

**HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG**



# **KỸ THUẬT VIỄN THÔNG**

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

**Lưu hành nội bộ**

**HÀ NỘI - 2007**

# KỸ THUẬT VIỄN THÔNG

Biên soạn : TS. NGUYỄN TIẾN BAN

# CHƯƠNG 1: CƠ SỞ KỸ THUẬT TRUYỀN DẪN

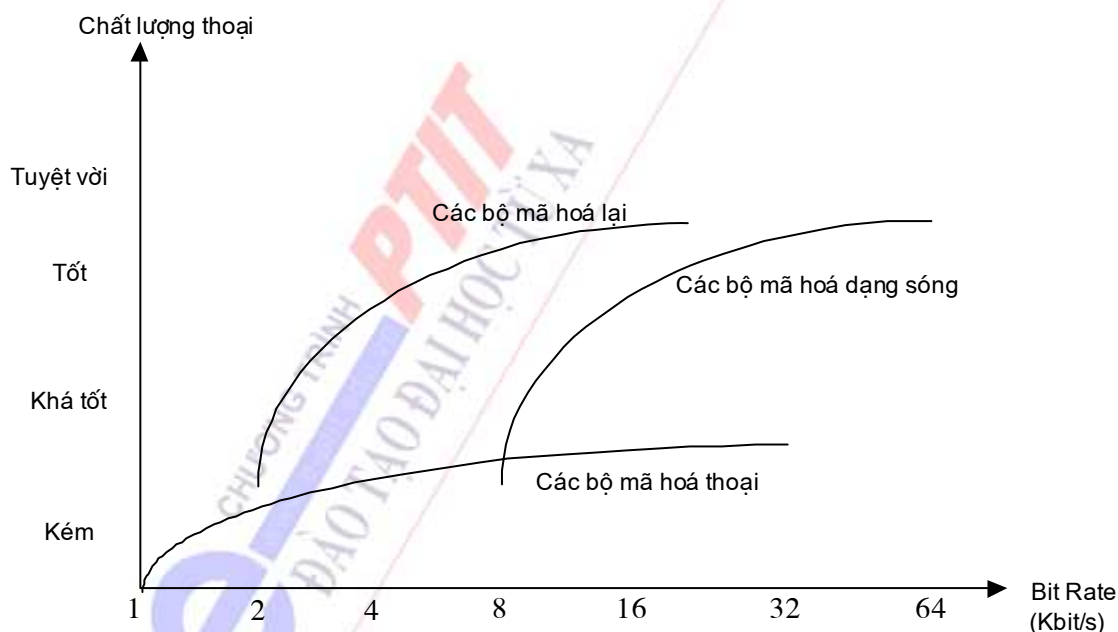
## 1.1. Kỹ thuật điều chế và ghép kênh

### 1.1.1. Các phương pháp mã hóa và điều chế

#### Mã hóa

Trong các hệ thống truyền dẫn số thông tin được chuyển đổi thành một chuỗi các tổ hợp xung, sau đó truyền trên đường truyền. Khi đó, thông tin tương tự (như tiếng nói của con người) phải được chuyển đổi vào dạng số nhờ các bộ biến đổi A/D. Độ chính xác của chuyển đổi A/D quyết định chất lượng lĩnh hội của thuê bao. Tổ hợp số phải đủ chi tiết sao cho tiếng nói (hoặc video) tương tự có thể được tái tạo mà không có méo và nhiễu loạn ở thiết bị thu. Hiện nay, mong muốn của chúng ta là giảm khối lượng thông tin số để sử dụng tốt hơn dung lượng mạng.

Các bộ mã hoá được phân làm 2 loại chính: mã hoá dạng sóng và mã hoá thoại (vocoder). Ngoài ra, còn có các bộ mã hoá lai tổ hợp đặc tính của 2 loại trên. Hình 1.1 minh hoạ sự khác nhau về chất lượng thoại và các yêu cầu tốc độ bit đối với các loại mã hóa khác nhau.



Hình 1.1: Các phương pháp mã hoá và mối quan hệ chất lượng thoại/tốc độ bit

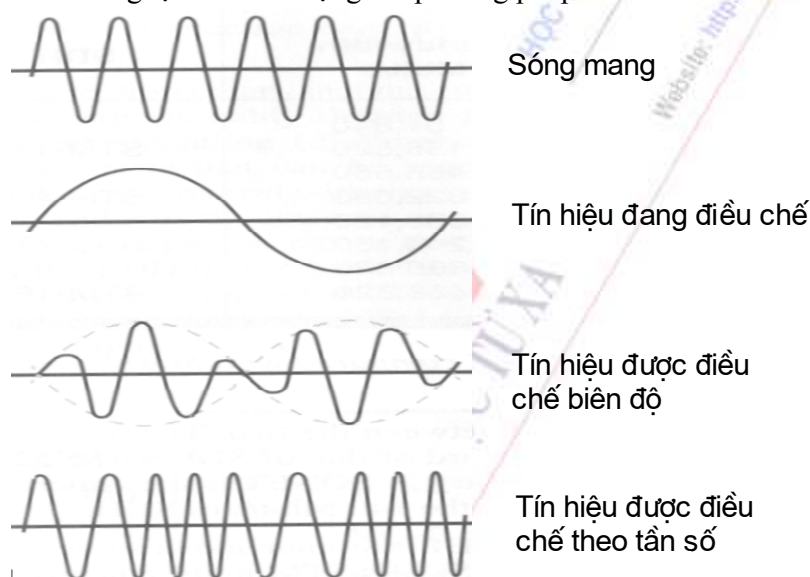
Mã hoá dạng sóng có nghĩa là các thay đổi biên độ của tín hiệu tương tự (đường thoại) được mô tả bằng một số của giá trị được đo. Sau đó các giá trị này được mã hoá xung và gửi tới đầu thu. Dạng điều tương tự như tín hiệu được tái tạo trong thiết bị thu nhờ các giá trị nhận được. Phương pháp này cho phép nhận được mức chất lượng thoại rất cao, vì đường tín hiệu nhận được là bản sao như thật của đường tín hiệu bên phát.

Mã hoá thoại là bộ mã hoá tham số. Thay cho việc truyền tín hiệu mô tả trực tiếp dạng của đường tín hiệu thoại là truyền một số tham số mô tả đường cong tín hiệu được phát ra như thế nào. Cách đơn giản để giải thích sự khác nhau giữa hai phương pháp này là sử dụng phép ẩn dụ: nhạc đang được chơi và các bản nhạc thì được các nhạc công sử dụng. Trong mã hoá dạng sóng chính những âm thanh nhạc đang chơi được truyền đi, còn trong mã hoá tham số thì các bản nhạc được gửi tới bên nhận. Mã hoá tham số yêu cầu có một mô hình xác định rõ đường tín hiệu thoại được tạo như thế nào. Chất lượng sẽ ở mức trung bình (âm thanh của thoại nhận được thuộc loại “tổng hợp”) nhưng mặt khác các tín hiệu có thể được truyền với tốc độ bit rất thấp.

Bộ mã hoá lai gửi một số các tham số cũng như một lượng nhất định thông tin dạng sóng. Kiểu mã hoá thoại này đưa ra một sự thỏa hiệp hợp lý giữa chất lượng thoại và hiệu quả mã hoá, và nó được sử dụng trong các hệ thống điện thoại di động ngày nay.

### Điều chế

Điều chế là một kỹ thuật cho phép thông tin được truyền như sự thay đổi của tín hiệu mang thông tin. Điều chế được sử dụng cho cả thông tin số và tương tự. Trong trường hợp thông tin tương tự là tác động liên tục (sự biến đổi mềm). Trong trường hợp thông tin số, điều chế tác động từng bước (thay đổi trạng thái). Khối kết hợp điều chế và giải điều chế được gọi là modem. Trong truyền dẫn tương tự có thể sử dụng hai phương pháp điều chế theo biên độ và theo tần số



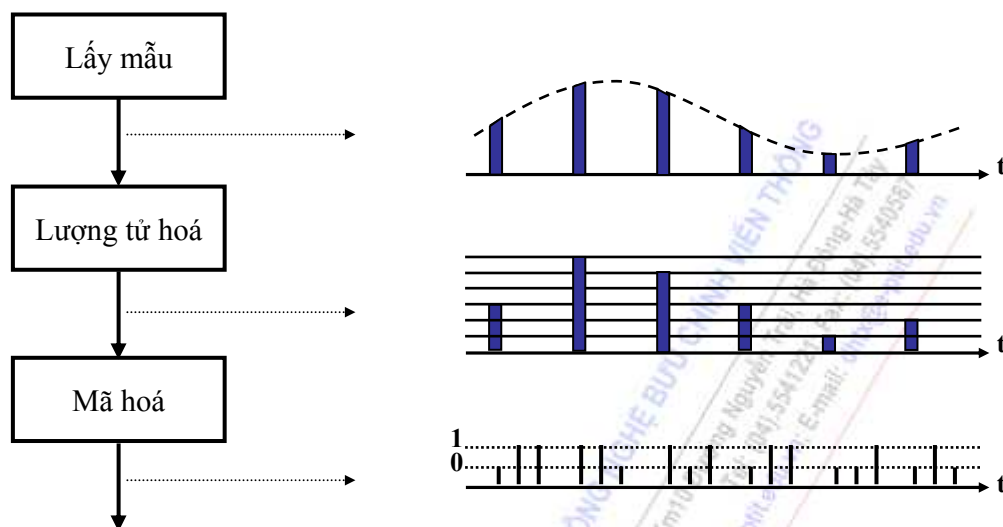
**Hình 1.2: Điều chế theo biên độ và theo tần số**

Điều biên được sử dụng để truyền tiếng nói tương tự (300-3400 Hz). Điều tần thường được sử dụng cho truyền thông quảng bá (băng FM), kênh âm thanh cho TV và hệ thống viễn thông không dây.

### 1.1.2. Điều chế xung mã PCM

Hiện nay có nhiều phương pháp chuyển tín hiệu analog thành tín hiệu digital (A/D) như điều xung mã (PCM), điều xung mã vi sai (DPCM), điều chế Delta (DM), ... Trong thiết bị ghép kênh số thường sử dụng phương pháp ghép kênh theo thời gian kết hợp điều xung mã (TDM - PCM).

Để chuyển đổi tín hiệu analog thành tín hiệu digital dùng phương pháp PCM, cần thực hiện 3 bước như hình 1.3.



**Hình 1.3: Quá trình chuyển đổi A/D dùng phương pháp PCM**

Trước hết phải lấy mẫu tín hiệu thoại, tức là chỉ truyền các xung tín hiệu tại các thời điểm nhất định.

Bước thứ hai là lượng tử hoá biên độ, nghĩa là chia biên độ của xung mẫu thành các mức và lấy tròn biên độ xung đến mức gần nhất.

Bước thứ ba mã hoá xung lượng tử thành từ mã nhị phân có  $m$  bit.

#### **Lấy mẫu tín hiệu analog**

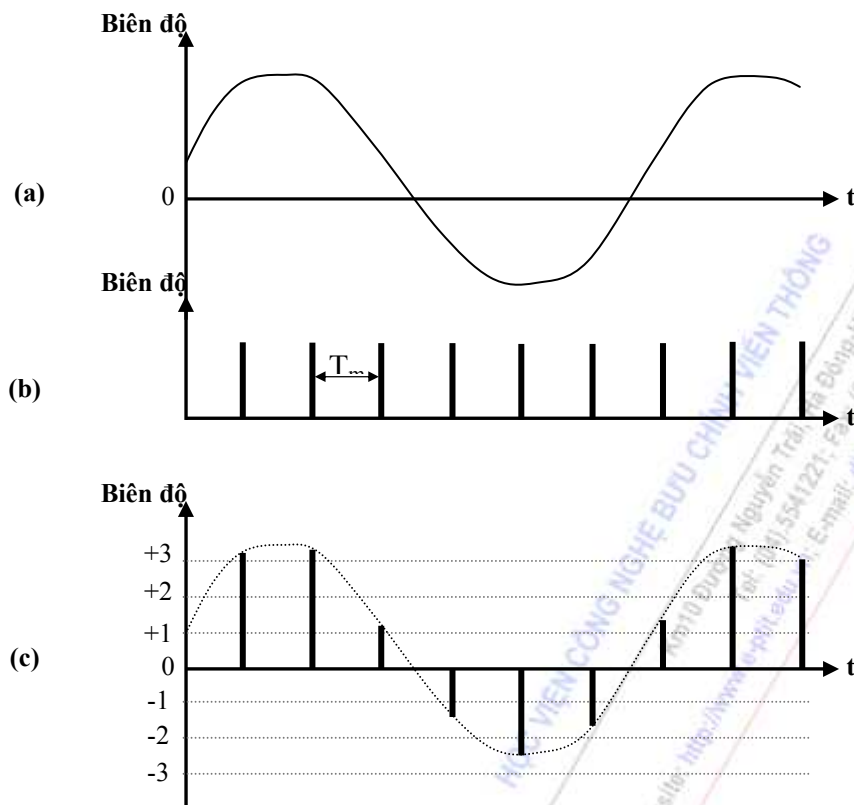
Biên độ của tín hiệu analog là liên tục theo thời gian. Lấy mẫu là lấy biên độ của tín hiệu analog ở từng khoảng thời gian nhất định. Quá trình này giống như điều chế biên độ, trong đó các dãy xung có chu kỳ được điều chế biên độ bởi tín hiệu analog. Do vậy các mẫu lấy được sẽ gián đoạn theo thời gian. Dãy mẫu này gọi là tín hiệu PAM (điều chế biên độ xung).

Để thực hiện quá trình lấy mẫu tín hiệu bất kỳ phải dựa vào định lý Nyquist, nội dung của định lý được phát biểu như sau:

Nếu tín hiệu gốc là hàm liên tục theo thời gian có tần phổ giới hạn từ 0 đến  $f_{\max}$  khi lấy mẫu thì tần số lấy mẫu phải lớn hơn hoặc bằng hai lần tần số lớn nhất trong tín hiệu gốc, nghĩa là:  $f_m \geq 2 \times f_{\max}$ .

Một yếu tố quan trọng trong lấy mẫu là phía phát lấy mẫu cho tín hiệu analog theo tần số nào để cho phía thu tái tạo lại được tín hiệu ban đầu. Theo định lý Nyquist, bằng cách lấy mẫu tín hiệu analog theo tần số cao hơn ít nhất hai lần tần số cao nhất của tín hiệu thì có thể tạo lại tín hiệu analog ban đầu từ các mẫu đó.

Đối với tín hiệu thoại hoạt động ở băng tần  $0,3 \div 3,4$  kHz, tần số lấy mẫu là 8kHz để đáp ứng yêu cầu về chất lượng truyền dẫn: phía thu khôi phục tín hiệu analog có độ méo trong phạm vi cho phép. Quá trình lấy mẫu tín hiệu thoại như hình 1.4.



**Hình 1.4: Quá trình lấy mẫu tín hiệu thoại**

(a) Thể hiện đường cong tín hiệu thoại.

(b) Dãy xung điều khiển hoạt động bộ lấy mẫu có chu kỳ  $T_m = 125\mu s$ .

(c) Tín hiệu đầu ra bộ lấy mẫu (tín hiệu điều biên xung- PAM)

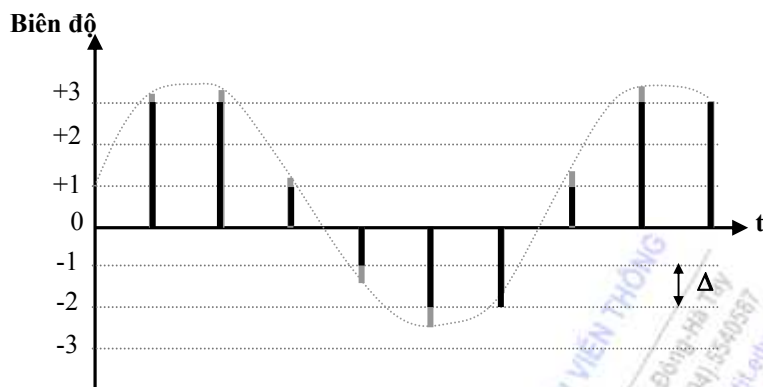
### **Lượng tử hoá**

Lượng tử hoá nghĩa là chia biên độ của tín hiệu thành các khoảng đều hoặc không đều, mỗi khoảng là một bước lượng tử, biên độ tín hiệu ứng với đầu hoặc cuối mỗi bước lượng tử gọi là một mức lượng tử. Sau khi có các mức lượng tử thì biên độ của các xung mẫu được làm tròn đến mức gần nhất.

Có hai loại lượng tử hoá biên độ: lượng tử hoá đều và lượng tử hoá không đều.

### **Lượng tử hoá đều**

Biên độ tín hiệu được chia thành những khoảng đều nhau, sau đó lấy tròn các xung mẫu đến mức lượng tử gần nhất. Quá trình lượng tử hoá đều thể hiện như hình 1.5.



Hình 1.5: Quá trình lượng tử hoá đều

Bước lượng tử đều bằng  $\Delta$ . Như vậy, biên độ của tín hiệu gồm có 7 bước lượng tử và 8 mức (đánh số từ  $-3 \div +3$ ). Mỗi quan hệ giữa số mức lượng tử và số bước lượng tử như sau:

$$\text{Tổng số mức lượng tử} = \text{Tổng số bước lượng tử} + 1.$$

Do phải lấy tròn đến mức lượng tử gần nhất, độ chênh lệch giữa biên độ xung lượng tử và giá trị tức thời của xung lấy mẫu sẽ gây ra nhiễu lượng tử  $Q_d$  (xem hình 1.6).

Biên độ xung nhiễu lượng tử luôn thỏa mãn điều kiện sau:

$$-\frac{\Delta}{2} \leq Q_{d_k} \leq +\frac{\Delta}{2}$$

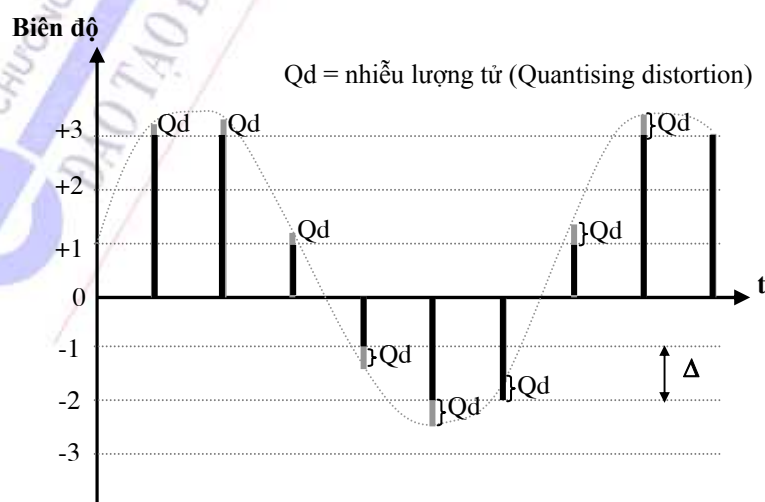
Công suất trung bình nhiễu lượng tử đều được xác định như sau:

$$P_{Q_d} = \frac{\Delta^2}{12}$$

Từ biểu thức này cho thấy công suất nhiễu lượng tử chỉ phụ thuộc vào bước lượng tử  $\Delta$  mà không phụ thuộc vào biên độ tín hiệu.

Đối với tín hiệu mạnh, tỷ số:  $\frac{S}{N} \left( = \frac{\text{Tín hiệu}}{\text{Nhiều}} \right)$  sẽ lớn hơn tỷ số này của tín hiệu yếu.

Muốn san bằng tỷ số này giữa tín hiệu mạnh và tín hiệu yếu phải sử dụng lượng tử hoá không đều.

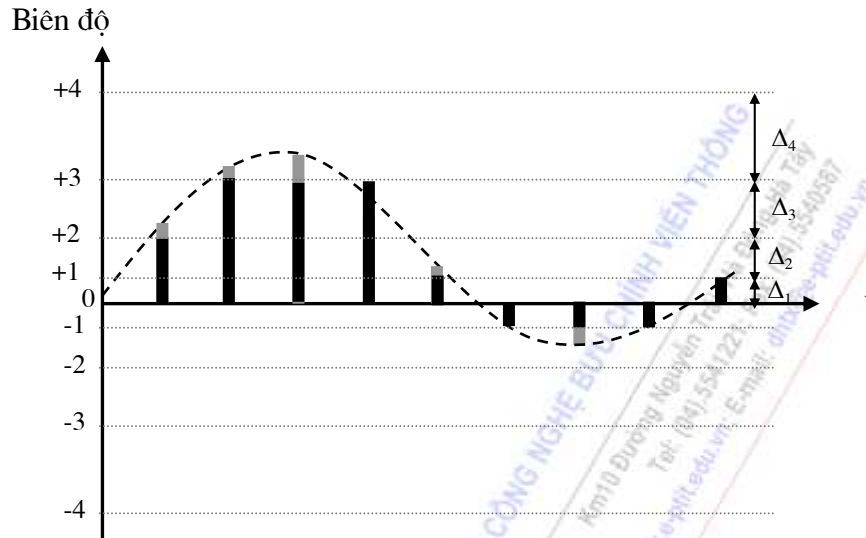


Hình 1.6: Nhiễu lượng tử



**Lượng tử hoá không đều**

Lượng tử hoá không đều dựa trên nguyên tắc: khi biên độ tín hiệu càng lớn thì bước lượng tử càng lớn (hình 1.7).



**Hình 1.7: Quá trình lượng tử hoá không đều**

Trong thí dụ trên hình 1.7 biên độ của tín hiệu analog được chia thành 4 bước lượng tử, ký hiệu là  $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4$ . Như vậy:  $\Delta_1 < \Delta_2 < \Delta_3 < \Delta_4 < \dots$ . Các đường thẳng song song với trục hoành (t) gọi là các mức lượng tử, được đánh số từ 0 tại gốc tọa độ.

Các xung lấy mẫu tại các chu kỳ  $n \times T_m$  (trong đó  $n=0,1,2,\dots$ ) được lấy tròn đến mức lượng tử gần nhất.

Muốn lượng tử hoá không đều có thể sử dụng một trong hai phương pháp: nén - dẫn analog hoặc nén - dẫn số.

- Nén - dẫn analog

Quá trình nén - dẫn analog được thực hiện bằng cách đặt bộ nén analog trước bộ mã hoá đều ở phía nhánh phát của thiết bị ghép kênh, trong miền tín hiệu thoại analog và đặt một bộ dẫn analog trước bộ giải mã đều ở nhánh thu của thiết bị ghép kênh, cũng trong miền tín hiệu thoại analog.

Trong thiết bị ghép kênh số chế tạo theo tiêu chuẩn Châu Âu sử dụng bộ nén - dẫn theo luật A. Còn theo tiêu chuẩn Bắc Mỹ và Nhật sử dụng bộ nén theo luật  $\mu$ .

Đặc tuyến của bộ nén luật A (sự phụ thuộc điện áp đầu vào và đầu ra bộ nén) biểu thị bằng biểu thức

$$Y = \begin{cases} \frac{Ax}{1 + \ln A} & 0 \leq x \leq \frac{1}{A} \\ \frac{1 + \ln Ax}{1 + \ln A} & \frac{1}{A} \leq x \leq 1 \end{cases}$$

Trong đó  $x = \frac{u_V}{U_0}$  với  $u_V$  là biên độ điện áp đầu vào bộ nén, còn  $U_0$  là điện áp vào bão hoà.



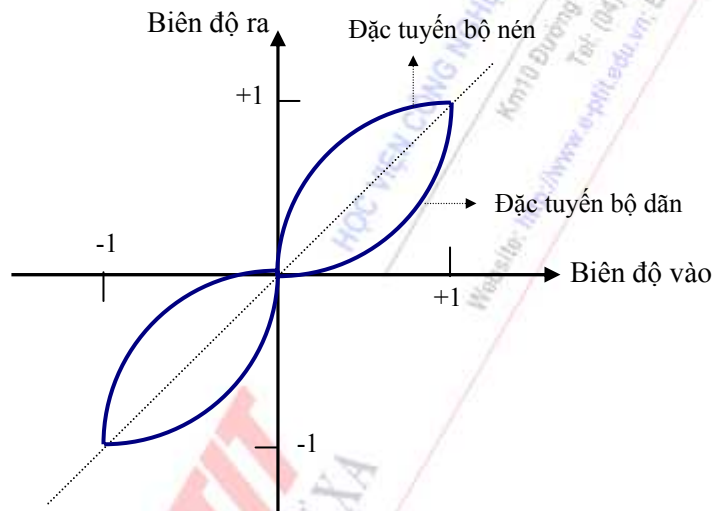
Theo khuyến nghị của ITU-T lấy  $A = 87,6$ .

Đặc tuyến của bộ nén luật  $\mu$  biểu thị bằng biểu thức

$$Y = \begin{cases} \frac{\ln(1 + \mu x)}{\ln(1 + \mu)} & 0 \leq x \leq 1 \\ -\frac{\ln(1 - \mu x)}{\ln(1 + \mu)} & -1 \leq x \leq 0 \end{cases}$$

Theo khuyến nghị của ITU-T lấy  $\mu = 255$ .

Từ các biểu thức trên có thể xây dựng được các đường cong thể hiện đặc tuyến bộ nén  $A$  và  $\mu$ . Đặc tuyến bộ nén phải đối xứng với đặc tuyến bộ dẫn để không gây méo khi khôi phục tín hiệu. Dạng đường cong đặc tuyến của bộ nén và bộ dẫn như hình 1.8.



**Hình 1.8: Đặc tuyến bộ nén và bộ dẫn analog**

Nhiều thí nghiệm về lượng tử hoá tín hiệu thoại đã đưa ra kết luận:

Muốn đạt được tỷ số:  $\frac{S}{N} \left( = \frac{\text{Tín hiệu}}{\text{Nhiều}} \right)$  khoảng 25 dB thì số mức lượng tử đều phải bằng

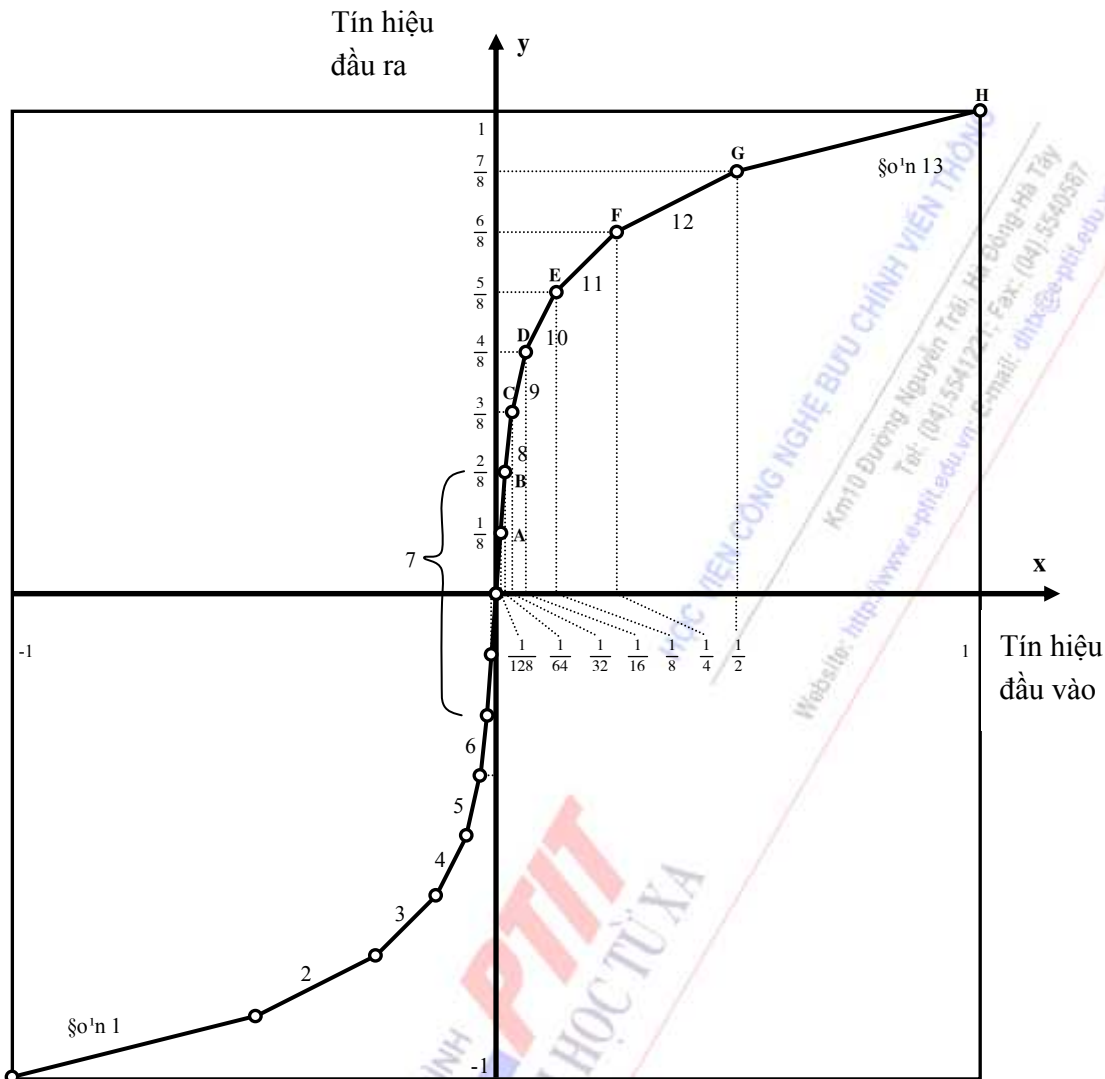
2048. Như vậy mỗi từ mã cần có 11 bit (không kể bit dấu). Vì  $2^{11} = 2048$  là số mức lượng tử của biên độ dương hoặc âm của tín hiệu thoại. Sau khi nén, tín hiệu thoại chỉ còn 128 mức. Nếu kể cả bit dấu chỉ cần từ mã 8 bit. Đó là lý do tại sao phải thực hiện nén tín hiệu.

- Nén - dẫn số:

Bộ nén số được đặt trong miền tín hiệu số của nhánh phát và bộ dẫn số được đặt trong miền tín hiệu số của nhánh thu của thiết bị ghép kênh. Đặc tuyến bộ nén và bộ dẫn số dựa trên cơ sở của bộ nén và bộ dẫn analog. Bằng cách gần đúng hoá đường cong đặc tuyến bộ nén - dẫn analog theo luật  $A$  và  $\mu$  thành các đoạn thẳng gấp khúc.

Đặc tuyến của bộ nén số luật  $A$  có tất cả 13 đoạn thẳng có độ dốc khác nhau và lấy tên là bộ nén số  $A = 87,6/13$  được thể hiện trong hình 1.9.

Các đoạn thẳng có độ dốc khác nhau, do vậy trong cùng một đoạn tín hiệu không bị nén. Khi chuyển từ đoạn này sang đoạn khác thì tín hiệu bị nén và khi biên độ càng lớn sẽ bị nén càng nhiều.



Hình 1.9: Đặc tính biên độ bộ nén số A=87,6/13

Để xây dựng đặc tính biên độ của bộ nén số cần tiến hành các bước sau đây:

Trục x đặc trưng cho biên độ chuẩn hoá của tín hiệu đầu vào bộ nén ( $-1 \leq x \leq 1$  tương ứng với 4096 bước lượng tử đều) và trục y đặc trưng cho tín hiệu ở đầu ra.

Trên trục x chia theo khắc độ logarit cơ số hai, ở nửa dương gồm các điểm 0,  $\frac{1}{128}$ ,  $\frac{1}{64}$ ,  $\frac{1}{32}$ ,  $\frac{1}{16}$ ,  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  và 1; còn ở nửa âm được chia ngược lại.

Trên trục y chia thành các khoảng đều nhau và ở nửa dương gồm các điểm 0,  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{2}{8}$ ,  $\frac{3}{8}$ ,  $\frac{4}{8}$ ,  $\frac{5}{8}$ ,  $\frac{6}{8}$ ,  $\frac{7}{8}$  và 1; còn ở nửa âm được chia ngược lại.

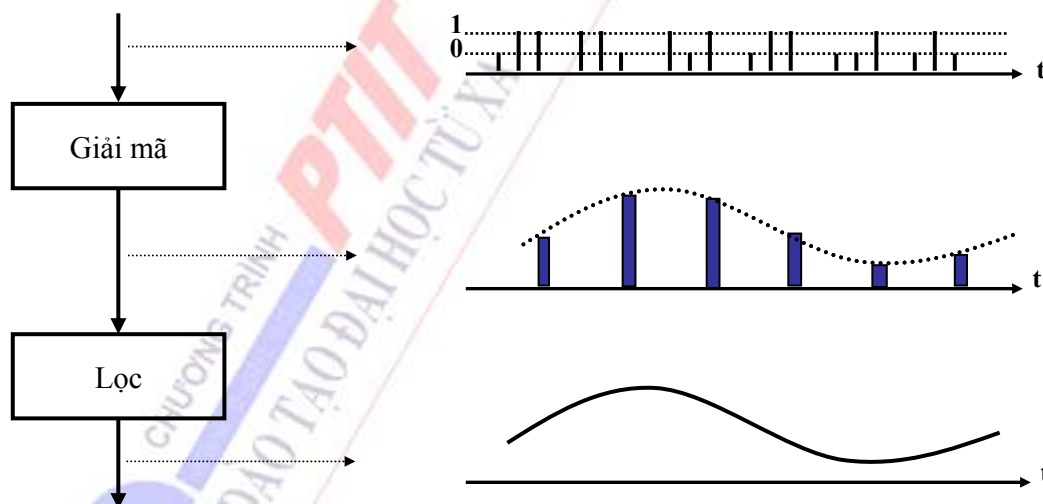
Tiếp đó đánh dấu các điểm đặc biệt A, B, C, D, E, F, G và H, trong nửa dương của đường đặc tính, trong đó điểm H là điểm cắt nhau của đoạn thẳng vuông góc với trục x tại điểm có  $x=1$  và đoạn thẳng vuông góc với trục y tại điểm có  $y=1$ . Điểm G là điểm cắt nhau của đoạn thẳng vuông góc với trục x tại điểm có  $x=1/2$  và đoạn thẳng vuông góc với trục y tại điểm có  $y=7/8$ , .... Điểm A là điểm cắt nhau của đoạn thẳng vuông góc với trục x tại điểm có  $x=1/128$  và đoạn thẳng vuông góc với trục y tại điểm có  $y=1/8$ . Nối hai điểm kề nhau bằng một đoạn thẳng. Như vậy ở nửa dương của đường đặc tính biên độ có tất cả 8 đoạn thẳng, mỗi đoạn được đặc trưng bằng từ mã 3 bit. Trong mỗi đoạn được chia thành 16 mức, mỗi mức phân phối từ mã 4 bit. Nửa âm của đường đặc tính biên độ được lấy đối xứng với nửa dương qua gốc toạ độ O. Do 4 đoạn gần gốc toạ độ 0 có độ dốc như nhau (trong đó nửa dương có hai đoạn OA và OB). Như vậy toàn bộ đường đặc tính biên độ có 13 đoạn thẳng có độ dốc khác nhau.

Nửa âm và nửa dương của đường đặc tính biên độ được phân phối từ mã 1 bit. Bít 0 tương ứng với nửa âm của đường đặc tính biên độ và bít 1 tương ứng với nửa dương của đường đặc tính biên độ.

Tóm lại, khi chưa nén thì tín hiệu thoại được chia thành 4096 mức, sau khi dùng bộ nén  $A=87,6/13$  thì chỉ còn lại 256 mức (tức là số bít trong một từ mã đã giảm từ 12 xuống 8).

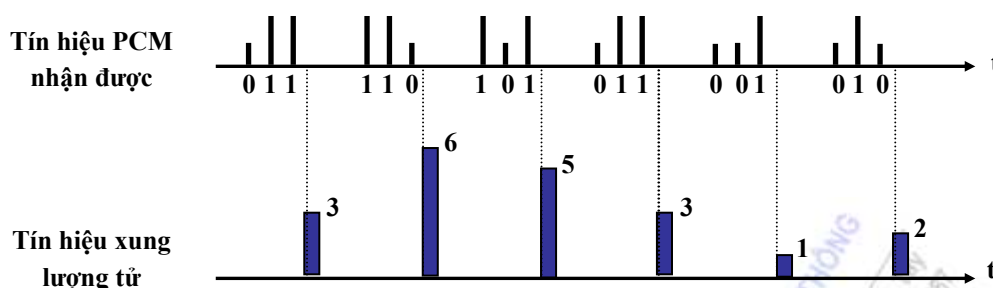
### Chuyển đổi tín hiệu digital thành tín hiệu analog

Tại phía thu, tín hiệu số PCM được chuyển đổi thành tín hiệu analog qua hai bước là: giải mã và lọc. Tổng hợp hai quá trình xử lý này gọi là quá trình chuyển đổi D/A và được biểu diễn như hình 1.10.



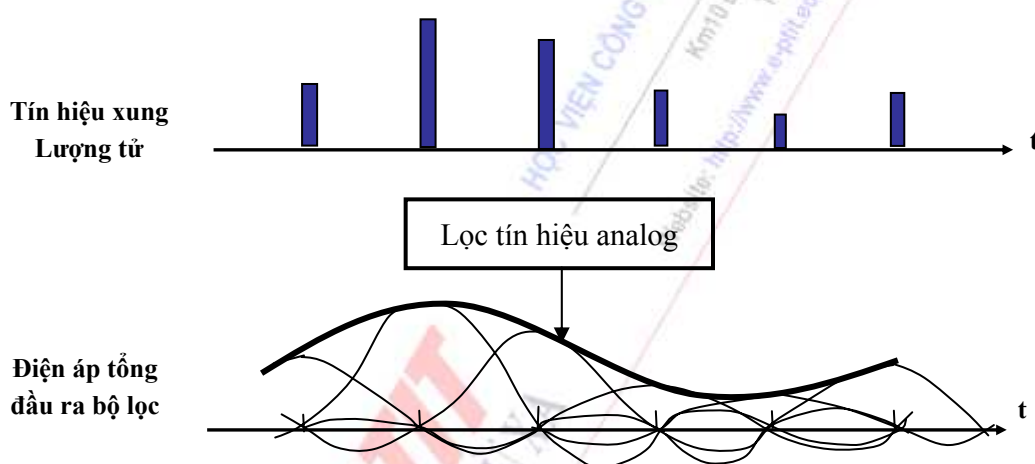
Hình 1.10: Quá trình chuyển đổi D/A

Giải mã là quá trình ngược lại với mã hoá. Trong giải mã, bắt đầu bằng việc tách các mã nhị phân 8 bit từ tín hiệu PCM (trong hình 1.10 tượng trưng từ mã 3 bit). Tiếp theo, chuyển mỗi từ mã nhị phân thành một xung lượng tử có biên độ tương ứng với số mức lượng tử của từ mã đó. Hình 1.11 minh họa giải mã các từ mã 3 bít. Tín hiệu xung đã được lượng tử hoá ở đầu phát được tạo lại ở đầu thu bằng cách giải mã như vậy. Tín hiệu xung sau khi giải mã có biên độ chênh lệch với biên độ xung mẫu tại phía phát. Hiện tượng này gọi là méo lượng tử và phát sinh do làm tròn biên độ khi lượng tử hoá.



Hình 1.11: Quá trình giải mã

Sau đó, tín hiệu xung lượng tử được đưa qua bộ lọc thông thấp. Đầu ra bộ lọc này nhận được tín hiệu analog là tín hiệu liên tục theo thời gian nhờ nội suy giữa các mẫu kế tiếp nhau như hình 1.12.



Hình 1.12: Quá trình lọc tín hiệu từ các xung PAM

### Các phương pháp mã hoá mới

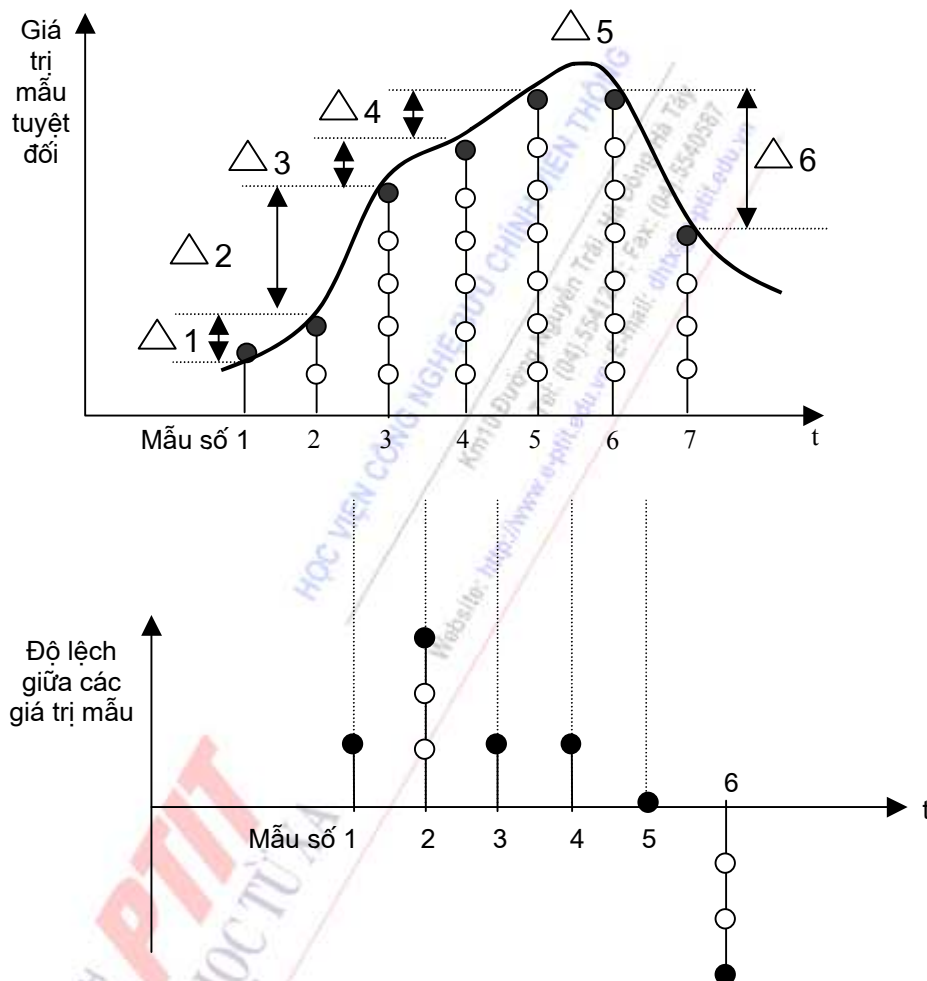
PCM đã tồn tại trong 1/4 thập kỷ và các công nghệ mới đã bắt đầu thu hút sự chú ý. Trong thập kỷ cuối, mã hoá thoại tinh vi đã trở lên hiện thực nhờ sự phát triển của VLSI (mạch tích hợp rất lớn). PCM tại 64 Kb/s không còn là công nghệ duy nhất nữa. Việc mã hoá 32 và 16 kbit/s đã được phát triển, và các phương pháp “vocoder” cũng được phát triển mà chỉ yêu cầu 4.8 Kb/s và ít hơn. Chúng ta có thể bằng mọi cách để đạt tới 800bit/s mà vẫn nghe hiểu được, nhưng tại tốc độ bit này không có khả năng nhận dạng được lời nói của người nói.

Các phương pháp mã hoá mới đã gợi ra rất nhiều lợi ích, vì chúng cho phép các nhà khai thác tăng gấp 2 hay 4 lần dung lượng để truyền dẫn thoại trong mạng của họ mà không cần phải lắp đặt thiết bị truyền dẫn mới. Một trong những phương pháp có thể dùng là điều chế xung mã vi sai thích ứng, ADPCM. ADPCM cho phép truyền thoại với chất lượng giảm tối thiểu tại 32Kbit/s. Khuyến nghị của ITU về ADPCM được gọi là G.726.

### PCM vi sai (DPCM)

Tín hiệu đã được lấy mẫu cho thấy mức độ tương quan cao giữa các mẫu kế cận. Hay nói cách khác, hai mẫu gần nhau là khá tương tự nhau. Nghĩa là sẽ có nhiều lợi ích nếu mã hoá sự

khác nhau giữa các mẫu kế cận thay cho mã hoá giá trị tuyệt đối của mỗi mẫu. Trên hình 1.13 cho thấy 4 bit có thể được sử dụng thay cho 8 bit. Đây là ý tưởng ẩn trong PCM vi sai (DPCM), ở đây độ chính xác vẫn được giữ lại mặc dù không cần băng tần rộng. DPCM đầu tiên dựa trên bản quyền từ 1952.

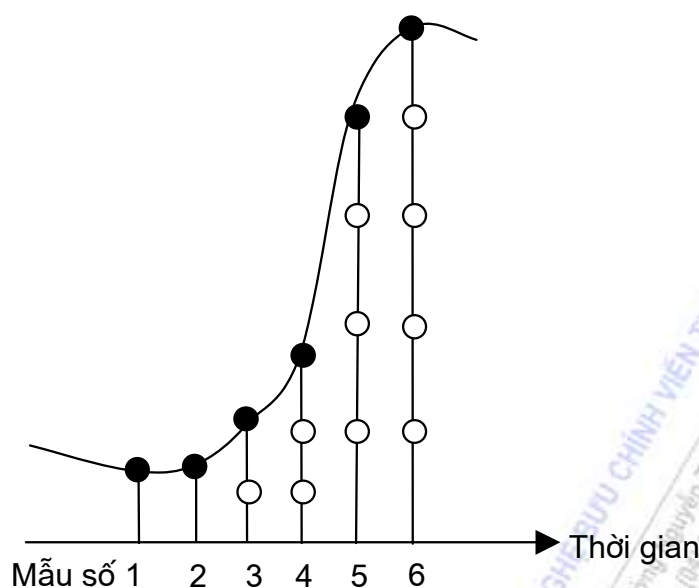


**Hình 1.13: PCM vi sai (DPCM)**

PCM vi sai có nhược điểm là nếu tín hiệu đầu vào tương tự mà thay đổi quá lớn giữa các mẫu, thì nó không thể được biểu diễn bằng 4 bit mà sẽ bị cắt.

#### ***DPCM thích ứng (ADPCM)***

PCM vi sai thích ứng (ADPCM) đã tổ hợp phương pháp DPCM và PCM thích ứng. ADPCM có nghĩa là các mức lượng tử hoá được thích ứng với dạng của tín hiệu đầu vào. Kích cỡ của các bước lượng tử tăng lên khi có liên tiếp dốc đứng trong tín hiệu kéo đủ dài. Trong hình 1.14, số mẫu là 6 có thể được mô tả bằng 5 bước lượng tử lớn thay cho 10 mẫu nhỏ. Phương pháp này có tên từ khả năng thích ứng ấy, tức là nó tạo ra khả năng giảm các bước lượng tử.



Hình 1.14: PCM thích ứng

Trong mã hoá ADPCM, sau khi tín hiệu vào tương tự đã đi qua mã hoá PCM thông thường, thì luồng các mẫu 8 bit được gửi tiếp tới bộ mã hoá ADPCM. Trong bộ mã hoá này, một thuật toán chỉ với 15 mức lượng tử được sử dụng để giảm độ dài từ 8 bit xuống 4 bit. 4 bit này không biểu diễn biên độ của mẫu nữa, nhưng nhờ có mã hoá vi sai mà 4 bit vẫn chứa đủ thông tin để cho phép tín hiệu gốc sẽ được tái tạo ở bộ thu.

Mức của một mẫu được dự đoán dựa trên mức của mẫu đứng trước. Sự khác nhau giữa mẫu dự đoán và thực tế là rất nhỏ và vì vậy có thể mã hoá bằng 4 bit. Nếu có vài mẫu tiếp theo thay đổi lớn, thì các bước lượng tử được thích ứng như mô tả ở trên.

### 1.1.3. Kỹ thuật ghép kênh

#### Ghép kênh cơ sở PCM-30

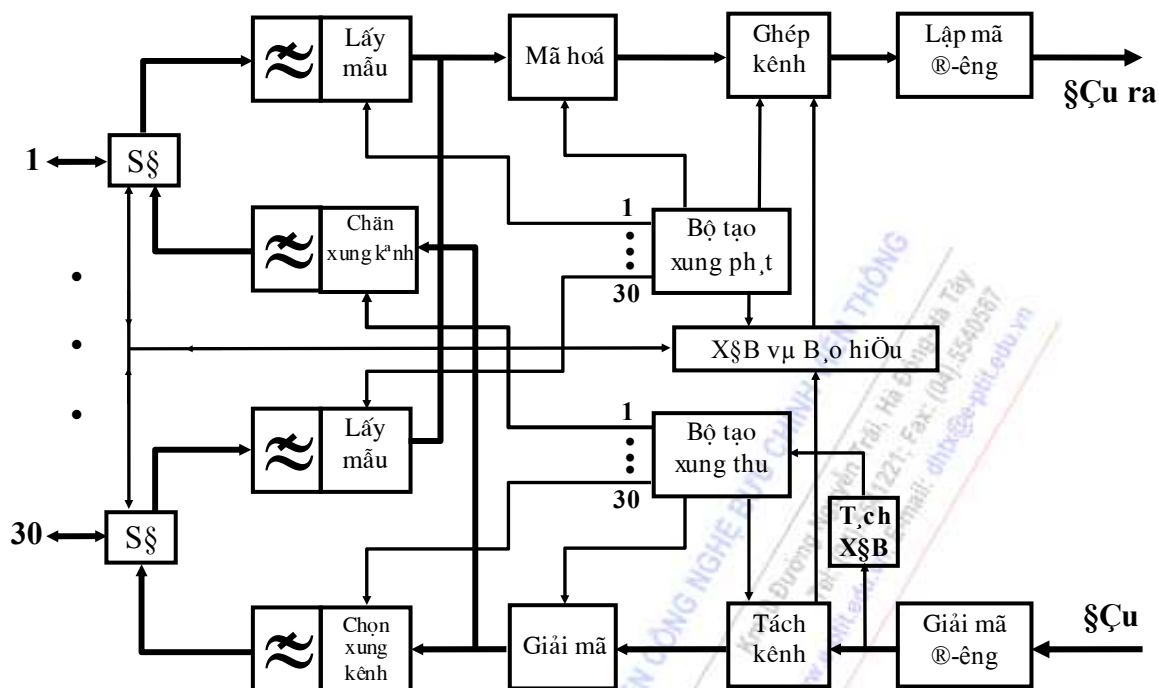
Phần trên đã trình bày nguyên lý cơ bản của phương pháp điều chế xung mã PCM. Bây giờ, chúng ta sẽ xem xét những nguyên lý đó được sử dụng như thế nào để thiết lập các hệ thống truyền dẫn PCM thực tế. Trước hết là xét đến nguyên lý ghép kênh phân chia theo thời gian vì nó làm cho các hệ thống truyền dẫn tín hiệu thoại bằng PCM có ưu điểm về mặt kinh tế.

#### Sơ đồ nguyên lý

Ở các hệ thống PCM, quá trình ghép kênh phân chia theo thời gian thường được thực hiện trước khi mã hóa dãy xung, tức là các mẫu của tín hiệu tương tự riêng được kết hợp lại trên một đường truyền PAM chung. Theo phương pháp này, thiết bị mã hóa có thể được dùng trong quá trình ghép kênh phân chia theo thời gian. Ở đây không thực hiện ghép từng xung một mà ghép từng từ mã PCM một, cách này thường được gọi là ghép khe thời gian. Các hệ thống PCM hầu hết là các hệ thống TDM.

Sơ đồ bộ ghép kênh PCM-30 như hình 1.15.





Hình 1.15: Bộ ghép kênh PCM-30

Sơ đồ này ghép 30 kênh thoại, kênh đồng bộ và kênh báo hiệu thành luồng bit có tốc độ bằng 2048 kbit/s. Dãy âm tần được nối vào máy đầu cuối thuê bao như máy điện thoại, thiết bị truyền số liệu v.v. Sau đây phân tích hoạt động của bộ ghép tín hiệu thoại.

Bộ sai động SD tách tín hiệu thoại thu và phát riêng biệt. Tại nhánh phát có bộ lọc thông thấp để hạn chế băng tần tiếng nói từ 300 đến 3400 Hz, đầu ra bộ lọc thông thấp nối đến mạch lấy mẫu. Mạch lấy mẫu là một chuyển mạch điện tử đóng mở theo chu kỳ 125 $\mu$ s, đầu ra nhận được các xung mẫu có chu kỳ bằng 125 $\mu$ s. Bộ mã hoá biến đổi mỗi xung lấy mẫu thành 8 bit và khối ghép kênh tín hiệu thoại, tín hiệu đồng bộ và tín hiệu báo hiệu thành một khung có thời hạn 125 $\mu$ s. Đầu ra các mạch lấy mẫu đấu song song với nhau, vì vậy xung lấy mẫu của các kênh được ghép theo thời gian và lần lượt đưa vào bộ mã hoá. Trong bộ ghép kênh PCM-30 dùng bộ mã hoá nén số A= 87,6 và đặc tính biên độ có 13 đoạn. Dãy xung lấy từ bộ tạo xung phát qua bộ chia để tạo ra xung điều khiển các mạch lấy mẫu 8 kbit/s, điều khiển các bộ mã hoá và điều khiển bộ ghép kênh. Báo hiệu từ các thuê bao được đưa tới khối xử lý báo hiệu. Tại đây báo hiệu được chuyển đổi thành các bit để ghép vào khung tín hiệu. Dãy bit hai mức đầu ra khối ghép kênh qua khối lập mã đường chuyển thành dãy bit ba mức rồi đi ra ngoài.

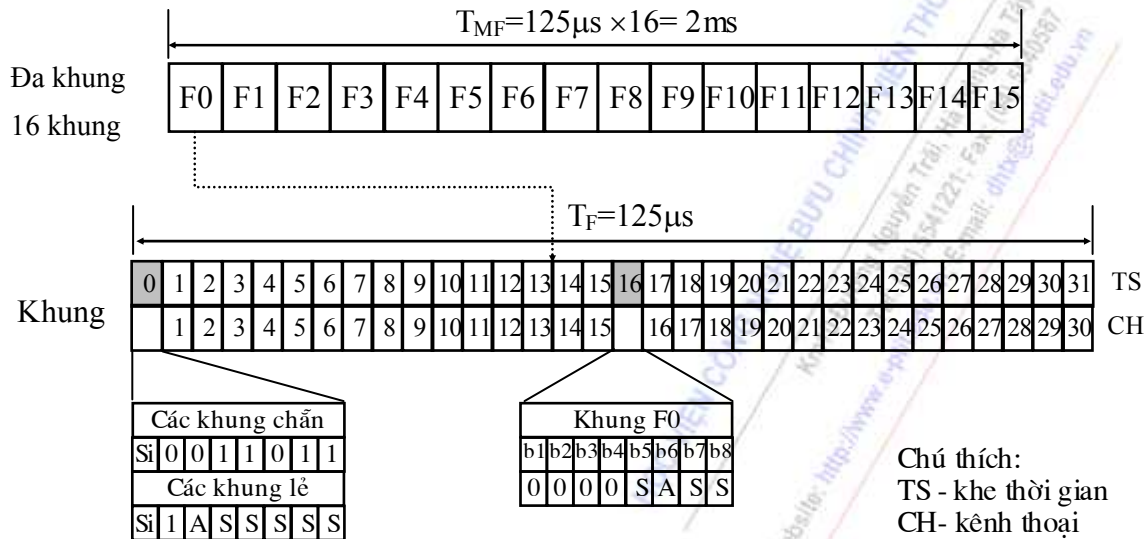
Tại nhánh thu của bộ ghép kênh PCM-30 tiếp nhận dãy bit ba mức đến và chuyển vào khối giải mã đường để chuyển thành dãy bit hai mức. Một phần tín hiệu ở đầu ra khối giải mã đường, đưa vào khối tách xung đồng bộ để tách ra xung đồng bộ và đưa tới khối tạo xung thu để kích thích bộ chia xung và tạo ra các khe thời gian đồng bộ với phía phát. Phần tín hiệu còn lại được đưa vào khối tách kênh để tách luồng bit đầu vào thành 30 kênh thoại, kênh báo hiệu. Khối báo hiệu chuyển các bit báo hiệu thành tín hiệu báo hiệu ban đầu, chẳng hạn báo hiệu đa tần, các digit bộ số thuê bao, xung điều khiển rơ le v.v. Các từ mã 8 bit của 30 kênh thoại đưa tới bộ giải mã để chuyển thành các xung lượng tử, qua bộ chọn xung kênh và bộ lọc thông thấp tách ra tín hiệu thoại analog của từng kênh. Tín hiệu analog qua bộ sai động đi vào máy điện thoại. Bộ chọn xung



kênh là một chuyển mạch điện tử đóng mở theo tốc độ và pha của bộ lấy mẫu ở phía phát. Đầu vào bộ chọn xung kênh đầu song song với nhau và mỗi bộ chỉ cho xung kênh mình đi qua, tức là tách kênh theo thời gian được thực hiện tại đây.

### Cấu trúc khung và đa khung

Cấu trúc khung và đa khung của bộ ghép PCM-30 như hình 1.16.



**Hình 1.16: Cấu trúc khung và đa khung của bộ ghép kênh PCM-30**

Khung có thời gian  $125\mu s$  được chia thành 32 khe thời gian bằng nhau và đánh số thứ tự từ TS0 đến TS31. Mỗi khe thời gian TS dài  $3,9\mu s$  gồm một từ mã 8 bit. Mỗi khung gồm có 256 bit và chu kỳ lặp lại của khung bằng 8000 Hz.

Các khe TS0 đứng đầu các khung chẵn gồm bit Si được sử dụng cho quốc tế (nếu không dùng thì cài đặt bằng 1) và bảy bit còn lại là từ mã đồng bộ khung 0011011. Các khe TS0 đứng đầu các khung lẻ gồm bit thứ nhất Si dùng cho mạng quốc tế, nếu không sử dụng đặt Si= 1, bit thứ hai luôn có logic 1 để tránh phỏng tạo từ mã đồng bộ khung, bit thứ ba dùng cho cảnh báo xa khi mất đồng bộ khung, năm bit S còn lại dành cho quốc gia. Khi trạm đầu xa không thu được từ mã đồng bộ khung sẽ đặt A=1 và truyền về trạm gốc.

Mỗi đa khung kéo dài trong 2 ms và chứa 16 khung. Các khung được đánh số thứ tự từ F0 đến F15, trong đó 8 khung mang chỉ số chẵn và 8 khung còn lại mang chỉ số lẻ.

Khe thời gian TS16 của khung F0 truyền từ mã đồng bộ đa khung vào vị trí các bit thứ nhất đến bit thứ tư, bit thứ 6 truyền cảnh báo xa khi mất đồng bộ đa khung (A=1), các bit S dành cho quốc gia, nếu không sử dụng đặt S=1.

Các khe thời gian TS16 của khung F1 đến khung F15 dùng để truyền báo hiệu. Báo hiệu của mỗi kênh thoại được mã hoá thành 4 bit a, b, c, d và ghép vào nửa khe thời gian TS16. Nửa bên trái truyền báo hiệu của các kênh thoại thứ nhất đến 15 và nửa bên phải truyền báo hiệu các kênh thoại thứ 16 đến 30 như bảng 1.1.

**Bảng 1.1. Ghép tín hiệu báo hiệu của 30 kênh thoại**

Khe thời gian TS16	b1b2b3b4	b5b6b7b8
	a b c d	a b c d
Khung 1	Kênh 1	Kênh 16
Khung 2	Kênh 2	Kênh 17
Khung 3	Kênh 3	Kênh 18
Khung 4	Kênh 4	Kênh 19
Khung 5	Kênh 5	Kênh 20
Khung 6	Kênh 6	Kênh 21
Khung 7	Kênh 7	Kênh 22
Khung 8	Kênh 8	Kênh 23
Khung 9	Kênh 9	Kênh 24
Khung 10	Kênh 10	Kênh 25
Khung 11	Kênh 11	Kênh 26
Khung 12	Kênh 12	Kênh 27
Khung 13	Kênh 13	Kênh 28
Khung 14	Kênh 14	Kênh 29
Khung 15	Kênh 15	Kênh 30

Như vậy phải có 16 khe thời gian TS16 trong một đa khung mới đủ để truyền báo hiệu và đồng bộ đa khung. Đó cũng là lí do tại sao mỗi đa khung chứa 16 khung. Nếu các bit a b c d không dùng cho báo hiệu thì đặt  $b=1$ ,  $c=0$  và  $d=1$ . Ngoài ra cũng cần lưu ý cấm sử dụng tổ hợp 0000 để truyền báo hiệu vì nó trùng với từ mã đồng bộ đa khung. Phương thức báo hiệu đã trình bày trên đây gọi là báo hiệu kênh kết hợp CAS. Ngoài phương thức báo hiệu kênh kết hợp CAS, trong tổng đài điện tử số còn có phương thức báo hiệu kênh chung CCS, trong đó báo hiệu của các kênh thoại được truyền trên một đường riêng. Diễn hình của CCS là hệ thống báo hiệu số 7 (CCSS-7).

Trong trường hợp PCM-30 được sử dụng để truyền số liệu thì bit Si trong khe thời gian TS0 là bit kiểm tra dư vòng CRC (xem bảng 1.2).

**Bảng 1.2. Chức năng các bit trong TS0 của một đa khung**

Thứ tự khung	Bit 1 đến bit 8 của TS0							
	Si	2	3	4	5	6	7	8
0	C1	0	0	1	1	0	1	1
1	0	1	A	S	S	S	S	S
2	C2	0	0	1	1	0	1	1
3	0	1	A	S	S	S	S	S
4	C3	0	0	1	1	0	1	1
5	1	1	A	S	S	S	S	S
6	C4	0	0	1	1	0	1	1
7	0	1	A	S	S	S	S	S
8	C1	0	0	1	1	0	1	1
9	1	1	A	S	S	S	S	S
10	C2	0	0	1	1	0	1	1
11	1	1	A	S	S	S	S	S
12	C3	0	0	1	1	0	1	1
13	E	1	A	S	S	S	S	S
14	C4	0	0	1	1	0	1	1
15	E	1	A	S	S	S	S	S

Bảng 1.2. tóm tắt chức năng các bit của khe thời gian TS0 trong mỗi đa khung 16 khung. Cũng có thể xem đa khung gồm 2 đa khung con; đa khung con thứ nhất gồm khung 0 đến khung 7 và đa khung con thứ hai gồm khung 8 đến khung 15. Bit Si trong các khung chẵn của mỗi đa khung con là các bit kiểm tra dư chu trình C1 C2 C3 C4 (CRC-4). Bit Si trong các khung lẻ của đa khung tạo thành từ mã đồng bộ đa khung CRC-4, bit E trong khung 13 chỉ thị lỗi bit của CRC-4 của đa con thứ nhất và bit E trong khung 15 chỉ thị lỗi bit của CRC-4 của đa khung con thứ hai.

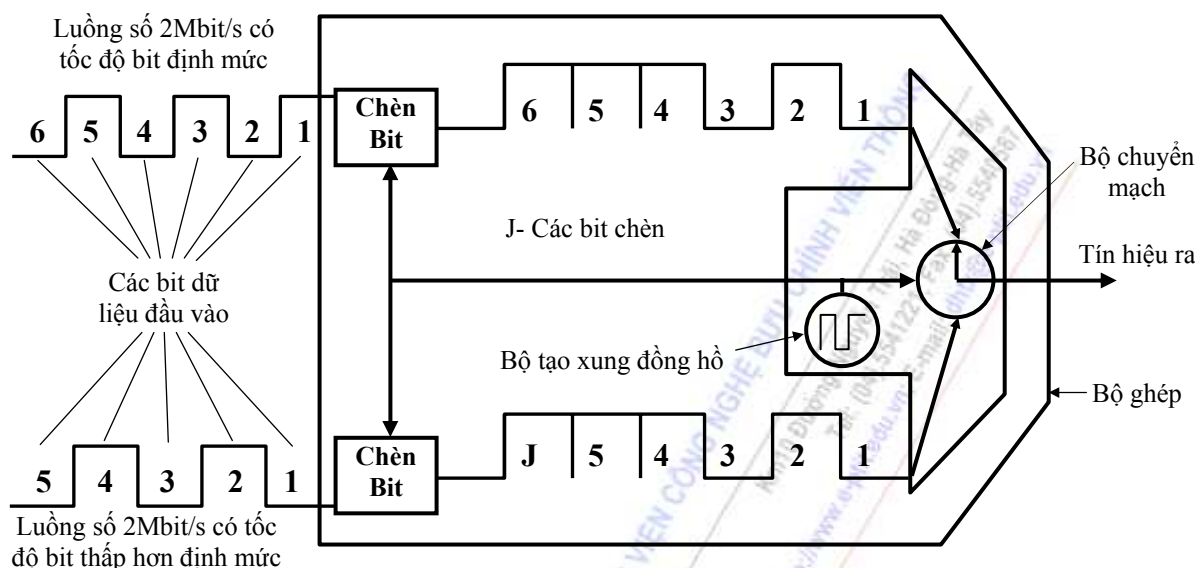
#### **Phân cấp số cận đồng bộ PDH**

Sau khi giới thiệu về phương pháp ghép kênh cơ sở PCM-30, phần này sẽ trình bày về các hệ thống ghép kênh bậc cao. Ghép kênh bậc cao là ghép nhiều luồng số có tốc độ thấp để tạo thành một luồng số có tốc độ cao hơn. Thiết bị thực hiện nhiệm vụ nói trên được gọi là máy ghép kênh bậc cao.

PDH là một trong những hệ thống ghép kênh số bậc cao thông dụng. Trong mạng thông tin PDH không sử dụng đồng bộ tập trung, nghĩa là tất cả các phần tử trong mạng không bị khống chế bởi một đồng hồ chủ. Mỗi thiết bị ghép kênh hoặc tổng đài trong mạng này có một đồng hồ riêng. Chính vì vậy mà các luồng số do chúng tạo ra có sự chênh lệch về tốc độ bit.

Chẳng hạn tổng đài thứ nhất đưa ra luồng số (2048 kbit/s +  $5 \times 10^{-5}$ ); trong khi đó một tổng đài khác lại đưa ra luồng số (2048 kbit/s -  $5 \times 10^{-5}$ ). Muốn ghép các luồng số có tốc độ bit khác nhau này thành một luồng số có tốc độ cao hơn thì phải hiệu chỉnh cho tốc độ bit của chúng bằng

tốc độ bit của đồng hồ bộ ghép nhờ chèn bit. Sau khi chèn bit thì các luồng số đầu vào bộ ghép xem như đã đồng bộ về tốc độ bit, nhưng pha của chúng không đồng bộ với nhau. Kiểu ghép như vậy được gọi là ghép cận đồng bộ (hình 1.17).



Hình 1.17: Nguyên tắc ghép cận đồng bộ

Về tiêu chuẩn tốc độ bit PDH, hiện nay trên thế giới có 3 tiêu chuẩn: Châu Âu, Bắc Mỹ và Nhật Bản. Sau đây là đặc điểm chính của các tiêu chuẩn này.

### Tiêu chuẩn Châu Âu

Châu Âu dựa trên tốc độ bit cơ sở 2048 kbit/s để ghép xen bit thành các tốc độ bit cao hơn và gồm có 4 mức. Sơ đồ hình thành các mức theo tiêu chuẩn Châu Âu như hình 1.18a.

Mức 1 (DS1): Ghép 30 kênh thoại thành luồng 2048 kbit/s. Các luồng số cơ sở này được cung cấp từ thiết bị ghép kênh PCM-30 hoặc từ tổng đài điện tử số.

Mức 2 (DS2): Ghép 4 luồng số cơ sở thành luồng số mức 2 là 8448 kbit/s, gồm 120 kênh thoại.

Mức 3 (DS3): Ghép 4 luồng số mức 2 thành luồng số mức 3 là 34368 kbit/s, gồm 480 kênh thoại.

Mức 4 (DS4): Ghép 4 luồng số mức 3 thành luồng mức số 4 là 139268 kbit/s, gồm 1920 kênh thoại.

Mức 5 (DS5): Ghép 4 luồng số mức 4 thành luồng mức số 5 là 564992 kbit/s, gồm 7680 kênh thoại.

### Tiêu chuẩn Bắc Mỹ

Bắc Mỹ sử dụng luồng số cơ sở 1544 kbit/s từ thiết bị PCM-24 hoặc từ tổng đài điện tử số để ghép xen bit thành các luồng số có tốc độ bit cao hơn và gồm có 4 mức. Sơ đồ hình thành các mức theo tiêu chuẩn Bắc Mỹ như hình 1.18b.

Mức 1 (DS1): Ghép 24 kênh thoại thành luồng 1544 kbit/s.

Mức 2 (DS2): Ghép 4 luồng số mức 1 thành luồng số mức 2 là 6312 kbit/s, gồm 96 kênh thoại.

Mức 3 (DS3): Ghép 7 luồng số mức 2 thành luồng số mức 3 là 44736 kbit/s, gồm 672 kênh thoại.

Mức 4 (DS4): Ghép 6 luồng số mức 3 thành luồng mức số 4 là 274716 kbit/s, gồm 4032 kênh thoại.

### ***Tiêu chuẩn của Nhật Bản***

Hai mức đầu tiên theo tiêu chuẩn Nhật Bản hoàn toàn giống tiêu chuẩn Bắc Mỹ và gồm có tất cả là 5 mức như hình 1.18b.

Mức 1 (DS1): Ghép 24 kênh thoại thành luồng 1544 kbit/s.

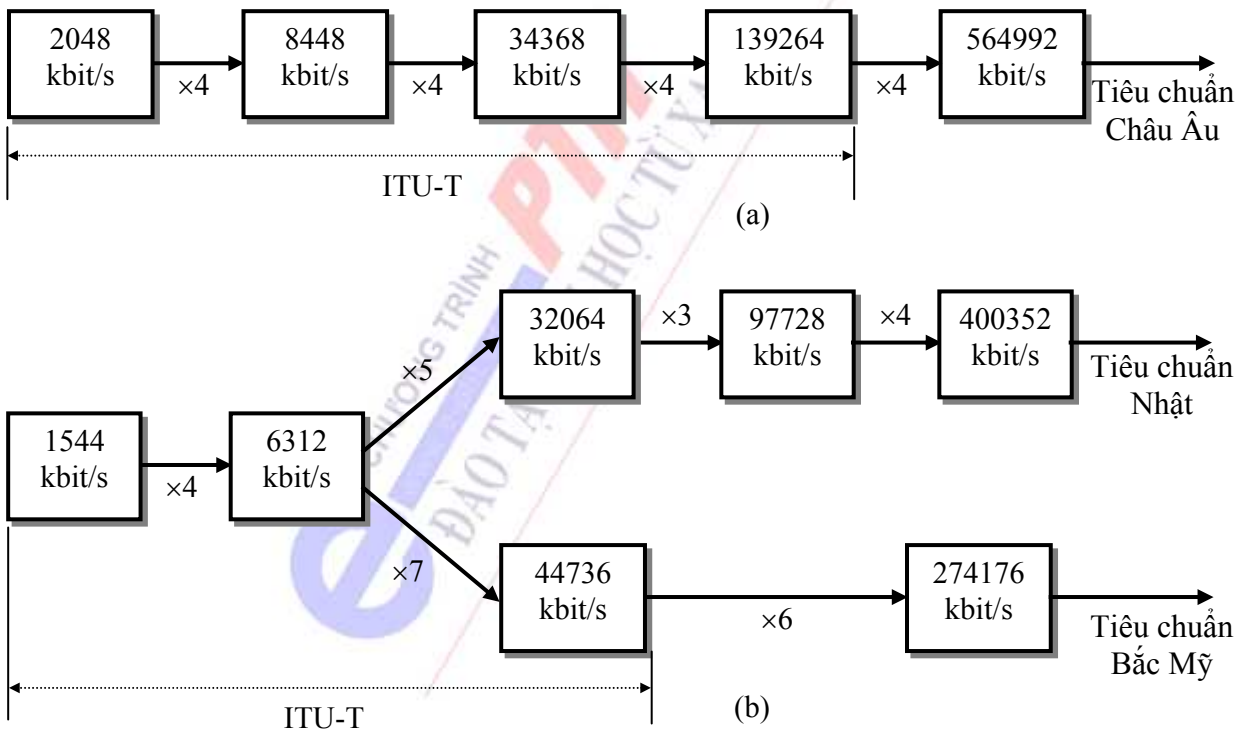
Mức 2 (DS2): Ghép 4 luồng số mức 1 thành luồng số mức 2 là 6312 kbit/s, gồm 96 kênh thoại.

Mức 3 (DS3): Ghép 5 luồng số mức 2 thành luồng số mức 3 là 32064 kbit/s, gồm 480 kênh thoại.

Mức 4 (DS4): Ghép 3 luồng số mức 3 thành luồng mức số 4 là 97728 kbit/s, gồm 1440 kênh thoại.

Mức 5 (DS5): Ghép 4 luồng số mức 4 thành luồng mức số 5 là 400352 kbit/s, gồm 5760 kênh thoại.

ITU-T công nhận 4 mức đầu tiên theo tiêu chuẩn Châu Âu và 3 mức đầu tiên theo tiêu chuẩn Bắc Mỹ là các mức truyền dẫn PDH quốc tế.



**Hình 1.18: Qui định các mức truyền dẫn PDH**



### Phương pháp ghép

Có ba phương pháp ghép các luồng số là:

- Ghép xen bit
- Ghép xen byte
- Ghép xen chu trình

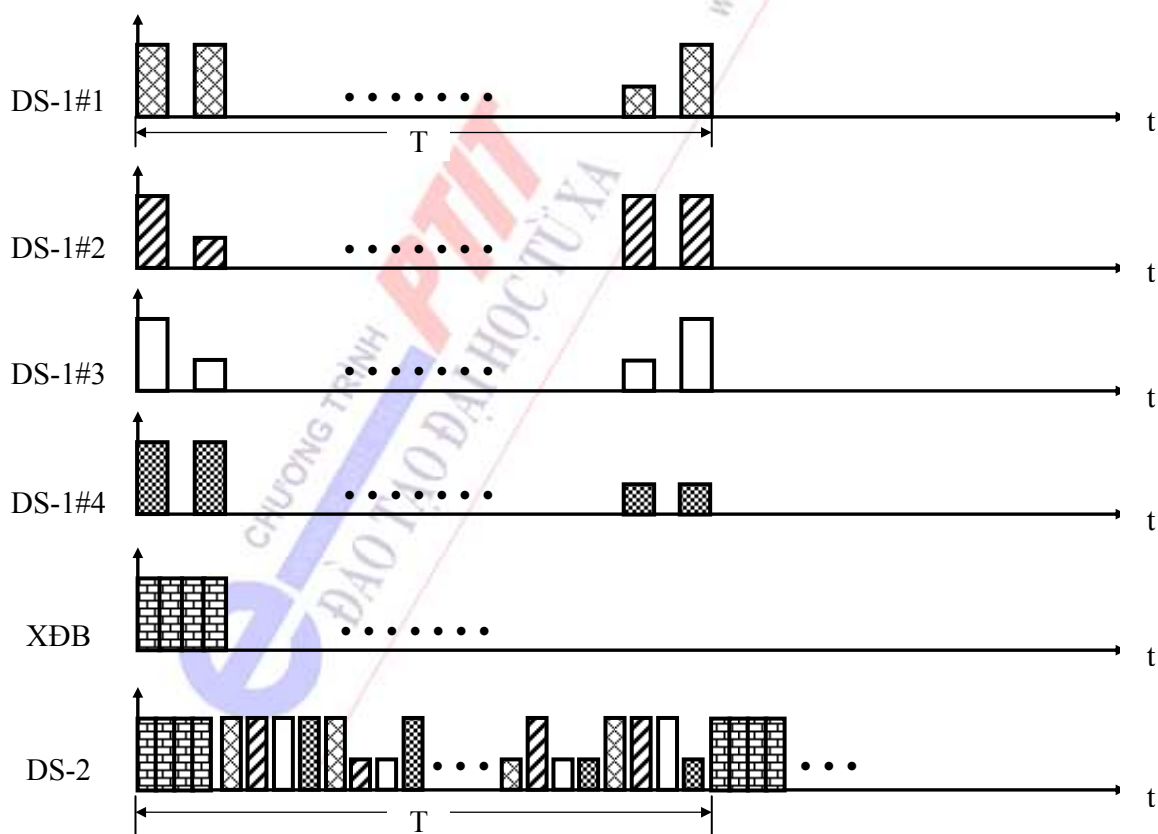
Nhưng trong PDH chỉ sử dụng kỹ thuật ghép xen bit. Sau đây sẽ trình bày phương pháp ghép này.

Hình 1.19 mô tả quá trình ghép xen bit bốn luồng số DS1 thành luồng số DS2.

Thứ tự ghép như sau:

Trước tiên ghép xung đồng bộ (XDB), tiếp theo ghép bit thứ nhất của luồng số DS1 thứ nhất, bit thứ nhất của luồng số DS1 thứ hai, bit thứ nhất của luồng số DS1 thứ ba, bit thứ nhất của luồng số DS1 thứ tư. Sau đó ghép bit thứ hai cũng theo trình tự trên. Cứ ghép như vậy cho hết một chu trình 125 $\mu$ s. Đến chu trình sau trước hết phải ghép xung đồng bộ và sau đó phải ghép từng bit theo thứ tự trên.

Trong 125 $\mu$ s phải ghép hết số bit trong chu trình đó cả 4 luồng vào. Như vậy thì tốc độ luồng số đầu ra DS2 mới tăng ít nhất gấp 4 lần tốc độ một luồng số đầu vào DS1.



Hình 1.19: Ghép xen bit bốn luồng số DS1 thành luồng số DS2

Khi ghép các luồng số PDH có tốc độ bit thấp thành luồng số có tốc độ bit cao hơn thì các thiết bị ghép thường hoạt động theo kiểu cận đồng bộ. Vì các luồng số đầu vào bộ ghép có tốc độ bit

tức thời có thể khác nhau với tốc độ bit danh định chút ít, nên ghép các luồng số đầu vào này thành luồng số đầu ra có liên quan đến quá trình chèn. Quá trình này hoạt động như sau:

Khi thực hiện ghép các bit của các luồng nhánh, trước hết các bit này được ghi lần lượt vào ô nhớ trong các bộ nhớ tương ứng của các luồng nhánh (dưới sự điều khiển của đồng hồ tách từ dây xung vào, còn gọi là đồng hồ ghi). Sau đó các bit này được lấy ra (dưới sự điều khiển của đồng hồ đọc lấy từ bộ tạo xung của bộ ghép kênh MUX) và đưa vào bộ MUX để thực hiện ghép xen bit. Cả dây bit đọc và dây bit ghi đều được đưa vào bộ so sánh pha. Khi hai dây bit lệch pha với nhau đạt giá trị ngưỡng đặt trước thì xảy ra quá trình chèn. Nhận được thông báo chèn thì khối điều khiển chèn sẽ phát tín hiệu điều khiển chèn, khi đó khối MUX sẽ tiến hành chèn bit vào vị trí đã qui định trong khung.

Trong trường hợp một luồng số đầu vào bộ nhớ có tốc độ bit tức thời chậm hơn tốc độ bit đồng hồ đọc của MUX sẽ xuất hiện định kỳ một số điểm bỏ trống trong tín hiệu đầu ra bộ nhớ đệm và gây ra lỗi bit tại phía thu. Muốn tránh lỗi bit bắt buộc phải chèn thêm các bit mang thông tin giả vào các điểm bỏ trống và truyền thông báo tới phía thu để xóa các bit các bit chèn này, như vậy gọi là chèn dương.

Ngược lại, nếu tốc độ tức thời của luồng số đầu vào bộ nhớ nhanh hơn tốc độ bit đồng hồ đọc của bộ MUX sẽ xuất hiện định kỳ các thời điểm mà tại đó hai bit dữ liệu được đọc bởi một bit của đồng hồ đọc, gây ra lỗi bit tại đầu ra bộ nhớ. Do đó, phải tách bit dữ liệu được đọc sau để ghép vào vị trí đã qui định trong khung và có thông báo gửi tới phía thu để phía thu không xóa bit dữ liệu này. Đây chính là chèn âm.

Chèn được xem như quá trình làm thay đổi tốc độ xung của tín hiệu số ở mức độ điều khiển cho phù hợp với tốc độ xung khác với tốc độ xung vốn có của nó mà không làm mất thông tin.

### **Phân cấp số đồng bộ SDH**

#### ***Các đặc điểm chính***

Như đã trình bày trong phần trên, hiện nay trên thế giới tồn tại 3 phân cấp số cận đồng bộ PDH (Châu Âu, Bắc Mỹ và Nhật Bản). Song các phân cấp số cận đồng bộ này không có giao diện tiêu chuẩn hoá quốc tế nên không đáp ứng được nhu cầu phát triển các dịch vụ viễn thông trong giai đoạn hiện tại và tương lai. Ngoài ra quá trình tách/ghép các luồng số trong hệ thống truyền dẫn cận đồng bộ rất phức tạp, yêu cầu thiết bị công kênh làm giảm chất lượng truyền dẫn và khả năng giám sát, quản lý mạng còn kém.

Hệ thống truyền dẫn đồng bộ SDH được xem là giai đoạn phát triển tiếp theo của phân cấp truyền dẫn cận đồng bộ. SDH tạo ra một cuộc cách mạng trong việc truyền các dịch vụ viễn thông, thể hiện một kỹ thuật tiên tiến có thể đáp ứng rộng rãi các yêu cầu của thuê bao, nhà khai thác cũng như các nhà sản xuất, thoả mãn các yêu cầu đặt ra cho ngành Viễn thông trong thời đại mới.

Trong tương lai, hệ thống truyền dẫn đồng bộ sẽ ngày càng được phát triển nhờ các ưu điểm vượt trội so với hệ thống truyền dẫn cận đồng bộ, đặc biệt SDH có khả năng kết hợp với PDH trong mạng lưới hiện hành, cho phép thực hiện việc hiện đại hoá mạng lưới theo từng giai đoạn phát triển.

Các tiêu chuẩn của SDH bắt đầu hình thành từ năm 1985 tại Mỹ. Khởi đầu là nỗ lực để tạo ra một mạng giao tiếp quang có thể hoạt động với tất cả các hệ thống truyền dẫn khác nhau của



các sản phẩm khác nhau (theo tiêu chuẩn Châu Âu hoặc Bắc Mỹ). Dần dần sau đó các tiêu chuẩn này được sử dụng rộng rãi để có thể xử lý cho mạng hiện tại và cho cả các loại tín hiệu trong tương lai, cũng như cho cả phương diện khai thác và bảo dưỡng.

Trong hoàn cảnh đó, tháng 2 năm 1985 công ty BELLCORE là công ty con của công ty BELL tại Mỹ đã đề nghị một phân cấp truyền dẫn mới nhằm mục đích khắc phục các nhược điểm của hệ thống cận đồng bộ. Phân cấp mới này có tên là mạng quang đồng bộ (SONET). SONET dựa trên nguyên lý ghép kênh đồng bộ, trong đó cáp quang được sử dụng làm môi trường truyền dẫn. Về sau các tiêu chuẩn về giao diện thiết bị cũng được nghiên cứu, để kết nối các loại thiết bị khác nhau có tiêu chuẩn khác nhau mà không gây trở ngại khi áp dụng phân cấp đồng bộ SDH vào mạng lưới hiện tại. Để đáp ứng yêu cầu đó cần phải lưu ý đến quá trình tổ chức các tín hiệu bảo dưỡng, giám sát, chuyển mạch bảo vệ tự động và cả vấn đề quản lý mạng lưới của các loại thiết bị khác nhau đó.

Đề nghị của hãng BELLCORE được Viện các tiêu chuẩn quốc gia Hoa Kỳ ANSI nghiên cứu và đến năm 1988 đã phê chuẩn SONET là tiêu chuẩn của Hoa Kỳ. Các tiêu chuẩn của SONET được hình thành theo hai giai đoạn. Giai đoạn một qui định các tiêu chuẩn về các tốc độ bit truyền dẫn (bảng 1.3), khuôn dạng tín hiệu, các thông số giao diện quang và thứ tự sắp xếp tải trọng trong khung tín hiệu. Giai đoạn một đã hoàn thành vào năm 1988. Giai đoạn hai của SONET qui định các giao thức để sử dụng các kênh nghiệp vụ vào việc điều hành, quản lý, bảo dưỡng, giám sát và được hoàn thành năm 1991. Đồng thời SONET cũng gây được sự chú ý và cũng được nghiên cứu, phát triển tại Châu Âu.

**Bảng 1.3. Tốc độ bit của SONET**

Các mức tín hiệu quang (OC)	Các mức tín hiệu đồng bộ (STS)	Tốc độ bit (Mbit/s)
OC-1	STS-1	51,84
OC-3	STS-3	155,52
OC-9	STS-9	466,56
OC-12	STS-12	622,08
OC-18	STS-18	933,12
OC-24	STS-24	1244,16
OC-36	STS-36	1866,24
OC-48	STS-48	2488,32

Tháng 11 năm 1988, trên cơ sở tiêu chuẩn của SONET và xét đến các tiêu chuẩn khác ở Châu Âu, Bắc Mỹ và Nhật Bản, ITU-T đã đưa ra tiêu chuẩn quốc tế về công nghệ truyền dẫn theo phân cấp số đồng bộ SDH dùng cho truyền dẫn cáp quang và vi ba. Các tiêu chuẩn của SDH đã được ITU-T ban hành trong các khuyến nghị sau đây:

- G.702 - Số lượng mức trong phân cấp số đồng bộ
- G.707 - Các tốc độ bit của SDH
- G.708 - Giao diện nút mạng SDH

- G.709 - Cấu trúc ghép đồng bộ
- G.773 - Giao thức phù hợp với giao diện Q (Quản lý hệ thống truyền dẫn)
- G.774 - Mô hình thông tin quản lý SDH
- G.782 - Các kiểu và các đặc tính chủ yếu của thiết bị ghép SDH
- G.784 - Quản lý SDH
- G.803 - Cấu trúc mạng truyền dẫn SDH
- G.825 - Điều khiển rung pha và trôi pha trong mạng thông tin SDH
- G.957 - Các giao diện quang của các thiết bị và hệ thống liên quan đến SDH
- G.958 - Hệ thống truyền dẫn SDH sử dụng cho cáp sợi quang
- M.30 - Các nguyên tắc quản lý mạng viễn thông
- M.3010- Nguyên lý hoạt động của TMN

Hiện nay các khuyến nghị G.707, G.708 và G.709 đã kết hợp lại thành khuyến nghị G.70x.

Về tốc độ bit của SDH bao gồm như sau:

STM-1	=	155,52 Mbit/s
STM-4	= 4× STM-1	= 622,08 Mbit/s
STM-8	= 8× STM-1	= 1244,16 Mbit/s
STM-12	= 12× STM-1	= 1866,24 Mbit/s
STM-16	= 16× STM-1	= 2488,32 Mbit/s
STM-64	= 64× STM-1	= 9953,28 Mbit/s

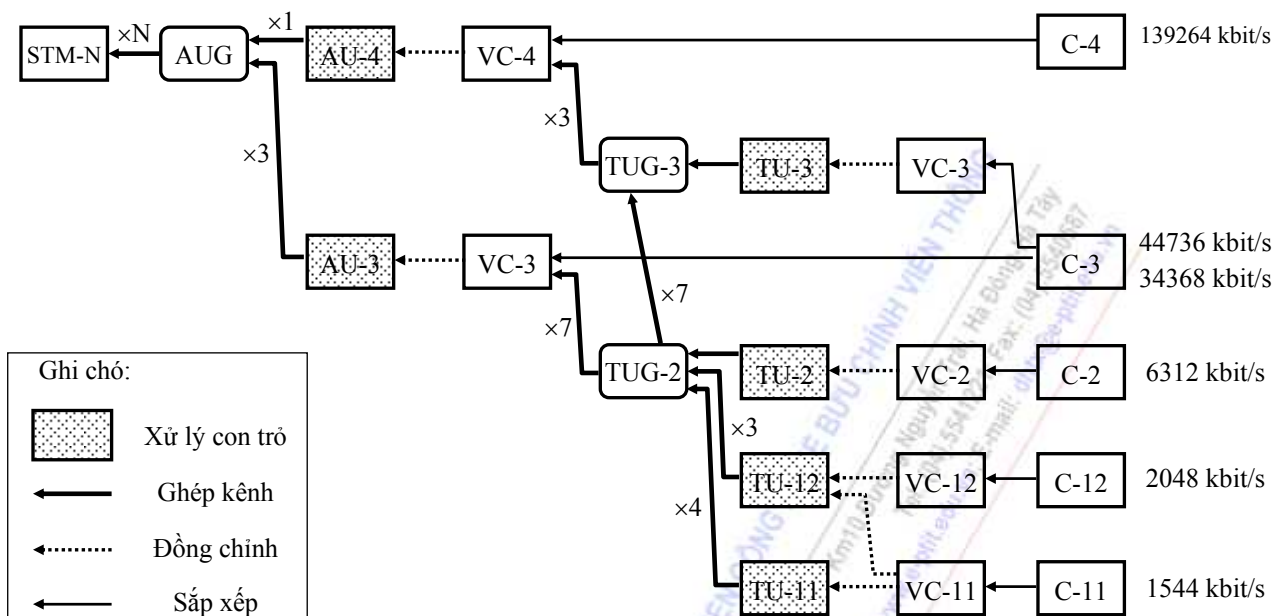
Các tốc độ bit STM-1, STM-4 và STM-16 trùng với các tốc độ bit STS-3, STS-12 và STS-48 của SONET.

So với PDH thì SDH có các ưu điểm cơ bản sau đây:

- Giao diện đồng bộ thống nhất. Nhờ giao diện đồng bộ thống nhất nên việc ghép và tách các luồng nhánh từ tín hiệu STM-N đơn giản và dễ dàng. Đồng thời trên mạng SDH có thể sử dụng các chủng loại thiết bị của nhiều nhà cung cấp khác nhau.
- Ghép được các loại tín hiệu khác nhau một cách linh hoạt. Không những tín hiệu thoại mà cả tín hiệu khác như ATM, B-ISDN v.v. đều có thể ghép vào trong khung SDH
- Dung lượng các byte dành cho quản lý, giám sát và bảo dưỡng lớn. Làm cho mạng hoạt động linh hoạt, độ tin cậy cao và giảm được chi phí rất lớn cho việc quản lý.
- Mạng có khả năng đáp ứng được tương lai, có nghĩa là cung cấp cho nhà khai thác một giải pháp đáp ứng được tương lai, cộng với khả năng cập nhật phần mềm và mở rộng được dung lượng của các thiết bị hiện có. Có thể thay thế hệ thống SDH từng phần vào trong mạng theo nhu cầu của dịch vụ mới.

### **Bộ ghép SDH**

Bộ ghép SDH theo khuyến nghị G.709 của ITU-T có cấu trúc như trên hình 1.20.



Hình 1.20: Cấu trúc bộ ghép SDH của ITU-T

#### Chức năng các khối

- C-n ( $n=1, \dots, 4$ ) : Container mức n

Container là một khối thông tin chứa các byte tải trọng do luồng nhánh PDH cung cấp trong thời hạn  $125\mu s$  cộng với các byte đệm (không mang thông tin).

- VC-n : Container ảo mức n

Container ảo mức n là một khối thông tin gồm phần tải trọng do các nhóm khối nhánh (TUG) hoặc Container mức n (C-n) tương ứng cung cấp và phần mào đầu tuyến (POH). POH được sử dụng để xác định vị trí bắt đầu của VC-n, định tuyến, quản lý và giám sát luồng nhánh. Trong trường hợp sắp xếp không đồng bộ các luồng nhánh vào VC-n thì phải tiến hành chèn bit. Có hai loại VC-n là VC-n mức thấp ( $n=1; 2$ ) và VC-n mức cao ( $n=3; 4$ ).

- TU-n : Nhóm khối nhánh mức n

Nhóm khối nhánh mức n là một khối thông tin bao gồm một Container ảo cùng mức và một con trỏ khối nhánh (TU-PTR) để chỉ thị khoảng cách từ con trỏ khối nhánh đến vị trí bắt đầu của VC-3 hoặc VC-n mức thấp.

- TUG-n ( $n=2; 3$ ) : nhóm các khối nhánh mức n

Nhóm các khối nhánh mức n được hình thành từ các khối nhánh (TU-n) hoặc từ nhóm các khối nhánh (TUG) mức thấp hơn. TUG-n tạo ra sự tương hợp giữa các Container ảo (VC) mức thấp và Container ảo (VC) mức cao hơn.

- AU-n : khối quản lý mức n

Khối quản lý mức  $n$  (AU- $n$ ) là một khối thông tin bao gồm một Container ảo mức  $n$  (VC- $n$ ) cùng mức và một con trỏ khối quản lý (AU-PTR) để chỉ thị khoảng cách từ con trỏ khối quản lý đến vị trí bắt đầu của Container ảo (VC) cùng mức.

- AUG : nhóm các khối quản lý

Nhóm các khối quản lý (AUG) gồm một AU-4 hoặc 3 AU-3.

- STM- $N$  ( $N=1, 4, 16, 64$ ) : module truyền tải đồng bộ mức  $N$

Module truyền tải đồng bộ mức  $N$  (STM- $N$ ) cung cấp các kết nối lớp đoạn trong SDH, bao gồm phân tải trọng là  $N \times \text{AUG}$  và phân mào đầu đoạn (SOH) để đồng bộ khung, quản lý và giám sát các trạm lặp và các trạm ghép kênh.

Sự khác nhau chủ yếu giữa SONET và SDH có thể thấy một cách rõ ràng tại luồng bậc cao. Trong SONET luồng bậc cao là VC-3, trong khi đó bậc cao của SDH lại dựa vào VC-4. Sự khác nhau này tạo điều kiện thuận lợi cho truyền dẫn các luồng PDH của Châu Âu và của Bắc Mỹ qua mạng SDH. Tuy nhiên, quá trình phối hợp hoạt động tại biên giới lục địa sẽ sử dụng lớp luồng bậc cao VC-4. Trong SONET, một VC-3 có thể ghép các tín hiệu STS-1. Nhưng ITU-T không qui định tốc độ bit STS-1 là tốc độ bit thấp nhất của SDH. ITU-T đã qui định ba lớp phương tiện truyền dẫn chung cho cả SONET và SDH bắt nguồn từ module truyền dẫn đồng bộ mức 1 (STM-1) và hai mức tiếp theo là STM-4 và STM-16.

Trong SDH, VC-3 được sử dụng để truyền các tốc độ bit mức 3 là 34368 kbit/s; VC-4 được sử dụng để ghép 3 VC-3 hoặc 63 VC-12. VC-4 được xác định là lớp truyền dẫn trợ giúp cho các luồng ATM trong SONET và SDH. Ngoài ra, SDH trợ giúp chuyển tải VC-11 trên các kết nối lớp VC-12 bằng giải pháp tương thích đặc biệt. Có hai phương pháp hình thành tín hiệu STM- $N$ . Phương pháp thứ nhất qua AU-4 và phương pháp thứ hai qua AU-3. Phương pháp thứ nhất được sử dụng tại Châu Âu và các nước khác trong đó có Việt Nam. Phương pháp thứ hai được sử dụng tại Bắc Mỹ, Nhật Bản và một số nước khác. Tín hiệu AU-4 được hình thành từ một luồng nhánh 139264 kbit/s, hoặc 3 luồng nhánh 34368 kbit/s, hoặc 63 luồng 2048 kbit/s thọc phân cấp số PDH của Châu Âu. AU-3 được hình thành từ một luồng nhánh 44736 kbit/s, hoặc 7 luồng nhánh 6312 kbit/s, hoặc 28 luồng 1544 kbit/s. Cũng có thể sử dụng 63 luồng 1544 kbit/s thay thế cho 63 luồng 2048 kbit/s ghép thành tín hiệu STM-1 qua TU-12, ..., AU-4.

Có thể coi quá trình hình thành STM- $N$  bao gồm hai bước độc lập. Bước thứ nhất hình thành module truyền dẫn đồng bộ mức 1 (STM-1) từ các luồng nhánh PDH. Bước thứ hai hình thành các module truyền dẫn đồng bộ bậc cao mức  $N$  (STM- $N$ ), thực hiện bằng cách ghép xen byte các module truyền dẫn đồng bộ mức 1 (STM-1) hoặc các module truyền dẫn đồng bộ mức thấp hơn STM- $M$  ( $M < N$ ).

### **Phương pháp ghép kênh SDH**

Trong hệ thống SDH tốc độ bit cơ sở thấp nhất là 155,52 Mbit/s, tương ứng với mức STM-1. Để hình thành các module truyền dẫn đồng bộ bậc cao mức hơn STM- $N$ , thực hiện bằng phương pháp ghép kênh là ghép xen byte các module truyền dẫn đồng bộ mức 1 (STM-1).

Quá trình ghép kênh SDH được chia ra làm hai giai đoạn:

- Giai đoạn 1: Hình thành mức STM-1 từ các luồng nhánh PDH

Sắp xếp các luồng nhánh PDH vào các khung VC tương ứng



### Ghép các khung VC vào STM-1

- Giai đoạn 2: Hình thành mức STM-N từ mức STM-1 hoặc mức STM thấp hơn.

Tuy nhiên chỉ xét quá trình ghép kênh SDH được lấy từ các luồng nhánh PDH theo tiêu chuẩn Châu Âu.

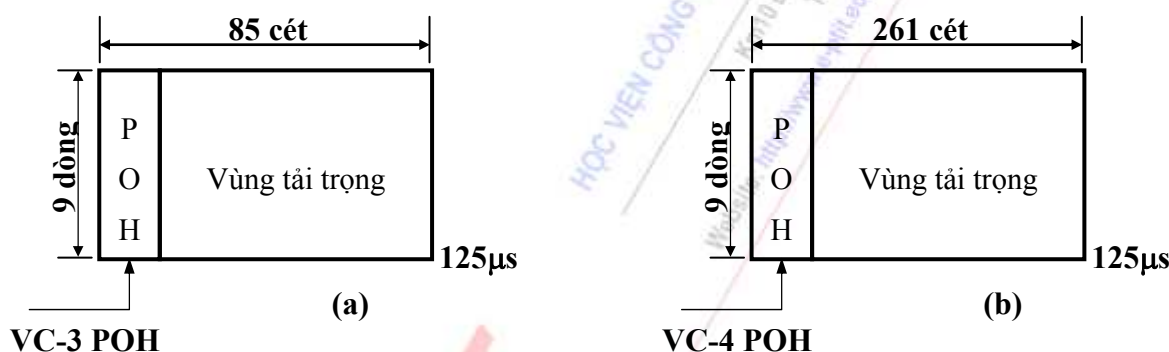
Để hiểu rõ quá trình ghép kênh SDH, sau đây sẽ trình bày về cấu trúc khung SDH.

#### Cấu trúc khung SDH

Theo khuyến nghị G709, các khung tín hiệu trong SDH được tổ chức thành khối thông tin có 9 dòng  $\times$  n cột và có thời hạn là 125 $\mu$ s.

- Cấu trúc khung VC-3 và VC-4

Cấu trúc khung VC-3 và VC-4 như hình 1.21.



**Hình 1.21: Cấu trúc khung VC-3 (a) và VC-4 (b)**

Khung VC-3 có trúc 9 dòng  $\times$  85 cột. Nói một cách khác là khung có 9 dòng mỗi dòng ghép 85 byte, mỗi byte ghép 8 bit.

Khung VC-4 có trúc 9 dòng  $\times$  261 cột, nghĩa là là khung có 9 dòng mỗi dòng ghép 261 byte, mỗi byte ghép 8 bit.

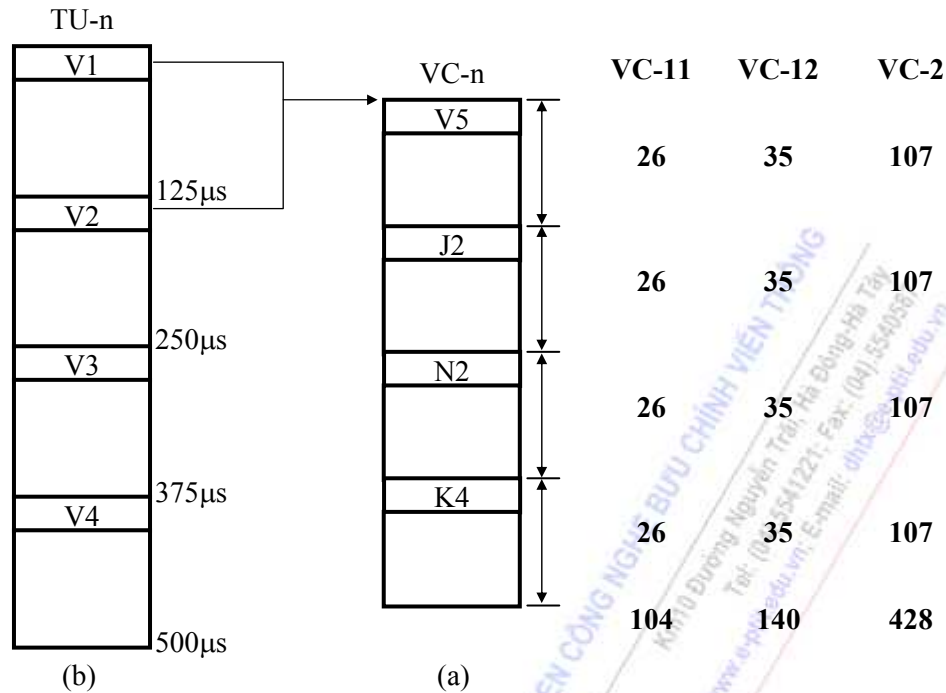
Cấu trúc khung VC-3 và VC-4 gồm 2 phần chính:

- Phần thứ nhất ghép các byte POH từ dòng 1 đến dòng 9 thuộc cột 1 dùng cho quản lý, giám sát tuyến mức cao. (chức năng và vị trí của các byte này sẽ được trình bày trong mục 2.4.2.5)
- Phần thứ hai là phần tải trọng để ghép các luồng nhánh PDH. Với khung VC-3 được ghép từ dòng 1 đến dòng 9 thuộc cột 2 đến cột 85, đối với khung VC-4 được ghép từ dòng 1 đến dòng 9 thuộc cột 2 đến cột 261.

Trình tự truyền các byte trong khung là từ trái sang phải và từ trên xuống dưới. Trình tự truyền các bit trong một byte là bit có trọng số lớn nhất truyền đi trước và bit có trọng số bé nhất truyền sau cùng. Nguyên tắc truyền này áp dụng cho mọi loại khung tín hiệu trong SDH.

- Cấu trúc khung và đa khung VC-n, TU-n mức thấp

Cấu trúc khung và đa khung VC-n, TU-n mức thấp như hình 1.22.



**Hình 1.22: Cấu trúc khung và đa khung VC-n, TU-n mức thấp**

Đặc điểm của các khung VC-n và TU-n mức thấp là số byte rất ít so với VC-n và TU-n mức cao. Vì vậy phải sắp xếp thành đa khung có 4 khung để sử dụng một số byte mào đầu tuyến và một con trỏ.

Cấu trúc đa khung VC-n như hình 2.24a, gồm 4 khung VC-n (mỗi khung VC-11 có 26 dòng và 1 cột, mỗi khung VC-12 có 35 dòng và 1 cột, mỗi khung VC-2 có 107 dòng và 1 cột). Trong mỗi khung VC-n của đa khung VC-n gồm có 2 phần:

- Phần thứ nhất là các byte POH được ghép vào dòng 1, cột 1 dùng cho quản lý và giám sát tuyến mức thấp. Như vậy trong mỗi đa khung VC-n mức thấp có 4 byte VC-n POH, được ký hiệu là V5, J2, N2 và K4.
- Phần thứ hai là phần còn lại ở trong mỗi khung VC-n dùng để sắp xếp các luồng nhánh PDH.

Cấu trúc trúc đa khung TU-n như hình 1.22b, gồm 4 khung TU-n. Được hình thành bằng cách thêm con trỏ TU-n PTR vào trong đa khung VC-n (ở dòng1, cột 1 trong mỗi khung VC-n). Như vậy trong mỗi đa khung TU-n có con trỏ TU-n PTR gồm 4 byte; ký hiệu là V1, V2, V3, V4.

#### • Cấu trúc khung STM-1

Cấu trúc khung STM-1 như hình 1.23.

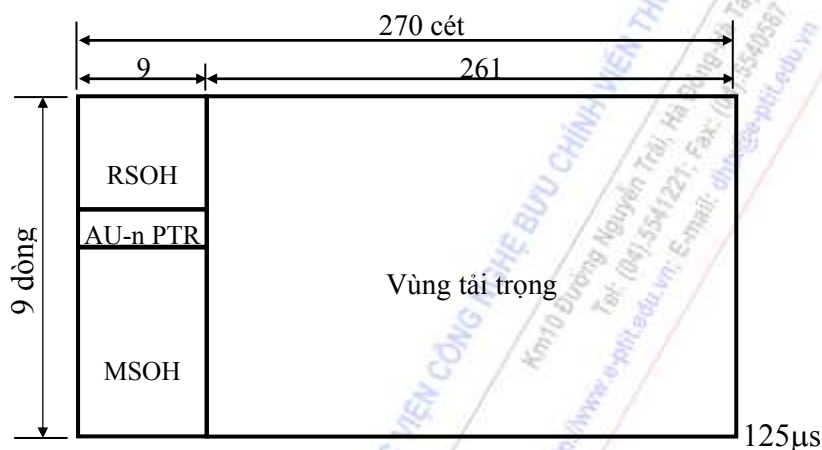
Khung STM-1 có 9 dòng  $\times$  270 cột, nghĩa là, khung có 9 dòng mỗi dòng ghép 270 byte, mỗi byte ghép 8 bit.

Cấu trúc gồm 3 phần:

- Phần thứ nhất dùng để ghép các byte RSOH và MSOH. Các byte RSOH ghép từ dòng 1 đến dòng 3 thuộc cột 1 đến cột 9 dùng cho quản lý, giám sát các trạm lặp. Các byte

MSOH ghép từ dòng 5 đến dòng 9 thuộc cột 1 đến cột 9 dùng cho quản lý, giám sát các trạm ghép kênh.

- Phần thứ hai dùng để ghép con trỏ khối nhánh AU-3 PTR hoặc AU-4 PTR đặt tại dòng 4 thuộc cột 1 đến cột 9 (có 9 byte).
- Phần thứ ba là phần tải trọng có 9 dòng  $\times$  261 cột được sử dụng để ghép 1 VC-4 hoặc 3 VC-3 hoặc 63 VC-12 v.v.



**Hình 1.23: Cấu trúc khung STM-1**

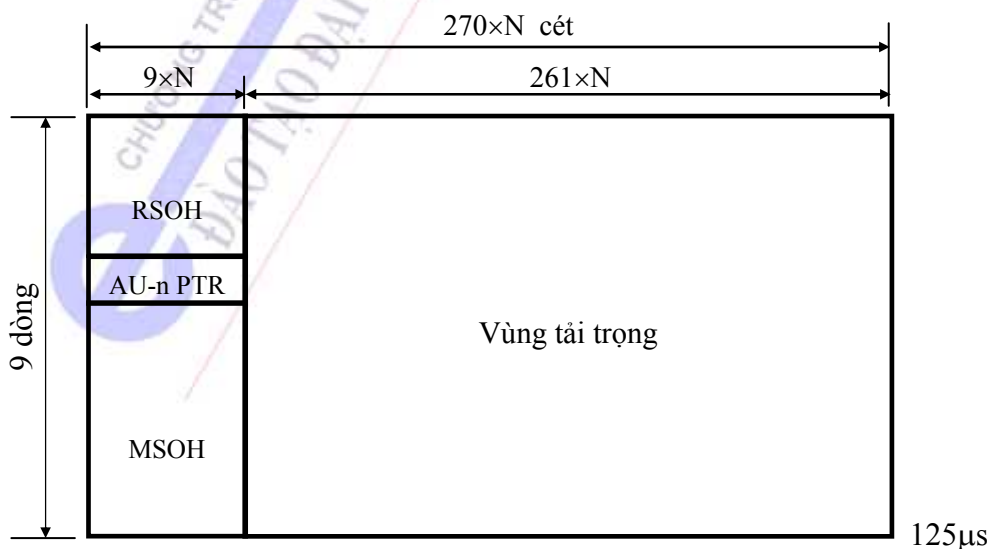
Từ cấu trúc của khung STM-1 tính được tốc độ bit của luồng STM-1.

$$V_{STM-1} = 9 \text{ dòng/khung} \times 270 \text{ byte/dòng} \times 8 \text{ bit/byte} \times 8000 \text{ khung/s}$$

$$= 15552 \times 10^4 \text{ bit/s} = 155,52 \text{ Mbit/s}$$

• **Cấu trúc khung STM-N**

Khi ghép xen byte N tín hiệu STM-1 để tạo ra tín hiệu STM-N thì cấu trúc khung của STM-N như hình 1.24.



**Hình 1.24: Cấu trúc khung STM-N**



So với kích thước của khung STM-1 kích thước của khung STM-N sẽ tăng N lần. Nghĩa là, có  $9 \text{ dòng} \times (270 \times N)$  cột.

Cấu trúc khung STM-N cũng tương tự như cấu trúc khung STM-1, gồm có 3 phần chính:

- Phần thứ nhất dùng để ghép các byte quản lý, giám sát các trạm lặp RSOH và các trạm ghép kênh MSOH.
- Phần thứ hai dùng để ghép con trỏ khối nhánh AU-3 PTR hoặc AU-4 PTR
- Phần thứ ba là phần tải trọng.

### 1.2. Thông tin quang

Trong những năm gần đây công nghệ thông tin quang đã phát triển rất nhanh. Thông tin quang đã được triển khai trong cả mạng đường dài (liên tỉnh và quốc tế) và mạng nội hạt.

Trong mạng thông tin quang thì môi trường truyền dẫn sợi quang và cáp sợi quang đóng vai trò hết sức quan trọng. Đặc tính của sợi quang và cáp sợi quang ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng của hệ thống. Vì vậy cần nghiên cứu kỹ lưỡng về cấu tạo, tính chất và các thông số của sợi quang để lựa chọn, thiết kế, xây dựng và bảo dưỡng tuyến thông tin cáp sợi quang theo các tiêu chuẩn và yêu cầu đặt ra.

Muốn hình thành một tuyến thông tin quang, ngoài cáp sợi quang phải có thiết bị thông tin quang. Thiết bị thông tin quang có các bộ phận chủ yếu như chuyển đổi mã nhánh phát, bộ chuyển đổi mã nhánh thu, chuyển tín hiệu điện thành tín hiệu quang, chuyển tín hiệu quang thành tín hiệu điện, các kênh nghiệp vụ, v.v.

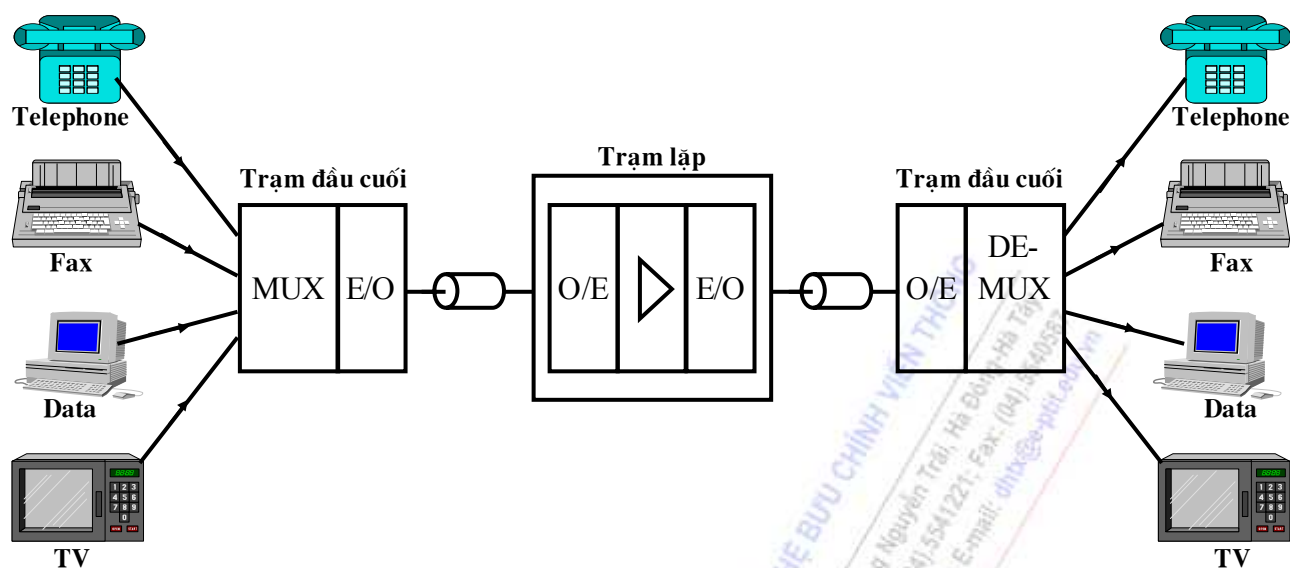
Chuyển tín hiệu điện thành tín hiệu quang chủ yếu sử dụng các nguồn quang bằng bán dẫn. Hiện tại có 2 loại nguồn quang chủ yếu, đó là diode phát xạ ánh sáng (LED) và laser diode (LD). Mỗi loại nguồn quang này có ưu điểm và nhược điểm riêng và được ứng dụng vào từng tuyến thông tin quang cụ thể.

Chuyển tín hiệu quang thành tín hiệu điện nhờ diode tách quang (PD). Trong thực tế thường dùng PIN diode hoặc APD. Mỗi loại diode tách quang cũng có đặc tính riêng và sử dụng thích hợp cho mỗi tuyến cụ thể.

Nói cách khác, phải lựa chọn nguồn quang và diode tách quang khi thiết kế một tuyến thông tin cáp sợi quang nào đó.

#### 1.2.1. Mô hình hệ thống thông tin quang

Mô hình hệ thống thông tin quang như hình 1.25.



Hình 1.25: Mô hình hệ thống thông tin quang

#### Chức năng các phần tử

- Bộ ghép Mux: Có chức năng chuyển tín hiệu thoại analog thành tín hiệu số, chuyển tín hiệu truyền hình TV và tín hiệu Fax thành tín hiệu số, chuyển tín hiệu số liệu data từ dạng tín hiệu số đầu ra thiết bị truyền số liệu thành tín hiệu số tương ứng. Các loại tín hiệu này được ghép thành một luồng chung có tốc độ bit cao để đưa vào khối chuyển đổi tín hiệu điện thành tín hiệu quang (E/O).

- Khối E/O: Khối này chuyển tín hiệu điện thành tín hiệu quang. Muốn vậy phải dùng nguồn quang như LED hoặc laser diode có bước sóng thích hợp. Nếu tín hiệu số bơm trực tiếp vào nguồn quang thì gọi là điều chế cường độ quang. Nếu tín hiệu số và tín hiệu quang từ laser diode đưa vào một bộ điều chế thì gọi là điều chế ngoài. Điều chế ngoài có thể là điều chế cường độ, điều chế biên độ, điều chế tần số hoặc điều chế pha. Tín hiệu quang đầu ra khối E/O đưa vào sợi quang để truyền đi xa.

- Trạm lặp: Trong hình vẽ là trạm lặp điện. Tại đây phải chuyển đổi tín hiệu quang thành tín hiệu điện (tại hướng thu), tái tạo xung, khuếch đại xung và chuyển đổi tín hiệu điện thành tín hiệu quang (tại phía phát). Nếu dùng bộ lặp quang thì không cần chuyển đổi quang - điện - quang. Trạm lặp sử dụng trong trường hợp hai trạm đầu cuối hoặc xen/rẽ vượt quá cự ly cho phép. Thông thường khi sử dụng laser diode truyền qua sợi quang đơn mode thì cự ly là 60 - 80 km (phụ thuộc bước sóng).

- Khối O/E: Khối này có chức năng chuyển tín hiệu quang thành tín hiệu điện. Muốn vậy dùng diode tách quang PIN hoặc APD. Dòng tách quang chính là dãy tín hiệu số được đưa vào bộ khuếch đại để nâng công suất tín hiệu thu.

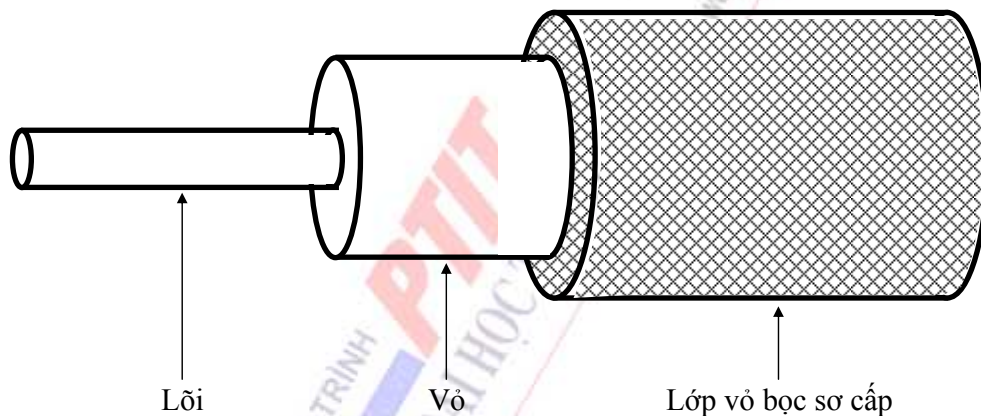
- Khối DEMUX: Khối này tách luồng tín hiệu số đầu vào thành các kênh tiêu chuẩn, sau đó giải mã để chuyển thành tín hiệu thoại, tín hiệu truyền hình TV và đưa đến thiết bị thuê bao.

- Cáp sợi quang: Trong thông tin quang chỉ dùng một cáp sợi quang. Số sợi quang trong cáp phụ thuộc dung lượng của tuyến và phương thức dự phòng. Mỗi hệ thống thông tin quang cần 2 sợi quang, một sợi phát và một sợi thu. Trong phương thức dự phòng 1 + 1 thì mỗi hệ thống hoạt động (2 sợi quang) có một hệ thống dự phòng (2 sợi quang).

### 1.2.2. Các loại cáp sợi quang

Sợi quang là loại sợi điện môi có chỉ số chiết xuất thấp. Sợi có cấu trúc hình trụ của vật liệu điện môi trong suốt, gồm lõi để truyền ánh sáng và bao quanh lõi là vỏ có chỉ số chiết xuất nhỏ hơn chỉ số chiết xuất của lõi. Điều này nhằm tạo ra điều kiện để ánh sáng truyền được trong lõi. Vỏ còn có tác dụng bảo vệ lõi. Vật liệu cơ bản để chế tạo lõi và vỏ là Silica ( $\text{SiO}_2$ ). Thường dùng Germani dioxide ( $\text{GeO}_2$ ) bổ sung vào Silica để làm tăng chỉ số chiết xuất của lõi. Muốn làm giảm chỉ số chiết xuất của vỏ phải dùng chất bổ sung là Fluorine. Để tránh trầy xước vỏ và tăng độ bền cơ học, sợi quang thường được bao bọc thêm một lớp chất dẻo tổng hợp. Lớp vỏ bảo vệ này sẽ ngăn chặn các tác động cơ học vào sợi, gia cường thêm cho sợi, bảo vệ sợi không bị nứt do kéo dẫn hoặc xước do cọ xát bề mặt; mặt khác tạo điều kiện bọc sợi thành cáp sau này. Lớp vỏ bọc này được gọi là lớp vỏ bọc sơ cấp. Cấu trúc đầy đủ của một sợi quang cho viễn thông như hình 1.26.

Tùy thuộc từng loại sợi mà có sự phân bố chiết xuất khác nhau trong lõi sợi. Nếu chiết xuất phân bố đều thì gọi là sợi chiết xuất bậc, nếu phân bố theo qui luật tăng dần dần gọi là sợi chiết xuất gradient. Kích thước của sợi phụ thuộc loại sợi, loại thứ nhất lõi có đường kính  $2a = 50\mu\text{m}$  gọi là sợi đa mode, loại thứ hai lõi có đường kính  $2a \leq 10\mu\text{m}$  gọi là sợi đơn mode. Đường kính vỏ của các loại sợi đều bằng  $125\mu\text{m}$ .



**Hình 1.26: Cấu trúc tổng thể của sợi quang sử dụng trong viễn thông**

Tổng hợp cả phân bố chiết xuất và kích thước của lõi để chia thành ba loại sợi, đó là:

- Sợi đa mode chiết xuất bậc.
- Sợi đa mode chiết xuất gradient.
- Sợi đơn mode (chiết xuất bậc).

Ngoài ra, khi phân loại theo cấu trúc vật liệu sợi quang được chia thành các loại sau:

- Sợi thủy tinh (loại sợi thông thường)
- Sợi lõi thủy tinh vỏ chất dẻo.
- Sợi thủy tinh nhiều thành phần
- Sợi chất dẻo

Sau đây sẽ nghiên cứu chức năng các thành phần của sợi thông thường.

Lõi sợi đóng vai trò hết sức quan trọng, đó là môi trường truyền dẫn ánh sáng. Đường kính lõi lớn hay bé và trị số cũng như phân bố chiết suất của lõi ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng tín hiệu thu. Đường kính lõi lớn (50  $\mu\text{m}$ ) truyền nhiều mode (nhiều tia) nên gọi là sợi đa mode. Ngược lại, nếu đường kính lõi bé ( $\leq 10 \mu\text{m}$ ) thì truyền chỉ một mode (một tia) nên gọi là sợi đơn mode.

Trị số của chiết suất lõi ( $n_1$ ) phải lớn hơn trị số chiết suất vỏ ( $n_2$ ) để tạo ra phản xạ toàn phần tại tiếp giáp lõi - vỏ. Điều này được thể hiện trong hình 1.27.

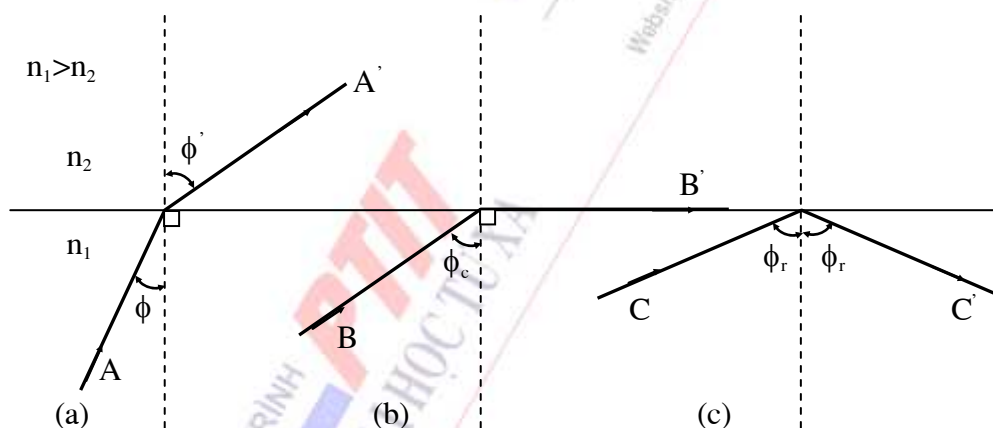
Giả thiết ánh sáng truyền từ môi trường có chiết suất lớn sang môi trường có chiết suất bé. Trong hình 1.27a tia tới hợp với pháp tuyến một góc bé hơn góc tới hạn, nghĩa là  $0 < \phi < \phi_c$  nên có tia khúc xạ và góc khúc xạ  $0 < \phi' < \pi/2$ . Theo qui tắc Snell viết được:

$$n_1 \sin \phi = n_2 \sin \phi' \quad (1.1)$$

Khi góc tới tăng cho đến khi tia khúc xạ trùng với tiếp giáp giữa hai môi trường thì góc tới  $\phi = \phi_c$  gọi là góc tới hạn và góc khúc xạ  $\phi' = \pi/2$  (hình 1.27b). Vì vậy:

$$\sin \phi_c = n_2 / n_1 \quad (1.2)$$

Khi  $\phi_r > \phi_c$  sẽ xảy ra phản xạ toàn phần (hình 1.27c).



**Hình 1.27: Khúc xạ và phản xạ toàn phần tại tiếp giáp lõi và vỏ của sợi đa mode chiết suất bậc**

Như vậy, điều kiện để xảy ra phản xạ toàn phần là:

- Các tia sáng phải truyền từ môi trường có chiết suất lớn sang môi trường có chiết suất nhỏ hơn.
- Góc tới của tia sáng phải lớn hơn góc tới hạn.

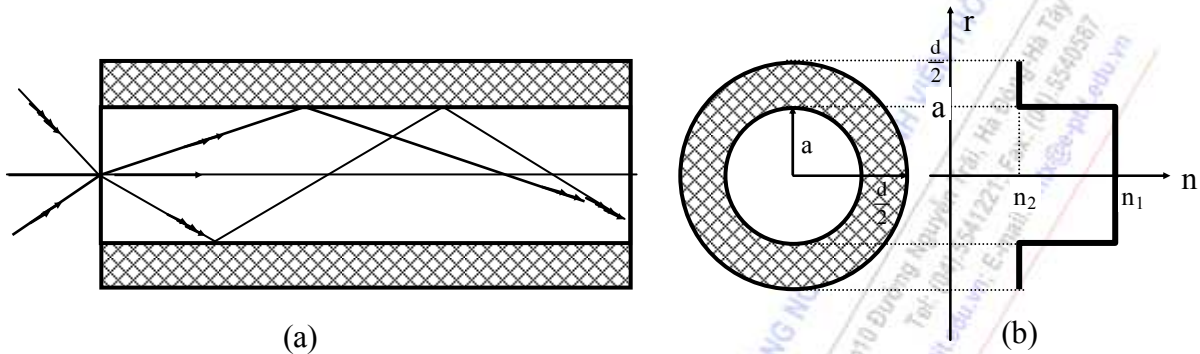
Các định luật phản xạ và khúc xạ ánh sáng là nguyên lý cơ bản áp dụng cho việc truyền tín hiệu ánh sáng trong sợi quang. ở sợi quang, các tín hiệu ánh sáng được truyền dựa vào hiện tượng phản xạ toàn phần.

### 1.2.2.1. Truyền ánh sáng trong sợi quang đa mode

#### Sợi quang đa mode chiết suất bậc

• **Mặt cắt chỉ số chiết xuất:**

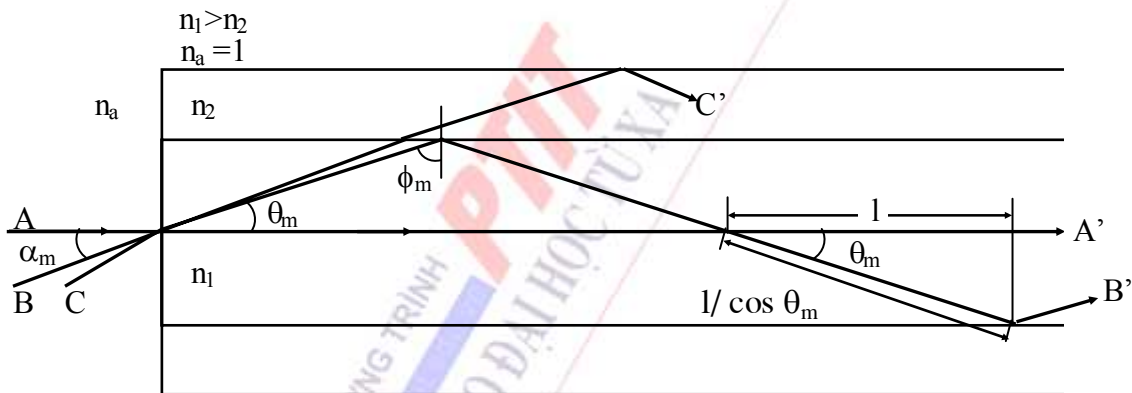
Loại sợi này gọi là sợi quang đa mode chiết xuất bậc. Sợi được đặc trưng bởi vùng lõi đồng nhất có chiết xuất là hằng số  $n_1$  và xung quanh nó là vỏ có chiết xuất là  $n_2 < n_1$ . Mặt cắt dọc của sợi và mặt cắt chiết xuất của nó được thể hiện tương ứng trong các hình 1.28a và 1.28b. Vì mặt cắt chiết xuất có hình bậc thang nên gọi là chiết xuất bậc. Lõi sợi có đường kính  $2a=50\mu\text{m}$ , vỏ sợi có đường kính  $d=125\mu\text{m}$ .



Hình 1.28: Sợi đa mode chiết xuất bậc

• **Khẩu độ số:**

Để hiểu rõ khẩu độ số (NA - Numerical Aperture) của sợi, xem xét một mặt cắt dọc qua trục sợi quang chiết xuất bậc như hình 1.29.



Hình 1.29: Mặt cắt dọc sợi chiết xuất bậc

Từ nguồn quang có 3 tia sáng truyền đến sợi quang. Tại đầu sợi các tia sáng đi vào lõi sợi từ môi trường có chiết xuất  $n_a=1$ . Muốn tia sáng truyền trong lõi sợi thì góc tới tại tiếp giáp lõi và vỏ phải lớn hơn góc tới hạn  $\phi_c$ . Muốn vậy thì tia khúc xạ tại đầu sợi phải nghiêng với trục sợi một góc  $\theta_m = \pi/2 - \phi_m$  bé hơn  $\theta_c = \pi/2 - \phi_c$  và góc tới của tia từ nguồn quang đi vào lõi sợi  $\alpha_m$  phải bé hơn  $\alpha_c$ . Để xác định  $\alpha_c$  và  $\theta_c$  cần áp dụng qui tắc Snell:

Đối với các tia khúc xạ tại tiếp giáp lõi - không khí viết được:

$$\sin \alpha_m = n_1 \sin \theta_m = n_1 \cos \phi_m$$

Các tia khúc xạ này truyền được trong lõi sợi nếu thỏa mãn điều kiện phản xạ toàn phần tại tiếp giáp lõi - vỏ, nghĩa là:

$$\sin \alpha_m = \sin \alpha_c = n_1 \sin \theta_c = n_1 \cos \phi_c$$

$$\sin \phi_c = n_2 / n_1$$



$$\cos \phi_c = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2} / n_1$$

$$\text{Vì vậy: } \sin \alpha_c = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$$

Các tia từ nguồn quang đi vào lõi sợi có góc tới lớn hơn  $\alpha_c$  không truyền được trong lõi sợi. Giá trị  $\alpha_c$  càng lớn thì công suất ánh sáng của các tia truyền được trong lõi sợi càng lớn.  $\alpha_c$  là góc đón ánh sáng,  $\sin \alpha_c$  được gọi là khẩu độ số của sợi quang, ký hiệu là NA.

$$NA = \sin \alpha_c = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2} = n_1 (2\Delta)^{1/2} \quad (1.3)$$

trong đó:  $\Delta = (n_1^2 - n_2^2) / 2n_1^2 \approx (n_1 - n_2) / n_1$  là độ lệch tương đối chỉ số chiết xuất lõi và vỏ.

Một tham số khác có liên quan đến NA, đó là tần số chuẩn hoá V được xác định theo (1.4).

$$V = \frac{2\pi a}{\lambda} \times (NA) = \frac{2\pi a}{\lambda} \times \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (1.4)$$

Trong đó: a là bán kính lõi sợi quang,  $\lambda$  là bước sóng của ánh sáng.

Vì khẩu độ số có liên quan tới góc vào lớn nhất, cho nên nó thể hiện sự tiếp nhận ánh sáng và khả năng tập trung các tia sáng của sợi. Ngoài ra, qua khẩu độ số cho phép tính được hiệu quả của quá trình ghép nguồn phát vào sợi quang.

#### • Quĩ đạo truyền lan của các tia sáng

Hình 1.28a thể hiện quỹ đạo truyền lan các tia sáng trong lõi sợi. Do cấu trúc của sợi như trên nên sự truyền lan ánh sáng được mô tả nhờ phản xạ toàn phần bên trong làm cho các tia sáng khi truyền trong lõi có dạng là những đoạn thẳng gấp khúc. Mỗi tia là một mode sóng, như vậy trong sợi đa mode chiết xuất bậc truyền được số lượng lớn các tia. Số lượng mode truyền trong lõi sợi được xác định theo biểu thức

$$N \approx \frac{V^2}{2} \quad (1.5)$$

Trong đó: V là tần số chuẩn hoá được xác định bởi (1.4).

#### Sợi quang đa mode chiết xuất Gradient

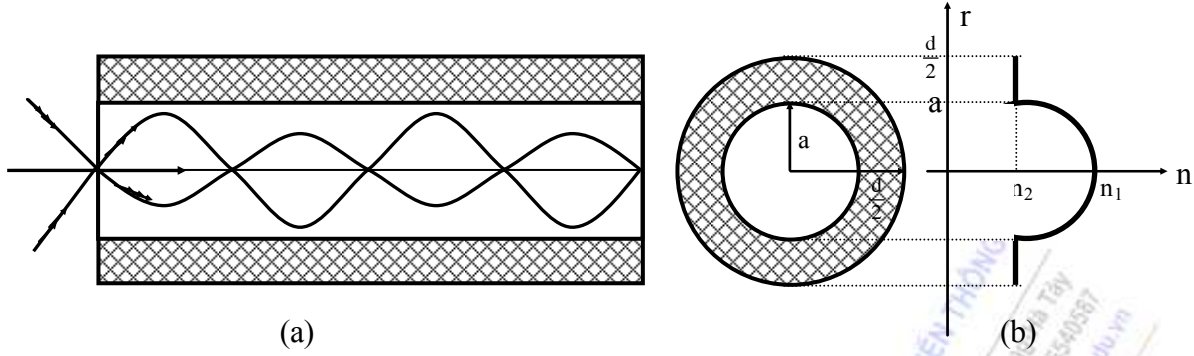
##### • Mặt cắt chiết suất

Khác với sợi đa mode chiết xuất bậc, sợi đa mode chiết xuất Gradient có mặt cắt chiết suất như hình 1.30b.

Trong sợi quang chiết xuất Gradient, chiết suất của lõi không đồng đều như sợi đa mode chiết xuất bậc, mà nó giảm dần từ tâm lõi ra ranh giới phân cách lõi - vỏ theo chiều tăng của bán kính r. Còn chiết xuất vỏ là một hằng số. Phân bố chiết xuất của sợi quang đa mode chiết xuất Gradient như biểu thức (1.6).

$$n(r) = \begin{cases} n_1 \left[ 1 - 2\Delta \left( \frac{r}{a} \right)^2 \right]^{1/2} & \text{Khi } 0 \leq r \leq a \\ n_2 & \text{Khi } a < r \leq d/2 \end{cases} \quad (1.6)$$

Trong đó r là bán kính của sợi quang; a là bán kính lõi sợi;  $n_1$  là chiết suất tại trục lõi sợi;  $n_2$  là chiết suất của vỏ;  $\Delta$  đã được giải thích tại biểu thức (1.3).



Hình 1.30: Sợi đa mode chiết suất Gradient

• **Khẩu độ số:**

So với sợi chiết suất bậc thì việc xét khẩu độ số của sợi chiết suất gradient có phức tạp hơn. Ở sợi Gradient, khẩu độ số NA phụ thuộc vào vị trí mặt cắt ngang đầu lõi sợi. Nói một cách khác, vì chiết suất của sợi đa mode Gradient phụ thuộc vào bán kính  $r$  của sợi, do vậy góc đón ánh sáng  $\alpha_{\max}$  và khẩu độ số NA cũng là hàm của bán kính. Xét về quang hình học thì ánh sáng tới lõi sợi tại vị trí  $r$  sẽ lan truyền được trong lõi chỉ khi nó ở trong khẩu độ số cục bộ  $NA(r)$  tại điểm đó. Khẩu độ số cục bộ  $NA(r)$  được xác định như biểu thức (1.7).

$$NA(r) = \begin{cases} \left[ n^2(r) - n_2^2 \right]^{1/2} \approx NA(0) \sqrt{1 - \left( \frac{r}{a} \right)^2} & \text{Khi } 0 \leq r \leq a \\ 0 & \text{Khi } a < r \leq d/2 \end{cases} \quad (1.7)$$

Với  $NA(0)$  là khẩu độ số tại trục sợi và được xác định như biểu thức (1.8).

$$NA(0) = \left[ n^2(0) - n_2^2 \right]^{1/2} \quad (1.8)$$

Từ biểu thức (1.7) cho thấy NA của sợi Gradient giảm từ giá trị  $NA(0)$  (vì tại lõi có  $r = 0$ ) tới không (vì tại tiếp giáp lõi - vỏ  $r = a$ ). Như vậy, các tia sáng đi đến lõi sợi quang gần tiếp giáp lõi - vỏ sợi quang phải song song với tiếp giáp này thì mới truyền được vào lõi.

• **Quỹ đạo truyền lan của các tia sáng**

Quỹ đạo các tia sáng truyền trong lõi sợi đa mode Gradient như hình 1.30b. Vì chỉ số chiết suất của lõi sợi là đường cong Parabol nên các tia sáng đổi hướng liên tục và tạo thành đường cong hình sin và cắt nhau tại các điểm cách đều trên trục sợi.

Ưu điểm nổi bật của sợi đa mode Gradient là độ rộng băng tần lớn hơn sợi đa mode chỉ số bậc và tốc độ truyền của các mode khác nhau trong lõi sợi hầu như đã được cân bằng nhờ cấu tạo mặt cắt chỉ số chiết suất thích hợp.

Số lượng mode truyền trong lõi sợi được xác định theo biểu thức (1.9).

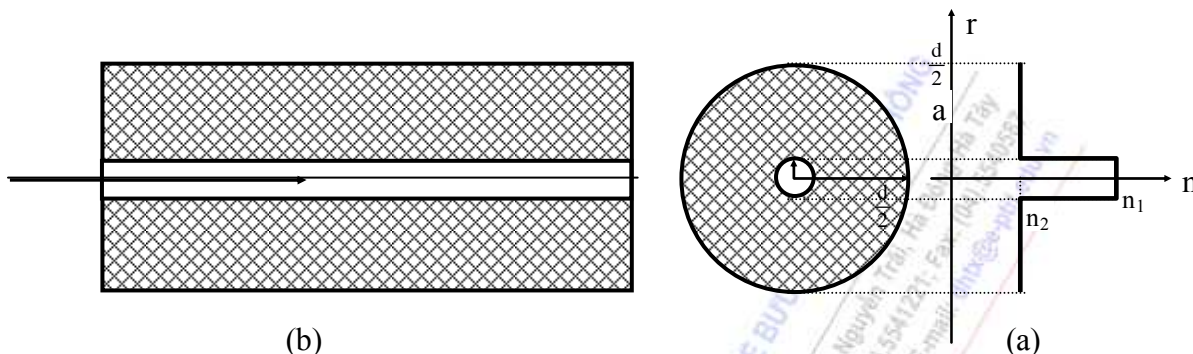
$$N \approx \frac{V^2}{4} \quad (1.9)$$

Trong đó:  $V$  là tần số chuẩn hoá được xác định như biểu thức (1.4).



### 1.2.2.2. Truyền ánh sáng trong sợi quang đơn mode

Trong sợi đa mode chiết suất bậc tán sắc mode có ảnh hưởng lớn nhất và làm hạn chế khả năng truyền tín hiệu. Để loại trừ hoàn toàn tán sắc này cần chế tạo sợi sao cho trong lõi chỉ truyền một mode cơ bản như hình 1.31.



**Hình 1.31: Sợi đơn mode chiết suất bậc**

Điều kiện truyền một mode cơ bản trong sợi đơn mode là tần số chuẩn hoá V phải thỏa mãn biểu thức (1.10).

$$V = \frac{2\pi a}{\lambda} \times \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \leq 2,405 \quad (1.10)$$

Ưu điểm của sợi đơn mode là băng tần lớn hơn so với sợi đa mode do không có tán sắc mode. Nhân tố chủ yếu làm hạn chế băng tần của sợi đơn mode là tán sắc sắc thể. Ngoài ra sợi đơn mode còn có các ưu điểm khác như: Suy hao thấp, dung lượng lớn nên đáp ứng được nhu cầu truyền tín hiệu băng rộng trong tương lai.

Từ biểu thức (1.10) nếu a, n<sub>1</sub> và n<sub>2</sub> được chọn thì số lượng mode N phụ thuộc vào bước sóng λ. Nếu bước sóng đạt được từ giá trị nào đó trở lên thì trong lõi sợi chỉ truyền một mode, ngược lại nếu bước sóng ánh sáng bé hơn giá trị giới hạn thì trong lõi sợi truyền nhiều mode. Bước sóng tối thiểu đảm bảo cho sợi quang hoạt động đơn mode gọi là bước sóng cắt (λ<sub>c</sub>). Khái niệm về bước sóng cắt là rất quan trọng đối với các sợi đơn mode bởi vì nó xác định vùng hoạt động đơn mode của sợi. Bước sóng cắt được xác định theo biểu thức (1.11).

$$\lambda_c = \frac{2\pi a}{2,405} \times \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (1.11)$$

Nếu sợi có đường kính lõi 2a = 9μm, NA = (n<sub>1</sub><sup>2</sup> - n<sub>2</sub><sup>2</sup>)<sup>1/2</sup> = 0,11 thì bước sóng cắt sẽ là:

$$\lambda_c = 3,14 \times 9\mu\text{m} \times 0,11 / 2,045 = 1293 \text{ nm}$$

Muốn đạt được tần số cắt như biểu thức (1.12) thì phải tăng độ dài bước sóng công tác của nguồn quang hoặc giảm đường kính lõi sợi hoặc giảm hiệu số chiết suất giữa lõi và vỏ (Δ). Tuy nhiên nếu giảm Δ thấp hơn giới hạn cho phép thì sợi rất nhạy cảm với suy hao do uốn cong.

Từ biểu thức (1.10) cũng xác định được đường kính của lõi sợi:

$$2a \leq \frac{2,405 \lambda}{\pi (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}}$$

Mặc dù đường kính lõi giảm bé hơn 10  $\mu\text{m}$  nhưng đường kính vỏ vẫn phải đảm bảo 125 $\mu\text{m}$  để bảo vệ lõi sợi từ các tác động cơ học và giảm nhạy cảm đối với suy hao do uốn cong. Các chỉ tiêu kỹ thuật của sợi đơn mode tiêu chuẩn như bảng 1.4.

**Bảng 1.4. Các chỉ tiêu kỹ thuật của sợi đơn mode tiêu chuẩn**

Các tham số	Đơn vị	Giá trị danh định	Sai số
Đường kính trường mode	$\mu\text{m}$	9÷10	$\pm 10\%$
Đường kính vỏ	$\mu\text{m}$	125	$\pm 3$
Độ lệch tâm giữa lõi và vỏ	$\mu\text{m}$	$\leq 1$	
Độ méo của vỏ	%	$< 2$	
Bước sóng cắt của sợi	nm	$1100 < \lambda_c < 1280$	
Suy hao do uốn cong (quấn 100 vòng quanh ống sợi có bán kính 37,5mm tại 1550nm)	dB	$< 1$	
Suy hao tại 1300nm	dB/km	$< 1$	
Suy hao tại 1550nm	dB/km	$< 0,5$	
Bước sóng tán sắc zero	nm	$1295 < \lambda_0 < 1322$	
Giá trị tán sắc tại $\lambda_0$	ps/(nm.km)	$\leq 0,095$	
Trị số tán sắc			
Vùng $\lambda = 1285 \div 1330\text{nm}$	ps/(nm.km)	$\leq 3,5$	
Vùng $\lambda = 1270 \div 1340\text{nm}$	ps/(nm.km)	$\leq 6,0$	
Vùng $\lambda = 1525 \div 1575\text{nm}$	ps/(nm.km)	$\leq 20$	

### 1.2.2.3. Các tham số truyền dẫn của sợi quang

Các tham số truyền dẫn của sợi quang gồm suy hao, tán sắc, độ rộng băng tần, khẩu độ số và bước sóng cắt. Đây là những yếu tố rất quan trọng, chúng tác động vào toàn bộ quá trình thông tin, định cỡ về khoảng cách và tốc độ của tuyến truyền dẫn cũng như xác định cấu hình của hệ thống thông tin quang. Những tham số này được xem xét chi tiết sau đây.

#### 1) Suy hao của sợi quang

Suy hao trong sợi quang là một trong những thông số quan trọng khi xác định khoảng lặp cực đại và được biểu thị bằng dB/km. Suy hao do các yếu tố bên trong và bên ngoài gây ra.

Suy hao của sợi được xác định bằng tỷ số giữa công suất quang đầu ra  $P_{\text{out}}$  của sợi quang dài L (km) với công suất quang đầu vào  $P_{\text{in}}$ . Tỷ số công suất này là hàm của bước sóng, nếu gọi  $\alpha$  là hệ số suy hao thì nó được xác định theo biểu thức (1.12).

$$\alpha = \frac{10}{L} \log \left( \frac{P_{\text{in}}}{P_{\text{out}}} \right) \quad [\text{dB/km}] \quad (1.12)$$

Trong quá trình truyền tín hiệu ánh sáng, bản thân sợi quang có suy hao và làm cho tín hiệu yếu đi khi qua một cự li lan truyền nào đó. Suy hao do các yếu tố bên trong sợi quang bao gồm:

- Suy hao do hấp thụ
- Suy hao do tán xạ

Trong các suy hao trên đây, suy hao do hấp thụ có liên quan tới vật liệu sợi bao gồm hấp thụ do tạp chất, hấp thụ vật liệu và hấp thụ vùng hồng ngoại và vùng cực tím. Suy hao do tán xạ có liên quan tới cả vật liệu sợi và tính không hoàn hảo về cấu trúc của sợi.

Nguyên nhân bên ngoài gây ra suy hao có thể là do ghép nối, lắp đặt và môi trường gây ra. Trên một tuyến thông tin quang, các suy hao ghép nối giữa nguồn phát quang với sợi quang, giữa sợi quang với sợi quang và giữa sợi quang với đầu thu quang cũng được coi là suy hao trên tuyến truyền dẫn. Bên cạnh đó, suy hao còn do vi uốn cong (với bán kính uốn cong rất nhỏ) và uốn cong quá giới hạn cho phép. Uốn cong là không thể tránh khỏi trong điều kiện hoạt động hiện tại cho cả bên trong cáp và tại các hộp chứa mỗi hàn. Vi uốn cong chủ yếu hoặc do lực ép vào bề mặt gồ ghề của vỏ sợi hoặc do oằn sợi bên trong cáp. Ngoài ra sự thay đổi nhiệt độ cũng gây ra vi uốn cong. Để giảm suy hao vi uốn cong tới mức nhỏ nhất là bọc một lớp vỏ có khả năng chịu nén cho sợi. Khi có lực bên ngoài tác động vào thì vỏ này sẽ bị biến dạng trước nhưng sợi vẫn định hướng tương đối thẳng.

Khi sợi bị cong quá mức thì ánh sáng không phản xạ tại tiếp giáp lõi - vỏ, mà truyền vào vỏ và gây ra suy hao. Về lý thuyết suy hao công suất quang tại đoạn sợi đa mode bị cong tỷ lệ với  $\exp(R/R_c)$ , trong đó  $R$  là bán kính cong,  $R_c \approx a/(NA)^2 = a/(2n_1^2 \Delta)$  là bán kính cong tới hạn,  $a$  là bán kính lõi sợi. Tại đoạn cong có bán kính  $R_c$  suy hao là đáng kể, nhưng suy hao dạng hàm mũ sẽ giảm rất nhanh khi độ cong giảm. Trong sợi đơn mode suy hao uốn cong phụ thuộc vào phạm vi mà điện từ trường thâm nhập vào vỏ, và vì vậy phụ thuộc vào mặt cắt hệ số chiết xuất và bước sóng. Suy hao do uốn cong chính là trường mở rộng vào vỏ và suy biến theo hàm mũ theo khoảng cách bức xạ. Mặt phẳng pha vuông góc với trục sợi. Tốc độ pha của mode dẫn bất kỳ là thấp hơn tốc độ pha của các sóng phẳng trong vỏ ( $c/n_2$ ). Nhưng bên ngoài đoạn cong tốc độ pha tăng theo khoảng cách bức xạ và đạt được  $c/n_2$ .

Trong sợi đơn mode sợi bị uốn cong sẽ ảnh hưởng đến đặc tính cơ học nhiều hơn ảnh hưởng đến suy hao. Nếu sợi bị uốn cong thái quá thì mặt sợi phía ngoài bị dãn thêm 0,2% và sợi bị nứt, còn mặt sợi phía trong sẽ bị nén và gãy. Muốn ngăn ngừa phải đặt sợi trong cáp.

### 2) Tán sắc của sợi quang

Hiện tượng tán sắc làm nới rộng xung ánh sáng theo thời gian và méo xung ánh sáng truyền dọc theo sợi. Tán sắc làm hạn chế khả năng truyền tín hiệu của sợi hoặc nói đúng hơn là hạn chế băng tần công tác và cự ly truyền dẫn của sợi.

Có các loại tán sắc chủ yếu sau đây: Tán sắc Mode, tán sắc vật liệu và tán sắc ống dẫn sóng. Tùy loại sợi mà tán sắc nào trong số các tán sắc này vượt trội.

Tán sắc mode chỉ phụ thuộc vào kích thước của lõi sợi, nó tồn tại trong các sợi đa mode. Các sợi đơn mode gần như không có tán sắc mode mà chỉ tồn tại tán sắc vật liệu và tán sắc ống dẫn sóng (tổng hai loại tán sắc này gọi là tán sắc sắc thể).

Tán sắc mode còn gọi là tán sắc giữa các mode. Nguyên nhân là trong sợi đa mode có sự khác nhau về tốc độ nhóm giữa các mode và do đó các mode xuất phát từ đầu sợi tại cùng một thời điểm nhưng đến cuối sợi không đồng thời. Độ lệch thời gian giữa mode nhanh nhất và mode chậm nhất đặc trưng cho tán sắc mode.

Tán sắc sắc thể (hay tán sắc tổng) gồm có hai thành phần, đó là: Tán sắc vật liệu và tán sắc ống dẫn sóng như đã nói trên đây. Tán sắc vật liệu là do chiết xuất của vật liệu phụ thuộc vào bước sóng. Tán sắc ống dẫn sóng là do sự phụ thuộc không tuyến tính của hằng số truyền lan  $\beta$  vào tần số (bước sóng) trong ống dẫn quang.

### 3) Độ rộng băng tần công tác của sợi

Hiện nay trên một số tuyến thông tin quang còn sử dụng sợi đa mode chiết xuất gradient. Độ rộng băng tần của loại sợi này bị hạn chế chủ yếu do tán sắc mode hoặc tán sắc vật liệu tùy thuộc vào bước sóng của nguồn quang. Khi nguồn quang là LED có đặc tính phổ rộng và hoạt động tại  $\lambda = 850$  nm thì tán sắc vật liệu đóng vai trò chủ yếu. Ngược lại, nếu sử dụng laser diode có đặc tính phổ hẹp hơn và hoạt động tại  $\lambda = 1300$  nm thì tán sắc mode lại đóng vai trò chủ yếu.

Độ rộng băng tần công tác của sợi đơn mode phụ thuộc chủ yếu vào tán sắc tổng.

### 4) Khẩu độ số

Khái niệm khẩu độ số NA đã được trình bày ở trên. NA được xác định theo các biểu thức (1.3) và (1.7).

### 5) Bước sóng cắt

Khái niệm bước sóng cắt đã được trình bày ở trên. Bước sóng cắt được xác định theo biểu thức (1.11).

## 1.2.3. Máy phát tín hiệu quang

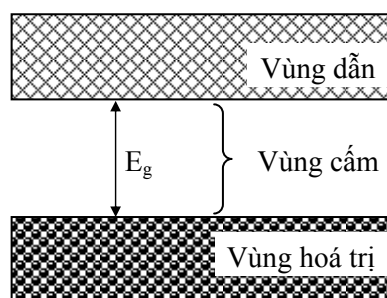
### 1.2.3.1. Các loại nguồn quang

Nguồn quang trong thiết bị thông tin quang là linh kiện có khả năng chuyển đổi tín hiệu điện thành tín hiệu quang ở dải bước sóng truyền trong sợi quang. Có hai loại nguồn quang, đó là diode phát xạ (LED) và laser diode (LD). Sau đây trình bày một số khái niệm liên quan đến chức năng của nguồn quang.

Nếu trong nguyên tử (hoặc phân tử) chuyển động của các điện tử được giới hạn trong một phạm vi hẹp cỡ bằng kích thước nguyên tử, thì ở trong các chất rắn nói chung và chất bán dẫn nói riêng, các điện tử hoá trị có thể chuyển động từ nguyên tử ở nút mạng tinh thể này đến nguyên tử ở nút mạng tinh thể khác và là sở hữu chung của cả mạng tinh thể. Vì các mức năng lượng của điện tử phụ thuộc vào vị trí tương đối của nó so với mạng tinh thể, mà số điện tử lại rất nhiều, do đó số các mức năng lượng của các điện tử hoá trị trong toàn mạng tinh thể là một số vô cùng lớn. Ngoài ra trong chất rắn, các nguyên tử được phân bố sát nhau, các lớp vỏ điện tử của chúng đặc biệt là những lớp phía ngoài che phủ lên nhau và tương tác với nhau rất mạnh. Sự tương tác này gây nên những dịch chuyển vị trí và làm tách các mức năng lượng điện tử ra thành nhiều phân mức khác nhau.

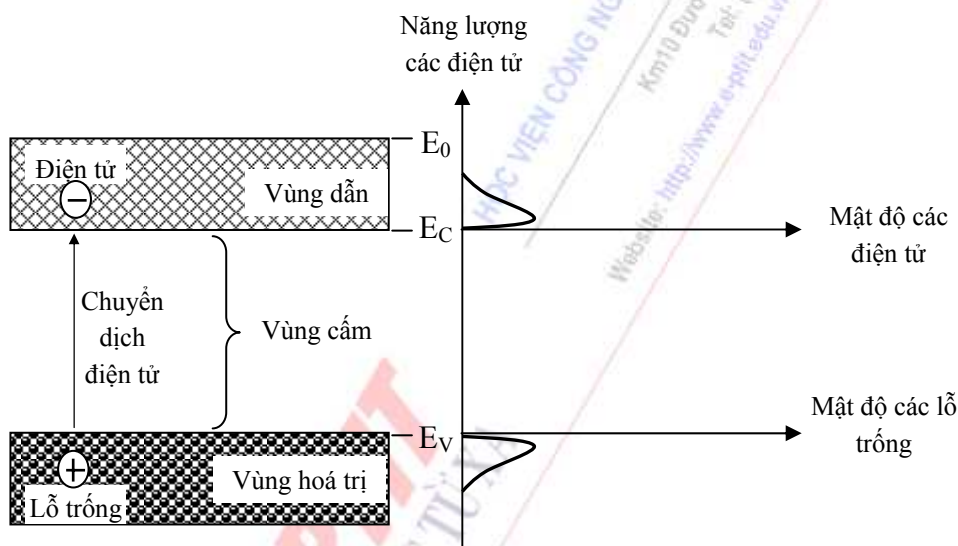
Đối với các chất bán dẫn, những vùng năng lượng cho phép được ngăn cách với nhau bởi tập hợp các giá trị năng lượng vùng cấm. Thông thường độ rộng vùng cấm của các chất bán dẫn điển hình khoảng  $0,1 \div 1,0$  eV. Trong số các vùng năng lượng cho phép, vùng trên cùng đã dòn đầy các điện tử hoá trị được gọi là vùng dẫn. Vùng tiếp theo đó còn hoàn toàn trống ở nhiệt độ 0K gọi là vùng cấm và vùng dưới cùng gọi là vùng hóa trị. Vì quá trình vật lý xảy ra trong các chất bán dẫn chỉ liên quan đến các điện tử ở vùng hoá trị hoặc ở đáy vùng dẫn do đó khi vẽ giản đồ năng lượng của bán dẫn chỉ đề ý đến hai vùng này như hình 1.32.





**Hình 1.32: Sơ đồ vùng năng lượng của bán dẫn**

Ở nhiệt độ thấp thì bán dẫn trở thành chất điện môi. Khi nhiệt độ tăng thì bán dẫn trở thành chất dẫn điện. Bởi vì khi đó các điện tử của vùng hoá trị nhận được năng lượng đủ lớn để vượt qua vùng cấm lên vùng dẫn và trở thành các điện tử dẫn. Khi đó ở vùng hoá trị, tại nơi điện tử vừa đi khỏi sẽ xuất hiện các lỗ trống như hình 1.33.



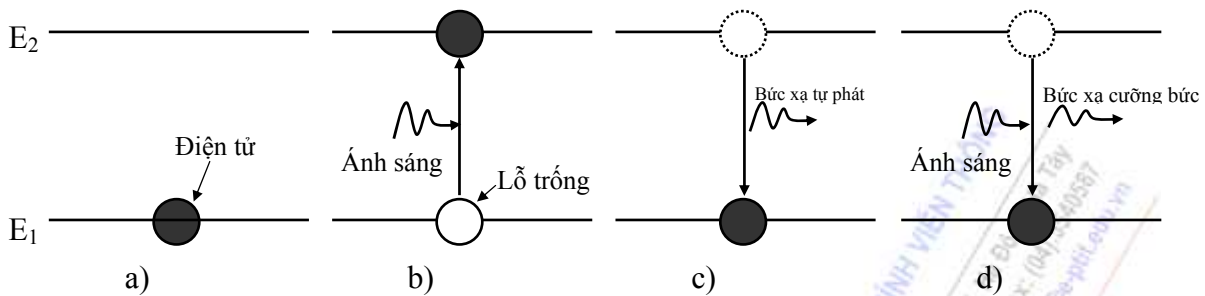
**Hình 1.33: Sơ đồ phân bố mật độ các điện tử và lỗ trống**

Quá trình này được gọi là quá trình tạo cặp điện tử và lỗ trống bằng nhiệt. Quá trình xảy ra không chỉ do nung nóng bán dẫn, mà có thể hình thành dưới tác dụng các dạng kích thích khác. Ví dụ như bằng ánh sáng, dòng điện, bắn phá bởi các điện tử và ion bên ngoài.

Song song với quá trình trên, trong tinh thể bán dẫn còn xảy ra quá trình ngược lại gọi là quá trình tái hợp điện tử-lỗ trống, các điện tử của vùng dẫn có thể thực hiện chuyển dời tự phát xuống vùng hoá trị và chiếm lấy các mức năng lượng tự do ở đó.

Các thực nghiệm về quang phổ đều cho thấy khi các nguyên tử hấp thụ và bức xạ đều hình thành phổ vạch. Hiện tượng này được giải thích dựa vào mức năng lượng rời rạc tương ứng với các trạng thái của nguyên tử. Ký hiệu  $E_1$  và  $E_2$  là hai mức năng lượng của một nguyên tử. Ở đây,  $E_1$  là năng lượng trạng thái nền và  $E_2$  là năng lượng trạng thái kích thích. Tại trạng thái cân bằng nhiệt thì các điện tử ở mức năng lượng thấp  $E_1$  (hình 1.34a). Theo định luật Planck thì sự dịch chuyển giữa hai trạng thái này có liên quan tới quá trình hấp thụ và phát xạ của các photon có năng lượng  $h\nu_{12} = E_2 - E_1$ . Bình thường, hệ thống ở trạng thái nền. Khi có một năng lượng  $h\nu_{12}$  tác động vào hệ thống thì một điện tử ở trạng thái  $E_1$  sẽ hấp thụ năng lượng này và được kích thích lên trạng thái  $E_2$  (hình 1.34b). Vì đây là trạng thái không bền vững nên điện tử sẽ nhanh chóng quay lại trạng thái ban đầu và sẽ giải phóng một năng lượng bằng  $E_2 - E_1$ . Hiện tượng này gọi là

phát xạ tự phát (hình 1.34c) và khi năng lượng được giải phóng dưới dạng ánh sáng thì gọi là ánh sáng phát xạ tự phát. Phát xạ này đẳng hướng, có pha ngẫu nhiên. Một số chất dễ dàng phát sáng, và một số chất khác không phát sáng.



**Hình 1.34: Biểu đồ mức năng lượng và quá trình phát xạ**

Theo cơ học lượng tử thì bước sóng ánh sáng khi phát xạ hoặc hấp thụ được xác định theo biểu thức sau đây:

$$E_2 - E_1 = h\nu_{12}, \nu_{12} = (E_2 - E_1) / h$$

Vậy:  $\lambda = c/\nu_{12} = hc/(E_2 - E_1)$  (1.13)

Trong đó:  $h = 6,626 \times 10^{-34}$  J.s là hằng số Planck

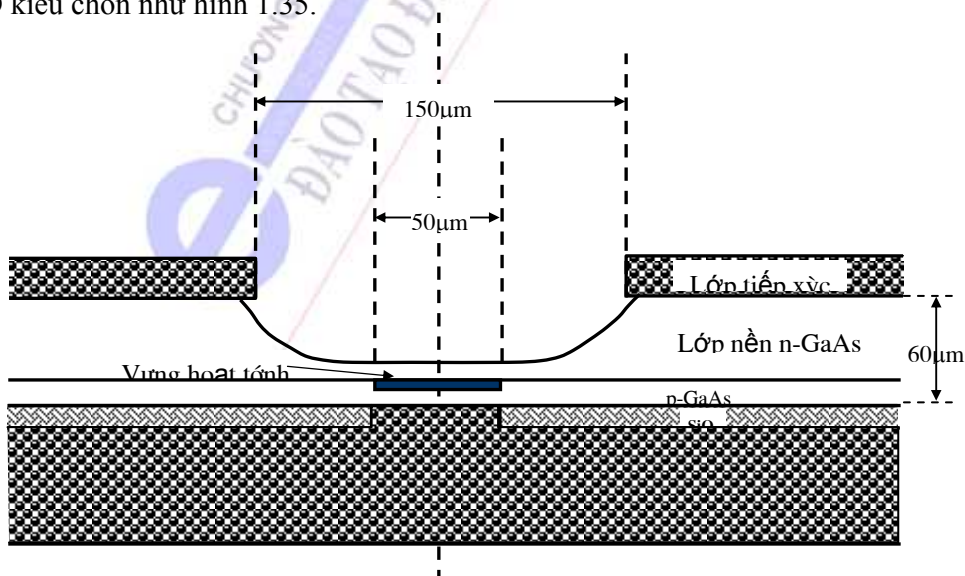
$c = 3 \times 10^8$  m/s là tốc độ ánh sáng trong không gian tự do.

Khi ánh sáng có năng lượng bằng  $E_2 - E_1$  tác động vào hệ thống trong khi điện tử đang ở trạng thái kích thích thì điện tử hấp thụ năng lượng ánh sáng tới buộc nó trở về mức năng lượng  $E_1$  và giải phóng ra năng lượng. Năng lượng ánh sáng được giải phóng tại thời điểm này sẽ lớn hơn năng lượng ánh sáng phát xạ tự phát và pha của nó là pha của ánh sáng tới. Hiện tượng này gọi là phát xạ cưỡng bức (hình 1.34d). Bước sóng phát xạ cưỡng bức cũng được xác định theo biểu thức (1.13).

### 1.2.3.2. Diode phát quang (LED)

#### LED phát xạ mặt (SLED)

Diode phát xạ mặt có cấu trúc dị thể kép được ký hiệu là DH SLED. Mặt cắt ngang của DH SLED kiểu chôn như hình 1.35.

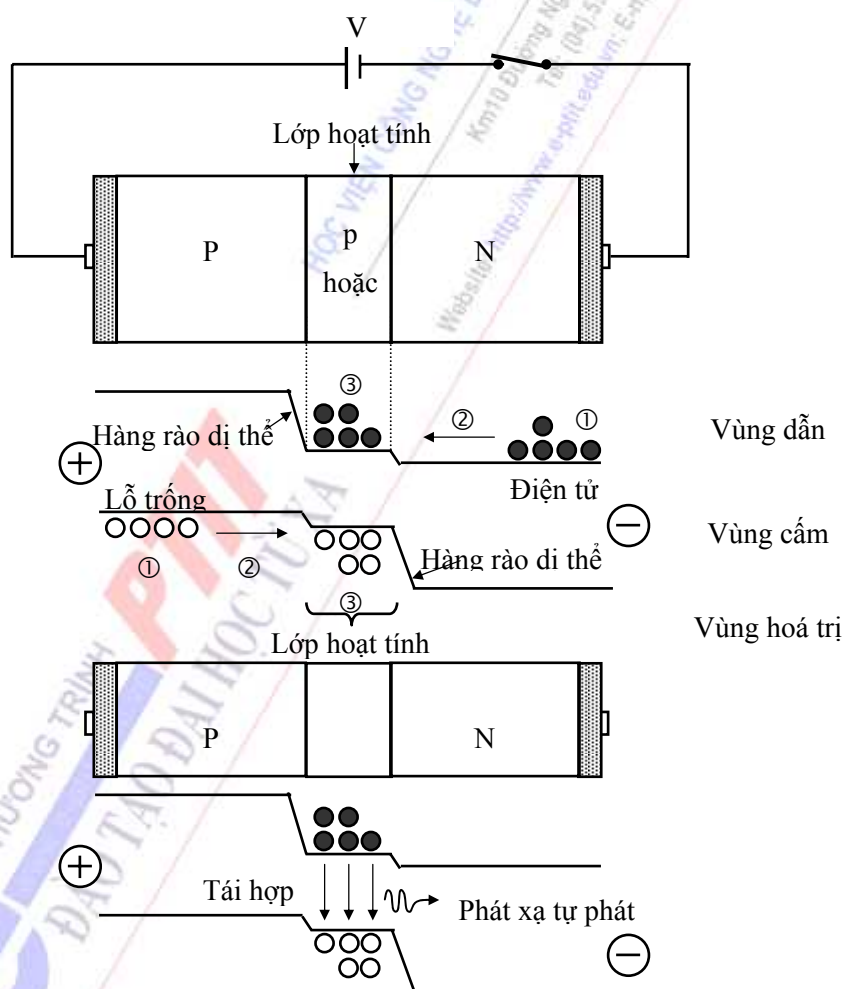


**Hình 1.35: Mặt cắt ngang của DH SLED kiểu chôn**



Lớp hoạt tính có bề rộng gần bằng đường kính lõi sợi đa mode và phía nối với sợi quang khoét một hố sâu để chôn đầu sợi quang gần lớp hoạt tính. Như vậy sẽ hứng được nhiều tia sáng đi vào lõi sợi, đồng thời giảm suy hao công suất ánh sáng. Lớp cách điện  $\text{SiO}_2$  phủ lên lớp tiếp xúc dương chỉ trừ một vùng đối diện với lớp hoạt tính để tập trung mật độ dòng qua lớp hoạt tính và sẽ nâng cao được hiệu suất phát xạ. Lớp tiếp xúc dương đặt gần lớp hoạt tính sẽ toả nhiệt và đảm bảo cho nhiệt độ của nguồn quang không vượt giới hạn cho phép. Nếu nhiệt độ lớp hoạt tính vượt quá phạm vi cho phép sẽ gây ra ba hậu quả là bước sóng bức xạ thay đổi theo nhiệt độ, hệ số lượng tử bên trong giảm do tăng tốc độ tái hợp không bức xạ khi nhiệt độ tăng, giảm tuổi thọ của LED. Qua tính toán và thực nghiệm thấy rằng công suất phát của LED giảm 50% nếu nhiệt độ trong phòng tăng tới  $90^\circ\text{C} \div 100^\circ\text{C}$ . LED chế tạo từ GaAlAs và InGaAsP thì nhiệt độ đỉnh của tiếp giáp phải duy trì thấp hơn  $60^\circ\text{C} \div 70^\circ\text{C}$ .

Hình 1.36 minh hoạ nguyên lý hoạt động của LED.



Hình 1.36: Nguyên lý hoạt động của LED

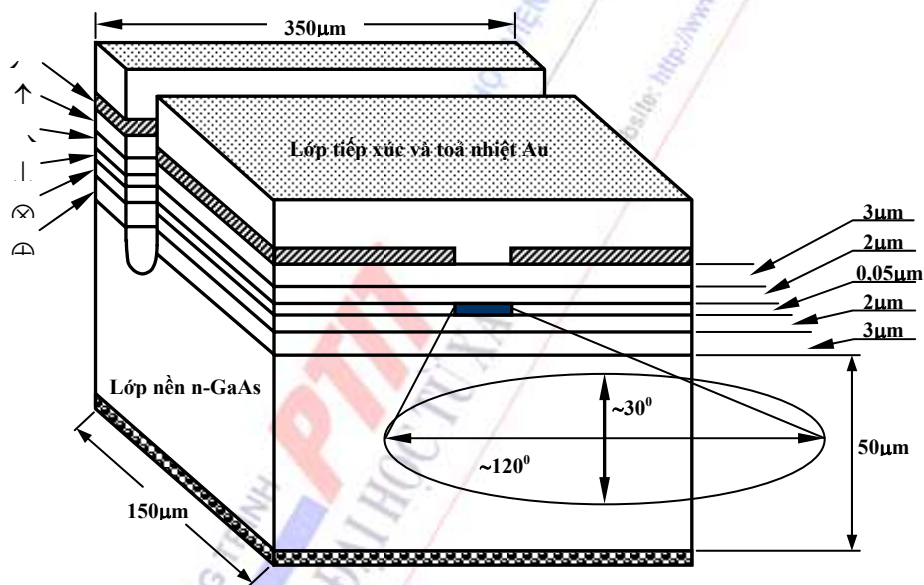
LED gồm đảo mật độ các hạt tải điện, bức xạ tự phát và phát ánh sáng vào sợi. LED sử dụng nguồn phân cực thuận, tức là cực dương của nguồn nối với lớp tiếp xúc dương. Khi có dòng bơm qua LED thì các điện tử từ dải hoá trị nhảy lên dải dẫn. Dưới tác động của điện trường phân cực thuận, các điện tử từ lớp N chuyển dịch vào lớp hoạt tính, còn các lỗ trống từ lớp P chuyển dịch vào lớp hoạt tính. Các cặp điện tử lỗ trống tái hợp với nhau và bức xạ photon.

### LED phát xạ cạnh (ELED)

Diode phát xạ cạnh có cấu trúc dị thể kép có ký hiệu là DH ELED và có cấu tạo như hình 1.37.

Công suất quang được truyền dọc theo lớp hoạt tính nhờ phản xạ bên trong tại các tiếp giáp dị thể và đi tới mặt bên của diode. Lớp hoạt tính được qui định bởi lớp tiếp xúc và rãnh sâu cuối lớp hoạt tính. Nhờ vậy mà lớp hoạt tính được thu ngắn nhưng kích thước của chip lại không quá bé. Tụ hấp thụ của lớp hoạt tính giảm do lớp này rất mỏng. Công suất quang bị hấp thụ lớn nhất xảy ra tại dải bước sóng ngắn. Nhờ vậy mà thu hẹp bề rộng phổ so với LED phát xạ mặt. Độ rộng phổ giảm từ 35nm xuống 25nm tại bước sóng 0,9 $\mu\text{m}$  và từ 100nm xuống 70nm tại 1,3 $\mu\text{m}$ .

Ánh sáng đầu ra của DH ELED có dạng hình chóp elip, góc mở theo chiều đứng là 30 $^{\circ}$  và theo chiều ngang là 120 $^{\circ}$ . Góc phát xạ như vậy sẽ ghép nối ELED với sợi đa mode có hiệu quả hơn so với SLED và cũng có thể phóng vào sợi đơn mode một công suất quang đáng kể. So với SLED thì ELED khó toả nhiệt hơn. Nhưng so với laser diode thì ELED dễ chế tạo hơn, hoạt động đơn giản hơn, độ tin cậy cao hơn và rẻ hơn. Vì vậy nó được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống mà độ tin cậy và giá thành được ưu tiên hơn chất lượng.



**Hình 1.37: Sơ đồ cấu trúc của diode phát xạ cạnh**

Các lớp bao gồm: ← Lớp cách điện; ↑ p<sup>+</sup>-GaAs; → P-Ga<sub>0,6</sub>Al<sub>0,04</sub>As; ↓ Lớp hoạt tính n<sup>-</sup> Ga<sub>0,9</sub>Al<sub>0,1</sub>As; ° N- Ga<sub>0,6</sub>Al<sub>0,4</sub>As; ± n-GaAs

### Các tham số của LED

Các tham số cơ bản của LED như bảng 1.5.

**Bảng 1.5. Các tham số của LED**

Các tham số	Giải bước sóng 800 nm ÷ 850nm	Bước sóng 1300nm
Vật liệu lớp hoạt tính	Ga Al As	Ga In As P
Độ rộng phổ, nm	30 ÷ 60	50 ÷ 150
Công suất phát, mW	0,5 ÷ 4,0	0,4 ÷ 0,6
Công suất phóng vào sợi, mW: - đa mode 2a = 50µm SLED ELED đơn mode ELED	0,01 ÷ 0,05 0,05 ÷ 0,13	0,015 ÷ 0,035 0,03 ÷ 0,06 0,003 ÷ 0,03
Dòng điều khiển, mA	50 ÷ 150	100 ÷ 150
Thời gian tăng sườn xung, ns SLED ELED	4 ÷ 14 2 ÷ 10	2,5 ÷ 10
Tần số điều chế, GHz	0,08 ÷ 0,15	0,1 ÷ 0,3
Tuổi thọ, 10 <sup>6</sup> h	1 ÷ 10	50 ÷ 100

### 1.2.3.3. Laser diode có khoang cộng hưởng Fabry-perot

Laser diode có cấu trúc dị thể kép như LED, nhưng có khả năng khuếch đại. Để đạt được mục đích này thường dùng khoang cộng hưởng Fabry - Perot, bằng cách mài nhẵn hai đầu dị thể kép thành hai gương phản xạ như hình 1.38a. Cấu trúc này của laser diode được viết tắt là FP-LD.

Khoảng cách hai gương trong Laser diode Fabry-Perot là L. Các gương này có khả năng tạo ra hồi tiếp tích cực, tức là sự quay lại của các photon kích thích trong vùng hoạt tính sẽ kích thích nhiều photon hơn. Ánh sáng đi ra ngoài qua hai gương phản xạ.

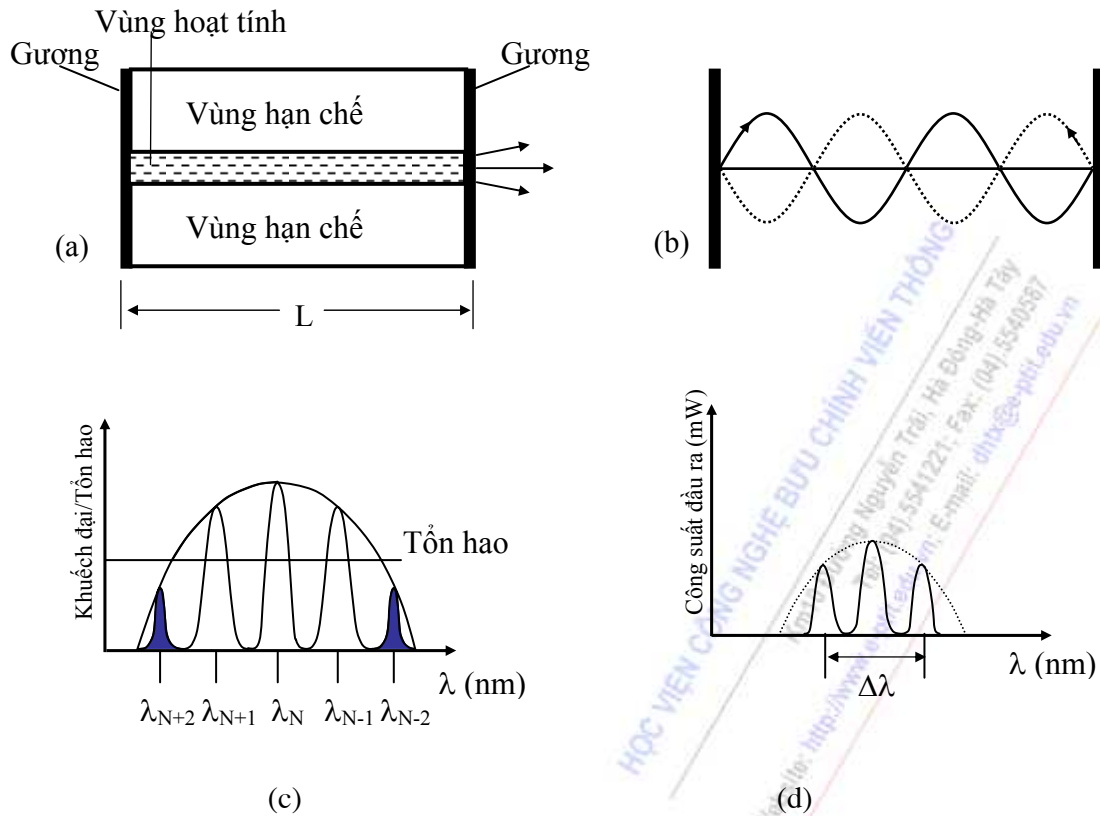
Xét điều kiện khuếch đại trong laser diode Fabry-Perot: một sóng truyền từ gương bên trái tới gương bên phải, như hình 1.38b. Tại gương bên phải, sóng này sẽ phản xạ và tiếp tục truyền như thế. Dạng sóng này gọi là sóng đứng. Để trong buồng cộng hưởng chỉ có sóng với bước sóng ổn định thì nó phải là sóng đứng. Yêu cầu vật lý này có thể được viết như biểu thức

$$2L/\lambda = N \quad (1.14)$$

Trong đó: L- khoảng cách hai gương  
N- số nguyên.

Để thỏa mãn điều kiện cộng hưởng, hai gương phản xạ phải cách nhau một quãng là L bằng số nguyên lần nửa bước sóng.

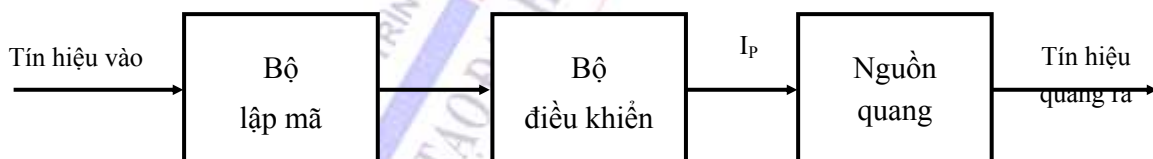
Quá trình phát xạ của FP-LD được thực hiện khi một vài bước sóng cộng hưởng nằm trong đường cong khuếch đại có hệ số khuếch đại lớn hơn suy hao như hình 1.38c.



**Hình 1.38: Laser diode Fabry-Perot: (a) Cấu tạo của khoang cộng hưởng; (b) Hình thành sóng đứng trong khoang cộng hưởng; (c) Đường cong tổn hao-khuyến đại; (d) Phổ phát xạ của FP-LD**

#### 1.2.3.4. Máy phát tín hiệu quang

Chức năng chuyển đổi điện-quang của máy phát quang được thể hiện trong hình 1.39.



**Hình 1.39: Sơ đồ khối máy phát tín hiệu quang**

Bộ lập mã có chức năng chuyển mã đường thành mã thích hợp với hoạt động của nguồn quang và đường truyền. Bộ điều khiển chuyển điện áp tín hiệu đơn cực thành dòng bơm  $I_p$  cho nguồn quang. Nếu dòng  $I_p$  đạt giá trị cực đại thì công suất phát của nguồn quang cũng đạt giá trị cực đại. Ngược lại, khi  $I_p$  cực tiểu thì công suất phát của nguồn quang gần bằng zero. Đây là phương thức điều chế cường độ bức xạ của nguồn quang.

#### 1.2.4. Máy thu tín hiệu quang

##### 1.2.4.1. Các loại photodiode

##### Nguyên tắc tách quang

Trong thiết bị thông tin quang sử dụng hai loại diode tách quang (PD), đó là PIN diode và diode quang thác (APD). Trước khi phân tích chi tiết các loại, cần hiểu rõ nguyên tắc chung về tách quang.

Cả hai loại PD đều dựa vào tiếp giáp p-n phân cực ngược. Khi ánh sáng chiếu vào PD có bước sóng trong không gian tự do bé hơn bước sóng cắt được xác định theo biểu thức

$$\lambda_c (\mu\text{m}) = \frac{1,24 [\text{eV} \cdot \mu\text{m}]}{E_g [\text{eV}]}, \quad (1.15)$$

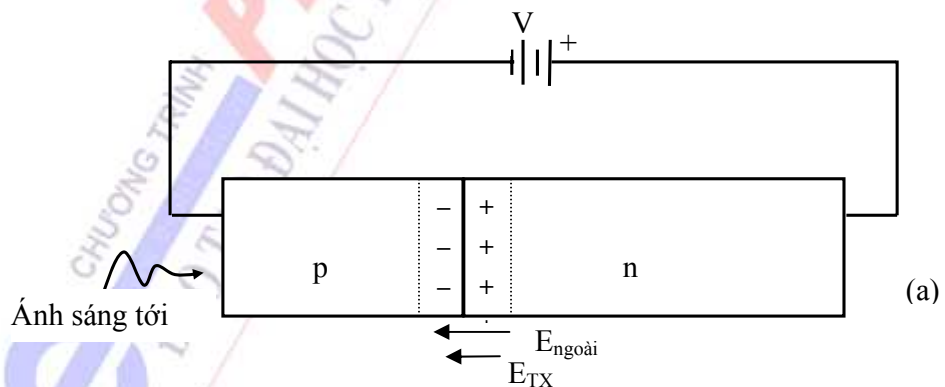
trong đó  $E_g$  là độ rộng dải cấm, thì bán dẫn sẽ hấp thụ các photon.

Hấp thụ một photon sẽ kích thích một điện tử trong dải hoá trị nhảy lên dải dẫn và để lại trong dải hoá trị một lỗ trống. Như vậy mỗi photon được hấp thụ sẽ tạo ra một cặp điện tử - lỗ trống. Tuy nhiên biểu thức (1.15) chỉ là điều kiện cần cho tách quang. Điều kiện đủ để tách quang là các cặp điện tử-lỗ trống được tạo ra do hấp thụ photon sẽ không tái hợp trước khi hình thành dòng điện qua mạch ngoài (hình 1.40). Không phải tất cả photon được hấp thụ trong diode tách quang đều tham gia vào sự hình thành đáp ứng của diode. Cần chú ý là, khác với laser diode hoạt động trong một dải bước sóng rất hẹp, còn PD lại hoạt động trong dải bước sóng rất rộng. Dải cấm là một tham số chủ chốt của PD.

Như đã nhận xét ở trên là silic không sử dụng cho laser diode, vì có dải cấm gián tiếp. Nhưng silic lại có thể sử dụng để chế tạo PD hoạt động trong dải bước sóng tại cửa sổ thứ nhất của sợi quang. Một điểm khác nhau cơ bản nữa giữa LD và PD là PD được định thiên ngược. Do công suất quang thu rất bé nên không làm nóng PD, do đó việc chế tạo các PD dưới dạng mạch tích hợp quang điện rất dễ dàng.

#### 1.2.4.2. Diode tách quang p-n

Diode tách quang p-n như hình 1.40.



**Hình 1.40: Diode tách quang p-n**

##### • Tiếp xúc P-N không có điện áp phân cực

Trong vùng bán dẫn n nồng độ điện tử cao hơn nồng độ lỗ trống; trong vùng bán dẫn p nồng độ lỗ trống cao hơn nồng độ điện tử. Vì vậy tại vùng lân cận tiếp giáp p-n xuất hiện hiện tượng khuếch tán các hạt tải điện: lỗ trống khuếch tán từ vùng p sang vùng n và các điện tử khuếch tán từ vùng n sang vùng p. Dòng khuếch tán hướng từ p sang n. Các điện tử khuếch tán qua tiếp giáp sẽ tái hợp với các lỗ trống trong vùng p và hình thành các ion âm trong vùng p lân cận với tiếp giáp. Các lỗ trống khuếch tán qua tiếp giáp sẽ tái hợp với điện tử trong vùng n và hình



thành các ion dương trong vùng n lân cận với tiếp giáp. Ở về hai phía của tiếp giáp xuất hiện hai khối điện tích cố định trái dấu và gọi là vùng điện tích không gian hay vùng nghèo (nồng độ các hạt tải điện không đáng kể). Độ dày vùng nghèo này khoảng  $1\mu\text{m}$ . Hai khối điện tích trái dấu tạo ra điện trường tiếp xúc ( $E_{\text{TX}}$ ) có véc tơ cường độ điện trường hướng từ các điện tích dương cố định sang các điện tích âm cố định.

### • Tiếp xúc P-N phân cực ngược

Do vùng nghèo hầu như trống rỗng các hạt tải điện nên có điện trở lớn hơn các vùng nằm bên ngoài vùng nghèo. Do đó nguồn phân cực ngược ( $V$ ) tạo ra trên vùng nghèo một điện trường ngoài ( $E_{\text{ngoài}}$ ) có trị số gần bằng  $V$  và chiều của véc tơ cường độ điện trường ngoài trùng với chiều với véc tơ cường độ điện trường tiếp xúc. Điện trường tổng này tạo ra trên tiếp giáp p-n một hàng rào thế ngăn trở sự khuếch tán của các hạt tải điện đa số qua tiếp giáp. Ngược lại, các hạt tải điện thiểu số trôi qua tiếp giáp dễ dàng để tạo ra dòng điện ngược hay còn gọi là dòng tối. Do nồng độ các hạt tải điện thiểu số thấp nên dòng điện ngược nhanh chóng đạt giá trị bão hoà.

### • Khi có ánh sáng tới

Ánh sáng đi vào PD qua lớp p rất mỏng, qua vùng nghèo đã được hình thành tại tiếp giáp p-n và tiếp tục truyền vào lớp n. Các photon bị hấp thụ suốt chiều dọc của PD. Cường độ ánh sáng giảm theo hàm mũ khi truyền qua các lớp bán dẫn.

Trong diode tách quang điều kiện quan trọng để kích thích các điện tử nhảy lên dải dẫn là hấp thụ photon từ ánh sáng đầu vào hoặc tăng nhiệt độ.

Hầu hết ánh sáng đi vào bán dẫn sẽ được hấp thụ trong diode tách quang, nếu diode tách quang có đủ độ dài. Tuy nhiên chỉ có hấp thụ photon xảy ra trong lớp nghèo mới có vai trò quan trọng. Hiệu quả của hấp thụ photon trong việc tạo ra dòng tách quang được đánh giá theo hệ số lượng tử  $\eta$  và đáp ứng  $R$ .

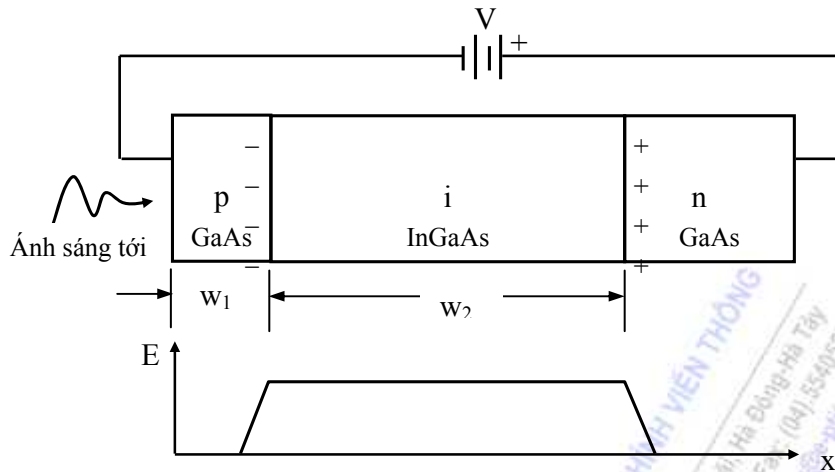
### 1.2.4.3. Diode tách quang p-i-n

#### Cấu tạo và hoạt động

Diode tách quang p-i-n dựa trên cấu trúc của của PD p-n bằng cách xen vào giữa lớp p và lớp n một lớp bán dẫn thuần i như hình 1.41. Vùng nghèo trong diode tách quang p-i-n bao gồm toàn bộ lớp i. Trong vùng nghèo hình thành một hàng rào thế ngăn cản các hạt tải điện đa số đi vào vùng nghèo. Điện trường này được tạo ra nhờ các khối điện tích cố định nằm về hai phía của tiếp giáp giữa lớp i với các lớp p và n. Các lỗ trống và các điện tử trong lớp i được hình thành khi vùng nghèo hấp thụ photon.

Ưu điểm quan trọng của p-i-n diode là cải thiện được đáp ứng tần số do điện dung của diode  $C_D$  rất bé. Đạt được điều này nhờ xen thêm lớp i. Để giải thích vấn đề này, sử dụng biểu thức xác định điện dung của một tụ điện phẳng song song:  $C = \epsilon_0 \epsilon_r (A/d)$ , trong đó  $\epsilon_0$  là hằng số điện môi của không gian tự do,  $\epsilon_r$  là hằng số điện môi tương đối của môi trường giữa hai má tụ điện,  $A$  là diện tích của má tụ điện,  $d$  là khoảng cách hai má tụ điện. Mặt khác đáp ứng tần số cũng phụ thuộc vào thời gian chuyển dịch của các hạt tải điện qua vùng nghèo. Vùng nghèo mở rộng của p-i-n diode làm chậm thời gian chuyển dịch. Vùng nghèo càng rộng thì thời gian chuyển dịch càng dài. Điện trường trong vùng nghèo của p-i-n diode yếu hơn điện trường trong cấu trúc diode p-n. Tuy nhiên cấu trúc p-i-n diode có đáp ứng nhanh nhất so với các diode khác.





Hình 1.41: Cấu tạo của diode tách quang p-i-n

Còn có một số ưu điểm khác của p-i-n diode so với diode p-n. Thứ nhất, hầu như toàn bộ photon đi vào vùng nghèo đều được hấp thụ tại đó và rất ít photon đi tới lớp n. Như vậy đã giảm được hấp thụ photon trong các vùng bên ngoài vùng nghèo và hạn chế kéo dài sườn sau của đáp ứng. Luồng dòng trong các vùng n và p chủ yếu là do khuếch tán, trong khi đó dòng chính trong vùng nghèo là dòng trôi được điều khiển bởi điện trường. Hầu hết luồng dòng đều dưới dạng dòng trôi nhanh, nên đáp ứng thời gian của p-i-n diode được cải thiện hơn so với diode tách quang p-n. Muốn nhận được đáp ứng tần số trên 50 GHz, lớp i và mặt cắt ngang phải bé. Nhưng mặt cắt ngang hẹp sẽ gặp khó khăn khi đưa ánh sáng vào PD. Diode tách quang p-i-n giảm được ảnh hưởng kéo dài sườn sau của xung và đáp ứng tần số tốt hơn so với diode tách quang p-n nên được sử dụng trong thiết bị thông tin quang.

Đối với p-i-n diode cũng có thể sử dụng cấu trúc dị thể. Nhưng khác với cấu trúc dị thể của laser diode, p-i-n diode cấu trúc dị thể hoạt động trong một dải rộng của bước sóng. Vì vậy việc chế tạo p-i-n diode dị thể hoạt động đơn mode là không cần thiết. Dải cấm của lớp i phải thiết kế sao cho  $\lambda_c$  phải lớn hơn bước sóng của tín hiệu quang  $1,55\mu\text{m}$ , như vậy thì diode tách quang sẽ được sử dụng cho mọi trường hợp.

#### Tạp âm trong p-i-n diode

##### • Tạp âm nổ (shot noise)

Độ nhạy tối đa của PD được xác định bởi điện áp ngẫu nhiên và thăng dấp dòng xảy ra tại đầu ra PD khi có hoặc không có tín hiệu quang. Trị trung bình của dòng tách quang là  $I_{ph}$ , thăng dấp ngẫu nhiên quanh trị số trung bình này gọi là tạp âm nổ. Cũng có thể giải thích chi tiết hơn nguyên nhân gây ra tạp âm nổ như sau.

Tạp âm nổ trong các mạch điện do số lượng các hạt tải điện đi qua một điểm riêng biệt trong mạch là hàm ngẫu nhiên của thời gian gây ra. Trong tách quang, số cặp điện tử - lỗ trống được tạo ra do hấp thụ photon cũng là hàm ngẫu nhiên của thời gian, do đó số lượng hạt tải điện qua mạch bên ngoài cũng ngẫu nhiên. Loại tạp âm nổ này được xem như quá trình Poisson đồng nhất hoặc không đồng nhất phụ thuộc vào dạng điều chế được sử dụng trong hệ thống thông tin quang.

Trung bình bình phương của tạp âm nổ  $I_{sh}^2$  tỷ lệ với trị trung bình dòng tách quang  $I$  và độ rộng băng tần của diode tách quang  $\Delta f$ . Vì vậy:

$$\langle i_{sh} \rangle^2 = 2e I \Delta f \quad (1.16)$$

$e$  = điện tích của điện tử

• **Tạp âm dòng tối**

Dòng đầu ra diode tách quang xuất hiện ngay cả khi không có tín hiệu quang hay còn gọi là dòng tối  $I_d$ . Trung bình bình phương của tạp âm dòng tối được xác định theo biểu thức

$$\langle i_d \rangle^2 = 2e I_d \Delta f \quad (1.17)$$

• **Tạp âm nhiệt**

Tạp âm nhiệt còn gọi là tạp Johnson hoặc tạp âm Nyquist là do chuyển động ngẫu nhiên của các điện tử tự do qua mạch điện. Số lượng các điện tử là vô cùng lớn và vì vậy tạp âm nhiệt là một quá trình ngẫu nhiên Gauss. Qua thực nghiệm đã xác minh được mật độ phổ của tạp âm nhiệt phân bố đều trên trục tần số trong miền xa cực tím. Nếu điện trở là  $R[\Omega]$ , tại nhiệt độ Kelvin  $T$  và  $B$  là độ rộng băng tần máy thu thì trị trung bình bình phương của tạp âm nhiệt là:

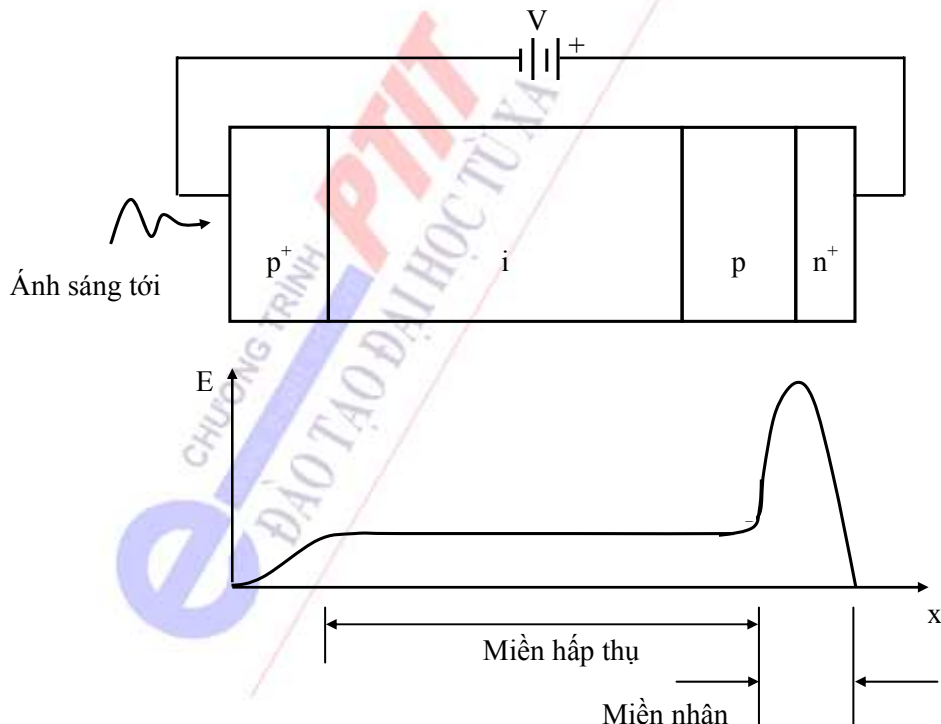
$$\langle I_{th} \rangle^2 = \frac{4kT\Delta f}{R} \quad (1.18)$$

Trong đó  $k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$  là hằng số Boltzmann.

**1.2.4.4. Diode quang thác (APD)**

**Cấu tạo và quá trình thác**

APD có cấu tạo như hình 1.42.



**Hình 1.42: APD và phân bố điện trường bên trong**

Ánh sáng đi vào APD qua lớp  $p^+$  rất mỏng. Hầu như toàn bộ hấp thụ photon đều xảy ra trong vùng nghèo là bán dẫn  $p$  pha tạp nhẹ. Cũng như trong  $p$ - $i$ - $n$  diode, điện trường trong vùng nghèo của APD điều khiển các lỗ trống và điện tử chuyển động ngược hướng với nhau. Dưới tác

động của điện trường phân cực ngược, các lỗ trống trong lớp này hướng tới lớp  $p^+$ , còn các điện tử hướng tới lớp  $n^+$ .

Điện áp phân cực ngược đặt lên PD gần với mức đánh thủng zener để tạo ra điện trường lớn (hay miền tăng tốc) tại tiếp giáp  $p - n^+$ . Khi các điện tử và lỗ trống qua miền điện trường lớn này sẽ được tăng tốc, va đập mạnh vào các nguyên tử của bán dẫn và tạo ra các cặp điện tử - lỗ trống thứ cấp thông qua quá trình ion hoá do va chạm. Các hạt tải điện thứ cấp qua miền điện trường lớn lại được tăng tốc và chúng có đủ động năng để tạo ra các cặp điện tử - lỗ trống mới v.v. Đó chính là hiệu ứng thác, hay còn gọi là hiệu ứng nhân. Quá trình này làm tăng dòng điện bên ngoài và cũng chính là tăng độ nhạy của APD.

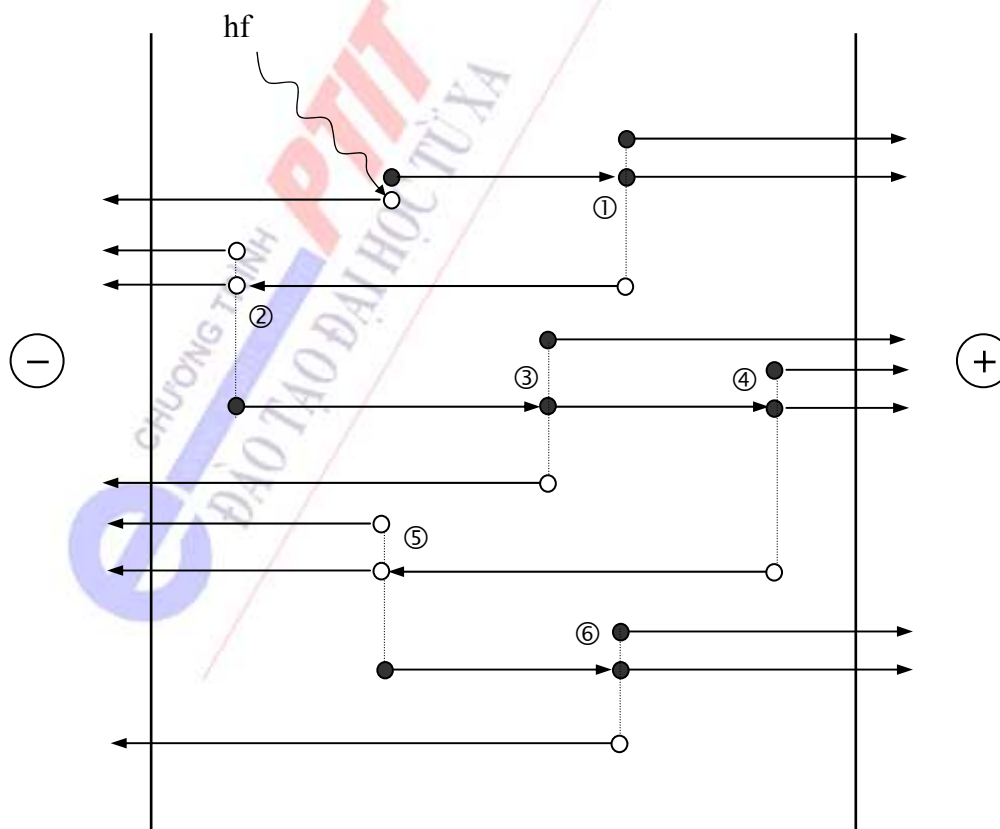
Hình 1.43 minh hoạ quá trình nhân trong miền tăng tốc.

Từ hình vẽ cho biết từ một cặp điện tử - lỗ trống ban đầu, hiệu ứng nhân đã tạo ra sáu cặp khác. Có thể định nghĩa hệ số ion hoá của các điện tử  $\alpha_e$  và của lỗ trống  $\alpha_h$  là xác suất của một va chạm giữa một hạt tải điện đã được tăng tốc và một nguyên tử bán dẫn để sinh ra một cặp điện tử - lỗ trống. Hệ số ion hoá tăng rất nhanh khi cường độ điện trường tăng.

Sự phụ thuộc của  $M$  vào nhiệt độ được thể hiện trong hình 1.44. Hệ số nhân  $M$  được đo như là hàm của điện áp định thiên  $V$ :

$$M = \frac{1}{[1 - (V - I_{ph}R')/V_B]^n} \quad (1.19)$$

Trong đó  $I_{ph}$  là dòng tách quang trung bình,  $R' = R_S + R_{th}$  là tổng điện trở nối tiếp  $R_S$  và điện trở gia tăng do nhiệt độ  $R_{th}$ ,  $V_B$  là điện áp đánh thủng.

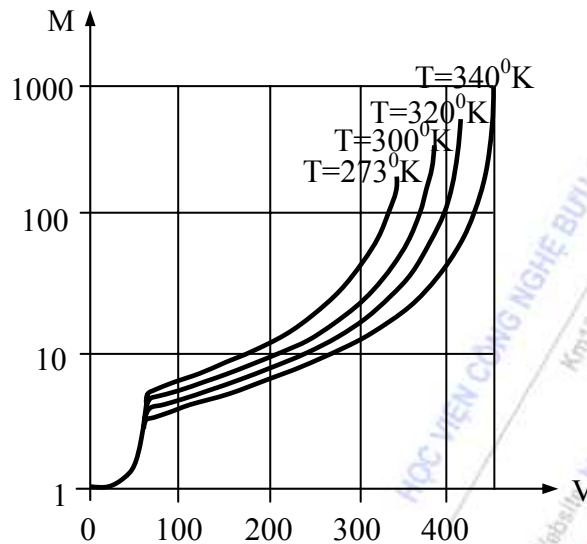


**Hình 1.43: Quá trình nhân**

Một số đường cong điển hình của  $M(V)$  như hình 1.44.

Hệ số nhân  $M$  đạt cực đại khi sử dụng các vật liệu có  $\alpha$  lớn. Tuy nhiên thiết bị như vậy có đáp ứng tần số chậm. Trong thực tế APD được thiết kế để thỏa mãn tiêu chuẩn đáp ứng tần số. Điều này có thể thực hiện nếu hoặc các điện tử hoặc các lỗ trống chiếm ưu thế trong miền tăng tốc. Mong muốn  $k \approx 0$ .

Từ hình 1.44 thấy rằng đối với APD yêu cầu rất nghiêm ngặt cả về ổn định nguồn định thiên và nhiệt độ của môi trường.



Hình 1.44: Sự thay đổi của  $M$  khi  $V$  và nhiệt độ thay đổi

### Tạp âm trong APD

Hiệu ứng nhân chỉ xảy ra đối với dòng tách quang và dòng tối nhưng không khuếch đại tạp âm nhiệt. Thành phần bề mặt của dòng tối chạy dọc mặt ngoài của diode cũng không được khuếch đại. Vì vậy tạp âm chủ yếu trong APD là tạp âm nhiễu được khuếch đại. Tạp âm này được xác định như sau:

$$\langle i_{sh}^2 \rangle = M^2 [2e F (RP) \Delta f] \quad (1.20)$$

Trong đó:  $F$ - Hệ số tạp âm,  $M$ - Hệ số nhân,  $R$ - Đáp ứng của APD và  $P$ - Công suất ánh sáng đầu vào APD.

#### 1.2.4.5. Các tham số của diode tách quang

##### 1) Hệ số lượng tử

Hệ số lượng tử của diode tách quang  $\eta$  được định nghĩa như sau:

$$\eta = \text{Số lượng điện tử trên mạch ngoài} / \text{Số lượng photon tới}$$

Vì  $I_{ph}/e$  là số lượng điện tử đi qua mạch ngoài của diode tách quang trong một giây do hấp thụ photon tới, còn  $P_0/hf$  là số lượng photon tới trong một giây nên  $\eta$  được viết lại như sau:

$$\eta = \frac{I_{ph}/e}{P_0/hf} = \frac{I_{ph}}{P_0} \times \frac{hc}{e\lambda} = R \frac{hc}{e\lambda} \quad (1.21)$$

Muốn nhận hệ số lượng tử cao phải có các điều kiện sau đây:

- Phản xạ ánh sáng tại bề mặt diode tách quang là cực tiểu.

- Hấp thụ trong lớp nghèo là cực đại
- Tránh tái hợp các hạt tải điện trước khi chúng được tập trung lại.

Hệ số lượng tử 0,8 hoặc lớn hơn có thể đạt được và có thể tối ưu tại một bước sóng bằng cách thay đổi bề dày lớp  $n^-$ .

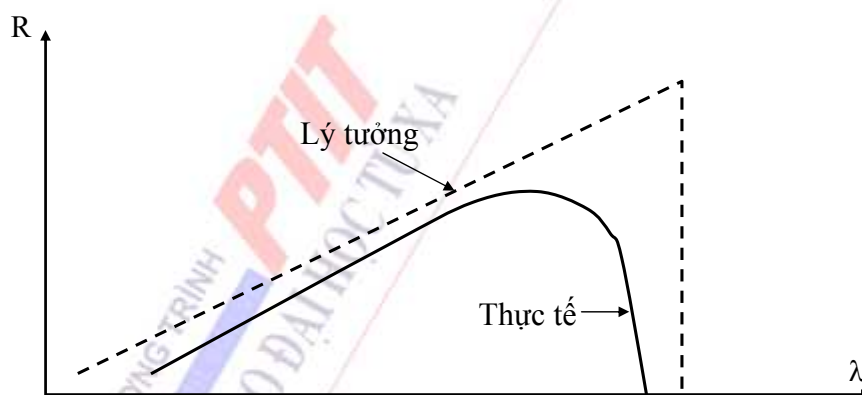
## 2) Đáp ứng

Dòng tách quang  $I_{ph}$  tăng tuyến tính với công suất quang tới  $P$ . Tỷ số  $I_{ph}$  trên  $P$  gọi là đáp ứng  $R$  của diode tách quang :

$$R = \frac{I_{ph}}{P} = \frac{\eta e}{hf} = \frac{\eta \lambda c}{hc} \quad (1.22)$$

Trong đó  $e$  là điện tích của điện tử,  $\eta$  là hệ số lượng tử,  $\lambda$  là bước sóng của ánh sáng tới,  $h$  là hằng số Planck và  $c$  là tốc độ ánh sáng trong không gian tự do. Đáp ứng được đo bằng  $A/W$ ,  $\mu A/\mu W$  hoặc  $nA/nW$  v.v. Đáp ứng thường được thể hiện bằng đồ thị như hình 1.45.

Những đường cong này là giá trị giới hạn, tuy nhiên đáp ứng cũng phụ thuộc vào kích thước của thiết bị, vỏ chống phản xạ và các yếu tố khác. Mặt khác đáp ứng còn phụ thuộc vào các đặc tính của bán dẫn cấu thành diode. Tại đầu vào máy thu của hệ thống thông tin quang có mức công suất quang rất thấp nhưng dòng tách quang vẫn tỷ lệ tuyến tính với công suất quang. Vì vậy cả đáp ứng  $R$  và hệ số lượng tử  $\eta$  đều là hàm của  $\lambda$  mà không phụ thuộc vào mức công suất quang. Đối với các laser mạnh sẽ có hiện tượng bão hoà và dẫn tới phụ thuộc không tuyến tính của đáp ứng vào công suất quang.



Hình 1.45: Đáp ứng phụ thuộc vào bước sóng

Trong trường hợp lý tưởng đáp ứng tăng tuyến tính với bước sóng vì năng lượng của một photon giảm khi bước sóng tăng và sau đó giảm đột ngột xuống zero tại  $\lambda = \lambda_c$ . Đáp ứng thực tế khác với đáp ứng lý tưởng, vì hệ số hấp thụ tự nó là hàm của bước sóng. Bước sóng cắt phía trên được xác định bởi dải cấm, trong khi đó bước sóng cắt phía dưới phụ thuộc vào hệ số hấp thụ.

## 3) Độ rộng băng tần

Đáp ứng của APD có cấu trúc  $n^+ - p - i - p^+$  như hình 1.42 được chia làm ba phần:

- Thời gian dịch chuyển của điện tử qua miền trôi  $(t_{tr})_e = w_2 / v_{se}$
- Thời gian yêu cầu của quá trình nhân  $t_A$
- Thời gian dịch chuyển của lỗ trống cuối cùng được tạo ra trong miền tăng tốc tới rìa của không gian trôi  $(t_{tr})_h = w_2 / v_{sh}$ .



Phần (b) và (c) đặc trưng cho trễ bổ sung vào thời gian đáp ứng của diode không có hiệu ứng thác. Độ rộng băng tần bị hạn chế đã cản trở việc sử dụng APD trong các hệ thống tốc độ bit rất cao.

Thời gian trễ  $t_A$  là hàm của của hệ số ion hoá  $k$ . Khi  $k = 0$  thì hiệu ứng nhân tiến triển phụ thuộc thời gian dịch chuyển của điện tử qua miền tăng tốc ( $t_{tr} = w_A / v_{se}$ ). Giả thiết  $w_A \ll w_2$ . Khi  $k > 0$  thì hiệu ứng nhân có sự tham gia của cả điện tử và lỗ trống, thời gian  $t_A$  được xác định theo biểu thức sau đây:

$$t_A \approx \frac{Mkw_A}{v_{se}} \quad (1.23)$$

Đáp ứng thời gian toàn bộ  $\tau$  là:

$$\tau \approx \frac{(w_2 + Mkw_A)}{v_{se}} + \frac{(w_2 + w_A)}{v_{sh}} \quad (1.24)$$

Độ rộng băng tần được xác định theo biểu thức

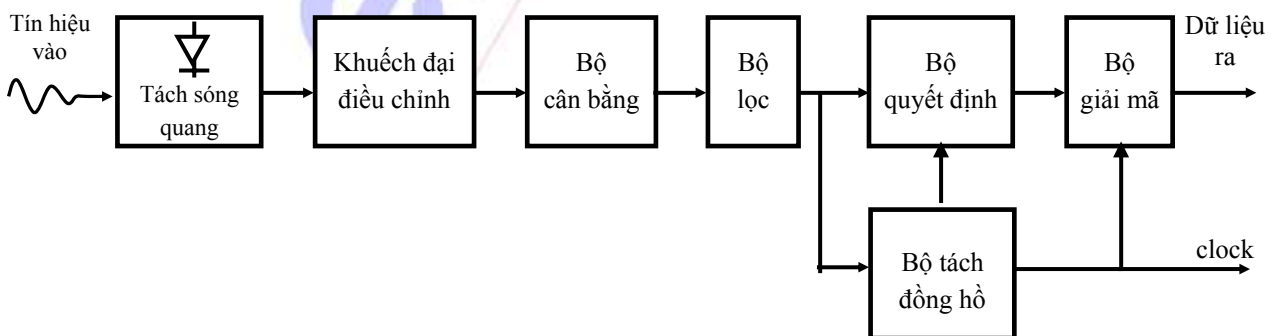
$$f(-3dB) \approx 0,44 / \tau \quad (1.25)$$

Biểu thức (1.23) một lần nữa cho biết tại sao phải tìm kiếm vật liệu có  $k \approx 0$  để chế tạo APD trong đó các điện tử khởi đầu hiệu ứng thác. Tóm lại khi tốc độ bit cao hơn 2-5 Gbit/s sử dụng APD không có lợi.

#### 1.2.4.6. Máy thu tín hiệu quang

Trong máy thu tín hiệu quang của hệ thống IM-DD, ánh sáng từ sợi quang chiếu vào bộ tách sóng quang. Do đó đầu ra bộ tách quang nhận được tín hiệu điện. Sau đó tín hiệu điện qua các bước xử lý tiếp theo để khôi phục lại tín hiệu ban đầu như ở đầu vào máy phát. Sơ đồ khối của máy thu quang điển hình như hình 1.46.

Bộ tách sóng quang là PIN hoặc APD thực hiện chuyển đổi công suất quang đầu vào thành tín hiệu điện. Bộ khuếch đại điều chỉnh thực hiện biến đổi dòng tách quang thành tín hiệu điện áp với mức phù hợp. Sau khi khuếch đại tín hiệu qua bộ cân bằng để hiệu chỉnh hàm truyền đạt của bộ khuếch đại. Bộ lọc ở đây giới hạn băng tần của máy thu trong phạm vi yêu cầu đối với phổ tín hiệu và định ra đáp ứng tần số của máy thu nhằm tối ưu hoá chất lượng máy thu (làm giảm tối thiểu tạp âm phát ra từ bộ tách sóng và khuếch đại). Xung đồng hồ (clock) được lấy từ bộ tách đồng hồ, thực hiện bằng cách trích lấy ra từ luồng dữ liệu số chung và được dùng để tái tạo lại tín hiệu số trong mạch quyết định. Tín hiệu số đơn cực ở đầu ra bộ quyết định được đưa vào bộ giải mã để chuyển thành mã đường lưỡng cực tương ứng.

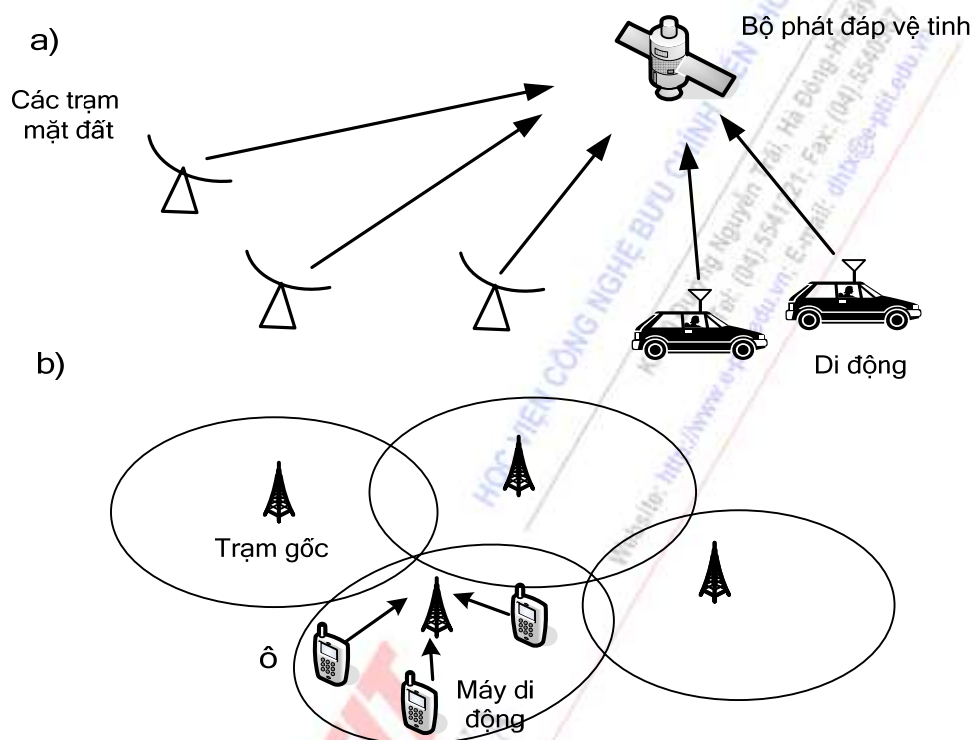


Hình 1.46: Sơ đồ khối bộ thu quang điển hình trong hệ thống truyền dẫn số

## 1.3. Thông tin vô tuyến

### 1.3.1. Các phương pháp đa truy nhập vô tuyến

Các phương thức đa truy nhập vô tuyến được sử dụng rộng rãi trong các mạng thông tin di động. Phần này giới thiệu tổng quan các phương pháp đa truy nhập sử dụng trong thông tin vô tuyến. Mô hình của một hệ thống đa truy nhập được cho ở hình 1.47.



**Hình 1.47. Các hệ thống đa truy nhập**

**a) các đầu cuối mặt đất và bộ phát đáp, b) các trạm di động và các trạm gốc**

Thông thường ở một hệ thống thông tin đa truy nhập vô tuyến có nhiều trạm đầu cuối và một số các trạm có nhiệm vụ kết nối các trạm đầu cuối này với mạng hoặc chuyển tiếp các tín hiệu từ các trạm đầu cuối đến một trạm khác. Các trạm đầu cuối ở trong các hệ thống thông tin di động mặt đất là các máy di động còn các trạm đầu cuối trong các hệ thống thông tin vệ tinh là các trạm thông tin vệ tinh mặt đất. Các trạm kết nối các trạm đầu cuối với mạng hoặc chuyển tiếp các tín hiệu từ các trạm đầu cuối đến các trạm khác là các trạm gốc trong thông tin di động mặt đất hoặc các bộ phát đáp trên vệ tinh trong các hệ thống thông tin vệ tinh. Do vai trò của trạm gốc trong thông tin di động mặt đất và bộ phát đáp vệ tinh cũng như máy di động và trạm mặt đất giống nhau ở các hệ thống đa truy nhập vô tuyến nên trong phần này ta sẽ xét chúng đối lẫn cho nhau. Trong các hệ thống thông tin đa truy nhập vô tuyến bao giờ cũng có hai đường truyền: một đường từ các trạm đầu cuối đến các trạm gốc hoặc các trạm phát đáp, còn đường khi theo chiều ngược lại. Theo quy ước chung đường thứ nhất được là đường lên còn đường thứ hai được gọi là đường xuống. Các phương pháp đa truy nhập được chia thành bốn loại chính:

- Đa truy nhập phân chia theo tần số (FDMA: Frequency Division Multiple Access).
- Đa truy nhập phân chia theo thời gian (TDMA: Time Division Multiple Access).

- Đa truy nhập phân chia theo mã (CDMA: Code Division Multiple Access).
- Đa truy nhập phân chia theo không gian (SDMA: Space Division Access).

Các phương pháp đa truy nhập cơ bản nói trên có thể kết hợp với nhau để tạo thành một phương pháp đa truy nhập mới.

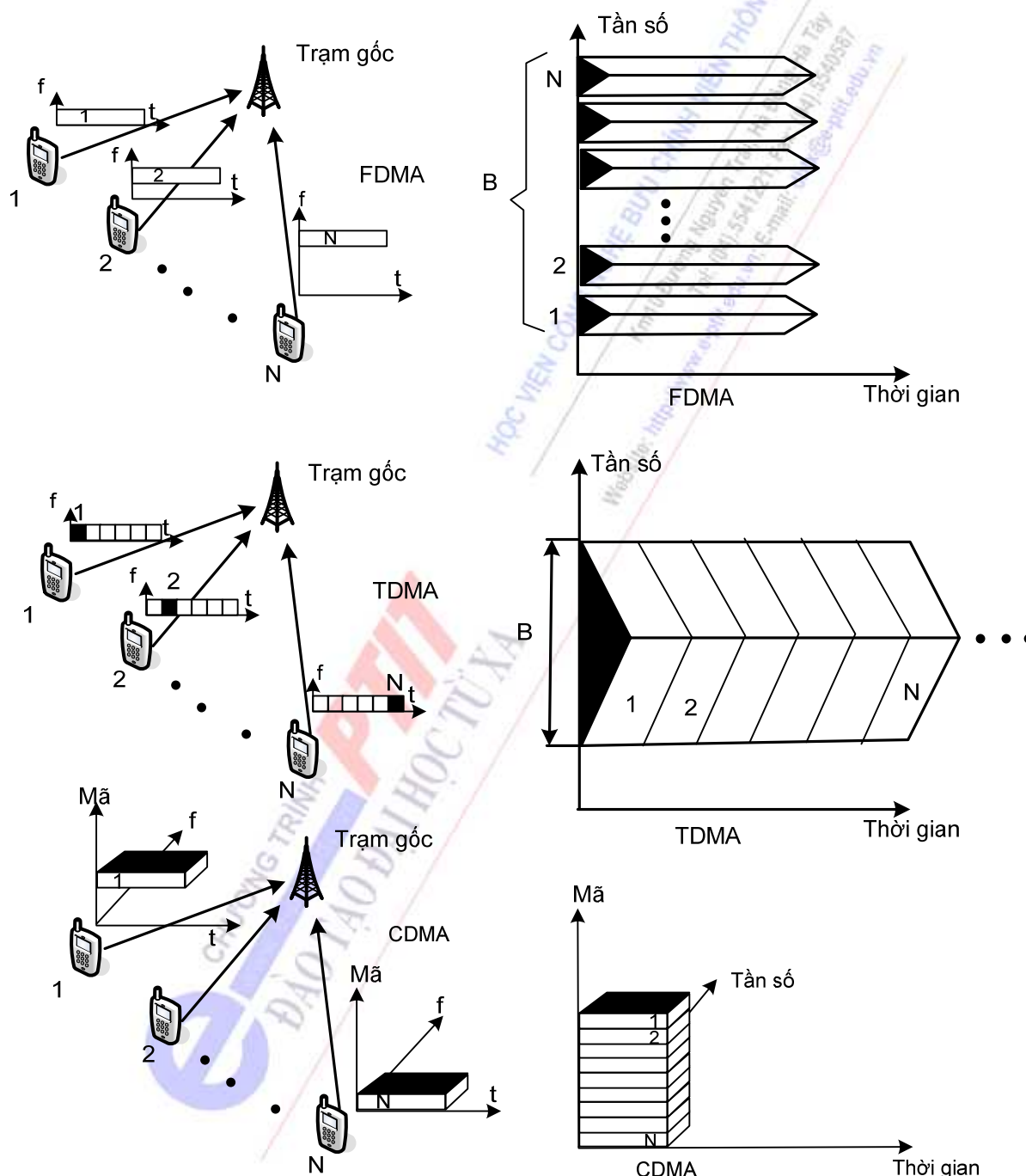
Các phương pháp đa truy nhập được xây dựng trên cơ sở phân chia tài nguyên vô tuyến cho các nguồn sử dụng (các kênh truyền dẫn) khác nhau.

Nguyên lý của ba phương pháp đa truy nhập cơ bản đầu tiên được cho ở hình 1.48. Mỗi kênh người sử dụng vô tuyến trong hệ thống vô tuyến tổ ong mật đất hay một trạm đầu cuối trong hệ thống thông tin vệ tinh đa trạm sử dụng một sóng mang có phổ nằm trong băng tần của kênh vào thời điểm hoạt động của kênh. Tài nguyên dành cho kênh có thể được trình bày ở dạng một hình chữ nhật trong mặt phẳng thời gian và tần số. Hình chữ nhật này thể hiện độ rộng của kênh và thời gian hoạt động của nó (hình 1.48). Khi không có một quy định trước các sóng mang đồng thời chiếm hình chữ nhật này và gây nhiễu cho nhau. Để tránh được can nhiễu này các máy thu của trạm gốc (hay các máy thu của các trạm phát đáp trên vệ tinh) và các máy thu của các trạm đầu cuối phải có khả năng phân biệt các sóng mang thu được. Để đạt được sự phân biệt này các tài nguyên phải được phân chia:

- Như là hàm số của vị trí năng lượng sóng mang ở vùng tần số. Nếu phổ của sóng mang chiếm các băng tần con khác nhau, máy thu có thể phân biệt các sóng mang bằng cách lọc. Đây là nguyên lý đa truy nhập phân chia theo tần số (FDMA: Frequency Division Multiple Access, hình 1.48a).
- Như là hàm vị trí thời gian của các năng lượng sóng mang. Máy thu thu lần lượt các sóng mang cùng tần số theo thời gian và phân tách chúng bằng cách mở công tắc lần lượt theo thời gian thậm chí cả khi các sóng mang này chiếm cùng một băng tần số. Đây là nguyên lý đa truy nhập phân chia theo thời gian (TDMA: Time Division Multiple Access; hình 1.48b).
- Như là hàm phụ thuộc mã của các năng lượng sóng mang. Máy thu thu đồng thời các sóng mang cùng tần số và phân tách chúng bằng cách giải mã các sóng mang này theo mã mà chúng được phát. Do mỗi kênh hay nguồn phát có một mã riêng nên máy thu có thể phân biệt được sóng mang thậm chí tất cả các sóng mang đồng thời chiếm cùng một tần số. Mã phân biệt kênh hay nguồn phát thường được thực hiện bằng các mã giả tạp âm (PN: Pseudo Noise Code). Phương pháp này được gọi là đa truy nhập phân chia theo mã (CDMA: Code Division Multiple Access; hình 1.48c). Việc sử dụng các mã này dẫn đến sự mở rộng đáng kể phổ tần của sóng mang so với phổ mà nó có thể có khi chỉ được điều chế bởi thông tin hữu ích. Đây cũng là lý do mà CDMA còn được gọi là đa truy nhập trải phổ (SSMA: Spread Spectrum Multiple Access).
- Như là hàm phụ thuộc vào không gian của các năng lượng sóng mang. Năng lượng sóng mang của các kênh hay các nguồn phát khác nhau được phân bố hợp lý trong không gian để chúng không gây nhiễu cho nhau. Vì các kênh hay các nguồn phát chỉ sử dụng không gian được quy định trước nên máy thu có thể thu được sóng mang của nguồn phát cần thu thậm chí khi tất cả các sóng mang khác đồng thời phát và phát trong cùng một băng tần. Phương pháp này được gọi là phương pháp đa truy nhập theo không gian (SDMA: Space Division Multiple Access). Có nhiều biện pháp để thực hiện SDMA như:
  1. Sử dụng lặp tần số cho các nguồn phát tại các khoảng cách đủ lớn trong không gian để chúng không gây nhiễu cho nhau. Phương pháp này thường được gọi là phương pháp tái sử dụng tần số và khoảng cách cần thiết để các nguồn phát cùng tần số không gây

nhiều cho nhau được gọi là khoảng cách tái sử dụng tần số. Cần lưu ý rằng thuật ngữ tái sử dụng tần số cũng được sử dụng cho trường hợp hai nguồn phát hay hai kênh truyền dẫn sử dụng chung tần số nhưng được phát đi ở hai phân cực khác nhau.

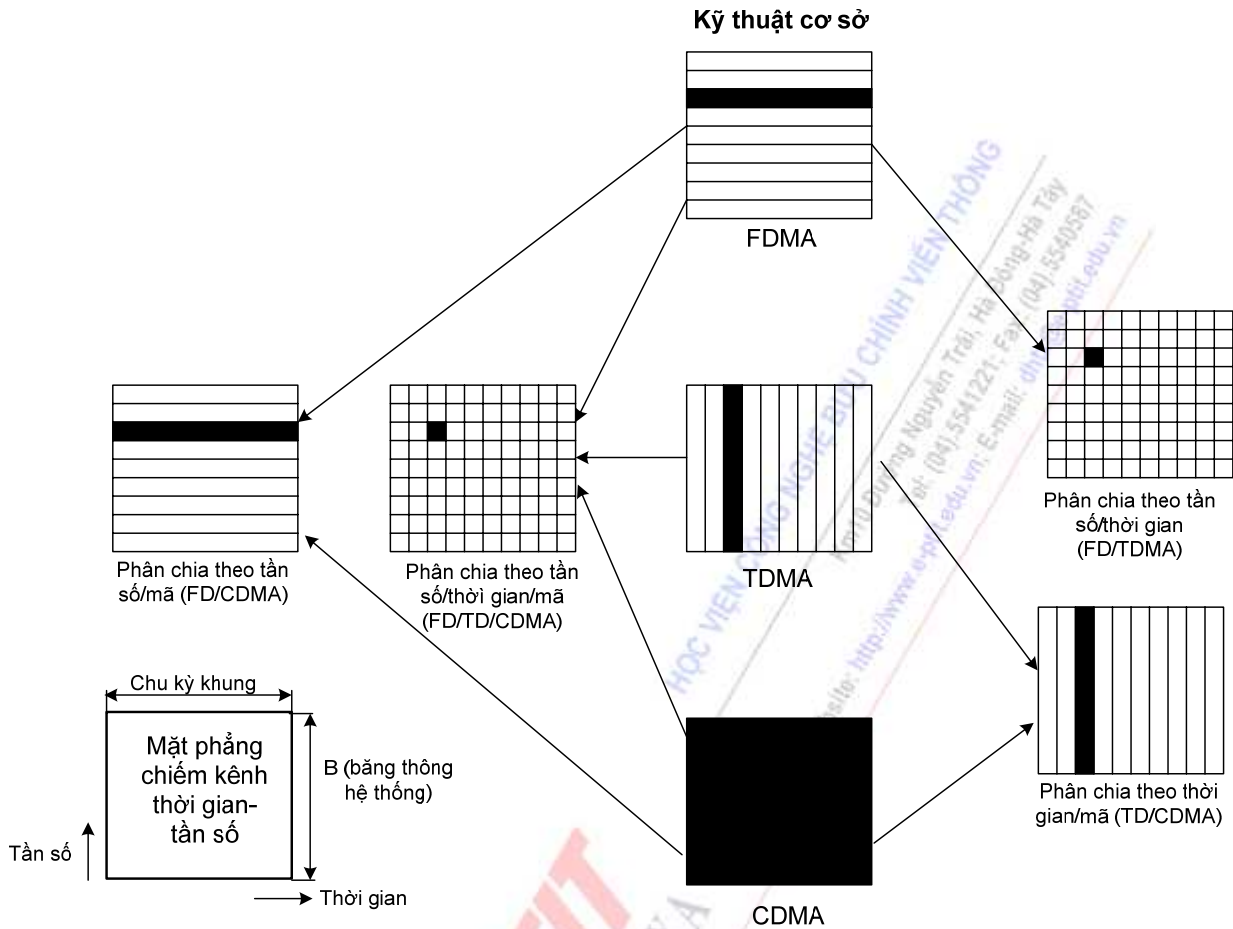
2. Sử dụng các anten thông minh (Smart Anten). Các anten này cho phép tập trung năng lượng sóng mang của nguồn phát vào hướng có lợi nhất cho máy thu chủ định và tránh gây nhiễu cho các máy thu khác.



Hình 1.48. Nguyên lý đa truy nhập

- a) Đa truy nhập phân chia theo tần số (FDMA); b) Đa truy nhập phân chia theo thời gian (TDMA); c) Đa truy nhập phân chia theo mã (CDMA)

Các phương pháp đa truy nhập nói trên có thể kết hợp với nhau. Hình 1.49 cho thấy các cách kết hợp của ba phương pháp đa truy nhập đầu tiên.



Hình 1.49. Kết hợp ba dạng đa truy nhập cơ sở thành các dạng đa truy nhập lai ghép

### 1.3.2. Hệ thống truyền dẫn vi ba số

#### 1.3.2.1. Giới thiệu chung

Sóng vô tuyến điện có bước sóng dưới một mét đến cỡ mi-li-mét được gọi là sóng vi ba. Sóng vi ba được dùng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khoa học, công nghệ và ứng dụng thực tế đời sống. Thông tin viễn thông và truyền thông quảng bá càng được dùng nhiều dẫn đến tài nguyên môi trường ngày càng quý giá. Hình thức truyền tin dựa trên môi trường không gian mở và như vậy nó chịu tác động nhiều bởi môi trường. Sự chồng chéo, xung đột sóng mang tín hiệu giữa các hệ thống thông tin khác nhau yêu cầu phải có sự bảo vệ của chính mình và quản lý ngày càng khoa học, chặt chẽ của nhà nước. Một trong các phương tiện thông tin vô tuyến quan trọng của xã hội loài người là hệ truyền thông tin điểm tới điểm trên mặt đất, ngày nay gọi là hệ thống vi ba số. Do đặc điểm truyền sóng trực tiếp từ điểm phát tới điểm thu nên nó còn có tên là thông tin tầm nhìn thẳng.

So với các hệ thống truyền dẫn khác, hệ thống truyền dẫn vi ba số có rất nhiều hạn chế do môi trường truyền dẫn là môi trường hờ và băng tần hạn hẹp. Truyền dẫn vi ba số được thực hiện ở dải tần từ 1 GHz đến vài chục GHz, trong khi đó truyền dẫn quang được thực hiện ở tần số vào khoảng  $2 \cdot 10^6$  GHz (nếu coi  $\lambda = 1500$  nm) vì thế băng tần truyền dẫn vi ba số rất hẹp so với quang.

Một số đặc tính quan trọng cần chú ý đối với truyền dẫn vi ba số là:



- Chất lượng tín hiệu khi truyền dẫn vi ba chịu tác động rất lớn của các điều kiện khí hậu thời tiết như mưa, gió, mây mù, bão, tuyết, ...
- Các nguồn nhiễu thiên nhiên, vũ trụ như sấm sét, bão từ cũng làm nhiễu thông tin.
- Tác động của các loại nhiễu điện từ do sản xuất công nghiệp và giao thông vận tải như hàn điện, các thiết bị điện đánh lửa, xe ô tô, các loại thiết bị dân dụng, ...
- Ảnh hưởng của địa hình đối với sóng truyền của đường truyền vi ba số giữa các trạm truyền dẫn như núi, đồi, sông, biển, nhà cao tầng, ...
- Sự suy hao công suất tín hiệu khá lớn trong môi trường truyền dẫn.
- Sự can nhiễu lẫn nhau giữa các kênh thông tin vô tuyến và các hệ thống thông tin khác nhau.
- Điều kiện dễ dàng đối với sự xâm nhập chiếm kênh trái phép và độ an toàn về bảo vệ bí mật thông tin là vô cùng khó khăn.

Tuy nhiên phương thức truyền dẫn vi ba số cũng có các ưu điểm mà các loại phương thức truyền dẫn khác không thể có được, ví dụ như:

- Hệ thống có khả năng linh hoạt, nhanh chóng đáp ứng phục vụ thông tin cho khách hàng mọi lúc mọi nơi và mọi dịch vụ. Nhu cầu di động sẽ không ngừng tăng trong tương lai.
- Việc triển khai hay tháo gỡ hệ thống truyền dẫn rất cơ động, khi không cần thiết có thể nhanh chóng chuyển sang lắp đặt ở vị trí khác của mạng viễn thông.
- Giá cả hệ thống và đầu tư ban đầu thấp. Ưu điểm này cho phép các nhà khai thác phát triển mạng viễn thông nhanh chóng ở các vùng cơ sở hạ tầng viễn thông chưa phát triển với vốn đầu tư thấp nhất.

Ngoài các ưu điểm trên thông tin vô tuyến là phương tiện thông tin duy nhất cho các chuyến bay vào vũ trụ, thông tin đạo hàng, định vị ....

Để phát huy được các ưu điểm và khắc phục các nhược điểm của truyền dẫn vi ba số, các nhà thiết kế thiết bị và hệ thống truyền dẫn vi ba số phải sử dụng các biện pháp công nghệ xử lý số và các công nghệ vô tuyến hiện đại.

### **1.3.2.2. Hiện tượng pha đỉnh**

Một ảnh hưởng rất nguy hiểm ở các đường truyền dẫn vi ba số là pha đỉnh. Từ lý thuyết truyền sóng ta biết pha đỉnh là hiện tượng tăng giảm thất thường của cường độ điện trường ở điểm thu. Nguyên nhân pha đỉnh có thể do thời tiết và địa hình làm thay đổi điều kiện truyền sóng. Khi xảy ra pha đỉnh trong truyền dẫn vi ba số, tại điểm thu cường độ sóng thu được lúc mạnh lúc yếu thậm chí có lúc mất thông tin. Pha đỉnh nguy hiểm nhất là pha đỉnh nhiều tia xảy ra do máy thu nhận được tín hiệu không phải chỉ từ tia đi thẳng mà còn từ nhiều tia khác phản xạ từ các điểm khác nhau trên đường truyền dẫn. Các hệ thống truyền dẫn vi ba số phải được trang bị các hệ thống và thiết bị chống pha đỉnh hữu hiệu.

Người ta chia hiện tượng pha đỉnh thành pha đỉnh phẳng và pha đỉnh lựa chọn tần số. Pha đỉnh phẳng là mối quan tâm đối với hệ thống dung lượng nhỏ băng tần hẹp. Pha đỉnh lựa chọn tần số cần quan tâm cho hệ thống truyền dẫn dung lượng cao, băng tần rộng. Pha đỉnh nhiều tia gây ra hậu quả xấu nhất do nhiều tia sóng đi quãng đường khác nhau cùng đến điểm thu với hiệu ứng lựa chọn làm méo biên độ và méo thời gian trễ suốt độ rộng băng tần của kênh truyền. Những sự méo này tạo nên sự giao thoa dấu hiệu S.I.S lớn hơn so với độ tăng của tạp âm nhiệt của tín hiệu thu.

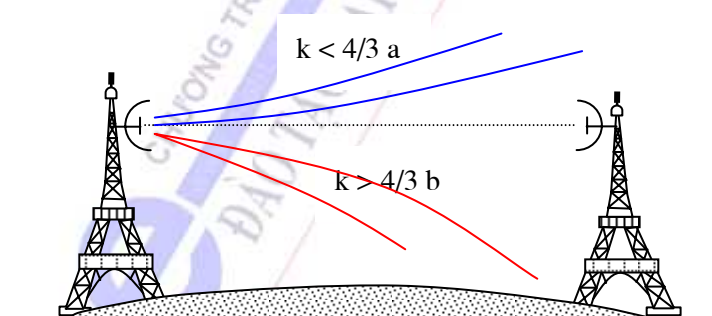
Không một loại pha đỉnh nào có thể tiên đoán được một cách chính xác bởi sự biến đổi của chúng tùy thuộc vào điều kiện không khí. Kinh nghiệm cho thấy điều kiện khí hậu và địa hình là nguyên nhân chính gây ra pha đỉnh mà tất cả khả năng pha đỉnh chỉ có thể xác định bằng thống kê. Nói cách khác là chỉ có thể dựa vào lý thuyết xác suất tính toán khả năng hệ thống vì ba số sẽ ngừng hoạt động với số phần trăm chắc chắn trong năm vì pha đỉnh. Trong phạm vi này số phần trăm dung sai là quá lớn. Người ta nghiên cứu và đề xuất một số kỹ thuật nhằm cải thiện thời gian gián đoạn thông tin.

### Pha đỉnh phẳng

Pha đỉnh phẳng xuất hiện thường xuyên là do chùm tia sóng truyền đi bị cong. Chùm tia sóng cực ngắn có thể bị chuyển hướng do sự thay đổi chỉ số khúc xạ của không khí (hằng số điện môi). Hệ số  $k = 4/3$  được dùng để tính toán truyền sóng ở điều kiện áp suất tiêu chuẩn. Tại đó tia sóng có độ cong bằng một phần tư của độ cong mặt đất thực.

$$k = \frac{\text{Bán kính quả đất hiệu dụng}}{\text{Bán kính thật của quả đất}}$$

Khi hai an-ten phát và thu được đặt trong điều kiện tiêu chuẩn, toàn bộ cường độ tín hiệu sẽ nhận được bởi máy thu. Khi mật độ không khí thay đổi thì chỉ số khúc xạ cũng thay đổi khác với điều kiện chuẩn làm cho chùm tia sóng có thể cong lên hay cong xuống phụ thuộc chỉ số  $k$ . Khi  $k$  nhỏ hơn  $4/3$  thường gọi là độ khúc xạ thấp hay điều kiện dưới chuẩn tia sóng có hướng cong lên. Khi  $k$  lớn hơn  $4/3$  thường gọi là độ khúc xạ cao hay điều kiện trên chuẩn tia sóng có hướng cong xuống. Việc phụ thuộc nghiêm ngặt của sự cong một trong hai loại trên có thể gây ra sự suy giảm đáng kể cường độ trường tín hiệu thu dẫn tới làm hỏng dịch vụ. Nói chung thì hầu như loại tia sóng xuất hiện cong lên phía trên an-ten thu. Đối với tia cong xuống, chùm không cong quá, một số năng lượng của chùm được phản xạ từ vật cản, sự pha đỉnh băng rộng được so sánh với sự quan hệ hẹp băng tần sóng cực ngắn là pha đỉnh phẳng hoặc pha đỉnh không lựa chọn. Tuy nhiên nếu số năng lượng được phản xạ từ vật cản và nó nhiều với năng lượng đường trực tiếp thì pha đỉnh là lựa chọn tần số. Tương tự đối với chùm tia cong lên, năng lượng không tới máy thu khác với đường trực tiếp, khi chùm tia cong xa xuất hiện pha đỉnh phẳng.



Tia sóng cong lên (a)      Tia sóng cong xuống (b)

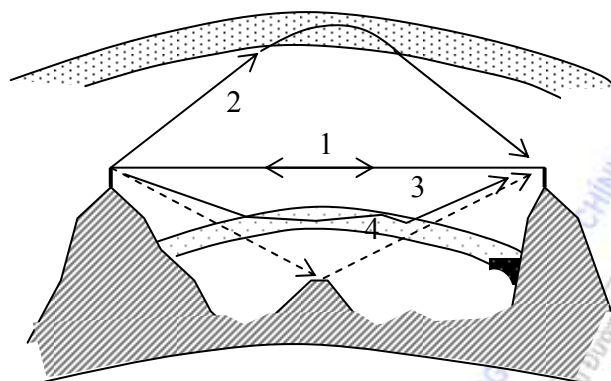
Hình 1.50: Hiện tượng tia sóng cong

### Pha đỉnh lựa chọn tần số

#### Pha đỉnh nhiều đường khí quyển

Khi các điều kiện khí quyển là các lớp với sự tồn tại các mật độ khác nhau, sự dẫn có thể xuất hiện. Nếu sự tập hợp các lớp làm sao cho các chùm tia sóng cực ngắn không bị bẫy mà chỉ bị

làm lệch hướng thì năng lượng sóng cực ngắn có thể đi tới an-ten thu bằng nhiều đường khác so với đường trực tiếp. Sự thu nhận nhiều đường gây ra pha đỉnh do hai sóng thu được hiếm khi cùng pha. Nếu chúng đến hoàn toàn trái pha, có ít gây mất công suất thu có thể lên đến 30 dB hoặc hơn, đó là điều trở ngại (hình 1.51).



Đường 1 trực tiếp ; đường 2,3 lệch ; đường 4 phản xạ .

**Hình 1.51: Các đường sóng từ phát đến thu.**

### Pha đỉnh nhiều tia phản xạ từ mặt đất

Sự phản xạ từ mặt đất tạo thành sự thu nhiều đường tia sóng nó sẽ là trở ngại khi các sóng thu được ngược pha. Khi phản xạ đất và pha đỉnh khí quyển xuất hiện đồng thời có thể xảy ra pha đỉnh sâu tới 40 dB. Nếu những tác động sửa lỗi không được tiến hành thì thông tin có thể ngừng trệ. Pha đỉnh nhiều tia là pha đỉnh lựa chọn tần số, do sự ngược pha làm mất thông tin nghĩa là các tia sóng đi các quãng đường khác nhau nửa bước sóng . Điều lưu ý là pha đỉnh sẽ không phải xuất hiện cùng một lúc với mọi tần số RF .

### **1.3.2.3. Nhiễu và phân bố tần số**

#### **1) Vấn đề nhiễu**

Khi tồn tại các hệ thống thông tin vô tuyến tương tự và số chúng có thể gây can nhiễu lẫn nhau. Nói chung có những vấn đề sau cần phải quan tâm :

- Can nhiễu hệ thống số đến hệ thống số.
- Can nhiễu hệ thống tương tự đến hệ thống số.
- Can nhiễu hệ thống số đến hệ thống tương tự.

Hệ thống số có tính chống nhiễu cao hơn hệ thống tương tự cùng tính năng, vấn đề là nhiễu từ hệ thống số đến các bộ phận tương tự của hệ thống.

Để hoạt động chính xác thì yêu cầu tỷ số sóng mang trên nhiễu C/I phải từ 15dB ÷ 20dB tùy theo kỹ thuật điều chế. Ở mạch phức hợp, có nhiều dạng nhiễu khác nhau, phần tử mang tin phải giữ C/I từ 15 đến 20 dB cả khi pha đỉnh, nghĩa là mức kênh nhiễu thấp hơn ngưỡng thu của kênh bị tạp âm 15 ÷ 20dB, thực tế điều này phân cho anten, lọc, ghép nối, ...

#### **2) Các nguồn nhiễu và tạp âm**

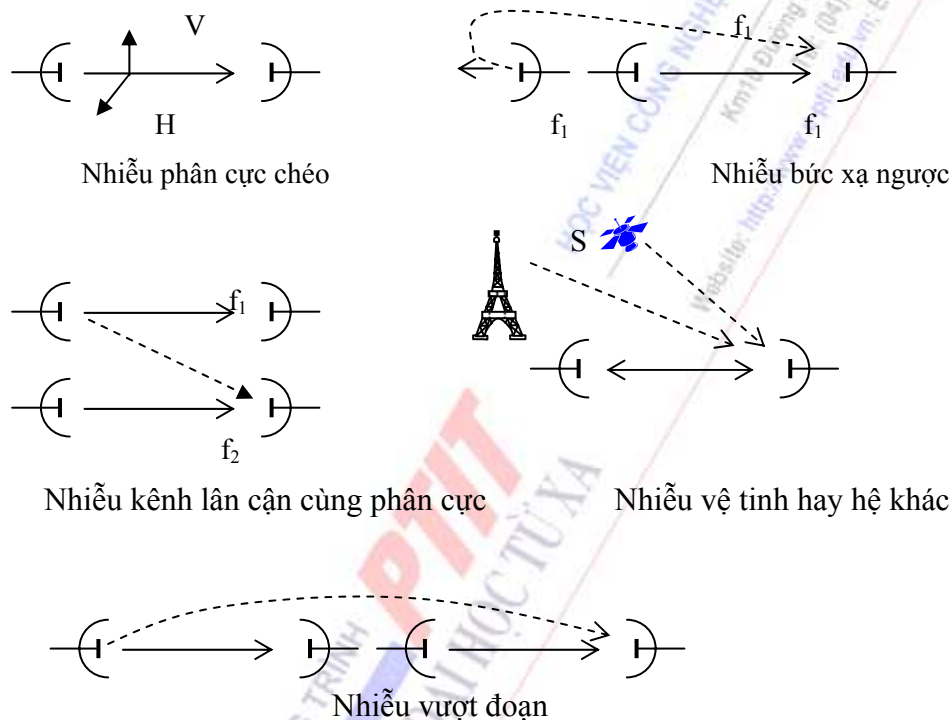
Có ba loại nguồn nhiễu chính : từ kênh phân cực chéo, kênh đồng phân cực lân cận và sự thu tần số đoạn ngược hướng với đoạn bị nhiễu.

+ Kênh phân cực chéo : được dùng cùng tần số nhằm tăng phổ tần và hiệu như “ dùng lại tần số ” mang. Bình thường sự phân biệt hai sóng là thỏa mãn, khi bị suy yếu pha đỉnh thì mức nhiễu cùng kênh sẽ tăng.

+ Nhiễu kênh lân cận : xảy ra giữa các hệ thống cùng hoạt động trên một vùng nhưng không chung đường và địa điểm trạm ; hai hệ trên một vùng không chung đường cùng trạm ; hai hệ chung đường .... như hình 1.52.

Mỗi nguồn tạp âm làm tăng tỷ số lỗi và giảm độ dự trữ pha đỉnh phẳng. Để vượt qua độ suy giảm, duy trì được chỉ tiêu BER thì phải tăng mức công suất phát, nghĩa là tăng mức công suất thu.

Nhiều từ các kênh lân cận hoặc nhiễu từ kênh cao tần lân cận cùng cực tính có quan hệ chặt chẽ đến việc chọn khoảng cách giữa các kênh.



Hình 1.52: Một số dạng nhiễu ở vi ba số

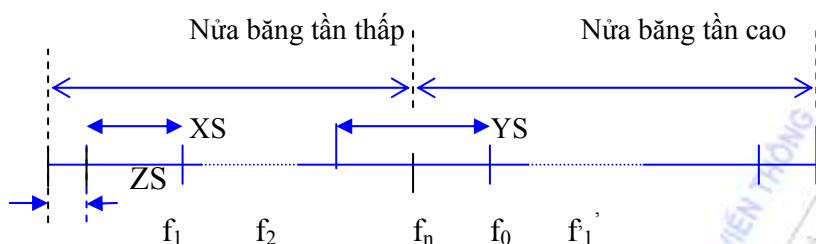
### 3) Phân bố tần số

Để chống nhiễu cần bố trí băng tần hợp lý, CCIR khuyến nghị : hệ số phổ hiệu dụng ít nhất là 2bit/s/Hz và tốc độ bit phải bằng hoặc hơn độ rộng băng tần RF, không phụ thuộc phân cực, vào tần số sử dụng lại hoặc cấu hình hệ thống. Việc chọn băng tần có tác dụng lớn đến đặc tính của thiết bị.

Các băng tần của thiết bị vi ba số có những ràng buộc bởi đặc điểm đã nêu ở trên, nó còn bị ràng buộc bởi yếu tố tính khả dụng của phổ tự do, sự phân bố tần số và các điều lệ quản lý khác. Băng tần được chia thành nửa băng tần thấp và nửa băng tần cao và phần phòng vệ ở rìa băng ZS. Khoảng cách cực tiểu giữa hai nửa băng XS được quyết định bằng cách xét đến nhiễu của kênh lân cận và khoảng cách cực tiểu giữa tần số phát và thu (YS). Khoảng cách tần số thường được xác định tiêu chuẩn hoá theo tốc độ đầu hiệu  $r_s$  của hệ thống. Việc sử dụng phân cực đứng và ngang trong hệ thống số có thể dùng tải tần như nhau, các tín hiệu thu tách biệt nhau thực hiện theo độ phân biệt đối với phân cực chéo của an-ten. Sự khác nhau này cũng có thể xảy ra trong sự



phân bố xen nhau, ở đó các sóng mang có thể lệch đi bằng độ rộng nửa kênh. Lúc này dùng các bộ lọc loại trừ sóng không mong muốn. Hình 1.53 biểu diễn phân chia băng tần RF.



Hình 1.53: Phân bố băng tần

Đối với các anten có độ tăng ích cao, các hệ thống số làm việc với cùng tần số sóng mang có thể khai thác trên một số hướng có góc hướng thấp đến  $60^\circ$  hoặc nhỏ hơn.

Ví dụ, theo khuyến nghị 497-2CCIR có thể phân bố tần số vô tuyến theo :

Nửa băng tần dưới  $f_n = (f_0 - 295 + 35n)$  MHz

Nửa băng tần trên  $f_n = (f_0 + 21 + 35n)$  MHz

với  $n = 1, 2, 3, 4, 5$  và  $6$ .

- +  $f_0$  tần số trung tâm băng RF thuộc thiết bị.
- +  $f_n$  tần số tâm phổ sóng mang thứ  $n$  thuộc một nửa băng thấp.
- +  $f_n'$  tần số tâm phổ sóng mang thứ  $n$  thuộc một nửa băng cao.

Nếu hệ làm việc ở tốc độ 34Mbit/s thì theo khuyến nghị 497-2CCIR :

Nửa băng tần dưới  $f_n = (f_0 - 295 + 28n)$  MHz

Nửa băng tần trên  $f_n' = (f_0 + 7 + 28n)$  MHz

$n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ .

#### 1.3.2.4. Một số biện pháp bảo đảm chất lượng truyền dẫn ở vi ba số

Các kỹ thuật sử dụng để chống lại các ảnh hưởng của pha đỉnh phẳng và pha đỉnh lựa chọn tần số nhiều đường (sóng) là phân tập không gian hay phân tập tần số, các bộ cân bằng tự thích nghi hiệu chỉnh các biến đổi tín hiệu thu trong kênh do đường truyền gây ra. Phân tập không gian cùng kết hợp các bộ khử giao thoa phân cực giao nhau nhằm nâng cao chất lượng trong lúc có pha đỉnh lựa chọn. Thời gian gián đoạn thông tin phải giảm sao cho các chỉ tiêu chất lượng của tuyến hay hệ thống có thể được thỏa mãn.

##### 1) Phân tập theo không gian

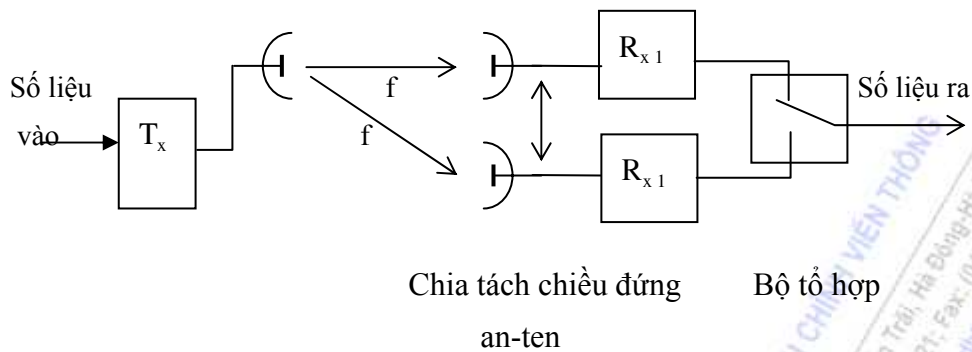
Định nghĩa phân tập theo không gian là truyền dẫn đồng thời một tín hiệu, một kênh vô tuyến trên hai anten (hay nhiều hơn) để thu hay để phát. Như tên gọi, người ta dùng hai anten đặt cách nhau một khoảng cách nào đó để phát hay thu một tín hiệu được truyền từ nguồn tới đích.

Khoảng cách giữa các anten được chọn sao cho tín hiệu thu được riêng biệt không tương quan nhau. Thực tế không bao giờ đạt được hệ số tương quan bằng "0" thậm chí rất thấp song điều này không làm giảm lợi ích của phân tập.

Các tín hiệu thu được của hệ thống phân tập không gian phải được tổ hợp lại như hình 1.54. Sự tiến hành việc này bằng cách dùng một bộ tổ hợp công suất cực đại nhằm cực đại hoá các tín hiệu thu được làm san phẳng đáp tuyến tần số biên độ hay đáp ứng tần số thời gian trễ nhóm của



tín hiệu tổng hợp hay dùng một chuyển mạch BB phù hợp, lựa chọn tín hiệu có BER thấp. Nếu bộ chuyển đổi được khởi động bằng bộ đo tỷ số lỗi bit nhanh nhất thì loại tổ hợp này rất hữu hiệu.



Hình 1.54: Phân tập không gian

Các phân tích cho thấy sự cải thiện độ tin cậy của hệ thống (hay giảm thời gian gián đoạn do pha đình) nằm trong giải hệ số 10 đến 200. Sự cải thiện được tăng cường bằng sự tăng tần số, dự phòng pha đình đặt an-ten cách nhau theo chiều đứng và giảm độ dài của đoạn đường truyền. Khoảng điển hình các an-ten ít nhất là 200 lần bước sóng (ví dụ : băng 6GHz thì cách > 10m)

Biểu thức hệ số cải thiện :

$$I = \frac{T}{T_d}$$

Với T và  $T_d$  là thời gian có và không có phân tập. Phân tập không gian cải thiện ở đường truyền qua mặt đất với các phản xạ mặt đất không đáng kể có thể gần đúng bằng công thức Vigant:

$$I_s = \frac{1,2 \times 10^{-3} \eta S^2 f 10^{(F-V)} / 10}{d}$$

$\eta$  : hiệu quả của chuyển mạch phân tập.

S : khoảng cách các tâm an-ten ( $5 \leq S \leq 15$ ) m

f : tần số GHz

F : độ sâu pha đình

V : khác nhau hệ số lợi an-ten

d : độ dài đoạn truyền dẫn

Gần đây sự đạt được độ lợi với an-ten đặt ngang hai bên tháp thay đặt đứng. Trong trường hợp này mỗi an-ten có góc ngẩng (elevation) khác nhau và nó giải thích tại sao thường được gọi là phân tập góc mặc dầu sự khác nhau góc ngẩng có thể giữa chúng khác  $1^\circ$  trở lên mà đủ sự khác nhau về nhận cường độ tín hiệu thu trong môi trường pha đình nhiều đường (đi của sóng) nhằm nhận sự cải thiện có nghĩa thực tiễn. Việc nghiên cứu vẫn còn tiếp tục trong lĩnh vực này. Phân tập không gian là lựa chọn thứ nhất cho bảo vệ hệ thống. Nó rẻ và không mở rộng băng tần như phân tập tần số.

## 2) Phân tập theo tần số

Sự bảo vệ hệ thống đạt được của loại phân tập tần số, sự hoạt động hiệu quả của các máy vô tuyến mà chúng hoạt động trên cùng Anten thu và phát, hình 1.55. Thông tin được phát ra đồng thời trên hai máy phát có tần số làm việc khác. Chúng được ghép chung ống dẫn sóng tới Anten và bức xạ vào không gian (thường khác cực tính). Tại đầu thu thông tin được Anten chọn lọc qua ống sóng và bộ lọc chia tách hai đường sóng mang cho hai máy thu riêng. Bộ tổng hợp bảo đảm cho tín hiệu đầu ra lớn nhất. Nếu hai tần số của máy phát rộng, pha định lựa chọn tần số có tác dụng thấp cả hai đường và cải thiện tốt thông tin. Sự sai khác tần số là 2% là tốt, 5% rất tốt. Nghĩa là 6GHz đến ít nhất là 120Mhz. Nhược điểm là băng tần rộng.

Sự tính toán cho thấy độ cải thiện là 10 so với 0. Theo CCIR báo cáo 338 hệ số cải thiện xấp xỉ :

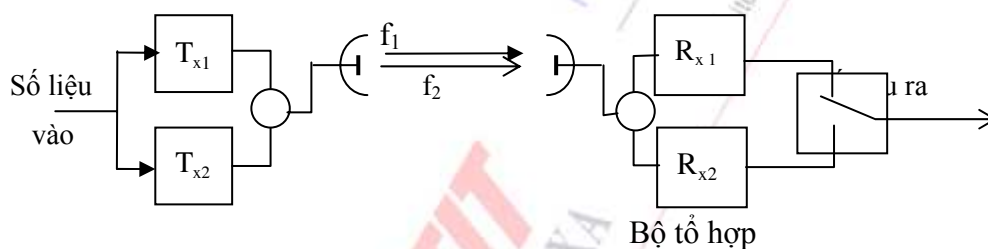
với  $\Delta f$  : khoảng cách f (GHz)

$$I_f = \frac{80 \Delta f 10^{F/10}}{f^2 d}$$

F : độ sâu pha đỉnh (dB)

f : tần số sóng mang (GHz) ( $2 \leq f \leq 11$ )

d : khoảng hợp km ( $30 \leq d \leq 70$ )



Hình 1.55: Phân tập theo tần số

Phân tập theo tần số và theo không gian cho các trường hợp xảy ra pha đỉnh, nhiễu đường vô cùng cao. Để cải thiện tốt, kỹ thuật chuyển mạch hitless được sử dụng. Chùm bit thu được tại băng tần gốc được tạo lại từng bit, nếu lỗi bị phát hiện, dùng bộ nhớ đàn hồi quyết định chuyển mạch tới luồng bit không lỗi. Đây là phương pháp chuyển mạch không lỗi bit hoặc hitless. Để tránh sự cố truyền dẫn người ta tiến hành thêm cấu hình dự phòng nóng (Hot standby).

### 3) Các bộ cân bằng thích ứng trung tần

Người ta đã biết được dạng sóng trung tần bằng thông bị thay đổi nghiêm trọng khi có pha đỉnh nhiễu đường sóng. Một số tần số trong phổ sóng mang bị suy giảm quá nghiêm trọng hơn các tần số khác. Kết quả điều này dẫn đến méo băng tần gốc dẫn tới lỗi và hỏng đường truyền. Các bộ cân bằng thích ứng IF làm giảm tối thiểu điều này. Điều này rất quan trọng, nó cần thiết để xem xét lại điều kiện truyền sóng tồn tại giữa các Anten thu phát.

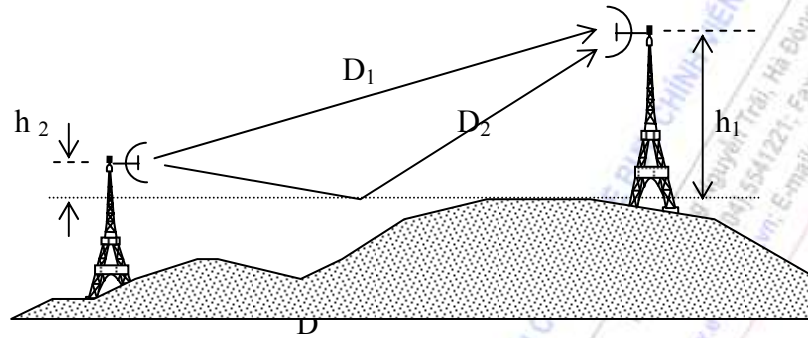
Khí quyển tạo ra các đường sóng  $D_1$  và  $D_2$  có độ dài khác nhau.

$$d = D_1 - D_2 = \frac{2h_1 h_2}{D}$$

Ví dụ :  $h_1 = 60 \text{ m}$  ;  $h_2 = 500 \text{ m}$  ;  $D = 50 \text{ km}$  thì  $d = 1,2 \text{ m}$

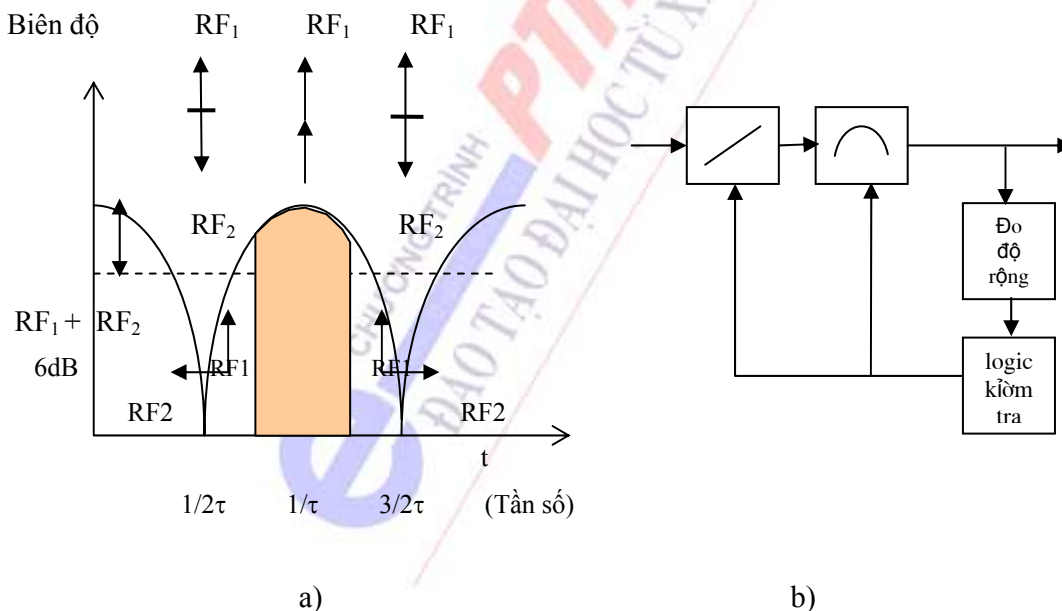
$$t = \frac{\text{quãng đường sóng}}{\text{tốc độ truyền}} = \frac{1,2}{3 \cdot 10^8} = 4 \text{ ns}$$

Thời gian đi của hai đường sóng khác nhau điều này tương đương  $f = 1/t = 250 \text{ MHz}$ . Nếu tổng hợp đồ thị véc tơ hai đường truyền thời gian khác nhau, nó có giá trị max nếu cùng pha và bằng 0 nếu ngược pha. Tuy nhiên thực tế ít khi như vậy.



**Hình 1.56: Lan truyền nhiều tia sóng khác nhau gây méo phổ**

Như ví dụ này thì sự cùng pha và khác pha mỗi 250Mhz. Tất cả các điểm trên đường cong tuần hoàn sẽ có pha khác nhau từ  $0 \div 180^\circ$ . Đường cong gọi là đường xicloit. Thường thì tín hiệu tổng hợp tăng hơn tín hiệu đường truyền trực tiếp riêng rẽ là 6dB. Giả sử trung tần cho giải điều chế điển hình 56Mhz, chỉ một phần đường cong tuần hoàn được tính bằng trung tần giải điều chế (hình 1.57a).



**Hình 1.57: Đường cong méo phổ và chống méo phổ (do pha định)**

Sự giải điều tốt nhất khi băng trung tần rơi vào giữa vùng biên độ lớn nhất của đường cong, ngược lại thì xấu và xấu nhất khi băng trung tần rơi vào vùng khe đường cong. Pha định biến động nên khó khăn đạt được tối ưu cho giải điều chế.

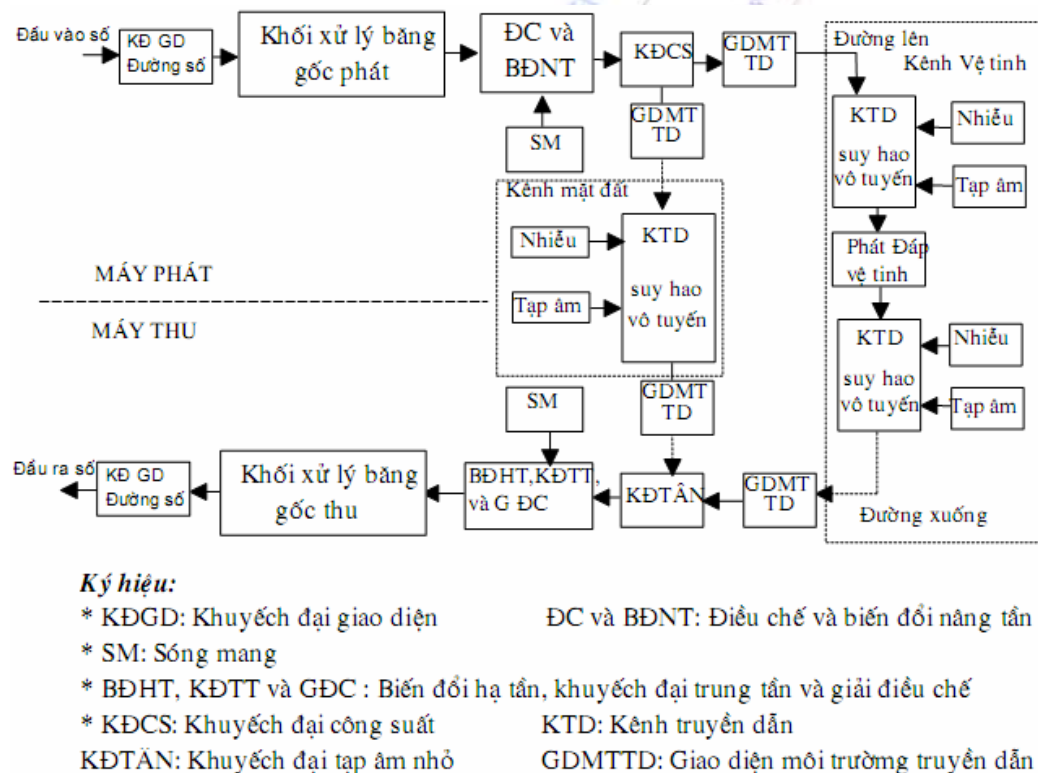
Người ta dùng các loại bộ cân bằng thích ứng sẽ điều chỉnh cho hiện tượng này để chống pha đỉnh cải thiện sự không phẳng của đáp ứng qua băng IF. Có loại bộ cân bằng nghiêng (Slope) và cân bằng cầu vồng (Hump) (hình 1.57b).

#### 4) Các bộ cân bằng ngang thích ứng băng gốc

Một phương pháp khác có thể chống méo tại băng tần gốc. Sự hoạt động bộ cân bằng ngang có thể được giải thích tốt nhất bằng xem đáp ứng xung kênh méo so sánh với đáp ứng xung kênh lý tưởng, trong đó có cắt ngang “không” cân bằng tại lúc ngừng dấu hiệu. Đáp ứng xung kênh méo có số biên độ dương và âm tại các điểm nơi có thể là điểm cắt “không” hay nói cách khác là hiệu ứng vòng méo trễ. Mục tiêu của bộ cân bằng băng gốc là tối thiểu hoá nhiễu giao thoa dấu hiệu (ISI) do điều kiện truyền sóng nghĩa là bộ cân bằng ngang cường bức điểm cắt “không” đúng nơi nó cần xuất hiện. Sau tính toán thành lập được toàn bộ sơ đồ khối bộ cân bằng ngang băng gốc trên cơ sở các mạch logic.

#### 1.3.2.5. Hệ thống truyền dẫn vi ba số

Sơ đồ khối tổng quát của một hệ thống truyền dẫn vi ba số được cho ở hình 1.58.



Hình 1.58: Sơ đồ khối hệ thống vi ba số

Vai trò của các khối chức năng trong sơ đồ hình 1.58 như sau.

#### a/ Phía phát

\* Khối KĐ và giao diện đường số có các chức năng sau:

- + Phối kháng với đường số
- + Khuếch đại và cân bằng cấp đường truyền số

- + Biến đổi mã đường vào mã máy
- + Tái sinh tín hiệu số
- + Khôi phục xung đồng hồ

\* Khối xử lý số băng gốc phát:

- + Ghép thêm các thông tin điều khiển và quản lý đường truyền
- + Mật mã hoá các thông tin quan trọng
- + Mã hoá kênh chống lỗi
- + Ngẫu nhiên hoá tín hiệu số trước khi đưa lên điều chế

\* Khối điều chế và biến đổi nâng tần:

- + Điều chế sóng mang bằng tín hiệu số để chuyển đổi tín hiệu số này vào vùng tần số cao thuận tiện cho việc truyền dẫn
- + Đối với các máy phát đổi tần với điều chế thực hiện ở trung tần khối biến đổi nâng tần cho phép chuyển tín hiệu trung tần phát vào tần số vô tuyến trước khi phát.

\* Khối khuếch đại công suất:

- + Khuếch đại công suất phát đến mức cần thiết trước khi đưa phát vào không trung.

**b/ Phía thu:**

\* Khuếch đại tạp âm nhỏ:

- + Khuếch đại tín hiệu thu yếu trong khi khuếch đại rất ít tạp âm

\* Biến đổi hạ tần, khuếch đại trung tần và giải điều chế :

- + Đối với máy thu đổi tần trước khi giải điều chế tín hiệu thu được biến đổi vào trung tần thu nhờ khối biến đổi hạ tần. Trong quá trình biến đổi hạ tần do xuất hiện tần số ảnh gương nên khối biến đổi hạ tần thường làm thêm nhiệm vụ triệt tần số ảnh gương.
- + Đối với các máy thu đổi tần sau biến đổi hạ tần là khuếch đại trung tần. Nhiệm vụ của khối chức năng này là khuếch đại, lọc nhiễu kênh lân cận và cân bằng thích ứng ở vùng tần số cũng như cân bằng trễ nhóm ở các phần tử của kênh truyền dẫn .
- + Giải điều chế tín hiệu thu để phục hồi tín hiệu số

\* Xử lý số băng tần gốc thu:

- + Thực hiện các chức năng ngược với khối xử lý số băng gốc phát như:
  - Giải ghép xen
  - Giải mã kênh
  - Giải ngẫu nhiên
  - Phân luồng cho luồng số chính và luồng số điều khiển quản lý đường truyền
  - Cân bằng thích ứng ở vùng thời gian để giảm thiểu ảnh hưởng của fading

\* Khuếch đại và giao diện đường số:

- + Khuếch đại tín hiệu số đến mức cần thiết trước khi đưa ra ngoài máy
- + Biến đổi mã máy vào mã đường
- + Phối kháng với đường số



**c/ Giao diện môi trường truyền dẫn:**

+ Là hệ thống anten-phidor và các thiết bị siêu cao tần cho phép các máy thu và máy phát giao tiếp với môi trường truyền dẫn vô tuyến.

**1.3.3. Hệ thống thông tin di động**

**1.3.3.1. Các đặc điểm chính của thông tin di động**

Công nghệ thông tin vô tuyến đã phát triển với những bước dài từ điện báo, phát thanh vô tuyến và truyền hình tới việc sử dụng trải phổ cho điện thoại di động. Vấn đề đáp ứng sự tăng trưởng về dung lượng mà không cần tăng phổ vô tuyến đã được giải quyết bằng cách giảm công suất của trạm thu phát vô tuyến BTS chỉ phục vụ một vùng nhỏ (Cell) và phủ sóng một vùng rộng bằng cách đặt nhiều cell liên tiếp nhau. Mỗi cell được ấn định một phần nhỏ của toàn bộ tài nguyên phổ tần số được ấn định. Các cell đặt xa nhau có thể sử dụng cùng một tần số, đó là xuất xứ của tên mạng tổ ong Cellular. Nhờ khả năng sử dụng lại tần số này mà mạng cellular có dung lượng lớn hơn.

Thế hệ đầu tiên của các hệ thống tổ ong là các hệ thống Analog được hãng NTT sử dụng tại Tokyo vào năm 1977. Mạng Analog NMT được sử dụng tại châu Âu vào năm 1981, mạng AMPS được sử dụng tại Bắc Mỹ vào năm 1983.

Vào cuối những năm 80 thế hệ đầu tiên của hệ thống Cellular dựa trên các kỹ thuật báo hiệu analog tỏ ra đã lỗi thời. Những tiến bộ về công nghệ mạch tích hợp cho phép các kỹ thuật mã hoá tiên tiến được sử dụng, cho phép tăng hiệu quả sử dụng phổ vô tuyến. Thêm vào đó viễn thông số cho phép sử dụng mã hoá sửa sai cung cấp một phương thức chống lại nhiễu, vấn đề gây nhiều khó khăn cho hệ thống analog. Ngoài ra các hệ thống số cho phép ghép các loại số liệu khác nhau và điều khiển hiệu quả mạng lưới.

Sự triển khai toàn cầu của hệ thống thông tin cellular số bắt đầu vào đầu những năm 90. Ở châu Âu đó là GSM, hệ thống này thống nhất tiêu chuẩn trước đó được dùng ở châu Âu như hệ thống NMT ở bán đảo Scandinavia, hệ thống C-450 ở Đức và các hệ thống khác như TACS và R-2000. Hệ thống GSM đạt được hai mục đích là cải thiện công nghệ truyền dẫn và cung cấp một tiêu chuẩn thống nhất. Ở Bắc Mỹ đó là hệ thống DAMPS (tiêu chuẩn IS 136), ở Nhật là hệ thống PDC, ngoài ra cuối những năm 90 xuất hiện hệ thống CDMA (tiêu chuẩn IS-95).

Ngoài nhiệm vụ phải cung cấp các dịch vụ như mạng điện thoại cố định thông thường, các mạng thông tin di động phải cung cấp các dịch vụ đặc thù cho mạng di động để đảm bảo thông tin mọi lúc, mọi nơi.

Để đảm bảo các chức năng nói trên các mạng thông tin di động phải đảm bảo một số đặc tính cơ bản sau:

1. Sử dụng hiệu quả băng tần được cấp phát để đạt được dung lượng cao do sự hạn chế của dải tần vô tuyến sử dụng cho thông tin di động.
2. Đảm bảo chất lượng truyền dẫn yêu cầu. Do truyền dẫn được thực hiện bằng vô tuyến là môi trường truyền dẫn hờ, nên tín hiệu dễ bị ảnh hưởng của nhiễu pha định. Các hệ thống thông tin di động phải có khả năng hạn chế tối đa các ảnh hưởng này. Ngoài ra để tiết kiệm băng tần ở mạng thông tin di động chỉ có thể sử dụng các Codec tốc độ thấp. Các Codec này phải được thiết kế theo công nghệ đặc biệt để đạt được chất lượng truyền dẫn cao.

3. Đảm bảo an toàn thông tin tốt nhất. Môi trường truyền dẫn vô tuyến là môi trường rất dễ bị nghe trộm và sử dụng trộm đường truyền nên cần phải có biện pháp đặc biệt để đảm bảo an toàn thông tin. Để đảm bảo quyền lợi của người thuê bao cần giữ bí mật số nhận dạng thuê bao và kiểm tra tính hợp lệ của mỗi người sử dụng khi họ truy nhập mạng. Để chống nghe trộm cần mã hoá thông tin của người sử dụng. Ở một số hệ thống thông tin di động người ta sử dụng một khoá nhận dạng bí mật riêng lưu ở bộ nhớ an toàn. Ở hệ thống GSM thẻ SIM-Card được sử dụng. Người thuê bao cắm thẻ này vào máy di động của mình và chỉ có người này có thể sử dụng nó. Các thông tin lưu giữ ở SIM-Card cho phép đảm bảo an toàn thông tin.
4. Giảm tối đa rút cuộc gọi khi thuê bao di động chuyển từ vùng phủ này sang vùng phủ khác.
5. Cho phép phát triển các dịch vụ mới, nhất là các dịch vụ phi thoại.
6. Để mang tính toàn cầu phải cho phép chuyển mạng quốc tế.
7. Các thiết bị cầm tay phải gọn nhẹ và tiêu thụ ít năng lượng.

### 1.3.3.2. Các công nghệ sử dụng trong thông tin di động

#### Công nghệ FDMA

Công nghệ FDMA là công nghệ đa truy cập phân chia theo tần số. Phổ tần số qui định cho liên lạc di động được chia thành  $2N$  dải tần số kế tiếp, cách nhau một dải tần phòng vệ. Mỗi dải tần được gán cho một kênh liên lạc.  $N$  dải tần dành cho liên lạc hướng lên, sau một dải tần phân cách là  $N$  dải tần kế tiếp dành cho liên lạc hướng xuống.

Đặc điểm: mỗi MS được cấp phát đôi kênh liên lạc suốt thời gian thông tuyến. Nhiều giao thoa do tần số các kênh lân cận nhau là rất đáng kể BTS phải có bộ thu phát riêng làm việc với mỗi MS trong tế bào.

Hệ thống FDMA điển hình là hệ thống di động AMPS (Advanced mobile phone system).

#### Công nghệ TDMA

Công nghệ TDMA là công nghệ đa truy cập phân chia theo thời gian. Phổ tần số quy định cho liên lạc di động được chia thành dải tần liên lạc, mỗi dải tần liên lạc này được dùng chung cho  $N$  kênh liên lạc, mỗi kênh liên lạc là một khe thời gian trong chu kỳ 1 khung. Tín tức được tổ chức dưới dạng gói, mỗi gói có bit chỉ thị đầu gói, bit chỉ cuối gói, các bit đồng bộ, các bit bảo vệ và các bit dữ liệu.

Đặc điểm: Tín hiệu của thuê bao được truyền dẫn số. Liên lạc song công mỗi hướng thuộc dải tần liên lạc khác nhau. Giảm nhiễu giao thoa, giảm số máy thu phát ở BTS. Fading và trễ truyền dẫn là những vấn đề kỹ thuật rất phức tạp, ngoài ra ISI (giao thoa các ký hiệu) hay mất đồng bộ cũng là những vấn đề cần giải quyết.

Hệ thống TDMA điển hình là hệ thống di động GSM (Global System for Mobile communication).

#### Công nghệ CDMA

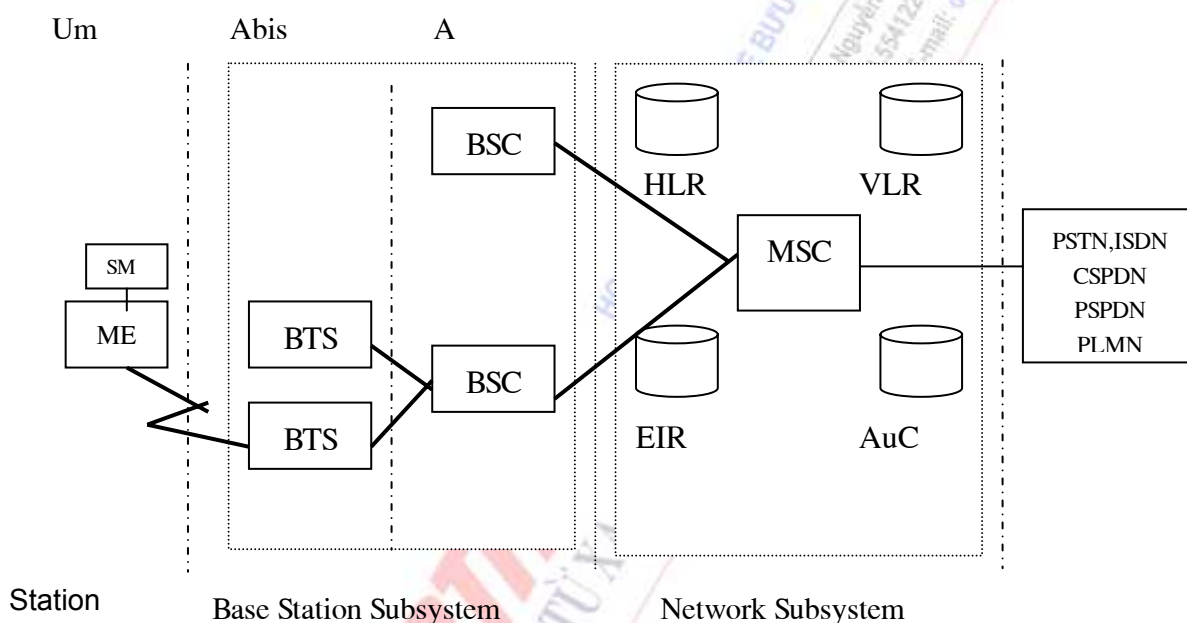
Công nghệ CDMA là công nghệ đa truy cập phân chia theo mã. Mỗi MS được gán một mã riêng biệt và kỹ thuật trải phổ tín hiệu giúp cho các MS không gây nhiễu lẫn nhau trong điều kiện cùng một lúc dùng chung dải tần số.

Đặc điểm: dải tần tín hiệu rộng hàng trăm Mhz, sử dụng kỹ thuật trải phổ phức tạp. Kỹ thuật trải phổ cho phép tín hiệu vô tuyến sử dụng có cường độ trường rất nhỏ và chống pha đỉnh hiệu quả hơn FDMA hay TDMA. Việc các thuê bao MS trong tế bào dùng chung tần số khiến cho thiết bị truyền dẫn vô tuyến đơn giản, việc thay đổi kế hoạch tần số không còn là vấn đề phức tạp, chuyển giao trở nên mềm dẻo hơn, điều khiển dung lượng trong tế bào rất linh hoạt.

Hệ thống CDMA cũng áp dụng kỹ thuật nén số như TDMA, nhưng với tốc độ bit thay đổi theo tích cực thoại, nên tín hiệu thoại có tốc độ bit trung bình nhỏ hơn.

### 1.3.3.3. Cấu trúc và các thành phần của hệ thống GSM

Hệ thống GSM có thể chia thành ba phần chính : hệ thống BSS, hệ thống mạng chuyển mạch NSS và hệ thống vận hành và bảo dưỡng O&M (hình 1.59).



**Hình 1.59: Cấu trúc tổng quát của hệ thống GSM**

BTS (Base Transceiver Station) : Trạm thu phát gốc

BSC (Base Station Controller) : Bộ điều khiển trạm gốc

MSC (Mobile Service Switching Center) : Trung tâm chuyển mạch các dịch vụ di động

HLR (Home Location Register) : Bộ ghi dịch định vị thường trú

EIR (Equipment Identity Register) : Bộ nhận dạng thiết bị

AuC (Authentication Center) : Trung tâm nhận dạng

VLR (Visitor Location Register) : Bộ ghi định vị tạm trú

ISDN (Integrated Services Digital network) : mạng số tổ hợp đa dịch vụ

PSPDN (Packet Switching Public Digital network) : mạng chuyển mạch gói công cộng

PSTN (Public Switching Telephone Network) : Mạng chuyển mạch thoại công cộng

PLMN (Public Land Mobile Network) : mạng di động mặt đất công cộng

Đa số các chức năng đặc biệt của hệ thống GSM được thực hiện bởi hệ thống các trạm phát BSS trong việc liên lạc với thiết bị đầu cuối mobile. Hệ thống BSS được chia thành hai khối chức năng : Trạm phát BTS và bộ điều khiển trạm phát BSC. Một mạng GSM dung lượng cao thông

thường có hàng ngàn BTS. BTS cung cấp chức năng vô tuyến thu phát và báo hiệu cho sự tương tác với các phần tử khác của mạng. Vùng phủ sóng của một BTS gọi là một Cell. BSC thực hiện chức năng chuyển mạch và điều khiển các kênh vô tuyến cho hệ thống BSS. BSC ấn định kênh vô tuyến trong toàn bộ thời gian thiết lập một cuộc gọi và giải phóng tài nguyên khi cuộc gọi kết thúc. Chức năng di động chỉ trong nội vùng hệ thống BSS được thực hiện bởi BSC. Các chức năng này làm cho cấu trúc của BSC cao hơn của BTS.

Thông thường mỗi BSC điều khiển hàng chục BTS. Khối chuyển mã TCE kết hợp với BSS chuyển đổi tín hiệu thoại đặc trưng GSM thành dạng mã dùng trong mạng điện thoại cố định thông thường. Vị trí của bộ chuyển mã TCE có thể đặt tại hai vị trí tùy thuộc vào đặc trưng cụ thể của hệ thống : đặt tại vị trí của BSC hoặc vị trí của MSC. Vị trí đặt có ý nghĩa đối với giá thành truyền dẫn bởi vì tín hiệu giữa BTS và bộ chuyển mã là 16 Kbit/sec. Tại bộ chuyển mã, tín hiệu 16 Kbit/sec được chuyển đổi thành 64 Kbit/sec qua MSC tới mạng thoại cố định.

Việc chuyển mạch giữa các thuê bao được thực hiện bởi trường chuyển mạch trong MSC. Một MSC kết nối với các mạng khác như là mạng thoại cố định PSTN, mạng ISDN, mạng số liệu gói PSPDN.

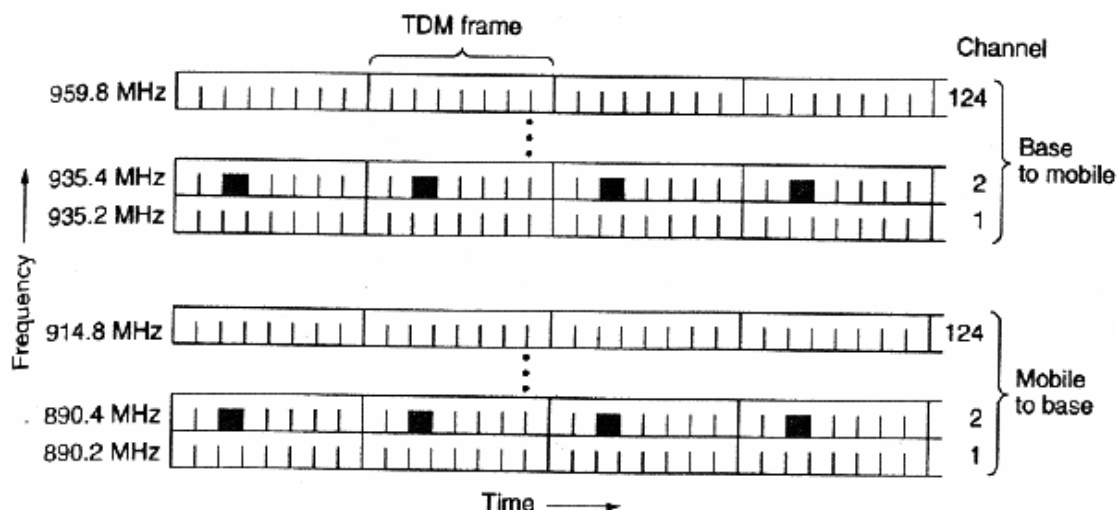
Một bộ số liệu logic được gọi là bộ đăng ký dữ liệu chủ chứa đựng các thông tin liên quan đến việc đăng ký của mỗi thuê bao như các dịch vụ và vị trí của thuê bao. Để có thể định tuyến các cuộc gọi tới, các thông tin địa chỉ của vùng khách được chứa trong HLR. Một ngân hàng giữ liệu là bộ đăng ký dữ liệu khách VLR phụ trách việc ghi chú các đăng ký yêu cầu và thông tin vị trí của các thuê bao cư trú trong vùng phục vụ của nó. Thêm vào đó một bộ nhận thực thiết bị EIR được sử dụng để ngăn cản việc sử dụng trộm hoặc các máy mobile cầm tay không được phép.

Một cuộc gọi tới máy MS được định tuyến tới tổng đài MSC công trong mạng di động công cộng mặt đất PLMN của thuê bao. Bằng cách sử dụng các thông tin chứa trong HLR và VLR cuộc gọi được định tuyến tới MSC mà thuê bao đang ở đó. Trong khi thuê bao đang ở trong mạng chủ thì tổng đài MSC chủ và MSC công là giống nhau.

### **1.3.3.4. Giao diện vô tuyến**

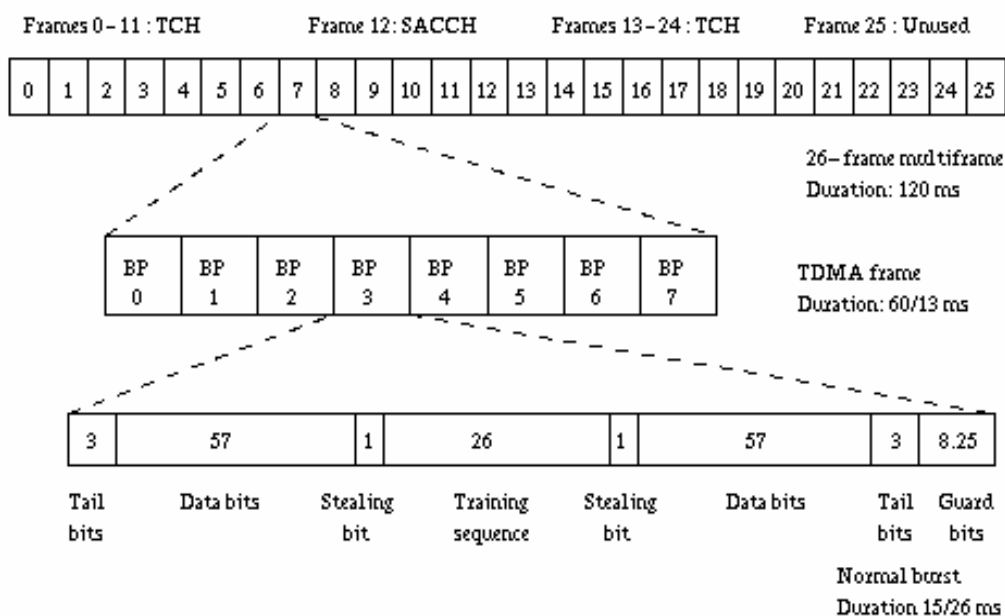
Một trong những mục đích sớm nhất trong sự nghiên cứu phát triển của hệ thống GSM là xác định một giao diện mở cho phép các nhà khai thác (Operator) xây dựng mạng lưới của mình từ các phần tử mạng của các nhà cung cấp khác nhau, và cho phép xây dựng mạng lưới có chất lượng cao với giá cả hợp lý. Một trong các giao diện quan trọng nhất là giao diện vô tuyến : giao diện Abis giữa BTS và BSC, giao diện A giữa BSC và MSC. Tất cả các giao diện này được dùng cho việc truyền dẫn các thông tin của người sử dụng cũng như điều khiển báo hiệu. Thêm vào đó có một vài giao diện giữa MSC, VLR, HLR.





Hình 1.60. Cấu trúc khung và đa khung

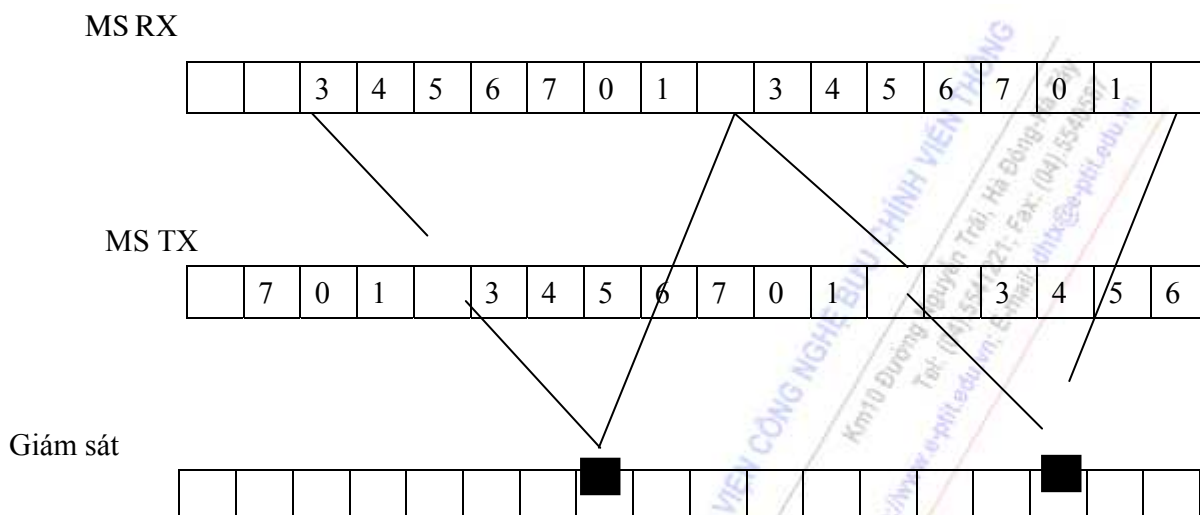
Giao diện vô tuyến bao gồm hai băng tần số song công 25 Mhz cho cả đường lên và đường xuống (Uplink và downlink), giải băng tần là 890-915 MHz và 935-960 MHz (hình 1.60). Công nghệ đa truy nhập phân chia theo tần số FDMA được ứng dụng cho mỗi sóng mang có độ rộng băng tần là 200 KHz. Về phương diện thời gian mỗi sóng mang được ghép vào 8 khe thời gian liên tiếp (sử dụng công nghệ đa truy nhập theo thời gian TDMA). Một chu kỳ nhắc lại liên tiếp của mỗi khe thời gian gọi là một khung TDMA. Thông tin báo hiệu và số liệu của người sử dụng được bảo vệ chống lại các điều kiện lỗi trên giao diện vô tuyến bằng cách sử dụng mã sửa lỗi (mã xoắn) và đan xen. Số liệu được mã hoá khối được đưa vào các Burst, mã hoá và điều chế sử dụng khoá dịch tối thiểu Gauss (điều chế tần số GMSK) qua giao diện vô tuyến. Về mặt logic các kênh lưu lượng được tổ hợp của các khe thời gian trong các khung TDMA liên tiếp, thực hiện điều khiển liên kết chậm SACCH và các khe thời gian rỗi trong một đa khung 26 (Hình 1.61).



Hình 1.61. Tổ chức của các Burts, khung TDMA và đa khung



Đường lên (uplink) chậm 3 khe thời gian so với đường xuống. Việc này là một chi tiết rất quan trọng cho việc thiết kế MS ở chỗ việc phát và thu không bao giờ cùng một thời gian không giống như các hệ thống Cellular analog. Điều này đơn giản cho việc thiết kế bởi vì việc cần thiết cách ly giữa các mạch thu và phát là giảm đi. Thêm vào đó để thu và phát, việc giám sát của các Cell lân cận được yêu cầu cho mục đích chọn lựa Cell.



**Hình 1.62. Hoạt động của MS trong chế độ thoại hoặc số liệu sử dụng một khe thời gian**

Hình 1.62 cho thấy sự hoạt động của một MS trong trạng thái truyền thoại hoặc số liệu. Trong ví dụ này khe thời gian 2 được sử dụng cho việc thu và phát. Việc phát có thể sớm hơn một chút để đảm bảo thời gian đến chính xác tại BTS. Việc giám sát của các cell lân cận được thực hiện trong khoảng thời gian giữa việc thu và phát theo khung TDMA. Trình tự này được tiếp tục lặp lại trong toàn bộ thời gian diễn ra cuộc gọi trừ khung rỗi trong đa khung 26. Trong toàn bộ khung rỗi, MS thực hiện việc đồng bộ với các Cell lân cận.

### 1.3.3.5. Mã hoá kênh và điều chế

Ở truyền dẫn số người ta thường đo chất lượng của tín hiệu thu được bằng tỷ số lỗi bit (BER). BER nói lên bao nhiêu bit trong tổng số bit thu được mắc lỗi. Tỷ số này càng nhỏ càng tốt. Tuy nhiên do đường truyền dẫn luôn luôn thay đổi nên ta không thể giảm hoàn toàn xuống không, nghĩa là phải cho phép một lượng lỗi nhất định. Để có thể cải thiện tỷ số lỗi bit BER người ta dùng các phương pháp mã hoá kênh. Thông thường mã hoá kênh có thể phát hiện lỗi và chèn mức nào đó sửa được lỗi. Mã hoá kênh phải trả giá là thêm số bit kiểm tra, tức là làm tăng lượng thông tin truyền trên đường truyền.

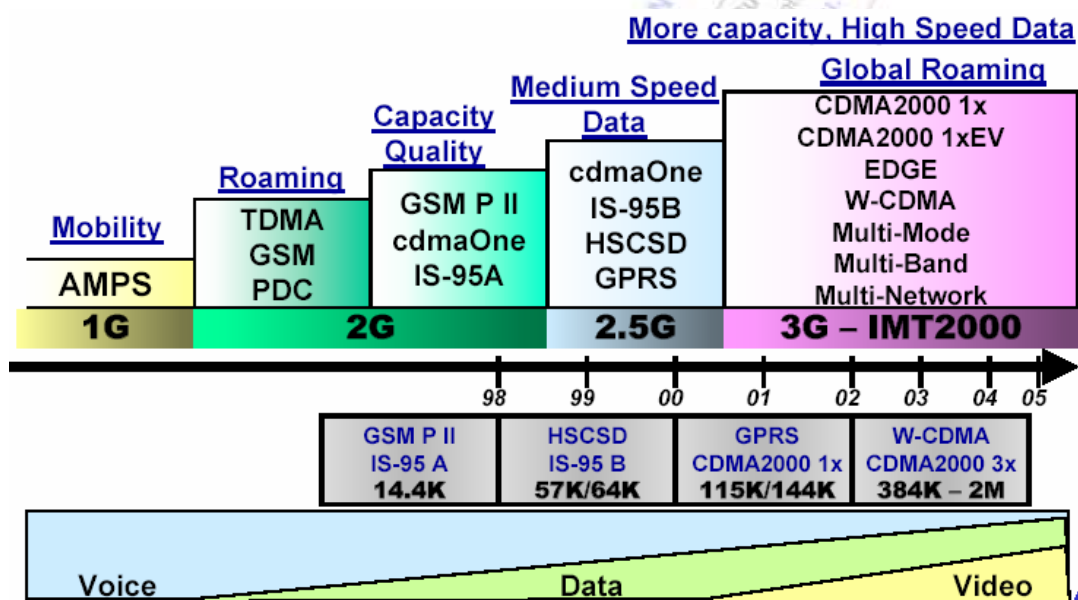
Trong thông tin di động sử dụng hai phương pháp mã hoá cơ bản là mã khối và mã xoắn. Ở mã hoá khối ta bổ sung một số bit kiểm tra vào một số bit thông tin nhất định, các bit kiểm tra chỉ phụ thuộc vào các bit thông tin ở khối bản tin. Ở mã xoắn, bộ mã hoá tạo ra khối các bit thông tin mã hóa không chỉ phụ thuộc vào khối bản tin hiện thời, mà còn phụ thuộc vào các bit của các khối trước.

Các mã khối thường được sử dụng khi có báo hiệu định hướng theo khối, chẳng hạn ở vô tuyến di động mặt đất tương tự khi số liệu được phát đi theo khối. Nó cũng thường được sử dụng để phát hiện lỗi khi thực hiện ARQ (yêu cầu tự động phát lại). Mã hoá xoắn liên quan nhiều hơn đến sửa lỗi, chẳng hạn khi không có phương tiện ARQ.

Cả hai phương pháp đều được sử dụng ở GSM, trước hết một số bit thông tin được mã hoá khối để tạo nên một khối thông tin kiểm tra. Sau đó tất cả các bit này được mã hoá xoắn để tạo nên các bit được mã hoá. Cả hai bước trên đều được áp dụng cho cả tiếng và số liệu mặc dù các sơ đồ mã hoá chúng hơi khác nhau. Lý do sử dụng mã hoá “kép” vì ta muốn sửa lỗi nếu có thể (mã hoá xoắn) và sau đó có thể nhận biết được (mã hoá khối) xem liệu thông tin có bị hỏng đến mức không dùng được hay không.

### 1.3.3.6. Các thế hệ thông tin di động

Mạng thông tin di động tế bào (Cellular) đã trải qua 3 thế hệ: 1G, 2-2.5G và 3G (hình 1.63). Hệ thống thế hệ thứ nhất 1G là các hệ thống di động tương tự, được thiết kế để truyền tải thoại. Thế hệ 2 (2-2.5G) sử dụng công nghệ số. Hệ thống thế hệ 3 (3G) đáp ứng đáng kể phần thiếu hụt của các tiêu chuẩn thế hệ hai hiện có, cả về loại hình dịch vụ và tốc độ truy nhập. Hệ thống di động số hiện tại được thiết kế tối ưu cho thông tin thoại, trong khi đó hệ thống 3G chú trọng đến khả năng truyền thông đa phương tiện.



Hình 1.63: Xu thế phát triển mạng thông tin di động

#### Thông tin di động thế hệ thứ nhất

Hệ thống thế hệ thứ nhất, xuất hiện vào cuối những năm 70 đầu những năm 80, dùng kỹ thuật điều tần (FM) tương tự, trong đó có hệ thống AMPS là hệ thống đáng chú ý nhất. AMPS sử dụng công nghệ FM để truyền dẫn thoại và báo hiệu số cho thông tin điều khiển. Các hệ thống thế hệ thứ nhất khác gồm có:

- + AMPS băng hẹp (NAMPS): được đưa vào sử dụng năm 1982, đây là tiêu chuẩn tương tự thành công nhất. Hệ thống đã được triển khai ở khá nhiều nước trên thế giới.
- + Hệ thống TACS: ban đầu được giành riêng cho Anh và cũng dựa trên AMPS. Chỉ tiêu TACS ban đầu đã được mở rộng thành ETAC. ETAC chủ yếu được triển khai ở khu vực Châu á Thái Bình Dương.
- + Hệ thống thoại di động Bắc Âu (NMT-900): là hệ thống tương tự xuất hiện đầu tiên, được đưa vào Thụy Điển và Na Uy năm 1979.

Tất cả các hệ thống Cellular thế hệ thứ nhất trên đều dùng đa truy nhập phân tần (FDMA), mỗi kênh được gán cho một băng tần số duy nhất trong một nhóm cell.

### Thông tin di động thế hệ thứ hai

Hiện tại có bốn công nghệ di động thế hệ 2-2.5 đang cùng tồn tại: GSM, CdmaOne, TDMA và PDC, trong đó GSM là phổ biến nhất. Sau đây là một số đặc điểm chính của công nghệ này.

Vào năm 1982, CEPT (Conférence Européenne des Postes et des Télécommunication) thành lập Nhóm đặc trách về thông tin di động GSM (Group Spécial Mobile). Năm 1989, Viện Tiêu chuẩn Viễn thông Châu Âu (ETSI - European Telecommunication Standards Institute) đưa ra các tiêu chuẩn kỹ thuật của GSM. Hiện tại, nhóm 3GPP (3G Partnership Project) đang tiến hành xây dựng tiêu chuẩn mạng 3G cho châu Âu.

Hệ thống GSM cho phép tới 8 người dùng cùng chia sẻ một băng tần vô tuyến 200 KHz bằng việc gán lần lượt các khe thời gian cho mỗi người dùng. GSM sử dụng băng tần 900 MHz và 1800 MHz trên toàn thế giới ngoại trừ Bắc Mỹ (băng tần 1900 MHz). Sắp tới, băng tần 450 MHz và 850 MHz sẽ được sử dụng.

Kể từ khi đi vào hoạt động, hệ thống GSM đã cung cấp dịch vụ nhắn tin SMS (Short Message Service), đây là dịch vụ chuyển mạch gói phi kết nối với giới hạn của bản tin nhỏ hơn 160 ký tự. Việc truyền số liệu có thể được thực hiện bằng phương thức chuyển mạch kênh CSD (Circuit Switched Data) với tốc độ 14,4 Kb/s. Giới hạn về tốc độ truyền số liệu dẫn tới sự cần thiết ra đời tiêu chuẩn truyền số liệu tốc độ cao qua chuyển mạch kênh HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) và dịch vụ chuyển mạch gói vô tuyến GPRS (General Packet Service).

HSCSD cho phép tốc độ truyền số liệu cao hơn CSD (lên tới 57,6 Kb/s), nhưng nó cũng giống như CSD là phải dựa trên phương thức chuyển mạch kênh. Vì vậy, sử dụng công nghệ này không mang lại hiệu quả cao khi truyền lưu lượng có tốc độ bit thay đổi. Hơn nữa, HSCSD còn sử dụng vài kênh vô tuyến (tới 4 kênh). Nhược điểm này của HSCSD khiến cho chỉ có ít nhà khai thác sử dụng công nghệ này. Hầu hết các nhà khai thác sử dụng công nghệ GPRS.

GPRS tuân thủ phương pháp điều chế vô tuyến, băng tần, cấu trúc khung của GSM và được thiết kế dựa vào một số nguyên tắc sau:

- *Liên tục*: cho phép gửi và nhận dữ liệu bất cứ lúc nào
- *Tốc độ bit cao*: băng tần thực tương đương với tốc độ kết nối của Modem Dial-up.
- *Cải thiện việc sử dụng nguồn tài nguyên vô tuyến*: nhiều người sử dụng chia sẻ các kênh vô tuyến.
- *Cấp kênh vô tuyến riêng biệt cho kết nối đi (Uplink) và đến (Downlink)*
- *Duy trì đồng thời dịch vụ truyền số liệu và dịch vụ thoại*

Từ đầu năm 2002, một công nghệ mới có tên là EDGE (Enhanced Data Rate for Global Evolution) được triển khai ở Mỹ. Công nghệ này cải tiến GPRS bằng cách áp dụng phương pháp điều chế vô tuyến mới, làm tăng băng tần lên 3 lần so với GPRS.

### Thông tin di động thế hệ thứ ba

Đã có nhiều nỗ lực quốc tế để đưa ra một chuẩn 3G toàn cầu. Có 2 hệ thống đề xuất chính cho 3G được hiệp hội Viễn thông quốc tế ITU (International Telecommunication Union) xem xét:

- **UMTS của châu Âu**: bao hàm 2 hệ thống khác biệt có liên quan tới phương pháp điều chế:

- CDMA trải phổ trực tiếp: CDMA băng rộng, còn được gọi là song công phân chia tần số FDD (Frequency Division Duplex).
- CDMA-TDD: song công phân chia thời gian TDD (Time Division Duplex).
- ***Cdma2000 của Bắc Mỹ (và một số nước châu Á): CDMA đa sóng mang, là thế hệ mới phát triển từ công nghệ cdmaOne.***

Mặc dù được sử dụng trong thế hệ 3G, nhưng công nghệ EDGE chỉ được xem như là bước phát triển chuyển tiếp từ công nghệ GSM lên 3G mà thôi.

#### **1.3.3.7. Các dịch vụ trong hệ thống GSM**

Dịch vụ số liệu cũng như thoại trong GSM thông thường là chuyển mạch kênh. Một giao diện vô tuyến tốc độ 12 kbit/sec (13 kbit/sec cho thoại) sau khi đã thực hiện sửa sai từ tốc độ 22.8 kbit/sec. Một tốc độ tối đa cho người sử dụng là 9.6 kbit/sec giữa máy cầm tay MS và MSC.

##### **Các dịch vụ thoại cơ bản**

Bên cạnh dịch vụ thoại cơ bản rất quen thuộc cho phép thiết lập cuộc gọi giữa hai thuê bao di động, giữa thuê bao di động và thuê bao cố định, ... mạng di động GSM hiện nay có khả năng cung cấp các dịch vụ bổ sung khá phong phú như

- Các dịch vụ nhận dạng thuê bao CLIP, CLIR, MCID.
- Các dịch vụ chuyển thoại CFU, CFB, CFNR.
- Dịch vụ chuyển tiếp cuộc gọi CT.
- Dịch vụ cuộc gọi chờ CW.
- Các dịch vụ cuộc gọi ba bên 3PTY và cuộc gọi hội nghị CONF.
- Các dịch vụ hạn chế cuộc gọi BAOC, BOIC, BAIC.
- Dịch vụ hoàn tất cuộc gọi đến thuê bao bận CCBS.
- Dịch vụ giữ cuộc gọi HOLD.
- Dịch vụ thông báo thời gian cuộc gọi AOC.
- Dịch vụ báo hiệu từ người sử dụng đến người sử dụng UUS.

Các dịch vụ bổ sung đã nêu chỉ đơn thuần nói lên khả năng sẵn sàng đáp ứng các yêu cầu về mặt dịch vụ của mạng di động. Trong từng trường hợp cụ thể việc thực hiện các dịch vụ này còn bị ảnh hưởng bởi một số yếu tố khác như khả năng kỹ thuật và quản lý của mạng đích, hạn chế do chuyển vùng, hạn chế do chủng loại và thế hệ thiết bị sử dụng.

##### **Các dịch vụ dữ liệu**

Tiêu chuẩn GSM định nghĩa các chức năng đầu nối với các mạng PSTN, ISDN, mạng số liệu gói PSPDN, mạng số liệu chuyển mạch kênh CSPDN và các mạng truy nhập trực tiếp (ETS 94a). Việc đầu nối với PSTN được thực hiện qua Modem đặt trong chức năng đầu nối MSC. Chức năng này được thực hiện rộng rãi trong các sản phẩm của các nhà sản xuất tổng đài MSC và máy cầm tay MS. Việc kết nối với mạng số liệu gói thường được thực hiện bởi Modem tới bộ biến đổi không đồng bộ (asynchronous packet assembler and disassembler -PAD). Tính ích lợi của thiết bị đầu cuối không đồng bộ đã làm tăng trưởng việc sử dụng của các dịch vụ không đồng bộ đề cập ở trên và làm cho các dịch vụ đồng bộ trở nên lỗi thời. Thêm vào các dịch vụ này, truy nhập băng hẹp “narrowband” trở thành dịch vụ số liệu quan trọng trong GSM.



Thuận lợi của cuộc gọi số liệu GSM-ISDN là thời gian thiết lập đầu nối từ đầu cuối tới đầu cuối. Trong việc đầu nối hoàn toàn số ISDN, không cần thiết cho việc thiết lập quan hệ modem, điều này làm giảm đáng kể thời gian thiết lập cuộc gọi. Trong thực tế thiết lập quan hệ modem có thể thực hiện trong khoảng từ 134 đến 17 giây, trong khi thiết lập một đầu nối ISDN sử dụng một bộ Adapter chuyển đổi thông thường chỉ trong khoảng 4 giây. Cùng với báo hiệu trong GSM, việc thiết lập cuộc gọi trong PSTN trong khoảng 22 giây, trong khi thiết lập đầu nối số liệu GSM-ISDN chỉ khoảng 10 giây. Như vậy thời gian cho thiết lập cuộc gọi có thể được xem xét được giảm đáng kể. ISDN cũng cho phép sự khác nhau giữa một vài dịch vụ số liệu hoặc thoại sử dụng một số thuê bao.

Thêm vào các dịch vụ số liệu là dịch vụ Fax nhóm 3 sử dụng cùng kênh mang với các dịch vụ số liệu được cung cấp. Khuyến nghị của ITU-T được sử dụng trong toàn bộ quá trình thiết lập đầu nối, truyền dẫn cung cấp đầu nối từ đầu cuối tới đầu cuối. Việc yêu cầu thời gian thực của giao thức facsimile làm cho tính năng không cần sửa lỗi của GSM thêm tin cậy. Đây là lý do tại sao việc thực hiện của dịch vụ facsimile được triển khai với các dịch vụ kiểu trong suốt (transparent mode). Kiểu trong suốt đảm bảo thời gian trễ cố định với nhiều loại bit lỗi tốc độ khác nhau, trong khi kiểu không trong suốt (non transparent) đảm bảo tốc độ bit lỗi thấp với thời gian trễ truyền dẫn thay đổi. Trong đầu nối với mạng số liệu, việc trễ thay đổi được chấp nhận.

Một dịch vụ số liệu khác hoàn toàn với các dịch vụ số liệu nêu ở trên là dịch vụ bản tin ngắn SMS. Nó là một loại dịch vụ gói cho phép thu và phát của các bản tin có kích cỡ lên tới 160 ký tự. Các bản tin được truyền giữa máy đầu cuối MS và trung tâm nhắn tin. Chức năng của trung tâm nhắn tin này như là một server chứa và chuyển hướng cho bản tin đến tận khi bản tin có thể phân phát đến người nhận. Việc truyền của bản tin tới hoặc từ một MS rồi được thực hiện thông qua kênh điều khiển liên kết nhanh FACCH. Trong khi MS đang có một cuộc gọi được thiết lập, bản tin được truyền song song trên một kênh điều khiển liên kết chậm SACCH. Do vấn đề đòi hỏi của báo hiệu việc truyền một bản tin ngắn chỉ diễn ra trong khoảng thời gian vài giây. Dịch vụ bản tin ngắn SMS đã được sử dụng rộng rãi để thông báo cho người sử dụng bản tin Voice-mail đến. Hiện nay theo khuyến nghị của ETSI 95n cho phép kết nối tới 255 bản tin.

Sự phát triển thêm nhiều các ứng dụng thông minh trong hệ thống GSM đang diễn ra nhanh chóng. Tuy nhiên, một vài ứng dụng như các dịch vụ thông tin về giao thông, chứng khoán không thể được cung cấp với một tốc độ số liệu thấp từ các kênh điều khiển như ở trên. Vì vậy, một dịch vụ vô tuyến gói GSM cho phép truyền dữ liệu với tốc độ cao đang được các nhà khai thác di động GSM hướng tới.

Ngoài ra dịch vụ nhắn tin quảng bá tới các Cell được sử dụng để chuyển phát đồng thời một bản tin nào đó tới nhiều người sử dụng trong một vùng phủ sóng nhất định. Tuy vậy bản tin này không thể được thu nhận trong khi cuộc thoại hoặc số liệu đang diễn ra. Kích cỡ cực đại của các bản tin là 88 byte và 15 bản tin có thể được kết hợp.

### **1.3.4. Hệ thống thông tin vệ tinh**

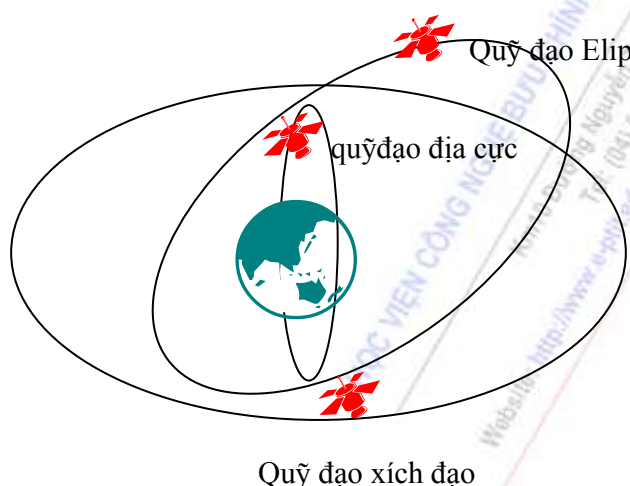
Nhu cầu thông tin điện thoại đi khoảng cách xa tới các điểm khác nhau trên trái đất đòi hỏi loài người không ngừng phát minh sáng tạo. Vào những năm 1960 khi con người đã phóng thành công vệ tinh nhân tạo bay quanh quả đất, một phương tiện thông tin vô tuyến sóng cực ngắn mới xuất hiện và trở thành thương mại. Lúc này người ta đặt trên trạm vệ tinh các thiết bị thu phát vô tuyến để thu sóng từ một điểm trên mặt đất và phát trở lại nhiều điểm khác hay thông tin chuyển



tiếp hai chiều. Để thông tin tốt chỉ có một vài dải tần số được sử dụng và gọi là cửa sổ tần số vũ trụ như là băng C (tần số khoảng 3,7 đến 6,5 GHz) hay băng Ku (11 đến 18 GHz).

Các loại vệ tinh thông tin được sắp xếp trên các quỹ đạo khác nhau bay vòng quanh quả đất. Người ta chia ra số loại quỹ đạo vệ tinh : vệ tinh quỹ đạo nghiêng elíp, vệ tinh quỹ đạo cực, vệ tinh địa đồng bộ hay quỹ đạo xích đạo (hình 1.64).

Các vệ tinh địa đồng bộ có chu kỳ quay vòng được đồng bộ với trái đất hoặc bội của nó. Quỹ đạo địa tĩnh là một sự địa đồng bộ duy nhất được định vị trên xích đạo quả đất . Vệ tinh tại quỹ đạo địa tĩnh có độ cao và tốc độ cố định khi quan sát từ một vị trí trên mặt đất. Thời gian đi một vòng của vệ tinh là 23 giờ 56 phút 4,1 giây và độ cao của nó là 35.765 km tốc độ 3,073 km/s.

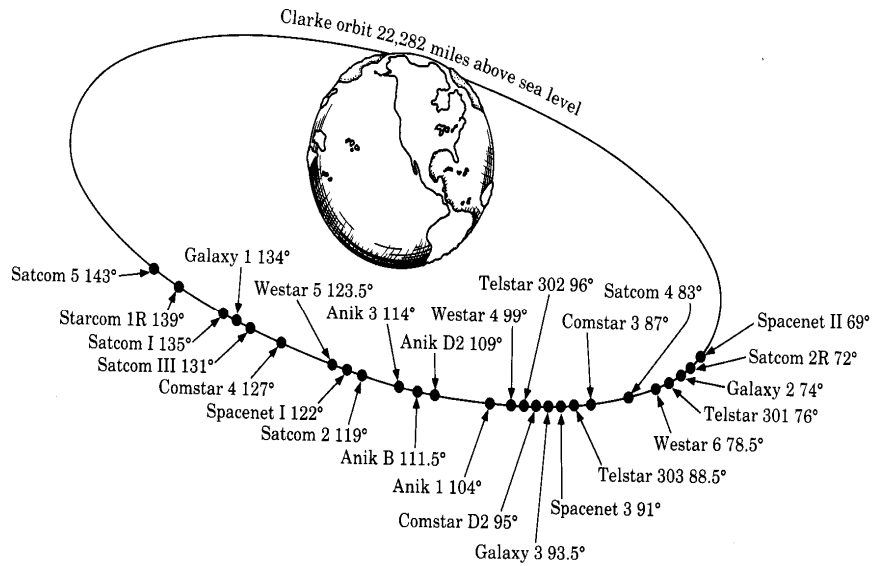


**Hình 1.64: Các quỹ đạo vệ tinh thông tin**

Vệ tinh quỹ đạo elip lấy tâm quả đất là một trong hai tiêu điểm của hình elíp, độ cao viễn điểm khoảng 35.600 km, độ cao cận điểm khoảng 3.960 km, chu kỳ quay dưới 12 giờ. Với vùng nhìn thấy là 8 giờ, nói chung ba vệ tinh có thể phủ sóng trùm quanh trái đất.

Các vệ tinh quỹ đạo quả đất tầm thấp LEOs, có độ cao 850 km, quay vòng hết 100 phút, có băng tần vô tuyến làm việc 1-2 GHz phục vụ cho PCN thuận tiện.

Với các mục đích thông tin khác nhau rất nhiều vệ tinh nhân tạo đã được phóng lên các quỹ đạo quanh quả đất, làm nên mạng vệ tinh thông tin dày đặc và bảo đảm thông tin toàn cầu nhanh chóng, thuận lợi và tin cậy (hình 1.65).



**Hình 1.65: Một số vệ tinh thông tin thế giới**

Các phương pháp truy nhập trong thông tin vệ tinh được phát triển không ngừng:

- Đa truy nhập chia tần số (FDMA).
- Đa truy nhập chia thời gian (TDMA).
- Đa truy nhập chia mã (CDMA).

Các lĩnh vực dùng vệ tinh là:

- Hệ điện thoại vệ tinh trên biển INMARSAT (1979).
- Hệ thông tin của tổ chức INTELSAT.
- Các hệ thống thông tin khu vực (vùng phủ sóng hẹp).

Ngoài ra còn các dịch vụ truyền thông mới

- Hệ thống IDR (Intermediate Rate) có tốc độ điều chế trung bình.
- Hệ thống IBR (Intelsat Business Service) dịch vụ thương mại Intelsat.

Các hệ thông tin hai chiều được thương mại hoá phát triển SAT và Internet.

- Hệ Vista có một vài kênh thoại tương tự, anten đường kính 4mét.
- Hệ VSAT Việt Nam (VNPT/VTI) dùng FDMA-DAMA.

## CHƯƠNG 2: CƠ SỞ KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH

Các hệ thống chuyển mạch có ý nghĩa đặc biệt quan trọng đối với mạng viễn thông. Các nhà quản lý hệ thống viễn thông khi đưa ra những quyết định chiến lược phát triển mạng thường dựa trên một số tiêu chí như độ tin cậy, độ mềm dẻo cũng như chức năng đáp ứng được của hệ thống chuyển mạch trong mạng mà họ đang quản lý. Năng lực của hệ thống chuyển mạch là nhân tố quyết định cho phép trả lời các câu hỏi như: hệ thống có khả năng cung cấp các dịch vụ như thế nào, giá thành dịch vụ có thoả mãn người sử dụng hay không? Công nghệ chuyển mạch gắn liền với công nghệ mạng. Các mạng điện thoại trước đây sử dụng công nghệ chuyển mạch kênh. Xu hướng hiện nay là xây dựng các mạng hội tụ dựa trên chuyển mạch gói, cung cấp cả dịch vụ thoại và số liệu một cách mềm dẻo.

Trong chương này sẽ trình bày những đặc điểm quan trọng nhất của cả hai hệ thống chuyển mạch kênh và gói.

### 2.1. Chuyển mạch kênh

#### 2.1.1. Tổng đài chuyển mạch số

Vào khoảng thập niên 60 của thế kỷ 20, xuất hiện thế hệ tổng đài điện tử số là sự kết hợp giữa công nghệ điện tử với kỹ thuật máy tính. Tổng đài điện tử số đầu tiên điều khiển theo chương trình ghi sẵn được giới thiệu tại Mỹ vào năm 1965. Sau đó, hàng loạt các tổng đài điện tử số thương mại ra đời. Các thế hệ tổng đài đầu tiên sử dụng hệ thống chuyển mạch số, song các mạch giao tiếp thuê bao vẫn là Analog. 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.

Ngày nay, sự bùng nổ của mạng Internet đã tác động mạnh mẽ đến công nghiệp viễn thông và xu hướng hội tụ các mạng máy tính và truyền thông đã trở thành một bài toán mang tính thời sự. Một mạng có thể cho phép truyền thông băng rộng với các loại hình dịch vụ thoại và phi thoại. Tốc độ cao và đảm bảo chất lượng phục vụ (QoS) đã trở thành những vấn đề cấp thiết cần phải giải quyết. Các hệ thống chuyển mạch điện tử số cũng phải dần thay đổi theo hướng này cùng với các chỉ tiêu kỹ thuật và giao thức mới.

##### 2.1.1.1. Phân cấp các hệ thống tổng đài

Thông thường các hệ thống chuyển mạch được phân cấp trong mạng. ITU-T khuyến nghị 3-5 cấp cho một quốc gia, tuy nhiên hiện nay đang có xu hướng giảm số cấp mạng để ổn định hơn về mặt đồng bộ. Sau đây là một ví dụ về phân cấp các hệ thống tổng đài:

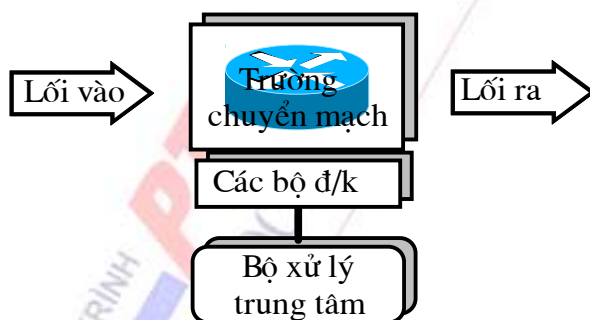
- Tổng đài nội hạt (lớp 5). Nó có giao diện trực tiếp với các thuê bao và đấu nối tới tổng đài liên tỉnh (Toll) qua các đường trung kế. Các tổng đài này có chức năng ghi thông tin cước thuê bao.
- Tổng đài quá giang và liên đài, liên tỉnh (lớp 4). Hầu hết tất cả các tổng đài lớp 5 đều đấu nối tới tổng đài liên tỉnh. Các tổng đài quá giang chuyển mạch các lưu lượng trung kế tới tổng đài liên tỉnh cấp cao hơn. Dịch vụ điều hành cước có thể cung cấp bởi các tổng đài này.

- Tổng đài liên tỉnh (lớp 3). Tổng đài liên tỉnh sơ cấp có thể trực tiếp phục vụ các tổng đài lớp 4 và lớp 5 phụ thuộc vào triển khai các đường trung kế. Nói cách khác, nếu trong điều kiện bình thường các đường trung kế bị hết, thì lưu lượng từ các lớp tổng đài thấp hơn có thể đến thẳng lớp 3. Các tổng đài lớp 3 có khả năng lưu trữ, sửa đổi, tiền biên dịch, biên dịch hoặc biến đổi mã các con số nhận được cũng như là tìm tuyến hiệu quả nhất tới các tổng đài cấp cao hơn.
- Tổng đài liên vùng (lớp 2). Có chức năng như một trung tâm chuyển mạch liên tỉnh và có thể nằm trong số các tổng đài lớp 1.
- Tổng đài cửa quốc tế (lớp 1). Các tổng đài này truy nhập trực tiếp tới các tổng đài cửa của các nước khác. Nó cũng cung cấp trợ giúp điều hành quốc tế.

Ưu điểm của mạng phân cấp là nó cung cấp một cơ chế tìm tuyến đường hiệu quả qua mạng. Nhược điểm là nếu các tổng đài liên tỉnh hay liên vùng có sự cố thì một vùng rộng lớn sẽ bị cách ly. Có thể dự phòng một vài hướng thay thế nhưng chúng cũng không thể tải đủ dịch vụ.

### 2.1.1.2. Cấu trúc chức năng của tổng đài kỹ thuật số

Chức năng chính của hệ thống tổng đài là chuyển mạch. Trường chuyển mạch của tổng đài kỹ thuật số SPC được cấu tạo từ nhiều phần tử chuyển mạch và được điều khiển bởi phần mềm theo chương trình ghi sẵn. Các ma trận chuyển mạch được sắp xếp như thế nào là do thiết kế của nhà sản xuất, nhưng đều dựa trên các phần tử chuyển mạch cơ bản là đơn vị chuyển mạch theo thời gian (T) hay chuyển mạch không gian (S). Mô hình đơn giản nhất của một trường chuyển mạch chỉ ra trên hình 2.1.



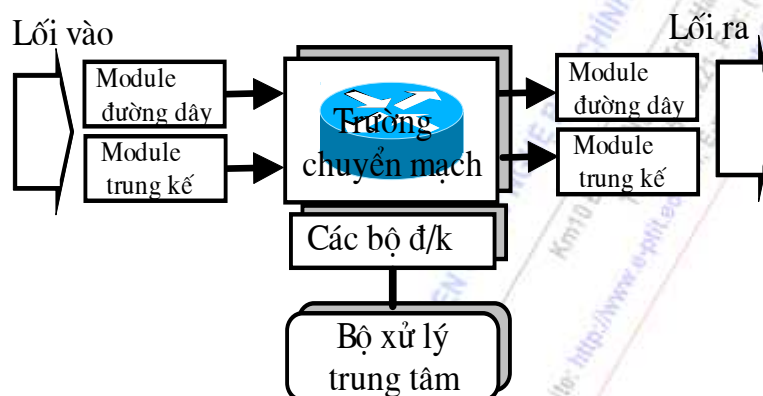
**Hình 2.1. Mô hình hệ thống chuyển mạch đơn giản**

Nhiệm vụ quan trọng nhất của trường chuyển mạch là thực hiện quá trình đầu nối cho một đầu vào tới một đầu ra (tuyến số liệu, khe thời gian, ...) dưới sự điều khiển của bộ xử lý trung tâm. Về mặt vật lý, trường chuyển mạch có thể có các cấu trúc ghép hợp TS, ST, STS, TST, TSSST, TTT. Tuy nhiên, cấu trúc ghép TST đang sử dụng phổ biến nhất vì hiệu quả kinh tế, các chỉ tiêu kỹ thuật, dung lượng và một số ưu điểm khác. Tại trường chuyển mạch, các ma trận chuyển mạch tầng S được cấu tạo từ các phần tử logic AND hoặc phần tử 3 trạng thái dưới sự điều khiển của các bộ vi xử lý cục bộ, còn các chuyển mạch tầng T là các bộ nhớ truy xuất ngẫu nhiên (RAM) và cũng được điều khiển bởi các bộ vi xử lý cục bộ.

Trên hình 2.1 chỉ thể hiện một cách đơn giản vấn đề điều khiển trường chuyển mạch. Trên thực tế tại các tổng đài quá trình điều khiển thường phân cấp thành nhiều mức, thể hiện cơ cấu điều khiển phân tán tại các bộ xử lý bên trong. Một số hệ thống chuyển mạch dung lượng nhỏ

thường sử dụng cơ cấu điều khiển tập trung, có thể hiểu là toàn bộ hoạt động điều hành hệ thống nằm trong một nhóm bộ xử lý duy nhất. Các bộ xử lý cấp thấp được điều khiển bởi các bộ xử lý cấp cao và thông thường có một bộ hoặc nhóm bộ xử lý lập thành trung tâm xử lý, có trách nhiệm quản lý và điều hành toàn bộ hệ thống chuyển mạch số.

Có thể mở rộng khái niệm về hệ thống chuyển mạch số bằng việc xét thêm các khối chức năng theo hướng phục vụ cho thuê bao và các đường dây trung kế (hình 2.2). Các module trung kế (TM) và thuê bao (LM) là những khối hợp nhất của hệ thống chuyển mạch. Chúng đại diện cho các đường dây thuê bao hoặc nhóm trung kế giống nhau trên một lô mạch điện, gọi là thiết bị đường dây hoặc thiết bị trung kế, và được đấu nối tới trường chuyển mạch qua giao diện điều khiển.

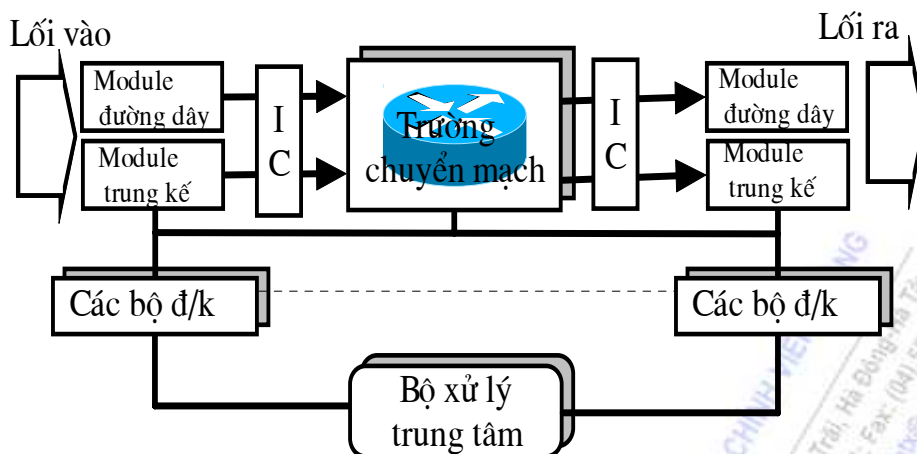


**Hình 2.2 Mô hình hệ thống chuyển mạch có các module đường dây và trung kế**

Các hệ thống chuyển mạch số sử dụng nhiều cách khác nhau để kết nối các đường dây thuê bao trong module đường dây. Một vài hệ thống chuyển mạch số cho phép kết cuối không chỉ một đường dây trên một module đường dây mà còn cho phép nhóm nhiều đường kết cuối tới một module đường dây. Các kiểu kết nối này đều có ưu điểm và cả nhược điểm. Nếu một module đường dây nhiều đường có chất lượng kém, nó có thể ảnh hưởng tới một số đường dây trong module đó. Tuy nhiên, trong trường hợp một thiết bị đường dây hỏng, thì có thể dễ dàng cài đặt lại sang thiết bị đường dây mới nếu module đó gồm nhiều đường dây thuê bao. Tương tự đối với việc sử dụng các trung kế trên module trung kế. Trong các hệ thống chuyển mạch hiện đại có thể thêm vào các phần tử module đường dây hay trung kế mà không phải lắp mới hệ thống. Điều này cho phép dễ dàng phát triển và cung cấp các dịch vụ mới. Tác dụng của ý tưởng thiết kế này là đảm bảo cho hệ thống độ tin cậy nhất định khi hệ thống hoàn toàn hoạt động tự động.

Hướng phát triển tiếp theo tập trung vào phần điều khiển hệ thống. Tại đây phát triển các khái niệm xử lý phân tán trong môi trường hệ thống chuyển mạch số (hình 2.3). Trên hình vẽ có thể thấy rằng bộ điều khiển tập trung đã được thay thế bằng các bộ xử lý điều khiển phân tán, thêm vào đó là bộ xử lý điều khiển module đường dây và trung kế.



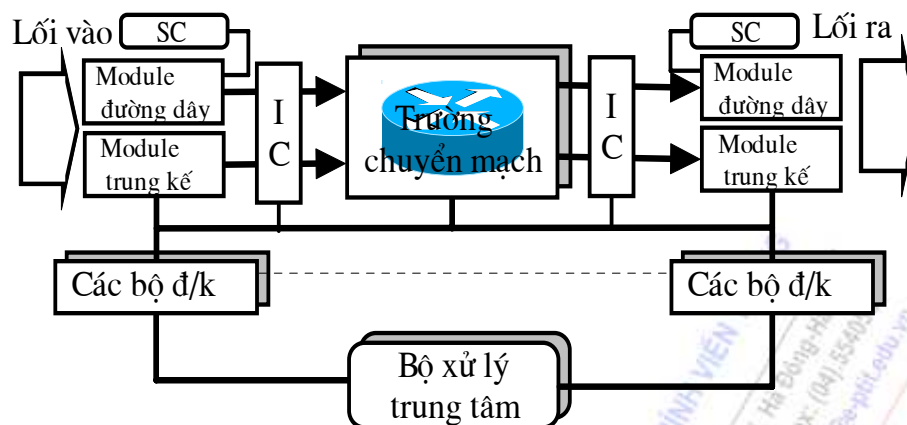


**Hình 2.3 Mô hình hệ thống chuyển mạch có các bộ điều khiển cục bộ**

Nhiệm vụ điều khiển hệ thống chuyển mạch được phân bổ cho hàng loạt các bộ xử lý để điều khiển các khối chuyển mạch cũng như là các nhóm module thuê bao và trung kế. Bộ xử lý trung tâm điều khiển hoạt động của các bộ điều khiển này. Kiểu kiến trúc này rất mềm dẻo và cho phép xây dựng các tổng đài có dung lượng khác nhau nhờ quá trình tăng số lượng bộ xử lý điều khiển mạng. Ví dụ, một tổng đài nhỏ có thể cấu hình chỉ một bộ xử lý điều khiển toàn bộ, trong khi cấu hình của tổng đài lớn hơn có thể có vài bộ xử lý điều khiển cục bộ. Khả năng xử lý của bộ vi xử lý điều khiển trung tâm, các bộ vi xử lý điều khiển mạng và kích thước mạng đóng vai trò quan trọng trong việc xác định dung lượng tối đa của hệ thống.

Để trường chuyển mạch của tổng đài hoạt động có hiệu quả, các kênh tín hiệu số thường được ghép lại để có luồng tốc độ cao nhất và đồng nhất cho tất cả các lối vào có tốc độ khác nhau. Thuật ngữ chỉ luồng tốc độ cao là Highway (HW). Tốc độ HW cụ thể bằng bao nhiêu là tùy thuộc vào từng tổng đài cụ thể. Chính vì vậy, trước khi đi vào trường chuyển mạch chính, thông thường hệ thống tổng đài có các mạch giao tiếp IC với các chức năng ghép kênh, ghép luồng, tập trung lưu lượng hoặc tương tự như vậy.

Để hoàn tất các khái niệm cơ bản về một tổng đài điện tử số, ta xem xét thêm các khối chức năng dịch vụ hệ thống, trong đó quan trọng nhất là khối chức năng báo hiệu. Sơ đồ hệ thống tổng đài với các khối chức năng dịch vụ thể hiện trên hình 2.4. Mục đích của các mạch điều khiển dịch vụ là cung cấp âm mời quay số, chuông, và các chức năng liên quan khác. Trong hệ thống chuyển mạch số hiện đại mỗi một module đường dây hoặc trung kế hoặc nhóm module có thể đấu nối tới một mạch điều khiển phục vụ. Các mạch phục vụ tạo ra các tín hiệu cơ bản để kết nối các hệ thống tổng đài trong mạng cũng như thực hiện chức năng điều hành trong mạng nói chung.



Hình 2.4: Mô hình hệ thống chuyển mạch điển hình

Chức năng các khối trong mô hình hệ thống tổng đài trên hình 2.4 cụ thể như sau.

#### **Khối chức năng chuyển mạch**

Gồm các trường chuyển mạch không gian và thời gian, thực hiện nhiệm vụ chuyển thông tin từ một tuyến đầu vào tới một tuyến đầu ra.

#### **Khối chức năng điều khiển trung tâm**

Gồm các bộ vi xử lý thực hiện các nhiệm vụ điều khiển phục vụ cho đầu nối số liệu qua trường chuyển mạch, vận hành và bảo dưỡng hệ thống tổng đài điện tử số.

#### **Khối chức năng các bộ điều khiển**

Là các bộ vi xử lý thực hiện xử lý mức thấp hơn bộ xử lý trung tâm (được gọi là xử lý thứ cấp), hỗ trợ các chức năng xử lý tới các khối thiết bị theo lệnh điều khiển từ bộ xử lý trung tâm.

#### **Khối giao tiếp IC**

Làm nhiệm vụ giao diện giữa tốc độ thấp và tốc độ cao, chuẩn hoá các luồng số liệu trước khi đưa vào trường chuyển mạch. Ngoài ra, IC còn đảm nhiệm việc truyền số liệu điều khiển tới các khối thiết bị khác.

#### **Khối module đường dây và trung kế**

Đảm nhiệm vai trò giao diện với mạng thoại bên ngoài và thực hiện quá trình biến đổi các tín hiệu tốc độ khác nhau thành dạng tín hiệu tiêu chuẩn trước khi đưa chúng tới trường chuyển mạch.

#### **Mạch phục vụ SC**

Cung cấp các chức năng báo hiệu cho toàn hệ thống, bao gồm báo hiệu cho đường dây thuê bao và báo hiệu cho đường dây trung kế.

Ngoài các chức năng liệt kê ở trên, còn một chức năng nữa rất quan trọng của tổng đài điện tử số là vận hành và bảo dưỡng hệ thống (O&M). Tổng đài hoạt động 24/24 giờ và liên tục trong nhiều năm, đòi hỏi độ ổn định ngắn hạn và dài hạn cho hệ thống. Chính vì vậy, chức năng vận hành và bảo dưỡng tự động được khai thác triệt để với rất nhiều phương pháp kiểm tra và khôi phục lỗi đa dạng, phong phú giúp cho hệ thống được an toàn và tin cậy.

### 2.1.2. Chuyển mạch thời gian kỹ thuật số

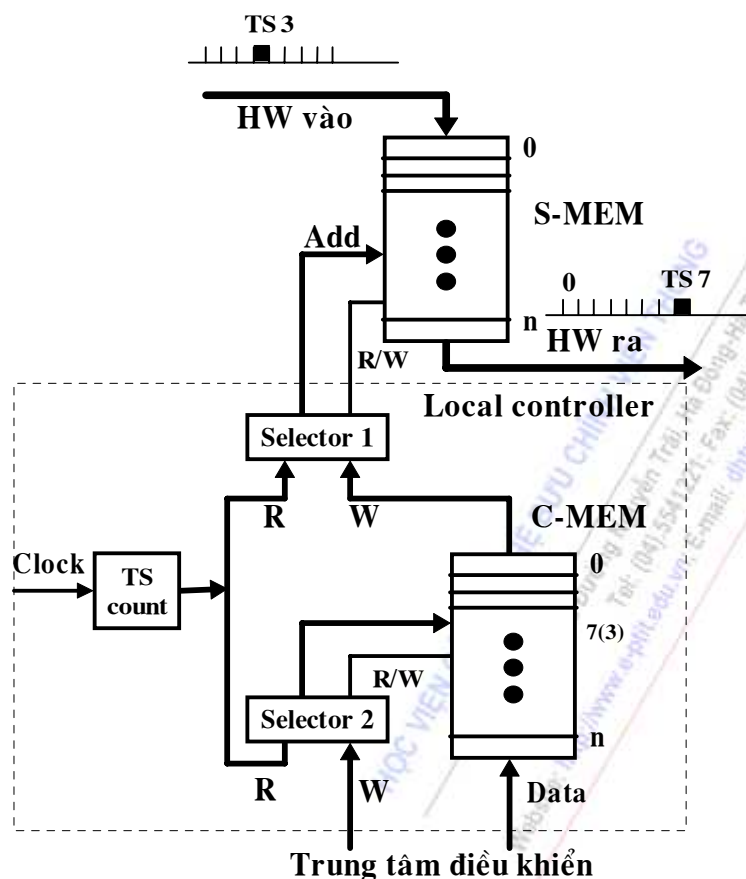
Trong trường hợp tổng quát, khi có yêu cầu chuyển mạch cho các khe thời gian khác chỉ số thì phải ứng dụng trường chuyển mạch thời gian. Như chúng ta đã biết các mẫu thông tin thoại cần phải chuyển đi trong một khoảng thời gian gọi là khe thời gian TS. Khe thời gian được coi là vị trí nắm giữ trên trục thời gian. Các khe thời gian của một cuộc gọi được xuất hiện định kỳ và ghép nhau liên tiếp theo các chỉ số để tạo thành khung PCM. Ví dụ, khung PCM tốc độ cơ sở E1 có 32 khe thời gian với độ dài khung là 125 microsec và mỗi khe thời gian có độ dài xấp xỉ 3,9 microsec. Trước khi xem xét trường chuyển mạch thời gian kỹ thuật số chúng ta cần hiểu rõ khái niệm trao đổi khe thời gian TSI. Trao đổi khe thời gian có nghĩa là trao đổi vị trí trên trục thời gian hay chính xác hơn là trễ trên trục thời gian. Quá trình trao đổi khe thời gian chỉ xuất hiện trên cùng một khung và độ trễ lớn nhất không vượt quá độ dài của khung đó là 125 microsec.

#### 2.1.2.1. Cấu trúc trường chuyển mạch thời gian

Cấu tạo của chuyển mạch tầng T bao gồm 02 thành phần chính là bộ nhớ thoại S-Mem (Speech Memory) và bộ nhớ điều khiển C-Mem như trên hình 2.5. Chức năng cơ bản của S-Mem là nhớ tạm thời các tín hiệu PCM chứa trong mỗi khe thời gian phía đầu vào để tạo độ trễ thích hợp theo yêu cầu. Nó có giá trị từ nhỏ nhất là 1TS và lớn nhất là  $(n-1)TS$ .

Nếu việc ghi các tín hiệu PCM chứa trong các khe thời gian phía đầu vào của tầng chuyển mạch T vào S-Mem được thực hiện một cách tuần tự thì có thể sử dụng một bộ đếm nhị phân modulo  $n$  cùng với bộ chọn rất đơn giản để điều khiển. Lưu ý rằng khi đó tín hiệu đồng hồ phải hoàn toàn đồng bộ với các thời điểm đầu của TS trong khung tín hiệu PCM sử dụng trong hệ.

Bộ nhớ C-Mem có chức năng điều khiển quá trình đọc thông tin đã lưu đệm tại S-Mem. Bộ nhớ C-Mem có  $n$  ô nhớ, bằng số lượng khe thời gian trong khung tín hiệu PCM sử dụng. Trong thời gian mỗi TS, C-Mem điều khiển quá trình đọc một ô nhớ tương ứng trong S-Mem. Như vậy hiệu quả trễ của tín hiệu PCM được xác định một cách chính xác bởi hiệu số giữa các khe thời gian ghi và đọc bộ nhớ S-Mem.



Hình 2.5 Trường chuyển mạch thời gian tín hiệu số

Tính không gian trong chuyển mạch thời gian xuất hiện trong quá trình kết nối cho một cuộc gọi nào đó. Thông thường việc chuyển nội dung thông tin trong các khe thời gian là cố định đối với một cuộc gọi. Khi đó, nội dung ô nhớ chiếm dụng trong bộ nhớ điều khiển cũng là cố định, và như vậy nó mang tính không gian.

#### 2.1.2.2. Điều khiển trao đổi khe thời gian

Nguyên lý điều khiển trao đổi khe thời gian trong chuyển mạch thời gian T sẽ được trình bày qua ví dụ sau đây.

Giả sử có yêu cầu chuyển mạch phục vụ cho cuộc nối giữa TS#3 của luồng tín hiệu PCM đầu vào với TS#7 của luồng tín hiệu PCM đầu ra của chuyển mạch tầng T trên hình 2.5. Căn cứ yêu cầu chuyển mạch, hệ thống điều khiển trung tâm CC của tổng đài sẽ tạo các số liệu điều khiển cho tầng T. Để thực hiện điều này CC sẽ nạp số liệu về địa chỉ nhị phân ô nhớ số 3 của T-Mem vào ô nhớ số 7 của C-Mem, sau đó CC giao quyền điều khiển cục bộ cho chuyển mạch tầng T trực tiếp thực hiện quá trình trao đổi khe thời gian theo yêu cầu chuyển mạch.

Tiếp theo, để quá trình mô tả được xác định và dễ theo dõi, chúng ta khảo sát từ thời điểm bắt đầu TS#0 của khung tín hiệu PCM. Quá trình ghi thông tin PCM chứa trong các khe thời gian phía đầu vào vào bộ nhớ S-Mem được thực hiện một cách lần lượt và đồng bộ nhờ hoạt động phối hợp giữa bộ đếm khe thời gian TS-Counter và bộ chọn địa chỉ Selector1. Cụ thể là khi bắt đầu khe thời gian TS#0, tín hiệu đồng hồ tác động vào TS-Counter làm nó thiết lập trạng thái 0 để tạo tổ hợp mã nhị phân tương ứng với địa chỉ mã nhị phân ô nhớ 0 của S-Mem. Bộ chọn địa chỉ Selector1 được sử dụng để điều khiển đọc hay ghi bộ nhớ S-Mem (RAM), trong trường hợp này nó chuyển mã địa chỉ này vào bus địa chỉ Add của S-Mem đồng thời tạo tín hiệu điều khiển ghi



W, do vậy tổ hợp mã tín hiệu PCM chứa trong khe thời gian TS#0 của luồng số đầu vào được ghi vào ô nhớ 0 của S-Mem. Kết thúc thời gian TS#0 cũng là bắt đầu TS#1 song đồng hồ lại tác động vào TS-Counter làm cho nó chuyển sang trạng thái 1 để tạo địa chỉ nhị phân cho ô nhớ số 1 của S-Mem. Selector1 chuyển số liệu này vào bus địa chỉ của S-Mem, đồng thời tạo tín hiệu điều khiển ghi W do đó tổ hợp mã tín hiệu PCM trong khe thời gian TS 1 của luồng số đầu vào được ghi vào ô nhớ 1 của S-Mem. Quá trình xảy ra tương tự đối với các khe thời gian TS2, TS3, và tiếp theo cho tới khe thời gian cuối cùng TS<sub>n</sub> của khung. Sau đó tiếp tục lặp lại cho các khung tiếp theo trong suốt thời gian thiết lập cuộc nối yêu cầu.

Đồng thời với quá trình ghi tín hiệu vào S-Mem, C-Mem thực hiện điều khiển quá trình đọc các ô nhớ của S-Mem để đưa tín hiệu PCM ra vào các khe thời gian thích hợp theo yêu cầu. Cụ thể diễn biến quá trình xảy ra như sau.

Bắt đầu khe thời gian TS7, tín hiệu đồng hồ tác động vào TS-Counter làm nó chuyển trạng thái tạo mã nhị phân tương ứng địa chỉ ô nhớ số 9 của C-Mem. Bộ chọn địa chỉ Selector2 chuyển số liệu này vào Bus địa chỉ của C-Mem đồng thời tạo tín hiệu điều khiển đọc R cho bộ nhớ C-Mem, kết quả là nội dung chứa trong ô nhớ số 9 của C-Mem được đưa ra ngoài hướng tới Bus địa chỉ đọc phía đầu vào của Selector1. Vì nội dung của ô nhớ số 7 C-Mem chứa địa chỉ nhị phân của ô nhớ số 3 của S-Mem do vậy bộ chọn địa chỉ Selector1 chuyển địa chỉ này vào Bus địa chỉ của S-Mem, đồng thời nó tạo được tín hiệu điều khiển đọc R của S-Mem. Kết quả là nội dung chứa trong ô nhớ số 3 của S-Mem được đưa ra ngoài vào khoảng thời gian của khe thời gian TS7, nghĩa là đã thực hiện đúng chức năng chuyển mạch yêu cầu cho trước. Quá trình tiếp tục lặp lại như trên với chu kỳ 125 microsec với các khung tiếp theo cho tới khi kết thúc cuộc nối.

Như vậy, có thể nhận thấy rằng trường chuyển mạch thời gian gây trễ cho tín hiệu. Độ trễ lớn nhất của một kênh là  $n-1$  khe thời gian. Có hai phương thức điều khiển cho trường chuyển mạch thời gian số. Phương thức thứ nhất là điều khiển đầu ra SWRR (Sequence Write Random Read) hay còn gọi là *Ghi vào tuần tự đọc ra có điều khiển*. Phương thức thứ hai là điều khiển đầu vào RWSR (Random Write Sequence Read) hay còn gọi là phương thức *Ghi vào có điều khiển đọc ra tuần tự*. Dung lượng của trường chuyển mạch thời gian số phụ thuộc vào tốc độ xử lý ghi, đọc của các bộ nhớ truy xuất ngẫu nhiên. Thông thường các khối chuyển mạch thời gian được xử lý song song để tăng dung lượng và giảm tốc độ ghi đọc.

### 2.1.3. Chuyển mạch không gian kỹ thuật số

#### 2.1.3.1. Cấu trúc tầng chuyển mạch không gian

Một chuyển mạch không gian kỹ thuật số bao gồm một ma trận TDM với các hệ thống PCM đầu vào và đầu ra, được điều khiển bởi bộ điều khiển cục bộ. Để truyền bất kỳ khe thời gian nào trong hệ thống PCM đến khe thời gian ra tương ứng, toạ độ thích hợp của ma trận chuyển mạch không gian phải được kích hoạt trong suốt thời gian hoạt động của khe thời gian này để đảm bảo rằng sự chuyển hướng không gian tín hiệu được hoàn tất. Trong suốt thời gian của cuộc gọi (các mẫu tín hiệu thoại cách nhau 125 microsec) tiếp điểm này được sử dụng, sau đó tiếp điểm sẽ phục vụ cho cuộc nối khác. Tính chu kỳ này sẽ được điều khiển bởi một vài phương pháp đơn giản thông qua bộ điều khiển cục bộ.

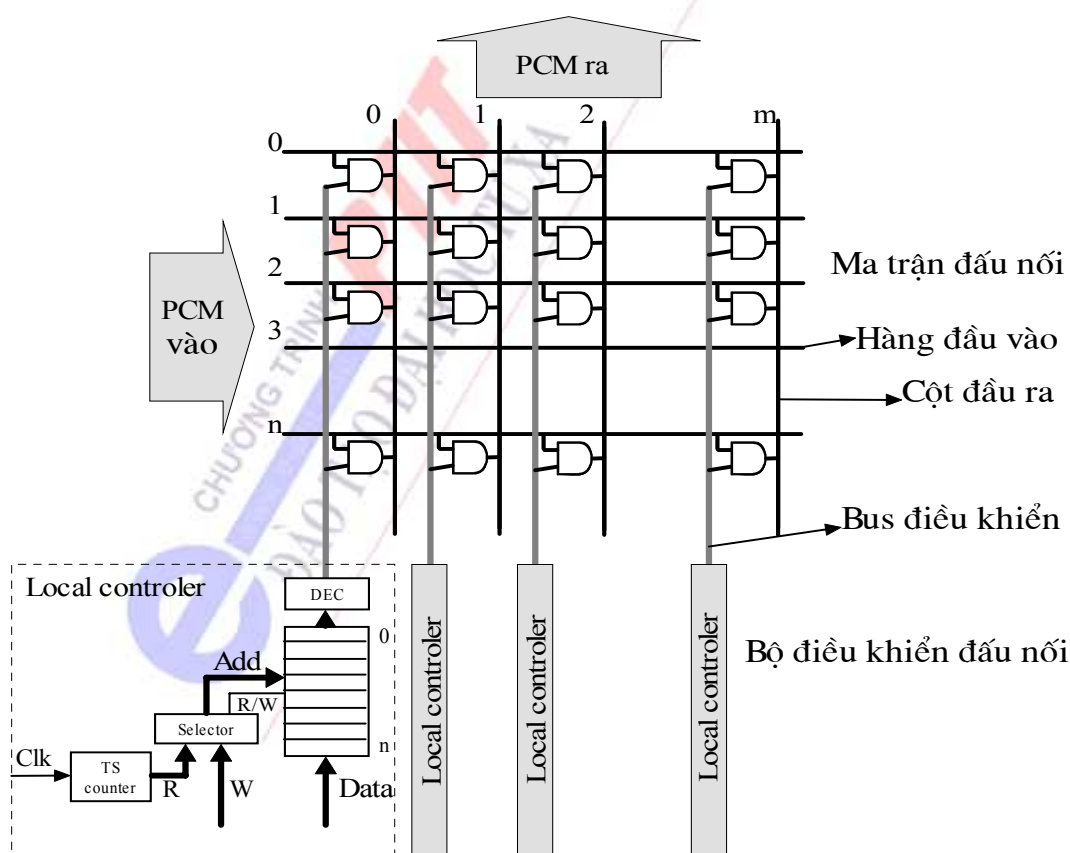
Tầng chuyển mạch không gian S dựa trên các ma trận tiếp điểm chuyển mạch được kết nối theo hàng và cột (hình 2.6). Các hàng đầu vào và các tiếp điểm chuyển mạch được tiếp nối với các tuyến PCM đầu vào. Các cột đầu ra và các tiếp điểm chuyển mạch được tiếp nối với các tuyến



PCM đầu ra. Các tiếp điểm chuyển mạch này có thể là các linh kiện bán dẫn logic số không nhớ ( ví dụ cổng AND ).

Các tiếp điểm được điều khiển bởi một bộ nhớ đầu nối ( Connection Memory ) hay còn gọi là bộ nhớ điều khiển ( Control Memory ) nằm trong khối điều khiển cục bộ. Mỗi bộ nhớ điều khiển có số ngăn nhớ bằng số khe thời gian của tuyến PCM đầu vào. Như vậy mỗi tiếp điểm chuyển mạch trong mỗi cột được gán một địa chỉ duy nhất, và địa chỉ cho phép tác động mở tiếp điểm. Số bit nhị phân trong một ngăn nhớ điều khiển cần phải đủ để đánh số hết địa chỉ các tiếp điểm. Với ma trận như trên hình 2.6, tổng số địa chỉ là  $n + 1$ . Khi đó, số bit cần thiết trong một ngăn nhớ CM phải lớn hơn hoặc bằng  $\log_2(n+1)$ . Nếu có  $n$  tuyến đầu vào và  $m$  tuyến đầu ra thì ta cần có ma trận  $n \times m$ .

Thông thường ma trận chuyển mạch là vuông ( $n \times n$ ). Mỗi bộ nhớ đầu nối được nối tới bộ giải mã địa chỉ. Bộ giải mã này thực hiện giải mã thông tin địa chỉ đọc từ CM để điều khiển tiếp điểm trên cột tương ứng với địa chỉ đó. Quá trình điều khiển chuyển mạch bao gồm việc đọc nội dung ô nhớ trong khoảng thời gian của TS cần chuyển qua và sử dụng các địa chỉ đó để lựa chọn tiếp điểm thông qua bộ giải mã DEC. Quá trình ghi/đọc bộ nhớ được điều khiển thông qua bộ chọn Selector với tín hiệu đồng hồ lấy từ bộ cung cấp thời gian cơ sở đồng bộ với tín hiệu của tuyến PCM. Các số liệu ghi vào bộ nhớ điều khiển CM trên cơ sở thông tin số liệu từ bộ điều khiển trung tâm CC. Tín hiệu địa chỉ Add từ bộ chọn Selector sẽ trở đến các địa chỉ mà số liệu điều khiển cần truy xuất đồng bộ với tuyến PCM đầu ra trên cột.



Hình 2.6 Nguyên lý chuyển mạch không gian kỹ thuật số

Như vậy, trường chuyển mạch không gian không gây trễ về mặt thời gian, nhưng có thể gây nên hiện tượng Blocking khi có nhiều hơn một khe thời gian đầu vào cùng muốn đấu nối tới 1 khe

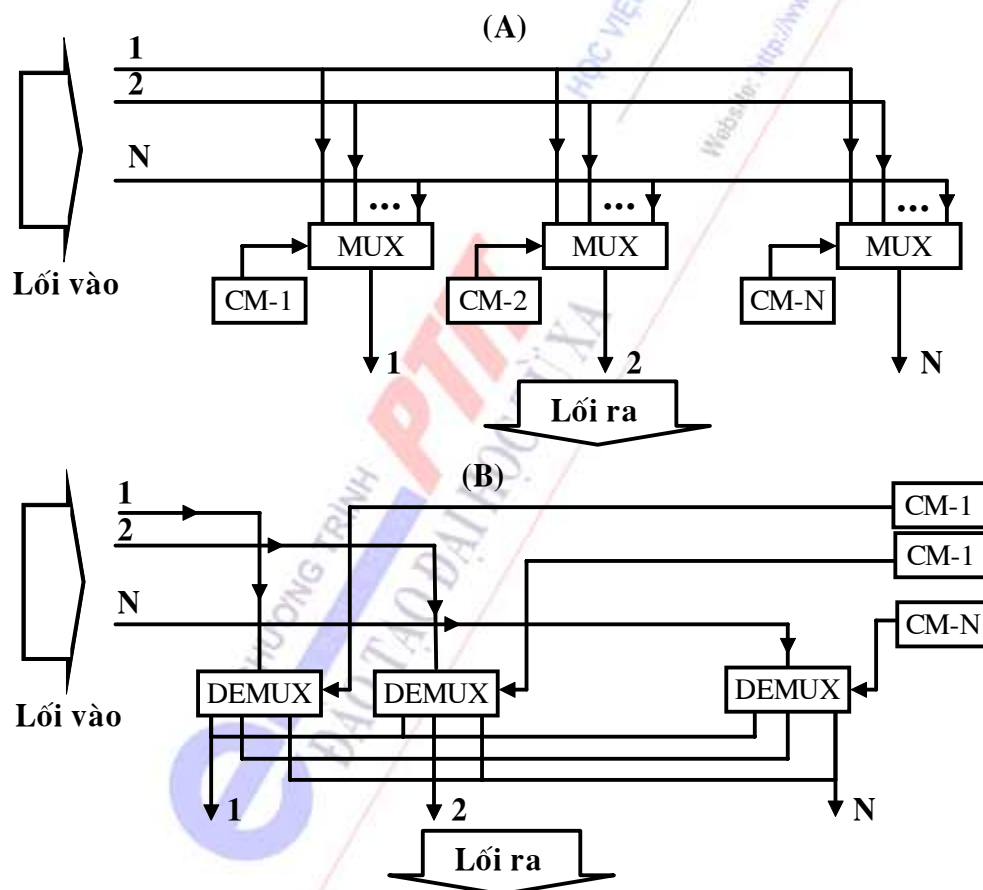
thời gian đầu ra. Dung lượng của trường chuyển mạch không gian phụ thuộc vào số tuyến đầu vào và đầu ra cùng với dung lượng kênh ( khe thời gian ) trên mỗi tuyến.

Tính thời gian trong trường chuyển mạch không gian được lý giải trên thực tế của các tiếp điểm , nó chỉ thực sự đóng trong khoảng thời gian định trước tại các khe thời gian.

### 2.1.3.2. Điều khiển trường chuyển mạch không gian

Có 2 phương pháp điều khiển trường chuyển mạch không gian kỹ thuật số là điều khiển theo cột (đầu ra) và điều khiển theo hàng (đầu vào). Việc điều khiển được thực hiện bằng cách sử dụng các bộ ghép kênh và tách kênh logic số. Bộ ghép kênh logic số là một thiết bị tích hợp cho phép  $n$  đầu vào kết nối với 1 đầu ra tùy thuộc vào địa chỉ nhị phân đặt trên đường điều khiển (hình 2.7a). Còn bộ tách kênh logic số thì có cấu trúc ngược lại (hình 2.7b).

Dung lượng của chuyển mạch không gian có thể mở rộng bằng cách ghép kênh theo thời gian cho các đầu vào, nhưng quá trình gia tăng dung lượng này bị hạn chế bởi tốc độ hoạt động của các mạch logic. Một giải pháp khác cho tốc độ của các phần tử logic là sử dụng phương pháp ghép song song, tuy nhiên phương pháp này sẽ làm phức tạp hơn trong quá trình điều khiển và làm giảm độ tin cậy của hệ thống.



Hình 2.7 Cấu trúc của trường chuyển mạch không gian thực tế

Các trường chuyển mạch không gian thực tế thường có cấu trúc module để đảm nhiệm từng phần lưu lượng của toàn bộ tổng đài. Những ma trận quá lớn sẽ không thực hiện được trên một bảng mạch in ngay cả khi dùng các chip VLSI. Tính hiệu quả kinh tế của tổng đài sẽ đẩy hướng thiết kế các chuyển mạch không gian số theo module. Các module thông dụng nhất thường sử

dụng ma trận 8x8 và 16x16. Ma trận 64x64 cũng được sử dụng song hạn chế hơn. Để cấu hình các ma trận chuyển mạch lớn, các module sẽ được ghép liên thông với nhau.

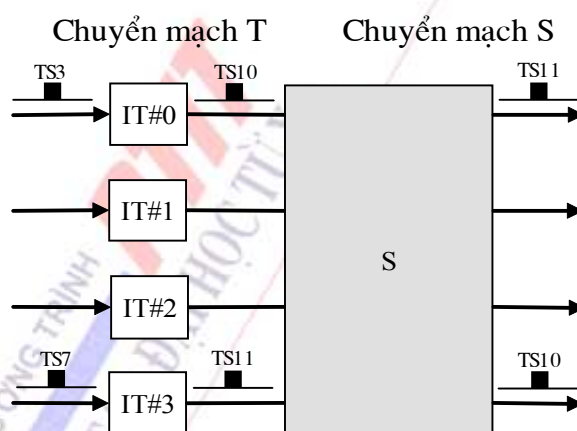
### 2.1.4. Chuyển mạch ghép

Trên đây đã trình bày cấu trúc chức năng của các trường chuyển mạch thời gian và không gian số. Nhược điểm lớn nhất của trường chuyển mạch thời gian là độ trễ, còn của trường chuyển mạch không gian là sự tắc nghẽn cũng đã được chỉ ra. Để đáp ứng yêu cầu thực tế và mở rộng dung lượng tổng đài, trong cơ cấu trường chuyển mạch của hệ thống tổng đài điện tử số người ta sử dụng quá trình ghép các trường chuyển mạch.

Về mặt vật lý, phân hệ chuyển mạch sẽ gồm một số module cơ sở, trên đó có chứa trường các chuyển mạch S và T được cấu trúc ghép hợp với nhau. Các kiểu ghép có thể là TS, ST, STS, TST. Sau đây là một số mô hình ví dụ.

#### 2.1.4.1. Khối chuyển mạch T-S

Khối chuyển mạch T-S bao gồm một trường chuyển mạch thời gian trên đầu vào và một trường chuyển mạch không gian trên đầu ra (hình 2.8). Trên cấu hình này thông thường các trường chuyển mạch thời gian đầu vào thực hiện theo phương thức ghi vào tuần tự đọc ra có điều khiển. Trên ma trận chuyển mạch không gian thực hiện theo phương thức điều khiển đầu ra. Với khối chuyển mạch T-S này, các chuyển mạch thời gian sẽ chuyển nội dung thông tin giữa các khe thời gian đầu vào và đầu ra mong muốn, trong khi chuyển mạch không gian kết nối các tuyến vào và ra.

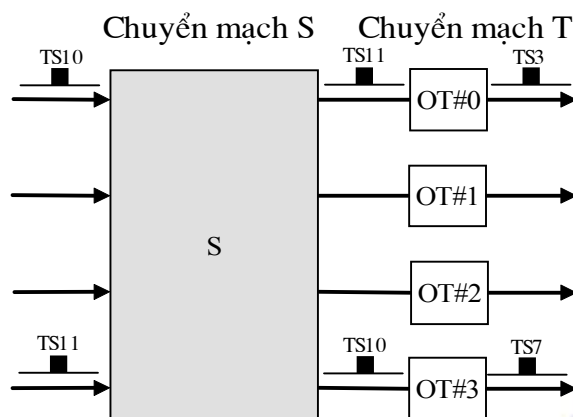


Hình 2.8 Ví dụ về mô hình chuyển mạch ghép TS

Đặc điểm của khối chuyển mạch T-S là mặc dù cho phép tăng dung lượng lớn hơn so với chuyển mạch một tầng T nhưng vấn đề tắc nghẽn vẫn có thể xảy ra trên các khe thời gian tương ứng tại phía tầng chuyển mạch không gian S.

#### 2.1.4.2. Khối chuyển mạch S-T

Cấu trúc của khối chuyển mạch ghép S-T giống như khối chuyển mạch ghép T-S, ngoại trừ chuyển mạch không gian kết nối các tuyến đầu vào với đầu ra trước khi thực hiện trao đổi nội dung thông tin trong các khe thời gian tại đầu ra (hình 2.9).



Hình 2.9 Ví dụ về mô hình chuyển mạch ghép ST

Khối chuyển mạch S-T cho phép tăng dung lượng lớn hơn so với chuyển mạch một tầng, tuy nhiên vấn đề tắc nghẽn tại phía tầng chuyển mạch không gian S vẫn chưa thể khắc phục được.

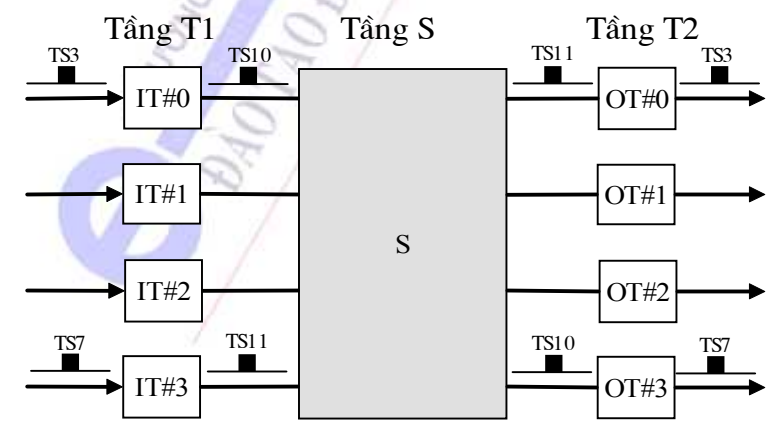
#### 2.1.4.3. Khối chuyển mạch S-T-S

Khối chuyển mạch ghép S-T-S kết hợp các chuyển mạch không gian S qua trường chuyển mạch thời gian T để giảm thiểu tắc nghẽn xảy ra trong mạng chuyển mạch. Kiểu chuyển mạch này thường được sử dụng trong những năm đầu của công nghệ điện tử, khi các bộ xử lý tốc độ cao có giá thành rất đắt và khó chế tạo.

Khối chuyển mạch S-T-S đối xứng thường có cấu hình điều khiển cho tầng S1 đầu vào theo phương thức điều khiển theo hàng (đầu vào) và tầng S2 điều khiển theo cột (đầu ra).

#### 2.1.4.4. Khối chuyển mạch T-S-T

Cấu hình chuyển mạch T-S-T rất được ưa chuộng khi tiến bộ khoa học kỹ thuật áp dụng vào công nghệ chế tạo tổng đài. Theo lý thuyết Clos, khi thực hiện ghép các trường chuyển mạch trung gian thì số khe thời gian trung gian tối thiểu qua tầng S là  $2N-1$ , trong đó N là số khe thời gian trên đầu vào của tầng T1 hay trên đầu ra của tầng T2. Hình 2.10 là ví dụ mô hình chuyển mạch T-S-T.



Hình 2.10 Ví dụ về mô hình chuyển mạch ghép TST

Khối chuyển mạch T-S-T cũng giống như các kiểu ghép khác đều nhằm mục đích tăng dung lượng và giảm độ tắc nghẽn. Tuy nhiên, khi ghép hợp các trường chuyển mạch sẽ làm phức

tập hóa vấn đề điều khiển. Đồng thời, độ tin cậy của toàn bộ hệ thống cũng sẽ giảm xuống khi có nhiều khối thiết bị hoạt động song song và cần đồng bộ với nhau.

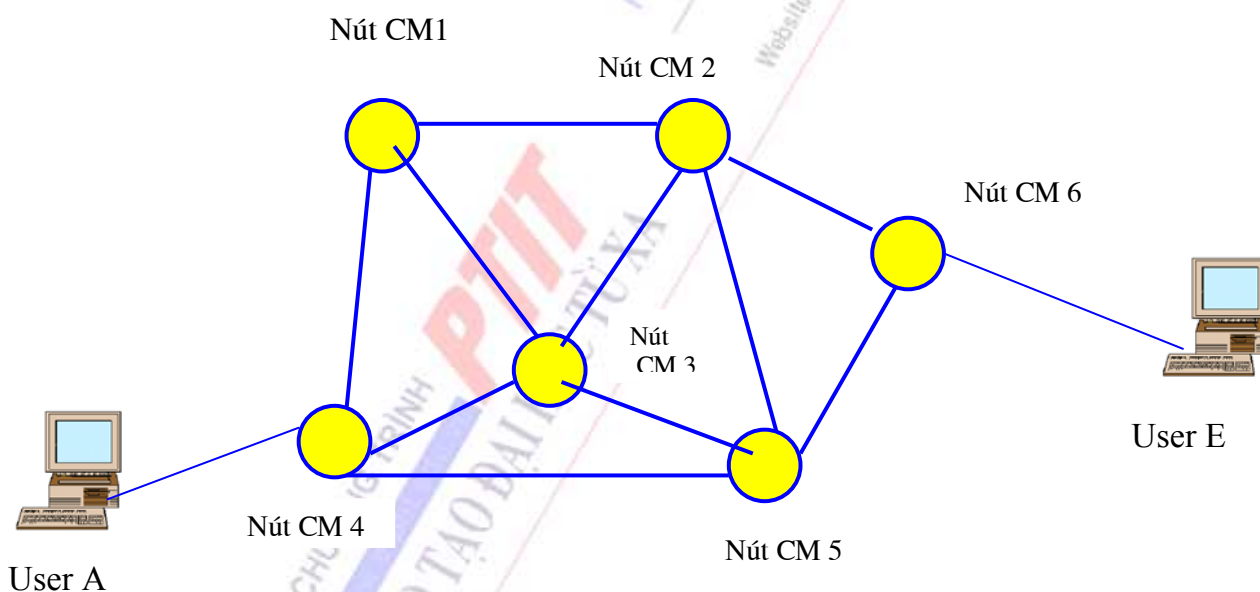
### 2.2. Chuyển mạch gói

#### 2.2.1. Nguyên lý chuyển mạch gói

Kĩ thuật chuyển mạch kênh đã được ứng dụng rộng rãi trong các mạng viễn thông trong khoảng thời gian dài, tuy nhiên nó cũng thể hiện khá nhiều nhược điểm như tốc độ cố định, đầu cuối cần khả dụng và cùng tốc độ, tài nguyên giành riêng, ... Để khắc phục những nhược điểm này, kĩ thuật chuyển mạch gói đã ra đời.

Kỹ thuật chuyển mạch gói đóng một vai trò rất quan trọng trong các mạng truyền số liệu trước đây và ngày nay là mạng hội tụ NGN, cho phép truyền tải không chỉ dữ liệu, mà cả tiếng nói, video, v.v.

Khái niệm đặc trưng cho mạng chuyển mạch gói là kiến trúc mạng (Topology). Topology đề cập đến phương cách đấu nối các thiết bị bằng các đường thông tin. Mạng chuyển mạch gói bao gồm các thành phần cơ bản sau (hình 2.11): trạm (station), nút mạng (node) và các đường truyền dẫn (link).



**Hình 2.11: Mạng chuyển mạch gói**

Các trạm có thể là máy tính hoặc các thiết bị đầu cuối khác, có chức năng tạo và thu số liệu. Nút mạng là một hệ thống chuyển mạch hay định tuyến, thực hiện các chức năng phân gói (nút gốc), hợp gói (nút đích), chuyển mạch, lưu tạm và chuyển tiếp các gói tin (các nút trung gian). Các liên kết đóng vai trò là đường truyền thông tin giữa các nút.

Mỗi trạm trong mạng chuyển mạch gói được đấu nối với một nút mạng. Mạng không liên quan đến nội dung thông tin được trao đổi giữa các trạm. Mục đích của nó chỉ là chuyển số liệu từ trạm này đến trạm khác (từ nguồn tới đích). Mạng chuyển mạch gói có đặc điểm là lưu lượng truyền số liệu thường có yêu cầu trao đổi tin nhanh, và do đó thời gian truyền tin rất ngắn (<1s). Với thời gian truyền tin ngắn như vậy thì kỹ thuật chuyển mạch kênh là không thích hợp bởi vì thời gian thiết lập và giải phóng kênh có thể lâu hơn rất nhiều so với thời gian truyền tin.

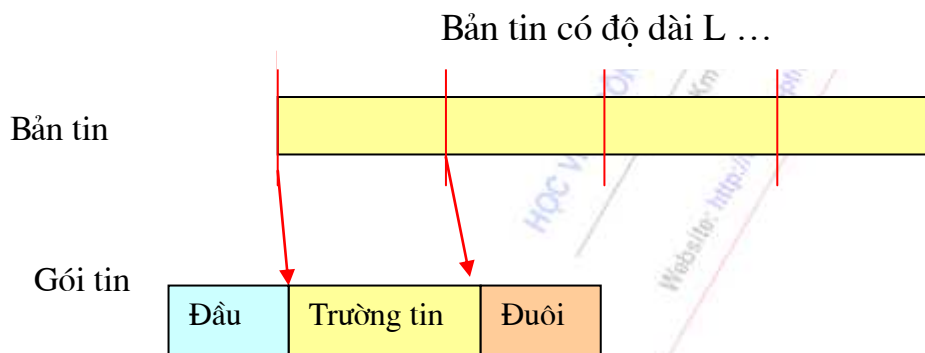


Trong kỹ thuật chuyển mạch gói, các bản tin cần truyền được chia cắt thành các thành phần nhỏ gọi là gói tin. Mỗi gói lại được đưa thêm phần điều khiển để mạng có thể định tuyến gói đó đến đích theo yêu cầu. Nguyên tắc chuyển mạch là tại từng nút gói được nhận, lưu tạm và chuyển tiếp tới nút tiếp theo cho đến khi đến đích cuối cùng. Nhìn chung, các bước cần thiết để truyền thông tin đi từ nguồn đến đích như sau:

- Bước 1: Phân đoạn gói ở phía phát
- Bước 2: Định tuyến các gói
- Bước 3: Tái hợp gói ở phía thu

Tuỳ thuộc vào giao thức truyền thông mà có thể có nhiều mức phân chia bản tin thành các gói với chiều dài khác nhau. Ngoài những thông tin được cắt từ bản tin, gói còn được chèn thêm các phần đầu (tiêu đề) và đuôi để phục vụ cho việc định tuyến qua mạng.

Hình 2.12 minh hoạ giao thức cắt gói.



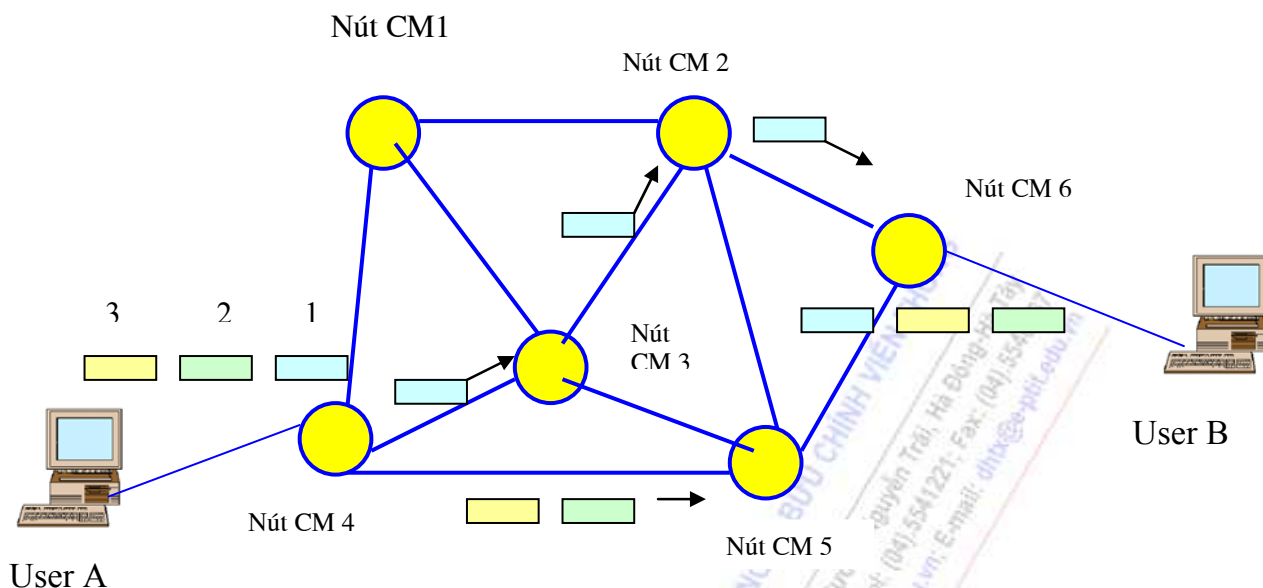
Hình 2.12: Nguyên lý cắt mảnh và tạo gói

### 2.2.2. Chuyển giao hướng kết nối và phí kết nối

Trong mạng chuyển mạch gói các gói tin được chuyển qua mạng từ nút này tới nút khác theo nguyên lý “lưu đệm và phát chuyển tiếp”. Mỗi nút sau khi thu một gói sẽ tạm thời lưu giữ một bản sao của gói vào bộ nhớ đệm cho tới khi phát chuyển tiếp gói tới nút tiếp theo hay tới trạm của người sử dụng.

Chuyển mạch gói có thể đáp ứng được yêu cầu hoạt động truyền tin một cách nhanh chóng, kể cả khi có sự thay đổi mẫu lưu lượng hoặc có sự hỏng hóc một phần hay nhiều tính năng khác của mạng. Kỹ thuật chuyển mạch gói sử dụng hai phương pháp tiêu biểu để chuyển các luồng gói từ nguồn đến đích là lược đồ dữ liệu (Datagram) và mạch ảo (Virtual Circuit).

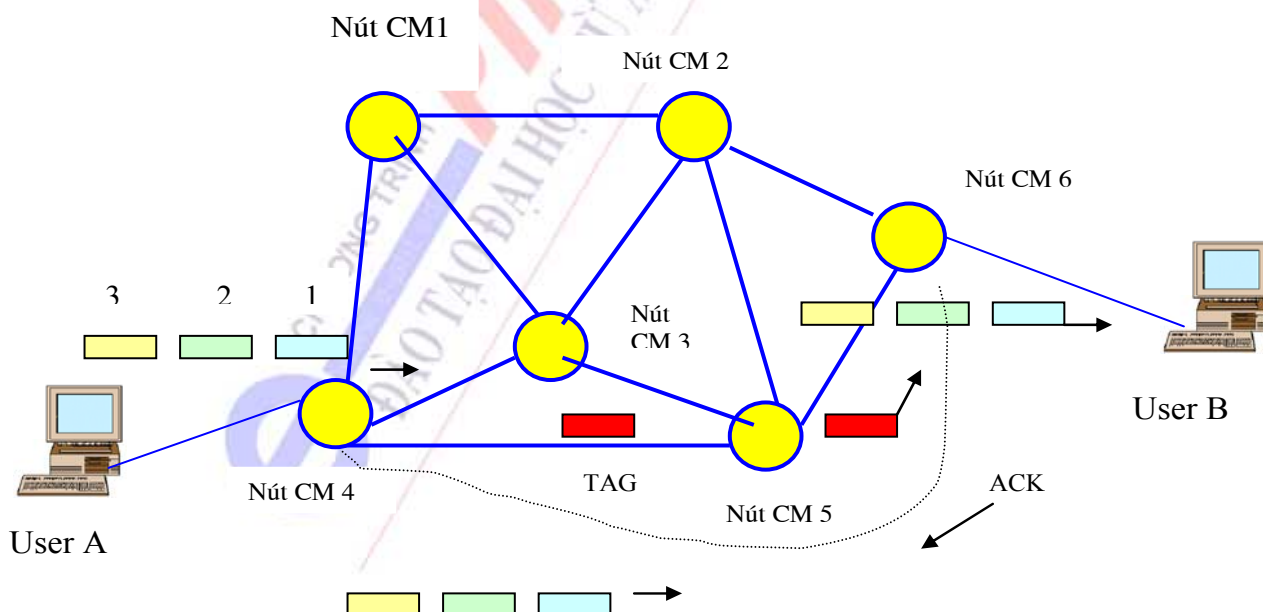
Trong phương pháp chuyển gói theo lược đồ dữ liệu (hình 2.13), mỗi gói được truyền độc lập với các gói khác, không liên quan gì đến gói đã được truyền trước đó. Giả thiết rằng trạm A có 3 bản tin 1, 2, 3 cần gửi đến B. Trạm A truyền số liệu đến nút 4. Nút 4 thực hiện phân gói, và định tuyến cho từng gói. Để đến được nút 6 nối với trạm B, nút 4 có thể tạo tuyến gói qua nút 5 hoặc 3. Ví dụ, gói 1 qua nút 3, còn hai gói 2 và 3 qua nút 5. Như vậy nghĩa là các gói không được chuyển trên cùng một tuyến, và do đó có thể đến đích không theo thứ tự. Tại nút đích (nút 6) các gói tin được sắp xếp lại theo thứ tự để gửi đến trạm B. Nếu một trong các gói có lỗi hay mất thì việc truyền coi như không thành công.



**Hình 2.13. Phương pháp lược đồ dữ liệu (Datagram)**

Phương pháp datagram chỉ sử dụng pha chuyển thông tin, không có thiết lập và giải phóng kết nối. Do vậy giao thức thông tin của datagram còn có tên gọi là giao thức phi kết nối (Connectionless).

Trong phương pháp chuyển gói theo kiểu mạch ảo (hình 2.14), trước khi gói được chuyển đi thì có một gói gọi là cờ hiệu (TAG) được gửi từ nút gốc, trong đó có địa chỉ nút gốc. Cờ hiệu này sẽ chạy qua các nút, đi đến đâu nó đặt hàng chiếm kết nối qua nút đó. Khi đường đi đã được chiếm, ví dụ từ A qua 5 đến B, nó gửi tín hiệu công nhận chiếm (ACK) đến nút gốc. Sau đó, các gói số liệu được gửi một cách tuần tự từ nút gốc đến nút đích theo tuyến đường đã được thiết lập.



**Hình 2.14. Phương pháp mạch ảo (Virtual Circuit)**

Tuyến đường chiếm (ví dụ từ A qua 4, 5, 6 đến B) được coi như cố định trong suốt thời gian kết nối. Kiểu truyền tin này giống với chuyển mạch kênh, và do vậy được gọi là mạch ảo hay kênh ảo. Trong mỗi gói, ngoài phần số liệu thực còn có thêm phần nhận dạng liên kết kênh ảo được sử dụng cho mục đích định tuyến.

Đặc điểm chính của kỹ thuật mạch ảo là tuyến giữa các trạm được thiết lập để chuyển số liệu, nhưng không có nghĩa là đường này được giành riêng như trong chuyển mạch kênh. Mọi gói có thể được lưu tạm tại từng nút, sắp hàng và chuyển tới nút tiếp theo nếu cần. Tại cùng một thời điểm, mỗi trạm có thể có một hoặc nhiều mạch ảo kết nối tới một hoặc nhiều trạm khác trong mạng.

Thủ tục truyền thông tin theo kiểu mạch ảo gồm 3 pha: thiết lập kết nối, chuyển thông tin và giải phóng kết nối. Do vậy, giao thức truyền thông trong trường hợp này còn được gọi là giao thức hướng kết nối (Connection Oriented). Sự khác nhau giữa datagram và mạch ảo là trong phương pháp mạch ảo, nút không phải thực hiện định tuyến cho từng gói, mà nó chỉ thực hiện định tuyến một lần duy nhất cho tất cả các gói.

Nếu hai trạm dự định trao đổi số liệu trong một khoảng thời gian dài thì phương pháp mạch ảo có nhiều ưu điểm hơn so với datagram. Trước tiên là mạng có thể cung cấp các dịch vụ liên quan đến mạch ảo gồm cả sắp xếp và điều khiển lỗi. Sắp xếp đề cập đến việc khi các gói được chuyển trên cùng một tuyến thì chúng sẽ đến đích theo thứ tự như khi phát từ nút gốc. Điều khiển lỗi là một dịch vụ bảo đảm rằng không những các gói đến đích theo đúng thứ tự mà còn đến chính xác. Ví dụ nếu gói trong thứ tự từ nút 4 khi đến nút 6 có lỗi thì nút 6 sẽ yêu cầu nút 4 phát lại gói đó. Ưu điểm nữa là vì sử dụng mạch ảo nên các gói được chuyển nhanh hơn vì không cần thủ tục định tuyến cho từng gói.

Ưu điểm của datagram là không có pha thiết lập, do vậy khi trạm gửi số liệu ngắn thì datagram sẽ phân phát nhanh hơn. Datagram mềm dẻo hơn vì khi một phần của mạng có sự cố thì nó sẽ tự định tuyến lại để tránh tắc nghẽn.

### 2.2.3. Các đặc điểm của chuyển mạch gói

#### *Ưu điểm của chuyển mạch gói so với chuyển mạch kênh:*

- Hiệu quả sử dụng tài nguyên cao hơn vì một liên kết đơn giữa nút và nút có thể sử dụng động cho nhiều gói tại cùng một thời điểm.
- Hai trạm với tốc độ khác nhau có thể thông tin được với nhau.
- Khi lưu lượng tăng nhiều, trong chuyển mạch kênh một số cuộc gọi sẽ bị từ chối, nhưng trong chuyển mạch gói các gói vẫn có thể được nhận, được lưu tạm và khi lưu lượng giảm các gói sẽ được truyền đi.
- Trong chuyển mạch gói để sử dụng đặc tính ưu tiên, các gói được sắp hàng tại nút, nút có thể truyền gói có mức ưu tiên cao trước các gói có mức ưu tiên thấp.

#### *Kích thước gói*

Một vấn đề gặp phải trong chuyển mạch gói là kích thước gói được sử dụng trong mạng. Có một mối quan hệ chặt chẽ giữa kích thước gói và thời gian truyền dẫn (hình 2.15).

Ta khảo sát một ví dụ:

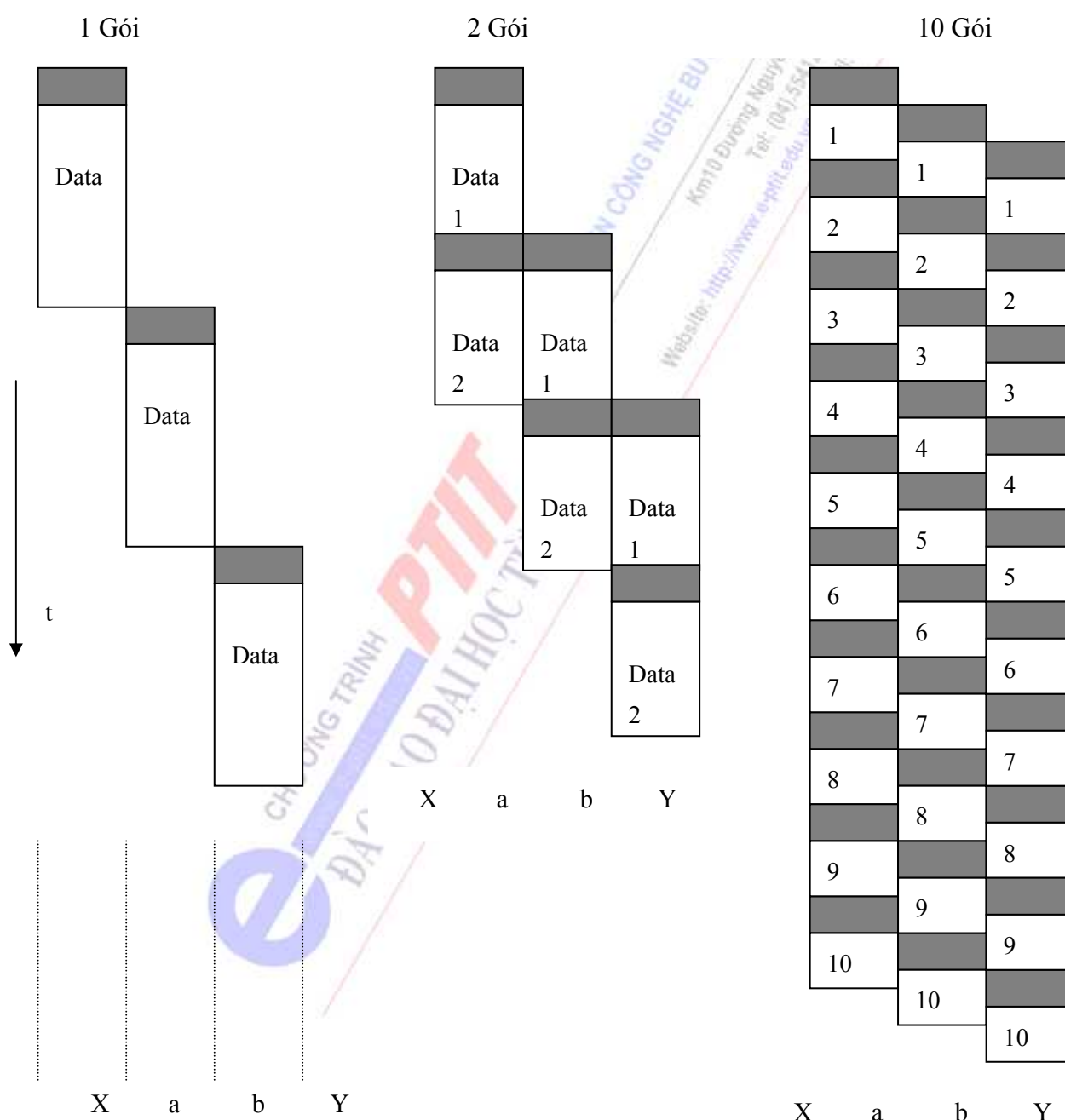
- Giả thiết một mạch ảo từ trạm X đến trạm Y qua các nút a và b.
- Bản tin M gồm 30 Octet (còn gọi là 30 byte), tạo thành 1 gói tin
- Thêm 3 octet thông tin điều khiển gói là tiêu đề được gán ở đầu gói.
- Nếu toàn bộ bản tin M được gửi như một gói đơn 33 octet, thì gói đầu tiên được truyền từ X đến a.

- Khi nhận được tất cả các gói thì nó được chuyển từ a đến b. Nếu nút b nhận được đầy đủ tất cả các gói thì nút b chuyển tiếp đến Y.
- Tổng thời gian truyền bằng 99 Octet thời gian ( $33 \text{ Octet} \times 3$ ).

Bây giờ, giả sử rằng bản tin M chia làm hai gói, trong đó

- Mỗi gói gồm 15 Octet số liệu thực,
- Thêm 3 octet tiêu đề.

Trong trường hợp này nút a có thể bắt đầu phát gói thứ nhất ngay khi gói đến trạm X mà không cần chờ gói thứ hai đến, như vậy có sự chồng lấn thời gian truyền, nên tổng thời gian truyền trong trường hợp này bằng 72 Octet thời gian.



Hình 2.15. ảnh hưởng của kích thước gói đến thời gian truyền

Nếu chia M làm 5 gói thì các nút trung gian sẽ truyền gói sớm hơn và thời gian truyền sẽ rút ngắn lại còn 63 Octet thời gian.

Nhưng nếu chia M làm 10 gói thì thời gian truyền sẽ lại tăng lên vì mỗi gói số liệu thật còn phải kèm theo tiêu đề. Nếu phân chia gói quá nhỏ thì tỷ số tiêu đề/số liệu trong gói sẽ tăng lên, và do vậy thời gian truyền cũng tăng theo.

Như vậy, có thể thấy rằng phải thiết kế gói sao cho có độ dài thích hợp để đảm bảo truyền gói nhanh nhất.



HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG  
Km10 Đường Nguyễn Trãi, Hà Đông-Hà Tây  
Tel: (04) 5541221; Fax: (04) 5540587  
Website: <http://www.o-ptit.edu.vn>; E-mail: [dhdx@o-ptit.edu.vn](mailto:dhdx@o-ptit.edu.vn)



## CHƯƠNG 3: CƠ SỞ KỸ THUẬT MẠNG IP VÀ NGN

### 3.1. Cơ sở kỹ thuật mạng IP

Ngày nay giao thức IP được sử dụng rộng rãi trên phạm vi toàn cầu cho kết nối mạng viễn thông. Mạng sử dụng giao thức IP loại bỏ ranh giới giữa dịch vụ số liệu và thoại. Trước đây chúng ta phải xây dựng các mạng riêng lẻ dựa trên các giao thức khác nhau. Do đó, khả năng kết nối giữa các hệ thống là rất khó khăn.

Giao thức IP độc lập với lớp liên kết dữ liệu. Nghĩa là ở lớp 2, chúng ta có thể dùng ATM, Frame Relay, LAN hoặc PPP. Điều này cho phép truyền gói tin IP giữa hai điểm mà giữa chúng là các liên kết lớp 2 bất kỳ. Mạng IP được xây dựng dựa trên các tiêu chuẩn toàn cầu của IETF. Do đó, thiết bị của các nhà sản xuất khác nhau có thể dễ dàng tương hoạt. Hiện nay, nếu nói tới tiêu chuẩn truyền thông phổ biến nhất thì đó chính là giao thức IP.

#### 3.1.1. Bộ giao thức TCP/IP

TCP/IP là bộ giao thức được phát triển bởi cục các dự án nghiên cứu cấp cao (ARPA) của bộ quốc phòng Mỹ. Ban đầu nó được sử dụng trong mạng ARPANET. Khi công nghệ mạng cục bộ phát triển, TCP/IP được tích hợp vào môi trường điều hành UNIX và sử dụng chuẩn Ethernet để kết nối các trạm làm việc với nhau. Đến khi xuất hiện các máy PC, TCP/IP lại được chuyển mang sang môi trường PC, cho phép các máy PC chạy DOS và các trạm làm việc chạy UNIX có thể kết nối trên cùng một mạng. Hiện nay, TCP/IP được sử dụng rất phổ biến trong mạng máy tính, mà điển hình là mạng Internet.

TCP/IP được phát triển trước mô hình OSI. Do đó, các tầng trong TCP/IP không tương ứng hoàn toàn với các tầng trong mô hình OSI (hình 3.1). Chồng giao thức TCP/IP được chia thành bốn tầng: giao diện mạng (network interface), liên mạng (internet), giao vận (transport) và ứng dụng (application).

Mô hình OSI		Mô hình TCP/IP
ứng dụng		ứng dụng
trình diễn		
Phiên		
Giao vận		Giao vận
Mạng		Liên Mạng
Liên kết dữ liệu		Giao diện mạng
Vật lý		

Hình 3.1. Mô hình OSI và TCP/IP

### 3.1.1.1. Tầng ứng dụng

Tầng ứng dụng cung cấp các dịch vụ dưới dạng các giao thức cho ứng dụng của người dùng. Một số giao thức tiêu biểu tại tầng này gồm:

- FTP (File Transfer Protocol): Đây là một dịch vụ hướng kết nối và tin cậy, sử dụng TCP để cung cấp truyền tệp giữa các hệ thống hỗ trợ FTP.
- Telnet (TERminal NETwork): Cho phép các phiên đăng nhập từ xa giữa các máy tính. Do Telnet hỗ trợ chế độ văn bản nên giao diện người dùng thường ở dạng dấu nhắc lệnh tương tác. Chúng ta có thể đánh lệnh và các thông báo trả lời sẽ được hiển thị.
- HTTP (Hyper Text Transfer Protocol): Trao đổi các tài liệu siêu văn bản để hỗ trợ WEB.
- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol): Truyền thư điện tử giữa các máy tính. Đây là dạng đặc biệt của truyền tệp được sử dụng để gửi các thông báo tới một máy chủ thư hoặc giữa các máy chủ thư với nhau.
- POP3 (Post Office Protocol): Cho phép lấy thư điện tử từ hộp thư trên máy chủ.
- DNS (Domain Name System): Chuyển đổi tên miền thành địa chỉ IP. Giao thức này thường được các ứng dụng sử dụng khi người dùng ứng dụng này dùng tên chứ không dùng địa chỉ IP.
- DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol): Cung cấp các thông tin cấu hình động cho các trạm, chẳng hạn như gán địa chỉ IP.
- SNMP (Simple Network Management Protocol): Được sử dụng để quản trị từ xa các thiết bị mạng chạy TCP/IP. SNMP thường được thực thi trên các trạm của người quản lý, cho phép người quản lý tập trung nhiều chức năng giám sát và điều khiển trong mạng.

### 3.1.1.2. Tầng giao vận

Tầng giao vận chịu trách nhiệm chuyển phát toàn bộ thông báo từ tiến trình-tới-tiến trình. Tại tầng này có hai giao thức là TCP và UDP, mỗi giao thức cung cấp một loại dịch vụ giao vận: hướng kết nối và phi kết nối.

#### Giao thức TCP

TCP là giao thức hướng kết nối, đầu cuối tới đầu cuối. Nó là giao thức có độ tin cậy và cung cấp nhiều ứng dụng mạng. Giao thức TCP cung cấp cho ta nhiều hình thức xử lý truyền tin đáng tin cậy. Về cơ bản TCP có thể hoạt động phía trên phạm vi rộng của những dãy hệ thống truyền tin từ đường kết nối hệ thống tới mạng chuyển mạch gói. Giao thức IP cũng phân mảnh hoặc nhóm lại từng phần TCP được đòi hỏi để hoàn thành việc vận chuyển và phân chia thông qua nhiều mạng và kết nối liên tiếp nhiều cổng lại với nhau.

TCP thực hiện một số chức năng như sau.

Chức năng đầu tiên là nhận luồng dữ liệu từ chương trình ứng dụng; dữ liệu này có thể là tệp văn bản hoặc là một bức ảnh. TCP chia luồng dữ liệu nhận được thành các gói nhỏ có thể quản lý. Sau đó gán mào đầu vào trước mỗi gói. Phần mào đầu này có chứa địa chỉ cổng nguồn và cổng đích. Ngoài ra, nó còn chứa số trình tự để chúng ta biết gói này nằm ở vị trí nào trong luồng dữ liệu.

Sau khi nhận được một số lượng gói nhất định, TCP sẽ gửi xác nhận. Ví dụ, nếu số lượng gói được quy định là 3 thì phía thu sẽ gửi xác nhận cho phía gửi sau khi nhận được 3 gói. Ưu điểm của việc làm này là TCP có khả năng điều chỉnh việc gửi và nhận các gói tin.

#### **Giao thức UDP**

UDP (User Datagram protocol) là một giao thức truyền thông phi kết nối, được dùng thay thế cho TCP ở trên IP theo yêu cầu của ứng dụng. UDP không cung cấp sự tin cậy, nó gửi gói tin vào tầng IP nhưng không có sự đảm bảo rằng gói tin sẽ đến được đích của chúng. UDP có trách nhiệm truyền các thông báo từ tiến trình-tới-tiến trình, nhưng không cung cấp các cơ chế giám sát và quản lý.

UDP cũng cung cấp cơ chế gán và quản lý các số cổng để định danh duy nhất cho các ứng dụng chạy trên một trạm của mạng. Do ít chức năng phức tạp nên UDP có xu thế hoạt động nhanh hơn so với TCP. Nó thường được dùng cho các ứng dụng không đòi hỏi độ tin cậy cao trong giao vận.

#### **Kỹ thuật điều khiển luồng và lỗi**

Trong tầng giao vận có 2 vấn đề kỹ thuật quan trọng là điều khiển luồng và điều khiển lỗi.

Điều khiển luồng định nghĩa lượng dữ liệu mà nguồn có thể gửi trước khi nhận một xác nhận từ đích. Trong trường hợp đặc biệt, giao thức tầng giao vận có thể gửi một byte dữ liệu và đợi xác nhận trước khi gửi byte tiếp theo. Nhưng nếu làm như vậy, quá trình gửi sẽ diễn ra rất chậm. Nếu dữ liệu phải đi qua đoạn đường dài thì nguồn sẽ ở trạng thái rối trong khi đợi xác nhận.

Trong một trường hợp đặc biệt khác, giao thức tầng giao vận có thể gửi tất cả dữ liệu nó có mà không quan tâm tới xác nhận. Làm như vậy sẽ tăng tốc độ truyền, nhưng có thể làm tràn ngập trạm đích (trạm đích không xử lý kịp). Bên cạnh đó, nếu một phần dữ liệu bị mất, bị nhân đôi, sai thứ tự hoặc bị hỏng thì trạm nguồn sẽ không biết.

TCP sử dụng một giải pháp nằm giữa hai trường hợp đặc biệt này. Nó định nghĩa một cửa sổ, đặt cửa sổ này lên bộ đệm gửi và chỉ gửi lượng dữ liệu bằng kích thước cửa sổ. Kỹ thuật này gọi là kỹ thuật cửa sổ trượt (sliding window). Hay nói một cách khác, để thực hiện điều khiển luồng, TCP sử dụng giao thức cửa sổ trượt. Hai trạm ở hai đầu kết nối TCP đều sử dụng một cửa sổ trượt. Cửa sổ này bao phủ phần dữ liệu trong bộ đệm mà một trạm có thể gửi trước khi quan tâm tới xác nhận từ trạm kia. Nó được gọi là cửa sổ trượt do có thể trượt trên bộ đệm khi trạm gửi nhận được xác nhận.

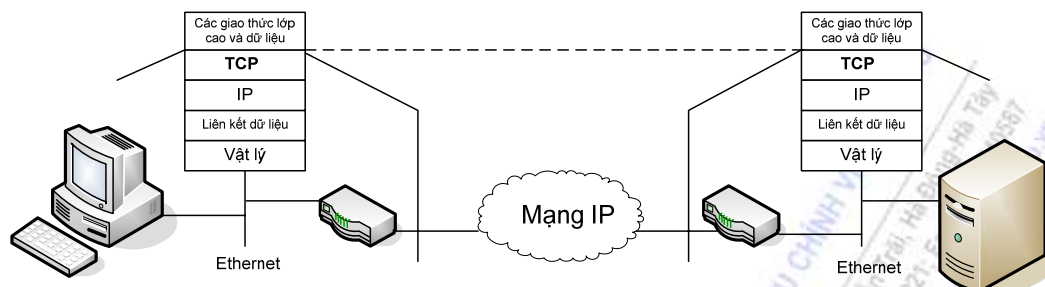
Ngoài điều khiển luồng, TCP còn hỗ trợ điều khiển lỗi. Nó là kỹ thuật đảm bảo tính tin cậy cho TCP. Điều khiển lỗi gồm các cơ chế phát hiện phân đoạn bị hỏng, bị mất, sai thứ tự hoặc nhân đôi. Nó cũng gồm cơ chế sửa lỗi sau khi chúng được phát hiện.

Phát hiện lỗi trong TCP được thực hiện thông qua việc sử dụng ba công cụ đơn giản: tổng kiểm tra, xác nhận và thời gian chờ (time-out). Mỗi phân đoạn có chứa một trường tổng kiểm tra để phát hiện phân đoạn lỗi. Nếu phân đoạn lỗi, nó sẽ bị TCP phía nhận bỏ đi. TCP sử dụng phương pháp xác nhận để thông báo sự nhận các gói đã tới đích mà không lỗi. Không có xác nhận gói hỏng trong TCP. Nếu một phân đoạn không được xác nhận trước khi hết giờ thì nó được xem như bị hỏng hoặc bị mất trên đường đi.

Cơ chế sửa lỗi trong TCP rất đơn giản. TCP nguồn đặt một bộ định thời cho mỗi phân đoạn được gửi đi. Bộ định thời được kiểm tra định kỳ. Khi nó tắt, phân đoạn tương ứng được xem như bị hỏng hoặc bị mất và sẽ được truyền lại.

### 3.1.1.3. Tầng liên mạng

Tầng liên mạng trong chồng giao thức TCP/IP tương ứng với tầng mạng trong mô hình OSI, cho phép kết nối nhiều mạng với các công nghệ khác nhau qua mạng lõi sử dụng giao thức IP (hình 3.2).



**Hình 3.2. Kết nối liên mạng sử dụng giao thức IP**

Chức năng chính của tầng mạng là đánh địa chỉ logic và định tuyến gói tới đích. Giao thức đáng chú ý nhất ở tầng liên mạng chính là giao thức liên mạng (IP – Internet Protocol). Ngoài ra còn có một số giao thức khác như ICMP, ARP và RARP. Sau đây sẽ trình bày khái quát về các giao thức này.

#### Giao thức IP

IP là một giao thức phi kết nối và không tin cậy. Nó cung cấp dịch vụ chuyển gói nỗ lực tối đa. Nỗ lực tối đa ở đây có nghĩa IP không cung cấp chức năng theo dõi và kiểm tra lỗi. Nó chỉ cố gắng chuyển gói tới đích chứ không có sự đảm bảo. Nếu độ tin cậy là yếu tố quan trọng, IP phải hoạt động với một giao thức tầng trên tin cậy, chẳng hạn TCP.

#### Giao thức ICMP

Như đã trình bày ở trên, IP là giao thức chuyển gói phi kết nối và không tin cậy. Nó được thiết kế nhằm mục đích sử dụng có hiệu quả tài nguyên mạng. IP cung cấp dịch vụ chuyển gói nỗ lực nhất. Tuy nhiên nó có hai thiếu hụt: thiếu điều khiển lỗi và thiếu các cơ chế hỗ trợ; IP cũng thiếu cơ chế truy vấn. Một trạm đôi khi cần xác định xem router hoặc một trạm khác có hoạt động không. Một người quản lý mạng đôi khi cần thông tin từ một trạm hoặc router khác.

Giao thức thông báo điều khiển liên mạng (ICMP – Internet Control Message Protocol) được thiết kế để bù đắp hai thiếu hụt trên. Nó được đi kèm với giao thức IP.

### 3.1.1.4. Tầng truy nhập mạng

Tầng truy nhập mạng đôi khi còn được gọi là giao diện mạng. Nó cung cấp giao tiếp với mạng vật lý (thông thường tầng này bao gồm các driver thiết bị trong hệ thống vận hành và các card giao diện mạng tương ứng trong máy tính. Chức năng của tầng này là điều khiển tất cả các thiết bị phần cứng, thực hiện giao tiếp vật lý với cáp hoặc với bất kỳ môi trường nào được sử dụng cũng như là kiểm soát lỗi dữ liệu phân bố trên mạng vật lý. Tầng truy nhập mạng không định nghĩa một giao thức riêng nào cả, nó hỗ trợ tất cả các giao thức chuẩn (standard) và độc quyền (proprietary), ví dụ như Ethernet, Token Ring, FDDI, X25, Frame Relay, ATM, ...



### 3.1.2. Địa chỉ IP

Ở mức ứng dụng, chúng ta có thể coi một liên mạng là một mạng đơn lẻ kết nối các trạm với nhau. Để một trạm truyền thông với trạm khác, chúng ta cần một hệ thống định danh toàn cầu. Nói cách khác, chúng ta cần đặt tên duy nhất cho mỗi trạm. Hệ thống định danh này chỉ được sử dụng tại tầng ứng dụng, không thể sử dụng ở tầng mạng vì trên mạng còn có các thực thể khác gắn tới, chẳng hạn router.

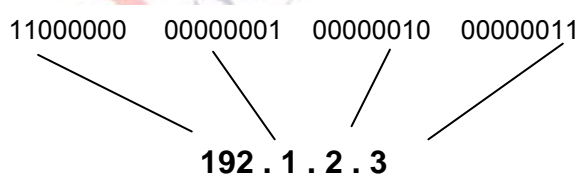
Một liên mạng được tạo nên từ sự kết hợp của các mạng vật lý (LAN hoặc WAN) kết nối với nhau qua các router. Khi một trạm truyền thông với một trạm khác, gói dữ liệu có thể di chuyển từ một mạng vật lý này đến mạng vật lý khác bằng cách sử dụng các router này. Nghĩa là việc truyền thông tại mức này cũng cần có một hệ thống định danh toàn cục. Một trạm phải có thể truyền thông với một trạm bất kỳ mà không phải lo lắng về mạng vật lý phải đi qua. Nghĩa là tại tầng này, một trạm cũng phải được định danh duy nhất và toàn cục. Hơn nữa, để định tuyến tối ưu và hiệu quả, mỗi router cũng phải được định danh duy nhất và toàn cục tại tầng này.

Số hiệu nhận dạng được sử dụng ở tầng liên mạng của bộ giao thức TCP/IP được gọi là địa chỉ liên mạng hay địa chỉ IP. Đối với phiên bản IPv4, địa chỉ này là một số nhị phân 32 bit, được thực thi trong phần mềm, dùng để định danh duy nhất và toàn cục một trạm hoặc một router trên liên mạng.

Các địa chỉ IP là duy nhất theo nghĩa mỗi địa chỉ định danh một và chỉ một thiết bị (trạm hoặc router) trên liên mạng. Hai thiết bị trên liên mạng không thể có cùng địa chỉ IP. Tuy nhiên, một thiết bị có thể có nhiều địa chỉ IP nếu chúng được kết nối tới nhiều mạng vật lý khác nhau.

Các địa chỉ IP là toàn cục theo nghĩa hệ thống đánh địa chỉ này phải được tất cả các trạm muốn kết nối tới liên mạng chấp nhận.

Mỗi địa chỉ IP gồm 4 byte, định nghĩa hai phần: địa chỉ mạng (NetID) và địa chỉ trạm (HostID). Các phần này có chiều dài khác nhau tùy thuộc vào lớp địa chỉ. Các bit đầu tiên trong phần địa chỉ mạng xác định lớp của địa chỉ IP.



**Hình 3.3: Ký pháp dấu chấm thập phân**

Để dễ đọc và dễ nhớ, các địa chỉ IP thường được biểu diễn dưới dạng dấu chấm thập phân. Trong cách biểu diễn này, các byte được tách riêng và biểu diễn dưới dạng thập phân, viết cách nhau bởi dấu chấm (hình 3.3).

#### 3.1.2.1. Các lớp địa chỉ IP

Địa chỉ IP được chia làm 5 lớp, ký hiệu là A, B, C, D và E. Chiều dài phần địa chỉ mạng và phần địa chỉ trạm của các lớp là khác nhau. Cấu trúc của các lớp được chỉ ra trong hình 3.4.

Các bit đầu tiên của địa chỉ IP được dùng để định danh lớp địa chỉ (0 - lớp A; 10 - lớp B; 110 - lớp C; 1110 - Lớp D và 1111 - lớp E).





### Địa chỉ Lớp A

Trong một mạng địa chỉ lớp A, 24 bit được sử dụng để định danh địa chỉ trạm. Nghĩa là về lý thuyết có thể có tối đa  $2^{24} = 16.777.216$  trạm. Tuy nhiên cũng có hai địa chỉ đặc biệt (phần địa chỉ trạm gồm toàn bit '0' hoặc toàn bit '1') được sử dụng làm các địa chỉ đặc biệt. Nghĩa là thực tế chỉ có tối đa 16.777.214 trạm trong một mạng lớp A.

**Địa chỉ Lớp B**

Trong địa chỉ lớp B, 2 byte đầu được dùng để định nghĩa địa chỉ mạng và 2 byte sau để định nghĩa địa chỉ trạm. Tuy nhiên, hai bit đầu tiên trong phần địa chỉ mạng luôn luôn là '10', nên chỉ có 14 bit để định nghĩa các mạng khác nhau. Nghĩa là có nhiều mạng lớp B hơn lớp A. Số mạng lớp B là  $2^{14} = 16.384$ .

### Địa chỉ Lớp B

Trong một mạng lớp B, 16 bit được sử dụng để định danh trạm, nghĩa là về lý thuyết mỗi mạng có thể có tối đa  $2^{16} = 65.536$  trạm. Tuy nhiên cũng có hai địa chỉ đặc biệt nên thực tế một mạng lớp B chỉ có tối đa 65.534 trạm.

**Địa chỉ Lớp C**

104

chỉ còn 21 bit để định nghĩa địa chỉ mạng. Số mạng lớp C lớn hơn số mạng lớp A, B và bằng  $2^{21} = 2.097.152$  mạng.

Một mạng lớp C về lý thuyết có thể có tối đa  $2^8 = 256$  trạm. Tuy nhiên thực tế chỉ có thể có tối đa 254 trạm do có hai địa chỉ được sử dụng cho các mục đích đặc biệt.

Địa chỉ lớp C được thiết kế cho các công ty nhỏ, những công ty chỉ có ít trạm nối vào mạng.

### **Địa chỉ Lớp D**

Địa chỉ lớp D được định nghĩa cho truyền đa hướng (multicasting). Trong lớp này, không có phần địa chỉ mạng và địa chỉ trạm. 4 bit đầu luôn luôn bằng '1110' để định nghĩa địa chỉ lớp D, 28 bit còn lại để định nghĩa địa chỉ đa hướng (multicast).

### **Địa chỉ Lớp E**

Lớp E được dự phòng để sử dụng cho các mục đích đặc biệt. Không có phần địa chỉ mạng và địa chỉ trạm. 4 bit đầu tiên bằng '1111' để định nghĩa lớp E.

### **3.1.3. Địa chỉ cổng và socket**

Mặc dù có một số cách để thực hiện truyền thông tiến trình-tới-tiến trình, nhưng cách thông dụng nhất là thực hiện thông qua mô hình khách-chủ (client-server). Một tiến trình trên máy cục bộ, được gọi là khách, cần một dịch vụ từ một ứng dụng trên trạm ở xa, được gọi là chủ.

Các hệ điều hành hiện nay hỗ trợ cả môi trường đa người dùng và đa chương trình. Một máy ở xa có thể chạy nhiều chương trình ứng dụng cùng lúc, giống như nhiều máy cục bộ có thể chạy một hoặc nhiều chương trình khách cùng lúc. Để truyền thông, chúng ta cần xác định:

- Trạm cục bộ,
- Tiến trình cục bộ
- Trạm ở xa
- Tiến trình ở xa

Trạm cục bộ và trạm ở xa được xác định sử dụng địa chỉ IP. Để xác định các tiến trình, chúng ta cần một số hiệu nhận dạng thứ hai, đó là số cổng. Trong TCP/IP, số cổng là một số nguyên nằm trong khoảng từ 0 đến 65535 (số 2 byte). Chương trình khách tự xác định nó bằng một số cổng được chọn ngẫu nhiên. Cổng này được gọi là cổng ngẫu nhiên.

Chương trình chủ cũng phải tự xác định bằng một số cổng. Tuy nhiên, cổng này không thể được chọn ngẫu nhiên. Nếu máy chủ ở xa chạy một tiến trình chủ và lấy một số ngẫu nhiên là số cổng, thì ứng dụng ở máy khách muốn truy nhập và sử dụng dịch vụ trên máy chủ đó sẽ không biết được số cổng cần sử dụng. Tất nhiên, một giải pháp có thể là gửi một gói đặc biệt để yêu cầu số cổng của một ứng dụng chủ cụ thể, tuy nhiên cách này làm tăng lưu lượng mạng. TCP/IP đã chọn cách sử dụng các số cổng thông dụng cho các ứng dụng chủ. Mọi tiến trình khách phải biết số cổng của tiến trình chủ tương ứng.

Như vậy, địa chỉ IP và số cổng đóng vai trò khác nhau trong việc chọn đích cuối cùng của dữ liệu. Địa chỉ IP đích xác định trạm trong số nhiều trạm khác nhau. Sau khi trạm đã được chọn, số cổng xác định một tiến trình trên trạm cụ thể đó.

Các số cổng được chia thành ba vùng: thông dụng, đăng ký và động.

Cổng thông dụng nằm trong khoảng từ 0 đến 1023. Những cổng này được gán và giám sát bởi IANA.

Cổng đăng ký nằm trong khoảng từ 1024 đến 49151, không do IANA gán và điều khiển. Chúng chỉ có thể được đăng ký với IANA để tránh trùng lặp.

Cổng động nằm trong khoảng từ 49152 đến 65535 có thể được sử dụng bởi mọi tiến trình. Chúng còn được gọi là các cổng ngẫu nhiên.

Để thiết lập một kết nối cần có hai số hiệu nhận dạng: địa chỉ IP và số cổng. Sự kết hợp địa chỉ IP và số cổng được gọi là địa chỉ socket. Để sử dụng dịch vụ chúng ta cần một cặp địa chỉ socket: địa chỉ socket khách và địa chỉ socket chủ. Địa chỉ socket khách để định danh duy nhất ứng dụng khách. Địa chỉ socket chủ để định danh duy nhất ứng dụng chủ. Bốn thông tin này là một phần của tiêu đề IP và tiêu đề TCP. Tiêu đề IP chứa địa chỉ IP; tiêu đề TCP chứa địa chỉ cổng.

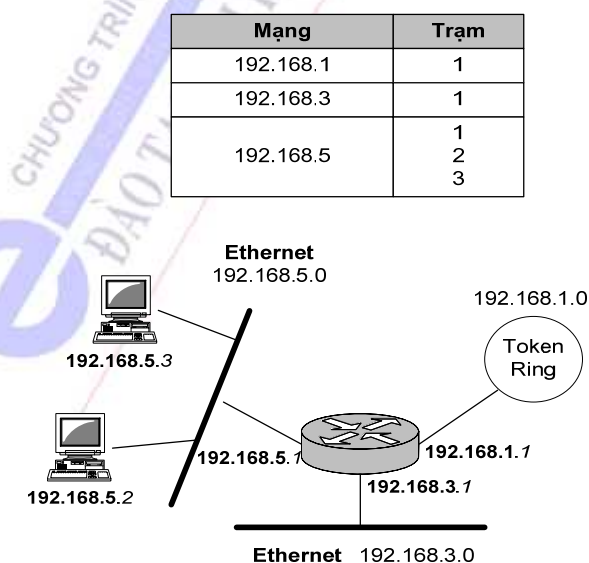
### 3.1.4. Định tuyến trong mạng IP

#### 3.1.4.1. Khái niệm về định tuyến

Định tuyến là quá trình xác định đường đi để chuyển tải thông tin trong liên mạng từ nguồn đến đích. Nó là một chức năng được thực hiện ở tầng mạng. Chức năng này cho phép router đánh giá các đường đi sẵn có tới đích. Để đánh giá đường đi, định tuyến sử dụng các thông tin về Topology của mạng. Các thông tin này có thể do người quản trị thiết lập hoặc được thu thập thông qua các giao thức định tuyến.

Tầng mạng hỗ trợ chuyển gói cuối-tới-cuối cố gắng nhất (best-effort) qua các mạng được kết nối với nhau. Tầng mạng sử dụng bảng định tuyến IP để gửi các gói từ mạng nguồn đến mạng đích. Sau khi đã quyết định sử dụng đường đi nào, router tiến hành việc chuyển gói. Nó lấy một gói nhận được ở giao diện vào và chuyển tiếp gói này tới giao diện ra tương ứng (giao diện thể hiện đường đi tốt nhất tới đích cho gói).

Trong một liên mạng, mỗi mạng được định danh bởi một địa chỉ mạng và router sử dụng các địa chỉ mạng này để nhận biết đích. Router sử dụng địa chỉ mạng để nhận dạng mạng đích (LAN) của một gói tin trong một liên mạng. Hình 3.5 minh họa ba địa chỉ mạng được dùng để nhận diện các phân đoạn kết nối tới router.



Hình 3.5 Định tuyến gói tin theo địa chỉ mạng và địa chỉ trạm

Khi định tuyến dữ liệu từ nguồn đến đích, router thường chuyển tiếp gói từ một liên kết dữ liệu (mạng) này đến một liên kết dữ liệu khác, sử dụng hai chức năng cơ bản là xác định đường đi và chuyển mạch.

### 3.1.4.2. Định tuyến tĩnh và định tuyến động

Các tuyến tĩnh được người quản trị cập nhật và quản lý một cách thủ công. Trong trường hợp topology mạng thay đổi, người quản trị phải cập nhật lại các tuyến tĩnh cho phù hợp.

Định tuyến động hoạt động khác với định tuyến tĩnh. Sau khi người quản trị nhập các lệnh cấu hình để khởi tạo định tuyến động, thông tin về tuyến sẽ được cập nhật tự động mỗi khi nhận được một thông tin mới từ liên mạng. Các thay đổi về topology mạng được trao đổi giữa các router.

#### Tại sao định tuyến tĩnh

Định tuyến tĩnh có một số ứng dụng hữu ích. Định tuyến động có khuynh hướng truyền đạt tất cả các thông tin về một liên mạng. Tuy nhiên, trong trường hợp vì lý do an toàn, chúng ta có thể muốn che giấu một số phần của liên mạng. Định tuyến tĩnh cho phép chúng ta chỉ rõ thông tin muốn tiết lộ.

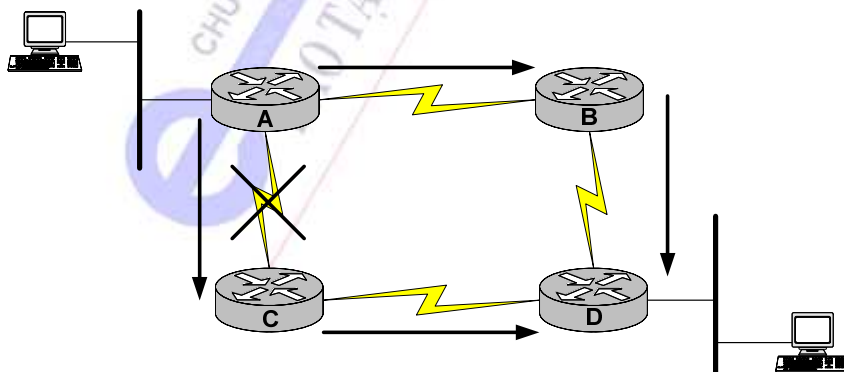
Trong trường hợp chỉ có một đường đi duy nhất tới mạng, thì chỉ một tuyến tĩnh tới mạng là đủ. Loại mạng này được gọi là mạng cụt (stub network). Cấu hình định tuyến tĩnh cho một mạng cụt tránh được lưu lượng cập nhật định tuyến động.

#### Sự cần thiết của định tuyến động

Mạng ở hình 3.6 sẽ thích ứng khác nhau đối với các thay đổi về topology mạng, tùy thuộc việc nó sử dụng định tuyến tĩnh hay định tuyến động.

Định tuyến tĩnh cho phép các router định tuyến gói tin từ mạng này tới mạng khác dựa trên các thông tin được cấu hình thủ công. Trong ví dụ này, Router A luôn gửi lưu lượng có đích là Router C qua Router D. Router A tham chiếu tới bảng định tuyến của nó và dựa theo các thông tin tĩnh để chuyển tiếp gói tới Router D. Router D cũng thực hiện các công việc tương tự và chuyển tiếp gói tới Router C. Router C chuyển gói tới trạm đích.

Nếu đường đi giữa Router A và Router D bị lỗi, Router A không thể chuyển gói tới Router D thông qua tuyến tĩnh đã thiết lập này. Như vậy, truyền thông với mạng đích không thể thực hiện được cho đến khi Router A được cấu hình lại để chuyển gói qua Router B. Đây chính là một nhược điểm của định tuyến tĩnh.



Hình 3.6: Định tuyến động và khả năng thay thế tuyến hỏng không

Định tuyến động hoạt động linh hoạt hơn. Theo bảng định tuyến của Router A, gói có thể tới đích của nó qua Router D. Tuy nhiên, còn có một đường đi sẵn có khác tới đích, đó là đi qua



Router B. Khi Router A nhận ra rằng liên kết tới Router D bị lỗi, nó điều chỉnh bảng định tuyến và đường đi tới mạng đích sẽ qua Router B.

Khi liên kết giữa Router A và D được khôi phục, Router A có thể một lần nữa thay đổi bảng định tuyến để chuyển đường đi tới đích là qua Router D.

Các giao thức định tuyến động cũng có thể chuyển lưu lượng từ cùng một phiên làm việc qua nhiều đường đi khác nhau trong mạng để có hiệu suất cao hơn. Tính chất này được gọi là chia sẻ tải (load sharing).

Sự thành công của định tuyến động phụ thuộc vào hai chức năng cơ bản của router:

- Duy trì bảng định tuyến,
- Chia sẻ tri thức cho các router khác dưới dạng các cập nhật định tuyến.

Định tuyến động dựa vào các giao thức định tuyến để chia sẻ tri thức giữa các router. Giao thức định tuyến định nghĩa một tập luật mà router sử dụng khi liên lạc với các router kế cận.

#### **Xác định khoảng cách trên các đường đi mạng**

Khi một giải thuật định tuyến cập nhật bảng định tuyến, mục đích chính của nó là xác định đâu là thông tin tốt nhất để lưu trong bảng định tuyến. Mỗi giải thuật định tuyến xác định thông tin tốt nhất theo cách của riêng nó. Giải thuật tạo ra một số, được gọi là giá trị metric, cho mỗi đường đi qua mạng. Thường thì giá trị metric càng nhỏ thì đường đi càng tối ưu.

Có thể tính toán các metric dựa trên một đặc tính đơn lẻ của đường đi; hoặc cũng có thể tính các metric phức tạp hơn bằng cách kết hợp nhiều đặc tính. Các metric được sử dụng phổ biến gồm: chiều dài đường đi, độ tin cậy, độ trễ định tuyến, băng thông, tải, giá truyền thông.

Hầu hết các giải thuật định tuyến đều thuộc một trong 3 loại sau:

- Giải thuật vector khoảng cách (distance vector).
- Giải thuật trạng thái liên kết (Link State).
- Giải thuật lai.

Giải thuật định tuyến vector khoảng cách xác định hướng (vector) và khoảng cách tới bất kỳ một liên kết nào trên liên mạng. Giao thức định tuyến vector khoảng cách gửi định kỳ các bản sao của một bảng định tuyến từ một router tới các router hàng xóm (router nối trực tiếp). Những cập nhật đều đặn này giữa các router truyền đạt các thay đổi về tô pô mạng.

Giải thuật trạng thái liên kết (còn được gọi là giải thuật đường đi ngắn nhất) tạo lại chính xác tô pô của toàn bộ liên mạng (hoặc ít nhất một phần của liên mạng mà Router nối tới). Các giải thuật định tuyến trạng thái liên kết, còn được gọi là giải thuật đường đi ngắn nhất trước (SPF), duy trì một cơ sở dữ liệu phức tạp về thông tin tô pô. Trong khi giải thuật vector khoảng cách có các thông tin không cụ thể về các mạng ở xa và không có hiểu biết về các router ở xa, thì giải thuật định tuyến trạng thái liên kết duy trì các thông tin đầy đủ về router ở xa và cách chúng được kết nối với nhau.

Các giải thuật trạng thái liên kết dựa trên việc sử dụng các cập nhật trạng thái liên kết. Mỗi khi tô pô trạng thái liên kết thay đổi, các router đầu tiên biết được sự thay đổi này gửi một thông tin mới tới các router khác hoặc tới một router chỉ định (nơi các router khác có thể sử dụng để cập nhật).



### **3.1.4.3. Giao thức định tuyến**

Ngày nay, một liên mạng có thể lớn đến mức một giao thức định tuyến không thể xử lý công việc cập nhật các bảng định tuyến của tất cả các router. 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 router chịu một quyền lực quản trị chung. Nó đôi khi còn được gọi là vùng định tuyến (routing domain). Định tuyến bên trong một hệ thống tự trị được gọi là định tuyến trong. Định tuyến giữa các hệ thống tự trị được gọi là định tuyến ngoài. Mỗi hệ thống tự trị có thể chọn một giao thức định tuyến trong để thực hiện định tuyến bên trong hệ thống. Tuy nhiên, thường chỉ có một giao thức định tuyến ngoài được chọn để thực hiện định tuyến giữa các hệ thống tự trị.

Hiện nay có nhiều giao thức định tuyến trong và ngoài đang được sử dụng. Tuy nhiên, tiêu biểu nhất và phổ biến nhất là giao thức định tuyến trong (OSPF) và một giao thức định tuyến ngoài (BGP). OSPF có thể được sử dụng để cập nhật các bảng định tuyến bên trong một hệ thống tự trị. BGP có thể được sử dụng để cập nhật các bảng định tuyến cho các router nối các hệ thống tự trị với nhau.

## **3.2. Mạng thế hệ mới NGN**

Mạng thông tin toàn cầu hiện nay đã có những bước phát triển mạnh mẽ song chỉ tập trung vào 2 lĩnh vực dịch vụ chủ yếu là truyền thoại và truyền số liệu, tương ứng với nó là 2 cơ sở hạ tầng mạng PSTN (thoại) và Internet (số liệu). Ngoài ra còn một số mạng cung cấp dịch vụ khác như mạng di động mặt đất (PLMN), truyền hình cáp (CATV). Mỗi hệ thống này có mạng lưới truyền tải và truy nhập riêng, nhưng đều phải sử dụng chung mạng lưới chuyển mạch và đường trục cáp quang quốc gia, điều này gây ra nhiều phức tạp trong hệ thống quản lý viễn thông, giảm hiệu suất phục vụ, tăng chi phí vận hành bảo dưỡng.

NGN (Next Generation Network) là một giải pháp mạng nhằm nâng cao khả năng cung cấp dịch vụ của các mạng hiện nay để có thể truyền đa dịch vụ trên nền tảng chuyển mạch gói, hình thành một cơ sở hạ tầng mạng viễn thông duy nhất sử dụng chung mạng lõi cho nhiều mạng truy nhập khác nhau. Mục đích của NGN là cung cấp đa dịch vụ thông minh trên cơ sở hội tụ thoại và số liệu, di động và cố định theo mô hình dịch vụ client/server.

### **3.2.1. Sự cần thiết phải chuyển đổi sang mạng thế hệ sau**

Mạng PSTN hiện tại dựa trên nền tảng công nghệ TDM và hệ thống báo hiệu số 7 (CCS7). Về cơ bản mạng này vẫn có khả năng cung cấp tốt các dịch vụ viễn thông bình thường như thoại hay Fax với chất lượng khá ổn định. Song nhu cầu của bản thân nhà cung cấp dịch vụ lẫn khách hàng ngày càng tăng làm bộc lộ những hạn chế không thể khắc phục được của mạng hiện tại.

Ngày nay thị trường viễn thông trong nước và thế giới đang ở trong cuộc cạnh tranh quyết liệt do việc xóa bỏ độc quyền nhà nước và mở cửa tự do cho tất cả các thành phần kinh tế. Các nhà cung cấp dịch vụ đang phải đứng trước sức ép giảm giá thành đồng thời tăng chất lượng dịch vụ. Sự xuất hiện và phát triển bùng nổ của dịch vụ Internet dẫn đến những thay đổi đột biến về cơ sở mạng buộc các nhà cung cấp dịch vụ phải “thay đổi tư duy”. Dưới đây là một số hạn chế của mạng hiện tại.

#### **a. Cứng nhắc trong việc phân bổ băng thông**

Mạng PSTN dựa trên công nghệ TDM trong đó đường truyền được phân chia thành các khung cố định là  $125\mu s$ . Mỗi khung được chia thành các khe thời gian (Timeslot). Kênh cơ sở được tính tương đương với một khe thời gian là 64Kb/s. Điều này dẫn đến một số bất lợi, ví dụ như đối với nhiều loại dịch vụ đòi hỏi băng thông thấp hơn thì cũng không được, hay như đối với các dịch vụ có nhu cầu băng thông thay đổi thì TDM cũng không thể đáp ứng được. Cuộc nổi TDM được phân bổ lượng băng thông cố định ( $N \times 64Kb/s$ ) và các khe thời gian này được chiếm cố định trong suốt thời gian diễn ra cuộc nổi dẫn đến lãng phí băng thông. Chuyển mạch gói quản lý băng thông mềm dẻo theo nhu cầu dịch vụ nên hiệu quả sử dụng băng thông cao hơn rất nhiều.

#### ***b. Khó khăn cho việc tổ hợp mạng***

Trước đây các loại dịch vụ viễn thông khác nhau như thoại, dữ liệu hay video được cung cấp trên các mạng tách biệt nhau. Nỗ lực tổ hợp tất cả các mạng này thành một mạng duy nhất được thực hiện từ những năm 80 với mô hình mạng ISDN băng hẹp. Mô hình này vẫn dựa trên nền công nghệ TDM và gặp phải một số khó khăn như tốc độ thấp, thiết bị mạng phức tạp. Ý tưởng mạng ISDN băng rộng dựa trên nền công nghệ ATM đã được đưa ra song có vẻ như quá đồ sộ và đắt đỏ đối với người tiêu dùng. Và lại ATM cũng không linh hoạt khi hoạt động ở tốc độ thấp. Giải pháp IOverATM nghe có vẻ hợp lý hơn.

#### ***c. Khó khăn trong việc cung cấp dịch vụ mới***

Trong mạng PSTN toàn bộ phần “thông minh” của mạng đều tập trung ở các tổng đài. Dịch vụ mới muốn được triển khai phải bắt đầu từ tổng đài. Điều này dẫn đến sự thay đổi phần mềm và đôi khi cả phần cứng của tổng đài rất phức tạp và tốn kém. Ngoài ra, nhu cầu của khách hàng không ngừng tăng và nhiều loại dịch vụ mới không thể thực hiện trên nền mạng TDM.

#### ***d. Đầu tư cho mạng PSTN lớn, giá thiết bị cao, chi phí vận hành mạng lớn, không linh hoạt trong việc mở rộng hệ thống, vốn đầu tư tập trung tại các trung tâm chuyển mạch***

Điều này dường như quá rõ ràng. Đầu tư cho các thiết bị mạng PSTN rất lớn (so với mạng IP). Các tổng đài thường rất đắt, đầu tư cả cục. Chi phí nhân công cho việc vận hành bảo dưỡng mạng rất cao. Các chức năng phần cứng và phần mềm đều tập trung tại tổng đài nên rất khó khăn khi cần thay đổi. Mạng có nhiều cấp gây phức tạp trong việc phối hợp hệ thống báo hiệu, đồng bộ và triển khai dịch vụ mới. Ngoài ra, việc thiết lập trung tâm quản lý mạng, hệ thống tính cước hay chăm sóc khách hàng cũng rất phức tạp.

#### ***e. Giới hạn trong phát triển mạng***

Các tổng đài chuyển mạch nội hạt đều sử dụng kỹ thuật chuyển mạch kênh, trong đó các kênh thoại đều có tốc độ 64Kb/s. Quá trình báo hiệu và điều khiển cuộc gọi liên hệ chặt chẽ với cơ cấu chuyển mạch.

Ngày nay, những lợi ích về mặt kinh tế của thoại gói đang thúc đẩy sự phát triển của cả mạng truy nhập và mạng đường trục từ chuyển mạch kênh sang gói. Và bởi vì thoại gói đang dần được chấp nhận rộng rãi trong cả mạng truy nhập và mạng đường trục, các tổng đài chuyển mạch kênh nội hạt truyền thống đóng vai trò cầu nối của cả hai mạng gói này. Việc chuyển đổi gói sang kênh phải được thực hiện tại cả hai đầu vào và ra của chuyển mạch kênh, làm phát sinh những chi phí phụ không mong muốn và tăng thêm trễ truyền dẫn cho thông tin, đặc biệt ảnh hưởng tới những thông tin nhạy cảm với trễ đường truyền như tín hiệu thoại.

Nếu tồn tại một giải pháp mà trong đó các tổng đài nội hạt có thể cung cấp dịch vụ thoại và các dịch vụ tùy chọn khác ngay trên thiết bị chuyển mạch gói, thì sẽ không phải thực hiện các

chuyển đổi không cần thiết nữa. Điều này mang lại lợi ích kép là giảm chi phí và tăng chất lượng dịch vụ (giảm trễ đường truyền). Và đó cũng là một bước quan trọng tiến gần tới cái đích cuối cùng là mạng NGN

#### ***f. Không đáp ứng được sự tăng trưởng nhanh của các dịch vụ dữ liệu***

Sự thật là ngày nay dịch vụ Internet phát triển với tốc độ chóng mặt, lưu lượng Internet tăng với cấp số nhân theo từng năm và triển vọng sẽ còn tăng mạnh vào những năm sau trong khi lưu lượng thoại cố định dường như có xu hướng bão hòa thậm chí giảm ở một số nước phát triển. Internet đã thâm nhập vào mọi góc cạnh của đời sống xã hội với nhiều ý tưởng rất ngoạn mục như: đào tạo từ xa, y tế từ xa, chính phủ điện tử hay tin học hóa xã hội, v.v... Các mạng cung cấp dịch vụ số liệu nói chung và Internet nói riêng nếu không cải tiến và áp dụng công nghệ mới thì rõ ràng sẽ không thể đáp ứng được những nhu cầu ngày càng tăng này.

Với yêu cầu về thay đổi công nghệ mạng như trên, mạng thế hệ sau NGN đã được giới thiệu và ứng dụng ở một số quốc gia. Thực tiễn triển khai cho thấy công nghệ mạng mới này đã đáp ứng đầy đủ các yêu cầu về kỹ thuật và kinh doanh kể trên. Vì vậy, mạng viễn thông Việt nam không có sự lựa chọn nào khác là cần phải chuyển dần sang mạng thế hệ sau sử dụng công nghệ gói.

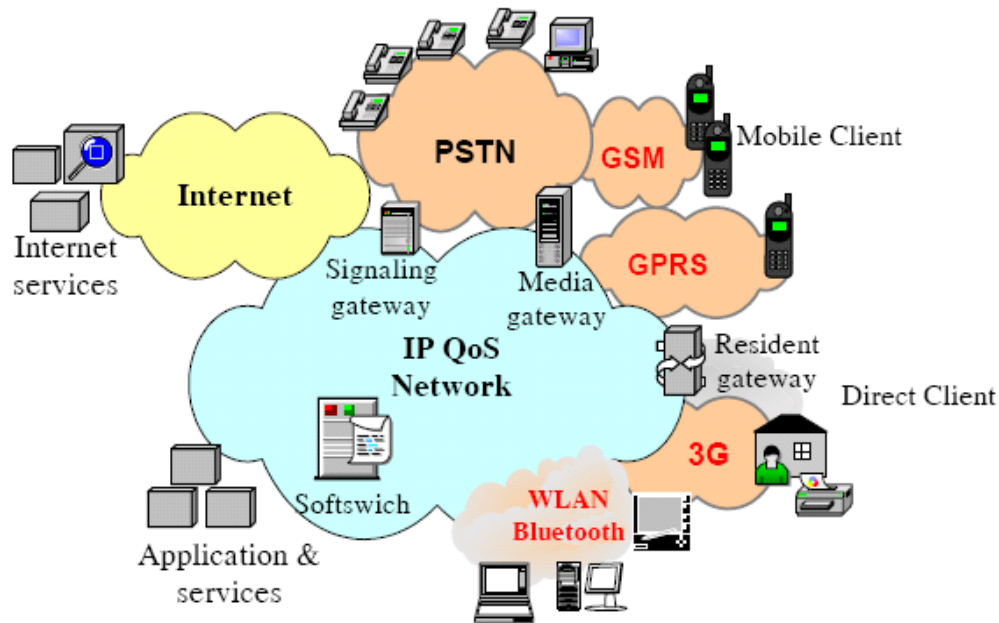
#### **3.2.2. Nguyên tắc tổ chức mạng NGN**

##### **Khái niệm NGN và sự hội tụ công nghệ**

Cho tới nay, mặc dù các tổ chức viễn thông quốc tế và các nhà cung cấp thiết bị viễn thông trên thế giới đều rất quan tâm và nghiên cứu về chiến lược phát triển NGN, nhưng vẫn chưa có một định nghĩa cụ thể và chính xác nào cho mạng NGN. Do đó định nghĩa mạng NGN nêu ra ở đây không thể bao hàm hết mọi chi tiết về mạng thế hệ sau, nhưng có thể được coi là khái niệm chung nhất khi đề cập đến NGN.

Khuyến nghị Y.2001 của ITU-T chỉ rõ: *Mạng thế hệ sau (NGN) 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 sao cho đồng nhất và đảm bảo.*

Như vậy, NGN có thể hiểu là mạng có hạ tầng thông tin duy nhất dựa trên công nghệ chuyển mạch gói, triển khai các dịch vụ một cách đa dạng và nhanh chóng, đáp ứng sự hội tụ giữa thoại và số liệu, giữa cố định và di động (hình 3.7). Những khả năng và ưu điểm của NGN bắt nguồn từ sự tiến bộ của công nghệ thông tin và các ưu điểm của công nghệ chuyển mạch gói và truyền dẫn quang băng rộng.



Hình 3.7: Sự hội tụ giữa thoại và số liệu, cố định và di động trong mạng thế hệ sau

#### Nguyên tắc tổ chức mạng

Đề tận dụng hết lợi thế đem đến từ quá trình hội tụ công nghệ và phát huy tối đa hiệu suất sử dụng trong môi trường đa dịch vụ, mạng NGN được tổ chức dựa trên những nguyên tắc cơ bản sau:

- Mạng có cấu trúc đơn giản;
- Đáp ứng nhu cầu cung cấp các loại hình dịch vụ viễn thông phong phú và đa dạng;
- Nâng cao hiệu quả sử dụng, chất lượng mạng lưới và giảm chi phí khai thác, bảo dưỡng;
- Dễ dàng tăng dung lượng, phát triển dịch vụ mới;
- Có độ linh hoạt và tính sẵn sàng cao, năng lực tồn tại mạnh;
- Việc tổ chức mạng dựa trên số lượng thuê bao theo vùng địa lý và nhu cầu phát triển dịch vụ; không tổ chức theo địa bàn hành chính mà tổ chức theo vùng mạng hoặc vùng lưu lượng.

#### Các đặc điểm của mạng NGN

Với những nguyên tắc xây dựng cơ bản như trên, mạng NGN có bốn đặc điểm chính:

1. Nền tảng là hệ thống mạng mở;
2. Là mạng dịch vụ thúc đẩy, nhưng dịch vụ phải thực hiện độc lập với mạng;
3. Là mạng chuyên mạch gói, dựa trên một bộ giao thức thống nhất;
4. Là mạng có dung lượng ngày càng tăng, tính thích ứng cao và đủ năng lực để đáp ứng nhu cầu của người sử dụng.

#### Trước hết, do áp dụng cơ cấu mở mà:

- Các khối chức năng của tổng đài truyền thống được chia thành các phần tử mạng độc lập, các phần tử phân theo chức năng và phát triển một cách độc lập.
- Giao diện và giao thức giữa các bộ phận phải dựa trên các tiêu chuẩn tương ứng.



Việc phân tách làm cho mạng viễn thông vốn có dần dần đi theo hướng mới, những nhà kinh doanh có thể căn cứ vào nhu cầu dịch vụ để tự tổ hợp các phần tử khi tổ chức mạng lưới. Việc tiêu chuẩn hóa giao thức giữa các phần tử có thể thực hiện nối thông các mạng có cấu hình khác nhau.

***Tiếp đến, mạng NGN là mạng dịch vụ thúc đẩy, với đặc điểm:***

- Chia tách dịch vụ với điều khiển cuộc gọi;
- Chia tách cuộc gọi với truyền tải.

Mục tiêu chính của chia tách là làm cho dịch vụ thực sự độc lập với mạng, thực hiện một cách linh hoạt và có hiệu quả việc cung cấp dịch vụ.

Thuê bao có thể tự bố trí và xác định đặc trưng dịch vụ của mình, không quan tâm đến mạng truyền tải dịch vụ và loại hình đầu cuối. Điều đó làm cho việc cung cấp dịch vụ và ứng dụng có tính linh hoạt cao.

***NGN là mạng chuyển mạch gói, giao thức thống nhất.***

Từ trước đến nay, các mạng viễn thông, mạng máy tính hay truyền hình cáp đã tồn tại và cung cấp dịch vụ một cách riêng biệt. Nhưng mấy năm gần đây, cùng với sự phát triển của công nghệ IP, người ta mới nhận thấy là các mạng trao đổi thông tin này cuối cùng rồi cũng tích hợp trong một mạng IP thống nhất, đó là xu thế mà người ta thường gọi là “dung hợp ba mạng”. Giao thức IP làm cho các dịch vụ lấy IP làm cơ sở có thể thực hiện nối thông các mạng khác nhau; con người lần đầu tiên có được giao thức thống nhất mà ba mạng lớn đều có thể chấp nhận được; đặt cơ sở vững chắc về mặt kỹ thuật cho hạ tầng cơ sở thông tin quốc gia (NII).

Giao thức IP thực tế đã trở thành giao thức ứng dụng vạn năng và bắt đầu được sử dụng làm cơ sở cho các mạng đa dịch vụ, mặc dù hiện tại vẫn còn ở thế bất lợi so với các chuyển mạch kênh về khả năng hỗ trợ lưu lượng thoại và cung cấp chất lượng dịch vụ đảm bảo cho số liệu. Tốc độ đổi mới nhanh chóng trong thế giới Internet được tạo điều kiện bởi sự phát triển của các tiêu chuẩn mở sẽ sớm khắc phục những thiếu sót này.

***NGN là mạng có dung lượng ngày càng tăng và tính thích ứng cao, có đủ năng lực để đáp ứng nhu cầu của người sử dụng.***

Với việc sử dụng nền chuyển mạch gói và cấu trúc mở, NGN có khả năng cung cấp rất nhiều loại hình dịch vụ, đặc biệt là các dịch vụ yêu cầu băng thông cao như truyền thông đa phương tiện, truyền hình, giáo dục, ... Vì vậy dung lượng mạng phải ngày càng tăng để đáp ứng nhu cầu người sử dụng, đồng thời mạng NGN cũng phải có khả năng thích ứng với những mạng viễn thông đã tồn tại trước nó nhằm tận dụng cơ sở hạ tầng mạng, dịch vụ và khách hàng sẵn có.

### ***3.2.3. Các công nghệ nền tảng cho NGN***

#### ***3.2.3.1. Công nghệ truyền dẫn***

Một vấn đề quan trọng khi triển khai NGN là các công nghệ áp dụng trên mạng lưới phải sẵn sàng. Trong cấu trúc mạng thế hệ mới, truyền dẫn là một thành phần của lớp truy nhập và truyền dẫn. Trong vòng hai thập kỷ vừa qua, công nghệ quang đã chứng minh được là một phương tiện truyền tải thông tin hiệu quả trên khoảng cách lớn, và hiện nay nó là công nghệ chủ đạo trong truyền dẫn trên mạng lõi. Các cải tiến trong kỹ thuật ghép kênh theo bước sóng đã nâng cao đáng kể hiệu quả kinh tế về truyền tải trên mạng cáp quang.



Một số điểm mạnh của hệ thống truyền dẫn trên cáp quang có thể kể đến là:

- Hiện nay trên 60% lưu lượng thông tin truyền đi trên toàn thế giới được truyền trên mạng quang;
- Công nghệ truyền dẫn quang SDH cho phép tạo đường truyền dẫn tốc độ cao ( $n \times 155$  Mb/s) với khả năng bảo vệ của các mạch vòng đã được sử dụng rộng rãi ở nhiều nước và ở Việt Nam;
- Công nghệ WDM cho phép sử dụng độ rộng băng tần rất lớn của sợi quang bằng cách kết hợp một số tín hiệu ghép kênh theo thời gian với độ dài các bước sóng khác nhau và có thể sử dụng được các cửa sổ không gian, thời gian và độ dài bước sóng. WDM cho phép nâng tốc độ truyền dẫn lên tới 5 Gb/s, 10 Gb/s và 20 Gb/s.

Như vậy, có thể nói công nghệ truyền dẫn của mạng thế hệ mới sẽ là SDH, WDM với khả năng hoạt động mềm dẻo, linh hoạt, thuận tiện cho khai thác và điều hành quản lý. Các tuyến truyền dẫn SDH hiện có và đang được tiếp tục triển khai rộng rãi trên mạng viễn thông là sự phát triển đúng hướng theo cấu trúc mạng mới. Cần tiếp tục phát triển các hệ thống truyền dẫn SDH và WDM, hạn chế sử dụng công nghệ PDH.

Ngoài ra, có thể nhận thấy rằng thị trường thông tin vệ tinh trong khu vực đã có sự phát triển mạnh trong những năm gần đây và sẽ còn tiếp tục trong những năm tới. Các loại hình dịch vụ vệ tinh đã rất phát triển như: DTH tương tác, truy nhập Internet, các dịch vụ băng rộng, HDTV, ... Ngoài các ứng dụng phổ biến đối với nhu cầu thông tin quảng bá, viễn thông nông thôn, với sự sử dụng kết hợp các ưu điểm của công nghệ CDMA, thông tin vệ tinh ngày càng có xu hướng phát triển đặc biệt trong lĩnh vực thông tin di động và thông tin cá nhân.

Một vấn đề quan trọng là ngày nay IP đã trở thành giao diện hoàn thiện thực sự cho các mạng lõi NGN. Vì vậy các mạng truyền dẫn phải tối ưu cho điều khiển lưu lượng IP. Một giải pháp có tính thuyết phục hiện nay là hội tụ các lớp dữ liệu và các lớp quang trong mạng lõi. Việc hội tụ này mang lại một số lợi thế như cung cấp các dịch vụ tốc độ cao, bảo vệ dòng thông tin liên tục cho mạng quang với chuyển mạch nhãn đa giao thức MPLS.

### **3.2.3.2. Công nghệ truy nhập**

Trong xu hướng phát triển NGN sẽ duy trì nhiều loại hình mạng truy nhập vào một môi trường truyền dẫn chung như:

- Mạng truy nhập quang,
- Mạng truy nhập vô tuyến,
- Mạng truy nhập cáp đồng sử dụng các công nghệ ADSL, HDSL, ...
- Các mạng truy nhập băng rộng.

Nhìn chung là phải đa dạng hoá các phương thức truy nhập, cả vô tuyến và hữu tuyến. Xu hướng hiện nay là tích cực phát triển và hoàn thiện để đem vào ứng dụng rộng rãi các công nghệ truy nhập tiên tiến như truy nhập quang, truy nhập WLAN, truy nhập băng rộng, đặc biệt là triển khai rộng hình thức truy nhập ADSL và hệ thống di động 3G.

### **3.2.3.3. Công nghệ chuyển mạch**

Chuyển mạch cũng là một thành phần trong lớp mạng truyền tải của NGN. So với hình thức chuyển mạch TDM trước đây thì công nghệ chuyển mạch trong NGN đã có những thay đổi lớn.

Mạng thế hệ mới dựa trên nền công nghệ chuyển mạch gói, cho phép hoạt động với nhiều tốc độ và có khả năng cung cấp nhiều loại hình dịch vụ khác nhau.

Sự lựa chọn công nghệ chuyển mạch cho NGN có thể là IP, ATM hay MPLS. Tuy nhiên, những nghiên cứu hoàn thiện về công nghệ MPLS gần đây hứa hẹn công nghệ này sẽ là công nghệ chuyển mạch chủ đạo trong NGN. Bên cạnh đó, một công nghệ khác là chuyển mạch quang cũng đang được nghiên cứu và chế tạo thử nghiệm. Trong tương lai sẽ có các chuyển mạch quang phân chia theo không gian, theo thời gian hay theo độ dài bước sóng. Hy vọng là các chuyển mạch quang tốc độ cao sẽ sớm được ứng dụng trong thực tế.

Sau đây là những nét khái quát về đặc điểm công nghệ, các ưu nhược điểm cũng như là khả năng ứng dụng của từng loại công nghệ chuyển mạch nhắc đến ở trên.

#### **IP**

Sự phát triển và phổ biến của IP đã là một thực tế không ai có thể phủ nhận. Hiện nay lượng dịch vụ lớn nhất trên các mạng đường trục trên thực tế đều là từ IP. Trong công tác tiêu chuẩn hóa các loại kỹ thuật, việc bảo đảm tốt hơn cho IP đã trở thành trọng điểm của công tác nghiên cứu. IP là giao thức chuyển tiếp gói tin, trong đó việc chuyển gói tin được thực hiện theo cơ chế phi kết nối. IP định nghĩa cơ cấu đánh số, cơ cấu chuyển tin, cơ cấu định tuyến và các chức năng điều khiển ở mức thấp.

Gói tin IP chứa địa chỉ của bên gửi và bên nhận. Địa chỉ IP là số định danh duy nhất trong toàn mạng và mang đầy đủ thông tin cần cho việc chuyển gói tin tới đích. Cơ cấu định tuyến có nhiệm vụ tính toán đường đi tới các nút trong mạng. Do vậy, các thiết bị định tuyến phải được cập nhật thông tin về topo mạng, nguyên tắc chuyển tin (như trong BGP) và phải có khả năng hoạt động trong môi trường mạng nhiều cấp. Kết quả tính toán của cơ cấu định tuyến được lưu trong các bảng chuyển tiếp (forwarding table) chứa thông tin về chặng tiếp theo để có thể gửi gói tin tới hướng đích. Dựa trên các bảng này, bộ định tuyến chuyển các gói tin IP tới đích.

Phương thức chuyển tin truyền thống là theo từng chặng một. Ở cách này, mỗi nút mạng thực hiện việc tính toán để chuyển tiếp gói tin một cách độc lập. Do vậy, yêu cầu kết quả tính toán các thông tin định tuyến tại tất cả các nút phải nhất quán với nhau. Sự không thống nhất của kết quả sẽ dẫn đến việc chuyển gói tin sai hướng, điều này đồng nghĩa với việc mất gói tin. Kiểu chuyển gói tin theo từng chặng hạn chế khả năng của mạng. Ví dụ, với phương thức này, nếu các gói tin chuyển tới cùng một địa chỉ đi qua cùng một nút thì chúng sẽ được truyền qua cùng một tuyến tới điểm đích. Điều này khiến cho mạng không thể thực hiện một số chức năng khác như định tuyến theo đích, theo dịch vụ. Tuy nhiên, phương thức định tuyến và chuyển tin này nâng cao độ tin cậy cũng như khả năng mở rộng của mạng.

Giao thức định tuyến động cho phép mạng phản ứng lại với sự cố bằng việc thay đổi tuyến khi router biết được sự thay đổi về topo mạng thông qua việc cập nhật thông tin về trạng thái kết nối. Với các phương thức như CDIR (Classless Inter Domain Routing), kích thước của bản tin được duy trì ở mức chấp nhận được, và do việc tính toán định tuyến đều do các nút tự thực hiện, mạng có thể mở rộng mà không cần bất cứ thay đổi nào. Tóm lại, IP là một giao thức chuyển mạch gói có độ tin cậy và khả năng mở rộng cao. Tuy nhiên, việc điều khiển lưu lượng rất khó thực hiện do phương thức định tuyến theo từng chặng. Mặt khác, IP cũng không hỗ trợ chất lượng dịch vụ (QoS).

#### **ATM**

Công nghệ ATM dựa trên cơ sở của phương pháp chuyển mạch gói nhanh, trong đó thông tin được nhóm vào các gói tin có chiều dài cố định và ngắn. Các chuyển mạch ATM cho phép hoạt động với nhiều tốc độ và dịch vụ khác nhau.

ATM có hai đặc điểm quan trọng.

Thứ nhất, ATM sử dụng các gói có kích thước nhỏ và cố định gọi là tế bào (cell). Các tế bào nhỏ với tốc độ truyền lớn sẽ làm cho trễ truyền và biến động trễ giảm đủ nhỏ đối với các dịch vụ thời gian thực, đồng thời cũng sẽ tạo điều kiện cho việc hợp kênh ở tốc độ cao được dễ dàng hơn.

Thứ hai, ATM có khả năng nhóm một vài kênh ảo thành một đường ảo nhằm giúp cho việc định tuyến được dễ dàng. Định tuyến trong ATM khác với IP ở một số điểm. ATM là công nghệ chuyển mạch hướng kết nối. Kết nối từ điểm đầu đến điểm cuối phải được thiết lập trước khi thông tin được gửi đi. ATM yêu cầu kết nối phải được thiết lập thông qua báo hiệu. Mặt khác, ATM không thực hiện định tuyến tại các nút trung gian. Tuyến kết nối xuyên suốt được xác định trước khi trao đổi dữ liệu và được giữ cố định trong suốt thời gian kết nối. Trong quá trình thiết lập kết nối, các tổng đài ATM trung gian cung cấp cho kết nối một nhãn. Việc này thực hiện hai điều: dành cho kết nối một số tài nguyên và xây dựng bảng chuyển tế bào tại mỗi tổng đài. Bảng chuyển tế bào này có tính cục bộ và chỉ chứa thông tin về các kết nối đang hoạt động đi qua tổng đài. Điều này khác với thông tin về toàn mạng chứa trong bảng chuyển tin của bộ định tuyến IP.

Quá trình chuyển tế bào qua tổng đài ATM cũng tương tự như việc chuyển gói tin qua bộ định tuyến. Tuy nhiên, ATM có thể chuyển mạch nhanh hơn vì nhãn gắn trên tế bào có kích thước cố định (nhỏ hơn của IP), kích thước bảng chuyển tin nhỏ hơn nhiều so với của bộ định tuyến IP, và việc này được thực hiện trên các thiết bị phần cứng chuyên dụng. Do vậy, thông lượng của tổng đài ATM thường lớn hơn thông lượng của bộ định tuyến IP truyền thống.

#### **IP over ATM**

Kỹ thuật ATM, do có các tính năng như tốc độ cao, chất lượng dịch vụ và điều khiển lưu lượng nên đã được sử dụng rộng rãi trên mạng đường trục IP. Khi yêu cầu tính thời gian thực trên mạng lưới cao, IP over ATM là kỹ thuật có thể được nghĩ đến. Có thể nói MPLS chính là sự cải tiến của IP over ATM, cho nên việc nhìn lại một chút về kỹ thuật này ở đây cũng là điều cần thiết.

IP over ATM là kỹ thuật xếp chồng, nó xếp IP (lớp 3) lên trên ATM (lớp 2). Do giao thức của hai tầng hoàn toàn độc lập với nhau, giữa chúng phải nhờ một loạt giao thức nữa (như NHRP, ARP,...) mới đảm bảo nối thông. Điều đó hiện nay trên thực tế đã được ứng dụng rộng rãi. Nhưng trong tình trạng mạng lưới được mở rộng nhanh chóng, cách xếp chồng đó cũng gây ra nhiều vấn đề cần xem xét lại.

Trước hết, vấn đề nổi bật nhất là trong phương thức xếp chồng, khi cần thiết lập, bảo dưỡng hay gỡ bỏ liên kết giữa các điểm nút, số việc phải làm (như số VC, lượng tin điều khiển) sẽ tăng theo cấp số nhân (bình phương của số điểm nút). Điều này có thể gây nên nhiều phiền phức, nhất là khi mạng lưới ngày càng rộng lớn thì chi phối kiểu đó sẽ làm cho mạng trở nên quá tải.

Thứ hai là, phương thức xếp chồng sẽ phân cắt cả mạng lưới IP over ATM ra làm nhiều mạng logic nhỏ (LIS), các LIS trên thực tế đều là ở trong một mạng vật lý. Giữa các LIS dùng bộ định tuyến trung gian để liên kết, điều này sẽ ảnh hưởng đến việc truyền nhóm gói tin giữa các LIS khác nhau. Mặt khác, khi lưu lượng rất lớn, những bộ định tuyến này sẽ gây hiện tượng nghẽn cổ chai đối với băng rộng. Hai điểm nêu trên làm cho IP over ATM chỉ có thể thích hợp cho mạng tương đối nhỏ như mạng xí nghiệp, không thể đáp ứng được nhu cầu của mạng đường trục



Internet trong tương lai. Trên thực tế, cả hai kỹ thuật IP và ATM đang tồn tại vấn đề yếu kém về khả năng mở rộng thêm.

Thứ ba là, với phương thức chồng xếp, IP over ATM vẫn không có cách nào đảm bảo QoS thực sự.

Vấn đề thứ tư là cả hai kỹ thuật IP và ATM từ ban đầu đều được thiết kế riêng lẻ, không xét gì đến kỹ thuật kia, điều này làm cho sự nối thông giữa hai bên phải dựa vào một loạt giao thức phức tạp, cùng với các bộ phức vụ xử lý các giao thức này. Cách làm như thế có thể gây ảnh hưởng không tốt đối với độ tin cậy của mạng đường trục. Các kỹ thuật MPOA (Multiprotocol over ATM – đa giao thức trên ATM), LANE (LAN Emulation – Mô phỏng LAN), ... cũng chính là kết quả nghiên cứu để giải quyết các vấn đề đó, nhưng các giải thuật này đều chỉ giải quyết được một phần các tồn tại, như vấn đề QoS chẳng hạn. Phương thức mà các kỹ thuật này dùng vẫn là phương thức chồng xếp, khả năng mở rộng vẫn không đủ.

Hiện nay đã xuất hiện một loại kỹ thuật IP over ATM không dùng phương thức xếp chồng, mà dùng phương thức chuyển mạch nhãn, áp dụng phương thức tích hợp. Kỹ thuật này chính là cơ sở của MPLS.

#### **MPLS**

Xét từ góc độ các nhà thiết kế mạng thì sự phát triển nhanh chóng và mở rộng không ngừng của Internet cùng với sự tăng vọt về số lượng cũng như tính phức tạp của các loại hình dịch vụ đã dần dần làm cho mạng viễn thông hiện tại không còn kham nổi. Một mặt, các nhà khai thác than phiền khó kiếm được lợi nhuận, nhưng mặt khác thì thuê bao lại kêu ca là giá cả quá cao, tốc độ quá chậm. Thị trường bức bách đòi hỏi có một mạng tốc độ cao hơn với giá cả thấp hơn. Đây là nguyên nhân căn bản để ra đời một loạt các kỹ thuật mới, trong đó có kỹ thuật chuyển mạch nhãn đa giao thức MPLS.

Bất kể kỹ thuật ATM từng được coi là nền tảng của mạng số đa dịch vụ băng rộng (B-ISDN), hay là IP đạt thành công lớn trên thị trường hiện nay, đều tồn tại những nhược điểm khó khắc phục được. Sự xuất hiện của MPLS đã giúp chúng ta có được sự chọn lựa tốt đẹp cho cấu trúc mạng thông tin tương lai. Phương pháp này đã dung hợp một cách hữu hiệu năng lực điều khiển lưu lượng của thiết bị chuyển mạch với tính linh hoạt của bộ định tuyến. Hiện nay càng có nhiều người tin tưởng một cách chắc chắn rằng MPLS sẽ là phương án lý tưởng cho mạng đường trục trong tương lai.

MPLS tách chức năng của IP router làm hai phần riêng biệt: chức năng chuyển gói tin và chức năng điều khiển.

Phần chức năng chuyển gói tin, với nhiệm vụ gửi gói tin giữa các router, sử dụng cơ chế hoán đổi nhãn tương tự như ATM. Trong MPLS, nhãn là một số có độ dài cố định và không phụ thuộc vào lớp mạng. Kỹ thuật hoán đổi nhãn về bản chất là việc tìm nhãn của một gói tin trong một bảng các nhãn để xác định tuyến của gói và nhãn mới của nó. Việc này đơn giản hơn nhiều so với việc xử lý gói tin theo kiểu thông thường, và do vậy, cải thiện được khả năng của thiết bị. Các router sử dụng kỹ thuật này được gọi là LSR (Label Switch Router).

Phần chức năng điều khiển của MPLS bao gồm các giao thức định tuyến lớp mạng với nhiệm vụ phân phối thông tin giữa các LSR, và thủ tục gán nhãn để chuyển thông tin định tuyến thành các bảng định tuyến cho việc chuyển mạch. MPLS có thể hoạt động được với các giao thức định tuyến Internet khác như OSPF (Open Shortest Path First) và BGP (Border Gateway Protocol). Do MPLS hỗ trợ việc điều khiển lưu lượng và cho phép thiết lập tuyến cố định, việc

đảm bảo chất lượng dịch vụ của các tuyến là hoàn toàn khả thi. Đây là một điểm vượt trội của MPLS so với các định tuyến cổ điển. Ngoài ra, MPLS còn có cơ chế chuyển tuyến nhanh (fast rerouting).

Do MPLS là công nghệ chuyển mạch hướng kết nối, khả năng bị ảnh hưởng bởi lỗi đường truyền thường cao hơn các công nghệ khác. Trong khi đó, các dịch vụ tích hợp mà MPLS phải hỗ trợ lại yêu cầu dung lượng cao. Tuy nhiên, khả năng phục hồi của MPLS đảm bảo cung cấp dịch vụ của mạng không phụ thuộc vào cơ cấu khôi phục lỗi của lớp vật lý bên dưới.

Bên cạnh độ tin cậy, công nghệ MPLS cũng khiến cho việc quản lý mạng được dễ dàng hơn. Do MPLS quản lý việc chuyển gói tin theo các luồng, các gói tin thuộc một lớp chuyển tiếp FEC có thể được xác định bởi một giá trị của nhãn. Nhờ đó, trong miền MPLS, các thiết bị đo lưu lượng mạng có thể dựa trên nhãn để phân loại các gói tin. Lưu lượng đi qua các tuyến chuyển mạch nhãn (LSP) được giám sát một cách dễ dàng dùng RTFM (Real Time Flow Measurement). Bằng cách giám sát lưu lượng tại các LSR, nghẽn lưu lượng sẽ được phát hiện và vị trí xảy ra nghẽn có thể được xác định nhanh chóng. Tuy nhiên, giám sát lưu lượng theo phương pháp này không đưa ra được toàn bộ thông tin về chất lượng dịch vụ (ví dụ như trễ từ điểm đầu đến điểm cuối trong miền MPLS).

Tóm lại, MPLS là một công nghệ chuyển mạch IP có nhiều triển vọng. Với tính chất cơ cấu định tuyến của mình, MPLS có khả năng nâng cao chất lượng dịch vụ của mạng IP truyền thống. Bên cạnh đó, thông lượng của mạng sẽ được cải thiện một cách rõ rệt. Tuy nhiên, độ tin cậy là một vấn đề thực tiễn có thể khiến việc triển khai MPLS trên mạng Internet bị chậm lại.

#### **3.2.4. Các tổ chức và hướng phát triển NGN**

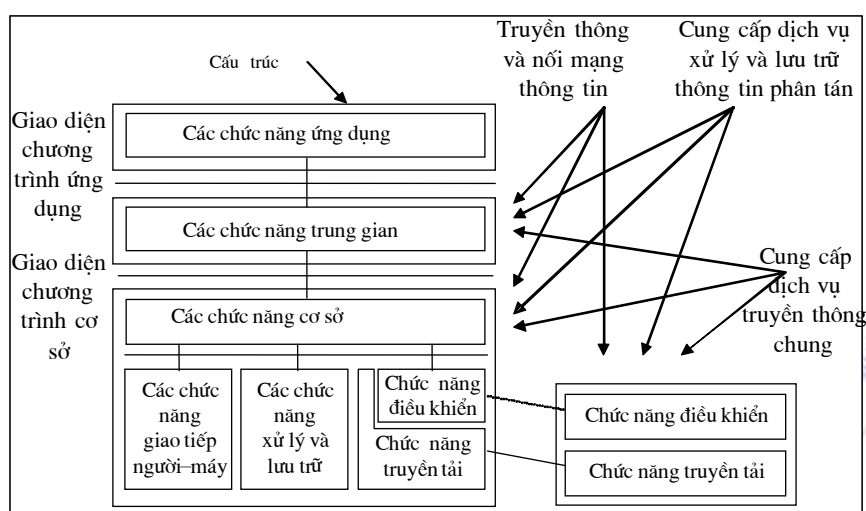
Trên thế giới có nhiều tổ chức quốc tế về viễn thông, mỗi tổ chức lại đưa ra các bộ tiêu chuẩn riêng cho mình, do vậy khi phát triển NGN cũng có nhiều ý tưởng khác nhau được đưa ra bởi nhiều tổ chức khác nhau.

##### **Mô hình của ITU**

Cấu trúc mạng thế hệ sau NGN nằm trong mô hình cấu trúc thông tin toàn cầu GII (Global Information Infrastructure) do ITU đưa ra. Mô hình này gồm 3 lớp chức năng như sau (hình 3.8):

- Các chức năng ứng dụng;
- Các chức năng trung gian bao gồm:
  - Chức năng điều khiển dịch vụ,
  - Chức năng quản lý;
- Các chức năng cơ sở bao gồm:
  - Các chức năng mạng (gồm chức năng truyền tải và chức năng điều khiển),
  - Các chức năng lưu trữ và xử lý,
  - Các chức năng giao tiếp người – máy.





**Hình 3.8: Các chức năng GII và mối quan hệ giữa chúng**

### Một số hướng nghiên cứu của IETF

Theo IETF cấu trúc hạ tầng mạng thông tin toàn cầu cần có mạng truyền tải sử dụng giao thức IP với bất cứ công nghệ lớp nào. Nghĩa là IP cần có khả năng truyền tải kết hợp với các mạng truy nhập và đường trục sử dụng các giao thức kết nối khác nhau.

Đối với mạng truy nhập, IETF có IP trên mạng cáp và IP trên môi trường vô tuyến. Đối với mạng đường trục, IETF có hai giao thức chính là IP trên ATM và IP với giao thức điểm nối điểm PPP trên nền mạng phân cấp số đồng bộ SONET/SDH.

Mô hình IP over ATM xem IP như một lớp trên lớp ATM và định nghĩa các mạng con IP trên nền mạng ATM. Phương thức tiếp cận này cho phép IP và ATM hoạt động với nhau mà không cần thay đổi giao thức. Tuy nhiên phương thức này không tận dụng hết khả năng của ATM và không thích hợp với mạng nhiều router vì không đạt hiệu quả cao.

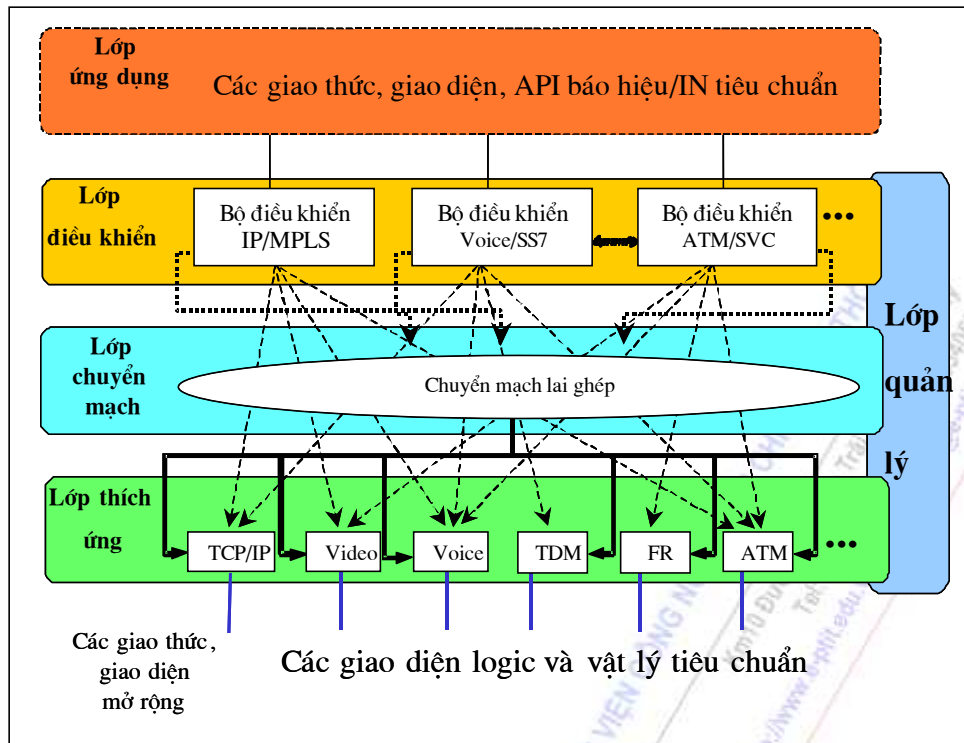
IETF cũng là tổ chức đưa ra nhiều tiêu chuẩn về MPLS. Công nghệ chuyển mạch nhãn đa giao thức MPLS là kết quả phát triển IP Switching sử dụng cơ chế hoán đổi nhãn như ATM để truyền gói tin mà không cần thay đổi các giao thức định tuyến của IP.

### Mô hình của MSF

MSF (Multiservice Switch Forum - diễn đàn chuyển mạch đa dịch vụ) đưa ra mô hình cấu trúc mạng chuyển mạch đa dịch vụ (hình 3.9) bao gồm các lớp:

- Lớp thích ứng
- Lớp chuyển mạch
- Lớp điều khiển
- Lớp ứng dụng

Ngoài ra trong mô hình của MSF còn có lớp quản lý là một lớp đặc biệt xuyên suốt các lớp thích ứng, chuyển mạch và điều khiển. Trong đó cần phân biệt chức năng quản lý với chức năng điều khiển. Lớp điều khiển có nhiệm vụ kết nối để cung cấp các dịch vụ thông suốt từ đầu cuối tới đầu cuối với bất cứ loại giao thức và báo hiệu nào.



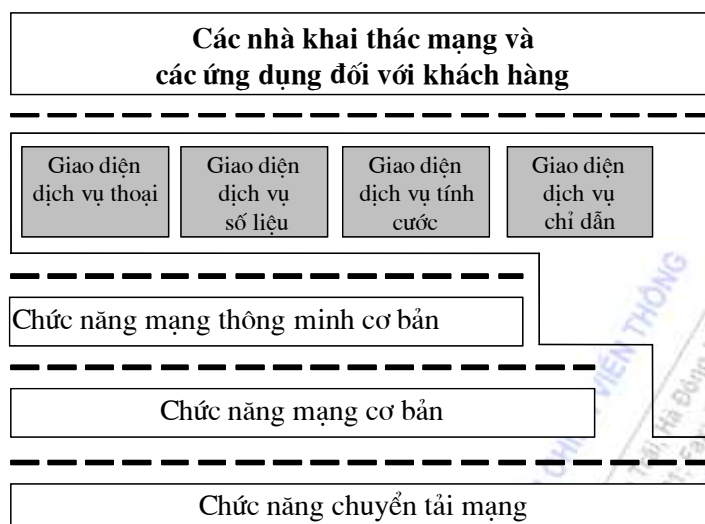
Hình 3.9: Cấu trúc mạng chuyển mạch đa dịch vụ

#### Mô hình của ETSI

ETSI vẫn đang tiếp tục thảo luận về mô hình cấu trúc mạng thế hệ sau NGN. Với mục tiêu cung cấp tất cả các dịch vụ viễn thông truyền thống và các dịch vụ mới bao gồm: PSTN/ISDN, X25, FR, ATM, IP, GSM, GPRS, IMT2000, ... ETSI phân chia nghiên cứu cấu trúc mạng theo các lĩnh vực:

- Lớp truyền tải trên cơ sở công nghệ quang
- Mạng lõi dung lượng cao trên cơ sở công nghệ gói IP/ATM
- Điều khiển trên nền IP
- Dịch vụ và ứng dụng trên nền IP
- Quản lý trên cơ sở IT và IP

Theo phân lớp của ETSI thì NGN có 5 lớp chức năng. Các ứng dụng từ nhà khai thác mạng được cung cấp cho khách hàng thông qua các giao diện dịch vụ. Các giao diện dịch vụ được phân thành 4 loại: giao diện dịch vụ thoại, giao diện dịch vụ số liệu, giao diện dịch vụ tính cước và giao diện dịch vụ chỉ dẫn (hình 3.10).



Hình 3.10: Cấu trúc chức năng mạng NGN theo ETSI

### 3.2.5. Sự tiến hóa lên NGN và các vấn đề cần quan tâm

#### Mục tiêu tiến tới NGN

Sự tiến hóa của mạng viễn thông lên NGN nhằm đạt được các mục tiêu sau:

- Cung cấp đa loại hình dịch vụ với giá thành thấp, đồng thời đảm bảo thời gian đưa dịch vụ mới ra thị trường được rút ngắn.
- Giảm chi phí khai thác mạng và dịch vụ.
- Nâng cao tối đa hiệu quả đầu tư.
- Tạo ra những nguồn doanh thu mới, không phụ thuộc vào nguồn doanh thu từ các dịch vụ truyền thống.

#### Yêu cầu chung khi xây dựng NGN

Việc xây dựng mạng NGN cần đảm bảo các yêu cầu cơ bản sau đây:

- Tránh làm ảnh hưởng đến các chức năng cũng như việc cung cấp dịch vụ của mạng hiện tại. Tiến tới cung cấp dịch vụ thoại và số liệu trên cùng một hạ tầng thông tin duy nhất. Đồng thời phải hỗ trợ các thiết bị khách hàng đang sử dụng.
- Mạng phải có cấu trúc đơn giản, giảm thiểu số cấp chuyển mạch và chuyển tiếp truyền dẫn nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng, chất lượng mạng lưới và giảm chi phí khai thác bảo dưỡng. Cấu trúc tổ chức mạng không phụ thuộc vào định giới hành chính. Cấu trúc chuyển mạch phải đảm bảo an toàn, dựa trên chuyển mạch gói.
- Hệ thống quản lý mạng, dịch vụ phải có tính tập trung cao.
- Việc chuyển đổi phải thực hiện theo từng bước và theo nhu cầu của thị trường.
- Hạn chế đầu tư các kỹ thuật phi NGN cùng lúc với việc triển khai và hoàn thiện các công nghệ mới.
- Phải bảo toàn vốn đầu tư của nhà khai thác.

- Xác định các giai đoạn cần thiết để chuyển sang NGN. Có các sách lược thích hợp cho từng giai đoạn chuyển hướng để việc triển khai NGN được ổn định và an toàn.

#### **Lộ trình chuyển đổi**

Quá trình chuyển đổi từ mạng hiện tại sang NGN có thể được thực hiện thông qua các bước sau:

- Ưu tiên giải quyết phân tải lưu lượng Internet cho tổng đài chuyển mạch nội hạt. Đảm bảo cung cấp dịch vụ truy nhập băng rộng tại các thành phố lớn trước.
- Tạo cơ sở hạ tầng thông tin băng rộng để phát triển các dịch vụ đa phương tiện, phục vụ các chương trình tin học hóa và chính phủ điện tử của quốc gia.
- Ưu tiên thực hiện trên mạng liên tỉnh trước nhằm đáp ứng nhu cầu về thoại và tăng hiệu quả sử dụng các tuyến truyền dẫn đường trục.
- Mạng nội tỉnh thực hiện có trọng điểm tại các thành phố có nhu cầu truyền số liệu, truy nhập Internet băng rộng.
- Lắp đặt các thiết bị chuyển mạch thế hệ mới, các máy chủ để phục vụ các dịch vụ đa phương tiện chất lượng cao.

#### **Các hướng phát triển NGN**

Nói chung việc xây dựng NGN có thể được nhìn dưới hai góc độ của hai nhà khai thác dịch vụ khác nhau: các nhà cung cấp dịch vụ truyền thống (ESP – Established Service Provider) và nhà cung cấp dịch vụ mới (ISP – Internet Service Provider hoặc ASP – Application Service Provider). Tùy vào hiện trạng của mạng hiện tại và quan điểm của nhà khai thác mà có thể chọn một trong hai hướng phát triển NGN: xây dựng mạng hoàn toàn mới và xây dựng trên cơ sở mạng hiện có.

Đối với các nhà cung cấp dịch vụ truyền thống, hướng phát triển có thể là tổ chức lại mạng để có năng lực xử lý các dịch vụ băng rộng, giảm số lượng các phần tử mạng xếp chồng nhằm tối ưu hóa mạng PSTN. Mặt khác cần từng bước triển khai các công nghệ và dịch vụ của mạng thế hệ mới, khởi đầu bằng việc triển khai VoIP ở mức quá giang để xử lý lưu lượng Internet, kết nối lưu lượng mạng di động và các lưu lượng không thể dự báo trước (số liệu). Việc định hướng chuyển mạch quá giang sang NGN được tiến hành đồng thời với việc lắp đặt các cổng tích hợp VoIP, thiết bị điều khiển cổng phương tiện MGC hoạt động theo các giao thức chuyển mạch mềm như MEGACO, MGCP, SIP, SIGTRAN, BICC, ... Song song với việc triển khai công nghệ là phải xây dựng một mạng đường trục duy nhất, đủ năng lực để truyền tải cùng lúc nhiều loại hình lưu lượng sẽ phát sinh khi cung cấp các dịch vụ NGN.

Đối với các nhà cung cấp dịch vụ ISP hoặc ASP, do đã có sẵn hạ tầng chuyển mạch gói nên các nhà khai thác này rất thuận lợi trong việc xây dựng mạng NGN. Khi tiến hành triển khai mạng thế hệ sau họ có thể lắp đặt các bộ điều khiển cổng phương tiện MGC, các server truy nhập mạng NAS (Network Access Server) và các server truy nhập băng rộng BRAS (Broadband Remote Access Server), đồng thời sử dụng các giao thức báo hiệu SIP, H.323, SIGTRAN, ... cho VoIP và các giao thức mới bổ sung cho mạng.

Như vậy có thể thấy rằng có nhiều giải pháp được đưa ra nhằm đáp ứng nhu cầu của các nhà khai thác muốn chuyển từ mạng truyền thống sang mạng thế hệ sau. Các ESP có xu hướng xây dựng NGN dựa trên cơ sở mạng hiện tại, còn các ISP/ASP thuận lợi hơn khi phát triển NGN theo quan điểm thứ hai là xây dựng mạng hoàn toàn mới. Song dù xây dựng mạng theo xu hướng

nào thì việc phát triển mạng đều phải dựa vào nhu cầu mới của khách hàng để thu hút và giữ khách hàng. Điều này cũng có nghĩa là các nhà khai thác sẽ triển khai mạng NGN theo hướng để đáp ứng cho nhu cầu phát triển dịch vụ của khách hàng.

### **Các vấn đề cần quan tâm khi triển khai NGN**

Mặc dù việc tiến tới NGN đã được khẳng định là tất yếu, trong quá trình triển khai vẫn còn nhiều vấn đề cần quan tâm nghiên cứu và cân nhắc để có thể đưa ra giải pháp chuyển đổi thích hợp.

Trước hết, các nhà khai thác dịch vụ viễn thông phải xem xét mạng TDM mà họ đã tốn rất nhiều chi phí đầu tư để quyết định xây dựng một NGN xếp chồng hay thậm chí thay thế các tổng đài truyền thống bằng những chuyển mạch công nghệ mới sau này. Một sự lựa chọn hợp lí có thể là giảm các cấp chuyển mạch, đặc biệt là các tổng đài nội hạt và chuyển dần các loại thuê bao sang thành thuê bao NGN. Các nhà khai thác cần tìm ra phương pháp cung cấp các dịch vụ mới cho khách hàng của họ trong thời kỳ quá độ trước khi các mạng của họ chuyển sang NGN một cách đầy đủ.

Vấn đề lớn cần nhắc tới khi chuyển sang công nghệ gói là phải hỗ trợ dịch vụ thoại qua IP và hàng loạt các dịch vụ giá trị gia tăng khác trong khi cơ chế “best effort” phân phối các gói tin không còn đủ đáp ứng nữa. Một thách thức căn bản là mở rộng mạng IP theo nhiều hướng, nhiều khả năng cung cấp dịch vụ trong khi vẫn giữ được ưu thế gọn nhẹ của mạng IP.

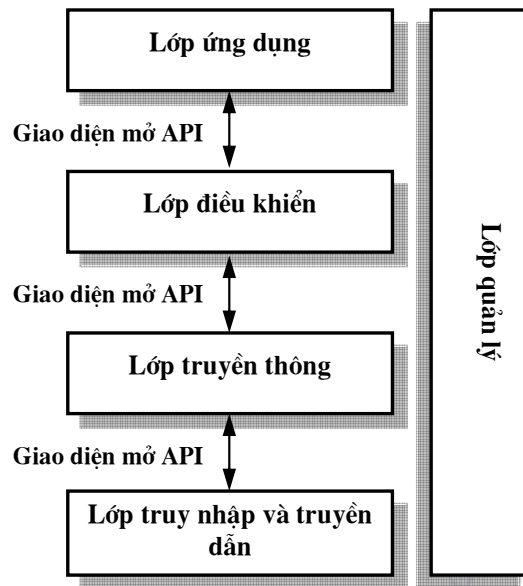
Một khía cạnh khác là quy mô mạng phải đủ lớn để cung cấp cho khách hàng nhằm chống lại hiện tượng tắc nghẽn cổ chai trong lưu lượng của mạng lõi. Việc tăng số lượng các giao diện mở cũng làm tăng nguy cơ mất an ninh mạng. Do đó việc đảm bảo an toàn thông tin mạng để chống lại sự xâm nhập trái phép từ bên ngoài trở thành vấn đề sống còn của các nhà khai thác mạng. Ngoài ra, khi mở rộng mạng phải đảm bảo đáp ứng các yêu cầu về độ tin cậy, đồng thời các dịch vụ triển khai phải được tối ưu hoá trong việc sử dụng các nguồn tài nguyên mạng.

Vấn đề cũng không kém phần quan trọng là phải phát triển các giải pháp quản lý thích hợp cho NGN trong môi trường đa nhà khai thác và đa loại hình dịch vụ. Mặc dù còn mất nhiều thời gian và công sức trước khi hệ thống quản lý mạng được triển khai nhưng mục tiêu này vẫn có giá trị và sẽ mang lại nhiều lợi ích như giảm thiểu các chi phí vận hành, khai thác và quản lí mạng.

### **3.2.6. Kiến trúc phân lớp mạng NGN theo mô hình Call Server**

Cho đến nay NGN vẫn là xu hướng phát triển mới, chưa có một khuyến nghị chính thức nào của ITU về cấu trúc NGN. Các hãng khai thác và cung cấp thiết bị viễn thông đã đưa ra một số mô hình khác nhau. Các diễn đàn, hiệp hội và tổ chức viễn thông khác cũng đang cố gắng để tiến tới những nguyên tắc và chuẩn chung cho mạng NGN. Từ các mô hình này có thể thấy cấu trúc mạng viễn thông thế hệ sau có đặc điểm chung là bao gồm các lớp chức năng sau: lớp truy nhập và truyền dẫn, lớp truyền thông và lớp điều khiển. Nếu xem xét từ góc độ kinh doanh và cung cấp dịch vụ thì còn có thêm lớp ứng dụng dịch vụ. Trong môi trường phát triển cạnh tranh thì sẽ có rất nhiều thành phần tham gia kinh doanh trong lớp ứng dụng dịch vụ này. Ngoài ra, trong mô hình cấu trúc mạng còn có lớp quản lý là một lớp đặc biệt xuyên suốt bốn lớp trên. Kết nối giữa các lớp chức năng là các giao diện lập trình mở API (hình 3.11).





Hình 3.11: Cấu trúc mạng thể hệ sau (từ góc độ dịch vụ)

### 3.2.6.1. Lớp truy nhập và truyền tải

#### + *Phần truy nhập*

- Với truy nhập vô tuyến có các hệ thống thông tin di động GSM hoặc CDMA, truy nhập vô tuyến cố định, vệ tinh. Trong tương lai các hệ thống truy nhập không dây sẽ phát triển rất nhanh như truy nhập hồng ngoại, bluetooth hay WLAN (802.11).
- Với truy nhập hữu tuyến, hiện nay có cáp đồng và xDSL đang được sử dụng. Tuy vậy trong tương lai truyền dẫn quang DWDM, PON sẽ dần chiếm ưu thế, thị trường của xDSL và modem sẽ dần thu nhỏ lại.
- Lớp truy nhập cung cấp các kết nối giữa thuê bao đầu cuối và mạng đường trục qua cổng giao tiếp thích hợp. NGN cũng cung cấp hầu hết các truy nhập chuẩn cũng như không chuẩn của các thiết bị đầu cuối như: truy nhập đa dịch vụ, điện thoại IP, máy tính PC, tổng đài nội bộ PBX, ...

#### + *Phần truyền tải*

- Tại lớp vật lý các công nghệ truyền dẫn quang như SDH, WDM hay DWDM sẽ được sử dụng.
- Công nghệ ATM hay IP có thể được sử dụng trên mạng lõi để đảm bảo QoS.
- Các router được sử dụng ở biên mạng lõi khi lưu lượng lớn. Khi lưu lượng nhỏ switch-router có thể đảm nhận luôn chức năng những router này.
- Lớp truyền tải có khả năng hỗ trợ các mức QoS khác nhau cho cùng một dịch vụ và cho các dịch vụ khác nhau. Lớp ứng dụng sẽ đưa ra các yêu cầu về năng lực truyền tải và nó sẽ thực hiện yêu cầu đó.

### 3.2.6.2. Lớp truyền thông

Lớp truyền thông gồm các thiết bị là các cổng phương tiện MG (Media Gateway) như:

- + **Cổng truy nhập:** AG kết nối giữa mạng lõi và mạng truy nhập, RG kết nối mạng lõi và mạng thuê bao nhà.
- + **Cổng giao tiếp:** TG kết nối mạng lõi với mạng PSTN/ISDN, WG kết nối mạng lõi với mạng di động.

Lớp này chịu trách nhiệm chuyển đổi các loại môi trường (FR, PSTN, LAN, vô tuyến, ...) sang môi trường truyền dẫn gói được áp dụng trên mạng lõi và ngược lại.

### 3.2.6.3. Lớp điều khiển

Lớp điều khiển bao gồm các hệ thống điều khiển mà thành phần chính là Softswitch còn gọi là MGC hay Call Agent, được kết nối với các thành phần khác nhau như SG, MS, FS, AS để kết nối cuộc gọi hay quản lý địa chỉ IP.

Lớp điều khiển có nhiệm vụ kết nối để cung cấp các dịch vụ truyền thông từ đầu cuối đến đầu cuối với bất kỳ loại giao thức báo hiệu nào. Các chức năng quản lý và chăm sóc khách hàng cũng được tích hợp trong lớp điều khiển. Nhờ có giao diện mở nên có sự tách biệt giữa dịch vụ và truyền dẫn, điều này cho phép các dịch vụ mới được đưa vào nhanh chóng và dễ dàng.

Hiện nay lớp điều khiển vẫn rất phức tạp, khả năng tương thích giữa các thiết bị của các hãng là vấn đề cần quan tâm. Các giao thức, giao diện báo hiệu và điều khiển kết nối rất đa dạng, còn chưa được chuẩn hoá và đang tiếp tục phát triển. Do vậy, cần có thời gian để xem xét và quan tâm đến tính tương thích của các loại giao diện và giao thức khi lựa chọn thiết bị mới.

### 3.2.6.4. Lớp ứng dụng

Lớp này gồm các nút thực thi dịch vụ (thực chất là các server dịch vụ), có chức năng cung cấp các ứng dụng cho khách hàng thông qua lớp truyền tải. Các dịch vụ cung cấp có thể là dịch vụ mạng thông minh IN, dịch vụ trả tiền trước, dịch vụ giá trị gia tăng Internet, v.v. Hệ thống ứng dụng và dịch vụ mạng này liên kết với lớp điều khiển thông qua các giao diện mở API. Nhờ giao diện mở này mà các nhà cung cấp có thể triển khai nhanh chóng các dịch vụ trên mạng.

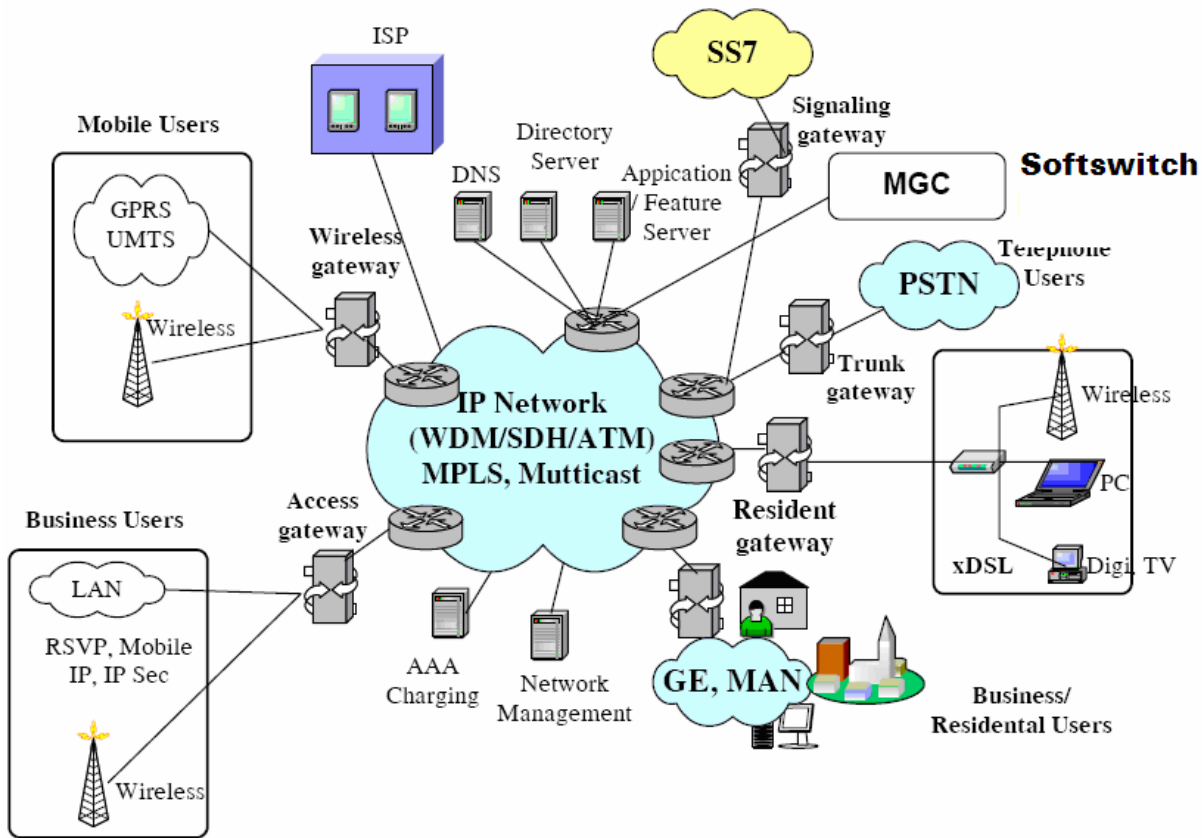
Lớp ứng dụng cung cấp các dịch vụ có băng thông khác nhau và ở nhiều mức độ. Một số dịch vụ sẽ thực hiện làm chủ việc điều khiển logic của chúng và truy nhập trực tiếp tới lớp ứng dụng, còn một số dịch vụ khác sẽ thực hiện điều khiển từ lớp điều khiển.

### 3.2.6.5. Lớp quản lý

Lớp quản lý là một lớp đặc biệt xuyên suốt các lớp từ kết nối cho đến ứng dụng. Tại lớp quản lý người ta có thể khai thác hoặc xây dựng mạng quản lý viễn thông TMN như một mạng riêng để theo dõi và điều phối các thành phần mạng đang hoạt động. Các chức năng quản lý được chú trọng là quản lý mạng, quản lý dịch vụ và quản lý kinh doanh.

### 3.2.7. Chức năng và hoạt động của các phần tử mạng

NGN không phải là mạng hoàn toàn mới được xây dựng từ đầu. Trong cấu trúc vật lý của NGN cần có các thành phần đảm bảo việc kết nối với các mạng hiện hành và tận dụng các thiết bị viễn thông hiện có nhằm đạt được hiệu quả khai thác tối đa. Các phần tử chính trong mạng thế hệ sau có thể thấy rõ trên hình 3.12.



**Hình 3.12: Các thành phần chính trong mạng thế hệ sau**

Có rất nhiều thiết bị kỹ thuật được chỉ ra trên hình vẽ, song ở đây sẽ chỉ đề cập đến những thiết bị thể hiện rõ nét sự tiên tiến của NGN so với mạng viễn thông truyền thống. Cụ thể những thiết bị được trình bày trong phần này là cổng phương tiện (MG), bộ điều khiển cổng phương tiện (MGC), cổng báo hiệu (SG), máy chủ phương tiện (MS) và máy chủ ứng dụng/đặc tính (AS/FS).

### 3.2.7.1. Cổng phương tiện - MG

Cổng phương tiện (Media Gateway - MG) là thiết bị chuyển đổi giao thức đóng khung và truyền tải từ loại mạng này sang một định dạng yêu cầu của một loại mạng khác, thông thường là từ dạng chuyển mạch kênh sang dạng gói. Thực tế, nó chuyển đổi giữa các mã truyền trong mạng IP (truyền trên RTP/UDP/IP) với mã hoá truyền trong mạng SCN (PCM, GSM). Việc chuyển đổi này được điều khiển bằng Softswitch. MG thực hiện việc mã hoá, giải mã và nén dữ liệu. Các hoạt động này được thực hiện bởi các bộ xử lý tín hiệu số DSP. Ngoài ra, MG còn tập hợp dữ liệu cho việc tính cước và hệ thống chăm sóc khách hàng (khả năng cung cấp hồ sơ, hỗ trợ nhanh cuộc gọi cả trong thời gian thực và phi thời gian thực) hay phát hiện ngưỡng dữ liệu nếu yêu cầu. MG hỗ trợ các giao thức định tuyến chính như OSPF, IS-IS, BGP.

Tùy theo vị trí và chức năng, người ta phân ra nhiều loại cổng phương tiện khác nhau:

- MG trung kế (TG - Trunking Gateway): kết nối các chuyển mạch thuộc PSTN/ISDN tới phần lõi NGN;
- MG truy nhập (AG - Access Gateway) kết nối giữa mạng lõi NGN với mạng truy nhập;
- MG dân cư (RG - Residential Gateway): Kết nối mạng lõi NGN với mạng thuê bao nhà dân;

- MG truy nhập di động (WAG – Wireless Access Gateway): cho phép các khách hàng của mạng di động 3G kết nối tới NGN;
- MG trung kế di động (WG – Wireless Gateway): cho phép mạng di động 3G kết nối tới NGN;
- MG báo hiệu (SG – Signalling Gateway): chuyển đổi tín hiệu báo hiệu số 7 giữa mạng chuyển mạch kênh và mạng gói.

Yêu cầu chính đối với MG là phải cung cấp chất lượng thoại tốt, cụ thể là phải đảm bảo trễ và tỉ lệ mất gói thấp. Nhưng trong trường hợp dải thông quan trọng hơn chất lượng thì việc nén dữ liệu lại là một đặc tính quan trọng. MG cung cấp tập hợp các codec thoại như G723.1, G711, G729, G726, GSM và các hỗ trợ cần thiết khác cho phép lựa chọn các yêu cầu về chất lượng thoại và giải thông. Thêm vào đó, các đặc tính như khử tiếng vọng và bộ đệm jitter cũng nhằm để cải tiến chất lượng thoại và tiện nghi người dùng. MG hỗ trợ lấp khoảng lặng và tạo các nhiễu nền để giảm khối lượng tải trong mạng.

Một yêu cầu gần như bắt buộc đối với MG là tính mở. Điều này cho phép kết nối MG với các phần tử mạng khác như MGC sử dụng các giao thức chuẩn như MGCP, MEGACO/H.248 hay SIP. Việc sử dụng các giao thức chuẩn cho phép nhà điều hành ít phụ thuộc nhất vào các nhà cung cấp và thuận tiện trong việc thay thế các phần tử mạng. Ngày nay các Media Gateway hỗ trợ IPv4, nhưng chúng có thể phát triển để hỗ trợ IPv6 là chuẩn được mong đợi cho tương lai.

Vấn đề quan trọng khác là tính bảo mật. Người dùng không được nhận thực sẽ không thể sử dụng MG. Trong thiết bị Media Gateway sử dụng các giao thức nhận thực như PAP, CHAP hay IPSec. Độ linh hoạt của các Gateway là một yêu cầu quan trọng, bởi vì nó cho phép nhà điều hành mạng mở rộng mạng nếu cần thiết. Ngoài ra, độ tin cậy cũng là một yếu tố không thể thiếu đối với các thiết bị MG.

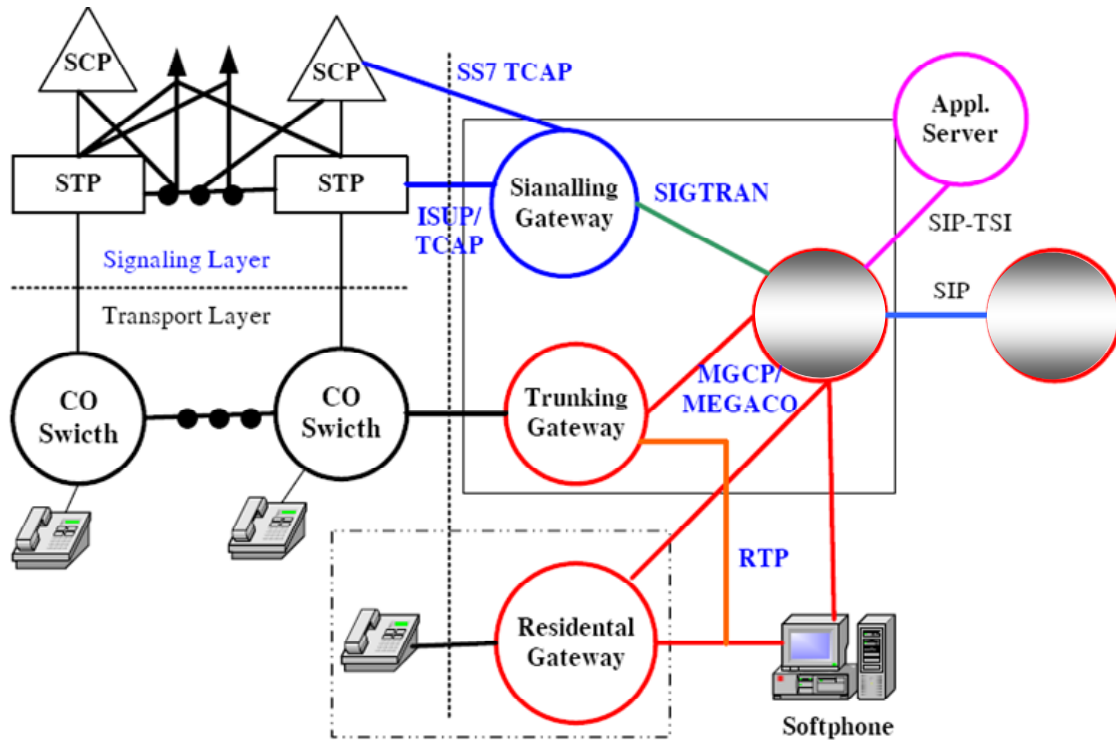
#### **3.2.7.2. Bộ điều khiển công phương tiện - MGC**

Bộ điều khiển công phương tiện (Media Gateway Controller - MGC) là thành phần chính của hệ thống Softswitch. Nó đưa ra các quy luật xử lý cuộc gọi, còn MG và SG sẽ thực hiện các quy luật đó. MGC điều khiển SG thiết lập và kết thúc cuộc gọi. Ngoài ra nó còn giao tiếp với hệ thống OS và BSS.

MGC chính là cầu nối giữa các mạng có đặc tính khác nhau, như PSTN, SS7, mạng IP. Nó chịu trách nhiệm quản lý lưu lượng thoại và dữ liệu qua các mạng khác nhau. Nó cũng được gọi là Call Agent do chức năng điều khiển các bản tin. Call Agent thực hiện điều khiển cuộc gọi liên quan tới mô hình cuộc gọi, chuyển giao tín hiệu và điều khiển công phương tiện. Nó phải cung cấp một giao diện phù hợp với Application Server để có thể điều khiển dịch vụ và chính sách. Các Call Agent phải hợp tác hoạt động với nhau để thực hiện một cuộc gọi cơ bản. Truyền thông giữa các MGC được thực hiện bởi các giao thức chuẩn như BICC hay SIP-T. Ngoài ra, Call Agent cũng cho phép các đầu cuối IP kết nối trực tiếp sử dụng các giao thức điển hình như SIP hay H.323 (hình 3.13).

Softswitch thực hiện việc định tuyến và đánh số cơ bản, báo hiệu số 7, thu thập dữ liệu lưu lượng, bảo dưỡng hệ thống, điều khiển quá tải, ghi số liệu cước, có chức năng điều khiển mạng, cung cấp các dịch vụ mạng thông minh và dịch vụ mạng IP. MGC kết hợp cùng MG, SG và các thành phần khác như MS, FS, AS để kết nối cuộc gọi hay quản lý địa chỉ IP.





**Hình 3.13: Vai trò và vị trí của Call Agent trong mô hình mạng thế hệ mới**

Yêu cầu chính đối với các MGC là tính mở, có nghĩa là cho phép sử dụng các giao thức chuẩn và giao diện lập trình ứng dụng mở. Tính năng này đảm bảo tính độc lập của các nhà cung cấp đối với sự phát triển của dịch vụ và cho phép sử dụng dịch vụ ba bên. Tuy nhiên, hiện nay các giao thức chuẩn và giao diện lập trình ứng dụng chưa đủ hoàn thiện để đảm bảo tương thích hoàn toàn.

### 3.2.7.3. Cổng báo hiệu - SG

Cổng báo hiệu (Signalling Gateway - SG) tạo ra chiếc cầu nối giữa mạng báo hiệu SS7 với mạng IP dưới sự điều khiển của Media Gateway Controller (MGC). SG làm cho MGC giống như một nút SS7 trong mạng báo hiệu SS7. Nhiệm vụ của SG là xử lý thông tin báo hiệu.

Cổng báo hiệu đảm nhiệm các chức năng sau:

- Cung cấp việc liên kết báo hiệu giữa mạng TDM và mạng gói.
- Phụ thuộc vào loại báo hiệu sử dụng (ISUP, ISDN, V5.2, ...), SIGTRAN được sử dụng hiệu quả (đảm bảo thời gian thực) và tin cậy (hỗ trợ không mất gói và jitter trong mạng gói).
- Với thoại và báo hiệu được nhận trên cùng một kênh, chức năng SG thường được tích hợp trên MG.
- Với ISUP “quasi-associated” (sử dụng STP) thì SG là thiết bị độc lập.

### 3.2.7.4. Máy chủ phương tiện - MS

Máy chủ phương tiện (Media Server - MS) là thành phần lựa chọn của Softswitch, được sử dụng để xử lý các thông tin đặc biệt. MS cung cấp chức năng tương tác giữa người gọi và các ứng dụng thông qua thiết bị viễn thông, ví dụ nó có thể trả lời cuộc gọi, phát thông báo, đọc thư, cung cấp các lệnh thoại nhờ sử dụng công nghệ nhận dạng tiếng nói. MS phân phát dịch vụ thoại và



video trên mạng gói, như cầu hội nghị (nếu dịch vụ này không được MG hỗ trợ), thông báo (các thông báo đơn giản do MG gửi), IN và một số tương tác người dùng.

Chức năng MS có thể được tích hợp trong Softswitch hoặc để ở MG. Các chức năng này có thể là bắt buộc hoặc lựa chọn. Có hai nhóm chức năng chính là:

- Các chức năng tài nguyên phương tiện như tách tone, tổng hợp thoại, phương tiện nhận dạng tiếng nói, ...
- Các chức năng điều khiển phương tiện như nhắc, ghi bản tin, v.v.

Trên thị trường, MS là những thiết bị được điều khiển bằng SIP, MGCP hoặc H.248/Megaco và là giải pháp của SRPs (Service Resource Point) hỗ trợ cho IN. Một Media Server phải hỗ trợ phần cứng DSP với hiệu suất cao nhất.

#### **3.2.7.5. Máy chủ ứng dụng/đặc tính – AS/FS**

Máy chủ đặc tính (Feature Server – FS) là một server ở lớp ứng dụng chứa một loạt dịch vụ của doanh nghiệp. Chính vì vậy nó còn được gọi là máy chủ ứng dụng thương mại (Application Server). Máy chủ đặc tính xác định tính hợp lệ và hỗ trợ các thông số dịch vụ thông thường cho hệ thống đa chuyển mạch. Giữa Softswitch và FS có thể sử dụng các giao thức chuẩn hoặc giao diện chương trình ứng dụng mở API. Vì hầu hết các AS/FS tự quản lý các dịch vụ và truyền thông qua mạng IP nên chúng không ràng buộc nhiều với Softswitch về việc phân chia hay nhóm các thành phần ứng dụng.

Mục tiêu chính của máy chủ ứng dụng là điều khiển và quản lý các ứng dụng một cách hiệu quả, kinh tế và nhanh chóng. Nó cho phép đưa ra các dịch vụ mới không cần cập nhật phần mềm ở Softswitch trong thời gian ngắn. Một dịch vụ mới có thể được phát triển bởi bản thân các nhà khai thác mạng. Các máy chủ ứng dụng điều khiển tất cả các logic và kết nối ứng dụng. Phần mềm máy chủ ứng dụng có thể đơn giản hoá việc kết nối các hệ thống web mới, các hệ thống đặt trong các vị trí khác nhau và các hệ thống kế thừa thông qua web client.

Sau đây là một số tính năng cơ bản của các máy chủ ứng dụng.

##### ***Tính năng chung***

- Server ứng dụng phải cung cấp sự tích hợp Web để hỗ trợ giao diện Web cho người quản lý, khai thác và bảo trì.

##### ***Tính năng xác thực và bảo mật***

- Điều khiển các phần tử mạng thực hiện xác thực, cấp phép và các khả năng tính toán cho các dịch vụ được cung cấp;
- Trợ giúp cơ chế đăng ký, có thể là yêu cầu đăng ký SIP hoặc H.323;
- Cung cấp các dịch vụ bảo mật như mã hoá hay xác thực để đảm bảo truy cập bảo mật tới các dịch vụ.

##### ***Tính năng truyền thông***

- Truyền thông với các ứng dụng trong hoặc ngoài;
- Truyền thông với các máy chủ điều khiển tài nguyên mạng bên ngoài.

##### ***Tính năng cung cấp dữ liệu***

- Cung cấp cơ sở dữ liệu thuê bao và dịch vụ;
- Quản lý giao dịch trên cơ sở của các luật ACID. Nói chung, nhà quản trị giao dịch hoặc bộ giám sát được thiết kế để nhận thực khái niệm ACID.

#### ***Tính năng hoạt động, quản lý và điều khiển***

- Quản lý dịch vụ, bao gồm các phần tử liên quan đến kiểm toán, đặc tính dịch vụ, ...
- Quản lý hệ thống, bao gồm các phần tử liên quan đến hoạt động, quản lý và khai thác các máy chủ ứng dụng (ví dụ như quản lý cảnh báo, giám sát đặc tính, bắt giữ và khôi phục hư hỏng, ...).
- Quản lý thời gian vòng đời dịch vụ, bao gồm trợ giúp sự triển khai dịch vụ, cung cấp dịch vụ, thuê dịch vụ, kích hoạt và giải kích hoạt dịch vụ, xác định phiên bản của dịch vụ, ...

#### ***Tính năng thực hiện dịch vụ***

- Trợ giúp thực hiện đa ứng dụng hay đa trường hợp của cùng ứng dụng;
- Môi trường trợ giúp thực hiện dịch vụ, bao gồm tập các khả năng độc lập dịch vụ để truy cập các hệ thống bên ngoài thông qua các giao thức, giao diện chương trình ứng dụng để quản lý các phiên dịch vụ, truy cập dịch vụ, các sự kiện và khai báo, đăng nhập và tương tác logic dịch vụ, ...

Như vậy, máy chủ ứng dụng sẽ là nền công nghệ thông tin, đóng vai trò kiến tạo dịch vụ trong mạng thông minh nhằm mở rộng tính năng của chúng để bao phủ các tình huống mới của mạng. Các giao diện giữa máy chủ ứng dụng và môi trường kiến tạo ứng dụng có thể được cung cấp trên cơ sở các công cụ như ngôn ngữ CPL. Sự thực hiện ứng dụng sẽ được thi hành sau khi nạp mã ứng dụng (mã thường được phiên dịch) trên môi trường server ứng dụng. Trong những trường hợp như vậy, máy chủ ứng dụng phải hỗ trợ ngôn ngữ kịch bản được sử dụng.

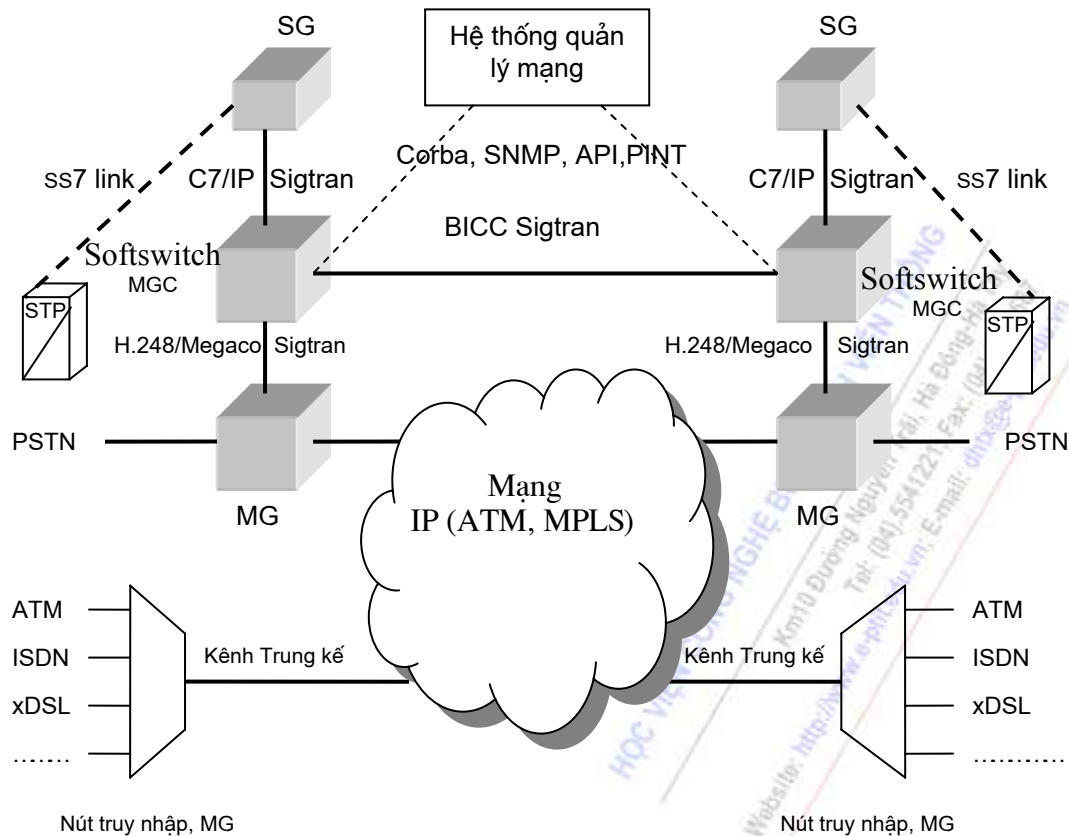
### ***3.2.8. Điều khiển kết nối trong mạng NGN***

Trong chương trước đã trình bày về cấu trúc mạng và các thiết bị kỹ thuật cấu thành nên mạng NGN. Nội dung của chương này sẽ giới thiệu các vấn đề liên quan đến kết nối và điều khiển kết nối trong mạng NGN thông qua các giao thức khác nhau. Để các thiết bị trong mạng có thể phối hợp hoạt động với nhau cần phải sử dụng rất nhiều giao thức, tuy nhiên ở đây sẽ chỉ trình bày những giao thức tiêu biểu liên quan đến vấn đề báo hiệu và điều khiển các thiết bị kỹ thuật đã nêu ở trên.

#### ***3.2.8.1. Vai trò của điều khiển kết nối trong NGN***

Trong cấu trúc mạng NGN chức năng điều khiển kết nối được tách riêng thành một lớp và đẩy lên nằm trên lớp truyền tải và dưới lớp ứng dụng/dịch vụ. Lớp điều khiển kết nối được tổ chức thành một cấp cho toàn mạng nhằm giảm số cấp mạng và tận dụng tối đa năng lực xử lý cuộc gọi của các thiết bị thế hệ mới với mục tiêu giảm chi phí đầu tư. Lớp điều khiển có nhiệm vụ thống nhất các tiêu chuẩn kết nối giữa các nhà cung cấp dịch vụ và nhà cung cấp mạng cũng như là giữa các nhà cung cấp mạng thành viên, nhằm đảm bảo thông suốt việc cung cấp các dịch vụ viễn thông đến người sử dụng.





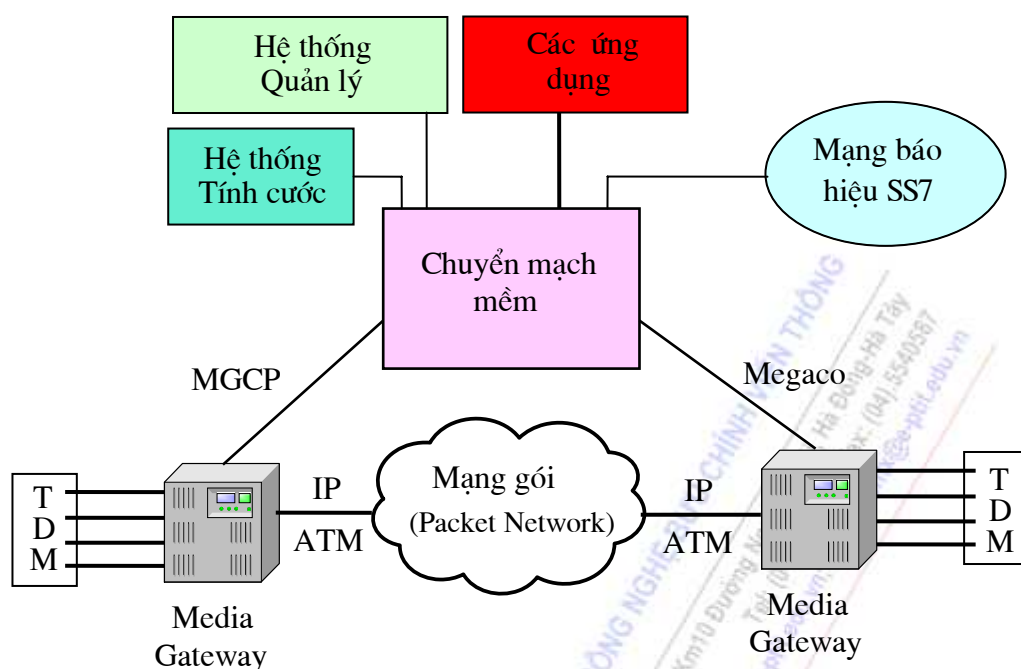
### Hình 3.15: Cấu trúc và các giao thức điều khiển báo hiệu trong mạng NGN

### 3.2.8.2. Hoạt động của hệ thống dựa trên chuyển mạch mềm

Với chức năng chuyển mạch và điều khiển cuộc gọi, softswitch là thành phần chính trong mạng thế hệ sau NGN. Một cách đơn giản, chúng ta có thể hiểu softswitch là hệ thống chuyển mạch dựa trên phần mềm, thực hiện được đầy đủ các chức năng của các tổng đài điện tử truyền thống. Ngoài ra, softswitch còn cho phép liên kết giữa các mạng IP, Mobile và PSTN truyền thống, điều khiển và chuyển mạch lưu lượng hỗn hợp thoại-dữ liệu-video. Softswitch là hệ thống mềm dẻo, tích hợp được cả chức năng của tổng đài nội hạt hoặc tandem với chức năng tổng đài doanh nghiệp (PBX). Tuy nhiên, khác với mạng chuyển mạch kênh dựa trên các tổng đài điện tử, lưu lượng cuộc gọi trong mạng chuyển mạch mềm không đi qua softswitch, các đầu cuối trao đổi dữ liệu với nhau thông qua các thiết bị của lớp truyền thông.

## Mô hình hệ thống

Mô hình tối thiểu của hệ thống dựa trên chuyển mạch mềm cho ở trên hình 3.16. Từ hình vẽ có thể thấy các khối cơ bản của hệ thống bao gồm: chuyển mạch mềm (softswitch hay MGC - Media Gateway Controller), cổng kết nối SS7/IP, các cổng phương tiện MG (Media Gateway), khối tính cước, hệ thống quản lý, các máy chủ ứng dụng và thành phần cuối cùng không thể thiếu là mạng lõi chuyển mạch gói. Theo thuật ngữ chuyển mạch mềm thì chức năng chuyển mạch vật lý được thực hiện bởi cổng phương tiện Media Gateway (MG), còn xử lý cuộc gọi là chức năng của bộ điều khiển cổng phương tiện Media Gateway Controller (MGC).



**Hình 3.16. Mô hình của hệ thống dựa trên chuyển mạch mềm**

Như trên hình vẽ ta cũng thấy rõ trong chuyển mạch mềm các thành phần cơ bản của hệ thống là các module riêng biệt nhau, phần mềm xử lý điều khiển cuộc gọi không phụ thuộc vào phần cứng chuyển mạch vật lý cũng như môi trường lõi truyền thông tin. Còn đối với mạng truyền thống thì tất cả các thành phần đều tích hợp trong một thiết bị phần cứng. Như vậy, mạng chuyển mạch mềm là mạng xử lý tập trung về mặt logic nhưng tài nguyên phân tán, chuyển mạch cuộc gọi được thực hiện trên nền mạng chuyển mạch gói và tạo ra nhiều ưu thế vượt trội so với mạng truyền thống.

Các ưu điểm cơ bản của mạng chuyển mạch mềm có thể kể đến như sau.

Thứ nhất, chuyển mạch mềm 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).

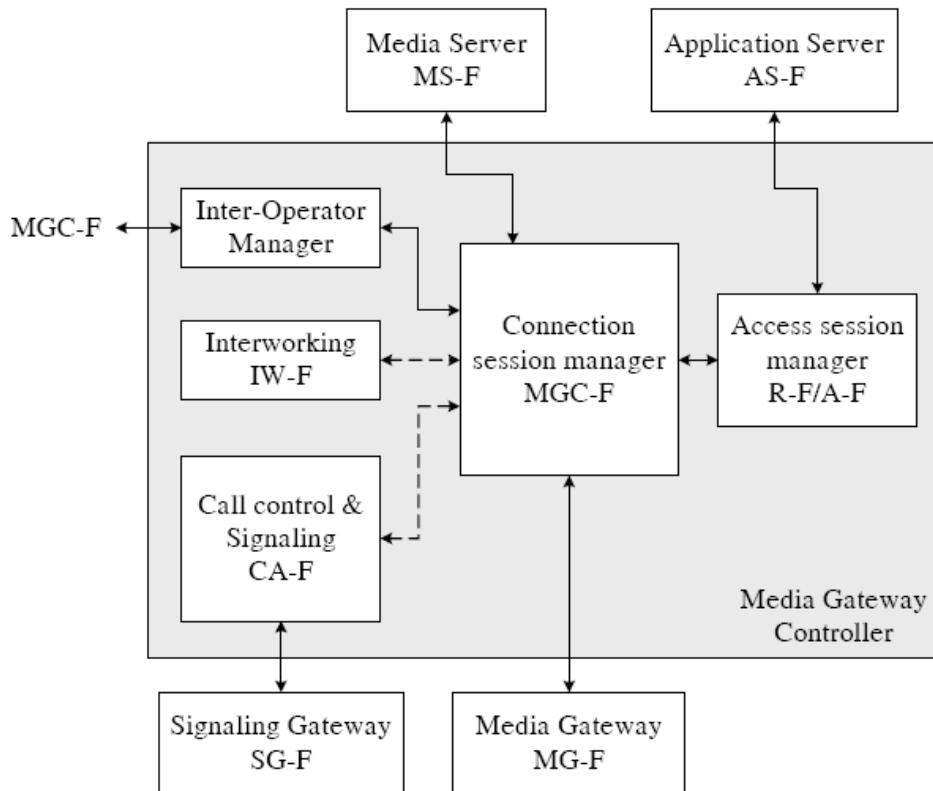
Thứ hai, do phần mềm điều khiển có thể chạy trên các hệ điều hành và môi trường máy tính chuẩn, cho phép tiết kiệm một cách đáng kể chi phí trong việc phát triển và ứng dụng các phần mềm xử lý cuộc gọi.

Thứ ba, chuyển mạch mềm cho phép các phần mềm thông minh của nhà cung cấp dịch vụ có thể điều khiển từ xa thiết bị chuyển mạch đặt tại trụ sở của khách hàng. Đây là một yếu tố quan trọng trong việc khai thác tiềm năng của mạng trong tương lai.

#### **Các chức năng MGC**

MGC hay Softswitch là trung tâm của mạng NGN. Nó có nhiệm vụ tạo cầu nối giữa các mạng có đặc tính khác nhau bao gồm PSTN, SS7 và IP. Khác với tổng đài truyền thống, trong MGC tất cả các chức năng điều khiển hay chuyển mạch đều do phần mềm đảm nhiệm. Các chức năng chính của MGC được thể hiện trên hình 3.17.





**Hình 3.17. Các chức năng chính của MGC**

Nhiệm vụ của từng thực thể chức năng cụ thể như sau:

- AS-F (Application Server Function) là thực thể thi hành các ứng dụng, có nhiệm vụ chính là cung cấp các logic dịch vụ và thi hành một hay nhiều ứng dụng/dịch vụ.
- MS-F (Media Server Function) cung cấp các dịch vụ tăng cường cho xử lý cuộc gọi. Nó hoạt động như một server để xử lý các yêu cầu từ AS-F hoặc MGC-F.
- MGC-F (Media Gateway Control Function) cung cấp logic cuộc gọi và tín hiệu báo hiệu xử lý cuộc gọi cho một hay nhiều Media Gateway.
- CA-F (Call Agent Function) là một phần chức năng của MGC-F. Thực thể này được kích hoạt khi MGC-F thực hiện việc điều khiển cuộc gọi.
- IW-F (Interworking Function) cũng là một phần chức năng của MGC-F. Nó được kích hoạt khi MGC-F thực hiện các báo hiệu giữa các mạng báo hiệu khác nhau.
- R-F (Routing Function) cung cấp thông tin định tuyến cho MGC-F.
- A-F (Accounting Function) cung cấp thông tin dùng cho việc tính cước.
- SG-F (Signaling Gateway Function) dùng để chuyển các thông tin báo hiệu của mạng PSTN qua mạng IP.
- MG-F (Media Gateway Function) dùng để chuyển thông tin từ dạng truyền dẫn này sang dạng truyền dẫn khác.

Chú ý rằng CA-F và IW-F là hai chức năng con của MGC-F. Riêng thực thể Inter-operator Manager có nhiệm vụ liên lạc, trao đổi thông tin giữa các MGC với nhau.

Từ ý nghĩa của các thực thể chức năng có thể thấy MGC đảm nhiệm các công việc sau đây:

- Điều khiển cuộc gọi, duy trì trạng thái của mỗi cuộc gọi trên một Media Gateway;
- Điều khiển và hỗ trợ hoạt động của Media Gateway, Signaling Gateway;
- Trao đổi các bản tin cơ bản giữa 2 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 (bao 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 sử dụng;
- Có thể quản lý các tài nguyên mạng (port, băng tần, ...).

Trên đây chỉ là những chức năng cơ bản nhất. Ngoài ra, tùy thuộc vào nhu cầu thực tế mà MGC còn có thể được bổ sung thêm những chức năng khác nữa.

#### **Quá trình xử lý cuộc gọi**

Để hiểu rõ hơn hoạt động của hệ thống dựa trên chuyển mạch mềm, sau đây trình bày khái quát các bước xử lý cuộc gọi trong trường hợp thuê bao gọi đi là thuê mạng điện thoại truyền thống PSTN. Các trường hợp khác thì hoạt động của chuyển mạch mềm cũng sẽ tương tự.

Cụ thể các bước xử lý cuộc gọi được thực hiện như sau:

- (1) Khi có một thuê bao (thuộc PSTN) nhắc máy và chuẩn bị thực hiện cuộc gọi thì tổng đài nội hạt quản lý thuê bao đó sẽ nhận biết trạng thái nhắc máy của thuê bao. SG nối với tổng đài này thông qua mạng SS7 cũng nhận biết được trạng thái mới của thuê bao.
- (2) SG báo cho MGC trực tiếp quản lý mình thông qua CA-F, đồng thời cung cấp tín hiệu mời quay số cho thuê bao. Ta gọi MGC này là MGC chủ gọi.
- (3) MGC chủ gọi gửi yêu cầu tạo kết nối đến MG nối với tổng đài nội hạt ban đầu nhờ MGC-F.
- (4) Các con số quay số của thuê bao sẽ được SG thu và chuyển tới MGC chủ gọi.
- (5) MGC chủ gọi sử dụng những số này để quyết định công việc tiếp theo sẽ thực hiện. Cụ thể là các số này sẽ được chuyển tới chức năng R-F và R-F sẽ sử dụng thông tin lưu trữ của các máy chủ để định tuyến cuộc gọi.

Trường hợp đầu cuối đích cùng loại với đầu cuối gọi (đều là thuê bao PSTN):

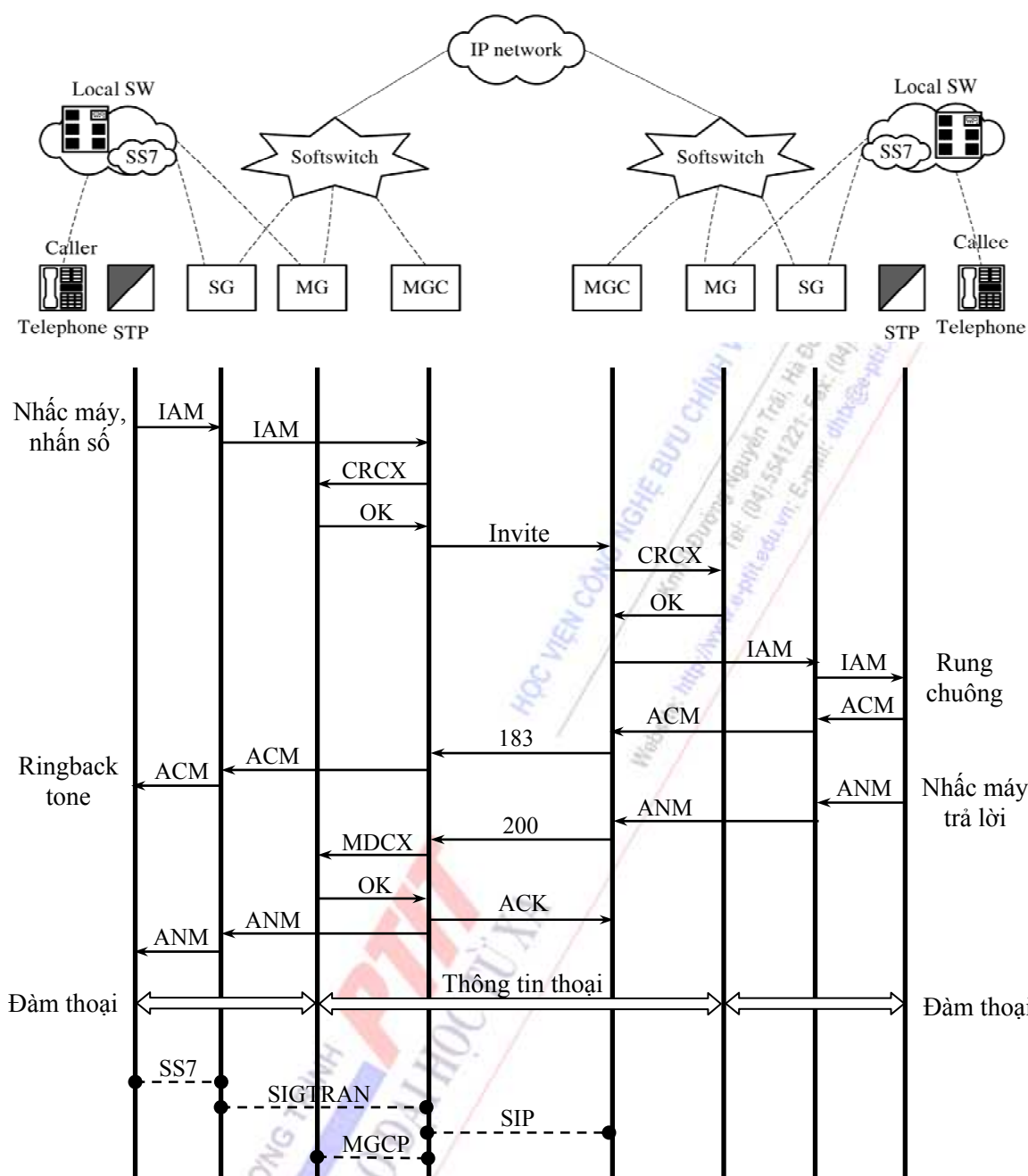
- Nếu thuê bao bị gọi cùng thuộc MGC chủ gọi, tiến trình thực hiện tiếp bước (7),
  - Còn nếu thuê bao bị gọi thuộc sự quản lý của một MGC khác, tiến trình thực hiện theo bước (6).
- (6) MGC chủ gọi sẽ gửi yêu cầu thiết lập cuộc gọi đến một MGC khác. Nếu MGC đó chưa phải là của thuê bao bị gọi (ta gọi là MGC trung gian) thì nó tiếp tục chuyển yêu cầu thiết lập cuộc gọi đến MGC khác nữa cho đến khi đến đúng MGC bị gọi. Trong quá trình này, các MGC trung gian luôn phản hồi lại MGC đã gửi yêu cầu đến nó. Các công việc này được thực hiện bởi CA-F.
  - (7) MGC bị gọi gửi yêu cầu tạo kết nối với MG nối với tổng đài nội hạt của thuê bao bị gọi (MG trung gian).
  - (8) Đồng thời MGC bị gọi gửi thông tin đến SG trung gian, thông qua mạng SS7 để xác định trạng thái của thuê bao bị gọi.

- (9) Khi SG trung gian nhận được bản tin thông báo trạng thái của thuê bao bị gọi (giả sử là rỗi) thì nó sẽ gửi ngược thông tin này trở về MGC bị gọi.
- (10) MGC bị gọi gửi phản hồi về MGC chủ gọi để thông báo tiến trình cuộc gọi.
- (12) MGC bị gọi gửi thông tin để cung cấp tín hiệu hồi âm chuông cho MGC chủ gọi, qua SG chủ gọi đến thuê bao chủ gọi.
- (13) Khi thuê bao bị gọi nhấc máy thì quá trình thông báo tương tự như các bước trên: qua nút báo hiệu số 7, qua SG trung gian đến MGC bị gọi, rồi đến MGC chủ gọi, qua SG chủ gọi đến thuê bao thực hiện cuộc gọi.
- (14) Kết nối giữa thuê bao chủ gọi và thuê bao bị gọi được hình thành thông qua MG chủ gọi và MG trung gian..
- (15) Khi kết thúc cuộc gọi thì quá trình sẽ diễn ra tương tự như thiết lập cuộc gọi.

Lưu đồ xử lý cuộc gọi được minh họa trên hình 3.18.



HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ LƯU CHIẾM MẠNG  
Km10 Đường Nguyễn Trãi, Đống Đa, Hà Nội  
Tel: (04) 5543 221; Fax: (04) 5543 222  
WebSite: <http://www.o-pit.edu.vn>; E-mail: [dlhx@pit.edu.vn](mailto:dlhx@pit.edu.vn)



Hình 3.18. Lưu đồ xử lý cuộc gọi trong chuyển mạch mềm

Có thể nhận thấy, cũng giống như trong chuyển mạch kênh, chuyển mạch mềm phải thiết lập kết nối trước khi thực hiện đàm thoại. Trong chuyển mạch kênh, kênh báo hiệu và kênh thoại là hai kênh khác nhau nhưng cùng truyền đến một điểm xử lý trên cùng kết nối vật lý (kênh báo hiệu được thiết lập trước, sau đó kênh thoại mới được thiết lập). Còn đối với chuyển mạch mềm thì hai kênh này không chỉ là riêng biệt mà chúng còn được truyền trên hai kết nối khác nhau: thông tin báo hiệu được truyền qua SG và thông tin thoại được truyền qua MG.

### 3.2.8.3. Một số giao thức điều khiển báo hiệu điển hình

Hệ thống chuyển mạch mềm có kiến trúc phân tán. Các chức năng báo hiệu và xử lý báo hiệu, chuyển mạch và điều khiển cuộc gọi được thực hiện bởi các thiết bị nằm phân tán trong cấu hình mạng. Để có thể tạo ra các kết nối giữa các đầu cuối nhằm cung cấp dịch vụ cho người sử

dụng, các thiết bị này phải trao đổi các thông tin báo hiệu với nhau. Cách thức trao đổi thông tin báo hiệu được quy định bởi các giao thức báo hiệu.

Các giao thức báo hiệu và điều khiển chính sử dụng trong mạng NGN là:

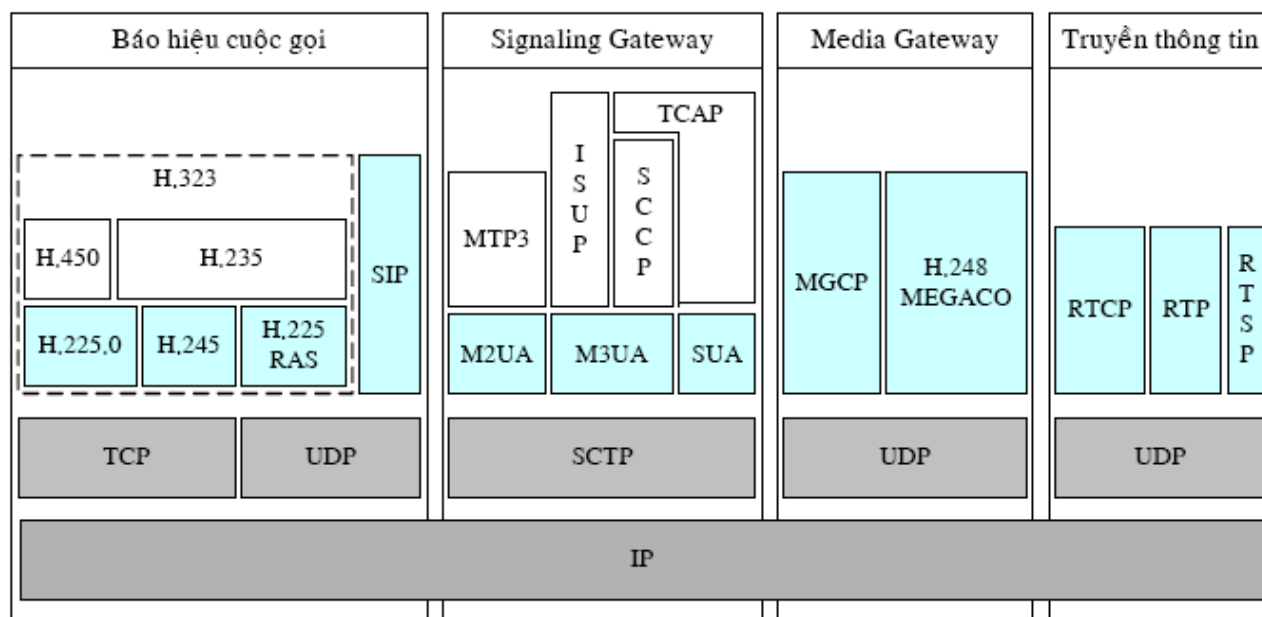
- H.323;
- SIP (Session Initiation Protocol);
- SIGTRAN (Signaling Transport);
- MGCP (Media Gateway Control Protocol);
- Megaco/H.248;
- BICC (Bearer Independent Call Control).

Các giao thức này được hai tổ chức khác nhau xây dựng và phát triển là IETF (Internet Engineering Task Force) và ITU (International Telecom Union). Có thể phân các giao thức trên thành hai loại là: giao thức ngang cấp (H.323, SIP) và giao thức chủ tớ (MGCP, Megaco). Từng giao thức có vai trò khác nhau trong việc thiết lập cuộc nối, chúng cũng có những thế mạnh và điểm yếu khác nhau.

Giao thức ngang cấp H323, SIP được sử dụng để trao đổi thông tin báo hiệu giữa các MGC, giữa MGC và các Server. Giao thức chủ tớ MGCP, Megaco là giao thức báo hiệu điều khiển giữa MGC và các Gateway (trong đó MGC điều khiển Gateway). SIGTRAN là giao thức báo hiệu giữa MGC và Signaling Gateway. BICC là giao thức đảm bảo truyền thông giữa các server (hay MGC). Mỗi giao thức sẽ định nghĩa các thiết bị phần cứng, ngăn xếp giao thức, các loại bản tin, lệnh cũng như thủ tục thiết lập, duy trì và giải phóng kết nối khác nhau.

Hình 3.19 cho thấy vị trí và mối quan hệ giữa các giao thức báo hiệu và điều khiển trong mạng NGN. Giao thức H.323 phiên bản 1 và 2 hỗ trợ H.245 trên nền TCP, Q.931 trên nền TCP và RAS trên nền UDP. Các phiên bản 3 và 4 của H.323 hỗ trợ thêm H.245 và Q.931 trên nền UDP. Giao thức SIP hỗ trợ cả TCP và UDP. Trong mạng NGN các cuộc gọi thoại đều là các cuộc gọi VoIP.





Hình 3.19: Vị trí và mối quan hệ giữa các giao thức trong mạng NGN

## THUẬT NGỮ VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Từ đầy đủ	Ý nghĩa
AAA	Authentication/Authorization/Accounting Server	Máy chủ nhận thực/cho phép/ thanh toán
A/D	Analog-Digital Converter	Bộ chuyển đổi tương tự-số
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	Đường dây thuê bao số không đối xứng
AG	Access Gateway	Cổng truy nhập
AS	Application Server	Máy chủ ứng dụng
ATM	Asynchronous Transfer Mode	Phương thức truyền giao không đồng bộ
B-ISDN	Broadband-ISDN	ISDN băng rộng
BRAS	Broadband Remote Access System	Hệ thống điều khiển truy nhập băng rộng
BW	Bandwidth	Băng thông
CAS	Channel Associated Signalling	Báo hiệu kênh liên kết
CATV	Cable Television	Truyền hình cáp
CCS	Common Channel Signalling	Báo hiệu kênh chung
CGI	Common Gateway Interface	Giao diện cổng chung
COPS	Common Open Policy Service	Dịch vụ chính sách mở chung
CPL	Call Processing Language	Ngôn ngữ xử lý cuộc gọi
CS	Call Server	Máy chủ cuộc gọi
DNS	Domain Name System	Hệ thống tên miền
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplex	Bộ ghép kênh truy nhập đường dây thuê bao số
DTE	Data Terminal Equipment	Thiết bị đầu cuối số liệu
FR	Frame Relay	Phương thức chuyển khung
FS	Feature Server	Máy chủ đặc tính
FTP	File Transfer Protocol	Giao thức truyền file
GE	Gigabit Ethernet	Ethernet Gigabit
GK	Gatekeeper	Bộ giữ cổng trong mạng H.323
GSM	Global System for Mobile Communication	Hệ thống truyền thông di động toàn cầu
GW	Gateway	Cổng phương tiện
HTML	Hyper Text Markup Language	Ngôn ngữ đánh dấu siêu văn bản
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol	Giao thức truyền siêu văn bản
IETF	Internet Engineering Task Force	Lực lượng đặc nhiệm về kỹ thuật

		Internet
IP	Internet Protocol	Giao thức Internet
ISDN	Integrated Services Digital Network	Mạng (số) đa dịch vụ tích hợp
ISP	Internet Service Provider	Nhà cung cấp dịch vụ Internet
ITU	International Telecommunication Union	Liên minh viễn thông quốc tế
ITU-T	ITU Telecommunication Standadization Sector	Liên minh viễn thông quốc tế - Tiểu ban chuẩn hóa viễn thông
LAN	Local Area Network	Mạng nội hạt
MCU	Multipoint Control Units	Khối điều khiển đa điểm trong mạng H.323
MG	Media Gateway	Cổng phương tiện
MGC	Media Gateway Controller	Thiết bị điều khiển cổng phương tiện
MGCP	Media Gateway Control Protocol	Giao thức điều khiển cổng phương tiện
MIME	Multipurpose Internet Mail Extension	Giao thức thư điện tử
MS	Media Server	Máy chủ phương tiện
NGN	Next Generation Network	Mạng viễn thông thế hệ sau
N-ISDN	Narrow-ISDN	ISDN băng hẹp
OSI	Open System Interconnection	Kết nối hệ thống mở
PBX	Private Branch Exchange	Tổng đài cơ quan
PC	Personal Computer	Máy vi tính cá nhân
PLMN	Public Land Mobile Network	Mạng di động mặt đất
POTS	Plain Old Telephone Service	Dịch vụ thoại truyền thống
QoS	Quality of Service	Chất lượng dịch vụ
RAS	Registration, Admission, Status	Đăng ký, Chấp nhận và Trạng thái
RFC	Request For Comments	Yêu cầu ý kiến (IETF) bình luận
RSVP	Resource Reservation Protocol	Giao thức lưu trữ tài nguyên mạng
RTP	Real Time Protocol	Giao thức thời gian thực
RTSP	Real Time Streaming Protocol	Giao thức kiểm soát luồng dữ liệu
SAP	Session Advertisement Protocol	Giao thức quảng cáo trong phiên kết nối
SDH	Synchronuous Digital Hierarchy	Phân cấp số đồng bộ
SDP	Session Description Protocol	Giao thức mô tả các phiên kết nối đa phương tiện
SG	Signalling Gateway	Cổng báo hiệu
SIGTRAN	Signaling Transport	Giao thức chuyển đổi báo hiệu
SIP	Session Initiation Protocol	Giao thức khởi tạo phiên
SS7	Signalling System No 7	Hệ thống báo hiệu số 7

TCP	Transmission Control Protocol	Giao thức điều khiển truyền dẫn
TDM	Time Division Multiplexing	Ghép kênh phân chia theo thời gian
TG	Trunking Gateway	Cổng giao tiếp
TMN	Telecommunication Managment Network	Mạng quản lý viễn thông
UDP	User Datagram Protocol	Giao thức dữ liệu đồ người sử dụng
WDM	Wave Division Multiplexing	Ghép kênh theo bước sóng
WG	Wireless Gateway	Kết nối mạng lõi với mạng di động
WLAN	Wiless Local Area Network	Mạng LAN không dây
XML	Extensible Markup Language	Ngôn ngữ đánh dấu mở rộng - là ngôn ngữ phần mềm dùng trong thương mại điện tử và để tìm kiếm các Web

## MỤC LỤC

<b>CHƯƠNG 1: CƠ SỞ KỸ THUẬT TRUYỀN DẪN .....</b>	<b>3</b>
1.1.Kỹ thuật điều chế và ghép kênh .....	3
1.1.1. Các phương pháp mã hóa và điều chế .....	3
1.1.2. Điều chế xung mã PCM .....	4
1.1.3. Kỹ thuật ghép kênh .....	14
1.2.Thông tin quang .....	30
1.2.1. Mô hình hệ thống thông tin quang .....	30
1.2.2. Các loại cáp sợi quang .....	32
1.2.3. Máy phát tín hiệu quang .....	40
1.2.4. Máy thu tín hiệu quang .....	46
1.3.Thông tin vô tuyến .....	55
1.3.1. Các phương pháp đa truy nhập vô tuyến .....	55
1.3.2. Hệ thống truyền dẫn vi ba số .....	58
1.3.3. Hệ thống thông tin di động .....	69
1.3.4. Hệ thống thông tin vệ tinh .....	78
<b>CHƯƠNG 2: CƠ SỞ KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH.....</b>	<b>81</b>
2.1.Chuyển mạch kênh.....	81
2.1.1. Tổng đài chuyển mạch số .....	81
2.1.2. Chuyển mạch thời gian kỹ thuật số.....	86
2.1.3. Chuyển mạch không gian kỹ thuật số .....	88
2.1.4. Chuyển mạch ghép.....	91
2.2.Chuyển mạch gói .....	93
2.2.1. Nguyên lý chuyển mạch gói .....	93
2.2.2. Chuyển giao hướng kết nối và phi kết nối .....	94
2.2.3. Các đặc điểm của chuyển mạch gói.....	96
<b>CHƯƠNG 3: CƠ SỞ KỸ THUẬT MẠNG IP VÀ NGN .....</b>	<b>99</b>
3.1.Cơ sở kỹ thuật mạng IP .....	99
3.1.1. Bộ giao thức TCP/IP .....	99



3.1.2. Địa chỉ IP .....	103
3.1.3. Địa chỉ cổng và socket .....	105
3.1.4. Định tuyến trong mạng IP .....	106
3.2. Mạng thế hệ mới NGN .....	109
3.2.1. Sự cần thiết phải chuyển đổi sang mạng thế hệ sau .....	109
3.2.2. Nguyên tắc tổ chức mạng NGN .....	111
3.2.3. Các công nghệ nền tảng cho NGN .....	113
3.2.4. Các tổ chức và hướng phát triển NGN .....	118
3.2.5. Sự tiến hóa lên NGN và các vấn đề cần quan tâm .....	121
3.2.6. Kiến trúc phân lớp mạng NGN theo mô hình Call Server .....	123
3.2.7. Chức năng và hoạt động của các phần tử mạng .....	125
3.2.8. Điều khiển kết nối trong mạng NGN .....	130
<b>THUẬT NGỮ VIẾT TẮT .....</b>	<b>140</b>



# KỸ THUẬT VIỄN THÔNG

Mã số: 412KVT260

Chịu trách nhiệm bản thảo

TRUNG TÂM ĐÀO TẠO BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG 1