

GS. TRẦN MẠNH TUẤN
ThS. ĐÀO THỊ HỒNG DIỆP

CÁC HỆ THỐNG VỆ TINH ĐỊNH VỊ TOÀN CẦU VÀ ỨNG DỤNG



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

GS. TRẦN MẠNH TUẤN
ThS. ĐÀO THỊ HỒNG DIỆP

**CÁC HỆ THỐNG
VỆ TINH ĐỊNH VỊ TOÀN CẦU
VÀ ỨNG DỤNG**

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

Lời nói đầu

Từ thời xa xưa, con người đã sử dụng thiên văn, la bàn và bản đồ để xác định vị trí và tìm đường trong các chuyến thám hiểm khai phá các miền đất lạ. Tuy nhiên phải đến năm 1995, khi các hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu GPS của Mỹ và GLONASS của Nga chính thức đi vào hoạt động, nhu cầu định vị và dẫn đường mới được giải quyết một cách cơ bản. Ngoài mục tiêu quân sự như ý tưởng thiết kế ban đầu, các hệ thống vệ tinh định vị đã được ứng dụng rộng rãi và hiệu quả trong nhiều lĩnh vực dân sự. Ngày nay, công nghệ định vị toàn cầu đã trở thành một ngành công nghiệp có doanh số hàng chục tỷ USD/năm và đang được phát triển mạnh mẽ. Tại nhiều trường đại học công nghệ ở nước ngoài, hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu đã được đưa vào giảng dạy ở một số khoa.

Với mục đích cung cấp thông tin, giúp bạn đọc có tài liệu tham khảo phục vụ cho việc nghiên cứu, ứng dụng và giảng dạy, cuốn sách "Các hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu và ứng dụng" được biên soạn gồm 5 chương. Chương 1 giới thiệu chung về các hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu và một số khái niệm cơ bản liên quan. Chương 2 giới thiệu sâu về hệ thống GPS của Mỹ, nhiều khái niệm và kỹ thuật trình bày trong chương này cũng được dùng tương tự trong các hệ thống vệ tinh định vị khác. Chương 3 và chương 4 tập trung giới thiệu những đặc thù của hệ thống GLONASS của Nga và hệ thống Galileo của Ủy ban châu Âu. Chương 5 giới thiệu các ứng dụng của hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu.

Hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu là một ví dụ tiêu biểu cho sự kết hợp giữa nghiên cứu cơ bản với nghiên cứu ứng dụng và phát triển công nghệ. Thật vậy, khi các nhà vật lý nghiên cứu về bản chất của vũ trụ, họ không thể hình dung các kết quả lý thuyết của họ sẽ được ứng dụng và góp phần hình thành một ngành công nghiệp lớn như ngày nay.

Năm 1944, nhà vật lý I.I. Rabi được nhận giải thưởng Nobel về phát minh cộng hưởng từ. Năm 1949, nhà vật lý Norman Ramsey – học trò của Rabi cũng được nhận giải thưởng Nobel do đã tạo ra đồng hồ nguyên tử chính xác đến một phần tỷ giây trên cơ sở phát triển kết quả của Rabi. Một hệ thống các vệ tinh nhân tạo có lắp đặt đồng hồ nguyên tử bay ở quỹ đạo trung bình cùng với các máy thu tín hiệu và phần mềm xử lý đã hình thành nên một công nghệ mới – công nghệ định vị toàn cầu hay công nghệ định vị nhờ vệ tinh.

Sách được biên soạn trên cơ sở các giáo trình của nước ngoài và các tài liệu trên Internet. Đây là lĩnh vực công nghệ cao, mang tính liên ngành, với nhiều nội dung chuyên sâu. Trong khuôn khổ có hạn của cuốn sách, chúng tôi tập trung trình bày các khái niệm, kết quả và thuật toán cơ bản cùng với những ứng dụng chính của các hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu. Vì nhiều nguyên nhân khác nhau, cuốn sách này không tránh khỏi những thiếu sót. Một số thuật ngữ đặc thù trong lĩnh vực định vị nhờ vệ tinh, do chưa thống nhất chọn được tiếng Việt thích hợp, nên chúng tôi ghi chú thêm tiếng Anh để tiện đối chiếu. Rất mong được sự đóng góp ý kiến của các bạn đọc qua các hộp thư điện tử sau: tmtuan@vast.ac.vn và dthdao@gmail.com.

CÁC TÁC GIẢ

MỤC LỤC

Trang

LỜI NÓI ĐẦU.....	3
------------------	---

Chương 1

GIỚI THIỆU CHUNG CÁC HỆ THỐNG VỆ TINH ĐỊNH VỊ TOÀN CẦU

1.1. Định nghĩa và sơ lược về quá trình phát triển	9
1.2. Nguyên tắc chung của hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu	12
1.3. Hệ quy chiếu tọa độ	15
1.3.1. Hệ tọa độ gắn với Trái Đất	16
1.3.2. Hệ tọa độ gắn với vũ trụ.....	17
1.3.3. Hệ tọa độ địa phương.....	18
1.3.4. Ellipsoid, hệ tọa độ địa lý và Geoid	19
1.4. Hệ chuẩn thời gian	23
1.4.1. Thời gian thiên văn	25
1.4.2. Thời gian nguyên tử	25
1.5. Quỹ đạo vệ tinh	26

Chương 2

HỆ THỐNG GPS

2.1. Cơ cấu hệ thống GPS.....	31
2.1.1. Phần vũ trụ: chùm vệ tinh GPS	33
2.1.2. Phần điều khiển: các trạm điều khiển mặt đất	34
2.1.3. Phần người sử dụng	35

2.2. Tín hiệu của hệ thống GPS	37
2.3. Máy thu tín hiệu GPS	44
2.4. Các phép đo tín hiệu vệ tinh và tổ hợp của chúng nhằm xác định vị trí và tốc độ của máy thu	47
2.4.1. Phép đo mã	48
2.4.2. Phép đo pha của sóng mang	49
2.4.3. Phép đo Doppler	51
2.4.4. Sai phân các phép đo trong kỹ thuật DGPS	52
2.4.5. Tổ hợp tuyến tính của các giá trị đo pha khác tần số	59
2.5. Các nguồn sai số của phép đo tín hiệu vệ tinh định vị toàn cầu	65
2.5.1. Các sai số do vệ tinh	67
2.5.2. Các sai số khi truyền tín hiệu	69
2.5.3. Sai số do máy thu	89
2.6. Xác định vị trí, vận tốc và thời gian (PVT) của máy thu dùng các phép đo tín hiệu vệ tinh	89
2.6.1. Xác định vị trí máy thu	89
2.6.2. Xác định vận tốc máy thu	91
2.6.3. Phương pháp ước lượng bình phương tối thiểu	92
2.6.4. Phương pháp ước lượng dùng lọc Kalman	93
2.6.5. Ước lượng thời gian với tín hiệu định vị	95
2.6.6. Xác định giá trị số nguyên chưa biết và kết quả định vị với phép đo pha	95
2.6.7. Khái niệm DOP	98
2.7. Kỹ thuật DGPS kép và phương pháp định vị với độ chính xác cao	101
2.7.1. DGPS địa phương (LADGPS)	103
2.7.2. DGPS trên diện rộng (WADGPS)	105

Chương 3
HỆ THỐNG GLONASS

3.1. Hệ thống GLONASS	108
3.2. Tín hiệu của hệ thống GLONASS và những khác biệt so với hệ thống GPS	108
3.3. Chương trình phát triển của GLONASS trong tương lai	109

Chương 4
HỆ THỐNG GALILEO

4.1. Chương trình Galileo.....	111
4.2. Các dịch vụ dân sự của hệ thống Galileo	112
4.3. Cơ cấu của hệ thống Galileo.....	115

Chương 5
ỨNG DỤNG CỦA HỆ THỐNG VỆ TINH ĐỊNH VỊ TOÀN CẦU

5.1. Quân sự.....	121
5.2. Trắc địa, bản đồ, đo đạc địa chấn	123
5.3. Giao thông, vận tải.....	124
5.4. Dịch vụ cung cấp thông tin dựa trên vị trí khách hàng.....	129
5.5. Tìm kiếm và cứu hộ	133
5.6. Thể thao và giải trí	133
5.7. Nông nghiệp.....	135
5.8. Tích hợp GPS	136
5.9. Ứng dụng hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu tại Việt Nam..	137
TÀI LIỆU THAM KHẢO	141

Chương 1

GIỚI THIỆU CHUNG CÁC HỆ THỐNG VỆ TINH ĐỊNH VỊ TOÀN CẦU

1.1. Định nghĩa và sơ lược về quá trình phát triển

Hiện nay, trên thế giới có ba hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu là: Hệ thống NAVSTAR (Navigation Signal Timing and Ranging) của Mỹ thường được biết đến với tên ngắn gọn hơn “Hệ thống định vị toàn cầu GPS (Global Positioning System)”; Hệ thống GLONASS (Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema – Global Navigation Satellite System) của Nga và hệ thống Galileo của Ủy ban châu Âu, trong đó hai hệ thống đầu đã đưa vào sử dụng chính thức từ năm 1995, hệ thống thứ ba đang được xây dựng. Mặc dù được phát triển độc lập và có một số khác biệt về mặt kỹ thuật, cả ba hệ thống này đều có mục đích xác định vị trí, vận tốc và thời gian (Positioning, Velocity and Time – PVT) của anten gắn liền với máy thu tín hiệu vệ tinh định vị.

Khái niệm *định vị* (positioning) dùng để chỉ khả năng xác định được vị trí của một đối tượng gắn với một hệ tọa độ không gian nhất định. Khái niệm *dẫn đường* (navigation) còn được gọi là đạo hàng, nhằm chỉ khả năng có thể dẫn dắt một đối tượng dịch chuyển trong không gian từ điểm A đến điểm B. Để dẫn đường một đối tượng, trước hết phải định vị được đối tượng đó. Vì vậy, trong một vài tài liệu như [12, 14, 25] người ta đồng nhất khái niệm định vị

với khái niệm dẫn đường và hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu còn được xem như đồng nhất với khái niệm hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu (Global Navigation Satellite System – GNSS). Tuy nhiên, cũng có định nghĩa hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu chặt chẽ hơn. Theo [26], hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu trước hết phải là một hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu, ngoài ra phải có thêm các tính chất sau: cung cấp thông tin dẫn đường theo thời gian thực, đạt được độ chính xác quy định để dẫn đường an toàn (Bộ Giao thông Mỹ quy định: khi dẫn đường cho máy bay hạ cánh, độ chính xác theo chiều ngang là 4,1 m và theo chiều cao là 0,6 m) và khả năng đánh giá kịp thời độ chính xác định vị. Nếu theo đúng cách định nghĩa này thì hiện tại vẫn chưa tồn tại hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu mà chỉ có hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu. Sau này, khi hệ thống Galileo hoạt động, việc sử dụng đồng thời hai hệ thống GPS và Galileo sẽ cho ta một hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu theo nghĩa chặt.

Công nghệ định vị toàn cầu (GPS Technology) là khái niệm bao gồm: các phương pháp và kỹ thuật định vị; hệ thống vệ tinh định vị, máy thu tín hiệu định vị và các phần mềm xử lý liên quan. Công nghệ định vị toàn cầu còn được gọi là công nghệ định vị nhờ vệ tinh, vì vệ tinh là thành phần quan trọng nhất để tạo khả năng định vị toàn cầu.

Quá trình phát triển của công nghệ định vị có thể chia thành ba giai đoạn:

i) Giai đoạn trước Chiến tranh thế giới thứ II: Trong giai đoạn này khả năng định vị và định hướng phụ thuộc chủ yếu vào việc quan sát các vì sao khi trời quang đãng hay la bàn kết hợp với bản đồ.

ii) Giai đoạn Chiến tranh thế giới thứ II: Người ta phát triển các hệ thống mặt đất định vị vô tuyến như GEE tại Anh để định vị cho

1.85°
máy bay và hệ thống LORAN (Long-range navigation system) tại Mỹ để định vị tàu thủy.

iii) Giai đoạn từ nửa sau của thế kỷ XX đến nay: Sự phát triển vượt bậc của các lĩnh vực công nghệ vệ tinh, vi điện tử, cùng với các kết quả nghiên cứu thành công về dải phổ băng tần và tiêu chuẩn thời gian nguyên tử đã tạo ra những điều kiện để thực hiện ý tưởng định vị nhờ vệ tinh. Hệ Transit hoạt động từ năm 1967, lúc đầu mang tên hệ thống vệ tinh định vị cho hải quân. Hệ được thực hiện nhờ 4 – 7 vệ tinh bay ở quỹ đạo thấp (1.100 km), mỗi vệ tinh phát tín hiệu với tần số 150 MHz và 400 MHz. Transit được dùng để định vị các tàu ngầm của Mỹ mang đầu đạn hạt nhân Polaris cho đến khi ngừng hoạt động vào năm 1996. Sự thành công của hệ Transit đã thúc đẩy hình thành hệ thống GPS. Năm 1973, dự án xây dựng hệ Navstar GPS được Bộ Quốc phòng Mỹ phê duyệt. Vệ tinh đầu tiên của hệ GPS được phóng năm 1978 và đến năm 1993 quả vệ tinh thứ 24 (quả cuối cùng của hệ thống GPS) được phóng lên quỹ đạo. Tuy nhiên phải đến năm 1995, hệ thống GPS của Mỹ mới chính thức đi vào khai thác... Gần như trong cùng khoảng thời gian trên, hệ thống vệ tinh định vị GLONASS của Nga cũng được xây dựng một cách độc lập và đưa vào khai thác, mở đầu cho thời kỳ hoàng kim của hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu và khả năng ứng dụng rộng rãi của nó trong mọi mặt của cuộc sống. Các vệ tinh định vị đã trở thành những vì sao nhân tạo, có thể quan sát thấy ở hầu như khắp mọi nơi trên Trái Đất và tín hiệu phát ra từ chúng luôn luôn tồn tại bất kể ngày đêm, trong mọi điều kiện khí hậu. Ngày nay, với một máy thu GPS giá khoảng vài trăm USD, một bản đồ số và một không gian thoáng để thu nhận tín hiệu, bạn sẽ chẳng thể lạc đường. Hoặc với yêu cầu định vị cao hơn thế nữa,