



ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
VIỆN CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG

Chương Tầng vật lý

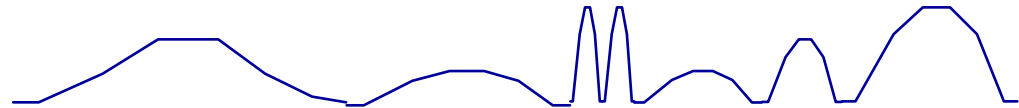
Đọc trước: Chapter 2 – The Physical Layer ,
Computer Networks, Tanenbaum

Tổng quan

- Đảm nhận việc truyền dòng bit
 - đặt dòng bit từ máy trạm lên đường truyền
 - lấy dòng bit từ đường truyền vào máy trạm
- Một số vấn đề
 - Phương tiện truyền
 - Mã hóa - Điều chế
 - Dồn kênh...

Từ tín hiệu tới gói tin

Analog Signal



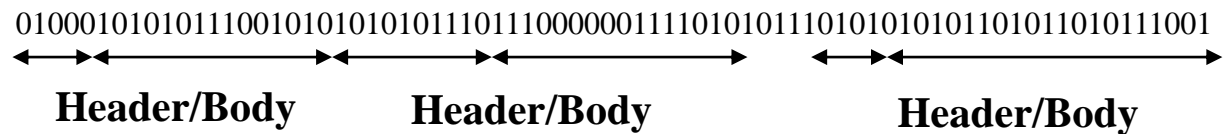
“Digital” Signal



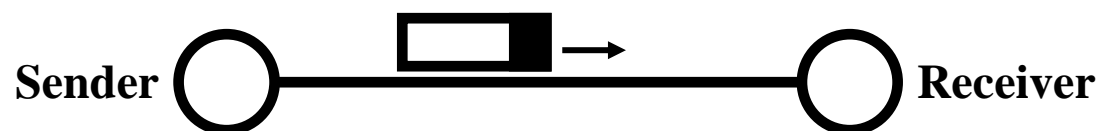
Bit Stream

0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1

Packets

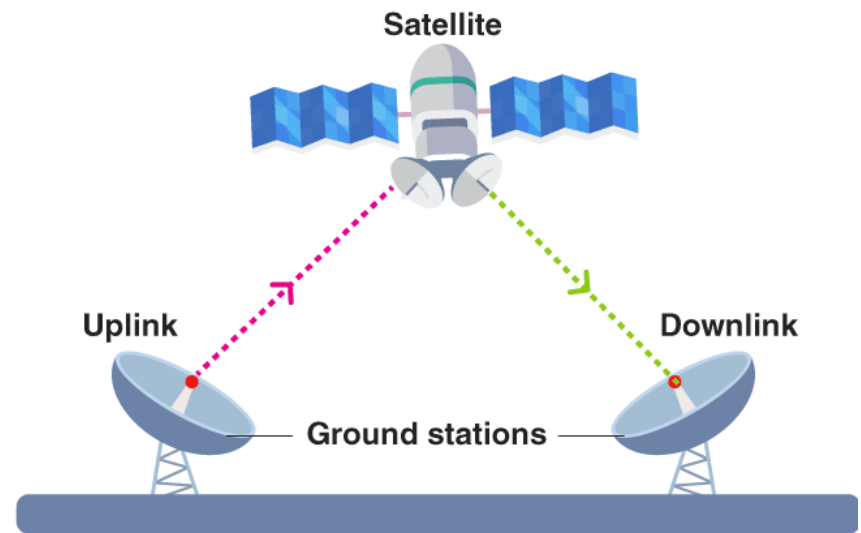


Packet
Transmission

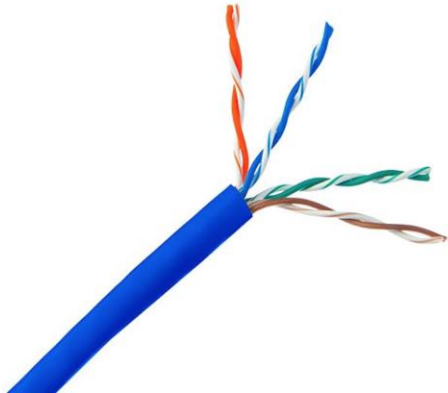


Đường truyền

- Hữu tuyến
 - Twisted Pair
 - Coaxial Cable
 - Fiber Optics
- Vô tuyến, không dây
 - Radio
 - Hồng ngoại
 - Ánh sáng
 - ...



Cáp xoắn đôi Twisted Pair



(a)



(b)

(a) Category 3 UTP (10 Mbps, máy trạm, máy in, v.v).

(b) Category 5 UTP (100-1000 Mbps, hạ tầng mạng).

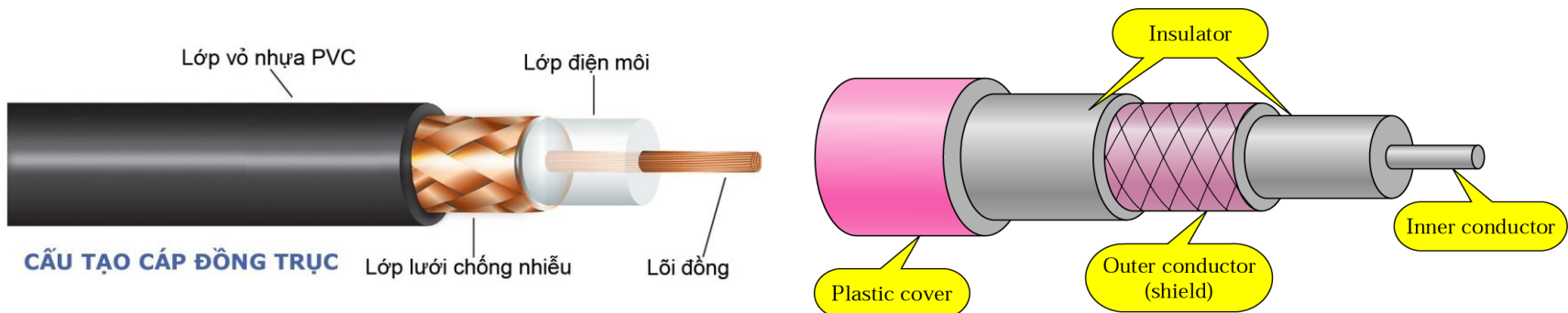
Cáp xoắn đôi

- **Cấu tạo:** Gồm nhiều cặp dây đồng xoắn với nhau.
- Có 2 loại:
 - Có bọc kim chống nhiễu (STP-Shielded Twisted Pair): ít phổ biến
 - Không bọc kim chống nhiễu (UTP-Unshielded Twisted Pair): phổ biến

Cáp xoắn đôi- Đánh giá

- Đơn giản
- Rẻ tiền
- Được dùng rộng rãi
- Khả năng chống nhiễu kém (STP chống nhiễu tốt hơn UTP)
- Khoảng cách nhỏ
- Khoảng cách hạn chế 100m khi triển khai mạng Ethernet
- Giải thông hạn chế (x1MHz)
- Tốc độ hạn chế (100MHz)

Cáp đồng trục Coaxial Cable



Category	Impedance	Use
RG-59	75 W	Cable TV
RG-58	50 W	Thin Ethernet
RG-11	50 W	Thick Ethernet

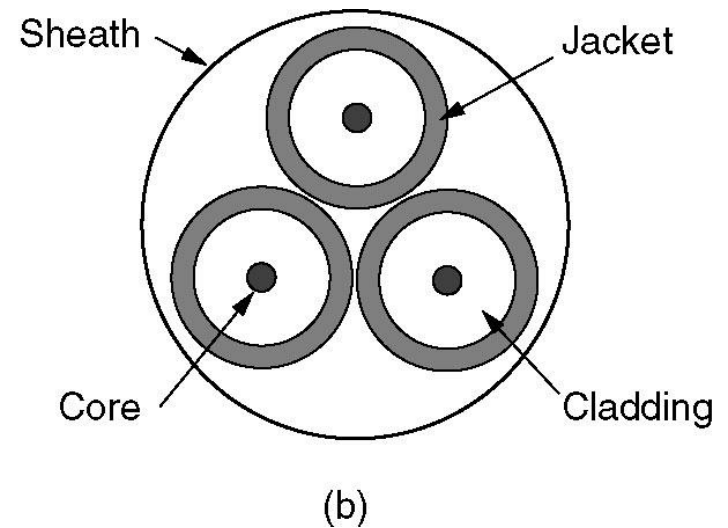
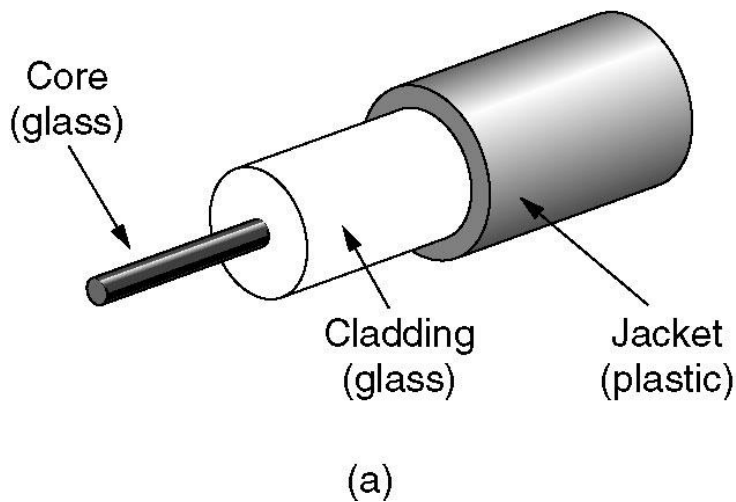
Cáp đồng trục

- Cấu tạo:
 - Lõi dẫn điện được bọc bởi một lớp điện môi không dẫn điện
 - Quấn thêm một lớp bện kim loại
 - Ngoài cùng có vỏ bọc cách điện

Ứng dụng

- Truyền bá TV
- Truyền các cuộc gọi điện thoại đường dài
 - 10,000 cuộc gọi cùng lúc
 - Đang bị thay thế bởi cáp quang
- Liên kết các máy tính khoảng cách gần
- Mạng cục bộ 10BaseT, 100BaseT, ...
- Khoảng cách triển khai thực tế ~500m.

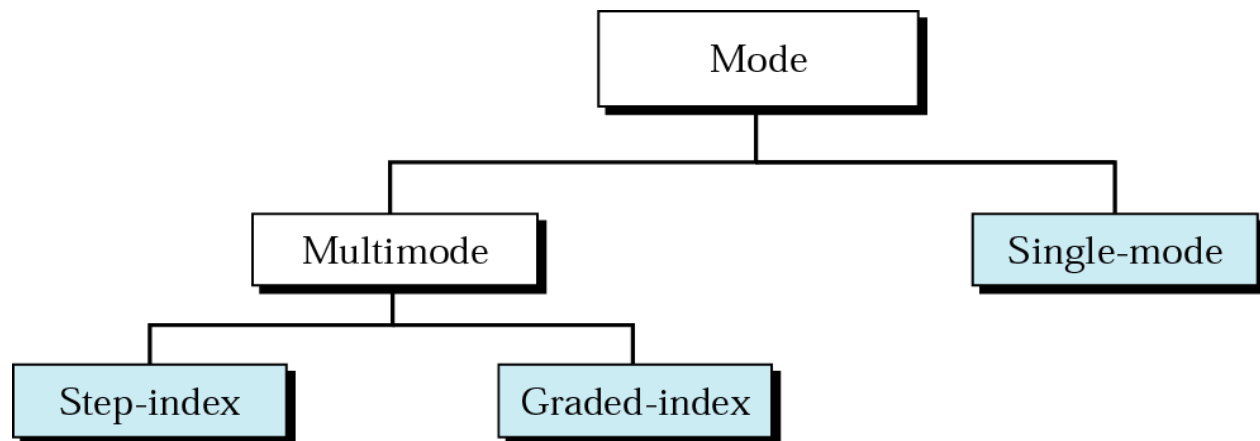
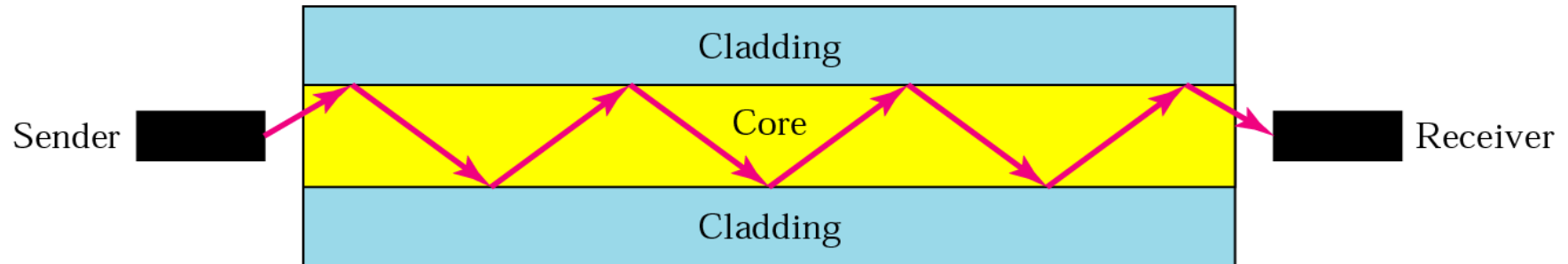
Cáp sợi quang Optical fiber



(a) Một sợi cáp

(b) Một đường cáp với 3 lõi

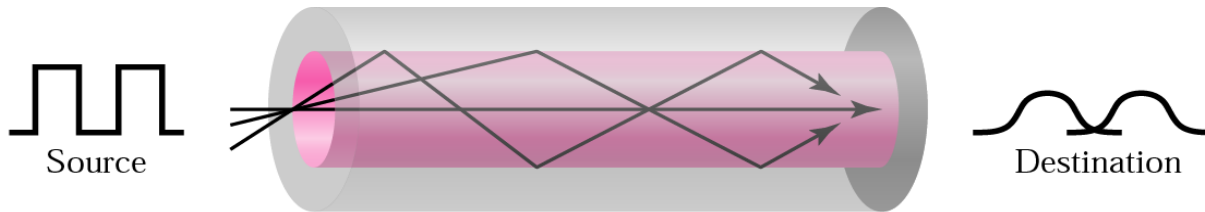
Cáp quang



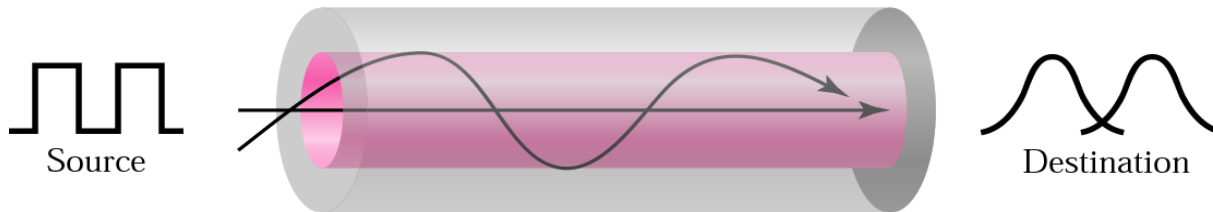
Cáp sợi quang

- Cấu tạo
 - Core: lớp lõi là sợi thủy tinh hoặc sợi plastic để truyền tín hiệu ánh sáng
 - Cladding: Vật chất quang bên ngoài bao bọc lõi mà phản xạ ánh sáng trở lại vào lõi.
 - Jacket: vỏ bọc bên ngoài
- Các sợi quang có thể được bó với nhau trong một đường cáp quang, có thêm sợi dây gia cường làm cứng cáp

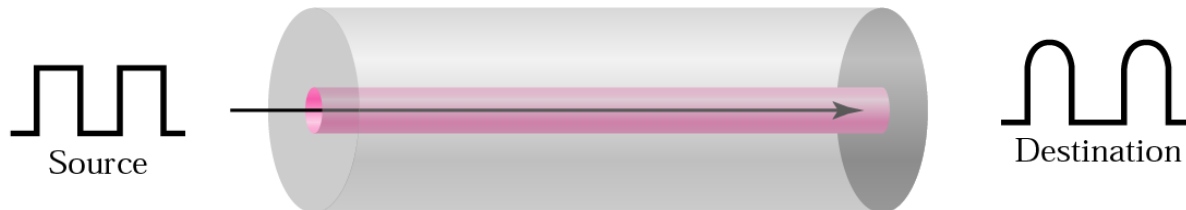
Cáp sợi quang



a. Multimode, step-index



b. Multimode, graded-index



c. Single-mode

Cáp sợi quang

- Multimode stepped index (chiết suất liên tục):
 - nhiều tia sáng đi theo nhiều đường
 - tại điểm đến sẽ nhận các chùm tia riêng lẻ,
 - xung dễ bị méo dạng.
- Multimode graded index (chiết suất bước):
 - Chỉ số khúc xạ của lõi giảm dần từ trong ra ngoài cladding.
 - Các tia gần trục truyền chậm hơn các tia gần cladding. Các tia truyền theo đường cong.
 - xung ít bị méo dạng.

Cáp sợi quang

- Single mode:
 - hệ số khúc xạ thay đổi từ lõi ra cladding ít hơn multimode.
 - Các tia truyền theo phương song song trục.
 - Xung nhận được hội tụ tốt, ít méo dạng.

Ứng dụng

- Đường truyền khoảng cách xa
- Đường truyền trong thành phố
- Đường truyền giữa các router của Cty viễn thông
- Xương sống của LAN
- Thông lượng cao hơn
- Nhỏ, nhẹ hơn
- Suy hao ít hơn
- Cách ly điện từ tốt
- Khoảng cách phải lắp tín hiệu lớn hơn (10km)

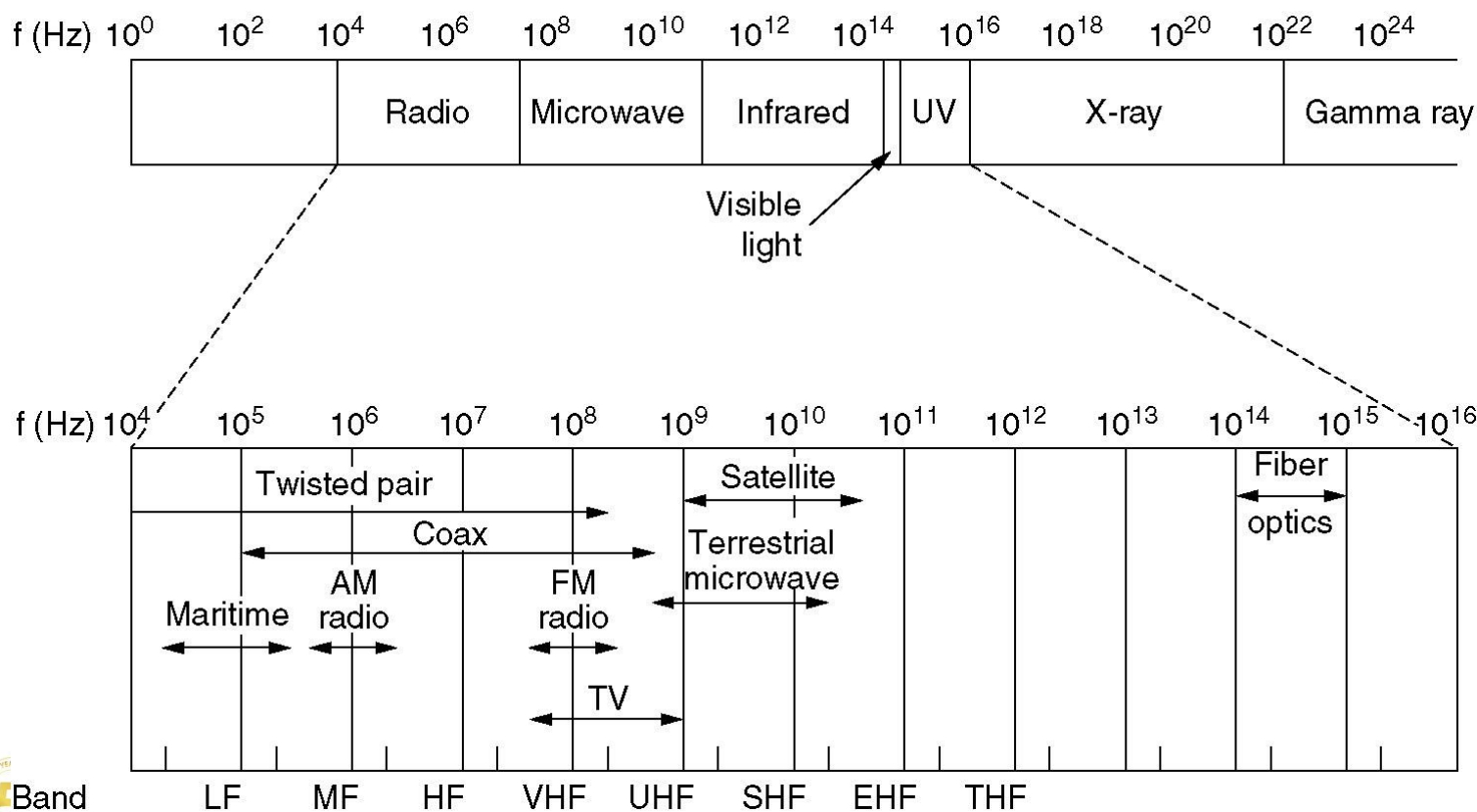
Phương tiện truyền không dây

- Truyền thông tin trên các dải tần khác nhau của sóng điện từ
- Không sử dụng dây nối
- Broadcast, bán song công: tại một thời điểm chỉ hoặc gửi hoặc nhận
- Ảnh hưởng của môi trường gây ra các hiện tượng:
 - ✓ Phản xạ
 - ✓ Nhiễu/giao thoa
 - ✓ Tán xạ do vật cản

Một vài khái niệm

- Sóng radio:
 - Bước sóng: 1mm – 100.000km
 - Tần số: 3 Hz – 300 GHz
 - VD: Bluetooth, WIFI
- Sóng vi ba (microwave):
 - Bước sóng: 1mm-1 m
 - tần số: 300 MHz-300 GHz
 - Vi ba mặt đất: Kết nối nội thị, hệ thống điện thoại di động
 - Vi ba vệ tinh: TV, điện thoại đường dài
- Hồng ngoại:
 - Bước sóng 700 nm- 1 mm
 - Tần số: 300 GHz-430 THz
 - Phạm vi nhỏ, không xuyên tường
 - VD: sóng dùng cho các bộ điều khiển từ xa
- Free Space Optics
 - Bước sóng dùng phổ biến: 850nm, 1300nm, 1550 nm.

Dải tần của các kênh truyền thông

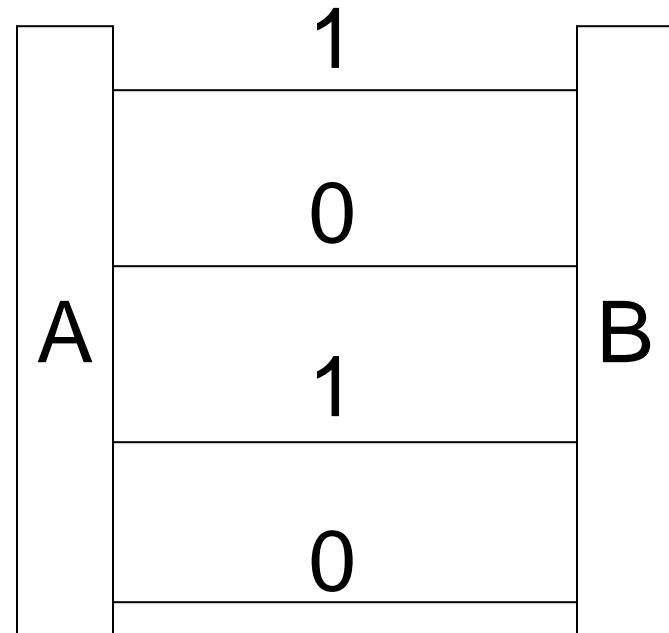
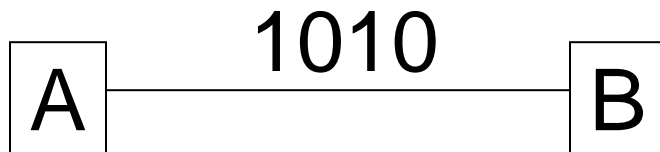


Phương thức truyền

- Đơn công – Simplex: Dữ liệu chỉ được truyền theo 1 chiều
- Song công – (Full) Duplex: Dữ liệu có thể được truyền theo cả 2 chiều tại cùng 1 thời điểm
- Bán song công – Half duplex: Dữ liệu có thể truyền theo cả 2 chiều nhưng tại 1 thời điểm thì chỉ có thể truyền theo 1 chiều

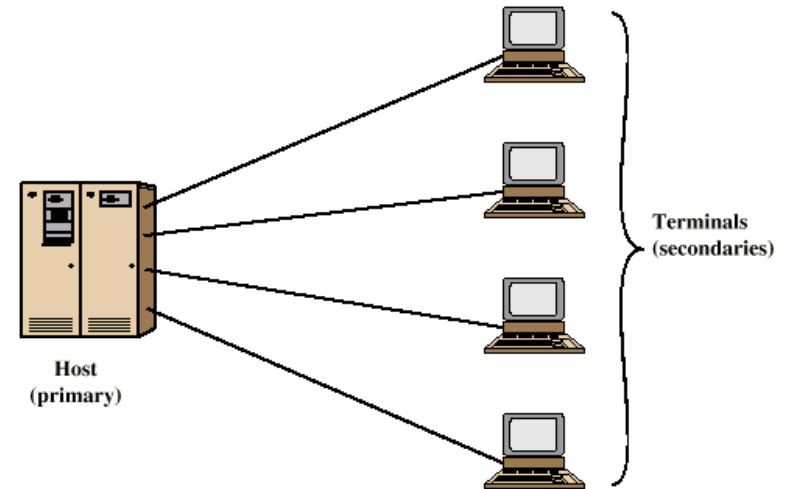
Hình thức truyền

- Truyền nối tiếp: Truyền 1 bit tại 1 thời điểm (trên 1 dây dẫn)
- Truyền song song: Truyền đồng thời nhiều bit tại cùng 1 thời điểm (trên nhiều dây dẫn)

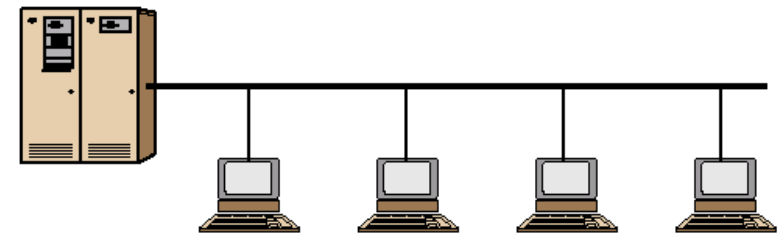


Topology

- Điểm điểm
 - Hình sao
 - Vòng
 - Đồ thị
- Điểm nhiều điểm
 - Trục
 - Vòng
 - Vệ tinh

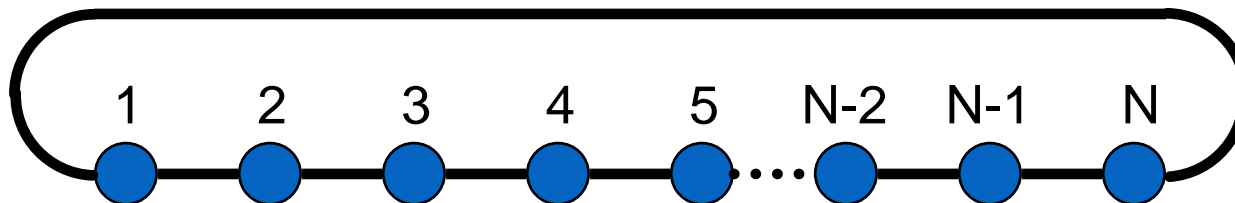
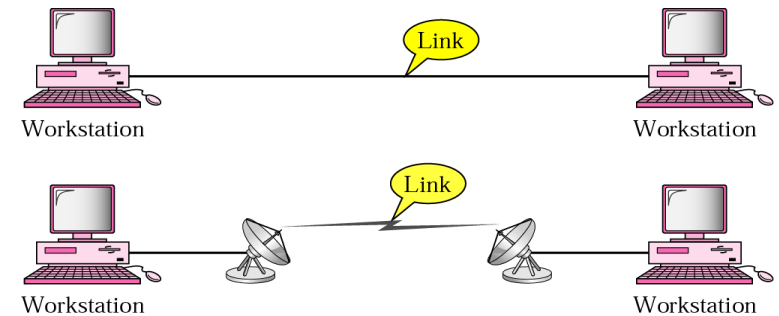
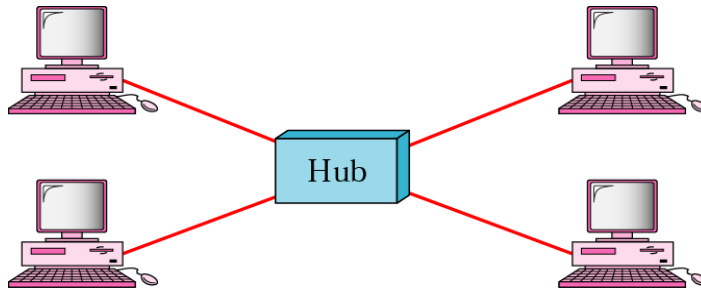
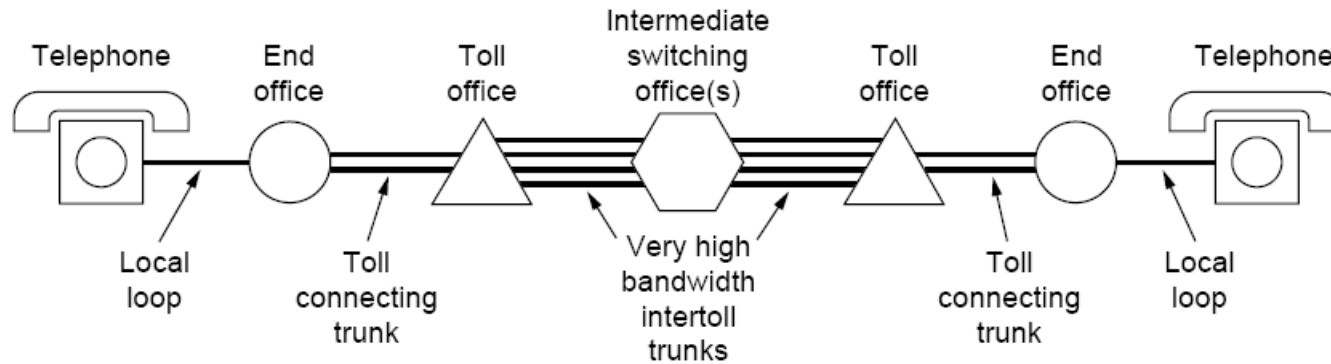


(a) Point-to-point



(b) Multipoint

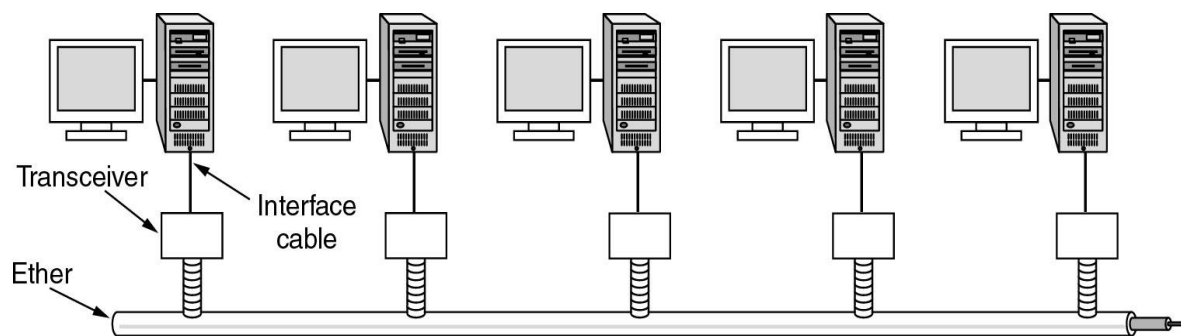
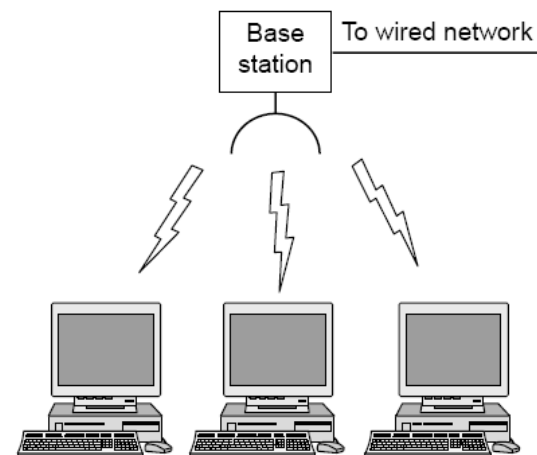
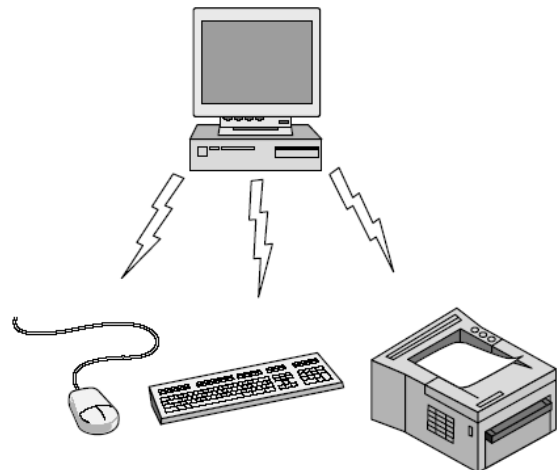
Điểm-điểm



Điểm-điểm

- Một đường truyền chỉ kết nối 2 thiết bị
- Kết nối giữa 2 thiết bị:
 - 1 đường truyền (bán song công) hoặc
 - 2 đường truyền (song công)
- *Trường hợp bán song công có thể có xung đột xảy ra khi 2 thiết bị trên một kết nối cùng truyền dữ liệu*

Điểm-nhiều điểm



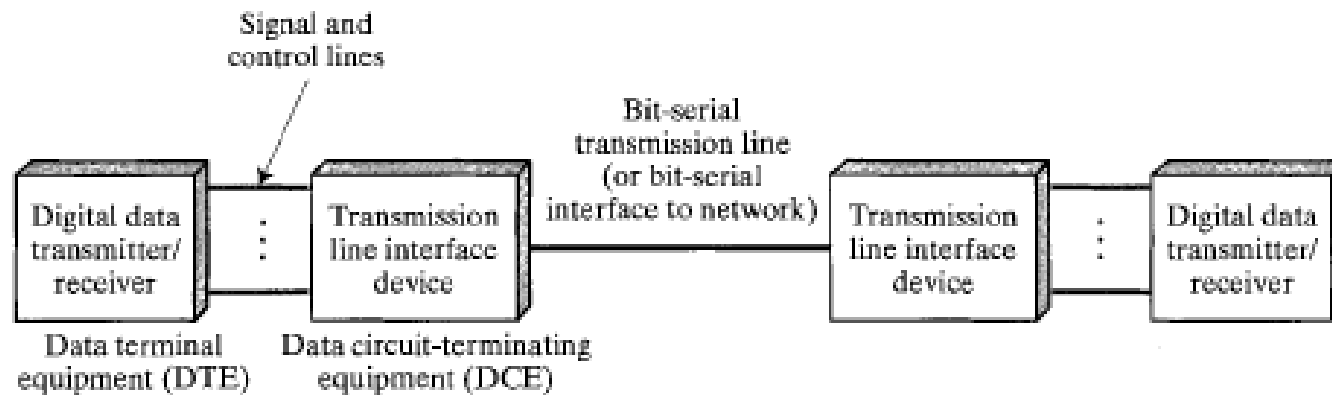
Điểm-nhiều điểm

- Đặc trưng chung của topo điểm – nhiều điểm là một đường truyền duy nhất kết nối nhiều thiết bị đầu cuối với nhau
- Dữ liệu được quảng bá (broadcast)
- Xung đột khi hai trạm cùng phát tín hiệu
→ Hai tín hiệu ngược chiều nhau gặp nhau trên đường truyền
- Cần có các phương pháp điều khiển *đa truy cập (multiple access)* → sẽ xem ở tầng Liên kết dữ liệu.

Giao diện đường truyền

- Thiết bị đầu cuối dữ liệu (data terminal equipment, DTE)
 - Không có các tính năng truyền thông
 - Cần có các thiết bị bổ sung để truy cập đường truyền
- Thiết bị cuối kênh dữ liệu (data circuit terminating equipment, DCE)
 - Truyền các bit trên đường truyền
 - Trao đổi dữ liệu và các thông tin điều khiển với DTE qua các dây nối
- Cần các giao diện chuẩn, rõ ràng giữa DTE, DCE

DTE-DCE



(a) Generic interface to transmission medium



(b) Typical configuration

Giao diện đường truyền

- Cơ
 - Hình dạng giắc cắm, số lượng chân, đảm bảo cắm được lẫn nhau
- Điện
 - Mức điện áp sử dụng
 - Chiều dài xung (tần số xung nhịp)
 - Phương pháp mã hóa
- Chức năng
 - Dây dẫn nào dùng làm gì
 - Có 4 nhóm: dữ liệu, điều khiển, đồng bộ, nối đất
- Thủ tục
 - Các thủ tục, chuỗi các sự kiện để thực hiện việc truyền tin

Ví dụ: EIA-232-E (RS-232)

- Chuẩn định nghĩa cho cổng nối tiếp
- Cơ: ISO 2110
- Điện: V. 28
- Chức năng: V. 24
- Thủ tục: V. 24

Ví dụ: V.24 /EIA-232-E

- Cơ:
 - 25 chân hoặc 15 chân
 - Khoảng cách 15m
- Điện
 - Tín hiệu số
 - 1=-3v, 0=+3v (NRZ-L)
 - Tốc độ truyền tin 20kbps
 - Khoảng cách < 15m

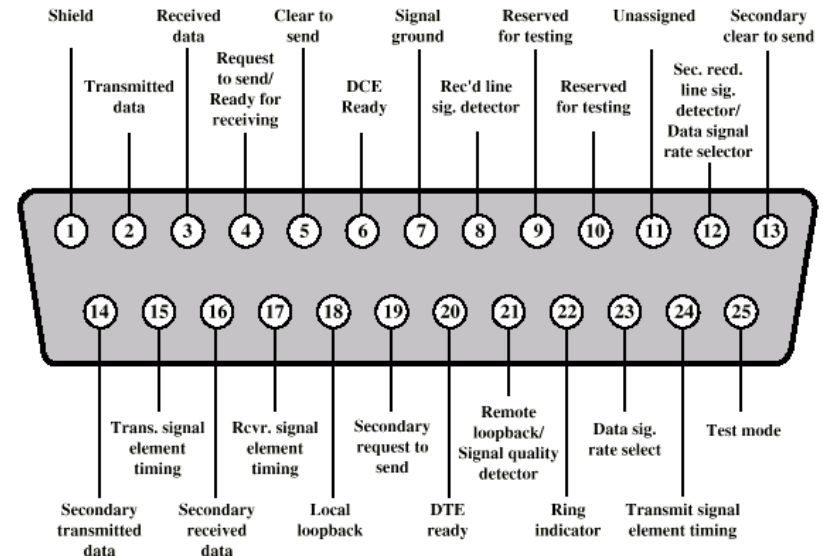


Figure 6.5 Pin Assignments for V.24/EIA-232 (DTE Connector Face)

Mã hóa thông tin

- Biến đổi bit nhị phân thành dạng tín hiệu vật lý thích hợp để truyền trên đường truyền vật lý.
- Mã hóa: Sử dụng các tín hiệu rời rạc, điện áp khác nhau để biểu diễn các bit 0 và 1.
- Điều chế: Sử dụng tín hiệu tương tự (sóng) để biểu diễn các bit 0,1.
- Việc truyền phải được đồng bộ giữa hai bên
- Có thể mã hóa theo từng bit hoặc một khối các bit, e.g., 4 hay 8 bits.
- Có nhiều cách biểu diễn khác nhau → các phương pháp mã hóa

Các phương pháp mã hóa dữ liệu số - tín hiệu số

- NRZ
 - NRZ-L, NRZI
- Nhị phân đa mức
 - Đa cực AMI
 - pseudoternary
- Hai pha
 - Manchester

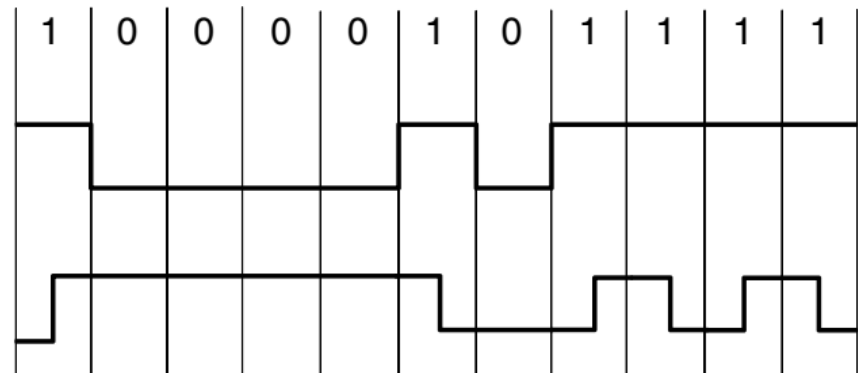
NRZ-L Non Return to Zero Level

- Trong thời gian của một bít, tín hiệu không trở về mức 0
- Không có chuyển mức trong khoảng thời gian của một bít
- NRZ-L Non return to zero level
 - Bít 1 tương ứng mức tín hiệu cao/thấp
 - Bít 0 tương ứng với mức tín hiệu thấp/cao

(a) Bit stream

(b) Non-Return to Zero (NRZ)

(c) NRZ Invert (NRZI)



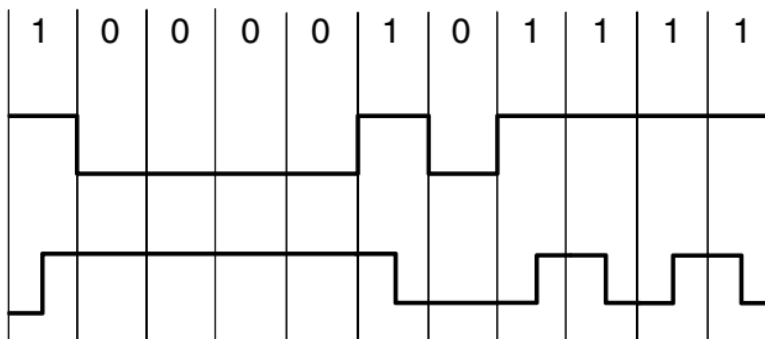
NRZ-I Non return to zero invert

- Bít 0 tương ứng với không chuyển mức ở đầu thời gian bít
- Bít 1 tương ứng với chuyển mức ở đầu thời gian bít
- Là một phương pháp điều chế vi sai:
 - 0 và 1 tương ứng với chuyển mức, không phải với mức giá trị
 - Tin cậy/Đơn giản hơn điều chế theo mức
 - Không phụ thuộc vào cực của tín hiệu

(a) Bit stream

(b) Non-Return to Zero (NRZ)

(c) NRZ Invert (NRZI)

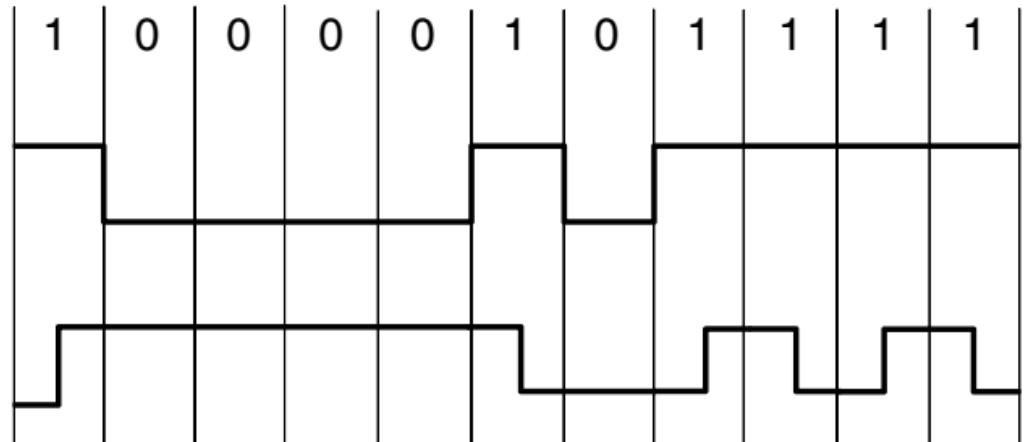


NRZ-L và NRZ-I

(a) Bit stream

(b) Non-Return to Zero (NRZ)

(c) NRZ Invert (NRZI)



Một số yếu tố cần xem xét để đánh giá một mã

- Đồng bộ đồng hồ bên gửi và bên nhận:
 - Nếu đồng hồ bên gửi và bên nhận không được đồng bộ, bên nhận có thể xác định sau thời gian một bit
 - → giải mã sai → tăng tỷ lệ lỗi dữ liệu
 - Một số mã có yếu tố giúp đồng bộ trong mã
- Thành phần một chiều trong tín hiệu:
 - Thành phần một chiều xuất hiện khi tín hiệu ở mức dương quá lâu hoặc âm quá lâu
 - làm cho bên nhận xác định sai mức tín hiệu cơ sở
 - → giải mã sai dữ liệu
 - Phương pháp mã hóa cần tránh thành phần một chiều bằng cách duy trì giá trị trung bình của tín hiệu ở mức 0.

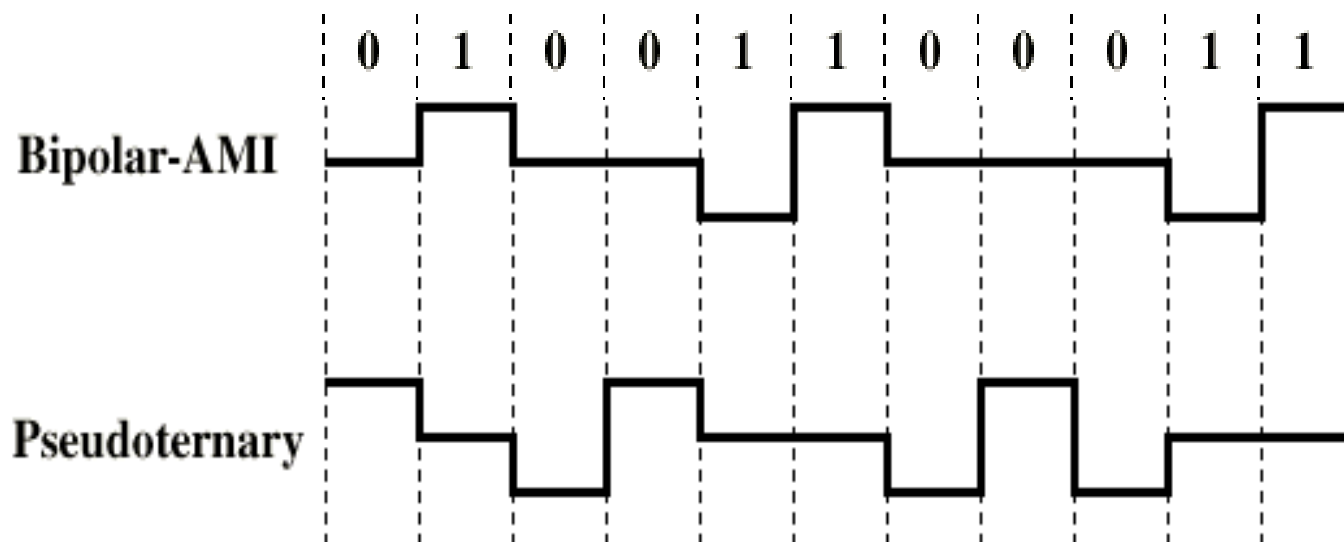
Đánh giá NRZ

- Ưu điểm
 - Đơn giản, sử dụng tối đa đường truyền
 - Frequency range from 0 - $\frac{1}{2}$ data speed
 - Example: 9600bps -> 4800khz
- Nhược điểm
 - Khó đồng bộ bằng tín hiệu
 - Vd với NRZ-L khi có nhiều 0 hoặc 1 liên tiếp, tín hiệu giữ một mức trong khoảng thời gian dài, dễ mất đồng bộ. Với NRZ-I, một chuỗi 0 cũng gây ra tình trạng như vậy
 - Có thành phần một chiều khi truyền toàn 1.
- Ứng dụng
 - Lưu trữ dữ liệu trên các vật liệu từ tính
 - Ít dùng trong truyền số liệu

Mã nhị phân đa mức

- Bipolar alternate mark inversion
- Sử dụng nhiều hơn 2 mức tín hiệu cho một bit
- Lượng cực đảo mức 1
 - 0 Tương ứng với không có tín hiệu
 - 1 tương ứng với có tín hiệu. Tín hiệu đảo cực giữa hai bit 1 liên tiếp
- Giả tam phân (pseudoternary)
 - 1 Tương ứng với không có tín hiệu
 - 0 tương ứng với có tín hiệu. Tín hiệu đảo cực giữa hai bit 0 liên tiếp

Mã nhị phân đa mức



Mã nhị phân đa mức

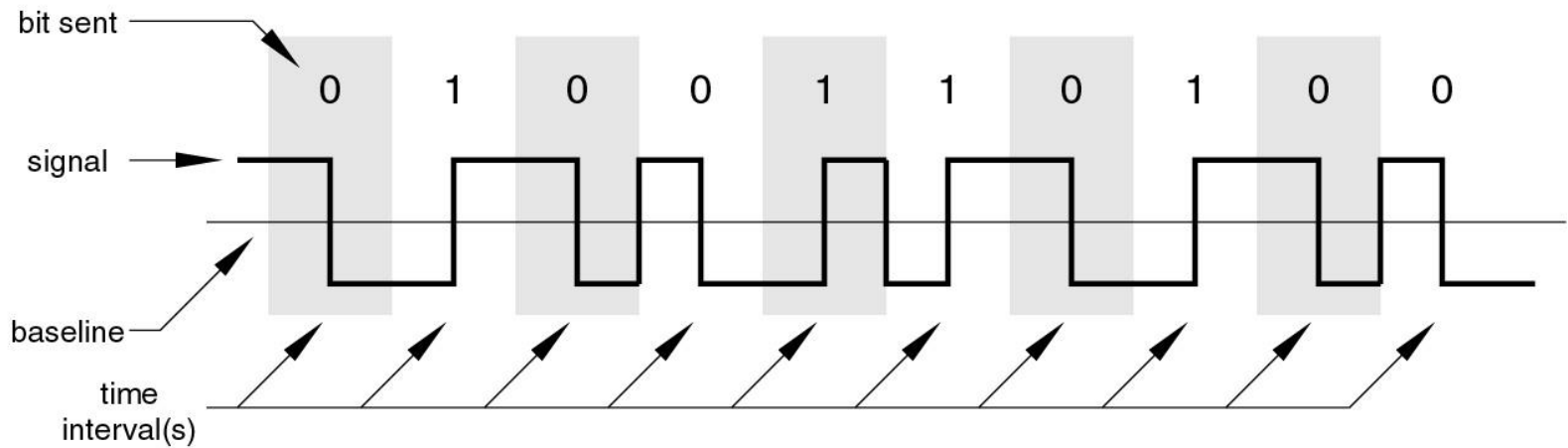
- Thành phần một chiều=0
- Có khả năng phát hiện lỗi
- Đồng bộ khi có nhiều bit 1(0), không đồng bộ khi có nhiều bit 0(1)
- Giải thông thấp hơn
- 3 mức tín hiệu cho một bit:
 - Không sử dụng tối ưu đường truyền
 - Tăng tỉ lệ lỗi (đích cần phân biệt 3 mức tín hiệu)

Mã hai pha: Manchester

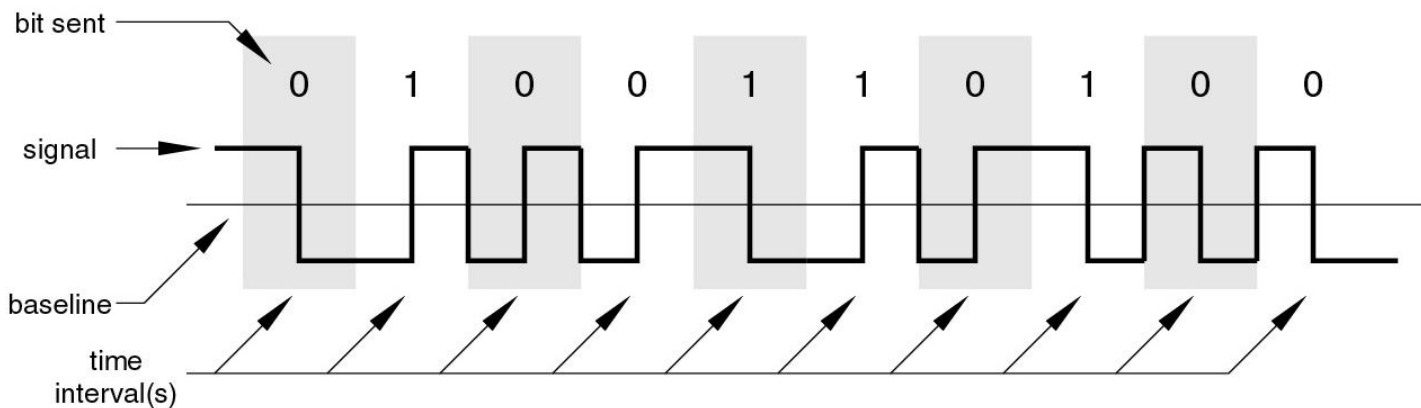
- Luôn luôn có chuyển mức ở giữa thời gian của một bit
 - Thấp lên cao: 0, cao xuống thấp 1
 - Chuyển mức cung cấp cơ chế đồng bộ
- Manchester
 - Luôn có chuyển mức ở giữa bit
 - Bit 0: sườn âm (chuyển từ +V sang -V)
 - Bit 1: sườn dương (chuyển từ -V sang +V)
 - Dùng trong mạng Ethernet.
- Manchester visai
 - 0: có chuyển mức ở đầu bit, 1 không có chuyển mức
 - Chuyển mức ở giữa bit chỉ phục vụ cho đồng bộ
 - Luôn có chuyển mức tín hiệu ở giữa bit

Mã Manchester

Manchester Encoding



Differential Manchester Encoding

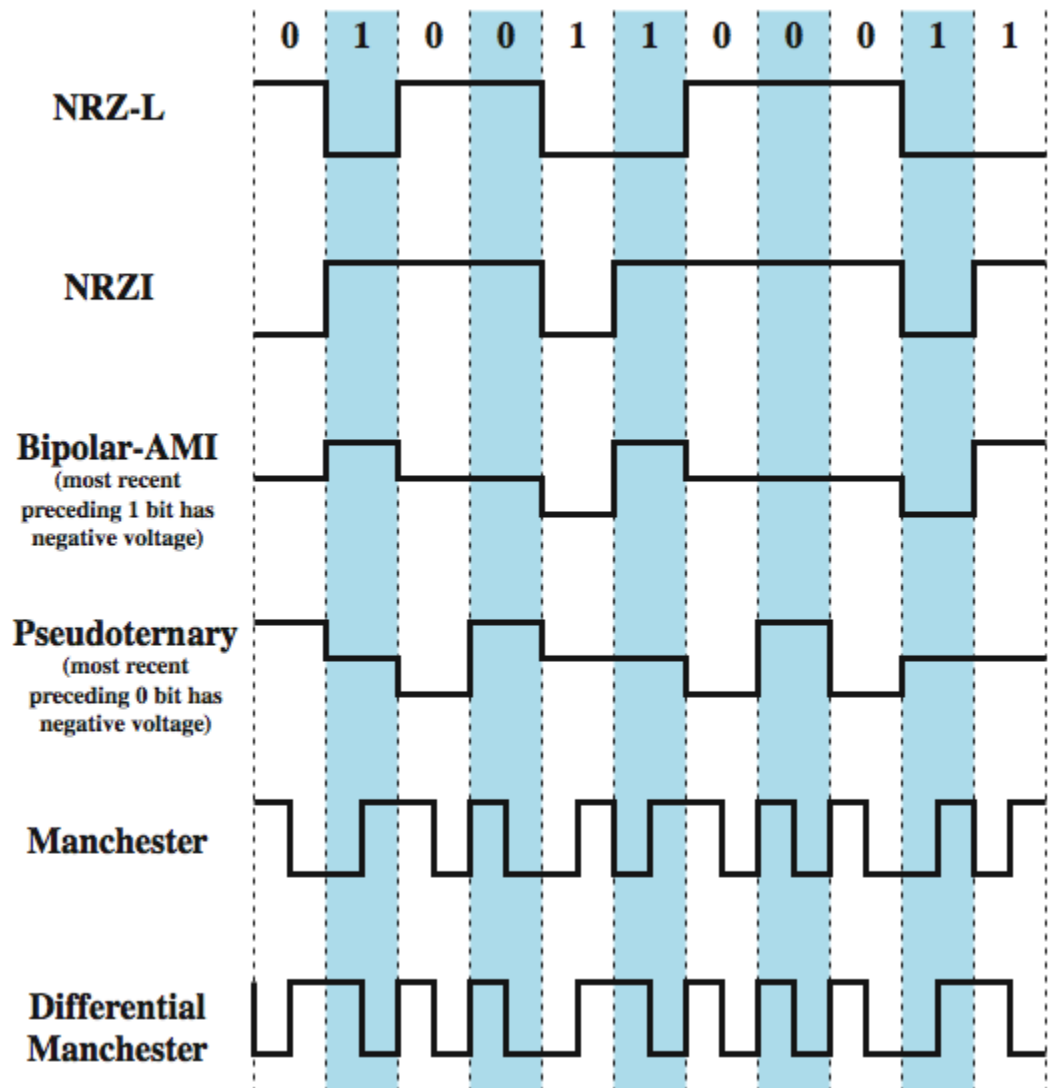


Tốc độ tín hiệu/Tốc độ điều chế

<i>Thuật ngữ</i>	<i>Đơn vị</i>	<i>Định nghĩa</i>
Đơn vị dữ liệu	bit	Một bít đơn, giá trị 0 hoặc 1
Tốc độ dữ liệu	bit/s	Tốc độ truyền các đơn vị dữ liệu
Đơn vị tín hiệu	xung chữ nhật xung hình sin	Phần tín hiệu tương ứng với thời gian nhỏ nhất của 1 ký hiệu
Tốc độ tín hiệu Tốc độ điều chế	Đơn vị tín hiệu/s (baud)	Tốc độ truyền các đơn vị tín hiệu

- Có bao nhiêu tín hiệu dùng cho 1 bít trong mã hóa NRZ, Manchester?

Tổng hợp các phương pháp mã hóa



Bài tập-01

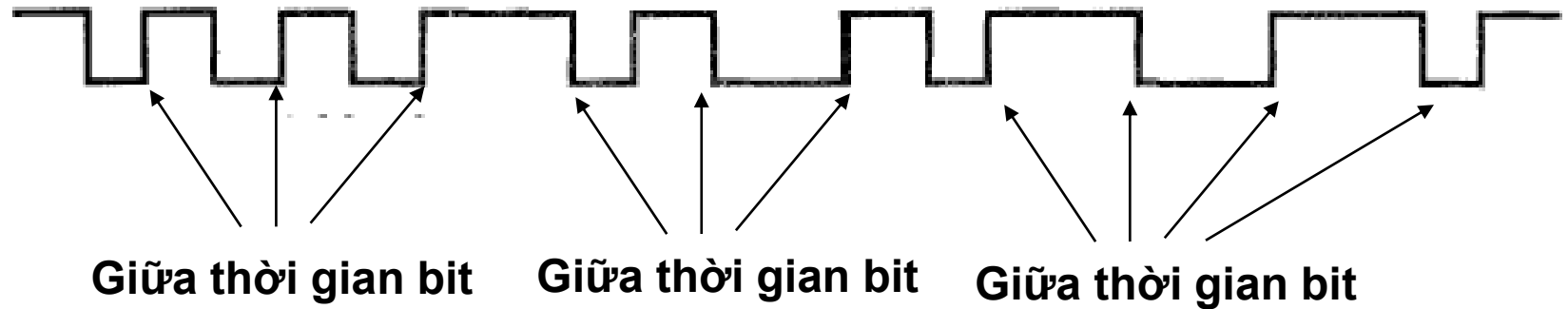
- Biểu diễn các tín hiệu mã hóa chuỗi dữ liệu sau đây bằng các phương pháp mã hóa đã học
 - 11000000 00000010 11001101 01010101

Bài tập-02

- Dữ liệu mã hóa bằng mã manchester (không vi sai) cho tín hiệu
 - Xác định thời gian của từng بیت
 - Xác định dữ liệu ban đầu



Đáp án bài 2



- Chuỗi bit ban đầu: 1110011010

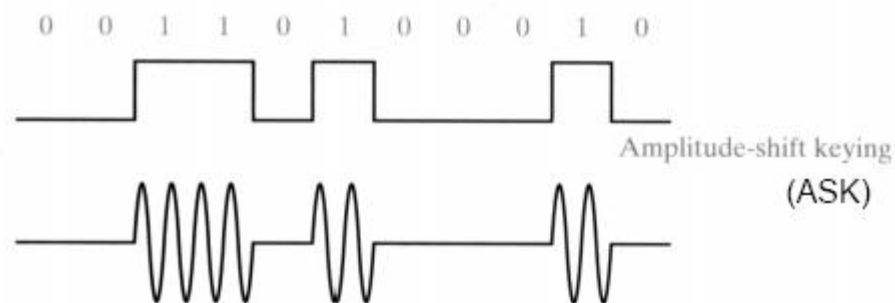
2. Điều chế dữ liệu số-tín hiệu liên tục

- Ví dụ: truyền số liệu thông qua hệ thống điện thoại
 - Hệ thống điện thoại truyền, chuyển tiếp tín hiệu điện có tần số 300Hz đến 3400Hz
 - Tại nguồn và đích, dữ liệu số cần được điều chế thành tín hiệu liên tục để truyền trên đường điện thoại
- Căn cứ vào tính chất của tín hiệu, chúng ta có 3 kỹ thuật điều chế
 - Điều chế khóa dịch biên độ
 - Điều chế khóa dịch pha
 - Điều chế khóa dịch tần số
- $A \cos(2\pi f t + \phi)$

Điều chế khóa dịch biên độ (ASK)

- Biên độ của sóng mang biến đổi theo thông tin cần truyền.
- 0 và 1 tương ứng với hai biên độ tín hiệu, thông thường một trong hai biên độ=0
- Dễ bị ảnh hưởng bởi nhiễu (1200bps cho đường thoại)
- Khó đồng bộ
- Thường được dùng trong cáp quang (LED hoặc laser)

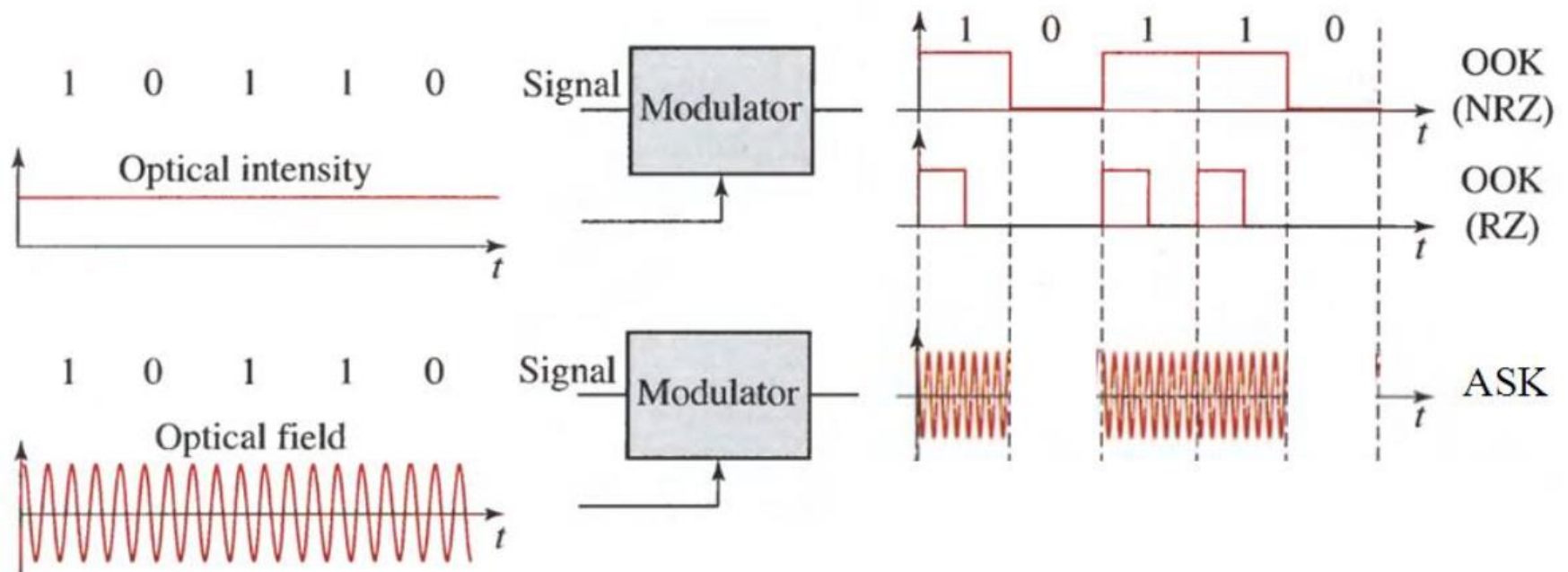
$$s(t) = \begin{cases} A \cos(2\pi ft) & \text{cho } 1 \\ 0 & \text{cho } 0 \end{cases}$$



Mã On-Off Keying (OOK)

- Dùng trong cáp quang
- Là một loại điều chế dịch biên độ.
 - 1: có xung ánh sáng trong thời gian bit (bật nguồn sáng).
 - 0: không có xung ánh sáng trong thời gian bit (tắt nguồn sáng).
- OOK có thể dùng nhiều định dạng tín hiệu khác nhau:
 - NRZ: xung ánh sáng chiếm toàn bộ độ dài bit 1.
 - RZ (return-to-zero): chỉ phát xung ánh sáng trong một phần thời gian của bit 1.

Mã On-Off Keying (OOK)



On off key nhìn từ phương diện cường độ sáng (hình trên)
và tín hiệu quang học (hình dưới)

Điều chế khóa dịch tần số (FSK)

- Hai giá trị nhị phân được biểu diễn bởi hai tín hiệu tần số khác nhau
- Ví dụ về điều tần song công
- Tỷ suất lỗi thấp hơn
- Dùng trong truyền số liệu qua đường điện thoại (tần số thấp), hoặc trong mạng không dây (tần số cao)

$$s(t) = \begin{cases} A \cos(2\pi f_1 t) \\ A \cos(2\pi f_2 t) \end{cases}$$

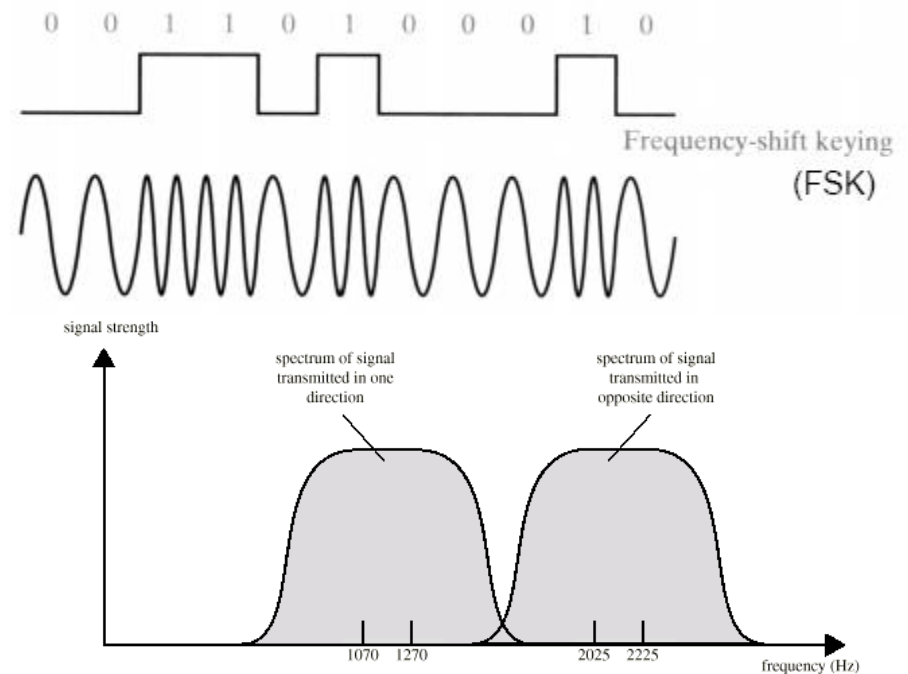


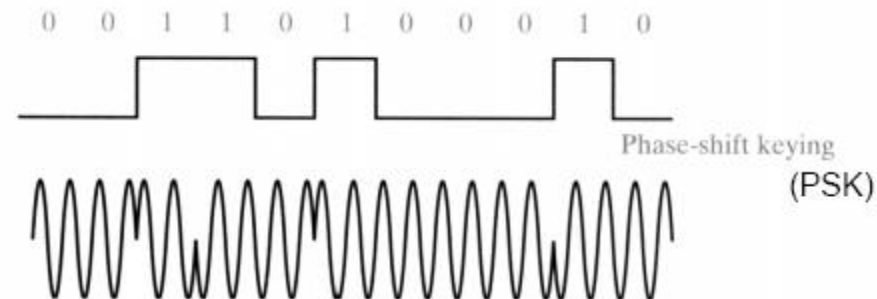
Figure 5.8 Full-Duplex FSK Transmission on a Voice-Grade Line

Điều chế khóa dịch pha (PSK)

- 0,1 tương ứng với hai độ lệch pha khác nhau
- 0,1 tương ứng với chuyển pha (vi sai)
- Có thể sử dụng giải thông một cách hiệu quả hơn khi mã hóa cùng lúc nhiều bit
- Có thể kết hợp với điều biên
- Nếu tốc độ dữ liệu là 9600 bps, tốc độ điều chế là ?

$$s(t) = \begin{cases} A \cos(2\pi f_c t + \pi) & \text{binary 1} \\ A \cos(2\pi f_c t) & \text{binary 0} \end{cases}$$

$$s(t) = \begin{cases} A \cos(2\pi f_c t + 45^\circ) & 11 \\ A \cos(2\pi f_c t + 135^\circ) & 10 \\ A \cos(2\pi f_c t + 225^\circ) & 00 \\ A \cos(2\pi f_c t + 315^\circ) & 01 \end{cases}$$

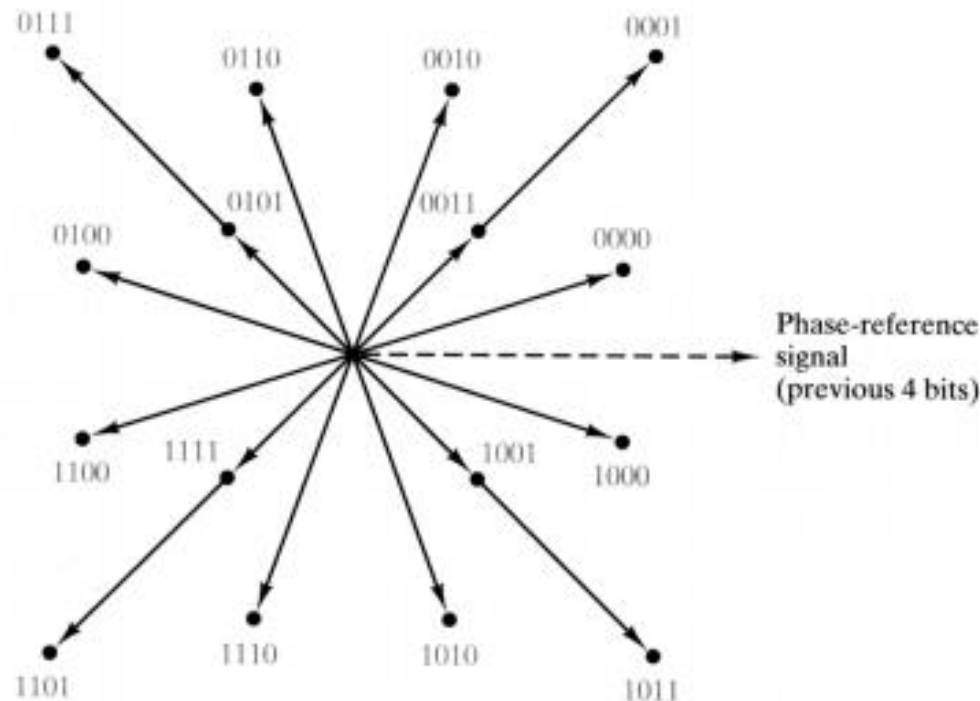


Kết hợp với điều biên

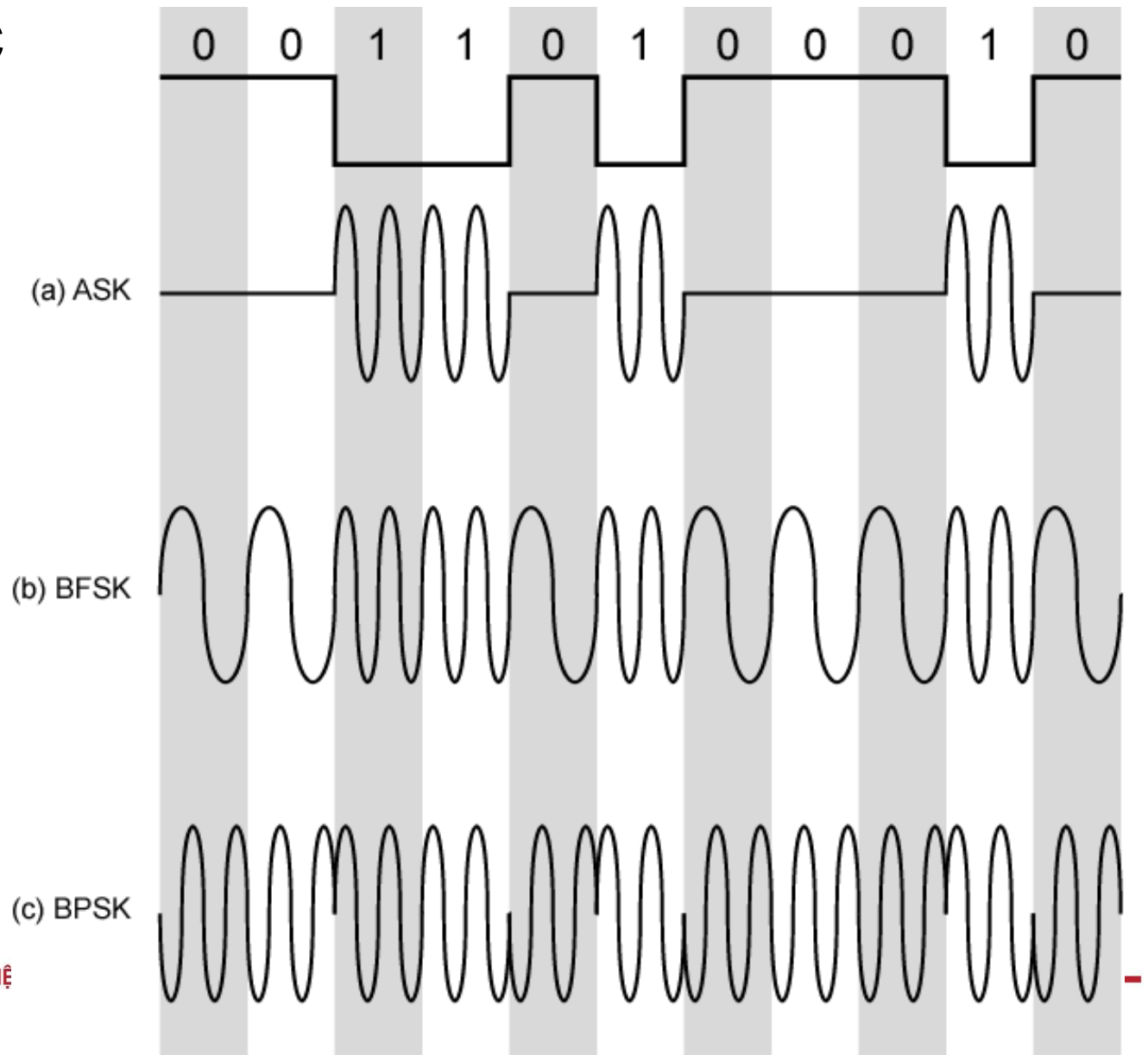
Các tổ hợp được biểu diễn trên bản đồ sao, mỗi tia ứng với 1 mã.

- Độ dài tia ứng với biên độ.
- Góc lệch với pha tham chiếu ứng với góc pha

– 9,600 bps modem (2,400 baud x 4)



Tổng hợp điều chế số/liên tục

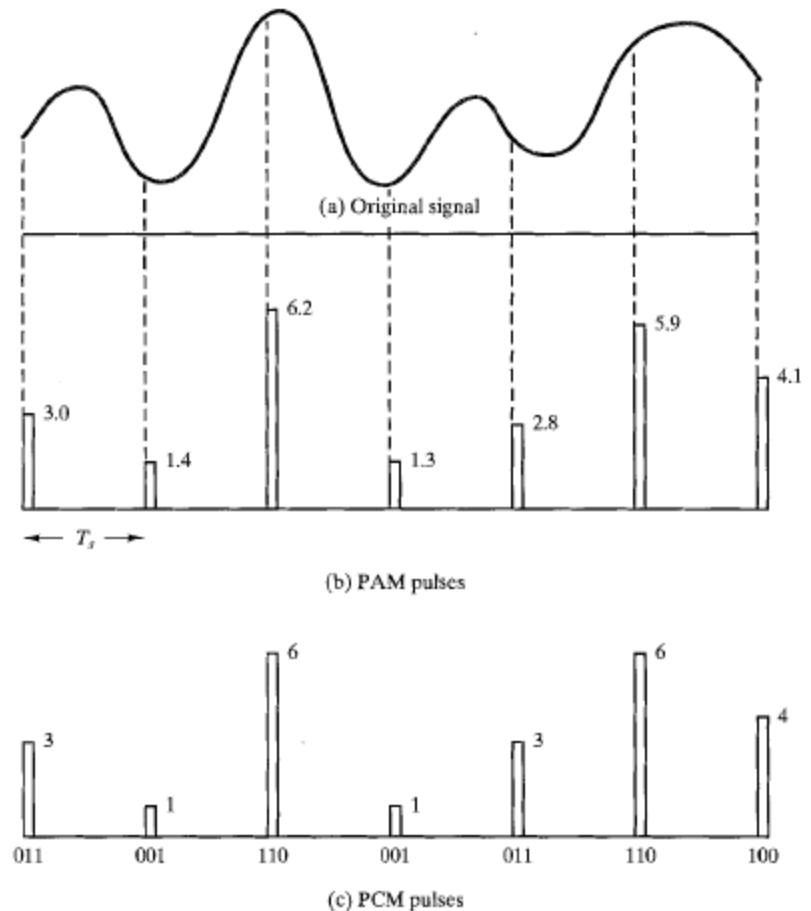


3. Điều chế dữ liệu liên tục- số

- Điều chế dữ liệu liên tục thành dữ liệu số, sau đó
 - Điều chế thành tín hiệu số
 - Mã hóa trực tiếp bằng NRZ-L
 - Sử dụng phương pháp mã hóa tín hiệu số khác
 - Điều chế thành tín hiệu liên tục
 - Sử dụng các biện pháp điều chế số-liên tục đã học
- Có hai phương pháp chính điều chế dữ liệu liên tục thành dữ liệu số
 - Điều chế mã xung
 - Điều chế Delta

Điều chế mã xung (PCM)

- Pulse Code Modulation
- Lấy mẫu tín hiệu dựa trên định luật lấy mẫu của Shannon
 - Nếu tần số lấy mẫu ≥ 2 lần tần số (có ý nghĩa) cao nhất của tín hiệu, phép lấy mẫu bảo toàn thông tin của tín hiệu
 - Vd: Tiếng nói tần số tối đa 4300Hz, cần lấy mẫu với tần số min 8600Hz
- Tiến hành theo hai bước
 - Lấy mẫu (PAM)
 - Lượng tử hóa

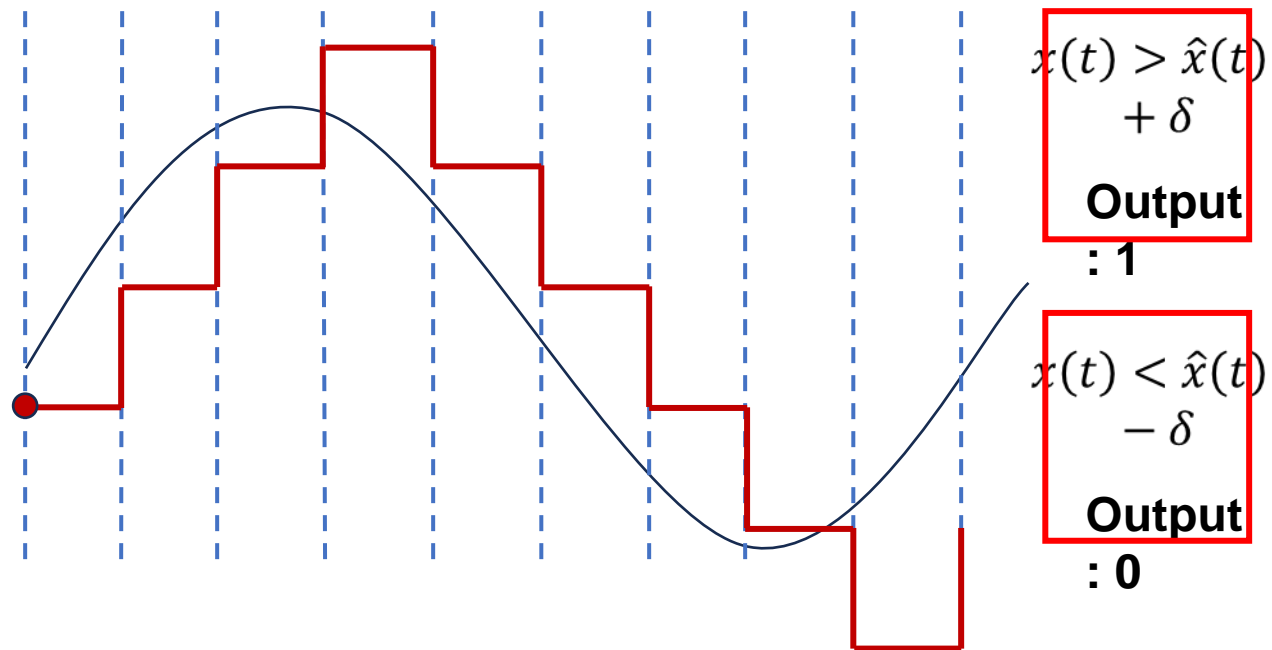


3.2. Điều chế delta (Delta Modulation)

- Vấn đề của PCM: tốn băng thông \rightarrow các giải pháp khác: Điều chế Delta
- Ưu điểm của Điều chế Delta: Chỉ sử dụng 1 bit cho mỗi mẫu
- Ý tưởng: Không truyền đi giá trị thật của mẫu $x(t)$, mà truyền đi thông tin thay đổi (lớn hơn hay nhỏ hơn) của giá trị mẫu hiện tại với *giá trị xấp xỉ* $\hat{x}(t)$.
 - Nếu lớn hơn: bit 1
 - Nếu nhỏ hơn: bit 0

3.2. Điều chế delta (Delta Modulation)

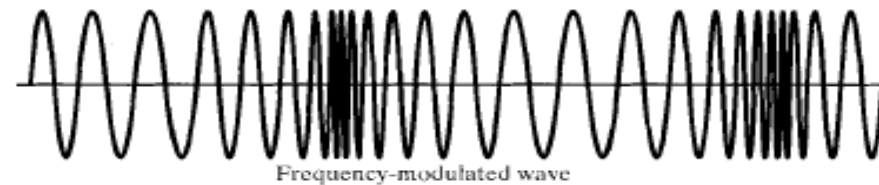
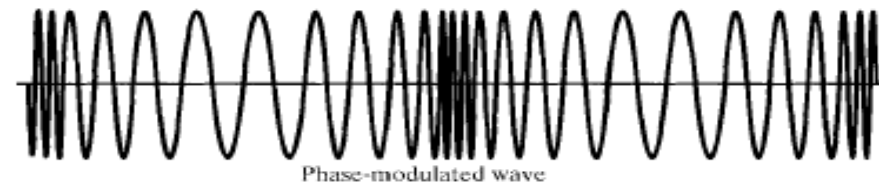
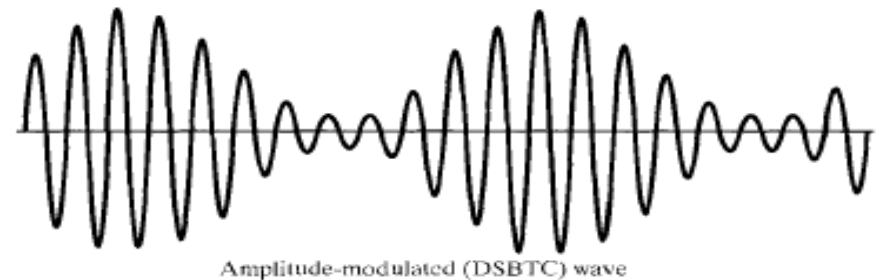
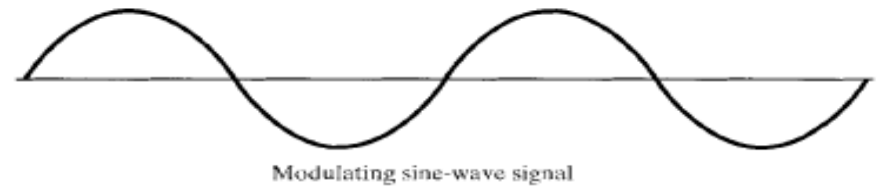
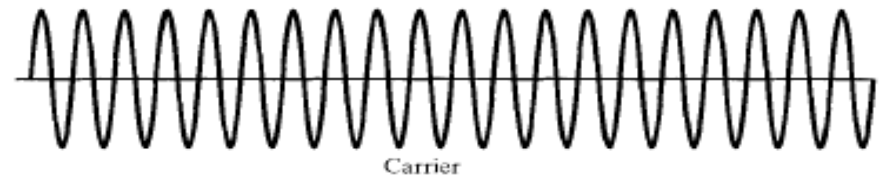
- Nếu $x(t) > \hat{x}(t) \rightarrow \hat{x}(t) := \hat{x}(t) + \delta$
 - Output = 1
- Nếu $x(t) < \hat{x}(t) \rightarrow \hat{x}(t) := \hat{x}(t) - \delta$
 - Output = 0



Transmitting signal: 1 1 1 0 0 0 0 1 1

Dữ liệu liên tục tín hiệu liên tục

- Kết hợp tín hiệu $m(t)$ và sóng mang có tần số F_c thành một tín hiệu tập trung xung quanh F_c
- Cho phép chuyển tín hiệu trên một tần số khác phù hợp với kênh truyền
- Cho phép dồn kênh bằng các tần số sóng mang khác nhau
- 3 phương pháp chính dựa vào đặc điểm của tín hiệu
 - Điều biên
 - Điều tần
 - Điều chế góc pha



Điều biên

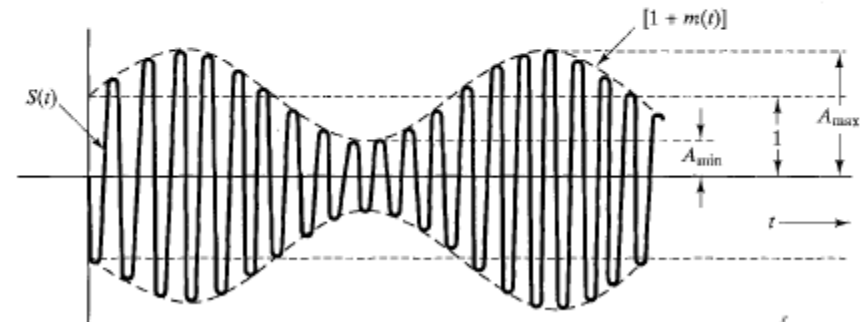
- Biến đổi biên độ sóng mang theo đầu vào
- Nếu đầu vào cũng là hình sin
 - Tín hiệu đầu ra sẽ có hai thành phần lệch với tần số sóng mang một khoảng bằng tần số đầu vào
 - $N_a < 1$ điều biên hợp lệ
 - $N_a > 1$ mất thông tin
- Giải thông = 2 lần giải thông đầu vào
- Điều biên một chiều: 1 lần giải thông

$$s(t) = [1 + m(t)] \cos 2\pi f_c t$$

$$m(t) = n_a x(t)$$

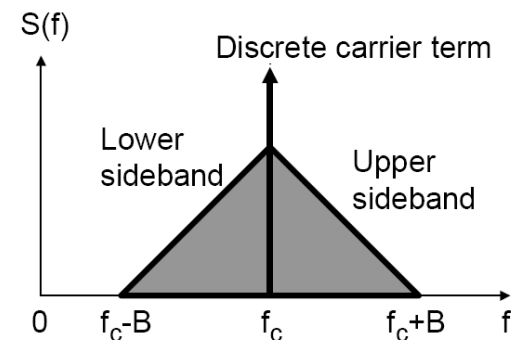
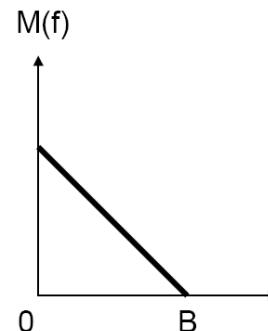


(a) Sinusoidal modulating wave



(b) Resulting AM signal

$$P_t = P_c \left(1 + \frac{n_a^2}{2} \right)$$



Bài tập-04

- Biểu diễn phương pháp điều chế pha-biên độ sau bằng công thức
- Tốc độ ký hiệu là 2400 baud. Tốc độ dữ liệu là bao nhiêu?

