điều khiển cuộc gọi.

- *OA&M*: vận hành, quản lý và bảo dưỡng, thông qua các giao diện logic cung cấp các thông tin không trực tiếp phục vụ cho điều khiển cuộc gọi tới các phần tử quản lý hệ thống.
- *Chức năng quản lý*: giao diện với hệ thống quản lý mạng.
- *Giao diện mạng chuyển mạch gói*: kết cuối mạng chuyển mạch gói.

Bộ điều khiển công đa phương tiện MGC

Mỗi GW có phần điều khiển được gọi là bộ điều khiển công đa phương tiện MGC đóng vai trò phần tử kết nối MGW, SGW và GK. Nó cung cấp các chức năng xử lý cuộc gọi cho GW, điều khiển MGW, nhận thông tin báo hiệu mạng chuyển mạch kênh từ SGW và thông tin báo hiệu từ IP từ GK. Bộ điều khiển công đa phương tiện có thể bao gồm các khối chức năng sau:

- *Chức năng GW H.225.0*: truyền và nhận các bản tin H.225.0.
- *Chức năng GW H.245*: truyền và nhận các bản tin H.245.
- *Chức năng xác nhận*: thiết lập đặc điểm nhận dạng của người sử dụng thiết bị hoặc phần tử mạng.
- *Chức năng điều khiển GW chấp nhận luồng dữ liệu*: cho phép hoặc không cho phép một luồng dữ liệu.
- *Báo hiệu chuyển mạch gói*: bao gồm tất cả các loại báo hiệu cuộc gọi có thể thực hiện bởi các đầu cuối trong mạng. Ví dụ như theo chuẩn H.323 thì bao gồm: H.225.0, Q.931, H.225.0 RAS và H.245. Đối với một đầu cuối H.323 chỉ nhận thì nó bao gồm H.225.0 RAS mà không bao gồm H.245.
- *Giao diện báo hiệu chuyển mạch gói*: kết cuối giao thức báo hiệu chuyển mạch gói (ví dụ như H.323, UNI, PNNI). Nó chỉ lưu lại vừa đủ các thông tin trạng thái để quản lý giao diện. Về thực chất, giao diện báo hiệu chuyển mạch gói trong MGWC không kết nối trực tiếp với MGW như là các thông tin truyền từ MGWC tới MGW thông qua chức năng điều khiển cuộc gọi.
- *Điều khiển GW*: bao gồm các chức năng điều khiển kết nối logic, quản lý tài nguyên, chuyển đổi giao diện (ví dụ như từ SS7 sang H.225.0).
- *Giám sát tài nguyên từ xa*: bao gồm giám sát độ khả dụng của các kênh trung kế của MGW, giải thông và độ khả dụng của mạng IP, tỉ lệ định tuyến thành công cuộc gọi.
- *Quản lý tài nguyên MGW*: cấp phát tài nguyên cho MGW.
- *Chức năng báo hiệu*: chuyển đổi giữa báo hiệu mạng IP và báo hiệu mạng SCN trong phối hợp hoạt động với SGW.
- *Chức năng ghi các bản tin sử dụng*: xác định và ghi các bản tin báo hiệu và các bản thông tin truyền và nhận.
- *Chức năng báo cáo các bản tin sử dụng*: báo cáo các bản tin sử dụng ra thiết bị ngoại vi.
- *OA&M*: vận hành, quản lý và bảo dưỡng thông qua các giao diện logic cung cấp các thông tin không trực tiếp phục vụ cho điều khiển cuộc gọi tới các phần tử quản lý hệ thống.
- *Chức năng quản lý*: giao diện với hệ thống quản lý mạng.

-
- *Giao diện mạng chuyển mạch gói*: kết cuối mạng chuyển mạch gói.

MG và MGC khác nhau ở các phần tử tài nguyên mức thấp và mức cao. MGC chịu trách nhiệm quản lý các tài nguyên mức cao, nó có thể hiểu được tính sẵn sàng của các tài nguyên và quyết định sử dụng chúng một cách hợp lý (ví dụ như các bộ triệt tiếng vọng được đặt trong GW VoIP chịu sự quản lý của MGC). MG chịu trách nhiệm quản lý các tài nguyên mức thấp như là các thiết bị phần cứng để chuyển mạch và xử lý luồng thông tin trong một GW.

Công báo hiệu SG

SG cung cấp kênh báo hiệu giữa mạng IP và mạng chuyển mạch kênh. Nó có thể hỗ trợ chức năng kênh báo hiệu giữa mạng IP (ví dụ như H.323) hoặc báo hiệu trong mạng chuyển mạch kênh (ví dụ như R2, CCS7). SG có thể bao gồm các khối chức năng sau:

- *Kết nối các giao thức điều khiển cuộc gọi trong chuyển mạch kênh*.
- *Kết nối báo hiệu từ mạng chuyển mạch kênh*: phối hợp hoạt động với các chức năng báo hiệu của MGWC.
- *Chức năng báo hiệu*: chuyển đổi giữa báo hiệu mạng IP với báo hiệu mạng chuyển mạch kênh khi phối hợp hoạt động với MGC.
- *Bảo mật kênh báo hiệu*: bảo đảm tính bảo mật của kênh báo hiệu từ GW.
- *Chức năng thông báo*: ghi các bản tin sử dụng, xác định và ghi các bản tin thông báo ra thiết bị ngoại vi.
- *OA&M*: vận hành, quản lý và bảo dưỡng thông qua các giao diện logic cung cấp các thông tin không trực tiếp phục vụ cho điều khiển cuộc gọi tới các phần tử quản lý hệ thống.
- *Chức năng quản lý*: giao diện với hệ thống quản lý mạng.
- *Giao diện mạng chuyển mạch gói*: kết nối mạng chuyển mạch gói.

SG sẽ làm nhiệm vụ phân tích và chuyển các bản tin báo hiệu trong mạng PSTN vào mạng H.323. Các bản tin báo hiệu như ISUP, SCCP, TSUP được chuyển đổi thành dạng hợp lý tại GW báo hiệu và chuyển vào mạng IP.

Gatekeeper

Gatekeeper là một thực thể tùy chọn trong mạng H.323 để cung cấp các chức năng biên dịch địa chỉ và điều khiển truy nhập mạng cho các thiết bị đầu cuối H.323, các Gateway và các MCU. Ngoài ra, Gatekeeper cũng có thể cung cấp các dịch vụ khác cho các phần tử mạng trên như quản lý băng thông hay định vị các Gateway.

Về mặt logic, Gatekeeper là một thiết bị độc lập nhưng trong thực tế nó thường được tích hợp với các phần tử mạng khác trong cùng một thiết bị vật lý. Mỗi GK quản lý một vùng mạng, nếu trong mạng có một GK thì các điểm cuối phải đăng ký và sử dụng các dịch vụ do nó cung cấp. Một vùng mạng H.323 được hiểu như một tập hợp các node như đầu cuối, Gateway hay MCU. Một vùng được quản lý bởi một GK và các điểm cuối trong mạng phải đăng ký với GK này.

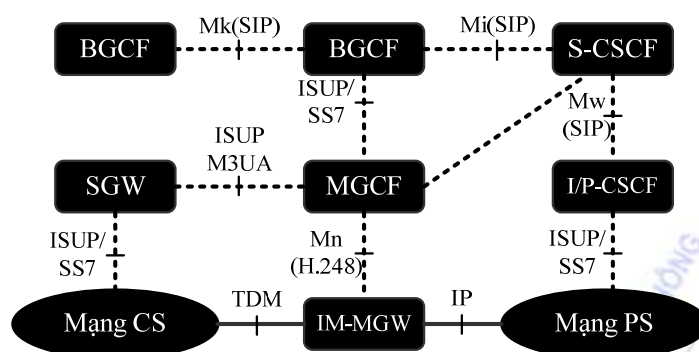
Khi sử dụng Gatekeeper sẽ chỉ có duy nhất một Gatekeeper trong một vùng H.323 tại bất kỳ thời điểm nào cho dù có nhiều thiết bị có thể cung cấp chức năng này ở trong vùng đó. Nhiều thiết bị cung cấp chức năng báo hiệu RAS cho Gatekeeper được đề cập đến như là các Gatekeeper dự phòng. Gatekeeper cung cấp các dịch vụ cơ bản sau đây:

- *Biên dịch địa chỉ:* GK có thể biên dịch từ địa chỉ định danh sang địa chỉ truyền tải. Điều đó được thực hiện bằng một bảng biên dịch. Bảng này thường xuyên được cập nhật bằng các bản tin đăng ký của các điểm cuối trong vùng quản lý của Gatekeeper.
- *Điều khiển đăng nhập:* GK quản lý quá trình truy nhập mạng của các điểm cuối bằng các bản tin H.225.0.
- *Điều khiển băng thông:* GK quản lý băng thông của mạng bằng các bản tin H.225.0.
- *Quản lý vùng:* GK sẽ cung cấp các chức năng trên cho các đầu cuối được đăng ký với nó.
- Ngoài ra, Gatekeeper còn cung cấp một số dịch vụ tùy chọn khác:
- *Báo hiệu điều khiển cuộc gọi:* GK quyết định có tham gia vào quá trình báo hiệu cho cuộc gọi hay không.
- *Cấp phép cho cuộc gọi:* GK GK quyết định có cho phép cuộc gọi được tiến hành hay không.
- *Quản lý băng tần*
- *Quản lý cuộc gọi*
- *Sửa đổi địa chỉ định danh*
- *Biên dịch số được quay:* GK sẽ chuyển các số được quay sang số E.164 hay số mạng riêng.
- *Quản lý cấu trúc dữ liệu*

iv, Ứng dụng chuyển mạch mềm trong di động

Kiến trúc chuyển mạch mềm được ứng dụng trong di động thể hiện qua kết nối chức năng giữa phân hệ IMS và mạng chuyển mạch kênh. Phân hệ IMS cung cấp một kiến trúc chuyển mạch mềm phân tán như hình 4.29 bao gồm các phần tử mạng như sau:

- *Signalling Gateway (SGW):* Cổng báo hiệu được sử dụng để kết nối các mạng báo hiệu khác nhau, như các mạng báo hiệu dựa trên SCTP/IP và các mạng báo hiệu SS7. SGW thực hiện chuyển đổi báo hiệu (cả hai chiều) tại mức truyền tải giữa truyền tải báo hiệu dựa trên SS7 và dựa trên IP (SCTP/IP, SS7MTP). SGW diễn giải các bản lớp ứng dụng (BICC, ISUP).
- *IM Media Gateway (IM-MGW):* Chức năng điều khiển cổng nối xuyên BGCF chịu trách nhiệm chọn nơi nối xuyên đến miền CS. Kết quả của lựa chọn này là nếu nối xuyên xảy ra ngay trong cùng một mạng nơi đặt BGCF thì BGCF chọn một chức năng điều khiển cổng phương tiện (MGCF) để xử lý phiên. Nếu nối xuyên xảy ra tại mạng khác thì BGCF chuyển phiên đến BCGF khác trong mạng được chọn. Quy tắc chọn thực tế không được đặc tả. Ngoài ra BGCF có khả năng báo cáo thông tin thanh toán cho CCF và thu tập thông tin thống kê.



Hình 4.29: Kiến trúc kết nối liên mạng IMS – CS

- **Chức năng điều khiển cổng phương tiện (MGCF):** MGCF là một cổng hỗ trợ thông tin giữa các người sử dụng IMS và miền CS. Chức năng điều khiển cổng phương tiện MGCF và cổng phương tiện IM (IM MGW) chịu trách nhiệm cho báo hiệu và chuyển đổi các phương tiện giữa miền mạng PS và các mạng chuyên mạch kênh (PSTN chẳng hạn). MGCF giao tiếp với S-CSCF (hoặc BGCF) qua giao thức SIP. Báo hiệu cuộc gọi (SS7/ISUP) được chuyển từ cổng báo hiệu của mạng CS đến MGCF qua giao thức SIGTRAN. MGCF phải phiên dịch các bản tin giữa SIP và ISUP để đảm bảo tương tác giữa hai giao thức này. Tất cả các báo hiệu điều khiển cuộc gọi từ các người sử dụng CS đều được đưa đến MGCF để chuyển đổi ISUP (hay BICC) vào các giao thức SIP, sau đó chuyển phiên đến IMS. Tương tự tất cả các báo hiệu phiên khởi nguồn từ IMS đến các người sử dụng CS được gửi đến MGCF. MGCF cũng điều khiển các kênh phương tiện trong thực thể liên quan của mặt phẳng người sử dụng: CIMS-MGW của cổng phương tiện IMS. Ngoài ra MGCF cũng có khả năng báo cáo thông tin thanh toán cho CCF.
- **Chức năng điều khiển cổng chuyển mạng (BGCF):** Quyết định nơi kết nối liên mạng xảy ra khi một phiên khởi tạo từ một người dùng IMS. Nếu kết nối liên mạng xuất hiện trong cùng mạng, BGCF sẽ lựa chọn một MGCF, trong trường hợp ngược lại, nó liên lạc với một BGCF thuộc mạng của nhà khai thác khác, nơi kết nối liên mạng sẽ thực hiện.

Tóm tắt chương 4

Trong chương 4 đã trình bày về các khía cạnh liên quan tới các giải pháp công nghệ chuyển mạch tiên tiến, nội dung chương tập trung vào các vấn đề liên quan tới mạng IP/ATM và công nghệ chuyển mạch nhận đa giao thức MPLS. Các vấn đề liên quan tới các kỹ thuật định tuyến và báo hiệu đảm bảo chất lượng dịch vụ QoS đã được đưa ra trong chương, nhằm kết hợp với các cơ chế chuyển mạch trong chương 3 nhằm giúp người đọc nhìn nhận tổng quan về các ứng dụng và phát triển của kỹ thuật chuyển mạch tiên tiến hiện nay. Trong chương này cũng trình bày một hướng phát triển kỹ thuật chuyển mạch thường được coi là chiến lược cho mạng hội tụ trên nền IP - chuyển mạch mềm. Các ứng dụng của công nghệ chuyển mạch mềm được trình bày trong phần cuối của chương là các ứng dụng cơ bản nhất của chuyển mạch mềm hiện nay.

MỤC LỤC

Tiêu đề	
Trang	
Mục lục	i
Danh sách các kí hiệu, từ viết tắt	iii
Danh sách bảng biểu, hình vẽ	viii
Lời nói đầu	1
CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU CHUNG VỀ KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH	
1.1 Nhập môn kỹ thuật chuyển mạch	2
1.2 Các khái niệm và lý thuyết cơ bản	2
1.2.1 Một số khái niệm cơ sở	2
1.2.2 Các mô hình toán học của lưu lượng	4
1.2.3 Lý thuyết hàng đợi	12
1.3 Quá trình phát triển của kỹ thuật chuyển mạch	14
1.3.1 Chuyển mạch mềm và hướng tiếp cận máy chủ cuộc gọi CS	16
1.3.2 Hướng tiếp cận phân hệ đa phương tiện IP (IMS)	17
CHƯƠNG 2: KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH KÊNH	
2.1 Cơ sở kỹ thuật chuyển mạch kênh	19
2.1.1 Kỹ thuật điều chế xung mã PCM	19
2.1.2 Cấu trúc khung tín hiệu PCM	23
2.1.3 Trao đổi khe thời gian nội TSI	26
2.2 Kiến trúc trường chuyển mạch kênh	27
2.2.1 Trường chuyển mạch không gian số	27
2.2.2 Trường chuyển mạch thời gian số	29
2.2.3 Trường chuyển mạch ghép TST	30
2.3 Định tuyến trong chuyển mạch kênh	34
2.3.1 Kế hoạch đánh số trong mạng PSTN	34
2.3.2 Các phương pháp định tuyến trong mạng chuyển mạch kênh	35
2.4 Một số trường chuyển mạch trong thực tiễn	37
CHƯƠNG 3: KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH GÓI	
3.1 Cơ sở kỹ thuật chuyển mạch gói	40
3.1.1 Mô hình kết nối hệ thống mở OSI	41
3.1.2 Nguyên tắc cơ bản của chuyển mạch gói	43
3.2 Các kiến trúc của trường chuyển mạch gói	46
3.2.1 Tổng quan về kiến trúc trường chuyển mạch gói	48
3.2.2 Các trường chuyển mạch mạng Banyan	53
3.2.3 Các chiến lược sử dụng bộ đệm trong trường chuyển mạch	56
3.3 Kỹ thuật định tuyến trong mạng chuyển mạch gói	62
3.3.1 Các thuật toán tìm đường ngắn nhất	63
3.3.2 Các giao thức định tuyến nội miền và liên miền	64
3.3.3 Định tuyến hỗ trợ chất lượng dịch vụ QoS	67
3.4 Một số bài toán về chất lượng dịch vụ	72

CHƯƠNG 4: KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH TIỀN TIẾN	
4.1 Giới thiệu tổng quan về công nghệ IP/ATM	75
4.1.1 Tổng quan về IP/ATM	75
4.1.2 Công nghệ chuyển mạch IP	79
4.1.3 Công nghệ chuyển mạch MPLS/GMPLS	81
4.2 Kỹ thuật chuyển mạch ATM	83
4.2.1 Mô hình phân lớp ATM	83
4.2.2 Nguyên lý chuyển mạch ATM	86
4.3 Kỹ thuật định tuyến trong mạng tốc độ cao	90
4.3.1 Định tuyến PNNI	90
4.3.2 Các giải pháp chuyển mạch và định tuyến IP/ATM	95
4.3.3 Kỹ thuật định tuyến đảm bảo QoS trong MPLS	105
4.4 Kỹ thuật lưu lượng trong MPLS	108
4.4.1 Tổng quan về kỹ thuật lưu lượng	108
4.4.2 Điều khiển quản lý và truy nhập	109
4.4.3 Điều khiển chống tắc nghẽn trong MPLS	111
4.4.4 Điều khiển lưu lượng đa lớp	111
4.5 Các giải pháp nâng cao hiệu năng chuyển mạch	112
4.5.1 Báo hiệu đảm bảo chất lượng dịch vụ	112
4.5.2 Định tuyến và chuyển tiếp đảm bảo QoS	113
4.5.3 Các giải pháp thực tiễn	114
4.6 Các khái niệm về NGN và chuyển mạch mềm	115
4.6.1 Mạng thế hệ kế tiếp NGN	115
4.6.2 Mô hình phân cấp chuyển mạch trong NGN	118
4.6.3 Mô hình kiến trúc chuyển mạch mềm	120
4.6.4 Các ứng dụng của chuyển mạch mềm	124
TÀI LIỆU THAM KHẢO	133

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

Danh mục Trang

Hình 1.1	Các kiểu mạng chuyển mạch cơ bản	4
Hình 1.2	Hàm mật độ xác suất của phân bố Erlang	6
Hình 1.3	Chuyển tiếp hai trạng thái chuỗi Markov rời rạc	8
Hình 1.4	Sự chuyển đổi trạng thái trong chuỗi Markov thời gian liên tục	9
Hình 1.5	Lưu đồ chuyển trạng thái cuộc gọi	9
Hình 1.6	Hàm phân bố mật độ xác suất của phân bố Poisson	11
Hình 1.7	Thời gian trễ phụ thuộc vào tốc độ đến và tốc độ phục vụ của hàng đợi	14
Hình 1.8	Xu hướng hội tụ công nghệ mạng công cộng	15
Hình 1.9	Các thiết bị chuyển mạch trong mô hình mạng công cộng điển hình	16
Hình 2.1	Một hệ thống PCM điển hình	20
Hình 2.2	Các bước biến đổi trong nguyên lý PCM	20
Hình 2.3	Đặc tuyến nén lượng tử theo luật A	22
Hình 2.4	Cấu trúc đa khung PCM 24	23
Hình 2.5	Cấu trúc khung và đa khung PCM 30	24
Hình 2.6	Nguyên lý trao đổi khe thời gian nội TSI	26
Hình 2.7	Nguyên lý chuyển mạch không gian S	27
Hình 2.8	Nguyên lý chuyển mạch thời gian T	29
Hình 2.9	Ma trận kết nối 3 tầng chuyển mạch	31
Hình 2.10	Trường chuyển mạch ghép TST	33
Hình 2.11	Phương pháp chọn kênh rồi theo mặt nạ chọn kênh	34
Hình 2.12	Định tuyến luân phiên	35
Hình 2.13	Cấu trúc phân hệ chuyển mạch tổng đài NEAX-61Σ	37
Hình 2.14	Sơ đồ cấu trúc của CCX	38
Hình 2.15	Ma trận chuyển mạch phân chia thời gian của SMX	39
Hình 3.1	Mô hình phân lớp OSI RM	41
Hình 3.2	Các phương pháp chuyển mạch cơ bản	44
Hình 3.3	Đóng gói dữ liệu theo mô hình OSI	44
Hình 3.4	Chuyển mạch Datagram và chuyển mạch kênh ảo	45
Hình 3.5	Kiến trúc bộ định tuyến thể hệ đầu tiên	46
Hình 3.6	Kiến trúc bộ định tuyến thể hệ thứ hai	47
Hình 3.7	Kiến trúc bộ định tuyến thể hệ thứ ba	47
Hình 3.8	Phân loại trường chuyển mạch gói	48
Hình 3.9	Cấu trúc trường chuyển mạch chia sẻ phương tiện	49
Hình 3.10	Kiến trúc trường chuyển mạch chia sẻ bộ nhớ	50
Hình 3.11	Kiến trúc ma trận chuyển mạch Crossbar	51
Hình 3.12	Chuyển mạch không gian kiểu kết nối đầy đủ	51
Hình 3.13	Các trường chuyển mạch trong họ Banyan	52

Hình 3.14	Kiến trúc các trường chuyển mạch đa đường	52
Hình 3.15	Ví dụ về mạng Banyan (8x8)	54
Hình 3.16	Hiện tượng nghẽn nội trong chuyển mạch Banyan	55
Hình 3.17	Mạng phân lô kết nối kiểu Banyan	55
Hình 3.18	Trường chuyển mạch bố trí đệm đầu vào	57
Hình 3.19	Lưu đồ xử lý 3 giai đoạn chống tranh chấp	59
Hình 3.20	Trường chuyển mạch đệm đầu ra	60
Hình 3.21	Trường chuyển mạch đệm trung tâm	61
Hình 3.22	Các khía cạnh của chất lượng dịch vụ	72
Hình 3.23	Mô hình hệ thống kênh trung kế	73
Hình 4.1	Mô hình tham chiếu TCP/IP với OSI	79
Hình 4.2	Cấu trúc tiêu đề gói tin IP và ATM	81
Hình 4.3	Thiết bị chuyển mạch IP	83
Hình 4.4	Mô hình kết nối theo chuyển mạch IP	84
Hình 4.5	Mô hình tham chiếu của ATM-BISDN và OSI	88
Hình 4.6	Chuyển mạch VP và VC	91
Hình 4.7	Nguyên lý chuyển mạch ATM	92
Hình 4.8	Mô hình phân cấp định tuyến PNNI	96
Hình 4.9	Mô hình chuyển mạch IP điều khiển luồng	100
Hình 4.10	Giao thức giải bước kế tiếp	101
Hình 4.11	Chuyển mạch IP điều khiển topo	102
Hình 4.12	Định tuyến PNNI mở rộng	104
Hình 4.13	Proxy-PAR	105
Hình 4.14	PNNI tích hợp	107
Hình 4.15	Nguyên lý định tuyến dựa trên các điều kiện ràng buộc	110
Hình 4.16	Thiết lập CR-LSP dùng RSVP mở rộng	111
Hình 4.17	Vị trí của LDP trong chồng giao thức của MPLS	112
Hình 4.18	Sắp xếp lưu lượng tại LER trong mạng MPLS	114
Hình 4.19	Mô hình mạng đa lớp	115
Hình 4.20	Mô hình phân lớp mạng NGN của ITU-T	117
Hình 4.21	Các phân tử cơ bản trong mạng NGN	123
Hình 4.22	Mô hình tham chiếu các thực thể chức năng trong NGN	125
Hình 4.23	Kết nối MGC với các thành phần khác của NGN	127
Hình 4.24	Các chức năng của công điều khiển đa phương tiện MGC	128
Hình 4.25	Ứng dụng làm cổng báo hiệu SS7 của chuyển mạch mềm	129
Hình 4.26	Ứng dụng làm tổng đài Tandem	130
Hình 4.27	Kết nối các phân tử trong mạng VoIP	131
Hình 4.28	Chức năng cơ bản của Gateway H.323	132
Hình 4.29	Kiến trúc kết nối liên mạng IMS-CS	136



HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Km10 Đường Nguyễn Trãi, Hà Đông-Hà Tây
Tel: (04) 5541221; Fax: (04) 5540567
Website: <http://www.e-ptit.edu.vn>; E-mail: dhdx@e-ptit.edu.vn

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Danh mục

Trang

Bảng 1.1	Một số mô hình và hàm phân bố cho các ứng dụng cơ bản	5
Bảng 2.1	Bit F trong cấu trúc đa khung 24	24
Bảng 2.2	Cấu trúc TS0 của đa khung PCM30 sử dụng CRC-4	25
Bảng 3.1	So sánh một số đặc điểm của dịch vụ thoại và dữ liệu	40
Bảng 3.2	Tóm tắt chức năng các lớp trong mô hình OSI	42
Bảng 3.3	Các giao thức định tuyến và tiêu chí so sánh	65
Bảng 4.1	Phân loại các dịch vụ lớp tương thích ATM	85
Bảng 4.2	Các dịch vụ được PNNI hỗ trợ	102
Bảng 4.3	Các lớp dịch vụ lưu lượng	109



HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Km10 Đường Nguyễn Trãi, Hà Đông-Hà Tây
Tel: (04) 5541221; Fax: (04) 5540567
Website: <http://www.e-ptit.edu.vn>; E-mail: dhtr@e-ptit.edu.vn

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Roger L. Freeman , *Telecommunication System Engineering*, John Wiley & Sons, 2004.
 2. Richard A. Thompson, *Telephone Switching Systems*, ARTECH house, inc, 2000.
 3. Dương Văn Thành, Hoàng Trọng Minh, *Tổng đài điện tử số*, bài giảng, Học viện công nghệ bưu chính viễn thông, 1999.
 4. H.Jonathan Chao, *Broadband packet switching technologies*, John Wiley &son inc, 2002.
 5. Christopher Y.Metz, *IP switching – Protocols and Archirctures*, Mc Graw Hill,1999.
 6. Lê Hữu Lập, Hoàng Trọng Minh, “*Công nghệ chuyển mạch IP*”, bài giảng, Trung tâm đào tạo 1, Học viện CNBC viễn thông, 2001.
 7. Pred Halsall, *Data communication computer networks and Open Systems*, Addison Weysley, 1996.
 8. Thomas M. Chen, Stephen S. Liu, *Atm Switching Systems*, Artech House Telecommunications Library, 1995.
 9. Kun I.Park, “*QoS in packet Network*”, Springer + Business Media Inc, 2005.
 10. Nguyễn Thanh Trà, “*Báo hiệu đảm bảo chất lượng dịch vụ trong MPLS*”, luận văn cao học ĐTVT, Học viện CNBC viễn thông, 2006.
 11. Dương Hồng Sơn, Hoàng Trọng Minh, Hoàng Đức Hải, “*Kỹ thuật điện thoại qua IP và Internet*”, NXB Lao động, 2002.
 12. Ts. Nguyễn Phạm Anh Dũng, “*Ứng dụng IP và các giao thức báo hiệu trong 3G IMS*”, bài giảng; Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, 2006.
- (Một số bài báo, tin tức tổng hợp từ: <http://www.itu.int/ITU-T/>, www.ietf.org, www.vnpt.com.vn, www.wikipedia.com, www.itpapers.com, v..v)

TỪ VIẾT TẮT

3G	Thirth Generation	Thế hệ thứ 3
3GPP	Thirth Generation Partnership Project	Dự án cho các đối tác mạng thế hệ 3
AAA	Authentification, Authorization, Accounting	Nhận thực, cấp phép, tính cước
AAL	ATM Adaptation Layer	Lớp tương thích dịch vụ
ADM	Add/Drop Multiplexing	Bộ ghép tách luồng
ADSL	Asymetric Digital Subscriber Line	Đường dây thuê bao số không đối xứng
AF	Address Filter	Bộ lọc địa chỉ
A-F	Accounting Function	Chức năng tính cước
AMG	Access Media Gateway	Cổng phương tiện truy nhập
API	Application Programable Interface	Giao diện lập trình ứng dụng
AS	Autonomous System	Hệ thống tự trị
AS	Application Server	Server ứng dụng
ASG	Access Signalling Gateway	Cổng báo hiệu truy nhập
ATCA	Advanced Telecom Computing Architecture	Kiến trúc máy tính viễn thông tiên tiến
ATM	Asynchorous Transfer Mode	Phương thức truyền tải không đồng bộ
AuC	Authentification Centre	Trung tâm nhận thực
BAN	Broadband Access Node	Nút truy nhập băng rộng
BGCF	Border Gateway Control Function	Chức năng điều khiển cổng đường biên
BGP	Border Gateway Protocol	Giao thức cổng đường biên
BICC	Bearer Independent Call Control	Điều khiển cuộc gọi độc lập kênh mang
B-ISDN	Broadband Intergrated Service Digital Network	Mạng số tích hợp dịch vụ băng rộng
CA	Call Agent	Agent cuộc gọi
CAP	CAMEL Application Part	Phần ứng dụng Carmel
CBR	Constraint Bit Rate	Tốc độ bit ràng buộc
CCF	Charging Collector Function	Chức năng tập hợp thông tin cước
CLP	Cell Loss Priority	Ưu tiên tổn thất tế bào
COPS	Common Open Policy Service	Dịch vụ chính sách mở chung
CoS	Class of Service	Lớp dịch vụ
CQ	Class-based Queuing	Hàng đợi theo yêu cầu
CR-LDP	Constraint-Based Routing-label Distribution Protocol	Giao thức phân bổ nhãn định tuyến ràng buộc
CS	Call Server	Máy chủ cuộc gọi
CS (ATM)	Convergence Sevice	Hội tụ dịch vụ
CS (IMS)	Circuit Switched	Chuyển mạch kênh
CSCF	Call Session Control Function	Chức năng điều khiển phiên cuộc gọi
CSPF	Constraint Shorted Path First	Định tuyến ràng buộc tìm đường ngắn nhất
DG	DataGram	Dữ liệu đồ
DSL	Digital Subscriber Line	Đường dây thuê bao số
DSLAM	Digital Subscriber Line Acess Multiplexer	Bộ ghép kênh truy nhập DSL
DTL	Designated Transit List	Danh sách đường đi định sẵn

DTMF	Dual Tone Multi Frequency	Đa tần âm kép
DVA	Distance Vector Algorithm	Thuật toán vector khoảng cách
EGP	Exterior Gateway Protocol	Giao thức định tuyến miền ngoài
FEC	Forward Equivelent Class	Lớp chuyển tiếp tương đương
FIB	Forward Information Base	Cơ sở thông tin chuyển tiếp
FIFO	First In First Out	Vào trước ra trước
FLC	Fible Line Concentrator	Bộ tập trung quang
FR	Frame Relay	Chuyển tiếp khung
FTP	File Transfer Protocol	Giao thức truyền file
GFC	General Flow Control	Điều khiển luồng chung
GMPLS	Generalized MultiProtocol Label Switch	MPLS suy rộng
GPRS	General Packet Radio Service	Dịch vụ vô tuyến gói chung
GSM	Global System for Mobile Communication	Hệ thống toàn cầu cho thông tin di động
HDB3	High-Density Bipolar 3	Mã lưỡng cực mật độ cao
HDLC	High level Data Link Control protocol	Giao thức điều khiển đường dữ liệu mức cao
HLR	Home Location Registor	Bộ đăng ký nhà
HOL	Head Of Line	Nghẽn đầu dòng
HSS	Home Subscriber Server	Server thuê bao nhà
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol	Giao thức chuyển giao siêu văn bản
IAD	Integrated Access Device	Thiết bị truy nhập tích hợp
ICMP	Internet Control Message Protocol	Giao thức bản tin điều khiển Internet
IFMP	Ipsilon Flow Management Protocol	Giao thức quản trị luồng của Ipsilon
IGP	Interior Gateway Protocol	Giao thức định tuyến miền trong
IM CN	IMS- Core Network	IMS- mạng lõi
IMS	IP Multimedia Subsystem	Phân hệ đa phương tiện IP
IMS-CS	IMS- Circuit Switching	IMS- chuyển mạch kênh
IM-SSF	IMS- Service Switching Function	Chức năng chuyển mạch dịch vụ IMS
IN	Intelligent Network	Mạng thông minh
IOT	Interoperability Testing	Kiểm tra liên điều hành
IP	Internet Protocol	Giao thức Internet
IPCP	IP Control Point	Điểm điều khiển IP
I-PNNI	Intergated PNNI	PNNI tích hợp
IPX	Internetwork Packet Exchange	Giao thức trao đổi gói liên mạng
ISC	IMS Service Control	Điều khiển dịch vụ IMS
ISDN	Integrated Service Digital Network	Mạng số đa dịch vụ tích hợp
IS-IS	Intermediate System to Intermediate System	Giao thức định tuyến liên mạng
ISP	Internet Service Provider	Nhà cung cấp dịch vụ Internet
ISR	IP Switching Router	Bộ định tuyến chuyển mạch IP
ISUP	ISDN User Part	Phần người dùng ISDN
ITU-T	International Telecommunication Union sector T	Hiệp hội tiêu chuẩn viễn thông quốc tế
IW-F	InternetWorking Function	Chức năng kết nối liên mạng
LAN	Local Area Network	Mạng nội hạt
LDP	Label Distribution Protocol	Giao thức phân phối nhãn

LER	Label Edge Router	Bộ định tuyến biên (LSR biên)
LGN	Logical Group Node	Nút đại diện nhóm logic
LOC	LOcal Controler	Bộ điều khiển nội bộ
LSA	Link State Algorithm	Thuật toán trạng thái đường
LSP	Label Switched Path	Đường chuyển mạch nhãn
LSR	Label Switching Router	Bộ định tuyến chuyển mạch nhãn
M3UA	MTP3 User Adaptation Layer	Lớp tương thích người dùng MTP3
MAP	Mobile Application Part	Phần ứng dụng di động
MG	Media Gateway	Cổng phương tiện
MGC	Media Gateway Controler	Điều khiển cổng phương tiện
MGCP	Media Gateway Control Protocol	Giao thức điều khiển cổng phương tiện
MHA	Min Hop Algorithm	Thuật toán bước nhảy tối thiểu
MIRA	Min Interference Routing Algorithm	Thuật toán định tuyến nhiễu tối thiểu
MMAS	Multi Media Application Server	Server ứng dụng đa phương tiện
MMCS	Multi Media Call Server	Server gọi đa phương tiện
MMG	Mobile Media Gateway	Cổng phương tiện cho mạng di động
MMPP	Markov Modulete Poisson Process	Tiến trình Poisson mô phỏng Markov
MNO	Mobile Network Operator	Nhà điều hành mạng di động
MoS	Mean of Service	Thang điểm đánh giá trung bình
MPLS	MultiProtocol Label Switch	Chuyển mạch nhãn đa giao thức
MPOA	MultiProtocol over ATM	Đa giao thức qua ATM
MRFC	Media Resource Function Control	Điều khiển chức năng tài nguyên đa phương tiện
MRFP	Media Resource Function Processor	Bộ xử lý chức năng tài nguyên đa phương tiện
MSF	MultiService Forum	Diễn đàn đa dịch vụ
MTU	Maximum Transfer Unit	Đơn vị truyền bản tin lớn nhất
NGN	Next Generation Network	Mạng thế hệ kế tiếp
NHC	Next Hop Client	Trạm con bước kế tiếp
NHRP	Next Hop Resolution Protocol	Giao thức giải bước kế tiếp
NHS	Next Hop Server	Trạm chủ bước kế tiếp
OMA	Open Mobile Alliance	Liên minh dịch vụ di động mở
OSA	Open Service Architecture	Kiến trúc dịch vụ mở
OSPF	Open Shortest Path First	Giao thức đường ngắn nhất trước tiên
OXC	Optical Cross-Connect	Bộ đầu nối chéo quang
PAM	Pulse Amplitude Modulation	Điều biên xung
PAR	PNNI Augmented Routing	Định tuyến PNNI mở rộng
PCM	Pulse Code Modulation	Điều xung mã
P-CSCF	Proxy- CSCF	CSCF đại diện
PDF	Policy Decicion Function	Chức năng quyết định chính sách
PDU	Protocol Data Unit	Đơn vị dữ liệu giao thức
PG	Peer Group	Nhóm ngang hàng
PGL	Peer Group Leader	Trưởng nhóm trong nhóm cùng cấp
PLMN	Public Land Mobile Network	Mạng di động mặt đất

PM	Physic Medium	Môi trường vật lý
PNNI	Private Network to Network Interface	Giao diện mạng - mạng riêng
PPP	Point to Point Protocol	Giao thức điểm tới điểm
PQ	Priority Queuing	Hàng đợi ưu tiên
PSTN	Public Switched Telephone Network	Mạng chuyển mạch điện thoại công cộng
PT	Payload Type	Kiểu tải tin
PTSE	PNNI Topology State Element	Phần tử trạng thái cấu hình PNNI
PTSP	PNNI Topology State Packet	Gói tin trạng thái cấu hình PNNI
QoS	Quality of Service	Chất lượng dịch vụ
RANAP	Radio Access Network Application Part	Phần ứng dụng mạng truy nhập vô tuyến
RAS	Registration Admission and Status Protocol	Giao thức trạng thái, quản lý và đăng ký
R-F	Routing Function	Chức năng định tuyến
RIP	Routed Information Protocol	Giao thức thông tin định tuyến
RMG	Remote Media Gateway	Cổng phương tiện ở xa
RSVP	Resource Reservation Protocol	Giao thức dành trước tài nguyên
RSVP-TE	RSVP – Traffic Engineering	RSVP cho kỹ thuật lưu lượng
RTCP	Realtime Transport Protocol	Giao thức truyền tải điều khiển thời gian thực
RTP	Realtime Transport Protocol	Giao thức truyền tải thời gian thực
SAP	Service Access Point	Điểm truy nhập dịch vụ
SAR	Segmentation Reassembly Sublayer	Phân lớp cắt mảnh tạo gói
SCP	System Control Point	Điểm điều khiển hệ thống
SCIM	Service Capability Interaction Management	Quản trị tương tác khả năng dịch vụ
SCS	Service Capability Server	Server khả năng phục vụ
S-CSCF	Serviced-CSCF	CSCF phục vụ
SCTP	Stream Control Transport Protocol	Giao thức truyền tải điều khiển luồng
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	Phân cấp số đồng bộ
SDS	Space Division Switching	Chuyển mạch phân chia không gian
SG	Signalling Gateway	Cổng báo hiệu
SIGTRAN	Signalling Transport	Giao thức truyền tải báo hiệu
SIN	Ship - in - the - Night	Con thuyền trong đêm
SIP	Session Initiation Protocol	Giao thức khởi tạo phiên
SMTP	Simple Message Transfer Protocol	Giao thức truyền thư đơn giản
SNMP	Simple Network Management Protocol	Giao thức quản trị mạng đơn giản
SPC	Stored Program Control	Điều khiển theo chương trình ghi sẵn
SSF	Service Switching Function	Chức năng chuyển mạch dịch vụ
SPVC	Soft Permanent Virtual Chanel	Kênh ảo cố định mềm
SUA	SCCP User Adaptation layer	Lớp tương thích người dùng SCCP
SVC	Switched Virtual Chanel	Kênh ảo chuyển mạch
SWPA	Shortest Widest Path Algorithm	Thuật toán tìm đường rộng nhất và ngắn nhất
TC	Transmision Convergence	Hội tụ truyền dẫn
TCP	Transport Control Protocol	Giao thức điều khiển truyền tải
TDM	Time Division Multiplexing	Ghép kênh theo thời gian

TDS	Time Division Switching	Chuyển mạch phân chia thời gian
TE	Traffic Engineering	Kỹ thuật lưu lượng
TL	Total Length	Tổng độ dài
TLV	Type/ Length/ Value	Các tham số kiểu/độ dài/giá trị
TMG	Trunk Media Gateway	Cổng phương tiện trung kế
TOS	Type Of Service	Kiểu phục vụ
TTL	Time to Live	Thời gian sống
TUA	TCAP User Adaptation Layer	Lớp tương thích người dùng TCAP
UA	Common Signalling User Adaptation Layer	Lớp tương thích người dùng báo hiệu CCS
UDP	User Datagram Protocol	Giao thức dữ liệu người dùng
UE	User Equipment	Thiết bị người dùng
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System	Hệ thống viễn thông di động toàn cầu
UNI	User-Network Interface	Giao diện người dùng - mạng
VBR	Variable Bit Rate	Tốc độ bit thay đổi
VC	Virtual Chaneel	Kênh ảo
VCC	Virtual Chaneel Connection	Kết nối kênh ảo
VCI	Virtual Chaneel Identifier	Nhận dạng kênh ảo
VoIP	Voice over IP	Thoại qua IP
VPI	Virtual Path Identifier	Nhận dạng luồng ảo
WAP	Wireless Application Protocol	Giao thức ứng dụng không dây
WCDMA R4	Wireless Code Division Multiple Access Release 4	Đa truy nhập phân chia theo mã phiên bản 4
WDM	Wavelength Division Multiplexing	Ghép kênh phân chia theo bước sóng
WFQ	Weighted Fair Queuing	Hàng đợi cân bằng trọng số
WLAN	Wireless LAN	Mạng nội hạt không dây
WSPA	Widest Shortest Path Algorithm	Thuật toán tìm đường ngắn nhất và rộng nhất

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Roger L. Freeman , *Telecommunication System Engineering*, John Wiley & Sons, 2004.
 2. Richard A. Thompson, *Telephone Switching Systems*, ARTECH house, inc, 2000.
 3. Dương Văn Thành, Hoàng Trọng Minh, *Tổng đài điện tử số*, bài giảng, Học viện công nghệ bưu chính viễn thông, 1999.
 4. H.Jonathan Chao, *Broadband packet switching technologies*, John Wiley &son inc, 2002.
 5. Christopher Y.Metz, *IP switching – Protocols and Archirtectures*, Mc Graw Hill,1999.
 6. Lê Hữu Lập, Hoàng Trọng Minh, “*Công nghệ chuyển mạch IP*”, bài giảng, Trung tâm đào tạo 1, Học viện CNBC viễn thông, 2001.
 7. Pred Halsall, *Data communication computer networks and Open Systems*, Addison Weysley, 1996.
 8. Thomas M. Chen, Stephen S. Liu, *Atm Switching Systems*, Artech House Telecommunications Library, 1995.
 9. Kun I.Park, “*QoS in packet Network*”, Springer + Business Media Inc, 2005.
 10. Nguyễn Thanh Trà, “*Báo hiệu đảm bảo chất lượng dịch vụ trong MPLS*”, luận văn cao học ĐTVT, Học viện CNBC viễn thông, 2006.
 11. Dương Hồng Sơn, Hoàng Trọng Minh, Hoàng Đức Hải, “*Kỹ thuật điện thoại qua IP và Internet*”, NXB Lao động, 2002.
 12. Ts. Nguyễn Phạm Anh Dũng, “*Ứng dụng IP và các giao thức báo hiệu trong 3G IMS*”, bài giảng; Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, 2006.
- (Một số bài báo, tin tức tổng hợp từ: <http://www.itu.int/ITU-T/>, www.ietf.org, www.vnpt.com.vn, www.wikipedia.com, www.itpapers.com, v..v)

MỤC LỤC

Tiêu đề	Trang
Mục lục	i
Danh sách các kí hiệu, từ viết tắt	iii
Danh sách bảng biểu, hình vẽ	viii
Lời nói đầu	1
CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU CHUNG VỀ KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH	
1.1 Nhập môn kỹ thuật chuyển mạch	2
1.2 Các khái niệm và lý thuyết cơ bản	2
1.2.1 Một số khái niệm cơ sở	2
1.2.2 Các mô hình toán học của lưu lượng	4
1.2.3 Lý thuyết hàng đợi	12
1.3 Quá trình phát triển của kỹ thuật chuyển mạch	14
1.3.1 Chuyển mạch mềm và hướng tiếp cận máy chủ cuộc gọi CS	16
1.3.2 Hướng tiếp cận phân hệ đa phương tiện IP (IMS)	17
CHƯƠNG 2: KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH KÊNH	
2.1 Cơ sở kỹ thuật chuyển mạch kênh	19
2.1.1 Kỹ thuật điều chế xung mã PCM	19
2.1.2 Cấu trúc khung tín hiệu PCM	23
2.1.3 Trao đổi khe thời gian nội TSI	26
2.2 Kiến trúc trường chuyển mạch kênh	27
2.2.1 Trường chuyển mạch không gian số	27
2.2.2 Trường chuyển mạch thời gian số	29
2.2.3 Trường chuyển mạch ghép TST	30
2.3 Định tuyến trong chuyển mạch kênh	34
2.3.1 Kế hoạch đánh số trong mạng PSTN	34
2.3.2 Các phương pháp định tuyến trong mạng chuyển mạch kênh	35
2.4 Một số trường chuyển mạch trong thực tiễn	37
CHƯƠNG 3: KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH GÓI	
3.1 Cơ sở kỹ thuật chuyển mạch gói	40
3.1.1 Mô hình kết nối hệ thống mở OSI	41
3.1.2 Nguyên tắc cơ bản của chuyển mạch gói	43
3.2 Các kiến trúc của trường chuyển mạch gói	46
3.2.1 Tổng quan về kiến trúc trường chuyển mạch gói	48
3.2.2 Các trường chuyển mạch mạng Banyan	53
3.2.3 Các chiến lược sử dụng bộ đệm trong trường chuyển mạch	56
3.3 Kỹ thuật định tuyến trong mạng chuyển mạch gói	62
3.3.1 Các thuật toán tìm đường ngắn nhất	63
3.3.2 Các giao thức định tuyến nội miền và liên miền	64

3.3.3 Định tuyến hỗ trợ chất lượng dịch vụ QoS	67
3.4 Một số bài toán về chất lượng dịch vụ	72
 CHƯƠNG 4: KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH TIỀN TIẾN	
4.1 Giới thiệu tổng quan về công nghệ IP/ATM	75
4.1.1 Tổng quan về IP/ATM	75
4.1.2 Công nghệ chuyển mạch IP	79
4.1.3 Công nghệ chuyển mạch MPLS/GMPLS	81
4.2 Kỹ thuật chuyển mạch ATM	83
4.2.1 Mô hình phân lớp ATM	83
4.2.2 Nguyên lý chuyển mạch ATM	86
4.3 Kỹ thuật định tuyến trong mạng tốc độ cao	90
4.3.1 Định tuyến PNNI	90
4.3.2 Các giải pháp chuyển mạch và định tuyến IP/ATM	95
4.3.3 Kỹ thuật định tuyến đảm bảo QoS trong MPLS	105
4.4 Kỹ thuật lưu lượng trong MPLS	108
4.4.1 Tổng quan về kỹ thuật lưu lượng	108
4.4.2 Điều khiển quản lý và truy nhập	109
4.4.3 Điều khiển chống tắc nghẽn trong MPLS	111
4.4.4 Điều khiển lưu lượng đa lớp	111
4.5 Các giải pháp nâng cao hiệu năng chuyển mạch	112
4.5.1 Báo hiệu đảm bảo chất lượng dịch vụ	112
4.5.2 Định tuyến và chuyển tiếp đảm bảo QoS	113
4.5.3 Các giải pháp thực tiễn	114
4.6 Các khái niệm về NGN và chuyển mạch mềm	115
4.6.1 Mạng thể hệ kế tiếp NGN	115
4.6.2 Mô hình phân cấp chuyển mạch trong NGN	118
4.6.3 Mô hình kiến trúc chuyển mạch mềm	120
4.6.4 Các ứng dụng của chuyển mạch mềm	124
TÀI LIỆU THAM KHẢO	133

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

Danh mục	Trang
Hình 1.1	4
Hình 1.2	6
Hình 1.3	8
Hình 1.4	9
Hình 1.5	9
Hình 1.6	11
Hình 1.7	14
Hình 1.8	15
Hình 1.9	16
Hình 2.1	20
Hình 2.2	20
Hình 2.3	22
Hình 2.4	23
Hình 2.5	24
Hình 2.6	26
Hình 2.7	27
Hình 2.8	29
Hình 2.9	31
Hình 2.10	33
Hình 2.11	34
Hình 2.12	35
Hình 2.13	37
Hình 2.14	38
Hình 2.15	39
Hình 3.1	41
Hình 3.2	44
Hình 3.3	44
Hình 3.4	45
Hình 3.5	46
Hình 3.6	47
Hình 3.7	47
Hình 3.8	48
Hình 3.9	49
Hình 3.10	50
Hình 3.11	51

Hình 3.12	Chuyển mạch không gian kiểu kết nối đầy đủ	51
Hình 3.13	Các trường chuyển mạch trong họ Banyan	52
Hình 3.14	Kiến trúc các trường chuyển mạch đa đường	52
Hình 3.15	Ví dụ về mạng Banyan (8x8)	54
Hình 3.16	Hiện tượng nghẽn nội trong chuyển mạch Banyan	55
Hình 3.17	Mạng phân lô kết nối kiểu Banyan	55
Hình 3.18	Trường chuyển mạch bố trí đệm đầu vào	57
Hình 3.19	Lưu đồ xử lý 3 giai đoạn chống tranh chấp	59
Hình 3.20	Trường chuyển mạch đệm đầu ra	60
Hình 3.21	Trường chuyển mạch đệm trung tâm	61
Hình 3.22	Các khía cạnh của chất lượng dịch vụ	72
Hình 3.23	Mô hình hệ thống kênh trung kế	73
Hình 4.1	Mô hình tham chiếu TCP/IP với OSI	79
Hình 4.2	Cấu trúc tiêu đề gói tin IP và ATM	81
Hình 4.3	Thiết bị chuyển mạch IP	83
Hình 4.4	Mô hình kết nối theo chuyển mạch IP	84
Hình 4.5	Mô hình tham chiếu của ATM-BISDN và OSI	88
Hình 4.6	Chuyển mạch VP và VC	91
Hình 4.7	Nguyên lý chuyển mạch ATM	92
Hình 4.8	Mô hình phân cấp định tuyến PNNI	96
Hình 4.9	Mô hình chuyển mạch IP điều khiển luồng	100
Hình 4.10	Giao thức giải bước kế tiếp	101
Hình 4.11	Chuyển mạch IP điều khiển topo	102
Hình 4.12	Định tuyến PNNI mở rộng	104
Hình 4.13	Proxy-PAR	105
Hình 4.14	PNNI tích hợp	107
Hình 4.15	Nguyên lý định tuyến dựa trên các điều kiện ràng buộc	110
Hình 4.16	Thiết lập CR-LSP dùng RSVP mở rộng	111
Hình 4.17	Vị trí của LDP trong chồng giao thức của MPLS	112
Hình 4.18	Sắp xếp lưu lượng tại LER trong mạng MPLS	114
Hình 4.19	Mô hình mạng đa lớp	115
Hình 4.20	Mô hình phân lớp mạng NGN của ITU-T	117
Hình 4.21	Các phần tử cơ bản trong mạng NGN	123
Hình 4.22	Mô hình tham chiếu các thực thể chức năng trong NGN	125
Hình 4.23	Kết nối MGC với các thành phần khác của NGN	127
Hình 4.24	Các chức năng của công điều khiển đa phương tiện MGC	128
Hình 4.25	Ứng dụng làm cổng báo hiệu SS7 của chuyển mạch mềm	129
Hình 4.26	Ứng dụng làm tổng đài Tandem	130
Hình 4.27	Kết nối các phần tử trong mạng VoIP	131

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Danh mục

Trang

Bảng 1.1	Một số mô hình và hàm phân bố cho các ứng dụng cơ bản	5
Bảng 2.1	Bit F trong cấu trúc đa khung 24	24
Bảng 2.2	Cấu trúc TS0 của đa khung PCM30 sử dụng CRC-4	25
Bảng 3.1	So sánh một số đặc điểm của dịch vụ thoại và dữ liệu	40
Bảng 3.2	Tóm tắt chức năng các lớp trong mô hình OSI	42
Bảng 3.3	Các giao thức định tuyến và tiêu chí so sánh	65
Bảng 4.1	Phân loại các dịch vụ lớp tương thích ATM	85
Bảng 4.2	Các dịch vụ được PNNI hỗ trợ	102
Bảng 4.3	Các lớp dịch vụ lưu lượng	109



HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Km10 Đường Nguyễn Trãi, Hà Đông-Hà Tây
Tel: (04) 5541221; Fax: (04) 5540567
Website: <http://www.e-ptit.edu.vn>; E-mail: dhtr@e-ptit.edu.vn