

HỆ THỐNG VI BA SÔ

CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG VI BA SỐ

GIỚI THIỆU CHƯƠNG

Chương này trình bày tổng quan về các vấn đề sau:

- + Khái niệm và đặc điểm chung của các hệ thống vi ba số
- + Phân loại các hệ thống Vi ba số
- + Các ưu, nhược điểm của hệ thống Vi ba số
- + Các mạng Vi ba số điểm-point và point-multiple point
- + Điều chế và giải điều chế
- + Phương pháp giảm độ rộng băng tần truyền trong hệ thống Vi ba số
- + Các mã truyền dẫn phổ biến trong hệ thống

1.1 ĐẶC ĐIỂM

Thông tin vi ba số là một trong 3 phương tiện thông tin phổ biến hiện nay (bên cạnh thông tin vệ tin và thông tin quang). Hệ thống vi ba số sử dụng sóng vô tuyến và biến đổi các đặc tính của sóng mang vô tuyến bằng những biến đổi gián đoạn và truyền trong không trung. Sóng mang vô tuyến được truyền đi có tính định hướng rất cao nhờ các anten định hướng.

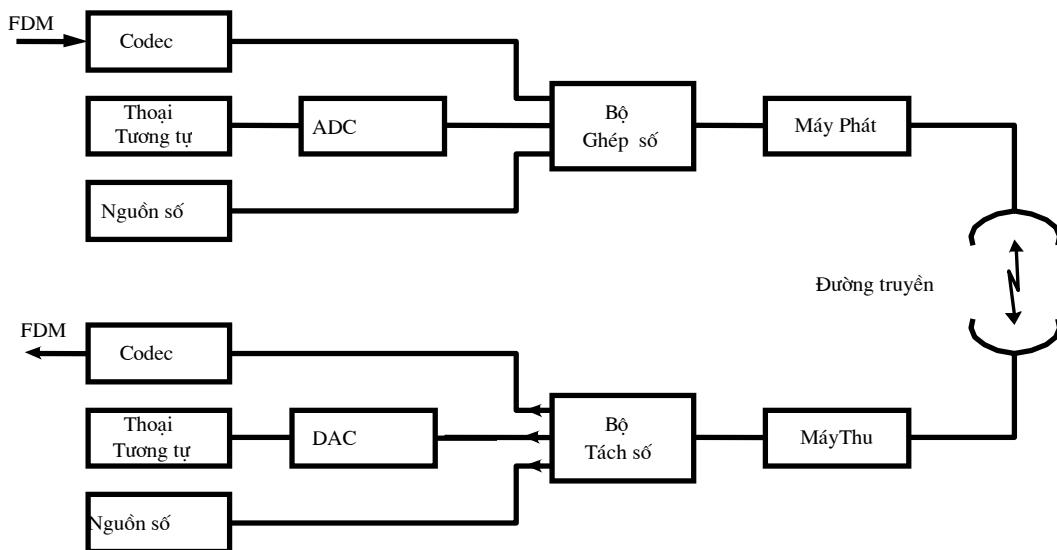
Hệ thống Vi ba số là hệ thống thông tin vô tuyến số được sử dụng trong các đường truyền dẫn số giữa các phân tử khác nhau của mạng vô tuyến. Hệ thống Vi ba số có thể được sử dụng làm:

- + Các đường trung kế số nối giữa các tổng đài số.
- + Các đường truyền dẫn nối tổng đài chính đến các tổng đài vệ tinh.
- + Các đường truyền dẫn nối các thuê bao với các tổng đài chính hoặc các tổng đài vệ tinh.
- + Các bộ tập trung thuê bao vô tuyến.
- + Các đường truyền dẫn trong các hệ thống thông tin di động để kết nối các máy di động với mạng viễn thông.

Các hệ thống truyền dẫn Vi ba số là các phân tử quan trọng của mạng viễn thông, tầm quan trọng này ngày càng được khẳng định khi các công nghệ thông tin

vô tuyến mới như thông tin di động được đưa vào sử dụng rộng rãi trong mạng viễn thông.

1.1 MÔ HÌNH HỆ THỐNG VI BA SỐ



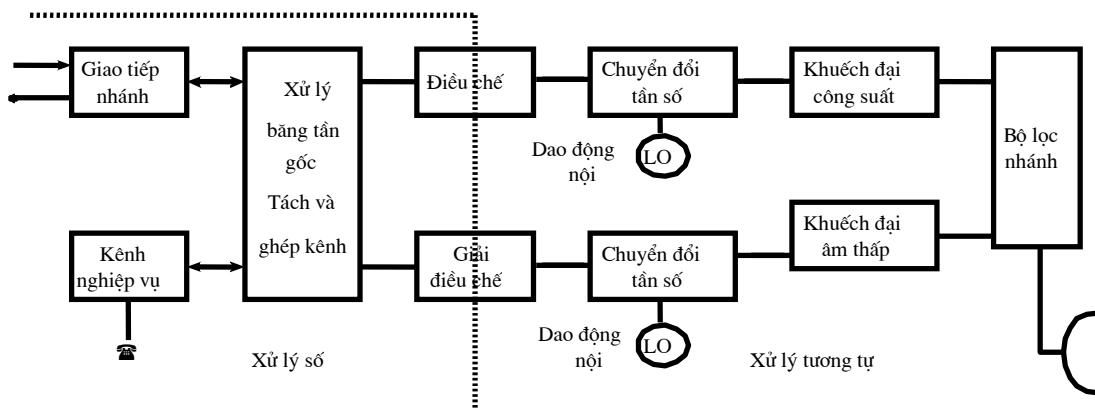
Hình 1.1 Mô hình của hệ thống vi ba số tiêu biểu

Một hệ thống vi ba số bao gồm một loạt các khối xử lý tín hiệu. Các khối này có thể được phân loại theo các mục sau đây:

- + Biến đổi tín hiệu tương tự thành tín hiệu số
- + Tập hợp các tín hiệu số từ các nguồn khác nhau thành tín hiệu bằng tần gốc
- + Xử lý tín hiệu bằng gốc để truyền trên kênh thông tin
- + Truyền tín hiệu bằng gốc trên kênh thông tin
- + Thu tín hiệu bằng gốc từ kênh thông tin
- + Xử lý tín hiệu bằng gốc thu được để phân thành các nguồn khác nhau tương ứng
- + Biến đổi tín hiệu số thành các tín hiệu tương tự tương ứng
- Biến đổi ADC và DAC có thể được thực hiện bằng một trong các phương pháp sau đây: Điều và giải điều xung mã (PCM); xung mã Logarit (Log(PCM)); xung mã vi sai (DPCM); xung mã vi sai tự thích nghi (ADPCM); Điều và giải điều delta (DM); Delta tự thích nghi (ADM).
- Tập hợp các tín hiệu số từ các nguồn khác nhau thành tín hiệu bằng gốc và phân chia tín hiệu số từ tín hiệu bằng gốc được thực hiện nhờ quá trình ghép-tách. Có hai hệ thống ghép-tách chủ yếu: theo thời gian TDM và theo tần số FDM. Trong FDM

có các tập hợp nhóm, siêu nhóm, chủ nhóm hoặc 16 siêu nhóm. FDM của các kênh âm tần thường cần thiết giao tiếp với hệ thống truyền dẫn số (nhờ các bộ Codec)

- Việc xử lý tín hiệu băng gốc thành dạng sóng vô tuyến thích hợp để truyền trên kênh thông tin phụ thuộc vào môi trường truyền dẫn vì mỗi môi trường truyền dẫn có đặc tính và hạn chế riêng. Việc xác định sơ đồ điều chế và giải điều chế thích hợp yêu cầu độ nhạy của thiết bị tương ứng với tỉ lệ lỗi bit BER cho trước ở tốc độ truyền dẫn nhất định, phụ thuộc vào độ phức tạp cũng như giá thành của thiết bị.



Hình 1.2. Sơ đồ khối thiết bị thu phát vi ba số.

1.2 PHÂN LOẠI

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

- + Vi ba số băng hẹp (tốc độ thấp): được dùng để truyền các tín hiệu có tốc độ 2Mbit/s, 4 Mbit/s và 8 Mbit/s, tương ứng với dung lượng kênh thoại là 30 kênh, 60 kênh và 120 kênh. Tân số sóng vô tuyến (0,4 - 1,5)GHz.
- + Vi ba số băng trung bình (tốc độ trung bình): được dùng để truyền các tín hiệu có tốc độ từ (8-34) Mbit/s, tương ứng với dung lượng kênh thoại là 120 đến 480 kênh. Tân số sóng vô tuyến (2 - 6)GHz.
- + Vi ba số băng rộng (tốc độ cao): được dùng để truyền các tín hiệu có tốc độ từ (34-140) Mbit/s, tương ứng với dung lượng kênh thoại là 480 đến 1920 kênh. Tân số sóng vô tuyến 4, 6, 8, 12GHz.

1.4 MỘT SỐ ƯU ĐIỂM CỦA HỆ THỐNG VI BA SỐ

1. Nhờ các phương thức mã hoá và ghép kênh theo thời gian dùng các vi mạch tích hợp cỡ lớn nên thông tin xuất phát từ các nguồn khác nhau như điện thoại, máy tính, facsimile, telex, video... được tổng hợp thành luồng bit số liệu tốc độ cao để truyền trên cùng một sóng mang vô tuyến.
2. Nhờ sử dụng các bộ lặp tái sinh luồng số liệu nên tránh được nhiễu tích luỹ 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.
3. Nhờ có tính chống nhiễu tốt, các hệ thống vi ba số có thể hoạt động tốt với tỉ số sóng mang / nhiễu (C/N) > 15dB. Trong khi đó hệ thống vi ba tương tự yêu cầu (C/N) lớn hơn nhiều (> 30dB, 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.
4. Cùng một dung lượng truyền dẫn, công suất phát cần thiết nhỏ hơn so với hệ thống tương tự làm 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.

1.5 MỘT SỐ KHUYẾT ĐIỂM CỦA HỆ THỐNG VI BA SỐ

1. Khi áp dụng hệ thống truyền dẫn số, phổ tần tín hiệu thoại rộng hơn so với hệ thống tương tự.
2. 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 tuy chất lượng kém
3. Hệ thống này dễ bị ảnh hưởng của méo phi tuyến do các đặc tính bão hòa, do các linh kiện bán dẫn gây nên, đặc tính này không xảy ra cho hệ thống tương tự FM

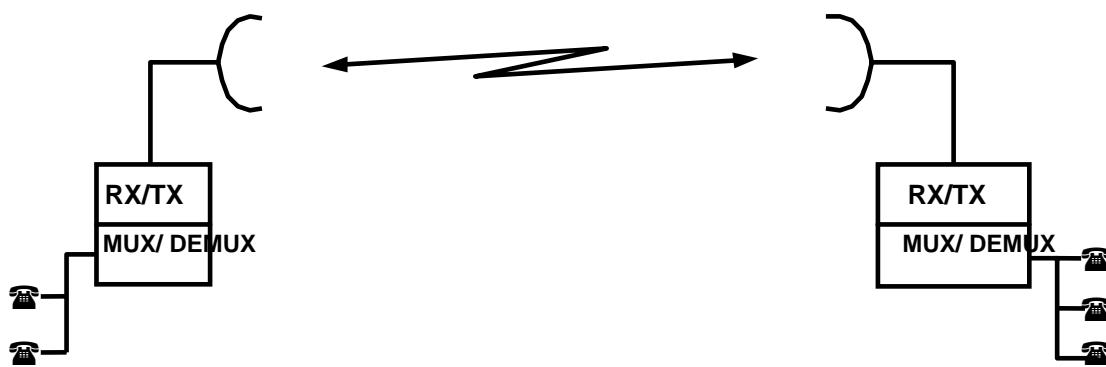
Các vấn đề trên đã được khắc phục nhờ áp dụng các tiến bộ kỹ thuật mới như điều chế số nhiều mức, dùng thiết bị dự phòng (1+n) và sử dụng các mạch bảo vệ.

1.6 CÁC MẠNG VI BA SỐ

Thường các mạng vi ba số được nối cùng với các trạm chuyển mạch như là một bộ phận của mạng trung kế quốc gia hoặc trung kế riêng, hoặc là nối các tuyến nhánh xuất phát từ trung tâm thu thập thông tin khác nhau đến trạm chính. (ứng dụng trong các trung tâm chuyển mạch hoặc tổ chức các mạng Internet)

1.6.1 Vi ba số điểm nối điểm

Mạng vi ba số điểm nối điểm hiện nay được sử dụng phổ biến. Trong các mạng đường dài thường dùng cáp sợi quang còn các mạng quy mô nhỏ hơn như từ tỉnh đến các huyện hoặc các ngành kinh tế khác người ta thường sử dụng cấu hình vi ba số điểm-điểm dung lượng trung bình hoặc cao nhằm thỏa mãn nhu cầu của các thông tin và đặc biệt là dịch vụ truyền số liệu. Ngoài ra, trong một số trường hợp vi ba dung lượng thấp là giải pháp hấp dẫn để cung cấp trung kế cho các mạng nội hạt, mạng thông tin di động.



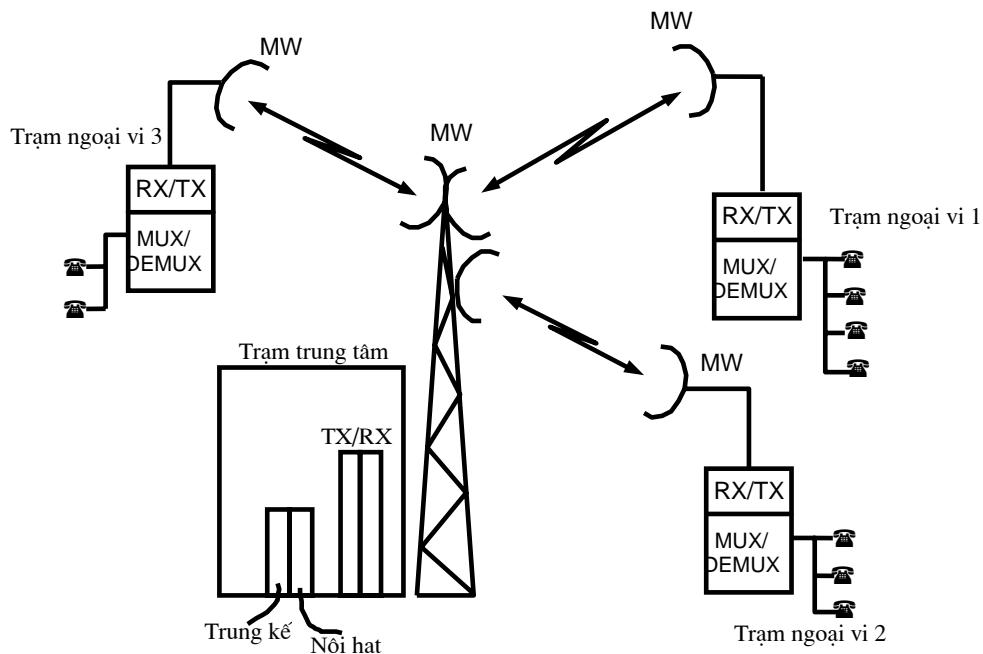
Hình 1.3 Mô hình của hệ thống vi ba số điểm nối điểm tiêu biểu.

1.6.2 Vi ba số điểm nối đến nhiều điểm

Mạng vi ba số này trở thành phổ biến trong một số vùng ngoại ô và nông thôn. Mạng bao gồm một trạm trung tâm phát thông tin trên một an ten đẳng hướng phục vụ cho một số trạm ngoại vi bao quanh. Nếu các trạm ngoại vi này nằm trong phạm vi (bán kính) truyền dẫn cho phép thì không cần dùng các trạm lặp, nếu khoảng cách xa hơn thì sẽ sử dụng các trạm lặp để đưa tín hiệu đến các trạm ngoại vi. Từ đây, thông tin sẽ được truyền đến các thuê bao. Thiết bị vi ba trạm ngoại vi có thể đặt ngoài trời, trên cột.v.v... mỗi trạm ngoại vi có thể được lắp đặt thiết bị cho nhiều trung kế. Khi mật độ cao có thể bổ sung thêm thiết bị; được thiết kế để hoạt động trong các băng tần 1,5GHz -1,8GHz và 2,4GHz sử dụng một sóng mang cho hệ thống hoàn chỉnh.

Hiện nay các hệ thống điểm nối đến đa điểm 19GHz đã được chế tạo và lắp đặt ở Châu Âu để cung cấp các dịch vụ số liệu (Kbit/s) Internet trong mạng nội hạt

khoảng cách 10Km. Trạm trung tâm phát tốc độ bit khoảng 8,2Mb/s và địa chỉ mỗi trạm lại sử dụng kỹ thuật TDMA.

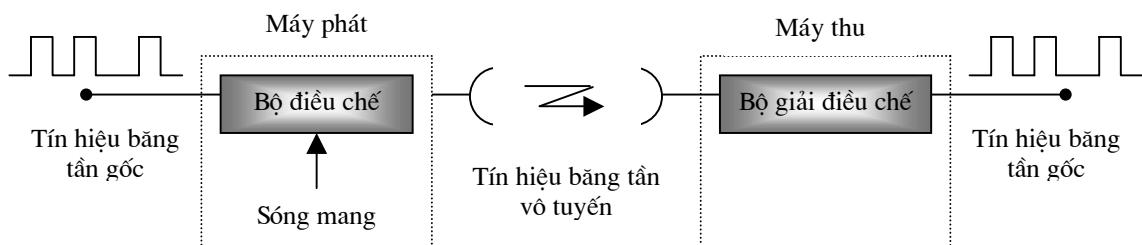


Hình 1.3 Mô hình của hệ thống vi ba số điểm nối điểm tiêu biểu.

1.7. ĐIỀU CHẾ VÀ GIẢI ĐIỀU CHẾ SỐ

1.7.1. Điều chế số

Điều chế số là phương thức điều chế đổi với tín hiệu số mà trong đó 1 hay nhiều thông số của sóng mang được thay đổi theo sóng điều chế. Hay nói cách khác, đó là quá trình gắn tin tức (sóng điều chế) vào một dao động cao tần (sóng mang) nhờ biến đổi 1 hay nhiều hơn 1 thông số nào đó của dao động cao tần theo tin tức. Thông qua quá trình điều chế số, tin tức ở vùng tần số thấp sẽ được chuyển lên vùng tần số cao để có thể truyền đi xa.



Hình 1.4. Sơ đồ mô tả quá trình điều chế và giải điều chế số.

Giả sử có 1 sóng mang hình sin như sau:

$$f_0(t) = A \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi) \quad (1.1)$$

Trong đó:

- + A : biên độ của sóng mang
- + $\omega_0 = 2\pi f_o$: tần số góc của sóng mang
- + f_o : tần số của sóng mang
- + $\varphi(t)$: pha của sóng mang

Tùy theo tham số được sử dụng để mang tin: có thể là biên độ A, tần số f_o , pha $\varphi(t)$ hay tổ hợp giữa chúng mà ta có các kiểu điều chế khác nhau:

+Điều chế khóa dịch biên độ ASK (Amplitude Shift Keying): Sóng điều biên được tạo ra bằng cách thay đổi biên độ của sóng mang tùy thuộc băng gốc. Sóng điều biên được tạo ra bằng cách nhân sóng cao tần hình sin với băng gốc.

+Điều chế khóa dịch tần số FSK (Frequency Shift Keying): Sóng điều biên được tạo ra bằng cách thay đổi tần số sóng mang theo biên độ tín hiệu băng gốc.

+Điều chế khóa dịch pha PSK (Phase Shift Keying): Sóng điều biên được tạo ra bằng cách thay đổi pha sóng mang theo biên độ tín hiệu băng gốc.

+Điều chế biên độ và pha kết hợp hay điều chế cầu phương QAM (Quadrature Amplitude Modulation).

1.7.2. Giải điều chế số

Giải điều chế là quá trình ngược lại với quá trình điều chế, trong quá trình thu được có một trong những tham số: biên độ, tần số, pha của tín hiệu sóng mang được biến đổi theo tín hiệu điều chế và tùy theo phương thức điều chế mà ta có các phương thức giải điều chế thích hợp để lấy lại thông tin cần thiết.

1.7.3. Các phương thức điều chế và giải điều chế số

Hiện nay hầu hết các thiết bị vi ba số đều sử dụng phương pháp điều chế pha (PSK) và điều chế cầu phương (QAM), do vậy chương này trình bày về hai loại điều chế này.

1.7.3.1. Phương thức điều chế PSK

❖ Cơ sở toán học

PSK là phương thức điều chế mà pha của tín hiệu sóng mang cao tần biến đổi theo tín hiệu băng tần gốc.

Biểu thức tín hiệu sóng mang: $f_0(t) = \cos(\omega_0 t + \varphi)$

Biểu thức tín hiệu băng gốc: $s(t)$ là tín hiệu ở dạng nhị phân (0,1) hay là một dãy NRZ (Non-Return Zero).

Khi đó, tín hiệu điều pha PSK có dạng: $P(t) = \cos\{\omega_0 t + \varphi + [s(t). \Delta\phi]/2\}$ (1.2)

Trong đó: $\Delta\phi = 2\pi/n$ là sự sai pha giữa các pha lân cận của tín hiệu.

Biểu diễn tín hiệu theo kiểu câu phương:

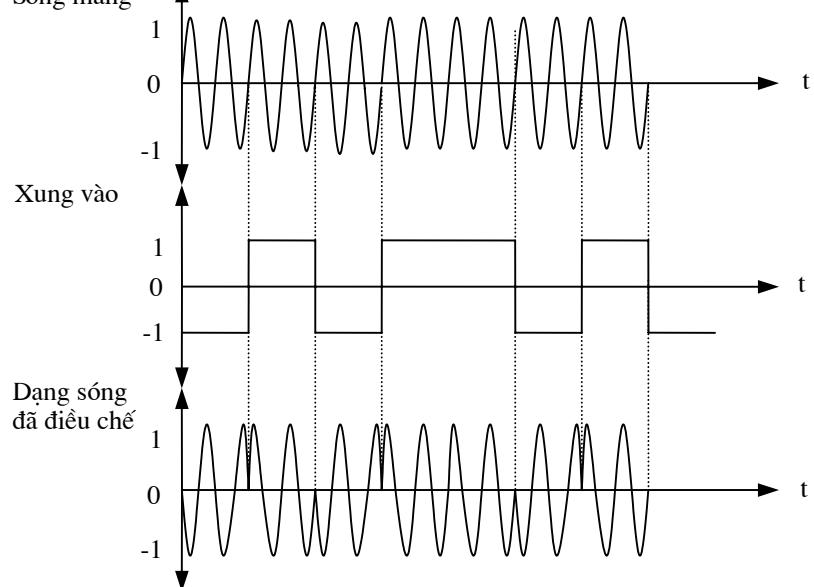
$$\begin{aligned} P(t) &= \cos\{\omega_0 t + \varphi + [s(t). \Delta\phi]/2\} \\ &= \cos\{[s(t). \Delta\phi]/2\} \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi) - \sin\{[s(t). \Delta\phi]/2\} \cdot \sin(\omega_0 t + \varphi) \\ \text{Đặt } &\begin{cases} a(t) = \cos\{[s(t). \Delta\phi]/2\} \\ b(t) = -\sin\{[s(t). \Delta\phi]/2\} \end{cases} \\ P(t) &= a(t) \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi) + b(t) \cdot \sin(\omega_0 t + \varphi) \end{aligned} \quad (1.3)$$

Vậy, tín hiệu điều pha là tổng của hai tín hiệu điều biên vuông góc nhau.

1.7.3.1.1. Điều chế pha 2 mức 2-PSK

Từ biểu thức (4.2), với $n = 2$, $\Delta\phi = \pi$ thì ta có kiểu điều chế 2-PSK hay còn gọi là PSK nhị phân BPSK. Tín hiệu 2-PSK có dạng:

$$P(t) = \cos\{\omega_0 t + \varphi + s(t) \cdot \frac{\pi}{2}\} \quad (1.4)$$



Hình 1.5. Tín hiệu 2PSK

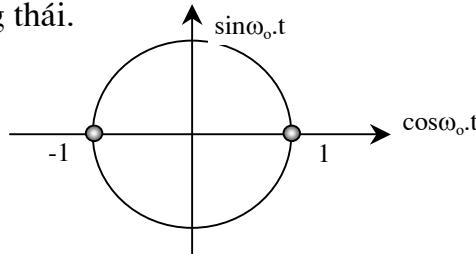
❖ Điều chế

Tín hiệu băng gốc $s(t)$ là xung NRZ lưỡng cực và sơ đồ điều chế này sử dụng một trong hai pha lệch nhau 180° và được gọi là PSK nhị phân (BPSK).

$$+Với các bit 1: P_1(t) = \cos\{\omega_0 t + \varphi + \frac{\pi}{2}\}$$

$$+Với các bit -1: P_{-1}(t) = \cos\{\omega_0 t + \varphi - \frac{\pi}{2}\}$$

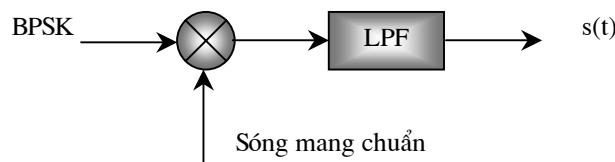
Như vậy, biên độ của tín hiệu BPSK không đổi trong quá trình truyền dẫn, nhưng bị chuyển đổi trạng thái.



Hình 1.6. Biểu đồ vector BPSK, $\varphi = -\frac{\pi}{2}$

❖ Giải điều chế

Tín hiệu 2-PSK được tổng hợp với sóng mang chuẩn thông qua bộ lọc thông thấp để loại bỏ thành phần hài bậc cao cho ta thu được tín hiệu ban đầu.



Hình 1.7. Sơ đồ nguyên lý giải điều chế tín hiệu 2-PSK.

Pha của tín hiệu sóng mang chuẩn bằng với pha của tín hiệu thu nhận được, nên nếu tín hiệu thu là:

$$P(t) = \sqrt{2} \cdot \cos(\omega_0 t \pm \frac{\pi}{2}) = \sqrt{2} \cdot s(t) \cdot \sin \omega_0 t \quad \text{với } s(t) = \pm 1 \quad (1.5)$$

thì tín hiệu chuẩn là: $\pm \sqrt{2} \cdot \sin \omega_0 t$ và tín hiệu giải điều chế là: $\pm s(t)$.

1.7.3.1.2. Điều chế pha 4 trạng thái 4-PSK

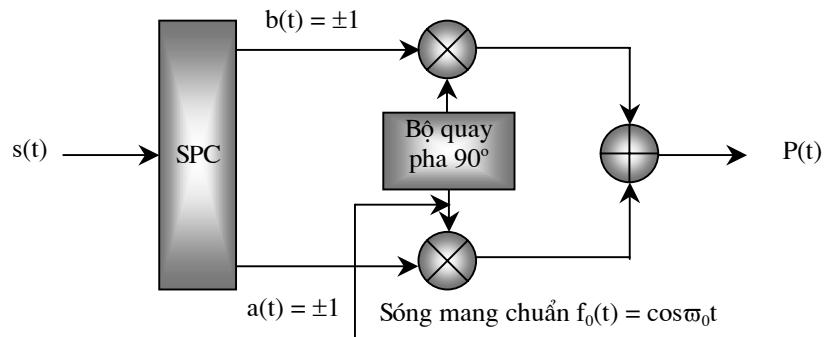
Từ biểu thức (4.2), với $n = 4$, $\Delta\phi = \pi/2$ thì ta có kiểu điều chế 4-PSK hay PSK cầu phương (QPSK). Tín hiệu 4-PSK có dạng:

$$P(t) = \cos\{\omega_0 t + \varphi + s(t) \cdot \frac{\pi}{4}\} \quad (1.6)$$

Tín hiệu băng gốc $s(t)$ là xung NRZ lưỡng cực nhận 4 giá trị.

❖ Điều chế

Sơ đồ nguyên lý bộ điều chế 4-PSK sử dụng một trong 4 pha lệch nhau 90° , được gọi là 4-PSK hay PSK cầu phương (QPSK).



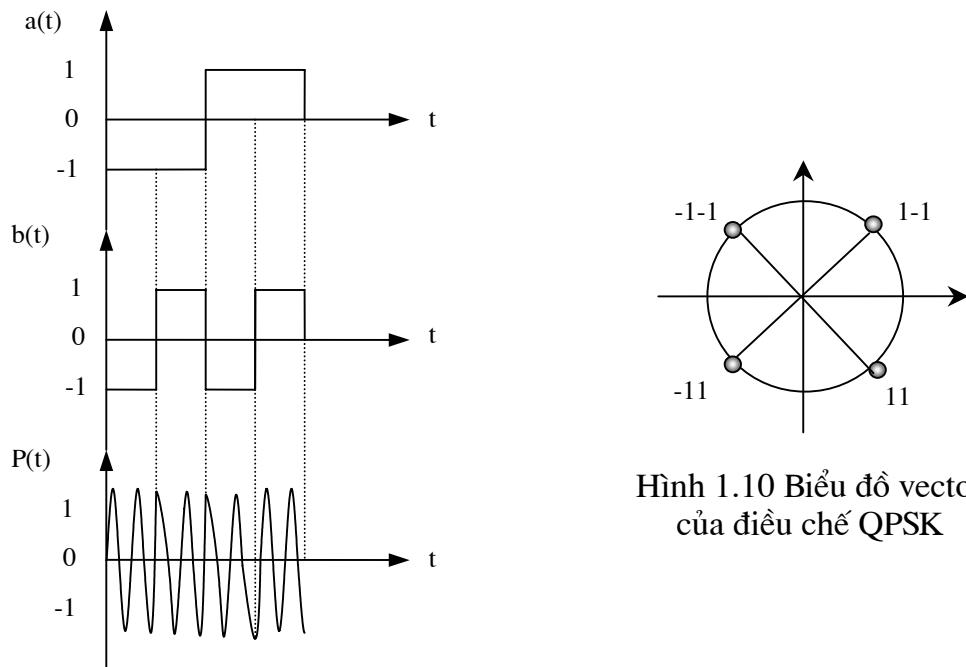
Hình 1.8. Sơ đồ nguyên lý điều chế tín hiệu QPSK.

Tín hiệu băng gốc được đưa vào bộ biến đổi nối tiếp thành song song, đầu ra được hai luồng số liệu có tốc độ bit giảm đi một nữa, đồng thời biến đổi tín hiệu đơn cực thành tín hiệu ± 1 . Hai sóng mang đưa tới hai bộ trộn làm lệch pha nhau 90° . Tổng hợp tín hiệu đầu ra 2 bộ trộn ta được tín hiệu 4-PSK.

Tín hiệu ra ở 2 bộ trộn:

$$M_1(t) = a(t) \cdot \cos \omega_0 t \quad M_2(t) = b(t) \cdot \sin \omega_0 t \quad \text{với } a(t) = \pm 1, b(t) = \pm 1.$$

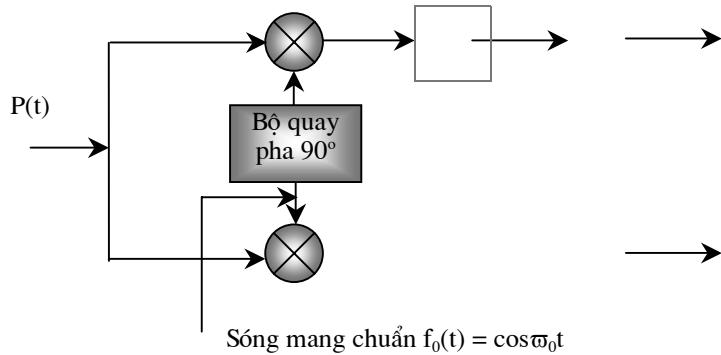
$$\text{Tín hiệu ra 4-PSK là: } P(t) = a(t) \cdot \cos \omega_0 t + b(t) \cdot \sin \omega_0 t \quad (1.7)$$



Hình 1.10 Biểu đồ vector của điều chế QPSK

Hình 1.9. Tín hiệu 4PSK

❖ Giải điều chế



Hình 1.11. Sơ đồ nguyên lý giải điều chế pha 4-PSK.

$$\begin{aligned} \text{Giả sử tín hiệu thu được là: } P(t) &= \sqrt{2} \cdot \cos[\omega_0 t + \frac{\pi}{4} + \varphi(t)] \\ &= a(t) \cdot \cos \omega_0 t + b(t) \cdot \sin \omega_0 t \end{aligned}$$

Với $\varphi(t) = n\pi/2$; $n = 0, 1, 2, 3$. Và $a(t) = \pm 1$, $b(t) = \pm 1$.

Hai tín hiệu chuẩn vào bộ trộn:

$$P_{ref1}(t) = \sqrt{2} \cdot \cos(\omega_0 t + \frac{n\pi}{2})$$

$$P_{ref2}(t) = \sqrt{2} \cdot \sin(\omega_0 t + \frac{n\pi}{2})$$

Tín hiệu sau khi qua các bộ lọc:

$$P_{LPF1}(t) = \cos[\varphi(t) + \frac{\pi}{4} - \frac{n\pi}{2}] = \frac{a(t)}{\sqrt{2}} = \pm \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (1.8.a)$$

$$P_{LPF2}(t) = \sin[\varphi(t) + \frac{\pi}{4} - \frac{n\pi}{2}] = \frac{b(t)}{\sqrt{2}} = \pm \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (1.8.b)$$

1.7.3.1.3. Điều chế pha 8 trạng thái 8-PSK

Từ biểu thức (3.4), với $n = 8$, $\Delta\phi = \pi/4$ thì ta có sóng điều chế 8-PSK. Tín hiệu

8-PSK có dạng: $P(t) = \cos[\omega_0 t + \varphi + s(t) \cdot \frac{\pi}{8}] \quad (1.9)$

Tín hiệu bằng gốc $s(t)$ nhận 8 giá trị.

➤ **Điều chế**

Bộ điều chế 8-PSK là sự kết hợp tín hiệu của 2 bộ điều chế 4-PSK. Sóng mang của 2 bộ điều chế cos một sự sai pha 45° . Một bộ mã hóa biến đổi tín hiệu được tạo ra từ tín hiệu bằng gốc $s(t)$ sau khi đi qua bộ SPC thành các tín hiệu điều chế.

Với $\phi(t) = n\pi/2$; $n = 0, 1, 2, \dots, 7$. Và $a(t) = \pm 1$, $b(t) = \pm 1$.

Tín hiệu chuẩn vào bộ trộn:

$$P_{ref1}(t) = \sqrt{2} \cdot \cos(\omega_0 t + \phi_R), \text{ với: } \phi_R(t) = \frac{n2\pi}{8}$$

Tín hiệu đã được giải điều chế sau khi qua các bộ lọc thông thấp :

$$P_{LPF1}(t) = \cos[\phi(t) + \frac{\pi}{8} - \phi_R - \frac{3\pi}{4}] \quad (1.20.a)$$

$$P_{LPF2}(t) = \cos[\phi(t) + \frac{\pi}{8} - \phi_R - \frac{2\pi}{4}] \quad (1.20.b)$$

$$P_{LPF3}(t) = \cos[\phi(t) + \frac{\pi}{8} - \phi_R - \frac{\pi}{4}] \quad (1.20.c)$$

$$P_{LPF4}(t) = \cos[\phi(t) + \frac{\pi}{8} - \phi_R] \quad (1.20.d)$$

Sau bộ lọc thông thấp là các bộ so sánh nhằm xác định 4 tín hiệu nhị phân. Các mạch logic tạo ra 3 tín hiệu nhị phân từ 4 đường vào bằng các xử lý logic thích hợp.

✓ Nhận xét:

+ Khi số pha tăng lên thì tốc độ bit giảm, điều này sẽ làm giảm băng thông, tiết kiệm được đường truyền dẫn, cho phép truyền được nhiều kênh thông tin.

+ Tuy nhiên, khi số pha tăng lên các tổ hợp bit sẽ càng gần nhau hơn, nghĩa là tăng khả năng mắc lỗi của hệ thống.

Do vậy, trong thông tin số tốc độ cao số trạng thái pha nhiều, để giảm khả năng mắc lỗi có thể sử dụng phương pháp điều chế biên độ cầu phương QAM.

1.7.3.2. Điều chế biên độ cầu phương QAM

Điều chế biên độ cầu phương QAM là phương pháp điều chế kết hợp giữa điều chế biên độ ASK và điều chế pha PSK. Trong phương thức điều chế này, ta thực hiện điều chế biên độ nhiều mức 2 sóng mang mà 2 sóng mang này được dịch pha 1 góc 90° . Tín hiệu tổng của 2 sóng mang này có dạng vừa điều biên vừa điều pha:

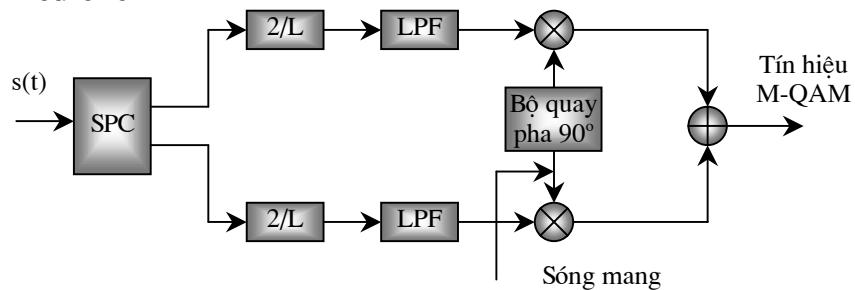
$$Q_1(t) = a(t) \cdot \cos[\omega_o \cdot t + \varphi_1(t)] \text{ và } Q_2(t) = b(t) \cdot \sin[\omega_o \cdot t + \varphi_2(t)]$$

Tín hiệu $s(t)$ là tổng của 2 thành phần $s_s(t)$ và $s_c(t)$ và được biểu diễn như sau:

$$\vec{Q}(t) = \vec{Q}_1(t) + \vec{Q}_2(t) = a(t) \cdot \cos[\omega_o \cdot t + \varphi_1(t)] + b(t) \cdot \sin[\omega_o \cdot t + \varphi_2(t)] \quad (1.21)$$

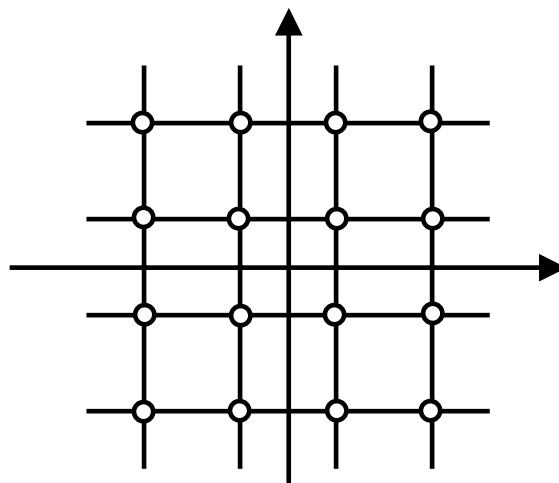
Nhờ có biên độ thay đổi mà các trạng thái pha của sóng mang đã cách xa nhau, do vậy khả năng mắc lỗi sẽ giảm, đây cũng chính là ưu điểm của QAM.

➤ **Điều chế**

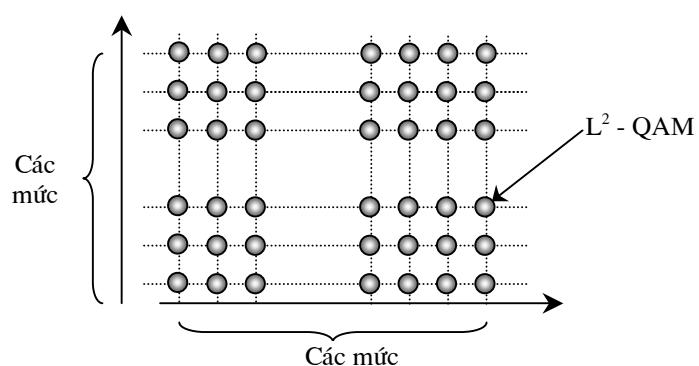


Hình 1.15. Sơ đồ nguyên lý điều chế tín hiệu M-QAM.

Bộ chuyển đổi SPC chuyển đổi tín hiệu điều chế vào thành 2 chuỗi tín hiệu NRZ song song. Bộ biến đổi $2/L$ có chức năng chuyển đổi chuỗi NRZ thành chuỗi tín hiệu có $L = \sqrt{M}$ mức. Với $L = 4$ thì $M = 16$, ta có điều chế 16-QAM, và với $L = 8$ thì $M = 64$, ta có điều chế 64-QAM.



Hình 1.16. Biểu đồ không gian tín hiệu 16QAM



Hình 1.17. Biểu đồ không gian tín hiệu QAM nhiều trạng thái.

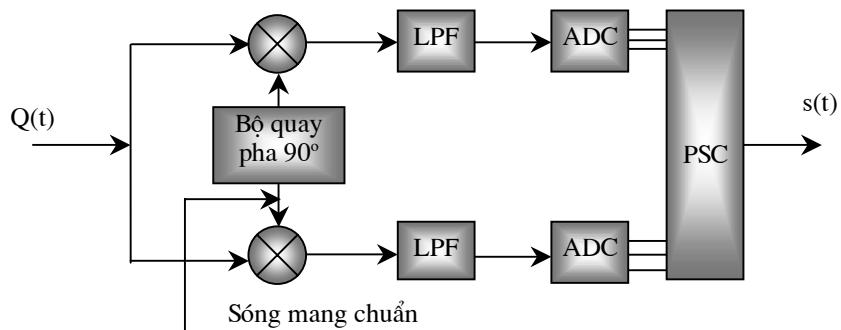
➤ Giải điều chế

Tín hiệu M-QAM vào: $Q(t) = a(t).\cos \omega_0 t + b(t).\sin \omega_0 t$

Tín hiệu chuẩn: $Q_{ref1}(t) = 2.\cos \omega_0 t$ và $Q_{ref2}(t) = 2.\sin \omega_0 t$

Sau khi loại bỏ thành phần hài bậc cao ở các bộ lọc thông thấp ta sẽ có:

$$Q_{LPF1}(t) = a(t) \text{ và } Q_{LPF2}(t) = b(t)$$



Hình 1.18. Sơ đồ nguyên lý giải điều chế M-QAM.

Biên độ của tín hiệu giải điều chế có $L = \sqrt{M}$ mức, trong đó M là số trạng thái tín hiệu. Tín hiệu L mức được biến đổi bởi bộ biến đổi ADC thành $n/2$ tín hiệu 2 mức, trong đó $L = 2^{n/2}$ và $M = 2^n$. Với 16-QAM thì $n = 4$, $L = 4$ và với 64-QAM thì $n = 6$, $L = 8$. Từ n tín hiệu này, bộ biến đổi PSC sẽ tạo nên tín hiệu giải điều chế.

1.8 GIẢM ĐỘ RỘNG BĂNG TẦN TRUYỀN BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU CHẾ NHIỀU MỨC.

Theo định lý Nyquist: Độ rộng băng tần của kênh truyền (B) (kênh thông thấp) phải lớn hơn hoặc bằng tốc độ ký hiệu chia 2 ($\frac{r_s}{2}$) để không có hiện tượng giao thoa giữa các ký hiệu.

$$B \geq \frac{r_s}{2} \quad (1.22)$$

$$\text{Trong hệ thống PCM, } r_s = f_s b \quad (1.23)$$

f_s, b : lần lượt là tần số lấy mẫu, số bit trong từ mã.

Thay (1.23) vào (1.22) ta được biểu thức về độ rộng băng tần cần thiết của kênh truyền để tránh hiện tượng giao thoa giữa các ký hiệu như sau:

$$B \geq \frac{r_s}{2} = \frac{f_s b}{2} \quad (1.24)$$

Giả sử ta sử dụng phương pháp điều chế pha M trạng thái. Lúc đó tốc độ ký hiệu giảm $\log_2 M$ lần. Do đó, độ rộng băng tần cần thiết của kênh truyền cũng giảm $\log_2 M$ lần so với điều chế nhị phân hai mức như biểu thức:

$$B \geq \frac{f_s b}{2 \log_2 M} \quad (1.25)$$

Ví dụ: Mã hoá PCM một kênh thoại $f_s = 8\text{KHz}$ với số bit trong từ mã: b = 8bit thì băng tần tối thiểu là: $B_{\min} = \frac{r_s}{2} = \frac{f_s b}{2} = \frac{8.8}{2} = 32\text{KHz}$. Trong khi đó, phương pháp truyền dẫn tín hiệu tương tự yêu cầu băng tần thoại 3,1KHz (0,3-3,4) KHz. Suy ra, phương pháp truyền dẫn tín hiệu số có băng tần xấp xỉ 10 lần so với phương pháp tương tự. Nếu sử dụng phương pháp điều chế 16-PSK có M=16 mức thì băng thông yêu cầu giảm $\log_2 M = \log_2 16 = 4$ lần và tương đương 8 KHz.

1.9 CÁC MÃ TRUYỀN DẪN

Nếu cùng các số liệu được truyền đi liên tục, lỗi có thể phát sinh khi nhận chúng. Vì thế việc phục hồi số liệu cực kỳ khó khăn. Do đó, 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 các yêu cầu sau đây:

- + Phải phối hợp đặc tính phổ của tín hiệu với đặc tính của kênh truyền.
- + Đảm bảo các dãy bit phải độc lập thống kê với nhau để giảm lượng trượt, giảm sự phụ thuộc mẫu do các mẫu lặp gây ra.
- + Đề dễ dàng tách được xung đồng hồ và tái sinh tín hiệu
- + Đảm bảo độ dư cần thiết để giám sát lỗi truyền dẫn và phát hiện được sự cố của thiết bị.
- + Phải duy trì độ dư thừa thông tin ở mức thấp có thể được để giảm tốc độ bít và giảm độ rộng băng tần tín hiệu
- + Giảm thành phần một chiều của tín hiệu đến mức bằng 0.
- + Giảm các thành phần tần số thấp để giảm xuyên âm và kích thước của 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 thường sử dụng các mã lưỡng cực chẵng hạn như mã truyền dẫn HDB3 (mã nhị phân mật độ cao có cực đại 3 số 0 liên tiếp), CMI...

1.9.1 Các mã đường truyền

Trong hệ thống truyền dẫn thông tin Vi ba thường sử dụng các loại mã HDB3, CMI, và do vậy ta chỉ xem xét 2 loại mã này.

- **Mã HDBN (High Density Binary with maximum of 3 consecutive Zeros)**

Mã HDBN là mã lưỡng cực 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 xung phạm luật V và xung phạm luật này sẽ ở tại bit thứ N+1 của các mã số 0 liên tục.

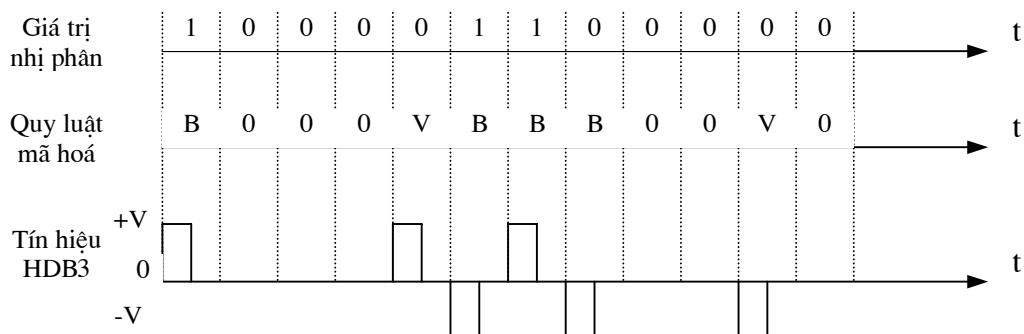
Với loại mã HDBN này thì dạng HDB3 thường được sử dụng trong hệ thống truyền dẫn thông tin vi ba số.

- **Mã HDB3**

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

Quy tắc mã hoá:

- +Mức logic 1 được mã hoá theo mức lưỡng cực.
- +Mức logic 0 được mã hoá theo trạng thái 0 thông thường.
- +Đối với dãy 4 số 0 liên tiếp thì được mã hoá theo một trong 2 trường hợp sau: OOOV hoặc BOOV sao cho số bit B giữa 2 bit V là lẻ.



Hình 1.19. Dạng sóng HDB3.

Mã này khá thông dụng và ITU-T khuyến nghị sử dụng ở tốc độ bit 2,048Mbps; 8,448Mbps; 34,368Mbps theo tiêu chuẩn châu Âu (khuyến nghị G-703).

➤ Mã CMI (Code Mark Inversion)

Mã CMI là mã đảo dấu mã, đây chính là loại NRZ 2 mức.

Quy tắc mã hoá:

+Mức logic 0 được mã hoá thành các sóng vuông dương - âm hoặc âm - dương nhưng mỗi mức chỉ chiếm 1 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 1 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).

Ngoài ra, còn nhiều mã khác như: mã Wal1, mã Wal2, mã Manchester, mã chuỗi, mã 5B6B,... tuy nhiên chúng không được sử dụng thông dụng.

Theo khuyến nghị G703 về các giao tiếp của CCITT cho chi tiết trớ 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 (Mb/s)	2.048	8.448	34.368	139.246
Loại cáp	S/C	C	C	C
Trớ 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.

CHƯƠNG 2

CÁC CƠ SỞ VỀ SÓNG VÔ TUYẾN

- PHẠM ĐỊNH - THIẾT BỊ VI BA SỐ

2.1 KHÁI NIỆM VỀ SÓNG VÔ TUYẾN

Sóng vô tuyến là sóng điện từ có tần số từ 30KHz đến 300GHz và được chia ra các băng tần LF, HF, VHF, UHF và băng tần cao dùng cho thông tin vệ tinh.

Có hai loại sóng vô tuyến là sóng dọc và sóng ngang. Sóng dọc là sóng lan truyền theo phương chuyển động của nó (tiêu biểu như sóng âm thanh lan truyền trong không khí) còn sóng ngang là sóng điện từ có vectơ cường độ điện trường và từ trường vuông góc với nhau và vuông góc với phương truyền sóng.

Các sóng vô tuyến có thể được truyền từ anten phát đến anten thu bằng hai đường chính: bằng sóng bề mặt và sóng không gian.

2.1.1 Sóng bề mặt

Khi sóng vô tuyến lan truyền dọc theo bề mặt trái đất, thì năng lượng truyền dẫn bị tiêu hao. Mức độ tiêu hao này phụ thuộc vào hằng số điện dẫn và điện môi hiệu dụng của đất. tương tự như khi sóng đi dọc theo đường dây. Khi tần số sóng trên 30MHz đất có tác dụng như một dây dẫn kém gây tiêu hao lớn. Do đó, trong thực tế khi truyền sóng trên mặt đất người ta thường chọn sóng có tần số thấp.

2.1.2 Sóng không gian

Là một loại sóng quan trọng trong thông tin VHF,UHF và SHF. Năng lượng truyền của sóng không gian từ anten phát đến anten thu theo ba đường truyền tương ứng với sóng trực tiếp, sóng phản xạ từ mặt đất và sóng phản xạ từ tầng đối lưu.

Bầu khí quyển chia ra làm 3 tầng:

- + Tầng đối lưu: là lớp khí quyển từ mặt đất lên đến độ cao khoảng (10 - 15)km. Càng lên cao mật độ phân tử khí càng giảm, làm thay đổi phương truyền của các tia sóng. Tầng này thích hợp cho việc truyền sóng ngắn.
- + Tầng bình lưu: là lớp khí quyển nằm trong miền từ tầng đối lưu lên đến độ cao khoảng 60km, tầng này có mật độ phân tử khí thấp, chiết suất khí có tác dụng làm khúc xạ tia sóng, đổi phương truyền, làm cho các tia sóng phát từ mặt đất lên tầng

bình lưu sẽ bị đổi phương truyền quay về mặt đất. Do vậy rất thích hợp cho việc truyền sóng cực ngắn.

+ **Tầng điện ly:** là tầng khí quyển cao nằm từ độ cao (60 - 2000)km, miền này hấp thụ nhiều tia tử ngoại có năng lượng lớn, các tia này có tác dụng phân ly các phân tử khí trở thành các ion tự do, ở tầng này mật độ phân tử khí giảm thấp. Khi tia sóng được phát lên gần tầng điện ly thì cũng bị phản xạ bẻ cong và quay trở lại mặt đất do vậy rất thích hợp cho việc truyền sóng ngắn.

+ **Sóng trực tiếp**

Là sóng truyền trực tiếp từ anten phát đến anten thu không bị phản xạ trên đường truyền. Trong điều kiện truyền lan bình thường, nó có biên độ lớn nhất so với các sóng khác đến máy thu.

+ **Sóng phản xạ đất**

Sóng này đến an ten thu sau lúc phản xạ một vài lần từ mặt đất hoặc từ các vật thể xung quanh. Sự phản xạ không những chỉ xuất hiện trên mặt phẳng đứng mà còn có thể xuất hiện trên mặt phẳng ngang. Sóng phản xạ tới anten thu có biên độ và pha khác với biên độ và pha của sóng trực tiếp, làm tín hiệu thu không ổn định.

Nếu hiệu khoảng cách đường truyền của tia phản xạ và tia trực tiếp bằng số lẻ lần nửa bước sóng thì ở anten thu sóng phản xạ lệch pha với sóng trực tiếp một góc 180^0 và kết quả làm suy giảm tín hiệu sóng trực tiếp, đến một mức độ nào đó phụ thuộc vào biên độ của sóng phản xạ.

+ **Sóng phản xạ tầng đối lưu**

Do thay đổi chỉ số khúc xạ của không khí theo độ cao so với mặt đất, nên sóng có thể bị phản xạ, tuỳ theo góc sóng tới có thể xảy ra phản xạ toàn phần từ tầng đối lưu. Trong trường hợp này xuất hiện một biên giới có tác dụng giống như một bê mặt phản xạ, gửi sóng trở lại mặt đất. Một số tia này sẽ đến an ten thu, có thể làm suy giảm sóng trực tiếp do sự thay đổi pha và biên độ gây ra. Sóng truyền theo tầng đối lưu có thể lan rộng đến 10 dặm (khoảng 15km).

2.2 CÁC NHÂN TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN SỰ TRUYỀN LAN SÓNG VÔ TUYẾN

2.2.1 Suy hao khi truyền lan trong không gian tự do

Khoảng không mà trong đó các sóng truyền lan bị suy hao được gọi là không gian tự do. Mức suy hao của sóng vô tuyến được phát đi từ anten phát đến anten thu

trong không gian tự do tỷ lệ thuận với khoảng cách giữa hai anten và tỉ lệ nghịch với độ dài bước sóng. Suy hao này gọi là suy hao truyền lan trong không gian tự do, được tính như sau:

$$L_o = 20 \log\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right) \quad [\text{dB}] \quad (2.1)$$

$d[\text{m}], \lambda [\text{m}]$: lần lượt là khoảng cách truyền dẫn và bước sóng của sóng vô tuyến.

2.2.2 Ảnh hưởng của pha định và mưa

Pha định được định nghĩa là sự thay đổi cường độ tín hiệu sóng mang cao tần thu được do sự thay đổi khí quyển và phản xạ đất, nước trong đường truyền sóng.

Thực tế cho thấy ảnh hưởng do mưa và pha định nhiều tia là những ảnh hưởng lan truyền chủ yếu đối với các tuyến vô tuyến tầm nhìn thẳng trên mặt đất làm việc trong dải tần GHz. Vì chúng quyết định các tổn hao truyền dẫn và do đó quyết định khoảng cách lặp cùng với toàn bộ giá thành của một hệ vô tuyến chuyển tiếp. Pha định nhiều tia tăng khi độ dài của tuyến tăng tuy nhiên nó không phụ thuộc nhiều vào tần số. Còn tiêu hao do mưa tăng lên khi tần số tăng. Chẳng hạn, đối với các tuyến sử dụng tần số trên 35GHz thường suy hao do mưa lớn do đó để đảm bảo chất lượng tín hiệu truyền dẫn thì các khoảng cách lặp thường chọn dưới 20km, ngoài ra việc giảm độ dài đường truyền sẽ làm giảm các ảnh hưởng của pha định nhiều tia.

Vậy đối với các đường truyền dài và có tần số hoạt động thấp thì pha định nhiều tia là ảnh hưởng chính. Còn đối với các tuyến ngắn và có tần số hoạt động cao hơn thì tiêu hao do mưa là ảnh hưởng chủ yếu.

Bảng 2.1 Kết quả thực nghiệm về suy hao do hơi nước - khí hậu theo tần số sóng vô tuyến của Alcatel.

	Suy hao dB/km			
	6GHz	10GHz	20GHz	40GHz
Mưa vừa 0,25mm/h	≈ 0	≈ 0	0,013	0,07
Mưa lớn 5mm/h	0,012	0,08	0,45	1,5
Bão 50mm/h	0,22	1,2	5,5	13
Bão lớn 150mm/h	1,2	5,5	18	27

Cùng mức dự trữ phadinh 40dB, một đường truyền vi ba ở dải tần 38GHz sẽ bị mất đi hoàn toàn do bão lớn, trong khi tuyến vi ba làm việc ở tần số 6GHz vẫn tiếp tục hoạt động bình thường.

2.2.4 Sự can nhiễu của sóng vô tuyến

Thông thường nhiễu xảy ra khi có thành phần can nhiễu bên ngoài trộn vào sóng thông tin. Sóng can nhiễu có thể trùng hoặc không trùng tần số với sóng thông tin. Chẳng hạn hệ thống Vi ba số đang sử dụng bị ảnh hưởng bởi sự can nhiễu từ các hệ thống vi ba số lân cận nằm trong cùng khu vực, có tần số sóng vô tuyến trùng hoặc gần bằng tần số của hệ thống này, ngoài ra nó còn bị ảnh hưởng bởi các trạm mặt đất của các hệ thống thông tin vệ tinh lân cận.

2.3 PHA ĐỊNH

Pha định là sự biến đổi cường độ tín hiệu sóng mang cao tần tại anten thu do có sự thay đổi không đồng đều về chỉ số khúc xạ của khí quyển, các phản xạ của đất và nước trên đường truyền sóng vô tuyến đi qua. Sự biến đổi này là yếu tố xấu đối với thống thông tin vi ba.

-Pha định phẳng: làm thay đổi đều tín hiệu sóng mang trong một dải tần số (thay đổi giống nhau đối với các tần số trong dải).

-Pha định lựa chọn tần số: làm thay đổi tín hiệu sóng mang với mức thay đổi phụ thuộc vào tần số, pha định này ảnh hưởng lớn đến tuyến vi ba số dung lượng cao.

Hai loại pha định này có thể xuất hiện độc lập hoặc đồng thời vì vậy dẫn đến làm gián đoạn thông tin. Sự thay đổi tín hiệu tại anten thu do phản xạ nhiều tia gọi là pha định nhiều tia.

2.3.1 Pha định phản xạ đất

Nếu đường truyền vô tuyến đi qua mặt đất hoặc mặt nước có độ phản xạ cao thì pha định do phản xạ mặt đất là pha định chủ yếu so với pha định do phản xạ từ tầng đối lưu. Đặc biệt với các đường truyền ngắn thì phản xạ mặt đất làm cho các tín hiệu thu thăng giáng ngẫu nhiên do các điều kiện khí tượng gây ra làm biến đổi các tham số truyền dẫn.

Nếu đường truyền vô tuyến đi qua các vùng như biển, hồ, các vùng bằng phẳng và ẩm ướt, đầm lầy,... thì các mức tín hiệu phản xạ nhỏ hơn 10dB so với mức tín

hiệu của đường truyền trực tiếp. Nếu trong trường hợp tuyến vô tuyến đi qua địa hình có sương mù bao phủ có thể có sự phản xạ toàn phần.

2.3.2 Các kỹ thuật giảm ảnh hưởng của pha dinh nhiễu tia

Các kỹ thuật được sử dụng để giảm các ảnh hưởng của pha dinh phẳng và pha dinh lựa chọn tần số nhiễu tia là dùng phân tập không gian và phân tập tần số để nâng cao chất lượng của tín hiệu thu.

Phân tập theo không gian cùng với các anten đặt cách nhau theo chiều dọc kết hợp các bộ khử giao thoa phân cực giao nhau. Hiệu quả của kỹ thuật này đảm bảo không làm gián đoạn thông tin, thường được biểu thị bằng một hệ số nâng cao. Nhờ áp dụng kỹ thuật phân tập không gian và phân tập tần số thời gian gián đoạn thông tin giảm nhỏ so với thời gian yêu cầu để hệ thống đạt được chỉ tiêu chất lượng đề ra.

2.3.2.1 Phân tập theo không gian

Định nghĩa: Phân tập theo không gian là kỹ thuật thu hoặc phát một tín hiệu trên 2 anten (hoặc nhiều hơn 2 anten) với cùng một tần số vô tuyến f.

Khoảng cách các anten của máy phát và máy thu được chọn sao cho các tín hiệu riêng biệt được thu không tương quan nhau tương ứng với hệ số tương quan bằng “0”. Trong thực tế không bao giờ đạt được giá trị bằng “0” này. Trong hệ thống thông tin tầm nhìn thẳng người ta đưa ra một công thức bán kinh nghiệm biểu thị hệ số tương quan không gian theo khoảng cách trực đứng:

$$\rho_s = \exp [-0,0021sf(0,4d)^{1/2}] \quad (2.2)$$

Với s: khoảng cách giữa 2 tâm của an ten [m]

f: Tần số sóng vô tuyến [GHz]

d: khoảng cách truyền dẫn [km]

Trong biểu thức này, ta bỏ qua sóng phản xạ đất.

Theo khuyến nghị 376-4 của CCIR, người ta chọn khoảng cách giữa các anten sao cho hệ số tương quan không gian không vượt quá 0,6. Do đó có thể sử dụng hệ số này để làm ngưỡng cho việc sử dụng phân tập.

Khả năng cải thiện tín hiệu thu do sử dụng một cặp anten được xác định bằng độ lợi phân tập Ios

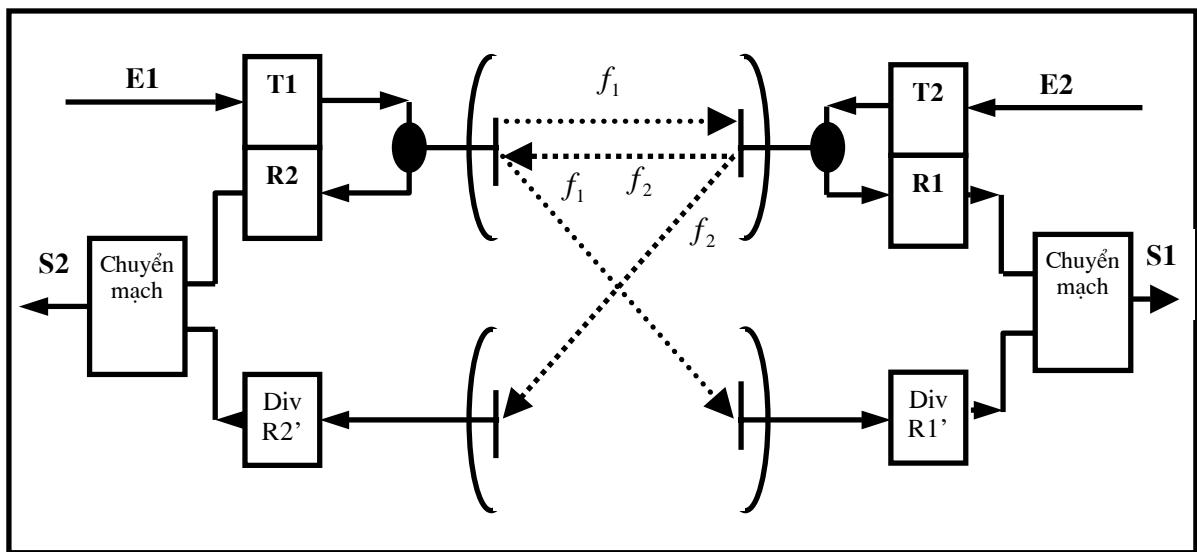
$$Ios = 100 \left(\frac{s}{9} \right)^2 \left(\frac{f}{4} \right) a_r^2 \frac{10^{-4+\frac{F_m}{10}}}{(d/40)} \quad (2.3)$$

trong đó s: khoảng cách giữa 2 tâm của 2 anten [m]
 f: Tần số sóng mang vô tuyến [GHz]
 a_r : Hệ số khuếch đại điện áp tương đối của anten phân tách so với anten chính:

$$a_r = 10^{[(Ad-Am)/20]}$$

 A_d : là hệ số khuếch đại công suất anten phân tách [dB]
 A_m : là hệ số khuếch đại công suất anten chính [dB]
 d: độ dài của tuyến truyền dẫn [Km]
 F_m : độ dự trữ pha định phẳng

Bằng sự mô phỏng nhiều lần tìm được vị trí tốt nhất cho hai anten, khi không thể tính được vị trí, thì khoảng cách hai anten phải lớn hơn 150λ . Thông thường công thức trên tính gần đúng cho một tuyến có chiều dài $(20 \div 70)\text{Km}$ và tần số $(2 \div 11)\text{GHz}$



Hình 2.2 Phân tách theo không gian sử dụng 4 anten.

2.3.2.2 Phân tách theo tần số

Định nghĩa: phân tách theo tần số là kỹ thuật thu hoặc phát một tín hiệu trên hai kênh (hoặc nhiều hơn hai kênh) tần số sóng vô tuyến.

Hệ số cải thiện phân tách tần số có thể tính:

$$Iof = 0,8(1/fd)(\Delta f/f) 10^{FM/10} \quad (2.4)$$

Trong đó: f : là tần số trung tâm của băng tần [GHz]

d: độ dài của đường truyền [km]

$\Delta f/f$: là khoảng cách tần số tương đối biểu thị bằng %

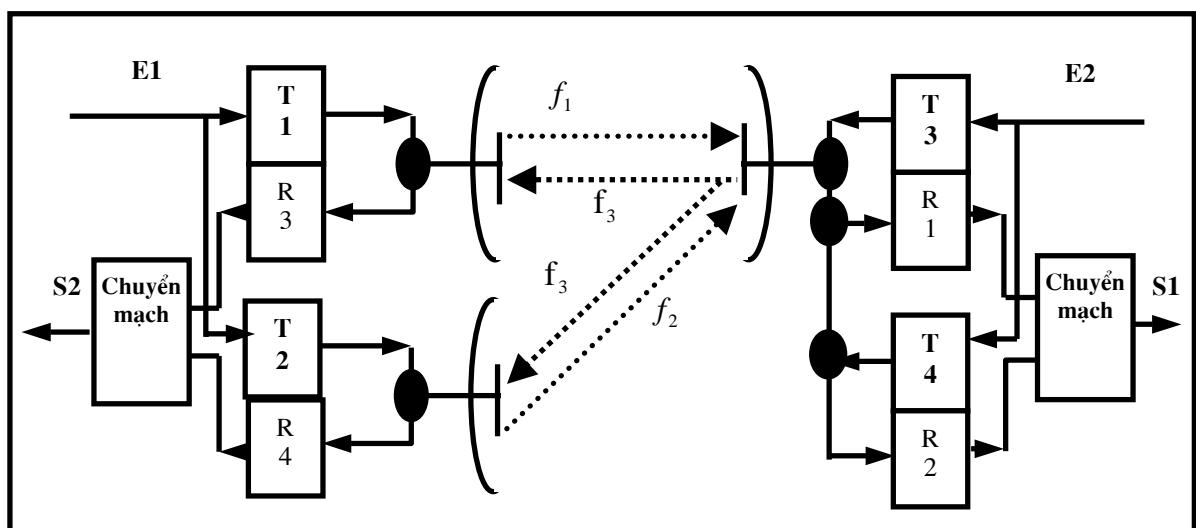
F_m : là độ dự trữ pha định [dB]

Phương trình trên đúng với các giá trị tham số sau:

$$2\text{GHz} < f < 11\text{GHz}; \quad 30\text{km} < d < 70\text{km}; \quad \Delta f/f \leq 5\%; \quad I_{\text{of}} \geq 5$$

Mặc dù các hệ thống thông tin vô tuyến số phân tập theo tần số có thể cho các hệ số cải thiện tốt hơn nhưng việc sử dụng phổ tần không đạt hiệu quả cao.

Ngoài ra để tăng hiệu quả chống pha định người ta sử dụng kết hợp phân tập không gian và tần số.



Hình 2.3. Phân tập không gian và tần số sử dụng 3 anten.

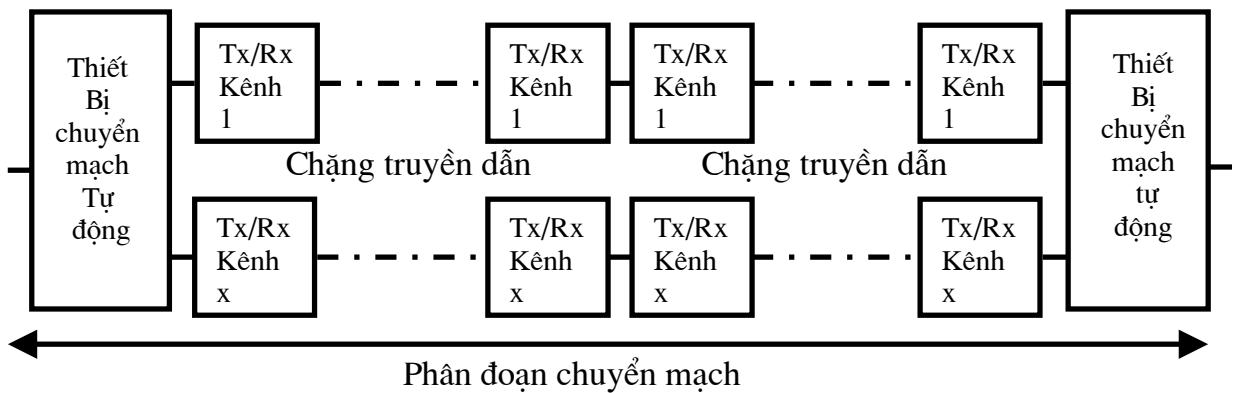
2.3.2.3 Chuyển mạch bảo vệ

Mục đích của chuyển mạch bảo vệ là để nâng cao độ khả dụng của hệ thống bằng cách chuyển sang kênh dự phòng khi có hiện tượng sự cố thiết bị chính. Ngoài ra cũng có thể đạt được lợi ích khác khi thiết bị bảo vệ chống lại sự gián đoạn thông tin do pha định lựa chọn tần số gây ra bằng cách chuyển sang hệ thống dự phòng. (Nghĩa là kênh dự phòng được sử dụng khi kênh chính bị sự cố hoặc bị gián đoạn thông tin do pha định).

Chất lượng và khả năng sẵn sàng của hệ thống vi ba số có thể nâng cao nhờ sử dụng một hay 2 kênh dự phòng để thay thế có các kênh bị sự cố nhờ thiết bị chuyển mạch tự động. Thông thường khi số kênh truyền dẫn nhỏ hơn hoặc bằng 7 ($n \leq 7$) thì dùng một kênh dự phòng, tương ứng với cấu hình $(n+1)$. Trong thực tế dùng cấu

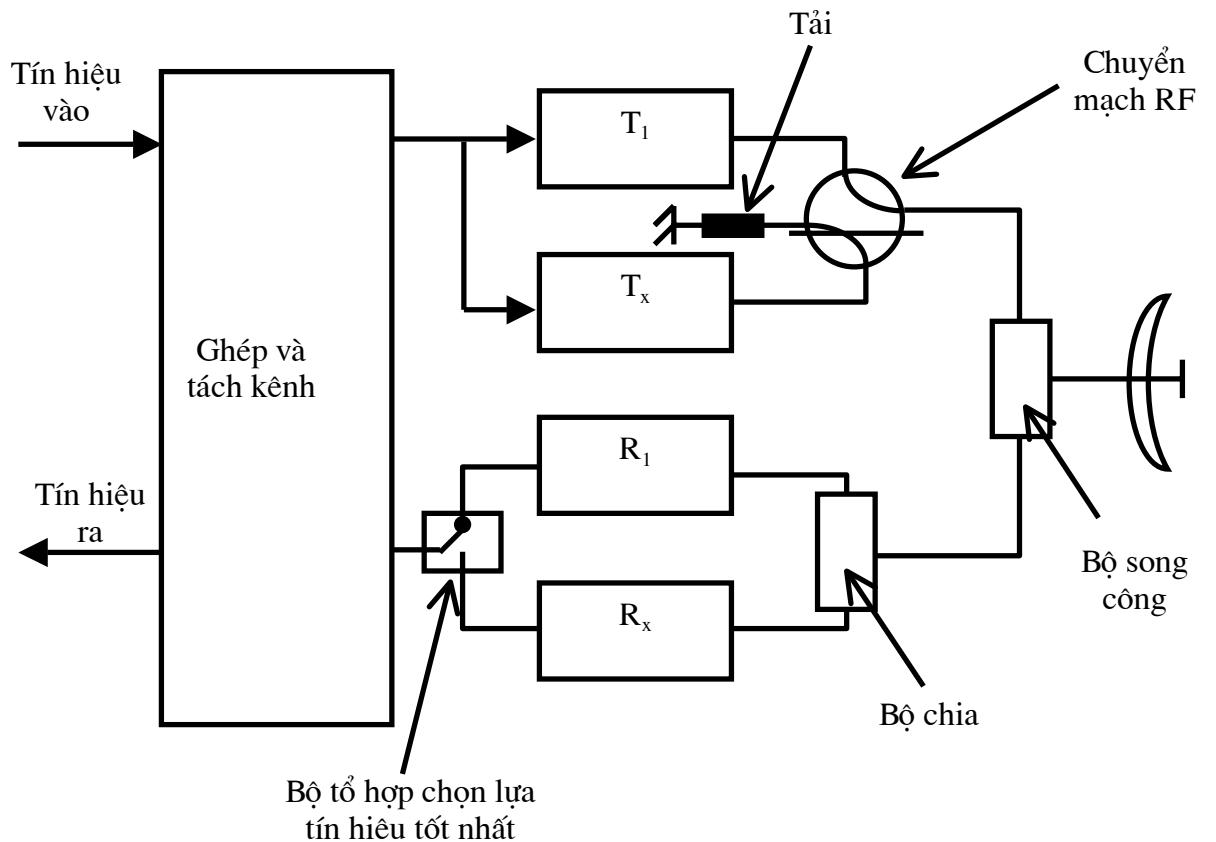
hình (1+1) gồm một kênh truyền dẫn và một kênh dự phòng nóng HSB (Hot Standby), có thể hoạt động ở cao tần RF hoặc trung tần IF.

Hình 2.4 mô tả một tuyến vi ba số có chuyển mạch bảo vệ bằng kênh dự phòng



Hình 2.4 Nâng cao độ an toàn cho tuyến bằng kênh dự phòng

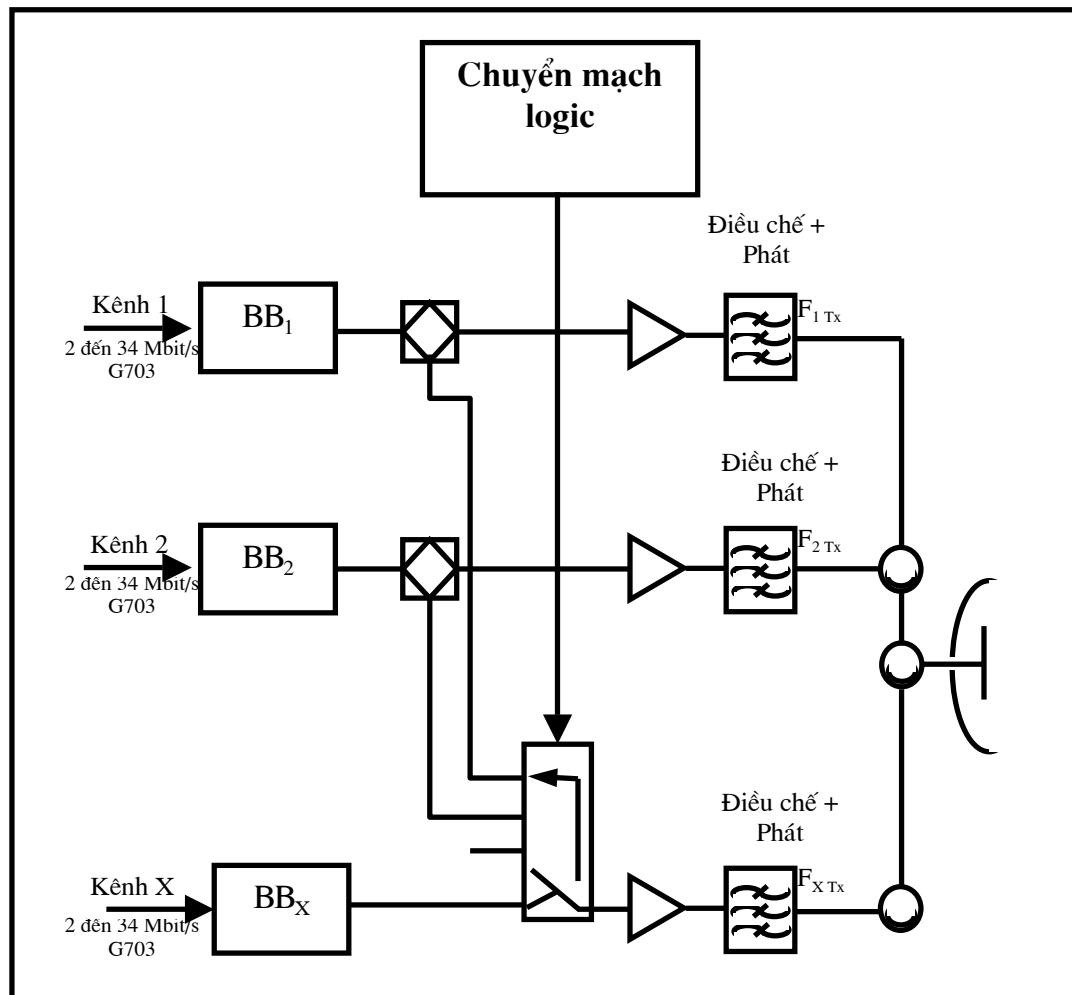
Chuyển mạch được thực hiện khi máy phát bị sự cố hoặc là khi có sự lựa chọn máy thu cho tín hiệu tốt nhất trong 2 máy đang hoạt động.



Hình 2.5 Phân phát và phân thu của hệ thống dự phòng nóng theo cấu hình (1+1)

Bằng phương pháp phân tập theo không gian trong đó sử dụng một anten riêng rẽ cho máy thu dự phòng nóng, chúng ta sẽ có một tuyến thông tin dự phòng nóng cho phép tăng đặc tính truyền dẫn của nó. Trong hệ thống chuyển mạch bảo vệ nhiều đường cũng có thể sử dụng phân tập không gian và tần số để nâng cao đặc tính của hệ thống do điều kiện truyền lan xấu.

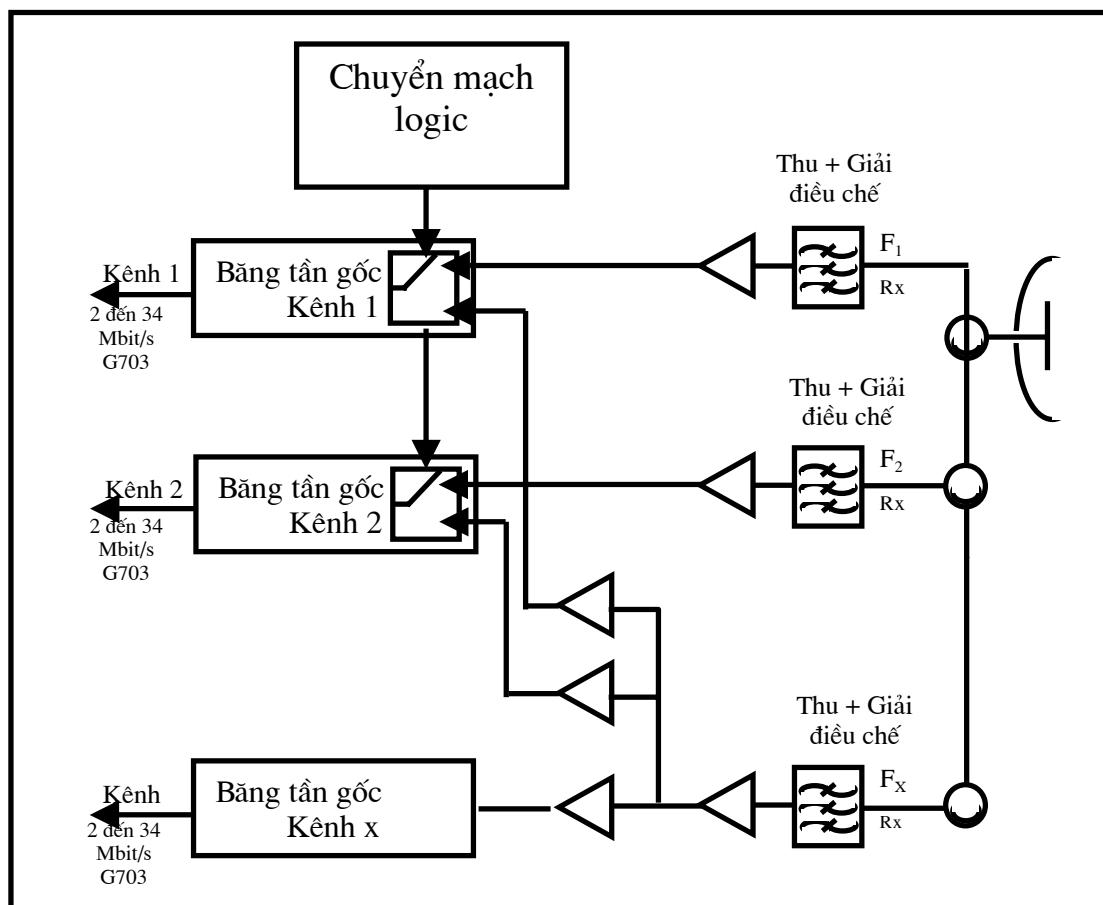
Trong cấu hình tiếp theo, người ta kết hợp kỹ thuật phân tập theo tần số và chuyển mạch bảo vệ theo cấu hình (1+1) hoặc (n+1). Kênh dự phòng phát tín hiệu trên một tần số sóng vô tuyến khác để tránh trường hợp thiết bị sự cố và gián đoạn đường truyền xảy ra tại một trong những kênh chính.



Hình 2.6 Phần phát của hệ thống vi ba số có kênh X dự phòng

Chuyển mạch logic được thực hiện tại phần phát khi có yêu cầu chuyển mạch theo kênh phục vụ đến từ thiết bị thu ở khoảng cách xa hoặc trong trường hợp mất nguồn phát. Kiểu Logic này có thể được ứng dụng mở rộng cho cấu hình n+1. Nó cho phép thực hiện chuyển mạch không sai số đối với cả phần phát lẫn phần thu.

Giả sử bộ phận điều chế và phát của kênh 1 bị sự cố đột suất, chuyển mạch logic sẽ tác động điều khiển tín hiệu từ băng thông cơ sở BB₁ qua khối chuyển mạch vào bộ phận điều chế và phát của kênh X để phát đi trên tần số sóng vô tuyến F_{XTX} để đến máy thu, đồng thời tín hiệu từ băng thông cơ sở BB_X cũng được tách ra khỏi khối chuyển mạch, không được chuyển đi, nhường kênh dự phòng X cho kênh 1.



Hình 2.7 Phần thu của hệ thống vi ba số có kênh X dự phòng

Tại phần thu chuyển mạch logic sẽ thực hiện tương tự như phần phát để thu tín hiệu của kênh 1 nhờ bộ thu và giải điều chế của kênh X như trên hình vẽ. Chuyển mạch logic được thực hiện tại máy thu dựa trên sự phân tích kết quả của trường tín hiệu hoặc dựa vào tỉ lệ lỗi bit thu được.

2.4 CÁC CHỈ TIÊU KỸ THUẬT CỦA VI BA SỐ

2.4.1 Phân bố tần số luồng cao tần

Tần số luồng cao tần ở đây là tần số thu phát của thiết bị vô tuyến, việc lựa chọn phương án phân bố tần số phụ thuộc vào:

- Phương thức điều chế số.
- Cách sắp xếp các luồng cao tần.
- Đặc tính của môi trường truyền sóng.

Theo khuyến nghị của CCITT về vi ba số thì dải tần làm việc nên chọn từ 2GHz đến 23GHz. Nếu sóng mang giữa các luồng cao tần không được phân chia đúng thì có sự can nhiễu giữa chúng và tạp âm sẽ tăng lên. Các luồng lân cận nên cách nhau 29 đến 40 MHz và phân cực trực giao.

2.4.2 Công suất phát

Công suất phát cũng giống như ở vi ba tương tự, phụ thuộc vào cự ly và độ nhạy máy thu để đảm bảo tỉ số lỗi bit cho phép.

Đơn vị công suất phát tính bằng dBm. $P_0 = 1\text{mW}$

$$P_{\text{TXdBm}} = 10 \log_{10} \frac{P_{\text{TX}}}{P_0} = 10 \log_{10} \frac{P_{\text{TX}}}{1\text{mW}} \quad [dBm] \quad (2.5)$$

2.4.3 Độ nhạy máy thu hay ngưỡng thu

Là mức tín hiệu cao tần tối thiểu đến ở đầu vào máy thu để nó hoạt động bình thường, nghĩa là thoả mãn tỉ số lỗi bit (BER) cho trước tương ứng với tốc độ bít nhất định.

2.4.4 Tỉ số bit lỗi BER

$$BER = \frac{\text{Số bít lỗi}}{\text{Số bit truyền đi}} \% \quad (2.6)$$

Để thông tin đạt được độ tin cậy cao, đảm bảo cho thiết bị hoạt động không nhầm lỗi thì tỉ số này càng nhỏ càng tốt, bình thường cũng phải đạt 10^{-3} , với chất lượng tốt hơn phải đạt 10^{-6} . Với yêu cầu BER cho trước máy thu phải có một ngưỡng thu tương ứng.

2.4.5 Phương thức điều chế và giải điều chế

Thông thường trong vi ba số, tùy theo tốc độ bit (dung lượng kênh) người ta thường dùng các phương thức điều chế như QPSK (hoặc 4PSK hay QAM) hoặc QAM nhiều mức, chẳng hạn (16QAM, 64QAM)...

Phương thức giải điều chế được chọn tương ứng với phương thức điều chế thực hiện tại máy phát. Thông thường, trong việc giải điều chế có 2 phương pháp là tách sóng kết hợp (Coherent), hoặc tách sóng không kết hợp. Tách sóng kết hợp đòi hỏi máy thu sự khôi phục lại sóng mang đồng pha với đài phát nên cấu hình phức tạp nhưng chất lượng tín hiệu cao hơn so với tách sóng không kết hợp.

2.4.6 Trở kháng vào máy thu và trở kháng ra máy phát

Vấn đề phối hợp trở kháng đối với mạch cao tần rất quan trọng, các bộ phận kết nối vào máy phát và máy thu phải phối hợp được trở kháng. Nếu việc phối hợp trở kháng tốt sẽ làm ảnh hưởng đến chất lượng tín hiệu, công suất phát hoặc thu không đạt cực đại, ngoài ra còn gây ra sóng phản xạ, gây mất cân bằng làm giảm độ nhạy máy thu. Thông thường trở kháng ra của máy phát và trở kháng vào máy thu được chuẩn hóa là 50Ω do đó trở kháng vào ra của các bộ lọc, ống dẫn sóng, phi đơ phải là 50Ω .

2.4.7 Tốc độ ở băng tần gốc

Tốc độ ở băng gốc là tốc độ dãy số liệu vào ra máy thu phát vô tuyến

Ví dụ: Thiết bị vi ba số RMD 1502/4 HDB3 2*2048kb/s

9470LX HDB3 4*2048kb/s

Mini-link HDB3 2*2048kb/s

với trở kháng 75Ω không cân bằng

2.4.8 Kênh nghiệp vụ

Có các chỉ tiêu về điều chế, mức vào ra, tỉ số S/N, tần số báo gọi (kênh nghiệp vụ thường được điều chế FM hoặc FSK).

2.4.9 Kênh giám sát và điều khiển từ xa

Cũng có các chỉ tiêu như kênh nghiệp vụ (có thể được điều chế theo phương thức ASK ,FSK). Người ta sử dụng kênh này để khai thác quản lý và giám sát thiết bị.

2.5 THIẾT BỊ AN TEN

Yêu cầu chính của thiết bị an ten cho một hệ thống vô tuyến là có suy hao truyền dẫn nhỏ và kinh tế (hiệu suất bức xạ an ten cao), hệ số khuếch đại lớn.

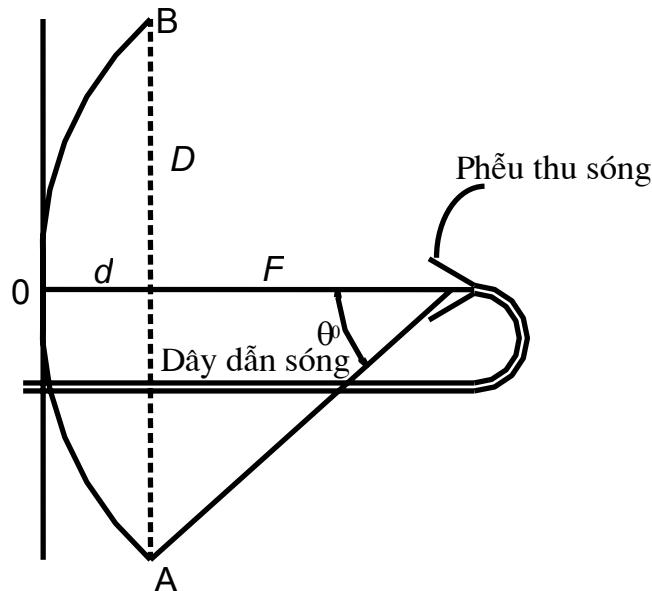
2.5.1 Anten

Anten là một giao diện chính giữa thiết bị điện và môi trường truyền sóng, tùy thuộc vào tần số, công nghệ và công dụng.

Anten YAGI được sử dụng cho tần số 400MHz ÷ 900MHz.

Anten Parabol được sử dụng cho tần số từ 1GHz đến 60GHz, bộ phận phản xạ được chế tạo bằng kim loại hoặc nhựa có phủ một lớp kim loại mỏng ở mặt lõm của anten. Khi tần số nhỏ hơn 4GHz bộ phận phản xạ có thể được chế tạo bằng việc phủ kim loại trên các thanh mỏng để làm giảm trọng lượng anten và làm cho gió lướt xuyên.

Phản chính của một anten Parabol



Hình 2.8 sơ đồ kích thước của một anten Parabol

Sơ đồ cấu tạo của anten parabol được biểu diễn như hình 2.8. Trong đó:

D: Đường kính anten [m]

d: Bề sâu lòng chảo, được tính từ tâm đến mặt miệng chảo [m]

F: Tiêu cự của chảo, được tính từ tâm chảo đến tiêu điểm F của nó.

Mối liên hệ giữa tiêu cự, bề sâu lòng chảo và đường kính chảo được biểu diễn theo biểu thức:

$$F = \frac{D^2}{16d} \quad (2.7)$$

Khi pha của nguồn sơ cấp đặt ngay tâm F của Parabol thì các sóng bức xạ đều đồng pha.

Độ lợi của anten parabol được tính theo biểu thức:

$$GdB = 10 \lg \eta \frac{4\pi S}{\lambda^2} = 10 \lg \eta \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 10 \lg \eta \left(\frac{\pi D f}{c} \right)^2 [\text{dB}] \quad (2.8)$$

Trong đó: S : Diện tích (tiết diện) bề mặt an ten [m^2]

η : Hiệu suất của an ten từ $(0,5 \div 0,7)$

Bảng 2.2 Độ lợi của an ten theo hiệu suất và tần số (số liệu của hãng Alcatel)

Tần số	2GHz	4GHz	8GHz	13GHz	23GHz	38GHz
D / η	50%	50%	60%	60%	70%	70%
3,7m	32dB	38dB	45dB			
2,4m	28dB	34dB	42dB	46dB		
1,2m		28dB	36dB	40dB	46dB	
0,6m				34dB	40dB	44dB
0,3m					34dB	38dB

Sự biến đổi của hình dạng anten parabol hoặc sai lệch tiêu cự đều có thể dẫn đến suy giảm trị số độ lợi của nó. Các an ten có thể được dùng để phát hoặc thu nhận sóng theo một hoặc 2 phân cực (phân cực đứng hoặc phân cực ngang).

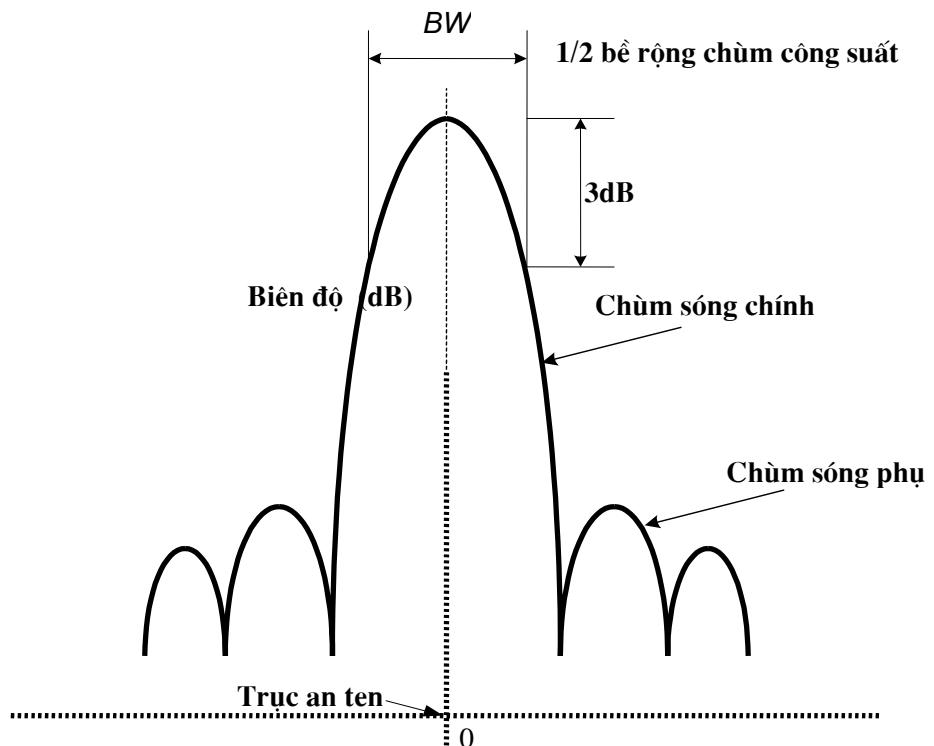
2.5.2 Biểu đồ bức xạ

Phần chính của năng lượng được tập trung ở búp sóng chính nhưng một phần năng lượng sẽ bị bức xạ theo các búp sóng phụ, điều này dẫn đến hiện tượng giao thoa tại các điểm nút.

Góc mở θ ở 3dB phụ thuộc vào đường kính anten và bước sóng được tính theo biểu thức sau:

$$\theta_{-3db} \approx \frac{70\lambda}{D} \quad (2.9)$$

Trong đó: D Đường kính anten

 λ Bước sóng

Hình 2.9 Biểu đồ bức xạ của anten Parabol

Bảng 2.3 góc phát xạ theo đường kính anten (số liệu của hãng Alcatel)

Tần số	2GHz	4GHz	8GHz	13GHz	23GHz	38GHz
Đường kính	3,7m	$2,8^0$	$1,4^0$	$0,7^0$		
2,4m	$4,4^0$	$2,2^0$	$1,1^0$	$0,7^0$		
1,2m			$2,2^0$	$1,3^0$	$0,8^0$	
0,6m				$2,7^0$	$1,5^0$	$0,9^0$
0,3m					$3,0^0$	$1,8^0$

CHƯƠNG 3

THIẾT KẾ TUYẾN VI BA

3.1 QUI ĐỊNH CHUNG

Việc thiết kế tuyến thông tin nói chung và tuyến vi ba số nói riêng được tiến hành trên cơ sở:

- + Dự án báo cáo khả thi đã được các cấp có thẩm quyền phê duyệt.
- + Hồ sơ khảo sát, thuyết minh chính xác về nội dung xây lắp, các số liệu tiêu chuẩn cần đạt được.
- + Các văn bản thủ tục hành chính của cơ quan trong và ngoài ngành liên quan đến địa điểm, mặt bằng xây dựng trạm.
- + Các tiêu chuẩn, qui trình, qui phạm xây dựng của nhà nước và của ngành
- + Các định mức và dự toán có liên quan để áp dụng trong thiết kế.
- + Hồ sơ tài liệu thu thập được trong quá trình khảo sát và đo đạc

Việc thiết kế cần phải đảm bảo đúng tiêu chuẩn, qui trình, qui phạm của nhà nước ban hành, như:

- + Đăng ký tần số làm việc của thiết bị với Cục tần số vô tuyến điện Quốc gia.
- + An toàn về phòng chống thiên tai, bão lụt.
- + An toàn khi có giông sét, đảm bảo chất lượng của các hệ thống chống sét, tiếp địa cho thiết bị và tháp anten theo qui phạm của ngành...

3.1.2 NỘI DUNG THIẾT KẾ

3.1.2.1 Phần thuyết minh

Thuyết minh tổng quan về cơ sở lập thiết kế kỹ thuật và các bản vẽ, tóm tắt các nội dung thiết kế được chọn, đề ra các phương án thiết kế, nêu các thông số và chỉ tiêu đạt được của công trình theo phương án đã chọn.

3.1.2.2 Phần bản vẽ

Đưa ra các bản đồ tổng thể các vị trí của 2 trạm tỉ lệ 1/250.000 hoặc 1/500.000 tuỳ theo yêu cầu cấp chính xác cần cho trước và các bản vẽ tuyến cần thể hiện. Các bản vẽ

về sơ đồ mặt cắt nghiêng của tuyến và các sơ đồ nguyên lý tổ chức thông tin giữa hai trạm.

3.1.2.3 Phần tổng dự toán

Các cơ sở để lập tổng dự toán bao gồm các biểu định mức, biểu đơn giá và khối lượng công trình. Từ đó lập tổng dự toán của công trình.

3.2 TÍNH TOÁN ĐƯỜNG TRUYỀN

3.2.1 Nội dung việc tính toán đường truyền

- + Tính toán đường truyền dẫn.
- + Tính toán chỉ tiêu chất lượng.
- + Tính toán thời gian mất thông tin.
- + Lắp đặt thiết bị, anten, đưa hệ thống vào hoạt động thử nghiệm để kiểm tra.

Tiến hành đo các thông số sau khi lắp đặt như (công suất máy phát, phân tích khung 2Mbit/s, tỉ số bit lỗi BER 10^{-3} và BER 10^{-6} trong 24 giờ...).

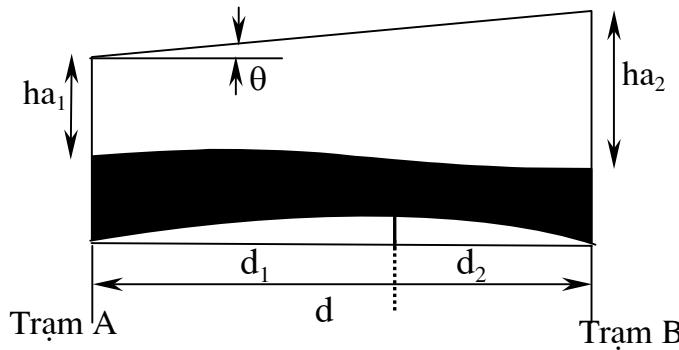
Công việc tính toán đường truyền được bắt đầu từ những số liệu thực tế về đường truyền, đặc điểm địa hình, độ dài tuyến, dung lượng sử dụng. Trình tự tính toán được tiến hành theo các bước như sau:

3.3 KHẢO SÁT VỊ TRÍ ĐẶT TRẠM

Trong mục này ta sẽ khảo sát bài toán thiết kế một tuyến đơn chỉ có hai trạm truyền dẫn. Trước tiên, cần tiến hành một số công việc như sau:

- Xác định tuyến trên bản đồ. (cần tìm bản đồ địa hình của khu vực xây trạm)
- Tạo nên các bản vẽ mặt cắt nghiêng của tuyến.

Từ các yêu cầu thực tế của một tuyến vi ba gồm: vị trí trạm, khoảng cách trạm, dung lượng truyền dẫn, địa hình tuyến sẽ đi qua...ta tiến hành đánh dấu hai đầu cuối của trạm trên bản đồ của Sở đo đạc để xác định chính xác kinh độ, vĩ độ của mỗi trạm. Các thông số tọa độ này được sử dụng để điều chỉnh các anten ở mỗi trạm trong giai đoạn lắp đặt thiết bị. Ký hiệu trên bản đồ : trạm A là trạm thứ nhất và trạm B là trạm thứ hai. Sau đó vẽ một mặt cắt nghiêng của đường truyền. Hình dung mặt cắt này như một con dao cắt rời quả đất dọc theo hướng của tia vô tuyến. Hình 3.1 thể hiện mặt cắt đường truyền giữa hai trạm A và B.



Hình 3.1 mặt cắt đường truyền giữa hai trạm A và B.

Mặc dù mặt đất có độ cong nhưng để đơn giản trong tính toán người ta thường vẽ mặt cắt nghiêng ứng với hệ số bán kính hiệu dụng của trái đất là $k = 4/3$.

Phương trình sau cho ta xác định chõ lồi của mặt đất:

$$h = \frac{d_1 d_2}{2r_1 k} 1000 \quad (3.1)$$

r_1 là bán kính quả đất 6370 [km]

$$h = (4/51)d_1 d_2 / k \text{ [m]} \quad (3.2)$$

k là hệ số bán kính của quả đất

d_1, d_2 [km]: lần lượt là khoảng cách từ trạm A và trạm B đến điểm đang xét độ lồi của mặt đất.

h là độ lồi thực của mặt đất tại điểm đang xét.

Như vậy trên mặt cắt nghiêng này thể hiện được bề mặt của địa hình. Ngoài ra nó cũng có thể biểu diễn được cả độ cao của cây cối các vật chắn trên đường truyền nối hai trạm A, B chẳng hạn như các gò, đồi, các nhà cao tầng... Đối với khoảng truyền dẫn dài, độ cong của mặt đất lớn thì cần phải tính toán đến độ nâng của vị trí trạm. Độ nâng được vẽ dọc các đường thẳng đứng nên không đi dọc theo đường bán kính xuất phát từ tâm quả đất.

3.4 CHỌN TẦN SỐ LÀM VIỆC

Công việc này liên quan đến việc chọn thiết bị cho tuyến và liên quan đến tần số sóng vô tuyến của các hệ thống lân cận. Việc chọn lựa tần số phải tránh can nhiễu với các tần số khác đã tồn tại xung quanh khu vực, xem xét có thể bố trí việc phân cực

anten như thế nào cho hợp lý . Khi sử dụng các thiết bị thì giá trị các tiêu chuẩn được chọn theo khuyến nghị của CCIR .

3.5 VẼ MẶT CẮT ĐƯỜNG TRUYỀN VÀ TÍNH CÁC THÔNG SỐ LIÊN QUAN

3.5.1 Tính khoảng cách tia truyền phía trên vật chắn

Sau khi đã chọn được tần số làm việc cho tuyến, ta tính miền Fresnel thứ nhất. Đó là miền có dạng hình elip từ anten phát đến anten thu; là một môi trường vây quanh tia truyền thẳng. Đường biên của miền Fresnel thứ nhất tạo nên quỹ tích sao cho bất kỳ tín hiệu nào đi đến anten thu qua đường này sẽ dài hơn so với đường trực tiếp một nửa bước sóng ($\lambda/2$) của tần số sóng mang. Miền bên trong của elip thứ nhất này gọi là miền Fresnel thứ nhất. Nếu tồn tại một vật cản ở rìa của miền Fresnel thứ nhất thì sóng phản xạ sẽ làm suy giảm sóng trực tiếp, mức độ suy giảm tùy thuộc biên độ của sóng phản xạ. Do đó việc tính toán đối với miền Fresnel thứ nhất đòi hỏi có tính chính xác để việc thông tin giữa hai trạm không bị ảnh hưởng đáng kể bởi sóng phản xạ này. Bán kính của miền Fresnel thứ nhất (F_1) được xác định theo công thức sau:

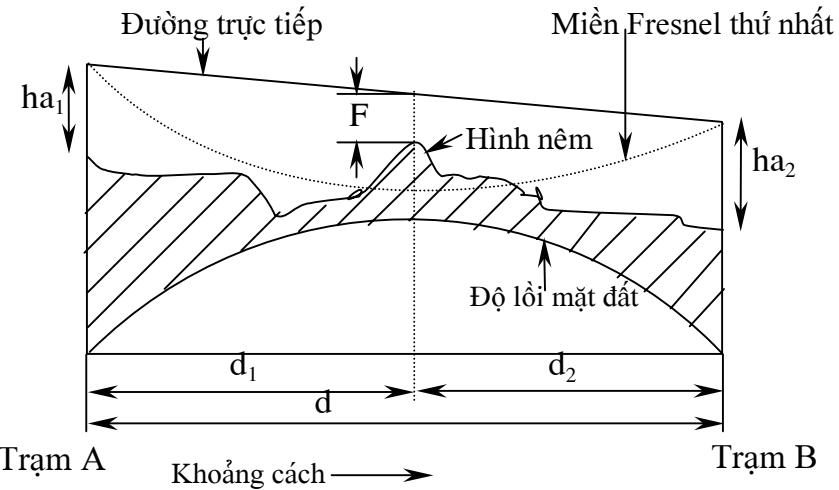
$$F_1 = \sqrt{\frac{d_1 d_2}{d}} \lambda = 17,32 [d_1 d_2 / (fd)]^{1/2} \text{ [m]} \quad (3.3)$$

d_1, d_2 [km]: lần lượt là khoảng cách từ trạm A và trạm B đến điểm ở đó bán kính miền Fresnel được tính toán.

d [km] là khoảng cách giữa hai trạm, $d = d_1 + d_2$

f là tần số sóng mang [GHz].

Trong thực tế, thường gặp đường truyền đi qua những địa hình khác nhau có thể chắn miền Fresnel thứ nhất gây nên tổn hao trên đường truyền. Ở các loại địa hình này có thể có vật chắn hình nêm trên đường truyền và các loại chướng ngại khác. Hình 3.2 chỉ ra mô hình của vật chắn trên đường truyền dẫn, trong đó F_1 là bán kính miền Fresnel thứ nhất, F là khoảng hở thực; là khoảng cách giữa tia trực tiếp và một vật chắn hình nêm tại điểm tính toán miền Fresnel thứ nhất.



Hình 3.2 Mắt cắt nghiêng đường truyền và miền Fresnel thứ nhất

Theo các chỉ tiêu thiết kế về khoảng hở đường truyền được khuyến nghị thì độ cao tối thiểu của anten đảm bảo sao cho tín hiệu không bị nhiễu xạ bởi vật chắn nằm trong miền Fresnel thứ nhất là $F = 0,577F_1$. Nghĩa là đường trực tiếp giữa máy thu và máy phát cần một khoảng hở trên mặt đất hoặc trên một vật chắn bất kỳ ít nhất là vào khoảng 60% bán kính miền Fresnel thứ nhất để đạt được các điều kiện truyền lan trong không gian tự do.

3.5.2 Tính chọn chiều cao của tháp anten

Để tính độ cao của tháp anten thì trước tiên phải xác định được độ cao của tia vô tuyến truyền giữa hai trạm. Trên cơ sở của độ cao tia đã có để tính độ cao tối thiểu của tháp anten để thu được tín hiệu.

Việc tính toán độ cao của tia vô tuyến cũng phải dùng đến sơ đồ cắt nghiêng đường truyền nối hai trạm trong đó có xét đến độ cao của vật chắn (O), độ cao của cây cối (T) giữa tuyến và bán kính của miền Fresnel thứ nhất (F_1). Biểu thức xác định độ cao của tia vô tuyến như sau:

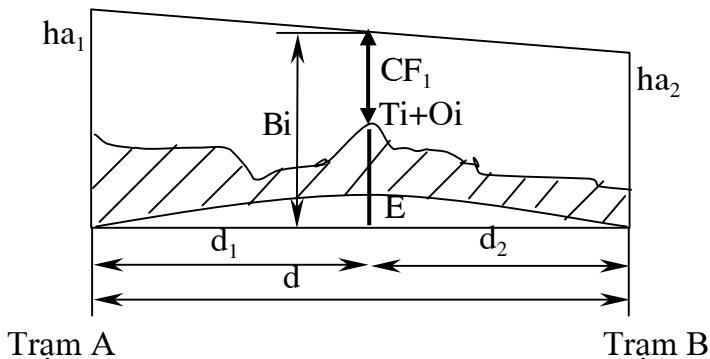
$$\begin{aligned}
 B &= E(k) + (O + T) + C.F_1 \\
 &= \frac{\left\{ \frac{4}{51}d_1d_2 \right\}}{k} + (O + T) + 17,32C\sqrt{\frac{d_1d_2}{df}} \quad [m]
 \end{aligned} \tag{3.4}$$

d, d_1, d_2, f được dùng như trong công thức (3.2)

k: là hệ số bán kính của quả đất, $k = 4/3$.

C: là hệ số hở, $C = 1$

Thông thường thì độ cao của tia B được tính toán tại điểm có một vật chấn cao nhất nằm giữa tuyế̄n.



Hình 3.3 Xác định độ cao tia B để làm hở một vật chấn.

Các độ cao của cây cối và vật chấn giũa tuyế̄n được xác định từ bước khảo sát đường truyền. Hình 3.3 biểu diễn mặt cắt đường truyền của tuyế̄n cùng với các vật chấn giũa tuyế̄n và có xét đén miền Fresnel thứ nhất.

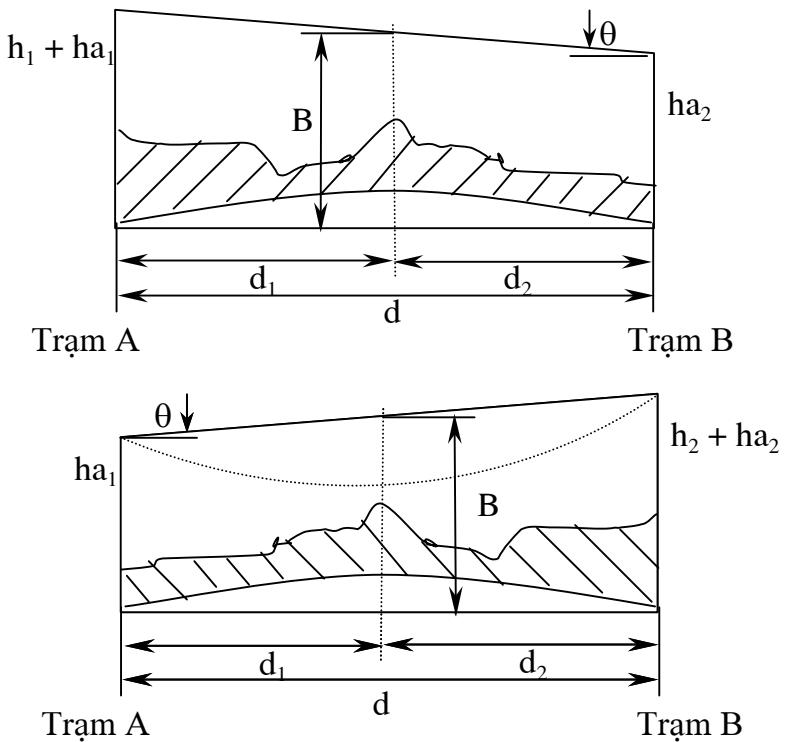
Sau khi đã có được độ cao tuyế̄n, ta tính độ cao của anten để làm hở một vật chấn nằm giũa tuyế̄n (tức không gây nhiễu đén đường truyền vô tuyế̄n).

Ở bước khảo sát định vị trạm, ta đã xác định được độ cao của hai vị trí đặt trạm so với mặt nước biển tương ứng là h_1 và h_2 . Hai thông số này kết hợp với độ cao B của tia như đã tính toán ở trên sẽ tính được độ cao của cột an ten còn lại khi biết trước độ cao của một cột an ten.

$$ha_1 = h_2 + ha_2 + [B - (h_2 + ha_2)](d/d_2) - h_1 \quad [m] \quad (3.5)$$

$$ha_2 = h_1 + ha_1 + [B - (h_1 + ha_1)](d/d_1) - h_2 \quad [m]$$

Trong đó: ha_1 , ha_2 [m] là độ cao của một trong hai anten cần được tính. d_1 , d_2 [km] là khoảng cách từ mỗi trạm đến vị trí đã tính toán độ cao của tia B. Như vậy khi biết được độ cao của một an ten thì có thể tính được độ cao của an ten kia sao cho không làm gián đoạn tia truyền của hai trạm. Hình 3.4 minh họa cách tính toán độ cao của an ten nói trên



Hình 3.4 Minh họa việc tính độ cao của một anten khi biết độ cao anten kia.

Tuy nhiên như đã đề cập ở phần trước, để đảm bảo cho hệ thống hoạt động không chịu ảnh hưởng của các yếu tố trong tương lai thì độ cao anten phải sử dụng một khoảng dự phòng, phụ thuộc vào người thiết kế. Khi đó các độ cao của các anten thực tế phải là ha_1 , ha_2 do đã được cộng với một lượng độ cao dự phòng là Ph_1 hoặc Ph_2 như sau:

$$har_1 = ha_1 + Ph_1 \quad [m] \quad (3.6)$$

$$har_2 = ha_2 + Ph_2 \quad [m] \quad (3.7)$$

3.5.3 Tính toán các nhân tố ảnh hưởng đến đường truyền

Công suất tín hiệu truyền giữa trạm phát đến trạm thu bị suy hao trên đường truyền. Khi phát một công suất P_t ở phía phát thì ở bên thu sẽ được một công suất là P_t' và do suy hao nên $P_t > P_t'$. Sự mất mát công suất này do các yếu tố gây nhiễu đường truyền; được xem xét dưới đây.

+Độ dự trữ pha định phẳng:

Do tác động của pha định phẳng mức tín hiệu thu được có thể bị sụt đi so với mức tín hiệu thu không bị pha định, trước khi hệ thống còn làm việc đúng. Như vậy tác động của pha định là làm thay đổi mức ngưỡng thu của máy thu. Do đó khi bị ảnh hưởng của pha định phẳng máy thu có thể nhận được tín hiệu rất yếu từ đường truyền và có thể làm gián đoạn thông tin nếu trường hợp pha định mạnh. Việc tính toán một lượng pha định dự trữ là cần thiết cho đường truyền vô tuyến.

Độ dự trữ pha định Fm (dB) liên quan đến mức tín hiệu thu được không pha định Wo (dB) và mức tín hiệu thu được thực tế thấp W(dBm) trước lúc hệ thống không còn hoạt động tính theo biểu thức:

$$Fm = 10 \lg(w_0/w)dB = [W_0(dBm) - W(dBm)] \quad [dB] \quad (3.8)$$

+Pha định lựa chọn:

Pha định lựa chọn chủ yếu ảnh hưởng đến các hệ thống vi ba số có dung lượng trung bình (34Mb/s) và dung lượng cao (140Mb/s)

+Tiêu hao do mưa:

Tiêu hao do mưa và pha định là các ảnh hưởng truyền lan chủ yếu các các tuyến vô tuyến tầm nhìn thẳng trên mặt đất làm việc ở các tần số trong dải tần GHz, vì chúng quyết định các biến đổi tổn hao truyền dẫn do đó quyết định khoảng cách lặp cùng với toàn bộ giá thành của một hệ thống vô tuyến chuyển tiếp. Tiêu hao do mưa tăng nhanh theo sự tăng của tần số sử dụng, đặc biệt với các tần số trên 35GHz thường suy hao nhiều và do đó để đảm bảo thì khoảng cách lặp phải nhỏ hơn 20km, ngoài ra việc giảm độ dài của đường truyền sẽ giảm các ảnh hưởng của pha định nhiều tia.

3.6 TÍNH TOÁN CÁC THAM SỐ CỦA TUYẾN

Các tham số được sử dụng trong tính toán đường truyền như: Mức suy hao trong không gian tự do, công suất phát, ngưỡng thu, các suy hao trong thiết bị...có vai trò quan trọng để xem xét tuyến có thể hoạt động được hay không và hoạt động ở mức tín hiệu nào.

+Tổn hao trong không gian tự do:

Tổn hao trong không gian tự do (A_0) là tổn hao lớn nhất cần phải được xem xét trước tiên. Đây là sự tổn hao do sóng vô tuyến lan truyền từ trạm này đến trạm kia trong môi trường không gian được tính theo biểu thức sau:

$$A_0 = 20 \lg \frac{4\pi d}{\lambda} = 20 \lg \frac{4\pi df}{c} , \quad (\lambda = \frac{c}{f}), \quad (3.9)$$

$$A_0 = 92,5 + 20 \lg (f) + 20 \lg (d) [\text{dB}] \quad (3.10)$$

Với f: là tần số sóng mang tính bằng [GHz]. d: độ dài tuyến [km]

+Tổn hao phi đơ:

Đây là tổn hao thiết bị (ống dẫn sóng) để truyền dẫn sóng giữa an ten và máy phát/máy thu. Khi tính toán suy hao này thì phải căn cứ vào mức suy hao chuẩn được cho trước bởi nhà cung cấp thiết bị. Chẳng hạn với phi đơ sử dụng loại WC 109 có mức tiêu hao chuẩn là 4,5dB/ 100m và cộng với 0,3dB suy hao của vòng tròn để chuyển tiếp ống dẫn sóng thì tổn hao phi đơ máy phát (LTxat) và máy thu (LRxat) được tính như sau:

$$LTxat = 1,5 \text{har}_1 \cdot 0,045 + 0,3 \quad [\text{dB}] \quad (3.11)$$

$$LRxat = 1,5 \text{har}_2 \cdot 0,045 + 0,3 \quad [\text{dB}]$$

Trong đó har₁ và har₂ là độ cao của các an ten đã được tính toán lượng dự phòng.

+Tổn hao rẽ nhánh:

Tổn hao rẽ nhánh xảy ra tại bộ phân nhánh thu phát, tổn hao này cũng được cho bởi nhà cung cấp thiết bị. Mức tổn hao này thường khoảng (2 ÷ 8)dB.

+Tổn hao hấp thụ khí quyển:

Các thành phần trong khí quyển gây ra các tổn hao mà mức độ của nó thay đổi theo điều kiện thời tiết, thay đổi theo mùa, theo tần số sử dụng... Khi tính toán mức suy hao này ta dựa theo các chỉ tiêu đã được khuyến nghị ở các nước châu Âu. chẳng hạn đối với hệ thống thiết bị vô tuyến 18, 23 và 38GHz thì mức suy hao chuẩn Lsp₀ được cho trong khuyến nghị vào khoảng 0,04 dB/km ÷ 0,19 dB/km và 0,9 dB/m khi đó tổn hao cho cả tuyến truyền dẫn được xác định là:

$$Lsp = Lsp_0 d \quad [\text{dB}] \quad (3.13)$$

Với d là khoảng cách của tuyến tính bằng km.

Phương trình cân bằng công suất trong tính toán đường truyền:

$$Pr = Pt + G - At \quad [\text{dB}] \quad (3.14)$$

Trong đó: Pt là công suất phát

At: Tổn hao tổng = tổn hao trong không gian tự do + tổn hao phi đơ
+ tổn hao rẽ nhánh + tổn hao hấp thụ khí quyển

G: Tổng các độ lợi = Độ lợi của an ten A + độ lợi của an ten B

Pr: Công suất tại đầu vào máy thu.

Pr là tham số quan trọng khi thiết kế đường truyền vi ba, tham số này là một chỉ tiêu quyết định xem tuyến có hoạt động được hay không khi đem so sánh nó với mức ngưỡng thu của máy thu.

3.7 TÍNH TOÁN CÁC THAM SỐ CHẤT LƯỢNG CỦA TUYẾN

Vì chất lượng đường truyền được đánh giá dựa trên tỷ số BER; các tỷ số BER khác nhau sẽ cho một mức ngưỡng tương ứng và cũng có độ dự trữ pha định khác nhau. Các tỷ số BER thường được sử dụng trong vi ba số là: $BER = 10^{-3}$ và $BER = 10^{-6}$ tương ứng với hai mức ngưỡng RX_a và RX_b .

1. *Độ dự trữ pha định* ứng với RX_a và RX_b là FM_a và FM_b được tính theo biểu thức:

$$FM_a = Pr - RX_a \quad \text{với } BER = 10^{-3} \quad (3.14)$$

$$FM_b = Pr - RX_b \quad \text{với } BER = 10^{-6} \quad (3.15)$$

2. *Xác xuất pha định phẳng nhiều tia* (P_0) là một hệ số thể hiện khả năng xuất hiện pha định nhiều tia được đánh giá theo công thức sau:

$$P_0 = KQ \cdot f^B \cdot d^c \quad (3.16)$$

Trong đó $KQ = 1, 4 \cdot 10^{-8}$; $B = 1$; $C = 3,5$ là các tham số liên quan đến điều kiện truyền lan về khí hậu và địa hình của sóng vô tuyến và các giá trị được sử dụng theo khuyến nghị của CCIR.

3. *Xác suất đạt đến ngưỡng thu* RX_a ; RX_b .

Gọi P_a ; P_b là xác suất đạt tới các giá trị ngưỡng thu tương ứng RX_a và RX_b được tính như sau:

$$P_a = 10^{-\frac{FM_a}{10}} \quad (3.17)$$

$$P_b = 10^{-\frac{FM_b}{10}}$$

Với FM_a và FM_b là độ dự trữ pha định ứng với các tỷ số $BER = 10^{-3}$, $BER = 10^{-6}$ đã được tính toán ở trên.

4. *Khoảng thời gian pha định*

T_a và T_b là các giá trị đặc trưng cho các khoảng thời gian tồn tại pha dinh và cũng ứng với FM_a , FM_b được tính theo công thức:

$$T_a = C_2 10^{\left[\frac{-\alpha_2 FM_a}{10} \right]} f^{\beta_2} \quad (3.18)$$

$$T_b = C_2 10^{\left[\frac{-\alpha_2 FM_b}{10} \right]} f^{\beta_2}$$

Với $C_2 = 10,3d$; $\alpha_2 = 0,5$; $\beta_2 = -0,5$ lấy theo khuyến nghị.

5. Xác suất pha dinh phẳng dài hơn 10 giây

$P(10)$ và $P(60)$ là Xác suất xuất hiện pha dinh phẳng dài hơn 10s và 60s tương ứng với các tỷ số BER khác nhau và được xác định theo công thức:

$$P(T_a \geq 10) = P(10) = 0,5 [1 - erf(Z_a)] = 0,5 erfc(Z_a) \quad (3.19)$$

$$P(T_b \geq 60) = P(60) = 0,5 [1 - erf(Z_b)] = 0,5 erfc(Z_b)$$

Với $Z_a = 0,548 \ln(10/T_a)$; Với $Z_b = 0,548 \ln(10/T_b)$

Với $erfc(t) = 1 - erf(t)$

Trong đó:

$$erf(t) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^t e^{-t^2} dt \quad \text{là hàm sai số.}$$

6. Xác suất BER vượt 10^{-3}

Xác suất BER vượt 10^{-3} thể hiện sự gián đoạn thông tin nhưng trong thời gian không quá 10s.

$$\text{Xác suất (BER} \geq 10^{-3}\text{)} : \text{ xác suất (BER} \geq 10^{-3}\text{)} = P_0 \cdot P_a = P_0 \cdot 10^{\frac{-FM_a}{10}} \quad (3.20)$$

7. Xác suất mạch trớ nên không thể sử dụng được do pha dinh phẳng.

P_u là xác suất mạch sẽ có $BER > 10^{-3}$ trong khoảng thời gian lớn hơn 10s tức là mạch trớ nên không sử dụng được và được tính theo

$$P_u = P_0 \cdot P_a \cdot P(10) \quad (3.21)$$

8. Khả năng sử dụng tuyế

Khả năng sử dụng tuyế được biểu thị bằng phần trăm và được xác định theo P_u như sau:

$$A_v = 100(1 - P_u) \quad (3.22)$$

8. Xác suất mạch có $BER \geq 10^{-6}$

$$\text{Xác suất (BER} \geq 10^{-6}\text{)} : \text{ xác suất (BER} \geq 10^{-6}\text{)} = P_0 \cdot P_b = P_0 \cdot 10^{\frac{-FM_b}{10}} \quad (3.23)$$

9.Xác suất mạch có BER ≥ 10⁻⁶ trong hơn 60s do pha dinh phẳng

Xác suất mạch có BER ≥ 10⁻⁶ được tính bởi xác BER ≥ 10⁻⁶ và xác suất độ sâu pha dinh lớn hơn độ dự trữ pha dinh có khoảng thời gian kéo dài hơn 60s.

$$\text{Xác suất (BER} \geq 10^{-6} \text{) trong 60s} = P_0 \cdot P_b \cdot P(60) \quad (3.24)$$

Như vậy toàn bộ các tham số đã tính cho đường truyền cũng như các tham số để đánh giá chất lượng tuyến được sử dụng để người thiết kế đưa ra các quyết định về khả năng làm việc của tuyến, để tính xem tuyến có đủ công suất cung cấp cho máy thu hay không. Ngoài ra cũng dựa vào các tham số này để có thể hiệu chỉnh lại công suất máy phát, quyết định dùng các biện pháp phân tập...

3.8 CÁC CHỈ TIÊU KỸ THUẬT ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG TUYẾN

Ba chỉ tiêu chủ yếu để đánh giá chất lượng tuyến:

1. Độ không sử dụng đường cho phép (đối với đường trực):

$$P_{ucf} = 0,06L/600\% \text{ với } L < 600\text{km} \quad L [\text{km}]$$

ví dụ: L=30km

$$P_{ucf} = 0,06L/600\% = 0,06 \cdot 30/600\% = 0,003\%$$

2. Độ không sử dụng được của mạng nội hạt (giá trị cho phép) = 0,0325%

(tại mỗi đầu cuối).

3. Độ không sử dụng được (giá trị cho phép) của hành trình ngược = 0,0225%

Mục đích các tính toán chỉ tiêu chất lượng là nhằm xác định xác suất vượt các chỉ tiêu BER, bằng cách sử dụng các giá trị của các xác suất tìm ra trong các tính toán đường truyền.

Các mục tiêu tỉ lệ lỗi bit BER được sử dụng sao cho BER không được lớn hơn các giá trị sau:

+1.10⁻⁶ trong hơn 0,4.d / 2500 % của tháng bất kỳ đối với thời gian hợp thành 1 phút, với 280km < d < 2500km.

+1.10⁻⁶ trong hơn 0,045 % của tháng bất kỳ đối với thời gian hợp thành 1 phút, với d < 280km.

$+1.10^{-3}$ trong hơn 0,054.d / 2500 % của tháng bất kỳ đối với thời gian hợp thành 1 giây, với $280\text{km} < d < 2500\text{km}$.

$+1.10^{-3}$ trong hơn 0,006 % của tháng bất kỳ đối với thời gian hợp thành 1 giây, với $d < 280\text{km}$.

✓ Các mục tiêu đặc trưng

+Các phút suy giảm chất lượng: là khoảng thời gian 1 phút trong đó BER trung bình xấu hơn 10^{-6} , nghĩa là trong 1 phút này đã xuất hiện ít nhất 5 lỗi (giả sử 64Kbps).

+Các giây lỗi nghiêm trọng: là khoảng thời gian 1 giây, trong đó BER trung bình xấu hơn 10^{-3} , nghĩa là có hơn 64 lỗi trong giây này.

+Các giây lỗi: là khoảng thời gian 1 giây trong đó xuất hiện ít nhất một lỗi bit.

3.9 ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG TUYẾN, LẮP ĐẶT THIẾT BỊ ĐƯA VÀO HOẠT ĐỘNG

Đây là một bước được tiến hành sau khi đã tính toán được khả năng làm việc của tuyến và tính xong các tham số cần thiết để thiết lập tuyến có nghĩa là trên tính toán thiết kế thì tuyến đã hoạt động. Tuy nhiên vẫn còn nhiều vấn đề tồn tại sẽ tác động lên tuyến và có thể làm cho khả năng làm việc của tuyến không như mong muốn của người thiết kế.

Nói chung việc đánh giá chất lượng của tuyến là dựa vào các giá trị đã tính được ở các bước thiết kế trên.

Công việc cuối cùng là lắp đặt thiết bị đưa vào vận hành. Tiến hành cân chỉnh anten để thu được tín hiệu từ máy phát. Và đây cũng là lúc để đối chiếu giữa việc tính toán giữa thực tế và lý thuyết phù hợp với nhau hay không bằng việc đo thử các tín hiệu ở hai bên thu và phát.

3.10 VÍ DỤ TÍNH TOÁN ĐƯỜNG TRUYỀN TUYẾN VI BA SỐ

TRẠM 110KV ĐIỆN NAM - TRẠM 110KV THẮNG BÌNH

Những tiến bộ của khoa học công nghệ điện tử viễn thông và tin học ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong mọi lĩnh vực, mọi ngành kinh tế, Trong đó ngành Điện đã từng bước đi vào tự động hóa. Trước đây Trung tâm Điều độ hệ thống điện Miền trung điều hành sản xuất điện trên địa bàn Miền trung và Tây nguyên, việc thông tin chủ yếu là thông tin thoại qua các thiết bị tải ba (PLC) và mạng VHF .

Nhằm đáp ứng nhu cầu phát triển lưới điện trên địa bàn Miền trung trong tương lai, cũng như yêu cầu điều hành sản xuất điện của Trung tâm từng bước đi vào tự động hóa thông qua hệ thống SCADA/EMS đang được lắp đặt.

Từ nhu cầu đó việc thiết lập hệ thống thông tin ngành điện trên địa bàn Miền trung hiện nay đòi hỏi phải đủ kênh thông tin cho truyền số liệu SCADA và các kênh thoại cũng như các kênh trung kế để nối liên tổng đài, ngoài ra cũng phải tính đến hệ thống mở cho tương lai sau này. Chọn phương án tính toán tuyến vi ba giữa trạm biến áp 110Kv Thăng bình và trạm 110Kv Điện ngọc về Trung tâm Điều độ hệ thống điện Miền trung (đã được xây lắp trong năm 2002)

Phạm vi tính toán: Với thiết bị vi ba đã có: Dùng loại MINI-LINK (của hãng ERICSSON)

ĐẶC TÍNH KỸ THUẬT CỦA THIẾT BỊ

Tần số	7GHz
Công suất phát	+28dBm
Ngưỡng thu BER 10^{-3}	-91dBm
Ngưỡng thu BER 10^{-6}	-87dBm
Anten 2,4m	$G_{dB} = 42,5dB$
Ống dẫn sóng WC 42	0,1dB/m
Dung lượng	2*2Mb/s:

Mô tả tuyến:

Tuyến thông tin vi ba giữa Trung tâm Điều độ HTĐ Miền trung đã có trước, do vậy tuyến thông tin cho trạm biến áp 110Kv Thăng bình được thiết kế sử dụng kênh 2w cho thoại, 4w E&M, và kênh data V28 để truyền tín hiệu SCADA/EMS về Trung tâm Điều độ HTĐ Miền trung. Các thông số được xác định trên bản đồ quân sự tỷ lệ: 1/50.000, có cự ly tuyến là 28km . Trên đường truyền sóng qua địa hình bằng phẳng không có vật chắn hình nem. Tọa độ, độ cao của 2 trạm so với mực nước biển được xác định bằng máy thu định vị GPS

3.10. THÔNG SỐ TUYẾN

Độ dài tuyến	28km
--------------	------

Nhiệt độ trung bình hàng năm 25°C

Lượng mưa trung bình hàng năm 150mm/h

$$K = \frac{4}{3}, C = 1 \text{ (chọn theo khuyến nghị)}$$

	Trạm Điện Ngọc	Trạm Thăng bình
Vĩ tuyến	$15^{\circ}56'00''$	$15^{\circ}43'14''$
Kinh tuyến	$108^{\circ}15'30''$	$108^{\circ}21'02''$
Độ cao mặt đất (so với nước biển)	5m	12m
Độ cao anten	30m	Cần tính toán
Độ cao cây cối	7m	12m

3.11 TÍNH ĐỘ CAO THÁP ANTEM KHI CÓ ĐỘ CAO CỦA ANTEM KIA

áp dụng công thức (3.4) tính độ cao của tia vô tuyến B

$$B = E(k) + (O + T) + C.F_1$$

$$B = (4/51)d_1d_2/k + (O + T) + 17,32[d_1d_2]/df]^{1/2}[\text{m}] \quad (3.26)$$

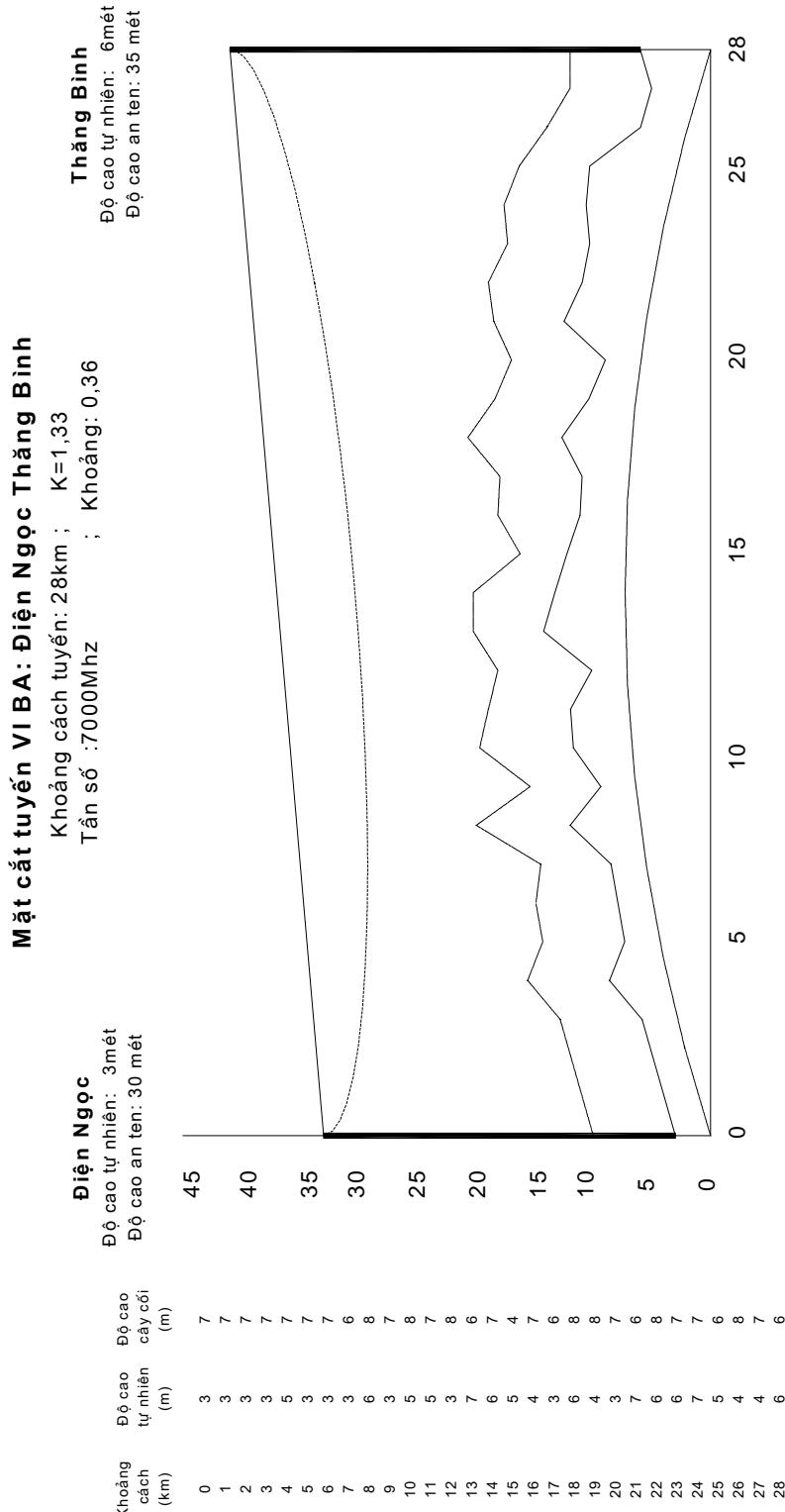
$$= 11,49 + 11 + 17,32 = 39,81 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} ha_2 &= h_1 + ha_1 + [B - (h_1 + ha_1)](d/d_1) - h_2 \\ &= 35 + \{39,81 - 35\}(28/14) - 1 = 32,62 \text{ m} \end{aligned}$$

ta chọn tháp anten cao 35m để có độ dự phòng

3.12 VẼ MẶT CẮT NGHIÊNG

Dựa vào số liệu trên bản đồ, độ cao của 2 anten ta vẽ mặt cắt nghiêng của tuyến



3.13 TÍNH TỔN HAO CỦA ĐƯỜNG TRUYỀN

a/ Tính tổn hao đường truyền không gian tự do

Áp dụng công thức

$$A_0 = 92,5 + 20\lg 7 + 20\lg 28 = 138,5 \text{ dB}$$

b/ Tổn hao phi đơ

Tra bảng suy hao 0,1dB/m ở f=7GHz

Trạm Điện ngọc 50m

5dB

Trạm Thăng bình 55m

5,5dB

c/ Tổn hao rẽ nhánh (áp dụng bảng) = 4dB (cho 1 trạm)

d/ Các tổn hao bộ phối hợp và đầu nối = 0,5dB (cho 1 trạm)

Tổng mục a+b+c+d

$$138,5 + 10,5 + 4*2 + 0,5*2 = 158 \text{ dB}$$

e/ Độ lợi của anten (cho bởi nhà chế tạo với f=7GHz)

anten 2,4m độ lợi G_{dB}= 42,5 dB

độ lợi 2anten 42,5 x 2 = 85dB

f/ Công suất phát

$$P_t = +28 \text{ dBm}$$

Tổng các độ lợi

$$85 + 28 = 113 \text{ dB}$$

Tổng tổn hao

$$A_1 = P_t - \{ P_t - \text{tổng tổn hao} + \text{tổng các độ lợi của anten} \}$$

$$A_1 = 28 - \{ 28 - 158 + 85 \} = 73 \text{ dB}$$

g/ Mức đầu vào máy thu (dBm)

$$P_r = P_t - A_1 = 28 - 73 = -45 \text{ dBm}$$

h/ Các mức ngưỡng máy thu

L < 280km; BER ≤ 10⁻³ 0,006% tháng bất kỳ

Giá trị của độ dự trữ phading phẳng

$$FM_a = Pr - RX_a = -45 - (-91) = 46 \text{ dB} \quad \text{Với BER} = 10^{-3}$$

$$FM_b = Pr - RX_b = -45 - (-87) = 42 \text{ dB} \quad \text{Với BER} = 10^{-6}$$

i/ Xác suất pha định phẳng nhiều tia

áp dụng biểu thức:

$$P_0 = KQ \cdot f^B d^C$$

Trong đó: $KQ = 1,4 \times 10^{-8}$, $B = 1$, $C = 3,5$ (theo khuyến nghị). Suy ra $P_0 = 11,38 \times 10^{-3}$

k/ Xác suất đạt tới các ngưỡng

$$P_a = 10^{-F_{ma}/10} = 10^{-46/10} = 251,19 \cdot 10^{-7}$$

$$P_b = 10^{-F_{Mb}/10} = 10^{-42/10} = 630,95 \cdot 10^{-7}$$

l/ Khoảng thời gian pha định:

$$T_a = C_2 10^{\left(\frac{-\alpha_2 F M_a}{10}\right)} f^{\beta_2} \quad T_b = C_2 10^{\left(\frac{-\alpha_2 F M_b}{10}\right)} f^{\beta_2}$$

Với $C_2 = 56,6 \cdot d$; $\alpha_2 = 0,5$; $\beta_2 = -0,5$ lấy theo khuyến nghị.

$$T_a = 56,6 \cdot 28,7^{-0,5} \cdot 10^{\left[\frac{-0,5 \cdot 46}{10}\right]} = 2,99 \quad T_b = 56,6 \cdot 28,7^{-0,5} \cdot 10^{\left[\frac{-0,5 \cdot 42}{10}\right]} = 4,76$$

m/ Xác suất pha định phẳng dài hơn 10s:

$$\begin{aligned} P(T_a \geq 10) &= P_{(10)} = 0,5 [1 - \text{erf}(Z_a)] = 0,5 \text{ erfc}(Z_a) \\ &= 0,5 * 0,820998 * 0,661 = 0,27133 \end{aligned}$$

$$P(T_b \geq 60) = P_{(60)} = 0,5 [1 - \text{erf}(Z_b)] = 0,5 \text{ erfc}(Z_b)$$

$$\text{Với: } Z_a = 0,548 \ln(10/T_a) = 0,548 \ln(10/2,99) = 0,661$$

$$Z_b = 0,548 \ln(10/T_b) = 0,548 \ln(10/4,76) = 0,742$$

Trong đó $\text{erfc}(t) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_t^{\infty} e^{-t^2} dt$, dùng phương pháp tính gần đúng

$$e^{-t^2} \approx 1 + (-t^2) + \frac{(-t^2)^2}{2!} + \frac{(-t^2)^3}{3!} + \dots + (-1)^n \frac{t^{2n}}{n!}$$

$$\text{erfc}(t) \approx \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_t^{\infty} \left\{ 1 - t^2 + \frac{t^4}{2} - \frac{t^6}{6} + \dots + (-1)^n \frac{t^{2n}}{n!} \right\} dt$$

$$\text{erfc}(10) \approx 0,820998 \quad \text{erfc}(60) \approx 0,157299$$

$$P_{(10)} = 0,5 * (0,820998) * 0,661 = 0,27133 \quad P_{(60)} = 0,5 * 0,157299 * 0,742 = 0,058357$$

n/ Xác suất BER vượt quá 10^{-3} :

$$\text{Xác suất BER} > 10^{-3} = P_o \cdot P_a = 11,38 \times 10^{-3} * 251,19 \cdot 10^{-7} = 2,858 \times 10^{-7}$$

o/ Xác suất mạch không thể sử dụng do pha định phẳng P_u :

$$P_u = P_o \cdot P_a \cdot P_{(10)} = 2,858 \times 10^{-7} * 0,27133 = 0,77546 \times 10^{-7}$$

p/ Khả năng sử dụng tuyến:

$$\begin{aligned} \text{Khả năng sử dụng tuyến \% } & A_v = 100 (1 - P_u) \\ & = 100 (1 - 0,77546 * 10^{-7}) = 99,999992245 \end{aligned}$$

q/ Xác suất mạch có BER > 10⁻⁶:

$$\text{Xác suất BER} > 10^{-6} = P_o * P_b = 11,38 \cdot 10^{-3} * 630,95 \cdot 10^{-7} = 7,180 * 10^{-7}$$

LẬP BẢNG KẾT QUẢ TÍNH TOÁN ĐƯỜNG TRUYỀN TUYẾN VI BA SỐ ĐIỆN NAM - THĂNG BÌNH

Mô tả tuyến:	Trạm A	Trạm B
Số loại thiết bị: Mini Link E		
Tên trạm	Trạm 110kV Điện Nam	Trạm 110kV Thăng Bình
Tần số: (MHz)	7157,75	7210,25
Tần số trung tâm	7GHz	
Dung lượng kênh: (2 x 2) Mb/s		
Loại điều chế máy phát:	4QAM	
Tham khảo bản đồ đo đặc: 1/50000 (cục bản đồ quân đội)		
Vĩ độ	15°56'00"	15°43'14"
Kinh độ:	108°15'30"	108°21'02"
Độ dài của đường truyền dẫn:	28km	
Độ cao của an ten:	30mét	35mét
Độ cao an ten phân tập:	0	0
Độ cao so với mực nước biển	5mét	12mét

Tăng ích	Trạm A	Trạm B
Máy phát A (dBm)	+28	
Tăng ích an ten:	42,5	42,5
Tổng tăng ích của các cột	113	
Tổng tổn hao A _t (dB)	158	
Mức vào của máy thu (dBm)		-45
Mức ngưỡng thu được RXa (dBm)	-91	BER 10 ⁻³
Mức ngưỡng thu được RXb (dBm)	-87	BER 10 ⁻⁶
Độ suy giảm RFI (dB)		
Độ dự trữ pha định phẳng: FM _a (dB)	46	
Độ dự trữ pha định phẳng: FM _b (dB)	42	

Các tổn hao:	Trạm A	Trạm B
Tổn hao đường truyền dẫn của không gian tự do:		$A_0(\text{dB}) = 138,5\text{dB}$
Loại phi đơ:	Cáp đồng trục 75Ω	
Độ dài phi đơ	50m	55m
Tổn hao phi đơ	5dB	5,5dB
Tổn hao rẽ nhánh	4dB	4dB
Tổn hao bộ phối hợp và nối (dB)	0,5	0,5
Tổn hao vật chắn:	0	0
Tổn hao hấp thụ khí quyển:	0	0
Tổng tổn hao của tất cả phần: (db)		158dB

Các hiệu ứng pha dinh phẳng:	Trạm A	Trạm B
Xác suất pha dinh nhiều tia P_0		$11,38 \cdot 10^{-3}$
Xác suất đạt ngưỡng: RX_a	$P_a = 10^{\frac{-46}{10}} = 251,19 \cdot 10^{-7}$	
Xác suất đạt ngưỡng: RX_b	$P_b = 10^{\frac{-42}{10}} = 630,95 \cdot 10^{-7}$	
Khoảng thời gian pha dinh T_a s	2,99	
Khoảng thời gian pha dinh T_b s	4,76	
Xác suất $fdg > 10s$	$P(10)$	0,27133
Xác suất $fdg > 60s$	$P(60)$	0,05835
Xác suất BER vượt 10^{-3}		$2,858 \cdot 10^{-7}$
Xác suất để mạch trả nên không dùng được		0,000000077546
Độ sử dụng của tuyến %		99,99992245
Xác suất BER $> 10^{-6}$		$7,18 \cdot 10^{-3}$
Xác suất BER $> 10^{-6}$		$7,18 \cdot 10^{-7}$
Hệ số cải thiện phân tập không gian:		không

KẾT LUẬN

Qua tính toán các thông số trên cho ta kết luận với cự ly tuyến từ Trạm 110Kv Điện ngọc đến Trạm 110Kv Thăng bình cũng như độ cao anten ở hai trạm, với thiết bị vi ba số Minilink Microwave có các đặc tính kỹ thuật như đã nêu ở trên cùng kết quả tính toán đường truyền :

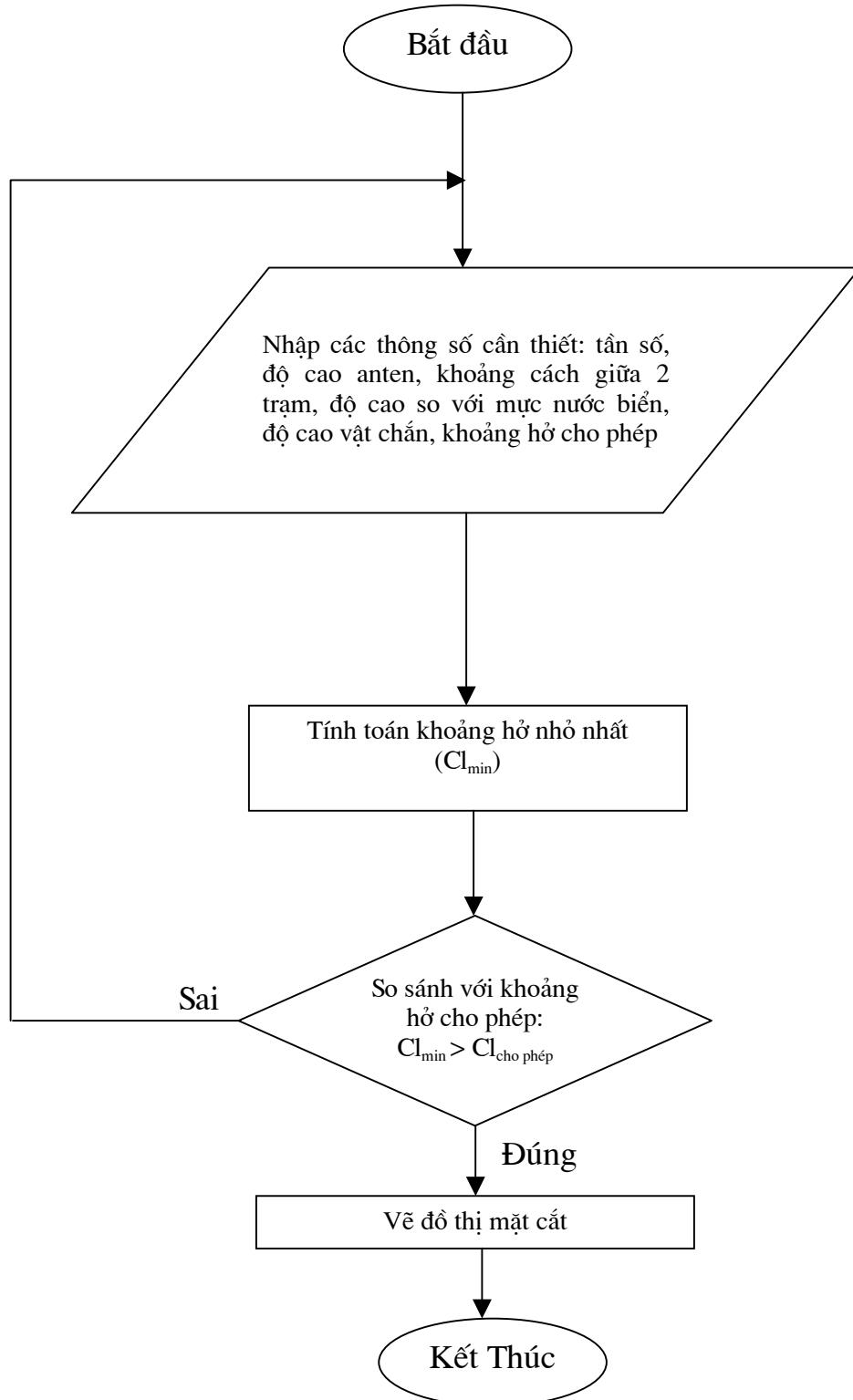
Độ dự trữ pha dinh 46dB với BER 10^{-3} , 42dB với BER 10^{-6}

Độ sử dụng tuyến 99, 9999% .

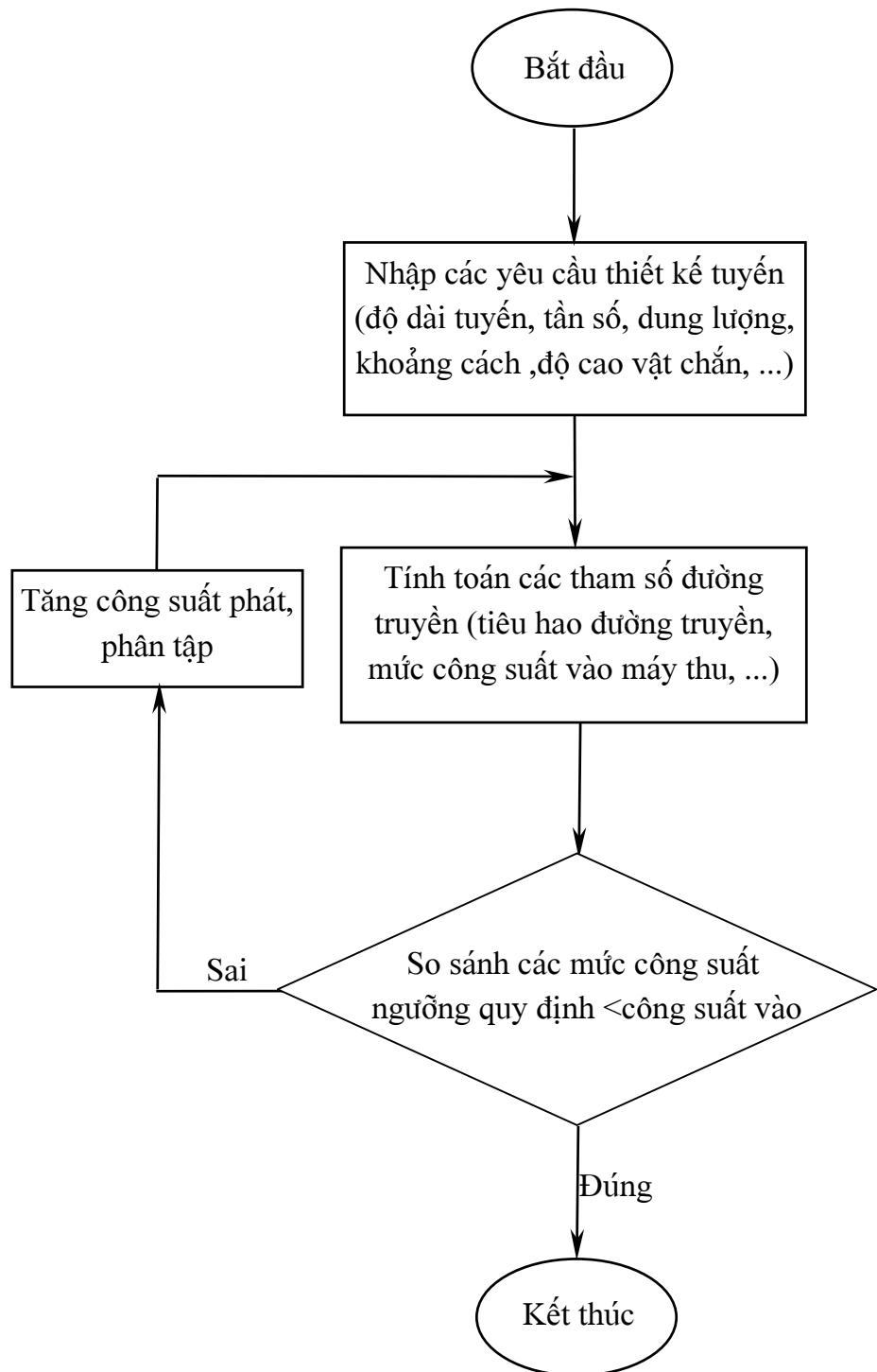
Với các thông số trên ta không cần sử dụng phân tập cho tuyến, tuyến hoạt động tốt

CHƯƠNG TRÌNH PHẦN MỀM

Lưu đồ thuật toán chương trình đồ họa vẽ mặt cắt đường truyền và tính toán khoảng hở đường truyền được biểu diễn như hình vẽ:



Lưu đồ thuật toán chương trình tính toán đường truyền của tuyến truyền dẫn của vi ba số.



CHƯƠNG 4

KHÁI NIỆM CHUNG VỀ THÔNG TIN VỀ TINH

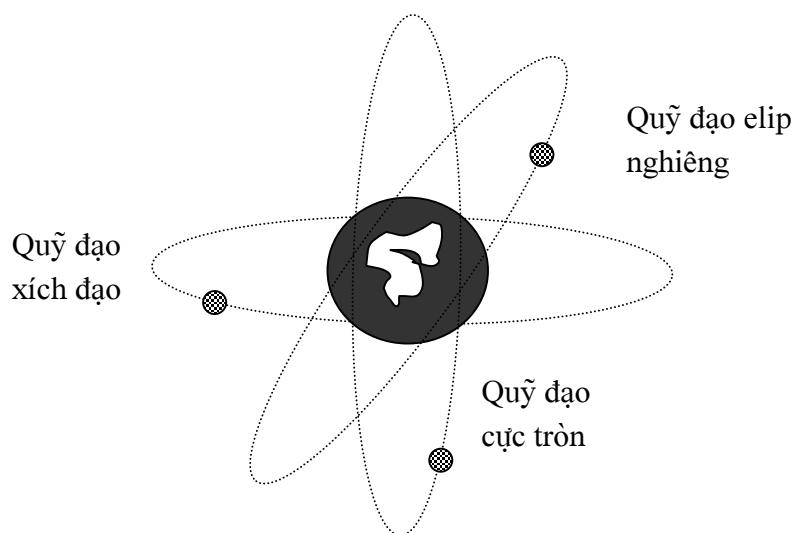
4.2. NGUYÊN LÝ CỦA THÔNG TIN VỀ TINH

Sau khi được phóng vào vũ trụ, vệ tinh trở thành trạm thông tin ngoài trái đất. Nó có nhiệm vụ thu tín hiệu dưới dạng sóng vô tuyến từ một trạm ở trái đất, khuếch đại rồi phát trở về trái đất cho một trạm khác.

Có hai quy luật chi phối quỹ đạo của các vệ tinh bay xung quanh quả đất là:

- Mặt phẳng quỹ đạo bay của vệ tinh phải cắt ngang tâm Trái đất.
- Quả đất phải là trung tâm của bất kỳ quỹ đạo nào của vệ tinh.

Hình 4.1 biểu diễn 3 dạng quỹ đạo cơ bản của vệ tinh.



Hình 4.1 Ba dạng quỹ đạo cơ bản của vệ tinh.

4.2.1. Quỹ đạo cực tròn

Ưu điểm của dạng quỹ đạo này là mỗi điểm trên mặt đất đều nhìn thấy vệ tinh thông qua một quỹ đạo nhất định, việc phủ sóng toàn cầu của dạng quỹ đạo này đạt được vì quỹ đạo bay của vệ tinh sẽ lần lượt quét tất cả các vị trí trên mặt đất. Dạng quỹ đạo này được sử dụng cho các vệ tinh dự báo thời tiết, hàng hải, thăm dò tài nguyên và các vệ tinh do thám, không thông dụng cho truyền thông tin.

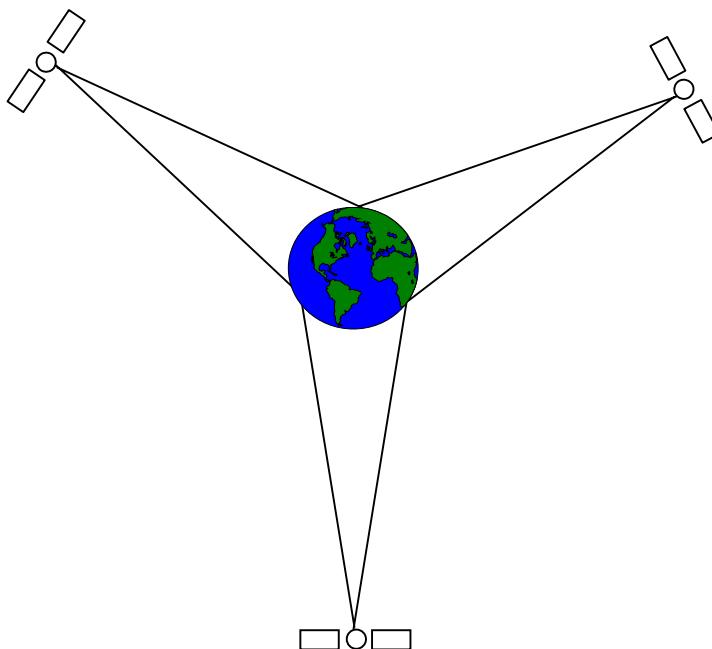
4.2.2. Quỹ đạo elip nghiêng

Ưu điểm của loại quỹ đạo này là vệ tinh có thể đạt đến các vùng cao mà các vệ tinh địa tĩnh không thể đạt tới. Tuy nhiên quỹ đạo elip nghiêng có nhược điểm là hiệu ứng Doppler lớn và vấn đề điều khiển bám đuổi vệ tinh phải ở mức cao.

4.2.3. Quỹ đạo xích đạo tròn

Đối với dạng quỹ đạo này, vệ tinh bay trên mặt phẳng đường xích đạo và là dạng quỹ đạo được dùng cho vệ tinh địa tĩnh, nếu vệ tinh bay ở một độ cao đúng thì dạng quỹ đạo này sẽ lý tưởng đối với các vệ tinh thông tin.

4.2.3.1. Quỹ đạo địa tĩnh GEO (Geosynchronous Earth Orbit)



Hình 4.2 : Vệ tinh quỹ đạo địa tĩnh.

Vệ tinh địa tĩnh là vệ tinh được phóng lên quỹ đạo tròn ở độ cao khoảng 36.000km so với đường xích đạo, vệ tinh loại này bay xung quanh quả đất một vòng mất 24h. Do chu kỳ bay của vệ tinh bằng chu kỳ quay của trái đất xung quanh trục của nó theo hướng Đông cùng với hướng quay của trái đất, bởi vậy vệ tinh dường như đứng yên khi quan sát từ mặt đất, do đó nó được gọi là vệ tinh địa tĩnh.

Bởi vì một vệ tinh địa tĩnh có thể đảm bảo thông tin ổn định liên tục nên có nhiều ưu điểm hơn vệ tinh quỹ đạo thấp dùng làm vệ tinh thông tin.

Nếu ba vệ tinh địa tĩnh được đặt ở cách đều nhau bên trên xích đạo thì có thể thiết lập thông tin liên kết giữa các vùng trên trái đất bằng cách chuyển tiếp qua một hoặc hai vệ tinh. Điều này cho phép xây dựng một mạng thông tin trên toàn thế giới.

Ngoài ra người ta còn có 2 loại quỹ đạo khác:

4.2.4. Quỹ đạo thấp LEO (Low Earth Orbit)

Độ cao điển hình của dạng quỹ đạo này là 160 đến 480 km, nó có chu kỳ 90 phút. Sự gần kề của các vệ tinh LEO có thuận lợi là thời gian để dữ liệu phát đi đến vệ tinh và đi về là rất ngắn. Do khả năng thực hiện nhanh của nó, tác dụng tiếp sức tương hỗ toàn cầu giữa các mạng và loại hình hội thoại vô tuyến truyền hình sẽ có

hiệu quả và hấp dẫn hơn. Nhưng hệ thống LEO đòi hỏi phải có khoảng 60 vệ tinh loại này mới bao trùm hết bề mặt địa cầu

4.2.5. Quỹ đạo trung bình MEO (Medium Earth Orbit)

Vệ tinh MEO ở độ cao từ 10.000km đến 20.000 km, chu kỳ của quỹ đạo là 5 đến 12 giờ, thời gian quan sát vệ tinh từ 2 đến 4 giờ. Ứng dụng cho thông tin di động hay thông tin radio. Hệ thống MEO cần khoảng 12 vệ tinh để phủ sóng toàn cầu.

4.3. CÁC ĐẶC ĐIỂM CỦA THÔNG TIN VỆ TINH:

Trong thời đại hiện nay, thông tin vệ tinh được phát triển và phổ biến nhanh chóng vì nhiều lý do khác nhau. Các ưu điểm chính của thông tin vệ tinh so với các phương tiện thông tin dưới biển và trên mặt đất như hệ thống cáp quang và hệ thống chuyển tiếp viba số là:

- Có khả năng đa truy nhập .
- Vùng phủ sóng rộng.
- Ổn định cao, 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 xuyên lục địa.

Sóng vô tuyến điện phát đi từ một vệ tinh ở quỹ đạo địa tĩnh có thể bao phủ hơn 1/3 toàn bộ bề mặt trái đất, nên những trạm mặt đất đặt trong vùng đó có thể thông tin trực tiếp với bất kỳ một trạm mặt đất khác trong vùng qua một vệ tinh thông tin .

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

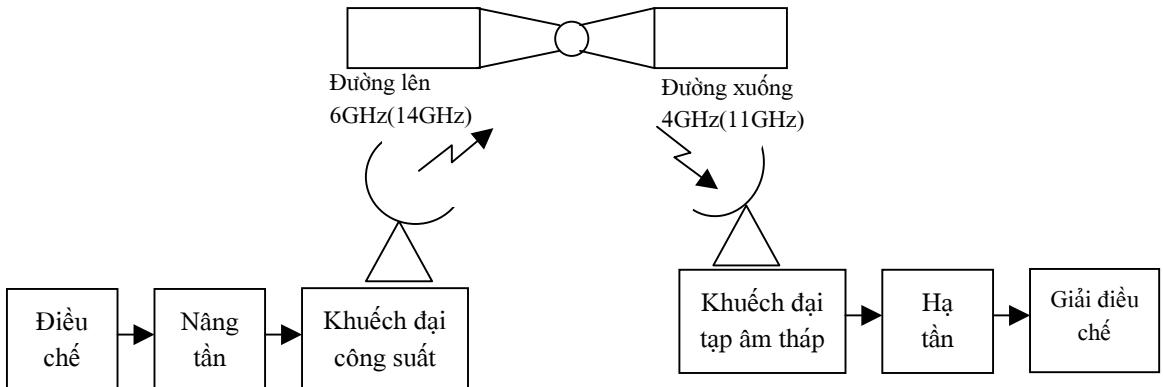
4.4. HỆ THỐNG THÔNG TIN VỆ TINH CƠ BẢN

Một hệ thống thông tin vệ tinh bao gồm hai phần cơ bản:

- Phần trên không là vệ tinh và các thiết bị liên quan.
- Phần mặt đất bao gồm các trạm mặt đất .

Trong đó vệ tinh đóng vai trò lặp lại tín hiệu truyền giữa các trạm mặt đất, thực chất kỹ thuật thông tin vệ tinh là kỹ thuật truyền dẫn mà trong đó môi trường truyền dẫn là không gian vũ trụ với khoảng cách đường truyền khá dài. Tại đây ta cũng gặp lại một số vấn đề đối với một bài toán truyền dẫn, đó là các vấn đề điều chế tần số và nhiễu đường truyền, đồng bộ giữa hai đầu thu phát.

Hình vẽ là một ví dụ đơn giản về liên lạc giữa hai trạm mặt đất thông qua vệ tinh thông tin .



Hình 4.3. Liên lạc giữa hai trạm mặt đất qua vệ tinh.

Đường hướng từ trạm mặt đất phát đến vệ tinh được gọi là đường lên (Up link) và đường từ vệ tinh đến trạm mặt đất thu gọi là đường xuống (Down link). Hầu hết, các tần số trong khoảng 6GHz hoặc 14GHz được dùng cho đường lên và tần số khoảng 4GHz hoặc 11GHz cho đường xuống.

Tại đầu phát, thông tin nhận từ mạng nguồn (có thể là kênh thoại, truyền hình quảng bá, truyền số liệu ...) sẽ được dùng để điều chế một sóng mang trung tần IF. Sau đó tín hiệu này được đưa qua bộ chuyển đổi nâng tần (Up Converter) cho ra tần số cao hơn RF (Radio Frequency). Tín hiệu RF này được khuếch đại ở bộ khuếch đại công suất cao HPA (High Power Amplifier) rồi được bức xạ ra không gian lên vệ tinh qua anten phát. Tại vệ tinh, tín hiệu nhận được qua anten sẽ được khuếch đại và chuyển đổi tần số xuống (Down Converter), sau đó được khuếch đại công suất rồi được phát trở lại trạm mặt đất. Ở trạm mặt đất thu, tín hiệu thu được qua anten được khuếch đại bởi bộ khuếch đại tạp âm thấp LNA (Low Noise Amplifier). Sau đó được chuyển đổi tần số trung tần qua bộ chuyển đổi hạ tần (Down Converter) và cuối cùng được giải điều chế khôi phục lại tín hiệu băng gốc.

4.5. Tần số sử dụng trong thông tin vệ tinh

Các tần số sử dụng trong thông tin vệ tinh nằm trong băng tần siêu cao SHF (Super High Frequency) từ 3 đến 30 GHz, trong phổ tần số sử dụng cho vệ tinh người ta còn chia các băng tần nhỏ với phạm vi của dãy phổ như bảng 4.1.

Hiện nay, băng C và băng Ku được sử dụng phổ biến nhất, băng C (4/6 GHz) nằm ở khoảng giữa của số tần số, suy hao ít do mưa, trước đây được dùng cho các hệ thống viba mặt đất. Sử dụng chung cho hệ thống Intelsat và các hệ thống khác bao gồm các hệ thống vệ tinh khu vực và nhiều hệ thống vệ tinh nội địa. Băng Ku (12/14 và 11/14 GHz), được sử dụng rộng rãi tiếp sau băng C cho viễn thông công cộng, dùng nhiều cho thông tin nội địa và thông tin giữa các công ty. Do tần số cao nên cho phép sử dụng những anten có kích thước nhỏ, nhưng cũng vì tần số cao nên tín hiệu ở băng Ku bị hấp thụ lớn do mưa.

Bảng 4.1. Tần số sử dụng trong thông tin vệ tinh.

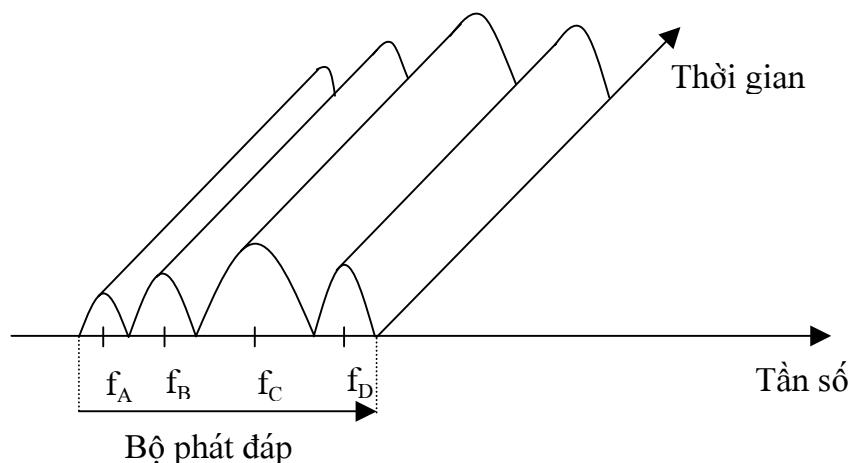
Băng	Tần số (GHz)	Bước sóng (cm)
L	0,390 ÷ 1,661	76,9 ÷ 18
S	1,662 ÷ 3,339	18 ÷ 8,82
C	3,400 ÷ 7,075	8,82 ÷ 4,41
X	7,025 ÷ 8,425	4,41 ÷ 3,56
Ku	10,90 ÷ 18,10	2,75 ÷ 1,66
Ka	17,70 ÷ 36,00	1,95 ÷ 0,83

Băng Ka (20/30 GHz) lần đầu tiên sử dụng cho thông tin thương mại qua vệ tinh Sakura của Nhật, cho phép sử dụng các trạm mặt đất nhỏ và hoàn toàn không gây nhiễu cho các hệ thống viba. Tuy nhiên băng Ka suy hao đáng kể do mưa nên không phù hợp cho thông tin chất lượng cao.

4.6. Các phương pháp đa truy nhập đến một vệ tinh

4.6.1. Phương pháp đa truy nhập phân chia theo tần số FDMA

FDMA (Frequency Division Multiplex Access) là loại đa truy nhập được dùng phổ biến trong thông tin vệ tinh, trong hệ thống này mỗi trạm mặt đất phát đi một sóng mang có tần số khác với tần số sóng mang của các trạm mặt đất khác. Mỗi một sóng mang được phân cách với các sóng mang khác bằng các băng tần bảo vệ thích hợp sao cho chúng không chồng lên nhau. FDMA có thể được sử dụng cho tất cả các hệ thống điều chế: hệ thống điều chế tương tự hay điều chế số như các sóng mang FM (Frequency Modulation) điều chế bằng các tín hiệu điện thoại đã ghép kênh hoặc các tín hiệu truyền hình và các sóng mang PSK (Phase Shift Keying) điều chế số. Một trạm mặt đất thu các tín hiệu có chứa thông tin nhờ một bộ lọc thông dải.

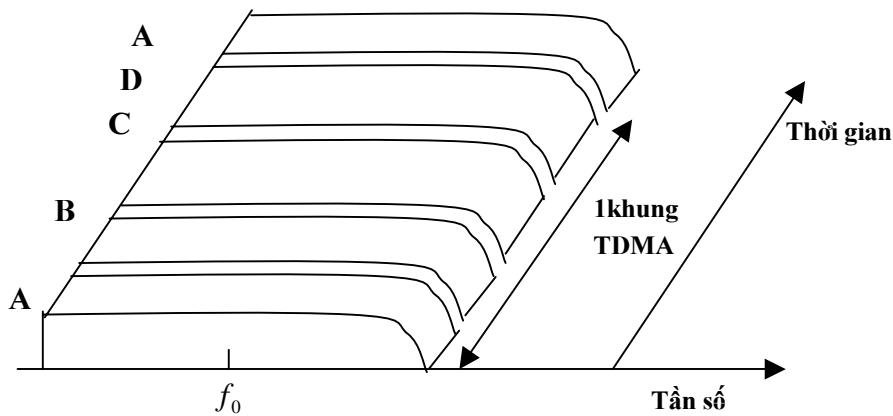


Hình 4.4. FDMA.

Phương pháp này cho phép tất cả các trạm truyền dẫn liên tục, nó có ưu điểm là không cần thiết điều khiển định thời đồng bộ và các thiết bị sử dụng khá đơn giản. Hiệu quả sử dụng công suất vệ tinh của nó là khá tốt, tuy nhiên vì các kênh truyền dẫn được phân chia theo một thước đo vật lý là tần số. Nên phương pháp này thiếu linh hoạt trong việc thay đổi cách phân phối kênh và hiệu quả thấp khi số sóng mang tăng. Nhưng bù lại phương pháp này có thủ tục truy nhập đơn giản, các cấu hình phương tiện trạm mặt đất cũng đơn giản, do đó dễ dàng ứng dụng phân phối theo yêu cầu và kích hoạt bằng tiếng nói trong các tổng đài dung lượng nhỏ.

4.6.2. Phương pháp đa truy nhập phân chia theo thời gian TDMA

TDMA là phương pháp đa truy nhập trong đó các trạm mặt đất dùng chung một bộ phát đáp trên cơ sở phân chia theo thời gian như hình 4.5.



Hình 4.5. Đa truy nhập phân chia theo thời gian

Trong hình 4.5, trục hoành chỉ tần số, trục tung chỉ thời gian. Trục thời gian được phân chia thành các khoảng thời gian gọi là các khung TDMA, mỗi khung TDMA được phân chia thành các khe thời gian, các khe thời gian này được ấn định cho mỗi trạm mặt đất. Tất cả các trạm mặt đất đều dùng chung một sóng mang có tần số trung tâm là f_0 và chỉ phát và thu tín hiệu trong các khe thời gian được ấn định. Vì thế, trong một khoảng thời gian nhất định, chỉ có tín hiệu từ một trạm mặt đất chiếm toàn bộ băng tần của bộ phát đáp vệ tinh và không bao giờ xảy ra trường hợp tín hiệu từ hai trạm mặt đất trở lên chiếm bộ phát đáp của vệ tinh trong cùng một thời gian. Độ dài của khe thời gian ấn định cho mỗi trạm mặt đất tùy thuộc vào lưu lượng của trạm.

TDMA sử dụng các sóng mang điều chế số và các sóng mang được phát đi từ trạm mặt đất cần phải được điều khiển chính xác sao cho chúng nằm trong khe thời gian được phân phối. Để làm được điều này, cần phải có một tín hiệu chuẩn phát đi từ một trạm chuẩn và các trạm khác lần lượt truyền tín hiệu ngay sau tín hiệu chuẩn. Trong phương pháp đa truy nhập này, các trạm mặt đất phải truyền tín hiệu một

cách gián đoạn và cần phải dự phòng khoảng thời gian bảo vệ giữa các sóng mang để các tín hiệu từ các trạm mặt đất không chồng lấn lên nhau khi đến bộ phát đáp.

Ưu điểm của phương pháp này là có thể sử dụng tốt công suất tối đa của vệ tinh và có thể thay đổi dễ dàng dung lượng truyền tải bằng cách thay đổi khoảng thời gian phát và thu, do đó nó linh hoạt trong việc thay đổi, thiết lập tuyến, đặc biệt là hiệu suất sử dụng tuyến rất cao khi số kênh liên lạc tăng. Mặt khác, TDMA khi kết hợp với kỹ thuật nội suy tiếng nói thì có thể tăng dung lượng truyền dẫn lên ba đến bốn lần. Tuy nhiên, TDMA có một số nhược điểm như sau:

- Yêu cầu phải có đồng bộ cụm

Mạng TDMA chứa các trạm lưu lượng và ít nhất một trạm chuẩn. Các cụm được phát đi từ các trạm lưu lượng được gọi là các cụm lưu lượng. Số liệu lưu lượng được phát bằng các cụm lưu lượng. Trạm chuẩn phát một cụm đặc biệt theo chu kỳ gọi là cụm chuẩn. Cụm chuẩn cung cấp chuẩn định thời và chu kỳ của nó đúng bằng một khung TDMA. Mỗi trạm lưu lượng phát các cụm lưu lượng trong các khe thời gian được xác định ở vệ tinh bằng cách điều khiển định thời phát cụm theo cụm chuẩn, cụm chuẩn được sử dụng làm chuẩn định thời, cụm chuẩn và các cụm lưu lượng được đặt theo thứ tự đúng để tránh chồng lấn trong mỗi khung TDMA. Nếu không có đồng bộ cụm thì các cụm được phát có thể trượt khỏi các khe thời gian được xác định ở vệ tinh. Nếu xảy ra chồng lấn các cụm ở vệ tinh thì thông tin sẽ bị mất.

- Tín hiệu tương tự phải được chuyển sang dạng số khi sử dụng kỹ thuật TDMA.
- Giao diện với các hệ thống mặt đất tương tự rất phức tạp dẫn đến giá thành của hệ thống cao.

4.6.3. Phương pháp đa truy nhập phân chia theo mã CDMA

CDMA (Code Division Multiplex Access) là phương pháp truy nhập ứng dụng kỹ thuật trải phổ, trong đó mọi đối tượng có thể :

- Được phép hoạt động đồng thời.
- Hoạt động tại tần số như nhau.
- Sử dụng toàn bộ băng tần của hệ thống cùng một lúc mà không gây nhiễu sang thông tin của đối tượng khác.

Đa truy nhập phân chia theo mã CDMA là phương pháp đa truy nhập mà ở đó các trạm mặt đất có thể phát tín hiệu một cách liên tục và đồng thời, và sử dụng cùng một băng tần của kênh.

Trong CDMA, mỗi sóng mang phát được điều chế bằng một mã đặc biệt qui định cho mỗi trạm mặt đất và trạm mặt đất thu có thể tách được tín hiệu cần thu khỏi các tín hiệu khác nhờ mã đặc biệt đó. Tập hợp các mã cần dùng phải có các thuộc tính tương quan sau đây:

- Mỗi mã phải có thể được phân biệt một cách dễ dàng với bản sao của chính nó bị dịch chuyển theo thời gian.
- Mỗi mã phải có thể được phân biệt một cách dễ dàng bất chấp các mã khác được sử dụng trên mạng.

Việc truyền dẫn tín hiệu hữu ích kết hợp với mã đòi hỏi một băng thông lớn hơn nhiều so với băng thông yêu cầu để truyền dẫn chỉ riêng thông tin hữu ích. Đó là lý do vì sao người ta gọi là truyền dẫn trai phổ.

Đặc điểm của CDMA

- Hoạt động đơn giản, do nó không đòi hỏi bất kỳ sự đồng bộ truyền dẫn nào giữa các trạm. Đồng bộ duy nhất là đồng bộ của máy thu với chuỗi sóng mang thu được.
- Nhờ việc trai phổ ở phía phát và thu hẹp phổ ở phía thu nên nó có khả năng chống lại can nhiễu giữa các hệ thống và nhiễu do hiện tượng đa đường truyền rất tốt, đồng thời có tính bảo mật của tín hiệu cao.

Bên cạnh các ưu điểm như trên, CDMA vẫn tồn tại nhược điểm như hiệu quả sử dụng băng tần kém, độ rộng băng tần truyền dẫn yêu cầu lớn.

Tuy vậy CDMA rất phù hợp đối với các mạng có các trạm nhỏ với độ rộng chùm tia anten lớn và đối với truyền thông vệ tinh với các máy di động.

4.6.4. Phương pháp đa truy nhập phân phôi trước và đa truy nhập phân phôi theo yêu cầu

4.6.4.1. Đa truy nhập phân phôi trước

Đa truy nhập phân phôi trước là một phương pháp đa truy nhập mà trong đó các kênh vệ tinh được phân bổ cố định cho tất cả các trạm mặt đất khác nhau, bất chấp có hay không có các cuộc gọi phát đi.

4.6.4.2. Đa truy nhập phân phôi theo yêu cầu

Đa truy nhập phân phôi theo yêu cầu là phương pháp đa truy nhập mà trong đó các kênh vệ tinh được sắp xếp lại mỗi khi có yêu cầu thiết lập kênh từ các trạm mặt đất có liên quan. Đa truy nhập phân phôi theo yêu cầu cho phép sử dụng có hiệu quả dung lượng kênh của vệ tinh đặc biệt khi một số trạm mặt đất có dung lượng nhỏ sử dụng chung một bộ phát đáp như trong trường hợp hệ thống điện thoại vệ tinh trên biển.

4.7 SỰ PHÂN CỰC SÓNG

Trường điện từ của sóng vô tuyến điện khi đi qua trong một môi trường dao động theo một hướng nhất định, tùy theo kiểu dao động đó mà ta có hai loại phân cực. Hai loại phân cực sóng vô tuyến điện được sử dụng trong thông tin vệ tinh là sóng phân cực thẳng và sóng phân cực tròn.

4.7.1 Sóng phân cực thẳng

Một sóng phân cực thẳng có thể được tạo ra bằng cách dẫn các tín hiệu từ một ống dẫn sóng chữ nhật đến một anten loa, nhờ đó sóng được bức xạ theo kiểu phân cực thẳng đứng song song với cạnh đứng của anten loa. Để thu được sóng này anten thu cũng cần phải bố trí giống như tư thế anten phía phát. Trong trường hợp khi đặt anten thu vuông góc với anten phát thì không thể thu được sóng này ngay cả khi sóng đi vào ống dẫn sóng, vì nó không được nối với đường cáp đồng trục. Ta dễ dàng tạo ra sóng phân cực thẳng, nhưng cần phải điều chỉnh hướng của ống dẫn sóng anten thu sao cho song song với mặt phẳng phân cực sóng đến.

4.7.2 Sóng phân cực tròn

Sóng phân cực tròn là sóng trong khi truyền lan phân cực của nó quay tròn, có thể tạo ra loại sóng này bằng cách kết hợp hai sóng phân cực thẳng có phân cực vuông góc nhau và góc lệch pha là 90° . Sóng phân cực tròn là phân cực phải hay trái phụ thuộc vào sự khác nhau giữa các sóng phân cực thẳng là sớm pha hay chậm pha. Đối với sóng phân cực tròn mặc dù không cần điều chỉnh hướng của loa thu, nhưng mạch fiđo của anten lại trở nên phức tạp hơn đôi chút.

Trong thông tin vệ tinh, sóng phân cực tròn được chọn để sử dụng nhờ có tính ưu việt sau:

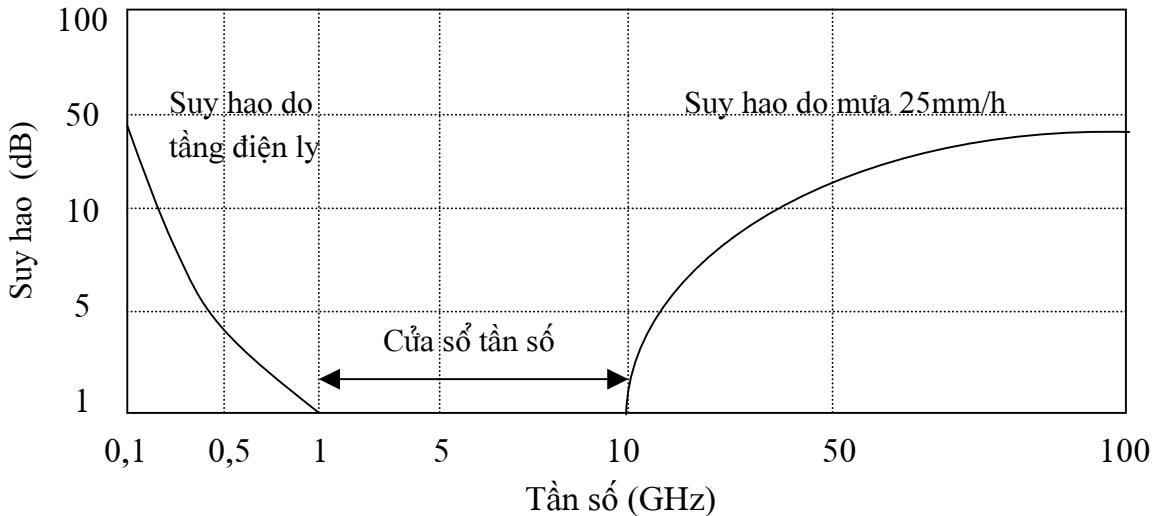
- Sự chênh lệch giữa phân cực tròn phải và phân cực tròn trái là khá lớn. Vì vậy mà việc phát và thu tín hiệu không ảnh hưởng lên nhau với kỹ thuật sử dụng lại tần số.

- Trong khoảng tần số từ 4GHz đến 6GHz thì mức độ phân cách giữa hai phân cực phải và phân cực trái rõ rệt, do đó chúng không gây giao thoa hay can nhiễu lên nhau.

4.8 CỦA SỐ TẦN SỐ

Các sóng vô tuyến điện truyền đến hay đi từ các vệ tinh thông tin chịu ảnh hưởng của tầng điện ly và khí quyển. Tầng điện ly là một lớp khí loãng bị ion hóa bởi các tia vũ trụ, có độ cao từ 60km đến 2000km so với mặt đất, lớp mang điện này có tính chất hấp thụ và phản xạ sóng. Do các biến đổi trạng thái của tầng điện ly, làm giá trị hấp thụ và phản xạ thay đổi gây ra sự biến thiên cường độ sóng đi vào, gọi là sự thăng giáng. Tuy nhiên tính chất này ảnh hưởng chủ yếu đối với băng sóng ngắn, tần số càng cao ảnh hưởng của tầng điện ly càng ít, các tần số ở băng sóng viba hầu như không bị ảnh hưởng của tầng điện ly.

Trong khí quyển, tuy ảnh hưởng của không khí, hơi nước và mưa cần phải được tính đến, nhưng ở tần số 30GHz hoặc thấp hơn có thể bỏ qua, các tần số này đang được sử dụng cho thông tin vệ tinh.



Hình 4.6. suy hao của sóng do tầng điện ly và do mưa khi tần số thay đổi.

Từ đồ thị ta thấy rằng, các tần số nằm ở khoảng giữa 1 GHz và 10 GHz thì suy hao kết hợp do tầng điện ly và mưa là không đáng kể, do vậy băng tần này được gọi là "cửa sổ tần số". Nếu sóng trong cửa sổ vô tuyến được sử dụng trong thông tin vệ tinh thì suy hao truyền dẫn có thể được xem gần đúng là suy hao không gian tự do. Vì vậy, cho phép thiết lập các đường thông tin vệ tinh ổn định, nhưng phải lưu ý đến sự can nhiễu với các đường thông tin viba trên mặt đất vì các sóng trong thông tin viba cũng sử dụng tần số nằm trong cửa sổ tần số.

4.9 SUY HAO TRONG THÔNG TIN VỆ TINH

Một tuyền thông tin vệ tinh bao gồm đường truyền sóng từ anten của trạm phát đến vệ tinh (tuyền lên - uplink) và từ vệ tinh đến anten của trạm mặt đất thu (tuyền xuống - downlink).

Do đó suy hao trong thông tin vệ tinh gồm các loại suy hao sau:

4.9.1 Suy hao trong không gian tự do

Đối với vệ tinh địa tĩnh ở độ cao 35.768km, cự ly thông tin cho một tuyền lên hay một tuyền xuống gần nhất là 35.768km. Do cự ly truyền sóng trong thông tin vệ tinh lớn như vậy nên suy hao trong không gian tự do là suy hao lớn nhất. Gọi suy hao này là L_{td} , ta có :

$$L_{td} = \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \quad (4.1)$$

Trong đó $d[\text{km}]$: là chiều dài của một tuyền lên hay xuống.

$\lambda [\text{m}]$: bước sóng công tác. $L_{td} [\text{dB}]$

Bước sóng λ được đổi ra tần số công tác với quan hệ $f = c/\lambda$.

c : vận tốc ánh sáng $c = 3.10^8 \text{ m/s}$.

f : tần số công tác [GHz].

Lúc đó công thức để tính suy hao trong không gian tự do là

$$L_{td} = 20\lg(4\pi df) - 20\lg(c) \quad (4.2)$$

Suy hao không gian tự do của tuyến lên hay xuống khi công tác ở băng C (4/6 GHz) vào khoảng 200dB. Để bù vào suy hao này, đảm bảo cho máy thu nhận được một tín hiệu đủ lớn cõi -90dBm đến -60dBm, người ta sử dụng anten có đường kính đủ lớn hàng chục mét để có hệ số tăng ích lớn khoảng 60dB và máy phát có công suất lớn hàng trăm đến hàng ngàn W.

Xét trường hợp một máy phát có công suất bức xạ là 100W cho mỗi sóng mang, công tác ở băng C (6/4GHz). Nếu chỉ tính đến suy hao không gian tự do là 200dB thì công suất thu được ở sóng mang đó sẽ là:

$$P_{Rx} = 100/10^{20} = 10^{-18} (W) = 10^{-15} (mW)$$

Tính theo dBw :

$$\begin{aligned} P_{Rx} &= 10\lg 100(dBW) - 200(dB) \\ &= 20 (dBW) - 200 (dB) = -180 (dBW) = -150 (dBmW). \end{aligned}$$

Với công suất nhỏ như vậy thì máy thu không thể thu được tín hiệu, để có được công suất đầu vào máy thu khoảng -70dBm thì ta phải sử dụng anten phát và thu có hệ số tăng ích lớn. Nếu hệ số tăng ích của anten trạm mặt đất là $G_R = 50$ dB thì anten thu trên vệ tinh có hệ số tăng ích $G_T = 30$ dB.

Ngoài suy hao chính trong không gian tự do còn có các suy hao khác tuy không lớn nhưng khi tính toán tuyến thông tin vệ tinh mà ta không xét hết các khả năng xấu nhất do ảnh hưởng của môi trường truyền sóng thì khi xảy ra các hiện tượng đó chất lượng thông tin sẽ xấu đi và có thể làm gián đoạn thông tin. Các suy hao đó được trình bày sau đây.

4.9.2 Suy hao do tầng đối lưu

Tầng đối lưu là lớp khí quyển nằm sát mặt đất lên đến độ cao (10km-15km) (theo quy định của tầng đối lưu tiêu chuẩn), bao gồm các chất khí chính hấp thụ sóng gây ra suy hao như hơi nước, Oxy, Ozon, Cacbonic. Suy hao này phụ thuộc nhiều vào tần số và góc ngang của anten và chỉ đáng kể khi tần số công tác từ 10GHz trở lên, nghĩa là khi công tác ở băng Ku (14/12GHz) hay băng Ka (30/20GHz). Anten có góc ngang càng lớn thì suy hao tầng đối lưu càng nhỏ, do đường truyền của sóng trong tầng đối lưu càng ngắn. Tại các tần số 21GHz và 60GHz có các suy hao cực đại, đó là do sự cộng hưởng hấp thụ đối với các phân tử hơi nước và Oxy.

4.9.3 Suy hao do tầng điện ly

Tầng điện ly là lớp khí quyển nằm ở độ cao khoảng 60km đến 2000km, do bị ion hóa mạnh nên lớp khí quyển ở độ cao này bao gồm chủ yếu là các điện tử tự do,

các ion âm và dương nên được gọi là tầng điện ly. Sự hấp thụ sóng trong tầng điện ly giảm khi tần số tăng, ở tần số trên 600MHz thì sự hấp thụ không đáng kể.

4.9.4 Suy hao do thời tiết

Suy hao do các điều kiện thời tiết như mây, mưa, sương mù, suy hao này phụ thuộc vào nhiều yếu tố như cường độ mưa hay sương mù, vào tần số, vào chiều dài quãng đường đi của sóng trong mưa, chiều dài này phụ thuộc vào góc ngang anten. Khi góc ngang tăng, suy hao giảm, với góc ngang anten khoảng 40° trở lên thì suy hao không đáng kể, lúc đó suy hao do mưa khoảng 0,6 dB, suy hao do sương mù khoảng 0,2dB, còn suy hao trong các chất khí rất nhỏ có thể bỏ qua. Nói chung khi tần số và cường độ mưa tăng thì suy hao tăng nhanh, đặc biệt trong khoảng tần số từ 10GHz đến 100GHz.

Suy hao thực tế thuộc vào góc ngang anten, độ cao đặt anten so với mức nước biển, chiều cao cơn mưa và sương mù mà đoạn đường đi thực tế của sóng qua vùng đó là khác nhau. Suy hao trên toàn bộ đoạn đường có chiều dài L_e sóng đi qua là:

$$L_{tt} = \gamma \cdot L_e \text{ (dB)}$$

Trong đó γ : là hệ số suy hao trên đoạn đường 1km (dB/km), γ phụ thuộc tần số, môi trường gây suy hao như cường độ mưa hay độ dày của sương mù.

L_e : là chiều dài thực tế sóng đi qua vùng gây suy hao (km), phụ thuộc góc ngang anten, độ cao đặt anten, được xác định theo công thức:

$$L_e = \frac{h_m - h_s}{\sin E} \text{ (km)} \quad (4.3)$$

Với h_m là độ cao của cơn mưa (km), theo khuyến nghị 564 của CCIR ở vĩ độ từ 0° đến 56° lấy $h_m = 3 + 0,028$ (km).

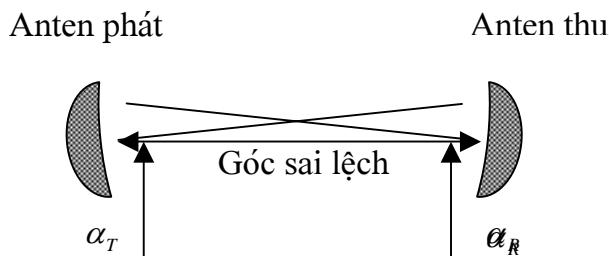
h_s là độ cao anten trạm mặt đất so với mức nước biển (km).

còn E là góc ngang anten (độ).

4.9.5 Suy hao do đặt anten chưa đúng

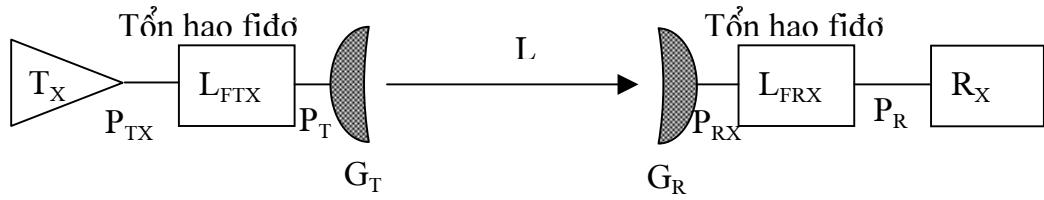
Khi anten phát và thu lệch nhau thì sẽ tạo ra suy hao vì búp chính của anten thu hướng không đúng chùm tia phát xạ của anten phát.

Thường thì suy hao do đặt anten chưa đúng từ 0,8 đến 1 dB.



Hình 4.7. Sai lệch do đặt anten chưa đúng

4.9.6 Suy hao trong thiết bị phát và thu



Hình 4.8. Suy hao trong thiết bị phát và thu.

Suy hao trong thiết bị phát và thu còn gọi là suy hao do hệ thống fidô, có hai loại như sau:

Suy hao L_{FTX} giữa máy phát và anten, để anten phát được công suất P_T cần phải cung cấp một công suất P_{TX} ở đầu ra của bộ khuếch đại phát, do vậy:

$$P_T = P_{TX} - L_{FTX} \quad [\text{dB}]$$

Suy hao L_{FRX} giữa anten và máy thu, công suất P_{RX} ở đầu vào máy thu bằng:

$$P_R = P_{RX} - L_{FRX} \quad [\text{dB}]$$

Trong các hệ thống vệ tinh hiện nay, để đơn giản thường lấy hệ số tổn hao fidô $L_{FRX} = L_{FTX} = 2\text{dB}$. Suy ra $L_{FTX} = L_{FRX} = 10^{-0.2}$ (lần).

4.9.7 Suy hao do phân cực không đối xứng

Suy hao do phân cực không đối xứng xảy ra khi anten thu không đúng hướng với sự phân cực của sóng nhận. Ở đường truyền phân cực tròn, sóng phát chỉ được phân cực tròn trên trực anten phát và nó sẽ trở thành elip khi ra khỏi trực anten đó. Khi truyền qua bầu khí quyển cũng có thể làm thay đổi phân cực tròn thành phân cực elip. Còn trong đường truyền phân cực thẳng thì sóng có thể bị quay mặt phẳng phân cực của nó khi đường truyền đi qua khí quyển, do đó anten thu không còn mặt phẳng phân cực của sóng đứng và sóng tới. Suy hao do lệch phân cực thường chỉ $0,1\text{dB}$.

4.10 TẠP ÂM TRONG THÔNG TIN VỆ TINH

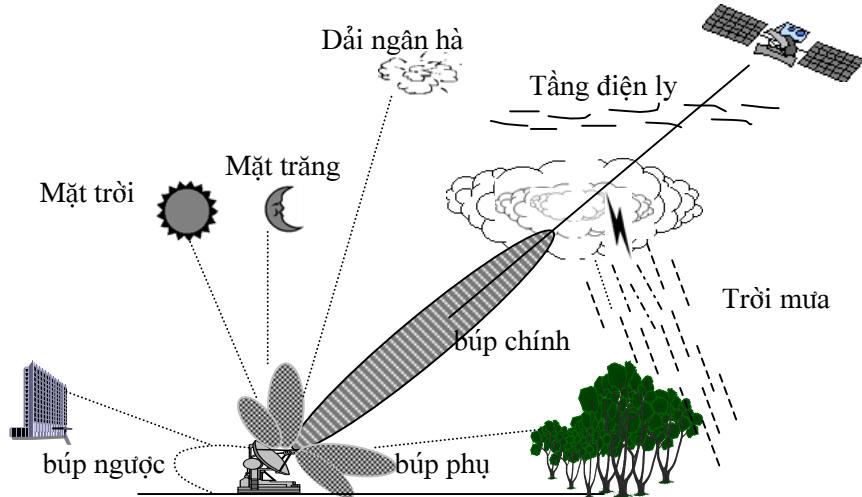
Trong một tuyến thông tin vệ tinh, tạp âm gây ra cho trạm mặt đất do nhiều nguyên nhân như sau:

4.10.1 Nhiệt tạp âm hệ thống

Trong một tuyến thông tin vệ tinh, tạp âm gây ra cho trạm mặt đất do nhiều nguyên nhân và được tính bằng nhiệt tạp âm tương đương T_{sys} và được gọi là nhiệt tạp âm hệ thống.

Nhiệt tạp âm hệ thống được xem là tổng của bốn thành phần được biểu diễn theo biểu thức:

$$T_{sys} = \frac{T_s + T_a + T_f}{L_f} + T_r \quad [^0\text{K}] \quad (4.4)$$



Hình 4.9. Các nguồn tạp âm ảnh hưởng đến thông tin vệ tinh.

Trong đó:

T_{sys} : nhiệt tạp âm hệ thống

T_s : nhiệt tạp âm bên ngoài

T_a : nhiệt tạp âm anten

T_f : nhiệt tạp âm của hệ thống fidô

T_r : nhiệt tạp âm hiệu dụng đầu vào máy thu

L_f : Suy hao của hệ thống fidô, được đưa vào tính toán với nhiệt tạp âm bên ngoài, nhiệt tạp âm anten và nhiệt tạp âm fidô vì 3 loại tạp âm này có liên quan đến suy hao của fidô.

Ta lần lượt xét đến các loại tạp âm này.

4.10.1.1 Nhiệt tạp âm bên ngoài T_s và nhiệt tạp âm anten T_a

Nhiệt tạp âm bên ngoài và anten bao gồm:

+ Nhiệt tạp âm không gian: gồm các thành phần sau:

- Nhiệt tạp âm vũ trụ: ở tần số vô tuyến ($2,76^0\text{K}$) là do bức xạ từ vũ trụ còn dư lại.

- Nhiệt tạp âm của dải ngân hà: nếu hướng anten vào vùng có số sao cực đại của dải ngân hà thì nhiệt tạp âm có thể lên đến gần 100^0K trong vùng tần số từ $0,3 \div 1,2$ (GHz).

- Nhiệt tạp âm của mặt trời: mặt trời bức xạ ra sóng điện từ ở tất cả các tần số, đặc biệt là ở dải viba (microwave). Nhiệt tạp âm do mặt trời gây ra cho trạm mặt đất phụ thuộc vào hướng anten, nếu mặt trời nằm ngoài vùng phủ sóng của búp chính

anten thì nhiệt tạp âm dưới 50^0K . Còn khi mặt trời chiếu thẳng vào anten thì nhiệt tạp âm lên đến 10.000^0K hoặc có thể hơn tùy thuộc tần số công tác, kích thước mặt phản xạ và số vết đèn của mặt trời (số vết đèn thể hiện sự hoạt động mạnh hay yếu của mặt trời).

Trường hợp trạm mặt đất - vệ tinh - mặt trời nằm trên cùng một đường thẳng chỉ xảy ra một vài ngày trong năm vào mùa xuân làm cho thông tin bị gián đoạn vài ba phút.

+ Nhiệt tạp âm do khí quyển (nhiệt tạp âm do tầng đối lưu): nó phụ thuộc vào chiều dài quãng đường đi của sóng trong tầng đối lưu (độ cao 15 km từ mặt đất). Nói cách khác chính là phụ thuộc vào góc ngang của anten, tần số công tác.

+ Nhiệt tạp âm do mưa, được xác định bằng công thức :

$$T_M = T_m \left(1 - \frac{1}{L_M}\right) \quad (4.5)$$

Trong đó T_M : nhiệt tạp âm do mưa (^0K).

L_M : suy hao do mưa, $L_M = 16,57$.

T_m : nhiệt độ trung bình của cơn mưa.

$$T_m = 1,12 T_{xq} - 50 \quad (^0\text{K}) \quad (4.6)$$

T_{xq} : nhiệt độ xung quanh trạm mặt đất (^0K).

+ Nhiệt tạp âm từ trạm mặt đất xung quanh trạm. Vì anten của trạm mặt đất hướng lên bầu trời nên nhiệt tạp âm của mặt đất gây ra chủ yếu do búp phụ và búp ngược, một phần cho búp chính khi anten có tính định hướng kém và góc ngang nhỏ.

- Nhiệt tạp âm cho mỗi búp phụ gây ra được tính theo công thức:

$$T_i = G_i \times T_D \quad (4.7)$$

Trong đó G_i : hệ số tăng ích của búp phụ.

T_D : nhiệt độ chiếu sáng mặt đất do mặt trời tạo ra.

$T_D = 150^0\text{K}$ khi góc ngang từ 0^0 đến 10^0 .

$T_D = 10^0\text{K}$ khi góc ngang từ 10^0 đến 90^0 .

Ngoài ra còn nhiệt tạp âm do các chướng ngại ở gần như toà nhà, các mái che (ví dụ như vòm cây), do các bộ phận cản trở trong anten như các thanh đỡ, bộ tiếp sóng (nguồn bức xạ sơ cấp) và bộ suy hao búp phụ gây ra.

4.10.1.2 Nhiệt tạp âm hệ thống T_F

Nhiệt tạp âm hệ thống fidô được tính bởi biểu thức sau:

$$T_F = T_0 (L_F - 1) \quad (^0\text{K}) \quad (4.8)$$

Trong đó T_0 : nhiệt độ môi trường (^0K).

L_F : suy hao của hệ thống fidô.

T_F tăng khi L_F tăng dẫn đến công suất tạp âm bên trong gây ra bởi hệ thống fiđơ tăng lên. Do đó cần thiết kế các phương tiện sao cho có hệ thống fiđơ là nhỏ nhất. Một cách gần đúng có thể coi nhiệt tạp âm fiđơ là 290^0K .

4.10.1.3 Nhiệt tạp âm máy thu T_R

Nhiệt tạp âm máy thu bằng tổng nhiệt tạp âm gây ra trong mỗi phần của máy thu. Nó được tính bởi công thức sau:

$$T_R = T_1 + \frac{T_2}{G_1} + \frac{T_3}{G_1 G_2} + \dots + \frac{T_K}{G_1 G_2 \dots G_K} ({}^0\text{K}) \quad (4.9)$$

Trong đó T_R : nhiệt tạp âm máy thu (${}^0\text{K}$).

G_1, G_2, \dots, G_K : là hệ số khuếch đại từng phần.

T_1, T_2, \dots, T_K : nhiệt tạp âm đầu vào (${}^0\text{K}$).

Nếu hệ số khuếch đại tầng đầu đủ lớn thì tạp âm tại các tầng tiếp theo có thể bỏ qua. Do đó yêu cầu tầng đầu tiên phải có hệ số khuếch đại lớn và tạp âm thấp, vì vậy trong thông tin vệ tinh dùng các bộ khuếch đại tạp âm thấp (LNA-Low Noise Amplifier). Một cách gần đúng ta coi nhiệt tạp âm tầng đầu này cũng là nhiệt tạp âm của máy thu.

4.10.2 Công suất tạp âm hệ thống

Công suất tạp âm hệ thống N được biểu thị bởi biểu thức:

$$N = k T_{\text{SYS}} B \quad [\text{W}] \quad (4.10)$$

Trong đó N : là công suất tạp âm do nguồn tạp âm gây ra trong độ rộng băng tần B (Hz).

T_{SYS} : nhiệt tạp âm hệ thống

k : là hằng số Boltzman,

$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{W/Hz.}{}^0\text{K} = -228,6 \text{ (dBW/Hz.K)}$.

B là băng thông cấp cho mỗi sóng mang.

Trường hợp tạp âm tính trong độ rộng băng tần 1Hz thì công suất tạp âm sinh ra gọi là mật độ phổ tạp âm N_0 và bằng : $N_0 = N/B$ (W/Hz), nhiệt tạp âm tương đương sẽ bằng :

$$T_{\text{SYS}} = N_0/k \quad (4.11)$$

4.10.3 Công suất tạp âm nhiễu

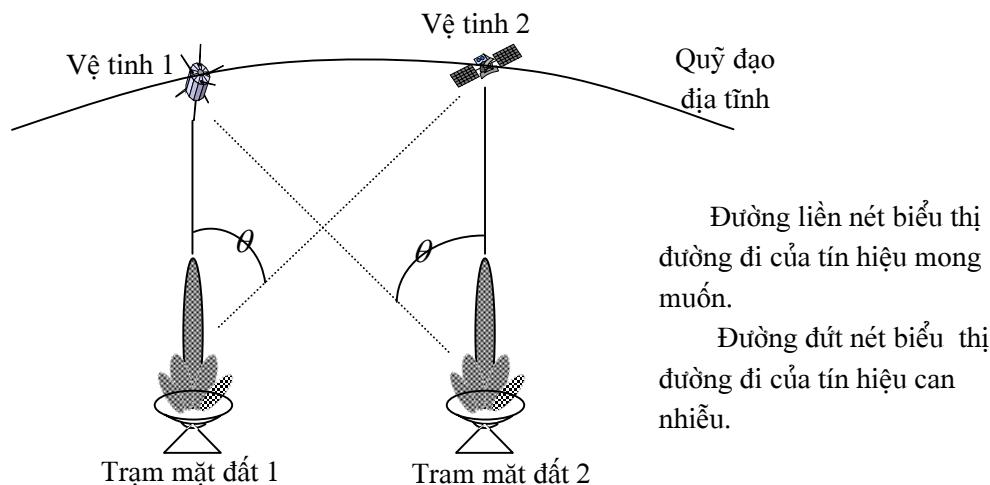
4.10.3.1 Các nhiễu khác tuyén

Các tuyén thông tin vệ tinh có thể bị nhiễu trong các trường hợp như sau:

- + Vệ tinh thông tin khác đến trạm mặt đất.
- + Trạm mặt đất khác đến vệ tinh thông tin.
- + Tuyến viba mặt đất đến vệ tinh thông tin.
- + Tuyến viba mặt đất đến trạm mặt đất.

Trong đó, nhiễu lớn nhất xảy ra giữa tuyến viba mặt đất và trạm mặt đất. Còn nhiễu từ tuyến viba mặt đất đến hệ thống vệ tinh là khá nhỏ, tuy nhiên vì công suất thu của hệ thống vệ tinh thông tin là khá thấp, nên nhiễu tương đối từ tuyến viba mặt đất là khá cao. Vì vậy ta xem xét một cách đầy đủ theo hai hướng chính sau:

+ **Sự can nhiễu với vệ tinh bên cạnh:** hình 4.11 cho ta thấy can nhiễu xảy ra giữa các



Hình 4.10. Can nhiễu giữa các hệ thống thông tin vệ tinh.

hệ thống thông tin vệ tinh, nếu chúng ta xem xét tín hiệu can nhiễu từ hệ thống vệ tinh 1 lên hệ thống vệ tinh 2. Can nhiễu xảy ra nếu bức xạ cách trực chính θ độ từ trạm mặt đất 2 chiếu vào vệ tinh 1 và anten thu của vệ tinh 1 cũng nhạy cảm ở hướng trạm mặt đất 2 trên đường lên.

Trong khi đó đường xuống can nhiễu xảy ra khi anten phát của vệ tinh 2 cũng chiếu vào trạm mặt đất 1 và anten thu của trạm mặt đất 1 cũng thu được ở hướng của vệ tinh 2.

Công suất của sóng can nhiễu giảm khi góc tăng và hệ số tăng ích của anten trạm mặt đất giảm. Tỷ số công suất của sóng mang trên sóng can nhiễu giữa các hệ thống thông tin vệ tinh trong thực tế có thể đạt 30dB (1000 lần) hoặc lớn hơn khi hai vệ tinh đặt cách nhau khoảng 3° ngay trên quỹ đạo, ngay cả nếu các anten của chúng cùng chiếu vào cùng một vị trí.

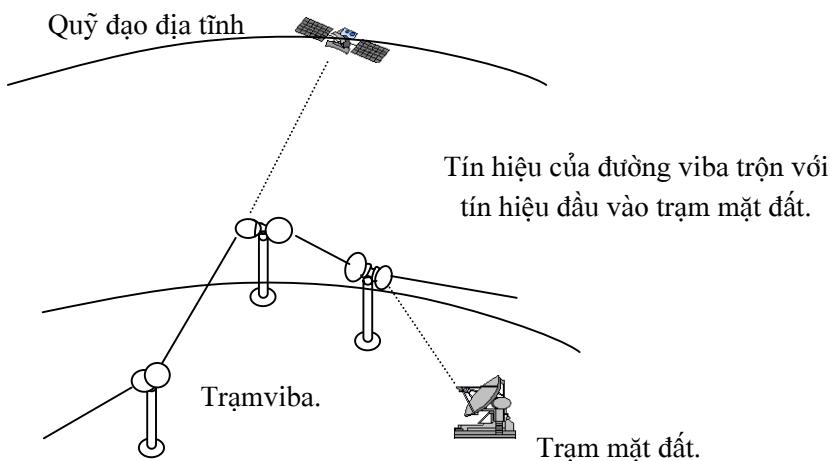
+ **Can nhiễu với đường thông tin viba trên mặt đất:**

Có hai trường hợp một đường thông tin viba mặt đất can nhiễu với một hệ thống thông tin vệ tinh.

Trường hợp thứ nhất, đường thông tin viba mặt đất có cùng tần số làm việc với đường lên của hệ thống thông tin vệ tinh, bởi vậy tín hiệu viba mặt đất được trộn với tín hiệu ở đầu vào máy thu vệ tinh.

Trường hợp thứ hai, đường thông tin vi ba mặt đất có tần số bằng tần số đường xuống của hệ thống thông tin vệ tinh, bởi vậy ở đầu vào máy thu trạm mặt đất cũng bị trộn với tín hiệu của đường thông tin viba mặt đất.

Trong thiết kế tuyến thực tế, phải đặt trạm mặt đất sao cho nhiễu xảy ra ít nhất, nhiễu C/N nhỏ nhất bằng cách sử dụng anten có các đặc tính búp phụ tốt. Mặc dù mục tiêu cơ bản thiết kế tuyến đối với vệ tinh thông tin là để loại bỏ nhiễu, nếu điều này không thể thực hiện được thì trong thiết kế tuyến phải bao hàm cả lượng nhiễu cho phép. Nhiều thường không thể đánh giá được bằng tính toán, ví dụ như trong thành phố có nhiều vật cản phản xạ quanh nơi đặt trạm mặt đất. Vì thế phải dùng phương pháp đo thực tế để đo nhiễu.



Hình 4.11. Can nhiễu từ đường thông tin viba lên hệ thống thông tin vệ tinh.

4.10.3.2 Nhiễu cùng tuyến:

Nhiễu có thể tạo ra ngay trong tuyến, gọi là nhiễu cùng tuyến, bao gồm :

- + Tạp âm nhiễu khử phân cực

Loại nhiễu này thường xảy ra trong hệ thống thông tin phân cực kép, nó bị chi phối bởi các đặc tính của anten. Để triệt tạp âm nhiễu khử phân cực, chọn loại anten có XPD (khả năng phân biệt phân cực chéo) lớn, thường thì XPD của anten khoảng 30dB, nhưng ở tần số 10GHz thì XPD của anten lại giảm do mưa.

- + Tạp âm nhiễu kênh lân cận.

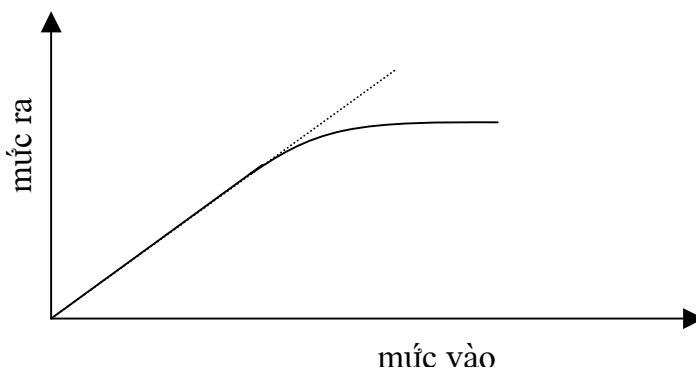
Nhiễu này gây ra bởi kênh lân cận có cùng phân cực với tuyến vệ tinh đang xét. Có thể triệt nhiễu kênh lân cận bằng một bộ lọc có đặc tính cắt nhọn.

4.10.3.3 Tạp âm méo xuyên điều chế

Tạp âm méo xuyên điều chế là một trong nhiều loại tạp âm ở đường truyền thông tin vệ tinh. Tạp âm xuyên điều chế trong vệ tinh sinh ra khi bộ phát đáp của nó khuếch đại đồng thời nhiều sóng mang. Các đặc tuyến phi tuyến vào ra của bộ

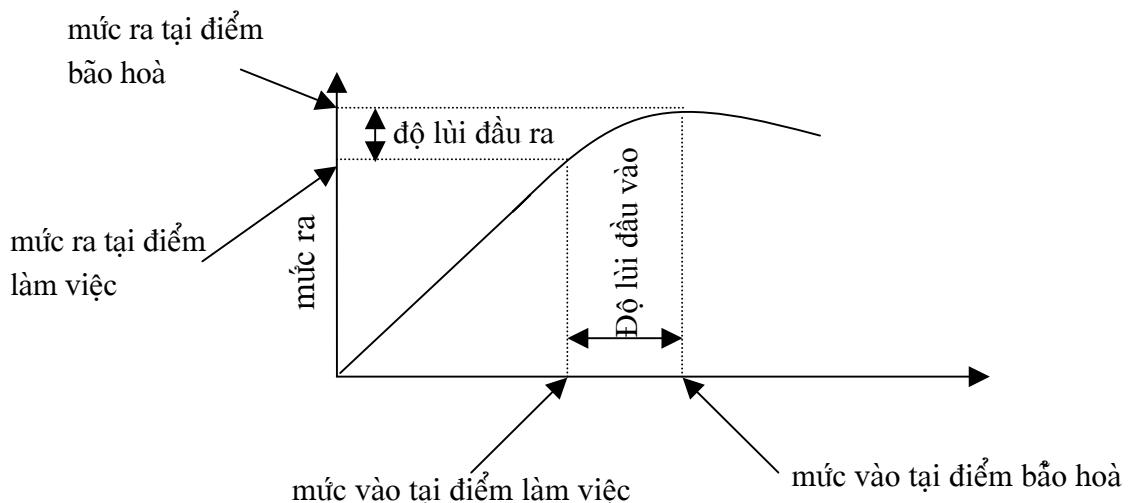
phát đáp là nguyên nhân sinh ra tạp âm xuyên điều chế. Bộ khuếch đại đèn sóng chạy TWT được sử dụng là thành phần chính của bộ phát đáp.

Hình 4.13. mô tả mối quan hệ giữa đầu vào và đầu ra của một TWT, nếu quan hệ vào ra tuyến tính như đường đứt nét thì không gây ra méo xuyên điều chế. Tuy nhiên trong thực tế đặc tuyến của TWT không tuyến tính nên gây ra xuyên điều chế. Khi mức vào vượt quá một giá trị nào đó, thì mức ra của TWT không tăng được nữa mặc dù mức vào vẫn tăng đáng kể, hiện tượng này gọi là bão hoà. Để méo do xuyên điều chế nhỏ hơn giá trị cho phép, TWT phải làm việc ở mức thấp hơn điểm bão hoà.



Hình 4.12. Đặc tính vào ra của TWT.

Mức công suất chênh lệch giữa điểm làm việc và điểm bão hoà tại đầu vào và đầu ra tương ứng gọi là độ lùi đầu vào (IBO) và độ lùi đầu ra (OBO).



Hình 4.13. Mức lùi đầu vào và lùi đầu ra.

Tạp âm xuyên điều chế sinh ra do các sản phẩm xuyên điều chế hoặc méo lọt vào băng tần truyền dẫn khi nhiều sóng mang được khuếch đại đồng thời bằng bộ

khuếch đại TWT phi tuyến. Mức độ xuyên điều chế phụ thuộc vào số sóng mang và sự chênh lệch tần số giữa chúng.

4.11 HIỆU ỨNG DOPPLER

Hiệu ứng Doppler là hiệu ứng trong đó tần số bị lệch khi độ dài đường liên lạc vô tuyến thay đổi theo thời gian, dẫn đến thay đổi về pha liên tục. Nếu tốc độ thay đổi đường truyền trực tiếp từ trạm mặt đất đến vệ tinh là V, tốc độ ánh sáng là C, tần số tín hiệu thu được là f thì sự thay đổi tần số khi thu Δf được tính như sau:

$$\Delta f = \frac{f_0 V}{C} \text{ với } f_0 \text{ là tần số tín hiệu.}$$

Nói chung hiệu ứng Doppler gây ra méo trong thông tin vô tuyến băng rộng và ở các băng tần gốc đã được giải điều chế có hiện tượng dãn ra hoặc co lại. Nhưng nó không ảnh hưởng nhiều đối với các vệ tinh quỹ đạo elip hay hệ thống vệ tinh địa tĩnh.

4.12 TRỄ TRUYỀN DẪN:

Trong thông tin vệ tinh, hiện tượng trễ tín hiệu xảy ra khi cự ly thông tin quá dài, vì toàn bộ đường truyền sóng của tuyến lên và xuống là hơn 72.000km, gây ra sự trễ tín hiệu lên đến 250ms. Nhưng thời gian trễ 500ms mới ảnh hưởng đến cuộc thoại. Do đó nên tránh làm việc với hai bước nhảy (có trạm mặt đất chuyển tiếp cho thông tin giữa hai trạm cần liên lạc với nhau) vì sẽ gây độ trễ quá 1s.

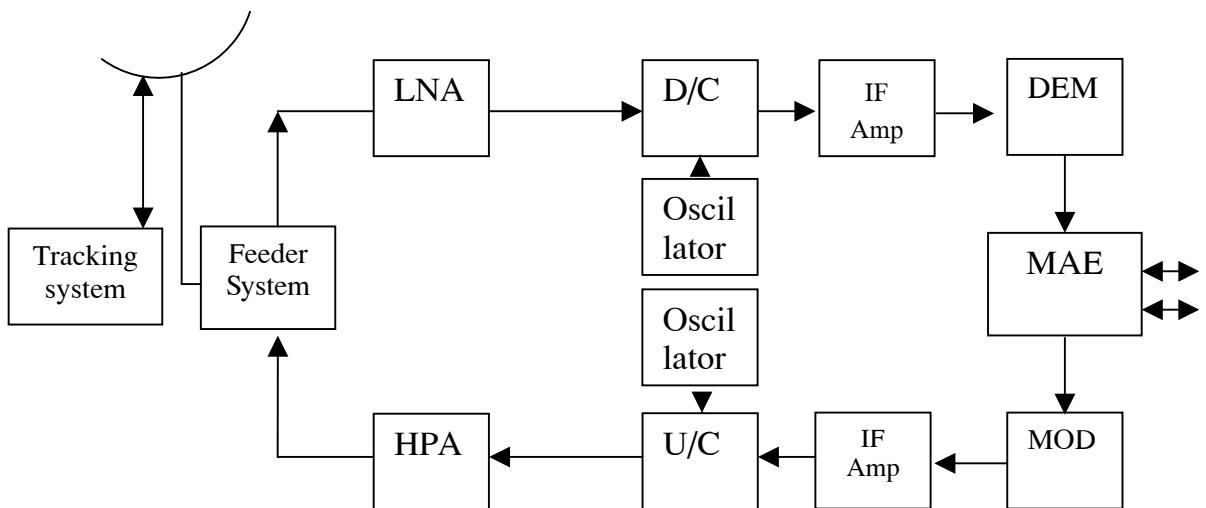
CHƯƠNG 5

KỸ THUẬT TRẠM MẶT ĐẤT

5.1 CẤU HÌNH CHUNG CỦA TRẠM MẶT ĐẤT

5.1.1 Cấu hình và chức năng của trạm mặt đất

Trạm mặt đất bao gồm các khối chính: Anten, bộ HPA, bộ LNA, các bộ biến đổi tần số phát thu, bộ điều chế và giải điều chế, thiết bị sóng mang đầu cuối và thiết bị điều khiển và giám sát.



Hình 5.1 Sơ đồ khái niệm của trạm mặt đất.

Trạm mặt đất gồm có 2 nhánh: Nhánh phát tín hiệu và nhánh thu tín hiệu.

Ở nhánh phát: Tín hiệu từ thiết bị truyền dẫn trên mặt đất (chẳng hạn từ bộ ghép kênh..) được đưa đến bộ đa truy cập và qua bộ điều chế thành tín hiệu trung tần. Sau đó được biến đổi thành tín hiệu cao tần nhờ bộ đổi tần lên U/C và được đưa vào bộ khuếch đại công suất cao HPA để đủ công suất đưa ra anten bức xạ lên vệ tinh.

Ở nhánh thu: anten trạm mặt đất thu tín hiệu từ vệ tinh, sau đó được máy thu khuếch đại tạp âm thấp, qua bộ đổi tần xuống D/C để biến thành trung tần rồi được giải điều chế và đưa đến thiết bị đa truy cập, qua thiết bị giải ghép kênh để đưa tín hiệu vào các kênh thông tin riêng lẻ.

5.1.2 Các công nghệ quan trọng đối với trạm mặt đất

Công nghệ anten: Yêu cầu có hệ số tăng ích cao, hiệu suất cao, biểu đồ bức xạ cao, búp sóng phụ nhỏ, đặc tính phân cực tốt và đặc tính nhiễu thấp.

Công nghệ máy phát công suất cao: yêu cầu có hệ số khuếch đại công suất cao và có khả năng chống nhiễu xuyên điều chế.

Công nghệ máy thu nhiễu thấp: yêu cầu đặc tính nhiễu thấp và hệ số khuếch đại lớn.

Công nghệ điều khiển tiếng dội: yêu cầu triệt và nén tiếng dội, có hiệu quả truyền dẫn cao và có khả năng điều khiển lỗi.

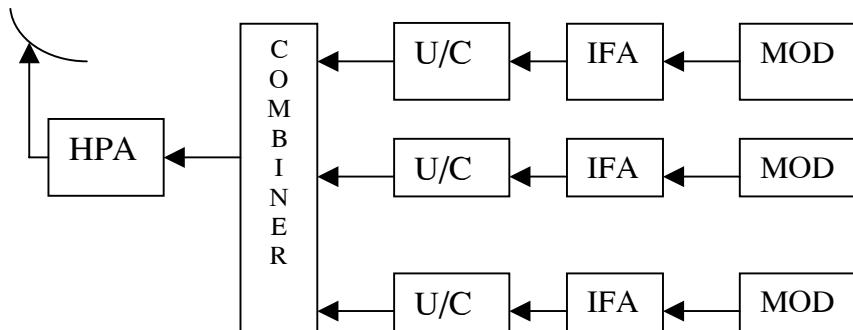
5.2 CÔNG NGHỆ MÁY PHÁT

5.2.1 Máy phát công suất cao

Trong thông tin vệ tinh, do đặt điểm cự li thông tin rất xa, tín hiệu bị hấp thụ lớn nên yêu cầu máy phát của trạm vệ tinh mặt đất phải có công suất cao hàng trăm đến hàng ngàn watt để đảm bảo cho công suất của tần số bức xạ bù được tổn hao trên đường truyền và đạt được cường độ trường đủ lớn ở vệ tinh

Máy phát công suất cao được quyết định bởi loại và số sóng mang, nói chung được thực hiện một trong hai dạng sau:

** Các sóng mang được khuếch đại bằng một bộ HPA chung.*

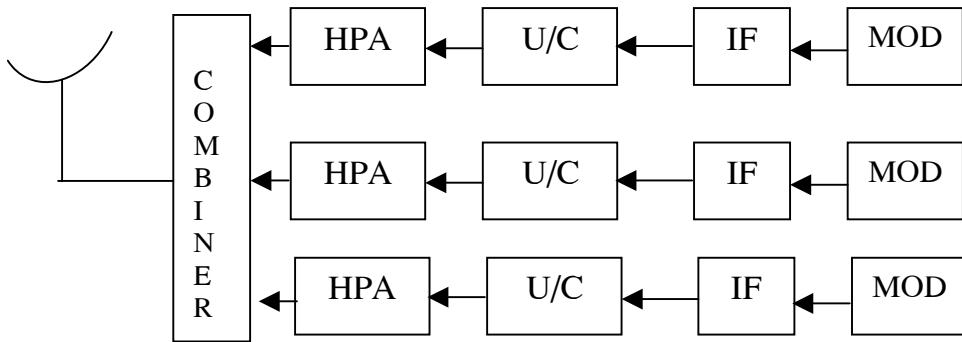


Hình 5.3 Các sóng mang được khuếch đại bằng một bộ HPA chung.

Yêu cầu bộ khuếch đại công suất mức cao phải có băng thông đủ rộng để khuếch đại các sóng mang của tất cả các kênh với mức công suất ra có độ dự trữ đủ lớn để có thể bù được tổn hao công suất do méo điều chế phát sinh trong quá trình khuếch đại đồng thời các kênh thông tin. Khi số sóng mang ít thì cấu hình hình này không kinh tế nhưng thuận lợi cho khai thác

** Mỗi sóng mang được khuếch đại bằng một bộ HPA riêng*

Trong cấu hình này các bộ khuếch đại HPA không yêu cầu có băng thông rộng chỉ cần đủ rộng để điều chỉnh tần số khuếch đại đối với mỗi sóng mang cho trước, cấu hình này chỉ thích hợp khi hệ thống có số sóng mang ít.



Hình 5.4 Mô hình sóng mang được khuếch đại bằng một bộ HPA riêng

5.2.3 Phân loại các bộ khuếch đại công suất cao

Tùy thuộc vào công suất ra của băng tần và máy phát mà sử dụng các loại như: đèn sóng chạy(TWT), Klyst(KLY) và tranzistor hiệu ứng trường

So sánh các bộ khuếch đại công suất mức cao:

Tham số	Loại Klystron	Loại TWT	Loại FET
Công suất ra	Lớn	Lớn	Nhỏ
Kích thước	Lớn	Trung bình	Nhỏ
Băng tần	Vài chục MHz	Vài trăm MHz	Vài trăm MHz
Trọng lượng	Lớn	Trung bình	Nhỏ
Phương pháp làm lạnh	Băng không khí khi công suất đến vài Kw. Băng nước khi công suất khoảng 10Kw.	Giống Klystron	Băng không khí tự nhiên
Điện áp cung cấp	Trung bình	Cao	Thấp

- Đèn sóng chạy(TWT) có băng tần rộng có thể phủ tất cả các băng tần phân định cho truyền dẫn, điều đó có lợi cho việc sử dụng nhiều sóng mang hơn

- Klyston (KLY) có độ rộng băng tương đối hẹp, tần số có thể điều chỉnh đến bất kỳ giá trị nào trong khoảng tần số phân định cho truyền dẫn với hệ số khuếch đại thích hợp, thường có thể chọn từ 5 đến 10 kênh trong bộ điều hướng

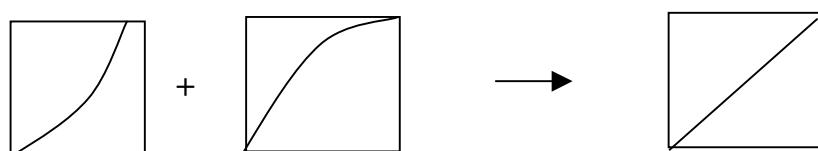
- Tranzistor hiệu ứng trường được sử dụng ở trạm có dung lượng thấp khi công suất ra nhỏ, để có công suất cao thì mắc song song các tranzistor với nhau

5.2.4 Méo do xuyên điều chế

Ở vùng bảo hoà của bộ khuếch đại công suất cao điện áp ra không tỷ lệ với điện áp vào nên khi có nhiều sóng mang được khuếch đại đồng thời thì các tín hiệu tạp âm ở tần số khác được phát sinh. Do đó, ở một số bộ khuếch đại công suất cao, khi khuếch đại nhiều sóng mang đồng thời, điểm làm việc của bộ khuếch đại được chọn sao cho mức đầu ra thấp hơn mức bảo hoà khoảng 6dB đến 10dB để triệt tiêu các tín hiệu tạp âm, điểm đó gọi là điểm lùi.

Đối với các trạm mặt đất ta dùng phương pháp điều khiển công suất ra, tức điều khiển đầu ra của trạm mặt đất sao cho có thể triệt được mọi nhiễu xuyên điều chế.

Có một biện pháp khác để triệt nhiễu xuyên điều chế, gọi là tuyến tính hóa. Trong trường hợp này người ta chèn vào tầng trước một mạch điện với đặc tính bổ sung (bù) đặc tuyến không đường thẳng của bộ khuếch đại để cải thiện tuyến tính toàn bộ

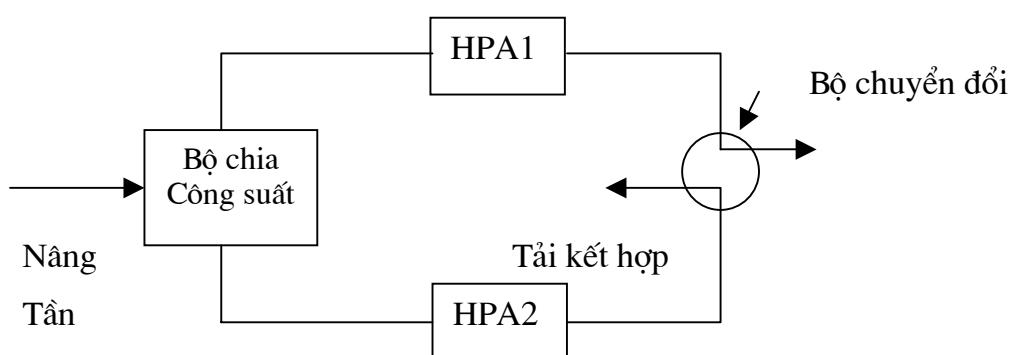


Đặc tuyến trước bộ TTH Đặc tuyến phi tuyến HPA Đặc tuyến HPA sau khi bù

5.2.5 Cấu hình dự phòng cho bộ khuếch công suất cao

Trong thông tin vệ tinh độ tin cậy cực kì quan trọng khi sử dụng bộ khuếch đại công suất cao, việc truyền dẫn bị ngưng lại . Vì vậy phải sử dụng bộ dự phòng

Cấu hình cơ bản nhất là cấu hình 1:1



Hình 5.5 Cấu hình dự phòng cho bộ khuếch đại công suất cao.

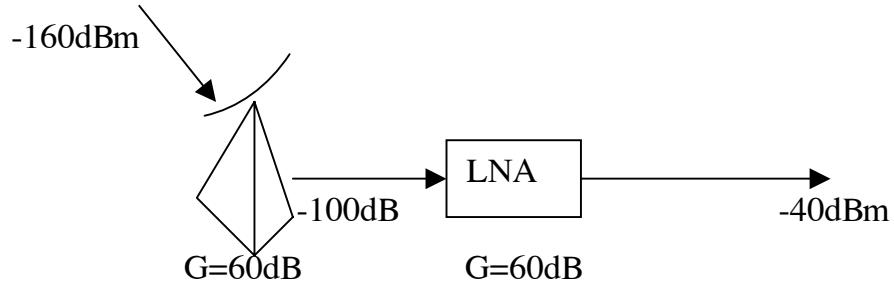
-Tín hiệu từ ngõ ra của bộ nâng tần được chia đều bởi bộ chia công suất đưa đến ngõ vào của HPA1, HPA2. Bộ chuyển đổi cho phép tín hiệu ngõ ra của HPA1 được

phát đi, trong khi đó tín hiệu ở ngõ ra của HPA2 đổ ra tải kết hợp. Khi HPA1 bị hỏng, bộ chuyển đổi sẽ tự động chuyển đổi ngõ ra của HPA2 tới bộ tiếp sóng anten

5.3 CÔNG NGHỆ MÁY THU

5.3.1 Bộ khuếch đại nhiễu thấp LNA

Ở trạm vệ tinh mặt đất bộ khuếch đại tạp âm thấp (LNA) đóng vai trò quan trọng, vì tín hiệu nhận được tại đầu vào anten rất nhỏ do sóng bức xạ từ vệ tinh bị hấp thụ rất lớn trên đường truyền vì cự ly truyền dẫn quá dài. Bộ khuếch đại tạp âm thấp cũng cần phải có độ rộng băng tần phủ được khoảng tần số của băng tần vệ tinh. Quy định của Intelsat về tiêu chuẩn các trạm vệ tinh mặt đất được quyết định bởi: Hệ số phẩm chất của hệ thống(G/T). (G/T) được đánh giá đầu tiên là hệ số tăng ích của anten, hệ số tạp âm và hệ số khuếch đại tạp âm thấp



-Bộ khuếch đại LNA đặt càng gần máy thu càng tốt, để tối thiểu hoá tạp âm đưa vào hệ thống, mặc khác phải điều chỉnh búp sóng anten đúng vào tâm anten

5.3.2 Hệ số tạp âm

-Tạp âm sinh ra trong một máy thu thường được biểu thị bằng hệ số tạp âm F:

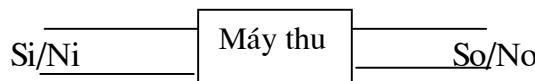
$$F = \frac{S_i / N_i}{S_o / N_o}$$

S_i: là mức tín hiệu vào

S_o: là mức tín hiệu ra

N_i: là mức tạp âm đầu vào

N_o: là mức tạp âm đầu ra



-Trong thông tin vệ tinh khi làm việc với các tín hiệu yếu thì nhiệt tạp âm được thay thế cho hệ số tạp âm (F)

5.3.3 Các loại khuếch đại nhiễu thấp

Có 3 loại khuếch đại tạp âm thấp: khuếch đại thông số, khuếch đại dùng GaAsFET và HEMT.

5.3.3.1 Khuếch đại thông số

Khuếch đại thông số hoạt động như sau: Đặt tín hiệu kích thích lên Diode biến dung các thông số mạch điện của nó thay đổi và tạo ra một điện trở âm do đó khuếch đại tín hiệu vào. Vì vậy từ sự biến đổi điện dung của diode biến dung do tín hiệu kích thích được dùng để khuếch đại, việc giảm điện trở nội của diode biến dung mắc nối tiếp với điện dung sẽ tạo ra các đặc tính tạp âm thấp.

5.3.4.2 Khuếch đại GaAs-FET

GaAs-FET là Transistor hiệu ứng trường dùng loại bán dẫn hỗn hợp giữa Gallium và Arsenic. Được dùng rộng rãi ở tần số cao với các đặc tính băng tần rộng, hệ số khuếch đại và độ tin cậy cao. Do đó chúng được chúng được sử dụng rộng rãi cho các bộ khuếch đại tạp âm thấp. Trong thông tin về tinh các đặc tính tạp âm thấp được cải thiện. Ưu điểm của bộ khuếch đại GaAs-FET so với khuếch đại thông số:

- + Không có mạch tạo tín hiệu kích
- + Băng tần rộng, độ tin cậy cao.
- + Dễ điều chỉnh, phù hợp với sản xuất hàng loạt
- + Thuận lợi về bảo trì bảo dưỡng

5.3.4.3 HEMT (High Electron Mobility Transistor)

Transistor có độ linh hoạt điện tử cao.

+ HEMT hoạt động dựa trên hiệu ứng chất khí điện tử hai chiều với độ linh động điện tử cao và phù hợp với khuếch đại tạp âm thấp, tín hiệu tần số cao.

- Cơ cấu này sử dụng tiếp giáp pha trộn giữa GaAs và AlGaAs. Giữa dải dẫn của AlGaAs có sự sai khác năng lượng, dải này kích thích loại n, còn GaAs không được kích thích. Vì vậy hình thành lớp giàu điện tử trong AlGaAs gần bề mặt tiếp giáp với GaAs khi đặt một điện trường song song với lớp giàu điện tử, các điện tử chuyển động với độ linh hoạt cao vì chúng không chịu bất kỳ một sự tán xạ nào do các “nguyên tử cho” vì chúng được phân không gian khỏi các “nguyên tử cho” của vật liệu sinh ra chúng.

HEMT có đặc tính nhiễu thấp tốt hơn so với GaAs-FET với chiều dài điện tử như nhau của cực cổng nhờ độ linh động cao. Hiệu ứng này đặc biệt tốt khi cơ cấu này

được làm lạnh. HEMT có đặc điểm nổi bật như đặc tính nhiễu thấp tốt hơn so với GaAs-FET, băng tần rộng, kích thước nhỏ, giá thành thấp, dễ bảo dưỡng và thuận lợi cho sản xuất hàng loạt nên nó bắt đầu được sử dụng rộng rãi.

Mặc dù bộ khuếch đại này đảm bảo làm việc bình thường ở nhiệt độ phòng nhưng có khi chúng được làm lạnh để cải thiện đặc tính âm của chúng

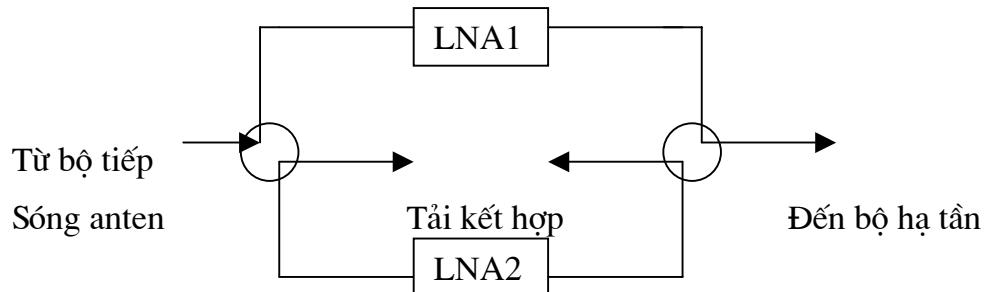
-Có hai phương pháp làm lạnh:

+Làm lạnh bằng khí Heli

+Làm lạnh nhiệt độ xuống — 40°C

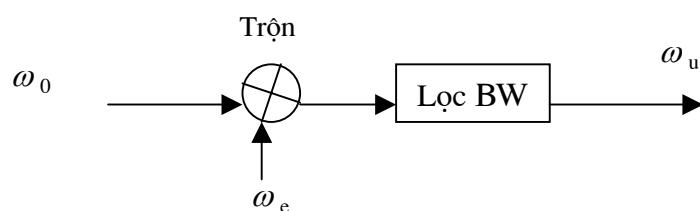
5.3.5 Cấu hình dự phòng cho bộ khuếch đại tạp âm thấp

-Cấu hình phổ biến nhất vẫn là cấu hình 1:1 được thể hiện ở hình vẽ. Trong đó hai bộ khuếch đại tạp âm thấp được nối song song bởi hai bộ chuyển mạch dùng ống dẫn sóng. Khi LNA hoạt động mà gặp sự cố thì bộ chuyển mạch sẽ tự động chuyển đổi kích hoạt LNA dự phòng



5.4 BỘ CHUYỂN ĐỔI NÂNG TẦN VÀ HẠ TẦN

5.4.1 Quá trình của bộ chuyển đổi nâng tần



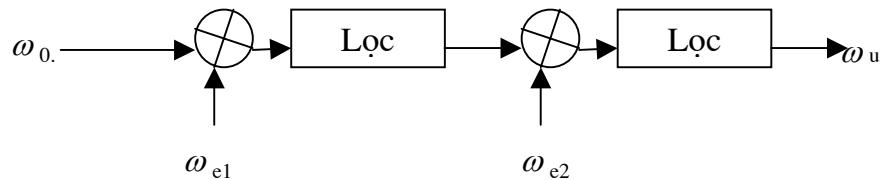
Bộ chuyển đổi nâng tần nhận sóng mang trung tần IF từ bộ điều chế sóng mang và chuyển đổi tần số trung tần IF thành tần số RF truyền lên trong phổ tần truyền lên của vệ tinh bằng cách trộn tần số fo với tần số dao động nội fe .Bộ chuyển đổi có thể thực hiện theo một hoặc hai quá trình.

-Xét sóng mang IF có dạng $\cos(\omega_0 t + \phi)$ và sóng mang dao động nội có dạng: $\cos(\omega_e t)$, ($\omega_e > \omega_0$). Kết quả quá trình trộn như sau:

$$\cos(\omega_0 t + \phi) \cos(\omega_e t) = 1/2(\cos((\omega_e - \omega_0)t - \phi) + \cos((\omega_e + \omega_0)t + \phi))$$

Dùng bộ lọc để lấy tín hiệu băng tần cao: $\omega_e + \omega_0$.

Bây giờ xét hai quá trình:



Quá trình chuyển đổi thứ nhất cho kết quả:

$$\cos(\omega_0 t + \phi) \cos(\omega_{e1} t) = 1/2[(\cos((\omega_{e1} - \omega_0)t - \phi) + \cos((\omega_{e1} + \omega_0)t + \phi))]$$

Bộ lọc thứ nhất lọc lấy băng tần trên: $\cos((\omega_{e1} + \omega_0)t + \phi)$

Quá trình chuyển đổi thứ hai cho kết quả:

$$\begin{aligned} \cos(\omega_0 + \omega_{e1})t + \phi) \cos(\omega_{e2} t) &= 1/2[(\cos((\omega_{e2} - \omega_{e1} - \omega_0)t - \phi) + \cos((\omega_{e1} + \omega_{e2} \\ &+ \omega_0)t + \phi))] \end{aligned}$$

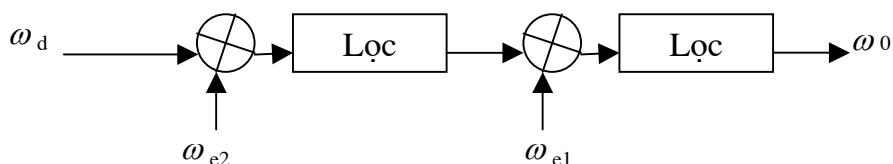
Bộ lọc thứ hai lọc lấy biên tần: $\cos((\omega_{e1} + \omega_{e2} + \omega_0)t + \phi)$ và vì vậy: $\omega_u = \omega_{e1} + \omega_{e2} + \omega_0$. Điều này có nghĩa là: ω_{e1}, ω_{e2} chọn sao cho $\omega_{e1} + \omega_{e2} = \omega_u - \omega_0$

Trong quá trình chuyển đổi đơn. Muốn chuyển đổi $\omega_0 \rightarrow \omega_u$. Chẳng hạn, truyền đến bộ phát đáp khác thì yêu cầu thay đổi tần số dao động nội và thay đổi trong bộ lọc. Điều này rất bất tiện trong các trạm mặt đất.

5.4.2 Quá trình chuyển đổi hạ tần

-Bộ chuyển đổi hạ tần thu sóng mang RF đã được điều chế ở bộ khuếch đại tạp âm thấp LNA và chuyển tần số vô tuyến ω_d của nó trong phô tần tuyển xuống vệ tinh sang tần số trung tần IF

-Quá trình chuyển đổi đơn ít được sử dụng, ta xét quá trình chuyển kép:



-Xét quá trình thứ nhất:

$$\cos(\omega_d t + \phi) \cos(\omega_{e2} t) = 1/2[(\cos((\omega_d - \omega_{e2})t + \phi) + \cos((\omega_d + \omega_{e2})t + \phi))]$$

Bộ lọc thứ nhất chọn lấy băng tần thấp: $\cos((\omega_d - \omega_{e2})t + \phi)$ và quá trình chuyển đổi thứ hai được thực hiện với sóng mang dao động nội ω_{e1} ta có:

$$\cos(\omega_d - \omega_{e2} t + \phi) \cos(\omega_{e1} t) = 1/2[(\cos((\omega_d - \omega_{e1} - \omega_{e2})t + \phi) + \cos((\omega_{e1} - \omega_{e2} + \omega_d)t - \phi))].$$

Sóng mang trung tâm IF ngõ ra hiển nhiên có băng tần thấp $\cos((\omega_d - \omega_{e1} - \omega_{e2})t + \phi)$ và vì thế: $\omega_0 = \omega_d - \omega_{e1} - \omega_{e2}$ tần số ω_{e2} chọn sao cho thoả mãn: $\omega_d - \omega_0 = \omega_{e1} + \omega_{e2}$

5.5 HỆ THỐNG BÁM ĐUỔI VỆ TINH

5.5.1 Sơ đồ thiết của hệ thống điều khiển anten bám vệ tinh

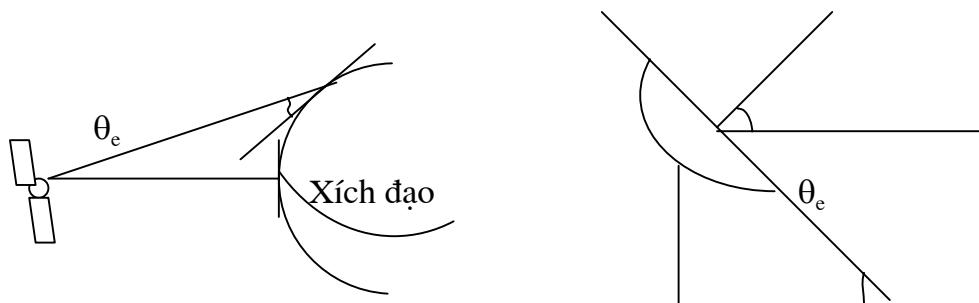
Các vệ tinh địa tĩnh trong thực tế không như tên gọi là đứng yên. Khi vệ tinh ở trên quỹ đạo nó bị tác động bởi các thiên thể khác như quả đất, mặt trăng mặt trời và nhiều hành tinh khác thuộc hệ mặt trời, quả đất cũng không phải là tròn tuyệt đối. Bởi vậy các vệ tinh luôn bị lôi kéo theo các hướng khác nhau gây ra sự trôi dạt vệ tinh trên quỹ đạo của nó. Do đó, các trạm mặt đất cần có hệ thống điều khiển bám đuối vệ tinh sao cho tín hiệu thu được luôn đạt được giá trị tốt nhất.

5.5.2 Định hướng cho anten

Ba thông số quan trọng để xác định đúng toạ độ vệ tinh và hướng phân cực của nó là góc ngang, góc phương vị và góc phân cực. Thiết bị liên quan đến ba thông số này là anten parabol, phễu thu sóng.

5.5.2.1. Góc ngang (Elevation θ_e)

Góc ngang là góc tạo bởi đường thẳng nối vệ tinh với điểm thu và tiếp tuyến với mặt đất tại điểm thu đó. Góc ngang tại xích đạo là góc lớn nhất và bằng 90° , càng lùi về hai cực góc ngang càng nhỏ.



Trong lắp đặt anten người ta dùng góc bù để dễ đo đạc. Góc bù là góc tạo bởi bê mặt chảo khi có đường thẳng đi qua với mặt đất. Thực tế nó được gọi là góc nghiêng (Inline): $\theta_e = 90^\circ -$ góc nghiêng

5.5.2.2 Góc phương vị (Azimuth φ_a)

-Góc phương vị là góc dẫn đường cho anten quay tìm vệ tinh trên quỹ đạo địa tĩnh theo hướng từ Đông sang Tây.

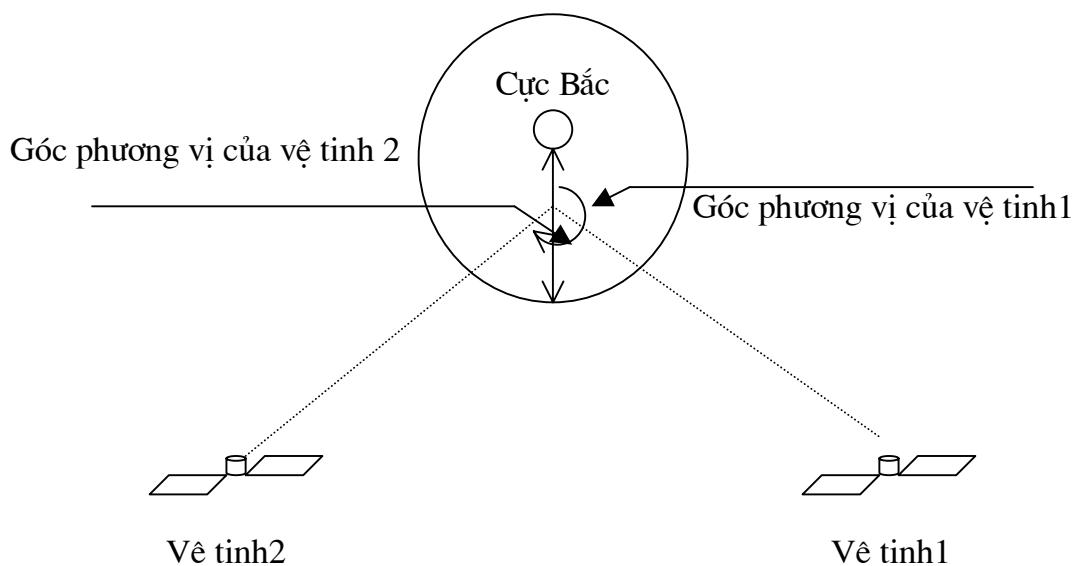
-Góc phương vị được xác định bởi đường thẳng hướng về phương Bắc với đường nối đến vệ tinh. Góc được xác định theo chiều kim đồng hồ.

Góc phương vị được tính theo công thức:

$$\varphi_a = 180^\circ + \text{kinh độ tây hoặc}$$

$$\varphi_a = 180^\circ - \text{kinh độ đông}$$

Rõ ràng là φ_a phụ thuộc vào kinh độ, vừa kinh độ tại điểm thu và kinh độ vệ tinh.



5.5.2.3 Góc phân cực (Angle Of Polarization)

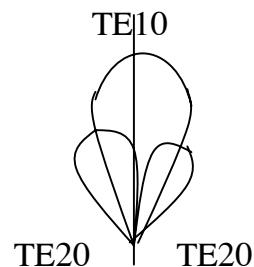
Khi đường trục của chảo Parabol hướng thẳng đến tâm búp sóng chính của anten phát của vệ tinh thì mặt chảo gần như thu toàn bộ năng lượng của chùm sóng chính trong mặt phẳng phân cực. Nếu anten nằm lệch tâm với chùm sóng chính của tín hiệu vệ tinh, hiệu suất thu năng lượng giảm và còn gây tác hại như làm méo dạng tín hiệu, tăng tạp nhiễu. Vì vậy cần phải hiệu chỉnh lại góc phân cực bằng đầu dò phân cực ở đầu thu.

5.5.3 Hệ thống bám đuối vệ tinh

5.5.3.2 Bám đuối vệ tinh bằng xung đơn

Hệ thống này luôn xác định tâm búp sóng anten có hướng vào vệ tinh hay không để điều khiển hướng của anten.

Trục bức xạ cực đại



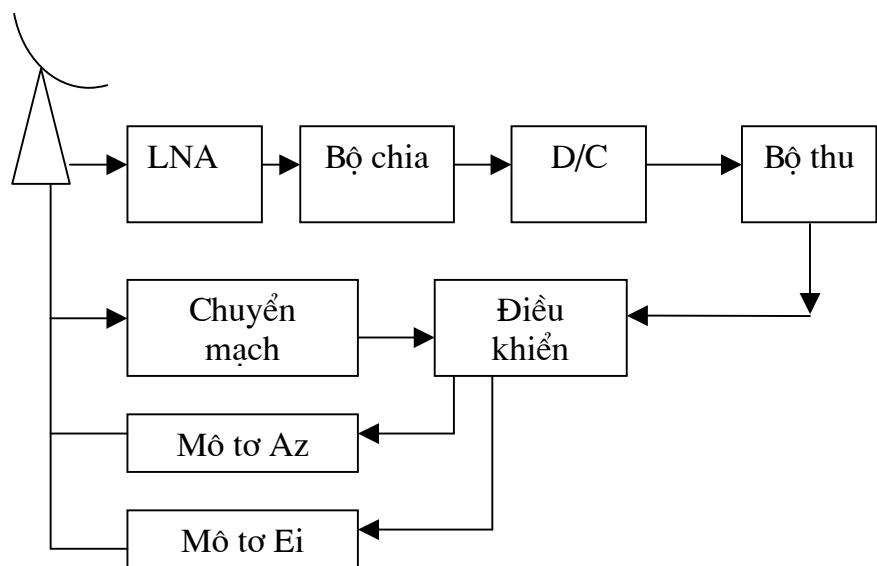
Khi tín hiệu đến trực tiếp ở phía trước bộ dẫn sóng thì hệ thống làm việc ở loại sóng TE10. Nếu tín hiệu đến lệch khỏi tâm thì hệ thống làm việc ở loại sóng TE20. Qua việc phát hiện các loại sóng công tác có thể giải quyết vấn đề điều chỉnh anten. Pha của của tín hiệu tạo ra chỉ thị sự sai lệch trái hay phải.

-ưu điểm của phương pháp bám đuôi vệ tinh bằng xung đơn là độ chính xác cao, nhược điểm là thiết bị đánh dấu phải làm việc liên tục sẽ chóng hao mòn và dẫn tới mau hỏng do phải liên tục cung cấp năng lượng.

5.5.3.3 Bám đuôi vệ tinh theo từng nấc

-Hệ thống này điều chỉnh hướng sao cho mức tín hiệu thu là cực đại bằng cách dịch chuyển nhẹ vị trí anten ở các khoảng thời gian nhất định.

***Sơ đồ khái của hệ thống bám từng nấc:**



-Chức năng các khối:

LNA: Bộ khuếch đại tạp âm thấp thường là một phần của các mạch tín hiệu xử lý thông tin. Nó có thể dùng cho hệ thống điều khiển bám đuôi vệ tinh.

Bộ chia: Lấy một phần tín hiệu đưa vào D/C

Bộ D/C: Chuyển tần số bức xạ RF thành tần số IF phù hợp để hệ thống sử dụng.

Khối điều khiển anten ACU: làm nhiệm vụ tối ưu hoá mức tín hiệu ban đầu thông qua quá trình điều khiển bám từng nấc, tạo ra các tín hiệu điều khiển lái cho động cơ điều khiển góc phương vị và góc ngang.

Khối điều khiển môto: Nhận lệnh của ACU sẽ cung cấp công suất hiệu chỉnh đến các môto định vị anten

Khối chuyển mạch hạn chế: Ngắt nguồn cung cấp cho các môto khi anten chuyển đến các biên giới hạn để đề phòng nguy hiểm cho máy móc.

***Nguyên lý hoạt động:**

Sau khi thu tín hiệu dẫn đường từ vệ tinh anten được lệnh dịch chuyển góc ban đầu so sánh với mức tín hiệu dẫn đường thu được trước và sau khi dịch chuyển, hướng của lần dịch chuyển kế tiếp có thể được quyết định đó là: Nếu mức tín hiệu dẫn đường tăng lên thì anten tiếp tục dịch chuyển theo hướng trước đó, còn nếu mức tín hiệu dẫn đường giảm đi thì anten dịch chuyển theo hướng ngược lại và quá trình này sẽ được lặp lại. Ưu điểm của phương pháp này là các anten không phải bám liên tục như hệ thống xung đơn.

5.5.3.4 Bám đuổi vệ tinh theo chương trình

Hệ thống này dựa trên số liệu lịch thiên học dự đoán các vị trí vệ tinh được Intelsat cung cấp. Số liệu này được đưa vào phần mềm máy tính biến đổi dữ liệu thành các giá trị thực cho trạm vệ tinh mặt đất đó để điều khiển bám vệ tinh đã cho trước các số liệu thiên văn. Loại điều khiển bám theo chương trình không cần hệ thống điều khiển bám và các thiết bị liên quan, giảm được giá thành trạm mặt đất, được quan tâm hàng đầu nhất là các trạm mặt đất nhỏ.

5.5.3.5 Bám đuổi vệ tinh bằng nhân công

-Các anten của các trạm mặt đất nhỏ hơn có thể chỉ cần điều chỉnh hàng tuần, hàng tháng vì búp sóng của anten rộng, điều chỉnh này có thể được thực hiện bằng cách làm cho các chuyển mạch phù hợp với môto góc ngang và góc phương vị.

-Các hệ thống bám đuổi tự động thường có khả năng điều khiển bằng tay để cho phép bảo dưỡng anten, điều khiển bằng nhân công cũng là phương pháp thêm vào khi hỏng thiết bị. Có phương pháp điều khiển bám nhân công khác là biện pháp cơ khí trực tiếp để quay anten

-Các anten nhỏ hơn có thể chỉ nối lỏng một cái chốt, sau đó điều chỉnh một số vít thay đổi góc phương vị và góc tù.

-Các anten lớn hơn có thể yêu cầu một tay vặn được gắn trực tiếp ở bộ phận đuôi của anten. Đối với anten lớn đây là trường hợp khẩn cấp khi có sự cố nguồn tổng cung cấp cho các khối điều khiển.

CHƯƠNG 6

TÍNH TOÁN TUYẾN THÔNG TIN VỆ TINH

6.1 TÍNH TOÁN TUYẾN THÔNG TIN VỆ TINH

6.1.1. Các thông số cần cho tính toán

Cấu hình trạm mặt đất cần chọn chủ yếu là các tham số:

- Loại anten (đường kính, hiệu suất, hệ số phẩm chất, nhiệt độ tạp âm).
- Công suất máy phát.

Việc tính toán sẽ dựa trên một số giả thiết cho trước như:

- Chất lượng tín hiệu yêu cầu.
- Các tham số suy hao.
- Hệ số dự trữ.

Các tham số sử dụng trong tính toán thiết kế có thể phân chia theo thành phần hệ thống liên quan như:

6.1.1.1. Trạm mặt đất

- + Vị trí địa lý của trạm, tính toán các tham số như suy hao do mưa, góc nhìn vệ tinh, cự ly thông tin, suy hao đường truyền.
- + Mức công suất phát xạ đẳng hướng tương đương (EIRP_Equivalent Isotropic Radiated Power), công suất phát xạ, hệ số phẩm chất (G_e/T_e) của trạm.
- + Nhiệt độ tạp âm hệ thống: liên quan tới độ nhạy và hệ số phẩm chất.
- + Ảnh hưởng của tạp âm điều chế bên trong tới tỷ số tín hiệu trên tạp âm.
- + Các đặc điểm của thiết bị (suy hao fiđơ, suy hao phân cực anten, đặc tính bộ lọc ...) để biết hệ số dự trữ kết nối.

6.1.1.2. Vệ tinh

- + Vị trí của vệ tinh trên quỹ đạo.
- + Mức EIRP của vệ tinh, hệ số phẩm chất của vệ tinh.
- + Băng thông máy phát đáp, dạng phân cực, dải tần làm việc.
- + Mật độ thông lượng bão hoà.
- + Mức lùi công suất đầu vào (IBO), đầu ra (OBO).

6.1.2. Tính toán cự ly thông tin, góc ngang và góc phuơng vị của anten trạm mặt đất

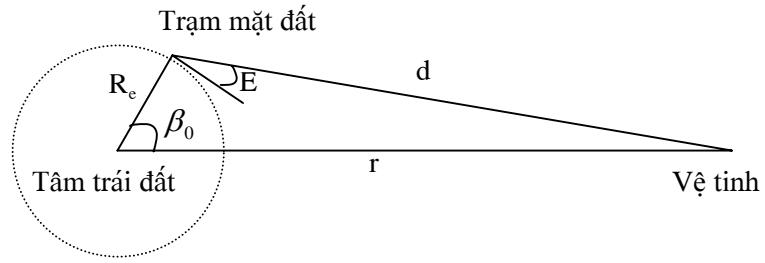
6.1.2.1. Cự ly thông tin

Trong đó : β_0 là góc ở tâm (độ).

d là khoảng cách từ trạm mặt đất đến vệ tinh (km).

R_e là bán kính Trái đất, $R_e = 6378$ km.

r là bán kính quỹ đạo vệ tinh địa tĩnh, $r = 35.788$ km.



Hình 6.1. Các tham số của đường truyền trạm mặt đất - vệ tinh.

Góc ở tâm β_0 được tính theo công thức:

$$\cos \beta_0 = \cos \phi \cos \Delta L_e$$

Với ϕ là vĩ độ của trạm mặt đất (độ).

ΔL_e là hiệu kinh độ đồng của vệ tinh với trạm mặt đất, $\Delta L_e = L_s - L_e$.

Khoảng cách từ trạm mặt đất đến vệ tinh tính theo công thức:

$$d = \sqrt{(r^2 + R_e^2 - 2rR_e \cos \beta_0)} \text{ (km)} \quad (6.1)$$

6.1.2.2. Tính toán góc ngang và góc phương vị

Góc phương vị là góc tạo bởi đường kính tuyến đi qua trạm mặt đất với đường thẳng nối điểm đặt trạm mặt đất với điểm chiếu thẳng đúng vị trí vệ tinh lên mặt đất theo chiều kim đồng hồ như sau:

Góc phương vị A được tính theo công thức:

$$\tan A = \frac{\sin \beta_0}{\cos \beta_0} \quad (6.2)$$

Nếu mẫu số là số âm thì A tính theo phương Nam và mang dấu âm và góc phương vị đúng bằng $180 + (-A)$.

Góc ngang E tính theo công thức:

$$\tan E = \frac{\cos \beta_0 - \frac{R_e}{r}}{\sin \beta_0} \quad (6.3)$$

6.1.3. Tính toán kết nối đường lên (UPLINK)

6.1.3.1. Hệ số khuếch đại anten phát trạm mặt đất G_{Te}

Độ lợi anten là thông số rất quan trọng trong trạm mặt đất, anten đặt ở ngoàivào để khuếch đại tín hiệu rất nhỏ từ picowatt đến nanowatt. Độ khuếch đại lớn sẽ làm tăng tỷ số C/N, nó liên quan đến chảo anten và băng tần công tác:

$$G_{Te} = 10 \log \eta \left(\frac{\pi D f_U}{c} \right)^2, \text{ hoặc:}$$

$$G_{Te} = 10 \lg(\eta) + 20 \lg(\pi D f_U) - 20 \lg(c) [dB] \quad (6.4)$$

với : D : Đường kính của anten phát.

λ_U : bước sóng tín hiệu phát lên.

- f_U - tần số tín hiệu phát lên.
- η - hiệu suất của anten, η thường khoảng từ 50 - 70% .
- c - vận tốc ánh sáng, $c = 3.10^8$ m/s.

6.1.3.2. Công suất bức xạ hiệu dụng của trạm mặt đất $EIRP_e$ (e - để phân biệt của trạm mặt đất "earth station", s - là của vệ tinh "satellite")

Công suất bức xạ hiệu dụng EIRP (Equivalent Isotropic Radiated Power) còn gọi là công suất phát xạ đẳng hướng tương đương, nó biểu thị công suất của chùm sóng chính phát từ trạm mặt đất đến vệ tinh. Được tính bằng tích của công suất máy phát đưa tới anten trạm mặt đất P_{Te} với hệ số tăng ích của anten phát G_{Te}

$EIRP_e = P_{Te}G_{Te}$ (W) hoặc đổi ra đơn vị dB:

$$EIRP_e = 10\lg(P_{Te}) + G_{Te} \quad [\text{dB}] \quad (6.5)$$

EIRP thông thường của trạm mặt đất có giá trị từ 0 (dBW) đến 90 (dBW), còn của vệ tinh từ 20 (dBW) đến 60 (dBW).

6.1.3.3. Suy hao tuyén lén

Tổng suy hao tuyén lén: $L_U = L_{au} + L_{pu} + L_{mu}$ (dB) (6.6)

trong đó : L_{pu} - suy hao tuyén phát trong không gian tự do.

L_{au} - suy hao do hệ thống fiđơ và đầu vào máy thu.

L_{mu} - hệ số dự trẽ suy hao do: thời tiết (mưa tuyén lén), lệch búp sóng phát so với vệ tinh, lệch phân cực anten ...

6.1.3.4. Mật độ thông lượng của sóng mang trên vệ tinh

Mật độ thông lượng sóng mang trên vệ tinh chính là công suất phát xạ đẳng hướng tương đương trên một đơn vị diện tích mà vệ tinh nhận được:

$\phi = \frac{EIRP_e}{4\pi d^2}$ hoặc tính theo dB:

$$\phi = EIRP_e - 20\lg d - 10\lg(4\pi) \quad (\text{dBW/m}^2)$$

vì có suy hao do lệch hướng và tính cả dự trẽ suy hao mưa nên trên thực tế mật độ thông lượng sóng mang trên vệ tinh tính như sau:

$$\phi = EIRP_e - 20\lg d - 10\lg(4\pi) - L_{mu} \quad (\text{dBW/m}^2) \quad (6.7)$$

6.1.3.5. Nhiệt tạp âm hệ thống trạm mặt đất

Nhiệt tạp âm hệ thống trạm mặt đất phụ thuộc vào tạp âm anten, tạp âm đầu vào máy thu và hệ số suy hao hệ thống fiđơ:

$$T_e = \frac{T_s + T_A}{L_F} + T_0 \left(1 - \frac{1}{L_F} \right) + T_R \quad (^0\text{K}) \quad (6.8)$$

6.1.3.6. Công suất sóng mang thu ở vệ tinh

Công suất sóng mang thu là một yếu tố quan trọng trong việc xác định chất lượng của một tuyén thông tin vệ tinh, công suất sóng mang phụ thuộc vào thiết bị

như công suất máy phát, hệ số tăng ích của anten thu vệ tinh ... Công suất sóng mang nhận được tại đầu vào máy thu vệ tinh được xác định theo công thức :

$$C_{RS} = EIRP_e - L_U + G_{RS} \text{ (dB)} \quad (6.9)$$

với : G_{RS} - hệ số khuếch đại anten thu của vệ tinh.

6.1.3.7. Công suất tạp âm máy thu vệ tinh

$N_s = kT_s B$ hay tính theo dB :

$$N_s = 10\lg(k) + 10\lg(T_s) + 10\lg(B) \text{ (dB)} \quad (6.10)$$

với : k - hằng số Boltzman, $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ (W/Hz⁰K)

T_s - nhiệt độ tạp âm máy thu vệ tinh, $T_s = 290^0\text{K}$.

B - băng thông cấp cho sóng mang.

6.1.3.8. Tỷ số sóng mang trên tạp âm truyền lên

Trong các tuyến thông tin vệ tinh, chất lượng của tuyến được đánh giá bằng tỷ số công suất sóng mang trên công suất tạp âm (C/N), hay công suất sóng mang trên nhiệt độ tạp âm tương đương (C/T). Tạp âm và nhiễu chủ yếu phụ thuộc vào môi trường bên ngoài như môi trường truyền sóng, các nguồn phát sinh tạp âm và can nhiễu của các hệ thống viba lân cận.

$$(C/N)_U = C_{RS} - N_s = EIRP_e - L_U + G_{RS} - N_s \text{ (dB)} \quad (6.11)$$

$(C/N)_U$ là tỷ số sóng mang trên tạp âm tại đầu vào bộ giải điều chế máy thu vệ tinh.

6.1.4. Tính toán kết nối đường xuống (DOWNLINK)

6.1.4.1. Hệ số khuếch đại anten thu trạm mặt đất

Hệ số khuếch đại anten thu trạm mặt đất có công thức tính tương tự như công thức hệ số khuếch đại anten phát trạm mặt đất :

$$G_{Re} = 10\lg(\eta) + 20\lg(\pi D f_D) - 20\lg(c) [\text{dB}] \quad (6.12)$$

6.1.4.2. Suy hao đường xuống

Suy hao đường xuống chỉ tính suy hao trong không gian tự do:

$$L_D = 20\lg(4\pi f_D d) - 20\lg(c) \text{ (dB)} \quad (6.13)$$

6.1.4.3. Hệ số phẩm chất trạm mặt đất

Hệ số phẩm chất của trạm mặt đất chính là giá trị tỷ số hệ số tăng ích của anten thu trên nhiệt độ tạp âm của hệ thống đặc trưng cho độ nhạy của máy thu.

$$\frac{G_e}{T_e} = G_{Re} - L_F - 10\lg(T_e) \text{ (dB/}^0\text{K)} \quad (6.14)$$

6.1.4.4. Tỷ số sóng mang trên tạp âm truyền xuống

Tỷ số C/N được tính tương ứng với tâm chùm sóng chính, đối với truyền hình qua vệ tinh thì tỷ số C/N dùng để đánh giá chất lượng hình ảnh và âm thanh.

$$(C/N)_D = EIRP_s - L_D - 10\lg(kT_e B) \text{ (dB)} \quad (6.15)$$