

Chương 2: Tín hiệu và đường truyền

- ✓ Khái niệm chung về môi trường truyền và tín hiệu
- ✓ Ảnh hưởng của môi trường truyền tới việc truyền tín hiệu
- ✓ Các khả năng của kênh truyền
- ✓ Một số môi trường truyền tin cơ bản

2.1 Khái niệm chung về môi trường truyền và tín hiệu

Môi trường truyền tin

- Dữ liệu được truyền từ đầu phát tới đầu thu thông qua môi trường truyền tin.
- Có thể là hữu tuyến hoặc vô tuyến: Thông tin đều được thực hiện qua sự lan truyền của sóng điện từ.

2.1 Khái niệm chung về môi trường truyền và tín hiệu

Tín hiệu

- Tín hiệu được dùng để mang thông tin truyền từ thiết bị phát tới thiết bị thu thông qua môi trường truyền tin.
- Tín hiệu là đại lượng vật lý chứa đựng thông tin hay dữ liệu có thể truyền đi xa hay tách thông tin ra được.

2.2 Ảnh hưởng của môi trường truyền tới việc truyền tín hiệu

2.2.1 Suy giảm tín hiệu

2.2.2 Băng thông bị giới hạn

2.2.3 Méo do giữ chậm

2.2.4 Nhiễu tạp (noise)

2.2.1 Suy giảm tín hiệu

- Khi tín hiệu lan truyền trên dây dẫn vì lý do nào đó mà biên độ tín hiệu của nó giảm xuống, gọi là sự suy giảm tín hiệu.
- Cường độ tín hiệu trên bất cứ môi trường truyền nào cũng bị suy giảm theo khoảng cách.
- Sự suy giảm này thường theo quy luật hàm toán học trong các đường truyền định tuyến.

2.2.1 Suy giảm tín hiệu

- Đặc trưng của sự suy giảm tín hiệu:
 - Sự suy giảm tín hiệu theo khoảng cách
 - Sự suy giảm tín hiệu là hàm tăng theo tần số.
 - Sự suy giảm tín hiệu biểu diễn bởi hàm logarit (định tuyến)
 - Sự suy giảm tín hiệu là hàm phức tạp (vô tuyến).

2.2.1 Suy giảm tín hiệu

- Công thức tính độ suy giảm tín hiệu:

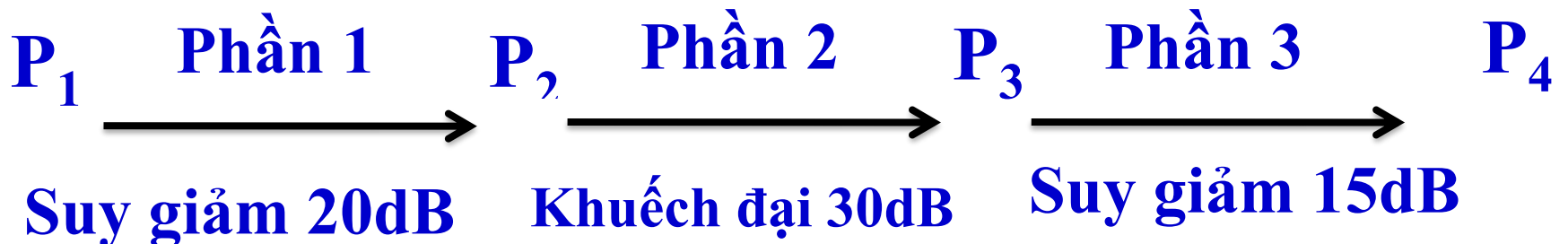
$$\text{Độ suy giảm (dB)} = 10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2} = 20 \log_{10} \frac{U_1}{U_2}$$

$$\text{Độ khuếch đại (dB)} = 10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1} = 20 \log_{10} \frac{U_2}{U_1}$$

- $P_1(w)$ Công suất tín hiệu phát đi.
- $P_2(w)$ Công suất tín hiệu thu được.
- $U_1(v)$ Điện áp tín hiệu phát đi.
- $U_2(v)$ Điện áp tín hiệu thu được.

2.2.1 Suy giảm tín hiệu

Một kênh truyền giữa 2 trạm, được thiết lập từ 3 phần. Phần 1 có mức suy giảm 20dB, phần 2 khuếch đại 30dB, Phần 3 suy giảm 15dB. Giả sử mức năng lượng được truyền đi với công suất 400mW. Xác định công suất năng lượng đầu ra của kênh truyền.



2.2.2 Băng thông bị giới hạn

- ✓ Băng thông chỉ ra các thành phần tần số nào của tín hiệu sẽ được truyền qua kênh mà không bị suy giảm.
- ✓ Khi truyền dữ liệu qua kênh phải đánh giá ảnh hưởng của băng thông của kênh truyền đối với tín hiệu được truyền.
- ✓ Băng thông kênh truyền B_c : dải tần số mà kênh truyền đáp ứng được.
- ✓ Băng thông của tín hiệu (tuyệt đối) B_s : hiệu số giữa tần số cao nhất và tần số thấp nhất chứa trong tín hiệu.

2.2.3 Méo do giữ chậm

- Méo là do tốc độ truyền của tín hiệu qua đường truyền bị biến đổi theo tần số.
- Các thành phần tần số khác nhau sẽ tới đầu thu ở các thời điểm khác nhau làm méo tín hiệu tổng cộng.
- Đặc biệt nguy hại đối với tín hiệu số.

2.2.4 Nhiễu tạp (noise)

- Tín hiệu thu gồm tín hiệu phát và thành phần không mong muốn gây ra do hệ thống truyền.
- Giả sử S là công suất tín hiệu phát đi, N là công suất nhiễu.

Phía thu sẽ thu được công suất: $R = S + N$

- Nếu $S < N$ tín hiệu thu bị sai.
- Nếu $S \gg N$ tín hiệu thu được là tốt.

2.2.4 Nhiễu tạp (noise)

- Tỷ số tín hiệu so với nhiễu được biểu diễn qua công thức:

$$SNR = 10 \log_{10} \frac{S}{N} (dB)$$

(Signal to Noise Ratio_ tỷ số tín hiệu trên nhiễu)

- Nhiễu tạp âm được chia thành 4 loại chính:

Tạp âm nhiệt

Tạp âm điều chế

Nhiễu xuyên âm

Nhiễu xung

2.2.3.1 Tạp âm nhiệt

- Do sự chuyển động của Electron trong vật dẫn.
- Là hàm của nhiệt độ.
- Tạp âm nhiệt không thể loại bỏ làm giảm hệ thống của thông tin.
- Phân tán đồng nhất trên phổ tần.

2.2.3.1 Tụp âm nhiệt

- Tụp âm nhiệt trong giải băng 1 Hz được tính:

$$N_0 = K.T$$

Trong đó:

N_0 là mật độ công suất tụp âm [Watt.Hertz]

K là hằng số Boltzman, $K = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/}^0\text{K}$

T là nhiệt độ Kelvin

- Tụp âm nhiệt trong toàn giải băng W (Hz) sẽ là:

$$N = K.T.W [\text{w.Hz}]$$

2.2.3.2 Tụp âm điều chế

- Do các tín hiệu có tần số khác nhau truyền trên 1 kênh truyền.
- Giả sử 2 tín hiệu có tần số là f_1 và f_2 truyền trên cùng kênh truyền thì sinh ra nhiều điều chế có tần số là $f = nf_1 \pm mf_2$ (m, n nguyên).

2.2.3.3 Nhiều xuyên âm

- Sinh ra do sự ghép nối không mong muốn giữa các đường tín hiệu khác nhau.
- Ví dụ:
 - Sự ghép điện từ giữa các cặp đường dây song hành kề cạnh.
 - Giữa các đôi cáp cùng trong một ruột cáp nhiều lõi.
 - Giữa các cặp anten vi ba...

2.2.3.4 Nhiễu xung

- Gây ra do tác nhân bên ngoài như nguồn điện năng, các thiết bị điện gây ra các xung bất thường.
- Gây ra trong khoảng thời gian ngắn, cường độ cao.
- Không thể dự đoán được, biên độ nhiễu biến động.
- Ảnh hưởng ít đến truyền tín hiệu tương tự.
- Nguyên nhân chính gây ra lỗi bit trong truyền tín hiệu số.

2.3.1 Các khả năng về kênh truyền

- *Tốc độ truyền dữ liệu (R):* Số bit được truyền trong đơn vị thời gian 1s. Đơn vị: bps .
- *Tốc độ Baud (R_s):* Số trạng thái được truyền trong đơn vị thời gian 1s. Đơn vị: Baud/s.
- *Băng thông:* là hiệu số giữa tần số cao nhất và tần số thấp nhất trong tín hiệu, được tính bằng (hertz).
- *Nhiều:* Mức trung bình của nhiễu trên đường truyền.
- *Tỷ lệ lỗi bit (BER):* Tỷ số tổng bit lỗi trên tổng bit truyền.

2.3.2 Các khả năng của kênh truyền

Công thức Nyquist

- Tốc độ truyền tin cực đại bị giới hạn bởi băng thông của kênh truyền.
- Giả sử trong môi trường truyền không có nhiễu:

$$C = 2W \log_2 M \text{ (bps)}$$

Trong đó:

C: Tốc độ kênh truyền cực đại (bps)

W: Băng thông của kênh truyền (Hz)

M: Số mức thay đổi của tín hiệu trên đường truyền.

2.3.2 Các khả năng của kênh truyền

Công thức Shannon – Hartley

- Tốc độ cực đại của kênh truyền trong trường hợp kênh truyền có nhiễu.

$$C = W \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \text{ (bps)}$$

Trong đó:

C là tốc độ kênh truyền cực đại (bps) khi kênh truyền có nhiễu.

S/N là tỷ số tín hiệu trên tạp âm

2.3.2 Các khả năng của kênh truyền

- Để đánh giá ảnh hưởng của nhiễu người ta dùng tỷ số E_b/N_0

Trong đó:

- E_b Năng lượng tín hiệu trên 1 bit.
- N_0 Mật độ công suất tạp âm trên 1 Hz.

- Ta có: $E_b = ST_b = S/R$ và $N_0 = KT$

- S công suất tín hiệu.
- T_b thời gian truyền 1 bit (bằng $1/R$)
- R tốc độ dữ liệu: $R = 1/T_b$

2.3.2 Các khả năng của kênh truyền

$$\text{Vậy: } \frac{E_b}{N_0} = \frac{S}{KTR}$$

$$\text{Tính theo dB: } \frac{E_b}{N_0} \text{ (dB)} = 10 \log_{10} S - 10 \log_{10} (KTR)$$

$$\text{Mặt khác: } N = W \cdot N_0 = WKT \text{ (w/ Hz)} \Rightarrow \frac{E_b}{N_0} = \frac{S}{N} \cdot \frac{W}{R}$$

$$\text{Tính theo dB: } \frac{E_b}{N_0} \text{ (dB)} = 10 \log_{10} \frac{S}{N} + 10 \log_{10} \frac{W}{R} = \text{SNR} + 10 \log_{10} \frac{W}{R}$$

1. Một kênh truyền băng gốc 10 kHz được sử dụng trong hệ thống truyền dẫn số. Các xung lý tưởng được truyền đi ở tốc độ Nyquist và các xung này có 16 mức. Hãy xác định tốc độ bit của hệ thống?
2. Giả sử rằng mạng điện thoại chuyển mạch công cộng (PSTN) có băng thông 3000 Hz của kênh truyền và giả sử rằng tỉ số $\text{SNR}=20$ dB. Xác định tốc độ thông tin có thể đạt được tối đa tính theo lý thuyết bằng bao nhiêu?
3. Tìm SNR tính theo dB. Giả sử rằng:
 - (a). Tín hiệu có công suất gấp hai lần công suất nhiễu tác động vào nó.
 - (b). Tín hiệu có công suất gấp 2^n công suất nhiễu tác động vào nó.
 - (c). Tín hiệu có công suất gấp 10^k công suất nhiễu tác động vào nó.
4. Tốc độ bit có thể đạt được tối đa trên một kênh thoại với các tham số như sau:
 - (a). $W=2,4$ kHz; $\text{SNR}=20$ dB
 - (b). $W=2,4$ kHz; $\text{SNR}=40$ dB

5. Dữ liệu truyền qua PSTN có băng thông là 3000 Hz. Nếu lượng nhiễu trung bình tại máy thu là 10 dB. Hãy xác định tốc độ dữ liệu truyền qua kênh trong trường hợp $\frac{E_b}{N_0} = 12dB$

6. Trong kỹ thuật điều chế khoá dịch pha nhị phân (BPSK) có tỷ số $\frac{E_b}{N_0} = 8,4dB$ quy định tỷ lệ lỗi bit là 10^{-4} (xác suất lỗi bit bằng 10^{-4}). Nếu nhiễu tác động ở nhiệt độ $23^0 C$ và tốc độ dữ liệu của kênh truyền là 3200 bit/s thì mức tín hiệu thu được là bao nhiêu?

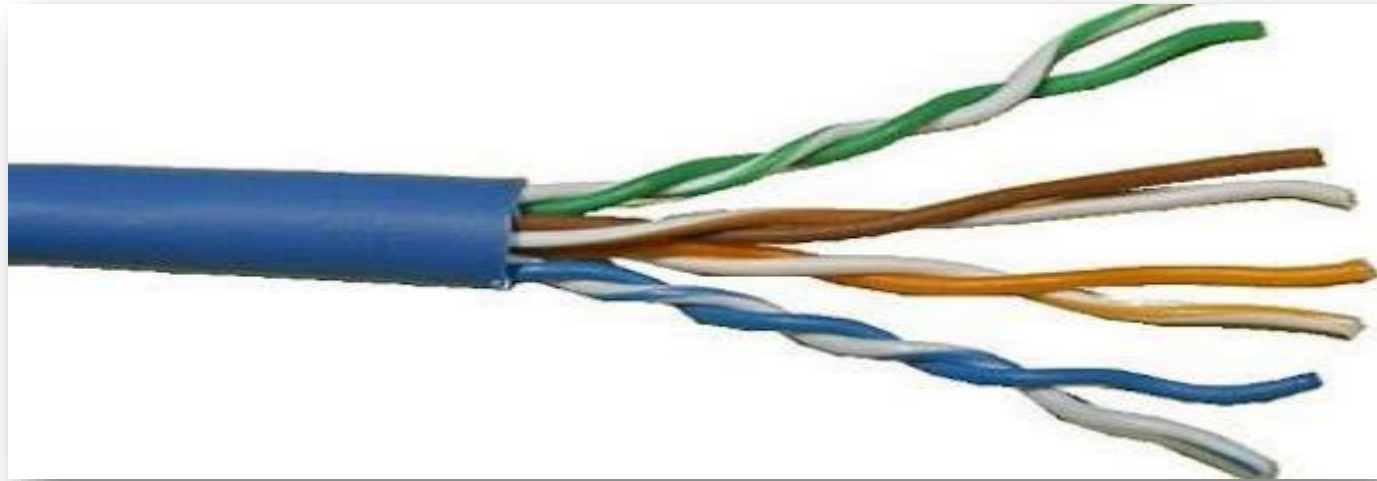
7. Giả sử rằng ta muốn truyền tin ở tốc độ 56Kb/s trên một kênh điện thoại có băng thông 4 KHz. SNR tối thiểu yêu cầu để đạt được điều này là bao nhiêu?

2.4 Một số môi trường truyền tin cơ bản

Phân loại môi trường truyền

- Hữu tuyến (guided media – wire)
 - Cáp đồng
 - Cáp quang
- Vô tuyến (unguided media – wireless)
 - Vệ tinh
 - Hệ thống sóng radio, microwave, ...

2.4.1 Cáp đôi dây xoắn



- Một cặp dây xoắn gồm 2 sợi dây dẫn cách điện nhau
- Xoắn theo một quy luật đều đặn. Mỗi cặp dây tạo thành một đường liên lạc đơn.
- Nhiều cặp dây đặt chung trong một cáp có vỏ bọc.

2.4.1 Cáp đôi dây xoắn

Ứng dụng

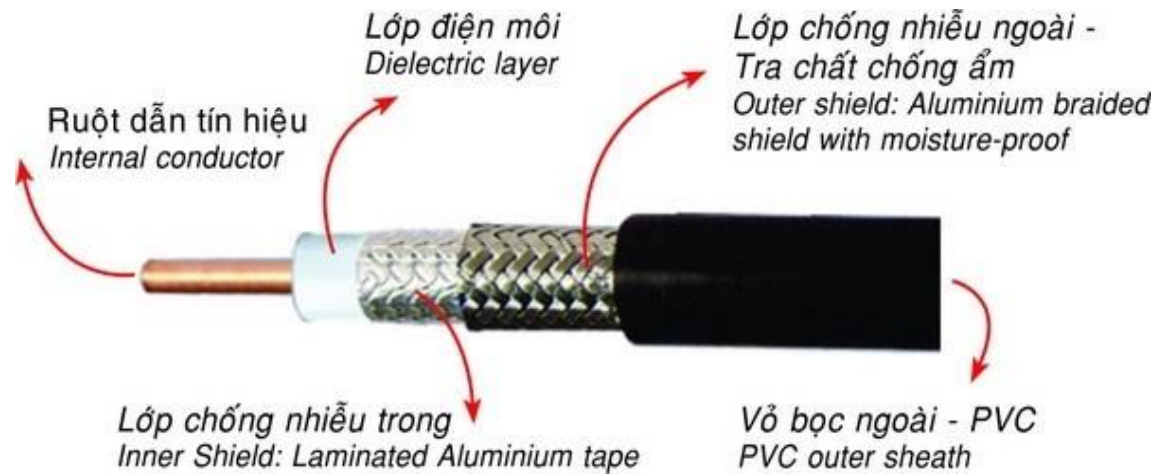
- Mạng điện thoại
 - Giữa các thuê bao và hộp cáp
 - Tổng đài nội bộ (Private Branch eXchange– PBX)
- Mạng cục bộ (LAN)
 - 10Mbps hoặc 100Mbps

2.4.1 Cáp đôi dây xoắn

- Ưu điểm
 - Rẻ
 - Dễ dàng thao tác
- Nhược điểm
 - Tốc độ dữ liệu thấp
 - Khoảng cách giới hạn

2.4.2 Cáp đồng trục

- Cáp đồng trục gồm có 2 phần, bao gồm ống trục bên ngoài và một dây lõi bên trong. Dây lõi và ống trục bên ngoài được đặt cách đều nhau và cách ly bởi phần cách điện. Trục bên ngoài được bao bởi một lớp áo hoặc vỏ bọc.
- Cáp đồng trục được dùng tương đối rộng rãi trong các ứng dụng:
 - Đường truyền thoại với khoảng cách xa, đường truyền hình.
 - Mạng truyền hình cáp
 - Mạng cục bộ (LAN)
 - Đường nối các hệ thống.



2.4.3 Cáp sợi quang

- Cáp quang gồm những sợi nhỏ, mỏng và dẻo có khả năng truyền dẫn ánh sáng. Một cáp sợi quang có hình trụ gồm 3 phần đồng tâm: lõi, lớp áo bao và vỏ bảo vệ ngoài.



2.4.3 Cáp sợi quang

- Cáp sợi quang có những ưu điểm cơ bản:
 - Băng thông rộng.
 - Kích thước nhỏ, trọng lượng nhẹ.
 - Suy hao truyền dẫn thấp.
 - Cách ly điện từ.
- Cáp sợi quang có 5 phạm vi ứng dụng quan trọng:
 - Các trung kế đường dài.
 - Các trung kế đường trục.
 - Các trung kế tổng đài nông thôn.
 - Vòng nội hạt.
 - LAN.

2.4.4 Đường truyền vi ba

- Các trạm dùng ăngten định hướng: Chảo parabol
- Các chảo parabol thường được gắn ở trên cao để truyền nhận
- Khoảng cách tối đa giữa các anten

$$D = 7,14 \cdot (K \cdot h)^{1/2}$$

Trong đó:

D: khoảng cách giữa hai anten tính bằng Km

h: độ cao anten tính bằng m

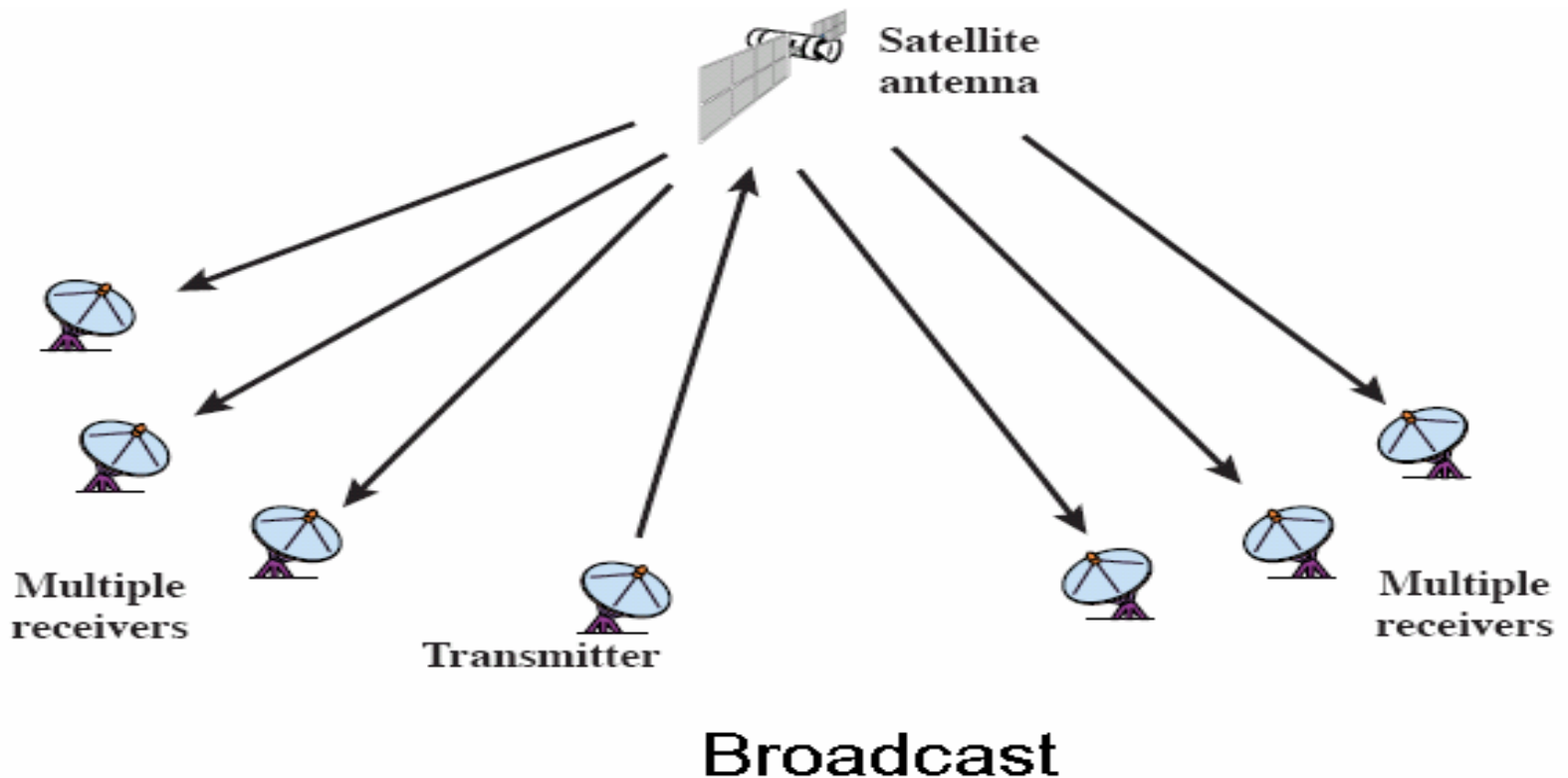
K: hệ số phụ kể thêm tính phản xạ hoặc hấp thụ của bề mặt cong trái đất. Giá trị K thường chọn $K = 4/3$

2.4.4 Đường truyền vi ba

- Liên lạc được thực hiện qua sóng vô tuyến trong dải cực ngắn ($1\text{GHz} \div 40\text{GHz}$), theo tầm nhìn thẳng.
- Do có suy hao trên đường truyền nên cần tổ chức các trạm chuyển tiếp.
- Ứng dụng
 - ✓ Truyền tín hiệu thoại,
 - ✓ Truyền tín hiệu truyền hình,
 - ✓ Truyền số liệu tốc độ cao khoảng cách xa.

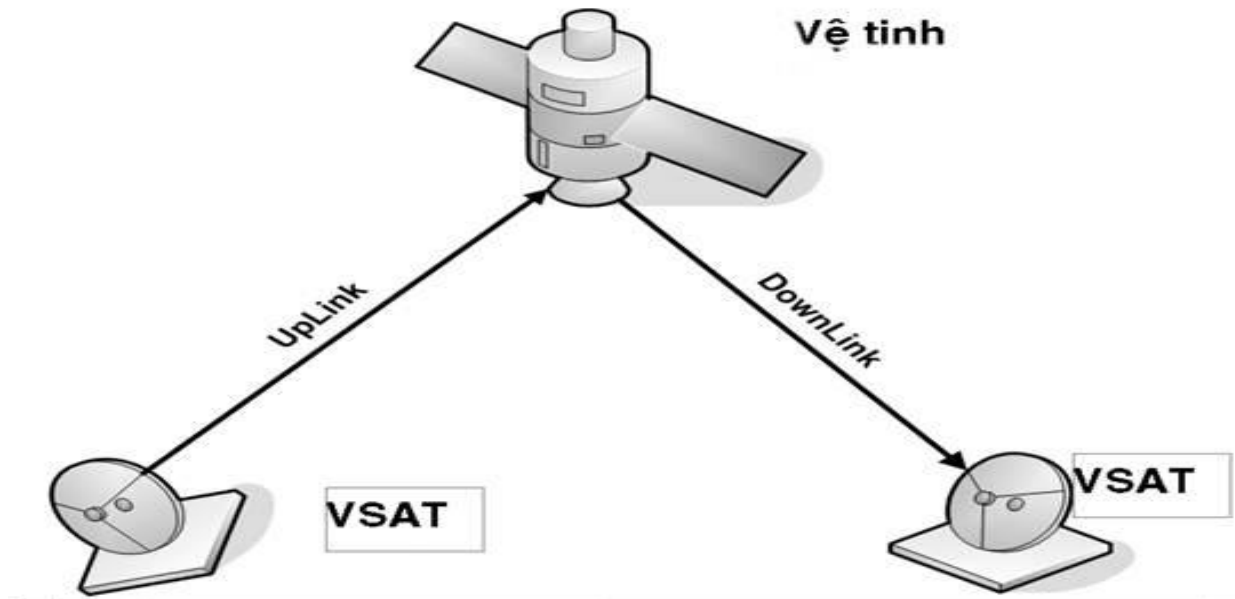
2.4.5 Đường truyền vệ tinh

- Đường truyền vệ tinh hay thông tin vệ tinh là dạng thông tin mà trong đó vệ tinh đóng vai trò như 1 trạm chuyển tiếp vệ tinh.



2.4.5 Đường truyền vệ tinh

- Vệ tinh dùng để kết nối 2 hay nhiều trạm người dùng, còn gọi là trạm mặt đất.
- Bộ thu của vệ tinh nhận tín hiệu trên 1 băng tần, thực hiện khuếch đại hay tái tạo tín hiệu và phát xuống với 1 băng tần khác.



2.4.5 Đường truyền vệ tinh

Ứng dụng

- Truyền hình
- Điện thoại đường dài
- Mạng thương mại riêng

