

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



THÔNG TIN VỆ TINH

(Dùng cho sinh viên hệ đào tạo đại học từ xa)

Lưu hành nội bộ

HÀ NỘI - 2007

THÔNG TIN VỆ TINH

Biên soạn : TS. NGUYỄN PHẠM ANH DŨNG

LỜI NÓI ĐẦU

Thông tin vệ tinh đã trở thành một phương tiện thông tin rất phổ biến và đa dạng. Nó thể hiện từ các chảo anten truyền hình gia đình cho đến các hệ thống thông tin toàn cầu truyền các khối lượng số liệu và lưu lượng thoại lớn cùng với các chương trình truyền hình.

Vì một vệ tinh có thể phủ sóng cho một vùng rộng lớn trên trái đất, nên một bộ phát đáp trên vệ tinh có thể cho phép nối mạng nhiều trạm mặt đất từ các vùng địa lý cách xa nhau trên trái đất. Các vệ tinh đảm bảo đường truyền thông tin cho các vùng dân cư xa xôi hẻo lánh khi mà các phương tiện thông tin khác khó đạt đến.

Từ nghiên cứu các số liệu quan trắc hơn 20 năm của nhà thiên văn Tycho Brahe, Johannes Kepler đã chứng minh rằng các hành tinh quay quanh mặt trời trên các quỹ đạo elip chứ không phải tròn. Ông đã tổng kết các nghiên cứu của mình trong ba định luật chuyển động hành tinh. Hai định luật đầu đã được công bố trong tạp chí New Astronomy vào năm 1609 và định luật thứ ba được công bố trong cuốn sách Harmony of The World vào năm 1619. Ba định luật này được trình bày như sau.

- **Định luật 1.** Quỹ đạo của một hành tinh có dạng elip với mặt trời nằm tại tiêu điểm
- **Định luật 2.** Bán kính của vectơ nối hành tinh và mặt trời quét các diện tích bằng nhau trong khoảng thời gian bằng nhau
- **Định luật 3.** Bình phương chu kỳ quay quanh quỹ đạo của hành tinh tỷ lệ với lập phương bán trục chính của elip

Ba định luật này là cơ sở để mô tả quỹ đạo của vệ tinh quay quanh trái đất trong đó vệ tinh đóng vai trò hành tinh còn trái đất đóng vai trò mặt trời.

Đến nay nhiều hệ thống thông tin vệ tinh đã được thiết lập với các quỹ đạo vệ tinh khác nhau, trong đó chỉ có vệ tinh Molnya của Liên xô cũ là sử dụng quỹ đạo elip, còn các vệ tinh còn lại đều sử dụng quỹ đạo tròn. Hiện nay không chỉ có các hệ thống thông tin vệ tinh cho các đối tượng cố định mà các hệ thống thông tin vệ tinh di động cũng đã được thiết lập và đưa vào khai thác. Ngày càng có xu thế tích hợp thông tin vệ tinh với thông tin mặt đất.

Tài liệu này bao gồm các bài giảng về môn học "Thông tin vệ tinh" được biên soạn theo chương trình đại học công nghệ viễn thông của Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông. Mục đích của tài liệu là cung cấp cho sinh viên các kiến thức căn bản nhất về thông tin vệ tinh.

Tài liệu này được xây dựng trên cơ sở sinh viên đã học các môn: Anten và truyền sóng, Truyền dẫn vô tuyến số, Lý thuyết trải phổ và đa truy nhập vô tuyến.

Do hạn chế của thời lượng nên tài liệu này chỉ bao gồm các phần căn bản liên quan đến các kiến thức căn bản về thông tin vệ tinh. Tuy nhiên học kỹ tài liệu này sinh viên có thể hoàn chỉnh thêm kiến thức của môn học bằng cách đọc các tài liệu tham khảo dẫn ra ở cuối tài liệu này.

Tài liệu này được chia làm bảy chương. Được kết cấu hợp lý để sinh viên có thể tự học. Mỗi chương đều có phần giới thiệu chung, nội dung, tổng kết, câu hỏi vài bài tập. Cuối tài liệu là đáp án cho các bài tập.

Người biên soạn: TS. Nguyễn Phạm Anh Dũng

CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN CÁC HỆ THỐNG THÔNG TIN VỆ TINH

1.1. GIỚI THIỆU CHUNG

1.1.1. Các chủ đề được trình bày trong chương

- Tổng quan các quỹ đạo vệ tinh trong thông tin vệ tinh
- Phân bố tần số
- Các vệ tinh của INTELSAT
- Các vệ tinh DOMSAT
- Các hệ thống thông tin di động vệ tinh

1.1.2. Hướng dẫn

- Học kỹ các tư liệu được trình bày trong chương
- Tham khảo thêm [1] và [2]
- Trả lời các câu hỏi và bài tập

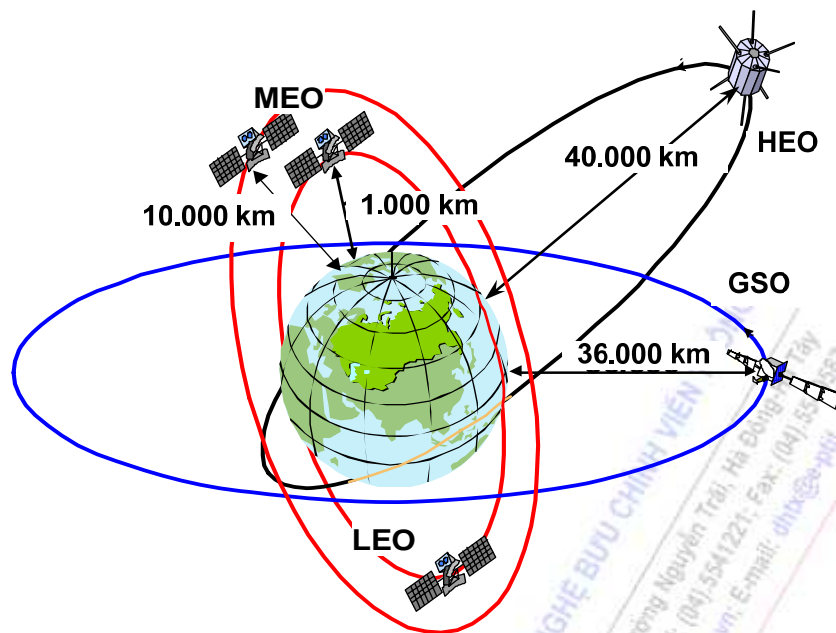
1.1.3. Mục đích chương

- Hiểu được các loại quỹ đạo và ứng dụng của chúng trong thông tin vệ tinh
- Hiểu được tổ chức của các hệ thống thông tin vệ tinh
- Hiểu được quy hoạch tần số cho thông tin vệ tinh

1.2. CÁC QUỸ ĐẠO VỆ TINH TRONG CÁC HỆ THỐNG THÔNG TIN VỆ TINH

Tuỳ thuộc vào độ cao so với mặt đất các quỹ đạo của vệ tinh trong hệ thống thông tin vệ tinh được chia thành (hình 2.1):

- * HEO (Highly Elpitical Orbit): quỹ đạo elip cao
- * GSO (Geostationary Orbit) hay GEO (Geostatinary Earth Orbit): quỹ đạo địa tĩnh
- * MEO (Medium Earth Orbit): quỹ đạo trung
- * LEO (Low Earth Orbit): quỹ đạo thấp.



Hình 1.1. Các quỹ đạo vệ tinh trong các hệ thống thông tin vệ tinh

1.3. PHÂN BỐ TẦN SỐ CHO CÁC HỆ THỐNG THÔNG TIN VỆ TINH

Phân bố tần số cho các dịch vụ vệ tinh là một quá trình rất phức tạp đòi hỏi sự cộng tác quốc tế và có quy hoạch. Phân bố tần được thực hiện dưới sự bảo trợ của Liên đoàn viễn thông quốc tế (ITU). Để tiện cho việc quy hoạch tần số, toàn thế giới được chia thành ba vùng:

Vùng 1: Châu Âu, Châu Phi, Liên xô cũ và Mông Cổ

Vùng 2: Bắc Mỹ, Nam Mỹ và Đảo Xanh

Vùng 3: Châu Á (trừ vùng 1), Úc và Tây nam Thái Bình Dương

Trong các vùng này băng tần được phân bổ cho các dịch vụ vệ tinh khác nhau, mặc dù một dịch vụ có thể được cấp phát các băng tần khác nhau ở các vùng khác nhau. Các dịch vụ do vệ tinh cung cấp bao gồm:

- Các dịch vụ vệ tinh cố định (FSS)
- Các dịch vụ vệ tinh quảng bá (BSS)
- Các dịch vụ vệ tinh di động (MSS)
- Các dịch vụ vệ tinh đạo hàng
- Các dịch vụ vệ tinh khí tượng

Từng phân loại trên lại được chia thành các phân nhóm dịch vụ; chẳng hạn dịch vụ vệ tinh cố định cung cấp các đường truyền cho các mạng điện thoại hiện có cũng như các tín hiệu truyền hình cho các hãng TV cáp để phân phối trên các hệ thống cáp. Các dịch vụ vệ tinh quảng bá có mục đích chủ yếu phát quảng bá trực tiếp đến gia đình và đôi khi được gọi là vệ tinh quảng bá trực tiếp (DBS: direct broadcast setellite), ở Châu Âu gọi là dịch vụ trực tiếp đến nhà (DTH: direct to home). Các dịch vụ vệ tinh di động bao gồm: di động mặt đất, di động trên biển và di động trên máy bay. Các dịch vụ vệ tinh đạo hàng bao gồm các hệ thống định vị toàn cầu và các vệ tinh cho các dịch vụ khí tượng thường cung cấp cả dịch vụ tìm kiếm và cứu hộ.

Bảng 1.1. liệt kê các ký hiệu băng tần sử dụng chung cho các dịch vụ vệ tinh.

Bảng 1.1. Các ký hiệu băng tần

Dải tần, GHz	Ký hiệu băng tần
0,1-0,3	VHF
0,3-1,0	UHF
1,0-2,0	L
2,0-4,0	S
4,0-8,0	C
8,0-12,0	X
12,0-18,0	Ku
18,0-27,0	K
27,0-40,0	Ka
40,0-75	V
75-110	W
110-300	mm
300-3000	μm

Băng Ku là băng nằm dưới băng K còn băng Ka là băng nằm trên K. Ku là băng hiện nay được sử dụng cho các vệ tinh quảng bá trực tiếp và nó cũng được sử dụng cho một số dịch vụ vệ tinh cố định. Băng C được sử dụng cho các dịch vụ vệ tinh cố định và các dịch vụ quảng bá trực tiếp không được sử dụng băng này. Băng VHF được sử dụng cho một số dịch vụ di động và đạo hàng và để truyền số liệu từ các vệ tinh thời tiết. Băng L được sử dụng cho các dịch vụ di động và các hệ thống đạo hàng. Đối với các dịch vụ vệ tinh cố định trong băng C, phần băng được sử dụng rộng rãi nhất là vào khoảng từ 4 đến 6 GHz. Hầu như các tần số cao hơn được sử dụng cho đường lên và thường băng C được ký hiệu là 6/4 GHz trong đó con số viết trước là tần số đường lên. Đối với dịch vụ quảng bá trực tiếp trong băng Ku, dải thường được sử dụng là vào khoảng từ 12 đến 14 GHz và được ký hiệu là 14/12 GHz. Mặc dù các ấn định tần số được thực hiện cụ thể hơn và chúng có thể nằm ngoài các giá trị được trích dẫn ở đây (chẳng hạn các ấn định tần số băng Ku có thể là 14,030 GHz và 11,730 GHz), các giá trị gần đúng được đưa ra ở trên hoàn toàn thoả mãn cho các tính toán có liên quan đến tần số.

1.4. INTELSAT

INTELSAT (International Telecommunications Satellite) là một tổ chức được thành lập vào năm 1964 bao gồm 140 nước thành viên và được đầu tư bởi 40 tổ chức. Các hệ thống vệ tinh INTELSAT đều sử dụng quỹ đạo địa tĩnh. Hệ thống vệ tinh INTELSAT phủ ba vùng chính: vùng Đại Tây Dương (AOR: Atlantic Ocean Region), vùng Ấn Độ Dương (IOR: Indian Ocean Region) và vùng Thái Bình Dương (POR: Pacific Ocean Region). INTELSAT VI cung cấp lưu lượng trong AOR gấp ba lần trong IOR và hai lần trong IOR. và POR cộng lại. Như vậy hệ thống vệ tinh này chủ yếu đảm bảo lưu lượng cho AOR. Tháng 5/1999 đã có ba vệ tinh INTELSAT VI phục vụ trong AOR và hai trong IOR.

Các vệ tinh INTELSAT VII-VII/A được phóng trong khoảng thời gian từ 11/1993 đến 6/1996 với thời hạn phục vụ từ 10 đến 15 năm. Các vệ tinh này được thiết kế chủ yếu để phục vụ POR và một phần AOR. Các vệ tinh này có dung lượng 22.500 kênh thoại hai chiều và 3 kênh TV. Nếu sử dụng nhân kênh số có thể nâng số kênh thoại lên 112.500 kênh hai chiều.

Chương 1. Tổng quan các hệ thống thông tin vệ tinh

Các vệ tinh INTELSAT VIII-VII/A được phóng trong khoảng thời gian từ 2/1997 đến 6/1998 với thời hạn phục vụ từ 14 đến 17 năm. Các vệ tinh này có dung lượng giống như VII/A.

Các vệ tinh INTELSAT IX là seri vệ tinh được phóng muộn nhất (từ quý 1 /2001). Các vệ tinh này cung cấp dải dịch vụ rộng hơn bao gồm cả các dịch vụ như: internet, TV đến nhà (DTH), khám bệnh từ xa, dạy học từ xa, video tương tác và đa phương tiện.

Ngoài ra các vệ tinh INTELSAT cũng cung cấp các dịch vụ nội địa hoặc các dịch vụ vùng giữa các nước.

1.5. VỆ TINH NỘI ĐỊA, DOMSAT

Vệ tinh nội địa được viết tắt là DOMSAT (domestic satellite). Các vệ tinh này được sử dụng để cung cấp các dịch vụ khác nhau như: thoại, số liệu, truyền dẫn TV trong một nước. Các vệ tinh này thường được đặt trên quỹ đạo địa tĩnh. Tại Mỹ các vệ tinh này cũng cho phép lựa chọn các kênh truyền hình cho máy thu gia đình, ngoài ra chúng còn cung cấp một khối lượng lớn lưu lượng thông tin thương mại.

Các DOMSAT cung cấp dịch vụ DTH có thể có các công suất rất khác nhau. (EIRP từ 37dBW đến 60 dBW). Bảng 1.2 dưới đây cho thấy đặc tính cơ bản của ba loại vệ tinh DOMSAT tại Mỹ.

Bảng 1.2. Đặc tính của ba loại DOMSAT tại Mỹ

	Công suất cao	Công suất trung bình	Công suất thấp
Băng K	K_u	K_u	C
Tần số đường xuống (GHz)	12,2-12,7	11,7-12,2	3,7-4,2
Tần số đường lên (GHz)	17,3-17,8	14-14,5	5,925-6,425
Dịch vụ vệ tinh	BSS	FSS	FSS
Mục đích ban đầu	DBS	điểm đến điểm	điểm đến điểm

Mục đích ban đầu là chỉ có các vệ tinh công suất lớn cung cấp dịch vụ vệ tinh quảng bá (DBS). Các vệ tinh công suất trung bình chủ yếu cung cấp dịch vụ điểm đến điểm và một phần DBS. Còn các vệ tinh công suất thấp chỉ cung cấp dịch vụ điểm đến điểm. Tuy nhiên từ kinh nghiệm người ta thấy máy thu vệ tinh truyền hình (TVRO) cũng có thể bắt được các chương trình từ băng C, nên nhiều gia đình đã sử dụng các chảo anten băng C để bắt các chương trình truyền hình. Hiện nay nhiều hãng truyền thông quảng bá đã mã hóa chương trình băng C, vì thế chỉ có thể bắt được chương trình này sau khi giải mã.

1.6. CÁC HỆ THỐNG THÔNG TIN DI ĐỘNG VỆ TINH

Thông tin di động vệ tinh trong mười năm gần đây đã trải qua những biến đổi cách mạng bắt đầu từ hệ thống thông tin di động vệ tinh hàng hải (INMARSAT) với các vệ tinh ở quỹ đạo địa tĩnh (GSO). Năm 1996 INMARSAT phóng 3 trong số năm vệ tinh của INMARSAT 3 để tạo ra các chùm búp hẹp chiếu xạ toàn cầu. Trái đất được chia thành các vùng rộng lớn được phục vụ bởi các chùm búp hẹp này. Với cùng một công suất phát các chùm búp hẹp tạo ra được EIRP lớn hơn nhiều so với các chùm búp toàn cầu. Nhờ vậy việc thiết kế đầu cuối mặt đất sẽ đơn giản hơn,

vì đầu cuối mặt đất sẽ nhìn thấy anten vệ tinh với tỷ số giữa hệ số khuếch đại anten và nhiệt độ tạp âm hệ thống (G/T_s) lớn hơn và EIRP đường xuống lớn hơn. Người ta dự định có thể sử dụng thiết bị đầu cuối mặt đất với kích thước sổ tay. Hiện nay các vệ tinh ở GSO cho phép các thiết bị di động mặt đất trên ô tô hoặc kích cỡ va li. Với EIRP từ vệ tinh đủ lớn, các máy di động có thể sử dụng các anten có kích thước trung bình cho dịch vụ thu số liệu và thoại. Tuy nhiên vẫn chưa thể cung cấp dịch vụ cho các máy thu phát cầm tay.

Để đảm bảo hoạt động ở vùng sóng vi ba thấp cho các bộ thu phát cầm tay ở hệ thống vệ tinh GSO cần có anten đủ mở (hệ số khuếch đại anten cao) đặt được bên trong thiết bị phóng và công suất phát bổ sung. Chẳng hạn ở băng L (1 đến 2 GHz), kích thước anten có thể từ 10 đến 15 m. Sở dĩ cần như vậy vì máy thu phát cầm tay có công suất phát thấp (vài trăm mW) và hệ số khuếch đại anten thấp (0 đến 3 dB). Công suất phát của máy cầm tay phụ thuộc vào acqui (và trọng lượng của nó), nhưng quan trọng hơn là an toàn cho người sử dụng. Vì thế các vùng dưới mặt đất đòi hỏi mật độ thông lượng công suất đến anten cao hơn (đạt được nhờ EIRP cao) và tỷ số G/T_s ở vệ tinh cao (anten thu vệ tinh có hệ số khuếch đại cao) để bắt được tín hiệu yếu từ máy phát của máy cầm tay.

Một tổ chức GSO hiện nay có thể cung cấp dịch vụ cho các máy phát thu kích thước va li là: Hãng vệ tinh di động Mỹ (AMSC) sử dụng vệ tinh GSO đặt ở 101°W . Vệ tinh này đảm bảo dịch vụ cho thông tin của người sử dụng ở băng L và sử dụng băng Ku (11 đến 18 GHz) để giao diện với trạm của mặt đất nơi kết nối với mạng PSTN.

Tất cả các vệ tinh di động cung cấp dịch vụ tiếng phụ thuộc vào anten trạm mặt đất có tính hướng ($G > 10\text{dB}$). Có thể sử dụng các anten có khuếch đại thấp hơn nhưng chỉ có thể cung cấp dịch vụ cho tốc độ số liệu thấp hoặc nhắn tin (phi thoại).

Hiện nay thông tin di động vệ tinh đang chuyển sang dịch vụ thông tin di động cá nhân (PCS) với các máy thu phát cầm tay. Đối với ứng dụng này các vệ tinh phải có quỹ đạo thấp (LEO) (độ cao vào khoảng 1000 km) và quỹ đạo trung MEO (độ cao khoảng 10.000 km). Các vệ tinh này sử dụng các chùm búp hẹp chiếu xạ mặt đất để tạo thành cấu trúc tổ ong giống như các hệ thống tổ ong mặt đất. Tuy nhiên do vệ tinh bay nên các chùm búp này di động và cơ bản trạm di động có thể coi là đứng đối với các búp hẹp (tổ ong) chuyển động khá nhanh.

Cũng có thể lập trình các búp hẹp này để quét sóng các vùng phục vụ mặt đất và duy trì vùng chiếu cố định như hệ thống tổ ong. Tuy nhiên điều này đòi hỏi các anten phức tạp hơn, chẳng hạn dàn chỉnh pha hay anten quét cơ khí hoặc điều khiển độ cao quỹ đạo vệ tinh.

Một số hãng đang đưa ra các đề án LEO hay MEO để cung cấp cả dịch vụ truyền số liệu và tiếng. Chủ yếu các dịch vụ số liệu được cung cấp bởi các hệ thống vệ tinh LEO nhỏ, còn cả hai dịch vụ số liệu và tiếng được cung cấp bởi các hệ thống LEO lớn. Nói chung các vệ tinh của LEO lớn phức tạp (và đắt tiền) hơn. Trong phần dưới đây ta sẽ xét một số hệ thống thông tin di động vệ tinh điển hình.

1.6.1 Dịch vụ di động của hệ thống GSO

1.6.1.1. Dịch vụ cho Bắc Mỹ

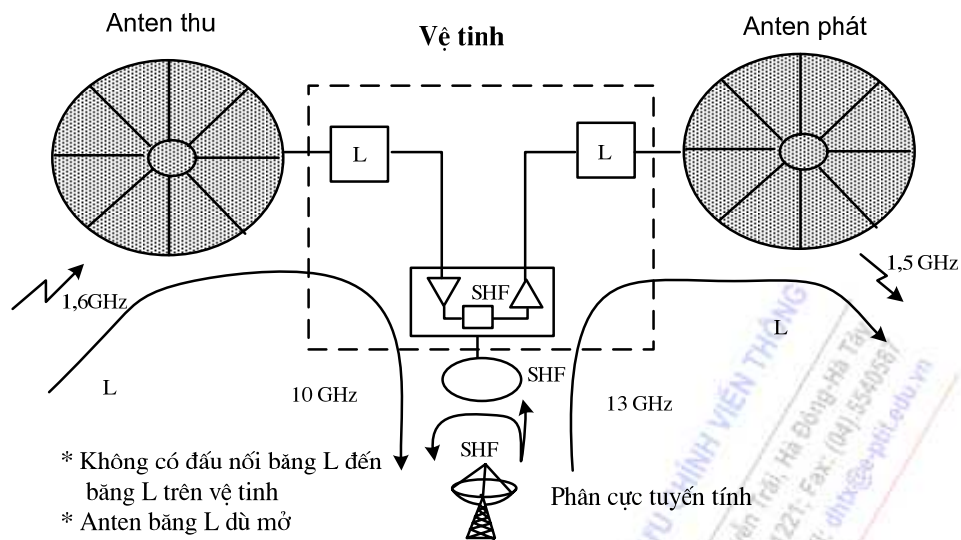
Ứng dụng đầu tiên của hệ thống GSO để cung cấp dịch vụ di động vệ tinh được thực hiện khi MARISAT được đưa vào hoạt động. Công nghiệp dịch vụ di động vệ tinh đã ra đời từ chương trình của US Navy nhằm cung cấp thông tin cho tàu cập bờ bằng cách sử dụng ba kênh UHF. Ngoài UHF, Comsat (INMARSAT) cũng thuê các kênh L sử dụng anten xoắn để đảm bảo dịch vụ

thương mại. Tiếp theo là sự ra đời của MARECS, IVMCS và INMARSAT, nhưng MARISAT vẫn tiếp tục hoạt động. Phát triển cao nhất là chùm vệ tinh của INMARSAT-3 đảm bảo các búp toàn cầu và các búp hẹp. Tất cả các hệ thống nói trên chủ yếu cung cấp dịch vụ cho thông tin hàng hải, tuy nhiên hiện nay INMARSAT cung cấp cả dịch vụ thông tin di động cho đất liền và hàng không. Đường dịch vụ của các hệ thống này sử dụng băng L, còn đường tiếp sóng sử dụng băng C. Các hệ thống này không cung cấp được dịch vụ cho các máy cầm tay. Comsat đã phát triển đầu cuối xách tay có tên gọi là Planet 1 để sử dụng dịch vụ do INMARSAT-3 cung cấp. Các búp hẹp tạo ra EIRP và G/T_s đủ lớn để thông tin với máy xách tay.

Để tiếp tục phát triển thông tin di động vệ tinh, năm 1985 FCC cho phép Công ty Xerox của các hãng cung cấp dịch vụ cho Mỹ. Tập đoàn vệ tinh di động Mỹ AMSC nhận được cấp phép này. Hệ thống vệ tinh này được đặt tên là AMSC. Hệ thống có thể cung cấp: dịch vụ thông tin di động vệ tinh mặt đất (LMSS), dịch vụ thông tin di động vệ tinh hàng không (AMSS) và dịch vụ thông tin di động vệ tinh hàng hải (MMSS). Hệ thống có thể cung cấp các dịch vụ thoại, số liệu và Fax cho các máy xách tay, đặt trên ô tô hay các trạm cố định. Dịch vụ này có tên là ô trên trời (Skycell). Dịch vụ tổ ong (cho máy cầm tay) có thể nhận được nhờ khai thác song một ở vùng có hệ thống thông tin di động tổ ong mặt đất. AMSC không đủ mạnh để cung cấp dịch vụ cho máy cầm tay, vì anten mặt đất phải có khuếch đại khoảng 10 dB để đạt được dịch vụ tiếng tin cậy. Tháng 4/ 1995 vệ tinh AMSC được phóng và đưa vào phục vụ vài tháng sau đó. AMSC-1 được đặt ở kinh độ $101^{\circ}W$. FCC cho phép AMSC phóng ba vệ tinh.

Hãng di động Telesat của Canada đã thoả thuận liên doanh để phóng vệ tinh (MSAT). Vệ tinh này đã được phóng và đặt ở kinh độ $106^{\circ}W$.

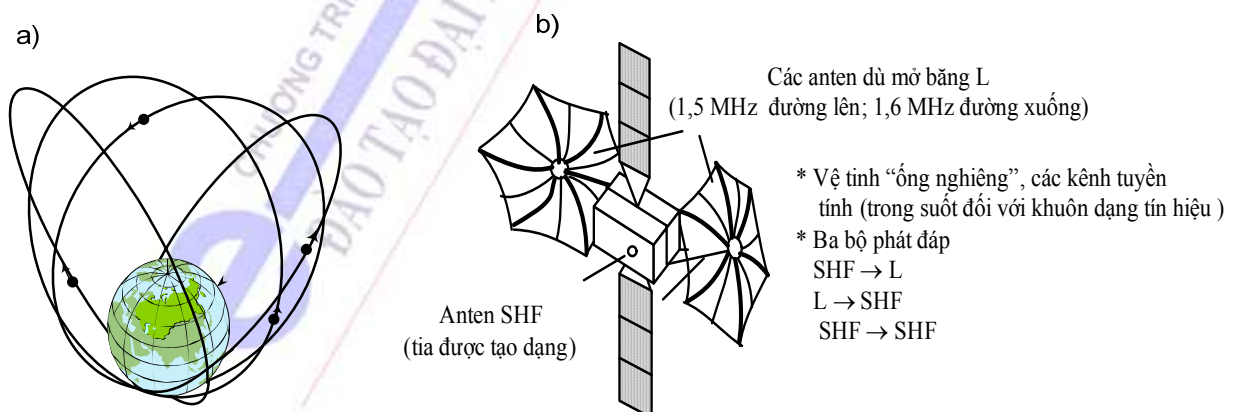
Tần số công tác đường dịch vụ của AMSC-1 là: 1530-1559 MHz cho đường xuống và 1631,5-1660 MHz cho đường lên. Tần số cho đường tiếp sóng là: băng 13 GHz cho đường xuống và băng 10 GHz cho đường lên. Vệ tinh hoạt động như ống cong "bent pipe" (hai trạm mặt đất đều nhìn thấy vệ tinh trong lúc liên lạc) và không có xử lý trên vệ tinh. Đầu cuối của người sử dụng làm việc ở băng L. Quá trình định tuyến tín hiệu đến và từ vệ tinh được cho ở hình 1.3. Hai anten dù mở được sử dụng kết nối thông tin giữa hai người sử dụng. Anten siêu cao tần (SHF) cho búp sóng được định dạng để phủ sóng hầu hết Bắc Mỹ. Không có đường nối trực tiếp băng L giữa hai người sử dụng. Để thực hiện cuộc gọi, người sử dụng phát tín hiệu đường lên băng L đến vệ tinh, ở vệ tinh tín hiệu này chuyển đổi tần số được phát xuống ở tần số 13 GHz đến trung tâm điều khiển. Trung tâm này ấn định cặp kênh cho phía khởi xướng và kết cuối cuộc gọi. Sau khi kết nối được thực hiện, hai phía có thể thông tin với nhau. Tín hiệu phía khởi xướng được phát lên đến vệ tinh, sau đó từ vệ tinh phát xuống đến trạm cổng và từ trạm này nó được phát lên đến vệ tinh. Tại đây nó được chuyển vào băng L và phát đến trạm kết cuối. Nếu phía kết cuối không phải máy di động, trạm cổng kết nối cuộc gọi đến PSTN nội hạt. Sau khi cuộc gọi kết thúc, kênh được giải phóng. Thực chất thông tin ở đây được thực hiện ở hai chặng và không có kết nối trực tiếp ở băng L. Thuật ngữ kỹ thuật được sử dụng cho trường hợp này là: không đầu nối băng L với băng L ở vệ tinh. Trước hết AMSC sử dụng các đầu cuối hai chế độ vệ tinh/tổ ong. Nếu máy di động không thể kết nối đến hệ thống tổ ong mặt đất, cuộc gọi được định tuyến qua chế độ vệ tinh.



Hình 1.3. Vệ tinh hai băng tần AMSC

1.6.1.2. Dịch vụ cho châu Âu bằng hệ thống Archimedes

Hãng hàng không vũ trụ châu Âu đã đề xuất sử dụng vệ tinh tia chớp "Molnya" quỹ đạo elip ở điểm cực viễn để đảm bảo dịch vụ tiếng bằng đầu cuối kích thước vali cho châu Âu. Sử dụng dạng quỹ đạo này có hai cái lợi. Nó cho phép góc ngẩng búp anten cao hơn (khoảng 70°), nhờ thế giảm phả định nhiễu tia xảy ra khi sử dụng góc ngẩng thấp và che tối của các vật cản. Ngoài ra anten của người sử dụng không cần thiết phải vô hướng vì vệ tinh được nhìn thấy trong khoảng thời gian dài ở vùng cực viễn. Hai yếu tố này (góc ngẩng cao và tính hướng anten tăng) cho phép giảm quỹ đường truyền, nhờ vậy tiết kiệm đáng kể công suất vệ tinh. Chùm vệ tinh trong trường hợp này sử dụng bốn vệ tinh với mỗi vệ tinh ở một quỹ đạo Molnia, nút lên cách nhau 90° và góc nghiêng $63,4^\circ$. Các vệ tinh được định pha ở xung quanh điểm cực viễn tại các thời điểm khác nhau để có thể phủ được toàn châu Âu trong 24 giờ. Với chu kỳ quay 12 giờ, hai cực viễn xảy ra ở bán cầu bắc, nhưng chỉ điểm trên châu Âu là được tích cực. Điểm cực viễn được nhìn thấy trong khoảng thời gian từ 6 đến 8 giờ, trong khoảng thời gian này các vệ tinh được tích cực. Cấu hình của hệ thống vệ tinh này được cho ở hình 1.4a.



Hình 1.4. a) các quỹ đạo vệ tinh Molnya; b) cấu hình hệ thống thông tin di động vệ tinh ASMC và Archimedes.

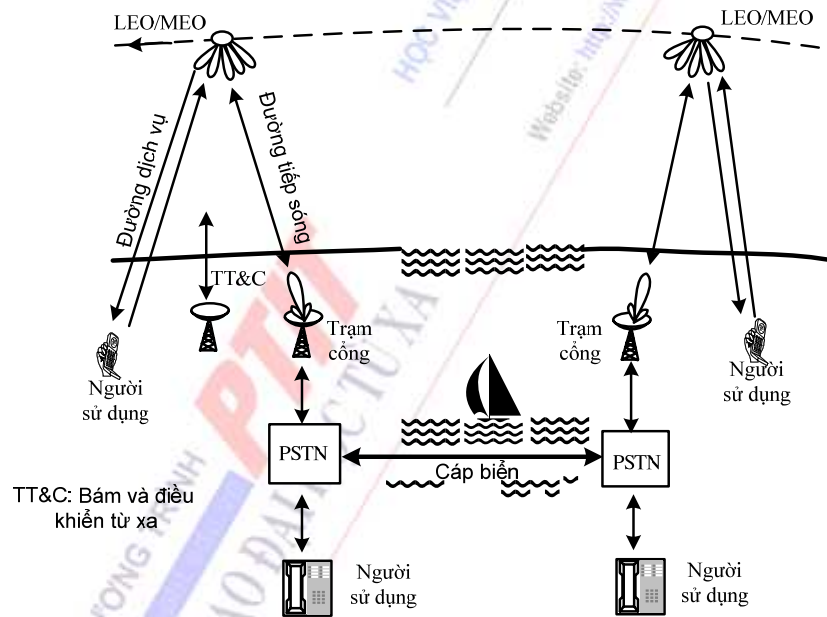
Anten trên mỗi vệ tinh (ở khoảng thời gian gần điểm cực viễn) sẽ chiếu xạ châu Âu bằng 6 búp. Lưu ý rằng trong khoảng thời gian này cự ly đến trạm mặt đất sẽ thay đổi vì thế mức tín hiệu thay đổi vào khoảng 4 dB. Nếu không thay đổi chiếu xạ của búp anten (chẳng hạn giảm độ rộng

của búp khi tiến đến gần điểm cực viễn) thì kích thước của vệt phủ cũng thay đổi. Việc giảm độ rộng búp cũng dẫn đến tăng hệ số khuếch đại, điều này là cần thiết vì cự ly đến trạm mặt đất tăng. Hệ thống cung cấp dịch vụ ở băng L. Mỗi vệ tinh đảm bảo cung cấp dịch vụ cho 3000 kênh thoại.

Cấu hình của vệ tinh cho hệ thống ASMC và Archimedes giống nhau và được cho ở hình 1.4b. Cả hai hệ thống đều sử dụng bộ phát đáp "ống cong" nhờ vậy có thể sử dụng chúng cho mọi tiêu chuẩn điều chế và truy nhập.

1.6.2. Dịch vụ di động vệ tinh quỹ đạo không phải địa tĩnh (NGSO)

Chìa khoá để phát triển dịch vụ thông tin di động là đảm bảo thông tin cá nhân mọi nơi mọi chỗ cho các máy thu phát cầm tay với giá thành hợp lý. Nhờ sự ra đời của phương pháp xử lý tín hiệu số mới và vi mạch tích hợp cao (MMIC, VLSI) điều này có thể thực hiện được. Bước tiếp theo là tiến hành giao diện với cơ sở hạ tầng hiện có của thông tin di động tổ ong mặt đất. Giao diện này cho phép khai thác song một vệ tinh-mặt đất. Sự ra đời của các vệ tinh thông tin NGSO nhằm đạt được mục đích này. Đây là các vệ tinh LEO (độ cao quỹ đạo 1000 km) và MEO (độ cao quỹ đạo 10.000 km). Hình 1.5 cho thấy cấu trúc điển hình của hệ thống thông tin vệ tinh LEO/MEO. Ở các phần dưới đây ta sẽ xét các hệ thống thông tin di động vệ tinh LEO.



Hình 1.5. Cấu trúc chung của một hệ thống thông tin LEO/MEO

1.6.2.1. Dịch vụ vệ tinh di động LEO nhỏ

Ở Mỹ FCC đã cấp phép cho các hệ thống LEO nhỏ làm việc ở tần số thấp hơn 1GHz trong các băng tần VHF/UHF. Các vệ tinh này làm việc ở chế độ lưu-và-phát cho dịch vụ số liệu và phát bản tin nhưng không có dịch vụ tiếng. Nói chung các vệ tinh này nhỏ nhưng ít phức tạp hơn LEO lớn. Độ cao của chúng vào khoảng 1300 km. Chúng cũng được thiết kế để làm việc với các máy thu phát cầm tay.

FCC cấp phép LEO nhỏ đợt một cho ba tổ chức sau: ORBCOMM (Orbital Sciences Corporation), Starsys Global Positioning System (Starsys) và VITA (Volunteer in Technical Assistance). ORBCOMM đề xuất đặt chùm 36 vệ tinh vào 4 mặt phẳng quỹ đạo nghiêng 45° với tám vệ tinh trên từng quỹ đạo. Ngoài ra cấu hình này còn có hai mặt phẳng quỹ đạo nghiêng 79°

và hai vệ tinh ở mỗi quỹ đạo. ORBCOMM cũng đề nghị FCC cho phép thay đổi hệ thống bằng cách sử dụng 8 vệ tinh cho mỗi quỹ đạo nghiêng 70° .

Starsys sẽ phóng 24 vệ tinh trong 6 mặt phẳng nghiêng 53° với 4 vệ tinh ở mỗi mặt phẳng. VITA thử phóng một vệ tinh vào quỹ đạo nghiêng 88° , nhưng bị lạc mất vì sự cố phóng. Hai vệ tinh đầu tiên của ORCOMM với tên gọi là Microstar được phóng vào 4/1995. 36 vệ tinh còn lại được phóng vào năm 1997.

Năm 1994 FCC cấp phép đợt hai cho các LEO nhỏ.

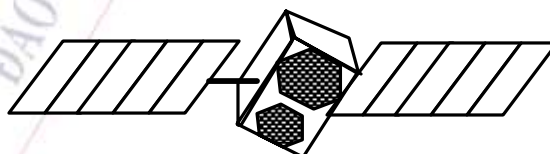
1.6.2.2. LEO lớn cho tiếng và số liệu

Vào đầu những năm 1990 sáu hãng của Mỹ làm đơn xin phép cung cấp thông tin cá nhân toàn cầu và liên tục. Năm hãng sẽ khai thác ở các độ cao thấp hơn so với các vệ tinh ở quỹ đạo địa tĩnh. Các vệ tinh này được gọi là NGSO và được thiết kế để hoạt động ở quỹ đạo thấp (LEO) và trung (MEO). Hãng thứ sáu đề xuất khai thác hệ thống của mình ở độ cao địa tĩnh.

Để đảm bảo dịch vụ liên tục các vệ tinh làm việc ở quỹ đạo thấp cần có chùm vệ tinh ở nhiều quỹ đạo, vì chúng chỉ xuất hiện trong trường nhìn ở một vài phần trăm thời gian của quỹ đạo. Thông thường là 10 đến 15 phút cho LEO và 2 giờ cho MEO.

Các vệ tinh này được thiết kế để đảm bảo dịch vụ tiếng, số liệu, Fax và thông tin định vị cho các máy thu phát cầm tay. Không như các hệ thống tổ ong mặt đất các hệ thống vệ tinh này có thể cung cấp dịch vụ cho các vùng xa xôi và vùng biển khi cần thiết. Vì thế hệ thống thông tin di động vệ tinh là hệ thống thông tin di động bổ sung cho hệ thống mặt đất và có thể cho phép làm việc song một. Trong thực tế nhiều nhà cung cấp hệ thống vệ tinh thiết kế các máy cầm tay hoạt động song một và cũng giao tiếp cả với mạng điện thoại nội hạt trong vùng phục vụ.

Năm 1995 FCC cấp phép cho ba hãng và để lại đơn của hai hãng chờ đến khi họ chứng minh được khả năng tài chính. Ba hãng được cấp phép gồm: Motorola (Iridium), TWR (Odyssey) và Loral/Qualcom (Globalstar). Băng tần dự kiến cho hoạt động của các hệ thống này là: 1610 MHz đến 1626 MHz đường lên và 2483 đến 2500 MHz đường xuống. Các băng tần này thường được gọi là băng L và S. Bảng 1.3 tổng kết các thông số của các hệ thống này. Lưu ý rằng tất cả các dịch vụ đều được cung cấp ở băng tần cao hơn 1 GHz. ICO Global (Intermediate Communication Global) là một chi nhánh của Inmarsat. Globalstar, Iridium và CCI-Aries sử dụng LEO ở các độ cao thấp hơn 1500 km. Odyssey và ICO Global sử dụng MEO ở độ cao vào khoảng 10.000 km. Ellipso-Elipssat sử dụng ba quỹ đạo cho chùm của họ. Hai quỹ đạo elip có góc nghiêng $63,5^\circ$ và độ lệch tâm vào khoảng 0,35. Quỹ đạo thứ ba là quỹ đạo tròn trong mặt phẳng xích đạo hoạt động ở độ cao 7800 km. Iridium thực hiện xử lý trên vệ tinh



Các dàn anten L và S

Hình 1.5. Cấu trúc vệ tinh Globalstar

và cho phép nối chéo vệ tinh để chuyển tiếp tiếng và số liệu đến các quỹ đạo khác hoặc đến vệ tinh lân cận. Tất cả các vệ tinh đều sử dụng anten dàn phẳng (băng L hoặc băng S) cho đường dịch vụ (búp hẹp). Các đường nuôi sử dụng anten loa ở băng Ka hoặc anten dàn ở băng C. Cấu trúc của vệ tinh Globalstar được cho ở hình 1.5.

Bảng 1.3. Tổng kết các thống số của các hệ thống LEO lớn

Chùm Thông số	Odyssey	Globalstar	Iridium	CCI-Aries
Người sử dụng/ lĩnh vực sử dụng	Điện thoại vùng xa, tổ ong vùng xa, lữ hành quốc tế	Điện thoại vùng xa, tổ ong vùng xa, lữ hành quốc tế.	Điện thoại vùng xa, tổ ong vùng xa, lữ hành quốc tế.	Tổ ong vùng xa, lữ hành quốc tế.
Dịch vụ	Tiếng, số liệu, fax, nhắn tin	Tiếng, số liệu, fax, RDSS, nhắn tin	Tiếng, số liệu, fax, RDSS	Tiếng, số liệu, fax, RDSS
Vùng phủ	Toàn cầu	Toàn cầu	Toàn cầu	Toàn cầu
Kiểu quỹ đạo Độ cao/chu kỳ	MEO 10.354 km/<6giờ	LEO 1414km/114 phút	LEO 785 km/100 phút	LEO 1018 km/105 phút
Số vệ tinh (dự trữ)	12(2 dự trữ)	48(8 dự trữ)	66(6 dự trữ)	48
Số mặt/ngiêng	3/52 ⁰	8/52 ⁰	6/86,4 ⁰	4/90 ⁰
Trọng lượng vệ tinh	1917 kg	426 kg	700 kg	<500 kg
Thời gian hoạt động	15 năm	15 năm	15 năm	
Tần số: trạm cổng Lên/xuống, GHz Người sử dụng Lên/xuống, GHz	19,4-19,6/ 29,1-25,25 1,610-1,62135/ 2,4835-2500	5,091-5,250/ 6,875-7,055 1,610-1,62135/ 2,4835-2500	19,3-19,6/29,1- 29,4 1,62135-1,6265	Băng C 1,610-1,62135/ 2,4835-2500
Kiểu phát đáp	ống cong	ống cong	có xử lý	
Số búp hẹp trên vệ tinh	61	16	48	32
Số kênh trên vệ tinh	>3000	2800	2300	
Số đường nối chéo vệ tinh, GHz	không	không	4/vệ tinh 25 Mbit/s 23,18-23,38	không
Điều chế Đa thâm nhập	Trải phổ QPSK CDMA	Trải phổ QPSK CDMA	QPSK TDMA	CDMA
Thời gian kết nối vệ tinh	1-2 giờ	10-12 phút	9 phút	
Góc ngẩng cực tiểu	22 ⁰	10 ⁰ -20 ⁰	82 ⁰	
Tốc độ số liệu (máy cầm tay) Kbps	4,2 (tiếng) 1,2-9,6 (số liệu)	1,2-9,6 (tiếng) 2,4-9,6 (số liệu)	4,8 (tiếng) 2,4 (số liệu)	

Cấp phép FCC	1/95	1/95	1/95	không
Ngày phóng đầu tiên	1998	1997	1997	1997
Khai thác hoàn toàn	1999	1998 (4)	1998 (4)	
Anten vệ tinh	dàn	dàn	dàn	

1.7. TỔNG KẾT

Chương này đã xét tổng quan các quỹ đạo vệ tinh được sử dụng trong các hệ thống thông tin vệ tinh. Phân bố tần số cho các hệ thống thông tin di động cũng được xét trong chương này. Các tần số đường lên và đường xuống của hệ thống thông tin vệ tinh không giống nhau. Trong hai đầu thông tin phía nào có công suất phát lớn hơn sẽ sử dụng tần số cao hơn để có thể bù trừ tốt hơn suy hao đường truyền. Chẳng hạn trong INTELSAT, trạm mặt đất có công suất lớn lên sẽ sử dụng tần số đường lên cao hơn còn trạm phát đáp có công suất nhỏ hơn nên sẽ sử dụng tần số đường xuống thấp hơn. Điều này hoàn toàn ngược lại đối với hệ thống thông tin di động trong đó máy đầu cuối do chỉ có thể phát công suất nhỏ nên sẽ sử dụng tần số đường lên thấp hơn so với tần số phát xuống từ vệ tinh. Các quỹ đạo địa tĩnh được sử dụng nhiều nhất cho thông tin vệ tinh vì vị trí của nó cố định tương đối so với mặt đất và vì một vệ tinh có thể phủ sóng cho 1/3 diện tích trái đất. Các hệ thống INTELSAT và DOMSAT sử dụng các quỹ đạo này cho các dịch vụ cố định như thoại, số liệu và truyền hình. Các quỹ đạo địa tĩnh cũng có thể sử dụng để cung cấp dịch vụ thông tin di động, tuy nhiên anten trên vệ tinh phải có kích thước lớn (anten dù mờ) để được EIRP cao và hệ số phẩm chất trạm vệ tinh (G/T_s) cũng phải cao. Các quỹ đạo LEO và MEO thường được sử dụng cho các dịch vụ di động cá nhân vì khoảng cách của các vệ tinh không xa mặt đất. Các thông số cho các hệ thống thông tin vệ tinh LEO lớn được cho trong bảng 1.3.

1.8. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Trình bày các quỹ đạo được sử dụng trong thông tin vệ tinh
2. Trình bày phân bố tần số trong thông tin vệ tinh
3. Trình bày các vệ tinh INTELSAT và các dịch vụ do chúng cung cấp
4. Trình bày các vệ tinh DOMSAT và các dịch vụ do chúng cung cấp
5. Trình bày các hệ thống thông tin di động vệ tinh sử dụng quỹ đạo GSO
6. Trình bày cấu trúc chung của hệ thống thông tin LEO/MEO
7. Trình bày các thông số chính của các hệ thống thông tin di động vệ tinh LEO

CHƯƠNG 2

CÁC QUỸ ĐẠO VỆ TINH

2.1. GIỚI THIỆU CHUNG

2.1.1. Các chủ đề được trình bày trong chương

- Các định luật Kepler
- Các thuật ngữ liên quan đến quỹ đạo vệ tinh
- Các phần tử quỹ đạo
- Các lực nhiễu dẫn đến thay đổi vị trí vệ tinh trên quỹ đạo
- Các quỹ đạo nghiêng
- Quỹ đạo địa tĩnh

2.1.2. Hướng dẫn

- Học kỹ các tư liệu được trình bày trong chương
- Tham khảo thêm [1]
- Trả lời các câu hỏi và bài tập cuối chương

2.1.3. Mục đích chương

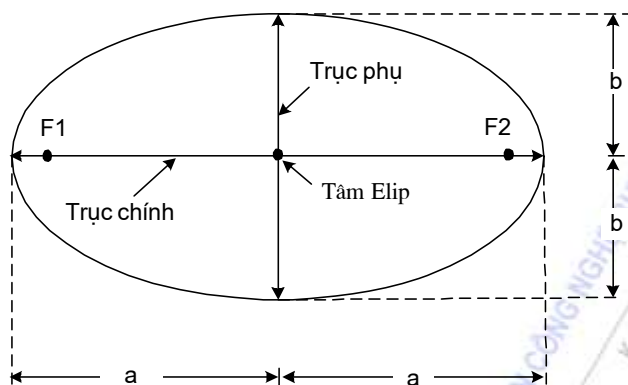
- Hiểu được các định luật Kepler mô tả quỹ đạo vệ tinh
- Biết được các thuật ngữ thường dùng cho vệ tinh
- Hiểu được các phần tử quỹ đạo
- Hiểu được các lực nhiễu dẫn đến thay đổi vị trí vệ tinh trên quỹ đạo
- Hiểu được cách tính toán góc nhìn của vệ tinh địa tĩnh để có thể thiết kế được một tuyến vệ tinh

2.2. CÁC ĐỊNH LUẬT KEPLER

Các vệ tinh quay quanh trái đất tuân theo cùng các định luật điều khiển sự chuyển động của các hành tinh xung quanh mặt trời. Từ lâu dựa trên các quan trắc kỹ lưỡng người ta đã hiểu được sự chuyển động của các hành tinh. Từ các quan trắc này, Johannes Kepler (1571-1630) đã rút ra bằng thực nghiệm ba định luật mô tả chuyển động hành tinh. Tổng quát các định luật Kepler có thể áp dụng cho hai vật thể bất kỳ trong không gian tương tác với nhau qua lực hấp dẫn. Vật thể có khối lượng lớn hơn trong hai vật thể được gọi là sơ cấp còn vật thể thứ hai được gọi là vệ tinh.

2.2.1. Định luật Kepler thứ nhất

Định luật Kepler thứ nhất phát biểu rằng đường chuyển động của một vệ tinh xung quang vật thể sơ cấp sẽ là một hình elip. Một hình elip có hai tiêu điểm F_1 và F_2 như thấy ở hình 2.1. Tâm khối lượng của hệ thống hai vật thể này được gọi là tâm bary luôn luôn nằm tại một trong hai tiêu điểm. Trong trường hợp được xét do sự khác biệt rất lớn giữa khối lượng của quả đất và vệ tinh, tâm khối lượng trùng với tâm của trái đất và vì thế tâm trái đất luôn nằm trong một tiêu điểm.



Hình 2.1. Các tiêu điểm F_1, F_2 , bán trục chính a và bán trục phụ b đối với một elip

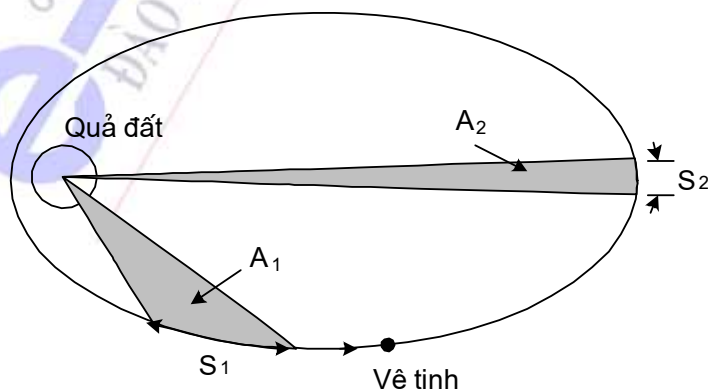
Bán trục chính của Elip được ký hiệu là a và bán trục phụ được ký hiệu là b . Độ lệch tâm e được xác định như sau:

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} \quad (2.1)$$

Độ lệch tâm và bán trục chính là hai thông số để xác định các vệ tinh quay quanh trái đất. $0 < e < 1$ đối với một quỹ đạo vệ tinh. Khi $e=0$ quỹ đạo trở thành đường tròn.

2.2.2. Định luật Kepler thứ hai

Định luật Kepler thứ hai phát biểu rằng trong các khoảng thời gian bằng nhau, vệ tinh sẽ quét các diện tích bằng nhau trong mặt phẳng quỹ đạo của nó với tiêu điểm tại tâm bary (hình 2.2).



Hình 2.2. Định luật Kepler thứ hai

Từ hình 2.2 ta thấy nếu coi rằng vệ tinh chuyển dịch các quãng đường là S_1 và S_2 mét trong 1 giây thì các diện tích A_1 và A_2 bằng nhau. Do S_1 và S_2 là tốc độ bay của vệ tinh nên từ định luật diện tích bằng nhau này, ta rút ra rằng tốc độ S_2 thấp hơn tốc độ S_1 . Từ đây ta suy ra rằng vệ tinh phải mất nhiều thời gian hơn để bay hết một quãng đường cho trước khi nó cách xa quả đất hơn. Thuộc tính này được sử dụng để tăng khoảng thời gian mà một vệ tinh có thể nhìn thấy các vùng quy định của quả đất.

2.2.3. Định luật Kepler thứ ba

Định luật Kepler thứ ba phát biểu rằng bình phương chu kỳ quỹ đạo tỷ lệ mũ ba với khoảng cách trung bình giữa hai vật thể. Khoảng cách trung bình bằng bán trục chính a . Đối với các vệ tinh nhân tạo bay quanh quả đất, ta có thể trình bày định luật Kepler thứ ba như sau:

$$a^3 = \frac{\mu}{n^2} \quad (2.2)$$

trong đó n là chuyển động trung bình của vệ tinh đo bằng radian trên giây và μ là hằng số hấp dẫn địa tâm quả đất. Với a đo bằng mét, giá trị này là:

$$\mu = 3,986005 \times 10^{14} \text{ m}^3/\text{sec}^2 \quad (2.3)$$

Phương trình 2.2 chỉ áp dụng cho trường hợp lý tưởng khi một vệ tinh quay quanh một quả đất cầu lý tưởng có khối lượng đồng đều và không bị tác động nhiễu chẳng hạn sự kéo trôi của khí quyển.

Với n đo bằng radian trên giây, chu kỳ quỹ đạo đo bằng giây được xác định như sau:

$$P = \frac{2\pi}{n} \quad (2.4)$$

Ý nghĩa của định luật Kepler thứ ba là nó cho thấy quan hệ cố định giữa chu kỳ và kích thước. Một dạng quỹ đạo quan trọng là quỹ đạo địa tĩnh chu kỳ của quỹ đạo này được xác định bởi chu kỳ quay của quả đất. Thí dụ dưới đây cho thấy sự xác định bán kính gần đúng của quỹ đạo địa tĩnh.

Thí dụ 2.1. Tính toán bán kính của một quỹ đạo tròn cho chu kỳ là một ngày.

Giải. Sự chuyển dịch trung bình đo bằng rad/ngày là:

$$n = \frac{2\pi}{1 \text{ ngày}}$$

Đổi vào rad/sec ta được

$$n = 7,272 \cdot 10^{-5} \text{ rad/sec}$$

Hằng số hấp dẫn quả đất là:

$$\mu = 3,986005 \cdot 10^{14} \text{ m}^3 \cdot \text{sec}^{-2}$$

Theo định luật Kepler thứ ba ta được:

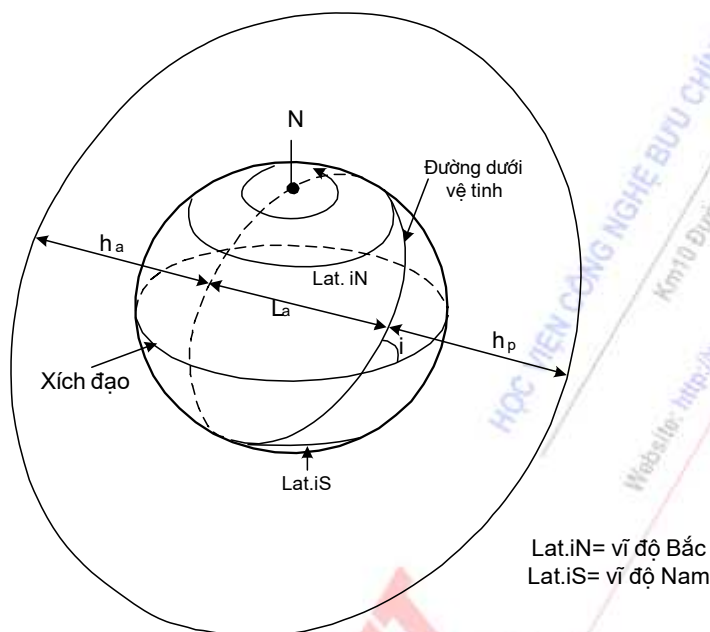
$$a = \left(\frac{\mu}{n^2} \right)^{\frac{1}{3}} = 42241 \text{ km}$$

Vì quỹ đạo là đường tròn nên bán trục chính cũng là bán kính.

2.3. ĐỊNH NGHĨA CÁC THUẬT NGỮ CHO QUỹ ĐẠO VỆ TINH

Như đã nói ở trên, các định luật của Kepler áp dụng chung cho sự chuyển động của vệ tinh xung quanh vật thể sơ cấp. Đối với trường hợp vệ tinh bay quanh quả đất, một số thuật ngữ được sử dụng để mô tả vị trí các vệ tinh so với quả đất.

Viễn điểm (Apogee). Điểm xa quả đất nhất. Độ cao viễn điểm được ký hiệu là h_a trên hình 2.3.



Hình 2.3. Độ cao viễn điểm h_a , cận điểm h_p , góc nghiêng i và L_a đường nối các điểm cực.

Cận điểm (Perigee). Điểm gần quả đất nhất. Trên hình 2.3 độ cao của điểm này được ký hiệu là h_p .

Đường nối các điểm cực (Line of apsides). Đường nối viễn điểm và cận điểm qua tâm trái đất (L_a).

Nút lên (Ascending). Điểm cắt giữa mặt phẳng quỹ đạo và xích đạo nơi mà vệ tinh chuyển từ Nam sang Bắc.

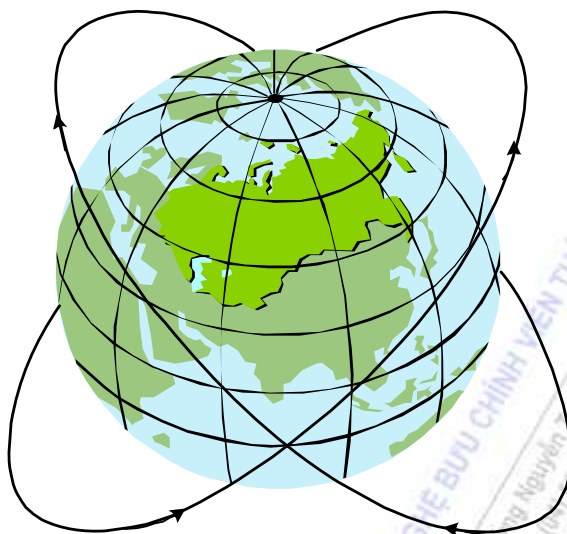
Nút xuống (Descending). Điểm cắt giữa mặt phẳng quỹ đạo và xích đạo nơi mà vệ tinh chuyển động từ Bắc sang Nam.

Đường các nút (Line of nodes). Đường nối các nút lên và nút xuống qua tâm quả đất.

Góc nghiêng (Inclination). Góc giữa mặt phẳng quỹ đạo và mặt phẳng xích đạo. Góc được đo tại điểm tăng từ xích đạo đến quỹ đạo khi vệ tinh chuyển động từ Nam sang Bắc. Góc nghiêng được cho ở hình 2.3 ký hiệu là i . Đây sẽ là vĩ độ Bắc hoặc Nam lớn nhất.

Quỹ đạo đồng hướng (Prograde Orbit). Quỹ đạo mà ở đó vệ tinh chuyển động cùng với chiều quay của quả đất (hình 2.4). Quỹ đạo đồng hướng còn được gọi là quỹ đạo trực tiếp (Direct Orbit). Góc nghiêng của quỹ đạo đồng hướng nằm trong dải từ 0° đến 90° . Hầu hết các vệ tinh

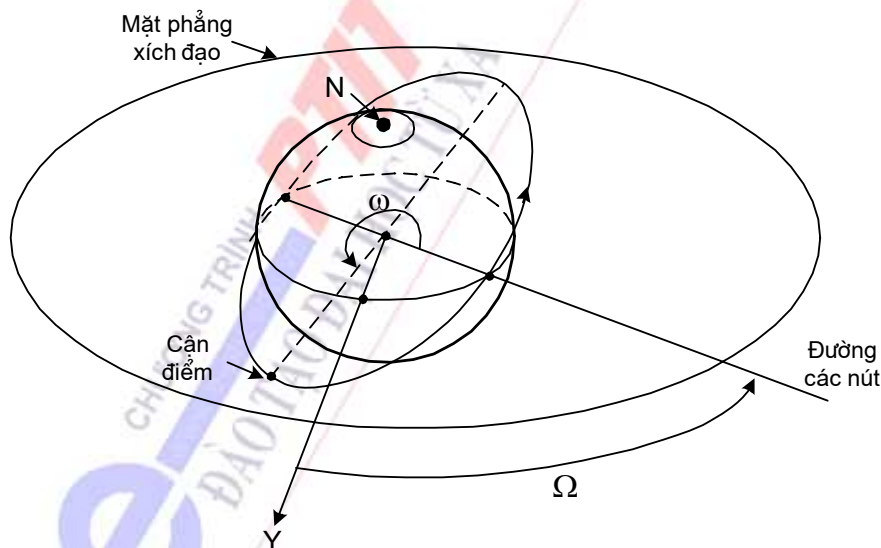
đều được phóng vào quỹ đạo đồng hướng vì tốc độ quay của quả đất sẽ cung cấp một phần tốc độ quỹ đạo và nhờ vậy tiết kiệm được năng lượng phóng.



Hình 2.4. Các quỹ đạo đồng hướng và ngược hướng

Quỹ đạo ngược hướng (Retrograde Orbit). Quỹ đạo mà ở đó vệ tinh chuyển động ngược với chiều quay của quả đất (hình 2.4). Góc nghiêng của quỹ đạo ngược hướng nằm trong dải từ 90° đến 180° .

Agumen cận điểm (Argument of Perigee). Góc từ nút xuống đến cận điểm được đo trong mặt phẳng quỹ đạo tại tâm quả đất theo hướng chuyển động của vệ tinh. Trên hình 2.5 góc này được ký hiệu là ω .



Hình 2.5. Agumen của cận điểm ω và góc lên đúng của nút lên Ω .

Góc lên đúng của nút lên (Right Ascension of Ascending Node). Để định nghĩa đầy đủ vị trí của quỹ đạo trong không gian, vị trí của nút lên được đặc tả. Tuy nhiên do sự quay spin của quả đất, trong khi mặt phẳng quỹ đạo hầu như cố định (nếu bỏ qua sự trôi của vệ tinh), nên kinh độ của nút lên không cố định và vì thế không thể sử dụng nó làm điểm chuẩn tuyệt đối. Để xác định một quỹ đạo trong thực tiễn, người ta thường sử dụng kinh độ và thời gian vệ tinh chuyển động qua nút lên. Tuy nhiên để đo tuyệt đối ta cần có một tham chuẩn cố định trong không gian. Tham

chuẩn được chọn là điểm đầu tiên của cung Bạch dương hay điểm xuân phân. Điểm xuân phân xảy ra khi mặt trời cắt xích đạo từ Nam qua Bắc và một đường ảo được vẽ từ điểm cắt xích đạo xuyên tâm của mặt trời hướng đến điểm thứ nhất của chòm Bạch dương (ký hiệu là Y). Đây là đường của cung Bạch dương. Góc lên đúng của nút lên khi này là góc được đo trong mặt phẳng xích đạo quay theo hướng đông từ đường Y sang nút lên (hình 2.5).

Độ dị thường trung bình (Mean anomaly). Độ dị thường trung bình M cho thấy giá trị trung bình vị trí góc của vệ tinh với tham chuẩn là cận điểm. Đối với quỹ đạo tròn M cho thấy vị trí góc của vệ tinh trên quỹ đạo. Đối với quỹ đạo elip, tính toán vị trí này khó hơn nhiều và M được sử dụng làm bước trung gian trong quá trình tính toán.

Độ dị thường thật sự (True anomaly). Độ dị thường thực sự là góc từ cận điểm đến vệ tinh được đo tại tâm trái đất. Nó cho thấy vị trí góc của anten trên quỹ đạo phụ thuộc vào thời gian.

2.4. CÁC PHẦN TỬ QUỸ ĐẠO

Các vệ tinh nhân tạo được định nghĩa bằng sáu phần tử được gọi là tập phần tử Kepler. Hai trong số các phần tử này là bán trục chính a và độ lệch tâm e như đã nói ở trên. Phần tử thứ ba là độ dị thường trung bình M_0 cho thấy vị trí của vệ tinh trên quỹ đạo của chúng tại thời gian tham chuẩn được gọi là kỷ nguyên (epoch). Phần tử thứ tư là agumen cận điểm ω cho thấy sự quay cận điểm của quỹ đạo so với đường các nút của quỹ đạo. Hai phần tử còn lại là góc nghiêng i và góc lên đúng của nút lên Ω liên hệ vị trí của mặt phẳng quỹ đạo với quả đất.

Do sự lồi xích đạo làm cho ω và Ω thay đổi chậm và do các lực gây nhiễu khác có thể làm các phần tử quỹ đạo hơi thay đổi, ta cần đặc tả các giá trị cho tham khảo thời gian hay kỷ nguyên.

Thí dụ về thông số của vệ tinh được cho ở bảng 2.1.

Bảng 2.1. Thí dụ về thông số vệ tinh (theo công bố của NASA)

Số vệ tinh: 25338
Năm kỷ nguyên (hai chữ số cuối cùng của năm): 00
Ngày kỷ nguyên (ngày và ngày phân đoạn của năm): 223,79688452
Đạo hàm thời gian bậc nhất của chuyển động trung bình (vòng quay trung bình/ngày ²): 0,000000307
Góc nghiêng (độ): 98,6328
Góc lên đúng của nút lên (độ): 251,5324
Độ lệch tâm: 0,0011501
Agumen cận điểm (độ): 113,5534
Độ dị thường trung bình (độ): 246,6853
Chuyển động trung bình (vòng/ngày): 14,23304826
Số vòng quay tại kỷ nguyên (vòng quay/ngày): 11663

Ta sẽ thấy rằng mặc dù bán trục chính không được đặc tả, nhưng ta có thể tính nó từ bảng thông số. Thí dụ tính toán được trình bày ở thí dụ 2.2.

Thí dụ 2.2 Tính bán trục chính cho các thông số vệ tinh ở bảng 2.1.

Giải. Chuyển động trung bình được cho ở bảng 2.1 là:

$$NN = 14,23304826 \cdot \text{ngày}^{-1}$$

Ta có thể chuyển nó vào rad/sec

$$n_0 = \frac{2\pi}{24 \times 3600} = 1,64734 \cdot 10^{-4} \text{ rad/sec}$$

Từ phương trình (2.3) ta được:

$$\mu = 3,986005 \cdot 10^{14} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{sec}^{-2}$$

Từ định luật Kepler thứ ba ta được:

$$a = \left(\frac{\mu}{n_0^2} \right)^{1/3}$$

$$= 7192.3 \text{ km}$$

2.5. ĐỘ CAO VIỄN ĐIỂM VÀ CẬN ĐIỂM

Khoảng cách từ tâm trái đất đến viễn điểm và cận điểm có thể nhận được từ hình elip theo công thức sau:

$$r_a = a(1+e) \quad (2.5)$$

$$r_p = a(1-e) \quad (2.6)$$

Để tìm độ cao điểm viễn điểm và cận điểm ta lấy các phương trình trên trừ đi bán kính của trái đất.

Thí dụ 2.3. Tính độ cao viễn điểm và cận điểm cho các thông số quỹ đạo ở bảng 2.1. Coi rằng bán kính trung bình trái đất $R=6371\text{km}$.

Giải. Từ bảng 2.1 ta có $e=0,0011501$, thông số $a = 7192,3$ đã tính được từ thí dụ trên.

Vậy độ cao viễn điểm bằng:

$$h_a = a(1+e) - R = 829,6 \text{ km}$$

và độ cao cận điểm bằng:

$$h_p = a(1-e) - R = 813,1 \text{ km}$$

2.6. CÁC LỰC NHIỀU QUỸ ĐẠO

Các quỹ đạo được xét từ trước đến nay là quỹ đạo Kepler có dạng elip cho trường hợp vệ tinh nhân tạo quay quanh trái đất. Đây là quỹ đạo lý tưởng vì ta coi rằng quả đất là một khối lượng hình cầu phân bố đều vì thế lực tác dụng duy nhất là lực li tâm gây ra do sự chuyển động vệ tinh để cân bằng lực hút của quả đất. Trong thực tế còn có các lực khác như các lực hút của mặt trời, mặt trăng và kéo của khí quyển. Các lực hút của mặt trời và mặt trăng ít ảnh hưởng lên các vệ tinh quỹ đạo thấp nhưng chúng tác động lên quỹ đạo địa tĩnh. Lực kéo của khí quyển trái lại ít ảnh hưởng lên các vệ tinh địa tĩnh nhưng lại ảnh hưởng lên các vệ tinh tầm thấp dưới 1000 km.

2.6.1. Các ảnh hưởng của mặt đất không phải hình cầu

Đối với một mặt đất hình cầu, định luật Kepler thứ ba xác định chuyển động trung bình như sau:

$$n_0 = \sqrt{\frac{\mu}{a^3}} \quad (2.7)$$

Chỉ số 0 để biểu thị rằng kết quả được áp dụng cho trái đất cầu có khối lượng đồng đều lý tưởng. Tuy nhiên ta biết rằng trái đất không hoàn toàn hình cầu, xích đạo hơi phình ra còn cực thì hơi dẹt vào và vì thế nó có dạng hình cầu dẹt. Khi xét đến đặc điểm này của trái đất, chuyển động trung bình bị thay đổi và được xác định theo công thức sau:

$$n = n_0 \left[\frac{1 + K_1(1 - 1,5 \sin^2 i)}{a^2(1 - e^2)^{1,5}} \right] \quad (2.8)$$

trong đó hằng số $K_1 = 66063,1704 \text{ km}^2$. Sự dẹt của quả đất gần như không ảnh hưởng lên bán trục chính a và nếu biết được a ta dễ dàng tính được chuyển động trung bình. Chu kỳ quỹ đạo khi có xét đến tính dẹt của trái đất được gọi là chu kỳ dị thường (từ cận điểm đến cận điểm). Chuyển động trung bình được đặc tả trong công bố của NASA là nghịch đảo của chu kỳ dị thường. Chu kỳ dị thường được xác định như sau:

$$P_A = \frac{2\pi}{n} \text{ sec} \quad (2.9)$$

trong đó n đo bằng được đo bằng radian trên giây.

Nếu ta biết được n (như cho ở thông báo của NASA) ta có thể giải phương trình (2.8) với lưu ý rằng n_0 cũng phụ thuộc vào a . Ta có thể giải phương trình (2.8) để tìm a bằng cách tìm nghiệm của phương trình sau:

$$n - \sqrt{\frac{\mu}{a^3}} \left[1 + \frac{K_1(1 - 1,5 \sin^2 i)}{a^2(1 - e^2)^{1,5}} \right] = 0 \quad (2.10)$$

Thí dụ dưới đây sẽ minh họa cách tính.

Thí dụ 2.4. Một vệ tinh có quỹ đạo nằm trong mặt phẳng xích đạo với chu kỳ quay từ cận điểm đến cận điểm là 12 giờ. Cho độ lệch tâm bằng 0,002; tính bán trục chính. Bán kính xích đạo của quả đất bằng 6378,1414km.

Giải. Dữ liệu được cho:

$$e=0,002$$

$$i=0^\circ$$

$$P = 12 \text{ giờ}$$

$$K_1 = 66063,704 \text{ km}^2. \quad a_E = 6378,1414. \text{ km}$$

$$\mu = 3,986005.10^{14} .\text{m}^3.\text{sec}^{-2}$$

Chuyển động trung bình là:

$$n = \frac{2\pi}{P}$$

a xác định theo định luật Kepler thứ ba như sau:

$$a = \left(\frac{\mu}{n^2} \right)^{1/2} \quad a = 26597. \text{km}$$

đây là giá trị không bị nhiễu có thể sử dụng để ước lượng giá trị nghiệm.

Giá trị bị nhiễu được xác định như sau:

$$a = \text{nghiệm} \left[n - \sqrt{\frac{\mu}{a^3}} \left[1 + \frac{K_1(1 - 1,5 \sin^2 i)}{a^2(1 - e^2)^{1,5}} \right] \right] = 0$$

$$a = 26598,5 \text{km.}$$

Sự dẹt của quả đất gây ra hai sự quay của mặt phẳng quỹ đạo. Quay thứ nhất được gọi là sự dịch lùi (regression of nodes) các nút, trong đó đường như các nút trượt dọc xích đạo. Kết quả là đường các điểm nút trong mặt xích đạo bị quay xung quanh tâm trái đất. Như vậy góc lên đúng nút lên Ω bị dịch.

Nếu quỹ đạo là đồng hướng thì các nút trượt sang tây và nếu quỹ đạo là ngược hướng thì chúng trượt sang đông. Nếu nhìn từ nút lên, vệ tinh trong quỹ đạo đồng hướng bay sang đông và trong quỹ đạo ngược hướng bay sang tây. Như vậy các nút di chuyển ngược chiều chuyển động vệ tinh, vì thế ta có thuật ngữ dịch lùi. Đối với quỹ đạo cực ($i=90^\circ$) dịch lùi bằng không.

Ảnh hưởng thứ hai là sự quay của đường giữa các điểm cực trong mặt phẳng quỹ đạo, dưới đây ta sẽ xét ảnh hưởng này. Cả hai ảnh hưởng đều phụ thuộc vào chuyển động trung bình n , bán trục chính a và độ lệch tâm e . Các thông số này được nhóm chung và một hệ số K xác định như sau:

$$K = \frac{nK_1}{a^2(1 - e^2)^2} \quad (2.11)$$

K sẽ có cùng đơn vị như n . Vậy với n đo bằng rad/ngày, K sẽ đo bằng rad/ngày và với n đo bằng $^\circ$ /ngày K cũng đo bằng $^\circ$ /ngày. Biểu thức gần đúng cho sự thay đổi Ω theo thời gian được xác định như sau:

$$\frac{d\Omega}{dt} = -K \cos i \quad (2.12)$$

trong đó i là góc nghiêng

Tốc độ dịch lùi các nút sẽ có cùng đơn vị như n .

Khi tốc độ thay đổi xác định theo phương trình (2.12) có giá trị âm, dịch lùi về phía tây còn khi tốc độ này dương dịch lùi về phía đông. Vì thế đối với dịch lùi về phía đông, i phải lớn hơn 90° hay quỹ đạo phải ngược hướng. Ta có thể chọn giá trị a , e và i sao cho tốc độ quay là $0,9856^\circ$ /ngày về phía đông. Quỹ đạo này được gọi là quỹ đạo đồng bộ mặt trời.

Một trong số các ảnh hưởng gây ra do sự phình xích đạo là sự quay đường các điểm cực, dẫn đến sự thay đổi argumen cận điểm xác định theo công thức sau:

$$\frac{d\omega}{dt} = K(2 - 2,5 \sin^2 i) \quad (2.13)$$

ở đây đơn vị cho tốc độ quay của đường các điểm cực cũng là đơn vị cho n .

Khi góc nghiêng i bằng $63,435^\circ$, thành phần trong ngoặc bằng không và sẽ không xảy ra quay. Góc nghiêng này được lựa chọn cho quỹ đạo vệ tinh Molnya của Nga.

Nếu ta ký hiệu thời gian kỷ nguyên là t_0 , góc lên đúng của nút lên là Ω_0 và agumen cận điểm là ω_0 tại kỷ nguyên, ta được các giá trị mới cho Ω và ω tại t như sau:

$$\Omega = \Omega_0 + \frac{d\Omega}{dt}(t - t_0) \quad (2.14)$$

$$\omega = \omega_0 + \frac{d\omega}{dt}(t - t_0) \quad (2.15)$$

Cần nhớ rằng quỹ đạo không phải là một thực thể vật lý và chính các lực do quả đất dẹt gây ra tác dụng lên vệ tinh làm thay đổi các thông số quỹ đạo. Vậy khác với việc bay theo một quỹ đạo elip khép kín trong một mặt phẳng cố định, vệ tinh bị trôi do dịch lùi các điểm nút và vĩ độ của điểm gần nhất (cận điểm) thay đổi do sự quay của đường các điểm cực. Hiểu được điều này cho phép ta nhìn nhận vệ tinh bay theo một quỹ đạo elip khép kín nhưng với quỹ đạo chuyển động tương đối so với mặt đất do sự thay đổi của Ω và ω . Như đã nói ở trên, chu kỳ P_A là thời gian cần thiết để vệ tinh bay từ cận điểm đến cận điểm mặc dù cận điểm đã dịch chuyển so với quả đất.

Để làm thí dụ, giả thiết rằng góc nghiêng bằng 90° sao cho dịch lùi các nút bằng không (từ phương trình 2.12) và tốc độ quay của đường các điểm cực là $-K/2$ (từ phương trình 2.13) ngoài ra xét trường hợp cận điểm tại thời điểm quan trắc ban đầu nằm ngay trên nút lên. Một chu kỳ sau, cận điểm sẽ ở góc $-KP_A/2$ so với nút lên hay nói một cách khác nó sẽ ở phía Nam so với xích đạo. Thời gian giữa hai lần đi qua nút lên sẽ là $P_A(1+K/2n)$, đây sẽ là chu kỳ được quan sát từ trái đất. Nhắc lại rằng K sẽ có cùng đơn vị như n , nghĩa là radian trên giây.

Thí dụ 2.5. Xác định tốc độ dịch lùi và tốc độ quay của đường các điểm cực cho các thông số của vệ tinh được đặc tả ở bảng 2.1. Sử dụng các kết quả tính toán ở thí dụ 2.2.

Giải. Từ bảng 2.1 và thí dụ 2.2 ta có:

$$\begin{aligned} i &= 98,6328^\circ & e &= 0,0011501 \\ n &= 14,23304826/\text{ngày} & a &= 7192,3\text{km} \\ K_1 &= 66063,1704.\text{km}^3 \\ n &= 2\pi.n & & \text{đổi thành rad/sec} \end{aligned}$$

$$K = \frac{n.K_1}{a^2(1-e^2)^2} \quad K = 6,544^\circ/\text{ngày}$$

$$\frac{d\Omega}{dt} = -K \cos i = 0,982^\circ/\text{ngày}$$

$$\frac{d\omega}{dt} = K(2 - 2,5 \sin^2 i) = -2,903^\circ/\text{ngày}$$

Thí dụ 2.6. Tính cho thí dụ 2.5, các giá trị mới cho Ω và ω tại một chu kỳ sau kỷ nguyên.

Giải. Từ thí dụ 2.5:

$$\frac{d\Omega}{dt} = 0,982^0/\text{ngày}$$

$$\frac{d\omega}{dt} = -2,903^0/\text{ngày}$$

Từ bảng 2.1:

$$n = 14,23304826/\text{ngày} \quad \omega_0 = 113,5534^0 \quad \Omega_0 = 251,5324^0$$

Chu kỳ sẽ là:

$$P_A = \frac{1}{n}$$

$$\Omega = \Omega_0 + \frac{d\Omega}{dt} P_A \quad \Omega = 251,601^0$$

$$\omega = \omega_0 + \frac{d\omega}{dt} P_A \quad \omega = 113,394^0$$

Ngoài việc phình ra của xích đạo, trong mặt phẳng xích đạo trái đất không hoàn toàn là hình tròn, nó có một độ lệch tâm rất nhỏ bậc 10^{-5} . Độ lệch này được gọi là tính elip xích đạo (equatorial ellipticity). Ảnh hưởng của tính elip xích đạo là nó sẽ tạo ra một gradient hấp dẫn gây ảnh hưởng đáng kể lên các vệ tinh trên quỹ đạo địa tĩnh. Nói một cách ngắn gọn, lý tưởng vệ tinh trên quỹ đạo địa tĩnh phải cố định so với trái đất. Gradient hấp dẫn gây ra do tính elip xích đạo sẽ làm cho các vệ tinh trên quỹ đạo địa tĩnh trôi đến một điểm ổn định, điểm này trùng với trục phụ của elip xích đạo. Hai điểm này phân cách nhau bởi một góc 180^0 trên xích đạo nằm vào khoảng kinh độ 75^0E và 105^0W . Để tránh cho các vệ tinh đang phục vụ bị trôi các thao tác giữ trạm được thực hiện (Station Keeping Maneuvers). Vì các vệ tinh cũ dần dần bị trôi vào các điểm này nên chúng được gọi là "nghĩa trang vệ tinh".

Lưu ý rằng ảnh hưởng tính elip xích đạo là không đáng kể đối với hầu hết các quỹ đạo vệ tinh khác.

2.6.2. Sự kéo khí quyển

Đối với các vệ tinh gần trái đất, ảnh hưởng của sự kéo khí quyển (Atmospheric Drag) là đáng kể. Do lực kéo lớn nhất tại cận điểm và sự kéo này làm giảm tốc độ vệ tinh tại điểm này nên vệ tinh không đạt đến cùng độ cao viễn điểm ở các vùng tiếp theo. Kết quả là bán trục chính và độ lệch tâm giảm. Sự kéo hầu như không thay đổi các thông số khác của quỹ đạo bao gồm cả độ cao cận điểm. Biểu thức gần đúng để xác định sự thay đổi bán trục chính như sau:

$$a = a_0 \left[\frac{n_0}{n_0 + n_0'(t - t_0)} \right]^{2/3} \quad (2.16)$$

Độ dị thường trung bình cũng thay đổi. Biểu thức gần đúng xác định sự thay đổi này như sau:

$$\delta = \frac{n_0'}{2} (t - t_0)^2 \quad (2.17)$$

Từ bảng 2.1 ta thấy đạo hàm theo thời gian bậc nhất của chuyển động trung bình (n_0') là một số rất nhỏ bằng 0,00000307 vòng/ngày. Như vậy sự thay đổi gây ra do sự kéo chỉ đáng kể đối với khoảng thời gian dài và vì thế đối với mục đích hiện thời ta có thể bỏ qua nó.

2.7. CÁC QUỸ ĐẠO NGHIÊNG

Việc nghiên cứu tổng quát một vệ tinh trên một quỹ đạo nghiêng rất phức tạp vì cần tham khảo các thông số khác nhau từ các khung tham khảo khác nhau. Các phần tử quỹ đạo được cho với tham chuẩn theo mặt phẳng quỹ đạo có vị trí cố định trong không gian, trong khi đó vị trí của trạm mặt đất lại được xác định theo các tọa độ địa lý địa phương quay cùng với quả đất. Hệ tọa độ vuông góc thường được sử dụng để tính toán vị trí vệ tinh và tốc độ của nó trong không gian trong khi đó các thông số trạm mặt đất cần tìm là góc phương vị, góc ngẩng và cự ly. Vì thế cần có chuyển đổi giữa các hệ tọa độ.

Để minh họa phương pháp tính các quỹ đạo elip nghiêng, ta sẽ xét vấn đề tìm góc nhìn của trạm mặt đất và cự ly. Cần nhớ rằng đối với các quỹ đạo nghiêng, vệ tinh không cố định so với mặt đất và vì thế góc nhìn và cự ly sẽ thay đổi theo thời gian.

Việc xác định góc nhìn và cự ly bao gồm các giá trị và các khái niệm sau:

1. Các phần tử vệ tinh được đăng tải trong thông báo của NASA (như ở bảng 2.1)
2. Các phương pháp đo thời gian khác nhau
3. Hệ tọa độ perifocal xây dựng trên mặt phẳng quỹ đạo
4. Hệ tọa độ xích đạo địa tâm xây dựng trên mặt phẳng xích đạo
5. Hệ tọa độ chân trời tâm topo xây dựng trên mặt phẳng chân trời của quan sát viên

Ta cần sử dụng hai chuyển đổi tọa độ chính sau:

- Vị trí vệ tinh được đo trong hệ tọa độ perifocal được chuyển vào hệ tọa độ xích đạo địa tâm trong đó sự quay của quả đất được đo để vị trí của vệ tinh và trạm mặt đất trong cùng một hệ
- Vector vị trí vệ tinh-trạm mặt đất được chuyển đổi vào hệ chân trời tâm topo để tính toán các góc ngẩng và cự ly.

2.8. QUỸ ĐẠO ĐỊA TĨNH

2.8.1. Định nghĩa quỹ đạo địa tĩnh

Một vệ tinh ở quỹ đạo địa tĩnh sẽ trở nên bất động so với mặt đất vì thế nó được gọi là vệ tinh địa tĩnh. Có ba điều kiện để quỹ đạo là địa tĩnh:

1. Vệ tinh phải quay theo hướng đông với tốc độ quay bằng tốc độ quay của quả đất
2. Quỹ đạo là đường tròn
3. Góc nghiêng của quỹ đạo bằng 0

Điều kiện đầu rất rõ ràng. Nếu vệ tinh là tĩnh, nó phải quay cùng tốc độ với quả đất. Điều kiện thứ hai được rút ra từ định luật Kepler thứ hai. Tốc độ không đổi có nghĩa là vệ tinh phải quét các diện tích như nhau trong các khoảng thời gian như nhau và điều này chỉ xảy ra với quỹ đạo tròn. Điều kiện thứ ba, góc nghiêng bằng không, dựa trên điều kiện rằng mọi sự nghiêng đều dẫn đến vệ tinh chuyển động theo hướng Bắc và Nam và vì thế nó không phải là địa tĩnh. Chỉ có góc

ngiên bằng không mới tránh khỏi việc vệ tinh chuyển động sang Bắc hoặc Nam và điều này có nghĩa là quỹ đạo nằm trong mặt phẳng qua xích đạo của quả đất.

Có thể sử dụng định luật Kepler thứ ba để tìm bán kính quỹ đạo. Nếu ký hiệu bán kính này là a_{GSO} , thì nó được xác định như sau:

$$a_{GSO} = \left(\frac{\mu P^2}{4\pi^2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (2.18)$$

trong đó μ là hằng số hấp dẫn hướng tâm bằng:

$$\mu = 3,986005 \times 10^{14} \text{ m}^3/\text{sec}^2$$

Chu kỳ quay vệ tinh địa tĩnh là 23 giờ 56 phút 4 giây, đây cũng là thời gian mà quả đất quay hết một vòng xung quang trục N-S của mình. Thay giá trị μ và P vào phương trình (2.18) ta được:

$$a_{GSO} = 42164 \text{ km} \quad (2.19)$$

Bán kính xích đạo của trái đất là

$$a_E = 6378 \text{ km} \quad (2.20)$$

Vì thế độ cao quỹ đạo địa tĩnh bằng:

$$\begin{aligned} h_{GSO} &= a_{GSO} - a_E \\ &= 42.164 - 6378 \\ &= 35.786 \text{ km} \end{aligned} \quad (2.21)$$

Giá trị này thường được làm tròn bằng 36.000 km. Trong thực tế ta không đạt được một quỹ đạo địa tĩnh chính xác do các lực nhiễu và ảnh hưởng độ lồi của quả đất. Trường hấp dẫn của mặt trời và mặt trăng làm cho quỹ đạo nghiêng khoảng $0,85^\circ$ /năm. Ngoài ra tính chất elíp của mặt xích đạo cũng làm cho vệ tinh trôi về phía đông theo quỹ đạo. Trong thực tế cần định kỳ chỉnh lại các xê dịch này

Cần lưu ý rằng chỉ có một quỹ đạo địa tĩnh vì chỉ có một giá trị a thỏa mãn phương trình Kepler đối với chu kỳ 23 giờ 56 phút 4 giây. Các nhà quản lý thông tin toàn cầu coi quỹ đạo địa tĩnh như là một tài nguyên và cần điều hành việc sử dụng nó một cách cẩn thận trên cơ sở thỏa thuận quốc tế và quốc gia.

2.8.2. Các góc nhìn của anten

Các góc nhìn của anten mặt đất là góc phương vị và góc ngẩng để anten có thể hướng thẳng đến vệ tinh. Đối với quỹ đạo địa tĩnh, tính toán góc nhìn đơn giản hơn vì vệ tinh không chuyển động tương đối so với quả đất. Mặc dù nhìn chung không cần quá trình bám, nhưng đối với các trạm mặt đất lớn sử dụng cho thương mại độ rộng búp hướng anten rất nhỏ và phải có cơ chế bám để bù trừ sự xê dịch của vệ tinh xung quanh vị trí địa tĩnh bình thường. Đối với các kiểu

anten sử dụng cho thu gia đình, độ rộng búp hướng anten khá rộng vì thế không cần bám. Vì thế các anten TV có thể lắp cố định ở các mái nhà.

Tồn tại ba thông số cần thiết để xác định góc nhìn của quỹ đạo địa tĩnh:

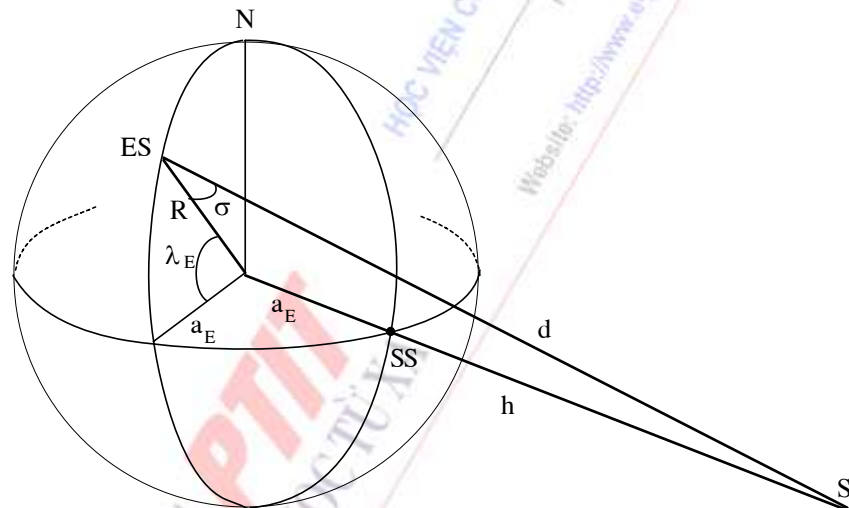
1. Vĩ độ trạm mặt đất ký hiệu λ_E
2. Kinh độ trạm mặt đất ký hiệu là ϕ_E
3. Kinh độ điểm dưới vệ tinh (gọi tắt là kinh độ vệ tinh) ký hiệu là ϕ_{SS}

Theo quy định các vĩ độ bắc được sử dụng như là các góc dương và các vĩ độ nam được sử dụng là các góc âm. Các kinh độ đông được coi là các góc dương và các kinh độ tây được coi là các góc âm. Chẳng hạn nếu vĩ độ được xác định là $40^\circ S$ thì ta lấy giá trị -40° và nếu kinh độ được xác định là $35^\circ W$ thì ta lấy giá trị -35° .

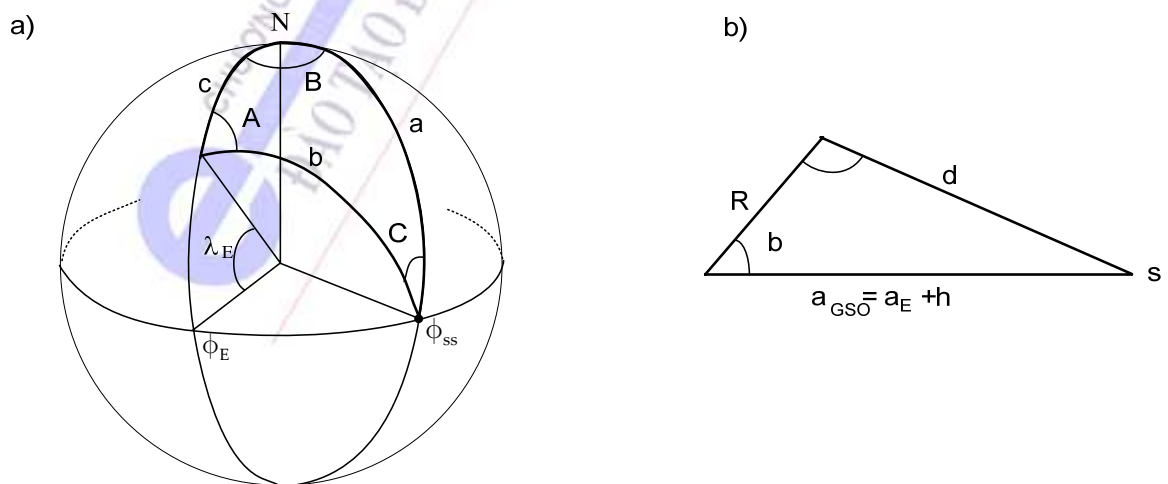
Đối với quỹ đạo địa tĩnh ta có thể bỏ qua sự thay đổi bán kính quả đất khi tính các góc nhìn và sử dụng bán kính trung bình của quả đất R như sau:

$$R = 6371 \text{ km} \quad (2.22)$$

Hình học biểu diễn các đại lượng trên được cho ở hình 2.6. Ở hình này ES ký hiệu cho trạm mặt đất, SS ký hiệu cho điểm dưới vệ tinh, S cho vệ tinh và d cho khoảng cách từ vệ tinh đến trạm mặt đất. Góc σ là góc cần xác định.



Hình 2.6. Hình học sử dụng để xác định góc nhìn vệ tinh địa tĩnh



Hình 2.7. a) Hình cầu liên quan đến hình 2.6; b) tam giác phẳng nhận được từ hình 2.6

Có hai dạng tam giác ở hình 2.6, tam giác cầu được vẽ nét đậm ở hình 2.7a và tam giác phẳng được vẽ ở hình 2.7b. Trước hết ta xét tam giác cầu có các cạnh là các cung của các đường tròn lớn và các cạnh này được định nghĩa bằng các góc đối diện với chúng tại tâm của quả đất. Cạnh a là cung giữa bán kính đến cực Bắc và bán kính đến điểm dưới vệ tinh: $a=90^0$. Tam giác cầu có một cạnh 90^0 được gọi là tam giác góc phần tư. Cạnh b là cung giữa bán kính đến trạm mặt đất và bán kính đến điểm dưới vệ tinh. Cạnh c là cung giữa bán kính đến trạm mặt đất và bán kính đến cực Bắc. Từ hình 2.7a ta thấy $c=90^0-\lambda_E$.

Một tam giác cầu được xác định bằng sáu góc. Ba góc A, B và C là các góc giữa các mặt phẳng. Góc A là góc giữa mặt phẳng chứa c và mặt phẳng chứa b. Góc B là góc giữa mặt phẳng chứa c và mặt phẳng chứa a. Từ hình 2.7a ta thấy $B=\phi_E - \phi_{SS}$. Ta sẽ chỉ ra rằng giá trị cực đại của B là $81,3^0$. Góc C là góc giữa mặt phẳng chứa b và mặt phẳng chứa a.

Đến đây ta có các thông tin về tam giác cầu như sau:

$$a = 90^0 \quad (2.23)$$

$$c = 90^0 - \lambda_E \quad (2.24)$$

$$B = \phi_E - \phi_{SS} \quad (2.25)$$

Lưu ý rằng khi trạm mặt đất nằm ở phía tây của điểm dưới vệ tinh, B âm và khi ở phía đông, B dương. Khi vĩ độ trạm mặt đất là bắc, c nhỏ hơn 90^0 và khi là nam, c lớn hơn 90^0 . Các quy tắc đặc biệt được gọi là các quy tắc Napier được sử dụng cho tam giác cầu và các quy tắc này được cải tiến để xét đến các góc B và λ_E có dấu. Ở đây ta chỉ dẫn ra các kết quả. Các quy tắc Napier xác định góc b như sau:

$$b = \arccos(\cos B \cos \lambda_E) \quad (2.26)$$

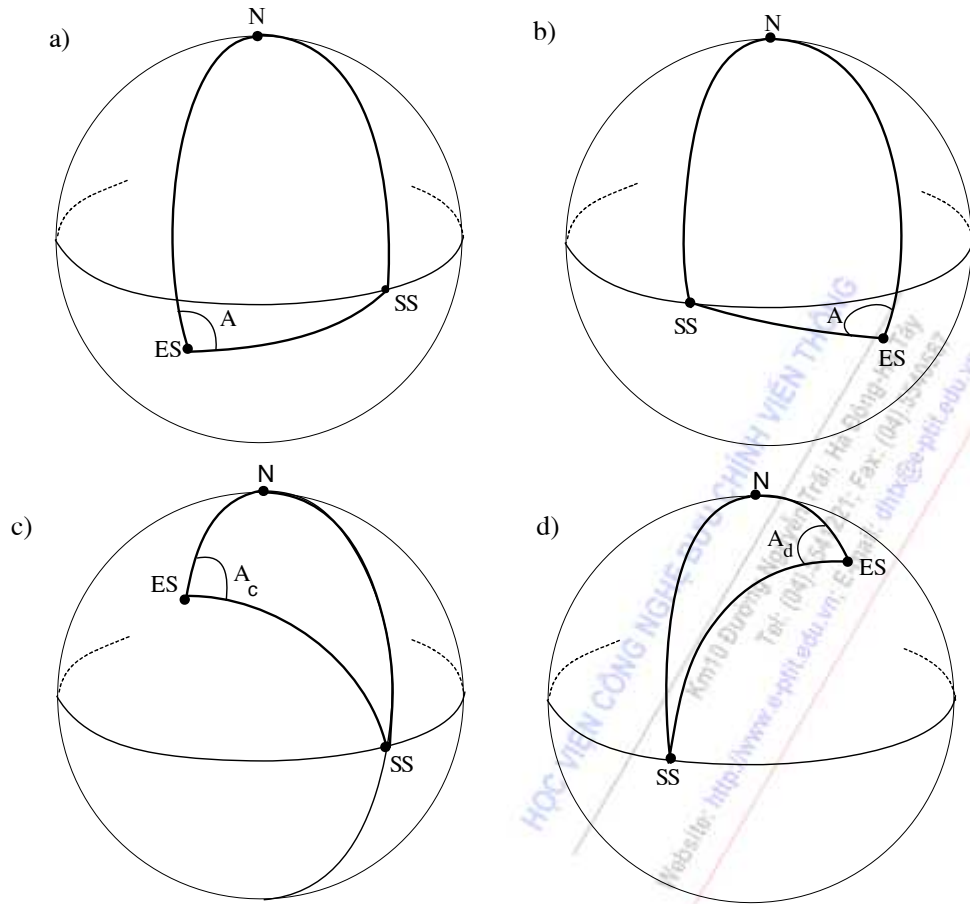
và góc A như sau:

$$A = \arcsin\left(\frac{\sin|B|}{\sin b}\right) \quad (2.27)$$

Có hai giá trị thỏa mãn phương trình (2.27) là A và 180^0-A việc chọn giá trị nào phải dựa trên xem xét cụ thể. Các giá trị này được cho ở hình 2.8. Trên hình 2.8a, góc A là góc nhọn (nhỏ hơn 90^0) và góc phương vị là góc $A_z=A$. Trên hình 2.8b, góc A là góc nhọn và sau khi xem xét, $A_z=360^0-A$. Trên hình 2.8c, góc A_c là góc tù và được xác định bởi $A_c=180^0-A$, trong đó A là góc nhọn xác định theo phương trình (2.27). Sau xem xét ta có $A_z=A_c=180^0-A$. Trên hình 2.8d, góc A_d là góc tù và được xác định bằng 180^0-A , trong đó A là góc nhọn nhận được từ phương trình (2.27). Sau xem xét ta có $A_z=360^0-A_d=180^0+A$. Trong mọi trường hợp A là góc nhọn được xác định từ phương trình (2.27). Các điều kiện này được tổng kết ở bảng 2.2.

Bảng 2.2. Các góc phương vị A_z từ hình 2.8

Hình 2.8	λ_E	B	A_z , độ
a	<0	<0	A
b	<0	>0	360^0-A
c	>0	<0	180^0-A
d	>0	>0	180^0+A



Hình 2.8. Các góc phương vị liên quan đến góc A (xem bảng 2.2)

Sử dụng quy tắc cosine cho các tam giác phẳng đối với tam giác ở hình 2.7b ta có thể xác định d theo công thức sau:

$$d = \sqrt{R^2 + a_{GSO}^2 - 2Ra_{GSO} \cos b} \quad (2.28)$$

Sử dụng quy tắc sine cho các tam giác phẳng đối với tam giác ở hình 2.7b ta có thể xác định góc ngẩng như sau

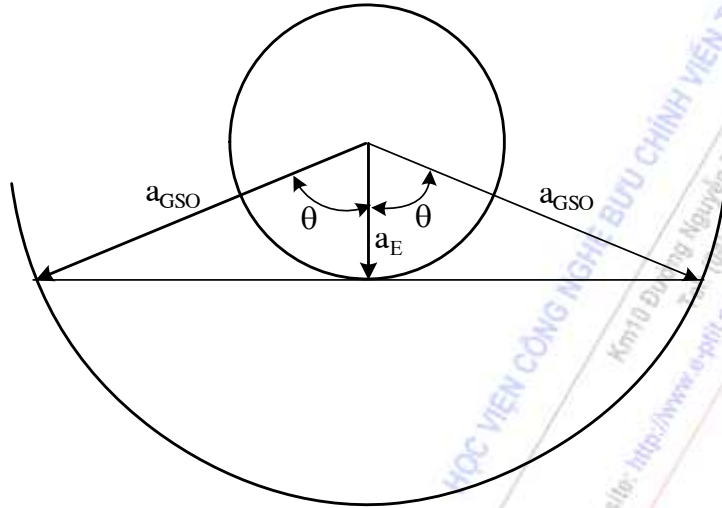
$$EL = \arccos\left(\frac{a_{GSO}}{d} \sin b\right) \quad (2.29)$$

Các kết quả trên không xét trường hợp khi trạm mặt đất nằm trên xích đạo. Trong trường hợp trạm mặt đất nằm ngay dưới vệ tinh, góc ngẩng bằng 90° và góc phương vị không còn thích hợp nữa. Khi điểm dưới vệ tinh nằm ở phía đông của trạm mặt đất trên đường xích đạo, ($B < 0$), góc phương vị là 90° và khi ở phía tây ($B > 0$), góc phương vị là 270° . Ngoài ra khoảng cách xác định theo phương trình (2.28) là gần đúng nên khi cần các giá trị chính xác hơn khoảng cách này được xác định bằng cách đo.

Đối với lắp đặt thông thường tại gia đình, điều chỉnh thực tế sẽ chỉnh hướng anten đến vệ tinh theo tín hiệu cực đại. Vì thế không cần thiết phải xác định góc ngẩng quá chính xác, nhưng các giá trị này được tính toán để cung cấp các giá trị dự kiến đối với vệ tinh có kinh độ gần với kinh độ trạm mặt đất.

2.8.3. Các giới hạn tầm nhìn

Tầm nhìn từ trạm mặt đất đến cung quỹ đạo địa tĩnh sẽ bị giới hạn ở phía đông và phía tây. Các giới hạn này được thiết lập bằng các tọa độ của trạm mặt đất và góc ngẩng anten. Về mặt lý thuyết góc ngẩng thấp nhất bằng không khi anten hướng theo đường chân trời. Ta có thể ước lượng nhanh được các giới hạn kinh độ khi xét một trạm mặt đất trên đường xích đạo có anten hướng về phía bắc hoặc phía nam theo đường chân trời (xem hình 2.9).



Hình 2.9. Minh họa giới hạn tầm nhìn

Góc giới hạn được xác định như sau:

$$\begin{aligned}\theta &= \arccos \frac{a_E}{a_{GSO}} \\ &= \arccos \frac{6378}{42164} \\ &= 81,3^\circ\end{aligned}\quad (2.30)$$

Vậy đối với trường hợp này trạm mặt đất có thể nhìn thấy các vệ tinh địa tĩnh trên một cung được giới hạn bởi $\pm 81,3^\circ$ xung quang kinh độ của trạm mặt đất.

Trong thực tế để tránh thu quá nhiều tạp âm từ mặt đất, người ta sử dụng giá trị tối thiểu cho góc ngẩng với ký hiệu EL_{min} . Giá trị điển hình là 5° . Các giới hạn tầm nhìn cũng phụ thuộc vào vĩ độ của trạm mặt đất. Ta xét hình 2.7b, giả sử S là góc của tam giác tại tại điểm đặt vệ tinh khi $\sigma_{min} = 90^\circ + EL_{min}$. Sử dụng quy tắc sine ta được:

$$S = \arcsin \left(\frac{R}{a_{GSO}} \sin \sigma_{min} \right) \quad (2.31)$$

Sau khi xác định được góc S ta xác định góc b như sau:

$$b = 180^\circ - \sigma_{min} - S \quad (2.32)$$

Từ phương trình (2.26) ta được:

$$B = \arccos\left(\frac{\cos b}{\cos \lambda_{E \min}}\right) \quad (2.33)$$

Sau khi tìm được góc B ta có thể xác định được kinh độ của vệ tinh theo phương trình (2.25).

2.9. TỔNG KẾT

Chương này đã xét các vấn đề chính liên quan đến quỹ đạo. Các định luật Kepler mô tả sự chuyển động của hành tinh đã được áp dụng để mô tả quỹ đạo của vệ tinh bay quanh trái đất. Định luật thứ nhất cho thấy tổng quát quỹ đạo của vệ tinh là một hình elip, trường hợp đặc biệt nó là đường tròn. Định luật thứ hai chỉ ra rằng từ trái đất ta nhìn thấy vệ tinh lâu nhất tại những điểm mà vệ tinh cách xa trái đất nhất và vì thế trên đoạn quỹ đạo này ta có thể duy trì thông tin lâu nhất với vệ tinh. Định luật thứ ba cho phép ta xác định bán trục chính của quỹ đạo vệ tinh dựa trên chu kỳ quay của vệ tinh xung quang trái đất. Chương này cũng xét các thuật ngữ thông dụng đối với vệ tinh. Vì tại quỹ đạo địa tĩnh vị trí tương đối của vệ tinh không thay đổi so với mặt đất, nên quỹ đạo địa tĩnh là quỹ đạo được sử dụng nhiều nhất cho thông tin vệ tinh. Chương này đã xét các công thức cho phép tính toán vị trí của vệ tinh so với trạm mặt đất hay góc nhìn vệ tinh từ anten mặt đất. Ba thông số được xác định trong chương này cho vệ tinh bay trên quỹ đạo địa tĩnh là góc phương vị, khoảng cách từ trạm mặt đất đến vệ tinh và góc ngẩng. Đây là các thông số cần thiết để thiết kế một đường truyền vệ tinh.

2.10. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Trình bày ba định luật Kepler
2. Trình bày các thuật ngữ liên quan đến quỹ đạo vệ tinh
3. Trình bày các phần tử của quỹ đạo vệ tinh
4. Trình bày các lực nhiễu đối với vệ tinh
5. Một vệ tinh địa tĩnh được đặt tại kinh độ $90^{\circ}W$. Anten trạm mặt đất được đặt tại vĩ độ $35^{\circ}N$ và kinh độ $100^{\circ}W$.
Góc phương vị là giá trị nào dưới đây?
(a) $162,9^{\circ}$; (b) $170,9^{\circ}$; (c) $180,9^{\circ}$
Khoảng cách từ trạm mặt đất đến vệ tinh là giá trị nào dưới đây?
(a) 36215 km; (b) 37215km; (c) 38215 km; (d) 39215 km
Góc ngẩng anten mặt đất là giá trị nào dưới đây?
(a) 40° ; (b) 45° ; (c) 48° ; (d) 52°
6. Một trạm mặt đất đặt tại vĩ độ $35^{\circ}N$ và kinh độ $70^{\circ}W$ liên lạc với trạm mặt đất khác cùng kinh độ tại vĩ độ $35^{\circ}S$. Vệ tinh địa tĩnh có kinh độ $25^{\circ}W$.
Góc phương vị trạm thứ nhất là giá trị nào dưới đây?
(a) 120° ; (b) 130° ; (c) 135° ; (d) 140°
Góc phương vị trạm mặt đất thứ hai là giá trị nào dưới đây?
(a) 60° ; (b) 80° ; (c) 90° ; (d) 100°
7. (tiếp). Số liệu như bài 6.

- Khoảng cách từ trạm mặt đất thứ nhất đến vệ tinh là giá trị nào dưới đây?
(a) 37822,3 km; (b) 38822,3km; (c) 39822,3 km; (d) 39922,3km
- Khoảng cách từ trạm mặt đất thứ hai đến vệ tinh là giá trị nào dưới đây?
(a) 37822,3 km; (b) 38822,3km; (c) 39822,3 km; (d) 39922,3km
8. (tiếp). Số liệu như bài 6.
Góc ngẩng trạm mặt đất thứ nhất đến vệ tinh là giá trị nào dưới đây?
(a) $27,7^0$; (b) 29^0 ; (c) 30^0 ; (d) 31^0
Góc ngẩng trạm mặt đất thứ hai đến vệ tinh là giá trị nào dưới đây?
(a) $27,7^0$; (b) 29^0 ; (c) 30^0 ; (d) 31^0
9. Một trạm mặt đất đặt tại vĩ độ 40^0N và kinh độ 100^0W liên lạc với trạm mặt đất khác cùng kinh độ tại vĩ độ 40^0S . Vệ tinh địa tĩnh đặt tại 70^0W .
Góc phương vị trạm thứ nhất là giá trị nào dưới đây?
(a) $138,07^0$; (b) $148,07^0$; (c) $150,9^0$; (d) 155^0
Góc phương vị trạm thứ hai là giá trị nào dưới đây?
(a) $30,93^0$; (b) $41,93^0$; (c) $43,93^0$; (d) $53,93^0$
10. (tiếp). Số liệu như bài 9.
Khoảng cách từ trạm mặt đất thứ nhất đến vệ tinh là giá trị nào dưới đây?
(a) 37235,3 km; (b) 38235,8km; (c) 39235,8 km; (d) 39235,3km
Khoảng cách từ trạm mặt đất thứ hai đến vệ tinh là giá trị nào dưới đây?
(a) 37235,3 km; (b) 38235,8km; (c) 39235,8 km; (d) 39235,3km
11. (tiếp). Số liệu như bài 9.
Góc ngẩng trạm mặt đất thứ nhất đến vệ tinh là giá trị nào dưới đây?
(a) $27,4^0$; (b) $29,4^0$; (c) $34,4^0$; (d) 36^0
Góc ngẩng trạm mặt đất thứ hai đến vệ tinh là giá trị nào dưới đây?
(a) $27,4^0$; (b) $29,4^0$; (c) $34,4^0$; (d) 36^0
12. Xác định giới hạn tầm nhìn của một trạm mặt đất đặt ở độ cao mức nước biển trung bình tại vĩ độ $48,72^0$ bắc và $89,26^0$ tây. Coi rằng góc ngẩng tối thiểu là 5^0 .
Giới hạn đông là giá trị nào dưới đây (ϕ_E)?
(a) -20^0 ; (b) -30^0 ; (c) -40^0 ; (d) -50^0
Giới hạn tây là giá trị nào dưới đây (ϕ_E)?
(a) -138^0 ; (b) -148^0 ; (c) -158^0 ; (d) -168^0

CHƯƠNG 3

PHÂN CỰC SÓNG VÀ ANTEN TRONG THÔNG TIN VỆ TINH

3.1. GIỚI THIỆU CHUNG

3.1.1. Các chủ đề được trình bày trong chương

- Các dạng phân cực sóng được sử dụng trong thông tin vệ tinh
- Các anten loa được sử dụng làm anten thông tin vệ tinh hay làm các bộ tiếp sóng cho các bộ phản xạ
- Các anten parabol sử dụng bộ phản xạ đơn và bộ phản xạ kép trong các hệ thống thông tin vệ tinh
- Dàn loa tiếp sóng

3.1.2. Hướng dẫn

- Học kỹ tư liệu được trình bày trong chương
- Tham khảo thêm [1], [2]
- Trả lời các câu hỏi và bài tập cuối chương

3.1.3. Mục đích chương

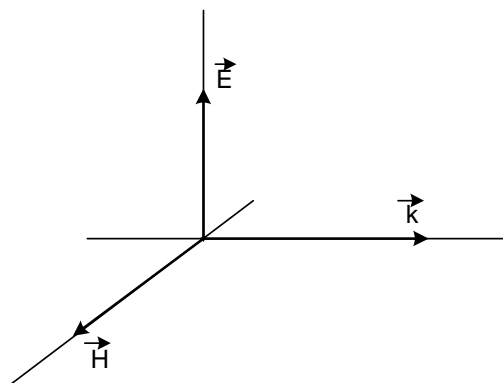
- Hiểu được các dạng phân cực sử dụng trong thông tin vệ tinh
- Hiểu được các dạng anten sử dụng trong thông tin vệ tinh

3.2. PHÂN CỰC SÓNG

Trong vùng trường xa của một anten phát, sóng điện từ có dạng sóng điện từ ngang (TEM). Vùng trường xa là vùng tại khoảng cách lớn hơn $2D^2/\lambda$ so với anten, trong đó D là kích thước một chiều lớn nhất của anten còn λ là bước sóng. Đối với anten parabol đường kính 3m phát tại tần số 6 GHz ($\lambda=5$ cm), trường xa bắt đầu từ khoảng cách vào khoảng 360m. Ký hiệu sóng TEM được cho ở hình 3.1, trong hình này ta có thể thấy cả hai trường \vec{H} và \vec{E} đều vuông góc với nhau và vuông góc với phương truyền sóng được ký hiệu và \vec{k} .

\vec{E} , \vec{H} và \vec{k} là các vector tạo nên tập bàn tay phải tuân theo quy tắc vặn nút chai bàn tay phải. Nghĩa là khi ta nhìn theo phương truyền sóng \vec{k} , quay \vec{E} sẽ đến \vec{H} . Sóng này sẽ giữ nguyên các thuộc tính hướng của tập bàn tay phải ngay cả khi bị phản xạ.

Tại các khoảng cách xa hơn so với anten phát, là các khoảng cách thường gặp trong các hệ thống vô tuyến, có thể coi sóng TEM là phẳng. Điều này có nghĩa là các vector \vec{E} và \vec{H} nằm trong mặt phẳng vuông góc với phương truyền sóng \vec{k} . Vector \vec{k} được coi là vuông góc với mặt phẳng này. Quan hệ giữa các đại lượng E và H là : $E=H.Z_w$, trong đó $Z_w=120\pi$ Ohm.



Hình 3.1. Biểu đồ vector đối với sóng điện từ ngang (TEM)

Phương của đường do đầu mút của trường điện vẽ lên sẽ xác định phân cực sóng. Cần nhớ rằng trường điện và trường từ là các hàm thay đổi theo thời gian. Trường từ thay đổi đồng pha với trường điện và biên độ của nó tỷ lệ với biên độ của trường điện, vì thế ta chỉ cần xét trường điện. Đầu mút của vector \vec{E} có thể vẽ lên một đường thẳng, trong trường hợp này ta có phân cực tuyến tính. Các dạng phân cực khác như phân cực elip và tròn sẽ được xét phần dưới.

Hầu hết truyền dẫn vô tuyến sử dụng phân cực tuyến tính, trong đó phân cực đứng được gọi là phân cực trong đó trường điện vuông góc với mặt đất và phân cực ngang được gọi là phân cực trong đó trường điện song song với mặt đất. Mặc dù các thuật ngữ phân cực đứng và ngang này cũng được sử dụng trong thông tin vệ tinh nhưng nó không hoàn toàn rõ ràng như trên. Một sóng phân cực tuyến tính được phát đi từ vệ tinh địa tĩnh có thể được ký hiệu là đứng nếu trường điện của nó song song với trục cực của trái đất nhưng thậm chí như vậy trường điện của nó vẫn song song với quả đất tại xích đạo.

Giả thiết rằng phương ngang và đứng được coi là trục x và y (hình 3.2a). Trường điện phân cực đứng có thể được trình bày như sau:

$$\vec{E}_y = \hat{a}_y E_y \sin \omega t \quad (3.1)$$

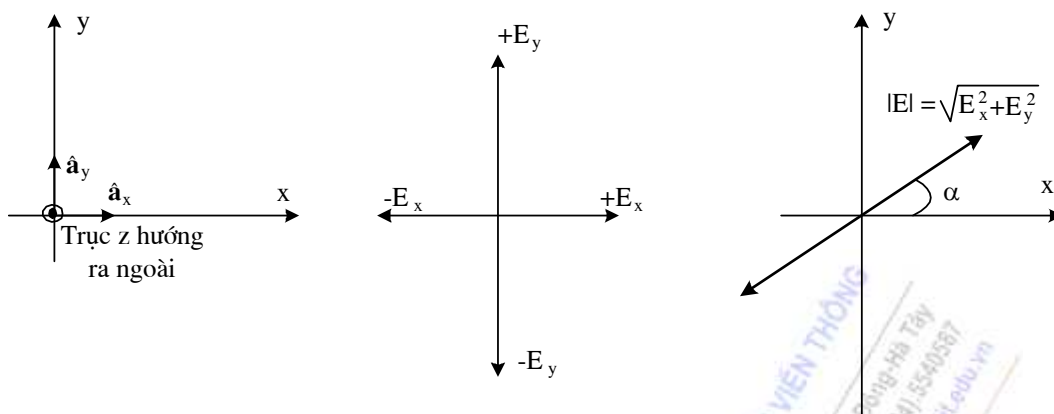
trong đó \hat{a}_y là vectơ đơn vị trong phương đứng và E_y là giá trị đỉnh hay đại lượng của trường điện. Tương tự như vậy, sóng phân cực ngang có thể được trình bày như sau:

$$\vec{E}_x = \hat{a}_x E_x \sin \omega t \quad (3.2)$$

trong đó \hat{a}_x là vectơ đơn vị theo phương ngang và E_x là đại lượng của trường điện trong phương này. Cả hai trường này đều vẽ nên các đường thẳng (hình 3.2b). Bây giờ ta xét trường hợp khi cả hai trường đều có mặt đồng thời. Chúng sẽ cộng với nhau theo vectơ và trường tổng sẽ là vector \vec{E} hợp với trục ngang một góc được xác định như sau:

$$\alpha = \arctan g \frac{E_y}{E_x} \quad (3.3)$$

Lưu ý rằng vector \vec{E} vẫn có phân cực tuyến tính nhưng không thể đơn giản coi là phân cực ngang hoặc phân cực đứng. Nếu xét ngược lại, ta thấy rằng vector \vec{E} có thể được phân tích thành các thành phần đứng và thành phần ngang, và đây là vấn đề rất quan trọng trong các hệ thống truyền dẫn thực tế.



Hình 3.2. Các thành phần ngang và đứng của phân cực tuyến tính

Nói một cách chặt chẽ hơn, các vector \vec{E}_x và \vec{E}_y được gọi là các vector trực giao (vuông góc).

Bây giờ ta đi xét trường hợp trong đó hai trường có biên độ bằng nhau (ký hiệu là E) nhưng một trường nhanh pha hơn 90° . Các phương trình thể hiện chúng trong trường hợp này như sau:

$$\vec{E}_y = \hat{a}_y E \sin \omega t \quad (3.4a)$$

$$\vec{E}_x = \hat{a}_x E \cos \omega t \quad (3.4b)$$

Áp dụng phương trình (3.3) cho trường hợp này ta được $\alpha = \omega t$. Biên độ vector tổng là E . Đầu mút của vector trường điện vẽ lên đường tròn (hình 3.3a) và sóng tổng hợp được gọi là phân cực tròn. Hướng của phân cực tròn được định nghĩa bởi phương quay của vector điện nhưng điều này đòi hỏi ta phải quan sát cả chiều quay của vector. Theo định nghĩa của IEEE thì phân cực tròn tay phải (RHC: right-hand circular) là phân cực quay theo chiều kim đồng hồ khi nhìn dọc theo phương truyền sóng (3.3b), còn phân cực tròn tay trái (LHC: left-hand circular) là phân cực quay ngược chiều kim đồng hồ khi nhìn dọc theo phương truyền sóng (hình 3.3c). Các phân cực LHC và RHC trực giao với nhau. Phương truyền sóng dọc theo trục z dương.

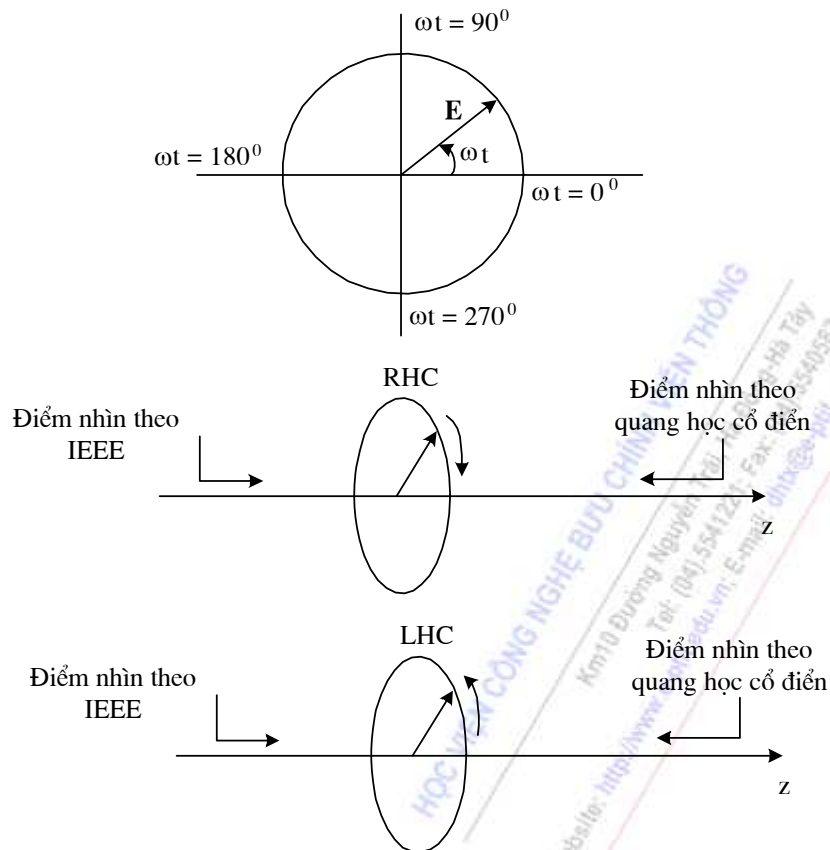
Cần lưu ý rằng định nghĩa quang học cổ điển cho phân cực tròn ngược với định nghĩa của IEEE. Trong tài liệu này ta sẽ sử dụng định nghĩa của IEEE.

Trong trường hợp tổng quát hơn sóng điện từ có thể có phân cực elip. Điều này xảy ra khi hai thành phần tuyến tính là:

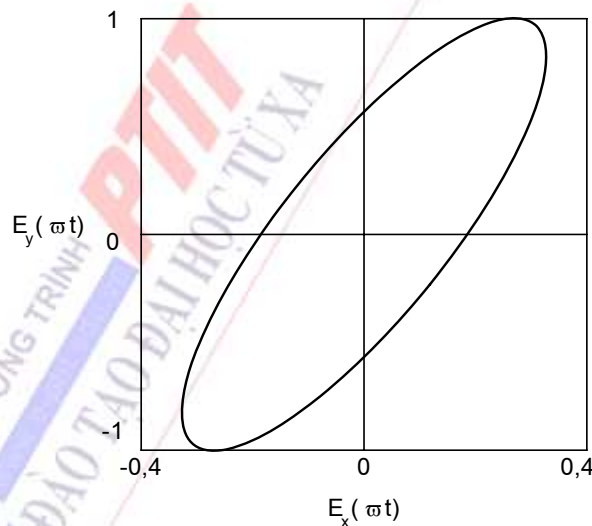
$$E_y = \hat{a}_y E_y \sin \omega t \quad (3.5a)$$

$$E_x = \hat{a}_x E_x \cos(\omega t + \delta) \quad (3.5b)$$

Trong đó E_y nói chung không bằng nhau và δ là góc pha cố định. Để làm thí dụ ta có thể chứng minh rằng khi $E_y = 1$, $E_x = 1/3$ và $\delta = 30^\circ$, phân cực elip được cho ở hình 3.4.



Hình 3.3. Phân cực tròn



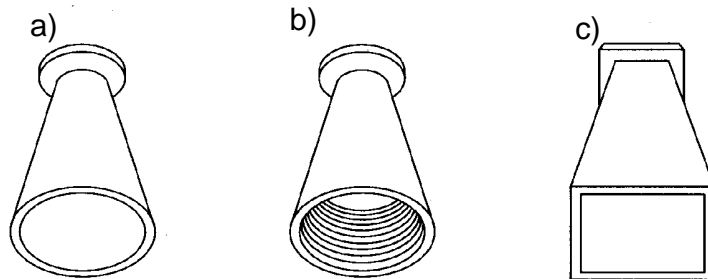
Hình 3.4. Phân cực elip

Tỷ số sóng phân cực elip là tỷ số giữa trục chính và trục phụ của elip. Phân cực elip trực giao xảy ra khi một sóng có cùng tỷ số phân cực nhưng phương quay ngược chiều.

Các đường truyền thông tin vệ tinh sử dụng phân cực tuyến tính và phân cực tròn, nhưng sự giảm cấp truyền dẫn có thể làm thay đổi phân cực này thành phân cực elip.

3.3. CÁC ANTEN LOA

Anten loa là một thí dụ về anten mặt mở với sự chuyển đổi từ từ ống dẫn sóng vào mặt mở lớn hơn để ghép hiệu quả với không gian. Các anten loa được sử dụng trực tiếp làm các bộ phát xạ trên vệ tinh để chiếu xạ cho các vùng rộng lớn của quả đất và chúng cũng được sử dụng rộng rãi làm các chiếu xạ tiếp sóng cho các anten phản xạ cả ở chế độ phát lẫn chế độ thu. Ba kiểu được sử dụng rộng rãi nhất của các anten loa được cho ở hình 3.5

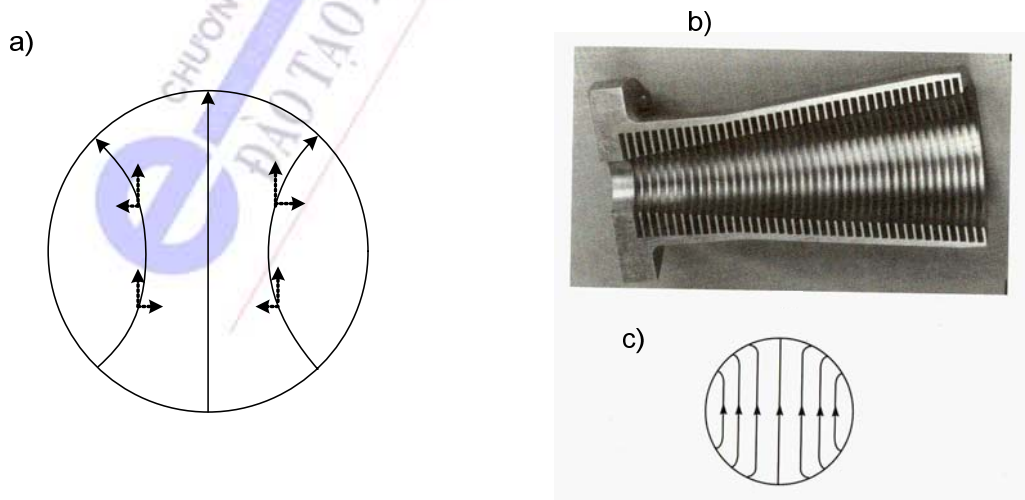


Hình 3.5. Các anten loa: a) Nón vách nhẵn. b) Vách gấp nếp và hình pyramid

3.3.1. Các anten loa hình nón

Anten nón vách nhẵn được cho ở hình 3.5a. Thuật ngữ vách nhẵn để nói về vách bên trong anten. Loa có thể được tiếp sóng từ ống dẫn sóng chữ nhật nhưng khi này cần bộ chuyển đổi từ chữ nhật vào tròn tại nơi nối. Phương pháp được ưa dùng hơn cả là tiếp sóng trực tiếp bằng ống dẫn sóng tròn với ống dẫn sóng làm việc ở chế độ TE_{11} . Anten loa hình nón có thể được sử dụng với phân cực tuyến tính hay phân cực tròn nhưng để trình bày một số tính năng quan trọng ở đây ta chỉ xét phân cực tuyến tính.

Phân bố điện trường tại miệng mở của loa được vẽ ở hình 3.6a cho phân cực đứng. Các đường sức cong có thể được phân thành các thành phần thẳng đứng và nằm ngang như trên hình vẽ. Sóng TEM tại vùng trường xa có phân cực tuyến tính, nhưng các thành phần ngang của trường ở mặt mở anten sẽ dẫn đến các sóng phân cực vuông góc tại vùng trường xa. Do tính đối xứng, các sóng phân cực vuông góc loại trừ nhau trong các mặt chính (các mặt E và H); tuy nhiên chúng tạo ra bốn đỉnh: mỗi đỉnh nằm trong góc phần tư xung quanh trục chính.



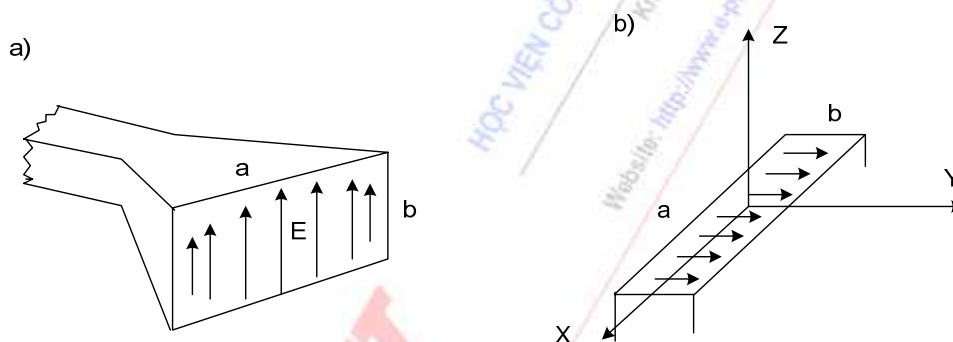
Hình 3.6. Trường ở mặt mở trong anten loa hình nón: a) vách nhẵn; b) vách gấp nếp và thiết diện loa vách gấp nếp b) thiết diện loa vách gấp nếp

Loa vách nhẵn không tạo ra búp chính đối xứng ngay cả khi bản thân nó đối xứng. Các mẫu phát xạ là các hàm phức tạp phụ thuộc vào kích thước của loa. Không đối xứng và phân cực vuông góc là nhược điểm của loa cho việc đảm bảo phủ toàn cầu.

Loa vách gấp nếp cho phép khắc phục phần nào các nhược điểm nói trên. Thiết diện của anten loa gấp nếp được cho ở hình 3.6b. Trường điện tại góc mở của loa gấp nếp được cho ở hình 3.6c.

3.3.2. Các anten loa pyramid

Anten loa pyramid (hình 3.7) được thiết kế trước hết cho phân cực tuyến tính. Tổng quát nó có thiết diện ngang $a \times b$ và làm việc ở chế độ ống dẫn sóng TE_{10} với phân bố điện trường như trên hình 3.4. Độ rộng búp của anten pyramid khác nhau ở mặt E và mặt H, nhưng có thể chọn kích thước mặt mở để làm cho chúng bằng nhau. Loa pyramid có thể làm việc ở chế độ phân cực đứng và phân cực ngang đồng thời để được hai phân cực tuyến tính.

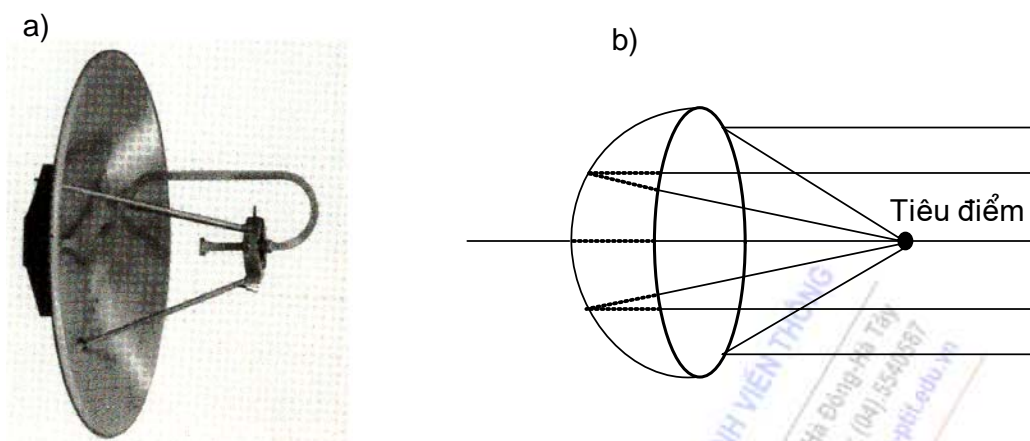


Hình 3.7. Loa pyramid

3.4. ANTEN PARABOL

3.4.1. Bộ phản xạ parabol

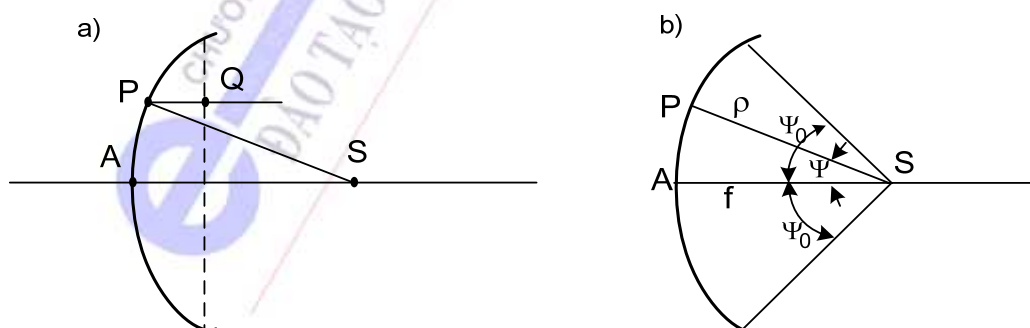
Các bộ phản xạ parabol được sử dụng rộng rãi trong thông tin vệ tinh để nâng cao khuếch đại anten. Bộ phản xạ đảm bảo cơ chế hội tụ để tập trung năng lượng vào một phương cho trước. Dạng phản xạ parabol thường được sử dụng là dạng mặt mở hình tròn (hình 3.8a). Đây là dạng thường gặp trong các hệ thống thu tín hiệu TV từ vệ tinh gia đình. Cấu hình mặt mở tròn được gọi là bộ phản xạ parabol tròn xoay.



Hình 3.8. a) Anten phản xạ parabol; b) Thuộc tính hội tụ của bộ phản xạ parabol

Tính chất chính của bộ phản xạ parabol tròn xoay là tính chất hội tụ. Giống như đối với ánh sáng trong đó các tia khi đập lên bộ phản xạ sẽ hội tụ vào một điểm duy nhất được gọi là tiêu điểm và ngược lại khi các tia được phát đi từ tiêu điểm sẽ được phản xạ thành các tia song song. Điều này được minh họa ở hình 3.8b trong đó ánh sáng ở trường hợp này là sóng điện từ. Quãng đường của các tia từ tiêu điểm đến mặt mớ (mặt phẳng chứa mặt mớ tròn) đều bằng nhau.

Để hiểu được tính chất hình học của bộ phản xạ parabol tròn xoay ta xét parabol là đường cong được tạo ra từ bộ phản xạ trong một mặt phẳng bất kỳ vuông góc với mặt phẳng chứa mặt mớ và đi qua tiêu điểm (hình 3.9a). Tiêu điểm được ký hiệu là S và đỉnh là A , trục là đường thẳng đi qua S và A . SP là khoảng cách đến tiêu điểm cho mọi điểm P và SA là tiêu cự được ký hiệu là f . Đường đi của tia được ký hiệu là SPQ trong đó P là một điểm trên đường cong còn Q là một điểm trên mặt mớ. PQ song song với trục. Đối với mọi điểm P , độ dài của quãng đường SPQ đều bằng nhau, vậy $SP+PQ$ bằng hằng số cho tất cả quãng đường đi. Quãng đường đi dài như nhau có nghĩa rằng sóng phát từ tiêu điểm có phân bố pha đồng đều trên mặt mớ. Thuộc tính này cùng với thuộc tính các tia song song có nghĩa là mặt sóng là mặt phẳng. Như vậy phát xạ từ bộ phản xạ parabol tròn xoay giống như phát xạ một sóng phẳng từ một mặt phẳng vuông góc với trục và chứa đường chuẩn (đường vuông góc với SA và đi qua điểm đối xứng với S qua đỉnh A trên trục). Cần lưu ý rằng theo nguyên lý đảo lẩn, các tính chất này cũng áp dụng cho cả anten ở chế độ thu.



Hình 3.9. a) Tiêu cự $f = SA$ và quãng đường đi của tia SPQ . b) Khoảng cách đến tiêu điểm ρ .

Mặc dù trong vùng bộ phản xạ có cả các thành phần trường gần và xa, nhưng đường truyền vô tuyến được thực hiện ở vùng trường xa nên ta chỉ xét thành phần của trường này. Để

vậy ta coi rằng sóng phản xạ là sóng phẳng trong khi sóng được phát lên bộ phản xạ xuất phát từ một nguồn đẳng hướng có mặt sóng là mặt cầu. Mật độ công suất trong sóng phẳng không phụ thuộc vào khoảng cách. Đối với sóng cầu mật độ công suất của thành phần trường xa tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách vì thế chiếu xạ cho biên bộ phản xạ sẽ yếu hơn đỉnh. Điều này dẫn đến phân bố biên độ không đều trên mặt mở và ảnh hưởng này làm giảm hiệu suất chiếu xạ. Nếu ta ký hiệu khoảng cách đến tiêu điểm là ρ và tiêu cự là f (hình 3.9) thì ta được:

$$\frac{f}{\rho} = \cos^2 \frac{\Psi}{2} \quad (3.6)$$

Hàm suy hao không gian (SAF) là tỷ số giữa công suất đến điểm P với công suất đến điểm A và vì mật độ công suất tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách nên tỷ số này được xác định như sau:

$$\text{SAF} = \left(\frac{f}{\rho} \right)^2 = \cos^4 \frac{\Psi}{2} \quad (3.7)$$

Đối với các ứng dụng vệ tinh, hiệu suất chiếu xạ là cần thiết. Điều này đòi hỏi mẫu phát xạ của anten sơ cấp được đặt tại tiêu điểm và chiếu xạ cho bộ phản xạ phải gần như là nghịch đảo của hệ số suy giảm không gian.

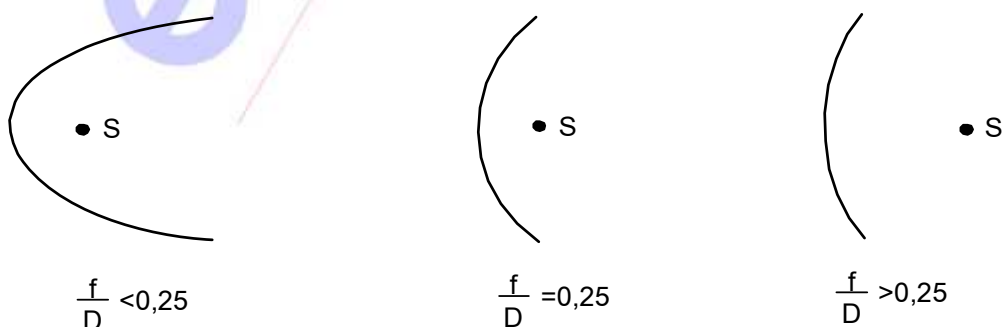
Tỷ số giữa đường kính mặt mở và tiêu điểm là một tỷ số quan trọng, nên ta đi xét tỷ số này. Ký hiệu đường kính bộ phản xạ là D , ta được:

$$\frac{f}{D} = 0,25 \cot \text{ang} \frac{\Psi_0}{2} \quad (3.8)$$

Vị trí của tiêu điểm so với bộ phản xạ đối với các giá trị f/D khác nhau được cho ở hình 3.10. Đối với $f/D < 0,25$, anten sơ cấp (tiếp sóng) nằm trong không gian giữa bộ phản xạ và mặt mở và chiếu xạ giảm mạnh ở biên của bộ phản xạ. Đối với $f/D > 0,25$, anten sơ cấp nằm ngoài mặt mở vì thế chiếu xạ trở nên đồng đều hơn, nhưng một phần bị tràn ra ngoài bộ phản xạ. Ở chế độ phát sự tràn này là sự phát xạ của anten sơ cấp hướng đến bộ phản xạ nhưng vượt ra ngoài góc $2\Psi_0$.

Trong các ứng dụng vệ tinh, anten sơ cấp thường là anten loa (hay một dàn loa) hướng về phía bộ phản xạ. Để bù trừ suy hao trong không gian như đã nói ở trên, có thể bổ sung thêm các chế độ bậc cao hơn cho phễu loa để mẫu phát xạ gần như nghịch đảo với hàm suy hao không gian.

Phát xạ từ loa sẽ là sóng cầu đặc biệt và tâm pha sẽ nằm ở tâm đường cong của mặt sóng. Khi được sử dụng làm anten sơ cấp cho bộ phản xạ parabol, loa được đặt tại tâm pha nằm ở tiêu điểm.



Hình 3.10. Vị trí tiêu điểm đối với các giá trị f/D khác nhau

Khuyếch đại của anten parabol được xác định như sau:

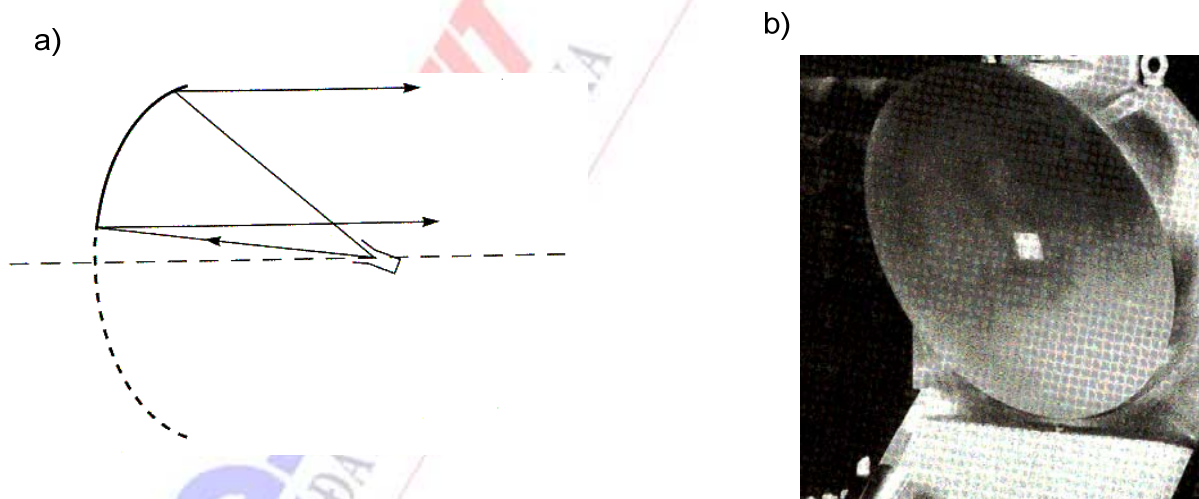
$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} \eta_1 S = \eta_1 \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \quad (3.9)$$

trong đó η_1 được gọi là hiệu suất chiếu xạ có giá trị từ 0,5 đến 0,8; $S = \pi D^2/4$ là diện tích vật lý của mặt mở và ηS là diện tích hiệu dụng của mặt mở.

3.4.2. Tiếp sóng lệch tâm

Hình 3.11a cho thấy bộ phản xạ parabol tròn xoay với phễu loa đặt tại tiêu điểm. Đối với trường hợp này mẫu phát xạ của loa lệch tâm để chiếu xạ phần trên của bộ phản xạ. Loa tiếp sóng và phần giá đỡ nó được đặt ở vùng cách xa búp chính vì thế không gây che chắn. Với bố trí tiếp sóng tại tâm được trình bày ở phần trên, sự che tối thường dẫn đến giảm 10% hiệu suất và tăng phát xạ ở các búp bên. Bố trí lệch tâm tránh được điều này. Hình 3.11b. cho thấy một mô hình của anten lệch tâm để sử dụng cho vệ tinh Olypius của châu Âu.

Nhược điểm chính của tiếp sóng lệch là cần có giá đỡ chắc hơn để đảm bảo hình dạng của bộ phản xạ và do không đối xứng, phân cực vuông góc khi tiếp sóng bằng một phân cực tuyến tính sẽ tồi hơn so với trường hợp anten tiếp sóng chính tâm. Có thể đưa vào bù trừ phân cực ở tiếp sóng sơ cấp để hiệu chỉnh phân cực vuông góc hay đưa vào cấu trúc anten một lưới lọc phân cực. Nhờ ưu điểm của mình, tiếp sóng lệch tâm được sử dụng ở nhiều vệ tinh. Nó cũng được sử dụng với các anten trạm mặt đất có bộ phản xạ kép (hình 3.12) và được sử dụng ngày càng nhiều cho các anten trạm mặt đất chỉ thu.

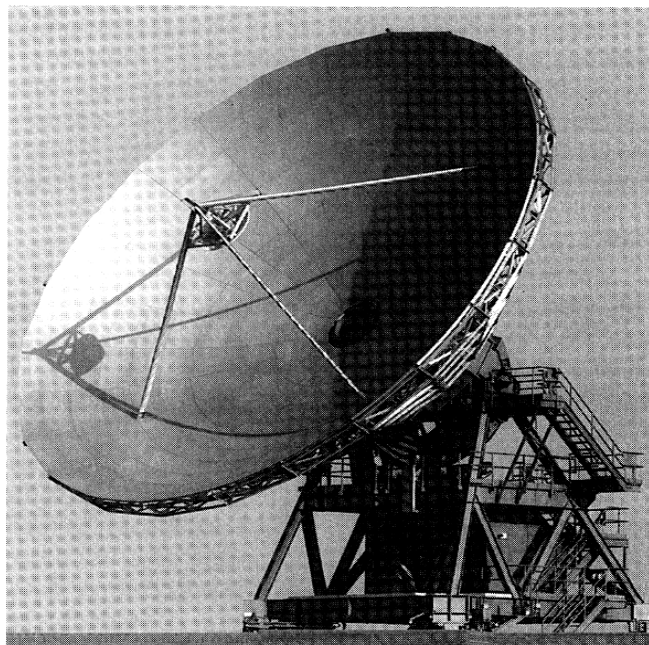


Hình 3.11. a) Các tia phản xạ từ bộ phản xạ lệch tâm. b) Tiếp sóng lệch tâm cho bộ phản xạ parabol tròn xoay.

3.5. CÁC ANTEN VỚI BỘ PHẢN XẠ KÉP

Trong các anten với bộ phản xạ kép, phễu loa tiếp sóng đến thiết bị phát thu phải đảm bảo càng ngắn càng tốt để giảm thiểu tổn hao. Điều này đặc biệt quan trọng đối với các trạm mặt đất lớn khi cần công suất phát lớn và tạp âm thu rất nhỏ. Hệ thống một phản xạ xét ở trên không

đạt được điều này, và hệ thống phản xạ kép cho phép đạt được điều này nhưng đắt tiền hơn. Loa tiếp sóng được đặt ở phía sau bộ phản xạ chính qua một lỗ hổng ở đỉnh (hình 3.12). Lắp phía sau cho phép đạt được cấu trúc tiếp sóng chắc chắn, đây là một ưu điểm khi cần sử dụng các anten cho phép quay và việc bảo dưỡng cũng dễ hơn. Bộ phản xạ phụ được lắp phía trước bộ phản xạ chính nói chung có kích cỡ nhỏ hơn loa tiếp sóng và gây ra che tối ít hơn. Có hai kiểu chính được sử dụng là anten Cassegrain và Gregorian mang tên của các nhà thiên văn học đầu tiên phát triển chúng.



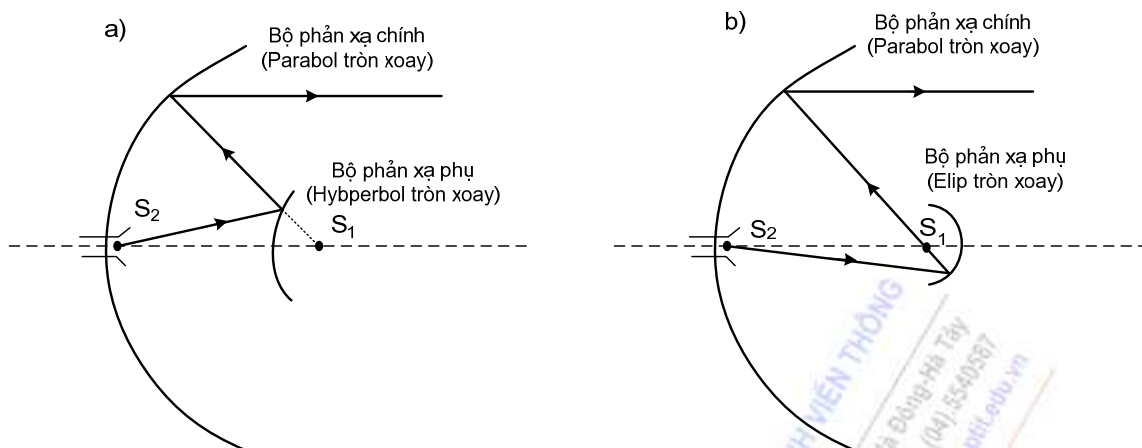
Hình 3.12. Anten Cassegrain 19m

3.5.1. Anten Cassegrain

Dạng cơ sở của Cassegrain gồm một bộ phản xạ parabol tròn xoay chính và một bộ phản xạ hyperbol tròn xoay phụ. Bộ phản xạ phụ có hai tiêu điểm một trùng với tiêu điểm của bộ phản xạ chính và một trùng với tâm pha của loa tiếp sóng (hình 3.13a). Hệ thống Cassegrain tương đương với một bộ phản xạ parabol tròn xoay có tiêu cự như sau:

$$f_c = \frac{e_h + 1}{e_h - 1} f \quad (3.10)$$

trong đó e_h là độ lệch tâm của hình hyperbol tròn xoay và f là tiêu cự của bộ phản xạ chính. Độ lệch tâm của hyperbol tròn xoay luôn luôn lớn hơn một và nằm trong giải từ 1,4 đến 3. Vì thế tiêu cự tương đương lớn hơn tiêu cự của bộ phản xạ chính. Đường kính của parabol tròn xoay giống như đường kính bộ phản xạ chính và vì thế tỷ số f/D tăng. Như thấy ở hình 3.10, tỷ số f/D tăng dẫn đến chiếu xạ đồng đều hơn và đối với Cassegrain điều này đạt được nhưng không làm tràn sóng như ở trường hợp anten bộ phản xạ đơn. Tỷ số f/D lớn hơn cũng làm cho phân cực vuông góc nhỏ hơn. Hệ thống Cassegrain được sử dụng rộng rãi cho các trạm mặt đất.



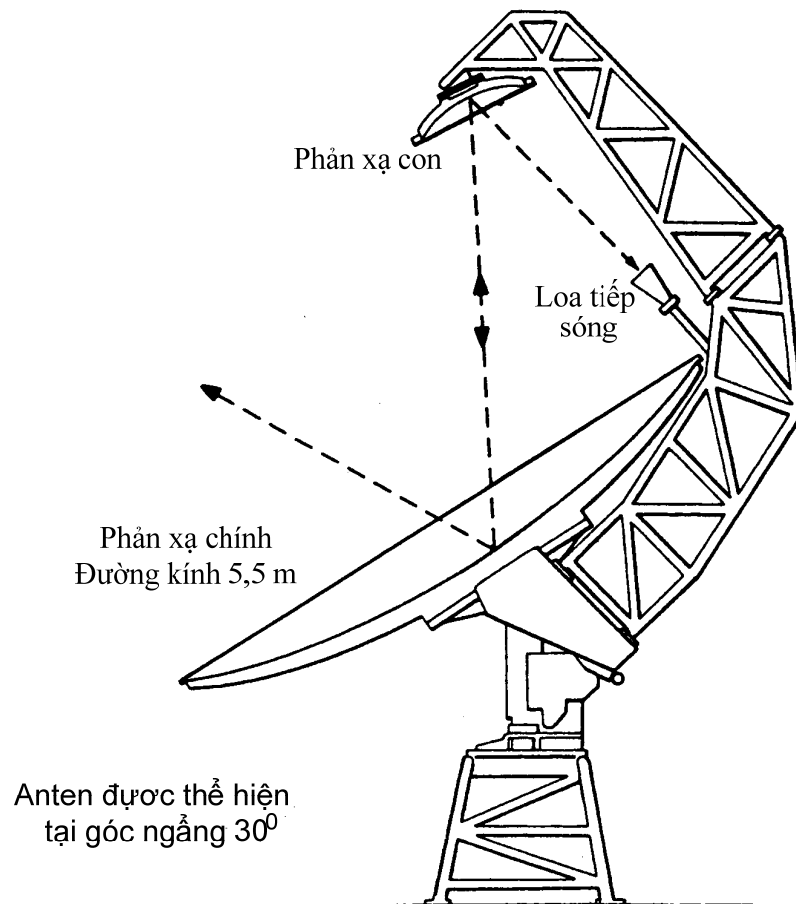
Hình. 3.13. Các tia truyền đối với các anten: a) Cassegrain và b) Gregorian

3.5.2. Anten Gregorian

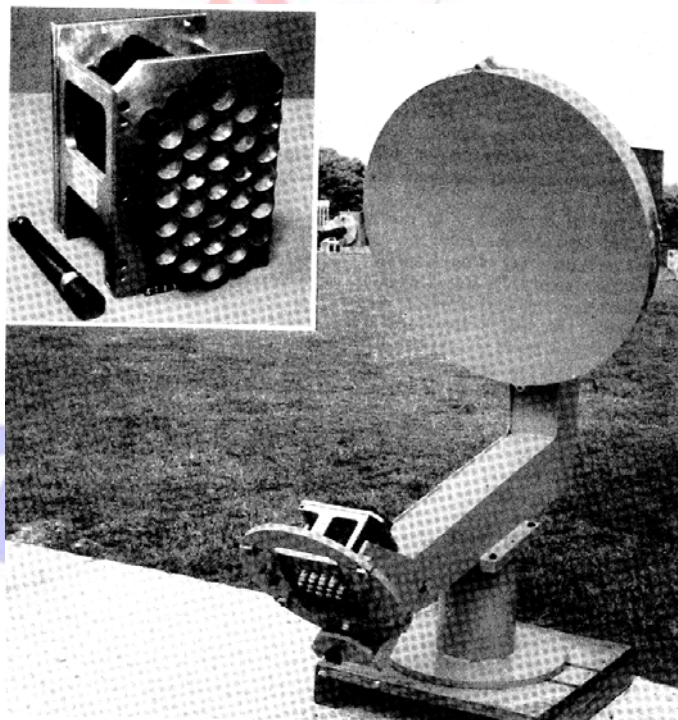
Dạng Gregorian cơ sở gồm một parabola tròn xoay chính và một bộ phận xạ phụ elip tròn xoay. Cũng như ở trường hợp trên, bộ phận xạ phụ có hai tiêu điểm, một trùng với tiêu điểm của bộ phận xạ chính và điểm kia trùng với tâm pha của loa tiếp sóng (hình 3.13b). Hoạt động của hệ thống Gregorian có nhiều điểm giống như Cassegrain. Anten Gregorian được minh họa ở hình 3.14.

3.6. ANTEN DÀN

Ta có thể đạt được sự tạo hình búp bằng cách sử dụng dàn các phần tử cơ sở. Các phần tử này được bố trí sao cho các mẫu phát xạ của chúng đảm bảo tăng cường phát xạ về một số hướng nhất định và loại trừ sự phát xạ ở các hướng khác. Hầu hết các dàn anten sử dụng trong thông tin vệ tinh là dàn loa. Cũng có thể sử dụng các dàn làm các phễu cho các anten phản xạ như dàn loa ở hình 3.15.



Hình 3.14. Anten lệch trục Gregorian



Hình 3.15. Anten phản xạ được tiếp sóng nhiều phidor

3.7. TỔNG KẾT

Loa là một dạng anten được sử dụng phổ biến trong thông tin vệ tinh. Loa có thể được sử dụng như một anten độc lập hay thường xuyên hơn nó được sử dụng như là các bộ tiếp sóng cho các anten phản xạ parabol. Để giảm phát xạ tại các búp phụ cũng như tại phân cực vuông góc các loa nón có thể sử dụng các vách trong gấp nếp. Các anten parabol được ứng dụng rộng rãi trong thông tin vệ tinh. Tiếp sóng cho các anten này có thể là các loa được đặt tại chính tâm hoặc lệch tâm. Trường hợp thứ hai cho phép tránh được hiện tượng che tối nhưng đòi hỏi phải có các biện pháp để tạo phân bố trường chiếu xạ đều hơn trên mặt mở của parabol và giá đỡ bộ phản xạ cũng phức tạp hơn. Các anten vệ tinh cũng có thể sử dụng bộ phản xạ kép. Các anten phản xạ kép cho phép đặt tiếp sóng ngay tại tâm của chảo phản xạ chính vì thế bảo dưỡng và quay anten tiện hơn. Ngoài ra bộ phản xạ con cũng cho phép phân bố trường chiếu xạ trên bộ phản xạ chính đều hơn và giảm hiệu ứng che tối. Anten Cassegrain bao gồm hai bộ phản xạ: bộ phản xạ con có hình hyperbol tròn xoay và bộ phản xạ chính là parabol tròn xoay. Anten Gregorian cũng có bộ phản xạ chính là parabol tròn xoay nhưng bộ phản xạ con là elip tròn xoay.

Sử dụng dàn anten cho phép dễ dàng điều chỉnh dạng búp sóng và lái búp sóng đến mục tiêu yêu cầu. Dàn anten loa thường được sử dụng làm dàn tiếp sóng cho các bộ phản xạ.

3.8. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

- Giả sử phương truyền sóng trùng với trục z, các phương trình sau

$$E_y = \hat{a}_y E_y \sin \omega t, E_x = -\hat{a}_x E_x \cos \omega t$$
 biểu thị phân cực nào dưới đây?
 (a) Tuyến tính; (b) LHC; (c) RHC
- Công suất đầu ra của máy phát là 600W, tổn hao phi đơ là 1dB, hệ số phản xạ điện áp tại anten là 0,01. Tính công suất phát xạ.
 (a) 25,8 dB; (b) 26,78 dB; (c) 27,78dB
- Giải thích vì sao loa nón vách nhẵn phát xạ phân cực vuông góc và giải pháp để loại phân cực này
- Phương trình mặt cắt của bộ phản xạ parabol là $y^2=4fx$. Giả sử $y_{\max}=\pm 2,5\text{m}$ tại $x_{\max}=0,5\text{m}$. Tìm tỷ số f/D.
 (a) 0,31; (b) 0,41; (c) 0,51; (d) 0,61
- Một chảo anten đường kính 3 m có độ sâu là 1 m. tìm tiêu cự.
 (a) 4,62m; (b) 5,62m; (c) 6,62m; (d) 7,62m
- Một anten parabol đường kính 5m có hiệu suất chiếu xạ 0,65 làm việc tại tần số 6GHz. Tìm diện tích mặt mở hiệu dụng của anten
 (a) 12,76 m²; (b) 13,76m²; (c) 14,76m²; (d) 15,75m²
- (tiếp) Tìm hệ số khuếch đại của anten trong bài 6.
 a) 45,1dB; (b) 46,1dB; (c) 47,1dB; (d) 48,1dB
- Trình bày ngắn gọn tiếp sóng lệch tâm và các ưu điểm và nhược điểm của nó
- Giải thích vì sao các anten phản xạ kép thường được sử dụng tại các trạm mặt đất lớn.
- Trình bày ý nghĩa của việc sử dụng dàn anten.

CHƯƠNG 4

PHẦN KHÔNG GIAN CỦA HỆ THỐNG THÔNG TIN VỆ TINH

4.1. GIỚI THIỆU CHUNG

4.1.1. Các chủ đề được trình bày trong chương

- Tổ chức kênh của phát đáp
- Các thiết bị của bộ phát đáp: máy thu băng rộng, bộ phân kênh, khuếch đại và bộ ghép kênh
- Phân hệ anten
- Phân hệ thông tin
- Phân hệ TT&C

4.1.2. Hướng dẫn

- Học kỹ các tư liệu trong chương
- Tham khảo [1], [2]
- Trả lời câu hỏi và bài tập

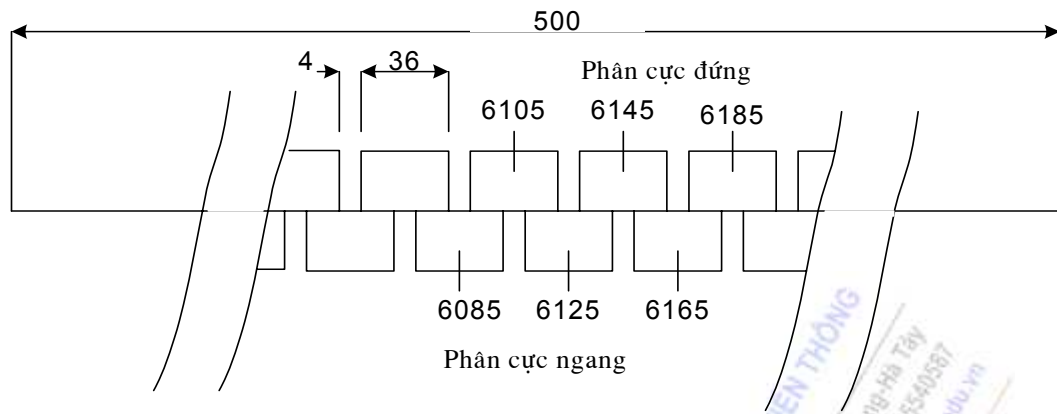
4.1.3. Mục đích chương

- Hiểu được cấu trúc chung của bộ phát đáp
- Hiểu được nguyên hoạt động các phần tử của bộ phát đáp
- Hiểu được tổ chức của phân hệ anten và thông tin

4.2. BỘ PHÁT ĐÁP

Bộ phát đáp bao gồm tập hợp các khối nối với nhau để tạo nên một kênh thông tin duy nhất giữa anten thu và anten phát trên vệ tinh thông tin. Một số khối trong bộ phát đáp có thể được dùng chung cho nhiều bộ phát đáp khác.

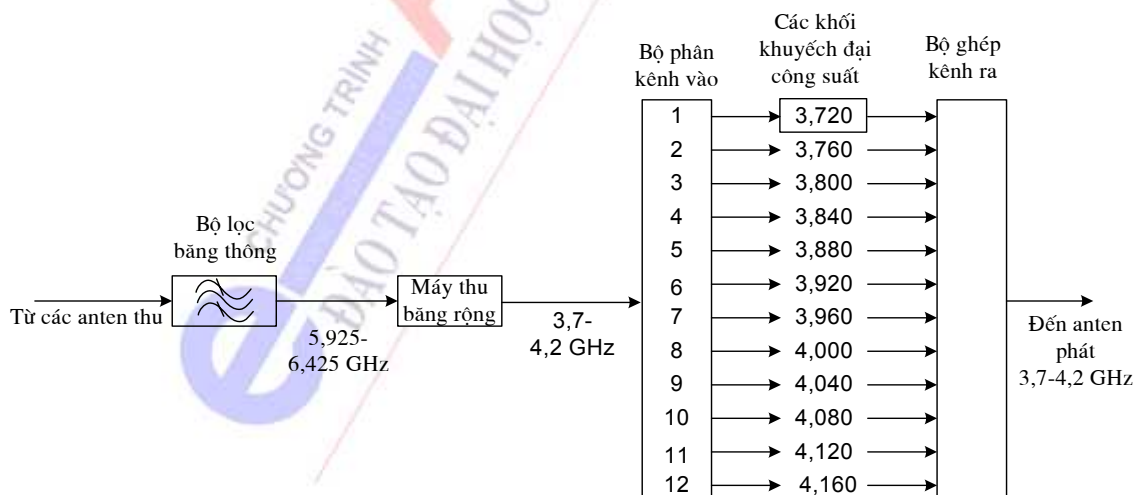
Trước khi trình bày chi tiết các khối khác nhau của bộ phát đáp, ta sẽ xét ngắn gọn tổ chức tần số cho thông tin vệ tinh băng C. Băng thông ấn định cho dịch vụ băng C là 500 MHz và băng thông này được chia thành các băng con, mỗi băng con dành cho một bộ phát đáp. Độ rộng băng tần thông thường của bộ phát đáp là 36 MHz với đoạn băng bảo vệ giữa các bộ phát đáp là 4MHz. Vì thế băng tần 500 MHz có thể đảm bảo cho 12 bộ phát đáp. Bằng cách ly phân cực, ta có thể tăng số bộ phát đáp lên hai lần. Cách ly phân cực cho phép sử dụng cùng một tần số nhưng với phân cực ngược chiều nhau cho hai bộ phát đáp. Để thu được kênh của mình, các anten thu phải có phân cực trùng với phân cực phát của kênh tương ứng. Đối với phân cực tuyến tính, ta có thể cách ly phân cực bằng phân cực đứng và phân cực ngang. Đối với phân cực tròn, cách ly phân cực nhận được bằng cách sử dụng phân cực tròn tay phải và phân cực tròn tay trái. Vì các sóng mang với phân cực đối nhau có thể chồng lấn lên nhau, nên kỹ thuật này được gọi là tái sử dụng tần số. Hình 4.1 cho thấy quy hoạch tần số và phân cực cho vệ tinh thông tin băng C.



Hình 4.1. Quy hoạch tần số và phân cực. Tần số trên hình vẽ đo bằng MHz.

Cũng có thể tái sử dụng tần số bằng các anten búp hẹp, và phương thức này có thể kết hợp với tái sử dụng theo phân cực để cung cấp độ rộng băng tần hiệu dụng 2000 MHz trên cơ sở độ rộng thực tế 500 MHz.

Đối với một trong số các nhóm phân cực, hình 4.2 cho thấy chi tiết hơn sơ đồ phân kênh cho 12 bộ phát đáp. Dải tần thu hay dải tần đường lên là 5,925 đến 6,425 GHz. Các sóng mang có thể được thu trên một hay nhiều anten đồng phân cực. Bộ lọc vào cho qua toàn bộ băng tần 500 MHz đến máy thu chung và loại bỏ tạp âm cũng với nhiễu ngoài băng (nhiều này có thể gây ra do các tín hiệu ảnh). Trong dải thông 500 MHz này có thể có rất nhiều sóng mang được điều chế và tất cả các sóng mang này đều được khuếch đại, biến đổi tần số trong máy thu chung. Biến đổi tần số chuyển các sóng mang này vào băng tần số đường xuống 3,7 đến 4,2 MHz với độ rộng 500 MHz. Sau đó các tín hiệu được phân kênh vào các độ rộng băng tần của từng bộ phát đáp. Thông thường độ rộng băng tần cấp cho mỗi bộ phát đáp là 36 MHz với đoạn băng bảo vệ 4 MHz, vì thế 500MHz có thể đảm bảo kênh cho 12 bộ phát đáp. Bộ phát đáp có thể xử lý một sóng mang được điều chế như tín hiệu TV chẳng hạn hay có thể xử lý nhiều sóng mang đồng thời với mỗi sóng mang được điều chế bởi tín hiệu điện thoại hay kênh băng gốc nào đó.



Hình 4.2. Các kênh của bộ phát đáp vệ tinh

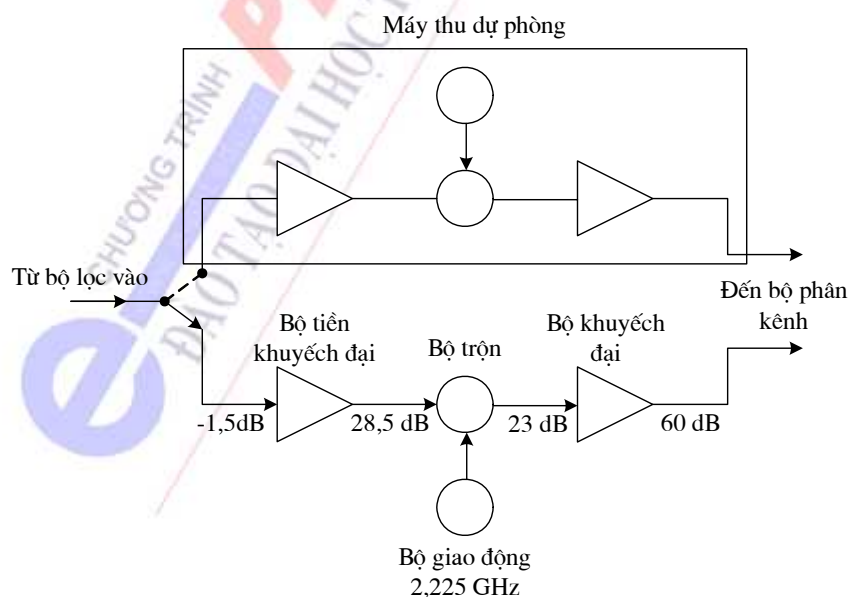
4.3. MÁY THU BĂNG RỘNG

Sơ đồ khối của máy thu băng rộng được cho ở hình 4.3. Máy thu có dự phòng kép để đề phòng trường hợp sự cố. Bình thường chỉ có máy thu công tác được sử dụng, khi có sự cố máy thu thứ hai được tự động chuyển vào thay thế.

Tầng đầu của máy thu là bộ khuếch đại tạp âm nhỏ (LNA: low noise amplifier). Bộ khuếch đại này chỉ gây thêm một ít tạp âm cho sóng mang được khuếch đại, nhưng vẫn đảm bảo đủ khuếch đại sóng mang để nó có thể vượt qua được mức tạp âm cao hơn trong tầng trộn tiếp sau. Khi tính toán tạp âm do bộ khuếch đại gây ra, để tiện lợi ta thường quy đổi tất cả các mức tạp âm vào đầu vào LNA, ở đây tổng tạp âm thu có thể được biểu diễn vào nhiệt độ tạp âm tương đương. Trong một máy thu được thiết kế tốt, nhiệt độ tạp âm được quy đổi vào đầu vào LNA thường có giá trị gần bằng tạp âm của riêng LNA. Tổng nhiệt độ tạp âm phải bao gồm: tạp âm từ anten. Nhiệt độ tạp âm tương đương của anten có thể lên đến vài trăm K.

LNA tiếp tín hiệu cho một tầng trộn. Tầng này cần có tín hiệu dao động nội để biến đổi tần số. Công suất tín hiệu cấp từ bộ dao động nội cho đầu vào bộ trộn khoảng 10dBm. Tần số của bộ dao động nội phải rất ổn định và có ít tạp âm. Bộ khuếch đại thứ hai sau tầng trộn có nhiệm vụ đảm bảo hệ số khuếch đại vào khoảng 60 dB. Các mức tín hiệu so với đầu vào trên hình vẽ được cho ở dB. Sự phân chia khuếch đại tại 6GHz và 4GHz để tránh dao động xảy ra nếu khuếch đại quá lớn trên cùng một tần số.

Máy thu băng rộng chỉ sử dụng các thiết bị tích cực bán dẫn. Trong một số thiết kế, các bộ khuếch đại diode tunnel được sử dụng cho tiền khuếch đại tại 6GHz trong các bộ phát đáp 6/4-GHz và cho các bộ khuếch đại thông số tại 14 GHz trong các bộ phát đáp 14/12-GHz. Với sự tiến bộ của công nghệ Transistor trường (FET), các bộ khuếch đại FET đảm bảo hiệu năng ngang bằng hoặc tốt hơn hiện đã được sử dụng trong cả hai băng tần. Các tầng trộn diode được sử dụng. Bộ khuếch đại sau bộ trộn có thể sử dụng các transistor tiếp giáp lưỡng cực (BJT) tại 4GHz và FET tại 12 GHz hay FET cho cả hai băng.

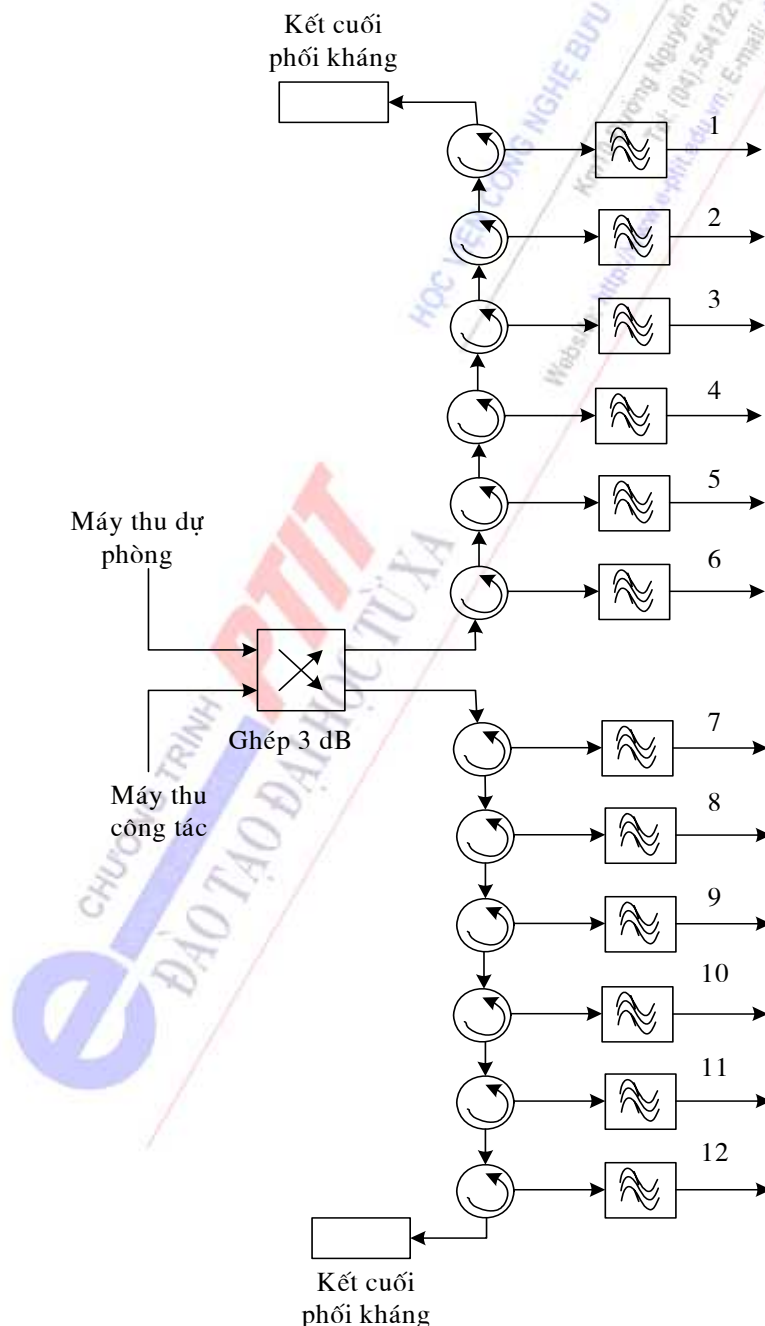


Hình 4.3. Máy thu băng rộng vệ tinh

4.4. BỘ PHÂN KÊNH VÀO

Bộ phân kênh vào phân chia đầu vào băng rộng (3,7-4,2 GHz) thành các kênh tần số của bộ phát đáp. Chẳng hạn, trên hình 4.2 các kênh này được đánh số từ 1 đến 12. Các kênh này thường được tổ chức thành các nhóm số chẵn và số lẻ. Việc tổ chức này cho phép tăng thêm phân cách kênh và giảm nhiễu giữa các kênh lân cận trong một nhóm.

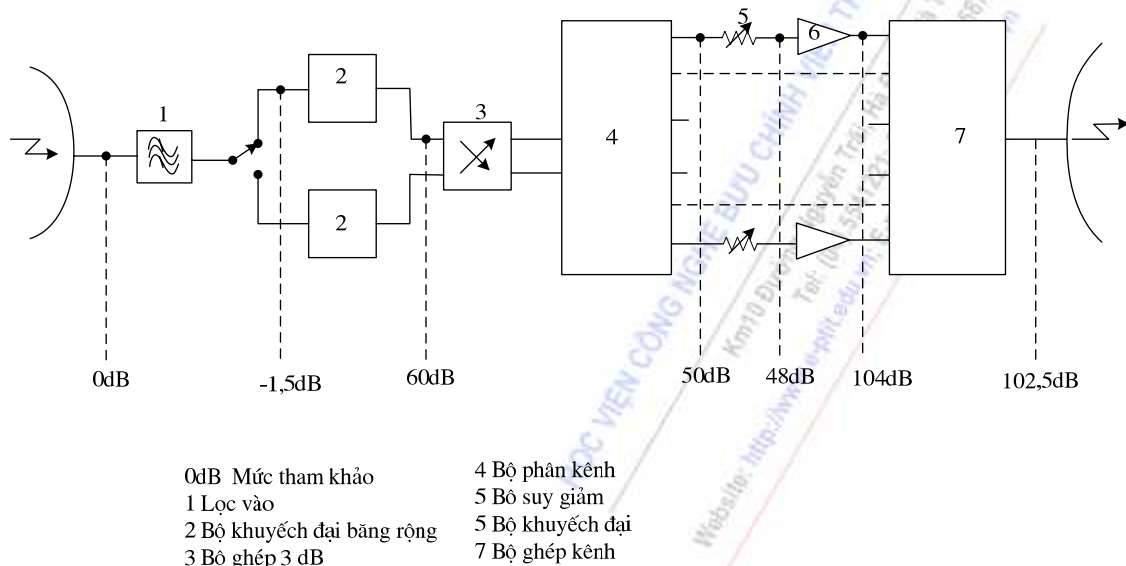
Đầu ra của máy thu được đưa đến một bộ chia công suất, đến lượt mình bộ chia công suất lại tiếp sóng cho hai dãy circulator riêng biệt. Toàn bộ tín hiệu băng rộng được truyền theo từng dãy và phân kênh đạt được nhờ các bộ lọc kênh nối đến circulator như trên hình 4.4. Mỗi bộ lọc có độ rộng băng 36 MHz và được điều chỉnh đến tần số trung tâm của băng (xem hình 4.1). Mặc dù tổn hao trong bộ phân kênh khá lớn, các tổn hao này dễ dàng được bù đắp trong tổng khuếch đại cho các kênh phát đáp.



Hình 4.4. Bộ phân kênh vào

4.5. BỘ KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT

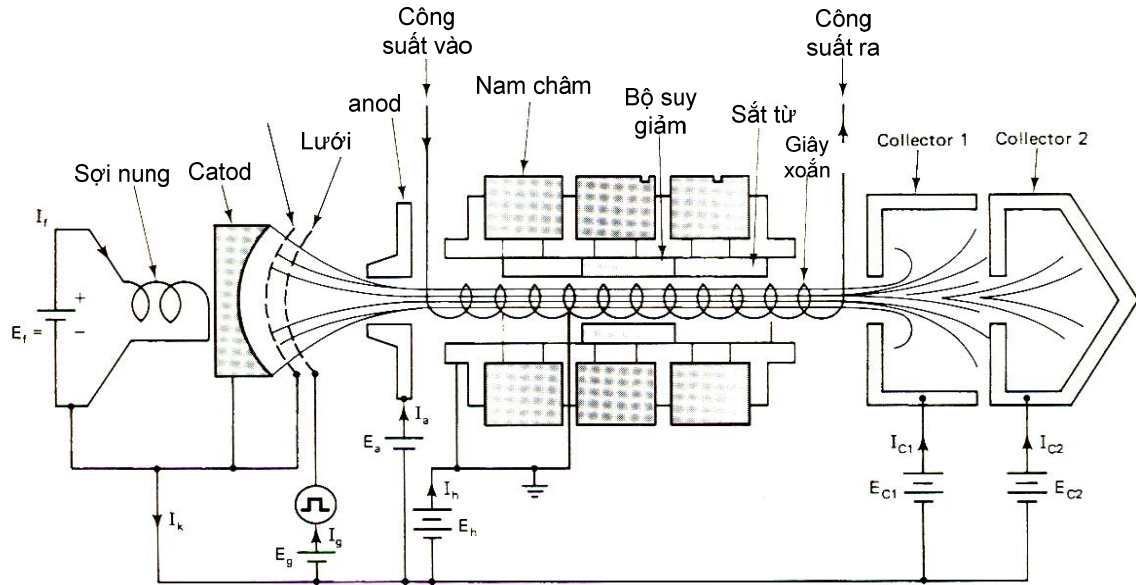
Bộ khuếch đại công suất riêng đảm bảo đầu ra cho từng bộ phát đáp. Hình 4.5 cho thấy trước mỗi bộ khuếch đại công suất là bộ suy giảm đầu vào. Bộ này cần thiết để điều chỉnh đầu vào của bộ khuếch đại công suất đến mức mong muốn. Bộ suy hao có phần cố định và phần thay đổi. Phần cố định để cân bằng các thay đổi suy hao vào sao cho các kênh phát đáp có cùng suy hao danh định. Điều chỉnh được thực hiện trong quá trình lắp ráp. Phần suy hao thay đổi để thiết lập mức cho từng kiểu ứng dụng.



Hình 4.5. Sơ đồ khối và biểu đồ các mức tương đối điển hình trong một bộ phát đáp.

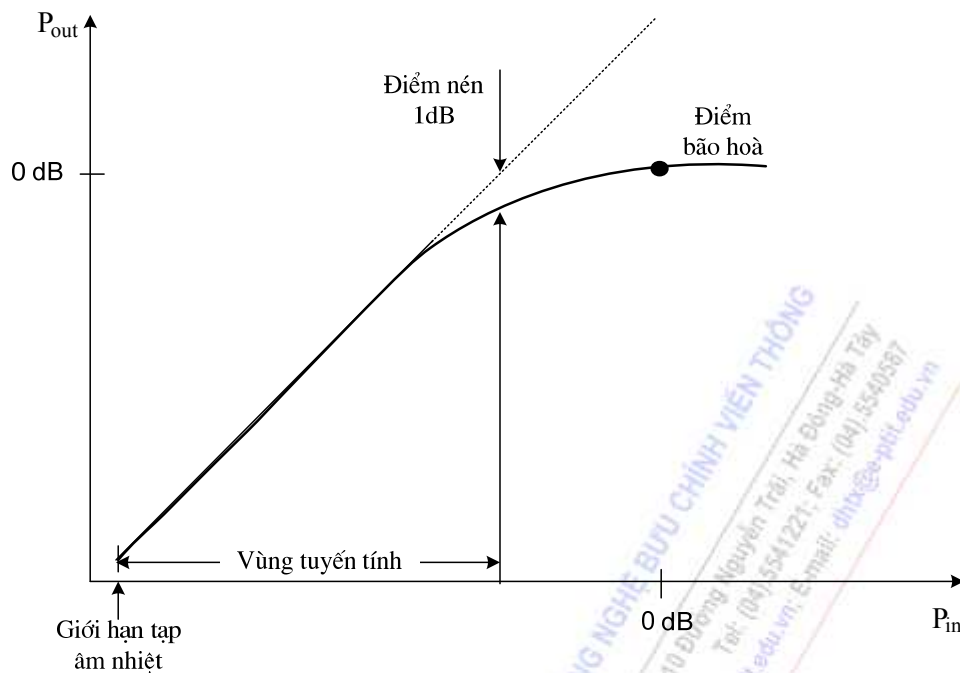
Bộ khuếch đại đèn sóng chạy (TWTA) được sử dụng rộng rãi trong các bộ phát đáp để đảm bảo công suất ra cần thiết cho anten phát. Sơ đồ đèn sóng chạy (TWT: travelling wave tube) được cho trên hình 4.6. Trong đèn sóng chạy, súng tia điện tử gồm: sợi nung, catốt và các điện cực hội tụ để tạo ra chùm tia điện tử. Trường từ để giới hạn tia điện tử truyền trong dây xoắn. Đối với TWT công suất cao hơn được sử dụng ở các trạm mặt đất, trường từ có thể được tạo ra bởi cuộn cảm và được cấp dòng một chiều. Vì kích thước khá lớn và tiêu thụ công suất cao nên cuộn cảm không thích hợp cho sử dụng trên vệ tinh, ở đây các TWT công suất thấp hơn được sử dụng với hội tụ bằng nam châm từ.

Tín hiệu vô tuyến cần khuếch đại được cấp cho dây xoắn tại đầu gần catốt nhất và tạo ra tín hiệu sóng chạy dọc dây xoắn. Trường điện của sóng sẽ có thành phần dọc dây xoắn. Trong một số vùng trường này sẽ giảm tốc các điện tử trong chùm tia và trong một số vùng khác nó sẽ tăng tốc các điện tử trong chùm tia. Vì thế điện tử sẽ co cụm dọc theo tia. Tốc độ trung bình của chùm tia được xác định bởi điện áp một chiều trên collector và có giá trị hơi lớn hơn tốc độ pha của sóng dọc dây xoắn. Trong điều kiện này, sẽ xảy ra sự chuyển đổi năng lượng: động năng trong chùm tia được biến thành thế năng của sóng. Thực tế, sóng sẽ truyền dọc theo dây xoắn gần với tốc độ ánh sáng, nhưng thành phần dọc trục của nó sẽ tương tác với chùm tia điện tử. Thành phần này thấp hơn tốc độ ánh sáng một lượng bằng tỷ số giữa bước xoắn và chu vi. Vì sự giảm tốc độ pha này, nên dây xoắn được gọi là cấu trúc sóng chậm.



Hình 4.6. Sơ đồ đèn sóng chạy (TWT) và cấp nguồn

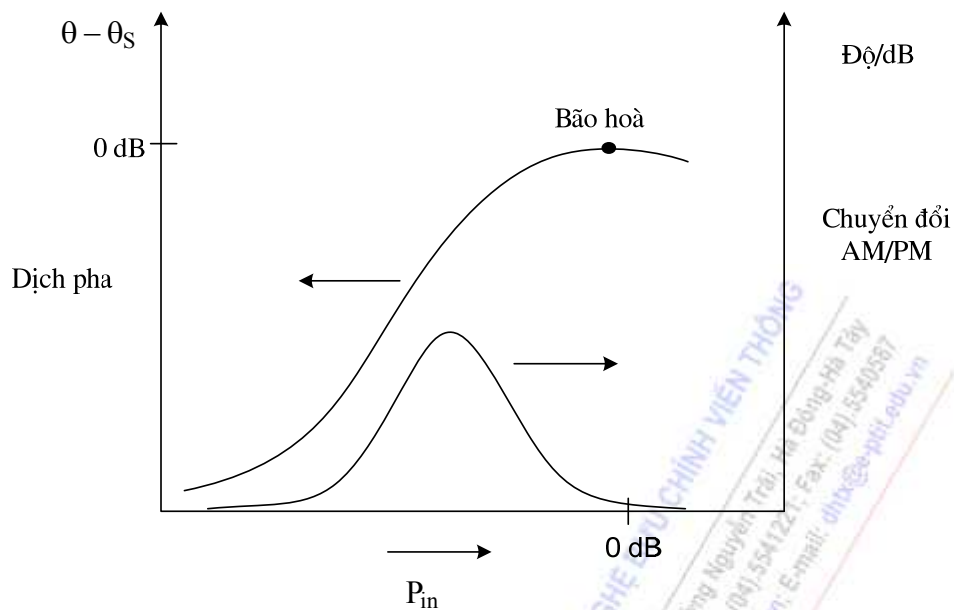
Ưu điểm của bộ khuếch đại này so với các bộ khuếch đại đèn điện tử khác là nó có thể đảm bảo khuếch đại trên một độ rộng băng tần khá rộng. Tuy nhiên cần điều chỉnh cẩn thận mức vào TWT để giảm thiểu méo. Ảnh hưởng của méo đặc tuyến truyền đạt được cho trên hình 4.7. Tại các mức công suất thấp, quan hệ giữa đầu vào và đầu ra là tuyến tính, nghĩa là một thay đổi dB cho trước ở đầu vào sẽ gây ra cùng một sự thay đổi dB ở đầu ra. Tại các mức công suất vào cao, công suất ra sẽ bị bão hoà. Điểm công suất ra cực đại này được gọi là điểm bão hoà. Điểm bão hoà là một điểm tham chuẩn tiện lợi và các đại lượng vào cùng với các đại lượng ra thường được tham chuẩn theo điểm này. Vùng tuyến tính của TWT được định nghĩa là vùng giới hạn bởi giới hạn tạp âm nhiệt ở đầu thấp và bởi điểm nén 1dB. Đây là điểm mà tại đó đường cong truyền đạt thực tế thấp hơn đường thẳng suy diễn như cho trên hình 4.7. Việc chọn điểm công tác trên đặc tuyến truyền đạt sẽ được ta xét cụ thể hơn, nhưng trước hết ta sẽ xét đặc tính pha.



Hình 4.7. Đặc tuyến truyền đạt của TWT. Trạng thái bão hoà được sử dụng như tham chuẩn 0 dB cho cả đầu vào và đầu ra

Thời gian trễ tuyệt đối giữa các tín hiệu vào và ra tại một mức vào cố định thường không đáng kể. Tuy nhiên tại các mức cao khi nhiều năng lượng chùm tia hơn được chuyển vào công suất đầu ra, tốc độ chùm tia trung bình sẽ giảm và vì thế thời gian trễ sẽ tăng. Vì trễ pha tỷ lệ thuận với thời gian trễ, nên điều này dẫn đến dịch pha và sự dịch này thay đổi theo đầu vào. Ký hiệu dịch pha là θ và pha do thời gian trễ tại điểm bão hoà là θ_s , hiệu số pha so với bão hoà là $\theta - \theta_s$. Hiệu số này được vẽ trên hình 4.8 phụ thuộc vào công suất đầu vào. Như vậy nếu công suất đầu vào thay đổi, sẽ xảy ra điều chế pha, quá trình này được gọi là chuyển đổi AM/PM (điều biên thành điều pha). Độ dốc của đặc tuyến dịch pha cho ta hệ số điều chế pha theo độ trên dB. Đường cong độ dốc phụ thuộc công suất vào được cho trên hình 4.8.

Điều tần (FM) thường được sử dụng cho các kênh thông tin vệ tinh tương tự. Tuy nhiên điều chế biên độ không mong muốn có thể xảy ra do quá trình lọc được thực hiện trước đầu vào TWT. Quá trình AM này biến đổi điều chế biên độ thành điều chế pha (PM), và điều chế này thể hiện như là tạp âm đối với sóng mang FM. Khi chỉ có một sóng mang duy nhất, nó có thể được đưa qua bộ hạn biên trước khi được khuếch đại bởi TWT. Bộ hạn biên sẽ nén biên độ sóng mang gần đường chuẩn không để loại bỏ điều chế biên độ.

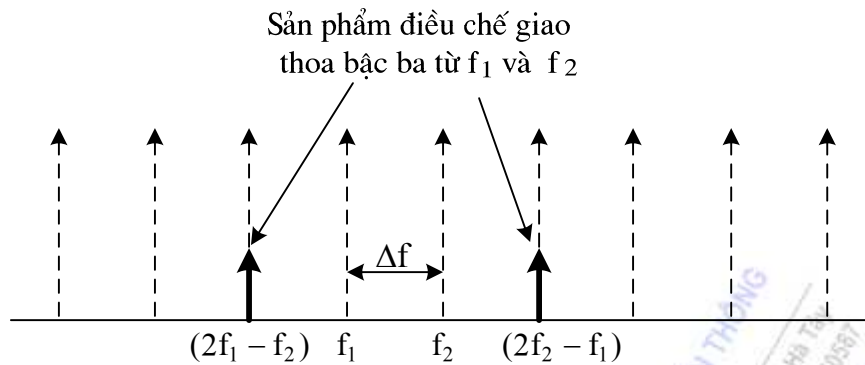


Hình 4.8. Đặc tuyến pha của TWT. θ là dịch pha vào-ra và θ_s là giá trị tại bão hoà. Đường cong AM/PM được rút ra từ độ dốc của đường cong dịch pha.

TWT cũng có thể được sử dụng để khuếch đại hai hay nhiều sóng mang đồng thời, trường hợp này được gọi là khai thác nhiều sóng mang. Khi này biến đổi AM/PM sẽ là một hàm phức tạp của các biên độ sóng mang, ngoài ra đặc tuyến truyền đạt phi tuyến cũng gây ra méo điều chế giao thoa. Ta có thể biểu diễn đặc tuyến truyền đạt phi tuyến vào chuỗi Taylor thể hiện quan hệ giữa điện áp vào và điện áp ra như sau:

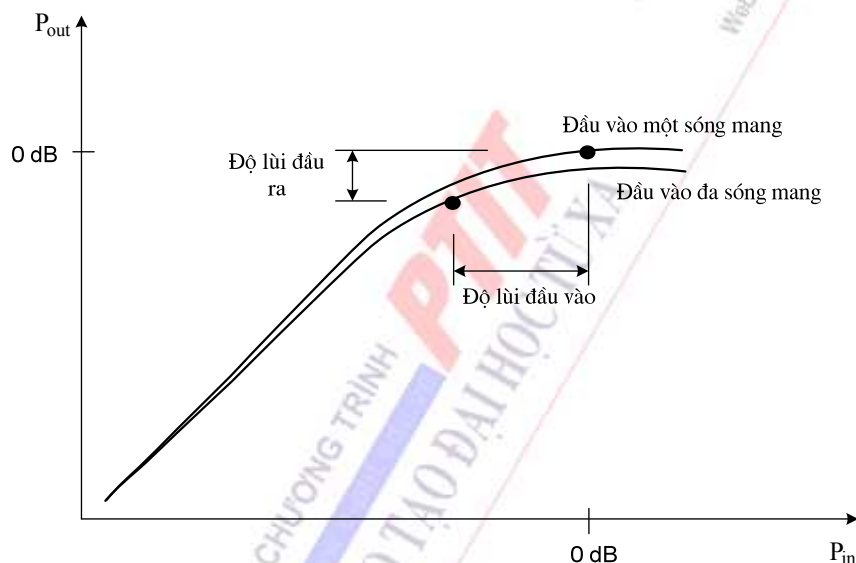
$$e_o = ae_i + be_i^2 + ce_i^3 + \dots \quad (4.1)$$

trong đó a, b, c, \dots là các hệ số phụ thuộc vào đặc tuyến truyền đạt, e_o là điện áp ra và e_i là điện áp vào bao gồm tổng các sóng mang khác nhau. Thành phần bậc ba là ce_i^3 . Thành phần này và các thành phần mũ lẻ gây ra các sản phẩm điều chế giao thoa, nhưng thường thì chỉ có thành phần bậc ba là đáng kể. Giả thiết rằng đầu vào TWT có nhiều sóng mang cách nhau Δf , như cho trên hình 4.9. Nếu xét các sóng mang tại các tần số f_1 và f_2 , ta thấy do thành phần bậc ba sẽ xuất hiện các tần số $2f_2 - f_1$ và $2f_1 - f_2$. Do $f_2 - f_1 = \Delta f$ ta có thể viết lại hai thành phần này như sau: $f_2 + \Delta f$ và $f_1 - \Delta f$. Như vậy các sản phẩm điều chế giao thoa rơi vào các tần số sóng mang lân cận như được trình bày trên hình 4.9. Tương tự các sản phẩm điều chế giao thoa sẽ xuất hiện từ các cặp sóng mang khác và khi các sóng mang này được điều chế, méo điều chế giao thoa sẽ thể hiện như tạp âm ở băng tần của bộ phát đáp.



Hình 4.9. Các sản phẩm điều chế giao thoa bậc ba

Để giảm điều chế giao thoa, ta cần dịch điểm công tác của TWT đến gần hơn phân tuyến tính của đường cong. Sự giảm này được gọi là độ lùi đầu vào. Khi có nhiều sóng mang được khuếch đại, công suất ra xung quanh bão hòa đối với mọi sóng mang sẽ nhỏ hơn công suất ra khi chỉ có một sóng mang. Điều này được minh họa bởi các đường cong đặc tuyến truyền đạt trên hình 4.10. Độ lùi đầu vào là hiệu đo bằng dB giữa đầu vào sóng mang tại điểm công tác và đầu vào bão hòa cần thiết cho hoạt động một sóng mang. Độ lùi đầu ra thường ứng với sự giảm công suất đầu ra tương ứng. Thường thì độ lùi đầu ra thấp hơn khoảng 5 dB so với độ lùi đầu vào. Sự cần thiết đưa vào độ lùi sẽ làm giảm đáng kể dung lượng kênh của đường truyền vệ tinh vì sự giảm tỷ số sóng mang trên tạp âm tại trạm mặt đất.



Hình 4.10. Đường cong truyền đạt cho một sóng mang và cho nhiều sóng mang. Độ lùi khi khai thác nhiều sóng mang so với bão hòa đối với một sóng mang

4.6. PHÂN HỆ ANTEN

Anten trên vệ tinh thực hiện chức năng kép: thu đường lên và phát đường xuống. Chúng có nhiều loại: từ các anten dipole có đặc tính vô hướng đến các anten tính hướng cao phục vụ cho viễn thông, chuyển tiếp truyền hình và phát quảng bá.

Búp sóng của anten thường được tạo ra bởi các anten kiểu phản xạ, thường là bộ phản xạ parabol tròn xoay. Hệ số khuếch đại của anten phản xạ parabol so với bộ phát xạ đẳng hướng được xác định theo phương trình sau:

$$G = \eta_I \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \quad (4.2)$$

trong đó λ là bước sóng của tín hiệu, D là đường kính bộ phản xạ và η_I là hiệu suất mặt mở (thường có giá trị bằng 0,55). Độ rộng búp sóng -3dB được xác định gần đúng như sau:

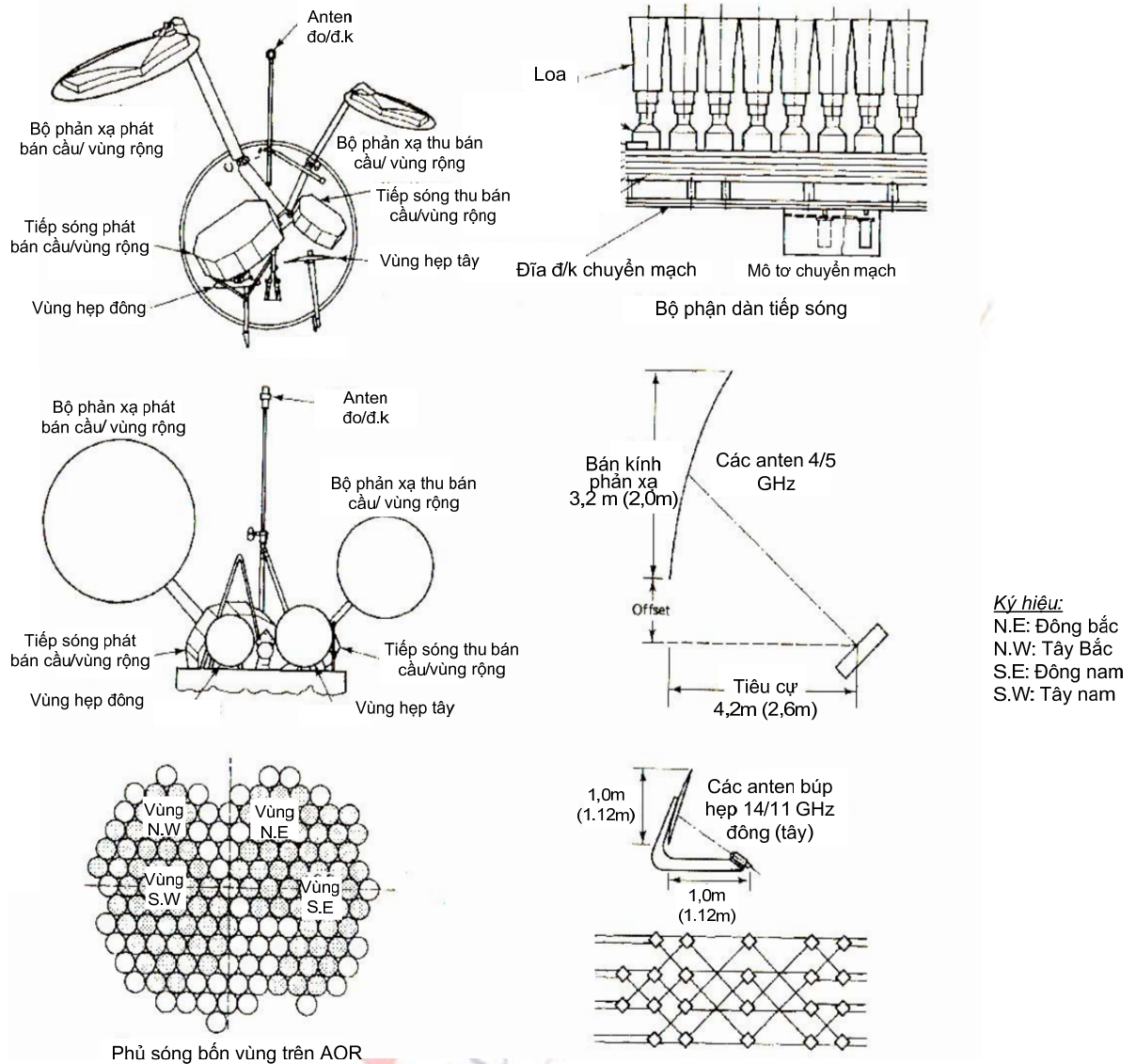
$$\theta_{3dB} \cong 70 \frac{\lambda}{D} \text{ độ} \quad (4.3)$$

Tỷ số D/λ được coi là hệ số chủ chốt của các phương trình trên: hệ số khuếch đại tỷ lệ thuận với $(D/\lambda)^2$ và độ rộng búp sóng tỷ lệ nghịch với D/λ . Vì thế hệ số khuếch đại sẽ tăng khi độ rộng búp sóng hẹp hơn bằng các tăng kích thước bộ phản xạ và giảm bước sóng. Các bộ phản xạ kích thước lớn là các bộ phản xạ băng 6/4GHz. Các bộ phản xạ trong băng tần 14/12GHz với cùng hiệu năng sẽ có kích thước nhỏ hơn nhiều.

Hình 4.11 minh họa phân hệ anten của vệ tinh INTELSAT VI. Từ hình vẽ ta thấy mức độ phức tạp của phân hệ này đối với các vệ tinh thông tin lớn. Các bộ phản xạ lớn dành cho băng 6/4GHz để phủ bán cầu và các vùng phủ như cho ở hình 4.12. Các anten này được tiếp sóng bởi các dàn anten loa và các nhóm loa khác nhau được kích thích để tạo nên dạng búp sóng cần thiết. Từ hình này ta thấy các dàn riêng được sử dụng cho phát và cho thu. Mỗi dàn có 146 loa lưỡng cực. Trong dải 14/11 GHz, bộ phản xạ tròn được sử dụng để tạo búp hẹp, một cho đông và một cho tây quả đất như trình bày trên hình 4.12. Các búp sóng này có thể lái được. Mỗi búp được tiếp sóng bởi một loa được sử dụng cho cả phát và thu.

Các búp rộng để phủ toàn cầu được tạo ra bởi các anten loa đơn giản tại 6/4GHz. Ngoài ra trên hình vẽ ta thấy có một anten hai nón được sử dụng cho các tín hiệu điều khiển và bám.

Cùng một loa tiếp sóng có thể sử dụng cho cả phát và thu với cùng phân cực. Các tín hiệu phát và thu được tách ra ở bộ ghép song công (Duplexer) kết hợp với lọc tần số. Phân biệt phân cực cũng có thể được sử dụng để tách các tín hiệu phát thu sử dụng cùng một loa tiếp sóng. Chẳng hạn có thể sử dụng loa để phát phân cực đứng trong băng tần đường xuống và đồng thời thu các sóng phân cực ngang trong băng tần đường lên. Phân tách phân cực được thực hiện tại thiết bị được gọi là bộ ghép trực giao hay bộ chuyển đổi chế độ trực giao (OMT). Các loa khác nhau cũng có thể được sử dụng cho các chức năng phát và thu với cả hai loa dùng cho cùng một bộ phản xạ.



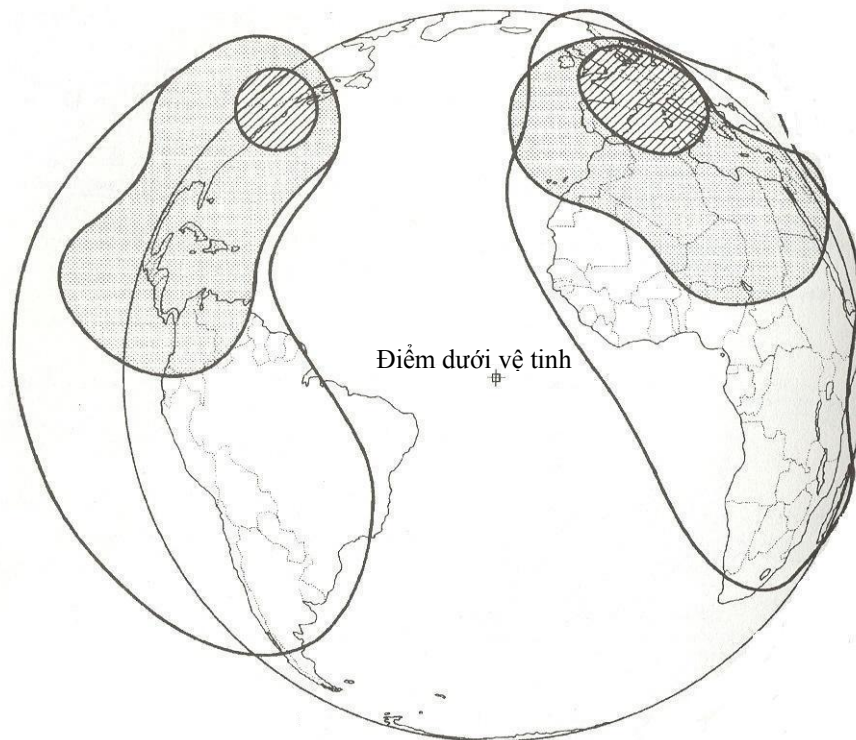
Hình 4.11. Phân hệ anten cho vệ tinh INTELSAT VI.

4.7. PHÂN HỆ THÔNG TIN




Hình 4.13 cho thấy phân hệ thông tin vệ tinh Morelos của Mexico để làm thí dụ. Tải trọng trên Morelos được gọi là tải trọng lai ghép hay lưỡng băng vì nó mang các bộ phát đáp băng C và băng K. Trong băng C nó cung cấp 12 kênh mỗi kênh rộng 36 MHz và sáu kênh băng rộng với mỗi kênh rộng 72 MHz. Trong băng K, nó cung cấp bốn kênh với mỗi kênh rộng 108 MHz. Các kênh 36 MHz sử dụng các TWTA 7-W với dự phòng 12:14. Nghĩa là 12 bộ dự phòng cho 14 bộ hoạt động. Các kênh 72 MHz sử dụng các TWTA 10,5 W với dự phòng 6:8. Các máy thu được thiết kế bằng linh kiện bán dẫn và với dự phòng 2:4 cho băng C và 1:2 cho băng K.

Anten với bộ phận xạ tròn đường kính 180 cm được sử dụng cho băng C. Đây là anten hai phân cực với tiếp sóng riêng băng C cho các phân cực ngang và đứng.

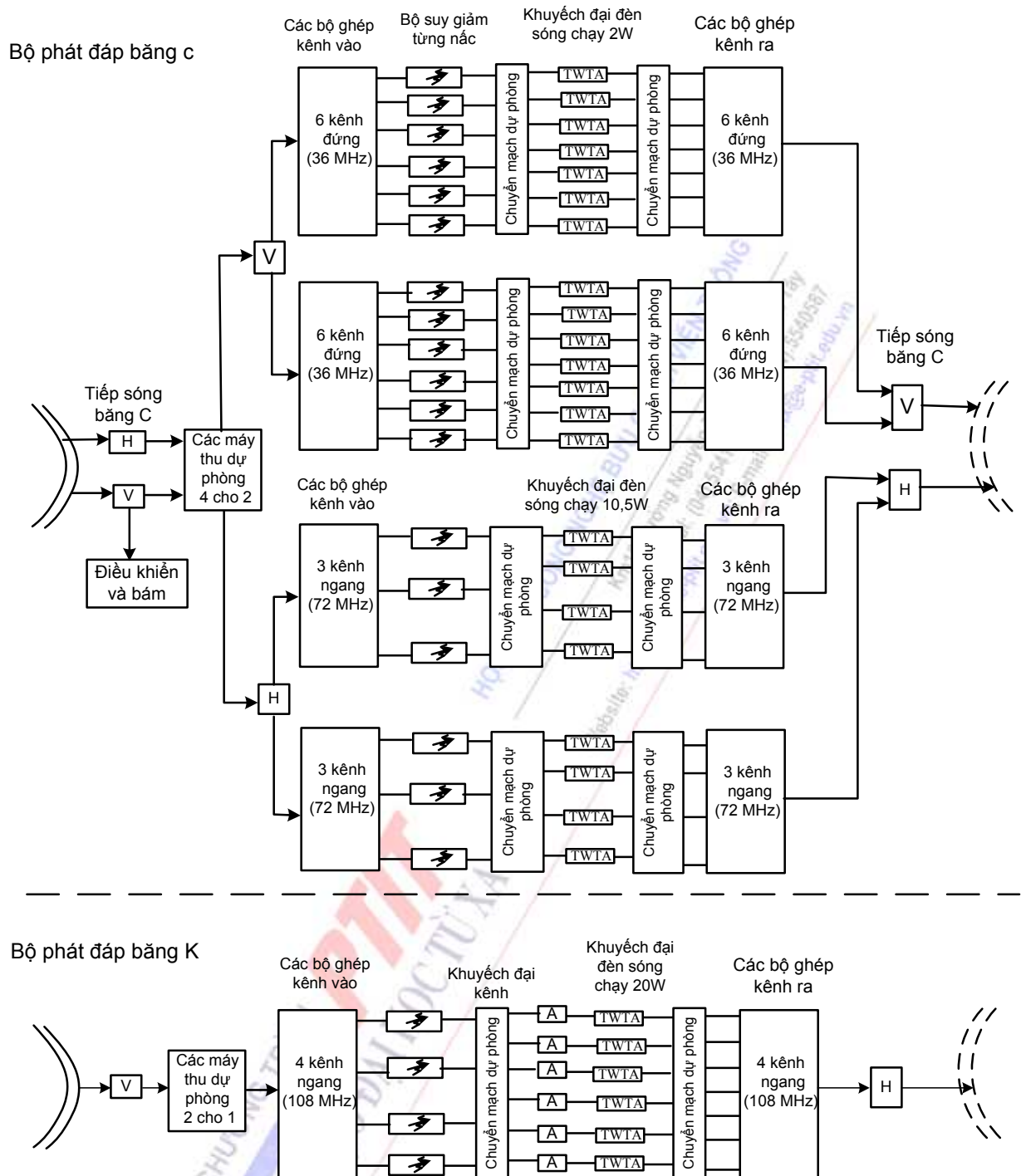
Anten băng K có bộ phận xạ Elip. Nó có dàn tiếp sóng riêng để tạo ra vùng phủ sóng trên Mexico.



Vị trí vệ tinh: $335,5^{\circ}\text{E}$

-  Bán cầu 6/4 GHz
-  Vùng rộng 6/4GHz phân cực vuông góc
-  Vùng hẹp 14/11 GHz phân cực đơn

Hình 4.12. Các khả năng phủ sóng của vệ tinh Atlantic INTELSAT VI (lưu ý: các búp sóng hẹp 14/11GHz có thể khai thác và chuyển dịch theo yêu cầu)



Hình 4.13. Sơ đồ khối phân hệ thống tin cho vệ tinh Morelos

4.8. PHÂN HỆ ĐO BẮM VÀ ĐIỀU KHIỂN TỪ XA

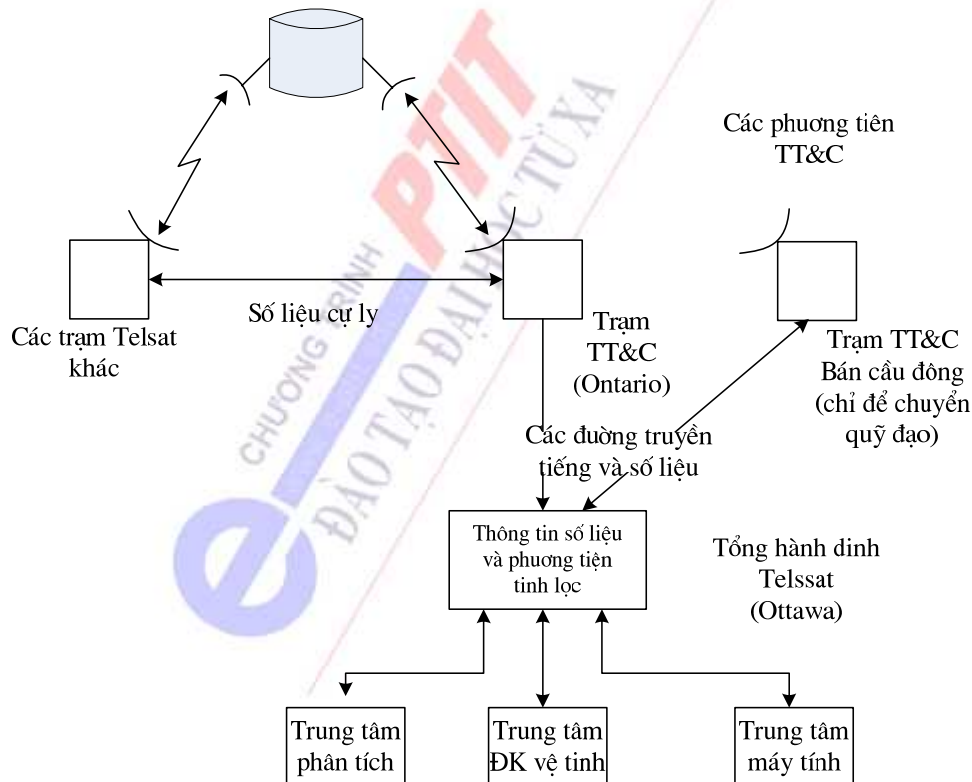
Phân hệ TT&C (Telemetry, Tracking and Command: Đo từ xa, bám và điều khiển) thực hiện một số chức năng thường xuyên trên vệ tinh. Chức năng đo từ xa có thể hiểu như là đo trên một cự ly xa. Chẳng hạn tạo ra một tín hiệu điện tỷ lệ với chất lượng được đo, mã hoá nó và phát nó đến trạm xa (trạm mặt đất). Dữ liệu trong tín hiệu đo từ xa có cả thông tin độ cao nhận được từ các bộ cảm biến mặt trời và trái đất, thông tin môi trường như cường độ từ trường và phương, tần suất ảnh hưởng của thiên thạch.... và các thông tin về tàu vũ trụ như: nhiệt độ, điện áp nguồn, áp suất nhiên liệu. Một số tần số được quốc tế quy định để phát tín hiệu đo từ xa cho vệ tinh. Trong

giai đoạn phóng vệ tinh, một kênh đặc biệt được sử dụng cùng với anten vô hướng. Khi vệ tinh đã vào quỹ đạo ổn định, một trong số các bộ phát đáp thường được sử dụng cùng với anten có hướng, khi xảy ra tình trạng khẩn cấp kênh này sẽ được chuyển mạch trở về kênh đặc biệt khi phóng vệ tinh.

Có thể coi đo từ xa và điều khiển là các chức năng bù lẫn cho nhau. Phân hệ đo từ xa phát thông tin về vệ tinh đến trạm mặt đất, còn phân hệ điều khiển thu các tín hiệu, thường là trả lời cho thông tin đo từ xa. Phân hệ điều khiển giải điều chế và khi cần thiết giải mã các tín hiệu điều khiển rồi chuyển chúng đến thiết bị thích hợp để thực hiện hành động cần thiết. Vì thế có thể thay đổi độ cao, đầu thêm hoặc cắt bớt các kênh, định hướng lại anten hoặc duy trì quỹ đạo (maneuvers) theo lệnh từ mặt đất. Để tránh thu và giải mã các lệnh giả, các tín hiệu điều khiển được mật mã hoá.

Bám vệ tinh được thực hiện bằng các tín hiệu hải đăng được phát đi từ vệ tinh. Các tín hiệu này được TT&C trạm mặt đất thu. Bám đặc biệt quan trọng trong các giai đoạn chuyển và dịch quỹ đạo của quá trình phóng vệ tinh. Khi vệ tinh đã ổn định, vị trí của vệ tinh địa tĩnh có xu thế bị dịch do các lực nhiễu khác nhau. Vì thế phải có khả năng bám theo sự xê dịch của vệ tinh và phát đi các tín hiệu hiệu chỉnh tương ứng. Các hải đăng bám có thể được phát trong kênh đo từ xa hay bằng các sóng mang hoa tiêu tại các tần số trong một trong số các kênh thông tin chính hay bởi các anten bám đặc biệt. Định kỳ cũng cần có thông tin về khoảng cách từ vệ tinh đến trạm mặt đất. Thông tin này được xác định bằng cách đo trễ truyền các tín hiệu phát riêng cho mục đích đo cự ly.

Ta thấy rằng các chức năng đo từ xa, bám và điều khiển là các khai thác phức tạp đòi hỏi các phương tiện đặc biệt dưới đất ngoài các phân hệ TT&C trên vệ tinh. Hình 4.14 cho thấy sơ đồ khối cho các phương tiện TT&C ở hệ thống vệ tinh Telesat của Canada.



Hình 4.14. Hệ thống điều khiển vệ tinh

4.9. TỔNG KẾT

Chương này đã xét cấu trúc chung của bộ phát đáp trên vệ tinh. Mỗi bộ phát đáp bao gồm ba phân hệ: phân hệ anten, phân hệ thông tin và phân hệ TT&C. Hệ thống anten trên vệ tinh bao gồm các anten phủ sóng nửa bán cầu, phủ sóng vùng rộng, phủ sóng vùng hẹp và TT&C. Phân hệ thông tin gồm các máy thu băng rộng, các bộ phân kênh vào, các bộ khuếch đại và các bộ ghép kênh ra. Các thiết bị này thường được dự phòng để tăng độ tin cậy. Ngoài ra, phân hệ này cũng có thể chứa các bộ lọc phân cực đứng (V) và ngang (H). Phân hệ TT&C (đo, bám và điều khiển) cho phép đo từ xa các thông số vệ tinh báo cáo vệ trạm điều khiển dưới mặt đất để nhận được các lệnh điều khiển tương ứng. Phân hệ này phát đi tín hiệu hải đăng thông báo về vị trí bị xê dịch của nó để đảm bảo bám từ trạm mặt đất. Ngoài ra, dựa trên tín hiệu này trạm điều khiển dưới mặt đất cũng phát lệnh điều khiển vị trí vệ tinh.

4.10. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Trình bày tổ chức kênh của bộ phát đáp
2. Trình bày cấu trúc của máy thu băng rộng
3. Trình bày cấu trúc của bộ phân kênh vào
4. Trình bày cấu trúc của bộ khuếch đại
5. Trình bày hoạt động của TWTA
6. Trình bày các ưu và nhược điểm chính của việc sử dụng TWTA cho bộ phát đáp so với các thiết bị khuếch đại công suất cao khác
7. Định nghĩa thuật ngữ điểm nén 1dB. Điểm này có ý nghĩa như thế nào đối với TWT
8. Giải thích vì sao không được đặt điểm công tác gần điểm bão hòa của TWTA khi khuếch đại đồng thời nhiều sóng mang
9. Trình bày cấu trúc của phân hệ anten
10. Trình bày cấu trúc của phân hệ thông tin
11. Trình bày cấu trúc của phân hệ TT&C
12. Giải thích ý nghĩa của dự phòng 4:2

CHƯƠNG 5

PHẦN MẶT ĐẤT CỦA HỆ THỐNG THÔNG TIN VỆ TINH

5.1. GIỚI THIỆU CHUNG

5.1.1. Các chủ đề được trình bày trong chương

- Các hệ thống máy thu truyền hình vệ tinh gia đình (TVRO)
- Các trạm mặt đất phát thu

5.1.2. Hướng dẫn

- Học kỹ tư liệu trong chương
- Đọc thêm tài liệu tham khảo [1], [2]
- Trả lời câu hỏi và bài tập

5.1.3. Mục đích chương

- Hiểu được tổ chức và hoạt động của các hệ thống máy thu truyền hình vệ tinh gia đình
- Hiểu được cấu trúc và hoạt động của trạm thu phát vệ tinh mặt đất

5.2. MỞ ĐẦU

Phần mặt đất của một hệ thống thông tin vệ tinh bao gồm các trạm phát và thu. Trạm đơn giản nhất là hệ thống chỉ thu truyền hình gia đình (TVRO) và phức tạp nhất là các trạm đầu cuối sử dụng cho các mạng thông tin quốc tế. Ngoài ra đoạn đầu cuối có thể là các trạm di động trên tàu bè, thương mại, quân sự và hàng không.

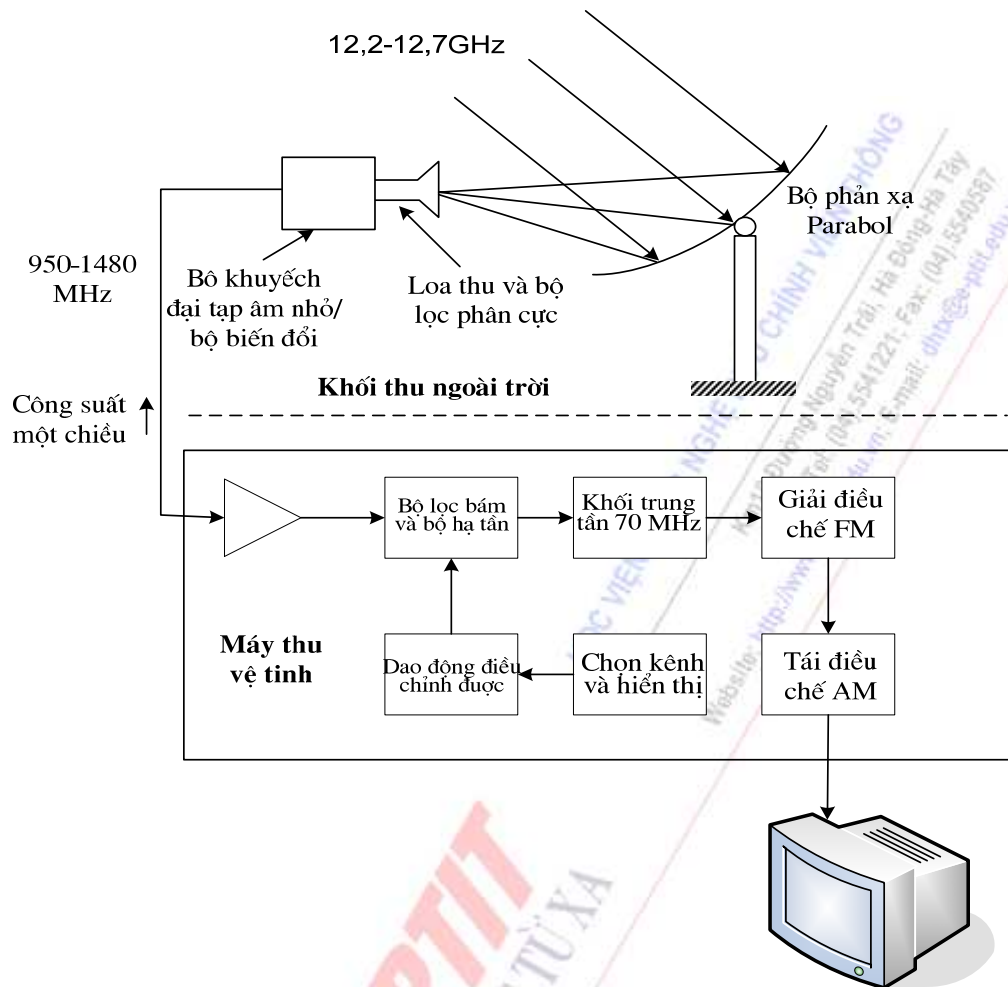
5.3. CÁC HỆ THỐNG TV GIA ĐÌNH, TVRO

5.3.1. Sơ đồ khối tổng quát của TVRO

Theo quy định truyền hình quảng bá trực tiếp đến máy thu TV gia đình được thực hiện trong băng tần Ku (12 GHz). Dịch vụ này được gọi là dịch vụ vệ tinh quảng bá trực tiếp (DBS: direct broadcast satellite). Tùy thuộc vào vùng địa lý ấn định băng tần có thể hơi thay đổi. Ở Mỹ, băng tần đường xuống là 12,2 đến 12,7GHz.

Tuy nhiên, hiện nay nhiều gia đình sử dụng các chảo khá to (đường kính khoảng 3m) để thu các tín hiệu TV đường xuống trong băng C (GHz). Các tín hiệu đường xuống này không chủ định để thu gia đình mà dành cho việc chuyển đổi mạng đến các mạng phân phối truyền hình (các đài phát VHF, UHF và cáp truyền hình). Mặc dù có vẻ như thực tế thu các tín hiệu TV hiện nay được thiết lập rất tốt, nhưng nhiều nhân tố kỹ thuật, thương mại và pháp luật ngăn cản việc thu này. Các khác biệt chính giữa các hệ thống TVRO (TV receive only: chỉ thu TV) băng Ku và băng C là ở tần số công tác của khối ngoài trời và các vệ tinh dành cho DBS ở băng Ku có EIRP (công suất phát xạ đẳng hướng tương đương) cao hơn nhiều so với băng C.

Hình 5.1 cho thấy các khối chính trong một hệ thống thu DBS của đầu cuối gia đình. Tất nhiên cấu trúc này sẽ thay đổi trong các hệ thống khác nhau, nhưng sơ đồ này sẽ cung cấp các khái niệm cơ sở về máy thu TV tương tự (FM). Hiện nay TV số trực tiếp đến gia đình đang dần thay thế các hệ thống tương tự, nhưng các khối ngoài trời vẫn giống nhau cho cả hai hệ thống.



Hình 5.1. Sơ đồ khối đầu cuối thu DBS TV/FM gia đình

5.3.2. Khối ngoài trời

Khối này bao gồm một anten thu tiếp sóng trực tiếp cho tổ hợp khuếch đại tạp âm nhỏ/biến đổi hạ tần. Thông thường bộ phản xạ parabol được sử dụng với loa thu đặt ở tiêu điểm. Bình thường thiết kế có tiêu điểm đặt ngay trước bộ phản xạ, nhưng trong một số trường hợp để loại bỏ nhiễu tốt hơn, bộ tiếp sóng (Feed) có thể được đặt lệch như thấy trên hình vẽ.

Kinh nghiệm cho thấy rằng có thể thu chất lượng đảm bảo bằng các bộ phản xạ có đường kính từ 0,6 đến 1,6m (1,97-5,25 ft) và kích thước chỉ dẫn thông thường là 0,9m (2,95ft) và 1,2m (3,94 ft). Trái lại đường kính bộ phản xạ băng C (4GHz) thường vào khoảng 3m (9,84 ft). Lưu ý rằng hệ số khuếch đại anten tỷ lệ thuận với $(D/\lambda)^2$. So sánh khuếch đại của chảo 3m tại 4GHz với chảo 1m tại 12 GHz, ta thấy trong cả hai trường hợp tỷ số $D/\lambda=40$, vì thế khuếch đại của chúng bằng nhau. Tuy nhiên mặc dù suy hao truyền sóng tại 12 GHz cao hơn nhiều so với 4GHz, nhưng ta không cần anten thu có khuếch đại cao hơn vì các vệ tinh quảng bá trực tiếp làm việc ở công suất phát xạ đẳng hướng tương đương cao hơn nhiều.

Băng tần đường xuống dải 12,2 đến 12,7 GHz có độ rộng 500 MHz cho phép 32 kênh TV với mỗi kênh có độ rộng là 24 MHz. Tất nhiên các kênh cạnh nhau sẽ phần nào chồng lấn lên nhau, nhưng các kênh này được phân cực LHC và RHC đan xen để giảm nhiễu đến các mức cho phép. Sự phân bố tần số như vậy được gọi là đan xen phân cực. Loa thu có thể có bộ lọc phân cực được chuyển mạch đến phân cực mong muốn dưới sự điều khiển của khối trong nhà.

Loa thu tiếp sóng cho khối biến đổi tạp âm nhỏ (LNC: low noise converter) hay khối kết hợp khuếch đại tạp âm nhỏ (LNA: low noise amplifier) và biến đổi (gọi chung là LNA/C). Khối kết hợp này được gọi là LNB (Low Noise Block: khối tạp âm nhỏ). LNB đảm bảo khuếch đại tín hiệu băng 12 GHz và biến đổi nó vào dải tần số thấp hơn để có thể sử dụng cáp đồng trục giá rẻ nối đến khối trong nhà. Dải tần tín hiệu sau hạ tần là 950-1450 MHz (xem hình 5.1). Cáp đồng trục hoặc cáp đôi dây được sử dụng để truyền công suất một chiều cho khối ngoài trời. Ngoài ra cũng có các dây điều khiển chuyển mạch phân cực.

Khuếch đại tạp âm nhỏ cần được thực hiện trước đầu vào khối trong nhà để đảm bảo tỷ số tín hiệu trên tạp âm yêu cầu. Ít khi bộ khuếch đại tạp âm nhỏ được đặt tại phía đầu vào khối trong nhà vì nó có thể khuếch đại cả tạp âm của cáp đồng trục. Tất nhiên khi sử dụng LNA ngoài trời cần đảm bảo nó hoạt động được trong điều kiện thời tiết thay đổi và có thể bị phá hoại hoặc đánh cắp.

5.3.3. Khối trong nhà cho TV tương tự (FM)

Tín hiệu cấp cho khối trong nhà thường có băng tần rộng từ 950 đến 1450 MHz. Trước hết nó được khuếch đại rồi chuyển đến bộ lọc bấm để chọn kênh cần thiết (xem hình 5.1). Như đã nói, đan xen phân cực được sử dụng vì thế khi thiết lập một bộ lọc phân cực ta chỉ có thể thu được một nửa số kênh 32 MHz. Điều này giảm nhẹ hoạt động của bộ lọc bấm vì bây giờ các kênh đan xen được đặt cách xa nhau hơn.

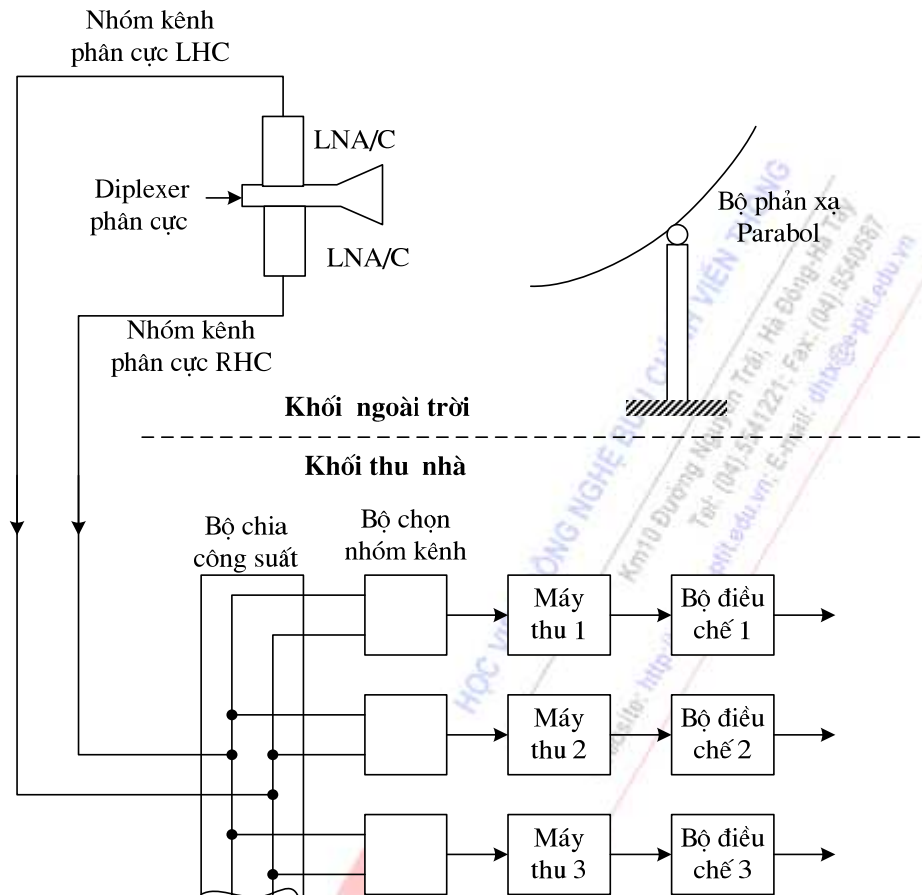
Sau đó kênh được chọn được biến đổi hạ tần: thường từ dải 950 MHz vào 70 MHz, tuy nhiên cũng có thể chọn các tần số khác trong dải VHF. Bộ khuếch đại 70 MHz khuếch đại tín hiệu đến mức cần thiết cho giải điều chế. Sự khác biệt chính giữa DBS và TV thông thường ở chỗ DBS sử dụng điều tần còn TV thông thường sử dụng điều biên (AM) ở dạng đơn biên có nén (VSSB: Vestigial Single Sideband). Vì thế cần giải điều chế sóng mang 70 MHz và sau đó tái điều chế AM để tạo ra tín hiệu VSSB trước khi tiếp sóng cho các kênh VHF/UHF của máy TV tiêu chuẩn.

Máy thu DBS còn cung cấp nhiều chức năng không được thể hiện trên hình 5.1. Chẳng hạn các tín hiệu Video và Audio sau giải điều chế ở đầu ra V/A có thể cung cấp trực tiếp cho các đầu V/A của máy thu hình. Ngoài ra để giảm nhiễu người ta còn bổ sung vào sóng mang vệ tinh một dạng sóng phân tán năng lượng và máy thu DBS có nhiệm vụ loại bỏ tín hiệu này. Các đầu cuối cũng có thể được trang bị các bộ lọc IF để giảm nhiễu từ các mạng TV mặt đất và có thể phải sử dụng bộ giải ngẫu nhiên hoá (giải mã) để thu một số chương trình.

5.3.4. Hệ thống TV anten chủ

Hệ thống TV anten chủ (MATV: Master- Antena TV) đảm bảo thu các kênh DBS/TV cho một nhóm người sử dụng, chẳng hạn cho các người thuê căn hộ trong toà nhà. Hệ thống này gồm một khối ngoài trời (anten và LNA/C) tiếp sóng cho nhiều khối trong nhà (xem hình 5.2). Hệ thống này căn bản giống như hệ thống gia đình đã trình bày ở trên nhưng cho phép từng người sử dụng truy nhập độc lập đến tất cả các kênh. Ưu điểm của hệ thống này là chỉ cần một khối ngoài

trời, nhưng phải có các LNA/C và cáp tiếp sóng riêng cho từng phân cực. So với hệ thống một người sử dụng, cần có anten lớn hơn (đường kính 2 đến 3 m) để đảm bảo tỷ số tín hiệu trên tạp âm cho tất cả các khối trong nhà.

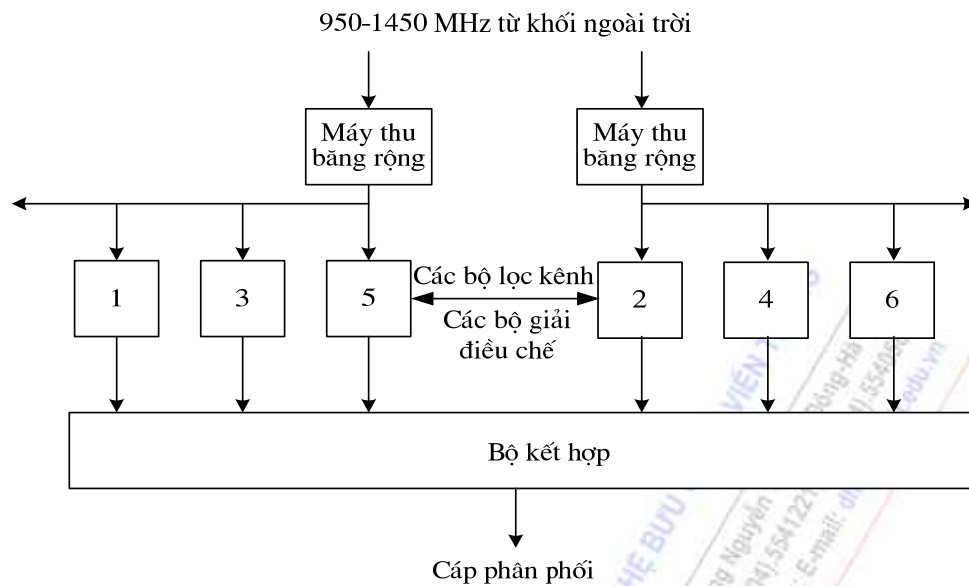


Hình 5.2. Cấu trúc hệ thống anten TV chủ (MATV)

5.3.5. Hệ thống TV anten tập thể

Hệ thống TV anten tập thể (CATV: Community Antenna TV) sử dụng một khối ngoài trời với các tiếp sóng riêng cho từng phương phân cực giống như hệ thống MTAV để có thể cung cấp tất cả các kênh đồng thời tại máy thu trong nhà. Thay vì sử dụng một máy thu riêng cho từng người sử dụng, tất cả các sóng mang đều được giải điều chế tại một hệ thống lọc-thu chung như ở hình 5.3. Sau đó tất cả các kênh được kết hợp vào một tín hiệu ghép chung để truyền dẫn theo cáp đến các thuê bao. Đối với các vùng xa, thay vì dùng cáp phân phối, người ta có thể phát lại quảng bá tín hiệu bằng một đài phát TV ở xa với sử dụng anten đường kính 8m (26,2 ft) để thu tín hiệu vệ tinh trong băng C.

Cũng có thể phân phối chương trình thu từ vệ tinh bằng hệ thống CATV.

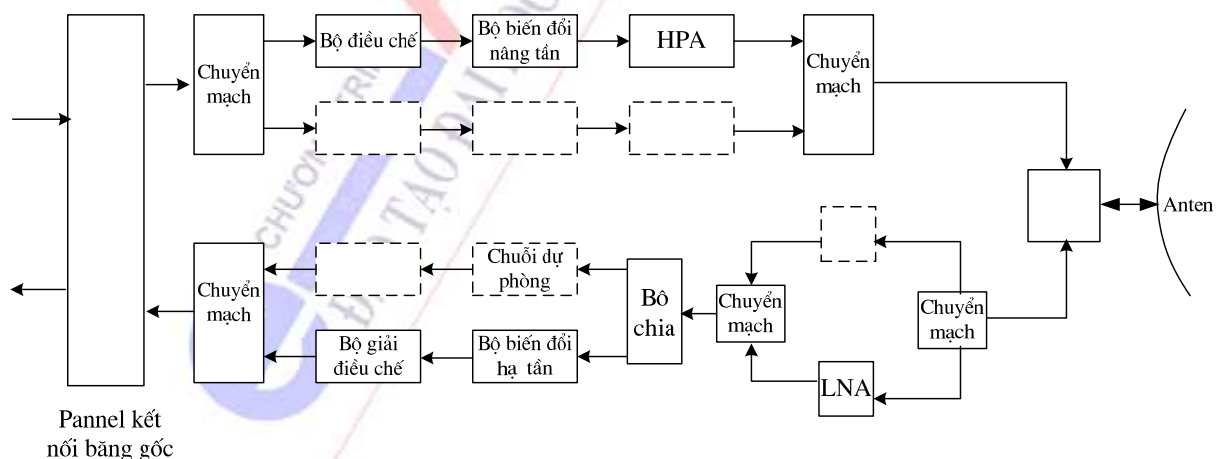


Hình 5.3. Thí dụ cấu trúc khối trong nhà cho hệ thống TV anten tập thể (CATV)

5.4. CÁC TRẠM MẶT ĐẤT PHÁT THU

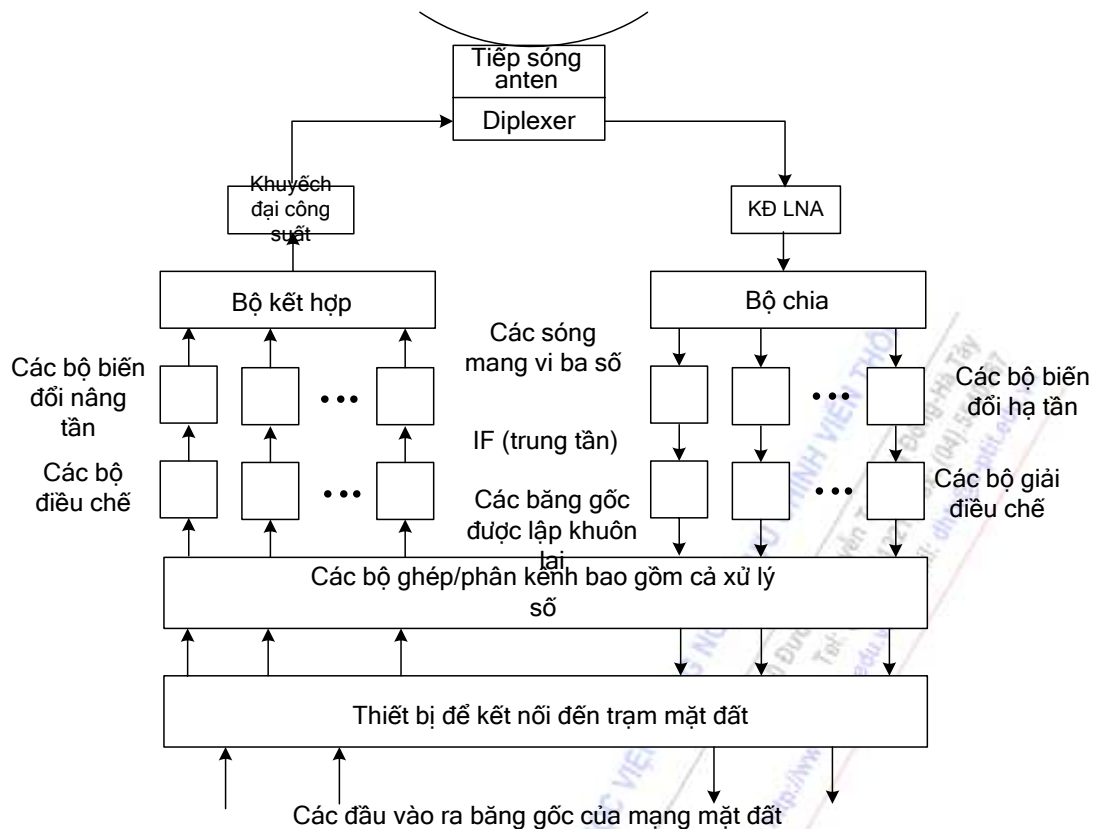
Trong các phần trước ta đã xét các trạm TV chỉ thu. Tất nhiên, ở một nơi nào đó ta cần có một trạm phát để hoàn thiện đường truyền. Trong một số trường hợp chỉ cần trạm chỉ phát, chẳng hạn khi chuyển tiếp tín hiệu truyền hình đến các trạm chỉ thu TV ở xa.. Các trạm phát thu đảm bảo cả hai chức năng và thường được sử dụng cho viễn thông với lưu lượng bao hàm cả mạng TV.

Các phân tử cơ bản của một trạm mặt đất có dự phòng được cho trên hình 5.4. Nhắc lại rằng dự phòng có nghĩa một số khối được nhân đôi. Một khối được dự phòng kép này khi bị sự cố sẽ tự động chuyển mạch đến khối dự phòng. Các khối dự phòng được vẽ trên hình 5.4 ở dạng đường ngắt quãng.



Hình 5.4. Các phân tử căn bản của một trạm mặt đất có dự phòng

Sơ đồ khối chi tiết của trạm phát thu mặt đất được cho ở hình 5.5, trong đó để dễ nhìn ta không trình bày các khối dự phòng.



Hình 5.5. Sơ đồ chi tiết của một trạm phát thu

Nhìn từ phía dưới sơ đồ, trước hết ta thấy thiết bị kết nối trạm vệ tinh mặt đất với mạng viễn thông mặt đất. Để giải thích ta sẽ xét lưu lượng điện thoại. Lưu lượng này có thể gồm nhiều kênh điện thoại được ghép với nhau theo tần số, hoặc thời gian. Ghép kênh này có thể khác với ghép kênh cần thiết để truyền dẫn vệ tinh, vì thế khối tiếp theo là thiết bị ghép kênh thực hiện lập khuôn dạng lại cho lưu lượng. Sau đó luồng ghép được điều chế ở trung tần (IF), thường là 70 MHz. Nhiều tầng trung tần song song được sử dụng cho từng sóng mang được phát. Sau khuếch đại IF 70 MHz, tín hiệu sau điều chế được biến đổi nâng tần đến tần số sóng mang cần thiết. Nhiều sóng mang có thể được phát cùng một lúc và mặc dù đây là các tần số khác nhau, các sóng mang được đặc tả theo tần số: các sóng mang 6GHz hay các sóng mang 14 GHz.

Cần lưu ý rằng mỗi sóng mang có thể được sử dụng cho nhiều điểm nhận. Nghĩa là chúng mang lưu lượng đến các trạm khác nhau. Chẳng hạn một sóng mang vi ba có thể mang lưu lượng đến Boston và New York. Cùng một sóng mang được thu tại hai điểm, được lọc ra bởi các bộ lọc tại trạm mặt đất thu.

Sau khi đi qua bộ biến đổi nâng tần, các sóng mang được kết hợp và tín hiệu tổng băng rộng được khuếch đại. Tín hiệu băng rộng sau khuếch đại được tiếp sóng đến anten qua bộ ghép song công: Diplexer. Diplexer cho phép anten xử lý đồng thời nhiều tín hiệu phát và thu.

Anten trạm làm việc ở cả hai chế độ phát thu đồng thời nhưng tại các tần số khác nhau. Trong băng C, đường lên danh định hay tần số phát là 6GHz và đường xuống hay tần số thu là 4GHz. Trong băng Ku, tần số đường lên danh định là 14 GHz và đường xuống là 12 GHz. Do các anten khuếch đại cao được sử dụng cho cả hai đường, nên chúng có các búp sóng rất hẹp. Búp sóng hẹp này cần thiết để ngăn chặn nhiễu giữa các đường vệ tinh lân cận. Trong trường hợp băng C, cũng cần tránh nhiễu đến từ các tuyến vi ba mặt đất. Các tuyến vi ba mặt đất không hoạt động tại các tần số băng Ku.

Trong nhánh thu (phía phải của hình 5.5), tín hiệu thu được khuếch đại trong bộ khuếch đại tạp âm nhỏ sau đó được chuyển đến bộ chia để tách thành các sóng mang khác nhau. Các sóng mang này được biến đổi hạ tần đến băng IF rồi được chuyển đến khối ghép kênh để được chỉnh lại khuôn dạng cần thiết cho mạng mặt đất.

Cần lưu ý rằng dòng lưu lượng phía thu khác với dòng này ở phía phát. Số lượng sóng mang, khối lượng lưu lượng được mang sẽ khác nhau và luồng ghép đầu ra không nhất thiết phải mang các kênh điện thoại được mang ở phía phát.

Tồn tại nhiều loại trạm mặt đất khác nhau phụ thuộc vào các yêu cầu dịch vụ. Theo nghĩa rộng có thể phân loại lưu lượng thành: tuyến lưu lượng cao, tuyến lưu lượng trung bình và tuyến lưu lượng thấp. Trong kênh tuyến lưu lượng thấp, một kênh phát đáp (36 MHz) có thể mang nhiều sóng mang và mỗi sóng mang liên kết với một kênh thoại riêng. Chế độ hoạt động này được gọi là một sóng mang trên một kênh (SCPC: Single Carrier per Channel). Ngoài ra còn có chế độ đa truy nhập. Cụ thể về các chế độ này sẽ được xét ở chương các hệ thống thông tin vệ tinh FDMA và TDMA. Kích thước anten thay đổi từ 3,6 m (11,8ft) đối với các trạm di động trên xe đến 30 m (98,4ft) đối với đầu cuối chính.

Kênh tuyến lưu lượng trung bình cũng đảm bảo đa truy nhập hoặc theo FDMA hoặc theo TDMA. Các chế độ đa truy nhập này cũng được xét trong chương tương ứng. Kích thước anten từ 30 m (89,4ft) cho trạm chính đến 10 m (32,8 ft) cho các trạm xa.

Trong hệ thống tuyến lưu lượng cao, mỗi kênh vệ tinh (độ rộng băng tần 36 MHz) có thể mang 960 kênh thoại cho một đường hoặc một kênh TV kết hợp với kênh tiếng. Như vậy kênh phát đáp cho kênh tuyến lưu lượng lớn mang một tín hiệu băng rộng: có thể là TV hay luồng ghép các kênh thoại. Đường kính anten của hệ thống này ít nhất là 30 m (98,4ft) được thiết kế cho trạm mặt đất tiêu chuẩn A của INTELSAT. Các anten lớn này có trọng lượng đến 250 tấn vì thế phải có nền đỡ rất chắc chắn và ổn định. Các anten đường kính lớn này đảm bảo các búp sóng rất hẹp và vì thế phải tránh xê dịch để không làm lệch hướng anten. Đối với vùng có băng và tuyết rơi cần có lò sưởi bên trong.

Mặc dù các anten này được sử dụng cho các vệ tinh địa tĩnh, nhưng vẫn xảy ra trôi vệ tinh. Ảnh hưởng này cùng với búp sóng anten rất hẹp vì thế cần đảm bảo một giới hạn nhất định về độ bám. Điều chỉnh từng nấc theo phương vị và góc ngẩng được thực hiện dưới sự điều khiển của máy tính để đạt được tín hiệu thu cực đại.

Việc đảm bảo liên tục nguồn nuôi cũng là một vấn đề quan trọng khi thiết kế các trạm mặt đất phát thu. Trừ các trạm nhỏ nhất, cần thể sử dụng nguồn dự phòng từ điện mạng hoặc acquy và các máy phát điện. Nếu điện lưới bị sự cố, các acquy lập tức thay thế. Đồng thời máy nổ được đề và nhanh chóng thay thế các acquy.

5.5. TỔNG KẾT

Trạm mặt đất vệ tinh bao gồm phần phát và phần thu. Máy thu truyền hình vệ tinh TVRO là trạm mặt đất đơn giản nhất. Nó chỉ có phần thu. Theo quy định các máy thu gia đình chỉ làm việc tại băng K_u . Tuy nhiên hiện nay nhiều gia đình có thể sử dụng các chảo khá to (đường kính khoảng 3m) để thu các tín hiệu TV đường xuống trong băng C (GHz) dùng cho chuyển đổi mạng đến các mạng phân phối truyền hình (các đài phát VHF, UHF và cáp truyền hình). Các tòa nhà lớn có thể sử dụng hệ thống TV anten chủ (MATV: Master- Antenna TV) hoặc hệ thống TV anten tập thể (CATV: Community Antenna TV) để cung cấp chương trình vệ tinh đồng thời cho nhiều người sử dụng. Trạm mặt đất thu phát thường là các trạm đầu cuối sử dụng cho các mạng thông tin quốc

tế hoặc có thể là các trạm di động trên tàu bè, thương mại, quân sự và hàng không. Đây là các trạm rất phức tạp đòi hỏi công suất phát lớn và anten lớn để có thể phát đến vệ tinh. Phần phát của các trạm này bao gồm phần giao tiếp với các hạ tầng thông tin mặt đất, phần chuyển đổi khuôn dạng tín hiệu cho phù hợp kênh vệ tinh và phần ghép kênh, phần điều chế và biến đổi nâng tần, phần kết hợp kênh vô tuyến và anten phát. Phần thu bao gồm các phần từ ngược lại với phần phát: anten thu, chia kênh vô tuyến, biến đổi hạ tần, giải điều chế, phân kênh và giao tiếp với hạ tầng viễn thông mặt đất.

5.7. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Giải thích ý nghĩa của dịch vụ vệ tinh quảng bá TV trực tiếp (DBS). Dịch vụ này khác gì với việc thu tín hiệu TV băng C cho máy thu gia đình
2. Giải thích ý nghĩa của đa xen phân cực. Vẽ phân bố tần số cho 32 kênh TV băng Ku sử dụng đa xen phân cực
3. Vì sao lại cần biến đổi hạ tần tín hiệu TV thu được từ anten
4. Giải thích vì sao LNA trong hệ thống thu vệ tinh lại được đặt tại đầu nối tiếp sóng với anten
5. Giải thích ngắn gọn chức năng của khối thu trong nhà của máy thu vệ tinh TV/FM
6. Trong hầu hết máy thu TV vệ tinh, băng IF thứ nhất được biến đổi vào IF thứ hai. Vì sao cần biến đổi tần số thứ hai này?
7. Vì sao cần khối điều chế/giải điều chế trong máy thu vệ tinh TV/FM cho máy thu TV gia đình tiêu chuẩn
8. So sánh hệ thống anten TV chủ và anten TV tập thể
9. Giải thích thuật ngữ trạm mặt đất dự phòng
10. Trình bày hoạt động của trạm mặt đất phát thu cho lưu lượng thoại.

CHƯƠNG 6

CÁC CÔNG NGHỆ ĐA TRUY NHẬP TRONG THÔNG TIN VỆ TINH

6.1. GIỚI THIỆU CHUNG

6.1.1. Các chủ đề được trình bày trong chương

1. Các định luật và định tuyến lưu lượng
2. Đa truy nhập phân chia theo tần số, FDMA, trong thông tin vệ tinh
3. Đa truy nhập phân chia theo thời gian, TDMA, trong thông tin vệ tinh
4. Đa truy nhập phân chia theo mã trong thông tin vệ tinh

6.1.2. Hướng dẫn

1. Học kỹ các tư liệu trong chương
2. Tham khảo [1], [3]
3. Trả lời câu hỏi và bài tập

6.1.3. Mục đích

1. Hiểu được các phương pháp định tuyến trong thông tin vệ tinh
2. Hiểu được các công nghệ đa truy nhập trong thông tin vệ tinh

6.2. MỞ ĐẦU

Các trạm mặt đất trong hệ thống thông tin vệ tinh trao đổi với nhau qua một điểm nút do vệ tinh đảm nhiệm. Vệ tinh chứa một trạm lặp hay thường được gọi là bộ phát đáp. Một bộ phát đáp bao gồm một hay nhiều kênh làm việc đồng thời trên nhiều băng tần con của toàn bộ độ rộng băng tần được sử dụng. Để truyền tin giữa các trạm mặt đất cần thiết lập nhiều đường truyền đồng thời giữa các trạm trên cùng một kênh vệ tinh. Phụ thuộc vào giải pháp được lựa chọn kênh vệ tinh khuếch đại một hay nhiều sóng mang.

Chương này sẽ khảo sát các kỹ thuật đa truy nhập FDMA và TDMA cho phép nhiều trạm mặt đất đồng thời truy nhập đến bộ phát đáp của vệ tinh để trao đổi thông tin với nhau.

6.3. CÁC ĐỊNH LUẬT LƯU LƯỢNG

6.3.1. Cường độ lưu lượng

Cường độ lưu lượng A được định nghĩa như sau:

$$A = R_{\text{Call}} T_{\text{Call}} \quad (6.1)$$

trong đó R_{Call} là số cuộc gọi trung bình trên một đơn vị thời gian; T_{Call} là thời gian trung bình của một cuộc gọi.

Nếu ta coi rằng số người sử dụng tạo ra cuộc gọi lớn hơn số số kênh thông tin C được cung cấp và các cuộc gọi bị chặn không được lưu giữ. Khi này công thức Erlang cho xác suất mà các kênh n bị chiếm ($n \leq C$):

$$E_n(A) = (A^n / n!) / \sum_{k=0}^{k=C} (A^k / k!) \quad (6.2)$$

Xác suất chặn được xác định như sau:

$$B(C,A) = E_C(A)$$

6.3.2. Định tuyến lưu lượng.

Để hiểu được vấn đề này ta xét thí dụ về phương pháp định tuyến lưu lượng để đáp ứng nhu cầu lưu lượng trong một mạng thông tin vệ tinh gồm N trạm. Để giải quyết vấn đề này ta cần thiết lập một dung lượng trao đổi thông tin phù hợp giữa từng cặp trạm thông tin. Dung lượng này được xác định như một hàm của nhu cầu và xác suất chặn cho phép (giá trị điển hình là 0,5 hay 1%). Giả sử C_{XY} là lưu lượng được biểu thị như số kênh điện thoại hay bps đối với nhu cầu truyền thông tin t_{XY} từ trạm X đến trạm Y . Tập hợp các lưu lượng sẵn sàng để trao đổi giữa N trạm được trình bày ở dạng một ma trận N kích thước với 0 ở đường chéo (C_{XX}). Chẳng hạn đối với một trạm chứa ba trạm ($X=A,B,C$; $Y=A,B,C$) ta có ma trận cho ở bảng 6.1.

Bảng 6.1. Ma trận biểu thị định tuyến lưu lượng

Từ trạm	Đến trạm		
	A	B	C
A	---	C_{AB}	C_{AC}
B	C_{BA}	----	C_{BC}
C	C_{CA}	C_{CB}	----

Có thể sử dụng hai phương pháp để truyền thông tin:

1. Thiết lập một sóng mang trên một đường truyền.
2. Thiết lập một sóng mang trên một trạm phát.

Hai phương pháp trên được trình bày ở hình 6.1 cho một mạng có ba trạm A,B,C.

Một sóng mang trên một đường truyền

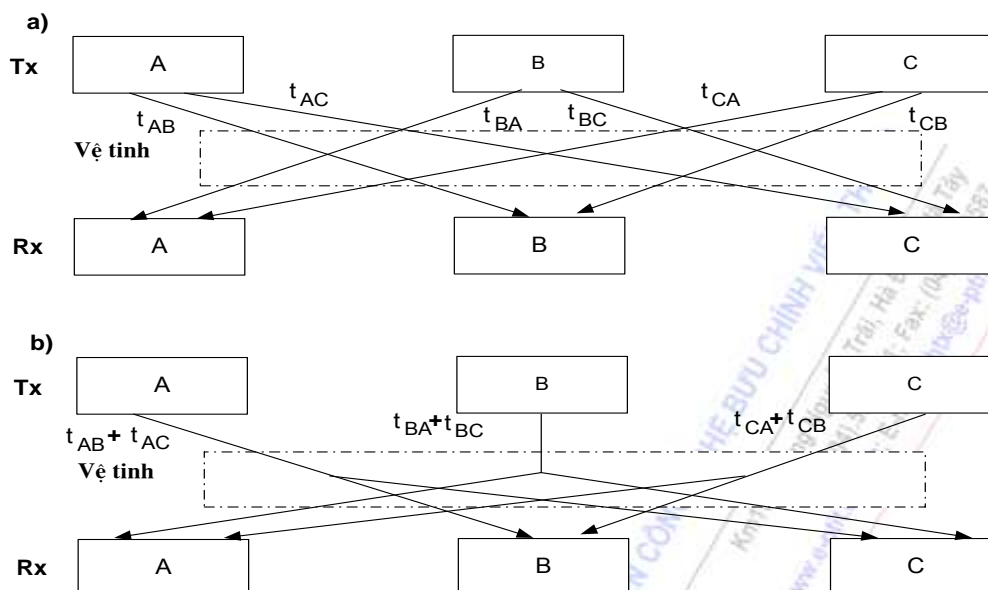
Một sóng mang mang thông tin lưu lượng t_{XY} từ trạm X đến trạm Y . Số sóng mang bằng số các hệ số khác không ở ma trận nói trên, nghĩa là bằng $N(N-1)$. Các hệ số của ma trận xác định dung lượng của từng sóng mang.

Một sóng mang trên một trạm phát

Nhờ tính chất quảng bá của vệ tinh, từng trạm thu được sóng mang phát đến vệ tinh. Trong trường hợp này nhiệm vụ mang thông tin từ trạm X đến tất cả các trạm khác được ấn định cho một sóng mang. Số sóng mang bằng số trạm. Dung lượng của từng sóng mang được xác định bằng tổng các hệ số của hàng của ma trận nói trên tương ứng với trạm phát.

Ta thấy rằng phương pháp một sóng mang trên một đường truyền dẫn đến số sóng mang lớn hơn phương pháp 'một sóng mang trên một trạm phát' và mỗi sóng mang có dung lượng nhỏ hơn. Tuy nhiên trạm thu chỉ thu được dung lượng dành riêng cho nó trong khi đó ở phương pháp

một sóng mang trên trạm phát, trạm Y phải lấy ra lưu lượng 'từ X đến Y' trong số tổng lưu lượng phát từ X trên sóng mang thu được.



Hình 6.1. Định tuyến lưu lượng: a) một sóng mang trên một đường truyền; b) một sóng mang trên một trạm.

Việc chọn lựa giữa hai phương pháp trên không chỉ là vấn đề kinh tế. Nó còn phụ thuộc vào các vấn đề khác như số lượng kênh của vệ tinh, băng thông của kênh vệ tinh và kỹ thuật đa truy nhập được sử dụng. Nhìn chung vấn đề phải chuyển tiếp số lượng sóng mang lớn còn nghiêm trọng hơn phải phát các sóng mang có dung lượng lớn. Phương pháp 'một sóng mang trên một trạm phát' là phương pháp thường được sử dụng nhiều nhất.

Đối với thông tin vệ tinh (cũng như đối với thông tin di động) vấn đề đa truy nhập xuất hiện khi nhiều sóng mang được xử lý đồng thời ở một trạm lặp vệ tinh đóng vai trò điểm nút của mạng. Cần khảo sát hai vấn đề dưới đây:

- Đa truy nhập đến một kênh trạm lặp.
- Đa truy nhập đến một trạm lặp vệ tinh.

6.4. ĐA TRUY NHẬP PHÂN CHIA THEO TẦN SỐ, FDMA

Trong phương thức đa truy nhập phân chia theo tần số (FDMA), băng thông của kênh trạm lặp được chia thành các băng con và được ấn định cho từng sóng mang phát đi từ trạm mặt đất. Đối với kiểu truy nhập này các trạm mặt đất phát liên tục một số sóng mang ở các tần số khác nhau và các sóng mang này tạo nên các kênh riêng. Để tránh nhiễu giữa các kênh lân cận gây ra do phương thức điều chế, sự không hoàn thiện của các bộ dao động và các bộ lọc, cần đảm bảo khoảng bảo vệ giữa các băng tần của các kênh cạnh nhau.

Phụ thuộc vào các kỹ thuật ghép kênh và điều chế ta có thể chia các sơ đồ truyền dẫn FDMA thành các sơ đồ khác nhau. Phần dưới đây ta sẽ xét các sơ đồ này.

6.4.1. Các sơ đồ truyền dẫn

Các sơ đồ truyền dẫn khác nhau tương ứng với các tổ hợp ghép kênh và điều chế khác nhau. Hình 6.2 cho ta thấy các trường hợp chung nhất.

6.4.1.1. FDM/FM/FDMA

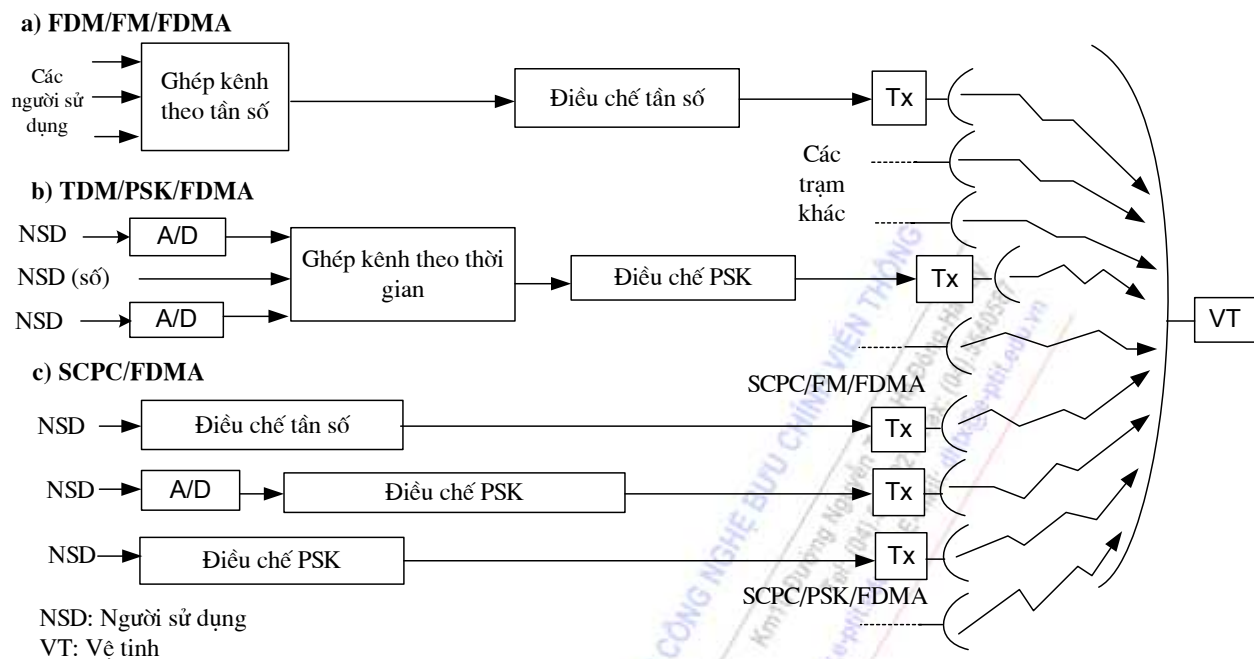
Ở cấu hình ghép kênh theo tần số, điều tần (FM) và đa truy nhập phân chia theo tần số (FDM/FM/FDMA trên hình 6.2a) các tín hiệu băng tần gốc của người sử dụng là tín hiệu tương tự. Chúng được kết hợp để tạo thành một tín hiệu ghép kênh phân chia theo tần số (FDM). Tần số tín hiệu tương tự được ghép kênh nói trên sẽ điều chế tần số (FM) cho một sóng mang, sóng mang này sẽ truy nhập đến vệ tinh ở một tần số nhất định đồng thời cùng với các tần số khác từ các trạm khác. Để giảm thiểu điều chế giao thoa, số lượng của các sóng mang định tuyến lưu lượng được thực hiện theo nguyên lý 'một sóng mang trên một trạm phát'. Như vậy tín hiệu ghép kênh FDM bao gồm tất cả các tần số dành cho các trạm khác. Hình 6.3 cho ta thấy thí dụ về một mạng có ba trạm.

6.4.1.2. TDM/PSK/FDMA

Ở cấu hình ghép kênh theo thời gian, điều chế khoá chuyển pha (PSK) và đa truy nhập phân chia theo tần số (TDM/PSK/FDMA ở hình 6.2b) tín hiệu băng gốc của người sử dụng là tín hiệu số. Chúng được kết hợp để tạo ra một tín hiệu ghép kênh phân chia theo thời gian (TDM). Luồng bit thể hiện tín hiệu được ghép này điều chế một sóng mang theo phương pháp điều chế pha PSK, tín hiệu này truy nhập đến vệ tinh ở một tần số nhất định đồng thời cùng với các sóng mang từ các trạm khác ở các tần số khác. Để giảm tối thiểu các sản phẩm của điều chế giao thoa số lượng các tần số mang định tuyến lưu lượng được thực hiện theo phương pháp 'một sóng mang trên một trạm phát'. Như vậy tín hiệu ghép kênh TDM bao gồm tất cả các tín hiệu phụ thuộc thời gian cho các trạm khác. Hình 6.3 cho thấy thí dụ của một mạng có ba trạm.

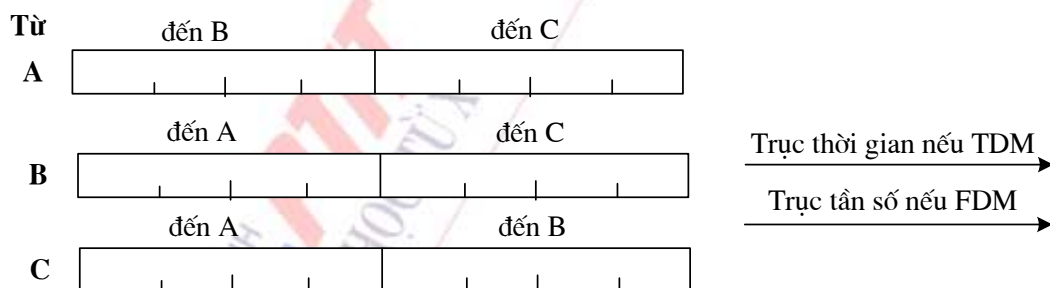
6.4.1.3. SCPC/FDMA

Ở cấu hình một kênh trên một sóng mang (SCPC: Single Channel per Carrier) và đa truy nhập phân chia theo tần số (SCPC/FDMA ở hình 6.2c) từng tín hiệu băng gốc của người sử dụng sẽ điều chế trực tiếp một sóng mang ở dạng số (PSK) hoặc tương tự (FM) tùy theo tín hiệu được sử dụng. Mỗi sóng mang truy nhập đến vệ tinh ở tần số riêng của mình đồng thời với các sóng mang từ cùng trạm này hay từ các trạm khác ở các tần số khác. Như vậy định tuyến được thực hiện trên nguyên lý 'một sóng mang trên một đường truyền'.

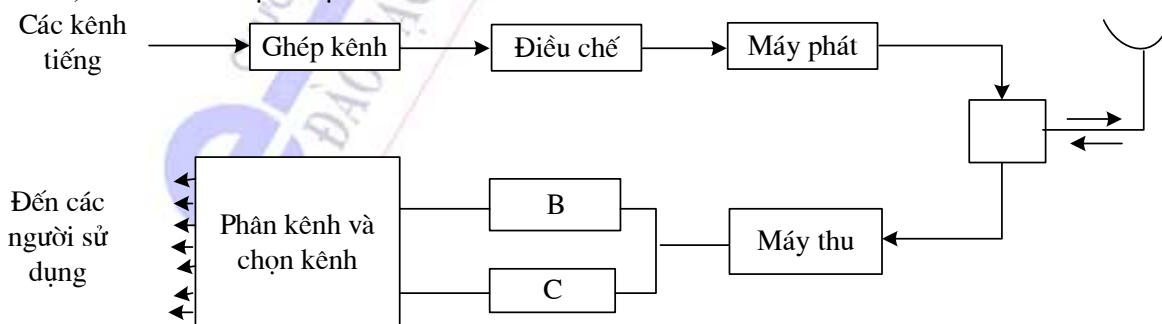


Hình 6.2. Các cấu hình truyền dẫn FDMA. a) FDM/FM/FDMA; b) TDM/PSK/FDMA; c) SCPC/FDMA

b) Ghép kênh tín hiệu băng gốc (FDM hay TDM)



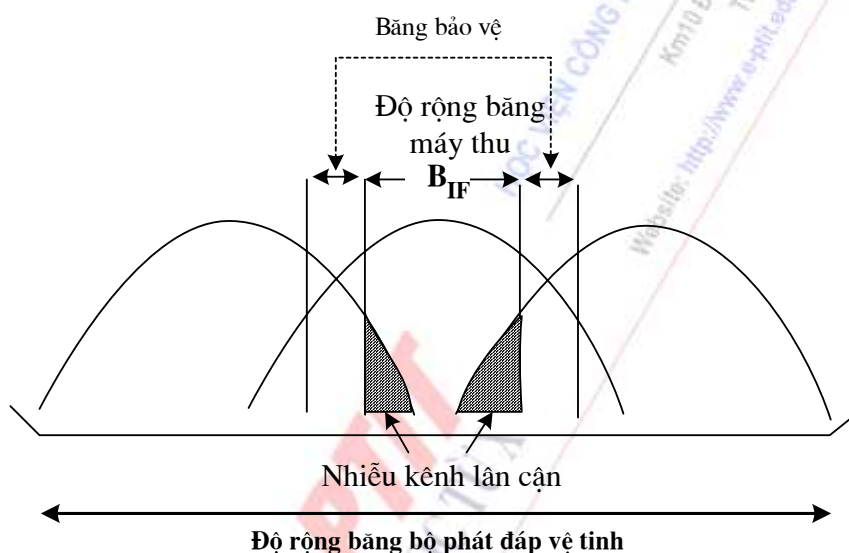
c) Sơ đồ khối trạm mặt đất A



Hình 6.3. Thí dụ về một hệ thống FDMA ba trạm sử dụng định tuyến "một sóng mang trên một trạm"

6.4.2. Nhiễu kênh lân cận.

Từ hình 6.4 ta thấy độ rộng của kênh bị chiếm dụng bởi một số sóng mang ở các tần số khác nhau. Kênh này sẽ phát tất cả các sóng mang đến tất cả các trạm mặt đất nằm trong vùng phủ của anten vệ tinh. Ở mỗi trạm mặt đất các máy thu phải lọc ra các sóng mang, việc lọc sẽ được thực hiện dễ dàng hơn khi phổ của các sóng mang được phân cách với nhau bởi một băng tần bảo vệ rộng. Tuy nhiên việc sử dụng băng tần bảo vệ rộng sẽ dẫn đến việc sử dụng không hiệu quả băng thông của kênh và giá thành khai thác trên một kênh của một đoạn vô tuyến sẽ cao. Vì thế phải thực hiện sự dung hòa giữa kỹ thuật và kinh tế. Dù có chọn một giải pháp dung hòa nào đi nữa thì một phần công suất của sóng mang bên cạnh một sóng mang cần thu, sẽ bị thu bởi máy thu được điều hướng đến tần số của sóng mang cần thu này. Điều này dẫn đến tạp âm do nhiễu được gọi là nhiễu kênh lân cận (ACI: Adjacent Channel Interference). Nhiễu này bổ sung đến nhiễu giữa các hệ thống.



Hình 6.4. Phổ của bộ phát đáp FDMA và nhiễu kênh lân cận

6.4.3. Điều chế giao thoa.

Trong đa truy nhập phân chia theo tần số, bộ khuếch đại của kênh khuếch đại đồng thời nhiều số sóng mang ở các tần số khác nhau. Tính chất phi tuyến của bộ khuếch đại này dẫn đến điều chế giao thoa. Tổng quát khi N tín hiệu hàm sin có các tần số f_1, f_2, \dots, f_N đi qua một bộ khuếch đại phi tuyến, thì đầu ra không chỉ chứa N tín hiệu ở các tần số ban đầu mà còn cả các tín hiệu không mong muốn được gọi là các sản phẩm điều chế giao thoa. Các sản phẩm này xuất hiện ở các tần số f_{IM} là các tổ hợp tuyến tính của các tần số đầu vào như sau:

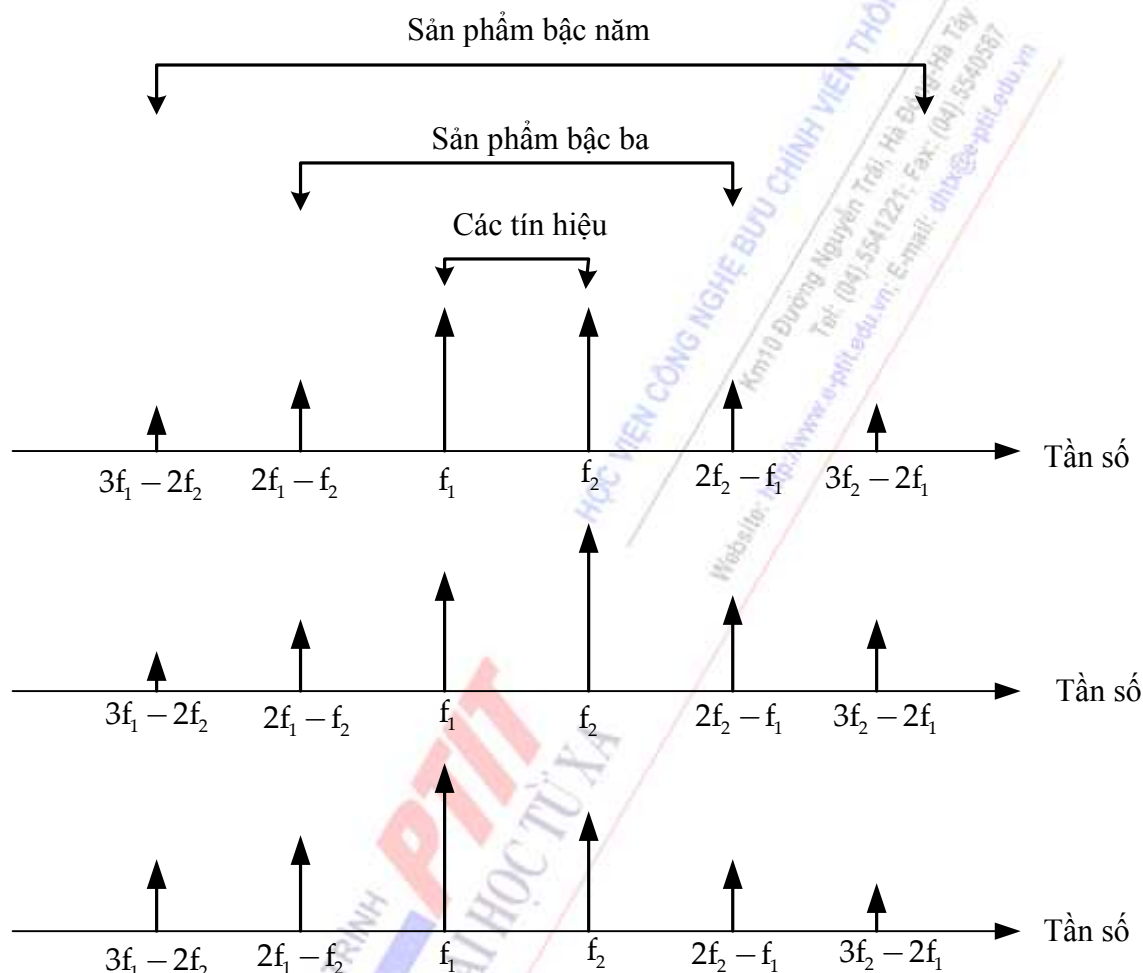
$$f_{IM} = m_1 f_1 + m_2 f_2 + \dots + m_N f_N \quad (6.3)$$

trong đó m_1, m_2, \dots, m_N là các số nguyên dương hoặc âm.

Đại lượng X được gọi là bậc của sản phẩm điều chế giao thoa như sau:

$$X = |m_1| + |m_2| + \dots + |m_N| \quad (6.4)$$

Khi tần số trung tâm của băng tần bộ khuếch đại lớn so với băng thông (trường hợp kênh trạm lặp của vệ tinh) chỉ có các sản phẩm giao thoa bậc lẻ rơi vào băng thông kênh. Tuy nhiên biên độ của các sản phẩm giao thoa giảm cùng với bậc của sản phẩm. Vì vậy trong thực tế chỉ có các sản phẩm bậc ba và nhỏ hơn bậc năm là đáng kể. Hình 6.5 cho thấy quá trình tạo ra các sản phẩm giao thoa từ hai tín hiệu không điều chế ở các tần số f_1 và f_2 .

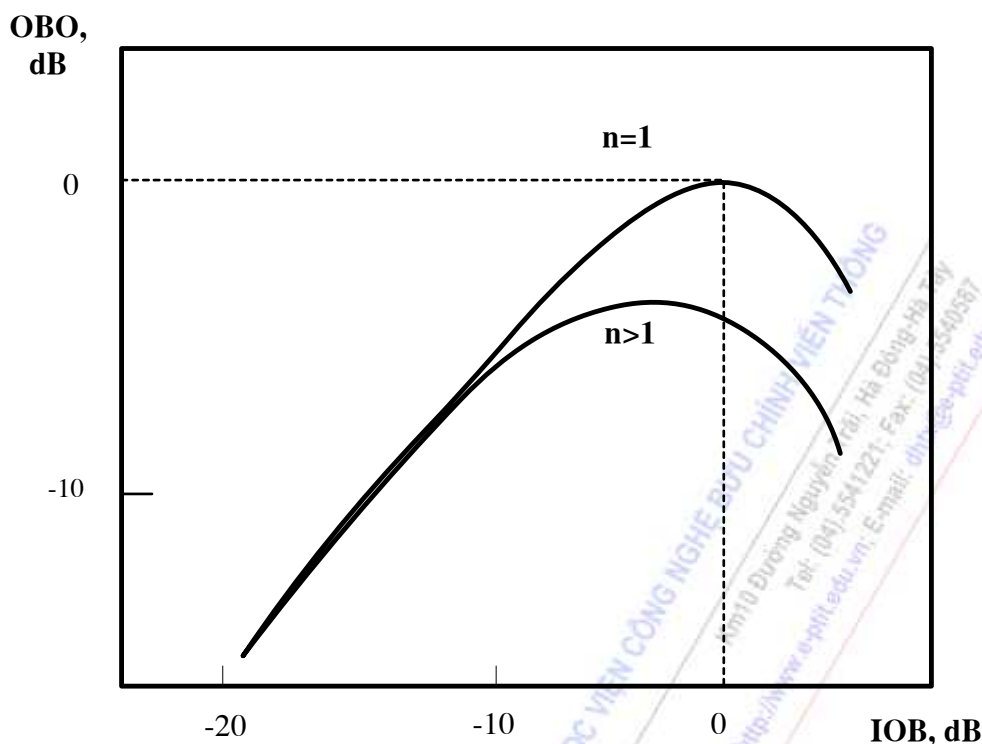


Hình 6.5. Sản phẩm điều chế giao thoa bởi hai tín hiệu (các sóng mang không bị điều chế). a) có biên độ bằng nhau; b) và c) có biên độ khác nhau.

Ta nhận thấy rằng trong trường hợp các sóng mang không điều chế có biên độ khác nhau các sản phẩm điều chế giao thoa lớn hơn ở các tần số cao nếu sóng mang có biên độ lớn hơn nằm ở tần số cao và ở các tần số thấp hơn nếu sóng mang có biên độ cao hơn nằm ở vùng tần số thấp. Điều này cho thấy ưu điểm của việc đặt các sóng mang có công suất lớn nhất ở các biên của băng thông.

6.4.4. Đặc tính truyền đạt của bộ khuếch đại phi tuyến ở chế độ đa sóng mang

Hình 6.6 cho ta thấy đặc tuyến truyền đạt công suất của kênh lặp vệ tinh ở chế độ sóng mang đơn ($n=1$).



Hình 6.6. Đặc tính truyền đạt của bộ khuếch đại phi tuyến ở chế độ đa sóng mang ($n>1$)

Tổng quát đặc tuyến này đúng cho mọi bộ khuếch đại phi tuyến. Bây giờ ta sẽ mở rộng mô hình này cho chế độ đa sóng mang ($n>1$). Đối chế độ này ta sử dụng các ký hiệu sau đây:

(P_i^1) = công suất sóng mang ở đầu vào của bộ khuếch đại (i = đầu vào)

(P_i^n) = công suất một sóng mang (từ n) ở đầu vào của bộ khuếch đại trong chế độ đa sóng mang.

(P_o^1) = công suất sóng mang ở đầu ra của bộ khuếch đại (o = đầu ra) ở chế độ đơn sóng mang.

(P_o^n) = công suất một sóng mang (từ n) ở đầu ra của bộ khuếch đại ở chế độ đa sóng mang.

Công suất đầu vào và đầu ra ở chế độ đơn sóng mang được chuẩn hóa đến giá trị bão hòa của đặc tuyến truyền đạt được xác định như sau:

$$IBO = (P_i^1)/(P_i^1)_{sat} \quad OBO = (P_o^1)/(P_o^1)_{sat} \quad (6.5)$$

trong đó IBO (Input Back off = đầu vào ở điểm lùi đặc tuyến), OBO (Out put back off = đầu ra ở điểm lùi đặc tuyến), ký hiệu sat = bão hòa.

Tương tự công suất đầu vào và đầu ra ở chế độ đa sóng mang được chuẩn hóa đến giá trị bão hòa của đặc tuyến truyền đạt được xác định như sau:

$$IBO = (P_i^n)/(P_i^1)_{sat} \quad OBO = (P_o^n)/(P_o^1)_{sat} \quad (6.6)$$

Hình 6 cho thấy dạng thay đổi của OBO phụ thuộc vào IBO.

6.4.5. Tạp âm điều chế giao thoa và tỷ số sóng mang trên tạp âm điều chế giao thoa

Khi các sóng mang được điều chế, các sản phẩm giao thoa không còn là các phổ vạch nữa vì công suất của nó bị phân tán trên một phổ trải rộng ở băng tần. Nếu số lượng các sóng mang đủ lớn sự xếp chồng phổ của các sản phẩm điều chế giao thoa dẫn đến mật độ phổ gần như không đổi trên toàn bộ độ rộng băng tần của bộ khuếch đại vì thế có thể xét các sản phẩm điều chế giao thoa như tạp âm trắng.

Mật độ phổ của tạp âm điều chế giao thoa được biểu thị bằng N_{OIM} . Giá trị của nó phụ thuộc vào đặc tuyến truyền đạt của bộ khuếch đại và vào số lượng và loại sóng mang được khuếch đại. Tỷ số giữa công suất sóng mang với mật độ phổ công suất tạp âm điều chế giao thoa (C/N_{OIM}) có thể được liên hệ với từng sóng mang ở đầu ra của bộ khuếch đại. Có thể rút ra tỷ số này từ đặc tuyến của bộ khuếch đại có dạng được như trên hình 6.6 bằng cách ước lượng, chẳng hạn, N_{OIM} như là $(P_o^{IMX})/B$, trong đó (P_o^{IMX}) là công suất của sản phẩm điều chế giao thoa và B là độ rộng phổ của sóng mang được điều chế.

Từ các phân xét trên ta thấy đa truy nhập phân chia theo tần số được đặc trưng bởi sự truy nhập liên tục đến vệ tinh ở một băng tần cho trước và kỹ thuật này có ưu điểm là đơn giản và dựa trên kỹ thuật đã được kiểm nghiệm. Tuy vậy chúng có một số khuyết điểm sau:

- Thiếu sự linh hoạt khi cần lập lại cấu hình: để đảm bảo các thay đổi về dung lượng cần thay đổi quy hoạch tần số và điều này có nghĩa là thay đổi các tần số phát, các tần số thu, băng thông của các bộ lọc ở các trạm mặt đất
- Mất dung lượng khi số lượng truy nhập tăng do sự tạo ra các sản phẩm điều chế giao thoa và sự cần thiết phải làm việc ở công suất phát của vệ tinh giảm (lùi xa điểm bão hòa)
- Cần điều khiển công suất phát của các trạm mặt đất sao cho các công suất sóng mang ở đầu vào của vệ tinh như nhau để tránh hiện tượng lấn áp. Sự điều chỉnh này phải được thực hiện ở thời gian thực và phải thích ứng được với sự suy hao do mưa ở các đường lên.

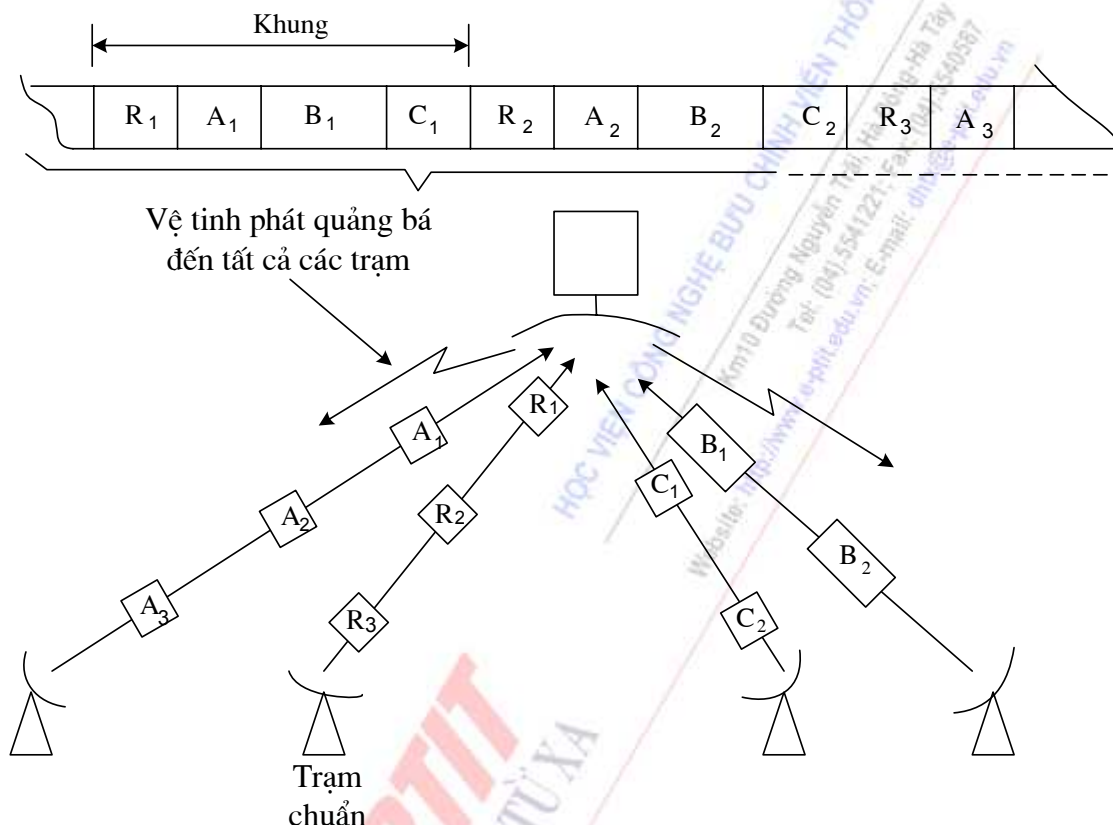
Đây là kỹ thuật truy nhập cũ nhất và được sử dụng rộng rãi nhất mặc dù chịu các nhược điểm trên. Nó còn tồn tại lâu dài vì được đầu tư trong quá khứ và các ưu điểm khai thác quen thuộc của nó bao gồm cả việc không cần đồng bộ.

6.5. ĐA TRUY NHẬP PHÂN CHIA THEO THỜI GIAN, TDMA

Trong đa truy nhập phân chia theo thời gian, bộ phát đáp chỉ sử dụng một sóng mang tại một thời điểm và vì thế sẽ không có các sản phẩm điều chế giao thoa do khuếch đại phi tuyến. Đây là một trong số các ưu điểm có giá trị nhất của TDMA vì nó cho phép bộ khuếch đại công suất lớn làm việc ở chế độ gần bão hòa nhất. Do thông tin được truyền ở chế độ cụm, nên TDMA chỉ thích hợp cho truyền các tín hiệu số.

Hình 6.7 cho thấy hoạt động của một mạng theo nguyên lý đa truy nhập phân chia theo thời gian. Các trạm mặt đất phát không liên tục trong thời gian T_B . Sự truyền dẫn này được gọi là

cụm (burst). Sự phát đi một cụm được đưa vào một cấu trúc thời gian dài hơn được gọi là chu kỳ khung và chu kỳ này tương ứng với cấu trúc thời gian theo chu kỳ mà tất cả các trạm phát đi theo cấu trúc này. Mỗi sóng mang thể hiện một cụm sẽ chiếm toàn bộ độ rộng của kênh. Trạm chuẩn thực hiện đồng bộ cụm bằng cách phát đi các cụm chuẩn. Đoạn thời gian bắt đầu từ một cụm chuẩn đến cụm chuẩn tiếp theo được gọi là một khung. Một khung chứa cụm chuẩn R và các cụm từ các trạm mặt đất khác: các cụm A, B và C..



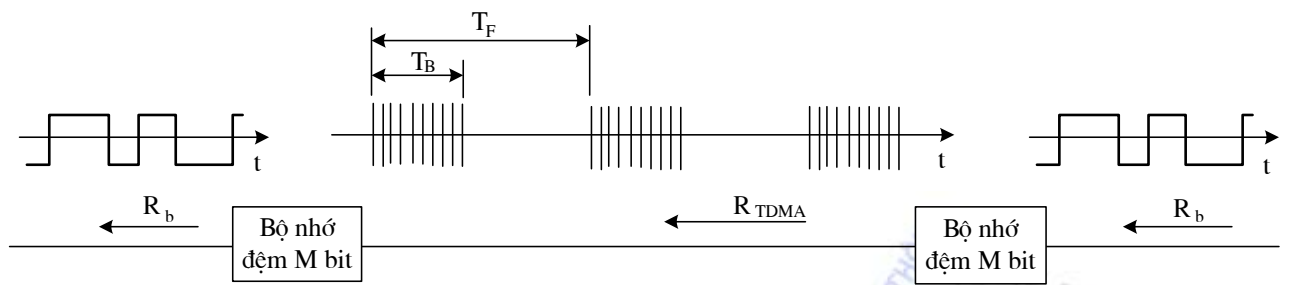
Hình 6.7. TDMA sử dụng một trạm chuẩn để đồng bộ thời gian

6.5.1. Truyền dẫn cụm

Cụm tương ứng với sự truyền lưu lượng từ một trạm được xét. Có thể thực hiện sự truyền này theo phương pháp 'một sóng mang trên một đường truyền'; trong trường hợp này trạm phát đi $N-1$ cụm trong một khung, trong đó N là số lượng trạm của mạng và số cụm P trong một khung là $P=N(N-1)$. Ở phương pháp 'một sóng mang trên một trạm' trạm phát đi một cụm trên một khung và số cụm P trong một khung là N . Như vậy mỗi cụm được truyền đi ở dạng các cụm con lưu lượng từ trạm này đến trạm khác. Do sự giảm lưu lượng của các kênh khi số cụm tăng phương pháp 'một sóng mang trên một trạm' thường được sử dụng.

Hình 6.8 mô tả nguyên lý truyền dẫn cụm cho một kênh. Trạm mặt đất nhận thông tin ở dạng luồng nhị phân liên tục có tốc độ R_b từ giao tiếp mạng hay giao tiếp người sử dụng. Thông tin này phải được lưu giữ ở bộ nhớ đệm trong thời gian đợi phát cụm. Khi xuất hiện thời gian này nội dung của bộ nhớ đệm được phát đi trong khoảng thời gian T_B . Vì khoảng thời gian giữa hai cụm là độ dài khung T_F nên dung lượng cần thiết của bộ nhớ đệm là:

$$M = R_b T_F \quad (6.7)$$



Hình 6.8. Nguyên lý truyền dẫn cụm cho một kênh

Trong khoảng thời gian một khung, bộ nhớ đệm được làm đầy với tốc độ bit vào R_b . Các bit này được phát đi ở dạng cụm trong khung sau ở tốc độ truyền dẫn R_{TDMA} được xác định như sau:

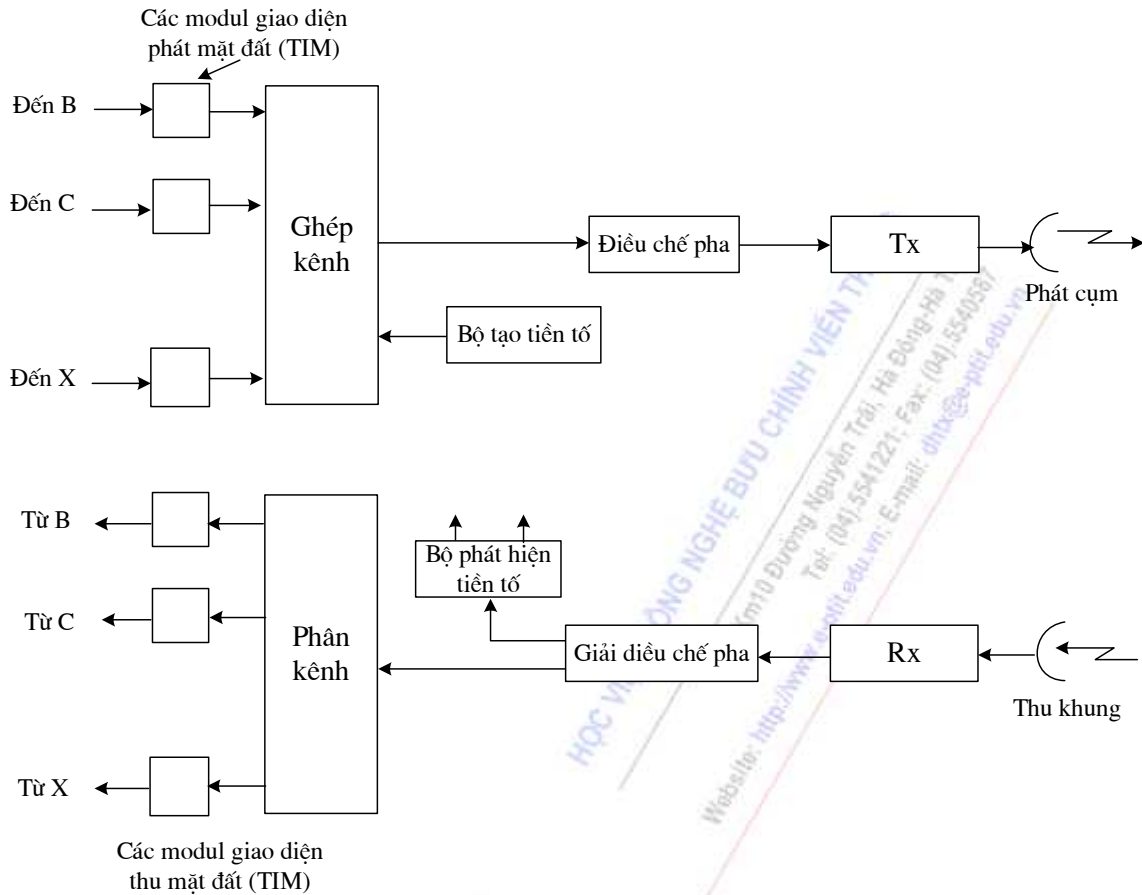
$$R_{TDMA} = M/T_B = R_b(T_F/T_B) \quad [\text{bps}] \quad (6.8)$$

Tốc độ này được gọi là tốc độ cụm, nhưng cần lưu ý rằng đây là tốc độ bit được phát đồng thời trong một cụm chứ không phải số cụm được phát trong một giây. Giá trị R_{TDMA} lớn khi thời gian của cụm nhỏ và vì thế độ chiếm (T_B/T_F) truyền dẫn thấp. Chẳng hạn nếu $R_b = 2\text{Mbit/s}$ và $(T_F/T_B) = 10$, điều chế xảy ra ở tốc độ 20Mbit/s . Lưu ý rằng R_{TDMA} thể hiện tổng dung lượng của mạng; nghĩa là tổng các dung lượng của trạm đo bằng bps. Nếu tất cả các trạm có cùng dung lượng thì chu kỳ chiếm thể hiện số các trạm trên mạng.

Bây giờ ta có thể thấy rằng vì sao dạng truy nhập này luôn luôn liên quan đến truyền dẫn số: nó dễ dàng lưu giữ các bit trong thời gian một khung và nhanh chóng giải phóng bộ nhớ này trong khoảng thời gian một cụm. Không dễ dàng thực hiện dạng xử lý này cho các thông tin tương tự.

Thời gian khung T_F sẽ tăng trễ truyền lan. Chẳng hạn đối với sơ đồ ở hình 6.8, thậm chí nếu cho rằng không xảy ra trễ truyền lan ở các bộ nhớ đệm phát và thu, thì phía thu vẫn phải đợi một khoảng thời gian T_F trước khi nhận được cụm phát. Trong hệ thống thông tin vệ tinh địa tĩnh, trễ truyền lan có thể lên đến vài phần của một giây. Đây là lý do giới hạn thời gian khung. Thời gian khung thường được chọn bằng $125\mu\text{s}$ bằng chu kỳ lấy mẫu của PCM, vì nó cho phép phân bố các mẫu PCM trên các khung ở tốc độ lấy mẫu PCM.

Hình 6.9 cho thấy các khối cơ bản trong trạm mặt đất TDMA. Giả sử sơ đồ ở hình 6.9 là cho trạm mặt đất A. Các đường truyền dẫn nối đến trạm mặt đất A mang lưu lượng số đến các trạm B, C và X. Giả sử tốc độ bit như nhau đối với tất cả đường truyền dẫn mặt đất. Tại các khối giao diện mặt đất (TIM) các tín hiệu tốc độ bit (R_b) được chuyển vào chế độ tốc độ cụm (R_{TDMA}) sau đó chúng được ghép kênh theo thời gian ở bộ ghép kênh sao cho lưu lượng của từng nơi nhận được đặt đúng vào khe thời gian quy định. Tại đầu của mỗi cụm sẽ có một số khe thời gian được sử dụng để mang thông tin định thời và đồng bộ. Các khe thời gian này được gọi là đoạn đầu hay tiền tố. Toàn bộ cụm bao gồm đoạn đầu và số liệu lưu lượng được đưa lên điều chế pha (PSK) cho sóng mang vô tuyến (xem hình 6.10).



Hình 6.9 Các khối cơ bản trong hệ thống TDMA (chẳng hạn trạm mặt đất A)

6.5.2. Cấu trúc khung và cụm

Khung của tín hiệu thu được ở trạm mặt đất bao gồm các cụm như thấy ở hình 6.10. Phân cách giữa các cụm là một đoạn bảo vệ (G). Đoạn này được sử dụng để tránh sự chồng lấn các cụm do đồng bộ cụm không chính xác. Mở đầu mỗi khung bao giờ cũng là cụm chuẩn. Cụm này cung cấp thông tin để bắt và để đồng bộ các cụm. Sau cụm chuẩn là cụm lưu lượng. Mỗi cụm bao gồm đoạn đầu hay tiền tố và trường lưu lượng. Ngoài ra kết thúc một cụm có thể là đoạn cuối (Q).

Trước hết ta xét cụm chuẩn.

6.5.2.1. Cụm chuẩn

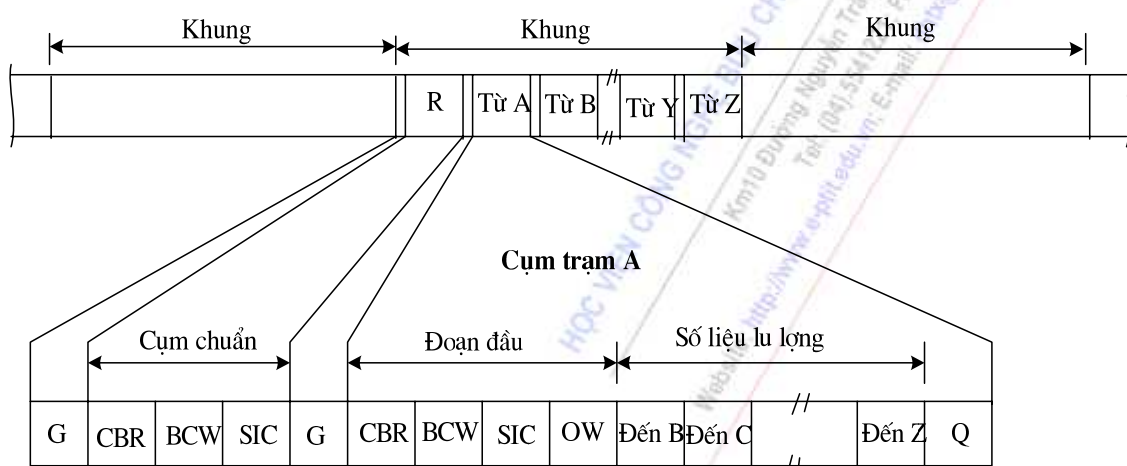
Cụm chuẩn đánh mốc khởi đầu của một khung. Cụm này được chia thành các khối chức năng hay các kênh khác nhau như sau:

- **Khôi phục sóng mang và định thời bit: CBR.**

1. Cho phép bộ giải điều chế của trạm mặt đất thu khôi phục lại sóng mang được tạo ra từ bộ dao động nội ở máy phát để giải điều chế nhất quán. Cho mục đích này đoạn đầu chứa một chuỗi bit cung cấp pha sóng mang không đổi.

2. Cho phép bộ tách sóng của trạm mặt đất thu đồng bộ đồng hồ quyết định bit của mình với tốc độ bit của ký hiệu; cho mục đích này đoạn đầu chứa một chuỗi bit cung cấp các pha đảo luân phiên.

- **Từ mã cụm: BCW (hay còn gọi là từ duy nhất: UW).** Cho phép trạm mặt đất xác định khởi đầu của một cụm bằng cách so sánh BCW thu được với bản sao của từ này ở trạm mặt đất. Ngoài ra từ duy nhất này cũng cho phép máy thu giải quyết được vấn đề sự không rõ ràng pha trong trường hợp giải điều chế nhất quán. Biết được khởi đầu của cụm, tốc độ bit và giải quyết được (nếu cần) sự không rõ ràng pha, thì máy thu có thể xác định được tất cả các bit xảy ra sau từ duy nhất.
- **Mã nhận dạng trạm: SIC.** Cho phép nhận dạng trạm phát



Ký hiệu:

G: Đoạn bảo vệ

CBR: khôi phục sóng mang và định thời

BCW: Từ mã cụm (hay từ duy nhất: UW)

SIC: Mã nhận dạng trạm

OW: Kênh nghiệp vụ

Q: Đoạn cuối

Hình 6.10. Cấu trúc khung và cụm trong hệ thống TDMA

6.5.2.2. Cụm lưu lượng

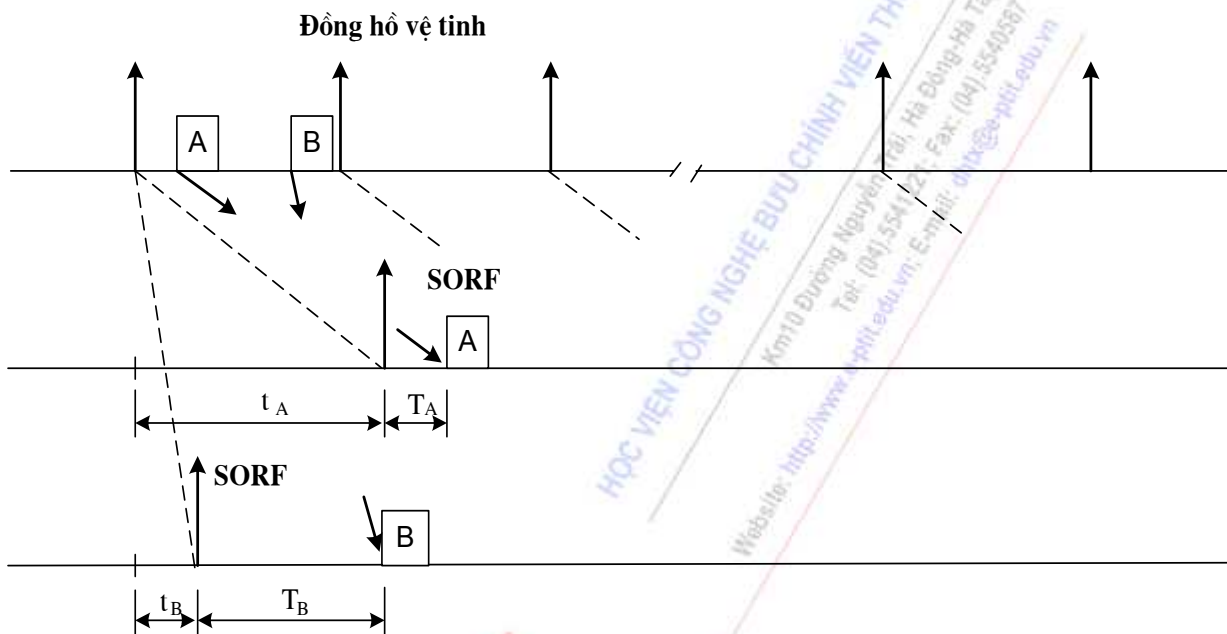
Cụm lưu lượng bao gồm đoạn đầu, trường lưu lượng và đoạn cuối. Đoạn đầu có các khối chức năng giống như cụm chuẩn. Ngoài ra nó có thêm một khối chức năng cho kênh nghiệp vụ (OW). Khối chức năng này cho phép truyền các bản tin nghiệp vụ giữa các trạm (thoại và telex) và báo hiệu. Trường lưu lượng được đặt ở sau đoạn đầu và đây là trường truyền dẫn thông tin hữu ích. Ở phương pháp 'một sóng mang trên một trạm' khi cụm được truyền từ một trạm mang tất cả thông tin từ trạm này đến các trạm khác, trường lưu lượng được cấu trúc thành các cụm con tương ứng với thông tin được truyền từ trạm này đến từng trạm trong số các trạm khác.

6.5.3. Đồng bộ mạng

Đồng bộ mạng cần thiết để đảm bảo các cụm được truyền đến vệ tinh vào đúng khoảng thời gian dành cho chúng. Các cụm chuẩn được tạo ra từ các đồng hồ có độ ổn định cao và được phát đến tất cả các trạm mặt đất truyền lưu lượng để cung cấp các mốc chuẩn định thời. Tại mỗi

trạm lưu lượng, việc phát hiện từ mã cụm (hay từ duy nhất) trong cụm chuẩn sẽ thông báo khởi đầu khung thu (SORF: start of receive frame), mốc này trùng với bit cuối cùng của từ duy nhất. Đồng hồ có độ ổn định cao là đồng hồ mà vệ tinh thu lại từ trạm chuẩn mặt đất.

Mạng hoạt động dựa trên **kế hoạch định thời cụm** là bản sao được lưu giữ tại các trạm mặt đất. **Kế hoạch định thời cụm** chỉ ra cho mỗi trạm mặt đất khoảng cách của cụm mà nó định thu so với điểm mốc SORF (hình 6.11).



Hình 6.11. SORF trong kế hoạch định thời cụm

Tại trạm mặt đất A mốc SORF thu được sau một khoảng thời gian trễ t_A và kế hoạch định thời cụm sẽ chỉ cho trạm này thấy rằng cụm mà nó định thu sẽ xuất hiện sau mốc này một khoảng thời gian bằng T_A . Cũng như vậy đối với trạm B, trễ truyền lan là t_B và cụm mà trạm định thu sẽ xuất hiện sau mốc này một khoảng thời gian bằng T_B . Trễ truyền lan không như nhau đối với mỗi trạm, nhưng thông thường nó nằm trong khoảng 120 ms.

Kế hoạch định thời cụm cũng thông báo cho trạm mặt đất khi nào cần phát để cụm phát đến vệ tinh đúng vào khe thời gian dành cho nó. Nói chung thủ tục phát điều khiển định thời được chia thành hai giai đoạn:

1. Bắt vị trí cụm. Để trạm mặt đất bắt được đúng vị trí khe khi nó đang nhập hoặc tái nhập mạng
2. Đồng bộ vị trí cụm. Để trạm mặt đất duy trì vị trí khe đúng sau khi đã bắt được khe

Tồn tại ba phương pháp điều khiển định thời:

1. Điều khiển định thời vòng hồ
2. Điều khiển định thời vòng ngược
3. Điều khiển định thời hồi tiếp

6.5.3.1. Điều khiển định thời vòng hồ

Đây là phương pháp phát định thời đơn giản nhất. Trạm sẽ phát sau một khoảng thời gian cố định kể từ khi thu được các mốc định thời theo kế hoạch định thời cụm, khoảng thời gian này phải đảm bảo đủ thời gian bảo vệ để bù trừ các thay đổi của trễ truyền lan. Nhược điểm của phương pháp này là sai số vị trí cụm có thể rất lớn và các khoảng thời gian phòng vệ dài làm giảm hiệu suất khung. Để khắc phục nhược điểm này phương pháp **định thời vòng thích ứng** được sử dụng. Ở phương pháp này trạm mặt đất tính toán cự ly đến vệ tinh trên cơ sở số liệu quỹ đạo vệ tinh hay tín hiệu đo được sau đó đưa ra hiệu chỉnh định thời. Cần lưu ý rằng ở phương pháp định thời vòng hở không cần thủ tục bắt đặc biệt

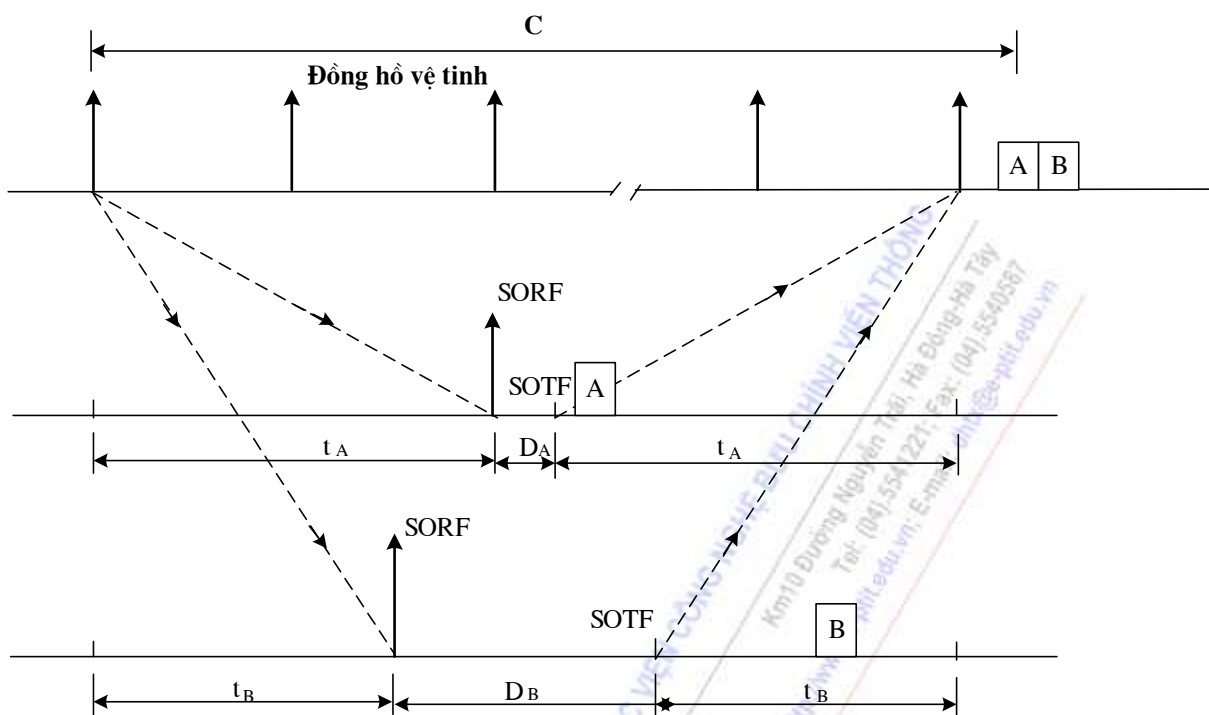
6.5.3.2. Điều khiển định thời vòng ngược

Ở phương pháp này trạm mặt đất thu lại cụm tín hiệu do nó phát và từ đó xác định cự ly. Phương pháp này chỉ được sử dụng khi vệ tinh phát búp sóng phủ toàn cầu hoặc toàn bộ vùng chứa các trạm mặt đất. Một trong số nhiều phương pháp bất định thời được sử dụng trong trường hợp này như sau. Trước hết trạm mặt đất lưu lượng phát đi một cụm ngắn chỉ chứa đoạn đầu với công suất thấp (để tránh gây nhiễu cho các cụm khác), Sau đó nó quét cụm này trên toàn bộ khung cho đến khi nhận được cụm này rơi vào đúng khe thời gian ấn định cho trạm. Cuối cùng nó tăng công suất cụm lên toàn bộ mức và thực hiện điều chỉnh tinh để đưa cụm này vào đúng vị trí bắt đầu của khe cần tìm. Sau khi đã bắt được định thời, số liệu lưu lượng được bổ sung cho cụm và quá trình đồng bộ được thực hiện bằng cách thường xuyên giám sát vị trí phát vòng ngược so với mốc chuẩn SORF. Các vị trí định thời được chỉnh vào đúng bit cuối cùng của từ duy nhất trong đoạn đầu. Phương pháp hồi tiếp còn được gọi là phương pháp hồi tiếp vòng kín trực tiếp.

6.5.3.3. Điều khiển định thời hồi tiếp

Trường hợp trạm lưu lượng mặt đất nằm ngoài búp sóng vệ tinh chứa truyền dẫn của trạm, thì thay cho việc sử dụng vòng hồi tiếp truyền dẫn ta cần sử dụng phương pháp định thời **Điều khiển vòng kín hồi tiếp**. Ở phương pháp này thông tin đồng bộ được phát ngược trở lại từ trạm phía xa. Trạm phía xa có thể là trạm chuẩn hoặc một trạm lưu lượng được quy định là đối tác. Trong giai đoạn bất định thời, trạm phía xa gửi lại thông tin hướng dẫn việc đặt đúng vị trí cho cụm ngắn và khi đã bắt được khe thời gian cần tìm, thông tin đồng bộ cũng có thể liên tục được trạm xa gửi ngược lại.

Hình 6.12 minh họa phương pháp vòng kín hồi tiếp cho hai trạm A và B.



Hình 6.12. Quan hệ định thời trong hệ thống TDMA. SORF: khởi đầu khung thu; SOTF: khởi đầu khung phát

Mốc SORT được sử dụng cho điểm tham khảo phát cụm. Tuy nhiên điểm tham khảo phát (SOTF) phải trễ một khoảng thời gian D_A và D_B cho các trạm A và B để các cụm lưu lượng do chúng phát đến bộ phát đáp vệ tinh đúng vào khe thời gian dành cho các cụm này (xem hình 6.12) Tổng thời gian trễ C giữa xung đồng hồ vệ tinh bất kỳ và SOTF tương ứng luôn là một hằng số: C bằng $2t_A + D_A$ và bằng $2t_B + D_B$ cho trạm A và trạm B. Tổng quát đối với trạm i , trễ D_i , tổng trễ này xác định như sau:

$$C = 2t_i + D_i \quad (6.9)$$

Đối với vệ tinh thực sự là địa tĩnh (vị trí tương đối so với mặt đất không đổi), thì t_i là hằng số. Nhưng trong thực tế các vệ tinh này luôn dao động xung quanh một vị trí cố định vì thế cần xét đến sự thay đổi này bằng cách xác định D_i cho phù hợp và sau một khoảng thời gian nhất định cần cập nhật lại giá trị này. D_i được phát đến trạm mặt đất ở các cụm chuẩn.

6.5.4. Hiệu suất sử dụng khung và thông lượng TDMA

Hiệu suất sử dụng khung được đo bằng phần thời gian của khung được sử dụng để truyền dẫn lưu lượng. **Hiệu suất sử dụng khung** được xác định như sau:

$$\eta_F = \frac{B_{II}}{B_I} \quad (6.10)$$

trong đó B_{II} là số bit lưu lượng và B_I là tổng số bit trong khung (lưu ý thuật ngữ bit trong trường hợp này thường được gọi là ký hiệu).

Mặt khác ta cũng có thể biểu diễn hiệu suất khung như sau:

$$\eta_F = 1 - \frac{B_{OH}}{B_t} \quad (6.11)$$

trong đó B_{OH} là số bit (hay số ký hiệu) bổ sung bao gồm: các bit đoạn đầu, đoạn cuối, các khoảng bảo vệ và các cụm chuẩn trong khung.

Nếu phần bổ sung là cố định thì phương trình 6.10) cho thấy khung càng dài (hay tổng số bit trong khung càng lớn) thì hiệu suất sử dụng khung càng cao. Tuy nhiên các khung dài đòi hỏi bộ nhớ đệm lớn và tăng trễ truyền lan, ngoài ra đồng bộ cũng trở nên khó khăn hơn do vị trí của vệ tinh thay đổi. Tất nhiên giảm phần bổ sung cũng cho hiệu suất cao hơn, tuy nhiên để giảm các bit đồng bộ và các khoảng bảo vệ đòi hỏi phải có thiết bị phức tạp hơn.

Dung lượng kênh tiếng của một khung đồng thời cũng là dung lượng của bộ phát đáp được xác định trên cơ sở hiệu suất khung và tốc độ bit R_b như sau:

$$\begin{aligned} nR_b &= \eta_F R_{TDMA} \\ \text{hay} \\ n &= \frac{\eta_F R_{TDMA}}{R_b} \end{aligned} \quad (6.12)$$

trong đó n là dung lượng kênh, R_b là tốc độ bit và R_{TDMA} là tốc độ cụm. Để minh họa cho các phương trình trên ta xét hai thí dụ sau.

Thí dụ 6.1

Tính hiệu suất khung cho một khung với các dữ liệu sau:

Tổng độ dài khung = 120.832 ký hiệu

Số cụm lưu lượng trên khung = 14

Số cụm chuẩn trên khung = 2

Khoảng bảo vệ = 103 ký hiệu

Số bit đoạn đầu cụm lưu lượng (không có đoạn cuối) = 280 ký hiệu

Số bit của cụm chuẩn = 288 ký hiệu

Giải

Số bit bổ sung = $OH = 2 \times (103 + 288) + 14 \times (103 + 280) = 6144$ ký hiệu

Từ phương trình (6.10) ta được:

$$\eta_F = 1 - \frac{6144}{120.832} = 0,949$$

Thí dụ 6.2

Tính toán dung lượng kênh tiếng cho khung ở thí dụ 6.1 khi tốc độ bit $R_b = 64$ kbps và điều chế QPSK. Chu kỳ khung là 2 ms.

Giải

Tốc độ cụm bằng: $120.832 / (2 \text{ ms}) = 60,416 \text{ Msps}$ (Mega ký hiệu trên giây). Vì điều chế QPSK mỗi lần phát 2 ký hiệu, nên tốc độ cụm truyền dẫn là: $R_{TDMA} = 60,416 \times 2 = 120,833 \text{ Msps}$.

Sử dụng phương trình (6.12) ta được $n = 0,949 \times 120,832 \times 10^3 / (64) = 1792$

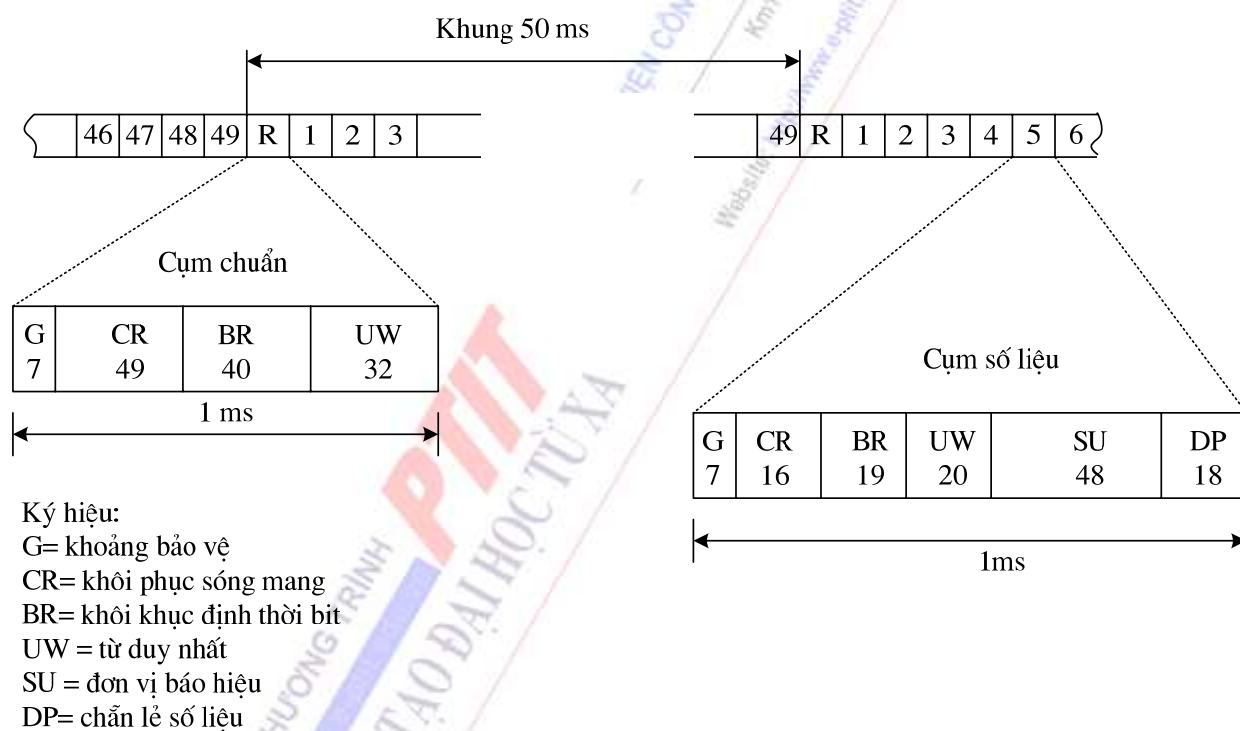
6.6. TDMA ĐƯỢC ẮN ĐỊNH TRƯỚC

Thí dụ về mạng TDMA ắc định trước trước là kênh báo hiệu chung (CSC: common signalling channel) trong mạng Spade. Cấu trúc khung và cấu trúc cụm được cho ở hình 6.13. CSC có thể hỗ trợ 49 trạm mặt đất cộng với một trạm chuẩn vì thế tổng số cụm trong một khung là 50ms.

Tất cả các cụm đều có độ dài như nhau. Mỗi cụm chứa 128 bit và chiếm một khe thời gian 1 ms. Như vậy tốc độ bit sẽ là 128 kbps. Độ rộng cần thiết cho CSC vào khoảng 160 kHz.

Đơn vị báo hiệu (SU) là đoạn cụm được sử dụng để cập nhật cho các trạm mặt đất khác về tình trạng khả dụng của các tần số cho các cuộc gọi SCPC. Ngoài ra nó cũng mang thông tin báo hiệu

Một thí dụ khác của khung TDMA ắc định trước là khung của hệ thống INTERSAT được cho ở dạng đơn giản trên hình 6.14. Trong hệ thống INTERSAT các kênh tiếng được ắc định theo yêu cầu và ắc định trước được mang đồng thời.



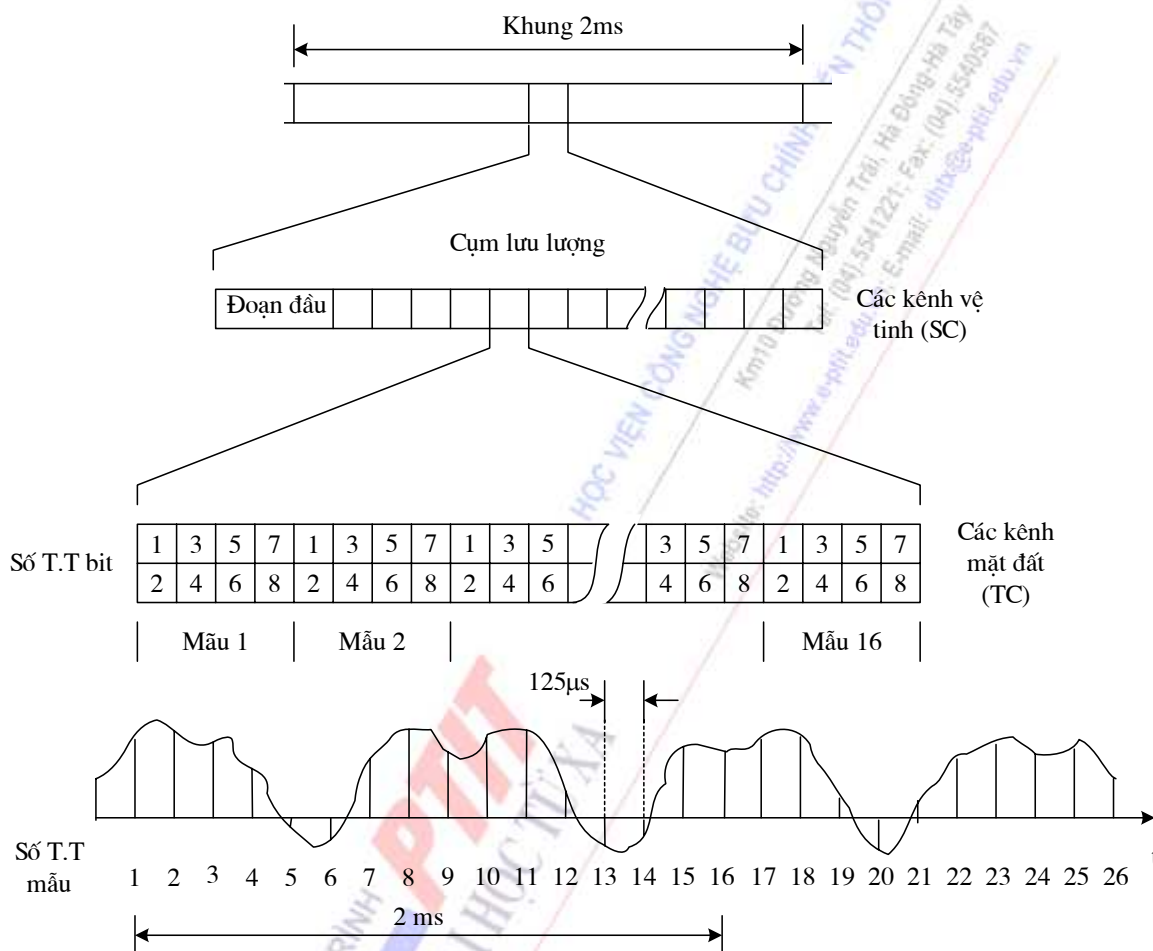
Hình 6.13. Khuôn dạng khung của kênh báo hiệu chung (CSC)

Các cụm lưu lượng được chia vào các khe thời gian gọi là các kênh vệ tinh theo thuật ngữ của INTERSAT và trong một cụm lưu lượng có tới 128 khe thời gian. Kênh vệ tinh lại được chia nhỏ thành 16 khe được gọi là các kênh mặt đất, mỗi kênh mặt đất mang một mẫu PCM của tín hiệu thoại tương tự. Vì điều chế QPSK được sử dụng nên mỗi ký hiệu chứa hai bit như thấy ở hình vẽ. Như vậy mỗi kênh mặt đất mang bốn ký hiệu (hay 8 bit). Mỗi kênh vệ tinh mang $4 \times 16 = 64$ ký hiệu và cực đại có 128 kênh vệ tinh nên mỗi cụm mang 8192 ký hiệu.

Vì tốc độ lấy mẫu PCM là 8 kHz và 8 bit trên một mẫu nên tốc độ bit PCM bằng 64 kbps. Mỗi kênh vệ tinh có thể đảm bảo được tốc độ bit này. Khi cần truyền số liệu tốc độ cao hơn, nhiều kênh vệ tinh được sử dụng. Tốc độ đầu vào số liệu cực đại có thể xử lý là $128(SC) \times 64 \text{ kbps} = 8192 \text{ Mbps}$.

Khung INTELSAT gồm 120832 ký hiệu hay 241664 bit. Chu kỳ khung là 2ms và vì thế tốc độ bit cụm là 120832 Mbps.

Như đã nói ở trên các kênh tiếng được ấn định trước hay ấn định theo yêu cầu có thể được đặt trong cùng một khuôn dạng khung INTELSAT. Các kênh ấn định theo yêu cầu sử dụng một kỹ thuật được gọi là **nội suy tiếng số (DSI)**, Các kênh được ấn định trước được gọi là các kênh số không nội suy (DNI)



Hình 6.14. Khung TDMA được ấn định trước trong hệ thống Intelsat

6.7. TDMA ĐƯỢC ẤN ĐỊNH THEO YÊU CẦU

Với TDMA, việc ấn định cụm và cụm con được thực hiện dưới sự điều khiển của phần mềm, trong khi đó việc ấn định tần số ở FDMA được thực hiện bằng phần cứng. Vì thế so với các mạng FDMA, các mạng TDMA mềm dẻo hơn trong việc ấn định lại kênh và có thể thực hiện các thay đổi nhanh hơn.

Một số phương pháp được áp dụng để cung cấp mềm dẻo lưu lượng khi sử dụng TDMA. Độ dài cụm ấn định cho một trạm có thể thay đổi khi yêu cầu lưu lượng thay đổi. Mạng có thể sử dụng một trạm điều khiển trung tâm để ấn định độ dài cụm cho từng trạm. Một trạm cũng có thể tự mình xác định yêu cầu độ dài cụm và ấn định yêu cầu này theo quy định trước.

Ở một phương pháp khác, có thể giữ nguyên không đổi độ dài cụm nhưng số cụm ấn định cho từng trạm thay đổi tùy theo yêu cầu. Chẳng hạn ở một hệ thống được đề xuất, độ dài khung

được giữ cố định bằng 13,5ms. Khe thời gian cụm cơ sở bằng 62,5 μ s và các trạm trong mạng phát các cụm thông tin với các bước rời rạc trong dải 0,5 ms (8 cụm cơ sở) đến 4,5 ms (72 cụm cơ sở) trên khung. Ấn định các kênh tiếng theo yêu cầu lợi dụng được tính chất gián đoạn của tiếng, vấn đề này sẽ được trình bày ở phần dưới đây.

6.7.1. Dự báo và nội suy tiếng

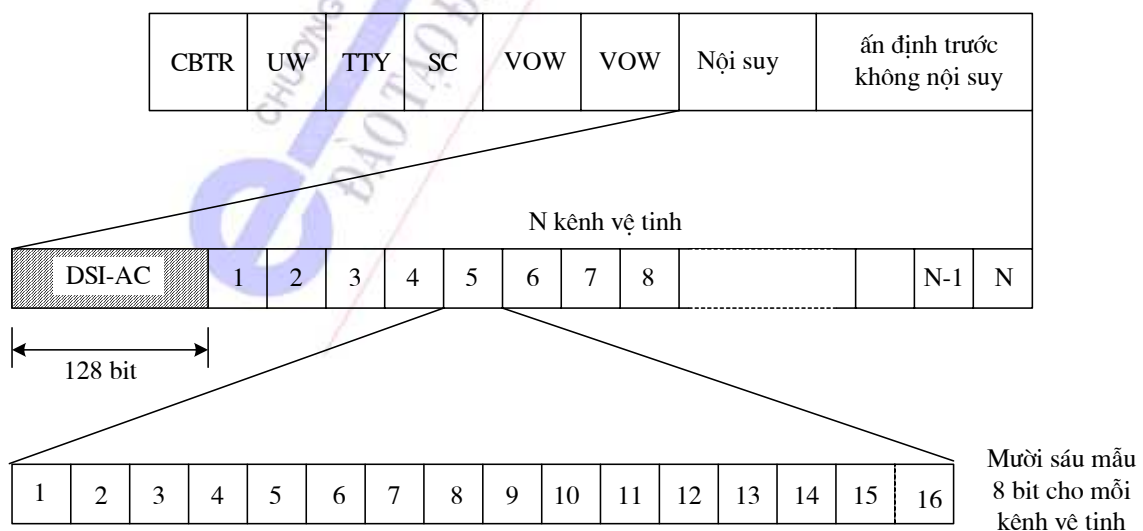
Do tính chất gián đoạn của tiếng, nên khi sử dụng kênh truyền tiếng, một khoảng thời gian không nhỏ kênh này không được tích cực. Tính chất nói-nghe của các cuộc thoại hai chiều có nghĩa là truyền dẫn mỗi chiều chỉ chiếm khoảng 50% tổng thời gian truyền dẫn. Ngoài ra khoảng trống giữa các câu nói có thể giảm thời gian này xuống còn 33%. Ngoài ra thời gian trễ do đối tác cần suy nghĩ để trả lời có thể dẫn đến tổng thời gian kết nối thực sự còn 25%. Phần thời gian mà một kênh truyền dẫn tích cực được gọi là hệ số tích cực tải điện thoại và theo khuyến nghị của ITU-T là 25%. Như vậy ta có thể lợi dụng một phần lớn thời gian cho các cuộc truyền dẫn khác và việc lợi dụng này được thực hiện ở dạng ẩn định theo yêu cầu được gọi là ***nội suy tiếng số***.

Nội suy theo yêu cầu có thể được thực hiện theo hai cách: *nội suy tiếng ồn định theo thời gian (TASI số)* và *truyền tin được mã hoá theo dự báo tiếng (SPEC)*.

6.7.2. TASI số

Khuôn dạng cụm lưu lượng ở một cụm INTELSAT mang các kênh được ấn định theo yêu cầu và các kênh ấn định trước được cho ở hình 6.15.

Như đã nói ở trên các kênh được ấn định theo yêu cầu sử dụng TASI số hay còn gọi là DSI (nội suy tiếng số). Các kênh này được chỉ ra trên hình vẽ ở bảng khối được gọi là "nội suy". Kênh vệ tinh đầu tiên (kênh 0) trong khối này là kênh ấn định được đánh nhãn là DSI-AC. Kênh này không mang lưu lượng. Nó được sử dụng để truyền thông tin về ấn định kênh mà ta sẽ xét ngắn gọn dưới đây.

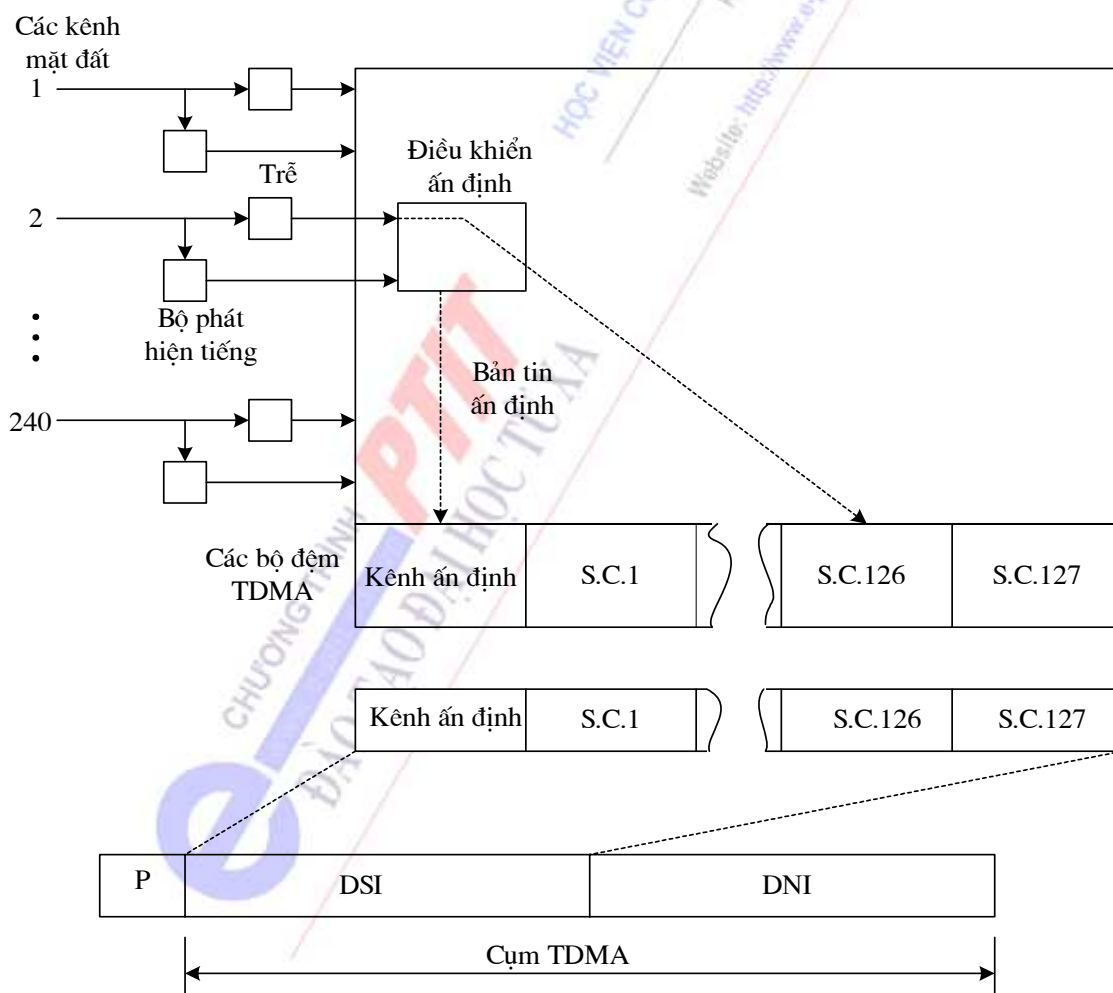


Hình 6.15. Cấu trúc cum lưu lượng Intelsat

Hình 6.16, cho ta thấy hệ thống DSI. Thông thường hệ thống cho phép N kênh mặt đất được mang bởi M kênh vệ tinh, trong đó $N > M$. Chẳng hạn trong INTELSAT, $N=240$ và $M=127$.

Tại mỗi kênh mặt đất vào, một bộ phát hiện tích cực sẽ phát hiện khi có tiếng, các tín hiệu tiếng gián đoạn được gọi là các đoạn tiếng (Spurt). Đoạn tiếng có độ dài trung bình là 1,5 giây. Tín hiệu điều khiển được gửi đến khối điều khiển ấn định kênh, khối này tìm kiếm một bộ đệm rỗng. Nếu tìm được một bộ đệm rỗng, kênh mặt đất được ấn định sử dụng kênh vệ tinh này và đoạn tiếng được lưu giữ vào bộ đệm này và sẵn sàng để truyền dẫn trong các cụm con DSI. Như thấy ở hình 6.16, trễ được đưa thêm vào các kênh tiếng để bù trừ trễ do ấn định. Tuy nhiên sự bù trừ này không được hoàn hảo, nên phần khởi đầu của đoạn tiếng có thể bị mất, Và sự kiện này được gọi là sự xén bớt (clip) kết nối.

Khi xét ở trên ta giả thiết rằng đối với mỗi đoạn tiếng luôn tìm được kênh rồi, nhưng trong thực tế có thể xảy ra với một xác suất nào đó tất cả các kênh đã bị chiếm và đoạn tiếng sẽ bị mất. Sự mất đoạn tiếng trong trường hợp này được gọi Freeze-out.



Hình 6.16. Nội suy tiếng; DSI= nội suy tiếng số; DNI= không nội suy

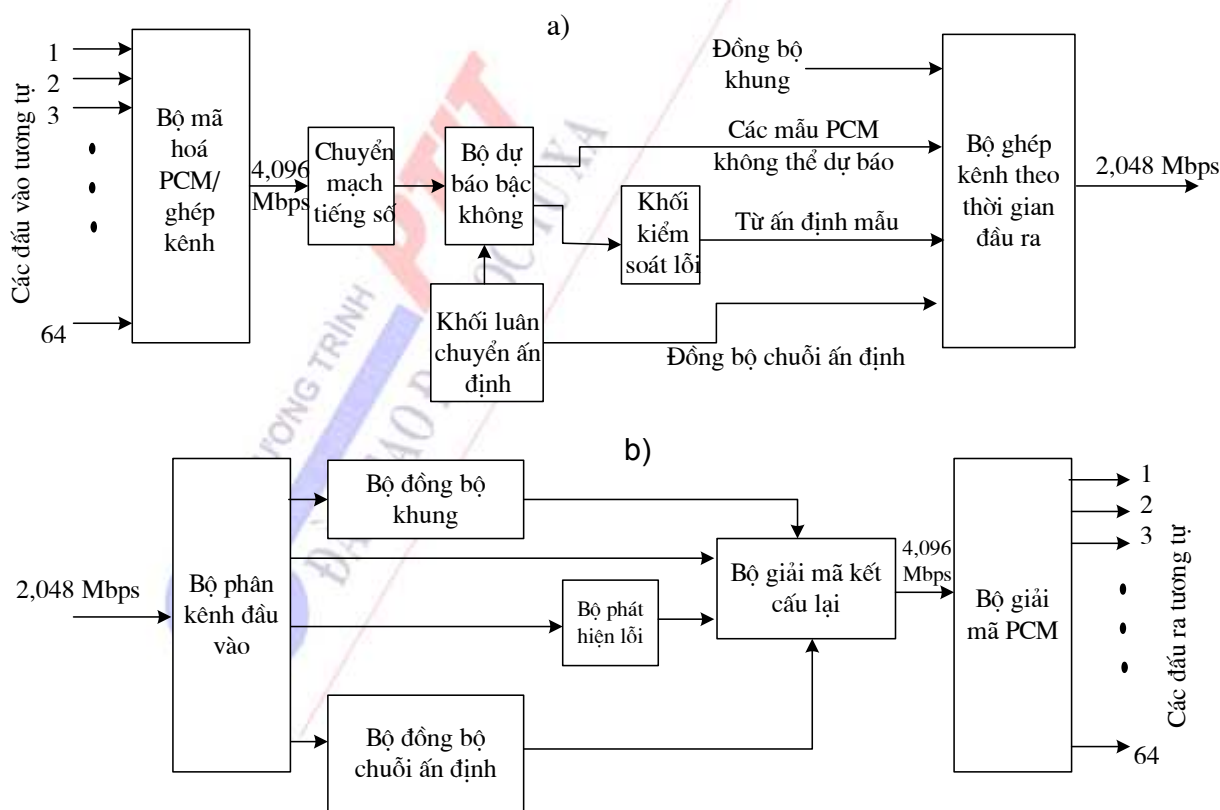
6.7.3. Truyền tin được mã hoá bằng dự báo tiếng trước, SPEC

Sơ đồ khối cho hệ thống SPEC được cho ở hình 6.17. Trong phương pháp này tín hiệu tiếng vào được biến đổi thành tín hiệu ghép kênh PCM với 8 bit cho một mẫu lượng tử. Với 64 đầu vào và lấy mẫu theo chu kỳ 125 μ s, tốc độ bit đầu ra của bộ ghép kênh là $8 \times 64 / 125 = 4096$ Mbps.

Bộ chuyển mạch tiếng số đằng sau bộ ghép kênh PCM thực hiện phân chia thời gian cho các tín hiệu đầu vào. Bộ này được kích hoạt theo tiếng để tránh truyền dẫn tạp âm trong các khoảng im lặng. Khi bộ dự báo bậc không nhận được một mẫu mới, nó thực hiện so sánh với mẫu trước đó của kênh tiếng này (đã được lưu giữ lại) và chỉ phát đi mẫu mới này nếu nó khác với mẫu trước một lượng được quy định trước. Các mẫu này được gọi là các mẫu PCM không dự đoán được (hình 6.17a).

Một từ ấn định 64 bit cũng được phát đi cho 64 kênh. Logic 1 ở từ ấn định kênh kênh đối với một kênh có nghĩa là một mẫu mới đã được phát đi cho kênh này, ngược lại mức logic 0 có nghĩa là mẫu không thay đổi. Tại bộ thu, từ ấn định hoặc hướng dẫn mẫu mới (mẫu không dự báo được) vào đúng khe thời gian kênh hoặc dẫn đến việc tái tạo lại mẫu trước đó ở bộ giải mã kết cấu lại. Đầu ra của khối giải mã kết cấu lại là tín hiệu ghép kênh PCM có tốc độ 4,096 Mbps, tín hiệu này được phân kênh vào các bộ giải mã PCM.

Bằng cách loại bỏ các mẫu tiếng dư thừa và các khoảng thời gian im lặng ra khỏi đường truyền dẫn, dung lượng kênh được tăng gấp đôi. Như thấy ở hình vẽ, truyền dẫn được thực hiện tại tốc độ 2,048 Mbps đối tốc độ đầu vào và đầu ra 4,096 Mbps.



Hình 6.17. a) bộ phát SPEC; b) bộ thu SPEC

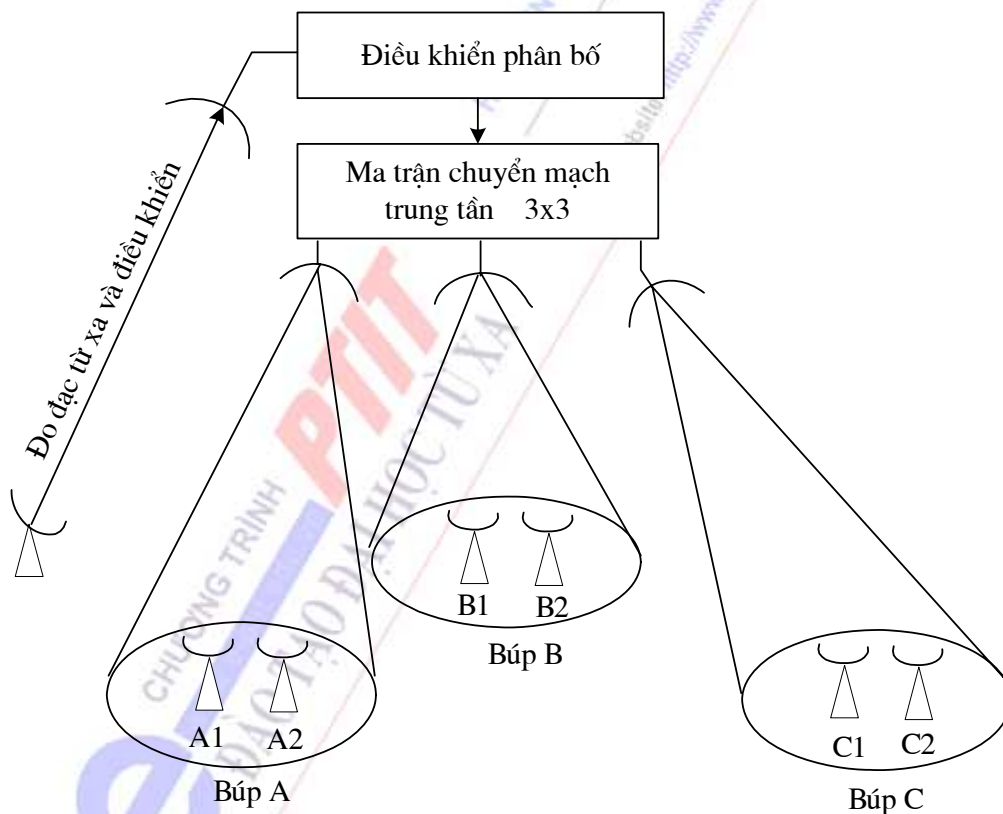
Ưu điểm của SPEC so với DSI là không xảy ra freeze out khi quá tải. Khi quá tải có thể không có các giá trị mẫu cần thay đổi. Tất nhiên điều này dẫn đến lượng tử hoá thô hơn và tăng

tạm âm lượng tử. Tuy nhiên ảnh hưởng của tăng nhiễu lượng tử lên thính giác vẫn dễ chịu hơn freeze out.

6.8. TDMA CHUYỂN MẠCH VỆ TINH

Có thể nâng cao hiệu suất sử dụng các vệ tinh trên quỹ đạo địa tĩnh bằng cách sử dụng các búp anten hẹp. Việc sử dụng các búp anten hẹp được gọi là **ghép kênh phân chia theo không gian**. Để cải thiện hơn nữa ta có thể thực hiện chuyển mạch kết nối giữa các anten đồng bộ với tốc độ khung TDMA, phương pháp này được gọi là **TDMA chuyển mạch vệ tinh (SS/TDMA)**.

Hình 6.18 cho thấy sơ đồ đơn giản của khái niệm SS/TDMA. Ba búp anten được sử dụng, mỗi búp phục vụ hai trạm mặt đất. Ma trận chuyển mạch trung tần 3×3 được sử dụng. Đây là phần tử quan trọng cho phép thực hiện kết nối giữa các anten bằng cách chuyển mạch. Chế độ chuyển mạch là tổ chức kết nối toàn bộ. Với ba búp ta cần 6 chế độ để đạt được kết nối toàn bộ (bảng 6.2).



Hình 6.18. Chuyển mạch vệ tinh với ba búp hẹp

Bảng 6.2. Các chế độ chuyển mạch

Đầu vào	Đầu ra					
	Chế độ 1	Chế độ 2	Chế độ 3	Chế độ 4	Chế độ 5	Chế độ 6
A	A	A	B	C	B	C
B	B	C	A	A	C	B

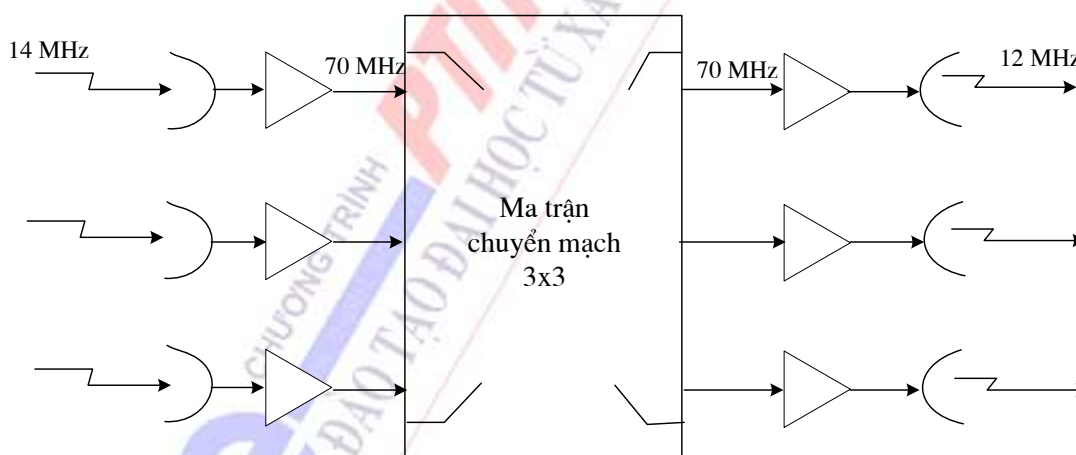
C	C	B	C	B	A	A
---	---	---	---	---	---	---

Tổng quát với N búp ta có $N!$ chế độ để kết nối toàn bộ. Kết nối toàn bộ có nghĩa là các tín hiệu được mang trong từng búp được chuyển đến từng búp trong số các búp khác tại một thời điểm trong chuỗi chuyển mạch. Điều này bao gồm cả kết nối ngược trong đó các tín hiệu được phát trở về theo cùng một búp để thông tin giữa các trạm với nhau trong cùng một búp. Tất nhiên tần số đường lên và đường xuống phải khác nhau.

Do có sự phân cách búp sóng, nên một tần số có thể được sử dụng cho tất cả các đường lên và một tần số khác có thể được sử dụng cho tất cả các đường xuống (chẳng hạn 14 và 12 GHz trong băng Ku). Để đơn giản thiết kế chuyển mạch, chuyển mạch được thực hiện ở trung tần chung cho cả đường lên và đường xuống. Sơ đồ khối cơ sở cho hệ thống 3×3 được cho ở hình 6.19.

Mẫu chế độ là một chuỗi lặp của các chế độ chuyển mạch vệ tinh và được gọi là các khung SS/TDMA. Các khung SS/TDMA liên tiếp không nhất thiết phải giống nhau vì thường có một độ dư thừa nhất định giữa các chế độ. Chẳng hạn ở bảng 6.2, búp A kết nối với búp B ở chế độ 3 và chế độ 5 và vì thế không cần thiết phát tất cả các chế độ trong mỗi khung SS/TDMA. Tuy nhiên để kết nối toàn bộ, mẫu chế độ phải chứa tất cả các chế độ.

Tất cả các trạm trong một búp, sẽ thu tất cả các khung TDM được phát trong búp đường xuống mỗi khung. Mỗi khung là một khung TDMA bình thường bao gồm các cụm cần chuyển đến các trạm khác nhau. Như đã nói ở trên các khung liên tiếp có thể xuất phát từ các trạm phát khác nhau và vì thế có các khuôn dạng cụm khác nhau. Trạm thu trong búp khôi phục lại các cụm gửi cho nó theo từng khung.

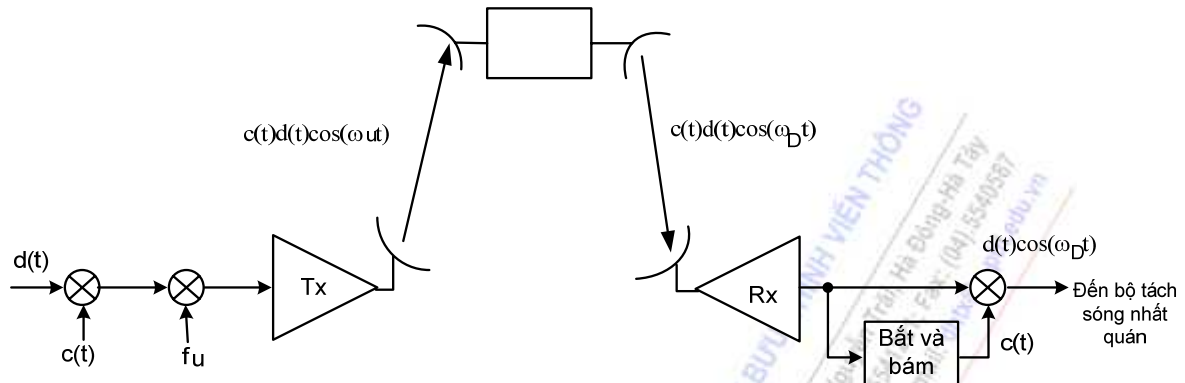


Hình 6.19. Ma trận chuyển mạch các đường truyền vô tuyến

6.9. CDMA

6.9.1. Sơ đồ hệ thống thông tin vệ tinh CDMA

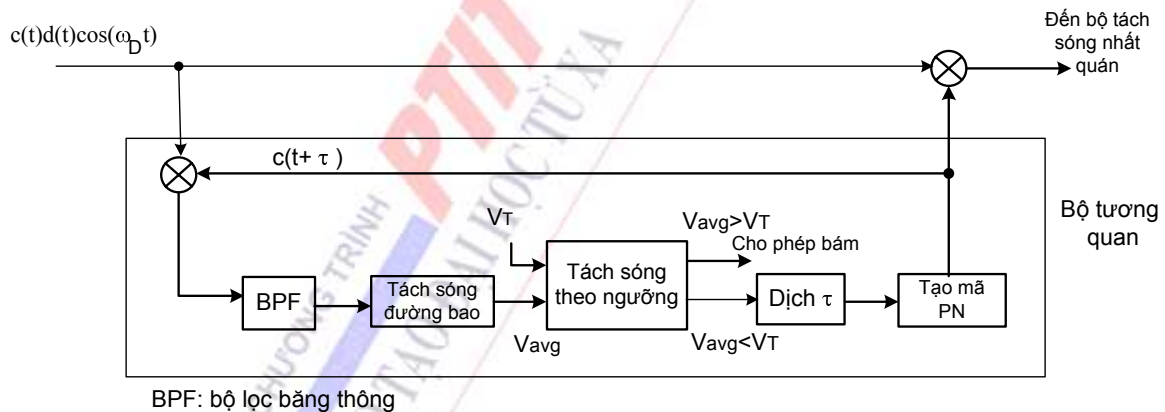
Với CDMA các sóng mang khác nhau có thể cùng tần số nhưng mỗi sóng mang phải có một mã duy nhất để có thể phân biệt với các sóng mang khác. Hình 6.20 cho thấy sơ đồ thông tin di động CDMA cơ sở sử dụng trải phổ chuỗi trực tiếp và điều chế BPSK.



Hình 6.20. Hệ thống thông tin vệ tinh CDMA cơ sở

Từ hình 6.20 ta thấy luồng số nhị phân lưỡng cực $d(t)$ được nhân với chuỗi trải phổ trực tiếp $c(t)$ (bằng bộ điều chế cân bằng). Tích nhận được được đưa đến bộ nhân trên cơ sở bộ điều chế cân bằng thứ hai. Đầu ra ta được tín hiệu BPSK với sóng mang f_u . Sau khuếch đại T_x tín hiệu được phát đến bộ phát đáp vệ tinh. Bộ phát đáp vệ tinh khuếch đại và chuyển đổi sóng mang vào tần số đường xuống f_D . Tại máy thu sau khi được khuếch đại tại R_x , đầu ra của bộ bắt và bám mã ta nhận được mã trải phổ $c(t)$ đồng bộ với phía phát. Mã này được nhân với tín hiệu thu (bằng bộ điều chế cân bằng), đầu ra ta được tín hiệu BPSK không trải phổ $d(t)\cos(\omega_D t)$. Tín hiệu này được đưa lên bộ tách sóng nhất quán để nhận được luồng $d(t)$ phát.

Sơ đồ bắt mã được cho trên hình 6.21.



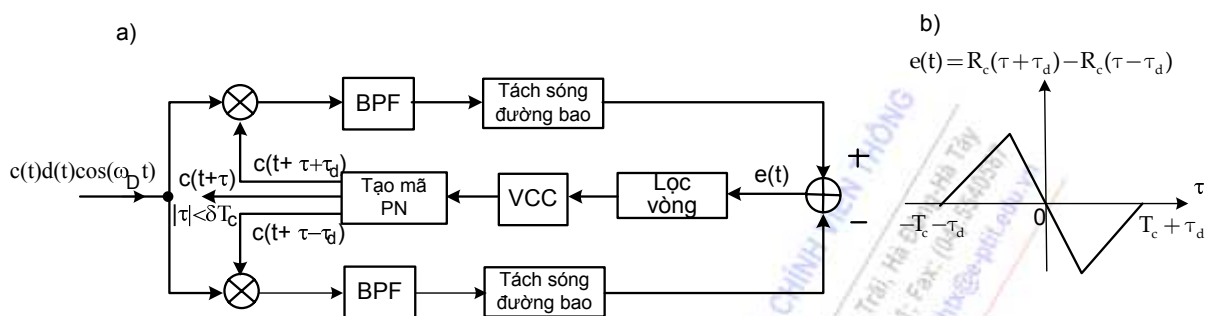
Hình 6.21. Sơ đồ bắt mã trong hệ thống thông tin vệ tinh CDMA.

Hoạt động của sơ đồ bắt mã trên hình 6.21 như sau. Sau bộ nhân thứ nhất ta được:

$$e(t) = c(t)c(t-\tau)d(t)\cos\omega_D t \quad (6.13)$$

Bộ lọc băng thông và tách sóng đường bao cho phép lấy ra đường bao của $e(t)$ tỷ lệ với tích $c(t)c(t-\tau)$. Tích này chính là hàm tự tương quan của $c(t)$. Khi nó nhỏ hơn một giá trị ngưỡng ($V_{avg} < V_T$) quy định trước, bộ dịch τ sẽ tăng hoặc giảm τ từng nấc để đạt được tự tương quan cao hơn. Khi tương quan lớn hơn ngưỡng ($V_{avg} > V_T$) sơ đồ sẽ chuyển sang chế độ bám. Hình 6.22a cho thấy sơ đồ bám vòng khóa trễ. Vì mạch bắt mã đã đưa hiệu số trễ vào dải δT_c , nên $|\tau| < \delta T_c$. Mã PN sớm: $c(t+\tau+\tau_d)$ và muộn $c(t+\tau-\tau_d)$ với τ_d là một giá trị cố định được trộn với tín hiệu vào sau đó được đưa lên nhánh tương quan trên và dưới để được các hàm tương quan sau: $R_c(\tau+\tau_d)$ và

$R_c(\tau - \tau_d)$. Sau bộ cộng ta được đặc tuyến lỗi $e(t)$ trên như trên hình 6.22b. Trường hợp $\tau=0$ lỗi bằng không, trường hợp $\tau \neq 0$, $e(t)$ khác không. Qua bộ lọc vòng điện áp lỗi này sẽ điều chỉnh cho đồng hồ khóa pha bằng điện áp (VCC) để chỉnh $\tau=0$.



Hình 6.22. a) Vòng khóa trễ pha; b) đặc tuyến lỗi

6.9.2. Thông lượng CDMA

Nếu bỏ qua tạp âm máy thu, coi rằng nhiều đồng kênh từ có dạng tạp âm trắng và công suất thu được từ tất cả các kênh đều bằng nhau và bằng P_r , ta có thể biểu diễn tỷ số tín hiệu trên nhiễu như sau đối với tổng số kênh K :

$$\frac{E_b}{I_0} = \frac{P_r / R_b}{(K-1)P_r / B} = G_p \frac{(1+\alpha)}{(K-1)} \quad (6.13)$$

trong đó G_p là độ lợi xử lý, α là thừa số dốc của bộ lọc.

Giải phương trình (6.14) cho K ta được:

$$K = 1 + (1+\alpha)G_p \frac{I_0}{E_p} \quad (6.14)$$

6.10. Tổng kết

Chương này đã xét các kiểu định tuyến lưu lượng: một sóng mang trên một đường truyền, một sóng mang trên một trạm phát. Chương này cũng đã xét các công nghệ đa truy nhập khác nhau như FDMA, TDMA và CDMA. Hiện nay hai công nghệ FDMA và TDMA đang được sử dụng phổ biến. Trong tương lai công nghệ CDMA sẽ được áp dụng ngày càng phổ biến. Công nghệ CDMA có một số ưu điểm sau:

1. Do búp sóng của các anten VSAT khá rộng nên dễ bị nhiễu bởi các vệ tinh lân cận. Thuộc tính trải phổ của CDMA cho phép loại được nhiễu này
2. Có thể tránh được nhiễu đa đường nếu trễ tín hiệu phản xạ lớn hơn chu kỳ chip và máy thu khóa đến sóng trực tiếp
3. Không như TDMA, CDMA không đòi hỏi đồng bộ giữa các trạm trong hệ thống. Điều này có nghĩa rằng một trạm có thể truy nhập hệ thống tại mọi thời điểm

4. Khi tăng thêm kênh cho lưu lượng nếu E_b/N_0 giảm ở mức độ chấp thuận, hệ thống vẫn hoạt động.

6.11. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Giải thích sự khác nhau giữa đa truy nhập phân chia theo tần số và ghép kênh phân chia theo tần số
2. Giải thích ý nghĩa của SCPC (một kênh trên một sóng mang)
3. Trình bày nguyên lý hoạt động tổng quát của hệ thống thông tin vệ tinh TDMA. Chỉ ra quan hệ giữa tốc độ bit truyền dẫn và tốc độ bit vào
4. Giải thích chức năng của tiền tố trong cụm lưu lượng TDMA. Trình bày và so sánh các kênh được mang trong tiền tố với các kênh được mang trong cụm tham chuẩn.
5. Định nghĩa và giải thích hiệu suất khung liên quan đến khai thác TDMA.
6. Trong một mạng TDMA cụm tham chuẩn và tiền tố đòi hỏi 560 bit cho từng cụm, khoảng bảo vệ giữa các cụm là 120 bit. Giả sử có 8 cụm lưu lượng, một cụm tham chuẩn trên một khung và tổng chiều dài khung là 40800 bit, hãy tính hiệu suất khung.
7. (tiếp). Dữ liệu như bài 6. Giả sử khung dài 2ms và tốc độ bit kênh thoại là 64kbps. Hãy tính số kênh thoại tiêu chuẩn tương đương có thể được truyền bởi mạng TDMA
8. Giải thích vì sao chu kỳ khung trong hệ thống TDMA thường được chọn là số nguyên lần 125 μ s
9. Một mạng TDMA sử dụng điều chế QPSK và sắp xếp các ký hiệu như sau: khe bảo vệ 32, khôi phục sóng mang và đồng hồ 180, từ mã cụm (từ duy nhất) 24, kênh nhận dạng trạm 8, kênh nghiệp vụ 32, kênh quản lý (chỉ có các cụm tham chuẩn) 12, kênh dịch vụ (là các cụm lưu lượng) 8. Tổng số ký hiệu trên khung là 115010 và khung gồm hai cụm tham chuẩn, 14 cụm lưu lượng. Chu kỳ khung 2ms. Đầu vào là các kênh PCM 64 kbps. Tính toán hiệu suất khung và số kênh thoại có thể truyền được.
10. TDMA có ưu điểm gì so với FDMA về mặt ấn định theo yêu cầu
11. Định nghĩa và giải thích thừa số tích cực tải thoại và nội suy tiếng số. Ưu điểm của việc sử dụng thừa số tích cực tải thoại để thực hiện nội suy tiếng số là gì?
12. Trình bày nguyên lý hoạt động của hệ thống truyền tin được mã hóa theo dự báo tiếng (SPEC) và so sánh nó với nội suy tiếng.
13. Xác định tốc độ bit có thể truyền qua một bộ phát đáp, coi rằng thừa số dốc bộ lọc là 0,2 và điều chế QPSK
14. Trình bày nguyên lý bắt và bám mã trong CDMA
15. Băng thông trung tần của một hệ thống CDMA là 3MHz, thừa số dốc bộ lọc là 0,2. Tốc độ bit thông tin là 2Mbps và E_b/N_0 yêu cầu cho từng kênh khi truy nhập hệ thống CDMA là 11 dB. Tính số kênh truy nhập được phép cực đại

CHƯƠNG 7

THIẾT KẾ ĐƯỜNG TRUYỀN THÔNG TIN VỆ TINH

7.1. GIỚI THIỆU CHUNG

7.1.1. Các chủ đề được trình bày trong chương

- Tồn hao đường truyền và công suất tín hiệu thu
- Phương trình quỹ đường truyền
- Tính toán các thông số tạp âm nhiệt: công suất, mật độ phổ công suất, hệ số tạp âm và nhiệt độ tạp âm
- Tính toán tỷ số tín hiệu trên tạp âm đường lên, đường xuống, điều chế giao thoa
- Tính toán tỷ số tín hiệu trên tạp âm kết hợp

7.1.2. Hướng dẫn

- Học kỹ các tư liệu được trình bày trong chương
- Tham khảo thêm [1], [2]
- Trả lời các câu hỏi và bài tập cuối chương

7.2.3. Mục đích chương

- Hiểu được cách tính toán các loại tổn hao do đường truyền gây ra
- Hiểu được các công thức tính toán quỹ đường truyền
- Hiểu được các tính toán các thông số tạp âm và ảnh hưởng của chúng lên chất lượng đường truyền
- Biết các thiết kế đường truyền thông tin vệ tinh khi cho trước chất lượng đường truyền: BER và SNR tương ứng.

7.2. MỞ ĐẦU

Chương này sẽ trình bày phương pháp tính toán quỹ đường truyền thông tin vệ tinh và thiết kế đường truyền thông tin vệ tinh. Việc tính toán quỹ đường truyền cho phép ta cân đối các tổn hao và độ lợi trong quá trình truyền dẫn để đảm bảo trong điều kiện truyền dẫn không thuận lợi vẫn đảm bảo yêu cầu chất lượng đường truyền. Thiết kế đường truyền thông tin vệ tinh để đảm bảo chất lượng đường truyền mà cụ thể là tỷ số tín hiệu trên tạp âm khi BER cho trước. Các đại lượng sử dụng trong khi tính toán quỹ đường truyền thường được biểu diễn ở dạng decibel.

7.3. TỔN HAO ĐƯỜNG TRUYỀN VÀ CÔNG SUẤT TÍN HIỆU THU

7.3.1. Truyền dẫn trong không gian tự do

Công suất thu được ở một anten với hệ số khuếch đại G_r có thể biểu diễn như sau:

$$P_r = \frac{EIRP \cdot G_r}{L_p} \quad (7.1)$$

trong đó: $EIRP = P_t G_t$ là công suất phát xạ tương đương của anten đẳng hướng, $EIRP$ thường được biểu diễn ở dBW, giả sử P_t được đo bằng W thì:

$$EIRP = P_t + G_t, \text{ dBW} \quad (7.2)$$

P_t là công suất phát, G_t là hệ số khuếch đại của anten phát, G_r là hệ số khuếch đại anten thu. L_s là tổn hao đường truyền.

Đối với anten parabol, hệ số khuếch đại anten thường được tính theo công thức sau:

$$G = \eta (10,472 f D)^2 \quad (7.3)$$

trong đó f là tần số sóng mang [GHz], D là đường kính gương phản xạ [m] và η là hiệu suất mặt mở. Thông thường $\eta = 0,55 - 0,73$.

Trong không gian tự do tổn hao đường truyền được xác định như sau được xác định như sau:

$$FSL = \frac{(4\pi d)^2}{\lambda^2} \quad (7.4)$$

trong đó: d là khoảng cách giữa anten phát và anten thu, λ là bước sóng.

Từ phương trình (7.4) ta có thể biểu diễn công suất thu như sau:

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi d)^2} = \frac{EIRP G_r}{FSL} \quad (7.5)$$

Ở dạng dB phương trình (7.5) có thể được biểu diễn như sau:

$$P_r = P_t + G_t + G_r - FSL = EIRP + G_r - FSL, \text{ dBW} \quad (7.6)$$

trong đó: $EIRP$ là công suất phát đẳng hướng tương đương, $FSL = 10 \lg \frac{(4\pi d)^2}{\lambda^2}$ là suy hao trong

không gian tự do, thường được xác định ở dB như sau:

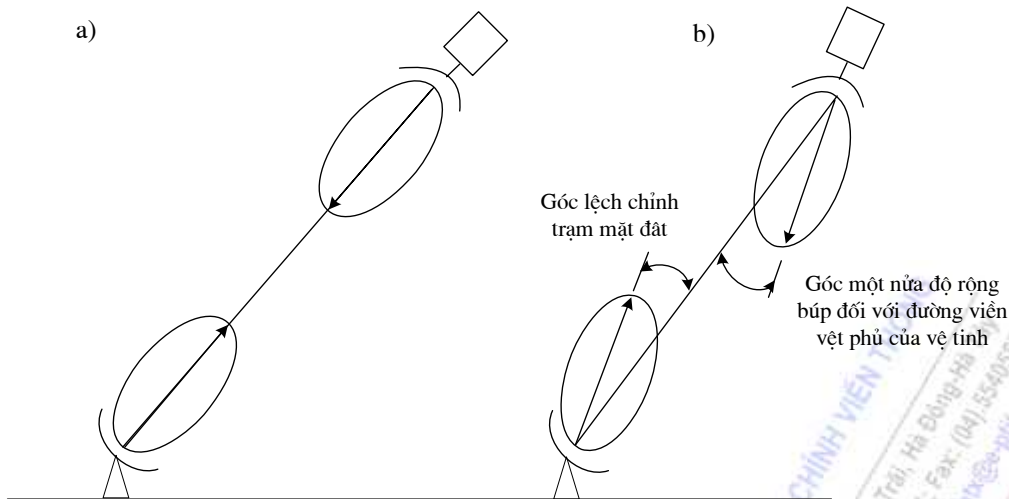
$$FSL = 92,5 + 20 \lg f [\text{GHz}] + 20 \lg d [\text{km}], \text{ dB} \quad (7.7)$$

hay:

$$FSL = 32,5 + 20 \lg f [\text{MHz}] + 20 \lg d [\text{km}], \text{ dB} \quad (7.8)$$

7.3.2. Tổn hao do mất đồng chỉnh anten

Khi thiết lập một đường truyền vệ tinh, lý tưởng phải đạt được đồng chỉnh các anten trạm mặt đất và vệ tinh để đạt được độ khuếch đại cao nhất (hình 7.1a).



Hình 7.1. a) Các anten trạm mặt đất và vệ tinh được đồng chỉnh để đạt được khuếch đại cao nhất; b) trạm mặt đất nằm ở một "vết phủ" của vệ tinh và anten trạm mặt đất không được đồng chỉnh

Có thể xảy ra hai nguyên nhân tổn hao lệch trục, một xảy ra tại vệ tinh và nguyên nhân thứ hai xảy ra tại trạm mặt đất (hình 1b). Tổn hao lệch trục tại vệ tinh được xét tới khi thiết kế đường truyền hoạt động ở đường viền của anten vệ tinh thực tế. Tổn hao lệch trục ở trạm mặt đất được gọi là **tổn hao định hướng anten**. Tổn hao định hướng anten thường xảy ra vài phần mười dB.

Ngoài tổn hao định hướng, có thể xảy ra tổn hao do mất đồng chỉnh hướng phân cực. Tổn hao mất đồng chỉnh hướng phân cực thường nhỏ và ta sẽ coi rằng các tổn hao do mất đồng chỉnh anten (ký hiệu là AML) gồm: cả tổn hao định hướng và tổn hao phân cực gây ra do mất đồng chỉnh. Cần lưu ý rằng các tổn hao mất đồng chỉnh anten phải được đánh giá từ các số liệu thống kê trên cơ sở sai lỗi được quan sát thực tế cho một khối lượng lớn các trạm mặt đất.

7.3.3. Tổn hao khí quyển và điện ly

Hấp thụ của khí trong khí quyển là nguyên nhân gây ra tổn hao khí quyển. Các tổn hao này thường vào khoảng vài phần của dB (ký hiệu là AA). Tầng điện ly gây ra dịch phân cực sóng điện từ dẫn đến tổn hao lệch phân cực (ký hiệu là PL).

7.4. PHƯƠNG TRÌNH QUỸ ĐƯỜNG TRUYỀN

Tổng tổn hao đường truyền L_p khi trời quang đãng được xác định theo công thức sau:

$$L_p = FSL + RFL + AML + AA + PL, \text{ dB} \quad (7.9)$$

Phương trình cho công suất thu ở dB như sau:

$$P_r = EIRP + G_R - L_p$$

trong đó: P_r là công suất thu [dBW], EIRP là công suất phát xạ đẳng hướng tương đương [dBW], FSL là tổn hao trong không gian tự do [dB]; RFL là tổn hao phidơ máy thu [dB]; AML là tổn hao mất đồng chỉnh anten [dB]; AA là tổn hao hấp thụ khí quyển [dB]; PL là tổn hao lệch phân cực [dB].

7.5. CÔNG SUẤT TẠP ÂM NHIỆT

Công suất tín hiệu thu trong một đường truyền vệ tinh thường rất nhỏ, vào khoảng picowat. Công suất này sẽ được máy thu khuếch đại đến công suất đủ lớn. Tuy nhiên do luôn luôn có tạp âm ở đầu vào máy thu nên nếu tín hiệu thu không đủ lớn hơn tạp âm, khuếch đại sẽ không có tác dụng vì nó khuếch đại cả tạp âm. Tình trạng này còn trở nên tồi tệ hơn vì chính bộ khuếch đại cũng bổ sung thêm tạp âm.

Trong thiết bị tạp âm nhiệt gây ra do chuyển động nhiệt của các điện tử trong các vật dẫn. Nó được tạo ra ở các phần tử ghép có tổn hao giữa anten với máy thu và ở các tầng đầu của máy thu. Mật độ phổ công suất tạp âm nhiệt không đổi ở tất cả các tần số thấp hơn 10^{12} Hz., vì thế được gọi là tạp âm trắng. Quá trình tạp âm nhiệt ở máy thu được mô hình hoá bằng quá trình tạp âm trắng Gauss cộng (AWGN: additive white Gauss noise) và được biểu thị bằng công suất tạp âm cực đại có thể có ở đầu vào bộ khuếch đại như sau:

$$N = kT\Delta f, W \quad (7.10)$$

trong đó $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ WHz}^{-1} \text{ T}^{-1}$ là hằng số Boltzmann; T là nhiệt độ tạp âm đo bằng Kelvin và Δf là băng thông kênh.

Mật độ phổ công suất tạp âm (PSD) đơn biên trong trường hợp này được xác định như sau:

$$N_0 = \frac{N}{\Delta f} = kT, W/\text{Hz} \quad (7.11)$$

7.5.1. Tạp âm anten

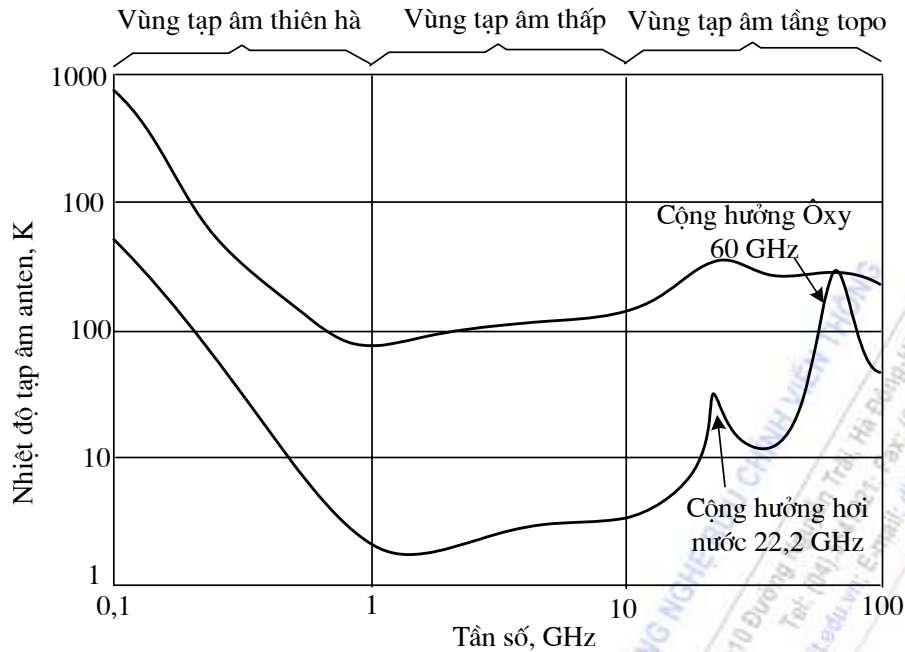
Các anten thu đưa tạp âm vào các đường truyền vệ tinh. Như vậy tạp âm do các anten vệ tinh và anten trạm mặt đất đưa vào. Mặc dù nguyên nhân vật lý như nhau, nhưng mức độ ảnh hưởng rất khác nhau.

Có thể phân chia tạp âm do anten đưa vào thành hai nhóm: tạp âm xuất xứ từ tổn hao anten và tạp âm bầu trời. Tạp âm bầu trời là thuật ngữ để miêu tả phát xạ vi ba từ vũ trụ do các phần tử được làm nóng trong vũ trụ gây ra. Sự phát xạ này trong thực tế bao phủ phổ rộng hơn phổ vi ba. Nhiệt độ tạp âm tương đương của bầu trời nhìn từ anten mặt đất được cho ở hình 7.2. Đồ thị phía dưới dành cho anten hướng thẳng đỉnh đầu (thiên đỉnh) còn đồ thị cao hơn dành cho anten hướng ngay trên đường chân trời. Sự tăng nhiệt độ tạp âm trong trường hợp thứ hai là do sự phát xạ nhiệt của trái đất và đây là lý do thiết lập giới hạn dưới của góc ngẩng anten bằng 5° ở băng C và 10° ở băng Ku.

Các đồ thị cho thấy tại đầu tần số thấp của phổ, tạp âm giảm khi tăng tần số. Khi anten hướng thiên đỉnh, nhiệt độ tạp âm giảm xuống còn 3 K tại các tần số nằm trong khoảng từ 1 đến 10 GHz. Phía trên 10 GHz có hai đỉnh nhiệt độ.

Mọi cơ chế tổn hao hấp thụ đều tạo ra tạp âm nhiệt vì tồn tại liên quan trực tiếp giữa tổn hao và tạp âm nhiệt. Mưa đưa vào tổn hao và vì thế gây ra giảm cấp theo hai cách: giảm tín hiệu và đưa vào tạp âm. Ảnh hưởng của mưa ở băng Ku tồi tệ hơn nhiều so với ở băng C.

Hình 7.2 áp dụng cho các anten mặt đất. Các anten vệ tinh thông thường hướng xuống mặt đất và vì thế chúng thu phát xạ nhiệt từ mặt đất. Trong trường hợp này nhiệt độ tạp âm nhiệt tương đương của anten ngoại trừ các tổn hao của anten vào khoảng 290°K .



Hình 7.2. Nhiệt độ tạp âm không thể giảm được của một anten mặt đất. Anten được coi rằng có búp rất hẹp và không có các búp bên hoặc tổn hao điện. Dưới 1GHz giá trị cực đại xảy ra đối với búp hướng đến các cực thiên hà. Tại các tần số cao hơn các giá trị cực đại xảy ra đối với búp ngay sát đường chân trời và các giá trị cực tiểu xảy ra đối với búp thiên đỉnh. Vùng tạp âm thấp giữa 1 và 10 GHz tốt nhất cho áp dụng các anten tạp âm thấp.

Các tổn hao anten cộng với tạp âm thu từ phát xạ và tổng nhiệt độ tạp âm anten này là tổng của tạp âm tương đương của tất cả các nguồn trên. Đối với các anten băng C mặt đất, thông thường tổng nhiệt độ tạp âm anten vào khoảng 60K và đối với băng Ku vào khoảng 80 K trong điều kiện bầu trời quang đãng. Tất nhiên không thể áp dụng các giá trị này cho các trường hợp đặc biệt và chúng được dẫn ra ở đây chỉ để cho ta một khái niệm về các đại lượng có thể có.

7.5.2. Hệ số tạp âm và nhiệt độ tạp âm

7.5.2.1. Hệ số tạp âm

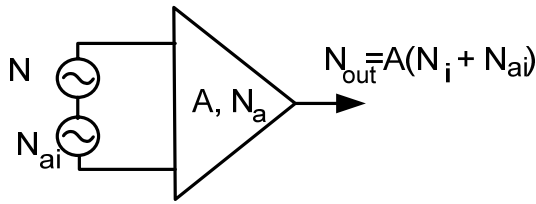
Hệ số tạp âm được định nghĩa là tỷ số giữa tỷ số tín hiệu trên tạp âm ở đầu vào với tỷ số này ở đầu ra phần tử thu như sau:

$$NF = \frac{SNR_{in}}{SNR_{out}} \quad (7.12)$$

Hệ số tạp âm của máy thu chủ yếu được xác định bởi các tầng đầu của máy thu. Ở hình 5 tạp âm gây ra do bộ khuếch đại của máy thu được quy đổi thành tạp âm đầu vào máy thu và được ký hiệu là N_{ai} . Từ hình 7.3 ta có thể viết lại công thức (7.12) như sau:

$$NF = \frac{P_r / N_i}{AP_r / A(N_i + N_{ai})} = 1 + \frac{N_{ai}}{N_i} \quad (7.13)$$

trong đó: P_r là công suất thu, A là khuếch đại của mạch gây tạp âm, N_i là tạp âm đầu vào và N_{ai} là tạp âm quy đổi đầu vào của phần tử gây tạp âm (xem hình 7.3).



Hình 7.3. Tạp âm quy đổi đầu vào

Để có thể áp dụng được NF ta phải sử dụng nguồn tạp âm tham khảo N_i . Như vậy hệ số tạp âm sẽ cho thấy thiết bị sẽ tạo ra tạp âm lớn hơn bao nhiêu lần tạp âm của nguồn tham khảo. Hệ số tạp âm có thể được xác định đối với nguồn tạp âm tham khảo ở nhiệt độ $T = 290$ K. Khi này mật độ công suất tạp âm của nguồn tham khảo như sau:

$$N_0 = kT = 1,38 \times 10^{-23} \times 290 = 4 \times 10^{-21} \text{ W/Hz} \quad (7.14)$$

hay ở dB là:

$$N_0 = -204 \text{ dBW/Hz} \quad (7.15)$$

7.5.2.2. Nhiệt độ tạp âm

Biến đổi phương trình (7.13) ta được:

$$N_{ai} = (NF-1)N_i \quad (7.16)$$

Nếu thay $N_i = kT_i \Delta f$ và $N_{ai} = kT_r \Delta f$, trong đó T_i là nhiệt độ nguồn tham khảo còn T_r là nhiệt độ tạp âm hiệu dụng của máy thu, ta có thể viết:

$$\begin{aligned} kT_r \Delta f &= (NF-1)kT_i \Delta f \\ T_r &= (NF-1)T_i \end{aligned}$$

Vì ta chọn $T_i = 290$ K, nên:

$$T_r = (NF-1)290K \quad (7.17)$$

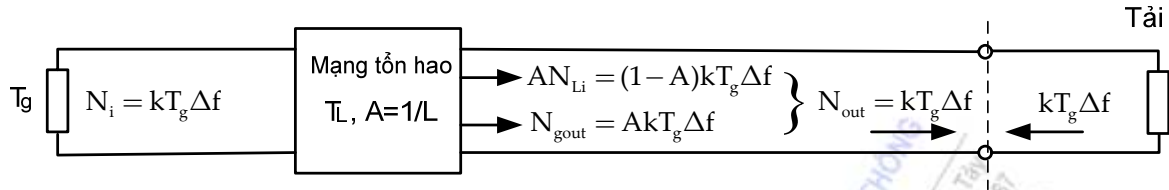
Phương trình (7.17) cho ta thấy rằng có thể mô hình hoá một bộ khuếch đại có tạp âm như nguồn tạp âm bổ sung (hình 7.3) hoạt động ở nhiệt độ tạp âm hiệu dụng T_r . Đối với các kết cuối là điện trở thuần túy thì T_r không bao giờ thấp hơn nhiệt độ môi trường xung quanh trừ khi nó được làm nguội. Cần lưu ý rằng đối với các đầu cuối là điện kháng (chẳng hạn các bộ khuếch đại thông số không được làm nguội) hay các thiết bị có tạp âm nhỏ khác thì T_r có thể thấp hơn 290 K rất nhiều. Ta cũng có thể biểu diễn tạp âm đầu ra N_{out} của một bộ khuếch đại phụ thuộc vào nhiệt độ tạp âm hiệu dụng của nó như sau:

$$\begin{aligned} N_{out} &= AN_i + AN_{ai} \\ &= AkT_g \Delta f + AkT_r \Delta f = Ak(T_g + T_r) \Delta f \end{aligned} \quad (7.18)$$

trong đó T_g là nhiệt độ của nguồn.

7.5.2.3. Nhiệt độ tạp âm đường dẫn sóng

Đường dẫn sóng khác với bộ khuếch đại ở chỗ nó chỉ gây tổn hao và tạp âm. Ta xét một đường dẫn sóng chỉ có tổn hao ở hình 7.4.



Hình 7.4. Đường tổn hao: trở kháng và nhiệt độ được phối hợp cả hai đầu

Giả thiết đường này được phối hợp trở kháng tại nguồn và tải. L là tổn hao công suất được xác định như sau:

$$L = \frac{\text{Công suất vào}}{\text{Công suất ra}} \quad (7.19)$$

Vậy hệ số khuếch đại $A=1/L$ (nhỏ hơn một). Giả sử nhiệt độ của tất cả các phần tử là T_g . Tổng công suất tạp âm đầu ra là:

$$N_{out} = kT_g \Delta f \quad (7.20)$$

vì đầu ra của mạng chỉ là thuần trở tại nhiệt độ T_g . Tổng công suất ngược về mạng phải cũng bằng N_{out} để đảm bảo cân bằng nhiệt. Nhắc lại rằng công suất tạp âm có thể $kT_g \Delta f$ chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ, băng thông và phối hợp trở kháng. Có thể coi rằng N_{out} gồm hai thành phần, N_{go} và AN_{Li} như sau:

$$N_{out} = kT_g \Delta f = N_{gout} + AN_{Li} \quad (7.21)$$

trong đó:

$$N_{gout} = AkT_g \Delta f \quad (7.22)$$

là thành phần công suất tạp âm đầu ra do nguồn tạp âm gây ra và AN_{Li} là thành phần công suất tạp âm do mạng tổn hao gây ra, trong đó N_{Li} là tạp âm của mạng quy đổi đầu vào. Kết hợp hai phương trình (7.21), (7.22) ta có thể viết:

$$kT_g \Delta f = A kT_g \Delta f + AN_{Li} \quad (7.23)$$

Giải phương trình(24) trên để tìm N_{Li} ta được:

$$N_{Li} = \frac{1-A}{A} kT_g \Delta f = kT_L \Delta f \quad (7.24)$$

Vậy nhiệt độ tạp âm hiệu dụng của đường này sẽ là:

$$T_L = \frac{1-A}{A} T_g = (L-1)T_g \quad (7.25)$$

Chọn nhiệt độ tham khảo $T_g = 290$ k, ta có thể viết:

$$T_L = (L-1) 290 \text{ K} \quad (7.26)$$

Sử dụng các phương trình (7.17) và (7.26), ta có thể biểu diễn hệ số tạp âm hiệu dụng của đường tổn hao như sau:

$$NF = 1 + \frac{T_L}{290} = L \quad (7.27)$$

7.5.2.4. Nhiệt độ tạp âm của nối tầng

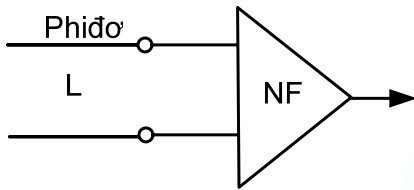
Từ giao trình cơ sở truyền dẫn vi ba số ta có thể viết hệ số tạp âm của m tầng nối tầng như sau

$$NF_{\text{tol}} = NF_1 + \frac{NF_2 - 1}{A_{p1}} + \frac{NF_3 - 1}{A_{p1}A_{p2}} + \dots + \frac{NF_m - 1}{A_{p1}A_{p2} \dots A_{m-1}} \quad (7.28)$$

Kết hợp phương trình (7.16) và (7.27) ta được tổng nhiệt độ tạp âm trong trường hợp này như sau:

$$T_{\text{tol}} = T_1 + \frac{T_2}{A_{p1}} + \frac{T_3}{A_{p1}A_{p2}} + \dots + \frac{T_m}{A_{p1}A_{p2} \dots A_{m-1}} \quad (7.29)$$

Hình 7.5 cho thấy một tổ chức mạch điện hình trong đó đường phidơ tổn hao L được nối với bộ khuếch đại có hệ số tạp âm NF.



Hình 7.5. Nối phidơ với bộ khuếch đại

Áp dụng phương trình (7.26) và (7.27) cho trường hợp này ta được:

$$NF_{\text{tol}} = L + L(NF-1) = LNF \quad (7.30)$$

vì hệ số tạp âm của phidơ là L và khuếch đại của nó là 1/L.

Sử dụng phương trình (7.16) ta có thể viết:

$$T_{\text{tol}} = (LNF-1)290 \text{ K} \quad (7.31)$$

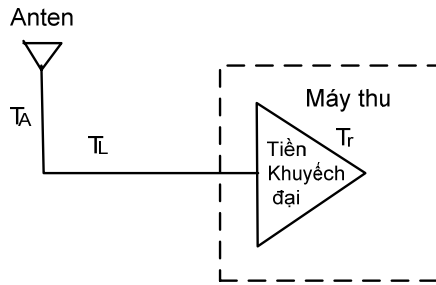
Ta cũng có thể viết nhiệt độ tổng của đường phidơ và bộ khuếch đại như sau:

$$\begin{aligned} T_{\text{tol}} &= (LNF-L+L-1)290 \text{ K} \\ &= [(L-1)+L(NF-1)]290 \text{ K} \\ &= T_L + LT_r \end{aligned} \quad (7.32)$$

Đối với các hệ thống thông tin trên mặt đất NF thường được sử dụng. Các hệ thống thông tin vệ tinh thường sử dụng khái niệm nhiệt độ tạp âm.

7.5.2.5. Nhiệt độ tạp âm hệ thống

Hình 7.6 cho thấy sơ đồ của một hệ thống chứa các phần tử gây ảnh hưởng tạp âm nhất ở máy thu: anten, phidơ và bộ tiền khuếch đại.



Hình 7.6. Các phần tử chính gây tạp âm tại máy thu

Nhiệt độ tạp âm hệ thống là tổng nhiệt độ của tất cả các phần tử chính đóng góp vào tạp âm ở máy thu:

$$T_S = T_A + T_{tol} \quad (7.33)$$

trong đó T_A là nhiệt độ tạp âm của anten và T_{tol} là tổng nhiệt độ tạp âm của phidơ và bộ tiền khuếch đại.

Sử dụng phương trình (7.32) ta có thể viết lại phương trình (7.33) như sau:

$$T_S = T_A + T_L + L T_r \quad (7.34)$$

$$= T_A + (L-1)290K + L(NF-1)290K$$

$$= T_A + (LNF-1)290K \quad (7.35)$$

Nếu LNF được cho ở dB thì T_S có dạng:

$$T_S = T_A + (10^{LNF/10} - 1)290K \quad (7.36)$$

7.6. TỶ SỐ TÍN HIỆU TRÊN TẠP ÂM

Ba thông số thường được sử dụng để đánh giá tỷ số tín hiệu trên tạp âm là: sóng mang trên tạp âm (C/N hay P_r/N), sóng mang trên mật độ tạp âm (C/N_0 hay P_r/N_0) và năng lượng bit trên mật độ phổ tạp âm (E_b/N_0). Quan hệ giữa các thông số này như sau:

$$P_r/N_0 = (P_r/N) \text{ dB} + 10 \lg(\Delta f), \text{ dB.Hz} \quad (7.37)$$

$$E_b/N_0 = (P_r/N) \text{ dB} - 10 \lg(R_b/\Delta f), \text{ dB} \quad (7.38)$$

trong đó: P_r là công suất thu sóng mang (C), R_b là tốc bit và E_b là năng lượng bit $= P_r T_b = P_r / R_b$, Δf là độ rộng băng tần.

C/N_0 và E_b/N_0 không phụ thuộc vào tần số thường được sử dụng để so sánh hiệu suất của các hệ thống khác nhau. C/N phụ thuộc vào độ rộng băng tần của một hệ thống cho trước (chẳng hạn bộ lọc máy thu).

Sử dụng phương trình (7.1) và (7.11) và ta có thể viết:

$$P_r/N_0 = \text{EIRP} + G_r/T - L_p - k, \text{ dB/Hz} \quad (7.39)$$

Lưu ý rằng hệ số khuếch đại anten thu và nhiệt độ tạp âm hệ thống được kết hợp chung thành một thông số và đôi khi tỷ số này được gọi là độ nhạy máy thu.

7.7. TỶ SỐ TÍN HIỆU TRÊN TẠP ÂM ĐƯỜNG LÊN

7.7.1. Công thức tổng quát

Đường lên trong đường truyền vệ tinh là đường phát từ trạm mặt đất đến vệ tinh. Ta có thể sử dụng phương trình (7.39) cho đường lên với ký hiệu U để biểu thị cho đường lên. Như vậy phương trình (7.39) có thể được viết lại cho đường lên như sau:

$$\left[\frac{P_r}{N_0} \right]_U = \text{EIRP}_U + \left[\frac{G}{T} \right]_U - [L_p]_U - k, \text{ dBHz} \quad (7.40)$$

Trong phương trình (7.40), các giá trị được sử dụng là EIRP của trạm mặt đất, tổn hao của phễu máy thu vệ tinh và G/T (thường được gọi là hệ số phẩm chất trạm) của máy thu vệ tinh. Tổn hao trong không gian tự do và các tổn hao khác phụ thuộc vào tần số được tính theo tần số của đường lên. Kết quả tính toán tỷ số sóng mang trên tạp âm theo phương trình (7.40) là tỷ số tại máy thu vệ tinh.

Khi cần sử dụng tỷ số sóng mang trên tạp âm chứ không phải tỷ số sóng mang trên mật độ tạp âm ta có thể sử dụng công thức sau:

$$\left[\frac{P_r}{N} \right]_U = \text{EIRP}_U + \left[\frac{G}{T} \right]_U - [L_p]_U - k - B, \text{ dBHz} \quad (7.41)$$

trong đó B là độ rộng băng tần tín hiệu được coi bằng độ rộng băng tần tạp âm B_N .

7.7.2. Mật độ thông lượng bão hoà

Bộ khuếch đại đèn sóng chạy (ký hiệu TWTA) trong bộ phát đáp vệ tinh bị bão hoà công suất đầu ra. Mật độ thông lượng cần thiết tại anten thu để tạo nên bão hoà TWTA được gọi là **mật độ thông lượng bão hoà**. Mật độ thông lượng bão hoà là một đại lượng được quy định khi tính toán quỹ đường truyền và biết được nó ta có thể tính toán EIRP cần thiết tại trạm mặt đất. Để hiểu được vấn đề này ta xét phương trình sau cho mật độ thông lượng tại anten thu:

$$\Psi_M = \frac{\text{EIRP}}{4\pi r^2} \quad (7.42)$$

Đây chính là thông lượng mà một bộ phát xạ đẳng hướng có công suất bằng EIRP tạo ra tại một đơn vị diện tích cách nó r.

Ở dạng dB ta được:

$$\Psi_M = \text{EIRP} + 10 \lg \frac{1}{4\pi r^2} \quad (7.43)$$

Ta có tổn hao trong không gian tự do được xác định như sau:

$$FSL = 10 \lg \left(\frac{4\pi r}{\lambda} \right)^2 = -10 \lg \frac{\lambda^2}{4\pi} - 10 \lg \frac{1}{4\pi r^2}$$

hay:

$$10 \lg \frac{1}{4\pi r^2} = -FSL - 10 \lg \frac{\lambda^2}{4\pi} \quad (7.44)$$

Thay phương trình (7.43) vào (7.42) ta được:

$$\Psi_M = EIRP - FSL - 10 \lg \frac{\lambda^2}{4\pi} \quad (7.45)$$

Thành phần $\lambda^2/4\pi$ có kích thước của diện tích, trong thực tế nó là diện tích hiệu dụng của một anten đẳng hướng. Ta ký hiệu nó là A_0 như sau:

$$A_0 = 10 \lg \frac{\lambda^2}{4\pi} \quad (7.46)$$

Vì thông thường ta biết được tần số chứ không phải bước sóng nên ta có thể viết lại phương trình (7.46) theo tần số ở GHz như sau:

$$A_0 = -(21,45 + 20 \lg f) \quad (7.47)$$

Kết hợp phương trình (7.46) với (7.45) ta được:

$$EIRP = \Psi_M + A_0 + FSL, \quad \text{dBW} \quad (7.48)$$

Phương trình (7.48) được rút ra trên cơ sở là chỉ có tổn hao không gian tự do (ký hiệu là FSL), nên nếu xét đến cả các tổn hao khác như: hấp thu khí quyển (AA), lệch phân cực (PL), lệch đồng chỉnh anten và tổn hao đầu nối cùng với phễu thu (RFL), ta có thể viết lại nó như sau:

$$EIRP = \Psi_M + A_0 + L_P - RFL, \text{ dBW} \quad (7.49)$$

trong đó: $L_P = FSL + AA + PL + AML$

Đây là phương trình cho điều kiện bầu trời quang và nó xác định giá trị EIRP cực tiểu mà trạm mặt đất phải đảm bảo để tạo ra mật độ thông lượng cần thiết tại vệ tinh. Thông thường, mật độ thông lượng bão hoà được quy định, khi này phương trình (7.49) có dạng:

$$EIRP_{S,U} = \Psi_S + A_0 + L_{P,U} - RFL, \text{ dBW} \quad (7.50)$$

trong đó S ký hiệu cho bão hoà còn U ký hiệu cho đường lên.

7.7.3. Độ lùi đầu vào

Khi nhiều sóng mang được đưa vào cùng một bộ khuếch đại sử dụng đèn sóng chạy, điểm công tác phải được đặt lùi đến phần tuyến tính của đặc tuyến truyền đạt để giảm ảnh hưởng do

méo điều chế giao thoa. Hoạt động nhiễu sóng mang này xảy ra ở FDMA. Trong trường hợp này EIRP trạm mặt đất phải giảm đi một lượng gọi là độ lùi (BO: back off) kết quả ta được:

$$\text{EIRP}_U = \text{EIRP}_S - \text{BO}_i \quad (7.51)$$

trong đó EIRP_S là công suất trạm mặt đất tại điểm bão hoà.

Mặc dù có sự điều khiển công suất vào cho bộ khuếch đại của bộ phát đáp thông qua trạm TT&C mặt đất, nhưng thông thường cần có độ lùi đầu vào bằng cách giảm EIRP của các trạm mặt đất khi truy nhập bộ phát đáp.

Ta có thể thế các phương trình (7.50) và (7.51) vào (7.40) để được:

$$\left[\frac{P_r}{N_0} \right]_U = \Psi_S + A_0 - \text{BO}_i + \left[\frac{G}{T} \right]_U - k - \text{RFL} , \text{ dBHz} \quad (7.52)$$

7.7.4. Bộ khuếch đại công suất lớn

Bộ khuếch đại công suất lớn (được ký hiệu là HPA) của trạm mặt đất có nhiệm vụ cung cấp công suất bằng công suất phát xạ cộng tổn hao phidơ (tổn hao này được ký hiệu là TFL). TFL bao gồm tổn hao ống dẫn sóng, bộ lọc, bộ ghép nối giữa đầu ra bộ khuếch đại công suất với anten. Từ phương trình (7.2) ta có thể biểu diễn công suất đầu ra bộ khuếch đại theo dB như sau:

$$P_{\text{HPA}} = \text{EIRP} - G_T + \text{TFL} \quad (7.53)$$

trong đó EIRP được xác định theo phương trình (7.52) bao gồm cả độ lùi cần thiết cho vệ tinh.

Bản thân trạm mặt đất có thể phải phát nhiều sóng mang và đầu ra của nó cũng đòi hỏi độ lùi (ký hiệu là BO_{HPA}). Bộ khuếch đại công suất lớn trạm mặt đất phải được thiết kế theo công suất bão hoà đầu ra như sau:

$$P_{\text{HPA},S} = P_{\text{HPA}} + \text{BO}_{\text{HPA}} \quad (7.54)$$

Tất nhiên HPA sẽ hoạt động tại mức công suất lùi để đảm bảo công suất đầu ra P_{HPA} cần thiết. Để đảm bảo làm việc tại vùng tương đối tuyến tính, có thể sử dụng bộ khuếch đại công suất lớn với mức bão hoà tương đối cao và độ lùi cao. Đối với các trạm mặt đất kích thước vật lý lớn và tiêu thụ công suất cao của đèn khuếch đại không gây phí tổn như ở trên vệ tinh. Ngoài ra cũng cần nhấn mạnh rằng độ lùi cần thiết tại trạm mặt đất có thể hoàn toàn độc lập với các yêu cầu độ lùi của bộ phát đáp vệ tinh. Công suất của trạm mặt đất cũng phải đủ lớn để đảm bảo độ dự trữ phađinh.

7. 8. TỶ SỐ TÍN HIỆU TRÊN TẠP ÂM ĐƯỜNG XUỐNG

7.8.1. Công thức tổng quát

Đường xuống là đường phát từ vệ tinh xuống trạm mặt đất. Ta có thể sử dụng phương trình (7.40) cho đường xuống với thay U bằng D để ký hiệu cho đường xuống như sau:

$$\left[\frac{P_r}{N_0} \right]_D = \text{EIRP}_D + \left[\frac{G}{T} \right]_D - [L_P]_D - k, \text{ dB.Hz} \quad (7.55)$$

Trong phương trình (7.59) các giá trị được sử dụng là EIRP vệ tinh, các tổn hao phễu máy thu trạm mặt đất và G/T máy thu trạm mặt đất. Tổn hao không gian tự do và các tổn hao phụ thuộc tần số khác được tính theo tần số đường xuống. Kết quả tỷ số sóng mang trên mật độ tạp âm tính theo phương trình (7.58) là tỷ số tại bộ tách sóng của máy thu trạm mặt đất.

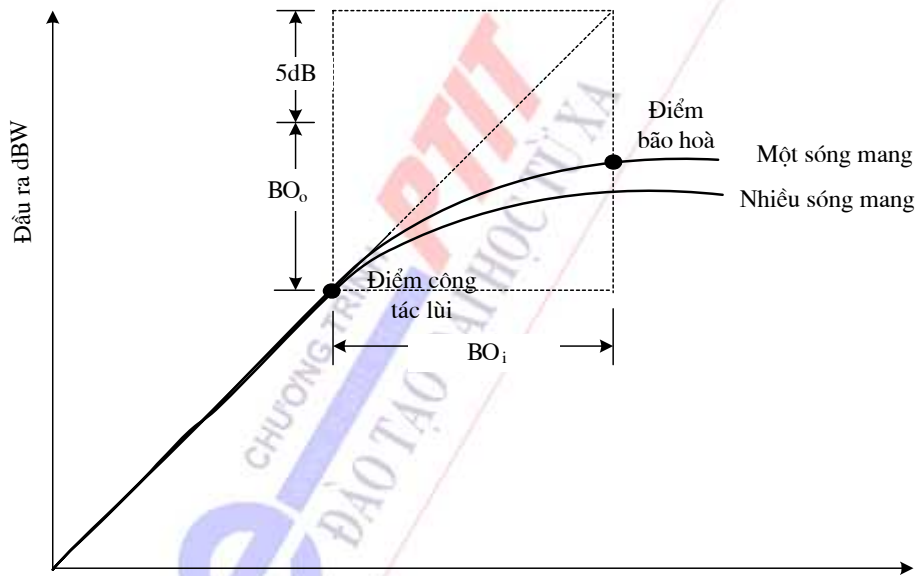
Khi cần xác định tỷ số sóng mang trên tạp âm chứ không phải tỷ số sóng mang trên mật độ tạp âm ta có thể sử dụng công thức sau:

$$\left[\frac{P_r}{N} \right]_D = \text{EIRP}_D + \left[\frac{G}{T} \right]_D - [L_P]_D - k - B, \text{ dB} \quad (7.56)$$

trong đó B là độ rộng băng tần tín hiệu được coi bằng độ rộng băng tần tạp âm B_N .

7.8.2 Độ lùi đầu ra

Khi sử dụng độ lùi đầu vào như đã nói ở trên, ta phải cho phép một độ lùi đầu ra tương ứng ở EIRP vệ tinh. Đường cong ở hình 7.7 cho thấy độ lùi đầu ra không quan hệ tuyến tính với độ lùi đầu vào. Một quy tắc thường được sử dụng là chọn độ lùi đầu ra tại điểm đường cong có giá trị 5 dB thấp hơn phần tuyến tính ngoại suy như thấy ở hình 7.7. Vì đoạn tuyến tính thay đổi theo tỷ lệ 1:1 ở dB, nên độ lùi đầu ra $BO_o = BO_i - 5\text{dB}$. Chẳng hạn nếu độ lùi đầu vào : $BO_i = 11\text{ dB}$ thì độ lùi đầu ra bằng $BO_o = 11 - 5 = 6\text{ dB}$.



Hình 7.7. Quan hệ giữa độ lùi đầu ra và độ lùi đầu vào cho bộ khuếch đại đèn sóng chạy ở vệ tinh

Nếu EIRP đối với điều kiện bão hòa được ký hiệu là $\text{EIRP}_{S,D}$ thì $\text{EIRP}_D = \text{EIRP}_{S,D} - BO_o$ và phương trình (7.55) trở thành:

$$\left[\frac{P_r}{N_0} \right]_D = \text{EIRP}_{S,D} - BO_o + \left[\frac{G}{T} \right]_D - [L_P]_D - k, \text{ dB.Hz} \quad (7.57)$$

7.8.3. Công suất ra của đèn sóng chạy

Bộ khuếch đại công suất vệ tinh thường là bộ khuếch đại đèn sóng chạy (ký hiệu TWTA) có nhiệm vụ cung cấp công suất phát xạ cộng với các tổn hao phiđơ phát. Các tổn hao này bao gồm: tổn hao ống dẫn sóng, bộ lọc và bộ ghép giữa đầu ra bộ khuếch đại đèn sóng chạy với anten phát của vệ tinh. Theo phương trình (7.2) ta có thể biểu diễn công suất đầu ra của TWTA như sau:

$$P_{TWTA} = EIRP_D - G_{T,D} + TFL_D, \text{ dBw} \quad (7.58)$$

Sau khi đã biết được P_{TWTA} ta có thể xác định công suất ra bão hoà của TWTA như sau:

$$P_{TWTA,S} = P_{TWTA} + BO_o, \text{ dBW} \quad (7.59)$$

7.9. ẢNH HƯỞNG CỦA MƯA

Từ trước đến nay ta chỉ tính toán đường truyền cho điều kiện bầu trời quang nghĩa là không xét đến các ảnh hưởng của các hiện tượng khí hậu thời tiết lên cường độ tín hiệu. Trong băng C và đặc biệt là trong băng Ku mưa là nguyên nhân đáng kể nhất gây ra phadinh. Mưa làm yếu sóng điện từ do tán xạ và hấp thụ chúng. Suy hao do mưa tăng khi tần số tăng và tình trạng này tồi hơn ở băng Ku so với băng C. Các nghiên cứu cho thấy suy hao mưa đối với phân cực ngang lớn hơn nhiều so với phân cực đứng.

Các số liệu về suy hao mưa thường được cung cấp ở dạng các đường cong hoặc bảng trong đó chỉ ra số phần trăm thời gian một suy hao nào đó bị vượt quá hay tương đương với xác suất mà suy hao này bị vượt quá. Thí dụ về các giá trị trung bình ở băng Ku được cho ở bảng 7.1 (dựa trên số liệu cho một số vùng tại Canada). Các số phần trăm ở đầu ra ba cột trong bảng cho thấy phần trăm thời gian tính trung bình trong một năm mà ở đó suy hao vượt quá các giá trị dB trong cột. Chẳng hạn tại Thunder Bay, suy hao mưa tính trung bình trong năm vượt quá 0,2 dB trong thời gian 1% của năm, 0,3 dB trong thời gian 0,5% của năm và 1,3 dB trong thời gian 0,1 phần trăm của năm. Một cách khác ta có thể nói rằng 99% thời gian của năm suy hao sẽ bằng hoặc thấp hơn 0,2 dB; 99,5% của thời gian của năm suy hao sẽ bằng hoặc thấp hơn 0,3 và 99,9% của năm suy hao sẽ bằng hoặc thấp hơn 1,3 dB.

Suy hao mưa đi kèm với việc tạo ra tạp âm và cả suy hao lẫn tạp âm đều ảnh hưởng xấu lên chất lượng đường truyền vệ tinh.

Vì mưa đi qua khí quyển, nên các hạt mưa thường có dạng dẹt và trở nên có hình elip thay vì hình cầu. Khi một sóng điện từ có phân cực nhất định đi qua các giọt mưa, thành phần trường song song với trục chính của giọt mưa sẽ bị tác động khác với thành phần song song với trục phụ của giọt mưa. Điều này dẫn đến sự lệch phân cực của sóng và kết quả là sóng trở nên phân cực elíp. Điều này đúng cho cả phân cực tuyến tính và phân cực tròn, song ảnh hưởng nghiêm trọng hơn đối với phân cực tròn. Khi chỉ có một phân cực, ảnh hưởng không nghiêm trọng, tuy nhiên khi áp dụng tái sử dụng tần số bằng các phân cực trực giao, cần phải sử dụng các thiết bị triệt phân cực chéo để bù trừ sự lệch phân cực do mưa.

Khi anten mặt đất sử dụng vỏ che, cần xét đến ảnh hưởng của mưa lên vỏ che. Mưa rơi lên vỏ che hình bán cầu sẽ tạo thành lớp nước có độ dày không đổi. Lớp này gây nên tổn hao do hấp thụ và phản xạ sóng. Kết quả nghiên cứu cho thấy suy hao vào khoảng 14 dB đối với lớp nước

Chương 7. Thiết kế đường truyền thông tin vệ tinh

dày 1mm. Vì thế nếu có thể ta không nên sử dụng vỏ che anten. Không có vỏ che, nước sẽ tụ lại tại bộ phản xạ, nhưng tổn hao do nó gây ra ít nghiêm trọng hơn do vỏ che bị ướt gây ra.

Bảng 7.1. Suy hao trong các thành phố và các vùng của tỉnh Ontario

Suy hao mưa, dB			
Địa phương	1%	0,5%	0,12%
Cat Lake	0,2	0,4	1,4
Fort Severn	0,0	0,1	0,4
Geraldton	0,1	0,2	0,9
Kingston	0,4	0,7	1,9
London	0,3	0,5	1,9
North Bay	0,3	0,4	1,9
Ogoki	0,1	0,2	0,9
Ottawa	0,3	0,5	1,9
Sault Ste. Marie	0,3	0,5	1,8
Sioux Lookout	0,2	0,4	1,3
Sudbury	0,3	0,6	2,0
Thunder Bay	0,2	0,3	1,3
Timmins	0,2	0,3	1,4
Toronto	0,2	0,6	1,8
Windsor	0,3	0,6	2,1

7.9.1. Dự trữ phađinh mưa đường lên

Mưa dẫn đến suy hao tín hiệu, tăng nhiệt độ tạp âm và giảm tỷ số P_r/N_0 tại vệ tinh theo hai cách. Tuy nhiên tăng tạp âm không thường xuyên là yếu tố chính đối với đường lên vì anten vệ tinh hướng đến mặt đất "được làm nóng" và mặt đất bổ sung nhiệt độ tạp âm đến máy thu vệ tinh dẫn đến che lấp ảnh hưởng tăng tạp âm do suy hao mưa gây ra. Điều quan trọng ở đây là cần duy trì công suất sóng đường lên trong các giới hạn đối với một số chế độ hoạt động và cần sử dụng **điều khiển công suất** đường lên để bù trừ phađinh cho mưa. Công suất phát vệ tinh phải được giám sát bằng một trạm điều khiển trung tâm hay trong một số trường hợp bằng trạm mặt đất và công suất phát từ trạm mặt đất có thể được điều khiển tăng để bù trừ phađinh. Như vậy bộ khuếch đại công suất cao của trạm mặt đất phải có đủ dự trữ công suất để đáp ứng yêu cầu dự trữ phađinh.

Một số dự trữ phađinh điển hình được cho ở bảng 7.1. Thí dụ, đối với Ottawa, suy hao mưa vượt quá 1,9 dB trong 0,1% thời gian. Điều này có nghĩa rằng để đáp ứng yêu cầu công suất tại đầu vào vệ tinh cho 99,9% thời gian trạm mặt đất cần có khả năng cung cấp dự trữ phađinh 1,9 dB so với điều kiện bầu trời quang.

7.9.2. Dự trữ phađinh mưa đường xuống

Các phương trình (7.55) và (7.56) chỉ áp dụng cho bầu trời quang. Mưa sẽ đưa thêm vào suy hao do hấp thụ và tán xạ, suy hao hấp thụ sẽ đưa vào tạp âm. Giả sử $[L_{rain}]$ là suy hao dB do hấp thụ gây ra. Tỷ lệ tổn hao công suất tương ứng trong trường hợp này sẽ là $L_{rain} = 10^{[L_{rain}]/10}$. Nếu coi ảnh hưởng này như một mạng tổn hao sử dụng công thức (7.26) ta được nhiệt độ tạp âm do mưa quy đổi đầu vào mạng như sau:

$$T_{\text{rain,in}} = (L_{\text{rain}} - 1) T_g \quad (7.60)$$

T_g trong trường hợp này thay cho T_g và được gọi là nhiệt độ của **bộ hấp thụ biểu kiến**. Giá trị nhiệt độ của bộ hấp thụ biểu kiến đo được ở Bắc Mỹ nằm trong khoảng từ 272 đến 290 K. Để được nhiệt độ đầu ra ta nhân biểu thức (7.60) với hệ số khuếch đại của mạng hấp thụ bằng $1/L_{\text{rain}}$, ta được:

$$T_{\text{rain}} = \left(1 - \frac{1}{L_{\text{rain}}}\right) T_a \quad (7.61)$$

Nhiệt độ tạp âm bầu trời bằng nhiệt độ tạp âm trời quang cộng với nhiệt độ tạp âm mưa:

$$T_{\text{sky}} = T_{\text{CS}} + T_{\text{rain}} \quad (7.62)$$

Như vậy mưa giảm tỷ số P_r/N_0 theo hai cách: giảm công suất sóng mang và tăng nhiệt độ tạp âm bầu trời.

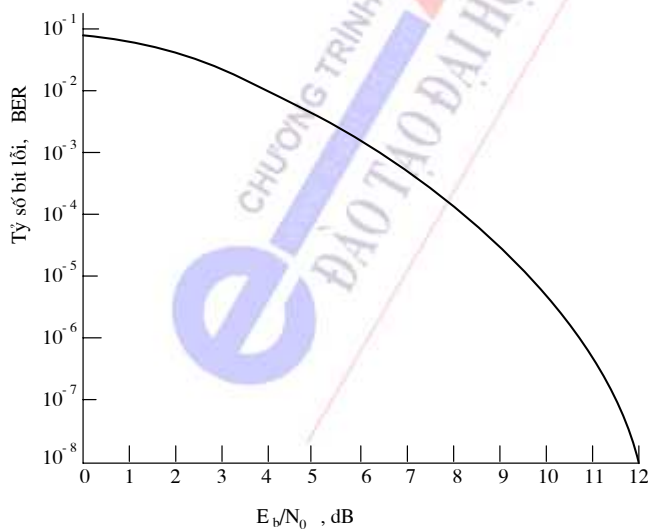
Tổng quát ta có thể xác định quan hệ giữa tỷ số P_r/N khi mưa và khi trời quang như sau:

$$\left(\frac{N}{P_r}\right)_{\text{rain}} = \left(\frac{N}{P_r}\right)_{\text{CS}} \left(L_{\text{rain}} + (L_{\text{rain}} - 1) \frac{T_a}{T_{S,\text{CS}}} \right) \quad (7.63)$$

trong đó: rain ký hiệu cho trời mưa, CS ký hiệu cho trời quang và S_{CS} ký hiệu cho nhiệt độ tạp âm hệ thống khi trời quang.

Đối với các tần số thấp (6/4 GHz) và tốc độ mưa thấp (dưới 1mm/h) suy hao mưa hoàn toàn mang tính hấp thụ. Tại tốc độ mưa cao, tán xạ trở nên đáng kể đặc biệt ở các tần số cao. Khi tán xạ và hấp thụ đều đáng kể, cần sử dụng tổng suy hao để tính toán giảm công suất sóng mang và suy hao hấp thụ để tính tăng nhiệt độ tạp âm.

Đối với các tín hiệu số tỷ số P_r/N_0 được xác định theo BER cho phép không được vượt quá số phần trăm thời gian quy định. Hình 7.8 cho thấy sự phụ thuộc BER vào tỷ số E_b/N_0 .



Hình 7.8. Phụ thuộc BER vào E_b/N_0 cho điều chế BPSK và QPSK

Đối với đường xuống, người sử dụng không điều khiển EIRP vệ tinh và vì thế không thể sử dụng điều khiển công suất như đối với đường lên. Để đảm bảo dự trữ phaseline cần thiết có thể

tăng hệ số khuếch đại anten thu bằng cách sử dụng chảo phản xạ lớn hơn hoặc sử dụng bộ tiền khuếch đại có công suất tạp âm thấp. Cả hai phương pháp đều tăng tỷ số G/T thu và nhờ vậy tăng P_r/N_0 .

7.10. DỰ TRỮ ĐƯỜNG TRUYỀN VI BA SỐ

Việc phân tích quỹ đường truyền cho phép cân đối các tổn hao và độ lợi công suất trong quá trình truyền dẫn để có thể đưa ra một lượng dự trữ công suất cần thiết đảm bảo truyền dẫn trong điều kiện không thuận lợi (pha đỉnh) mà vẫn đảm bảo chất lượng truyền dẫn yêu cầu. Lượng công suất dự trữ này được gọi là dự trữ đường truyền hay dự trữ phaseline và được xác định như sau:

$$M = \left(\frac{E_b}{N_0} \right)_r - \left(\frac{E_b}{N_0} \right)_{req}, \text{ dB} \quad (7.64)$$

trong đó: M là độ dự trữ đường truyền hay phaseline, $(E_b/N_0)_r$, $(E_b/N_0)_{req}$ là tỷ số năng lượng bit trên mật độ phổ công suất tạp âm thu và yêu cầu. Tỷ số theo yêu cầu được xác định theo BER yêu cầu như đã nói ở phần trên.

Vì tín hiệu thu hữu ích ở đây thường là sóng mang được điều chế nên ta thường nói đến tỷ số sóng mang trên tạp âm (C/N) hay (P_r/N) là tỷ số SNR. Sử dụng phương trình (7.39) và (7.64) ta có thể viết:

$$\begin{aligned} M(\text{dB}) = & \text{EIRP (dBW)} + \frac{G_r}{T} (\text{dB/K}) - \left(\frac{E_b}{N_0} \right)_{req} (\text{dB}) - R_b (\text{dB-bit/s}) \\ & - k (\text{dBW/K-Hz}) - L_p (\text{dB}) \end{aligned} \quad (7.65)$$

Thay $k = -228,6 \text{ dBW/K-Hz}$ vào phương trình (7.65) ta được:

$$\begin{aligned} M(\text{dB}) = & \text{EIRP (dBW)} + \frac{G_r}{T} (\text{dB/K}) - \left(\frac{E_b}{N_0} \right)_{req} (\text{dB}) - R_b (\text{dB-bit/s}) \\ & + 228,6 \text{ dBW/K-Hz} - L_p (\text{dB}) \end{aligned} \quad (7.66)$$

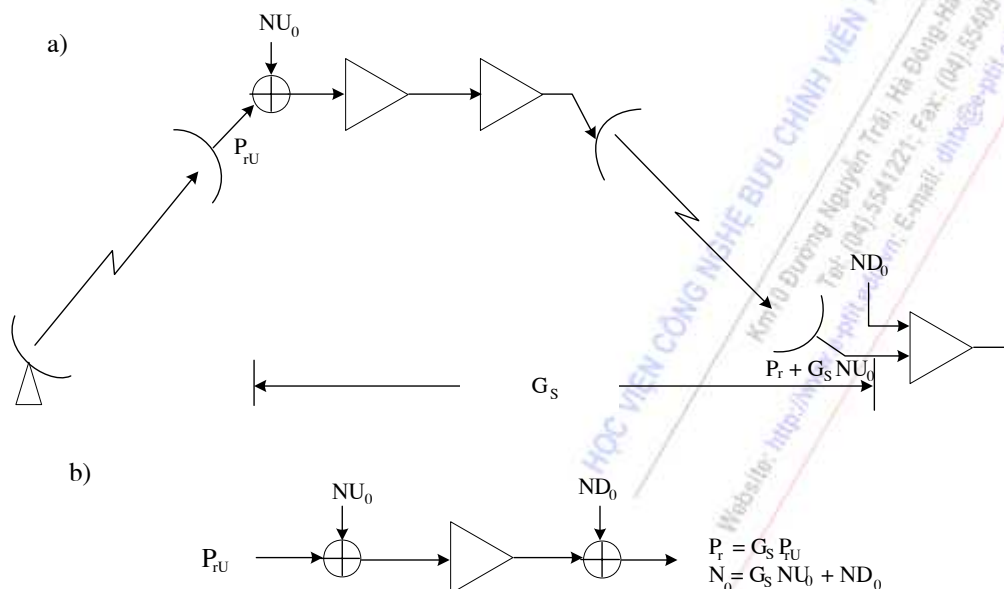
Nếu xét cả tổn hao ở các phần tử nối máy phát đến anten phát và đặt nhiệt độ tham chuẩn $T_R = 290 \text{ K}$ thì ta có thể viết lại phương trình (7.66) như sau:

$$\begin{aligned} M(\text{dB}) = & P_t (\text{dBW}) + G_t (\text{dB}) + G_r (\text{dB}) - L_1 (\text{dB}) - L_2 (\text{dB}) - L_p (\text{dB}) \\ & + 204 (\text{dBW/Hz}) - NF (\text{dB}) - R_b (\text{dB-bit/s}) - \left(\frac{E_b}{N_0} \right)_{req} (\text{dB}) \end{aligned} \quad (7.67)$$

trong đó: P_t , G_t , L_1 là công suất, hệ số khuếch đại và suy hao ở các phần tử nối anten phát. G_r , L_2 là hệ số khuếch đại và suy hao các phần tử nối anten thu. $-kT_R = 204 (\text{dBW/Hz})$, NF là hệ số tạp âm.

7.11. TỶ SỐ TÍN HIỆU TRÊN TẬP ÂM KẾT HỢP ĐƯỜNG LÊN VÀ ĐƯỜNG XUỐNG

Một kênh vệ tinh đầy đủ bao gồm cả đường lên và đường xuống như vẽ ở hình 7.9a. Tập âm sẽ được đưa vào đường lên tại đầu vào của máy thu vệ tinh. Ta ký hiệu công suất tập âm trên đơn vị độ rộng băng tần ở đường lên này là NU_0 và công suất sóng mang tại cùng điểm là P_{rU} . Tỷ số sóng mang trên tập âm đường lên sẽ là P_{rU}/NU_0 .



Hình 7.9. a) Kết hợp đường lên và đường xuống; b) lưu đồ dòng công suất cho a)

Công suất sóng mang tại cuối đường truyền vệ tinh được ký hiệu là P_r tất nhiên đây cũng là công suất sóng mang thu được ở đường xuống. Nó bằng G_S lần công suất sóng mang tại đầu vào vệ tinh, trong đó G_S là khuếch đại công suất hệ thống từ đầu vào vệ tinh đến đầu vào trạm mặt đất như thấy ở hình 7.9a. Nó bao gồm khuếch đại của bộ phát đáp và anten phát, tổn hao đường xuống và khuếch đại anten thu cùng với tổn hao phidơ.

Tập âm tại đầu vào vệ tinh cũng xuất hiện tại đầu vào trạm mặt đất và được nhân với G_S , ngoài ra trạm mặt đất cũng đưa vào tập âm của chính nó (ký hiệu là ND_0). Như vậy tập âm đầu cuối đường truyền là: $G_S NU_0 + ND_0$.

Tỷ số tín hiệu trên tập âm cho một mình đường xuống không xét đến đóng góp của $G_S NU_0$ là P_r/ND_0 và P_r/N_0 kết hợp tại máy thu mặt đất là $P_r/(G_S NU_0 + ND_0)$. Lưu đồ dòng công suất được cho ở hình 7.9b. Tỷ số sóng mang trên tập âm kết hợp có thể được xác định theo các giá trị riêng của từng đường. Để chứng minh điều này tiện hơn cả là ta sử dụng tỷ số tập âm trên sóng mang thay cho sóng mang trên tập âm và biểu diễn ở dạng tỷ số công suất thay cho dB. Ta ký hiệu giá trị tỷ số tập âm trên sóng mang kết hợp là N_0/P_r , giá trị đường lên là $(N_0/P_r)_U$ và giá trị đường xuống là $(N_0/P_r)_D$, khi này:

$$\begin{aligned} \frac{N_0}{P_r} &= \frac{G_S NU_0 + ND_0}{P_r} \\ &= \frac{G_S N_0}{P_r} + \frac{ND_0}{P_r} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{G_s N_0}{G_s P_{rU}} + \frac{N D_0}{P_r} \\
 &= \left(\frac{N_0}{P_r} \right)_U + \left(\frac{N_0}{P_r} \right)_D
 \end{aligned} \tag{7.68}$$

Phương trình (7.68) cho thấy rằng để nhận được giá trị P_r/N_0 kết hợp cần cộng các giá trị đảo của từng thành phần để nhận được giá trị N_0/P_r sau đó đảo lại giá trị này để nhận được P_r/N_0 . Lý do phải đảo ra trị tổng của đảo các thành phần là ở chỗ, công suất của một tín hiệu được truyền qua hệ thống trong khi các công suất tạp âm khác nhau trong hệ thống là tạp âm cộng.

Lý do tương tự áp dụng cho tỷ số sóng mang trên tạp âm P_r/N .

Phương trình (7.68) cho thấy khi một trong số các tỷ số P_r/N_0 của đoạn truyền nhỏ hơn nhiều so với các tỷ số khác, tỷ số P_r/N_0 kết hợp sẽ gần bằng tỷ số thấp nhất này.

Cho đến nay ta chỉ xét tạp âm anten và tạp âm nhiệt thiết bị khi tính toán tỷ số P_r/N_0 kết hợp. Một nguồn tạp âm nữa cần xem xét đó là tạp âm điều chế giao thoa, tạp âm này sẽ được xét tới ở phần dưới đây.

7.12. TỶ SỐ TÍN HIỆU TRÊN TẠP ÂM KẾT HỢP TẠP ÂM ĐIỀU CHẾ GIAO THOA

Điều chế giao thoa xảy ra khi nhiều sóng mang đi qua một thiết bị có đặc tính phi tuyến. Trong các hệ thống thông tin vệ tinh, điều này thường xảy ra nhất ở bộ khuếch đại công suất cao dùng đèn sóng chạy trên vệ tinh.

Thông thường các sản phẩm giao thoa bậc ba rơi vào các tần số mang lân cận và vì thế chúng gây ra nhiễu. Khi số sóng mang được điều chế lớn, ta không thể phân biệt riêng rẽ các sản phẩm giao thoa và các sản phẩm này thể hiện giống như tạp âm nên chúng được gọi là tạp âm điều chế giao thoa.

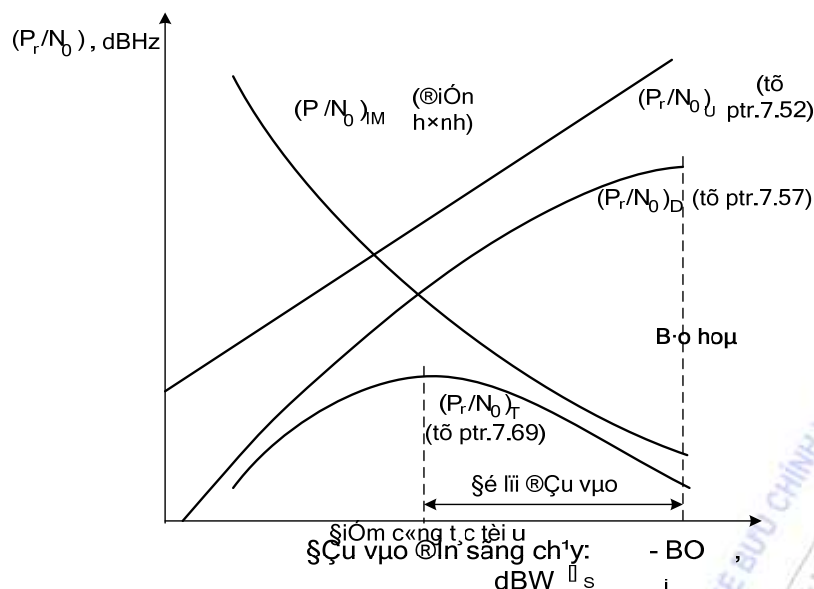
Tỷ số sóng mang trên tạp âm điều chế giao thoa thường được tìm ra bằng phương pháp thực nghiệm, hay trong một số trường hợp có thể được xác định bằng các phương pháp dựa trên máy tính. Khi đã biết được tỷ số này, ta có thể kết hợp nó với tỷ số sóng mang trên tạp âm nhiệt bằng cách cộng các đại lượng nghịch đảo của chúng như đã xét ở phần trên. Nếu ta ký hiệu thành phần điều chế giao thoa là $(P_r/N_0)_{IM}$ và lưu ý rằng cộng các thành phần nghịch đảo của P_r/N được biểu diễn ở tỷ số chứ không ở dB. Ta có thể mở rộng phương trình (7.68) như sau:

$$\left(\frac{N_0}{P_r} \right) = \left(\frac{N_0}{P_r} \right)_U + \left(\frac{N_0}{P_r} \right)_D + \left(\frac{N_0}{P_r} \right)_{IM} \tag{7.69}$$

Để giảm tạp âm, đèn sóng chạy phải làm việc với độ lùi như đã nói ở phần trên.

Sự phụ thuộc của các thành phần tỷ số P_r/N_0 vào đầu vào đèn sóng chạy được vẽ ở hình

7.10.



Hình 7.10. Phụ thuộc các tỷ số tín hiệu trên tạp âm vào độ lùi đầu vào

Đầu vào đèn sóng chạy là $\Psi_S\text{-}BO_i$ vì thế phương trình (7.52) vẽ lên một đoạn thẳng. Phương trình (7.57) thể hiện đường cong của đặc tính đèn sóng chạy vì độ lùi đầu ra BO_o không liên hệ tuyến tính với độ lùi đầu vào (xem hình 7.7). Rất khó dự đoán đường cong điều chế giao thoa, nên hình vẽ chỉ cho thấy xu hướng chung của nó. Tổng (P_r/N_0) được vẽ theo phương trình (7.69). Điểm công tác tối ưu được xác định là điểm cực đại của đường cong này.

7.12. TỔNG KẾT

Chương này đã xét các dạng tổn hao đường truyền khác nhau như: tổn hao do các phần tử của thiết bị vô tuyến, tổn hao không gian tự do, tổn hao khí quyển, tổn hao lệch định hướng anten, tổn hao lệch phân cực và tổn hao do mưa. Quỹ đường truyền được coi là tổng tất cả công suất nhận được và được khuếch đại trên đường truyền bao gồm công suất máy phát, các khuếch đại anten, các khuếch đại trong các bộ khuếch đại (các bộ phát đáp) trừ đi các chi phí cho tổn hao nói trên tính theo dB. Đây chính là công suất còn lại mà máy thu nhận được. Chất lượng đường truyền được đánh giá bằng xác suất lỗi bit hay còn gọi là tỷ số bit lỗi (BER). BER có quan hệ đơn trị với tỷ số tín hiệu trên tạp âm (SNR) vì thế chất lượng đường truyền cũng thường được đánh giá bằng SNR. Khi thiết kế một đường truyền vệ tinh người thiết kế được cho trước BER yêu cầu hay SNR yêu cầu tương ứng. Trong quá trình thiết kế, người thiết kế phải lựa chọn các thông số kênh vệ tinh như: công suất máy phát trạm mặt đất, khuếch đại anten phát trạm mặt đất, khuếch đại anten thu bộ phát đáp, khuếch đại phát đáp, khuếch đại anten phát phát đáp, khuếch đại anten thu trạm mặt đất phía đối tác, độ nhạy máy thu ... khi cho trước khoảng cách từ các trạm mặt đất đến bộ phát đáp trên vệ tinh và hệ số tạp âm (hay nhiệt độ tạp âm) để đảm bảo chất lượng yêu cầu này (BER hay SNR yêu cầu). Các công thức để thiết kế một đường truyền thông tin vệ tinh đều dựa vào tính toán tỷ số tín hiệu thu trên mật độ phổ công suất tạp âm hay công suất tạp âm. Chương này đã đưa ra tất cả các công thức cần thiết cho thiết kế đường truyền vệ tinh nói trên.

7.13. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

- Đường xuống vệ tinh tại tần số 12 GHz làm việc với công suất 6 W và hệ số khuếch đại Anten 48,2 dB. Tính EIRP ở dBW.
(a) 36 dBW; (b) 46 dBW; (c) 50 dBW; (d) 56 dBW
- Tính toán hệ số khuếch đại Anten parabol đường kính 3 m làm việc tại tần số 12 GHz, coi rằng hiệu suất mặt mở bằng 0,55.
(a) 47,9 dBi; (b) 48,9 dBi; (c) 50,9 dBi; (d) 51 dBi
- Khoảng cách giữa trạm mặt đất và vệ tinh là 42.000 km. Tính tổn hao trong không gian tự do tại tần số 6 GHz.
(a) 190,4 dB; (b) 200,9 dB; (c) 210,9 dB; (d) 211,9 dB
- Đường truyền vệ tinh làm việc tại tần số 14 GHz có tổn hao phiđơ bằng 1,5 dB và tổn hao không gian tự do bằng 207 dB. Tổn hao hấp thụ khí quyển bằng 0,5 dB, tổn hao định hướng Anten bằng 0,5 dB, tổn hao lệch cực có thể bỏ qua. Tính tổng tổn hao đường truyền khi trời quang.
(a) 199,5 dB; (b) 209,5 dB; (c) 210,5 dB; (d) 211,5 dB
- Một Anten có nhiệt độ tạp âm là 35K và được phối kháng với máy thu có nhiệt độ tạp âm bằng 100 K.
Mật độ phổ công suất tạp âm có giá trị nào dưới đây?
(a) $1,56 \times 10^{-21}$ W/Hz; (b) $1,66 \times 10^{-21}$ W/Hz; (c) $1,76 \times 10^{-21}$ W/Hz; (d) $1,86 \times 10^{-21}$ W/Hz
Công suất tạp âm có giá trị nào dưới đây?
(a) 0,057 pW; (b) 0,067 pW; (c) 0,077 pW; (d) 0,08 pW
- Một máy thu với tầng đầu có hệ số tạp âm 10 dB, hệ số khuếch đại 80 dB và độ rộng băng tần $\Delta f = 6$ MHz. Công suất thu $P_r = 10^{-11}$ W. Coi rằng tổn hao phiđơ bằng không và nhiệt độ tạp âm Anten là 150K. Hãy tìm T_r , T_s , N_{out} , $(SNR)_{in}$ và $(SNR)_{out}$.
Nhiệt độ tạp âm tầng đầu máy thu (T_r) là giá trị nào dưới đây?
(a) 2600 K; (b) 2610 K; (c) 2620 K; (d) 2630 K
Nhiệt độ tạp âm hệ thống (T_s) là giá trị nào dưới đây?
(a) 2560 K; (b) 2660 K; (c) 2760 K; (d) 2860 K
Công suất tạp âm đầu ra máy thu là giá trị nào dưới đây?
(a) 19 μ W; (b) 20,8 μ W; (c) 21,8 μ W; (d) 22,8 μ W
Tỷ số tín hiệu trên tạp âm đầu vào máy thu, $(SNR)_{in}$, là giá trị nào dưới đây?
(a) 27,1 dB; (b) 29,1 dB; (c) 31,1 dB; (d) 32,1 dB
Tỷ số tín hiệu trên tạp âm đầu ra, $(SNR)_{out}$, máy thu là giá trị nào dưới đây?
(a) 16,4 dB; (b) 17,4 dB; (c) 18,4 dB; (d) 20,4 dB
- (tiếp) Để cải thiện tỷ số tín hiệu trên tạp âm cho máy thu trong bài trên, một bộ khuếch đại tạp âm nhỏ (LNA) được đặt trước tầng đầu máy thu trên. LNA có hệ số tạp âm 3 dB, hệ số khuếch đại 13 dB và băng thông $\Delta f = 6$ MHz. Tìm T_{tol} cho máy thu kết hợp với bộ tiền khuếch đại. Tìm T_s , NF_{tol} , N_{out} và $(SNR)_{out}$. Coi rằng tổn hao phiđơ bằng không.
Tổng nhiệt độ tạp âm máy thu (T_{tol}) là giá trị nào dưới đây?
(a) 400,5 K; (b) 410,5 K; (c) 420,5 K; (d) 430,5 K
Nhiệt độ tạp âm hệ thống T_s là giá trị nào dưới đây?
(a) 550,5 K; (b) 560,5 K; (c) 570,5 K; (d) 580,5 K
Tổng hệ số tạp âm (NF_{out}) là giá trị nào dưới đây?
(a) 2 dB; (b) 3 dB; (c) 4 dB; (d) 5 dB
Công suất tạp âm đầu ra máy thu (N_{out}) là giá trị nào dưới đây?

- (a) 92,4 μW ; (b) 94,4 μW ; (c) 96 μW ; (d) 98 μW
 Tỷ số tín hiệu trên tạp âm là giá trị nào dưới đây?
 (a) 21 dB; (b) 22,3 dB; (c) 23,3 dB; (d) 25dB
8. Khi tính toán quỹ đường truyền tại tần số 12 GHz, tổn hao trong không gian tự do là 206 dB, tổn hao định hướng anten là 1 dB, tổn hao hấp thụ khí quyển là 2 dB. Tỷ số G_r/T của máy thu là 19,5 dB/K và tổn hao phi đơ là 1 dB. EIRP bằng 48 dBW. Hãy tính tỷ số sóng mang trên mật độ phổ công suất tạp âm.
 (a) 86,10 dHHz⁻¹; (b) 87,10 dHHz⁻¹; (c) 88,10 dHHz⁻¹; (d) 90 dHHz⁻¹
9. Một đường lên làm việc tại tần số 14 GHz, mật độ thông lượng yêu cầu để bảo hòa bộ phát đáp là -120 dBWm⁻². Tổn hao không gian tự do là 207 dB và các tổn hao truyền sóng khác là 2 dB. Hãy tính EIRP yêu cầu của trạm mặt đất để được bảo hoà, coi rằng trời quang và bỏ qua tổn hao phidơ thu (RFL).
 (a) 40,37 dBW; (b) 42,37 dBW; (c) 43,37 dBW; (d) 44,37 dBW
10. Một đường lên tại tần số 14 GHz yêu cầu mật độ thông lượng bảo hoà -91,4 dBWm⁻² và độ lùi đầu vào 11 dB. G/T vệ tinh bằng -6,7 dBK⁻¹ và tổn hao phidơ là 0,6 dB. Tính tỷ số sóng mang trên mật độ tạp âm
 (a) 74,5 dBHz⁻¹; (b) 75,5 dBHz⁻¹; (c) 76 dBHz⁻¹; (d) 77 dBHz⁻¹
11. Một tín hiệu TV vệ tinh chiếm toàn bộ độ rộng băng tần của bộ phát đáp 36 MHz, phải đảm bảo tỷ số P_r/N tại trạm mặt đất thu là 22 dB. Giả sử tổng các tổn hao truyền dẫn là 200 dB và G/T của trạm mặt đất thu là 31 dB/K, hãy tính toán EIRP cần thiết.
 (a) 37dBW; (b) 38dBW; (c) 39dBW; (d) 40 dBW
12. Vệ tinh phát tín hiệu QPSK, Bộ lọc cosin tăng được sử dụng với hệ số dốc bằng 0,2 và BER yêu cầu là 10⁻⁵. Đối với đường xuống tổn hao bằng 200 dB, G/T trạm mặt đất thu bằng 32 dBK⁻¹ và độ rộng băng tần của bộ phát đáp là 36 MHz.
 Tốc độ bit có thể truyền là giá trị nào dưới đây?
 (a) 50Mbps; (b) 55Mbps; (c) 60Mbps; 70Mbps
 EIRP yêu cầu là giá trị nào dưới đây?
 (a) 26,8dBW; (b) 27,8 dBW; (c) 28,8dBW; (d) 29,8dBW
13. Các thông số sau đây được quy định cho đường xuống: EIRP_{S,D}=25 dBW, độ lùi đầu ra BO_o=6dB, suy hao không gian tự do FSL=196dB, Các tổn hao đường xuống khác là 1,5 dB và G/T trạm mặt đất bằng 41 dBK⁻¹. Hãy tính tỷ số sóng mang trên mật độ tạp âm tại trạm mặt đất.
 (a) 80,1dBW; (b) 90,1dBW; (c) 100dBW; (d) 101,1dBW
14. Một vệ tinh làm việc tại EIRP bằng 56 dBW với độ lùi đầu ra là 6 dB. Tổn hao phidơ máy phát 2 dB và khuếch đại anten 50dB. Hãy tính công suất ra của TWTA cho EIRP bảo hoà.
 (a) 25W; (b) 26W; (b) 27W; (d) 29W
15. Khi bầu trời quang, tỷ số P_r/N bằng 20 dB, nhiệt độ tạp âm hiệu dụng của hệ thống thu bằng 400K. Giả sử suy hao mưa vượt 1,9 dB trong 0,1% thời gian, hãy tính giá trị mà P_r/N sẽ giảm xuống thấp hơn trong 0,1% thời gian.
 (a) 15,14 dB; 17,14dB; (c) 19,14dB; (d) 20dB
16. Đối với một đường truyền vệ tinh tỷ số sóng mang trên mật độ phổ công suất tạp âm như sau: đường lên 100 dBHz; đường xuống 87 dBHz. Hãy tính tỷ số P_r/N_0 kết hợp.
 (a) 85,79dBHz; (b) 86,79 dBHz; (c) 87,79 dBHz; (d) 88,79dBHz
17. Một kênh vệ tinh làm việc tại băng tần 6/4GHz với các đặc tính sau. Đường lên: mật độ thông lượng bảo hoà -67,5 dBW/m²; độ lùi đầu vào 11 dB; G/T vệ tinh -11,6 dBK⁻¹. Đường xuống:

EIRP vệ tinh 26,6 dBW; độ lùi đầu ra 6 dB; tổn hao không gian tự do 196,7 dB; G/T trạm mặt đất 40,7 dBK⁻¹. Bỏ qua các tổn hao khác.

Tỷ số sóng mang trên mật độ phổ công suất tạp âm đường lên là giá trị nào dưới đây?

(a) 101,5 dBHz; (b) 103,5dBHz; (c) 104,5dBHz; (d) 105,5dBHz

Tỷ số sóng mang trên mật độ phổ công suất tạp âm đ[ng xuống là giá trị nào dưới đây?

(a) 92,6dBHz; (b) 94,6dBHz; (c) 95,6dBHz; (d) 96,6dBHz

18. Một kênh thông tin vệ tinh có các thông số sau: tỷ số sóng mang trên tạp âm đường lên là 3dB, tỷ số này cho đường xuống là 20 dB và điều chế giao thoa là 24 dB. Tính tổng tỷ số sóng mang trên tạp âm theo dB.

(a) 15,2 dB; (b) 17,2dB; (c) 19,2dB; (d) 21dB

19. Một trạm mặt đất đặt tại vĩ độ 35°N và kinh độ 70°W liên lạc với vệ tinh địa tĩnh tại kinh độ 25°W. Trạm mặt đất có EIRP bằng 55dBW làm việc tại tần số 6GHz. Máy thu trên vệ tinh có hai tầng khuếch đại nối với nhau bằng phi đơ với tổn hao L=4dB. Tầng khuếch đại đầu có thông số sau: hệ số tạp âm 3dB, hệ số khuếch đại 13 dB. Tầng khuếch đại hai có thông số sau: hệ số tạp âm: 10dB, hệ số khuếch đại 80dB. Anten vệ tinh có hệ số khuếch đại 50 dBi và nhiệt độ tạp âm 150K. Phi đơ nối anten với máy thu không có tổn hao. Tính tỷ số tín hiệu trên tạp âm đầu ra máy thu.

HƯỚNG DẪN TRẢ LỜI

CHƯƠNG 2

Bài 5

$$\phi_{SS} = -90^0, \phi_E = -100^0, \lambda_E = 35^0, B = \phi_E - \phi_{SS} = -10^0; A = \arcsin\left(\frac{\sin|B|}{\sin b}\right) = 17,1^0$$

Góc phương vị:

$$A_z = 180^0 - A = 162,9^0: (a)$$

Khoảng cách đến vệ tinh: $R = 6371 \text{ km}, a_{GSO} = 42164 \text{ km}; b = 36,2^0$

$$d = \sqrt{R^2 + a_{GSO}^2 - 2Ra_{GSO} \cos b} = 37215 \text{ km}: (b)$$

$$\text{Góc nâng: } EL = \arccos\left(\frac{a_{GSO}}{d} \sin b\right) = 48^0: (c)$$

Bài 6

$$\phi_E = -70^0, \phi_{SS} = -25^0, \lambda_{E1} = 35^0, \lambda_{E2} = -35^0; B = \phi_E - \phi_{SS} = -70^0 - (-25^0) = -45^0$$

$$\text{Đối với trạm mặt đất 1: } b_1 = \arccos(\cos B \cos \lambda_{E1}) = \arccos[\cos(-45^0) \cos 35^0] = 54,6^0$$

$$\text{Tương tự đối với trạm mặt đất 2: } b_2 = 54,6^0$$

$$A = \arcsin\left(\frac{\sin|B|}{\sin b}\right) = \arcsin\left(\frac{\sin 45^0}{\sin 54,6^0}\right) = 60^0$$

$$\text{Góc phương vị cho trạm mặt đất 1: } A_{z1} = 180^0 - 60^0 = 120^0: (a)$$

$$\text{Góc phương vị cho trạm mặt đất 2: } A_{z2} = 60^0: (a)$$

Bài 7

(b)

Bài 8

(a)

Bài 9

$$\text{Góc phương vị cho trạm mặt đất 1: } A_{z1} = 180^0 - 41,93^0 = 138,07^0: (a)$$

$$\text{Góc phương vị cho trạm mặt đất 2: } A_{z2} = 41,93^0: (b)$$

Bài 10

(b)

Bài 11

(c)

Bài 12

$$S = \arcsin\left(\frac{R}{a_{GSO}} \sin \sigma_{\min}\right) = 8,66^0, b = 180^0 - \sigma_{\min} - S = 76,34^0, B = \arccos\left(\frac{\cos b}{\cos \lambda_{E \min}}\right) = 69,15^0$$

$$\text{Giới hạn đông của trạm mặt đất bằng: } \phi_E + B = -20^0: (a)$$

$$\text{Giới hạn tây của trạm mặt đất bằng: } \phi_E - B = -158^0: (c)$$

CHƯƠNG 3

Bài 1

(b)

Bài 2

(b)

Bài 4

(a)

Bài 5

$$G = \eta_l \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 = 0,65 \left(\frac{\pi \cdot 5,6 \cdot 10^9}{3 \cdot 10^8} \right)^2 = 64152 \rightarrow 48,1 \text{ dB: (d)}$$

CHƯƠNG 6

Bài 6

$$\eta_F = 1 - \frac{9(560 + 120)}{40800} = 0,85$$

Bài 9

0,96; 1794

CHƯƠNG 7

Bài 1

$$\text{EIRP} = 10 \lg 6 + 48,2 = 56 \text{ dBW: (c)}$$

Bài 2

$$G = 0,55 \times (10,472 \times 12 \times 3)^2 = 78,168 \rightarrow 48,9 \text{ dBi: (b)}$$

Bài 3

$$\begin{aligned} \text{FSL} &= 92,5 + 20 \lg f [\text{GHz}] + 20 \lg d [\text{km}] \\ &= 92,5 + 20 \lg 6 + 20 \lg 42.000 = 200,4 \text{ dB: (b)} \end{aligned}$$

Bài 4

$$L_S + L_0 = \text{FSL} + \text{RFL} + \text{AML} + \text{AA} + \text{PL} = 207 + 1,5 + 0,5 + 0,5 = 209,5 \text{ dB: (b)}$$

Bài 5

$$N_0 = (35 + 100) \times 1,38 \times 10^{-23} = 1,86 \times 10^{-21} \text{ W/Hz: (d)}$$

$$N = 1,86 \times 10^{-21} \times 36 \times 10^6 = 0,067 \text{ pW: (b)}$$

Bài 6

$$T_r = (NF-1)290K = 2610 K: (b)$$

$$T_s = T_A + T_r = 150K + 2610K = 2760K: (c)$$

$$N_{out} = AkT_A\Delta f + AkT_r\Delta f = AkT_s\Delta f \\ = 10^8 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 6 \times 10^6 (150K + 2610K) = 22,8 \mu W: (d)$$

$$(SNR)_{in} = \frac{P_r}{kT_A\Delta f} = \frac{10^{-11}}{1,24 \times 10^{-14}} = 806,5 (29,1dB): (b)$$

$$(SNR)_{out} = \frac{P_{out}}{N_{out}} = \frac{10^8 \cdot 10^{-11}}{22,8 \cdot 10^{-6}} = 43,9 (16,4dB): (a)$$

Bài 7

$$T_{tol} = T_{r1} + \frac{T_{r2}}{A_1} = 290K + \frac{2610K}{20} = 420,5K: (c)$$

$$T_s = T_A + T_{tol} = 150K + 420,5K = 570,5K: (b)$$

$$NF_{tol} = NF_1 + \frac{NF_2 - 1}{A_1} = 2 + \frac{9}{20} = 2,5 (4dB): (c)$$

$$N_{out} = AkT_A\Delta f + AkT_{tol}\Delta f = AkT_s\Delta f = 20 \times 10^8 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 6 \times 10^6 (150K + 420,5K) = 94,4 \mu W: (b)$$

$$(SNR)_{out} = \frac{P_{out}}{N_{out}} = \frac{10^{-11} \times 20 \times 10^8}{94,4 \times 10^{-6}} = 212,0 (23,3dB): (c)$$

Bài 8

(a)

Bài 9

$$EIRP_{S,U} = -120 - 44,37 - 209 = 44,63 \text{ dBW}: (d)$$

Bài 10

(a)

Bài 11

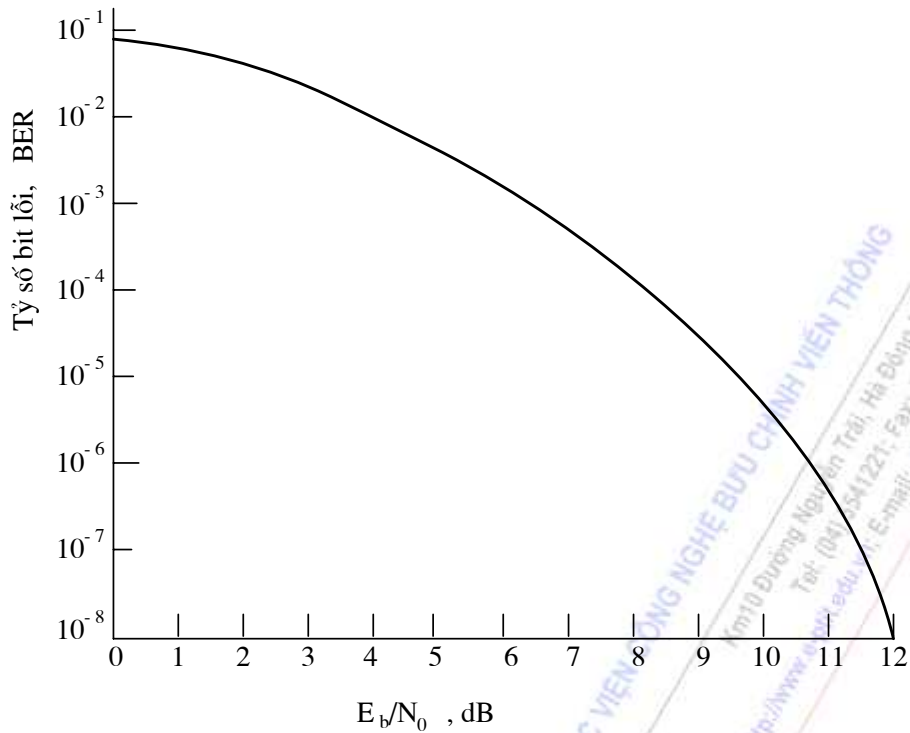
$$EIRP_D = \left[\frac{P_r}{N} \right]_D - \left[\frac{G}{T} \right]_D + [L_s]_D + k + B \\ = 38 \text{ dBW}: (b)$$

Bài 12

$$B = R_s(1+\alpha); R_s = R_b/\lg 4 = R_b/2; R_b = 2B/(1+\alpha) = 6 \cdot 10^7 \text{ bit/s}: (c)$$

Đối với $BER = 10^{-5}$, từ hình dưới ta được tỷ số $E_b/N_0 = 9,6 \text{ dB}$

$$EIRP = E_b/N_0 + R_b - G/T + L_s + k = 27,8 \text{ dBW}: (b)$$



Phụ thuộc BER và E_b/N_0 cho BPSK và QPSK

Bài 13

$$\left[\frac{P_r}{N_0} \right]_D = \text{EIRP}_{S,D} - \text{BO}_o + \left[\frac{G}{T} \right]_D - [L_p]_D - k = 91,1 \text{ dBHz: (b)}$$

Bài 14

$$P_{\text{TWT A}} = \text{EIRP}_D - G_{T,D} + \text{TFL}_D = 56 - 50 + 2 = 8 \text{ dBW}$$

$$P_{\text{TWT A}, S} = P_{\text{TWT A}} + \text{BO}_o \text{ dBW} = 8 + 6 = 14 \text{ dBW} \rightarrow 25 \text{ W : (a)}$$

Bài 15

$T_{\text{rain}} = 280 (1 - 1/1,55) = 99,2 \text{ K}$; $T_s = 400 + 99,2 = 499,2 \text{ K}$. Tăng dB của công suất tạp âm sẽ là $10 \lg 499,2 - 10 \lg 400 = 0,96 \text{ dB}$. Đồng thời công suất sóng mang giảm 1,9 dB nên tỷ số P_r/N trong trường hợp này giảm: $20 - 1,9 - 0,96 = 17,14 \text{ dB: (b)}$

Bài 16

$$\frac{N_0}{P_r} = 10^{-10} + 10^{-8,7} = 2,095 \times 10^{-9}, \quad \frac{P_r}{N_0} = 10 \lg (2,095 \times 10^{-9}) = 86,79 \text{ dBHz}$$

: (b)

Bài 17

$$\left[\frac{P_r}{N_0} \right]_U = \Psi_s + A_0 - BO_i + \left[\frac{G}{T} \right]_U - k - RFL = 101,5 \text{ dBHz} : (a)$$

$$\left[\frac{P_r}{N_0} \right]_D = EIRP_{s,D} - BO_o + \left[\frac{G}{T} \right]_D - [L_p]_D - k = 93,2 \text{ dBHz} : (d)$$

$$\frac{N_0}{P_r} = 10^{-10,15} + 10^{-9,32} = 5,49 \times 10^{-10}, \frac{P_r}{N_0} = -10 \lg(5,49 \times 10^{-10}) = 92,6 \text{ dBHz} : (a)$$

Bài 18

$$\left(\frac{N}{P_r} \right) = 10^{-2,4} + 10^{-2,3} + 10^{-2} = 0,0019, \left(\frac{P_r}{N} \right)_D = -10 \lg 0,0019 = 17,2 \text{ dB} : (b)$$

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Km10 Đường Nguyễn Trãi, Hà Đông-Hà Tây
Tel: (04) 5541 221; Fax: (04) 5540 587
Web site: <http://www.o-pit.edu.vn>; E-mail: dhkx@o-pit.edu.vn

CHƯƠNG TRÌNH **PTIT**
ĐÀO TẠO ĐẠI HỌC TỪ XA

THUẬT NGỮ VÀ KÝ HIỆU

AOR	Ascending Node Athlantic Ocean Region	Nút lên Vùng Đại Tây Dương
AWGN	Apogee Additive White Gaussian Noise	Cực viễn Tạp âm Gauss trắng cộng
BER	Bit Error Rate	Tỷ lệ lỗi bit
BPSK	Binary PSK	Khóa chuyển pga nhị phân (hai trạng thái)
CDMA	Code Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo mã
DBS	Direct Broadcast Satellite	Vệ tinh quảng bá trực tiếp
DOMSAT	Descening Node Domestic Satellite	Điểm xuống Vệ tinh nội địa
DTH	Direct to Home	TV trực tiếp đến nhà
EIRP	Equivalent Isotropic Radiated Power	Công suất phát xạ đẳng hướng tương đương
ES	Earth Station	Trạm mặt đất
FDMA	Frequency Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo tần số
FDM/FM	Frequency Division Multiplex/ Frequency Modulation	Ghép kênh theo tần số/ Điều tần
GEO	Geostationary Earth Orbit	Quỹ đạo địa tĩnh
GSO	Geostationary Orbit	Quỹ đạo địa tĩnh
HEO	Highly Elliptical Orbit	Quỹ đạo elip cao
HPA	High Power Amplifier	Bộ khuếch đại công suất
INMARSAT	International Maritime Satellite Organisation	Tổ chức vệ tinh hàng hải quốc tế
INTELSAT	International Telecommunications Satellite Organization	Tổ chức vệ tinh quốc tế thông tin
IOR	Indian Ocean Region	Miền Ấn Độ Dương
LNA	Low Noise Amplifier	Bộ khuếch đại tạp âm nhỏ
MATV	Master Antennas TV	TV anten chủ
MEO	Medium Earth Orbit	Quỹ đạo vệ tinh tầm trung
NASA	National Aeronautic and Space Administration	Cơ quan quản lý vũ trụ và hàng không quốc gia

NGSO	Non-Geostationary Satellite Orbit	Quỹ đạo vệ tinh không phải địa tĩnh
POR	Perigee Pacific Ocean Region	Cực cận Vùng Thái Bình Dương
PSK	Phase Shift Keying	Khóa chuyển pha
QPSK	Quadrature PSK	Khóa chuyển pha cầu phương (vuông góc)
RTT	Round Trip Time	Thời gian truyền vòng
SCPC	Single Channel per Carrier	Một kênh trên một sóng mang
TDMA	Time Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo thời gian
TT&C	Telemetry, Tracking and Command	Đo từ xa, bám và điều khiển
TWTA	Travelling Wave Tube Amplifier	Bộ khuếch đại đèn sóng chạy
TVRO	TV Receiver Only	Máy chỉ thu TV vệ tinh
XPD	Cross Polar Discrimination	Phân biệt phân cực vuông góc
XPI	Cross Polar Isolation	Cách ly phân cực vuông góc

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Anten và truyền sóng, bài giảng
2. Thông tin vệ tinh, bài giảng, 2002
3. Lý thuyết trải phổ và đa truy nhập, giáo trình, 2004



HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Km10 Đường Nguyễn Trãi, Hà Đông-Hà Tây
Tel: (04) 5541221; Fax: (04) 5540567
Website: <http://www.e-ptit.edu.vn>; E-mail: dhtr@e-ptit.edu.vn

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN CÁC HỆ THỐNG THÔNG TIN VỆ TINH	1
1.1. Giới thiệu chung	1
1.2. Các quỹ đạo vệ tinh trong các hệ thống thông tin vệ tinh	1
1.3. Phân bố tần số cho các hệ thống thông tin vệ tinh	2
1.4. INTELSAT	3
1.5. Vệ tinh nội địa, DOMSAT	4
1.6. Các hệ thống thông tin di động vệ tinh	4
1.7. Tổng kết	11
1.8. Câu hỏi và bài tập	11
CHƯƠNG 2. CÁC QUỸ ĐẠO VỆ TINH	12
2.1. Giới thiệu chung	12
2.2. Các định luật Kepler	12
2.3. Định nghĩa các thuật ngữ cho quỹ đạo vệ tinh	15
2.4. Các phần tử quỹ đạo	17
2.5. Độ cao cận điểm và viễn điểm	18
2.6. Các lực nhiễu quỹ đạo	18
2.7. Các quỹ đạo nghiêng	23
2.8. Quỹ đạo địa tĩnh	23
2.9. Tổng kết	29
2.10. Câu hỏi và bài tập	29
CHƯƠNG 3. PHÂN CỰC SÓNG VÀ ANTEN TRONG THÔNG TIN VỆ TINH	31
3.1. Giới thiệu chung	31
3.2. Phân cực sóng	31
3.3. Anten loa	35
3.4. Anten parabol	36
3.5. Các anten với bộ phản xạ kép	39
3.6. Anten dàn	41
3.7. Tổng kết	43
3.8. Câu hỏi và bài tập	43
CHƯƠNG 4. PHẦN KHÔNG GIAN CỦA HỆ THỐNG THÔNG TIN VỆ TINH	44
4.1. Giới thiệu chung	44
4.2. Bộ phát đáp	44
4.3. Máy thu băng rộng	46
4.4. Bộ phân kênh vào	47
4.5. Bộ khuếch đại công suất	48

4.6. Phân hệ anten	52
4.7. Phân hệ thông tin	54
4.8. Phân hệ đo bám và điều khiển từ xa	56
4.9. Tổng kết	58
4.10. Câu hỏi và kiểm tra	58
CHƯƠNG 5. PHẦN MẶT ĐẤT CỦA HỆ THỐNG THÔNG TIN VỆ TINH	59
5.1. Giới thiệu chung	59
5.2. Mở đầu	59
5.3. Các hệ thống TV gia đình, TVRO	59
5.4. Các trạm mặt đất phát thu	63
5.5. Tổng kết	65
5.6. Câu hỏi và bài tập	66
CHƯƠNG 6. CÁC CÔNG NGHỆ ĐA TRUY NHẬP TRONG THÔNG TIN VỆ TINH	67
6.1. Giới thiệu chung	67
6.2. Mở đầu	67
6.3. Các định luật lưu lượng	67
6.4. Đa truy nhập phân chia theo tần số, FDMA	69
6.5. Đa truy nhập phân chia theo thời gian, TDMA	75
6.6. TDMA được ấn định trước	84
6.7. TDMA được ấn định theo yêu cầu	85
6.8. TDMA chuyển mạch vệ tinh	89
6.9. CDMA	91
6.10. Tổng kết	93
6.11. Câu hỏi và bài tập	93
CHƯƠNG 7. THIẾT KẾ ĐƯỜNG TRUYỀN THÔNG TIN VỆ TINH	95
7.1. Giới thiệu chung	95
7.2. Mở đầu	95
7.3. Tồn hao đường truyền và công suất tín hiệu thu	95
7.4. Phương trình quỹ đường truyền	97
7.5. Công suất tạp âm nhiệt	98
7.6. Tỷ số tín hiệu trên tạp âm	103
7.7. Tỷ số tín hiệu trên tạp âm đường lên	104
7.8. Tỷ số tín hiệu trên tạp âm đường xuống	106
7.9. Ảnh hưởng của mưa	108
7.10. Dự trữ đường truyền vì ba số	111
7.11. Tỷ số tín hiệu trên tạp âm kết hợp đường lên và đường xuống	112
7.12. Tỷ số tín hiệu trên tạp âm kết hợp tạp âm điều chế giao thoa	113
7.13. Tổng kết	114
7.14. Câu hỏi và bài tập	115

HƯỚNG DẪN TRẢ LỜI	118
THUẬT NGỮ VÀ KÝ HIỆU	123
TÀI LIỆU THAM KHẢO	125



HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
 Km10 Đường Nguyễn Trãi, Hà Đông-Hà Tây
 Tel: (04) 5541221; Fax: (04) 5540587
 Website: <http://www.o-pit.edu.vn>; E-mail: dhcx@pit.edu.vn

THÔNG TIN VỆ TÍNH

Mã số: 411TVT360

Chịu trách nhiệm bản thảo

TRUNG TÂM ĐÀO TẠO BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG 1

(Tài liệu này được ban hành theo Quyết định số: 814/QĐ-TTĐT1 ngày 25/10/2006 của Giám đốc Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông)