

PGS. TS. THÁI HỒNG NHỊ

Hệ thống thông tin **VỆ TINH**

Tập 2



NHA XUẤT BẢN BƯU ĐIỆN

PGS. TS. THÁI HỒNG NHỊ

Hệ thống thông tin **VỆ TINH**

Tập 2

NHÀ XUẤT BẢN BƯU ĐIỆN

Hà Nội - 2008

LỜI NHÀ XUẤT BẢN

Những thập kỷ gần đây, các hệ thống thông tin vệ tinh ngày càng phát triển nhanh chóng. Qua các hệ thống thông tin vệ tinh, con người có thể thu nhận hoặc trao đổi thông tin với bất kỳ nơi nào trên trái đất. Hiện nay với hàng loạt các loại hình dịch vụ do vệ tinh cung cấp như cho thuê dung lượng vệ tinh, hoặc dung lượng lẻ; cung cấp các dịch vụ trọn gói như: VSAT, thoại, truyền hình, phát thanh ở vùng sâu vùng xa, truyền số liệu, Internet, hội nghị truyền hình, đào tạo từ xa, y tế từ xa... Thông tin vệ tinh có thể cung cấp không những các dịch vụ dân sự mà cả các dịch vụ quốc phòng, an ninh, hàng không, hàng hải, thăm dò địa chất,... Dự kiến trong tháng 4/2008, Việt Nam sẽ có vệ tinh viễn thông VINASAT, khi đó ở Việt Nam các dịch vụ viễn thông, phát thanh, truyền hình và các dịch vụ truyền dẫn khác được phát triển nhiều hơn, thuận lợi hơn.

Nhằm giới thiệu một cách tổng quan và chi tiết về hệ thống thông tin vệ tinh, NXB Bưu điện xuất bản bộ sách *“Hệ thống thông tin vệ tinh (02 tập)”* do PGS.TS. Thái Hồng Nhị biên soạn giới thiệu đến bạn đọc.

Bộ sách gồm 12 chương, chia thành 2 tập. **Tập 1** (từ chương 1 đến chương 5), giới thiệu về hệ thống thông tin vệ tinh, quỹ đạo của vệ tinh, đặc điểm kênh truyền và phân tích tuyến truyền tin hiệu trên kênh thông tin vệ tinh, đa truy nhập trong các hệ thống thông tin vệ tinh. **Tập 2** (từ chương 6 đến chương 11), giới thiệu về trạm mặt đất, các thiết bị viễn thông đặt trên vệ tinh, vùng phủ sóng và anten vệ tinh, mạng vệ tinh đa búp sóng, các thông số và biểu thức tính toán trong các hệ thống thông tin vệ tinh, kết nối mạng thông tin di động vệ tinh với các mạng mặt đất. Phần cuối sách còn có 02 phụ lục giới thiệu mạng định vị toàn cầu GPS và vệ tinh VINASAT của Việt Nam. Trong các chương mục, sau phân lý thuyết cơ bản tác giả có phân tích kèm theo ví dụ với các số liệu tính toán cụ thể.

Bộ sách sẽ là tài liệu tham khảo hữu ích phục vụ nghiên cứu, học tập của sinh viên chuyên ngành điện tử - viễn thông. Bộ sách cũng là tài liệu tham khảo hữu ích cho cán bộ kỹ thuật, cán bộ giảng dạy, những độc giả quan tâm đến thông tin vệ tinh đặc biệt trong bối cảnh Việt Nam đang chuẩn bị phóng vệ tinh viễn thông vào quỹ đạo.

Nhà xuất bản Bưu điện xin giới thiệu cùng bạn đọc và rất mong nhận được những ý kiến đóng góp của quý vị. Mọi ý kiến góp ý xin gửi về **Nhà xuất bản Bưu điện, 18 Nguyễn Du, Hà Nội**; điện thoại: (04) 5772142; Fax: (04) 5772037.

Trân trọng cảm ơn./.

Hà Nội, tháng 01 năm 2008

NHÀ XUẤT BẢN BƯU ĐIỆN

LỜI NÓI ĐẦU

Các hệ thống thông tin vệ tinh được phát triển nhanh chóng trong những thập kỷ gần đây. Qua các hệ thống thông tin vệ tinh, con người có thể thu nhận hoặc trao đổi thông tin với bất kỳ nơi nào trên quả đất. Thông tin vệ tinh có khả năng đa dạng dịch vụ, không những các dịch vụ dân sự mà cả các dịch vụ phục vụ quốc phòng, an ninh, hàng không, hàng hải, khai thác thăm dò địa chất, v.v... Ngày nay các hệ thống, các mạng thông tin vệ tinh đang được kết nối với các mạng cố định và di động mặt đất làm cho khả năng truyền thông ngày càng phong phú.

Bộ sách "*Hệ thống thông tin vệ tinh*" gồm hai tập:

Tập 1

Chương 1. Hệ thống thông tin vệ tinh - Giới thiệu tổng quan về lịch sử phát triển thông tin vệ tinh, cấu trúc tổng quát một hệ thống thông tin vệ tinh, các dịch vụ thông tin vệ tinh và một số hệ thống thông tin vệ tinh điển hình.

Chương 2. Quỹ đạo của vệ tinh và các thông số quỹ đạo. Giới thiệu các định luật Kepler và Newton có liên quan đến chuyển động của vệ tinh, các dạng quỹ đạo của vệ tinh và các thông số, tính toán về vị trí của vệ tinh trong không gian, các góc phương vị, góc ngắm nhìn từ trạm mặt đất hướng vệ tinh.

Chương 3. Đặc điểm kênh truyền và phân tích tuyến. Giới thiệu đặc điểm các kênh truyền sóng, tạp âm, tính toán đường truyền tuyến lên, tuyến xuống trong các điều kiện truyền sóng khác nhau và các mô hình kênh truyền trong thông tin vệ tinh.

Chương 4. Truyền tín hiệu trên kênh thông tin vệ tinh. Giới thiệu các phương thức truyền tín hiệu tương tự, xử lý, điều chế, mã kênh và truyền tín hiệu tương tự, tín hiệu số trên các kênh thông tin vệ tinh.

Chương 5. Đa truy nhập trong các hệ thống thông tin vệ tinh. Giới thiệu các kỹ thuật đa truy nhập FDMA, TDMA, CDMA, FAMA, DAMA trong các hệ thống thông tin vệ tinh.

Tập 2

Chương 6. Trạm mặt đất. Giới thiệu chức năng và cấu hình hoạt động của các phân hệ trong trạm mặt đất, phân hệ anten, phân hệ tần số vô tuyến, phân hệ xử lý tín hiệu trung gian, phân hệ giao diện mạng và phân hệ giám sát điều khiển.

Chương 7. Các thiết bị viễn thông đặt trên vệ tinh. Giới thiệu chức năng và các thông số kỹ thuật của các thiết bị đặt trên vệ tinh, bộ phát đáp đơn búp sóng, bộ phát đáp đa búp sóng và bộ phát đáp tái sinh.

Chương 8. Vùng phủ sóng và anten vệ tinh. Giới thiệu các dạng vùng phủ sóng của anten vệ tinh và cấu trúc hoạt động của các loại anten khác nhau đặt trên vệ tinh.

Chương 9. Mạng vệ tinh đa búp sóng. Giới thiệu ưu nhược điểm, nguyên lý hoạt động và các phương thức kết nối của mạng vệ tinh đa búp sóng.

Chương 10. Mạng vệ tinh tái sinh. Giới thiệu cấu trúc, hoạt động, xử lý tín hiệu ở mạng vệ tinh tái sinh và so sánh các hoạt động đó với mạng vệ tinh trong suốt (không tái sinh).

Chương 11. Các thông số và biểu thức tính toán trong các hệ thống thông tin vệ tinh. Giới thiệu và hệ thống hoá với các ví dụ cụ thể về các biểu thức tính toán trong quá trình thiết kế các tuyến liên tục trong thông tin vệ tinh.

Chương 12. Kết nối mạng thông tin di động vệ tinh với các mạng mặt đất. Giới thiệu các phương thức kết nối mạng thông tin di động vệ tinh với mạng mặt đất PSTN, mạng thông tin di động mặt đất GSM, tác động kết nối đến các quá trình báo hiệu sử dụng tín hiệu SSN7.

Phụ lục 1. Giới thiệu mạng định vị toàn cầu GPS

Phụ lục 2. Vệ tinh VINASAT của Việt Nam

Trong các chương mục, sau phần lý thuyết cơ bản có các phân tích kèm theo các ví dụ với các số liệu tính toán cụ thể giúp bạn đọc dễ dàng tiếp cận.

Bộ sách phục vụ yêu cầu nghiên cứu học tập của sinh viên chuyên ngành điện tử - viễn thông và là tài liệu tham khảo hữu ích cho những cán bộ kỹ thuật, những độc giả quan tâm đến thông tin vệ tinh đặc biệt trong bối cảnh thông tin vệ tinh đang được phát triển mạnh trong những năm gần đây và trong tháng 4/2008, Việt Nam sẽ phóng vệ tinh viễn thông vào quỹ đạo.

Thông tin vệ tinh là một công nghệ mới bao gồm nhiều lĩnh vực công nghệ hiện đại liên quan. Vì vậy, đây là lần xuất bản đầu tiên nên cuốn sách không thể tránh khỏi sai sót, tác giả rất mong nhận được sự góp ý của quý độc giả.

Xin chân thành cảm ơn.

Tác giả

PSG. TS. Thái Hồng Nhị

Chương 6

TRẠM MẶT ĐẤT

6.1. CHỨC NĂNG VÀ CẤU HÌNH CỦA TRẠM MẶT ĐẤT

Trạm mặt đất của hệ thống thông tin vệ tinh (ES - Earth Station) có hai chức năng của yếu, đó là:

1. Tiếp nhận các tín hiệu từ các mạng mặt đất hoặc trực tiếp từ thiết bị đầu cuối của người sử dụng, xử lý các tín hiệu đó, biến đổi thành sóng mang và truyền lên vệ tinh theo tuyến lên với công suất và tần số thích hợp.

2. Thu các sóng mang từ tuyến xuống của vệ tinh, xử lý và chuyển chúng thành tín hiệu bằng cơ sở để cung cấp cho các mạng mặt đất hoặc trực tiếp đến thiết bị đầu cuối của người sử dụng.

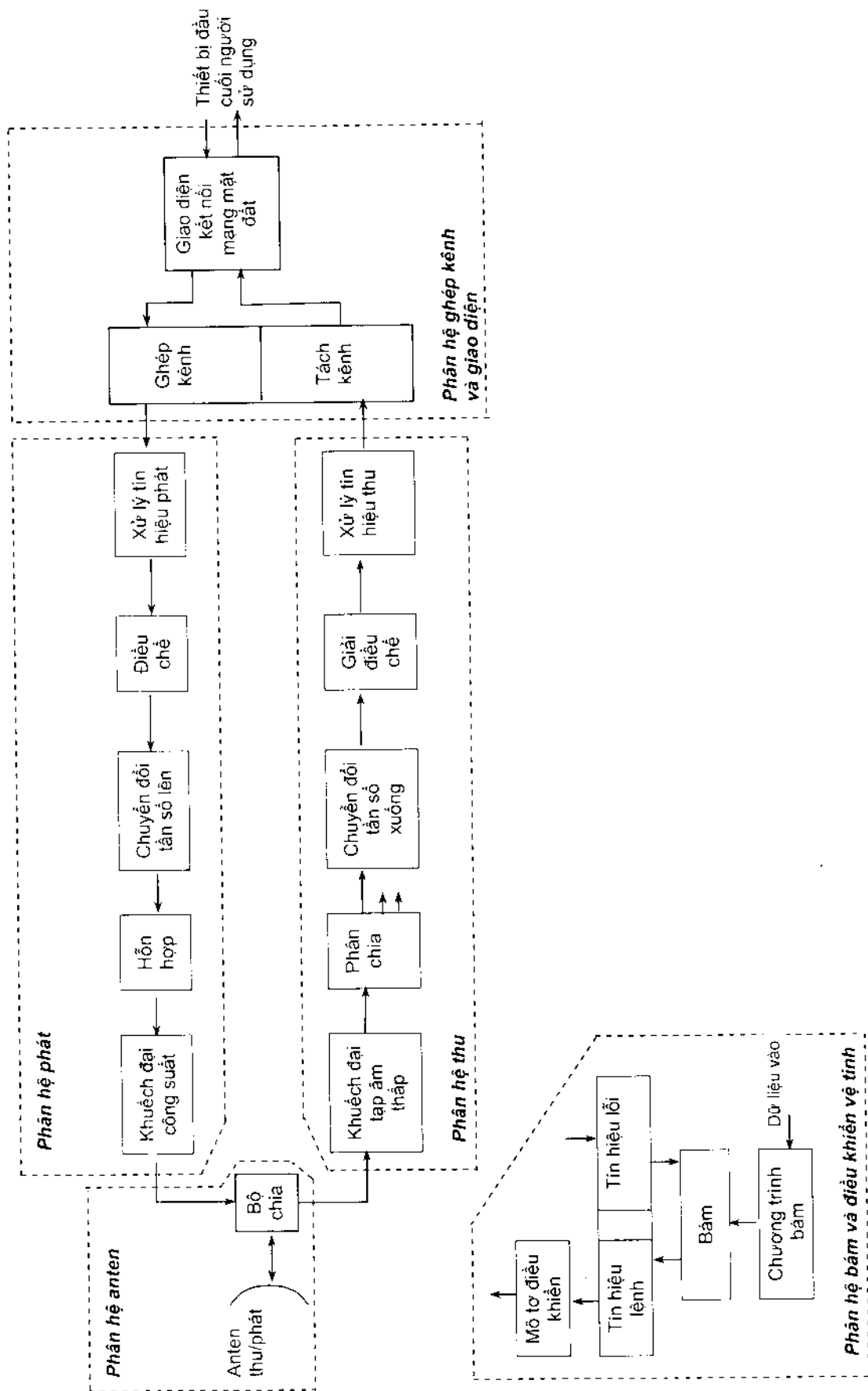
Ngoài hai nhiệm vụ thu/phát nêu trên, một số trạm mặt đất còn được trang bị một hệ thống phụ để điều khiển hoặc bám vệ tinh. Phụ thuộc vào yêu cầu cụ thể mà trạm mặt đất có thể có cả hệ thống phát và thu hoặc chỉ có hệ thống thu. Ví dụ hệ thống TVRO (TeleVision Receiver Only) chỉ có nhiệm vụ thu tín hiệu truyền hình và truyền cho trạm mặt đất. Một số trạm mặt đất có thể được trang bị thêm chuyển mạch, ghép kênh hoặc các giao diện kết nối.

Hình.6.1 mô tả sơ đồ khối chức năng của một trạm mặt đất điển hình. Cấu trúc của hệ thống gồm năm phân hệ:

1. Phân hệ anten-phi đơn;
2. Phân hệ thu;
3. Phân hệ phát;
4. Phân hệ ghép kênh và giao diện;
5. Phân hệ bám vệ tinh và điều khiển;

Dưới góc độ phân tích tín hiệu, trạm mặt đất bao gồm năm phân hệ sau:

1. Phân hệ anten;
2. Phân hệ tần số vô tuyến;
3. Phân hệ xử lý tín hiệu trung gian;
4. Phân hệ ghép kênh và giao diện mạng;
5. Phân hệ giám sát, bám và điều khiển vệ tinh.



Hình 6.1: Sơ đồ khối chức năng một trạm mặt đất điển hình

6.2. PHÂN HỆ ANTEN

6.2.1. Các loại anten của trạm mặt đất

Yêu cầu đầu tiên của anten trạm mặt đất là có độ tăng ích lớn và búp sóng nhọn hướng về phía vệ tinh. Trong nhiều trường hợp anten thu và phát của trạm mặt đất thường được sử dụng chung và tín hiệu của hai đường thu/phát được tách biệt nhau qua một bộ chia (hoặc còn gọi bộ phân luồng). Có hai loại anten được sử dụng phổ biến nhất ở các trạm mặt đất, đó là: anten parabol (đối xứng hoặc không đối xứng) và anten Cassegrain.

6.2.1.1. Anten gương Parabol

Cấu trúc của anten parabol gồm hai bộ phận chủ yếu: *gương phản xạ* hoặc còn gọi là *chảo phản xạ hình parabol* và phần tư tích cực được gọi là *bộ chiếu xạ*. Thực chất bộ chiếu xạ là một anten sơ cấp (có thể là một dipol, dàn dipol hoặc anten loa), nó bức xạ sóng điện từ hướng về chảo parabol phản xạ (parabolic reflector). Gương phản xạ là một thiết bị thụ động, nó chỉ có nhiệm vụ phản xạ năng lượng sóng tập trung vào búp sóng hẹp theo hướng ngược lại. Sóng phản xạ theo hướng ngược lại đó là các sóng phẳng, có các mặt sóng đồng pha tại mặt gương.

Điều đó có thể thực hiện được khi chọn phương trình mặt cong của gương sao cho các tia bức xạ từ nguồn sơ cấp đặt tại tiêu điểm của gương sau khi phản xạ và truyền tới miệng gương có độ dài đường đi bằng nhau (tức chiều dài quang lộ như nhau). Điều kiện này phù hợp với gương parabol có bộ chiếu xạ đặt tại tiêu điểm.

Thực vậy, giả sử có một gương phản xạ parabol và bộ phát xạ phát sóng hình cầu đặt tại tiêu điểm F với các kích thước ký hiệu ở hình 6.2. Biết rằng, trong mặt phẳng, đường parabol có phương trình toán học $y = ax^2$ và được định nghĩa là quỹ tích của các điểm mà tổng khoảng cách từ các điểm đó đến tiêu điểm và đến các đường chuẩn là một hằng số. Như biểu thị ở hình 6.2, thì quan hệ đó là:

$$FA + AA' = FB + BB' = FC + CC' = k \quad (6.1)$$

và:

FA là tiêu cự của parabol;

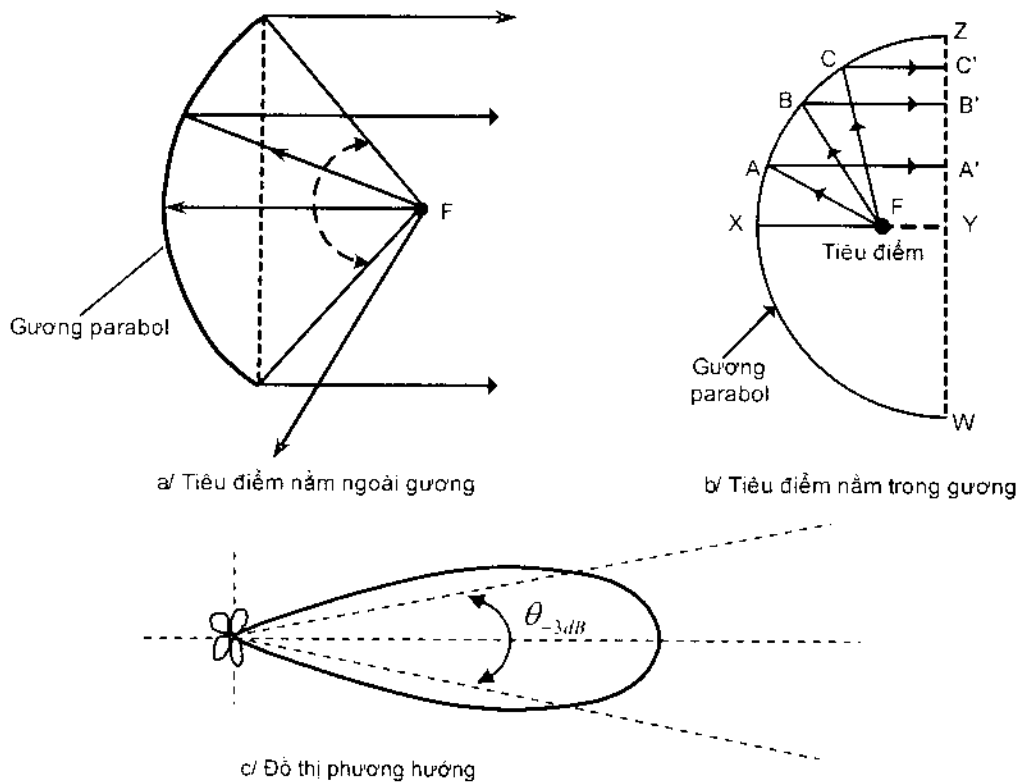
k là hằng số;

Tỷ số giữa tiêu cự và đường kính của miệng gương (FA/WZ) được gọi là tỷ số khẩu độ, còn gọi tắt là *khẩu độ* (aperture) của parabol. Thuật ngữ này cũng được dùng ở các thấu kính camera.

Năng lượng điện từ được phản xạ từ gương và tập trung xung quanh trục X, Y , được gọi là búp sóng chính của đồ thị phương hướng: có một số búp sóng phụ do giao thoa và thẩm thấu (hình 6.2c).

Độ rộng của búp sóng chính, tính ở mức -3dB của đồ thị phương hướng của anten parabol có thể tính theo biểu thức gần đúng:

$$\theta_{-3dB} = \frac{70\lambda}{D} \quad (6.2a)$$



Hình 6.2: Mô tả kích thước hình học và đồ thị phương hướng của anten parabol

hoặc:

$$\theta = \frac{70c}{fD} \quad (6.2b)$$

trong đó:

θ là độ rộng búp sóng ứng với mức nửa công suất (°);

λ là bước sóng công tác (m);

c là tốc độ truyền sóng ($= 3 \cdot 10^8$ m/s);

D là đường kính miệng anten (m);

f là tần số (Hz)

và

$$\phi_1 = 2\theta \quad (6.3)$$

Trong đó ϕ_1 là góc mở ứng với mức công suất không theo hướng bức xạ chính (°). Biểu thức 6.2a, 6.2b và 6.3 chính xác đối với anten parabol có khẩu độ lớn (tức búp sóng hẹp).

Hiệu suất của anten parabol (η).

Ở anten parabol, không phải tất cả các năng lượng sóng bức xạ từ nguồn sơ cấp (bộ chiếu xạ) đều được phản xạ từ gương parabol. Một số năng lượng sóng được hấp thụ từ gương và một số

năng lượng khác sẽ bị nhiễu xạ xung quanh mép gương. Hiện tượng đó trong một số tài liệu kỹ thuật gọi là hiện tượng rò rỉ và tràn. Do đó, năng lượng bức xạ từ bộ chiếu xạ chỉ được phản xạ từ gương khoảng 50%-75%. Thêm vào đó, bộ chiếu xạ không phải là một nguồn điểm, nó có một vùng diện tích hữu hạn nào đó nằm đối diện với gương. Vùng che khuất đó tạo nên một vùng tối đối diện với gương. Cũng vì các lý do đó mà trong thực tế hiệu suất của anten parabol đạt được khoảng 55% công suất bức xạ từ bộ chiếu xạ.

Hệ số tăng ích của anten parabol.

Hệ số tăng ích của anten parabol G_p , có thể tính theo biểu thức gần đúng:

$$G_p = \eta \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \quad (6.4a)$$

Trong đó:

η là hiệu suất của anten;

D là đường kính miệng parabol (m);

λ là bước sóng công tác (m).

Với hiệu suất tiêu biểu của anten là 55% ($\eta = 0,55$), biểu thức 6.4a có thể viết:

$$G_p = \frac{5,4 D^2 f^2}{c^2} \quad (6.4b)$$

trong đó: $c = 3.10^8$ m/s là tốc độ truyền sóng và f là tần số; hoặc có thể viết dưới dạng dB:

$$G_p = (\text{dB}) = 20 \lg f (\text{MHz}) + 20 \lg D (\text{m}) - 42,2 \quad (6.4c)$$

Nếu như anten có hiệu suất là 100% thì cộng thêm 2,66 dB vào biểu thức (6.4c).

Từ các biểu thức (6.4a,b,c) nhận thấy rằng, hệ số tăng ích của anten parabol tỷ lệ thuận với bình phương tần số và bình phương đường kính miệng parabol. Điều đó có nghĩa là, tần số càng cao và gương parabol càng lớn thì hệ số tăng ích G_p của parabol càng lớn. Hoặc nói cách khác tỷ số giữa diện tích hiệu dụng trên bước sóng công tác của anten càng lớn thì hệ số tăng ích của anten càng lớn. Đối với anten parabol dùng làm anten thu thì không phải toàn bộ diện tích bề mặt của gương phản xạ được phản xạ sóng, do đó vùng diện tích có hiệu lực phản xạ sẽ bé hơn vùng diện tích thực tế tính toán. Diện tích thực tế thu của anten parabol thu, A_R , có thể tính theo biểu thức:

$$A_R = k \cdot A_p \quad (6.5)$$

Trong đó:

A_p là diện tích thực tế (m^2),

k là hệ số phụ thuộc vào hình dạng kích thước của anten ($k = 0,55$ với anten có gương phản xạ parabol và bộ thu xạ là chấn từ nửa sóng).

Như vậy, hệ số tăng ích của anten parabol thu, G_R , sẽ là:

$$G_R = \frac{4\pi \cdot A_R}{\lambda^2} = \frac{4\pi \cdot k \cdot A_p}{\lambda^2} \quad (6.6a)$$

Thay thế diện tích miệng parabol vào (6.6a), và hiệu suất Anten lấy là 0.55 thì lúc đó hệ số tăng ích của Anten parabol thu có thể tính theo biểu thức gần đúng:

$$G_T = 5,4 \left(\frac{D}{\lambda} \right)^2 \quad (6.6b)$$

Trong đó:

- D là đường kính miệng parabol (m);
- λ là bước sóng (m);

Hệ số k trong (6.5) được gọi là hiệu suất phản xạ hoặc hiệu suất khẩu độ, thông số về hiệu suất khẩu độ k đó có thể liên quan đến đồ thị phương hướng của bộ thu xạ và tỷ số giữa tiêu cự của parabol và đường kính miệng parabol.

Ví dụ

Một Anten parabol có đường kính miệng parabol $D = 2$ m, công suất bức xạ của bộ chiếu xạ là 10 W, tần số công tác $f = 6$ GHz, hiệu suất Anten $\eta = 0,55$ và hiệu suất khẩu độ $A_R = 0,55$. Hãy xác định:

1. Độ rộng búp sóng chính.
2. Hệ số tăng ích chế độ phát.
3. Hệ số tăng ích chế độ thu.
4. Công suất bức xạ đẳng hướng tương đương, EIRP.

Bài giải

1. Theo biểu thức (6.2b) độ rộng của búp sóng chính ở mức nửa công suất là:

$$\theta_{\text{min}} = \frac{70c}{fD} = \frac{70(3.10^8)}{(6.10^9)(2)} = 1,75^\circ$$

2. Hệ số tăng ích ở chế độ phát, tính theo (6.4c):

$$\begin{aligned} G_T &= 20 \lg f(\text{MHz}) + 20 \lg D(\text{m}) - 42,2 \\ &= 20 \lg 6000 + 20 \lg 2 - 42,2 = 39,4 \text{ dB} \end{aligned}$$

3. Hệ số tăng ích ở chế độ thu, tính theo (6.6b) và chuyển sang dB:

$$G_R(\text{dB}) = 10 \lg \left[5,4 \left(\frac{D}{\lambda} \right)^2 \right] = 10 \lg \left[5,4 \left(\frac{2}{0,05} \right)^2 \right] = 39,4 \text{ dB}$$

4. Công suất bức xạ đẳng hướng tương đương, EIRP:

$$\begin{aligned} \text{EIRP} &= G_T(\text{dB}) + P_T(\text{dBm}) = 39,4 + 10 \lg \frac{10}{0,001} \\ &= 39,4 + 40 \text{ dBm} = 79,4 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Bộ chiếu xạ

Bộ chiếu xạ ở anten parabol dùng để bức xạ năng lượng sóng điện từ lên gương phản xạ còn được gọi là anten sơ cấp (primary antenna). Bởi vì bộ chiếu xạ được đặt ở tiêu điểm của parabol cho nên bản thân nó sẽ tạo nên một bóng khuất và trong kỹ thuật gọi đó là *hiệu ứng bóng khuất* (shadow effect). Trong thiết kế có thể cố gắng tối đa sao cho bóng khuất theo hướng bức xạ chính là tối thiểu. Có ba dạng sơ cấp của bộ chiếu xạ đối với anten gương phản xạ parabol thường gặp đó là: chiếu xạ ở tâm, chiếu xạ dạng anten loa và chiếu xạ kiểu Cassegrain. Hình 6.3 mô tả một số dạng bộ chiếu xạ của anten parabol.

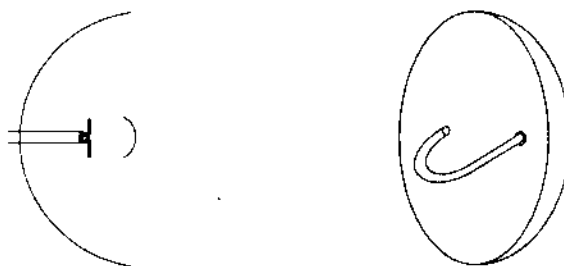
Độ rộng búp sóng của bộ chiếu xạ dùng anten loa (xem mục anten loa) nối với ống dẫn sóng, trong mặt phẳng E và trong mặt phẳng H , được tính theo biểu thức gần đúng sau:

$$\theta_E = \frac{56\lambda}{d_E} \quad (6.7a)$$

$$\theta_H = \frac{56\lambda}{d_H} \quad (6.7b)$$

Trong đó:

- θ_E là góc mở nửa công suất trong mặt phẳng E (°);
- θ_H là góc mở nửa công suất trong mặt phẳng H (°);
- λ là bước sóng công tác (m);
- d_E là kích thước miệng loa mở rộng mặt phẳng E , (m);
- d_H là kích thước miệng loa mở rộng mặt phẳng H , (m);



a) Bộ chiếu xạ được cấp điện bằng cáp đồng trục và có một phần xạ phụ

b) Bộ chiếu xạ được cấp điện trực tiếp từ ống dẫn sóng

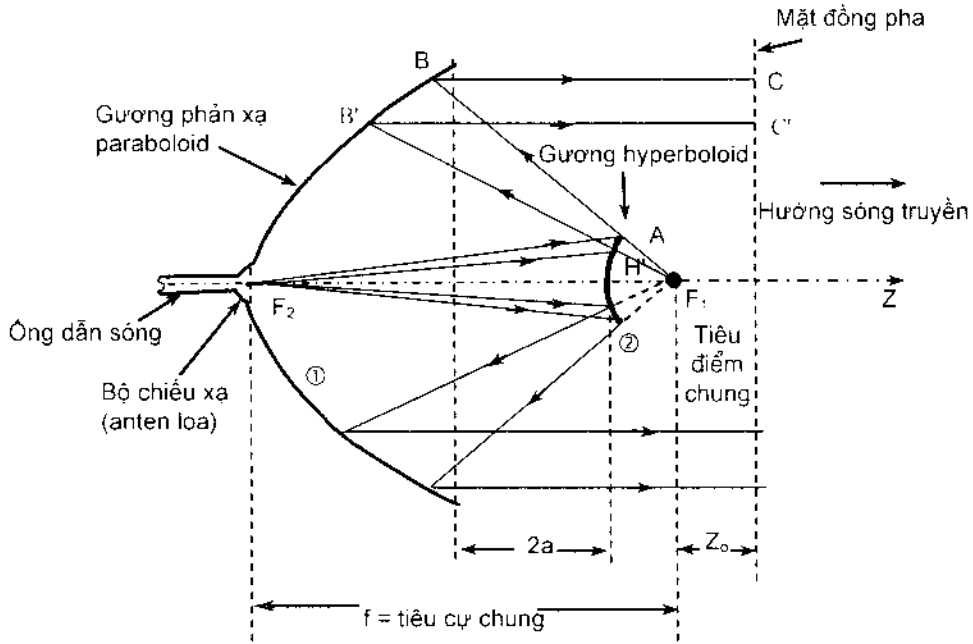
Hình 6.3: Mô tả một số dạng bộ chiếu xạ của anten parabol

6.2.1.2. Anten Cassegrain

Anten Cassegrain là anten có gương phản xạ parabol và bộ chiếu xạ theo kiểu Cassegrain, tên một nhà thiên văn học vào cuối thế kỷ 18 phát minh ra và được sử dụng đầu tiên ở các kính viễn vọng thiên văn. Trong một số tài liệu anten Cassegrain còn được gọi là *anten gương kép*. Hình 6.4 mô tả bố trí hình học của một anten Cassegrain.

Cấu tạo của anten Cassegrain gồm có: (1) gương phản xạ paraboloid, còn gọi là gương chính; (2) gương phản xạ hyperboloid còn gọi là gương phụ và (3) bộ chiếu xạ dùng anten loa nối

với ống dẫn sóng cấp điện. Tiêu điểm của gương phụ hyperbol được bố trí trùng với tiêu điểm của gương chính parabol (điểm F_1). Tiêu cự của nhánh hyperbol thứ hai (nhánh ảo) nằm ở đỉnh parabol trên trục chính của gương (điểm F_2). Bộ chiếu xạ được bố trí sao cho tâm loa nằm ở giữa đỉnh parabol (điểm F_2).



Hình 6.4: Anten Cassegrain và các ký hiệu hình học

Sóng điện từ bức xạ từ bộ chiếu xạ anten loa được truyền đến mặt gương phụ hyperbol, phản xạ trở lại vào gương chính parabol và từ đây sóng sẽ được tiếp tục phản xạ lần thứ hai và được truyền đi.

Giả thiết rằng, sóng bức xạ từ bộ chiếu xạ là các sóng cầu thì theo tính chất của parabol và hyperbol sóng phản xạ lần thứ hai là các sóng phẳng. Mặt phẳng CC' trên hình 6.4 là mặt đồng pha.

Thực vậy, theo tính chất của hyperbol (hyperbol là quỹ tích của các điểm mà hiệu số khoảng cách đến hai tiêu điểm là hằng số, có giá trị bằng khoảng cách giữa hai đỉnh của hai nhánh) sẽ có:

$$F_2A - F_1A = F_2A' - F_1A' = 2a \quad (6.8a)$$

Tính theo tính chất của parabol sẽ có:

$$F_2A + AB + BC = F_1A' + A'B' + B'C' = 2f + Z_0 \quad (6.8b)$$

Trong đó:

- f là tiêu cự chung;
- Z_0 là khoảng cách từ tiêu cự đến mặt phẳng sóng quan sát;
- $2a$ là khoảng cách giữa hai gương;

Bởi vì gương hyperbol thường có kích thước rất nhỏ cho nên:

$$F_2 \approx F_1A + 2a \quad (6.8c)$$

từ đó có:

$$\begin{aligned} F_2 A + AB + BC &= F_1 A + AB + BC + 2a \\ &= F_1 A' + A'B' + B'C' = 2f + Z_{11} + 2a = \text{const} \end{aligned} \quad (6.8d)$$

Từ đó nhận thấy rằng, tổng độ dài đường đi của các tia sóng xuất phát từ bộ chiếu xạ, phản xạ lần thứ nhất tại gương hyperbol, phản xạ lần thứ hai tại gương parabol và truyền tới một mặt phẳng nào đó sẽ là một hằng số. Nói cách khác, các mặt phẳng sóng song song với miệng gương là các mặt bức xạ đồng pha.

Như vậy, anten Cassegrain cũng đạt được hiệu quả biến đổi sóng cầu thành sóng phẳng. Nó có thể coi như là một gương có bộ chiếu xạ ảo đặt tại tiêu điểm.

Ưu điểm của anten Cassegrain là độ rộng búp sóng chính của đồ thị phương hướng trục nhỏ hơn so với anten parabol đơn và kết cấu bộ chiếu xạ được đặt ngay ở đỉnh parabol nên rất tiện lợi cho việc cấp điện. Tuy vậy, anten Cassegrain cũng có nhược điểm là gương hyperbol chiếm một phần không gian ở trước gương chính parabol gây ra một vùng tối, mà điều đó sẽ dẫn đến biên độ của trường không đồng đều, ảnh hưởng đến hệ số định hướng của anten.

Anten Cassegrain cũng được sử dụng để thu các tín hiệu rất yếu và trong trường hợp đường truyền dẫn từ anten máy thu dài thì có thể đặt bộ tiền khuếch đại tạp âm thấp (low noise preamplifier) ngay ở bộ thu xạ.

Có hai phương pháp để tính toán anten gương, đó là: (1) bài toán thuận, tính trường bức xạ của anten gương khi cho biết trường bức xạ của bộ chiếu xạ theo lý thuyết bức xạ mặt và (2) là bài toán ngược, bằng cách xác định kích thước hình học của gương và đặc tính phương hướng cần thiết của bộ chiếu xạ để sao cho đảm bảo yêu cầu về đồ thị phương hướng của anten.

Các bài toán của anten Cassegrain thường được quy về bài toán của phản xạ đơn parabol với kích thước tương đương.

6.2.2. Bức xạ của búp sóng chính và búp sóng phụ

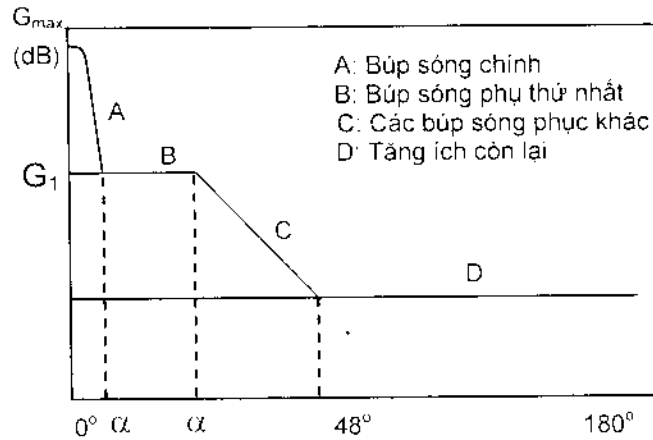
Biết rằng, các thông số quan trọng nhất của một anten trạm mặt đất là đặc tính bức xạ của búp sóng chính đặc trưng bởi độ tăng ích G , độ rộng búp sóng θ_{3dB} và độ cách ly phân cực. Độ tăng ích của anten có quan hệ trực tiếp với công suất bức xạ đẳng hướng tương đương (EIRP) và tỷ số G/T của trạm mặt đất. Độ rộng của búp sóng cũng đồng thời liên quan đến hệ thống bám vệ tinh. Giá trị độ cách ly phân cực xác định dung lượng của một anten trong trường hợp hệ thống sử dụng phân cực trục giao.

Phần lớn công suất được bức xạ (hoặc được thu) trong búp sóng chính. Trong thực tế, có một phần công suất được phân tán ở các búp sóng phụ. Công suất bức xạ từ các búp sóng phụ đó sẽ gây nhiễu cho các vệ tinh khác trên quỹ đạo (trường hợp anten phát), hoặc thu các sóng nhiễu (trường hợp anten thu). Để giới hạn mức độ gây nhiễu cho các vệ tinh lân cận, Hiệp hội viễn thông Quốc tế ITU cũng đã có các chuẩn khuyến nghị về hạn chế mức nhiễu của các búp sóng phụ đối với các loại anten phát trạm mặt đất ứng với các đường kính khác nhau [CCIR-580]. Ví dụ, khuyến cáo các nhà sản xuất anten sao cho giá trị tăng ích búp sóng phụ của anten trạm mặt đất không vượt quá:

$$G_{búp\ phụ}(\theta) = 29 - 25\lg(\theta) \quad (6.9)$$

trong đó θ là góc lệch tương ứng với búp sóng phụ xem xét.

Khuyến nghị cũng nêu lên một số chi tiết (hình 6.5) [CCIR-391]:



Hình 6.5: Tăng ích của anten trạm mặt đất theo khuyến nghị của ITU

Đối với một anten có đường kính D lớn hơn 100λ , trong đó λ là bước sóng:

$$G(\alpha) = G_{max} - 2,5 \cdot 10^{-3} (\alpha D / \lambda)^2 \quad \text{với } 0 < \alpha < \alpha_m \quad (\text{dB}) \quad (6.10)$$

$$G(\alpha) = G_1 = 2 + 15\lg(D/\lambda) \quad \text{với } \alpha_m < \alpha < \alpha_r \quad (\text{dB})$$

Trong đó G_1 là hệ số khuếch đại trong búp sóng đầu tiên.

$$G(\alpha) = 32 - 25\lg\alpha \quad \text{với } \alpha_r \leq \alpha < 48^\circ \quad (\text{dB})$$

$$G(\alpha) = -10 \quad \text{với } 48^\circ \leq \alpha < 180^\circ \quad (\text{dB})$$

$$\alpha_m = (20 \lambda / D) \sqrt{(G_{max} - G_1)} \quad (\text{độ})$$

$$\alpha_r = 15,85(D/\lambda)^{0,6} \quad (\text{độ}) \quad (6.11)$$

Đối với một anten có đường kính D bé hơn 100λ :

$$G(\alpha) = G_{max} - 2,5 \cdot 10^{-3} (\alpha D / \lambda)^2 \quad \text{với } 0 < \alpha < \alpha_m \quad (\text{dB})$$

$$G(\alpha) = G_1 = 2 + 15\lg(D/\lambda) \quad \text{với } \alpha_m \leq \alpha < 100\lambda/D \quad (\text{dB})$$

$$G(\alpha) = 52 - 10\lg(D/\lambda) - 25\lg\alpha \quad \text{với } 100\lambda/D \leq \alpha < 48^\circ \quad (\text{dB}) \quad (6.12)$$

$$G(\alpha) = 10 - 10\lg(D/\lambda) \quad \text{với } 48^\circ \leq \alpha < 180^\circ \quad (\text{dB})$$

Để hạn chế hơn nữa can nhiễu giữa các vệ tinh lân cận, CCIR [CCIR-Rec 580] khuyến khích các nhà sản xuất anten chế tạo các anten sao cho hệ số khuếch đại G của ít nhất 90% đỉnh của búp phụ không được vượt quá:

$$G = 29 - 25\lg\varphi \quad (6.13)$$

Trong đó φ là góc giữa hướng đang xét với trục của sơ đồ với $1^\circ \leq \varphi \leq 20^\circ$ và các vùng trống tạo bởi góc 3° so với quỹ đạo địa tĩnh. Khuyến nghị này phù hợp với các anten có $D/\lambda > 100$.

Với các anten có D/λ bé hơn 100 (và lớn hơn 35), hệ số khuếch đại G của ít nhất 90% búp phụ thứ hai phải không vượt quá:

$$G = 59 - 10\lg(D/\lambda) - 35 \lg\varphi \quad (6.14)$$

Dùng các giá lệch với hai mặt phản xạ là cách tốt nhất để có được cả đặc tính tốt về tần số vô tuyến (hệ số khuếch đại và khả năng cách ly phân cực) đối với búp sóng chính và mức búp phụ thấp [ANS-89], [CCIR-Rep 998]. Người ta cũng có thể thu nhỏ mức của búp phụ bằng cách kết hợp các mẫu bức xạ tạo bởi các nguồn phụ [ARN-83], [BRU-89], [HAR-89], [SCH-89].

6.2.3. Nhiệt độ tạp âm của anten

6.2.3.1. Tổng quan

Khái niệm về nhiệt độ tạp âm của anten đã được giới thiệu trong chương 3 (mục 3.5). Đối với anten trạm mặt đất thì nguồn tạp âm xuất phát từ bầu trời và từ mặt đất [CCIR-Rep 868]. Các tạp âm này phụ thuộc vào tần số, góc ngẩng của anten và các điều kiện khí quyển xung quanh anten (trời trong hoặc trời mưa, mây mù). Một hiện tượng quan trọng làm tăng đáng kể nhiệt độ tạp âm của anten xảy ra trong thực tế là trường hợp giao hội giữa mặt trời, vệ tinh và anten trạm mặt đất: tức trường hợp chúng nằm ở vị trí thẳng hàng nhau. Việc tăng nhiệt độ tạp âm của anten làm giảm đáng kể chất lượng thu tín hiệu của trạm mặt đất và đôi lúc có thể làm gián đoạn liên lạc. Hiện tượng có thể xảy ra một lần trong ngày hoặc trước và sau khi xảy ra giao hội.

6.2.3.2. Nhiệt độ tạp âm của mặt trời

Nhiệt độ tạp âm của mặt trời tăng lên khi xảy ra hiện tượng giao hội phụ thuộc vào nhiệt độ tạp âm của mặt trời trong băng tần xem xét. Biết rằng, nhiệt độ chói của một điểm trên bề mặt của mặt trời biến đổi phụ thuộc vào bước sóng, vị trí của nó trong đĩa mặt trời và hoạt động của mặt trời. Cũng đã có nhiều mô hình nghiên cứu đưa ra để xác định nhiệt độ chói trung bình của mặt trời phụ thuộc vào bước sóng. Biểu thức gần đúng đối với nhiệt độ chói trung bình của mặt trời (không tính những lúc mặt trời hoạt động mạnh) đối với băng tần C có thể được biểu thị như sau [RAU-85]:

$$T_{SUN} = (1.96 \cdot 10^5 / f) \{ [1 + \sin 2\pi \{ [\log_6(f-0,1)]/2,3 \}]/2,3 \} / 2,3 \} \text{ (K)} \quad (6.15)$$

trong đó f là tần số hoạt động tính bằng GHz.

Một công thức xấp xỉ khác trong [VUO-83] cho phép tính ra các giá trị của băng K gần đúng với các mô hình của Van de Hulst và Allen [SHI-68].

$$T_{SUN} = 120000 f^{0,75} \text{ (K)} \quad (6.16)$$

trong đó f là tần số hoạt động tính bằng GHz.

Các biểu thức trên cho phép ta tính được các giá trị nhiệt độ chói trung bình trên bề mặt mặt trời với giả thiết là nhiệt độ này không thay đổi. Trên thực tế nhiệt độ này thay đổi rất lớn từ điểm

này đến điểm kia và xảy ra rất lớn ở miền tần số thấp. Tại 4 GHz, nhiệt độ thay đổi từ 25000 K đến 70000 K. Tại 12 GHz, nhiệt độ của tâm mặt trời (điểm lạnh) khoảng 12000 K và nhiệt độ trung bình của toàn bộ đĩa mặt trời cỡ 16000 K đến 19000 K. Sự biến đổi của nhiệt độ sáng của mặt trời là một hàm của bước sóng đối với vùng tần số vô tuyến [BOI-83].

Trong khoảng thời gian mặt trời hoạt động mạnh, người ta đã quan sát được nhiệt độ chói của mặt trời tăng lên đáng kể, đặc biệt là tại vùng tần số thấp - hơn 50% trong khoảng 1% thời gian trong băng C [CCIR-Rep 390]. Tại tần số 12 GHz, nhiệt độ chói của mặt trời có thể đạt đến 28000 K hoặc hơn nữa.

Đường kính biểu kiến của mặt trời cũng phụ thuộc vào bước sóng bức xạ của ánh sáng mặt trời biến đổi tỷ lệ nghịch với tần số, đặc biệt lớn đối với các tần số dưới 10 GHz. Trong băng tần Ku, đường kính biểu kiến của mặt trời chỉ nhỏ hơn đường kính của đĩa mặt trời trong vùng ánh sáng nhìn thấy, tức là khoảng 0.5° .

Sự gia tăng nhiệt độ tập âm của anten trong trường hợp mặt trời, vệ tinh và anten trạm mặt đất giao hội (thăng hàng) được xác định bằng cách lấy tích phân của tích số giá trị nhiệt độ chói $T_{SUN}(\theta, \varphi)$ và độ tăng ích của anten $G(\theta, \varphi)$. Các hàm này được biểu thị trong hệ tọa độ cầu (θ, φ) theo góc đặc nhìn từ mặt trời [HO-61]:

$$\Delta T_a = \frac{1}{4\pi} \iint_{SunDisk} T_{SUN}(\theta, \varphi) G(\theta, \varphi) \sin \theta d\theta d\varphi \quad (K) \quad (6.17)$$

Có một đánh giá gần đúng khác là xác định việc gia tăng nhiệt độ anten chỉ tập trung trong búp sóng bức xạ của anten θ_c với nhiệt độ chói trung bình của mặt trời. Giá trị nhiệt độ tập âm trong trường hợp này sẽ gia tăng tỷ lệ với tỷ số góc nhìn thấy mặt trời và độ rộng tương đương của búp sóng anten, θ_c , nếu như độ rộng này lớn hơn đường kính biểu kiến của mặt trời. Trong trường hợp ngược lại, giá trị gia tăng nhiệt độ tập âm của anten sẽ bằng nhiệt độ tập âm của mặt trời.

$$\Delta T_t = T_{SUN}(0.5 \theta_c)^2 \quad \text{nếu } \theta_c > 0.5^\circ \quad (K) \quad (6.18a)$$

$$\Delta T_{Amux} = T_{SUN} \quad \text{nếu } \theta_c < 0.5^\circ \quad (K) \quad (6.18b)$$

Đường kính biểu kiến của mặt trời được lấy là 0.5° . Độ rộng tương đương θ_c của chùm sóng có thể được lấy bằng θ_{dih} .

Sóng điện từ phát ra từ mặt trời có phân cực ngẫu nhiên. Các anten của trạm mặt đất hoạt động ở chế độ tái sử dụng tần số bằng cách dùng phân cực trực giao thường được trang bị các bộ tách phân cực đảm bảo sóng đến có phân cực phù hợp tại đầu vào máy thu tương ứng cần được cách ly. Với những điều kiện như vậy, công suất tập âm thu được từ mặt trời sẽ làm cho độ tăng nhiệt độ tập âm của anten giảm đi một nửa (đối với mỗi phân cực). Vì vậy nếu sử dụng bộ tách phân cực thì độ tăng của nhiệt độ tập âm anten được tính như sau:

$$\Delta T_{Amux} = 0.5 \Delta T_{Amux \text{ unpol}} \quad (K) \quad (6.19)$$

Với $\Delta T_{Amux \text{ unpol}}$ tính theo công thức (6.18).

Biểu thức (6.18) cho thấy một anten có đường kính bé (tại một bước sóng xác định), giá trị nhiệt độ tạp âm tăng lên nhỏ hơn đối với các anten có đường kính lớn. Ví dụ, trong băng K_u ($f = 12$ GHz) một anten có đường kính 1,2 m có trang bị bộ tách phân cực ($\theta_{\text{dB}} = 0,35^\circ$) chịu một độ tăng nhiệt độ lên đến 8000 K.

Trong chương 3, khi tính toán dự trữ tuyến trong điều kiện thời tiết bình thường (trời trong) đã có một khoảng dự trữ M_1 đối với tỷ số sóng mang/tạp âm (C/N_0) để đảm bảo yêu cầu chất lượng dịch vụ (theo số phần trăm cho trước). Trong điều kiện trời mưa thì phải chấp nhận giảm các chỉ tiêu chất lượng nói chung với một số phần trăm nào đó. Giá trị giảm đi này của chất lượng được xem như là một khoảng dự trữ M_2 cộng thêm vào tỷ số C/N_0 trong điều kiện thời tiết bình thường. Khoảng dự trữ $M_1 + M_2$ (tính bằng dB) có liên quan đến hệ số phẩm chất G/T của trạm mặt đất, cho phép một giá trị gia tăng nhiệt độ tạp âm cho phép ΔT trong nhiệt độ tạp âm của trạm mặt đất.

Với khoảng dự trữ $M = M_1 + M_2$, giá trị tăng nhiệt độ tạp âm có thể tính theo biểu thức:

$$\Delta T = T(10^{0,1M} - 1)L_{\text{FRX}} \quad (\text{K}) \quad (6.20)$$

trong đó M là khoảng dự trữ tính theo dB; T là nhiệt độ tạp âm hệ thống khi trời trong và L_{FRX} là tổn hao do kết nối giữa anten và máy thu.

Trong trường hợp nhiệt độ tạp âm của anten có một sự gia tăng ΔT_A thì tỷ số năng lượng sóng mang trên tạp âm cũng sẽ giảm một đại lượng $\Delta(C/N)$ hoặc $\Delta(C/N_0)$ tương ứng:

$$\Delta(C/N) = \Delta(C/N_0) = \Delta T/T = 10 \log[TL_{\text{FRX}}/(TL_{\text{FRX}} + \Delta T_A)] \quad (6.21)$$

trong đó T là nhiệt độ tạp âm của hệ thống khi trời quang và L_{FRX} là tổn thất do kết nối giữa giao tiếp anten và đầu vào máy thu.

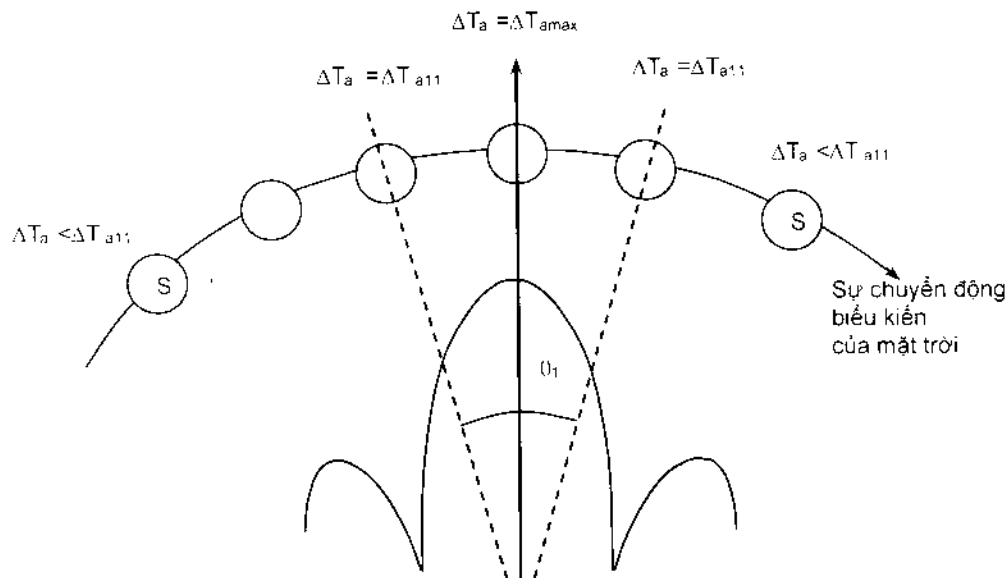
6.2.3.3. Vùng can nhiễu do mặt trời

Vùng can nhiễu do mặt trời được định nghĩa là vùng trời chứa trung tâm mặt trời mà độ tăng nhiệt độ tạp âm của anten, ΔT , gây ra bởi mặt trời vượt quá giới hạn cho phép. Sự thay đổi nhiệt độ tạp âm của anten khi có sự chuyển động biểu kiến của mặt trời qua búp sóng của anten, như mô tả ở hình 6.6, nhận thấy rằng:

- Khi mặt trời cách xa trục của anten, nhiệt độ tạp âm anten chính bằng giá trị danh định của nó khi trời quang (chất lượng dịch vụ lớn hơn giá trị danh định vì còn có khoảng dự trữ M_1).
- Khi mặt trời đến gần chùm sóng của anten thì nhiệt độ tạp âm của anten tăng lên và kéo theo nhiệt độ tạp âm của hệ thống cũng tăng lên. Đầu tiên là khoảng dự trữ M_1 bù cho độ tăng nhiệt độ của hệ thống và chất lượng danh định vẫn được đảm bảo.
- Khi nhiệt độ trong hệ thống vượt quá khoảng dự trữ M_1 , chất lượng dịch vụ sẽ giảm xuống dưới chỉ tiêu danh định. Nhưng chừng nào chất lượng vẫn lớn hơn giá trị tương ứng với hoạt động giảm cấp và tổng thời gian tích lũy vẫn bé hơn số phần trăm thời gian đối với chế độ giảm cấp thì hoạt động của hệ thống vẫn được đảm bảo. Độ tăng nhiệt độ hệ thống được phép tương ứng với khoảng dự trữ M_2 .
- Khi tổng độ tăng nhiệt độ anten lớn đến mức mà chỉ tiêu chất lượng không còn nằm trong khoảng giảm cấp nữa ($\Delta T_A = \Delta T_{\text{dall}}$, là một hàm của $M_1 + M_2$), thì sẽ xảy ra gián đoạn dịch vụ. Vị

tri của tâm mặt trời đối với trục của chùm sóng của anten vì thế được định nghĩa bằng một nửa góc phóng to của vùng can nhiễu (hình 6.6).

- Trong khi đi ngang qua vùng can nhiễu, độ tăng của nhiệt độ tap âm vượt quá giá trị cực đại cho phép ΔT_{ant} và dịch vụ bị gián đoạn.
- Khi mặt trời cách xa vùng can nhiễu, dịch vụ được tái thiết lập khi chất lượng dịch vụ trở nên lớn hơn chỉ tiêu trong chế độ giám cấp.



Hình 6.6: Sự thay đổi nhiệt độ tap âm của anten theo sự chuyển động biểu kiến của mặt trời

Góc θ của vùng can nhiễu phụ thuộc vào bán kính của anten trạm mặt đất và tỷ số giữa nhiệt độ tap âm cho phép của anten trên sự gia tăng cực đại của nhiệt độ tap âm anten trong thời gian mặt trời, vệ tinh và anten trạm mặt đất giao hội.

Ví dụ:

Cho hệ thống máy thu được đặc trưng bởi:

- Nhiệt độ hệ thống $T = 400\text{K}$
- Tổng dự trữ $M = M_1 + M_2 = 5\text{dB}$
- Tổn hao kết nối $L_{FKN} = 0,5\text{dB}$.

Sự gia tăng nhiệt độ cho phép của anten tính theo biểu thức (6.20) có giá trị là 970K .

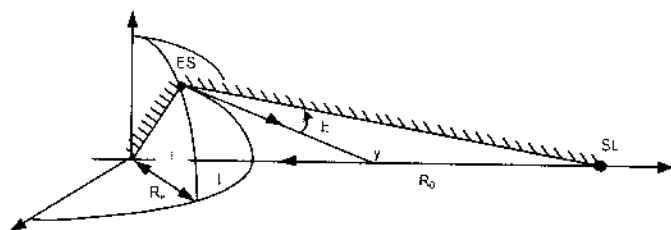
6.2.4. Góc định vị của anten trạm mặt đất

Biết rằng, phương của một điểm bất kỳ trên bề mặt quả đất hướng về vệ tinh được xác định bởi hai góc, đó là *góc phương vị* và *góc nâng*. Đây cũng chính là hai góc định vị của anten trạm mặt đất đối với vệ tinh. Trong chương 2 đã có những giới thiệu chi tiết và các tính toán về góc phương vị và góc nâng đối với vệ tinh địa tĩnh. Các góc đó được tính toán theo các giá trị của vĩ độ l và kinh độ tương đối L của trạm mặt đất (L là giá trị tuyệt đối của hiệu số giữa kinh độ của vệ tinh và kinh độ của trạm mặt đất).

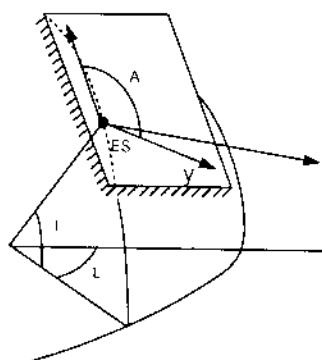
Góc phương vị (azimuth angle) là góc mà anten trạm mặt đất cần phải quay quanh trục thẳng đứng, theo hướng chiều kim đồng hồ tính từ điểm gốc là cực Bắc, đến trục của anten nằm trong mặt phẳng đứng có chứa phương của vệ tinh. Mặt phẳng đó qua các điểm: tâm quả đất, trạm mặt đất và vệ tinh (hình 6.7a). Góc phương vị A có giá trị trong khoảng từ 0 đến 360° . Các giá trị đó có thể tính theo đồ thị hình 6.8.

Góc ngẩng E (elevation angle) là góc anten cần phải quay trong mặt phẳng đứng có chứa vệ tinh, tính từ mặt phẳng nằm ngang cho đến khi nhìn thấy vệ tinh (hình 6.7b). Đồ thị hình 6.8 cũng mô tả các giá trị của các góc ngẩng E tương ứng theo các giá trị về vĩ độ của trạm mặt đất và kinh độ tương đối của vệ tinh. Trong đồ thị đó tham số a là một giá trị trung gian tính toán với:

$$a = \arctg(\lg L / \sin l) \quad (6.21)$$



a)



b)

	Vệ tinh ở phía Đông trạm mặt đất	Vệ tinh ở phía Tây trạm mặt đất
Trạm mặt đất ở Bắc bán cầu	$A = 180^\circ - a$	$A = 180^\circ + a$
Trạm mặt đất ở Nam bán cầu	$A = a$	$A = 360^\circ - a$

$$a = \arctg(\lg L / \sin l)$$

Hình 6.7: Mô tả góc phương vị (A) và góc ngẩng (E)

Đối với trạm mặt đất cố định làm việc với một vệ tinh địa tĩnh riêng biệt thì việc định vị anten trạm mặt đất tương đối đơn giản. Trong nhiều trường hợp, trạm mặt đất có nhu cầu cung cấp định vị búp sóng để có thể thiết lập tuyến liên lạc với các vệ tinh địa tĩnh khác nhau hoặc với các vệ tinh không địa tĩnh. Trong các trường hợp đó cần có hệ thống điều khiển anten và bám vệ tinh.

6.2.5. Bám vệ tinh

6.2.5.1. Tổng quan

Bám vệ tinh là giữ cho trục búp sóng chính của anten trạm mặt đất đúng theo hướng của vệ tinh dù cho có sự chuyển động nào đó của vệ tinh hoặc của trạm mặt đất. Có thể có một số dạng (kiểu) bám vệ tinh và mỗi kiểu được đặc trưng bởi sai số bám (sai số góc định vị). Việc chọn sử

dụng kiểu bám nào phụ thuộc vào độ rộng búp sóng của anten trạm mặt đất và biên độ chuyển động biểu kiến của vệ tinh. Theo lý thuyết anten, độ rộng búp sóng θ_{3dB} đối với anten phản xạ gương parabol ứng với các bước sóng công tác khác nhau phụ thuộc vào đường kính D của miệng parabol theo biểu thức:

$$\theta_{3dB} = 70 \frac{\lambda}{D} \text{ (}^\circ\text{)} \quad (6.21)$$

trong đó: θ_{3dB} là độ rộng búp sóng ($^\circ$) ứng với mức nửa công suất;

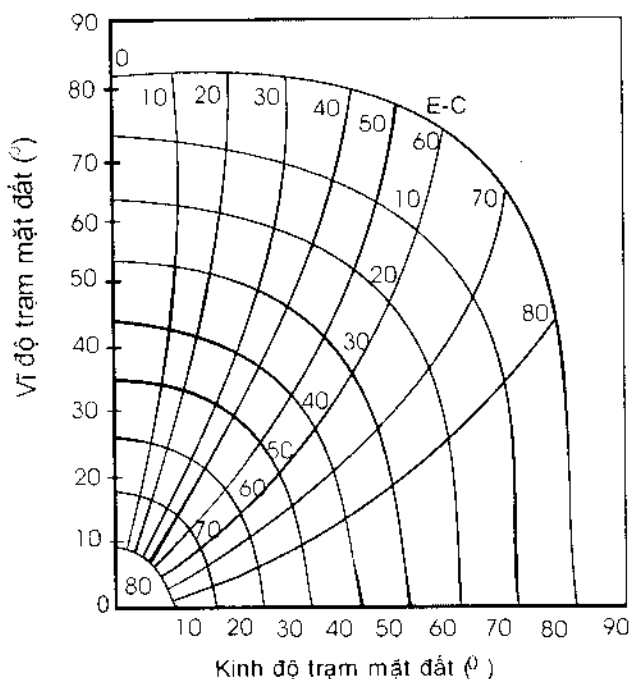
λ là bước sóng công tác;

D là đường kính của gương phản xạ parabol.

Nếu như góc lệch định vị so với phương trục tăng ích cực đại có giá trị là α thì sẽ có giá trị mất mát tăng ích tương ứng là ΔG được xác định theo biểu thức:

$$\Delta G(\alpha) = -12(\alpha/\theta_{3dB})^2 \text{ (dB)} \quad (6.22)$$

Việc lựa chọn quyết định kiểu lắp đặt anten hoặc thủ tục bám tùy thuộc vào độ rộng búp sóng của anten trạm mặt đất cùng với giá trị biên độ của chuyển động biểu kiến của vệ tinh.



	Vệ tinh ở phía Đông trạm mặt đất	Vệ tinh ở phía Tây trạm mặt đất
Bắc bán cầu	$A = 180^\circ - a$	$A = 180^\circ + a$
Nam bán cầu	$A = a$	$A = 360^\circ - a$

Hình 6.8: Mô tả các giá trị góc phương vị và góc ngẩng theo tọa độ của trạm mặt đất và kinh độ tương đối của vệ tinh

6.2.5.2. Sự chuyển động biểu kiến của vệ tinh

Sự chuyển động biểu kiến (apparent movement) của vệ tinh đã được giới thiệu trong chương 2 về quỹ đạo vệ tinh. Đối với các vệ tinh có quỹ đạo elip nghiêng thì sự chuyển động đó sẽ làm thay đổi giá trị góc ngẩng của anten và sự thay đổi đó phụ thuộc vào dạng quỹ đạo, số vệ tinh sử dụng trong hệ thống và phạm vi của vùng dịch vụ. Đối với vệ tinh địa tĩnh thì chuyển động biểu kiến của vệ tinh nằm trong cửa sổ dành cho trạm mặt đất (station-keeping window) theo sự chính xác của kích thước cửa sổ (ví dụ $\pm 0,1^\circ$ theo hướng Bắc-Nam và Đông-Tây). Tại một thời điểm, vệ tinh có thể nằm ở một vị trí nào đó trong cửa sổ chỉ có trạm điều khiển vệ tinh mới xác định được vị trí đó.

6.2.5.3. Anten trạm mặt đất được đặt cố định không dùng hệ thống bám

Trong nhiều trường hợp anten trạm mặt đất không cần có hệ thống bám khi mà độ rộng búp sóng của anten đủ rộng so với cửa sổ của vệ tinh địa tĩnh dành cho trạm mặt đất, hoặc nếu là vệ tinh có quỹ đạo elip nghiêng thì là trường hợp khi mà độ rộng búp sóng vượt khá nhiều góc đầy đối với chuyển động biểu kiến của vệ tinh. Việc lựa chọn tùy thuộc vào tuyến liên lạc giữa trạm mặt đất và vệ tinh trong giới hạn độ lợi cho phép.

Trong trường hợp việc định vị anten trạm mặt đất hướng về vệ tinh địa tĩnh thì góc lệch định vị cực đại có thể được giảm thiểu theo độ rộng của cửa sổ cho và độ rộng của búp sóng anten (θ_{3dB}), hoặc theo tỷ số λ/D để xác định việc định vị trí khi mà vệ tinh nằm ở vị trí giữa cửa sổ. Việc điều chỉnh thô anten có thể dựa vào các biểu thức tính toán góc phương vị và góc ngẩng của anten đối với vệ tinh. Việc điều chỉnh tinh sau đó có thể dựa vào việc dò tìm tín hiệu dẫn đường (beacon signal) ứng với mức thu cực đại. Tín hiệu dẫn đường đó được phát từ vệ tinh.

6.2.5.4. Anten trạm mặt đất có sử dụng hệ thống bám

Nhiệm vụ của hệ thống bám là phục vụ điều chỉnh anten trạm mặt đất sao cho hướng búp sóng chính hướng đúng vào vệ tinh. Có thể có nhiều hệ thống bám hoạt động theo các phương pháp khác nhau. Sau đây là một số hệ thống bám thường gặp:

- Hệ thống bám vệ tinh theo chương trình: Trong trường hợp này các giá trị của góc phương vị và góc ngẩng của anten được tính toán trước với các thông số cho theo chương trình lập sẵn. Anten được điều chỉnh theo các giá trị tính toán góc phương vị và góc ngẩng ứng với mỗi thời điểm cho. Các thông số tính toán được lưu giữ trước trong bộ nhớ trong đó có tính đến sự chuyển động biểu kiến của vệ tinh. Sai số định vị trong trường hợp này phụ thuộc vào độ chính xác tham số cho. Hệ thống bám vệ tinh theo chương trình lập sẵn thường được sử dụng với các vệ tinh quỹ đạo, anten trạm mặt đất có tỷ số λ/D lớn (tức búp sóng chính của anten có độ rộng khá lớn) và các hệ thống không yêu cầu độ định vị thật chính xác. Nếu như hệ thống có yêu cầu độ chính xác định vị cao (trường hợp tỷ số λ/D nhỏ) thì việc bám theo chương trình chỉ sử dụng để điều chỉnh sơ bộ anten hướng vào vùng không gian vệ tinh xuất hiện để có thể thu được tín hiệu dẫn đường phát từ vệ tinh.

Hệ thống bám theo chương trình đôi lúc cũng được sử dụng đối với vệ tinh địa tĩnh nếu như hệ thống có giá trị tỷ số λ/D lớn, còn trong trường hợp nếu tỷ số λ/D nhỏ thì thường anten được lắp đặt cố định và sử dụng tín hiệu dẫn đường để điều chỉnh anten.

- Cũng có trường hợp hệ thống có giá trị tỷ số λ/D trung bình thì có thể sử dụng một máy tính để tính toán điều khiển bám vệ tinh với các thông số thường xuyên được cập nhật (thường là vài ngày một lần).

- Trong nhiều trường hợp khi mà giá trị tỷ số λ/D nhỏ, tức anten có độ rộng búp sóng nhỏ hoặc trạm mặt đất di động thì việc bám vệ tinh thường dựa vào tín hiệu dẫn đường được phát từ vệ tinh. Độ chính xác định vị trong trường hợp này phụ thuộc vào phương pháp được sử dụng để định hướng sóng dẫn đường thu được từ vệ tinh và các sai số truyền sóng.

6.3. PHÂN HỆ TẦN SỐ VÔ TUYẾN

6.3.1. Tổng quan

Phân hệ tần số vô tuyến của trạm mặt đất trong trường hợp tổng quát bao gồm hai phần: phần thu và phần phát.

Phần thu bao gồm: bộ khuếch đại tạp âm thấp, bộ chuyển đổi tần số xuống và thiết bị để định tuyến các sóng mang thu được đến các kênh giải điều chế tương ứng.

Phần phát bao gồm: thiết bị ghép các sóng mang được phát, các bộ chuyển đổi tần số và các bộ khuếch đại công suất.

Tùy thuộc vào cấu hình trạm mặt đất mà có thể có trạm mặt đất làm nhiệm vụ cả phát và thu hoặc có thể trạm mặt đất chỉ làm nhiệm vụ thu (ví dụ trạm TVRO-TeleVision Receiver Only).

6.3.2. Phần thu

6.3.2.1. Hệ số phẩm chất G/T và nhiệt độ tạp âm của máy thu

Một trong những chỉ tiêu quan trọng để đánh giá chất lượng thiết bị thu của trạm mặt đất là tỷ số giữa độ lợi (hệ số khuếch đại) G và nhiệt độ tạp âm T của thiết bị thu (tỷ số G/T) hoặc còn gọi là hệ số phẩm chất của thiết bị thu.

Giá trị nhiệt độ tạp âm của thiết bị thu (T) được xác định bởi biểu thức:

$$T = (T_A/L_{LRN}) + T_F(1 - 1/L_{FRN}) + T_R \quad (6.23)$$

trong đó: T là nhiệt độ tạp âm của hệ thống;

T_A là nhiệt độ tạp âm của anten;

L_{FRN} là tổn hao kết nối giữa giao diện anten và đầu vào thiết bị thu;

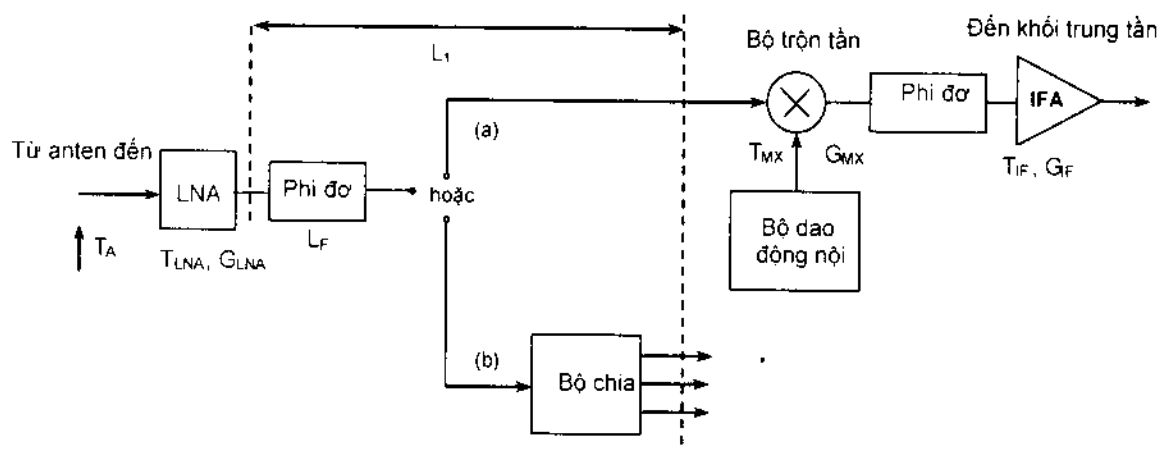
T_F là nhiệt độ vật lý của kết nối;

T_R là nhiệt độ tạp âm tương đương của máy thu.

Khái niệm về nhiệt độ tạp âm của anten đã được giới thiệu trong mục 3.4 (Tập 1). Ứng với một giá trị tạp âm cho thì nhiệt độ tạp âm của hệ thống (T) sẽ được giảm thiểu khi giảm thiểu tổn hao kết nối giữa giao diện anten và đầu vào thiết bị thu cùng với sự giới hạn nhiệt độ tạp âm tham chiếu ở đầu vào máy thu.

Lý thuyết về máy thu cũng đã chứng minh rằng, nhiệt độ tạp âm tương đương của máy thu phụ thuộc chủ yếu vào tầng đầu tiên của máy thu (cần có hệ số tạp âm bé và hệ số tăng ích lớn). Cũng vì lý do đó mà trong phần lớn các thiết bị thu, tầng đầu tiên thường là tầng khuếch đại tạp âm thấp LNA (Low Noise Amplifier).

Hình 6.9 mô tả sơ đồ khối chức năng các tầng đầu vào (phần cao tần) của một máy thu trạm mặt đất.



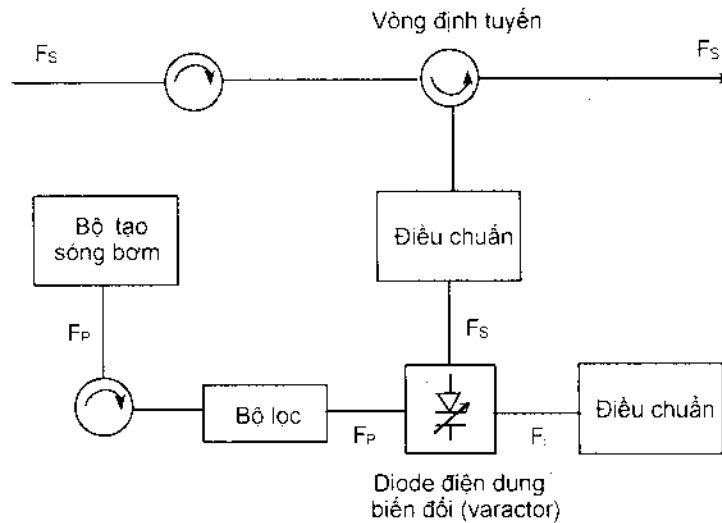
Hình 6.9: Mô tả các tầng đầu vào máy thu
a) Chuyển đổi tần số theo khối
b) Chuyển đổi tần số theo từng sóng mang

Trong sơ đồ hình 6.9 có ghi các tham số nhiệt độ tạp âm T và độ lợi G ứng với phần tử tương ứng. Hệ thống có thể theo đường (a) sử dụng bộ trộn tần chung hoặc đi theo đường (b) chuyển đổi tần số theo từng sóng mang. Có thể có nhiều kiểu khuếch đại tạp âm thấp (LNA) khác nhau, sau đây sẽ giới thiệu một số kiểu LNA thường gặp.

6.3.2.2. Bộ khuếch đại tham số

Hình 6.10 mô tả sơ đồ khối chức năng một bộ khuếch đại tham số (parametric amplifier), một kiểu khuếch đại tạp âm thấp. Bộ khuếch đại tham số là bộ khuếch đại làm việc theo nguyên lý phản xạ theo đó tín hiệu (công suất) được khuếch đại là do sự phản xạ của tín hiệu từ một phần tử tích cực (active element). Định tuyến giữa tín hiệu đến và tín hiệu phản xạ được thực hiện bởi vòng định tuyến (circulator). Phần tử tích cực ở đây là một điốt có điện dung biến đổi (còn gọi là điốt varicap) và nó làm việc như một trở kháng âm đối với tín hiệu đến. Điốt varicap đó có ba đường tín hiệu kết nối (hình 6.10).

Tín hiệu có tần số F_s là tín hiệu thu được, tín hiệu có tần số F_p là của bộ tạo sóng bơm (pump oscillator) và F_i là tín hiệu tần số ảnh (image frequency). Khi mà $F_p > F_s$ và $F_i = F_p - F_s$, thì theo các biểu thức đã chứng minh của Manley Rowe, có sự khuếch đại xuất hiện tại tần số F_s và công suất cung cấp cho mạch ngoài sẽ là $P_s = P_p(F_s/F_p)$, trong đó P_s và P_p là công suất tại đầu ra của điốt điện dung ứng với các tần số F_s và F_p . Đây được xem như là một sự chuyển đổi từ công suất bơm sang công suất tín hiệu. Vòng định tuyến có nhiệm vụ định tuyến tín hiệu thu được từ anten (cổng 1) sang điốt điện dung (cổng 2) và điốt điện dung (cổng 2) sang đầu ra (cổng 2) sau khi tín hiệu đã được khuếch đại.



Hình 6.10: Sơ đồ khối chức năng bộ khuếch đại tham số

Ưu điểm của diốt varicap là nó cho phép thực hiện việc khuếch đại với một trở kháng mà về lý thuyết là không có các phần tử điện trở tạp âm.

Nếu như B_s và B_i là độ rộng dải tần của các mạch được điều chuẩn ứng với tần số của tín hiệu (F_s) và tần số ảnh (F_i) thì độ khuếch đại công suất G và độ rộng dải tần B có quan hệ theo biểu thức gần đúng sau:

$$B\sqrt{Q} = 2[(1/B_s) + (1/B_i)] \quad (6.24)$$

trong đó Q là hệ số phẩm chất của mạch.

Trong một số trường hợp, bộ khuếch đại tham số có thể được làm lạnh để giảm thiểu nhiệt độ tạp âm.

6.3.2.3. Bộ khuếch đại dùng transistor

Bộ khuếch đại tạp âm thấp, trong nhiều trường hợp có thể dùng transistor với mạch khuếch đại giống khuếch đại thông thường. Bộ khuếch đại transistor về lý thuyết chính là một mạng bốn cực, tín hiệu đầu ra được khuếch đại. Phần tử tích cực ở đây chính là transistor có hệ số khuếch đại lớn hơn một, nhưng transistor cũng gây ra tạp âm (tạp âm shot và tạp âm nhiệt). Có thể chọn sử dụng loại transistor thích hợp có tạp âm thấp. Sự xuất hiện một số loại transistor mới, ví dụ các transistor điện tử chuyển động cao (HMET-high mobility electron transistors) có thể sử dụng cho các mạch khuếch đại tạp âm thấp ở các máy thu tần số cao đến 20GHz.

6.3.2.4. Bộ khuếch đại được làm lạnh

Các bộ khuếch đại tham số hoặc các bộ khuếch đại transistor nếu được làm lạnh thì nhiệt độ tạp âm sẽ được giảm thiểu đáng kể. Bằng cách sử dụng khí hiếm Helium hóa lỏng có thể làm lạnh thiết bị đến vài chục độ Kelvin. Nhược điểm của hệ thống có sử dụng hỗn hợp làm lạnh là thiết bị phức tạp, giá thành cao và phải bảo dưỡng. Bảng 6.1 liệt kê một số giá trị hiệu năng về nhiệt độ tạp âm và độ lợi của một số bộ khuếch đại tạp âm thấp được làm lạnh ứng với các dải tần công tác khác nhau.

Bảng 6.1: Mô tả hiệu năng bộ khuếch đại tạp âm thấp

Công nghệ	Tần số	Nhiệt độ tạp âm	Độ rộng dải tần	Độ lợi	Số tầng
Hỗn hợp sinh hàn	4 GHz	13 K	0,5 GHz	30 dB	2
Tham số	20 GHz	<100 K	0,5 GHz	30 dB	2
Làm lạnh	4 GHz	35 K	0,5 GHz	30 dB	2
Tham số (Peltier)	12 GHz	85 K	0,5 GHz	30 dB	2
	20 GHz	150 K	0,5 GHz	30 dB	2
Bao quanh	4 GHz	55 K	0,5 GHz	30 dB	2
Tham số	12 GHz	150 K	0,5 GHz	30 dB	2
	20 GHz	200 K	0,5 GHz	30 dB	2
FET làm lạnh khi hóa lỏng	20 GHz	75 K	0,5 GHz	45 dB	4
FET làm lạnh (Peltier)	4 GHz	40 K	0,6 GHz	60 dB	5
	12 GHz	120 K	0,75 GHz	60 dB	7
	12 GHz	160 K	2 GHz	60 dB	3
	20 GHz	160 K	1 GHz	45 dB	5
FET	4 GHz	70 K	0,6 GHz	60 dB	3
	12 GHz	120 K	0,75 GHz	60 dB	7
	20 GHz	350 K	1 GHz	22 dB	2
HMET	20 GHz	300 K	1,6 GHz	16 dB	1

Từ bảng 6.1 nhận thấy rằng, độ lợi G phụ thuộc vào số tầng được sử dụng và mỗi tầng đạt trong khoảng 10-25 dB phụ thuộc vào công nghệ sử dụng và yêu cầu về độ rộng dải tần. Dải tần của bộ khuếch đại thường sử dụng là nằm trong khoảng từ vài trăm MHz đến 2 GHz và nó có quan hệ với nhiệt độ tạp âm, sự ổn định hệ số khuếch đại và tỷ số sóng đứng.

Trong thực tế sử dụng điều quan trọng là việc kiểm tra các biến đổi của nhiệt độ tạp âm và độ lợi trong băng tần công tác với các giới hạn cho phép. Điều đó cũng được thực hiện với tỷ số sóng đứng SWR (Standing Wave Ratio) và nói lên sự phối hợp trở kháng của anten và đầu vào bộ khuếch đại. Giá trị SWR có thể giảm thiểu nếu sử dụng một bộ cách ly (isolator) đặt ở đầu vào bộ khuếch đại tạp âm thấp.

6.3.2.5. Bộ phân phối sóng mang và chuyển đổi tần số

Một khi việc khuếch đại tạp âm thấp được thực hiện thì cũng có nghĩa là các sóng mang thu được trong dải tần cũng sẽ được chuyển đổi sang trung tần (IF) và tại tần số trung tần đó các công việc như lọc, xử lý tín hiệu sẽ được đơn giản hơn (xem lý thuyết về máy thu). Việc chuyển đổi sang trung tần có thể thực hiện theo cả gói cho toàn bộ tần số trong dải tần (đường a hình 6.9) hoặc có thể chuyển đổi theo từng sóng mang một (đường b hình 6.9).

Việc chuyển đổi theo cả gói cho toàn bộ tần số trong băng tần thường được sử dụng cho các thiết bị thu trong các hệ thống thông tin vệ tinh có các sóng mang đơn kênh SCPC (single channel per carriers). Việc phân bố các sóng mang đến các giải điều chế khác nhau được thực hiện ở trung

tần (ví dụ 140 MHz) và việc lựa chọn một tần số mang cụ thể (có băng tần hẹp ví dụ 30 kHz) được thực hiện ở bộ giải điều chế.

Việc chuyển đổi theo cả gói cho toàn bộ tần số trong băng tần cũng thường được sử dụng với các thiết bị thu tín hiệu truyền hình hoặc dữ liệu dùng anten loại kích thước nhỏ. Trong trường hợp này, bộ đổi tần thường được kết hợp với bộ khuếch đại tạp âm thấp (LNA) và được đặt ngay ở tiêu điểm của anten. Tần số đầu ra của bộ đổi tần trong trường hợp này là khoảng 1 GHz (900 - 1700 MHz) và như vậy có thể giảm được tổn hao trên đường phích cắm đồng trục giữa bộ đổi tần và thiết bị thu trong trường hợp thiết bị thu đặt xa anten.

Việc chuyển đổi tần số theo từng sóng mang một yêu cầu thiết bị chuyển đổi từng sóng mang sang trung tần tương ứng với việc điều chuẩn được thực hiện tại bộ đổi tần cùng với bộ tạo sóng nội bộ có điều khiển. Điều đó cho phép chuẩn hóa thiết bị trung tần và như vậy giá thành sẽ giảm và việc bảo dưỡng cũng đơn giản hơn. Các tần số trung tần thường được sử dụng là 70 MHz hoặc 140MHz.

Khi mà trạm mặt đất cần phải giải điều chế đồng thời một vài sóng mang thì lúc đó cần phải có sự phân phối công suất tại đầu ra của bộ khuếch đại tạp âm thấp LNA theo các kênh tương ứng. Việc phân phối đó do bộ chia (splitter) đảm nhiệm.

6.3.3. Phần phát

6.3.3.1. Công suất phát

Hình 6.11 mô tả sơ đồ khối chức năng của phần phát điển hình của một trạm mặt đất. Tín hiệu băng cơ sở dạng FDM hoặc PCM/TDM qua bộ điều chế trung tần IF, chuyển đổi trung tần IF thành cao tần RF, khuếch đại công suất (HPA) và cung cấp cho anten phát (tuyến lên).

Công suất phát P_T trong các biểu thức tính toán về công suất bức xạ đẳng hướng tương đương EIRP ở các chương mục trước là công suất đưa vào anten phát.

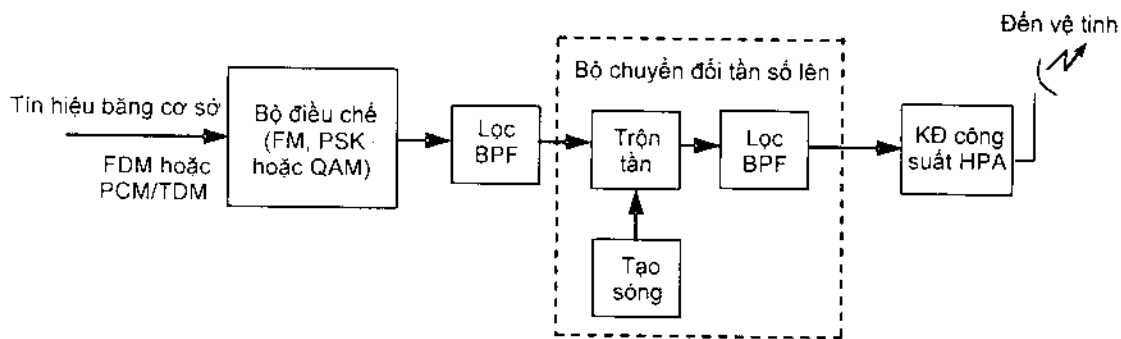
Nếu gọi P_{HPA} là công suất đầu ra của bộ khuếch đại công suất cao HPA (High Power Amplifier) thì giữa chúng có quan hệ:

$$P_T = (P_{HPA})(1/L_{FTX})(1/L_{MC})$$

Trong đó:

- L_{FTX} là tổn hao kết nối giữa đầu ra máy phát và anten;
- L_{MC} là tổn hao đa sóng mang (multi-carrier) phụ thuộc vào số sóng mang được ghép.

Bộ khuếch đại công suất phát thường được sử dụng trong các trạm mặt đất là các bộ khuếch đại dùng đèn điện tử klyston hoặc đèn sóng chạy TWT (Travelling Wave Tube) trong trường hợp công suất ra yêu cầu lớn, hoặc có thể dùng bán dẫn transistor trong trường hợp yêu cầu công suất ra bé. Bộ khuếch đại công suất ra được nói trên là bao gồm cả tiền khuếch đại và trong một số trường hợp bao gồm cả hệ thống thiết bị làm lạnh đi kèm.



Hình 6.11: Mô tả sơ đồ khối chức năng phần phát

6.3.3.2. Bộ khuếch đại công suất phát dùng đèn điện tử

- Bộ khuếch đại công suất dùng đèn klystron

Nguyên lý chung về hoạt động của các đèn điện tử là giống nhau, đó là dùng một năng lượng nhỏ (năng lượng của tín hiệu) để điều khiển hoặc chuyển hóa một năng lượng lớn (dòng do chùm tia điện tử phát ra từ ca-tốt) theo quy luật của tín hiệu. Phương pháp điều khiển và chuyển hóa năng lượng đó đối với mỗi đèn có khác nhau.

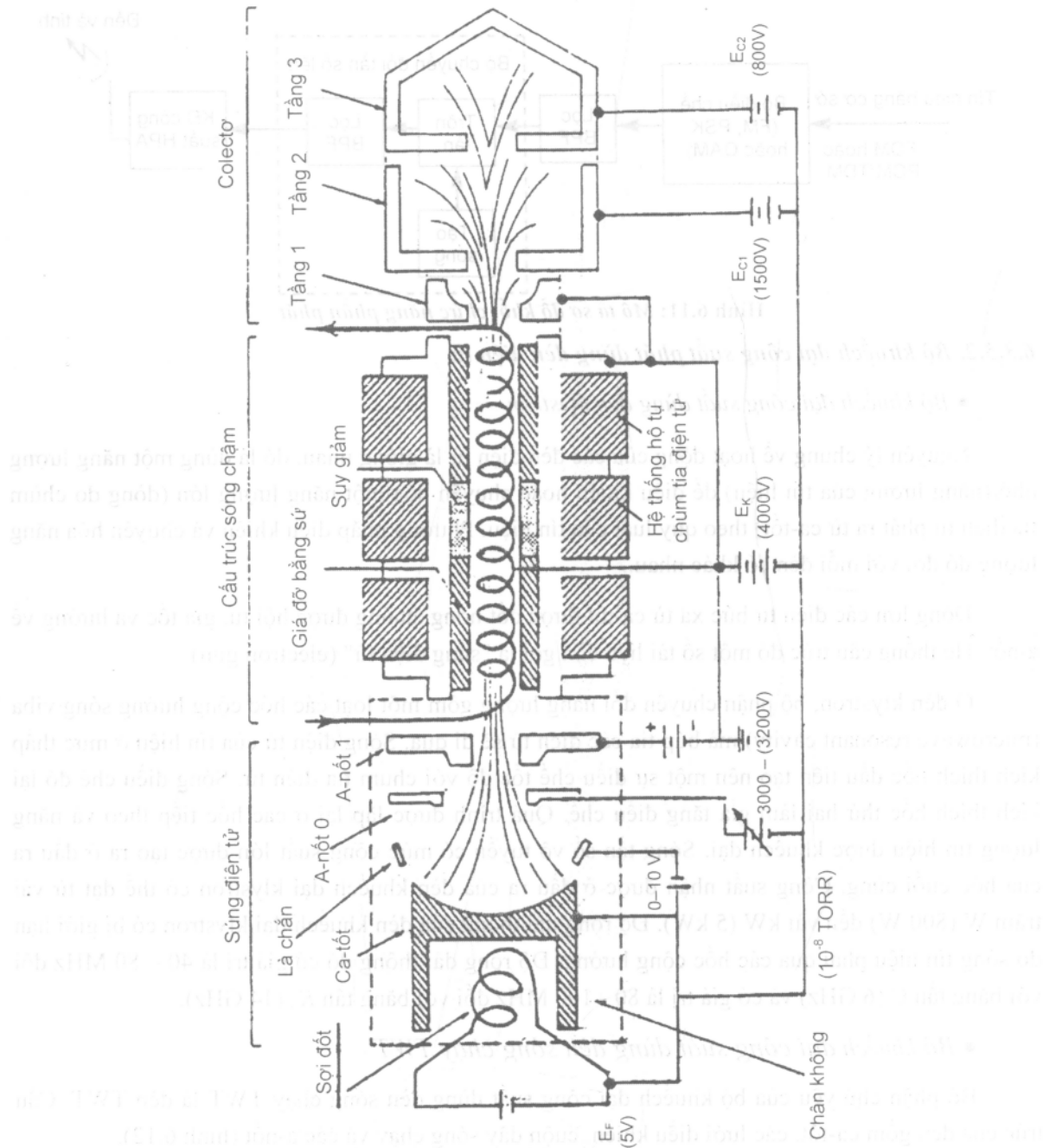
Dòng lớn các điện tử bức xạ từ ca-tốt được đốt nóng, chúng được hội tụ, gia tốc và hướng về a-nốt. Hệ thống cấu trúc đó một số tài liệu còn gọi là "súng điện tử" (electron gun).

Ở đèn klystron, bộ phận chuyển đổi năng lượng gồm một loạt các hốc cộng hưởng sóng viba (microwave resonant cavity) mà búp tia các điện tử sẽ đi qua. Sóng điện từ của tín hiệu ở mức thấp kích thích hốc đầu tiên tạo nên một sự điều chế tốc độ với chùm tia điện tử. Sóng điều chế đó lại kích thích hốc thứ hai làm gia tăng điều chế. Quá trình được lặp lại ở các hốc tiếp theo và năng lượng tín hiệu được khuếch đại. Sóng tần số vô tuyến có mức công suất lớn được tạo ra ở đầu ra của hốc cuối cùng. Công suất nhận được ở đầu ra của đèn khuếch đại klystron có thể đạt từ vài trăm W (800 W) đến vài kW (5 kW). Độ rộng dải thông của đèn khuếch đại klystron có bị giới hạn do sóng tín hiệu phải qua các hốc cộng hưởng. Độ rộng dải thông đó có giá trị là 40 – 80 MHz đối với băng tần C (6 GHz) và có giá trị là 80 - 100 MHz đối với băng tần K_u (14 GHz).

- Bộ khuếch đại công suất dùng đèn sóng chạy TWT

Bộ phận chủ yếu của bộ khuếch đại công suất dùng đèn sóng chạy TWT là đèn TWT. Cấu trúc của đèn gồm ca-tốt, các lưới điều khiển, cuộn dây sóng chạy và các a-nốt (hình 6.12).

Các điện tử bức xạ từ ca-tốt được đốt nóng chuyển động hướng về a-nốt (cực dương). Các lưới có nhiệm vụ hội tụ và gia tốc chùm tia điện tử. Hệ thống các bộ phận này tạo ra chùm tia mạnh, mật độ lớn, tốc độ cao và cũng do đó có tài liệu còn gọi là súng điện tử (electron gun). Cuộn dây xoắn ốc có đầu vào là tín hiệu vào và đầu ra là tín hiệu ra (công suất ra của bộ khuếch đại). Dòng năng lượng lớn của chùm tia đi qua giữa cuộn dây được làm chậm và chuyển hóa năng lượng (theo quy luật điện từ). Sóng tín hiệu trong cuộn dây được gia tăng năng lượng và là sóng chạy - cũng vì vậy mà đèn được gọi là đèn sóng chạy TWT. Năng lượng tín hiệu được gia tăng (khuếch đại) đó được lấy ra ở đầu ra của cuộn dây.



Hình 6.12: Mô tả cấu trúc đèn sóng chạy TWT

Các a-nốt vừa làm nhiệm vụ gia tốc, hướng chùm tia và thu nhận năng lượng dư thừa. Công suất ra của đèn khuếch đại TWT có thể đạt được trong khoảng từ vài chục W đến vài kW. Độ rộng dải thông có giá trị khoảng 600 MHz đối với băng tần C (6 GHz) và có giá trị khoảng 3 GHz ở băng tần K_a (30 GHz).

- Các bộ khuếch đại công suất của các trạm mặt đất thường có yêu cầu công suất ra lớn do đó thường sử dụng các đèn klystron hoặc đèn TWT. Việc lựa chọn sử dụng loại đèn nào là phụ thuộc vào yêu cầu cụ thể của công suất ra, độ rộng dải thông và giá thành.

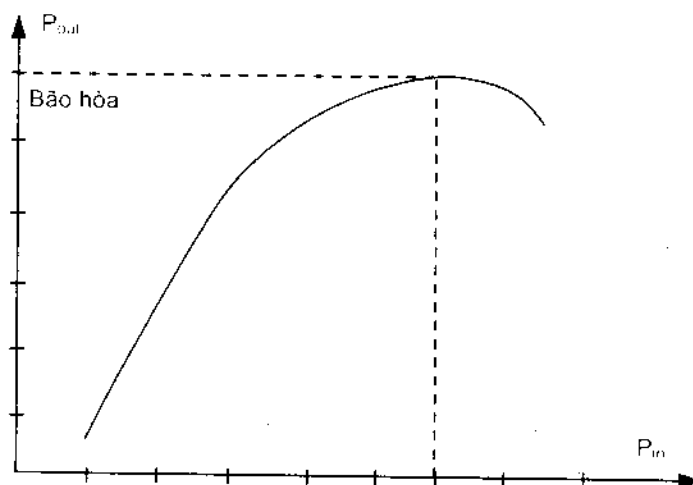
Có một vấn đề cần lưu ý khi sử dụng bộ khuếch đại klystron hoặc TWT là: điện áp cung cấp cho các cực khá lớn (có thể xấp xỉ hoặc lớn hơn 10 kV); điện năng cung cấp cho đèn (bao gồm cả sợi đốt) là khá lớn. Cũng vì vậy mà nhiệt lượng toa ra của hệ thống là khá lớn, hệ thống cần phải có một hệ thống phụ làm lạnh. Hệ thống làm nguội hoặc làm lạnh đó có thể là nước, gió hoặc chất khí làm lạnh.

6.3.3.3. Bộ khuếch đại công suất phát dùng chất bán dẫn

Trong một số trường hợp, nếu như yêu cầu công suất phát không lớn lắm và thiết bị phát yêu cầu gọn nhẹ, ví dụ với các trạm mặt đất VSAT di động, thì bộ khuếch đại công suất phát có thể dùng bán dẫn transistor. Các transistor công suất thường được lựa chọn sử dụng là các transistor hiệu ứng trường FET (field effect transistor). Công suất ra trong các trường hợp này thường khoảng vài chục W. Các FET thường sử dụng là loại FET arsenid-gallium (GaAs-FET). Ưu điểm của các bộ khuếch đại transistor là giá thành thấp, gọn nhẹ và dải thông rộng. Tuy vậy, công suất ra bị giới hạn.

6.3.3.4. Đặc tuyến của bộ khuếch đại công suất và việc lựa chọn chế độ làm việc

Đặc tuyến của bộ khuếch đại công suất là đường cong biểu thị quan hệ giữa công suất ra P_{out} và công suất vào P_{in} của bộ khuếch đại công suất. Tỷ số công suất ra/công suất vào (P_{out}/P_{in}) chính là hệ số khuếch đại công suất (độ lợi) của bộ khuếch đại. Đường đặc tuyến của bộ khuếch đại công suất cao có dạng đường cong (hình 6.13). Đường đặc tuyến đó là không tuyến tính. Với công suất vào nhỏ thì hệ số khuếch đại công suất có thể xem là tuyến tính, tức công suất ra tăng tỷ lệ thuận với công suất vào, còn nếu như công suất vào lớn thì công suất ra sẽ không tăng theo tỷ lệ thuận với công suất vào. Công suất ra có giá trị cực đại tại điểm bão hòa (saturation), sau đó sẽ giảm. Tham số công suất cực đại của đèn mà các hãng sản xuất cung cấp chính là công suất bão hòa đó đối với trường hợp khuếch đại sóng mang đơn, thường ký hiệu là P_{outsat} .



Hình 6.13: Mô tả đường đặc tuyến bộ khuếch đại công suất ra

Do sự không tuyến tính của đường đặc tuyến bộ khuếch đại cho nên khi bộ khuếch đại làm việc với một số sóng mang (đa sóng mang) thì sẽ xuất hiện hiện tượng xuyên điều chế

(intermodulation) như đã phân tích trong các chương trước. Tích xuyên điều chế nằm trong dải thông sẽ gây can nhiễu và mỗi sóng mang sẽ có một mật độ phổ can nhiễu xuyên điều chế là $(No)_{IM}$. Để giới hạn hiện tượng xuyên điều chế trong trường hợp bộ khuếch đại làm việc với nhiều sóng mang thường chọn chế độ làm việc của bộ khuếch đại ngoài vùng bão hòa. Công suất ra trong trường hợp này sẽ giảm. Hiện tượng xuyên điều chế trong các bộ khuếch đại công suất cũng trường hợp như hiện tượng điều chế tín hiệu trong các bộ trộn tần.

Trong một số tài liệu, khi tính toán dự trữ công suất ra và hiện tượng xuyên điều chế, thường sử dụng hai thông số:

IBO: (Input BackOff - khoảng lùi công suất vào)

OBO: (Output BackOff - khoảng lùi công suất ra)

với định nghĩa là:

$$- IBO = (P_i^n)(P_i^1)_{sat}$$

$$- OBO = (P_o^n)(P_o^1)_{sat}$$

trong đó:

- (P_i^1) là công suất sóng mang ở đầu vào bộ khuếch đại ($i = \text{input}$) trong trường hợp sóng mang đơn;

- (P_i^n) là công suất của một sóng mang ở đầu vào bộ khuếch đại trong trường hợp đa (n) sóng mang.

- (P_o^1) là công suất sóng mang ở đầu ra bộ khuếch đại ($o = \text{output}$) trong trường hợp sóng mang đơn;

- (P_o^n) là công suất của một sóng mang ở đầu ra bộ khuếch đại trong trường hợp đa (n) sóng mang.

Và công suất của tích xuyên điều chế IM bậc X ở đầu ra bộ khuếch đại được ký hiệu là (P_o^{IMX}) . Như vậy, công suất ở đầu ra của bộ khuếch đại đối với một sóng mang N nào đó (P_o^n) sẽ có giá trị là:

$$(P_o^n) = P_{HPA} \cdot OBO$$

Giá trị tối thiểu của IBO và OBO được lựa chọn phụ thuộc vào các yêu cầu cụ thể liên quan đến tỷ số mật độ phổ sóng mang trên mật độ phổ nhiễu xuyên điều chế $(C/N_o)_{IM}$ của tuyến liên lạc, số lượng sóng mang sử dụng và đường đặc tuyến của bộ khuếch đại. Ngoài hiện tượng xuyên điều chế do đặc tuyến không tuyến tính, bộ khuếch đại công suất cũng có các yêu cầu khác, ví dụ độ ổn định hệ số khuếch đại, ghép không mong muốn, hệ số sóng dừng, phối hợp trở kháng v.v... giống như các bộ khuếch đại công suất thông thường khác.

6.4. PHÂN HỆ XỬ LÝ TÍN HIỆU TRUNG GIAN

6.4.1. Tổng quan

Phân hệ xử lý tín hiệu trung gian bao gồm các thiết bị để xử lý và chuyển đổi tín hiệu băng cơ sở thành các tín hiệu sóng mang vô tuyến để khuếch đại nếu là nhiệm vụ phát và ngược lại nếu là thu thì chuyển đổi các sóng mang từ đầu ra bộ khuếch đại tạp âm thấp (LNA) thành tín hiệu băng cơ sở.

Tín hiệu băng cơ sở có thể là số (digital) hoặc tương tự (analog). Nếu là tín hiệu tương tự thì nó có thể là một kênh thoại trong trường hợp hệ thống là đơn kênh đơn sóng mang (SCPC - Single Channel per Carrier); hoặc có thể là một trong những kênh thoại nào đó nếu hệ thống là ghép kênh; có thể là một tín hiệu truyền hình (television) hoặc phát thanh quảng bá. Nếu tín hiệu là số thì thường là dưới dạng các chuỗi bit tương tự với các tín hiệu tương tự được số hóa hoặc dưới dạng các gói dữ liệu.

Chức năng của xử lý tín hiệu trung gian về phía thu có thể tóm tắt là:

- Chuyển đổi tín hiệu tần số sóng mang (RF) thành tín hiệu tần số trung bình (còn gọi là trung tần IF);
- Lọc và cân bằng;
- Giai điều chế.

Nếu như việc truyền là sử dụng phương thức đa truy nhập theo thời gian (TDMA) thì cần phải thiết lập lại thứ tự liên tục chuỗi bit từ các gói của khung thu được. Về phía phát cần nhóm các bit của tín hiệu băng cơ sở trong các khung để bố trí vào các khe thời gian được phân phối cho khung.

Chức năng xử lý tín hiệu trung gian về phía phát có thể tóm tắt là:

- Điều chế tín hiệu băng cơ sở với sóng mang tần số trung gian.
- Lọc và cân bằng
- Chuyển đổi sóng mang đã điều chế thành sóng mang cao tần.

6.4.2. Biến tần và khối trung tần

6.4.2.1. Tần số trung gian

Chức năng của bộ biến tần (hay còn gọi là bộ đổi tần) là lựa chọn một sóng mang cụ thể trong băng tần thu từ đầu ra của bộ khuếch đại tạp âm thấp LNA và chuyển đổi phổ tần của sóng mang đó thành tần số trung gian (thường gọi là trung tần - IF) đã được lựa chọn sẵn.

Việc sử dụng trung tần IF chung của nhiều sóng mang cao tần khác nhau cho phép sử dụng thiết bị được chuẩn hóa (theo trung tần lựa chọn). Việc lựa chọn trung tần thường dựa theo các điều kiện sau đây:

1. Giá trị của trung tần IF phải lớn hơn độ rộng phổ chiếm dụng của sóng mang được điều chế.

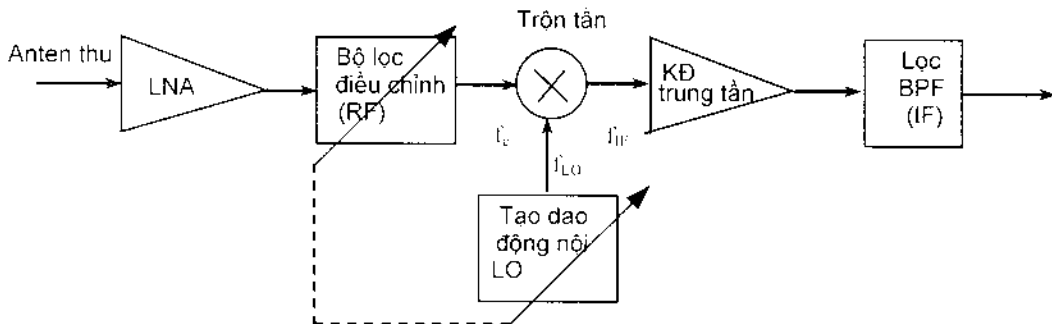
2. Giá trị trung tần cần đủ thấp để thuận tiện cho bộ lọc thông dải của sóng mang được điều chế.

Độ chọn lọc Δf của một bộ lọc được đặc trưng bởi hệ số phẩm chất Q của bộ lọc và được xác định bởi tỷ số f/Q , trong đó f là tần số giữa của bộ lọc.

Giả thiết bộ lọc có hệ số phẩm chất Q là 500 và yêu cầu cách biệt một tín hiệu chiếm dụng băng thông là 1 MHz thì tần số làm việc của bộ lọc phải là 500 MHz. Trong các hệ thống thiết bị trạm mặt đất giá trị trung tần thường được chọn sử dụng là 70 MHz và 140 MHz. Các thiết bị có thể sử dụng một trung tần (một lần biến tần) hoặc hai trung tần (hai lần biến tần).

6.4.2.2. Biến tần đơn

Biến tần đơn tức chỉ sử dụng một trung tần IF. Tín hiệu sóng mang tần số vô tuyến từ đầu ra bộ khuếch đại tạp âm thấp LNA, qua bộ chọn lọc tần số được đưa vào bộ trộn sóng. Ở đây tần số sóng mang tín hiệu f_c được trộn với tần số của bộ dao động nội f_{LO} (LO = Local Oscillator) để có tín hiệu trung tần f_{IF} . Hình 6.14 mô tả sơ đồ khối chức năng biến tần đơn.



Hình 6.14: Mô tả sơ đồ khối chức năng biến tần đơn

Nguyên lý hoạt động của bộ biến tần ở đây hoàn toàn giống nguyên lý hoạt động trong các máy thu siêu ngoại sai (superheterodyne) thường gặp trong phát thanh quảng bá. Bộ lọc điều chỉnh có nhiệm vụ vừa chọn lọc được tín hiệu sóng mang f_c mong muốn, vừa có nhiệm vụ lọc được các tần số ảnh. Các tần số ảnh đó, theo lý thuyết máy thu, chúng có giá trị là $f_c \pm 2f_{IF}$. Ở đây tần số tín hiệu và trung tần là khá lớn cho nên độ chọn lọc ($\Delta f/Q$) cần phải được lựa chọn cẩn thận. Ví dụ nếu trung tần lựa chọn $f_{IF} = 70$ MHz và tần số tín hiệu sóng mang $f_c = 4$ GHz thì độ chọn lọc vào khoảng 50; còn nếu $f_c = 12$ GHz thì độ chọn lọc vào khoảng 200.

Nhược điểm của bộ thu biến tần một lần là bộ lọc đầu vào phải có độ chọn lọc cao, nếu không thì tần số ảnh f_i ($i = \text{image}$) lọt vào và nó cũng sẽ được điều biến với tần số f_{LO} để trở thành trung tần f_{IF} cùng với trung tần của tín hiệu. Có thể chứng minh điều đó như sau:

Nếu chọn $f_{IF} = f_{LO} - f_c$ (tức $f_c = f_{LO} - f_{IF}$) thì cũng sẽ có $(f_c + 2f_{IF}) - f_{LO} = f_{IF}$

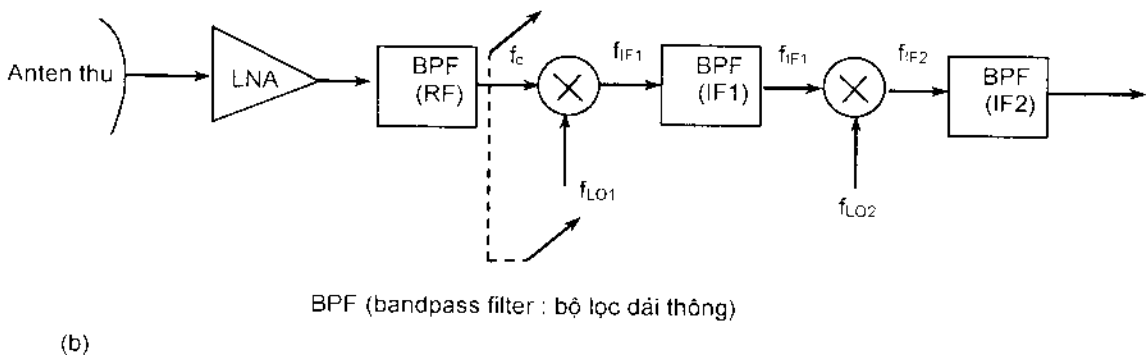
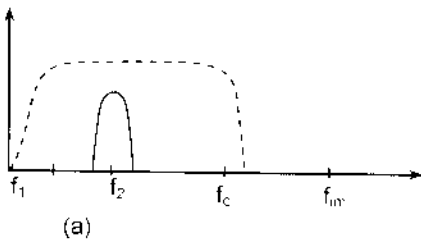
Khắc phục hiện tượng lọt tần số ảnh và để thuận lợi cho bộ lọc đầu vào, các bộ thu chất lượng cao thường sử dụng phương thức điều biến hai lần.

6.4.2.3. Biến tần hai lần

Bằng phương thức biến tần hai lần, tức bộ thu sẽ sử dụng hai trung tần là trung tần một (f_{IF1}) và trung tần hai (f_{IF2}) sẽ loại trừ được tần số ảnh. Ở đây do giá trị của trung tần một f_{IF1} khá lớn so

với trung tần hai f_{IF2} , cho nên tần số ảnh đầu vào có giá trị là $f_{im} = f_c + 2f_{IF1}$ cũng khá lớn, nó sẽ nằm ngoài dải thông của bộ lọc. Điều đó phù hợp với thu tín hiệu trong thông tin vệ tinh có dải thông khá rộng. Ví dụ, với băng tần bộ thu là từ $f_1 = 3,625$ GHz đến $f_2 = 4,2$ GHz (độ rộng băng tần $f_2 - f_1 = 575$ MHz); trung tần một lựa chọn là $f_{IF1} = 1400$ MHz. Như vậy nếu như bộ lọc cố định đầu vào có độ rộng dải thông là 575 MHz thì vẫn đảm bảo loại trừ được các tần số ảnh. Bởi vì trong trường hợp xấu nhất (trường hợp tín hiệu thu ứng với tần số thấp nhất của băng tần), $f_c = 3,625$ MHz thì lúc đó tần số ảnh $f_{im} = f_c + 2f_{IF1} = 3,625$ MHz + 2.1400 MHz = 6,425 MHz, nó sẽ có giá trị lớn hơn tần số cao nhất của băng tần ($f_2 = 4,2$ GHz) một giá trị là 2225 MHz. Tần số ảnh f_{im} đó hoàn toàn nằm ngoài băng tần và nằm ngoài dải thông.

Trung tần một f_{IF1} sau đó được tiếp tục biến tần lần thứ hai để tạo thành trung tần hai, thường được lựa chọn là $f_{IF2} = 70$ MHz. Hoạt động của bộ biến tần hai cũng giống như bộ biến tần một: $f_{IF2} = f_{IF1} - f_{IF1} = 1470$ MHz - 1400 MHz = 70 MHz. Hình 6.15a mô tả tần số ảnh f_{im} nằm ngoài dải thông và hình 6.15b mô tả sơ đồ khối chức năng bộ thu có hai lần biến tần.



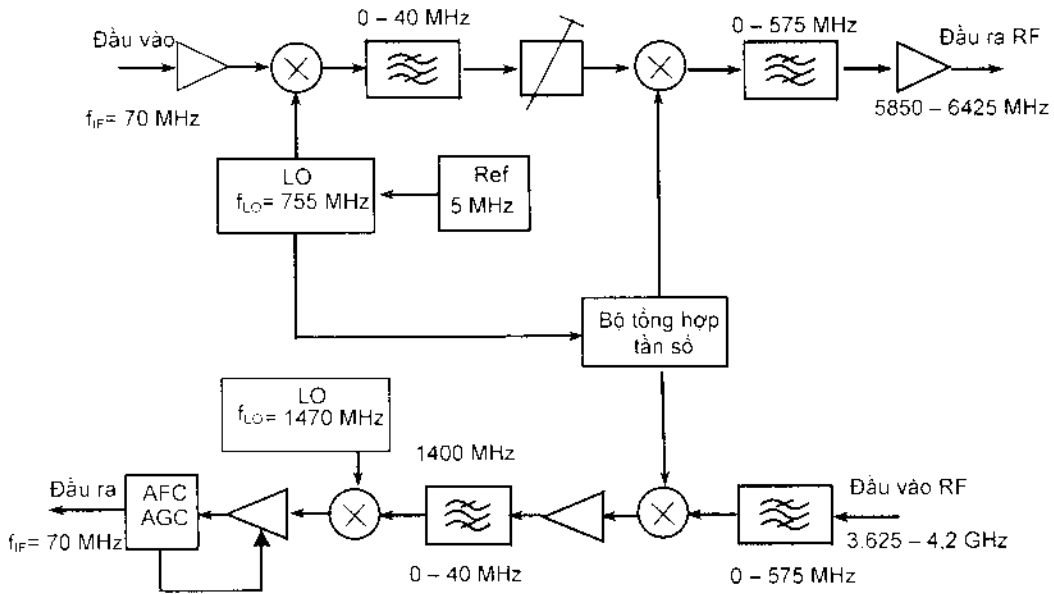
Hình 6.15: a) Tần số ảnh nằm ngoài dải thông
b) Sơ đồ khối chức năng của bộ thu có hai lần biến tần

6.4.2.4. Biến tần toàn bộ băng tần sử dụng

Các mô hình biến tần trình bày ở mục 6.4.2.2 và 6.4.2.3 trên là giả thiết rằng các sóng mang được tách biệt trước bộ biến tần và như vậy chỉ có một sóng mang tương ứng với trung tần. Một phương thức biến tần khác có thể biến đổi toàn bộ băng tần thu được, có nghĩa là toàn bộ sóng mang trong băng tần, thành một băng trung tần cùng một lúc. Mô hình cấu trúc này thường gặp trong các hệ thống đơn sóng mang đơn kênh (SCPC) của thông tin vệ tinh.

Hình 6.16 mô tả ví dụ sơ đồ khối chức năng bộ phát và bộ thu với hai lần biến đổi tần số: các sóng mang đã được điều chế trong băng tần 52 - 88 MHz sẽ được biến đổi thành băng tần 5,850 - 6,425 GHz với hai lần biến tần, trong đó trung tần hai là 825 MHz.

Phía thu, các sóng mang thu được trong băng tần 3,625 - 4,200 GHz được chuyển đổi thành băng tần 52 - 88 MHz (với trung tần hai là 1400 MHz). Cả hai lần biến tần đều sử dụng bộ tổng hợp tần số đơn.



Hình 6.16: Mô tả sơ đồ khối chức năng phần thu/phát của bộ biến tần toàn bộ băng tần sử dụng

6.4.2.5. Khuếch đại trung tần và các bộ lọc

Các chức năng khuếch đại, lọc và cân bằng trễ nhóm thường được thực hiện một cách thuận tiện trong khối trung tần bởi vì các mạch được chuẩn hóa với một tần số (trung tần) cố định, không phụ thuộc vào các sóng mang mà nó có quan hệ.

Về phía thu, các bộ khuếch đại trung tần bao gồm cả bộ tự động điều khiển hệ số khuếch đại AGC (Automatic Gain Control) để giữ cho mức điện áp đầu vào bộ giải điều chế không đổi. Về phía phát có thể sử dụng các bộ AGC để hỗ trợ điều chỉnh "back-off" ở đầu vào bộ khuếch đại cao tần.

Bộ lọc dải thông ở khối trung tần xác định phổ của sóng mang đã được điều chế và hạn chế dải thông của tạp âm. Đặc tính của bộ lọc phụ thuộc vào các đặc tính của sóng mang có liên quan. Các bộ lọc trong các hệ thống thông tin vệ tinh thường sử dụng các phần tử LC (cảm kháng và dung kháng) và được thiết kế theo các mô hình khác nhau. Mô hình thường gặp là mô hình "Burtterworth" và mô hình "Chebyshev". Các bộ cân bằng thường được kết hợp với các bộ lọc. Hình 6.17 mô tả ví dụ một bộ cân bằng dọc ngang ép về không (zero-forcing transversal filter equalizer), trong đó bộ lọc ngang gồm có một đường dây trễ với các đường rẽ ngang được nhân với các hệ số khuếch đại khác nhau. Các tích tạo ra được cộng lại với nhau để tạo tín hiệu đầu ra của bộ lọc. Bộ lọc có tác dụng loại trừ được nhiễu giữa các ký hiệu (ICI) và nhiễu đa sóng mang (MCI).

6.4.2.6. Điều chế và giải điều chế

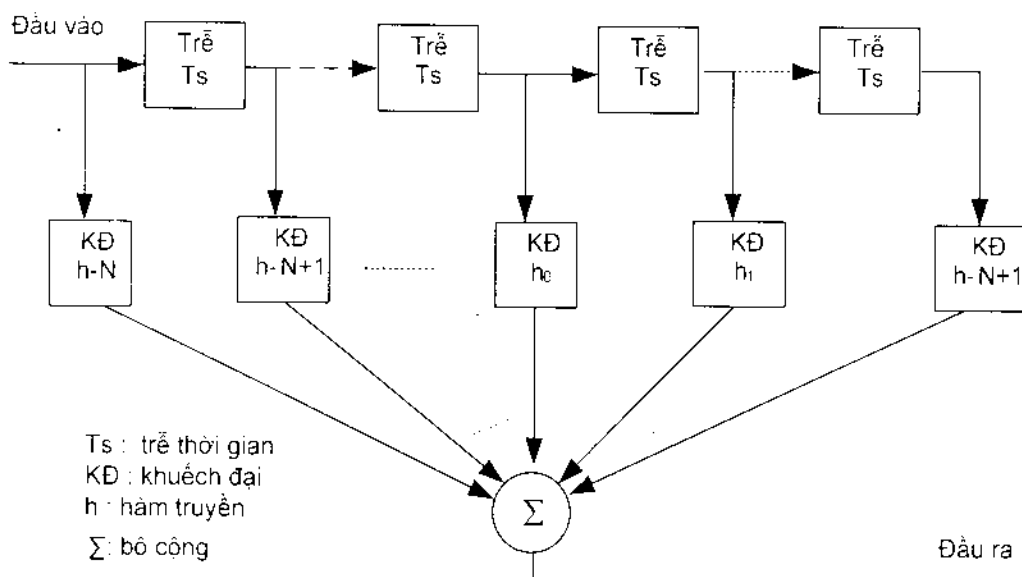
Việc điều chế tín hiệu (ở phía phát) và giải điều chế (ở phía thu) được thực hiện ở khối trung tần. Kỹ thuật điều chế tín hiệu, lựa chọn giải pháp điều chế nào phụ thuộc vào:

- Phương thức đa truy nhập (có thể là FDMA, TDMA, CDMA, DAMA, FAMA hoặc hỗn hợp);

- Dạng của tín hiệu băng cơ sở được điều chế với sóng mang (điều chế tương tự hoặc điều chế số);

- Kênh truyền (đơn kênh hay có ghép kênh).

Chi tiết về điều chế và giai điệu chế xem chương 4 về truyền tín hiệu tương tự và tín hiệu số trên kênh thông tin vệ tinh.



Hình 6.17: Bộ lọc cân bằng ngang

6.5. PHÂN HỆ GIAO DIỆN MẠNG

Phân hệ giao diện mạng là giao diện giữa các tín hiệu băng cơ sở của các thiết bị của hệ thống thông tin vệ tinh với tín hiệu băng cơ sở theo khuôn dạng của mạng mặt đất. Các chức năng chủ yếu là ghép kênh (và tách kênh) đối với các kênh thoại (bao gồm cả thoại số hóa), nén (hoặc triệt) hồi âm và một số chức năng cụ thể khác về giao diện.

6.5.1. Ghép kênh và tách kênh

Đối với các kênh thoại trong mạng mặt đất PSTN, mặc dù đã có ghép kênh theo các chuẩn nhưng khi cần truyền qua kênh thông tin vệ tinh thì tại các trạm mặt đất các kênh thoại đó cần được sắp xếp lại. Sự sắp xếp đó tùy thuộc vào phương thức truy nhập của trạm mặt đất đến bộ phát đáp vệ tinh và dung lượng kênh mà trạm mặt đất được phân phối.

Các kênh thoại có cùng địa chỉ đích sẽ được tập hợp vào một số nhóm để điều chế với cùng sóng mang và được xem như là một sự ghép kênh đơn sóng mang. Chúng được tách kênh tại trạm mặt đất thu và kết nối với mạng mặt đất. Các kênh hoặc các nhóm kênh có thể được điều chế với các sóng mang khác nhau.

6.5.2. Ghép kênh phân chia theo tần số và đa truy nhập FDMA

Với phương thức truyền tương tự (analog), ghép kênh phân chia theo tần số thì việc sắp xếp các kênh thoại đã được ghép kênh ở mạng mặt đất theo khuyến nghị G.322 và G.423 của CCITT như sau: nhóm đầu tiên là 12 kênh thoại, mỗi kênh chiếm 4 kHz và nằm trong dải tần 60-108kHz. Năm nhóm hợp thành một siêu nhóm có băng tần là 312-552kHz. Việc ghép các nhóm tùy thuộc vào dung lượng kênh cụ thể và băng tần chiếm dụng của các mức ghép kênh như mô tả ở bảng 6.2.

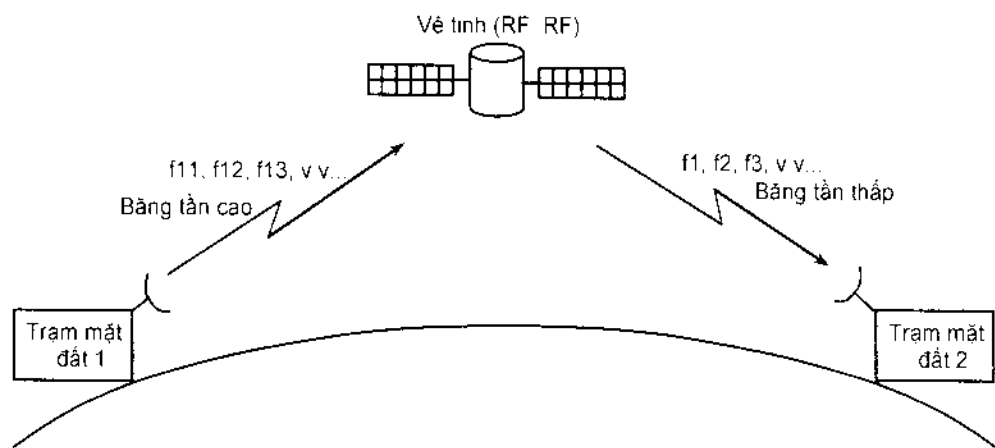
Bảng 6.2: Dung lượng và băng tần của ghép kênh tương tự (analog) trong thông tin vệ tinh (CCIR.481)

Dung lượng hệ thống (số kênh thoại)	Giới hạn băng tần chiếm dụng (kHz)
12	12 - 60
24	12 - 108
36	12 - 156
48	12 - 204
60	12 - 252
72	12 - 300
96	12 - 408
132	12 - 552
192	12 - 804
252	12 - 1052
312	12 - 1300
372	12 - 1548
432	12 - 1796
492	12 - 2044
552	12 - 2292
612	12 - 2540
792	12 - 3284
972	12 - 4028
1092	12 - 4892
1200	12 - 5340
1332	12 - 5884
1672	12 - 8120

Quá trình ghép kênh ở đây, đa sóng mang được sử dụng, do đó hệ thống cần thiết lập một khuôn dạng đa truy nhập để cho phép phân biệt được đường truyền tuyến lên, tuyến xuống và các trạm mặt đất khác nhau. Mỗi một khuôn dạng có những đặc điểm, ưu khuyết điểm khác nhau, tùy thuộc vào yêu cầu cụ thể.

Hình 6.18 mô tả một hệ thống thông tin vệ tinh đơn giản (có hai trạm mặt đất liên lạc với nhau qua vệ tinh), sử dụng ghép kênh FDM, điều chế tần số FM (FDM/FM). Trong trường hợp này, để có thể liên lạc song công (full-duplex) thì mỗi một tuyến liên lạc yêu cầu phải hai kênh vệ tinh tần số vô tuyến (tức phải có bốn tần số sóng mang, hai cho tuyến lên và hai cho tuyến xuống). Trong hình 6.18, trạm mặt đất 1 phát ở các sóng mang ở băng tần cao ($f_{11}, f_{12}, f_{13}, \dots$) và trạm mặt

đất 2 thu ở các sóng mang băng tần thấp ($f_1, f_2, f_3, \dots$). Để tránh can nhiễu, trạm mặt đất 1, trạm mặt đất 2 phải phát và thu ở các tần số sóng mang khác nhau. Các tần số sóng mang RF là cố định và bộ phát đáp vệ tinh chỉ làm nhiệm vụ đơn giản là chuyển đổi tần số giữa tuyến lên và tuyến xuống.



Hình 6.18: Mô tả tuyến liên lạc thông tin vệ tinh đơn giản với hai trạm mặt đất và các tần số liên lạc

Hình 6.19 mô tả trường hợp phức tạp hơn, vệ tinh liên lạc với nhiều trạm mặt đất và như vậy mỗi tuyến có yêu cầu nhiều hơn bốn sóng mang RF, bởi vì nếu phân bổ tần số như hình 6.18 thì một trạm mặt đất này chỉ có thể liên lạc với duy nhất một trạm mặt đất khác.

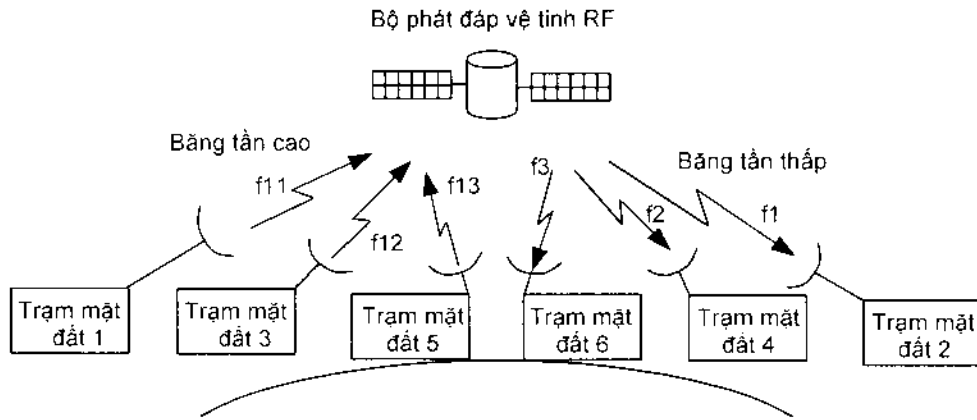
Ở đây phải sử dụng một phương pháp phân phối khác được gọi là *đa truy nhập* (multiple accessing). Hệ thống còn được gọi là *đa đích* (multiple destination), bởi vì ở đây việc phát từ một trạm có thể được thu bởi tất cả hoặc nhiều trạm mặt đất khác trong hệ thống. Các kênh thoại giữa hai trạm mặt đất nào đó có thể được gán trước (preassigned) hoặc gán theo yêu cầu (demand - assigned), còn gọi là chuyển mạch (switched) (chi tiết xem mục 5.5 Chương 5/ Tập 1).

Lưu ý rằng, trong một hệ thống thông tin vệ tinh FDM/FM thì mỗi kênh vô tuyến RF có yêu cầu sử dụng một bộ phát đáp riêng. Mặt khác trong phương thức truyền dẫn theo FDM/FM thì cũng không có khả năng phân biệt nhiều đường truyền trong cùng độ rộng băng tần. Các hệ thống sử dụng tần số cố định có thể sử dụng kiểu đa truy nhập bằng cách chuyển mạch các sóng mang RF tại vệ tinh, cấu hình lại các tín hiệu băng cơ sở với thiết bị ghép kênh/tách kênh đặt trên vệ tinh hoặc bằng cách sử dụng anten đa búp sóng. Các phương pháp đó có thể giải quyết được vấn đề gặp phải nhưng hơi phức tạp, tốn kém và làm gia tăng thiết bị phần cứng đặt trên vệ tinh.

Các vệ tinh truyền thông làm việc trong băng tần C thường có độ rộng dải tần là 500 MHz đối xứng quanh tần số trung tâm của vệ tinh. Đó được xem là một kênh vệ tinh và được chia thành các kênh vô tuyến. Có nhiều vệ tinh truyền thông có 12 bộ phát đáp (cặp thiết bị phát/thu kênh vô tuyến), mỗi một bộ phát đáp có độ rộng dải tần là 36 MHz. Các sóng mang của 12 bộ phát đáp được ghép kênh phân chia theo tần số với dải tần bảo vệ giữa các kênh là 4 MHz và dải tần bảo vệ ở hai đầu cuối phổ tần được gán 500 MHz là 10 MHz.

Nếu như các bộ phát đáp cạnh nhau trong phổ tần 500 MHz được kết nối sử dụng anten phân cực trực giao thì số lượng các bộ phát đáp (kênh vô tuyến) có thể tăng gấp đôi là 24 trung tần.

Mười hai trung tần đánh số lẻ sẽ làm nhiệm vụ thu phát với anten phân cực thẳng đứng và 12 bộ phát đáp đánh số chẵn sẽ làm việc với anten phân cực nằm ngang. Tần số sóng mang của các kênh chẵn được offset 20 MHz so với tần số sóng mang của các bộ phát đáp đánh số lẻ để giảm ảnh hưởng lẫn nhau giữa các bộ phát đáp cạnh nhau.

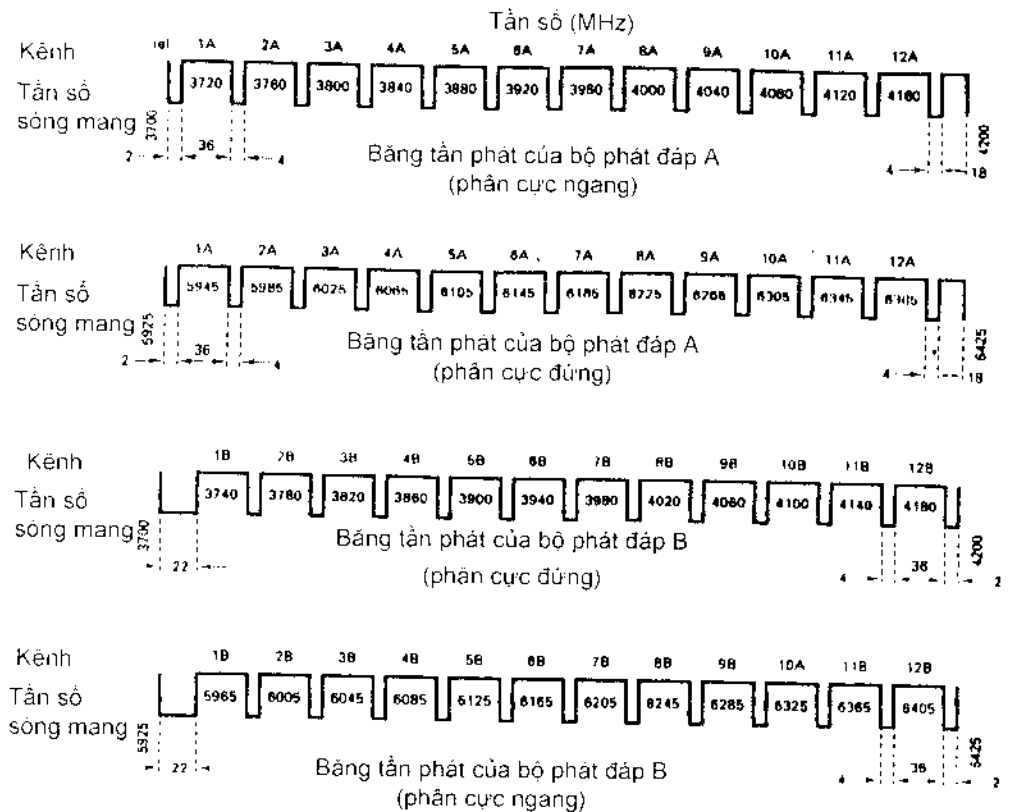


Hình 6.19: Mô tả trường hợp một trạm mặt đất liên lạc với nhiều trạm mặt đất khác trong hệ thống

Hình 6.20 mô tả tần số và phân bố trực giao của hệ thống thông tin vệ tinh "Anik-E" của hãng Telsat Canada. Một nhóm 12 kênh vô tuyến (nhóm A) sử dụng phân cực nằm ngang và một nhóm 12 kênh vô tuyến (nhóm B) sử dụng phân cực thẳng đứng. Tổng số là 24 kênh vô tuyến và mỗi kênh có độ rộng dải tần là 36 MHz. Các kênh lân cận cách nhau 4 MHz và 10 MHz ở hai đầu cuối của phổ tần 500 MHz.

Như đã phân tích trong chương 5, đa truy nhập theo tần số FDMA là một phương pháp đa truy nhập mà ở đây độ rộng băng tần vô tuyến được chia nhỏ thành các băng tần con. Mỗi băng tần con có tần số sóng mang IF của nó. Ở đây sử dụng một cơ cấu điều khiển để đảm bảo rằng hai hoặc nhiều trạm mặt đất không phát cùng băng tần con trong cùng thời gian và trạm mặt đất nào sẽ thu sóng băng tần con đó. Một băng tần con nào đó có thể được một trạm mặt đất nào đó sử dụng trong một thời gian xác định nào đó. Nếu như mỗi sóng mang của băng tần con đó chỉ là băng thoại 4 kHz thì như đã phân tích ở các mục trước, đó là trường hợp một sóng mang trên một kênh của hệ thống SCPC (Single Channel per Carrier). Khi mà có một số kênh băng thoại ghép kênh phân chia theo tần số (FDM - Frequency-Division-Multiplexed) cùng với việc tạo thành một tín hiệu băng cơ sở hỗn hợp gồm các nhóm, các siêu nhóm thì băng tần con được gán sẽ lớn hơn. Đó là trường hợp *đa kênh trên một sóng mang* (MCPC- Multiple-Channel per Carrier).

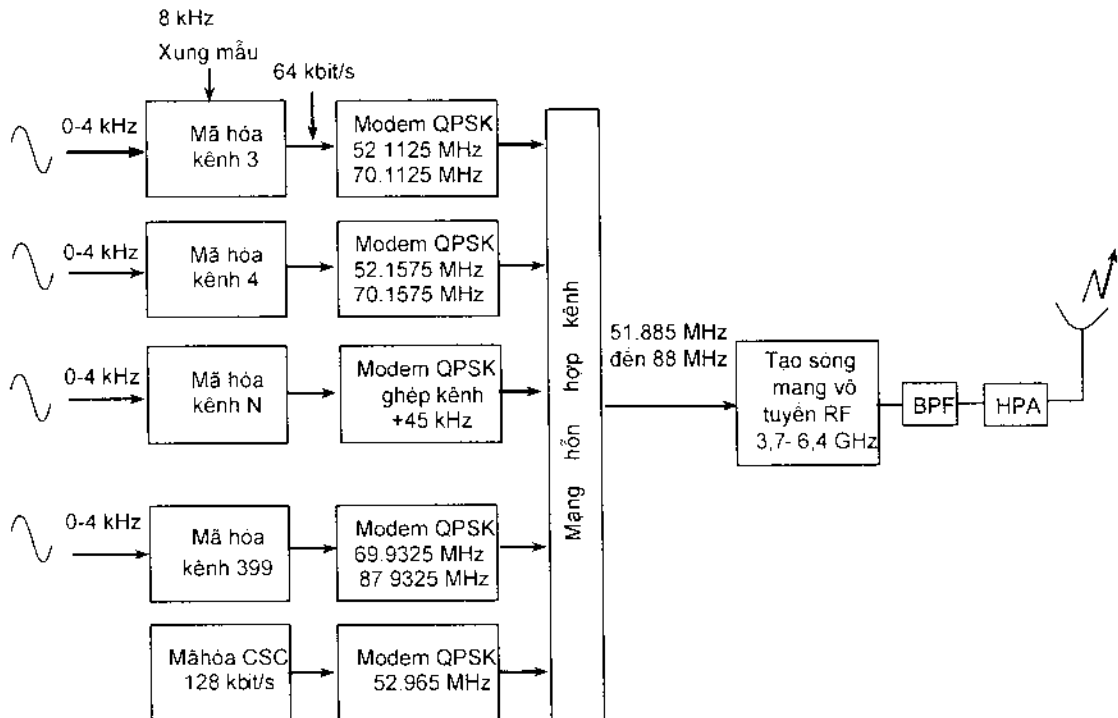
Các tần số sóng mang và độ rộng dải tần đối với các hệ thống thông tin vệ tinh FDM/FM sử dụng khuôn dạng đa kênh trên một sóng mang thông thường là được gán cố định trong một thời gian dài. Hệ thống được gọi là *gán cố định/đa truy nhập* (FDM/FM/FAMA). Ngoài ra hệ thống có thể thực hiện gán theo yêu cầu DAMA (Demand-Assignment Multiple Access) cho phép tất cả người sử dụng có thể truy nhập vào dải thông của bộ phát đáp bằng cách gán tạm thời các sóng mang, thường là theo quá trình thống kê.



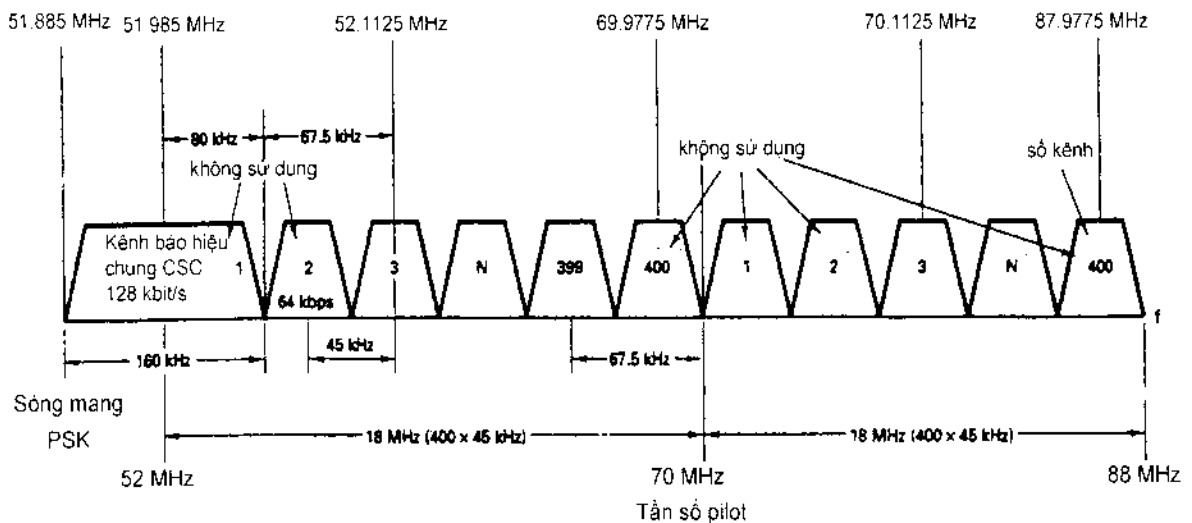
Hình 6.20: Mô tả phân bố tần số trực giao phát và thu của vệ tinh Anik-E làm việc ở băng tần C

Hình 6.21 và 6.22 mô tả sơ đồ khối chức năng một thiết bị phát có ghép kênh và đa truy nhập theo yêu cầu SPADE/DAMA (Single-Channel Per Carrier PCM Multiple Access Demand-Assignment Equipment/DAMA) và các tần số được gán cho SPADE.

Ở thiết bị ghép kênh SPADE như ví dụ trên, 800 kênh băng thoại được mã hóa PCM sau đó được điều chế QPSK với một tín hiệu sóng mang IF (cũng do vậy mà có tên gọi đơn sóng mang trên một kênh, SCPC - Single Channel Per Carrier). Mỗi một kênh băng thoại 4 kHz được lấy mẫu ở tần số lấy mẫu là 8 kHz sau đó chuyển đổi thành mã PCM 8 bit. Điều đó dẫn đến tốc độ của mã PCM cho mỗi kênh là $8000 \times 8 = 64$ kbit/s. Mã PCM từ mỗi kênh thoại lại được điều chế QPSK với một sóng mang IF khác nhau. Với điều chế QPSK có yêu cầu độ rộng dải tần tối thiểu là bằng 1/2 tốc độ bit đầu vào. Do đó, đầu ra của mỗi bộ điều chế QPSK sẽ có độ rộng dải tần là $64:2 = 32$ kHz. Mỗi kênh ở đây sẽ được phân phối độ rộng băng tần là 45 kHz, cùng với 13 kHz độ rộng băng tần bao vệ giữa các kênh được ghép kênh phân chia theo tần số. Tần số sóng mang con IF sử dụng là 52,0225 MHz (kênh 1 băng tần thấp) và cứ gia tăng 45 kHz cho mỗi kênh cho đến 87,9775 MHz (ứng với kênh 400 băng tần cao). Toàn bộ băng tần 36 MHz (từ 52 MHz đến 88 MHz) của bộ phát đáp được chia đôi thành hai băng tần của 400 kênh (một băng tần thấp và một băng tần cao). Trong trường hợp hệ thống làm việc song công (full-duplex) thì 400 kênh 45kHz được sử dụng cho chiều phát và 400 kênh cho chiều thu. Trong số 400 kênh thì thường kênh 1, 2 và 400 là để trống, như vậy thực tế số kênh sử dụng chỉ còn 397.



Hình 6.21: Sơ đồ khối chức năng một thiết bị phát ghép kênh SPADE/FDMA/DAMA

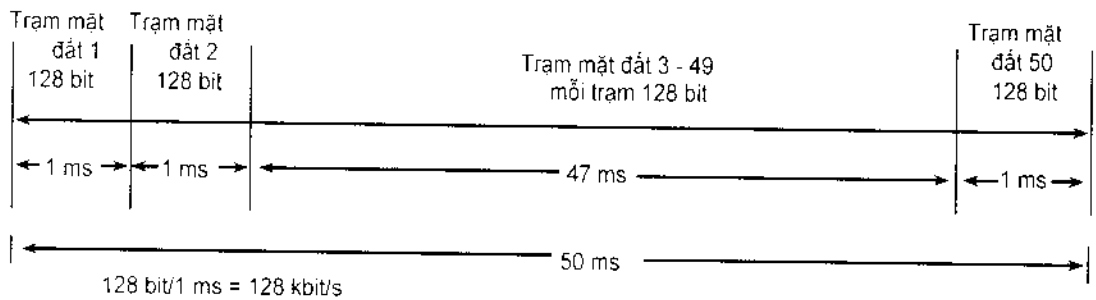


Hình 6.22: Mô tả các sóng mang được gán trong thiết bị SPACE/SCPC/DAMA

Nếu vệ tinh làm việc ở băng tần C với băng tần là 5,725 GHz-6,425 GHz (độ rộng dải tần là 700 MHz) thì với độ rộng dải tần 700 MHz đó, hệ thống có thể bố trí 19 kênh vô tuyến với độ rộng dải tần 36 MHz (bộ phát đáp) và mỗi kênh vô tuyến đó có dung lượng là 397 kênh băng thoại song công (full-duplex).

Mỗi một kênh vô tuyến RF (hình 6.22) có một kênh báo hiệu chung CSC (Common Signaling Channel) 160 kHz. Kênh CSC đó là đường truyền ghép kênh phân chia theo thời gian và

được ghép kênh phân chia theo tần số trong phổ tần IF nằm phía dưới các kênh băng thoại được điều chế QPSK. Hình 6.23 mô tả cấu trúc khung ghép kênh TDM của kênh báo hiệu chung CSC. Thời gian toàn bộ khung là 50ms, được chia thành 50 khe thời gian 1ms. Mỗi một trạm mặt đất phát trên kênh báo hiệu CSC chỉ trong khe được gán với thời gian là 1ms. Tín hiệu báo hiệu CSC là một mã nhị phân 128 bit. Để truyền một mã 128 bit trong 1ms thì yêu cầu tốc độ truyền là 128 kbit/s. Mã CSC được sử dụng để thiết lập hoặc kết thúc kết nối các tuyến liên lạc băng thoại giữa các người sử dụng của hai trạm mặt đất khi có sự phân phối kênh gán theo yêu cầu.



Hình 6.23: Mô tả kênh báo hiệu chung CSC trong thiết bị SPADE/FDMA

Với phương thức đa truy nhập FDMA thì mỗi một trạm mặt đất có thể phát đồng thời trong cùng phổ tần vô tuyến 36 kHz nhưng trên các kênh băng thoại khác nhau. Việc phát các kênh băng thoại từ tất cả các trạm mặt đất trong mạng thông tin vệ tinh là việc phân bổ tần số trong miền tần số của bộ phát đáp vệ tinh còn việc phát các tín hiệu báo hiệu chung là sự phân bổ theo thời gian.

Có một nhược điểm của FDMA là các sóng mang từ nhiều trạm mặt đất có thể xuất hiện tại bộ phát đáp vệ tinh tại cùng thời điểm. Điều đó sẽ gây nên méo xuyên điều chế giữa các đường truyền của các trạm mặt đất khác nhau.

6.5.3. Ghép kênh phân chia theo thời gian và đa truy nhập TDMA

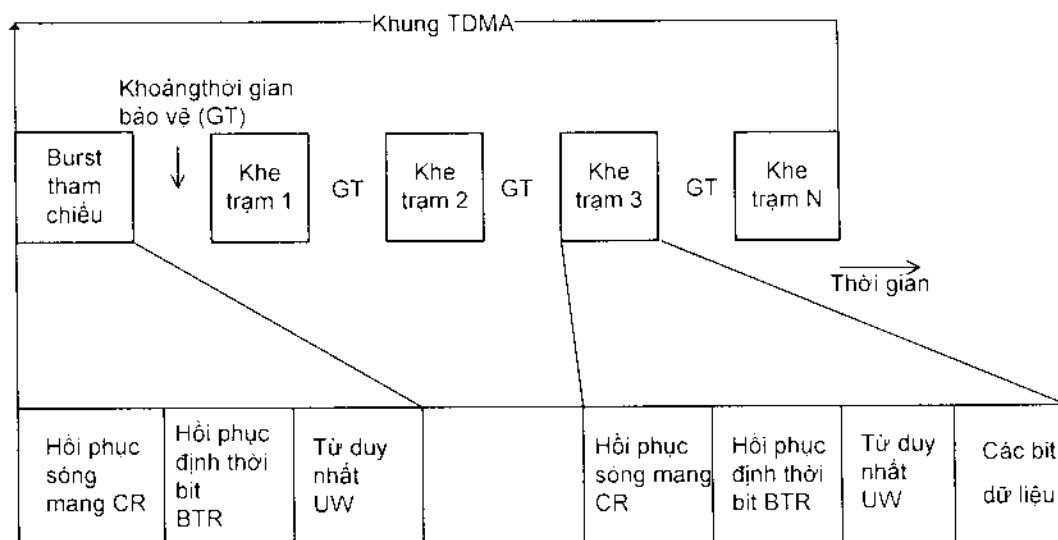
Các chuẩn ghép kênh số đã được trình bày chi tiết trong chương 4 (tập 1), ở đây chỉ đề cập hai loại phân cấp là loại 24 kênh thoại (chuẩn của Mỹ có tốc độ là 1,544 Mbit/s) và loại 30 kênh thoại (chuẩn của CEPT - châu Âu có tốc độ là 2,048 Mbit/s). Các dạng phân cấp này đang được sử dụng phổ biến ở các mạng mặt đất và các tuyến thông tin vệ tinh.

Thiết bị ghép kênh ở các trạm mặt đất trong trường hợp này có nhiệm vụ kết hợp các chuỗi bit đến từ các nguồn khác nhau và có cùng địa chỉ đích. Có một vấn đề được đặt ra ở đây là việc đồng bộ giữa đồng hồ của trạm mặt đất và các đồng hồ của các chuỗi bit từ các nguồn khác nhau. Sự thiếu đồng bộ đó còn do sự không ổn định và sai lệch của các bộ phát sóng cũng như những biến động về thời gian truyền của các tuyến.

Một khi mà các chuỗi bit không đồng bộ thì cần phải có các bộ nhớ đệm để tạo đồng bộ chính xác về cùng tốc độ bit trước khi ghép kênh. Công việc sẽ thuận lợi hơn nhiều nếu các chuỗi bit được đồng bộ (đồng hồ đồng bộ).

Đa truy nhập TDMA (Time Division Multiple Access) được hiểu là một phương pháp ghép kênh phân chia theo thời gian các sóng mang được điều chế số giữa các trạm mặt đất trong một mạng vệ tinh thông qua một bộ phát đáp vệ tinh chung.

Với đa truy nhập TDMA thì mỗi trạm mặt đất phát một burst (chuỗi bit) ngắn của một sóng mang được điều chế số trong một khe thời gian của khung TDMA. Mỗi một burst của trạm mặt đất sẽ được đồng bộ sao cho các burst đó đến bộ phát đáp vệ tinh ứng với các thời điểm khác nhau không bị va chạm nhau. Có nghĩa là chỉ có sóng mang của một trạm mặt đất có mặt ở bộ phát đáp tại mỗi thời điểm cho nào đó. Bộ phát đáp chỉ làm nhiệm vụ thu sóng từ tuyến lên, chuyển đổi tần số và truyền lại ở tuyến xuống. Mỗi một trạm mặt đất sẽ thu nhận các burst từ tất cả các trạm mặt đất và cần chọn ra lưu lượng được gửi đến cho chính nó. Hình 6.24 mô tả một khung TDMA cơ sở. Burst tham chiếu được sử dụng cho đồng bộ (chi tiết xem chương 4 tập 1).

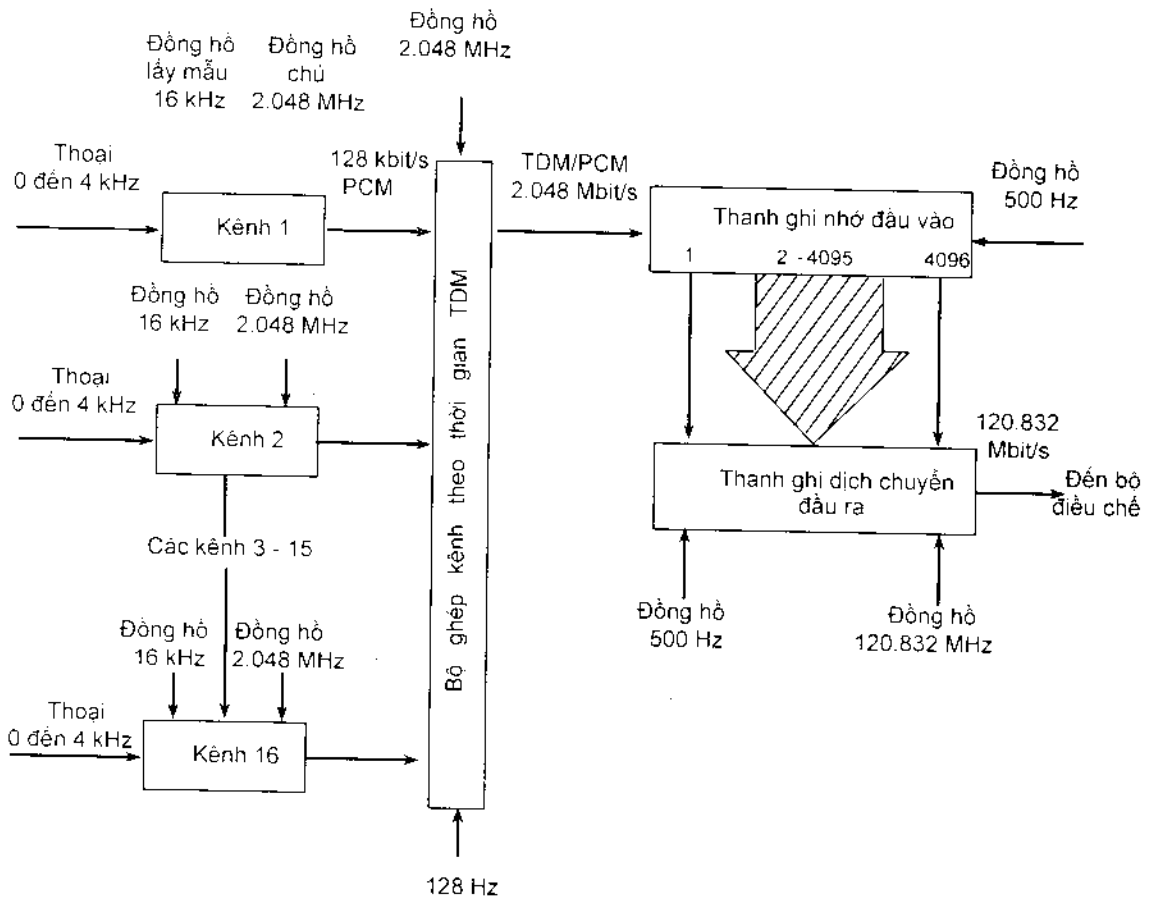


Hình 6.24: Khung TDMA cơ bản

Ở đây, đa truy nhập TDMA thực chất là một hệ thống lưu giữ và chuyển tiếp (store and forward). Mỗi một trạm mặt đất có thể phát chỉ trong khoảng khe thời gian được dành riêng cho chúng, trong lúc các tín hiệu kênh băng thoại đến là liên tục. Do đó cần phải lấy mẫu, mã hóa và nhớ các tín hiệu thoại đã mã hóa đó trước khi truyền.

Hình 6.25 mô tả sơ đồ khối chức năng bộ tạo tín hiệu ghép kênh TDMA và hình 6.26 mô tả khuôn dạng cấu trúc khung của ghép kênh cấp 1 theo chuẩn châu Âu của CEPT (Conference of European Postal and Telecommunication).

Khung (frame) theo chuẩn của CEPT sắp xếp các mẫu được mã hóa PCM-8 bit của 16 kênh thoại và ghép kênh theo thời gian TDM (time division multiplexing) để có tín hiệu TDM/PCM tốc độ 2,048 Mbit/s. Đầu vào 16 kênh băng thoại (0 - 4 kHz) độc lập nhau. Mỗi kênh có một codec (mã hóa/giải mã) riêng để lấy mẫu ở tần số lấy mẫu 16 kHz và chuyển đổi các mẫu đó thành mã nhị phân 8 bit. Như vậy đầu ra của mỗi kênh là tín hiệu PCM tốc độ 128 kbit/s. Tất cả 16 kênh PCM đó được ghép kênh theo thời gian TDM để cho tín hiệu đầu ra của bộ ghép kênh là TDM/PCM có tốc độ 2,048 Mbit/s. Khung được gọi là khung con (subframe). Khuôn dạng ghép kênh của CEPT định rõ một khung thời gian là 2 ms. Do đó mỗi một trạm mặt đất cần truyền mỗi một lần là 2 ms, và cũng vì vậy cần có bộ phân lưu giữ (nhớ) các mẫu đã được mã hóa PCM. Như vậy, yêu cầu chi cần 62,5 μ s hoặc Mbit/s cho 128 bit của 16 kênh (tốc độ truyền là 2,048 Mbit/s).



Hình 6.25: Sơ đồ khối chức năng bộ ghép kênh TDMA, cấp 1 theo chuẩn của CEPT

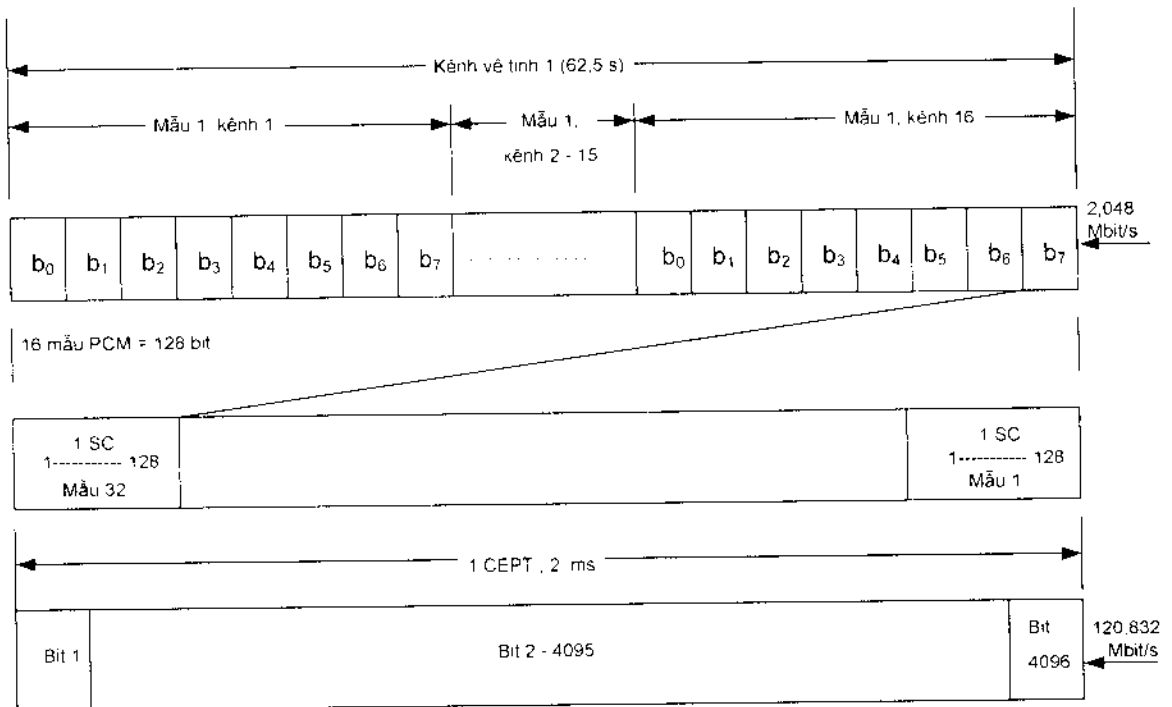
Chuỗi các khung con 128 tạo ra được lưu giữ trong thanh ghi và quá trình tiếp tục cho đến 32 khung con ($32 \times 62.5\text{ms} = 2\text{ ms}$). Do khung TDMA có thời gian là 2 ms cho nên trong thời gian 2 ms đó mỗi một trạm mặt đất tham gia truyền cần phải phát ở các thời gian khác nhau và các cuộc truyền riêng biệt cần phải thực hiện trong khoảng thời gian ngắn hơn.

Việc ghép kênh có thể tiếp tục ở các cấp độ cao hơn và các đồng hồ được sử dụng để đồng bộ.

Đa truy nhập TDMA ở đây có một số ưu điểm so với FDMA, đó là:

- Với TDMA thì sóng mang từ một trạm mặt đất xuất hiện tại bộ phát đáp vệ tinh chỉ ở thời điểm xác định nào đó, và điều đó làm giảm đáng kể méo xuyên điều chế.
- Ở FDMA thì mỗi trạm mặt đất cần phải có khả năng phát và thu rất nhiều tần số sóng mang để có khả năng thực hiện được đa truy nhập theo tần số. Điều đó làm phức tạp thêm hệ thống thiết bị.
- TDMA có nhiều thuận lợi hơn so với FDMA trong việc truyền thông tin số.

Tuy vậy TDMA có nhược điểm so với FDMA là ở TDMA cần có đồng bộ nghiêm ngặt. Việc truyền tín hiệu của mỗi trạm mặt đất phải chính xác trong khe thời gian được phân định.



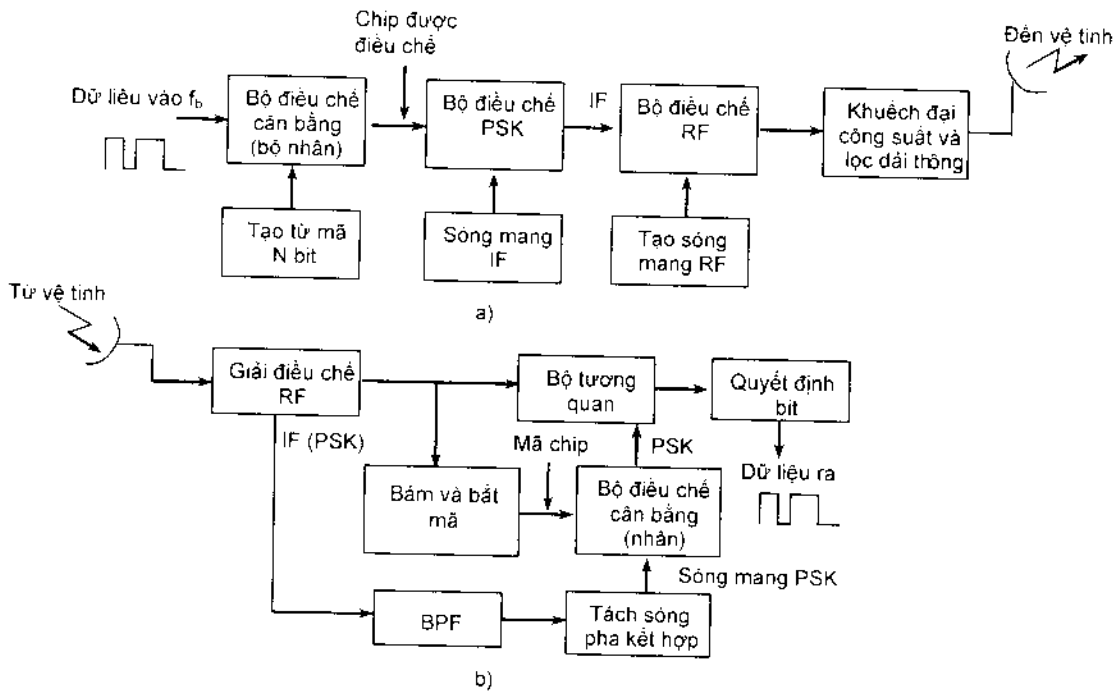
Hình 6.26: Khuôn dạng khung ghép kênh TDM cấp 1 theo chuẩn của CEPT

6.5.4. Trạm mặt đất và đa truy nhập CDMA

Với đa truy nhập phân chia theo tần số FDMA thì mỗi một trạm mặt đất bị giới hạn độ rộng băng tần xác định trong kênh vệ tinh hoặc trong hệ thống nhưng chúng không bị giới hạn một khi cần truyền. Với đa truy nhập phân chia theo thời gian TDMA thì mỗi một cuộc truyền của trạm mặt đất được phân định chính xác trong một khe thời gian nhưng nó không bị giới hạn bởi tần số hoặc độ rộng dải thông mà nó có thể được sử dụng trong một hệ thống vệ tinh hoặc trong sự phân định kênh xác định. Với *đa truy nhập phân chia theo mã CDMA* (Code Division Multiple Access) thì không có sự hạn chế nào về thời gian hoặc độ rộng dải tần. Mỗi một máy phát của trạm mặt đất có thể phát bất kỳ khi nào muốn và có thể sử dụng một phần nào đó hoặc toàn bộ độ rộng dải tần (hoặc kênh) được phân định cho một hệ thống vệ tinh cụ thể. Bởi vì không có sự giới hạn về độ rộng dải tần cho nên đa truy nhập phân chia theo mã CDMA còn được gọi là *đa truy nhập trải phổ* (Spread Spectrum Multiple Access); việc truyền có thể trải trong toàn bộ độ rộng dải tần được phân định. Việc truyền theo mã ở đây không liên quan đến kỹ thuật mật mã. Tóm tắt ở đây là, các cuộc truyền của mỗi một trạm mặt đất được mã hóa với một từ nhị phân duy nhất được gọi là *một mã chip* (chip code). Mỗi một trạm thu cũng có một mã chip duy nhất. Để có thể thu một cuộc truyền của một trạm mặt đất cụ thể nào đó thì trạm thu đó cần phải biết mã chip của trạm phát đó.

Hình 6.27 mô tả sơ đồ khối chức năng bộ phát (mã hóa) và bộ thu (giải mã) CDMA của một trạm mặt đất. Ở hình 6.27a, dữ liệu đầu vào (có thể là các tín hiệu băng thoại được mã hóa PCM hoặc có thể là dữ liệu số) được nhân với một mã chip duy nhất. Tích của mã được điều chế PSK với một sóng mang trung tần IF sau đó được chuyển đổi lên thành sóng mang vô tuyến RF để truyền theo tuyến lên đến vệ tinh. Ở phía thu (hình 6.27b) sóng mang RF được chuyển đổi xuống thành trung tần IF. Từ sóng mang IF, một sóng mang PSK kết hợp được hồi phục. Mã chip thu được sử dụng để đồng bộ với bộ tạo mã của bộ thu. Phía thu biết mã chip nhưng cần tạo ra một mã

chip để đồng bộ với mã thu được. Mã chip đồng bộ được hồi phục nhân với sóng mang PSK được hồi phục và cho một tín hiệu được điều chế PSK chứa sóng mang PSK và mã chip. Tín hiệu sóng mang IF lúc này chứa mã chip, sóng mang PSK và thông tin dữ liệu sẽ được đem so sánh tín hiệu IF thu được trong bộ tương quan (correlator). Chức năng của bộ tương quan ở đây là để so sánh hai tín hiệu và hồi phục lại dữ liệu nguyên thủy. Cụ thể là bộ tương quan sẽ trừ sóng mang PSK được hồi phục + mã chip với sóng mang PSK thu được + mã chip + dữ liệu. Kết quả cuối cùng cho ra dữ liệu. Đúng như tên gọi, bộ tương quan làm nhiệm vụ tương quan (đồng dạng) giữa tín hiệu đến được mã hóa với mã chip được hồi phục. Khi xuất hiện một sự tương quan thì mạch quyết định bit (bit decision) sẽ tạo ra một logic tương ứng.



Hình 6.27:
 a) Sơ đồ khối chức năng bộ phát CDMA của trạm mặt đất.
 b) Sơ đồ khối chức năng bộ thu CDMA của trạm mặt đất

Hình 6.28 mô tả ví dụ hoạt động của bộ tương quan (correlator) trong quá trình mã hóa và giải mã CDMA. Trong hình chỉ số +1 là sóng mang đồng pha và chỉ số -1 là sóng mang ngược pha. Mã chip sẽ được nhân với dữ liệu (hoặc +1 hoặc -1). Tích thu được là một mã hoặc đồng pha hoặc ngược pha 180° với mã chip. Ở phía máy thu mã chip đồng bộ được hồi phục sẽ được đem so sánh với các phân tử báo hiệu thu được. Nếu như các pha là giống nhau thì +1 được tạo ra và nếu chúng ngược pha 180° thì -1 được tạo ra. Có thể nhận thấy rằng, nếu như tất cả các chip được hồi phục tương quan một cách thuận lợi với mã chip đưa vào thì đầu ra bộ tương quan sẽ có điện áp +6V (đây là trường hợp logic thu được là 1). Nếu như tất cả chip mã tương quan ngược pha 180° thì đầu ra bộ tương quan sẽ có điện thế -6V (tương ứng với logic thu được là 0). Mạch quyết định lúc đó có nhiệm vụ đơn giản là tách ngưỡng (threshold detector). Phụ thuộc vào các giá trị +6 hoặc -6 được tạo ra mà bộ tách ngưỡng đó sẽ có đầu ra là logic 1 hoặc logic 0 tương ứng.

Với đa truy nhập CDMA thì tất cả các trạm mặt đất trong hệ thống có thể phát trên cùng tần số và cùng thời gian. Một máy thu của trạm mặt đất trong trường hợp đó có thể đồng thời thu nhiều

tín hiệu mã hóa PSK của nhiều trạm phát. Trong trường hợp đó, công việc của bộ tương quan có phần khó khăn. Bộ tương quan lúc đó cần phải so sánh mã chip thu được với toàn bộ phổ tần thu được và phân tích ra chỉ một mã chip từ mấy phát của trạm mật đất mong muốn. Như vậy mã chip từ một trạm mật đất cần phải không tương quan với các mã chip từ các trạm mật đất khác.

Trên hình 6.28b mô tả làm thế nào để phía mã hóa có thể thực hiện được điều đó. Nếu như một nửa số bit trong mã có giá trị logic ngược lại thì lúc đó sẽ có một tương quan chéo zero giữa các mã chip. Một mã như vậy được gọi là *mã trực giao*. Từ hình 6.28b cũng thấy rằng, khi mã trực giao được so sánh với mã chip nguyên thủy thì nó không có sự tương quan (có nghĩa là tổng so sánh bằng zero). Như vậy, mã trực giao, dù cho đồng thời thu được cùng với mã chip mong muốn vẫn không có hiệu ứng trong quá trình tương quan. Trong ví dụ trên thì giả thiết là mã trực giao thu được hoàn toàn đồng bộ với mã chip mong muốn và điều đó không phải luôn luôn xảy ra trong thực tế, do đó vấn đề đồng bộ ở đây đóng vai trò quan trọng.

Sự khác nhau cơ bản giữa các máy phát PSK trải phổ và các máy phát PSK thông thường là bộ điều chế cộng, trong đó từ mã được nhân với dữ liệu vào. Do từ mã thường là giả ngẫu nhiên, còn gọi là *tạp âm giả ngẫu nhiên PRN* (PseudoRandom Noise). Mã PRN tạo ra đó phải có tính tự tương quan cao với chính nó và có tính tương quan thấp với các mã giả ngẫu nhiên của các máy phát khác.

Ba kỹ thuật được sử dụng nhiều nhất để tạo ra hàm trải phổ là: trải phổ dây trực tiếp, trải phổ nhảy tần và hỗn hợp trải phổ dây trực tiếp - nhảy tần.

	Thời gian chip ← t_c →						Thời gian chip ← t_c →					
Dữ liệu và	(Logic 1 = +1)						(Logic 0 = -1)					
x mã chip	1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	1
Mã tích	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1
Mã chip được hồi phục	1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	1
Tương quan	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	+6V						-6V					

(a)

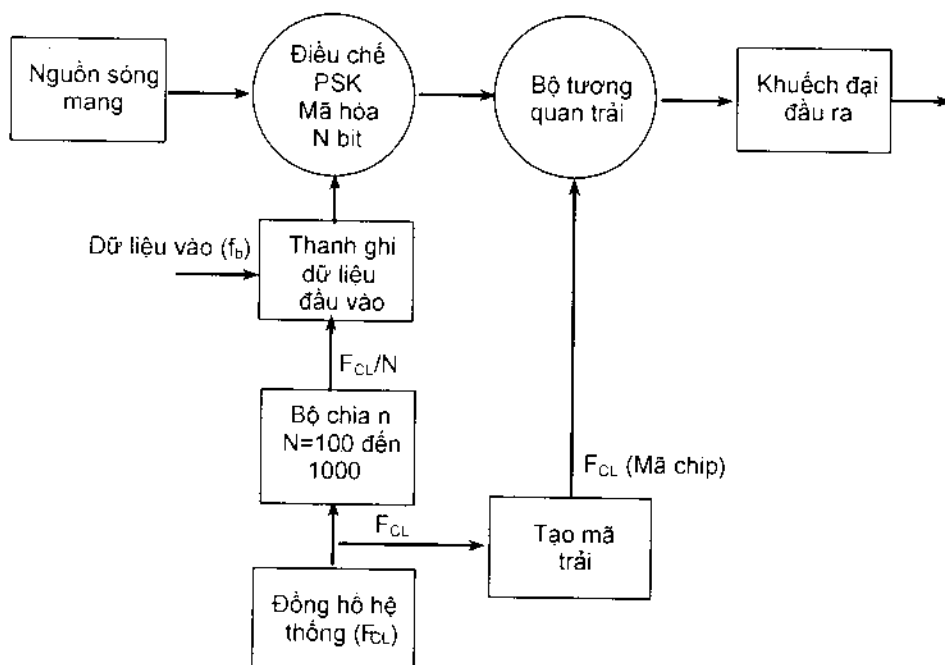
	(Logic 1 = +1)						(Logic 0 = -1)					
Dữ liệu vào												
x mã trực giao	1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1
Mã tích	1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1
Mã chip được hồi phục	1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	1
Tương quan	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1
	0V						0V					

(b)

Hình 6.28: Mô tả ví dụ hoạt động của bộ tương quan:

a) Mã chip bình thường

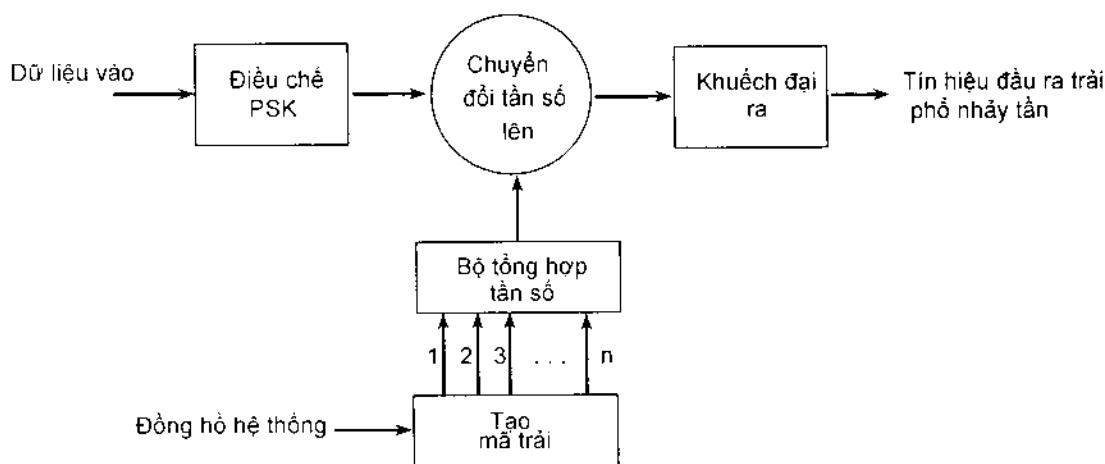
b) Mã chip trực giao



Hình 6.29: Sơ đồ khối chức năng đơn giản hóa bộ phát trải phổ dây trực tiếp

Trải phổ dây trực tiếp DS-SS (Direct-Sequence Spread Spectrum) được tạo ra khi một tín hiệu được điều chế dữ liệu nhị phân được nhân tuyến tính với một tín hiệu trải trong một bộ được cân bằng đặc biệt được gọi là *bộ tương quan trải* (spreading correlator). Tốc độ mã trải $R_{sp} = 1/TC$, trong đó là thời gian tồn tại của một xung nhị phân đơn (nghĩa là chip). Tốc độ chip là nhanh hơn tốc độ đoạn tin từ 100 đến 1000 lần; do đó thời gian chip là ngắn hơn từ 100 lần đến 1000 lần so với thời gian của một bit dữ liệu đơn. Kết quả là, phổ tần ở đầu ra bộ phát có sử dụng trải phổ sẽ rộng hơn từ 100 lần đến 1000 lần so với độ rộng dải tần của tín hiệu được điều chế dữ liệu PSK nguyên thủy. Hình 6.29 mô tả sơ đồ khối chức năng một hệ thống trải phổ dây trực tiếp: trong đó nguồn dữ liệu điều chế trực tiếp tín hiệu sóng mang và sau đó lại được điều chế trong bộ tương quan trải với từ mã trải.

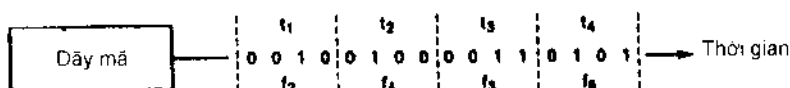
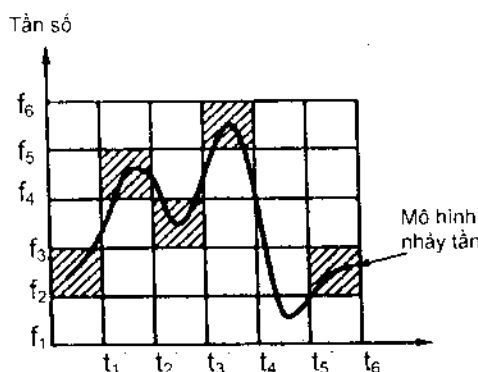
Trải phổ nhảy tần FH-SS (Frequency-Hopping Spread Spectrum) là một dạng đa truy nhập phân chia theo mã CDMA trong đó một mã được sử dụng để làm thay đổi liên tục tần số của sóng mang. Sóng mang trước tiên được điều chế với đoạn tin dữ liệu và sau đó được chuyển đổi lên bằng cách sử dụng một bộ dao động nội được tổng hợp tần số và tần số ở đầu ra của bộ dao động được xác định bởi một mã tạp âm giả ngẫu nhiên n bit do một bộ tạo mã trải phổ cung cấp. Hình 6.30 mô tả sơ đồ khối chức năng đơn giản hóa một bộ phát trải phổ nhảy tần. Khi nhảy tần thì toàn bộ độ rộng dải tần có giá trị sẽ được phân chia thành các băng tần nhỏ hơn và tổng thời gian truyền cũng được chia thành các khe nhỏ hơn. Lý tưởng là việc truyền được thực hiện trong một băng tần giới hạn với một khoảng thời gian ngắn và sau đó lại chuyển sang băng tần khác, cứ như thế tiếp tục. Quá trình đó được tiếp tục một cách không giới hạn và mô hình nhảy đó được xác định bởi một mã trải phổ nhị phân. Mỗi một trạm mặt đất sử dụng một mã trải phổ khác nhau. Hình 6.31 mô tả một mô hình nhảy tần.



Hình 6.30: Sơ đồ khối chức năng đơn giản hóa bộ phát trải phổ nhảy tần

Với phương thức nhảy tần thì mỗi một trạm mặt đất trong một mạng đa truy nhập CDMA được gán một mã trận nhảy tần khác nhau. Mỗi một máy phát sẽ chuyển mạch (nhảy) từ một băng tần số này đến băng tần số khác phù hợp với mã trận đó. Mỗi một trạm mặt đất sử dụng toàn bộ phổ tần vô tuyến RF nhưng không thể chiếm lớn hơn khe thời gian (băng tần con) đã được phân định.

Phương thức điều chế khóa dịch tần FSK thường được sử dụng trong kỹ thuật nhảy tần.



Hình 6.31: Biểu thị ma trận nhảy tần theo khe thời gian

6.6. PHÂN HỆ ĐIỀU KHIỂN VÀ GIÁM SÁT

Tùy thuộc vào chức năng nhiệm vụ mà trạm mặt đất có thể có hoặc không có các thiết bị điều khiển và giám sát. Mục đích của việc điều khiển và giám sát là:

- Cung cấp cho người điều hành các thông tin cần thiết về giám sát và điều khiển trạm mặt đất (bao gồm các thông số đo lường cần thiết, chất lượng dịch vụ, vị trí chuyển mạch v.v...) và quản lý lưu lượng.
- Báo động những trường hợp sai lệch về điều hành và nhận dạng các thiết bị có sự cố.
- Cho phép điều khiển các thiết bị của trạm.

6.7. NHẬN XÉT CHUNG

Từ khi các hệ thống thông tin vệ tinh ra đời cho đến nay, các trạm mặt đất không ngừng được phát triển và cải tiến. Tuy vậy về cơ bản cấu trúc chủ yếu của trạm mặt đất không thay đổi.

Sự phát triển cải tiến trước hết là giảm kích thước của trạm mặt đất. Những trạm mặt đất đầu tiên sử dụng anten đường kính lớn hơn 30 m nhưng ngày nay đường kính anten của trạm mặt đất trong một số trường hợp có thể bé hơn 1 m. Sở dĩ đạt được điều đó là do sự gia tăng công suất bức xạ đẳng hướng tương đương (EIRP) của các vệ tinh truyền thông kết hợp với việc sử dụng các kỹ thuật truyền dẫn có hiệu năng cao. Mặt khác, việc ứng dụng kỹ thuật số cũng làm gia tăng đáng kể hiệu năng và làm giảm kích thước các thiết bị của trạm mặt đất. Trong việc gia tăng hiệu năng của hệ thống thông tin vệ tinh phải kể đến việc đưa vào ứng dụng các công nghệ mới như đa truy nhập phân chia theo thời gian, đa truy nhập phân chia theo mã, ghép và dồn kênh, anten đa búp sóng, các mã sửa lỗi v.v... Các công việc về điều hành và bảo dưỡng hệ thống cũng có nhiều thuận lợi hơn nhờ việc thực hiện theo các chương trình máy tính. Ví dụ việc chuyển đổi tần số trong các bộ tổng hợp tần số theo chương trình cho phép chọn lựa tần số mang một cách nhanh chóng, chính xác và có thể kiểm tra bằng các số liệu hiển thị trên màn hình.

Sự cải tiến và nâng cao hiệu năng của trạm mặt đất cũng đồng thời dẫn đến việc khai thác tốt hơn các đặc tính cụ thể của vệ tinh, ví dụ như các dung lượng quảng bá và khả năng nhiều người sử dụng có thể truy nhập hệ thống, nhiều dạng dịch vụ khác nhau được mở rộng.

Hiện cũng đã có nhiều trạm mặt đất loại nhỏ, ví dụ các trạm VSAT (Very Small Aperture Terminal) cùng các mạng riêng có thể trực tiếp đến người sử dụng. Không những các hệ thống thông tin vệ tinh cố định mà các hệ thống thông tin di động vệ tinh cũng đang được phát triển nhanh chóng.

Chương 7

CÁC THIẾT BỊ VIỄN THÔNG ĐẶT TRÊN VỆ TINH

7.1. CHỨC NĂNG VÀ CÁC THÔNG SỐ KỸ THUẬT ĐẶC TRƯNG CỦA CÁC THIẾT BỊ VIỄN THÔNG ĐẶT TRÊN VỆ TINH

7.1.1. Chức năng chung

Các thiết bị viễn thông đặt trên vệ tinh - một số tài liệu kỹ thuật dùng thuật ngữ *tải vệ tinh* (payload) có chức năng chủ yếu là: thu nhận các sóng mang trong băng tần xác định từ các trạm mặt đất trong hệ thống phát đến vệ tinh theo tuyến lên, khuếch đại và chuyển đổi tần số để phát đến các trạm mặt đất đích trong hệ thống theo tuyến xuống. Trong một số trường hợp trước khi chuyển đổi tần số có thể có xử lý tín hiệu. Mức tín hiệu đầu vào của bộ khuếch đại ở vệ tinh thường rất nhỏ, khoảng vài chục pW, do đó thường sử dụng bộ khuếch đại tạp âm thấp (LNA). Công suất ra của sóng mang cho tuyến xuống thường có yêu cầu từ vài chục W đến vài trăm W. Việc thu và phát sóng theo phân cực cũng là một yêu cầu của anten thu và phát.

Thiết bị thực hiện các nhiệm vụ trên được gọi là *hộp phát đáp* (transponder) và các chức năng chung đó bộ phát đáp nào cũng phải thực hiện. Với các bộ phát đáp vệ tinh đa búp sóng thì nó còn phải thực hiện việc định tuyến các sóng mang thu được theo mỗi tuyến đến các vùng địa chỉ đích của chúng. Với các bộ phát đáp tái sinh (regenerative transponder) thì cần phải giải điều chế và điều chế lại các sóng mang cùng với một số chức năng khác.

Băng tần làm việc của bộ phát đáp (theo phân định của Liên minh Viễn thông quốc tế ITU) có độ rộng từ 500 MHz đến 2 GHz phù hợp với băng tần công tác của vệ tinh. Bộ phát đáp chỉ làm việc với một băng tần con trong băng tần được phân định đó.

7.1.2. Các thông số kỹ thuật đặc trưng

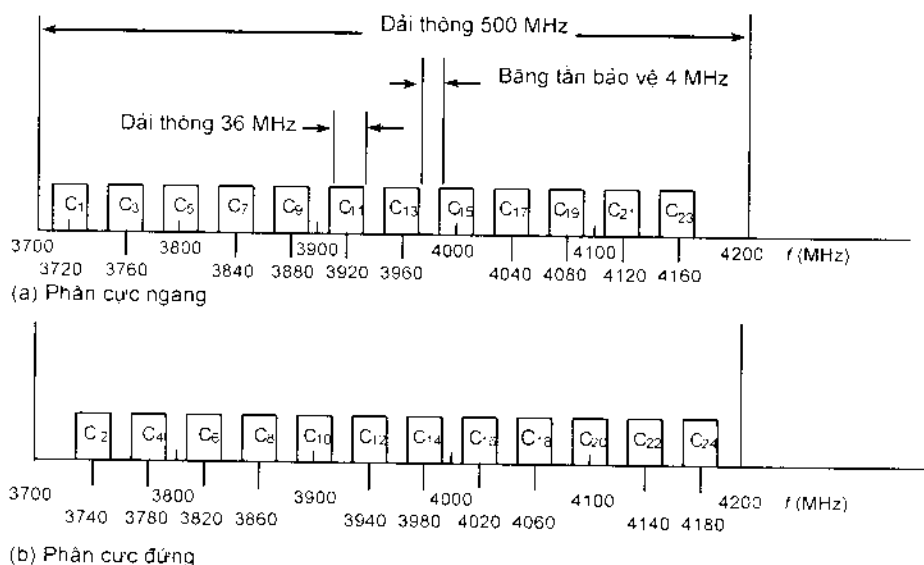
Các thông số kỹ thuật chủ yếu của các thiết bị viễn thông đặt trên vệ tinh là:

- 1- Băng tần công tác;
- 2- Số lượng bộ phát đáp;
- 3- Độ rộng dải thông của mỗi bộ phát đáp;
- 4- Phân cực tín hiệu của tuyến lên và tuyến xuống;

- 5- Công suất bức xạ đẳng hướng tương đương (EIRP) hoặc mật độ thông lượng công suất tạo ra tại biên của vùng phủ sóng phục vụ;
- 6- Hệ số phẩm chất G/T của máy thu tại biên của vùng phủ sóng hoặc giá trị cực đại;
- 7- Vùng phủ sóng;
- 8- Công suất đầu ra của bộ khuếch đại công suất phát;
- 9- Cấu hình dự phòng cho máy thu và bộ khuếch đại công suất cao.

Băng tần phân bổ cho bộ phát đáp vệ tinh có thể từ vài trăm MHz đến vài GHz. Băng tần này thường được chia thành các băng tần con (theo phân định của ITU). Hầu hết các bộ phát đáp thường được thiết kế với dải thông 36 MHz, 54 MHz hoặc 72 MHz, trong đó dải thông 36 MHz là chuẩn được sử dụng phổ biến. Trong quỹ đạo địa tĩnh, vệ tinh được đặt ở một tọa độ xác định và làm việc với một số băng tần xác định.

Ví dụ, trong băng tần C (6/4 GHz) vệ tinh được phép sử dụng một phân định phổ rộng 500 MHz. Như vậy, vệ tinh có khả năng đặt 24 bộ phát đáp sử dụng dải thông 36 MHz trong dải tần phân định 500 MHz. Có thể thực hiện được điều đó bằng cách bố trí 12 bộ phát đáp làm việc với sóng bức xạ phân cực đứng và 12 bộ phát đáp làm việc với sóng bức xạ phân cực ngang. Hình 7.1 mô tả sự bố trí 12 kênh theo phân cực đứng và 12 kênh theo phân cực ngang trong dải tần 500 MHz. Các vệ tinh này thường sử dụng cho chuyển tiếp truyền hình (trong hình C là ký hiệu cho kênh).



Hình 7.1: Ví dụ phân bổ dải tần của bộ phát đáp vệ tinh trong trường hợp sử dụng phân cực trực giao

Các hệ thống thông tin vệ tinh sử dụng băng tần C (6 GHz cho tuyến lên và 4 GHz cho tuyến xuống) có đặc tính là thiết bị tương đối rẻ, tạp âm vũ trụ nhỏ và suy hao tín hiệu trong tầng khí quyển bé. Tuy nhiên cũng cần lưu ý rằng, các đường chuyển tiếp viba trên mặt đất cũng làm việc trong băng tần 6 và 4 GHz. Do vậy cần phải cẩn thận trong việc đặt các anten thu vệ tinh của các trạm mặt đất sao cho chúng không thu sóng của hệ thống viba mặt đất cũng như chúng không gây nhiễu lẫn nhau. Trong băng tần 6/4 GHz, đề các vệ tinh địa tĩnh không gây nhiễu nhau thường phải

đặt tọa độ cách nhau từ 1.5° đến 2° . Các vệ tinh làm việc ở băng tần cao hơn, ví dụ ở băng tần K với 14 GHz cho tuyến lên và 12 GHz cho tuyến xuống thì cần phải đặt cách nhau là 3° . Công suất của bộ khuếch đại phát trên vệ tinh cho tuyến xuống tùy thuộc vào nhu cầu thiết kế, nó có thể là từ 10 W đến 120 W, 140 W hoặc 200 W.

Công suất bức xạ đẳng hướng tương đương (EIRP) hoặc mật độ thông lượng công suất trong vùng xem xét nói chung được xác định tại vùng biên của vùng phủ sóng trong các điều kiện làm việc cụ thể đối với một kênh của bộ phát đáp và thường được xem xét ở chế độ bão hòa của bộ khuếch đại công suất.

Mật độ thông lượng công suất tối thiểu tại anten thu của vệ tinh và tỉ số G/T cũng được xác định trong các điều kiện cụ thể.

7.1.3. Quan hệ giữa các đặc tính tần số vô tuyến

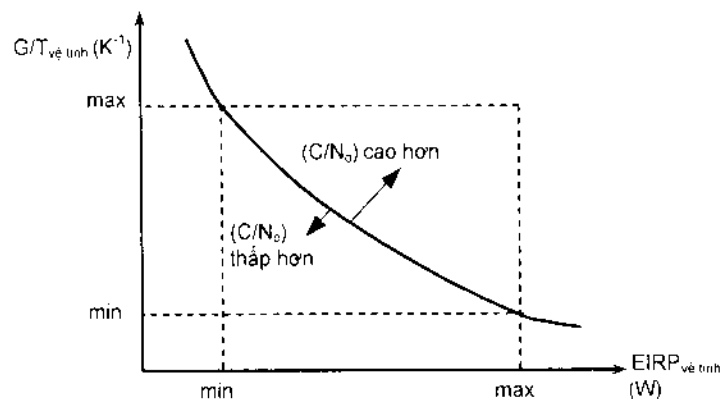
Đứng về quan điểm xem xét dự trữ tuyến (link budget) có hai thông số quan trọng, đó là công suất bức xạ đẳng hướng tương đương (EIRP) đối với tuyến xuống và tỉ số G/T đối với khuếch đại tuyến lên. Để đơn giản, sau đây sẽ xem xét trường hợp liên lạc trạm mặt đất - trạm mặt đất thông qua bộ phát đáp vệ tinh, trong trường hợp không có can nhiễu và truy nhập đơn. Tỉ số mật độ phổ công suất sóng mang trên mật độ phổ công suất tạp âm cho toàn tuyến $(C/N_o)_T$ có thể được biểu thị bởi biểu thức sau:

$$(C/N_o)_T^{-1} = (C/N_o)_u^{-1} + (C/N_o)_D^{-1}$$

trong đó $(C/N_o)_u$ là tỉ số mật độ công suất sóng mang trên mật độ công suất tạp âm của tuyến lên và giá trị của nó tỷ lệ với tỉ số G/T của vệ tinh; còn $(C/N_o)_D$ là tỉ số mật độ công suất sóng mang trên công suất tạp âm của tuyến xuống và nó tỷ lệ với công suất bức xạ đẳng hướng tương đương (EIRP) của kênh.

Từ đó, với một hệ thống có hiệu năng không thay đổi đối với các giá trị $(C/N_o)_T$, $(C/N_o)_u$ và $(C/N_o)_D$ thì các giá trị về tỉ số G/T và công suất bức xạ đẳng hướng tương đương EIRP có thể biểu thị bởi biểu thức:

$$C = A(G/T)^{-1} + B(EIRP)^{-1}$$



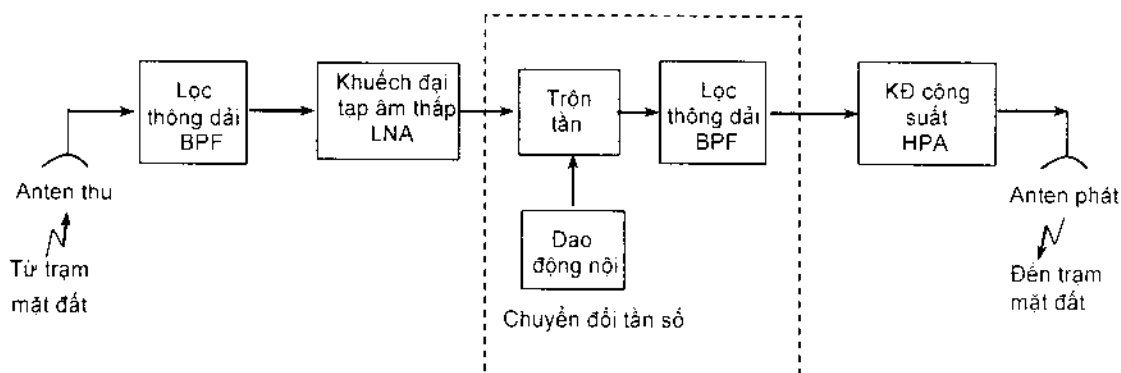
Hình 7.2: Mô tả quan hệ giữa tỉ số G/T vệ tinh đối với giá trị EIRP ứng với tỉ số $(C/N_o)_T$ cho

trong đó A , B , C là các hằng số theo cấu hình xem xét. Hình 7.2 mô tả quan hệ đó. Từ quan hệ đó nhận thấy rằng, đối với mỗi một trạm mặt đất, khả năng sẽ có một sự nhân nhượng trong việc lựa chọn các thông số. Giả thiết rằng, nếu như độ tăng ích (gain) của anten thu và anten phát là cố định đối với vùng phủ sóng xem xét thì sự nhân nhượng giữa công suất P_{TX} ở đầu ra của bộ khuếch đại và nhiệt độ tạp âm T của hệ thống sẽ được lựa chọn thiết lập thích hợp.

7.2. BỘ PHÁT ĐÁP ĐƠN BÚP SÓNG

7.2.1. Cấu trúc của bộ phát đáp đơn búp sóng

Bộ phát đáp đơn búp sóng (single beam transponder), đúng như tên gọi của nó, là bộ phát đáp làm việc với anten đơn búp sóng và đồng thời cũng là mạng đơn búp sóng. Nhiệm vụ của bộ phát đáp là thu tín hiệu sóng mang từ tuyến lên, khuếch đại tạp âm thấp (LNA), chuyển đổi tần số (một hoặc hai lần chuyển đổi), khuếch đại công suất đưa ra anten phát để truyền theo tuyến xuống.



Hình 7.3: Mô tả sơ đồ khối chức năng bộ phát đáp đơn búp sóng

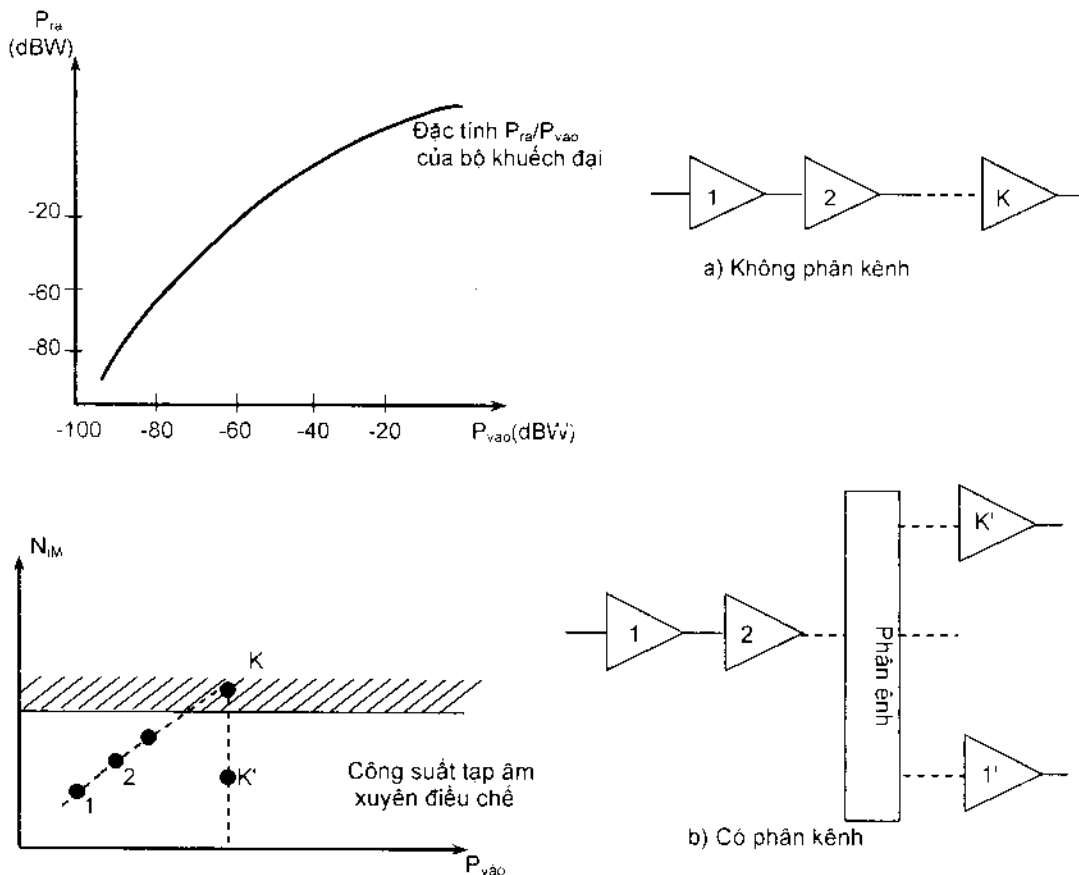
Hình 7.3 mô tả sơ đồ khối chức năng bộ phát đáp đơn búp sóng. Cấu trúc của bộ phát đáp gồm có: bộ lọc giới hạn băng thông (BPF - BandPass Filter) ở đầu vào, bộ khuếch đại tạp âm thấp LNA (Low Noise Amplifier), bộ chuyển đổi tần số bao gồm cả lọc thông dải BPF và bộ khuếch đại công suất ra. Bộ phát đáp đó thực chất là một bộ lặp chuyển đổi từ tần số sóng mang vô tuyến RF này (tuyến lên) sang tần số sóng mang vô tuyến RF khác (tuyến xuống). Cũng có một số bộ phát đáp có chuyển đổi tần số trung gian giống như các bộ lặp trong các đường truyền viba. Biến đổi thành tần số trung gian (IF) đó có thể một lần hoặc hai lần (giống trộn tần 1 và trộn tần 2). Bộ lọc BPF ở đầu vào có nhiệm vụ giới hạn tạp âm và can nhiễu ở đầu vào bộ khuếch đại tạp âm thấp LNA. Bộ khuếch đại LNA thường sử dụng loại diode đường hầm (tunnel diode) để khuếch đại tín hiệu với hệ số tạp âm bé. Bộ chuyển đổi tần số làm nhiệm vụ chuyển đổi tần số sóng mang tuyến lên băng tần cao thành tần số sóng mang tuyến xuống băng tần thấp hơn. Bộ khuếch đại công suất, thường dùng đèn sóng chạy TWT (Traveling Wave Tube) có nhiệm vụ khuếch đại công suất tín hiệu RF để truyền theo tuyến xuống đến các trạm mặt đất thu. Mỗi một kênh vệ tinh yêu cầu một bộ phát đáp riêng.

7.2.2. Phân kênh trong bộ phát đáp

Các tầng đầu vào của bộ phát đáp làm việc với toàn bộ băng tần của hệ thống và có độ rộng vài trăm MHz. Như vậy trong băng tần khá rộng đó có thể vài chục sóng mang xuất hiện. Điều đó sẽ gây ra một số lớn tích xuyên điều chế (intermodulation products) do các sóng mang đó đi qua

các tầng có đặc tuyến nói chung là không tuyến tính. Để giảm số lượng các tích xuyên điều chế, từ đó giảm mức tạp âm xuyên điều chế, cần phải giới hạn số lượng các sóng mang đi qua cùng một bộ khuếch đại. Phương pháp đơn giản là phân chia băng tần thành các băng tần con (sub-band) để khuếch đại chúng theo các bộ khuếch đại riêng biệt nhau. Hình 7.4 mô tả đặc tuyến không tuyến tính, mức độ tạp âm xuyên điều chế và sự phân chia băng tần thành các băng tần con với các bộ khuếch đại riêng. Sự phân chia đó còn gọi là phân kênh.

Mục đích của việc phân kênh của bộ phát đáp là tạo ra các kênh (băng tần con) có độ rộng băng tần bé hơn, do đó số sóng mang trong mỗi băng tần con đó sẽ ít hơn nhiều, tích điều chế trong toàn bộ độ rộng dải tần sẽ giảm.



Hình 7.4: Mô tả giảm tích xuyên điều chế bằng cách phân kênh ở bộ phát đáp

Sự phân kênh như vậy sẽ có ưu điểm là:

- 1- Cho phép thực hiện khuếch đại công suất với một sự gia tăng có giới hạn nhiễu xuyên điều chế do số sóng mang qua mỗi bộ khuếch đại giảm;
- 2- Tăng cường tổng công suất phát của bộ phát đáp do có thể chọn lựa công nghệ thích hợp cho mỗi kênh.

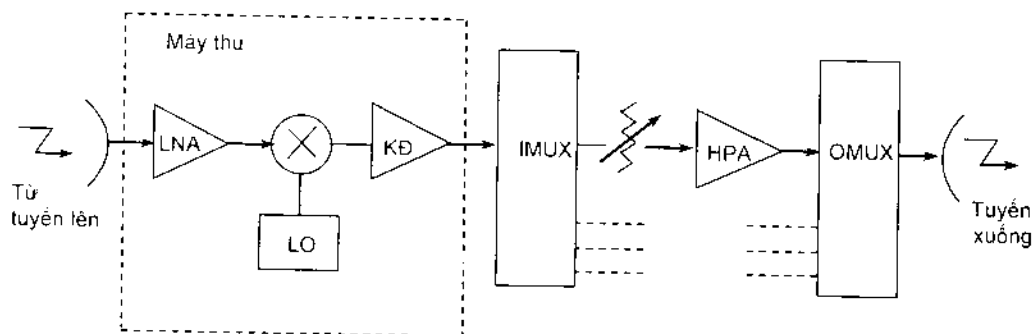
Tuy vậy, việc phân chia các kênh song song như vậy cũng gây nên méo khi mà một phần năng lượng tín hiệu của các kênh lân cận ảnh hưởng lẫn nhau. Nhiều trong trường hợp đó được gọi là nhiễu kênh lân cận ACI (Adjacent Channel Interference). Các hiệu ứng ACI sẽ được giảm thiểu

bằng các khoảng cách bao vệ giữa các kênh đủ rộng và các bộ lọc dải thông đảm bảo. Sự phân chia kênh bằng các bộ lọc thông dải ở đầu vào như vậy còn gọi là ghép (tách) kênh đầu vào IMUX (input multiplex). Độ rộng dải tần của mỗi kênh là vài chục MHz đến vài trăm MHz (thường sử dụng các chuẩn 36, 40, 72 và 120 MHz). Các băng con (hoặc kênh) khác nhau đó, sau khi khuếch đại lại được tái hỗn hợp trong một bộ ghép kênh đầu ra OMUX (Output Multiplexer). Ở đây cần lưu ý rằng, thuật ngữ bộ phát đáp (Responder) trong một số tài liệu được sử dụng để chỉ thiết bị làm việc với một băng tần con (ví dụ 36 MHz) như đã phân tích trên và kênh con đó được gọi là kênh vệ tinh.

Việc khuếch đại kênh sử dụng một bộ tiền khuếch đại để đảm bảo cung cấp công suất theo yêu cầu đầu vào của tầng đầu ra. Bộ tiền khuếch đại đó được gọi là bộ khuếch đại kênh hoặc bộ khuếch đại điều khiển (tức hệ số khuếch đại có thể bổ sung do điều khiển từ xa khi bị lão hóa). Bộ khuếch đại công suất cung cấp công suất theo yêu cầu cho các đầu vào của bộ ghép kênh đầu ra OMUX.

Tại đầu vào của bộ phát đáp, bộ lọc thông dải có nhiệm vụ giới hạn độ rộng dải thông nhiễu và loại trừ ảnh hưởng các tần số của tuyến xuống. Tại đầu ra, bộ lọc dải thông có nhiệm vụ gạt bỏ các sóng hài tạo ra bởi các phần tử không tuyến tính và gia tăng sự cách biệt giữa các đầu vào và đầu ra. Hình 7.5 mô tả sơ đồ khối chức năng bộ phát đáp biến đổi tần số một lần có bộ ghép kênh đầu vào và đầu ra.

Trường hợp bộ phát đáp có đổi tần hai lần thì việc chuyển đổi tần số có thể thực hiện trong phần máy thu với toàn bộ dải tần hoặc có thể thực hiện ở từng kênh một sau khi đã phân kênh.



LNA: Bộ khuếch đại tạp âm thấp.

LO: Bộ tạo dao động nội

HPA: Bộ khuếch đại công suất.

IMUX: Ghép kênh đầu vào.

OMUX: Ghép kênh đầu ra.

Hình 7.5: Sơ đồ khối chức năng bộ phát đáp đổi tần số một lần có ghép (tách) kênh đầu vào và đầu ra

7.2.3. Các đặc tính kỹ thuật của các thiết bị trong bộ phát đáp

Như mô tả ở hình 7.5, các thiết bị chủ yếu của bộ phát đáp bao gồm: máy thu, bộ ghép (tách) kênh đầu vào và đầu ra, bộ khuếch đại công suất. Sau đây sẽ xem xét các đặc tính kỹ thuật của chúng.

7.2.3.1. Phần máy thu

Phần máy thu bao gồm bộ khuếch đại tần số tuyến lên, tầng chuyển đổi tần số và khuếch đại tín hiệu sau khi chuyển đổi tần số. Nguyên lý làm việc của tầng này giống như nguyên lý làm việc của các máy thu thông thường. Công nghệ mới nhất là dùng các mạch lai cùng các chip (các phần tử tích cực). Với các công nghệ mới được đưa vào sử dụng, máy thu có kích thước gọn, trọng lượng nhẹ. Ví dụ máy thu của ESA (European Space Agency) có kích thước 30x20x10 cm và công suất điện tiêu thụ trong khoảng 5-15W.

Bộ khuếch đại đầu vào

Bộ khuếch đại tần số tuyến lên (khuếch đại đầu vào) là bộ phận chủ yếu quyết định tỷ số G/T của bộ phát đáp. Bộ khuếch đại đó cần phải có nhiệt độ tạp âm thấp, hệ số khuếch đại lớn để giới hạn nhiệt độ tạp âm cho các tầng kế tiếp sau. Các vệ tinh đầu tiên thường sử dụng bộ khuếch đại với diode đường hầm (diode tunel). Những năm gần đây, các bộ khuếch đại tham số được đưa vào sử dụng. Nguyên lý hoạt động của khuếch đại tham số là dựa trên sự phản xạ của tín hiệu trên một điện trở âm (xem mục 6.3.2.2 về bộ khuếch đại tham số). Các bộ khuếch đại dùng transistor hiệu ứng trường (field effect) hiện nay cũng đang được sử dụng phổ biến. Bảng 7.1 mô tả các giá trị tỷ số G/T của ba loại bộ khuếch đại tạp âm thấp LNA ở đầu vào bộ phát đáp được nêu trên. Ở băng tần C và băng tần K_u , thì các bộ khuếch đại hiệu ứng trường có nhiều ưu điểm do sử dụng công nghệ HMET (High Mobility Electron Technology) và GaAs. Ở băng tần cao hơn (30 GHz) thì thường sử dụng bộ khuếch đại tham số để đảm bảo hệ số tạp âm thấp. Một số bộ khuếch đại có thể mắc theo kiểu cascaded để có hệ số khuếch đại lớn, khoảng 30 dB, trước khi chuyển đổi tần số.

Bảng 7.1: Đặc tính của một số bộ khuếch đại tạp âm thấp LNA

Hệ số tạp âm	6 GHz	14 GHz	30 GHz	Hệ số khuếch đại
Bộ khuếch đại tham số		2 dB	3 dB	15 dB
Bộ khuếch đại transistor hiệu ứng trường	2 dB	3 dB	5 dB	20 dB
Bộ khuếch đại HMET	1,6 dB	2,5 dB		30 dB

Tầng chuyển đổi tần số

Tầng chuyển đổi tần số bao gồm một bộ trộn tần, một bộ tạo dao động nội và các bộ lọc. Tần số của bộ tạo dao động nội là hiệu số giữa của tần số giữa băng tần tuyến lên và tần số giữa của băng tần tuyến xuống (đối với trường hợp chuyển đổi tần số một lần và giả thiết băng tần là liên tục). Trong băng tần C tần số bộ tạo dao động nội đó là khoảng 2,2 GHz. Trong băng tần K_u thì nó là, ví dụ như: 1,5; 2,58 hoặc 3,8 GHz tương ứng với băng tần được sử dụng cho tuyến xuống là (10,95 - 11,2 GHz hoặc 12,5 - 12,75 GHz) và với băng tần được sử dụng cho tuyến lên là 14,0 - 14,5 GHz.

Các thông số đặc trưng chủ yếu của bộ chuyển đổi tần số là:

- 1- Tồn hao chuyển đổi, nghĩa là tỷ số giữa công suất đầu vào (tại tần số của tuyến lên) và công suất đầu ra (tại tần số sau khi chuyển đổi) và mức tạp âm (giá trị tiêu biểu là từ 5 đến 10 dB).
- 2- Độ ổn định của tần số bộ dao động nội. Giá trị biến động tần số cần phải nhỏ hơn ± 1 đến $\pm 5 \cdot 10^{-6}$ trong điều kiện có sự thay đổi nhiệt độ thực tế.

3- Biên độ của các tín hiệu không mong muốn: các tín hiệu dư (residual) tại tần số bộ dao động nội và các sóng hài (harmonics) của nó cần phải nhỏ hơn -60 dBm; các tín hiệu không mong muốn ở tại các tần số gần với tín hiệu hữu ích ở đầu ra nhỏ hơn -79 dBO trong dải tần.

Bộ tạo dao động nội có thể sử dụng mạch nhân tần kết hợp khuếch đại theo kiểu truyền thống hoặc có thể tạo sóng trực tiếp theo kiểu dùng bộ tổng hợp tần số (frequency synthesiser) cùng với vòng khóa pha PLL (Phase - Locket Loop) với bộ tạo dao động dùng thạch anh có điều khiển điện áp để ổn định tần số.

7.2.3.2. Khuếch đại sau chuyển đổi tần số

Nhiệm vụ khuếch đại sau chuyển đổi tần số là khuếch đại để đảm bảo mức công suất tín hiệu trước khi phân kênh. Phần khuếch đại này có thể có nhiều tầng và có sử dụng điều khiển hệ số khuếch đại từ xa. Một trong những yêu cầu về đặc tính của các tầng khuếch đại này là độ tuyến tính. Bởi vì các tầng khuếch đại làm việc với một độ rộng dải tần khá lớn cho nên sự không tuyến tính sẽ gây nên tích xuyên điều chế (intermodulation products) của các tín hiệu sóng mang trong dải tần. Mức của tích xuyên điều chế bậc 3 thường phải nhỏ hơn mức của sóng mang là 40 dB (với giả thiết là hai sóng mang có biên độ bằng nhau ở đầu vào).

Hệ số khuếch đại (độ lợi) của máy thu thường là khoảng từ 60 đến 70 dB. Hệ số khuếch đại đó phải là hằng số đối với các tần số trong toàn bộ dải tần công tác để hạn chế méo không tuyến tính ở các tầng ra của bộ phát đáp. Thông thường độ gợn sóng không được vượt quá 0,5 dB trong toàn bộ dải tần 500 MHz. Để đạt được điều đó cần có sự phối hợp trở kháng (matching) giữa các tầng để giảm tối thiểu tỷ số sóng đứng (standing wave ratio). Có thể sử dụng các bộ isolator và circulator để phối hợp trở kháng giữa các tầng, ngăn cách sóng phản xạ tại các giao tiếp.

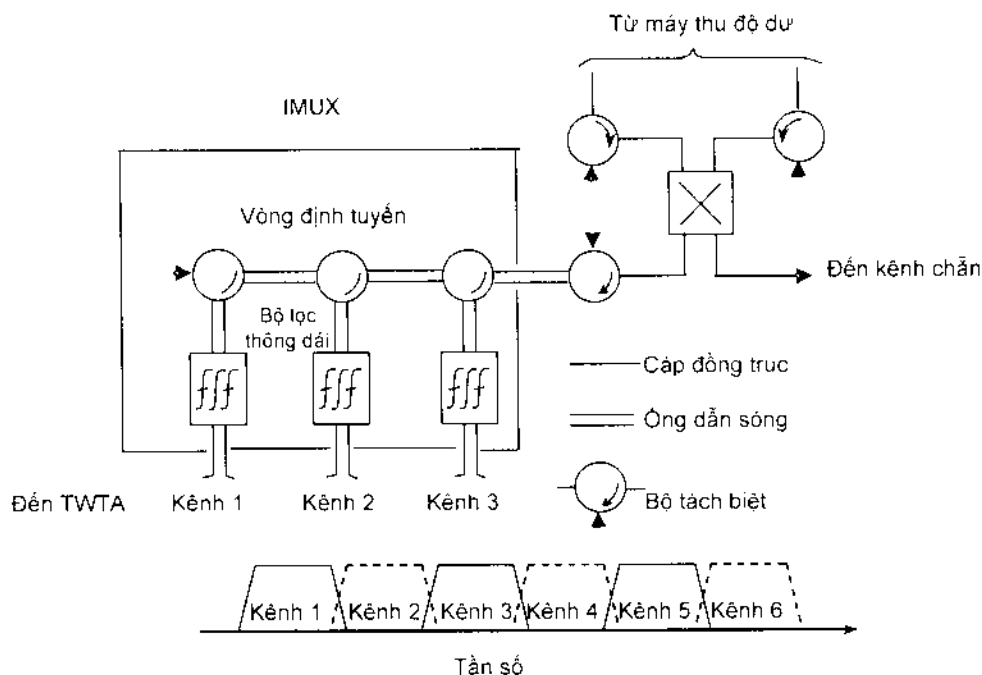
7.2.3.3. Bộ phân kênh đầu vào và bộ hợp kênh đầu ra

Như mô tả ở hình 7.5, bộ phát đáp vệ tinh có bộ phận kênh đầu vào IMUX và bộ hợp kênh đầu ra OMUX.

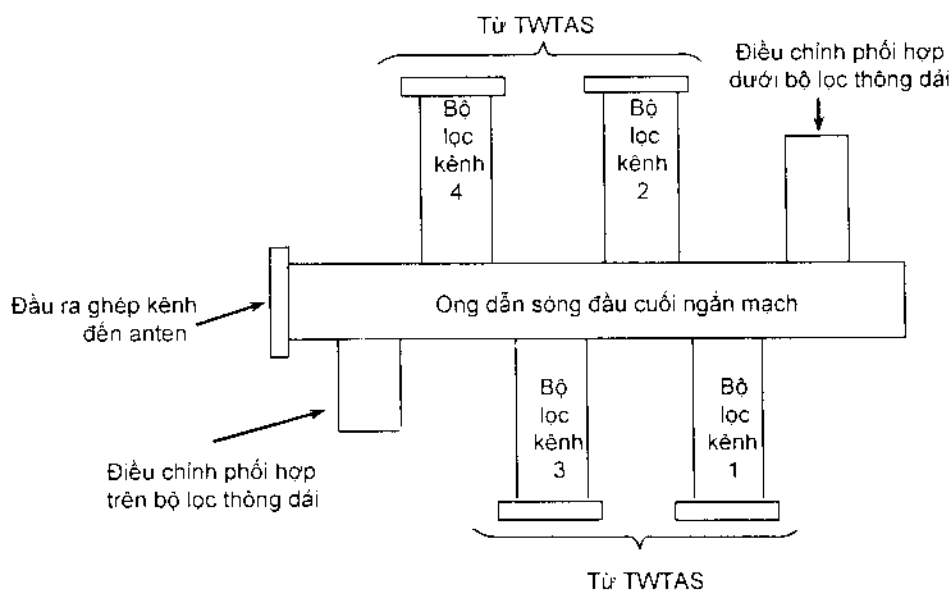
Bộ phân kênh đầu vào (IMUX) phân chia toàn bộ dải tần của hệ thống thành các băng tần con. Các bộ lọc thông dải được sử dụng để xác định độ rộng băng tần con của các kênh khác nhau đó. Một cấu hình tiêu biểu là một loạt các bộ lọc thông dải được cung cấp thông qua các vòng định tuyến (circulator). Hình 7.6 mô tả ví dụ một bộ phân kênh đầu vào (IMUX) và các kênh được tổ chức thành hai nhóm: nhóm kênh lẻ và nhóm kênh chẵn. Bộ phân kênh sau đó sẽ phân chia các kênh thông qua các circulator và các bộ lọc thông dải được thiết kế dưới dạng mạch lai (hybrid). Sự phân nhóm ở đầu vào có thể lớn hơn hai. Tồn hao trong bộ phân kênh phụ thuộc vào thời gian của tín hiệu liên quan đi qua vòng định tuyến circulator và sự phản xạ tín hiệu từ các đầu vào bộ lọc thông dải (khoảng 0,1 dB). Các tổn hao đó sẽ được bù ở bộ khuếch đại kênh.

Bộ hợp kênh đầu ra (OMUX) có chức năng tái tổng hợp các kênh sau khi đã khuếch đại công suất. Không giống như các tổn hao ở IMUX, các tổn hao OMUX ở đây sẽ trực tiếp dẫn đến việc suy giảm công suất bức xạ. Cũng vì vậy, các bộ lọc thông dải ở đây sử dụng kết hợp với ống dẫn sóng, bộ lọc dùng ống dẫn sóng ngắn mạch đầu cuối (hình 7.7). Đầu ra của mỗi một bộ lọc dùng ống dẫn sóng ngắn mạch đó được ghép với ống dẫn sóng chung thông qua bộ ghép ống dẫn sóng.

Việc thiết kế và điều chuẩn, phối hợp trở kháng ống dẫn sóng hơi phức tạp (xem lý thuyết về ống dẫn sóng, mục 2.2 trang 89 - 97 sách "Trường điện từ, truyền sóng và anten". Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật - 2006).



Hình 7.6: Mô tả cấu trúc điển hình bộ phân kênh đầu vào (IMUX)

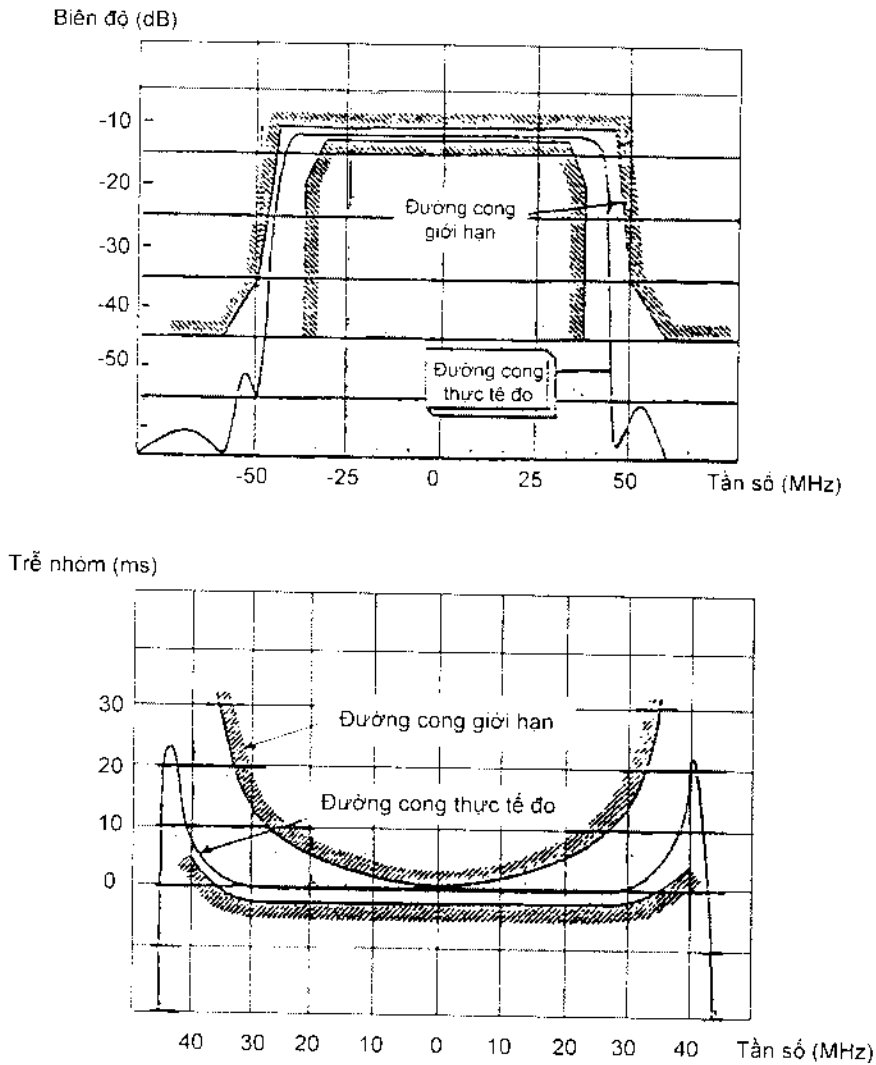


Hình 7.7: Mô tả bộ hợp kênh đầu ra OMUX sử dụng một ống dẫn sóng chung

7.2.3.4 Các bộ lọc thông dải

Các đặc tính của bộ lọc thông dải được xác định như là một hàm của tần số - biên độ và độ trễ nhóm (hình 7.8). Các đặc tính về biên độ - tần số được biểu thị bởi:

- 1- Biên độ và độ dốc cực đại của hàm truyền trong dải thông;
- 2- Tốc độ giảm của biên độ tại giới hạn của dải thông;
- 3- Giá trị cực tiểu của suy giảm bên ngoài dải thông.



Hình 7.8: Mô tả ví dụ hàm truyền và trễ nhóm của bộ lọc thông dải

Nếu như ở hai đầu mút của hàm truyền có độ dốc lớn thì có thể sử dụng dải tần bảo vệ giữa các dải thông hẹp hơn, như vậy hiệu năng sử dụng băng tần sẽ lớn hơn. Độ dốc lớn đó cũng hạn chế được can nhiễu giữa các kênh lân cận (nhiều ACI).

Đặc tính trễ nhóm được xác định bởi sự thay đổi cực đại cho phép của trễ nhóm sẽ gây nên sự lệch pha của các thành phần phổ tần của các tín hiệu băng tần rộng và do đó dẫn đến méo tín hiệu.

Trong thực tế, với tần số viba, các bộ lọc hốc cộng hưởng ống dẫn sóng, loại đơn một hoặc đa một, với sóng TE hoặc TM thường được sử dụng để gia tăng hiệu năng và hệ số phẩm chất của bộ lọc.

7.2.3.5. Bộ khuếch đại kênh

Bộ khuếch đại kênh có nhiệm vụ khuếch đại đảm bảo công suất đầu vào cho tầng ra, thường là có độ khuếch đại từ 20 đến 50 dB. Yêu cầu là đặc tuyến khuếch đại phải tuyến tính để không có tích xuyên điều chế. Mạch khuếch đại thường được sử dụng là transistor hiệu ứng trường dưới dạng mạch tích hợp. Bộ khuếch đại cũng thường được kết hợp với bộ suy giảm (attenuator), có thể điều chỉnh theo bước từ 0 đến vài dB và được điều khiển từ xa thông qua hệ thống bám và điều khiển từ xa TTC (telemetry, tracking and command) từ trạm điều khiển mặt đất.

7.2.3.6. Tầng khuếch đại công suất ra

Nhiệm vụ của tầng khuếch đại công suất ra là đảm bảo công suất đầu ra cho mỗi kênh và chính công suất đó xác định giá trị của công suất bức xạ đẳng hướng tương đương EIRP của kênh. Ở đây, công suất danh định (nominal power) được định nghĩa là công suất bão hòa đối với sóng mang đơn của bộ khuếch đại. Điểm công tác của bộ khuếch đại được điều chỉnh với các tín hiệu được phát trong kênh ứng với mức tạp âm xuyên điều chế cho phép. Việc chọn điểm công tác đó tương ứng với khoảng lùi đầu vào IBO (Input BackOff) hoặc khoảng lùi đầu ra OBO (Output BackOff) của đường đặc tuyến khuếch đại do sự thỏa hiệp giữa công suất hữu dụng đầu ra và mức tạp âm xuyên điều chế, có nghĩa là:

- Nếu khoảng lùi bé (tức điểm làm việc gần vùng bão hòa) thì có lợi là công suất ra sẽ lớn nhưng tạp âm xuyên điều chế trong trường hợp này cũng sẽ lớn do thiết bị làm việc trong vùng không tuyến tính của đường đặc tuyến.

- Nếu khoảng lùi lớn thì có thể hạn chế được tạp âm xuyên điều chế nhưng công suất ra sẽ bị giảm.

Các thủ tục để xác định khoảng lùi (backoff), tức chọn khoảng lùi tối ưu để sao cho tỷ số mật độ phổ công suất tín hiệu trên mật độ phổ công suất tạp âm của toàn tuyến (C/N_0), - từ trạm mặt đất đến trạm mặt đất qua vệ tinh - là cực đại (xem chi tiết ở chương 5).

Có một thông số quan trọng của tầng khuếch đại công suất ra là hiệu suất. Hiệu suất ở đây được xác định bởi tỷ số giữa công suất ra tần số vô tuyến RF với công suất điện năng tiêu thụ. Sự mất mát điện năng ở đây chủ yếu là dưới dạng nhiệt. Nếu hiệu suất lớn tức tiêu thụ điện năng giảm và điều đó dẫn đến giảm kích thước, trọng lượng của hệ thống điện trong vệ tinh. Hiệu suất của bộ khuếch đại công suất ra thường có giá trị cực đại khi bộ khuếch đại làm việc ở gần vùng bão hòa.

Có hai loại bộ khuếch đại công suất ra thường được sử dụng ở các bộ phát đáp vệ tinh, đó là bộ khuếch đại dùng đèn sóng chạy TWT và bộ khuếch đại dùng transistor SSPA (Transistor Solid State Power Amplifier).

Bộ khuếch đại dùng đèn sóng chạy TWT làm việc dựa trên nguyên lý trao đổi năng lượng giữa chùm tia điện tử và sóng tín hiệu trong cuộn dây. Chùm tia điện tử thoát ra từ ca-tốt được đốt nóng ở nhiệt độ cao, được hội tụ và gia tốc bởi một cặp a-nốt. Sóng tín hiệu truyền trong cuộn dây xoắn ốc đặt trong đèn. Chùm tia điện tử bị giữ bởi các đường từ đồng tâm chạy dọc theo cuộn dây xoắn ốc. Tốc độ trục của sóng bị giảm đến một giá trị gần với tốc độ của các điện tử. Tác động qua lại đó dẫn đến sự trao đổi năng lượng. Một cực góp sẽ thu nhận các điện tử (dòng năng lượng lớn

biến đổi theo quy luật của sóng) ở đầu ra của cuộn dây xoắn ốc. Khuếch đại được thực hiện. Việc phân chia cực góp (collector) theo một số tầng với các thể hiệu khác nhau để việc thu thập năng lượng dư của các điện tử được tốt hơn và do đó hiệu suất của đèn cũng sẽ gia tăng. Cấu trúc của đèn sóng chạy TWT xem mô tả ở hình 6.12 - Chương 6.

Các giá trị tiêu biểu về đặc tính của đèn TWT là:

- 1- Công suất ở chế độ bão hòa;
- 2- Hiệu suất: từ 40-50%;
- 3- Hệ số khuếch đại (độ lợi) ở bão hòa: khoảng 55 dB;
- 4- Tỷ số $(C/N)_{M}$ ở bão hòa: từ 10 đến 12 dB;
- 5- Hệ số chuyển đổi AM/PM: K_p khoảng 4,5°/dB.

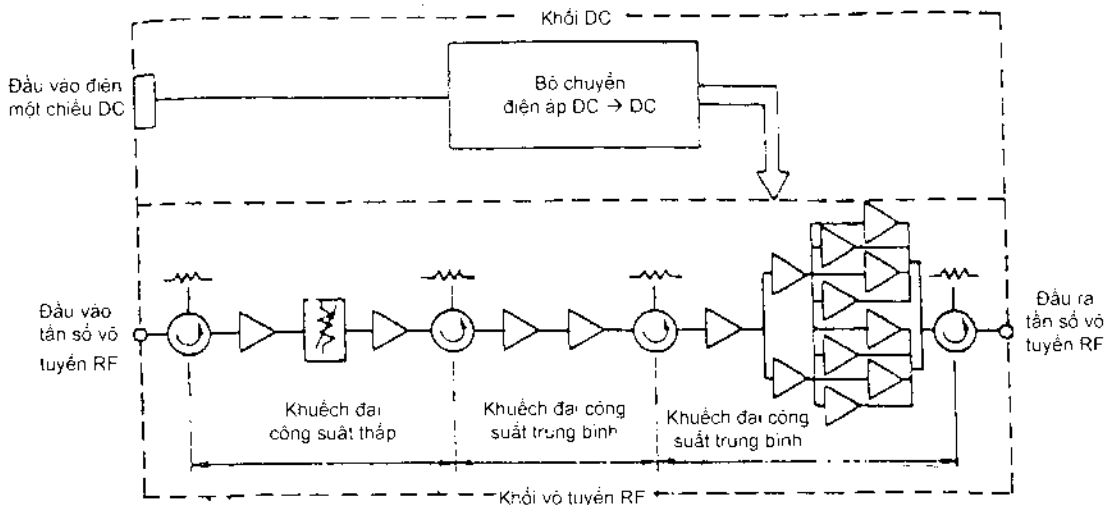
Để cho đèn TWT làm việc bình thường, cần có các nguồn cấp điện khác nhau (điện áp có thể trên 4000V). Trọng lượng toàn bộ của đèn là khoảng 2.2 kg (đèn 0.7 kg và nguồn cấp điện 1.5 kg). Ở băng tần cao (như băng tần K_u , 20 GHz) thì các ảnh hưởng truyền sóng có thể gây ra suy hao tuyến (từ 5 đến 25 dB). Các đèn sóng chạy TWT làm việc ở dải tần EHF (Extra High Frequency) có thể được thiết kế với các công suất bão hòa khác nhau.

Bộ khuếch đại dùng transistor phổ biến là dùng transistor hiệu ứng trường (field effect transistor). Công suất và dải tần công tác của loại transistor này cũng liên tục được tăng cường do sự phát triển không ngừng của công nghệ. Công suất đầu ra của bộ khuếch đại phụ thuộc vào số transistor trong mạch được ghép song song (hình 7.8). Các bộ khuếch đại công suất dùng transistor được đưa vào ứng dụng trong các bộ phát đáp vệ tinh bắt đầu vào năm 1980 và làm việc ở băng tần C với công suất ra là 10 W. Ngày nay các bộ khuếch đại dùng transistor có thể làm việc với các băng tần Ka, Ku với công suất lớn hơn. Các đặc tính chủ yếu của bộ khuếch đại transistor là:

- Công suất ra: (từ 10W đến 50 W);
- Hiệu suất: (từ 20% đến 35%);
- Hệ số khuếch đại (độ lợi) ở bão hòa: 50 dB (phụ thuộc vào số tầng khuếch đại);
- Tỷ số $(C/N)_{M}$ ở bão hòa: từ 14 đến 18 dB;
- Hệ số K_p : chuyển đổi AM/PM: khoảng 2°/dB.

Nguồn điện cung cấp cho bộ khuếch đại transistor yêu cầu điện áp xê dịch (biasvoltage) trong khoảng vài V đến vài chục V. Mạch cần có bù nhiệt để tránh trôi nhiệt, trọng lượng bộ khuếch đại từ 1 kg đến 2 kg.

So với bộ khuếch đại dùng đèn điện tử (TWT) thì bộ khuếch đại transistor có đặc tính tuyến tính tốt hơn và do đó dung lượng của bộ phát đáp được gia tăng. Bộ khuếch đại transistor có kích thước gọn nhẹ. Nếu xem xét về hiệu suất thì bộ khuếch đại transistor có hiệu suất kém hơn do tiêu tán nhiệt lớn hơn (hiệu suất ở đây là tính hiệu suất từ DC chuyển thành RF).



Hình 7.9: Sơ đồ khối một bộ khuếch đại công suất dùng bán dẫn transistor

7.3. BỘ PHÁT ĐÁP ĐA BÚP SÓNG

7.3.1. Tổng quan

Vệ tinh đa búp sóng (multibeam satellite) là vệ tinh có một số búp sóng đề phủ sóng cho các vùng dịch vụ khác nhau. Ở phía thu của bộ phát đáp, tín hiệu có thể xuất hiện ở các đầu ra của một hoặc của nhiều anten thu. Các tín hiệu đầu ra của bộ phát đáp cần phải cung cấp cho các anten phát khác nhau. Có hai cấu hình cơ bản, đó là:

1. Phối hợp máy thu - máy phát để tạo nên các mạng độc lập.

2. Các trạm mặt đất nằm trong các vùng phủ sóng khác nhau sẽ được kết hợp với nhau trong cùng một mạng và các tuyến liên lạc cần được thiết lập giữa một cặp trạm nào đó nằm trong các vùng khác nhau.

Theo cấu hình thứ nhất thì vệ tinh sẽ có một số bộ phát đáp độc lập. Các bộ phát đáp này làm việc ở các dải tần khác nhau (6/4 và 14/12 GHz) và với hai phân cực trực giao cho hai thiết bị thu/phát trong cùng dải tần (ví dụ với vệ tinh Telecom.1).

Theo cấu hình thứ hai thì khái niệm về đa búp sóng như giới thiệu trong chương sau về mạng đa búp sóng, giữa các búp sóng có sự kết nối với nhau. Việc kết nối đó có thể là chuyển tiếp bộ phát đáp (với vệ tinh không tái sinh) hoặc có thể là tái sinh (regenerative). Cũng có thực hiện kết hợp cả hai cấu hình trên.

7.3.2. Kết nối cố định

Kết nối cố định tức là việc kết nối giữa các búp sóng được thực hiện trước, ngay khi sản xuất thiết bị. Vùng phủ sóng máy thu thường là chung cho tất cả các vùng và có khả năng sử dụng hai phân cực trực giao ($M = 1$ hoặc 2 phù hợp với phân cực trực giao được sử dụng).

Vệ tinh có một số máy thu tích cực với các búp sóng tuyến lên. Tại các đầu ra của máy thu, bộ phân kênh (MUX) sẽ phân chia băng tần thành các kênh khác nhau. Khác với vệ tinh búp sóng

đơn, ở đây về phía phát các kênh được nhóm lại cho một vùng đích chung, bộ phát đáp đa búp sóng có nhiều bộ phân kênh (OMUX) đầu ra ứng với các búp sóng phát tuyến xuống. Việc lựa chọn vùng đích để phát xuống bằng cách chọn theo tần số sóng mang của tuyến lên sau khi chuyển đổi tần số.

7.3.3. Kết nối bán cố định

Kết nối bán cố định (semi-fixed interconnection) trong các vệ tinh đa búp sóng còn được gọi là kết nối có thể thay đổi cấu hình (reconfigurable interconnection). Ở đây sử dụng các chuyển mạch có thể điều khiển từ xa (ví dụ thay đổi phần cơ khí ghép kết nối trong ống dẫn sóng) để cấu hình lại bộ phát đáp bằng cách thay đổi sự phân nhánh giữa đầu ra của kênh và các đầu vào của các bộ phận phân kênh phù hợp với các đầu vào của các anten phát. Điều đó làm cho dung lượng của búp sóng (độ rộng hoặc số kênh được phân định cho búp sóng) phù hợp với yêu cầu thay đổi lưu lượng trong các vùng dịch vụ. Tất nhiên số khả năng thay đổi cấu hình đó là có giới hạn và thường được sản xuất trước.

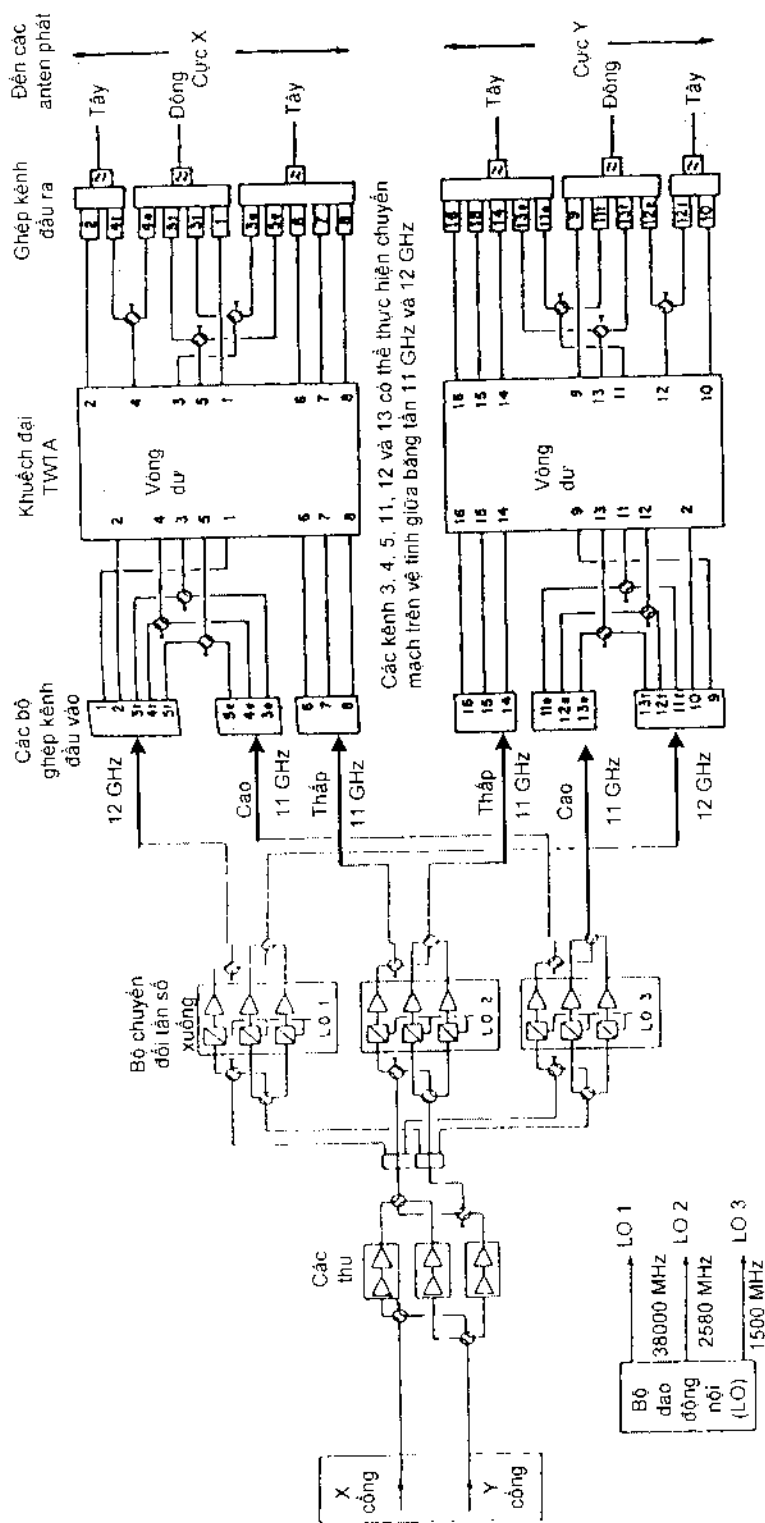
Ví dụ, vệ tinh EUTELSAT II sử dụng phương pháp trên có thể lựa chọn sử dụng băng tần cho các búp sóng tuyến xuống. Thực hiện điều đó là do có ba bộ chuyển đổi để chuyển đổi các tần số tuyến lên (14-14,5 GHz) thành ba băng tần riêng biệt nhau cho các tuyến xuống trong băng tần K_u phủ sóng trong vùng 1 (10,95-11,2 GHz; 11,45-11,7 GHz và 12,5-12,75 GHz). Hai phân cực trục giao được sử dụng cho mỗi băng tần tuyến lên và tuyến xuống. Hình 7.9 mô tả cấu hình bộ phát đáp nói trên. Bộ phát đáp có ba búp sóng phát: hai búp sóng với anten theo hướng Tây và một búp sóng với anten theo hướng Đông. Anten hướng đông được sử dụng làm anten thu. Vùng phủ sóng của mỗi một trong ba búp sóng phát có thể được chuyển mạch độc lập giữa búp sóng hẹp, độ lợi lớn cho vùng trung tâm Tây Âu và vùng phủ sóng rộng hơn cho châu Âu. Các kênh được sắp xếp theo ba nhóm tương ứng với các băng tần con của tuyến xuống đối với mỗi phân cực và cung cấp cho các đầu vào của các anten phát. Có thể thay đổi sự phân nhánh của một số kênh bằng cách điều khiển các chuyển mạch đặt giữa các bộ phân kênh và các bộ khuếch đại kênh.

7.3.4. Các chuyển mạch trong bộ phát đáp đa búp sóng

Các vệ tinh đa búp sóng có thể có yêu cầu chuyển mạch nhanh (trong vài trăm nanô-giây) trong việc kết nối giữa các búp sóng. Điều đó cần có một thiết bị chuyển mạch nhanh. Các bộ chuyển mạch nhanh thường được sử dụng là các chuyển mạch dùng các phần tử tích cực ghép theo kiểu ma trận hoặc dùng các bộ ghép trực tiếp.

Các chuyển mạch đầu tiên dùng phần tử tích cực sử dụng *diode PIN*. Ví dụ vệ tinh INTELSAT sử dụng ma trận chuyển mạch 6x6 (thực tế là 10x6 để dự phòng) và ngày nay đã được thay thế bằng *transistor trường* (FET) có thời gian chuyển mạch nhanh hơn (0,1 ns thay cho từ 10 đến 100 ns) và độ lợi khoảng 15 dB (với hai tầng mắc đẩy kéo).

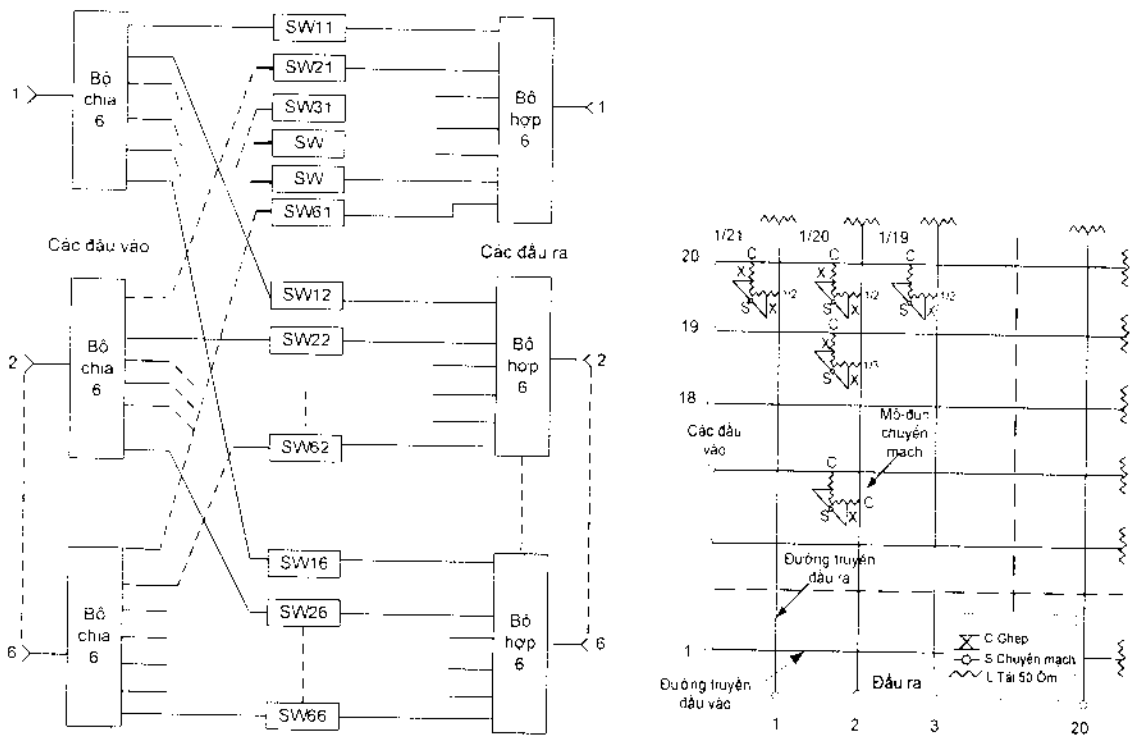
Các nghiên cứu về *chuyển mạch quang* cũng đang được đưa vào ứng dụng. Với cách tiếp cận này, các sóng mang tần số vô tuyến điều chế các nguồn quang (laser). Các tín hiệu ánh sáng được chuyển mạch động với các chuyển mạch quang và sau đó được tách ra để tái tạo lại các sóng mang tần số vô tuyến.



Hình 7.10: Cấu hình của bộ phát đáp đa búp sóng kiểu kết nối hàn cố định của vệ tinh EUTELSAT II

Có thể có nhiều cách tiếp cận để thực hiện các phần tử chuyển mạch, ví dụ chuyển mạch điện - quang sử dụng một bộ tách trung gian, thay đổi độ ghép giữa hai ống dẫn sóng quang cạnh nhau (chuyển mạch delta-beta) và truyền hoặc phản xạ trong toàn phần. Ở đây hai ống dẫn sóng quang giao nhau bằng cách thay đổi hệ số điện môi. Việc phối hợp hai kỹ thuật trên có thể thực hiện chuyển mạch quang với hiệu năng tốt (độ cách biệt khoảng 58 dB) và thời gian chuyển mạch khoảng vài ns; có thể thực hiện các ma trận chuyển mạch theo các cấu trúc khác nhau. Ưu điểm của chuyển mạch quang là giảm được kích thước trọng lượng thiết bị. Ví dụ trong vệ tinh IntelSat VI: mỗi một trong hai ma trận sóng vi ba 10x6 có kích thước 30x40x2.5 cm; trọng lượng là 7,3 kg và một ma trận dùng công nghệ quang 10x6 có kích thước là 9x1x0.5 cm và trọng lượng là 1 kg.

Có thể có các cấu trúc ma trận khác nhau với một ma trận NxN (hoặc MxN). Đó là các cấu trúc với các bộ chia công suất (power splitters) và các bộ phối hợp (combiners) trên mỗi một đầu vào và đầu ra (cấu trúc bộ chia - bộ phối hợp công suất) hoặc các bộ ghép trực tiếp theo kiểu mạch cascade. Hình 7.11 mô tả kiểu cấu trúc đó.



Hình 7.11: Mô tả ma trận chuyển mạch:
a) Ma trận sử dụng các bộ chia và hỗn hợp
b) Ma trận sử dụng các bộ ghép trực tiếp

Cấu trúc thứ nhất nói trên sử dụng $N(M)$ bộ chia công suất để tách biệt đầu vào thành N kênh và N bộ phối hợp công suất với $N(M)$ đầu vào ở đầu ra. Các đầu ra bộ chia khác nhau được kết nối đến một đầu vào của mỗi bộ phối hợp theo kiểu một chuyển mạch đóng/mở. Việc kết nối giữa đầu vào của bộ chia và đầu ra của bộ phối hợp có thể phù hợp hoặc không phù hợp với trạng thái đóng hoặc mở của chuyển mạch (hình 7.11a).

Cấu trúc thứ hai (hình 7.10b) sử dụng $N(M)$ đường vào và N đường ra với các phần tử kết nối được đặt ở những chỗ giao nhau. Các phần tử đó gồm có hai bộ ghép trực tiếp cùng với một chuyển

mạch đóng/mở giữa chúng. Loại chuyển mạch này thích hợp với việc sử dụng công nghệ mạch tích hợp đối với sóng siêu cao. Bảng 7.2 mô tả các thông số kỹ thuật đặc trưng của các ma trận chuyển mạch của một số hãng sản xuất.

Bảng 7.2: Mô tả các chỉ tiêu kỹ thuật đặc trưng của các chuyển mạch ma trận của một số hãng sản xuất

Hãng Thông số kỹ thuật	Comsat	Thomson	General Electric	Ford	NTT
Kích thước dàn	8x8	8x8	20x20	20x20	4x4
Loại cấu trúc	Bộ phối hợp/ Bộ chia	Bộ phối hợp/Bộ chia	Bộ ghép giao nhau	Bộ ghép giao nhau	Bộ phối hợp/Bộ chia
Thiết bị chuyển mạch	Diode PIN	Diode PIN	FET hai cổng	FET hai cổng	FEJ hai cổng
Độ rộng dải tần	3,5-6,5 GHz	3,7-4,2 GHz	6-7 GHz	3,5-6 GHz	1,8 GHz±140MHz
Thời gian chuyển mạch	< 60 ns	< 50 ns	25 ns	15 ns	< 100 ns
Tổn hao	< 23 dB	< 28 dB	18 dB	20,7 dB	< 17 dB
Biến đổi tổn hao/500 MHz	< 1 dB	< 1 dB	1 dB	1 dB	-
Độ cách biệt	≥ 50 dB	≥ 50dB	≥ 50 dB	≥ 45 dB	≥ 53 dB
Xuyên điều chế $(C/N)_{IM}$	> 45 dB	> 45 dB	-	-	-
Biến đổi trễ nhóm	< 0,5 ns	< 1 ns	-	< 0,5 ns	-
Trọng lượng chuyển mạch	2,95 kg	2,3 kg	11 kg	8,7 kg	-
Kích thước chuyển mạch	15x16x11cm	10,5x12x12cm	47x40x17cm	47x48x8,5cm	27x20x15cm
Công suất tiêu thụ	< 7,5 W	8,5 W	33 W	5,7 W	1,7 W

Ngoài các phương pháp và công nghệ chuyển mạch nêu trên, có một *kỹ thuật chuyển mạch đa truy nhập* cũng được sử dụng trong các bộ phát đáp vệ tinh đa búp sóng, đó là phương pháp *chuyển mạch trên vệ tinh đa truy nhập phân chia theo tần số* (SS/FDMA - Satellite Switched Frequency Division Multiple Access).

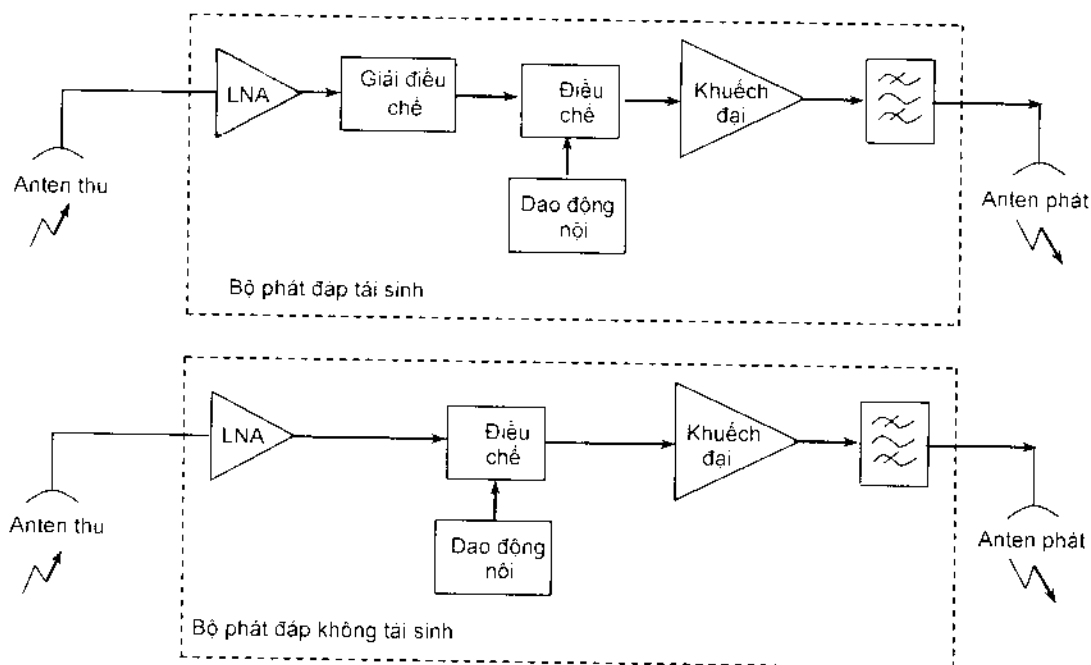
Trong bộ phát đáp không tái sinh (non-regenerative) có một loạt các bộ lọc thông dải được sử dụng như chuyển mạch và định tuyến phù hợp với tần số của tuyến lên. Có thể so sánh chúng như là một kỹ thuật nhảy bộ phát đáp trong dải tần với một số bộ lọc được sử dụng; các kết nối giữa các búp sóng của các vệ tinh được thực hiện trên cơ sở độ rộng của 1 kênh vệ tinh (thường là 36 hoặc 72 MHz) và số kênh bị giới hạn bởi cấu hình kích thước và trọng lượng. Một hệ thống SS/FDMA có thể chứa một số lớn các bộ lọc với độ rộng dải thông phù hợp với các búp sóng liên quan. Việc sử dụng các bộ lọc có độ rộng dải tần thay đổi hoặc sự lựa chọn các độ rộng dải tần từ một nhóm bộ lọc cho phép thực hiện việc gán nguồn (băng tần) theo yêu cầu (on-demand) và nó phụ thuộc vào lưu lượng được chuyển từ búp sóng này sang búp sóng khác.

Các công nghệ sóng âm bề mặt SAW (Surface Acoustic Wave) và sóng bề mặt tĩnh từ MSW (Magnetostatic Surface Wave) cho phép thực hiện các bộ lọc có độ rộng dải thông hẹp, kích thước trọng lượng bé.

7.4. BỘ PHÁT ĐÁP TÁI SINH

7.4.1. Tổng quan

Hình 7.12 mô tả sơ đồ khối chức năng một bộ phát đáp tái sinh so sánh với bộ phát đáp không tái sinh (trong suốt).



Hình 7.12: Mô tả sơ đồ khối đơn giản bộ phát đáp tái sinh và bộ phát đáp không tái sinh (trong suốt)

Về cơ bản, bộ phát đáp tái sinh (regenerative transponder) thực hiện việc giải điều chế sóng mang thu được từ tuyến lên và điều chế lại các tín hiệu băng tần cơ sở trước khi truyền theo tần số tuyến xuống.

Hiện nay có hai ứng dụng rõ ràng, đó là:

1- Đối với các hệ thống vệ tinh có các trạm mặt đất cố định, chuyển mạch tuyến tại băng cơ sở, sử dụng đa truy nhập phân chia theo thời gian (baseband SS-TDMA) thì ưu điểm của vệ tinh tái sinh là có khả năng kết nối các mạng với các tốc độ dữ liệu khác nhau.

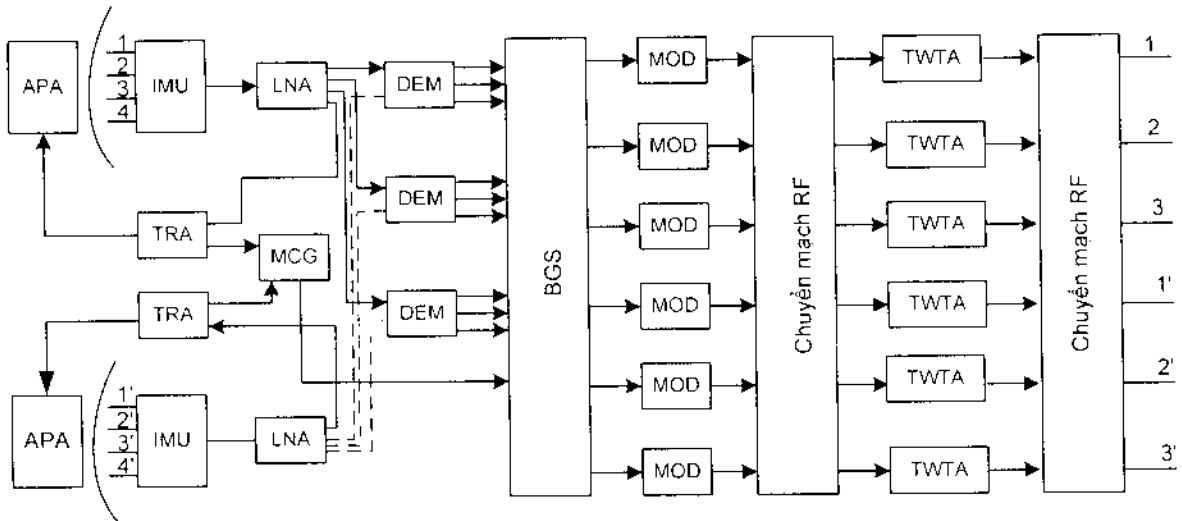
2- Đối với các hệ thống thông tin di động vệ tinh, ghép kênh phân chia theo thời gian ở tuyến xuống, các tuyến lên kênh đơn và truy nhập vệ tinh sử dụng phương thức đa truy nhập phân chia theo tần số (SCPC-FDMA/TDMA): Việc sử dụng các bộ phát đáp tái sinh có khả năng giảm EIRP yêu cầu đối với các trạm di động và bộ phát đáp vệ tinh có thể làm việc ở lân cận vùng bão hòa của đặc tuyến.

7.4.2. Ví dụ một số vệ tinh có sử dụng bộ phát đáp tái sinh

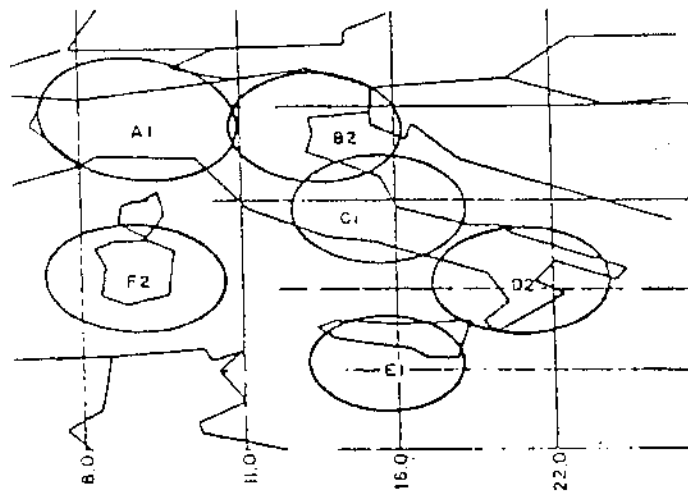
Vệ tinh ITALSAT

Vệ tinh ITASAT (của Ý) có ba tải vệ tinh (payload) trong đó có một tải là tái sinh với tín hiệu băng cơ sở, chuyển mạch kết nối 6 búp sóng hẹp ở tần số 30/20 GHz. Hình 7.13 mô tả sơ đồ

khối của tái tái sinh, trong đó có 6 kênh với độ rộng dải tần là 110 MHz và chúng được cấu hình theo ba nhóm và làm việc với hai Anten cả thu lẫn phát. Mỗi Anten có ba búp sóng hẹp để cung cấp các vùng phủ sóng như mô tả ở hình 7.14.



Hình 7.13: Cấu trúc của bộ phát đáp tái sinh trong vệ tinh ITALSAT



Hình 7.14: Mô tả 6 vùng phủ đa búp sóng của vệ tinh tái sinh ITALSAT

Các sóng mang thu được (từ tuyến lên) ở 30GHz với tốc độ dữ liệu là 147 Mbit/s từ ba búp sóng được ghép kênh theo tần số, khuếch đại và sau đó phân tuyến theo tần số (LNA). Sau khi khuếch đại ở trung tần là 12 GHz, các sóng mang được giải điều chế bởi bộ giải điều chế liên kết (coherent). Chuyển mạch băng cơ sở sẽ kết nối sáu bộ giải điều chế đó đến sáu bộ điều chế.

Chức năng của ma trận chuyển mạch băng cơ sở là:

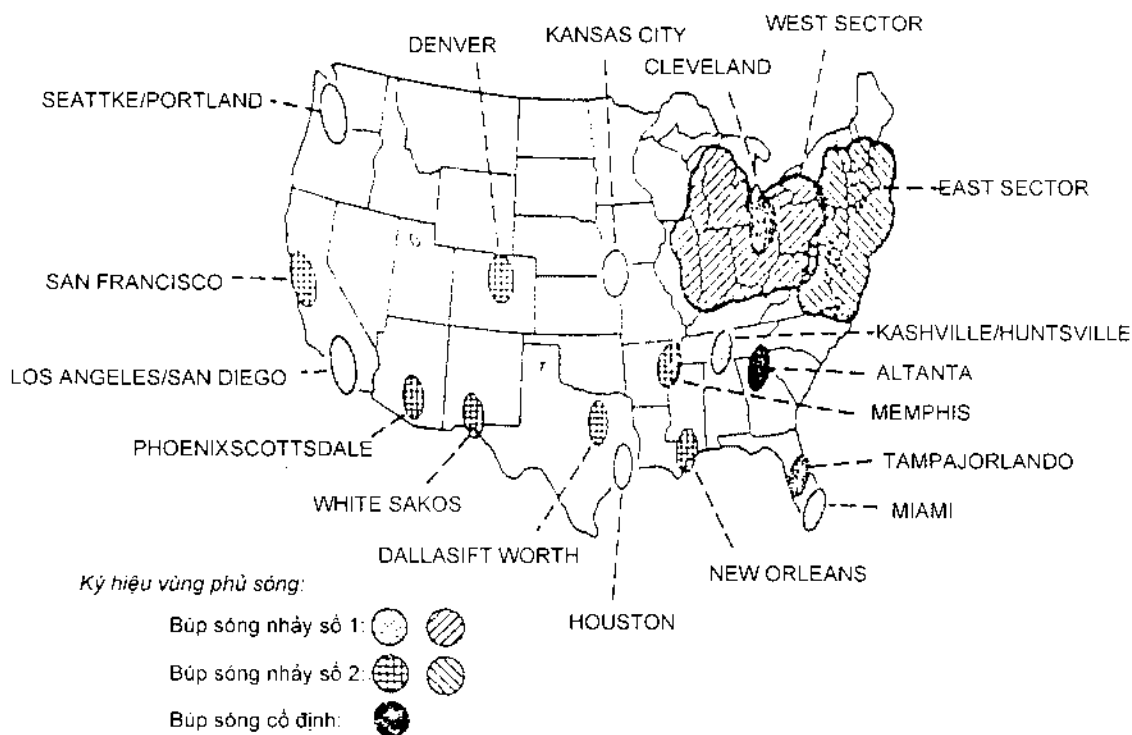
1. Đồng bộ các burst được giải điều chế với đồng hồ trên vệ tinh;
2. Định tuyến các burst đến các bộ giải điều chế riêng;
3. Tạo burst tham chiếu để đồng bộ với mạng mặt đất.

Các tín hiệu băng cơ sở ở đầu ra của ma trận điều chế 6 sóng mang ở tần số 20GHz với bốn trạng thái pha (PSK) và tốc độ dữ liệu là 147 Mbit/s. Các sóng mang sau đó được khuếch đại bởi sáu trong tám bộ khuếch đại công suất dùng đèn đèn sóng chạy TWT trước khi định tuyến đến các bộ chia nguồn chiếu đến hai bộ phản xạ của hệ thống anten. Các bộ phản xạ đó có thể định hướng bởi một hệ thống điều khiển ở mặt đất với độ chính xác là 0.03° .

Vệ tinh ACTS

Vệ tinh ACTS (của NASA - Mỹ) có một tải làm việc ở tần số 30/20 GHz, sử dụng hai anten đa búp sóng với một dùng để thu và một dùng để phát. Mỗi anten có ba búp sóng cố định và hai búp sóng có hệ thống định vị điện từ và độ mở là 0.3° . Hình 7.15 mô tả các vùng phủ sóng khác nhau của các anten đó.

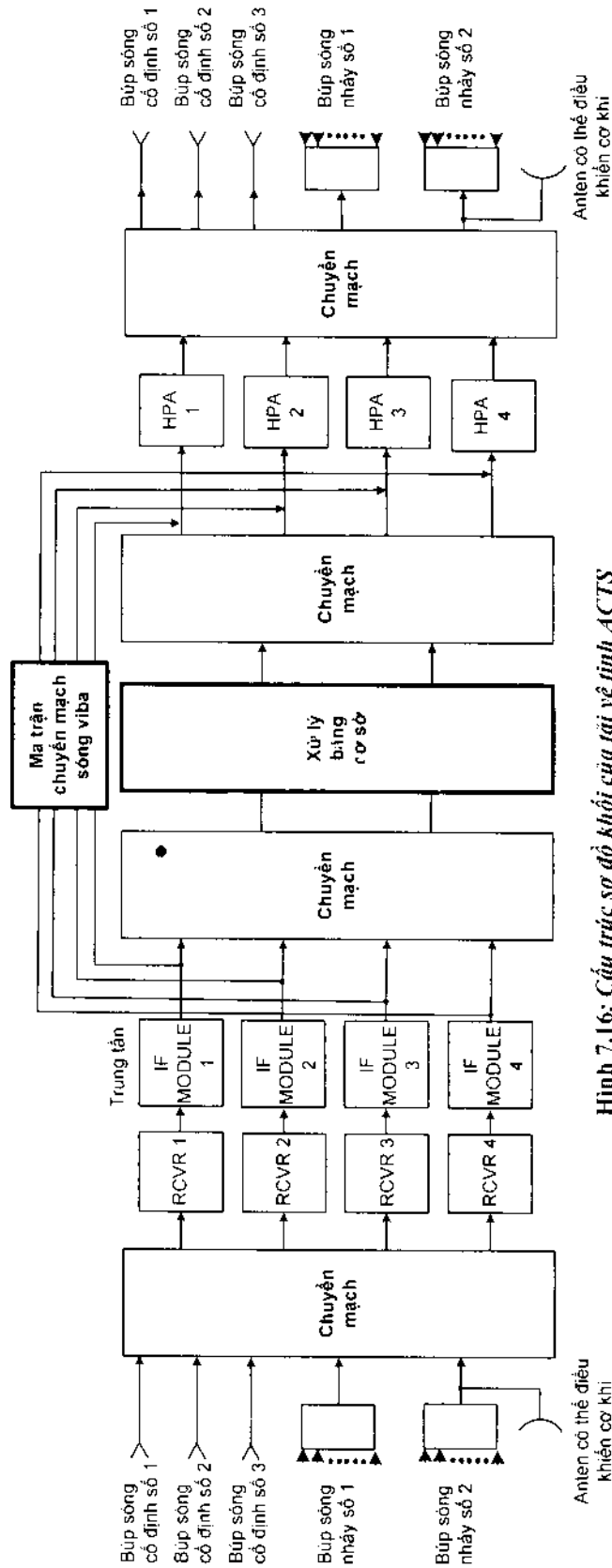
Có một búp sóng lo được định vị theo phương pháp cơ khí có thể hướng đến bất kỳ điểm nào trên trái đất trong phạm vi nhìn thấy của vệ tinh.



Hình 7.15: Mô tả ví dụ vùng phủ sóng của các anten vệ tinh ACTS (Mỹ)

Các sóng mang thu được từ các tuyến lên được định tuyến đến thiết bị chuyển mạch với một sự thay đổi tần số đến 3 GHz bởi bốn thiết bị thu và khuếch đại (hình 7.16). Thiết bị chuyển mạch gồm có một ma trận trung tần và một bộ xử lý tín hiệu băng cơ sở, chúng được sử dụng phù hợp với phương thức làm việc của tải.

Theo phương pháp làm việc thứ nhất, ma trận chuyển mạch trung tần kết nối các tuyến lên và các tuyến xuống ở tốc độ 200 Mbit/s, sử dụng đa truy nhập phân chia theo thời gian (TDMA) của ba búp sóng cố định.



Hình 7.16: Cấu trúc sơ đồ khối của tại vệ tinh ACTS

Bộ xử lý tín hiệu băng cơ sở được sử dụng với hai búp sóng quét (scanning beams) trong phương pháp làm việc là sử dụng chuyển mạch tín hiệu băng cơ sở và lưu trữ tạm thời dữ liệu trong các bộ nhớ đệm.

Mỗi một búp sóng chịu trách nhiệm hoặc một tuyến TDMA ở tốc độ 110 Mbit/s hoặc hai tuyến ghép kênh phân chia theo tần số (FDMA) ở tốc độ 27.5 Mbit/s. Các tuyến sử dụng đa truy nhập phân chia theo thời gian (TDMA) với một khung thời gian là 2 ms. Ba bộ giải điều chế (một ở tốc độ 100 Mbit/s và hai ở tốc độ 27.5 Mbit/s) có nhiệm vụ hồi phục lại các burst được tổ chức theo các từ 64 bit. Các từ đó được nhớ trong bộ nhớ trước khi định tuyến bởi ma trận chuyển mạch tín hiệu băng cơ sở đến đầu ra các bộ nhớ và từ đó chúng được trích ra để ghép kênh trước khi tái điều chế.

Dung lượng cực đại của búp sóng là 110.592 Mbit/s tương ứng với 1728 từ 64 bit cho một khung. Để bù suy hao lớn ở băng tần K_u trong thời gian trời mưa, các tốc độ dữ liệu của mỗi một trạm mặt đất liên quan được chia bốn và sử dụng mã chập sửa lỗi có tốc độ 1/2 (xem phần sửa lỗi). Các bộ giải điều chế sau đó làm việc ở một nửa tốc độ danh định (55 Mbit/s và 13.75 Mbit/s); tốc độ bit được truyền trong các burst liên quan trong trường hợp này bị chia đôi.

7.5. CÁC THIẾT BỊ CHỨC NĂNG TRONG BỘ PHÁT ĐÁP TÁI SINH

Bộ phát đáp tái sinh có các đơn vị thiết bị chức năng giống như ở bộ phát đáp thông thường (không tái sinh) như: bộ khuếch đại tạp âm thấp (LNA), bộ trộn tần, bộ khuếch đại trung tần, bộ khuếch đại công suất và các bộ lọc tần số vô tuyến. Chỉ có một số đơn vị thiết bị chỉ dành riêng cho bộ phát đáp tái sinh là: thiết bị giải điều chế và tái điều chế, thiết bị xử lý tín hiệu băng cơ sở.

7.5.1. Bộ giải điều chế liên kết

Bộ giải điều chế ở bộ phát đáp tái sinh có thể là dạng liên kết (coherent) hoặc là dạng vi phân (differential) phụ thuộc vào kiểu điều chế số ở tuyến lên.

Giải điều chế liên kết thường được sử dụng để giải điều chế các tín hiệu điều chế pha, ví dụ khóa dịch pha cầu phương QPSK, đa truy nhập phân chia theo thời gian (TDMA), vì nó có hiệu năng cao. Cấu trúc của bộ giải điều chế QPSK truyền thống, như đã biết, là khá thuận lợi. Để hồi phục sóng mang, các cấu trúc truyền thống sử dụng các vòng khóa pha (PLL) và thời gian xử lý burst là tương đối lớn. Có một cấu trúc đặc biệt là sử dụng phương pháp triệt pha, nó phân tích các trường hợp không rõ ràng về pha của sóng mang được hồi phục bằng cách sử dụng việc tách các từ duy nhất (unique word). Bộ giải điều chế bao gồm cả mạch hồi phục, đồng hồ số và khôi phục tín hiệu số.

Việc lọc tín hiệu tại trung tần trước khi giải điều chế cần phải thực hiện tốt phù hợp với các đặc tính của tuyến, cụ thể là các bộ lọc phát ở trạm mặt đất cần phải giới hạn tối đa ảnh hưởng nhiễu giữa các ký hiệu ISI (Inter-Symbol Interference). Sự suy biến giữa các ký hiệu đó làm gia tăng tỷ lệ lỗi bit (BER) so với giá trị lý thuyết. Các bộ lọc dạng nâng cuộn cosin (raised cosine) cũng thường được sử dụng trong trường hợp này.

7.5.2. Bộ giải điều chế vi phân

Bộ giải điều chế liên kết có yêu cầu là sắp xếp hồi phục sóng mang và sự phức tạp đó làm gia tăng khối lượng, công suất thiết bị cũng như những vấn đề nảy sinh về độ tin cậy. Việc điều chế sử dụng mã hóa vi phân cho phép việc thực hiện giải điều chế vi phân và khắc phục được việc hồi

phục sóng mang. Sự đơn giản đó của cấu trúc bộ giải điều chế làm gia tăng khoảng 2,5 dB công suất tuyến lên. Bộ giải điều chế vi phân làm việc trên cơ sở so sánh thời gian của ký hiệu (symbol) giữa dạng sóng thu được với cùng dạng sóng đó bị trễ bởi khoảng thời gian ký hiệu. Cũng do đó, cần phải có một đường dây trễ với một hiệu năng ổn định, đặc biệt là với sự thay đổi nhiệt độ. Hiện có nhiều công nghệ khác nhau được phát triển trong đó bao gồm các bộ lọc chế tạo trên đế silica, các đường vi dải (microstrip) trên đế chất điện môi hoặc các bộ lọc dùng ống dẫn sóng.

7.5.3. Bộ giải điều chế đa sóng mang

Một trong những ưu điểm của vệ tinh tái sinh là khả năng sử dụng đa truy nhập phân chia theo tần số (FDMA) ở các tuyến lên trong khi vẫn sử dụng đa truy nhập phân chia theo thời gian (TDMA) ở các tuyến xuống. Điều đó có khả năng công suất phát của các trạm mặt đất được giảm xuống và công suất của bộ phát đáp được khai thác do bộ khuếch đại công suất có thể làm việc ở gần vùng bão hòa của đường đặc tuyến. Trong trường hợp đó, có nhiều sóng mang ở đầu vào của biên độ vệ tinh và chúng cần được giải điều chế.

Có một cách giải quyết là, sử dụng một loạt các bộ lọc thông dải điều chuẩn ở các sóng mang khác nhau, và tín hiệu sau mỗi bộ lọc được đưa đến bộ giải điều chế. Điều đó sẽ dẫn đến là kích thước và công suất tiêu thụ của thiết bị sẽ lớn khi mà số sóng mang đầu vào lớn.

Khi mà các sóng mang của các tuyến lên khác nhau có cùng tốc độ và được phân bố đều nhau theo tần số thì có thể thực hiện việc giải điều chế khối (block demodulation) cho tất cả sóng mang. Giải pháp và độ phức tạp phụ thuộc vào sự bền vững của tín hiệu, hay nói cách khác là phụ thuộc vào sự đồng bộ đồng hồ ký hiệu (symbol) của các tín hiệu số được điều chế trong các sóng mang khác nhau.

Có một số kênh thoại có khả năng thực hiện việc giải điều chế đa sóng mang. Một trong những kỹ thuật đó là việc sử dụng xử lý băng cơ sở của tín hiệu. Sau khi chuyển đổi tần số của các sóng mang về lân cận băng cơ sở, các mẫu thời gian của tín hiệu tổng hợp được phân tích bằng một thuật toán xử lý tín hiệu số. Việc xử lý đó có thể thực hiện với tất cả sóng mang bởi sự tổng hợp các mạng đa pha và sử dụng thuật toán biến đổi Fourier nhanh FFT (Fast Fourier Transform) hoặc là với mỗi một sóng mang sau khi tách kênh sử dụng một đàn bộ lọc số hoặc phân chia theo hình cây với sự phân chia phổ tương ứng.

Việc xử lý có thể thực hiện ở trung tần bằng cách dùng phương pháp "biến đổi Fourier Chirp" cùng các bộ lọc sóng âm bề mặt SAW (Surface Acoustic Wave). Tín hiệu đầu ra của bộ lọc lúc đó là một biểu thị miền thời gian của một phổ hẹp của tín hiệu đầu vào được ghép kênh theo tần số. Các kỹ thuật quang học cũng được phối hợp với các thiết bị sóng âm bề mặt cho phép thực hiện việc tách kênh và trong nhiều trường hợp giải điều chế một số sóng mang trong cùng một mạch.

Thay vì việc gán cố định một sóng mang cho trạm mặt đất để truyền, ở đây có thể phân chia các tuyến theo các tần số khác nhau với cùng một tốc độ dữ liệu chung giữa các trạm mặt đất. Đa truy nhập phân chia theo thời gian (TDMA) được sử dụng và các trạm lựa chọn một tần số cho mỗi một burst với một khoảng thời gian trong khung được phân định. Phương pháp được gọi là đa truy nhập phân chia theo thời gian đa tần số (MF-TDMA) hoặc TDMA đa sóng mang (MC-TDMA).

multi-carrier TDMA). Để hạn chế sự phức tạp của các trạm phát, tốc độ dữ liệu cần giữ ở mức thấp (2 Mbit/s) với thời gian khung là 0,5 ms. Số các ký hiệu trong khung cũng được giới hạn (đến 500 với các giá trị được chọn lọc). Kích thước của tiêu đề burst cũng được hạn chế.

Như giới thiệu trên, việc giải điều chế đa sóng mang ở bộ phát đáp vệ tinh là không đơn giản. Các burst từ các trạm mặt đất khác nhau có các tần số và tốc độ đồng hồ khác nhau và việc nén hoặc giãn tiêu đề sẽ có nhiều khó khăn trong việc hồi phục tần số và tốc độ đồng hồ. Như vậy, cần có một sự đảm bảo về đồng bộ các đồng hồ các trạm mặt đất, ví dụ như bằng phương pháp điều khiển các đồng hồ đó theo một đồng hồ tham chiếu trên vệ tinh.

7.5.4. Bộ điều chế

Cấu trúc của bộ điều chế đơn giản hơn nhiều so với bộ giải điều chế. Thông thường sử dụng kỹ thuật điều chế bốn trạng thái pha (khóa dịch pha cầu phương QPSK). Việc điều chế có thể thực hiện hoặc ở phần trung tần, tức chuyển đổi tần số cho tuyến xuống hoặc trực tiếp ở tần số tuyến xuống (chi tiết xem phần điều chế tín hiệu số ở Chương 4 - Tập 1).

7.5.5. Bộ xử lý tín hiệu băng cơ sở

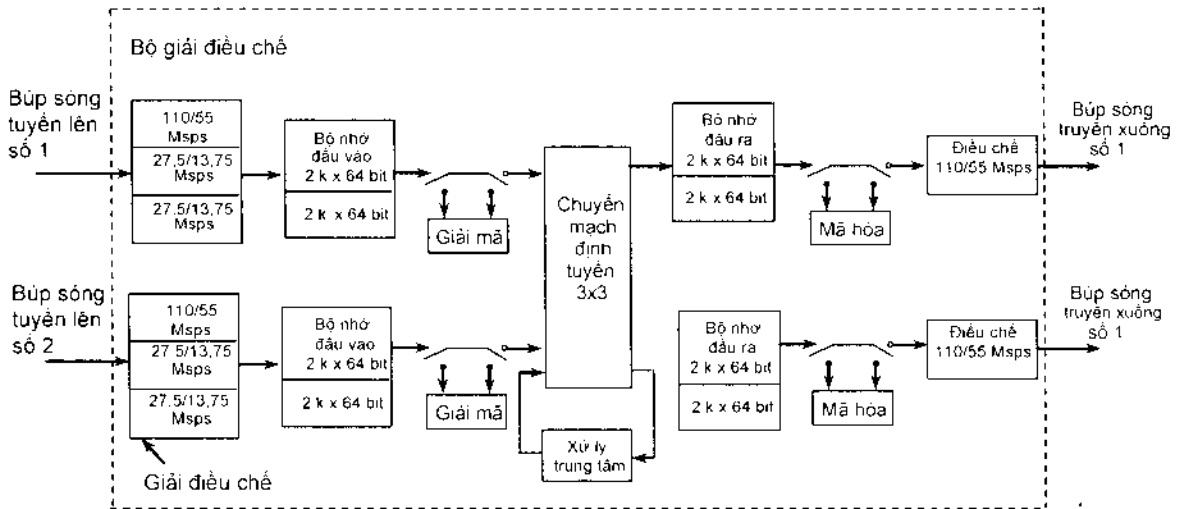
Trong bộ phát đáp vệ tinh tái sinh, thiết bị chuyển mạch băng cơ sở (baseband switching device) có nhiệm vụ định tuyến các gói dữ liệu từ một búp sóng tuyến lên cụ thể đến búp sóng tuyến xuống được dành cho nó. Có thể có các cấu trúc khác nhau để thực hiện nhiệm vụ trên. Trong số đó, dạng cấu trúc ba tầng thời gian không gian thời gian (TST- Time Space Time) và loại cấu trúc tầng đơn T được sử dụng phổ biến. Chuyển mạch băng cơ sở ở đây bao hàm ý nghĩa tổ chức dữ liệu dưới dạng một khung và có thể cần có các mạch đồng hồ sử dụng các bộ nhớ đệm.

Theo cấu trúc TST thì các burst từ các tuyến lên được nhớ trong các bộ nhớ đệm trong thời gian của một khung. Các burst sau đó được trích ra và được định tuyến vật lý qua mạng chuyển mạch đến các bộ nhớ đệm tương ứng với các tuyến xuống. Hình 7.17 mô tả ví dụ cấu trúc đó.

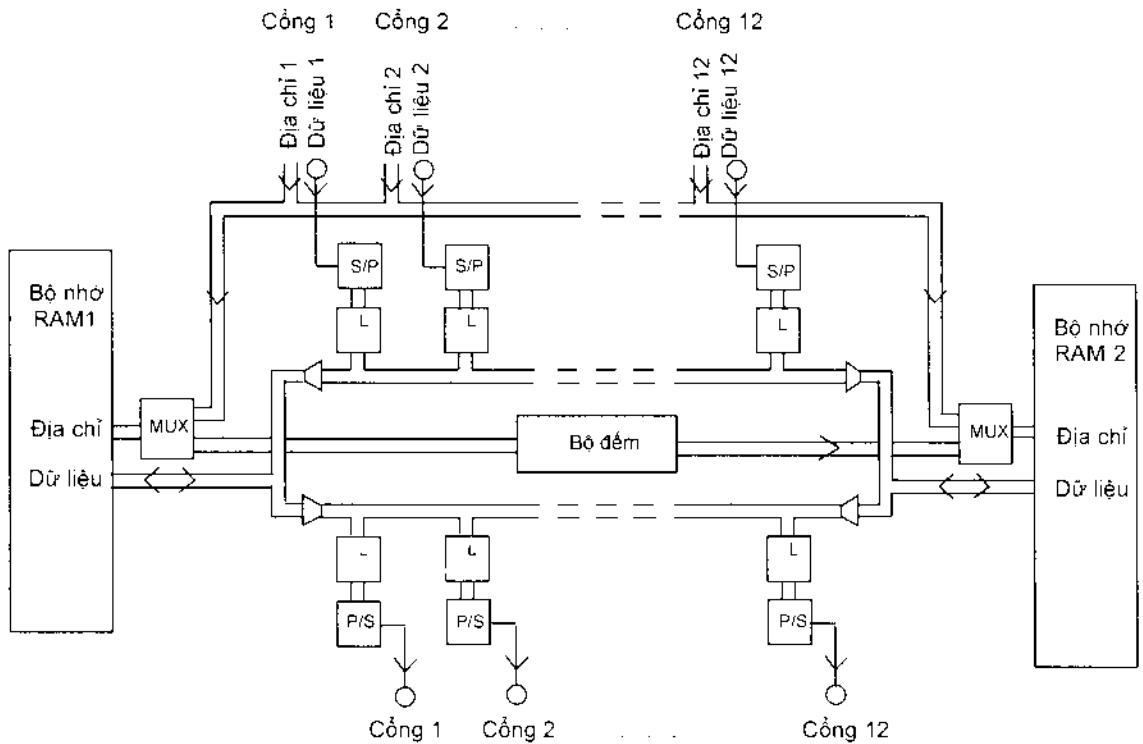
Cấu trúc TST có hơi phức tạp do phải tìm đường đi qua ba tầng của tất cả các burst để định tuyến và gia tăng số các thành phần yêu cầu việc thực hiện mạng chuyển mạch không chia theo khối so với mạng chuyển mạch theo khối.

Các nhược điểm đó có thể khắc phục theo giải pháp một mạng tầng đơn (single stage network) trong đó việc định tuyến sẽ đơn giản hơn. Ở đây, các từ nhị phân đồng bộ đến các đầu vào khác nhau được chuyển đổi thành dạng song song và sau đó được truyền tiếp tục qua một bus được ghép kênh theo thời gian, đến các vùng khác nhau của bộ nhớ. Các từ đó được biểu thị bởi số khoảng thời gian tương ứng với một hỗn hợp số đầu vào mà từ thể hiện và số các từ trong khung. Quá trình sẽ được lặp lại cho đến khi tất cả từ trong khung của một đầu vào được đưa vào bộ nhớ. Các từ được ghi trong bộ nhớ theo các địa chỉ riêng phù hợp với địa chỉ đích của các từ.

Kể từ từ được truyền ở đầu ra thứ nhất trong khoảng thời gian thứ nhất ở địa chỉ 0, từ được truyền ở đầu ra thứ hai trong khoảng thời gian thứ nhất được nhớ ở địa chỉ 1, và cứ như thế tiếp tục. Việc đọc và truyền các từ trên bus được thực hiện một cách đơn giản thông qua sự điều khiển của bộ đếm. Địa chỉ ghi đối với mỗi từ tương ứng với từ của đầu vào tương ứng và được đồng bộ bởi một thiết bị điều khiển. Hình 7.18 mô tả việc thực hiện chuyển mạch nói trên.



Hình 7.17: Mô tả cấu trúc loại chuyển mạch TST



Hình 7.18: Mô tả sơ đồ khối của bộ chuyển mạch đơn tầng tín hiệu băng cơ sở

Chương 8

VÙNG PHỦ SÓNG VÀ ANTEN VỆ TINH

8.1. VÙNG PHỦ SÓNG

8.1.1. Tổng quan về vùng phủ sóng

Một trong những sứ mệnh của thông tin vệ tinh là xác định hiệu năng phủ sóng của một vùng địa lý theo các yêu cầu tối thiểu về tần số vô tuyến, cụ thể là công suất bức xạ đẳng hướng tương đương EIRP hoặc mật độ thông lượng công suất trên mặt đất, tỷ số G/T hoặc mật độ thông lượng tại vệ tinh. Hiệu năng đó cần được thực hiện ở các vệ tinh và được đặc trưng bởi các tọa độ địa lý của chúng. Các vị trí đó là các điểm tham chiếu vùng phủ sóng. Có một số khái niệm về vùng phủ sóng:

1. Vùng phủ sóng địa lý: là một đường bao dịch chuyển rõ ràng của vùng phủ sóng địa lý từ vị trí danh định của vệ tinh.
2. Vùng phủ sóng hình học: là một đường bao dịch chuyển rõ ràng của vùng phủ sóng địa lý do các hiệu ứng chuyển động của vệ tinh.
3. Đồ thị vùng phủ sóng tần số vô tuyến: là đường bao đặc trưng cho một giá trị của hiệu năng công suất tần số vô tuyến.

8.1.2. Vùng phủ sóng địa lý

Vùng phủ sóng địa lý của mặt đất được nhìn từ vệ tinh dưới một góc đầy, phụ thuộc vào các vị trí tương đối của vệ tinh và vùng liên quan.

Các điểm tham chiếu vùng phủ sóng được nhận dạng trong một hệ trục lấy vệ tinh làm điểm gốc (hình 8.1).

Hệ tọa độ có tâm là vệ tinh; trục z theo hướng vệ tinh và tâm quả đất; trục x vuông góc với mặt phẳng song song với mặt phẳng xích đạo và hướng về phía đông; trục y là pháp tuyến của mặt phẳng (z, x) theo quy tắc (xyz) ; với vệ tinh nằm trong mặt phẳng xích đạo (vệ tinh địa tĩnh) thì trục y là trục hướng bắc. Một điểm trên bề mặt của quả đất theo tọa độ địa lý λ (độ kinh so với kinh tuyến gốc Greenwich) và φ (độ vĩ) sẽ có tọa độ x_p , y_p và z_p trong tham chiếu vệ tinh. Các tọa độ đó được tính như là một hàm của độ cao h của vệ tinh và các tọa độ (độ kinh λ_{st} và độ vĩ φ_{st}) của điểm vệ tinh phụ. Trong trường hợp là vệ tinh địa tĩnh thì các quan hệ trên có thể nhận được từ độ kinh L của vệ tinh và điểm liên quan, và độ vĩ ℓ của điểm đó. Có thể biểu thị mối liên quan giữa các tham số trên như sau:

$$x_p = R_o + R_E(1 - \cos L) \quad (8.1)$$

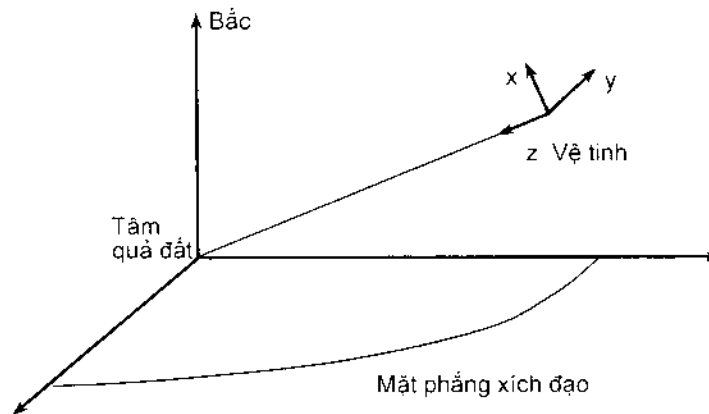
$$y_p = R_E \cos L \sin L$$

$$z_p = R_E \sin L$$

trong đó x_p, y_p, z_p là tọa độ điểm P xem xét trong hệ:

R_o là khoảng cách từ vệ tinh (gốc tọa độ) đến quả đất;

$R_E = 6.378$ km là bán kính quả đất.



Hình 8.1: Hệ tọa độ tham chiếu theo định nghĩa vùng phủ sóng địa lý

Hướng của các điểm tham chiếu được nhìn từ vệ tinh dưới các góc và có hai góc xác định rõ một điểm nào đó của vùng phủ sóng, đó là:

1. Góc θ nằm giữa hướng tâm qua đất và hướng của điểm xem xét trong vùng phủ sóng.
2. Góc φ nằm giữa hai mặt phẳng, một mặt phẳng của hướng tâm qua đất với trục x và một mặt phẳng của hướng tâm qua đất và hướng điểm xem xét.

Các góc nhìn đó tính theo các tọa độ x_p, y_p và z_p của điểm xem xét trong hệ có quan hệ sau:

$$\theta = \arctg(x_p/y_p) \quad (8.2)$$

$$\varphi = \arctg[x_p^2 / (x_p^2 + y_p^2)^{1/2}]$$

Trong trường hợp vệ tinh là địa tĩnh thì các góc nhìn đó có thể được xác định trực tiếp từ kinh độ tương đối L của vệ tinh và điểm xem xét cùng với vĩ độ của điểm đó.

Trên là xem xét dưới góc độ toán học. Trong thực tế, vùng phủ sóng thường được biểu thị trên bản đồ, do đó cần phải chuyển ba tọa độ không gian đó thành các tọa độ trên mặt phẳng. Có thể dùng phương pháp chuyển dịch tọa độ hoặc lý thuyết về bản đồ.

8.1.3. Vùng phủ sóng hình học

Vùng phủ sóng hình học là một vùng được gán một cách không chắc chắn, tiêu biểu cho sự chuyển động biểu kiến của điểm xem xét trong khung tham chiếu kết hợp với anten đến mỗi một điểm của vùng phủ sóng địa lý được nhìn từ vệ tinh. Đó là vùng quanh điểm xem xét và có bán

kính bằng sai số định vị góc α_p . Vùng phủ sóng hình học phủ tất cả các điểm được xác định bởi vùng phủ sóng địa lý và bao gồm các vùng không chắc chắn. Vùng phủ sóng hình học bao gồm các hiệu ứng dịch chuyển đường bao đo sự chuyển động của vệ tinh và sự biến dạng vùng phủ sóng địa lý do sự dịch chuyển vệ tinh của vệ tinh so với vùng địa lý.

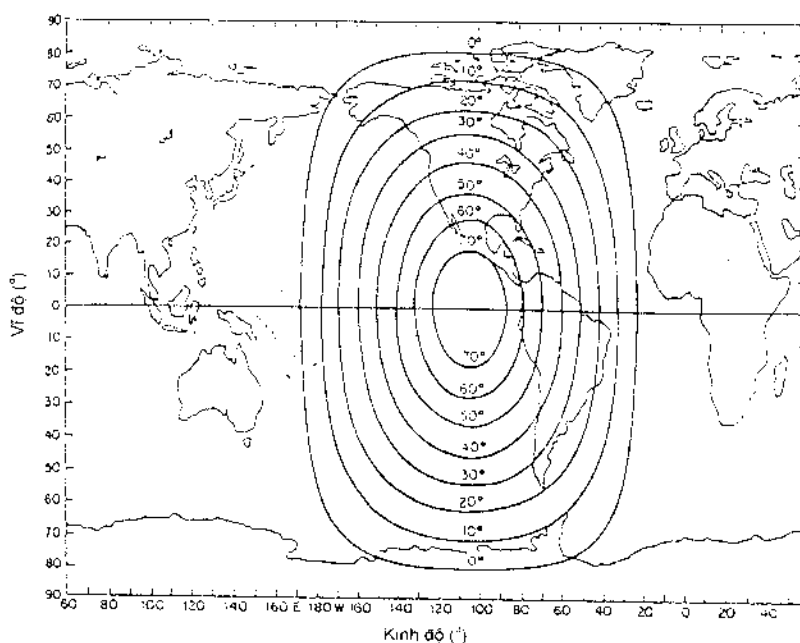
Khi mà anten được điều khiển bởi một hệ thống điều khiển định vị thì sai số định vị của trục chính của búp sóng, về nguyên lý là được khắc phục. Tuy nhiên, do sự chuyển động biểu kiến của vệ tinh so với vùng địa lý được phục vụ, các góc nhìn của vùng địa lý cũng sẽ thay đổi.

8.1.4. Vùng phủ sóng tổng thể

Vùng phủ sóng tổng thể là vùng bề mặt quả đất được nhìn từ vệ tinh khi có yêu cầu thiết lập các tuyến liên lạc giữa các trạm mặt đất và chúng có thể được đặt đâu đó trên mặt đất.

Như trên đã phân tích, vùng phủ sóng địa lý bị giới hạn bởi độ cong của quả đất, và vùng vệ tinh nhìn thấy có dạng hình conic đỉnh là vệ tinh. Với vệ tinh địa tĩnh thì góc đỉnh conic 2β đó là $17,4^\circ$.

Các trạm mặt đất đặt trên đường bao giới hạn của vùng phủ sóng địa lý sẽ có anten của chúng định hướng về vệ tinh theo hướng nằm ngang (tiếp tuyến). Hiệu năng của tuyến liên lạc trong trường hợp này bị giảm bởi vì nhiệt độ tập âm anten và suy hao truyền sóng sẽ gia tăng do quãng đường liên lạc trong tầng khí quyển lớn hơn. Giới hạn của vùng phủ sóng địa lý thường được xác định bởi đường cong theo các góc ngẩng tối thiểu. Nói chung vùng phủ sóng thường được sử dụng tương ứng với góc ngẩng là 5° . Hình 8.2 mô tả ví dụ đồ thị vùng phủ sóng địa lý của một vệ tinh địa tĩnh ứng với các góc ngẩng khác nhau.



Hình 8.2: Ví dụ vùng phủ sóng tổng thể theo các góc ngẩng khác nhau của một vệ tinh địa tĩnh

Góc nâng E của anten trạm mặt đất và góc θ hợp thành bởi phương vệ tinh - trạm mặt đất và phương vệ tinh tâm quả đất là một hàm của góc ϕ giữa phương của trạm mặt đất và vệ tinh nhìn từ tâm quả đất. Góc ϕ đó lại là một hàm của vĩ độ I và kinh độ L của trạm mặt đất theo quan hệ:

$$\cos \theta = \cos I \cos L \quad (8.3)$$

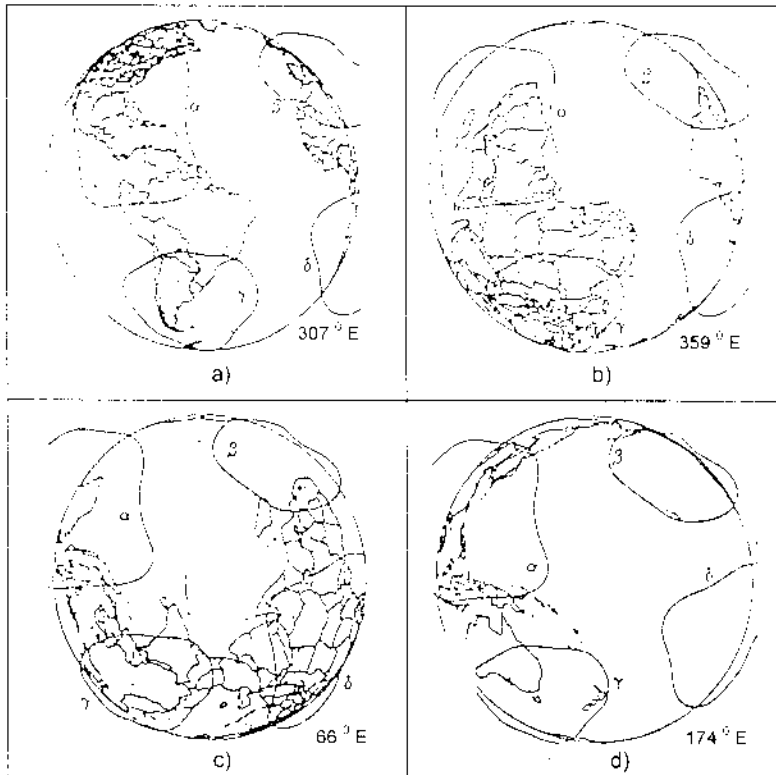
Độ rộng góc của vùng địa lý nhìn từ một vệ tinh địa tĩnh đối với một góc nâng tối thiểu E_{min} là được cố định bởi giá trị của góc nhìn 2θ theo biểu thức ($E = E_{min}$):

$$2\theta = 2 \arcsin[(R_E \cos E)/(R_o + R_E)] \quad (8.4)$$

$$= 2 \arcsin(0.15 \cos E_{min}) \quad (^\circ)$$

Độ vĩ cực đại giới hạn vùng phủ sóng địa lý sẽ là:

$$I_{max} = 90^\circ - (\theta + E_{min}) \quad (^\circ) \quad (8.5)$$



Hình 8.3: Mô tả ví dụ các vùng phủ sóng băng tần C của vệ tinh INTELSAT VII:

- a) Tại kinh độ $307^\circ E$ (tư thế tàu không gian thẳng đứng)
- b) Tại kinh độ $359^\circ E$ (tư thế tàu không gian ngược)
- c) Tại kinh độ $66^\circ E$ (tư thế tàu không gian ngược)
- d) Tại kinh độ $174^\circ E$ (tư thế tàu không gian thẳng đứng)

8.1.5. Vùng phủ sóng dịch vụ

Các phân tích giới thiệu về vùng phủ sóng trên là tính toán lý thuyết và phục vụ cho việc định hướng anten. Trong thực tế phụ thuộc vào các yêu cầu dịch vụ và các đặc tính kỹ thuật công nghệ mà vùng phủ sóng có thể có những hình dáng đặc biệt, cắt gọt hoặc bố trí phù hợp với yêu cầu dịch vụ.

Biết rằng, hai phần ba bề mặt của quả đất là bị ngập nước, như vậy việc phủ sóng theo vùng phủ sóng tổng thể là không thật thuận lợi cho các trạm đặt trên mặt đất. Sự giảm bớt vùng phủ sóng đó dẫn đến việc gia tăng độ lợi của anten cung cấp cho vùng phủ sóng đó. Hơn nữa, việc giới hạn vùng phủ sóng trong vùng dịch vụ có khả năng sử dụng lại tần số; hai búp sóng anten được cách biệt nhau tốt có thể sử dụng cùng tần số.

Với các tuyến liên lạc quốc tế, có thể giới hạn vùng phủ sóng trong các vùng lục địa hoặc các vùng qui mô nhỏ với một số trạm mặt đất phân bố nhiều nơi khác nhau trên toàn cầu (phủ sóng đa điểm). Hình 8.3 mô tả ví dụ các vùng phủ sóng của vệ tinh INTELSAT VII.

8.2. VÙNG PHỦ SÓNG CỦA ANTEN VỆ TINH

8.2.1. Các chức năng và đặc tính của anten

Việc xem xét anten vệ tinh có liên quan đến vùng phủ sóng. Chi tiết về anten xem phần anten trạm mặt đất (chương 6). Các chức năng chính của anten vệ tinh là:

1. Thu các sóng vô tuyến được phát từ các trạm mặt đất đặt trong một vùng cụ thể theo băng tần và phân cực xác định.
2. Loại trừ các tín hiệu không mong muốn trong trường hợp có thể (ví dụ từ các vùng khác, không thích ứng với phân cực hoặc đặc tính của anten...)

3. Phát các sóng vô tuyến đến một vùng phủ sóng cụ thể trên bề mặt qua đất theo băng tần và phân cực xác định.

Dự trữ tuyến (link budget) giữa vệ tinh và mặt đất phụ thuộc vào giá trị của công suất bức xạ đẳng hướng tương đương (EIRP). Ứng với một công suất phát có hiệu lực P_T thì giá trị EIRP tăng theo độ tăng ích (độ lợi) G_T của anten phát. Tương tự như vậy, với tuyến lên, một giá trị cao của tỷ số (hệ số phẩm chất) G/T đối với vệ tinh thì yêu cầu phải có một giá trị về độ lợi G_R của anten thu lớn.

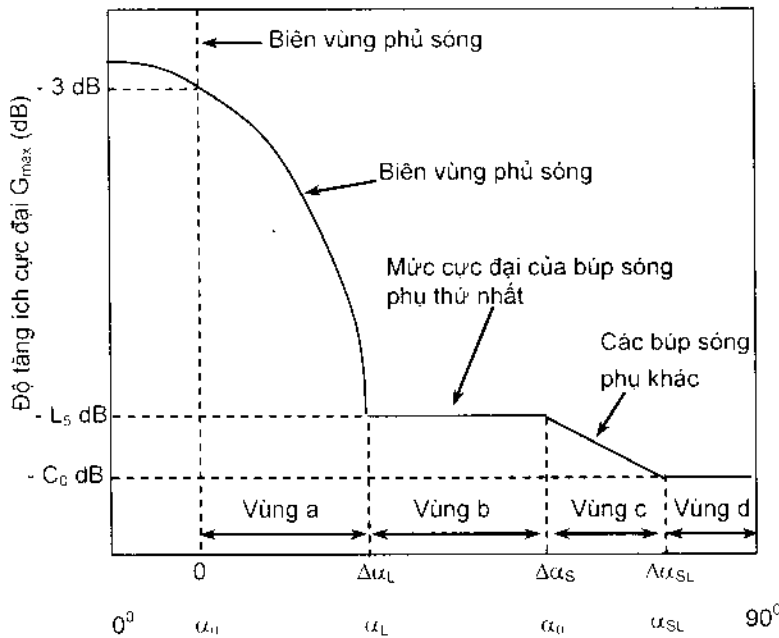
Giá trị độ lợi của anten lớn khi sử dụng anten có hướng tính cao. Hướng tính anten phụ thuộc vào yêu cầu dịch vụ - tức vùng phủ sóng tổng thể của mặt đất, vùng hoặc điểm phủ sóng của anten. Anten hướng tính cao kết hợp với việc tổ chức búp sóng theo vùng địa lý được phủ sóng cho phép việc phân phối không gian để sử dụng lại tần số, sử dụng phổ tần trong băng tần hiệu quả hơn.

Việc sử dụng lại tần số đó yêu cầu phải giảm tối đa các múi phụ của đồ thị phương hướng của anten để tránh can nhiễu. Hình 8.4 mô tả giới hạn độ tăng ích tham chiếu theo khuyến nghị của CCIR về đồ thị phương hướng của anten.

Trong hình 8.4, vùng A tương ứng với phần của búp sóng chính ngoài vùng phủ sóng, sự thay đổi độ tăng ích được biểu thị bởi:

$$G(\alpha) = G_{max} - 3(\alpha/\alpha_0)^2 \quad (\text{dB}) \quad (8.6)$$

Vùng B xem như là sự tách biệt đủ rộng để cho phép các vệ tinh hoạt động trên cùng vị trí quỹ đạo cung cấp vùng phủ sóng. Độ tách biệt tối thiểu khoảng từ -20 đến -30dB. Vùng C là kết hợp các múi xa. Độ tăng ích trong vùng C là $-G_0 = 0\text{dB}$. Việc sử dụng lại tần số có thể dùng phân cực trực giao và trong trường hợp này cần có sự cách biệt phân cực lớn để tránh can nhiễu lẫn nhau.



$\Delta\alpha$: Khoảng cách từ biên vùng phủ sóng α : Góc mở vùng phủ sóng

Hình 8.4: Mô tả các giới hạn tham chiếu về đồ thị phương hướng Anten vệ tinh dịch vụ cố định (CCIR-R558-4)

Tóm lại, các đặc tính quan trọng của Anten vệ tinh là:

- 1- Đảm bảo búp sóng phủ hợp với vùng được phủ sóng;
- 2- Đồ thị phương hướng của Anten có các múi phụ nhỏ;
- 3- Giữa các phân cực trực giao có độ cách biệt lớn;
- 4- Định vị búp sóng chính xác.

Vùng phủ sóng và độ rộng búp sóng có quan hệ chặt chẽ với độ cao của vệ tinh và các thủ tục ổn định quỹ đạo. Các búp sóng hẹp và các đặc tính định vị nghiêm khắc có thể phải sử dụng một hệ thống định vị Anten tích cực.

8.2.2. Vùng phủ sóng tần số vô tuyến của vệ tinh

Vùng phủ sóng tần số vô tuyến của vệ tinh là vùng địa lý trên mặt đất mà trong vùng đó các trạm mặt đất có thể thu được các sóng vô tuyến phát xuống từ vệ tinh. Vùng phủ sóng đó phụ thuộc vào búp sóng phát của Anten vệ tinh và cường độ trường bức xạ của công suất phát, đặc trưng bởi công suất bức xạ đẳng hướng tương đương EIRP tại các điểm thu trên mặt đất.

Từ lý thuyết Anten biết rằng, búp sóng của Anten có thể có nhiều dạng khác nhau; có thể búp sóng tròn, elip hoặc hình dạng bất kỳ phụ thuộc vào cấu trúc Anten (theo thiết kế nhằm phục vụ yêu cầu phủ sóng) hoặc búp sóng nhảy.

Búp sóng tròn là búp sóng có mặt cắt ngang của búp sóng chính dạng tròn. Độ rộng của búp sóng, ký hiệu là $2\theta_{3dB}$, là góc mở nằm giữa hai phương nửa công suất (-3 dB) so với phương của

trục chính (0 dB). Góc đó có tài liệu ký hiệu là θ_{3dB} (xem hình 6.2). Vùng phủ sóng hình học của anten vệ tinh được nhìn từ vệ tinh với búp sóng $2\theta_{3dB}$ đó.

Hệ số tăng ích trên trục chính (G_{max}) của anten (có mặt phản xạ parabol) được tính theo (6.4a) là

$$G_{max} = \eta \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \quad (8.7a)$$

hoặc:

$$G_{max} = 48.360 \eta / \theta_{3dB}^2 \quad (8.7b)$$

trong đó η là hiệu suất của anten và θ_{3dB} được tính theo đơn vị ($^\circ$).

Độ rộng của búp sóng chính, tính ở mức -3 dB có thể tính theo (6.2) là:

$$\theta_{3dB} = k \left(\frac{\lambda}{D} \right) = 70 \frac{\lambda}{D} = 70 \frac{c}{fD} \quad (8.8)$$

trong đó k là một hệ số đặc trưng cho quan hệ phụ thuộc giữa độ rộng búp sóng θ_{3dB} với tỷ số λ/D ; λ là bước sóng công tác ($\lambda = c/f$) và D là đường kính miệng anten (parabol). Giá trị của k có thể thay đổi trong khoảng từ 57 đến 80, phụ thuộc vào cấu trúc, độ chiếu xạ và phản xạ của anten; ở đây lấy giá trị trung bình thực nghiệm là 70. Các biến đổi về độ tăng ích (theo tỷ số λ/D) của hướng chính búp sóng (0dB) và hướng nửa công suất (-3dB) là không hoàn toàn tuyến tính với nhau. Đồ thị hình 8.5 mô tả sự biến đổi độ tăng ích theo hướng trục chính và theo hướng trục - 3dB phụ thuộc vào thông số D/D_0 trong đó D là đường kính anten và D_0 là giá trị cụ thể tương ứng với một búp sóng xem xét ở mức -3dB. Từ đồ thị thấy rằng, độ tăng ích theo hướng -3 dB có các giá trị lớn trong khoảng D_0 và $1.3D_0$ qua điểm cực đại. Cũng từ đó, độ tăng ích của trục chính tăng với giá trị lớn hơn 2 dB.

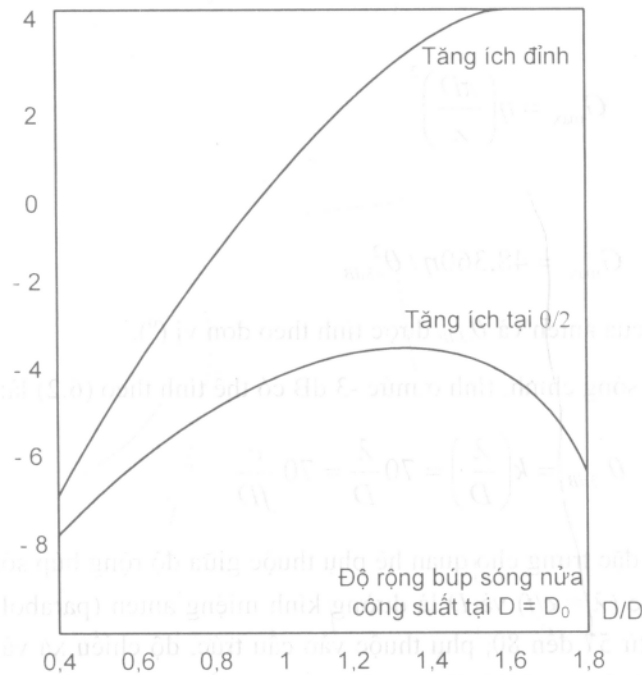
Trong thiết kế, có thể phối hợp giữa độ tăng ích của hướng trục chính và độ tăng ích của hướng θ_{3dB} để tạo vùng phủ sóng, bởi vì chính độ tăng ích θ_{3dB} sẽ quyết định phạm vi biên của vùng phủ sóng của anten. Để có giá trị tối ưu về độ tăng ích ứng với biên vùng phủ sóng, qua các tính toán gần đúng, giá trị cách biệt giữa tăng ích hướng trục chính và tăng ích hướng trục θ_{3dB} có giá trị là khoảng 4.3 dB, tức là lựa chọn một mức tăng ích tương đối tại biên vùng phủ sóng là -4,3 dB so với tăng ích của trục chính và hiệu suất chiếu sáng (phản xạ) là 0.6; điều đó dẫn đến việc tăng đường kính gương phản xạ cũng sẽ dẫn đến gia tăng khối lượng khoảng 50%. Sự lựa chọn tối ưu là sự nhân nhượng các chỉ tiêu phù hợp với yêu cầu cụ thể và điều kiện cho phép.

Một búp sóng hẹp dạng elip có thể cung cấp một cách linh hoạt mềm dẻo thích hợp với vùng phủ sóng. Búp sóng đó được đặc trưng bởi hai độ rộng góc θ_A và θ_B tương ứng với trục lớn và trục bé của elip và hướng của elip so với khung tham chiếu (hình 8.6).

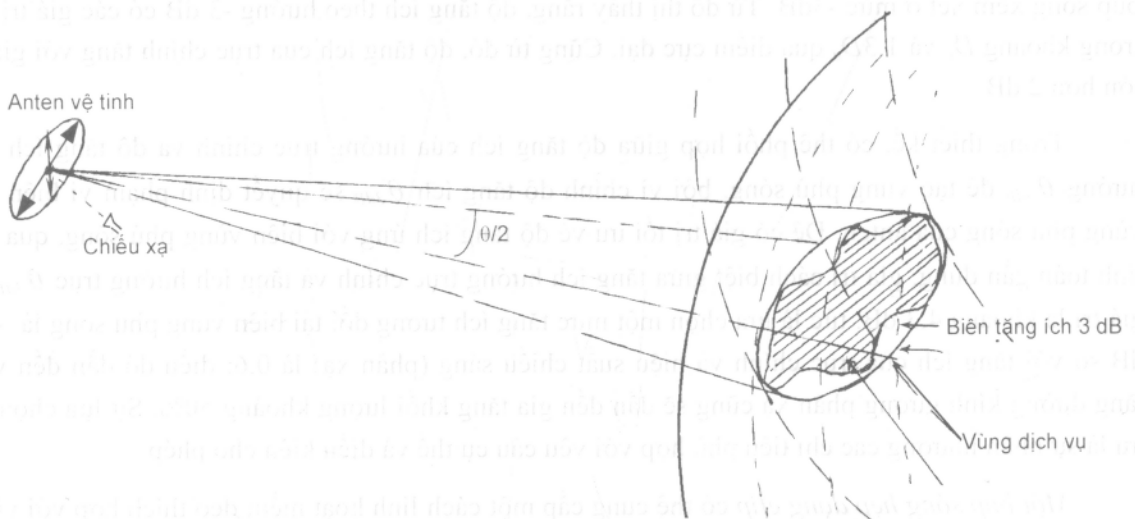
Giả thiết rằng, độ rộng góc 3 dB của búp sóng tương ứng với các góc θ_A và θ_B , độ tăng ích theo hướng trục chính của búp sóng (G_{max}) sẽ là:

$$G_{\max} = 48.360\eta / \theta_A \theta_B \quad (8.9)$$

trong đó η là hiệu suất của anten và θ_A và θ_B được tính theo đơn vị ($^\circ$).



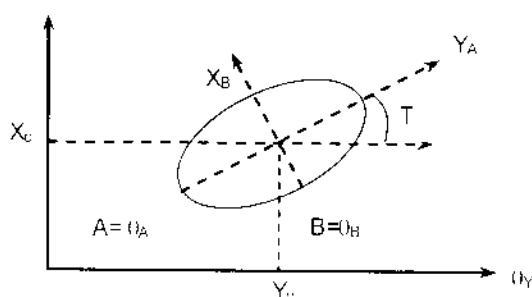
Hình 8.5: Sự biến đổi độ tăng ích của anten vệ tinh (parabol) theo hướng trục chính (0 dB) và theo hướng trục nửa công suất (-3 dB) theo tỷ số D/D_0 .



Hình 8.6: Mô tả búp sóng anten vệ tinh dạng elip

Các góc θ_A và θ_B có quan hệ với đường kính D của anten theo biểu thức $\theta = 70(\lambda/D)$ như đã nêu ở các mục trước. Quá trình tính toán để có độ tăng ích cực đại ở biên vùng phủ sóng của anten cũng giống như đối với búp sóng tròn. Ở đây, các thông số của elip đặc trưng của vùng phủ của

búp sóng anten là trục lớn A , trục bé B , độ nghiêng T của trục lớn và vị trí (X_o, Y_o) của tâm elip so với điểm phụ vệ tinh (hình 8.7).



Hình 8.7: Các thông số tính toán của vùng phủ sóng elip

Cách lựa chọn tối ưu hóa ở đây có thể bao gồm việc lựa chọn bốn điểm đầu mút xa nhất của vùng phủ sóng và tìm các elip có độ rộng góc nhỏ nhất đi qua bốn điểm đó và phủ tất cả các điểm cần phủ sóng khác. Một sự cường ép về giá trị tỷ số elip a/b của búp sóng có thể giúp cho việc tính toán thiết kế phản cứng của anten một cách dễ dàng.

Trong thực tế, vùng phủ sóng dịch vụ thường có hình dạng bất kỳ, không phải tròn và cũng không phải elip. Việc phủ sóng ra ngoài vùng dịch vụ yêu cầu vừa lãng phí công suất vừa gây can nhiễu cho các vùng dịch vụ khác. Có một giải pháp là đẽo gọt búp sóng sao cho đồ thị bức xạ của anten phù hợp với vùng phủ sóng yêu cầu. Trong kỹ thuật dạng búp sóng này được gọi là búp sóng được đẽo gọt (shaped beam).

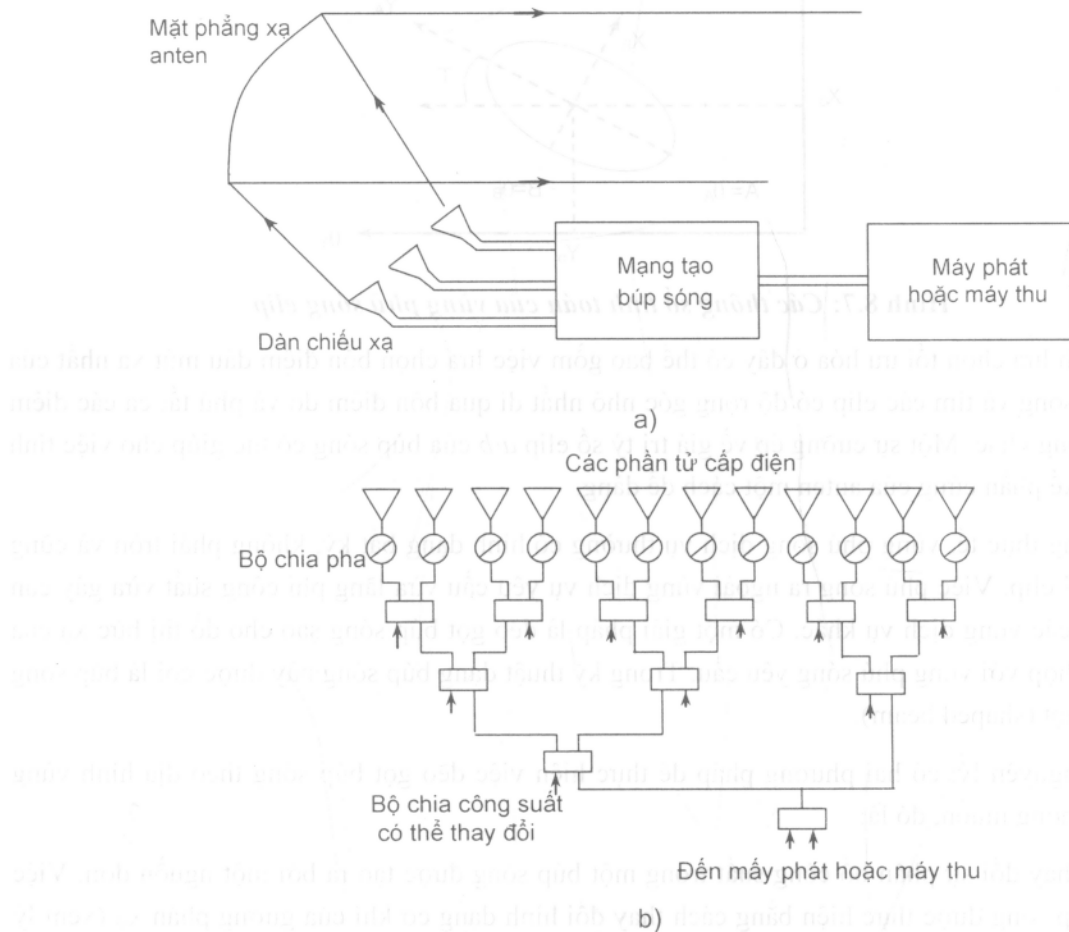
Về nguyên lý, có hai phương pháp để thực hiện việc đẽo gọt búp sóng theo địa hình vùng phủ sóng mong muốn, đó là:

1- Thay đổi sự phân bố công suất trong một búp sóng được tạo ra bởi một nguồn đơn. Việc đẽo gọt búp sóng được thực hiện bằng cách thay đổi hình dạng cơ khí của gương phản xạ (xem lý thuyết anten). Kỹ thuật này, một khi anten đã được thiết kế sản xuất và lắp đặt trên vệ tinh là bất di bất dịch, không thể thay đổi được hình dạng búp sóng.

2. Việc đẽo gọt búp sóng có thể thực hiện được bằng cách phối hợp sự bức xạ của một vài búp sóng phân tử. Các búp sóng được phát bởi một anten có vài phần tử bức xạ được kích thích bởi các tín hiệu kết hợp (coherent) có phân bố pha và biên độ xác định. Hình 8.8 mô tả một dạng cấu trúc anten đó. Ở đây các phần tử bức xạ có thể được đặt ở tiêu điểm của gương phản xạ của anten hoặc thấu kính. Ưu điểm của giải pháp kỹ thuật này là có khả năng thay đổi vùng phủ sóng tần số vô tuyến của anten bằng cách điều khiển sự phân bố biên độ và pha của các phần tử bức xạ. Khả năng đó có thể thực hiện được ngay khi vệ tinh đang hoạt động trên quỹ đạo bằng hệ thống điều khiển từ xa. Nhược điểm kỹ thuật là hệ thống anten sẽ phức tạp hơn.

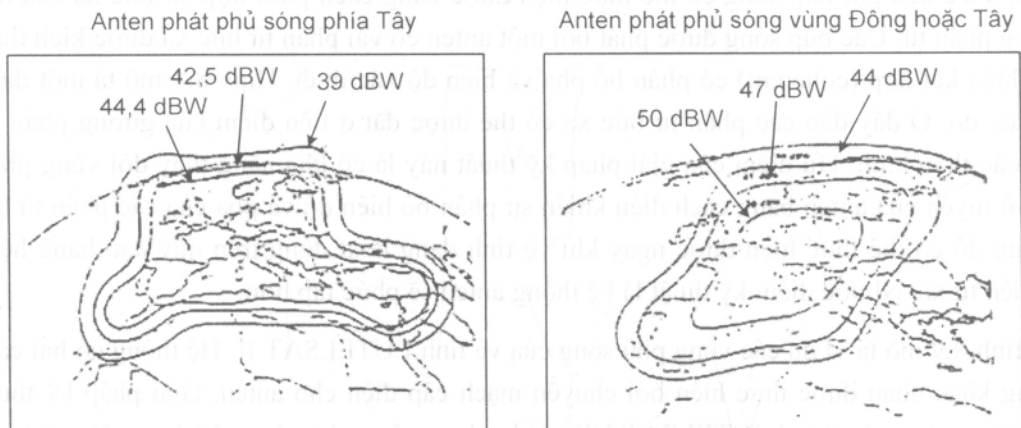
Hình 8.9 mô tả ví dụ các vùng phủ sóng của vệ tinh EUTELSAT II. Hệ thống có hai cấu hình phủ sóng khác nhau được thực hiện bởi chuyển mạch cấp điện cho anten. Giải pháp kỹ thuật này cũng được sử dụng ở vệ tinh INTELSAT VII với ba dạng vùng phủ sóng phù hợp với vị trí quỹ đạo

(xem hình 8.3). Ở đây việc thay đổi vùng phủ sóng được thực hiện bằng cách lựa chọn một trong ba bộ chia (splitter) công suất và bộ lệch pha. Kỹ thuật trên cũng được sử dụng để tạo các búp sóng quét.

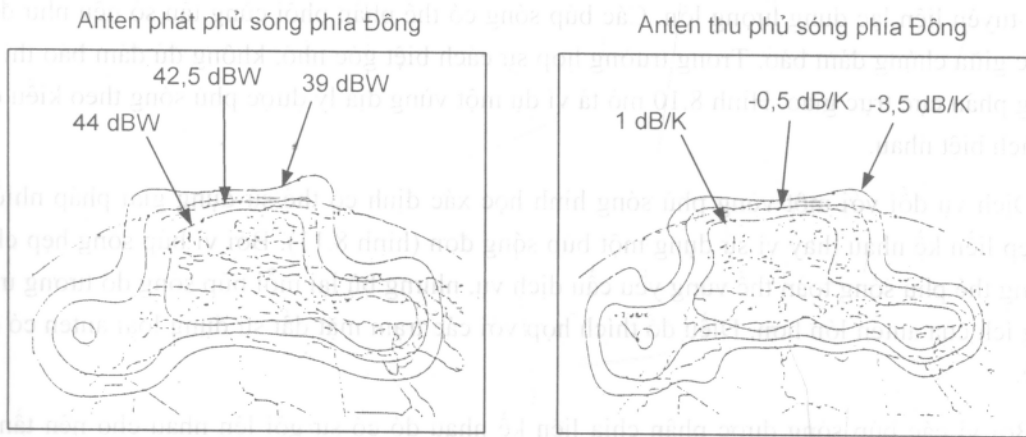


Hình 8.8:

- a) Mô hình antenna có búp sóng được điều khiển sử dụng dàn pha
b) Các phần tử của bộ chiếu xạ.



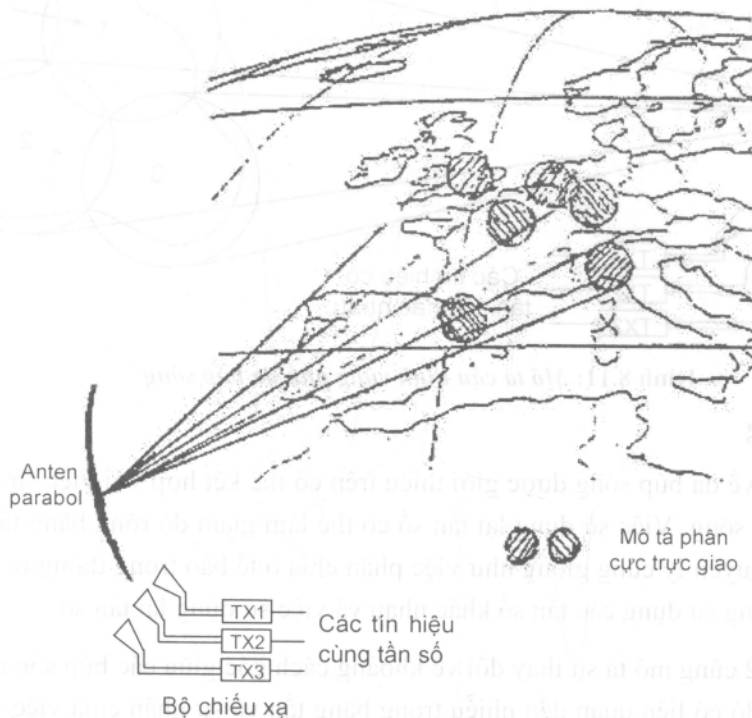
Hình 8.9: Mô tả vùng phủ sóng của vệ tinh EUTELSAT II



Hình 8.9: Mô tả vùng phủ sóng của vệ tinh EUTELSAT II (tiếp theo)

8.2.3. Vùng phủ đa búp sóng

Không giống như các vùng phủ sóng đã giới thiệu ở các mục trước sử dụng một búp sóng đơn ứng với một băng tần và phân cực xác định, vùng phủ sóng đa búp sóng (multiple beam coverage) là vùng được phủ bởi nhiều búp sóng và chúng có thể có các băng tần và phân cực khác nhau. Các búp sóng đó có thể cách biệt nhau và cũng có thể liền kề nhau.



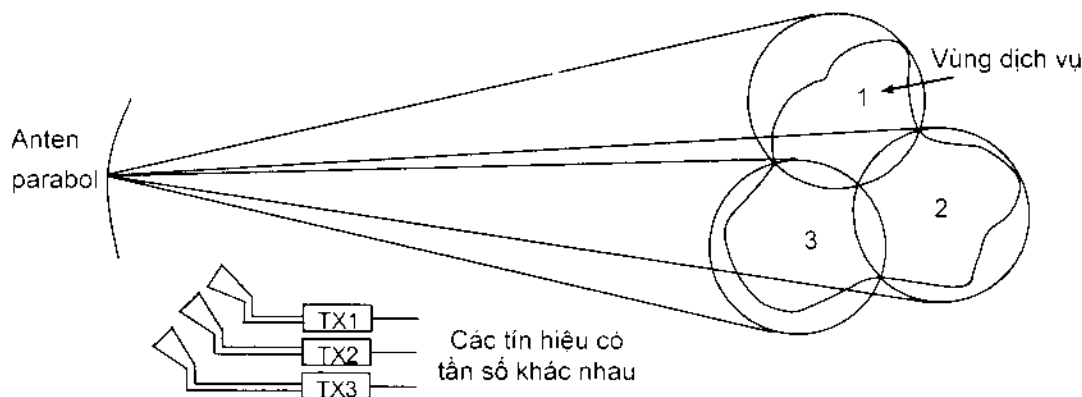
Hình 8.10: Ví dụ vùng địa lý được phủ sóng theo kiểu đa búp sóng tách biệt nhau

Vùng phủ đa búp sóng cách biệt nhau là vùng phủ sóng bao gồm nhiều vùng địa lý cách biệt nhau. Các vùng đó có dạng hình học đơn giản và được chiếu bởi các búp sóng tròn (mặt cắt ngang búp sóng tròn) từ anten vệ tinh. Các vùng có thể là thành phố, thị xã và giữa chúng có yêu cầu thiết

lập các tuyến liên lạc dung lượng lớn. Các búp sóng có thể phân phối cùng tần số nếu như độ cách biệt góc giữa chúng đảm bảo. Trong trường hợp sự cách biệt góc nhỏ, không đủ đảm bảo thì có thể sử dụng phân cực trực giao. Hình 8.10 mô tả ví dụ một vùng địa lý được phủ sóng theo kiểu đa búp sóng cách biệt nhau.

Dịch vụ đối với một vùng phủ sóng hình học xác định có thể sử dụng giải pháp nhiều búp sóng hẹp liên kế nhau thay vì sử dụng một búp sóng đơn (hình 8.11). Bởi vì búp sóng hẹp cho nên nó không thể phủ sóng toàn thể vùng yêu cầu dịch vụ, nhưng bù lại mỗi búp sóng đó tương ứng với độ tăng ích của anten lớn hơn. Điều đó thích hợp với các trạm mặt đất sử dụng loại anten có đường kính bé.

Bởi vì các búp sóng được phân chia liên kế nhau đó có sự gối lên nhau cho nên tần số sử dụng của chúng cần có sự khác biệt nhau. Sự phân chia dải tần đó có thể thực hiện theo khuyến nghị của ITU. Dung lượng của mỗi búp sóng trong trường hợp này có bị giới hạn đặc biệt là khi số búp sóng tăng nhiều. Để đảm bảo sự kết nối trong hệ thống, ở đây cần có một kỹ thuật đảm bảo định tuyến các tín hiệu cần có sự liên lạc giữa các búp sóng. Các thủ tục và giải pháp đó sẽ được giới thiệu trong chương sau về mạng vệ tinh đa búp sóng.

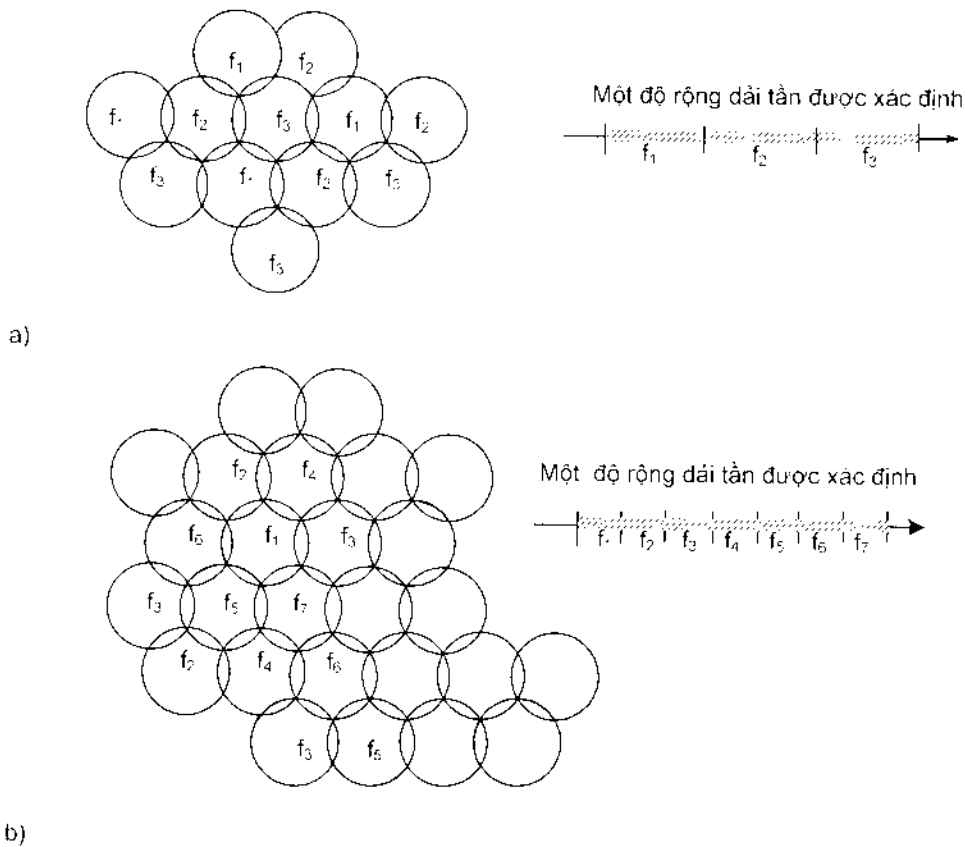


Hình 8.11: Mô tả cấu hình vùng phủ đa búp sóng

8.2.4. Lưới búp sóng

Các khái niệm về đa búp sóng được giới thiệu trên có thể kết hợp với việc sử dụng lại tần số để mở rộng vùng phủ sóng. Việc sử dụng lại tần số có thể làm giảm độ rộng băng tần cho mỗi búp sóng. Giải pháp về nguyên lý cũng giống như việc phân chia ô tế bào trong thông tin di động. Hình 8.12 mô tả các búp sóng sử dụng các tần số khác nhau và việc sử dụng lại tần số.

Trong hình 8.12 cũng mô tả sự thay đổi về khoảng cách góc giữa các búp sóng có sử dụng lại tần số. Khoảng cách đó có liên quan đến nhiều trong băng tần và sự phân chia việc sử dụng lại tần số. Hình 8.13 mô tả nhiều đối với một búp sóng cụ thể trong trường hợp lưới sử dụng ba tần số. Nhiễu giao thoa đó sẽ xuất hiện lớn nhất tại vùng biên của búp sóng và chính tại vùng này mức tín hiệu nhiễu lớn nhất trong lúc mức tín hiệu hữu ích lại nhỏ nhất do độ tăng ích anten tại các vùng biên bé hơn.



Hình 8.11: Mô tả phủ sóng theo lưới búp sóng:

a) Sử dụng 3 tần số;

b) Sử dụng 7 tần số

Bằng cách sử dụng nhiều búp sóng (và nhiều tần số) trong lưới thì khoảng cách giữa các búp sóng sử dụng cùng tần số sẽ gia tăng và điều đó dẫn đến giảm nhiễu lẫn nhau trong hệ thống. Tuy vậy, trường hợp này độ rộng dải tần hữu ích và do đó dung lượng của búp sóng sẽ bị giảm. Hình 9.15 (chương 9) mô tả ví dụ vùng phủ sóng châu Âu của một vệ tinh sử dụng lưới búp sóng ba tần số.

Lưu ý rằng, việc định vị anten trạm mặt đất được đặc trưng bởi các góc nhìn thấy vệ tinh. Tại một điểm trong vùng phủ sóng có hai góc nhìn thấy đặc trưng là:

1- Góc θ : là góc giữa phương của tâm quả đất và phương của điểm xem xét.

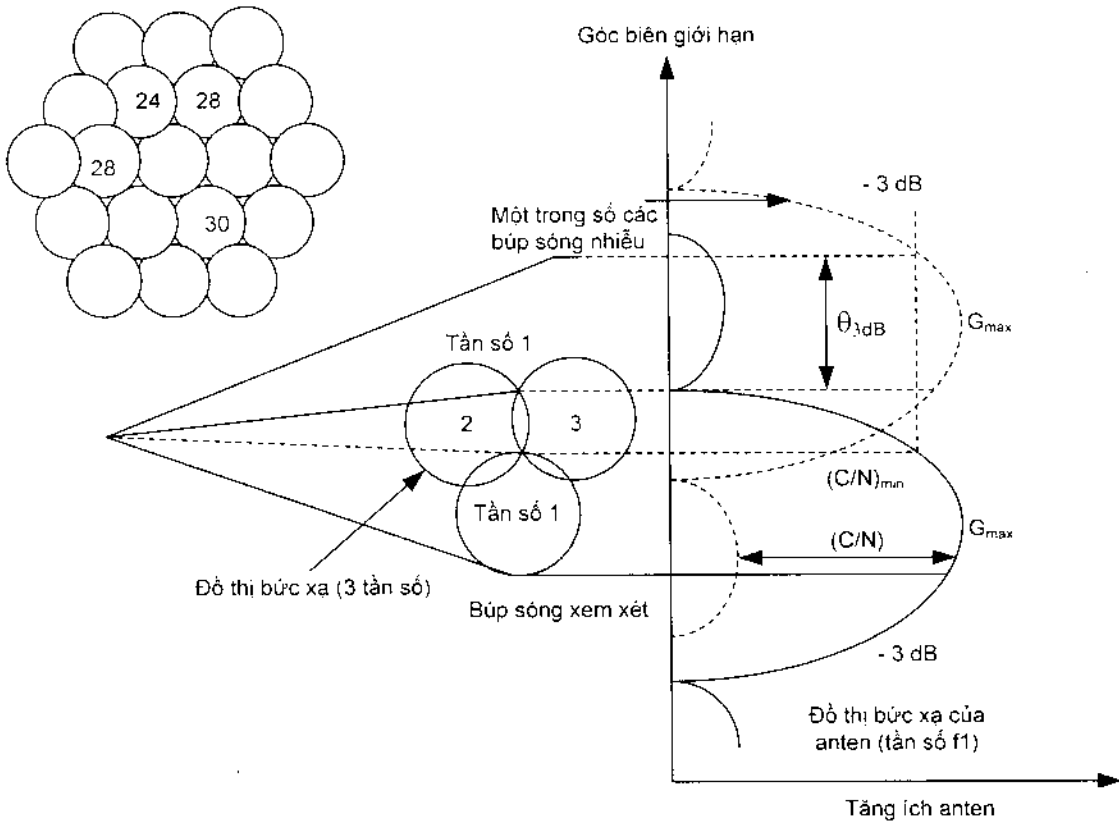
2- Góc φ : là góc giữa hai mặt phẳng, một mặt phẳng được xác định bởi phương của tâm quả đất và trục x; và một mặt phẳng được xác định bởi tâm của quả đất và điểm xem xét.

Các góc nhìn thấy vệ tinh θ và φ đó có quan hệ với điểm xem xét tọa độ (x_p, y_p, z_p) theo biểu thức:

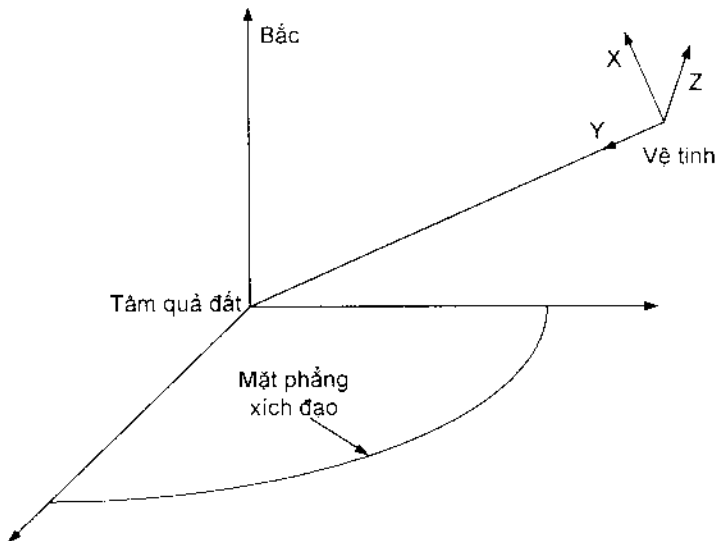
$$\theta = \arctg(x_p/y_p)$$

$$\varphi = \arctg[z_p/(x_p^2 + y_p^2)^{1/2}]$$

Trong trường hợp vệ tinh là địa tĩnh thì các góc nhìn thấy được tính toán trực tiếp theo kinh độ tương đối L của vệ tinh và điểm xem xét cùng với vĩ độ của chúng. Hình 8.14 mô tả hệ thống tọa độ tham chiếu.



Hình 8.13: Mô tả nhiễu giao thoa trong lưới búp sóng



Hình 8.14: Hệ thống tọa độ tham chiếu

8.3. ANTEN VỆ TINH

8.3.1. Tổng quan

Nguyên lý hoạt động của anten trong các hệ thống viễn thông nói chung không có gì khác nhau. Phụ thuộc vào các yêu cầu phát và thu sóng cụ thể mà có sự lựa chọn thiết kế thích hợp. Dải tần công tác của thông tin vệ tinh là thuộc sóng siêu cao, do đó tất cả các loại anten sóng siêu cao về nguyên lý có thể sử dụng trong thông tin vệ tinh. Các loại anten thường được sử dụng trên vệ tinh thường gặp là dạng khe bức xạ (loa), anten có mặt phản xạ, anten thấu kính hoặc anten dẫn.

8.3.2. Anten loa

Anten loa là một loại anten có hướng tính đơn giản nhất. Nó thường được sử dụng cho vùng phủ sóng rộng. Độ rộng búp sóng θ_{3dB} của anten là 17.5° ở tần số công tác là 4GHz và đường kính khe hở là 30cm. Nếu có yêu cầu độ rộng búp sóng nhỏ hơn thì độ rộng khe hở loa phải lớn hơn và việc kích thước lớn đó sẽ có khó khăn cho việc lắp đặt anten trên vệ tinh. Anten loa có đặc tính búp sóng phụ nhỏ. Có nhiều dạng anten loa có kết cấu khác nhau. Chiều dài của loa có thể giảm bằng cách sử dụng hệ thống kích thích với một anten vi dải.

Anten loa trên vệ tinh thích hợp nhất là dùng làm bộ chiếu xạ (nguồn sơ cấp) cho anten có mặt phản xạ.

8.3.3. Anten phản xạ

Anten phản xạ thường được sử dụng để tạo các búp sóng vết hoặc các búp sóng được phân chia. Anten phản xạ thường gặp nhất là anten parabol, gồm có một gương phản xạ parabol được chiếu bởi một hoặc nhiều phần tử bức xạ đặt tại tiêu điểm của parabol (hình 6.3).

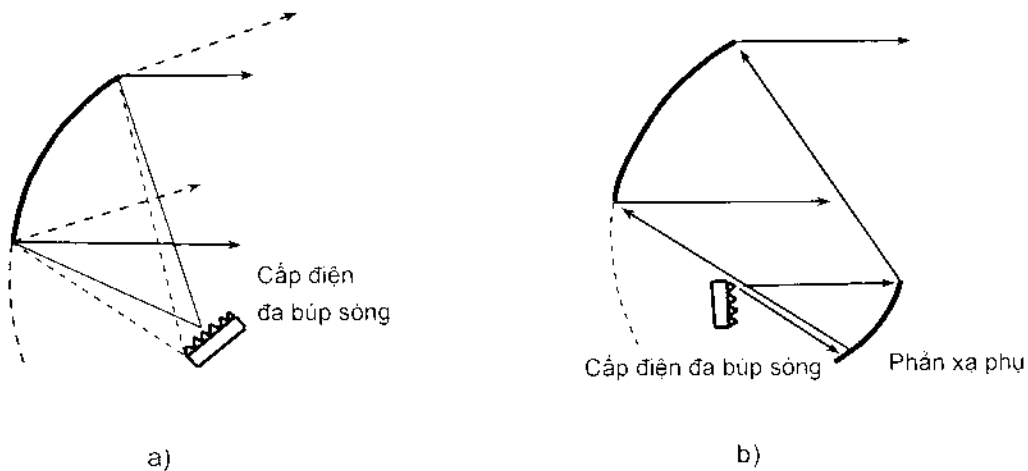
Gương phản xạ parabol có hình dạng paraboloid, được chế tạo từ hai lớp sợi các-bon trộn nhựa phủ lên hai mặt một lõi (parabol) nhôm có đục lỗ nhỏ tổ ong. Kỹ thuật đó có khả năng chắc bền về cơ khí và chịu nhiệt tốt. Tồn hao phản xạ là khá nhỏ, bé hơn 0,1dB ở băng tần K_u .

Chi tiết về cấu trúc và đồ thị phương hướng xem mục 6.2 (anten trạm mặt đất). Có khả năng thay đổi phương định vị của búp sóng anten trên quỹ đạo bằng một thiết bị điều khiển từ xa. Với anten sử dụng dàn chiếu xạ thì việc định vị có thể thực hiện bằng cách thay đổi pha của nguồn cấp điện cho các bộ chiếu xạ.

Anten có thể có hai gương phản xạ: gương phản xạ chính (parabol) và gương phản xạ phụ (hyperbol); đó là loại anten Cassegrain hoặc anten Gregorian.

Anten Cassegrain (hình 6.4) có ưu điểm là chắc chắn về cơ khí do bộ chiếu xạ được đặt ở đỉnh parabol và bộ phản xạ sơ cấp có giá đỡ đối xứng, tuy vậy nó có nhược điểm là búp sóng phụ lớn do búp sóng bị che chắn một phần bởi bộ phản xạ sơ cấp và các giá đỡ.

Việc sử dụng một phần bộ phản xạ chính parabol (tức parabol bị cắt bỏ đi một phần) sẽ tránh được việc bộ chiếu xạ và giá đỡ che chắn búp sóng cũng như tạo được búp sóng phù hợp với vùng phủ sóng mong muốn. Anten cũng có thể gấp lại khi phóng vệ tinh. Hình 8.15 mô tả ví dụ anten có đĩa phản xạ parabol bị cắt bớt.



Hình 8.15: Anten phản xạ có đĩa phản xạ parabol bị cắt bớt
a) Anten một đĩa phản xạ
b) Anten hai đĩa phản xạ

Với loại anten có đĩa parabol bị cắt bớt như hình 8.15 thì khi bộ chiếu xạ có sóng phân cực đường thẳng chiếu vào sẽ có một thành phần phân cực trực giao phát sinh tại bộ phản xạ do tính không đối xứng so với trục chính của anten. Giá trị tách biệt phân cực của anten cũng không lớn (khoảng 25 dB). Với phân cực tròn thì búp sóng bị nghiêng.

8.3.4. Uốn nắn búp sóng bằng cấu hình bộ phản xạ

Về nguyên lý, anten phản xạ có mặt phản xạ là tròn, ví dụ miệng parabol, thì mặt cắt ngang của búp sóng có dạng tròn. Việc uốn nắn búp sóng có thể thực hiện một cách đơn giản bằng thay đổi hình dạng của bộ phản xạ. Nó cũng giống như trường hợp một bộ phản xạ dạng elip tạo ra búp sóng có mặt cắt ngang dạng elip (hình 8.6).

Trong thực tế, việc đẽo gọt búp sóng bằng cách thay đổi hình dáng độ mở (aperture) của anten giới hạn ở búp sóng có mặt cắt elip. Một mặt phản xạ có hình dạng quá phức tạp sẽ gặp nhiều khó khăn trong việc phối hợp đồ thị chiếu xạ tập trung và điều đó dẫn đến hiệu suất chiếu xạ thấp, các búp sóng phụ gia tăng. Cũng có thể sử dụng bộ phản xạ có độ mở dạng tròn nhưng chiếu xạ nghiêng thì mặt cắt cũng sẽ có dạng gần elip.

8.3.5. Anten phản xạ sử dụng nhiều bộ chiếu xạ

Bằng cách đặt một dàn chiếu xạ tại tiêu điểm của anten phản xạ và dàn chiếu xạ đó được cấp điện cùng một tín hiệu nhưng biên độ và góc pha của mỗi bộ chiếu xạ khác nhau thì có thể tạo ra một búp sóng được đẽo gọt hoặc đa búp sóng. Sự phân bố về biên độ và pha đó có thể thực hiện bằng các bộ làm lệch pha (phase shifters), các bộ ghép (couplers) và các bộ chia công suất (power splitters).

Ví dụ, vệ tinh EUTELSAT II sử dụng một anten phản xạ có độ mở (aperture) là 1,6 m và dàn chiếu xạ có 22 bộ chiếu xạ dạng loa để tạo các búp sóng anten như mô tả ở hình 8.9.

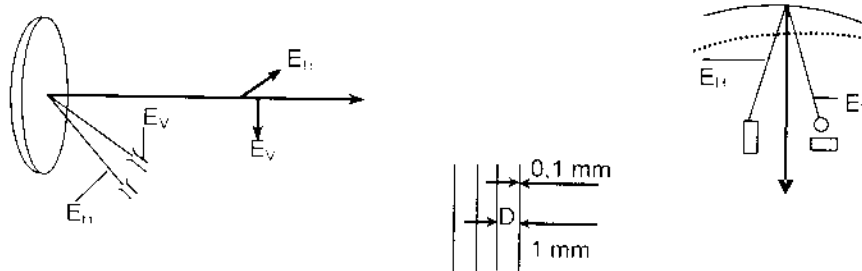
Các vùng phủ sóng khác nhau (hai bán cầu, bốn vùng) của vệ tinh INTELSAT VII (như mô tả ở hình 8.3) là do hai dàn chiếu xạ với 120 bộ chiếu xạ đặt tại hai tiêu điểm của hai gương phản xạ có đường kính là 2,44 m và 1,57 m.

Việc cấp nguồn cho các bộ chiếu xạ một cách độc lập cho phép tạo ra các búp sóng tách biệt đặc trưng bởi tần số và dạng phân cực của chúng. Hình 8.10 mô tả vùng phủ đa búp sóng nói trên.

Kỹ thuật sử dụng nhiều bộ chiếu xạ cũng được sử dụng để tạo ra vùng phủ sóng dạng ô lưới. Kích cỡ của dàn chiếu xạ cũng gia tăng theo kích cỡ của lưới và trong trường hợp này, các bộ chiếu xạ đặt ở biên của dàn sẽ cách xa tiêu điểm một khoảng nào đó; điều này dẫn đến việc suy giảm độ thị bức xạ tương ứng. Khi mà số búp sóng yêu cầu nhiều thì việc giảm số lượng bộ chiếu xạ có thể thực hiện bằng cách phân chia các bộ chiếu xạ theo một số búp sóng; một búp sóng theo hướng xác định sẽ nhận được một sự phân bố thích ứng về biên độ và pha của một sóng mang từ một số bộ chiếu xạ.

8.3.6. Anten phân cực sóng bức xạ trực giao

Có thể tạo sóng bức xạ phân cực hoàn toàn trực giao bằng một anten phản xạ có hai bộ chiếu xạ dạng thanh được đặt vuông góc nhau. Bộ chiếu xạ ở đây là các thanh dẫn điện (dạng chấn tử) đặt song song nhau (kiểu dàn chấn tử thụ động đặt song song). Hình 8.16 mô tả nguyên lý thực hiện anten có bức xạ phân cực trực giao nói trên.



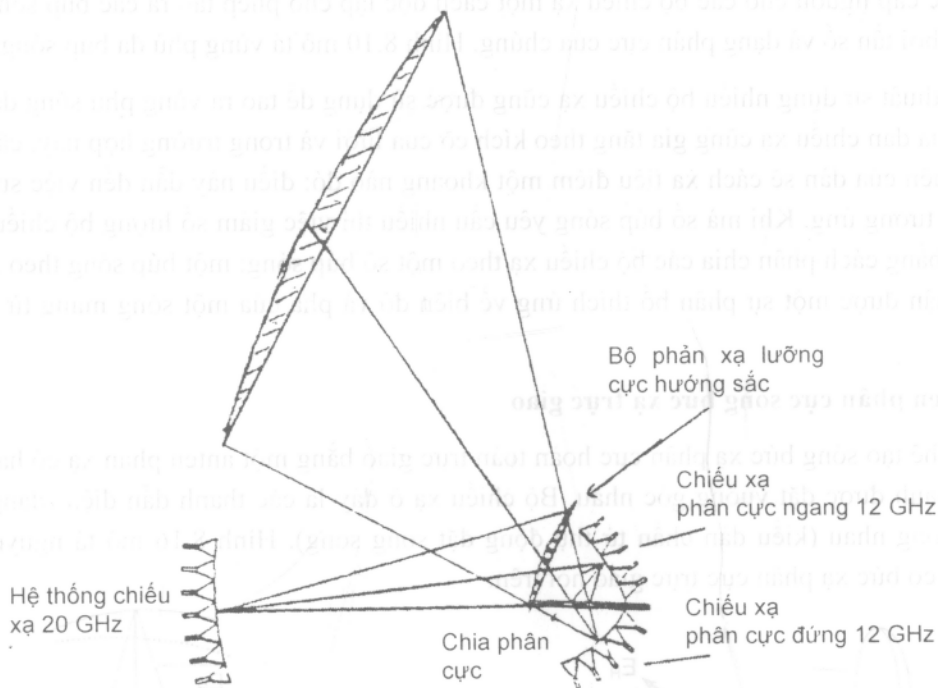
Hình 8.16: Mô tả anten phản xạ có bức xạ phân cực trực giao

Lý thuyết về trường điện từ biết rằng, khi có sóng vô tuyến chiếu vào các thanh chấn tử thụ động đó thì chỉ có thành phần điện trường song song với thanh được phản xạ. Dòng điện có thể chạy trong thanh nhưng thành phần điện trường vuông góc không tồn tại. Sóng phản xạ từ hai bộ chiếu xạ dạng thanh đặt vuông góc đó sẽ có đặc tính trực giao cao và có thể sử dụng để tạo bức xạ trực giao qua bộ phản xạ chính. Gọi là các thanh nhưng với tần số siêu cao, kích thước chúng rất bé (ví dụ ở băng tần K_u , thanh có kích thước 0,2 m, khoảng cách giữa các thanh là 1 mm) thường được sản xuất theo một công nghệ đặc biệt.

8.3.7. Anten có bộ phản xạ lưỡng hướng

Bộ phản xạ lưỡng hướng (dichroic reflector) hay còn gọi là mặt lưỡng tính (dichroic surface) là bộ phản xạ chỉ phản xạ các sóng vô tuyến trong một băng tần xác định nhưng lại trong suốt với các tần số nằm ngoài băng tần đó.

Bằng cách sử dụng hai bộ phản xạ (một phản xạ chính parabol và một phản xạ phụ lưỡng hướng) và hai bộ chiếu xạ có hai tần số khác nhau có thể đạt được từ một bộ phản xạ chính có thể có bức xạ của hai sóng có tần số khác nhau. Hơn nữa một trong hai bộ chiếu xạ có thể thực hiện bức xạ sóng phân cực trực giao. Các bộ chiếu xạ được đặt trên các tiêu điểm. Hình 8.17 mô tả sơ đồ nguyên lý anten có bộ phản xạ lưỡng hướng được thiết kế để làm việc với hai tần số thuộc băng tần K_u và K_u (12 GHz và 20 GHz). Tần số 12 GHz sử dụng sóng phân cực trực giao.



Hình 8.17: Mô tả cấu trúc nguyên lý Anten có sử dụng bộ phản xạ lưỡng hướng sắc bức xạ sóng có hai tần số khác nhau

8.3.8. Anten thấu kính

Anten thấu kính thuộc loại anten mặt. Nguyên lý hoạt động của anten thấu kính tương tự như nguyên lý của thấu kính quang học. Tia sóng đi qua thấu kính sẽ bị khúc xạ. Tùy thuộc vào các thông số về chiết suất, cấu trúc hình học của thấu kính mà có thể biến đổi các mặt sóng sơ cấp ở đầu vào thấu kính để có mặt sóng và các tia sóng ở đầu ra có dạng mong muốn. Nếu anten thấu kính là phát và có các cấu tạo sao cho các mặt bức xạ là các mặt phẳng đồng pha thì sóng bức xạ là sóng phẳng. Với anten thấu kính thu thì quá trình biến đổi ngược lại, thấu kính sẽ biến đổi sóng phẳng thành sóng cầu hội tụ tại tiêu điểm (bộ thu).

Một anten thấu kính gồm có hai phần chính: thấu kính và bộ chiếu xạ. Tùy thuộc vào loại thấu kính mà bộ chiếu xạ có cấu trúc thích hợp.

Việc tạo thành tia song song ở mặt ra của thấu kính có thể do sự khúc xạ sóng tại một mặt của thấu kính hoặc có thể tại cả hai mặt của thấu kính tùy thuộc vào kết cấu cụ thể.

Có hai loại thấu kính được sử dụng phổ biến trong các anten thấu kính, đó là thấu kính chậm (còn gọi là thấu kính lồi) và thấu kính nhanh (còn gọi là thấu kính lõm). Hình 8.18 mô tả hai dạng thấu kính điển hình đó và phương trình mặt của chúng.

Các phương pháp tạo thấu kính có thể là:

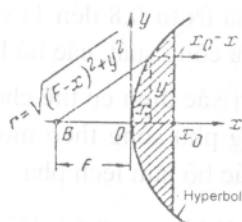
1- Dùng chất điện môi đồng nhất. Thấu kính sản xuất theo phương pháp này có ưu điểm là dài thông rộng nhưng khối lượng lớn.

2- Dùng các ống dẫn sóng kim loại ghép lại (thấu kính chia theo bước hoặc theo vùng) và sắp xếp sao cho có thể biến đổi các sóng cầu đến thành các sóng phẳng (hình 8.19). Thấu kính loại này nhẹ nhưng dài thông tương đối hẹp.

3- Dùng các đường dây trễ kết nối với các phần tử bức xạ. Độ rộng dải thông loại thấu kính này lớn và trọng lượng trung bình (giữa thấu kính ống dẫn sóng và thấu kính điện môi).

Nói chung, anten thấu kính có khối lượng trọng lượng lớn và ứng dụng dành riêng cho các vệ tinh quân sự do dung lượng đối với cấu hình động có thể tạo được đồ thị bức xạ của anten có độ tăng ích bằng không tại một vùng mong muốn cụ thể nào đó. Ví dụ vệ tinh DSCS của Mỹ có một anten thu với 61 búp sóng 2^0 và hai anten phát, mỗi anten có 19 búp sóng.

Anten thấu kính có ưu điểm so với các anten phản xạ đối xứng là dàn chiếu xạ được đặt ở phía sau mặt bức xạ (radiating aperture) do đó khắc phục được hiện tượng che búp sóng (blocking of the beam).



$$x^2(n^2-1)+2Fx(n-1)-y^2=0$$

a) Thấu kính chậm

$$n = \frac{c}{v} \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2} > 1$$

F: tiêu cự; B: tiêu điểm

f: tần số

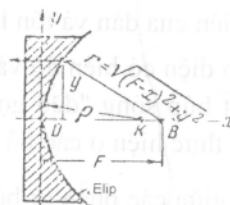
n: chiết suất

c: tốc độ ánh sáng

v: tốc độ sóng trong thấu kính

ϵ : hệ số điện môi thấu kính

ϵ_0 : hằng số điện môi.



$$x^2(1-n^2)-2Fx(1-n)+y^2=0$$

b) Thấu kính nhanh

$$n = \frac{c}{v} \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2} < 1$$

p: bán kính thấu kính

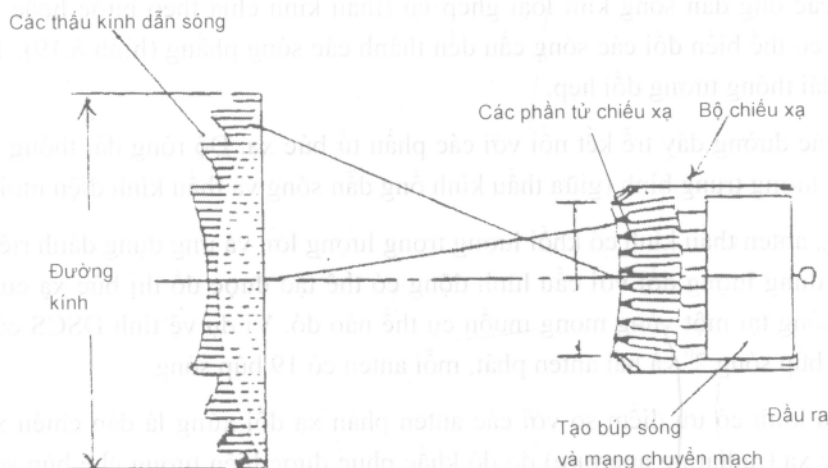
d: chiều dày của thấu kính

a: khoảng cách giữa các bản cực trong thấu kính

Hình 8.18: Kích thước hình học của anten thấu kính

8.3.9. Anten dàn

Anten dàn sử dụng một số lớn các phần tử bức xạ đặt phân biệt trên một diện tích để tạo mặt bức xạ (hình 8.20). Đồ thị bức xạ được tạo ra là do sự hỗn hợp về biên độ và pha của các sóng bức xạ từ các phần tử của dàn (nguyên lý dàn anten). Về nguyên lý hoạt động của dàn cũng tương tự như một dàn chiếu xạ đặt ở tiêu điểm của anten phản xạ. Khác nhau ở đây là số phần tử bức xạ và diện tích bề mặt: các yếu tố đó được xác định bởi yêu cầu về độ tăng ích và độ rộng của búp sóng anten theo hướng bức xạ của dàn. Các phần tử chiếu xạ có thể là anten dạng loa, dipol, hốc cộng hưởng, các phần tử mạch in v.v...



Hình 8.19: Mô tả anten thấu kính cấu trúc từ các ống dẫn sóng

Hiệu suất của anten là hàm của độ chiếu sáng (có giá trị từ 0,8 đến 1) và được xác định bởi trọng số biên độ ở biên của dàn và tổn hao trong các bộ chia công suất, các bộ làm lệch pha.

Bằng việc cấp điện có biên độ và pha theo các giá trị xác định cụ thể cho các phần tử bức xạ có thể tạo được một búp sóng "đều gọt" và diện tích vùng phủ sóng theo mong muốn. Việc điều khiển động đó được thực hiện ở các bộ chia công suất và các bộ làm lệch pha.

Khoảng cách giữa các phần tử bức xạ của anten dàn lá khoảng $0,6\lambda$. Đồ thị bức xạ của anten được chỉnh sửa bằng cách thay đổi biên độ và góc pha của nguồn cấp điện cho các phần tử bức xạ qua một chia công suất và dịch pha có thể điều khiển được.

Ví dụ, nếu cấp điện cho tất cả các phần tử bức xạ là đồng pha và đồng biên độ thì búp sóng nhận được giống như búp sóng được tạo ra bởi anten phản xạ với độ chiếu đồng nhất: độ tăng ích cực đại tỷ lệ với tỷ số $(\pi D/\lambda)^2$ và độ rộng búp sóng 3dB là khoảng λ/D radian (khoảng $60\lambda/D$ độ).

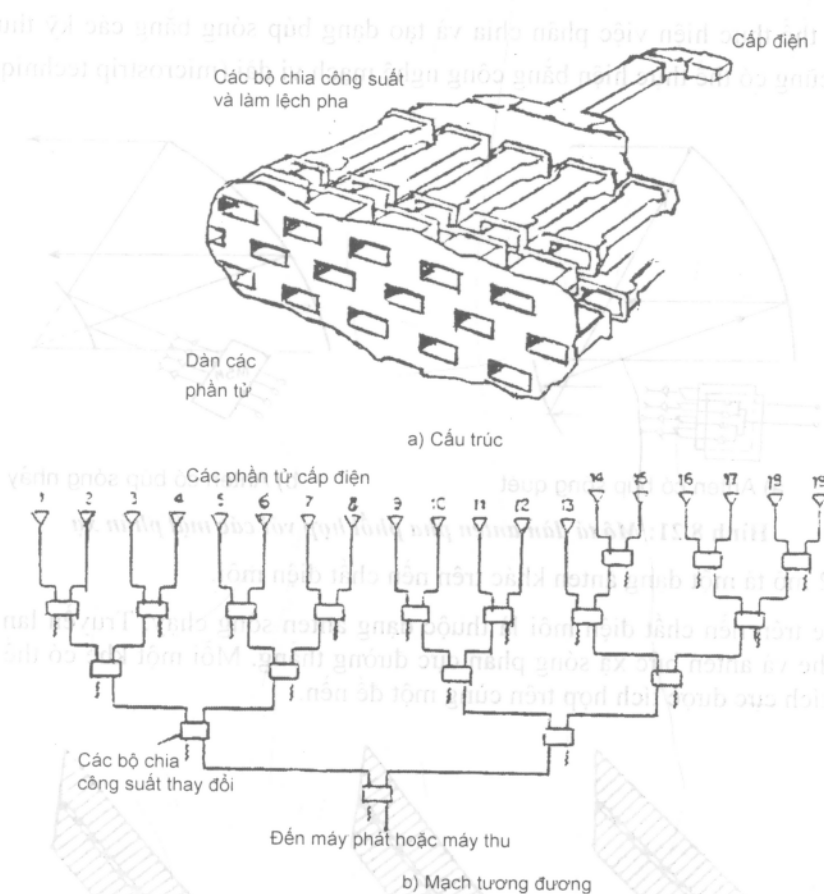
Bằng cách giảm biên độ trên vùng biên của mặt bức xạ có thể làm giảm méu phụ và tăng độ rộng búp sóng.

Bằng cách cấp điện cho các phần tử bức xạ có sự thay đổi pha một cách tuyến tính từ phần tử này sang phần tử khác, có thể làm thay đổi hướng búp sóng.

8.3.10. Anten tích cực

Anten tích cực là một anten mà việc cấp điện cho các phần tử bức xạ được thực hiện trực tiếp bởi một mô-đun khuếch đại. Một mô-đun khuếch đại được đấu nối trực tiếp với một phần tử bức xạ đơn hoặc một nhóm nhỏ các phần tử bức xạ.

Trong trường hợp anten thực hiện chức năng cả phát và thu sóng thì mô-đun tích cực bao gồm cả bộ khuếch đại tạp âm thấp và bộ khuếch đại công suất ra. Chúng được cách biệt nhau bởi bộ định hướng vòng (circulator). Về nguyên lý, một anten tích hợp gồm một dàn bức xạ trực tiếp. Có thể phối hợp anten tích cực với một hoặc hai mặt phản xạ, ví dụ mặt phản xạ parabol. Việc lựa chọn sử dụng anten dàn bức xạ trực tiếp hoặc dàn có các mặt phản xạ phụ thuộc vào hình dạng và số búp sóng yêu cầu cũng như công nghệ và công suất sử dụng. Hình 8.21 mô tả một anten phối hợp dàn lệch pha với các mặt phản xạ.



Hình 8.20: Dàn anten pha

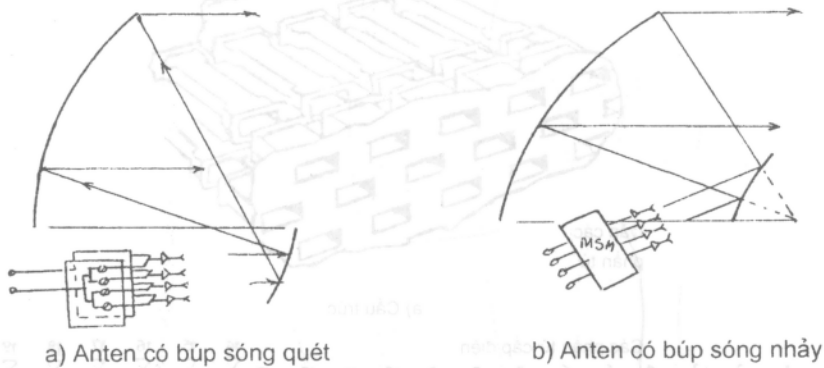
Các phần tử được sử dụng để "đeo gọt" búp sóng (như các bộ suy giảm công suất và các bộ làm lệch pha) đều là các bộ phận của mô-đun tích cực. Chúng được đặt ngược dòng với các bộ khuếch đại công suất và thuận dòng với các bộ khuếch đại tạp âm thấp. Việc đeo gọt búp sóng có thể được thực hiện hoặc tại tần số công tác của anten hoặc tại tần số trung gian.

Ưu điểm của các anten tích cực sử dụng các bộ khuếch đại công suất nhỏ dùng chất bán dẫn là có độ tuyến tính, độ tin cậy lớn có thể kết nối song song một số lớn các phần tử đồng nhất. Anten tích cực cũng cho phép có được công suất bức xạ đẳng hướng tương đương (EIRP) lớn, thích hợp ứng dụng trong thông tin vệ tinh quảng bá trực tiếp hoặc thông tin di động vệ tinh. Với một anten cho (được xác định bởi vùng phủ sóng) thì giới hạn của công suất bức xạ phụ thuộc vào các giới hạn về kỹ thuật của công suất của bộ khuếch đại đơn cho mỗi kênh (công suất đó có giá trị khoảng 250 W) nếu dùng đèn sóng chạy khuếch đại ở tầng cuối. Công suất bức xạ của anten tích cực còn phụ thuộc vào công suất của mô-đun tích cực và số phần tử bức xạ sử dụng.

Nhược điểm của anten tích cực chủ yếu xuất hiện trong phần kết nối và tổn hao trong các mô-đun (tổn hao Ohm).

Với công nghệ mạch tích hợp MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuits) có thể thực hiện các mô-đun của anten tích cực có kích thước nhỏ, trọng lượng nhẹ. Các mô-đun đó có thể hợp nhất với các phần tử phân chia búp sóng (các bộ suy giảm và các bộ dịch pha có thể điều chỉnh

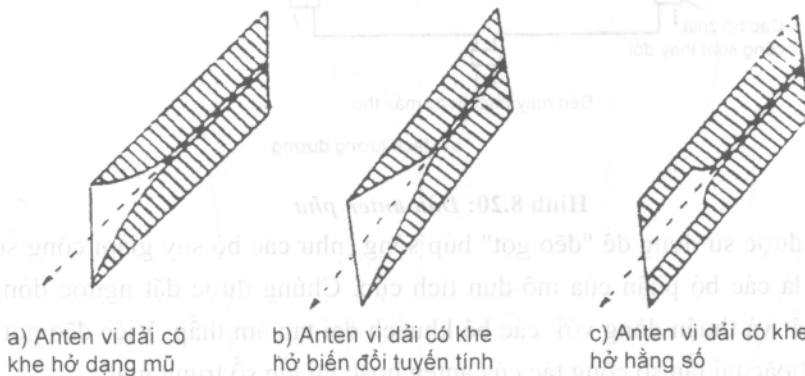
được). Cũng có thể thực hiện việc phân chia và tạo dạng búp sóng bằng các kỹ thuật quang. Các phần tử bức xạ cũng có thể thực hiện bằng công nghệ mạch vi dải (microstrip technique).



Hình 8.21: Mô tả dàn anten pha phối hợp với các mặt phản xạ

Hình 8.22 mô tả một dạng anten khác trên nền chất điện môi.

Anten khe trên nền chất điện môi là thuộc dạng anten sóng chạy. Truyền lan của sóng xuất hiện dọc theo khe và anten bức xạ sóng phân cực đường thẳng. Mỗi một khe có thể được cấp điện từ một mô đun tích cực được tích hợp trên cùng một đế nền.



Hình 8.22: Mô tả một dạng anten khác trên nền chất điện môi

Chương 9

MẠNG VỆ TINH ĐA BÚP SÓNG

9.1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các mạng thông tin vệ tinh búp sóng đơn như được đề cập thảo luận trong các chương trước có một trong hai nhược điểm sau đây:

1. Vệ tinh có khả năng phủ sóng một vùng rộng lớn trên quả đất ứng với phạm vi nhìn thấy của vệ tinh và như vậy cho phép thiết lập các tuyến liên lạc ở những khoảng cách lớn, ví dụ từ lục địa này sang lục địa khác. Trong trường hợp này độ tăng ích của anten lại bị giới hạn bởi độ rộng búp sóng, tức muốn có độ tăng ích lớn thì độ rộng búp sóng của anten phải hẹp. Đối với vệ tinh địa tĩnh thì vùng phủ sóng như vậy ứng với góc mở 3 dB của búp sóng anten là $17,5^\circ$ và do đó độ tăng ích anten là khoảng 2 dB.

2. Vệ tinh có thể cung cấp phủ sóng một phần nhỏ nào đó của mặt quả đất (ví dụ một vùng hoặc một quốc gia) bởi một búp sóng hẹp. Như vậy có lợi là độ tăng ích của anten lớn do giảm góc mở của búp sóng anten, nhưng muốn liên lạc ở khoảng cách lớn thì hệ thống phải kết nối với những trạm mặt đất nằm ngoài vùng phủ sóng hoặc phải kết nối với vệ tinh khác.

Với thông tin vệ tinh búp sóng đơn như vậy cần phải có sự lựa chọn giữa việc sử dụng nhiều trạm mặt đất (vùng phủ sóng được mở rộng) và việc có một dự phòng dự trữ tuyến thuận lợi do việc có độ tăng ích của anten lớn (giảm vùng phủ sóng).

Với việc sử dụng vệ tinh đa búp sóng (và mạng vệ tinh đa búp sóng) có thể giải quyết điều hòa được hai mâu thuẫn cần phải lựa chọn trên.

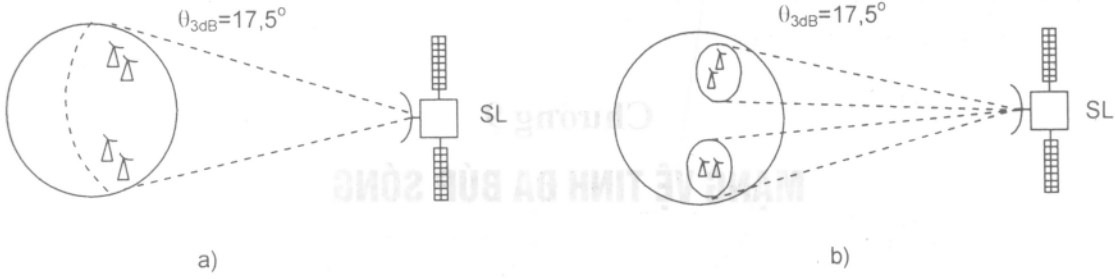
9.2. ƯU VÀ NHƯỢC ĐIỂM CỦA VỆ TINH ĐA BÚP SÓNG

Hình 9.1 mô tả hai cấu hình để so sánh: cấu hình 9.1a là vệ tinh búp sóng đơn, có độ rộng búp sóng $\theta_{sb} = 17,5^\circ$ cung cấp vùng phủ sóng toàn bộ và cấu hình 9.1b sử dụng vệ tinh có các búp sóng hẹp độ rộng búp sóng $\theta_{sb} = 1,75^\circ$ với các vùng phủ sóng nhỏ.

Ưu điểm của vệ tinh đa búp sóng:

Ưu điểm nhận rõ trước tiên của vệ tinh đa búp sóng so với vệ tinh đơn búp sóng là:

1. Do độ rộng búp sóng hẹp, độ tăng ích của anten lớn cho nên sẽ có tỷ số (C/N_0) và EIRP lớn; có thể giảm được công suất phát của vệ tinh.
2. Có thể sử dụng lại tần số với các ô vùng phủ sóng hẹp.



Hình 9.1: Mô tả vùng phủ sóng của búp sóng đơn (a) và của đa búp sóng (b)

Như đã chứng minh trong chương 3, biểu thức (3.42) tỷ số mật độ công suất sóng mang trên mật độ công suất của tuyến lên (C/N_o) là:

$$(C/N_o)_u = EIRP_{ES}(1/L_u)(G/T)_{SL}(1/k) \quad \text{Hz} \quad (9.1)$$

Giả thiết rằng, nhiệt độ tạp âm ở đầu vào máy thu vệ tinh là $T_{SL} = 800K = 29 \text{ dB (K)}$ và độc lập với vùng phủ búp sóng (điều đó không hoàn toàn chính xác nhưng để đơn giản ở đây tính gần đúng). Cho rằng tổn hao tuyến lên $L_u = 200 \text{ dB}$ và bỏ qua các tổn hao khác. Như vậy, biểu thức (9.1) có thể viết dưới dạng dB:

$$(C/N_o)_u = EIRP_{ES} + (G_R)_{SL} - 0,4 \quad \text{dB(Hz)} \quad (9.2)$$

trong đó: $(G_R)_{SL}$ là độ tăng ích của anten thu ở vệ tinh. Mối quan hệ đó được mô tả ở hình 9.2 với hai trường hợp:

1- Vùng phủ đơn búp sóng, $\theta_{3dB} = 17,5^\circ$, hàm ý rằng $(G_R)_{SL} = 29.000/(\theta_{3dB})^2 = 40 \text{ dB}$.

2- Vùng phủ búp sóng hẹp của anten vệ tinh đa búp sóng, $\theta_{3dB} = 1,75^\circ$, hàm ý rằng $(G_R)_{SL} = 29.000/(\theta_{3dB})^2 = 40 \text{ dB}$.

Biểu thức $(C/N_o)_D$ đối với tuyến xuống là:

$$(C/N_o)_D = EIRP_{ES}(1/L_D)(G/T)_{EL}(1/k) \quad \text{Hz} \quad (9.3)$$

Giả thiết rằng, công suất sóng mang được phát từ vệ tinh là: $P_T = 10W = 10 \text{ dBW}$. Cho rằng tổn hao tuyến xuống $L_D = 200 \text{ dB}$ và bỏ qua các tổn hao khác. Biểu thức (9.3) sẽ được viết dưới dạng dB:

$$(C/N_o)_D = (G_T)_{SL} + (G/T)_{ES} + 38,6 \quad \text{dB(Hz)} \quad (9.2)$$

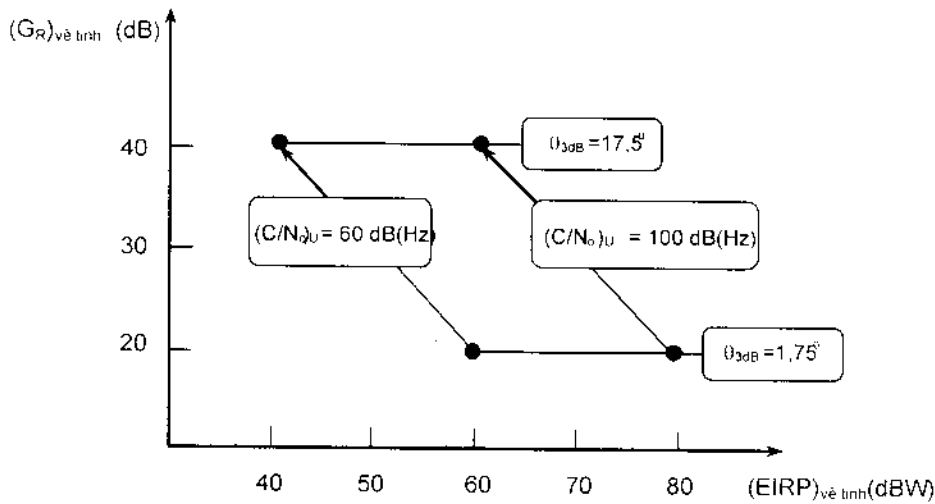
Quan hệ đó được mô tả trong hình 9.2 với hai trường hợp:

1- Vùng phủ đơn búp sóng, $\theta_{3dB} = 17,5^\circ$, ứng với $(G_T)_{SL} = 29.000/(\theta_{3dB})^2 = 20 \text{ dB}$.

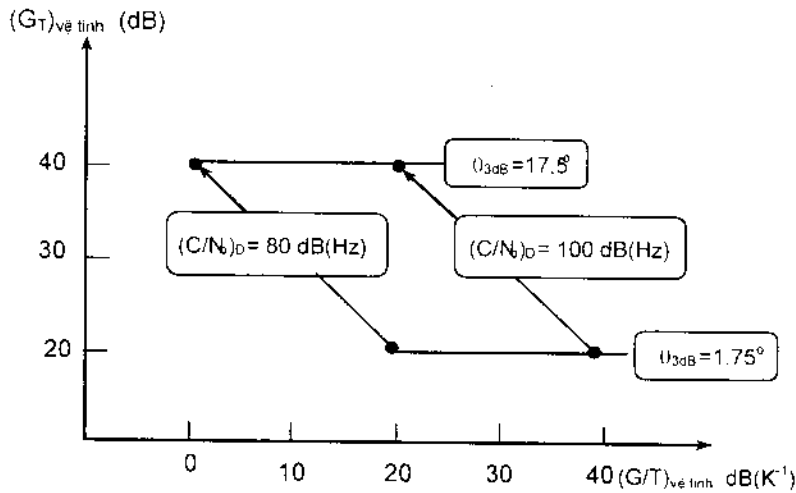
2- Vùng phủ búp sóng hẹp của anten đa búp sóng, $\theta_{3dB} = 1,75^\circ$, ứng với $(G_R)_{SL} = 29.000/(\theta_{3dB})^2 = 40 \text{ dB}$.

Các đường chéo có mũi tên trong hình 9.2 và 9.3 nói lên rằng các giá trị yêu cầu $(EIRP)_{ES}$ và $(G/T)_{ES}$ của trạm mặt đất giảm khi chuyển động từ vệ tinh đơn búp sóng sang vệ tinh đa búp sóng. Trong trường hợp này, vệ tinh đa búp sóng cho phép đạt giá thành hệ thống thấp hơn và hiệu năng tốt hơn. Trước mắt có thể nhìn thấy việc giảm 20 dB của $(EIRP)_{ES}$ và $(G/T)_{ES}$ có thể giảm kích

thước anten (khoảng 30m xuống còn 3m) và việc gia tăng tỷ số (C/N_o) có thể dẫn đến gia tăng dung lượng nếu như độ rộng dải thông đảm bảo.



Hình 9.2: So sánh các giá trị EIRP yêu cầu đối với một trạm mặt đất trong trường hợp phủ sóng $\theta_{3dB} = 17,5^\circ$ và trong trường hợp phủ sóng $\theta_{3dB} = 1,75^\circ$

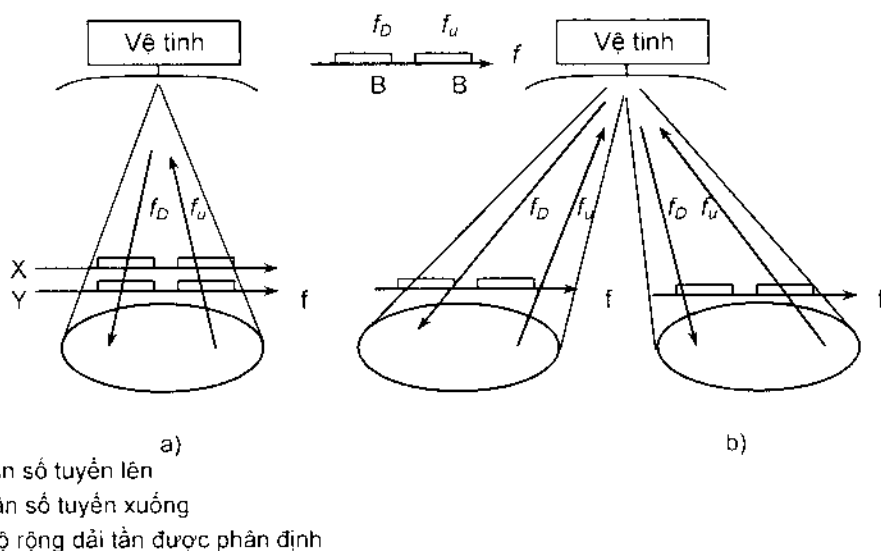


Hình 9.3: So sánh các giá trị yêu cầu của tỷ số G/T đối với một trạm mặt đất trong hai trường hợp phủ sóng $\theta_{3dB} = 17,5^\circ$ và trong trường hợp phủ sóng $\theta_{3dB} = 1,75^\circ$

Việc sử dụng lại tần số ở đây là sử dụng cùng băng tần số để tăng dung lượng của mạng mà không phải tăng độ rộng băng tần. Ví dụ, sử dụng lại tần số trong cùng một búp sóng bằng giải pháp sử dụng phân cực trực giao. Trong trường hợp vệ tinh đa búp sóng thì do các búp sóng là cách biệt nhau cho nên có thể tận dụng để sử dụng lại tần số cùng băng tần trong các búp sóng khác nhau. Hình 9.4 mô tả so sánh nguyên lý của việc sử dụng lại tần số bằng giải pháp phân cực trực giao (hình 9.4a) và nguyên lý của việc sử dụng lại tần số bằng độ tách biệt góc giữa các búp sóng (hình 9.4b).

Trong cả hai trường hợp, độ rộng dải tần được phân định cho hệ thống là B . Hệ thống sử dụng độ rộng dải tần B đó với tần số f_u cho tuyến lên và tần số f_d cho tuyến xuống. Trong trường

hợp sử dụng lại tần số theo phân cực trực giao thì độ rộng dải tần B chỉ được sử dụng lại hai lần. Trong trường hợp sử dụng lại tần số theo các búp sóng cách biệt nhau thì độ rộng dải thông B có thể sử dụng lại với nhiều búp sóng trong điều kiện can nhiễu trong giới hạn cho phép. Cả hai giải pháp sử dụng lại tần số trên có thể phối hợp với nhau để sử dụng.



Hình 9.4: Mô tả nguyên lý việc sử dụng lại tần số:

a) Bảng giải pháp phân cực trực giao.

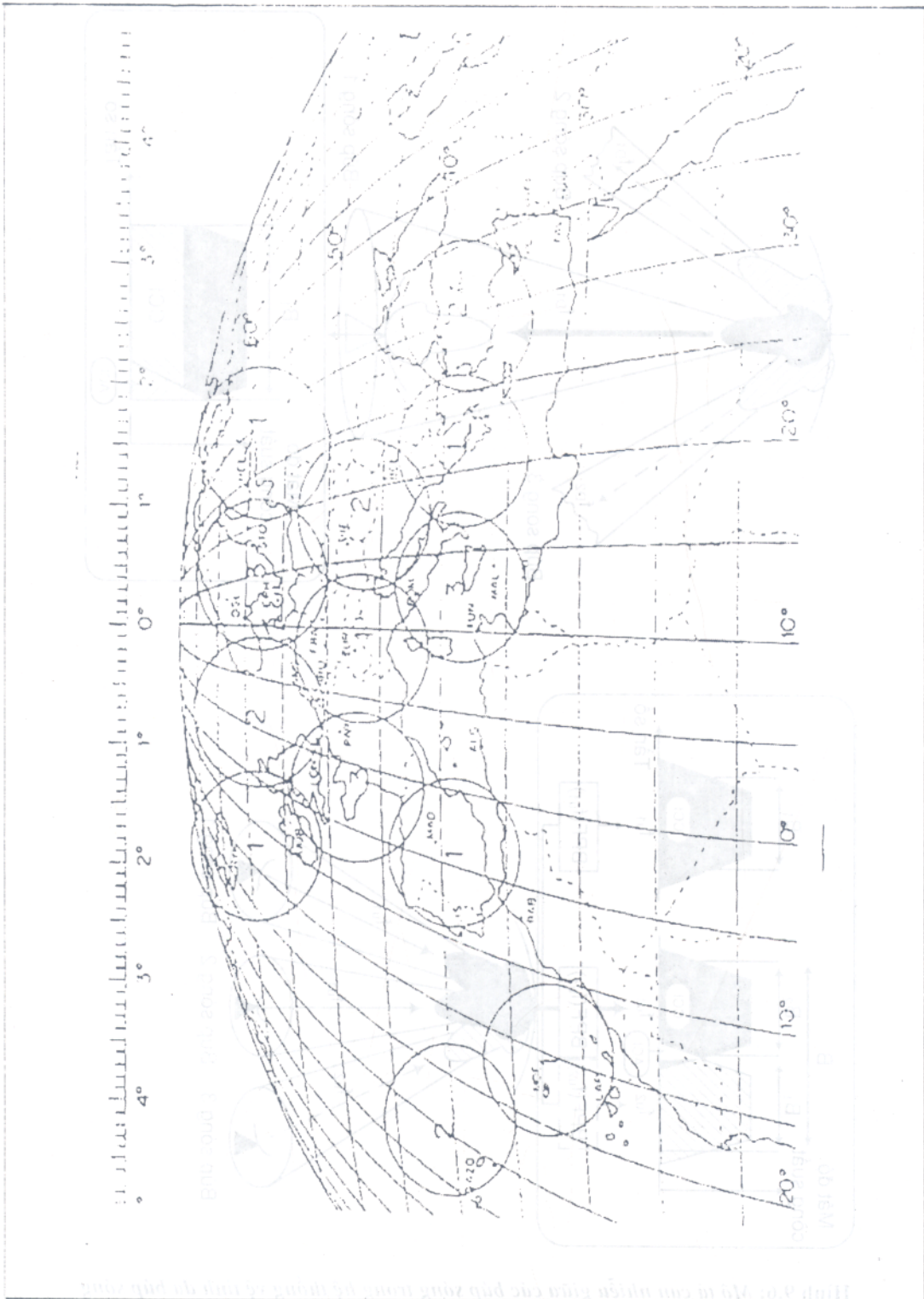
b) Bảng giải pháp đa búp sóng tách biệt nhau

Hệ số sử dụng lại tần số được xác định bởi số lần mà độ rộng dải tần được sử dụng. Về lý thuyết một vệ tinh đa búp sóng có M búp sóng, độ rộng băng tần B được phân định và phối hợp sử dụng lại tần số của hai giải pháp (phân cực trực giao và đa búp sóng tách biệt nhau) trong mỗi một búp sóng thì hệ số sử dụng lại tần số là $2M$. Điều đó có nghĩa là, dung lượng được tăng là $2M \times B$ so với một vệ tinh búp sóng đơn, phân cực đơn. Trong thực tế, hệ số sử dụng lại tần số phụ thuộc vào cấu hình của vùng dịch vụ phủ sóng. Nếu như vùng dịch vụ bao gồm một số vùng cách biệt nhau khá lớn (ví dụ những vùng thành phố cách biệt những vùng nông thôn), độ cách biệt các búp sóng đảm bảo thì có thể cho phép sử dụng lại tần số trong tất cả các búp sóng.

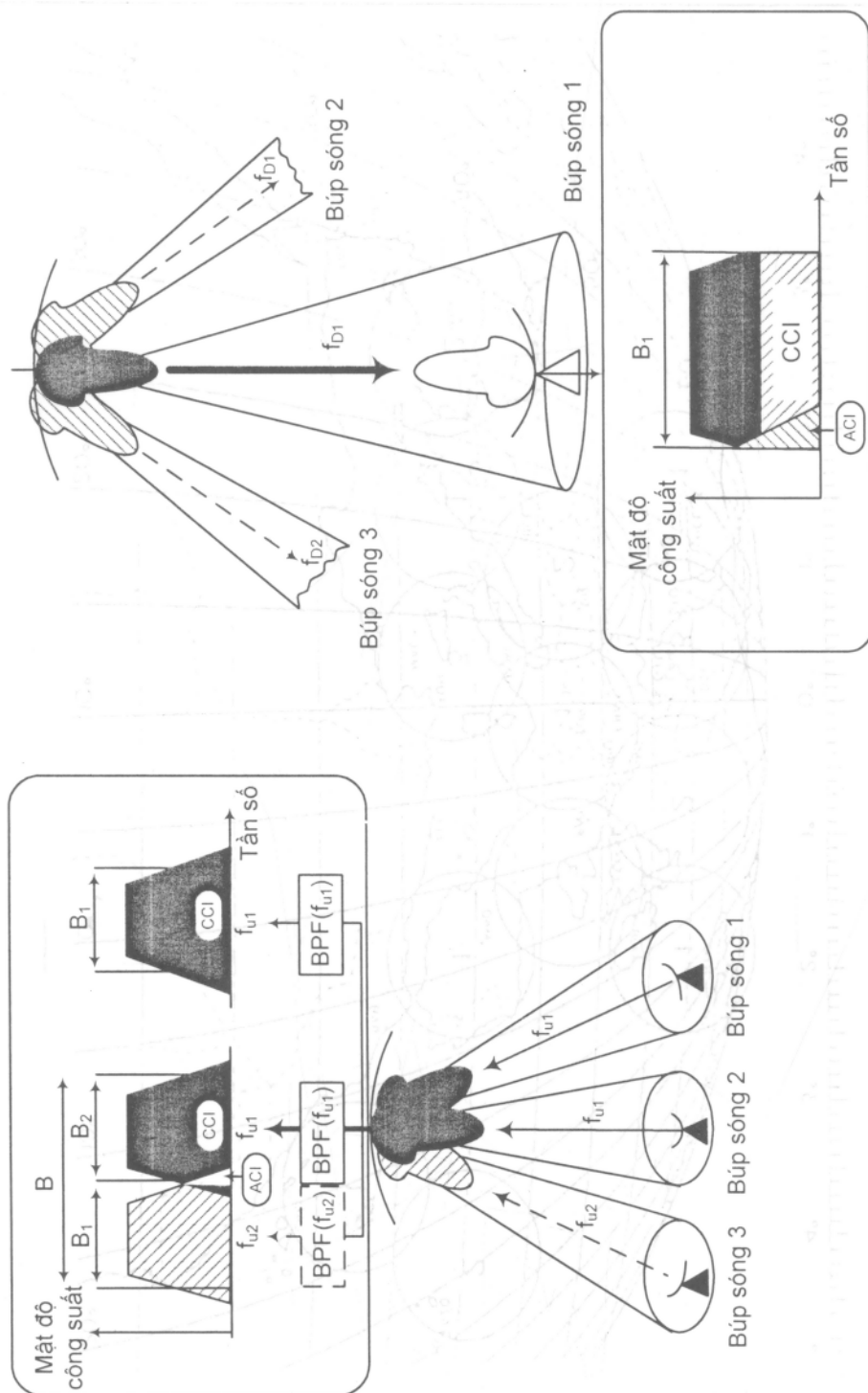
Hình 9.5 mô tả ví dụ một vệ tinh đa búp sóng, có sử dụng lại tần số, phủ sóng nhiều vùng có phân bố dân cư đồng đều. Trong ví dụ trên, độ rộng dải tần được chia làm ba dải tần con và mỗi dải tần con đó được sử dụng trong các búp sóng (1, 2 và 3) có đảm bảo cách biệt giữa các búp sóng sử dụng cùng băng tần con. Độ rộng dải tần tương đương, trong trường hợp không dùng giải pháp sử dụng lại tần số bằng phân cực trực giao, có giá trị là: $6 \times (B/3) + 4 \times (B/3) + 3 \times (B/3) = 4,3B$ với $M = 13$ búp sóng. Hệ số sử dụng lại tần số trong trường hợp này là 4,3.

Nhược điểm của vệ tinh đa búp sóng

Nhược điểm chủ yếu của vệ tinh đa búp sóng là sự can nhiễu giữa các búp sóng. Hình 9.6 mô tả can nhiễu giữa các búp sóng, trong một hệ thống vệ tinh đa búp sóng. Trong hình mô tả vệ tinh có ba búp sóng. Các búp sóng 1 và 2 sử dụng cùng băng tần B_1 , búp sóng 3 sử dụng băng tần B_2 .



Hình 9.5: Ví dụ sử dụng lại tần số của vệ tinh đa búp sóng phủ sóng vùng châu Âu



Hình 9.6: Mô tả can nhiễu giữa các búp sóng trong hệ thống vệ tinh đa búp sóng

a) Đối với tuyến lên;

b) Đối với tuyến xuống

Ở tuyến lên (hình 9.6a), sóng mang ở tần số f_{u1} của băng tần B_1 từ trạm mặt đất lên vệ tinh theo búp sóng 2, nhưng nó cũng sẽ được búp sóng 1 thu được một ít do tăng ích của chúng theo

hướng đó có giá trị nào đó khác không. Phổ tần của sóng mang đó sẽ chồng lên phổ tần của sóng mang có cùng tần số được phát lên từ trạm mặt đất theo tăng ích cực đại của búp sóng 1.

Như vậy, sóng mang của búp sóng 2 xuất hiện như là tạp nhiễu trong phổ tần của búp sóng 1. Loại nhiễu này được gọi là *nhiều đồng kênh CCI* (Co-Channel Interference). Mặt khác, một phần công suất sóng mang ở tần số f_{n2} được phát từ mặt đất lên theo hướng búp sóng 3 cũng sẽ lọt vào trong kênh chiếm dụng của sóng mang f_{n1} (do bộ lọc kênh không hoàn toàn lý tưởng) và sẽ gây nhiễu. Trường hợp can nhiễu này được gọi là nhiễu kênh lân cận *ACI* (Adjacent Channel Interference) tương tự như các trường hợp đã gặp trong việc kết nối đa truy nhập phân chia theo tần số.

Ở tuyến xuống (hình 9.6b) búp sóng 1 của trạm mặt đất thu sóng mang ở tần số f_{D1} được phát từ vệ tinh theo hướng tăng ích cực đại của búp sóng 1 và các chồng phổ của sóng mang đó là:

- 1- Phổ của kênh lân cận tuyến lên và nhiễu đồng kênh được vệ tinh phát lại.
- 2- Phổ của sóng mang ở cùng tần số f_{D1} được phát với tăng ích cực đại búp sóng 2 và với tăng ích bé (khác không) theo hướng búp sóng 1 trạm mặt đất. Nhiễu đó là nhiễu cộng đồng kênh (CCI).

Có một vấn đề cần phải tính đến của vệ tinh đa búp sóng là việc kết nối giữa các vùng phủ sóng. Một hệ thống vệ tinh đa búp sóng cần ở vị trí để có thể kết nối với tất cả các trạm mặt đất của mạng và kết nối các vùng phủ sóng. Điều đó làm phức tạp thêm hệ thống phụ anten trên vệ tinh so với vệ tinh búp sóng đơn.

Với các bộ phát đáp trong suốt thường sử dụng ba giải pháp kết nối sau đây:

- 1- Kết nối theo giải pháp nhảy bộ phát đáp (transponder hopping);
- 2- Kết nối dùng chuyển mạch trên vệ tinh (SS-TDMA);
- 3- Kết nối bằng phương pháp quét búp sóng (beam scanning).

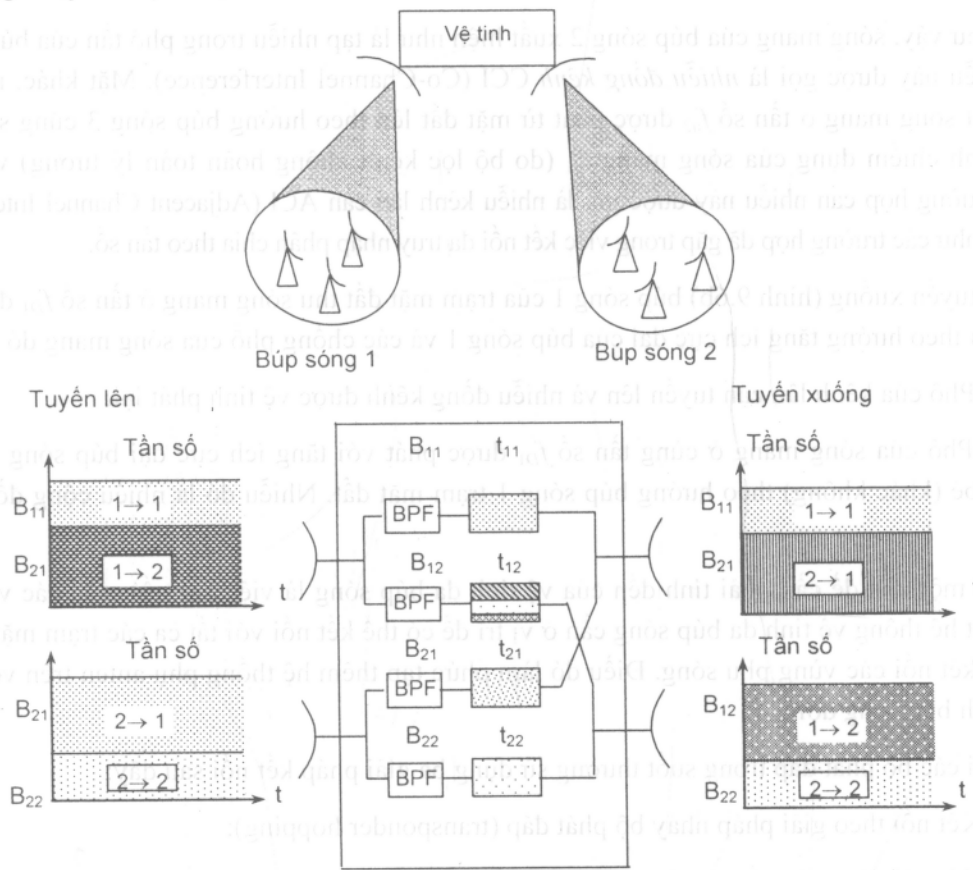
Cả ba giải pháp trên sẽ giới thiệu trong *Chương 10: Mạng vệ tinh tái sinh*.

9.3. KẾT NỐI BẰNG CÁCH CHUYỂN BỘ PHÁT ĐÁP

Trong vệ tinh đa búp sóng, băng tần phân định cho hệ thống được phân chia thành các băng tần con cũng giống như các búp sóng. Một loạt các bộ lọc đầu vào trên vệ tinh sẽ có nhiệm vụ tách biệt các sóng mang phù hợp với băng tần con được phân chia. Đầu ra của mỗi bộ lọc được kết nối qua một bộ phát đáp đến anten có búp sóng địa chỉ đích. Như vậy cần phải sử dụng một số lượng bộ lọc và bộ phát đáp tối thiểu cũng phải bằng bình phương số búp sóng. Hình 9.7 mô tả khái niệm đó với một ví dụ có hai búp sóng.

Phù hợp với kiểu phủ sóng, các trạm mặt đất cần phải có khả năng phát và thu ở một vài tần số và phân cực để có thể chuyển từ làm việc với bộ phát đáp này sang làm việc với bộ phát đáp khác (chuyển bộ phát đáp). Bảng 9.1 mô tả sự linh hoạt về tần số đảm bảo yêu cầu về kết nối giữa các búp sóng phù hợp với vùng phủ sóng. Dung lượng cho lưu lượng có thể thay đổi giữa các búp sóng, trong tổng dung lượng được xác định bởi độ rộng dải tần hệ thống, bằng cách thay đổi việc gán các băng tần con. Điều đó cũng có nghĩa là thay đổi việc kết nối giữa đầu vào các bộ lọc và các

bộ phát đáp (ví dụ với vệ tinh INTELSAT). Công việc đó được thực hiện bằng điều khiển từ xa, theo thời gian, phù hợp với yêu cầu lưu lượng.



Hình 9.7: Ví dụ kết nối búp sóng bằng cách chuyển bộ phát đáp

Bảng 9.1 : Mô tả sự linh hoạt tần số để đảm bảo kết nối búp sóng phù hợp với kiểu phủ sóng

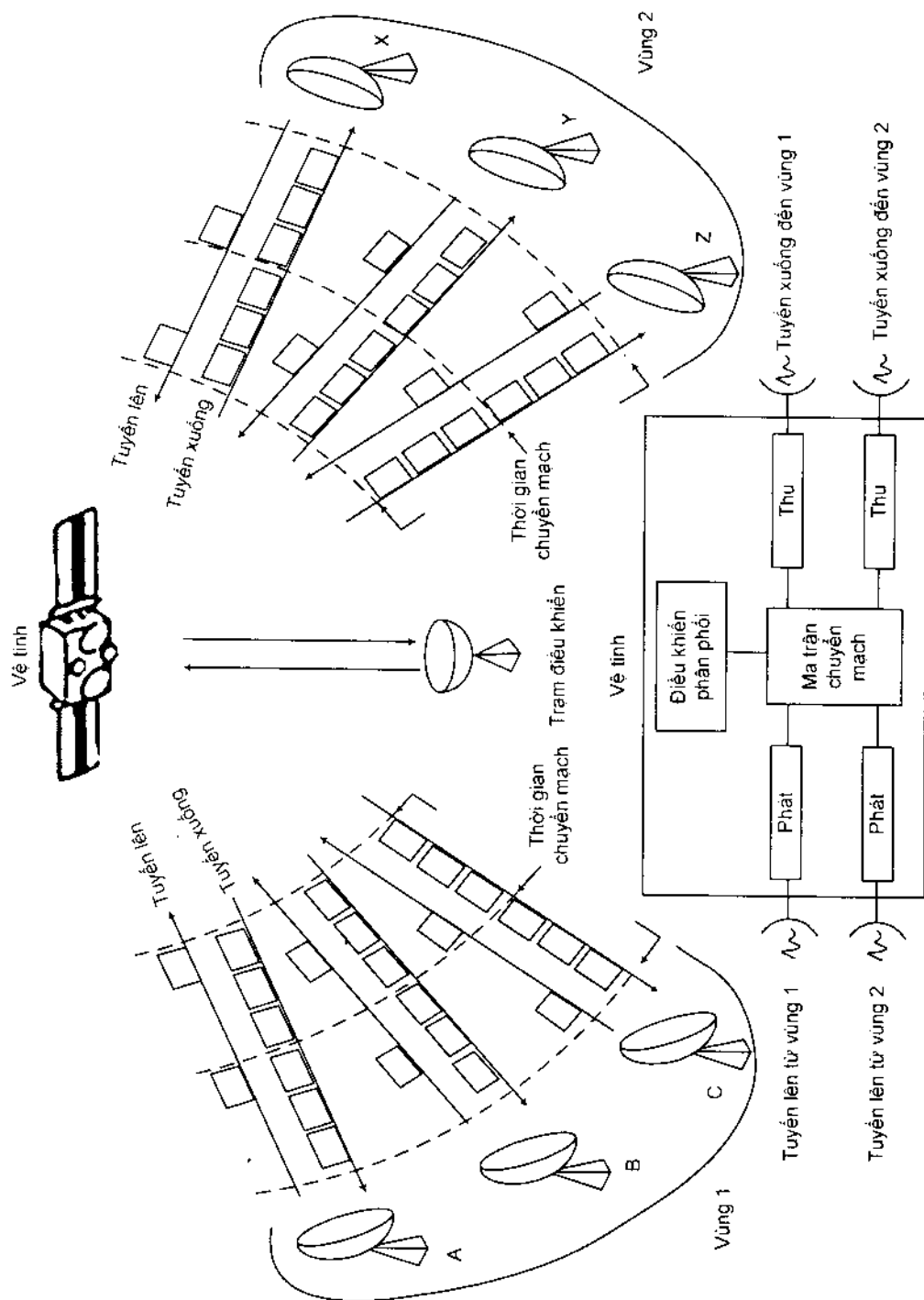
Kiểu phủ sóng		Linh hoạt tần số và phân cực	Ví dụ vệ tinh sử dụng
Tuyến lên	Tuyến xuống		
Tổng thể	Tổng thể	Phát hoặc thu	TELECOM I
Đốm	Tổng thể	Thu	EUTELSAT I
Tổng thể	Đốm	Phát	
Đốm	Đốm	Phát và thu	INTELSAT V

9.4. KẾT NỐI BẰNG CHUYỂN MẠCH ĐẶT TRÊN VỆ TINH

9.4.1. Nguyên lý

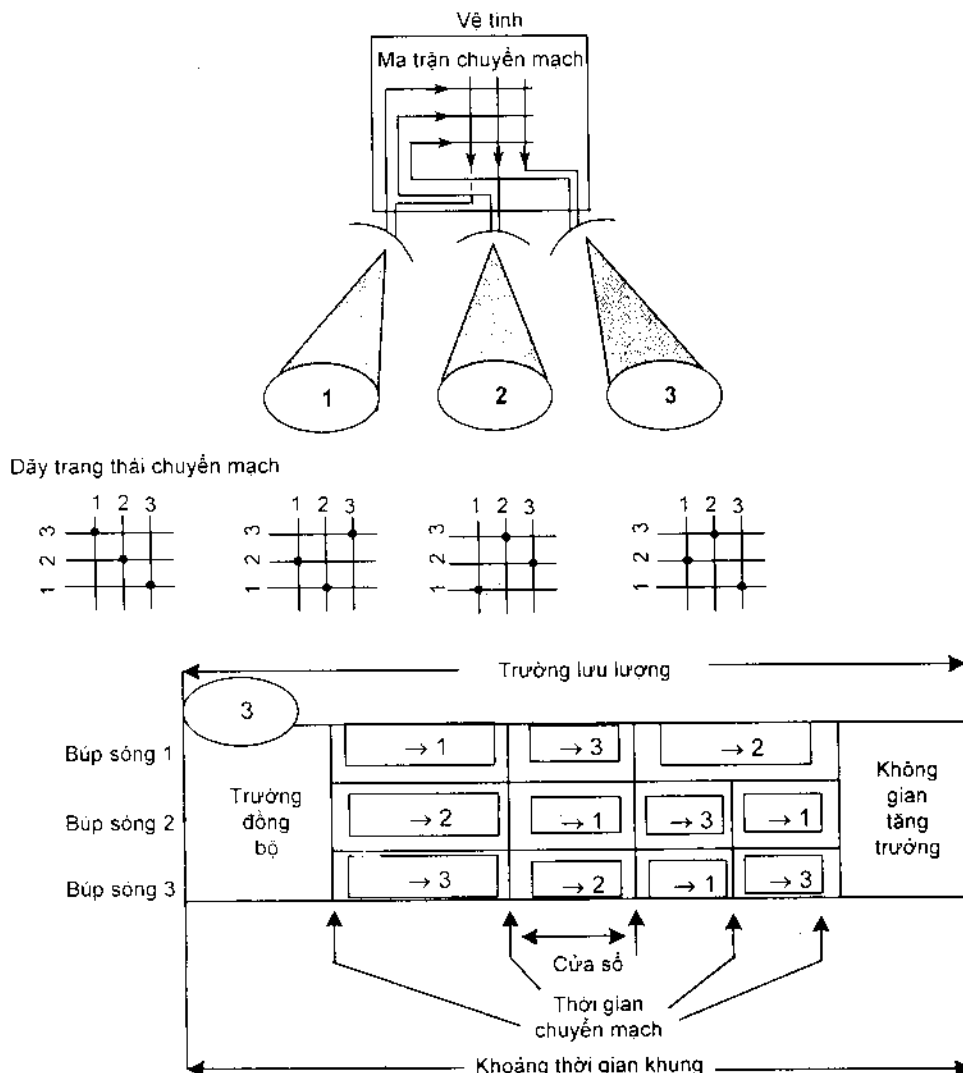
Chuyển mạch búp sóng bằng cách chuyển bộ phát đáp như giới thiệu ở mục 9.3 là một giải pháp khi mà số các búp sóng ít. Số lượng bộ phát đáp trong trường hợp này sẽ tăng tối thiểu theo bình phương của số lượng các búp sóng. Như vậy, nếu số lượng các búp sóng nhiều thì vệ tinh sẽ khá nặng nề, do vậy cần có một chuyển mạch đặt trên vệ tinh. Hình 9.8 mô tả nguyên lý đó. Trong tải vệ tinh trong trường hợp này có một ma trận chuyển mạch có thể lập trình với một số lượng các

đầu vào và các đầu ra bằng với số lượng các búp sóng. Ma trận chuyển mạch đó sẽ kết nối mỗi một búp sóng thu được đến mỗi một búp sóng được phát qua một máy thu và một máy phát. Số các bộ phát đáp trong trường hợp này là bằng số các búp sóng.



Hình 9.8: Mô tả nguyên lý thực hiện chuyển mạch đặt trên vệ tinh (SS-TDMA)

Bộ điều khiển phân bố DCU (Distribution Control Unit) được kết hợp với ma trận chuyển mạch thiết lập chuỗi hoặc các trạng thái kết nối giữa mỗi đầu vào và các đầu ra trong khoảng thời gian là một khung để sao cho các sóng mang đến vệ tinh trong mỗi một búp sóng được định tuyến đến các búp sóng đích. Bởi vì việc kết nối giữa hai búp sóng là tuần hoàn cho nên các trạm mặt đất cần phải lưu trữ lưu lượng từ những người sử dụng và phát chúng dưới dạng các burst khi có yêu cầu kết nối giữa các búp sóng. Giải pháp kỹ thuật này có thể được sử dụng trong thực tế với truyền tin số đa truy nhập phân chia theo thời gian. Cũng vì vậy mà có tên gọi là đa truy nhập phân chia theo thời gian được chuyển mạch ở vệ tinh SS-TDMA (Satellite Switched Time Division Multiple Access).



Hình 9.9: Ví dụ chuỗi kết nối đối với một ma trận 3x3 và cấu trúc của khung liên quan

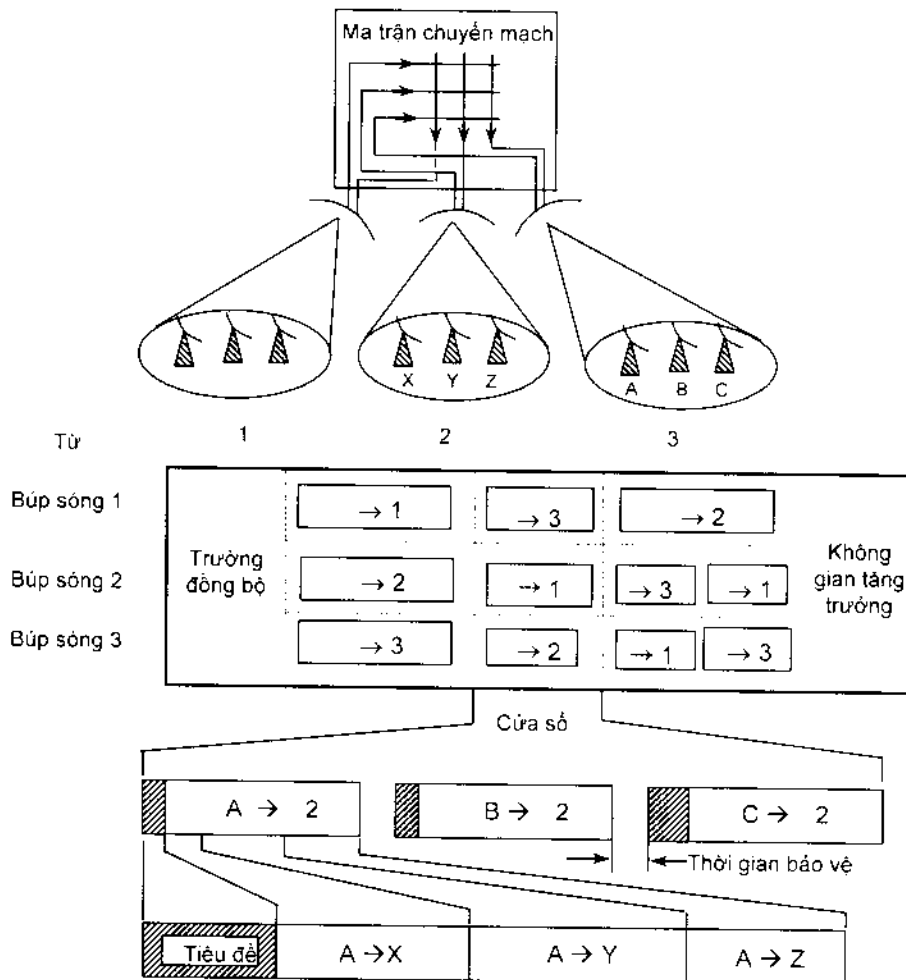
9.4.2. Cấu trúc khung

Hình 9.9 mô tả một ví dụ về một chuỗi trạng thái chuyển mạch đối với một ma trận 3x3. Chuỗi này gồm có bốn trạng thái kết nối sử dụng trong thời gian của khung và được mô tả ở phần dưới của hình 9.9. Khung có một trường dành cho đồng bộ (xem mục 9.4.5) và một trường lưu

lượng. Các burst từ các trạm mặt đất được định tuyến đến các đích của chúng trong trường lưu lượng. Trường lưu lượng chứa một chuỗi các kiểu chuyển mạch trong thời gian mà ma trận chuyển mạch vẫn giữ cùng trạng thái kết nối. Thời gian kết nối giữa một búp sóng lên và một búp sóng xuống được gọi là cửa sổ (window). Một cửa sổ có thể mở rộng trong khoảng thời gian là vài kiểu chuyển mạch.

9.4.3. Cấu trúc cửa sổ

Hình 9.10 mô tả cách sắp xếp các burst trong khoảng thời gian của một cửa sổ. Trong hình, các burst được truyền bởi các trạm mặt đất A, B, C từ búp sóng 3 đến búp sóng 2. Mỗi một burst được truyền bởi một trạm mặt đất trong thời gian cửa sổ có một vài burst con chứa thông tin từ trạm mặt đất đến trạm mặt đất.



Hình 9.10: Mô tả cấu trúc cửa sổ

9.4.4. Gán các gói trong khung

Việc gán các burst trong khung cần phải tối ưu hóa việc sử dụng các bộ phát đáp. Các bộ phát đáp được khai thác tốt nhất khi mà các burst lưu lượng chiếm hoàn toàn cửa sổ. Điều đó chỉ có

khả năng khi mà sự phân bố lưu lượng giữa các búp sóng được cân bằng. Trong thực tế điều đó không phải luôn luôn xảy ra. Ma trận lưu lượng có thể được thiết lập để biểu thị lưu lượng từ một búp sóng này đến búp sóng khác. Ví dụ, đối với một vệ tinh có đa búp sóng (1, 2 và 3) thì ma trận đó được mô tả như sau:

Đến búp sóng		1	2	3	
Từ búp sóng	1	t_{11}	t_{12}	t_{13}	S_1
	2	t_{21}	t_{22}	t_{23}	S_2
	3	t_{31}	t_{32}	t_{33}	S_3
		R_1	R_2	R_3	

Tổng của mỗi dòng S_i ($i = 1, 2, 3$) biểu thị lưu lượng được phát bởi tất cả các trạm mặt đất trong cùng búp sóng. Tổng của mỗi cột R_j ($j = 1, 2, 3$) biểu thị lưu lượng búp sóng thu được bởi tất cả các trạm mặt đất. Trong trường hợp có sự phân bố lưu lượng cân bằng giữa các búp sóng thì tổng S_i và tổng R_j là bằng nhau. Nếu không thì sẽ có một của các tổng đó có giá trị lớn hơn tất cả các tổng khác. Đường truyền tương ứng của ma trận (dòng hoặc cột) được gọi là đường truyền tới hạn (critical line). Có thể thấy rằng, thời gian khung cực tiểu để định tuyến các burst lưu lượng được truyền bởi tất cả các trạm mặt đất là thời gian yêu cầu để truyền lưu lượng của đường tới hạn của ma trận lưu lượng ở tốc độ xác định. Trong thực tế việc tối ưu hóa được thực hiện bằng một thuật toán phần mềm.

Một mạng SS-TDMA có thể làm việc theo phương thức gán cố định (FAMA) hoặc gán theo yêu cầu (DAMA). Với phương thức gán theo yêu cầu thì các biến đổi về dung lượng được phân phối với các trạm mặt đất bằng cách thay đổi chiều dài của burst cùng với TDMA. Sự thay đổi chiều dài burst của trạm mặt đất có liên quan đến sự biến đổi vị trí các burst của các trạm mặt đất khác và do đó có một sự thay đổi trong việc gán các burst khác (thay đổi kế hoạch thời gian burst). Có ba kiểu thay đổi thời gian burst, đó là:

1. Thay đổi thời gian burst mà không thay đổi vị trí phương thức chuyển mạch;
2. Thay đổi thời gian burst kèm theo thay đổi vị trí chuyển mạch nhưng không thay đổi chuỗi trạng thái chuyển mạch;
3. Thay đổi thời gian burst kèm theo thay đổi trạng thái chuyển mạch.

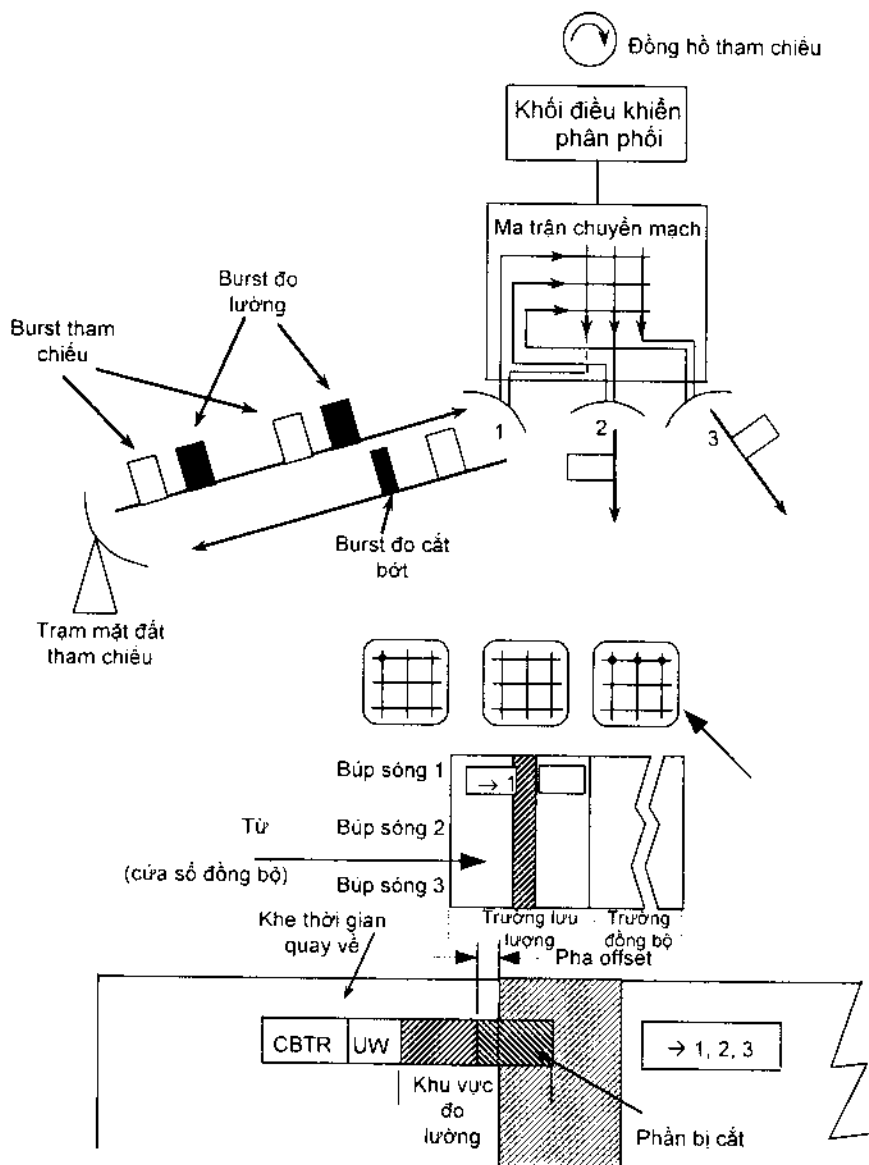
Trường hợp thứ nhất chỉ có liên quan đến các trạm mặt đất. Hai trường hợp sau cần phải nạp thông tin có liên quan đến chuỗi các trạng thái chuyển mạch mới vào bộ nhớ thiết bị điều khiển. Các thay đổi gán xuất hiện ở khởi đầu của siêu khung để đảm bảo đồng bộ hoặc phải thay đổi ở tất cả các trạm mặt đất và vệ tinh.

9.4.5. Đồng bộ

Có hai hướng đồng bộ mạng, đó là:

1. Đồng bộ các trạm mặt đất;
2. Đồng bộ đoạn mặt đất với vệ tinh.

Đồng bộ các trạm mặt đất được thực hiện trong búp sóng đơn bằng phương pháp khung mờ và khung đóng (xem phần đồng bộ trong đa truy nhập). Đồng bộ theo khung đóng (closed loop) có khó khăn hơn bởi vì các trạm mặt đất của một búp sóng không thu các burst của chúng được phát đến các búp sóng khác và không thể xác định được sai số định vị của chúng. Có một giải pháp được gọi là đồng bộ khung đóng có phản hồi (co-operative feedback closed loop synchronisation), bao gồm việc đo lường ở trạm đích búp sóng sau đó chỉ ra các giá trị sai số quan sát được trong một của các burst của nó đối với trạm mặt đất liên quan. Giải pháp này có thể giảm thông lượng khung và chỉ sử dụng trong trường hợp có ít búp sóng.



Hình 9.11: Mô tả nguyên lý đồng bộ của mạng SS-TDMA

Đồng bộ đoạn mặt đất với vệ tinh có nghĩa là chọn vị trí đồng bộ mạng. Nó có thể là ở mặt đất tại trạm mặt đất tham chiếu đa truy nhập TDMA hoặc có thể là ở trên vệ tinh với tư cách là một điểm nút đặc quyền. Nếu đồng hồ ở trạm mặt đất tham chiếu thì trên vệ tinh cần phải có một bộ

giải điều chế và một mạch tách từ duy nhất (unique word). Nếu đồng hồ được cài đặt trên vệ tinh có nghĩa là có một bộ điều chế để quảng bá đồng hồ đó trên tất cả búp sóng. Trong cả hai trường hợp đều phải đặt thêm thiết bị ở vệ tinh. Sự ổn định đồng hồ sẽ là một vấn đề đặt ra khi mà đồng hồ đặt trên vệ tinh (theo khuyến nghị của ITU, độ ổn định là 10^{-11}).

Trong trường hợp đồng hồ ở trạm mặt đất thì trạm mặt đất tham chiếu đồng nhất tốc độ của đồng hồ đó với việc truyền burst tham chiếu đồng bộ; nguyên lý được mô tả trong hình 9.11. Trạm tham chiếu sẽ phát thêm burst khác, gọi là burst đo trước khi phát burst tham chiếu. Ở trạng thái đồng bộ vững chắc, burst đó đến vệ tinh trong trường đồng bộ khung theo hai phương pháp chuyển mạch: chuyển mạch kết nối trở lại đến búp sóng trạm tham chiếu (búp sóng 1 trong hình 9.11) và trường hợp thứ hai là không cung cấp bất kỳ một kết nối nào giữa đầu vào và đầu ra. Burst đo được quay lại trạm tham chiếu, chọn lọc và được sử dụng để điều khiển quá trình truyền và giữ cho đồng bộ với đồng hồ thiết bị điều khiển. Tốc độ đồng hồ thiết bị điều khiển có thể được so sánh với đồng hồ chính xác hơn nhiều được đặt ở trạm mặt đất tham chiếu. Việc hiệu chỉnh có thể thực hiện bằng điều khiển từ xa để sao cho sự ổn định theo yêu cầu được đảm bảo.

9.4.6. Thông lượng khung

Khái niệm về thông lượng được giới thiệu trong chương V. Biểu thức toán học biểu thị thông lượng là:

$$\eta = 1 - \sum \frac{t_i}{T_f} \quad (9.5)$$

trong đó $\sum t_i$ biểu thị tổng thời gian không được dành cho việc truyền thông tin và T_f là khoảng thời gian khung. Có bốn thành phần của $\sum t_i$, đó là:

1. Trường đồng bộ.

2. Các tiêu đề gói và các thời gian bảo vệ bao gồm các khoảng thời gian dành cho chuyển mạch hoặc ma trận trên vệ tinh. So với vệ tinh búp sóng đơn thì ở đây trạm mặt đất cần một vài thời gian trong một khung nếu như các gói của nó được địa chỉ đến một vài búp sóng. Mỗi một gói có một tiêu đề, như vậy sẽ có nhiều thời gian chết.

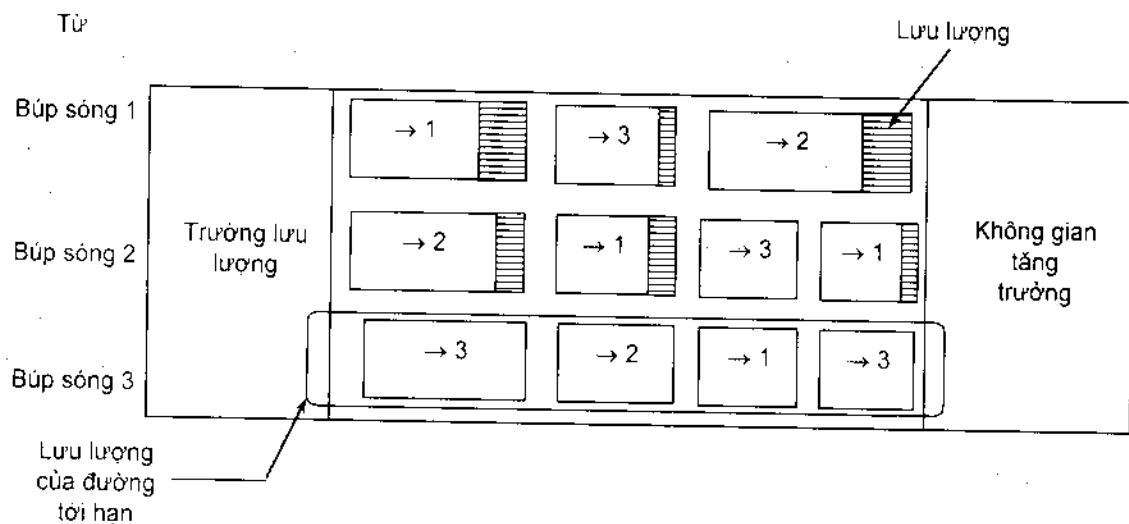
3. Trong trường hợp phân bổ lưu lượng không được cân bằng cho các búp sóng thì khu vực tới hạn xác định khoảng thời gian cực tiểu của các phương pháp chuyển mạch và một số cửa sổ sẽ không được chứa đầy, do đó có bộ phát đáp không làm việc. Hình 9.12 mô tả trạng thái trong đó dòng tới hạn của ma trận là S_3 và lưu lượng được phát trên búp sóng 3 trong khoảng thời gian tối thiểu của tập chuyển mạch.

4. Trong trường hợp gán theo yêu cầu thì việc gán burst không thể tối ưu tại thời điểm cho và sẽ có thời gian chết trong cửa sổ khi có sự thay đổi gán xuất hiện mà không cần có sự thay đổi phương thức chuyển mạch hoặc chuỗi trạng thái chuyển mạch.

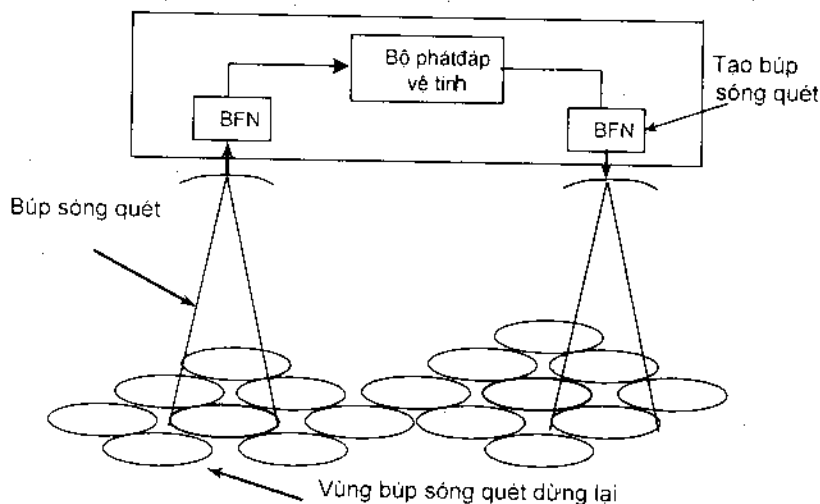
9.5. KẾT NỐI BẰNG PHƯƠNG PHÁP QUÉT BÚP SÓNG

Kết nối bằng phương pháp quét búp sóng có nghĩa là mỗi một vùng phủ sóng được chiếu (phủ sóng) một cách có chu kỳ bởi một búp sóng anten và việc định hướng được điều khiển bởi

một mạng tạo búp sóng, một bộ phận của hệ thống anten được đặt trên vệ tinh. Các trạm mặt đất trong mỗi vùng sẽ phát hoặc thu các burst của nó khi mà vùng đó được chiếu bởi búp sóng. Trong trường hợp trên vệ tinh không đặt bộ nhớ thì tại mỗi thời điểm, tối thiểu phải có hai búp sóng: một để thiết lập tuyến lên và một để thiết lập tuyến xuống. Khoảng thời gian phủ sóng đối với mỗi vùng được phụ thuộc vào khối lượng lưu lượng được truyền giữa hai vùng. Hình 9.13 mô tả khái niệm nói trên.



Hình 9.12: Ví dụ bố trí khung SS-TDMA trong trường hợp phân bố lưu lượng không đồng nhất



Hình 9.13: Mô tả kết nối bởi búp sóng quét

9.6. TUYẾN LIÊN LẠC GIỮA CÁC VỆ TINH

9.6.1. Tổng quan

Tuyến liên lạc giữa các vệ tinh và vệ tinh có nghĩa là búp sóng của vệ tinh đa búp sóng, trong trường hợp này, không hướng về mặt đất mà hướng về các vệ tinh khác cần liên lạc kết nối tuyến.

Đối với tuyến liên lạc hai chiều thì cần phải có hai búp sóng: một cho phát và một cho thu. Có ba loại kết nối giữa các vệ tinh, đó là:

- 1- Các tuyến kết nối (GEO-LEO) giữa quỹ đạo địa tĩnh (GEO) và quỹ đạo vệ tinh tầm thấp (LEO), còn được gọi là tuyến liên lạc giữa các quỹ đạo (IOL: Inter-Orbital Links).
- 2- Tuyến kết nối giữa các vệ tinh địa tĩnh với nhau (GEO-GEO).
- 3- Tuyến kết nối giữa các vệ tinh quỹ đạo tầm thấp với nhau (LEO-LEO).

9.6.2. Kết nối liên lạc giữa vệ tinh địa tĩnh và vệ tinh quỹ đạo tầm thấp (GEO-LEO)

Kết nối liên lạc giữa vệ tinh địa tĩnh và vệ tinh quỹ đạo tầm thấp (GEO-LEO) là tuyến kết nối được thiết lập cho sự chuyển tiếp thường xuyên thông qua một vệ tinh địa tĩnh giữa một hoặc nhiều trạm mặt đất với một nhóm các vệ tinh ở quỹ đạo tầm thấp (có độ cao từ 500 đến 1000 km). Trong trường hợp này vệ tinh địa tĩnh được xem như một trạm trung chuyển các dữ liệu giữa vệ tinh tầm thấp và trạm mặt đất. Việc trung chuyển đó không phải là thường xuyên mà chỉ ở một số thời điểm nhất định khi vệ tinh tầm thấp trong tầm nhìn thấy của vệ tinh địa tĩnh. Hệ thống thường được sử dụng trong quan sát mục tiêu và trong các lĩnh vực quân sự. Cũng vì vậy mà hệ thống thường không kết nối mạng.

9.6.3. Kết nối liên lạc giữa các vệ tinh địa tĩnh

9.6.3.1. Gia tăng dung lượng của hệ thống

Sau đây sẽ xem xét một mạng vệ tinh đa búp sóng. Hình 9.13 mô tả trường hợp một vệ tinh có ba búp sóng (hình 9.13a). Giả thiết rằng, yêu cầu dung lượng gia tăng và vượt quá dung lượng của vệ tinh. Như vậy có nghĩa là cần phải phóng một vệ tinh có dung lượng lớn hơn. Điều đó tất nhiên có những rủi ro và gia tăng giá thành. Dung lượng có thể được phân chia hợp lý giữa vệ tinh thứ nhất và vệ tinh thứ hai. Để hai vệ tinh không gây can nhiễu lẫn nhau thì khoảng cách vị trí quỹ đạo giữa chúng cũng phải đảm bảo hợp lý. Để đảm bảo kết nối với tất cả các trạm mặt đất thì cần phải trang bị cho các trạm mặt đất đó hai anten, mỗi anten hướng về một vệ tinh (hình 9.13b).

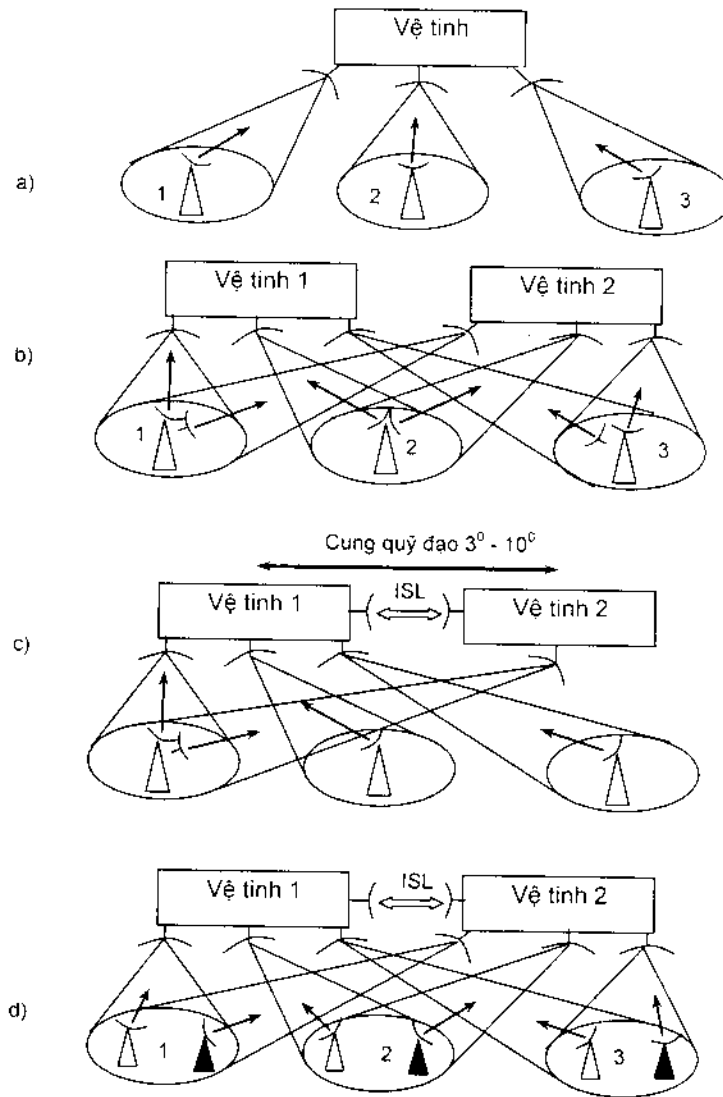
Với các vệ tinh có trang bị các bộ phát đáp kết nối giữa các vệ tinh thì có thể sử dụng một trong hai giải pháp sau đây:

- 1/ Trang bị cho các trạm mặt đất của vùng 1, giả thiết rằng lưu lượng vượt quá, thêm một anten thứ hai và giữ nguyên cấu hình của các trạm mặt đất vùng 2 và vùng 3 (hình 9.13c).

Hoặc là:

- 2/ Phân phối các trạm mặt đất, mỗi trạm mặt đất sử dụng một anten đơn, thành hai nhóm và mỗi nhóm phù hợp với một vệ tinh (hình 9.13d). Tuyến kết nối giữa hai vệ tinh sẽ chuyển lưu lượng giữa hai nhóm.

Việc lựa chọn giải pháp nào là tùy thuộc vào tình hình cụ thể, sao cho đảm bảo hiệu năng phục vụ và kinh tế. Hình 9.14 mô tả ví dụ các trạm mặt đất kết nối qua tuyến kết nối giữa hai vệ tinh và kết nối qua trạm mặt đất trung gian để mở rộng vùng phủ sóng.



Hình 9.14: Mô tả một tuyến kết nối vệ tinh để tăng dung lượng của hệ thống mà không cần đầu tư lớn ở phân đoạn mặt đất

a) Mạng với một vệ tinh đơn; b) Một vệ tinh thứ hai được phóng lên để gia tăng dung lượng phân đoạn không gian, trạm mặt đất cần phải có 2 anten; c) Với một tuyến liên lạc giữa hai vệ tinh, chỉ những trạm mặt đất của vùng tài rất rộng mới cần hai anten; d) Các trạm mặt đất được phân bổ giữa hai vệ tinh. Tuyến liên lạc giữa hai vệ tinh làm nhiệm vụ chuyển tiếp lưu lượng giữa hai nhóm trạm mặt đất

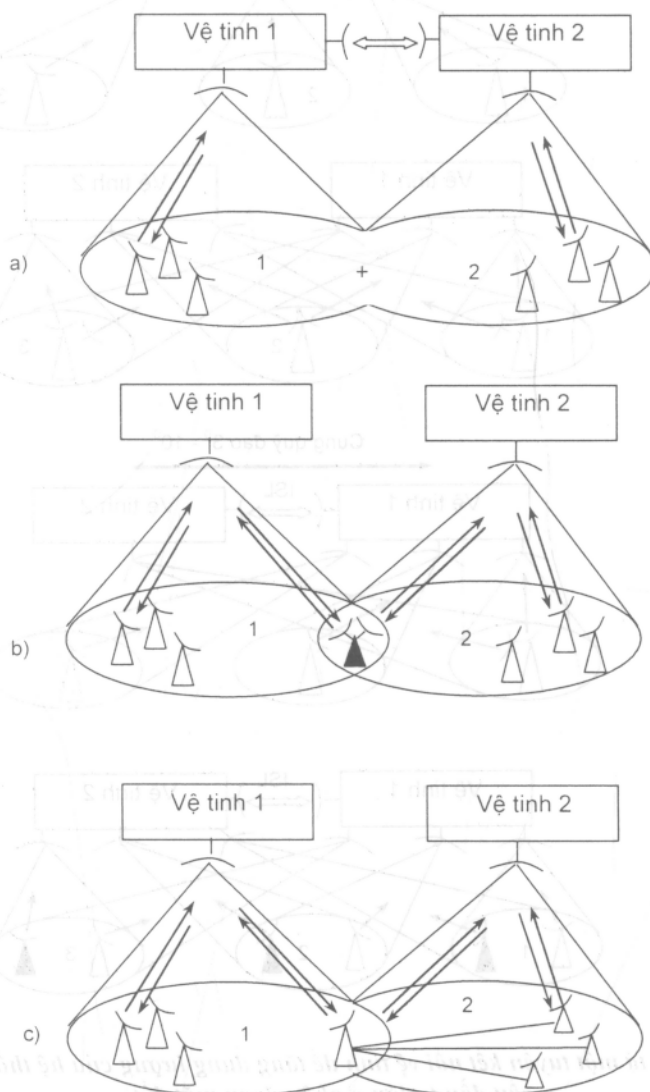
9.6.3.2. Mở rộng vùng phủ sóng của một hệ thống

Việc kết nối vệ tinh cho phép các trạm mặt đất của hai mạng có thể kết nối với nhau, do đó vùng phủ sóng địa lý của hai vệ tinh được kết hợp với nhau (như hình 9.15a). Giải pháp để mở rộng vùng phủ sóng của một hệ thống có thể là:

- Sử dụng một trạm mặt đất trung gian có trang bị hai anten để kết nối với trạm mặt đất của hai vùng phủ sóng (hình 9.15b).

Hoặc là:

- Bằng phương pháp kết nối ở mặt đất: từ các trạm mặt đất của một mạng này đến một trạm mặt đất của mạng khác được đặt trong vùng phủ sóng chung của hai vùng phủ sóng (hình 9.15c).



Hình 9.15: Mô tả ví dụ mở rộng phủ sóng hệ thống

a) Kết nối các trạm mặt đất của mỗi vùng phủ sóng thông qua tuyến kết nối vệ tinh

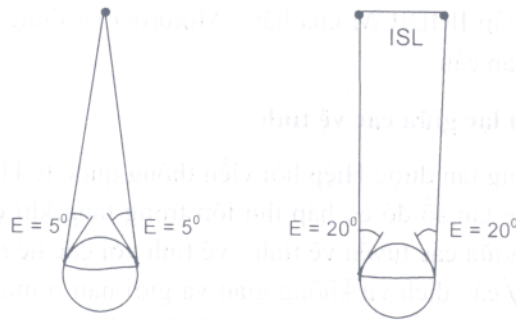
b) Kết nối thông qua trạm mặt đất chung của hai vùng phủ sóng

c) Kết nối ở mạng mặt đất

9.6.3.3. Tăng góc ngẩng tối thiểu của trạm mặt đất

Các tuyến liên lạc qua vệ tinh búp sóng đơn, có khoảng cách liên lạc lớn, yêu cầu trạm mặt đất có góc ngẩng nhỏ, đôi khi nhỏ hơn 10^0 . Điều đó sẽ gây nên suy giảm giá trị G/T của trạm thu (như đã phân tích ở chương 3) và làm gia tăng can nhiễu đối với các trạm chuyên tiếp viba ở mặt đất. Nếu như tuyến liên lạc phải qua tuyến kết nối của hai vệ tinh địa tĩnh thì góc ngẩng sẽ tăng. Nếu như một tuyến liên lạc sử dụng vệ tinh đơn có góc ngẩng là 5^0 , thì khi chuyển tiếp qua hai vệ tinh có góc cách biệt nhau 30^0 , lúc đó góc ngẩng sẽ là 20^0 đối với các trạm trên xích đạo (hình 9.16)

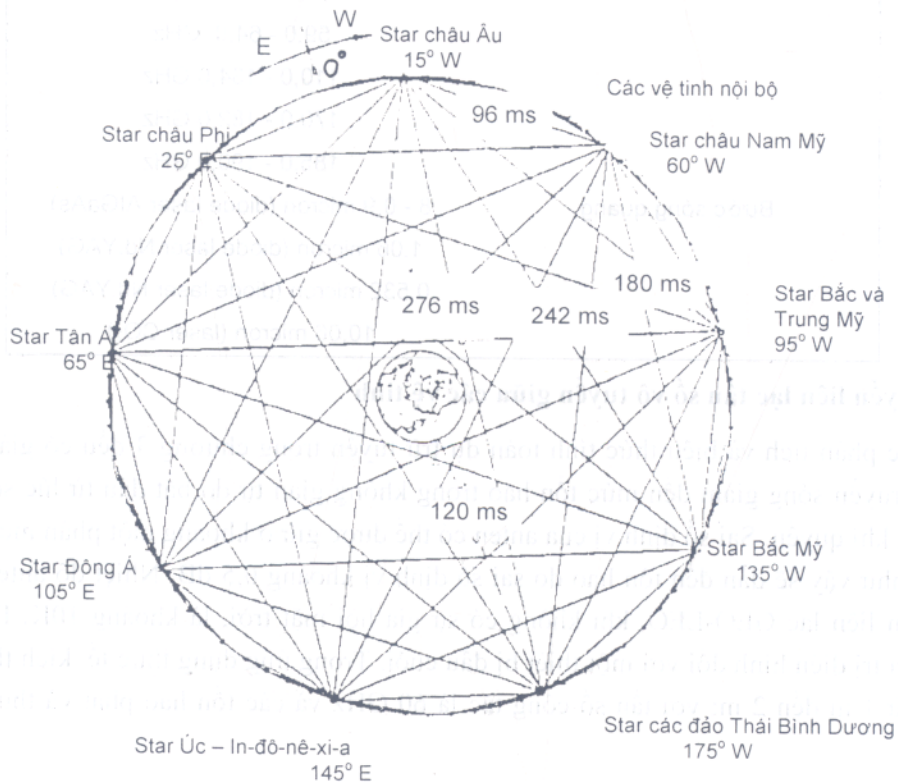
và góc ngẩng là 15° với các trạm đặt ở vĩ tuyến 45° . Có thể lấy ví dụ tuyến liên lạc giữa Lôn-đôn và Tô-ki-ô qua hai vệ tinh trên Ấn Độ Dương.



Hình 9.16: Mô tả việc tăng góc ngẩng tối thiểu của trạm mặt đất khi tuyến liên lạc qua hai vệ tinh

9.6.3.4. Mạng toàn cầu

Hình 9.17 mô tả một dự kiến thiết kế mạng thông tin vệ tinh toàn cầu cho tương lai, sử dụng 9 vệ tinh địa tĩnh, kết nối giữa các vùng với nhau thành một mạng thống nhất (do Viện hàng không và vũ trụ của Mỹ đề xuất).



Hình 9.17: Mô tả dự kiến mạng thông tin vệ tinh toàn cầu sử dụng 9 vệ tinh địa tĩnh

9.6.4. Tuyến liên lạc giữa các vệ tinh quỹ đạo tầm thấp (LEO-LEO)

Ưu điểm của các vệ tinh tầm thấp (như đã phân tích trong chương 1) và sự chặt chẽ chen chúc của các vệ tinh địa tĩnh trên quỹ đạo địa tĩnh đã gợi lên một ý tưởng về sự phát triển của các vệ tinh quỹ đạo tầm thấp trong tương lai. Vệ tinh quỹ đạo tầm thấp cũng có một số nhược điểm như

khoảng thời gian liên lạc bị giới hạn, vùng phủ sóng hẹp nhưng điều đó có thể khắc phục hoặc giảm thiểu bằng cách sử dụng nhiều vệ tinh, kết nối với nhau qua chuyển mạch búp sóng. Ví dụ mạng vệ tinh quỹ đạo tầm thấp IRIDIUM của hãng Motorola sử dụng 77 vệ tinh tầm thấp có thể phục vụ truyền tin di động toàn cầu.

9.6.5. Dải tần cho tuyến liên lạc giữa các vệ tinh

Bảng 9.2 mô tả các băng tần được Hiệp hội viễn thông quốc tế ITU phân định cho các tuyến liên lạc giữa các vệ tinh. Các tần số đó có hấp thụ lớn trong tầng khí quyển và được lựa chọn để bảo vệ không gây can nhiễu giữa các tuyến vệ tinh - vệ tinh với các hệ thống mặt đất. Các băng tần đó cũng được phân chia theo các dịch vụ không gian và giới hạn ở mức can nhiễu phải gánh chịu trong quá trình xác định các thông số của các tuyến liên lạc giữa các vệ tinh. Trong bảng 9.2 cũng có biểu thị các bước sóng của các tuyến liên lạc sóng quang.

Bảng 9.2: Băng tần của các tuyến liên lạc giữa các vệ tinh

Tần số vô tuyến	22,55-23,55 GHz
	32,0 - 33,0 GHz
	54,25 - 58,2 GHz
	59,0 - 64,0 GHz
	110,0 - 134,0 GHz
	170,0 - 182,0 GHz
	185,0 - 190,0 GHz
Bước sóng quang	8 - 0,9 micron (diode laser AlGaAs)
	1,06 micron (diode laser Nd.YAG)
	0,532 micron (diode laser Nd.YAG)
	10,06 micron (laser CO ₂)

9.6.6. Tuyến liên lạc tần số vô tuyến giữa các vệ tinh

Các phân tích và biểu thức tính toán dự trữ tuyến trong chương 3 đều có giá trị ở đây. Các tổn hao truyền sóng giảm đến mức tổn hao trong không gian tự do bắt đầu từ lúc sóng truyền qua khỏi tầng khí quyển. Sai số định vị của anten có thể được giữ ở khoảng một phần mười độ rộng búp sóng và như vậy sẽ dẫn đến tổn hao do sai số định vị khoảng 0,5 dB. Nhiệt độ anten trong trường hợp tuyến liên lạc GEO-LEO, khi không có sự gia hội mặt trời, là khoảng 10K. Bảng 9.3 mô tả những giá trị điển hình đối với một thiết bị đầu cuối. Trong ứng dụng thực tế, kích thước anten vào khoảng từ 1 m đến 2 m; với tần số công tác là 60 GHz và các tổn hao phát và thu là 1 dB thì sẽ dẫn đến:

- Tỷ số G/T ở máy thu khoảng từ 25 đến 29 dB (K^1).
- EIRP của máy phát khoảng từ 72 đến 78 dBW.

Do búp sóng của anten là khá hẹp (khoảng $0,2^\circ$ ở tần số công tác là 60 GHz đối với anten có đường kính là 2 m) cho nên việc thiết lập tuyến có thể bị sai lệch, không như mong muốn. Do đó, mỗi vệ tinh cần phải định hướng anten thu của nó theo hướng của vệ tinh phát với độ chính xác là khoảng $0,1''$ nhờ có tín hiệu dẫn đường và hệ thống bám.

Bảng 9.3 : Các giá trị điển hình về tuyến liên lạc tần số vô tuyến giữa các vệ tinh đối với thiết bị đầu cuối

Tần số	Hệ số tạp âm máy thu	Công suất máy phát
23-32 GHz	3 - 4,5 dB	150 W
60 GHz	4,3 dB	75 W
120 GHz	9 dB	30 W

Sự phát triển các tuyến liên lạc vô tuyến có dung lượng lớn giữa các vệ tinh, đặc biệt là đối với các hệ thống vệ tinh địa tĩnh có thể khai thác việc sử dụng lại tần số từ búp sóng này đến búp sóng khác. Anten có búp sóng hẹp với độ cách biệt góc giữa các búp sóng bé làm giảm các búp sóng phụ và như vậy khắc phục được việc gây nhiễu cho các hệ thống khác. Tuy vậy, việc sử dụng anten kích thước tương đối lớn như vậy đòi hỏi công nghệ phóng vệ tinh phức tạp hơn. Một giải pháp có thể khắc phục là sử dụng các tuyến liên lạc giữa các vệ tinh bằng sóng quang.

9.6.7. Tuyến liên lạc giữa các vệ tinh bằng sóng quang

So với các tuyến liên lạc giữa các vệ tinh bằng sóng vô tuyến thì tuyến liên lạc giữa các vệ tinh sử dụng sóng ánh sáng có những đặc tính như sau.

Thiết lập tuyến

Việc thiết lập tuyến liên lạc bằng sóng quang giữa hai vệ tinh với nhau có hai hướng:

1. Sử dụng ống kính (telescope) đường kính nhỏ, khoảng 0,3 m. Theo giải pháp này thì độ mờ (aperture) không bị che khuất bởi các anten khác trong tải vệ tinh.
2. Sử dụng búp sóng quang hẹp, khoảng 5 microradian. Ở đây độ rộng búp sóng nhỏ hơn khá nhiều so với búp sóng tần số vô tuyến cho nên có thể khắc phục hiện tượng nhiễu giữa các hệ thống. Tuy vậy nó có nhược điểm là độ rộng búp sóng nhỏ hơn nhiều so với độ chính xác của điều khiển tư thế (attitude) của vệ tinh (khoảng $0,1^\circ$ hoặc 1,75 mrad). Như vậy sẽ gây khó khăn cho các thiết bị điều khiển định vị vệ tinh.

Cũng vì những lý do trên mà tuyến liên lạc giữa các vệ tinh cần được định kích cỡ khác nhau theo ba pha sau đây:

1- *Tìm kiếm và bám*: Búp sóng cần đủ rộng, trong giới hạn cho phép, để giảm thời gian tìm kiếm. Điều đó yêu cầu máy phát laser công suất lớn hơn. Một laser của công suất trung bình thấp hơn có thể được sử dụng để phát các xung có công suất đỉnh lớn, chu kỳ bé. Búp sóng quét trong khoảng không gian mà ở đó máy thu được định vị. Khi mà máy thu nhận được tín hiệu thì pha bám sẽ bắt đầu và nó sẽ phát theo hướng của tín hiệu thu được. Từ việc thu tín hiệu quay về từ máy thu, lúc đó máy phát bắt đầu pha bám. Khoảng thời gian dành cho pha tìm kiếm và bắt đầu bám là 10 giây.

2- *Bám*: Các búp sóng được giảm đến độ rộng tối hạn của chúng. Việc phát các tín hiệu laser vẫn được tiếp tục. Thiết bị điều khiển sai số định vị cần cho phép một giới hạn chuyển động tương đối của cả hai vệ tinh với một góc dịch chuyển búp sóng cho phép. Điều đó có nghĩa là độ rộng búp sóng sẽ lớn hơn độ rộng tối hạn.

3- *Truyền tin*: thông tin được trao đổi giữa hai đầu cuối.

Truyền tín hiệu giữa hai vệ tinh bằng sóng quang

Về phía phát: các nguồn laser ở đây làm việc theo phương thức đơn tần và đa tần. Ở phương thức đơn tần thì chiếm dụng phổ tần biến đổi trong khoảng 10 kHz và 10 MHz. Ở phương thức đa tần thì chiếm dụng phổ tần là từ 1,5 nm đến 10 nm. Công suất phát phụ thuộc vào loại laser sử dụng. Bảng 9.4 mô tả một số giá trị về công suất phát laser.

Bảng 9.4: Ví dụ các giá trị điển hình của công suất phát laser

Loại laser	Bước sóng	Công suất phát
Diode laser chất rắn		
AlGaAs	0,6-0,9 micron	Khoảng 100 mW
InPAGa	0,532 micron	Khoảng 100 mW
Nd:YAG	0,532 micron	0,5 đến 1W
Nd:YAG	0,532 micron	100 mW
Laser chất khí		
CO ₂	10,6 micron	Vài chục W

Việc điều chế có thể thực hiện bên trong hoặc bên ngoài. Điều chế bên trong có nghĩa là biến đổi trực tiếp hoạt động của laser. Điều chế ngoài là biến đổi búp sóng ánh sáng sau khi nó được phát bởi laser. Cường độ, tần số, góc pha và phân cực của chúng có thể được điều chế. Điều chế pha và điều chế phân cực là thuộc loại điều chế ngoài. Điều chế cường độ và điều chế tần số có thể là điều chế trong hoặc điều chế ngoài. Điều chế phân cực yêu cầu máy thu phải có hai bộ tách sóng, mỗi bộ tách sóng cho mỗi phân cực. Điều chế phân cực thích hợp cho ghép kênh hai kênh.

Sự phân bố cường độ của một búp sóng laser là một hàm của góc so với cường độ cực đại theo quy tắc Gaussian. Độ lớn trên trục chính của búp sóng, G_{lmax} , có thể biểu thị bởi biểu thức:

$$G_{lmax} = 32/(\theta_r)^2 \quad (9.6)$$

trong đó θ_r là độ rộng búp sóng tổng cộng ở độ sai lệch $1/e^2$. Việc chọn θ_r phụ thuộc vào độ chính xác định vị. Trong trường hợp định vị không chính xác thì góc θ_r lớn hơn và độ lợi bị mất mát. Nếu θ_r giảm thì độ lợi tăng nhưng tổn hao sai số định vị sẽ gia tăng. Các dạng tổn hao do sai số định vị, tổn hao truyền sóng và suy biến mặt sóng đều xuất hiện trong truyền sóng quang.

Về phía thu: Độ tăng ích, G_R , của anten thu được biểu thị bởi:

$$G_R = (\pi D_R/\lambda)^2 \quad (9.7)$$

trong đó D_R là đường kính hiệu dụng của anten máy thu.

Các tổn hao phía thu bao gồm các tổn hao truyền dẫn quang và tách sóng kết hợp (coherent detection), các tổn hao cùng với suy biến mặt sóng (chất lượng của mặt sóng là một đặc tính quan trọng đối với việc trộn sóng tối ưu trường tín hiệu thu được và trường của bộ dao động nội tại mặt tách sóng).

Các bộ lọc cũng gây ra tổn hao, hệ số truyền đạt của bộ lọc giảm theo độ rộng dải tần. Mục đích của bộ lọc ở đây là làm suy giảm sự phân bố tạp âm của các nguồn ngoài. Độ rộng của bộ lọc điển hình là từ 0,1 đến 100 nm.

Bộ tách sóng chuyển đổi các photon đến trên bề mặt của bộ tách sóng thành các điện tử (electron) và được tách thành dòng điện có cường độ I_S theo biểu thức:

$$I_S = (P_S/hf)\eta eG \quad (9.8)$$

trong đó:

I_S là cường độ dòng điện tín hiệu (A);

P_S là công suất quang hữu ích thu được (W);

h là hằng số Planck = $6.6.10^{-34}$ J/Hz;

f là tần số laser (Hz);

η là hiệu suất lượng tử của tách sóng quang;

e là điện tích của electron (C);

G là độ lợi của bộ tách sóng quang.

Tỷ số (P_S/hf) biểu thị số các photon thu được trong một giây. $S = \eta e/hf$ là độ nhạy của bộ tách sóng quang (A/W). Do đó:

$$I_S = SGP_S \quad (9.9)$$

Nếu tính đến tạp âm cho dòng tối (dark current) và tạp âm do các mạch khuếch đại thì tỷ số tín hiệu/tạp âm, S/N , tại đầu ra của các bộ giải điều chế khác nhau sẽ là:

- Đối với bộ tách sóng trực tiếp (direct):

$$S/N = (SGP_S)^2/(\sigma_{dd})^2 \quad (9.10)$$

- Đối với bộ tách sóng đồng nhất (homodyne):

$$S/N = 4(SG)^2 P_S P_{LO} \eta_M L_P [(\sigma_{dd})^2 + (\sigma_{LO})^2]$$

- Đối với bộ tách sóng ngoại sai (heterodyne):

$$S/N = 4(SG)^2 P_S P_{LO} \eta_M L_P [(\sigma_{dd})^2 + (\sigma_{LO})^2] \quad (9.11)$$

trong đó:

σ_{dd} là giá trị hiệu dụng của dòng tạp âm tách sóng trực tiếp (A);

P_{LO} là công suất của bộ dao động nội tại đầu vào bộ tách sóng quang (W);

η_M là hiệu suất trộn sóng;

L_P là tổn hao do sai lệch phân cực;

σ_{LO} là giá trị hiệu dụng của dòng tạp âm do bộ dao động nội tạo nên (A).

Về lý thuyết, bộ tách sóng kết hợp (coherent-homodyne và heterodyne) có giá trị tỷ số S/N lớn hơn. Như vậy, trong trường hợp có sai số không thẳng hàng giữa bộ dao động nội và tín hiệu búp sóng thì hiệu suất trộn sóng sẽ bị giảm. Cũng vì vậy, loại tách sóng này không được sử dụng trong tìm kiếm và bám. Với thông lượng lớn (lớn hơn 1 Gbit/s) thường sử dụng tách sóng trực tiếp.

9.7. NHẬN XÉT CHUNG

Các hệ thống vệ tinh đa búp sóng có khả năng giảm kích thước các trạm mặt đất và do đó giảm giá thành của phân đoạn mặt đất. Việc sử dụng lại tần số của một búp sóng này cho búp sóng khác cho phép gia tăng dung lượng của hệ thống mà không phải gia tăng độ rộng dải tần phân định cho hệ thống. Tuy vậy ở đây xuất hiện nhiều giữa các kênh lân cận trong trường hợp các búp sóng sử dụng cùng tần số; nhiều đó sẽ có giá trị lớn khi mà các trạm mặt đất sử dụng các anten kích thước bé.

Việc kết nối tuyến liên lạc giữa các vệ tinh cho phép:

1. Sử dụng một vệ tinh địa tĩnh như là một trạm chuyển tiếp để kết nối các vệ tinh quỹ đạo tầm thấp (LEO) với mạng có một số ít các trạm mặt đất.
2. Gia tăng dung lượng của hệ thống do kết hợp dung lượng của một vài hệ thống vệ tinh địa tĩnh.
3. Kế hoạch hệ thống có độ mềm dẻo lớn hơn.
4. Có thể xây dựng tuyến liên lạc kết nối thường xuyên phủ sóng toàn cầu với các vệ tinh quỹ đạo tầm thấp như một hệ thống kết nối thường xuyên sử dụng các vệ tinh địa tĩnh.

Việc sử dụng công nghệ quang trong các tuyến liên lạc giữa các vệ tinh cho phép có dung lượng tuyến lớn và giảm thiểu trọng lượng cũng như công suất tiêu thụ các thiết bị trong vệ tinh.

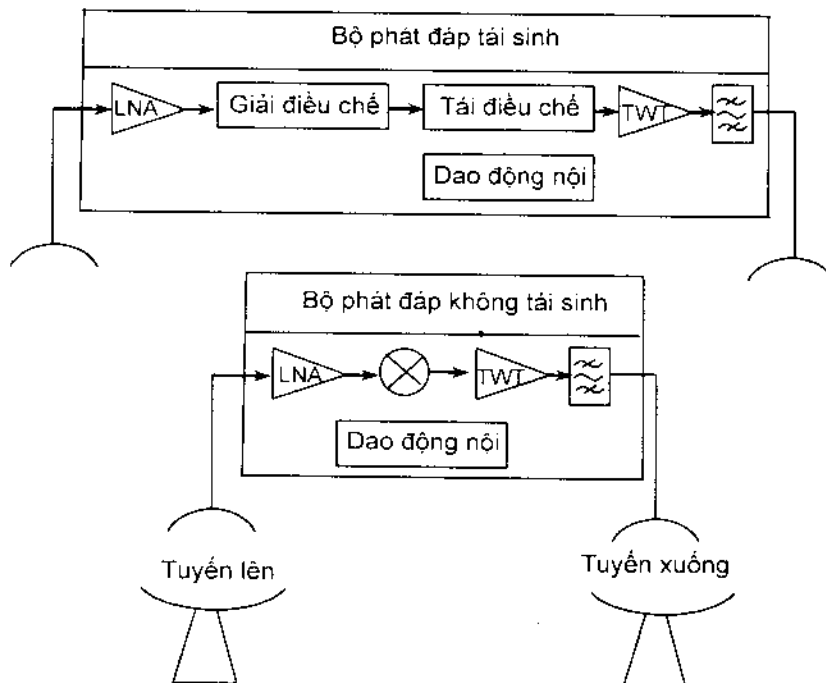
Chương 10

MẠNG VỆ TINH TÁI SINH

10.1. BỘ PHÁT ĐÁP TÁI SINH

Vệ tinh có trang bị các *bộ phát đáp tái sinh* (regenerative transponder) được gọi là *vệ tinh tái sinh*. Bộ phát đáp tái sinh khác bộ phát đáp truyền thống là ở bộ phát đáp tái sinh có bộ giải điều chế và điều chế lại mà ở các bộ phát đáp truyền thống không có. Có nghĩa là các tín hiệu băng cơ sở được điều chế với sóng mang ở tuyến lên được thu, qua bộ khuếch đại tạp âm thấp (LNA), giải điều chế thành tín hiệu băng cơ sở, sau đó điều chế lại với sóng mang tuyến xuống và khuếch đại công suất (HPA) để truyền ở tuyến xuống.

Tín hiệu băng cơ sở sau giải điều chế có thể được xử lý (lưu giữ, mã hóa v.v...) tùy thuộc vào yêu cầu xử lý tín hiệu của hệ thống. Hình 10.1 mô tả sơ đồ khối chức năng của một bộ phát đáp tái sinh và một bộ phát đáp truyền thống (không tái sinh) không có xử lý tín hiệu trên vệ tinh mà chỉ làm nhiệm vụ chuyển tiếp với việc biến đổi sóng mang tuyến lên thành sóng mang của tuyến xuống.

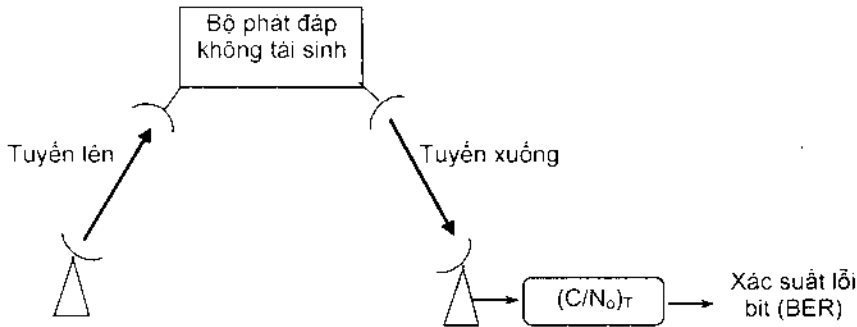


Hình 10.1: Mô tả sơ đồ khối chức năng của bộ phát đáp tái sinh và bộ phát đáp truyền thống

10.2. SO SÁNH DỰ TRƯ TUYÊN TÁI SINH VÀ KHÔNG TÁI SINH

10.2.1. Trường hợp kênh tuyến tính không có can nhiễu

Kênh xem xét ở đây là kênh truyền tin số. Giả thiết rằng, xác suất lỗi bit ở đây là tính ở đầu ra của bộ giải điều chế, phụ thuộc vào dạng điều chế số và phù hợp với lý thuyết đã phân tích ở điều chế số. Ở đây chỉ xem xét ảnh hưởng của tuyến liên lạc.



Hình 10.2: Tuyến liên lạc của vệ tinh không tái sinh

- Đối với tuyến liên lạc sử dụng bộ phát đáp truyền thống (hình 10.2) thì hiệu năng của tuyến được đặc trưng bởi xác suất lỗi tại đầu ra của bộ giải điều chế của trạm mặt đất. Xác suất lỗi bit đó là hàm của tỷ số $(E/N_0)_T$ của toàn tuyến như đã chứng minh ở chương 3:

$$(E/N_0)_T = (C/N_0)_T / R_C \quad (10.1)$$

Trong đó: $(E/N_0)_T$ và $(C/N_0)_T$ là tỷ số năng lượng bit trên năng lượng tạp âm và tỷ số mật độ công suất sóng mang trên mật độ công suất tạp âm của toàn tuyến (lên và xuống); R_C là tốc độ dữ liệu sóng mang (carrier data rate). Tỷ số $(C/N_0)_T$ toàn tuyến là bao gồm $(C/N_0)_u$ của tuyến lên và $(C/N_0)_D$ của tuyến xuống:

$$(C/N_0)_T^{-1} = (C/N_0)_u^{-1} + (C/N_0)_D^{-1} \quad (10.2)$$

Bởi vì $(E/N_0)_u = (C/N_0)_u / R_C$ và $(E/N_0)_D = (C/N_0)_D / R_C$ cho nên có:

$$(E/N_0)_T^{-1} = (E/N_0)_u^{-1} + (E/N_0)_D^{-1} \quad (10.3)$$

- Đối với tuyến liên lạc sử dụng bộ phát đáp tái sinh thì xác suất lỗi bit được biểu thị bởi xác suất có lỗi ở tuyến lên (BER_u) và xác suất không lỗi ở tuyến xuống ($1 - BER_D$) hoặc là bởi xác suất không lỗi ở tuyến lên ($1 - BER_D$) và xác suất có lỗi ở tuyến xuống (BER_D), như vậy có:

$$BER = BER_u(1 - BER_D) + (1 - BER_D)BER_D \quad (10.4)$$

Cho rằng BER_u và BER_D là khá nhỏ so với 1, cho nên có:

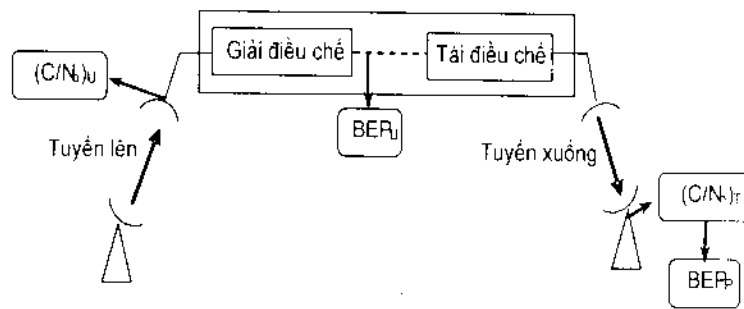
$$BER = BER_u + BER_D \quad (10.5)$$

trong đó BER_u là hàm của $(E/N_0)_u$ và BER_D là hàm của $(E/N_0)_D$.

- Từ các phân tích trên, nếu xác suất lỗi bit yêu cầu là không đổi với mỗi tuyến, sẽ có:

- Với vệ tinh không tái sinh, giá trị của $(E/N_o)_r$ được xác định bởi xác suất lỗi đặc trưng cho tuyến. Hiệu năng yêu cầu nhận được đối với một tập các giá trị $(E/N_o)_u$ và $(E/N_o)_D$ tính theo biểu thức (10.3). Đường cong A trên đồ thị hình 10.4 mô tả trường hợp trên với xác suất lỗi là 10^{-4} , điều chế QPSK và giải điều chế kết hợp (Coherent).

- Đối với vệ tinh tái sinh (hình 10.3) bằng cách tính toán BER_u và BER_D theo biểu thức (10.5) với tỷ lệ lỗi bit $BER = \text{hằng số} = 10^{-4}$ và suy luận theo cặp tỷ số $(E/N_o)_u$ và $(E/N_o)_D$, sẽ nhận được đường cong B và C ở hình 10.4. Các đường cong đó tương ứng với điều chế QPSK, giải điều chế kết hợp (đường cong B) và giải điều chế vi phân (đường cong C) ở tuyến lên. Việc giải điều chế ở tuyến xuống là kết hợp (coherent) cho cả hai trường hợp. Các đường cong được thông số hóa theo giá trị $\alpha = (E/N_o)_u / (E/N_o)_D$.

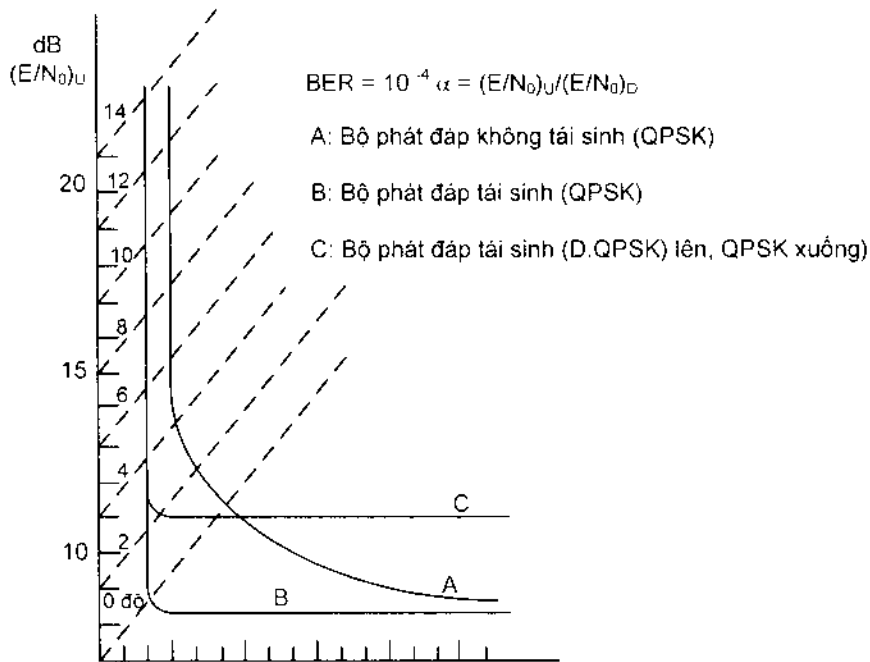


Hình 10.3: Tuyến liên lạc của vệ tinh tái sinh

So sánh đường cong A và đường cong B ở hình 10.4 thấy rằng, bộ phát đáp tái sinh có giá trị E/N_o yêu cầu giảm hơn là 3 dB đối với tuyến lên và tuyến xuống khi mà giá trị $(E/N_o)_u$ và $(E/N_o)_D$ là như nhau (tức $\alpha = 0$ dB). Điều đó có thể được giải thích là bộ phát đáp tái sinh không truyền tạp âm tuyến lên đã được khuếch đại theo tín hiệu ở tuyến xuống như ở bộ phát đáp không tái sinh. Tuy vậy, với các giá trị E/N_o khác nhau thì ưu điểm đó không còn nữa. Ví dụ, với α lớn hơn 12 dB thì hai đường cong chập lại với nhau. Trong trường hợp này, tạp âm tuyến lên là không đáng kể và hiệu năng toàn tuyến trong cả hai trường hợp chủ yếu là ở tuyến xuống. Từ đường cong C cũng thấy rằng, với giá trị $(E/N_o)_u$ lớn hơn $(E/N_o)_D$ trên 4 dB thì có thể sử dụng giải điều chế vi phân trên vệ tinh mà không làm suy giảm hiệu năng tổng thể, đó là điều có thể thực hiện đơn giản hơn là giải điều chế kết hợp.

10.2.2. Trường hợp kênh không tuyến tính, không có can nhiễu

Kênh không tuyến tính, không có can nhiễu là gần đúng với một hệ thống thực, không tuyến tính và có băng tần giới hạn. Sự không tuyến tính ở đây là cả ở trạm mặt đất và bộ phát đáp bao gồm các bộ lọc. Đối với các bộ phát đáp tái sinh thì có sự cách biệt giữa tuyến lên và tuyến xuống do đó ở đây chỉ có một phía không tuyến tính và các bộ lọc. Hình 10.5 mô tả một kết quả mô phỏng do máy tính thực hiện với trường hợp $(E/N_o)_u$ lớn hơn nhiều so với $(E/N_o)_D$. Trên hình thấy rằng với bộ phát đáp tái sinh có thể cho giá trị giảm E_r/N_o trong khoảng từ 2 dB đến 5 dB so với bộ phát đáp truyền thống (không tái sinh) khi tỷ số $\alpha = (E/N_o)_u / (E/N_o)_D$ lớn.



Hình 10.4: Mô tả so sánh các tuyến trạm mặt đất - trạm mặt đất qua bộ phát đáp trong suốt (transparent) và bộ phát đáp tái sinh (regenerative) với cùng xác suất lỗi bit ($BER = 10^{-4}$), kênh tuyến tính:

A) Bộ phát đáp trong suốt

B) Bộ phát đáp tái sinh, điều chế QPSK, giải điều chế kết hợp (ở tuyến lên)

C) Bộ phát đáp tái sinh, điều chế QPSK, giải điều chế vi phân (ở tuyến lên)

10.2.3. Trường hợp kênh không tuyến tính, có nhiễu

- Đối với bộ phát đáp không tái sinh thì giá trị $(C/N_0)_r$ của toàn tuyến phụ thuộc vào giá trị $(C/N_0)_{r, \text{không nhiễu}}$ và giá trị $(C/N_0)_r$ đo nhiễu ở cả tuyến lên và tuyến xuống. Có nghĩa là:

$$(C/N_0)_r^{-1} = (C/N_0)_{r, \text{không nhiễu}}^{-1} + (C/N_0)_D^{-1} \quad (10.6)$$

trong đó: $(C/N_0)_r^{-1} \text{ không nhiễu} = (C/N_0)_u^{-1} + (C/N_0)_D^{-1}$

$$(C/N_0)_i^{-1} = (C/N_0)_{i-u}^{-1} + (C/N_0)_{i-D}^{-1}$$

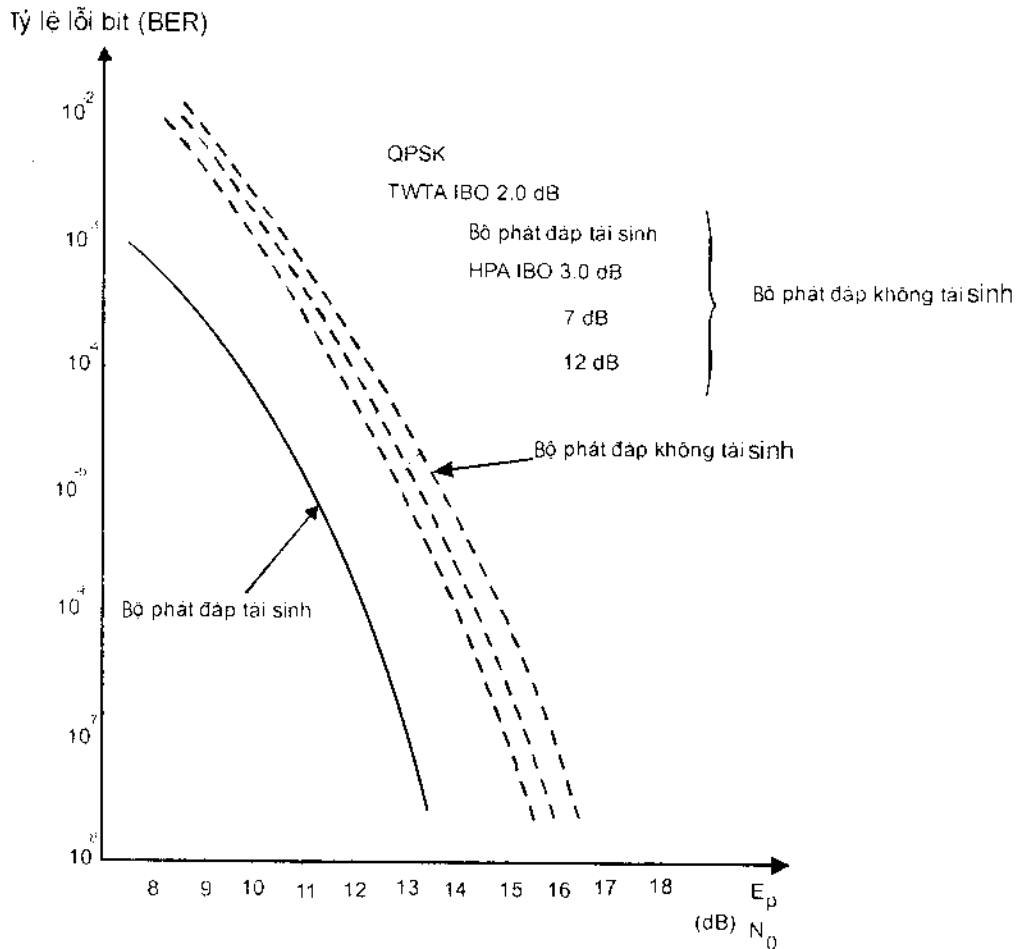
Thay thế $E/N_0 = C/N_0/R_c$, quan hệ giữa các giá trị của E/N_0 có thể biểu thị:

$$(E/N_0)_r^{-1} = (E/N_0)_{r, \text{không nhiễu}}^{-1} + (E/N_0)_D^{-1} \quad (10.7)$$

Đường cong ở hình 10.6 mô tả quan hệ giữa $(E/N_0)_i$ và $(E/N_0)_{\text{không nhiễu}}$ theo (10.7).

- Đối với bộ phát đáp tái sinh thì đường cong dưới trong hình 10.6 mô tả quan hệ giữa $(E/N_0)_i$ và $(E/N_0)_{r, \text{không nhiễu}}^{-1}$. So sánh hai đường cong ở hình 10.6 thấy rằng, với một giá trị chất lượng tuyến cho ($BER = 10^{-4}$) thì tỷ số $(E/N_0)_i$ là nhỏ hơn đối với tuyến có sử dụng bộ phát đáp tái sinh. Điều đó có nghĩa là tuyến có thể được thiết lập với một mức nhiễu cao hơn. Đó là một ưu

điểm được khai thác trong mạng vệ tinh đa búp sóng, ở đó các mức nhiễu lớn phải được tính đến (xem chi tiết chương 9).



Hình 10.5: Mô tả xác suất lỗi bit là hàm số của tỷ số E_b/N_0 đối với một tuyến sử dụng bộ phát đáp trong suốt và một tuyến sử dụng bộ phát đáp tái sinh trong trường hợp không có nhiễu và tỷ số $\alpha = (E/N_0)_r / (E/N_0)_p$ lớn

TWTAIBO: khoảng lùi công suất đầu vào của bộ khuếch đại dùng đèn đèn sóng chạy trên vệ tinh;

HPAIBO: khoảng lùi công suất đầu vào của bộ khuếch đại công suất phát của trạm mặt đất

10.3. XỬ LÝ TÍN HIỆU Ở BỘ PHÁT ĐÁP TÁI SINH

Do bộ phát đáp tái sinh có giải điều chế sóng mang tuyến lên thành tín hiệu băng cơ sở cho nên các tín hiệu băng cơ sở ở đây có thể được xử lý theo mong muốn. Các công việc xử lý ở đây có thể là mã hóa, chuyển mạch, chuyển đổi tốc độ bit, quét búp sóng v.v...

10.3.1. Mã hóa kênh tuyến xuống

Trong thông tin vệ tinh, với bộ phát đáp tái sinh, có thể thực hiện việc mã hóa kênh để phát hiện và sửa lỗi ở cả tuyến lên và tuyến xuống. Với mã hóa kênh tuyến xuống thì bộ mã hóa đặt trong bộ phát đáp tái sinh được kích hoạt bởi điều khiển từ xa. Trong trường hợp này tuyến sẽ có

lợi là giảm được tỷ lệ lỗi bit, nhưng trong phạm vi có thể cần phải tăng tốc độ truyền của tuyến bằng một hệ số bằng nghịch đảo của tỷ lệ mã hóa. Điều đó hàm ý là tuyến xuống bị giới hạn bởi công suất nhưng không bị giới hạn bởi độ rộng băng tần. Nếu như tuyến xuống đó bị giới hạn băng tần thì tốc độ truyền phải giữ nguyên, và tốc độ truyền tin cả tuyến lên và tuyến xuống trong trường hợp này sẽ bị giảm. Việc giảm thông lượng đó sẽ tính trong dự phòng $(C/N_o)_D$ của tuyến xuống tương ứng với độ lợi mã hóa. Cho rằng, $(C/N_o)_1$ và $(C/N_o)_2$ là các giá trị trong trường hợp không mã hóa kênh và có mã hóa kênh. Như vậy sẽ có:

$$(C/N_o)_1 = (E_b/N_o)_1 \cdot R_{b1} \quad (10.8)$$

trong đó R_{b1} là tốc độ thông tin và bằng tốc độ điều chế sóng mang (R_c).

$$(C/N_o)_2 = (E_b/N_o)_2 \cdot R_{b2} \quad (10.9)$$

trong đó $R_{b2} = \rho \cdot R_c$ (ρ là tỷ lệ mã hóa).

Dự trữ nói trên được tính theo biểu thức sau:

$$\begin{aligned} \text{Dự trữ} &= \Delta(C/N_o)_D \\ &= (C/N_o)_1 - (C/N_o)_2 \\ &= [(E_b/N_o)_1 - (E_b/N_o)_2] - 10 \lg \rho \\ &= \text{độ lợi mã hóa} + \text{độ lợi giảm tốc độ truyền.} \end{aligned}$$

Ví dụ, mã hóa sử dụng mã kênh tỷ số là 1/3 và độ lợi giải mã là 3 dB, độ rộng dải tần không đổi, giá trị dự trữ yêu cầu $(C/N_o)_D$ phải là 10 dB.

10.3.2. Chuyển mạch băng cơ sở

Ở bộ phát đáp tái sinh thì đầu ra của bộ giải điều chế sóng mang tuyến lên là các tín hiệu số băng cơ sở. Điều đó cho phép thực hiện chuyển mạch giữa anten thu và phát ngay tại băng cơ sở. Một loại chuyển mạch băng cơ sở đang được sử dụng hiện nay là chuyển mạch "thời gian - không gian - thời gian" (TST: Time-Space-Time) có cấu trúc nguyên lý như sau:

1- Bộ nhớ (T) cho phép lưu trữ các số nhị phân của tuyến lên (sau giải điều chế) theo chu kỳ có giới hạn (ví dụ với khoảng thời gian là một khung).

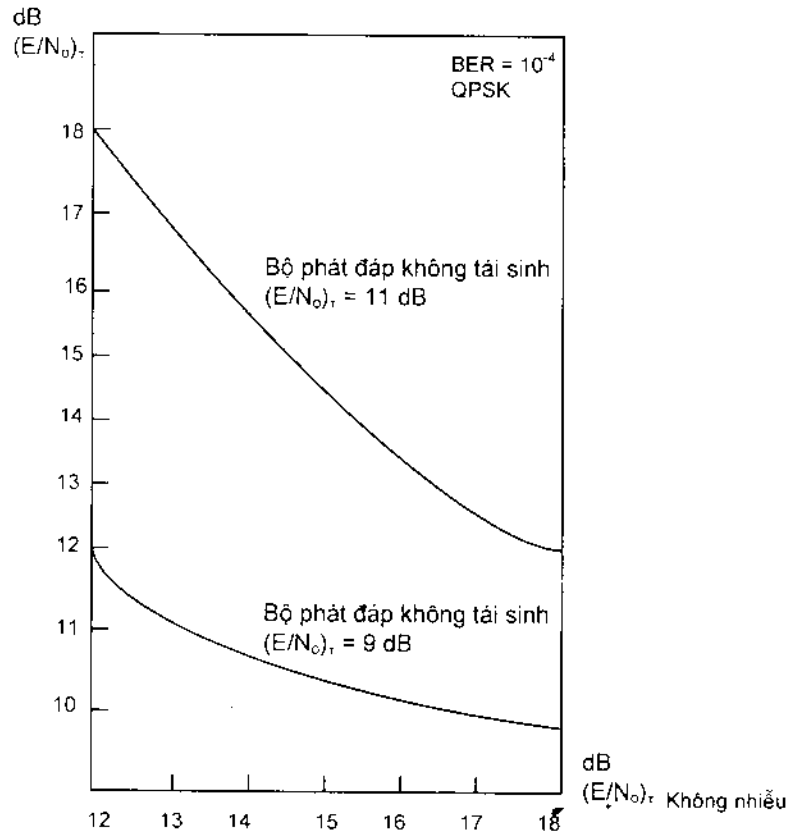
2- Một ma trận kết nối (S).

3- Bộ nhớ (T) cho phép lưu trữ các số trước khi truyền dưới dạng ghép kênh với các thông tin được tập hợp bởi trạm mặt đất thu.

Như vậy, chuỗi các trạng thái chuyển mạch của một ma trận chuyển mạch tần số vô tuyến được thay thế bởi bộ nhớ và kèm theo là việc ghép kênh các số nhị phân được nhớ trước khi truyền đến các tuyến xuống khác nhau. Điều đó cho phép các trạm mặt đất, trong trường hợp cụ thể, có thể truyền tất cả thông tin của chúng trong cùng burst, và như vậy chỉ truyền một burst đơn trong khung. Số các burst trong khung giảm và hiệu suất khung sẽ tăng.

Cấu trúc chuyển mạch TST nói trên cũng rất thuận tiện cho các chuyển mạch kênh thoại. Các cấu trúc mới TST hiện nay thuộc dạng tích hợp dịch vụ, được cấu trúc trên cơ sở nguyên lý chuyển

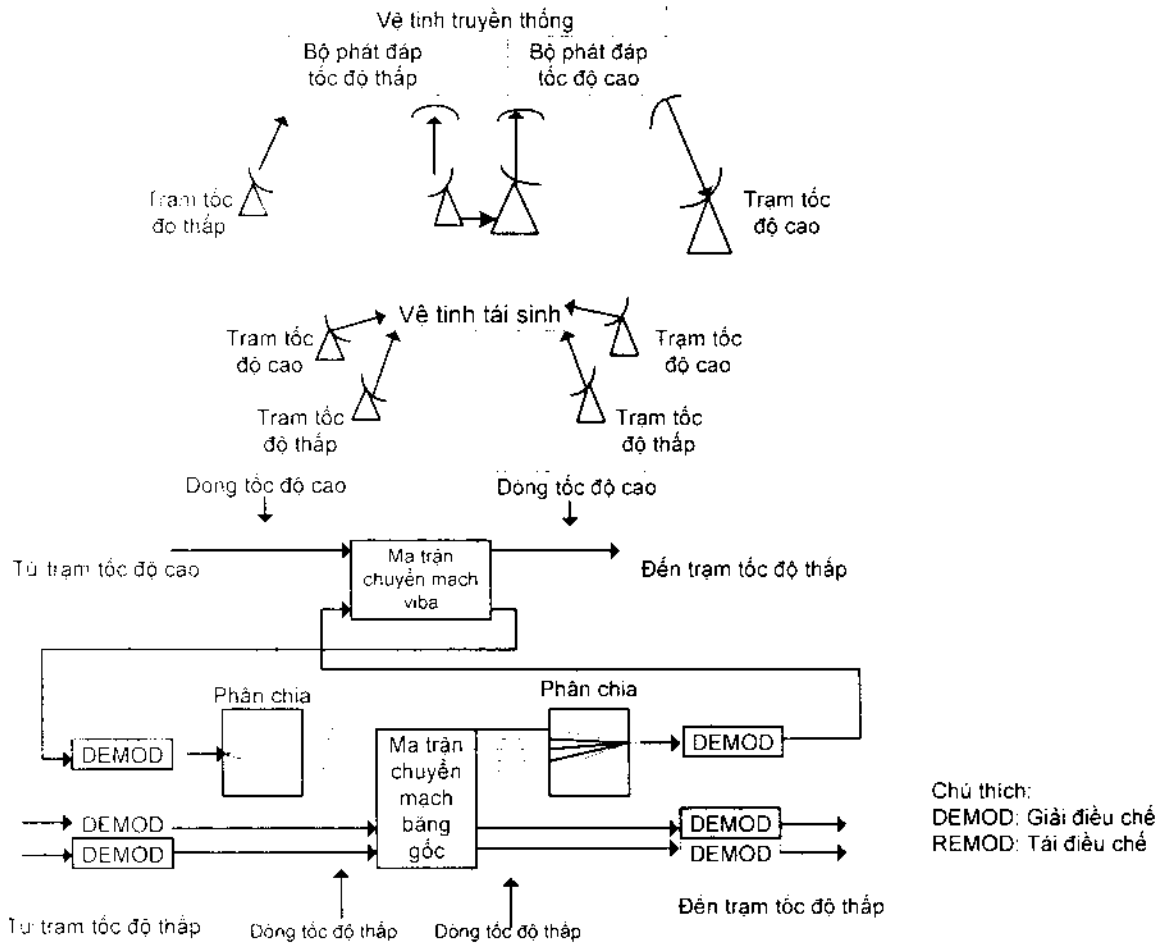
mạch gói và phương thức truyền không đồng bộ ATM (Asynchronous Transfer Mode). Đích của một burst được biểu thị bởi địa chỉ trong tiêu đề (header). Việc định tuyến gói được thực hiện bởi việc địa chỉ hóa bộ nhớ logic. Việc định tuyến đó cần được phối hợp với điều khiển lưu lượng.



Hình 10.6: So sánh mức nhiễu cho phép của tuyến trong trường hợp sử dụng bộ phát đáp không tái sinh và trường hợp sử dụng bộ phát đáp tái sinh

10.3.3. Chuyển đổi tốc độ

Với các bộ phát đáp truyền thống (không tái sinh) thì việc thay đổi tốc độ giữa tuyến lên và tuyến xuống là không thể thực hiện được. Như vậy các trạm mặt đất chỉ có thể kết nối bởi các sóng mang có cùng dung lượng. Ví dụ, việc kết nối giữa các trạm mặt đất của một mạng châu lục lưu lượng lớn với các trạm mặt đất nhỏ (VSAT) của một mạng riêng nào đó qua vệ tinh thì phải qua hai bước như mô tả trong hình 10.7a. Ngược lại, với bộ phát đáp tái sinh có bộ giải điều chế thì các digit nhị phân của lưu lượng giữa các mạng khác nhau thu được từ các sóng mang có tốc độ khác nhau sẽ được chuyển mạch tại băng cơ sở và được phối hợp trước khi truyền trên các tuyến xuống khác nhau phù hợp với địa chỉ đích của chúng và không phụ thuộc vào dung lượng của sóng mang (hình 10.7b). Trong hình 10.7 cũng mô tả một ví dụ về thực hiện kiểu chuyển mạch đó. Trong các bộ phát đáp, để tránh tăng trọng lượng và tiêu hao công suất, thường các sóng mang tốc độ cao lưu lượng lớn gửi đến các mạng tốc độ thấp mới được định tuyến đến bộ giải điều chế tốc độ cao. Các sóng mang khác thường được chuyển mạch ở tần số vô tuyến (không tái sinh).

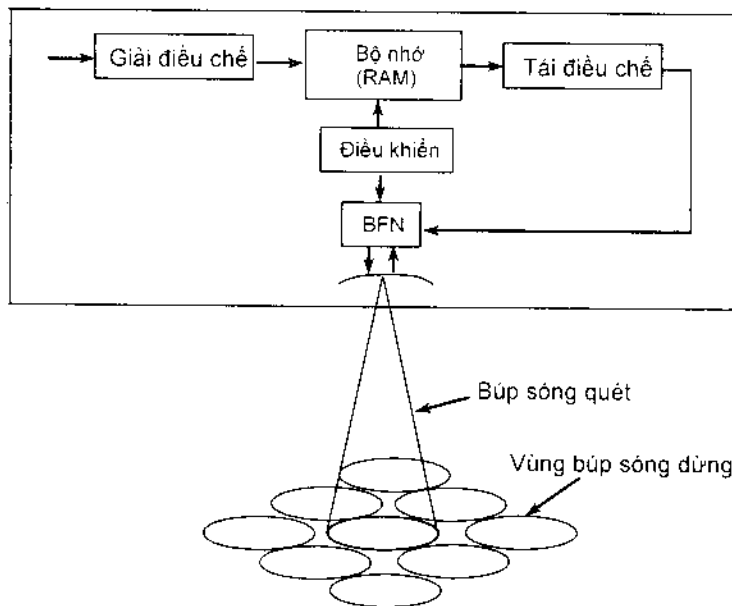


Hình 10.7: Kết nối giữa hai mạng mặt đất có các sóng mang dung lượng khác nhau
a) Trường hợp với bộ phát đáp không tái sinh; b) Trường hợp với bộ phát đáp tái sinh

10.3.4. Các vệ tinh quét búp sóng

Có một kỹ thuật tạo các búp sóng anten theo thời gian thực linh động đang được ứng dụng trong các hệ thống thông tin vệ tinh thay thế cho các vệ tinh đa búp sóng bằng cách sử dụng các vệ tinh búp sóng đơn với một búp sóng quét theo thời gian thực các vùng dịch vụ như mô tả ở hình 10.8. Tập các vùng được dừng lại phủ sóng một cách tuần tự do tạo thành vùng phủ sóng của hệ thống. Khi mà búp sóng ngừng ở một vùng phủ nào đó thì các thông tin đích đối với các trạm mặt đất trong vùng đó được trích từ bộ nhớ của bộ phát đáp và được truyền qua bộ ghép kênh.

Đồng thời, các trạm mặt đất cũng truyền các thông tin đến các mạng trạm mặt đất khác qua vệ tinh. Các thông tin dữ liệu đó cũng sẽ được nhớ ở bộ phát đáp vệ tinh cho đến khi búp sóng quét đến búp sóng địa chỉ nhận được truyền theo tuyến xuống. Ưu điểm của kỹ thuật quét búp sóng này là không có những búp sóng cố định đồng nhất cho nên không có can nhiễu đồng kênh CCI (Co-Channel Interference).



Hình 10.8: Mô tả mạng vệ tinh quét tái sinh búp sóng đơn

10.4. TÁC ĐỘNG CỦA VỆ TINH TÁI SINH ĐẾN PHÂN ĐOẠN MẶT ĐẤT

So với các hệ thống vệ tinh trong suốt (không tái sinh) thì hệ thống vệ tinh tái sinh cho phép giảm được giá thành các trạm mặt đất do giảm được yêu cầu về công suất bức xạ đẳng hướng tương đương EIRP của các trạm, và cả tỷ số G/T của các trạm.

Đối với *tuyến lên* thường tính toán hiệu năng theo tham số C/N_0 của toàn tuyến và nó được xác định bởi C/N_0 của tuyến xuống mà C/N_0 của tuyến xuống đó lại bị giới hạn bởi công suất phát của bộ phát đáp vệ tinh. Đối với bộ phát đáp không tái sinh thì tỷ số C/N_0 của toàn tuyến được tính theo biểu thức (10.2), và trong trường hợp này cần có một giá trị $\alpha = (E/N_0)_U / (E/N_0)_D = (C/N_0)_U / (C/N_0)_D$ là khoảng 10 dB. Đối với bộ phát đáp tái sinh, theo tính toán xác suất lỗi bit phụ thuộc vào dạng điều chế (chương 4, tập 1) thì giá trị α lớn hơn là khoảng 2 dB. Việc giảm tỷ số α đó dẫn đến việc giảm giá trị công suất bức xạ tương đương EIRP của trạm mặt đất và cũng có nghĩa là giảm giá thành trạm mặt đất.

Còn một yếu tố khác có thể làm giảm yêu cầu về EIRP. Đó là, do có sự lưu trữ các số nhị phân trong thiết bị chuyển mạch băng cơ sở của bộ phát đáp tái sinh cho nên các trạm mặt đất của một vùng nào đó có thể liên tục phát trên các tần số khác nhau (theo đa truy nhập FDMA) như mô tả ở hình 10.9. So với phương thức đa truy nhập TDMA thì việc liên tục phát các tần số khác nhau đó, tốc độ truyền của trạm mặt đất sẽ có kém hơn. Có thể biểu thị bởi các biểu thức:

- Với TDMA:

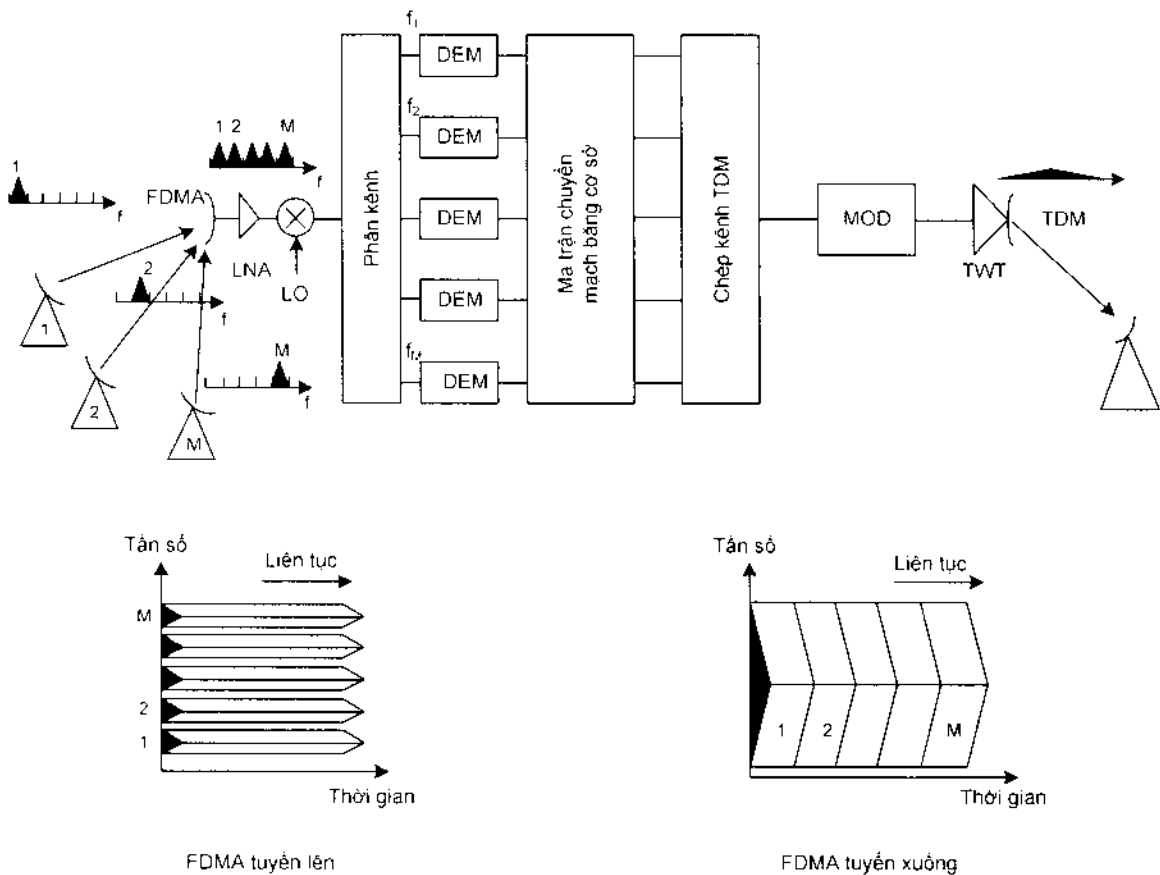
$$(C/N_0)_u = (E/N_0)R_{\text{TDMA}}$$

- Với FDMA:

$$(C/N_0)_u = (E/N_0)R_{\text{FDMA}}$$

trong đó $R_{FDMA} = R_{TDMA}(T_B/T_F)$; T_B là khoảng thời gian truyền burst trong TDMA và T_F là khoảng thời gian khung. Giá trị T_B/T_F là nhỏ hơn 1 cho nên giá trị yêu cầu C/N_0 đối với FDMA là nhỏ hơn giá trị C/N_0 yêu cầu đối với TDMA.

Đối với *tuyến xuống*, như mô tả ở hình 10.9, bộ khuếch đại của bộ phát đáp sẽ phát một sóng mang đơn được điều chế bởi ghép kênh các số nhị phân đã được địa chỉ bởi các trạm mặt đất, theo búp sóng tương ứng. So với một hệ thống FDMA trong suốt (không tái sinh), bộ phát đáp làm việc ở chế độ bão hòa. Tuyến xuống có lợi là từ EIRP cực đại của vệ tinh và tỷ số G/T của các trạm mặt đất có thể được giảm. So với một hệ thống TDMA thì các burst thu được từ một sóng mang đơn khởi đầu từ bộ tạo sóng ở vệ tinh thay thế cho được phát bởi các trạm mặt đất khác nhau với các bộ tạo sóng độc lập với nhau.



Hình 10.9: Mô tả một mạng có nhiều trạm mặt đất truy nhập đến bộ phát đáp tái sinh theo phương thức đa truy nhập FDMA ở tuyến lên và TDMA ở tuyến xuống. Một giải pháp tiếp cận hạ giá thành trạm mặt đất

10.5. NHẬN XÉT CHUNG

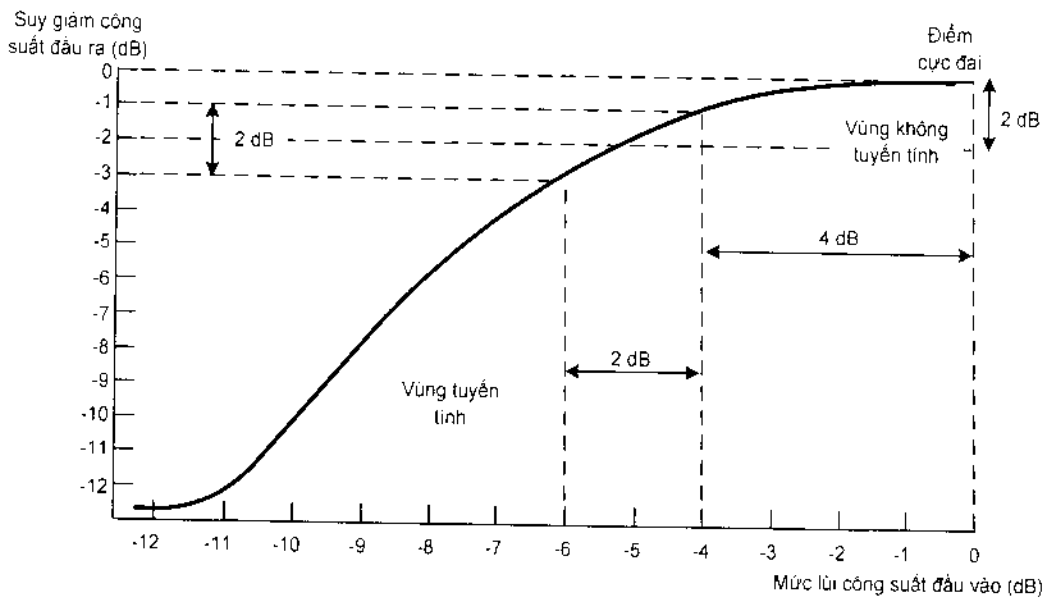
So với các hệ thống vệ tinh trong suốt (không tái sinh) thì hệ thống vệ tinh tái sinh (regenerative) có khả năng chịu can nhiễu tốt hơn. Hệ thống vệ tinh có khả năng xử lý tín hiệu trên vệ tinh, do đó thiết bị trạm mặt đất sẽ đơn giản hơn. Mặt khác, do dự trữ tuyến có ưu việt hơn cho nên cũng giảm bớt các yêu cầu nghiêm khắc về các đặc tính phát và thu của các trạm mặt đất. Tất cả những điều nói trên dẫn đến giảm giá thành của trạm mặt đất. Hệ thống vệ tinh tái sinh cũng dễ dàng mở rộng mạng với nhiều trạm mặt đất loại nhỏ đến người sử dụng. Vấn đề ở đây là các thiết bị xử lý tín hiệu cũng như phần mềm trên vệ tinh.

Chương 11

CÁC THÔNG SỐ VÀ CÁC BIỂU THỨC TÍNH TOÁN TRONG CÁC HỆ THỐNG THÔNG TIN VỆ TINH

11.1. TỒN HAO LƯÌ CÔNG SUẤT

Các bộ khuếch đại công suất cao (HPA: High Power Amplifier) ở các máy phát trạm mặt đất (chương 6) dùng đèn điện tử klystron hoặc đèn sóng chạy TWT và các bộ khuếch đại công suất cao ở các máy phát của bộ phát đáp vệ tinh là các thiết bị có đặc tuyến không tuyến tính; hệ số khuếch đại công suất của chúng phụ thuộc vào mức tín hiệu đầu vào. Hình 10.1 mô tả đường đặc tuyến biểu thị công suất đầu vào/đầu ra điển hình của bộ phát đáp HPA đó.



Hình 11.1: Đường đặc tuyến biểu thị công suất đầu vào/đầu ra của bộ khuếch đại công suất cao HPA

Từ hình 11.1 thấy rằng, tại vùng đường cong gần điểm bão hòa, công suất vào giảm 4 dB thì công suất ra chỉ giảm 1 dB. Hiện tượng đó có tài liệu gọi là *nén công suất* (power compression). Như đã phân tích trong chương 6 và chương 7, để giảm tối đa hiện tượng nhiễu xuyên điều chế giữa các tín hiệu sóng mang do sự không tuyến tính của đường đặc tuyến của bộ khuếch đại HPA, thì cần phải giảm công suất đầu vào khoảng vài dB. Khoảng lùi (so với điểm bão hòa) của công suất vào và công suất ra tương ứng đó được ký hiệu là IBO (Input Back-Off) và OBO (Output

Back-Off). Như vậy, bộ khuếch đại HPA sẽ làm việc trong vùng đặc tuyến tương đối tuyến tính hơn, tránh được nhiều xuyên điều chế. Mức công suất đầu ra bị kéo lùi từ các mức dự kiến ban đầu đó tương đương như một sự mất công suất và trong một số tài liệu gọi là tổn hao công suất lùi, ký hiệu là L_{bo} (back-off loss).

11.2. CÔNG SUẤT PHÁT VÀ NĂNG LƯỢNG BIT

Đối với bộ khuếch đại công suất, muốn có công suất ra lớn thì bộ khuếch đại phải làm việc ở gần vùng bão hòa trong điều kiện có thể. Công suất đầu ra bão hòa được thiết kế của bộ khuếch đại công suất, ký hiệu đơn giản là P_t , đối với một trạm mặt đất trong hệ thống thông tin vệ tinh thường lớn hơn nhiều so với công suất ra của các trạm viba mặt đất. Trong tính toán các hệ thống thông tin vệ tinh, công suất phát P_t đó thường được tính theo đơn vị dBW. Nếu không tính đến tổn hao của anten và phidơ thì công suất ra P_r đó chính bằng công suất bức xạ của anten phát.

Trong các hệ thống thông tin vệ tinh hiện đại, truyền tin số thường sử dụng kỹ thuật điều chế khóa dịch pha (PSK: Phase Shift Key) hoặc điều chế biên độ cầu phương (QAM) nhiều mức; thỉnh thoảng một số hệ thống sử dụng điều chế FM (điều tần). Với điều chế PSK hoặc QAM thì tín hiệu băng cơ sở đầu vào nói chung là dạng PCM được mã hóa và ghép kênh phân chia theo thời gian (TDM). Mặt khác, với điều chế PSK và QAM thì một vài bit có thể được mã hóa trong một phần tử phát đơn. Như vậy, một thông số quan trọng đối với công suất sóng mang sẽ là *năng lượng cho một bit*, ký hiệu là E_b . Về toán học, năng lượng bit E_b có thể biểu thị bởi biểu thức:

$$E_b = P_t T_b \quad (11.1)$$

trong đó:

E_b là năng lượng của một bit đơn (J/bit);

P_t là công suất ra của khuếch đại phát (W hoặc J/s);

T_b là thời gian tồn tại của một bit đơn (s); $T_b = 1/f_b$ trong đó f_b là tốc độ bit (bit/s).

Từ đó có thể viết:

$$E_b = \frac{P_t}{f_b}; \quad \left(\frac{J / s}{bit / s} \right) = J / bit \quad (11.2)$$

Ví dụ 11.1

Cho công suất phát của một trạm mặt đất $P_t = 1000$ W. Hãy xác định năng lượng bit E_b ứng với tốc độ truyền là 50 Mbit/s.

Giải:

$$T_b = \frac{1}{f_b} = \frac{1}{50 \cdot 10^6 \text{ bit / s}} = 0,02 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

Thay thế vào (11.1) có:

$$E_b = 1000 \text{ J/s} \cdot (0,02 \cdot 10^{-6} \text{ s}) = 20 \text{ } \mu\text{J}$$

Có thể biểu thị theo đơn vị dB:

$$E_b = 10\lg(20 \cdot 10^{-6}) = -47 \text{ dBJ}$$

$$P_t = 10\lg 1000 = 30 \text{ dBW}$$

$$\begin{aligned} E_b &= P_t - 10\lg f_b = P_t - 10\lg(50 \cdot 10^6) \\ &= 30 \text{ dBW} - 77 \text{ dB} = -47 \text{ dBW/bit/s} \end{aligned}$$

hoặc $= -47 \text{ dBJ}$.

11.3. CÔNG SUẤT BỨC XẠ ĐẲNG HƯỚNG TƯƠNG ĐƯƠNG

Công suất bức xạ đẳng hướng tương đương, ký hiệu là EIRP (Equivalent Isotropic Radiated Power) được biểu thị bởi:

$$EIRP = P_t \cdot G_t \quad (11.3a)$$

trong đó:

P_t là công suất phát (W);

G_t là tăng ích của anten phát (không thứ nguyên).

Lưu ý rằng, trong một số tài liệu kỹ thuật sử dụng khái niệm công suất hiệu dụng tương đương, cũng ký hiệu là EIRP và được biểu thị bởi:

$$EIRP = P_{\text{vào A}} \cdot G_t \quad (11.3b)$$

trong đó:

$P_{\text{vào A}}$ là công suất của bộ khuếch đại HPA có khả năng đưa đến đầu vào anten (W);

G_t là tăng ích anten phát.

Trong trường hợp có tính toán đến khoảng lùi công suất thì công suất đầu vào anten ($P_{\text{vào A}}$) là bằng công suất bão hòa của bộ khuếch đại công suất HPA trừ đi khoảng lùi công suất đầu ra (OBO) và tổn hao anten - phi đơ (nếu có).

Ví dụ 11.2

Một máy phát trạm mặt đất có khả năng khuếch đại đưa ra công suất $P_{\text{vào A}} = 10 \text{ kW}$ (40 dBW); tổn hao anten - phi đơ $L_A = 3 \text{ dB}$; khoảng lùi công suất cần thiết $L_{\text{OBO}} = 3 \text{ dB}$; tăng ích anten phát là $G_t = 40 \text{ dB}$. Hãy xác định công suất bức xạ đẳng hướng tương đương EIRP.

Giải:

$$\begin{aligned} EIRP &= P_{\text{vào A}} - L_A - L_{\text{OBO}} + G_t \\ &= 40 \text{ dBW} - 3 \text{ dB} - 3 \text{ dB} + 40 \text{ dB} = 74 \text{ dBW} \end{aligned}$$

11.4. NHIỆT ĐỘ TẠP ÂM TƯƠNG ĐƯƠNG

Trong các hệ thống viba mặt đất thì tạp âm trong một máy thu hoặc trong một thành phần nào đó trong máy thu đều được đặc trưng chung bởi thông số nhiệt độ tạp âm. Trong các hệ thống thông tin vệ tinh nhiều khi cần phải phân biệt mức độ tạp âm với một giá số rất nhỏ, có thể là một

phần mười hoặc một phần trăm dB. Có sự phân biệt như vậy, là để cho sự tính toán được chính xác. Do vậy, ở đây sẽ dùng khái niệm nhiệt độ môi trường (T) và nhiệt độ tạp âm tương đương (T_e) để đánh giá hiệu năng một hệ thống thông tin vệ tinh.

Biết rằng, công suất tạp âm có thể biểu thị bởi biểu thức:

$$N = KTB \quad (11.4a)$$

hoặc $T = N/KB \quad (11.4b)$

trong đó:

N là công suất tạp âm toàn bộ (W);

K là hằng số Boltzmann ($J/^{\circ}K$);

B là độ rộng dải tần (Hz);

T là nhiệt độ của môi trường ($^{\circ}K$).

Nhiệt độ tạp âm tương đương (T_e) có quan hệ với nhiệt độ tạp âm T theo biểu thức:

$$F = 1 + \frac{T_e}{T} \quad (11.5a)$$

hoặc $T_e = T(F - 1) \quad (11.5b)$

trong đó:

T_e là nhiệt độ tạp âm tương đương ($^{\circ}K$);

F là hệ số tạp âm (không thứ nguyên);

T là nhiệt độ của môi trường ($^{\circ}K$).

Nhiệt độ tạp âm tương đương của các máy thu trong các bộ phát đáp vệ tinh thường có giá trị khoảng 1000 K. Đối với các máy thu của các trạm mặt đất thì giá trị nhiệt độ tạp âm tương đương có giá trị trong khoảng từ 20 K đến 1000 K.

Ở đây cần lưu ý rằng, nhiệt độ tạp âm tương đương là một giá trị có tính chất giả thiết đưa vào để phục vụ tính toán chứ không phải giá trị được đo lường. Nhiệt độ tạp âm tương đương được sử dụng khi cần biểu thị một cách chính xác hiệu năng của một máy thu hoặc của một thiết bị trong hệ thống thông tin vệ tinh.

Trong các tính toán, nhiệt độ tạp âm tương đương thường được biểu thị theo đơn vị dBK:

$$T_{e(dBK)} = 10\lg T_e$$

Ví dụ, nếu nhiệt độ tạp âm tương đương là 100K thì $T_{e(dBK)} = 10\lg 100 = 20$ dBK.

Bảng 11.1 mô tả so sánh các đơn vị tham số tạp âm.

Bảng 11.1: So sánh các đơn vị tạp âm

Hệ số tạp âm F (không thứ nguyên)	Hệ số tạp âm NF (dB)	Nhiệt độ tương đương T_e (°K)	dBK
1,2	0,79	60	17,78
1,3	1,14	90	19,54
1,4	1,46	120	20,79
2,5	4,0	450	26,53
10,0	10,0	2700	34,31

Ví dụ 11.3

Hãy chuyển đổi các hệ số tạp âm có giá trị là 4dB và 4,1dB sang nhiệt độ tạp âm tương đương T_e . Cho nhiệt độ môi trường $T = 300\text{K}$.

Giải:

$$NF_1 = 4 \text{ dB} \Rightarrow F_1 = 2,512$$

$$NF_2 = 4,1 \text{ dB} \Rightarrow F_2 = 2,57$$

Áp dụng biểu thức (10.5b)

$$\begin{aligned} T_{e1} &= T(F_1 - 1) = 300(2,512 - 1) \\ &= 453,6 \text{ K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{e2} &= T(F_2 - 1) = 300(2,57 - 1) \\ &= 471 \text{ K} \end{aligned}$$

Từ ví dụ trên nhận thấy rằng, với sự khác nhau về hệ số tạp âm là 0,1 dB thì nhiệt độ tạp âm tương đương T_e có sự khác nhau là 17,4°K. Cũng do vậy việc sử dụng khái niệm nhiệt độ tạp âm tương đương cho phép so sánh về hiệu năng tạp âm của hai máy thu hoặc hai thiết bị một cách chính xác hơn.

11.5. MẬT ĐỘ TẠP ÂM

Có thể hiểu một cách đơn giản, *mật độ tạp âm* (N_o) là công suất tạp âm được chuẩn hóa với một độ rộng băng tần là 1 Hz hoặc nói cách khác, đó là công suất tạp âm hiện diện trong một độ rộng băng tần 1 Hz. Mật độ tạp âm N_o có thể biểu thị bởi biểu thức toán học:

$$N_o = \frac{N}{B} = \frac{KT_e B}{B} = KT_e \quad (11.6)$$

trong đó:

N_o là mật độ tạp âm (W/Hz); (trong nhiều trường hợp chỉ sử dụng W);

N là công suất tạp âm toàn bộ (W);

B là độ rộng dải tần (Hz);

K là hằng số Boltzman (°K);

T_e là nhiệt độ tạp âm tương đương (°K).

Nếu biểu thị theo đơn vị dB:

$$N_{o(\text{dBW/Hz})} = 10\lg N - 10\lg B \quad (11.7)$$

$$= 10\lg K + 10\lg T_c \quad (11.8)$$

Ví dụ 11.4

Cho độ rộng băng tần tạp âm là 10 MHz và công suất tạp âm toàn bộ là 0,0276 pW. Hãy xác định mật độ tạp âm và nhiệt độ tạp âm tương đương.

Giải:

- Áp dụng biểu thức (10.6):

$$N_o = \frac{N}{B} = \frac{2,76 \cdot 10^{-16} \text{ W}}{10 \cdot 10^6 \text{ Hz}} = 276 \cdot 10^{-23} \text{ W/Hz}$$

hoặc

$$N_o = 10\lg(276 \cdot 10^{-23}) = -205,6 \text{ dBW/Hz}$$

- Cũng theo (10.6) có:

$$\begin{aligned} T_c &= \frac{N_o}{K} = \frac{276 \cdot 10^{-23} \text{ J/ck}}{1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}} = 200 \text{ K/chu kỳ} \\ &= 10\lg 200 = 23 \text{ dBK} \end{aligned}$$

Hoặc có thể tính cách khác:

$$\begin{aligned} T_c &= N_o - 10\lg K = N_o - 10\lg 1,38 \cdot 10^{-23} \\ &= -205,6 \text{ dBW} - (-228,6 \text{ dBWK}) = 23 \text{ dBK} \end{aligned}$$

11.6. TỶ SỐ MẬT ĐỘ CÔNG SUẤT SÓNG MANG TRÊN TẠP ÂM

Tỷ số mật độ công suất sóng mang trên tạp âm C/N_o là được tính với công suất trung bình băng rộng của sóng mang bao gồm công suất sóng mang và các băng phụ của nó. Mật độ tạp âm ở đây là tạp âm nhiệt hiện diện trong độ rộng băng tần là 1Hz được chuẩn hóa. Tỷ số mật độ sóng mang trên tạp âm có thể được viết như là một hàm của nhiệt độ tạp âm. Biểu thức toán học của C/N_o là:

$$\frac{C}{N_o} = \frac{C}{T_c} \quad (11.9a)$$

hoặc biểu thị theo dB:

$$\frac{C}{N_o} \text{ (dB)} = C_{(\text{dBW})} - N_{o(\text{dBW})} \quad (11.9b)$$

11.7. TỶ SỐ MẬT ĐỘ NĂNG LƯỢNG BIT TRÊN TẠP ÂM

Tỷ số mật độ năng lượng bit trên tạp âm E_b/N_o là một thông số quan trọng nhất và thường được sử dụng khi đánh giá một hệ thống phát thanh số. Tỷ số E_b/N_o là một tham số rất thích hợp

cho việc so sánh các hệ thống truyền tin số có tốc độ truyền, phương thức điều chế hoặc kỹ thuật mã hóa khác nhau. Tỷ số E_b/N_0 có thể biểu thị dưới dạng toán học:

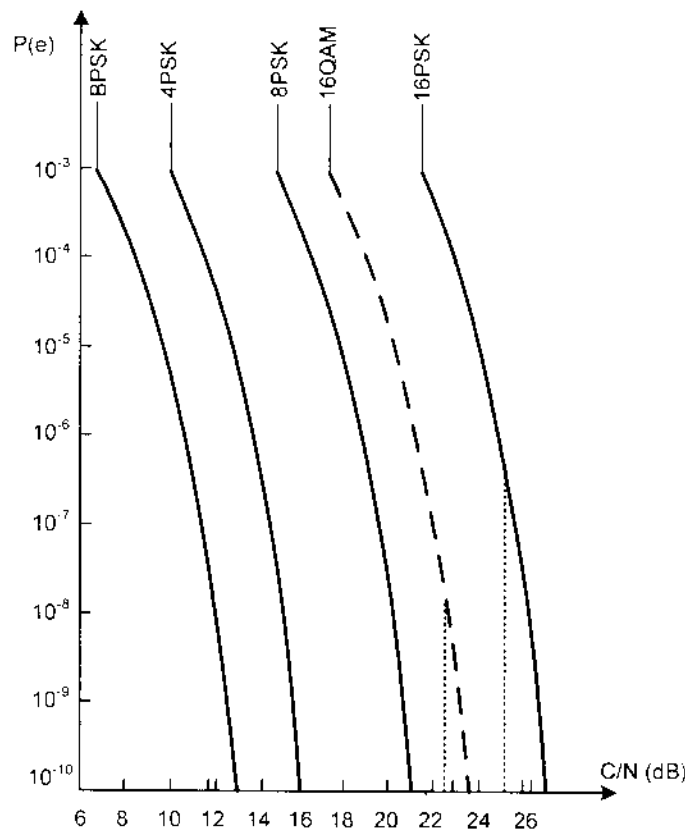
$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{C/f_b}{N/B} = \frac{CB}{Nf_b} \quad (11.10)$$

Tỷ số E_b/N_0 thường được sử dụng trong việc tính toán và đánh giá hiệu năng các hệ thống truyền tin số, nhưng nó cũng rất thích hợp cho việc đánh giá tỷ số mật độ công suất sóng mang trên tạp âm và chuyển đổi tỷ số đó về dạng E_b/N_0 . từ biểu thức (11.10) có thể viết:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{C}{N} \cdot \frac{B}{f_b}$$

Tức là, tỷ số E_b/N_0 là tích của tỷ số sóng mang trên tạp âm (C/N) và tỷ số độ rộng băng tần tạp âm trên tốc độ bit (B/f_b). Nếu biểu thị theo dB:

$$\frac{E_b}{N_0} \text{ (dB)} = \frac{C}{N} \text{ (dB)} + \frac{B}{f_b} \text{ (dB)} \quad (11.11)$$

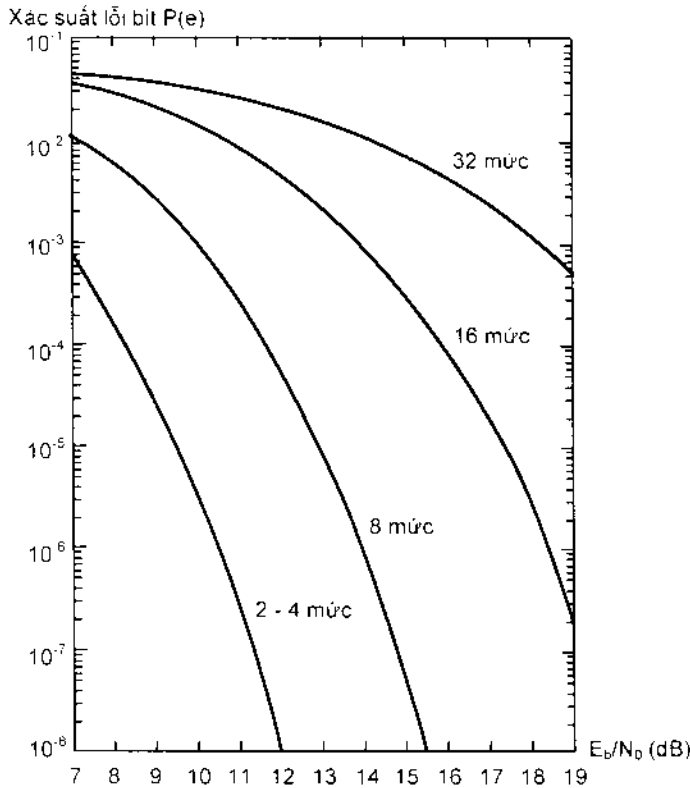


Hình 11.2: Mô tả quan hệ giữa xác suất lỗi bit $P(e)$ và tỷ số C/N ứng với một số dạng điều chế số

Năng lượng trên bit, mật độ công suất sóng mang trong băng tần, tốc độ bit là các tham số không đổi. Mật độ tạp âm cũng sẽ là hằng số nếu nhiệt độ tạp âm tương đương không đổi. Từ đó có

thể nhận xét rằng, với một công suất sóng mang, tốc độ bit và nhiệt độ tạp âm cho thì tỷ số E_b/N_0 sẽ giữ nguyên không đổi, không quan tâm đến kỹ thuật mã hóa, phương thức điều chế hoặc độ rộng băng tần sử dụng.

Việc xác định các tham số C/N và E_b/N_0 có quan hệ với xác suất lỗi bit $P(e)$ của hệ thống. Hình 11.2 mô tả quan hệ giữa xác suất lỗi bit mong muốn $P(e)$ và tỷ số C/N cực tiểu được yêu cầu để đạt được $P(e)$ đó. Tỷ số C/N ở đây là đối với độ rộng băng tần Nyquist tối thiểu tính cả hai biên. Hình 11.3 mô tả quan hệ giữa xác suất lỗi bit mong muốn $P(e)$ và tỷ số E_b/N_0 tối thiểu để đạt được $P(e)$ đó. Xác suất lỗi bit $P(e)$ ở đây là tương tự như tỷ lệ lỗi bit BER.



Hình 11.3: Mô tả quan hệ giữa xác suất lỗi bit $P(e)$ và tỷ số E_b/N_0 ứng với một số dạng điều chế số

Ví dụ 11.5

Một máy phát có điều chế khóa dịch pha nhị phân đồng nhất BPSK và làm việc với tốc độ bit là 20 Mbit/s. Xác suất lỗi bit là $P(e) = 10^{-4}$.

a) Hãy xác định tỷ số C/N cực tiểu về lý thuyết và tỷ số E_b/N_0 đối với một độ rộng băng tần máy thu bằng độ rộng băng tần cực tiểu Nyquist lấy cả hai biên.

b) Hãy xác định tỷ số C/N nếu như tạp âm được đo ở một điểm trước bộ lọc thông dải với độ rộng dải tần là gấp đôi độ rộng băng tần Nyquist lấy cả hai biên.

c) Hãy xác định tỷ số C/N nếu như tạp âm được đo ở một điểm trước bộ lọc thông dải và độ rộng băng tần bằng ba độ rộng băng tần Nyquist.

Giải:

a) Với điều chế BPSK, độ rộng băng tần tối thiểu là bằng tốc độ bit: 20 MHz. Từ hình 11.2 xác định được tỷ số C/N tối thiểu là 8,8 dB. Áp dụng biểu thức (11.9) có:

$$\begin{aligned}\frac{E_b}{N_0} &= \frac{C}{N} \cdot \frac{B}{f_b} \\ &= 8,8 \text{ dB} + 10\lg \frac{20 \cdot 10^6}{20 \cdot 10^6} \\ &= 8,8 \text{ dB} + 0 \text{ dB} = 8,8 \text{ dB}\end{aligned}$$

O đây cần lưu ý:

- Tỷ số E_b/N_0 cực tiểu bằng C/N cực tiểu khi mà độ rộng băng tần tập âm máy thu bằng tốc độ bit, mà ở đây đối với điều chế BPSK là cũng bằng độ rộng băng tần Nyquist. Tỷ số E_b/N_0 tối thiểu tính được là 8,8 dB có thể kiểm tra lại theo hình 11.3.

- Việc gia tăng độ rộng băng tần tập âm sẽ có ảnh hưởng như thế nào đến các tỷ số C/N và E_b/N_0 cực tiểu?

Công suất sóng mang băng rộng là hoàn toàn độc lập với độ rộng băng tần tập âm. Như vậy, một sự gia tăng trong băng tần gây nên một sự gia tăng công suất tập âm tương ứng. Và một sự giảm tỷ số C/N là tỷ lệ trực tiếp với sự gia tăng độ rộng băng tần tập âm. Giá trị của E_b phụ thuộc vào công suất sóng mang băng rộng và tốc độ bit. Như vậy có nghĩa là E_b không bị tác động bởi sự gia tăng độ rộng băng tần tập âm. Giá trị N_0 là được chuẩn hóa ở độ rộng băng tần là 1Hz và nó cũng không bị ảnh hưởng bởi sự gia tăng băng tần tập âm.

b) Bởi vì tỷ số E_b/N_0 là độc lập với độ rộng dải tần, việc xác định tỷ số C/N tại một điểm trong máy thu với độ rộng băng tần gấp đôi độ rộng băng tần Nyquist không ảnh hưởng đến tỷ số E_b/N_0 . Như vậy, giá trị E_b/N_0 theo hình 11.3 sẽ là không thay đổi và có thể sử dụng để tìm lời giải. Từ biểu thức (11.9) có:

$$\begin{aligned}\frac{C}{N} &= \frac{E_b}{N_0} \cdot \frac{B}{f_b} \\ &= 8,8 \text{ dB} + 10\lg \frac{40 \cdot 10^6}{20 \cdot 10^6} \\ &= 8,8 \text{ dB} - 10\lg 2 \\ &= 8,8 \text{ dB} - 3 \text{ dB} = 5,8 \text{ dB}\end{aligned}$$

c) Tỷ số C/N tại một điểm trong máy thu với độ rộng băng tần bằng ba độ rộng băng tần Nyquist tối thiểu có giá trị là:

$$\begin{aligned}\frac{C}{N} &= \frac{E_b}{N_0} - 10\lg \frac{60 \cdot 10^6}{20 \cdot 10^6} \\ &= 8,8 \text{ dB} - 10\lg 3 = 4,03 \text{ dB}\end{aligned}$$

Các tỷ số C/N tính được bằng 8.8 dB; 5.8 dB và 4.03 dB đó nói lên rằng, các tỷ số C/N có thể được xác định tại ba điểm riêng biệt trong máy thu để có thể đạt được tỷ số E_b/N_0 tối thiểu và xác suất lỗi bit $P(e)$ mong muốn.

Bởi vì tỷ số E_b/N_0 không được đo lường trực tiếp mà chỉ thông qua biểu thức tính toán (11.9) với tỷ số mật độ công suất sóng mang băng rộng trên tạp âm được đo, do đó để xác định một cách chính xác tỷ số E_b/N_0 , thì độ rộng băng tần tạp âm của máy thu cần phải được biết.

Ví dụ 11.6

Một máy phát có tín hiệu điều chế 8-PSK và tốc độ bit là 90 Mbit/s. Xác suất lỗi bit là 10^{-5} .

a) Hãy xác định các tỷ số C/N và E_b/N_0 theo lý thuyết đối với một máy thu có độ rộng băng tần bằng độ rộng băng tần Nyquist hai biên tối thiểu.

b) Hãy xác định các tỷ số C/N nếu như tạp âm được đo tại một điểm trước bộ lọc thông dải với độ rộng băng tần gấp đôi độ rộng băng tần Nyquist.

c) Hãy xác định các tỷ số C/N nếu như tạp âm được đo tại một điểm trước bộ lọc thông dải với độ rộng băng tần gấp ba độ rộng băng tần Nyquist.

Giải:

a) Biết rằng, điều chế 8-PSK có hiệu suất độ rộng băng tần là 3 bit/s/Hz, do đó yêu cầu độ rộng băng tần tối thiểu sẽ là bằng 1/3 tốc độ bit. Từ hình 11.2 tính được tỷ số C/N là 18.5 dB. Áp dụng biểu thức (11.9):

$$\begin{aligned}\frac{E_b}{N_0} &= 18,5 \text{ dB} + 10\lg \frac{30 \text{ MHz}}{90 \text{ Mbit/s}} \\ &= 18,5 \text{ dB} + (-4,8 \text{ dB}) = 13,7 \text{ dB} + 10\lg \frac{60 \cdot 10^6}{20 \cdot 10^6}\end{aligned}$$

b) Áp dụng biểu thức (11.9) và thay thế giá trị E_b/N_0 vào sẽ có:

$$\begin{aligned}\frac{C}{N} &= 13,7 \text{ dB} - 10\lg \frac{60 \text{ MHz}}{90 \text{ Mbit/s}} \\ &= 13,7 \text{ dB} - (-1,77 \text{ dB}) = 15,47 \text{ dB}\end{aligned}$$

c) Áp dụng biểu thức (11.9) và thay thế giá trị E_b/N_0 vào sẽ có:

$$\begin{aligned}\frac{C}{N} &= 13,7 \text{ dB} - 10\lg \frac{90 \text{ MHz}}{90 \text{ Mbit/s}} \\ &= 13,7 \text{ dB} - 0 \text{ dB} = 13,7 \text{ dB}\end{aligned}$$

Từ các ví dụ 11.5 và 11.6 nhận thấy rằng, giá trị của tỷ số E_b/N_0 và C/N chỉ bằng nhau khi mà độ rộng dải tần tạp âm bằng tốc độ bit. Khi mà độ rộng dải tần tại điểm xem xét tăng thì tỷ số C/N sẽ giảm.

Khi mà phương thức điều chế, tốc độ bit, độ rộng dải tần và tỷ số C/N của hai hệ thống phát thanh số là khác nhau thì thường gặp khó khăn để xác định xem hệ thống nào có xác suất lỗi bit thấp hơn.

11.8. TỶ SỐ TĂNG ÍCH TRÊN NHIỆT ĐỘ TẠP ÂM TƯƠNG ĐƯƠNG

Tỷ số độ tăng ích (hay còn gọi là độ lợi) trên nhiệt độ tạp âm tương đương (G/T_c) là một tham số được sử dụng để biểu thị chất lượng của một máy thu vệ tinh hoặc máy thu trạm mặt đất. Tỷ số G/T_c của một máy thu là tỷ số của tăng ích anten thu trên nhiệt độ tạp âm tương đương (T_c) của máy thu. Bởi vì công suất sóng mang tại điểm thu là rất nhỏ cho nên trong các hệ thống thông tin vệ tinh thường sử dụng bộ khuếch đại tạp âm thấp LNA đặt ở điểm cấp điện của anten. Trong trường hợp này G/T_c là một tỷ số của tăng ích anten thu cộng thêm hệ số khuếch đại (tăng ích) của bộ khuếch đại LNA trên nhiệt độ tạp âm tương đương T_c . Biểu thức toán học của tỷ số G/T_c trong trường hợp này là:

$$\frac{C}{N} = \frac{A_r + A_{LNA}}{T_c}$$

hoặc biểu thị theo dB:

$$\frac{G}{T_c} (\text{dBK}^{-1}) = A_{r(\text{dB})} + A_{LNA(\text{dB})} - T_{c(\text{dBK})} \quad (11.12)$$

Tỷ số G/T_c là một thông số thường được sử dụng để xác định các tỷ số E_b/N_0 và C/N tại các máy thu của bộ phát đáp vệ tinh cũng như tại các máy thu của trạm mặt đất và thường được sử dụng khi tính toán dự trữ tuyến.

Ví dụ 11.7

Một bộ phát đáp vệ tinh có tăng ích anten thu là 12 dB; độ lợi bộ khuếch đại tạp âm thấp LNA là 10 dB và nhiệt độ tạp âm tương đương là 26 dBK. Hãy xác định tỷ số G/T_c .

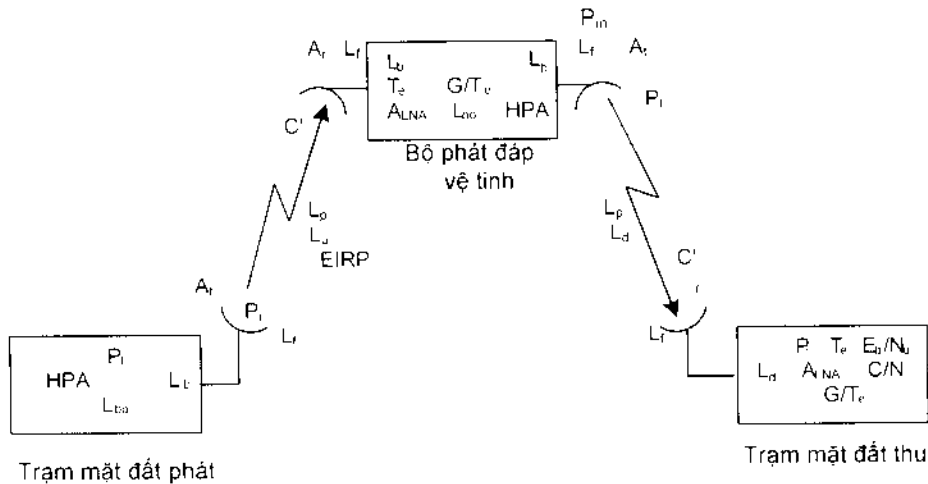
Bài giải

Áp dụng biểu thức (11.12) có:

$$\frac{G}{T_c} = 12 \text{ dB} + 10 \text{ dB} - 26 \text{ dBK} = -4 \text{ dBK}^{-1}$$

11.9. CÁC THAM SỐ TÍNH TOÁN TRONG TUYẾN LIÊN LẠC THÔNG TIN VỆ TINH

Biết rằng, hiệu năng của một hệ thống thông tin vệ tinh là có thể dự đoán trước. Khi đánh giá hiệu năng của một hệ thống thông tin vệ tinh số thì các thông số của tuyến lên và của tuyến xuống được tính toán riêng rẽ, sau đó tổng hợp lại toàn tuyến (như đã giới thiệu trong chương 3, tập 1). Hình 11.4 mô tả các tham số tính toán trong một hệ thống thông tin vệ tinh điển hình, từ trạm mặt đất đến trạm mặt đất qua bộ phát đáp vệ tinh.



Chú thích:

- HPA: Bộ khuếch đại công suất cao;
 P_i : Công suất đầu ra của bộ khuếch đại (HPA);
 L_{ba} : Tổn hao lùi công suất của bộ khuếch đại HPA;
 L_f : Tổn hao truyền dẫn qua phễu;
 L_p : Tổn hao phân nhánh/kết nối;
 A_t : Tăng ích anten phát;
 P_r : Công suất bức xạ toàn bộ = $P_i - L_{ba} - L_b - L_f$;
 $EIRP$: Công suất bức xạ đẳng hướng hiệu dụng;
 L_p : Tổn hao đường truyền;
 L_u, L_d : Tổn hao tuyến lên, tuyến xuống trong tầng khí quyển;
 A_r : Tăng ích anten thu;
 G/T_e : Tỷ số tăng ích trên nhiệt độ tạp âm tương đương ở máy thu;
 C/N_0 : Tỷ số mật độ công suất sóng mang trên tạp âm;
 E_b/N_0 : Tỷ số mật độ năng lượng bit trên tạp âm;
 C/N : Tỷ số sóng mang trên tạp âm.

Hình 11.4: Mô tả các tham số tính toán trong một tuyến thông tin vệ tinh điển hình

11.10. CÁC BIỂU THỨC TÍNH TOÁN TUYẾN LIÊN LẠC

Các biểu thức nêu sau đây có tính chất hệ thống lý thuyết, phân biệt giữa tuyến lên và tuyến xuống của một hệ thống thông tin vệ tinh có sóng mang tần số đơn. Trong các biểu thức cũng chỉ nêu các tham số chủ yếu về tăng ích, tổn hao, hiệu ứng tạp âm nhiệt đối với các máy phát, máy thu của trạm mặt đất cũng như của bộ phát đáp vệ tinh.

Biểu thức của tuyến lên:

$$\frac{C}{N_0} = \frac{A_t P_{in} (L_p L_u) A_r}{K T_e} = \frac{A_t P_{in} (L_p L_u)}{K} \cdot \frac{G}{T_e} \quad (11.13)$$

trong đó các tham số như chú thích trong sơ đồ hình 11.4. Các ký hiệu L_u, L_d là tổn hao nói chung trong tầng khí quyển đối với tuyến lên và tuyến xuống do tín hiệu phải qua tầng khí quyển bị hấp thụ. Phụ thuộc vào góc ngắm và khoảng cách mà sóng vô tuyến đi qua tầng khí quyển, tính từ trạm mặt đất đến vệ tinh, mà các tổn hao L_u và L_d có các giá trị khác nhau. Bởi vì các tham số L_p, L_u và L_d là đặc trưng cho tổn hao cho nên các giá trị thập phân của nó bé hơn 1 (trong một số tài liệu sử

dùng ký hiệu $1/L_p$, $1/L_u$ và $1/L_d$). Tỷ số G/T_e là tăng ích của anten thu cộng với tăng ích của bộ khuếch đại tạp âm thấp trên nhiệt độ tạp âm tương đương.

Biểu thị (11.13) dưới dạng dB:

$$\frac{C}{N_u} = \underbrace{10\lg A_p P_{in}}_{\text{EIRP trạm mặt đất}} - \underbrace{20\lg\left(\frac{4\pi D}{\lambda}\right)}_{\text{Tổn hao đường truyền không gian tự do}} + \underbrace{10\lg\left(\frac{G}{T_e}\right)}_{\text{G/T}_e \text{ vệ tinh}} - \underbrace{10\lg L_u}_{\text{Tổn hao khí quyển}} - \underbrace{10\lg K}_{\text{Hằng số Boltzman}} \quad (11.14)$$

$$= \text{EIRP(dBW)} - L_p(\text{dB}) + \frac{G}{T_e}(\text{dBK}^{-1}) - L_u(\text{dB}) - K(\text{dBWK}) \quad (11.15)$$

Biểu thức của tuyến xuống:

$$\frac{C}{N_u} = \frac{A_t P_{in} (L_p L_u) A_r}{K T_e} = \frac{A_t P_{in} (L_p L_u)}{K} \cdot \frac{G}{T_e} \quad (11.16)$$

Biểu thị (11.16) dưới dạng dB:

$$\frac{C}{N_u} = \underbrace{10\lg A_t P_{in}}_{\text{EIRP vệ tinh}} - \underbrace{20\lg\left(\frac{4\pi D}{\lambda}\right)}_{\text{Tổn hao đường truyền không gian tự do}} + \underbrace{10\lg\left(\frac{G}{T_e}\right)}_{\text{G/T}_e \text{ trạm mặt đất}} - \underbrace{10\lg L_d}_{\text{Tổn hao khí quyển}} - \underbrace{10\lg K}_{\text{Hằng số Boltzman}} \quad (11.17)$$

$$= \text{EIRP(dBW)} - L_p(\text{dB}) + \frac{G}{T_e}(\text{dBK}^{-1}) - L_d(\text{dB}) - K(\text{dBWK}) \quad (11.18)$$

11.11. DỰ TRÙ TUYỀN

Dự trữ tuyến (link budget) là một bài toán thường gặp trong thiết kế, tính toán các tuyến liên lạc trong các hệ thống thông tin vệ tinh. Bảng 11.2 sau đây nêu ví dụ các thông số đã được tính toán của ba hệ thống thông tin vệ tinh điển hình. Các số liệu và tham số này có tính chất giả thiết để làm ví dụ chứ hiện nay đã có nhiều thay đổi do công nghệ đổi mới và khi tính toán căn cứ vào các điều kiện cụ thể.

Ví dụ 11.8

Tính dự trữ tuyến cho một hệ thống thông tin vệ tinh (trạm mặt đất - vệ tinh - trạm mặt đất) với những thông số cho sau:

Tuyến lên:

1- Công suất ra máy phát trạm mặt đất ở chế độ bão hòa là 2000 W: 33 dBW

Bảng 11.2: Mô tả ví dụ với các tham số giả thiết của ba hệ thống thông tin vệ tinh

Tuyến/Tham số	Hệ thống A 6/4 GHz phủ sóng mặt đất điều chế QPSK tốc độ 60 Mbit/s	Hệ thống B 14/12 GHz phủ sóng mặt đất điều chế 8-PSK tốc độ 60 Mbit/s	Hệ thống C 14/12 GHz phủ sóng mặt đất điều chế 8-PSK tốc độ 120 Mbit/s
<i>Tuyến lên:</i>			
Công suất phát (bão hòa, dBW)	35	25	33
Tổn hao lùi công suất của ES (dB)	2	2	3
Tổn hao phi đơ và kết nối (dB)	3	3	4
Tổn hao khí quyển (dB)	0,6	0,4	0,6
Tăng ích anten trạm mặt đất (dB)	55	45	64
Tổn hao không gian tự do (dB)	200	208	206,5
Tăng ích anten thu vệ tinh (dB)	20	45	23,7
Tổn hao phi đơ và kết nối (dB)	1	1	0
Nhiệt độ tạp âm tương đương ở SL (K)	1000	800	800
G/T_e vệ tinh (dBK^{-1})	-10	16	-5,3
<i>Tuyến xuống:</i>			
Công suất phát (bão hòa, dBW)	18	20	10
Tổn hao lùi công suất của ES (dB)	0,5	0,2	0,1
Tổn hao phi đơ và kết nối (dB)	1	1	0,5
Tổn hao khí quyển (dB)	0,8	1,4	0,4
Tăng ích anten trạm mặt đất (dB)	16	44	30,8
Tổn hao không gian tự do (dB)	197	206	205,6
Tăng ích anten thu vệ tinh (dB)	51	44	62
Tổn hao phi đơ và kết nối (dB)	3	3	0
Nhiệt độ tạp âm tương đương ở SL (K)	250	1000	270
G/T_e vệ tinh (dBK^{-1})	27	14	37,7

- | | |
|---|-----------------------|
| 2- Tổn hao lùi công suất trạm mặt đất: | 3 dB |
| 3- Tổn hao phi đơ và kết nối (ES) | 4 dB |
| 4- Tăng ích anten phát (ES) ở tần số 14 GHz (15m) | 64 dB |
| 5- Tổn hao khí quyển tuyến lên | 0,6 dB |
| 6- Tổn hao đường truyền không gian tự do ở 14 GHz | 206,5 dB |
| 7- Tỷ số G/T_e máy thu vệ tinh | 5,3 dBK^{-1} |
| 8- Tổn hao phi đơ và kết nối (SL) | 0 dB |
| 9- Tốc độ bit | 120 Mbit/s |
| 10- Phương thức điều chế | 8-PSK |

Tuyến xuống:

- | | |
|--|--------|
| 1- Công suất ra bộ phát đáp ở bão hòa, 10W | 10 dBW |
|--|--------|

2- Tổn hao lùi công suất (SL)	0,1 dB
3- Tổn hao phi dờ và kết nối (ES)	0,5 dB
4- Tăng ích anten phát vệ tinh ở 12GHz (0,37m)	30,8 dB
5- Tổn hao khí quyển tuyến xuống	0,4 dB
6- Tổn hao đường truyền không gian tự do ở 12 GHz	205,6 dB
7- Tăng ích anten thu trạm mặt đất (15m, 12 GHz)	62,0 dB
8- Tổn hao phi dờ và kết nối	0 dB
9- Nhiệt độ tạp âm tương đương trạm mặt đất	270K
10- Tỷ số G/T_e trạm mặt đất	37,7 dBK ⁻¹
11- Tốc độ bit	120 Mbit/s
10- Phương thức điều chế	8-PSK

Giải:

Dự trữ tuyến lên:

$$\begin{aligned} \text{EIRP(trạm mặt đất)} &= P_t - A_t - L_{ho} - L_{hf} \\ &= 33 \text{ dBW} + 64 \text{ dB} - 3 \text{ dB} - 4 \text{ dB} = 90 \text{ dBW} \end{aligned}$$

Mật độ công suất sóng mang tại vệ tinh là:

$$\begin{aligned} C' &= \text{EIRP(trạm mặt đất)} - L_p - L_u \\ &= 90 \text{ dBW} - 206,5 \text{ dB} - 0,6 \text{ dB} = -117,1 \text{ dBW} \end{aligned}$$

Tỷ số C/N_0 tại vệ tinh là:

$$\frac{C}{N_0} = \frac{C}{KT_e} = \frac{C}{T_e} \cdot \frac{1}{K} \text{ Trong đó: } \frac{C}{T_e} = C' \cdot \frac{G}{T_e}$$

Như vậy:

$$\frac{C}{N_0} = C' \cdot \frac{G}{T_e} \cdot \frac{1}{K}$$

Biểu thị theo dB:

$$\begin{aligned} \frac{C}{N_0} &= C' + \frac{G}{T_e} - 10\lg(1,38 \cdot 10^{-23}) \\ &= -117,1 \text{ dBW} + (-5,3 \text{ dBK}^{-1}) - (-228,6 \text{ dBWK}) \\ &= 106,2 \text{ dB.} \end{aligned}$$

Tỷ số E_b/N_0 sẽ là:

$$\begin{aligned}\frac{E_b}{N_0} &= \frac{C/f_b}{N_0} = \frac{C}{N_0} - 10\lg f_b \\ &= 106,2\text{ dB} - 10\lg(120 \cdot 10^6) = 25,4\text{ dB}\end{aligned}$$

Như vậy, đối với một hệ thống có độ rộng dải tần cực tiểu:

$$\frac{C}{N} = \frac{E_b}{N_0} - \frac{B}{f_b} = 25,4 - 10\lg \frac{40 \cdot 10^6}{120 \cdot 10^6} = 30,2\text{ dB}$$

Dự trữ tuyến xuống:

$$\begin{aligned}\text{EIRP}(\text{bộ phát đáp vệ tinh}) &= P_t - A_t - L_{ho} - L_{hf} \\ &= 10\text{ dBW} + 30,8\text{ dB} - 0,1\text{ dB} - 0,5\text{ dB} = 40,2\text{ dBW}\end{aligned}$$

Mật độ công suất sóng mang tại anten trạm mặt đất:

$$\begin{aligned}C' &= \text{EIRP} - L_p - L_d \\ &= 40,2\text{ dBW} - 205,6\text{ dB} - 0,4\text{ dB} = -165,8\text{ dBW}\end{aligned}$$

Tỷ số C/N_0 tại máy thu trạm mặt đất:

$$\begin{aligned}\frac{C}{N_0} &= C' + \frac{G}{T_e} - 10\lg(1,38 \cdot 10^{-23}) \\ &= -165,8\text{ dBW} + (37,7\text{ dBK}^{-1}) - (-228,6\text{ dBWK}) \\ &= 100,5\text{ dB}.\end{aligned}$$

Có thể tính tỷ số C/N_0 theo phương pháp khác:

$$\begin{aligned}\frac{C}{N_0} &= C' + A_r - T_e - K \\ &= -165,8\text{ dBW} + 62\text{ dB} - 10\lg 270 - (-228,6\text{ dBWK}) \\ &= -165,8\text{ dBW} + 62\text{ dB} - 24,3\text{ dBK}^{-1} + 228,6\text{ dBWK} \\ &= 100,5\text{ dB. Kết quả cho giống nhau.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{E_b}{N_0} &= \frac{C}{N_0} - 10\lg f_b \\ &= 100,5\text{ dB} - 10\lg(120 \cdot 10^6) \\ &= 100,5\text{ dB} - 80,8\text{ dB} \\ &= 19,7\text{ dB}.\end{aligned}$$

Đối với một hệ thống có độ rộng băng tần cực tiểu sẽ có:

$$\frac{C}{N} = \frac{E_b}{N_0} - \frac{B}{f_b} = 19,7 - 10 \lg \frac{40 \cdot 10^6}{120 \cdot 10^6} = 24,5 \text{ dB}$$

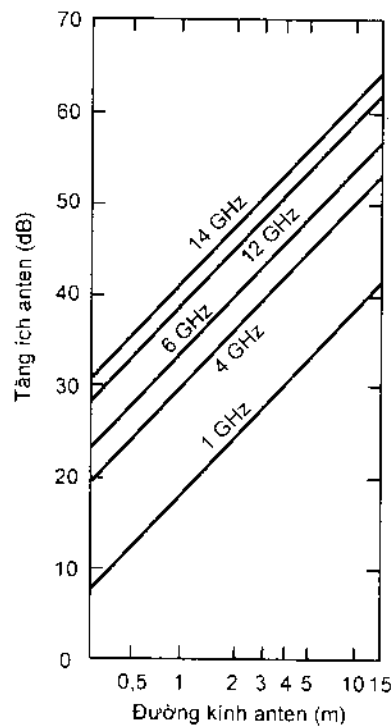
Nếu tính tỷ số mật độ năng lượng bit trên tạp âm một cách đầy đủ, tổng hợp cả tuyến lên và tuyến xuống thì có thể biểu thị theo biểu thức toán học và tính toán như sau:

$$\frac{E_b}{N_0} (\text{toàn bộ}) = \frac{(E_b/N_0)_u \cdot (E_b/N_0)_d}{(E_b/N_0)_u + (E_b/N_0)_d}$$

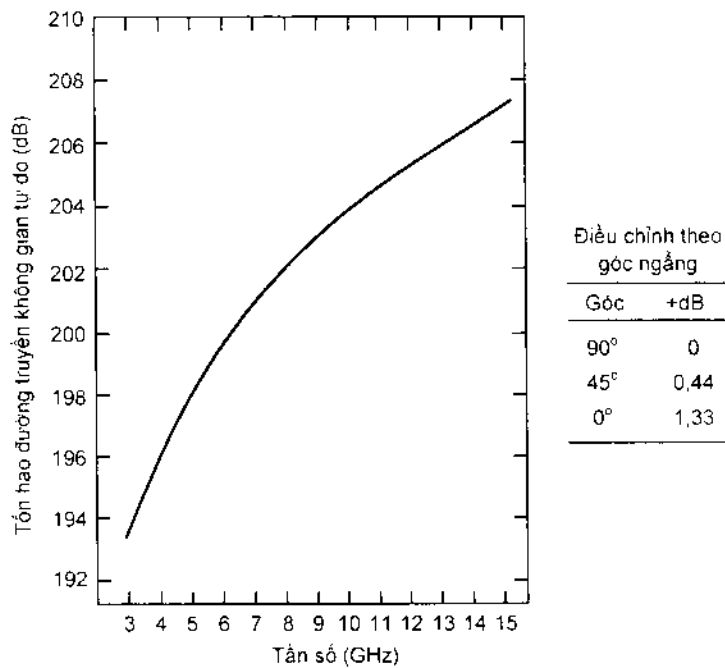
trong đó các tỷ số (E_b/N_0) là các giá trị tuyệt đối, và theo ví dụ trên thì tỷ số E_b/N_0 toàn bộ sẽ là:

$$\begin{aligned} \frac{E_b}{N_0} (\text{toàn bộ}) &= \frac{(346,6)(93,3)}{(346,6 + 93,3)} = 73,5 \\ &= 10 \lg 73,5 = 18,7 \text{ dB.} \end{aligned}$$

Các thông số sử dụng trong tính toán dự trữ tuyến ở ví dụ 10.8 trên là lấy ở hệ thống C trong bảng ví dụ 11.2. Hình 11.5 mô tả tăng ích của anten theo đường kính (miếng parabol) và hình 11.6 mô tả tổn hao đường truyền trong không gian tự do theo khoảng cách có thể sử dụng tham khảo trong các tính toán tuyến.



Hình 11.5: Đồ thị biểu thị quan hệ giữa tăng ích của anten và đường kính của anten theo bước sóng
 của anten theo biểu thức $A(\text{dB}) = 10 \lg \eta (\pi D / \lambda)^2$ trong đó:
D: đường kính anten; λ : bước sóng; η : hiệu suất anten ($\approx 0,55$)
 Nếu $\eta = 100\%$ thì cộng thêm 2,66 dB



Hình 11.6: Đường cong biểu thị tổn hao trong không gian tự do theo tần số: $L_p = 183,5 + 20 \lg f$ (GHz); góc ngẩng = 90° ; khoảng cách = 35.930 km

Chương 12

KẾT NỐI MẠNG THÔNG TIN DI ĐỘNG VỆ TINH VỚI CÁC MẠNG MẶT ĐẤT

12.1. GIỚI THIỆU TỔNG QUAN

Trong các chương trước đã giới thiệu kết nối các mạng mặt đất với nhau thông qua vệ tinh. Việc kết nối đó có thể thông qua trạm mặt đất - vệ tinh - trạm mặt đất hoặc có thể trực tiếp thông qua vệ tinh. Sau đây sẽ giới thiệu kết nối mạng thông tin di động vệ tinh đến các mạng mặt đất. Mạng thông tin di động vệ tinh ở đây được hiểu là các mạng thông tin vệ tinh trực tiếp kết nối đến các thuê bao di động, các thiết bị đầu cuối di động; trong nhiều tài liệu mạng được gọi là mạng thông tin vệ tinh đến cá nhân thuê bao S-PCN (Satellite Personal Communication Network). Mạng mặt đất được kết nối ở đây là mạng điện thoại chuyển mạch công cộng PSTN (Public Switched Telephone Network) và mạng thông tin di động mặt đất GSM và GPRS, hướng phát triển theo thế hệ ba (3G). Mạng thông tin di động vệ tinh có cấu trúc tổng quát như mô tả giới thiệu trong mục 1.4 (tập 1).

12.2. KẾT NỐI MẠNG THÔNG TIN VỆ TINH DI ĐỘNG S-PCN VỚI MẠNG MẶT ĐẤT PSTN

12.2.1. Mô hình kết nối thông qua tín hiệu báo hiệu số 7 (SSN7)

Do các nước khác nhau có các chuẩn cài đặt quốc gia PSTN khác nhau, cho nên khả năng giao tiếp kết nối giữa mạng PSTN và mạng S-PCN thích hợp nhất là thông qua hệ thống tín hiệu báo hiệu số 7 (SSN7 - Signalling System No.7) theo chuẩn của hiệp hội Viễn thông quốc tế ITU trong các mạng quốc gia và tại các điểm kết nối quốc tế giữa các mạng quốc gia. Điều đó có thể thực hiện bằng cách sử dụng tín hiệu báo hiệu số 7 (SSN7) tại trung tâm chuyển mạch quốc tế ISC (International Switching Center) của mạng PSTN và một chức năng giao tiếp tại trạm mặt đất cố định FES (Fixed Earth Station) hoặc tại cổng chính (gateway) của mạng vệ tinh để thích ứng tín hiệu báo hiệu số 7 với một khuôn dạng tương thích của mạng S-PCN.

Hình 12.1 mô tả một kiểu mô hình kết nối mạng S-PCN với mạng PSTN thông qua cổng chính S-PCN, trung tâm chuyển mạch ISC/PSTN và SSN7. Có hai chức năng chính của mô hình, đó là:

1. Các chức năng cổng chính: Đảm bảo khả năng giao tiếp từ đầu cuối đến đầu cuối giữa các thuê bao của mạng PSTN và các thuê bao của mạng PSTN.

2. *Các chức năng truy nhập:* Cho phép các thuê bao mạng S-PCN truy nhập vào mạng PSTN thông qua các trạm mặt đất cố định FES bằng cách sử dụng một đường chuyển tiếp kết nối giữa FES và S-PCN.

Mô hình kết nối như mô tả ở hình 12.1 có ưu điểm là không cần phải thay đổi hoặc chỉ thay đổi một ít các thủ tục về tín hiệu số báo hiệu 7 (SSN7) đang được cài đặt trong các mạng PSTN hiện hữu.



Hình 12.1: Mô tả sơ đồ khối chức năng kết nối báo hiệu giữa mạng S-PCN và mạng PSTN

12.2.2. Chức năng và hoạt động của cổng chính

Cổng chính (gateway) kết nối giữa mạng thông tin di động vệ tinh S-PCN và mạng điện thoại công cộng mặt đất PSTN gồm có ba khối chức năng chính, đó là: trung tâm chuyển mạch cổng chính của mạng PSTN - ký hiệu là khối PGSC (PSTN Gateway Switching Center); chuyển mạch vị trí tế bào cổng chính mạng S-PCN - ký hiệu là khối SGCSS (S-PCN Gateway Cell Site Switching) và khối cơ sở dữ liệu của mạng S-PCN - ký hiệu là SDB (S-PCN Data Base). Các chức năng của khối đó có thể tóm tắt như sau:

1. *Khối PGSC:* cung cấp việc truy nhập từ mạng PSTN đến mạng S-PCN. Tín hiệu báo hiệu số 7 có thể được sử dụng để tạo một sự chuyển đổi báo hiệu nào đó giữa khối PGSC và khối SGCSS. Tất cả các cuộc gọi từ mạng PSTN đến mạng S-PCN cần phải được định tuyến qua khối của cổng chính này.

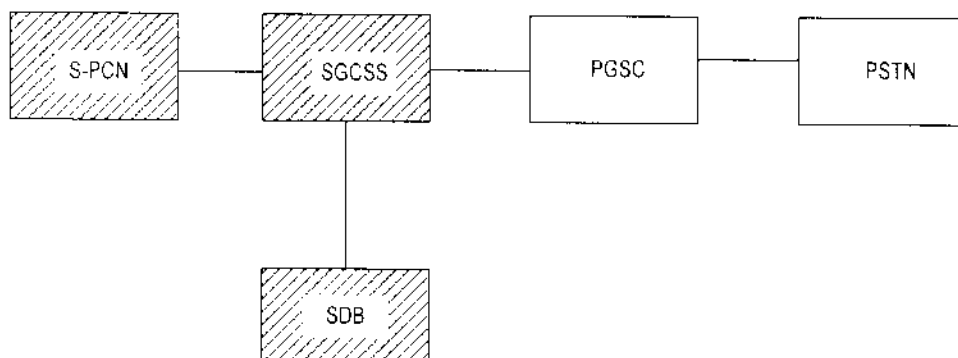
2. *Khối SGCSS:* tương tự như khối PGSC, khối SGCSS cung cấp việc truy nhập từ mạng S-PCN đến mạng PSTN. Việc chuyển đổi báo hiệu giữa hai mạng thông qua tín hiệu báo hiệu số 7 cũng được thực hiện thông qua khối chức năng này. Mặt khác, một số chức năng khác, ví dụ mã hóa/giải mã thoại, thích ứng tốc độ bit có thể được hỗ trợ để đảm bảo thực hiện giao tiếp kết nối giữa cổng chính của mạng PSTN và cổng chính của mạng S-PCN.

3. *Khối SDB:* đây là cơ sở dữ liệu chứa các thông tin về các thiết bị đầu cuối di động của mạng S-PCN, ví dụ như vị trí, các đặc tính của các thiết bị đầu cuối, các loại hình dịch vụ, các tham số về xác thực v.v...

Hình 12.2 mô tả một kiểu giao diện giữa mạng PSTN và mạng S-PCN thông qua ba khối chức năng cổng chính nói trên. Cấu trúc ở đây cũng gần giống như kiểu giao diện của mạng di động GSM kết nối với mạng PSTN.

Mỗi khi có một yêu cầu cuộc gọi từ một thuê bao của mạng PSTN thì trung tâm PGSC thông báo cho SGCSS yêu cầu đó. SGCSS khi đó hỏi cơ sở dữ liệu SDB để kiểm tra thuê bao bị gọi của S-PCN. Nếu như thuê bao S-PCN có đăng ký trong mạng thì vị trí của đối tác bị gọi được nhận dạng. Hoạt động chuyển đổi báo hiệu sau đó được tạo thành bởi SGCSS để chuyển đổi yêu cầu cuộc gọi SSN7 từ mạng PSTN đến yêu cầu cuộc gọi mạng S-PCN. Cuộc gọi sau đó được định

tuyến đến trạm mặt đất cố định thích hợp. Nếu như người sử dụng hợp pháp của mạng S-PCN không liên lạc được thì thuê bao PSTN sẽ nhận được thông báo về tình hình không liên lạc được.



SGCSS: Chuyển mạch phân tế bảo công chính của mạng S-PCN

SDB: Cơ sở dữ liệu của mạng S-PCN

PGSC: Trung tâm chuyển mạch công chính của mạng PSTN

Hình 12.2: Mô tả giao diện giữa mạng PSTN và mạng S-PCN thông qua các khối chức năng công chính

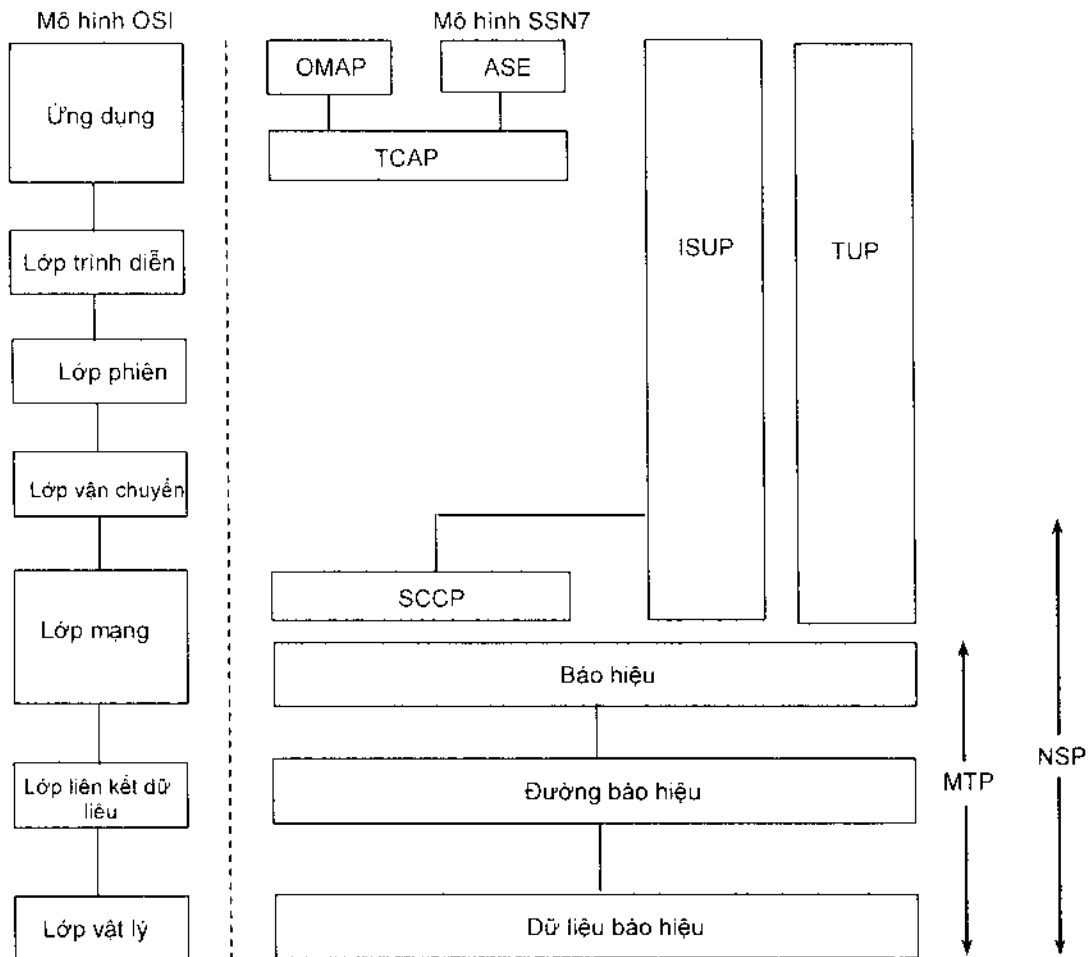
Trong trường hợp yêu cầu cuộc gọi là từ một thuê bao mạng S-PCN thì SGCSS chuyển yêu cầu đó thành một yêu cầu cuộc gọi tín hiệu SSN7 và báo hiệu cho PGSC. Trung tâm PGSC sau đó tiến hành các thủ tục để kiểm tra nếu như người sử dụng PSTN được gọi là hợp pháp. Việc báo hiệu tương tự cũng được truyền đạt và chuyển đổi giữa hai mạng để thông báo cho bên gọi của mạng S-PCN về trạng thái của yêu cầu cuộc gọi thông qua hai công chính.

12.2.3. Cấu trúc giao thức tín hiệu báo hiệu số 7

12.2.3.1. Các phân tử cấu thành thủ tục báo hiệu

Trước khi đề cập đến các đặc trưng giao tiếp đối với việc báo hiệu để kết nối mạng S-PCN và mạng PSTN cần phân tích các thủ tục về khởi động và giải thoát cuộc gọi giữa hai mạng. Dựa trên cơ sở mà phân mạng PSTN thực hiện hệ thống báo hiệu số 7 (SSN7), ở đây sẽ xem xét phân truyền đạt đoạn tin (MTP - Message Transfer Part), phần điều khiển kết nối báo hiệu (SCCP: Signaling Connection Control Part) và phần người sử dụng điện thoại (TUP: Telephone User Part) của báo hiệu có thể hỗ trợ các thủ tục thiết lập cuộc gọi của mạng S-PCN. Hình 12.3 mô tả hệ thống báo hiệu SSN7 đặc trưng theo bốn mức chức năng.

- Phần truyền đạt đoạn tin (MTP) cung cấp dịch vụ tin cậy, nhưng không kết nối đối với các đoạn tin định tuyến thông qua mạng báo hiệu SSN7. Nó nằm ở ba lớp thấp nhất của mô hình tham chiếu kết nối hệ thống mở (OSI). Ở mức thấp nhất là đường dữ liệu báo hiệu, tương ứng với lớp vật lý của mô hình OSI và có các đặc tính vật lý, đặc tính về điện của đường báo hiệu. Mức đường báo hiệu là một giao thức điều khiển đường dữ liệu, có nhiệm vụ phân chia dữ liệu theo một trật tự tin cậy thông qua đường dữ liệu báo hiệu. Mức trên cùng của MTP là mức mạng báo hiệu, có nhiệm vụ cung cấp dữ liệu định tuyến qua nhiều điểm báo hiệu (của mạng) từ nguồn điều khiển đến nơi nhận điều khiển. Lưu ý rằng, MTP không cung cấp một tập hoàn chỉnh các chức năng đặc trưng trong các lớp 1 đến lớp 3 của mô hình OSI, ví dụ như chức năng địa chỉ và dịch vụ hướng kết nối.



OMAP (Operation, Maintenance and Administration Part): Phần duy trì, quản trị và vận hành

ASE (Application Service Element): Phần dịch vụ ứng dụng

TCAP (Transaction Capabilities Application Part): Phần ứng dụng khả năng quản lý

ISUP (ISDN User Part): Phần người sử dụng ISDN

SCCP (signaling Connection Control Part): Phần điều khiển kết nối bảo hiệu

MTP (Message Transfer Part): Phần truyền bản tin

NSP (Network Service Part): Phần dịch vụ mạng

TUP (Telephone User Part): Phần người sử dụng điện thoại

Hình 12.3: Cấu trúc bảo hiệu số 7 (SSN7)

• Phần điều khiển kết nối bảo hiệu (SCCP) được phát triển để gia tăng dịch vụ không kết nối của MTP bằng cách cung cấp một chức năng địa chỉ hóa và các khả năng truyền đạt đoạn tin. Chức năng địa chỉ hóa được hỗ trợ bởi các mã của điểm nhận tin (DPC: destination point codes) và các số của hệ thống con (SSN: SubSystem Number). Chức năng địa chỉ hóa còn có thể được gia tăng bằng khả năng sắp xếp để truyền đạt các nhân, ví dụ các bit quay số theo khuôn dạng DPC+ SSN để định tuyến các đoạn tin hướng về một điểm truyền đạt bảo hiệu. Phần điều khiển kết nối bảo

hiệu SCCP và phần truyền đạt đoạn tin MTP được xem như là phần dịch vụ mạng (NSP: Network Service Part).

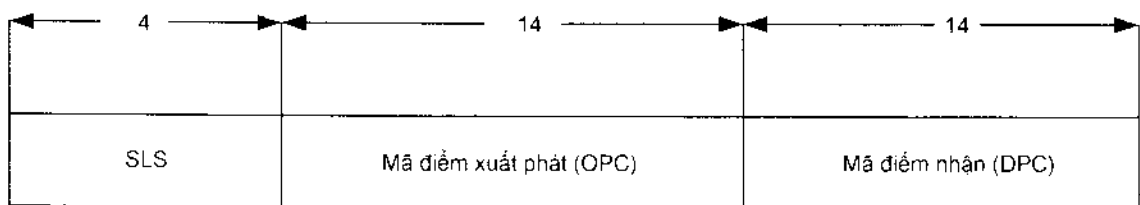
Ở phương pháp tích hợp, yêu cầu SCCP phải có khả năng định tuyến các đoạn tin qua các mạng khác nhau dựa vào các giao thức khác nhau để đảm bảo giao tiếp giữa hai mạng khác nhau.

- Phần người sử dụng ISDN (ISUP: ISDN User Part) và phần người sử dụng điện thoại (TUP: Telephone User Part) hình thành các phần người sử dụng của hệ thống báo hiệu. Các phần đó cung cấp báo hiệu điều khiển cho mạng ISDN và mạng điện thoại để bắt tay các cuộc gọi thuê bao và các chức năng liên quan. Các phần này tương ứng với mức 4 của cấu trúc kết nối mở OSI-7.

Ưu điểm của việc giao tiếp báo hiệu sử dụng cấu trúc báo hiệu số 7 (SSN7) nêu trên thực chất là nó cho phép xác định các chức năng giao tiếp để đảm bảo khả năng giao tiếp giữa hai mạng khác nhau. Phương pháp đó cũng có thể sử dụng để giao tiếp giữa mạng PSTN với mạng di động mặt đất.

12.2.3.2. Lớp truyền đạt đoạn tin MTP

Để cung cấp khả năng giao tiếp với thành phần chức năng của SGCS trong mạng S-PCN thì việc cài đặt MTP trong PGSC phải tính đến các yêu cầu giao tiếp với các lớp tương đương trong SGCS. Ở các mạng điện thoại cố định thì MTP nhận các đoạn tin định tuyến trực tiếp từ TUP, như mô tả trong hình 4.3 mà không có lớp trung gian như SCCP yêu cầu bởi ISUP. Khuôn dạng đoạn tin của một nhân định tuyến trong trường thông tin báo hiệu của một đơn vị tín hiệu đoạn tin SSN7 bao gồm ba phần, như mô tả ở hình 12.4.



Hình 12.4: Mô tả nhân định tuyến tín hiệu báo hiệu SSN7

- Chọn đường báo hiệu (SLS: Signaling Link Selection): Giá trị của SLS được gán bởi phần người sử dụng trong mức 4. Đối với một cặp nguồn/nơi nhận thì có thể có một vài tuyến và giá trị của SLS đặc trưng cho thông tin định tuyến. Nó có thể được sử dụng để phân bổ lưu lượng một cách đồng nhất trong số các tuyến có thể.

- Mã điểm xuất phát (OPC: Originating Point Code): Trường này chứa các thông tin liên quan nút nguồn, ví dụ như địa chỉ nguồn.

- Mã điểm nhận (DPC: Destination Point Code): Trường này chứa các thông tin về nút nhận ví dụ như mã của điểm các tổng đài chuyển mạch nhận. Mỗi một tổng đài chuyển mạch trung gian trong quá trình định tuyến sẽ quyết định xem đoạn tin nhận được có phải của chính mình hay không, hoặc phải định tuyến tiếp về phía trước.

Bởi vì tính di động không được hỗ trợ trong trung tâm chuyển mạch công chính PSTN cho nên địa chỉ của người sử dụng di động không được PGSC truyền đạt trong khuôn dạng DPC trong

thời gian thiết lập cuộc gọi từ mạng PSTN đến mạng S-PCN. Do đó trong trường hợp này PGSC sẽ chuyển tiếp tất cả các đoạn tin hướng ra ngoài và sau đó sẽ hỏi cơ sở dữ liệu SDB để nhận được dữ liệu chuyển vùng. Do đó, để đảm bảo bài toán địa chỉ hóa một cách chính xác, các thủ tục sau đây được thực hiện:

1. Vừa lúc nhận được một đoạn tin khởi động cuộc gọi, từ PGSC báo có một thiết lập cuộc gọi từ PSTN đến S-PCN, chuyển mạch SGCSS sẽ kết hợp số người sử dụng đi động với vị trí chuyển vùng của nó và chuẩn bị mã DPC phù hợp.

2. Chuyển mạch SGCSS cũng chuyển đổi mã OPC theo khuôn dạng của mã OPC trong mạng vệ tinh mà đối với SGCSS xem như là địa chỉ nguồn. Và như vậy, tất cả các trung tâm chuyển mạch kế tiếp sau trong mạng S-PCN sẽ được xử lý như chính đoạn tin trong mạng của mình.

3. Chuyển mạch SGCSS sau đó sẽ chuyển đổi đoạn tin khởi động cuộc gọi vào một đoạn tin địa chỉ khởi đầu (IAM: Initial Address Message) để khởi động đường báo hiệu từ đầu cuối đến đầu cuối.

Các thủ tục tương tự cũng được thực hiện trong trung tâm PGSC với sự khởi động cuộc gọi theo hướng từ mạng S-PCN đến mạng PSTN.

12.2.3.3. Lớp điều khiển kết nối báo hiệu SCCP

Ở các mạng PSTN làm việc với giao thức đa dịch vụ ISUP thì lớp phân điều khiển kết nối báo hiệu SCCP có nhiệm vụ cung cấp một mức địa chỉ hóa trung gian giữa phần người sử dụng và lớp MTP. Khả năng định tuyến của SCCP được hỗ trợ bởi một trung tâm chuyển mạch quốc tế bắt đầu khi chúng hỗ trợ các giao thức ISUP đối với lớp 4 của hệ thống báo hiệu. Do đó việc địa chỉ hóa trong SCCP dựa vào một nhãn tổng quát, tức là các bit quay số mà nó không được hỗ trợ bởi mạng báo hiệu SSN7. Nhãn tổng quan sau đó cần được MTP chuyển đổi thành dạng mã DPC thích hợp. Lớp SCCP được cài đặt trong mạng S-PCN có thể không trùng với khuôn dạng báo hiệu SSC7. Như vậy, các chức năng giao tiếp giữa PGSC và SGCSS được thực hiện bằng cách chuyển đổi địa chỉ tổng quan thành mã DPC thích hợp. Lớp MTP thực hiện việc địa chỉ hóa bình thường và các thủ tục định tuyến (mục 4.4.2, chương 4).

12.2.3.4. Lớp người sử dụng điện thoại TUP

Mặc dù lớp người sử dụng điện thoại TUP đã được Liên minh Viễn thông quốc tế (ITU) chuẩn hóa (Q.601-695), nhưng việc cài đặt nó còn tùy thuộc vào các yêu cầu của mạng, chuyển mạch của mỗi nước. Thông tin được giao thức TUP truyền tải đóng trong một gói với chức năng giao tiếp và đối với mạng S-PCN thì nó bao gồm: địa chỉ bị gọi, địa chỉ gọi, nhận dạng mạch và yêu cầu đường số (64 kbit/s)

- *Địa chỉ bị gọi* được nhận dạng bởi số điện thoại của đối tác được gọi. Việc đánh số được thực hiện trong địa chỉ này khi thực hiện thủ tục khởi động cuộc gọi. Có hai phương pháp đánh số có thể được cài đặt. Có thể cài đặt thống nhất thế giới theo mã vùng hoặc mã quốc gia. Trước đây, một nút trung tâm chuyển mạch quốc tế (ISC: International Switching Centre) làm việc như một công chính đến mạng S-PCN. Trung tâm PGSC có thể làm việc như trung tâm ISC. Về sau này có phương pháp là, cài đặt theo quốc gia, việc đánh số được thực hiện như một bộ nhận dạng đặc biệt PLMN để tạo phần toàn bộ số điện thoại. Phương pháp này hiện đang

được sử dụng trong các mạng di động GSM ở nhiều nước. Trong trường hợp này, không yêu cầu có ISC và tất cả lưu lượng đến sẽ được định tuyến hướng về cổng chính gần nhất của mạng S-PCN (chuyển mạch SGCS) thông qua trung tâm chuyển mạch PGSC. Việc đánh số như thế này có yêu cầu là mỗi một nước tối thiểu có một điểm truy nhập có thể truy nhập được.

- *Địa chỉ gọi* chứa thông tin về số điện thoại của bên gọi đi. Trung tâm PGSC cung cấp thông tin này trong lúc nhận yêu cầu từ chuyển mạch PGSC. Dữ liệu được cung cấp phụ thuộc vào việc cài đặt đánh số của S-PCN. Nếu thực hiện theo phương pháp dùng một mã dùng chung thì thông tin này sẽ được cung cấp đến tổng đài PSTN.

- *Nhận dạng mạch* chỉ rõ các đặc tính của đường báo hiệu được thiết lập trong quá trình khởi động cuộc gọi. Trong một môi trường tích hợp, đối với việc khởi động cuộc gọi từ S-PCN đến PSTN thì chuyển mạch SGCS sẽ có một cờ để chỉ rõ việc truyền tin là qua mạng vệ tinh hoặc qua mạng mặt đất cùng với các hoạt động thích ứng.

- *Yêu cầu đường số* là yêu cầu cả hai phía tổng đài bên gọi cũng như bên bị gọi cần phải tương đồng với nhau về tốc độ bit cả hai chiều đi và về. Yêu cầu từ đầu cuối đến đầu cuối này có thể dựa vào chức năng giao tiếp trong giao diện PGSC/SGCS mà cụ thể là các khả năng chuyển mã.

12.2.4. Các chức năng truy nhập

Các chức năng truy nhập cung cấp việc kết nối một trạm mặt đất cố định FES với một chuyển mạch SCSS thông qua mạng PSTN để chuyển đổi thông tin trong thời gian thiết lập cuộc gọi, cập nhật việc đăng ký định vị người sử dụng và bắt tay (handover). Hình 12.5 mô tả các thành phần chức năng đối với các chức năng truy nhập giao tiếp giữa mạng S-PCN và mạng PSTN. Có ba thành phần chức năng chủ yếu, đó là:

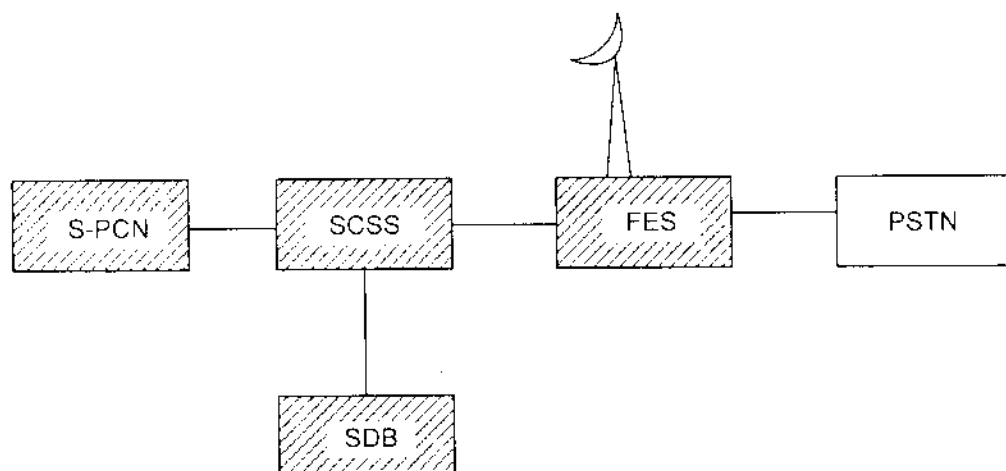
- *Chuyển mạch ở của mạng S-PCN (SCSS)*: Chuyển mạch SCSS làm nhiệm vụ chuyển mạch, dịch vụ và quản lý giữa các thiết bị di động S-PCN thông qua trạm mặt đất FES. Nó thường được ghép với tổng đài nội hạt để cung cấp chức năng giao diện PSTN và phụ thuộc vào phương pháp kết nối được sử dụng. Có hai dạng kết nối thường được sử dụng, đó là: kết nối theo kiểu quay số và kiểu kết nối vĩnh cửu. Loại kết nối theo yêu cầu cũng tương tự như kết nối quay số và trong trường hợp đó chuyển mạch SCSS được ghép với tổng đài nội hạt thông qua một hoặc nhiều kết nối PoT. Đối với việc kết nối vĩnh cửu thì việc kết nối bằng rộng được thiết lập giữa chuyển mạch SCSS và trạm mặt đất FES thông qua mạng PSTN.

- *Cơ sở dữ liệu của S-PCN (SDB)*: Cơ sở dữ liệu SDB ở đây cũng giống như cơ sở dữ liệu SDB được giới thiệu trong mục 4.3.

- *Trạm mặt đất cố định (FES)*: Trạm mặt đất cố định FES cung cấp giao diện giữa mạng truy nhập S-PCN và thiết bị đầu cuối di động. Cũng giống như ở chuyển mạch SCSS, trạm mặt đất cố định FES cũng được kết nối với tổng đài nội hạt qua một hoặc nhiều kết nối PoT hoặc kết nối trực tiếp đến chuyển mạch SCSS qua một đường dây thuê vĩnh cửu.

Nếu như việc kết nối quay số được thực hiện giữa chuyển mạch SCSS và trạm mặt đất FES qua mạng PSTN thì yêu cầu kết nối giữa SCSS và FES cần phải được thiết lập bất cứ lúc nào có sự trao đổi đối với các thủ tục mạng khác nhau. Điều này sẽ tạo nên một sự lệch thời gian trong quá

trình trao đổi thông tin giữa SCSS và FES. Sự lệch thời gian đó có thể có ý nghĩa trong các thủ tục ví dụ như đăng ký, cập nhập vị trí hoặc bắt tay. Dạng kết nối này cũng tương tự như trong việc trao đổi thông tin khi sử dụng modem quay số và chúng có thể gây ra sự giới hạn các tốc độ dữ liệu. Trong trường hợp nếu như sử dụng một kết nối vĩnh cửu thì tất nhiên không cần phải thiết lập kết nối giữa SCSS và FES trước khi trao đổi bất kỳ thông tin nào và sự lệch thời gian ở đây cũng sẽ không xuất hiện và việc kết nối có thể phục vụ tốc độ dữ liệu lớn hơn so với việc kết nối theo yêu cầu.



Hình 12.5: Mô tả chức năng truy nhập S-PCN-PSTN

12.3. TÍCH HỢP MẠNG THÔNG TIN DI ĐỘNG VỆ TINH S-PCN VỚI MẠNG THÔNG TIN DI ĐỘNG MẶT ĐẤT GSM

12.3.1. Giới thiệu tổng quan

Khi xem xét xác định cấu trúc mạng tích hợp của hai mạng thông tin di động S-PCN và GSM thì có một vấn đề trước tiên cần xác định rõ, đó là mức tích hợp. Về lý thuyết, có hai phương pháp để thiết kế một hệ thống tích hợp như vậy. Phương pháp thứ nhất là thay đổi cấu trúc hạ tầng của các mạng di động GSM hiện hữu cho phù hợp với các đặc thù của hệ thống thông tin vệ tinh. Phương pháp thứ hai là thích nghi hệ thống thông tin vệ tinh với các mạng GSM hiện hữu. Biết rằng, các hệ thống thông tin di động GSM đã được chuẩn hóa và phương thức ứng dụng ở nhiều nước trên thế giới. Sự phát triển đó là sự việc đã rồi và các thế hệ sau của GSM ví dụ như dịch vụ vô tuyến tron gói GPRS (General Packet Radio Service) hoặc dữ liệu chuyển mạch tốc độ cao HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) cũng được chuẩn hóa theo chuẩn GSM phù hợp với sự phát triển các mạng thế hệ sau NGN (Next Generation Networks). Do đó phương án một thay đổi cấu trúc hạ tầng GSM để phù hợp với các hệ thống thông tin vệ tinh là một việc làm không thực tế.

Giai pháp thích hợp chỉ là phương án hai và sau đây sẽ tập trung nghiên cứu xem xét các thích nghi và biến đổi về các giao thức của hệ thống thông tin vệ tinh để có thể tích hợp với mạng di động GSM.

Một hệ thống tích hợp S-PCN-GSM như vậy cần phải thỏa mãn hai nhóm yêu cầu. Đó là yêu cầu của những người sử dụng và yêu cầu của nhà quản lý điều hành khai thác mạng. Yêu cầu của

người sử dụng ví dụ như các dạng dịch vụ được hỗ trợ, chất lượng dịch vụ, các thủ tục xác thực cũng như phí tổn các dịch vụ đó. Yêu cầu của nhà quản lý điều hành khai thác bao gồm các chức năng giao tiếp, các thủ tục mạng và các chức năng quản lý điều hành.

12.3.2. Các đặc điểm của hệ thống S-PCN và GSM

Trước khi nghiên cứu xem xét vấn đề tích hợp, cần nhận rõ các tương đồng cũng như sự khác biệt có liên quan đến vấn đề tích hợp của hệ thống thông tin vệ tinh S-PCN và mạng thông tin di động GSM.

Hệ thống S-PCN và mạng GSM có các đặc điểm tương đồng sau đây:

1. Khái niệm sử dụng lại tần số trong mạng GSM có thể áp dụng cho mạng S-PCN.
2. Một vùng phủ sóng của búp sóng vệ tinh tương đương với một vùng phủ sóng của một ô tế bào mạng GSM.
3. Các giao thức lớp trên của mạng GSM có thể áp dụng cho mạng S-PCN và chỉ cần thay đổi chút ít.

So với mạng di động GSM thì mạng S-PCN có những đặc điểm khác biệt sau đây:

1. Độ trễ truyền sóng của mạng S-PCN lớn hơn do đường truyền sóng từ vệ tinh đến mặt đất cũng như đường truyền sóng giữa các trạm mặt đất cố định FES đến người sử dụng lớn hơn.
2. Suy hao tín hiệu vô tuyến lớn hơn.
3. Có những biến đổi động lớn hơn trong quá trình truyền đàm thoại.
4. Hiện tượng hồi âm gia tăng.
5. Độ trễ khi thực hiện kết nối qua hai bước nhảy từ máy di động đến máy di động có thể vượt giới hạn cho phép.
6. Cần có nhiều mạch đồng bộ thời gian và cấu trúc các mạch đồng bộ đó cũng phức tạp hơn.
4. Tồn hao tín hiệu vô tuyến lớn hơn do độ trễ truyền lan lớn hơn.
5. Vùng phủ sóng của một búp sóng vệ tinh lớn hơn so với vùng phủ sóng của một ô tế bào do đó khả năng bắt tay giữa các búp sóng thấp hơn. Cũng vì vậy mà khả năng sử dụng lại tần số cũng kém hơn.
6. Việc điều khiển công suất trong một mạng vệ tinh cũng như đối với một vệ tinh được phân chia cho tất cả các búp sóng trong toàn bộ vùng phủ sóng. Điều đó khác với công suất của một trạm gốc trong mạng mặt đất không có sự phân chia nguồn.
7. Ở các mạng di động tế bào mặt đất thì tín hiệu vô tuyến thu là tín hiệu đa đường (multi signals) trong lúc đó ở một mạng vệ tinh thì để bù lại các tổn hao lớn trên đường truyền sóng nên tín hiệu thu là sóng trực tiếp. Cũng do vậy, mà đối với người sử dụng có một thủ tục cảnh báo để thông báo khi có cuộc gọi đến nào đó không liên lạc theo sóng trực tiếp với vệ tinh.

8. Các đặc tính kênh vô tuyến vệ tinh được tính toán theo phân bố Rician trong lúc các đặc tính kênh vô tuyến của các mạng mặt đất được tính toán theo phân bố Rayleigh.

9. Can nhiễu ô lân cận trong một mạng tế bào mặt đất là hàm số của công suất và bán kính của tế bào trong lúc can nhiễu của búp sóng lân cận là hàm số của công suất và các đặc tính của búp sóng phụ của dàn anten vệ tinh.

10. Các thiết bị đầu cuối của người sử dụng có thể truy nhập hoặc được truy nhập bởi một trong những công chính của mạng vệ tinh, trong lúc đó việc truy nhập ở mạng mặt đất thì thiết bị đầu cuối của người sử dụng trong một ô nào đó chỉ có thể truy nhập với một trung tâm chuyển mạch di động MSC (Mobile Switching Center) có quan hệ với ô đó.

11. Việc định tuyến tối ưu cuộc gọi có thể thực hiện trong các mạng vệ tinh bằng cách định tuyến cuộc gọi để công chính gần nhất đến đối tác được gọi. Việc định tuyến tối ưu như thế này không thể thực hiện được trong mạng GSM.

12. Trong một số trường hợp cần phải tính đến hiện tượng Doppler.

Lưu ý rằng, các phân tích về sự tương đồng và khác biệt trên là với giả thiết rằng, hệ thống S-PCN sử dụng các vệ tinh địa tĩnh.

12.3.3. Các yêu cầu tích hợp hệ thống

12.3.3.1. Các yêu cầu người sử dụng

Cho đến nay, các dịch vụ của các hệ thống thông tin di động GSM chủ yếu là phục vụ thoại. Yêu cầu người sử dụng ngày càng đa dạng, không những thoại mà còn có cả dữ liệu, hình ảnh với tốc độ truyền lớn, chất lượng cao. Dưới góc độ thiết kế hệ thống, dự kiến hướng phương thức tương lai, có thể quy tụ các yêu cầu người sử dụng vào các nhóm dưới đây:

1. Yêu cầu đơn giản, có thiết kế giao diện người - máy phù hợp và tiện sử dụng để có thể truy nhập bất kể loại thiết bị đầu cuối nào hoặc loại dịch vụ nào.

2. Người sử dụng có thể truy nhập các dịch vụ bất kỳ đâu, bất kỳ thời gian nào (mọi lúc, mọi nơi). Yêu cầu này có liên quan đến việc thiết kế thiết bị đầu cuối, môi trường điều hành và mức di động được mạng hỗ trợ.

3. Các thiết bị đầu cuối có thể được xếp loại theo máy cầm tay, máy xách tay hoặc đặt trên các phương tiện di chuyển ví dụ đặt trên ô tô, các thiết bị di động cho ngành hàng không, hàng hải... Do đó thiết kế cần có giao diện phù hợp.

4. Vùng phủ sóng cần tính đến khả năng người sử dụng có thể truy nhập từ bất kỳ môi trường nào: thành phố, ngoại ô, vùng nông thôn, đường bộ, đường sắt, trên biển... Điều đó yêu cầu thiết kế hai mạng phải thích nghi và hỗ trợ lẫn nhau, ví dụ mạng vệ tinh có thể lấp kín những lỗ hổng mà mạng mặt đất không phủ sóng tới.

5. Người sử dụng có thể chuyển vùng một cách dễ dàng giữa các vùng địa lý khác nhau hoặc giữa các nước khác nhau. Cũng có thể người sử dụng có thể chuyển vùng giữa hai mạng (S-PCN và GSM) khi sử dụng thiết bị đầu cuối cho cả hai phương thức DMT (Dual-Mode Terminal).

6. Giá thành dịch vụ là một yếu tố quan trọng mà người sử dụng nào cũng quan tâm.
7. Các dịch vụ an toàn và bảo mật: ví dụ như xác thực người sử dụng, xác thực thiết bị đầu cuối, bí mật vị trí và danh tính người sử dụng, mật mã hóa và giải mật mã, v.v...
8. Chất lượng dịch vụ QoS được hỗ trợ bởi cả hai mạng trong khả năng cho phép, cố gắng đảm bảo chất lượng dịch vụ tương đương hoặc có thể so sánh với chất lượng dịch vụ của các mạng cố định.

12.3.3.2. Các yêu cầu điều hành mạng

Yêu cầu chủ yếu của các nhà điều hành mạng là mạng hoạt động có hiệu quả nhằm thỏa mãn các nhu cầu của khách hàng. Công việc điều hành mạng bao gồm ba chức năng điều khiển chủ yếu, đó là: điều khiển cuộc gọi, điều khiển nguồn và điều khiển di động. Ngoài ba chức năng trên còn có các chức năng về quản lý mạng nhằm giám sát hiệu năng các công việc về điều hành mạng cũng như bảo dưỡng mạng, một số tài liệu gọi chung là điều hành và quản lý mạng O&M (Operation and Maintenance). Trong môi trường một mạng tích hợp thì có thêm yêu cầu các chức năng giao tiếp giữa các mạng để đảm bảo khả năng điều hành giữa các mạng. Sau đây sẽ liệt kê một số công việc chủ yếu trong việc điều hành mạng đối với một mạng tích hợp xem xét là GSM-S-PCN.

1. Thay đổi các chuẩn hoặc cấu trúc hạ tầng của mạng hiện hữu ở một mức độ tối thiểu nào đó cho phép. Đối với một mạng tích hợp GSM-S-PCN thì việc có những thay đổi lớn ở hệ thống GSM là không hi vọng, do đó mà việc định nghĩa các chức năng giao tiếp và cài đặt các thủ tục chủ yếu là thực hiện ở phía S-PCN.
2. Các thủ tục điều khiển cuộc gọi được thực hiện trong mạng GSM có thể được sử dụng lại một cách thích hợp trong mạng tích hợp để tương thích. Tuy vậy cũng có một số trong các thủ tục đó sẽ không thích hợp cho phía vệ tinh do độ trễ truyền sóng lớn quá. Có thể nhận thấy điều đó ví dụ ở mạng GSM thì việc trao đổi thông tin giữa hệ thống trạm gốc BSS với thiết bị đầu cuối di động MT có thể qua nhiều chặng nhưng điều đó không thể thực hiện được trong một mạng vệ tinh địa tĩnh bởi vì độ trễ truyền sóng ở đây phải gánh chịu cho mỗi tuyến (lên và xuống) đã là 270 ms.
3. Các thủ tục điều khiển nguồn cũng là một vấn đề quan trọng trong một mạng vô tuyến một khi mà nguồn vô tuyến là khan hiếm. Điều đó đặc biệt quan trọng đối với các mạng vệ tinh. Phụ thuộc vào mức tích hợp mà các nguồn mạng trong mạng mặt đất cũng như trong mạng vệ tinh cần được phân phối thích hợp sao cho đảm bảo lưu lượng đến mạng vệ tinh và ngược lại. Thực hiện điều đó có thể dựa vào các chức năng chuyển mạch đặc biệt được cài đặt trong cả hai mạng S-PCN và GSM để chuyển mạch lưu lượng giữa hai bên.
4. Các thủ tục điều khiển di động bao gồm việc bắt tay (handover) quản lý vị trí, sắp xếp và phân phối cuộc gọi. Trong một mạng tích hợp thì khả năng có sự bắt tay giữa các phân đoạn (segment) cần phải tính đến. Nếu như có sự bắt tay giữa các phân đoạn thì thủ tục khởi tạo cuộc gọi và cơ chế điều khiển nguồn cần phải tính đến như trong cơ chế bắt tay. Các thủ tục quản lý vị trí trong mạng vệ tinh cũng khác với các thủ tục quản lý vị trí trong mạng GSM. Do vậy, để đảm bảo tính di động giữa hai mạng có một vấn đề quan trọng trong tổ chức giao tiếp là các thanh ghi vị trí giữa hai mạng phải tương thích nhau. Điều đó yêu cầu có sự kiểm tra chặt chẽ việc đánh địa chỉ và đánh số trong mạng GSM hiện hữu với các yêu cầu điều hành mạng S-PCN. Cũng có thể thực hiện bằng cách S-PCN thực hiện hệ thống đánh số giống như GSM và cũng có thể thực hiện hệ thống

đánh số mới tương thích. Vì vậy mà các giao thức sử dụng giữa các thanh ghi vị trí cần được xem xét kỹ. Trong các hệ thống GSM thì các giao thức phần ứng dụng di động MAP (Mobile Application Part) được sử dụng để hỗ trợ di động. Hoặc cũng có thể sử dụng các giao thức khác, ví dụ giao thức INAP trong mạng S-PCN để kiểm tra sự phù hợp giữa chúng với nhau.

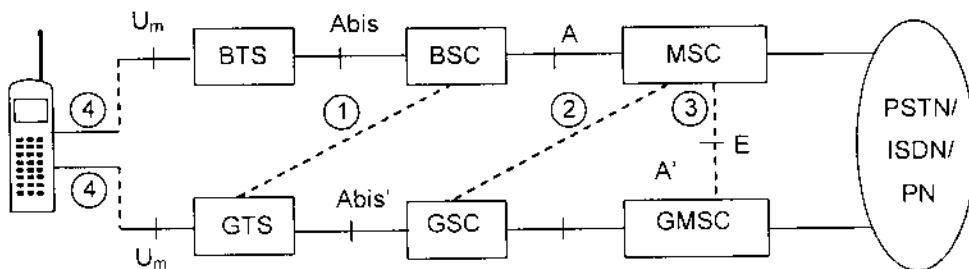
5. Việc báo hiệu trong tất cả thủ tục điều khiển mạng đề cập trên sẽ được giảm thiểu tối đa bởi vì nó sẽ tiêu tốn cả tần phổ lẫn công suất vệ tinh. Mặt khác việc sử dụng báo hiệu nhiều quá mức cũng làm gia tăng tải báo hiệu và gia tăng độ trễ.

12.3.4. Các phương án tích hợp

12.3.4.1. Các mức tích hợp

Nếu như trong việc tích hợp có cấu trúc mạng GSM được sử dụng lại tương đồng thì có thể có bốn mức tích hợp như mô tả ở hình 12.6. Trong hình ký tự G là ký hiệu cho cổng chính (gateway). Bốn mức tích hợp đó là:

1. Tích hợp tại giao diện Abis; tức trạm thu phát gốc BTS và hệ thống con thu phát cổng chính GTS riêng rẽ, còn điều khiển trạm gốc BSC và trung tâm chuyển mạch di động MSC là chung nhau.
2. Tích hợp tại giao diện A; tức trạm thu phát gốc BTS, hệ thống con thu phát cổng chính GTS, điều khiển trạm gốc BSC và điều khiển trạm cổng chính GSC là riêng rẽ; còn trung tâm chuyển mạch di động MSC là chung nhau.
3. Tích hợp tại giao diện E; tức mạng mặt đất và mạng vệ tinh là riêng rẽ nhưng chúng có các chức năng giao tiếp giữa các trung tâm chuyển mạch di động của chúng với nhau.
4. Tích hợp ở giao diện U_m ; tức tích hợp thiết bị đầu cuối.



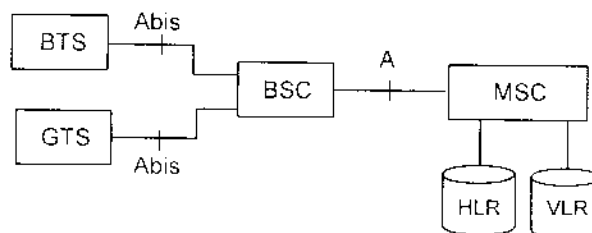
Hình 12.6: Mô tả các phương án tích hợp S-PCN-GSM

12.3.4.2. Tích hợp tại giao diện Abis

Ở phương pháp tích hợp tại giao diện Abis, ngoài hai hệ thống thu phát là khác nhau các thành phần còn lại của hai mạng được sử dụng chung như mô tả ở hình 12.7. Các chức năng giao tiếp giữa hai phân đoạn được định nghĩa trong các giao diện Abis và giao diện A.

Với các hệ thống thu phát BTS và GTS sử dụng riêng rẽ, các giao diện không gian có thể được tối ưu hóa để phù hợp với các đặc tính truyền thông của các kênh riêng rẽ. Do điều khiển trạm gốc BSC và trung tâm chuyển mạch di động MSC ở đây là dùng chung cho cả hai mạng cho nên

các chức năng điều khiển giữa các mạng ví dụ điều khiển di động giữa các mạng, các chức năng điều khiển nguồn và chuyển mạch cũng sẽ rất thuận tiện trong việc phối hợp với nhau. MSC được sử dụng chung cho nền thanh ghi định vị thường trú HLR và thanh ghi định vị vắng lai VLR cũng sẽ được sử dụng chung cho cả hai mạng. Điều đó cũng cho phép truy cập dễ dàng vào tất cả thông tin đăng ký về vị trí.

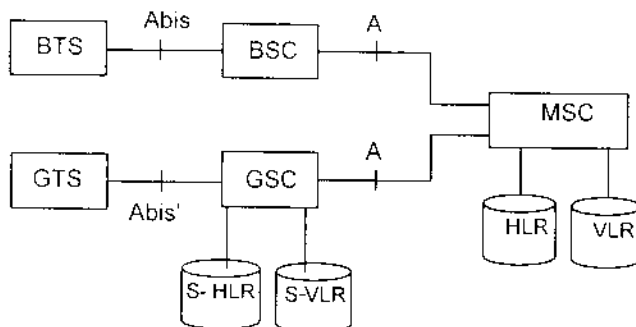


Hình 12.7: Mô tả phương án tích hợp tại giao diện Abis - điều khiển trạm gốc BSC sử dụng chung

Do hai hệ thống thu phát BTS và GTS là riêng rẽ cho nên chất lượng dịch vụ QoS của phân đoạn này có thể không phù hợp với phân đoạn khác. Do đó trong BSC và MSC có thể được cài đặt thêm một số chức năng phụ để phục vụ các nhu cầu đặc biệt của mạng vệ tinh trừ phi giao diện Abis giống nhau được cài đặt cho cả hai mạng. Điều này có thể thực hiện bằng cách có thay đổi chút ít các chuẩn hiện hữu của GSM. Ở đây lưu ý rằng, dù cho các chức năng điều khiển giữa các mạng có thể phối kết hợp nhau nhưng các chức năng điều khiển và chuyển mạch trong BSC và MSC có thể không được tối ưu đối với mỗi phân đoạn. Ví dụ một chuyển mạch nhanh giữa hai trạm thu phát gốc BTS trong cùng phân đoạn có thể không thực hiện được. Trong những trường hợp đó cần có sự hỗ trợ của chức năng báo hiệu phụ.

12.3.4.3. Tích hợp tại giao diện A

Ở phương pháp tích hợp tại giao diện A thì công chính vệ tinh cung cấp các chức năng giống như các chức năng của trạm thu phát gốc BTS và điều khiển trạm gốc BSC của mạng GSM. Hình 12.8 mô tả sơ đồ khối chức năng phương pháp tích hợp tại giao diện A.



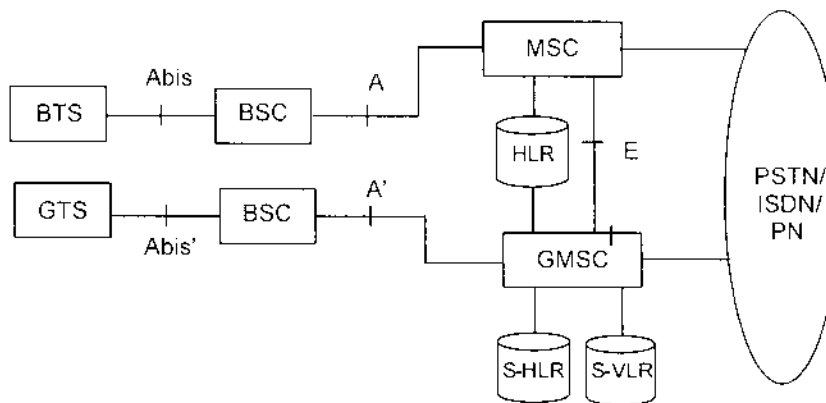
Hình 12.8: Mô tả phương pháp tích hợp tại giao diện A - MSC chung nhau

Giống như phương pháp tích hợp tại giao diện Abis, ở đây các giao diện không gian có thể được tối ưu hóa cho các phân đoạn riêng rẽ. Các chức năng chuyển mạch tại BSC và GSC cũng có thể được tối ưu hóa đối với các phân đoạn riêng rẽ để có khả năng chuyển mạch một cách linh hoạt giữa các trạm BTS khác nhau trong cùng phân đoạn. Một MSC đơn có thể phối kết hợp một cách dễ dàng các chức năng điều khiển giữa các mạng đặc biệt là trong việc bắt tay giữa các phân đoạn. Chính vì vậy, cũng như đã phân tích ở mục trước, ở đây cũng sẽ sử dụng thanh ghi định vị HLR và VLR chung để có thể truy cập hoàn toàn vào bộ thông tin đăng ký vị trí. Điều đó cũng sẽ thuận tiện

trong việc trao đổi báo hiệu đối với dữ liệu thuê bao giữa các phân đoạn khác nhau. Điều hạn chế duy nhất của phương pháp này là, có một số thay đổi trong giao diện A và MSC để cho MSC có thể thiết lập việc trao đổi báo hiệu giữa mạng truy cập GSM và mạng truy cập vệ tinh. Điều đó nói lên rằng, các chức năng của MSC có thể không được tối ưu hóa đối với một phân đoạn riêng rẽ nào đó.

12.3.4.4. Tích hợp tại giao diện E

Ở phương pháp tích hợp tại giao diện E thì các phân đoạn của mạng GSM và của mạng S-PCN sẽ có các mạng truy nhập riêng của mình và mỗi phân đoạn truy nhập sẽ có một cấu trúc hạ tầng chung như mô tả ở hình 12.9. Các cuộc gọi sẽ được định tuyến thông suốt giữa các mạng truy nhập khác nhau. Với kiểu tích hợp này thì hai mạng sử dụng thanh ghi định vị thường trú HLR chung và thanh ghi định vị vắng lai riêng. Cấu trúc mạng chung cho phép việc kết nối thông suốt từ người sử dụng cố định đến người sử dụng di động bởi vì một số cuộc gọi thông nhất có thể được gán cho người sử dụng di động cho dù với các phân đoạn khác nhau. Một cổng chính mạng vệ tinh cho thể được phân phối cho các mạng GSM khác nhau với điều kiện là dung lượng của bộ phát đáp vệ tinh được phân chia một cách linh hoạt cho các trạm lưu lượng khác nhau. Như vậy, các nhà điều hành mạng vệ tinh có thể xem như là cung cấp một tập chung các dịch vụ cho các nhà cung cấp dịch vụ. Các chức năng giao tiếp giữa hai mạng chỉ cần định nghĩa tại giao diện E bao gồm cả chức năng chuyển mạch và điều khiển nguồn giữa hai mạng. Ở đây chỉ có một sự thay đổi của chuẩn GSM hiện hữu tại giao diện E nếu như có sự không đồng nhất về chức năng của GMSC và MSC.



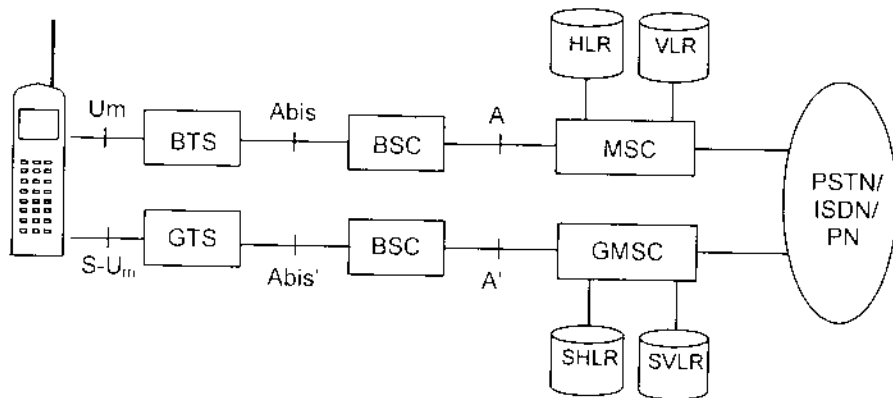
Hình 12.9: Mô hình tích hợp tại giao diện E - MSC riêng rẽ

12.3.4.5. Tích hợp tại giao diện U_m

Phương pháp tích hợp tại giao diện U_m khác với các phương pháp tích hợp đã giới thiệu ở các mục trước là ở chỗ các khối chức năng của mạng GSM và S-PCN giữ nguyên, chỉ có phần thiết bị đầu cuối là đa chức năng. Thiết bị đầu cuối đa chức năng tức có khả năng truy nhập hoặc mạng GSM hoặc mạng S-PCN theo yêu cầu. Điểm chung duy nhất của hai mạng là ở thiết bị đầu cuối. Hình 12.10 mô tả sơ đồ khối chức năng phương pháp tích hợp tại giao diện U_m .

Việc chọn phân đoạn sẽ được tạo thành trong pha khởi tạo cuộc gọi. Ở đây không có các thành phần chung phân chia giữa hai mạng và thiết bị đầu cuối đa năng sẽ hỗ trợ người sử dụng truy nhập vào hai phân đoạn. Nếu như có sự chuyển vùng giữa các mạng khác nhau thì lúc đó cần có một thanh ghi định vị thường trú HLR chung để giảm bớt tùy chọn tích hợp ở MSC. Việc bắt tay

các cuộc gọi giữa hai mạng khi trong thiết bị đầu cuối được cài đặt phần mềm thông minh đầy đủ. Điều đó cũng làm gia tăng sự phức tạp về cấu trúc và giá thành của thiết bị đầu cuối.



Hình 12.10: Mô tả phương pháp tích hợp tại giao diện Um

12.3.5. Tác động của các phương pháp tích hợp đến thủ tục bắt tay

Trong số các khả năng tích hợp được phân tích ở các mục trên, có hai phương pháp tích hợp được lựa chọn để xem xét kỹ, đó là phương pháp tích hợp tại giao diện E và tại giao diện A.

12.3.5.1. Tích hợp tại mức giao diện E

Ở hình 12.9 đã mô tả cấu trúc mạng tích hợp S-PCN/GSM tại giao diện E trong đó các thanh ghi HLR và VLR được phối kết hợp với mạng GSM chứa các thông tin của người sử dụng cả hai mạng, trong lúc đó các thanh ghi S-HLR và S-VLR chỉ chứa các thông tin của các thuê bao được đăng ký đến mạng S-PCN thôi. Những người sử dụng cả hai mạng do nhà điều hành mạng GSM quản lý và được gán bởi một số nhận dạng GSM MSISDN. Một cuộc gọi nào đó từ mạng cố định gọi đến người sử dụng hai mạng sẽ được định tuyến qua trung tâm chuyển mạch di động GSM MSC bởi sự nhận dạng số GSM MSISDN đó. Quá trình tích hợp có liên quan đến các chức năng như bắt tay, quản lý vị trí và điều khiển cuộc gọi được mô tả sau đây:

- Bắt tay từ một thuê bao GSM đến một ô phủ sóng của vệ tinh bằng cách sử dụng giao thức GSM.

Hệ thống GSM thực hiện việc bắt tay di động theo mô hình điều khiển bắt tay, nghĩa là cả trạm di động và mạng đều giám sát cường độ tín hiệu thu và chất lượng kênh, còn việc quyết định bắt tay là nhiệm vụ của mạng. Giả thiết rằng giao thức GSM được sử dụng là giao thức chủ yếu của phương pháp tích hợp. Như vậy, các quá trình báo hiệu của việc bắt tay có thể mô tả ở hình 12.11.

Do một số đặc điểm và độ trễ truyền sóng của hai mạng có khác nhau cho nên sẽ có một vài thông số tại giao diện A sẽ được biến đổi. Cụ thể là sự biến đổi về các đoạn tin được nhận dạng trong việc "bắt tay" và "chấp nhận bắt tay". Cũng vì vậy mà thời gian ngừng trong quá trình bắt tay do sự khác nhau về độ trễ truyền sóng giữa mạng GSM và mạng vệ tinh cũng cần được kiểm tra.

- Các thay đổi về đoạn tin yêu cầu bắt tay

Đoạn tin "yêu cầu bắt tay" là một đoạn tin "phản ứng dụng di động - hệ thống trạm gốc" BSS-MAP (Base Station System - Mobile Application Part) được gửi từ cổng chính GMSC đến

cổng chính hệ thống con GWS. Các phần tử thông tin chứa trong trường dữ liệu của đoạn tin này phần lớn lấy từ đoạn tin "thực hiện bắt tay" do trung tâm chuyển mạch di động GSM MSC gửi đến cổng chính GMSC. Có một số phần tử thông tin trong đó được gán với chiều dài cố định, còn lại một số khác là tùy chọn như mô tả trong bảng 12.2. Có ba trong các phần tử thông tin đó thường được quan tâm, đó là nhận dạng ô phục vụ, nhận dạng ô đích và nhận dạng kênh vô tuyến.

Bảng 12.2: Các phần tử thông tin trong đoạn tin "yêu cầu bắt tay" của GSM

Các phần tử thông tin	Loại thông tin M: ủy thác O: tùy chọn	Độ dài (byte)
Loại đoạn tin	M	1
Loại kênh	M	5
Thông tin mật mã hóa	M	3 - 20
Thông tin đánh dấu loại 1 hoặc 2	M	2 hoặc 4
Nhận dạng ô phục vụ	M	5 - 10
Ưu tiên	O	3
Mã nhận dạng mạch	O	3
Nhận dạng kênh vô tuyến	O	5 - 38
Cờ DTX tuyến xuống	O	2
Nhận dạng ô đích	O	3 - 10
Bảng tần nhiễu	O	2

• *Nhận dạng ô phục vụ*

Bảng 12.3 mô tả khuôn dạng trường thông tin của nhận dạng ô phục vụ. Trường thông tin nhận dạng ô phục vụ đó chỉ rõ toàn bộ hoặc một phần của mã nhận dạng toàn bộ của ô trong đó bao gồm mã quốc gia của di động MCC (Mobile Country Code), mã mạng di động MNC (Mobile Network Code), mã vùng dịch vụ LAC (location area code) và nhận dạng ô CI (Cell Identity). Đối với mạng GSM, nếu như có sự bắt tay trong các vùng định vị khác nhau thì sử dụng mã vùng định vị LAC; còn mã nhận dạng ô CI được sử dụng khi có sự bắt tay trong cùng một vùng định vị. Toàn bộ mã nhận dạng ô CGI (Cell Global Identification) được sử dụng khi có sự bắt tay giữa các PLMN mà không có sự đăng ký trong quá trình bắt tay của GSM. Trong một hệ thống tích hợp S-PCN/GSM thì có thể có nhiều PLMN trong một vùng phủ sóng của một búp sóng đơn của anten vệ tinh. Vì vậy, mã CGI có thể được sử dụng để nhận dạng một ô GSM. Điều đó có nghĩa là cổng chính GMSC có chức năng chuyển tiếp mã vùng LAC qua GSM-MSC đến GMSC theo đoạn tin bắt tay trong một CGI.

Bảng 12.3: Khuôn dạng trường nhận dạng ô phục vụ

Các phần tử thông tin	Độ dài (byte)
Nhận dạng phần tử	1
Độ dài	2
Tách nhận dạng ô	3
Nhận dạng ô	4 - 10

• Nhận dạng ô đích

Nhận dạng ô đích là nhận dạng búp phù sóng của vệ tinh. Khuôn dạng của nhận dạng ô đích cũng giống khuôn dạng nhận dạng của ô phục vụ. Để có thể nhận dạng được một ô phù sóng duy nhất của búp sóng vệ tinh thì cần phải nhận dạng số của vệ tinh trong chùm vệ tinh và số của búp phù sóng của vệ tinh đó. Mặt khác, cũng cần phải phân biệt mạng vệ tinh và mạng mặt đất. Trong trường hợp này sẽ sử dụng mã nhận dạng vùng định vị LAI (Location Area Identifier) trong đó bao gồm các mã quốc gia MCC, mã mạng di động MNC và mã vùng định vị LAC. Như vậy, nội dung MCC và MNC sẽ có khác với các mã đó trong nhận dạng ô phục vụ. Ví dụ, mã MCC có thể ứng dụng để nhận dạng ô đích trong một mạng vệ tinh, mã MNC có thể sử dụng để nhận dạng số của vệ tinh và mã LAC công suất thể sử dụng để nhận dạng búp phù sóng của vệ tinh.

• Nhận dạng kênh vô tuyến

Nhận dạng kênh vô tuyến là nhận dạng kênh sóng vô tuyến được phân phối. Trong mạng GSM thì phần từ kênh vô tuyến là tùy chọn và chỉ sử dụng cho mục đích điều hành và bảo dưỡng (OAM). Chức năng phân phối nguồn các kênh vô tuyến là do trạm gốc và trung tâm chuyển mạch di động MSC không điều khiển việc phân chia đó. Trong một mạng vệ tinh, phụ thuộc vào cấu trúc và các chức năng của mạng, có thể trạm chuyển mạch di động MSC sẽ tham gia vào việc phân phối các kênh đối với các cuộc gọi đến và các chức năng bắt tay để cải thiện hiệu năng sử dụng nguồn. Trong trường hợp này, các phần từ thông tin sẽ được ủy thác trong hệ thống tích hợp. Có bốn trường trong các phần từ thông tin, đó là: trường mô tả kênh, trường dây kênh tần số, trường định vị di động và trường thời gian bắt đầu. Trường mô tả kênh nhận dạng số ô phù sóng của vệ tinh và số của tần số sử dụng. Ô phù sóng có thể được giữ nguyên không thay đổi nếu như độ dài khung GSM TDMA là phù hợp với độ dài khung trong mạng vệ tinh. Số tần số có thể thay đổi nếu như ở mạng vệ tinh có nhiều sóng mang, ví dụ 256 sóng mang trong lúc ở GSM có 124 sóng mang.

• Một số thay đổi trong đoạn tin chấp nhận yêu cầu bắt tay

Đoạn tin chấp nhận yêu cầu bắt tay là một đoạn tin BSS-MAP và được gửi từ công chính hệ thống con GWS đến công chính GMSC để thông báo rằng yêu cầu bắt tay có thể được GWS hỗ trợ. Nó cũng đồng thời thông báo rằng, kênh vô tuyến đã được gán cho thiết bị di động MT. Trường dữ liệu của người sử dụng trong đoạn tin này chứa hai phần từ thông tin, đó là loại đoạn tin và thông tin ở lớp 3. Bảng 12.4 mô tả khuôn dạng trường dữ liệu đó.

Bảng 12.4: Khuôn dạng đoạn tin chấp nhận yêu cầu bắt tay

Các phần từ thông tin	Loại	Độ dài (byte)
Loại đoạn tin	M	1
Thông tin lớp 3	M	9 - 56

Loại đoạn tin là loại ủy thác (mandatory) và có độ dài là một byte. Trường thông tin lớp 3 cũng là loại ủy thác và có độ dài thay đổi từ 9 đến 56 byte. Nó chứa đoạn tin lệnh bắt tay cho giao diện vô tuyến và sau đó truyền từ GMSC đến GSM-MSC. Trung tâm chuyển mạch di động MSC sẽ hướng đoạn tin lệnh bắt tay đó đến hệ thống trạm gốc GSM-BSS như mô tả ở bảng 12.5. Có thể có trên 10 thông số trong đoạn tin lệnh bắt tay.

Bảng 12.5: Khuôn dạng đoạn tin lệnh bắt tay

Các phần tử thông tin	Độ dài (byte)
Tách giao thức	2
Nhận dạng thực hiện	2
Loại đoạn tin	2
Mô tả ô tế bào	2
Mô tả kênh	3
•	
•	
•	

Trong số các thông số trên có hai thông số có sự biến đổi để cho phù hợp với mạng vệ tinh. đó là trường mô tả ô và trường mô tả kênh.

Trường mô tả ô tế bào trong mạng GSM là mô tả ô đích còn trong mạng vệ tinh trường đó mô tả búp phủ sóng đích. Trong mạng GSM trường đó có độ dài là hai byte với bốn thông số, đó là:

- Nhận dạng băng tần số (đối với GSM có giá trị không);

- Nhận dạng mạng PLMN (ô tế bào đích);

- Nhận dạng trạm gốc (ô tế bào đích);

(Đối với mạng vệ tinh là ô phủ sóng đích)

- Nhận dạng số sóng mang (đối với mạng vệ tinh là số sóng mang trong búp phủ sóng của vệ tinh).

Trường mô tả kênh có một số thông số nhưng trong đó chỉ có hai thông số cần có sự thay đổi, đó là: số khe thời gian và số kênh tần số vô tuyến. Số khe thời gian có độ dài là 3 bit và số kênh tần số vô tuyến có độ dài là 7 bit. Kênh tần số vô tuyến có thể thay đổi để thích hợp với mạng vệ tinh.

• *Khoang thời gian gián đoạn của bắt tay*

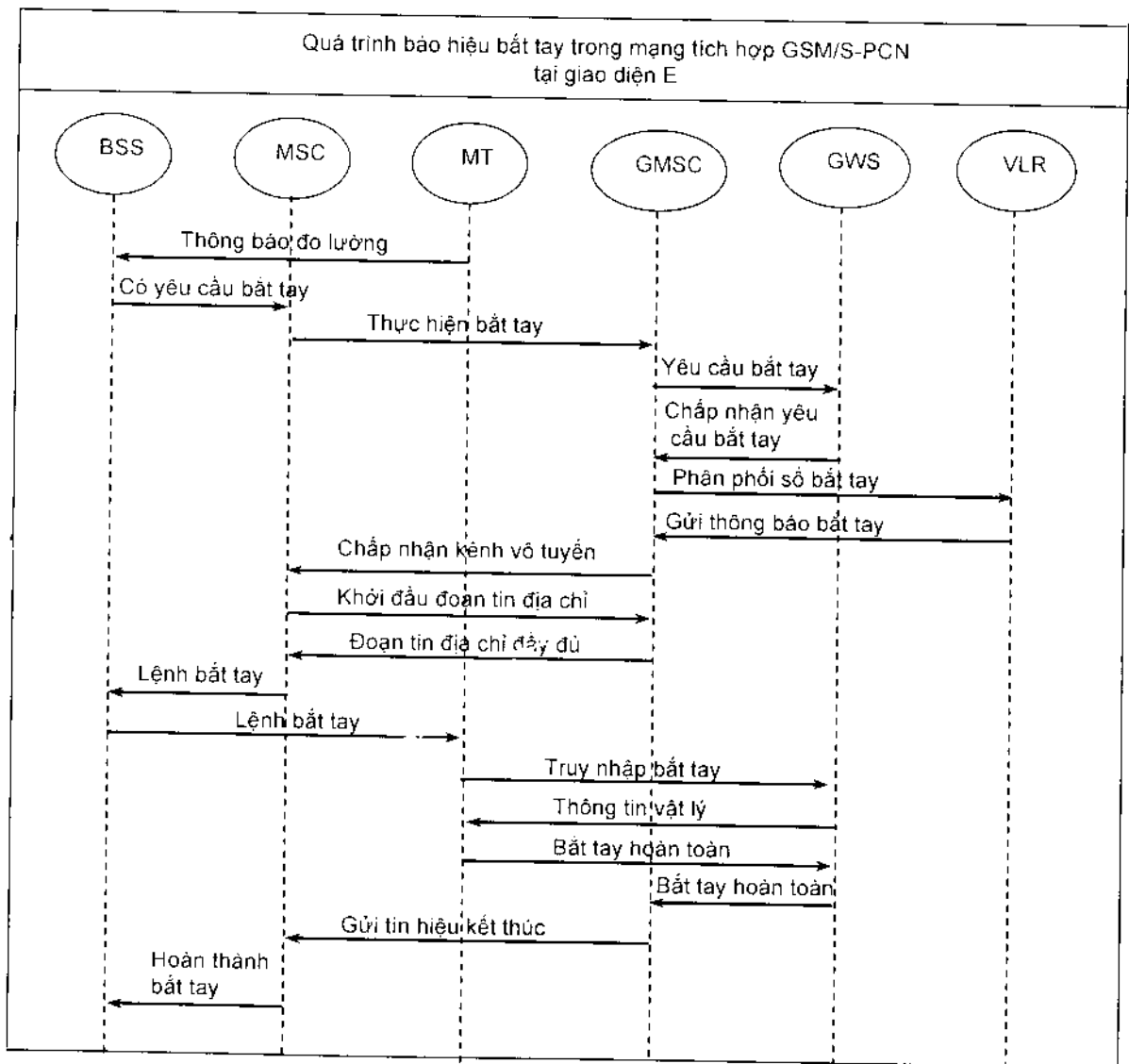
Khi có sự bắt tay trong hệ thống GSM thì có sự chuyển mạch từ kênh lưu lượng cũ đến kênh lưu lượng mới được định vị. Quá trình chuyển mạch đó sẽ có một sự gián đoạn ngắn đến dịch vụ. Sự gián đoạn đó chủ yếu do độ trễ xử lý tín hiệu, độ trễ mã hóa, độ trễ truyền sóng và độ trễ truyền gói. Mặc dù thời gian gián đoạn chỉ khoảng 150ms nhưng người sử dụng cũng cảm nhận thấy.

Trong một hệ thống tích hợp GSM/S-PCN thì thời gian gián đoạn sẽ lớn hơn nhiều do độ trễ truyền sóng từ vệ tinh đến mặt đất là rất lớn. Nếu như giao thức GSM được sử dụng để bắt tay giữa mạng mặt đất và các mạng vệ tinh thì thiết bị đầu cuối MT cần phải được đồng bộ với búp sóng đích của vệ tinh sau khi nhận lệnh bắt tay từ hệ thống trạm gốc GSM BSS, như mô tả các quá trình ở hình 12.11.

Thiết bị đầu cuối MT gửi thông báo truy nhập bắt tay đến cổng chính hệ thống con GWS. Cổng chính GWS tính toán độ trễ thời gian của việc truyền tín hiệu giữa thiết bị đầu cuối MT và

chính nó. Một gia tăng định thời (timing advance) sau đó được phân phối cho MT qua đoạn tin vật lý. Khi thu nhận được đoạn tin đó, thiết bị đầu cuối di động MT gửi thông báo bắt tay đầy đủ cho GWS và bắt đầu truyền trên kênh lưu lượng được phân phối theo giá trị thích nghi thiết bị đầu cuối TA được gán. Như đã phân tích trên, sẽ có ba độ trễ thời gian cần được tính toán đến kể từ khi thiết bị di động MT nhận được lệnh bắt tay cho đến khi có được thông báo bắt tay hoàn chỉnh. Phụ thuộc vào chùm vệ tinh sử dụng trong mạng vệ tinh mà thời gian gián đoạn có thể có giá trị trong khoảng từ 216 đến 965 ms, và điều đó sẽ làm giảm đáng kể chất lượng dịch vụ QoS.

Một giải pháp khắc phục có thể là thay đổi giao thức GSM sao cho một TA có thể được cung cấp đến MT thông qua đoạn tin lệnh bắt tay của GSM BSS. Điều đó có thể làm giảm độ trễ thời gian nhưng phải thay đổi giao thức GSM chút ít.



Hình 12.11: Mô tả quá trình báo hiệu bắt tay đối với một ô tế bào GSM đến một ô phủ sóng vệ tinh trong mạng tích hợp GSM/S-PCN tại giao diện E

- Bắt tay từ một búp phũ sóng vệ tinh đến một ô tế bào GSM sử dụng giao thức GSM

Quá trình báo hiệu của dạng bắt tay này có thể sử dụng các quá trình mô tả ở hình 12.11 với điều kiện là hệ thống trạm gốc BSS và trung tâm chuyển mạch di động MSC được thay thế bởi các cổng chính GWS và GMSC tương ứng và ngược lại. Có một điều quan trọng trong loại bắt tay này là đối với mạng vệ tinh cần phải biết chính xác vị trí của thiết bị đầu cuối di động để có thể bắt tay đến đúng ô tế bào GSM. Thiết bị đầu cuối di động MT có thể gửi thông tin vị trí đến cổng chính hệ thống con GWS qua đoạn tin thông báo đo lường theo chu kỳ. Mặt khác, thông tin vị trí có thể xác định ô tế bào duy nhất có quan hệ với búp phũ sóng vệ tinh. Điều đó yêu cầu phải sử dụng việc nhận dạng tổng quát ô tế bào CGI (Cell Global Identification) trước. Vì vậy có một số thông số báo hiệu trong giao diện A sẽ được thay đổi. Theo hình 12.11, nếu sử dụng quá trình bắt tay từ một búp phũ sóng vệ tinh đến một ô tế bào GSM thì có hai đoạn tin là "yêu cầu bắt tay" và "lệnh bắt tay" cần được thay đổi. Ngoài ra, do sự khác nhau về độ trễ truyền sóng giữa mạng vệ tinh và mạng mặt đất, các gói dữ liệu có thể bị tràn trong thời gian bắt tay.

Đoạn tin "có yêu cầu bắt tay" là một đoạn tin BSSMAP do cổng chính hệ thống con GWS gửi đến cổng chính GMSC để báo một thiết bị đầu cuối di động MT có yêu cầu bắt tay. Trường dữ liệu của đoạn tin này được mô tả trong bảng 12.6. Các thông số trong bảng 12.6 đó như: nguyên do, bảng nhận dạng ô tế bào và môi trường của BSS "n" có thể được thay đổi cho phù hợp với mạng vệ tinh.

Bảng 12.6: Trường dữ liệu người sử dụng trong đoạn tin "có yêu cầu bắt tay"

Các phần tử thông tin	Loại	Độ dài (byte)
Loại đoạn tin	M	1
Nguyên do	M	3-4
Yêu cầu trả lời	O	1
Bảng nhận dạng ô tế bào	O	$7n + 3$
Môi trường vô tuyến hiện tại	O	$15 - n$
Môi trường BSS "n"	O	$7 - n$

Phần tử "nguyên do" cho biết lý do đối với việc khởi động bắt tay. Các lý do của việc khởi động bắt tay trong một mạng thuần túy GSM có thể được mở rộng để bao phủ các đặc tính của một mạng tích hợp S-PCN/GSM. Ví dụ, một bắt tay từ mạng vệ tinh đến mạng mặt đất do các lý do về kinh tế hoặc do mạng mặt đất bị tràn lưu lượng.

Bảng nhận dạng ô tế bào cung cấp một bảng nhận dạng các ô tế bào GSM trong một hệ thống thuần túy GSM. Mỗi một nhận dạng ô thuần túy nhận dạng một ô tế bào trong hệ thống trạm gốc BSS do mã vùng định vị LAC hoặc nhận dạng ô tế bào CI của nó trong thời gian bắt tay. Vì vậy, với các lý do đã nêu trên, việc nhận dạng tổng quát ô CGI sẽ được sử dụng để cho ô tế bào GSM có thể được nhận dạng trong một búp phũ sóng của vệ tinh. Mặt khác, bảng nhận dạng ô tế bào cũng sẽ được mở rộng bao gồm một bảng các búp sóng vệ tinh sử dụng nhận dạng vùng định vị LAI để cho việc bắt tay giữa các ô phũ sóng vệ tinh có thể thực hiện trong bảng liệt kê.

Môi trường của hệ thống trạm gốc BSS "n" cho biết mức công suất trung bình của các ô tế bào tương ứng trong bảng nhận dạng ô tế bào cùng với các mã nhận dạng trạm gốc BSIC và các số tần số kênh điều khiển quảng bá của chúng trong một mạng thuần túy GSM. Các đo lường các mức công suất trung bình của các búp phù sóng tương ứng được bổ sung trong bảng nhận dạng ô tế bào mở rộng đối với mạng tích hợp S-PCN/GSM.

• *Các biến đổi đoạn tin lệnh bắt tay*

Lệnh bắt tay là một đoạn tin phần phụ ứng dụng truyền trực tiếp DTAP (Direct Transfer Application Sub-part) được gửi từ cổng chính GMSC và cổng chính hệ thống con GWS. DTAP là một phần phụ của phần di động hệ thống trạm gốc BSSMP và được sử dụng để truyền điều khiển cuộc gọi và các đoạn tin quản lý di động từ trạm di động đến trạm di động. Trường thông tin của đoạn tin này đến từ hệ thống trạm gốc GSM BSS và được truyền một cách thông suốt đến giao diện vô tuyến. Khuôn dạng của lệnh bắt tay cũng giống như khuôn dạng mô tả ở bảng 12.13. Có hai phần từ cần được thay đổi để cho phù hợp với mạng vệ tinh, đó là mô tả kênh và mô tả ô tế bào.

• *Chồng lấn các gói trong thời gian bắt tay*

Do độ trễ truyền sóng khác nhau giữa mạng vệ tinh và mạng mặt đất, các gói được truyền trong thời gian bắt tay qua mạng S-PCN có thể chồng lấn với các gói được truyền qua mạng GSM trong trung tâm chuyển mạch di động GSM-MSC ở tuyến lên và ở trạm di động ở tuyến xuống. Có hai giải pháp: giải pháp thứ nhất là sử dụng các bộ đệm và giải pháp thứ hai là loại bỏ các gói chồng lấn. Giải pháp thứ nhất sẽ tạo nên độ trễ lớn khi truyền gói trong mạng GSM còn giải pháp thứ hai sẽ bị mất gói. Vì vậy, việc giảm chất lượng dịch vụ QoS trong trường hợp này là khó tránh khỏi.

• *Nhận dạng vị trí trạm di động*

Để có thể thực hiện việc bắt tay giữa mạng S-PCN và mạng GSM thì vị trí chính xác của trạm di động phải được cả hai mạng nhận biết. Như vậy là bởi vì hai lý do sau đây:

1- Trạm di động có thể nhận bằng định vị BCCH từ cổng chính hệ thống con dịch vụ GWS của nó để đo mức công suất vùng bao quanh hệ thống trạm gốc BSS của nó (giả thiết trạm di động có bắt tay).

2- Hệ thống con dịch vụ GWS có thể liên lạc với cổng chính GSM-MSC theo hướng trạm di động đang di chuyển. Trong hệ thống GSM, trạm di động nhận biết các hệ thống trạm gốc quanh nó thông qua việc sử dụng mã nhận dạng BSIC và số kênh điều khiển BCCH. Điều đó thường gặp khó khăn đối với trạm di động để nhận dạng hệ thống trạm gốc phục vụ BSS và hệ thống trạm gốc bao quanh nó.

Giải pháp khắc phục trong trường hợp này là sử dụng thiết bị đầu cuối đa năng, có hai thiết bị thu phát có khả năng liên lạc với hai kênh cùng một thời điểm; tức một kênh cho mạng GSM và một kênh cho mạng vệ tinh. Trong trường hợp này trạm di động có khả năng nhận biết chính xác vị trí thông qua kênh GSM BCCH trong lúc nó vẫn liên lạc với mạng vệ tinh. Có hai thông số trong đoạn tin được truyền bởi kênh GSM BCCH, đó là: nhận dạng vùng vị trí LAI (Location Area

Identification) và nhận dạng ô tế bào CI (cell identification). Hai thông số đó cho phép mạng vệ tinh nhận vị trí chính xác của trạm di động và do đó cả GSM BSS mà trạm di động đang di chuyển. Thực hiện điều đó có yêu cầu là, trạm di động phải thông báo các thông số của nó cho cổng chính trạm con phục vụ GWS của nó ngay khi tuyến báo hiệu giữa chúng được thiết lập trong pha khởi tạo cuộc gọi.

12.3.5.2. Tích hợp tại giao diện A

• Giới thiệu

Ở phương pháp tích hợp tại giao diện A, một cấu trúc tế bào phân lớp có thể xảy ra do sự chồng lấn vùng phủ sóng vệ tinh và vùng phủ sóng mạng mặt đất. Các phần tử của mạng để cung cấp cho cấu trúc hạ tầng của mạng tổng quát cũng được giảm bớt. Vì vậy cần có sự phối hợp điều hành giữa mạng vệ tinh và mạng mặt đất để xác định các chức năng giữa các mạng và phân chia các phần tử chung của mạng.

Phương pháp tích hợp tại giao diện A có một số ưu điểm. Ưu điểm trước tiên dễ nhận thấy là việc phân phối nguồn vô tuyến khá phức tạp một cách tối ưu có thể được thực hiện bằng khai thác mạng với những đặc tính mạng tốt hơn hoặc có thể chuyển dịch tải mạng từ mạng này sang mạng khác.

Đối với một mạng tích hợp S-PCN/GSM thì có thể xem rằng, mạng vệ tinh đóng vai trò phụ trợ để mở rộng vùng phủ sóng mạng mặt đất đến phạm vi toàn cầu. Mạng vệ tinh cũng có thể gánh bớt lưu lượng cho mạng mặt đất trong những thời gian tại đỉnh điểm.

Theo phương pháp tích hợp trung tâm chuyển mạch di động MSC đơn thì việc quản lý vị trí có một vai trò quan trọng liên quan mật thiết đến việc bắt tay giữa các phân đoạn. Có hai phương pháp quản lý vị trí có thể thực hiện, đó là:

- Phương pháp thứ nhất là giả thiết rằng, vùng phủ sóng vệ tinh là một phần của mỗi vùng MSC/VLR. Điều đó có nghĩa là cổng chính hệ thống con GWS được kết nối với nhiều trung tâm chuyển mạch di động MSC thông qua giao diện A và mã LAC đặc trưng cho vùng phủ sóng vệ tinh được định vị. Bởi vì vùng phủ sóng vệ tinh trong trường hợp này được đối xử như các ô tế bào khác trong cùng một vùng MSC/VLR, cho nên việc bắt tay giữa các phân đoạn cũng sẽ được đối xử như việc bắt tay trong một MSC trong một mạng GSM thuần túy.

- Phương pháp thứ hai là giả thiết rằng, vùng phủ sóng vệ tinh chỉ thuộc một MSC/VLR, như vậy cổng chính hệ thống con GWS cũng chỉ kết nối với một trung tâm chuyển mạch di động MSC. Dữ liệu của thiết bị đầu cuối của người sử dụng đa chức năng sẽ được lưu giữ trong thanh ghi VLR của vùng MSC/VLR này. Vì vậy, GWS luôn luôn liên lạc với cùng MSC. Kết quả trong trường hợp này là MSC trong và ngoài đều tồn tại.

Việc đăng ký/cập nhật vị trí trong phương pháp tích hợp tại giao diện A để thực hiện các thủ tục như trên có thể thực hiện được bất cứ lúc nào nếu như người sử dụng có thể truy nhập mạng mặt đất. Điều đó có thể giảm thiểu số lượng báo hiệu trong mạng vệ tinh trong thời gian thực hiện các thủ tục sắp xếp và cập nhật vị trí, tiết kiệm được độ rộng dải tần vệ tinh. Cũng có khả năng là dữ liệu về vị trí do mạng vệ tinh yêu cầu có thể được truy nhập thông qua mạng mặt đất. Vì vậy có

thể có một thủ tục bổ sung trong thiết bị đầu cuối đa chức năng để hoàn thiện phương pháp định vị. Trong một số trường hợp cũng có thể cần đến lưu lượng báo hiệu lớn giữa mạng mặt đất và vệ tinh cũng như một số thay đổi về giao thức báo hiệu GSM.

Trở lại hình 12.8 mô tả sơ đồ khối chức năng mạng tích hợp S-PCN/GSM tại giao diện A nhận thấy rằng, ở đây trung tâm chuyển mạch di động MSC được sử dụng chung cho các hệ thống con vô tuyến của hệ thống mặt đất và mạng vệ tinh. Điều khiển trạm công chính vệ tinh được kết nối với thanh ghi định vị vệ tinh SLR (tức S-HLR và S-VLR) và nó là một cơ sở dữ liệu chỉ giới hạn cho mạng truy nhập vệ tinh. Nó chứa thông tin vị trí của các thiết bị đầu cuối di động chuyển vùng trong một vùng mà do trạm mặt đất cố định FES điều khiển (tương tự với công chính hệ thống con GWS) về một thông tin nào đó đối với thủ tục sắp xếp và cập nhật vị trí. Thông tin trao đổi giữa SLR và FES được hỗ trợ bởi một giao diện tương tự như giao diện B giữa MSC và VLR trong các mạng GSM. Lưu ý rằng, SLR được quản lý duy nhất bởi trạm mặt đất cố định FES và nó không giao diện trực tiếp với các thực thể khác trong mạng GSM. Đoạn tin trao đổi giữa MSC và FES được hỗ trợ bởi giao diện A và giao diện A đó cũng được sử dụng để kết nối báo hiệu giữa MSC và hệ thống trạm gốc BSS trong các mạng GSM. Như vậy, trong phương pháp tích hợp này giao diện A mang thông tin để quản lý BSS/FES, bắt tay cuộc gọi cũng như quản lý vị trí. Vì vậy, trong một mạng GSM thuần túy, các công việc điều hành quản lý di động như cập nhật vị trí được hỗ trợ bởi MSC và các điều hành đó là trong suốt cho đến BSS. Trong các mạng vệ tinh thì trạm mặt đất cố định FES chịu trách nhiệm về các chức năng quản lý di động. Điều đó cũng có nghĩa là các chức năng quản lý di động trong và ngoài được thực hiện ở bên ngoài trung tâm chuyển mạch di động MSC.

• *Bắt tay từ mạng GSM đến mạng vệ tinh sử dụng giao thức GSM*

Có hai phương thức bắt tay, đó là: bắt tay trong phạm vi trung tâm chuyển mạch di động MSC (intra-MSC) và bắt tay giữa các MSC (inter-MSC). Bắt tay kiểu Intra-MSC xuất hiện khi trạm mặt đất cố định FES và trạm gốc phục vụ MS của mạng GSM được kết nối với một trung tâm chuyển mạch di động MSC chung; còn bắt tay kiểu Inter-MSC xuất hiện khi trạm gốc phục vụ BS của mạng GSM được kết nối đến một MSC mà trạm MSC đó khác với MSC của trạm FES đích.

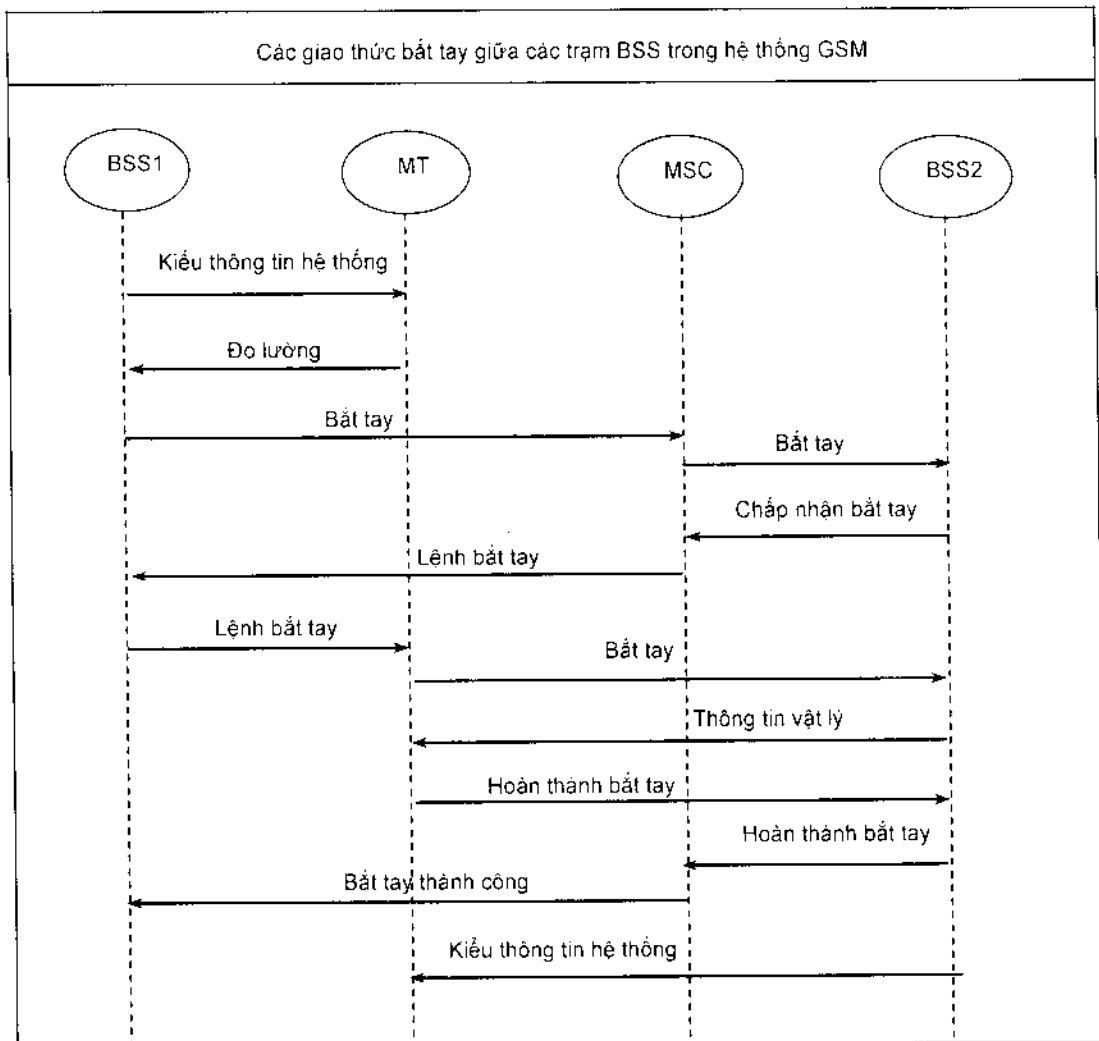
① *Bắt tay kiểu Intra-MSC*

Bắt tay theo kiểu Intra-MSC trong mạng tích hợp S-PCN/GSM giống như kiểu bắt tay giữa các hệ thống trạm gốc BSS trong một mạng GSM thuần túy. Kiểu bắt tay này chỉ sử dụng giao diện A. Báo hiệu trong giao diện A sử dụng hệ thống báo hiệu số 7 với SCCP, BSSMAP và DTAP và phần lớn báo hiệu là đến và từ một thiết bị di động có mạng DTAP. Đối với kiểu bắt tay Intra-MSC thì giao thức báo hiệu sẽ được thay đổi là phản ứng dụng chuyển tải trực tiếp DTAP được thay thế bởi phản ứng dụng di động hệ thống trạm gốc BSSMAP. Hình 12.12 mô tả quá trình trao đổi báo hiệu của kiểu bắt tay này trong một mạng GSM.

Tuy nhiên để giao thức đó có thể thích hợp với một mạng tích hợp S-PCN/GSM thì cần phân tích sâu hơn quá trình từ khi quản lý nguồn lưu lượng trong mạng vệ tinh có gì khác biệt với mạng GSM. Trong mạng GSM hệ thống trạm gốc giống nhau có trách nhiệm quản lý các nguồn lưu

lượng và các chức năng định tuyến cuộc gọi. Còn trong mạng vệ tinh thì hai chức năng đó có thể được thực hiện bởi hai trạm mặt đất cố định khác nhau mà chúng có thể không nằm trong một vị trí vật lý giống nhau. Đối với trạm FES thực hiện cả hai chức năng thì nó được phối hợp cả hai chức năng của GWS và GMSC; trong lúc đó trạm cố định mặt đất FES không thực hiện các chức năng quản lý nguồn lưu lượng. Để phân biệt sau đây sử dụng ký hiệu "FES/c".

Thích nghi với các giao thức bắt tay giữa các hệ thống trạm gốc BSS, việc bắt tay trong hệ thống Intra-MSC giữa mạng mặt đất và mạng vệ tinh có thể có hai tùy chọn với giả thiết là trạm mặt đất FES có liên quan đến việc định vị nguồn lưu lượng (FES/c) là không có sự phối hợp định vị với trạm mặt đất FES mà cuộc gọi tới.

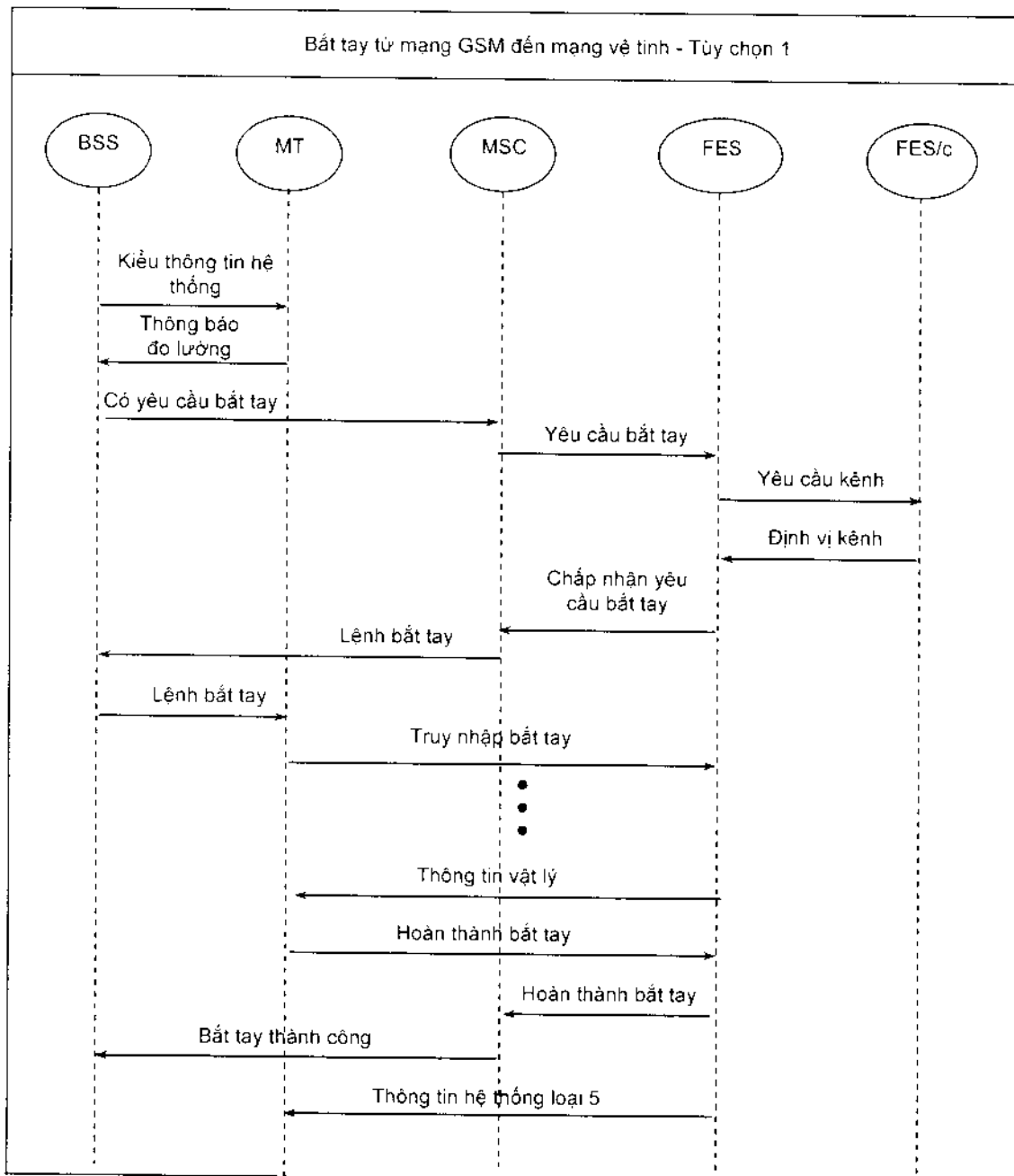


Hình 12.12: Giao thức bắt tay giữa các hệ thống trạm gốc BSS trong mạng GSM

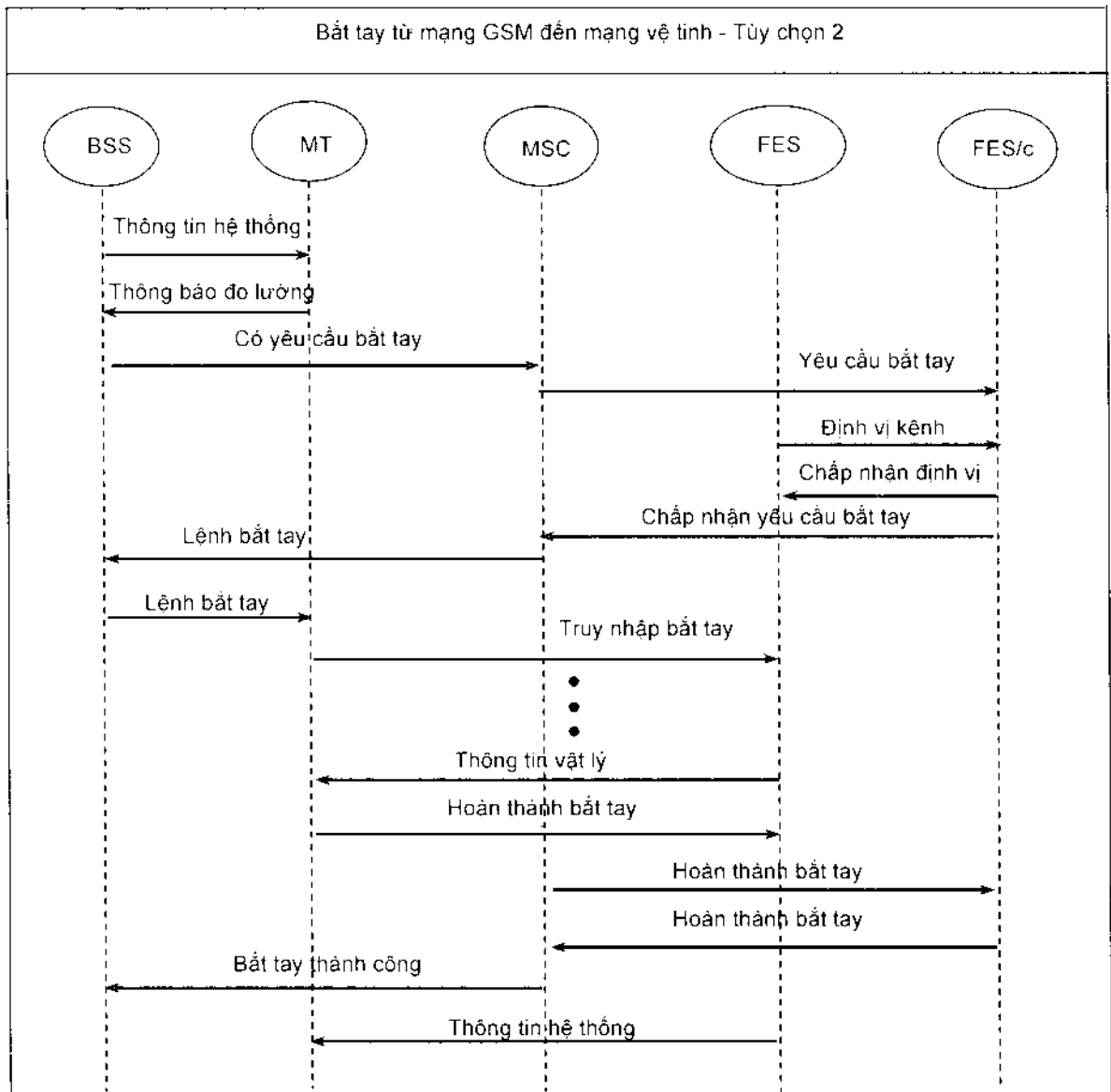
- Tùy chọn thứ nhất giả thiết rằng trung tâm chuyển mạch di động MSC có nhiệm vụ định vị trạm FES thích hợp để trực tiếp trao đổi bắt tay và báo hiệu giữa MSC và FES đối với yêu cầu bắt tay. Lúc nhận được đoạn tin yêu cầu bắt tay thì trung tâm chuyển mạch di động MSC trao đổi tín

hiệu với trạm mặt đất FES/c để định vị kênh lưu lượng. Dòng báo hiệu đối với tùy chọn này được mô tả ở hình 12.13.

- Tùy chọn thứ hai là giả thiết rằng, trạm cố định FES/c có trách nhiệm đối với việc định vị có nhiều tương đồng đối với trạm cố định FES để bắt tay. Do đó, trung tâm chuyển mạch di động MSC sẽ gửi một đoạn tin yêu cầu bắt tay trực tiếp đến trạm cố định FES/c và sau đó trao đổi báo hiệu được thực hiện giữa FES và FES/c để định vị kênh lưu lượng. Hình 12.14 mô tả quá trình báo hiệu của tùy chọn này.



Hình 12.13: Mô tả quá trình bắt tay từ mạng GSM đến mạng vệ tinh theo phương pháp tích hợp tại giao diện A - Tùy chọn 1



Hình 12.14: Mô tả quá trình bắt tay từ mạng GSM đến mạng GSM đối với phương pháp tích hợp tại giao diện A - Tùy chọn 2

⊕ Bắt tay kiểu Inter-MSC

Bắt tay kiểu Inter-MSC trong một mạng GSM thuần túy có liên quan đến việc bắt tay các cuộc gọi giữa các hệ thống trạm gốc thuộc các trung tâm chuyển mạch di động MSC khác nhau. Các giao diện của nó có thể theo kiểu bắt tay A, B hoặc E. Việc báo hiệu ở các giao diện B và E sử dụng tín hiệu báo hiệu SSN7 với MTP, SCAP và MAP. Các thay đổi giao thức báo hiệu là ở phần ứng dụng di động MAP và phần ứng dụng khả năng thực hiện TCAP. Quá trình báo hiệu của dạng bắt tay này trong một mạng GSM thuần túy đã được mô tả ở hình 12.9. Như vậy, nếu ứng dụng các giao thức báo hiệu như ở hình 12.9 thì ở đây phải tính đến yếu tố là mạng vệ tinh S-PCN và mạng GSM sử dụng một trung tâm chuyển mạch di động chung MSC.

Điều đó có tác động trực tiếp đến đoạn tin thông báo đo lường trong đó chứa các thông tin về cường độ tín hiệu thu được từ các ô tế bào lân cận. Vì vậy, các thay đổi trong các đoạn tin "có yêu cầu bắt tay" và "yêu cầu bắt tay" cần phải tính đến. Sau đây là các thay đổi cần thiết trong các đoạn tin đó:

- Thay đổi trong đoạn tin thông báo đo lường.

Đoạn tin thông báo đo lường được gửi từ thiết bị di động MT đến hệ thống trạm gốc phục vụ BSS. Nó chứa các thông tin về chất lượng tín hiệu nhận được từ hệ thống trạm gốc phục vụ BSS cũng như các thông tin từ các ô tế bào lân cận. Khuôn dạng của đoạn tin này được mô tả trong bảng 12.7.

Bảng 12.7: Khuôn dạng đoạn tin thông báo đo lường

Các phần tử thông tin	Độ dài
Phân biệt giao thức	2
Nhận dạng thực hiện	2
Kiểu đoạn tin	2
Kết quả đo lường	16

Trong một mạng di động GSM thuần túy thì trường "các kết quả đo lường" chứa các thông tin đối với mỗi ô tế bào lân cận có liên quan đến mã nhận dạng trạm gốc (BSIC), cường độ và chất lượng tín hiệu đo được. Ô đích được nhận dạng bởi hệ thống trạm gốc BSS dựa vào sóng mang kênh điều khiển quảng bá BCCH và việc sử dụng mã nhận dạng trạm gốc BSIC sẽ cho kết quả không chính xác bởi vì có nhiều ô tế bào có cùng tần số BCCH mà thiết bị đầu cuối MT sẽ thu được. Mã nhận dạng trạm gốc BSIC có 3 bit mã màu PLMN và 3 bit mã màu trạm gốc (BCC). Ở phương pháp tích hợp MSC đơn thì thông báo đo lường chứa thông tin về địa chỉ của trạm cố định FES đích cùng với thông tin về số của vệ tinh và số của búp phù sóng của vệ tinh. Có một mã BSIC dành riêng cho mạng vệ tinh. Mã này có thể thay thế nhận dạng vùng định vị LAI như đã giới thiệu ở các mục trước. Như vậy, số của sóng mang BCCH sẽ nhận dạng số của sóng mang BCCH trong búp phù sóng của vệ tinh. Phụ thuộc vào số lượng các sóng mang được phân phối trong mạng vệ tinh mà trường BCCH có thể được mở rộng.

- Thay đổi trong đoạn tin "có yêu cầu bắt tay"

Sau khi nhận được đoạn tin "thông báo đo lường" từ trạm di động MT, hệ thống trạm gốc BSS khởi đầu quá trình bắt tay bằng cách gửi một đoạn tin "yêu cầu bắt tay" đến trung tâm chuyển mạch di động phục vụ MSC. Khuôn dạng của đoạn tin này như giới thiệu ở bảng 12.6. Theo phương pháp tích hợp MSC đơn thì trường "bảng nhận dạng ô tế bào" trong đoạn tin sẽ bao gồm phần nhận dạng đối với mạng vệ tinh. Ở đây cũng sẽ có các thay đổi tương tự như đã giới thiệu ở trên về đoạn tin "có yêu cầu bắt tay" trong trường hợp bắt tay từ một búp phù sóng vệ tinh đến một ô tế bào mạng GSM.

- Thay đổi trong đoạn tin "yêu cầu bắt tay"

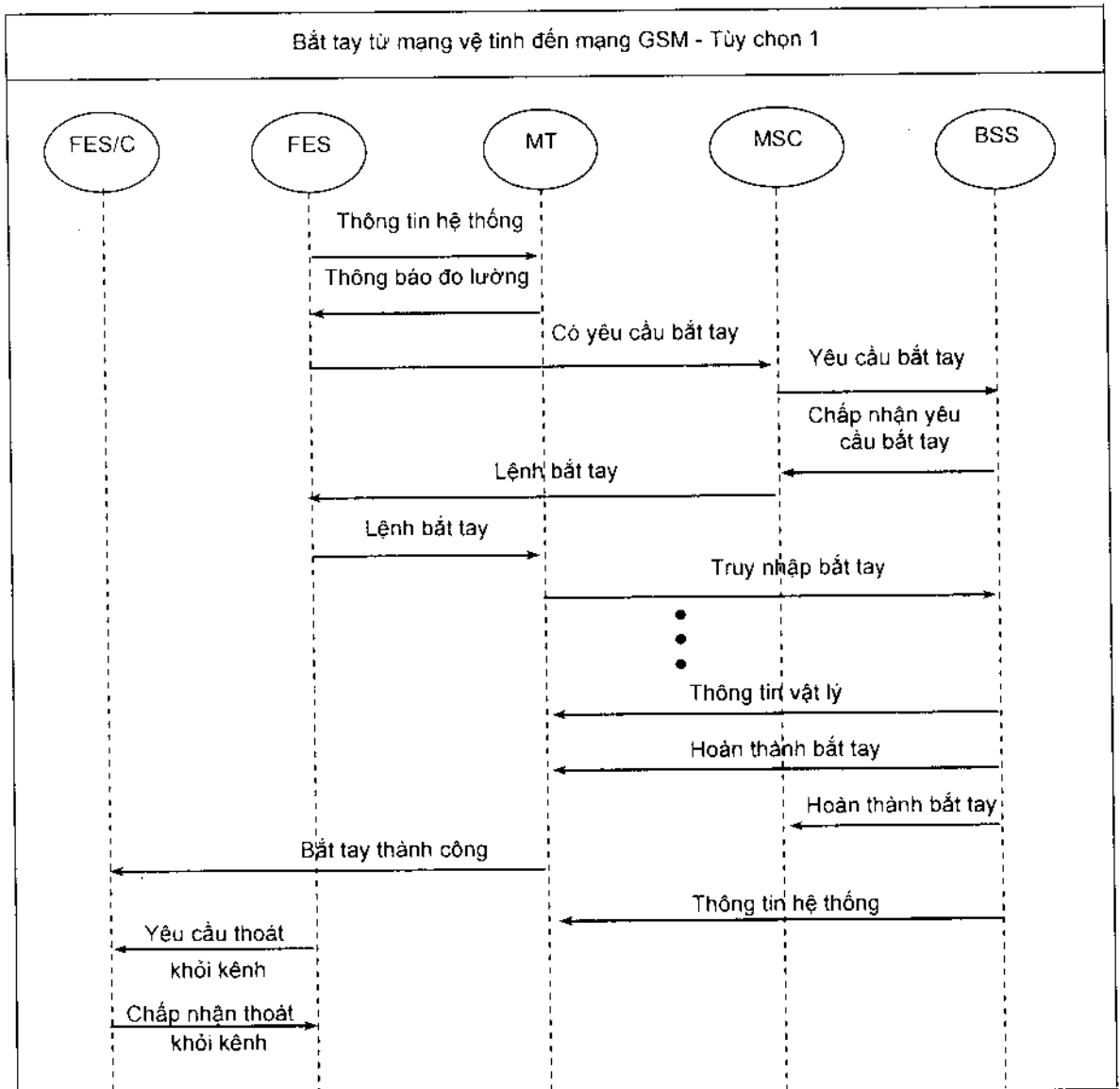
Đoạn tin "yêu cầu bắt tay" là đoạn tin gửi từ trung tâm chuyển mạch di động mới MSC đến trạm mặt đất cố định FES.

Khuôn dạng và các thay đổi trong đoạn tin này để phù hợp với mạng vệ tinh giống như đã giới thiệu trong mục "tích hợp tại mức giao diện E" ở mục trước.

- Thay đổi trong đoạn tin "chấp nhận yêu cầu bắt tay"

Các thay đổi để đoạn tin "chấp nhận yêu cầu bắt tay" đối với mạng vệ tinh ở đây cũng giống như phần giới thiệu ở tích hợp tại mức giao diện E.

Theo kiểu bắt tay này thì hệ thống trạm gốc BSS chính là trạm mặt đất cố định. Ở đây cũng có hai phương pháp bắt tay, đó là: bắt tay trong phạm vi quản lý của trung tâm chuyển mạch di động (intra-MSC) và bắt tay giữa các trung tâm chuyển mạch di động (inter-MSC).



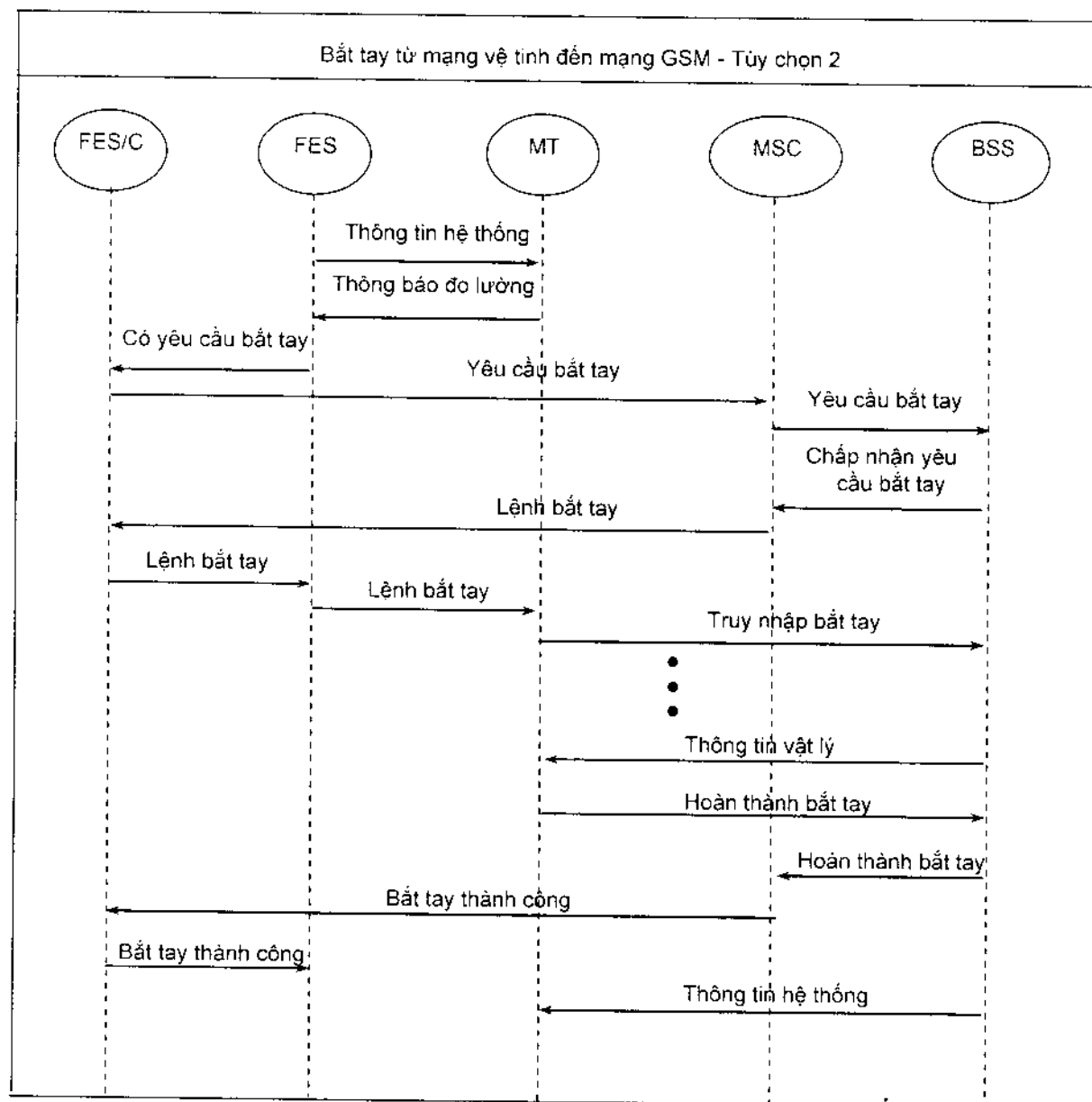
Hình 12.15: Mô tả quá trình báo hiệu bắt tay từ mạng vệ tinh đến mạng GSM - Tùy chọn 1

- Bắt tay từ một búp phũ sóng vệ tinh đến một ô tế bào GSM sử dụng giao thức GSM
- Bắt tay Intra-MSC

Việc xử lý của phương pháp bắt tay Intra-MSD cũng giống như ở phương pháp bắt tay từ một ô tế bào GSM đến một búp phủ sóng vệ tinh. Có hai tùy chọn cho việc báo hiệu, đó là:

+ Tùy chọn thứ nhất giả thiết rằng trung tâm chuyển mạch di động MSD chung sẽ lựa chọn một trạm mặt đất cố định thích hợp để bắt tay.

+ Tùy chọn thứ hai giả thiết rằng trung tâm chuyển mạch di động chung liên lạc trực tiếp với trạm mặt đất cố định FES/c để cho một FES thích hợp bắt tay. Hình 12.15 và 12.16 mô tả quá trình báo hiệu của hai tùy chọn bắt tay trên.



Hình 12.16: Mô tả quá trình báo hiệu bắt tay từ mạng vệ tinh đến mạng GSM - Tùy chọn 2

- Bắt tay Inter-MSD

Quá trình báo hiệu đối với kiểu bắt tay Inter-MSD cũng giống như kiểu bắt tay được mô tả ở hình 12.13. Ở đây trạm mặt đất cố định FES có thể xác định nhận dạng tổng quan ô tế bào (CGI) của ô tế bào đích mạng GSM từ đoạn tin đo lường. Như vậy, các thay đổi trong khuôn dạng đoạn tin sẽ được tập trung ở việc nhận dạng ô tế bào mặt đất mà từ đó có thể nhận biết mạng vệ tinh và ngược lại như ở các mục trước đã giới thiệu.

12.3.6. Tác động của các phương pháp tích hợp đến quản lý vị trí

12.3.6.1. Giới thiệu chung

Việc quản lý vị trí chủ yếu gồm hai thủ tục, đó là thủ tục cập nhật vị trí và thủ tục phân phối cuộc gọi. Trong một mạng tích hợp vệ tinh và mặt đất thì các thủ tục ứng dụng trong mạng mặt đất cần phải có một số thay đổi để cho phù hợp với các đòi hỏi về phía mạng vệ tinh. Trong mạng mặt đất thì việc cập nhật vị trí chủ yếu dựa vào chất lượng cường độ tín hiệu, mặc dù còn có các thông số khác cũng được sử dụng cho các mục đích quản lý ví dụ như việc phân phối tải giữa các ô tế bào lân cận. Mỗi khi thủ tục cập nhật vị trí khởi động thì việc lựa chọn một hệ thống trạm gốc thích hợp cũng như vùng vị trí được hình thành.

Trong một mạng tích hợp S-PCN/GSM thì việc định nghĩa vùng vị trí để cho phù hợp với mạng GSM có một số phương pháp tiếp cận khác nhau. Hai trong số các phương pháp tiếp cận được nhiều người quan tâm đó là:

1. Vùng phủ sóng đảm bảo

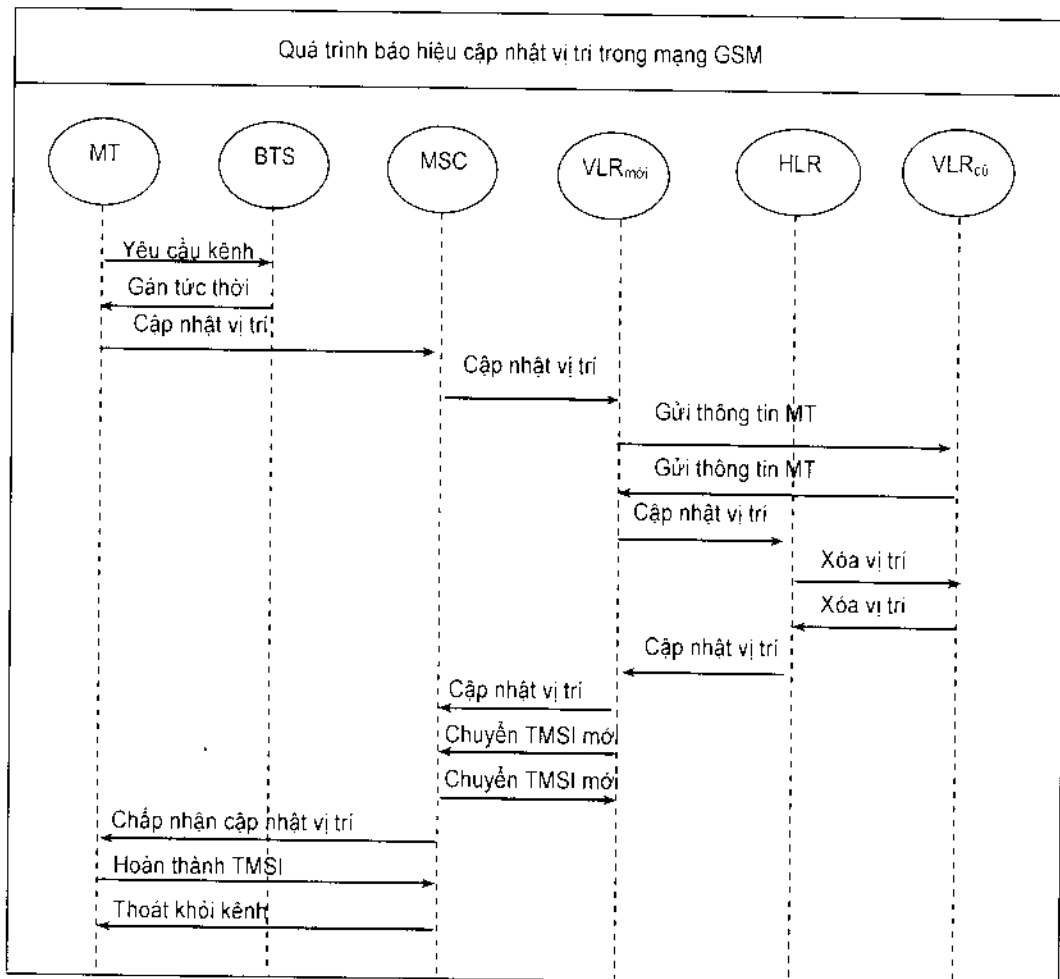
Phương pháp tiếp cận này xác định vùng do trạm mặt đất cố định FES phục vụ là tất cả mọi thời điểm. Ở đây cũng có hai khả năng: khả năng thứ nhất giả thiết rằng vùng FES có thể được phân biệt bằng cách giám sát các kênh điều khiển quảng bá BCCH theo búp phủ sóng. Khả năng này cũng tương tự như được thực hiện trong mạng GSM và chỉ cần thay đổi chút ít giao thức GSM theo đó mã vùng định vị LAC sẽ được thay thế bởi mã vùng FES. Khả năng thứ hai yêu cầu mạng phải có khả năng xác định vị trí của thiết bị đầu cuối tại FES bằng cách độ lệch Doppler và độ trễ truyền sóng giữa thiết bị đầu cuối MT và trạm mặt đất cố định FES. Phương pháp này giả thiết rằng thiết bị đầu cuối nhìn thấy hai vệ tinh ở tất cả mọi thời điểm và ở đây cũng cần có một số thay đổi nhiều hơn về giao thức GSM.

2. Dựa vào vị trí thiết bị đầu cuối

Phương pháp tiếp cận dựa vào thiết bị đầu cuối giả thiết rằng một thiết bị đầu cuối có khả năng tính toán vị trí của nó bằng cách sử dụng tín hiệu được truyền từ chùm các vệ tinh. Một bán kính không chắc chắn R_u (uncertainty radius) xuất phát từ vị trí MT ước chừng được thiết lập cho mỗi thiết bị đầu cuối MT. Vùng vị trí sau đó sẽ được xác định bởi vòng tròn tạo thành bởi quỹ tích các bán kính ước đoán trong đó thiết bị đầu cuối MT là tự do di chuyển. Thiết bị đầu cuối MT do vị trí của nó một cách chu kỳ và nếu phát hiện có sự khác biệt giữa vị trí hiện tại và vị trí được đo trước là lớn hơn giá trị R_u thì một cập nhật vị trí được thực hiện. Phương pháp này yêu cầu có nhiều thay đổi về giao thức GSM.

12.3.6.2. Quá trình báo hiệu cập nhật vị trí trong mạng GSM

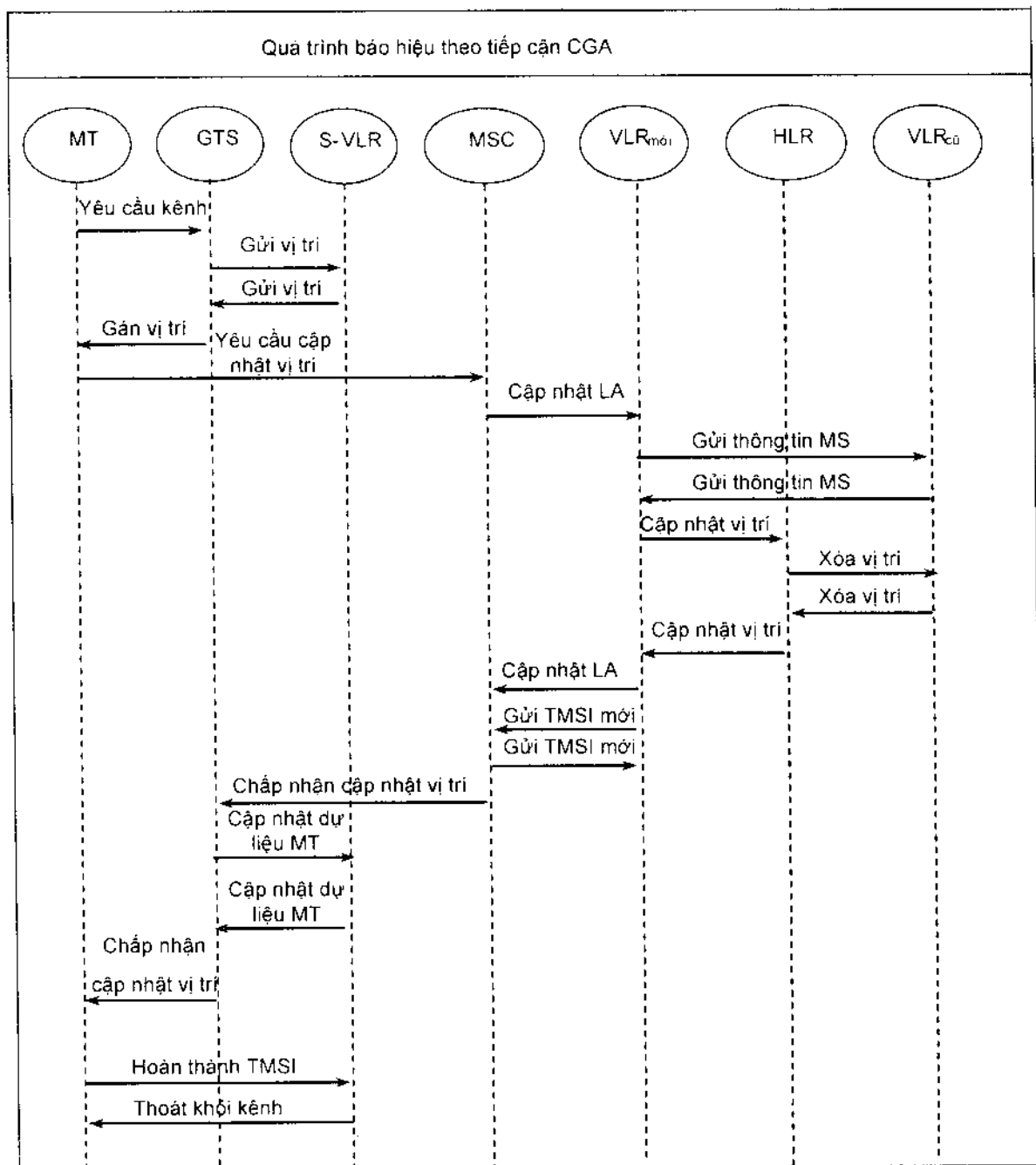
Trong mạng GSM các thủ tục cập nhật vị trí chủ yếu liên quan đến trung tâm chuyển mạch di động MSC và thanh ghi VLR; sự liên quan đến thanh ghi HLR là rất ít. Hình 12.17 mô tả các quá trình trao đổi báo hiệu cập nhật vị trí khi mà các vùng vị trí cũ và mới không thuộc cùng chung MSC/VLR. Một khi nhận được từ thiết bị đầu cuối MT đoạn tin cập nhật vị trí trong đó chứa nhận dạng thuê bao di động tạm thời (TMSI) và nhận dạng vùng vị trí (LAI) của thiết bị đầu cuối MT thì trạm gốc BS chuyển đổi đoạn tin theo khuôn dạng giao thức DTAP và chuyển cho trung tâm chuyển mạch di động phục vụ MSC. Điều đó cho phép MSC nhận dạng được vùng định vị (LA) mới của thiết bị di động MT. Khi mà MSC nhận dạng được LA mới và nhận được LAI cũ thì việc cập nhật vị trí trong mạng sau đó có thể thực hiện. Khi nhận được đoạn tin cập nhật vùng vị trí LA từ trung tâm chuyển mạch di động MSC thì thanh ghi VLR ghi lại nhận dạng vùng vị trí mới LAI của thiết bị di động MT và liên lạc với thanh ghi VLR cũ bằng cách sử dụng nhận dạng thuê bao di động tạm thời TMSI để khôi phục lại xác thực và mã hóa đã được lưu giữ trong VLR cũ. VLR mới cũng sẽ liên lạc với thanh ghi HLR để cập nhật số VLR. Thanh ghi HLR lúc đó sẽ thông báo cho VLR cũ biết để xóa tất cả dữ liệu có liên quan đến thiết bị di động MT. Nhận dạng TMSI mới sau đó được phân phối cho thiết bị di động MT.



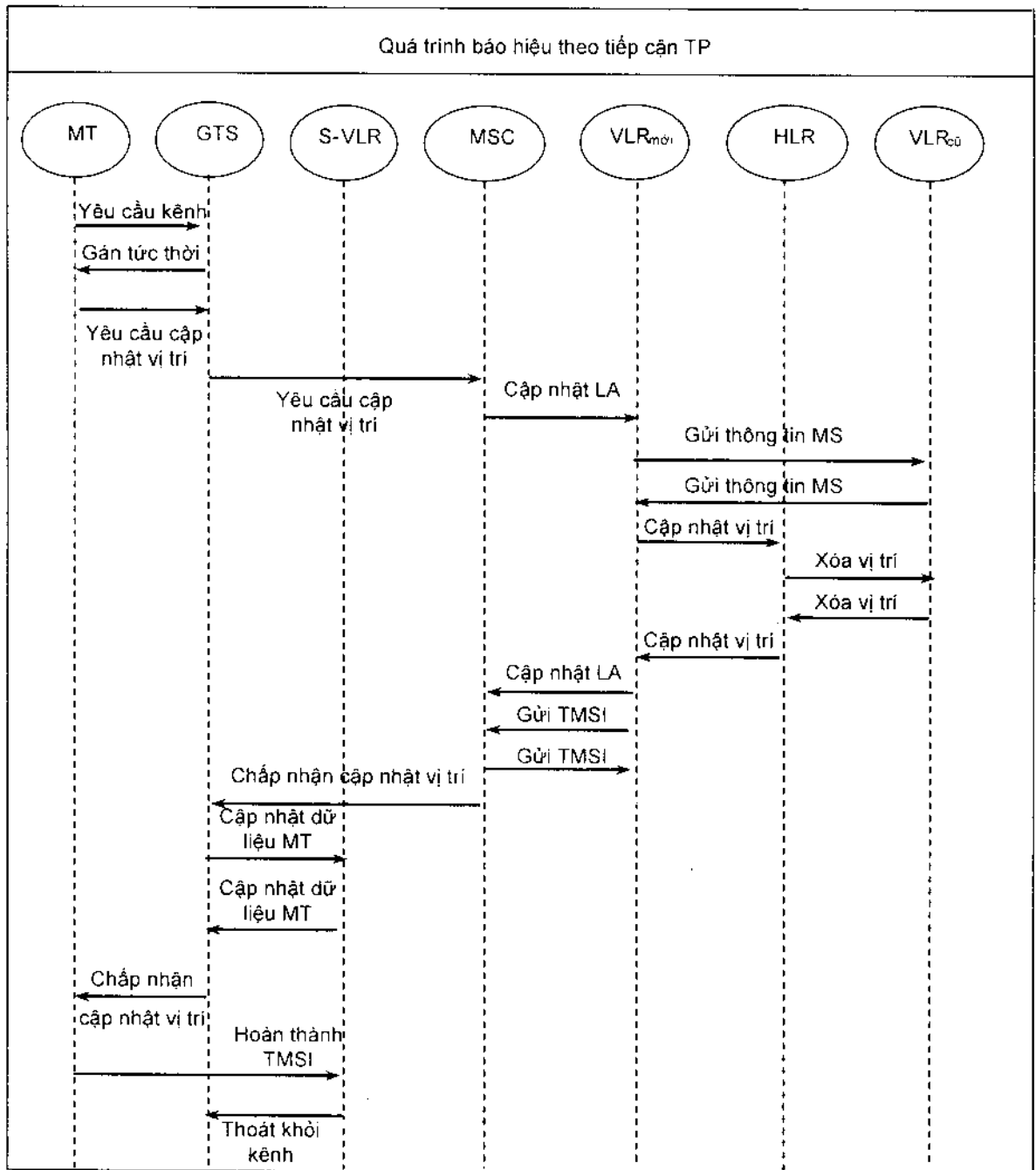
Hình 12.17: Mô tả quá trình báo hiệu cập nhật vị trí trong mạng GSM

12.3.6.3. Quá trình báo hiệu đối với cập nhật vị trí trong mạng S-PCN

Trong một mạng thông tin di động S-PCN có hai cách tiếp cận để thực hiện việc cập nhật vị trí. Đó là tiếp cận theo phương pháp vùng phủ sóng đảm bảo GCA (Guaranteed Coverage Area) và tiếp cận theo phương pháp vị trí thiết bị đầu cuối TP (Terminal Position). Hình 12.18 và 12.19 mô tả quá trình báo hiệu đối với cập nhật vị trí của hai phương pháp tiếp cận GCA và TP.



Hình 2.1: Mô tả quá trình báo hiệu cập nhật vị trí theo phương pháp CGA trong mạng thông tin di động vệ tinh S-PCN



Hình 2.19: Mô tả quá trình báo hiệu cập nhật vị trí theo phương pháp TP trong mạng thông tin di động vệ tinh S-PCN

Quá trình báo hiệu cập nhật vị trí theo phương pháp tiếp cận GCA như sau. Thiết bị đầu cuối MT theo chu kỳ gửi một yêu cầu đến mạng thông qua đoạn tin "yêu cầu kênh" đối với thông tin vị trí của nó. Đoạn tin này có thể sử dụng khuôn dạng GSM hoặc có thể sử dụng một khuôn dạng khác. Từ đó trạm cố định mặt đất FES có khả năng xác định vị trí của thiết bị đầu cuối MT và sẽ quyết định xem MT có chuyển vùng bên trong vùng định vị được điều khiển hay không. Nếu như MT là nằm trong vùng FES SLA và đã được đăng ký thì việc cập nhật vị trí là không cần thiết; FES

chỉ gửi một đoạn tin "trả lời chấp nhận" đến MT thôi. Nếu như FES nhận thấy rằng việc cập nhật là cần thiết thì lúc đó gửi cho MT một đoạn tin "gán tức thời" để báo cho MT bắt đầu thủ tục cập nhật vị trí. MT sau đó gửi một đoạn tin "yêu cầu cập nhật vị trí" cho MSC đã được liên kết kết nối với FES. Phần còn lại của quá trình cập nhật vị trí được tiếp tục theo quá trình.

Quá trình báo hiệu cập nhật vị trí theo phương pháp tiếp cận TP như sau. Bản thân thiết bị đầu cuối MT đo vị trí của nó và so sánh vị trí hiện tại với một vị trí đo được trước đó. Khi MT phát hiện thấy rằng, việc cập nhật vị trí là cần thiết thì nó yêu cầu một kênh điều khiển được phân phối bằng cách gửi một đoạn tin "yêu cầu kênh" đến các trạm cố định FES thích hợp. FES phân phối một kênh điều khiển cho MT bằng cách gửi một đoạn tin "gán tức thời". MT sau đó gửi đoạn tin "yêu cầu cập nhật vị trí" đến FES báo vị trí của nó và mã của FES. Mã FES có thể xem như một bộ phận bổ sung của mã GSM LAC. FES ghi lại dữ liệu vị trí của MT trong thanh ghi SLR và chuyển đoạn tin chỉ chứa mã FES cho MSC liên quan. Theo cách tiếp cận này thì việc bắt đầu thủ tục cập nhật vị trí không trong suốt đến FES.

12.3.6.4. Quá trình báo hiệu đối với cập nhật vị trí trong mạng tích hợp S-PCN/GSM

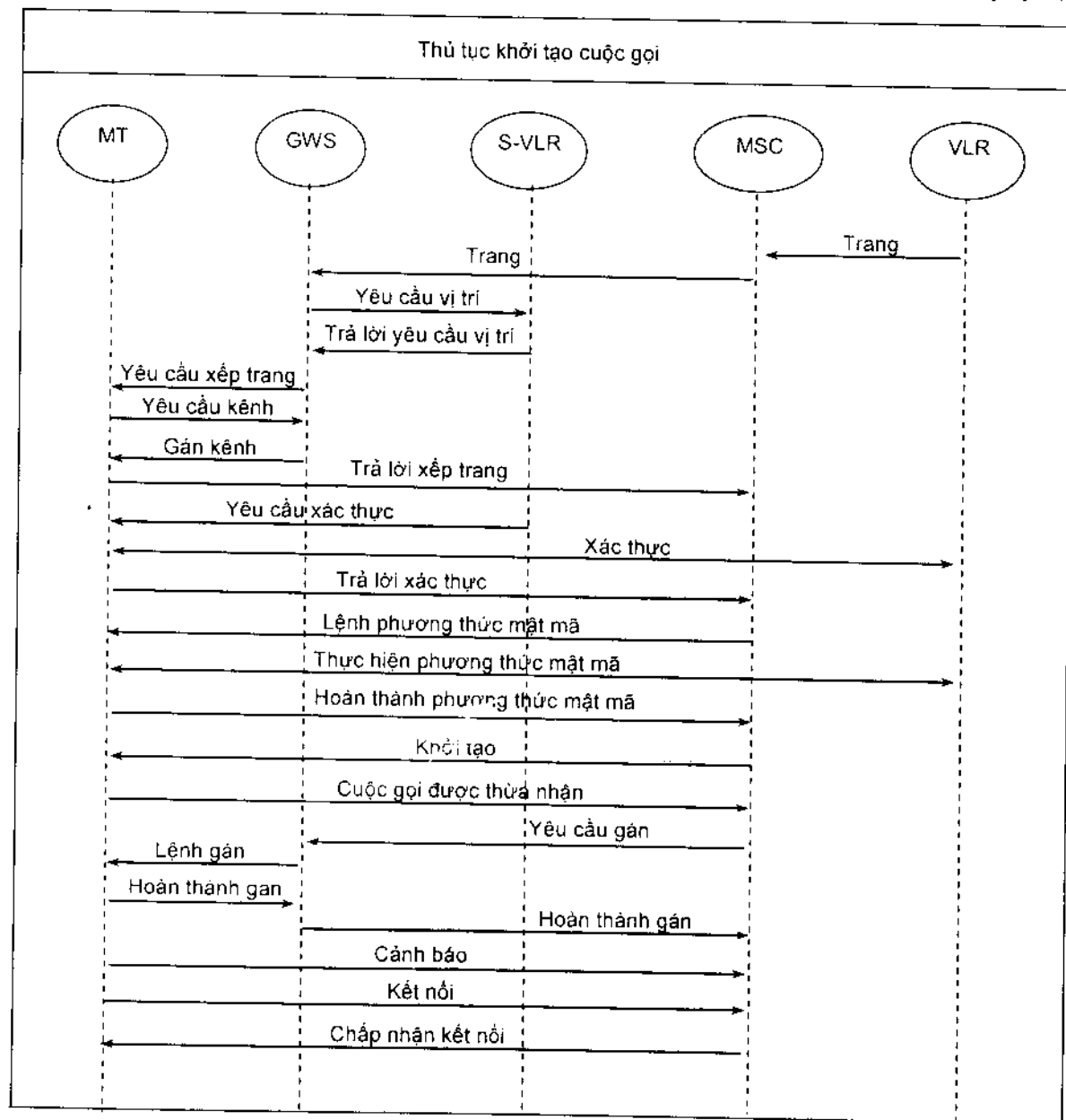
Các thủ tục cập nhật vị trí trong một mạng tích hợp S-PCN/GSM có thể sử dụng phương pháp tiếp cận CGA hoặc TP để xác định vùng định vị vệ tinh SLA. Khi sử dụng quá trình báo hiệu mô tả ở hình 4.18 và 4.19 thì ở đây sẽ có thay đổi chút ít do các thông tin vùng vị trí của mạng vệ tinh và mạng mặt đất có khác nhau.

Trong trường hợp từ mạng GSM cập nhật vị trí mạng vệ tinh, nếu như nhận thấy việc cập nhật là cần thiết và MT quyết định chọn một nguồn vệ tinh thì nó sẽ bắt đầu thủ tục cập nhật với mạng vệ tinh bằng cách gửi đoạn tin "yêu cầu cập nhật vị trí" trong đó chứa nhận dạng GSM LAI đến trạm mặt đất cố định FES. Trạm FES sau đó liên lạc với trung tâm chuyển mạch di động liên quan MSC và gửi cho MSC đoạn tin "yêu cầu cập nhật vị trí". Nếu như MSC liên hệ đó là khác với vùng định vị GSM đang điều khiển thì thanh ghi VLR mới khôi phục lại thông tin có quan hệ với MT từ thanh ghi VLR cũ. Thanh ghi thường trú HLR sẽ cập nhật vị trí di động và yêu cầu thanh ghi VLR cũ xóa dữ liệu có liên quan đến MT. Như vậy, nếu như MSC mới cũng giống như MSC cũ (nghĩa là trường hợp intra-MSC) thì không cần phải cập nhật vị trí vào thanh ghi HLR. Các quá trình báo hiệu khác không thay đổi gì.

Trong trường hợp việc cập nhật vị trí là từ mạng vệ tinh đến mạng GSM thì MT được ghi nhớ với cả hai cơ sở dữ liệu mặt đất (thanh ghi HLR và thanh ghi VLR) và cơ sở dữ liệu vệ tinh (thanh ghi SLR). Trong trường hợp này SIM card và thanh ghi VLR nhớ mã của FES mà ở đó MT sẽ chuyển vùng. Một khi nguồn GSM có hiệu lực thì MT chọn kênh BCCH và so sánh nó với mã LAC nhận được cùng với mã FES đã được lưu giữ. Ở đây cũng có thể MT khởi đầu một thủ tục cập nhật vị trí bằng cách gửi một đoạn tin "yêu cầu cập nhật vị trí" trong đó chứa mã FES để nhận dạng thanh ghi VLR cũ. Trạm gốc GSM sau đó thiết lập kết nối với trung tâm chuyển mạch di động MSC liên hệ. Thanh ghi VLR sẽ xóa tất cả thông tin quan hệ với MT và HLR đã được cập nhật. Lúc mà nhận dạng TMSI mới được phân phối cho MT thì sau kênh vệ tinh được giải phóng. Trạm mặt đất cố định FES sau đó xóa dữ liệu MT chứa trong thanh ghi SLR khi thời gian thực hiện kết thúc.

12.3.7. Tác động của phương pháp tích hợp đến thủ tục khởi tạo cuộc gọi

Lại một lần nữa, ở đây giả thiết rằng thủ tục khởi tạo cuộc gọi của mạng GSM được sử dụng như là cơ sở cho mạng tích hợp S-PCN/GSM. Giả thiết là MT đã được mạng vệ tinh ghi nhớ và một cuộc gọi đến thiết bị đầu cuối MT yêu cầu mạng phải nhận dạng vị trí của MT, địa chỉ định tuyến của nó là số chuyển vùng thiết bị di động (MTRN: Mobile Terminal Roaming Number) mà chúng có thể do thanh ghi thường trú HLR cung cấp. Để thực hiện điều đó, thì cuộc gọi phải đến được đến một cổng chính MSC (tức GMSC). Khi nhận được thông báo cuộc gọi đến thì cổng chính GMSC hỏi thanh ghi HLR về MTRN của thiết bị đầu cuối MT được gọi. Thanh ghi HLR quay lại



Hình 12.20 : Mô tả quá trình báo hiệu đối với thủ tục khởi tạo cuộc gọi trong mạng tích hợp S-PCN/GSM

hỏi thanh ghi VLR xem thiết bị di động có được lưu giữ về MTRN. Bằng cách sử dụng MTRN, công chính GMSC có khả năng định tuyến cuộc gọi đến trung tâm chuyển mạch di động MSC vắng lai và sau đó yêu cầu VLR cung cấp thông tin có liên quan đến MT. Thanh ghi VLR thừa nhận trung tâm chuyển mạch di động MSC bằng cách gửi các thông tin liên quan đến MT và bắt đầu gọi dịch vụ theo trình tự. Quá trình báo hiệu đối với thủ tục khởi tạo cuộc gọi được mô tả ở hình 12.20.

Khi khởi tạo một dịch vụ sắp xếp trang thì trung tâm chuyển mạch di động MSC có nhiệm vụ nhận dạng chính xác vùng vị trí trong đó thiết bị di động đang chuyển vùng. Nếu như thiết bị di động MT mới khởi đầu đăng ký với mạng vệ tinh thì trong phần nhận dạng vùng vị trí có chứa mã của trạm mặt đất cố định FES. Sau đó trung tâm MSC sẽ liên lạc với FES để chuyển cho FES đoạn tin sắp xếp trang. Trạm mặt đất cố định FES sau đó hỏi thanh ghi S-VLR về dữ liệu vị trí của MT để xếp trang cho thiết bị di động.

Theo phương pháp tiếp cận vị trí thiết bị đầu cuối (TP) thì thiết bị đầu cuối MT có thể được phủ sóng bởi nhiều búp phủ sóng vệ tinh thuộc các vệ tinh khác nhau và được điều khiển bởi các trạm mặt đất cố định FES khác nhau. Điều đó dẫn đến yêu cầu có nhiều chức năng chuyển mạch được cài đặt trong các trạm mặt đất cố định FES.

Sau việc quảng bá đoạn tin "yêu cầu xếp trang" là các đoạn tin "yêu cầu kênh" và "gán kênh". Kênh điều khiển sau đó được thiết lập để kết nối thiết bị di động MT với mạng. Thiết bị MT sau đó gửi một đoạn tin "trả lời xếp trang" cho trung tâm chuyển mạch di động MSC và thủ tục khởi tạo cuộc gọi sẽ được tiếp tục như thủ tục cuộc gọi ở mạng GSM.

Ở thủ tục định tuyến cuộc gọi của mạng GSM có yêu cầu là MSC/VLR chỉ một điểm đến một trạm FES để đánh số thiết bị đầu cuối. Yêu cầu đó có thể được đáp ứng một cách dễ dàng nếu như sử dụng phương pháp tiếp cận vùng phủ sóng đảm bảo GCA để thực hiện việc quản lý vị trí thông qua việc phân bổ các trạm mặt đất cố định FES. Theo cách tiếp cận dựa vào vị trí thiết bị đầu cuối thì yêu cầu này có nhiều khó khăn hơn bởi vì vị trí của các thiết bị đầu cuối không bị giới hạn chỉ cho một trạm mặt đất cố định FES. Chính vì vậy mà có nhiều thủ tục trong mạng GSM trong trường hợp này sẽ phải thay đổi cho phù hợp.

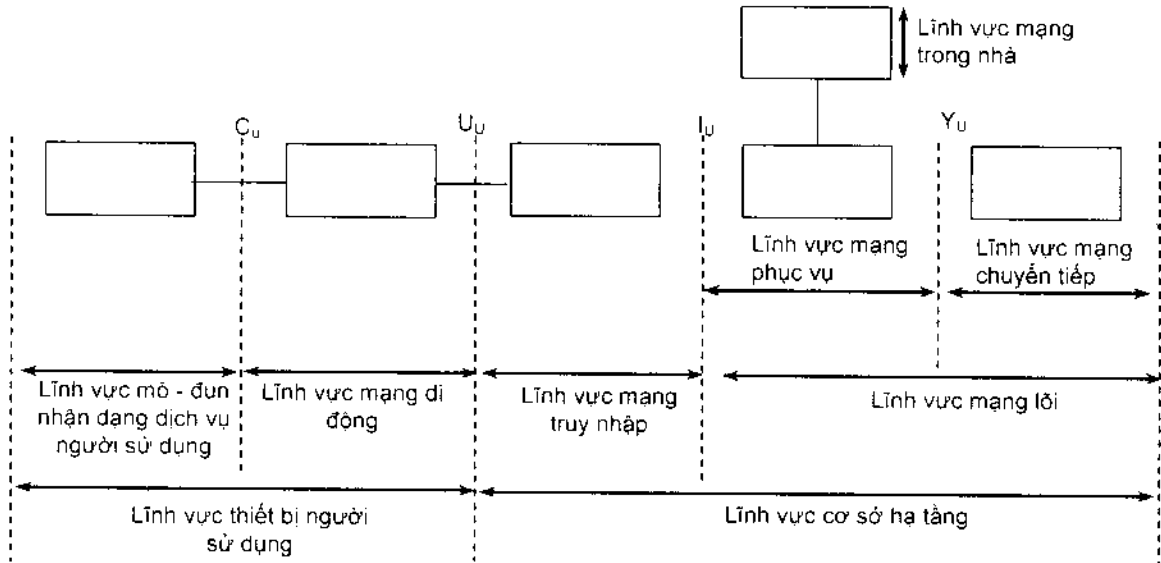
12.4. TÍCH HỢP MẠNG THÔNG TIN DI ĐỘNG VỆ TINH S-PCN VỚI CÁC MẠNG THÔNG TIN DI ĐỘNG MẶT ĐẤT THẾ HỆ BA (3G)

12.4.1. Giới thiệu chung

Biết rằng, hiện nay đang có hai chuẩn đang phát triển ứng dụng cho các hệ thống thông tin di động thế hệ ba (3G), đó là chuẩn IMT-2000 và chuẩn UMTS. Chuẩn viễn thông di động quốc tế IMT-2000 (International Mobile Telecommunication 2000) do Mỹ đề xuất theo chuẩn các hệ thống viễn thông di động trên mặt đất công cộng trong tương lai FPLMTS (Future Public Land Mobile Telecommunication Systems) theo định nghĩa của Liên hiệp Viễn thông quốc tế ITU trong đó bao gồm cả mạng thông tin di động vệ tinh và mặt đất. Chuẩn hệ thống viễn thông di động tổng hợp UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) là chuẩn hệ thống thông tin di động thế hệ ba (3G) của các nước châu Âu. Cả hai chuẩn đó có sự đồng nhất về giao diện với nhau. Hệ thống UMTS cũng bao gồm thành phần vệ tinh và thành phần di động mặt đất. Sau đây sẽ giới thiệu những vấn đề chính có liên quan đến vấn đề tích hợp của UMTS.

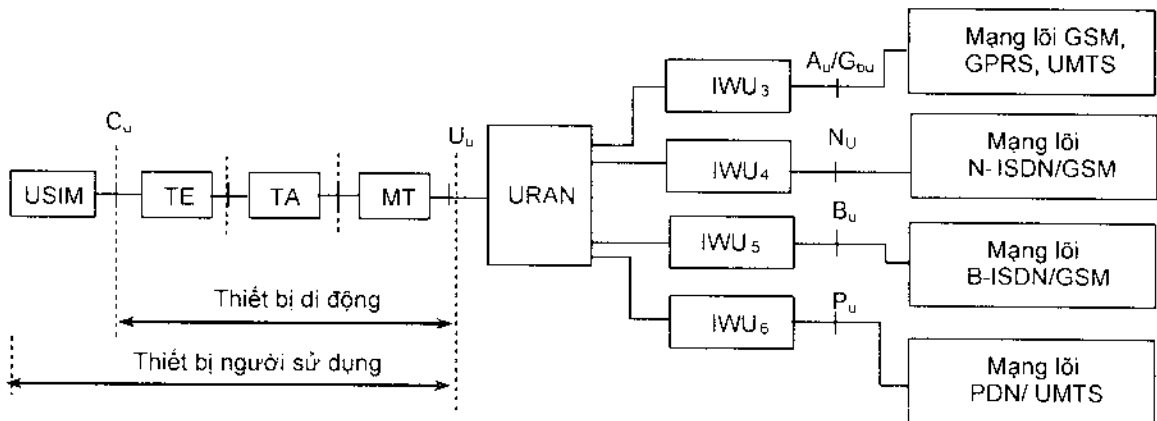
12.4.2. Khái niệm về các đơn vị liên kết

Hệ thống UMTS được xem như là một mạng hội tụ và hợp nhất của mạng di động tế bào, mạng điện thoại vô tuyến, mạng nội hạt không dây và công nghệ vệ tinh. Hình 12.21 mô tả các nhóm thực thể vật lý của hệ thống UMTS.



Hình 12.21: Nhóm các thực thể vật lý của hệ thống UMTS

Hệ thống UMTS được thiết kế tương thích với các hệ thống thông tin di động thế hệ hai (2G). Lưu ý rằng, các mạng di động thế hệ hai (2G) được thiết kế khá độc lập nhau cho nên có nhiều giao diện vô tuyến khác nhau và có nhiều hệ thống không tương thích nhau. Hệ thống UMTS có điểm đặc biệt trong thiết kế là có khả năng tương thích với các mạng hiện hữu. Về nguyên lý cơ bản trong việc phát triển khởi đầu của cấu trúc mạng UMTS là việc sử dụng các đơn vị liên kết để có khả năng giao tiếp với các mạng lõi khác nhau. Hình 12.22 mô tả cấu trúc mạng UMTS của lĩnh vực thiết bị di động và các mạng lõi khác nhau theo bước khởi đầu.



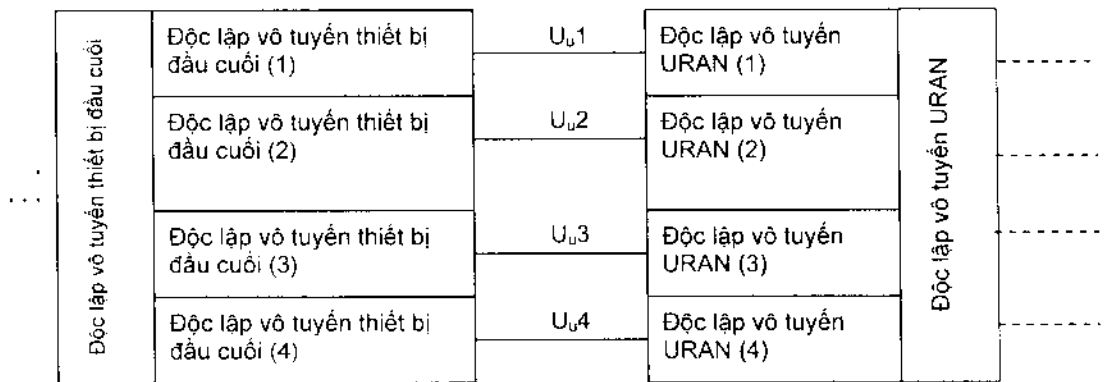
Hình 12.22: Mô tả lĩnh vực thiết bị di động UMTS và các mạng lõi theo bước khởi đầu

Trong hình 12.22, phần thiết bị di động có ba thành phần con, đó là thiết bị đầu cuối (TE), bộ thích nghi thiết bị đầu cuối (TA) và thiết bị di động (MT). Mạng truy nhập vô tuyến UMTS viết tắt

là URAN (UMTS Radio Access Network) có một hệ thống thu phát gốc với các giao diện vô tuyến dành riêng cho UMTS. Các đơn vị liên kết IWU (Inter-Working Unit) đảm bảo khả năng liên kết các mạng theo các thủ tục và giao thức của chúng. Theo cách tiếp cận này thì sẽ không có các giao thức chung giữa các mạng khác nhau. Như vậy sẽ tránh được việc phải thay đổi cấu trúc hạ tầng và các giao thức của các mạng hiện hữu.

12.4.3. Khái niệm phụ thuộc vô tuyến và độc lập vô tuyến

Bước thứ hai của quá trình phát triển hệ thống UMTS là thích nghi mạng truy nhập UMTS với các mạng truy nhập vô tuyến khác nhau. Để thực hiện được điều đó thì các giao thức lớp trên cần phải độc lập với cấu trúc truy nhập vô tuyến. Ở đây đưa vào khái niệm phân biệt của phần phụ thuộc vô tuyến và phần độc lập vô tuyến của mạng UMTS. Ranh giới giữa phần phụ thuộc vô tuyến và phần độc lập vô tuyến có liên quan đến giao diện giữa hai lớp con của lớp liên kết dữ liệu (trong mô hình OSI-7). Đó là lớp con "điều khiển truy nhập đường liên kết dữ liệu" và lớp con "điều khiển truy nhập môi trường". Lớp con thứ nhất nói trên là độc lập vô tuyến và lớp con thứ hai là phụ thuộc vô tuyến. Có một giao diện chung được thiết kế cho hai lớp con đó và với giao diện chung đó các giao thức lớp cao của UMTS có thể được sử dụng cho tất cả các truy nhập vô tuyến UMTS. Điều đó cũng cho phép các mạng truy nhập vô tuyến khác nhau, bao gồm cả các hệ thống vệ tinh có thể được sử dụng cho truy nhập vô tuyến UMTS. Hình 12.23 mô tả khái niệm phân chia về các chức năng phụ thuộc vô tuyến và độc lập vô tuyến trong thiết bị đầu cuối di động và trong mạng truy nhập vô tuyến UMTS.



Hình 12.23: Mô tả khái niệm phụ thuộc vô tuyến và độc lập vô tuyến

Phụ lục 1

HỆ THỐNG ĐỊNH VỊ TOÀN CẦU GPS

Trên bầu trời hiện nay có ba hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu (GPS) đang hoạt động; đó là: hệ thống GPS của Mỹ, hệ thống GPS của châu Âu và hệ thống GPS của Nga. Sau đây sẽ giới thiệu hệ thống GPS của Mỹ.

Hệ thống định vị toàn cầu GPS (Global Positioning System) của Mỹ - có tên gọi đầy đủ lúc ban đầu là Navstar GPS (navigation system with time and ranging GPS), một hệ thống định vị được sử dụng trong đạo hàng (hàng không và hàng hải) sử dụng nguyên lý đo khoảng cách và thời gian truyền sóng để xác định tọa độ của một con tàu nào đó.

Năm 1978, nhằm mục đích thu thập các thông tin về tọa độ (vĩ độ và kinh độ), độ cao và tốc độ của các cuộc hành quân hải lục không quân, hướng dẫn máy bay, pháo binh và các hạm đội, Bộ quốc phòng Mỹ đã phóng lên quỹ đạo trái đất 24 vệ tinh nhằm cung cấp các thông tin về định vị toàn cầu. Hệ thống được hoàn thiện năm 1994 do một trung tâm đặt ở Mỹ quản lý điều hành. Hệ thống GPS có hai cấp độ chính xác về dịch vụ:

1. Dịch vụ định vị chuẩn SPS (Standard Positioning Service): là một dịch vụ định vị và định thời cho tất cả người sử dụng GPS một cách liên tục trên toàn thế giới mà không phải đóng phí trực tiếp. Độ chính xác của hệ thống này có thể điều chỉnh một cách chủ động do trung tâm điều khiển.

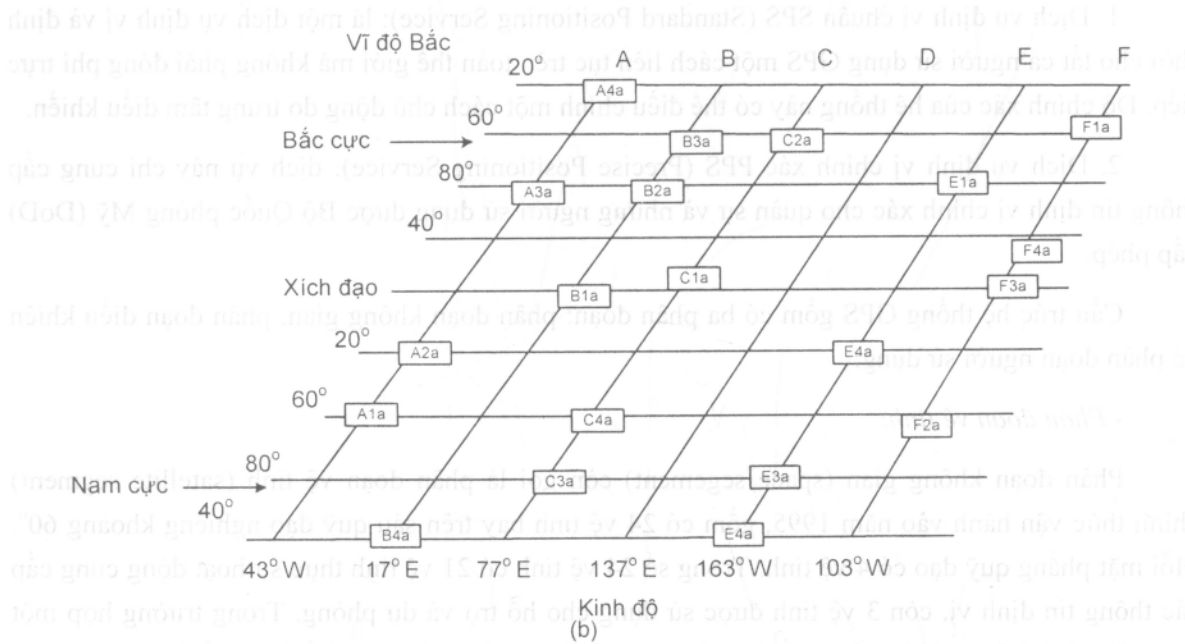
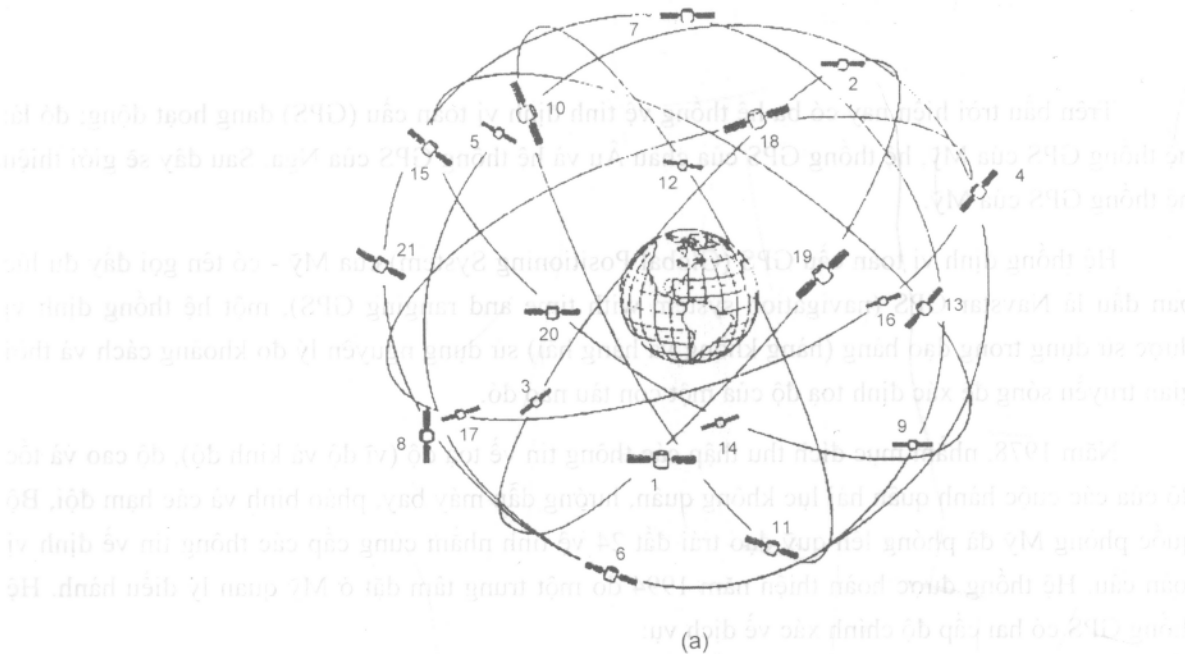
2. Dịch vụ định vị chính xác PPS (Precise Positioning Service): dịch vụ này chỉ cung cấp thông tin định vị chính xác cho quân sự và những người sử dụng được Bộ Quốc phòng Mỹ (DoD) cấp phép.

Cấu trúc hệ thống GPS gồm có ba phân đoạn: phân đoạn không gian, phân đoạn điều khiển và phân đoạn người sử dụng:

- Phân đoạn vệ tinh:

Phân đoạn không gian (space segment) còn gọi là phân đoạn vệ tinh (satellite segment) chính thức vận hành vào năm 1995, gồm có 24 vệ tinh bay trên sáu quỹ đạo nghiêng khoảng 60° . Mỗi mặt phẳng quỹ đạo có 4 vệ tinh. Trong số 24 vệ tinh có 21 vệ tinh thực sự hoạt động cung cấp các thông tin định vị, còn 3 vệ tinh được sử dụng cho hỗ trợ và dự phòng. Trong trường hợp một trong 21 vệ tinh hoạt động có sự cố thì một trong 3 vệ tinh dự phòng có thể thay thế (hiện nay đã có thể có nhiều hơn 24 vệ tinh trên các quỹ đạo và hình PL1.1 mô tả các quỹ đạo và vị trí tương đối của 24 vệ tinh so với nhau theo tọa độ kinh độ và vĩ độ).

Các vệ tinh của hệ thống GPS không phải là vệ tinh địa tĩnh. Quỹ đạo của vệ tinh là tròn nghiêng. Góc ngẩng tại điểm lên của quỹ đạo so với mặt phẳng xích đạo là 55° . Độ cao trung bình của các vệ tinh so với mặt đất là khoảng 20,2 km. Vệ tinh bay một vòng quanh quả đất hết khoảng 12 giờ. Như vậy vị trí của chúng là gần giống với một ngày thiên văn (trong thực tế nó sẽ sớm hơn 4 phút cho một ngày). Hình PL.1.2 mô tả các quỹ đạo của vệ tinh GPS theo kiểu xoắn ốc của 6 mặt phẳng quỹ đạo phủ sóng khắp toàn cầu.

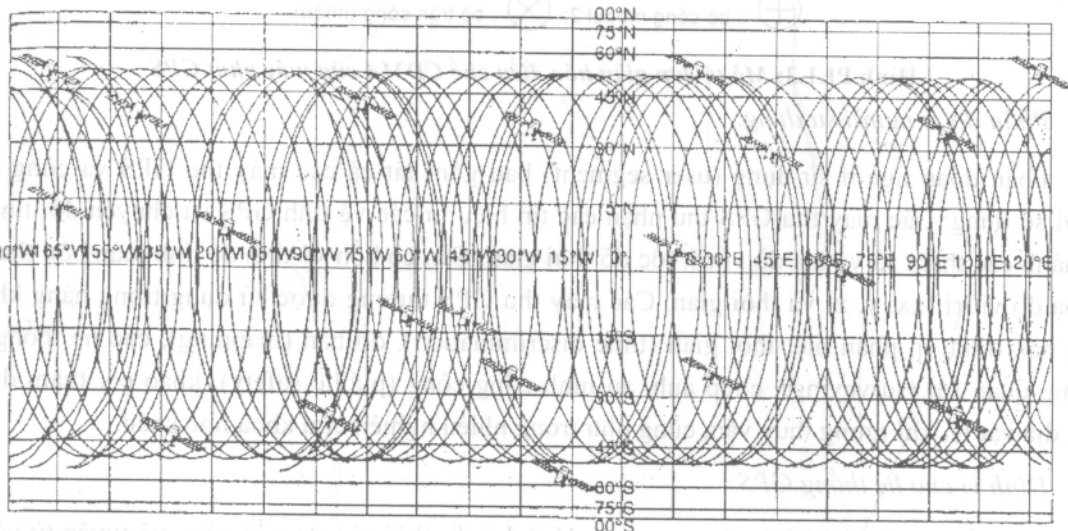


Hình PL1.1:
a) Mô tả các vệ tinh của hệ thống GPS trên quỹ đạo;
b) Vị trí tương đối của các vệ tinh

Các vệ tinh được bố trí sắp xếp sao cho với một điểm bất kỳ nào trên quả đất và khoảng không gian trên đó, tại bất kỳ thời điểm nào, cũng sẽ có ít nhất bốn vệ tinh của GPS nhìn thấy. Ba trong số bốn vệ tinh đó được sử dụng để xác định tọa độ trong mặt phẳng ngang (không gian hai chiều - 2D) và một vệ tinh được sử dụng để xác định độ cao (không gian ba chiều - 3D).

Mỗi vệ tinh có ba số nhận dạng (identifying number): số thứ nhất là số của trung tâm điều hành để nhận dạng trang bị và chức năng vệ tinh trong hệ thống; số thứ hai là số nhận dạng vệ tinh trong không gian (SV - Space Vehicle) được gán khi phóng vệ tinh và số thứ ba là một mã giả tạp âm ngẫu nhiên (PRN - PseudoRandom Noise - code number). Số này được sử dụng để mã hóa tín hiệu từ vệ tinh. Một số máy thu GPS liên lạc với vệ tinh theo số nhận dạng SV còn một số khác theo số nhận dạng PRN.

Tất cả các vệ tinh GPS phát trên hai băng tần sóng mang viba: $L_1 = 1575,42$ MHz và $L_2 = 1.227,6$ MHz. Tín hiệu sóng mang L_1 được sử dụng cho các đoạn tin đạo hàng và các dịch vị định vị chuẩn SPS (Standard Positioning Service).

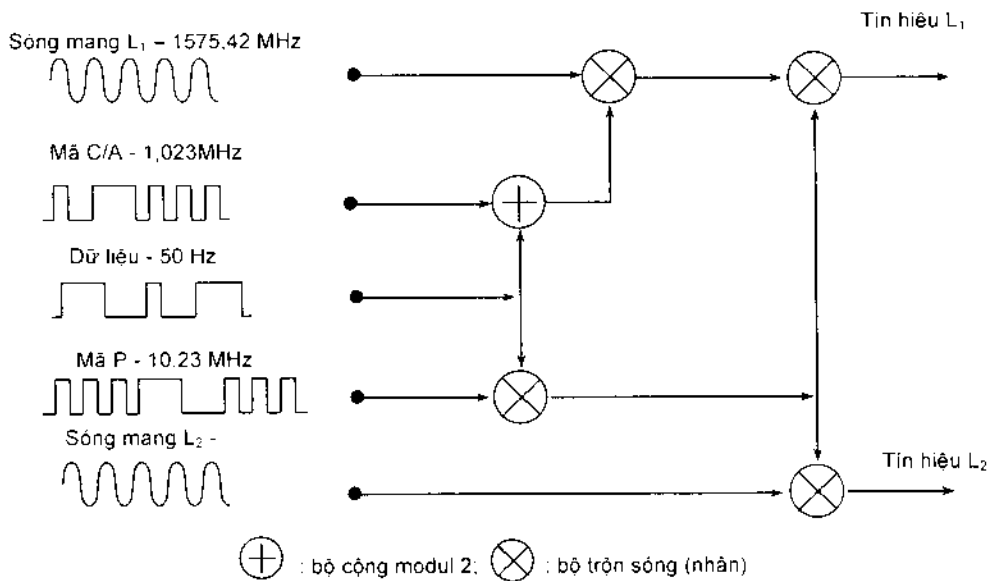


Hình PL1.2: Mô tả các quỹ đạo vệ tinh GPS phủ toàn cầu

Tín hiệu sóng mang L_2 được sử dụng cho dịch vụ định vị chính xác PPS (precise positioning service) được mã hóa. Các vệ tinh GPS sử dụng phương thức đa truy nhập phân chia theo mã trải phổ (CDMA spread spectrum) để cho phép cả 24 vệ tinh có thể đồng thời phát trên cả hai sóng mang mà không gây can nhiễu lẫn nhau. Hình PL1.3 mô tả ba mã nhị phân giả ngẫu nhiên điều chế với hai sóng mang L_1 và L_2 trong hệ thống GPS.

Phân đoạn điều khiển

Phân đoạn điều khiển (control segment) còn được gọi là hệ thống điều khiển vận hành OCS (operational control system) bao gồm tất cả các trạm giám sát hệ thống được bố trí ở các địa điểm khác nhau trên mặt đất nhằm theo dõi, giám sát và điều khiển vận hành hoạt động của các vệ tinh GPS. Trạm điều khiển chủ MCS (master control station) được đặt ở căn cứ không quân Mỹ còn các trạm khác được đặt rải rác trên các châu lục như ở California, Hawaii, Alaska, Island, Ấn Độ dương, Thái Bình Dương, v.v... Thông tin các trạm giám sát đó được chuyển về trung tâm điều khiển chủ xử lý. Các số liệu được xử lý theo thời gian thực 24/24 giờ trong ngày.



Hình PL1.3: Mô tả đơn giản hóa điều chế CDMA của máy phát GPS

Phân đoạn người sử dụng:

Phân đoạn người sử dụng (user segment) bao gồm tất cả các máy thu GPS và công đồng người sử dụng. Các máy thu GPS thu nhận các tín hiệu từ các vệ tinh GPS và chuyển đổi tín hiệu đó thành các tham số về tọa độ vị trí, tốc độ thời gian. Cần có bốn vệ tinh để tính toán bốn tham số về tọa độ vị trí (xx, y, z) và thời gian. Các máy thu GPS thường được sử dụng trong hàng không, hàng hải, định vị, phân biệt thời gian (time discrimination), đồ bản (mapping), các hệ thống dẫn đường, quan sát (surveying), chụp ảnh, an ninh công cộng (public safety), khảo cổ, thăm dò địa chất, địa vật lý, khí tượng thủy văn, cũng như trong nhiều nghiên cứu khoa học khác.

Định vị của hệ thống GPS

Hệ thống định vị GPS áp dụng nguyên lý tính toán thời gian truyền sóng vô tuyến từ vệ tinh đến máy thu định vị đặt trên đối tượng cần định vị để xác định khoảng cách từ vệ tinh đến máy thu định vị đó. Biết rằng, tốc độ sóng vô tuyến truyền trong không gian gần bằng tốc độ ánh sáng: 3.108m/s. Nếu như một máy thu có thể xác định được chính xác thời gian khi vệ tinh bắt đầu gửi đoạn tin và thời gian máy thu nhận được đoạn tin đó thì có thể xác định được khoảng cách giữa máy thu và vệ tinh theo biểu thức toán học đơn giản sau đây:

$$d = v.t$$

trong đó:

d là khoảng cách giữa vệ tinh và máy thu (m);

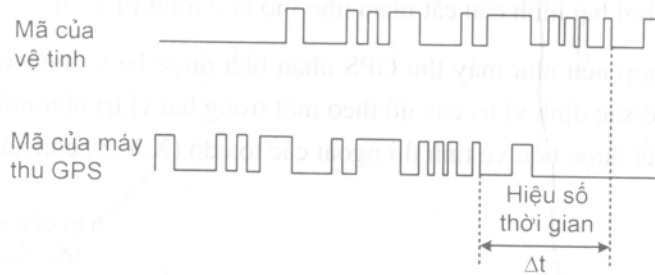
v là vận tốc truyền sóng (3.108m/s);

t là thời gian sóng truyền (s).

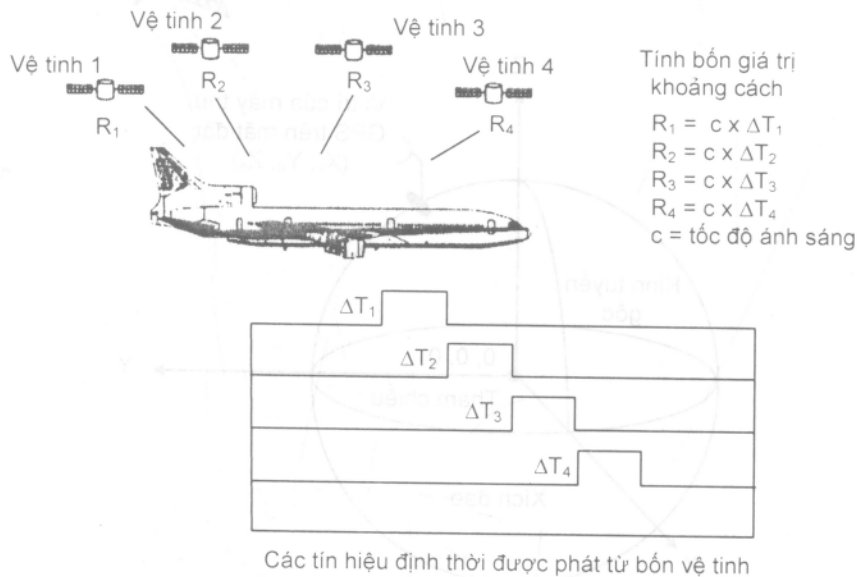
Để có thể thực hiện được điều đó cần có sự đồng bộ chính xác giữa vệ tinh và máy thu GPS. Máy phát ở vệ tinh và máy thu GPS có các mã định thời giả ngẫu nhiên (pseudorandom code) đồng

nhất như mô tả ở hình PL1.4. Mỗi một vệ tinh liên tục phát mã đồng bộ đó của chúng một cách chính xác. Máy thu GPS, sau khi thu được mã đồng bộ phát từ vệ tinh so sánh với mã đồng bộ được tạo ra để xác định thời gian truyền sóng. Hiệu số thời gian đó đem nhân với tốc độ truyền sóng sẽ cho kết quả khoảng cách từ máy thu GPS đến vệ tinh.

Hình PL1.5 mô tả một máy bay có trang bị máy thu GPS có thể xác định tọa độ của nó từ bốn vệ tinh khác nhau theo phương pháp đơn giản là đo các thời gian truyền sóng và nhân chúng với tốc độ ánh sáng. Các biểu thức đó có thể được sử dụng để xác định tọa độ theo kinh độ và vĩ độ của máy bay.



Hình PL1.4: Mã định thời giả ngẫu nhiên của hệ thống GPS



Hình PL1.5: Mô tả định vị từ tín hiệu định thời của bốn vệ tinh GPS

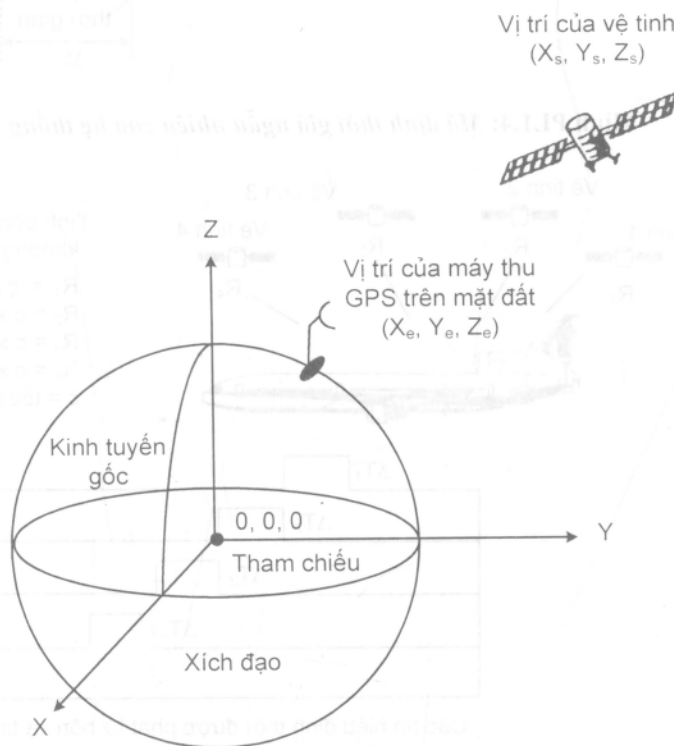
Đối với một máy thu GPS đặt ở trên mặt đất thì việc xác định tọa độ theo kinh độ và vĩ độ cần phải thu các tín hiệu định thời tối thiểu là từ ba vệ tinh và việc nhận dạng vệ tinh theo mã định thời giả ngẫu nhiên của chúng (PRTC: PseudoRandom Timing Code) và vị trí của mỗi vệ tinh trên quỹ đạo. Việc xác định vị trí của mỗi vệ tinh sử dụng tọa độ không gian ba chiều có tâm là tâm quả đất như mô tả ở hình PL1.6. Như vậy, mỗi vệ tinh trên quỹ đạo sẽ có các tọa độ X_s , Y_s , Z_s so với tâm quả đất. Các tọa độ đó được cập nhật thường xuyên do có sự thay đổi

nhờ của quỹ đạo vệ tinh. Vị trí của máy thu GPS trên mặt đất cũng có tọa độ trong hệ trục là X_o, Y_o, Z_o như mô tả trên hình PL1.6.

Trong trường hợp nếu như một máy thu GPS đặt trên mặt đất chỉ nhận biết vị trí của một vệ tinh và khoảng cách từ máy thu đến vệ tinh thì nó cũng có thể nhận biết rằng, máy thu sẽ nằm ở một vị trí nào đó trên một hình cầu tưởng tượng có tâm là vệ tinh và bán kính quả cầu đó bằng khoảng cách từ vệ tinh đến máy thu GPS. Hình PL1.7a mô tả trường hợp này.

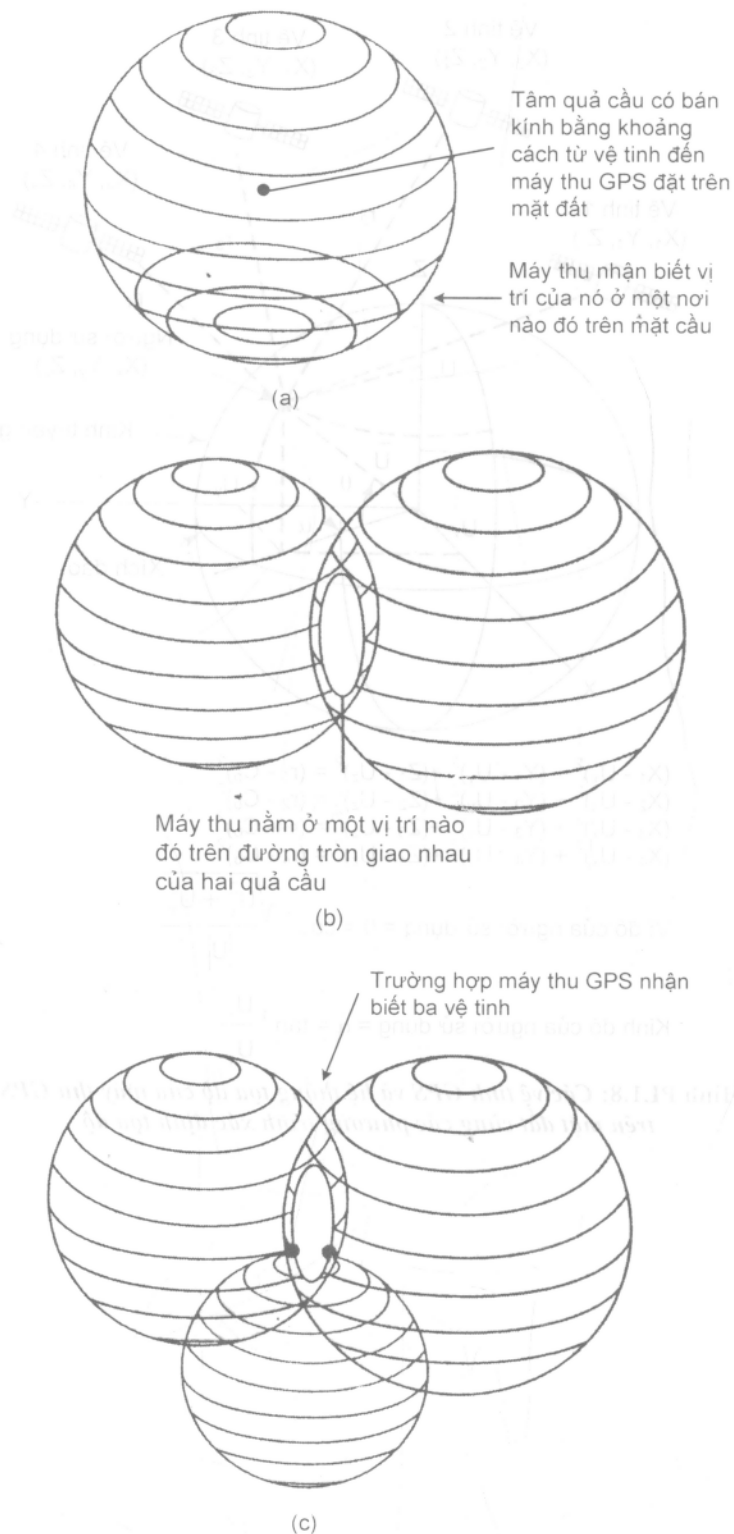
Trong trường hợp nếu như máy thu GPS nhận biết được hai vệ tinh và khoảng cách từ máy thu đến hai vệ tinh đó thì nó có thể thu hẹp việc xác định vị trí của nó về một vị trí nào đó trên một đường tròn tạo thành bởi hai hình cầu cắt nhau như mô tả ở hình PL1.7b.

Trong trường hợp nếu như máy thu GPS nhận biết được ba vệ tinh và khoảng cách đến các vệ tinh máy thu có thể xác định vị trí của nó theo một trong hai vị trí như mô tả ở hình PL1.7c. Nếu máy thu GPS nhận biết được bốn vệ tinh thì ngoài các tọa độ (X,Y,Z) còn xác định được độ cao.

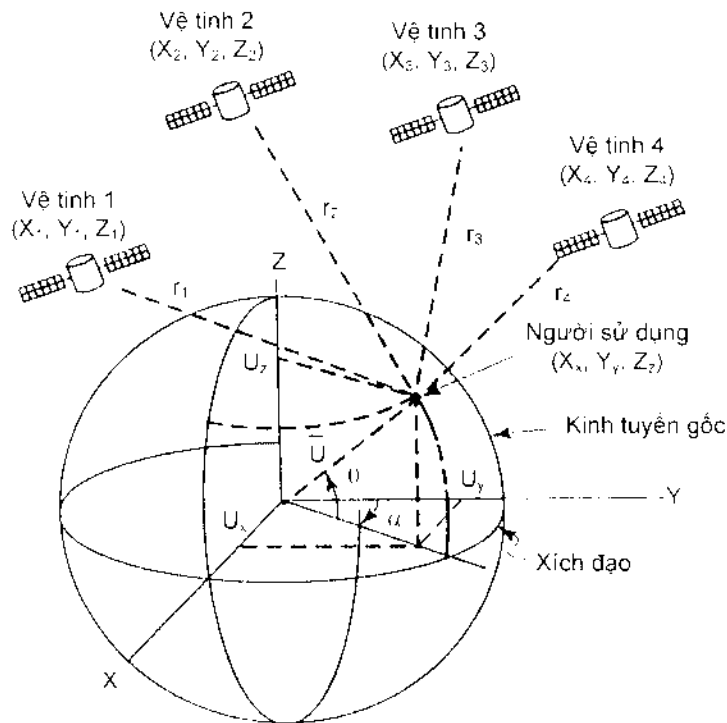


Hình PL1.6: Mô tả hệ thống tọa độ của vệ tinh và máy thu GPS đặt trên mặt đất

Trên hình PL 1.8 có ba tọa độ (x, y và z) chưa biết của một vị trí cần xác định. Như vậy, cần phải có ba phương trình từ ba vệ tinh được yêu cầu cung cấp tham số để có thể giải bài toán đó. Có một tham số thứ tư nữa là sai số do xung đồng hồ của máy thu cần phải xác định để đảm bảo độ chính xác đo. Để khắc phục sai số đồng hồ (C_b) thì cần có một vệ tinh thứ tư. Từ bốn biểu thức do bốn vệ tinh cung cấp tham số có thể giải được bài toán vĩ độ và kinh độ của tọa độ (x, y, z) như mô tả ở hình PL 1.8.



Hình PL1.7: Mô tả vị trí của máy thu GPS:
a/ Trường hợp máy thu nhận biết một vệ tinh;
b/ Trường hợp máy thu nhận biết hai vệ tinh;
c/ Trường hợp máy thu nhận biết ba vệ tinh;



$$\begin{aligned}(X_1 - U_x)^2 + (Y_1 - U_y)^2 + (Z_1 - U_z)^2 &= (r_1 - C_b)^2 \\(X_2 - U_x)^2 + (Y_2 - U_y)^2 + (Z_2 - U_z)^2 &= (r_2 - C_b)^2 \\(X_3 - U_x)^2 + (Y_3 - U_y)^2 + (Z_3 - U_z)^2 &= (r_3 - C_b)^2 \\(X_4 - U_x)^2 + (Y_4 - U_y)^2 + (Z_4 - U_z)^2 &= (r_4 - C_b)^2\end{aligned}$$

$$\text{Vĩ độ của người sử dụng} = \theta = \cos^{-1} \frac{\sqrt{U_y^2 + U_z^2}}{|U|}$$

$$\text{Kinh độ của người sử dụng} = \alpha = \tan^{-1} \frac{U_z}{U_y}$$

Hình PL1.8: Các vệ tinh GPS và hệ thống tọa độ của máy thu GPS trên mặt đất cùng các phương trình xác định tọa độ

Phụ lục 2

VỆ TINH VINASAT CỦA VIỆT NAM

1. Quỹ đạo vệ tinh: địa tĩnh

2. Tọa độ vệ tinh: 132°E.

3. Các thông số kỹ thuật:

• Băng tần C

Tuyến lên

- Dải tần: 6.425 ÷ 6.725 GHz (300 MHz)

- Phân cực: tuyến tính V, H.

Tuyến xuống

- Dải tần: 3.400 ÷ 3.700 GHz (300 MHz)

- Phân cực: tuyến tính V, H.

Phân kênh và vùng phủ sóng

- Phân kênh băng tần C: xem hình PL2.1

- Đường đồng mức EIRP băng tần C: xem hình PL2.2

- Đường đồng mức G/T băng tần C: xem hình PL2.3.

• Băng tần Ku

Tuyến lên

- Dải tần: 13.750 ÷ 13.990 GHz (240 MHz)

14.255 ÷ 14.495 GHz (240 MHz)

- Phân cực: tuyến tính V

Tuyến xuống

- Dải tần: 10.950 ÷ 11.200 GHz (240 MHz)

11.450 ÷ 11.695 GHz (240 MHz)

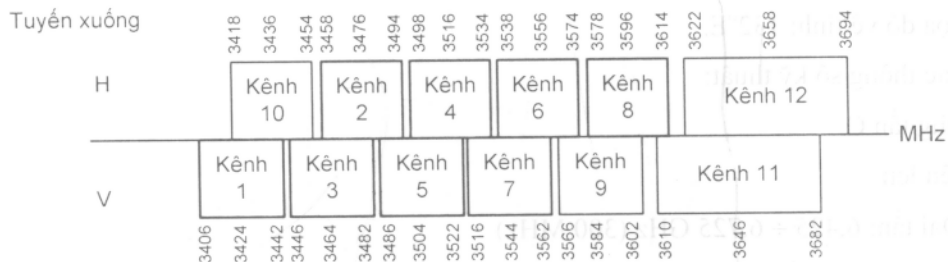
- Phân cực: tuyến tính H.

Phân kênh và vùng phủ sóng

- Phân kênh băng tần Ku: xem hình PL2.4

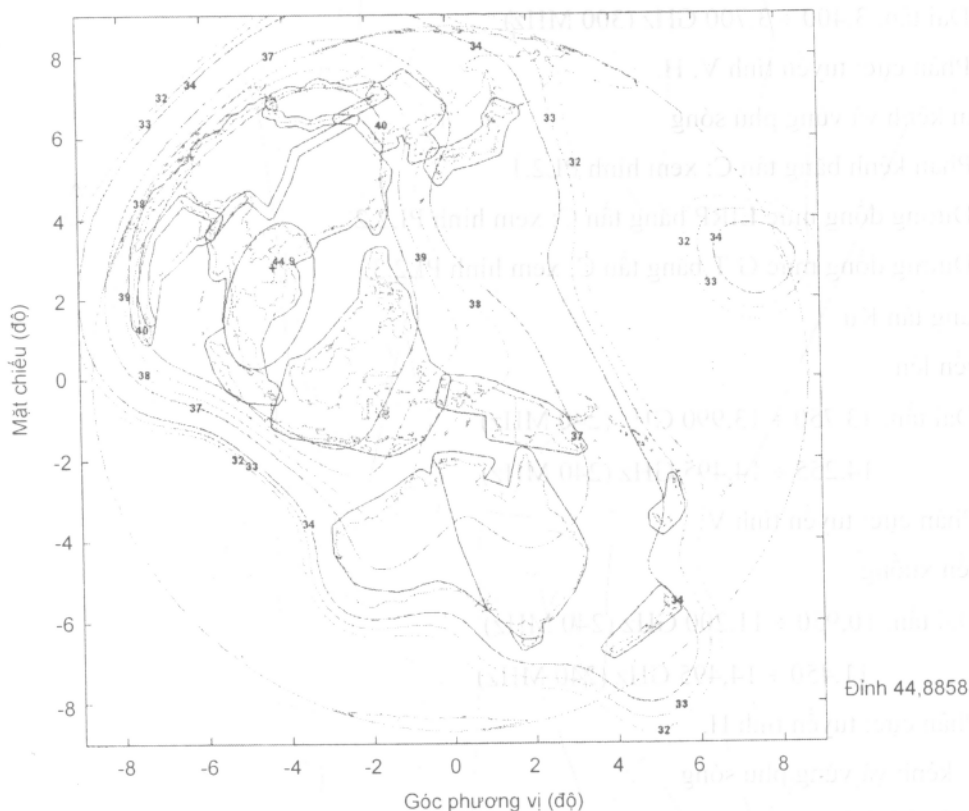
- Đường đồng mức EIRP băng tần Ku: xem hình PL2.5

- Đường đồng mức G/T băng tần Ku: xem hình PL2.6.

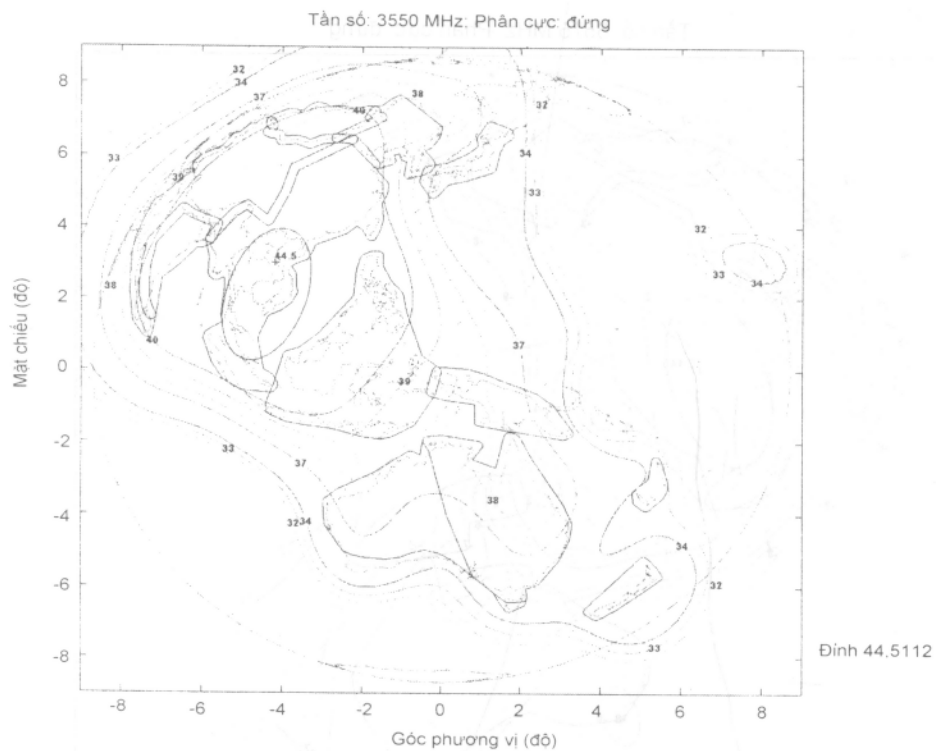


Hình PL2.1: Sơ đồ phân kênh băng tần C của vệ tinh VINASAT

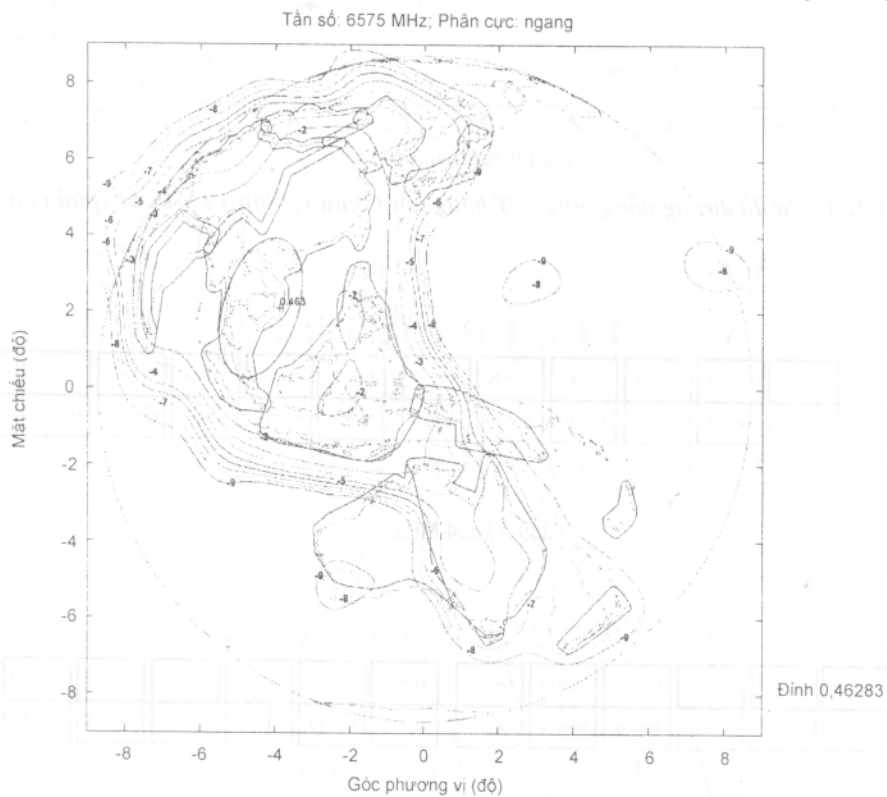
Tần số: 3550 MHz; Phân cực: ngang



Hình PL2.2a: Sơ đồ đường đồng mức EIRP băng tần C của vệ tinh VINASAT (phân cực ngang)

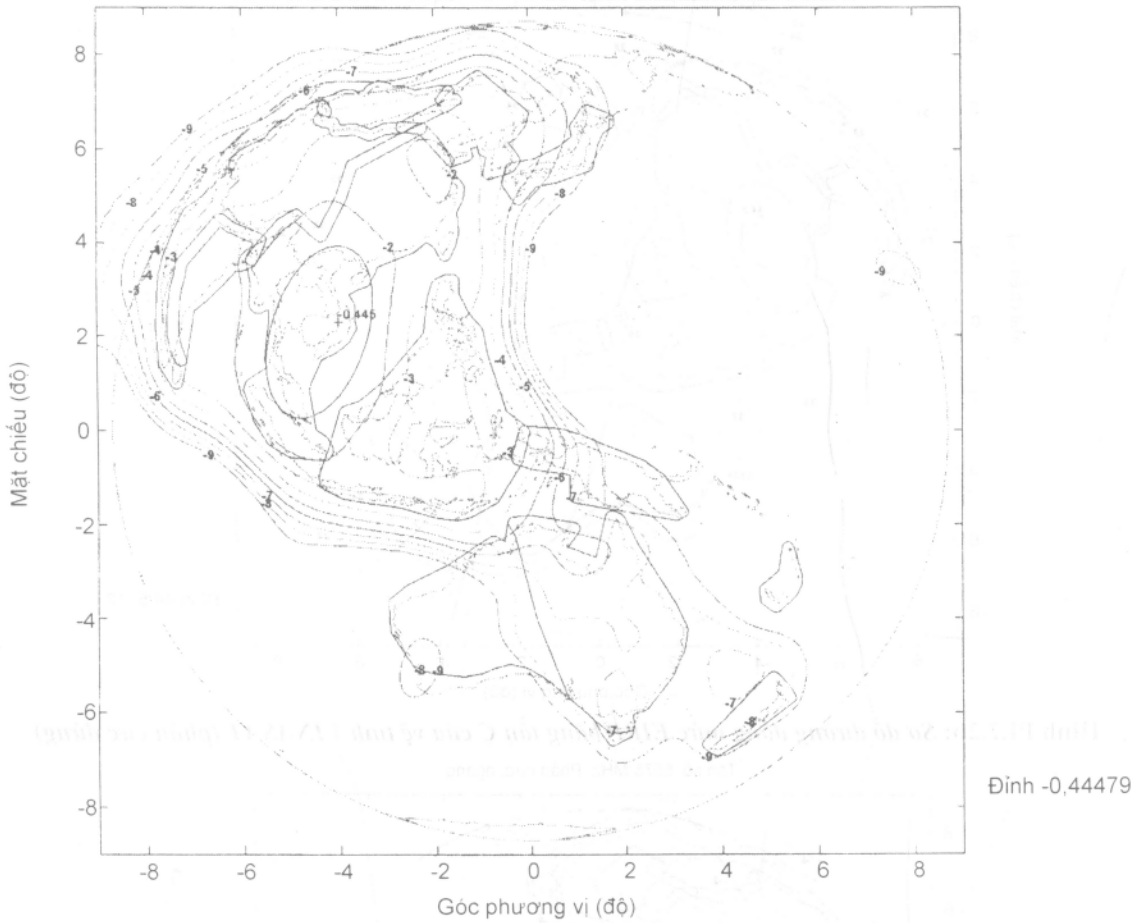


Hình PL2.2b: Sơ đồ đường đồng mức EIRP băng tần C của vệ tinh VINASAT (phân cực đứng)

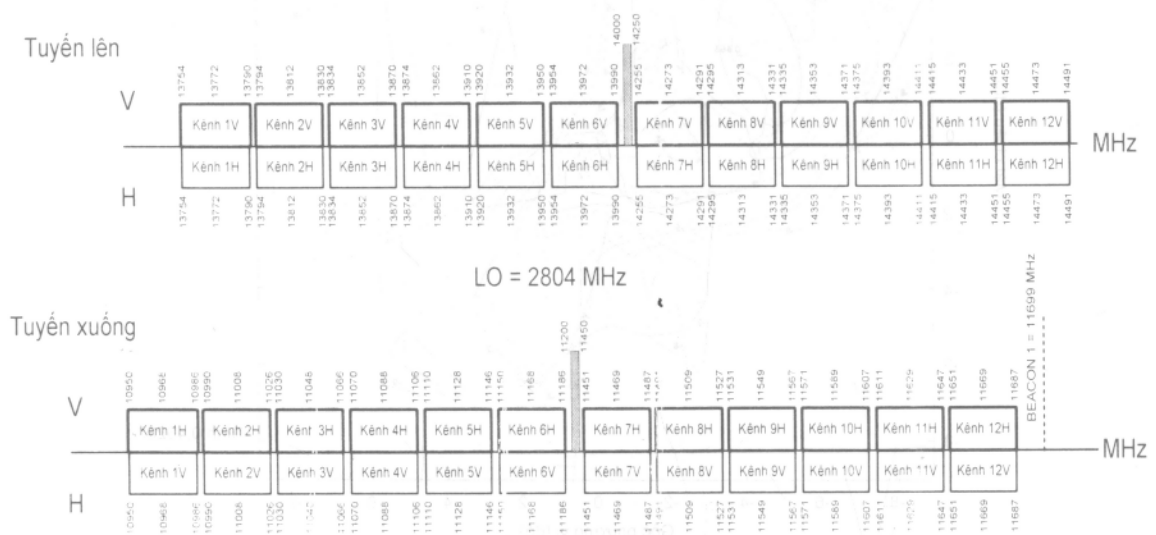


Hình PL2.3a: Sơ đồ đường đồng mức G/T băng tần C của vệ tinh VINASAT (phân cực ngang)

Tần số: 6575 MHz; Phân cực: đứng



Hình PL2.3b: Sơ đồ đường đồng mức G/T bằng tần C của vệ tinh VINASAT (phân cực đứng)



Hình PL2.4: Sơ đồ phân kênh bằng tần Ku của vệ tinh VINASAT

BÀI TẬP

- BT-51. Mô tả cấu hình một trạm mặt đất điển hình.
- BT-52. Giải thích chức năng các phân hệ trong cấu trúc trạm mặt đất: anten-phi đơn, thu, phát, ghép kênh và giao diện, bảo vệ tính và điều khiển.
- BT-53. Mô tả cấu hình, nguyên lý thu phát sóng và đồ thị phương hướng của anten parabol.
- BT-54. Mô tả cấu hình, nguyên lý thu phát sóng và đồ thị phương hướng của anten Cassegrain.
- BT-55. So sánh ưu nhược điểm giữa anten parabol và anten Cassegrain.
- BT-56. Một anten parabol có đường kính miệng parabol $D = 4 \text{ m}$; công suất của bộ chiếu xạ là 10 W ; tần số công tác $f = 6 \text{ GHz}$; hiệu suất $= 0,55$; hiệu suất khẩu độ (chế độ thu) $AR = 0,55$. Hãy xác định:
- Độ rộng búp sóng chính.
 - Hệ số tăng ích chế độ phát.
 - Hệ số tăng ích chế độ thu.
 - Công suất bức xạ đẳng hướng tương đương EIRP.
- BT-57. Định nghĩa và biểu thị bằng hình vẽ góc ngẩng và góc phương vị của một anten trạm mặt đất.
- BT-58. Mô tả một anten trạm mặt đất có sử dụng hệ thống bảo vệ tính.
- BT-59. Mô tả sơ đồ khối chức năng của phân hệ tần số vô tuyến trạm mặt đất.
- BT-60. Mô tả sơ đồ khối chức năng phần phát trạm mặt đất.
- BT-61. Giải thích cấu tạo và nguyên lý hoạt động của bộ khuếch đại công suất dùng đèn điện tử klystron.
- BT-62. Giải thích cấu tạo và nguyên lý hoạt động của bộ khuếch đại công suất dùng đèn sóng chạy TWT.
- BT-63. Giải thích ý nghĩa của việc lùi công suất ở đầu vào (IBO) và ở đầu ra (OBO) của bộ khuếch đại công suất cao (HPA).
- BT-64. Một hệ thống thông tin vệ tinh làm việc ở tần số 14 GHz cho tuyến lên và 12 GHz cho tuyến xuống; xác suất lỗi bit truyền là $P(e) = 10^{-6}$; phương thức điều chế là 8-PSK; tốc độ truyền là 90 Mbit/s ; nhiệt độ tạp âm tương đương của máy thu là 350 K ; độ rộng băng tần tạp âm băng tần Nyquist tối thiểu.
- Hãy xác định các thông số sau:
- Tỷ số C/N lý thuyết tối thiểu.
 - Tỷ số E_b/N_0 lý thuyết tối thiểu.
 - Mật độ tạp âm, tạp âm đầu vào máy thu.
 - Công suất sóng mang tối thiểu đầu vào máy thu.
 - Năng lượng/bit tại đầu vào máy thu.

BT-65. Một hệ thống thông tin vệ tinh có các thông số:

- Tần số tuyến lên: $f_u = 6 \text{ GHz}$;
- Tần số tuyến xuống: $f_d = 4 \text{ GHz}$;
- Xác suất lỗi bit: $P(e) = 10^{-5}$;
- Phương thức điều chế: 4-PSK;
- Tốc độ truyền: 80 Mbit/s ;
- Nhiệt độ tạp âm tương đương của máy thu: $T_e = 120 \text{ K}$;
- Độ rộng băng tần tạp âm bằng tần băng tần số Nyquist tối thiểu.

Hãy xác định:

- a) Tỷ số C/N tại một điểm trong máy thu trước bộ lọc thông dải BPF với độ rộng dải tần bằng hai tần số Nyquist cực tiểu.
- b) Tỷ số C/N tại một điểm trong máy thu trước bộ lọc thông dải có độ rộng dải tần bằng ba tần số Nyquist tối thiểu.

BT-66. Trong hai hệ thống với các tham số cho sau đây, hãy xác định hệ thống nào có tỷ lệ lỗi bit BER tốt hơn:

- a) QPSK: $C/N = 16 \text{ dB}$; $B = 2f_N$; $f_b = 40 \text{ Mbit/s}$.
- b) 8-PSK: $C/N = 18 \text{ dB}$; $B = f_N$; $f_b = 60 \text{ Mbit/s}$.

BT-67. Một máy phát của một trạm mặt đất có công suất ra của bộ khuếch đại công suất HPA ở bão hòa là 12 kW ; khoảng lùi công suất OBO là 4 dB ; tổn hao kết nối là $1,5 \text{ dB}$; tổn hao phidơ là 3 dB ; tăng ích anten là 38 dB . Hãy xác định giá trị của công suất bức xạ và công suất bức xạ đẳng hướng tương đương EIRP.

BT-68. Xác định công suất tạp âm toàn bộ của một máy thu có độ rộng dải tần đầu vào là 40 MHz và nhiệt độ tạp âm tương đương là 800 K .

BT-69. Xác định mật độ tạp âm theo các thông số cho ở BT-67.

BT-70. Xác định tỷ số C/N yêu cầu tối thiểu để có thể đạt được xác suất lỗi bit $P(e) = 10^{-6}$ của tín hiệu được truyền đối với một máy thu QPSK, có độ rộng dải tần bằng tần số Nyquist tối thiểu.

BT-71. Xác định tỷ số mật độ năng lượng bit trên tạp âm (E_b/N_0) khi công suất đầu vào máy thu là -85 dBW , nhiệt độ tạp âm đầu vào máy thu là 400 K và tốc độ truyền là 50 Mbit/s .

BT-72. Xác định tỷ số mật độ công suất sóng mang trên tạp âm (C/N_0) đối với một máy thu có công suất sóng mang đầu vào là -80 dBW , nhiệt độ tạp âm tương đương là 240 K và độ rộng dải tần là 10 MHz .

BT-73. Xác định tỷ số C/N tối thiểu đối với một hệ thống QPSK với tốc độ truyền là 80 Mbit/s , tỷ số năng lượng bit trên tạp âm là 16 dB , độ rộng dải tần bằng tần số Nyquist.

BT-74. Một máy thu trạm mặt đất có nhiệt độ tạp âm tương đương là 400 K , độ rộng băng tần tạp âm là 30 MHz , tăng ích anten thu là 44 dB , tần số sóng mang là 12 GHz . Hãy xác định các thông số: G/T_e ; N_0 và N .

BT-75. Một vệ tinh có tỷ số E_b/N_0 của tuyến lên là 16 dB và E_b/N_0 của tuyến xuống là 13 dB . Hãy xác định tỷ số E_b/N_0 của toàn tuyến lên và xuống.

BT-76. Xác định dự trữ tuyến với các thông số cho sau đây:

Các thông số tuyến lên:

1. Công suất ra của trạm mặt đất ở bão hòa: 12 kW;
2. Khoảng lùi công suất: 4 dB;
3. Tồn hao phidor và kết nối: 2 dB;
4. Anten parabol trạm mặt đất: $D = 10$ m; $f = 14$ GHz;
5. Tồn hao không gian tự do ở $f = 14$ GHz;
6. Tồn hao khí quyển: 1 dB;
7. Bộ phát đáp vệ tinh có: $G/T_c = -3$ dB;
8. Tốc độ truyền 80 Mbit/s;
9. Điều chế tín hiệu: 4-PSK.

Các thông số tuyến xuống:

1. Công suất ra của bộ phát đáp ở bão hòa: 5 W;
2. Anten parabol vệ tinh: $D = 0,5$ m; $f = 12$ GHz;
3. Tồn hao lùi công suất: 1 dB;
4. Tồn hao không gian tự do ở 12 GHz;
5. Tồn hao khí quyển: 1 dB;
6. Anten parabol thu của trạm mặt đất: $D = 10$; $f = 12$ GHz;
7. Nhiệt độ tạp âm tương đương của trạm mặt đất: 300 K;
8. Tốc độ truyền 80 Mbit/s;
9. Điều chế tín hiệu: 4-PSK.

BT-77. Mô tả chức năng chủ yếu của bộ phát đáp đặt trên vệ tinh.

BT-78. Các thông số kỹ thuật đặc trưng cho các thiết bị viễn thông đặt trên vệ tinh.

BT-79. Ý nghĩa của việc sử dụng phân cực trực giao trong các hệ thống thông tin vệ tinh. Cho ví dụ về phân bố dải tần của bộ phát đáp vệ tinh trong trường hợp sử dụng phân cực trực giao.

BT-80. Mô tả và giải thích sơ đồ khối chức năng của bộ phát đáp vệ tinh đơn búp sóng.

BT-81. Hoạt động và ưu nhược điểm của bộ phân kênh trong bộ phát đáp vệ tinh.

BT-82. Đặc điểm của bộ khuếch đại công suất của bộ phát đáp. Mô tả cấu trúc và hoạt động của bộ khuếch đại công suất dùng đèn ống chạy TWT.

BT-83. Đặc điểm của bộ khuếch đại công suất dùng transistor trong các bộ phát đáp.

BT-84. Sự khác nhau giữa bộ phát đáp đơn búp sóng và bộ phát đáp đa búp sóng. Mô tả việc kết nối trong vệ tinh đa búp sóng.

BT-85. Có những phương thức chuyển mạch nào trong bộ phát đáp đa búp sóng. Mô tả cấu trúc và hoạt động của ma trận chuyển mạch trong bộ phát đáp đa búp sóng.

BT-86. Mô tả cấu trúc sơ đồ khối chức năng và hoạt động của bộ phát đáp tái sinh. So sánh với bộ phát đáp trong suốt (không tái sinh).

BT-87. Cho ví dụ về một hệ thống thông tin vệ tinh có sử dụng bộ phát đáp tái sinh.

- BT-88. Mô tả cấu trúc và hoạt động của bộ chuyển mạch tín hiệu băng cơ sở loại thời gian - không gian - thời gian (TST) trong bộ phát đáp tái sinh.
- BT-89. Giải thích các khái niệm về vùng phủ sóng địa lý, vùng phủ sóng hình học và vùng phủ sóng tần số vô tuyến của một anten vệ tinh.
- BT-90. Giải thích khái niệm vùng phủ sóng dịch vụ. Cho ví dụ trong thực tế.
- BT-91. Mô tả một phương pháp tạo búp sóng anten theo vùng phủ sóng ứng với một địa hình dịch vụ mong muốn.
- BT-92. Cấu trúc và đặc điểm của anten vệ tinh. Mô tả và hoạt động của anten có sử dụng bộ phản xạ lưỡng hướng sắc bức xạ sóng có hai tần số khác nhau.
- BT-93. Mô tả cấu trúc và hoạt động của một anten dân pha.
- BT-94. Mô tả cấu trúc và hoạt động anten có đĩa parabol bị cắt bớt một phần (loại có một đĩa phản xạ, loại có hai đĩa phản xạ).
- BT-95. Mô tả loại anten phản xạ có bức xạ phân cực trục giao.
- BT-96. So sánh ưu nhược điểm của vệ tinh đa búp sóng so với vệ tinh đơn búp sóng.
- BT-97. So sánh giá trị EIRP yêu cầu đối với trạm mặt đất trong trường hợp phủ sóng đơn búp sóng và phủ sóng đa búp sóng của vệ tinh.
- BT-98. So sánh giá trị G/T yêu cầu đối với trạm mặt đất trong hai trường hợp: vùng phủ sóng $\theta_{3dB} = 1.75^\circ$ và $\theta_{3dB} = 17.5^\circ$.
- BT-99. Mô tả phương thức kết nối bằng cách chuyển bộ phát đáp trong mạng vệ tinh đa búp sóng.
- BT-100. Mô tả nguyên lý chuyển mạch đặt trên vệ tinh (SS-TDMA)
- BT-101. Mô tả nguyên lý kết nối mạng bằng phương pháp quét búp sóng trong mạng vệ tinh đa búp sóng.
- BT-102. Mô tả các phương thức kết nối liên lạc giữa vệ tinh và vệ tinh (LEO-GEO, GEO-GEO).
- BT-103. Mô tả nguyên lý truyền tín hiệu giữa hai vệ tinh bằng sóng quang.
- BT-104. Sơ đồ khối chức năng và hoạt động của bộ phát đáp tái sinh. So sánh sự khác biệt giữa bộ phát đáp tái sinh và bộ phát đáp trong suốt (không tái sinh).
- BT-105. Mô tả một tuyến liên lạc giữa hai trạm mặt đất qua vệ tinh tái sinh. So sánh giá trị E_r/N_0 của tuyến liên lạc vệ tinh tái sinh với tuyến liên lạc vệ tinh không tái sinh.
- BT-106. Nguyên lý hoạt động chuyển mạch băng cơ sở TST ở bộ phát đáp tái sinh.
- BT-107. Nguyên lý chuyển đổi tốc độ ở bộ phát đáp tái sinh và việc kết nối giữa hai mạng mặt đất có tốc độ khác nhau qua bộ phát đáp vệ tinh tái sinh có chuyển đổi tốc độ.
- BT-108. Mô tả nguyên lý hoạt động, vùng phủ sóng của một vệ tinh quét búp sóng. Mạng vệ tinh quét tái sinh búp sóng đơn.
- BT-109. Mô tả một mô hình kết nối mạng thông tin di động vệ tinh S-PCN với mạng điện thoại cố định mặt đất PSTN.
- BT-110. Mô tả một mô hình kết nối mạng thông tin di động vệ tinh S-PCN với mạng di động mặt đất GSM.

THUẬT NGỮ VIẾT TẮT

ACI	Adjacent Channel Interference	Nhiều kênh lân cận
ADPCM	Adaptive Differential PCM	Bộ mã hóa vi phân thích nghi
AOR-E	East Atlantic Ocean	Đông Đại Tây Dương
AOR-W	West Atlantic Ocean	Tây Đại Tây Dương
APC	Adaptive Predictive Coding	Mã hóa dự đoán thích nghi
ARQ	Associate Request	Yêu cầu liên kết
ARQ	Automatic Repeat reQuest	Yêu cầu lặp lại tự động
AWGN	Additive White Gaussian Noise	Nhiều trắng cộng
BCH	Bose-Chadhuri - Hocquenghem	Mã BCH
BEP	Bit Error Probability	Xác suất lỗi bit
BER	Bit Error Rate	Tỷ lệ lỗi bit
BPF	Band Pass Filter	Bộ lọc thông thấp
BPSK	Binary Phase Shift Keying	Khóa dịch pha nhị phân
BSC	Base Station Controller	Bộ điều khiển trạm gốc
BTS	Base Transceiver System	Hệ thống thu phát gốc
CBC	Cipher Block Chaining	Chuỗi khối ký số
CDMA	Code Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo mã
CEPT	Conference of Europe on Post and Telecommunication	Hội nghị về Bưu chính – Viễn thông châu Âu
CFB	Code Feed-Back	Mật mã Feed-Back
CIMS	Customer Information Management System	Hệ thống quản lý thông tin khách hàng
CSC	Common Signaling Channel	Kênh báo hiệu chung
DAC	Digital to Analog Converter	Bộ chuyển đổi số sang tương tự
DAMA	Demand Assigned Multiple Access	Chế độ đa truy nhập gán theo yêu cầu
DBPSK	Differential Binary Phase Shift Keying	Khóa dịch pha nhị phân vi phân
DE-BPSK	Differentially Encoded-BPSK	Khóa dịch pha nhị phân mã hóa vi phân
DPSK	Differential Phase Shift Keying	Khoá dịch pha vi phân
DQPSK	Differential Quadrature Phase Shift Keying	Khóa dịch pha cầu phương
DS	Direct Sequence	Dãy trực tiếp
EIRP	Equivalent Isotropic Radiated Power	Công suất bức xạ đẳng hướng tương đương
ES	Earth Station	Trạm mặt đất
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	Viện Tiêu chuẩn viễn thông châu Âu
EUTELSAT	European Telecommunication Satellite Organization	Tổ chức thông tin vệ tinh châu Âu
FAMA	Fixed Assigned Multiple Access	Đa truy nhập gán cố định
FDM	Frequency Division Multiplexing	Ghép kênh phân chia theo tần số
FDMA	Frequency Division Multiple Access	Đa truy cập phân chia theo tần số

FEC	Forward acting Error Correction	Sửa lỗi có tác động trước
FH	Frequency Hopping	Nhảy tần
FM	Frequency Modulation	Điều tần
GEO	Geostationary Orbit	Quỹ đạo địa tĩnh
GMR	Geo Mobile Radio	Vô tuyến di động địa tĩnh
GOCC	Global Operational Control Center	Trung tâm điều khiển hoạt động mặt đất
GPRS	General Packet Radio System	Hệ thống vô tuyến gói chung
GPS	Global Positioning System	Hệ thống định vị toàn cầu
GSC	Gateway Station Controller	Bộ điều khiển trạm cổng chính
GSM	Global System for Mobile Communication	Hệ thống thông tin di động toàn cầu
GTS	Ground Transceiver Subsystem	Hệ thống con thu phát mặt đất
GWS	Gateway Subsystem	Hệ thống con cổng chính
HDTV	High Definition Television	Truyền hình độ phân giải cao
HEO	Highly Elliptical Orbit	Quỹ đạo elip tâm cao
HPA	High Power Amplifier	Bộ khuếch đại công suất cao
HSD	High Speed Data Service	Dịch vụ dữ liệu tốc độ cao
IF	Inter-Frequency	Trung tần
IMBE	Improved Multiband Excitation	Kích thích đa băng tần được cải tiến
IOL	Inter Orbit Link	Tuyến kết nối giữa các quỹ đạo với nhau
IOR	Indian Ocean	Ấn Độ Dương
ISDN	Integrated Services Digital Network	Mạng số liên kết đa dịch vụ
ISL	Inter System Link	Tuyến kết nối giữa các hệ thống với nhau
ITU	International Telecommunication Union	Liên minh Viễn thông quốc tế
LEO	Low Earth Orbit	Quỹ đạo mặt đất tầm thấp
LNA	Low Noise Amplifier	Bộ khuếch đại tạp âm thấp
LO	Local Oscillator	Bộ dao động nội
LOS	Line of Sight	Sóng trực tiếp
LRE	Low Rate Encoding	Mã hóa tốc độ thấp
MCT	Mobile Communication Terminal	Thiết bị đầu cuối truyền tin di động
MEO	Medium Earth Orbit	Quỹ đạo mặt đất tầm trung
MSC	Mobile Switching Center	Trung tâm chuyển mạch di động
NCC	Network Control Center	Trung tâm điều khiển mạng
NGEO	Non-GEO	Vệ tinh không địa tĩnh
NMS	Network Management Station	Trạm quản lý mạng
NNC	Network Control Center	Trung tâm điều khiển mạng
NTSC	National Television Standards Committee	Ủy ban Tiêu chuẩn Truyền hình Quốc gia
OAM	Operations, Administration, and Maintenance	Vận hành, quản lý và bảo dưỡng
PAL	Phase Alternation by Line	Đảo pha theo dòng
PAM	Pulse Amplitude Modulation	Điều chế biên độ xung
PC	Pseudorandom Code	Mã giả ngẫu nhiên
PCN	Personal satellite Communications Network	Mạng thông tin vệ tinh cá nhân
PLMN	Public Land Mobile Network	Mạng di động mặt đất công cộng
PN	Pseudo Noise code	Mã giả tạp âm

POR	Pacific Ocean	Thái Bình Dương
PSK	Phase Shift Keying	Khóa dịch pha
PSTN	Public Switched Telephone Network	Mạng điện thoại chuyển mạch công cộng
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	Điều chế biên độ cầu phương
QoS	Quality of Service	Chất lượng dịch vụ
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying	Khóa dịch pha cầu phương
RF	Radio Frequency	Tần số vô tuyến
RS	Reed-Solomon	Mã RS
RSC	Recursive Systematic Convolutional	Mã chấp hệ thống có hồi quy
SCC	Satellite Control Center	Trung tâm điều khiển vệ tinh
SCPC	Single Channel Per Carrier	Một kênh truyền đơn trên một sóng mang
SDMA	Space Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo không gian
SDPSK	Symmetric Differential Phase- Shift Keying.	Kỹ thuật khóa dịch pha vi phân đối xứng
SECAM	Système Electronique Couleur Avec Memoire	Hệ thống màu điện tử có nhớ
SL	Satellite	Vệ tinh
SNMC	Service Provider Network Management Center	Trung tâm quản lý mạng cung cấp dịch vụ
SOCC	Satellite Operational Control Center	Trung tâm điều khiển hoạt động vệ tinh
SORF	Start of Received Frame	Khởi đầu của khung thu
SOTF	Start of Transmit Frame	Khởi đầu của khung phát
SPADE	Single channel per carrier, Pulse code modulation, multiple access, Demand assignment Equipment	Một kênh đơn trên một sóng mang, điều chế mã xung, đa truy nhập, thiết bị gán theo yêu cầu
S-PCN	Satellite Personal Communication Network	Mạng truyền tin thông qua các vệ tinh đến cá nhân
SPD	Saturated Power Density	Mật độ thông lượng công suất bão hoà
SSB	Single Sideband	Đơn biên
SSMA	Spread Spectrum Multiple Access	Đa truy nhập trải phổ
SSPA	Solid State Power Amplifier	Khuếch đại dùng bán dẫn
SS-TDMA	Satellite Switching - TDMA	Đa truy nhập phân chia theo thời gian chuyển mạch vệ tinh
S-TCH	Satellite Traffic Channel	Kênh lưu lượng vệ tinh
S-TCH/E	Satellite Eight-Rate Traffic Channel	Kênh lưu lượng vệ tinh 1/8 tốc độ
S-TCH/F	Satellite Full-Rate Traffic Channel	Kênh lưu lượng vệ tinh toàn tốc
S-TCH/H	Satellite Half-Rate Traffic Channel	Kênh lưu lượng vệ tinh 1/2 tốc độ
S-TCH/Q	Satellite Quarter-Rate Traffic Channel	Kênh lưu lượng vệ tinh 1/4 tốc độ
TCE	Traffic Channel Equipment	Thiết bị kênh lưu lượng
TDMA	Time Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo thời gian
TVRO	Television Receiver Only	Trạm mặt đất thu
TWTA	Travelling Wave Tube Amplifier	Khuếch đại dùng đèn sóng chạy
UHF	Ultra-High Frequency	Tần số cực cao
UW	Unique Word	Từ duy nhất
VHF	Very High Frequency	Tần số rất cao
VSAT	Very Small Aperture Terminal	Đầu cuối có độ mở rất nhỏ

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. LEON W. Modern communication systems
Florida - USA - 1993
2. WAYNE TOMASI
Electronic communications systems
New Jersey - 2001
3. G. MARAL M. BOUSQUET
Satellite communications systems
John Wiley & Sons
4. RAY E SHERIFF and Y. FUNHU
Mobile satellite communication systems
John Wiley & Sons - England 2001
5. K. W. VATES.
School of electronic Engineering
N. S. W. I. T - 1984
6. SAMON HAYKIN
Communication systems
New York - 1983
7. VARGA ANDRÁS
Adatátvitel
Budapest - 1979
8. THAI HONG NHI - PHAM MINH VIET
Hệ thống viễn thông - Tập I và II
Nhà xuất bản Giáo dục - Hà Nội
9. THAI HONG NHI
Trường điện tử, truyền sóng và anten
Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật - Hà Nội - 2006
10. THAI HONG NHI - PHAM MINH VIET
Truyền tin số và truyền dữ liệu
Nhà xuất bản Giáo dục - 2004
11. TẬP ĐOÀN BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG VIỆT NAM - Dự án VINASAT

MỤC LỤC

Lời nhà xuất bản.....	3
Lời nói đầu.....	5
CHƯƠNG 6. TRẠM MẶT ĐẤT	7
6.1. Chức năng và cấu hình của trạm mặt đất.....	7
6.2. Phân hệ anten.....	9
6.2.1. Các loại anten của trạm mặt đất.....	9
6.2.2. Bức xạ của búp sóng chính và búp sóng phụ.....	15
6.2.3. Nhiệt độ tạp âm của anten.....	17
6.2.4. Góc định vị của anten trạm mặt đất.....	20
6.2.5. Bảo vệ tĩnh.....	21
6.3. Phân hệ tần số vô tuyến.....	24
6.3.1. Tổng quan.....	24
6.3.2. Phần thu.....	24
6.3.3. Phần phát.....	28
6.4. Phân hệ xử lý tín hiệu trung gian.....	33
6.4.1. Tổng quan.....	33
6.4.2. Biến tần và khối trung tần.....	33
6.5. Phân hệ giao diện mạng.....	37
6.5.1. Ghép kênh và tách kênh.....	37
6.5.2. Ghép kênh phân chia theo tần số và đa truy nhập FDMA.....	38
6.5.3. Ghép kênh phân chia theo thời gian và đa truy nhập TDMA.....	43
6.5.4. Trạm mặt đất và đa truy nhập CDMA.....	46
6.6. Phân hệ giám sát và điều khiển.....	50
6.7. Nhận xét chung.....	51
CHƯƠNG 7. CÁC THIẾT BỊ VIỄN THÔNG DẠT TRÊN VỆ TINH	52
7.1. Chức năng và các thông số kỹ thuật đặc trưng của các thiết bị viễn thông đặt trên vệ tinh.....	52
7.1.1. Chức năng chung.....	52
7.1.2. Các thông số kỹ thuật đặc trưng.....	52
7.1.3. Quan hệ giữa các đặc tính tần số vô tuyến.....	54
7.2. Bộ phát đáp đơn búp sóng.....	55
7.2.1. Cấu trúc của bộ phát đáp đơn búp sóng.....	55
7.2.2. Phân kênh trong bộ phát đáp.....	55
7.2.3. Các đặc tính kỹ thuật của các thiết bị trong bộ phát đáp.....	57
7.3. Bộ phát đáp đa búp sóng.....	64
7.3.1. Tổng quan.....	64
7.3.2. Kết nối cố định.....	64

7.3.3. Kết nối bán cố định.....	65
7.3.4. Các chuyển mạch trong bộ phát đáp đa búp sóng.....	65
7.4. Bộ phát đáp tái sinh.....	69
7.4.1. Tổng quan.....	69
7.4.2. Ví dụ một số vệ tinh có sử dụng bộ phát đáp tái sinh.....	69
7.5. Các thiết bị chức năng trong bộ phát đáp tái sinh.....	72
7.5.1. Bộ giải điều chế liên kết.....	72
7.5.2. Bộ giải điều chế vi phân.....	73
7.5.3. Bộ giải điều chế đa sóng mang.....	74
7.5.4. Bộ điều chế.....	75
7.5.5. Bộ xử lý tín hiệu băng cơ sở.....	75
CHƯƠNG 8. VÙNG PHỦ SÓNG ANTEN VỆ TINH	77
8.1. Vùng phủ sóng.....	77
8.1.1. Tổng quan về vùng phủ sóng.....	77
8.1.2. Vùng phủ sóng địa lý.....	77
8.1.3. Vùng phủ sóng hình học.....	78
8.1.4. Vùng phủ sóng tổng thể.....	79
8.1.5. Vùng phủ sóng dịch vụ.....	80
8.2. Vùng phủ sóng của anten vệ tinh.....	81
8.2.1. Các chức năng và đặc tính của anten.....	81
8.2.2. Vùng phủ sóng tần số vô tuyến của vệ tinh.....	82
8.2.3. Vùng phủ đa búp sóng.....	87
8.2.4. Lưới búp sóng.....	88
8.3. Anten vệ tinh.....	91
8.3.1. Tổng quan.....	91
8.3.2. Anten loa.....	91
8.3.3. Anten phản xạ.....	91
8.3.4. Uốn nắn búp sóng bằng cấu hình bộ phản xạ.....	92
8.3.5. Phản xạ sử dụng nhiều bộ chiếu xạ.....	92
8.3.6. Anten bức xạ sóng phân cực trực giao.....	93
8.3.7. Anten có bộ phản xạ lưỡng tính.....	93
8.3.8. Anten thấu kính.....	94
8.3.9. Anten dàn.....	95
8.3.10. Anten tích cực.....	96
CHƯƠNG 9. MẠNG VỆ TINH ĐA BÚP SÓNG	99
9.1. Đặt vấn đề.....	99
9.2. Ưu và nhược điểm của vệ tinh đa búp sóng.....	99
9.3. Kết nối bằng cách chuyển bộ phát đáp.....	105

9.4. Kết nối bằng chuyển mạch đặt trên vệ tinh	106
9.4.1. Nguyên lý.....	106
9.4.2. Cấu trúc khung.....	108
9.4.3. Cấu trúc cửa sổ	109
9.4.4. Gán các gói trong khung.....	109
9.4.5. Đồng bộ	110
9.4.6. Thông lượng khung.....	112
9.5. Kết nối bằng phương pháp quét búp sóng.....	112
9.6. Tuyến liên lạc giữa các vệ tinh	113
9.6.1. Tổng quan	113
9.6.2. Kết nối liên lạc giữa vệ tinh địa tĩnh và vệ tinh quỹ đạo tầm thấp (GEO-LEO).....	114
9.6.3. Kết nối liên lạc giữa các vệ tinh địa tĩnh	114
9.6.4. Tuyến liên lạc giữa các vệ tinh quỹ đạo tầm thấp (LEO-LEO)	117
9.6.5. Dải tần cho tuyến liên lạc giữa các vệ tinh	118
9.6.6. Tuyến liên lạc tần số vô tuyến giữa các vệ tinh	118
9.6.7. Tuyến liên lạc giữa các vệ tinh bằng sóng quang	119
9.7. Nhận xét chung	122

CHƯƠNG 10. MẠNG VỆ TINH TÁI SINH

10.1. Bộ phát đáp tái sinh.....	123
10.2. So sánh dự trữ tuyến tái sinh và không tái sinh.....	124
10.2.1. Trường hợp kênh tuyến tính không có can nhiễu	124
10.2.2. Trường hợp kênh không tuyến tính, không có can nhiễu	125
10.2.3. Trường hợp kênh không tuyến tính, có can nhiễu	126
10.3. Xử lý tín hiệu ở bộ phát đáp tái sinh	127
10.3.1. Mã hóa kênh tuyến xuống.....	127
10.3.2. Chuyển mạch băng cơ sở.....	128
10.3.3. Chuyển đổi tốc độ.....	129
10.3.4. Các vệ tinh quét búp sóng.....	130
10.4. Tác động của vệ tinh tái sinh đến phân đoạn mặt đất.....	131
10.5. Nhận xét chung	132

CHƯƠNG 11. CÁC THÔNG SỐ VÀ CÁC BIỂU THỨC TÍNH TOÁN TRONG CÁC HỆ THÔNG THÔNG TIN VỆ TINH.....

11.1. Tổn hao lùi công suất	133
11.2. Công suất phát và năng lượng bit.....	134
11.3. Công suất bức xạ đẳng hướng tương đương	135
11.4. Nhiệt độ tạp âm tương đương	135
11.5. Mật độ tạp âm.....	137
11.6. Tỷ số mật độ công suất sóng mang trên tạp âm	138

11.7. Tỷ số mật độ năng lượng bit trên tạp âm	138
11.8. Tỷ số tăng ích trên nhiệt độ tạp âm tương đương	143
11.9. Các tham số tính toán trong tuyến liên lạc thông tin vệ tinh	143
11.10. Các biểu thức tính toán tuyến liên lạc	144
11.11. Dự trữ tuyến	145

CHƯƠNG 12. KẾT NỐI MẠNG THÔNG TIN DI ĐỘNG VỆ TINH VỚI CÁC TRẠM MẶT ĐẤT

12.1. Giới thiệu tổng quan.....	151
12.2. Kết nối mạng thông tin di động vệ tinh S-PCN với mạng mặt đất PSTN.....	151
12.2.1. Mô hình kết nối thông qua tín hiệu báo hiệu số 7-SSN7	151
12.2.2. Chức năng và hoạt động của công chính	152
12.2.3. Cấu trúc giao thức tín hiệu báo hiệu số 7.....	153
12.2.4. Các chức năng truy nhập	157
12.3. Tích hợp mạng thông tin di động vệ tinh S-PCN với mạng thông tin di động mặt đất GSM	158
12.3.1. Giới thiệu tổng quan	158
12.3.2. Các đặc điểm của hệ thống S-PCN và GSM.....	159
12.3.3. Các yêu cầu tích hợp hệ thống	160
12.3.4. Các phương án tích hợp	162
12.3.5. Tác động của các phương pháp tích hợp đến thủ tục bắt tay	165
12.3.6. Tác động của các phương pháp tích hợp đến quản lý vị trí	180
12.3.7. Tác động của phương pháp tích hợp đến thủ tục khởi tạo cuộc gọi	185
12.4. Tích hợp mạng thông tin di động vệ tinh S-PCN với các mạng thông tin di động mặt đất thế hệ 3 (3G)	186
12.4.1. Giới thiệu chung	186
12.4.2. Khái niệm về các đơn vị liên kết	187
12.4.3. Khái niệm phụ thuộc vô tuyến và độc lập vô tuyến.....	188
Phụ lục 1. Hệ thống định vị toàn cầu GPS	189
Phụ lục 2. Vệ tinh VINASAT của Việt Nam	197
Bài tập	202
Thuật ngữ viết tắt	206
Tài liệu tham khảo	209

HỆ THỐNG THÔNG TIN VỆ TINH

(Tập 2)

Chịu trách nhiệm xuất bản
LƯU ĐỨC VĂN

Biên tập:	TRẦN VŨ THƯỜNG NGUYỄN VĂN VINH
Chế bản:	HOÀNG VIỆT BẮC
Sửa bản in:	NGUYỄN VĂN VĨNH
Trình bày bìa:	PHAN THẾ VINH

NHÀ XUẤT BẢN BƯU ĐIỆN

Trụ sở: 18 - Nguyễn Du, TP. Hà Nội

Điện thoại: 04-5772143 – 5772138

Fax: 04-5771037

E-mail: nxbbuudien@mic.gov.vn

Website: www.nxbbuudien.com.vn

Chi nhánh TP. HCM: 27 - Nguyễn Bình Khiêm, Quận 1, TP. Hồ Chí Minh

Điện thoại: 08-9100925

Fax: 08-9100924

E-mail: chinhanh-nxbbd@hcm.vnn.vn

Chi nhánh TP. ĐN: 42 - Trần Quốc Toàn, TP. Đà Nẵng

Điện thoại: 0511-3897467

Fax: 0511-3843359

E-mail: pnbich@mic.gov.vn

NHÀ XUẤT BẢN BƯU ĐIỆN

Trụ sở: 18 Nguyễn Du, TP. Hà Nội

Điện thoại: 04-5772143, 04-5772138

Fax: 04-5772037

E-mail: nxbbuudien@mic.gov.vn

Website: www.nxbbuudien.com.vn

Chi nhánh TP. Hồ Chí Minh: 27 Nguyễn Bỉnh Khiêm, quận 1, TP. Hồ Chí Minh

Điện thoại: 08-9100925

Fax: 08-9100924

E-mail: chinhanh-nxbbd@hcm.vnn.vn

Chi nhánh TP. Đà Nẵng: 42 Trần Quốc Toản, quận Hải Châu, TP. Đà Nẵng

Điện thoại: 0511-3897467

Fax: 0511-3843359

E-mail: ptnbich@mic.gov.vn

MỜI CÁC BẠN TÌM ĐỌC

1. CÁC TỔNG ĐÀI ĐA DỊCH VỤ TRÊN MẠNG VIỄN THÔNG THẾ HỆ SAU
2. HỆ THỐNG THÔNG TIN QUANG (02 TẬP)
3. CHỮ KÝ SỐ, CHỨNG CHỈ SỐ VÀ CƠ SỞ HẠ TẦNG KHÓA CÔNG KHAI:
CÁC VẤN ĐỀ KỸ THUẬT VÀ ỨNG DỤNG
4. AN NINH TRONG THÔNG TIN DI ĐỘNG
5. MẠNG VÔ TUYẾN TỰ BIẾN
6. MẠNG THÔNG TIN QUANG THẾ HỆ SAU
7. LÝ THUYẾT THÔNG TIN VÀ MÃ HÓA
8. CUỘC CÁCH MẠNG NOKIA

SÁCH CỦA NHÀ XUẤT BẢN BƯU ĐIỆN CÓ BÁN TẠI:

1. **Nhà sách Tiên Phong**
175 Nguyễn Thái Học, Hà Nội
2. **Nhà sách Bách Khoa**
Số 1, Đường Giải Phóng, Hà Nội
86 - 107 Tô Hiến Thành, Quận 10, TP. HCM
3. **Nhà sách Thăng Long**
2 Bis Nguyễn Thị Minh Khai, Quận 1, TP. HCM
4. **Nhà sách Nguyễn Văn Cừ**
36 Xuân Thủy, Cầu Giấy, Hà Nội

¥887 2.7

Giá: 48.000đ