

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 VỀ TÌNH

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 và 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

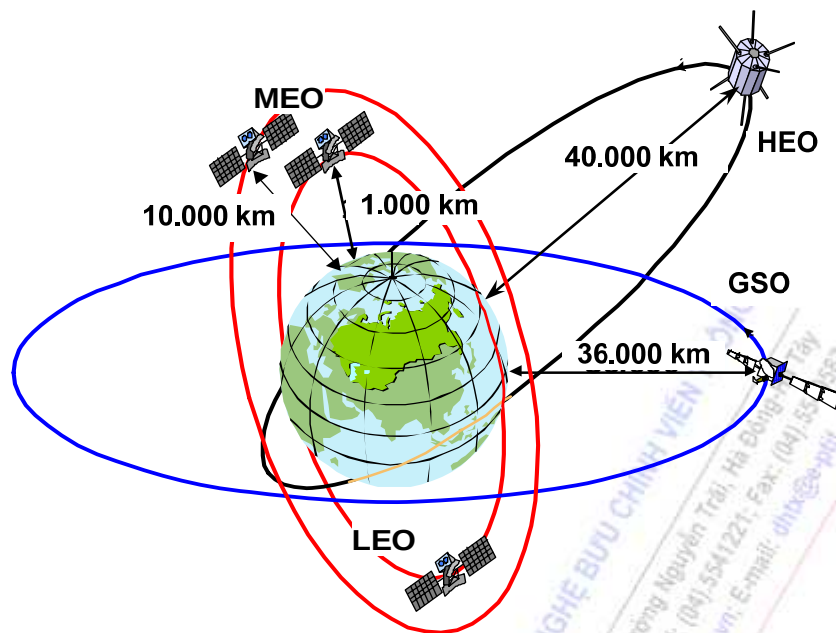
1.1.3. Mục đích chương

- 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

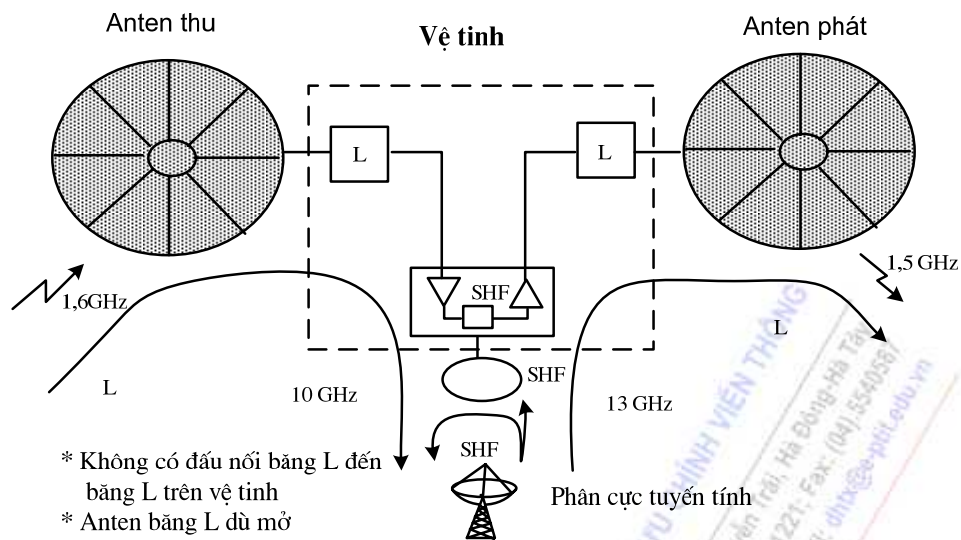
Ứng dụng đầu tiên của hệ thống GSO để cung cấp dịch vụ di động vệ tinh được thực hiện khi MARISAT được đưa vào hoạt động. Công nghiệp dịch vụ di động vệ tinh đã ra đời từ chương trình của US Navy nhằm cung cấp thông tin cho tàu cập bờ bằng cách sử dụng ba kênh UHF. Ngoài UHF, Comsat (INMARSAT) cũng thuê 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 $106^{\circ}W$.

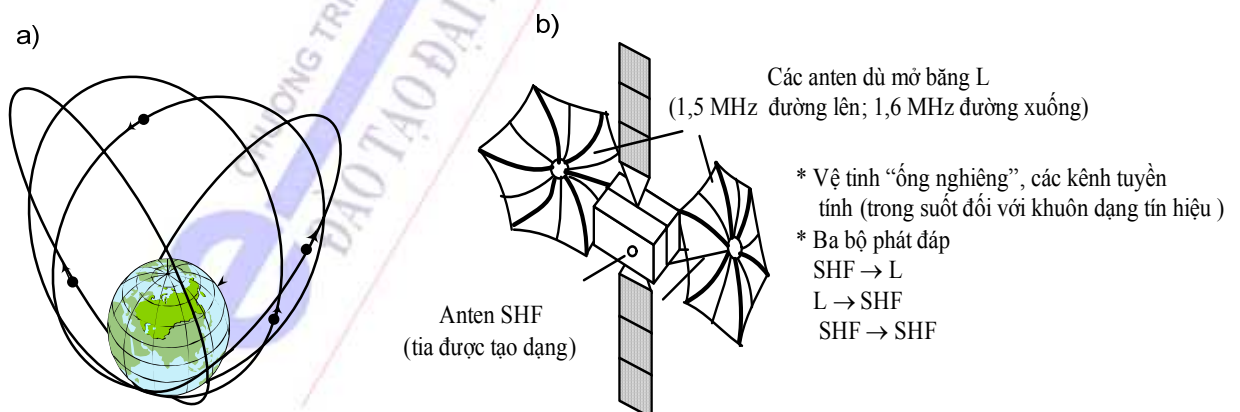
Tần số công tác đường dịch vụ của AMSC-1 là: 1530-1559 MHz cho đường xuống và 1631,5-1660 MHz cho đường lên. Tần số cho đường tiếp sóng là: băng 13 GHz cho đường xuống và băng 10 GHz cho đường lên. Vệ tinh hoạt động như ống cong "bent pipe" (hai trạm mặt đất đều nhìn thấy vệ tinh trong lúc liên lạc) 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.

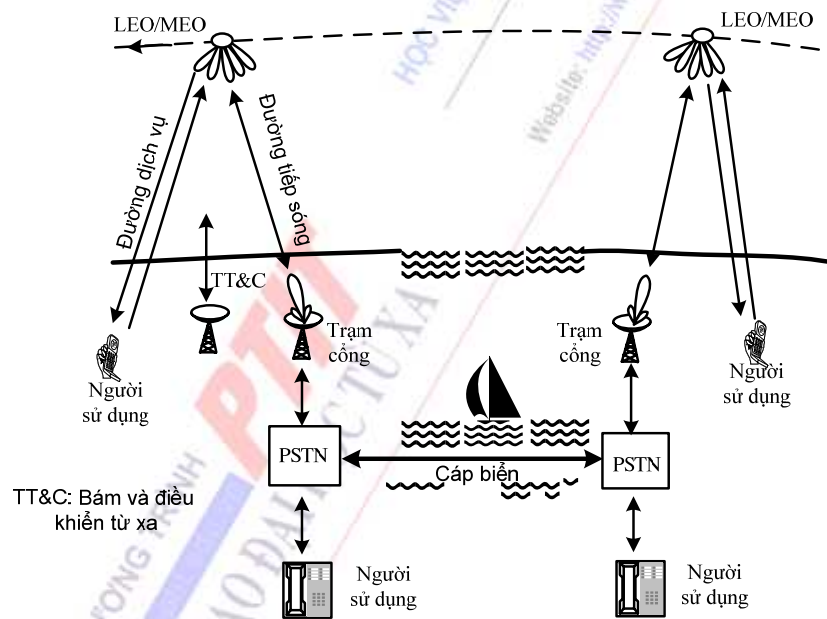
Anten trên mỗi vệ tinh (ở khoảng thời gian gần điểm cực viễn) sẽ chiếu xạ châu Âu bằng 6 búp. Lưu ý rằng trong khoảng thời gian này cự ly đến trạm mặt đất sẽ thay đổi vì thế mức tín hiệu thay đổi vào khoảng 4 dB. Nếu không thay đổi chiếu xạ của búp anten (chẳng hạn giảm độ rộng

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.

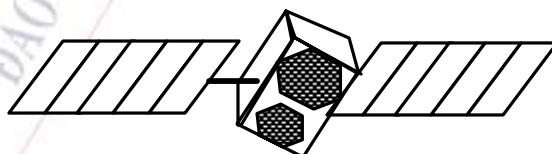
1.6.2.2. LEO lớn cho tiếng và số liệu

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

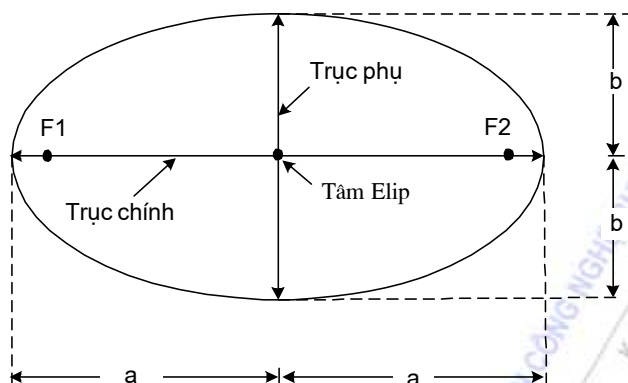
- Hiểu được các định luật Kepler mô tả quỹ đạo vệ tinh
- Biết được các thuật ngữ thường dùng cho vệ tinh
- Hiểu được các phần tử quỹ đạo
- Hiểu được các lực nhiễu dẫn đến thay đổi vị trí vệ tinh trên quỹ đạo
- Hiểu được cách tính toán góc nhìn của vệ tinh địa tĩnh để có thể thiết kế được một tuyến vệ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

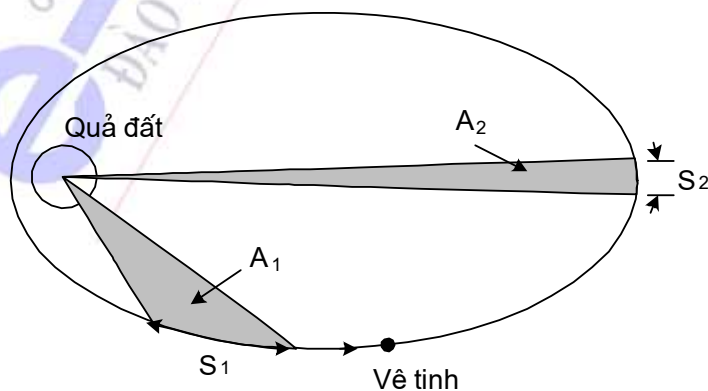
Bán trục chính của Elip được ký hiệu là a và bán trục phụ được ký hiệu là b . Độ lệch tâm e được xác định như sau:

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

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:

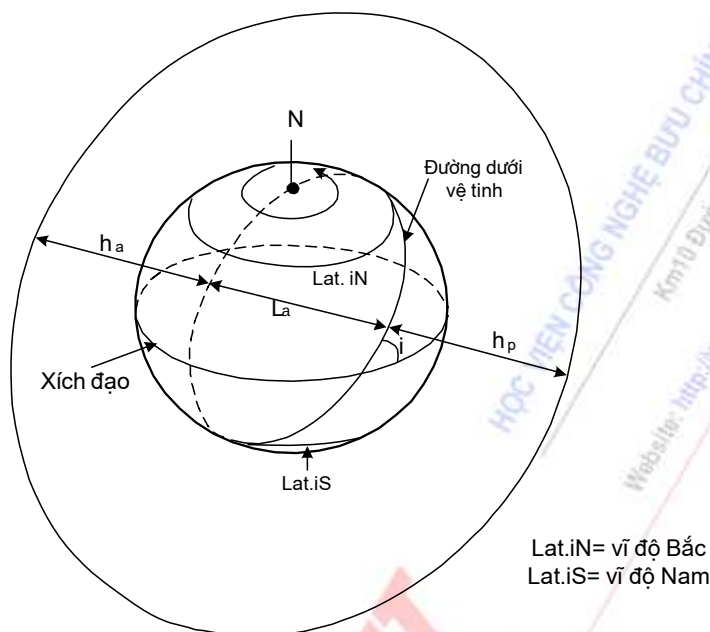
$$a = \left(\frac{\mu}{n^2} \right)^{\frac{1}{3}} = 42241 \text{ km}$$

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.

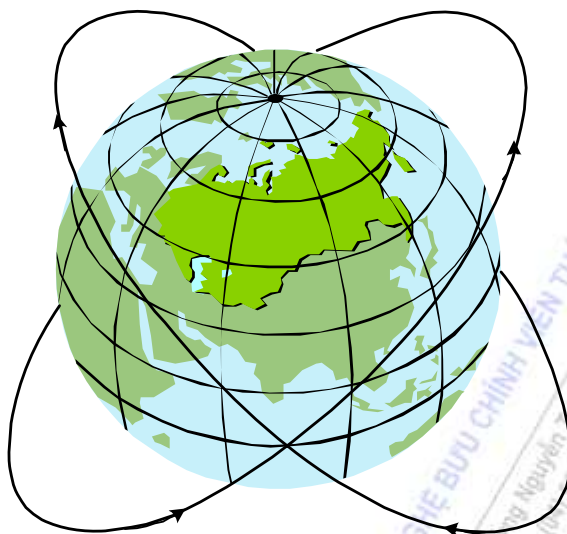
Nút xuống (Descending). Điểm cắt giữa mặt phẳng quỹ đạo và xích đạo nơi mà vệ tinh chuyển động từ Bắc sang Nam.

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

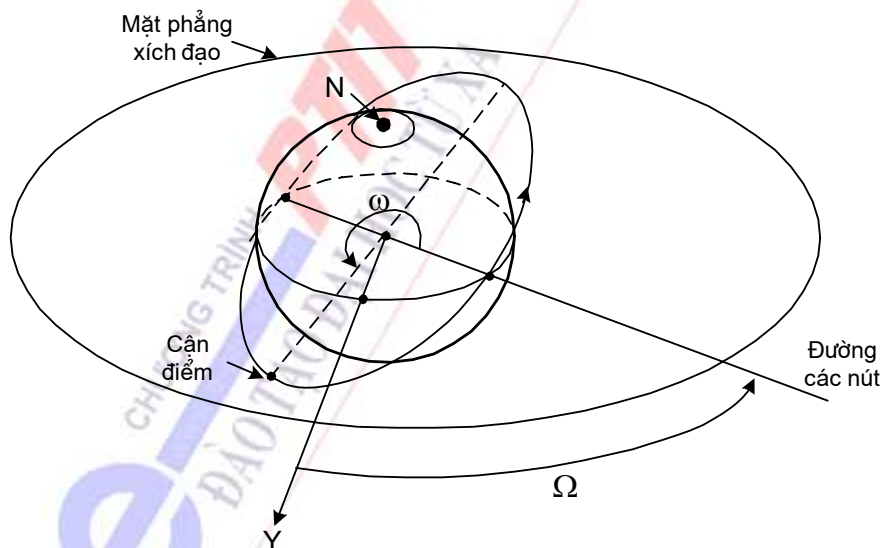
đều được phóng vào quỹ đạo đồng hướng vì tốc độ quay của quả đất sẽ cung cấp một phần tốc độ quỹ đạo và nhờ vậy tiết kiệm được năng lượng phóng.



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:

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