

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



GHÉP KÊNH TÍN HIỆU SỐ

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

Lưu hành nội bộ

HÀ NỘI - 2007

GHÉP KÊNH TÍN HIỆU SỐ

Biên soạn : TS. CAO PHÁN
THS. CAO HỒNG SƠN

LỜI NÓI ĐẦU

Ghép kênh tín hiệu số là một lĩnh vực rất quan trọng. Khởi đầu của ghép kênh tín hiệu số là điều xung mã (PCM) và điều chế Delta (DM), trong đó PCM được sử dụng rộng rãi hơn. Từ PCM, các nhà chế tạo thiết bị viễn thông đã cho ra đời thiết bị ghép kênh cận đồng bộ (PDH) và sau đó là thiết bị ghép kênh đồng bộ (SDH). Mạng thông tin quang SDH đã mở ra một giai đoạn mới của công nghệ truyền thông nhằm đáp ứng nhu cầu tăng trưởng rất nhanh của các dịch vụ viễn thông, đặc biệt là dịch vụ Internet.

Với tốc độ bit hiện tại của SDH là 10 Gbit/s vẫn chưa đáp ứng một cách đầy đủ cho truyền lưu lượng Internet đã, đang và sẽ phát triển theo cấp số nhân. Vì vậy công nghệ ghép kênh theo bước sóng (WDM) đã xuất hiện. Để có thể tận dụng băng tần truyền dẫn tại miền cửa sổ thứ hai của sợi quang đơn mode, kỹ thuật ghép chặt các bước sóng DWDM đang đóng vai trò quan trọng trên mạng thông tin quang toàn cầu.

Tuy nhiên, thông tin quang SDH là công nghệ ghép kênh cố định. Vì vậy độ rộng băng tần vẫn không được tận dụng triệt để. Theo ước tính thì hiệu suất sử dụng độ rộng băng tần khả dụng của hệ thống thông tin quang SDH mới đạt được 50%. Trước thực tế một mặt độ rộng băng tần đường truyền còn bị lãng phí, mặt khác công nghệ truyền gói IP và ATM đòi hỏi hệ thống thông tin quang SDH phải thoả mãn nhu cầu trước mắt và cả cho tương lai, khi mà các dịch vụ gia tăng phát triển ở trình độ cao. Chỉ có thể thoả mãn nhu cầu về tốc độ truyền dẫn và nâng cao hiệu suất sử dụng băng tần đường truyền bằng cách thay đổi các phương thức truyền tải lưu lượng số liệu.

Vấn đề mấu chốt ứng dụng các phương thức truyền tải tiên tiến là kết chuỗi các các contenơ, sử dụng các phương thức đóng gói số liệu thích hợp, truyền tải gói linh hoạt theo cách tái sử dụng không gian và chuyển mạch bảo vệ thông minh để nâng cao độ tin cậy của mạng và rút ngắn thời gian phục hồi của hệ thống khi có sự cố. Những vấn đề này sẽ được phân tích kỹ trong các chủ đề sau đây:

1) Trình bày một số khái niệm cơ bản trong truyền dẫn tín hiệu, đặc biệt là tín hiệu số và các phương pháp ghép kênh số.

2) Các phương pháp duy trì mạng. Nội dung chủ yếu của chuyên đề này là các phương pháp chuyển mạch bảo vệ mạng đường thẳng và mạng vòng SDH.

3) Các chuẩn Ethernet, mạng vòng thẻ bài và FDDI.

4) Các phương thức truyền tải số liệu bao gồm các phương thức đóng khung số liệu, kết chuỗi, điều chỉnh dung lượng tuyến, các giao thức tái sử dụng không gian v.v.

Sau mỗi chương có các bài tập hoặc câu hỏi để sinh viên tự kiểm tra và đánh giá kiến thức của mình khi đối chứng với đáp số và trả lời trong phần phụ lục.

Tài liệu giảng dạy này được biên soạn theo đề cương môn học "Ghép kênh tín hiệu số" của chương trình đào tạo đại học chính quy hiện nay của Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông. Tuy nhiên, đây là lần biên soạn đầu tiên nên không tránh khỏi thiếu sót về nội dung và hình thức. Rất mong các độc giả góp ý để tài liệu ngày càng hoàn thiện hơn.

Ý kiến đóng góp của các độc giả xin vui lòng gửi trực tiếp cho Phòng Đào tạo Đại học từ xa – Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông.

Xin chân thành cảm ơn!

Nhóm tác giả

CHƯƠNG I

MỘT SỐ KHÁI NIỆM CƠ BẢN

TRONG TRUYỀN DẪN TÍN HIỆU

1.1. GIỚI THIỆU CHUNG

Trong chương này giới thiệu các nội dung chính sau đây:

- Một số khái niệm cơ bản trong truyền dẫn tín hiệu số.
- Các phương pháp số hoá tín hiệu analog như: PCM, DPCM và DM. Trong đó phương pháp PCM được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống ghép kênh PDH.
- Các phương pháp ghép kênh: đã điếm qua các phương pháp ghép kênh theo tần số, theo tần số trực giao, theo thời gian, theo mã, ghép kênh thống kê v.v. trong đó ghép kênh theo thời gian được sử dụng trong ghép kênh PDH, SDH.

- Đồng bộ trong viễn thông:

Đã tiến hành phân tích các phương thức đồng bộ như: đồng bộ sóng mang, đồng bộ ký hiệu, đồng bộ bit, đồng bộ khung, đồng bộ gói, đồng bộ mạng, đồng bộ đa phương tiện và đồng bộ đồng hồ thời gian thực. Tùy thuộc vào từng trường hợp cụ thể mà sử dụng một trong các phương thức đồng bộ hoặc sử dụng đồng thời một số phương thức đồng bộ. Chẳng hạn trong mạng thông tin quang SDH sử dụng cả đồng bộ mạng, đồng bộ sóng mang, đồng bộ khung, đồng bộ ký hiệu.

1.2. NHẬP MÔN GHÉP KÊNH SỐ

1.2.1. Tín hiệu và các tham số

1.2.1.1. Các loại tín hiệu

(1) Tín hiệu analog: tín hiệu analog (tương tự) là loại tín hiệu có các giá trị biên độ liên tục theo thời gian, thí dụ tín hiệu thoại analog.

Một dạng điển hình của tín hiệu analog là sóng hình sine, được thể hiện dưới dạng:

$$S(t) = A \sin(\omega t + \varphi)$$

trong đó: A là biên độ tín hiệu, ω là tần số góc ($\omega = 2\pi f$, f là tần số), φ là pha của tín hiệu.

Nếu tín hiệu là tập hợp của nhiều tần số thì ngoài các tham số trên đây còn có một tham số khác, đó là dải tần của tín hiệu.

(2) Tín hiệu xung: tín hiệu xung là loại tín hiệu có các giá trị biên độ là hàm rời rạc của thời gian. Điển hình của tín hiệu xung là tín hiệu xung lấy mẫu tín hiệu analog dựa vào định lý lấy mẫu.

(3) Tín hiệu số: đây cũng là loại tín hiệu có các giá trị biên độ là hàm rời rạc của thời gian như tín hiệu xung. Tuy nhiên, khác với tín hiệu xung ở chỗ biên độ của các xung bằng 0 hoặc 1, mặt khác tập hợp của một nhóm xung đại diện cho một chữ số, hoặc một ký tự nào đó. Mỗi một xung được gọi là một bit. Một vài loại tín hiệu số điển hình như: tín hiệu 2 mức (0 và 1), còn có tên là tín hiệu xung nhị phân hay tín hiệu xung đơn cực; và tín hiệu ba mức (-1, 0 và +1), còn được gọi là tín hiệu xung tam phân hay tín hiệu xung lưỡng cực.

(4) Tín hiệu điều biên xung, điều tần xung hoặc điều pha xung: đây là trường hợp mà sóng mang xung chữ nhật có biên độ, hoặc tần số, hoặc pha biến đổi theo quy luật biến đổi của biên độ tín hiệu điều chế. Ba dạng tín hiệu này thường được sử dụng trong mạng thông tin analog.

1.2.1.2. Các tham số của tín hiệu

(1) Mức điện

- Mức điện tương đối: $L(dB) = 10 \log \frac{P_x}{P_0}$

trong đó: P_x là công suất tín hiệu (mW) tại điểm cần xác định mức điện, P_0 là công suất tín hiệu tại điểm tham khảo (mW).

- Mức điện tuyệt đối: $L(dB_m) = 10 \log \frac{P_x}{1mW}$

$L(dB)_m = 0 dB_m$ khi công suất tại điểm x bằng 1 mW, $L(dB)_m > 0$ khi công suất tín hiệu tại điểm x lớn hơn 1 mW, $L(dB)_m < 0$ khi công suất tín hiệu tại điểm x bé hơn 1 mW.

(2) Tỷ số tín hiệu trên nhiễu

$$SNR(dB) = 10 \log \frac{P_s}{P_n} = 20 \log \frac{V_s}{V_n} = 20 \log \frac{I_s}{I_n}$$

trong đó: P_s, V_s, I_s tương ứng là công suất, điện áp và dòng điện tín hiệu; P_n, V_n, I_n tương ứng là công suất, điện áp và dòng điện nhiễu.

1.2.2. Đường truyền và độ rộng băng tần truyền dẫn

1.2.2.1. Đường truyền

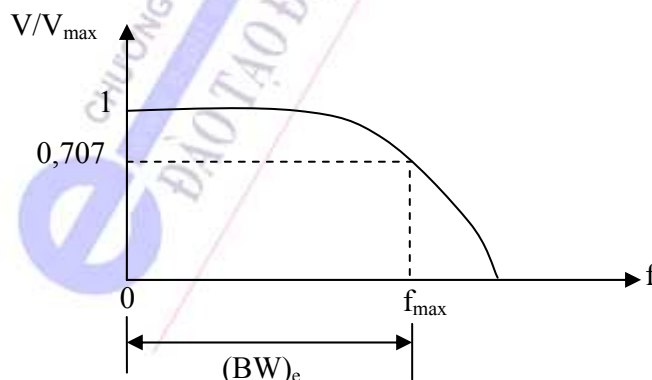
Là môi trường truyền dẫn được sử dụng để truyền tải tín hiệu, thí dụ đường truyền cáp kim loại, đường truyền cáp sợi quang, đường truyền Radio, v.v. Đường truyền còn được phân chia thành tuyến (Path), kênh v.v.

1.2.2.2. Độ rộng băng tần truyền dẫn

Muốn đo độ rộng băng tần truyền dẫn của tín hiệu nào đó phải căn cứ vào các quy định sau đây:

(1) Độ rộng băng tần điện (BW)_e

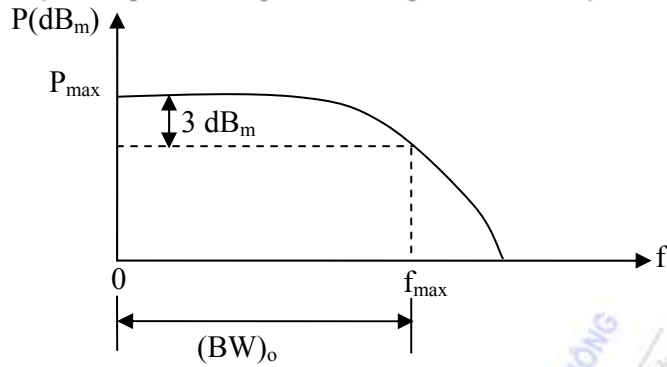
Độ rộng băng tần điện là băng tần từ tần số tín hiệu bằng zero đến tần số tín hiệu mà tại đó đáp ứng của tín hiệu (hệ số khuếch đại, điện áp, dòng điện) giảm còn 0,707 so với giá trị cực đại của đáp ứng tín hiệu (hình 1.1).



Hình 1.1- Độ rộng băng tần điện

(2) Độ rộng băng tần quang (BW)_o

Độ rộng băng tần quang là băng tần từ tần số điều chế bằng zero đến tần số điều chế mà tại đó mức công suất quang giảm 50% ($3dB_m$) so với công suất quang cực đại, như minh họa ở hình 1.2.



Hình 1.2. Độ rộng băng tần quang

1.2.3. Truyền dẫn đơn kênh và đa kênh

Truyền dẫn đơn kênh và đa kênh có ngụ ý là hệ thống truyền dẫn quang có một hay nhiều bước sóng. Thí dụ: hệ thống thông tin quang thông thường chỉ có một bước sóng tại 1310 nm hoặc 1550 nm; trong khi đó, hệ thống thông tin quang ghép bước sóng (WDM) có thể truyền đồng thời hàng chục bước sóng khác nhau nằm trong miền cửa sổ thứ hai (1300 nm) hoặc cửa sổ thứ ba (1550 nm) của sợi quang đơn mode.

1.2.4. Hệ thống truyền dẫn số và các tham số

1.2.4.1. Hệ thống truyền dẫn số

Hệ thống truyền dẫn số bao gồm hệ thống truyền dẫn cáp sợi quang và hệ thống truyền dẫn vi ba số. Hệ thống truyền dẫn vi ba số là hệ thống đa điểm đường thẳng. Hệ thống truyền dẫn số cáp sợi quang có thể sử dụng cấu trúc đường thẳng, vòng hoặc hỗn hợp. Các cấu hình này sẽ được trình bày chi tiết trong chương III. Dưới đây chỉ giới thiệu khái quát một vài cấu trúc cơ bản của hệ thống.

(1) Hệ thống truyền dẫn đường thẳng

Các cấu hình của hệ thống truyền dẫn đường thẳng như hình 1.3.



a) Cấu hình điểm nối điểm



b) Cấu hình đa điểm, xen/ rẽ

Chú thích: TRM- Bộ ghép đầu cuối, ADM- Bộ ghép xen/ rẽ, REG - Bộ tái sinh (bộ lặp).

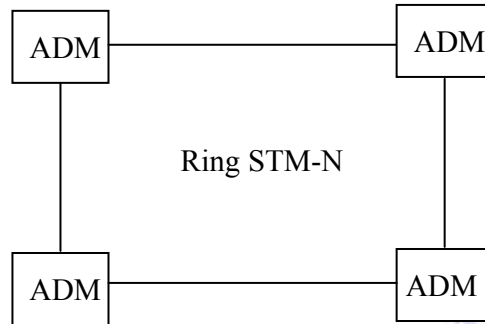
Hình 1.3. Các cấu hình đường thẳng

Trong cấu hình điểm nối điểm chỉ có hai bộ ghép đầu cuối kết nối trực tiếp với nhau hoặc qua bộ lặp bằng đường truyền số, tạo thành một đường thẳng, vì vậy gọi là hệ thống đường thẳng. Ngoài ra còn có tên gọi khác là hệ thống hở. Cấu hình đa điểm, xen/ rẽ ngoài hai bộ ghép đầu cuối còn có thêm một hoặc nhiều bộ ghép xen rẽ được kết nối với nhau bởi đường truyền số thành một đường thẳng. Cấu hình đa điểm, rẽ nhánh cũng là hệ thống hở. Tại địa điểm xen/ rẽ, các luồng số được tiếp tục truyền tới một bộ ghép đầu cuối khác để tạo thành một nhánh của hệ thống chính. Các cấu hình đường thẳng áp dụng cho vi ba số và thông tin cáp sợi quang PDH hoặc SDH.

Các cấu hình trên đây không có khả năng tự duy trì khi đường truyền có sự cố, chẳng hạn đứt cáp hoặc hỏng nút.

(2) Hệ thống truyền dẫn vòng (ring)

Trong cấu hình này chỉ có các ADM và có thể có các REG. Các nút được kết nối với nhau bởi hai hoặc bốn sợi quang tạo thành một vòng kín, như trên hình 1.4.



Hình 1.4. Cấu hình vòng của hệ thống truyền dẫn số

1.2.4.2. Các tham số

(1) Tốc độ bit: số bit phát đi trong một giây.

Các đơn vị đo tốc độ bit: bit/s, kbit/s ($1\text{kbit/s} = 10^3 \text{ bit/s}$), Mbit/s ($1\text{Mbit/s} = 10^3 \text{ kbit/s} = 10^6 \text{ bit/s}$), Gbit/s ($1\text{Gbit/s} = 10^3 \text{ Mbit/s} = 10^6 \text{ kbit/s} = 10^9 \text{ bit/s}$), Tbit/s ($1\text{Tbit/s} = 10^3 \text{ Gbit/s} = 10^6 \text{ Mbit/s} = 10^9 \text{ kbit/s} = 10^{12} \text{ bit/s}$). Tín hiệu số được sử dụng trong các mạng thông tin số.

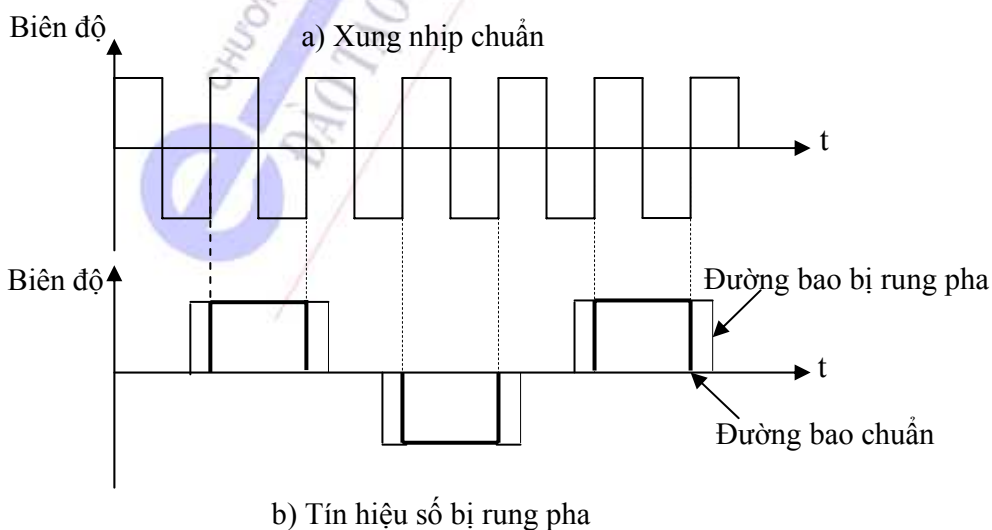
(2) Tỷ số lỗi bit BER: số bit bị lỗi chia cho tổng số bit truyền.

- PDH: $BER \leq 10^{-6}$ chất lượng đường truyền bình thường, $10^{-6} < BER < 10^{-3}$ chất lượng đường truyền giảm sút (cảnh báo vàng), $BER \geq 10^{-3}$ chất lượng đường truyền rất xấu (cảnh báo đỏ).

- SDH: $BER \leq 10^{-9}$ chất lượng đường truyền bình thường, $BER = 10^{-6}$ chất lượng đường truyền giảm sút (cảnh báo vàng), $BER = 10^{-3}$ chất lượng đường truyền rất xấu (cảnh báo đỏ).

(3) Rung pha (Jitter)

Rung pha là sự điều chế pha không mong muốn của tín hiệu xung xuất hiện trong truyền dẫn số và là sự biến đổi nhỏ các thời điểm có ý nghĩa của tín hiệu so với các thời điểm lý tưởng. Khi rung pha xuất hiện thì thời điểm chuyển mức của tín hiệu số sẽ sớm hơn hoặc muộn hơn so với tín hiệu chuẩn, như minh họa trên hình 1.5.



Hình 1.5. Tín hiệu số bị rung pha

Rung pha xuất hiện là do cự ly đường truyền khác nhau nên trễ khác nhau, lệch tần số đồng hồ nguồn và đồng hồ thiết bị thu trong cùng một mạng, lệch tần số giữa đồng hồ của thiết bị SDH và tần số của luồng nhánh PDH.

1.3. SỐ HOÁ TÍN HIỆU ANALOG

Số hoá tín hiệu analog là chuyển đổi tín hiệu analog thành tín hiệu số. Muốn vậy có thể sử dụng một trong các phương pháp sau đây:

- Điều xung mã (PCM)
- Điều xung mã vi sai (DPCM)
- Điều chế Delta (DM)

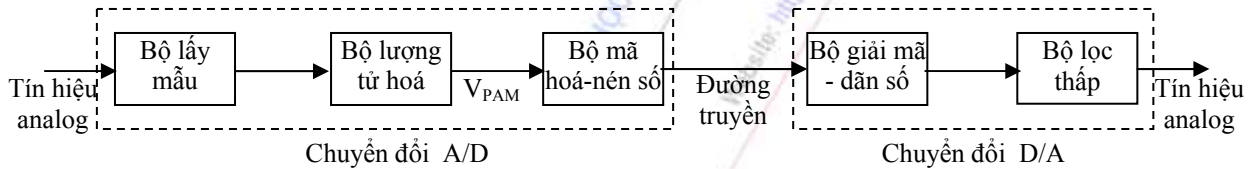
Sau đây trình bày các phương pháp số hoá tín hiệu analog.

1.3.1. Điều xung mã PCM

PCM được đặc trưng bởi ba quá trình. Đó là lấy mẫu, lượng tử hoá và mã hoá. Ba quá trình này gọi là chuyển đổi A/D.

Muốn khôi phục lại tín hiệu analog từ tín hiệu số phải trải qua hai quá trình: giải mã và lọc. Hai quá trình này gọi là chuyển đổi D/A.

Sơ đồ khối của các quá trình chuyển đổi A/D và D/A như hình 1.6.



Hình 1.6- Sơ đồ khối quá trình chuyển đổi A/D và D/A trong hệ thống PCM

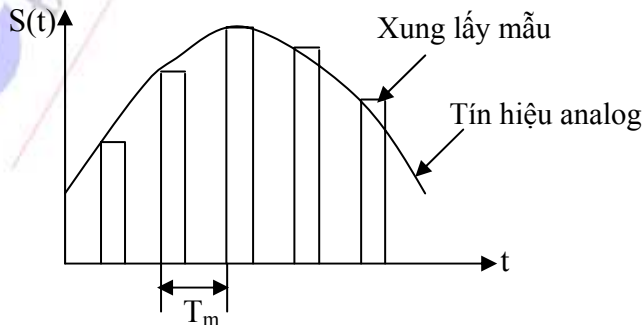
1.3.1.1. Chuyển đổi A/D

(1) Lấy mẫu

Hình 1.7 thể hiện lấy mẫu tín hiệu analog. Đây là quá trình chuyển đổi tín hiệu analog thành dãy xung điều biên (V_{PAM}). Chu kỳ của dãy xung lấy mẫu (T_m) được xác định theo định lý lấy mẫu của Nyquist:

$$T_m \leq \frac{1}{2f_{\max}} \quad (1.1)$$

trong đó f_{\max} là tần số lớn nhất của tín hiệu analog.



Hình 1.7- Lấy mẫu tín hiệu analog

Tín hiệu thoại có băng tần hữu hiệu từ 0,3 đến 3,4 kHz. Từ biểu thức (1.1), có thể lấy giá trị $f_{\max} = 4000 \text{ Hz}$. Do đó chu kỳ lấy mẫu tín hiệu thoại là:

$$T_m = \frac{1}{2 \times 4000 \text{ Hz}} = 125 \mu\text{s} \quad (1.2)$$

Hoặc tần số lấy mẫu tín hiệu thoại:

$$f_m = 2f_{\max} = 8 \text{ kHz} \quad (1.3)$$

(2) Lượng tử hoá

Lượng tử hoá là làm tròn biên độ xung lấy mẫu tới mức lượng tử gần nhất. Có nghĩa là gán cho mỗi xung lấy mẫu một số nguyên phù hợp. Mục đích của lượng tử hoá để mã hoá giá trị mỗi xung lấy mẫu thành một từ mã có số lượng bit ít nhất.

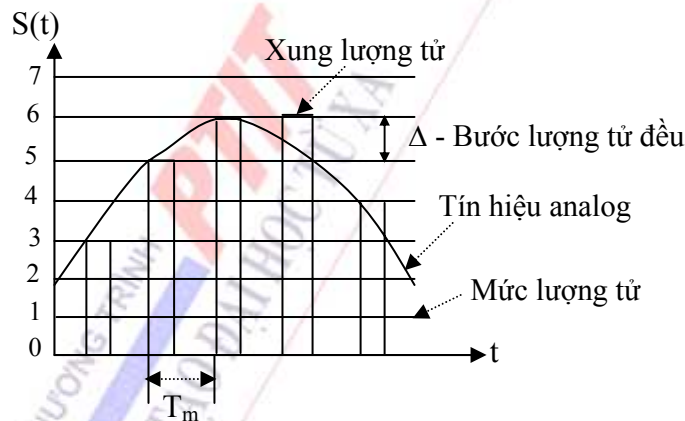
Có hai phương pháp lượng tử hoá: đều và không đều.

• Lượng tử hoá đều

Hình 1.8 minh họa lượng tử hoá đều. Lượng tử hoá đều là chia biên độ các xung lấy mẫu thành các khoảng đều nhau, mỗi khoảng là một bước lượng tử đều, ký hiệu là Δ . Các đường song song với trục thời gian là các mức lượng tử. Sau đó làm tròn biên độ xung lấy mẫu tới mức lượng tử gần nhất sẽ nhận được xung lượng tử.

Nếu biên độ của tín hiệu analog biến thiên trong khoảng từ $-a$ đến a thì số lượng mức lượng tử Q và Δ có mối quan hệ sau đây:

$$\frac{2a}{Q} = \Delta \quad (1.4)$$



Hình 1.8- Lượng tử hoá đều

Làm tròn biên độ xung lấy mẫu gây ra méo lượng tử. Biên độ xung méo lượng tử nằm trong giới hạn từ $-\Delta/2$ đến $+\Delta/2$. Công suất méo lượng tử P_{MLT} được xác định theo biểu thức sau đây:

$$P_{MLT} = \int_{-\Delta/2}^{+\Delta/2} a^2 W_{LT}(a) da \quad (1.5)$$

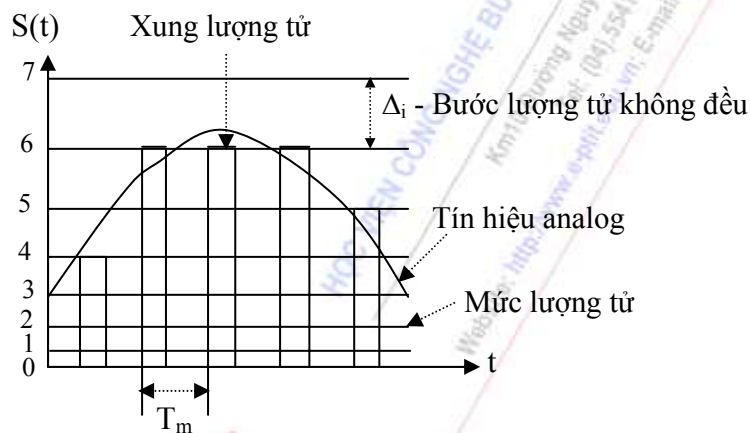
trong đó: a là biên độ của tín hiệu analog, $W_{LT}(a)$ là xác suất phân bố giá trị tức thời của biên độ xung lấy mẫu trong một bước lượng tử. $W_{LT}(a) = 1/\Delta$. Thay biểu thức (1.4) vào kết quả lấy tích phân nhận được:

$$P_{MLT} = \frac{\Delta^2}{12} \quad (1.6)$$

Từ biểu thức (1.6) thấy rằng công suất méo lượng tử chỉ phụ thuộc vào Δ , không phụ thuộc vào biên độ tín hiệu. Như vậy tỷ số công suất tín hiệu có biên độ lớn trên công suất nhiễu lượng tử sẽ lớn hơn tỷ số công suất tín hiệu có biên độ yếu trên công suất méo lượng tử. Theo phân tích phổ thì tín hiệu thoại chủ yếu do các thành phần tín hiệu có cường độ yếu tạo thành. Vì thế nếu sử dụng lượng tử hoá đều sẽ làm giảm chất lượng tín hiệu thoại tại đầu thu. Muốn khắc phục nhược điểm này, trong thiết bị ghép kênh PCM chỉ sử dụng lượng tử hoá không đều.

- Lượng tử hoá không đều

Trái với lượng tử hoá đều, lượng tử hoá không đều chia biên độ xung lấy mẫu thành các khoảng không đều theo nguyên tắc khi biên độ xung lấy mẫu càng lớn thì độ dài bước lượng tử càng lớn, như trên hình 1.9. Lượng tử hoá không đều được thực hiện bằng cách sử dụng bộ nén.



Hình 1.9- Lượng tử hoá không đều

(3) Mã hoá - nén số

- Đặc tính biên độ bộ mã hoá - nén số

Chức năng của mã hoá là chuyển đổi biên độ xung lượng tử thành một từ mã gồm một số bit nhất định. Theo kết quả nghiên cứu và tính toán của nhiều tác giả thì trong trường hợp lượng tử hoá đều, biên độ cực đại của xung lấy mẫu tín hiệu thoại bằng 4096Δ . Do đó mỗi từ mã phải chứa 12 bit, dẫn tới hậu quả là tốc độ bit mỗi kênh thoại lớn gấp 1,5 lần tốc độ bit tiêu chuẩn 64 kbit/s. Muốn nhận được tốc độ bit tiêu chuẩn, thường sử dụng bộ nén có đặc tính biên độ dạng logarit, còn được gọi là bộ nén analog. Biểu thức toán học của bộ nén analog theo tiêu chuẩn châu Âu có dạng:

$$y = \begin{cases} \frac{Ax}{1 + \ln A} & \text{khi } 0 \leq x \leq \frac{1}{A} \\ \frac{1 + \ln Ax}{1 + \ln A} & \text{khi } \frac{1}{A} < x \leq 1 \end{cases} \quad (1.7)$$

trong đó: $A = 87,6$ đặc trưng cho mức độ nén, $x = V_{\text{vào}} / V_{\text{vào max}}$ và $y = V_{\text{ra}} / V_{\text{ra max}}$.

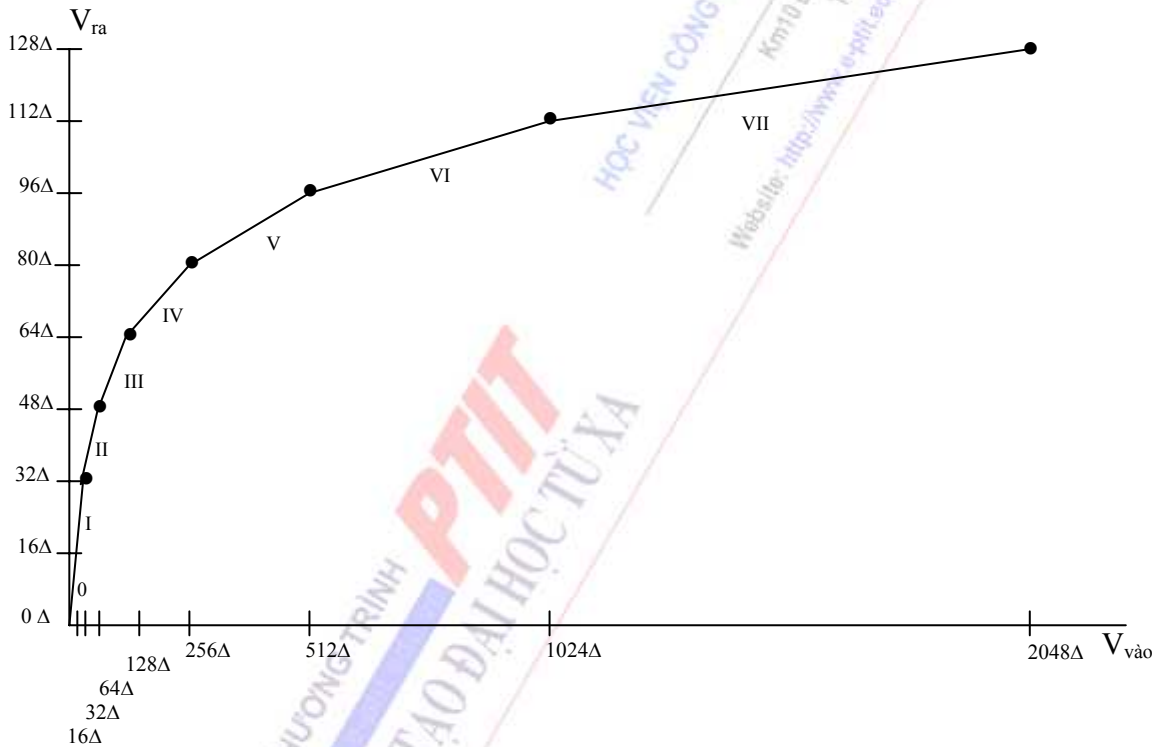
Tuy nhiên, do bộ nén analog tại phía mã hoá và bộ giải analog tại phía giải mã chứa các diode bán dẫn nên gây ra méo phi tuyến. Trong PCM sử dụng bộ mã hoá - nén số và bộ giải mã - dẫn số để loại trừ méo phi tuyến. Tóm lại, sử dụng mã hoá- nén số vừa đạt được mục tiêu lượng tử hoá không đều, vừa đạt được mục tiêu mỗi từ mã chỉ có 8 bit.

Dựa vào đặc tính biên độ bộ nén analog luật A để xây dựng đặc tính biên độ bộ mã hoá - nén số bằng cách gần đúng hoá đường cong logarit thành 13 đoạn thẳng. Vì vậy đặc tính biên độ của bộ mã hoá - nén số có tên là bộ mã hoá - nén số $A = 87,6/13$. Hình 1.10 là nhánh dương (tại góc 1/4 thứ nhất của hệ toạ độ) đặc tính biên độ của bộ mã hoá nén số $A = 87,6/13$. Nhánh âm (tại góc 1/4 thứ III) đặc tính biên độ đối xứng với nhánh dương qua gốc toạ độ.

Bốn đoạn gần gốc toạ độ có góc nghiêng như nhau nên gộp thành một đoạn, do đó toàn bộ đặc tính biên độ có 13 đoạn thẳng. Trên trục hoành đặt các giá trị của điện áp vào theo tỷ lệ logarit. Giá trị điện áp vào đầu các đoạn đều ghi rõ trên hình vẽ. Trên trục tung đặt các giá trị của điện áp ra và được chia thành 8 đoạn bằng nhau, mỗi đoạn có 16Δ . Trục hoành cũng được chia làm 8 đoạn, mỗi đoạn gồm 16 bước lượng tử mới và bằng nhau (Δ_i , i là số thứ tự đoạn). Biên độ mỗi bước lượng tử Δ_i được xác định dựa vào quy luật là biên độ bước lượng tử của đoạn sau lớn gấp đôi biên độ bước lượng tử của đoạn trước liền kề. Thật vậy:

$$\Delta_7 = (2048\Delta - 1024\Delta) / 16 = 64\Delta, \quad \Delta_6 = (1024\Delta - 512\Delta) / 16 = 32\Delta, \text{ suy ra}$$

$$\Delta_5 = 16\Delta, \Delta_4 = 8\Delta, \Delta_3 = 4\Delta, \Delta_2 = 2\Delta, \quad \Delta_1 = \Delta_0 = \Delta$$



Hình 1.10- Nhánh dương đặc tính biên độ bộ mã hoá- nén số $A = 87,6/13$

• Hoạt động của bộ mã hoá nén số

Bộ mã hoá nén số hoạt động theo nguyên tắc so sánh giá trị biên độ xung lượng tử chưa bị nén với các nguồn điện áp mẫu để xác định giá trị các bit. Trong bộ mã hoá - nén số có 11 loại nguồn điện áp mẫu như bảng 1.1.

Ký hiệu biên độ điện áp xung cần mã hoá là V_{PAM} .

- Chọn bit dấu b_1 :

$$V_{PAM} \geq 0\Delta \text{ thì } b_1 = 1; \quad V_{PAM} < 0\Delta \text{ thì } b_1 = 0$$

- Chọn đoạn: xác định biên độ xung thuộc đoạn nào.

. Xác định b_2 :

$$V_{PAM} \geq 128\Delta \text{ thì } b_2 = 1; V_{PAM} < 128\Delta \text{ thì } b_2 = 0$$

. Xác định b_3 : có hai trường hợp:

Trường hợp thứ nhất, $b_2 = 1$:

$$V_{PAM} \geq 512\Delta \text{ thì } b_3 = 1; V_{PAM} < 512\Delta \text{ thì } b_3 = 0$$

Trường hợp thứ hai, $b_2 = 0$:

$$V_{PAM} \geq 32\Delta \text{ thì } b_3 = 1; V_{PAM} < 32\Delta \text{ thì } b_3 = 0$$

. Xác định b_4 : có 4 trường hợp:

Trường hợp thứ nhất, $b_2b_3 = 00$:

$$V_{PAM} \geq 16\Delta \text{ thì } b_4 = 1; V_{PAM} < 16\Delta \text{ thì } b_4 = 0$$

Trường hợp thứ hai, $b_2b_3 = 01$:

$$V_{PAM} \geq 64\Delta \text{ thì } b_4 = 1; V_{PAM} < 64\Delta \text{ thì } b_4 = 0$$

Trường hợp thứ ba, $b_2b_3 = 10$:

$$V_{PAM} \geq 256\Delta \text{ thì } b_4 = 1; V_{PAM} < 256\Delta \text{ thì } b_4 = 0$$

Trường hợp thứ tư, $b_2b_3 = 11$:

$$V_{PAM} \geq 1024\Delta \text{ thì } b_4 = 1; V_{PAM} < 1024\Delta \text{ thì } b_4 = 0$$

Bảng 1.1- Các nguồn điện áp mẫu

T.T. đoạn	Mã đoạn $b_2 b_3 b_4$	Điện áp mẫu chọn bước trong đoạn				Điện áp mẫu đầu đoạn
		b_8	b_7	b_6	b_5	
0	000	Δ	2Δ	4Δ	8Δ	0Δ
I	001	Δ	2Δ	4Δ	8Δ	16Δ
II	010	2Δ	4Δ	8Δ	16Δ	32Δ
III	011	4Δ	8Δ	16Δ	32Δ	64Δ
IV	100	8Δ	16Δ	32Δ	64Δ	128Δ
V	101	16Δ	32Δ	64Δ	128Δ	256Δ
VI	110	32Δ	64Δ	128Δ	256Δ	512Δ
VII	111	64Δ	128Δ	256Δ	512Δ	1024Δ

- Chọn bước trong đoạn: sau khi biết biên độ xung thuộc đoạn nào, tiếp tục xác định biên độ xung thuộc bước nào trong đoạn ấy, tức là xác định giá trị các bit $b_5 b_6 b_7 b_8$. Nguyên tắc chung là đem V_{PAM} so sánh với tổng các nguồn điện áp mẫu; gồm điện áp mẫu đầu đoạn, điện áp mẫu của bit ấy và điện áp mẫu của các bit đã xác định trước đó nếu giá trị của chúng bằng 1 (trường hợp các bit đã xác định trước đó nếu có giá trị bằng 0 thì nguồn chuẩn tương ứng với chúng sẽ bằng 0).

. Xác định b_5 :

$$V_{PAM} \geq \sum V_{m1} \text{ thì } b_5 = 1; V_{PAM} < \sum V_{m1} \text{ thì } b_5 = 0, \text{ trong đó } \sum V_{m1} = V_{mdd} + V_{m(b5)}$$

. Xác định b_6 :

$$V_{PAM} \geq \Sigma V_{m2} \text{ thì } b_6 = 1; V_{PAM} < \Sigma V_{m2} \text{ thì } b_6 = 0,$$

$$\text{trong đó } \Sigma V_{m2} = V_{mdd} + V_{m(b6)} + V_{m(b5=1)}$$

. Xác định b_7 :

$$V_{PAM} \geq \Sigma V_{m3} \text{ thì } b_7 = 1; V_{PAM} < \Sigma V_{m3} \text{ thì } b_7 = 0, \text{ trong đó}$$

$$\Sigma V_{m3} = V_{mdd} + V_{m(b7)} + V_{m(b5=1)} + V_{m(b6=1)}$$

. Xác định b_8 :

$$V_{PAM} \geq \Sigma V_{m4} \text{ thì } b_8 = 1; V_{PAM} < \Sigma V_{m4} \text{ thì } b_8 = 0, \text{ trong đó}$$

$$\Sigma V_{m4} = V_{mdd} + V_{m(b8)} + V_{m(b5=1)} + V_{m(b6=1)} + V_{m(b7=1)}$$

Sau khi xác định giá trị các bit $b_5 b_6 b_7 b_8$, dựa vào bảng 1.2 sẽ biết được biên độ xung thuộc bước nào trong đoạn. Có nghĩa là đầu ra bộ mã hoá xuất hiện 4 bit mã bước tương ứng.

Bảng 1.2- Mã bước

TT bước	$b_5 b_6 b_7 b_8$	TT bước	$b_5 b_6 b_7 b_8$
0	0000	8	1000
1	0001	9	1001
2	0010	10	1010
3	0011	11	1011
4	0100	12	1100
5	0101	13	1101
6	0110	14	1110
7	0111	15	1111

1.3.1.2. Chuyển đổi D/A

Các quá trình chuyển đổi D/A như hình 1.6. Bộ giải mã - dẫn số có chức năng chuyển đổi mỗi từ mã 8 bit thành một xung lượng tử đã bị nén và sau đó dẫn biên độ xung tới giá trị như khi chưa bị nén. Dãy xung đầu ra bộ giải mã - dẫn số qua bộ lọc thông thấp có tần số cắt bằng 3,4 kHz để khôi phục lại tín hiệu thoại analog.

Thí dụ: đầu vào bộ giải mã - dẫn số có từ mã 10110101, xác định biên độ xung đầu ra. $b_1 = 1$, giải mã thành xung dương. 011 ứng với đoạn III, vì vậy đầu ra của bộ giải mã - dẫn số có nguồn điện áp mẫu đầu đoạn III là 64Δ . Bit thứ sáu bằng 1 và ứng với b_6 nên có thêm nguồn điện áp mẫu 16Δ . Bit thứ tám bằng 1 và là b_8 nên đầu ra có thêm nguồn điện áp mẫu 4Δ . Như vậy đầu ra bộ giải mã- dẫn số có tổng ba nguồn điện áp mẫu bằng 84Δ .

1.3.2. Điều xung mã vi sai DPCM

Trong phương pháp mã hoá - nén số của PCM mỗi từ mã có 8 bit, và do đó tốc độ bit mỗi kênh thoại là 64 kbit/s. Một phương pháp số hoá tín hiệu thoại analog khác mà mỗi từ mã chỉ cần bốn bit, nên giảm tốc độ bit của mỗi kênh thoại xuống còn một nửa. Đó là phương pháp DPCM.

1.3.2.1. Chuyển đổi A/D

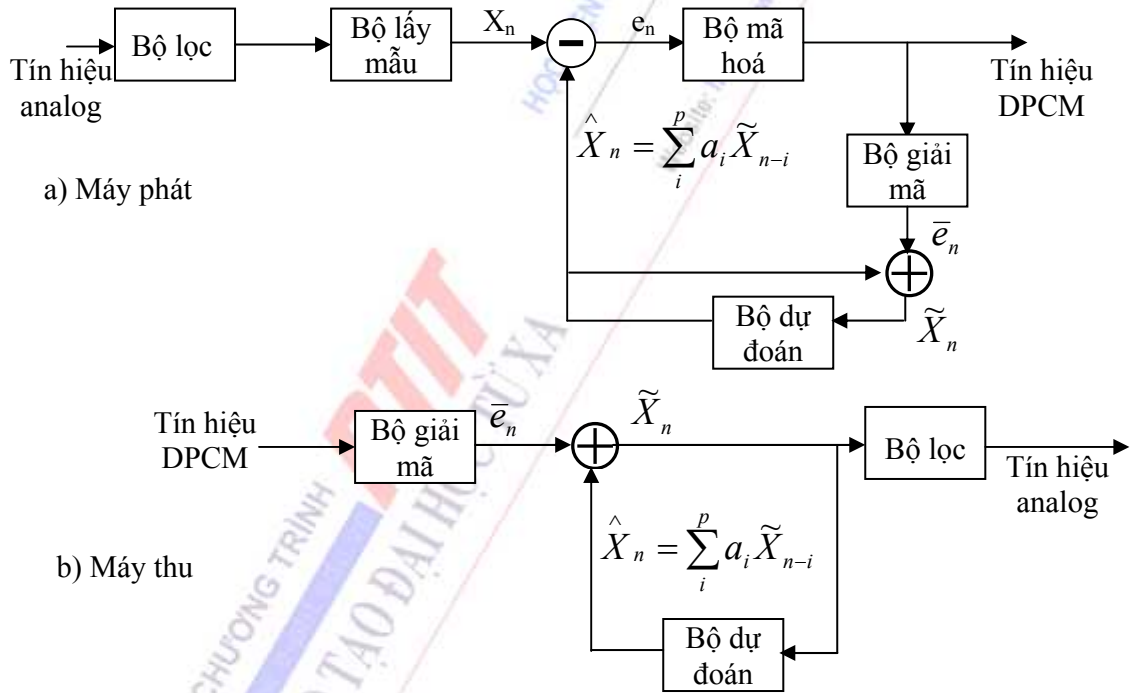
Sơ đồ khối máy phát DPCM được thể hiện tại hình 1.11a.

Bộ lọc để hạn chế dải tần tín hiệu thoại analog đến 3,4 kHz. Bộ lấy mẫu có tần số lấy mẫu $f_m = 8$ kHz. X_n là giá trị biên độ xung lấy mẫu hiện tại. \tilde{X}_{n-i} là giá trị biên độ các xung lấy mẫu trước đó. \hat{X}_n là giá trị dự đoán của biên độ xung lấy mẫu tiếp theo:

$$\hat{X}_n = \sum_{i=1}^p a_i \tilde{X}_{n-i} \quad (1.8)$$

trong đó:

a_i là hệ số dự đoán, được chọn để tối thiểu hoá sai số giữa giá trị biên độ xung lấy mẫu hiện tại X_n và giá trị dự đoán của biên độ xung lấy mẫu tiếp theo. \hat{X}_n là giá trị dự đoán biên độ xung lấy mẫu tiếp theo, được ngoại suy từ p giá trị xung lấy mẫu trước đó. e_n là hiệu số, hay còn gọi là vi sai giữa X_n và \hat{X}_n . e_n được mã hoá thành 4 bit. Bit thứ nhất là bit dấu của e_n . Khi e_n dương thì bit dấu bằng 1, khi e_n âm thì bit dấu bằng 0. Ba bit còn lại được sử dụng để mã hoá giá trị tuyệt đối của e_n . Trước khi mã hoá, e_n được lượng tử hoá đều, có nghĩa là gán cho mỗi e_n một số nguyên tương ứng giống như trong PCM. Chỉ khác PCM ở chỗ e_n bé hơn biên độ xung lấy mẫu nên chỉ cần 4 bit để mã hoá nó.



Hình 1.11- Sơ đồ khối máy phát (a) và máy thu (b) DPCM

1.3.2.2. Chuyển đổi D/A

Sơ đồ khối máy thu DPCM như hình 1.11b. Tín hiệu DPCM tại đầu vào là các từ mã 4 bit. Sau khi giải mã, mỗi từ mã được chuyển thành một xung có biên độ bằng e_n và được đưa tới bộ cộng. Một đầu vào khác của bộ cộng được nối tới đầu ra bộ dự đoán. Đầu ra bộ cộng xuất hiện một xung lấy mẫu có biên độ bằng xung lấy mẫu phía phát. Dãy xung lấy mẫu qua bộ lọc để khôi phục lại tín hiệu analog.

1.3.3. Điều chế Delta (DM)

Khác với PCM và DPCM, trong điều chế Delta mỗi từ mã chỉ có một bit (-1 hoặc +1). Mặt khác để tránh méo tín hiệu analog tại phía thu, tần số lấy mẫu tại phía phát lớn hơn nhiều lần

so với tần số lấy mẫu của PCM và DPCM ($f_m = 8 \text{ kHz}$). Tần số lấy mẫu của DM được xác định theo biểu thức sau đây:

$$f_{m(\text{DM})} \geq 2\pi f_{(\text{TH})} a_{\text{max}} / \Delta \quad (1.9)$$

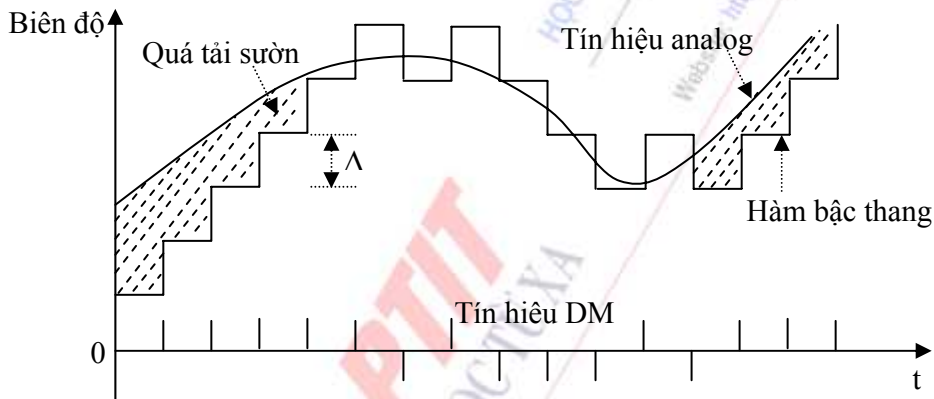
trong đó:

$f_{m(\text{DM})}$ là tần số lấy mẫu của DM (kHz), $f_{(\text{TH})}$ là tần số cực đại của tín hiệu analog (kHz), a_{max} là biên độ cực đại của tín hiệu analog (V), Δ là bước lượng tử đều (V).

1.3.3.1. Chuyển đổi A/D

Quá trình thực hiện DM được thể hiện tại hình 1.12.

Tín hiệu analog được lấy mẫu theo chu kỳ $T_{m(\text{DM})}$ ($T_{m(\text{DM})} = 1/f_{m(\text{DM})}$). Thiết lập hàm bậc thang mỗi bậc bằng Δ theo nguyên tắc khi sườn tín hiệu tăng thì bậc thang đi lên, khi sườn tín hiệu nằm ngang thì bậc thang cũng nằm ngang, khi sườn tín hiệu giảm thì bậc thang đi xuống. Tại thời điểm lấy mẫu nếu giá trị tín hiệu $X(t)$ lớn hơn giá trị hàm bậc thang trước đó một chu kỳ thì nhận được $\Delta V > 0$ và mã hoá ΔV thành +1. Ngược lại, tại thời điểm lấy mẫu mà giá trị của $X(t)$ bé hơn giá trị hàm bậc thang thì $\Delta V < 0$ và được mã hoá thành -1. Trong quãng thời gian sườn tín hiệu tăng hoặc giảm nhanh thì hàm bậc thang tăng hoặc giảm không kịp và gây ra quá tải sườn (phần có các đường đứt nét tại hình 1.12).



Hình 1.12- Chuyển đổi A/D trong DM

1.3.3.2. Chuyển đổi D/A

Tại phía thu tái lập lại hàm bậc thang dựa vào kết quả giải mã. Nhận được một dãy các bit 1, bộ tích phân tại máy thu tạo ra dãy bậc thang đi lên, nhận được dãy các bit 1 và -1 đan xen nhau thì bộ tích phân tạo ra dãy bậc thang nằm ngang và nhận được dãy các bit -1 thì bộ tích phân tạo lập dãy bậc thang đi xuống. Tín hiệu dạng bậc thang qua bộ lọc tách ra giá trị trung bình của hàm bậc thang và đó là động tác khôi phục lại tín hiệu analog. Vì tín hiệu analog tại đầu ra bộ lọc là giá trị trung bình của hàm bậc thang nên trong quãng thời gian quá tải sườn thì dạng sóng tín hiệu analog thu được bị lệch so với dạng sóng analog tại phía phát. Do đó quá tải sườn gây ra méo tín hiệu. Để khắc phục méo tín hiệu do quá tải sườn cần sử dụng kỹ thuật điều chế Delta thích ứng (ADM₀).

1.4. CÁC PHƯƠNG PHÁP GHÉP KÊNH

1.4.1. Ghép kênh phân chia theo tần số FDM

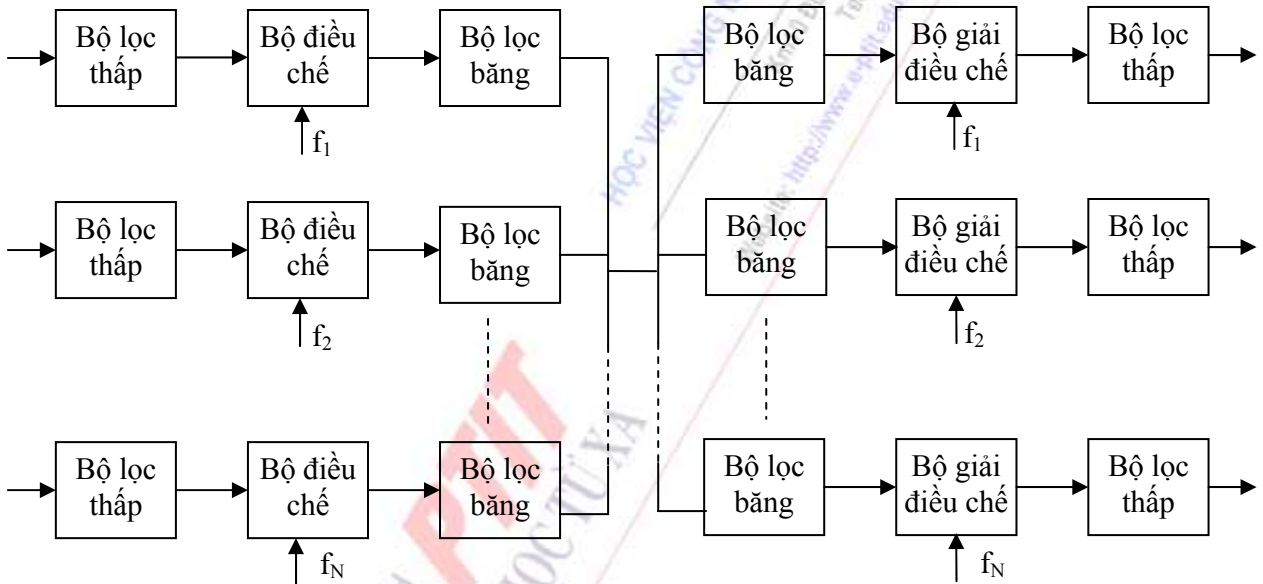
Khái niệm: ghép kênh theo tần số là tần số (hoặc băng tần) của các kênh khác nhau, nhưng được truyền đồng thời qua môi trường truyền dẫn. Muốn vậy phải sử dụng bộ điều chế, giải điều chế và bộ lọc băng.

1.4.1.1. Sơ đồ khối và nguyên lý hoạt động bộ FDM

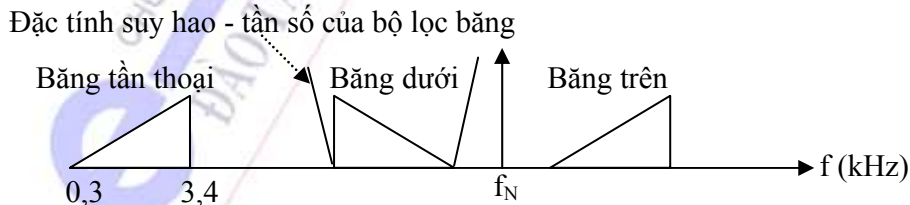
Sơ đồ khối hệ thống ghép kênh và tách kênh theo tần số như hình 1.13.

Sơ đồ có N nhánh, mỗi nhánh dành cho một kênh. Sơ đồ chỉ có một cấp điều chế, nhưng trong thực tế có nhiều cấp điều chế. Tùy thuộc môi trường truyền dẫn là vô tuyến, dây trần, cáp đối xứng hay cáp đồng trục mà sử dụng một số cấp điều chế cho thích hợp.

Phía phát: tín hiệu tiếng nói qua bộ lọc thấp để hạn chế băng tần từ 0,3 đến 3,4 kHz. Băng tần này được điều chế theo phương thức điều biên với sóng mang f_N để được hai băng bên. Trong ghép kênh theo tần số chỉ truyền một băng bên, loại bỏ băng bên thứ hai và sóng mang nhờ bộ lọc băng, như biểu diễn trên hình 1.14. Trong hình 1.14 thí dụ truyền băng dưới. Tại cấp điều chế kênh, khoảng cách giữa hai sóng mang kề nhau là 4 kHz.



Hình 1.13- Sơ đồ khối hệ thống ghép kênh theo tần số



Hình 1.14- Tín hiệu điều biên trong cấp điều chế kênh

Cấp điều chế kênh hình thành băng tần cơ sở 60 ÷ 108 kHz. Từ băng tần cơ sở tạo ra băng tần nhóm trung gian nhờ sóng mang nhóm trung gian. Từ băng tần nhóm trung gian tạo ra băng tần đường truyền nhờ một sóng mang thích hợp. N bộ lọc băng tại đầu ra nhánh phát nối song song với nhau.

Phía thu: các bộ lọc băng tại nhánh phát và nhánh thu của mỗi kênh có băng tần như nhau. Đầu vào nhánh thu có N bộ lọc băng nối song song và đóng vai trò tách kênh. Bộ điều chế tại nhánh phát sử dụng sóng mang nào thì bộ giải điều chế của kênh ấy cũng sử dụng sóng mang như vậy. Tín hiệu kênh được giải điều chế với sóng mang và đầu ra bộ giải điều chế ngoài băng âm tần còn có các thành phần tần số cao. Bộ lọc thấp loại bỏ các thành phần tần số cao, chỉ giữ lại băng âm tần.

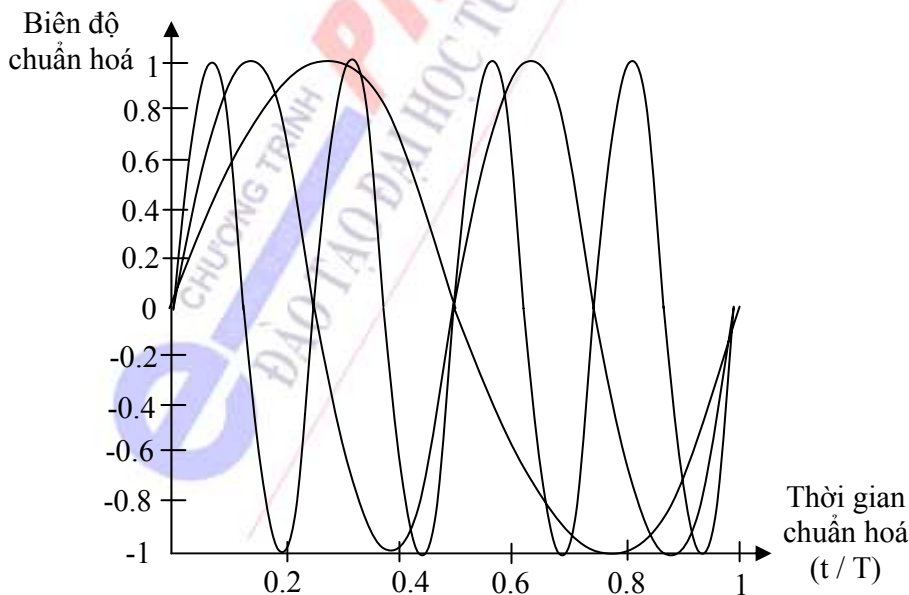
Ghép kênh theo tần số có ưu điểm là các bộ điều chế và giải điều chế có cấu tạo đơn giản (sử dụng các diode bán dẫn), băng tần mỗi kênh chỉ bằng 4 kHz nên có thể ghép được nhiều kênh. Chẳng hạn, máy ghép kênh cấp đồng trục có thể ghép tới 1920 kênh. Tuy nhiên do sử dụng điều biến nên khả năng chống nhiễu kém.

1.4.1.2. Ghép phân chia theo tần số trực giao OFDM

(1) Mở đầu

Ghép phân chia theo tần số trực giao là một công nghệ trong lĩnh vực truyền dẫn áp dụng cho môi trường không dây, thí dụ truyền thanh radio. Khi áp dụng vào môi trường có dây như đường dây thuê bao số không đối xứng (ADSL), thường sử dụng thuật ngữ đa âm rời rạc (DMT). Tuy thuật ngữ có khác nhau nhưng bản chất của hai kỹ thuật này đều phát sinh từ cùng một ý tưởng. Vì vậy trong phần này xét trường hợp sử dụng cho môi trường không dây.

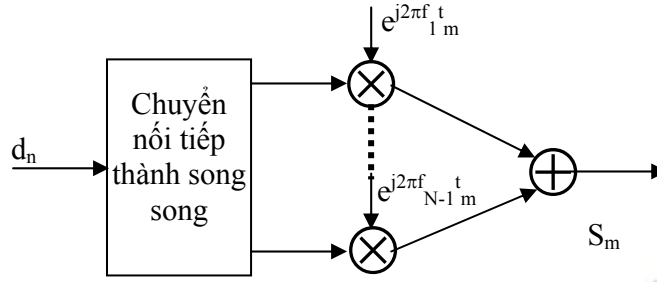
Như đã trình bày trong phần FDM, băng tần tổng của đường truyền được chia thành N kênh tần số không chồng lấn nhau. Tín hiệu mỗi kênh được điều chế với một sóng mang phụ riêng và N kênh được ghép phân chia theo tần số. Để tránh giao thoa giữa các kênh, một băng tần bảo vệ được hình thành giữa hai kênh kề nhau. Điều này gây lãng phí băng tần tổng. Để khắc phục nhược điểm này của FDM, cần sử dụng N sóng mang phụ chồng lấn, nhưng trực giao với nhau. Điều kiện trực giao của các sóng mang phụ là tần số của mỗi một sóng mang phụ này bằng số nguyên lần của chu trình (T) ký hiệu, như biểu thị trên hình 1.15. Đây là vấn đề quan trọng của kỹ thuật OFDM.



Hình 1.15. Ba sóng mang phụ trực giao trong một ký hiệu OFDM

(2) Mô hình hệ thống

Để điều chế các sóng mang trực giao cần sử dụng phương pháp biến đổi Fourier rời rạc ngược (IDFT). Hình 1.16 là sơ đồ bộ điều chế OFDM.



Hình 1.16. Bộ điều chế OFDM

Đầu vào bộ điều chế có dãy số liệu d_0, d_1, \dots, d_{N-1} trong đó d_n là ký hiệu phức (có thể nhận từ đầu ra bộ điều chế phức như QAM, PSK, v.v.). Giả thiết thực hiện biến đổi Fourier ngược trên dãy $2d_n$ sẽ nhận được N số phức S_m ($m = 0, 1, \dots, N-1$):

$$S_m = 2 \sum_{n=0}^{N-1} d_n \exp\left(j2\pi \frac{nm}{N}\right) = 2 \sum_{n=0}^{N-1} d_n \exp(j2\pi f_n t) [m = 0, 1, \dots, N-1] \quad (1.10)$$

trong đó

$$f_n = \frac{n}{NT_s} \quad \text{và } t = mT_s$$

trong đó T_s là chu kỳ của các ký hiệu gốc. Cho phần thực của dãy ký hiệu trong biểu thức (1.10) đi qua bộ lọc lấy thấp đối với từng ký hiệu riêng trong quãng thời gian T_s sẽ nhận được phiên bản băng gốc của tín hiệu ODFFM:

$$y(t) = 2 \operatorname{Re} \left\{ \sum_{n=0}^{N-1} d_n \exp\left(j2\pi \frac{n}{T} t\right) \right\} \quad \text{khi } 0 \leq t \leq T \quad (1.11)$$

trong đó, $T = NT_s$

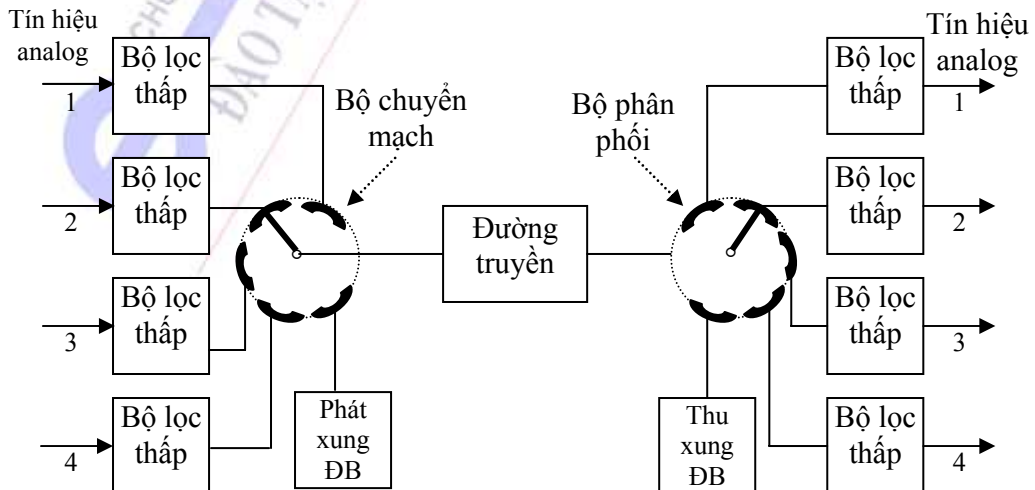
1.4.2. Ghép phân chia theo thời gian TDM

Khi có nhiều tín hiệu có tần số hoặc băng tần như nhau cùng truyền tại một thời điểm phải sử dụng ghép kênh theo thời gian. Có thể ghép kênh theo thời gian các tín hiệu analog hoặc các tín hiệu số. Dưới đây trình bày hai phương pháp ghép kênh này.

1.4.2.1. TDM tín hiệu tương tự

(1) Sơ đồ khối bộ ghép

Sơ đồ khối TDM 4 kênh như hình 1.17.



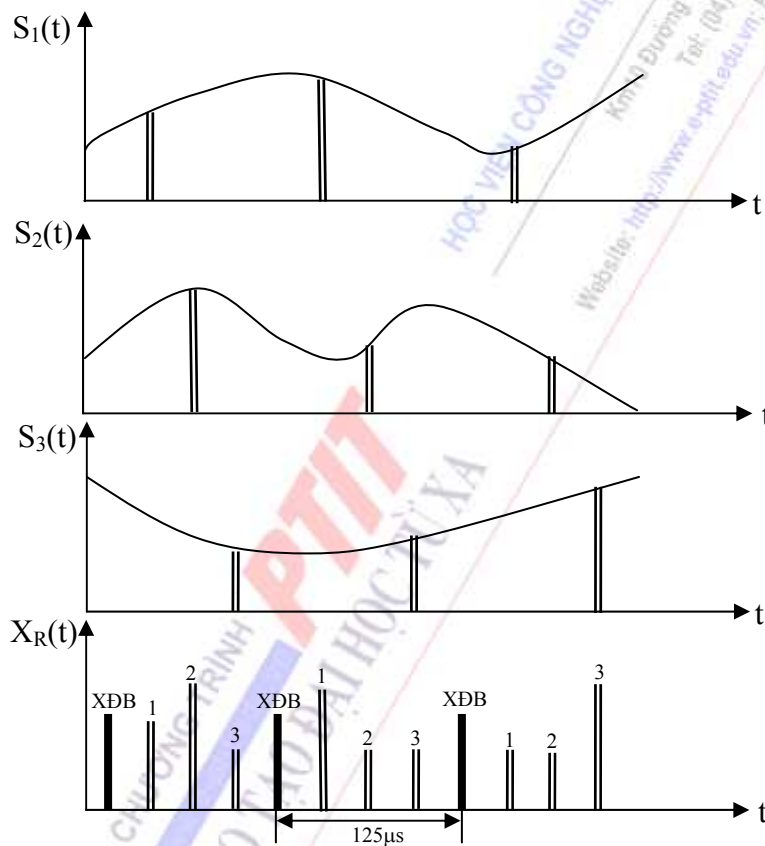
Hình 1.17. Sơ đồ khối ghép 4 kênh theo thời gian

(2) Nguyên lý hoạt động

Bộ lọc thấp hạn chế băng tần tín hiệu thoại analog tới 3,4 kHz. Bộ chuyển mạch đóng vai trò lấy mẫu tín hiệu các kênh, vì vậy chổi của bộ chuyển mạch quay một vòng hết 125 μ s, bằng một chu kỳ lấy mẫu. Chổi tiếp xúc với tiếp điểm tĩnh của kênh nào thì một xung của kênh ấy được truyền đi. Trước hết một xung đồng bộ được truyền đi và tiếp theo đó là xung của các kênh 1, 2, 3 và 4. Kết thúc một chu kỳ ghép lại có một xung đồng bộ và ghép tiếp xung thứ hai của các kênh. Quá trình này cứ tiếp diễn liên tục theo thời gian. Để phía thu hoạt động đồng bộ với phía phát, yêu cầu chổi của bộ phân phối quay cùng tốc độ và đồng pha với chổi của bộ chuyển mạch. Nghĩa là hai chổi phải tiếp xúc với tiếp điểm tĩnh tại vị trí tương ứng. Yêu cầu đồng bộ giữa máy phát và máy thu sẽ được đáp ứng nhờ xung đồng bộ.

Phía thu, sau khi tách dãy xung của các kênh cần khôi phục lại tín hiệu analog nhờ sử dụng bộ lọc thấp giống như bộ lọc này tại phía phát.

Hình ảnh ghép kênh theo thời gian tín hiệu 3 kênh được minh họa tại hình 1.18.



$X_R(t)$ là dãy xung ghép tại đầu ra bộ chuyển mạch.

Hình 1.18- Dạng sóng của TDM

1.3.2.2. TDM tín hiệu số

(1) Sơ đồ khối bộ ghép

Sơ đồ khối bộ ghép TDM tín hiệu số được thể hiện tại hình 1.19.

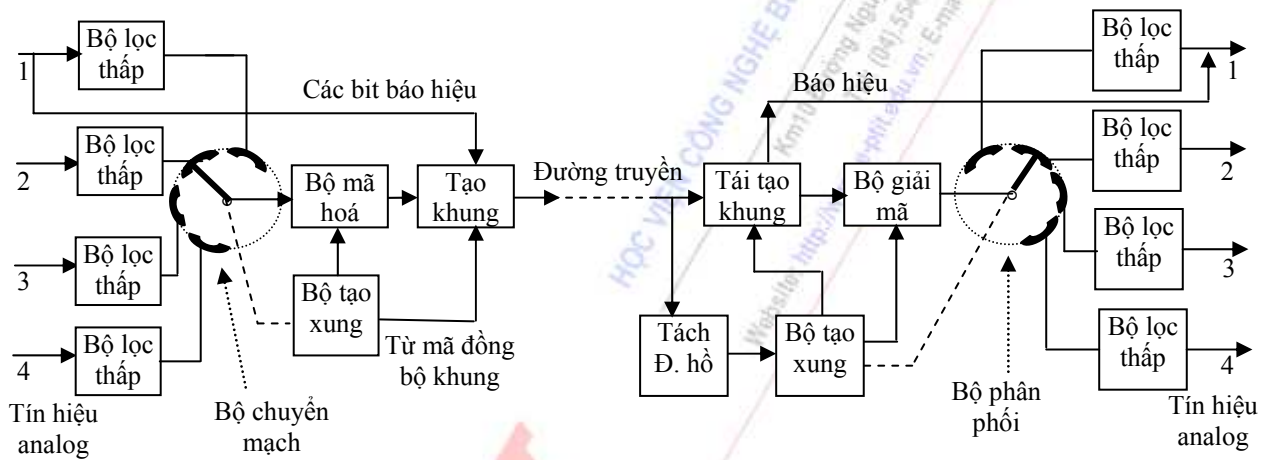
(2) Nguyên lý hoạt động

Quá trình hoạt động của bộ chuyển mạch và bộ phân phối đã được trình bày trong phần TDM tín hiệu tương tự (analog). Sau đây trình bày hoạt động TDM tín hiệu số.

Phía phát: sau khi lấy mẫu tín hiệu thoại analog của các kênh, xung lấy mẫu được đưa vào bộ mã hoá để tiến hành lượng tử hoá và mã hoá mỗi xung thành một từ mã nhị phân gồm 8 bit.

Các bit tin này được ghép xen byte để tạo thành một khung nhờ khối tạo khung. Trong khung còn có từ mã đồng bộ khung đặt tại đầu khung và các bit báo hiệu được ghép vào vị trí đã quy định trước. Bộ tạo xung ngoài chức năng tạo ra từ mã đồng bộ khung còn có chức năng điều khiển các khối trong nhánh phát hoạt động.

Phía thu: dây tín hiệu số đi vào máy thu. Dây xung đồng hồ được tách từ tín hiệu thu để đồng bộ bộ tạo xung thu. Bộ tạo xung phía phát và phía thu tuy đã thiết kế có tốc độ bit như nhau, nhưng do đặt xa nhau nên chịu sự tác động của thời tiết khác nhau, gây ra sai lệch tốc độ bit. Vì vậy dưới sự khống chế của dây xung đồng hồ, bộ tạo xung thu hoạt động ổn định. Khối tái tạo khung tách từ mã đồng bộ khung để làm gốc thời gian bắt đầu một khung, tách các bit báo hiệu để xử lý riêng, còn các byte tin được đưa vào bộ giải mã để chuyển mỗi từ mã 8 bit thành một xung. Do bộ phân phối hoạt động đồng bộ với bộ chuyển mạch nên xung của các kênh tại đầu ra bộ giải mã được chuyển vào bộ lọc thấp của kênh tương ứng. Đầu ra bộ lọc thấp là tín hiệu thoại analog. Bộ tạo xung phía thu điều khiển hoạt động của các khối trong nhánh thu.



Hình 1.19- Sơ đồ khối hệ thống TDM tín hiệu số

1.4.2.3. Ghép kênh thống kê

(1) Mở đầu

Trong ghép phân chia theo thời gian đồng bộ đã trình bày trên đây việc phân bổ khe thời gian cho các nguồn là tĩnh, nghĩa là cố định; do đó khi các nguồn không có số liệu thì các khe bị bỏ trống, gây lãng phí. Để khắc phục nhược điểm này cần sử dụng phương pháp ghép thời gian thống kê.

(2) Đặc điểm của TDM thống kê

- Phân bổ các khe thời gian linh động theo yêu cầu;
- Bộ ghép kênh thống kê rà soát các đường dây đầu vào và tập trung số liệu cho đến khi ghép đầy khung mới gửi đi;
- Không gửi các khe thời gian rỗng nếu còn có số liệu từ nguồn bất kỳ;
- Tốc độ số liệu trên đường truyền thấp hơn tốc độ số liệu của các đường dây đầu vào;
- Nếu có n cổng I/O đưa vào bộ ghép thống kê, chỉ có k khe thời gian khả dụng, trong đó $k < n$.

(3) Sơ đồ khối bộ ghép

Sơ đồ khối bộ ghép kênh thống kê như hình 1.20.