

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

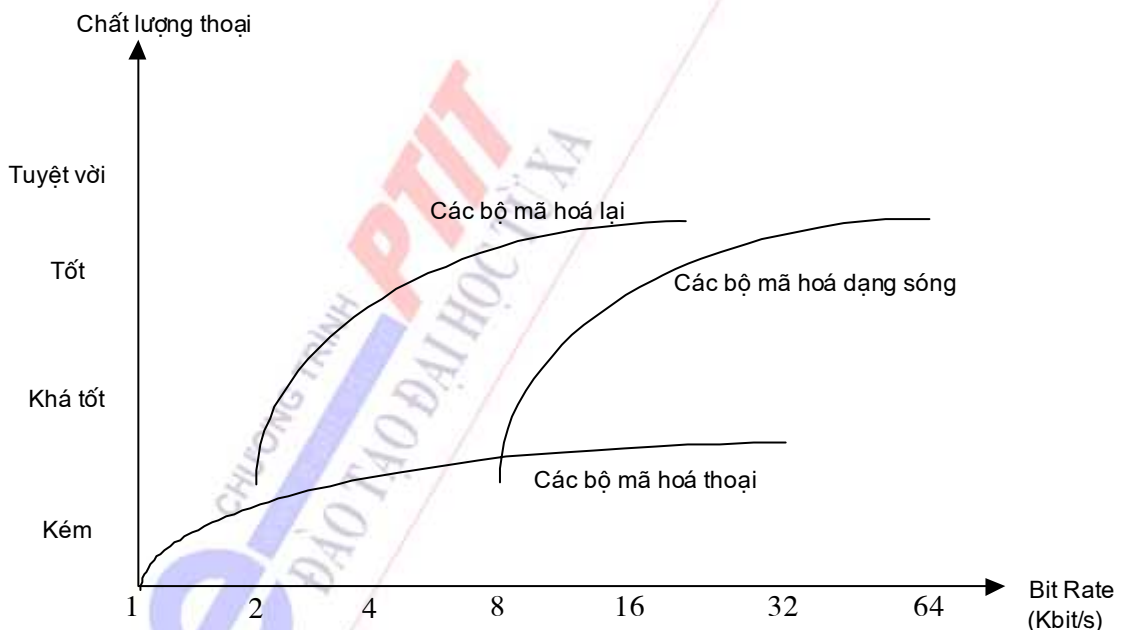
1.1. Kỹ thuật điều chế và ghép kênh

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

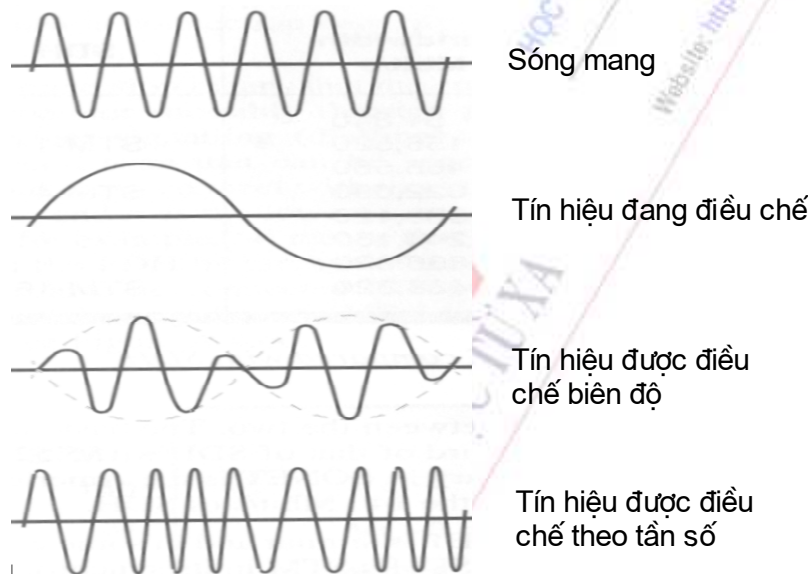
Mã hoá dạng sóng có nghĩa là các thay đổi biên độ của tín hiệu tương tự (đường thoại) được mô tả bằng một số của giá trị được đo. Sau đó các giá trị này được mã hoá xung và gửi tới đầu thu. Dạng điều tương tự như tín hiệu được tái tạo trong thiết bị thu nhờ các giá trị nhận được. Phương pháp này cho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



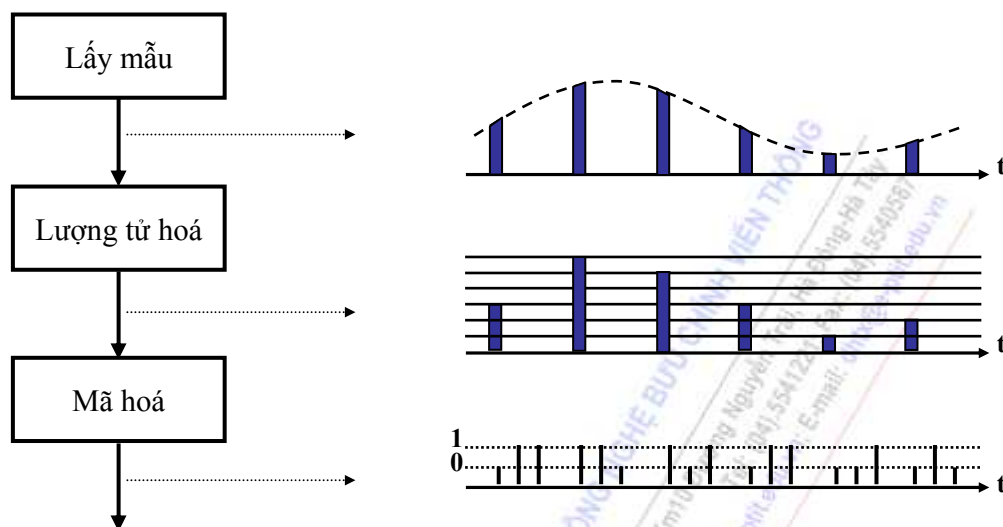
Hình 1.2: Điều chế theo biên độ và theo tần số

Điều biên được sử dụng để truyền tiếng nói tương tự (300-3400 Hz). Điều tần thường được sử dụng cho truyền thông quang 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

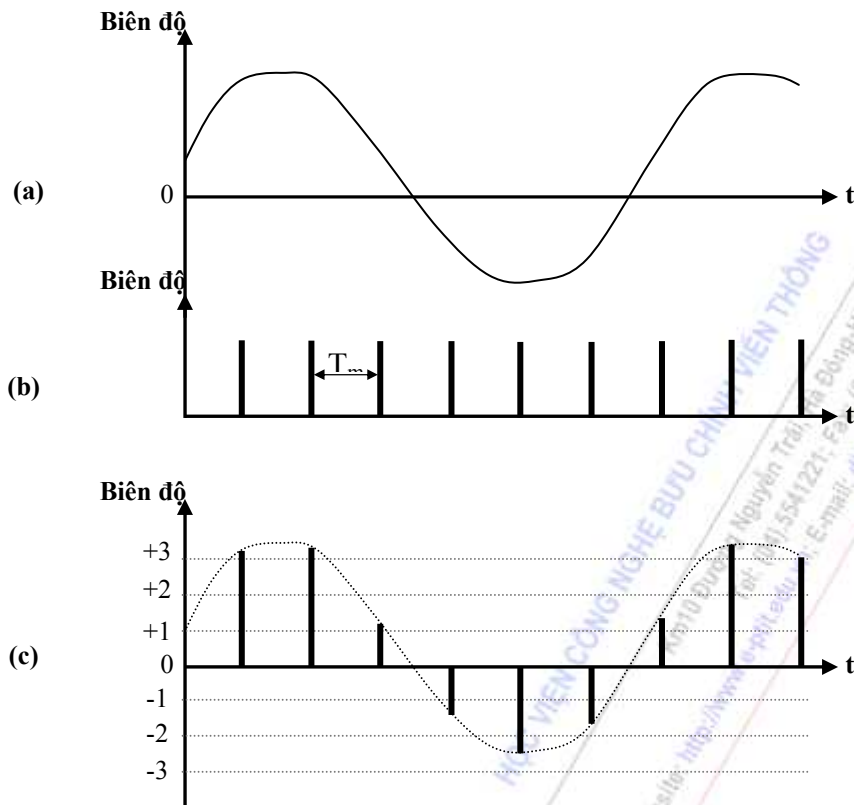
Biên độ của tín hiệu analog là liên tục theo thời gian. Lấy mẫu là lấy biên độ của tín hiệu analog ở từng khoảng thời gian nhất định. Quá trình này giống như điều chế biên độ, trong đó các dãy xung có chu kỳ được điều chế biên độ bởi tín hiệu analog. Do vậy các mẫu lấy được sẽ gián đoạn theo thời gian.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

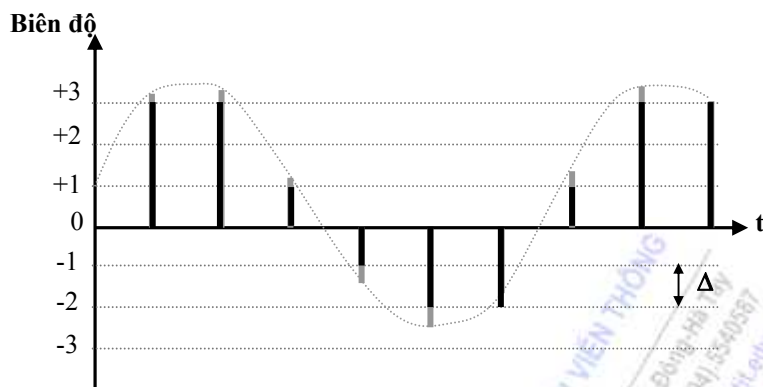
Lượng tử hoá

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 Δ . 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:

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

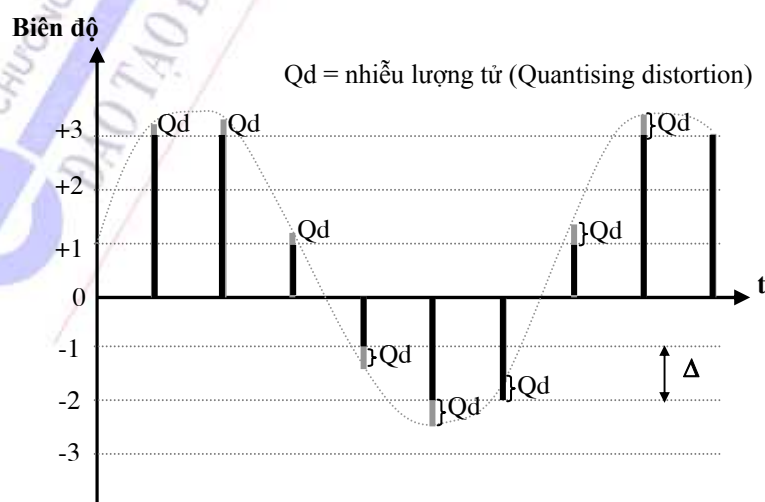
Công suất trung bình nhiễu lượng tử đều được xác định như sau:

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

Từ biểu thức này cho thấy công suất nhiễu lượng tử chỉ phụ thuộc vào bước lượng tử Δ 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.

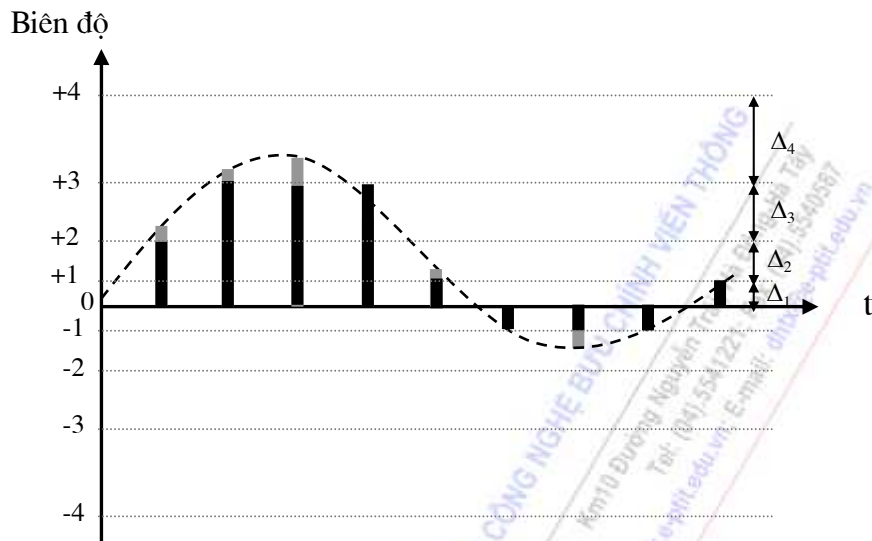
Muốn san bằng tỷ số này giữa tín hiệu mạnh và tín hiệu yếu phải sử dụng lượng tử hoá không đều.



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 μ .

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.

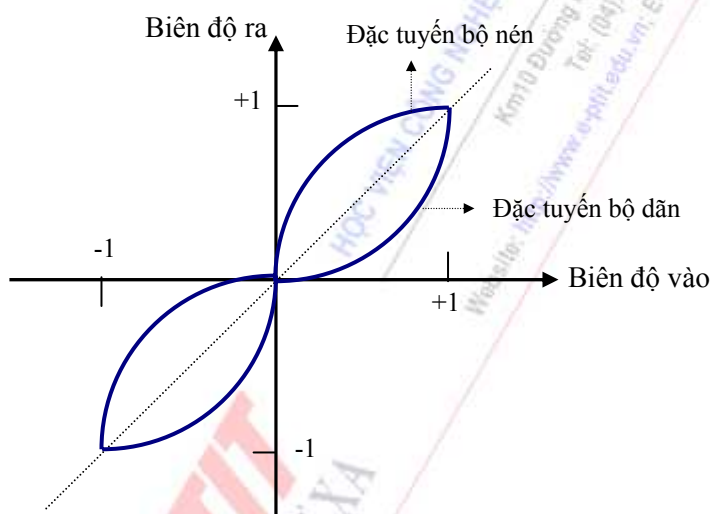
Theo khuyến nghị của ITU-T lấy $A = 87,6$.

Đặc tuyến của bộ nén luật μ 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 μ . 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

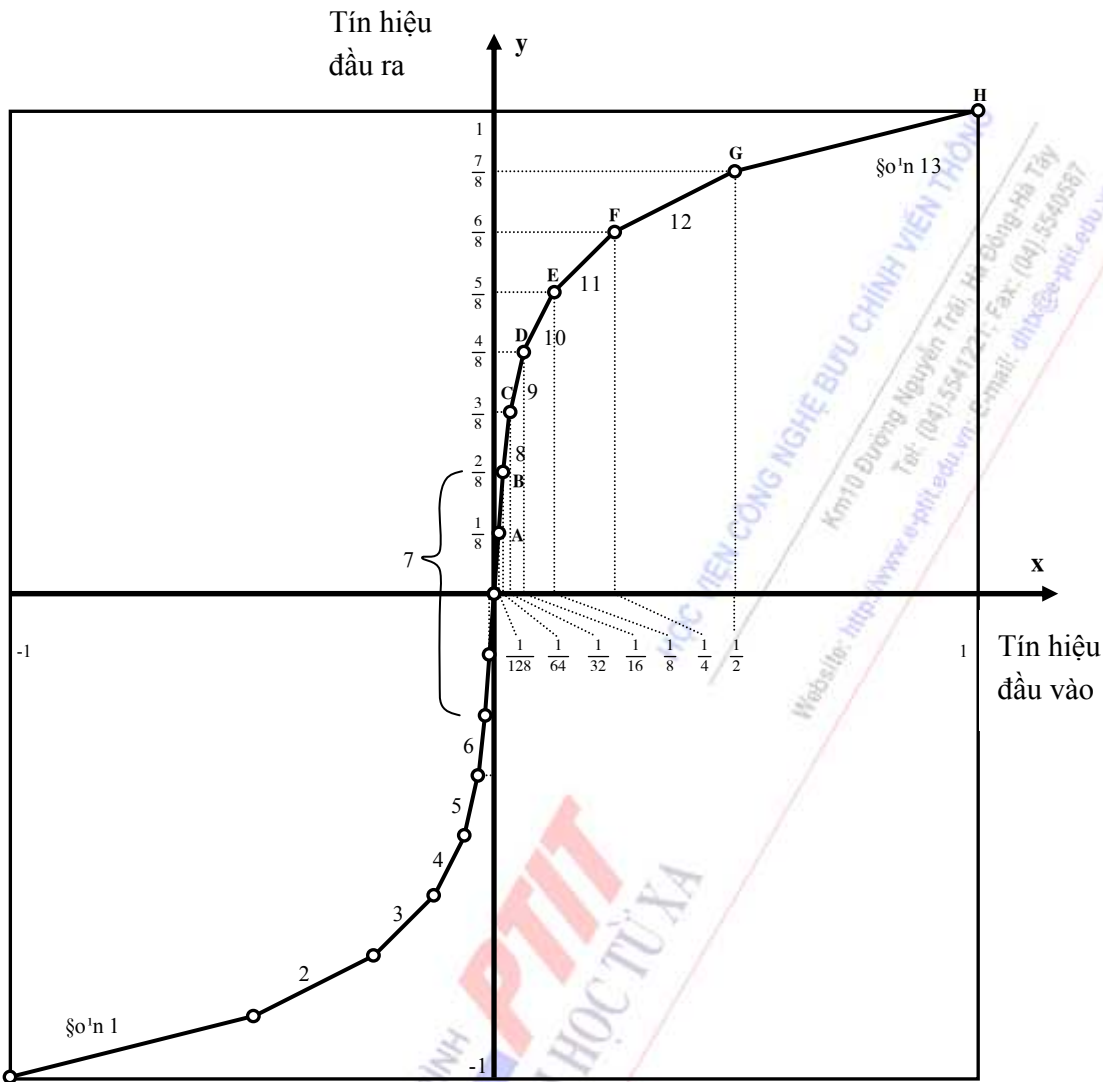
2048. Như vậy mỗi từ mã cần có 11 bit (không kể bit dấu). Vì $2^{11} = 2048$ là số mức lượng tử của biên độ dương hoặc âm của tín hiệu thoại. Sau khi nén, tín hiệu thoại chỉ còn 128 mức. Nếu kể cả bit dấu chỉ cần từ mã 8 bit. Đó là lý do tại sao phải thực hiện nén tín hiệu.

- 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 μ 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.