

Chương 6

HỆ THỐNG THÔNG TIN VIBA VÀ VỆ TINH

6.1. Truyền sóng viba

6.1.1. Băng tần viba

Phổ viba thường được xác định là năng lượng điện từ có tần số khoảng từ 1 GHz đến 1000 GHz, nhưng trước đây cũng bao gồm cả những tần số thấp hơn. Những ứng dụng viba *phổ biến nhất ở khoảng 1 đến 40 GHz*. Khoảng băng tần viba được xác định theo bảng sau:

Băng tần viba

Ký hiệu	Dải tần
Băng L	1 đến 2 GHz
Băng S	2 đến 4 GHz
Băng C	4 đến 8 GHz
Băng X	8 đến 12.4 GHz
Băng Ku	12.4 đến 18 GHz

Băng K	18 đến 26.5 GHz
Băng Ka	26.5 đến 40 GHz
Băng Q	30 đến 50 GHz
Băng U	40 đến 60 GHz
Băng V	50 đến 75 GHz
Băng E	60 đến 90 GHz
Băng W	75 đến 110 GHz
Băng F	90 đến 140 GHz
Băng D	110 đến 170 GHz

Bảng trên theo cách dùng của Hội vô tuyến điện Anh (Radio Society of Great Britain, RSGB). Đôi lúc người ta ký hiệu dải tần số cực cao (UHF) thấp hơn băng L là băng P.

6.1.2. Cự ly truyền sóng

Sóng truyền thẳng có cự ly bị hạn chế bởi độ cong trái đất. Do bán kính trái đất $r = 6,37.10^6$ m. Gọi h_1 [m] và h_2 [m] là hai độ cao anten thì cự ly thông tin tối đa cho tuyến vi ba là d [Km].

$$d = 3,57(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})[Km]$$

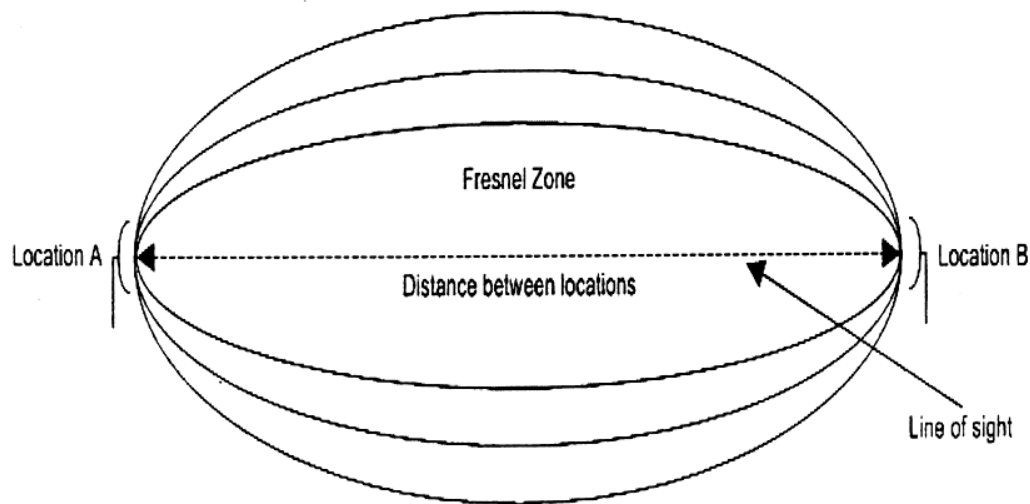
Sự khúc xạ không khí và bán kính giả tưởng của trái đất

Trong khí quyển chiết suất khúc xạ đối với sóng cao tần giảm dần theo độ cao, nên nó có tác dụng uốn cong tia sóng về phía mặt đất, làm tăng cự ly truyền.

Để dễ dàng tính cự ly truyền, ta coi như sóng cao tần truyền thẳng, bán kính của trái đất tăng lên là $R' = 4.R/3 = 8500 \text{ km}$, thì

$$d = 4,12(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) [km]$$

6.1.3. Tán xạ trên chướng ngại vật - Vùng Fresnel



Hình 6.1: Vùng Fresnel

Giả sử tia sóng 1 truyền thẳng từ A đến B , có AB

Giả sử tia sóng 2 truyền từ A đến B, theo đường gấp khúc AXB với X là chướng ngại vật phản xạ sóng

Nếu $AXB - AB = (2n-1).\lambda/2$, thì hai sóng đến B nghịch pha nhau, làm biên độ suy giảm đáng kể

Tập hợp tất cả các điểm X nói trên tạo thành các mặt elip tròn xoay

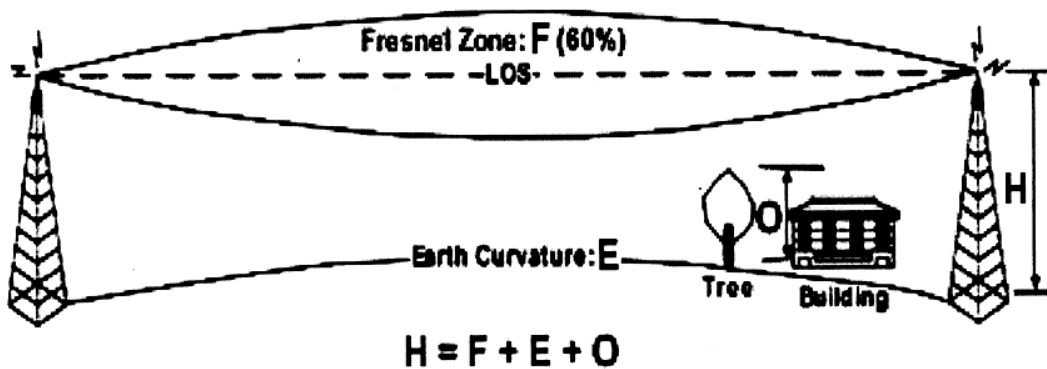
Khi $AB \gg \lambda$, bán kính Fresnel ρ của mặt elip tròn xoay đầu tiên ($n=1$) sẽ là

$$\rho = \frac{1}{2} \sqrt{AB \cdot \lambda}$$

Ta gọi

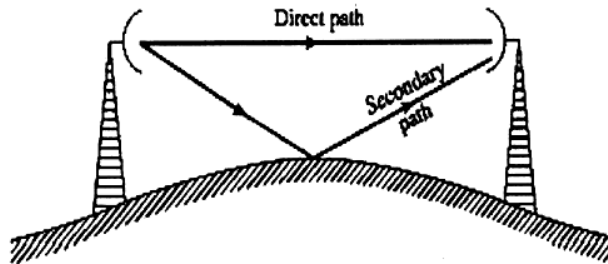
- E: độ cao hiệu chỉnh do độ cong mặt đất
- O: độ cao chướng ngại vật
- F: bán kính fresnel

An ten cần có độ cao $H = F + E + O$



Hình 6.2: Các yếu tố ảnh hưởng đến độ cao anten

6.1.4. Hiện tượng Fading



Hình 6.3: Sóng phát ra từ một nguồn nhưng theo nhiều đường khác nhau

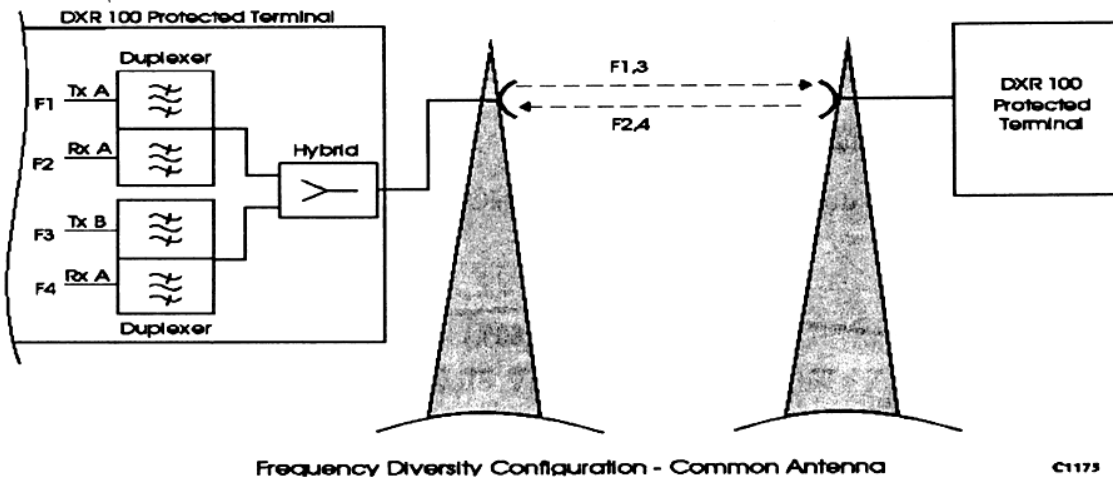
Fading là hiện tượng tại nơi thu nhận được đồng thời hai hay nhiều sóng cùng đến một lúc, các sóng này xuất phát cùng một nguồn nhưng đi theo nhiều đường khác nhau.

Tuỳ thuộc vào hiệu các đường đi mà hiệu pha của chúng cũng khác nhau

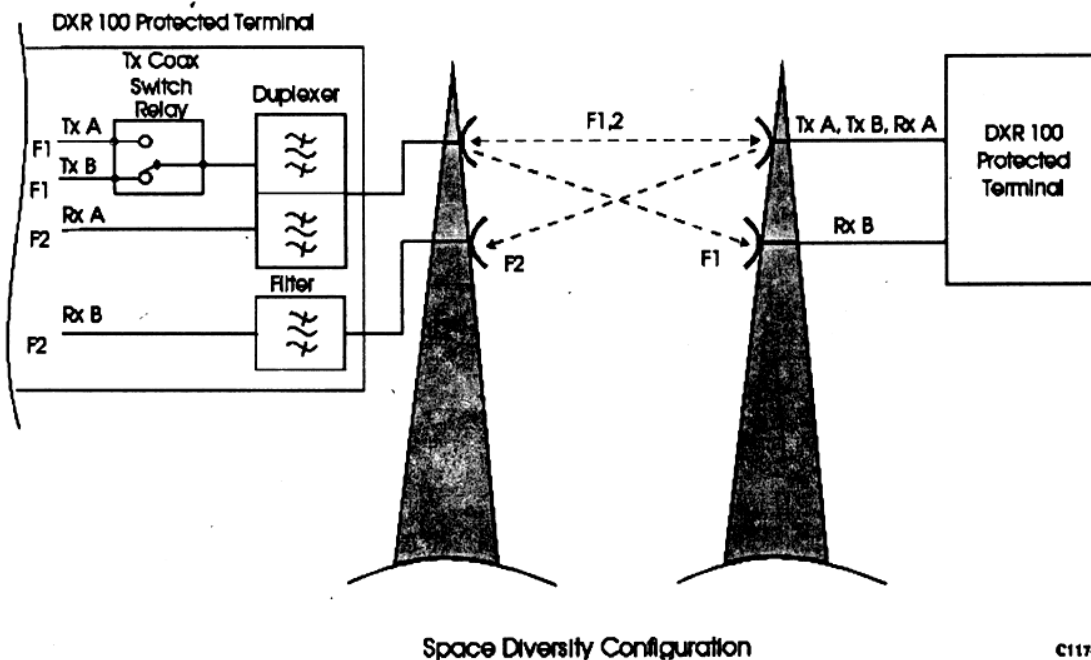
- Nếu hiệu pha $= 2n.\pi$ thì cường độ chúng tăng cường nhau
- Nếu hiệu pha $= (2n+1).\pi$ thì cường độ chúng triệt tiêu nhau

Hiện tượng Fading gây ra sự thu chậm chờn, gây gián đoạn thông tin trong một thời gian ngắn, trong kỹ thuật truyền hình, tạo ra hiện tượng bóng ma.

Để khắc phục Fading , người ta sử dụng phân tập tần số hay phân tập không gian



Hình 6.4: Phân tập tần số



Hình 6.5: Phân tập không gian

6.1.5. Anten

Sóng mang vô tuyến có tính định hướng rất cao nhờ các an ten định hướng.

Sóng viba mặt đất thường sử dụng an ten parabol phản xạ. Bề mặt anten là dạng parabol tròn xoay, tiêu cự chính là nguồn phát sóng, thường là anten loa. Lúc này sóng cầu tại anten loa sẽ biến thành sóng phẳng.

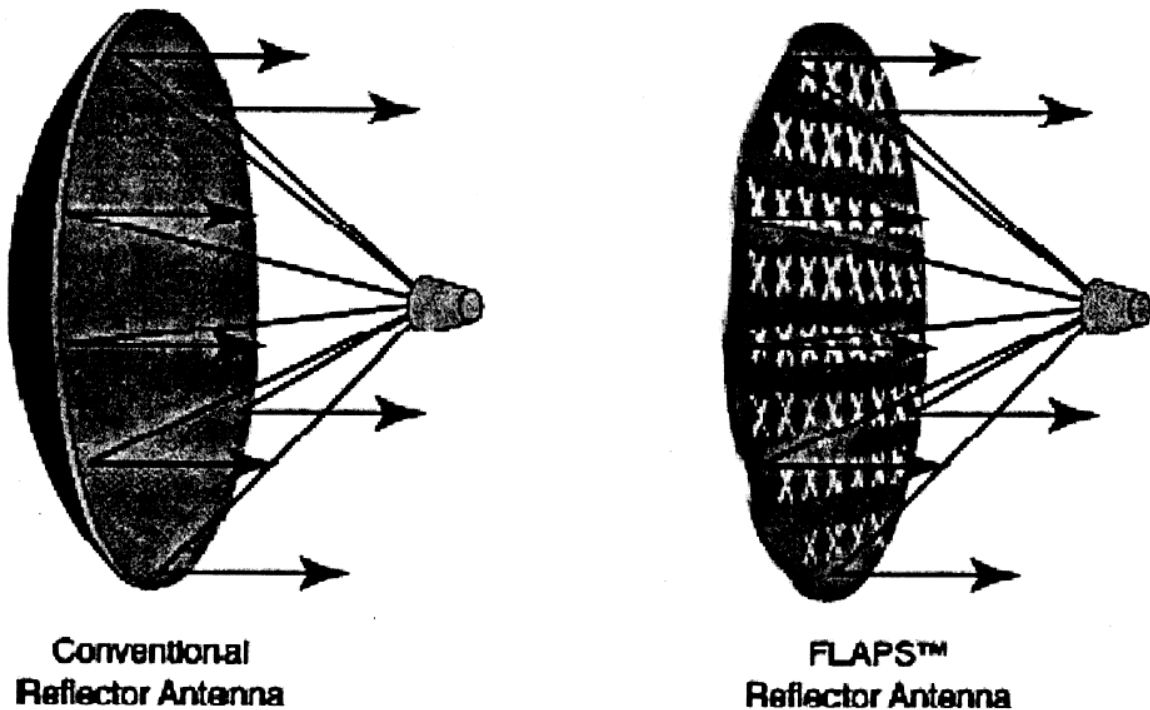
Độ lợi G của an ten được tính

$$G = \eta \cdot \frac{4\pi}{\lambda^2} \cdot A$$

- η là hiệu suất bức xạ, xấp xỉ 0,5
- λ là bước sóng
- A là bề mặt bức xạ của an ten, thẳng góc với hướng phát

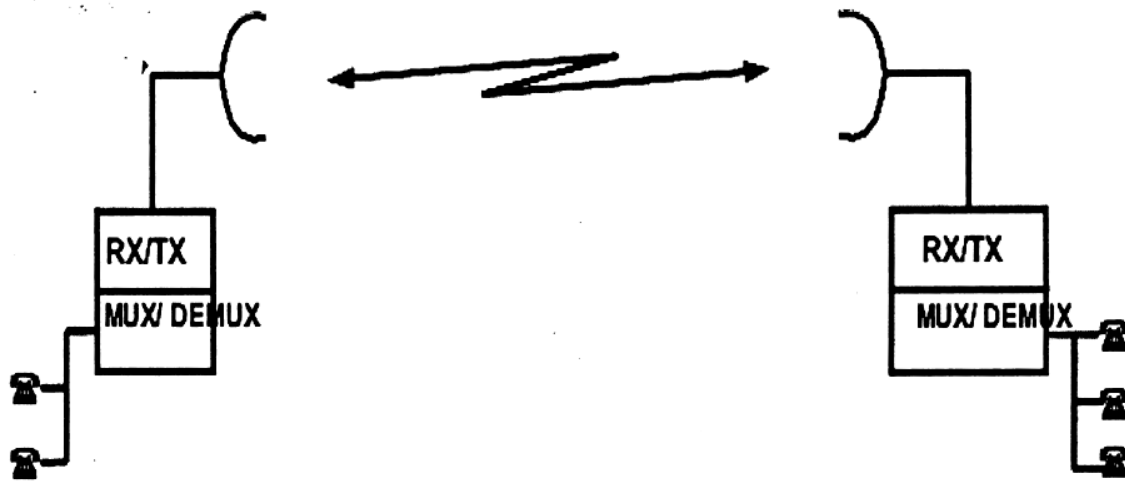
Việc lựa chọn kiểu an ten phụ thuộc vào

- Độ lợi cần thiết để bù vào suy hao, sao cho độ lợi chung ở mức chấp nhận được
- Hướng tính của anten
- Tần số sóng mang đang sử dụng
- Giá thành và không gian dự tính



Hình 6.6: Anten và bề mặt bức xạ của anten

6.2. Khái niệm về hệ thống viba



Hình 6.7: Mô hình một tuyến viba (Microwave link)

Kết nối viba (Microwave link) là hệ thống thông tin giữa hai điểm cố định bằng sóng vô tuyến có hướng tính cao nhờ các an ten định hướng

Có hai dạng viba : viba tương tự và viba số

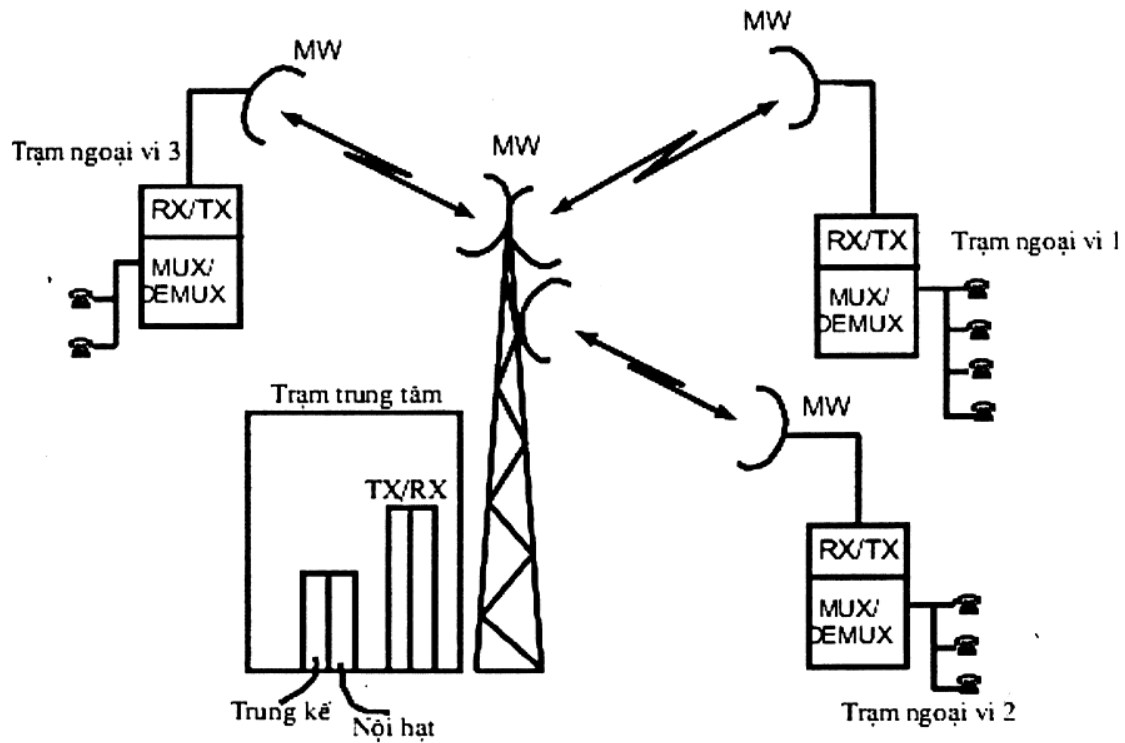
Nếu đường truyền xa hoặc gặp chướng ngại vật, người ta sử dụng các trạm chuyển tiếp (Repeater) chỉ thu nhận tín hiệu, khuếch đại, rồi tái phát lại

- Trong thực tế, người ta sử dụng chỉ vài dải tần viba mà thôi
- Vùng tần số thấp có băng thông hẹp sử dụng cho các hệ thống nhỏ
- Vùng tần số cao > 12 GHz suy hao tăng do mưa

Việc thiết lập hệ thống viba cần xét các điều kiện sau

- Ghép ký sinh của anten trên cùng một giá đỡ
- Tương tác giữa các chùm viba gần nhau can nhiễu lẫn nhau
- Độ chọn lọc máy thu
- Khả năng xoay phân cực của sóng ở các kênh lân cận nhau
- Khả năng sử dụng tối ưu dải tần của sóng mang

6.2.1. Viba số



Hình 6.8: Mô hình mạng viba

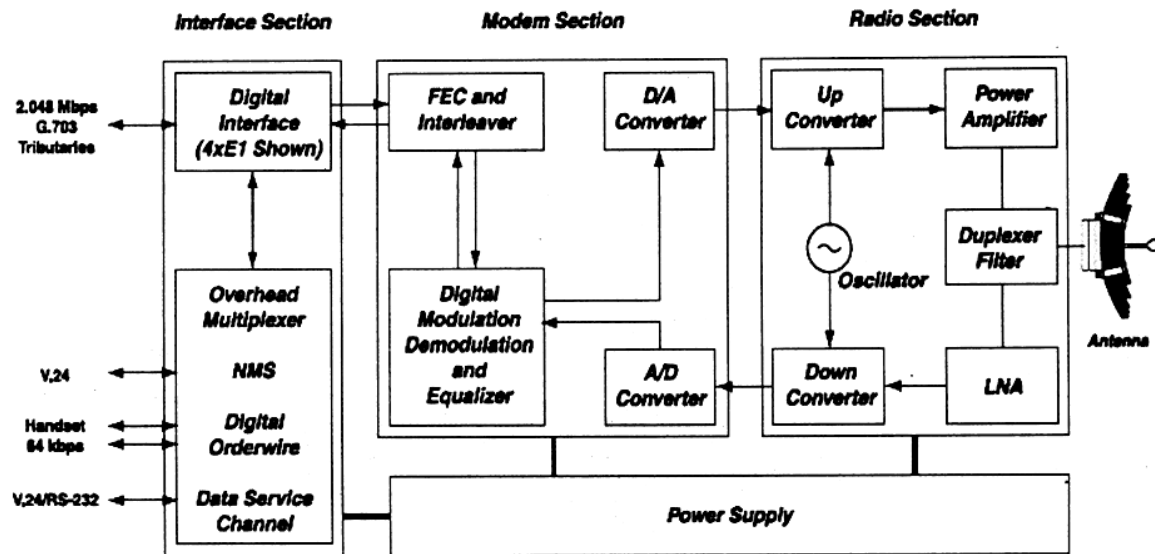
Hệ thống viba có thể được sử dụng làm:

- Các đường trung kế số nối giữa các tổng đài số
- Các đường truyền dẫn nối giữa tổng đài chính đến các tổng đài vệ tinh
- Các đường truyền dẫn nối các thuê bao với các tổng đài chính

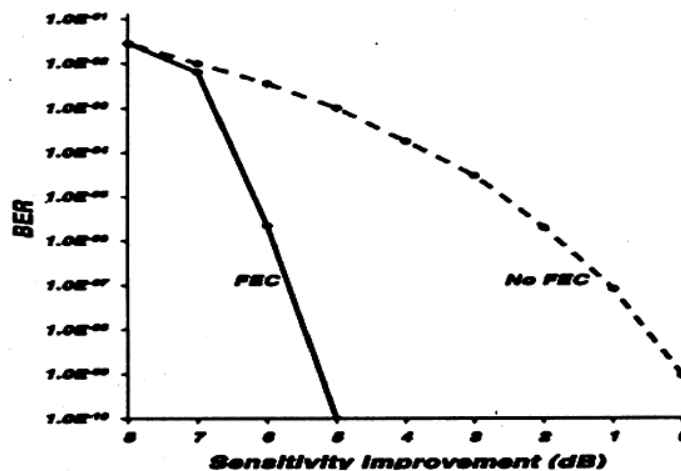
Một trạm viba số bao gồm hai khối chính:

- Khối thu phát vô tuyến (Transceiver)
- Khối tách ghép kênh (Multiplex và Demultiplex)

Khối thu phát vô tuyến (Transceiver) bao gồm các phần xử lý băng tần gốc chuyển mã (line-code) điều chế và giải điều chế, chuyển đổi tần số ...



Hình 6.9: Sơ đồ khối thu phát vô tuyến



Hình 6.10: Ích lợi của FEC

Nếu đầu vào Multiplex PDH bao gồm thoại 2Wire, 4Wire, dữ liệu, thì đầu ra là luồng số cấp thấp E1 (Nếu theo chuẩn châu Âu).

Nếu đầu vào Multiplex bao gồm các luồng số cấp thấp, thì đầu ra là luồng số cấp cao.

Thoại trong Multiplex có thể mã hoá dạng

- Xung mã (PCM)
- Xung mã vi sai (DPCM)
- Xung mã vi sai tự thích nghi (ADM).

6.2.2. Phân loại viba số

Phụ thuộc vào tốc độ bit của tín hiệu PCM cần truyền, các thiết bị vô tuyến phải được thiết kế phù hợp để có khả năng truyền dẫn tín hiệu đó, có thể phân loại như sau:

- + Viba số băng hẹp (tốc độ thấp): được dùng truyền các luồng số có tốc độ 2Mbit/s, và 8 Mbit/s tương ứng dung lượng kênh thoại là 30 và 120 kênh. Tần số sóng vô tuyến thông thường (0,4 – 1,5) GHz
- + Viba số băng trung bình (tốc độ trung bình): được dùng để truyền các tín hiệu có tốc độ (8 – 34) Mbit/s tương ứng dung lượng kênh thoại là 120 đến 480 kênh. Tần số sóng vô tuyến thông thường (2–6) GHz.
- + Viba số băng rộng (tốc độ cao): được dùng để truyền các tín hiệu có tốc độ (34 – 140) Mbit/s tương ứng dung lượng kênh thoại là 480 đến 1920 kênh. Tần số sóng vô tuyến thông thường 4,6,8,12GHz.

6.2.3. So sánh viba số với viba tương tự

❖ Viba tương tự

Viba tương tự có băng tần gốc Base Band ở dạng tương tự

Đầu vào và đầu ra Multiplex là các tín hiệu ở dạng tương tự

❖ Một số ưu điểm hệ thống viba số

Viba số có băng tần gốc Base Band ở dạng số

- Nhờ sử dụng các bộ lặp tái tạo lại luồng số liệu (repeater) trên đường truyền nên tránh được nhiễu tích lũy trong hệ thống số. Việc tái sinh này có thể được tiến hành ở tốc độ bit cao nhất của băng tần gốc mà không cần đưa xuống tốc độ bit ban đầu.
- Nhờ tính chống nhiễu tốt, các hệ thống viba số có thể hoạt động tốt với tỷ số C/N (sóng mang /nhiều) vừa phải ($C/N > 30\text{dB}$, theo khuyến nghị của CCIR). Điều này cho phép sử dụng lại tần số đó bằng phương pháp phân cực trực giao, tăng phổ hiệu dụng và dung lượng kênh.
- Cùng một lượng truyền dẫn, công suất phát cần thiết nhỏ hơn so với hệ thống tương tự, giảm chi phí thiết bị, tăng độ tin cậy, tiết kiệm nguồn. Ngoài ra công suất phát nhỏ ít gây nhiễu cho các hệ thống khác.

❖ Một số khuyết điểm hệ thống viba số

- Khi áp dụng hệ thống truyền dẫn số, phổ tần tín hiệu thoại rộng hơn so với hệ thống tương tự.

- Khi các thông số đường truyền dẫn như trị số BER, S/N thay đổi không đạt giá trị cho phép thì thông tin sẽ gián đoạn, khác với hệ thống tương tự thông tin vẫn tồn tại nhưng rất kém.
- Hệ thống này dễ bị ảnh hưởng bởi méo phi tuyến do các đặc tính bão hoà, do linh kiện bán dẫn gây nên, đặc tính này không xảy ra cho hệ thống tương tự FM.
- Các vấn đề trên đã được khắc phục nhờ áp dụng các tiến bộ khoa học kỹ thuật mới như điều chế số nhiều mức dùng thiết bị dự phòng và sử dụng các mạch bảo vệ.

6.3. Các đặc tính kỹ thuật

6.3.1 Các mã đường truyền (line-code)

Các tín hiệu nhị phân từ thiết bị ghép kênh được biến đổi thành các mã truyền dẫn để giảm lỗi tín hiệu trong quá trình truyền.

Để đạt được điều đó các mã truyền dẫn phải thoả mãn yêu cầu sau:

- Phải phối hợp đặc tính phổ của tín hiệu với đặc tính của kênh truyền.
- Dễ dàng tách xung đồng bộ và tái sinh tín hiệu.
- Giảm thành phần một chiều của tín hiệu xuống mức 0.
- Giảm các thành phần tần số thấp để giảm xuyên âm và kích thước các bộ phận và các linh kiện trong mạch. Tín hiệu nhị phân đơn cực có thành phần một chiều, có chứa năng lượng lớn trong phổ tần thấp vì vậy không thích hợp cho việc truyền dẫn.

Trong thực tế người ta sử dụng các mã lưỡng cực chẳng hạn như mã truyền dẫn HDB3 (mã nhị phân mật độ cao có cực đại ba số 0 liên tiếp), CMI....

❖ Mã HDBn (high density binary with maximum of 3 consecutive zero)

Mã HDBn là mã lưỡng cực có mật độ cao có cực đại n số 0, đây là loại mã cải tiến của mã AMI thực hiện việc thay thế N+1 số 0 liên tiếp bằng N+1 xung nhịp chứa 1 xung phạm luật V và xung phạm luật này sẽ ở lại bit thứ N+1 của các mã số 0 liên tục.

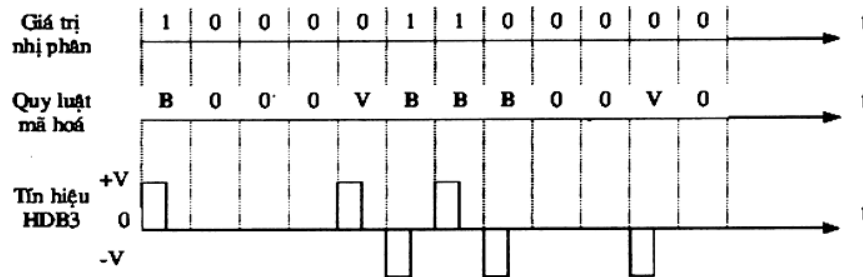
Với loại mã HDBn này thì dạng HDB3 thường sử dụng trong hệ thống truyền thông tin viba số.

❖ Mã HDB3

Mã HDB3 là mã lưỡng cực mật độ cao có cực đại 3 số 0 liên tiếp.

Qui tắc mã hoá:

- Mức logic 1 được mã hoá dạng lưỡng cực
- Mức logic 0 được mã hoá dạng 0
- Nếu có 4 số 0 liên tiếp thì mã hoá 000V hay B00V, sao cho số bit B nằm giữa hai bit V là lẻ



Hình 6.11: Dạng sóng HDB3 dùng cho luồng số E1, E2, E3

❖ Mã CMI (code mark inversion)

Mã CMI là mã đảo dấu mã, đây chính là loại NRZ hai mức.

Quy tắc mã hoá:

- Mức logic 0 được mã hoá thành các sóng vuông dương – âm – dương nhưng mỗi mức chỉ chiếm một khoảng thời gian $T/2$.
- Mức logic 1 được mã hoá thành các sóng vuông dương – dương hoặc âm – âm nhưng mỗi mức chỉ chiếm một khoảng thời gian T theo luật luân phiên.

Mã CMI được ITU-T khuyến nghị sử dụng ở tốc độ bit 140Mbps theo tiêu chuẩn châu Âu. (Khuyến nghị G-703).

Theo khuyến nghị G703 về các giao tiếp của CCITT cho chi tiết trở kháng, loại đôi dây dẫn mức tín hiệu dạng khung, tải khung phân bố cũng như mã truyền dẫn ở những tốc độ bit khác nhau dùng cho hệ châu Âu.

Bảng 1.2: Mã truyền dẫn dùng trong vi ba số

Tốc độ bit	2.048	8.448	34.368	139.246
Loại cáp	S/C	C	C	C
Trở kháng (Ω)	120/75	75	75	75
Mã đường	HDB3	HDB3	HDB3	CMI
Dạng xung chuẩn	Vuông	Vuông	Vuông	Vuông

S: cáp đối xứng

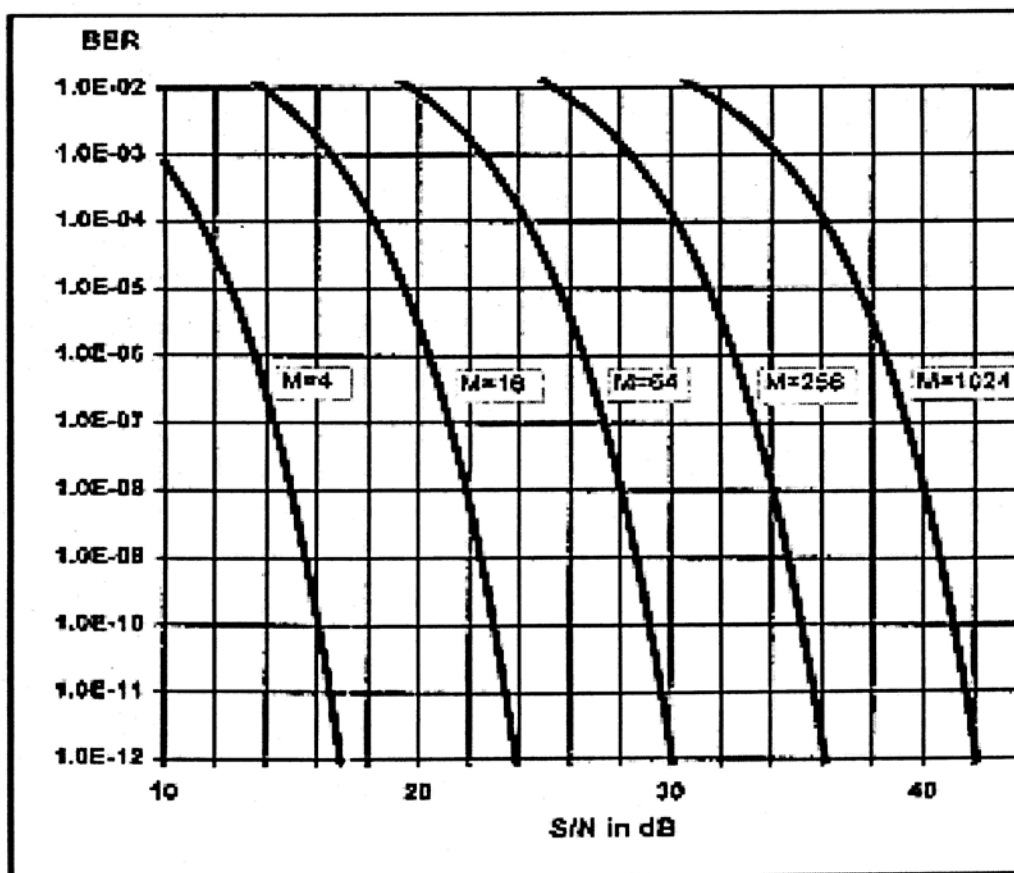
C: cáp đồng trục

6.3.2. Điều chế viba số

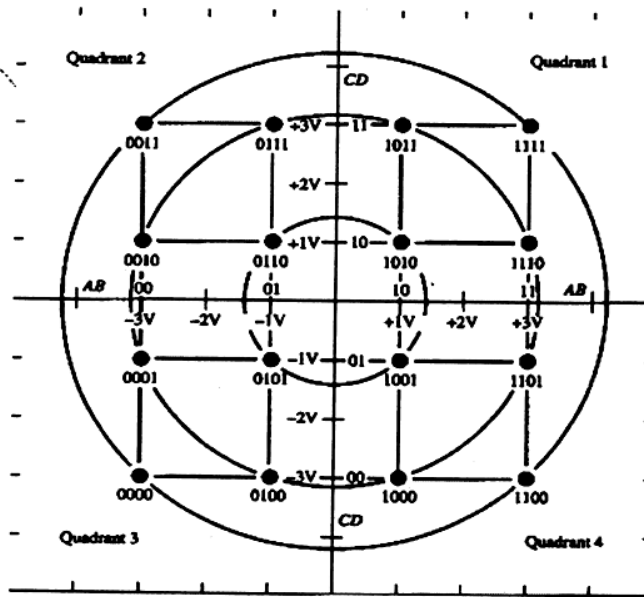
- Xác suất bit thu bị lỗi phụ thuộc vào nhiễu và phương pháp điều chế
- Người ta sử dụng băng thông BW vừa đủ để truyền số liệu.
- Nếu BW quá nhỏ sẽ gây méo tín hiệu sau khi giải điều chế
- Nếu BW quá lớn sẽ lãng phí và gây can nhiễu giữa các kênh viba

Người ta thông thường sử dụng điều chế PSK vì:

- BW thấp hơn FSK
- Xác suất nhận tin sai là thấp hơn (Với cùng tỉ số S/N)
- Dễ dàng nâng lên mPSK ($m = 2, 4, 8$, các kênh tốc độ < 140 Mbps)
- Các kênh tốc độ ≥ 140 Mbps sử dụng QAM ($m=16$)

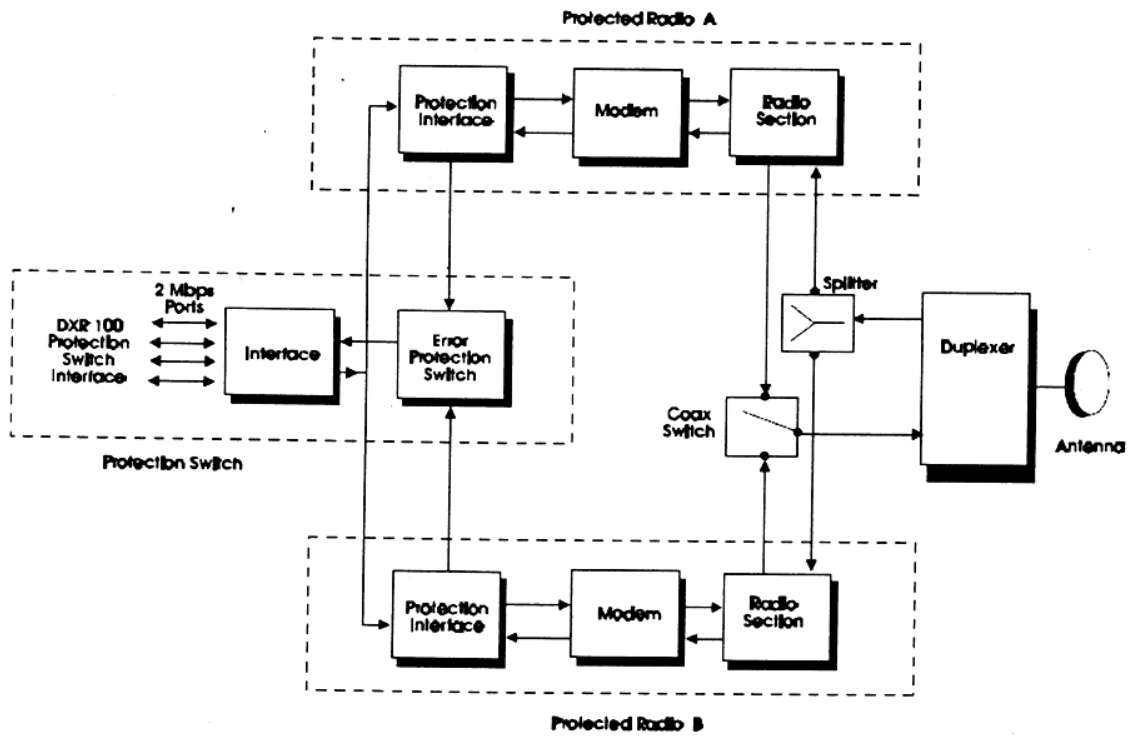


Hình 6.12: Thông số BER của các dạng điều chế pha (QPSK)

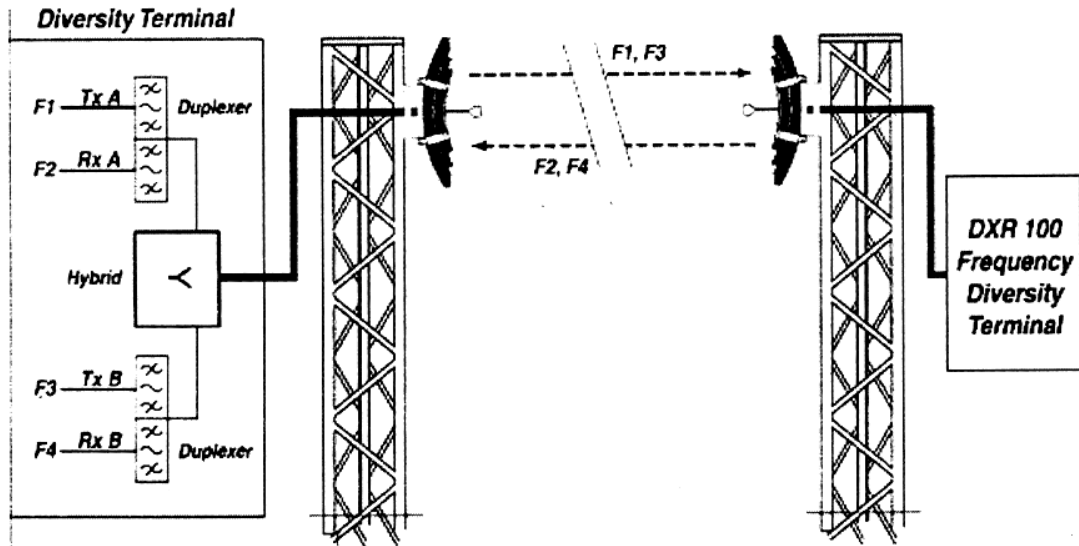


Hình 6.13: QAM ($m=16$)

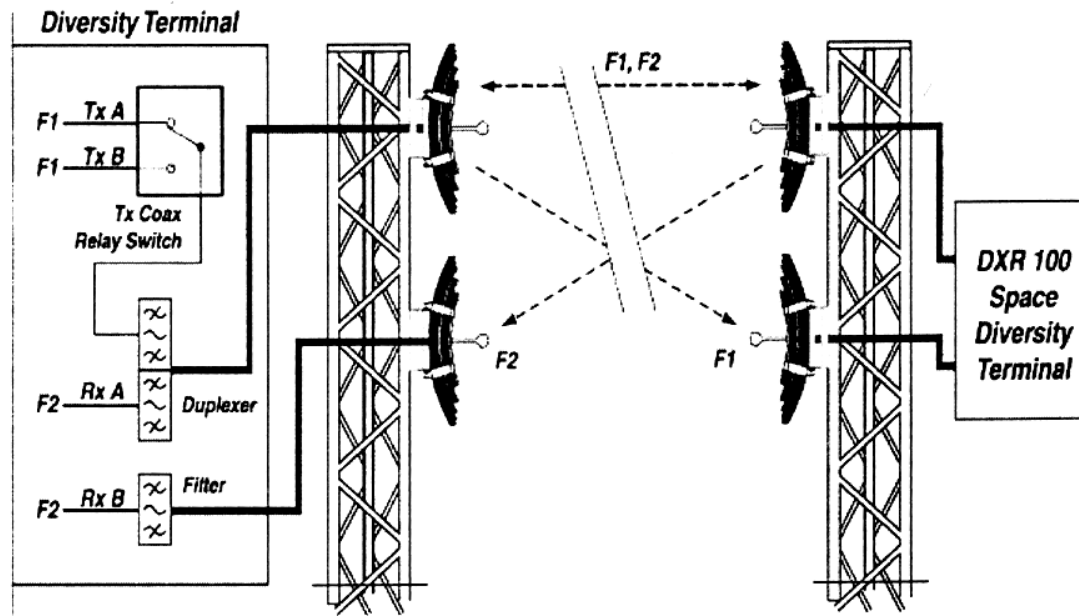
6.3.3. Các mô hình dự phòng thường gặp



Hình 6.14: Dự phòng khối vô tuyến



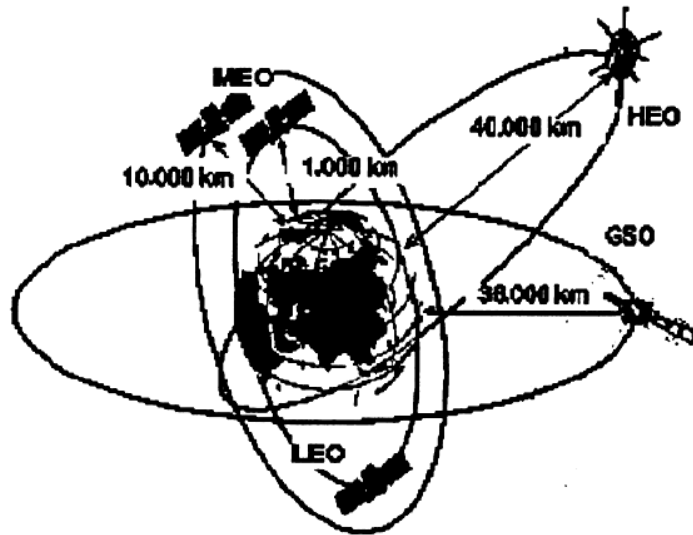
Hình 6.15: Dự phòng sóng vô tuyến bằng phân tập tần số hai máy phát, phát hai tần số khác nhau. Hai máy thu, thu ở hai tần số khác nhau



Hình 6.16: Dự phòng sóng vô tuyến bằng phân tập không gian
Hai máy phát, phát ở một tần số giống nhau. Hai máy thu, thu ở một tần số giống nhau

6.4. Hệ thống thông tin vệ tinh

6.4.1. Các loại quỹ đạo



Hình 6.21: Các loại quỹ đạo

Đa số các vệ tinh thường được phân nhóm dựa theo quỹ đạo của chúng. Các vệ tinh thường được xếp loại dựa theo độ cao của chúng.

- Quỹ đạo Trái Đất tầm thấp (LEO-Low Earth Orbit: 200 đến 1200 km bên trên bề mặt Trái Đất) sử dụng cho chụp ảnh khí tượng, thông tin di động ...
- Quỹ đạo Trái Đất tầm trung (ICO hay MEO-Medium Earth Orbit: 1200 đến 35 286 km) , sử dụng cho GPS ...
- Quỹ đạo địa tĩnh (GSO / GEO-Geostationary Earth Orbit 35.786 km trên bề mặt Trái Đất).
- Quỹ đạo Trái Đất tầm cao (HEO-Highly Elliptical Orbit: trên 35.786 km).

6.4.2. Các đặc điểm của thông tin vệ tinh

Các **ưu điểm chính** của thông tin vệ tinh so với các phương tiện thông tin khác là:

- Có khả năng đa truy nhập.
- Vùng phủ sóng rộng.
- Ổn định chất lượng và khả năng cao về thông tin băng rộng.
- Có thể ứng dụng cho thông tin di động.

- Hiệu quả kinh tế cao trong thông tin cự ly lớn, đặc biệt trong thông tin liên lục địa.
- Sóng vô tuyến điện phát đi từ một vệ tinh ở quỹ đạo vệ tinh địa tĩnh có thể bao phủ 1/3 bề mặt trái đất.

Nhược điểm: Tổng số chiều dài của đường lên và xuống ở thông tin vệ tinh là trên 70.000 km, sóng phải đi mất khoảng 1/4 giây gây ra một thời gian trễ đáng kể.

6.4.3. Đa truy nhập của thông tin vệ tinh

Kỹ thuật sử dụng một vệ tinh chung cho nhiều trạm mặt đất và việc tăng hiệu quả sử dụng của nó tới cực đại được gọi là đa truy nhập.

Đa truy nhập là phương pháp dùng một bộ phát đáp trên vệ tinh chung cho nhiều trạm mặt đất.

Đa truy nhập có thể phân chia ra nhiều dạng.

❖ Phân chia đa truy cập theo FDMA, TDMA, CDMA, SDMA

Trong FDMA (Đa truy nhập phân chia theo tần số), các trạm mặt đất riêng phát đi các sóng mang với tần số khác nhau nhưng các băng tần bảo vệ thích hợp sao cho các tần số sóng mang này không chồng lấn lên nhau.

Ở TDMA (Đa truy nhập phân chia theo thời gian) sóng mang phát đi từ mỗi trạm mặt đất cần phải được điều khiển chính xác sao cho sóng mang của chúng nằm trong khe thời gian được phân phối trước bằng cách.

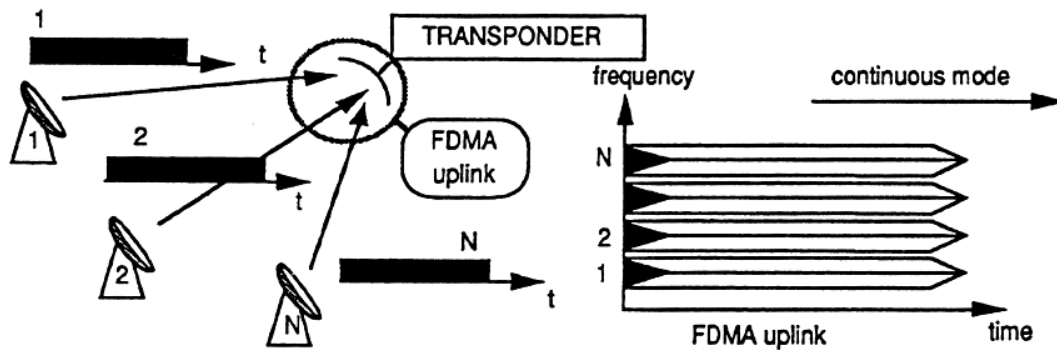
- Truyền tín hiệu một cách gián đoạn.
- Dự phòng một thời gian bảo vệ giữa các sóng mang phát gián đoạn sao cho chúng không chồng lấn lên nhau.
- Do đó phải có một trạm chuẩn, phát đi một tín hiệu chuẩn.

CDMA (SSMA) là một phương pháp đa truy nhập trong đó mỗi trạm mặt đất phát đi một tần số mang như nhau nhưng sóng mang này trước đó đã được điều chế bằng một mã bit đặc biệt (code) quy định cho mỗi trạm mặt đất trước khi phát tín hiệu đã điều chế.

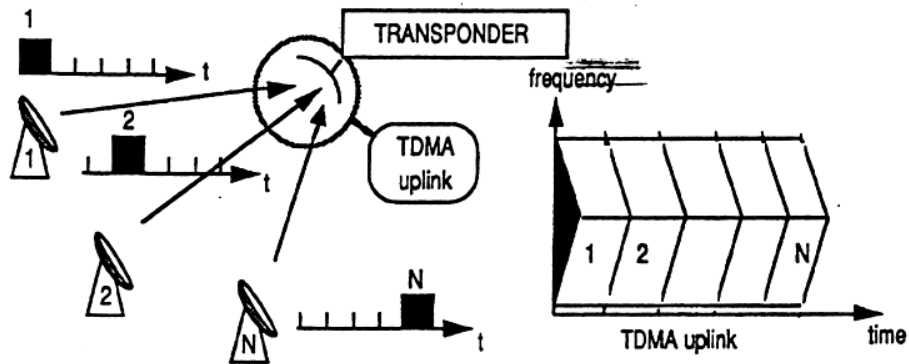
Ở loại đa truy nhập này, ngay cả khi có nhiều tín hiệu điều chế được đưa vào một bộ phát đáp, thì trạm mặt đất thu có thể tách tín hiệu cần thu từ các tín hiệu khác bằng cách sử dụng một mã bit đặc biệt, thực hiện được giải điều chế.

SDMA (Space Division Multiple Access) là một phương pháp đa truy nhập trong đó các búp sóng anten chùm hẹp được chuyển từ hướng này sang hướng khác, hay có nhiều búp sóng theo các hướng khác nhau

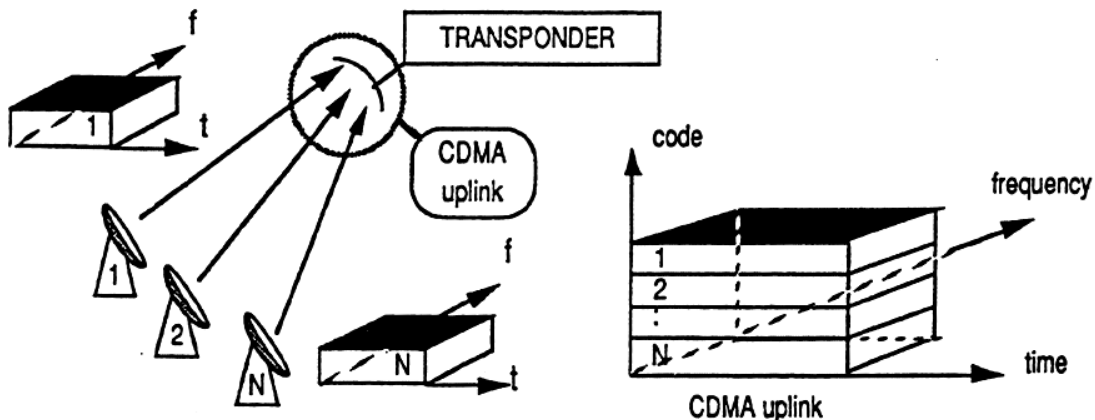
Về cơ bản, các sóng mang được tái sử dụng lại tại các vị trí khác nhau



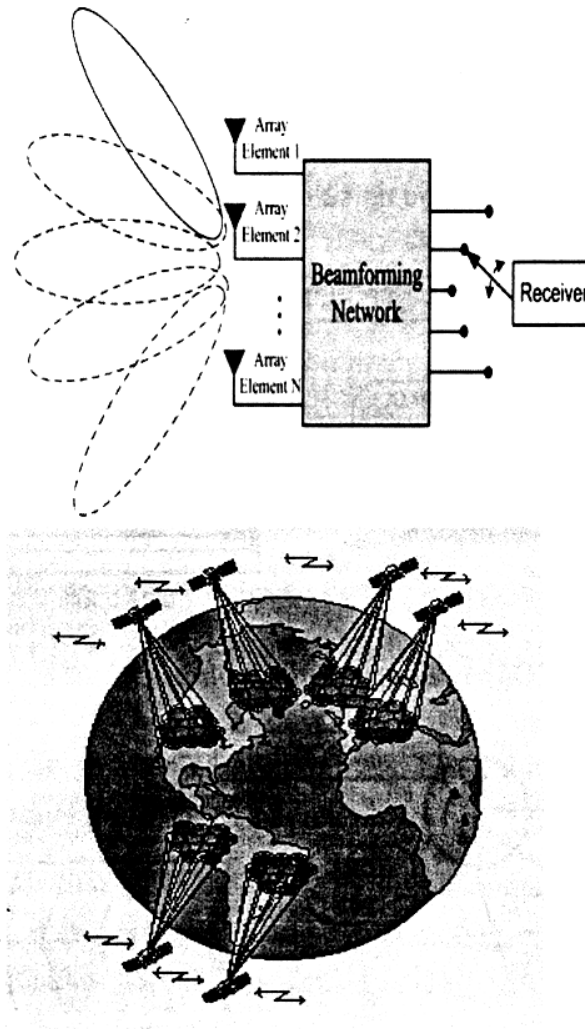
Hình 6.22: FDMA (Đa truy nhập phân chia theo tần số)



Hình 6.23: TDMA (Đa truy nhập phân chia theo thời gian)



Hình 6.2: CDMA (Đa truy nhập phân chia theo mã)



Hình 6.25: SDMA (Space Division Multiple Access)
với búp sóng có thể xoay được

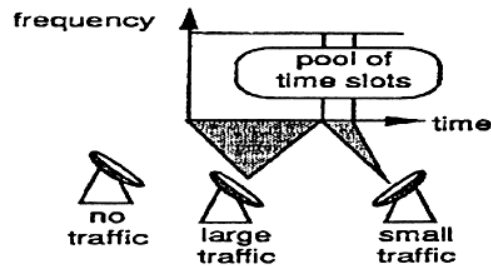
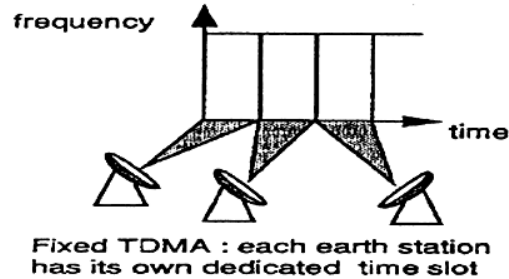
❖ Phân chia đa truy cập theo phân phối kênh

Nếu xét đa truy nhập theo quan điểm phân phối kênh thì có thể được chia ra đa truy nhập phân phối trước (cố định) và đa truy nhập phân phối theo yêu cầu (linh hoạt)

Đa truy nhập phân phối trước (FAMA – Fixed Assigned Multiple Access) các kênh vệ tinh được phân bố cố định cho các trạm mặt đất khác nhau, bất chấp có hay không có các cuộc gọi phát đi.

Đa truy nhập phân phối theo yêu cầu (DAMA – Demand Assigned Multiple Access): là phương pháp truy nhập trong đó các kênh vệ tinh được sắp xếp lại mỗi khi có yêu cầu thiết lập kênh đưa ra từ các trạm mặt đất liên quan.

Đa truy nhập phân phối theo yêu cầu cho phép sử dụng hiệu quả dung lượng kênh của vệ tinh, đặc biệt khi nhiều trạm mặt đất có dung lượng kênh nhỏ sử dụng chung một bộ phát đáp.



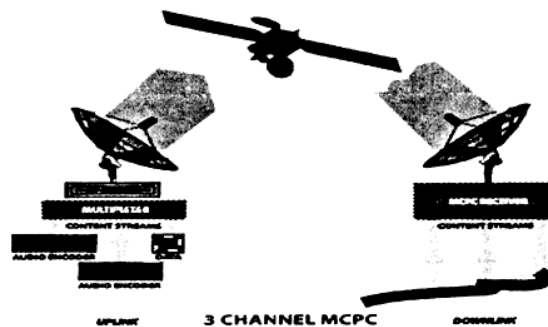
Hình 6.26: TDMA kiểu phân phối trước (FAMA)

Và TDMA kiểu phân phối theo yêu cầu (DAMA)

❖ Phân chia đa truy cập theo số kênh trên một sóng mang

Nếu xét theo quan điểm ghép kênh thì có thể được chia ra SCPC và MCPC

- SCPC (Single Channel Per Carrier)
- MCPC (Multiple Channel Per Carrier) (Các tín hiệu được ghép kênh trước khi điều chế sóng mang)



Hình 6.27: MCPC (Multiple Channel Per Carrier)