

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP THÁI NGUYÊN

NGUYỄN THỊ THUYỀN

**MÉO TÍN HIỆU TRONG TRUYỀN DẪN VÔ TUYẾN SỐ
DUNG LƯỢNG LỚN VÀ CÁC BIỆN PHÁP KHẮC PHỤC**

Chuyên ngành: Kỹ thuật điện tử

Mã số:

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Thái Nguyên – 2013.

MỤC LỤC

Nội dung	Trang
<i>Thuyết minh luận văn thạc sỹ kỹ thuật</i>	<i>i</i>
<i>Lời cam đoan</i>	<i>ii</i>
<i>Lời cảm ơn</i>	<i>iii</i>
<i>Danh mục các hình vẽ và bảng biểu</i>	<i>iv</i>
<i>Các thuật ngữ viết tắt</i>	<i>vii</i>
<i>Mục lục</i>	<i>ix</i>
Lời nói đầu	1
CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN HỆ THỐNG TRUYỀN DẪN VÔ TUYẾN SỐ DUNG LƯỢNG LỚN	4
1.1 GIỚI THIỆU CHUNG VỀ HỆ THỐNG THÔNG TIN VÔ TUYẾN	4
1.1.1 Hệ thống thông tin vô tuyến	4
1.1.2 Phân loại các hệ thống thông tin vô tuyến	5
1.2 SƠ ĐỒ KHỐI HỆ THỐNG VÔ TUYẾN SỐ DUNG LƯỢNG LỚN	8
1.2.1 Sơ đồ khối tiêu biểu hệ thống vô tuyến số dung lượng lớn	8
1.2.2 Các sơ đồ điều chế cơ bản	11
1.3 CÁC YẾU TỐ CƠ BẢN TÁC ĐỘNG TỚI CHẤT LƯỢNG HỆ THỐNG	17
1.3.1 ISI và điều kiện truyền không méo tín hiệu	17
1.3.2 Các yếu tố tác động tới chất lượng hệ thống	20
1.3.3 Mô hình kênh liên tục truyền dẫn tín hiệu số	21
1.4 GIỚI THIỆU PHẦN MỀM MÔ PHÒNG ASTRAS	23
Kết luận chương 1	25
CHƯƠNG 2 MÉO TUYẾN TÍNH VÀ CÁC BIỆN PHÁP KHẮC PHỤC	26
2.1 CÁC NGUYÊN NHÂN GÂY MÉO TUYẾN TÍNH	26
2.1.1 Méo tuyến tính do các bộ lọc chế tạo không hoàn hảo	26
2.1.2 Méo tuyến tính gây bởi kênh vô tuyến	27
2.2 CÁC TÁC ĐỘNG CỦA MÉO TUYẾN TÍNH	38
2.2.1 Tác động của méo tuyến tính do chế tạo lọc không hoàn hảo	39
2.2.2 Tác động của trải trễ trong các hệ thống vô tuyến di động tế bào	40

2.2.3 Tác động của pha-đỉnh đa đường chọn lọc	41
2.3 CÁC BIỆN PHÁP KHẮC PHỤC MÉO TUYẾN TÍNH	49
2.3.1 San bằng kênh (Equalization)	50
2.3.2 Các biện pháp đối phó với đặc tính truyền đa đường của kênh	54
2.3.3 Các biện pháp khắc phục băng rộng	57
Kết luận chương 2	60
CHƯƠNG 3 MÉO PHI TUYẾN VÀ CÁC BIỆN PHÁP KHẮC PHỤC	61
3.1 CÁC NGUYÊN NHÂN GÂY MÉO PHI TUYẾN	61
3.1.1 Các bộ phận gây méo phi tuyến trong hệ thống	61
3.1.2 Đặc tuyến công tác của HPA	63
3.2 CÁC TÁC ĐỘNG CỦA MÉO PHI TUYẾN GÂY BỞI HPA	64
3.2.1 Méo do HPA trong các hệ thống vô tuyến chuyển tiếp số M-QAM	64
3.2.2 Méo phi tuyến gây bởi HPA trong các hệ thống OFDM	66
3.3 CÁC BIỆN PHÁP KHẮC PHỤC MÉO PHI TUYẾN CHỦ YẾU	69
3.3.1 Sử dụng BO tối ưu	70
3.3.2 Sử dụng méo trước	72
3.3.3 Quay pha phụ tối ưu sóng mang thu	75
3.3.4 Các biện pháp khắc phục PAPR lớn trong các hệ thống OFDM	77
Kết luận chương 3	80
Kết luận	81
Tài liệu tham khảo	82

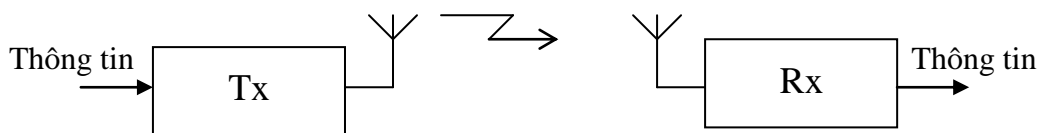
Chương 1

TỔNG QUAN HỆ THỐNG TRUYỀN DẪN VÔ TUYẾN SỐ DUNG LƯỢNG LỚN

1.1 GIỚI THIỆU CHUNG VỀ HỆ THỐNG THÔNG TIN VÔ TUYẾN

1.1.1 Hệ thống thông tin vô tuyến

Các hệ thống thông tin vô tuyến là các hệ thống truyền tin bằng sóng điện từ có môi trường truyền lan tín hiệu – môi trường truyền dẫn – là khoảng không gian giữa máy phát Tx (*Transmitter*) và máy thu Rx (*Receiver*). Sơ đồ khối đơn giản của một hệ thống thông tin vô tuyến được cho trên hình 1.1.



Hình 1.1 Sơ đồ khối đơn giản hệ thống thông tin vô tuyến

Thông thường, thông tin cần truyền được đưa vào máy phát thực hiện điều chế bằng sóng mang trung tần IF (*Intermediate Frequency*), sau đó được trộn tần lên tần số cao RF (*Radio Frequency*), khuếch đại tín hiệu đủ lớn, lọc nhằm chia sẻ băng thông rồi được bức xạ ra khoảng không vô tuyến qua hệ thống ăng-ten/phi-đơ. Ở đầu thu, thông qua hệ thống ăng-ten thu, tín hiệu vô tuyến được thu nhận (nhờ nguyên lý cảm ứng điện từ) và qua hệ thống phi-đơ đưa vào máy thu. Ở đây, tín hiệu được lọc nhằm chọn lọc tín hiệu hữu ích và loại bỏ nhiễu trên đường truyền đến mức tối đa, khuếch đại, trộn tần từ tần số vô tuyến RF xuống trung tần IF và giải điều chế để khôi phục lại thông tin ban đầu đã được phát đi từ phần phát.

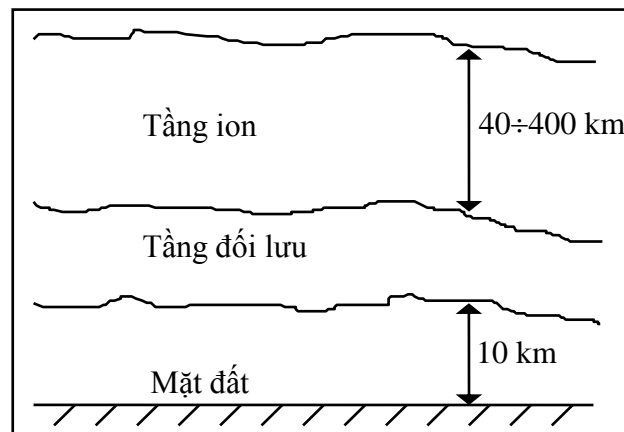
Do môi trường truyền là không có dây dẫn, bầu khí quyển đóng một vai trò then chốt trong truyền sóng. Mặc dầu khí quyển cả thảy có 5 lớp (tầng) khác nhau song tầng đối lưu và tầng ion là các tầng khí quyển gần nhất đối với bề mặt trái đất. Do vậy chúng có ảnh hưởng tới quá trình truyền sóng. Hình vẽ 1.2 thể hiện hai tầng khí quyển này cũng như khoảng cách xấp xỉ giữa chúng và bề mặt trái đất.

Một sóng vô tuyến được truyền đi lan truyền theo hai phương thức:

- Sóng đất;
- Sóng trời.

Dựa trên đặc tính truyền sóng của hai loại sóng này mà người ta phân chia phổ tần số.

Như các tên gọi, sóng đất truyền lan theo bề mặt của trái đất còn sóng trời truyền lan trong khoảng không song có thể quay trở lại trái đất do phản xạ hoặc trong tầng đối lưu hoặc trong tầng ion. Các bước sóng khác nhau thì phản xạ theo những chừng mực khác nhau trong các tầng đối lưu và ion hoặc có thể đâm xuyên qua khi tần số đủ lớn.



Hình 1.2 Các tầng khí quyển có ảnh hưởng tới truyền sóng vô tuyến

1.1.2 Phân loại các hệ thống thông tin vô tuyến

Các hệ thống thông tin vô tuyến có thể được phân loại theo nhiều quan điểm khác nhau.

a) Phân loại theo dạng tín hiệu

+ Hệ thống thông tin vô tuyến tương tự: Tín hiệu truyền đi là tín hiệu tương tự (*analog*);

+ Hệ thống vô tuyến số: Tín hiệu dùng để truyền tin là tín hiệu số (*digital*) có các đặc trưng cơ bản là có số trạng thái tín hiệu hữu hạn M và có thời gian tồn tại hữu hạn T_S (*Symbol Time interval*).

b) Theo dải tần (dải sóng) công tác

Việc phân loại phổ tần vô tuyến dựa trên các tính chất truyền sóng và các khía cạnh về hệ thống (kiểu ăng-ten). Phổ tần vô tuyến được phân chia như sau:

1. Tần số cực thấp ELF (*Extremely Low Frequency*): $f = 300 \div 3000$ Hz ($\lambda = 1000 \div 100$ km); và tần số rất thấp VLF (*Very Low Frequency*): $f = 3 \div 30$ kHz ($\lambda = 100 \div 10$ km). Các dải này còn được gọi là dải sóng cực dài.

Các đặc tính truyền sóng: Sóng truyền lan giữa bề mặt của trái đất và tầng đối lưu và cũng có thể xuyên sâu được vào lòng đất và nước. Do kích thước ăng-ten phụ thuộc vào bước sóng, các sóng này đòi hỏi các ăng-ten có kích thước rất lớn.

Các ứng dụng: Liên lạc dưới nước (cho các tàu ngầm), trong các mỏ, cho các sonar thủy âm...

2. Tần số thấp LF (*Low Frequency*) hay sóng dài LW (*Long Wavelength*): $f = 30$ kHz \div 300 kHz ($\lambda = 10 \div 1$ km).

Các đặc tính truyền sóng: Sóng trời có thể phân tách với sóng đất đối với các tần số trên 100 kHz. Sóng đất có tổn hao truyền dẫn lớn hơn.

Các ứng dụng: Phát thanh, vô tuyến hàng hải, truyền tin cự ly dài với các tàu biển.

3. Tần số trung bình MF (*Medium Frequency*) hay sóng trung MW (*Medium Wavelength*): $f = 300$ kHz \div 3 MHz ($\lambda = 1000 \div 100$ m).

Các đặc tính truyền sóng: Sóng trời tách khỏi sóng đất. Sóng đất cho phép truyền tin khả dụng lên tới 100 km tính từ máy phát.

Các ứng dụng: Phát thanh điều biên (550 \div 1600 kHz).

4. Tần số cao HF (*High Frequency*) hay sóng ngắn SW (*Short Wavelength*): $f = 3 \div 30$ MHz ($\lambda = 100 \div 10$ m).

Các đặc tính truyền sóng: Sóng trời là phương thức truyền lan chủ yếu tại tần số cao (HF). Sóng đất được sử dụng để truyền tin trên các khoảng cách ngắn hơn so với sóng trời. Khi tần số tăng, tổn hao do truyền lan sóng tăng và do đó cần phải có các trạm phát chuyển tiếp (các trạm phát lặp).

Các ứng dụng: Phát thanh trên các vùng rộng, các máy vô tuyến nghiệp dư, các máy vô tuyến dân sự.

5. Tần số rất cao VHF (*Very High Frequency*): $f = 30 \div 300$ MHz ($\lambda = 10 \div 1$ m).

Các đặc tính truyền sóng: Sự nhiễu xạ (uốn cong tia sóng do cản trở của khí quyển) và sự phản xạ dẫn đến việc truyền lan sóng vượt quá đường

chân trời. Cụ ly truyền sóng vào khoảng vài ngàn km. Sự lan truyền sóng trong các toà nhà cũng xảy ra rất tốt.

Các ứng dụng: Các ứng dụng phát thanh-truyền hình: TV, vô tuyến điều tần (FM radio) băng tần $88 \div 108$ MHz; điều khiển không lưu vô tuyến (cũng còn gọi là hệ dẫn đường vô tuyến).

6. Tần số cực cao UHF (*Ultra High Frequency*) hay dải sóng cm: $300 \div 3000$ MHz ($\lambda = 1\text{m} \div 10\text{cm}$).

Các đặc tính truyền sóng: Các phản xạ từ các tầng khí quyển xảy ra, các tổn hao tiêu biểu là do các chướng ngại lớn hơn trong các băng VHF, tác động của mưa và hơi ẩm trong không khí có thể bỏ qua được.

Các ứng dụng: Phát thanh-truyền hình: Truyền hình vệ tinh; vô tuyến di động mặt đất (điện thoại không dây, điện thoại vô tuyến tế bào), các dịch vụ thông tin cá nhân tương lai (như thể hệ thống vô tuyến di động thế hệ thứ ba: băng ~ 2 GHz), điều khiển không lưu vô tuyến.

7. Tần số siêu cao SHF (*Super High Frequency*): $f = 3 \div 30$ GHz ($\lambda = 10 \div 1\text{cm}$).

Các đặc tính truyền sóng: Hấp thụ do mưa, mây, hơi ẩm (sương mù) là rất lớn dẫn đến tiêu hao và do đó hạn chế truyền lan sóng.

Các ứng dụng: Các dịch vụ thông tin vệ tinh cố định cho điện thoại và truyền hình, các dịch vụ di động trong tương lai như mạng máy tính cục bộ vô tuyến (WLAN: *Wireless Local Area Network*).

8. Tần số cực kỳ cao EHF (*Extremely High Frequency*): $f = 30 \div 300$ GHz ($\lambda = 10 \div 1\text{mm}$), còn gọi là dải vô tuyến sóng mm.

Các đặc tính truyền sóng: Các tổn hao rất cao do hơi nước và oxy trong khí quyển.

Các ứng dụng: Thông tin với các khoảng cách ngắn (bên trong tầm nhìn thẳng). Các vệ tinh truyền thông có thể sử dụng các tần số trong dải này để truyền truyền hình độ phân giải cao (HDTV: *High Definition TeleVision*) do tại các độ cao như thế thì các tổn hao sẽ thấp hơn.

Các dải tần số (dải sóng) từ 6 đến 8 nói trên còn được gọi chung là dải sóng vi ba (*microwave*), đặc tính truyền nói chung là trong tầm nhìn thẳng LOS (*Line-Of-Sight*). Nói chung, tần số công tác càng cao thì kích thước ăng-ten càng nhỏ.

c) Theo đặc trưng kênh truyền

+ Hệ thống thông tin vi ba: Còn gọi là các hệ thống vô tuyến chuyển tiếp, trong đó tín hiệu được chuyển tiếp bởi các trạm trung gian qua từng chặng có cự ly lên tới vài chục km, đôi khi lên tới ~100 km.

+ Hệ thống thông tin vệ tinh: Trong đó trạm chuyển tiếp được đặt trên vệ tinh, thường là vệ tinh địa tĩnh có khoảng cách từ quỹ đạo nằm trên mặt phẳng xích đạo tới mặt đất là 36000 km.

+ Hệ thống thông tin di động: Đặc điểm cơ bản là các máy thu và phát vô tuyến có thể di động so với nhau.

d) Theo dung lượng của hệ thống

Các kênh vô tuyến có thể đặc trưng được một cách sơ bộ bởi độ rộng băng kết hợp (*coherence bandwidth*) B_c của kênh, là khoảng tần số mà trong đó hàm truyền của kênh có thể xem là bằng phẳng (*flat*). Một hệ thống vô tuyến số sẽ được xem như băng rộng nếu như độ rộng băng tín hiệu W của nó (tỷ lệ thuận với tốc độ dữ liệu) vượt quá độ rộng băng kết hợp của kênh vô tuyến giữa đầu phát và đầu thu. Thí dụ, đối với các hệ thống vi ba số, dung lượng $C \geq 70$ Mbps (thường sử dụng điều chế *M-QAM*) với độ rộng băng tín hiệu W vào quãng 20 MHz trở lên mới có thể được xem là lớn [8]. Trong khi đó, do đặc tính truyền đa đường (*multipathpropagation*) rất mạnh, các hệ thống vô tuyến di động với tốc độ bit chừng vài Mbps trở lên đã có thể xem là hệ thống băng rộng, chẳng hạn như các hệ thống từ thế hệ 3 trở đi.

1.2 SƠ ĐỒ KHỐI HỆ THỐNG VÔ TUYẾN SỐ DUNG LƯỢNG LỚN

1.2.1 Sơ đồ khối tiêu biểu hệ thống vô tuyến số dung lượng lớn

a) Các hệ thống vô tuyến số

Các hệ thống vô tuyến số là các hệ thống vô tuyến sử dụng tín hiệu số để truyền tin. Về nguyên tắc, các hệ thống thông tin vô tuyến đều có thể truyền tin bằng tín hiệu số được, tuy nhiên do các giới hạn về công nghệ, các hệ thống vô tuyến băng rất rộng mới chỉ thực hiện được với độ rộng băng tín hiệu nhiều nhất là vào khoảng 1% tần số sóng mang f_c (*carrier frequency*). Mặt khác, tốc độ truyền symbol $R_S = 1/T_S$ (số symbol truyền được trên 1 đơn vị thời gian) lại có quan hệ mật thiết với độ rộng băng tín hiệu với độ rộng băng không-không (*null-to-null bandwidth*) của phổ tín hiệu W_{0-0} : $W_{0-0} \geq R_S$.

Nghĩa là, tốc độ truyền tin của hệ thống vô tuyến số sẽ phụ thuộc vào tần số sóng mang của hệ thống, theo đó các hệ thống từ HF trở xuống (có tần số sóng mang từ dải sóng HF trở xuống tới dải ELF như phân loại ở phần trước) có tốc độ truyền tin bằng tín hiệu số khá thấp, ít có ý nghĩa với các dịch vụ thông thường hiện nay như thoại, data cao tốc (tải file, video...).

Các hệ thống vô tuyến số dung lượng cao được xem xét tới trong luận văn này do tầm quan trọng của chúng trong các hệ thống đường trục cũng như truy nhập vô tuyến di động hiện đại. Tùy theo các đặc tính kênh (cố định hay di động), các tốc độ truyền tin được xem là cao: $V \geq 70$ Mbps với các hệ thống đường trục và $V \sim$ vài Mbps đối với các hệ thống thông tin di động tế bào. Dải tần số công tác của các hệ thống như thế có thể từ vài trăm MHz đến hàng chục GHz, trong dải sóng vi ba (*microwave*), và do vậy, về đặc tính truyền sóng thì phương thức truyền sóng là truyền trong tầm nhìn thẳng. Độ rộng băng tín hiệu đối với các hệ thống xem là lớn hay nhỏ cũng lại còn tùy thuộc vào kiểu điều chế được áp dụng. Luồng tín hiệu số tốc độ cao được truyền trong các hệ thống vô tuyến số băng rộng thường là luồng bit được ghép kênh theo thời gian từ các luồng tín hiệu số cấp thấp hơn, hoặc là luồng bit của một người dùng sử dụng các dịch vụ tốc độ lớn (video, tải file...).

Các hệ thống vô tuyến số dung lượng lớn, băng rộng, có vai trò rất quan trọng trong mạng viễn thông do khả năng cơ động hoặc di động cũng như thời gian triển khai khá nhanh của chúng, cái mà các hệ thống thông tin quang – mặc dù có dung lượng rất lớn – lại khá hạn chế.

b) Sơ đồ khối tiêu biểu của hệ thống vô tuyến số dung lượng lớn

Các hệ thống vô tuyến số dung lượng lớn là các hệ thống thông dải có tần số sóng mang có thể từ lớn đến rất lớn, lên tới vài chục GHz. Đối với các hệ thống như vậy, việc xem xét hệ thống gặp khá nhiều khó khăn, đặc biệt trong mô phỏng máy tính do vấn đề lấy mẫu các tín hiệu thực tế có tần số rất cao sẽ đòi hỏi tần số lấy mẫu rất cao nhằm thỏa mãn định lý lấy mẫu và do vậy sẽ đòi hỏi máy tính cần có tốc độ xử lý rất lớn, đến mức thường là không thực tế. Để giải quyết trở ngại này, người ta thường xem xét và phân tích hệ thống thực thông qua các hệ thống thông thấp tương đương với các tín hiệu băng gốc tương đương [3]. Điều này có thể giải thích được dưới đây.

Tín hiệu số điều chế tổng quát (cả điều chế biên độ lẫn điều chế góc) có thể biểu diễn được ở dạng:

$$x(t) = A(t) \cdot \cos[2\pi f_c t + \varphi(t)] \quad (1.1)$$

trong đó $A(t)$ và $\varphi(t)$ là các hàm mang thông tin cần truyền, f_c là tần số sóng mang. Biểu thức (1.1) có thể viết lại theo:

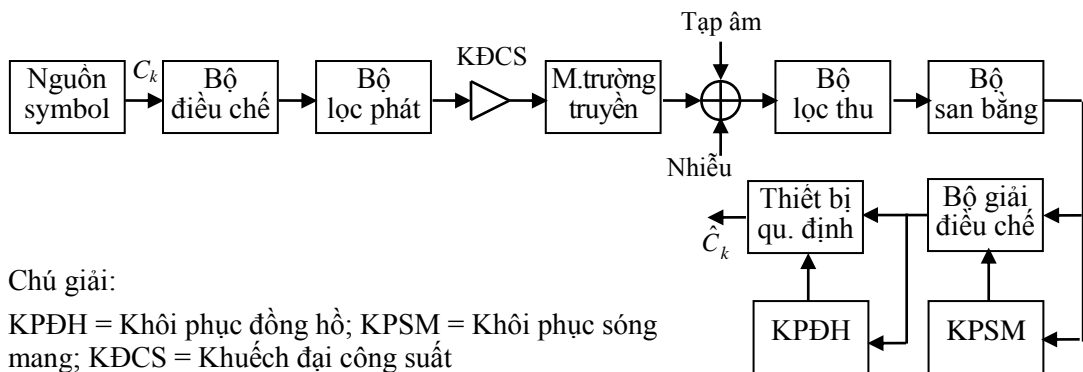
$$x(t) = \text{Re}\{A(t) \cdot e^{j[2\pi f_c t + \varphi(t)]}\} = \text{Re}\{A(t) \cdot e^{j\varphi(t)} \cdot e^{j2\pi f_c t}\} \quad (1.2)$$

trong đó $\text{Re}\{.\}$ là ký hiệu phần thực.

Có thể nhận thấy rằng, trong vế phải của (1.2) chỉ có thành phần $A(t)e^{j\varphi(t)}$ mang thông tin cần truyền, còn $e^{j2\pi f_c t}$ chỉ biểu thị một sóng mang cao tần không mang thông tin. Do vậy, chỉ cần quan tâm tới tín hiệu:

$$\tilde{x}(t) = A(t) \cdot e^{j\varphi(t)} \quad (1.3)$$

Tín hiệu biểu diễn theo (1.3) là tín hiệu băng gốc do không chứa thành phần sóng mang cao tần, được gọi là tín hiệu băng gốc tương đương (*equivalent baseband signal*) của tín hiệu thực tế $x(t)$. Là một hàm phức và có vai trò đường bao đối với sóng mang cao tần nên tín hiệu ấy còn được gọi là đường bao phức (*complex envelope*) của tín hiệu thực tế $x(t)$. Khi xét hệ thống với tín hiệu băng gốc tương đương, các phần tử dải thông của hệ thống thực tế có thể đưa về biểu diễn bằng các phần tử thông thấp tương đương nhờ biến đổi Hilbert [3]. Sơ đồ khối tiêu biểu của một hệ thống vô tuyến số dung lượng lớn được thể hiện trên hình 1.3 [1].



Hình 1.3 Sơ đồ khối tương đương băng gốc một hệ thống vô tuyến số dung lượng lớn [1]

Trên sơ đồ hình 1.3, luồng bit tốc độ cao ghép kênh theo thời gian từ nhiều kênh bậc thấp, sau khi được mã hóa kênh sẽ được ghép thành các cụm từng m bit và được ánh xạ một cách thích hợp thành các symbol C_k ở lối vào bộ điều chế (thí dụ như sử dụng ánh xạ Gray sao cho các symbol lân cận nhau