

## Mục lục

### CHƯƠNG 1:

GIỚI THIỆU CHUNG VỀ KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH .....	10
1.1 NHẬP MÔN KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH .....	10
1.1.1 Giới thiệu chung.....	10
1.1.2 Một số khái niệm cơ sở.....	11
1.1.3 Các mô hình toán học ứng dụng trong lĩnh vực chuyển mạch .....	14
1.1.4 Các lý thuyết liên quan.....	18
1.2 QUÁ TRÌNH PHÁT TRIỂN CỦA KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH .....	22
1.2.1 Lịch sử và xu hướng phát triển công nghệ mạng .....	22
1.2.2 Chuyển mạch mềm và hướng tiếp cận máy chủ cuộc gọi CS. ....	25
1.2.3 Hướng tiếp cận phân hệ đa phương tiện IP (IMS) .....	26
1.3 CÁC TỔ CHỨC TIÊU CHUẨN .....	27
1.4 KẾT LUẬN CHƯƠNG .....	30

### CHƯƠNG 2:

KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH KÊNH .....	31
2.1 CƠ SỞ KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH KÊNH .....	31
2.2 KIẾN TRÚC TRƯỜNG CHUYỂN MẠCH KÊNH.....	34
2.2.1 Trường chuyển mạch không gian số .....	34
2.2.2 Trường chuyển mạch thời gian số .....	36
2.2.3 Trường chuyển mạch ghép TST .....	38
2.3 ĐỊNH TUYẾN TRONG CHUYỂN MẠCH KÊNH.....	41
2.3.1 Phân loại các kỹ thuật định tuyến .....	41
2.3.2 Phương pháp đánh số trong mạng PSTN.....	44
2.3.3 Mạng báo hiệu PSTN .....	46
2.3.4 Xử lý định tuyến cuộc gọi trong node mạng chuyển mạch kênh.....	47
2.4 KẾT LUẬN CHƯƠNG .....	48

### CHƯƠNG 3:

KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH GÓI .....	49
--------------------------------	----

3.1. CƠ SỞ KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH GÓI.....	49
3.1.1 Mô hình kết nối hệ thống mở OSI .....	50
3.1.2 Nguyên tắc cơ bản của chuyển mạch gói.....	51
3.2 KIẾN TRÚC CỦA BỘ ĐỊNH TUYẾN.....	53
3.2.1 Các chức năng cơ bản của bộ định tuyến.....	53
3.2.2 Tiến trình chuyển tiếp gói tin .....	54
3.2.3 Các thuật toán tìm kiếm thông tin trong bảng định tuyến.....	56
3.3. KIẾN TRÚC TRƯỜNG CHUYỂN MẠCH GÓI .....	62
3.3.1 Phân loại kiến trúc trường chuyển mạch gói.....	62
3.3.2 Chuyển mạch phân chia thời gian.....	62
3.3.3 Chuyển mạch phân chia không gian .....	65
3.4 CÁC KIỂU BỐ TRÍ HÀNG ĐỘI.....	70
3.4.1 Các kiểu kiểu bố trí hàng đợi cơ bản .....	70
3.4.2 Các phương pháp xử lý hàng đợi .....	77
3.4.3 Mạng hàng đợi.....	78
3.5. KỸ THUẬT ĐỊNH TUYẾN TRONG MẠNG CHUYỂN MẠCH GÓI.....	82
3.5.1. Các thuật toán tìm đường ngắn nhất .....	84
3.5.2. Các giao thức định tuyến điển hình.....	87
3.5.3 Một số giải pháp cải thiện hiệu năng kỹ thuật định tuyến .....	92
3.6 KẾT LUẬN CHƯƠNG .....	96
CHƯƠNG 4:	
CÔNG NGHỆ CHUYỂN MẠCH TIỀN TIẾN .....	97
4.1. GIỚI THIỆU CHUNG.....	97
4.1.1 Mô hình hội tụ công nghệ mạng.....	97
4.1.2 Các giải pháp ghép hợp công nghệ.....	98
4.1.3 Công nghệ MPLS/GMPLS .....	99
4.2 KỸ THUẬT ĐỊNH TUYẾN TRONG MPLS/GMPLS .....	103
4.2.1 Giao thức định tuyến và phân phối nhãn .....	103
4.2.2 Kỹ thuật định tuyến hỗ trợ chất lượng dịch vụ trong MPLS/GMPLS .....	106
4.3 ĐỊNH TUYẾN TRONG MẠNG KHÔNG DÂY .....	110
4.3.1 Phân loại các giao thức định tuyến.....	110
4.3.2 Kỹ thuật định tuyến xuyên lớp.....	113

---

---

4.4 GIẢI PHÁP CHUYỂN MẠCH MỀM.....	114
4.4.1 Mô hình kiến trúc chuyển mạch mềm .....	115
4.4.2 Các giao thức điều khiển của chuyển mạch mềm .....	117
4.4.3 Các ứng dụng của chuyển mạch mềm.....	123
4.5 KẾT LUẬN CHƯƠNG.....	130
Tài liệu tham khảo. ....	132

---

---

---

---

---

## **Chương 1**

# **GIỚI THIỆU CHUNG VỀ KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH**

## **1.1 NHẬP MÔN KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH**

### **1.1.1 Giới thiệu chung**

Viễn thông là một phần của khái niệm thông tin - một dạng thức chuyển giao thông tin. Mạng viễn thông 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 dưới góc độ đơn giản nhất được nhìn nhận 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. Các phần tử và phương tiện của mạng truyền thông cấu trúc thành hạ tầng truyền thông nhằm cung cấp các dịch vụ cho người sử dụng.

Tùy thuộc vào các dịch vụ chủ chốt mà các giải pháp công nghệ được xây dựng, phương pháp tiếp cận này đã và đang tồn tại trong hạ tầng mạng truyền thông hiện nay. Trong một số năm gần đây, cùng với sự phát triển của công nghệ tiên tiến là xu hướng hội tụ cả về công nghệ và dịch vụ 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. Một xu hướng mới được hình thành trên cơ sở hội tụ và tích hợp hạ tầng công nghệ nhằm xây dựng một hạ tầng truyền thông chung cho các môi trường kiến tạo dịch vụ lớp cao. Chính vì vậy, một loạt các giải pháp kỹ thuật và công nghệ chuyển mạch mới đã và đang được đưa ra và triển khai. Để hỗ trợ sinh viên và người đọc tiếp cận các vấn đề chuyên sâu của lĩnh vực này, bài giảng cơ sở kỹ thuật chuyển mạch tiếp cận các vấn đề nền tảng kỹ thuật, các giải pháp công nghệ và xu hướng phát triển nhằm giúp người đọc nhận thức tổng quan 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, nhất là các cơ sở toán học và lý thuyết liên quan. Tiếp 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 hạ tầng tích hợp công nghệ 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.

### **1.1.2 Một số khái niệm cơ sở**

Để tiếp cận các vấn đề mang tính đặc thù của kỹ thuật chuyển mạch, phần này sẽ giới thiệu một số các thuật ngữ và khái niệm cơ sở liên quan tới các chương tiếp theo của bài giảng tron lĩnh vực chuyển mạch.

#### ***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 (Open System Interconnection) của Tổ chức tiêu chuẩn quốc tế ISO (International Organization for Standardization). Đối với một số trường hợp mở rộng, khái niệm chuyển mạch còn được hình thành theo mô hình phân lớp và trải dài từ lớp 2 tới lớp 7 trong mô hình OSI.

#### ***ii, Hệ thống chuyển mạch***

Quá trình chuyển mạch được thực hiện tại các nút mạng, trong mạng chuyển mạch kênh các nút mạng 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). Trong một số mạng đặc biệt, phần tử thực hiện nhiệm vụ chuyển mạch có thể vừa đóng vai trò thiết bị đầu cuối vừa đóng vai trò chuyển mạch và chuyển tiếp thông tin. Đối với một số kiến trúc mạng đặc biệt ví dụ như mạng tùy biến (Ad-hoc), các thiết bị đầu cuối còn có thể đóng vai trò như một nơi cấp và nhận nguồn lưu lượng trong mạng, đồng thời đảm nhiệm chức năng chuyển tiếp các thông tin cho các phần tử khác trong mạng.

#### ***iii, Phân loại chuyển mạch***

Các hệ thống chuyển mạch cấu thành mạng chuyển mạch, ta có hai dạng mạng chuyển mạch cơ bản: Mạng chuyển mạch kênh và mạng chuyển mạch gói. Tuy nhiên, dưới góc độ truyền và xử lý thông tin, chuyển mạch còn có thể nhìn nhận thành bốn

---

kiểu: chuyển mạch kênh, chuyển mạch bản tin, chuyển mạch gói và chuyển mạch tế bào.

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, mạng chuyển mạch kênh sử dụng các kỹ thuật báo hiệu để thực hiện như một thành phần bắt buộc.

Đối ngược với mạng chuyển mạch kênh là mạng chuyển mạch gói, dựa trên nguyên tắc phân chia các lưu lượng dữ liệu thành các gói tin và truyền đi trên mạng chia sẻ, mỗi gói tin là một thực thể độc lập chứa các thông tin cần thiết cho quá trình xử lý thông tin trên mạng. Các giai đoạn thiết lập, truyền và giải phóng sẽ được thực hiện đồng thời trong một khoảng thời gian và quyết định đường đi được xác lập bởi thông tin trong tiêu đề gói tin. Kênh thông tin được hình thành giữa các thiết bị mạng không phụ thuộc theo logic thời gian mà chỉ có ý nghĩa khi có lưu lượng chuyển qua được gọi là các kênh ảo, các kênh ảo có cùng một số đặc tính được ghép thành luồng ảo. Các nút mạng có thể thực hiện chuyển mạch cho từng kênh ảo hoặc cả luồng ảo thay vì cho từng gói tin riêng biệt, tiếp cận này cho phép nâng cao hiệu năng truyền thông toàn mạng nhờ giảm bớt một số quy trình xử lý.

#### ***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 bằng các giải pháp tối ưu nguồn tài nguyên mạng và lưu lượng mạng cũng như của người sử dụng. Một cách chi tiết hơn, kỹ thuật lưu lượng được nhìn nhận như một 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. Các tham số ở đây bao gồm cả tham số mạng và tham số yêu cầu của người sử dụng. Như vậy, mục tiêu cơ bản của kỹ thuật lưu lượng là hướng tới cân bằng và tối ưu các điều khiển của tải và tài nguyên mạng thông qua các thuật toán và giải pháp kỹ thuật. Đối với các nhà thiết kế và khai thác mạng, kỹ thuật lưu lượng đóng vai trò quyết định trong các bài toán liên quan tới hiệu năng mạng. Do sự biến động của các yêu cầu từ phía người sử dụng, các lưu lượng yêu cầu và khả năng phục vụ của hệ thống mạng luôn cần có các giải pháp tối ưu. Vì vậy, kỹ thuật lưu lượng luôn được coi là vấn đề có độ phức tạp cao nhất là trong các công nghệ mạng chồng lấn và tổ hợp.

---

### ***v, Báo hiệu trong mạng viễn thông***

Báo hiệu là một phần của cơ chế điều khiển mạng sử dụng các tín hiệu để điều khiển truyền thông, trong mạng viễn thông báo hiệu là sự trao đổi thông tin giữa các phần tử trong mạng liên quan tới các vấn đề như: điều khiển, thiết lập các kết nối và thực hiện quản lý mạng. Trong mạng chuyển mạch kênh, báo hiệu là một thành phần cơ bản của quá trình kết nối, nhờ có chức năng báo hiệu mà hệ thống chuyển mạch có thể thực hiện được nhiệm vụ chuyển mạch, thông qua thông tin báo hiệu từ nút mạng tới các thiết bị đầu cuối của người sử dụng để xác định các yêu cầu và quản lý kết nối từ người sử dụng tới nút mạng, báo hiệu mạng được thực hiện để hỗ trợ trực tiếp cho quá trình định tuyến, chọn kênh và quản lý kết nối giữa các nút mạng. Trong mạng chuyển mạch gói, hệ thống báo hiệu hướng tới mục tiêu điều khiển thiết bị và quản lý mạng nhiều hơn là mục tiêu gắn kết với quy trình định tuyến nhằm thiết lập kênh như trong mạng chuyển mạch kênh.

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, quang hoặc bản tin. Ví dụ, các hệ thống báo hiệu trong mạng chuyển mạch điện thoại công cộng PSTN được đánh số từ No1-No7, trong đó gồm có các dạng báo hiệu số, tương tự hay bản tin. Trong mạng IP hiện có rất nhiều giao thức báo hiệu được sử dụng cho các kết nối và trải rộng trên các lớp từ lớp 2 tới lớp 5 trong mô hình OSI.

### ***vi, Mạng tích hợp dịch vụ số băng rộng B-ISDN***

Xu hướng phát triển của mạng viễn thông luôn hướng tới một hạ tầng duy nhất nhằm đáp ứng tốt nhất các loại hình dịch vụ trên cơ sở băng thông rộng. Mạng tích hợp dịch vụ số băng rộng được định nghĩa như sau: Mạng tích hợp dịch vụ số băng rộng có nhiệm vụ cung cấp các cuộc nối thông qua chuyển mạch, các cuộc nối cố định hoặc bán cố định, 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, đơn phương tiện, theo kiểu hướng liên kết (Connection-Oriented) hoặc phi liên kết (Connectionless) và theo cấu hình đơn hướng hoặc đa hướng. Hiện nay, cùng với xu hướng tích hợp dịch vụ số băng rộng là sự hội tụ của các miền mạng khác nhau, B-ISDN có một loạt các đặc tính mới không chỉ trong khía cạnh kết nối mà còn trong các khía cạnh khác như quản lý, điều khiển và dịch vụ. Vì vậy, tên gọi chung thường được sử dụng là hạ tầng mạng băng rộng.

---

### 1.1.3 Các mô hình toán học ứng dụng trong lĩnh vực chuyển mạch

Mô hình toán học có một vị trí tối quan trọng trong rất nhiều lĩnh vực, trong đó có lĩnh vực chuyển mạch. Hàng loạt các bài toán thiết kế, đánh giá hệ thống không thể thực hiện trên các hệ thống thực và được tiến hành thông qua các mô hình ứng dụng. Với tầm quan trọng của mô hình toán học ứng dụng trong lĩnh vực chuyển mạch, mục này của bài giảng đưa ra một số các lý thuyết cơ sở liên quan trực tiếp tới bài toán định tuyến và chuyển mạch gồm các vấn đề xác suất và độ phức tạp thuật toán. Thêm vào đó, lưu lượng trong kỹ thuật chuyển mạch thường 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. Khái niệm cơ sở trên sẽ đóng vai trò xuyên suốt trong các hệ thống mô phỏng sự kiện rời rạc và các bài toán tối ưu hệ thống trên cơ sở mô hình hóa và mô phỏng. Một số dạng phân bố thường ứng dụng được chỉ ra dưới đây.

#### *i, 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 (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 với tham số *k* là số tự nhiên. Trong trường hợp tổng quát, *k* trong phân bố Gamma là số thực.

#### *ii, 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 trạng thái đầu tiên và cuối cùng là đã biết, chuỗi trạng thái sẽ được biểu diễn bởi một vectơ 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*).

##### *(a) 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.



---

Kỹ thuật chuỗi Markov thời gian rời rạc áp dụng cho các sơ đồ trạng thái tùy ý, trong đó tồn tại mối liên kết giữa các đối tượng khác nhau tuân thủ một số điều kiện. Nếu một số trạng thái không thể chuyển đến trạng thái khác thì tiến trình được coi là mắc lỗi và điều này dẫn tới sự phân hóa chuỗi này thành các chuỗi riêng lẻ. Việc tăng số lượng trạng thái sẽ mô tả hệ thống chính xác hơn nhưng cũng kéo theo độ phức tạp tính toán tăng lên.

*(b) Chuỗi Markov thời gian liên tục*

Chuỗi Markov thời gian liên tục ứng dụng trong lĩnh vực chuyển mạch thường để mô hình hóa cho hệ thống đa người sử dụng kết nối tới một bộ định tuyến hay truy nhập thiết bị chuyển mạch. Mô hình hóa cho các sự kiện đến của kiểu 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 ( $t \rightarrow 0$ ), giá trị gần đúng đó là được coi là mô hình thời gian liên tục. Tuy nhiên, với bài toán này, 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.

Trên thực tế mô hình chuỗi Markov rất nhiều ứng dụng trong lĩnh vực kỹ thuật chuyển mạch như: 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. Với một loạt các yêu cầu mới của mạng đa dịch vụ về chất lượng dịch vụ và tích hợp lưu lượng, vấn đề mô hình hóa bài toán lưu lượng không dừng ở mô hình Markov mà còn được phát triển theo một số hướng có độ phức tạp lớn hơn, ví dụ như mô hình lưu lượng tự tương đồng sử dụng trong bài toán mô hình hóa lưu lượng internet. Tuy nhiên, mô hình chuỗi Markov trong kỹ thuật chuyển mạch luôn đóng vai trò cơ sở của các tính toán thiết kế và quản lý hệ thống chuyển mạch.

**iii, Phân bố Poisson**

Quá trình Poisson là dạng đặc biệt của quá trình Markov với thời gian liên tục. Quá trình Poisson  $N(t)$  mô tả quá trình đếm số lần xuất hiện một biến cố A nào đó cho đến thời điểm  $t$ . Ví dụ, nếu số cuộc gọi đến một tổng đài là một quá trình Poisson, mỗi cuộc gọi chiếm dụng thiết bị trong một khoảng thời gian nào đó, giả sử các khoảng thời gian này là các biến ngẫu nhiên độc lập cùng phân bố, khi đó tổng số giờ gọi là một quá trình Poisson phức hợp. 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.

**iv, Một số mô hình lưu lượng thông dụng**

Một số mô hình lưu lượng được mô tả dưới đây thường được sử dụng để mô hình hóa luồng lưu lượng trong các hệ thống mô phỏng mạng viễn thông gồm:

---

$\{N(t)\}_{t \geq 0}, \{A_n\}_{n \geq 1}, \{B_n\}_{n \geq 1}$  hoặc  $\{W_n\}_{n \geq 1}$

- Trong tiến trình hồi phục  $\{A_n\}_{n \geq 1}$  là độc lập, các phân bố có thể được sử dụng như biểu diễn trong bảng 1.1. Mô hình này đơn giản nhưng thiếu tính thực tiễn vì nó không có khả năng thể hiện được cấu trúc tương quan trong lưu lượng thực tế.
- Tiến trình Poisson là tiến trình hồi phục với các thời gian tương tác  $\{A_n\}_{n \geq 1}$  là hàm phân bố mũ với tham số tỉ lệ  $\lambda$ . Tiến trình này có thể được coi như là tiến trình đếm với  $\{N(t)\}_{t \geq 0}$  độc lập và tính dừng tăng theo hàm poisson.

Ví dụ,  $P\{N(t) = n\} = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t}$

Tiến trình Poisson thường được sử dụng trong lý thuyết lưu lượng thoại vì tính đơn giản và một vài đặc tính riêng phù hợp. Các cuộc gọi thoại đến hệ thống chuyển mạch kênh thường được mô hình hóa bởi tiến trình poisson.

- Tiến trình Bernulli là tiến trình Poisson thời gian rời rạc. Trong mô hình này, xác suất của một sự kiện đến tại khe thời gian bất kỳ là  $p$ , độc lập với các sự kiện khác. Số lượng các sự kiện đến tại khe thời gian thứ  $k$  là phân bố nhị thức.

Ví dụ,  $P\{N(t) = n\} = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$  và thời gian giữa hai sự kiện đến là phân bố hình học  $P\{A_j = n\} = p(1-p)^{n-1}$ .

- Tiến trình khôi phục kiểu giai đoạn là lớp đặc biệt của tiến trình khôi phục với thời gian giữa các sự kiện đến phân bố kiểu giai đoạn (phase-type). Đó là một lớp quan trọng vì các mô hình này có thể phân tích được. Nói cách khác, bất kỳ phân bố nào có thể xấp xỉ hóa bởi các phân bố giai đoạn.

- Mô hình lưu lượng dựa trên chuỗi Markov đưa sự phụ thuộc vào các chuỗi ngẫu nhiên  $A_n$ . Cấu trúc của mô hình như sau: Giả thiết tiến trình Markov  $\{M(t)\}_{t \geq 0}$  với không gian trạng thái rời rạc.  $M$  tại trạng thái  $i$  có thời gian chiếm giữ theo phân bố hàm mũ với tham số  $\lambda_i$  chỉ phụ thuộc vào  $i$ , chuyển trạng thái sang  $j$  với xác suất  $p_{ij}$ . Mỗi bước nhảy Markov được thể hiện sự kiện đến với thời gian giữa hai sự kiện đến tuân theo hàm mũ. Đây là mô hình lưu lượng Markov đơn giản nhất.

- Tiến trình hồi phục Markov tổng quan hơn tiến trình Markov và thể hiện  $R\{(M_n, n)\}_{n \geq 0}$  được định nghĩa bởi chuỗi Markov  $\{M_n\}$  và các khoảng thời gian nhảy  $\tau_n$  đưa ra các ràng buộc sau: phân bố của các cặp  $(M_{n+1}, \tau_{n+1})$  của trạng thái bước nhảy kế tiếp và thời gian nhảy chỉ phụ thuộc vào trạng thái hiện thời  $M_n$ , và không phụ thuộc vào trạng thái phía trước hoặc thời gian bước nhảy phía trước.
-

- Tiến trình đến Markov (MAP – Markov Arrivals Proccess) là một phân lớp của tiến trình hồi phục Markov. Trong MAP, thời gian giữa các sự kiện đến là kiểu giai đoạn và sự kiện đến là một tiến trình tức thời của chuỗi Markov. Tiến trình này được khởi tạo lại với hàm phân bố phụ thuộc vào trạng thái nhất thời ngay khi sự kiện xảy ra. Tiến trình này rất linh hoạt trong các bài toán mô hình hóa lưu lượng.
- Tiến trình biến điệu Markov (MMP – Markov Modulated Proccess) là một chuỗi Markov liên quan tới thời gian và các điều khiển trạng thái hiện thời của nó. Giả sử một tiến trình Markov thời gian liên tục  $\{M(t)\}_{t \geq 0}$  với không gian trạng thái  $1, 2, \dots, m$ . Với  $M$  tại trạng thái  $k$ , xác suất của các sự kiện đến được xác định qua luật xác suất tại  $k$ . Khi  $M$  chuyển sang trạng thái khác ( $j$ ) thì luật xác suất mới chỉ có tác dụng với  $j$ . Nói cách khác, luật xác suất được áp dụng cho từng trạng thái và biến điệu theo chuỗi.
- Tiến trình Poisson biến điệu theo Markov (MMPP – Markov Modulated Poisson Proccess) là một trong các mô hình phổ biến để mô hình hóa lưu lượng. Trong mô hình này, khi tiến trình Markov được biến điệu trong trạng thái  $k$  của  $M$  và sự kiện đến xảy ra tuân theo tiến trình Poisson với tốc độ  $\lambda_k$ . Trường hợp đơn giản nhất của MMPP là mô hình hai trạng thái (ON/OFF) với tốc độ đến Poisson. Mô hình này còn được gọi là tiến trình Poisson ngắt và được sử dụng để mô hình hóa nguồn lưu lượng thoại với trạng thái ON tương ứng với có tín hiệu thoại và OFF tương ứng với khoảng lặng, hoặc để mô hình hóa cho đặc tính bùng nổ lưu lượng của lưu lượng chuyển mạch gói.
- Trong mô hình lưu lượng *Fluid*, lưu lượng được xem xét như một dòng chảy của các đơn vị lưu lượng. Đây là một mô hình rất quan trọng cho các hệ thống chuyển mạch gói, khi các đơn vị lưu lượng riêng (gói) quan hệ rất lớn với khoảng thời gian chọn trước. Ưu điểm của mô hình này là tính đơn giản khi so sánh với các mô hình lưu lượng khác và nó có khả năng nắm bắt được cấu trúc của các đơn vị lưu lượng riêng biệt. Kiểu mô hình đơn giản nhất là kiểu mô hình hai trạng thái: *ON* khi các lưu lượng đến với tốc độ không đổi và *OFF* khi không có lưu lượng. Để phân tích mô hình này, các chu kỳ thời gian giữa *ON* và *OFF* có thể giả thiết là tuân theo phân bố hàm mũ. Nói cách khác, đó là một dạng thay thế cho tiến trình hồi phục.

Dựa trên các mô hình lưu lượng khác nhau ta có thể ứng dụng các mô hình hoặc tổ hợp các mô hình cho các ứng dụng riêng biệt. Việc lựa chọn đúng mô hình lưu lượng sẽ xác định được các đặc tính quan trọng của lưu lượng. Trên cơ sở đó, các bài toán phân tích và thiết kế các nút chuyển mạch hoặc các bộ định tuyến sẽ có được các kết quả tốt nhất nhằm phản ánh đúng nhất thực tế của mạng.

---

### 1.1.4 Các lý thuyết liên quan

#### *i, 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 tốt 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 [3]. Lý thuyết hàng đợi xác định và tìm các phương án tối ưu để hệ thống phục vụ tốt nhất. Người ta phân loại các quá trình sắp hàng dựa vào luật phân bố của quá trình đến, luật phân bố phục vụ, nguyên tắc phục vụ và cơ cấu phục vụ.

#### *Mô tả hàng đợi Kendall*

D.G.Kendall đề xuất ký hiệu cho các hệ thống hàng đợi gồm 5 thành phần theo thứ tự:  $A/B/X/Y/Z$ . Thông thường mô hình Kendall được xét theo nguyên tắc đến trước phục vụ trước FCFS (First Come First Server), đến sau phục vụ trước LCFS (Last Come First Server), phục vụ theo thứ tự ngẫu nhiên SIRO (Serial In Random Out) và chia sẻ xử lý PS (Parallel Process). 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

Nếu luật phân bố được xét dưới dạng tổng quát thì A hoặc B lấy ký hiệu G (General).

Đôi khi người ta còn ký hiệu GI (general independence).

Nếu quá trình đến là quá trình Poisson, nghĩa là thời gian đến trung gian có phân bố mũ thì A được ký hiệu M (Markovian). Tương tự nếu thời gian phục vụ có phân bố mũ thì B cũng được ký hiệu M.

Nếu thời gian đến trung gian hoặc thời gian phục vụ có phân bố Erlang-k thì A, B được ký hiệu  $E_k$ .

Nếu thời gian đến trung gian hoặc thời gian phục vụ là hằng số thì A hoặc B được ký hiệu D (Deterministic).

Một số tham số đo hiệu năng thường được sử dụng trong hàng đợi là:

- $L_q$  : Độ dài hàng đợi trung bình của hàng, đó là kỳ vọng của chuỗi thời gian liên tục  $l_q(t)$   $t \geq 0$  trong đó  $l_q(t)$  là số khách hàng đợi trong hàng tại thời điểm  $t$ .
- $L$ : Độ dài hàng đợi trung bình của hệ thống, đó là kỳ vọng của chuỗi thời gian liên tục  $l(t)$   $t \geq 0$  trong đó  $l(t)$  là số khách hàng trong hệ thống tại thời điểm  $t$ . Vậy  $l(t) = l_q(t) +$  số khách hàng đang được phục vụ.
- $W_q$  : Thời gian đợi trung bình của hàng là kỳ vọng của quá trình thời gian rời rạc  $q_n$  ;  $n = 1, 2, \dots$  trong đó  $q_n$  là khoảng thời gian mà khách hàng thứ  $n$  phải đợi trong hàng cho đến lúc anh ta được nhận phục vụ.
- $W$  : Thời gian đợi trung bình của hệ thống là kỳ vọng của quá trình thời gian rời rạc  $w_n$  ;  $n = 1, 2, \dots$  trong đó  $w_n = q_n + s_n$  là thời gian khách hàng thứ  $n$  ở trong hệ thống, đó là thời gian đợi trong hàng và thời gian được phục vụ.

Một số hàng đợi thông dụng được chỉ ra dưới đây:

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)  $A := M$ ;  $B := M$ ;  $X = 1$ .

- 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.

Hàng đợi  $G/G/1$ : Hệ thống có 1 Server, quá trình đến là tổng quát nhưng các thời gian đến trung gian  $t_n$  độc lập, có cùng phân bố và có kỳ vọng chung là  $E t_1$ . Thời gian phục vụ trong mỗi chu kỳ cũng độc lập, cùng phân bố và có kỳ vọng chung  $E s_1$ .

Hàng đợi này được Kendall ký hiệu là  $G / G / 1$ .

Hàng đợi  $M/G/1$ : Hàng đợi này có quá trình đến Poisson tốc độ , nghĩa là quá trình đến trung gian  $t_n$  có phân bố mũ tốc độ . Quá trình phục vụ  $s_n$  được xét một cách tổng quát nhưng giả thiết thời gian phục vụ trong các chu kỳ là độc lập với nhau và có cùng luật phân bố. Trường hợp hàng đợi  $M/M/1$  là trường hợp đặc biệt của hàng đợi  $M/G/1$  với quá trình đến Poisson với tốc độ đến , thời gian phục vụ có phân bố mũ tốc độ ;  $M / D / 1$ :

Quá trình đến Poisson với tốc độ đến , thời gian phục vụ không đổi tốc độ ;  $M / Ek / 1$ :

Quá trình đến Poisson với tốc độ đến , thời gian phục vụ ngẫu nhiên độc lập có cùng phân bố Erlang-  $k$  với tốc độ .

---

## ***ii, Lý thuyết độ phức tạp***

Độ phức tạp là thuật ngữ liên quan tới tổ chức của hệ thống và là một khái niệm rộng và được nhìn nhận dưới nhiều góc độ khác nhau. Trong lĩnh vực chuyển mạch, độ phức tạp gắn liền với khái niệm thông tin, độ phức tạp hệ thống và độ phức tạp tính toán. Lý thuyết độ phức tạp được ứng dụng rất nhiều trong kỹ thuật chuyển mạch gồm một số vấn đề cơ bản như: Tính toán, phân tích, thiết kế cấu trúc trường chuyển mạch, thực hiện định tuyến, phân loại luồng lưu lượng và các thuật toán xếp hàng hoặc tìm kiếm thông tin trong các hệ thống chuyển mạch hoặc bộ định tuyến.

Ban đầu khái niệm thông tin do Shanon đưa ra năm 1948 dựa trên cơ sở xác suất thống kê, khái niệm thông tin tuyệt đối do Kolmogorov đưa ra năm 1973 dựa trên cơ sở thuật toán. Thông tin được hiểu như một đại lượng căn bản định nghĩa một cách nghiêm ngặt có thể đo lường được của sự vật giống như năng lượng. Thông tin tuyệt đối chứa trong một đối tượng hữu hạn chính là *độ phức tạp Kolmogorov (Kolmogorov complexity)* của đối tượng đó. Độ phức tạp của một đối tượng hữu hạn  $x$  là độ dài ngắn nhất của mô tả hữu hiệu của  $x$ , hay độ dài ngắn nhất của chương trình (và số liệu ban đầu), tính bằng  $x$  chẳng hạn, sinh ra  $x$ . Cho trước  $x$  và nếu tìm ra mô hình hay chương trình mô tả  $x$  có độ dài bằng độ phức tạp Kolmogorov của  $x$  thì đó chính là mô tả ngắn nhất không thể gọn hơn.

Một khía cạnh khác của độ phức tạp là liên quan tới cấu trúc của một hệ thống. Một kỹ thuật quan trọng trong toán học sử dụng để mô tả quan hệ giữa các phần tử trong cấu trúc của hệ thống là đồ thị và lý thuyết đồ thị. Ví dụ, một mạng truyền thông có thể thể hiện theo cách tự nhiên nhất qua đồ thị gồm các node mạng đóng vai trò các đỉnh của đồ thị và các tuyến liên kết đóng vai trò các cạnh của đồ thị. Việc phân tích các mô hình thông qua đồ thị sẽ giúp ta có được các giải thuật tốt nhất cho các bài toán liên quan tới độ phức tạp của hệ thống, nhất là các bài toán tìm đường, định tuyến trong kỹ thuật chuyển mạch. Như vậy, kết quả của lý thuyết độ phức tạp sẽ là quan hệ đặc biệt của sự phát triển thuật toán của các ứng dụng thực tiễn.

## ***iii, lý thuyết đồ thị***

Những tư tưởng cơ bản của lý thuyết đồ thị được đề xuất lần đầu tiên khi nhà toán học Lenhard Eurler sử dụng đồ thị để giải quyết bài toán 7 cây cầu Kronigsbeg (1736). Đến nay, lý thuyết đồ thị được coi là một nhánh phổ biến của toán học ứng dụng trong nhiều lĩnh vực gồm toán học, kỹ thuật máy tính và nhiều ngành khoa học khác [4]. Một số ứng dụng chủ yếu của lý thuyết đồ thị trong kỹ thuật chuyển mạch liên quan tới các vấn đề mô hình hóa mạng, định tuyến, độ phức tạp và kỹ thuật lưu lượng nhằm hỗ trợ cho bài toán tối ưu hệ thống. Trong mục này sẽ trình bày một số

---

khái niệm cơ sở của lý thuyết đồ thị và ví dụ ứng dụng lý thuyết đồ thị cho bài toán tìm đường.

*Một số khái niệm cơ sở của lý thuyết đồ thị*

**Đồ thị:** Theo cách hiểu thông thường, một đồ thị mô tả hình thái kết nối cho một tập các đối tượng gồm các đỉnh hoặc nút kết nối với nhau qua các liên kết gọi là các đường, cạnh hoặc cung. Trong toán học, đồ thị được định nghĩa như sau:

Cho  $V$  là một tập hữu hạn được định nghĩa  $E(V) = \{ \{u, v\} \mid u, v \in V, u \neq v \}$ ; tập con của  $V$  gồm hai phần tử riêng biệt ( $u$  và  $v$ ).

Một cặp  $G(E, V)$  với  $E \subseteq E(V)$  được gọi là một đồ thị. Các phần tử  $V$  được gọi là các đỉnh (nút) và  $E$  là các cạnh (liên kết) của đồ thị. Một đồ thị với tập đỉnh  $V$  được gọi là đồ thị trên  $V$ , Một tập đỉnh của đồ thị  $G$  được kí hiệu là  $V_G$  và cạnh kí hiệu là  $E_G$  và ta có một kiểu biểu diễn theo  $G$ :  $G = (V_G, E_G)$ .

Các kiểu đồ thị được mô tả dưới đây:

**Đồ thị vô hướng:** Đồ thị vô hướng hoặc đồ thị  $G$  là một cặp có thứ tự  $G(E, V)$  với các cạnh vô hướng. Trong đó,  $V$  là tập các đỉnh và  $E$  là tập không thứ tự chứa các đỉnh phân biệt, được gọi là cạnh.

**Đồ thị có hướng:** Một đồ thị được gọi là có hướng là một cặp có thứ tự  $G(E, V)$  với các cạnh có hướng. Trong đó,  $V$  là tập các đỉnh và  $E$  là tập có thứ tự chứa các đỉnh phân biệt, được gọi là cạnh. Một cạnh  $e = (x, y)$  ký hiệu cho hướng từ  $x$  tới  $y$ .

**Đồ thị đơn và đa đồ thị:** Đồ thị đơn là đồ thị mà giữa hai đỉnh chỉ có tối đa một cạnh, đa đồ thị là đồ thị mà giữa hai đỉnh có thể nhiều hơn một cạnh. Trong đồ thị đơn và đa đồ thị đều có thể có hướng hoặc vô hướng.

**Đồ thị hỗn hợp:** Đồ thị hỗn hợp là đồ thị trong đó có các cạnh là có hướng và vô hướng.

**Đồ thị trọng số:** Là đồ thị mà trọng số (số) được gán cho mỗi cạnh. Các trọng số có thể thể hiện cho nhiều tham số khác nhau tùy thuộc vào bài toán. Trọng số đồ thị là tổng các trọng số gán cho tất cả các cạnh của đồ thị.

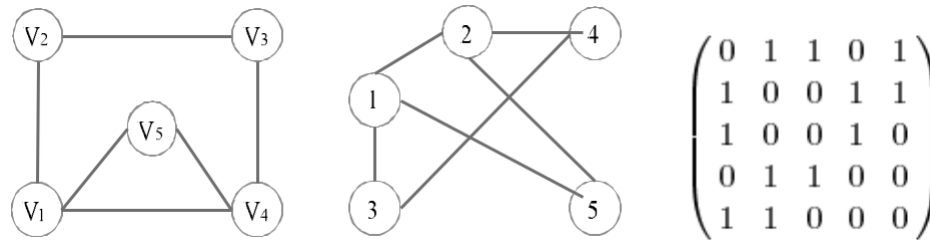
Các đồ thị có một loạt các đặc tính và các đặc tính này rất quan trọng trong các bài toán khảo sát, so sánh giữa các đồ thị với nhau. Hai cạnh của đồ thị được gọi là liên kề, nếu chúng cùng chung các đỉnh, tương tự như vậy đối với các đỉnh. Một cạnh và tập đỉnh trên cạnh được gọi là liên thuộc.

Đồ thị chỉ có một đỉnh và không có cạnh được gọi là đồ thị tầm thường, một đồ thị chỉ có các đỉnh và không có cạnh được gọi là đồ thị không cạnh. Một đồ thị không có đỉnh và cạnh được gọi là đồ thị rỗng hoặc đồ thị trống.

Một đồ thị  $G=K_n$  được gọi là đồ thị hoàn chỉnh trên  $V$  nếu toàn bộ đỉnh đều được nối hay tất cả hai đỉnh là liên kề :  $E= E(V)$ . Tất cả các đồ thị hoàn chỉnh có bậc  $n$  đều đẳng cấu với các đồ thị khác và được kí hiệu là  $K_n$ .

Hai đồ thị  $G$  và  $H$  được gọi là đẳng cấu với nhau khi các đỉnh của đồ thị  $H$  được thay thế tên tương ứng với các đỉnh trong  $G$ . Hai đồ thị đẳng cấu cùng chung các đặc tính lý thuyết đồ thị. Ví dụ về hai đồ thị đẳng cấu được trình bày trong hình 1.1, trong đó các yêu cầu đẳng cấu được chỉ ra tương ứng:

$v_1 \quad 1; v_2 \quad 3; v_3 \quad 4; v_4 \quad 2; v_5 \quad 5.$



Hình 1.1: Hai đồ thị đẳng cấu và biểu diễn dưới dạng ma trận

Đồ thị có thể được biểu diễn dưới dạng ma trận liên thuộc, với  $V(G)=\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  theo thứ tự. Ma trận liên kề của  $G$  là ma trận gồm  $(n \times n)$  phần tử với các phần tử  $M_{ij}=1$  hoặc  $M_{ij}=0$  tùy thuộc vào  $v_i v_j \in E(G)$  hoặc không. Tất cả các ma trận liên kề đều là ma trận đối xứng qua đường chéo và một đồ thị có thể có nhiều ma trận liên kề phụ thuộc vào bậc của đồ thị. Hai đồ thị đẳng cấu cùng chung một ma trận liên kề, chính xác hơn là có chung một tập các ma trận liên kề. Trên hình 1.7 trên đây chỉ ra ví dụ về biểu diễn dạng ma trận cho đồ thị.

## 1.2 QUÁ TRÌNH PHÁT TRIỂN CỦA KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH

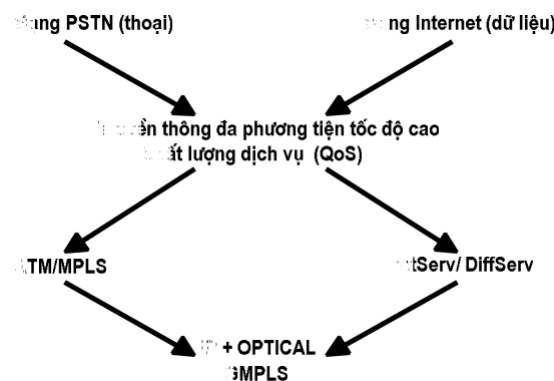
### 1.2.1 Lịch sử và xu hướng phát triển công nghệ mạng

Vào khoảng thập niên 60 của thế kỷ 20, lần đầu tiên 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 1.2 dưới đây chỉ ra xu hướng hội tụ trong hạ tầng mạng công cộng:



Hình 1.2: 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

---

chuyên 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 kế 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 (Authentificaton, 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.

---

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 là những điểm mốc quan trọng nhất trong lịch sử phát triển kỹ thuật chuyển mạch trong những năm gần đây.

### **1.2.2 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.

Bản chất của khái niệm chuyển mạch mềm nằm tại phần mềm thực hiện chức năng xử lý cuộc gọi trong hệ thống chuyển mạch cho phép chuyển tải nhiều loại thông tin theo 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. Chuyển mạch mềm khởi phát từ xu hướng tách chức năng truyền tải và điều khiển trong môi trường mạng phức hợp, việc tách chức năng nhằm có được một số lợi điểm chính sau:

- 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 cho các cuộc gọi 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 phát triển theo hướng mở tại các vùng hoạt động riêng. Với các giao diện lập trình mở, chuyển mạch mềm có thể dễ dàng được nâng cấp, thay thế và tương thích với các ứng dụng của nhiều nhà cung cấp dịch vụ và thiết bị khác nhau. Một số đặc điểm chính của chuyển mạch mềm gồm:

- 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 trúc 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.

Các vấn đề kỹ thuật chi tiết của chuyển mạch mềm sẽ được trình bày trong chương cuối của tài liệu bài giảng.

### **1.2.3 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, mạng thế hệ kế tiếp NGN ứng dụng tới mạng 3G (Third Generation) trong nhiều cách. Vào

---

năm 2000, 3GPP (3<sup>rd</sup> 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, Giao thức khởi tạo phiên SIP/SIP-T, giao thức điều khiển báo hiệu H.248/Megaco, giao thức truyền tải báo hiệu trong nền IP (SIGTRAN), v.v 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 cho các nhà cung cấp dịch vụ thứ 3 đồng thời trong cả vùng mạng cố định và di động. 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.

### **1.3 CÁC TỔ CHỨC TIÊU CHUẨN**

Hệ thống tiêu chuẩn luôn đóng vai trò cốt lõi trong quá trình phát triển công nghệ. Các tiêu chuẩn cho phép các nhà cung cấp thiết bị phát triển các sản phẩm theo một tập đặc tính chung và người sử dụng cũng như nhà cung cấp dịch vụ có thể lựa chọn được các thiết bị từ nhiều nhà cung cấp.

Hệ thống tiêu chuẩn được chia thành hai loại: Tiêu chuẩn thực tế (*de facto*) và tiêu chuẩn pháp lý (*de jure*). Tiêu chuẩn thực tế được phát triển bởi một nhà cung cấp thiết bị hoặc một nhóm các nhà cung cấp được chấp thuận bởi các tổ chức tiêu chuẩn. Tiêu chuẩn pháp lý được lập bởi thỏa thuận chung giữa các tổ chức tiêu chuẩn Quốc gia hoặc ủy ban tiêu chuẩn Quốc tế. Các tiêu chuẩn liên quan tới lĩnh vực chuyển mạch thuộc về cả hai loại tiêu chuẩn trên, nhưng tập trung chủ yếu trong hệ thống tiêu chuẩn pháp lý. Dưới đây là một số tổ chức tiêu chuẩn và diễn đàn chính.

#### ***i, Liên minh viễn thông Quốc tế ITU***

Liên minh viễn thông Quốc tế ITU (International Telecommunication Union) là một tổ chức liên chính phủ được thành lập ngày 01/01/1934 gồm có các Quốc gia Thành viên và Thành viên Lĩnh vực, với quyền hạn và nghĩa vụ được xác định rõ nhằm hợp tác để đạt được các mục tiêu chung của Liên minh. Liên minh viễn thông Quốc tế ITU gồm 3 lĩnh vực chính: Lĩnh vực thông tin vô tuyến ITU-R (Radiocommunication); Lĩnh vực tiêu chuẩn hoá viễn thông ITU-T

---

(Telecommunication Standardization); Lĩnh vực phát triển viễn thông ITU-D (Development) [6].

Mục tiêu của ITU-T nhằm tiêu chuẩn hóa toàn cầu lĩnh vực viễn thông thông qua các hoạt động nghiên cứu kỹ thuật, điều hành, trả lời các yêu cầu và đưa ra các khuyến nghị. ITU-T được thành lập vào tháng 03/1993 thay thế cho Ủy ban tư vấn điện thoại và điện tín Quốc tế CCITT (International Telegraph and Telephone Consultative Committee). ITU-T được tổ chức bởi 15 nhóm nghiên cứu kỹ thuật và đưa ra các tiêu chuẩn dưới dạng khuyến nghị. Các khuyến nghị của ITU-T được tổ chức thành các nhóm được đánh thứ tự theo chữ cái Alphabet. Các khuyến nghị của ITU-T trong *series Q* liên quan tới báo hiệu và chuyển mạch. Ví dụ, Q.2931 mô tả thủ tục báo hiệu sử dụng để thiết lập kênh ảo điểm-điểm qua giao diện người sử dụng – mạng trong môi trường ATM.

### ***ii, Tổ chức tiêu chuẩn Quốc tế ISO***

Tổ chức tiêu chuẩn Quốc tế ISO (International Organization for Standardization) được thành lập vào năm 1947 gồm các ủy ban tiêu chuẩn của các Quốc gia. Nhiệm vụ của tổ chức tiêu chuẩn Quốc tế ISO là đề xướng tiến việc tiêu chuẩn hóa và các hoạt động liên quan trên toàn cầu nhằm tạo điều kiện thuận tiện trong trao đổi hàng hóa và dịch vụ, phát triển sự hợp tác trên nhiều lĩnh vực. Các tiêu chuẩn ISO đưa ra các tiêu chuẩn hóa bao trùm tất cả các lĩnh vực kỹ thuật, trong lĩnh vực viễn thông mô hình hệ thống kết nối hệ thống mở OSI (Open System Interconnection) là một tiêu chuẩn phổ biến của ISO. ISO hợp tác với Ủy ban điện tử Quốc tế IEC (International Electrotechnical Commission) để phát triển các tiêu chuẩn trong mạng máy tính và lập ra Ủy ban liên kết kỹ thuật JCT1 (Joint Technical Committee 1) năm 1987 để phát triển các tiêu chuẩn trong lĩnh vực công nghệ thông tin [6].

### ***iii, Viện kỹ thuật điện và điện tử IEEE***

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineering) là cộng đồng chuyên gia kỹ thuật lớn nhất trên thế giới phát triển các tiêu chuẩn trong lĩnh vực điện-điện tử và máy tính thông qua hiệp hội tiêu chuẩn IEEE-SA (Standards Association). IEEE-SA gồm Hội đồng quản trị và các Ủy ban tiêu chuẩn. Hội đồng quản trị chịu trách nhiệm về chính sách, tài chính và hướng chiến lược cho các Ủy ban tiêu chuẩn. Ủy ban tiêu chuẩn chịu trách nhiệm phát triển và quản lý các tiến trình tiêu chuẩn hóa thông qua các dự án [6].

### ***iv, Tổ chức đặc nhiệm kỹ thuật Internet IETF***

IETF (The Internet Engineering Task Force) là một cộng đồng mở Quốc tế của các nhà thiết kế mạng, điều hành mạng, các nhà cung cấp thiết bị và các nhà nghiên cứu

---

---

liên quan tới sự phát triển của kiến trúc Internet. Một số vùng chức năng cơ bản của IETF như: Ứng dụng, Internet, quản lý mạng, các yêu cầu điều hành, định tuyến, bảo mật, truyền tải và dịch vụ người sử dụng. Mỗi một vùng có một vài nhóm làm việc để thực thi các nhiệm vụ cụ thể. Các tiêu chuẩn của IETF được đưa ra dưới dạng các yêu cầu dẫn giải RFC (Request for Comments) gắn với các số hiệu. Ví dụ, RFC 1058 dẫn giải các vấn đề liên quan tới giao thức thông tin định tuyến RIP (Routing Information Protocol) trong mạng IP. RFC gồm ba dạng: RFC tiêu chuẩn, RFC bản thảo và RFC đề xuất. Các dạng RFC bản thảo và RFC đề xuất chỉ có hiệu lực trong một khoảng thời gian, các tài liệu này có thể được chỉnh sửa, cập nhật, thay thế hoặc loại bỏ khi hết thời hạn [6].

***v, Viện tiêu chuẩn viễn thông châu Âu ETSI***

ETSI (European Telecommunications Standards Institute) là tổ chức tiêu chuẩn hóa viễn thông, phi lợi nhuận và độc lập của châu Âu cũng như của thế giới được tổ chức năm 1988. Mục tiêu của ETSI nhằm hỗ trợ quá trình tiêu chuẩn hóa trong lĩnh vực viễn thông, công nghệ thông tin và truyền thông toàn cầu thông qua các diễn đàn, tạo điều kiện cho các thành viên chủ chốt đóng góp ý kiến xây dựng các tiêu chuẩn. Các nhóm làm việc được thành lập để thực hiện tiêu chuẩn hóa các nhiệm vụ cụ thể. Ví dụ, Nhóm WG3 trong dự án TIPHON của ETSI đưa ra các tiêu chuẩn về báo hiệu và điều khiển cuộc gọi trong môi trường kết hợp giao thức IP với hạ tầng mạng viễn thông. Nhóm WG4 đưa ra các tiêu chuẩn về đánh số, tên gọi và địa chỉ cho các thiết bị người sử dụng đầu cuối. ETSI đưa ra một số dạng tài liệu phát hành gồm: Tiêu chuẩn ETSI, biên bản ETSI, đặc tính kỹ thuật và báo cáo kỹ thuật. Trong đó dạng tài liệu tiêu chuẩn ETSI và biên bản ETSI được phát hành sau quá trình bỏ phiếu [6].

***vi, Diễn đàn chuyển mạch đa phương tiện MSF***

MSF (The Multimedia Switching Forum) được thành lập năm 1998, cung cấp các tiêu chuẩn cho chuyển mạch đa dịch vụ dựa trên nền tảng ATM, hỗ trợ các kiểu dịch vụ gồm các dịch vụ IP và dịch vụ ATM cũng như là các dịch vụ khác. Các tài liệu tiêu chuẩn được xây dựng bởi ba nhóm làm việc:

Kiến trúc: Kiến trúc giao diện và nguyên lý giao diện;

Điều khiển chuyển mạch: Các giao diện điều khiển và quản lý chuyển mạch;

Phương tiện: Mô hình điều khiển thoại và các giao diện công đa phương tiện.

***vii, Diễn đàn IP/MPLS***

Diễn đàn IP/MPLS được thành lập vào tháng 7/2007 và là một tổ chức Quốc tế phi lợi nhuận của các nhà cung cấp dịch vụ, các nhà cung cấp thiết bị, các trung tâm đo

---

kiểm và người dùng xí nghiệp. Mục tiêu của diễn đàn tập trung vào các giải pháp phát triển và ứng dụng trên hạ tầng công nghệ IP/MPLS. Các tiêu chuẩn của diễn đàn IP/MPLS hướng tới sự chuyển dịch của các công nghệ hiện thời sang hạ tầng IP/MPLS phù hợp với các tập đặc tính của IETF và ITU-T. Một trong các tiêu chuẩn được xây dựng bởi diễn đàn IP/MPLS kết hợp với ITU-T là liên kết báo hiệu MPLS/PNNI và báo hiệu cho thoại qua MPLS [6].

## **1.4 KẾT LUẬN CHƯƠNG**

Chương 1 tập trung vào giới thiệu các thuật ngữ, định nghĩa cơ bản trong lĩnh vực kỹ thuật chuyển mạch. Nhằm khái quát các kiến thức và lĩnh vực liên quan tới kỹ thuật chuyển mạch, các khái niệm cơ sở và các lý thuyết liên quan tới kỹ thuật chuyển mạch đã được đưa ra. Trong đó, các mô hình toán cơ sở được trình bày vắn tắt là nền tảng của các vấn đề mô hình hóa, phân tích và tính toán các tham số mạng chuyển mạch. Quá trình phát triển và xu hướng phát triển công nghệ mạng được trình bày tại phần cuối của chương nhằm giúp sinh viên nhận thức về lộ trình và xu hướng chuyển đổi hạ tầng mạng viễn thông cũng như các tác động liên quan tới lĩnh vực chuyển mạch. Các tổ chức tiêu chuẩn được giới thiệu trong chương này nhằm giúp sinh viên phân biệt và xác định rõ các khía cạnh tiêu chuẩn kỹ thuật và công nghệ được áp dụng trong lĩnh vực chuyển mạch.



---

## Chương 2

### KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH KÊNH

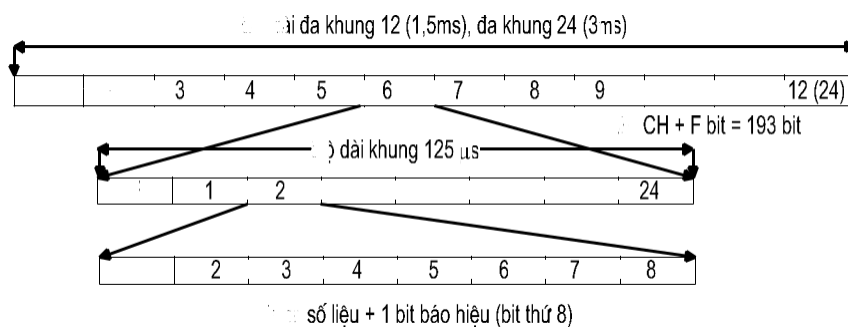
#### 2.1 CƠ SỞ KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH KÊNH

Kỹ thuật chuyển mạch kênh dựa trên nguyên tắc thiết lập kênh nối dành riêng cho các cuộc gọi 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 (Public Switched Telephone Network) đến các mạng quang hiện đại. Chương 2 của cuốn bài giảng 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.

Chuyển mạch kênh tín hiệu số là quá trình kết nối, trao đổi thông tin số giữa các khe thời gian đã được ghép kênh phân chia thời gian TDM (Time Division Mode). Lưu lượng người dùng được chuyển đổi từ tín hiệu tương tự sang tín hiệu số theo nguyên lý PCM (Pulse Code Modulation) và đóng thành các khung tín hiệu PCM theo chuẩn G.704 ITU-T rồi được truyền đến nút mạng để thực hiện chuyển mạch trên trường chuyển mạch. Tiêu chuẩn G.704 ITU-T mô tả các dạng cấu trúc khung tín hiệu PCM của hệ thống PCM 24 (T1) và hệ thống PCM 30/32 (E1) như sau:

##### *i, Cấu trúc khung và đa khung PCM 24*

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



Hình 2.1: Cấu trúc đa khung PCM 24

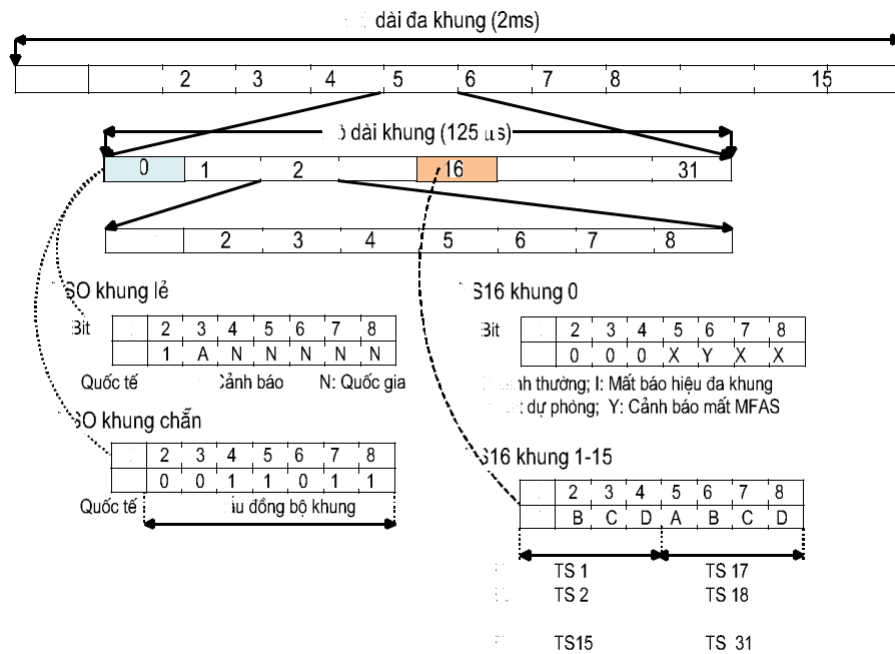
- Tốc độ truyền 1,544 Kb/s; Một khung gồm 24 DS0 (64 kb/s).
- Độ dài khung là 125 μs có 193 bit được đánh số từ 1- 193;
- Bit đầu tiên của mỗi khung được sử dụng để xếp khung, giám sát và cung cấp liên kết số liệu.
- Kỹ thuật mã hoá đường dây : AMI, B8ZS.

- Cấu trúc đa khung gồm hai khuôn dạng: DS4 nhóm 12 khung, và khung mở rộng EPS nhóm 24 khung (hình 2.1 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

### ii, Cấu trúc khung và đa khung PCM 30

Cấu trúc khung PCM 30 thể hiện trên hình 2.2 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  $\mu$ s chứa 256 bit; đánh số từ 1 đến 256.



Hình 2.2: Cấu trúc khung và đa khung PCM 30

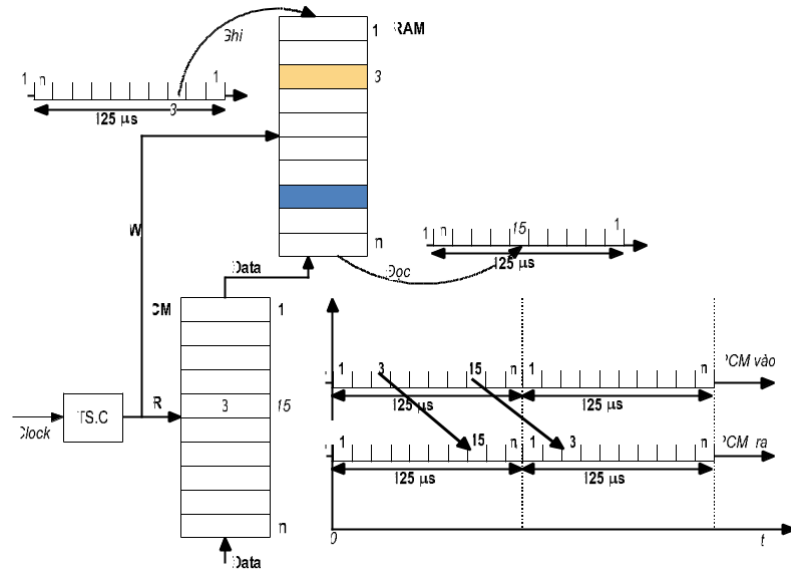
- Kỹ thuật mã hoá đường dây : AMI, HDB3.
- Cấu trúc đa khung chứa 16 khung. TS0 sử dụng để xếp khung và đồng bộ, TS16 sử dụng cho báo hiệu.

### iii, 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, thông tin của người sử dụng được chuyển đi trên các kênh được phân chia logic theo thời gian. Việc sắp xếp lại nội dung thông tin trên các khe thời gian trong cùng một khung thông tin được gọi là quá trình

trao đổi khe thời gian nội TSI (Time Slot Interchange). Một cơ cấu sử dụng để chuyển đổi khe thời gian nội được minh họa trên hình 2.3.



Hình 2.3: Nguyên lý trao đổi khe thời gian nội TSI

Các khối thiết bị chính gồm có:

- 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 (RAM) 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 trên bộ nhớ lưu đệm (Số ngăn nhớ:  $n$ , dung lượng ngăn nhớ:  $l = \log_2 n$ ).
- Quá trình ghi đọc vào các bộ nhớ được đồng bộ thông qua một bộ đếm khe thời gian T.S.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 mỗi khe 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:  $Td_{(max)} = (n-1)TS < 125 \text{ s}$ .

---

## 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  $S$  (*Space*) và trường chuyển mạch thời gian  $T$  (*Time*).

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

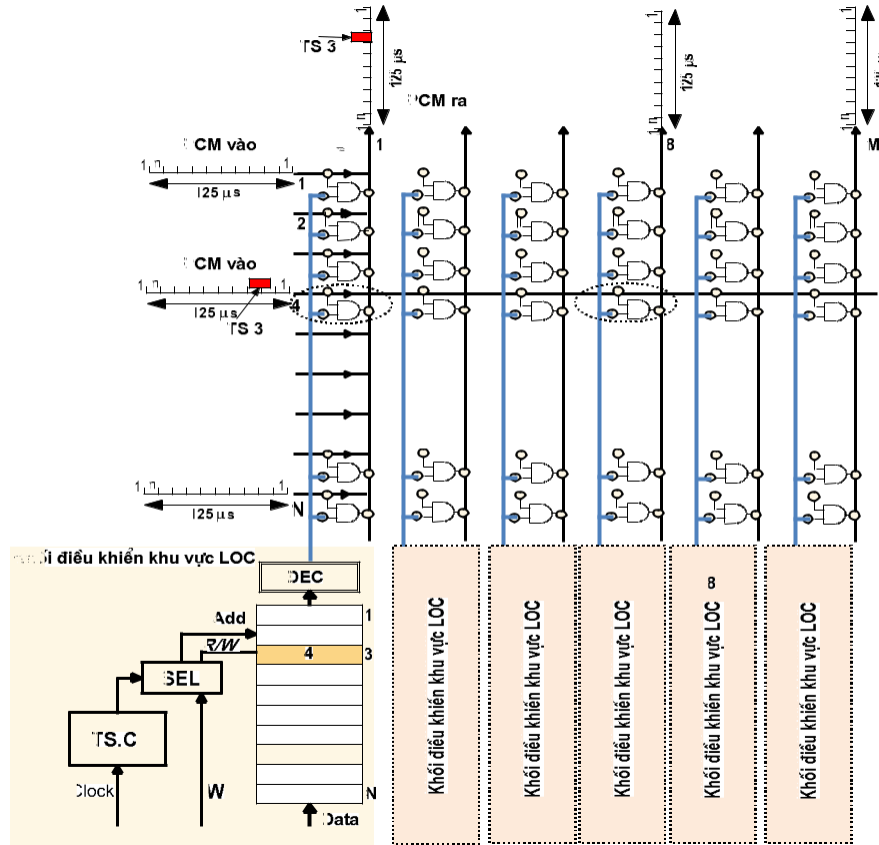
Trường chuyển mạch không gian số  $S$  thực hiện quá trình chuyển nội dung thông tin từ các tuyến PCM đầu vào tới các tuyến PCM đầu ra mà không làm thay đổi vị trí khe thời gian trên trục thời gian. Để tạo ra kênh truyền thông cho các cuộc gọi, các thông tin được chuyển qua trường chuyển mạch không gian số được chuyển mạch định kỳ với khoảng thời gian 125 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 2.4 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 gán 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 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  $N=M$ .



Hình 2.4: Nguyên lý chuyển mạch không gian (S)

## 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 phân 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 tuyến PCM 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 2.4 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).

Đối với mỗi một cuộc nói thoại, chu kỳ đóng tiếp điểm được thực hiện tuần tự theo chu kỳ  $125\text{ s}$ . 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  $C_{max} = n \times N$  ( $n$ : số khe thời gian trong một khung PCM;  $N$ : số cổng đầu vào chuyển mạch ( $S$ )).

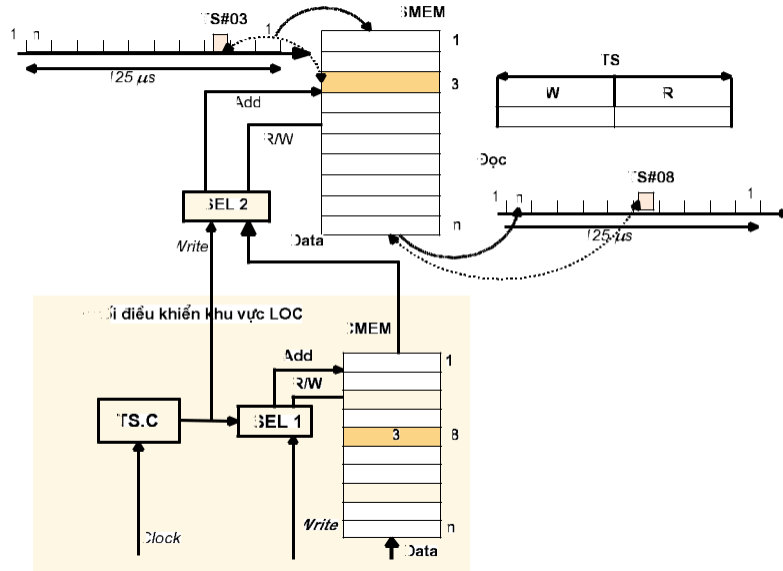
Trường chuyển mạch không gian ( $S$ ) mang tính thời gian nếu xét về tính chu kỳ của quá trình đóng ngắt tiếp điểm. Và chu kỳ này là cố định cho tất cả các cuộc nói qua trường chuyển mạch. Nhược điểm luôn tồn tại trong các trường chuyển mạch không gian ( $S$ ) là xảy ra hiện tượng tắc nghẽn khi có nhiều hơn một yêu cầu chuyển mạch của các khe thời gian đầu vào cùng chỉ số cùng muốn đến 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, đó chính là các giải pháp ghép nối trường chuyển mạch ( $S$ ) với trường chuyển mạch thời gian ( $T$ ) trong các hệ thống chuyển mạch thực tế.

### **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. Hình 2.5 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.

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.



Hình 2.5: Nguyên lý chuyển mạch thời gian (T)

- 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. Hình 2.5 thể hiện kiểu điều khiển ghi vào tuần tự đọc ra có điều khiển SWRR (Sequence Write Random Read).

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 thường không vượt quá 1024 khe thời gian 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

Dưới góc độ hệ thống, hệ thống chuyển mạch số được coi là hệ thống tồn thất. Vì vậy, 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 yếu tố cơ bản có tác động suy giảm chất lượng hệ thống và chủ yếu rơi vào các hệ thống chuyển mạch sử dụng tầng (S). Tốc độ xử lý và thời gian trễ trong trường chuyển mạch (T) cũng là các tham số ảnh hưởng lớn tới hiệu năng trường chuyển mạch. Tuy nhiên, do đặc tính tự nhiên của chuyển mạch, việc sử dụng các chuyển mạch không gian (S) trong hệ thống chuyển mạch là yếu tố bắt buộc. Hơn nữa, chuyển mạch (S) chính là điều kiện mấu chốt để đáp ứng được dung lượng chuyển mạch trong thực tiễn. Vì vậy, các trường chuyển mạch thực tiễn thường được ghép nối đa tầng và phối hợp giữa các kiểu chuyển mạch (T) và (S). 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 trong chuyển mạch kênh được chia thành hai kiểu nhằm đảm bảo khả năng không tắc nghẽn hoàn toàn cho trường chuyển mạch: Kiểu kết nối đầy đủ và kết nối từng phần.

Nguyên tắc ghép nối các trường chuyển mạch 3 tầng tuân thủ theo định lý Clos được phát biểu như sau:

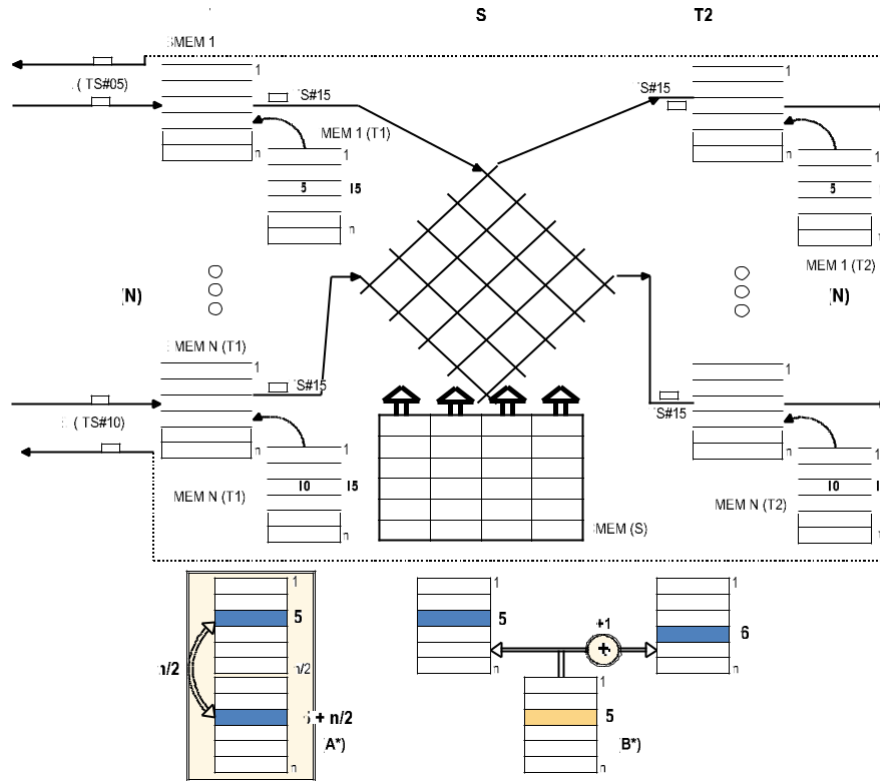
*Ma trận chuyển mạch kết nối 3 tầng không tắc nghẽn khi và chỉ khi số kết nối trung gian  $r_2 \geq n + m - 1$ . Trường hợp đặc biệt khi  $n=m$  thì  $r_2 \geq 2n-1$ .*

Từ các tầng chuyển mạch (T) và (S) cơ bản có thể có nhiều kiểu ghép các tầng chuyển mạch theo các mô hình như: TS, ST, STS, TST tùy theo dung lượng và kiến trúc điều khiển hệ thống. Do sự phát triển rất nhanh của tốc độ xử lý mà kiến trúc ghép nối TST thường được sử dụng nhiều nhất trong các hệ thống chuyển mạch thương mại. Do vậy, trong phần này ta xem xét các nguyên tắc hoạt động của trường chuyển mạch ghép dựa trên kiểu ghép nối TST. Trên thực tế, 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.

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 tương ứng với các kiểu điều khiển tầng chuyển mạch T1 và T2.



Trong ví dụ trên hình 2.6 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 TS#05, B truyền và nhận thông tin dữ liệu trên TS#10, khe thời gian trung gian giữa T1-S và S-T2 được chọn là TS#15, 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].



Hình 2.6: Ghép nối trường chuyển mạch TST

Nội dung thông tin trên các bộ nhớ CMEM được trình bày vắn tắt như sau:

- Hướng kết nối từ A B qua SMEM1(T1) S SMEMN(T2), các bộ nhớ CMEM1(T1) và CMEMN(T2) có nội dung tương ứng 15[5] và 15[10].
- Hướng kết nối từ B A qua SMEMN(T1) S SMEM1(T2), các bộ nhớ CMEMN(T1) và CMEM1 (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 CMEM1(T1) và CMEM1(T2) hoàn toàn giống nhau, cũng như vậy đối với CMEM N (T1) và CMEM N (T2).

Để tiết kiệm số bộ điều khiển ta có thể sử dụng một bộ điều khiển sử dụng điều khiển chung thay vì hai bộ điều khiển. Vì trường hợp đang xét là trường hợp đặc biệt khi ta chọn khe thời gian trung gian giống nhau (TS#15), 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 TS#05 và TS#10 cùng muốn ra đầu ra TS#15. 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  $TS\#15 + \frac{n}{2}$ .

Lúc này nội dung bộ điều khiển tương ứng là:  $CMEM1(T1) := 15[5]$ ;  $CMEM1(T2) := (15 + \frac{n}{2})[5]$ ;  $CMEMN(T1) := (15 + \frac{n}{2})[10]$ ;  $CMEMN(T2) := 15[10]$ .

Khi sử dụng một bộ nhớ đối ngẫu như trên hình 2.6 (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 2.6 (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. Ba 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 CHUYỂN MẠCH KÊNH

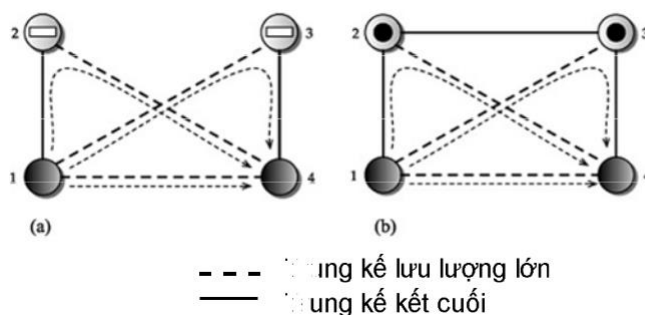
Định tuyến là một chức năng then chốt trong các mạng truyền thông nhằm định ra các tuyến đường để chuyển lưu lượng từ nguồn đến đúng đích. Tùy theo tiêu chí cần thiết khi xây dựng các hệ thống mạng mà áp dụng các kỹ thuật định tuyến khác nhau: định tuyến phân cấp, định tuyến tĩnh, định tuyến động... Nội dung chủ yếu của phần này sẽ xem xét các kỹ thuật định tuyến cơ bản của các hệ thống chuyển mạch kênh dùng trong mạng PSTN gắn liền với kế hoạch đánh số và hoạt động của nút mạng chuyển mạch kênh khi thực hiện xử lý định tuyến cuộc gọi.

### 2.3.1 Phân loại các kỹ thuật định tuyến

Có hai kiểu định tuyến cơ bản trong kỹ thuật chuyển mạch kênh là : Định tuyến phân cấp và các lược đồ định tuyến động dựa trên mạng phân cấp.

#### i, Định tuyến phân cấp

Trên hình 2.7 chỉ ra một cấu hình mạng đơn giản gồm 2 cấp, hệ thống chuyển mạch 1, 4 tại cấp thấp và hệ thống chuyển mạch (được ký hiệu là *node* trên đồ thị) 2, 3 tại mức cao. Trên hình 2.7 (a) một cuộc gọi được kết nối trực tiếp từ node 1 tới node 4 nếu tồn tại liên kết trực tiếp. nếu liên kết 1 4 bận, cuộc gọi sẽ tràn theo hướng 1 3 và đây được coi là cuộc gọi thử, khi liên kết 3 4 còn tài nguyên cho cuộc gọi thì kết nối thành công từ 1 4. Nếu liên kết 3 4 không còn kênh rỗi cho cuộc gọi thì cuộc gọi được coi là không thể kết nối. Trong trường hợp này, đường kết nối (1 3 4) được gọi là hướng tràn cho hướng 1 4. Tuy nhiên, lược đồ này còn có thể cung cấp định tuyến luân phiên, nếu cuộc gọi không tìm thấy mạch rỗi trên liên kết 1-4, cuộc gọi thử sẽ chiếm đường 1-2 như nhóm trung kế cuối.



Hình 2.7: Ví dụ về định tuyến phân cấp

Các nhóm trung kế trong mạng định tuyến phân cấp gồm có 2 loại: trung kế lưu lượng lớn HU (high usage) và trung kế cuối (final trunk). Nhóm trung kế lưu lượng

lớn là nhóm trung kế thường xuyên có lưu lượng trên đó, nhóm trung kế cuối là nhóm không cho phép các nhóm khác tràn tới nếu cuộc gọi không tìm được kênh rỗi. Trong hình trên, các nhóm trung kế 1-4, 1-3 và 2-4 là trung kế lưu lượng lớn và 1-2, 3-4 là nhóm trung kế cuối. Thứ tự của các cuộc gọi thử sẽ là  $1 \rightarrow 4$ ,  $1 \rightarrow 3 \rightarrow 4$ ,  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4$ . Trong mô hình mạng trên hình 2.12 (b) được bổ sung nhóm trung kế cuối 2-3, thứ tự cuộc gọi thử sẽ là  $1 \rightarrow 4$ ,  $1 \rightarrow 3 \rightarrow 4$ ,  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4$ , và  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4$ . Cũng trong mô hình mạng này, cuộc gọi có thể bắt đầu tại node 2 tới node 4, hai đường định tuyến được sắp theo thứ tự sau  $2 \rightarrow 4$  và  $2 \rightarrow 3 \rightarrow 4$ . Tuyến  $2 \rightarrow 1 \rightarrow 4$  sẽ không được xác định bởi cơ chế định tuyến phân cấp không cho phép định tuyến tới các node có cấp thấp hơn.

Với mục tiêu tránh lặp vòng trong quá trình định tuyến, một số luật được áp dụng cho cơ chế định tuyến phân cấp như sau:

- Một node tại mức cao hơn phải có chức năng định tuyến và chuyển mạch cho các node cấp thấp hơn.
- Cuộc gọi được định tuyến qua node phân cấp trực tiếp đối với cả node nguồn và node đích.
- Đối với các cuộc gọi từ miền phân cấp này sang miền phân cấp khác, các nhóm trung kế HU trong miền chứa node nguồn chuyển mạch tới bậc cao hơn trong miền chứa node đích. Luật này được gọi là luật định tuyến ưu tiên.

Trong thực tế, các hệ thống chuyển mạch kênh được bố trí phân cấp thành 5 cấp với cấp cao nhất được kết nối hình lưới đầy đủ nhằm hỗ trợ lưu lượng mức tối đa, các đường định tuyến luân phiên được định nghĩa trước, một số luật được áp dụng nhằm tránh định tuyến vòng lặp và các cuộc gọi được định tuyến tới node có cấp cao hơn hoặc ngang cấp.

## ***ii, Định tuyến động***

Một đặc điểm bất lợi lớn nhất của quá trình định tuyến phân cấp là không thể định tuyến cuộc gọi tới các node có bậc thấp hơn, trên ví dụ hình 2.9(b) tuyến  $2 \rightarrow 1 \rightarrow 4$  là không thể xác định cho kết nối từ node 2 sang node 4 mặc dù có thể còn dư băng thông. Hơn nữa, trong định tuyến phân cấp sử dụng cơ chế điều khiển cuộc gọi lũy tiến PCC (Progressive Call Control), điều khiển cuộc gọi chuyển từ một node này sang node khác cho tới khi tìm được node đích và nếu không thể tìm thấy một trung kế ra tại trung kế chuyển tiếp thì cuộc gọi sẽ tổn thất. Nói cách khác, điều khiển cuộc gọi không cho phép tái định tuyến từ node nguồn. Một cơ chế bổ sung cho quá trình chuyển ngược điều khiển cuộc gọi từ node trung gian về node nguồn gọi là cơ chế crankback, cơ chế này cho phép node nguồn tái định tuyến. Trên cơ sở đó một số lược đồ định tuyến động được xây dựng cho mạng phân cấp nhằm khắc phục các điểm

---

hạn chế của định tuyến phân cấp. Dưới đây sẽ trình bày sơ lược các kỹ thuật định tuyến động cơ bản và các ưu nhược điểm của nó và phân loại các lược đồ định tuyến động.

- *Định tuyến động không phân cấp.*

Định tuyến động không phân cấp DNHR (Dynamic Nonhierarchical Routing) là một kỹ thuật định tuyến phụ thuộc theo thời gian, các tập tuyến được thiết lập trước theo thứ tự. Tùy thuộc vào khoảng thời gian trong ngày, trong tuần mà các lưu lượng tải được chuyển qua các tuyến. Căn cứ vào các mẫu lưu lượng thống kê mà các tuyến được tính toán trước và được sắp xếp theo thứ tự. Các cuộc gọi thử sẽ thực hiện lần lượt trên các tuyến đã xác định và trường hợp cuối cùng là sử dụng cơ chế *crankback*. Như vậy, DNHR cho phép nhiều hơn 2 liên kết cho một cuộc gọi trong mạng và lưu trữ các đường định tuyến luân phiên tại các node.

- *Định tuyến điều khiển động.*

Định tuyến điều khiển động DCR (Dynamically Controlled Routing) là một kỹ thuật định tuyến thích ứng yêu cầu cập nhật trạng thái mạng theo chu kỳ. Căn cứ vào trạng thái của các liên kết mạng, các tuyến được tính toán bởi một bộ xử lý trung tâm. Cơ chế định tuyến điều khiển động cho phép dự phòng lớn hơn 2 liên kết cho một cuộc gọi, tuy nhiên định tuyến điều khiển động không thực hiện cơ chế *crankback*. Vì vậy, cuộc gọi sẽ tổn thất nếu các đường liên kết định nghĩa trước bị nghẽn do không đảm bảo thời gian thực hoặc hệ thống tính toán trung tâm lỗi.

- *Định tuyến luân phiên động*

Định tuyến luân phiên động DAR (Dynamic Alternate Routing) là lược đồ định tuyến phân tán và thích ứng. Tương tự như các lược đồ định tuyến động khác, DAR cũng bị hạn chế bởi số liên kết định tuyến và thiếu cơ chế *crankback*. Đối với mỗi một node nguồn  $i$ , duy trì một đường dẫn dự phòng  $k$  trong cache của nó. Một cuộc gọi mới sẽ thử liên kết trực tiếp  $i, j$ , nếu không còn băng thông trên đường liên kết trực tiếp, nó sẽ chuyển sang đường luân phiên trong cache. Khi cuộc gọi chuyển sang đường định tuyến luân phiên, node nguồn chọn tiếp một đường dẫn mới luân phiên thông qua quá trình chọn ngẫu nhiên. Mặc dù thuật toán tương đối đơn giản, nhưng DAR cho phép cache các tuyến có lưu lượng tải thấp nhất và mỗi khi lưu lượng thay đổi các đường định tuyến luân phiên sẽ lựa chọn tự động các đường luân phiên có tải thấp nhất. Định tuyến luân phiên động có thể cho phép cập nhật trạng thái liên kết của mạng để tính toán đường dẫn thông qua một quá trình học thông tin định tuyến tự động. Vì vậy, DAR còn được coi là cơ chế định tuyến theo sự kiện.

- *Định tuyến mạng thời gian thực*

---

Định tuyến mạng thời gian thực RTNR (Real-Time Network Routing) được phát triển từ kỹ thuật định tuyến động không phân cấp DNHR và là lược đồ định tuyến tương thích động. Bảng định tuyến cho các tuyến luân phiên được cập nhật theo từng cuộc gọi. Thông qua các bản tin truy vấn, các trạng thái liên kết được xác định theo từng thời điểm và xác lập theo độ khả dụng của liên kết. Một tập các tuyến khả dụng được lưu trữ trong bảng định tuyến và là cơ sở cho các quyết định chọn tuyến.

▪ *Phân loại các lược đồ định tuyến*

Một số các kiểu định tuyến trên đây có thể được phân loại thành các kiểu lược đồ định tuyến như sau.

- (1) *Tập trung và phân tán.* Trong các hệ thống tập trung, tính toán tuyến được thực hiện bởi một bộ xử lý tính toán. Các lược đồ định tuyến như DNHR và DCR nằm trong loại này. Trong định tuyến phân tán các node chuyển mạch tự tính toán đường dẫn và RTNR và DAR thuộc loại này.
- (2) *Phụ thuộc thời gian và tương thích.* Định tuyến phụ thuộc thời gian liên quan tới nội dung bảng định tuyến biến đổi theo thời gian để tạo ra một tập đường dẫn khả dụng trước. Định tuyến tương thích liên quan tới tần suất cập nhật bảng định tuyến dựa trên lưu lượng hoặc sự kiện. DNHR thuộc loại thứ nhất và DCR, RTNR và DAR thuộc loại thứ hai.
- (3) *Định kỳ và theo yêu cầu.* Trong kiểu định tuyến tương thích, cập nhật bảng định tuyến được thực hiện theo chu kỳ hoặc theo yêu cầu. DCR là lược đồ định tuyến cập nhật theo chu kỳ (10s) và RTNR và DAR có hoạt động cập nhật theo cuộc gọi hoặc tuyến dự phòng nghẽn.
- (4) *Phụ thuộc trạng thái và phụ thuộc sự kiện.* Định tuyến phụ thuộc trạng thái liên quan tới xem xét trạng thái của mạng trong quyết định định tuyến. Thông thường, trạng thái ở đây được xét là độ khả dụng của liên kết, ví dụ như trong hai lược đồ định tuyến DCR và RTNR. DAR đại diện cho kiểu phụ thuộc sự kiện khi nó chọn đường luân phiên trong trường hợp có sự kiện lỗi xảy ra.

### **2.3.2 Phương pháp đánh số trong mạng PSTN**

#### ***i, Kế hoạch đánh số toàn cầu***

Ứng dụng điển hình của kỹ thuật chuyển mạch kênh là mạng chuyển mạch điện thoại công cộng PSTN. Nguyên tắc chung của quá trình định tuyến cho các cuộc gọi trong mạng PSTN dựa trên địa chỉ đích, các hệ thống chuyển mạch thực hiện quá trình định tuyến thông qua địa chỉ đích trên cơ sở thông tin báo hiệu. Các phương pháp định tuyến trong mạng PSTN thực tế luôn thống nhất với kế hoạch đánh số, tính cước,

---

truyền dẫn và báo hiệu. Tổ chức liên minh viễn thông quốc tế ITU-T đã chỉ ra các nguyên tắc cơ bản của kế hoạch đánh số trong mạng PSTN nhằm đảm bảo 3 yếu tố:

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

Khuyến nghị ITU-T E.164 ra đời vào tháng 5 năm 1997, thuộc vào seri E với tiêu đề "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". Chi tiết hơn, E.164 đã quy định về các phương pháp đánh số cho các thiết bị viễn thông hoạt động trong mạng công cộng.

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

Đối với mạng chuyển mạch điện thoại công cộng PSTN, E.164 quy định tổng độ dài các con số sử dụng không vượt quá 15 digits, được phân cấp thành các vùng mã gồm: 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 43 556 9999; Trong đó: + là tiền tố cho biết dãy địa chỉ được viết theo dạng đầy đủ; 84 là mã quốc gia của Việt nam, 43 là mã vùng hay còn gọi là mã trung kế, 556 9999 là số thuê bao gồm 556 là mã tổng đài và 9999 là con số thuê bao nội đài.

### ***ii, Địa chỉ trong mạng báo hiệu số 7***

Mạng báo hiệu số 7 đóng một vai trò quan trọng trong cơ chế định tuyến của mạng PSTN và hiện là phương pháp báo hiệu phổ biến nhất hiện nay cho mạng PSTN. Các địa chỉ node trong SS7 (Signalling System No7) được gọi là các mã điểm (point code), chúng là các địa chỉ logic và được nhận dạng tại lớp 3 của chồng giao thức SS7. Có hai dạng mã điểm được sử dụng trên thế giới hiện nay tuân theo chuẩn của ANSI và ITU được mô tả trên hình 2.8.

---

Số hiệu mạng (8bit)	Mã vùng (8bit)	Thành viên (8bit)	(a)
Nhận dạng vùng	Nhận dạng mạng	Nhận dạng SSP	(b)

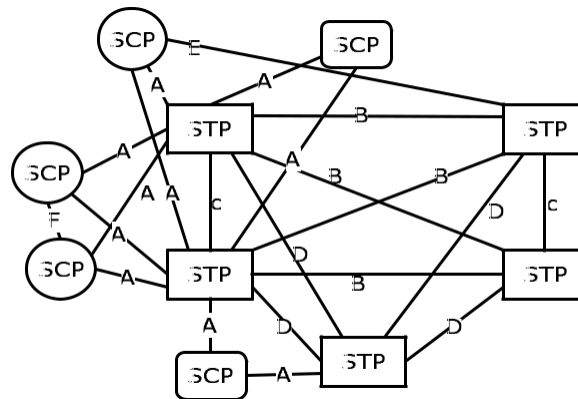
Hình 2.8: Mã điểm theo tiêu chuẩn ANSI và ITU

Mã điểm báo hiệu theo tiêu chuẩn của ANSI có độ dài 24 bit và được chia thành 3 trường chức năng 8 bit gồm: Số hiệu mạng, mã vùng và thành viên. Cách đánh địa chỉ theo ANSI tương tự như cách đánh địa chỉ IP. Trường 8 bit đầu tiên nhận dạng bởi nhà cung cấp mạng SS7, trường thứ hai nhận dạng điểm mã báo hiệu SSP và trường chức năng thứ 3 chỉ ra các thành viên kết nối tới điểm mã báo hiệu.

Mã điểm báo hiệu theo ITU có độ dài 14 bit và chia thành 3 trường chức năng: trường thứ nhất gồm 3 bit để nhận dạng vùng, trường thứ hai gồm 8 bit để nhận dạng mạng và trường thứ 3 gồm 3 bit là nhận dạng điểm báo hiệu.

### 2.3.3 Mạng báo hiệu PSTN

Hình 2.9 dưới đây mô tả một mạng SS7 điển hình gồm các kiểu node trong mạng SS7 như: Điểm chuyển mạch dịch vụ SSP (Service Switching Point), điểm chuyển tiếp báo hiệu STP (Signalling Transfer Point) và điểm điều khiển dịch vụ SCP (Service Control Point). Sáu dạng liên kết được định nghĩa trong mạng SS7 gồm:



Hình 2.9: Cấu hình nút và liên kết mạng SS7

- Liên kết truy nhập (A-link) kết nối các SSP tới STP, hoặc SCP tới STP.
- Liên kết cầu nối (B-link) kết nối các STP không cùng lớp.
- Liên kết chéo (C-link) kết nối chéo các STP cùng lớp.
- Liên kết trực giao (D-link) kết nối các SSP tới các STP của vùng khác.
- Liên kết mở rộng (E-link) sử dụng để kết nối một SSP tới STP của vùng khác.
- Liên kết đủ (F-link) sử dụng để kết nối trực tiếp hai nhóm SSP.



---

Định tuyến các bản tin báo hiệu trong mạng SS7 được thực hiện theo phương pháp hop-by-hop và dựa trên một tập luật định tuyến dưới đây:

- Một bản tin phát ra từ SSP tới một SSP kết nối trực tiếp sẽ chọn đường F-link trước. Nếu F-link không tồn tại, bản tin sẽ chọn A-link là tuyến đường dẫn cho bản tin.
- Một bản tin từ một SSP tới một SSP khác được phục vụ bởi một cặp STP được định tuyến theo đường A-link tới STP của vùng sau đó mới được chuyển tiếp.
- Một bản tin đã tới STP của vùng đích lựa chọn A-link để kết nối tới SSP đích, nếu A-link không tồn tại, bản tin theo đường C-link tới STP cùng cặp để kết nối tới SSP đích.
- Một bản tin đã tới STP của vùng đích có thể chọn E-link tới SSP đích, nếu E-link không tồn tại, bản tin được định tuyến tới STP của vùng nguồn theo B-link. Lựa chọn tiếp theo là sử dụng B-link tới vùng đích thứ hai của SSP hoặc sử dụng C-link tới các vùng khác có kết nối tới SSP đích.
- Một bản tin từ một SSP tới một SCP thực hiện định tuyến trên F-link nếu nó tồn tại, nếu F-link không tồn tại, bản tin sẽ được định tuyến tới STP nguồn trên đường A-link để kết nối tới SCP.

Dựa trên các luật trên, mạng báo hiệu SS7 xây dựng một cấu trúc dự phòng cho phép định tuyến đa đường giữa hai node SS7. Một tuyến trong mạng SS7 là một tập liên kết tuần tự định nghĩa con đường từ SSP nguồn tới SSP đích, một tập hợp tuyến gồm nhiều tuyến từ nguồn tới đích có ít nhất hai tuyến: một tuyến sơ cấp và một tuyến thứ cấp, điều này cho phép cung cấp tùy chọn luân phiên tại mỗi node.

#### **2.3.4 Xử lý định tuyến cuộc gọi trong node mạng chuyển mạch kênh**

Như đã trình bày ở trên định tuyến trong mạng PSTN bao gồm các thủ tục để tìm một đường đi trong mạng cho cuộc gọi giữa 2 thuê bao. Với các trường hợp 2 thuê bao này cùng kết nối vào một tổng đài gọi là cuộc gọi nội bộ hoặc 2 thuê bao kết nối vào 2 tổng đài khác nhau được gọi là cuộc gọi liên đài mà số liên kết tạo nên tuyến đường cho cuộc gọi là khác nhau. Với mục tiêu phân tích quá trình xử lý báo hiệu và định tuyến cho cuộc gọi trong một node mạng một cách đầy đủ nên phần này tập trung vào quá trình xử lý cuộc gọi liên đài. Việc thiết lập và giải phóng đường đi trong mạng được bắt đầu và kết thúc thông qua báo hiệu.

Trong hệ thống chuyển mạch kênh các kết nối cho cuộc gọi liên đài được thiết lập dọc theo đường đi đến đích đã được định sẵn qua các bảng định tuyến. Bảng định tuyến được xây dựng trên cơ sở nhân công. Thông thường, một hệ thống chuyển mạch

---

kênh gồm một số bảng biên dịch, ví dụ như bảng biên dịch cho các tuyến đường định tuyến quốc tế, quốc gia và nội hạt. Căn cứ vào các con số mà thuê bao chủ gọi gửi tới tổng đài mà hệ thống phân tích số sẽ lựa chọn bảng biên dịch định tuyến cho phù hợp. Phương pháp truy nhập bảng biên dịch trong một số tổng đài chuyển mạch kênh điển hình thường sử dụng kiểu con trỏ, với khóa là các tiền tố. Căn cứ vào tiền tố và thông tin được cài đặt sẵn tại hệ thống chuyển mạch kênh mà tổng đài trung gian hoặc kết cuối được xác định. Tiến trình báo hiệu tiếp theo sẽ thực hiện việc xác định tuyến và kênh truyền cho các cuộc gọi.

## **2.4 KẾT LUẬN CHƯƠNG**

Kỹ thuật chuyển mạch kênh là kỹ thuật ứng dụng phổ biến nhất trong các mạng chuyển mạch điện thoại công cộng PSTN. Trong chương 2 đã trình bày vắn tắt về cấu trúc khung tín hiệu của kết nối giữa các node chuyển mạch kênh. Các nguyên lý và nguyên tắc cơ bản của trường chuyển mạch kênh theo thời gian, không gian và ghép kết hợp cũng đã được trình bày. Các phương pháp định tuyến thường được sử dụng trong hệ thống chuyển mạch kênh luôn gắn liền với các thủ tục báo hiệu kết nối cuộc gọi. Các vấn đề chi tiết về bảng biên dịch và các tham số cụ thể phục vụ cho quá trình định tuyến cuộc gọi phụ thuộc vào kiến trúc mạng chuyển mạch kênh.

---

## Chương 3

# KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH GÓI

### 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 tin. 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. Một cách trực quan, mạng chuyển mạch điện thoại công cộng PSTN được phát triển trên cơ sở kỹ thuật 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 dựa trên kỹ thuật chuyển mạch gói để thực hiện chuyển tải thông tin dữ liệu cho người sử dụng.

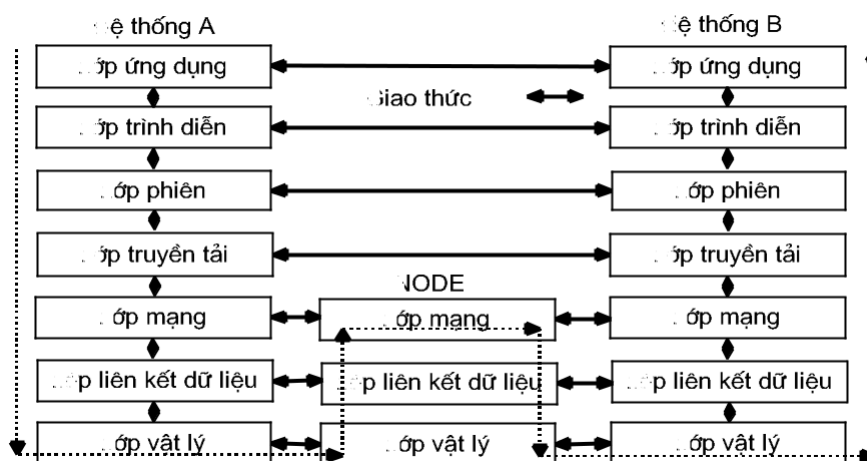
Như trong chương 2 đã trình bày, dịch vụ thoại trong mạng chuyển mạch công cộng PSTN thường sử dụng kỹ thuật điều chế PCM và chiếm dụng băng thông cố định 64kb/s, chất lượng cuộc gọi thoại phụ thuộc chủ yếu vào kỹ thuật điều chế vì sử dụng kênh dành riêng cho các cuộc nói. Mặt khác, chất lượng các dịch vụ dữ liệu được thực hiện qua mạng chuyển mạch gói phụ thuộc rất lớn vào lượng băng thông cung cấp. Một số ứng dụng đòi hỏi băng thông rất lớn và nhiều khi không cố định, sự biến động băng thông lớn theo xu hướng tăng bất thường được gọi là hiện tượng bùng nổ băng thông. Vì vậy, cơ chế xác định kênh dành riêng trước trong mạng chuyển mạch kênh khó có thể đáp ứng được tiêu chí bùng nổ băng thông của các dịch vụ dữ liệu.

Một khía cạnh khác của chất lượng dịch vụ cũng luôn được tính đến trong quá trình chuyển thông tin cho người sử dụng là độ trễ của quá trình truyền tin. Các dịch vụ thoại đòi hỏi thời gian trễ thấp và ổn định, yêu cầu này hoàn toàn được thỏa mãn trong mạng chuyển mạch kênh vì mạng chuyển mạch kênh sử dụng kênh dành riêng và kết nối có hướng cho các kết nối. Trong khi đó, các mạng chuyển mạch gói chủ yếu nhằm

mục đích cung cấp dịch vụ truyền dữ liệu có thể được xây dựng theo hướng kết nối và sử dụng kênh ảo để cung cấp các dịch vụ yêu cầu độ trễ thấp và ổn định. Tuy nhiên, một khi yêu cầu độ trễ của dịch vụ dữ liệu không quá ngặt nghèo thì mạng dữ liệu thường được xây dựng theo mô hình phi kết nối nhằm giảm thiểu các quy trình điều khiển và lưu lượng điều khiển trên mạng.

### 3.1.1 Mô hình kết nối hệ thống mở OSI

Trong khoảng giữa những năm 70, khi công nghiệp máy tính bắt đầu phát triển rất mạnh kéo theo nhu cầu kết nối thông tin của các máy tính tăng đột biến trên các hạ tầng mạng khác nhau. Điều này đã thúc đẩy một quá trình chuẩn hóa các kết nối giữa các hạ tầng mạng khác nhau về kiến trúc. Hệ thống mở ra đời nhằm tạo ra các tiêu chuẩn hoá cho tất cả các đầu nối giữa các kiến trúc mạng, được gọi là mô hình kết nối hệ thống mở OSI (Open System Interconnection) do tổ chức tiêu chuẩn quốc tế ISO đưa ra.



Hình 3.1: Mô hình phân lớp OSI RM

Mục tiêu của mô hình kết nối hệ thống mở OSI là để 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 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 kết nối với nhau dựa trên mô hình phân lớp. Mô hình gồm có 7 lớp chức năng chính có thể phân loại thành 2 vùng chính.

- 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 cuối 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.

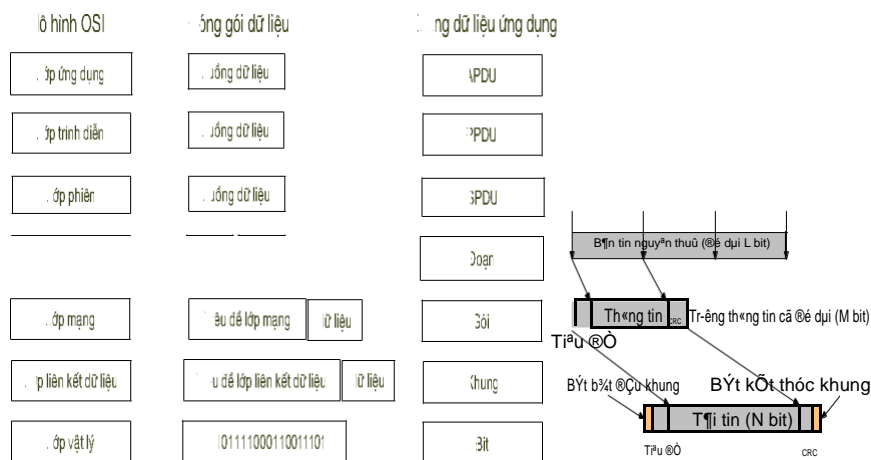
Những môi trường này cung cấp những đặc tính sau:

- 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.

### 3.1.2 Nguyên tắc cơ bản của chuyển mạch gói

Để có được các gói tin chuyển mạch, một quá trình phân mảnh vào tạo gói từ dữ liệu người sử dụng được thực hiện tại các lớp cao phía người sử dụng.

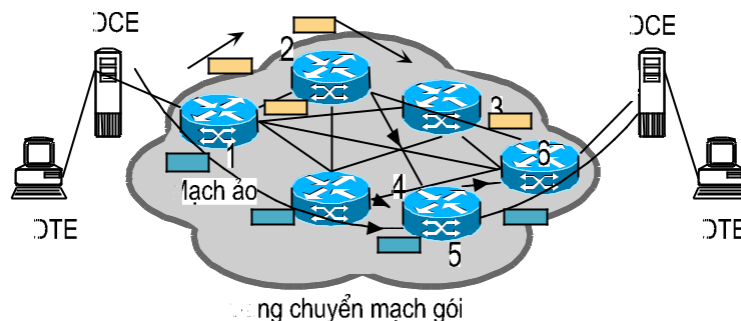


Hình 3.2: Đóng gói dữ liệu theo mô hình OSI

Quá trình phân mảnh và tạo gói theo các lớp của mô hình OSI chỉ ra trên hình 3.2 gồm mô hình đóng gói dữ liệu và khuôn dạng dữ liệu ứng dụng. Từ các luồng dữ liệu người sử dụng, thông tin được cắt mảnh theo các đặc tính của hệ thống truyền dẫn hoặc chuyển mạch, một trong các tham số chính yếu được sử dụng để xác định kích

thước gói là tham số tốc độ truyền dẫn tối đa MTU (Maximum Transfer Unit) của các liên kết. Đơn vị dữ liệu người sử dụng được chuyển qua từng lớp và mang tiêu đề thông tin của từng lớp tới khi phân đoạn để tạo gói tại lớp 3 của 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* và chuyển mạch kênh ảo VC (Virtual Circuit). Trên hình 3.3 mô tả sơ lược 2 kiểu chuyển mạch này.



Hình 3.3: 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 các 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. Về ưu điểm, 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 yêu cầu giai đoạn thiết lập tuyến giữa thiết bị gửi và thiết bị nhận thông tin, một kênh ảo được hình thành giữa các thiết bị trong đường dẫn chuyển mạch; kênh ảo là kênh chỉ được xác định khi có dữ liệu truyền qua và không phụ thuộc vào logic thời gian. Chuyển mạch kênh ảo yêu cầu một tuyến hiện ngay trong quá trình định tuyến và kênh ảo được nhận dạng thông qua trường nhận dạng kênh ảo VCI (Virtual Channel Identifier) nằm tại tiêu đề gói tin. Trong quá trình thiết lập kênh ảo, nhận dạng kênh ảo VCI được tạo ra bởi các node chuyển mạch để chỉ

---

định các nguồn tài nguyên của gói tin sẽ chuyển qua (ví dụ: bộ đệm, dung lượng liên kết).

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

Nhận dạng kênh ảo trên các liên kết đầu vào và đầu ra không cần thiết phải giống nhau, một số kênh ảo có cùng một đặc tính (ví dụ, cùng địa chỉ nguồn và địa chỉ đích) có thể ghép thành luồng ảo và được thể hiện qua trường chức năng VPI (Virtual Path Identifier), Thiết bị chuyển mạch nhận dạng thông tin luồng ảo và thực hiện chuyển mạch toàn bộ luồng ảo.

### **3.2 KIẾN TRÚC CỦA BỘ ĐỊNH TUYẾN**

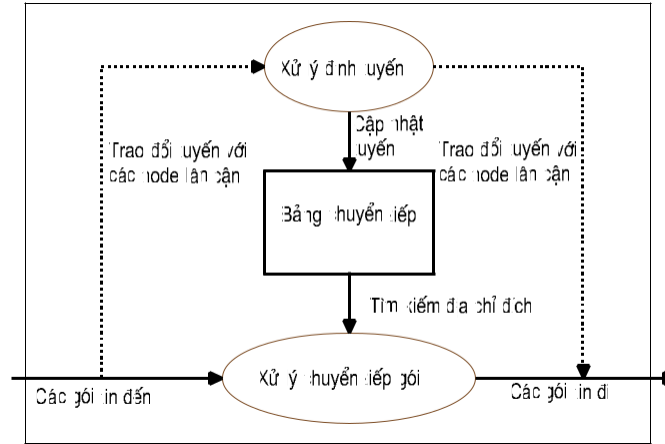
Trước khi tìm hiểu các vấn đề liên quan tới kiến trúc trường chuyển mạch gói, ta xem xét sơ lược các cấu trúc cơ bản của hệ thống chuyển mạch gói hiện nay, các hệ thống chuyển mạch gói trong mạng internet được gọi là các bộ định tuyến. Mục này sẽ trình bày về các thành phần chức năng và hoạt động cơ bản của bộ định tuyến qua quá trình chuyển tiếp gói tin và việc tìm kiếm thông tin trong bảng định tuyến.

#### **3.2.1 Các chức năng cơ bản của bộ định tuyến**

Hai chức năng, nhiệm vụ cơ bản của một bộ định tuyến được nhìn nhận dưới góc độ kỹ thuật chuyển mạch là chức năng định tuyến và chuyển tiếp gói tin qua bộ định tuyến.

Trên hình 3.4 thể hiện một kiến trúc chức năng điển hình của bộ định tuyến cũng như các tuyến kết nối giữa các khối chức năng. Một số nhiệm vụ chính được mô tả như sau: Dựa trên các thông tin trao đổi với các bộ định tuyến lân cận, tiến trình định tuyến xây dựng cấu hình mạng và tính toán đường dẫn tốt nhất thông qua cơ sở dữ liệu trong bảng định tuyến. Cấu hình mạng phản ánh các mạng đích có thể tìm kiếm và nhận dạng qua các địa chỉ tiền tố IP và được thể hiện trong bảng định tuyến. Bảng

định tuyến ánh xạ thông tin dữ liệu 1:1 tới một bảng cơ sở dữ liệu mang tính cục bộ để sử dụng chuyển tiếp gói tin là bảng chuyển tiếp. Tiến trình xử lý chuyển tiếp là tiến trình chuyển các gói tin từ các giao diện đầu vào tới các giao diện đầu ra thích hợp dựa trên các thông tin trong bảng chuyển tiếp.



Hình 3.4: Tiến trình xử lý định tuyến và chuyển tiếp trong bộ định tuyến

### 3.2.2 Tiến trình chuyển tiếp gói tin

#### (i) Các chức năng chuyển tiếp cơ bản

Để chuyển tiếp một gói tin IP từ một giao diện đầu vào tới một giao diện đầu ra, một bộ định tuyến cần phải thực hiện các chức năng cơ bản sau:

- *Xác nhận tiêu đề IP:* Tất cả các gói tin tới bộ định tuyến đều được xác nhận thông tin thông qua tiêu đề. Các gói tin có tiêu đề không hợp lệ sẽ bị loại bỏ ngay lập tức. Các thông tin cần xác minh như: phiên bản IP, độ dài tiêu đề và tổng độ dài gói.
- *Điều khiển thời gian sống gói tin:* Các bộ định tuyến thực hiện giảm giá trị trường TTL (time to live) trong tiêu đề gói tin IP để tránh hiện tượng lặp vòng. Giá trị lớn nhất của TTL là 255 và sẽ giảm đi 1 khi mỗi lần qua bộ định tuyến, trường TTL có giá trị = 0 thì gói tin sẽ bị loại bỏ.
- *Tính lại tổng độ dài:* Sau khi trường TTL thay đổi, tổng độ dài tiêu đề được cập nhật lại. Thay vì tính toán lại toàn bộ độ dài tiêu đề, bộ định tuyến chỉ tính toán độ lệch tăng của nó vì TTL luôn luôn giảm 1 sau mỗi bước qua bộ định tuyến.
- *Tìm kiếm tuyến:* Địa chỉ đích của gói tin được sử dụng để tìm kiếm trong bảng chuyển tiếp nhằm xác định cổng đầu ra. Kết quả của quá trình tìm kiếm chỉ ra một cổng đầu ra (unicast) hoặc một tập cổng đầu ra (multicast).



- 
- *Phân đoạn:* Quy trình phân đoạn được thực hiện khi đơn vị truyền lớn nhất MTU của liên kết cổng đầu ra nhỏ hơn MTU của liên kết cổng đầu vào.
  - *Xử lý trường tùy chọn trong gói tin IP:* Trường tùy chọn của gói tin IP chỉ ra các xử lý đặc biệt đối với gói tin tại bộ định tuyến.

**(ii) Các chức năng chuyển tiếp phức tạp**

Bên cạnh những chức năng chuyển tiếp cơ bản, các chức năng chuyển tiếp phức tạp được sử dụng để hỗ trợ một số đặc tính đặc biệt của môi trường ứng dụng như: Bảo mật, các yêu cầu lưu lượng khác nhau từ người sử dụng và các mức chất lượng dịch vụ. Các vấn đề trên được chuyển thành các xử lý phụ trợ trong quá trình chuyển tiếp gói tin gồm nhận dạng các yêu cầu, xác định tài nguyên và phân biệt mức dịch vụ thông qua một số cơ chế sau:

- *Phân loại gói:* Để phân biệt các gói tin, bộ định tuyến không chỉ xác định trường địa chỉ IP đích mà còn xác định một số trường chức năng khác như: địa chỉ nguồn, địa chỉ đích, cổng nguồn và cổng đích. Tiến trình phân biệt gói tin và ứng dụng các hoạt động cần thiết với gói tin được gọi là quá trình phân loại gói tin.
- *Biên dịch gói:* Trong một số kịch bản kết nối mạng, bộ định tuyến đóng vai trò như một cổng kết nối giữa mạng riêng và mạng công cộng, trên đó hỗ trợ chức năng biên dịch địa chỉ mạng NAT (Network Address Translation). Chức năng này yêu cầu bộ định tuyến duy trì một danh sách các host kết nối và địa chỉ cục bộ để chuyển đổi địa chỉ.
- *Sắp xếp thứ tự ưu tiên lưu lượng:* Bộ định tuyến có thể được yêu cầu đảm bảo một số mức chất lượng dịch vụ. Vì vậy, bộ định tuyến cần áp dụng các mức ưu tiên khác nhau cho các luồng lưu lượng để phù hợp với các yêu cầu cung cấp chất lượng dịch vụ.

Quá trình xử lý chuyển gói được mô tả một cách khái quát qua các giai đoạn sau :

1. Khi một gói đến Card đường truyền đầu vào, cơ chế chuyển tiếp gói thực hiện các thủ tục kiểm tra lỗi cơ bản để khẳng định gói và tiêu đề là không có lỗi. Tính toán độ lệch (offset) trong bảng chuyển tiếp gói và tải ra tuyến tương ứng.
2. Cơ cấu chuyển tiếp gói kiểm tra xem tuyến được lưu đệm trong Cache có phù hợp với địa chỉ đích của đơn vị dữ liệu không, nếu không cơ cấu chuyển tiếp gói sẽ tiến hành việc tìm kiếm mở rộng trên bảng chuyển gói trong nó. Thực chất, bảng chuyển tiếp gói này được lấy ra từ bảng định tuyến có trong các bộ xử lý định tuyến chính, một quá trình tương tự với cấu trúc Bus chia sẻ. Khi tìm kiếm sự phù hợp, cơ cấu sẽ kiểm tra trường thời gian sống (TTL-Time to Live) và tính toán TTL mới và tổng

---

kiểm tra đồng thời cũng xác định xem đơn vị dữ liệu đó có thuộc về bản thân bộ định tuyến đó hay không.

3. Trường TTL mới và tổng kiểm tra được đặt vào tiêu đề IP. Các thông tin định tuyến cần thiết được lấy ra từ khoản mục trong bảng chuyển gói và tạo nên tiêu đề IP mới cùng với các thông tin lớp liên kết từ bảng đó.

4. Khi quá trình này hoàn thành, gói được xếp vào hàng đợi trong bộ đệm đầu vào tại Card đường truyền. Một số bộ định tuyến sử dụng các kỹ thuật đệm phức tạp để ngăn ngừa khả năng tắc nghẽn đầu tuyến. Cơ cấu chuyển gói thực hiện việc tra cứu tuyến và biến đổi tiêu đề gói để xác định giao diện đầu ra cho gói. Điều này được thông báo cho bộ lập lịch tập trung, bộ lập lịch này điều khiển việc phân xử crossbar bằng cách duy trì tất cả các trạng thái của crossbar.

5. Khi thực hiện lập lịch, cơ cấu chuyển gói nhận được sự truy nhập đến cổng từ Card đường truyền cụ thể tới ma trận chuyển mạch. Bộ lập lịch đóng các điểm chuyển mạch cần thiết trên crossbar để cho gói truyền qua ma trận này đến Card đường truyền phía đầu ra.

Các phần trên mô tả ngắn gọn các giai đoạn của một quá trình xử lý chuyển gói. Ngoài ma trận chuyển mạch còn có một số thành phần khác đóng vai trò quan trọng ảnh hưởng đến hiệu quả làm việc của bộ định tuyến như bộ lập lịch tập trung và thuật toán lập lịch, cơ chế tìm kiếm thông tin trong bộ định tuyến.

### **3.2.3 Các thuật toán tìm kiếm thông tin trong bảng định tuyến**

#### ***i, Khái niệm về tìm kiếm địa chỉ IP***

Trên mỗi bộ định tuyến, các thông tin xử lý cho bảng chuyển tiếp được xây dựng được từ một bảng định tuyến, trên đó chỉ rõ địa chỉ cần đến và đường đi tương ứng. Bộ định tuyến dựa vào địa chỉ của gói tin kết hợp với bảng định tuyến để chuyển gói tin đi đúng đến đích. Bảng định tuyến của một bộ định tuyến là một bảng trong đó bao gồm các khoản mục ở dạng <route – prefix , next – hop addr>, trong đó route–prefix là một tiền tố IP và next–hop addr là địa chỉ IP của chặng tiếp theo tương ứng với tiền tố route–prefix. Địa chỉ đích sẽ được đưa ra so sánh sự phù hợp với tiền tố tuyến khi các bit của tiền tố là giống với một số bit đầu tiên của địa chỉ đích. Tiền tố của địa chỉ IP là phương pháp đơn giản nhất để biểu diễn các nhóm địa chỉ IP liên kề nhau nên có thể coi một tiền tố là một tập các địa chỉ IP liên kề.

#### ***ii, Tìm kiếm tuyến tính***

Danh sách móc nối là một kiến trúc cơ sở dữ liệu đơn giản nhất. Thuật toán sẽ tra cứu các tiền tố đồng thời và đưa ra tiền tố phù hợp dài nhất. Độ phức tạp lưu trữ cho N tiền tố sẽ là  $O(N)$ . Thuật toán tra cứu này sẽ rất chậm khi trong thực tế là N lớn. Thời

---

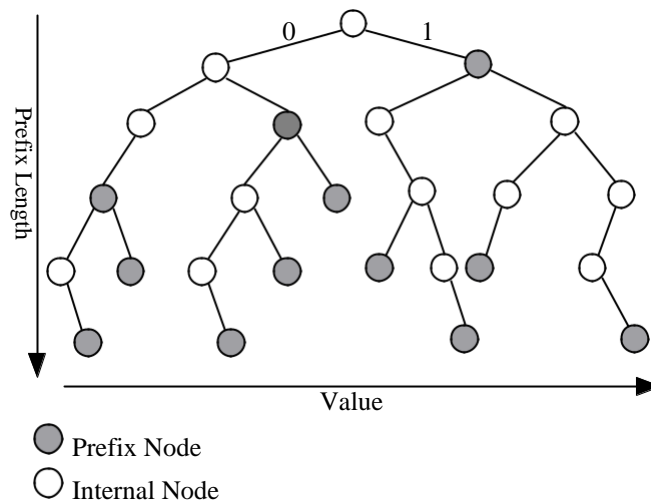
gian tra cứu trung bình của thuật toán tuyến tính có thể giảm nếu ta sắp xếp các tiền tố theo thứ tự độ dài giảm dần.

### **iii, Lưu vết**

Ý tưởng lưu vết lại những dữ liệu cần truy nhập thường xuyên lần đầu tiên được sử dụng để tăng cường hiệu năng bộ xử lý cũng có thể được ứng dụng cho việc tra cứu bảng định tuyến. Những địa chỉ đã từng được tìm kiếm và kết quả tra cứu được lưu trong bộ nhớ lưu vết đường đi. Việc tra cứu (sử dụng thuật toán tiền tố dài nhất phù hợp) bây giờ chỉ thực hiện khi mà địa chỉ đích đến không được tìm thấy trong bộ nhớ lưu vết.

#### **iv, Các phương pháp tìm kiếm dựa vào cây nhị phân**

Mỗi một cây nhị phân (hình 3.5) đều có thể được xem xét dưới hai khía cạnh của cây nhị phân.



*Hình 3.5: Các khía cạnh của một cây nhị phân*

Khía cạnh thứ nhất được nhìn theo phương thẳng đứng, đó là chiều dài của cây tìm kiếm hay chính là số bit để thực hiện đường đi từ nút gốc đến nút tiền tố (Prefix Node). Còn khía cạnh thứ hai được nhìn theo phương nằm ngang, đó là giá trị của nút tiền tố hay là số cổng đầu ra tương ứng với chuỗi bit đường đi. Tương ứng với các khía cạnh trên thì cũng có hai giá trị được sử dụng để tìm kiếm, đó là chiều dài tiền tố và giá trị tiền tố. Đồng thời trong phần này ta cũng sẽ xem xét đến hai phương pháp tìm kiếm đó là phương pháp tìm kiếm tuần tự và phương pháp tìm kiếm nhị phân.

#### **iv, Tìm kiếm tuần tự theo chiều dài tiền tố**

Phương pháp này sử dụng cách duyệt tất cả các tiền tố có trong bảng định tuyến cho đến khi tìm được tiền tố phù hợp dài nhất. Trong quá trình tìm kiếm thì khi tìm thấy được tiền tố phù hợp với đầu vào, ta không chỉ lưu giữ lại giá trị cổng ra mà ta

---

còn phải lưu giữ chiều dài của tiền tố phù hợp. Kết quả cuối cùng thì tiền tố phù hợp nào có chiều dài lớn nhất sẽ được chọn là tiền tố phù hợp dài nhất.

Trong trường hợp xấu nhất để tìm ra được tiền tố phù hợp dài nhất thì thuật toán phải so sánh  $N$  lần với  $N$  là số khoản mục trong bảng định tuyến. Do vậy độ phức tạp của thuật toán tìm kiếm tuần tự sẽ có bậc là  $O(N)$ .

#### *Tìm kiếm nhị phân theo chiều dài tiền tố*

Trong phương pháp tìm kiếm này thì bảng định tuyến sẽ được sắp xếp theo thứ tự chiều dài tiền tố từ nhỏ đến lớn. Phương pháp tìm kiếm nhị phân theo chiều dài tiền tố sẽ coi tất cả các tiền tố trong bảng định tuyến là một không gian tìm kiếm. Sau mỗi bước kiểm tra thì không gian này sẽ được chia làm đôi hoặc là gồm tất cả các tiền tố có chiều dài lớn hơn chiều dài đang kiểm tra hoặc là gồm tất cả các tiền tố có chiều dài nhỏ hơn chiều dài đang kiểm tra tùy thuộc vào kết quả kiểm tra. Thuật toán sẽ dừng lại khi không gian này chỉ còn duy nhất một tiền tố. Tiền tố phù hợp dài nhất chính là tiền tố đã được lưu lại cuối cùng trong tất cả các bước kiểm tra.

Trong trường hợp xấu nhất để tìm ra được tiền tố phù hợp dài nhất thì thuật toán phải so sánh  $\log_2 W$  lần với  $W$  là chiều dài của tiền tố dài nhất trong bảng định tuyến. Do vậy độ phức tạp của thuật toán sẽ có bậc là  $O(\log_2 W)$ .

#### *Tìm kiếm tuần tự theo giá trị tiền tố*

Phương pháp này sử dụng cách duyệt tất cả các cổng ra có trong bảng định tuyến cho đến khi tìm được tiền tố phù hợp dài nhất. Trong quá trình tìm kiếm thì khi tìm thấy được tiền tố phù hợp với đầu vào, ta không chỉ lưu giữ lại giá trị cổng ra mà ta còn phải lưu giữ chiều dài của tiền tố phù hợp. Kết quả cuối cùng thì tiền tố phù hợp nào có chiều dài lớn nhất sẽ được chọn là tiền tố phù hợp dài nhất.

Trường hợp này giống như trong tìm kiếm tuần tự theo chiều dài tiền tố nên cũng có độ phức tạp của thuật toán tìm kiếm tuần tự sẽ có bậc là  $O(N)$ .

#### *Tìm kiếm nhị phân theo giá trị tiền tố*

Trong phương pháp tìm kiếm này thì chiều dài lớn nhất trong tất cả các tiền tố có trong bảng dùng để phân chia không gian giá trị tiền tố theo dải địa chỉ.

Trong trường hợp xấu nhất để tìm ra được tiền tố phù hợp dài nhất thì thuật toán phải so sánh  $\log_2(2*N)$  lần với  $N$  là số khoản mục trong bảng định tuyến. Do vậy độ phức tạp của thuật toán tìm kiếm tuần tự sẽ có bậc là  $O(\log_2(2*N))$ .

### **v, Các phương pháp tìm kiếm dựa trên bảng băm**

Cấu trúc bảng định tuyến như trên thực hiện việc tìm kiếm cổng ra bằng cách so sánh các khoản mục của bảng với địa chỉ đầu vào, do vậy thời gian truy xuất không

---

---

nhANH và phụ thuộc vào kích thước của bảng. Một phương pháp khác được sử dụng dựa trên cấu trúc bảng định tuyến có tên là bảng băm (Hash Table). Cơ sở của phương pháp này dựa vào 3 điểm quan trọng sau đây: Thứ nhất, sử dụng băm để kiểm tra xem một địa chỉ có phù hợp với tiền tố chiều dài riêng biệt hay không. Thứ hai, tìm kiếm nhị phân để giảm số bước tìm kiếm xuống từ hàm tuyến tính thành hàm loga. Thứ ba, sử dụng tính toán trước để ngăn chặn Backtracking khi thất bại trong việc tìm kiếm nhị phân. Với mỗi loại bảng băm ta phải xác định được tập khoá  $K$ , xác định tập địa chỉ  $M$  và xây dựng được hàm băm. Hàm băm là hàm biến đổi khoá của nút thành địa chỉ trên bảng băm. Một bảng băm cho bảng định tuyến có thể được thực hiện như sau: Tập khoá đầu vào sẽ là tất cả các tiền tố phù hợp cùng với các cổng tương ứng sẽ được phân ra thành các tập có cùng chiều dài, mỗi tập sẽ có chiều dài khác nhau. Khi đó ta sẽ xây dựng được một bảng băm gồm hai thành phần là chiều dài và con trỏ tương ứng chỉ đến địa chỉ của mảng chứa các tiền tố có chiều dài đã chọn. Quá trình tìm kiếm với bảng băm được thực hiện bằng hai phương pháp tìm kiếm tuần tự và tìm kiếm nhị phân.

#### *Tìm kiếm tuần tự với bảng băm*

Phương pháp tìm kiếm tuần tự trên bảng băm được thực hiện từ tiền tố có chiều dài tiền tố dài nhất cho đến khi kết thúc. Nếu việc so sánh là thành công thì thuật toán sẽ dừng lại, nếu không thì chiều dài sẽ được giảm xuống đến giá trị gần nhất với giá trị đang xét. Giả sử tập khoá đầu vào của bảng băm có  $K$  khoá và chiều dài của tập giá trị tương ứng với khoá là  $M$ . Do tìm kiếm tuần tự trên cả tập khoá và tập giá trị nên quá trình so sánh phải thực hiện nhiều nhất là  $K \cdot M$  lần so sánh. Do vậy độ phức tạp của thuật toán tìm kiếm tuần tự sẽ có bậc là  $O(K \cdot M)$ .

#### *Tìm kiếm nhị phân với bảng băm*

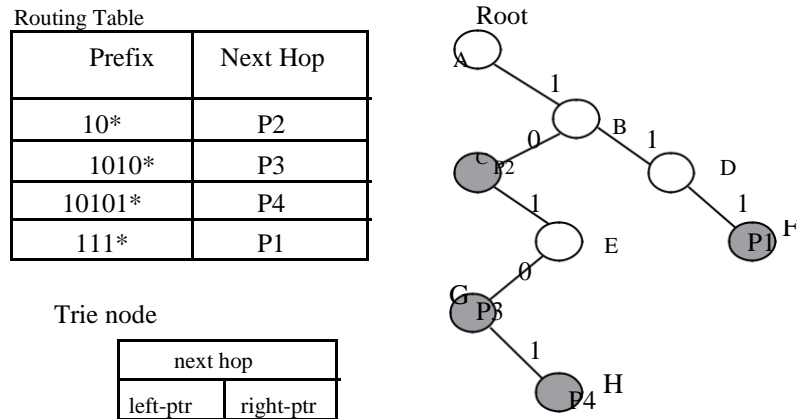
Trong phương pháp này ta sẽ tìm kiếm nhị phân trong tập các chiều dài của tiền tố. Ta cũng coi như tất cả các chiều dài này là một không gian, mỗi bước thì không gian này sẽ được chia làm đôi tùy theo kết quả mà xét bước tiếp theo hướng không gian có chiều dài tăng hay giảm so với chiều dài đang xét. Thuật toán sẽ dừng lại khi không gian này chỉ còn duy nhất một chiều dài. Để thực hiện được thuật toán này thì tập khoá đầu vào là chiều dài phải được sắp xếp theo thứ tự từ nhỏ đến lớn.

Giả sử tập khoá đầu vào của bảng băm có  $K$  khoá và chiều dài của tập giá trị tương ứng với khoá là  $M$ . Do tìm kiếm là nhị phân trên tập khoá và tuần tự trên tập giá trị nên quá trình so sánh phải thực hiện nhiều nhất là  $\log_2 K \cdot M$  lần so sánh. Do vậy độ phức tạp của thuật toán tìm kiếm tuần tự sẽ có bậc là  $O(\log_2 K \cdot M)$ .

---

### ***vi, Phương pháp tìm kiếm sử dụng cây nhị phân (Binary Tree)***

Thông qua bảng định tuyến với các tiền tố phù hợp và các cổng ra, ta sẽ xây dựng lên được cây nhị phân với mục đích để tìm kiếm đầu ra tương ứng với các đầu vào. Cây nhị phân này sẽ bao gồm các nút mà mỗi nút trong đó sẽ có ba thành phần: Thành phần thông tin chỉ ra cổng ra tương ứng với tiền tố và hai con trỏ trái và phải để chỉ đến nút tiếp theo tương ứng theo hướng đi sang trái hoặc đi sang phải. Nếu nút không có các thành phần trái hoặc phải thì các con trỏ trái hoặc phải sẽ có giá trị là NULL.



Hình 3.6: Ví dụ về một cây nhị phân

Ta sẽ quy ước rằng nếu bit tiếp theo trong địa chỉ là 0 thì đường liên kết tiếp theo sẽ đi theo nút con trỏ trái chỉ tới, ngược lại nếu bit tiếp theo trong địa chỉ là 1 thì đường liên kết tiếp theo sẽ đi theo nút con trỏ phải chỉ tới. Cây nhị phân sẽ có một nút gốc (Root) tương ứng với tiền tố có chiều dài bằng 0 (tiền tố \*). Ví dụ về cây nhị phân của một bảng định tuyến như hình vẽ 3.6. Trong phương pháp tìm kiếm sử dụng cây nhị phân, ta sẽ duyệt cây nhị phân theo chuỗi bit đầu vào bắt đầu từ nút gốc theo quy tắc: Với bit 0 thì ta sẽ đi về bên trái của nút còn bit 1 thì ta sẽ đi về phía bên phải của cây. Trong quá trình duyệt cây, tiền tố được gặp trong quá trình đi từ nút gốc sẽ được lưu lại và tiền tố được gặp cuối cùng sẽ là tiền tố phù hợp dài nhất. Thuật toán sẽ kết thúc nếu chuỗi bit đầu vào kết thúc hoặc không còn đường đi tiếp theo trong quá trình duyệt do nút trái hoặc nút phải của nút đang duyệt không có hoặc ta đã duyệt đến nút lá. Độ phức tạp của thuật toán có bậc là  $O(W)$  với  $W$  là chiều dài tiền tố dài nhất trong bảng định tuyến.

### ***vii, Phương pháp tìm kiếm sử dụng cây Patricia***

Trong phần này ta sẽ xem xét một cấu trúc cây khác so với cây nhị phân đã trình bày phần trước. Cấu trúc cây Patricia (PATRICIA-Practical Algorithm To Retrieve Information Coded In Alphanumeric) được nén xuống từ cây nhị phân với sự khác biệt

---

là trong trong cây Patricia sẽ không có một nút nào chỉ có một nút con (Cây Patricia lúc này sẽ là một cây nhị phân đúng-Strictly binary tree). Mỗi chuỗi đường đi được nén thành một đường đơn trong một cây Patricia. Do đó giải thuật để duyệt cây có thể không cần thiết phải kiểm tra tất cả các bit liên tiếp trong địa chỉ mà có thể bỏ qua một số bit tùy thuộc vào nhãn của đường đi. Mỗi nút trong cây Patricia bây giờ sẽ được lưu trữ thêm một trường để xác định rõ vị trí bit trong địa chỉ dùng để xác định nhánh đi tiếp theo của nút. Các tiền tố sẽ được lưu trữ tại các nút lá (nút không có nút con) của cây Patricia. Giải thuật tìm kiếm sẽ di dọc theo cây từ nút gốc đến nút lá của cây tùy theo chuỗi địa chỉ đầu vào. Tại mỗi nút thì nó sẽ thăm dò đường đi tiếp theo bằng bit trong địa chỉ được chỉ thị bởi trường vị trí bit của nút. Khi giải thuật tìm kiếm đạt đến được nút lá của cây, nó sẽ thực hiện so sánh giữa địa chỉ đầu vào và với tiền tố được lưu trong nút lá. Tiền tố này sẽ được trả lời là tiền tố phù hợp dài nhất nếu kết quả so sánh là phù hợp. Nếu kết quả so sánh là không phù hợp thì giải thuật sẽ thực hiện quay lui đệ quy và tiếp tục tìm kiếm trên nút cha của nút lá này.

Nếu chiều dài của tiền tố dài nhất trong bảng định tuyến là  $W$  thì độ phức tạp của thuật toán tìm kiếm trên cây nhị phân sẽ là  $O(W^2)$  do việc tìm kiếm sẽ thực hiện đệ quy sang cả hai nhánh của nút cho đến khi tìm thấy LPM.

### ***viii, Phương pháp tìm kiếm hỗ trợ bởi phân cứng***

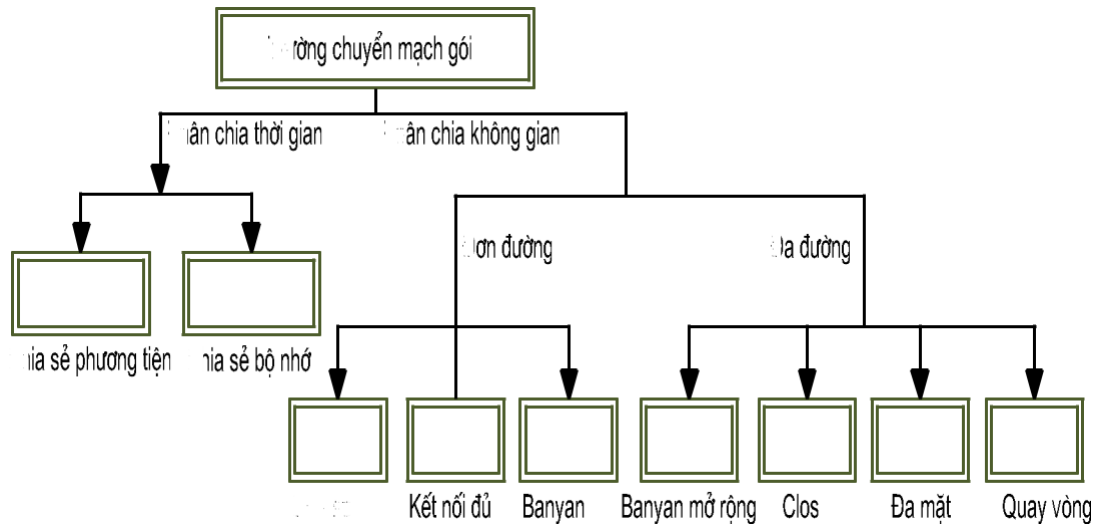
Các phương pháp tìm kiếm đã trình bày ở các phần trên đó chính là các giải pháp về phần mềm để nâng cao hiệu quả tìm kiếm của bộ định tuyến. Một giải pháp về phần cứng, đó là việc sử dụng bộ nhớ CAM cũng có thể được sử dụng để nâng cao hiệu quả tìm kiếm. Mỗi một bộ nhớ CAM sẽ lưu giữ nhiều khoản mục có cùng chiều dài trong bảng định tuyến, nghĩa là các tiền tố có cùng chiều dài sẽ được lưu vào trong một bộ nhớ CAM. Khi có một địa chỉ đầu vào để tìm kiếm tiền tố phù hợp dài nhất thì địa chỉ này sẽ được đưa đến tất cả các bộ nhớ CAM để tìm kiếm song song. Kết quả đầu ra sẽ so sánh độ ưu tiên để có được tiền tố phù hợp dài nhất. Như vậy việc tìm kiếm sẽ có kết quả đầu ra chỉ sau một vài chu kỳ truy nhập bộ nhớ vì tất cả các khoản mục trong bảng định tuyến được tìm kiếm song song tất cả trên bộ nhớ CAM.

Mặc dù CAM hiệu quả về mặt tốc độ tìm kiếm giá thành cao và CAM chỉ có thể thực hiện tìm kiếm trên toàn bộ địa chỉ chứa trong nó mà không hỗ trợ cho việc tìm kiếm một tiền tố có chiều dài bất kỳ. Vì vậy, Một giải pháp khác mềm dẻo hơn sử dụng bộ nhớ CAM, đó là việc sử dụng các bộ nhớ TCAM (Ternary-CAM) có khả năng so sánh địa chỉ đầu vào với các tiền tố có chiều dài thay đổi.

### 3.3. KIẾN TRÚC TRƯỜNG CHUYỂN MẠCH GÓI

#### 3.3.1 Phân loại kiến trúc trường chuyển mạch gói

Các thiết bị chuyển mạch gói tốc độ cao thường sử dụng một ma trận chuyển mạch làm cơ cấu chuyển tiếp gói tin. Trong mục này sẽ trình bày tổng quan về cấu trúc và một số nguyên tắc cơ sở của các kiểu trường chuyển mạch gói. Hình 3.7 dưới đây chỉ ra mô hình phân chia tổng quan các kiểu kiến trúc trường chuyển mạch gói.



Hình 3.7: Phân loại các kiến trúc 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 và chuyển mạch phân chia không gian. Chuyển mạch phân chia thời gian 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.

#### 3.3.2 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. Một số bộ định tuyến thuộc vùng mạng truy nhập sử dụng kiến trúc này và thuộc về các thể hệ đầu và thể hệ hai của bộ định tuyến.

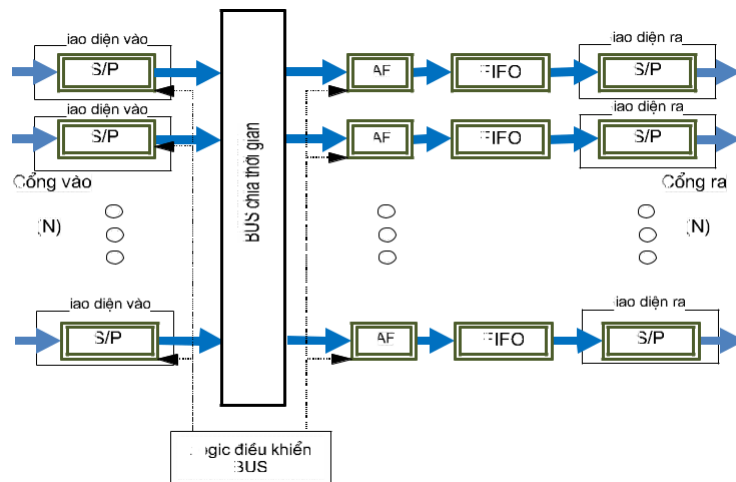


### ***i, Chuyển mạch chia sẻ phương tiện***

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.

Để thực hiện chuyển mạch qua phương tiện sử dụng chung, trường chuyển mạch được điều khiển bởi khối logic điều khiển *bus*. Truy nhập phương tiện dùng chung được điều khiển theo một trong các phương pháp như điều khiển sử dụng thẻ, điều khiển phân tán sử dụng báo hiệu giữa các cổng đầu vào và đầu ra, điều khiển phân tán đồng bộ sử dụng Bus ghép kênh chia thời gian.

Như chỉ ra trên hình 3.8 các cổng đầu ra được gắn trực tiếp với bộ lọc địa chỉ AF 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 nhằm tăng hiệu quả xử lý gói tin.



***Hình 3.8: Cấu trúc trường chuyển mạch chia sẻ phương tiện***

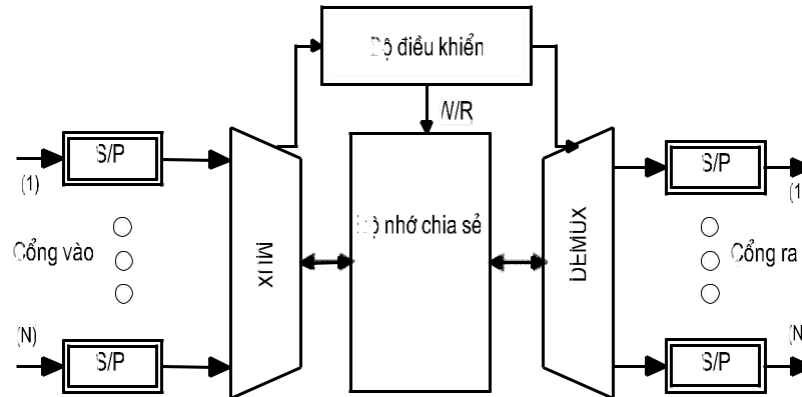
Điểm bất lợi lớn nhất của kiến trúc này là dung lượng trường chuyển mạch bị giới hạn bởi tốc độ bộ nhớ. Trong thực tế, khi tất cả  $N$  gói đầu vào đều cùng ra một cổng đầu ra. Các bộ đệm đầu ra không thể lưu toàn bộ  $N$  gói tin trong một khe thời gian nếu trường chuyển mạch có kích thước lớn và tốc độ đầu vào quá cao. Việc thiếu bộ nhớ đệm 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.

### ***ii, Chuyển mạch chia sẻ bộ nhớ.***

Trong cấu trúc chia sẻ bộ nhớ như chỉ ra trên hình 3.9, các gói tin được ghép theo thời gian thành một luồng dữ liệu đơn và chuyển tuần tự vào bộ nhớ chia sẻ. 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 cỡ của bộ nhớ có thể đặt phù hợp với yêu cầu để giữ tỉ lệ mất mát gói tin dưới một giá trị chọn trước. Tuy nhiên, nhược điểm chính cũng nảy sinh từ vấn đề lựa chọn kích cỡ bộ nhớ này, khi bộ nhớ phải duy trì một không gian tối thiểu đồng thời phải mềm dẻo để đáp ứng sự bùng nổ của lưu lượng.



Hình 3.9: Kiến trúc trường chuyển mạch chia sẻ bộ nhớ

Bộ nhớ chia sẻ là bộ nhớ gồm hai cổng (kép), cổng ghi cho các giao diện đầu vào và cổng đọc cho các giao diện đầu ra. Mặt khác, bộ nhớ chia sẻ được tổ chức thành  $N$  hàng đợi tách biệt tương ứng với  $N$  đầu ra, tuy nhiên không gian bộ nhớ ( $S$ ) không bắt buộc phải phân hoạch hoàn toàn. Dưới góc độ tổng quát, các gói tin đầu vào thuộc vào  $N$  lớp sẽ tương ứng với  $N$  hàng đợi đầu ra, không gian bộ nhớ được chia thành  $(N+1)$  vùng tương ứng với  $N$  cổng đầu ra được ký hiệu là  $s_j$  với  $(j=1,2,...,N)$  và một vùng nhớ  $s_0$  sử dụng chung. Tùy thuộc vào phương pháp phân vùng  $s_j$  ta có 3 kiểu chia sẻ vùng nhớ.

*Chia sẻ hoàn toàn giữa  $N$  cổng đầu vào:*  $s_0=S$  và  $s_j=0$  với  $j=1,...,N$ . Bộ nhớ không phân hoạch thành các vùng nhớ và các gói tin chuyển tới đầu ra có thể được đệm tại bất kỳ vị trí nào trong bộ nhớ. Bộ điều khiển chỉ định các vùng nhớ cho các gói tin đến và duy trì một danh sách liên kết các gói tin cho mỗi hàng đợi đầu ra.

*Phân hoạch hoàn toàn giữa  $N$  đầu ra với  $s_0=0$ :* Kiểu chia sẻ này rất đơn giản trong quản lý: Từng phần bộ nhớ được chỉ định cho mỗi đầu ra, các gói tin được đọc từ đỉnh hàng đợi bởi giao diện đầu ra. Nếu gói tin tới hàng đợi đã đầy, gói tin sẽ bị loại bỏ.

*Phân hoạch từng phần:* Hai kiểu chia sẻ bộ nhớ trên đây 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. Kiểu phân hoạch từng phần là tổ hợp của hai kiểu

---

trên với  $0 < s_0 < S$ , kiểu chia sẻ này duy trì một lượng bộ nhớ tối thiểu cho tất cả các cổng đầu ra và vì vậy sẽ giảm bớt được nhược điểm của kiểu phân hoạch hoàn toàn khi trường hợp tải đầu ra lớn.

Để cải thiện hiệu năng của trường chuyển mạch chia sẻ bộ nhớ, người ta thường sử dụng hàng đợi logic để tránh tranh chấp đầu ra hoặc cải thiện phương thức truy nhập bộ nhớ. Các gói tin trong cùng một luồng tin đầu vào đến trường chuyển mạch được tách ra thành các dòng bit song song và đưa tới bộ nhớ chung. Các gói tin kết cuối trên cùng một cổng đầu ra liên kết với các gói khác qua hàng đợi logic, hàng đợi logic được hình thành bởi hai con trỏ: con trỏ đầu (Header) và con trỏ đuôi (Tailer). Con trỏ đầu sử dụng để chỉ tới gói tin đầu tiên của hàng đợi và con trỏ đuôi chỉ tới gói cuối cùng của hàng đợi hoặc vị trí trống cho hàng đợi tiếp theo. Phương thức truy nhập bộ nhớ theo kiểu truy nhập ngẫu nhiên được thay thế bởi sử dụng kiểu bộ nhớ chỉ nội dung CAM (Content Addressable Memory). Ngoài ra còn có các giải pháp ghép hợp với chuyển mạch không gian hoặc sử dụng các bộ nhớ song song.

### 3.3.3 Chuyển mạch phân chia không gian

Trong mạng 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. 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. Vấn đề trung tâm và mang bản chất cố hữu của các trường chuyển mạch không gian là vấn đề tắc nghẽn nội, nhất là khi trường chuyển mạch được xây dựng bởi kết nối đa tầng. Vấn đề này phụ thuộc chủ yếu vào kiến trúc của các trường chuyển mạch. Mặt khác, kể cả khi kiến trúc ma trận chuyển mạch không tắc nghẽn, hiện tượng tranh chấp đầu ra vẫn có thể xảy ra và được giải quyết bởi giải pháp bố trí các bộ đệm trong trường chuyển mạch.

Các mạng chuyển mạch không gian được phân chia dựa trên số lượng đường dẫn khả dụng giữa các cặp đầu vào và đầu ra. Các mạng chuyển mạch đơn đường 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. Mạng chuyển mạch đơn đường có các kiểu chuyển mạch *Crossbar*, 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.

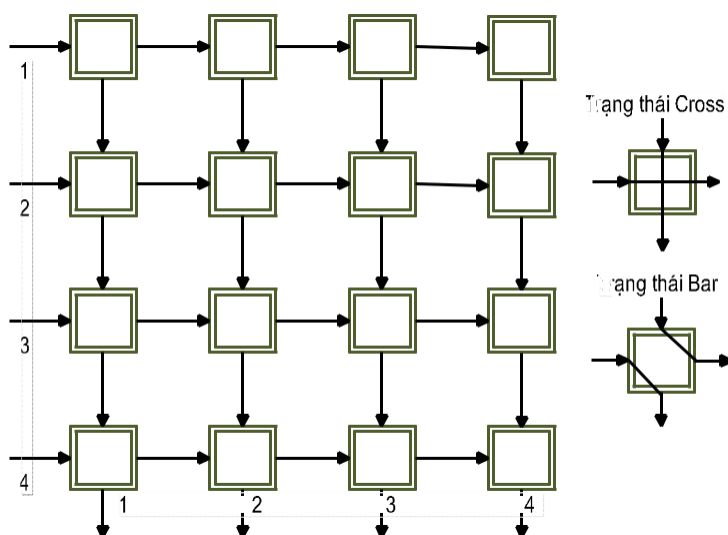
#### *i, Chuyển mạch crossbar*

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*),

một ma trận chuyển mạch ( $N \times N$ ) có  $N^2$  điểm kết nối chéo. Để thiết lập một đường dẫn từ một đầu vào  $I_i$  tới một đầu ra  $O_j$ , các chuyển mạch  $(i, 1)$  tới  $(i, j-1)$  và  $(i+1, j)$  tới  $(N, j)$  được đặt vào trạng thái *Cross*, và chuyển mạch  $(i, j)$  được đặt vào trạng thái *Bar*. Hình 3.10 chỉ ra ví dụ của một ma trận *crossbar* kích thước  $(4 \times 4)$ .

Độ phức tạp phần cứng của ma trận *Crossbar* là một hàm của các điểm đầu nối chéo và tăng theo số lượng điểm kết nối chéo. Ta sẽ xem xét số lượng điểm kết nối chéo tốt nhất có thể có của ma trận chuyển mạch *Crossbar*. Ta có mỗi điểm kết nối chéo gồm hai trạng thái, vì vậy một trường chuyển mạch có  $k$  điểm kết nối chéo, thì sẽ có  $2^k$  trạng thái. Một chuyển mạch  $N \times N$  không tắc nghẽn phải thiết lập được các điểm kết nối chéo cho  $N!$  cách kết nối đầu vào với đầu ra. Điều này được thực hiện với  $\log_2(N!)$  phần tử hai trạng thái.

Như vậy, độ phức tạp của trường chuyển mạch *Crossbar* sử dụng các phần tử hai trạng thái bằng  $O(N \log_2 N)$ .



Hình 3.10: Kiến trúc ma trận chuyển mạch *Crossbar*

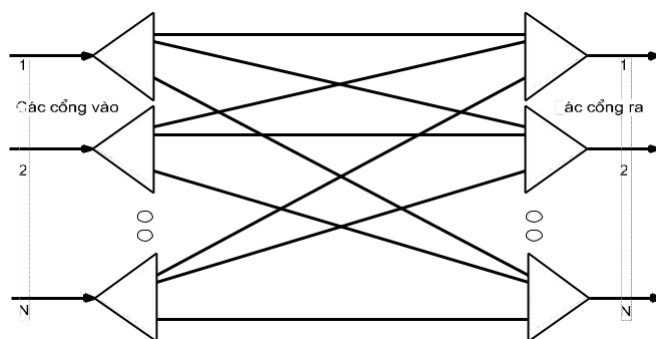
Trong kỹ thuật chuyển mạch kênh, các tiếp điểm được điều khiển từ một trung tâm điều khiển khu vực LOC (Local Controller); trong ma trận *Crossbar* sử dụng trong mạng chuyển mạch gói, các phần tử đầu nối chéo thực hiện trực tiếp việc kết nối thông qua các bit tại tiêu đề gói tin. Các đặc tính tự kết nối là một đặc điểm riêng của trường chuyển mạch gói, chức năng này còn được gọi là chức năng tự định tuyến (self routing). 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.

## ii, 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 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 3.11 chỉ ra một ví dụ của kiểu trường chuyển mạch 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 các đầu ra của các cổng. Chuyển mạch kết nối đầy đủ có tốc độ xử lý tiêu đề rất lớn không gian tiêu đề 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.



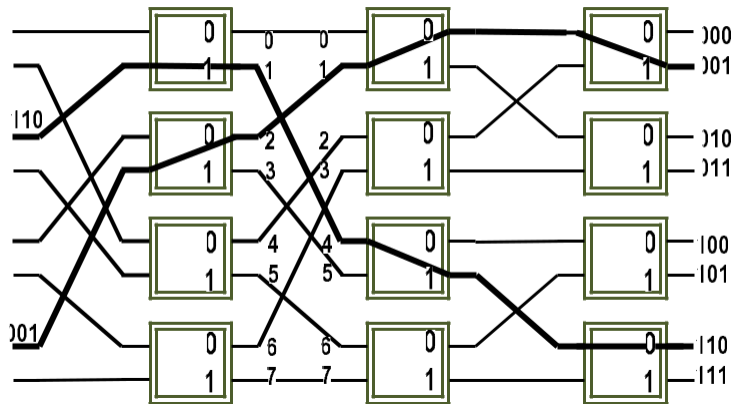
Hình 3.11: Chuyển mạch không gian kiểu kết nối đầy đủ

### iii, Chuyển mạch dựa trên cấu trúc Banyan.

Như ta đã biết, kiến trúc chuyển mạch ghép đa tầng thường được sử dụng trong các hệ thống chuyển mạch nhằm giảm thiểu độ phức tạp phần cứng và mở rộng dung lượng. Trong mục này ta tập trung vào một số vấn đề cơ bản liên quan tới các trường chuyển mạch đa tầng kết nối kiểu hình cây, còn được gọi là mạng *banyan*. Các đặc tính cơ bản của mạng *banyan* gồm: (1) Mạng banyan gồm  $k = \log_2 N$  tầng và mỗi

tầng có  $\frac{N}{2}$  node, (2) Mạng banyan có đặc tính tự định tuyến qua sử dụng  $k$  bit địa chỉ, 2 mỗi bit sử dụng để định tuyến qua một tầng và (3) Luật đầu nối đơn giản và tường minh.

Hình 3.12 chỉ ra ví dụ về tuyến kết nối tự định tuyến qua mạng *banyan* kích thước  $(8 \times 8)$  với các phần tử đầu nối là ma trận  $(2 \times 2)$ , trong trường hợp tổng quát mạng *banyan* được cấu thành từ các phần tử ma trận  $(n \times n)$ . Các đường đậm chỉ ra con đường tự định tuyến, tuyến nối xác định bằng một chuỗi gồm  $k$  bit nằm trong tiêu đề của gói tin theo thứ tự các tầng. Các kết nối liên tầng được xác định bởi phương pháp hoán vị xáo trộn.



Hình 3.12: Ví dụ về mạng banyan (8x8)

- Hiện tượng nghẽn nội trong mạng banyan.

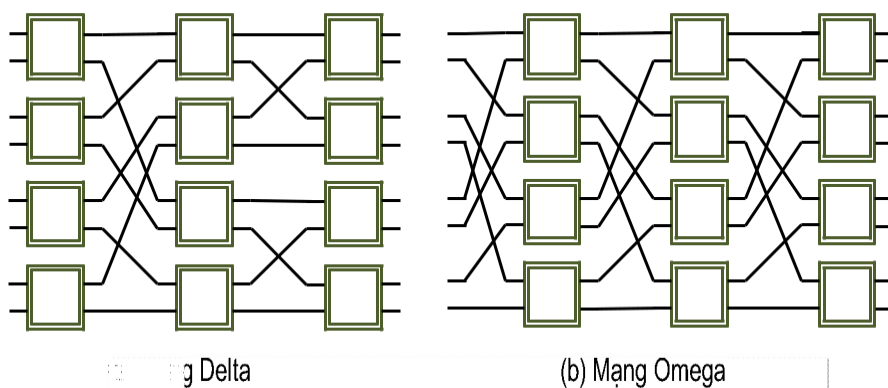
Hiện tượng tắc nghẽn nội trong trường chuyển mạch *banyan* xảy ra khi có hiện tượng tranh chấp liên kết giữa các tầng chuyển mạch. Nói cách khác, hiện tượng tắc nghẽn nội xảy ra khi hai điều kiện sau thỏa mãn: không có một đầu vào rỗi giữa hai đầu vào hoạt động bất kỳ và các địa chỉ đầu ra của các gói đều trên cùng một cổng phía trên hoặc phía dưới. 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*. Mục tiêu của quá trình phân lô là phân tán lưu lượng điều khiển qua các mẫu liên kết giữa các tầng nhằm giảm thiểu tranh chấp.

- Các kiểu trường chuyển mạch dựa trên cấu trúc banyan

Tùy theo các mẫu kết nối trung gian giữa các tầng chuyển mạch và đặc tính kết nối mà mạng chuyển mạch dựa trên cấu trúc *banyan* có các tên gọi khác nhau. Trong đó, các mạng *delta* là một phân lớp của các mạng dựa trên cấu trúc *banyan* có đặc tính tự định tuyến. Rất nhiều kiểu mạng *delta* như: mạng *omega*, *flip*, *cube*, mạng *tráo đổi* (dựa trên hoán vị *tráo đổi*) và các mạng *baseline*. Hình 3.13 minh họa hai kiểu mạng dựa trên cấu trúc *banyan*.

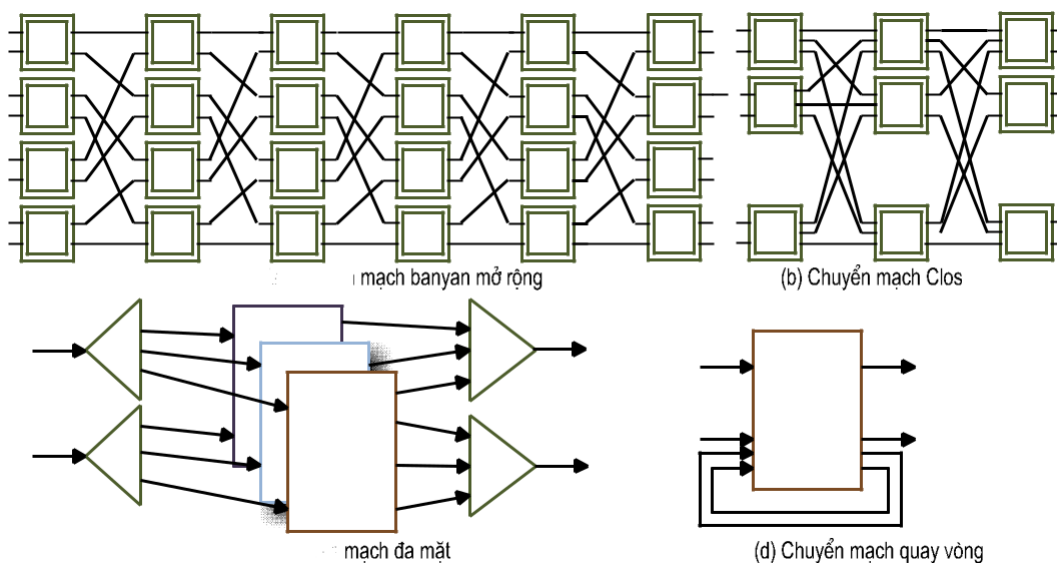
Các kiểu mạng chuyển mạch *delta* có một số ưu điểm chính:

- 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.



Hình 3.13: Các trường chuyển mạch trong họ banyan

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* chưa mở rộng. Tuy nhiên, nhược điểm chính 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:* Phương pháp ghép nối Clos nhằm xây dựng mạng chuyển mạch không tắc nghẽn hoàn toàn gồm 3 tầng chuyển mạch. Trường chuyển mạch Clos cho phép giảm độ phức tạp của hệ thống xuống còn  $O(N^{3/2})$ . 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, vấn đề này không được đặt ra đối với các yêu cầu kết nối chuyển mạch kênh vì các yêu cầu kết nối kênh đã được thực hiện trong pha thiết lập cuộc gọi. Hơn nữa, trên thực tế, rất khó đạt được khả năng không tắc nghẽn hoàn toàn nếu trường chuyển mạch không phải là trường chuyển mạch có cấu trúc không tắc nghẽn hoàn toàn, nhất là với các dạng lưu lượng biến động lớn. Việc tăng các kết nối trung gian cũng sẽ làm giảm khả năng tắc nghẽn nhưng đồng thời làm tăng độ phức tạp của điều khiển.

*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 tồn 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.

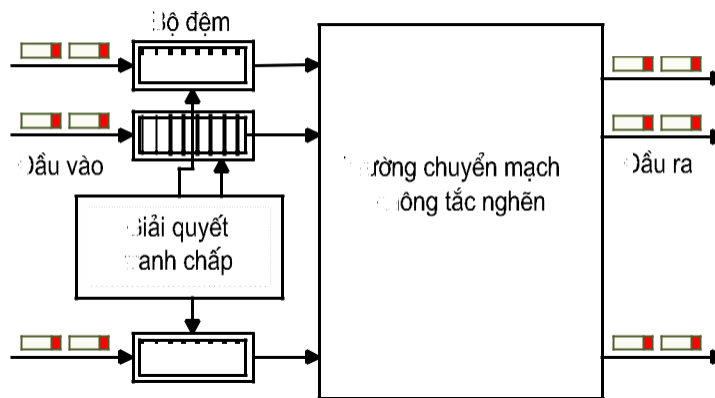
### **3.4 CÁC KIỂU BỐ TRÍ HÀNG ĐỘI**

#### **3.4.1 Các kiểu kiểu bố trí hàng đợi cơ bản**

##### ***i, Hàng đợi đầu vào***

Các trường chuyển mạch có cấu trúc hàng đợi đầu vào gồm một ma trận không gian bố trí các hàng đợi tại tất cả các cổng đầu vào để giải quyết vấn đề tranh chấp. Mô hình trường chuyển mạch hàng đợi đầu vào được chỉ ra trên hình 3.15.





Hình 3.15: Chuyển mạch bố trí đệm đầu vào

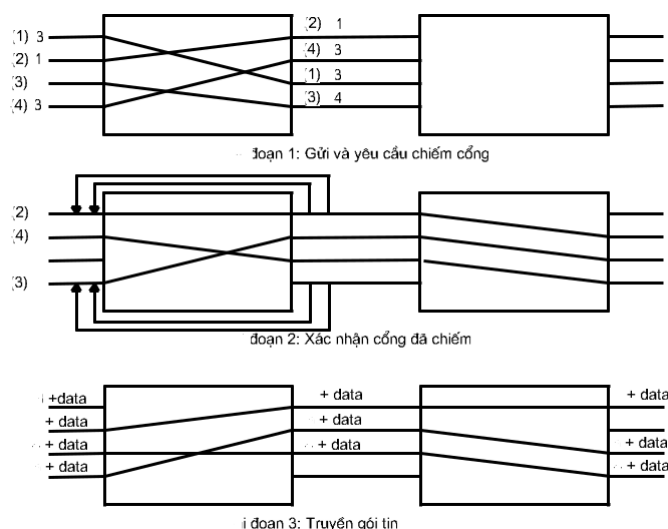
Cấu trúc trường chuyển mạch đệm đầu vào gồm ba khối chức năng: (1) Các hàng đợi đầu vào; (2) Khối chuyển mạch không tắc nghẽn; (3) Khối giải quyết tranh chấp.

Các gói tin được lưu giữ đầu tiên tại các hàng đợi đầu vào chờ cho đến khi đầu ra rồi. 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 (tốc độ ghi/đọc bộ nhớ) cân bằng và xấp xỉ với tốc độ cổng. Vì vậy, chuyển mạch với cơ chế hàng đợi đầu vào có thể tăng kích thước tương đối dễ dàng.

Tuy nhiên, chuyển mạch có cấu trúc hàng đợi đầu vào phải đối mặt với vấn đề độ thông qua bị hạn chế bởi hiện tượng nghẽn đầu luồng 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. Vì vậy, độ thông qua tối đa của trường chuyển mạch sử dụng hàng đợi đầu vào chỉ đạt 58,6%. 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 qua thuật toán chiếm cổng 3 giai đoạn. Ngoài ra còn một số lược đồ dựa trên kiểu quay vòng các khoảng thời gian chiếm cổng và phương pháp chiếm cổng đầu ra ảo.

*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 đợi, gửi gói yêu cầu, chỉ chứa địa chỉ nguồn và địa chỉ đích qua mạng phân lô (*batcher*). Các gói được phân loại bởi mạng phân lô để phù hợp với đích yêu cầu. Tất cả các gói sẽ được thực hiện một quá trình lọc để tìm địa chỉ đích. Gói tìm thấy địa chỉ đích sẽ vòng lại để xác nhận cổng, tất cả các gói đầu vào trong luồng 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 *batcher-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 đầu luồng (*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 3.16.



Hình 3.16: Lưu đồ xử lý ba 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 để xử lý định tuyến.

*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 đấu 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. Với giải pháp điều khiển này, ma trận chuyển mạch không cần sử dụng cơ chế *Speedup* mà vẫn thực hiện được nhiệm vụ chuyển mạch.

---

Tuy nhiên, có hai điểm hạn chế với kiểu cấu trúc này: (1) tốc độ bit tăng lên trong mạch vòng tỉ lệ với kích thước của trường chuyển mạch; (2) không thoả mãn điều kiện công bằng tại quá trình chiếm token. Vì vậy, lược đồ này chỉ thích hợp cho các trường chuyển mạch nhỏ.

*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. Khi lưu lượng đầu vào cao, các gói sẽ bị loại bỏ theo thứ tự ưu tiên. Với các thuật toán giải quyết tranh chấp, hiệu năng trường chuyển mạch tăng đáng kể khi so sánh với các chuyển mạch hàng đợi đầu vào thuần túy. Mặc dù vậy, các thuật toán trên không đảm bảo được độ ổn định của tỉ lệ mất mát tế bào khi lưu lượng lớn. Để duy trì tỉ lệ mất mát tế bào, điểm mấu chốt là phải giải quyết tốt vấn đề nghẽn đầu luồng lưu lượng. Một số cấu trúc giải quyết tranh chấp khác đã được đề xuất gồm: mở rộng trường chuyển mạch, sử dụng kỹ thuật cửa sổ, hoặc kỹ thuật nhóm kênh.

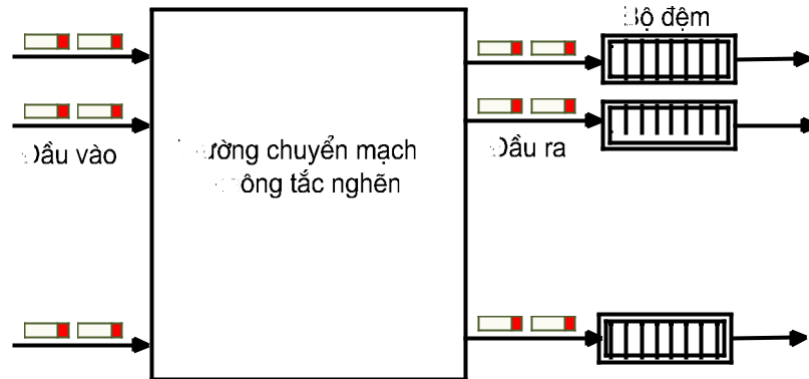
Kỹ thuật cửa sổ thường được sử dụng cùng với các hàng đợi đầu vào. Trong kỹ thuật này, tất cả các đầu vào được cho phép gửi các yêu cầu cho các gói của nó tuần tự trong hàng đợi của nó tại điểm bắt đầu của khe thời gian, cho đến khi một trong số chúng được chiếm hoặc có một con số chắc chắn của các lần thử tối đa (gọi là cửa sổ) được tìm thấy. Số lần thử tối đa không vượt quá cửa sổ kích thước  $w$ , nghĩa là các thuật toán đã chạy  $w$  lần trong một khoảng thời gian yêu cầu, vì vậy nó cần tốc độ bit rất cao. Kết quả mô phỏng chứng minh rằng độ thông qua tăng lên cùng với kích thước của cửa sổ  $w$ .

Trong kỹ thuật nhóm kênh, các đầu ra chuyển mạch được chia thành các nhóm kênh kích thước  $n$  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 phải quan tâm trong lược đồ sử dụng kỹ thuật nhóm kênh 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. Hơn nữa, điều khiển chỉ định nhóm kênh trong trường hợp cửa sổ kích thước  $w$  cần chạy trên  $\log_2 n$  tầng địa chỉ phân cứng. Độ thông qua có thể đạt được trong trường hợp này là 0.9 trong trường hợp sử dụng nhóm kênh 32 ( $n=32$ ). Với cùng một kích thước nhóm kênh và cửa sổ, cải thiện độ thông qua trong lược đồ này được đánh giá là đơn giản hơn so với lược đồ cửa sổ.

---

## ii, Hàng đợi đầu ra

Như chỉ ra trên hình 3.17, chuyển mạch có hàng đợi 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 sử dụng cho các hàng đợi.



Hình 3.17: Chuyển mạch đệm đầu ra

Các tế bào tranh chấp cùng một đầu ra sẽ được lưu trữ tạm thời vào trong các hàng đợi này. Với chuyển mạch ( $N \times N$ ) trong trường hợp xấu nhất sẽ có  $N$  tế bào tranh chấp trong một khoảng thời gian tế bào. Vì vậy, tốc độ mong muốn của các bộ đệm đầu ra là lớn hơn  $N$  lần tốc độ đường liên kết.

Vì các chuyển mạch hàng đợi đầu ra không bị ảnh hưởng của vấn đề nghẽn đầu luồng dữ liệu, nên hiệu năng của trường chuyển mạch này tốt hơn so với các trường chuyển mạch trang bị bộ đệm đầu vào. Tuy nhiên, kiểu chuyển mạch này phụ thuộc rất lớn vào hiệu năng của hàng đợi đầu ra.

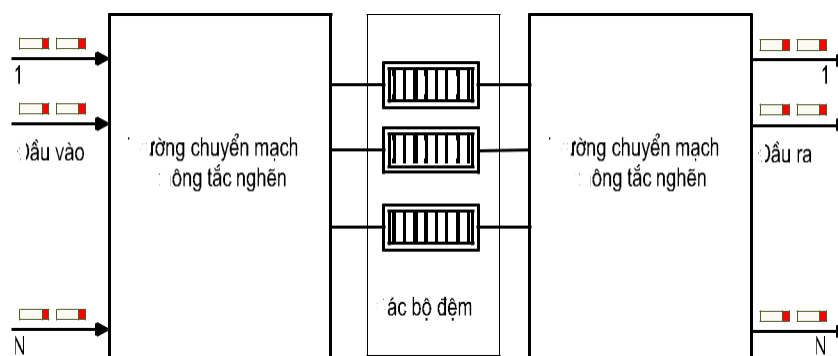
Theo lý thuyết hàng đợi, xác suất mất mát gói được xác định bởi hiệu quả của liên kết và kích thước bộ đệm. Nếu bộ đệm có kích thước  $N$  thì không có hiện tượng mất mát gói tin, trong khi dung lượng bộ đệm là  $(kN)$  thì số gói tin có khả năng bị mất do tràn bộ đệm là  $(N-k)$ . Một số tính toán cho thấy kích thước hàng đợi thường rất nhỏ (khoảng 2 gói tin) thì vẫn đảm bảo được hiệu suất sử dụng liên kết là 0.8. Mặt khác, nếu các hàng đợi được sử dụng riêng rẽ thì kích thước trường chuyển mạch là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất tới độ trễ trung bình của gói tin. Các tính toán lý thuyết cho thấy độ thông qua của trường chuyển mạch đệm đầu ra có thể đạt tới 80%.

## iii, Hàng đợi trung tâm

Chuyển mạch với hàng đợi trung tâm cũng được biết đến với tên gọi là hàng đợi chia sẻ, các trường chuyển mạch có bộ đệm trung tâm chỉ có một hàng đợi được chia sẻ cho các đầu vào và các đầu ra. Cấu trúc cơ bản của trường chuyển mạch có hàng đợi trung tâm chỉ ra trên hình 3.18. 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 gói tin đến được lưu trữ tạm thời trong bộ đệm và các đầu ra sẽ lựa chọn các gói tin có đích tới nó để đọc ra. Như vậy, giới hạn của trường chuyển mạch kiểu này chính là tốc độ truy nhập bộ nhớ.

Độ thông qua của trường chuyển mạch kiểu này tương đương với trường chuyển mạch sử dụng hàng đợi 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 có thể sử dụng phương pháp dùng chung.



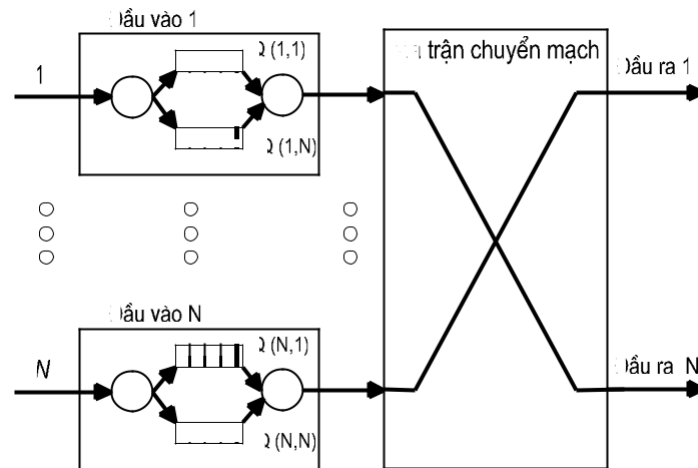
Hình 3.18: Trường chuyển mạch đệm trung tâm

Vì tiếp cận hàng đợi trung tâm tương tự như với chuyển mạch thời gian nên một vấn đề đáng chú ý là khi các gói tin đầu vào tới bộ đệm trung tâm và được chuyển ra tới các đầu ra khác nhau, các gói tin 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 sẻ bộ nhớ, một vấn đề mấu chốt luôn phải được quan tâm là khả năng xử lý *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 gói tin 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.

#### iv, Hàng đợi đầu ra ảo VOQ

Cấu trúc hàng đợi đầu ra ảo VOQ (Virtual Output Queuing) được sử dụng rộng rãi để hạn chế hiệu ứng tắc nghẽn của gói tin đầu luồng dữ liệu HOL và vì thế tăng độ thông qua của trường chuyển mạch. Tương tự như cấu trúc chuyển mạch hàng đợi đầu vào các gói tin được xếp hàng tại đầu vào nhưng các bộ đệm đầu vào được chia thành

$N$  hàng đợi logic, lưu trữ các gói tin định trước tới cổng đầu ra liên kết. Tuy nhiên, việc sử dụng hàng đợi logic dẫn tới các thuật toán lập lịch gia tăng độ phức tạp. Nếu mỗi một bộ đệm đầu vào có  $N$  hàng đợi FIFO thì tổng số hàng đợi sẽ là  $N^2$ , nói cách khác các gói tin đến một cổng đầu vào thứ  $i$  và sẽ ra cổng ra thứ  $j$  được lưu trong hàng đợi  $VOQ_{ij}$ , các gói tin đầu luồng lưu lượng của mỗi VOQ sẽ được lập lịch và được lựa chọn gói tin sẽ được chuyển đi.

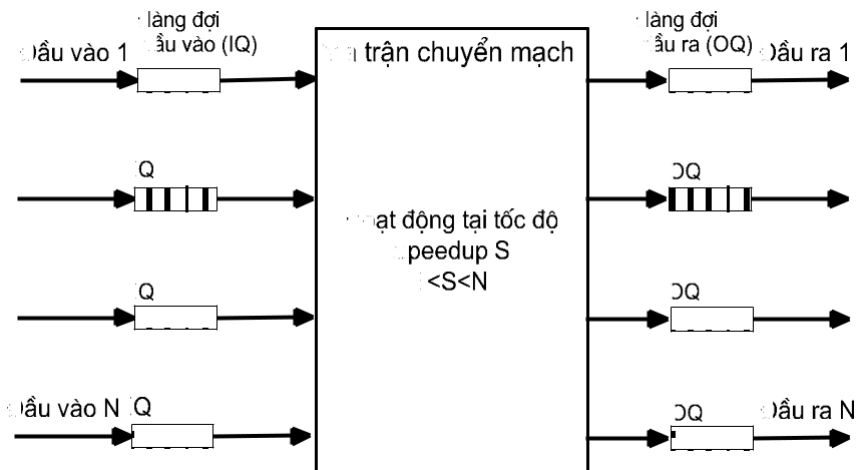


Hình 3.19: Trường chuyển mạch đệm đầu ra ảo

Nếu một trường chuyển mạch ổn định và xác định được đặc tính lưu lượng đầu vào thì trường chuyển mạch sử dụng VOQ trên có thể có độ thông qua tối đa 100%.

#### v, Tổ hợp hàng đợi đầu vào và hàng đợi đầu ra CIOQ

Tổ hợp hàng đợi đầu vào và hàng đợi đầu ra CIOQ (Combine Input Output Queueing) là một giải pháp khác để tránh nghẽn đầu luồng lưu lượng bằng cách cho phép mỗi một cổng đầu ra nhận được nhiều hơn một gói tin trong mỗi khe thời gian.



Hình 3.20 Cấu trúc trường chuyển mạch CIOQ

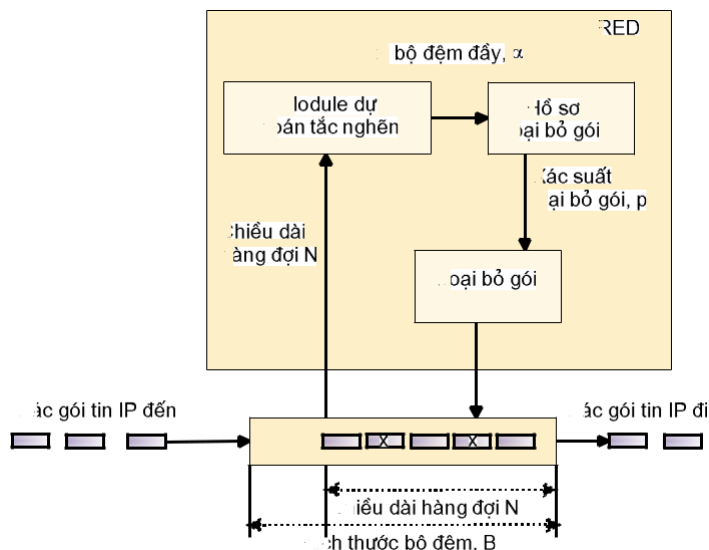
Giả sử trường chuyển mạch hoạt động với tốc độ  $s$  lần tốc độ đường dây  $1 < s < N$ . Khi trường chuyển mạch hoạt động lớn hơn tốc độ đường dây, thì các bộ đệm được đặt vào các cổng đầu vào và đầu ra để điều hòa sự không nhất quán giữa tốc độ đường dây và tốc độ trường chuyển mạch. Một cấu trúc CIOQ được chỉ ra trên hình 3.20.

Mỗi một cổng đầu vào và cổng đầu ra đều có một hàng đợi FIFO. Với tốc độ *speedup*  $s \geq 2$  và sử dụng thuật toán tìm kiếm trọng số lớn nhất thì trường chuyển mạch sử dụng CIOQ có thể đạt được độ thông qua theo lý thuyết là 100% với lưu lượng đầu vào được xác định.

### 3.4.2 Các phương pháp xử lý hàng đợi

Như các mục trên đây đã trình bày, hiệu năng của hệ thống chuyển mạch gói không chỉ phụ thuộc vào kiến trúc của trường chuyển mạch, mà còn phụ thuộc vào lưu lượng đầu vào tới các trường chuyển mạch. Với lưu lượng được đưa vào hàng đợi thì việc xử lý các hàng đợi cũng là vấn đề ảnh hưởng tới độ thông qua của trường chuyển mạch.

Trong kỹ thuật quản lý hàng đợi tích cực gồm có 2 kiểu cơ bản: kỹ thuật loại bỏ gói ngẫu nhiên sớm RED (Random Early Discarding) và loại bỏ gói sớm theo trọng số WRED (Weighted Random Early Discarding).



Hình 3.21: Sơ đồ nguyên lý hoạt động của RED

(a) Kỹ thuật loại bỏ gói ngẫu nhiên sớm RED.

RED phát hiện trên tập tắc nghẽn và loại bỏ gói ngẫu nhiên từ bộ đệm. Hình 3.37 thể hiện sơ đồ nguyên lý hoạt động của kỹ thuật loại bỏ gói ngẫu nhiên sớm. Như chỉ ra trên hình, RED chứa một thuật toán dự đoán tắc nghẽn và hồ sơ loại bỏ gói như là các thành phần trung tâm.

---

Chức năng của module dự đoán tắc nghẽn là đánh giá hành vi lưu lượng trong bộ đệm theo thời gian và phát hiện khả năng tắc nghẽn.

Tiếp cận đơn giản nhất là dựa vào chiều dài hàng đợi ( $N$ ) và xác định trạng thái tắc nghẽn dựa trên cơ sở hàng đợi đầy (so sánh với kích thước bộ đệm ( $B$ )).

Một phương pháp khác sử dụng để dự đoán tắc nghẽn dựa trên thuật toán tính toán thời gian trung bình của hàng đợi, đầu ra của module dự đoán tắc nghẽn là chiều dài hàng đợi trung bình trọng số ( $nN$ ). Mặc dù nó phản ánh độ dài hàng đợi hiện thời, nhưng ( $nN$ ) không phải là chiều dài hàng đợi thực tế mà là phép đo cho hiện tượng tắc nghẽn. Gọi là phần trăm (%) điền đầy bộ đệm được tính theo công thức sau:

$$\frac{nN}{B} \quad (3.1)$$

Trong đó:  $B$  là kích thước bộ đệm

Hồ sơ loại bỏ gói là một phương pháp tham chiếu giữa % bộ đệm đầy và xác suất loại bỏ gói, khi đạt một giá trị nào đó thì RED được kích hoạt, khi đạt giá trị lớn nhất ( $<100\%$ ) thì xác suất loại bỏ gói  $=1$ . Cơ chế loại bỏ gói chuyển sang theo phương pháp cắt bớt phần cuối của lưu lượng.

(b) *Kỹ thuật loại bỏ gói sớm theo trọng số WRED.*

Kỹ thuật loại bỏ gói sớm theo trọng số WRED là kỹ thuật loại bỏ gói sớm RED với nhiều hồ sơ loại bỏ gói. Thay vì sử dụng một hồ sơ loại bỏ gói cho tất cả các hàng đợi, WRED sử dụng nhiều hồ sơ loại bỏ gói cho một hàng đợi (Ví dụ, 3 hồ sơ loại bỏ gói khác nhau có thể sử dụng cho 3 màu của các gói).

### 3.4.3 Mạng hàng đợi

Mô hình hóa một trường chuyển mạch có thể được biểu diễn qua mạng hàng đợi với nhiều node phục vụ. Cách tiếp cận này nhằm hướng tới mục tiêu đánh giá hiệu năng thông qua một loạt các phân tích đặc tính của mạng hàng đợi. Mạng hàng đợi có hai kiểu: mạng hàng đợi đóng và mạng hàng đợi mở được phân biệt qua cách thức xử lý dữ liệu vào ra mạng hàng đợi. Phần lớn các hệ thống trường chuyển mạch với nhiệm vụ chuyển mạch cho các gói tin từ một đầu vào bất kỳ tới một đầu ra bất kỳ là một mô hình mạng hàng đợi mở. Trong nhiều trường hợp với những phân tích chi tiết từng phần thì có thể mô hình hóa trường chuyển mạch thành các mạng hàng đợi đóng. Thêm nữa lưu lượng đi qua trường chuyển mạch gói là các gói tin đồng dạng hoặc không đồng dạng tương ứng với phân loại thành kiểu mạng đơn lớp và mạng đa lớp. Một số tính toán cơ sở được chỉ ra dưới đây.



### ***i, Mạng đơn lớp***

Mạng đơn lớp được mô hình hóa cho các hệ thống mạng có lưu lượng đồng nhất và mô tả qua các ký hiệu trong bảng 3.1 sau:

**Bảng 3.1: Ký hiệu trong mạng hàng đợi đơn lớp**

N	Số node
K	Số lượng công việc cố định trong một mạng đóng
(k <sub>1</sub> , k <sub>2</sub> , ..., k <sub>N</sub> )	Trạng thái của mạng
k <sub>i</sub>	Số lượng công việc tại node thứ i. Đối với mạng đóng $\sum_{i=1}^N k_i = K$
m <sub>i</sub>	Số lượng server song song tại node i (m <sub>i</sub> ≥ 1)
μ <sub>i</sub>	Tốc độ phục vụ các công việc tại node thứ i
1/μ <sub>i</sub>	Thời gian phục vụ trung bình tại node i
P <sub>ij</sub>	Xác suất định tuyến, xác suất mà một công việc được chuyển đến node j sau khi đã được phục vụ tại node i
P <sub>0j</sub>	Xác suất mà một công việc đưa vào mạng từ bên ngoài ngay từ lần đầu vào node j
P <sub>i0</sub>	Xác suất mà một công việc rời khỏi mạng ngay sau khi được phục tại node i $\sum_{j=1}^N (p_{i0} + p_{ij}) = 1$
λ <sub>0i</sub>	Tốc độ đến của công việc từ bên ngoài tới node i
λ <sub>i</sub>	Tốc độ đến tổng thể của công việc tại node i

Tốc độ đến λ<sub>i</sub> cho node i = 1, ..., N của một mạng mở được tính

$$\lambda_i = \lambda_{0i} + \sum_{j=1}^N \lambda_j p_{ji} \quad \text{với } i = 1, \dots, N \quad (3.2)$$

Đây được biết đến là phương trình lưu lượng. Đối với mạng đóng phương trình này được biểu diễn như sau:

$$\lambda_i = \sum_{j=1}^N \lambda_j p_{ji} \quad \text{với } i = 1, \dots, N \quad (3.3)$$

Một tham số quan trọng nữa của mạng là số lần trung bình ghé thăm (e<sub>i</sub>) của dữ liệu tại node thứ i. Nó còn được biết đến là tỉ lệ ghé thăm hoặc tỉ lệ đến tương đối:

$$e_i = \frac{\lambda_i}{\lambda} \quad \text{với } i = 1, \dots, N \quad (3.4)$$

Với λ là thông lượng tổng thể của mạng. Tỉ lệ ghé thăm này có thể tính toán trực tiếp từ xác suất định tuyến sử dụng các phương trình trên. Đối với các mạng mở vì λ<sub>0i</sub> = λp<sub>0i</sub> nên:

$$e_i = \prod_{j=1}^N e_j p_{ji} \text{ với } i = 1, \dots, N \quad (3.5)$$

Và các mạng đóng là:

$$\prod_{j=1}^N e_j p_{ji} = 1 \text{ với } i = 1, \dots, N \quad (3.6)$$

Vì chỉ có (N-1) phương trình độc lập cho tỉ lệ ghé thăm trong mạng đóng nên  $e_i$  có thể được xác định bằng việc gấp nhiều lần một hằng số. Thường chúng ta giả định  $e_i = 1$  mặc dù các khả năng khác là cũng có thể. Sử dụng  $e_i$  ta có thể tính toán hệ số sử dụng tương đối  $x_i$  là:

$$x_i = \frac{e_i}{\sum_{i=1}^N e_i}$$

Từ đó có thể thấy tỉ lệ sử dụng server được đưa ra bởi công thức:

$$\frac{x_i}{x_j} = \frac{e_i}{e_j} \quad (3.7)$$

## ii, Mạng đa lớp

Kiểu mô hình vừa trình bày ở trên có thể mở rộng nếu có các nhiều phân lớp dữ liệu khác nhau trong mạng. Các phân lớp này có thể khác nhau về thời gian phục vụ hoặc xác suất định tuyến. Có thể dữ liệu sẽ thay đổi phân lớp của mình khi di chuyển từ node này sang node khác. Nếu không có phân lớp nào đặc biệt đi vào hoặc rời khỏi mạng tức là số lượng phân lớp trong mạng là hằng số thì mạng đó có phân lớp dữ liệu đóng. Một phân lớp dữ liệu không đóng được gọi là mở. Nếu một mạng hàng đợi có cả phân lớp đóng và mở được gọi là mạng hỗn hợp. Các ký hiệu thêm vào sau đây được dùng để mô tả các mạng hàng đợi đa lớp:

**Bảng 3.2: Ký hiệu bổ sung trong mạng hàng đợi đa lớp**

R	Số lượng phân lớp dữ liệu trong mạng
$k_{ir}$	Số lượng dữ liệu của phân lớp r tại node i đối với một mạng đóng $\prod_{i=1}^N \prod_{r=1}^K k_{ir}$
$K_r$	Số lượng dữ liệu của phân lớp r trong mạng. Nó không cần thiết phải cố định thậm chí là với một mạng đóng: $\prod_{i=1}^N \prod_{r=1}^K k_{ir}$
K	Số lượng dữ liệu trong các phân lớp được biết đến là một vector tổng quát ( $K = (K_1, \dots, K_R)$ )
$S_i$	Trạng thái của node thứ i ( $S_i = (k_{i1}, \dots, k_{iR})$ ):

	$\begin{matrix} N \\ S_i \\ i=1 \end{matrix} K$
S	Trạng thái tổng thể của mạng với các phân lớp (S=(S <sub>1</sub> ,...,S <sub>N</sub> ))
$i_r$	Tốc độ phục vụ của node thứ i cho dữ liệu của lớp r
$p_{ir,js}$	Xác suất một dữ liệu của lớp r tại node i được chuyển thành lớp s tại node j (xác suất định tuyến)
$p_{0,js}$	Là xác suất trong một mạng mở mà một dữ liệu từ ngoài được đưa đến node j với phân lớp là s
$p_{ir,0}$	Xác suất trong một mạng mở một dữ liệu lớp r rời khỏi mạng sau khi được phục vụ tại node i. Do vậy $p_{ir,0} = \sum_{j=1}^N \sum_{s=1}^R p_{ir,js}$
$\lambda$	Tốc độ đến tổng thể từ bên ngoài vào một mạng mở
$\lambda_{0,ir}$	Tốc độ đến từ bên ngoài tới node i của phân lớp dữ liệu r ( $\lambda_{0,ir} = p_{0,ir}$ )
$\lambda_{ir}$	Tốc độ đến của dữ liệu lớp r tại node i $\lambda_{ir} = \sum_{j=1}^N \sum_{s=1}^R p_{ir,js} p_{0,ir} + \sum_{j=1}^N \sum_{s=1}^R p_{0,ir} p_{js,ir}$

Đối với các mạng đóng  $p_{0,ir}=0$  ( $1 < i < N$ ,  $1 < r < R$ ) chúng ta có được:

$$\sum_{j=1}^N \sum_{s=1}^R p_{ir,js} p_{js,ir} = 1 \quad (3.8)$$

Số lần trung bình ghé thăm  $e_{ir}$  của dịch vụ lớp r tại node i của một mạng mở có thể được xác định từ xác suất định tuyến tương tự phương trình (3.5):

$$e_{ir} = p_{0,ir} + \sum_{j=1}^N \sum_{s=1}^R e_{js} p_{js,ir} \quad (3.9)$$

$$e_{ir} = p_{0,ir} + \sum_{j=1}^N \sum_{s=1}^R e_{js} p_{js,ir} \quad \text{với } i = 1, \dots, N \text{ và } r = 1, \dots, R \quad (3.10)$$

Đối với các mạng đóng phương trình tương đương là:

$$e_i = p_{0i} + \sum_{j=1}^N e_j p_{ji} \quad (3.11)$$

$$e_{ir} = \sum_{j=1}^N \sum_{s=1}^R e_{js} p_{js,ir} \quad \text{với } i = 1, \dots, N, r = 1, \dots, R \quad (3.12)$$

Chúng ta thường giả sử  $e_{1r} = 1$  với  $r = 1, \dots, R$  mặc dù các trường hợp khác là hoàn toàn có khả năng xảy ra.

---

### 3.5. 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 còn được coi 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.

Mỗi nút trong mạng nhận gói dữ liệu từ một đường vào rồi chuyển tiếp nó tới một đường ra hướng đến đích của dữ liệu. Như vậy ở mỗi nút trung gian đó phải thực hiện các chức năng chọn đường hay còn gọi là *định tuyến* và chức năng chuyển tiếp cho đơn vị dữ liệu. Các chức năng đó tương đương với chức năng lớp mạng (lớp 3) của mô hình OSI. Các giao thức định tuyến thường hoạt động ở phía trên lớp liên kết dữ liệu (lớp 2) và để cung cấp dịch vụ trong suốt cho tầng truyền tải, 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)*

Tùy 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 nút nguồn tới nút đích có thể phụ thuộc vào chính yêu cầu của thông tin cần chuyển. Trong miền mạng phức hợp, đa loại hình dịch vụ sẽ tồn tại đa dạng các yêu cầu chọn đường khác nhau. 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.

Để tương thích được với sự biến động của mạng, chức năng cập nhật thông tin định tuyến là chức năng quan trọng nhất mà các giao thức định tuyến phải thực hiện để xây dựng nên cơ sở dữ liệu tính toán. Việc cập nhật luôn hướng tới giải quyết bài toán cân đối lưu lượng báo hiệu, lưu lượng thông tin định tuyến nhằm đảm bảo tính đầy đủ và tối ưu về mặt thời gian cho các thông tin định tuyến. Để đánh giá được năng lực và phạm vi ứng dụng của các giao thức định tuyến, người ta sử dụng một số tiêu chí để so sánh giữa các giao thức định tuyến. Một số ví dụ và các tham số cụ thể sẽ được trình bày trong phần tiếp theo.

---

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 và phân tán. Dựa trên yếu tố (b) ta có kỹ thuật định tuyến tĩnh hoặc động (tương thích). Cuối cùng các kỹ thuật định tuyến cùng loại theo (a) và (b) lại có thể phân biệt bởi yếu tố (c). Một số tiêu chí cơ bản nhằm xác định kỹ thuật định tuyến trong thực tế 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 chí tối ưu như vậy phụ thuộc vào từng dạng mạng cụ thể như: cấu hình mạng, đặc tính lưu lượng mạng, yêu cầu thông lượng, mục đích sử dụng.v.v..). Các tiêu chí lựa chọn cho bài toán định tuyến có thể thay đổi mặc dù cấu trúc mạng không thay đổi. Kiến trúc 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 ngay cả trong quá trình thiết kế và trong thời gian triển khai mạng. Mặt khác, trong môi trường mạng thực tế luôn tồn tại 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 với chất lượng cao nhất cho họ, trong khi đó 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. Vì vậy, các giải pháp định tuyến thực tế thường là giải pháp dung hoà hay còn gọi là giải pháp cận tối ưu đối với hai hướng yêu cầu mang tính đối lập.

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

do phải thu thập thông tin toàn mạng và xử lý tập trung. Giải pháp định tuyến phân tán phù hợp với các mạng lớn và độ phức tạp cao, nó dựa trên sự phân cấp và kết hợp giữa các nút được coi là ngang hàng để phân vùng, 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.

### 3.5.1. Các thuật toán tìm đường ngắn nhất

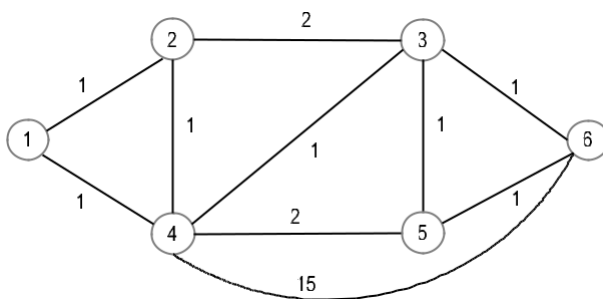
Các thuật toán tính toán định tuyến được sử dụng để tính toán và quyết định chọn đường trên cơ sở thông tin định tuyến nhận được qua các giao thức định tuyến. Các thuật toán tốt và phù hợp với môi trường mạng sẽ đảm bảo được tốc độ và hiệu năng của quy trình định tuyến. Trong mục này sẽ trình bày về các cơ sở lý thuyết và thuật toán của hai thuật toán thường được sử dụng trong mạng truyền thông: thuật toán *Bellman-Ford* và thuật toán *Dijkstra*. Hai thuật toán này được gọi là các thuật toán tìm đường ngắn nhất, với mục tiêu tìm ra con đường ngắn nhất từ node nguồn tới node đích trong các mô hình mạng tổng quát (tập trung, phân tán).

#### i, Thuật toán *Bellman-Ford* và định tuyến vecto khoảng cách

Thuật toán Bellman-Ford được sử dụng trong mô hình tập trung để tính toán một đường dẫn ngắn nhất giữa một node nguồn và một node đích. Trong mô hình phân tán, thuật toán được sử dụng để tính toán các đường dẫn ngắn nhất.

##### a, Mô hình tập trung.

Để xem xét thuật toán *Bellman-ford* trong tiếp cận mô hình tập trung, ta xem xét ví dụ một mô hình hóa mạng trên hình 3.22. Mô hình mạng ví dụ được thể hiện qua một đồ thị có trọng số thể hiện trên các liên kết, kết quả tính toán đường dẫn ngắn nhất dựa trên các trọng số trên đồ thị. Gọi  $d_{ij}$  là trọng số (giá) liên kết giữa node  $i$  và node  $j$ ,  $D_{ij}$  là giá tối thiểu giữa node  $i$  và node  $j$ . Nếu hai node không có kết nối trực tiếp giá liên kết được đặt bằng  $\infty$ . Gọi nút trung gian có kết nối trực tiếp tới một trong hai node là  $k$  và biểu thức *Bellman-Ford* được biểu diễn như sau.

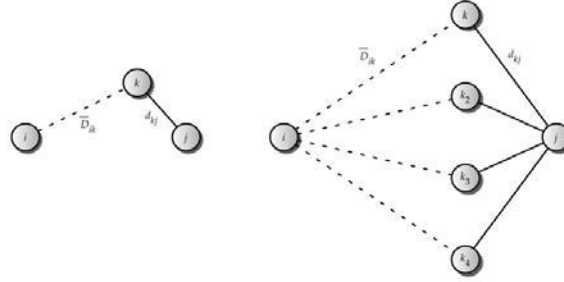


Hình 3.22: ví dụ về mô hình kết nối mạng

$W_{ii} = 0$  với mọi  $i$ ,

$$W_{ij} = \min\{W_{ik} + w_{kj}\} \text{ với } i \neq j. \quad (3.13)$$

Như vậy, giá tối thiểu phụ thuộc vào giá tối thiểu từ  $i$  tới  $k$  và giá của liên kết  $k$ - $j$ . Có thể có nhiều node  $k$  kết nối trực tiếp tới node  $j$  ( $k_1, k_2, \dots$ ) ngoại trừ node  $k=i$ .



Hình 3.23: Thuật toán Bellman-Ford tập trung

Một vấn đề quan trọng trong thuật toán này là: nếu node  $k$  không kết nối trực tiếp tới node  $j$  nên  $d_{kj} = \infty$ . Với giả thiết đã biết giá tối thiểu  $D_{ik}$  từ node  $i$  tới node  $k$ , trong tính toán thực tế, một biến chạy được sử dụng để tính giá tối thiểu sau một số bước, ta có giá tối thiểu sau bước thứ  $h$  là  $D_{ij}^h$ .

*b, Mô hình phân tán.*

Trong tiếp cận mô hình phân tán, các node mạng tự tính toán trên cơ sở thông tin thu nhận được từ mạng để xác định con đường ngắn nhất từ tới đích bất kỳ. Vì vậy, node nguồn cần biết giá đường dẫn ngắn nhất tới tất cả các node trung gian tới đích  $D_{ik}$ . Theo mô hình phân tán, ta tìm kiếm các liên kết ra khỏi node  $i$  trực tiếp tới node  $k$  với giá liên kết  $d_{ik}$  và coi giá liên kết tối thiểu giữa  $k$  và  $j$  là  $D_{jk}$  mà không cần biết cách thức xác định giá trị này của  $k$ . Danh sách các kết nối trực tiếp tới  $i$  được ký hiệu là  $N_i$ . Nếu node  $i$  tìm được một node lân cận của nó có đường đi ngắn nhất tới đích, nó có thể sử dụng thông tin này để xác định giá tới đích bằng cách cộng với giá liên kết  $d_{ik}$ .

Trong phương pháp tính theo vector khoảng cách, một node nhờ vào các node lân cận đã biết giá của đường đi tới đích để xác định tuyến tốt nhất. Để thực hiện nhiệm vụ đó, phương pháp này thường xuyên tính toán lại theo định kỳ hoặc khi có thông tin từ các node lân cận. Ý tưởng then chốt của thuật toán trong mô hình phân tán là node  $k$  cần phân tán giá của nó tới node  $j$  ( $D_{kj}$ ) tới tất cả các kết nối trực tiếp tới  $i$ , phụ thuộc vào  $i$  và thời gian. Sự khác biệt với thuật toán *Bellman-Ford* tập trung là thứ tự tính toán cùng với các liên kết đã đưa ra một góc độ khác để tính toán đường dẫn ngắn nhất.

## ii, Thuật toán Dijkstra

Thuật toán Dijkstra là một kiểu tiếp cận khác trong kỹ thuật tìm đường dẫn ngắn nhất giữa hai node trong mạng. Thuật toán *Dijkstra* hoạt động trên một tập node ứng

---

cử lân cận của node nguồn để tính toán và các định đường dẫn ngắn nhất tới một node đích. Một đặc tính nổi trội của thuật toán *Dijkstra* là có thể tính toán các đường dẫn ngắn nhất tới tất cả các node đích từ một node nguồn, thay vì tính toán theo từng cặp nguồn – đích. Thuật toán *Dijkstra* cũng được phân loại hoạt động theo mô hình tập trung và phân tán.

#### *a, Mô hình tập trung*

Giả thiết một node  $i$  bất kỳ trong một mạng gồm  $N$  node mà từ đó ta muốn tính toán các đường dẫn ngắn nhất tới tất cả các node còn lại. Danh sách  $N$  node được định nghĩa bởi  $N=\{1, 2, 3...,N\}$ . Một node đích được ký hiệu là  $j$  ( $j \neq i$ ). Ta sử dụng hai ký hiệu sau:  $d_{ij}$  = giá liên kết giữa node  $i$  và  $j$ ;  $D_{ij}$  = giá đường dẫn tối thiểu giữa node  $i$  và  $j$ .

Thuật toán *Dijkstra* chia danh sách  $N$  node thành hai danh sách: Nó được bắt đầu với danh sách cố định  $S$  thể hiện các node đã được xem xét, danh sách đề nghị  $S'$  cho các node sẽ được xem xét tính toán. Trong quá trình tính toán, danh sách  $S$  sẽ mở rộng với các node mới trong khi danh sách  $S'$  sẽ rút ngắn lại khi node trong đó gia nhập vào  $S$ . Thuật toán dừng khi tất cả các node trong danh sách của  $S'$  nằm trong danh sách  $S$ . Mấu chốt của thuật toán nằm tại hai phần: (1) cách thức mở rộng tập  $S$  và (2) cách tính toán đường dẫn ngắn nhất tới các node lân cận của các node trong  $S$  (các node chưa nằm trong danh sách  $S$ ). Danh sách  $S$  được mở rộng sau mỗi vòng lặp tính toán một node  $k$  của node  $i$  có giá tối thiểu tới node  $i$ . Tại mỗi vòng lặp, thuật toán tính toán các node lân cận của node  $k$  ( $k \in S$ ) để tìm giá tối thiểu có thể thay đổi sau mỗi vòng lặp.

#### *b, Tiếp cận phân tán*

Biến phân tán của thuật toán *Dijkstra* tương tự như trong tiếp cận tập trung. Sự khác biệt lớn nhất là giá của liên kết nhận được bởi một node có thể khác với các node khác khi các thông tin chuyển tới các node không đồng bộ. Vì vậy ta định nghĩa giá của liên kết ( $k-m$ ) nhận được tại node  $i$  là  $d_{km}^i(t)$ , tương tự như vậy đối với giá tối thiểu từ  $i$  tới  $j$  phụ thuộc vào thời gian  $D_{ij}(t)$ . Như vậy, thuật toán *Dijkstra* cho môi trường phân tán trao đổi thông tin giá liên kết theo cách phân tán được đưa vào trong thuật toán, các bước tăng theo thời gian học thông tin từ các liên kết và giá liên kết trong mạng.

#### **iii, So sánh thuật toán *Bellman-Ford* và *Dijkstra***

Hai so sánh dưới đây nhằm đưa ra hướng tới các ứng dụng thực tiễn của hai thuật toán trên.

- Đầu tiên, thuật toán *Bellman-Ford* tính toán đường dẫn ngắn nhất tới một node đích trong một khoảng thời gian trong khi *Dijkstra* tính toán đường dẫn ngắn nhất tới tất cả các node đích (đôi khi gọi là cây đường dẫn ngắn nhất). Khi so sánh quá trình tính toán giá tối thiểu ta thấy sự tương tự nhau. Tuy nhiên, ở đây có sự khác biệt rất



---

quan trọng. Trong cả hai thuật toán đều sử dụng node trung gian  $k$ ; thuật toán *Bellman-Ford* coi node  $k$  là chung cho tất cả các node để tìm bước nhảy kế tiếp tốt nhất tới node  $j$ , trong khi thuật toán *Dijkstra* là node trung gian được lựa chọn đầu tiên và cố định và vì vậy tính toán đường dẫn tới tất cả các node  $j$  chưa được thực hiện ngay.

- Thứ hai, khi có các kiểu tính toán khác nhau trong một thuật toán sẽ dẫn tới độ phức tạp thuật toán khác nhau. Giả thiết  $N$  là tổng số node và  $L$  là tổng số liên kết thì độ phức tạp tính toán của thuật toán *Bellman-Ford* là  $O(LN)$ . Độ phức tạp tính toán của thuật toán *Dijkstra* là  $O(N^2)$  và có thể giảm xuống còn  $O(L+N\log N)$  nếu sử dụng một cấu trúc cơ sở dữ liệu tốt. Chú ý rằng nếu mạng được kết nối theo hình lưới đầy đủ thì số lượng liên kết song hướng là  $N(N-1)/2$ . và độ phức tạp tính toán của thuật toán *Bellman-Ford* là  $O(N^3)$  và *Dijkstra* là  $O(N^2)$ .

#### ***iv, Tính toán $k$ đường dẫn ngắn nhất***

Trong rất nhiều tình huống ta cần phải tính toán không chỉ một đường dẫn ngắn nhất mà còn cần các đường dẫn thứ hai, thứ ba.. tới  $k$  đường dẫn từ một node nguồn tới một node đích. Các thuật toán sử dụng để xác định các đường dẫn ngắn nhất được gọi là các thuật toán  $k$  đường dẫn ngắn nhất. Một cách tiếp cận đơn giản nhất để tạo ra thêm các đường dẫn ngắn nhất bằng cách sử dụng các thuật toán tìm một đường dẫn (ví dụ thuật toán *Dijkstra*), sau đó xóa tạm thời liên kết trên đường dẫn ngắn nhất trong một khoảng thời gian và thực hiện tính toán lại trên đồ thị đã rút gọn để tìm đường dẫn tiếp theo. Kết quả là các đường dẫn được tính toán tiếp theo sẽ không tối ưu bằng đường dẫn thứ nhất và sử dụng cách thức tương tự như các đường dẫn thứ 2, thứ 3, hoặc thứ  $k$ .

Giả thiết ta muốn tìm  $k$  đường dẫn ngắn nhất tách biệt. Trong trường hợp này, ta xóa tạm thời tất cả các liên kết trên đường dẫn ngắn nhất và chạy lại thuật toán *Dijkstra* một lần nữa để tìm được đường dẫn ngắn nhất tách biệt với đường dẫn cũ, tiếp tục tới  $k$  đường dẫn. Đôi khi phương pháp này không thực hiện tìm được đường dẫn tách biệt tiếp theo nếu đồ thị thu gọn bị cô lập.

### **3.5.2. Các giao thức định tuyến điển hình.**

#### ***i, Kỹ thuật định tuyến trong mạng ATM***

Hoạt động định tuyến trong mạng ATM là một thành phần của giao diện mạng-mạng riêng PNNI (Private Network Network Interface). PNNI là là tổ hợp của kỹ thuật định tuyến và báo hiệu dựa trên 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.

Thủ tục báo hiệu PNNI giúp tạo kênh ảo để truyền tin qua mạng ATM. 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;
- Hỗ trợ chất lượng dịch vụ từ đầu cuối tới đầu cuối;
- Hỗ trợ kết nối Anycast.
- Cung cấp báo hiệu cho các dịch vụ tốc độ bit thay đổi VBR;
- 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.

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. 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
- Truyền các bản tin trạng thái cấu hình PTSE
- Bào ra trường 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 nguyên thủy 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.

## ***ii, Giao thức định tuyến trong mạng IP***

Khái niệm miền hay hệ thống tự trị xuất phát từ mạng Internet. Từ khía cạnh định tuyến, 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, 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 3.1 dưới đây tổng kết các đặc điểm chính của các giao thức định tuyến.

### ***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 sử dụng thuật toán vector khoảng cách, tham số giá trị để tính toán dựa trên số bước nhảy (hop count) trên đường đi từ nguồn đến đích. Mỗi chuyển tiếp từ một bộ định tuyến này tới bộ định tuyến khác kế cận có giá trị 1 bước nhảy. 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 bước nhảy. 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. Mặt khác, 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 gửi 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.

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

<i>Tiêu chí</i>	<i>Các giao thức định tuyến</i>							
	<i>Tĩnh</i>	<i>RIP-1</i>	<i>RIP-2</i>	<i>IGRP</i>	<i>EIGRP</i>	<i>IS-IS</i>	<i>OSPF</i>	<i>BGP</i>
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	Không	Có	Có	Có	Có	Có	Có	Không

---

## *Giao thức định tuyến OSPF*

Giao thức OSPF là một giao thức định tuyến miền trong còn gọi là giao thức trạng thái liên kết dựa trên thuật toán *Dijkstra*. Các bộ định tuyến đặc biệt tại biên vùng tự trị AS có trách nhiệm ngăn thông tin về 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. Khu vực là tập hợp các mạng, trạm và bộ định tuyến 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 sử dụng để kết nối tới các khu vực còn lại. Các bộ định tuyến bên trong khu vực đường trục được gọi là các bộ định tuyến đường trục bao gồm cả bộ định tuyến biên khu vực. Việc phân vùng này coi 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.

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 phản ánh cấu hình của mạng thông qua các thông tin của liên kết.

Giải thuật chọn đường ngắn nhất SPF là cơ sở tính toán cho giao thức OSPF và nằm tại phần mềm xử lý định tuyến của 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 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 trạng thái của chính bộ định tuyến tới các bộ định tuyến khác.

Mỗi bộ định tuyến định kỳ gửi các bản tin thông báo về trạng thái liên kết LSA (Link State Advertisement) 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. Qua 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 trong cơ sở dữ liệu sẽ được biến đổi cho phù hợp. Do cấu trúc dữ liệu được sinh ra bởi quá trình 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.

---

### *Giao thức cổng biên BGP*

Giao thức cổng biên BGP (Border Gateway Protocol) là một giao thức định tuyến miền ngoài, 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. Thuật toán Vector 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 tin đi qua một mạng không an toàn mặc dù tuyến này là tuyến có số bước nhảy nhỏ nhất. Hơn nữa, định tuyến vector khoảng cách không chỉ rõ 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 các kết nối liên mạng sẽ làm bảng định tuyến rất lớn, độ phức tạp cao. Định tuyến vector đường đi sử dụng bảng định tuyến chứa địa chỉ mạng đích, bộ định tuyến 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.

#### **3.5.3 Một số giải pháp cải thiện hiệu năng kỹ thuật định tuyến**

Nhằm sáng tỏ các yêu cầu và khả năng triển khai áp dụng các kỹ thuật định tuyến đạt được hiệu năng cao trong các mô hình mạng, ta xem xét khả năng thực thi của định tuyến với các mô hình tính toán định tuyến trên các khía cạnh cơ sở bao gồm các kiểu định tuyến: Tập trung, phân tán và phân cấp.

##### *a, Định tuyến tập trung*

Trong mạng sử dụng 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 (ví dụ như giao thức OSPF, IS-IS). Dựa vào thông tin liên kết trạng thái, 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. Với phương pháp tính toán tập trung, các node có thể triển khai các thuật toán đơn giản, dễ thực hiện để thực hiện tính toán tìm đường đi tối ưu.

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

- Thứ nhất, để hỗ trợ chất lượng dịch vụ và đáp ứng các tham số mạng, 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 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.

*b, Định tuyến phân tán*

Trong các mạng sử dụng kỹ thuật 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 dễ dàng mở rộng. Định tuyến phân tán có thể tìm ra nhiều đường đi đồng thời cho cùng một node 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 vectơ 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.

*c, 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 tập hợp 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 đạt được hiệu năng cao 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 của các phương pháp định tuyến 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 các sai khác về trạng thái để phân bổ thêm các thông tin về QoS, nhưng cần phải thêm cơ chế đề 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.

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 lớn. 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 mạng là đáng kể hay không. Nếu thay đổi của tham số mạng 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 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. 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 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 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 các đường đi sẽ được tính trước. Tuy nhiên, khi yêu cầu về bảng thông chưa được biết thì bảng định tuyến cần phải được tính trước cho từng nút đích với các yêu cầu bằng thông có thể có trong tương lai. 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 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 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 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 trong cách tính trước phụ thuộc vào bảng 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 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 có tính toán tới các ràng buộc được dùng thì cũng làm tăng thêm chi phí lưu trữ. Kích cỡ bảng định tuyến phụ thuộc vào phần thực hiện cụ thể. Như vậy chi phí hoạt động của định tuyến gồm chi phí cho giao thức trao đổi thông tin định tuyến, tính toán đường đi, và lưu trữ các thông tin về tài nguyên trong cơ sở dữ liệu.

### **3.6 KẾT LUẬN CHƯƠNG**

Phần đầu của chương 3 trình bày về nguyên tắc hoạt động của mạng chuyển mạch gói, các phương pháp chuyển gói và kiến trúc chức năng của hệ thống chuyển mạch gói điển hình. Trên cơ sở phân tích cấu trúc chức năng của hệ thống chuyển mạch gói, vấn đề phân loại trường chuyển mạch gói, cũng như phân tích và đánh giá các kiểu trường chuyển mạch gói điển hình giúp cho sinh viên nắm bắt được các ưu nhược điểm của cấu trúc trường chuyển mạch gói trong các thiết bị chuyển mạch gói. Các giao thức định tuyến được chỉ ra trong hai miền mạng điển hình là miền mạng ATM và IP là các giao thức hiện đang sử dụng và được tái sử dụng trong một số công nghệ chuyển mạch tiên tiến.

---

## Chương 4

# CÔNG NGHỆ CHUYỂN MẠCH TIỀN TIẾN

### 4.1. GIỚI THIỆU CHUNG

#### 4.1.1 Mô hình hội tụ công nghệ mạng

Trong một số năm gần đây, các cuộc cách mạng về công nghệ và kỹ thuật mạng viễn thông đã và đang diễn ra mạnh mẽ do sự thay đổi về hạ tầng cơ sở, phương pháp tiếp cận các mục tiêu mới và yêu cầu hoạch định của các chiến lược phát triển. Hạ tầng mạng viễn thông đang đứng trước những thách thức lớn do cuộc cách mạng chuyển đổi hạ tầng và hướng tới sự mạng hội tụ trên cả khía cạnh công nghệ, dịch vụ và thiết bị mạng. Dưới góc độ mạng, mạng hội tụ là một khái niệm thể hiện sự phát triển hiện tại và tương lai nhằm hướng tới các lợi ích từ một hạ tầng chung để tạo ra các dịch vụ qua các phương tiện khác nhau. Một cách tổng thể, tiến trình hội tụ mạng được nhìn nhận là một tiến trình chiến lược được sự hỗ trợ từ 3 tác nhân chính: Người sử dụng, nhà khai thác mạng và các nhà cung cấp khác (sản xuất thiết bị, phát triển dịch vụ). Các lợi ích thu được trên cơ sở của mạng hội tụ gồm:

*Người sử dụng:* Mở rộng khả năng linh động, tích hợp dịch vụ trên thiết bị đầu cuối, không phụ thuộc vào mạng truy nhập, v.v.

*Nhà khai thác mạng:* Giảm thiểu đầu tư khai thác thông qua chia sẻ chức năng, giảm thiểu độ phức tạp và tái sử dụng hạ tầng mạng; kết hợp và tương thích các loại hình dịch vụ mới trên cơ sở thống nhất; mở rộng mạng tới các nhà cung cấp dịch vụ thứ 3 và hướng tới xây dựng mạng có giao diện mở nhằm mở ra cơ hội lựa chọn thành phần mạng.

*Nhà sản xuất và cung cấp dịch vụ:* Hội tụ các thiết bị giúp giảm chi phí sản xuất, mở cơ hội phát triển sản phẩm, linh hoạt và độc lập trong phát triển dịch vụ.

Mạng hội tụ là một khái niệm rộng mang tính tổng thể, không chỉ bao hàm vấn đề hội tụ mạng mà còn liên quan tới các vấn đề hội tụ dịch vụ và thiết bị đầu cuối. Sự hội tụ về dịch vụ đem tới quy mô toàn cục không giới hạn bởi công nghệ, sử dụng chung môi trường thực thi dịch vụ và cho phép kiến tạo dịch vụ từ các nhà cung cấp thứ ba. Trong khi đó, sự hội tụ về thiết bị đầu cuối cho phép tích hợp các giao diện và giao tiếp khác nhau nhằm tương thích với các loại hình công nghệ truy nhập, thiết bị đa năng nhằm thích ứng với các nhu cầu và môi trường hoạt động khác nhau. Các tiến trình hội tụ trên phụ thuộc vào sự phát triển của tiến trình hội tụ mạng và đó được coi là mục tiêu hàng đầu với các nhà cung cấp và khai thác mạng. Thêm vào đó, quá trình

---

hội tụ mạng đóng vai trò định hướng cho sự phát triển hạ tầng truyền thông sang mạng thế hệ kế tiếp NGN (Next Generation Networks). Trên cơ sở hạ tầng mạng sẵn có, các hướng đi chiến lược được hình thành và cụ thể hóa bởi các bước tiến thích hợp hướng tới môi trường mạng mới.

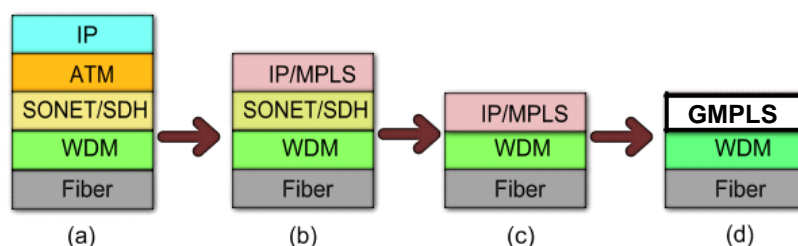
Khuyến nghị Y.2001 của ITU-T định nghĩa về mạng thế hệ kế tiếp như sau: *Mạng thế hệ kế tiếp là mạng chuyển mạch gói có khả năng cung cấp các dịch vụ viễn thông và tạo ra ứng dụng băng thông rộng, các công nghệ truyền tải đảm bảo chất lượng dịch vụ và trong đó các chức năng dịch vụ độc lập với các công nghệ truyền tải liên quan. Nó cho phép truy nhập không giới hạn tới mạng và là môi trường cạnh tranh giữa các nhà cung cấp dịch vụ trên các kiểu dịch vụ cung cấp. Nó hỗ trợ tính di động toàn cầu cho các dịch vụ cung cấp tới người sử dụng đồng nhất và đảm bảo.*

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. Sự tách biệt mặt bằng truyền tải và dịch vụ trong NGN tạo điều kiện triển khai dịch vụ của các bên thứ 3 được mềm dẻo và không phụ thuộc vào các công nghệ lớp truyền tải. Các chức năng của người dùng kết nối với NGN thông qua giao diện người dùng-mạng UNI (User Network Interface), kết nối liên mạng thông qua giao diện NNI (Network Network Interface) và giao diện ứng dụng – mạng ANI (Application Network Interface) sử dụng cho các ứng dụng phát triển của nhà cung cấp dịch vụ thứ 3.

#### **4.1.2 Các giải pháp ghép hợp công nghệ**

Môi trường mạng hội tụ là một mục tiêu chính của các nhà xây dựng và triển khai công nghệ mạng. Thể hiện rõ nhất là xu hướng kiến tạo mạng truyền tải đa dịch vụ trên cơ sở chuyển mạch gói. Yếu tố hàng đầu là tốc độ phát triển theo hàm số mũ của nhu cầu truyền dẫn dữ liệu và các dịch vụ dữ liệu là kết quả của tăng trưởng Internet mạnh mẽ. Các hệ thống mạng công cộng hiện nay chủ yếu được xây dựng nhằm truyền dẫn lưu lượng thoại, truyền dữ liệu thông tin và video đã được vận chuyển trên các mạng chong lán, tách rời được triển khai để đáp ứng những yêu cầu của chúng. Do vậy, một sự chuyển đổi sang hệ thống mạng chuyển mạch gói tập trung là không thể tránh khỏi khi mà dữ liệu thay thế vị trí của thoại và trở thành nguồn tạo ra lợi nhuận chính. Chuyển mạch gói được coi là động lực cơ bản nhằm thực hiện hóa ý tưởng mạng hội tụ và là hạ tầng truyền tải của các mạng thế hệ kế tiếp. Cuộc cách mạng tiến tới mạng hội tụ hiện nay được dựa trên nền tảng của IP và là bước đi đầu tiên trong chuyển đổi mạng PSTN truyền thống tới hạ tầng chuyển mạch gói dựa trên IP nhằm đáp ứng một loạt các yêu cầu của người sử dụng như: truy nhập internet băng rộng

trên nhiều loại hình truy nhập như cáp đồng, cáp quang hoặc không dây, các dịch vụ đa phương tiện thời gian thực đảm bảo chất lượng dịch vụ, hội tụ dịch vụ di động và cố định nhằm hợp nhất môi trường cung cấp dịch vụ. Mô hình ghép hợp công nghệ và xu hướng phát triển hạ tầng truyền tải trong mạng thế hệ kế tiếp được chỉ ra trên hình 4.1.



*Hình 4.1: Mô hình phát triển kiến trúc của mạng truyền tải*

Trên hình 4.1 gồm có 4 kiểu kiến trúc cơ bản, (a) chỉ ra trường hợp thông dụng nhất nhưng có nhiều ngăn xếp phức tạp nhất, nó gộp hầu hết các giao thức truyền tải chính trong miền viễn thông. (b) chỉ ra kiến trúc IP/MPLS thay vì truyền tải trên lớp ATM và (c) là sự cải thiện của lớp cáp quang cho phép lưu lượng IP truyền thẳng qua mạng quang ghép bước sóng WDM. Hình 4.1.(d) là xu hướng phát triển trong tương lai với công nghệ chuyển mạch quang kết hợp với các khối ghép kênh quang chia thời gian hình thành mạng toàn quang, điều này trở thành khả thi khi một số nhược điểm hiện nay về mặt kỹ thuật được khắc phục như tốc độ tìm kiếm tuyến và giải pháp xử lý đệm cho các luồng lưu lượng, v.v. Trên hình trên đã chỉ rõ xu hướng phát triển của mạng truyền tải nhằm đảm bảo các mục tiêu giảm giá thành, đơn giản hệ thống và tăng khả năng hệ thống. Đó chính là xu hướng phát triển của các giải pháp công nghệ chuyển mạch ghép hợp hiện nay.

### 4.1.3 Công nghệ MPLS/GMPLS

Công nghệ chuyển mạch nhãn đa giao thức MPLS (MultiProtocol Label Switching) là kết quả phát triển của công nghệ chuyển mạch IP sử dụng cơ chế hoán đổi nhãn như ATM để tăng tốc độ truyền gói tin mà không cần thay đổi các giao thức định tuyến IP. Quyết định chuyển tiếp dựa trên nhãn và cơ chế định tuyến mềm dẻo là những ưu điểm nổi trội của công nghệ MPLS. Trong MPLS, việc truyền dữ liệu thực hiện theo các đường chuyển mạch nhãn LSP (Label Switch Path). Các đường chuyển mạch nhãn chứa dãy nhãn tại tất cả các nút dọc theo tuyến từ nguồn tới đích. LSP được thiết lập trước khi truyền dữ liệu hoặc trong khi phát hiện một luồng dữ liệu nào đó. Các nhãn được phân phối bằng việc sử dụng giao thức phân phối nhãn LDP (Label Distribution Protocol) hoặc giao thức dành trước tài nguyên RSVP (Resource Reservation

---

Protocol) trên các giao thức định tuyến như giao thức trong IP (BGP, OSPF). Mỗi gói dữ liệu được đóng gói và mang các nhãn trong thời gian di chuyển từ nguồn tới đích. Chuyển mạch dữ liệu tốc độ cao hoàn toàn có thể thực hiện dựa theo phương pháp này, vì các nhãn có độ dài cố định được chèn vào phần đầu của gói hoặc tế bào và có thể được sử dụng bởi phần cứng để chuyển mạch nhanh các gói giữa các liên kết. Một số đặc tính cơ bản của MPLS được liệt kê dưới đây.

*Kỹ thuật lưu lượng:* Cung cấp khả năng thiết lập đường truyền mà lưu lượng sẽ truyền qua mạng và khả năng thiết lập các chất lượng cho các lớp dịch vụ CoS và chất lượng dịch vụ QoS khác nhau. MPLS là sự phát triển chính trong các công nghệ Internet mà hỗ trợ việc bổ sung một số khả năng thiết yếu cho mạng hạ tầng mạng IP.

*Cung cấp dịch vụ IP dựa trên các mạng riêng ảo (VPN-Virtual Private Network):* Thông qua mạng MPLS, các nhà cung cấp dịch vụ có thể tạo các đường hầm IP đi qua mạng trong suốt đối với dịch vụ người sử dụng.

*Loại bỏ cấu hình đa lớp:* Sự phát triển của các công nghệ và dịch vụ trên nền IP đã tạo ra rất nhiều các mô hình chồng lấn. MPLS là một giải pháp thay thế cho mô hình chồng lấn IP trên nền ATM cũng như các hạ tầng lớp 2 khác. Loại bỏ cấu hình đa lớp đồng nghĩa với việc đơn giản hóa quản lý mạng và giảm độ phức tạp của mạng.

*Tuyến hiện:* Một đặc điểm nổi trội của MPLS là cho phép thiết lập các đường định tuyến tường minh về đường đi trên mạng. Các đường chuyển mạch nhãn được hỗ trợ tuyến hiện cho phép quản lý và đảm bảo được chất lượng dịch vụ cho các luồng lưu lượng. Các đường hầm lưu lượng được tạo ra trên mạng MPLS là trong suốt đối với các lưu lượng truyền tải do các LSR chỉ quan tâm tới nhãn gán vào luồng lưu lượng.

*Hỗ trợ đa liên kết và đa giao thức:* Thành phần chuyển tiếp chuyển mạch nhãn không mặc định với bất kỳ một lớp nào. Được coi là lớp trung gian giữa lớp 2 và lớp 3 (lớp 2,5), MPLS có thể sử dụng trên bất kỳ công nghệ liên kết dữ liệu lớp 2 nào và cũng như hỗ trợ tất cả các giao thức lớp mạng .

Công nghệ chuyển mạch nhãn đa giao thức tổng quát GMPLS (Generalized Multiprotocol Labeled Switching) là bước phát triển tiếp theo của công nghệ chuyển mạch nhãn đa giao thức MPLS. 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 đang diễn ra. 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 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. 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 (tính theo giờ hoặc phút so với tuần hoặc tháng của phương thức nhân công truyền thống). Các chức năng của GMPLS được mô tả trong bảng 4.1 dưới đây. .

**Bảng 4.1: Chức năng thực hiện trong GMPLS**

Vùng chuyển mạch	Kiểu lưu lượng	Lược đồ chuyển tiếp	Thiết bị ví dụ	Ký hiệu
Gói, tế bào	IP, ATM	Nhãn, kết nối kênh ảo.	Bộ định tuyến IP, chuyển mạch ATM	Chuyển mạch gói (PSC)

Thời gian	TDM/SONET	Khe thời gian	Hệ thống đầu nối chéo (DCS), ADM	Chuyển mạch TDM
Bước sóng	Trong suốt	Lambda	DWDM	Chuyển mạch lambda (LSC)
Vật lý	Transparent	Fiber, line	OXC	Chuyển mạch sợi quang (FSC)

Một trong những điểm hấp dẫn nhất của GMPLS đó là sự thống nhất về giao thức điều khiển để thực hiện thiết lập, duy trì và quản lý kỹ thuật lưu lượng theo đường xác định từ điểm đầu đến điểm cuối một cách có hiệu quả.

Để có thể hỗ trợ các thiết bị chuyển mạch trong các miền khác nhau, GMPLS đưa vào nhưng bổ sung mới cho khuôn dạng của các nhãn. Khuôn dạng nhãn mới gọi là “*nhãn tổng quát*”, nó chứa thông tin cho phép các thiết bị thu lập chương trình chuyển mạch và chuyển tiếp dữ liệu bất kể cấu trúc của nó (gói, TDM, Lambda .....). Nhãn tổng quát có thể biểu diễn cho một bước sóng đơn, một sợi quang hoặc một khe thời gian. Nó cũng thể hiện các nhãn MPLS truyền thống, ví dụ như ATM, VCC hoặc shim IP. Thông tin được gắn vào nhãn tổng quát gồm:

1. Kiểu mã hoá LSP mà thể hiện loại nhãn đang được mang (gói, bước sóng SONET...).
2. Loại chuyển mạch thể hiện nút có khả năng chuyển mạch hoặc gói, khe thời gian, bước sóng hoặc sợi quang.
3. Bộ nhận dạng tải trọng chung để thể hiện loại tải đang được mang bởi LSP (ví dụ như nhánh ảo VT, DS-3, ATM, Ethernet, .....)

Giống như MPLS, sự phân bổ nhãn bắt đầu từ LSR phía trước yêu cầu một nhãn từ LSR phía sau. GMPLS thực hiện điều này tốt hơn bằng việc cho phép LSR phía trước đề nghị nhãn cho LSP mà có thể được ưu tiên bởi LSR phía sau. Cuộc cách mạng của MPLS sang GMPLS đã mở rộng các giao thức báo hiệu (RSVP- TE, CR – LDP) và các giao thức định tuyến (OSPF-TE, IS-IS-TE) để thích nghi với những đặc tính của TDM/SONET và các mạng quang. Thêm vào đó, GMPLS được bổ sung giao thức quản lý liên kết LMP (Link Management Protocol) để quản lý và bảo trì hoạt động mặt phẳng và dữ liệu, điều khiển giữa hai nút lân cận.



---

## 4.2 KỸ THUẬT ĐỊNH TUYẾN TRONG MPLS/GMPLS

### 4.2.1 Giao thức định tuyến và phân phối nhãn

*Thiết lập đường chuyển mạch nhãn LSP:* Đường chuyển mạch nhãn là tuyến tạo ra từ đầu vào đến đầu ra của mạng MPLS dùng để chuyển tiếp gói của một FEC nào đó sử dụng cơ chế hoán đổi nhãn. MPLS sử dụng ngăn xếp nhãn để phân cấp các nhãn, ngăn xếp nhãn tạo ra các khả năng thiết lập các đường dẫn khác nhau dựa theo mức nhãn cho các gói tin tới đích. MPLS cung cấp hai cơ chế thiết lập đường dẫn sau:

*Định tuyến từng bước/ điều khiển độc lập:* Phương pháp này tương tự như trong mạng IP thuần. Mỗi LSR sử dụng một giao thức định tuyến có sẵn như OSPF hoặc PNNI để lựa chọn độc lập bước nhảy kế tiếp cho FEC.

*Định tuyến hiện/ điều khiển theo yêu cầu:* Phương pháp này cung cấp các dịch vụ phân biệt trên các luồng lưu lượng theo mức dịch vụ hoặc phương pháp quản lý mạng. Các LER đầu vào liệt kê toàn bộ các nút dọc theo LSP tới LER đầu ra đồng thời gửi thông tin đó tới các nút liên quan. Kiểu LSP này có thể không tối ưu về tiêu chí đường ngắn nhất, nhưng mục tiêu hàng đầu của các LSP này là đảm bảo chất lượng dịch vụ.

Phương pháp định tuyến từng bước cho phép thời gian hội tụ và thời gian thiết lập LSP nhanh, do quá trình liên kết nhãn có thể thiết lập và phát hành từ LSR vào bất cứ thời gian nào. Trong khi định tuyến hiện cần phải có thời gian chờ bản tin truyền tới tất cả các nút dọc tuyến mà LSP có thể thiết lập, tuy nhiên chính điều đó lại hỗ trợ tốt cho vấn đề điều khiển lưu lượng và chống vòng lặp. Hơn nữa, có thể tồn tại hai đường dẫn chuyển mạch tách biệt qua mạng mà không ảnh hưởng tới cấu trúc hoặc các vấn đề liên điều hành trong mạng.

#### *Giao thức phân bổ nhãn LDP*

Giao thức phân bổ nhãn LDP làm một trong các tiếp cận nền tảng để phân bổ nhãn giữa các LSR. Giao thức LDP là giao thức điều khiển tách biệt được các LSR sử dụng để trao đổi và điều phối quá trình gán nhãn/FEC. Giao thức này là một tập hợp các thủ tục trao đổi các bản tin cho phép các LSR sử dụng giá trị nhãn thuộc FEC nhất định để truyền các gói thông tin. Các hoạt động cơ bản của LDP được chia thành 4 vùng sau:

- Phát hiện các LSR lân cận có hỗ trợ giao thức LDP
- Thiết lập điều khiển giữa các LSR lân cận, đàm phán các khả năng và lựa chọn thông tin.
- Phát hành nhãn.
- Thu hồi nhãn.

Hai bộ định tuyến chuyển mạch nhãn sử dụng LDP để phát hành các nhãn tới nhau được gọi là các LSR đồng cấp. Sự trao đổi thông tin giữa các LSR đồng cấp được gọi là một phiên LDP, phiên LDP được sử dụng để quản lý và trao đổi thông tin giữa một cặp các không gian nhãn nằm trên hai LSR.

The diagram illustrates the architecture of a network node, showing the interaction between the control plane (Thành phần điều khiển) and the forwarding plane (Thành phần chuyển tiếp). The diagram is divided into three sections: LER (định tuyến biên LER), LSR (định tuyến lõi LSR), and LER (định tuyến biên LER).

**Thành phần điều khiển (Control Plane):**

- IP
- CR-LDP
- UDP
- liên kết (connection)
- liên kết (connection)
- liên kết (connection)

**Thành phần chuyển tiếp (Forwarding Plane):**

- liên kết (connection)
- liên kết (connection)
- liên kết (connection)
- liên kết (connection)
- liên kết (connection)

**Định tuyến biên LER (LER):**

- định tuyến biên LER
- định tuyến biên LER
- định tuyến biên LER

**Định tuyến lõi LSR (LSR):**

- định tuyến lõi LSR
- định tuyến lõi LSR
- định tuyến lõi LSR

**Định tuyến biên LER (LER):**

- định tuyến biên LER
- định tuyến biên LER
- định tuyến biên LER

Sau khi một bộ định tuyến đường lên LSR nhận được phát hành nhãn mới từ một bộ định tuyến đường xuống, nó cần phải thay thế các nhãn trong bảng chuyển tiếp thông tin nhãn LFIB (Label Forwarding Information Base). Bộ định tuyến có hai sự lựa chọn: Duy trì nhãn cũ hoặc loại bỏ nhãn cũ và thay thế bằng nhãn mới, tương ứng với hai phương thức: *duy trì nhãn tiên tiến* và *duy trì nhãn bảo thủ*. Nếu một LSR hỗ trợ *phương thức duy trì nhãn tiên tiến*, nó có thể duy trì liên kết nhãn với các FEC và sử dụng khi cần, việc này được thực hiện một cách tự động mà không cần đến báo hiệu LDP hay quá trình phân bổ nhãn mới. Ưu điểm lớn nhất của phương thức duy trì tiên tiến đó là khả năng phản ứng nhanh hơn khi có sự thay đổi định tuyến. Phương thức duy trì nhãn tiên tiến tương thích với phương thức phân bổ nhãn không theo yêu cầu vì bảng cơ sở dữ liệu chuyển tiếp luôn có sẵn các liên kết nhãn để cấp phát cho bộ định tuyến LSR đường xuống. Mặt hạn chế của phương thức này là tiêu tốn bộ nhớ và

---

không gian nhãn. Điều này đặc biệt quan trọng và có ảnh hưởng rất lớn đối với những thiết bị lưu trữ bảng định tuyến trong phần cứng như các bộ định tuyến sử dụng trường chuyển mạch ATM. Khi LSR hoạt động ở chế độ *đuy trì nhãn bảo thủ*, nó sẽ chỉ giữ những giá trị Nhãn/FEC mà nó cần tại thời điểm hiện tại, khi có yêu cầu liên kết nhãn từ các bộ định tuyến đường xuống, các nhãn được cấp phát bằng cách thay thế các nhãn cũ bằng các nhãn mới. Như vậy, không gian nhãn sử dụng sẽ nhỏ hơn nhưng thời gian xử lý cấp phát nhãn sẽ dài hơn. Để cải thiện thời gian xử lý nhãn, bộ định tuyến đường xuống phát hành các nhãn theo chu kỳ hoặc sử dụng bản tin yêu cầu nhãn để các bộ định tuyến đường lên hiệu chỉnh lại các giá trị tốt nhất cho bước nhảy kế tiếp tại bảng LFIB.

#### *Giao thức phân bố nhãn dựa trên định tuyến ràng buộc CR-LDP*

Một giải pháp phân phối nhãn được cải thiện từ LDP nhằm hỗ trợ kỹ thuật lưu lượng TE được thể hiện qua giao thức phân phối nhãn định tuyến ràng buộc CR-LDP (Constraint Routing). CR-LDP hỗ trợ phương pháp phân phối nhãn theo yêu cầu và hoạt động trong chế độ duy trì nhãn bảo thủ. Các chức năng mở rộng so với LDP gồm có:

- Khả năng thiết lập các đường dẫn chuyển mạch nhãn LSP với điều kiện ràng buộc;
- Phân phối nhãn theo các tham số lưu lượng;
- Chiếm giữ trước tài nguyên mạng;
- Phân lớp nguồn tài nguyên.

Giao thức định tuyến ràng buộc phân phối nhãn CR-LDP được phát triển vì hai lý do cơ bản. Trước hết, MPLS cho phép tách các thông tin sử dụng để chuyển tiếp nhãn 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 đường chuyển mạch nhãn LSP. Nói một cách khác, việc quyết định gói IP nào sẽ định tuyến hiện như thế nào hoàn toàn do LSR phía nguồn tính toán xác định tuyến.

#### *Định tuyến trong GMPLS*

Các mở rộng với IGPs như OSPF, IS-IS cho phép các nút trao đổi thông tin về cấu hình mạng quang, tài nguyên có thể sử dụng và các ràng buộc quản trị. Đặc tính định tuyến GMPLS lõi có thể sử dụng gồm ba phần: Mô tả chức năng định tuyến, OSPF-TE mở rộng và IS-IS mở rộng.

Báo hiệu GMPLS mở rộng các chức năng cơ bản vốn có của báo hiệu RSVP-TE và CR-LDP của MPLS, trong một số trường hợp đặc biệt có bổ sung thêm tính năng. Những thay đổi và bổ sung này tác động đến các tính chất cơ bản của LSP, cách thức

---

thông báo lỗi, và thông tin được cung cấp cho việc đồng bộ các nút lỗi vào và lỗi ra. Đặc tính báo hiệu GMPLS lỗi gồm: Mô tả chức năng báo hiệu, RSVP-TE mở rộng và CR-LDP mở rộng. Định tuyến luồng quang động trong mạng IP qua WDM được dựa trên mô hình định tuyến dựa trên ràng buộc GMPLS.

Ngay khi một luồng quang thích hợp được lựa chọn. Một giao thức báo hiệu như CR-LDP hoặc RSVP – TE được gọi ra để thiết lập kết nối. Trong khi hiện nay tổ chức IETF tập trung vào một vài giao thức cụ thể thì bản thân GMPLS không hạn chế với bất kỳ giao thức định tuyến hay báo hiệu riêng nào. Hơn nữa, các giao thức như OSPF, CR-LDP và RSVP-TE mềm dẻo và thích hợp với thực hiện các bài toán định tuyến và báo hiệu khác nhau cho thiết lập luồng quang.

#### **4.2.2 Kỹ thuật định tuyến hỗ trợ chất lượng dịch vụ trong MPLS/GMPLS**

##### ***i, Định tuyến đảm bảo QoS trong MPLS***

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 tải 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.

## ***ii, Một số thuật toán định tuyến QoS trong MPLS***

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 thuật toán hỗ trợ định tuyến đảm bảo QoS trong mạng MPLS được trình bày dưới đây.

*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.

*Thuật toán tìm đường ngắn nhất và rộng nhất WSPA (Widest Shortest 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.

*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.

*Thuật toán định tuyến nhiễu tối thiểu MIRA (Minimum Interference Routing Algorithm):* Mục tiêu của thuật toán này là cung cấp đường dẫn có nhiễu ít nhất với các yêu cầu kết nối đường dẫn chuyển mạch nhãn LSP trong tương lai giữa các cặp

---

nguồn – đích khác. 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).

### ***iii, Định tuyến gán bước sóng trong GMPLS***

Do GMPLS gắn trực tiếp tới điều khiển luồng quang nên bài toán định tuyến trong GMPLS phải tìm được các bước sóng được lựa chọn bằng cách tối thiểu tắc nghẽn cho chuỗi các kết nối. Dưới đây là một số thuật toán điển hình.

*Thuật toán gán bước sóng theo thứ tự bước sóng.* Một ví dụ về thuật toán gán bước sóng đơn giản nhưng hiệu quả là gán bước sóng theo thứ tự bước sóng. Trong thuật toán này, các bước sóng được đánh chỉ số và luồng quang sẽ cố gắng lựa chọn bước sóng với chỉ số thấp nhất trước khi lựa chọn bước sóng với một chỉ số cao hơn. Bằng việc lựa chọn bước sóng theo phương pháp này, các kết nối hiện tại sẽ được gói thành tổng các bước sóng nhỏ hơn, loại bỏ các bước sóng lớn hơn có thể sử dụng cho các luồng quang.

*Thuật toán gán bước sóng ngẫu nhiên.* Phương pháp khác để lựa chọn các bước sóng khác nhau là lựa chọn đơn giản một trong các bước sóng ngẫu nhiên. Nói chung, thuật toán gán bước sóng theo thứ tự bước sóng sẽ làm tốt hơn gán bước sóng ngẫu nhiên khi thông tin đầy đủ về trạng thái mạng có thể sử dụng. Tuy nhiên, nếu việc lựa chọn bước sóng được thực hiện bằng phương pháp phân tán chỉ với thông tin hạn chế và lỗi thời thì gán bước sóng ngẫu nhiên có thể làm tốt hơn gán theo thứ tự bước sóng. Lý do cho đặc tính này là ở chỗ, trong phương pháp gán theo thứ tự bước sóng nếu

---

nhiều kết nối đang đồng thời cố gắng thiết lập một luồng quang thì rất có thể chúng sẽ lựa chọn bước sóng giống nhau dẫn đến một hoặc nhiều kết nối bị chặn.

*Thuật toán gán bước sóng dựa trên bước sóng sử dụng nhiều nhất và ít nhất.* Thuật toán gán bước sóng đơn giản khác bao gồm thuật toán gán bước sóng dựa trên bước sóng sử dụng nhiều nhất và ít nhất. Trong gán bước sóng được sử dụng nhiều nhất thì bước sóng được sử dụng nhiều trong phần còn lại của mạng được lựa chọn. Phương pháp này nỗ lực cung cấp tối đa bước sóng sử dụng lại trong mạng. Phương pháp gán bước sóng được sử dụng ít nhất nỗ lực trải rộng tải trọng bằng nhau qua tất cả các bước sóng bằng việc lựa chọn bước sóng được sử dụng ít nhất xuyên suốt mạng. Cả hai phương pháp gán bước sóng dựa trên bước sóng sử dụng ít nhất và sử dụng nhiều nhất đòi hỏi tin tức tổng thể.

Để đảm bảo chất lượng dịch vụ QoS và thiết lập luồng quang thì giao thức báo hiệu được yêu cầu để trao đổi thông tin điều khiển giữa các nút và để đặt trước tài nguyên dọc đường đi. Trong nhiều trường hợp, giao thức báo hiệu được kết hợp chặt chẽ với các giải thuật RWA. Các giao thức báo hiệu và đặt trước có thể được phân loại dựa trên hoặc tài nguyên được đặt trước bước sóng trên mỗi tuyến liên kết, được đặt trước theo chặng dọc đường đi theo hướng tiến hoặc được đặt trước theo chặng dọc đường ngược lại. Các giải thuật cũng sẽ khác nhau phụ thuộc vào thông tin tổng thể có thể sử dụng hoặc không thể sử dụng.

*Đặt trước song song.* Bài toán dựa trên định tuyến trạng thái liên kết cho rằng mỗi nút duy trì thông tin tổng thể về cấu hình mạng và trạng thái hiện tại của mạng bao gồm thông tin về các bước sóng đang được sử dụng trên mỗi tuyến liên kết. Dựa trên thông tin tổng thể này nút có thể tính toán tuyến tối ưu tới đích với bước sóng nhất định. Nút nguồn sau đó cố gắng đặt trước bước sóng mong muốn trên mỗi tuyến liên kết trong tuyến bằng việc gửi bản tin điều khiển riêng tới mỗi nút trong tuyến. Mỗi nút mà nhận bản tin yêu cầu đặt trước sẽ cố gắng đặt trước bước sóng đã xác định, và sẽ gửi hoặc tín hiệu chấp nhận hoặc không chấp nhận quay trở lại nguồn. Nếu nút nguồn nhận tín hiệu chấp nhận từ tất cả các nút thì nó có thể thiết lập luồng quang và bắt đầu truyền thông với đích. Ưu điểm của bài toán đặt trước song song là nó rút ngắn thời gian thiết lập luồng quang bằng việc các nút xử lý các yêu cầu đặt trước song song. Nó cũng đơn giản hơn để thực hiện các bài toán đặt trước khác như đặt trước theo chặng được nêu chi tiết trong phần sau. Tuy nhiên, không thuận lợi ở chỗ nó đòi hỏi tin tức tổng thể do cả hai đường đi và bước sóng phải biết sớm hơn chờ đợi.

*Đặt trước theo chặng.* Khác với đặt trước song song là đặt trước theo chặng trong đó bản tin điều khiển được gửi dọc theo tuyến đã lựa chọn từng chặng kế tiếp nhau. Ở

---

---

mỗi nút trung gian, bản tin điều khiển được xử lý trước khi chuyển tiếp tới nút tiếp theo. Khi bản tin điều khiển tiến tới đích, nó được xử lý và gửi lại nút nguồn. Việc đặt trước tài nguyên tuyến liên kết thực tế có thể thực hiện hoặc trong khi bản tin đang đi theo hướng tiến tới đích, hoặc trong khi bản tin điều khiển đang đi theo hướng ngược lại trở về nguồn.

### **4.3 ĐỊNH TUYẾN TRONG MẠNG KHÔNG DÂY**

#### **4.3.1 Phân loại các giao thức định tuyến**

Định tuyến là vấn đề nền tảng cho mọi mạng. Rất nhiều các giao thức định tuyến đã được đề xuất cho mạng hữu tuyến và một số đã được sử dụng rộng rãi. Các tiếp cận định tuyến động thường được sử dụng trong mạng hữu tuyến. Trong đó, định tuyến vector khoảng cách và định tuyến trạng thái liên kết là 2 thuật toán định tuyến động được sử dụng rộng rãi.

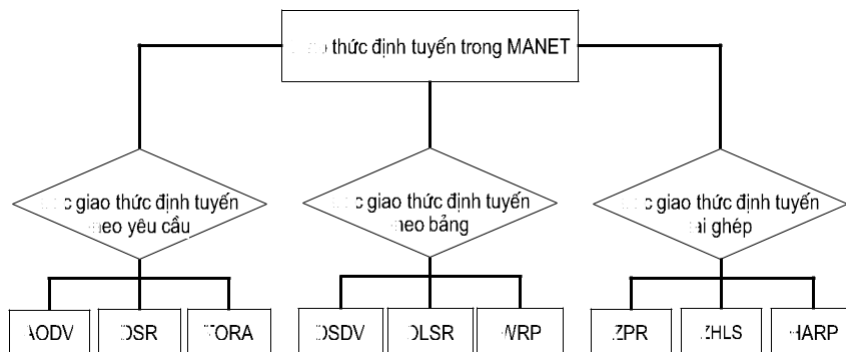
Như phần trên đã giới thiệu dưới góc độ các giải pháp công nghệ mạng không dây. Với hàng loạt các ưu điểm của công nghệ truyền thông không dây, các mạng di động không dây đã được phát triển rất mạnh trong thời gian gần đây. Mạng di động không dây có thể chia thành hai kiểu mạng: mạng hạ tầng và mạng không hạ tầng tùy thuộc vào sự phụ thuộc vào hạ tầng truyền thông. Trong mạng hạ tầng, truyền thông giữa các phần tử mạng phụ thuộc vào sự hỗ trợ của hạ tầng mạng, các thiết bị đầu cuối di động truyền thông đơn bước không dây qua các điểm truy nhập (các trạm cơ sở) để tới hạ tầng mạng cố định. Kiểu mạng không phụ thuộc hạ tầng còn được gọi với tên chung là các mạng tùy biến di động MANET (Mobile Adhoc Networks), mạng cảm biến không dây WSN (Wireless Sensor Networks), hoặc các hạ tầng lai ghép như mạng hình lưới không dây WMN (Wireless Mesh Networks).

Trong mạng hữu tuyến, các thuật toán định tuyến trạng thái liên kết và vector khoảng cách hoạt động rất tốt bởi những tính chất của mạng như chất lượng liên kết và cấu trúc hình học là được biết trước. Tuy nhiên những đặc tính động của các mạng tùy biến di động sẽ làm giảm hiệu lực của các giao thức này. Sự thay đổi topo thường xuyên làm cho tiêu đề điều khiển tăng lên nhanh chóng dẫn đến việc chiếm dùng quá nhiều băng thông khan hiếm của các mạng tùy biến di động. Thêm nữa các thuật toán định tuyến vector khoảng cách và trạng thái liên kết gây nên những mâu thuẫn trong thông tin định tuyến, dẫn đến việc lặp vòng khi sử dụng trong các mạng động.

Truyền thông tin đa điểm được yêu cầu bởi những ứng dụng khi nhiều node cùng quan tâm đến một thông tin riêng biệt nào đó. Với những kịch bản này định tuyến đa điểm sẽ tiết kiệm được băng thông và tài nguyên tính toán. Định tuyến đa điểm cùng với địa chỉ đa điểm và việc đăng ký động đã hỗ trợ được thông tin đa điểm trong mạng



hữu tuyến. Các tiếp cận định tuyến đa điểm như giao thức định tuyến đa điểm vector khoảng cách DVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol), định tuyến đường dẫn đầu tiên ngắn nhất đa điểm MOSPF (Multicast Open Shortest Path First), định tuyến đa điểm độc lập giao thức PIM (Protocol Independent Multicast) đã được sử dụng rộng rãi. Cũng giống mạng hữu tuyến, thông tin đa điểm cũng là vấn đề cần thiết trong mạng tùy biến di động. Kiểu trao đổi thông tin này thích hợp với nhiều ứng dụng trong mạng không dây và tiết kiệm được tài nguyên băng thông của các kênh vô tuyến. Thêm nữa đặc tính quảng bá tiềm tàng của các kênh vô tuyến được khai thác để tăng cường hiệu năng truyền thông tin đa điểm trong các mạng tùy biến di động. So sánh với nguyên tắc định tuyến đơn điểm thì định tuyến đa điểm trong mạng tùy biến di động sẽ khó khăn hơn nhiều. Tính năng di động của node dẫn đến việc theo vết của các thành viên nhóm đa điểm là rất phức tạp và tốn kém. Thêm nữa phải xây dựng lại thường xuyên cây phân bố bởi sự di chuyển của node. Do đó nguyên tắc định tuyến đa điểm trong mạng tùy biến di động buộc phải bao gồm cả các cơ chế để đương đầu với những khó khăn gây ra bởi tính di động của node và sự thay đổi cấu trúc hình học của mạng. Vấn đề luôn được đặt ra đối với các mạng MANET chính là phương pháp gửi thông tin giữa các node không có liên kết trực tiếp, khi mà các node trong mạng di chuyển không theo các dự đoán và dẫn tới cấu hình mạng thường xuyên thay đổi. Vì vậy, các tiếp cận định tuyến trong các mạng cố định truyền thống không thể áp dụng được đối với các mạng tùy biến di động không dây. Một phương pháp phổ biến để phân biệt các giao thức định tuyến trong mạng MANET dựa trên cách thức trao đổi thông tin định tuyến giữa các node. theo phương pháp này, các giao thức định tuyến được chia thành: định tuyến theo bảng, định tuyến theo yêu cầu và định tuyến lai ghép (hình 4.3). Sự khác biệt của các giao thức này xuất phát từ tính chuyên biệt đối với các khía cạnh định tuyến như phương pháp tìm đường ngắn nhất, thông tin tiêu đề định tuyến hay đặc tính cân bằng tải, v.v.



Hình 4.3 : Phân loại các giao thức trong MANET

---

### ***i, Các giao thức định tuyến theo bảng***

Trong phương pháp định tuyến theo bảng, các node trong mạng MANET liên tục đánh giá các tuyến tới các node để duy trì tính tương thích, cập nhật của thông tin định tuyến. Vì vậy, một node nguồn có thể đưa ra một đường dẫn định tuyến ngay lập tức khi cần. Trong các giao thức định tuyến theo bảng, tất cả các node cần duy trì thông tin về cấu hình mạng. Khi cấu hình mạng thay đổi, các cập nhật được truyền lan trong mạng nhằm thông tin sự thay đổi. Hầu hết các giao thức định tuyến theo bảng đều kế thừa và sửa đổi đặc tính tương thích từ các thuật toán chọn đường dẫn ngắn nhất trong các mạng hữu tuyến truyền thống. Các thuật toán định tuyến theo bảng được sử dụng cho các node cập nhật trạng thái mạng và duy trì tuyến bất kể có lưu lượng hay không. Vì vậy, tiêu đề thông tin để duy trì cấu hình mạng đối với các giao thức này thường là lớn. Một số các giao thức định tuyến điển hình theo bảng trong MANET gồm: Giao thức định tuyến không dây WRP (Wireless Routing Protocol), định tuyến vector khoảng cách tuần tự đích DSDV (Destination Sequence Distance Vector), định tuyến trạng thái tối ưu liên kết OLSR (Optimized Link State Routing), định tuyến trạng thái fisheye (Fisheye State Routing), v.v.

### ***ii, Các giao thức định tuyến theo yêu cầu***

Trong phương pháp định tuyến theo yêu cầu, các đường dẫn được tìm kiếm chỉ khi cần thiết, hoạt động tìm tuyến bao gồm cả thủ tục xác định tuyến. Thủ tục tìm tuyến kết thúc khi một tuyến không được tìm thấy hoặc không có tuyến khả dụng sau khi xác minh toàn bộ tập hoán vị tuyến. Trong mạng MANET, các tuyến hoạt động có thể ngừng do tính di động của node. Vì vậy, thông tin duy trì tuyến là tối quan trọng đối với các giao thức định tuyến theo yêu cầu. So với các giao thức định tuyến theo bảng, các giao thức định tuyến theo yêu cầu thường có tiêu đề trao đổi thông tin định tuyến nhỏ hơn. Vì vậy, về mặt nguyên tắc, các giao thức này có khả năng mở rộng tốt hơn đối với các giao thức định tuyến theo bảng. Tuy nhiên, vấn đề lớn nhất của các giao thức định tuyến theo yêu cầu là trễ do tìm kiếm tuyến trước khi chuyển tiếp thông tin dữ liệu. Ví dụ về một số giao thức định tuyến theo yêu cầu gồm: giao thức định tuyến nguồn động DSR (Dynamic Source Routing), giao thức định tuyến vector khoảng cách theo yêu cầu AODV (Ad hoc On- demand Distance Vector routing) và giao thức định tuyến theo thứ tự tạm thời TORA (Temporally Ordered Routing Algorithm).

### ***iii, Giao thức định tuyến lai ghép***

Các giao thức định tuyến lai ghép được đề xuất để tổ hợp các đặc tính ưu điểm của các giao thức định tuyến theo bảng và theo yêu cầu. Thông thường, các giao thức định tuyến lai ghép MANET được sử dụng trong kiến trúc phân cấp. Các giao thức định

tuyến theo bảng và theo yêu cầu được triển khai trong các cấp thích hợp. Một số ví dụ về giao thức định tuyến lai ghép: giao thức định tuyến vùng ZRP (Zone Routing Protocol), giao thức định tuyến trạng thái liên kết dựa trên vùng ZHLS (Zone-based Hierarchical Link State routing) và giao thức định tuyến mạng tùy biến lai HARP (Hybrid Ad hoc Routing Protocol), v.v.

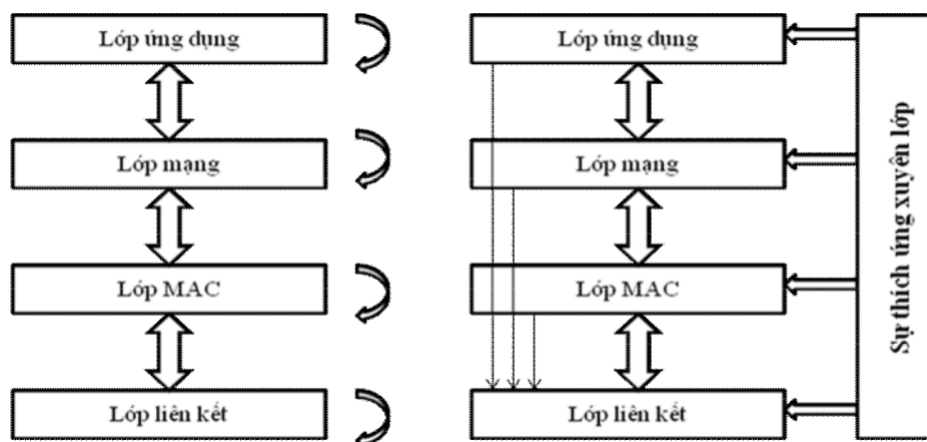
### 4.3.2 Kỹ thuật định tuyến xuyên lớp

Một loạt các nghiên cứu gần đây đã cho thấy việc áp dụng các lớp mô hình OSI một cách đơn lẻ trong mạng không dây sẽ rất hạn chế do thiếu sự hợp tác giữa các lớp không lân cận, trong khi các tác động qua lại giữa các lớp không lân cận tồn tại một cách tự nhiên. Do vậy, trong thiết kế của mạng không dây và nhất là trong những năm gần đây người ta rất quan tâm đến thiết kế xuyên lớp (Cross-layer design), nhằm cho phép các lớp không lân cận có thể trao đổi thông tin với nhau.

Ý tưởng của thiết kế xuyên lớp là coi trọng sự tác động qua lại giữa các lớp không lân cận bằng cách trong thiết kế cho phép các lớp không lân cận vẫn có thể trao đổi thông tin cho nhau trong khi chức năng chính của lớp vẫn được đảm bảo. Hình 4.4 so sánh mô hình OSI và mô hình xuyên lớp.

Các lớp thường được xem xét kết hợp với nhau trong thiết kế xuyên lớp như: Vật lý (Physical-PHY), Điều khiển truy nhập môi trường (Medium Access Control-MAC), Mạng (Network - NET) và lớp Truyền tải (Transport -TRA). Cơ chế trao đổi giữa các lớp không lân cận trong thực tế có thể sử dụng một trong số các phương pháp như:

- Trao đổi trực tiếp giao tiếp giữa các lớp.
- Các lớp chia sẻ cơ sở dữ liệu chung.
- Tạo ra một giao diện mới, chung cho việc sử dụng/trao đổi các thông tin liên quan.



Hình 4.4 : Mô hình phân lớp OSI và mô hình xuyên lớp

---

Phản hồi xuyên lớp có nghĩa là sự tương tác giữa các lớp dữ liệu trong chồng giao thức. Vì mục đích thuận tiện phản hồi xuyên lớp có thể được phân loại như sau :

Bên trên xuống các lớp thấp hơn : Ví dụ sự hạn chế hoặc mất mát các ràng buộc của các ứng dụng được truyền tới lớp liên kết để cho phép lớp liên kết thích ứng với cơ chế hiệu chỉnh lỗi; người dùng được xác định các ứng dụng được ưu tiên sẽ truyền đạt tới TCP để tăng thêm cửa sổ nhận của các ứng dụng với độ ưu tiên cao hơn.

Bên dưới lên các lớp cao hơn : Ví dụ gói TCP mất mát thông tin sẽ chuyển giao cho lớp ứng dụng để các ứng dụng có thể thích ứng với tỉ lệ của nó gửi đi. Lớp vật lý có thể truyền tải nguồn và tỉ lệ lỗi bit thông tin truyền tới lớp liên kết/ MAC để có thể thích ứng với cơ chế hiệu chỉnh lỗi.

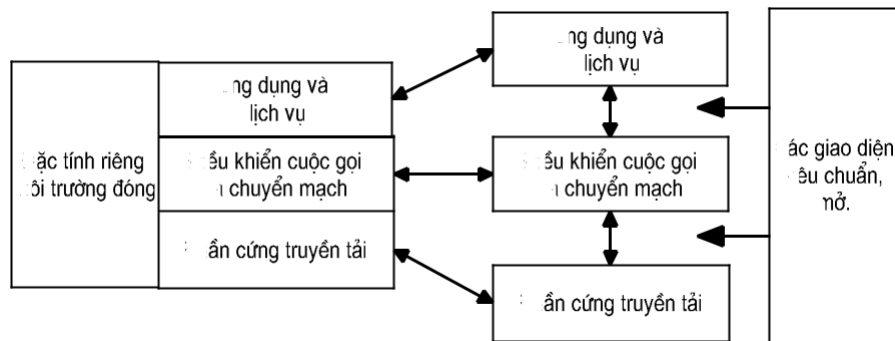
#### **4.4 GIẢI PHÁP CHUYỂN MẠCH MỀM**

Như đã trình bày trong chương 1 về xu hướng phát triển của kỹ thuật chuyển mạch trong những năm gần đây cho thấy chuyển mạch mềm nổi lên là cơ chế làm việc tại lớp điều khiển của mạng NGN.

Chuyển mạch mềm là một khái niệm mang nghĩa rộng, theo hiệp hội chuyển mạch mềm quốc tế ISC (International Softswitch Consortium) đưa ra định nghĩa về softswitch như sau:

*Chuyển mạch mềm là một thực thể dựa trên phần mềm để cung cấp chức năng điều khiển cuộc gọi. Nó mang hai đặc tính then chốt: thực thể phần mềm không phụ thuộc hiện vào phần cứng và chức năng của nó là điều khiển cuộc gọi.*

Mỗi nhà phát triển nhìn nhận chuyển mạch mềm dưới các góc độ khác nhau, các nhà cung cấp nhỏ thường tập trung vào vai trò của Chuyển mạch mềm trong việc thay thế tổng đài nội hạt. Mặc dù chuyển mạch mềm thể hiện rất rõ ưu điểm của mình trong ứng dụng làm tổng đài nội hạt, nhưng các nhà cung cấp thiết bị lớn như (Siemen, Nortel, Alcatel, Cisco...) đã đưa ra các giải pháp chuyển mạch mềm hoàn chỉnh cho cả tổng đài nội hạt và tổng đài chuyển tiếp. Softswitch trở thành một tên gọi chung cho thực thể có chức năng thực hiện các logic của các phiên giao dịch trong mạng Viễn thông thế hệ mới (NGN) và còn có các tên khác như: Media Gateway Controller (MGC) hay CallAgent, hay có thể hiểu như là một diện mạo mới của hệ thống chuyển mạch điều khiển theo chương trình ghi sẵn SPC (Stored Program Control) trong mạng NGN. Hơn nữa, Các softswitch cũng được xây dựng dựa trên các hệ thống mở, đây là một sự khác biệt cơ bản giữa softswitch và các hệ thống chuyển mạch cứng độc quyền truyền thống.

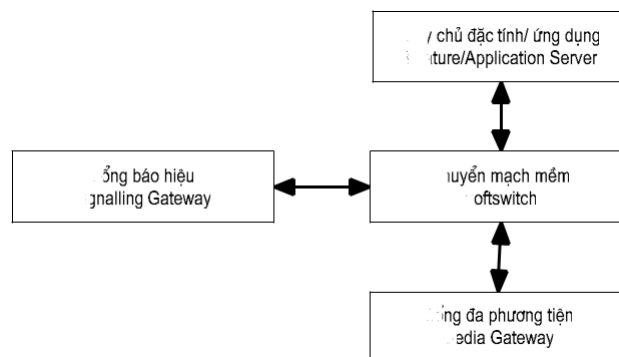


Hình 4.5: Dịch chuyển từ chuyển mạch truyền thống sang chuyển mạch mềm

#### 4.4.1 Mô hình kiến trúc chuyển mạch mềm

Mặc dù có rất nhiều định nghĩa khác nhau, nhưng ý tưởng mấu chốt của kiến trúc chuyển mạch mềm là tách biệt phần điều khiển với các chức năng phương tiện của các thiết bị chuyển mạch truyền thống (thể hiện trên hình 4.5). Kiến trúc này tách hoặc phân tán các ứng dụng, điều khiển cuộc gọi và các chức năng truyền tải của các hệ thống chuyển mạch truyền thống. Vì vậy, phần cứng chuyển mạch sẽ tách khỏi các chức năng điều khiển, dịch vụ và ứng dụng.

Hình 4.6 thể hiện khía cạnh kiến trúc phân tán theo chuyển mạch mềm, tính chất độc lập của phương tiện mạng có ý nghĩa trong cả mạng chuyển mạch kênh và mạng chuyển mạch gói. Tuy nhiên, chuyển mạch mềm gắn với mạng thế hệ kế tiếp và có hạ tầng chuyển mạch gói, nên thường được ngầm hiểu là cho mạng chuyển mạch gói dựa trên IP hoặc ATM. Như trên hình 4.6 đã chỉ ra, các thành phần kiến trúc của chuyển mạch mềm gồm có: Softswitch, cổng đa phương tiện MG, cổng báo hiệu và các máy chủ đặc tính/ứng dụng. Sự thông minh của chuyển mạch mềm được tạo ra bởi sự phối hợp các báo hiệu như: báo hiệu điều khiển cuộc gọi, báo hiệu quản lý và điều hành và báo hiệu kênh mạng.

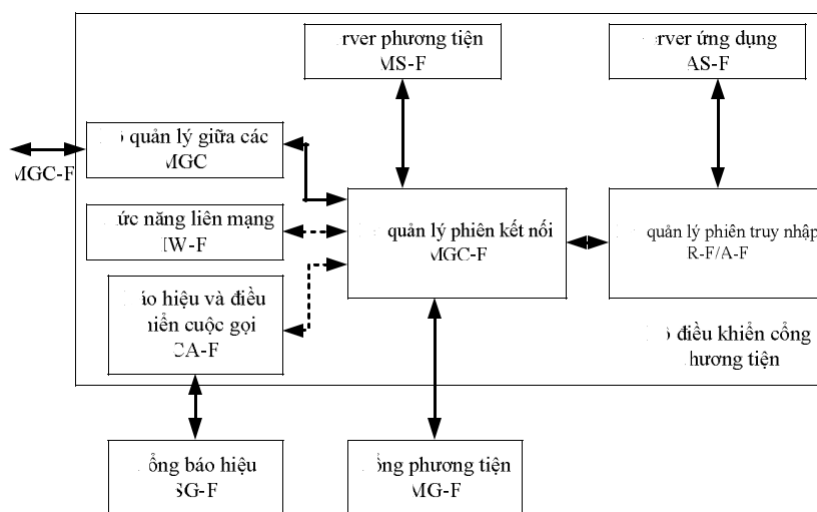


Hình 4.6: Các thành phần kiến trúc chuyển mạch mềm

Để nhận thức rõ về các chức năng của hệ thống chuyển mạch mềm, ta xem xét mô hình các điểm tham chiếu các thực thể chức năng cơ bản trong mạng NGN 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 công truy nhập
- Chức năng Server ứng dụng
- Chức năng công phương tiện (MG-F)
- Chức năng Server phương tiện.

Thành phần chính của chuyển mạch mềm là bộ điều khiển công thiết bị Media Gateway Controller (MGC) với các chức năng chính thể hiện trên hình 4.7



Hình 4.7: 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 quản lý liên điều hành có nhiệm vụ liên lạc, trao đổi thông tin giữa các MGC với nhau.

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 cổng đa phương tiện, cổng báo hiệu;
- 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 thường được sử dụng phân theo chức năng gồm:

- Thiết lập cuộc gọi: H.323, SIP;
- Điều khiển Media Gateway: MGCP, MEGACO/ H248;
- Truyền thông tin: RTP, RTCP;
- Truyền tải báo hiệu: SIGTRAN (SS7);

#### 4.4.2 Các giao thức điều khiển của chuyển mạch mềm

Như phần trên đã trình bày về kiến trúc chức năng của chuyển mạch mềm, các chức năng phương tiện thường trú trong MG và các chức năng điều khiển trong Softswitch. Báo hiệu điều khiển cuộc gọi sử dụng giữa các thiết bị chuyển mạch mềm để thiết lập cuộc gọi, sửa đổi và giải phóng các phiên đa phương tiện. Báo hiệu điều khiển kênh mang sử dụng để tạo, sửa đổi và xóa các luồng đa phương tiện. Thực tế, báo hiệu kênh mang được sử dụng giữa chuyển mạch mềm và các cổng đa phương tiện MG. Hình 4.8 dưới đây chỉ ra quan hệ giữa báo hiệu điều khiển cuộc gọi và báo hiệu kênh mang.



Hình 4.8: Quan hệ báo hiệu điều khiển cuộc gọi và báo hiệu kênh mang

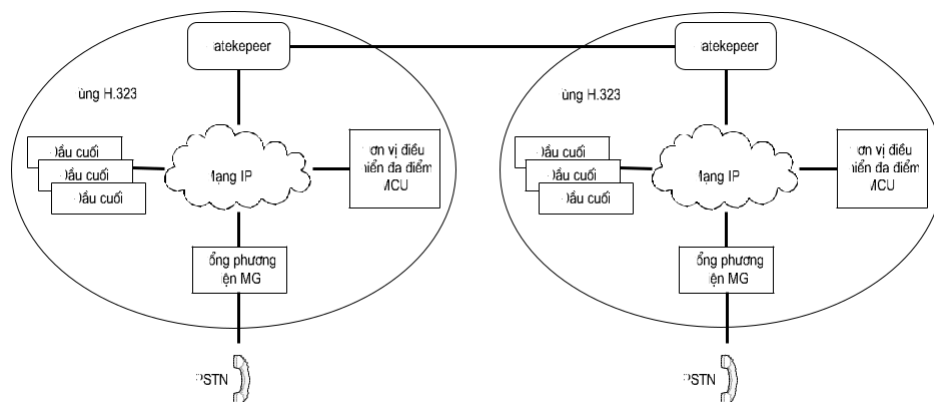
##### i, Báo hiệu điều khiển cuộc gọi

Hai giao thức báo hiệu điều khiển cuộc gọi được sử dụng trong chuyển mạch mềm là bộ giao thức H.323 và giao thức khởi tạo phiên cuộc gọi SIP. H.323 không chỉ là giao thức báo hiệu cuộc gọi mà còn là một bộ giao thức và kiến trúc khung làm việc cho truyền thông đa phương tiện. Trong khi đó, giao thức khởi tạo phiên SIP đơn thuần là giao thức báo hiệu cuộc gọi.

##### a, Bộ giao thức H.323

H.323 mô tả các thành phần logic chủ yếu của truyền thông đa phương tiện và mô tả cách thức các thành phần truyền thông với nhau. Như chỉ ra trên hình 4.9, kiến trúc logic của bộ giao thức H.323 được mạng viễn thông gồm một số vùng. Một vùng gồm

ít nhất một bộ điều khiển cổng Gatekeeper và ít nhất một thiết bị đầu cuối hoặc có thể chứa cổng phương tiện hoặc các đơn vị điều khiển đa điểm MCU (Multipoint Control Unit). Một vùng được quản lý và điều khiển bởi Gatekeeper, Gatekeeper thực hiện các nhiệm vụ biên dịch địa chỉ, điều khiển quản trị, quản lý băng thông.



Hình 4.9: Kiến trúc mạng H.323

Ngoài ra, Gatekeeper có thể cung cấp báo hiệu điều khiển cuộc gọi thông qua thành phần chịu trách nhiệm định tuyến các bản tin cuộc gọi giữa H.323 và điểm cuối, cũng như thực hiện nhận thực cuộc gọi. Gatekeeper có thể xử lý các thông tin duy trì và quản lý cuộc gọi đang hoạt động để quản lý băng thông hoặc tái định tuyến cuộc gọi tới điểm cuối khác nhằm cân bằng tải.

Gatekeeper là thành phần logic và nó có thể là một thiết bị đứng độc lập hoặc là một phần của MCU hoặc cổng phương tiện trong mạng. Nói cách khác, Gatekeeper được coi là thành phần chuyển mạch mềm trong H.323.

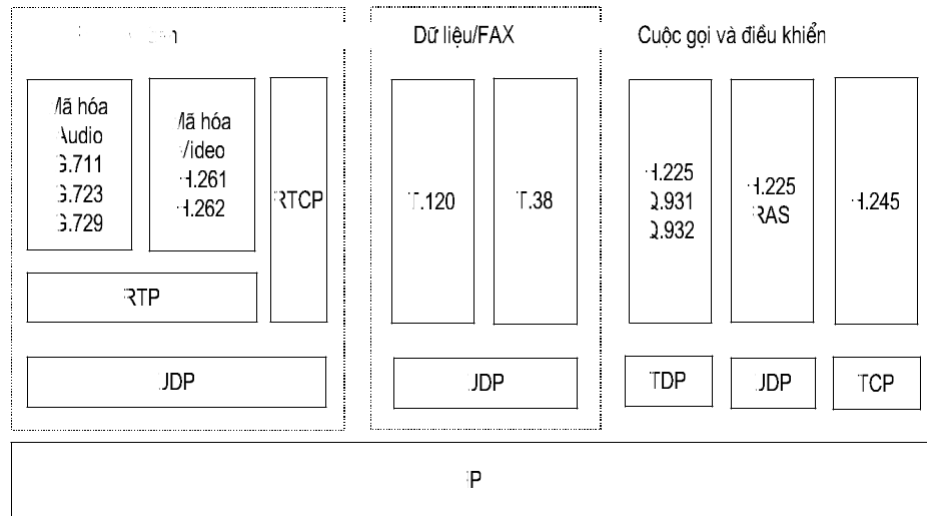
Các đầu cuối và cổng đa phương tiện trong kiến trúc H.323 thường được coi là điểm cuối khi chúng là các điểm đầu cuối của các kết nối báo hiệu. Các thiết bị đầu cuối trong H.323 được yêu cầu hỗ trợ các giao thức để thiết lập và giải phóng cuộc gọi, cũng như báo hiệu đăng ký, quản lý trạng thái cuộc gọi cùng với các giao thức báo hiệu điều khiển để trao đổi khả năng đầu cuối và tạo các kênh phương tiện. Các thiết bị đầu cuối H.323 cũng hỗ trợ các bộ mã hóa và giải mã audio/video, các giao thức truyền dữ liệu và khả năng MCU.

Một cổng phương tiện MG được sử dụng để kết nối giữa các mạng khác nhau, thường là PSTN và H.323. Nó cung cấp chức năng biên dịch các giao thức điều khiển cuộc gọi như H.225 /H245 và báo hiệu số 7. Cổng phương tiện MG có thể cùng tồn tại với Gatekeeper và/hoặc MCU trong một thiết bị về phương diện vật lý.

MCU cung cấp chức năng hội nghị cho các điểm cuối, các điểm cuối tham gia phiên hội nghị phải thiết lập kết nối tới MCU. MCU quản lý tài nguyên hội nghị và



thỏa thuận giữa các điểm cuối về phương pháp mã hóa sử dụng trong phiên. MCU có thể đứng độc lập hoặc nằm trong một đầu cuối, cổng phương tiện hoặc gatekeeper.



Hình 4.10: Kiến trúc chồng giao thức H.323

Ba kiểu báo hiệu được mô tả trong chồng giao thức H.323 gồm có: Báo hiệu RAS, báo hiệu cuộc gọi và báo hiệu điều khiển. H.225 chịu trách nhiệm báo hiệu RAS và báo hiệu cuộc gọi, H.245 chịu trách nhiệm báo hiệu điều khiển. Báo hiệu RAS, báo hiệu cuộc gọi và báo hiệu điều khiển được chuyển trên các kênh báo hiệu tách biệt với tuyến dữ liệu.

Báo hiệu RAS cung cấp chức năng điều khiển trước khi xử lý cuộc gọi, kênh RAS được thiết lập giữa điểm cuối và Gatekeeper tại thời điểm khởi tạo cuộc gọi, báo hiệu RAS được truyền trên UDP và gồm 6 tiến trình hoặc hoạt động sau.

**Phát hiện Gatekeeper:** Tiến trình phát hiện Gatekeeper được sử dụng bởi điểm cuối H.323 để xác định Gatekeeper của điểm cuối sẽ phải đăng ký. Tiến trình này có thể thực hiện theo kiểu tĩnh hoặc động tùy thuộc vào điểm cuối có biết rõ địa chỉ của Gatekeeper hay không.

**Đăng ký:** Đăng ký là một tiến trình cho phép các điểm cuối và MCU tham gia vào một vùng, thông tin tới Gatekeeper các địa chỉ mạng của chúng. Tiến trình đăng ký tiếp ngay sau tiến trình phát hiện Gatekeeper.

**Định vị điểm cuối:** Định vị điểm cuối là một tiến trình trong đó Gatekeeper biên dịch địa chỉ URL hoặc E.164 sang địa chỉ IP. Tiến trình này được bắt đầu khi một điểm cuối muốn truyền thông với một điểm cuối cụ thể khác.

**Quản trị:** Gatekeeper trao quyền truy nhập cho các điểm cuối tới mạng H.323 thông qua các tác vụ chấp thuận hoặc từ chối yêu cầu.

---

*Giám sát trạng thái:* Một Gatekeeper có thể sử dụng RAS để duy trì thông tin trạng thái từ điểm cuối. Ví dụ, Gatekeeper có thể giám sát được trạng thái của điểm cuối khả dụng hoặc không khả dụng.

*Quản lý băng thông:* Báo hiệu RAS thực hiện điều khiển và quản lý băng thông trong quá trình xử lý cuộc gọi khi điểm cuối yêu cầu tăng hoặc giảm băng thông.

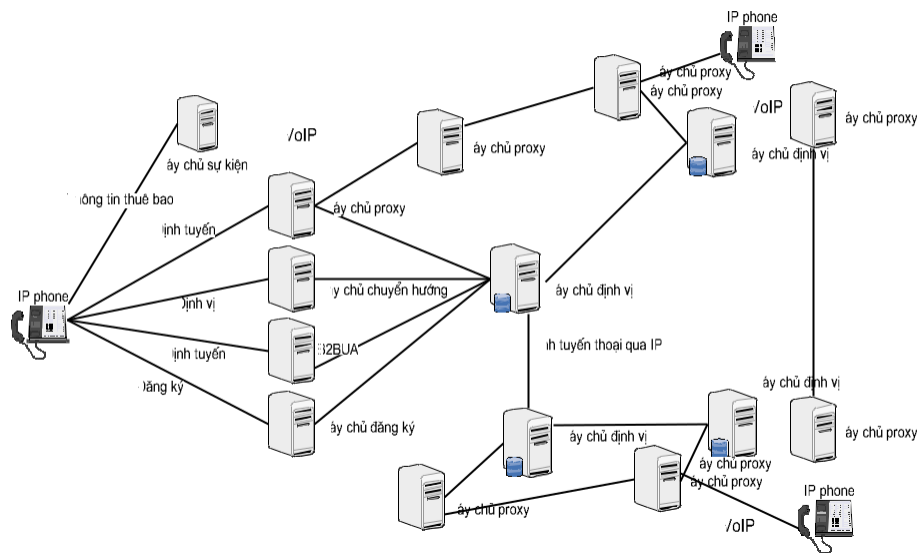
Báo hiệu H.225 là kiểu báo hiệu tương thích với báo hiệu Q.931 của SS7 và báo hiệu Q.932 thông qua một kênh tin cậy dựa trên giao thức TCP. Phần báo hiệu Q.931 của H.225 gồm các thủ tục và bản tin để kết nối, duy trì và ngắt cuộc gọi. Q.932 được sử dụng để cung cấp các dịch vụ bổ sung. Các bản tin H.225 được trao đổi trực tiếp giữa các điểm cuối hoặc sau khi được Gatekeeper định tuyến tới điểm cuối.

Báo hiệu H.245 xử lý báo hiệu điều khiển giữa các điểm cuối của H.323. H.245 tạo ra các kênh logic cho truyền dẫn đa phương tiện theo kiểu đơn hướng. H.245 hỗ trợ quá trình xử lý trao đổi khả năng của các điểm cuối và điều khiển luồng giữa các điểm cuối.

Trong H.323, mối quan hệ truyền thông giữa các điểm cuối là mối quan hệ đồng cấp, H.245 đưa ra một số thủ tục nhằm xác lập quan hệ chủ tớ cho các điểm cuối của mỗi cuộc gọi. Quan hệ này được duy trì trong thời gian tiến hành cuộc gọi và để giải quyết xung đột giữa các điểm cuối.

#### *b, Giao thức khởi tạo phiên SIP*

Giao thức khởi tạo phiên SIP là giao thức báo hiệu để khởi tạo, quản lý và kết thúc các phiên đa phương tiện qua mạng IP. SIP chạy trên một giao thức lớp truyền tải bất kỳ. Ví dụ TCP, UDP và giao thức truyền tải điều khiển luồng SCTP (Stream Control Transmission Protocol). SIP là giao thức kiểu chủ tớ dựa trên mã hóa text. Hình 4.11 chỉ ra các thành phần của mạng SIP gồm 8 kiểu thành phần: User Agent, máy chủ chuyên hướng, máy chủ proxy, Back-2-Back User Agents (B2BUAs), máy chủ đăng ký, máy chủ định vị, máy chủ hiện diện và máy chủ sự kiện. Mỗi một thành phần có một chức năng đặc biệt và đóng vai trò chủ hoặc tớ trong phiên truyền thông. Một thiết bị vật lý có thể gồm nhiều thành phần logic.



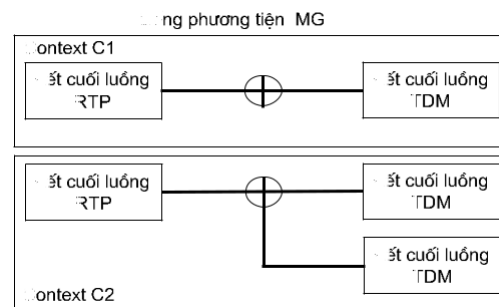
Hình 4.11 : Các thành phần của mạng SIP

User agent là đại diện cho các đầu cuối và gồm hai chức năng: máy chủ và client. Trong mạng chuyển mạch mềm, User agent thường được cấu hình cùng với địa chỉ mạng của máy chủ chuyển hướng, máy chủ proxy và B2BUA. Máy chủ chuyển hướng chấp thuận các yêu cầu SIP và ánh xạ địa chỉ đầu cuối bị gọi vào một địa chỉ để gửi tới User agent. Ngược lại, máy chủ proxy không gửi các địa chỉ biên dịch tới User agent mà sử dụng các địa chỉ này để định tuyến tới User agent đích. Trong máy chủ proxy chứa một bảng định tuyến để thực hiện quá trình định tuyến các bản tin SIP, cũng như thực hiện các chức năng xác nhận các yêu cầu, nhận thực người dùng, phân giải địa chỉ, ghi tuyến và xử lý định tuyến lặp vòng (RFC 3261). Ba kiểu máy chủ proxy trong SIP là máy chủ proxy không trạng thái, trạng thái đầy đủ và trạng thái cuộc gọi đầy đủ. Máy chủ proxy không trạng thái chỉ thực hiện nhiệm vụ chuyển tiếp bản tin. Máy chủ proxy trạng thái đầy đủ xử lý các giao dịch giữa các máy chủ và client, giữa các client với nhau. Máy chủ trạng thái cuộc gọi đầy đủ thực hiện giám sát toàn bộ cuộc gọi thông qua các giao dịch.

Thông thường, mỗi nhà điều hành mạng đều có một mạng SIP riêng. Để thực hiện báo hiệu điều khiển cuộc gọi giữa các nhà điều hành, mạng SIP phải thực hiện trao đổi thông tin định tuyến, giao thức định tuyến thoại qua IP TRIP (Telephony Routing over IP) là một ví dụ. Trong đó, các máy chủ định vị trao đổi thông tin định tuyến tới các máy chủ định vị khác qua phương thức tương tự như trong giao thức BGP. Trong thực tế, TRIP có thể hoạt động được trong mạng H.323.

## ii, Báo hiệu điều khiển kênh mang

Báo hiệu điều khiển kênh mang được thiết lập giữa các chuyển mạch mềm và cổng đa phương tiện MG. Chuyển mạch mềm đóng vai trò bộ điều khiển cổng đa phương tiện MGC và điều khiển tới các MG gắn với nó. Báo hiệu kênh mang còn được gọi là báo hiệu điều khiển cổng phương tiện. Giao thức báo hiệu điều khiển cổng phương tiện điển hình được sử dụng trong mạng chuyển mạch mềm là báo hiệu MEGACO/H.248. MEGACO/H.248 là giao thức điều khiển kiểu chủ/tớ. Các chuyển mạch mềm/MGC đóng vai trò chủ và các cổng phương tiện đóng vai trò tớ. Giao thức MEGACO/H.248 không gắn chặt với bất kỳ một giao thức báo hiệu điều khiển cuộc gọi nào và vì vậy nó có thể liên điều hành được với cả H.323 và SIP.



Hình 4.12: Minh họa context trong cổng phương tiện MG

MEGACO/H.248 sử dụng mô hình kết nối logic để điều khiển tài nguyên của một MG gắn với chuyển mạch mềm. Hai thành phần cơ bản của mô hình này là các kết cuối và các context.

Kết cuối (Termination) là nguồn hoặc tải của các luồng đa phương tiện, biểu diễn cho luồng dữ liệu đi vào hoặc đi ra MG. Kết cuối có định danh duy nhất được MG gán trong phiên và gồm có hai loại: Loại tạm thời và loại vĩnh viễn. Loại tạm thời là loại chỉ được tạo ra khi có nhu cầu và chỉ tồn tại trong phiên. Loại vĩnh viễn được tạo ra khi MG khởi tạo và thường là các cổng trên MG.

Context là mô hình mô tả kết nối giữa các kết cuối. Context được sử dụng với mục đích chia sẻ phương tiện và/hoặc gán thông tin điều khiển giữa các kết cuối. Một context được tạo ra khi kết cuối khởi tạo cuộc gọi gắn vào luồng dữ liệu và được kết cuối đích loại bỏ, một kết cuối luôn phụ thuộc duy nhất một context trong một phiên kết nối. Hình 4.12 minh họa việc sử dụng các kết cuối và context trong mô hình kết nối của MEGACO/H.248.

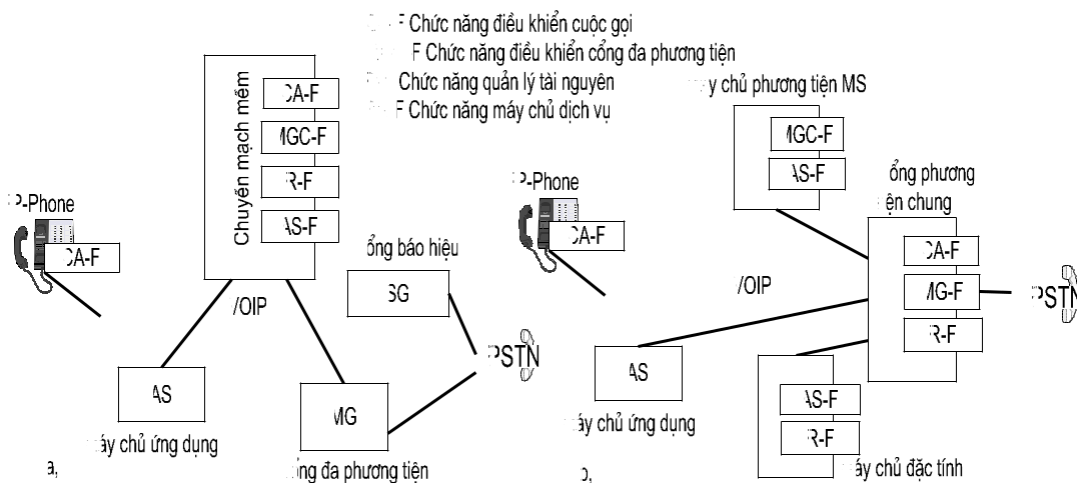
Một cổng đa phương tiện trên hình 4.12 gồm hai context hoạt động. Context C1 sử dụng cho phiên cuộc gọi giữa điện thoại IP và điện thoại PSTN, Context C2 mô tả cho

các phiên cuộc gọi phức tạp, ví dụ các cuộc gọi hội nghị giữa 3 đầu cuối trong đó một nằm tại mạng IP và hai đầu cuối nằm tại mạng PSTN.

Bản tin truyền thông của MEGACO/H.248 có cấu trúc phân cấp, các câu lệnh điều khiển được nhóm theo sự kiện và các sự kiện được nhóm vào trong một giao dịch. Các giao dịch là các đơn vị độc lập và là đơn vị chức năng lớn nhất trong một bản tin.

#### 4.4.3 Các ứng dụng của chuyển mạch mềm

Một vấn đề rất quan trọng của kiến trúc chuyển mạch mềm là khung làm việc hoặc kiến trúc logic có thể ánh xạ vào một số cấu trúc vật lý. Thực tế, chuyển mạch mềm thường được sử dụng cho cả mạng PSTN và các mạng di động mặt đất PLMN (Public Landline Mobile Network). Trong mục này đưa ra một số kịch bản ứng dụng và giải pháp ứng dụng Chuyển mạch mềm đã và đang phát triển trên thế giới cũng như ở Việt nam.

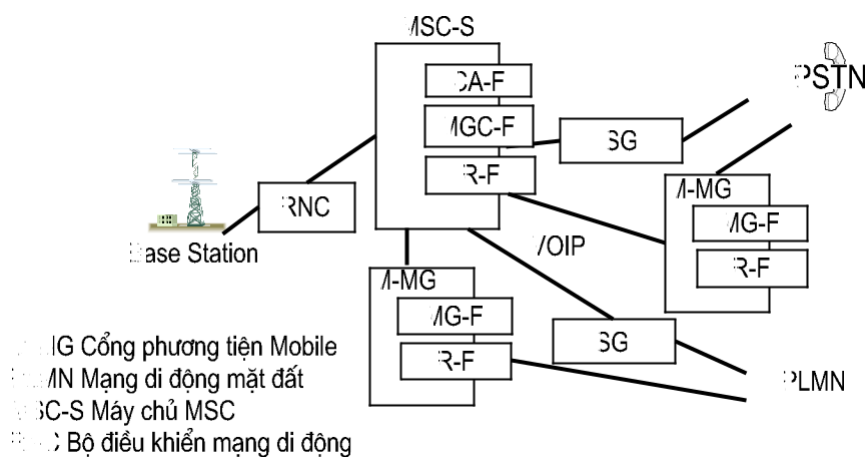


Hình 4.13 : Kiến trúc chuyển mạch mềm ứng dụng trong mạng PSTN

Ví dụ chỉ ra trên hình 4.13 là hai ví dụ về kiến trúc chuyển mạch mềm ứng dụng trong mạng PSTN. Hình 4.13a chỉ ra kiến trúc vật lý tập trung, chuyển mạch mềm trong ví dụ này cung cấp cả chức năng dữ liệu cuộc gọi và điều khiển kênh mang cũng như là các chức năng ứng dụng cơ bản như nhận dạng chủ gọi hay hỗ trợ dịch vụ chờ cuộc gọi. Cổng đa phương tiện MG và cổng báo hiệu SG đóng vai trò hoạt động tới mạng PSTN. Hình 4.13b mô tả kiến trúc phân tán, các chức năng của chuyển mạch mềm nằm trong các cổng đa phương tiện chung và các máy chủ đặc tính. Cổng phương tiện chung có chức năng của cả cổng phương tiện MG và cổng báo hiệu SG và một chuyển mạch mềm trong đó cung cấp chức năng chuyển đổi phương tiện, chuyển đổi báo hiệu, điều khiển cuộc gọi và các chức năng định tuyến cơ bản. Định tuyến mức dịch vụ được cung cấp bởi các máy chủ đặc tính. Để giảm tải cho cổng phương tiện

chung, máy chủ phương tiện (Media Server) được đưa vào để cung cấp các nguồn tài nguyên như: Hệ thống thoại tương tác, hội nghị, các thông báo và nhận dạng thoại.

Trong mạng di động mặt đất công cộng PLMN, kiến trúc chuyển mạch mềm thường tách trung tâm chuyển mạch di động MSC (Mobile Switching Center) thành hai kiểu node: Máy chủ MSC (MSC-S) và một hoặc một vài cổng đa phương tiện di động (M-MGs). Như chỉ ra trên hình 4.14, MSC-S đóng vai trò chuyển mạch mềm và chứa báo hiệu điều khiển cuộc gọi và kênh mang của các MSC. MSC-S tương tác với các mạng PLMN và PSTN qua cổng báo hiệu SG. Cổng phương tiện di động M-MG đảm nhiệm chức năng chuyển mạch cho các luồng dữ liệu đến các mạng PSTN và PLMN. Các ứng dụng thực tế được mô tả dưới đây.



Hình 4.14: Kiến trúc chuyển mạch mềm ứng dụng trong mạng PLMN

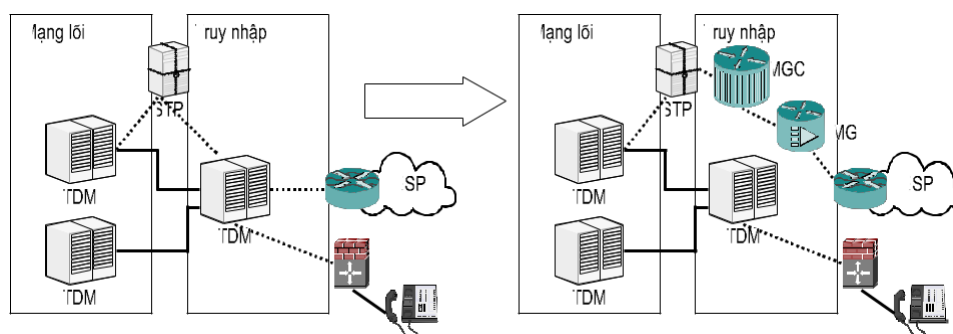
#### i, Ứng dụng làm cổng báo hiệu SG

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 –Primary Rate) 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 4.15 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 4.15: Ứng dụng làm cổng báo hiệu SS7 của chuyển mạch mềm

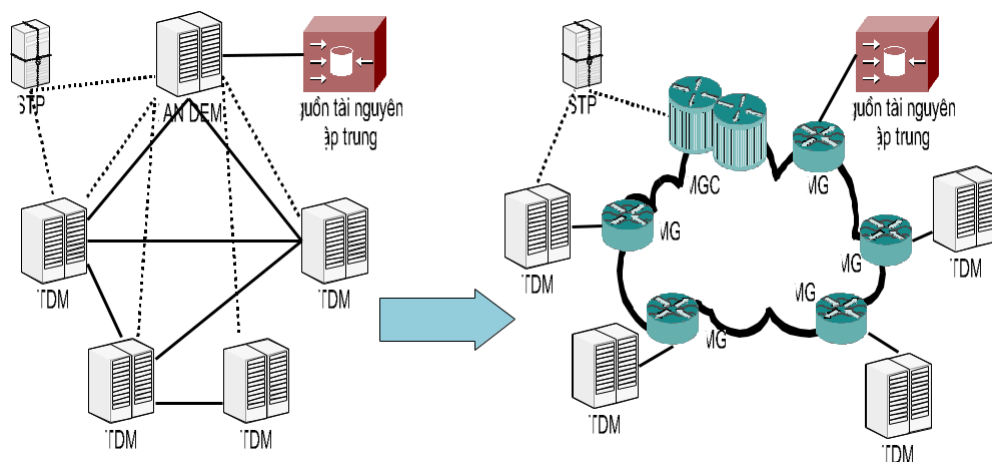
Ứng dụng chuyển mạch mềm làm SG là một trong những giải pháp trong tình huống này. Như phần bên phải của hình trên cho thấy, MGC và MG được đặt ở trung kế liên tổng đài giữa nhà khai thác cấp cao và nhà khai thác cạnh tranh. Chuyển mạch kênh kết nối với MG bằng giao diện TDM chuẩn còn liên lạc với MGC 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

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 khó dự đoán của lưu lượng thông tin thoại nội hạt (phát sinh do truy nhập Internet).

Phần bên trái của hình 4.16 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 dịch vụ thư thoại) lại được định tuyến trực tiếp tới tổng đài chuyển tiếp để sử dụng các tài nguyên tập trung. 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: Trong quá trình cấu hình và nâng cấp mạng lưới, do kiến trúc mạng và phương pháp kết nối sự ảnh hưởng tới toàn bộ thành phần mạng là không thể tránh khỏi.
- Các trung kế điểm - điểm hoạt động với hiệu suất không cao vì chúng được thiết kế để hoạt động theo vùng địa lý.
- 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.



Hình 4.16: Ứng dụng làm tổng đài Tandem



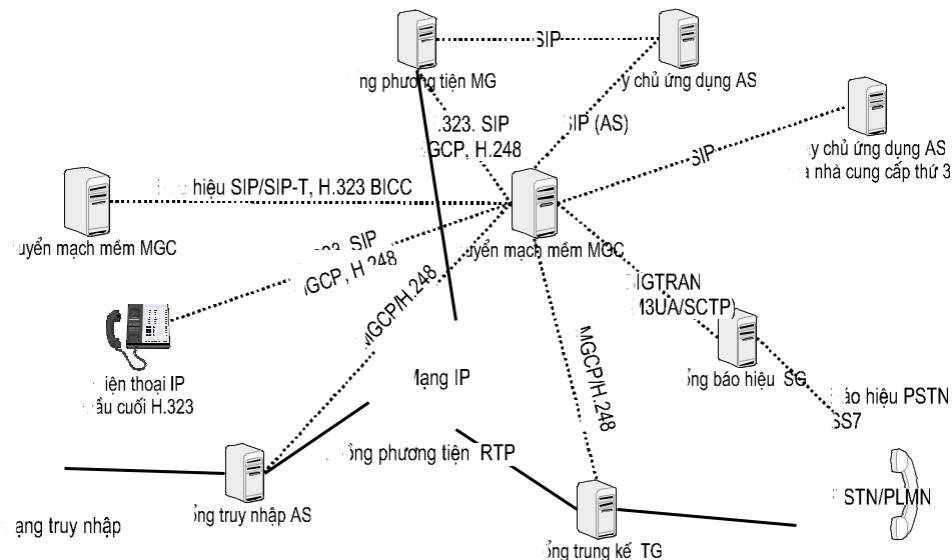
Chuyển mạch mềm đưa ra giải pháp ứng dụng thay thế tổng đài quá giang như trên hình 4.16, phía bên phải cho thấy Chuyển mạch mềm cùng với các MG thay thế chức năng của các tổng đài chuyển tiếp chuyển mạch kênh trước đây, các tổng đài nội hạt kết nối tới các cổng đa phương tiện bằng giao diện chuẩn TDM thông thường và với Chuyển mạch mềm qua hệ thống báo hiệu số 7.

Mô hình này mạng lại một số lợi ích so với mô hình mạng chuyên 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.

### iii, Ứng dụng cho mạng VoIP

Chuyển mạch mềm là thành tố cơ bản nhất của mạng VoIP, các mô hình mạng ví dụ dưới đây nhằm thể hiện rõ vai trò của chuyển mạch mềm trong các kiến trúc mạng VoIP.



Hình 4.17: Mô hình kiến trúc mạng VoIP

---

*a. Mạng cố định với trung tâm là mạng VoIP*

Các thực thể trong hình 4.17 gồm MGC, máy chủ ứng dụng AS, cổng trung kế TG, cổng truy nhập AG, cổng báo hiệu SG và máy chủ phương tiện MS. Thiết bị chuyển mạch mềm MSC trong ví dụ này gồm các chức năng MGC-F, R-F và A-F. MGC kết nối tất cả các báo hiệu bao gồm trực tiếp hoặc truyền tải qua mạng IP và thực hiện liên kết báo hiệu. MGC điều khiển cả cổng trung kế TG và cổng truy nhập AG để chỉ định các nguồn tài nguyên. MGC cũng thực hiện chức năng nhận thực và định tuyến các cuộc gọi trong mạng VoIP và cung cấp các thông tin tính cước. Cuối cùng, MGC tương tác với các MGC khác thông qua các giao thức báo hiệu như H.323, SIP hoặc BICC.

Máy chủ ứng dụng chứa các chức năng logic dịch vụ của các ứng dụng. Các cuộc gọi yêu cầu các chức năng này có thể được xử lý qua MGC tới AS để điều khiển dịch vụ hoặc máy chủ ứng dụng có thể cung cấp các thông tin yêu cầu tới MGC để xử lý. Máy chủ ứng dụng có thể điều khiển trực tiếp máy chủ phương tiện MS hoặc thông qua MGC.

Cổng trung kế kết nối cuối các luồng kênh thoại từ PSTN, chuyển đổi mã và truyền qua mạng IP. Cổng trung kế TG được điều khiển bởi MGC.

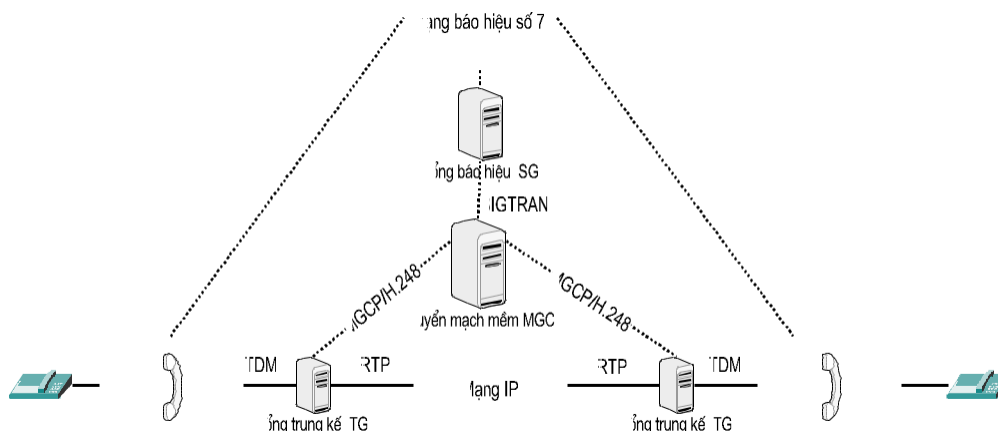
Máy chủ truy nhập đóng vai trò giao diện giữa mạng IP và mạng cố định hoặc di động. AG truyền tải báo hiệu qua mạng IP tới MGC. MG-F của máy chủ truy nhập được điều khiển bởi MGC.

Cổng báo hiệu kết nối báo hiệu PSTN và truyền tải báo hiệu PSTN tới MGC và ngược lại.

Máy chủ phương tiện MS thực hiện các nhiệm vụ thông báo và thu thập các con số, MS được điều khiển bởi cổng điều khiển đa phương tiện MGC, máy chủ ứng dụng hoặc cả hai.

*b. Chuyển mạch quá giang qua mạng VoIP*

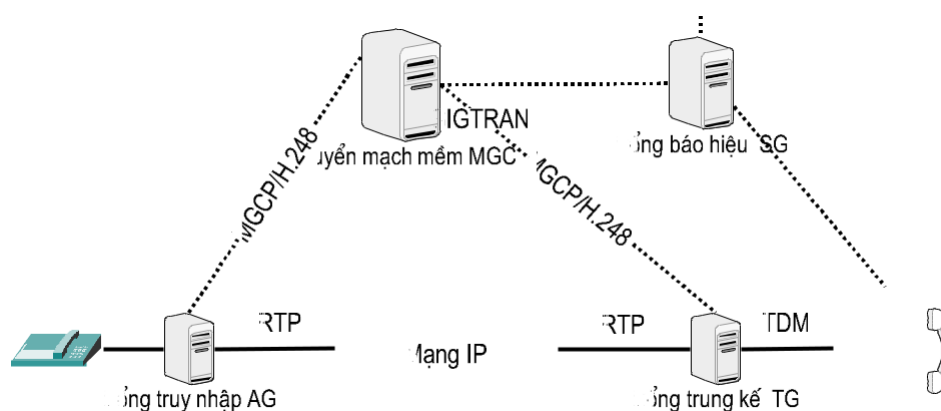
Mô hình ví dụ trên hình 4.18 chỉ ra ứng dụng chuyển mạch mềm đóng vai trò chuyển mạch quá giang qua mạng VoIP, nhằm thay thế các hệ thống chuyển mạch kênh lớp 4/5 truyền thống. Cổng báo hiệu SG cung cấp chức năng chuyển đổi báo hiệu từ hệ thống báo hiệu số 7 trong mạng PSTN sang giao thức báo hiệu IP và truyền tải tới MGC, giao thức chuyển đổi và truyền tải báo hiệu sử dụng trong SG là giao thức SIGTRAN. Cổng trung kế TG, được điều khiển bởi MGC, cung cấp các kết nối quá giang từ PSTN qua IP tới PSTN.



Hình 4.18: Chuyển mạch mềm thay thế chuyển mạch lớp 4 qua mạng IP c.

#### Thoại truyền thống qua IP

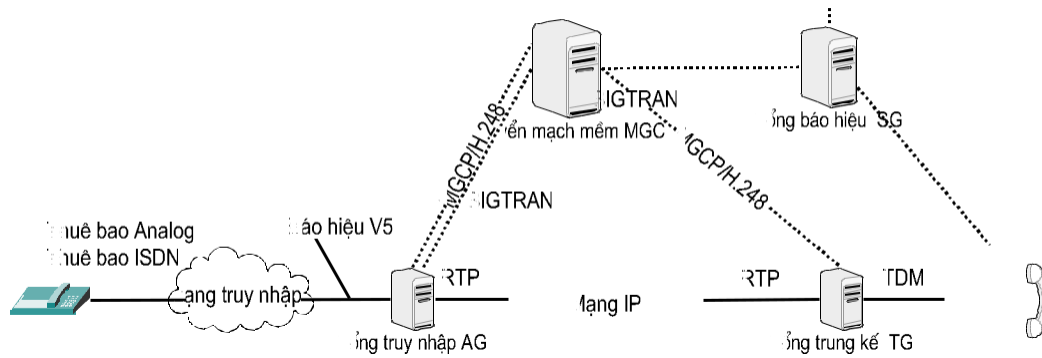
Hình 4.19 chỉ ra mô hình kết nối của điện thoại truyền thống tới PSTN qua mạng IP. Đầu cuối điện thoại truyền thống kết nối trực tiếp tới cổng truy nhập AS. Cổng truy nhập AS thực hiện chức năng báo hiệu cho đường dây thuê bao và chuyển thông tin báo hiệu tới MGC sử dụng giao thức MGCP hoặc MEGACO/H.248. MGC điều khiển kết nối báo hiệu tới mạng PSTN thông qua cổng báo hiệu SG. AS thực hiện số hóa và đóng gói thông tin thoại và chuyển qua miền IP trong gói tin RTP tới PSTN qua cổng trung kế.



Hình 4.19: Mô hình kết nối điện thoại truyền thống qua mạng IP d.

#### Mạng truy nhập V5/ISDN qua IP

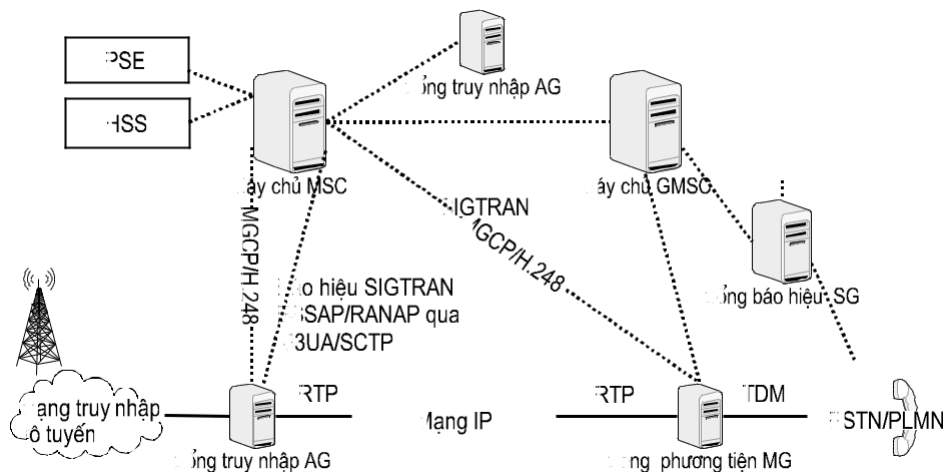
Mạng truy nhập kết nối qua IP thông qua các cổng truy nhập AS (Hình 4.20). AG thực hiện báo hiệu V5 với mạng truy nhập, và chuyển tới MGC sử dụng giao thức truyền tải báo hiệu SIGTRAN. Cổng truy nhập AG đóng gói và chuyển các luồng thoại từ mạng truy nhập qua miền IP tới TG. Cổng trung kế TG chuyển đổi các gói thoại thành các thông tin số để truyền trên các kênh của miền PSTN.



Hình 4.20: Mô hình kết nối mạng truy nhập V5/ISDN qua IP e.

#### Mạng di động qua VoIP

Ví dụ trên hình 4.21 chỉ ra mô hình kết nối mạng GSM/3G tới PSTN hoặc PLMN qua mạng VoIP. Cổng truy nhập AG kết cuối các báo hiệu phần ứng dụng hệ thống trạm cơ sở BSSAP (Base Station System Application Part) trong GSM, hoặc phần ứng dụng mạng truy nhập vô tuyến RANAP (Radio Access Network Application Part) trong 3G từ mạng truy nhập vô tuyến RAN (Radio Access Network) qua các giao diện E1/T1/ATM. AG truyền tải các bản tin báo hiệu tới máy chủ MSC qua giao thức SIGTRAN. MSC và máy chủ trung tâm chuyển mạch cổng GMSC (Gateway Mobile Switching Centre) cùng mang các chức năng như một MGC, bao gồm báo hiệu với PSTN qua SG hoặc tới PLMN qua máy chủ MGSC. Các luồng lưu lượng từ RAN kết cuối tại AG, chuyển đổi phương tiện và truyền tới cổng trung kế trong các gói tin RTP.



Hình 4.21: Mô hình kết nối mạng GSM/3G qua mạng IP

## 4.5 KẾT LUẬN CHƯƠNG

Chương 4 đã trình bày về các vấn đề liên quan tới giải pháp và công nghệ của các phương pháp chuyển mạch tiên tiến. Các mô hình hội tụ công nghệ mạng trên nền tảng

---

mạng thế hệ kế tiếp được trình bày trong phần đầu chương nhằm giới thiệu các xu hướng công nghệ mạng hiện nay. Các kỹ thuật định tuyến và chuyển mạch trong giải pháp công nghệ mạng hiện thời được chỉ ra gồm các kỹ thuật định tuyến trong mạng cố định trên hạ tầng công nghệ MPLS/GMPLS. Các giao thức định tuyến trong mạng không dây đa bước được đưa ra nhằm giúp Sinh viên nắm bắt rõ hơn các phương pháp định tuyến mới trong hạ tầng mạng không dây. Giải pháp chuyển mạch mềm và các ứng dụng được đưa ra trong phần cuối nhằm hướng các vấn đề mang tính tổng quát của tiếp cận máy chủ cuộc gọi trong mạng thực tiễn hiện nay.

