

VƯƠNG ĐẠO VY

MẠNG TRUYỀN DỮ LIỆU

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

MỤC LỤC

Lời nói đầu	iv
Chương 1: Mạng máy tính, cấu trúc và mô hình	1
<i>1.1 Các cơ sở về mạng</i>	1
1.1.1 Mở đầu	1
1.1.2 Các yếu tố của mạng máy tính	1
1.1.2.1 Đường truyền vật lý	1
1.1.2.2 Kiến trúc mạng	4
1.1.3 Phân loại mạng máy tính	6
<i>1.2 Kiến trúc phân tầng và mô hình OSI</i>	6
1.2.1 Kiến trúc phân tầng	6
1.2.2 Mô hình OSI	8
1.2.3 Các phương thức truyền dữ liệu	10
1.2.3.1 Có liên kết và không liên kết	11
1.2.3.2 Truyền đơn giản; truyền hai chiều không đồng thời và hai chiều đồng thời	11
1.2.4 Các tổ chức thực hiện việc chuẩn hoá mạng máy tính	12
Chương 2: Tín hiệu và mã hoá tín hiệu	15
<i>2.1 Tín hiệu</i>	15
2.1.1 Tín hiệu số và tín hiệu tương tự	16
2.1.2 Tín hiệu tuần hoàn và không tuần hoàn	16
2.1.3 Các tín hiệu tương tự	17
2.1.4 Tín hiệu số	22
<i>2.2 Mã hoá tín hiệu</i>	27
2.2.1 Mã hoá số-số	27
2.2.2 Mã tương tự-số	35
2.2.3 Mã số-tương tự	38
2.2.4 Mã tương tự-tương tự	47

Chương 3: Truyền tín hiệu, môi trường và thiết bị truyền	5
3.1 <i>Truyền dữ liệu số, các giao diện và các modems</i>	5
3.1.1 Truyền dữ liệu số	5
3.1.2 Giao diện DTE và DCE	5
3.1.3 Các giao diện chuẩn	5
3.1.4 Các chuẩn giao diện khác	6
3.2 <i>Môi trường truyền</i>	7
3.2.1 Môi trường truyền có dây	7
3.2.2 Môi trường truyền không dây (vô tuyến)	8
3.3 <i>Sự kết hợp nhiều kênh trên một đường liên kết</i>	9
3.3.1 Nhiều đường thành một đường và một đường thành nhiều đường	9
3.3.2 Phân loại hợp kênh	9
3.3.3 Ứng dụng hợp kênh trong hệ thống điện thoại	11
Chương 4: Lỗi truyền thông, điều khiển và thủ tục liên kết dữ liệu	12
4.1 <i>Phát hiện và sửa lỗi</i>	12
4.1.1 Các loại lỗi	12
4.1.1.1 Lỗi đơn bit	12
4.1.1.2 Lỗi đa bit	12
4.1.1.3 Lỗi đảo bit	12
4.1.2 Phát hiện lỗi	12
a) Kiểm lỗi dư thừa đứng (VRC)	12
b) Kiểm lỗi dư thừa dài (LRC)	12
c) Kiểm lỗi dư thừa tuần hoàn (CRC)	12
d) Kiểm tra tổng (Checksum)	13
4.1.3 Sửa lỗi	13
4.1.3.1 Sửa lỗi đơn bit	13
4.1.3.2 Mã Hamming	13
4.1.3.3 Sửa lỗi đa bit	13
4.2 <i>Điều khiển truyền dữ liệu</i>	13
4.2.1 Trật tự đường truyền	14
4.2.1.1 ENQ/ACK: Yêu cầu và nhận biết	14

4.2.1.2	Poll/Select: Thăm dò và chọn lựa	141
4.2.2	Điều khiển dòng truyền dữ liệu	144
4.2.2.1	Phương pháp dừng và đợi (Stop-and-wait)	145
4.2.2.2	Phương pháp cửa sổ trượt.	146
4.2.3	Điều khiển sửa lỗi	149
4.2.3.1	Stop-and-wait ARQ: Yêu cầu lặp lại tự động trong chế độ dừng và đợi	150
4.2.3.2	Cửa sổ trượt ARQ	152
4.2.3.3	Go-back-n ARQ: Tự động yêu cầu quay trở lại n	153
4.2.3.4	Selective-reject ARQ: Yêu cầu lặp lại tự động kiểm từ chối - chọn lựa	156
4.3	<i>Các thủ tục liên kết dữ liệu</i>	160
4.3.1	Các thủ tục không đồng bộ	160
4.3.1.1.	X-Modem	161
1.	Giới thiệu	161
2.	Các khối	161
3.	Thủ tục mức file	162
4.	Chọn lựa CRC	162
5.	YMODEM nâng cao	163
6.	Những ưu nhược điểm của XMODEM	163
4.3.1.2.	Kermit	164
1.	Mở đầu	164
2.	Sử dụng Kermit	165
3.	Mã hoá ký tự	165
4.	Các gói	166
5.	Kiểm tra lỗi	169
4.3.2.	Các thủ tục đồng bộ	170
4.3.2.1.	Thủ tục định lý ký tự - BSC	
4.3.2.2.	Thủ tục định lý - HDLC	
Chương 5:	Các mạng cục bộ (LANS)	195
5.1	<i>Đế án 802</i>	196
5.2	<i>Ethernet 802.3</i>	198
5.3	<i>Token bus</i>	206
5.4	<i>Token ring</i>	207
5.5	<i>FDDI</i>	213
Tài liệu tham khảo		221

LỜI NÓI ĐẦU

Truyền thông dữ liệu và mạng là một chủ đề rộng, những kiến thức về lĩnh vực này được cập nhật thường xuyên, đặc trưng cho sự phát triển nhanh chóng, sôi động của một ngành công nghệ hiện đại. Để nghiên cứu về truyền thông dữ liệu và mạng phải lấy mô hình tham chiếu OSI làm nền tảng, bởi lẽ các chức năng về truyền thông dữ liệu và mạng được tiêu chuẩn hóa trong từng lớp khác nhau của mô hình tham chiếu OSI. Với cấu trúc 7 lớp của OSI, chức năng của ba lớp thấp là hỗ trợ việc truyền tín hiệu trên mạng, chức năng ba lớp cao là hỗ trợ các ứng dụng, còn lớp giữa- lớp thứ tư, có chức năng phối hợp giữa các lớp thấp và các lớp cao.

Giáo trình *Mạng truyền dữ liệu*, như tên gọi này đã chỉ ra, gồm hai phần, một nói về truyền thông dữ liệu và phần khác nói về mạng, mặc dù sự tách bạch không hoàn toàn như thế. Phần truyền thông dữ liệu chủ yếu tập trung vào chức năng ba lớp thấp của mô hình tham chiếu OSI. Ở đây các chức năng như bảo đảm mức điện áp cho tín hiệu, phương thức mã hóa tín hiệu, các đòi hỏi về kết nối cơ khí, các loại tín hiệu chức năng,... được giao cho lớp vật lý. Lớp liên kết dữ liệu chịu trách nhiệm tổ chức phương thức truyền dữ liệu giữa các nút mạng, phát hiện và sửa lỗi, điều khiển luồng dữ liệu... Lớp mạng phân phối các gói dữ liệu từ nguồn đến đích, thực hiện chuyển mạch và định tuyến cho dữ liệu truyền trên mạng.

Ở cấp độ các đối tượng người học mới bước đầu làm quen với truyền thông dữ liệu và mạng, việc trang bị và khai thác tốt các kiến thức của ba lớp thấp của OSI là cần thiết, bởi đây là nền tảng để có thể nghiên cứu sâu hơn, nắm bắt và khai thác các loại mạng truyền thông hiện đại, tốc độ truyền dữ liệu và hiệu quả truyền thông cao, tích hợp được nhiều loại dịch vụ đồng thời.

Giáo trình *Mạng truyền dữ liệu* được viết trên cơ sở đối tượng người học là sinh viên đại học, cao đẳng lần đầu học môn học này. Mục tiêu của giáo trình là cung cấp những nguyên lý, khái niệm cơ bản nhất về tín hiệu, mã hóa tín hiệu, các loại môi trường truyền dẫn tín hiệu, có dây và không dây, việc ứng dụng các thiết bị như hợp kênh, phân kênh trên cơ sở kỹ thuật FDM và TDM để khai thác triệt để năng lực môi

trường truyền. Các kỹ thuật phát hiện và sửa lỗi, điều khiển luồng dữ liệu, điều khiển sửa lỗi, các phương thức liên kết dữ liệu nối tiếp, song song, đồng bộ và không đồng bộ mà điển hình là các thủ tục HDLC và BSC tương ứng. Sau khi được trang bị những kiến thức cơ sở này, sinh viên chuyển sang nghiên cứu về mạng cục bộ, một loại mạng phổ biến nhất và được chuẩn hóa mang tính chất đặc thù ở các lớp thấp trong mô hình tham chiếu OSI.

Giáo trình gồm 5 chương, chương một giới thiệu khái quát về mạng máy tính, cấu trúc phân lớp và mô hình tham chiếu OSI. Chương hai giới thiệu về các loại tín hiệu có thể mang dữ liệu, đặc trưng cơ bản của chúng và những thông số tín hiệu chứa đựng thông tin, các giải pháp kỹ thuật mã hóa tín hiệu để mang thông tin. Chương ba giới thiệu tín hiệu số, môi trường và thiết bị trợ giúp để truyền thông hiệu quả cao. Chương bốn trình bày các kỹ thuật phát hiện, sửa lỗi truyền thông, các thủ tục liên kết dữ liệu và điều khiển luồng dữ liệu. Chương cuối cùng giới thiệu mạng cục bộ LAN bao gồm mạng Ethernet, Token bus, Token ring và mạng giao diện dữ liệu phân phối sợi quang FDDI.

Giáo trình được biên soạn trên cơ sở đúc kết kinh nghiệm nhiều năm giảng dạy môn *mạng truyền dữ liệu* tại trường ĐHCN-ĐHQGHN và một số trường đại học khác. Tác giả cho rằng, với đối tượng sinh viên đại học ở mức nhập môn về truyền thông dữ liệu và mạng thì cuốn sách tiếng Anh "Introduction to Data Communication and Networking" của tác giả Behrouz Forouzan, xuất bản năm 1998 là một tài liệu tốt, có thể dùng làm tham khảo chính, chỉnh sửa, bố cục lại nội dung cho phù hợp đối tượng và bổ sung một số tài liệu khác để cập nhật. Với quan niệm đó giáo trình truyền thông dữ liệu và mạng xuất bản lần này được xem là phần I, phần nhập môn. Sẽ có một quyển khác, cùng tên nhưng là phần II, mạng nội dung về các loại mạng và những thủ tục lớp cao trong mô hình tham chiếu OSI.

Quyển sách sẽ không tránh khỏi các thiếu sót về nội dung, bố cục và các lỗi khác, tác giả mong nhận được ý kiến đóng góp của đồng nghiệp và người đọc. Xin chân thành cảm ơn trường ĐHCN-ĐHQGHN và các đồng nghiệp đã tạo điều kiện để in cuốn sách này.

Tác giả

VƯƠNG ĐẠO VY

Chương 1

MẠNG MÁY TÍNH, CẤU TRÚC VÀ MÔ HÌNH

1.1. Các cơ sở về mạng

1.1.1. Mở đầu

Nghiên cứu mạng truyền dữ liệu là nghiên cứu quá trình truyền dữ liệu từ thiết bị này tới thiết bị khác qua một số môi trường truyền thông. Đó là hệ thống phải bảo đảm truyền chính xác dữ liệu đến nơi nhận. Một hệ thống như vậy bao gồm 5 thành phần: dữ liệu (thông tin), thiết bị gửi, thiết bị nhận, môi trường truyền và thủ tục.

Từ những năm 1970 bắt đầu xuất hiện khái niệm mạng truyền thông (communication network), trong đó các thành phần chính là các nút mạng, làm chức năng hướng thông tin tới đích nhận nó.

Các nút mạng được nối với nhau bằng đường truyền (transmission line), các máy tính (host) hoặc các trạm cuối (terminal) được nối trực tiếp vào các nút mạng để xử lý thông tin và trao đổi thông tin qua mạng.

Mạng máy tính nhằm đạt các mục tiêu chính sau đây: Những tài nguyên có giá trị cao (thiết bị, chương trình, dữ liệu ...) đều được dùng chung cho mọi người trên mạng không kể vị trí địa lý giữa tài nguyên và người sử dụng.

1.1.2. Các yếu tố của mạng máy tính

Mạng máy tính là một tập hợp máy tính được nối với nhau bởi các đường truyền vật lý theo một kiểu kiến trúc nào đó.

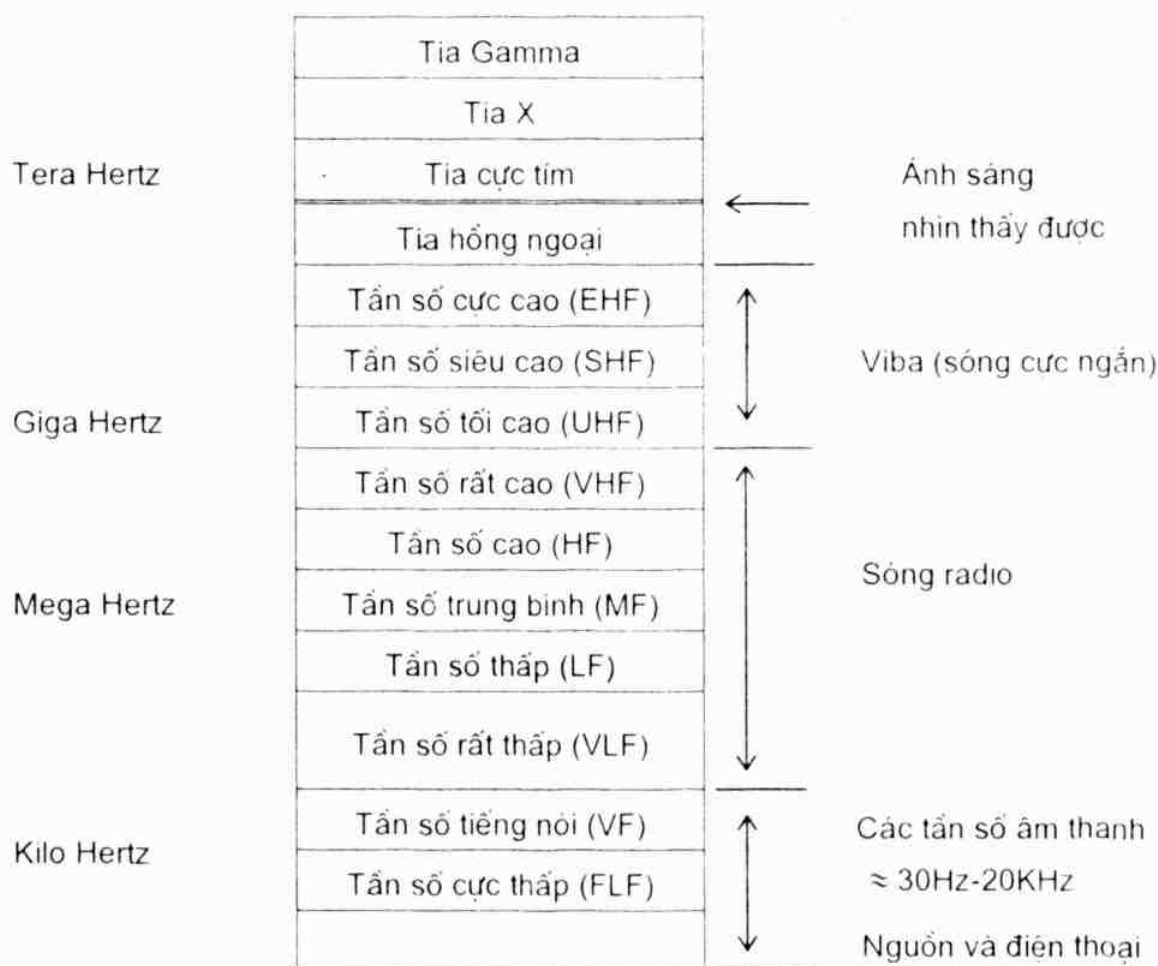
1.1.2.1. Đường truyền vật lý

Đường truyền vật lý dùng để truyền tín hiệu điện từ giữa các máy tính. Các tín hiệu điện từ mang thông tin dữ liệu, có bước sóng từ tần

số radio tới sóng cực ngắn (viba), tia hồng ngoại (infrared) hình 1.1 chỉ ra sự phân loại phổ điện từ đã được sử dụng. Tùy thuộc việc sử dụng sóng điện từ nào, môi trường vật lý sẽ được chọn thích hợp với nó.

Các tần số radio truyền qua cáp cáp xoắn hoặc cáp đồng trục, qua phương tiện quảng bá (radio broadcasting) trong không gian.

Sóng cực ngắn (Viba) thường được dùng để truyền giữa các trạm mặt đất và các vệ tinh, chúng cũng được dùng để truyền các tín hiệu quảng bá từ một trạm phát đến nhiều trạm thu. Mạng điện thoại "tổ ong" (Cellular phone networks) là một ví dụ.



Hình 1.1: Phổ điện từ (EM spectrum)

Tia hồng ngoại là lý tưởng đối với nhiều loại truyền thông mạng. Nó có thể truyền giữa hai điểm hoặc quảng bá từ một điểm đến nhiều máy thu. Tia hồng ngoại và các tần số cao hơn của ánh sáng có thể được truyền qua các loại cáp sợi quang.

Khi xem xét, lựa chọn đường truyền vật lý, ta cần chú ý tới các đặc trưng cơ bản của chúng là dải thông (bandwidth), độ suy hao và độ nhiễu điện từ. Dải thông của một đường truyền chính là

phạm vi tần số mà nó có thể đáp ứng được. Ví dụ: dải thông của một đường điện thoại là $400 \div 4000\text{Hz}$, có nghĩa là nó có thể truyền các tín hiệu với các tần số nằm trong phạm vi tần số từ $400 \div 4.000$ chu kỳ/giây. Lưu ý rằng dải thông của cáp truyền phụ thuộc vào độ dài cáp. Cáp ngắn nói chung có thể dải thông lớn hơn so với cáp dài. Bởi vậy khi thiết kế cáp cho mạng phải chỉ rõ độ dài chạy cáp tối đa, vì ngoài giới hạn đó chất lượng truyền tín hiệu không còn được bảo đảm.

Bảng 1.1: Các dải sóng vô tuyến

Bước sóng	Tần số	Tên gọi	Sử dụng chính
Trên 100 (km)	Dưới 3 (kHz)	Tần số đặc biệt thấp (Extremely Low Frequency: ELF)	Truyền thông ngầm dưới biển
10÷100 (km)	3÷30 (kHz)	Tần số rất thấp (Very Low Frequency VLF)	Truyền thông hàng hải
1÷10 (km)	20÷300 (kHz)	Tần số thấp hoặc sóng dài (Low Frequency LF or Long Wave: LW)	Quảng bá AM
100÷1.000 (m)	300 ÷ 3.000 (kHz)	Tần số trung bình hoặc sóng trung (Medium Frequency: MF or Medium Wave: MW)	Quảng bá AM
10÷100 (m)	3÷30 (MHz)	Tần số cao hoặc sóng ngắn (High Frequency: HF or Short Wave: SW)	Quảng bá AM vô tuyến nghiệp dư
1÷10 (m)	30÷300 (MHz)	Tần số rất cao (Very High Frequency: VHF)	Quảng bá FM, TV
0.1÷1 (m)	300÷3.000 (MHz)	Tần số cực cao (Ultra High Frequency: UHF)	TV, điện thoại tế bào
10÷100 (mm)	3÷30 (GHz)	Tần số đặc biệt cao (Super High Frequency: SHF)	Vệ tinh không dây cố định
1÷10 (mm)	30÷300 (GHz)	Tần số cực kỳ cao (Extra High Frequency: EHF)	Vệ tinh, radar

Tốc độ truyền dữ liệu trên đường truyền còn được gọi là thông lượng (throughput) của đường truyền - thường được tính bằng số lượng bit được truyền đi trong một giây (bps). Thông lượng còn được đo bằng một đơn vị khác là baud (lấy từ tên của nhà bác học Emile - Baudot).

Độ suy hao là số đo sự yếu đi của tín hiệu trên đường truyền. Nó phụ thuộc vào độ dài cáp. Còn độ nhiễu điện từ (EMI-Electromagnetic Interference) gây ra bởi tiếng ồn điện từ bên ngoài làm ảnh hưởng đến tín hiệu trên đường truyền.

Hiện nay cả hai loại đường truyền hữu tuyến (cable) và vô tuyến (wireless) đều được sử dụng trong việc kết nối mạng máy tính.

Đường truyền hữu tuyến gồm có:

- Cáp đồng trục (coaxial cable)
- Cáp đôi xoắn (twisted-pair cable), gồm 2 loại: có bọc kim (Shielded) và không bọc kim (Unshielded)
- Cáp sợi quang (fiber-optic cable)

Đường truyền vô tuyến gồm có:

- Radio
- Sóng cực ngắn (còn gọi là viba), (microwave)
- Tia hồng ngoại (infrared)

Bảng 1.1 cho thấy sự phân chia dải sóng vô tuyến và vùng ứng dụng tương ứng của nó.

1.1.2.2. Kiểu kiến trúc mạng

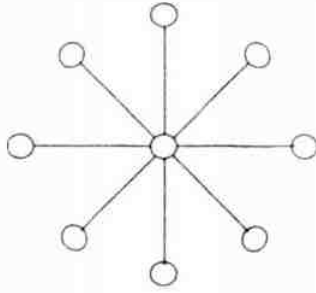
Kiến trúc mạng máy tính thể hiện cách nối các máy tính với nhau ra sao và tập hợp các quy tắc, quy ước mà tất cả các thực thể tham gia truyền thông trên mạng phải tuân theo để bảo đảm cho mạng hoạt động tốt. Cách nối các máy tính gọi là topo mạng, tập hợp các quy tắc, quy ước truyền thông được gọi là giao thức (protocol) mạng. Đây là 2 khái niệm cơ bản của mạng máy tính.

+ Topo mạng

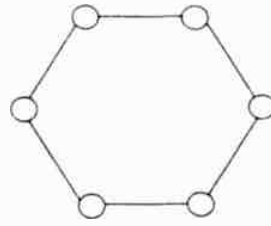
Có hai kiểu kết nối mạng máy tính: điểm - điểm (point-to-point) và quảng bá (broadcast hay point to multipoint).

Kiểu điểm - điểm: các đường truyền nối từng cặp nút mạng với nhau và mỗi nút đều có trách nhiệm lưu trữ tạm thời sau đó chuyển tiếp dữ liệu cho tới đích. Mạng như thế còn có tên gọi là mạng lưu và chuyển tiếp (store and forward). Hình vẽ 1.2 sau đây là một số thí dụ cách nối của mạng cấu hình điểm - điểm.

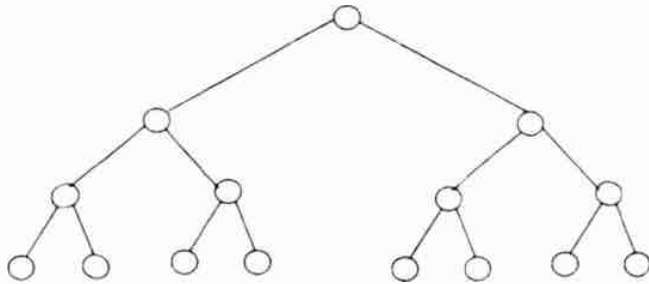
Hình sao (Star)



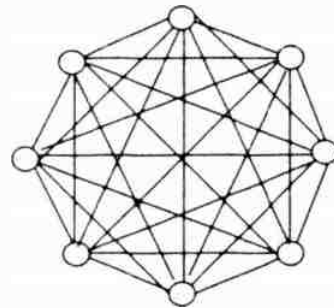
Chu trình (Loop)



Hình cây (Tree)

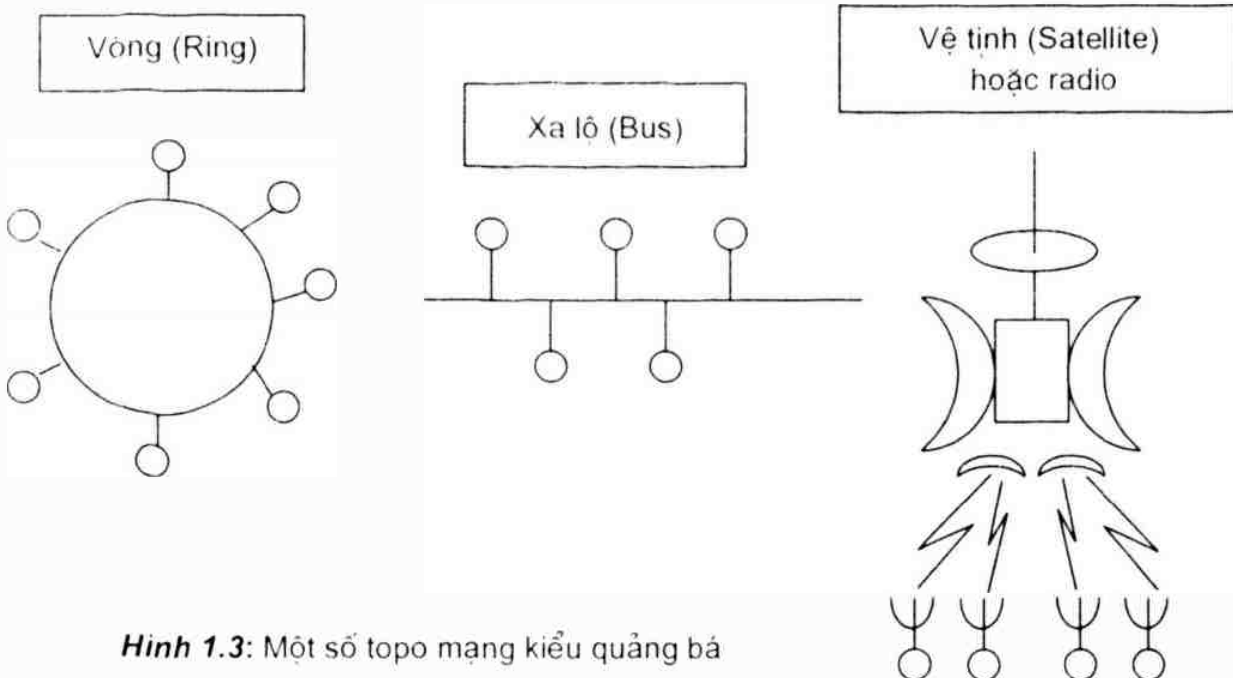


Đầy đủ (Compleat)



Hình 1.2: Một số topo mạng kiểu điểm - điểm

Kiểu quảng bá: tất cả các nút phân chia chung một đường truyền vật lý. Dữ liệu được gửi đi từ một nút, các nút khác đều có thể nhận được. Như thế, cần chỉ ra địa chỉ đích để dữ liệu chỉ được tiếp nhận bởi nút có địa chỉ phù hợp. Các cách nối theo kiểu quảng bá có thể chỉ ra qua các thí dụ trên hình 1.3:



Hình 1.3: Một số topo mạng kiểu quảng bá

+ *Giao thức mạng*

Việc truyền tín hiệu trên mạng cần phải có những quy tắc, quy ước về nhiều mặt, như khuôn dạng (cú pháp, ngữ nghĩa) của dữ liệu, cách gửi, cách nhận dữ liệu, kiểm soát hiệu quả, chất lượng truyền, xử lý các lỗi và sự cố. Tập hợp tất cả các quy tắc, quy ước đó gọi là giao thức (protocol) của mạng. Các mạng có thể sử dụng các giao thức khác nhau tùy sự lựa chọn của người thiết kế.

1.1.3. Phân loại mạng máy tính

Có thể lấy *khoảng cách địa lý* làm yếu tố chính để phân loại mạng máy tính như sau:

- Mạng cục bộ (LAN: Local Area Networks): là mạng được cài đặt trong một phạm vi tương đối nhỏ (ví dụ trong một toà nhà, khu trường học) với khoảng cách lớn nhất trong vài chục Km trở lại.

- Mạng đô thị (MAN: Metropolitan Area Networks) là mạng được cài đặt trong phạm vi một đô thị hoặc một trung tâm kinh tế- xã hội có bán kính khoảng 100 Km trở lại.

- Mạng diện rộng (WAN: Wide Area Networks) phạm vi của nó có thể vượt qua biên giới một quốc gia.

- Mạng toàn cầu (GAN: Global Area Networks) phạm vi của nó mở rộng khắp các lục địa của trái đất.

Còn có nhiều cách khác để phân loại mạng máy tính.

1.2. Kiến trúc phân tầng và mô hình OIS

1.2.1. Kiến trúc phân tầng

Để giảm độ phức tạp của việc thiết kế, cài đặt mạng, các mạng máy tính hiện có đều được phân tích, thiết kế theo quan điểm phân tầng (layering). Trong đó mỗi tầng được xây trên nền của tầng kế dưới nó. Số lượng các tầng cũng như tên và chức năng của mỗi tầng tùy thuộc vào các nhà thiết kế.

Mục đích của mỗi tầng là cung cấp một số dịch vụ (services) nhất định cho tầng cao hơn. Hình 1.4 minh họa một số kiến trúc phân tầng

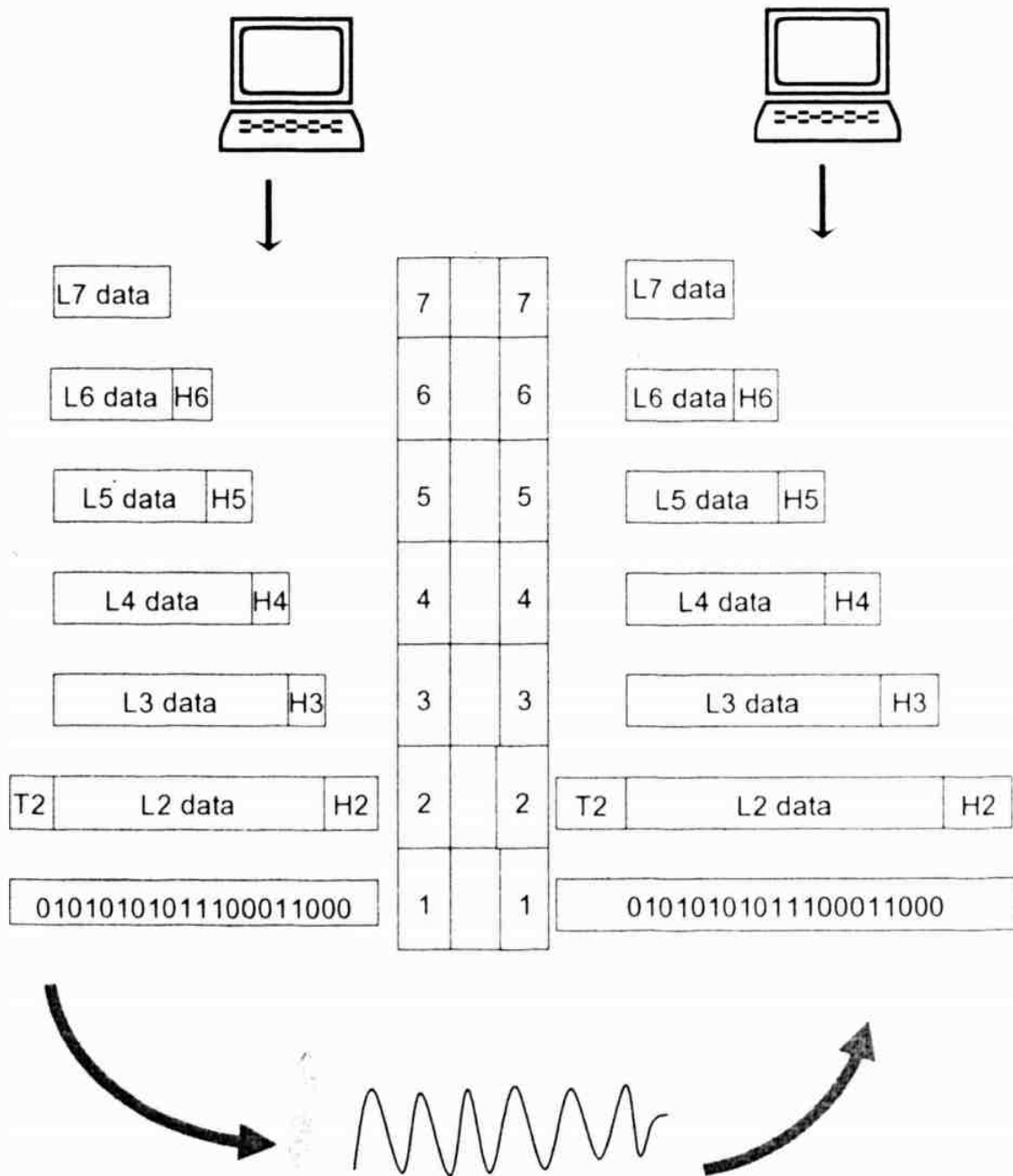
tổng quát, với giả thiết A và B là hai hệ thống (máy tính) thành phần của mạng được nối với nhau.



Hình 1.4: Kiến trúc phân tầng tổng quát

Nguyên tắc của kiến trúc phân tầng là: mỗi hệ thống trong một mạng đều có cấu trúc tầng (số lượng tầng, chức năng của mỗi tầng) là như nhau. Có định nghĩa mối quan hệ (giao diện) giữa hai tầng kế nhau và mối quan hệ (giao diện) giữa hai tầng đồng mức ở hai hệ thống kết nối với nhau. Dữ liệu không được truyền trực tiếp ở tầng thứ i của hệ thống này sang tầng thứ i của hệ thống khác, chỉ có tầng thấp nhất mới có liên kết vật lý, các tầng cao hơn nó là liên kết logic (hay liên kết ảo). Hình 1.5 sau chỉ ra cách truyền dữ liệu qua các tầng ở cả phía gửi và phía nhận dữ liệu.

Ở bên thiết bị gửi, dữ liệu đi từ lớp trên xuống, bên thiết bị nhận ngược lại dữ liệu đi từ lớp dưới lên nhờ giao diện của cặp lớp kế nhau. Mỗi giao diện quy định thông tin và dịch vụ nào phải cung cấp cho lớp trên nó.



Hình 1.5: Truyền dữ liệu qua các tầng

1.2.2. Mô hình OSI

Khi thiết kế mạng, các nhà thiết kế tự do lựa chọn kiến trúc mạng riêng của mình, nên không có sự tương thích giữa các mạng: phương pháp truy cập đường truyền khác nhau, sử dụng họ giao thức khác nhau, v.v...

Tìm kiếm sự hội tụ cho các sản phẩm mạng trên thị trường, trước hết cần xây dựng một khung chuẩn về kiến trúc mạng làm căn cứ cho các nhà thiết kế và chế tạo sản phẩm về mạng.

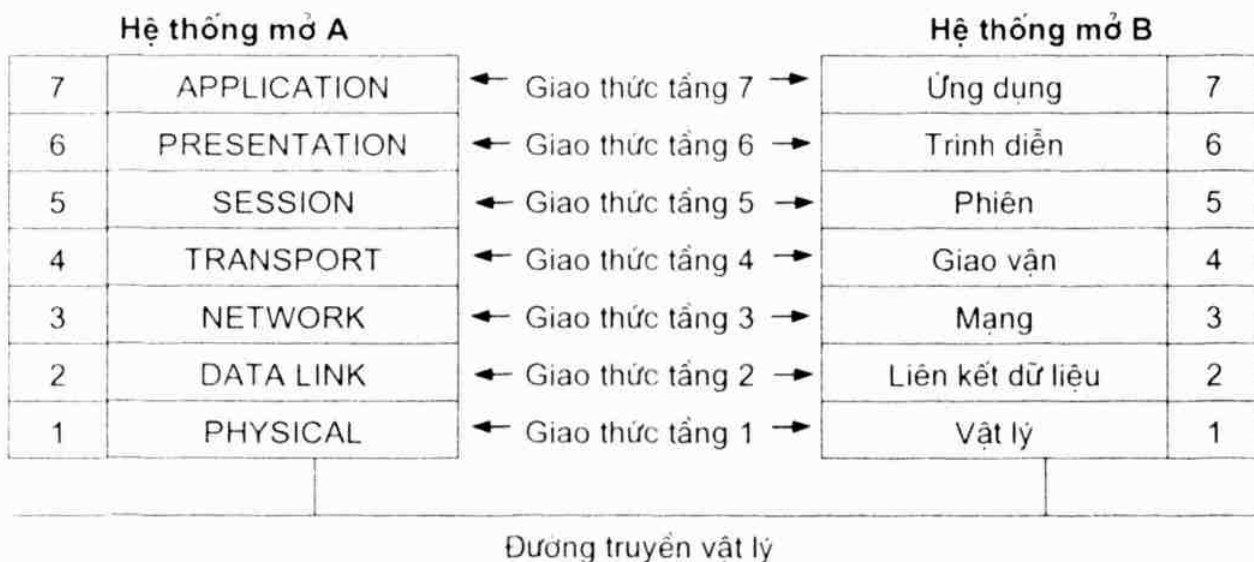
Tổ chức chuẩn hoá quốc tế ISO (International Organization for Standardization) phát triển một khung chuẩn như thế vào năm 1980 gọi là mô hình tham chiếu cho việc nối kết các hệ thống mở OSI (Reference Model for Open System Interconnection).

Mục đích của mô hình OSI là mở ra sự truyền thông giữa các hệ thống mạng khác nhau mà không cần thay đổi logic của các phần cứng và phần mềm cơ sở.

OSI không phải là thủ tục (Protocol), nó là mô hình để hiểu và thiết kế cấu trúc mạng mềm dẻo, thiết thực và làm việc được giữa các mạng khác nhau.

Hiểu được cơ sở của OSI là nền móng vững chắc để nghiên cứu truyền thông dữ liệu.

Mô hình OSI gồm 7 tầng với tên gọi và chức năng được chia ra như hình 1.6.



Hình 1.6: Mô hình OSI 7 tầng

- Tổ chức các tầng:

Tầng 1, 2, 3 là các tầng hỗ trợ mạng, chúng quan hệ với môi trường vật lý của việc truyền dữ liệu từ thiết bị này đến thiết bị khác (điện, kết nối vật lý, địa chỉ vật lý, thời gian truyền và độ tin cậy).

Tầng 5, 6, 7 là tầng hỗ trợ ứng dụng, chúng cho phép khả năng cùng làm việc giữa các hệ thống phần mềm không liên quan với nhau.

Tầng 4 liên kết hai phân nhóm trên và bảo đảm những gì mà tầng thấp hơn truyền thì tầng trên có thể sử dụng được.

Nhận xét rằng các tầng trên luôn thực hiện bằng phần mềm, các tầng thấp hơn là tổ hợp phần cứng và phần mềm, riêng tầng vật lý hầu như toàn là phần cứng.

- Chức năng của mỗi tầng được ấn định:

Tầng vật lý được phân phối phần cứng và phần mềm theo yêu cầu để truyền chuỗi bit qua môi trường vật lý. Nó giải quyết các đặc điểm cơ khí và điện của kết nối mạng.

Tầng liên kết dữ liệu chịu trách nhiệm về việc phân chia khung từ trạm này sang trạm tiếp theo không lỗi. Nó cung cấp việc kiểm sửa lỗi và điều khiển dòng dữ liệu từ trạm này sang trạm tiếp theo.

Tầng mạng chịu trách nhiệm phân phối các gói dữ liệu từ nguồn đến nơi nhận. Nó điều khiển chuyển mạch và định tuyến cho các gói.

Tầng giao vận chịu trách nhiệm phân phối toàn bộ thông báo từ nguồn đến nơi nhận, từ ứng dụng này sang ứng dụng khác.

Tầng phiên điều khiển hội thoại mạng, nó thiết lập, duy trì và đồng bộ sự hoạt động cùng nhau của các thiết bị truyền thông trên mạng.

Tầng trình diễn bảo đảm khả năng hoạt động cùng nhau giữa các thiết bị truyền thông, nó cung cấp những biến đổi cần thiết các mã điều khiển khác nhau, các bộ ký tự, các ký tự đồ họa, v.v. ... để hai thiết bị hiểu nhau và cùng truyền thông theo một cách.

Tầng ứng dụng cho phép người sử dụng (con người hoặc phần mềm) thâm nhập tới mạng, nó cung cấp các giao diện ứng dụng và hỗ trợ các dịch vụ như thư điện tử, thâm nhập và truyền các file từ xa, chia sẻ các khu lưu trữ, tổ chức cơ sở dữ liệu và các loại dịch vụ thông tin phân tán khác.

OSI hứa hẹn giải pháp cho vấn đề truyền thông giữa các máy tính không giống nhau (heterogeneous), hai hệ thống dù khác nhau như thế nào đi nữa, đều có thể truyền thông với nhau.

1.2.3. Phương thức hoạt động

Ở mỗi tầng trong mô hình OSI đều có phương thức hoạt động chính được áp dụng: phương thức có liên kết (connection - oriented) và phương thức không liên kết (connectionless).

1.2.3.1. Có liên kết và không liên kết

Với phương thức có liên kết, trước khi truyền dữ liệu cần thiết lập một liên kết logic giữa các thực thể đồng mức.

Quá trình truyền thông phải bao gồm 3 giai đoạn riêng biệt:

- Thiết lập liên kết (logic): Hai thực thể đồng mức ở hai hệ thống thương lượng với nhau về tập các tham số sẽ sử dụng trong giai đoạn sau (truyền dữ liệu).

- Truyền dữ liệu: dữ liệu được truyền với các cơ chế kiểm soát và quản lý kèm theo (như kiểm soát lỗi, kiểm soát luồng dữ liệu, cắt / hợp dữ liệu v.v...) để tăng cường độ tin cậy và hiệu quả của công việc truyền dữ liệu.

- Huỷ bỏ liên kết (logic): giải phóng các tài nguyên hệ thống đã được cấp phát cho liên kết để dùng cho các liên kết khác.

Còn đối với phương thức không liên kết thì chỉ có duy nhất một giai đoạn truyền dữ liệu mà thôi.

Phương thức có liên kết cho phép truyền dữ liệu tin cậy, do được kiểm soát và quản lý chặt chẽ theo từng liên kết logic, nhưng bù lại việc cài đặt nó khá phức tạp. Ngược lại phương thức không liên kết cho phép dữ liệu có thể truyền đi theo nhiều đường khác nhau tới đích, thích nghi được với sự thay đổi trạng thái của mạng, song lại bị trả giá bởi sự khó khăn gặp phải khi tập hợp lại các dữ liệu để chuyển tới người sử dụng.

Việc lựa chọn phương thức hoạt động cho mỗi tầng phụ thuộc vào yêu cầu tổng hợp về chất lượng, hiệu quả, độ tin cậy... của việc truyền thông.

1.2.3.2. Truyền đơn giản; truyền hai chiều không đồng thời và hai chiều đồng thời

Nếu dữ liệu chỉ truyền theo một hướng duy nhất trong kết nối, mà không truyền theo hướng ngược lại gọi là truyền đơn giản (simplex). Trong phương thức truyền này, một thiết bị luôn luôn là thiết bị gửi, thiết bị còn lại luôn là thiết bị nhận.

Trong liên kết mà dữ liệu có thể truyền theo cả hai hướng (từ A đến B và ngược lại) nhưng vào hai thời điểm khác nhau được gọi là truyền hai chiều không đồng thời (Half duplex).

Trường hợp dữ liệu truyền theo hai hướng của liên kết ở cùng một thời điểm gọi là truyền 2 chiều đồng thời (Full duplex).

1.2.4. Các tổ chức thực hiện việc chuẩn hoá mạng máy tính

- ISO (International Organization for Standardization) là tổ chức tiêu chuẩn hoá quốc tế hoạt động dưới sự bảo trợ của Liên hiệp quốc với thành viên là các cơ quan tiêu chuẩn hoá của các quốc gia.

CCITT là tổ chức tư vấn quốc tế về điện tín và điện thoại cũng hoạt động dưới sự bảo trợ của Liên hiệp quốc, với các thành viên chủ yếu là các cơ quan Bưu chính - Viễn thông của các quốc gia hoặc tư nhân. Phương thức làm việc của CCITT cũng giống như ISO, chỉ khác là các sản phẩm của nó không được gọi là chuẩn (Standard) mà gọi là khuyến nghị (recommendation) CCITT đã ban hành các khuyến nghị loại - V liên quan đến vấn đề truyền dữ liệu, loại -X liên quan đến các mạng truyền dữ liệu công cộng và loại -I dành cho mạng ISDN. CCITT đầu tư vào công tác chuẩn hoá mạng sớm hơn ISO. Nhiều sản phẩm của CCITT sau đó được ISO thừa nhận và ban hành như là chuẩn quốc tế. Ngược lại mô hình OSI 7 tầng của ISO cũng được CCITT thừa nhận và ban hành như một khuyến nghị (X.200). Bảng 1.2 chỉ ra các chuẩn quan trọng được phát triển bởi hai tổ chức này.

- ITU-T có chuẩn nổi tiếng nhất là Seria V (như V32, V33, V34) quy định truyền dữ liệu qua đường điện thoại; Seria X (như X.25; X.400, X.500) quy định việc truyền qua mạng điện thoại số công cộng, thư điện tử, các dịch vụ thư mục, mạng ISDN và ISDN băng rộng là *siêu xa lộ thông tin*.

- IEEE có hội đồng chuyên gia phát triển chuẩn máy tính, truyền thông, công nghệ điện, điện tử, khi xem xét mạng LAN cho ra đời chuẩn có tên gọi là dự án 802 (802.3; 802.4; 802.5).

- EIA là hội các nhà chế tạo điện tử ở Mỹ, họ công bố chuẩn EIA 232-D và EIA 530.

- Internet Society cải tiến thủ tục TCP/IP, xem xét lại phần cứng, phần mềm Internet, đóng góp quan trọng của Hội Internet là phát triển chuẩn: *thủ tục quản trị mạng đơn giản* (Simple Network Management Protocol SNMP) và xem xét chuẩn các cầu nối: Bridger, các phân tuyến: Routers và các thủ tục cho các phân tuyến Routers.

Bảng 1.2. Các chuẩn quan trọng phát triển bởi ISO và CCITT

CCITT		Tầng	ISO	
Quy định dịch vụ	Thủ tục tầng		Quy định dịch vụ	Thủ tục tầng
X.217	X.400-X430 MHS X.288 RTSE X.299 ROSE X.227 ACSE	Ứng dụng (Application)	8649	9040 VT 8571 FTAM 8650 CASE 8831 JTM
X.216	X.216 X.208 X.209	Trình diễn (Presentation)	8822	8823 8824 8825
X.215	X.225	Phiên (Session)	8326	8327
X.214	X.224	Giao vận (Transport)	8072	8073 8602
X.213	Q.931 X.25 X.75 X.300-X.352	Mạng (Network)	8348	8208 8878 8473 8648
X.212	I.APB 1.44 O/I.441 LAPD	Liên kết dữ liệu (Data Link)	8886, 8802/2	7776 7809 3309 4335 8022
X.211	X.21 v.v...	Vật lý (Physical)	8802/3 8802/4 8802/5, v.v...	

TỔNG KẾT

- Cấu trúc đường truyền xác định mối liên quan của các thiết bị truyền thông với đường dẫn truyền thông.

- Trong cấu trúc đường truyền điểm - điểm, hai và chỉ hai thiết bị được nối bằng một liên kết riêng.

- Trong cấu hình đường truyền đa điểm có từ 3 hoặc nhiều hơn các thiết bị chia sẻ một liên kết.

- Kiến trúc mạng được hiểu là sự kết nối vật lý hoặc logic của mạng. Các thiết bị có thể được kết nối trong kiến trúc mạng lưới (mesh), hình sao, hình cây, đường trục (Bus), hình vòng (ring) hoặc kiến trúc lai.

- Truyền thông giữa hai thiết bị có thể xảy ra một trong 3 dạng truyền: một chiều (simplex); hai chiều luân phiên (half-duplex); hai chiều đồng thời (full-duplex).

- Truyền thông một chiều có nghĩa là dữ liệu chỉ truyền theo một hướng.

- Hai chiều luân phiên cho phép dữ liệu truyền cả hai hướng nhưng không phải cùng một lúc.

- Hai chiều đồng thời cho phép dữ liệu truyền theo cả hai hướng cùng một lúc.

- Mạng có thể phân loại thành LAN (Local Area Network); MAN (Metropolitan Area Network); WAN (Wide Area Network).

- Internet là mạng của các mạng.

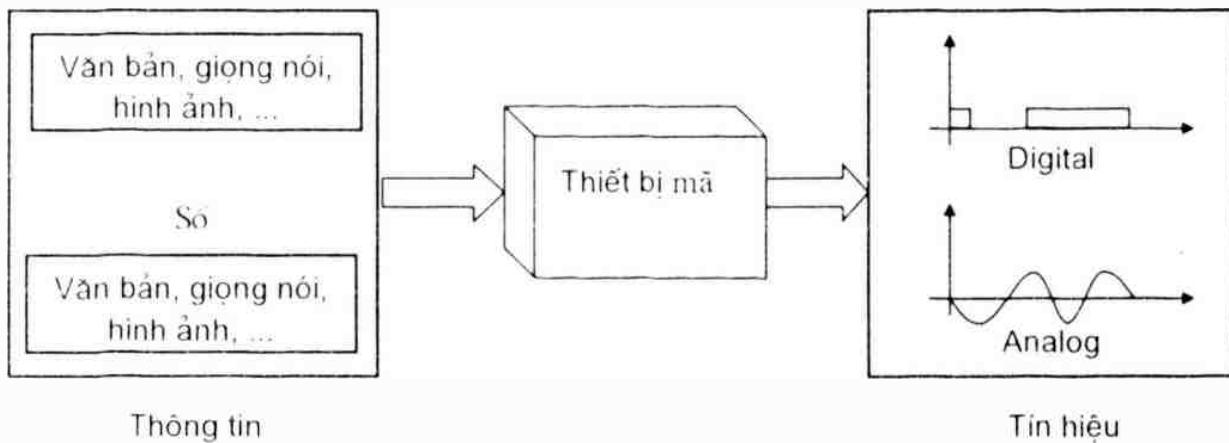
Chương 2

TÍN HIỆU VÀ MÃ HOÁ TÍN HIỆU

2.1. Tín hiệu

Lớp vật lý quan tâm chủ yếu đến việc truyền thông tin dạng điện tử qua môi trường truyền. Thông tin có thể là giọng nói, hình ảnh, dữ liệu số, kí tự hoặc mã... tức là một thông báo bất kỳ có thể đọc được và có ý nghĩa cho người sử dụng tại nơi nhận.

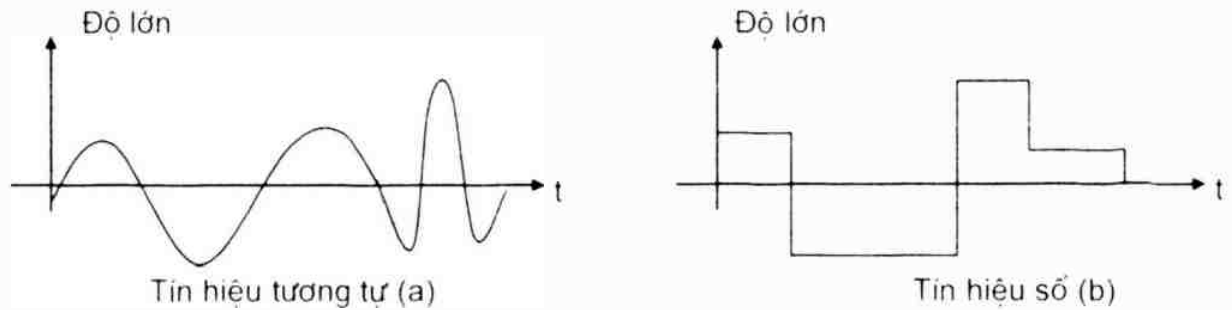
Nói chung thông tin không thể truyền qua mạng đến người dùng nếu không ở trong một dạng thích hợp. Thí dụ không thể đưa bức ảnh vào trong dây dẫn và truyền đi được. Tuy thế lại có thể truyền mã của bức ảnh đi. Thay cho việc gửi một bức ảnh thực, ta sử dụng việc mã hoá để khởi tạo chuỗi số 0, 1, các số này tới nơi nhận, thiết bị nhận biết cách cấu tạo lại bức ảnh như thế nào.



Thậm chí các số logic 1 và 0 cũng không thể gửi nguyên như dạng sẵn có của nó trong máy tính dọc đường liên kết mạng. Chúng phải biến đổi thành dạng phù hợp với môi trường truyền để nơi nhận có thể chấp nhận và phục hồi được thông tin. Môi trường truyền năng lượng của tín hiệu điện tử theo đường dẫn vật lý. Do vậy chuỗi dữ liệu 1, 0 phải chuyển thành năng lượng dưới dạng các tín hiệu điện tử.

2.1.1. Tín hiệu số và tín hiệu tương tự

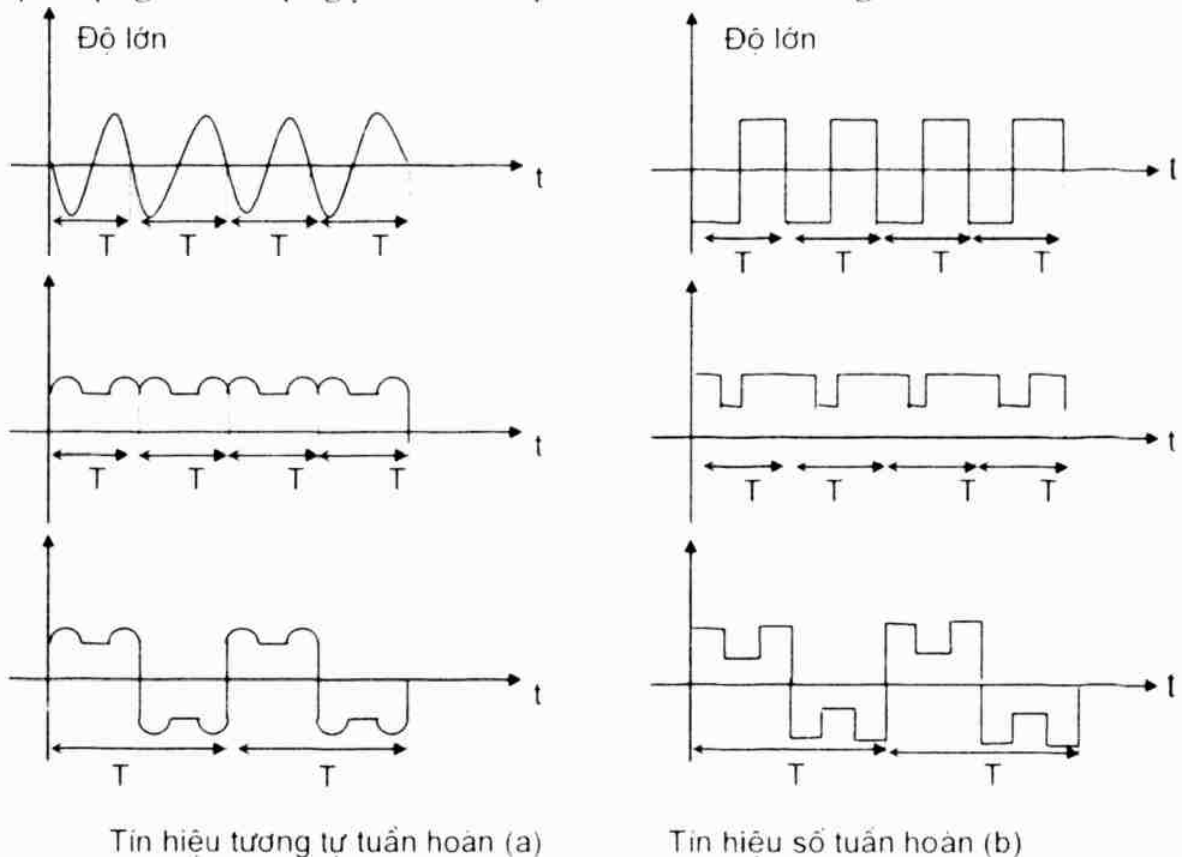
Tín hiệu tương tự là đại lượng vật lý như điện thế hoặc dòng điện, biên độ của nó nhận giá trị bất kỳ trong khoảng thời gian t . Trong khi đó tín hiệu số cũng là đại lượng vật lý như điện thế hoặc dòng điện nhưng chỉ nhận một số giới hạn các giá trị trong khoảng thời gian t . Hình vẽ 2.1 biểu thị mối quan hệ theo thời gian của tín hiệu tương tự và tín hiệu số.



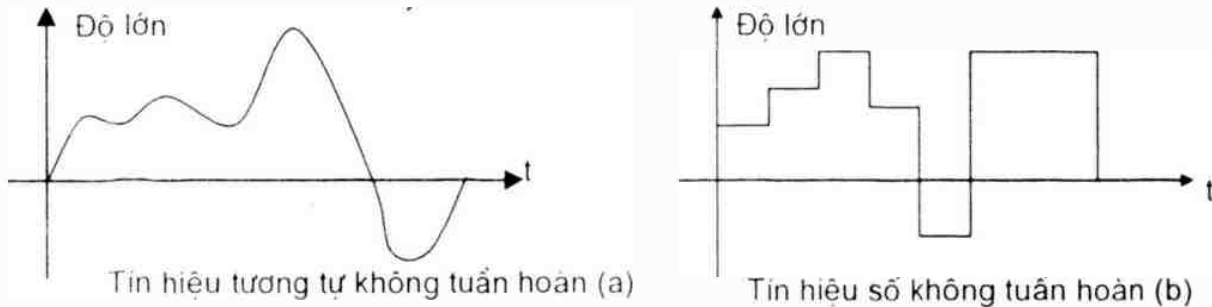
Hình 2.1: Tín hiệu tương tự (a) và tín hiệu số (b)

2.1.2. Tín hiệu tuần hoàn và không tuần hoàn

Tín hiệu có thể tuần hoàn hoặc không tuần hoàn. Tín hiệu tuần hoàn là tín hiệu lặp lại các giá trị của mình qua những khoảng thời gian xác định, như nhau, khoảng thời gian đó gọi là chu kỳ T . Tín hiệu dạng sin được gọi là tín hiệu tuần hoàn đơn giản nhất.



Ngược với tín hiệu tuần hoàn, tín hiệu không tuần hoàn không có các giá trị lặp lại tuần hoàn theo thời gian. Có thể phân tích tín hiệu không tuần hoàn thành một số vô hạn; tín hiệu tuần hoàn đơn giản nhất. Hình 2.2 biểu diễn các dạng tuần hoàn và không tuần hoàn của các tín hiệu tương tự (a) và tín hiệu số (b) tương ứng.

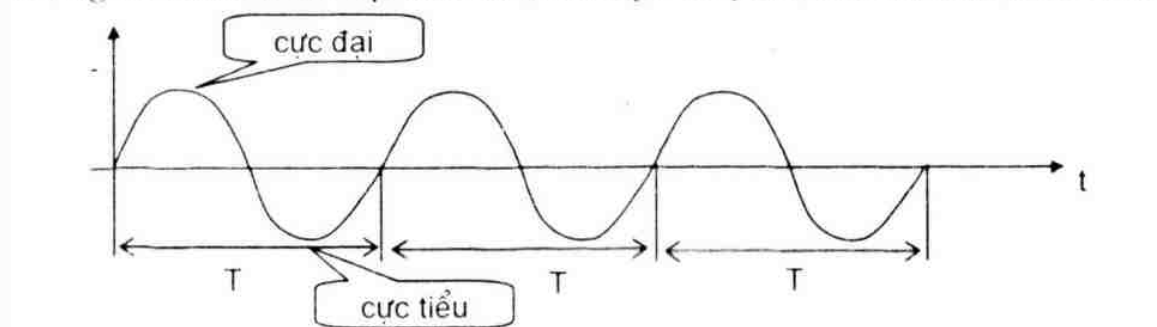


Hình 2.2: Tín hiệu tương tự tuần hoàn và không tuần hoàn (a);
tín hiệu số tuần hoàn và không tuần hoàn (b)

2.1.3. Các tín hiệu tương tự

Các tín hiệu tương tự được phân thành loại đơn giản và phức tạp. Loại đơn giản là loại có dạng sóng sin không thể phân tích thành các sóng đơn giản hơn. Loại phức tạp dạng sóng của nó có thể phân tích thành nhiều sóng sin.

Sóng sin là dạng cơ bản nhất của tín hiệu tuần hoàn. Nó có 3 đặc trưng cơ bản: biên độ, tần số (chu kỳ) và pha, chỉ ra trên hình 2.3.



Hình 2.3: Dạng sóng sin

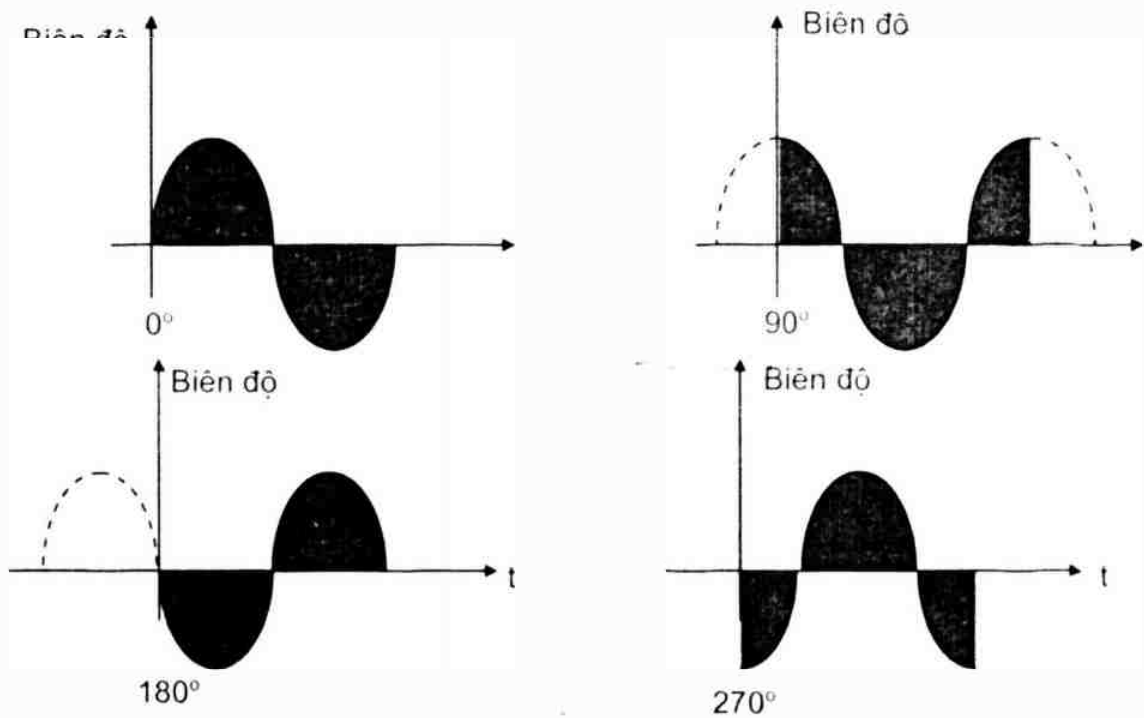
Biên độ là giá trị của tín hiệu tại một điểm bất kỳ trên sóng. Nó bằng khoảng cách từ điểm đã cho trên sóng đến trục hoành. Biên độ cực đại bằng điểm cao nhất của sóng trên trục tung. Biên độ đo bằng volts (amperes hoặc wats) phụ thuộc loại tín hiệu.

- Chu kỳ T là thời gian tính bằng số giây mà tín hiệu cần để thực hiện toàn bộ một chu trình. Tần số f là số chu trình mà tín hiệu thực hiện trong một giây. Mối quan hệ này được biểu diễn: $T = 1/f$, (hoặc $f = 1/T$). Tần số có đơn vị đo là Hz (Hertz).

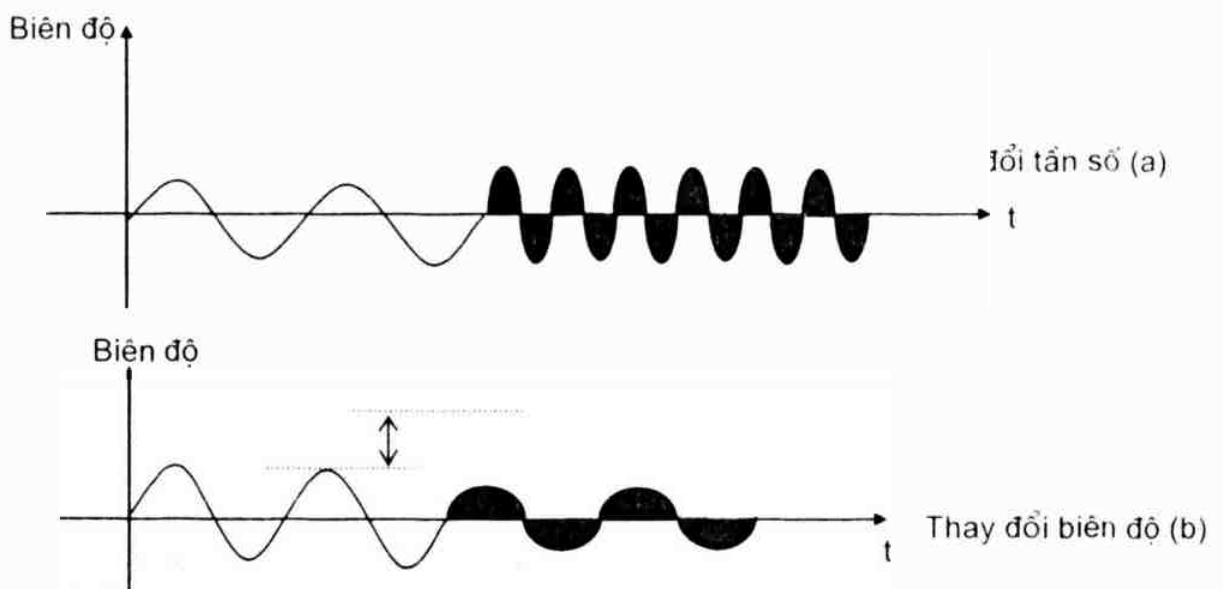
Pha của tín hiệu mô tả vị trí dạng sóng liên quan điểm zero của trục thời gian. Nếu cho rằng sóng là cái gì đó có thể dịch ngược, dịch xuôi trục thời gian, thì pha mô tả chính sự dịch đó. Nó cho biết tình trạng của chu trình đầu tiên.

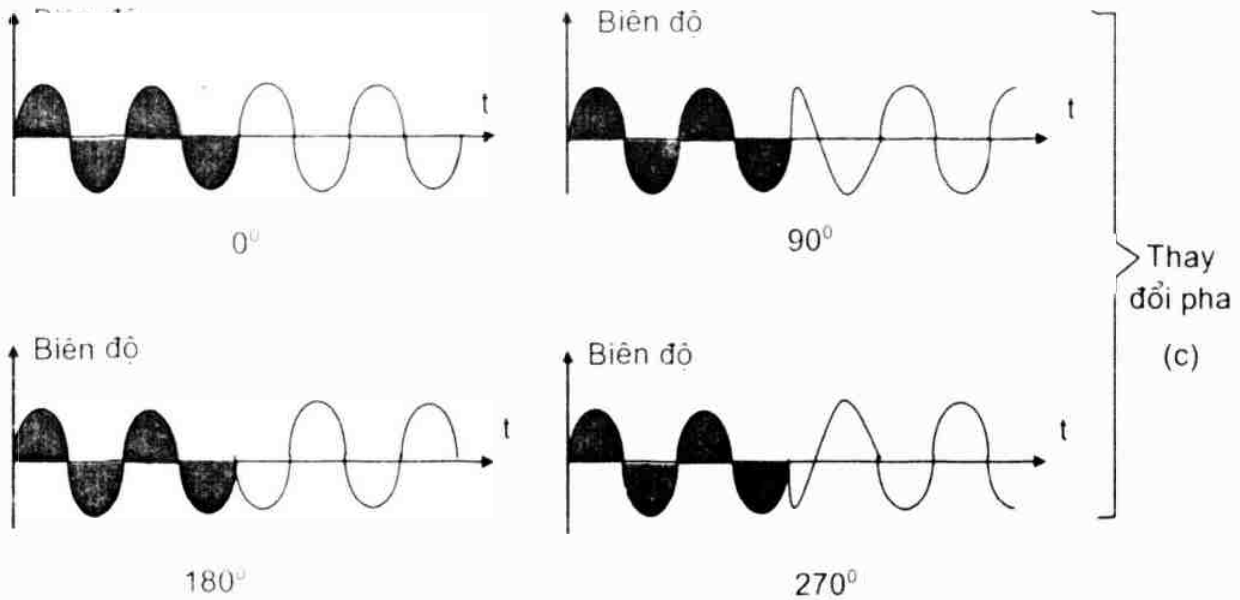
Pha đo bằng độ hoặc radian (360° là 2π radian). Dịch pha 360° là dịch pha của chu kỳ; dịch pha 180° là dịch $1/2$ chu kỳ; 90° là $1/4$ chu kỳ). hình 2.4 biểu diễn các dạng dịch pha này.

Nhờ vào phương pháp điều khiển, ta có thể thay đổi cả biên độ, tần số và pha của tín hiệu. Các thí dụ thay đổi thông số của tín hiệu chỉ ra trên hình 2.5.



Hình 2.4: Các dạng dịch pha thường gặp

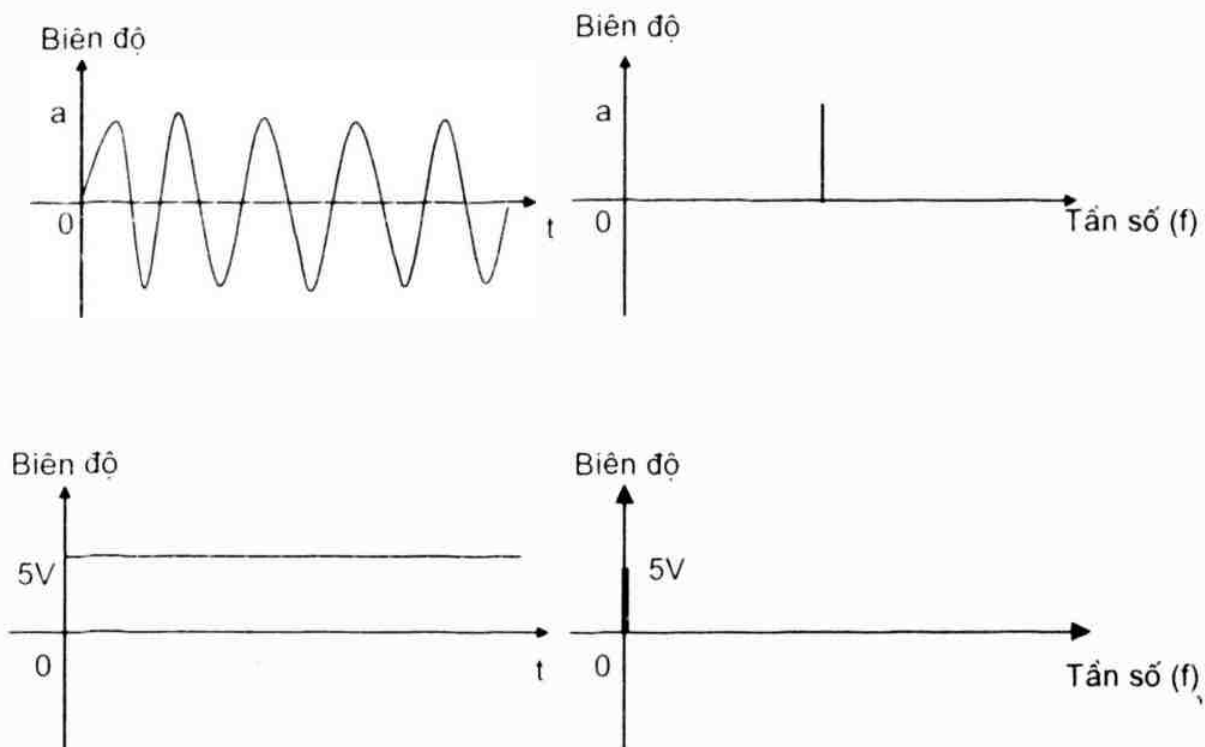




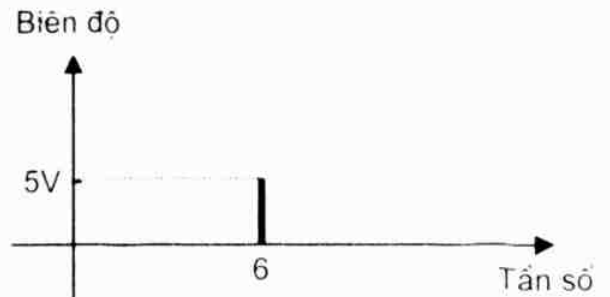
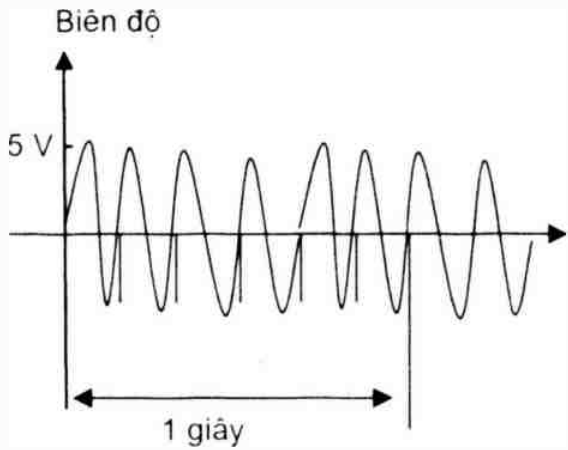
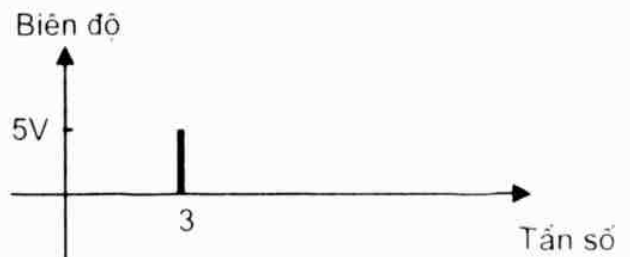
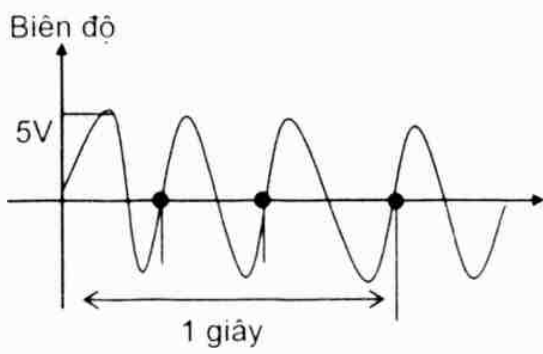
Hình 2.5: Thay đổi tần số (a), biên độ (b), và pha (c)

Có hai cách nhìn nhận về tần số, đó là số chu trình tín hiệu thực hiện được trong một giây hoặc tốc độ thay đổi của tín hiệu. Tín hiệu không có sự thay đổi được xem là tần số bằng 0; Tín hiệu thay đổi nhảy bậc chứa thành phần tần số ∞ .

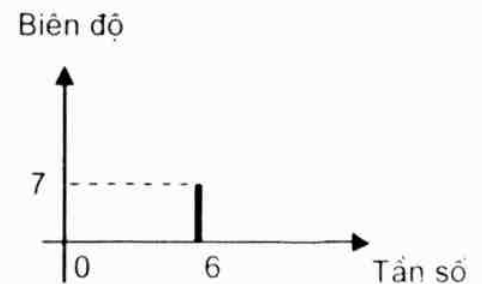
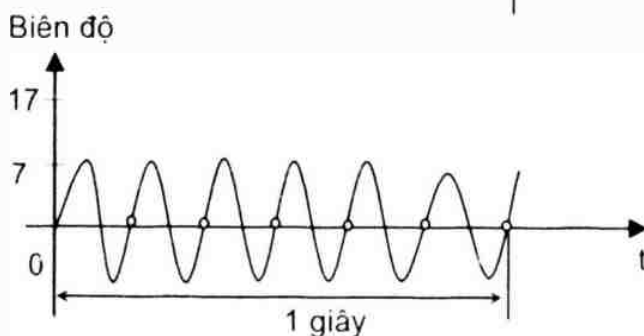
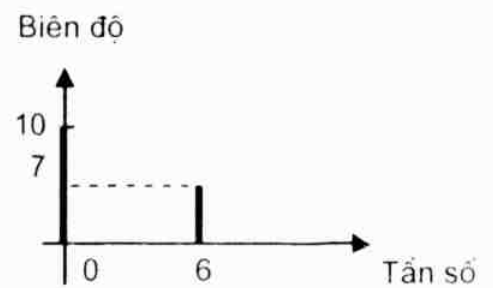
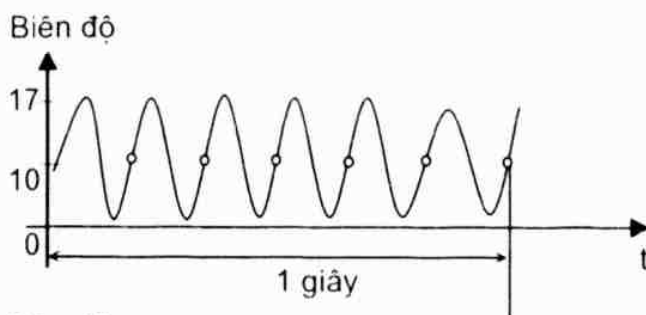
Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc thời gian và sự phụ thuộc tần số của tín hiệu chỉ ra trên hình 2.6.

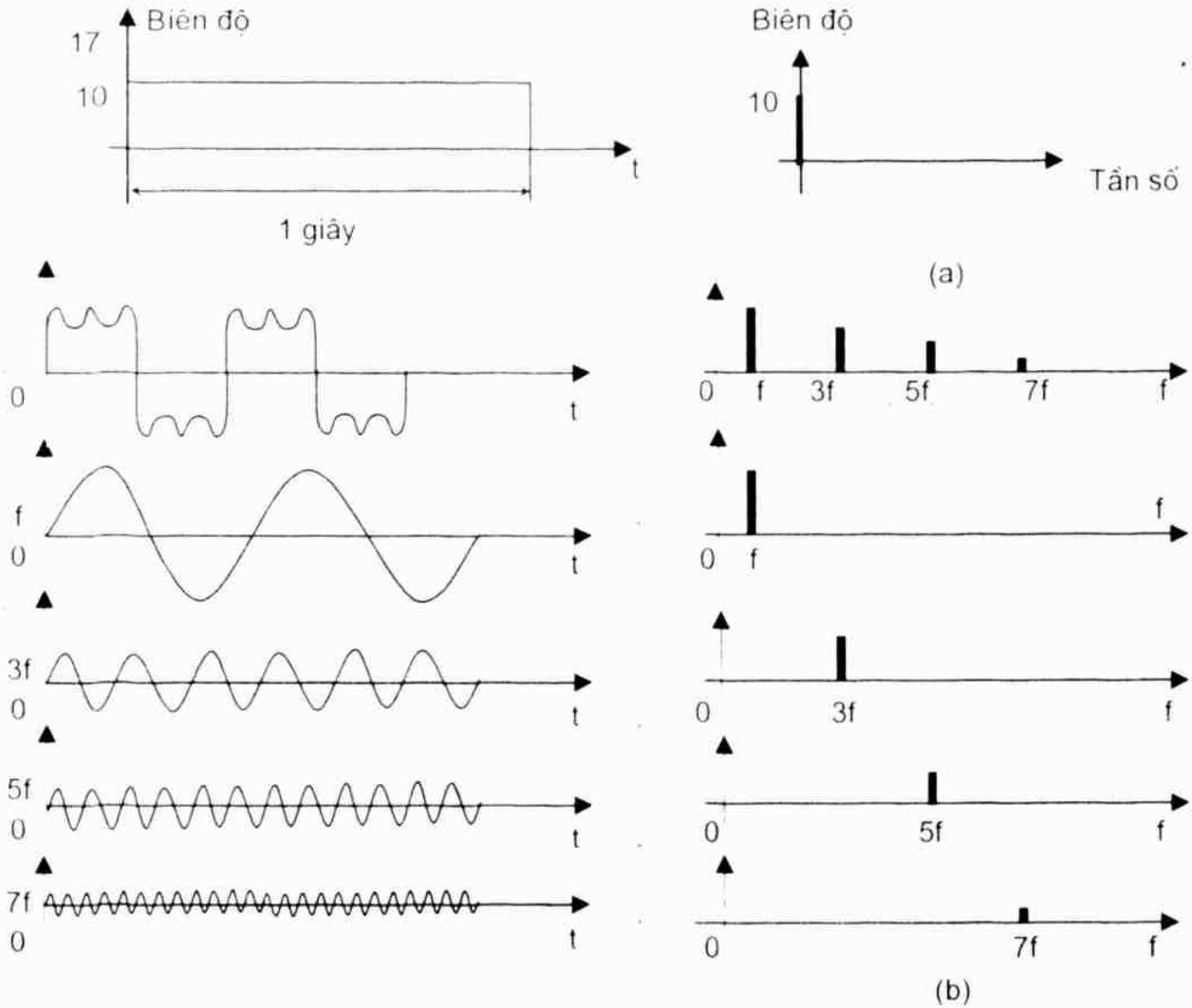


Hình 2.6. Đồ thị phụ thuộc thời gian (a) và tần số (b) của tín hiệu



Một tín hiệu tuần hoàn bất kỳ cho dù phức tạp đến đâu, đều được phân tích thành một tập hợp các sóng hình sin, mỗi sóng đó có biên độ, tần số, pha xác định. Để thấy rõ điều này cần phân tích Fourier tín hiệu một cách tỉ mỉ. Thí dụ trên sơ đồ hình 2.7 minh họa trường hợp một tín hiệu điều hoà dao động trên mức thế xác định (a) và một tín hiệu tương tự dạng phức tạp (b):

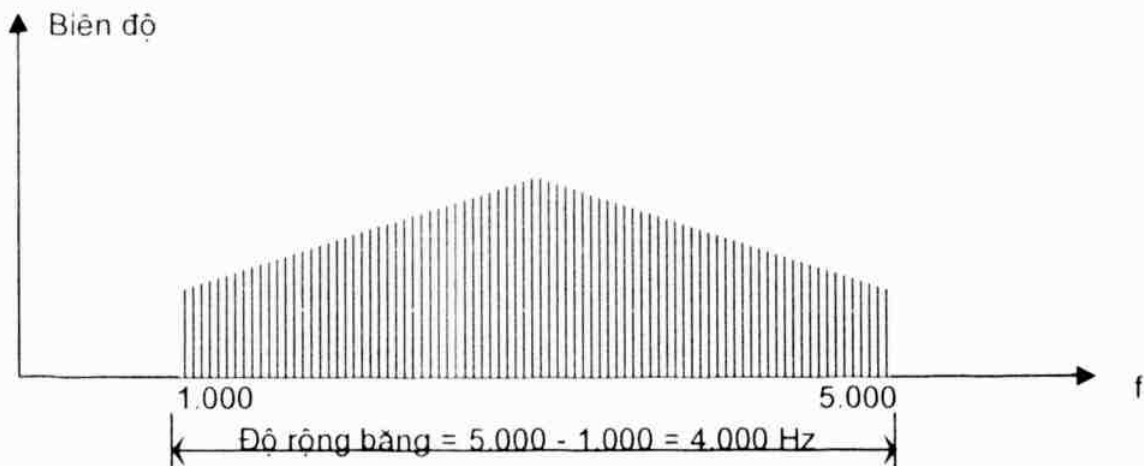




Hình 2.7: Khai triển Furie tín hiệu tuần hoàn trên mức điện áp (a) và tín hiệu phức tạp (b)

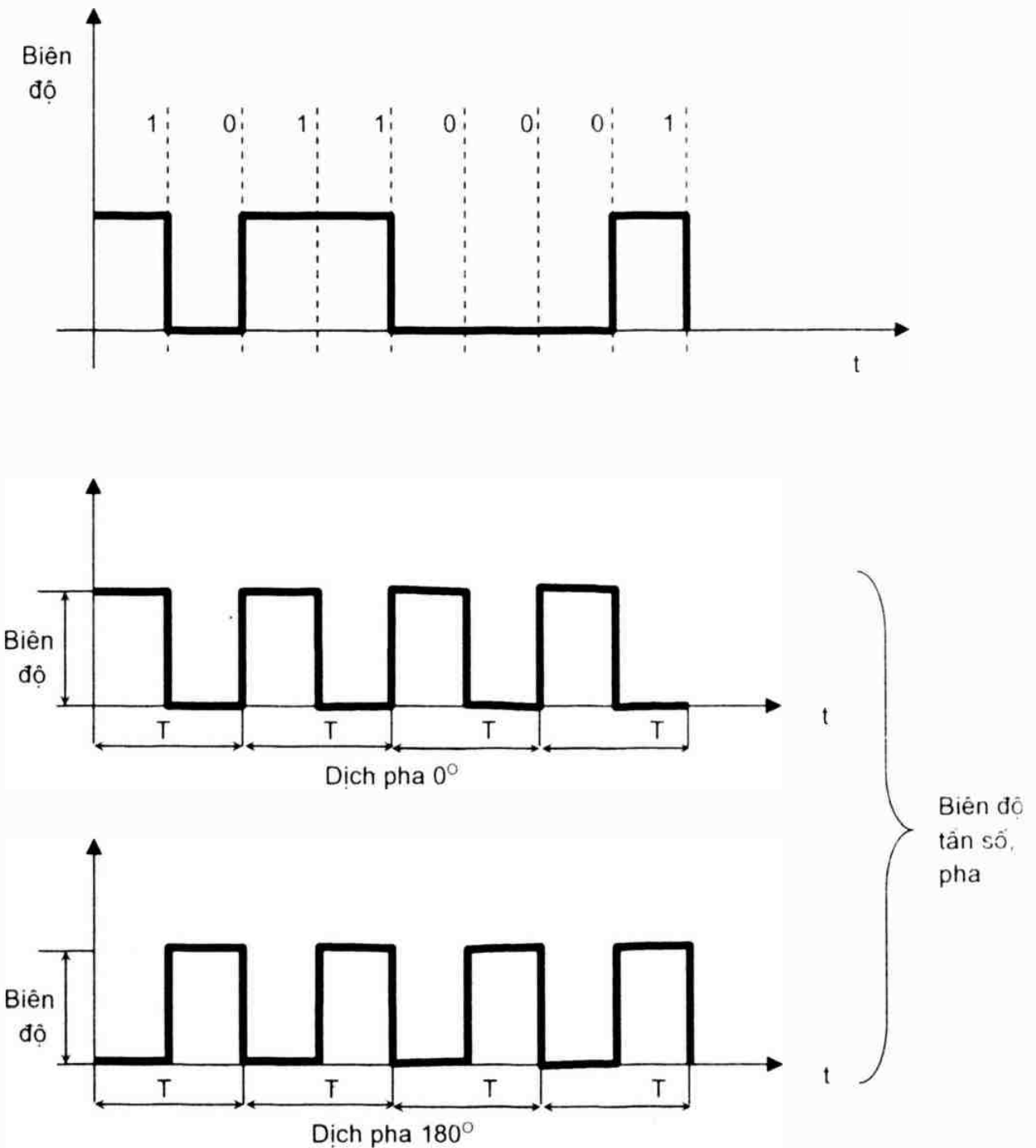
Từ những khái niệm trên dẫn đến khái niệm phổ tần và độ rộng băng (Bandwidth) của tín hiệu.

Phổ tần số tín hiệu là tổ hợp tất cả tín hiệu sóng sin tạo nên tín hiệu đó. Độ rộng băng tín hiệu là độ rộng của phổ tần có giá trị bằng tần số cao nhất trừ tần số thấp nhất, hình 2.8.



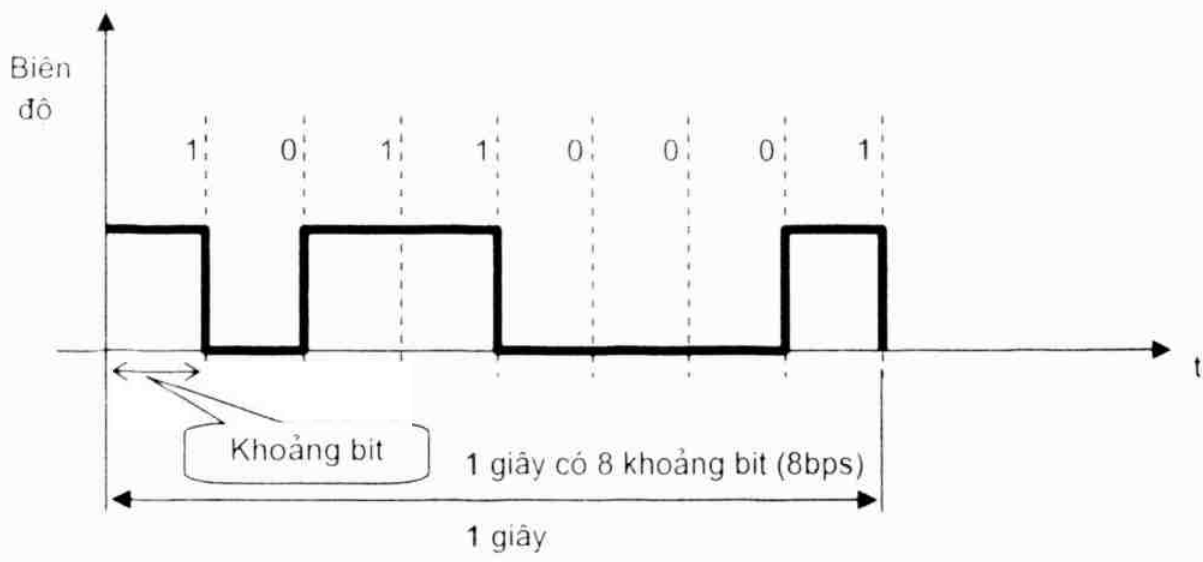
Hình 2.8: Độ rộng băng của tín hiệu

2.1.4. Tín hiệu số



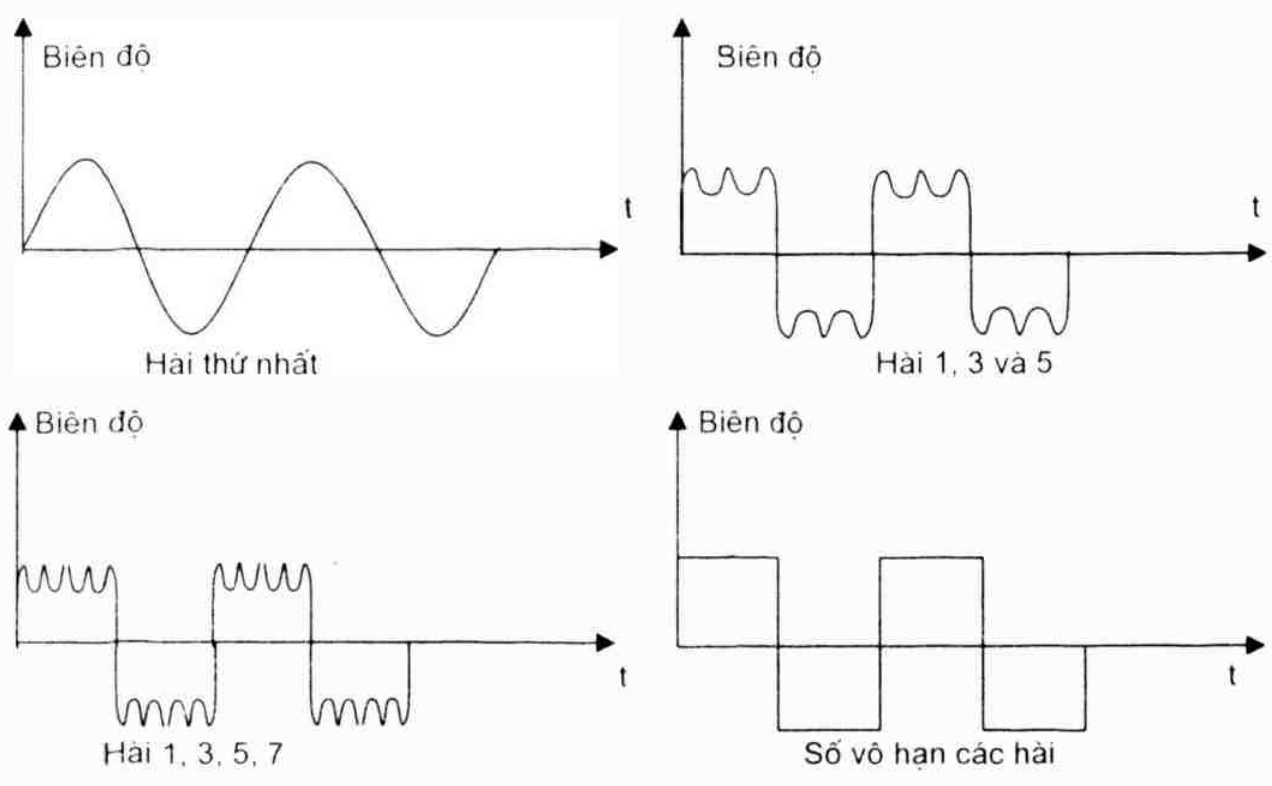
Hình 2.9: Chu kỳ, pha và biên độ của tín hiệu số

Các tín hiệu số thường không tuần hoàn nên người ta không dùng chu kỳ và tần số để đại diện mà dùng khoảng cách bit và tốc độ bit để thay thế. Khoảng cách bit là thời gian đòi hỏi để gửi một bit đơn. Tốc độ bit là số khoảng bit trên một giây. Như vậy tốc độ bit là số bit được gửi trong một giây, ký hiệu bps (viết tắt của bit per second), hình 2.10 minh họa các khái niệm này.



Hình 2.10: Khoảng cách bit và tốc độ bit của tín hiệu số

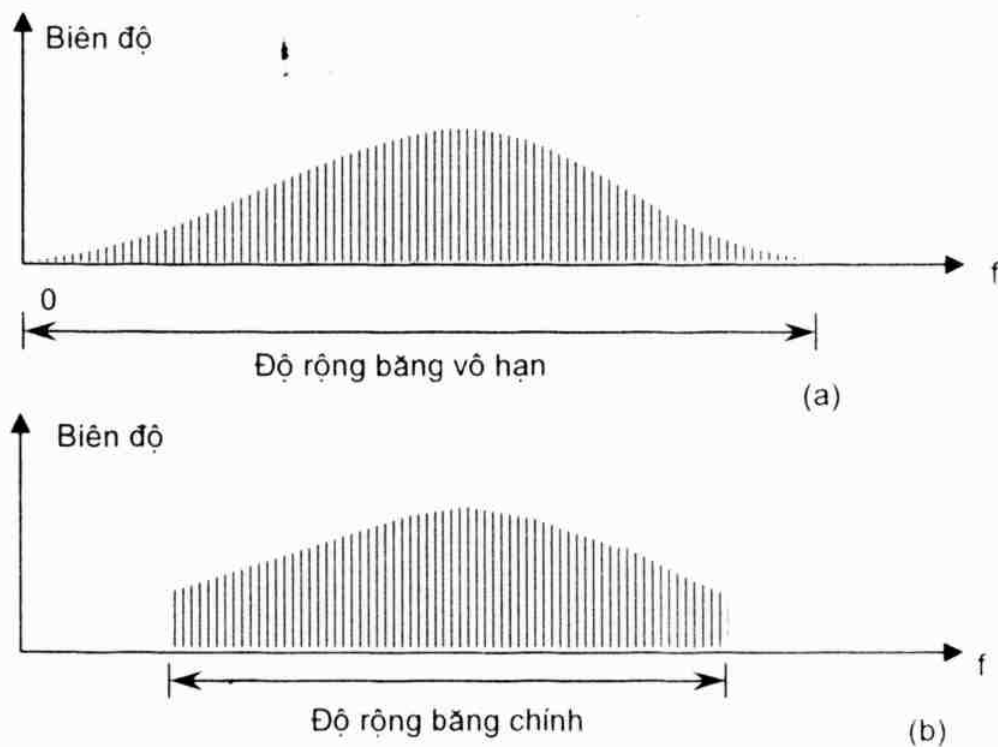
Tín hiệu số có thể phân tích thành một số vô hạn các sóng hình sin đơn giản gọi là các hài (Harmonics), mỗi hài có biên độ, pha và tần số khác nhau, hình 2.11 minh họa các hài của tín hiệu số.



Hình 2.11: Thành phần các hài của tín hiệu số

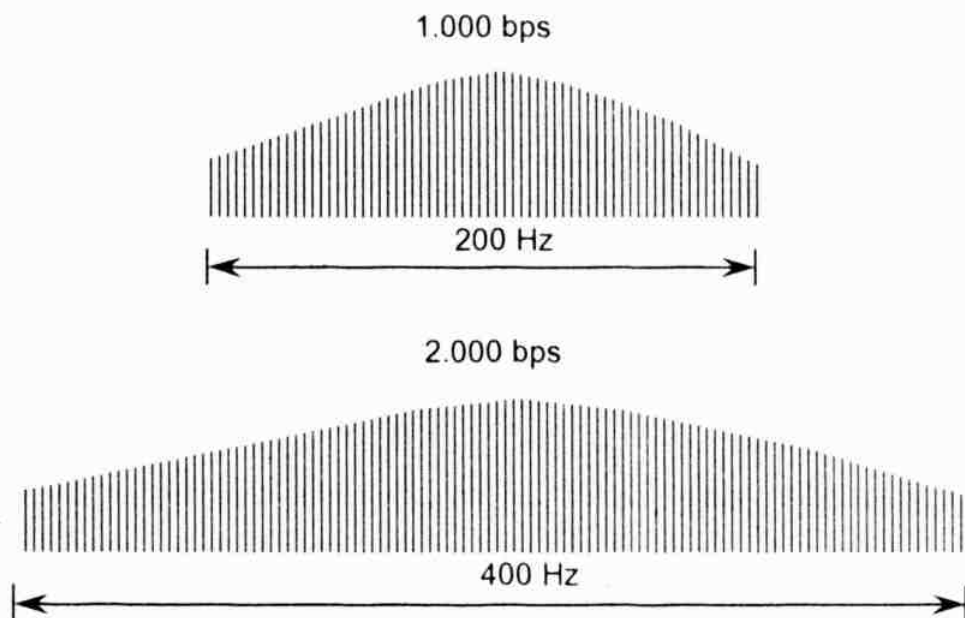
Khi gửi một tín hiệu số dọc môi trường truyền là gửi đi một số vô hạn các sóng sin đơn giản. Để nhận và hồi phục chính xác tín hiệu số, mọi thành phần tần số phải được truyền không mất mát trên môi trường truyền. Thực tế không có môi trường truyền nào có khả năng đó, vì vậy tín hiệu nhận được luôn có sự mất mát.

Tuy nhiên, nếu chỉ gửi đi một số nhất định các tần số có biên độ vượt một mức nào đó, ta có thể hồi phục gần chính xác tín hiệu ở nơi nhận. Vùng tần số đó gọi là độ rộng băng chính của tín hiệu số, như chỉ ra trên hình 2.12.



Hình 2.12: Độ rộng băng (a) và độ rộng băng chính (b) của tín hiệu số

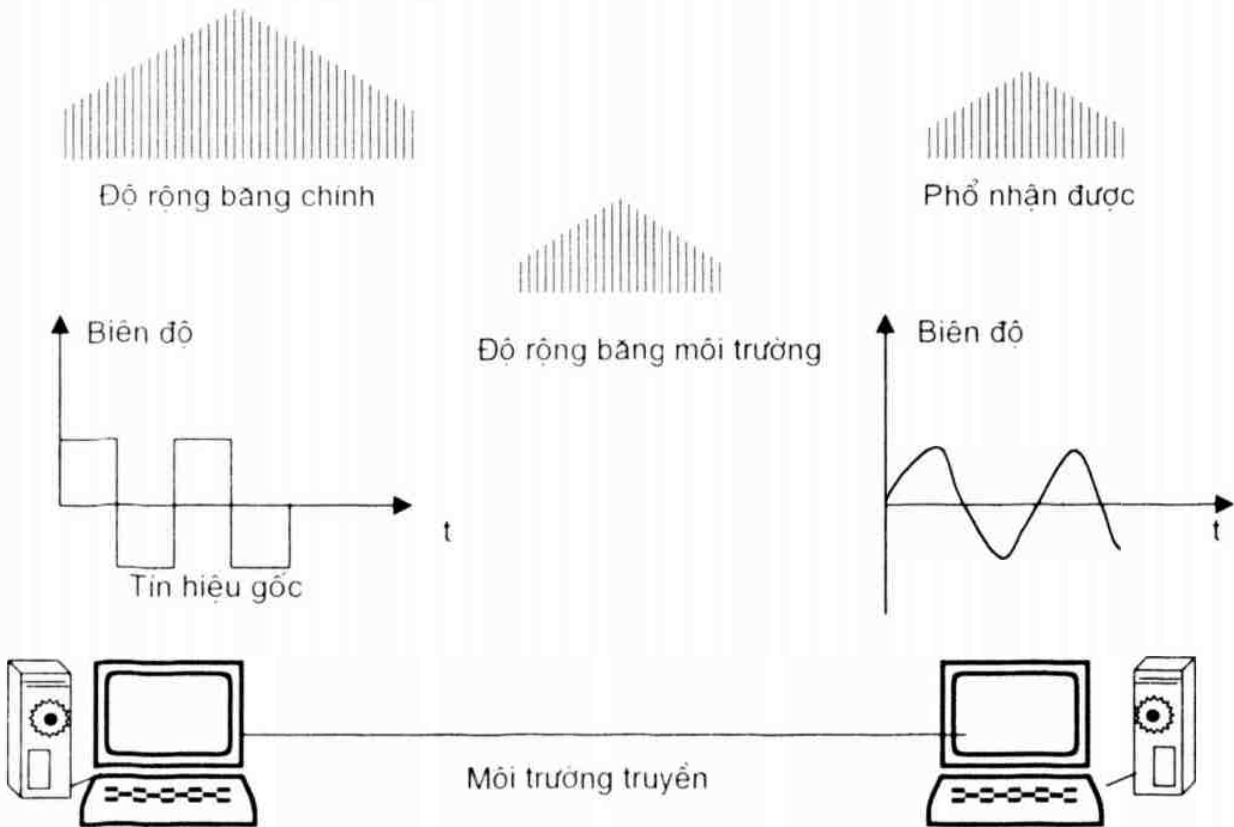
+ Tốc độ bit tăng dẫn đến độ rộng băng của tín hiệu mở rộng. Thí dụ tốc độ bit 1000 bps, độ rộng băng tín hiệu xác định khoảng 200Hz (phụ thuộc mức tạp âm). Nếu tốc độ bit 2000 bps, độ rộng băng là 400 Hz, như minh họa trên hình 2.13.



Hình 2.13: Độ rộng băng phụ thuộc tốc độ bit

Mối quan hệ giữa độ rộng băng môi trường và độ rộng băng chính của tín hiệu được xem xét như sau.

Môi trường truyền với độ rộng băng riêng, chỉ có khả năng truyền tín hiệu số mà độ rộng băng chính của nó nhỏ hơn độ rộng băng của môi trường. Hình 2.14 mô tả sự tương quan độ rộng băng tín hiệu và độ rộng băng môi trường.



Hình 2.14: Quan hệ độ rộng băng môi trường và độ rộng băng tín hiệu

Mối quan hệ giữa độ rộng băng của môi trường, tốc độ dữ liệu, khả năng kênh cần được quan tâm xem xét.

Độ rộng băng chính, tăng khi tốc độ bit tăng. Như vậy khi tốc độ bit tăng ta có độ rộng băng tăng và cần độ rộng băng môi trường lớn hơn để truyền. Rõ ràng độ rộng băng môi trường đặt ra giới hạn về tốc độ bit.

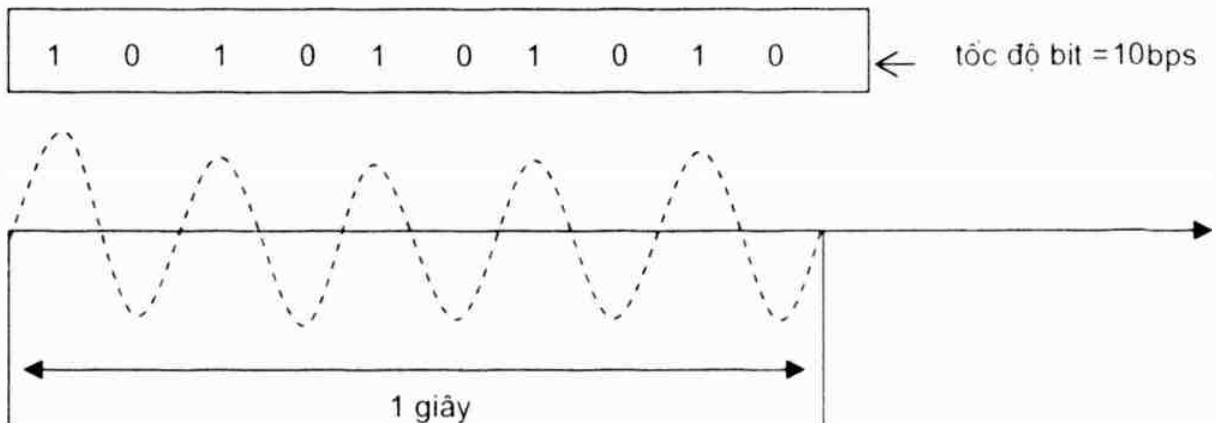
Tốc độ bit cực đại môi trường có thể truyền gọi là khả năng kênh của môi trường. Khả năng kênh phụ thuộc vào bản chất môi trường và phụ thuộc loại kỹ thuật mã hoá tín hiệu và tỷ lệ tín hiệu trên tạp âm của hệ thống.

Thí dụ, đường điện thoại có độ rộng băng là 3.600Hz, về mặt lý thuyết có khả năng truyền đến 20.000 bps, nhưng trong thực tế có một số nhân tố khác ảnh hưởng làm giảm tốc độ này.

Các thí dụ sau cho thấy các dữ liệu số được gửi bằng các tín hiệu tương tự như thế nào, cách thực hiện và độ rộng băng cần thiết cho mỗi trường hợp.

Thí dụ 1: Độ rộng băng nào cần được sử dụng để gửi dữ liệu có tốc độ 10bps bằng tín hiệu tương tự? Giả sử rằng mỗi lần đảo cực của tín hiệu tương tự đại diện 1bit.

Giải: Trong trường hợp xấu nhất, dữ liệu xen kẽ nhau các bit 0 và bit 1. Khi đó đòi hỏi độ rộng băng lớn nhất. Mỗi tổ hợp 1 và 0 được đại diện bằng một chu kỳ dao động dạng sin của tín hiệu tương tự. Do đó, có 5 chu kỳ mỗi giây.



Hình 2.15: Độ rộng băng tương đương với tốc độ bit

Nếu gửi 2 bit trên 1 chu kỳ của tín hiệu tương tự, 10 bit/giây cần 5 chu kỳ/giây tín hiệu tương tự, vậy độ rộng băng yêu cầu 5 Hz. Hình 2.15 minh họa lời giải này.

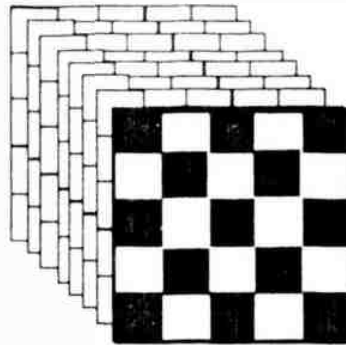
Thí dụ 2: So sánh độ rộng băng để gửi dữ liệu ở 1000 bps và 10.000 bps bằng tín hiệu tương tự.

Giải:

- Tương tự bài 1, tốc độ dữ liệu 1.000bps đòi hỏi tín hiệu tương tự 500Hz và tốc độ dữ liệu 10.000bps đòi hỏi tín hiệu tương tự 5.000 Hz. Như vậy độ rộng băng trường hợp đầu bằng 1/10 độ rộng băng trong trường hợp sau. Rõ ràng tốc độ dữ liệu tăng, độ rộng băng cũng tăng. Nói cách khác muốn truyền dữ liệu với tốc độ lớn, đòi hỏi kênh truyền có độ rộng băng lớn.

Thí dụ 3: Muốn truyền 10 bức ảnh trong 1 giây, mỗi bức có 5 × 5 ô, cần độ rộng băng nào để mã hoá ảnh số này?

Giải: Mỗi bức ảnh có 25 ô. Trường hợp xấu nhất, các ô đen và trắng xen kẽ nhau. Giả sử gửi một ô tương đương gửi 1 bit. Ô đen bit 1, ô trắng bit 0. Như vậy, cần gửi đi 25 bit/1 bức ảnh. Theo đầu bài truyền 10 bức ảnh trong 1 giây tức là gửi 250 bit/giây. Điều đó tương đương với độ rộng băng 125Hz của tín hiệu tương tự.



Thí dụ 4: Màn hình tivi là 1 lưới gồm 525 đường ngang và 700 đường dọc (có 367.500 ô nhỏ - pixels). Ô có thể là đen hoặc trắng (1 hoặc 0). Có 30 khung màn hình được quét trong 1 giây. Độ rộng băng (lý thuyết) nào cần thiết? Trường hợp xấu nhất là các ô trắng, đen xen kẽ nhau.

Giải: Số bit được gửi trong 1 giây là $30 \times 367.500 = 11.025.000$. Nếu số bit tương ứng với 1 ô thì trong 1 giây gửi 11.025.000 bit.

Độ rộng băng là: $11.025.000 / 2 = 5.512.500 \approx 6\text{MHz}$. Trong thực tế tivi thương mại cũng sử dụng 6 MHz cho mỗi kênh.

2.2. Mã hoá tín hiệu

Mã hoá dữ liệu thành tín hiệu trước khi gửi đi nhằm làm cho tín hiệu phù hợp với môi trường truyền, tăng tốc độ bit, để nơi nhận đồng bộ dễ dàng hơn khi nhận dữ liệu, triệt tiêu thành phần một chiều (DC) trên đường truyền, giảm tạp nhiễu ảnh hưởng lên dữ liệu trong quá trình truyền v.v... Thông tin mã phụ thuộc vào dạng gốc của nó và vào dạng mà phần cứng truyền thông đòi hỏi.

Có bốn kiểu mã hoá tín hiệu: Mã hoá số - số; Mã hoá số - tương tự; Mã hoá tương tự - số; Mã hoá tương tự - tương tự.

2.2.1. Mã hoá số - số

Mã hoá số - số là đại diện thông tin số bằng tín hiệu số. Thí dụ: Truyền số liệu từ máy tính tới máy in, truyền dữ liệu trên mạng máy

tính. Dữ liệu gốc và dữ liệu được truyền đều là số. Trong loại mã này, các số nhị phân 0, 1 từ máy tính được chuyển thành các xung điện liên tiếp để chuyển qua sợi dây.

Có nhiều phương pháp mã hoá số - số, trong đó có ba loại thường dùng trong truyền thông: Unipolar, Polar, Bipolar (đơn cực, mã cực và 2 cực).

a) Mã đơn cực Unipolar. Là mã giản và sơ lược nhất. Unipolar sử dụng xung một phân cực, nên chỉ 1 trong 2 trạng thái nhị phân được mã hoá. Mức thế đại diện cho "1", mức zero đại diện cho "0". Như vậy Unipolar chỉ dùng 1 mức thế để mã.

Khi truyền mã này trên đường liên kết tồn tại hai vấn đề nan giải: thành phần DC xuất hiện trên đường liên kết và không có cơ chế đồng bộ tín hiệu ở nơi nhận.

- Thành phần DC là thành phần 1 chiều (thành phần tần số bằng 0) sinh ra trên đường truyền do biên độ trung bình khác 0 mà các mã tạo ra. Tín hiệu chứa thành phần DC không thể truyền qua môi trường (nếu không có thành phần điều khiển DC).

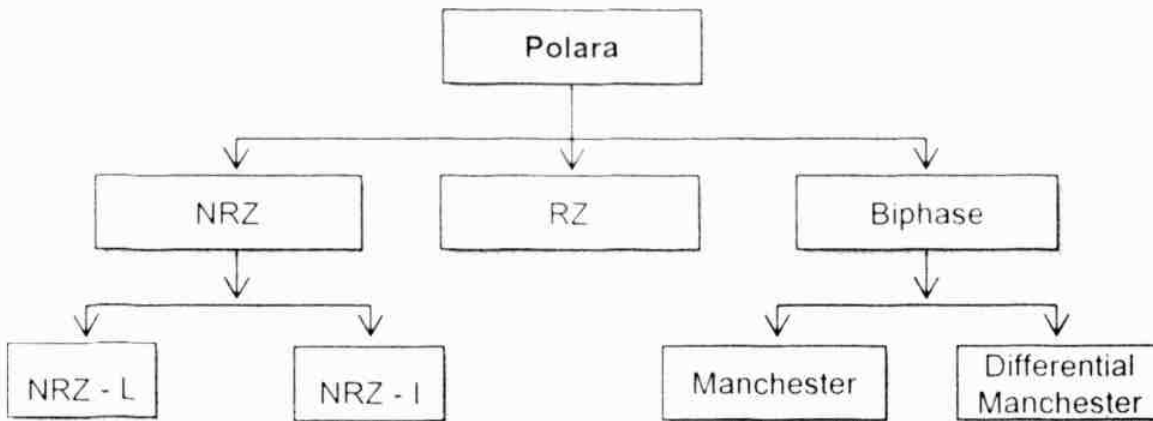
- Vấn đề mất đồng bộ xuất hiện khi chuỗi liên tiếp các logic 0 hoặc 1 kéo dài. Khi tín hiệu không thay đổi, nơi nhận không biết được đâu là bắt đầu và đâu là kết thúc 1 bit. Giả sử tốc độ bit là 1000 bit/s, nếu trôi qua 0,005 giây, mức thế dương kéo dài trong khoảng thời gian đó tương đương với 5 bit 1 liên tục. Nếu trôi qua khoảng thời gian dài hơn việc nhận biết số bit tương ứng có thể không chính xác do đồng hồ nơi nhận và nơi gửi lệch nhau.

Để khắc phục tình trạng này, có thể dùng thêm một đường truyền đồng thời với đường dữ liệu, để mang xung đồng hồ. Điều đó cho phép thiết bị nhận đồng bộ thời gian của nó với thời gian của tín hiệu. Nhưng như thế là không kinh tế vì phải dùng đến 2 đường liên kết riêng rẽ. Các phương pháp mã được khảo sát sau đây là cách khắc phục những tồn tại nêu trên.

b) Mã cực Polar

Mã cực sử dụng 2 mức thế, 1 dương, 1 âm vì thế thành phần DC tổng cộng bị triệt tiêu. Có nhiều phương pháp mã cực khác nhau, trong đó 3 phương pháp phổ biến nhất là: NRZ, RZ và 2 pha (biphase). Hình 2.16 khái quát các phương pháp mã cực.

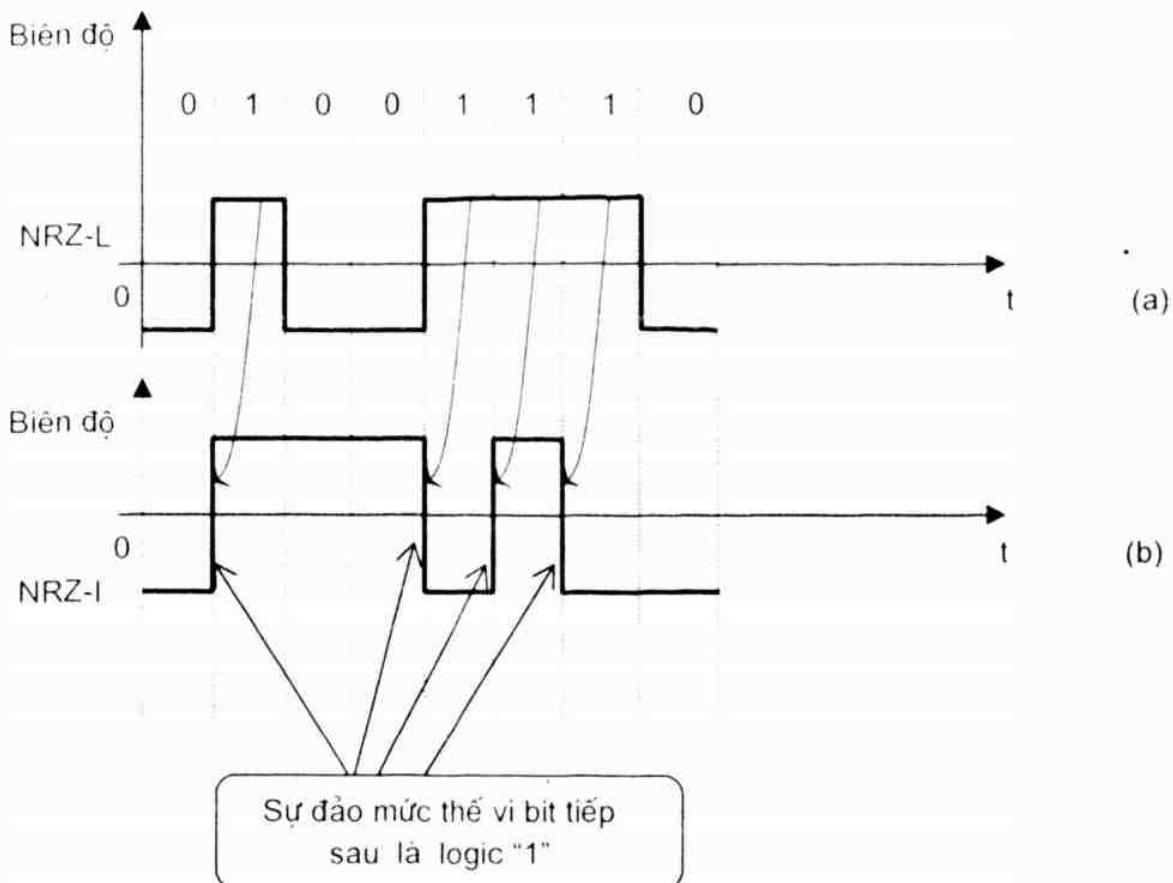
- Mã NRZ: thể hiện tín hiệu luôn là mức thế dương hoặc mức thế âm. khi không truyền, tức là đường truyền im lặng thể hiện bằng mức zero.



Hình 2.16: Các phương pháp mã số - số

Mã cực NRZ biểu thị bằng mức thế gọi là NRZ - L: Mức thế dương là "1", thế âm là "0".

Mã NRZ sử dụng đảo mức thế gọi là NRZ - I: Sự đảo mức thế đại diện cho bit "1", đó là sự chuyển giữa 2 mức thế (sườn xung) chứ không phải mức thế; Bit "0" được đại diện bởi mức thế không đổi. Thí dụ trên hình 2.17 minh họa các mã NRZ - L (a) và NRZ - I (b):

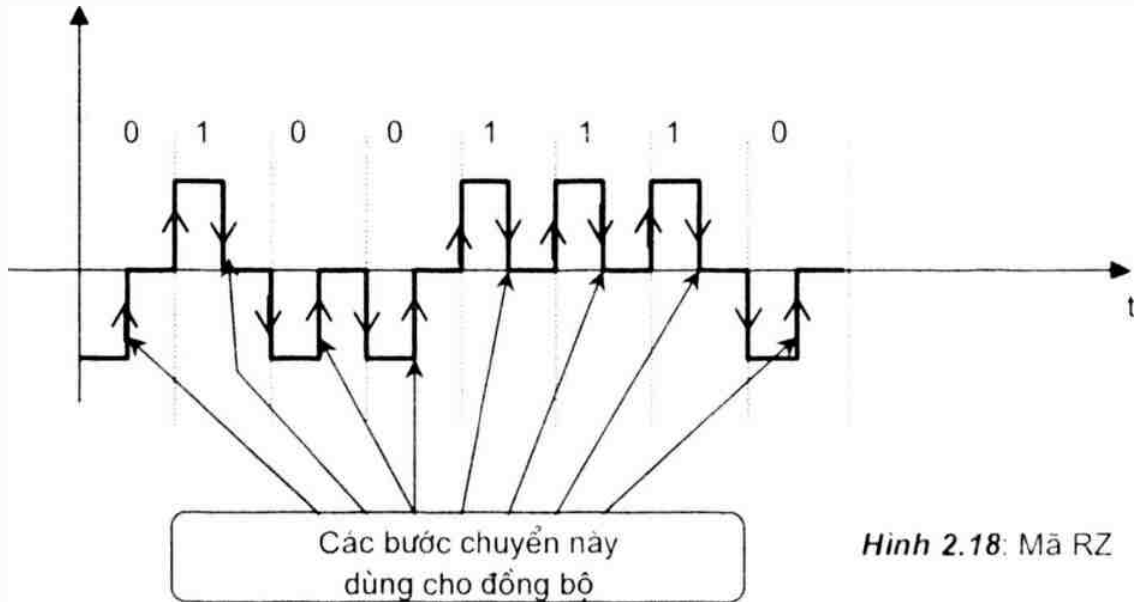


Hình 2.17: Mã NRZ - L (a) và NRZ - I (b)

- Mã quay về zero RZ (Return to Zero).

Để đảm bảo đồng bộ, cần sự thay đổi trên mỗi bit. Nơi nhận căn cứ vào sự thay đổi này xây dựng, cập nhật và đồng bộ nhịp của nó.

Khác với NRZ - I, RZ cần 3 mức thế: dương, âm và zero để mã hoá. Tín hiệu không thay đổi giữa các bit mà thay đổi trong thời gian kéo dài của bit. Thế dương đại diện "1", thế âm đại diện "0", nửa đường ở 1/2 khoảng bit tín hiệu về mức thế zero nhằm mục đích đồng bộ. Thí dụ trên hình 2.18 minh hoạ mã RZ:



Nhược điểm của RZ là cần 2 lần thay đổi tín hiệu ở 1 bit và do đó mã loại này yêu cầu độ rộng băng lớn hơn.

c) Mã hoá hai pha Biphas: Mã hoá 2 pha là giải pháp tốt nhất cho vấn đề đồng bộ. Trong phương pháp này, tín hiệu thay đổi giữa khoảng bit nhưng không quay về zero. Cũng như trong NRZ, sự thay đổi ở khoảng giữa bit này nhằm mục đích đồng bộ.

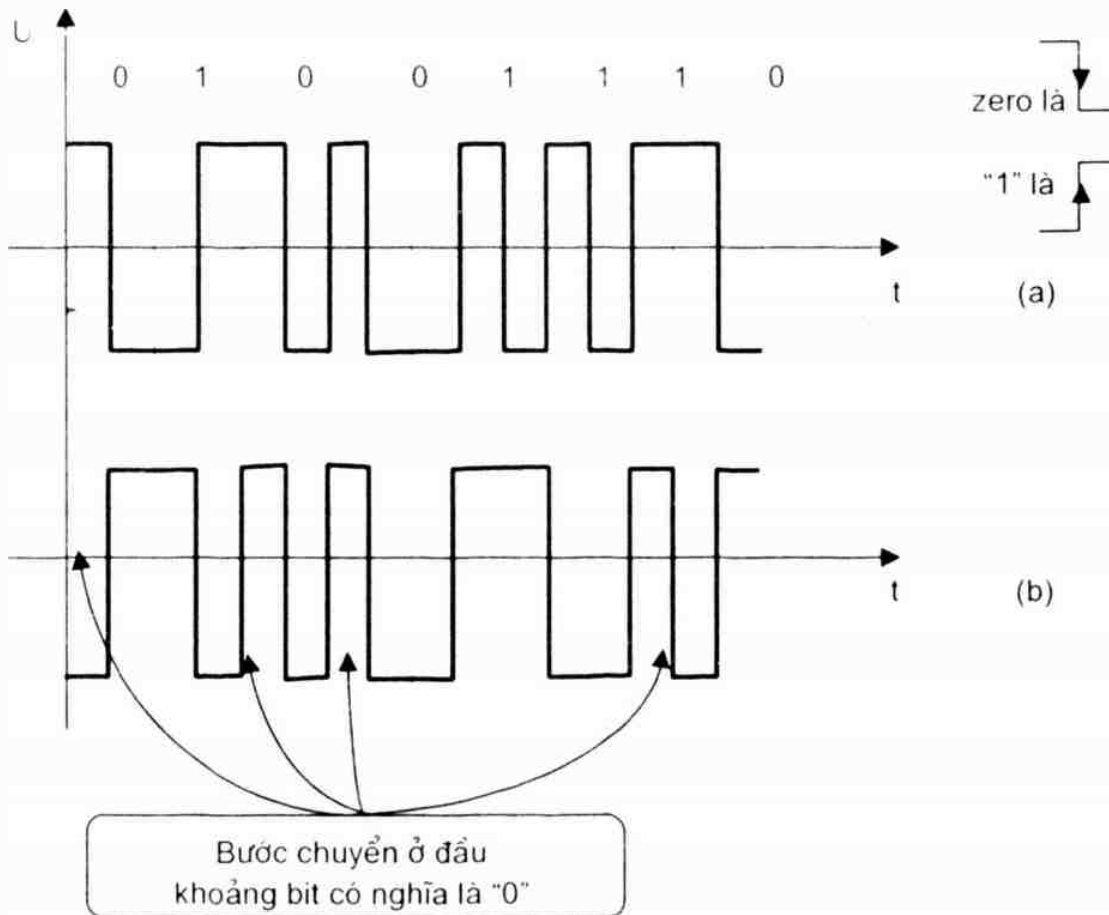
Có 2 loại mã biphas được dùng trong mạng có tên gọi là mã Manchester và Manchester vi phân.

Mã Manchester sử dụng thao tác ở giữa mỗi khoảng bit vừa cho đồng bộ vừa làm đại diện bit. Bước chuyển từ âm đến dương thể hiện bit "1", Bước chuyển từ dương đến âm thể hiện bit "0". Mã này có cơ chế hoạt động đồng bộ như RZ nhưng chỉ dùng 2 mức thế âm và dương. Như vậy mã Manchester, sử dụng sự chuyển mức giữa khoảng bit cho cả mục đích đồng bộ và thể hiện bit.

Mã Manchester vi phân đảo chiều ở giữa khoảng bit cho mục đích đồng bộ, còn sự có mặt và vắng mặt của bước chuyển ở đầu

khoảng bit dùng để nhận biết bit. Sự chuyển mức đại diện cho logic "0", không chuyển thể hiện logic "1". Như vậy, để thể hiện bit 0 cần 2 lần thay đổi tín hiệu, còn thể hiện bit 1 chỉ cần 1 lần.

Mức chuyển giữa bit dùng cho đồng bộ. Đại diện bit thể hiện ở việc đảo hay không đảo ở đầu khoảng bit. Thí dụ trên hình 2.19 minh hoạ mã Manchester và Manchester vi phân:



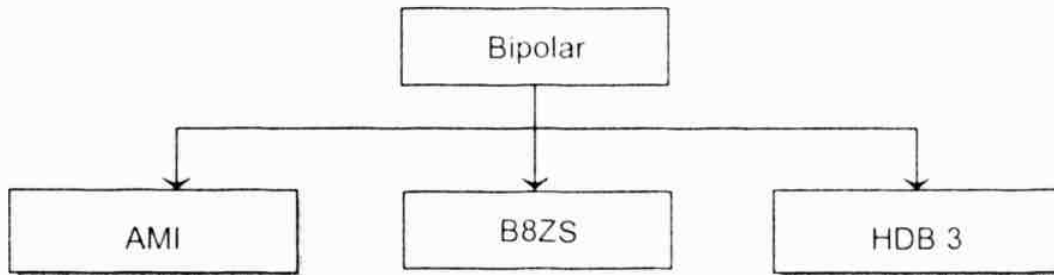
Hình 2.19 Mã Manchester (a) và Manchester vi phân (b)

d) Mã hoá hai cực Bipolar

Mã Bipolar giống mã RZ sử dụng 3 mức thế: dương, âm và zero. Tuy nhiên mức zero trong Bipolar đại diện cho bit "0", thế dương và âm đại diện cho bit "1". Nếu bit 1 thứ nhất là thế dương, thì bit 1 thứ hai là mức thế âm, bit 3 là mức dương... Điều đó xảy ra xen kẽ nhau ngay cả khi các bit 1 không liên tiếp nhau. Như vậy bit "1" được mã hoá theo hai cực điện thế.

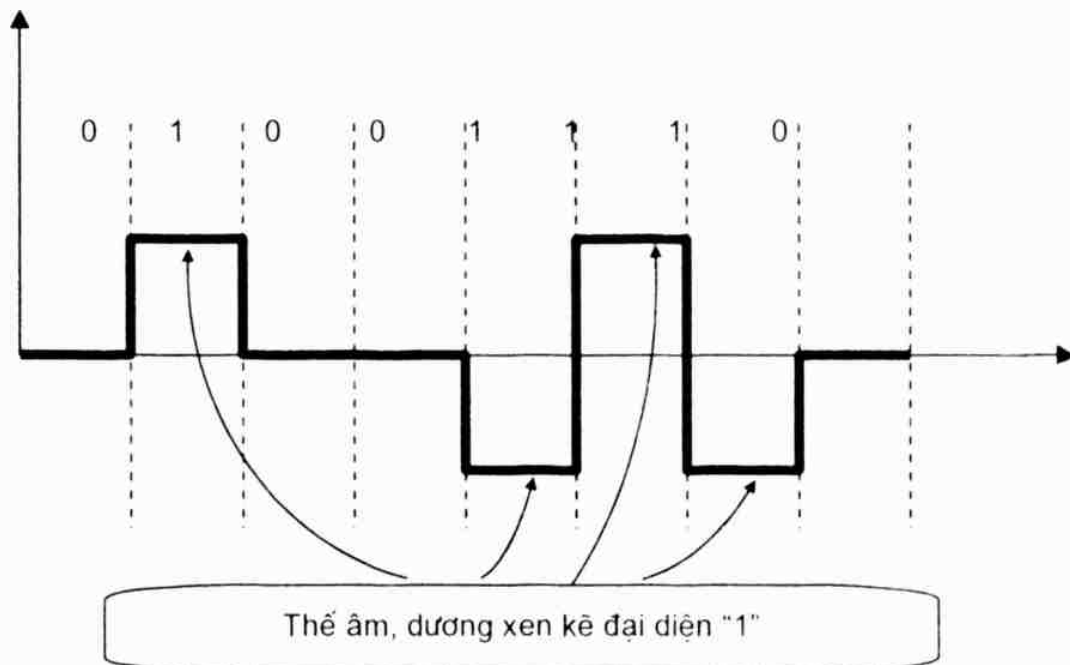
Có 3 loại mã bipolar thường dùng nhiều trong truyền thông là: AMI, B8ZS và HDB3, như minh hoạ trên hình 2.20.

Mã đảo dấu hai cực luân phiên AMI (Bipolar Alternate Mark Inversion AMI) là loại đơn giản nhất của mã bipolar.



Hình 2.20 Các dạng của mã hoá Bipolar

Thế zero, đại diện "0", còn logic "1" được thể hiện bởi mức thế âm dương xen kẽ. Thí dụ trên hình 2.21 minh hoạ dạng mã AMI:

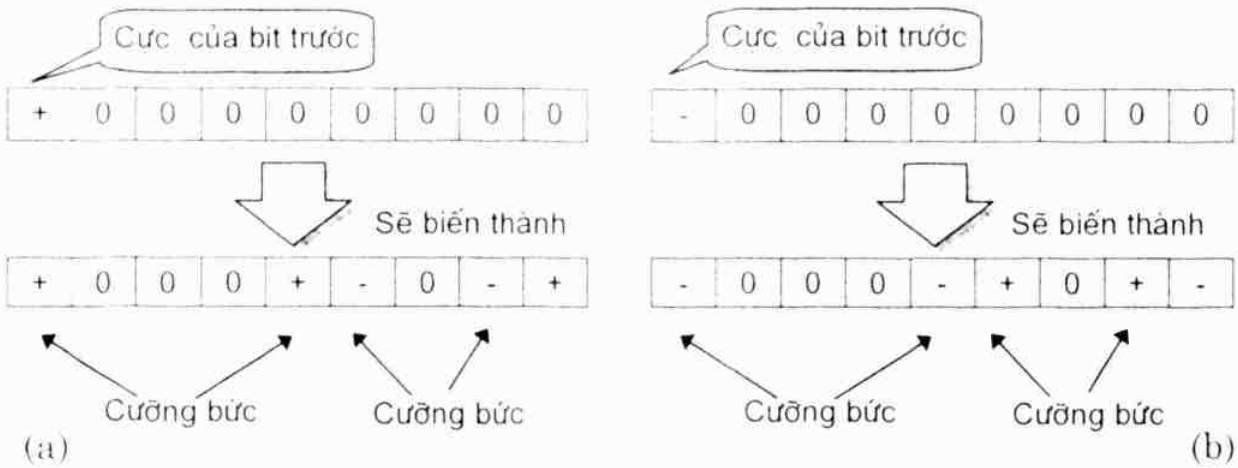


Hình 2.21: Mã AMI

Với cách đảo mức thế cho logic "1" mã AMI làm cho thành phần DC = 0 và sự liên tiếp logic 1 cũng được đồng bộ rất tốt. Tuy nhiên không có cơ cấu đồng bộ cho liên tiếp kéo dài các logic "0".

Có 2 phương án khác nhằm khắc phục cho tình trạng kém đồng bộ của mã AMI khi có nhiều logic "0" kéo dài. Đó là mã thay thế lưỡng cực 8 zero B8ZS: (Bipolar 8-zero Substitution) được dùng nhiều ở bắc Mỹ và mã lưỡng cực mật độ cao: HDB3 (High - Density Bipolar) dùng ở châu Âu và Nhật Bản. Cả 2 đều phỏng theo mã AMI nhưng có sự thay thế logic "1" các đoạn có nhiều bit "0" liên tiếp.

Mã B8ZS tương tự mã AMI, chỉ khác khi có chuỗi liên tiếp logic "0" nhiều hơn hoặc bằng 8, phải cưỡng bức thay đổi tín hiệu trong chuỗi "0" đó. Thay đổi cưỡng bức tùy thuộc vào cực của bit "1" ngay trước bit "0" của chuỗi này. Thí dụ cụ thể cho trên hình 2.22:

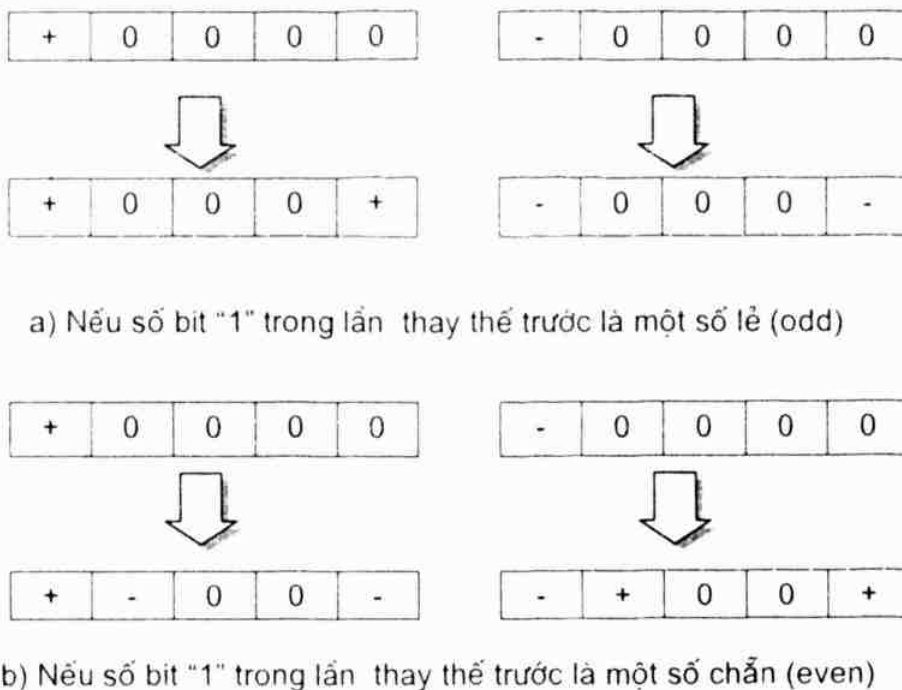


Hình 2.22: Mã AMI khi cực tính + (a) và khi cực tính - (b)

Thiết bị nhận xem xét các cực xen kẽ để nhận biết bit "1" khi thấy sự thay đổi bất thường 2 cực đứng liên tiếp bao quanh 3 logic "0" nó nhận ra sự cường bức cố ý, không xem đó là lỗi. Tiếp theo thiết bị nhận tìm cặp cường bức thứ 2. Sau khi tìm được cặp thứ 2 này nó liền biến đổi cả 8 bit thành logic "0" và chuyển trở lại AMI bình thường.

Như vậy, nếu có 8 logic "0" liên tiếp, mã B8ZS biến đổi chuỗi bit này theo 2 cách tùy vào cực của bit 1 trước chuỗi logic "0" này.

Mã HDB3 giải quyết sự liên tiếp các số "0" theo cách khác. Khi xuất hiện 4 logic "0" liên tiếp sẽ có cường bức thay đổi tín hiệu, có 4 cách thay thế cường bức tùy thuộc vào cực của bit "1" trước chuỗi này và vào số các logic của sự thay thế trước đó. Hình vẽ 2.23 dưới đây minh họa tất cả các khả năng có thể thay thế.



Hình 2.23: Các khả năng có thể của mã HDB3

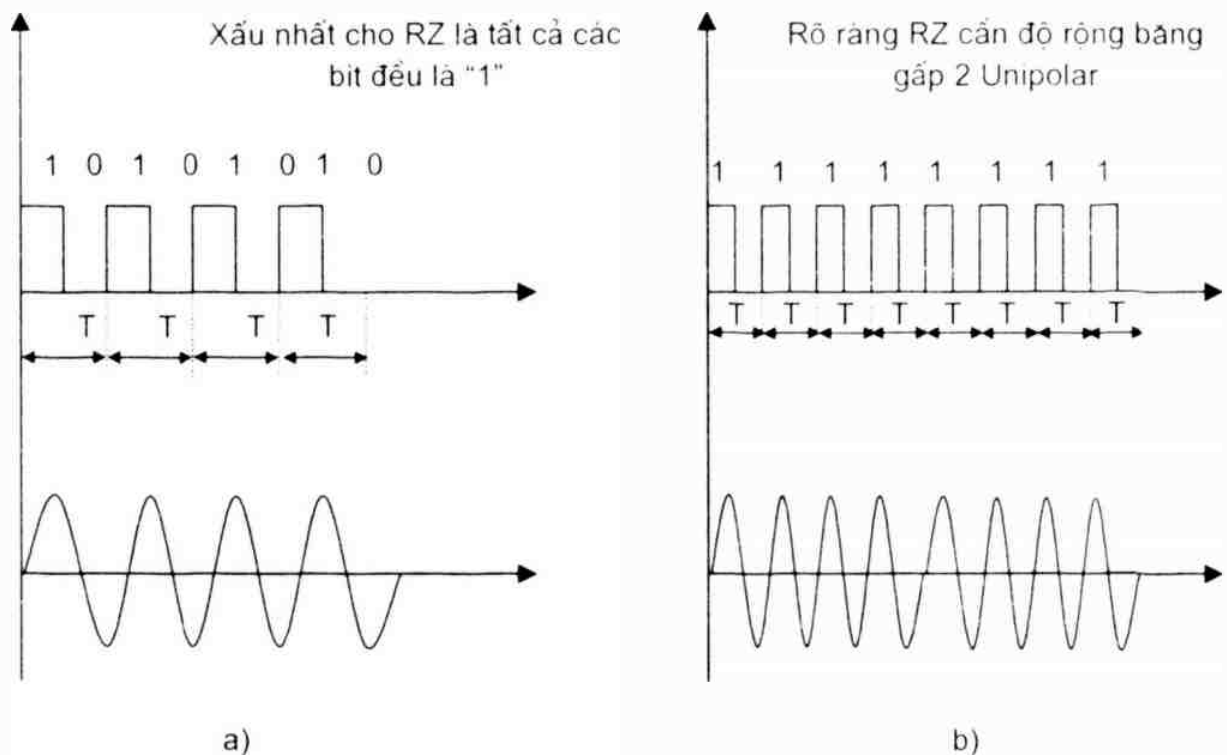
Khi số bit "1" trong lần thay thế trước là một số lẻ, cường bức đặt vào vị trí số "0" thứ 4, nếu cực bit trước là "+", cường bức là "+" nếu cực bit trước đó là "-", cường bức là "-". Khi số bit "1" trong lần thay thế trước là một số chẵn, cường bức đặt vào vị trí số "0" thứ nhất và thứ 4, nếu cực bit trước là "+", cả 2 cường bức đều "-", nếu bit trước là "-" cả hai cường bức đều "+".

Nhờ có cường bức, nơi nhận phát hiện ra có sự cố ý và dùng nó để đồng bộ hệ thống.

Sau đây dẫn ra một số thí dụ minh hoạ và so sánh các loại mã.

Thí dụ 1: So sánh độ rộng băng cần cho mã Unipolar và mã RZ. Giả sử chọn trường hợp xấu nhất cho cả 2 loại mã này.

Giải:

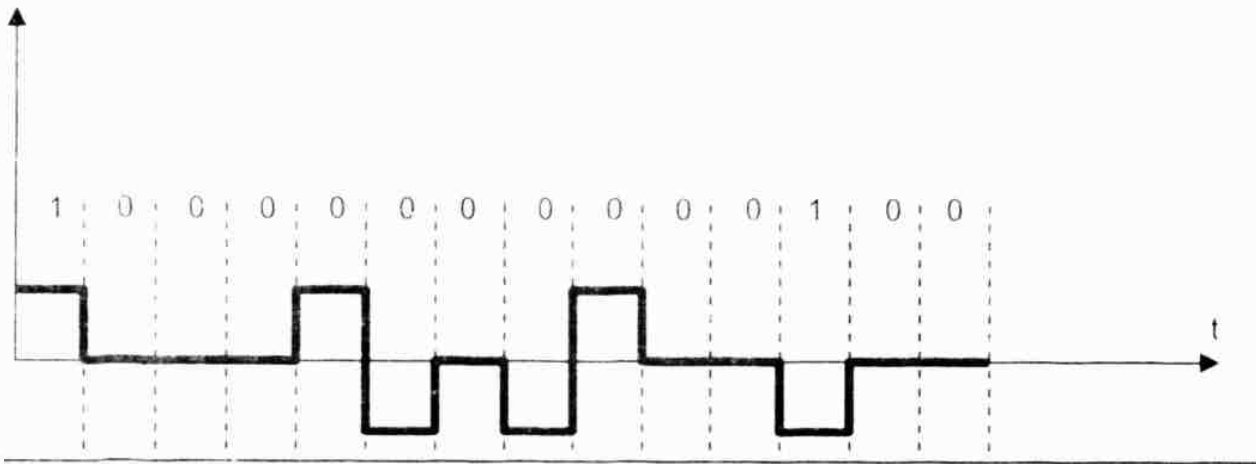


Thí dụ 2 : So sánh độ rộng băng dùng cho mã Manchester và Manchester vi phân. Giả sử trường hợp xấu nhất cho cả 2 mã.

Giải: Xấu nhất cho Manchester là sự liên tiếp "1" hoặc "0" có 2 lần thay đổi cho 1 bit (1 chu kì/bit). Xấu nhất cho Manchesterr phân biệt là liên tiếp các bit "0", 2 lần thay đổi /bit (1 chu kỳ/bit). Độ rộng (tỷ lệ với tốc độ bit) cả 2 như nhau.

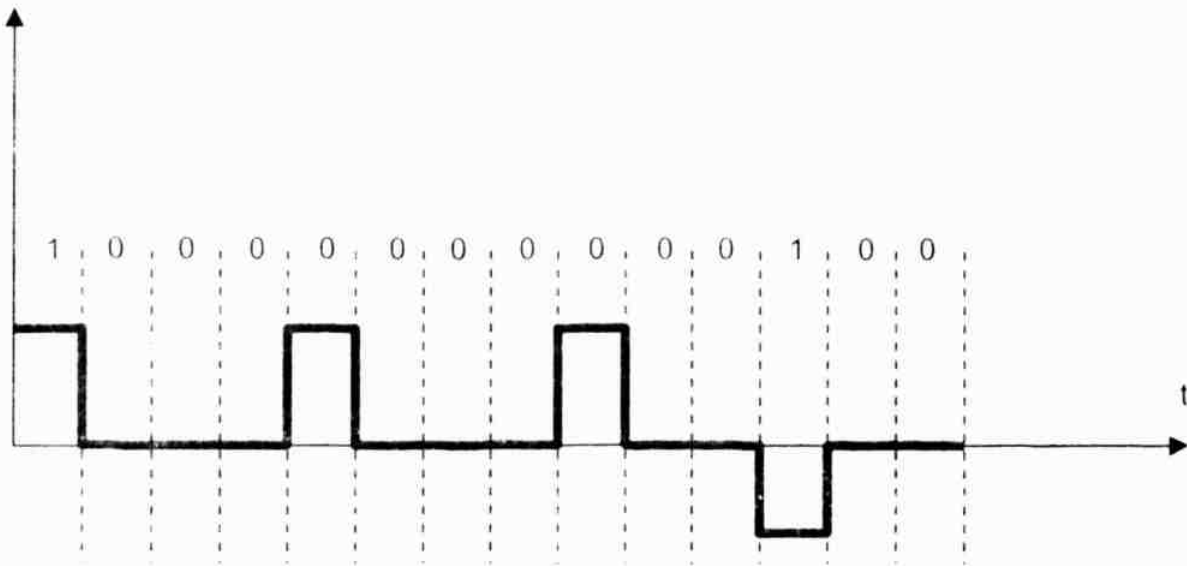
Thí dụ 3: Dùng mã B8ZS để mã chuỗi bit 10000000000100. Giả sử cực của bit 1 ở đầu chuỗi logic "0" có mức thế dương.

Giải:



Thí dụ 4: Dùng mã HDB3 để mã chuỗi 1000000000100, giả sử tổng các số 1 trước là số lẻ, bit “1” đầu chuỗi các bit “0” có mức thế dương.

Giải:

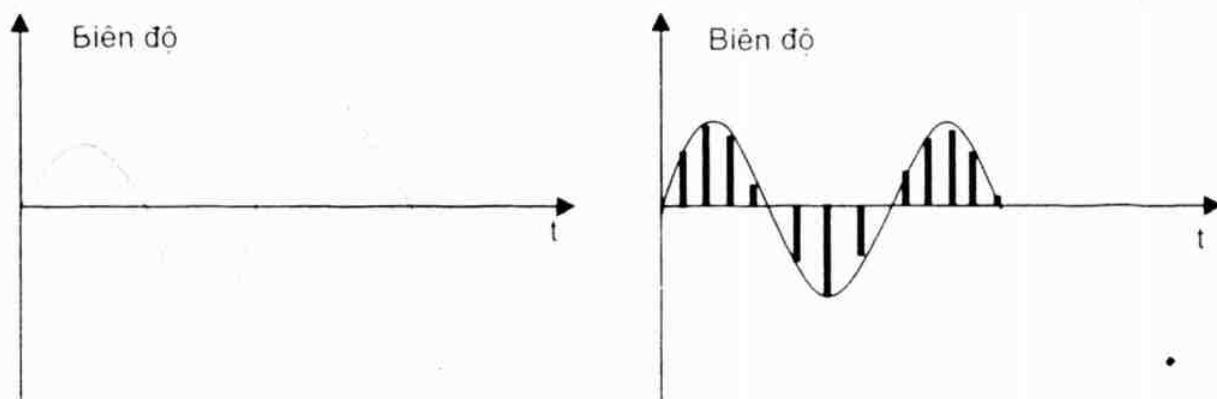


2.2.2. Mã tương tự - số

Để mã tín hiệu dạng tương tự ra dạng tín hiệu số phải thực hiện điều chế biên độ xung PAM, mã hoá xung PCM và chuyển thành nhị phân các giá trị đã mã hoá.

a) Điều chế biên độ xung PAM (Pulse - Amplitude Modulation)

Từ tín hiệu tương tự, lấy mẫu nó và tạo ra chuỗi xung theo kết quả lấy mẫu. Lấy mẫu là đo biên độ tín hiệu ở những khoảng thời gian như nhau.



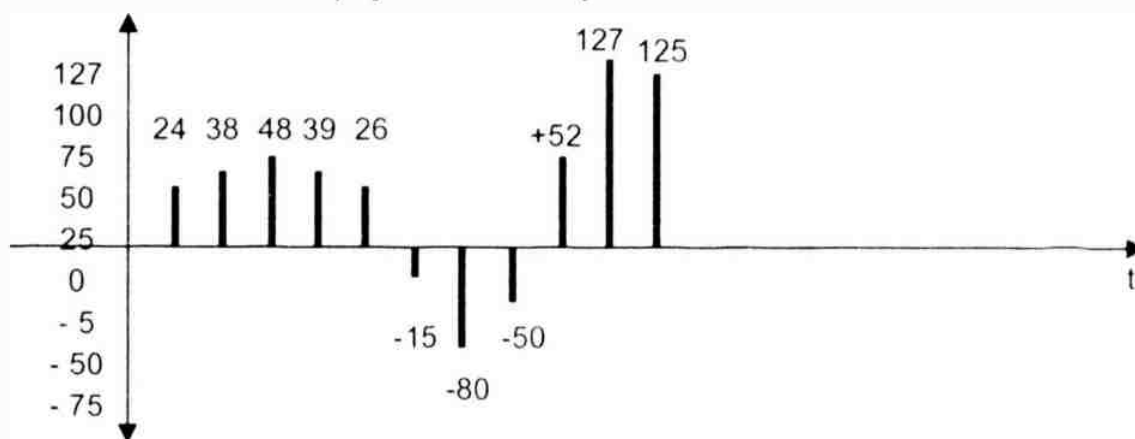
Hình 2.24: Quá trình lấy mẫu tín hiệu (PAM)

Việc lấy mẫu xảy ra tức thời trên dạng sóng và được thực hiện trong những chu kỳ ngắn, kết quả thu được những xung thể có biên độ khác nhau. Quá trình này gọi là PAM. Hình 2.24 minh họa quá trình (PAM).

Mặc dù PAM đã biến tín hiệu gốc thành chuỗi xung, các xung này có biên độ bất kỳ dạng là tương tự, không phải số. Để chuyển thành số phải mã hoá chúng bằng phương pháp xung mã hay còn gọi là phương pháp PCM.

b) Điều chế xung mã PCM (Pulse Code Modulation)

Đây là quá trình lượng tử hoá các xung PAM ở trên. Lượng tử hoá là ấn định cho các xung được lấy mẫu những giá trị số xác định, hình vẽ 2.25 minh họa quá trình này.



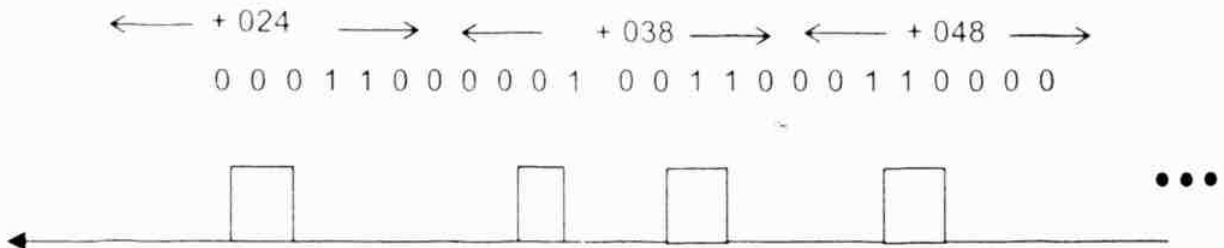
Hình 2.25: Minh họa quá trình lượng tử hoá

Cách ấn định dấu và giá trị nhị phân cho giá trị các mẫu đã được lượng tử hoá như sau:

+ 024	00011000	- 15	10001111	+125	0...
+ 038	00100110	- 80	11010000		
+ 048	00110000	- 50	10110010		
+ 039	00100111	+ 52	00110110		
+ 026	00011010	+ 127	01111111		

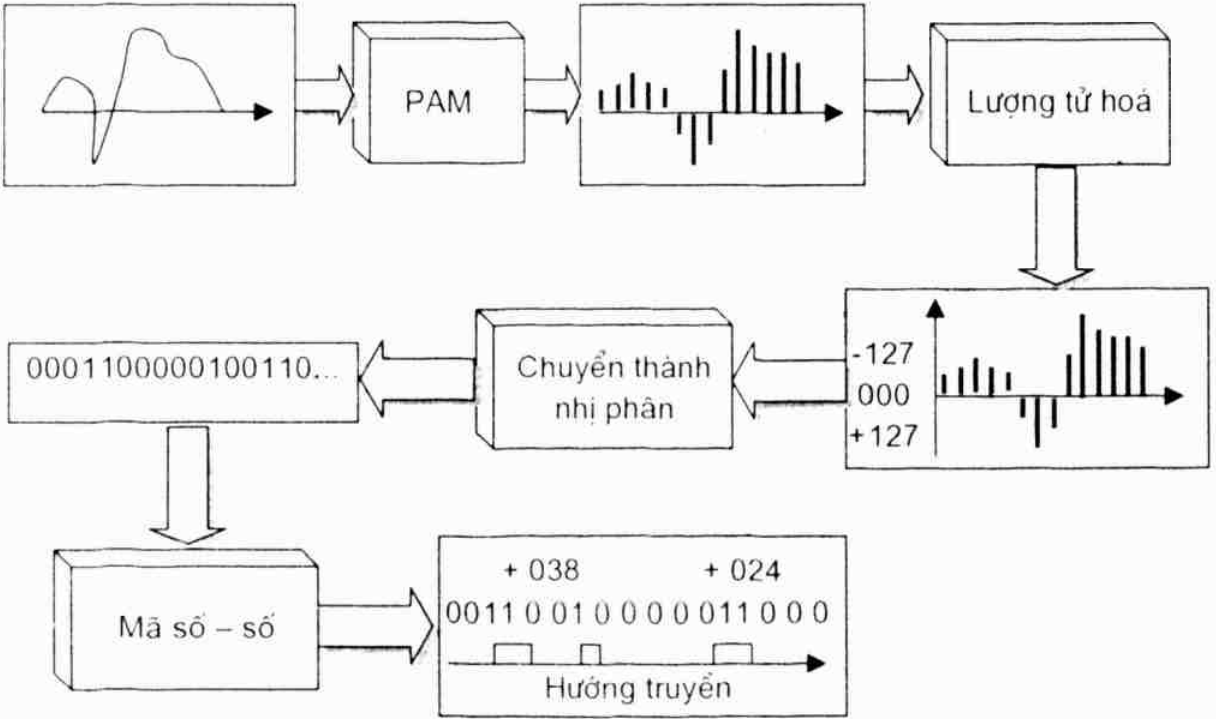
Mỗi giá trị được chuyển thành nhị phân 7 bit tương đương, bit thứ 8 làm bit dấu.

Các số nhị phân sau đó sẽ chuyển thành tín hiệu số theo một trong các kỹ thuật mã số - số đã nêu trên.



Hướng truyền của tín hiệu đã được mã thành mã Unipolar.

Như vậy mã tương tự số hoàn chỉnh gồm 4 quá trình: PAM, lượng tử, biến đổi thành nhị phân, mã số - số để truyền đi. Hình 2.26 minh họa bốn quá trình liên tiếp này.

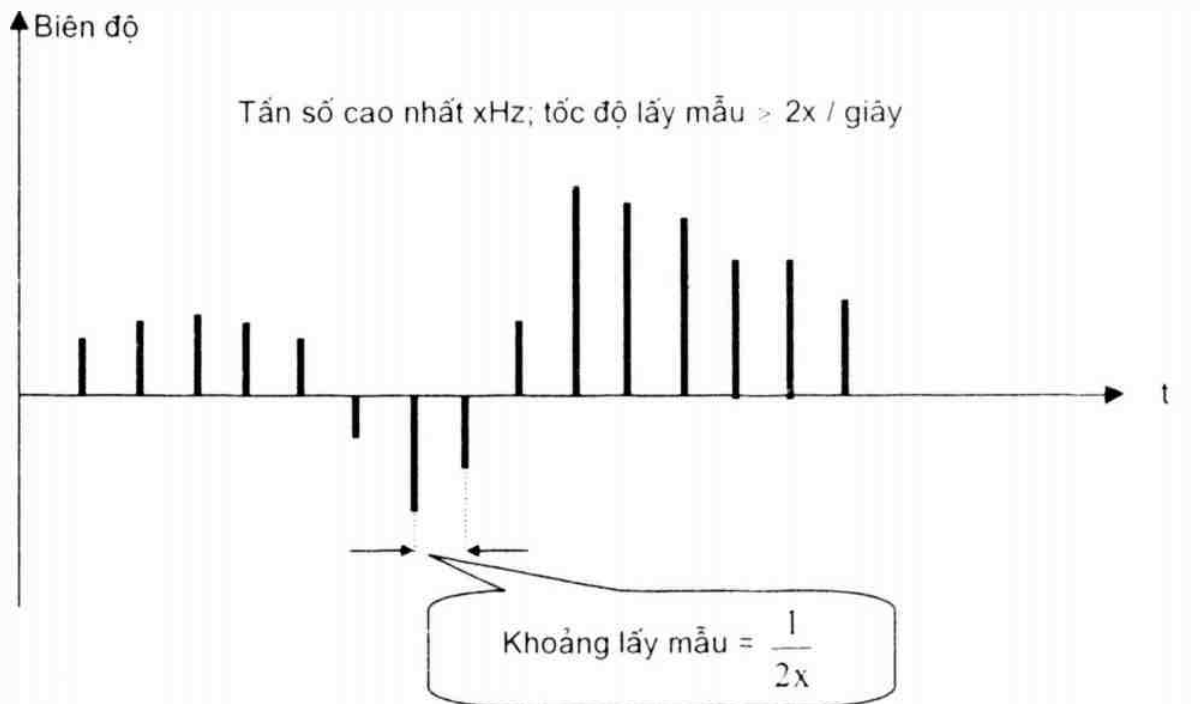


Hình 2.26 Các quá trình diễn ra khi biến đổi tương tự - số

Tốc độ lấy mẫu là điều cần lưu ý trong quá trình mã tương tự số. Nó quyết định sự chính xác khi khôi phục lại tín hiệu. Theo lý thuyết Nyquist, tốc độ lấy mẫu ít nhất phải gấp đôi thành phần tần số cao nhất của tín hiệu.

Thí dụ muốn lấy mẫu thông tin giọng nói truyền theo đường điện thoại cần tốc độ lấy mẫu 7.200 mẫu/giây, bởi vì thành phần tần số cực

đại của tiếng nói là 3.600Hz. Trong thực tế người ta thực hiện lấy mẫu tiếng nói 8.000 mẫu/giây. Hình 2.7 chỉ rõ quan hệ tần số lấy mẫu tín hiệu với thành phần tần số cao nhất.



Hình 2.27: Tần số lấy mẫu và sự liên quan thành phần tần số cao nhất của tín hiệu

Với thí dụ trên khoảng lấy mẫu là 1/8000 giây.

Thí dụ 5: Lấy mẫu với tốc độ nào cho phù hợp, nếu tín hiệu có độ rộng băng 10.000Hz (phổ tần số trong khoảng 1.000 -11.000Hz). Nếu lượng tử là 8 bit/mẫu, tốc độ bit là bao nhiêu?

Giải:

- Tốc độ lấy mẫu = 2 lần tần số cao nhất.

$$2 \times 11000\text{Hz} = 22.000 \text{ mẫu/giây.}$$

- Tốc độ dữ liệu:

$$22.000 \text{ mẫu/giây} \times 8 \text{ bit/mẫu} = 176.000\text{bit/giây} = 176 \text{ Kbps.}$$

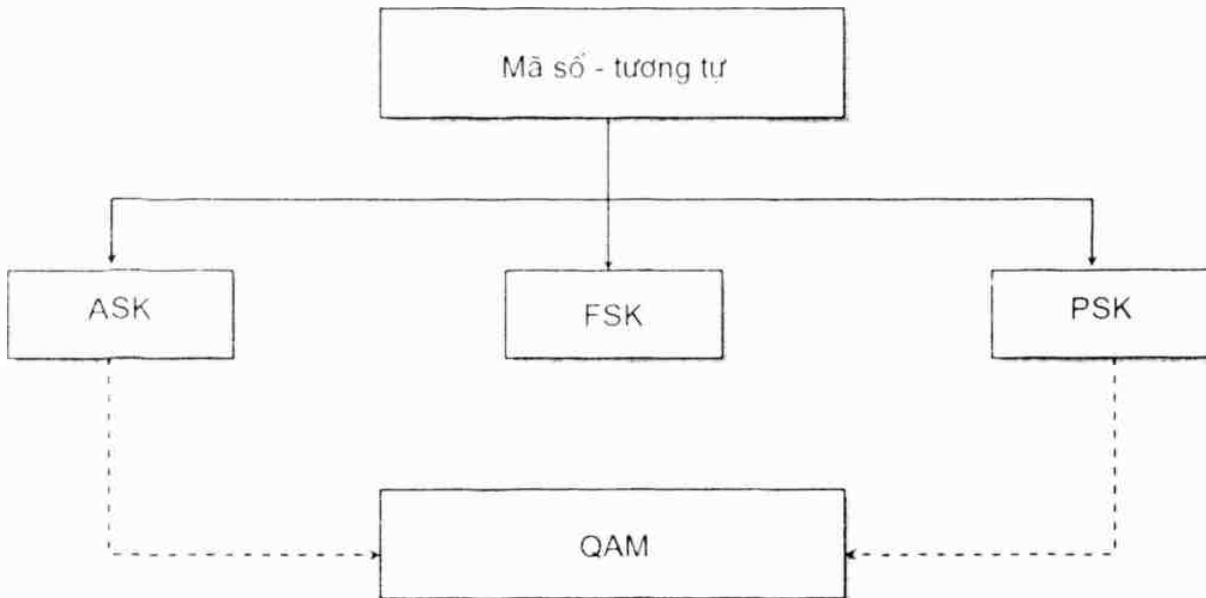
2.2.3. Mã số - Tương tự

Khi dữ liệu dạng tín hiệu số muốn gửi qua đường điện thoại, mà đường điện thoại chỉ truyền tốt các tín hiệu tương tự nên dữ liệu số phải biến đổi thành tín hiệu tương tự và phần cứng sẽ làm nhiệm vụ biến đổi này.

Có nhiều cơ cấu mã hoá số ra tương tự, sau đây là những phương pháp phổ biến trong truyền thông.

Vì sóng sin có 3 thông số cơ bản: biên độ, tần số, pha nên chỉ cần thay đổi 1 trong 3 thông số là ta đã tạo được kiểu khác của sóng này. Có ít nhất 3 cơ cấu mã số - tương tự: khoá dịch biên độ ASK, khoá dịch tần FSK, khoá dịch pha PSK. Tổ hợp sự thay đổi cả biên độ và pha gọi là điều chế biên độ cầu phương QAM. Hình 2.28 khái quát cơ cấu mã số tương tự.

QAM là phương pháp hiệu quả nhất trong các loại mã số - tương tự được sử dụng trong modem hiện đại.



Hình 2.28: Các phương pháp mã số tương tự

Trước hết cần làm rõ các khái niệm BAUD RATE và BIT RATE được dùng thường xuyên trong truyền thông.

BIT RATE là số bit được truyền trong khoảng thời gian 1 giây.

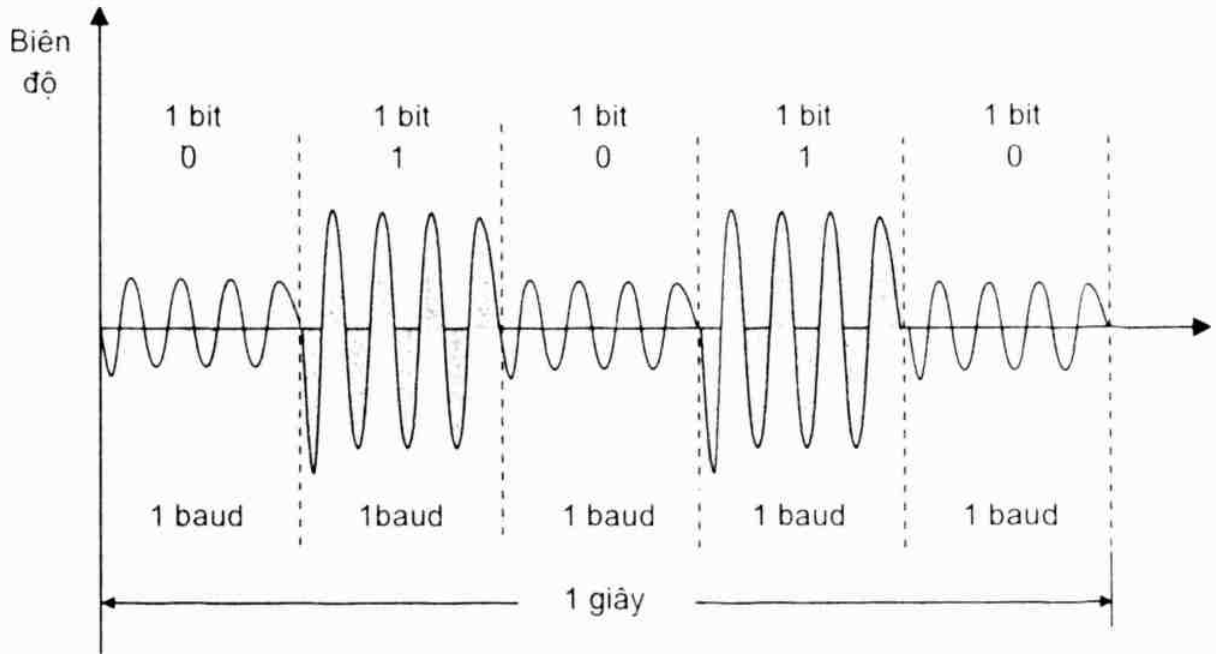
BAUD RATE là số đơn vị tín hiệu truyền trong 1 giây, đại diện cho một số bit nhất định.

Tốc độ bit bằng tốc độ baud nhân với số bit thể hiện qua một đơn vị tín hiệu. Như vậy tốc độ bit luôn lớn hơn hoặc bằng tốc độ baud.

Khi truyền tín hiệu tương tự, thiết bị gửi tạo ra tín hiệu tần số cao làm nền cho tín hiệu thông tin. Nó được gọi là tín hiệu mang hoặc tần số mang. Thiết bị nhận phải được điều chỉnh hoà hợp để nhận được tần số mang gửi đến.

Thông tin số được mã hoá trên tín hiệu mang bằng cách điều chỉnh một trong các đặc trưng tần số, biên độ hoặc pha. Quá trình này gọi là điều chế và tín hiệu thông tin được gọi là tín hiệu điều chế.

a) Điều chế biên độ ASK:



Biên độ tín hiệu sóng mang được biến đổi để thể hiện logic "0" và "1" còn tần số và pha của nó không đổi.

Tốc độ truyền của ASK bị giới hạn bởi tính chất vật lý của môi trường. Nhược điểm của ASK là nhạy với nhiễu tạp âm.

Kỹ thuật ASK còn gọi là khoá đóng ngắt OOK (On - off - Keying), dùng 0 von thể hiện 1 giá trị bit. Nó có ưu điểm giảm năng lượng truyền.

Triển khai tín hiệu đã mã ASK ta thu được phổ các tần số đơn giản. Tín hiệu ở tâm phổ là sóng mang f_c ở phía các biên là những tín hiệu có tần số:

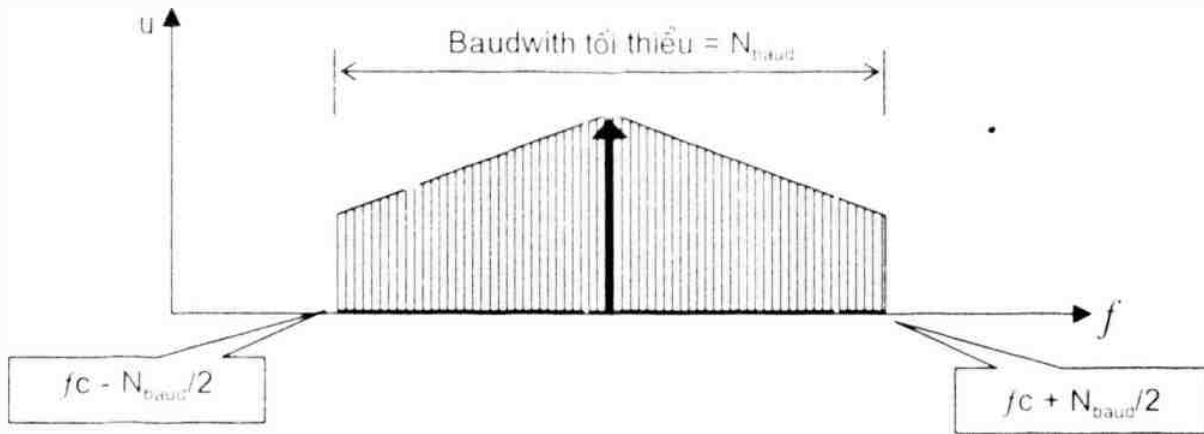
$$f_c - \frac{N_{baud}}{2} \quad \text{và} \quad f_c + \frac{N_{baud}}{2}$$

$$f_c - \frac{3N_{baud}}{2} \quad \text{và} \quad f_c + \frac{3N_{baud}}{2} \quad \text{v.v....}$$

Trong thực tế chỉ có tần số mang và những tần số gần tần số mang nhất là cần thiết. Độ rộng băng mà mã ASK đòi hỏi được tính theo công thức:

$$BW = (1 + d) \times N_{baud}$$

N_{baud} là tốc độ baud; d là hệ số liên quan đến chất lượng đường truyền (tối thiểu $d = 0$). Hình 2.29 minh họa độ rộng băng của điều chế ASK.



Hình 2.29: Độ rộng băng của điều chế ASK

Thí dụ 6: Tìm độ rộng băng cho mã ASK khi tín hiệu số có tốc độ 2000 bps, giả sử truyền 2 chiều không đồng thời.

Giải: ASK baud rate = bit rate: Baud rate = 2000 = N_{baud}

$$\text{ASK có BW} = N_{\text{baud}} \Rightarrow \text{BW} = 2000 \text{ Hz.}$$

Thí dụ 7: Cho BW = 5000Hz đối với tín hiệu mã ASK. Hỏi N_{baud} và N_{bit} là bao nhiêu ?

Giải: Với ASK $N_{\text{baud}} = \text{BW} \Rightarrow N_{\text{baud}} = 5.000$

Với ASK $N_{\text{baud}} = N_{\text{bit}} \Rightarrow N_{\text{bit}} = 5.000 \text{ bps}$

Thí dụ 8: Cho BW 10.000 Hz (trong dải phổ tần số từ 1000 đến 11.000 Hz). Vẽ giản đồ ASK với trường hợp truyền 2 chiều đồng thời của hệ thống, giả sử không có khe giữa 2 băng trên 2 hướng.

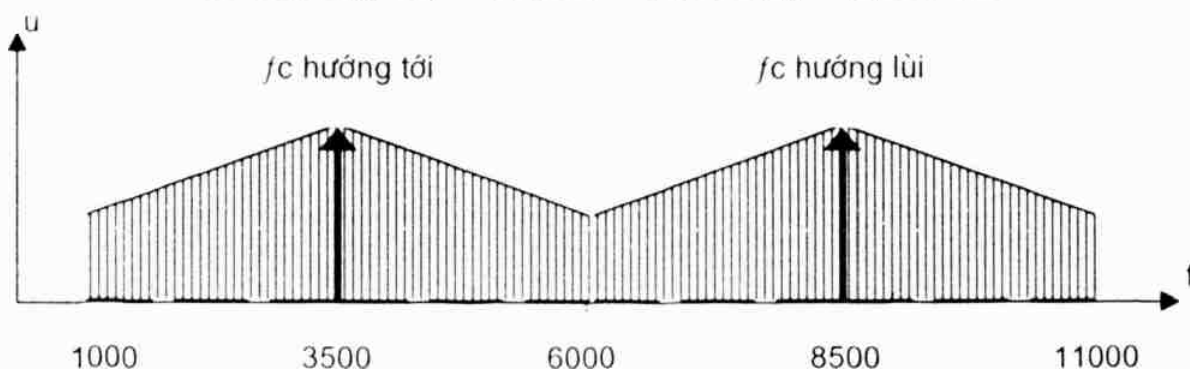
Giải: - ASK khi truyền 2 chiều đồng thời có BW cho mỗi hướng là:

$$\text{BW} = 10.000 : 2 = 5.000\text{Hz.}$$

- Tần số mang được chọn giữa mỗi băng:

$$f_c (\text{hướng tới}) = 1000 + (5.000 / 2) = 3.500\text{Hz.}$$

$$f_c (\text{hướng về}) = 11.000 - (5.000/2) = 8.500 \text{ Hz.}$$

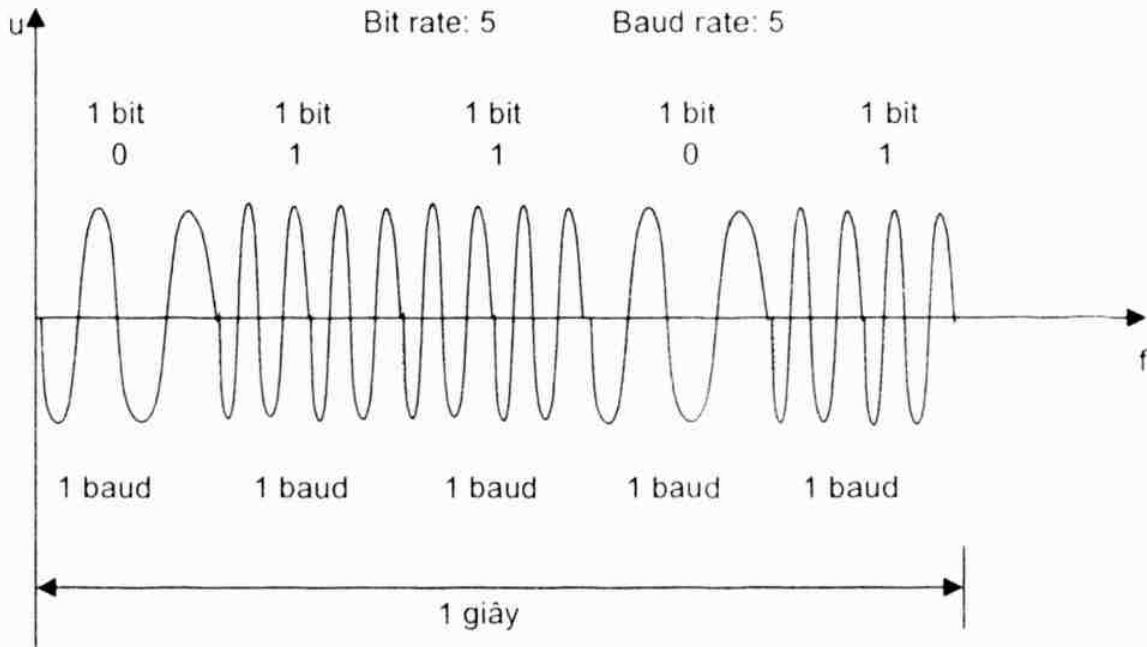


Hình 2.30: Độ rộng băng của điều chế ASK khi tín hiệu truyền theo 2 hướng

b) Điều chế tần số FSK

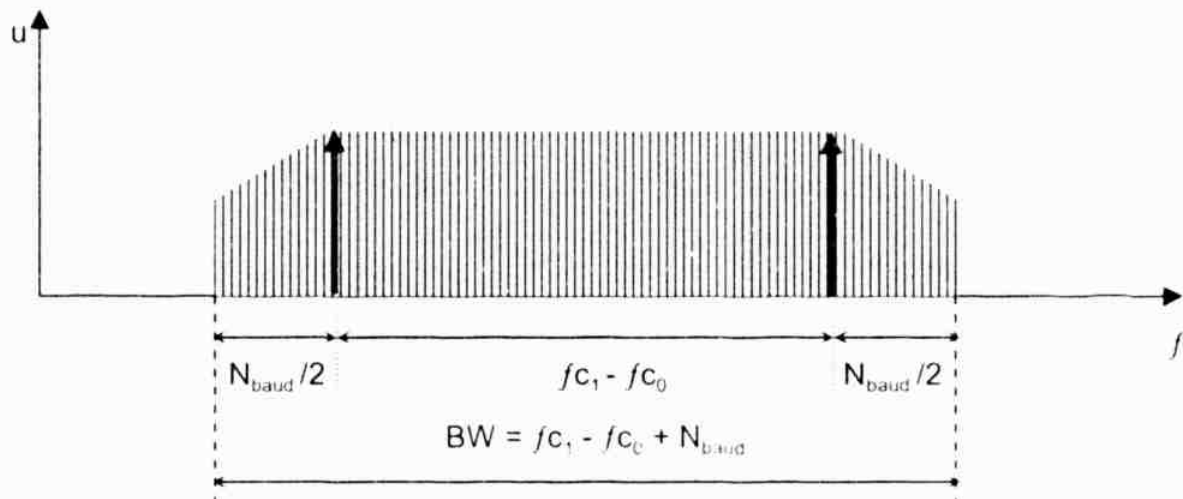
Tần số tín hiệu sóng mang được thay đổi để thể hiện logic "1" và "0" trong khi biên độ và pha của nó được giữ nguyên. Tần số trong khoảng thời gian bit có giá trị không đổi tùy thuộc logic "1" hay logic "0". Hình 2.31 mô tả quá trình FSK.

FSK tránh được lỗi tạp âm mà ASK mắc phải vì nơi nhận tìm sự thay đổi tần số mà không chú ý đến mức điện thế của tín hiệu. Hạn chế FSK là khả năng đáp ứng tần số của môi trường.



Hình 2.31: Điều chế FSK

Phổ FSK là tổ hợp 2 phổ ASK quanh f_{c0} và f_{c1} . Độ rộng băng mà mã FSK đòi hỏi là: $BW = (f_{c1} - f_{c0}) + N_{baud}$. Như vậy độ rộng băng bằng tốc độ baud của tín hiệu cộng với sự dịch tần của 2 tần số sóng mang. Hình 2.32 minh họa độ rộng băng này.



Hình 2.32: Độ rộng băng của điều chế FSK

Thí dụ 9: Tìm độ rộng băng cho tín hiệu mã FSK truyền ở tốc độ 2000 bps. Khoảng cách giữa 2 sóng mang là 3000Hz. Truyền 2 chiều không đồng thời.

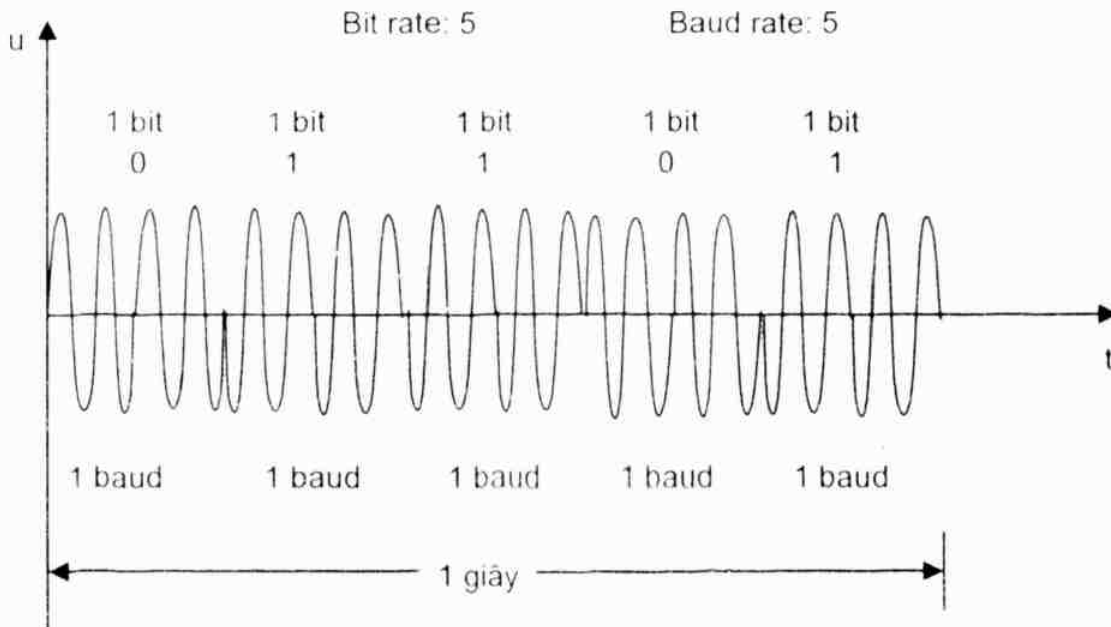
Giải: $BW = \text{Baud rate} + (f_{c1} - f_{c0})$ vì $\text{baud rate} = \text{Bit rate}$
 $= 2000 + 3000 = 5000\text{Hz}.$

Thí dụ 10: Tìm Bit rate cực đại, biết BW của môi trường là 12.000 Hz và khoảng cách giữa 2 sóng mang là 2000 Hz, truyền 2 chiều đồng thời.

Giải: Vì $\text{Bit rate} = \text{Baud rate}$ mà $BW = \text{Baud rate} + (f_{c1} - f_{c0})$
 $\Rightarrow \text{Baud rate} = BW - (f_{c1} - f_{c0})$ trong truyền 2 chiều đồng thời.
 $= BW/2 - (f_{c1} - f_{c0}) = 6000 - 2000 = 4000 \text{ bps}.$

c) Điều chế pha PSK (Phase Shift Keying)

Ở đây có sự thay đổi pha của sóng mang thể hiện logic "0" và "1", biên độ và tần số của sóng mang không đổi. Thí dụ, nếu dịch pha 0 độ đại diện cho "0" và dịch pha 180 độ đại diện cho "1", pha tín hiệu trong thời gian khoảng bit là không đổi, như chỉ ra trên hình 2.33.



Hình 2.33: Điều chế FSK

Có thể biểu diễn mối tương quan giữa pha và đại diện bit trên giản đồ pha, còn gọi là giản đồ sao PSK, như trên hình 2.34:

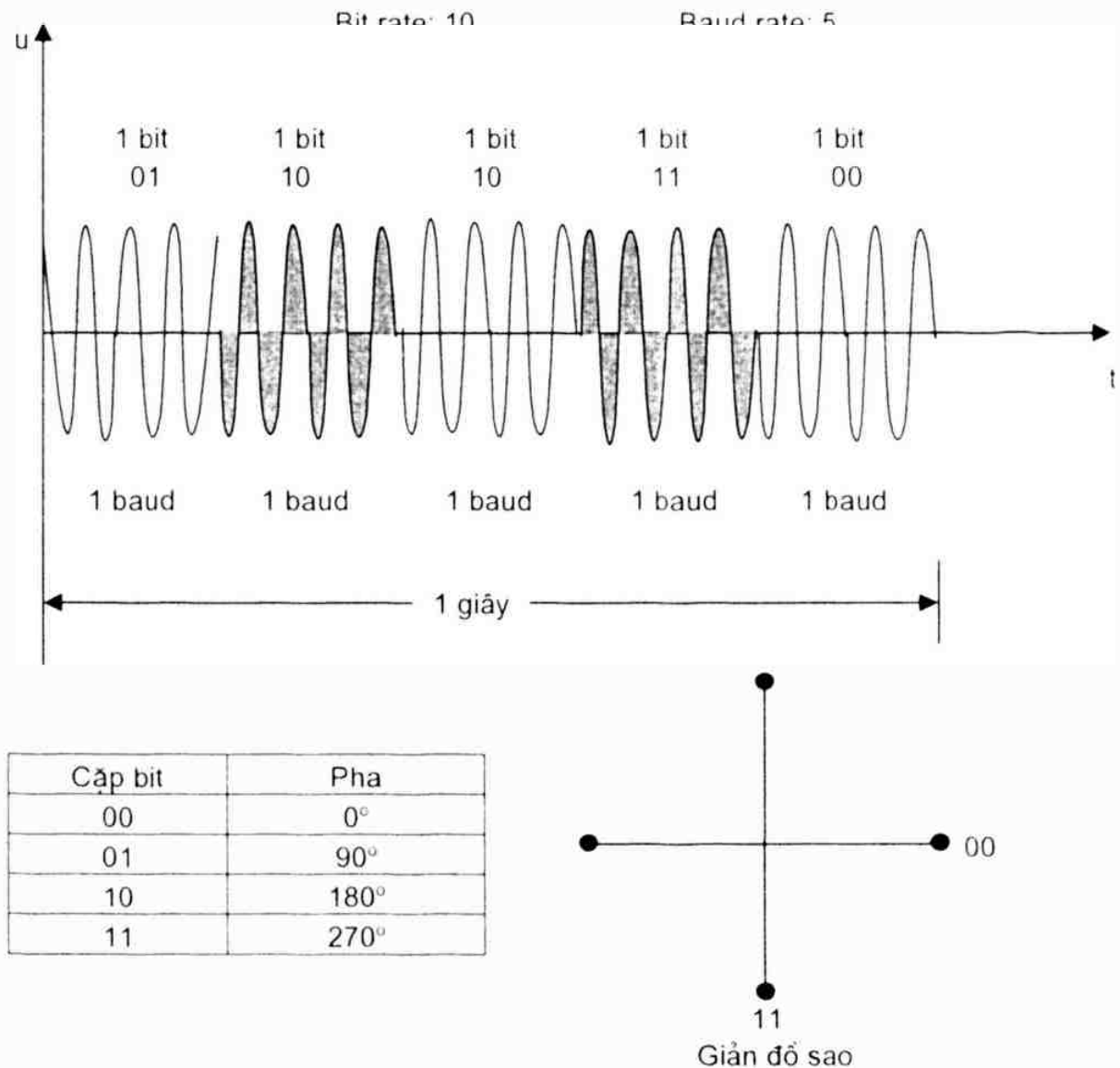
Bit	Pha
0	0
1	180



Hình 2.34: Giản đồ pha của PSK

Phương pháp này gọi là 2 - PSK hoặc PSK nhị phân vì có 2 pha khác nhau được dùng trong mã.

PSK không nhạy với những tạp âm đã ảnh hưởng đến ASK và không giới hạn độ rộng băng như đối với FSK. Như vậy một sự thay đổi tín hiệu dù nhỏ, thiết bị vẫn có khả năng phát hiện. Có thể lấy 4 khả năng khác nhau và cho phép mỗi dịch pha đại diện 2 bit. Hình 2.35 mô tả quá trình này.



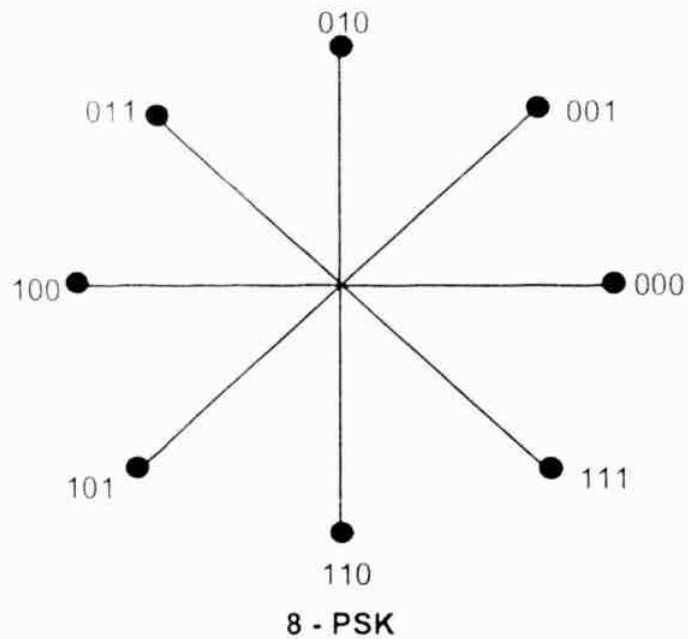
Hình 2.35: Giản đồ mã 4-PSK (a) vẽ giản đồ hình sao của nó (b)

Kỹ thuật này gọi là mã 4 - PSK hoặc mã Q. Dữ liệu truyền bằng mã 4 - PSK nhanh hơn hai lần mã 2 - PSK.

Với cách làm tương tự ta có thể thu được mã 8 - PSK, tín hiệu khi đó dịch pha 45° , mỗi lần dịch đại diện 3 bit như chỉ ra trên hình 2.36.

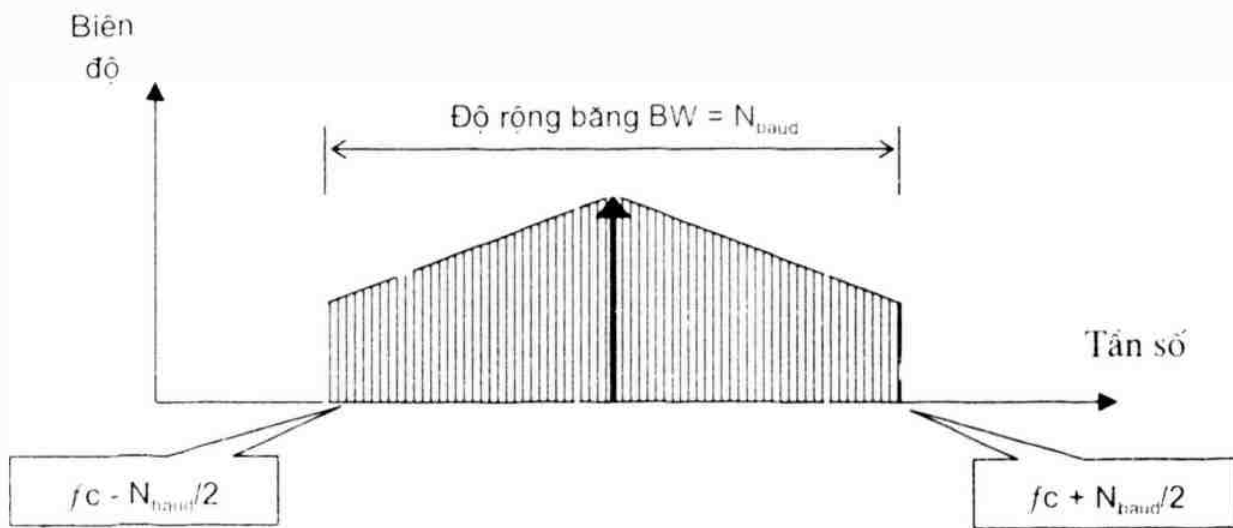
Dữ liệu truyền bằng mã 8 - PSK nhanh hơn ba lần mã 2 - PSK.

Tribit	Pha
000	0
001	45
010	90
011	135
100	180
101	225
110	270
111	315



Hình 2.36: Mã 8-PSK

Độ rộng băng yêu cầu của mã PSK giống ASK. Tốc độ cực đại trong PSK lớn hơn trong ASK. Như vậy khi Baud rate trong PSK và ASK cùng chiếm một độ rộng băng, thì bit rate trong PSK sẽ là 2 hoặc nhiều lần lớn hơn trong ASK, hình 2.37.



Hình 2.37: Độ rộng băng của mã PSK

Thí dụ 11: Tìm độ rộng băng cho mã 4 - PSK, truyền ở tốc độ 2000 bps, khi truyền hai chiều không đồng thời.

Giải: Baud rate của 4 - PSK = 1/2 Bit rate của nó = 2000/2 = 1000

Với PSK độ rộng băng BW = Baud rate = 1000 Hz.

Thí dụ 12: Cho độ rộng băng BW của tín hiệu mã 8 -PSK là 5000Hz, tính Baud rate và bit rate ?

Giải: BW của mã 8 - PSK = Baud rate \rightarrow Baud rate = 5000.

Bit rate của 8 - PSK = 3 lần Baud rate của nó

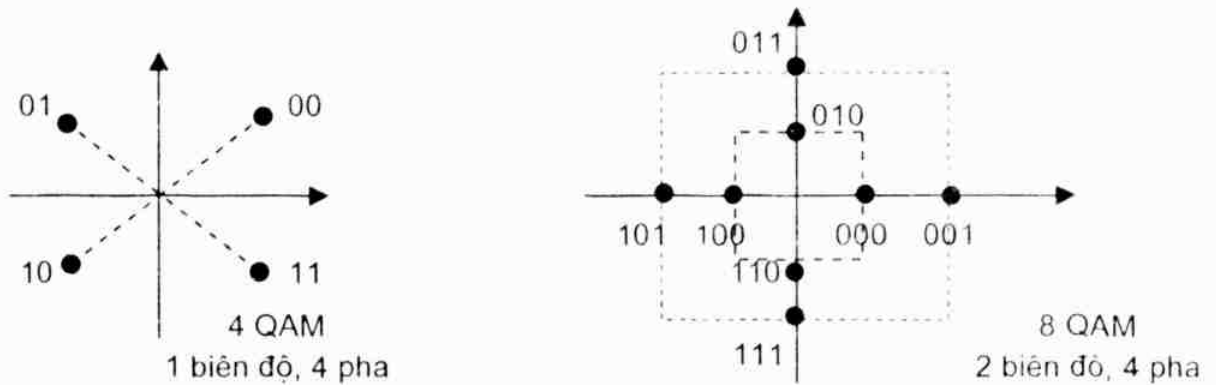
\rightarrow Bit rate = 15000 bps

d) Điều chế biên độ cầu phương QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

Mã PSK bị giới hạn bit rate vì khi tăng bit rate dẫn đến phân biệt sự khác pha bé là rất khó.

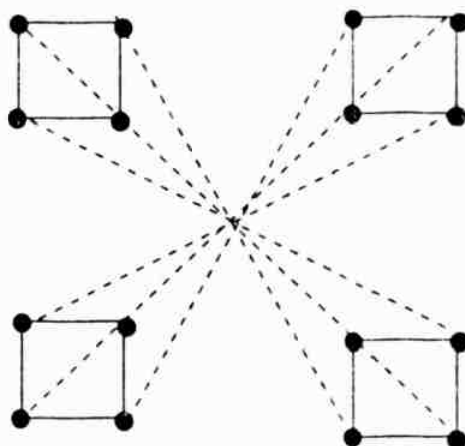
Nếu thay đổi đồng thời 2 trong 3 đặc trưng của sóng sin để mã tín hiệu thì hiệu quả sẽ ra sao? Vì FSK có độ rộng băng giới hạn, nên chỉ kết hợp ASK với PSK. Tính toán cho thấy với PSK có x khả năng; và ASK có y khả năng thay đổi, kết quả của sự kết hợp sẽ có $x \times y$ khả năng và có $x \times y$ bit cho mỗi khả năng.

Mã QAM thực hiện việc điều chế biên độ cầu phương nhằm đạt mong muốn đó. Với điều chế này sẽ tạo được tương phản cực đại giữa 1, 2, 3, 4 bit v.v.. Hình 2.38 minh họa phương pháp điều chế QAM.



Hình 2.38: Điều chế 4 QAM (a) và 8 QAM (b)

Ngoài các mô hình đối xứng còn có 3 cấu hình mã 16-QAM phổ biến như chỉ ra trên hình 2.39:



Hình 2.39: Mô hình 16 QAM

3 biên độ, 12 pha: tỷ số dịch pha trên biên độ là lớn, ít tạp âm được khuyến cáo bởi ITU –T.

Độ rộng băng của mã QAM có yêu cầu như của mã ASK và mã PSK. QAM cũng có các ưu điểm vượt trội ASK, giống như ưu điểm của PSK.

So sánh bit rate và Baud rate

Mã	Đơn vị	Bits/Baud	Baud rate	Bit rate
ASK, FSK, 2-PSK	Bit	1	N	N
4-PSK, 4 - QAM	Dibit	2	N	2 N
8-PSK, 8 - QAM	Tribit	3	N	3 N
16 - QAM	Quadbit	4	N	4 N
32 - QAM	Pentabit	5	N	5 N
64 - QAM	Hexabit	6	N	6 N
128 - QAM	Septabit	7	N	7 N
256 - QAM	Octabit	8	N	8 N

Thí dụ 13: Giản đồ sao có 8 điểm phân bố như nhau trên vòng tròn. Nếu bit rate là 4800 bps thì baud rate là bao nhiêu ?

Giải: Mã PSK có 8 điểm trên vòng tròn thì mỗi điểm cách đều nhau $360/8 = 45$ độ. Vì $8 = 2^3$ nghĩa là có 3 bit được truyền bằng 1 yếu tố tín hiệu. Vậy tốc độ Baud là $4800/3 = 1600$.

Thí dụ 14: So sánh Bit rate cho 1000 baud tín hiệu mã 16- QAM

Giải: 16-QAM có ý nghĩa là có 4 bit cho mỗi yếu tố tín hiệu ($16 = 2^4$). Do vậy Bit rate = $1000 \times 4 = 4000$ bps

Thí dụ 15: Tính Baud rate cho tín hiệu mã 64 - QAM, biết rằng bit rate là 72000 bps.

Giải: 64-QAM là tín hiệu chứa 6 bit (vì $64 = 2^6$) cho mỗi yếu tố tín hiệu. Do vậy: $72.000 / 6 = 12.000$ baud.

2.2.4. Mã tương tự - tương tự

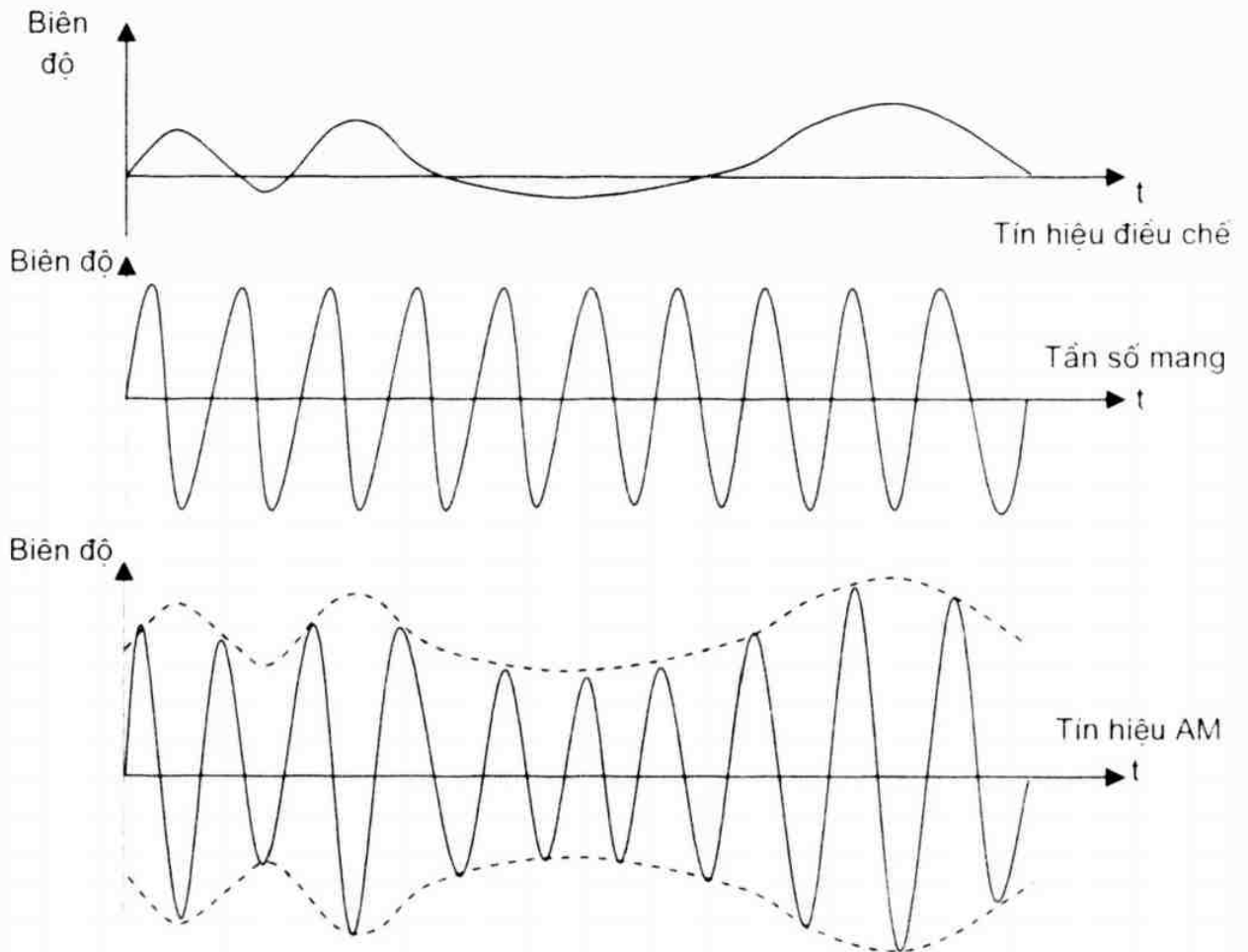
Nó là đại diện thông tin tương tự bằng tín hiệu tương tự. Đài truyền thanh và truyền hình là thí dụ truyền thông tương tự - tương tự.

Có 3 phương pháp thực hiện: điều chế biên độ (AM), điều chế tần số (FM) và điều chế pha (PM).

a) Điều chế AM: biên độ của tín hiệu mang thay đổi với sự thay đổi các biên độ của tín hiệu điều chế (tần số và pha không thay đổi).

Độ rộng băng của tín hiệu điều chế AM bằng hai lần độ rộng băng của tín hiệu điều chế. Ký hiệu BW_m : là độ rộng băng của tín hiệu điều chế (audio), ký hiệu: BW_t : là độ rộng băng của tín hiệu đã được điều chế (Radio) và f_c : là tần số sóng mang. Hình 2.40 mô tả điều chế AM.

Thông thường độ rộng băng của tín hiệu audio: BW_m (tiếng nói âm nhạc) = 5KHz. Tín hiệu sau khi điều chế có độ rộng băng $BW_t = 10KHz$. Trong thực tế ở Mỹ. Hội đồng truyền thông liên bang FCC cho phép độ rộng băng 10KHz cho mỗi trạm AM.



Hình 2.10: Quá trình điều chế AM

Thí dụ 16: Ta có tín hiệu audio với độ rộng băng là 4KHz, tín hiệu sau điều chế có độ rộng băng nào, nếu mã bằng AM?

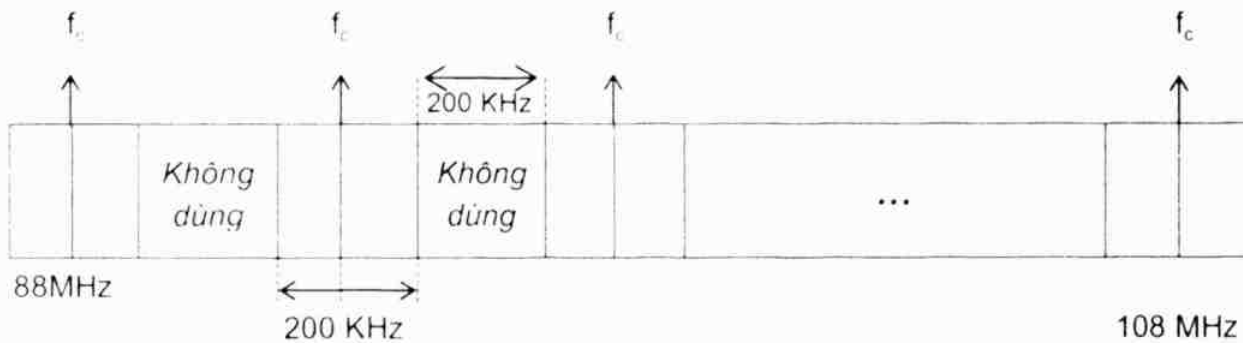
Giải: Tín hiệu mã AM có độ rộng băng bằng hai lần độ rộng băng của tín hiệu điều chế.

$$BW_t = 2 BW_m = 2 \times 4KHz = 8 KHz$$

b) Điều chế FM: Tần số tín hiệu mang bị thay đổi theo mức thế của tín hiệu điều chế.

Tín hiệu audio của truyền thông quảng bá là 15KHz. Mỗi trạm FM có độ rộng băng tối thiểu là 150KHz. Trong thực tế FCC cho phép độ rộng băng 200KHz mỗi trạm truyền thông FM.

Sóng mang của tín hiệu FM nằm ở vị trí bất kỳ trong dải 88 - 108MHz. Khoảng từ 88 - 108MHz có thể chia ra 100 dải tần, mỗi dải có độ rộng băng 200KHz trong không gian: 50 trong số này dành cho các trạm FM có thể làm việc ở thời điểm bất kỳ nào. Hình 2.41 cho thấy sự phân bố này.



Hình 2.41: Phân bố giải tần điều chế sóng FM

Thí dụ 17: Nếu tín hiệu audio có độ rộng $BW = 4MHz$, hãy tính độ rộng băng, nếu mã nó bằng FM?

Giải: Vì trong mã FM, $BW = 10 BW_m$, FM nên

$$BW_t = 10 \times 4MHz = 40MHz$$

c) Điều chế pha: PM. Điều chế pha được dùng xen kẽ với điều chế FM để làm cho phân cứng đỡ phức tạp. Pha của sóng mang được điều chế theo sự thay đổi mức thế của tín hiệu điều chế.

Chương 3

TRUYỀN TÍN HIỆU, MÔI TRƯỜNG VÀ THIẾT BỊ TRUYỀN

3.1. Truyền dữ liệu số, các giao diện và các modems

Máy tính xử lý thông tin nhưng không hỗ trợ việc truyền tin qua đường liên kết là đường điện thoại. Muốn truyền thông tin qua đường liên kết đó, phải nhờ đến một thiết bị để điều chế một tần số mang trước khi gửi qua đường điện thoại. Trước khi truyền dữ liệu phải liên kết giữa hai thiết bị. Phần liên kết hai thiết bị được gọi là giao diện (Interface).

Vì giao diện liên kết hai thiết bị nên cần quy định chặt chẽ và xây dựng thành tiêu chuẩn, gồm quy định cơ khí (có bao nhiêu sợi dây để truyền tín hiệu); quy định điện (tần số, biên độ và pha của tín hiệu); quy định chức năng (nếu có nhiều sợi dây được dùng, mỗi sợi dây đóng vai trò gì). Những quy định này được xác lập ở lớp vật lý của mô hình OSI.

3.1.1. Truyền dữ liệu số

Các dây dẫn và dữ liệu truyền trên chúng là những vấn đề được xem xét trước tiên. Làm thế nào để gửi dữ liệu theo từng nhóm bit mỗi lần và gửi các nhóm bit lớn hơn? Dữ liệu hoặc được gửi song song hoặc được gửi nối tiếp? Trong chế độ truyền song song nhiều bit được gửi đồng thời trên nhiều sợi dây dẫn khi tác dụng một xung nhịp. Truyền nối tiếp, mỗi bit một được gửi liên tiếp nhau trên cùng một sợi dây dẫn, mỗi khi tác dụng một xung nhịp.

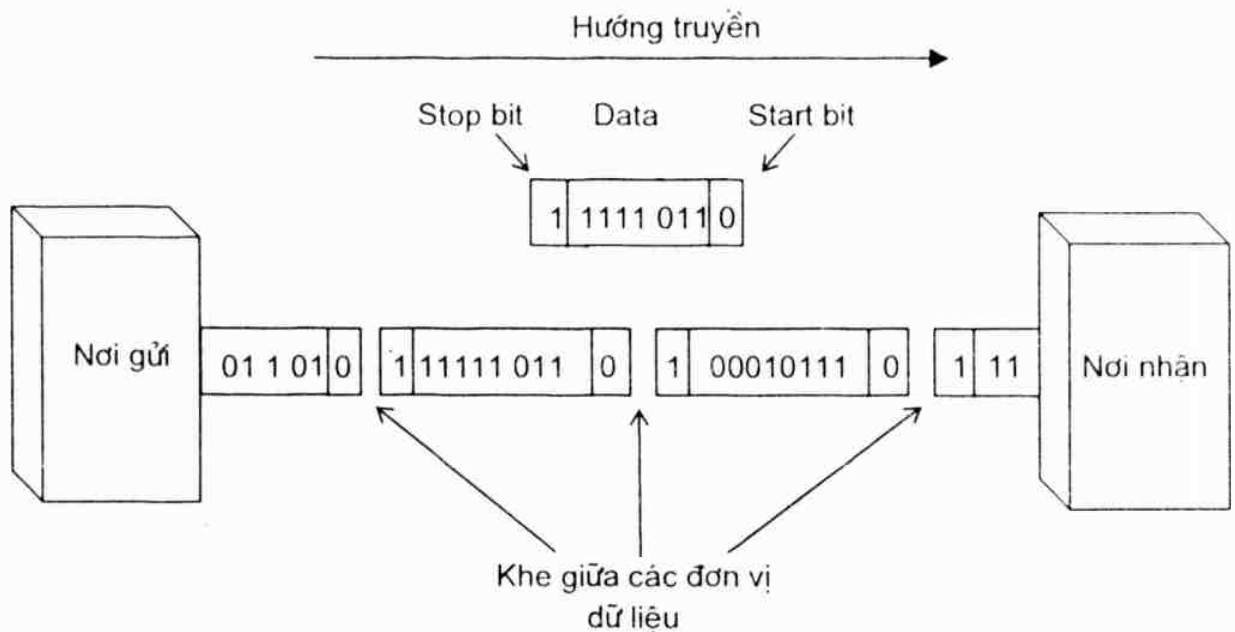
Truyền song song có ưu điểm tốc độ cao; nhưng có nhược điểm giá thành cao vì sử dụng nhiều sợi dây truyền. Vì thế truyền song song chỉ áp dụng được trên những khoảng cách nhỏ.

Truyền nối tiếp giảm được giá thành vì chỉ dùng một kênh truyền. nhược điểm của nó là phải bổ sung thiết bị biến đổi dữ liệu song song thành dữ liệu nối tiếp.

Thiết bị biến đổi cần phải có ở giao diện giữa thiết bị gửi và đường truyền và giữa đường truyền và thiết bị nhận. Truyền nối tiếp có kiểu không đồng bộ và có kiểu đồng bộ.

Truyền dữ liệu nối tiếp không đồng bộ, vấn đề thời gian giữa các khung dữ liệu gửi đi không quan trọng, vì thông tin được truyền và được nhận theo những mẫu được quy ước. Nhóm bit được gửi đi là một đơn vị dữ liệu. Nơi gửi điều khiển mỗi nhóm độc lập, chuyển nó lên đường truyền, không quan tâm đến thời gian giữa những đơn vị dữ liệu này.

Một số bit ngoài được bổ sung để nơi nhận biết bắt đầu mỗi đơn vị dữ liệu. Bit này mang logic "0" gọi là start bit. Để nơi nhận biết nơi kết thúc đơn vị dữ liệu, một hoặc nhiều bit được thêm vào cuối mỗi đơn vị dữ liệu. Chúng có logic "1" và được gọi là bit stops. Mỗi đơn vị dữ liệu vì thế có đến 10 bit, 8 là các bit thông tin và 2 (hoặc nhiều hơn) là các bit để thiết bị nhận nhận biết. Giữa mỗi byte có các khe hở, nó là trạng thái im lặng của kênh cũng có logic như các bit stop.

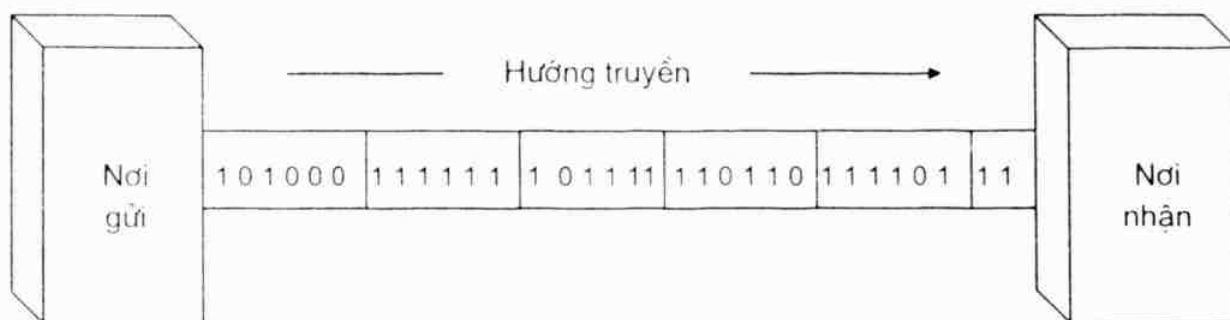


Hình 3.1. Truyền không đồng bộ

Khái niệm không đồng bộ được hiểu là giữa các đơn vị dữ liệu không có đồng bộ; còn nội bộ một đơn vị dữ liệu rõ ràng có sự đồng bộ. Thiết bị nhận đồng bộ tại lúc bắt đầu 1 đơn vị dữ liệu mới. Khi thiết bị nhận tìm được bit start, nó lập thời gian và bắt đầu tính số bit khi

chúng truyền tới. Sau n bit, thiết bị nhận tìm bit stop. Khi tìm được bit stop nó bỏ qua việc nhận dữ liệu cho đến khi nhận ra bit start mới.

Truyền không đồng bộ là chậm, nhưng giá thành hạ và hiệu quả. Nó là sự lựa chọn hấp dẫn cho các truyền thông tốc độ chậm.



Hình 3.2 Truyền đồng bộ

Truyền dữ liệu nối tiếp đồng bộ khác với truyền nối tiếp không đồng bộ ở chỗ chuỗi bit tập hợp thành các khung dài hơn, có thể gồm nhiều byte đi đầu là những ký tự đồng bộ (SYNC). Mỗi byte được đưa lên đường truyền không có khe hở giữa nó và byte tiếp sau, hình 3.2 chỉ ra chuỗi bit trong truyền nối tiếp đồng bộ. Nơi nhận tách chuỗi này thành các byte (hoặc các ký tự) cần cho việc khôi phục thông tin.

Nếu nơi gửi muốn gửi dữ liệu thành các bó riêng biệt, thì khe hở giữa các bó đó phải được lấp đầy bằng các bit "1" và "0" theo tuần tự đặc biệt (gọi là kênh im lặng). Thiết bị nhận tính số bit khi chúng truyền tới và nhóm thành những đơn vị 8 bit.

Vấn đề thời gian ở đây vô cùng quan trọng, bởi lẽ sự chính xác của việc nhận thông tin phụ thuộc vào khả năng thiết bị nhận duy trì việc tính chính xác các bit truyền đến.

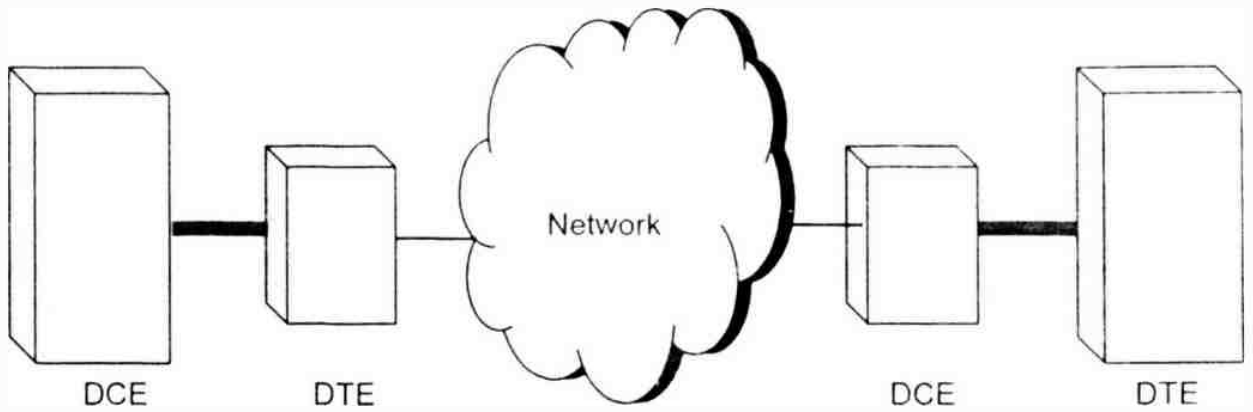
Ưu điểm của truyền đồng bộ là tốc độ cao.

3.1.2. Giao diện DTE và DCE

Có hai thuật ngữ cần làm rõ là DTE (Data Terminal Equipment - thiết bị cuối dữ liệu) và DCE (Data Circuit- Terminating Equipment - thiết bị cuối mạch dữ liệu).

DTE phát dữ liệu số và những ký tự điều khiển cần thiết tới DCE. DCE biến đổi tín hiệu số thành dạng phù hợp cho môi trường truyền và chuyển nó vào mạng.

Khi tín hiệu đi đến nơi nhận quá trình được thực hiện ngược lại.



Hình 3.3: Kết nối DTE và DCE trên mạng

DTE vừa là nguồn và là nơi nhận dữ liệu nhị phân (thí dụ thiết bị đầu cuối, máy vi tính, máy in, máy FAX...) DTE thường không truyền thông trực tiếp với thiết bị khác, nó truyền và nhận thông tin qua một thiết bị trung gian có khả năng truyền thông.

DCE là khối chức năng bất kỳ truyền và nhận dữ liệu dạng tương tự hoặc số qua mạng. Ở lớp vật lý, DCE nhận dữ liệu từ DTE, biến đổi chúng thành tín hiệu thích hợp và sau đó chuyển chúng vào đường liên kết truyền thông.

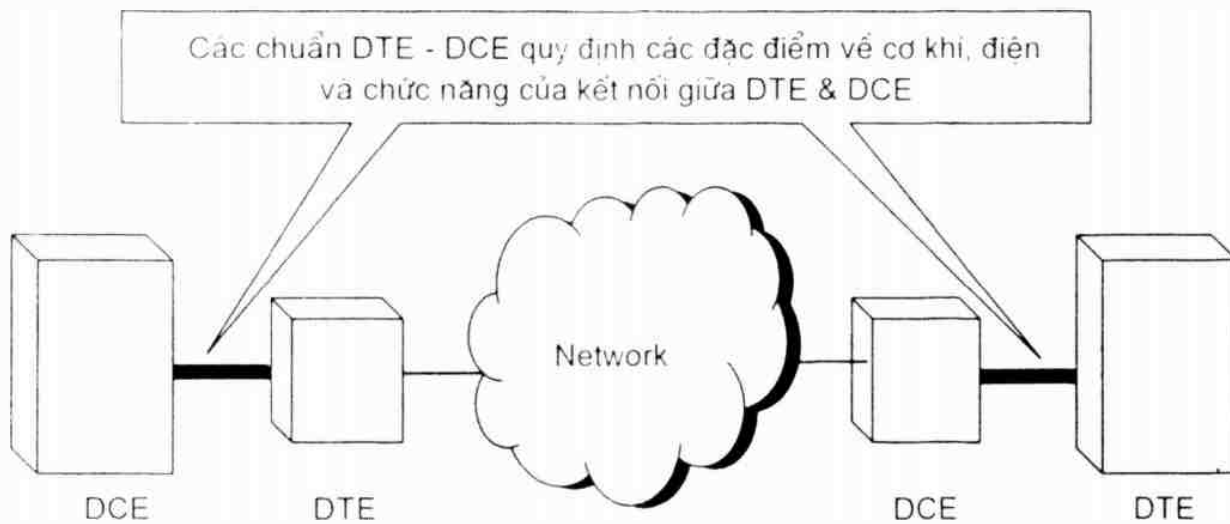
DTE ví như bộ não của ta khi đàm thoại. Khi có một ý nghĩ nào đó muốn trao đổi với một người bạn, từ não bộ ta không thể truyền được ý nghĩ đó tới não bộ của bạn. Ý nghĩ đó được truyền từ não bộ tới hộp cộng hưởng và miệng, để biến thành sóng âm thanh truyền qua không khí, qua đường dây điện thoại tới tai người bạn và từ đó tới não bộ của bạn để được biến đổi lại thành thông tin. Ở thí dụ này DTE là não bộ của người nói và của người nghe, hộp cộng hưởng và miệng người nói là DCE ở phía này, tai người nghe là DCE ở phía kia. Không khí hoặc đường điện thoại là môi trường truyền.

DCE phổ biến nhất là các Modem. Trong một mạng bất kỳ, DTE phát dữ liệu số chuyển nó vào DCE; DCE biến đổi dữ liệu số thành dạng thích hợp cho môi trường truyền và gửi tín hiệu đã biến đổi này tới DCE nơi nhận trên mạng. DCE thứ hai lấy tín hiệu từ đường truyền, biến đổi thành dạng có thể dùng được cho DTE của nó và phân phát nó.

Cả hai DCE gửi và nhận phải sử dụng cùng một phương pháp mã, còn các DTE chỉ cần được xếp ngang bằng với DCE của riêng mình. Hình 3.3 chỉ rõ mối quan hệ DTE và DCE trên mạng.

3.1.3. Các giao diện chuẩn

Qua nhiều năm, nhiều chuẩn đã được phát triển nhằm quy định thống nhất việc kết nối giữa DTE và DCE.



Hình 3.4: Chuẩn kết nối trên các giao diện

Mỗi chuẩn cung cấp một mô hình về cơ, điện, đặc điểm, chức năng cho kết nối, như chỉ ra trên hình 3.4.

Hội công nghiệp điện tử EIA (Electronic Industries Association) và Hội đồng tiêu chuẩn hoá truyền thông và Hiệp hội truyền thông quốc tế ITU (International Telecommunication Union - Telecommunication standards Committee) tham gia vào việc phát triển chuẩn giao diện DTE và DCE. Các chuẩn của EIA bao gồm EIA - 232, EIA - 442, EIA - 449... Các chuẩn của ITU -T được gọi là series V và series X.

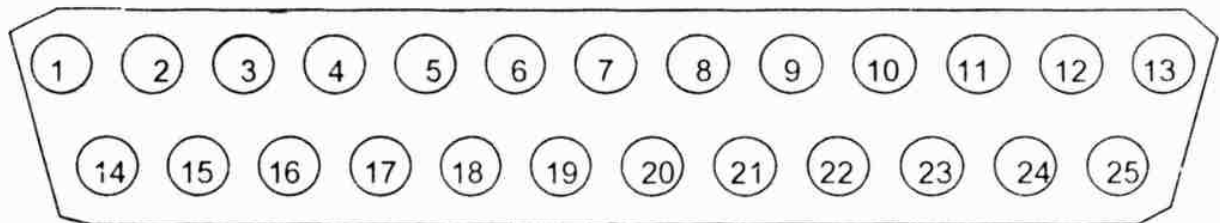
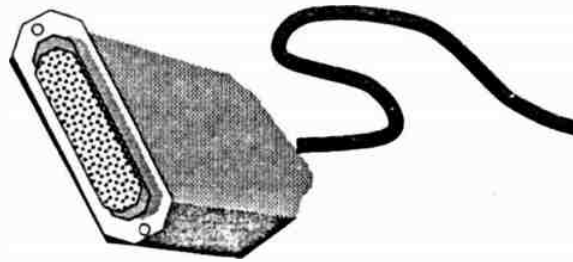
Giao diện chuẩn EIA - 232 là giao diện giữa DTE và DCE, phiên bản gốc năm 1962 lấy tên là RS -232. Sau đó nó được sửa đổi và bản gần nhất là EIA - 232 - D. Bản này không chỉ quy định loại kết nối đã được sử dụng mà còn quy định loại dây cáp truyền, loại ổ cắm và chức năng mỗi chân cắm.

Các đặc điểm cơ, điện và chức năng của chuẩn này quy định như sau:

Về cơ khí, dùng cáp 25 sợi với ổ cắm đực và một ổ cắm cái DB-25 chân nối ở một đầu cáp còn lại. Độ dài cáp không vượt quá 15 m.

DB-25 là một ổ cắm có 25 chân hoặc 25 lỗ, mỗi chân (hoặc lỗ) được nối với một sợi dây riêng có chức năng xác định. Các chân (hoặc lỗ)

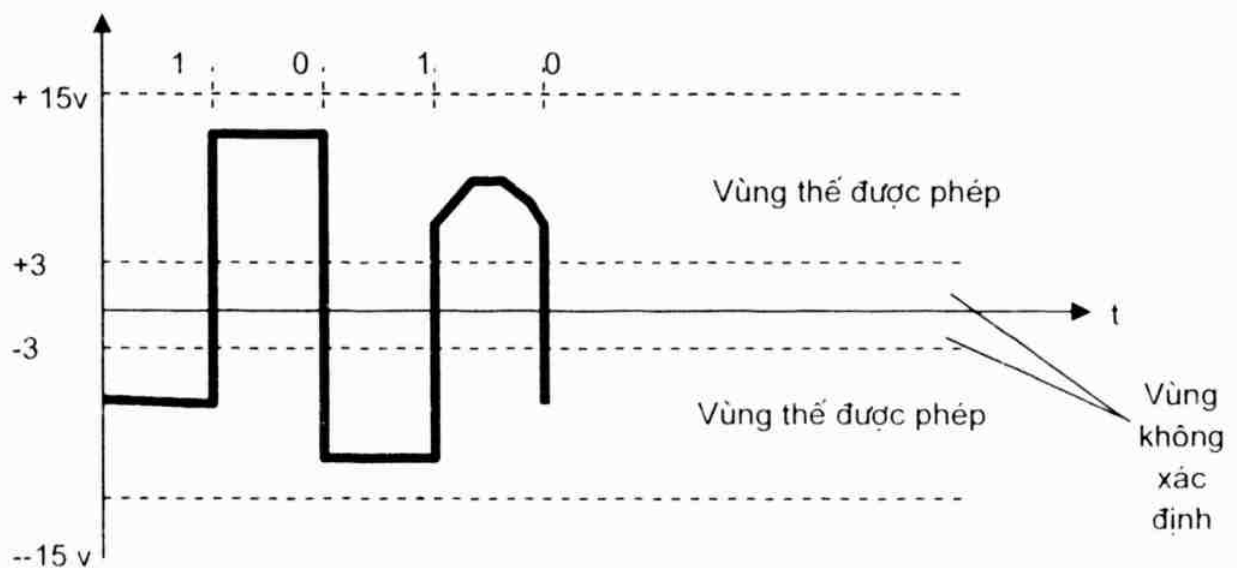
được phân bố trên ổ cắm theo hai hàng, một hàng có 13 chân ở đỉnh và 12 chân ở đáy, như chỉ ra trên hình 3.5.



Hình 3.5: Ổ cắm DB-25

- Quy định về điện chỉ rõ mức thế và loại tín hiệu được truyền hai hướng giữa DTE và DCE, dữ liệu phải được truyền như logic "1" và "0", dùng mã NRZ - L với mức thế dương từ $+3\text{v} \div +15\text{v}$ là "0" và mức thế âm từ $-15\text{v} \div -3\text{v}$ là "1".

Dữ liệu gửi đi có dạng như trên hình vẽ 3.6:

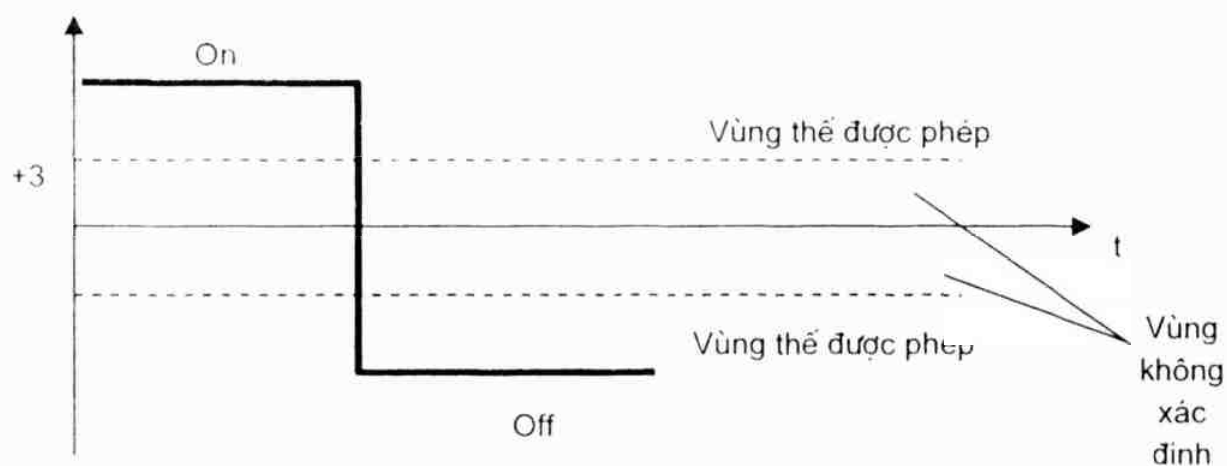


Hình 3.6: Dạng dữ liệu trên giao diện

Nơi nhận, chấp nhận các tín hiệu tới có mức thế nằm trong khoảng cho phép ($+3 \div 15$) và ($-3 \div -15$)V.

Có 4 sợi trong số 25 sợi dây được dùng cho chức năng dữ liệu, 21 sợi dây còn lại được dự trữ cho các chức năng định thời, điều khiển, nối đất và kiểm tra. Các sợi dây xem là ON nếu thế trên nó lớn hơn +3V, như minh họa trên hình 3.7 và xem là OFF nếu mức thế trên nó bé hơn -3V.

Tốc độ bit mà EIA - 232 quy định cực đại là 20Kbps, trong thực tế thường vượt hơn.



Hình 3.7: Khái niệm ON và OFF trên RS-232

- Quy định chức năng:

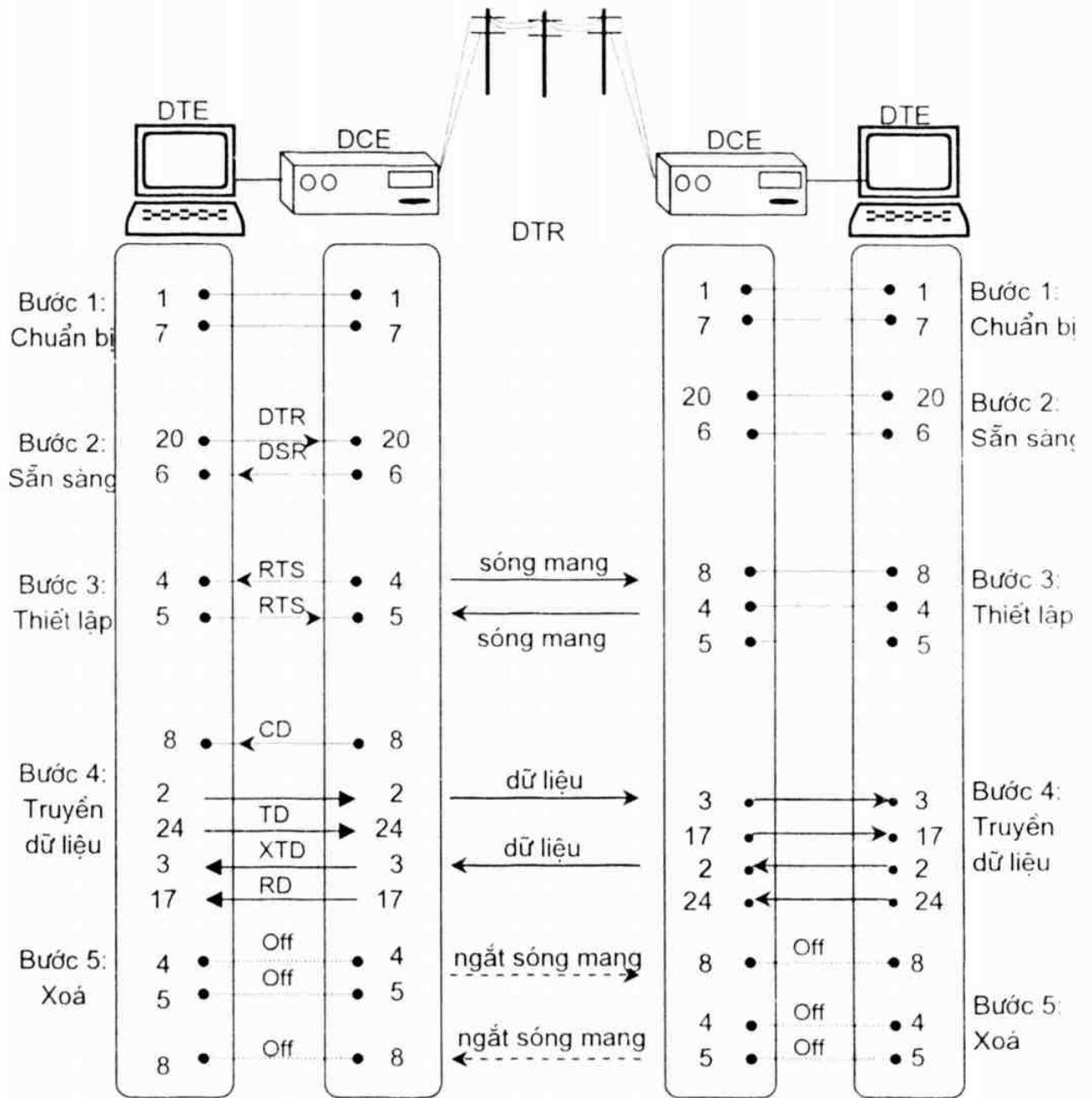
Chức năng truyền thông được quy định cho từng tiếp điểm trong số 25 tiếp điểm của DB-25. Thí dụ tiếp điểm 2 truyền dữ liệu, tiếp điểm 3 nhận dữ liệu, cho phép hai thiết bị tham gia cùng truyền nhận dữ liệu đồng thời.

Hình 3.8 là một thí dụ kết nối truyền hai chiều đồng thời (Full duplex) sử dụng đường thuê bao riêng. DCE là modem, DTE là máy vi tính. Hoạt động có 5 giai đoạn.

Thiết bị phát động và thiết bị hưởng ứng làm việc như sau: bước 1 là sự chuẩn bị của giao diện cho truyền thông thể hiện trên tiếp điểm 1 (là che chắn), 7 (là nối đất) hoạt động giữa tổ hợp máy tính và modem gửi (bên trái) và giữa máy tính và modem nhận (bên phải).

- Bước 2 bảo đảm cả 4 thiết bị đều sẵn sàng truyền thông. Muốn vậy DTE gửi, kích hoạt DTR ở tiếp điểm 20 báo cho DCE của nó đã sẵn sàng. DCE trả lời rằng nó cũng đã sẵn sàng bằng cách kích hoạt DSR ở tiếp điểm 6.

- Bước 3: Thiết lập kết nối vật lý giữa modem nhận và modem gửi.



Các chân:

- | | |
|--------------------------------|---------------------|
| 1. Che chắn | 2. Truyền dữ liệu |
| 3. Nhận dữ liệu | 4. Yêu cầu gửi |
| 5. Đủ điều kiện để gửi dữ liệu | 6. DCE sẵn sàng |
| 7. Nối đất | 20. DTE đã sẵn sàng |
| 8. Phát hiện sóng mang. | |

Hình 3.8

Việc này giống như bật công tắc đóng (ON) cho truyền thông. Muốn vậy DTE gửi kích hoạt RTS ở tiếp điểm 4 và gửi tới DCE của nó "thông báo yêu cầu gửi". DCE truyền sóng mang tới modem nhận. Khi modem nhận phát hiện được sóng mang, nó kích hoạt CD ở tiếp điểm 8 báo cho

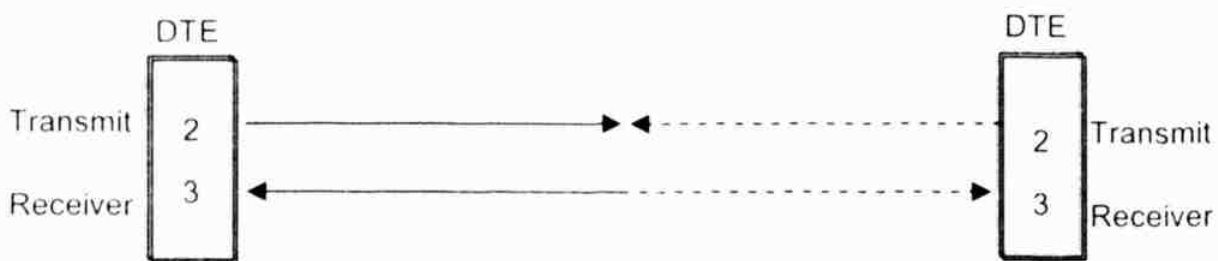
DTE của nó rằng phiên truyền thông đã bắt đầu. Trong khi đó phía DCE gửi sau khi truyền sóng mang, nó đồng thời kích hoạt RTS ở tiếp điểm 5 thông báo cho DTE của nó rằng, đã hoàn toàn thông suốt để gửi dữ liệu. Máy tính và modem nhận cũng thực hiện bước này.

Bước 4 là thu tục truyền dữ liệu.

Máy tính truyền dữ liệu tới modem của nó qua TD ở tiếp điểm số 2, được sự hỗ trợ bởi xung thời gian ở XTD ở tiếp điểm số 24. Modem biến đổi tín hiệu số thành tín hiệu tương tự và gửi nó, modem ở xa khôi phục lại tín hiệu, biến thành dữ liệu số và chuyển vào máy tính qua RD ở tiếp điểm 3 có sự hỗ trợ của xung thời gian RC ở tiếp điểm 17. Cũng ở thời điểm này máy tính ở xa có thể đang truyền dữ liệu số qua TD ở tiếp điểm 2 được hỗ trợ bởi xung đồng hồ XTD ở tiếp điểm 24. Modem ở xa biến dữ liệu này thành tín hiệu tương tự, gửi qua mạng trên tín hiệu mang của riêng nó. Modem khởi động nhận tín hiệu này biến đổi thành dữ liệu số, truyền qua RD ở tiếp điểm 3 tới máy tính khởi động nhờ sự hỗ trợ của tín hiệu đồng hồ RC ở tiếp điểm 17.

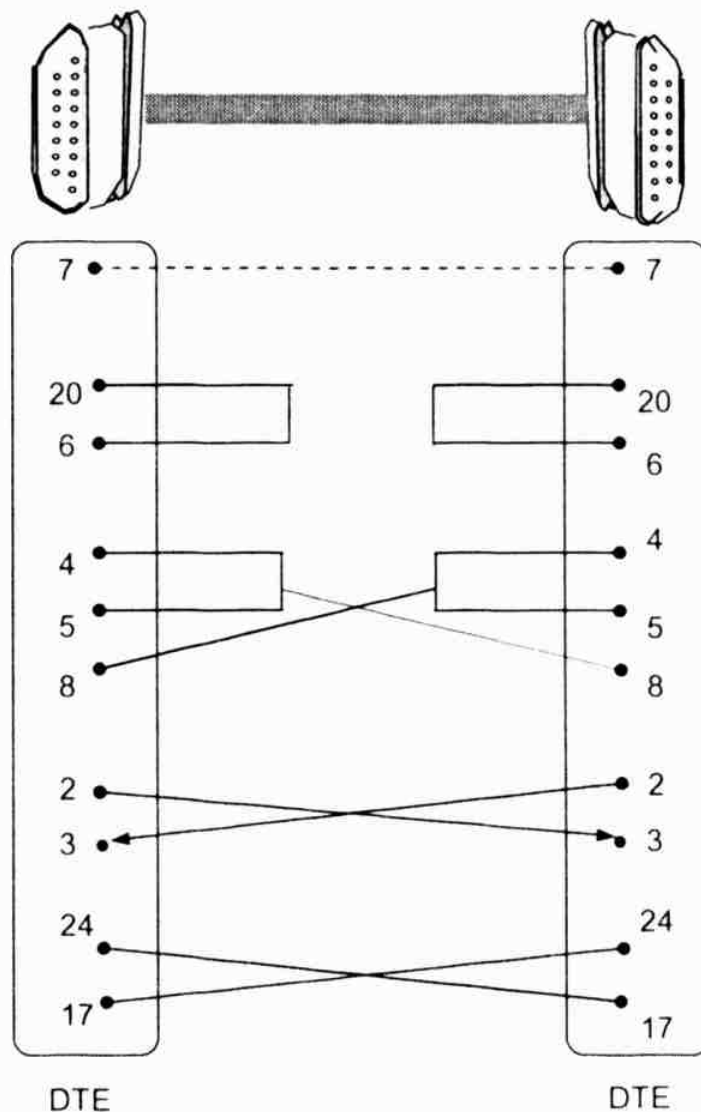
Khi cả hai phía đã hoàn tất việc truyền thông của mình cả hai máy tính đều ngừng kích hoạt mạch yêu cầu gửi RTS; modem ngừng phát tín hiệu sóng mang, ngừng phát tín hiệu CTS.

+ Null modem: Không cần dùng modem có thể kết nối hai thiết bị số tương thích (Hai DTE) trên khoảng cách nhỏ. Khi đó cần một số thay đổi giao diện để điều khiển việc trao đổi (thiết lập sự sẵn sàng, truyền và nhận...). Cáp nối giữa DTE - DCE có thể được đấu nối lại để làm công việc như vậy và được gọi là Null modem.



Hình 3.9: Các DTE khi kết nối trực tiếp

- Nối chéo các sợi dây: Phải nối chéo tiếp điểm 2 của DTE này với tiếp điểm 3 của DTE kia và ngược lại. Đó là hai tiếp điểm quan trọng nhất, những tiếp điểm còn lại đấu như hình vẽ 3.10.

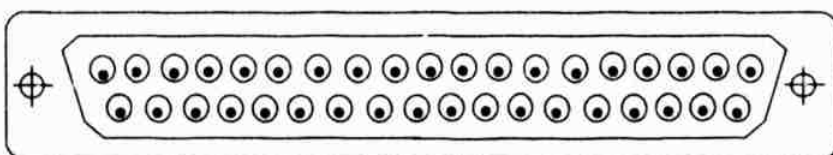


Hình 3.10: Đầu nối cáp kiểu Null modem

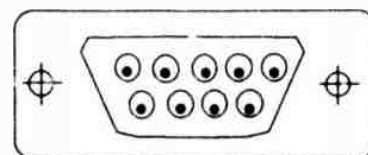
3.1.4. Các chuẩn giao diện khác

EIA - 232 bị giới hạn về tốc độ truyền và độ dài cáp để truyền xa (20kbps và 15m) tương ứng. Tiêu chuẩn EIA - 449, EIA - 530 và X.21 do EIA và ITU-T giới thiệu nhằm khắc phục các hạn chế nói trên.

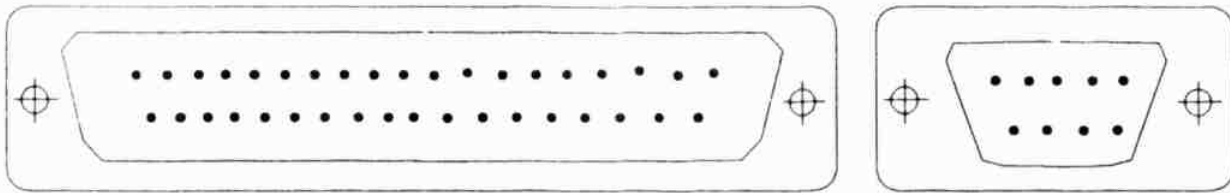
- EIA - 449: về mặt cơ khí EIA - 449 kết hợp hai bộ kết nối, một bộ có 37 tiếp điểm DB- 37 và một bộ có 9 tiếp điểm (DB - 9) thành bộ 46 có 9 tiếp điểm, như chỉ ra trên hình 3.11.



a) DB-37 tiếp điểm (lỗ)



DB-9 tiếp điểm (lỗ)



b) DB-37 tiếp điểm (cắm)

DB-9 tiếp điểm (cắm)

Hình 3.11: Chuẩn cơ khí của EIA-449 phía lỗ (a), phía chân cắm (b)

Chức năng các tiếp điểm của DB - 37 giống DB - 25.

EIA - 449 quy định 2 vùng tiếp điểm được dùng để trao đổi dữ liệu, điều khiển và thông tin thời gian, như chỉ ra trên hình 3.1.

Bảng 3.1:

Tiếp điểm	Chức năng	Vùng	Tiếp điểm	Chức năng	Vùng
1	Chắn		20	Nhận khung	II
2	Chỉ thị tốc độ tín hiệu		21	Không quy định	I
3	Không được quy định		22	Gửi dữ liệu	I
4	Gửi dữ liệu	I	23	Gửi thời gian	I
5	Gửi thời gian	I	24	Nhận dữ liệu	I
6	Nhận dữ liệu	I	25	Yêu cầu gửi	I
7	Yêu cầu gửi	I	26	Nhận thời gian	I
8	Nhận thời gian	I	27	Có thể gửi	I
9	Có thể gửi	I	28	Kết thúc dịch vụ	II
10	Quay lại cục bộ	II	29	Mode dữ liệu	I
11	Mode dữ liệu	I	30	Sẵn sàng kết thúc	I
12	Sẵn sàng kết thúc	I	31	Sẵn sàng nhận	I
13	Sẵn sàng nhận	I	32	Chọn dự phòng	II
14	Quay lại phía xa	II	33	Chất lượng tín hiệu	
15	Cuộc gọi đang tới		34	Tín hiệu mới	II
16	Chọn tần số	II	35	Kết thúc thời gian	I
17	Kết thúc thời gian	I	36	Chỉ báo dự phòng	II
18	Mode kiểm tra	II	37	Gửi chung	II
19	Tín hiệu đất				

Vùng I: có các tiếp điểm tương thích EIA- 232 nhưng hầu hết đều đổi tên.

Tiếp điểm 4 và tiếp điểm 22 của EIA-449 đều gửi dữ liệu và tương đương tiếp điểm 2 của IEA - 232; tiếp điểm 6 và 24 là nhận dữ liệu. Mối liên quan với EIA - 232 và chức năng chân của BD- 9 thể hiện trong bảng 3.2.

Bảng 3.2:

Tiếp điểm	Chức năng	Tương đương với RS-232
1	Chấn	1
2	Sẵn sàng nhận lần thứ 2	
3	Dữ liệu gửi lần 2	14
4	Dữ liệu nhận lần 2	16
5	Tín hiệu đất	7
6	Nhận chung	12
7	Yêu cầu gửi lần 2	19
8	Có thể gửi lần 2	13
9	Gửi chung	

Vùng nhóm II: Ở đây các tiếp điểm không tương đương đối với EIA - 232 hoặc đã được định nghĩa lại.

* Kiểm tra vòng lặp sở tại (cục bộ): tiếp điểm 10

* Kiểm tra vòng lặp ở xa: tiếp điểm 14

* Chọn tần số: tiếp điểm 16

* Nhận chung: Tiếp điểm 20 cung cấp báo hiệu chung trên đường dây kết nối cho mạch không cân bằng từ DCE đến DTE.

* Thiết bị đầu cuối trong dịch vụ: Tiếp điểm 28 báo cho DCE biết DTE có thao tác không.

* Chọn lựa dự phòng: Tiếp điểm 32 cho phép DTE yêu cầu thiết bị dự phòng trong trường hợp sự cố hư hỏng.

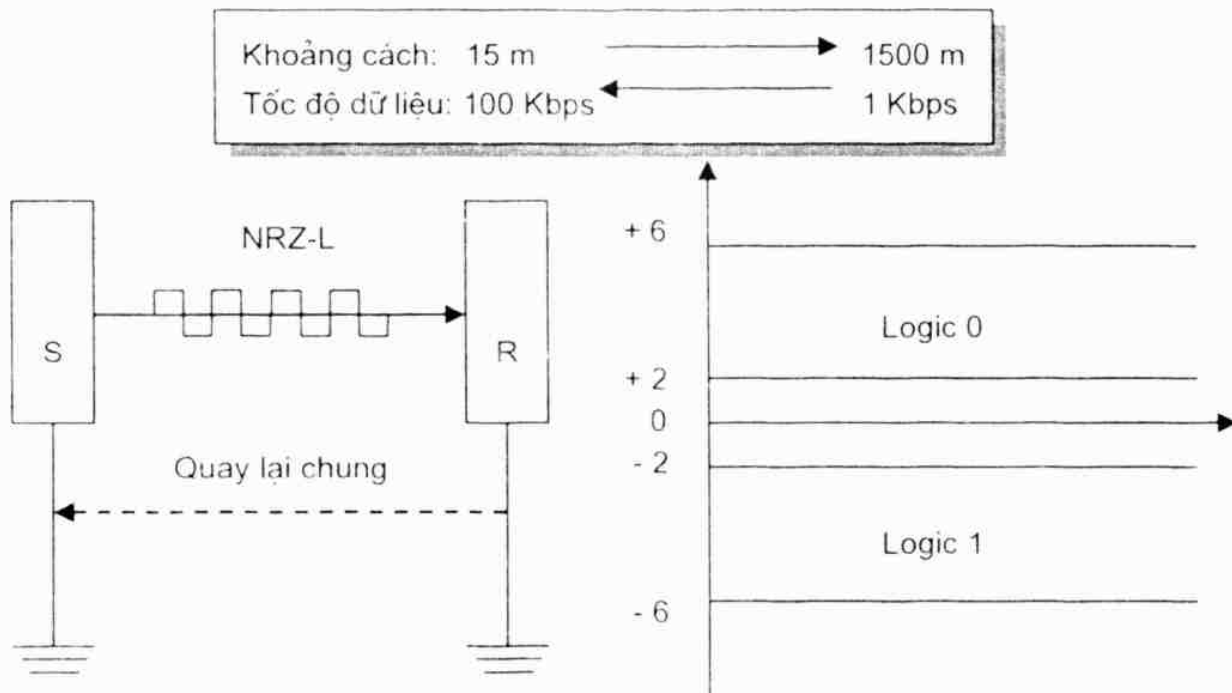
* Tiếp điểm 34 cho phép nhiều điểm ứng dụng, nơi DTE thứ nhất điều khiển một số DTE thứ 2. Khi đã được kích hoạt, tiếp điểm 34 báo rằng một DTE đã kết thúc việc trao đổi dữ liệu của nó và một DTE khác sắp bắt đầu.

* Tiếp điểm 36 của DCE cung cấp tín hiệu khẳng định để chọn dự phòng.

* Tiếp điểm 37 cung cấp báo hiệu cho mạch không cân bằng từ DTE sang DCE.

EIA - 449 dùng 2 chuẩn khác để quy định các đặc trưng về điện: RS - 423 (cho mạch không cân bằng) và RS - 422 (cho mạch cân bằng).

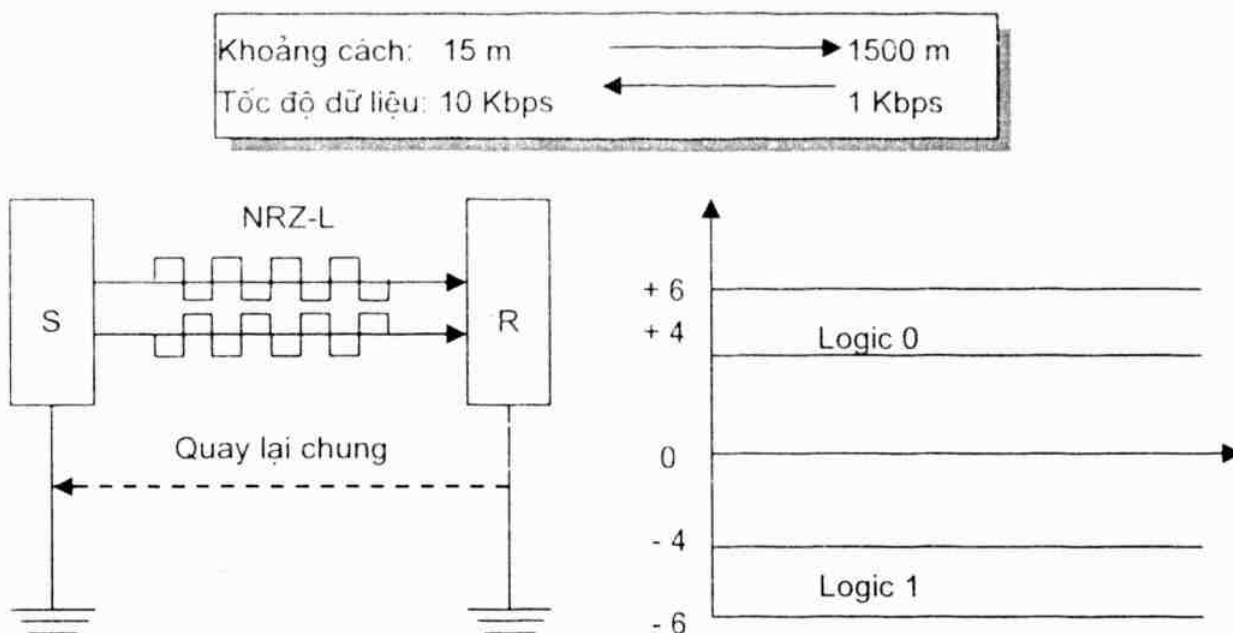
Với RS - 423: Quy định chỉ có một đường cho truyền tín hiệu. Mọi tín hiệu đều sử dụng đất chung. Hình vẽ 3.12 chỉ rõ những quy định về điện của chuẩn RS - 423.



Hình 3.12: Các quy định về điện của RS - 423

Chỉ sử dụng tiếp điểm thứ nhất của mỗi cặp ở vùng I và cả các tiếp điểm ở vùng II.

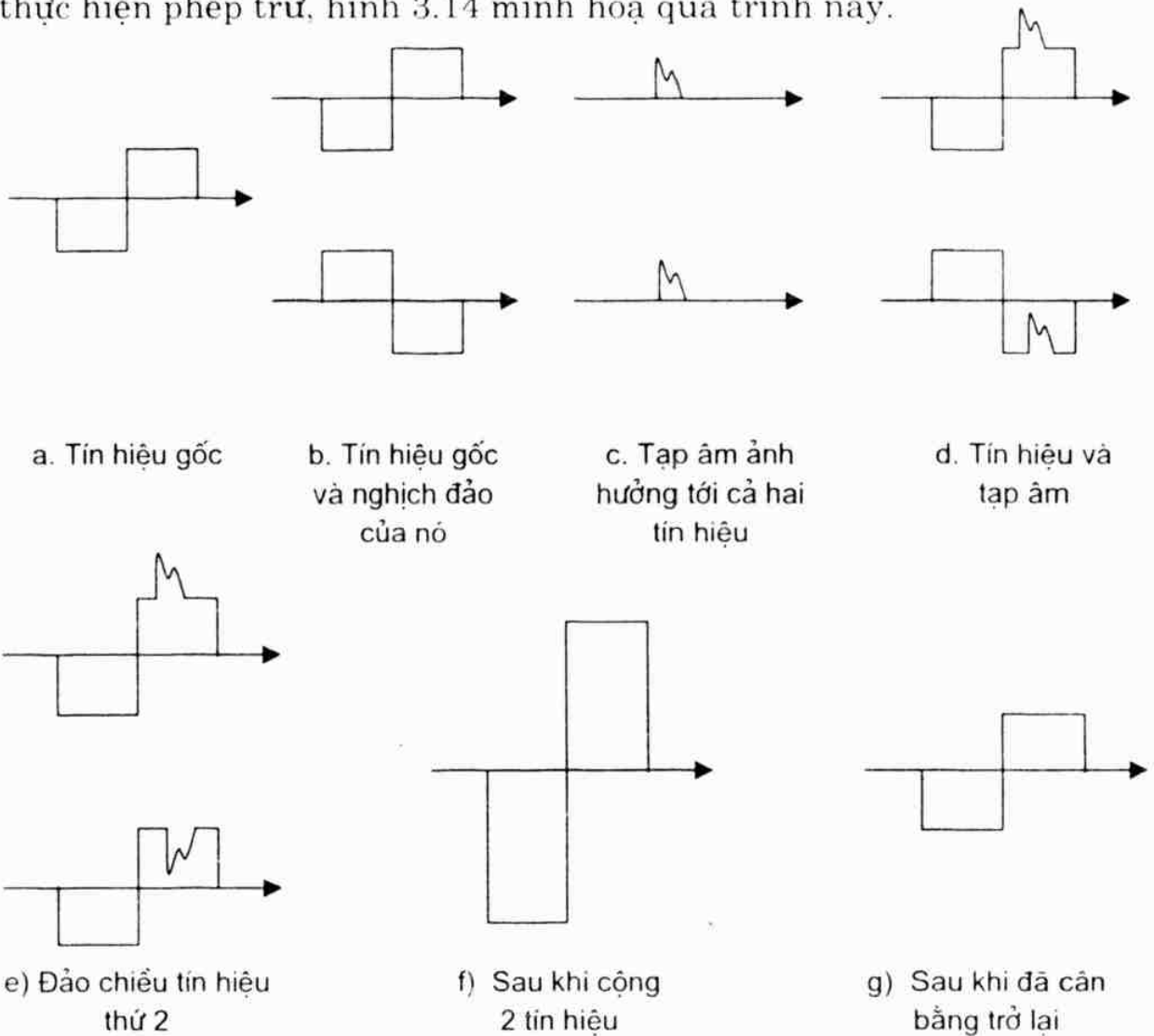
RS - 422. quy định 2 đường cho việc truyền mỗi tín hiệu. Các tín hiệu sử dụng đường về chung (đất) để quay về. Hình 3.13 chỉ rõ các quy định về điện của chuẩn RS - 422 khi sử dụng 2 đường truyền dữ liệu.



Hình 3.13: RS - 422 sử dụng 2 đường truyền

Dùng hai tiếp điểm trong vùng I và không sử dụng các tiếp điểm vùng II.

Trong mode không cân bằng, 2 đường đều truyền, nhưng chúng không truyền các tín hiệu giống nhau. Tín hiệu trên đường này là phần bù của tín hiệu trên đường kia. Thiết bị nhận phát hiện sự khác nhau giữa hai đường thay cho việc nghe ngóng tín hiệu có hoạt động hay không? Mạch cân bằng vì thế ít nhạy tạp âm hơn mạch không cân bằng và tăng được hiệu quả. Thật vậy nhờ nơi nhận có một mạch trừ, 2 tín hiệu được trừ trước lúc được nhận. Kết quả thu được tín hiệu có biên độ gấp đôi. Nếu tạp âm có trên đường truyền, nó cảm ứng vào hai tín hiệu theo cùng một cách và chúng bị triệt tiêu khi thực hiện phép trừ, hình 3.14 minh họa quá trình này.



Hình 3.14: Tín hiệu thu được trên đường truyền cân bằng

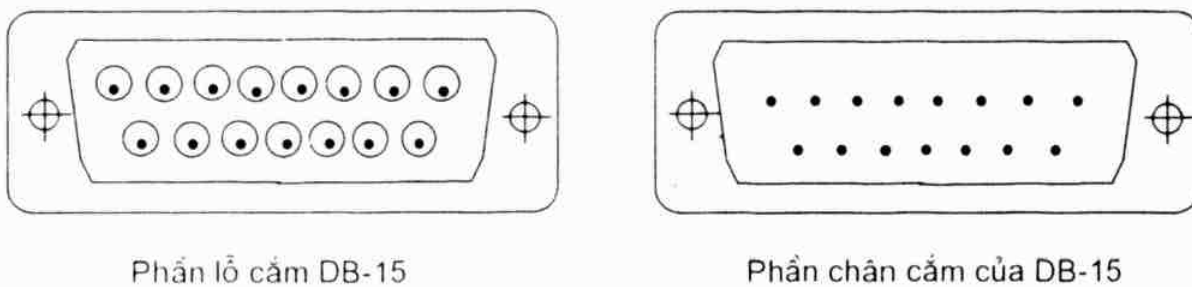
- EIA - 530: Chức năng các tiếp điểm của chuẩn EIA - 530 giống chuẩn EIA - 449 ở vùng I cộng thêm 3 tiếp điểm ở cùng II (các mạch phản hồi). EIA - 530 không hỗ trợ mạch điện thứ 2.

X. 21: Là giao diện chuẩn do ITU - T đề xuất, giải quyết các tồn tại của giao diện EIA, là nền tảng của truyền tín hiệu số.

X.21 bỏ hầu hết các đường điều khiển trong chuẩn EIA và truyền trực tiếp chúng qua đường dữ liệu. Cả DTE và DCE được bổ sung thêm các mạch logic cho phép chúng chuyển mã điều khiển thành chuỗi bit có thể truyền qua đường dữ liệu, và các mạch logic để phân biệt thông tin điều khiển và dữ liệu lúc thu nhận.

X.21 kết nối máy tính với thiết bị tương tự (như modem) và kết nối máy tính số với giao diện số như ISDN và X.25, làm việc với các mạch cân bằng ở tốc độ 64 Kbps.

Hình 3.15 là chuẩn cơ khí của X.21



Hình 3.15: Chuẩn cơ khí của chuẩn X.21

* Ưu điểm của X.21 là các mạch thời gian để đồng bộ byte được bổ sung vào đồng bộ bit. Nhờ bổ sung 1 byte xung thời gian truyền trên tiếp điểm 7 và 14, X.21 cải thiện sự đồng bộ của quá trình truyền dữ liệu.

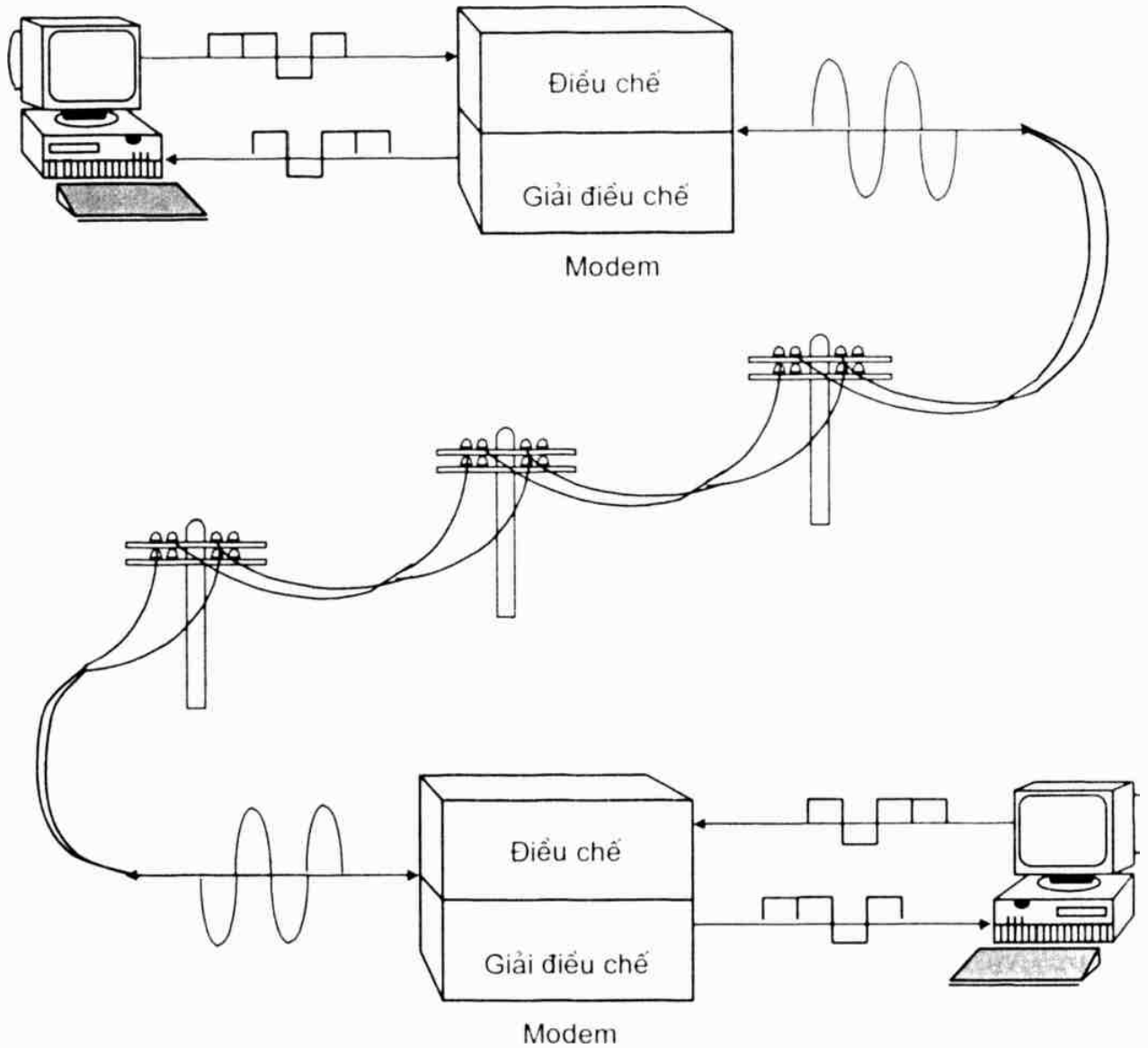
* Tiếp điểm 3 và 5 của DB - 15 được dùng khởi động giao tiếp hoặc tổ chức bắt đầu truyền. Tiếp điểm 3 tương đương RTS; tiếp điểm 5 tương đương CTS, của chuẩn RS - 232.

Bảng 3.3 chỉ ra chức năng của mỗi tiếp điểm.

Bảng 3.3

Tiếp điểm	Chức năng	Tiếp điểm	Chức năng
1	Chắn	9	Truyền dữ liệu hoặc đ/khiển
2	Truyền dữ liệu hoặc tín hiệu điều khiển	10	Điều khiển
3	Điều khiển	11	Nhận dữ liệu hoặc tín hiệu điều khiển
4	Nhận dữ liệu hoặc tín hiệu điều khiển	12	Chỉ báo
5	Chỉ báo	13	Thời gian tín hiệu
6	Thời gian tín hiệu	14	Thời gian byte
7	Thời gian byte	15	Dự trữ
8	Đất		

3.1.4. Modem



Hình 3.16

Muốn truy cập mạng qua đường điện thoại phải sử dụng modem. Modem trong (hoặc modem ngoài) liên kết với máy tính, biến đổi tín hiệu số từ máy tính thành tín hiệu tương tự mà đường thoại công cộng có thể truyền đi, đồng thời biến đổi tín hiệu tương tự nhận được từ đường thoại công cộng thành tín hiệu số để máy tính có thể xử lý.

Thuật ngữ Modem là kết hợp của hai từ Modulator và Demodulator.

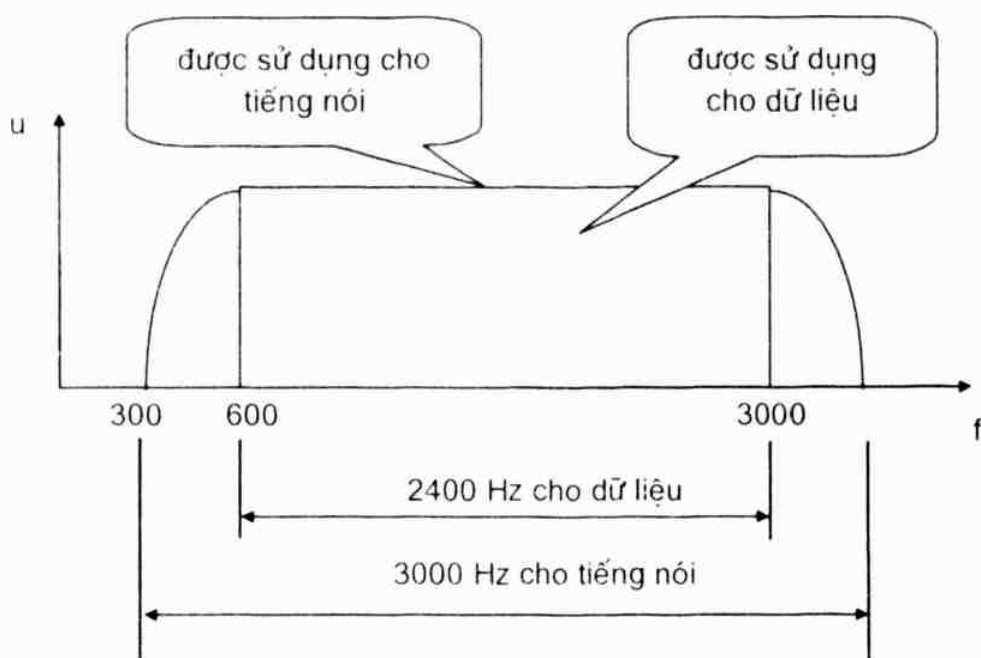
Modulator biến đổi tín hiệu số thành tín hiệu tương tự sử dụng các phương pháp mã số -tương tự như ASK, FSK, PSK và QAM.

Tốc độ dữ liệu của một liên kết phụ thuộc vào loại mã được dùng, khoảng thời gian của tín hiệu, giá trị điện áp được sử dụng và tính chất vật lý của môi trường truyền. Trong số đó môi trường có ảnh hưởng lớn nhất.

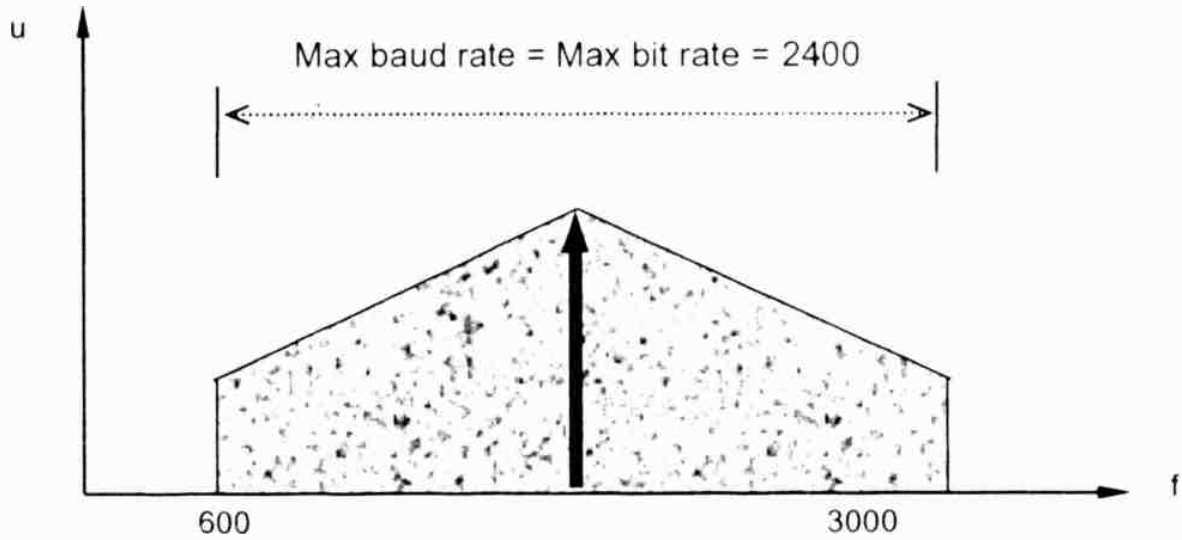
Tăng tốc độ sóng mang có thể tăng tốc độ truyền dữ liệu. Việc tăng tốc độ dữ liệu có nghĩa là tăng số thay đổi tín hiệu trên một giây, nhưng mỗi đường truyền có một giới hạn đối với số thay đổi như vậy. Nếu tín hiệu thay đổi quá chậm nó không thể vượt qua được điện dung của đường truyền, nếu quá nhanh có thể bị cản trở bởi độ cảm ứng của đường truyền. Như vậy mỗi đường truyền có giới hạn trên và giới hạn dưới về tần số tín hiệu đi qua nó. Khoảng giới hạn đó gọi là độ rộng băng (Bandwidth) của kênh.

Các đường dây điện thoại có thể mang tần số từ 300 Hz - 3300Hz, như vậy có độ rộng băng là 3000Hz. Truyền tín hiệu dữ liệu yêu cầu độ chính xác cao hơn truyền giọng nói do vậy các giới hạn đầu và cuối của dải tần này không được dùng. Do vậy độ rộng băng của đường điện thoại sử dụng để truyền dữ liệu là 2.400 Hz tính từ 600 Hz - 3000 Hz. Ngày nay có một số đường điện thoại có độ rộng băng lớn hơn. Tuy nhiên, các Modem được thiết kế đều dựa vào khả năng của đường điện thoại truyền thống với độ rộng băng là 2.400Hz. Hình 3.17 minh họa độ rộng băng của đường điện thoại.

Độ rộng băng để truyền tín hiệu ASK bằng tốc độ baud của tín hiệu. Giả sử liên kết chỉ sử dụng cho một tín hiệu, tốc độ baud cực đại của mã ASK bằng toàn bộ độ rộng băng của môi trường truyền. Vì độ rộng băng của đường điện thoại là 2400 Hz, tốc độ baud cũng bằng 2400. Vì tốc độ baud và tốc độ Bit là bằng nhau trong điều chế ASK nên tốc độ bit cực đại cũng bằng 2400, như chỉ ra trên hình 3.18.

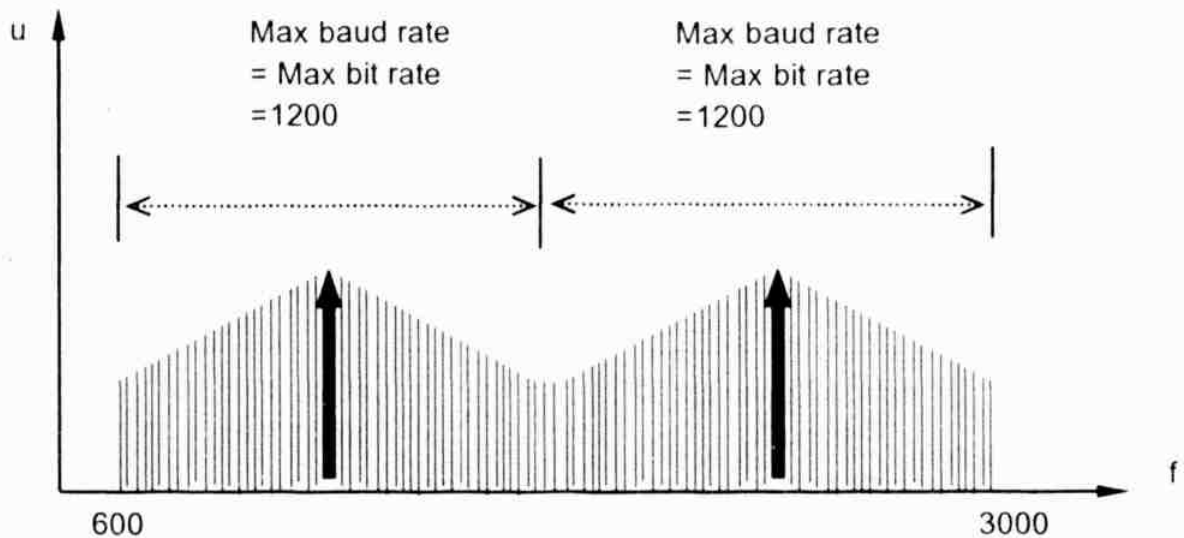


Hình 3.17: Độ rộng băng của đường điện thoại khi truyền tiếng nói và dữ liệu



Hình 3.18: Tốc độ BAUD và tốc độ bit của ASK

Khi truyền hai chiều đồng thời, một nửa độ rộng băng được sử dụng cho hướng khác. Do đó tốc độ truyền cực đại của ASK dạng hai chiều đồng thời là 1200 bps, hình 3.19 minh họa tốc độ này.

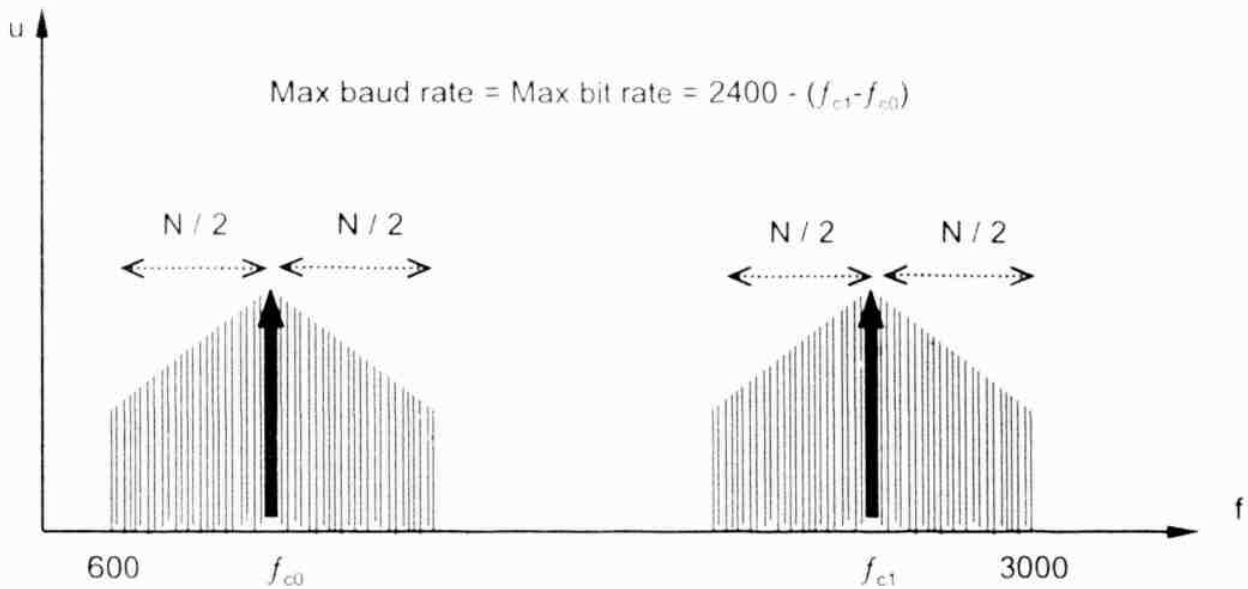


Hình 3.19: Tốc độ BAUD và tốc độ bit của ASK khi truyền 2 chiều đồng thời

Mặc dù ASK có tốc độ bit như tốc độ bit của những kỹ thuật điều chế khác nhưng nó không được sử dụng vì tạp âm lớn.

Với điều chế FSK độ rộng băng đòi hỏi để truyền tín hiệu này bằng tốc độ Baud trừ đi sự dịch tần số. Tốc độ Baud cực đại của FSK khi truyền hai chiều không đồng thời là: 2400 - dịch tần.

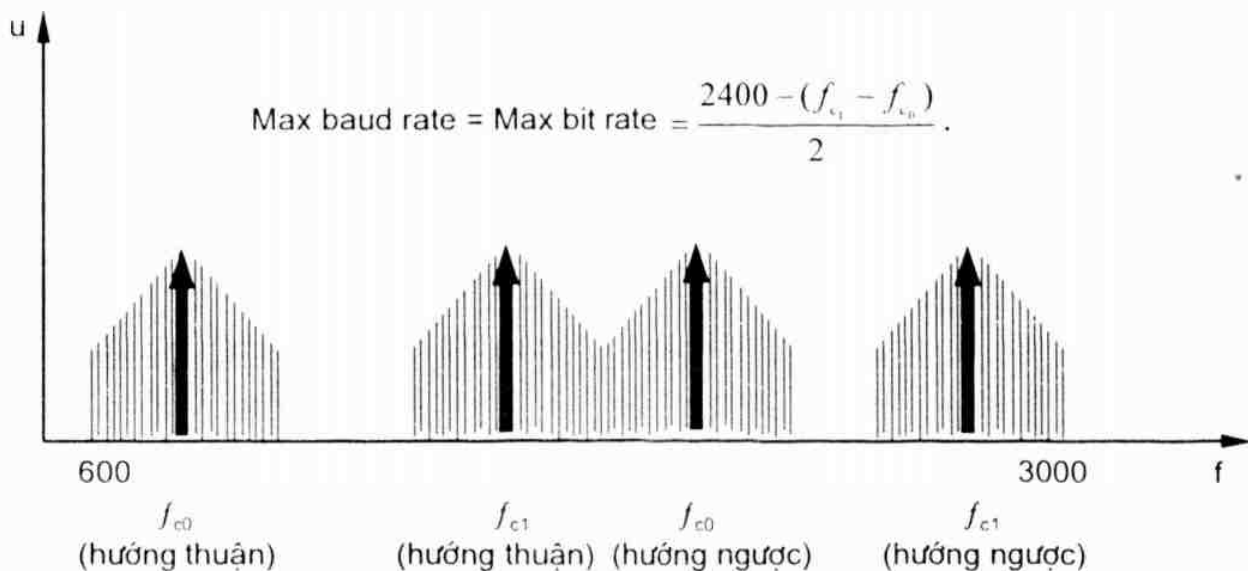
Vì điều chế FSK có tốc độ Baud và tốc độ bit bằng nhau nên tốc độ bit cực đại cũng bằng 2400 - dịch tần. Hình 3.20 minh họa các tốc độ của điều chế FSK.



Hình 3.20: Tốc độ Baud và tốc độ bit của FSK

Khi truyền hai chiều đồng thời, các tốc độ này còn lại một nửa, như đã chỉ ra trên hình 3.21.

$$\text{Tốc độ Baud cực đại} = \frac{2400 - (f_{c1} - f_{c0})}{2}$$



Hình 3.21: Tốc độ Baud khi truyền hai chiều đồng thời tín hiệu FSK

Điều chế mã PSK và QAM có độ rộng băng tối thiểu như là đối với ASK nhưng tốc độ bit có thể lớn hơn, tùy thuộc vào số bit đại diện cho mỗi đơn vị tín hiệu.

Bảng sau tóm tắt tốc độ bit cực đại của đường điện thoại chuẩn đối với các phương pháp điều chế nói trên (đường điện thoại hai sợi xoắn).

Bảng 3.4

Phương pháp mã hoá	Hai chiều không đồng thời	Hai chiều đồng thời
ASK, FSK, 2-PSK	2,400	1,200
4-PSK, 4-QAM	4,800	2,400
8-PSK, 8-QAM	7,200	3,600
16-QAM	9,600	4,800
32-QAM	12,000	6,000
64-QAM	14,400	7,200
128-QAM	16,800	8,400
256-QAM	19,200	9,600

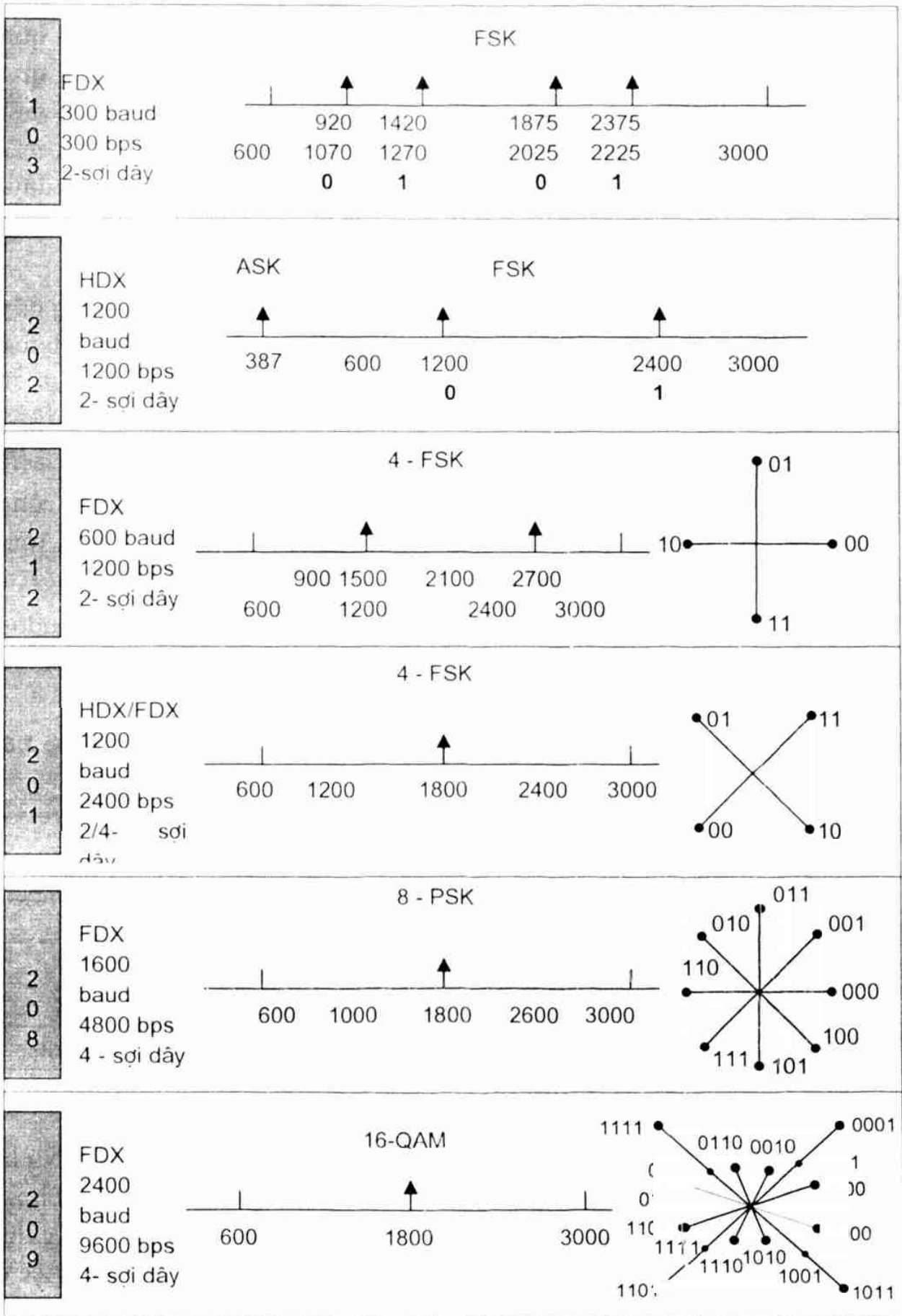
Có 2 chuẩn tiêu biểu cho các modems là Bell-modems và ITU-T modems.

Đầu năm 1970, Công ty điện thoại Bell cho ra đời modems thương mại đầu tiên. Công ty này là nhà chế tạo duy nhất trong một thời gian dài và họ đã quy định các tiêu chuẩn cho các sản phẩm kế tiếp nhau sau đó.

Modem loạt 103/113 là sản phẩm thương mại sớm nhất của Bell làm việc 2 chiều đồng thời qua 2 sợi dây điện thoại xoắn, truyền không đồng bộ, dùng mã FSK với tần số nơi gọi là 1070Hz tương ứng logic "0" và 1270Hz tương ứng logic "1". Tần số trả lời là 2025Hz tương ứng logic "0" và 2225 Hz tương ứng logic "1".

Modem Bell loạt 202 làm việc hai chiều không đồng thời qua 2 sợi dây điện thoại chuyển mạch. Truyền dữ liệu không đồng bộ, dùng mã FSK. Tần số truyền là 1200Hz tương ứng logic "0" và 1400Hz tương ứng logic "1". Loạt 202 còn chứa tần số thứ hai 387Hz làm việc theo hướng ngược lại, sử dụng mã ASK có tốc độ dữ liệu 5bps. Thiết bị nhận dùng kênh này để báo cho thiết bị gửi biết nó đã được kết nối và gửi thông báo ngắt để dừng cuộc truyền hoặc yêu cầu truyền lại dữ liệu.

Modem 212 có 2 tốc độ, đại diện cho 2 hướng truyền khác nhau. Việc lựa chọn tốc độ cho phép modem tương thích với nhiều hệ thống. Modem làm việc trong chế độ 2 chiều đồng thời qua đường điện thoại chuyển mạch. Tốc độ dưới 300 bps, mã bằng FSK để truyền đồng bộ. Với mã 4 - PSK, tốc độ truyền 1200 bps, làm việc trong cả hai dạng, đồng bộ và không đồng bộ.



Hình 3.22: Tóm tắt các đặc điểm của các modem chuẩn Bell

Modem loại 201 có thể làm việc hai chiều không đồng thời qua hai đường dây chuyển mạch hoặc làm việc hai chiều đồng thời qua đường thuê bao 4 sợi. Độ rộng băng của đường hai sợi dùng cho một hướng truyền. Đường 4 sợi cho phép hai kênh riêng rẽ hoàn toàn, mỗi kênh theo một hướng, được xử lý nhờ các modem đơn lẻ ở mỗi đầu. Việc tách hai hướng truyền trên 4 đường dây sử dụng toàn bộ độ rộng băng của chúng, tốc độ dữ liệu được tăng gấp đôi.

Modem loại 208 làm việc hai chiều đồng thời, sử dụng đường dây 4 sợi thuê bao, truyền đồng bộ, dùng mã 8 - PSK. Modem này có baud rate là 1600. Mỗi baud có 3 bit vì thế bit rate là 4800bps.

Các modem loại 209 làm việc hai chiều đồng thời qua đường dây thuê bao 4 sợi. Truyền theo chế độ đồng bộ, dùng mã 16 - QAM. Mỗi hướng truyền có 01 kênh riêng, cho phép sử dụng toàn bộ độ rộng băng trên mỗi kênh, tốc độ dữ liệu là 9600bps. Hình 3.22 mô tả tóm tắt đặc điểm các modem chuẩn Bell.

Chuẩn ITU - T chia các modem thành hai loại: một loại tương đương các modem Bell và một loại không tương đương. Các modem tương đương với modem Bell được liệt kê trong bảng 3.5.

Bảng 3.5:

ITU - T	Bell	Baud rate	Bit rate	Điều chế
V21	103	300	300	FSK
V22	212	600	1200	4-PSK
V23	202	1200	1200	FSK
V26	201	1200	2400	4- PSK
V27	208	1600	4800	8-PSK
V29	209	2400	9600	16- QAM

Các modem không tương đương với modem Bell bao gồm:

Modem V22 bis là sự xuất hiện lần thứ hai của modem V2. Nó là modem hai tốc độ, nghĩa là có thể làm việc ở tốc độ 1200 lẫn 2400 bps. Tùy thuộc vào tốc độ DCE ở đầu kia của cuộc trao đổi để chọn tốc độ. Khi V22 bis nhận dữ liệu từ modem tốc độ 2400 bps nó sẽ làm việc ở tốc độ 2400bps. Ở tốc độ 1200bps, dùng mã 4- DPSK với Baud rate là 600. DPSK là khoá dịch pha vi phân (Differential), việc điều chế thực hiện theo sự thay đổi tương đối của pha chứ không phải theo giá trị tuyệt đối.

Quy luật này như sau:

00 \rightarrow 90°

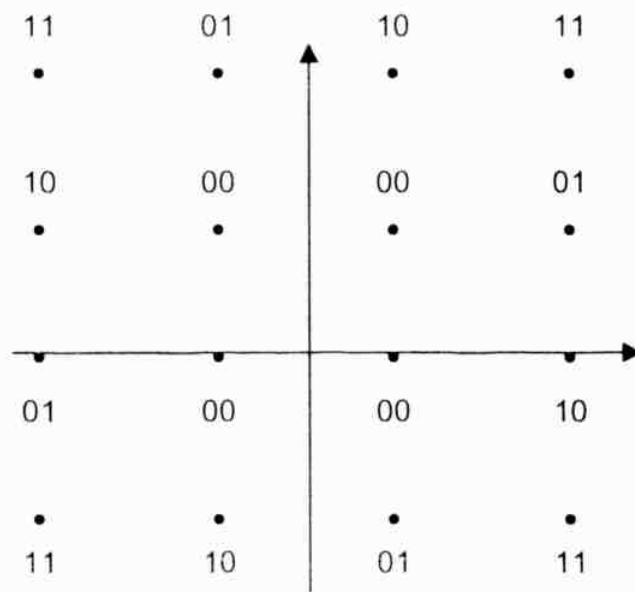
01 \rightarrow 0°

11 \rightarrow 270°

10 \rightarrow 180°

Ở tốc độ 2400 bps, V22 bis dùng mã 16-QAM.

Modem V32 là thế hệ cải tiến của V29, điều chế tổ hợp và mã hoá mất cáo. Mã hoá mất cáo là QAM cộng bit dư, chuỗi dữ liệu được chia thành nhóm 4 bit, nhưng khi truyền thực hiện với 5 bit. Giá trị của bit dư này được tính căn cứ giá trị các bit dữ liệu.

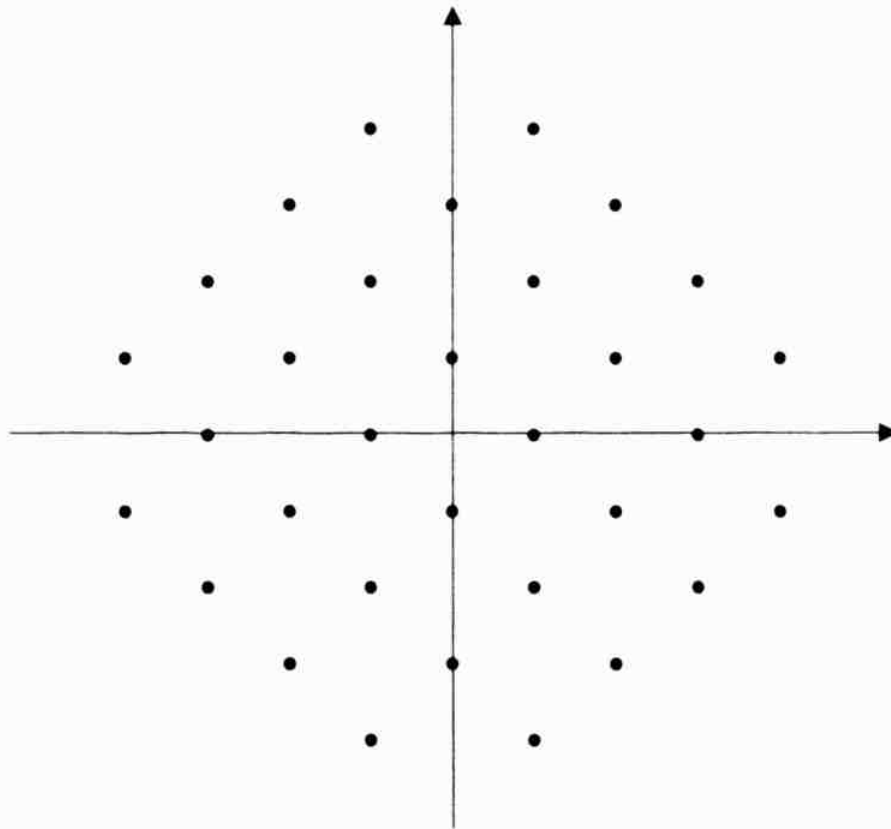


Hình 3.23: Chòm sao V22 bis 16QAM

Trong hệ thống QAM bất kỳ, thiết bị nhận so sánh mỗi điểm tín hiệu nhận được với tất cả điểm giá trị trên hình sao và chọn ra điểm gần nhất làm giá trị bit mong đợi.

Việc bổ sung một bit dư cho nhóm 4 bit, làm cho điều chế mã mất cáo tăng thông tin tổng cộng để nhận ra các mẫu bit, giảm số trùng hợp có thể.

V32 có baud rate 2400, bit rate là 9600 bps. Biểu đồ hình sao của V32 ở hình vẽ sau:



Hình 3.24: Chòm sao V33

Modem V32 bis là chuẩn đầu tiên của ITU - T cho tốc độ 14400bps. V32 bis dùng mã 64-QAM ở baud rate 2400, có thể điều chỉnh tốc độ tăng lên hay giảm xuống tùy thuộc vào chất lượng đường dây và tín hiệu.

Modem V32 Turbo dùng mã 256 - QAM cho tốc độ bit 19.200 bps.

Modem V33 dùng mã mất cáo 128-QAM tốc độ 2400 baud. Sự thay đổi tín hiệu đại diện cho dữ liệu là 7 bit, 6 bit dữ liệu + 1 bit dư, tốc độ bit là 14.400bps. Giảm đồ hình sao của V33 cho ở hình 3.24.

Modem V34 cho tốc độ bit là 28.800bps, nó còn được gọi là V.fast. Để có được tốc độ này, một lần thay đổi tín hiệu, phải đại diện cho 12 bit dữ liệu. V34 còn nén dữ liệu, để tốc độ tăng lên 2 hoặc 3 lần tốc độ bình thường. Hình 3.25 tổng kết các modem ITU - T.

Ngoài các modem kể trên, còn có modem thông minh. Các modem "thông minh" chứa phần mềm hỗ trợ nhiều chức năng như tự động trả lời và quay số. Các modem thông minh đầu tiên thuộc về sản phẩm của Công ty máy tính Hayes. Các lệnh trong modem Hayes và modem tương thích Hayes là các lệnh AT (AT là viết tắt của chữ Attention). Lệnh AT có dạng chung như sau:

V.22 bit FDX 600 baud 1200/2400 bps 2- sợi dây	4-DPSK 	2 tốc độ: 1200 bps sử dụng 4-DPSK hoặc 2400 bps sử dụng 16-QAM
V.32 FDX 2400 baud 9600 bps 2- sợi dây	32-QAM (trellis) 	32-QAM cho phép 5 bit/ baud: 4 bit dữ liệu cộng một bit dư thừa
V.32 bit FDX 2400 baud 19.200 bps 4- sợi dây	64-QAM 	Chuẩn modem đầu tiên có tốc độ dữ liệu 14.400 bps
V.33 terbo FDX 2400 baud 19.200 bps 4- sợi dây	256-QAM 	
V.33 FDX 2400 baud 14.400 bps 4- sợi dây	128-QAM (trellis) 	128-QAM: Cho phép 7 bit/baud: 6 bit dữ liệu cộng 1 bit dư thừa
V.34 FDX 2400 baud 28.800 bps 4- sợi dây	4096-QAM 	Tốc độ chuẩn: 28.800 bps, nhưng với dữ liệu nên có thể thu được tốc độ gấp 3 lần tốc độ này.

Hình 3.25: Tổng kết các modem ITU-T

Mỗi lệnh được bắt đầu bằng chữ AT tiếp theo là một hoặc nhiều lệnh, mỗi lệnh có thể có một hoặc nhiều thông số. Thí dụ: Muốn modem quay số (408) 864-8902 thì viết lệnh là: TD4088648902.

Một số lệnh AT được cho trong bảng sau:

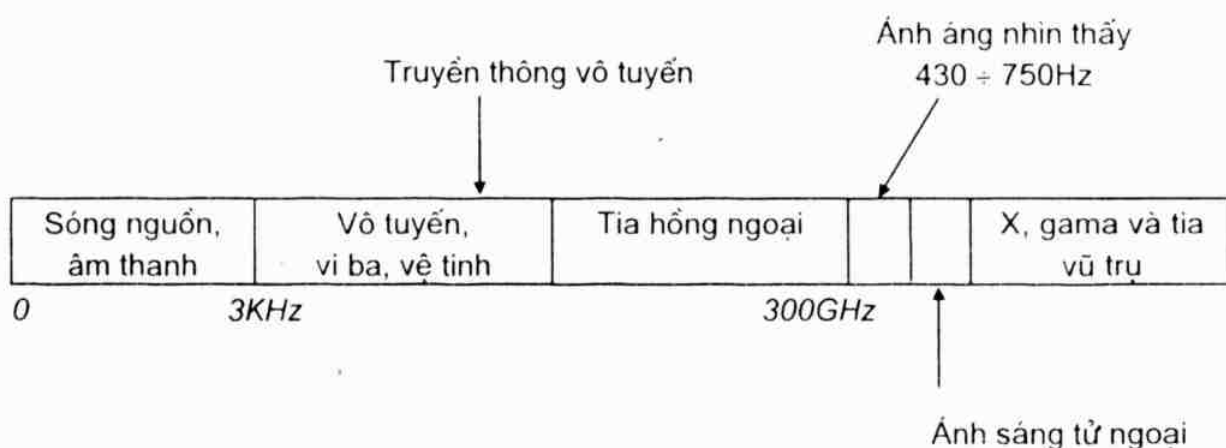
Bảng 3.6

Lệnh	Ý nghĩa	Thông số
A	Đặt modem trong mode trả lời	
B	Sử dụng V22 bis ở tốc độ 1200bps	
D	Quay số	Số để quay
E	Cho phép và không cho phép tiếng vọng	0 hoặc 1
H	Đặt modem vào ngắt hoặc nối	0 hoặc 1
L	Điều chỉnh âm lượng loa	n
P	Sử dụng quay số xung (Pulse)	
T	Sử dụng quay số tần (Tone)	

3.2. Môi trường truyền

Tín hiệu đại diện cho dữ liệu và được truyền từ thiết bị này sang thiết bị khác dưới dạng sóng điện từ. Những sóng điện từ này có thể truyền qua chân không, không khí và những môi trường truyền khác.

Năng lượng điện từ là sự tổ hợp trường điện và trường từ dao động tương đối với nhau. Nó thể hiện dưới dạng nguồn điện, sóng âm tần, sóng vô tuyến (radio), tia hồng ngoại, tia sáng nhìn thấy, tia tử ngoại, tia X, tia gamma và tia vũ trụ, như chỉ ra trên hình 3.26.



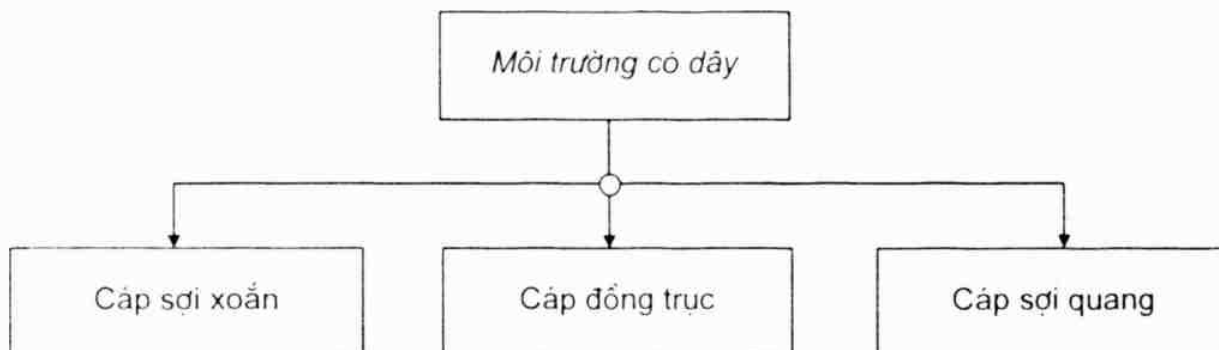
Hình 3.26: Phân loại sóng điện từ

Băng tần số giọng nói, được truyền qua cáp kim loại như cặp dây xoắn hoặc cáp đồng trục. Tần số radio có thể truyền qua không khí hoặc khoảng không vũ trụ với cơ cấu truyền và nhận đặc biệt. Ánh sáng nhìn thấy là dạng năng lượng điện từ được sử dụng truyền thông qua cáp sợi quang.

Như vậy, tín hiệu điện từ có thể truyền qua môi trường có dây và môi trường không dây.

3.2.1. Môi trường truyền có dây

Môi trường truyền có dây được phân loại như hình 3.27.



Hình 3.27: Phân loại môi trường truyền có dây

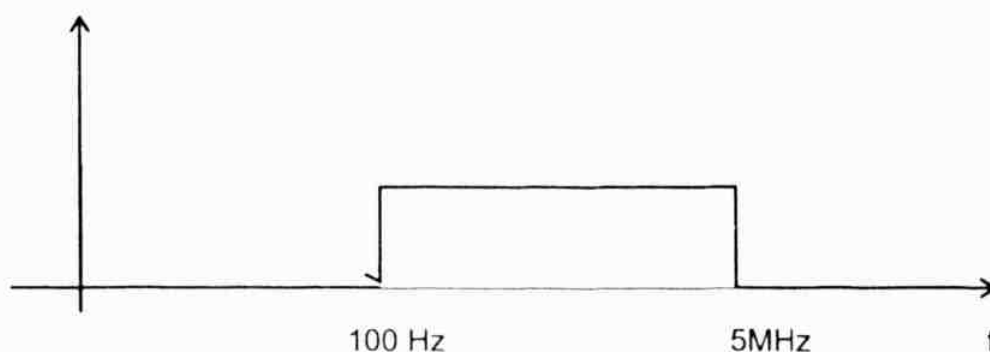
Cáp sợi xoắn và cáp đồng trục thường làm kim loại đồng (copper), nhận và truyền tín hiệu dưới dạng dòng điện. Cáp sợi quang là cáp thủy tinh hoặc chất dẻo, nhận và truyền tín hiệu dưới dạng ánh sáng.

3.2.1.1. Cáp cặp dây xoắn

Loại này được cấu tạo dưới hai dạng:

- Cặp xoắn không bọc kim.
- Cặp xoắn có bọc kim.

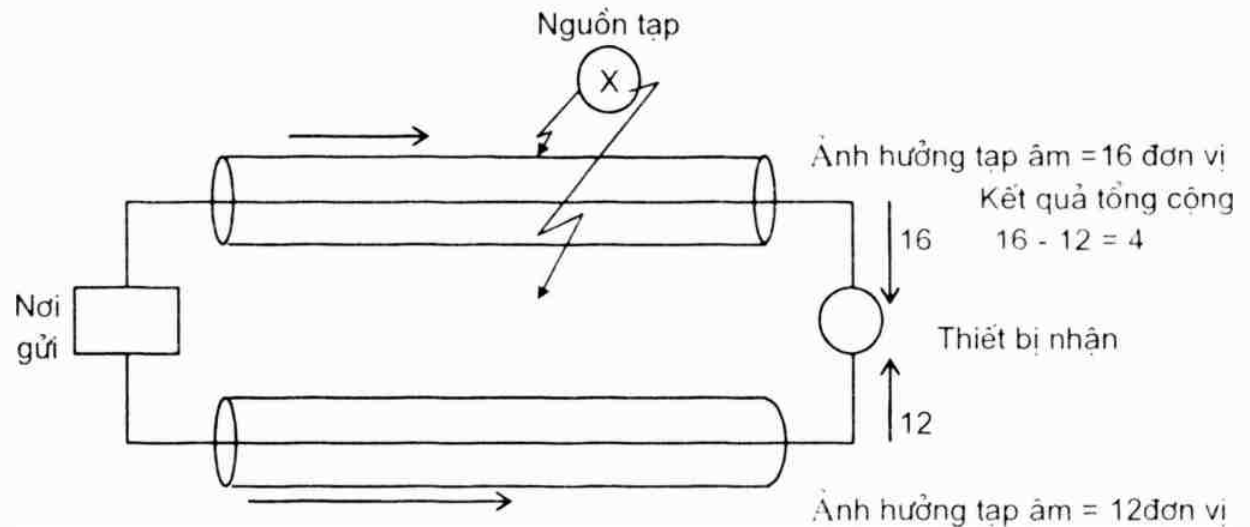
Cặp xoắn không bọc kim được gọi là cáp UTP (viết tắt của cụm từ: Unshielded Twisted Pair) là loại phổ biến nhất trong truyền thông. Khoảng tần số của nó phù hợp được cho cả truyền dữ liệu và giọng nói. Hình 3.8 chỉ ra khoảng tần số của cặp cáp xoắn.



Hình 3.28: Khoảng tần số của cặp cáp xoắn

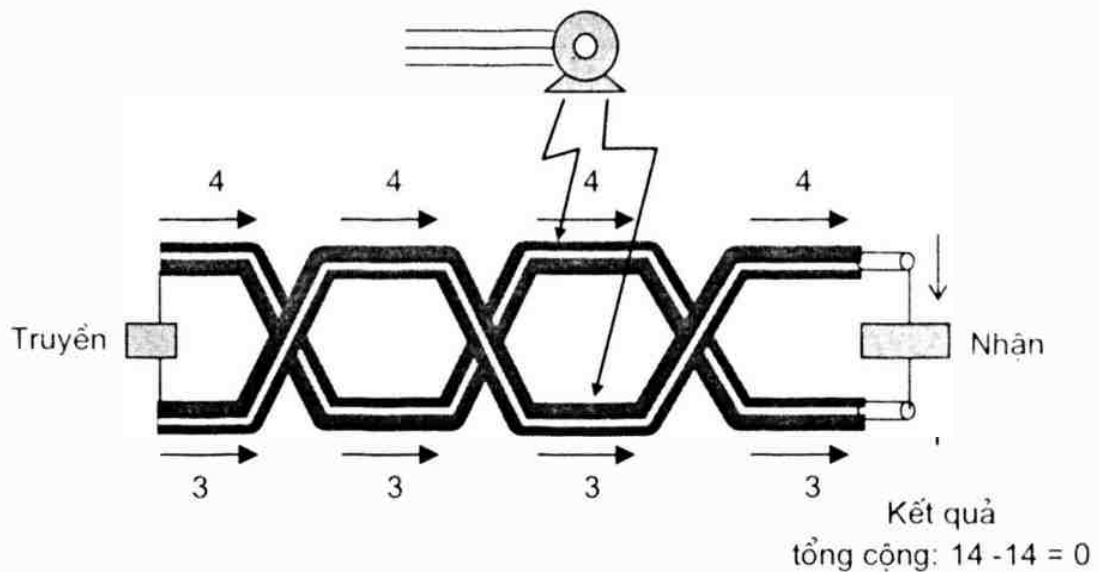
Cặp cáp xoắn gồm 2 dây dẫn (thường bằng đồng), mỗi dây có lớp vỏ cách điện với màu sắc riêng.

Nếu các sợi dây không xoắn với nhau, nhiễu điện từ có thể gây ra ở mỗi sợi dây khác nhau và làm hỏng tín hiệu, như chỉ ra ở hình 3.29.



Hình 3.29: Ảnh hưởng của tạp âm lên cáp không xoắn

Nếu 2 sợi dây được xoắn với nhau với số lần xoắn ($7 \div 36$ xoắn/m) thì nhiễu chồng chất ở cả 2 sợi dây là như nhau và triệt tiêu lẫn nhau. Xem hình vẽ 3.30.



Hình 3.30: Ảnh hưởng tạp âm lên cặp cáp xoắn

Khi ở đỉnh nó nhận tạp âm là 4, ở đáy là 3, hiệu ứng tổng cộng bằng 0 (vì $14 - 14$). Tất nhiên sợi xoắn không phải luôn luôn loại trừ

được ảnh hưởng của tạp âm nhưng làm giảm đáng kể ảnh hưởng của nó.

Cáp UTP có ưu điểm là giá rẻ, mềm dẻo, dễ cài đặt, được dùng trong các mạng LAN như Ethernet, Token Ring...

EIA đã chuẩn hoá việc phân loại UTP theo chất lượng.

Loại I: - Cáp xoắn dùng cho điện thoại, tốt cho tiếng nói nhưng không tốt cho các loại thông tin khác và có tốc độ truyền thấp.

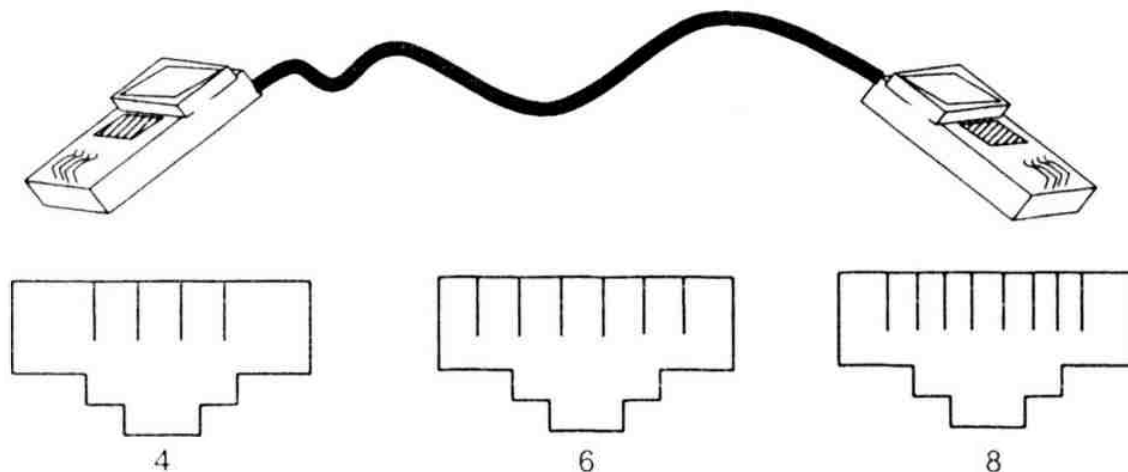
Loại II: - Cáp cao hơn, dùng để truyền tiếng nói và dữ liệu số ở tốc độ 4 Mbps.

Loại III: - Yêu cầu ít nhất xoắn 10 lần/m, có thể dùng để truyền dữ liệu tốc độ đến 10Mbps. Nó là cáp chuẩn cho hệ thống điện thoại ngày nay.

Loại IV: - Yêu cầu ít nhất có 10 lần xoắn/m và các điều kiện khác để tốc độ truyền đạt 16Mbps.

Loại V: - Cáp truyền được ở tốc độ 100Mbps.

UTP: UTP được nối với thiết bị mạng qua ổ cắm loại dây điện thoại. Thường dùng nhất là RJ45 có 8 tiếp điểm, dùng với 4 cặp sợi xoắn. Hình 3.31 mô tả các loại ổ cắm này.



Hình 3.31: Cách nối các UTP

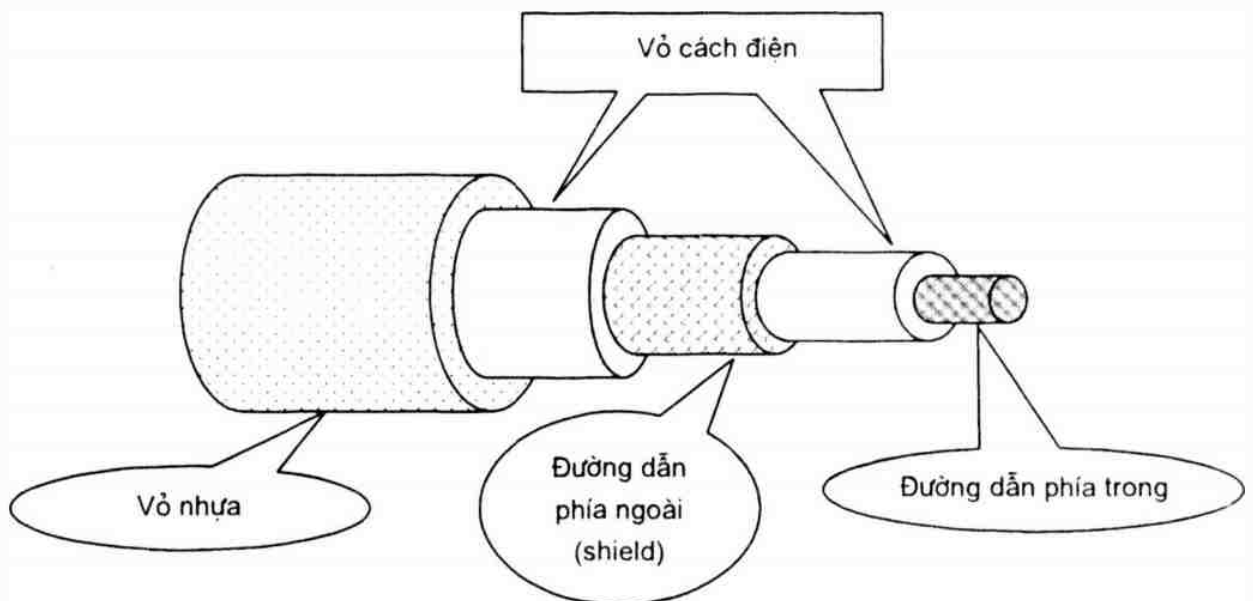
Cáp xoắn có bọc kim ký hiệu là STP có tám bao bằng kim loại mỏng hoặc kim loại tết thành lưới cho mỗi cặp dây dẫn cách ly. Vỏ bọc bằng kim loại này ngăn được sự thâm nhập của tạp âm điện từ, tiêu diệt được tiếng vọng từ đường dây này sang đường dây khác.

Cáp STP cũng được phân loại chất lượng như UTP, sử dụng cùng kết nối như UTP, riêng sợi bọc kim được nối đất.

Cáp STP đắt hơn UTP nhưng cản tạp âm tốt hơn UTP.

Cáp đồng trục mang được tín hiệu tần số cao hơn cáp xoắn đôi vì có cấu tạo hoàn toàn khác. Khoảng tần số nó có thể mang trong khoảng từ 100KHz đến 500KHz.

Cáp gồm một sợi lõi rắn ở trung tâm, ngoài là lớp vỏ cách điện tiếp theo là một lớp vỏ dẫn điện bằng tấm kim loại (hoặc sợi kim loại đan lại); lớp này vừa làm tấm chắn tạp âm vừa làm dây dẫn thứ hai để hoàn chỉnh mạch. Lớp này cũng được bao bằng một vỏ cách điện và toàn bộ cáp được bảo vệ bằng một vỏ nhựa. Hình vẽ 3.32 mô tả cấu tạo của cáp đồng trục.



Hình 3.32: Cấu tạo của cáp đồng trục

Cáp đồng trục được phân loại và giới thiệu ứng dụng như sau:

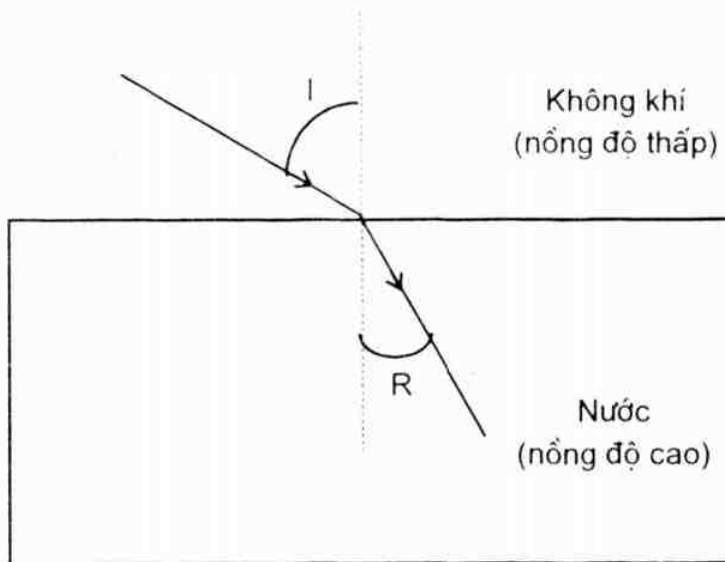
RG - 8, RG - 9, RG - 11 được dùng cho Thick Ethernet và RG - 58 dùng cho Thin Ethernet còn RG- 75 dùng cho TV.

Dùng ổ kết nối loại BNC (Bayonet Network Connector) để kết nối cáp đồng trục. Có 2 loại ổ BNC được dùng là loại chữ T và ổ cuối.

Loại chữ T dùng trong mạch Thin Ethernet để cho các cáp phân nhánh từ đường dây chính. Ổ cuối được lắp ở đầu cuối đường trục chính để tránh sự phản xạ của tín hiệu gây sự giao thoa với tín hiệu gốc.

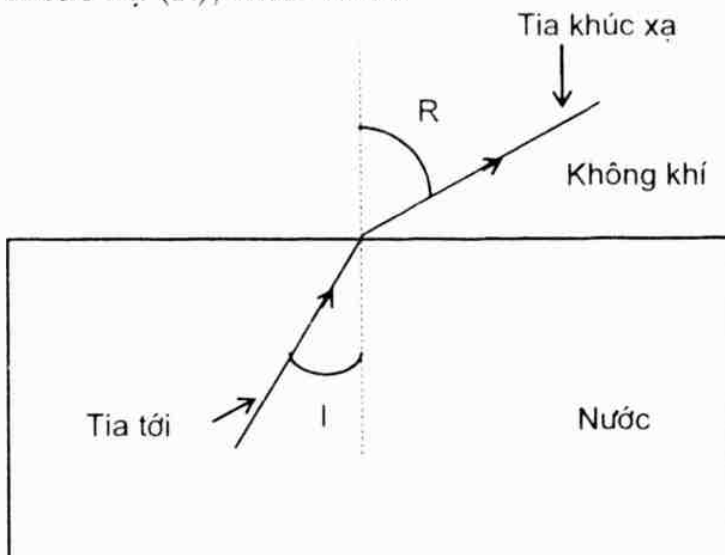
3.2.1.2. Cáp sợi quang

Các cáp dẫn nói trên truyền tín hiệu dưới dạng dòng điện, còn cáp quang truyền tín hiệu dạng ánh sáng. Để hiểu được cáp quang, phải nhớ lại một số tính chất của ánh sáng. Nó là một dạng của sóng điện từ, truyền nhanh nhất trong môi trường chân không 300.000 Km/s. Tốc độ ánh sáng phụ thuộc vào mật độ môi trường nó truyền qua. Khi ánh sáng đi từ môi trường này sang môi trường khác (nồng độ khác nhau) tốc độ của nó bị thay đổi đột ngột, làm hướng truyền cũng bị thay đổi, đó là hiện tượng khúc xạ. Tia sáng truyền vào môi trường có nồng độ cao hơn thì góc tới (I) lớn hơn góc khúc xạ (R), hình 3.33.



Hình 3.33: Tia sáng đi từ môi trường có nồng độ thấp vào môi trường có nồng độ cao

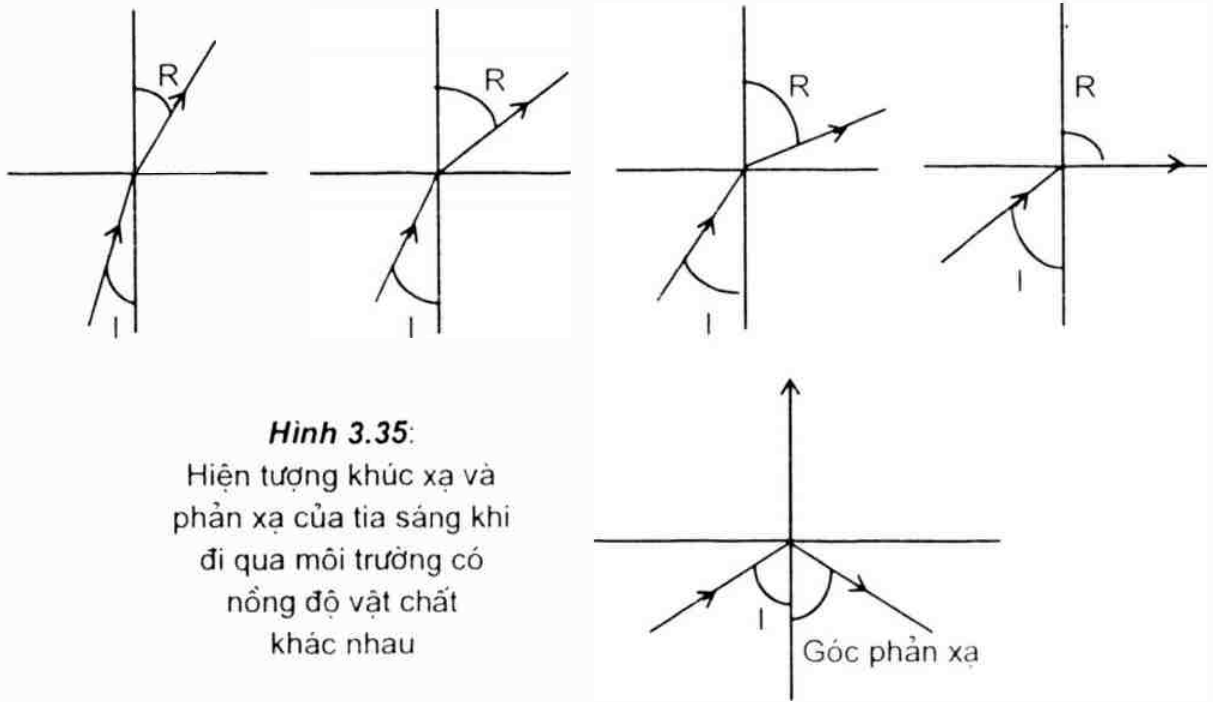
Tia sáng truyền vào môi trường có nồng độ thấp hơn thì góc tới (I) nhỏ hơn góc khúc xạ (R), hình 3.34.



Hình 3.34: Tia sáng đi từ môi trường có nồng độ cao vào môi trường có nồng độ thấp

Kỹ thuật cáp sợi quang dựa trên tính chất này của tia sáng.

Khi tăng độ lớn góc tới, góc khúc xạ tăng theo (xa trục đứng và gần trục ngang). Cho đến khi tia khúc xạ nằm đúng trên trục ngang, góc tới tương ứng được gọi là góc tới hạn.

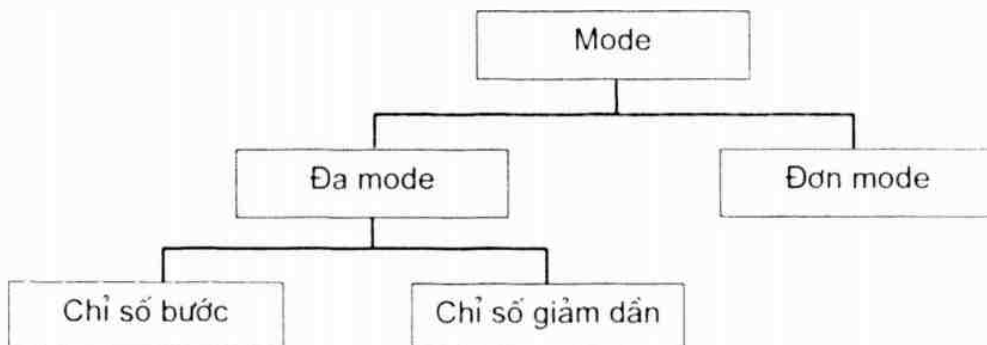


Hình 3.35:
Hiện tượng khúc xạ và phản xạ của tia sáng khi đi qua môi trường có nồng độ vật chất khác nhau

Khi góc tới lớn hơn góc tới hạn xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần: tia sáng hoàn toàn không truyền vào môi trường nồng độ thấp nữa. Góc tới = góc phản xạ, hình 3.35.

Cáp sợi quang ứng dụng hiện tượng phản xạ này để dẫn tia sáng đi qua kênh dẫn làm bằng sợi thủy tinh hoặc sợi chất dẻo được bao bọc bằng thủy tinh hoặc chất dẻo nồng độ thấp hơn. Sự khác nhau về nồng độ 2 chất phải bảo đảm để chỉ có phản xạ chứ không có khúc xạ. Thông tin được mã thành chùm tia sáng giống như chuỗi các chớp sáng đóng ngắt thể hiện logic "1" và "0".

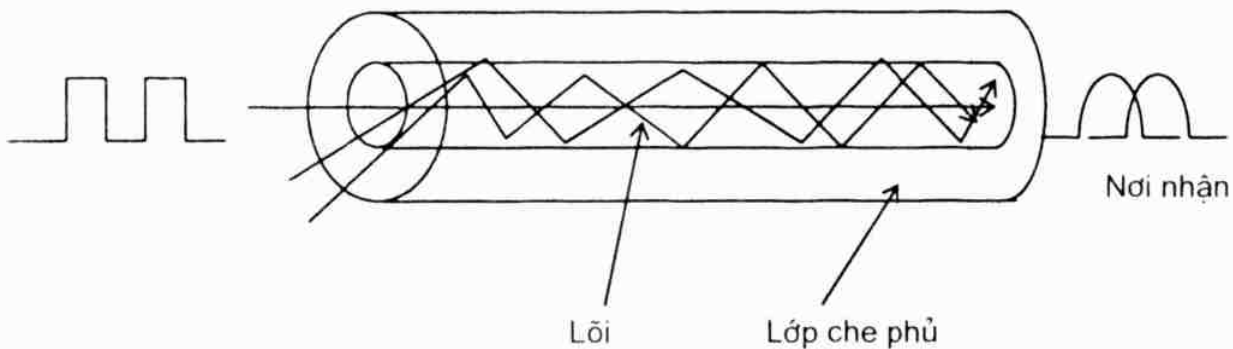
Các hình thức lan truyền của tia sáng trong cáp được phân loại trên hình 3.36.



Hình 3.36: Phân loại các mode lan truyền tia sáng trong cáp sợi quang

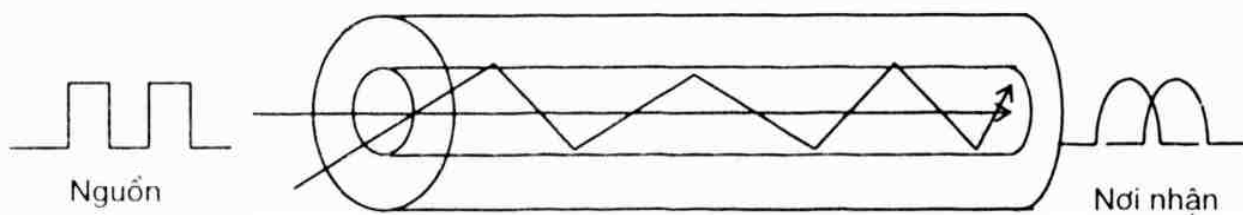
Truyền đa mode là có nhiều tia sáng từ một nguồn sáng truyền qua lõi theo các đường dẫn khác nhau. Các tia chuyển vận trong cáp phụ thuộc vào cấu trúc của lõi.

Đa mode chỉ số bước là loại cáp nồng độ của lõi đều nhau từ tâm đến bờ. Chùm tia vận động trong môi trường nồng độ không đổi này theo đường thẳng cho đến khi gặp mặt phân cách giữa lõi và lớp che phủ. Tại đây có sự thay đổi đột ngột về nồng độ làm thay đổi góc truyền của chùm tia, chỉ ra trên hình 3.37. Thuật ngữ Step - Index muốn nói đến sự đột ngột thay đổi này.



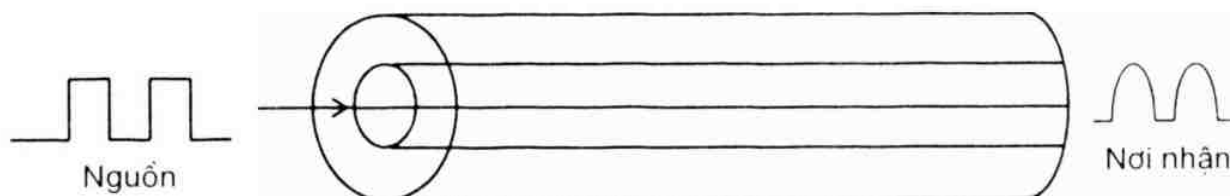
Hình 3.37: Đa mode chỉ số bước

Loại thứ 2 là sợi có chỉ số giảm dần. Tên gọi này liên quan đến nồng độ của sợi, cao nhất ở tâm rồi giảm dần và thấp nhất ở bờ.



Hình 3.38: Đa mode chỉ số giảm dần

Một đơn - Single Mode là sử dụng cáp chỉ số bước và nguồn sáng hội tụ cao để giới hạn chùm tia theo trục hoành. Sợi có đường kính nhỏ hơn sợi đa mode và nồng độ thấp hơn. Việc giảm nồng độ làm cho góc tới hạn xấp xỉ 90^0 và chùm tia gần như truyền theo trục hoành. Sự truyền của các tia khác nhau hầu như giống nhau và có thể bỏ qua sự trễ giữa chúng. Tất cả các tia đi đến nơi nhận cùng nhau và có thể tổ hợp lại mà không bị mất tín hiệu.

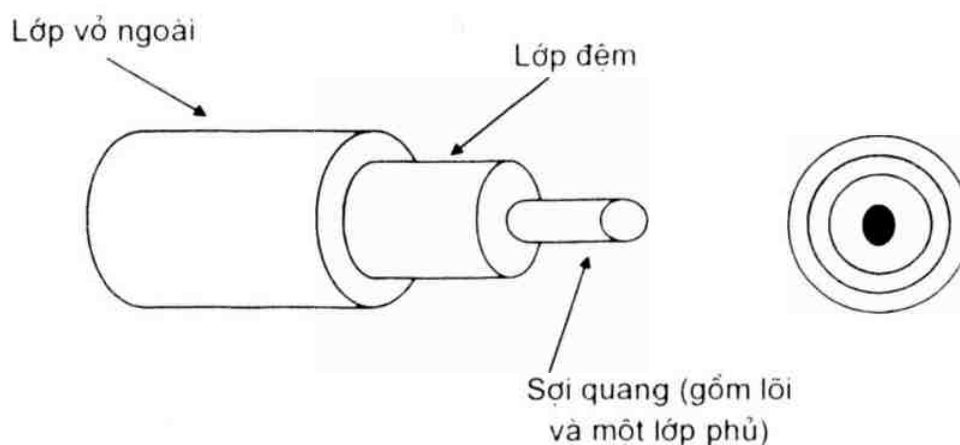


Hình 3.39

- Kích thước các sợi quang được xác định theo tỉ số giữa đường kính lõi và đường kính phần che phủ (cladding) với đơn vị đo là micromet ($10^{-6}m$). Bảng sau đây cho thấy mối quan hệ này:

Loại sợi	Lõi (micromet)	Lớp phủ ($10^{-6}m$)
62.5/125	62.5	125
50/125	50	125
100/140	100	140
8.3/125	8.3	125

Cấu tạo của cáp sợi quang được chỉ ra ở hình 3.40.



Hình 3.40: Cấu tạo của cáp sợi quang

Lõi được bao quanh bằng một lớp phủ tạo thành sợi. Sợi lại được chống ẩm nhờ một lớp cách điện. Tất cả lại được bao bọc bằng một lớp vỏ ngoài, bằng thủy tinh hoặc chất dẻo. Sợi phải siêu tinh khiết và đều đặn tuyệt đối về kích thước và hình dáng. Chỉ một sự khác nhau về thành phần hoá học của vật chất hoặc sự khác nhau nhỏ về kích thước hoặc hình dáng đều làm thay đổi góc phản xạ và triệt tiêu tín hiệu.

Một số ứng dụng chấp nhận sự méo thông tin có thể dùng cáp quang có giá rẻ, nhưng những ứng dụng đòi hỏi sự đồng đều tuyệt đối, khi đó phải dùng cáp quang rất đắt.

Vỏ ngoài cũng có thể làm bằng các chất liệu như lớp phủ Teflon, phủ Plastic, Plastic sợi, ống kim loại và lưới kim loại. Mỗi chất liệu làm vỏ ngoài có mục đích riêng. Plastic thì nhẹ và rẻ, nhưng không bền và có thể phun khói khi bị cháy, ống kim loại bền nhưng đắt. Teflon nhẹ và dùng được ở ngoài trời nhưng đắt và không bền. Việc chọn chất liệu ở ngoài tùy thuộc việc nó được cài đặt vào đâu.

Sợi quang dùng để hướng tia sáng từ nguồn đến nơi nhận. Thiết bị phát phải có nguồn sáng, thiết bị nhận phải nhạy quang (thường là photodiode) để chuyển tia sáng nhận được thành dòng điện, máy tính có thể sử dụng chúng. Nguồn sáng có thể là diode phát quang (LED) hoặc diode phát tia laser (ILD: Infrared Laser Diode). Các LED là nguồn sáng rẻ nhưng không hội tụ, ánh sáng đập vào mặt phân cách ở các góc không điều khiển được và không đi được xa. ILD hội tụ tia sáng thành khoảng hẹp có thể điều khiển được góc tới.

Các đầu cắm phải chính xác như chính cáp quang. Chỗ kết nối không được quá chặt. Một khe hở nhỏ giữa hai lõi cũng làm biến mất tín hiệu. Nếu chỗ nối quá chặt sẽ nén vào lõi dẫn đến thay đổi góc phản xạ.

Các nhà chế tạo đã tạo các bộ kết nối, bảo đảm chính xác và dễ sử dụng. Các bộ kết nối đều có dạng hình trống và có kết nối đực đi kèm kết nối cái. Kết nối cái thường gắn với thiết bị, kết nối đực gắn với cáp.

So với cáp xoắn và cáp đồng trục, cáp quang có các ưu điểm vượt trội: chống được tạp âm, ít làm tiêu hao tín hiệu và có độ rộng băng cao hơn. Chống tạp âm vì ánh sáng khác với dòng điện, còn can nhiễu từ ánh sáng bên ngoài thì đã bị chặn lại bởi các lớp vỏ bọc. Ít làm tiêu hao tín hiệu nên khoảng cách truyền qua cáp quang là lớn hơn đáng kể so với khi sử dụng các loại dây dẫn khác. Tín hiệu có thể truyền hàng cây số mà không cần phải khuếch đại. Độ rộng băng của cáp quang rất cao. Sự hạn chế tốc độ dữ liệu qua cáp quang không phải do khả năng của cáp không đáp ứng mà do việc phát tín hiệu và những khả năng kỹ thuật khác.

Nhược điểm của cáp sợi quang là giá thành cao, cài đặt bảo dưỡng khó và mảnh dễ, dễ vỡ.

Sở dĩ giá thành cao vì việc chế tạo cần độ chính xác tuyệt đối, cộng với giá của máy phát laser đi kèm (cỡ hàng ngàn đô la). Trong

lỗi có sự gồ ghề nào đó đều làm cho chùm tia bị lệch và làm mất tín hiệu, tất cả các điểm nối phải được đánh bóng và làm trơn một cách tỉ mỉ. Các điểm nối phải thẳng hàng tuyệt đối và phù hợp về kích thước, các sợi phải được bện chặt rất nhẹ nhàng. Sợi thủy tinh dễ gãy hơn sợi dây bình thường do vậy không thể dùng ở nơi thường di chuyển.

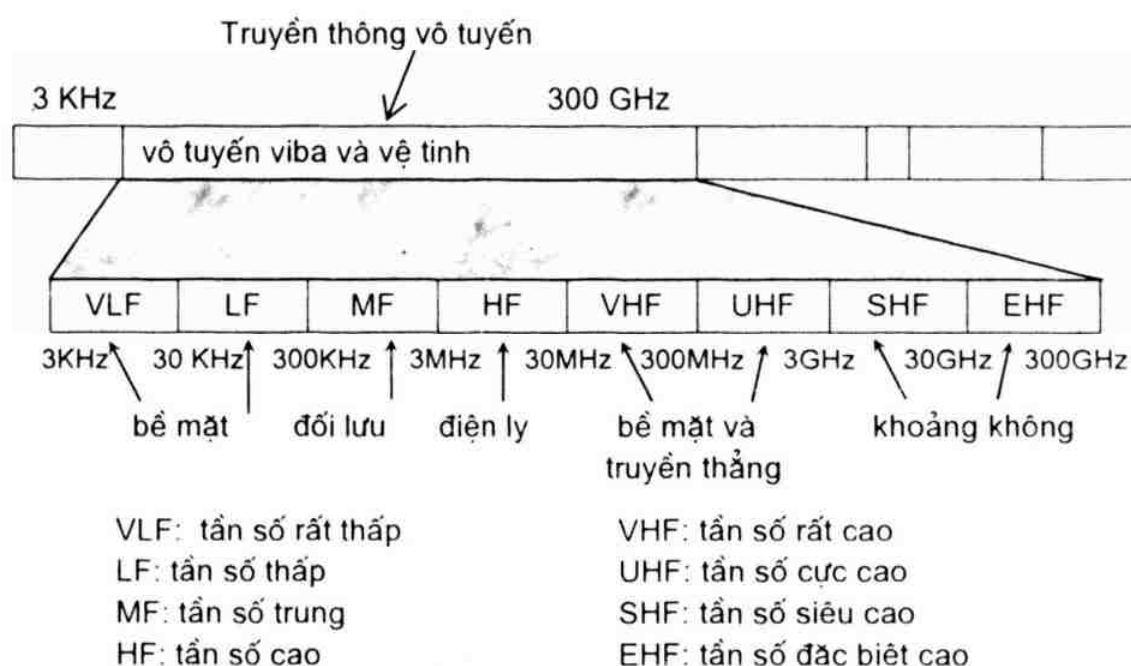
Tuy vậy, do sự tiến bộ không ngừng của công nghệ, cáp sợi quang đang ngày càng hạ giá thành và đang được ứng dụng ngày một rộng rãi.

3.2.2. Môi trường truyền không dây (vô tuyến)

Trong môi trường này không sử dụng đường truyền vật lý để truyền sóng điện từ. Các tín hiệu được truyền đi qua không khí (hoặc nước), qua khoảng không vũ trụ và có thể đến bất kỳ đâu có thiết bị nhận nó.

3.2.2.1. Sự phân chia tần số vô tuyến

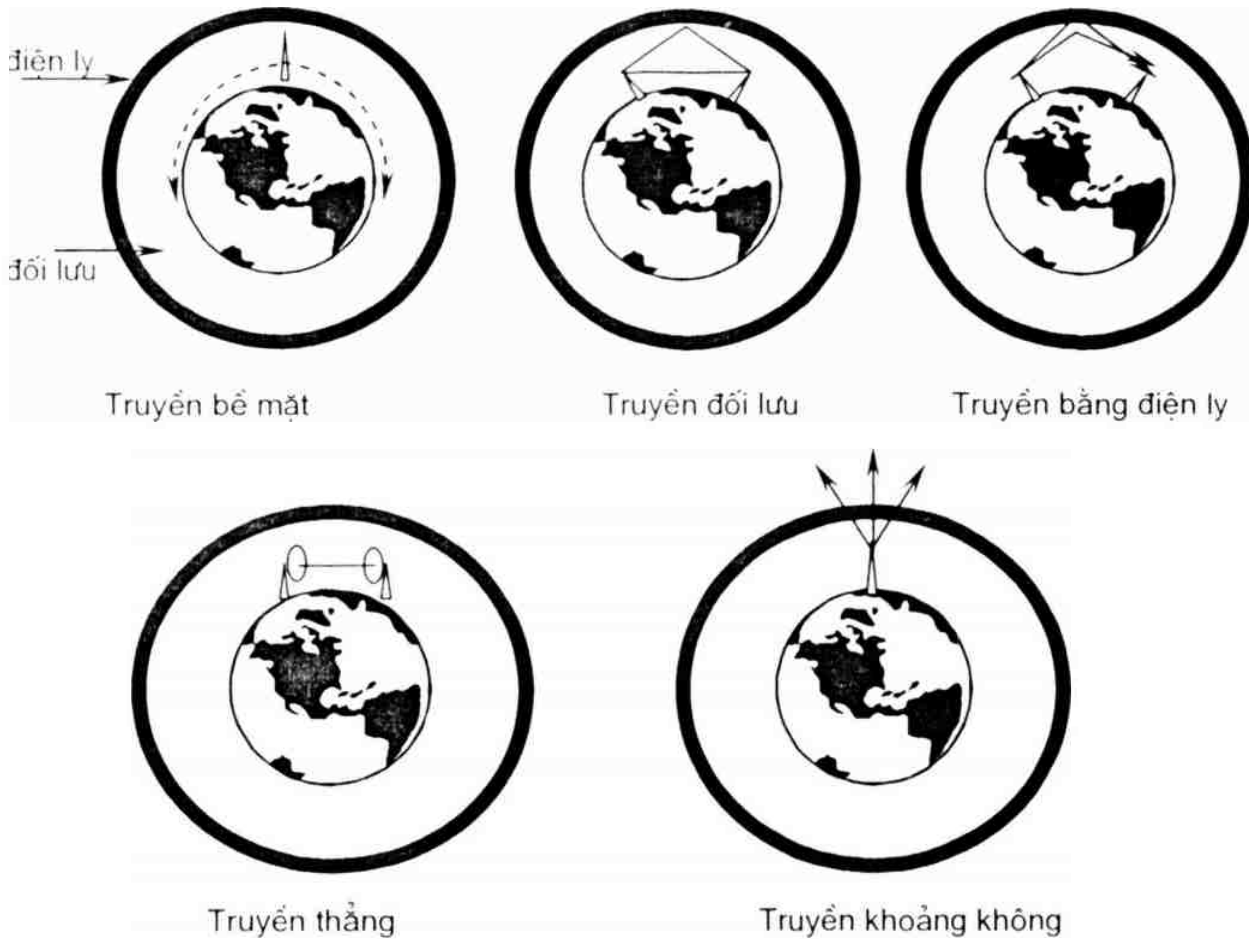
Phổ sóng điện từ theo quy định được chia thành 8 vùng (hoặc 8 giải) để truyền sóng vô tuyến, mỗi vùng đều có sự quản lý của Nhà nước. Các vùng này được xếp từ vùng tần số rất thấp (VLF) đến vùng tần số đặc biệt cao (EHF), như chỉ ra trên hình 3.41.



Hình 3.41 Sự quy định phân chia phổ sóng điện từ

3.2.2.2. Sự truyền sóng vô tuyến

Có 5 loại truyền vô tuyến khác nhau là bề mặt, đối lưu, điện ly, truyền thẳng, khoảng không (vũ trụ), hình 3.42.



Hình 3.42: Sự phân loại truyền vô tuyến

Trái đất được bao quanh bởi hai lớp khí quyển là lớp đối lưu và lớp điện ly. Lớp đối lưu tính từ mặt đất lên đến độ cao 80 km, lớp này chứa không khí. Các thay đổi về mây gió, nhiệt độ, thời tiết đều xảy ra ở lớp đối lưu này.

Lớp điện ly nằm trên lớp đối lưu và dưới khoảng không vũ trụ. Nó cũng chứa khí quyển gồm các hạt tích điện tự do.

Truyền thông bề mặt là truyền sóng vô tuyến ở lớp thấp nhất của khí quyển bao quanh trái đất. Tín hiệu có tần số thấp nhất, từ anten truyền phát đi tất cả các hướng theo đường cong của trái đất. Khoảng cách truyền phụ thuộc vào công suất của tín hiệu. Truyền bề mặt cũng xảy ra cả trong nước biển.

Truyền đối lưu: Có thể thực hiện theo hai cách, hoặc là truyền và nhận từ anten này đến anten khác theo từng đoạn đường thẳng, hoặc

là truyền theo một góc nào đó vào lớp cao hơn của tầng đối lưu và nhận sóng phản xạ trở lại trái đất. Do sự khác nhau về nồng độ không khí giữa tầng đối lưu và tầng điện ly đã làm cho mỗi sóng vô tuyến được tăng tốc, thay đổi hướng và quay về trái đất. Loại truyền này có khoảng cách bao phủ xa.

Truyền thông qua tầng điện ly khi các sóng vô tuyến tần số cao hơn phát xạ hướng vào trong lớp điện ly, tới đây nó bị phản xạ lại trái đất. Do nồng độ vật chất lớp đối lưu và lớp điện ly khác nhau, mỗi sóng vô tuyến tới đây được tăng tốc và đổi hướng, truyền trở lại trái đất. Loại truyền này đạt được khoảng cách xa ngay cả khi công suất không lớn.

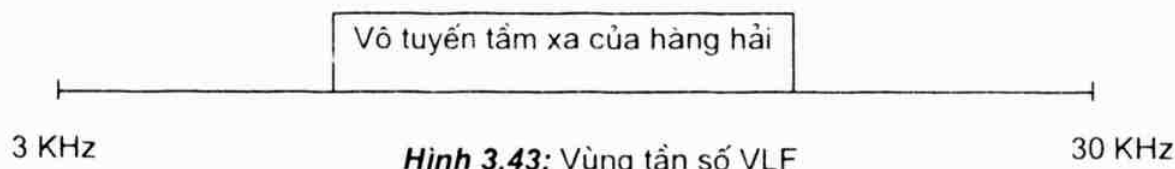
Truyền theo đường thẳng khi các tín hiệu có tần số rất cao truyền trực tiếp từ ăng ten này tới ăng ten khác. Các ăng ten phải hướng mặt vào nhau, có độ cao như nhau và khoảng cách đủ gần nhau, không để đường cong của trái đất che khuất.

Truyền kiểu này khá rắc rối vì truyền sóng vô tuyến không hội tụ hoàn toàn. Các sóng phát ra hướng lên, xuống và hướng đi thẳng phía trước, chúng có thể bị phản xạ bởi mặt đất và khí quyển. Các sóng phản xạ này đi tới anten nhận, muộn hơn thành phần đi thẳng và có thể làm hỏng tín hiệu nhận được.

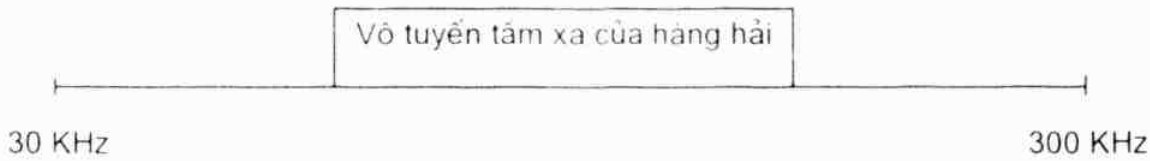
Truyền thông vũ trụ thực hiện bằng cách sử dụng vệ tinh. Tín hiệu quảng bá được vệ tinh nhận và quảng bá lại cho nơi nhận ở trên mặt đất. Truyền vệ tinh về cơ bản là truyền thẳng với sự tham gia của đối tượng trung gian là vệ tinh. Khoảng cách từ vệ tinh đến mặt đất là rất lớn, nên vệ tinh làm nó tương đương với ăng ten siêu cao và làm tăng vượt bậc khoảng cách bao phủ của tín hiệu.

Loại truyền thông vô tuyến phụ thuộc tần số của tín hiệu. Mỗi tần số truyền qua một lớp xác định của khí quyển và được truyền và nhận, một cách hiệu quả nhất bằng kỹ thuật thích hợp của lớp này.

- Sóng VLF truyền như sóng bề mặt qua không khí và nước. Nó không bị suy hao nhiều, nhưng nhạy với tạp âm gây ra do nhiệt và điện trong không khí. Sóng VLF được dùng nhiều nhất cho hàng hải và truyền thông ngầm dưới biển, xem hình 3.43.



Giống VLF, sóng LF cũng truyền theo bề mặt. Nó được dùng cho vô tuyến tầm xa của hàng hải: vô tuyến dẫn đường hoặc bộ định vị hàng hải, xem hình 3.44.



Hình 3.44: Vùng tần số LF

Các sóng tần số trung bình MF truyền trong tầng đối lưu, nó bị hấp thụ (absorbed) bởi tầng điện ly. Khoảng cách phủ sóng bị giới hạn bởi góc phản xạ của tín hiệu vào khí quyển, không đi vào tầng điện ly. Sự hấp thụ tăng về ban ngày. Sóng vô tuyến AM, vô tuyến hàng hải (maritime), vô tuyến dò đường, và vô tuyến các tần số báo động đều dùng MF, xem hình 3.45.



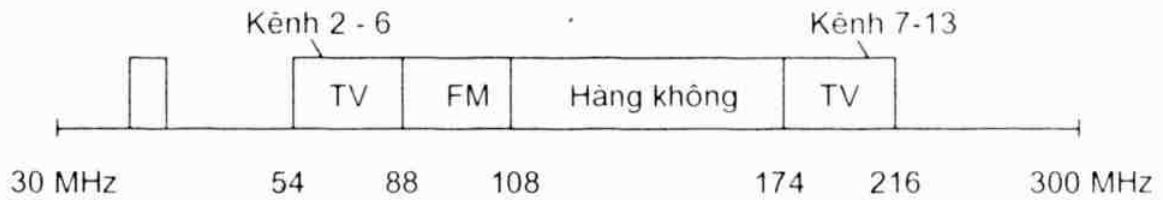
Hình 3.45: vùng tần số MF

Các tín hiệu tần số cao HF truyền thông ở tầng điện ly. Do nồng độ tầng điện ly khác nhau sóng bị phản xạ trở lại mặt đất. Vô tuyến nghiệp dư không chuyên; vô tuyến băng công dân (citizen's band radio), truyền thông quốc tế, truyền thông quân sự, hàng không đường dài, tàu vũ trụ, điện thoại, điện báo, FAX... đều sử dụng dải sóng này, xem hình 3.46.



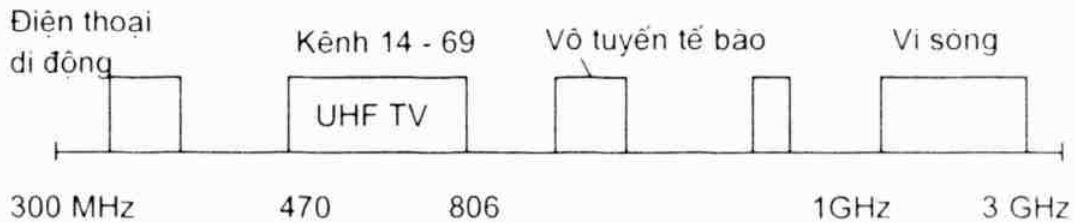
Hình 3.46: Vùng tần số HF

Ở tần số rất cao VHF truyền theo đường thẳng. Vô tuyến VHF, đài FM, vô tuyến hàng không AM, cứu hộ hàng không hàng hải đều sử dụng VHF, xem hình 3.47.



Hình 3.47: Vùng tần số VHF

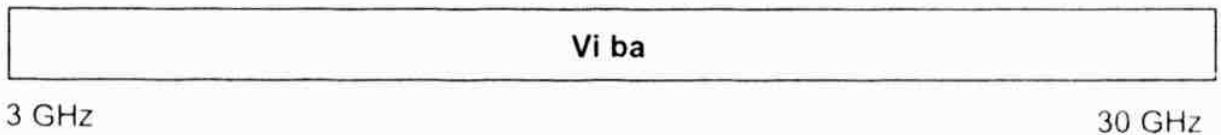
Các sóng tần số siêu cao UHF truyền thông theo đường thẳng. Vô tuyến UHF, điện thoại di động, vô tuyến tế bào, truyền viba... đều sử dụng UHF, xem hình 3.48.



Hình 3.48: Vùng tần số UHF

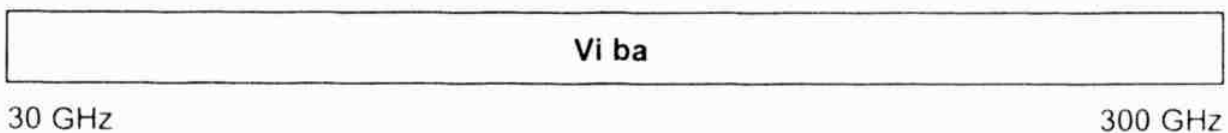
Truyền viba bắt đầu ở 1GHz trong UHF và tiếp tục trong SHF và EHF.

Sóng đặc biệt cao SHF truyền theo đường thẳng và truyền vũ trụ. Viba mặt đất, viba vệ tinh và truyền thông rada đều dùng SHF, xem hình 3.49.



Hình 3.49: Vùng tần số SHF

Sóng cực kỳ cao EHF sử dụng để truyền trong vũ trụ. Ứng dụng chính cho mục đích khoa học như truyền thông rada, vệ tinh, thí nghiệm, xem hình 3.50.

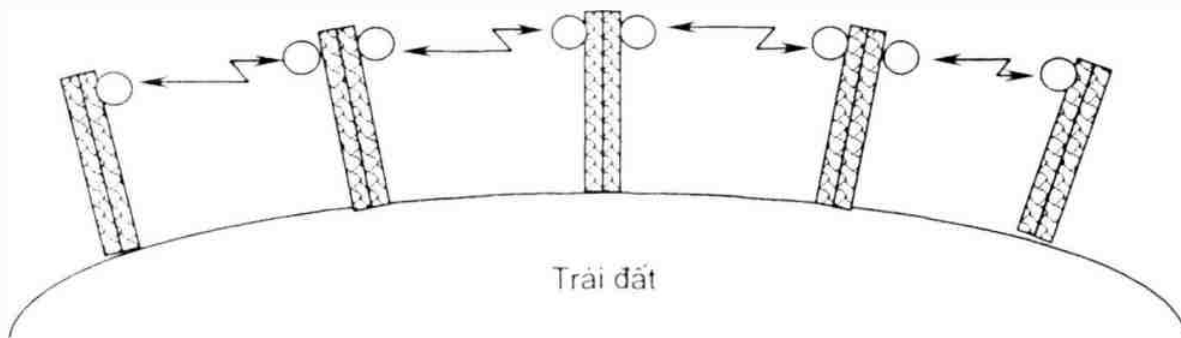


Hình 3.50: Vùng tần số EHF

Truyền thông viba là truyền theo đường thẳng giữa thiết bị truyền và nhận. Khoảng cách phủ sóng theo tín hiệu nhìn thẳng tùy thuộc độ mở rộng ở đỉnh anten: Anten càng cao khoảng cách nhìn thẳng càng xa. Thường anten được cắm trên các tháp cao xây trên đỉnh đồi.

Sóng viba truyền hai chiều đồng thời, với hai tần số truyền thông, giống như điện thoại. Một tần số truyền theo hướng này và một tần số truyền theo hướng kia. Mỗi tần số đòi hỏi thiết bị truyền và nhận riêng của nó. Hiện nay cả thiết bị truyền và thiết bị nhận được kết hợp làm một, gọi là thiết bị truyền nhận (Transceiver) và chỉ cần một anten cho cả hai tần số và hai chức năng.

Để tăng khoảng cách phục vụ của vi sóng mặt đất, phải cài hệ thống lặp lại cho mỗi anten. Một tín hiệu nhận được từ một anten được biến đổi thành dạng có thể truyền và chuyển đến anten tiếp theo.

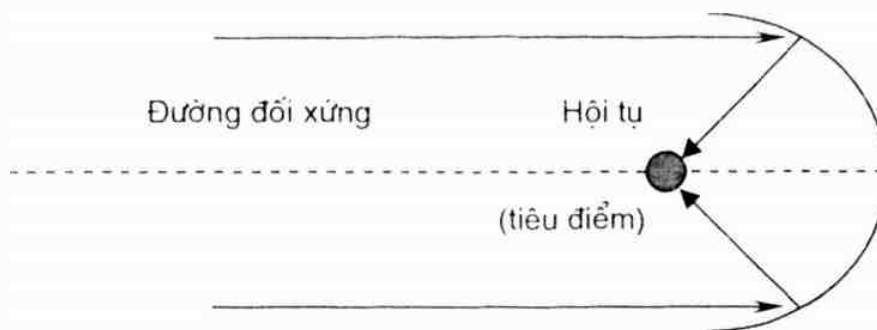


* **Hình 3.43**

Khoảng cách giữa các bộ lặp lại tùy thuộc vào tần số của tín hiệu và môi trường có anten. Bộ lặp lại có thể truyền tín hiệu lặp lại ở tần số gốc hoặc ở tần số mới tùy từng hệ thống.

Vi sóng mặt đất có các bộ lặp lại là cơ sở của hệ thống điện thoại hiện đại nhất thế giới.

Có hai loại anten sử dụng cho truyền thông vi ba mặt đất: đĩa parabol và anten râu.

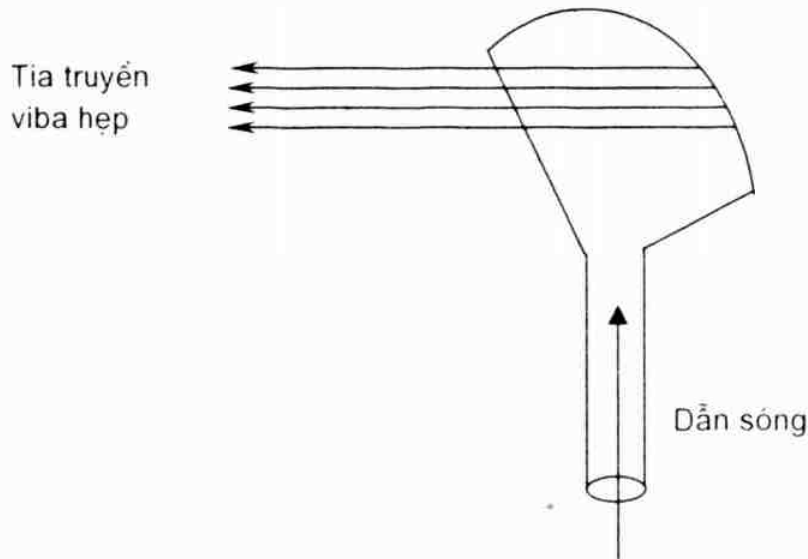


Hình 3.44: Anten dạng đĩa Parabol

Đĩa parabol có dạng hình học parabol như chỉ ra ở hình 3.44. Mỗi đường song song với đường đối xứng, phản xạ khỏi mặt cong ở các góc mà các tia cắt nhau vào một điểm chung gọi là tiêu cự. Đĩa giống như một cái phễu, tập trung cả dải sóng vào một điểm chung.

Việc truyền sóng được quang bá qua anten râu của đĩa. Vi sóng va vào đĩa và hướng ra phía ngoài theo chiều ngược của đường nhận.

Anten râu giống một gáo múc nước khổng lồ. Khi truyền, tín hiệu được đưa lên phần cuống là bộ phận điều khiển và hướng từng loạt tia hẹp song song ra nhờ phần cong phía trên. Hình 3.45 mô tả cấu tạo anten râu.

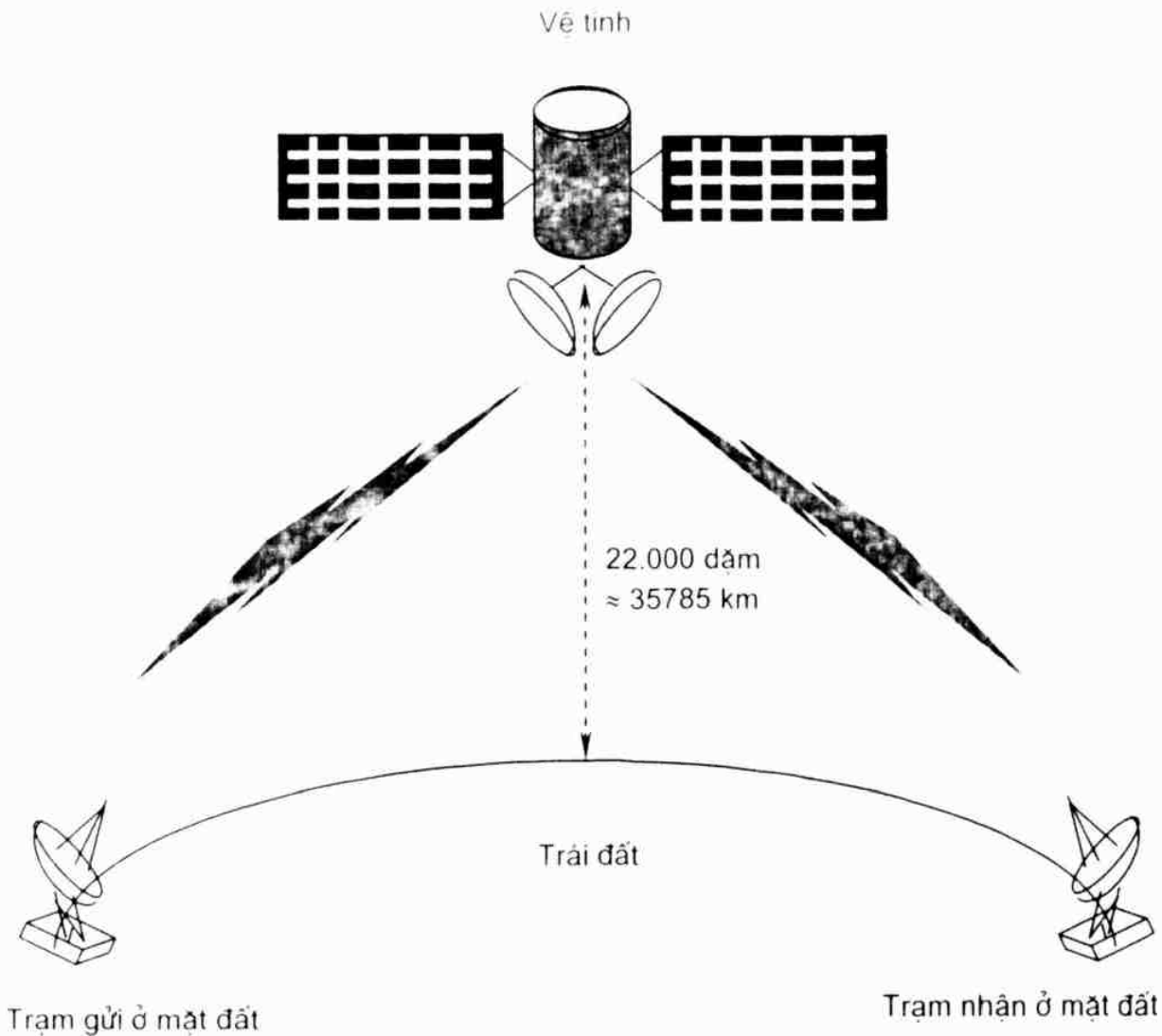


Hình 3.45. Anten râu

Tại nơi nhận, tín hiệu được tập hợp (nhờ dạng hình dạng của anten râu, cơ chế hoạt động giống đĩa parabol) và được đưa vào phần cuống là bộ phận điều khiển.

Truyền thông vệ tinh giống truyền thông viba ở cơ chế truyền thẳng, trong đó một trạm là vệ tinh quỹ đạo trái đất - vệ tinh địa tĩnh, được xem là một anten siêu độ cao, có bộ lặp lại. Hình 3.46 mô tả cơ cấu truyền thông vệ tinh. Theo cách này tín hiệu vi sóng được bắc cầu qua các đại dương và các châu lục. Nhờ viba vệ tinh, có thể truyền sóng từ một điểm đến một điểm bất kỳ trên mặt đất, bất kể ở độ xa nào. Ưu điểm chính là truyền thông đạt chất lượng cao, đến cả những nơi chưa phát triển của thế giới, không đòi hỏi sự đầu tư khổng lồ về hạ tầng cơ sở. Tuy vệ tinh là cực kỳ đắt nhưng thời gian và tần số thuê bao là tương đối rẻ.

Một vệ tinh địa tĩnh không thể truyền thẳng đến mọi điểm trên trái đất. Muốn phủ hết mọi điểm trên trái đất cần ít nhất 3 vệ tinh địa tĩnh, mỗi vệ tinh cách nhau 120° khi chiếu xuống đường xích đạo trái đất.



Hình 3.46: Truyền thông vệ tinh

Các vệ tinh địa tĩnh: trong truyền thông nhìn thẳng, đòi hỏi các anten cố định tại mọi thời điểm. Để bảo đảm truyền thông thường vệ tinh phải chuyển động sao cho dường như là một trạm được cố định ở trên cao. Những vệ tinh như vậy gọi là vệ tinh địa tĩnh. Vì tốc độ quỹ đạo dựa vào khoảng cách đối với trái đất, nên chỉ có 1 quỹ đạo có thể là địa tĩnh. Quỹ đạo này xảy ra ở xích đạo của hành tinh và gần 22.000 dặm cách mặt đất. Một vệ tinh địa tĩnh không thể bao phủ toàn bộ trái đất. Một vệ tinh có thể nhìn thấy được vô số trạm, nhưng do độ cong của trái đất nên nhiều phần của nó vẫn không nhìn thấy. Như vậy cần tối thiểu ba vệ tinh địa tĩnh quanh xích đạo để bao quanh cả hành tinh.



Hình 3.47: Các vệ tinh địa tĩnh

Mỗi vệ tinh gửi và nhận qua hai dải tần số khác nhau. Dải tần số truyền từ mặt đất đến vệ tinh gọi là truyền lên (up - link), từ vệ tinh xuống trái đất là truyền xuống (down - link). Bảng 3.7 chỉ rõ các giá trị tần số tương ứng với các dải tần số này.

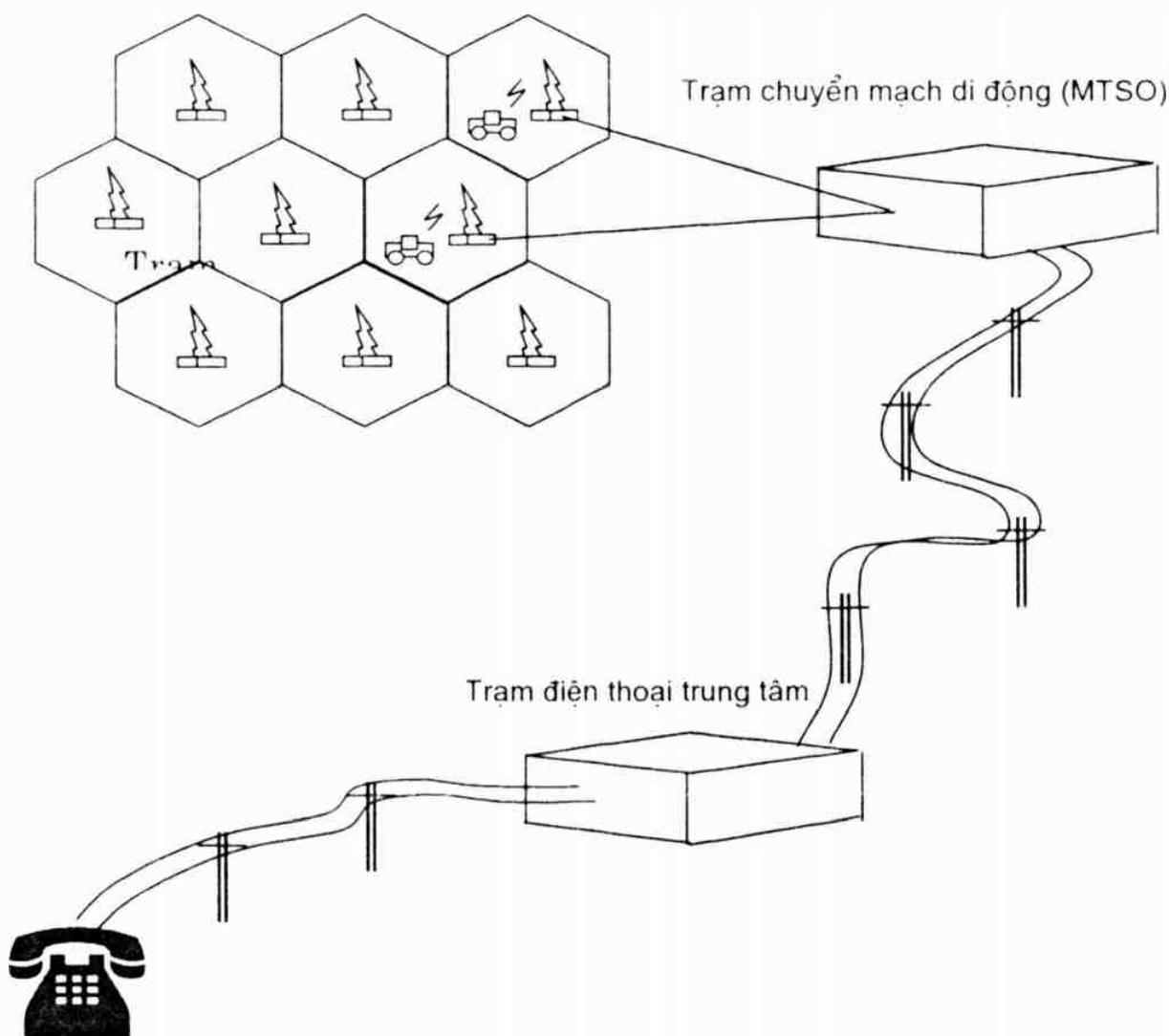
Bảng 3.7

Dải	Truyền xuống	Truyền lên
C	0.37 ÷ 0.42 GHz	0.5925 ÷ 06.425 THz
Ku	14.7 ÷ 12.2 GHz	14 ÷ 14.5 THz
Ka	17.7 ÷ 21.0 GHz	27.5 ÷ 31.0 THz

- Điện thoại tế bào:

Là hình thức cung cấp sự kết nối truyền thông ổn định giữa hai thiết bị chuyển động hoặc giữa một thiết bị di động và một thiết bị đứng yên. Nơi cung cấp dịch vụ phải có khả năng định vị, tìm vết của thuê bao, phân kênh cho người gọi và chuyển tín hiệu theo kênh khi thuê bao đã di chuyển ra ngoài khoảng của kênh này và đi vào khoảng của kênh khác.

Để làm được những điều nói trên, mỗi không gian dịch vụ tế bào được chia ra những vùng nhỏ được gọi là tế bào. Mỗi tế bào chứa một anten và được điều khiển bởi một trạm nhỏ gọi là trạm tế bào. Mỗi trạm tế bào được điều khiển bởi một trạm chuyển mạch gọi là trạm chuyển mạch điện thoại di động MTSO (Mobile Telephone Switching office). MTSO sắp xếp truyền thông giữa các trạm tế bào và trạm điện thoại trung tâm. Trạm điện thoại trung tâm, chịu trách nhiệm kết nối các cuộc gọi, ghi lại thông tin cuộc gọi, làm hoá đơn, tính cước. Hình 3.48 minh họa cấu trúc chung của điện thoại tế bào.



Hình 3.48: Điện thoại tế bào

Kích thước tế bào không cố định, có thể tăng hoặc giảm tùy thuộc vào dân cư của khu vực. Bán kính điển hình của một tế bào khoảng từ 5km đến 30 km. Mật độ dân cư cao trong một tế bào thường gây tắc nghẽn về truyền thông. Kích thước của tế bào phải được tối ưu để ngăn chặn sự giao thoa tín hiệu giữa các tế bào.

Truyền thông giữa các điện thoại di động và trạm tế bào được FCC quy định cho hai dải tần số như minh họa sau:



Dải tần số giữa 824 và 849 MHz là khởi đầu truyền thông từ điện thoại di động. Dải tần số giữa 869 và 894 MHz là khởi đầu truyền thông từ điện thoại cố định. Mỗi trạm có tần số mang 30KHz cho phép mỗi dải có 833 sóng mang. Truyền thông hai chiều đồng thời yêu cầu hai sóng mang, mỗi kênh chiếm độ rộng tần số gấp đôi là 60 KHz nên chỉ có 416 kênh cho mỗi dải.

Như vậy, về mặt lý thuyết mỗi dải có 416 kênh, trong thực tế một số kênh được dự trữ để cài đặt dữ liệu chứ không phải truyền thông các cuộc gọi. Ngoài ra các tế bào ở cạnh nhau không dùng chung một số kênh để tránh giao thoa. Vì vậy, thông thường mỗi tế bào chỉ truy cập được 40 kênh thuê bao.

Để thiết lập một cuộc gọi từ điện thoại di động, thuê bao dùng mã 7 hoặc 10 số (số phone) và ấn phím "send". Điện thoại quét dải, để cài kênh với một tín hiệu khỏe, sau đó gửi dữ liệu (số phone) đến trạm tế bào gần nhất đang sử dụng kênh này. Trạm tế bào chuyển dữ liệu tới MTSO. MTSO gửi dữ liệu đến trạm điện thoại trung tâm. Nếu người được gọi nhắc máy thì cuộc kết nối được thực hiện và ấn định một kênh thoại chưa được dùng cho cuộc gọi, kết nối được thiết lập. Điện thoại di động tự điều chỉnh kênh và cuộc đàm thoại bắt đầu.

Khi điện thoại cố định gọi điện thoại di động, trạm điện thoại trung tâm gửi số đến MTSO. MTSO gửi tín hiệu thăm dò tới mỗi tế bào. Khi điện thoại di động được tìm thấy, MTSO chuyển tín hiệu rung chuông, điện thoại di động trả lời, MTSO phân kênh thoại cho cuộc gọi, cho phép cuộc đàm thoại bắt đầu.

Trong quá trình đàm thoại, điện thoại di động chuyển từ tế bào này sang tế bào khác, tín hiệu trở nên yếu. Giải quyết vấn đề này, MTSO giám sát mức tín hiệu trong khoảng vài giây mỗi lần. Nếu cường độ tín hiệu giảm sút, MTSO tìm một tế bào mới để nó truyền thông tốt hơn. MTSO thay đổi kênh cho cuộc gọi (chuyển tín hiệu từ

kênh cũ sang kênh mới). Việc thay đổi này xảy ra nhẹ nhàng đến nỗi người dùng không nhận thấy.

Dịch vụ tế bào trên cơ sở tín hiệu tương tự có tên gọi là tế bào chuyển mạch tương tự (Analog Circuit Switched Cellular: ACSC). Để truyền dữ liệu số mà dùng dịch vụ ACSC thì phải trang bị một modem với tốc độ cực đại 9600 đến 19200 bps.

Từ năm 1993 các nhà cung cấp đã cho ra đời chuẩn dữ liệu tế bào mang tên dữ liệu gói số tế bào CDPD (Cellular Digital Packed Data). Nó cung cấp dịch vụ số tốc độ thấp qua mạng tế bào có sẵn và dựa trên cơ sở mô hình OSI.

Để sử dụng dịch vụ số đang có như dịch vụ chuyển mạch 56 Kbps, CDPD sử dụng Trisector. Mỗi Trisector là tổ hợp 3 tế bào, mỗi tế bào dùng 19,2 Kbps cho tổng là 57,6Kbps (nó có thể phối hợp với đường chuyển mạch 56Kbps bằng cách bỏ bớt 1 số overhead). Có thể dẫn ra một thí dụ, theo cơ cấu này, trên nước Mỹ chia ra 12.000 Trisector. Cứ 60 Trisector có một bộ dẫn đường (router).

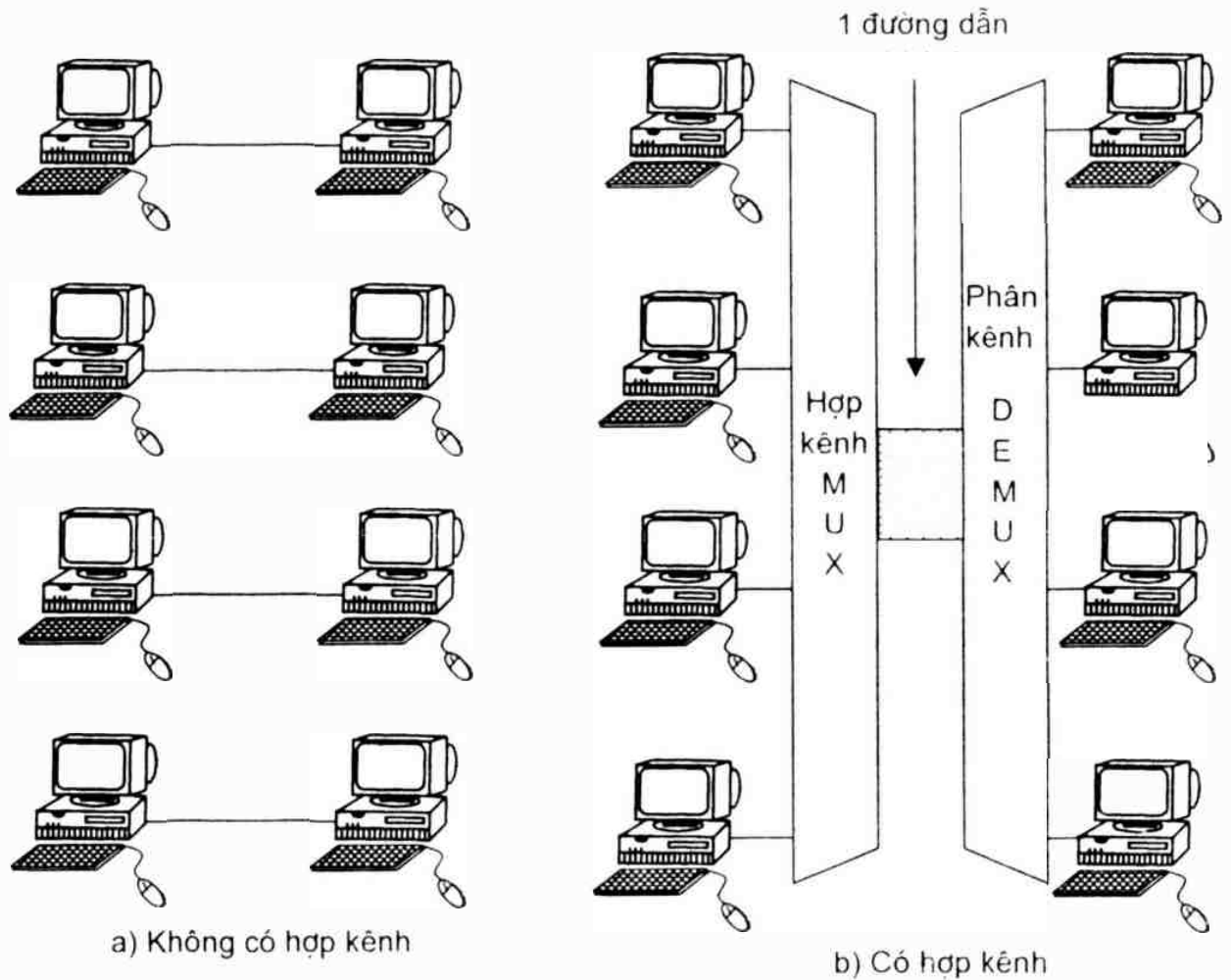
Điện thoại tế bào đang tiến nhanh đến chỗ hoà hợp hệ thống hiện có với truyền thông vệ tinh. Sự kết hợp này cho phép truyền thông điện thoại di động giữa hai điểm trên trái đất.

Việc kết hợp điện thoại tế bào và truyền thông máy tính cá nhân theo cơ cấu "truyền thông cá nhân di động" (mobile personal Communication) cho phép dùng máy tính cá nhân xách tay, di động để gửi và nhận dữ liệu, hình ảnh, ti vi, đàm thoại.

3.3. Sự kết hợp nhiều kênh trên một đường liên kết

Khi khả năng truyền của môi trường liên kết hai thiết bị lớn hơn nhu cầu truyền của các thiết bị này thì đường liên kết có thể chia sẻ. Sử dụng kỹ thuật hợp kênh cho phép truyền đồng thời nhiều tín hiệu trên một đường liên kết dữ liệu.

Ngày nay môi trường truyền có độ rộng băng cao (như cáp đồng trục, cáp sợi quang, vi sóng mặt đất, vi sóng vệ tinh) cho phép truyền vượt nhu cầu của một tín hiệu trung bình. Cần tập hợp nhiều kênh để chia sẻ độ rộng băng đó. Kỹ thuật này gồm 2 quá trình hợp kênh và phân kênh. Hình 3.49 minh họa việc sử dụng hợp kênh và phân kênh để chia sẻ môi trường.



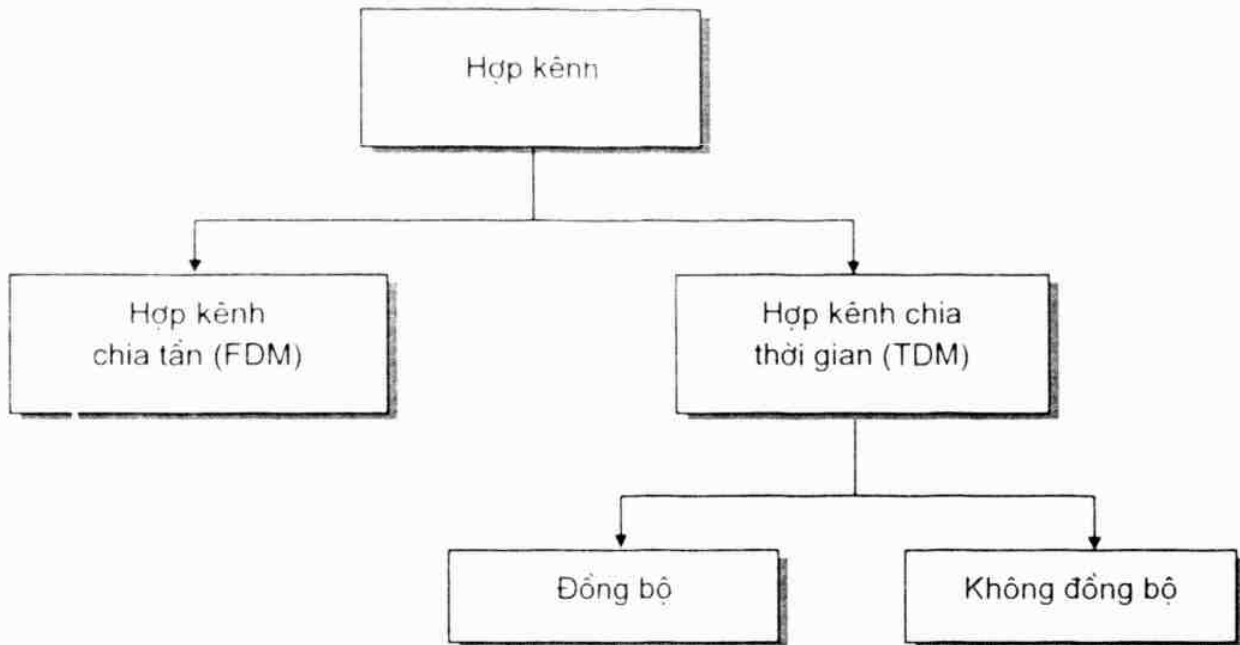
Hình 3.49: Hợp kênh và phân kênh để chia sẻ tiềm năng của liên kết

3.3.1. Nhiều đường thành một đường và một đường thành nhiều đường

Một hệ thống có n thiết bị, chúng có thể sẽ được kết hợp lại để chia sẻ khả năng của một đường truyền. Trên hình vẽ 3.49, có bốn thiết bị bên trái, hướng đường truyền của chúng vào hợp kênh MUX (Multiplexer). MUX tổ hợp chúng thành một chuỗi đơn (nhiều thành một). Tại nơi nhận, chuỗi này được đưa vào phân kênh DEMUX (Demultiplexer). DEMUX tách chuỗi thành các thành phần tương ứng (một thành nhiều) và hướng tới các thiết bị nhận đang chờ chúng.

3.3.2. Phân loại hợp kênh

Để thực hiện việc hợp kênh các tín hiệu, có một số kỹ thuật đã được sử dụng. Việc phân loại các kỹ thuật hợp kênh được chỉ ra trên hình 3.50.



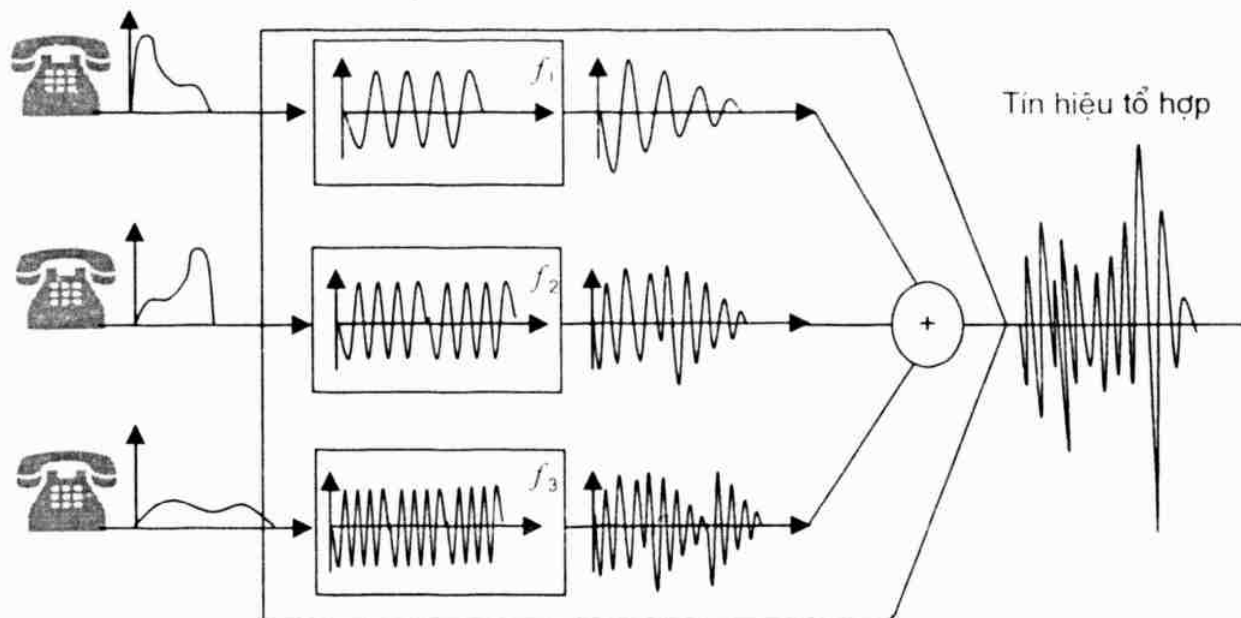
Hình 3.50: Phân loại các kỹ thuật hợp kênh

FDM là kỹ thuật hợp kênh các tín hiệu tương tự, áp dụng khi độ rộng băng của kênh lớn hơn độ rộng băng kết hợp của các tín hiệu truyền. Với FDM tín hiệu của mỗi thiết bị gửi, được điều chế bằng mỗi sóng mang khác nhau. Sau đó chúng được tổ hợp lại thành một tín hiệu duy nhất để truyền qua đường liên kết. Các tần số mang riêng phải được tách ra trên một độ rộng băng đủ để thực hiện việc điều chế. Các kênh hình thành từng dải tần, không có sự chồng lên nhau giữa các dải tần đó. Các tần số mang không được giao thoa với tần số tín hiệu gốc. Thiếu một trong hai điều kiện đó nơi nhận không thể hồi phục được tín hiệu gốc.

- Quá trình hoạt động của FDM:

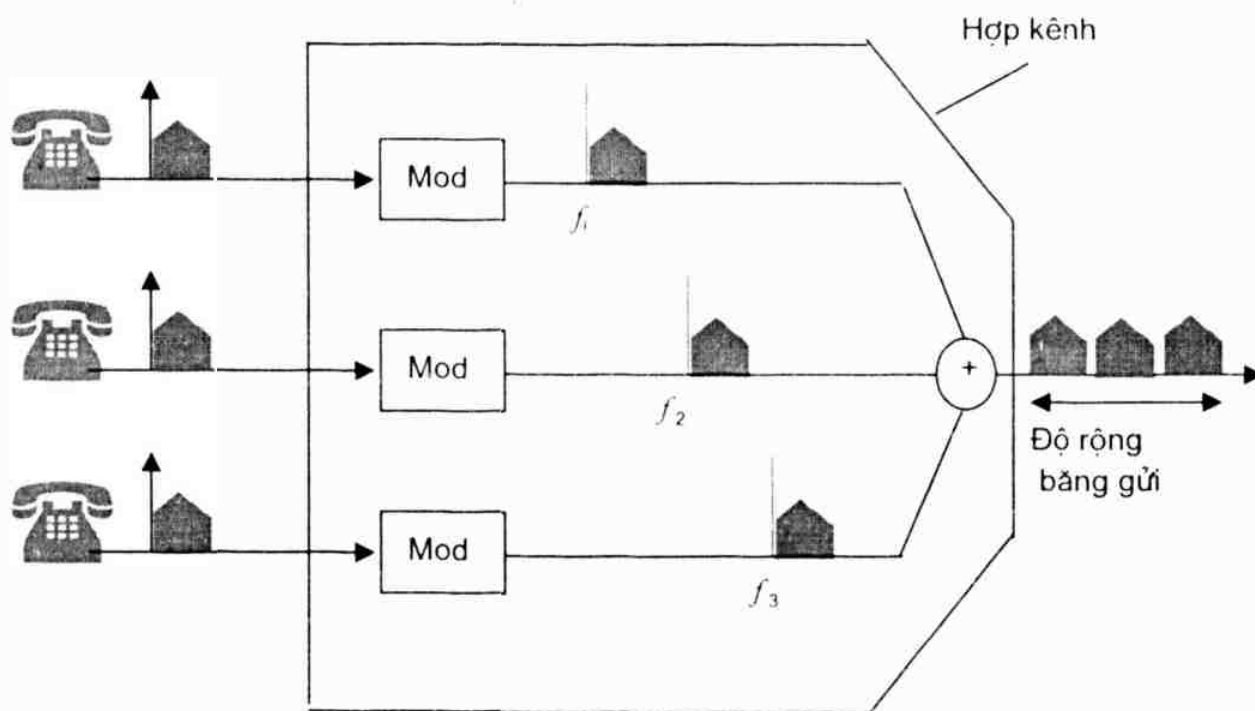
Trên hình 3.51 giả sử có ba đường điện thoại là thiết bị vào của một hợp kênh. Mỗi đường điện thoại có khoảng âm tần giống nhau. Khi vào hợp kênh chúng được điều chế trên những tần số mang khác nhau (f_1 , f_2 và f_3). Các tín hiệu đã được điều chế kết hợp lại thành tín hiệu tổ hợp, sau đó gửi lên đường truyền có độ rộng băng thích hợp với nó.

Cả 3 tần số sóng mang đồng thời tồn tại trong độ rộng băng của đường truyền. FDM sử dụng điều chế AM hoặc FM, tín hiệu được điều chế (tín hiệu kết quả) ít nhất cũng có độ rộng băng bằng hai lần tín hiệu gốc. Độ rộng băng của tín hiệu tổ hợp lớn hơn 3 lần độ rộng băng của mỗi tín hiệu tới.

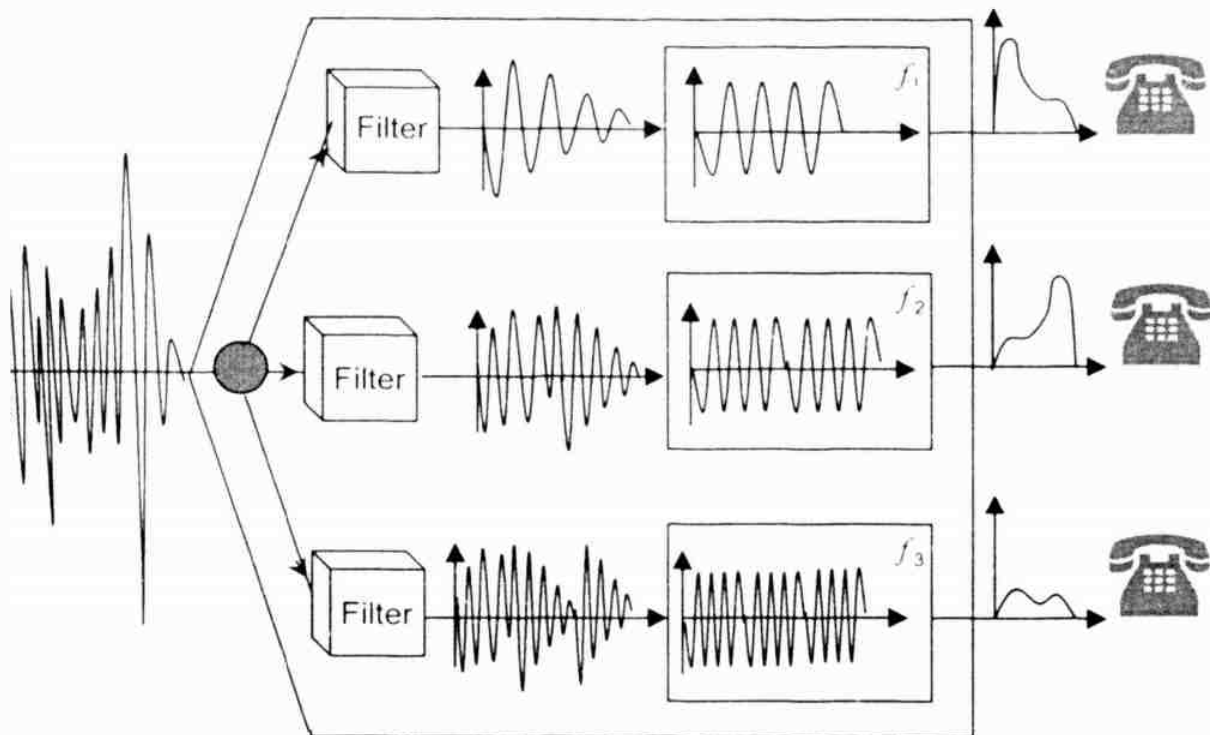


Hình 3.51: Hợp kênh chia tần của ba tín hiệu

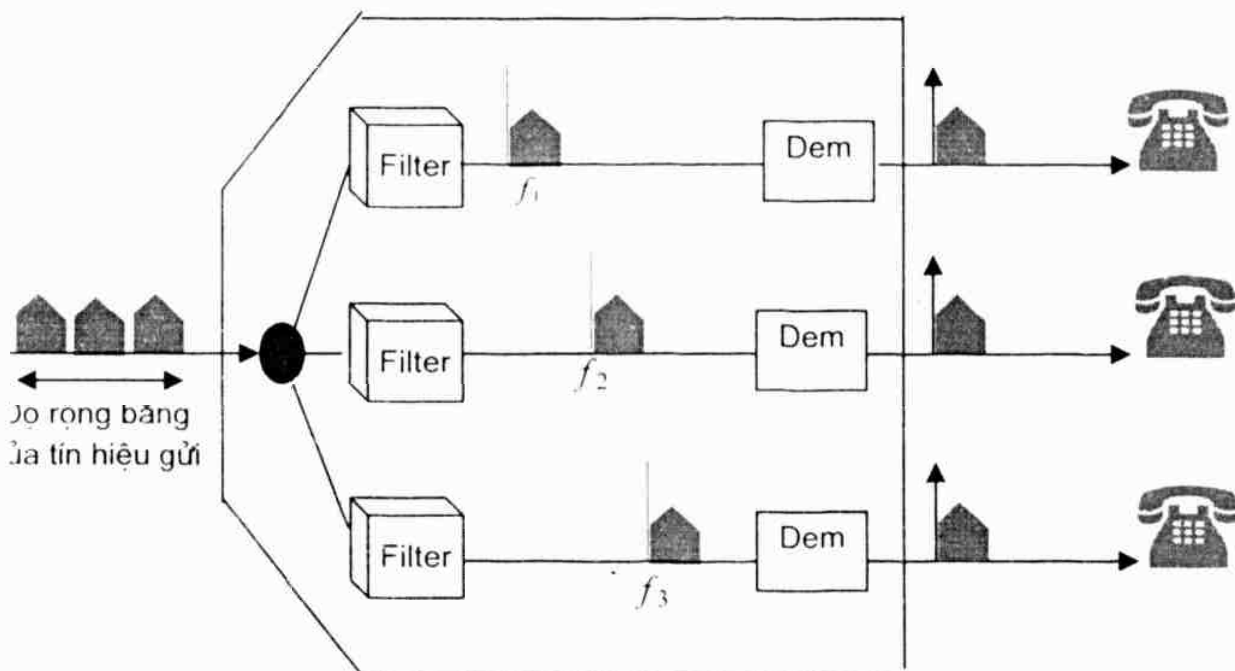
Tại nơi nhận sử dụng phân kênh. Trong phân kênh có một loạt các mạch lọc để tách tín hiệu tổ hợp thành các tín hiệu thành phần. Các tín hiệu thành phần được đưa qua dải điều chế để tách tín hiệu âm tần ra khỏi sóng mang, sau đó gửi đến các thiết bị dợi nhận.



Hình 3.52: Quan hệ tần số của hợp kênh chia tần



Hình 3.53: Quan hệ thời gian của phân kênh chia tần FDM



Hình 3.54: Quan hệ tần số của phân kênh chia tần FDM

Trên hình 3.53 và 3.54 mô tả quá trình phân kênh FDM vẽ theo mối quan hệ thời gian và quan hệ tần số tương ứng.

Một thí dụ về hợp và phân kênh chia tần số FDM là hệ truyền hình TV cáp.

Tivi sử dụng cáp đồng trục, với độ rộng băng của cáp xấp xỉ 500 MHz. Mỗi kênh ti vi yêu cầu khoảng 6MHz. Về lý thuyết, như vậy cáp đồng trục có thể truyền 83 kênh, trong thực tế ít hơn. Bộ phân kênh ở ti vi nhận, cho phép lựa chọn kênh muốn thu.

Kỹ thuật FDM đang được phát triển để sử dụng cáp sợi quang. Một kỹ thuật mới được gọi là kỹ thuật hợp kênh chia độ dài sóng (WDM) giống FDM nhưng làm việc trong vùng ánh sáng nhìn thấy. Tiếp theo, ta xem xét một loại hợp kênh khác: Hợp kênh chia thời gian TDM (Time - division Multiplexing).

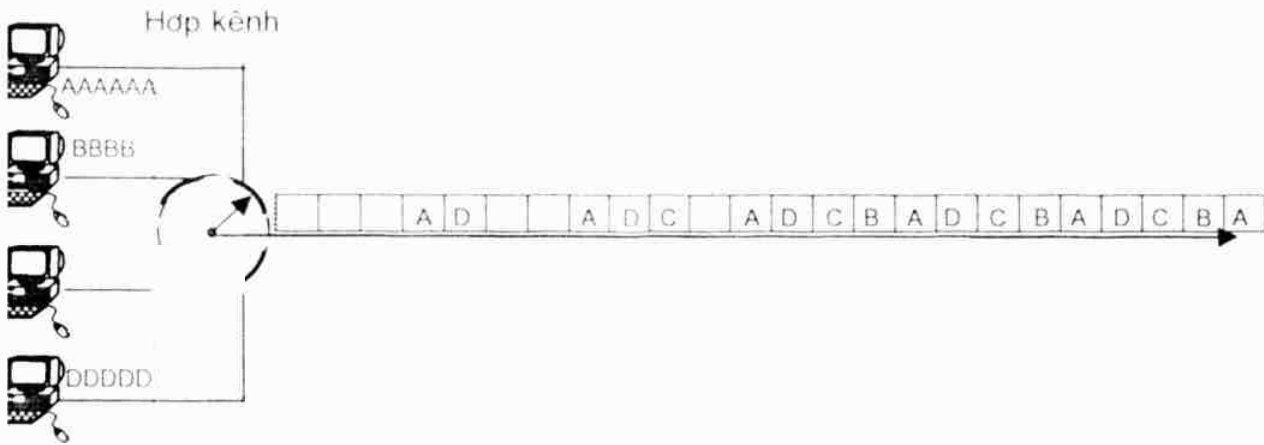
TDM là hợp kênh tín hiệu số được áp dụng khi tốc độ dữ liệu của môi trường lớn hơn tốc độ dữ liệu yêu cầu của từng thiết bị truyền và nhận. Nhiều cuộc truyền có thể thực hiện qua một đường liên kết bằng cách chia nhỏ mỗi cuộc truyền và chèn các phần nhỏ này của các cuộc truyền với nhau.

Hợp kênh TDM có thể thực hiện theo kiểu đồng bộ và kiểu không đồng bộ.

TDM đồng bộ phân phối cùng một thứ tự khe thời gian tới mỗi thiết bị trong tất cả các lần truyền. Thí dụ khe thời gian A được phân cho thiết bị A, không được sử dụng cho bất kỳ thiết bị nào khác. Mỗi lần khe thời gian đến, thiết bị A có cơ hội để gửi phần dữ liệu của nó vào. Nếu thiết bị A không có dữ liệu để truyền thì khe thời gian của nó phải bỏ trống.

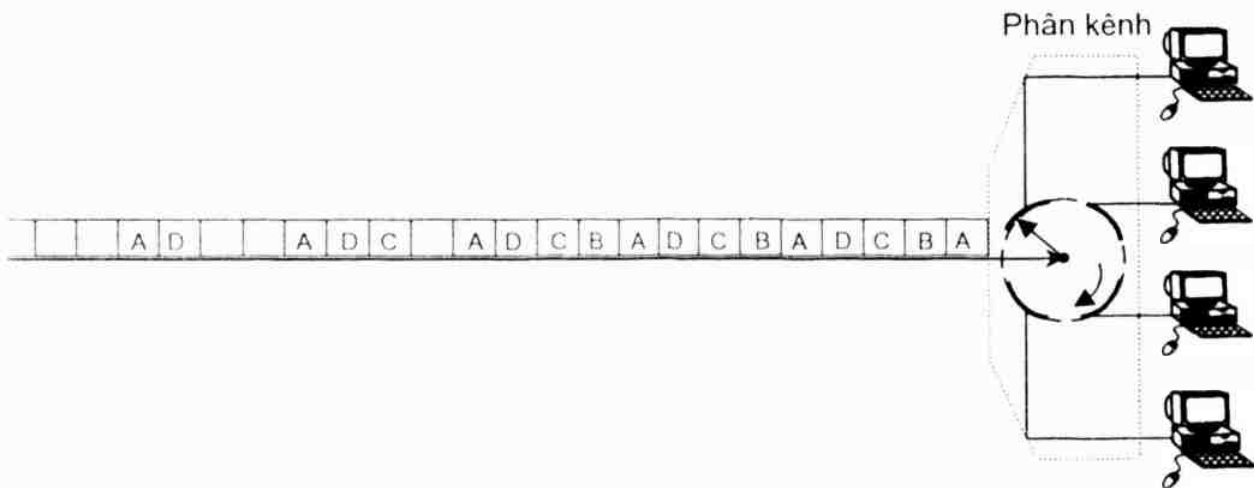
Các khe thời gian được nhóm lại thành khung. Mỗi khung gồm một chu trình đầy đủ các khe thời gian. Trong mỗi khung có một hoặc nhiều khe cho một thiết bị gửi, cộng thêm một số bit khung. Nếu có n đường vào, mỗi khung có ít nhất n khe, mỗi khe được chèn dữ liệu cho mỗi đường vào. Nếu các thiết bị vào có cùng tốc độ truyền, mỗi thiết bị sẽ có một khe thời gian trên khung. Các khe thời gian của mỗi thiết bị chiếm cùng một vị trí trong các khung và lập ra kênh của thiết bị đó.

Để dễ hình dung, có thể xem TDM đồng bộ như một chuyển mạch quay cực nhanh, như chỉ ra trên hình 3.55. Khi chuyển mạch đến trước thiết bị, thiết bị có cơ hội gửi một số bit dữ liệu vào đường dẫn. Chuyển mạch chạy từ thiết bị này sang thiết bị khác theo một tốc độ không đổi và theo một trật tự xác định, quá trình như thế gọi là chèn dữ liệu. Mỗi lần chèn có thể là một bit, một byte hoặc một số bất kỳ, kích thước này không đổi trong mỗi lần chèn.



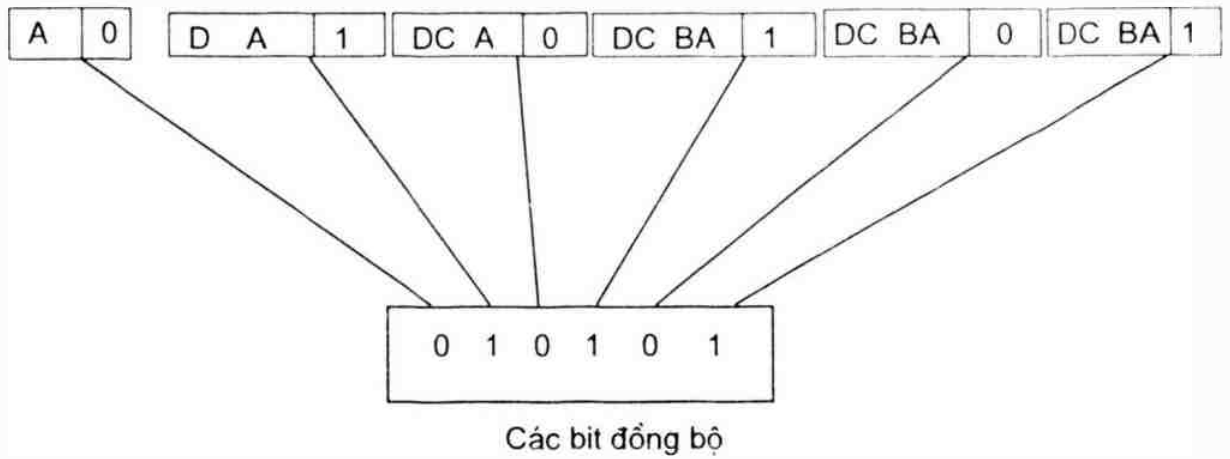
Hình 3.55 Quá trình hợp kênh đồng bộ TDM

Từ hình vẽ 3.55 rõ ràng rằng cùng một đơn vị dữ liệu nhưng độ dài có thể bất kỳ. Tại nơi nhận, phân kênh phân chia mỗi khung bằng cách rút bỏ những bit khung và sắp xếp lại các ký tự theo trật tự trong khung. Mỗi dữ liệu trong khung rời khỏi khung sẽ đi đến một thiết bị nhận tương ứng, như chỉ ra trên hình 3.56.



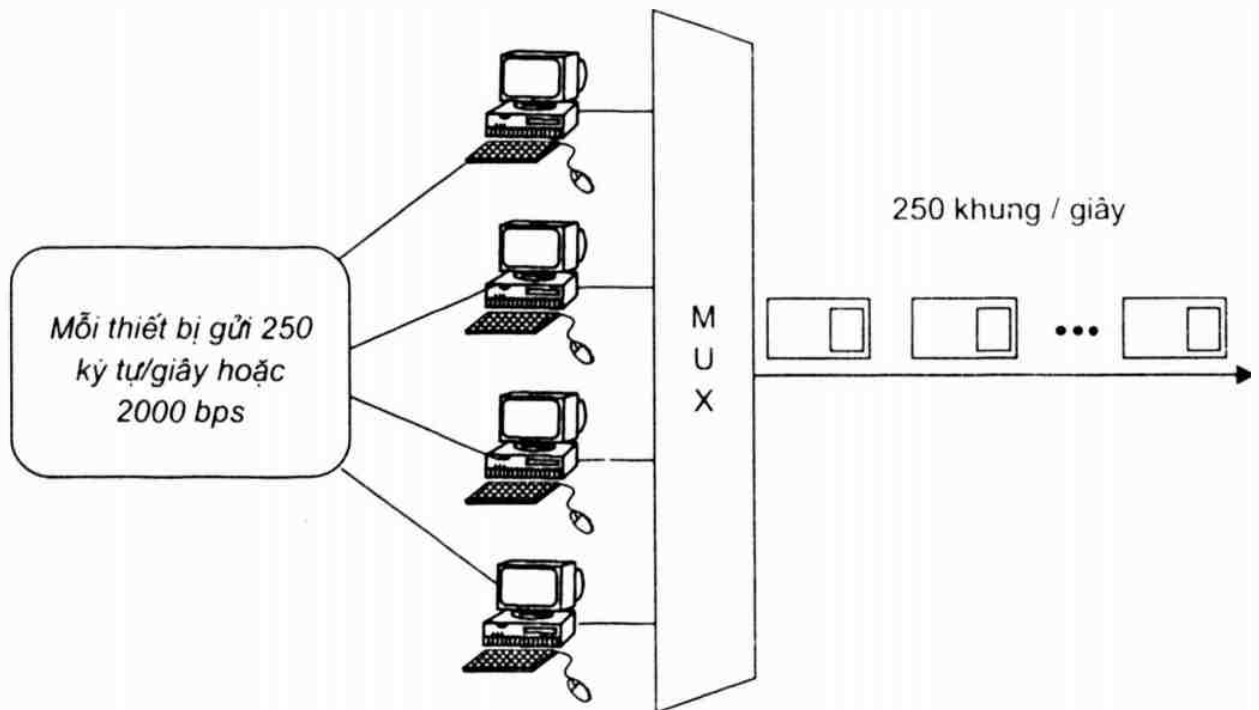
Hình 3.56: Quá trình phân kênh đồng bộ TDM

Tuy trật tự khe thời gian không khác nhau từ khung này sang khung khác nhưng vẫn phải đưa thông tin mào đầu vào cho mỗi khung. Một bit mào đầu, còn gọi là bit đồng bộ được thêm vào khung, chúng còn được gọi là bit khung, cho phép phân kênh đồng bộ chuỗi dữ liệu tới để có thể tách rời các khe thời gian chính xác. Thông tin đồng bộ gồm một bit trên một khung thay đổi giữa "1" và "0" như ở hình 3.57.



Hình 3.57. Các bit khung hay còn gọi là các bit đồng bộ

Thí dụ một hợp kênh TDM đồng bộ có 4 nguồn vào truyền ký tự và một đường liên kết chung. Nếu mỗi nguồn vào có tốc độ 250 ký tự/một giây và mỗi khung mang một ký tự từ một nguồn thì đường truyền phải có khả năng truyền 250 khung trong 1 giây.



Hình 3.58. TDM đồng bộ có 4 nguồn vào và một đường liên kết

Giả sử mỗi ký tự có 8 bit, như vậy mỗi khung có 33 bit vì $(4 \text{ ký tự} \times 8 + 1 \text{ bit khung})$. Rõ ràng mỗi thiết bị có tốc độ 2000bps (vì $250 \text{ ký tự/giây} \times 8 \text{ bit/ký tự} = 2000 \text{ bps}$) và đường truyền phải có tốc độ 8250 bps bởi vì tốc độ dữ liệu là $4 \times 2000 \text{ bps} = 8000 \text{ bps}$ cộng với số 250 bps của tiêu đề (tức là các bit khung).

Khi sử dụng kỹ thuật đồng bộ TDM làm việc với những thiết bị có tốc độ khác nhau đòi hỏi tốc độ của thiết bị này nhanh hơn tốc độ thiết bị kia đúng một số nguyên lần. Thí dụ thiết bị này có tốc độ nhanh hơn thiết bị kia 5 lần thì phải cho nó 5 khe thời gian, trong khi chỉ cho thiết bị kia một khe trong một khung.

Khi tốc độ không là bội nguyên của nhau thì phải dùng kỹ thuật nhồi bit. Khi đó hợp kênh thêm bit cho chuỗi thông tin nguồn của thiết bị để tốc độ tương đối giữa các thiết bị là số nguyên lần của nhau. Thí dụ một thiết bị có tốc độ bằng 2,7 lần tốc độ thiết bị kia, phải thêm đủ số bit để tăng tốc độ lên 3 lần tốc độ thiết bị kia. Các bit thêm vào này sẽ được phân kênh bỏ đi ở nơi nhận.

Hợp kênh TDM đồng bộ chưa sử dụng hết khả năng của đường liên kết. Trong thực tế chỉ một phần các khe thời gian được sử dụng. Vì các khe thời gian được ấn định trước cho từng thiết bị và cố định vị trí trong khung nên khi thiết bị không có dữ liệu để truyền thì khe tương ứng bị rỗng và trong nhiều khoảng thời gian đường dẫn bị lãng phí. Thí dụ, có 20 máy tính được hợp kênh để truyền trên một đường. Khi sử dụng TDM đồng bộ, tốc độ của đường này phải 20 lần lớn hơn tốc độ của mỗi đường vào. Nếu trong số 20 máy chỉ có 10 máy hoạt động, rõ ràng có một nửa khả năng của kênh truyền bị lãng phí. Khắc phục nhược điểm này bằng cách sử dụng kỹ thuật hợp kênh TDM không đồng bộ.

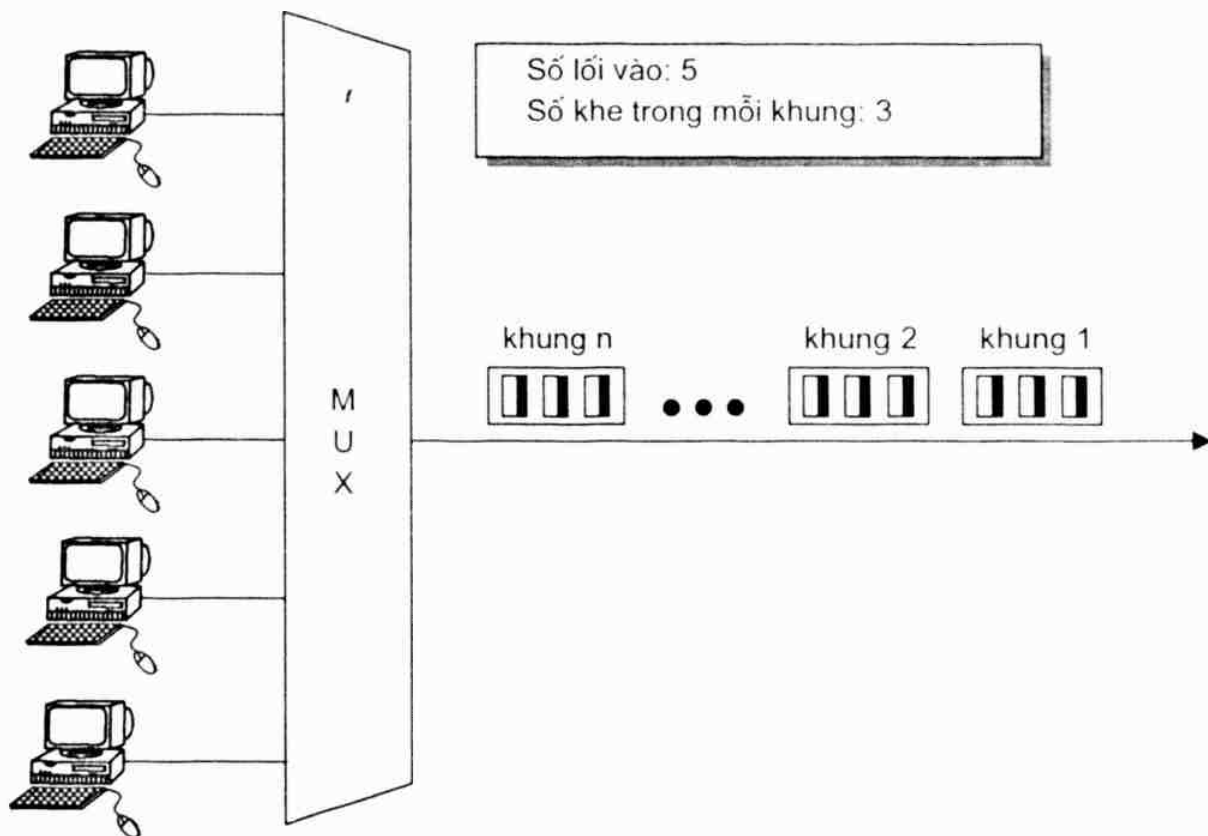
TDM không đồng bộ (còn gọi là TDM thống kê) có nghĩa là mềm dẻo, không cố định, tốc độ tổng cộng các đường vào có thể lớn hơn tốc độ kênh truyền.

Với TDM đồng bộ, khi có n thiết bị vào, khung có ít nhất n khe thời gian. Còn với TDM không đồng bộ nếu có n lối vào, khung có m khe thời gian và $m < n$. Hình 3.59 minh họa TDM không đồng bộ.

Như vậy, với đường liên kết có năng lực giống nhau, TDM không đồng bộ hỗ trợ được nhiều thiết bị truyền thông hơn TDM đồng bộ.

Số khe m trong TDM không đồng bộ được ấn định dựa vào việc phân tích thống kê số đường vào có dữ liệu truyền ở thời điểm nào đó. Các khe không phân cố định trước, mà có thể gán cho thiết bị bất kỳ nếu nó có dữ liệu gửi.

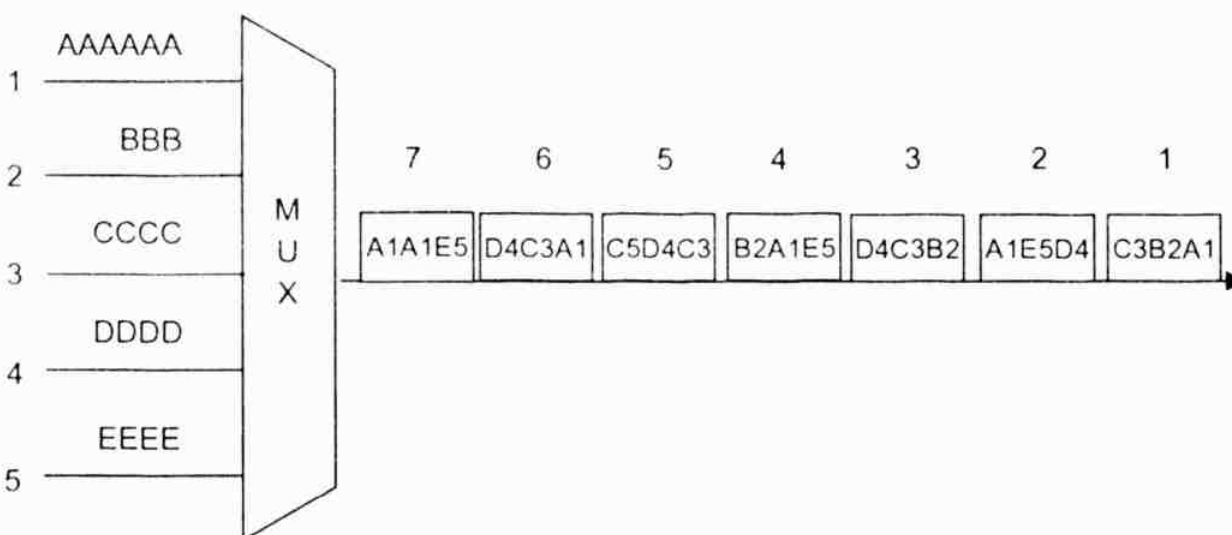
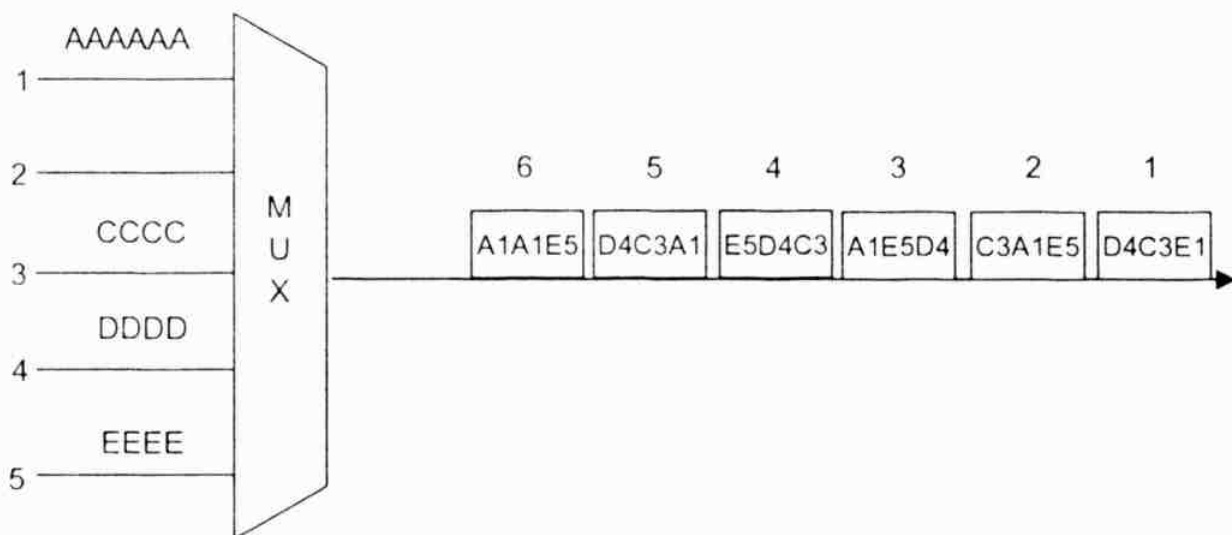
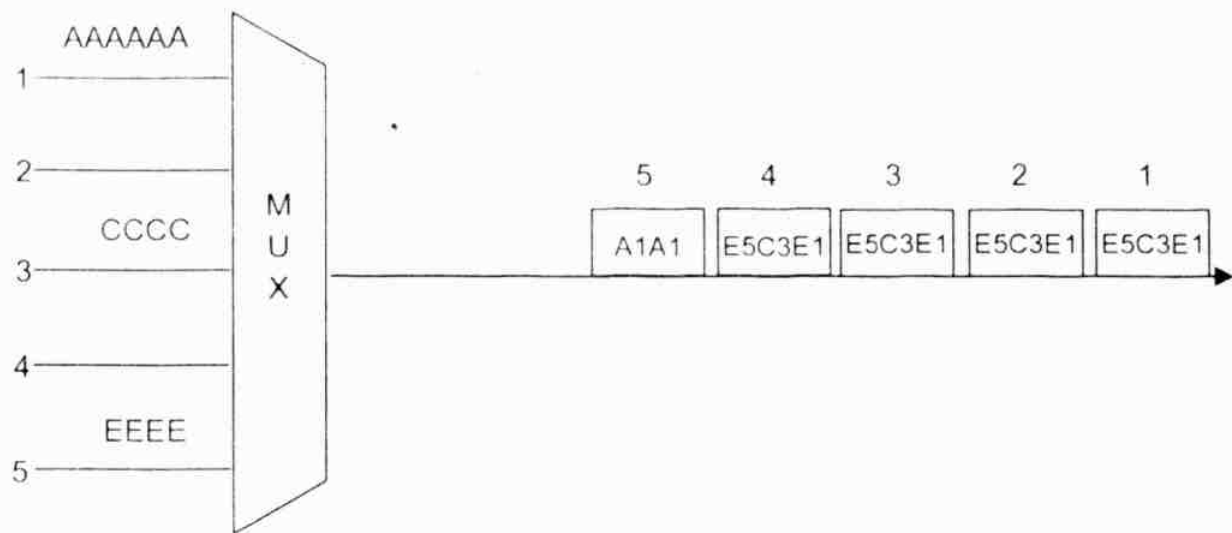
Hợp kênh quét các đường vào, nhận từ dữ liệu các đường cho đến lúc khung đầy, sau đó gửi khung đi. Nếu không đủ dữ liệu để đầy các khe trong khung, thì khung chỉ truyền các khe có dữ liệu.



Hình 3.59: Khung dữ liệu có 3 khe thời gian, trong khi có 5 thiết bị lối vào hợp kênh

Hình 3.60 cho thấy 5 máy tính chia sẻ một đường truyền sử dụng TDM không đồng bộ, mỗi khung gồm 3 khe, trường hợp đầu có 3 máy tính có dữ liệu để truyền, trường hợp thứ hai có 4 máy tính gửi dữ liệu, trong trường hợp thứ 3 tất cả các máy tính đều có dữ liệu để truyền. Trong mỗi trường hợp, hợp kênh phải quét thiết bị theo trật tự từ 1 đến 5 và làm đầy các khe thời gian mỗi khi nó gặp dữ liệu.

Trong trường hợp đầu 3 đường vào hoạt động tương ứng với 3 khe trong một khung, đối với 4 khung đầu tiên các lối vào được phân bố đối xứng giữa các thiết bị truyền thông. Đến khung thứ 5 thiết bị 3 và thiết bị 5 đã kết thúc việc truyền của nó nhưng thiết bị thứ nhất vẫn còn 2 ký tự để truyền. Hợp kênh nhận ký tự A từ thiết bị 1, quét tiếp các đường vào không tìm thấy dữ liệu, quay lại thiết bị 1, nhận tiếp ký tự A cho đến khi không có ký tự nào để cho vào khe thời gian cuối, hợp kênh sẽ truyền khung thứ 5 chỉ có hai khe. Trong hệ thống TDM đồng bộ thì cả 6 khung chứa 5 khe thời gian, tổng cộng truyền 30 khe thời gian. Trong TDM không đồng bộ chỉ có 14 khe là chứa dữ liệu, truyền đi không quá một nửa khe thời gian so với trường hợp trước. Với hệ thống không đồng bộ được chỉ ra ở đây, chỉ có một khung có một khe rỗng, trong suốt thời gian còn lại của quá trình truyền toàn bộ khả năng của một đường liên kết đều hoạt động.



Hình 3.60: TDM không đồng bộ khi dữ liệu trên các lối vào hợp kênh thay đổi

Trong trường hợp thứ hai có thêm một lối vào có dữ liệu. Khi hợp kênh quét từ 1-5 nó sẽ làm đầy khung trước khi quét qua tất cả các đường vào. Khung đầu tiên mang dữ liệu của máy tính 1, 3 và 4 nhưng không có của máy tính 5. Hợp kênh quét tiếp những đường còn lại, đặt dữ liệu của thiết bị 5 vào khe đầu tiên của khung tiếp theo sau đó quay lại đường đầu tiên và đặt dữ liệu của thiết bị 1 vào khe thứ 2 của khung này... Khi số các thiết bị gửi có dữ liệu không tương đương với số khe trong một khung thì các khe thời gian không có tính đối xứng. Dữ liệu của thiết bị 1 được đưa vào trong khe thứ nhất của khung đầu tiên và đưa vào khe thứ 2 của khung thứ 2...

Trong trường hợp thứ 3, các khung cũng được tải dữ liệu vào như ở trên, nhưng ở đây tất cả các lối vào đều có dữ liệu, thiết bị 1 đặt dữ liệu vào khe thứ nhất khung đầu, khe thứ 3 khung thứ 2 và không đặt vào khe nào trong khung thứ 3.

Trong các trường hợp 2 và 3, nếu tốc độ của đường liên kết bằng 3 lần tốc độ lối vào, thì dữ liệu được truyền sẽ đi nhanh hơn thao tác của hợp kênh đặt nó lên đường liên kết. Khi đó cần phải có bộ đệm lưu dữ liệu lại cho đến khi hợp kênh có khả năng tải nó đi.

Một khó khăn đặt ra cho phân kênh tại nơi nhận là làm thế nào để nhận biết một khe thời gian thuộc lối ra nào? Với TDM đồng bộ, dữ liệu trong một khe thời gian thuộc về thiết bị nào thể hiện ở vị trí của khe trong khung, trong TDM không đồng bộ, dữ liệu từ một thiết bị có thể nằm trong khe đầu của khung này và khe thứ 3 của khung tiếp theo. Vắng mối quan hệ vị trí, mỗi khe thời gian phải mang một địa chỉ để phân kênh biết hướng dữ liệu tới thiết bị nào. Địa chỉ này được hợp kênh đính vào và được phân kênh bỏ đi, mỗi khi nó đã phân loại được dữ liệu. Trong hình 3.60 các địa chỉ này được thay bằng chữ số nhị phân.

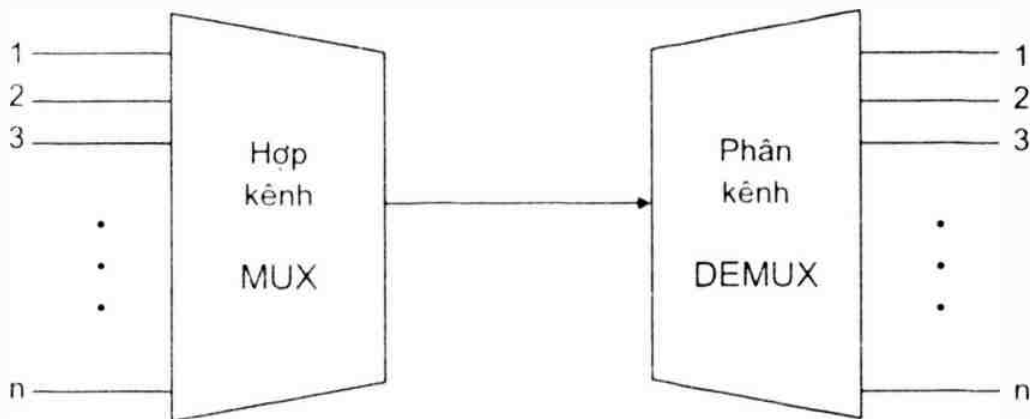
Các bit địa chỉ được thêm vào cho mỗi khe thời gian làm tăng tiêu đề của hệ thống không đồng bộ và hạn chế tính hiệu quả của nó. Để hạn chế ảnh hưởng đó, địa chỉ thường chỉ chứa một hoặc vài bit.

Nhu cầu địa chỉ đã làm cho TDM không đồng bộ ít hiệu quả đối với việc truyền dữ liệu cỡ bit hoặc byte. Khi truyền một bit dữ liệu và 3 bit mang địa chỉ thì chỉ 1/4 khả năng được dùng cho truyền dữ liệu, còn 3/4 là truyền tiêu đề. Vì lý do đó TDM không đồng bộ chỉ hiệu quả khi kích thước các khe thời gian là tương đối lớn.

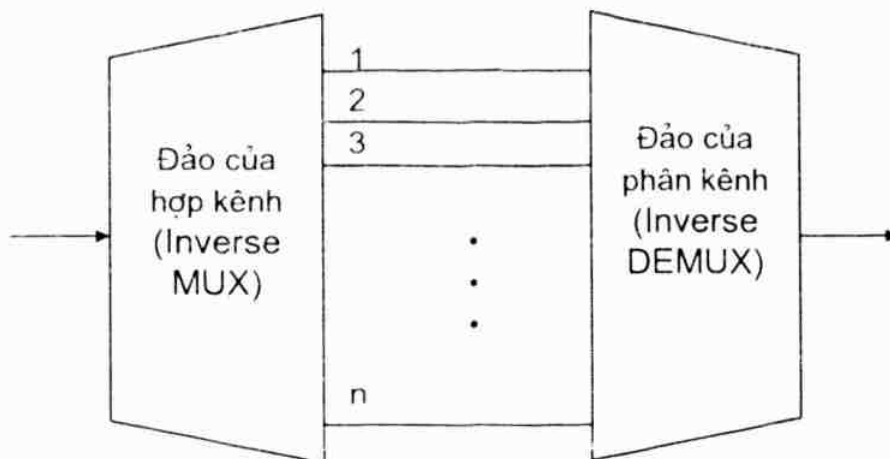
Các khe thời gian có độ dài thay đổi:

Hợp kênh TDM không đồng bộ có thể vận chuyển các dữ liệu tốc độ khác nhau bằng cách thay đổi độ dài của các khe thời gian. Thiết bị gửi có tốc độ dữ liệu nhanh hơn được cấp các khe thời gian dài hơn. Để điều khiển các trường có độ dài thay đổi, đòi hỏi các bit điều khiển được thêm vào ở đầu mỗi khe thời gian chỉ báo độ dài của đoạn dữ liệu truyền đến. Những bit thêm vào này cũng làm tăng tiêu đề của hệ thống và như vậy chỉ hiệu quả khi các khe thời gian đủ lớn.

Phân kênh là phần đối lập của hợp kênh. Nó nhận chuỗi dữ liệu từ 1 đường liên kết tốc độ cao, sau đó chia ra thành những phần có thể gửi đồng thời chúng lên các đường dữ liệu tốc độ thấp hơn. Hình 3.61 minh họa hợp kênh và phân kênh.



Hợp kênh và phân kênh



Đảo của hợp kênh và phân kênh

Hình 3.61: Hợp kênh và phân kênh

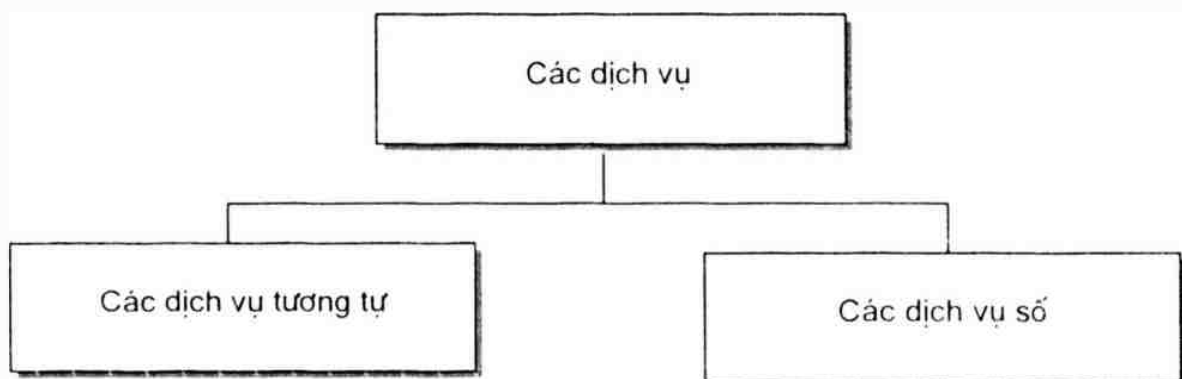
Giả sử một cơ quan muốn gửi dữ liệu, tiếng nói, hình ảnh và mỗi loại trong chúng tốc độ khác nhau. Tiếng nói cần 64 Kbps; Dữ liệu cần 128 Kbps; Video cần 1,544 Mbps. Để thoả mãn những yêu cầu đó, có hai cách lựa chọn: thuê bao một kênh truyền 1,544 Mbps và thỉnh thoảng mới sử dụng toàn bộ khả năng kênh truyền đó. Điều đó không kinh tế. Cách thứ hai là thuê bao một số kênh riêng rẽ có tốc độ thấp hơn. Bằng cách ký hợp đồng thuê độ rộng băng cuộc gọi theo yêu cầu, như vậy có thể dùng bất kỳ kênh nào, bất kỳ khi nào cần đến. Truyền giọng nói thực hiện qua một kênh bất kỳ, còn truyền dữ liệu và tín hiệu video có thể chia nhỏ ra và gửi qua hai hoặc nhiều đường. Nói cách khác, dữ liệu và tín hiệu video có thể được phân kênh qua những đường hợp kênh.

3.3.3. Ứng dụng hợp kênh trong hệ thống điện thoại

Hợp kênh được xem là bộ công cụ của công nghệ điện thoại. Các công ty điện thoại sử dụng cả hai kỹ thuật hợp kênh FDM và TDM trong lĩnh vực truyền thông. Sau đây chúng ta sẽ khảo sát những hệ thống đang được sử dụng ở Bắc Mỹ.

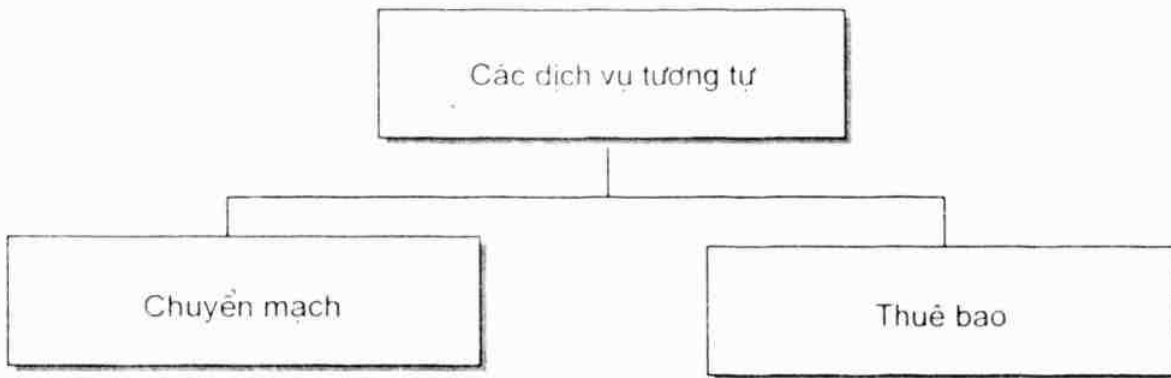
Hệ thống điện thoại Bắc Mỹ thuộc các hãng như Pacific Bell, AT&T, LCI, Sprint, sử dụng sóng mang phục vụ thuê bao đường dài và ở các địa phương.

Các công ty điện thoại cung cấp cho thuê bao các dịch vụ tương tự sử dụng các mạng tương tự. Gần đây cung cấp cả những dịch vụ số và các mạng số. Trong tương lai sẽ thay thế tất cả bằng mạng số. Sự phân chia dịch vụ điện thoại được chỉ ra trên hình 3.62.



Hình 3.62: Phân loại các dịch vụ điện thoại

Dịch vụ tương tự, có hai loại thông dụng nhất là dịch vụ chuyển mạch và dịch vụ thuê bao, hình 3.63.

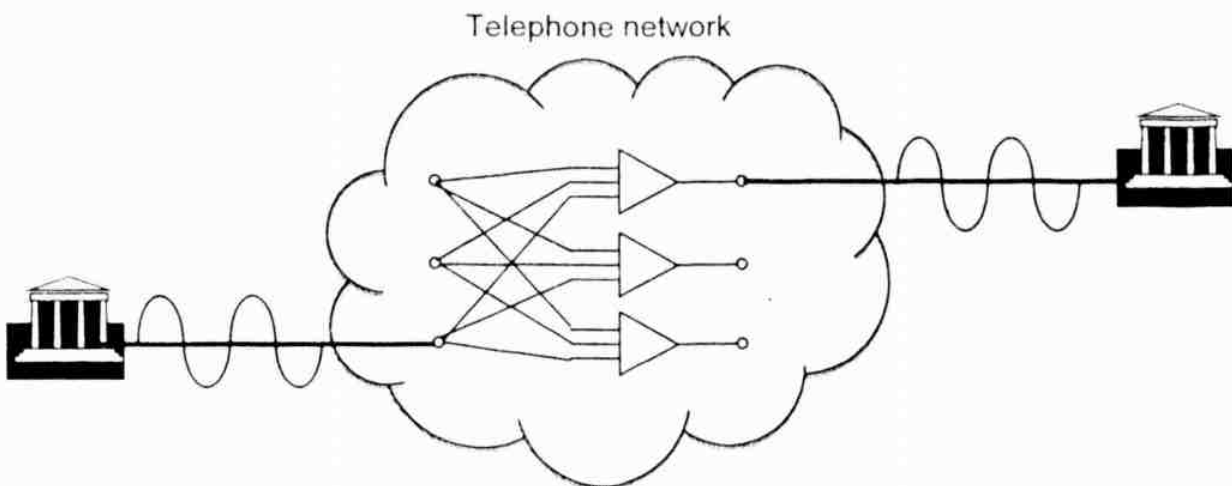


Hình 3.63: Phân loại các dịch vụ tương tự

Dịch vụ chuyển mạch tương tự là dịch vụ quay số thường gặp nhất khi sử dụng điện thoại gia đình. Dịch vụ này sử dụng 2 sợi dây cáp xoắn (hoặc 4 sợi) qua tổng đài nối điện thoại của thuê bao với mạng điện thoại. Một kết nối như vậy gọi là một nút cục bộ. Mạng điện thoại này gọi là mạng điện thoại chuyển mạch công cộng PSTN (Public Switched Telephone Network).

Tín hiệu trên nút cục bộ là tín hiệu tương tự, độ rộng băng nằm giữa khoảng 300 Hz đến 4.000 Hz.

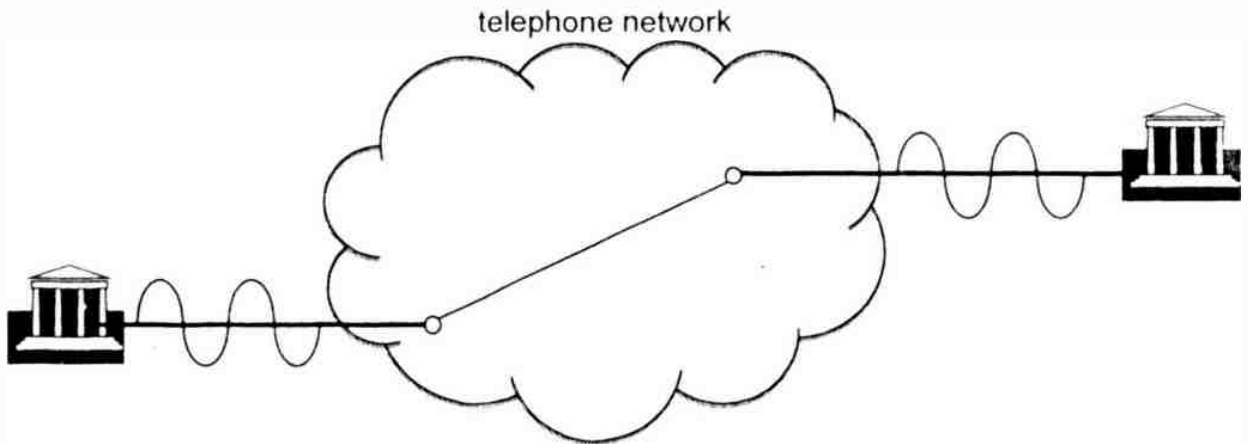
Với những đường chuyển mạch, khi người gọi quay số thì cuộc gọi được chuyển đến chuyển mạch (hoặc một loạt chuyển mạch) ở tổng đài. Tiếp theo, các chuyển mạch thích hợp làm việc để kết nối đường dây của người gọi tới người bị gọi. Chuyển mạch duy trì kết nối hai đường dây trong suốt cuộc gọi, hình 3.64.



Hình 3.64: Các dịch vụ chuyển mạch tương tự

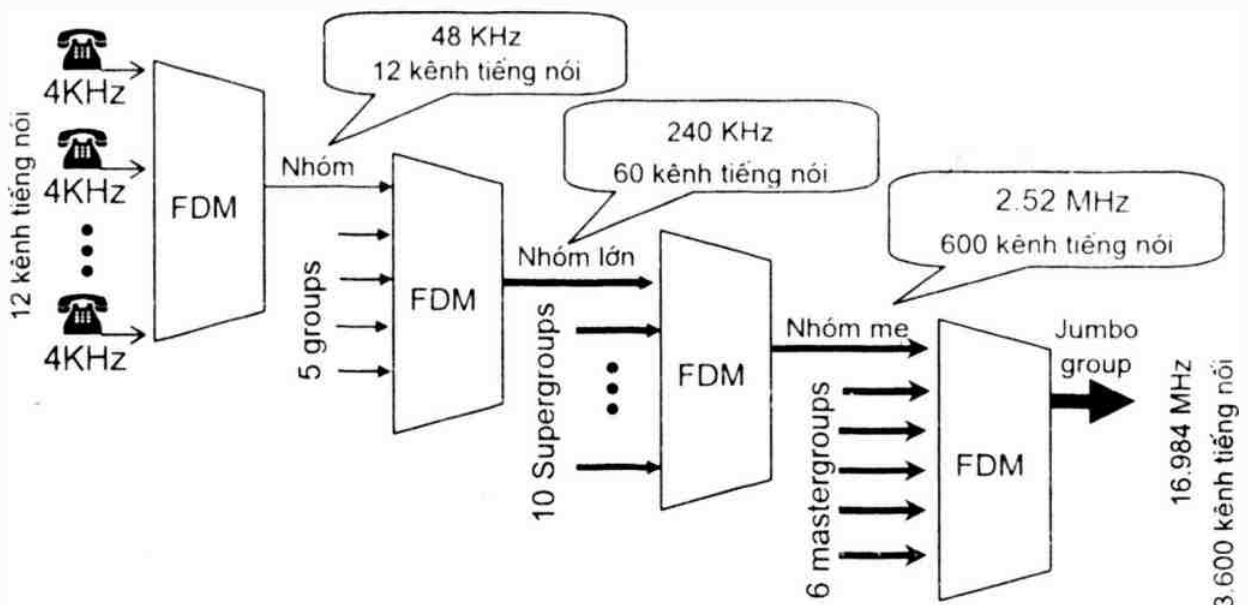
Dịch vụ thuê bao tương tự khác dịch vụ chuyển mạch tương tự.

Dịch vụ thuê bao sử dụng là đường kết nối vĩnh viễn giữa hai người thuê bao. Mặc dù kết nối cũng đi qua chuyển mạch của hệ thống điện thoại, nhưng những thuê bao có cảm tưởng là đường dẫn riêng bởi vì chuyển mạch luôn luôn được đóng, hình 3.65.



Hình 3.65: Các dịch vụ thuê bao tương tự

Để tăng hiệu quả sử dụng cơ sở hạ tầng của hệ thống điện thoại các công ty điện thoại đã kết hợp các tín hiệu từ các đường dẫn có độ rộng băng thấp đưa vào những đường dẫn có độ rộng băng cao hơn. Bằng cách đó nhiều đường điện thoại chuyển mạch hoặc thuê bao được tổ hợp thành một số kênh ít hơn nhưng mạnh hơn. Đối với các đường tương tự người ta dùng hợp kênh FDM. Mạng thực hiện mục tiêu trên, có tên gọi là thứ bậc tương tự, hình 3.66.



Hình 3.66: Các bậc tương tự

Ở hình 3.66 có 12 kênh giọng nói được hợp lại trên một đường liên kết độ rộng băng cao hơn gọi là một nhóm. Mỗi nhóm có độ rộng băng 48KHz, hỗ trợ 12 kênh điện thoại.

Ở mức tiếp theo, 5 nhóm được hợp lại tạo thành một siêu nhóm. Một siêu nhóm có độ rộng băng 240 KHz, hỗ trợ 60 kênh giọng nói.

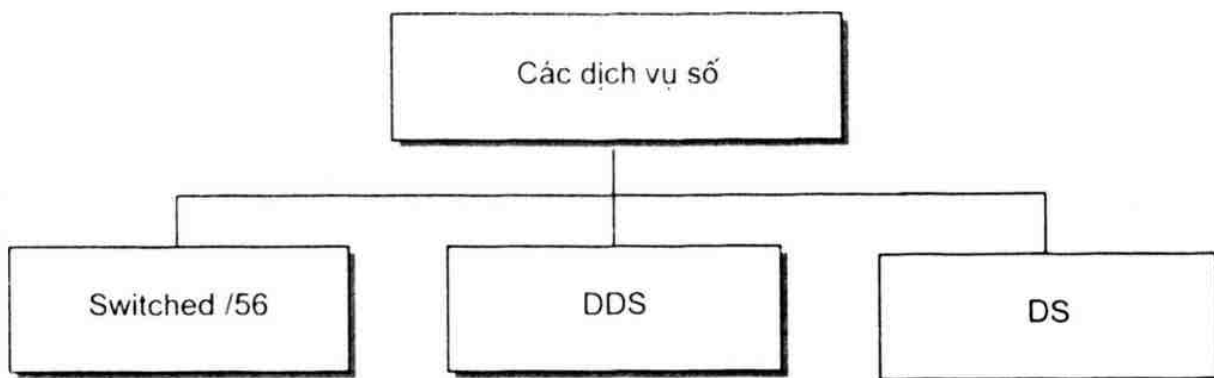
Mức tiếp theo 10 siêu nhóm được hợp lại thành một nhóm mẹ, một nhóm mẹ có độ rộng băng 2,4 MHz, nó cần có các băng dự phòng giữa các kênh nên độ rộng băng cần thiết lên đến 2,52 MHz, các nhóm mẹ hỗ trợ 600 kênh nhóm con.

Cuối cùng 6 nhóm mẹ kết hợp thành một nhóm khổng lồ, nhóm này có độ rộng băng 15,12 MHz nhưng được quy định là 16,84 MHz để tạo thành các băng bảo vệ giữa các nhóm mẹ.

Thứ bậc tương tự trong công nghệ truyền thông ở Nhật và ở Châu Âu có quy định khác những thứ bậc của Bắc Mỹ vừa trình bày ở trên.

Các công ty điện thoại bắt đầu cung cấp các dịch vụ số cho các thuê bao của họ. Ưu điểm của dịch vụ số là tránh được tạp âm và nhiễu. Bình thường một đường điện thoại hoạt động như một ống ten, nó cũng thu các tạp âm trong thời gian truyền tương tự và truyền số. Khi truyền tương tự, các tín hiệu và tạp âm đều là tương tự nên khó tách được chúng ra. Khi truyền số, tín hiệu là số còn tạp âm là tương tự. Do vậy có thể dễ dàng phân biệt và tách chúng ra. Một ưu điểm khác của truyền số là giá thành thấp, vì chỉ cần phân biệt 2 hoặc 3 mức thế thay cho việc phân biệt một dải liên tục các giá trị. Các thiết bị truyền số sử dụng thiết bị điện tử giá rẻ hơn so với các thiết bị tương tự tương ứng.

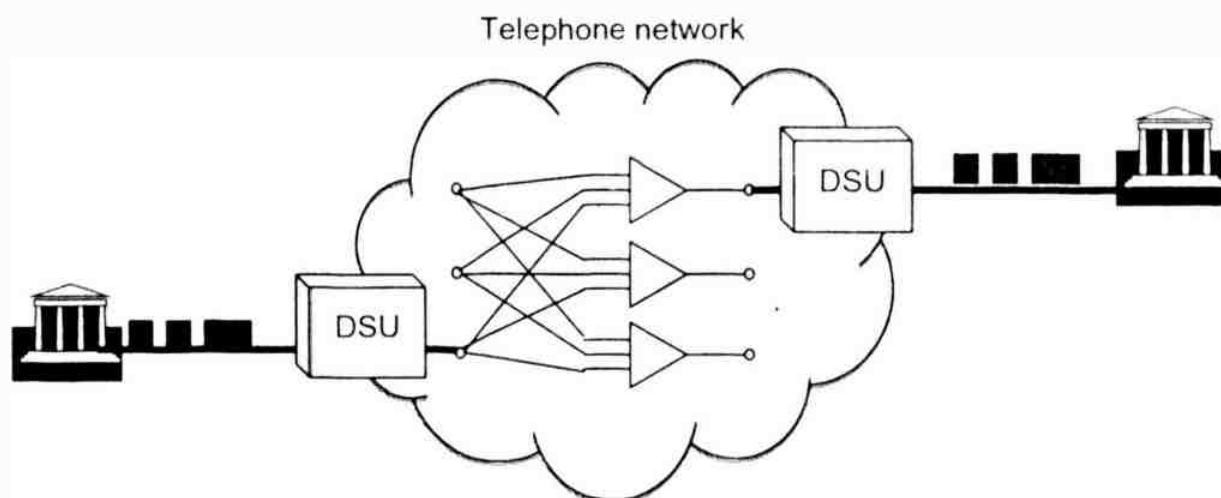
Có 3 loại dịch vụ số khác nhau: chuyển mạch / 56, DDS và DS, như chỉ ra trên hình 3.67.



Hình 3.67: Phân loại các dịch vụ số

Dịch vụ chuyển mạch /56 là thể hệ số của đường chuyển mạch tương tự. Dịch vụ chuyển mạch số này cho tốc độ dữ liệu 56 Kbps. Để truyền thông qua dịch vụ này cả hai phía phải thuê bao. Một thuê bao dịch vụ điện thoại thông thường không thể nối được máy tính hoặc điện thoại với chuyển mạch /56 ngay cả khi sử dụng modem. Về tổng thể, dịch vụ số và tương tự là hai dịch vụ hoàn toàn khác nhau đối với các công ty điện thoại.

Vì các đường liên kết trong dịch vụ chuyển mạch /56 là số nên những thuê bao không cần modem. Tuy nhiên, họ cần một thiết bị khác gọi là khối dịch vụ số (DSU), như chỉ ra trên hình 3.68. Thiết bị này thay đổi tốc độ dữ liệu số đã được khởi tạo bởi thiết bị của thuê bao thành 56 Kbps và mã hoá nó thành dạng để có thể sử dụng bởi các nhà cung cấp dịch vụ.



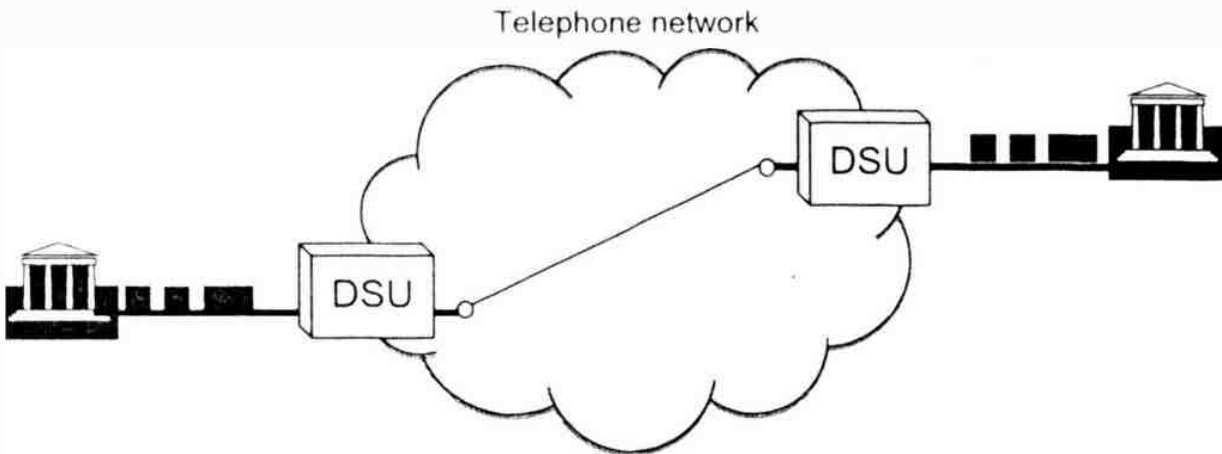
Hình 3.68: Các dịch vụ chuyển mạch / 56

Sử dụng DSU phải thực hiện quá trình quay số. DSU đắt hơn một modem, nhưng các đường số có tốc độ cao hơn, chất lượng tốt hơn và ít tạp âm hơn các đường tương tự.

Chuyển mạch /56 hỗ trợ độ rộng băng yêu cầu, cho phép thuê bao thu được tốc độ cao hơn nhờ sử dụng nhiều độ rộng băng hơn trên cùng một đường dây. Như vậy, chuyển mạch /56 hỗ trợ tín hiệu video, fax, đa phương tiện, truyền dữ liệu nhanh cùng những đặc điểm khác.

Dịch vụ dữ liệu số DDS là kiểu số giống như đường thuê bao tương tự. Tốc độ cực đại của DDS là 56 Kbps (giống chuyển mạch /56) mặc dù vậy, những thuê bao có thể chọn 5 tốc độ khác nhau 2,4 ; 4,8 ; 9,6 ; 19,2 hoặc 56 Kbps.

Dịch vụ DDS cũng sử dụng DSU như chỉ ra trên hình vẽ 3.69. DSU cho dịch vụ này rẻ hơn DSU cho dịch vụ chuyển mạch /56 bởi nó không cần quay số.

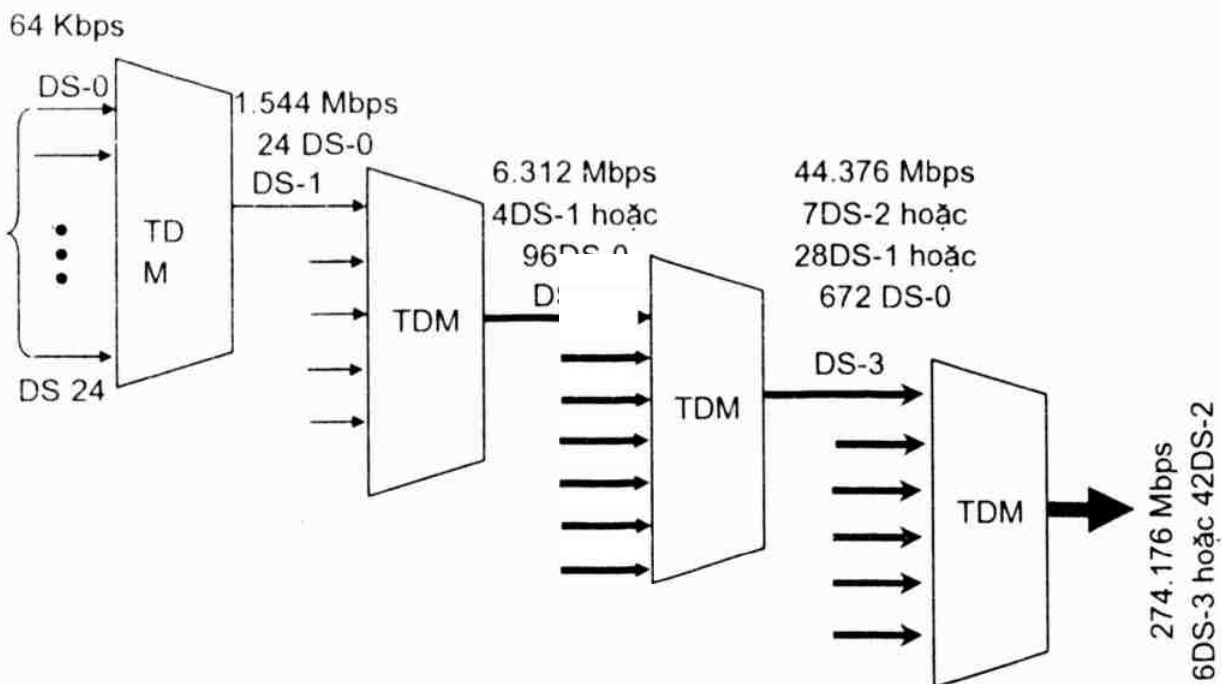


Hình 3.69: Dịch vụ DDS

Dịch vụ tín hiệu số DS cho thấy nhu cầu phát triển thứ bậc của dịch vụ số giống như dịch vụ tương tự. Dịch vụ tín hiệu số là thứ bậc của tín hiệu số. Hình vẽ 3.70 chỉ ra tốc độ dữ liệu ở mỗi thứ bậc.

Dịch vụ DS-0 giống như DDS, là kênh số đơn lẻ 64 Kbps

DS-1 là dịch vụ 1,544 Mbps; Tốc độ 1,544 Mbps là 24 lần 64 Kbps cộng với 8 Kbps tiêu đề. Nó được dùng như dịch vụ đơn để truyền thông 1,544 Mbps hoặc được sử dụng cho tổ hợp 24 kênh DS-0.



Hình 3.70: Các thứ bậc DS

DS-2 là dịch vụ 6,312 Mbps; Tốc độ 6,312 Mbps là 96 lần 64 Kbps cộng với 168 Kbps tiêu đề. Có thể dùng nó như dịch vụ đơn cho truyền thông 6,312 Mbps hoặc được sử dụng tổ hợp 4 kênh DS-1 hoặc 96 kênh DS-0 hoặc tổ hợp của các loại dịch vụ này.

DS-3 là dịch vụ 44,376 Mbps; Tốc độ 44,376 Mbps là 672 lần 64 Kbps cộng 1,368 Kbps tiêu đề. Có thể sử dụng nó như dịch vụ đơn cho truyền thông 44,376 Mbps hoặc có thể sử dụng để tổ hợp 7 kênh DS-2; 28 kênh DS-2, 28 kênh DS-1, 672 kênh DS-0 hoặc tổ hợp của các dịch vụ này.

DS-4 là dịch vụ 274,176 Mbps; Tốc độ 274,176 Mbps là 4032 lần 64 Kbps cộng 16,128 Kbps tiêu đề. Có thể sử dụng nó để tổ hợp 6 kênh DS-3; 42 kênh DS-2, 168 kênh DS-1, 4032 kênh DS-0 hoặc tổ hợp của các dịch vụ này.

DS-0, DS-1... là tên của các dịch vụ. Để thực hiện các dịch vụ này, các công ty điện thoại sử dụng các đường dây dẫn T (T-1 ÷ T-4). Khả năng của những đường này thích hợp đặc biệt với tốc độ dữ liệu của các dịch vụ DS-1 ÷ DS-4. Bảng 3.8 cho thấy sự tương ứng này.

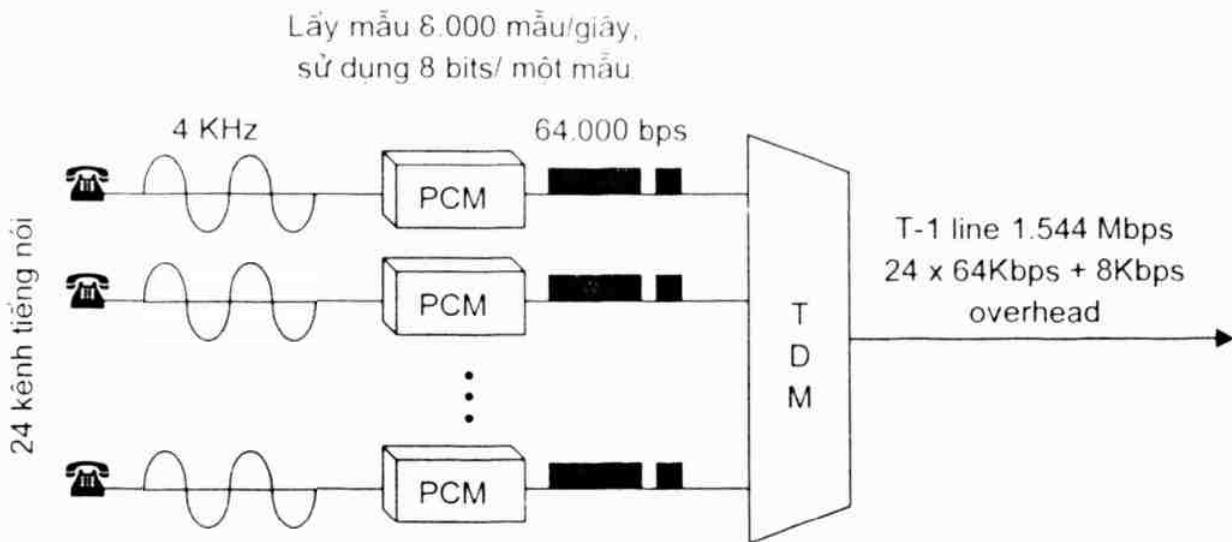
Bảng 3.8:

Dịch vụ	Đường dây	Tốc độ (Mbps)	Số kênh đàm thoại
DS-1	T-1	1.544	24
DS-2	T-2	6.312	96
DS-3	T-3	44.736	672
DS-4	T-4	274.176	4032

T-1 để thực hiện DS-1, T-2 dùng cho DS-2...

Các đường T là những đường số được thiết kế cho truyền thông dữ liệu số, giọng nói và tín hiệu audio. Chúng cũng có thể dùng cho truyền thông các tín hiệu tương tự. Các tín hiệu tương tự thoạt đầu được lấy mẫu sau đó chuyển thành số và truyền đi nhờ hợp kênh chia thời gian.

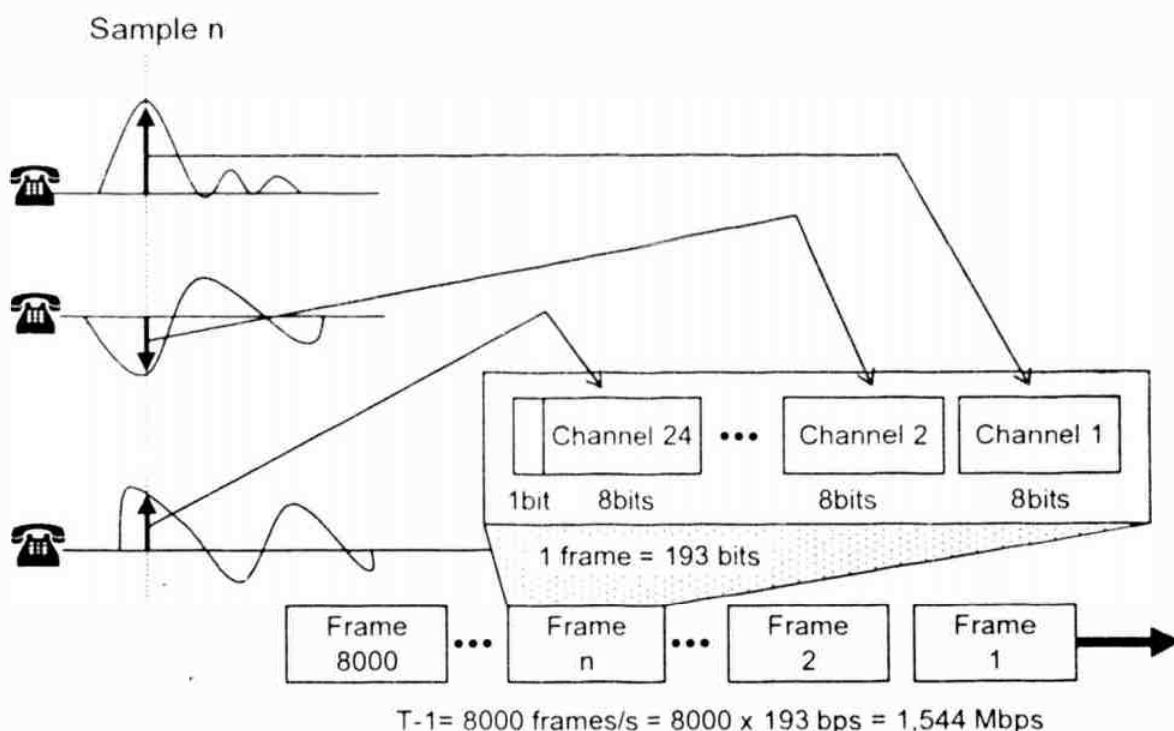
Việc sử dụng các đường T như những đường mang tín hiệu tương tự đã mở ra một hướng mới của dịch vụ điện thoại. Khi một cơ quan muốn có 24 đường điện thoại riêng rẽ, họ phải lắp đặt 24 cặp dây cáp xoắn từ công ty đến tổng đài. Bây giờ cơ quan có thể tổng hợp 24 đường này thành 1 đường T-1 và chỉ cần nối một đường T-1 tới tổng đài như minh họa ở hình 3.71.



Hình 3.71: Đường T-1 cho việc hợp kênh các đường điện thoại

Như đã nhận xét ở trên DS-1 cần 8 Kbps tiêu đề. Để hiểu được tiêu đề này được tính toán như thế nào phải xem xét đến dạng của 24 khung kênh tiếng nói.

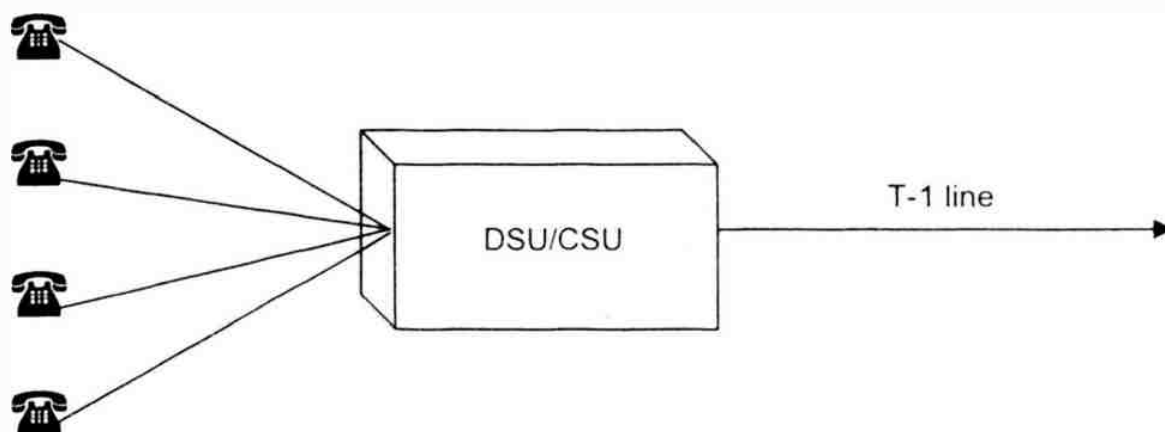
Một khung sử dụng đường T-1 thường dùng 193 bit chia thành 24 khe (mỗi khe có 8 bit cộng 1 bit để đồng bộ, $24 \times 8 + 1 = 193$). Nói cách khác mỗi khe chứa một đoạn tín hiệu của mỗi kênh; 24 đoạn được chèn vào trong một khung. Nếu đường T-1 mang 8.000 khung tốc độ dữ liệu sẽ là 1,544 Mbps ($193 \times 8.000 = 1,544$ Kbps), đó là khả năng về tốc độ truyền của đường. Hình 3.72 minh họa khung dữ liệu đường T - 1.



Hình 3.72: Cấu trúc khung T-1

Nhiều thuê bao không cần toàn bộ khả năng của đường T, để thoả mãn yêu cầu này của khách hàng các công ty điện thoại đã phát triển dịch vụ T phân nhánh cho phép nhiều thuê bao cùng chia sẻ một đường truyền nhờ hợp kênh các đường truyền.

Thí dụ, một cơ quan chỉ cần 1/4 khả năng của đường T-1 nếu có 4 cơ quan ở cùng trong một dây nhà họ có thể chung nhau đường T-1 này. Muốn vậy họ phải truyền thẳng dữ liệu của họ qua một thiết bị có tên gọi là đơn vị dịch vụ dữ liệu / đơn vị dịch vụ kênh (DSU/CSU). Thiết bị này sẽ cho phép họ chia sẻ khả năng của đường truyền thành 4 kênh chèn vào nhau như minh hoạ trên hình 3.73.



Hình 3.73: Một phần đường T-1

Ở Châu Âu sử dụng các đường E thay cho các đường T, chúng có thủ tục như nhau nhưng năng lực truyền khác nhau. Bảng 3.9 cho thấy khả năng của các đường E.

Bảng: 3.9. E line rates

Đường dây	Tốc độ (Mbps)	Số kênh đàm thoại
E-1	2.048	30
E-2	8.448	120
E-3	34.368	480
E-4	139.264	1.920

Các hợp kênh nói trên khai thác năng lực các đường truyền vật lý, hợp kênh cũng có chất lượng và hiệu quả khi sử dụng chúng cho những đường truyền vô tuyến từ các vệ tinh, bằng sóng viba. Các nhà cung cấp dịch vụ điện thoại đang giới thiệu những dịch vụ rất có triển vọng như dịch vụ ISDN, SONET và ATM chúng đều sử dụng hợp kênh.

TỔNG KẾT

- Hợp kênh là việc truyền đồng thời nhiều tín hiệu dọc một đường liên kết.

- Hai loại hợp kênh là: Hợp kênh chia tần FDM và hợp kênh chia thời gian TDM.

- Trong FDM tín hiệu tương tự điều tiết một tần số mang, các tần số mang được điều tiết sẽ tổng hợp thành một dạng tín hiệu mới để gửi theo đường liên kết.

- Trong FDM các hợp kênh điều chế và tổng hợp các tín hiệu đã được điều chế, trong khi đó các phân kênh thì phân tách và dải điều chế.

- Trong FDM các dải dự phòng bảo đảm cho các tín hiệu đã được điều chế không chồng lên nhau và không giao thoa với nhau.

- Trong TDM các tín hiệu số từ n thiết bị được chèn với những tín hiệu số khác hình thành khung dữ liệu (các bit, các byte, hoặc những đơn vị dữ liệu khác).

TDM có thể phân thành 2 loại đồng bộ và không đồng bộ.

- TDM đồng bộ mỗi khung chứa ít nhất một khe thời gian cho một thiết bị, trật tự của khe trong khung là không thay đổi. Nếu thiết bị không có dữ liệu để gửi thì khe thời gian của nó được bỏ trống.

- Trong TDM không đồng bộ một bit được bổ sung vào đầu mỗi khung để làm nhiệm vụ đồng bộ.

- Trong TDM không đồng bộ trật tự khe thời gian của một khung tùy thuộc vào thiết bị có dữ liệu để gửi ở thời gian đó hay không.

TDM không đồng bộ đưa thêm địa chỉ thiết bị vào mỗi khe thời gian.

- Phân kênh tách chuỗi dữ liệu từ đường tốc độ cao vào nhiều đường tốc độ thấp hơn.

- Các dịch vụ điện thoại có thể là tương tự hoặc số.

Dịch vụ chuyển mạch tương tự đòi hỏi quay số chuyển mạch và đường dây liên kết chỉ là tạm thời.

Dịch vụ thuê bao tương tự là một đường dây liên kết cố định giữa hai khách hàng không cần phải quay số

- Các công ty điện thoại sử dụng hợp kênh để tổ hợp các kênh giọng nói thành các nhóm lớn hơn để việc truyền thông có hiệu quả hơn.

- Dịch vụ chuyển mạch /56 là sự tương đương số của đường chuyển mạch tương tự. Nó đòi hỏi khối dịch vụ số (DSU) để đảm bảo tốc độ dữ liệu đạt 56 Kbps.

Dịch vụ dữ liệu số (DDS) là sự tương đương số của đường thuê bao tương tự. DDS cũng yêu cầu có DSU.

- Hệ thống số (DS) là thứ bậc của các tín hiệu của TDM.

- Các đường T(T-1 đến T-4) là các đường dây dẫn của dịch vụ của DS. Đường T-1 chứa 24 kênh giọng nói.

- Dịch vụ T phân nhánh cho phép nhiều thuê bao chia sẻ một đường nhờ sử dụng hợp kênh các tín hiệu của những thuê bao đó.

- Các đường T được sử dụng ở Bắc Mỹ, các đường E được sử dụng ở châu Âu.