HỆ THỐNG
ĐỊNH VỊ TOÀN CẦU

NAVSATR GPS

BM ĐTVT

Mục Lục

CHƯƠNG 1 ĐỊNH VỊ KHÔNG GIAN 4
1.1 giới thiệu 4
1.2 HỆ THỐNG ĐỊNH VỊ vô tuyến 4
1.2.1 Các hệ thống định vị trên mặt đất 4
1.2.2 Các hệ thống định vị vệ tinh 6
1.3 lịch sử hình thành và phát triển các hệ thống định vị vệ tinh 8
CHƯƠNG 2 HỆ THỐNG ĐỊNH VỊ TOÀN CẦU 14
2.1 Giới thiệU 14
2.2 CƠ SỞ định vị trong hệ thống GPS 14
2.2.1 Cơ sở về mặt hình học 14
2.2.2 Cơ sở về mặt đại số 17
2.3 Cấu trúc hệ thống định vị toàn cầu GPS 18
2.3.1 Mảng hệ thống các vệ tinh GPS trong không gian 18
2.3.2 Mảng các trạm điều khiển hệ thống GPS 20
2.3.3 Mảng sử dụng hệ thống GPS 21
2.4 CẤU TRÚC TÍN HIỆU VỆ TINH 21
2.4.1 Đặc điểm tín hiệu GPS 21
2.4.2 Cấu trúc tín hiệu vệ tinh 22
2.4.3 Thông điệp phát tín hàng hải (bản lịch vệ tinh) 24
2.4.4 Các trị đo pha và mã 25
2.5 Máy thu GPS 30
2.5.1 Sơ đồ nguyên lý 30
2.5.2 Cấu trúc máy thu 31
2.5.3 Phân loại máy thu 32
2.6 HỆ TOẠ ĐỘ, THAM CHIẾU THỜI GIAN GPS 35
2.6.1 Giới thiệu hệ toạ độ 35
2.6.2 Hệ toạ độ gắn vào trái đất 38
2.6.3 Hệ toạ độ quốc tế WGS 84 40
2.7 các tham chiếu thời gian và thời gian GPS 42
2.7.1 Các hệ chia thời gian 43
2.7.2 Giờ GPS 44
2.8 Quỹ đạo vệ tinh GPS 45
2.8.1 Các định luật Kepler 45
2.8.2 Các quỹ đạo elip lý tưởng 45
2.8.3 Định vị và quan trắc vệ tinh 47
2.8.4 Các thông số trên quỹ đạo GPS 48
CHƯƠNG 3 SAI SỐ ĐO GPS 51
3.1 Giới thiệu chung 51
3.2 Các sai số từ mảng điều khiển 54
3.2.1 Sai số quỹ đạo vệ tinh 54
3.2.2 Sai số từ đồng hồ vệ tinh 55
3.2.3 Chính sách S/A(Selective Availibility) và A/S (Anti-Spoofing) 56
3.3 Các sai số phát sinh từ môi trường lan truyền tín hiệu vô tuyến 56
3.3.1 Trễ tầng điện ly 56
3.3.2 Trễ trên tầng đối lưu 61
3.3.3 Đa đường truyền 65
3.4 Sai số trên mảng máy thu 69
3.4.1 Sai số trên trị đo trên đồng hồ và nhiễu từ máy thu 69
3.4.2 Sai số do sự dịch chuyển tâm pha anten 69
3.5 Ảnh hưởng của cấu hình vệ tinh 71
3.5.1 Khái quát 71
3.5.2 Xác định giá trị GDOP 74
3.5.3 Giải pháp khắc phục 74
3.6 TRỊ NHẬP NHẰNG CỦA PHA SÓNG MANG 75
3.6.1 Phép loại trừ trị nhập nhằng chu kỳ 75

BM ĐTVT

3.6.2 Trị số trượt chu kỳ 76
3.7 Các sai số đo, sai số tọa độ trạm đo 76
3.7.1 Các sai số đo 76
3.7.2 Mô hình sai số đo 77
3.7.3 Tọa độ trạm đo 78
CHƯƠNG 4 NGUYÊN LÝ ĐỊNH VỊ TRÊN MÁY THU GPS 79
4.1 Công thức toán học để tính khoảng cách giả. 79
4.2 Xác định toạ độ máy thu 80
4.2.1 Tuyến tính hóa phương trình 80
4.2.2 Giải phương trình 82
4.2.3 Trường hợp máy thu quan trắc nhiều hơn 4 vệ tinh 82
CHƯƠNG 5 CÁC KỸ THUẬT ĐỊNH VỊ TRONG GPS 84
5.1 Mã khoảng cách CR và pha sóng mang CP 84
5.2 Xử lý thời gian thực và xử lý sau 85
5.3 Định vị điểm và định vị tương đối 85
5.3.1 Định vị điểm 85
5.3.2 Định vị tương đối (Relative positioning) 86
5.4 Định vị tĩnh và động 86
5.4.1 Định vị điểm tĩnh 86
5.4.2 Định vị điểm động 86
5.4.3 Định vị tương đối tĩnh 87
5.4.4 Định vị tương đối động 87
5.5 CÁC KỸ THUẬT ĐỊNH VỊ BẰNG GPS TRONG THỰC TẾ 87
5.5.1 Định vị điểm (tuyệt đối) 87
5.5.2 Định vị vi sai (DGPS) 88
5.5.3 Các kỹ thuật định vị sử dụng trị đo pha sóng mang 94
5.5.4 Độ chính xác DGPS 96
5.5.5 Đường truyền vô tuyến 96
CHƯƠNG 6 ĐỊNH VỊ ĐỘNG 98
6.1 GIỚI THIỆU 98
6.2 NGUYÊN LÝ HOạT ĐộNG CủA ĐịNH Vị ĐộNG 98
6.2.1 Các mô hình định vị động 100
6.2.2 So sánh các mô hình động 101
6.2.3 Xử lý thời gian thực và xử lý sau 102
6.2.4 Độ chính xác và thiết bị (Accuracy and Instrumentation) 102
6.2.5 Phạm vi ứng dụng 103
6.3 CÁC ứNG DụNG TRÊN PHƯƠNG TIệN ĐƯờNG Bộ 105
6.4 CÁC ứNG DụNG TRÊN TÀU THUYềN 106
6.5 CÁC ứNG DụNG TRÊN MÁY BAY 107
6.5.1 Đo sâu Laser 107
6.5.2 Máy bay GPS định vị động và ứng lập bản đồ hải dương học 108
6.5.3 Ứng dụng trên máy bay trực thăng lập mặt cắt Laser 109

BẢN DỰT

CHƯƠNG 1 ĐỊNH VỊ KHÔNG GIAN

1.1 GIỚI THIỆU

Theo Vanicek và Krakiwsky (1986), định vị là xác định vị trí của các vật thể tĩnh hoặc động trong không gian. Thông thường, vị trí của các vật thể có thể được xác định trong một hệ toạ độ không gian ba chiều đã được định nghĩa trước (gọi là định vị điểm hay định vị tuyệt đối) hoặc theo những điểm đã có toạ độ xác định (gọi là định vị tương đối).

Phương pháp định vị sơ khai nhất được loài người áp dụng là phương pháp đinh vị thiên văn và được người cổ xưa áp dụng khi tìm hướng đi trong các khu rừng, hay vào ban đêm,...Ban đầu phương pháp này dựa trên vị trí các chòm sao trên bầu trời để xác định vị trí trên mặt đất. Sau đó nó được phát triển và cải tiến dần thành một phương pháp định vị hoàn chỉnh ứng dụng trong nhiều mục đích khác nhau.

Cùng với những tiến bộ vượt bậc trong lĩnh vực khoa học kỹ thuật, nhiều ứng dụng trong cuộc sống đòi hỏi các kết quả định vị chính xác và thích nghi trong những điều kiện khác nhau. Nhiều hệ thống mới sử dụng những phương pháp định vị chính xác và tin cậy hơn đã được nghiên cứu và triển khai ứng dụng. Với những ưu thế vượt trội, các hệ thống mới này đã nhanh chóng thay thế các hệ thống cũ. Hai phương pháp định vị không gian có độ tin cậy cao và được triển khai ứng dụng rộng rãi trong các hệ thống định vị hiện nay là phương pháp định vị quán tính và phương pháp định vị vô truyến.

Phương pháp định vị vô tuyến được phát triển vào đầu những năm 40 là một phương pháp cho kết quả định vị có độ chính xác cao, phạm vị ứng dụng rộng rãi và có thể hoạt động trong mọi điều kiện thời tiết. Phương pháp này dựa trên các sóng vô tuyến phát đi để xác định tọa độ trong không gian. Hệ thống định vị đầu tiên được Mỹ xây dựng trên bờ Bắc Đại Tây Dương với các trạm vô tuyến đặt rải rác trên mặt đất trong một khu vực rộng lớn. Hệ thống này được triển khai ứng dụng đầu tiên cho quân đội Mỹ trong chiến tranh thế giới thứ hai. Các hệ thống này được gọi là các hệ thống định vị vô tuyến trên mặt đất để phân biệt với hệ thống định vị bằng vệ tinh sau này.

1.2 HỆ THỐNG ĐỊNH VỊ VÔ TUYẾN

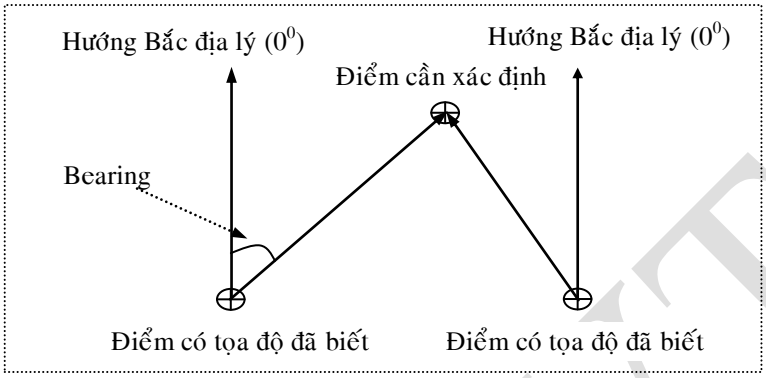
1.2.1 Các hệ thống định vị trên mặt đất

Trên phương diện lịch sử, các hệ thống định vị vô tuyến trên mặt đất xuất phát từ hệ thống xác định hướng bằng sóng vô tuyến, hệ thống này có tên gọi tắt theo từ tiếng Anh là RDF (Radio Direction Finding) và hệ thống "Hyperbolic". Các hệ thống định vị này hoạt động trên một nguyên lý chung là dùng sóng vô tuyến phát ra từ những trạm đặt tại những vị trí đã biết trước tọa độ trên mặt đất để xác định tọa độ của những điểm chưa biết.

Hệ thống RDF dựa trên nguyên lý hoạt động tương đối dễ hiểu. Một cách đơn giản, trên một vị trí đã biết trước tọa độ, một trạm phát được dùng để phát đi các tín hiệu vô tuyến. Tại vị trí cần xác định tọa độ. một anten định hướng được dùng để xác định một Bearing (compass sightings) tới trạm vô tuyến. Góc Bearing là góc hợp bởi phương của đường thẳng đi qua vị trí cần xác định và vị trí đặt trạm với một phương chuẩn cụ thể (thường được chọn là hướng Bắc địa lý). Quá trình được lặp lại đối với các trạm khác tiếp

BM ĐTVT

theo để xác định các góc Bearing tương ứng từ điểm đó tới các trạm này. Từ các góc Bearing có được, ta vẽ một đường thẳng đi qua các trạm phát vô tuyến và hợp với phương chuẩn một góc bằng góc Bearing đo được tương ứng tại trạm đó. Tọa độ của điểm cần xác định là giao điểm của hai đường thẳng đến từ hai trạm khác nhau.



Hình 1.1. Xác định tọa độ qua các góc Bearing

Các hệ thống Hyperbolic thì phức tạp hơn. Hệ thống Hyperpolic sử dụng phương pháp truyền kết hợp từ ít nhất hai trạm vô tuyến. Hệ thống này dựa vào cơ sở lập luận rằng trên tất cả các điểm, trong đó sự sai khác giữa các tín hiệu vô tuyến đến từ các trạm khác nhau là một giá trị hằng, tạo thành một Hyperbola. Người ta có thể xây dựng một bề mặt (map) được biểu diễn bằng nhiều Hyperpola (Mỗi Hyperbola là một đường mà trên đó sự khác nhau của tín hiệu vô tuyến là một hằng số). Người sử dụng dùng các thiết bị vô tuyến để thu nhận các tín hiệu vô tuyến sau đó kết hợp các sự khác nhau nhận được này để xấp xỉ các Hyperbola trên bề mặt. Điều này đặt người sử dụng tại một nơi dọc theo một hình cung trên bề mặt đất. Lặp lại tiến trình này bằng việc sử dụng một cặp trạm khác để xác định một Hyperbola tiếp theo. Vị trí của người sử dụng được xác định bằng cách tìm điểm mà hai Hyperpola giao nhau trên bề mặt. Phần sau tóm lượt một số hệ thống vô tuyến trên mặt đất được sử dụng trong thực tế.

1.2.1.1 DECCA

Hệ thống DECCA là một hệ thống định vị Hyperbola tần số thấp. Hệ thống này được sử dụng rộng rãi ở Tây Âu, Canada, vịnh Ba tư và vịnh Bangal. DECCA định vị bằng cách so sánh sự khác nhau trên pha của các tín hiệu được truyền từ nhiều trạm vô tuyến khác nhau.

1.2.1.2 GEE

GEE là một hệ thống định vị vô tuyến trên mặt đất của Anh quốc. Hệ thống này tương tự như hệ thống LORAN nhưng sử dụng các tần số VHF. Do vậy, hệ thống này chỉ giới hạn cho các hướng nhìn thẳng.

1.2.1.3 LORAN-A

Hệ thống LORAN-A (LORAN chuẩn) được phát triển suốt trong chiến tranh thế giới thứ II tại viện công nghệ Massachusetts. LORAN có nghĩa là định vị khoảng cách dài (Long Range Navigation) và được phát triển để đáp ứng nhu cầu định vị độ chính xác cao cho

BMĐTVT

các tàu thuỷ và máy bay trong quân đội. Hệ thống hoạt động trên băng tần 1850 kHz - 1950 kHz và khoảng cách định vị lên tới 600 dặm.

1.2.1.4 LORAN-C

Hệ thống LORAN-C được phát triển vào những năm 1950. Hệ thống định vị trên mặt đất. Hiện tại, hệ thống này hoạt động trên băng tần 90kHz đến 110kHz. LORAN-C là một hệ thống Hyperbolic xung với độ chính xác dự báo 0.25 dặm hàng hải, độ chính xác lặp lại 18-19 m, độ tin cậy 95% và mức sẵn sàng làm việc 99.7%. Hệ thống này được phát triển để cung cấp cho bộ quốc phòng Mỹ với một khả năng định vị vô tuyến trên một khoảng cách dài hơn với độ chính xác cao hơn các hệ thống trước đó.

1.2.1.5 OMEGA

OMEGA là một hệ thống định vị vô tuyến trên mặt đất ra đời trước hệ thống LORAN-C. Hệ thống này do Mỹ phát triển với sự liên kết của 6 quốc gia khác nhau. OMEGA là một hệ thống định vị vô tuyến toàn cầu, so sánh trên pha và ở tần số rất thấp cho phép định vị trong khoảng 2 tới 4 dặm ở 95% mức độ tin cậy với 95% mức sẵn sàng sử dụng.

1.2.2 Các hệ thống định vị vệ tinh

Các hệ thống như NAVSTAR và GLONASS sử dụng nguyên tắc định vị tam giác. Nghĩa là vị trí máy thu người sử dụng được xác định dựa trên khoảng cách từ máy thu tới nhiều vệ tinh. Do vị trí của vệ tinh được biết trước (dựa trên nguồn số liệu báo trước hoặc trích từ thông tin quảng bá từ mỗi vệ tinh) nên vị trí máy thu có thể được xác định.

Hệ thống định vị toàn cầu sử dụng các đặc điểm của sóng vô tuyến phát đi để xác định tọa độ. Không giống như các hệ thống định vị sử dụng các trạm phát trên mặt đất trước đây, các trạm phát đặt trên vệ tinh thường bao phủ trái đất với độ chính xác cao hơn các trạm trên mặt đất. Các vệ tinh phát các thông tin định thời, thông tin về vị trí và thông tin về sức khỏe của vệ tinh. Mảng không gian (Space Segment) là một thuật ngữ kỹ thuật chỉ các vệ tinh nằm trong hệ thống.

Người sử dụng cần một máy thu vô tuyến đặc biệt- máy thu GPS để thu tín hiệu vô tuyến phát từ vệ tinh. Máy thu chứa một máy tính đặc biệt để tính vị trí từ tín hiệu vệ tinh. Người sử dụng không phải truyền bất kỳ thứ gì đến vệ tinh và vệ tinh không biết người sử dụng ở đâu. Số người sử dụng hệ thống tại một thời điểm là không giới hạn. Người sử dụng với máy thu của họ được gọi là mảng người sử dụng (User segment).

Các vệ tinh được điều khiển và giám sát từ các trạm trên mặt đất (Control segment). Trạm điều khiển giám sát độ chính xác và tình trạng sức khỏe của mỗi vệ tinh. Các lệnh vận hành, thông số quỹ đạo và các hiệu chỉnh thời gian được truyền đến các vệ tinh từ các trạm điều khiển theo một chu kỳ nhất định.

Cả hai hệ thống NAVSTAR và GLONASS đều cung cấp hai nguồn tín hiệu định vị. Nguồn tín hiệu cung cấp thông tin định vị có độ chính xác cao hơn được dành riêng cho quân đội mỗi nước chủ quản sử dụng và nguồn có độ chính xác thấp hơn được cung cấp miễn phí cho các ứng dụng trong dân sự.

1.2.2.1 GLONASS

GLONASS là một hệ thống định vị vệ tinh của Nga. Hệ thống tương tự như một phiên bản của hệ thống NAVSTAR. Hệ thống này bao phủ toàn cầu, phục vụ cho định vị hàng

BM ĐTVT

hải thời gian thực với độ chính xác 100m phương ngang và 150m phương đứng. Cấu trúc hệ thống bao gồm 21 vệ tinh chính thức và 3 vệ tinh dự phòng. 24 vệ tinh này được phân phối đều trên ba mặt phẳng quỹ đạo. Mỗi quỹ đạo nghiêng 64.8^0 so với mặt phẳng xích đạo. Các vệ tinh này di chuyển trên quỹ đạo với chu kỳ 11h15 phút ở độ cao 19100Km.

Hệ thống hoạt động trên băng tần kép (1597-1617Mhz, 1240-1260Mhz). Mỗi vệ tinh phát trên một tần số khác nhau. Tín hiệu chứa mã giả khoảng cách có phổ trải rộng.

1.2.2.2 SECOR

SECOR (Sequential Collation of Range) là một hệ thống vệ tinh định vị và dẫn đường của quân đội Mỹ. Hệ thống này gồm 13 vệ tinh được phóng lên trong khoảng thời gian từ năm 1964 đến năm 1969. Hầu hết các vệ tinh này có kích thước nhỏ (17kg-20kg).

1.2.2.3 TRANSIT

TRANSIT là một hệ thống định vị vệ tinh hoạt động đầu tiên được phát triển bởi Johns Hopkins và được ứng dụng trong phòng thí nghiệm vật lý. Hệ thống được phát triển với mục tiêu hỗ trợ việc định vị các tàu ngầm. Hệ thống hoạt động cho mục tiêu quân sự từ năm 1964, thường gồm từ 4-6 vệ tinh ở độ cao 1075Km.

Hệ thống TRANSIT cho phép người sử dụng xác định vị trí bằng cách đo độ dịch Dopler của một tín hiệu vô tuyến được truyền từ vệ tinh. Người sử dụng có thể tính vị trí trong khoảng một vài trăm mét với điều kiện phải biết độ cao so với mặt biển và bản lịch vệ tinh. Lịch sử phát triển của hệ thống trùng hợp với sự khởi đầu của kỷ nguyên không gian (4-10-1957).

Vệ tinh đầu tiên của TRANSIT được phóng vào năm 1961 sau hai năm triển khai. Hệ thống triển khai cho mục đích dân sự vào năm 1967. Các vệ tinh được thiết kế phát tín hiệu trên hai tần số (400Mhz và 150Mhz). Hệ thống có nhược điểm là không bao phủ liên tục về mặt thời gian do hạn chế về số lượng vệ tinh và cao độ của vệ tinh quá thấp. Hệ thống bị phá huỷ vào năm 1997 và được thay thế bởi hệ thống định vị toàn cầu GPS ngày nay.

1.2.2.4 NAVSTAR

Hệ thống NAVSTAR GPS là một hệ thống định vị vô tuyến vệ tinh được phát triển và vận hành bởi bộ quốc phòng Mỹ (DOD). Hệ thống NAVSATR cho phép người sử dụng trên đất liền, trên biển, trên không xác định toạ độ trong không gian ba chiều, vận tốc và thời gian suốt trong 24 giờ trong ngày trong mọi điều kiện thời tiết và bất kỳ nơi nào trên thế giới với độ chính xác (precision, accuracy) tốt hơn tất cả các hệ thống định vị vô tuyến khác đang tồn tại trong thời điểm hiện nay.

Bên cạnh các chức năng định vị và tính thời gian, NAVSTAR còn thực hiện nhiều chức năng khác. Khởi đầu với 8 vệ tinh di chuyển, các vệ tinh NAVSTAR mang các thiết bị phát hiện các vụ nổ hạt nhân. Hệ thống phát hiện các vụ nổ hạt nhân GPS NUDET (Nuclear Detection) là một chương trình liên kết giữa Cơ quan Không lực Hoa Kỳ và Bộ Năng lượng.

Ngoài các hệ thống định vị vệ tinh phổ biến đã nêu, trên thế giới còn tồn tại nhiều hệ thống định vị vệ tinh khác phục vụ cho các nhu cầu khác nhau như: TIMATION (Mỹ), PARUS (TSIKADA-M), TSIKADA, TSYKLON (Nga)

BVĐTVT

1.3 LỊCH SỬ HÌNH THÀNH VÀ PHÁT TRIỂN CÁC HỆ THỐNG ĐỊNH VỊ VỆ TINH

10-1940: Tại Washington D.C. Hội dồng Nghiên cứu Phòng thủ Quốc gia Mỹ đề xuất một hệ thống định vị mới kết hợp sóng vô tuyến với kỹ thuật mới cho phép đo khoảng thời gian chính xác. Từ đề xuất này, phòng thí nghiệm vô tuyến MIT đã phát triển hệ thống LORAN. Đây là hệ thống định vị vô tuyến đầu tiên hoạt động trong mọi điều kiện thời tiết. Các trạm đầu tiên được triển khai dọc theo Bắc Đại Tây Dương và được sử dụng trong suốt chiến tranh thế giới thứ 2. Sau chiến tranh thế giới thứ 2, hệ thống Omega được thiết kế lại, sử dụng tần số thấp hơn. Hệ thống này bao phủ trên nhiều vùng của thế giới với số trạm ít hơn.

20-9-1957: Mỹ phóng thành công tên lửa đạn đạo tầm trung US. Thor. Sau đó, tên lửa này được phát triển để phóng các vệ tinh NAVSTAR và được đặt tên là Delta.

4-10-1957 Nga phóng Sputnik-I, vệ tinh nhân tạo đầu tiên trên bệ phóng R-7. Phòng thí nghiệm vật lý ứng dụng thuộc Đại học Johns Hopkins chứng minh các thông số quỹ đạo của vệ tinh Sputnik có thể được xác định bằng cách đo độ dịch Doppler của sóng vô tuyến phát từ vệ tinh. Sau một tháng, giả thiết một vị trí trên mặt đất có thể được xác định nếu biết các thông số quỹ đạo vệ tinh được đề xuất và kiểm nghiệm.

31-01-1958: Mỹ đã đưa vệ tinh đầu tiên mang tên Explorer I vào không gian.

17-9-1959: vệ tinh định vị đầu tiên (TRANSIT 1A) được phóng nhưng lệch quỹ đạo.

13-4-1960: Vệ tinh định vị đầu tiên (TRANSIT 1B) được phóng cho Hải Quân Mỹ. Hệ thống TRANSIT được thiết kế phục vụ nhu cầu định vị chính xác các tàu ngầm mang tên lửa đạn đạo và các tàu thủy khác cho Hải Quân Mỹ.

29-6-1961: TRANSIT 4A được phóng. Đây là vệ tinh đầu tiên mang một tên lửa đẩy bằng năng lượng hạt nhân. Tên lửa đẩy này có tên là SNAP-3 (System for Nuclear Ausiliary Power).

19-9-1962: Hệ thống TRANSIT tuyên bố vận hành với việc phóng tên lửa TRANSIT 5A. Tuy nhiên, tên lửa này đã đi chệch quỹ đạo.

11-1-1964: Vệ tinh định vị và dẫn đường đầu tiên cho quân đội Mỹ SECOR 1 được phóng vào quỹ đạo.

11-2-1965: Mỹ phóng vệ tinh SECOR 2.

9-3-1965: Mỹ phóng vệ tinh SECOR 3.

3-4-1965: Mỹ phóng vệ tinh SECOR 4.

10-8-1965: Mỹ phóng vệ tinh SECOR 5.

9-6-1966: Mỹ phóng vệ tinh SECOR 6.

19-8-1966: Mỹ phóng vệ tinh SECOR 7.

5-10-1966: Mỹ phóng vệ tinh SECOR 8

BMDTVT

19-5-1966: Vệ tinh OSCAR 9 (TRANSIT) được phóng lên quỹ đạo.

31-5-1967: Vệ tinh TIMATION-I được phóng lên quỹ đạo và tiếp theo vệ tinh TIMATION-II được phóng vào ngày 30-9-1969.

Tháng 11-1967: Vệ tinh dẫn đường đầu tiên của Nga, TSYKLON (Cosnos 192) được phóng lên quỹ đạo thấp của trái đất.

Tháng 4-1973: Hệ thống TIMATION của Hải Quân Mỹ và hệ thống dẫn đường 621B 3-d của lực lượng phòng không Mỹ được kết hợp lại để phát triển thành hệ thống vệ tinh dẫn đường phòng thủ gọi tắt là DNSS (Defense Navigation Satellite System). Hệ thống này sau đó đổi tên thành NAVSTAR.

Tháng 8-197: Việc cố gắng phát triển một hệ thống DNSS mới (vẫn gói gọn như hệ thống 621B của lực lượng phòng không) không được Hội đồng Thu Thập và Xét Duyệt Các Hệ Thống Phòng Thủ, viết tắt là DSARC (Defense System Acquisition and Review Council), thông qua.

17-10-1973: Hệ thống DNSS thiết kế lại được DSARS thông qua. Hệ thống này bao gồm các thành phần tốt nhất của tất cả các công nghệ định vị vô tuyến đang tồn tại. Sau cùng, nó được đổi tên thành NAVSTAR.

14-7-1974: Vệ tinh TIMATION II, được đổi tên thành NTS-1 (Navigation Technology Satellite 1). Vệ tinh này đã mang theo các đồng hồ nguyên tử đầu tiên (hai bộ dao động Rubidium) vào không gian.

14-7-1974: Thư ký đại diện Bộ Quốc Phòng Mỹ tuyên bố chương trình 3 dịch vụ dựa trên khái niệm GPS được thiết lập.

22-2-1978: NAVSTAR 1 (I-1, PRN 4) được phóng vào quỹ đạo và được đưa vào hoạt động ngày 29-3-1978.

13-5-1978: NAVSTAR 2 (I-2, PRN 7) được phóng vào quỹ đạo và được đưa vào hoạt động ngày 14-7-1978.

6-10-1978: NAVSTAR 3 (I-3, PRN 6) được phóng vào quỹ đạo và được đưa vào hoạt động ngày 9-11-1978.

11-12-1978: NAVSTAR 4 (I-4, PRN 8) được phóng vào quỹ đạo và được đưa vào hoạt động ngày 8-1-1979.

9-2-1980: NAVSTAR 5 (I-5, PRN 5) được phóng vào quỹ đạo và được đưa vào hoạt động ngày 27-2-1980.

26-4-1980: NAVSTAR 6 (I-6, PRN 9) được phóng vào quỹ đạo và được đưa vào hoạt động ngày 16-5-1980.

Ngày 18-12-1981: NAVSTAR 7 (I-7) được phóng lên quỹ đạo nhưng không thành công.

12-10-1982: Nga phóng Vệ tinh GLONASS 1 (Cosmos 1414) vào quỹ đạo bắt đầu thời kỳ triển khai hệ thống GLONASS.

BM ĐTVT

28-6-1983 Bộ Quốc Phòng Mỹ (U.S. DoD) thông báo chính sách an ninh đối với NAVSTAR được thay đổi và mức chính xác của dịch vụ định vị chuẩn gọi tắt là SPS (Standard Positioning Service) được xét duyệt lại. Theo đó, SPS sẽ có sai số tối đa theo phương ngang là 100m (95%). Dịch vụ định vị chính xác gọi tắt là PPS (Precise Positioning Service) chỉ được giới hạn cho quân đội.

14-7-1983: NAVSTAR 8 (I-8. PRN 11) được phóng vào quỹ đạo và đưa vào hoạt động ngày 10-8-1983.

4-4-1983: Nga phóng các vệ tinh GLONASS 2, 3.

29-12-1983: Nga phóng các vệ tinh GLONASS 4,5.

19-5-1984: Nga phóng các vệ tinh GLONASS 6, 7.

4-9-1984: Nga phóng các vệ tinh GLONASS 8, 9.

13-6-1984: NAVSTAR 9 (I-9. PRN 13) được phóng vào quỹ đạo và đưa vào hoạt động ngày 19-7-1984.

13-6-1984: NAVSTAR 10 (I-10. PRN 12) được phóng vào quỹ đạo và đưa vào hoạt động ngày 3-10-1984.

Tháng 5-1985: Thời kỳ triển khai GLONASS thứ hai của Nga được bắt đầu.

17-5-1985: Nga phóng các vệ tinh GLONASS 10, 11.

24-12-1985: Nga phóng các vệ tinh GLONASS 12,13.

9-10-1985: NAVSTAR 11 (I-11. PRN 3) được phóng vào quỹ đạo và đưa vào hoạt động ngày 30-10-1985. Đây là vệ tinh cuối cùng thuộc nhóm vệ tinh Block I. Tuổi thọ trung bình của các bệ tinh này khoảng 7 năm.

16-9-1986: Nga phóng các vệ tinh GLONASS 14. 15, 16.

24-4-1987: Nga phóng các vệ tinh GLONASS 17, 18, 19.

16-9-1987: Nga phóng các vệ tinh GLONASS 20, 21, 22.

18-2-1988: Nga phóng các vệ tinh GLONASS 23, 24, 25.

21-5-1988: Nga phóng các vệ tinh GLONASS 26, 27, 28.

16-9-1988: Nga phóng các vệ tinhGLONASS 29, 30, 31.

31-5-1989: Nga phóng các vệ tinhGLONASS 34, 35.

14-2-1989: NAVSTAR 14 (II-1, PRN 14) vệ tinh dầu tiên của nhóm Block II được phóng lên quỹ đạo và được đưa vào sử dụng ngày 14-4-1989.

10-6-1989: NAVSTAR 13 (II-2, PRN 2) được phóng lên quỹ đạo và được đưa vào sử dụng ngày10-8-1989.

21-6-1989 Hợp đồng cung cấp các vệ tinh Navstar Block IIR được U.S. DoD ký kết với hãng General Electric Astrospace.

BM ĐTVT

17-8-1989: NAVSTAR 16 (II-3, PRN 16) vệ tinh thứ 2 trong nhóm Block II được phóng lên quỹ đạo và được đưa vào sử dụng ngày 14-9-1989.

21-10-1989: NAVSTAR 19 (II-4, PRN 19)được phóng lên quỹ đạo và được đưa vào sử dụng ngày 21-11-1989.

11-12-1989: NAVSTAR 17 (II-5, PRN 17) được phóng lên quỹ đạo và được đưa vào sử dụng ngày11-1-1990.

24-1-1990: NAVSTAR 18 (II-6, PRN 18) được phóng lên quỹ đạo và được đưa vào sử dụng ngày 14-2-1990.

Tháng 3-1990: Bộ Quốc phòng Mỹ U.S. DoD kích hoạt chương trình SA (Selective Availability) trên hệ thống GPS. Mục tiêu của chương trình này là hạn chế mức độ chính xác đối với các máy thu dân sự bằng cách cung cấp các thông tin sai lệch về quỹ đạo đồng hồ vệ tinh .

25-3-1990: NAVSTAR 20 (II-7, PRN 20) được phóng lên quỹ đạo và được đưa vào sử dụng ngày 19-4-1990.

19-5-1990: Nga phóng các vệ tinh GLONASS 36. 37, 38.

2-8-1990: NAVSTAR 21 (II-8, PRN 21) được phóng lên quỹ đạo và được đưa vào sử dụng ngày 31-8-1990.

10-10-1990: NAVSTAR 15 (II-8, PRN 15) được phóng lên quỹ đạo và được đưa vào sử dụng ngày 20-10-1990.

26-11-1990: NAVSTAR 23 (IIA-10, PRN 23) được phóng lên quỹ đạo và được đưa vào sử dụng ngày 10-12-1990.

9-12-1990: Nga phóng các vệ tinh GLONASS 39, 40, 41.

4-4-1991: Nga phóng các vệ tinh GLONASS 42, 43, 44.

3-7-1991: NAVSTAR 24 (IIA-11, PRN 24) được phóng lên quỹ đạo và được đưa vào sử dụng ngày 30-8-1991.

29-1-1992: Nga phóng các vệ tinh GLONASS 45, 46, 47.

23-2-1992: NAVSTAR 25 (IIA-12, PRN 25) được phóng lên quỹ đạo và được đưa vào sử dụng ngày 24-3-1992.

10-4-1992: NAVSTAR 28 (IIA-13, PRN 28) được phóng lên quỹ đạo và được đưa vào sử dụng ngày 25-4-1992.

7-7-1992: NAVSTAR 26 (IIA-14, PRN 26) được phóng lên quỹ đạo và được đưa vào sử dụng ngày 23-7-1992.

30-7-1992: Nga phóng các vệ tinh GLONASS 48, 49, 50.

10-8-1992: Vệ tinh quan trắc đại dương TOPEX/Poseidon được phóng lên quỹ đạo. Vệ tinh này mang máy thu GPS cung cấp thông tin tham chiếu giữa vệ tinh và tâm trái đất.

9-9-1992: NAVSTAR 27 (IIA-15, PRN 27) được phóng lên quỹ đạo và được đưa vào sử dụng ngày 30-9-1992.

22-11-1992: NAVSTAR 32 (IIA-16, PRN 1) được phóng lên quỹ đạo và được đưa vào sử dụng ngày 11-12-992.

BM ĐTVT

18-12-1992: NAVSTAR 29 (IIA-17, PRN 29) được phóng lên quỹ đạo và được đưa vào sử dụng ngày 5-1-1993.

3-2-1993: NAVSTAR 22 (IIA-18, PRN 22) được phóng lên quỹ đạo và được đưa vào sử dụng ngày 4-4-1993.

17-2:-1993 Nga phóng các vệ tinh GLONASS 51, 52, 53.

30-3-1993: NAVSTAR 31 (IIA-19, PRN 31) được phóng lên quỹ đạo và được đưa vào sử dụng ngày 13-4-1993.

13-5-1993: NAVSTAR 37 (IIA-20, PRN 7) được phóng lên quỹ đạo và được đưa vào sử dụng ngày 12-6-1993.

26-6-1993: NAVSTAR 39 (IIA-21, PRN 9) được phóng lên quỹ đạo và được đưa vào sử dụng ngày 20-7-1993.

9-7-1993: Bộ phận giám sát hàng không liên bang Mỹ cải tiến việc sử dụng máy thu GPS cho các ứng dụng dân sự.

30-8-1993: NAVSTAR 35 (IIA-22, PRN 5) được phóng lên quỹ đạo và được đưa vào sử dụng ngày 28-9-1993.

24-9-1993: Chương trình GLONASS chính thức được đặt dưới sự ủng hộ của Lực lượng Đặc trách Không gian và Quân đội Nga.

26-10-1993: NAVSTAR 34 (IIA-23, PRN 4) được phóng lên quỹ đạo và được đưa vào sử dụng ngày 29-11-1993.

17-2-1994: FAA thông báo GPS chính thức đi vào hoạt động và là một bộ phận tích hợp của hệ thống điều khiển không lưu Mỹ.

11-4-1994: Nga phóng các vệ tinh GLONASS 54, 55, 56.

11-8-1994: Nga phóng các vệ tinh GLONASS 57, 58, 59.

30-8-1994: NAVSTAR 36 (IIA-24, PRN 6) được phóng lên quỹ đạo.

17-1-1994: Lực Lượng Không quân Mỹ thông báo hệ thống NAVSTAR đã hòan thiện đầy đủ các chức năng thiết kế.

7-3-1995: Chính phủ Nga ban hành sắc lệnh về việc sử dụng GLONASS cho các mục tiêu dân sự.

8-8-1996: ICAO trả lời đề xuất của Chính Phủ Nga về việc xem xét hệ thống GLONASS như một phần của nguồn tài nguyên định vị không lưu quốc tế.

31-12-1996: Hệ thống vệ tinh Transit ngừng hoạt động tại thời điểm 2359 GMT được xem như một phần trong kế hoạch phát triển hệ thống định vị vô tuyến của Liên Bang Mỹ trong năm 1994.

17-1-1997: tên lửa Delta mang vệ tinh NAVSTAR GPS IIR-1 nổ tung sau khi rời bệ phóng 7 giây.

27-2-1997: Bộ Giao thông và Bộ Quốc phòng Mỹ ra tuyên bố là các máy thu dân dụng sẽ không bị ngắt truy xuất phần pha sóng mang trong tín hiệu L2 (chỉ dành riêng cho quân đội). Tuyên bố cũng phát biểu rằng khả năng triển khai tần số thứ hai cho dân dụng trong nhóm vệ tinh NAVSTAR Block IIF.

30-3-1998: Chính phủ Mỹ tuyên bố hệ thống Navstar sẽ cung cấp thêm hai tín hiệu định vị được mở rộng cho các ứng dụng dân sự. Các tín hiện này nâng cao độ chính xác và tính sẵn sàng cho các hệ thống máy thu dân sự. Tần số thứ hai được hoạch định sẽ đưa vào sử dụng năm 2005.

BM DTVT

1-5-2000: Chính phủ Mỹ tuyên bố chương trình S/A thiết lập cho các máy thu dân sự được gở bỏ. Việc gở bỏ S/A là một tin quan trọng đối với người sử dụng GPS. Thành phần sai số lớn nhất trong định vị GPS là S/A đã được loại bỏ hoàn toàn. Do vậy, độ chính xác định vị được cải thiện rất lớn khi S/A được gở bỏ.

BM ĐTVT

CHƯƠNG 2 HỆ THỐNG ĐỊNH VỊ TOÀN CẦU

2.1 GIỚI THIỆU

Hệ thống định vị toàn cầu được viết tắt theo tiếng Anh là GPS (*Global Positioning System*). GPS là một hệ thống cung cấp khả năng xác định vị trí của người sử dụng ở bất kỳ nơi nào trên bề mặt trái đất. Hiện thời có hai hệ thống GPS "công cộng". Hệ thống NAVSTAR là một hệ thống do Mỹ sở hữu và được Bộ Quốc phòng Mỹ (DoP: Department of Defense) giám sát. Hệ thống GLONASS là hệ thống thuộc quyền sở hữu của Nga. Mặc dù cả hai hệ thống NAVSTAR và GLONASS đều là những hệ thống định vị toàn cầu nhưng NAVSTAR thường được đề cập với tên gọi là GPS vì hệ thống này tồn tại trước. Phần sau chỉ tập trung đề cập đến hệ thống NAVSTAR GPS.

Hệ thống NAVSTAR được quản lý bởi Văn phòng chương trình NAVSTAR GPS chung (NAVSTAR GPS Joint Program Office) đặt tại căn cứ không quân Los Angeles. Điểm liên lạc lấy thông tin về NAVSTAR cho phía dân sự là Trung tâm Dẫn đường Hàng hải (NAVCEN: Navigation Center) thuộc bộ phận Giám sát Hải phận Mỹ (U.S. Coast Guard). NAVCEN cung cấp thông tin về trạng thái hệ thống trong các trang tài liệu NANU (Notice Advisory to Navstar Users). Máy thu dân dụng có thể nhận các sản phẩm từ hệ thống NAVSTAR thông qua Ủy Ban Giao tiếp dịch vụ GPS dân dụng (CGSIC: Civil GPS Service Interface Committee).

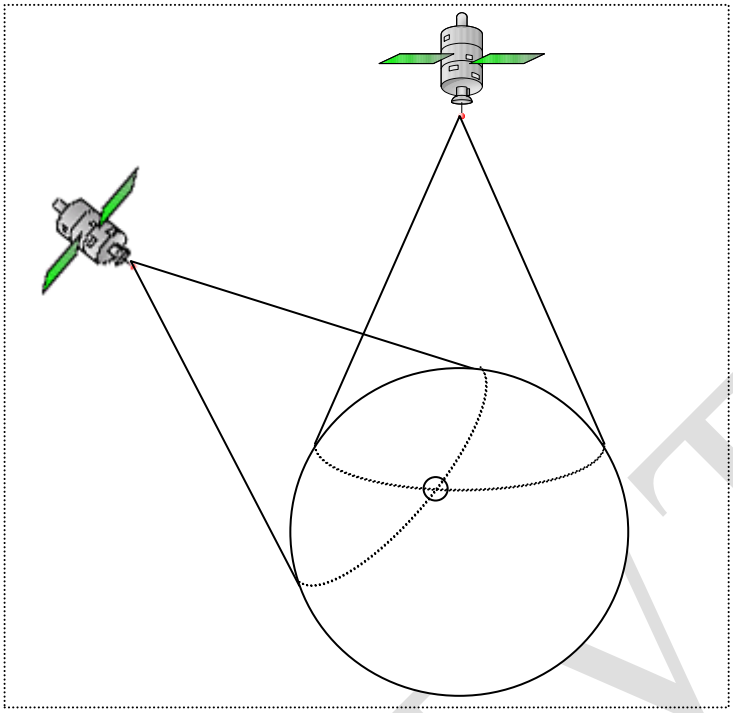
2.2 CƠ SỞ ĐỊNH VỊ TRONG HỆ THỐNG GPS

2.2.1 Cơ sở về mặt hình học

GPS sử dụng một thành tựu được khảo sát kỹ lưỡng trong kỹ thuật vô tuyến và định vị. Chúng được thực hiện và giám sát bởi các nhà định vị học và các nhà đo đạc trong nhiều thế kỷ qua. Về cơ bản, GPS sử dụng một tập các điểm đã biết trước toạ độ để tính tọa độ các điểm cần xác định. Trong quá khứ, ta cần tính các Bearing trên các điểm tồn tại và lập lưới tam giác trên một biểu đồ để các định vị trí cần tính.

Một khi xác định được các Bearing, ta có thể vẽ một đường thẳng đi qua vị trí đã biết và vị trí cần xác định nằm trên đường thẳng này. Thực hiện tương tự với một điểm khác, khi đó vị trí điểm cần xác định là điểm giao nhau của hai đường thẳng đã vẽ từ các Bearing. Nếu tiếp tục vẽ một đường thẳng khác từ Bearing của một điểm thứ 3 thì đường thẳng này cũng đi qua giao điểm của hai đường thẳng ban đầu. Tuy nhiên thông thường do hướng nhìn không chính xác nên đường thẳng thứ ba này sẽ cắt hai đường thẳng kia tại hai điểm có một độ lệch không đáng kể và tạo thành một tam giác nhỏ. Vị trí cần xác định sẽ nằm trong tam giác này nhưng không thể xác định một cách chính xác. Nếu tam giác đủ nhỏ thì ta có thể xem kết quả là tốt, ngược lại ta cần chọn một hướng nhìn khác. Độ chính xác được xác định chủ yếu dựa vào khả năng tính và vẽ một Bearing chính xác cũng như cấu hình hình học của các điểm đã biết. Điều này có nghĩa là nếu các vị trí đã biết gần nhau về một phía thì kết quả thu được sẽ rất kém hơn là chọn các điểm có một vài góc cách xa nhau. Hai hướng nhìn từ vị trí cần xác định tới hai điểm đã biết hợp thành 90^0 là trường hợp tốt nhất.

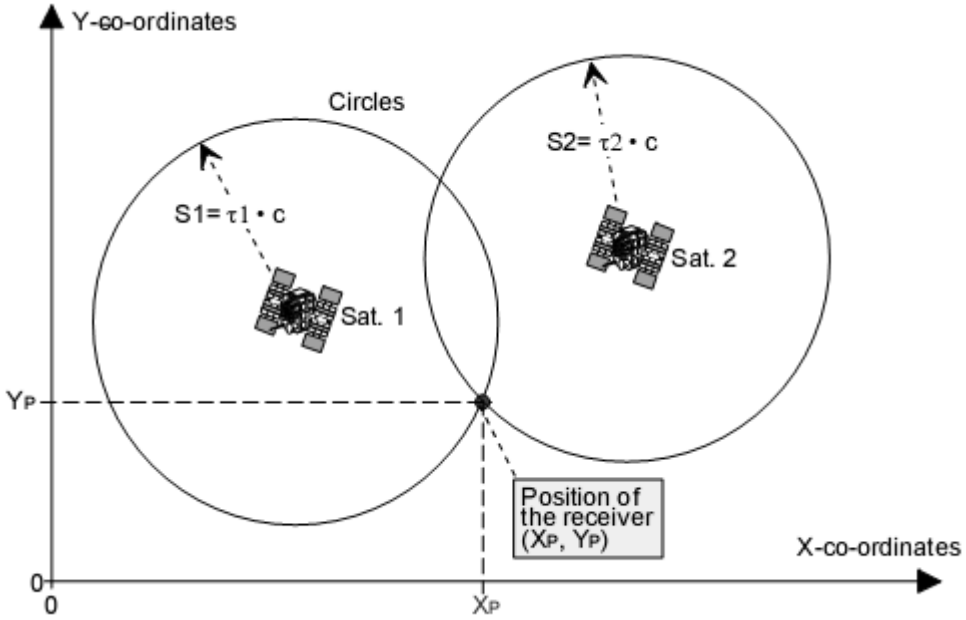
BM ĐTVT



Hình 2.1. Nguyên lý định vị bằng vệ tinh (Mô hình 2D)

GPS sử dụng một phương pháp hơi khác biệt. Máy thu sẽ đo các khoảng cách từ nó đến mỗi vệ tinh và sử dụng thông tin này để xác định vị trí. Thật ra nó chỉ đo khoảng thời gian của tín hiệu vệ tinh đến máy thu và sau đó dựa trên các thông số đã biết như sự di chuyển của tín hiệu, vận tốc ánh sáng để tính ra khoảng cách từ thời gian mà tín hiệu đã di chuyển. Tuy nhiên, không giống như các điểm mốc cổ điển, các vệ tinh luôn chuyển động. Giải pháp cho vấn đề này là các vệ tinh phải gởi đi đủ các thông tin để tính ra vị trí hiện thời của nó liên quan đến máy thu. Sau khi có được vị trí vệ tinh và khoảng cách tới mỗi vệ tinh, ta có thể chấp nhận rằng vị trí máy thu là một điểm trên một mặt cầu với bán kính là khoảng cách từ vệ tinh đến máy thu và tâm tại vị trí của vệ tinh.

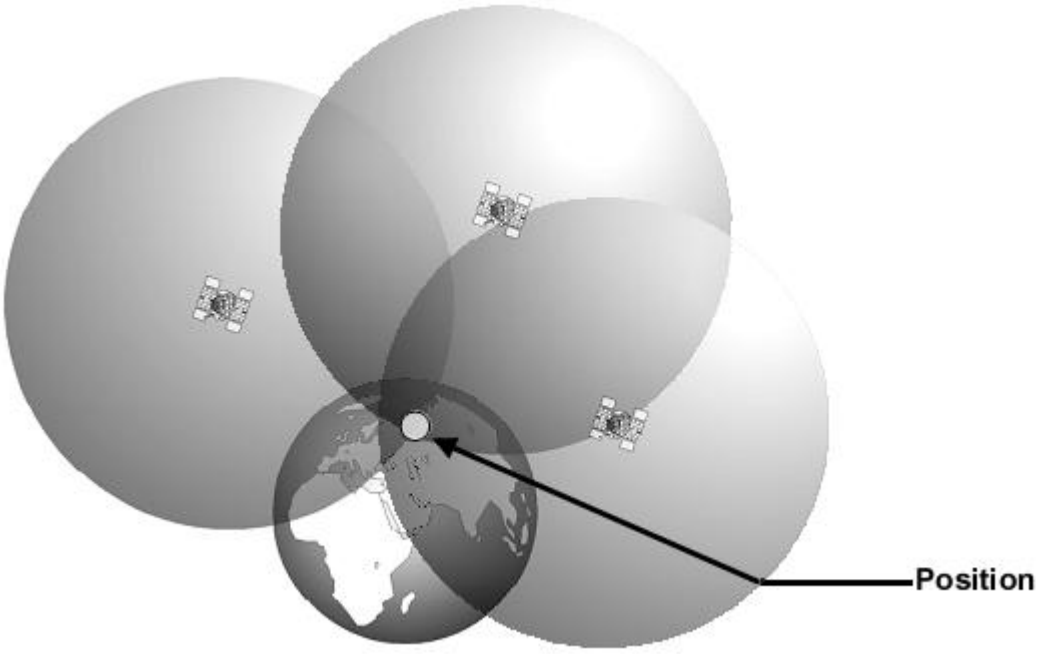
BM ĐT VT



Hình 2.2. Vị trí của máy thu là giao điểm của 2 đường tròn

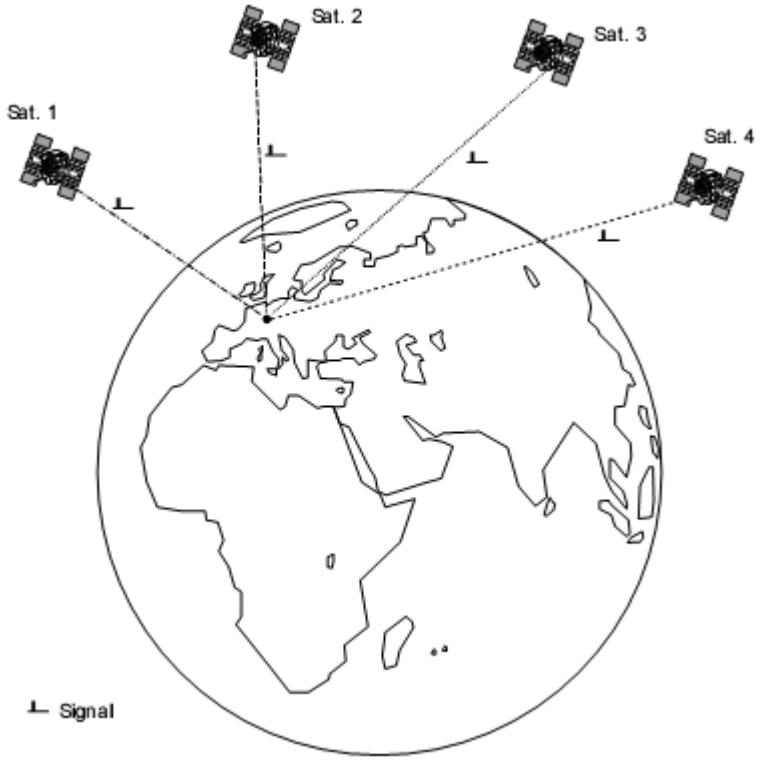
Đối với một vệ tinh thứ hai, bằng cách xác định các thông tin tương tự, ta cũng có thể tính ra một mặt cầu thứ hai. Mặt cầu này sẽ cắt mặt cầu thứ nhất tại một mặt phẳng và bây giờ ta có thể biết vị trí của máy thu sẽ nằm trên một đường tròn được mô tả bởi sự giao nhau của hai mặt cầu. Nếu tiếp tục khảo sát thêm một vệ tinh thứ ba thì mặt cầu này sẽ giao với đường tròn tại hai điểm. Nếu ta biết khoảng chừng vị trí máy thu thì ta có thể loại trừ một trong số hai điểm này và điểm còn lại là vị trí chính xác của máy thu.

Trong không gian 3 chiều, vị trí của máy thu được xác định dựa trên 3 khoảng cách đến 3 vệ tinh tương ứng đã biết tọa độ. Vị trí là giao điểm của 3 mặt cầu tương ứng như hình vẽ.



Hình 2.3. Vị trí máy thu trong không gian 3 D

Trong thực tế, quá trình định vị máy thu cần phải xác định độ lệch của chính đồng hồ máy thu Δt. Do đó có đến 4 ẩn số cần phải giải (X, Y, Z, Δt), và dĩ nhiên là phải có 4 phương trình khoảng cách đến 4 vệ tinh tương ứng.



2.2.2 Cơ sở về mặt đại số

Một cách khác để hiểu rõ hơn về cơ chế định vị vệ tinh ta đi vào xem xét phương trình toán học được xem là cơ sở của phương pháp định vị qua vệ tinh. Phương trình này được xây dựng trên định lý Pythagore như sau:

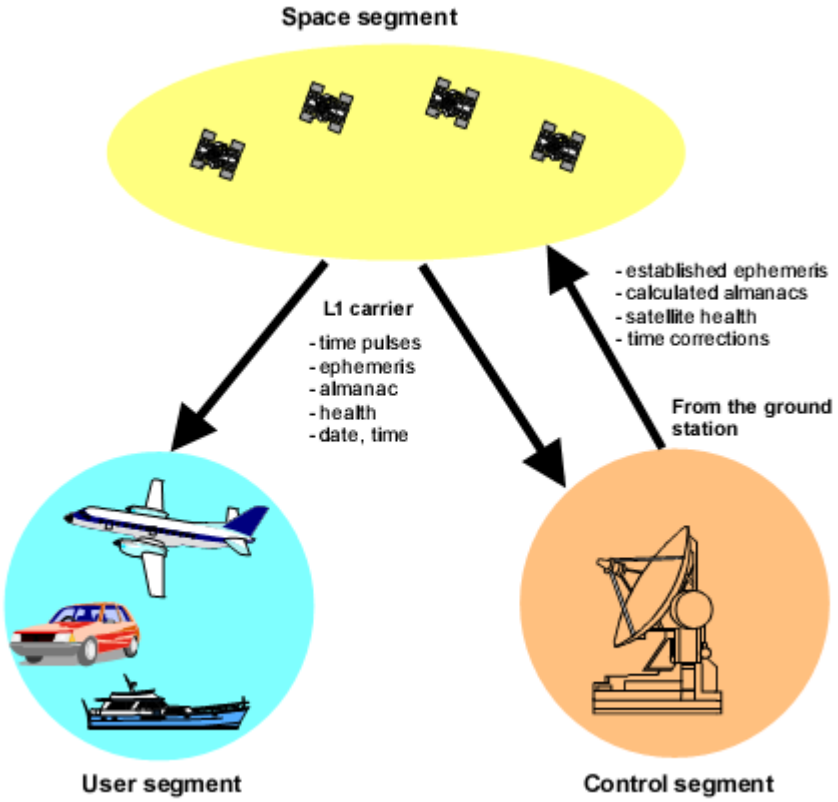
$$PRS + T + Es = \sqrt{(X - Xs)^2 + (Y - Ys)^2 + (Z - Zs)^2}$$

Trong đó X, Y, Z là toạ độ (vị trí) cần xác định và T là sai số tại đồng hồ máy thu. Các số hạng Xs, Ys, Zs là toạ độ của vệ tinh. Các toạ độ này được tính thông qua các thông tin về bản lịch được phát bởi mỗi vệ tinh. Es là tổng toàn bộ các sai số được xác định từ các mô hình sai số tương ứng gắn liền với hệ thống. Các sai số này bao gồm nhiều thành phần như sai số tầng điện ly, sai số tần đối lưu, sai số từ đồng hồ vệ tinh và các nguồn sai số khác trên máy thu đủ lớn và có thể mô hình được. PRS là khoảng cách xấp xỉ từ vệ tinh tới máy thu.

Khoảng cách giả và toạ độ vệ tinh có thể xác định một cách độc lập, các hệ số trong các mô hình sai số được xác định dựa theo các thông tin từ bản lịch và vị trí vệ tinh. Trong phương trình này có 4 ẩn chưa biết đó là X, Y, Z và T. Để xác định 4 ẩn này ta cần có ít nhất 4 phương trình. Theo lý thuyết đại số, đây là một bài toán bình phương tối thiểu chuẩn.

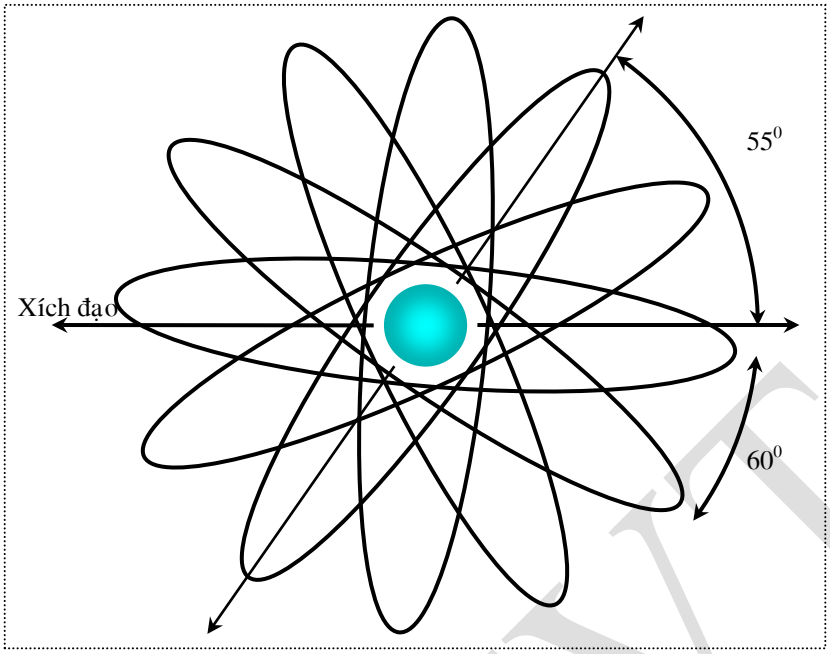
2.3 CẤU TRÚC HỆ THỐNG ĐỊNH VỊ TOÀN CẦU GPS

Hệ thống định vị toàn cầu GPS được cấu thành từ ba mảng: mảng các vệ tinh trong không gian có nhiệm vụ nhận các thông tin từ trạm điều khiển trên mặt đất và phát đi các tín hiệu vô tuyến định vị có tần số khoảng 1.5 Ghz. Tín hiệu này chứa các dữ liệu định vị được trạm điều khiển từ mặt đất truyền đến. Mảng các trạm điều khiển trên mặt đất dùng để quan trắc các vệ tinh, tính toán các thông số quỹ đạo, thông số hiệu chỉnh đồng hồ sau đó phát các thông tin cập nhật và các lệnh điều khiển tới mỗi vệ tinh. Mảng các máy thu có chức năng thu thập dữ liệu từ các vệ tinh để tính ra toạ độ của chúng dựa vào các thông tin mà chúng nhận được từ trong các tín hiệu mà nó quan trắc được trên mỗi vệ tinh.



2.3.1 Mảng hệ thống các vệ tinh GPS trong không gian

Cho đến thời điểm hiện nay, hệ thống định vị toàn cầu đã có 28 vệ tinh đang hoạt động trong không gian, thường được đề cập với tên gọi là các vệ tinh NAVSTAR (SVs). Chúng bay theo các quỹ đạo được điều khiển cẩn thận quanh trái đất theo chu kỳ 11 giờ 58 phút ở độ cao khoảng 12.600 dặm (20.000Km). Các vệ tinh này được nhóm vào 6 quỹ đạo, mỗi quỹ đạo nghiêng 55^0 so với mặt phẳng xích đạo nên không có quỹ đạo nào đi trực tiếp qua các cực. Tuy nhiên, tại các cực cũng như tại một vị trí bất kỳ trên trái đất đều có thể nhìn thấy rất nhiều quỹ đạo.



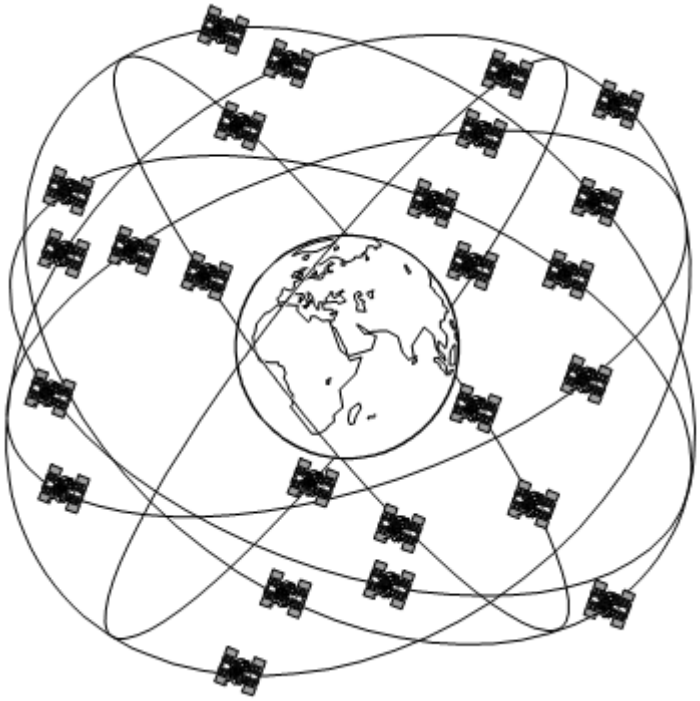
***Hình 4**. Quỹ đạo vệ tinh GPS*

Trên mỗi quỹ đạo chứa một số vệ tinh nhất định. Tại một thời điểm luôn có 24 vệ tinh hoạt động cho mục đích định vị và con số này có thể lên đến 27 hoặc 28. Mục tiêu của hệ thống là cho phép một vị trí bất kỳ nào trên trái đất cũng có thể nhìn thấy ít nhất 4 vệ tinh tại một thời điểm và trong thực tế, số vệ tinh có thể nhìn thấy được nhiều hơn rất nhiều so với con số này, thỉnh thoảng số vệ tinh nhìn thấy được có thể lên con số là 12 vệ tinh. Thông tin về chòm vệ tinh (thống kê tháng 8/2002)

Số SV	Số PRN	Loại	Đồng hồ	Ngày phóng (UT)	Ngày sử dụng (UT)	Quỹ đạo
13	02	Block II	Cs	10-6-89	10-8-89	B5
17	17	Block II	Rb	11-12-89	6-1-90	D3
21	21	Block II	Cs	2-8-90	22-8-90	E2
15	15	Block II	Cs	1-10-90	15-10-90	D5
23	23	Block IIA	Cs	26-11-90	10-12-90	E5
24	24	Block IIA	Cs	4-7-91	30-8-91	D1
25	25	Block IIA	Cs	23-2-92	24-3-92	A2
26	26	Block IIA	Rb	7-7-92	23-7-92	F2
27	27	Block IIA	Rb	9-9-92	30-9-92	A4
32	01	Block IIA	Cs	22-11-92	11-12-92	F4
29	29	Block IIA	Rb	18-12-92	5-1-93	F5
22	22	Block IIA	Rb	2-3-93	4-4-93	B1
31	31	Block IIA	Rb	30-3-93	13-4-93	C3
37	07	Block IIA	Rb	13-5-93	12-6-93	C4
39	09	Block IIA	Cs	26-6-93	20-7-93	A1
35	05	Block IIA	Cs	30-8-93	28-9-93	B4
34	04	Block IIA	Rb	26-10-93	22-11-93	D4
36	06	Block IIA	Cs	10-3-93	28-3-94	C1
33	03	Block IIA	Cs	28-3-96	9-4-96	C2
40	10	Block IIA	Cs	16-7-96	15-8-96	E3

BM ĐTVT

30	30	Block IIA	Rb	12-9-96	10-1-96	B2
38	08	Block IIA	Rb	6-11-97	18-12-97	A3
43	13	Block IIR	Rb	23-7-97	31-1-98	F3
46	11	Block IIR	Rb	7-10-99	3-1-00	D2
51	20	Block IIR	Rb	11-5-00	1-6-00	E1
44	28	Block IIR	Rb	16-7-00	17-8-00	B3
41	14	Block IIR	Rb	10-11-00	10-12-00	F1
54	18	Block IIR	Rb	30-1-01	15-2-01	E4



Mỗi vệ tinh sẽ phát đi các tín hiệu vô tuyến, các tín hiệu này được "làm dấu" bởi những mã nhận dạng đơn nhất (Unique code). Các đồng hồ nguyên tử với độ chính xác rất cao được gắn trên mỗi vệ tinh sẽ điều khiển việc phát đi những tín hiệu và mã này. Mảng vệ tinh có nhiệm vụ thu nhận và lưu trữ các thông tin từ mảng điều khiển trên mặt đất truyền đến, thực hiện các xử lý dữ liệu có chọn lọc, duy trì thời gian chính xác và phát thông tin xuống cho mảng người sử dụng.

2.3.2 Mảng các trạm điều khiển hệ thống GPS

Các chính năng chủ yếu của mảng điều khiển.

Quan sát chuyển động của vệ tinh và tính toán dữ liệu quỹ đạo.

Giám sát đồng hồ vệ tinh và dự đoán thay đổi của nó.

Đồng bộ thời gian của đồng hồ vệ tinh.

Phát đi dữ liệu quỹ đạo chính xác của vệ tinh.

Phát đi dữ liệu gần đúng quỹ đạo vệ tinh.

Phát đi các dữ liệu khác như sức khỏe vệ tinh, sai số đồng hồ.

Hệ thống GPS được vận hành và điều khiển bởi bộ Quốc phòng Mỹ (U.S. Department Defense) thông qua 4 trạm giám sát đặt trên mặt đất bao gồm một trạm chủ (Master station) và 3 trạm hỗ trợ (Upload station). Các trạm giám sát được đặt tại các vị trí đã biết chính xác và hoạt động liên tục trong suốt 24 giờ. Mạng lưới các trạm này hiện thời đặt tại Ascension, Diego Garcia, Kwajalein, Hawaii và Colorado Spring. Những trạm này thực hiện các chức năng chính sau đây:

Các trạm giám sát thực hiện quan trắc các vệ tinh một cách liên tục và cung cấp dữ liệu quan trắc được về cho trạm chủ.

Trạm chủ sẽ tính các hiệu chỉnh để đồng bộ các đồng hồ nguyên tử trên các vệ tinh và nó cũng duyệt lại các thông tin về quỹ đạo, kiểm tra tình trạng sức khoẻ của mỗi vệ tinh. Sau đó trạm chủ sẽ truyền ngược các kết quả này tới các trạm hỗ thợ.

Các trạm hỗ trợ sử dụng các thông tin được cung cấp bởi trạm chủ để cập nhật cho từng vệ tinh riêng lẽ.

2.3.3 Mảng sử dụng hệ thống GPS

Các tín hiệu GPS được sử dụng hoàn toàn miễn phí trong dân dụng cũng như trong quân sự. Các cá nhân, đơn vị, tổ chức trên khắp thế giới nếu có máy thu GPS thì đều có thể sử dụng GPS.

Vào thời điểm khởi đầu, các máy thu GPS được sử dụng trong hai mục đích chính là xác định vị trí và dẫn đường. Ngày nay chúng được sử dụng hết sức phổ biến trong các ứng dụng định vị chính xác trên đất liền, trên biển và cả trên không.

2.4 CẤU TRÚC TÍN HIỆU VỆ TINH

2.4.1 Đặc điểm tín hiệu GPS

Mỗi vệ tinh phát đi hai loại mã đơn nhất. Mã thứ nhất, đơn giản hơn gọi là mã C/A (coarse acquisition). Mã thứ hai được gọi là mã P (Precise). Các mã này được điều chế trên hai sóng mang L_1 và L_2. Sóng mang L_1 mang cả C/A và P trong khi đó sóng mang L_2 chỉ mang một loại mã P. Các mã này thường được gọi là mã giả khoảng cách. Các hệ thống máy thu định vị theo mã giả khoảng cách sẽ dựa trên các mã này để xác định khoảng cách từ vệ tinh tới Anten máy thu.

Các vệ tinh phát tín hiệu trên hai băng tần L: L_1 = 1575.42 MHz và L_2 = 1227.6 MHz. Ba loại mã khoảng cách nhiễu giả ngẫu nhiên (pseudo-random noise (PRN) ranging code) được sử dụng:

Mã C/A (coarse/acquisition) có tốc độ 1.023 MHz và chu kỳ 1ms. Mã C/A được sử dụng chủ yếu để xác định mã P và dùng cho dịch vụ định vị chuẩn.

Mã P có tốc độ 10.23Mhz, chu kỳ 7 ngày và đây là mã giả khoảng cách dùng cho dịch vụ định vị chính xác.

Mã Y được sử dụng để thay thế mã P trong trường hợp S-A được kích hoạt.

Mã C/A chỉ phát trên L_1, mã P tồn tại trên cả L_1 và L_2. Tất cả các vệ tinh khác nhau phát trên cùng tần số L_1 và L_2 nhưng có sự phân chia mã riêng rẽ.

BM ĐTVT

Do đặc tính trãi phổ của tín hiệu, hệ thống có một khả năng kháng nhiễu giao thoa rất lớn. Mỗi vệ tinh phát đi một thông điệp định vị chứa đựng các thành phần quỹ đạo, tình trạng đồng hồ, hệ thời gian và các thông điệp trạng thái. Thêm vào đó, một bảng lịch cũng được cung cấp với các dữ liệu xấp xỉ của các thông số quỹ đạo vệ tinh được kích hoạt. Điều này cho phép máy thu có thể nhìn thấy tất cả các vệ tinh trước khi bắt đầu quan trắc.

2.4.2 Cấu trúc tín hiệu vệ tinh

Các đồng hồ nguyên tử chính xác trên vệ tinh được dùng để tạo ra một dao động cơ bản với tần số là $f_0 = 10.23$MHz. Các sóng mang L_1, L_2 và mã giả khoảng cách được tạo ra từ tần số cơ bản này bằng các mạch nhân / chia tín hiệu.

$L_1 = 154 f_0 = 1575.42$MHz

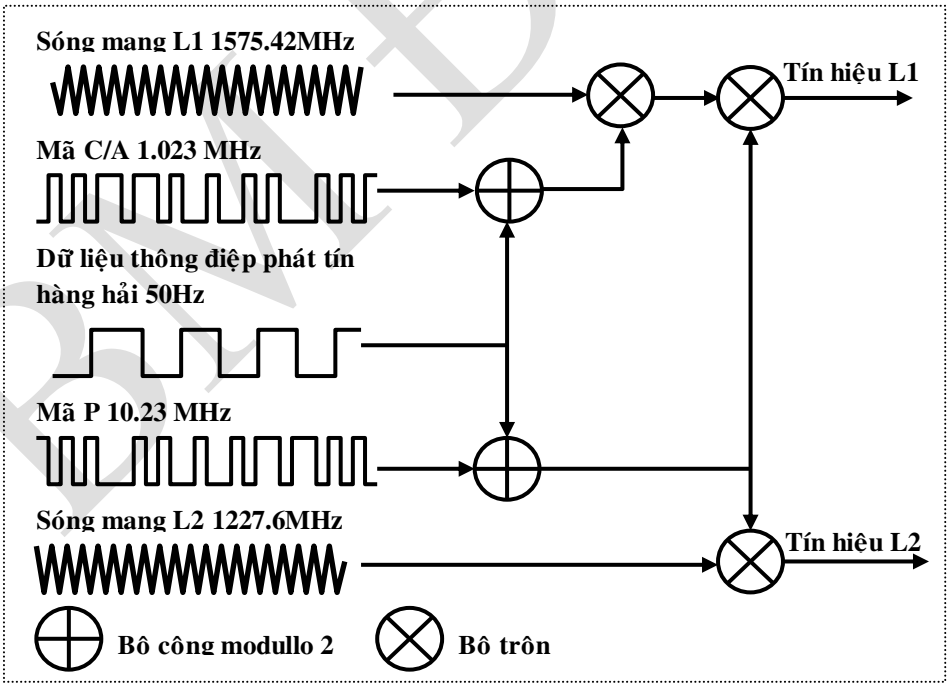
$L_2 = 120 f_0 = 1227.3$MHz

Mã C/A: là một chuỗi các bit ±1 có tần số $f_0/10$. Chu kỳ lặp lại của mã này là một ms.

Mã P: là một chuỗi các bit ±1 có tần số chính bằng f_0 và chu kỳ lặp lại của mã này là 267 ngày.

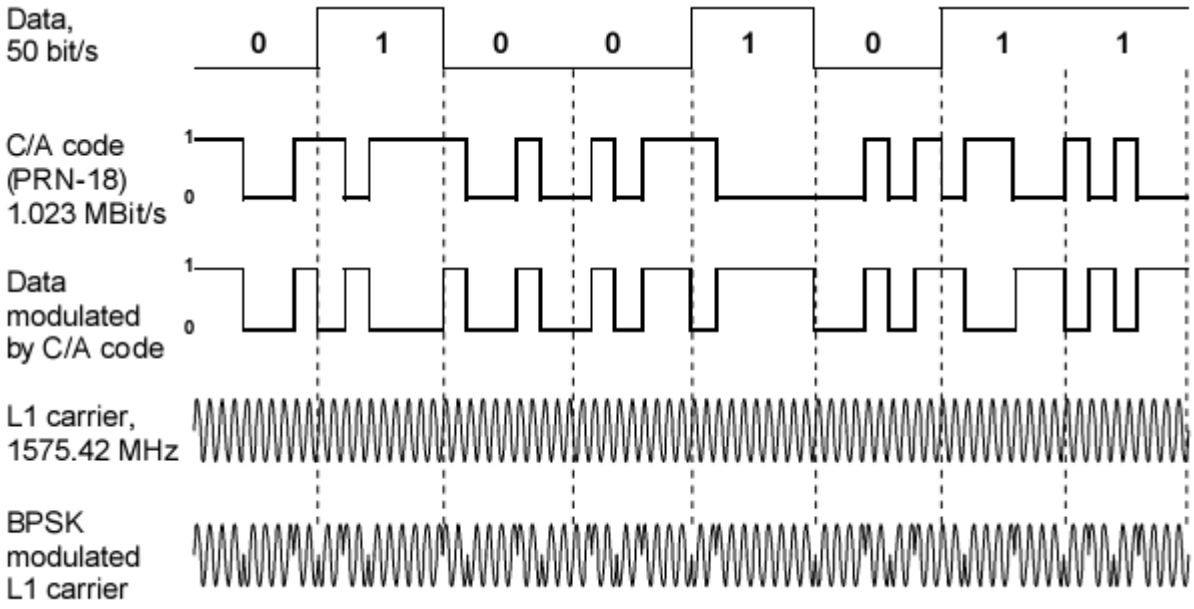
Bản lịch vệ tinh là các bit dữ liệu nhận được từ các trạm điều khiển. Luồng bit dữ liệu này có tần số rất thấp (50Hz).

Các mã giả khoảng cách và dữ liệu bản lịch được điều chế trên các kênh sóng mang để truyền đến máy thu người sử dụng theo sơ đồ nguyên lý sau:



***Hình 5**. Cấu trúc tín hiệu vệ tinh GPS*

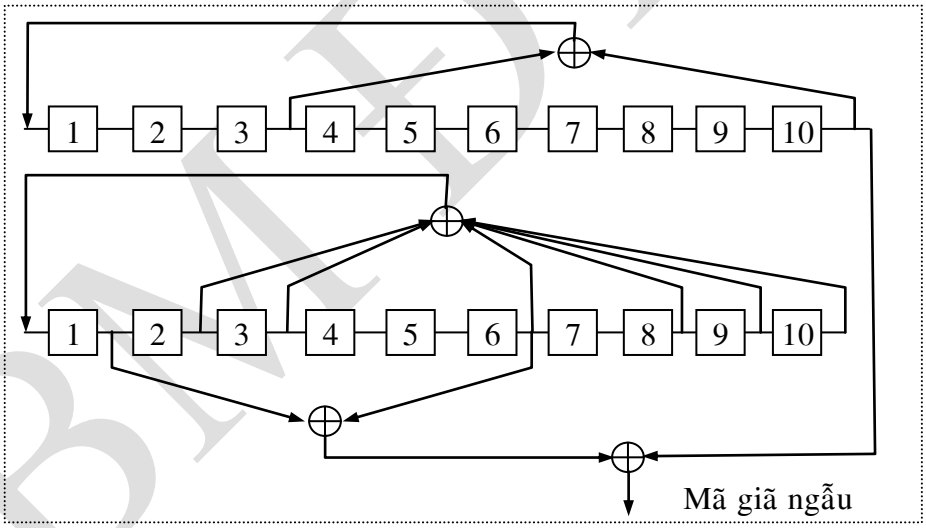
BM ĐTVT



Hình . Cấu trúc dữ liệu vệ tinh GPS.

Mã C/A và mã P là những dạng mã nhiễu giả ngẫu nhiên (PRN: Pseudo Random Noise). Chúng được tạo ra từ các thanh ghi dịch có hồi tiếp.

$$G_1 = 1+x^3+x^{10};\ G_2=1+x^2+x^3+x^6+x^8+x^9+x^{10}$$



***Hình 6**. Phương pháp tạo mã nhiễu giả ngẫu nhiên C/A*

Hệ thống GPS có tất cả 32 mã giả ngẫu nhiên C/A khác nhau, tương ứng với 32 cặp tế bào khác nhau của G_2. Đặc điểm quan trọng là hai mã bất kỳ trong bộ mã này có độ quan chéo rất thấp. Điều này có nghĩa là chúng gần như trực giao với nhau.

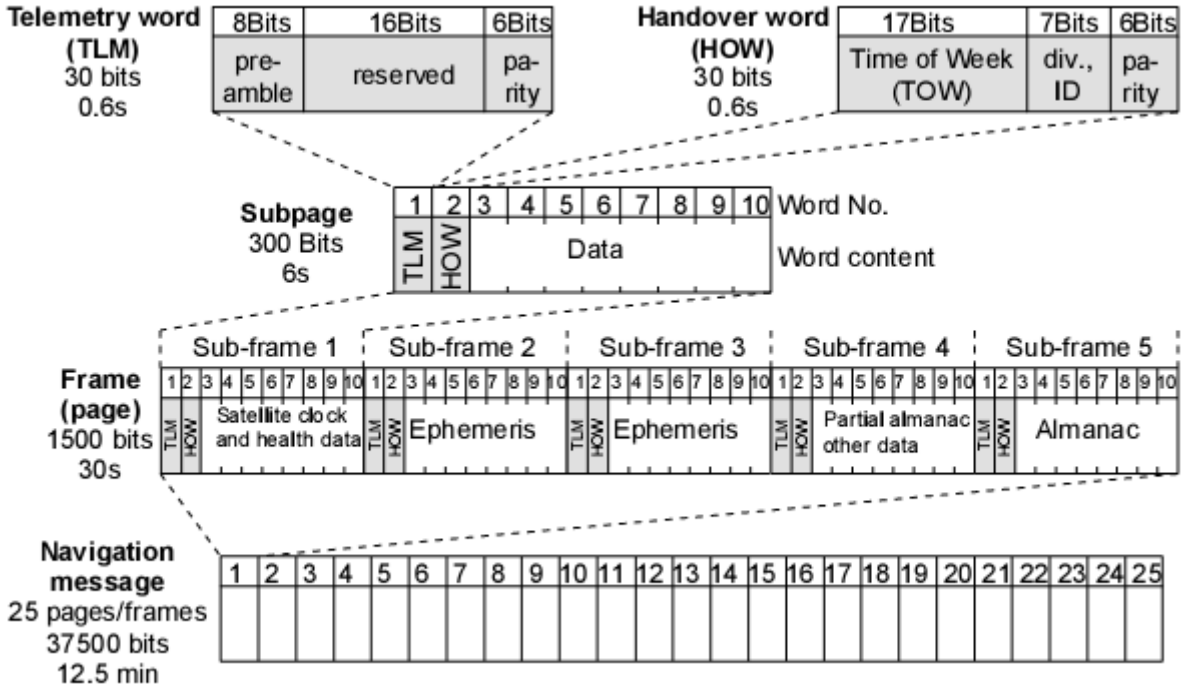
Mã P cũng được tạo ra theo một nguyên tắc tương tự mã C/A. Điểm khác biệt là người ta sử dụng đến 4 bộ thanh ghi dịch chuyển 10 tế bào. Hai bộ trong số đó được liên kết với nhau để tạo ra mã X_1 dài 15345000 chip và lặp lại sau mỗi chu kỳ 1,5 giây. Hai bộ còn lại

BMDTV

được dùng để tạo mã X_2 dài 15345037 chip. Mã X_1 và X_2 được kết hợp lại với nhau bằng 37 trị thời trễ trên mã X_2 để tạo thành 37 đoạn mã P khác nhau, mỗi đoạn dài một tuần. Trong đó, 5 đoạn được dùng để hỗ trợ các trạm mặt đất, 32 đoạn còn lại được dùng cho 32 vệ tinh khác nhau.

2.4.3 Thông điệp phát tín hàng hải (bản lịch vệ tinh)

Thông điệp định vị GPS bao gồm các bit dữ liệu được gắn thời gian, các bit này làm dấu thời gian truyền của mỗi khung con tại thời điểm chúng được vệ tinh truyền đi. Một khung bit dữ liệu chứa 1500 bit và được chia thành 5 khung con. Một khung dữ liệu được phát đi sau mỗi 30 giây. Ba khung con 6 giây chứa dữ liệu quỹ đạo và đồng hồ. Hiệu chỉnh đồng hồ vệ tinh được gởi đi trong một khung con thứ nhất và các tập dữ liệu quỹ đạo vệ tinh chính xác (các thông số dữ liệu bản lịch) cho mỗi vệ tinh phát được gởi đi trong các khung con 2 và 3. Các khung con 4 và 5 được sử dụng để phát đi các trang khác nhau của dữ liệu hệ thống, mỗi khung chứa 25 trang khác nhau.



***Hình** . Cấu trúc dữ liệu trong bản lịch vệ tinh*

Ngoài các bit dữ liệu, những khung con còn lại chứa các bit kiểm tra chẵn lẽ cho phép kiểm tra dữ liệu và hiệu chỉnh các sai số trong điều kiện giới hạn. Một tập gồm 125 khung con tạo thành một thông điệp định vị hoàn chỉnh chứa 37500bit và được phát đi trong một chu kỳ 12.5 phút.

Các thông số dữ liệu đồng hồ mô tả trạng thái của đồng hồ vệ tinh và mối quan hệ của nó với thời gian GPS. Thông thường, 1 máy thu có thể thu thập dữ liệu bản lịch mới sau mỗi giờ, nhưng nó cũng có thể sử dụng dữ liệu cũ tới 4 giờ mà không gây nhiều sai số.

Các thông số từ bản lịch được sử dụng với một giải thuật để tính vị trí của máy thu cho mọi thời điểm nằm trong chu kỳ quỹ đạo được mô tả bằng tập các thông số bản lịch.

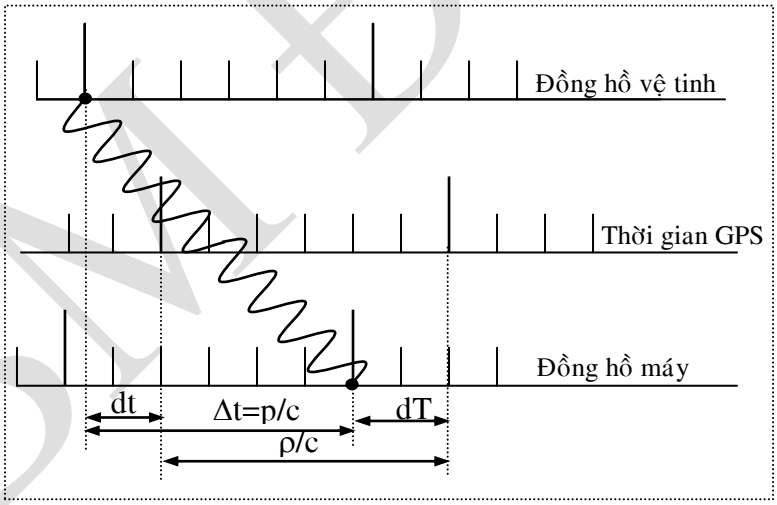
Các bản lịch thiên văn xấp xỉ các thông số quỹ đạo của tất cả các vệ tinh. Mười thông số bản lịch mô tả quỹ đạo vệ tinh thông qua chu kỳ thời gian được mở rộng và một tập chứa tất cả các vệ tinh được gởi từ mỗi vệ tinh với chu kỳ tối thiểu là 12,5 phút. Trước khi tiến hành quan trắc, máy thu cần phải có một khoảng thời gian khởi động vừa đủ để nó có thể đọc đầy đủ dữ liệu bản lịch. Dữ liệu quỹ đạo gần đúng được máy thu sử dụng để xác định trước vị trí xấp xỉ và tần số Doppler sóng mang (Độ dịch tần số gây ra bởi tốc độ thay đổi khoảng cách tới vệ tinh di chuyển) của mỗi vệ tinh trong chòm vệ tinh.

2.4.4 Các trị đo pha và mã

2.4.4.1 Các trị đo mã giả khoảng cách

Vị trí của máy thu được giải từ phép đo ba cạnh của tam giác sau khi xác định khoảng cách tới mỗi vệ tinh có thể nhìn thấy. Các khoảng cách được đo dựa trên sự tương quan trên mã hoặc pha của sóng mang trong tín hiệu nhận được từ vệ tinh.

Sự sai khác về thời gian (time difference) giữa mã khi được phát đi từ vệ tinh và mã khi nhận được tại anten máy thu cho phép xác định khoảng thời gian mà tín hiệu điện từ di chuyển từ vệ tinh tới anten máy thu. Sự khác biệt về thời gian này được xác định bằng phương pháp đo tương quan mã. Thời gian trong hệ thống là thời gian GPS. Khoảng cách từ vệ tinh tới máy thu được xác định bằng tích của các trị đo này với vận tốc ánh sáng.



***Hình 8**. Các trị đo giả khoảng cách*

Thực hiện pháp đo tương quan mã, ta xác định được khoảng thời gian Δt là độ trễ của tín hiệu khi truyền từ vệ tinh đến máy thu. Theo hệ thời gian GPS (τ), Δt được xác định như sau:

$$\Delta t = T(\tau_b) - t(\tau_a)$$

Biểu thức trên có thể được viết lại như sau:

$$\Delta t = (\tau_b - \tau_a) + [\tau_a - t(\tau_a)] - [\tau_b - T(\tau_b)]$$

BM ĐTVT

Trong đó:

$T(\tau_b)$ là thời gian GPS được đo bằng đồng hồ máy thu tại thời điểm máy thu nhận được tín hiệu.

$t(\tau_a)$ là thời gian GPS được đo bằng đồng hồ vệ tinh tại thời điểm vệ tinh phát tín hiệu.

τ_a là thời gian GPS tại thời điểm vệ tinh phát đi tín hiệu.

τ_b là thời gian GPS tại thời điểm máy thu nhận tín hiệu.

Mặt khác, xét theo khoảng cách từ vệ tinh thứ i tới máy thu, ta có thể viết lại biểu thức trên như sau:

$$c.\Delta t_i = \rho_i + c.(dt_i - dT)$$

Trong đó

c là vận tốc ánh sáng.

ρ_i là khoảng cách từ vệ tinh tới máy thu.

dt_i là độ lệch đồng hồ trên vệ tinh thứ i.

dT là độ lệch trên đồng hồ máy thu.

Thực tế độ trễ mà máy thu xác định được còn phụ thuộc vào các sai số trong hệ thống GPS, xét thêm các độ trễ của tín hiệu trên tần điện ly và tần đối lưu ta có hệ thức:

$$c.\Delta t_i = \|r_i - r_r\| + c.(dt_i - dT) + d^i_{ion} + d^i_{trop}$$

Trong đó:

r_i là vector biểu diễn vị trí của vệ tinh thứ i trong hệ tọa độ không gian 3 chiều.

r_r là vector biểu diễn vị trí của máy thu trong hệ tọa độ không gian 3 chiều.

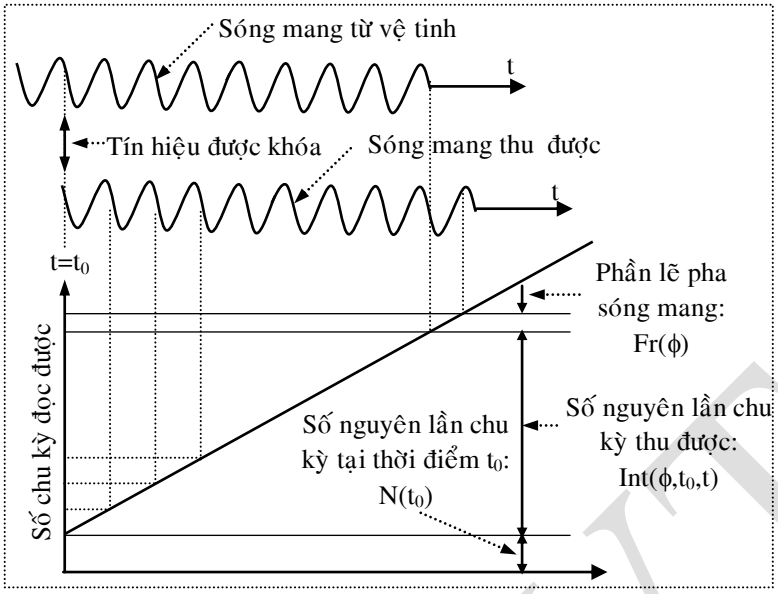
d^i_{ion} là độ lệch do ảnh hưởng từ tầng điện ly lên tín hiệu vệ tinh thứ i.

d^i_{trop} là độ lệch do ảnh hưởng từ tầng đối lưu lên tín hiệu vệ tinh thứ i.

2.4.4.2 Các trị đo pha sóng mang

Các máy thu GPS cấp độ đo đạc đo sự sai khác về pha (phase difference) của sóng mang. Chiều dài bước sóng của các sóng mang L_1 và L_2 được biết trước, do vậy các khoảng cách được xác định bằng cách cộng sự sai khác về pha với số bước sóng tổng tìm được giữa mỗi vệ tinh và anten máy thu.

BM ĐTVT



***Hình 9**. Các trị đo trên pha sóng mang*

Việc xác định số bước sóng nguyên giữa anten máy thu và vệ đinh được nhắc đến như là việc tìm kiếm trị nhập nhằng nguyên (integer ambiguity). Trong phiên đo xử lý sau, trị nhập nhằng nguyên được xác định suốt trong tiến trình xử lý sau. Đối với phép đo thời gian thực để đạt đến độ chính xác mức centimet, trị nhập nhằng nguyên được xác định suốt trong quá trình khởi đo.

Phương pháp định vị trên pha sóng mang dựa trên độ lệch pha giữa sóng mang thu được với sóng mang do máy thu tạo ra. Độ lệch này được xác định theo biểu thức sau:

$$\phi_i^j = \phi_i(T) - \phi^j(t)$$

Trong đó:

ϕ_i^j là độ lệch pha sóng mang cần xác định giữa máy thu thứ i và vệ tinh thứ j.

$\phi^j(t)$ là pha sóng mang từ vệ tinh thứ j.

$\phi_i(T)$ là pha sóng mang do máy thu thứ i tạo ra.

Thực hiện một vài phép biến đổi khác ta được phương trình của phép đo trên pha sóng mang như sau:

$$\lambda.\phi_i^j + d_{ion}^j - d_{trop}^j = \rho_i^j + c.dt^j - c.dT_i - \lambda.N_i^j$$

Trong đó:

λ là bước sóng của tín hiệu sóng mang.

N_i^j là trị nhập nhằng nguyên tại thời điểm khởi đo.

Phương trình đo trên pha sóng mang có tất cả 6 biến số: 3 biến số trong tọa độ máy thu (x_r, y_r, z_r), độ trôi đồng hồ máy thu dT, độ trôi đồng hồ vệ tinh dt và trị nhập nhằng nguyên N. Việc giải trực tiếp 6 biến số này rất phức tạp. Do vậy, trong thực tế phép đo

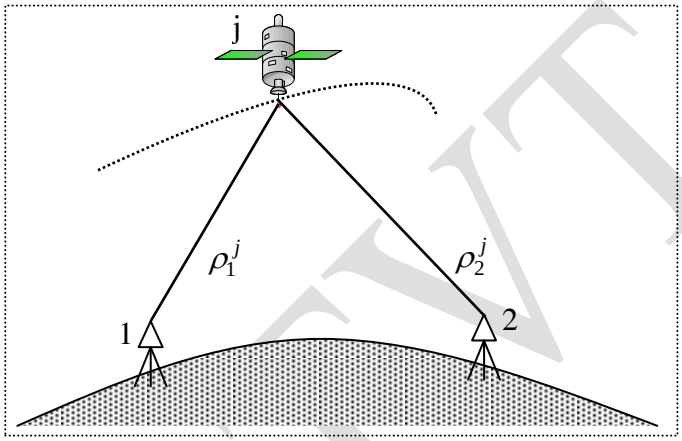
BM ĐTVT

trên pha sóng mang được sử dụng trong những phương pháp định vị vi sai (các phương pháp lấy hiệu trên các trị đo).

2.4.4.3 Phương pháp lấy hiệu trên hai máy thu

Phương pháp lấy hiệu giữa hai máy thu cho phép loại bỏ một phần hoặc toàn bộ các sai số liên quan đến vệ tinh. Đặc biệt, phương pháp này loại bỏ hoàn toàn sai số đồng hồ vệ tinh. Phương trình hiệu giữa hai máy thu có dạng như sau:

$$\lambda.\Delta\phi_{21}^{j} + \Delta d_{ion}^{j} - \Delta d_{trop}^{j} = \Delta\rho_{21}^{j} - c.dT_{21} - \lambda.N_{21}^{j}$$

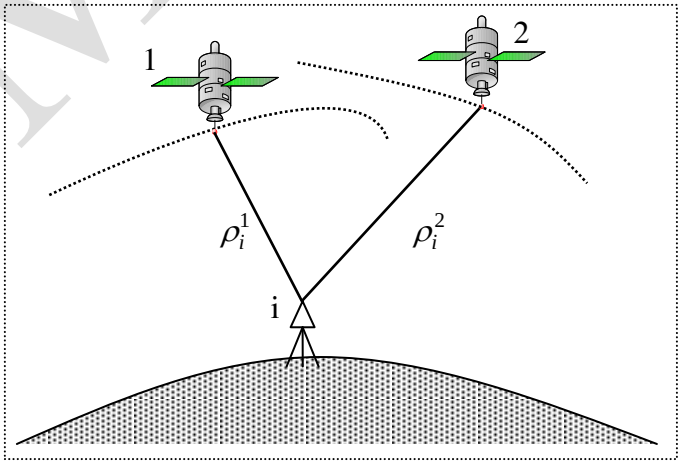


***Hình 10**. Phương pháp lấy hiệu trên hai máy thu*

2.4.4.4 Phương pháp lấy hiệu trên hai vệ tinh

Phương pháp lấy hiệu trên hai vệ tinh có ưu điểm là loại bỏ hoàn toàn hoặc giảm thiểu các sai số liên quan đến máy thu. Phương pháp này loại bỏ hòan toàn độ trôi đồng hồ máy thu. Phương trình hiệu trong trường hợp này có dạng như sau:

$$\lambda.\Delta\phi_{i}^{21} + \Delta d_{ion}^{21} - \Delta d_{trop}^{21} = \Delta\rho_{i}^{21} - c.dt^{21} - \lambda.N_{i}^{21}$$



***Hình 11**. Phương pháp lấy hiệu trên hai vệ tinh*

BMDVT

2.4.4.5 Phương pháp lấy hiệu kép máy thu-vệ tinh

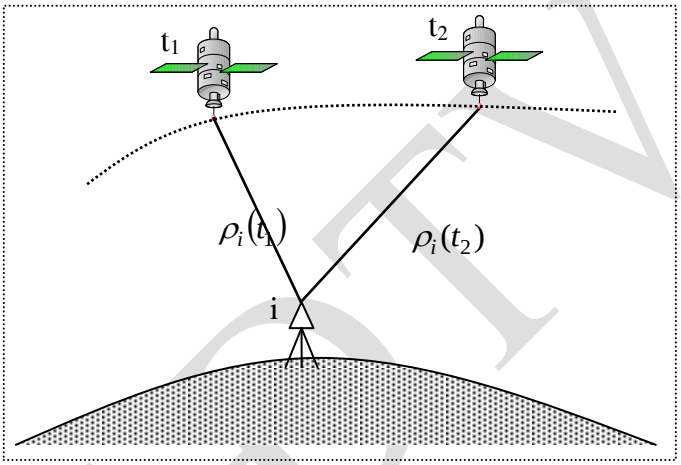
Phương pháp lấy hiệu kép máy thu-vệ tinh kết hợp cả hai phương pháp lấy hiệu vừa khảo sát ở phần trên. Phương pháp này loại bỏ hoàn toàn độ trôi trên đồng hồ vệ tinh và độ trôi đồng hồ máy thu. Các ảnh hưởng từ độ lệch quỹ đạo và khúc xạ giảm đáng kể. Phương trình hiệu kép có dạng như sau:

$$\lambda.\Delta\phi_{21}^{21} + \Delta^2 d_{ion} - \Delta^2 d_{trop} = \Delta\rho_{21}^{21} - \lambda.N_{21}^{21}$$

2.4.4.6 Phương pháp lấy hiệu giữa các thời điểm gốc

Phương pháp lấy hiệu giữa các thời điểm gốc cho phép loại bỏ trị nhập nhằng nguyên trong quá trình khởi đo. Phương trình hiệu trong trường hợp này có dạng như sau:

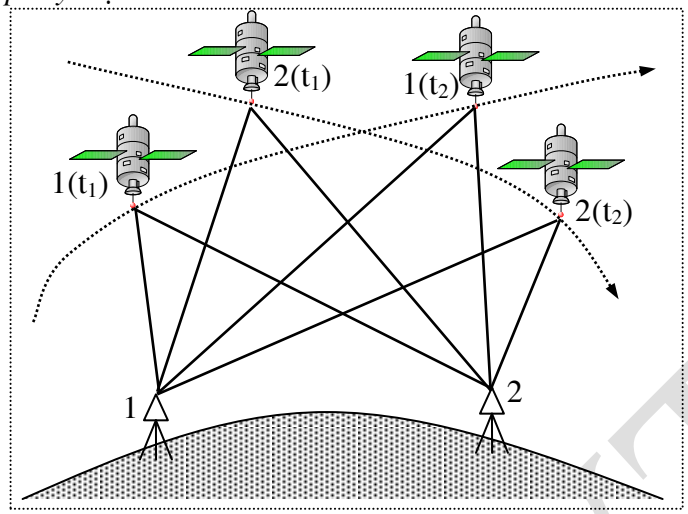
$$\lambda.\phi_i^j(t_2 - t_1) + \Delta d_{ion}^j - \Delta d_{trop}^j = \Delta\rho_i^j(t_2 - t_1) + c.dt^j(t_2 - t_1) - c.dT_i(t_2 - t_1)$$



***Hình 12**. Phương pháp lấy hiệu trên thang thời gian*

BM ĐTVT

2.4.4.7 Phương pháp lấy hiệu ba



***Hình 13**. Phương pháp lấy hiệu ba*

Phương pháp lấy hiệu ba là sự kết hợp 3 phương pháp lấy liệu khảo sát ở trên. Phương pháp này cho phép loại bỏ các sai số trên vệ tinh, máy thu và trị nhập nhằng nguyên. Các sai số do khúc xạ được giảm thiểu. Phương trình hiệu ba có dạng như sau:

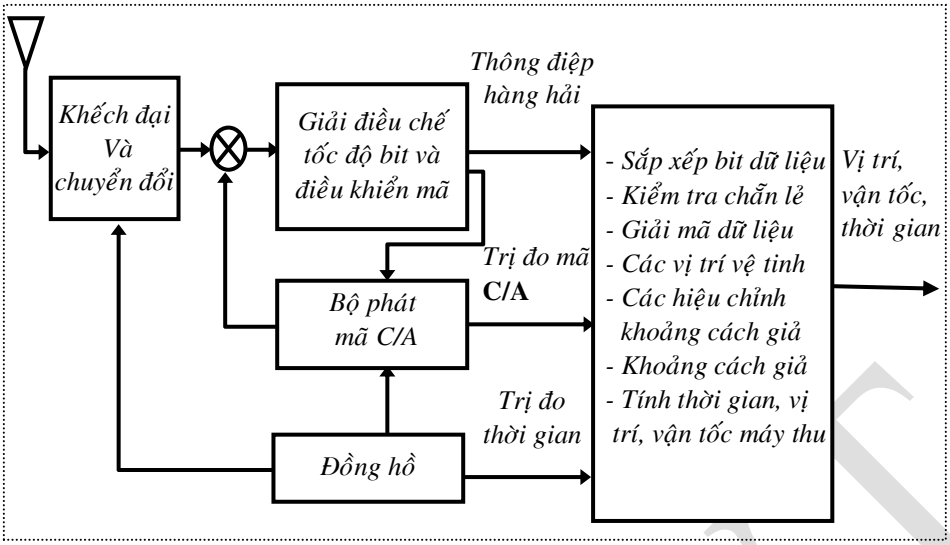
$$\lambda.\phi_{21}^{21}(t_2 - t_1) + \Delta^3 d_{ion} - \Delta^3 d_{trop} = \Delta\rho_{21}^{21}(t_2 - t_1)$$

2.5 MÁY THU GPS

2.5.1 Sơ đồ nguyên lý

Máy thu GPS là một thiết bị thu vô tuyến đặc biệt, có chức năng tách và giải mã tín hiệu GPS thành các dạng số liệu dùng được. Đặc điểm máy thu phụ thuộc vào ứng dụng được thiết kế trên đó.

BM ĐTVT



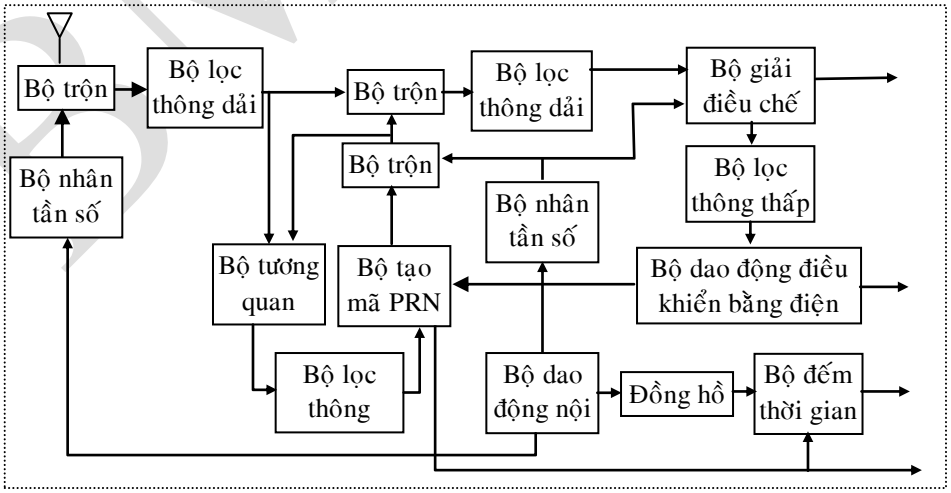
Hình 14. *Sơ đồ khối của một máy thu GPS đơn giản*

2.5.2 Cấu trúc máy thu

Máy thu GPS được cấu trúc gồm một bộ thu tín hiệu vệ tinh và một bộ vi điều khiển được tích hợp để xử lý và tính toán số liệu. Hầu hết các loại bộ thu GPS đều có đặc điểm giống như các máy thu tín hiệu cao tần thông dụng. Trong đó có hai loại kênh thu tín hiệu được sử dụng trong thực tế là kênh tương quan và kênh cầu phương. Mỗi bộ thu chỉ sử dụng một trong hai loại kênh này.

2.5.2.1 Kênh tương quan

Kênh tương quan mã bao gồm hai khối chức năng chính: vòng lặp khóa mã và vòng lặp khóa pha. Vòng lặp khóa pha mã được dùng để xác định các trị đo dựa trên sự tương quan mã C/A hoặc mã P và tách dữ liệu bản lịch vệ tinh từ mã nhiễu giả ngẫu nhiên; vòng lặp khóa pha dùng để giải điều chế thông điệp định vị.

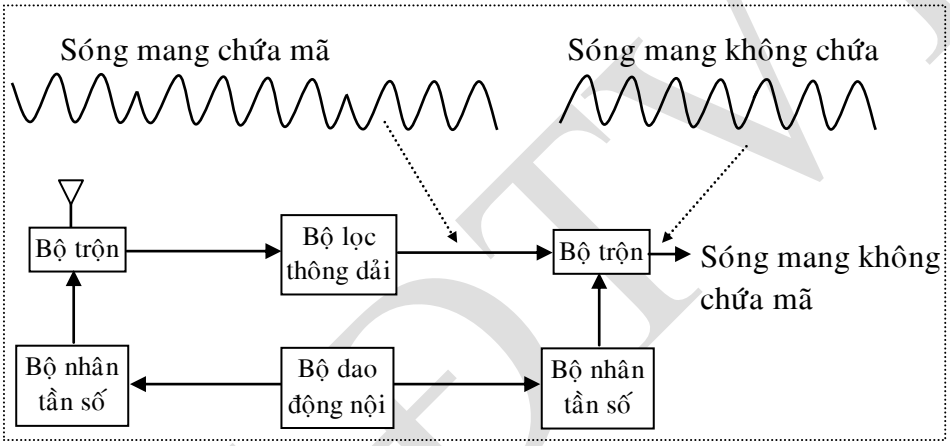


Hình 15. *Sơ đồ khối kênh tương quan*

BM ĐTVT

2.5.2.2 Kênh cầu phương

Kênh cầu phương chỉ dùng để đo pha sóng mang do các dạng mã và thông điệp dẫn đường bị triệt tiêu khi thực hiện bình phương tín hiệu theo nguyên lý hoạt động của loại kênh này.



Hình 16. *Sơ đồ khối kênh cầu phương*

2.5.3 Phân loại máy thu

2.5.3.1 Phân loại theo cấu trúc

a) Máy thu tuần tự

Máy thu tuần tự là loại máy thu sử dụng một hoặc hai kênh vô tuyến vô tuyến (phần cứng) để thực hiện quan trắc các vệ tinh riêng lẻ một cách tuần tự. Các máy thu này có giá thành rẻ nhất trong tất cả các loại máy thu do mạch phần cứng đơn giản. Tuy nhiên, đây là loại máy thu có độ chính xác kém nhất và nó không thể quan trắc vệ tinh được khi di chuyển với tốc độ cao.

b) Máy thu liên tục

Máy thu liên tục là loại máy thu với phần cứng được thiết kế đủ số kênh vô tuyến để nó có thể thực hiện quan trắc liên tục tất cả các vệ tinh xuất hiện trên bầu trời tại mọi thời điểm. Loại máy thu này có ưu thế hơn hẳn các loại máy thu có cấu trúc khác. Để thực hiện quan trắc liên tục loại máy này yêu cầu tối thiểu 4 kênh vô tuyến phần cứng. Một máy thu 5 kênh có thể thực hiện quan trắc liên tục 4 kênh và đọc thông điệp bản lịch từ kênh thứ 5 vì việc cập nhật cơ sở dữ liệu về các thông số quỹ đạo vệ tinh trên máy thu

BM ĐTVT

phải được giữ liên tục. Một máy thu 6 kênh có thể đọc thông điệp bản lịch, quan trắc 4 vệ tinh và giữ một kênh dự phòng cho trường hợp một trong 4 kênh bị mất với một lý do nào đó. Một máy thu quan trắc toàn bộ (All in view receiver) sẽ phải có đủ số kênh vô tuyến phần cứng (thường là 12 kênh) để khóa với các vệ tinh mà nó xuất hiện trên bầu trời tại một thời điểm bất kỳ.

c) Máy thu ghép kênh (Multiplex)

Máy thu ghép kênh hoạt động giống như một máy thu tuần tự trong đó nó thực hiện chuyển mạch giữa các kênh vệ tinh quan trắc được. Điều khác biệt là loại máy thu này thực hiện với một tốc độ mẫu rất nhanh (xấp xỉ 50 Hz) và có thể quan trắc được nhiều vệ tinh hơn máy thu tuần tự. Tuy nhiên, cơ chế hoạt động này vẫn thấp hơn máy thu liên tục do nó không thể tích hợp được toàn bộ công suất trải phổ được phát của các vệ tinh.

2.5.3.2 Phân loại theo cơ chế hoạt động

a) Máy thu tương quan mã.

Máy thu định vị theo mã giả khoảng cách là loại máy thu được phát triển từ thế hệ đầu tiên gắn liền với công nghệ định vị vệ tinh. Loại máy thu này xác định khoảng cách giữa anten máy thu và vệ tinh bằng cách tính tương quan mã giả khoảng cách. Đây là loại máy thu có độ chính xác không cao tuy nhiên nó vẫn đang được sử dụng rộng rãi và trong nhiều ứng dụng hệ thống này là một giải pháp chọn lựa duy nhất vì những ưu thế vốn có của nó mà máy thu định vị trên pha sóng mang phát triển sau này không thể đáp ứng được.

b) Máy thu sử dụng tương quan pha sóng mang.

Máy thu định vị theo pha sóng mang ra đời sau loại máy thu định vị trên mã giả khoảng cách. Loại máy thu này sử dụng các trị đo pha sóng mang để xác định khoảng cách từ anten máy thu tới vệ tinh. Với việc sử dụng các trị pha này, độ chính xác của phép dịnh vị có thể đạt được dưới mức centimet. Loại máy thu này chỉ thích hợp cho các ứng dụng trong đo đạc yêu cầu độ chính xác cao như trong các ứng dụng đo đạc trắc địa và làm bản đồ.

c) Phân loại theo số lượng tần số quan trắc

Các máy thu GPS được phân thành 2 loại: máy thu 1 tần số (single frequency) và máy thu hai tần số (Dual- frequency). Các máy thu một tần số chỉ quan trắc được sóng mang L_1 trong khi đó máy thu 2 tần số quan trắc trên cả hai sóng mang L_1 và L_2.

Các máy thu 2 tần số chủ yếu được thiết kế cho các loại máy thu định vị trên sự tương quan mã pha sóng mang. Sự kết hợp dữ liệu trên hai tần số L_1 và L_2 cho phép máy thu hai tần số loại bỏ được các ảnh hưởng của tầng điện ly. Loại máy thu này cho độ chính xác cao hơn rất nhiều so với loại máy thu một tần số.

2.5.3.3 Phân loại theo ứng dụng

a) Máy thu cầm tay

Loại máy thu này có đặc điểm là nhỏ gọn, sử dụng nguồn pin và có màn hình hiển thị. Màn hình hiển thị thường là LCD vì loại màn hình này tiêu hao năng lượng thấp và có thể

BMDTVT

hiển thị chữ số hoặc đồ họa. Anten có thể được tích hợp bên trong hoặc gắn bên ngoài thiết bị.

b) Máy thu xác định hình dáng

Loại máy thu này dùng để xác định các vị trí 3 chiều của một đối tượng đối với trái đất. Loại máy thu này sử dụng nhiều anten và vị trí tương đối của chúng được biết trước.

c) Máy thu dùng trong hàng không

Các loại máy thu này chuyên dùng trong việc dẫn đường hàng không và có thể hiển thi bản đồ hàng không. Độ chính xác phụ thuộc vào từng loại phương tiện mà máy thu gắn kết trên đó. Các máy thu được thiết kế cho các ứng dụng hàng không thông thường, không sử dụng bất kỳ loại hiệu chỉnh nào nên độ chính xác không cao. Đối với các máy thu tích hợp trong bộ dẫn đường trên các máy bay chuyên chở hành khách có thể được thiết kế để sử dụng các tín hiệu biệu chỉnh diện hẹp để làm tăng độ chính xác cho hệ thống dẫn đường giúp cho việc hạ cách tự động.

d) Máy thu dẫn đường các phương tiên đường bộ, đường thủy

Các máy thu này được gắn trên xe hơi, xe tải, tàu lửa. Mục đích của các máy thu này có thể khác nhau tùy thuộc vào các ứng dụng. Các máy thu dùng trong xe hơi thường được dùng để dẫn đường cho tài xế hoặc gởi các vị trí của một xe hơi tới trung tâm đáp ứng các tình trạng khẩn cấp trong trường hợp có tai nạn,...

e) Máy thu thu thập dữ liệu và làm bản dồ

Các máy thu này có chức năng thu thập dữ liệu và xuất vào một cơ sở dữ liệu bên ngoài. Các máy thu này có độ chính xác định vị tuyệt đối rất cao và độ chính xác hiệu chỉnh vi sai dưới 1 mét. Thông thường các loại máy thu này được thiết kế gắn với một máy tính nhỏ phục vụ quá trình thu thập dữ liệu. Nhiều máy tính thu thập dữ liệu này có thể nạp trước được các thư viện thuộc tính. Các máy thu này được thiết kế cho người mang trên tay, nguồn pin ngoài phụ và anten có thể gắn cố định trên một cọc mang sau lưng.

f) Các máy thu hàng hải

Các máy thu này được thiết kế cho việc dẫn đường hàng hải, bao gồm khả năng hiển thị các bản đồ hàng hải và kết nối tới các thiết bị định vị khác.

g) Các kit OEM (Original Equipment Manufacturer)

Loại máy thu này được thiết kế để tích hợp vào các thiết bị khác. Khi xuất xưởng chúng ở dạng bảng mạch hoặc dạng module, không có bộ phận hiển thị và nguồn cung cấp. Đặc tính kỹ thuật của OEM rất khác nhau tùy thuộc vào thị trường tiêu thụ thiết bị.

h) Các máy thu dùng trong không gian

Các máy thu này được sử dụng trên các vệ tinh để dẫn đường và xác định độ cao của vệ tinh. Chúng có thể được làm cứng bằng bức xạ và có một chương trình đặc biệt cho phép chúng hoạt động ở vận tốc tương đối cao trên quỹ đạo vệ tinh.

i) Các máy thu đo đạc

BMDTVT

Các máy thu này được thiết kế cho các mục đích đo đạc chính xác trên mặt đất. Nhiều máy thu loại này có anten bên ngoài và được đặt trên giá ba chân. Ngoài ra, chúng có thể chuyển đổi nguồn cung cấp trong lúc đang hoạt động.

j) Các máy thu định thời

Các máy thu loại này được thiết kế cho mục đích tham chiếu thời gian và tần số. Trên các máy thu này, vị trí là thông tin thứ cấp và thường không được người sử dụng quan tâm. Thời gian và tần số nhận được từ máy thu này có độ ổn định cao và có thể kết hợp với mạng giờ thế giới (UTM) qua chuẩn thời gian GPS.

2.6 HỆ TOẠ ĐỘ, THAM CHIẾU THỜI GIAN GPS

2.6.1 Giới thiệu hệ toạ độ

2.6.1.1 Các mô hình biểu diễn trái đất

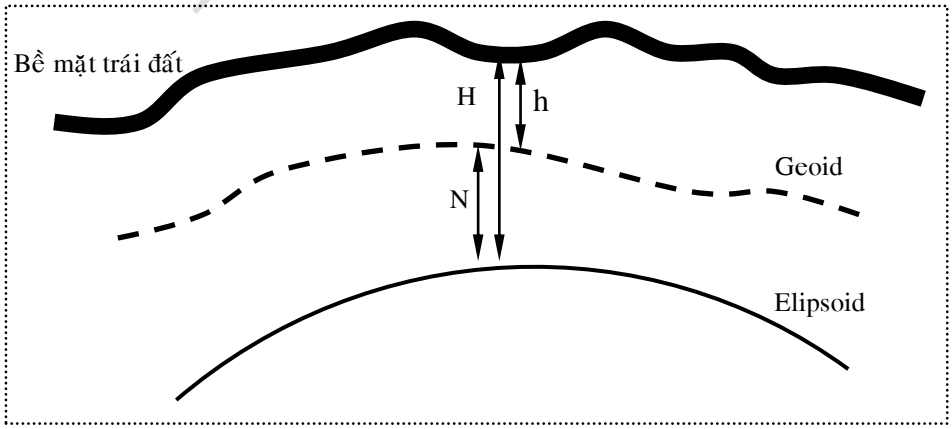
a) Geoid

Geoid là một mặt toán học xấp xỉ tốt nhất dạng hình học thực của trái đất và được định nghĩa: Geoid là mặt nước biển trung bình yên tĩnh, trải rộng xuyên qua các lục địa tạo thành một mặt cong khép kín, pháp tuyến tại mỗi điểm thuộc bề mặt geoid luôn luôn trùng với phương của dây dọi đi qua điểm đó. Phương của dây dọi được xác định là phương đi qua trọng tâm của trái đất. Đây là phương của trọng lực tác dụng lên chất điểm đặt tại vị trí đó. Do phân bố của trường trọng lực trái đất rất phức tạp nên không thể có mô hình toán học để biểu diễn. Do vậy, Geoid không phải là mặt toán học. Cần phân biệt khái niệm Geoid với mô hình Geoid.

Một mô hình Geoid là một định nghĩa toán học mô tả sự khác nhau độ cao WGS-84 và độ cao địa phương so với mực nước biển trung bình (MSL: mean sea level). Nó xác định mực nước biển trung bình trên một địa phương nào đó.

Geoid là một bề mặt đẳng trọng lực xấp xỉ mực nước biển trung bình, vector trọng lực đồng thời là vector pháp tuyến tại mỗi vị trí bất kỳ trên mặt Geoid. Mô hình Geoid hay một tập tin lưới Geoid là một bảng các giá trị phân cách giữa hai bề mặt Geoid và Ellipsoid.

Giá trị sự phân cách giữa Geoid và Ellipsoid (N) nhận được trong mô hình Geoid là hiệu của cao độ ellipsoid (H) với một điểm đặt trưng riêng. Kết quả của việc dùng mô hình Geoid là giá trị cao độ h của một điểm phía trên mực nước biển trung bình (Mặt Geoid).



Hình 17. *Mô hình khoảng phân cách giữa Geoid và elipsoid*

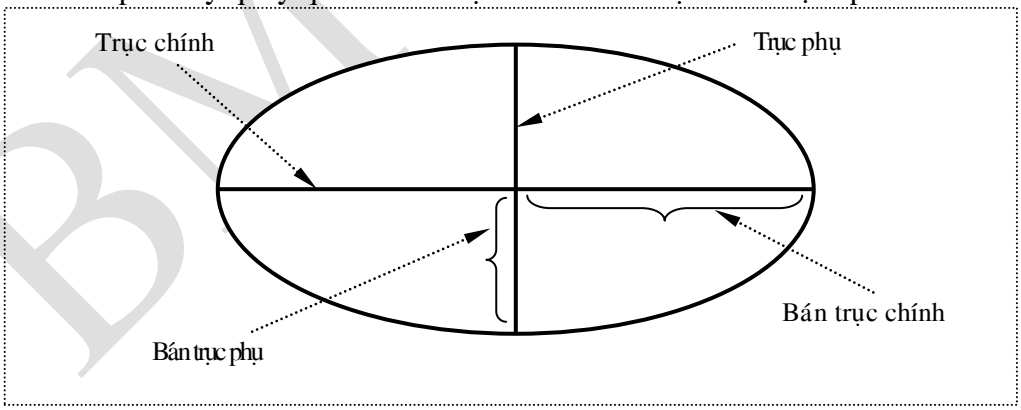
BMDVT

b) Ellipsoid (còn gọi là sphereoid)

Trong hệ tọa độ địa lý, kích thước và hình dạng bề mặt của bề mặt trái đất được xấp xỉ bởi một mặt cầu (sphere) hoặc phỏng cầu (spheroid hoặc Ellipsoid). Mặc dù trái đất có hình dạng chỉ gần giống quả cầu tuy nhiên đôi lúc trái đất vẫn được xem có hình cầu nhằm đơn giản hoá việc tính toán. Các giả thiết cho rằng trái đất có hình cầu là hợp lý cho các bản đồ tỷ lệ nhỏ hơn 1:5.000.000. Ở tỷ lệ này sự khác nhau giữa hình cầu và hình phỏng cầu của trái đất hầu như không đáng kể. Tuy nhiên, để đảm bảo độ chính xác cho các bản đồ tỷ lệ lớn hơn khoảng 1:1.000.000, việc sử dụng một mặt phỏng cầu để biểu diễn hình dạng trái đất được gọi là ellipsoid hoặc sphereoid là cần thiết.

Mặt ellipsoid là một mô hình toán học của trái đất, được thành lập khi quay một ellipse xung quanh trục nhỏ của nó. Đối với các ellipsoid sử dụng để mô hình hoá trái đất thì trục nhỏ của nó trùng với trục cực của trái đất (trục quay của trái đất) và trục lớn chính là trục xích đạo. Một ellipsoid được xác định hoàn toàn thông qua chiều dài của hai trục hoặc thông qua chiều dài của một trục và độ dẹt của nó hoặc độ dài của một trục và độ lệch tâm của nó.

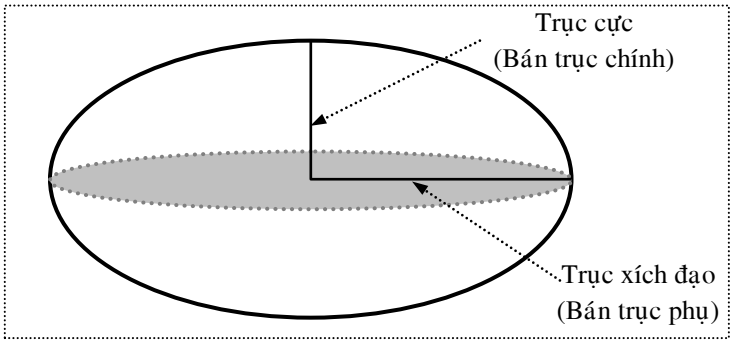
Một mặt cầu được xây dựng trên cơ sở một đường tròn trong khi một spheroid (ellipsoid) được xây dựng trên cơ sở một ellipse. Hình dạng của một ellipse được định nghĩa bởi hai bán kính. Bán kính dài hơn gọi là bán trục lớn còn bán kính ngắn hơn gọi bán trục nhỏ. Ellipse này quay quanh bán trục nhỏ của nó tạo nên một Spheroid.



***Hình 18a**. Các bán trục ellip*

Một spheroid cũng được xác định bằng hai bán trục, một bán trục lớn là a và một bán trục nhỏ là b hoặc là a và độ dẹt (flattening). Độ dẹt là sự khác nhau về chiều dài giữa hai bán trục biểu diễn bởi f, và f = (a - b)/ a. Độ dẹt có giá trị rất nhỏ vì thế, đại lượng 1/f thường được sử dụng thay thế.

BM ĐTVT



***Hình 18b**. Các bán trục chính và phụ của Spheroid*

Hiện nay có rất nhiều ellipsoid được sử dụng. Một Ellipsoid tiêu biểu xấp xỉ mô hình bề mặt trái đất có giá trị được cho như sau:

a = 6378137.0 meters
1/f = 298.257223563

Độ dẹt thay đổi trong phạm vi từ 0 đến 1. Một giá trị độ dẹt bằng 0 nghĩa là hai bán trục bằng nhau. Độ dẹt của trái đất vào khoảng xấp xỉ 0.00335. Một hệ số khác là bình phương của độ lệch tâm e cũng giống như độ dẹt cũng thường được dùng để mô tả hình dạng một spheroid.

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

Tóm lại, một ellipsoid được xác định thông qua một trong các bộ thông số: bán trục lớn a và bán trục nhỏ là b hoặc bán trục lớn a và độ dẹt f hoặc bán trục lớn a và bình phương độ lệch tâm e^2.

2.6.1.2 Hệ toạ độ địa lý

a) Giới thiệu

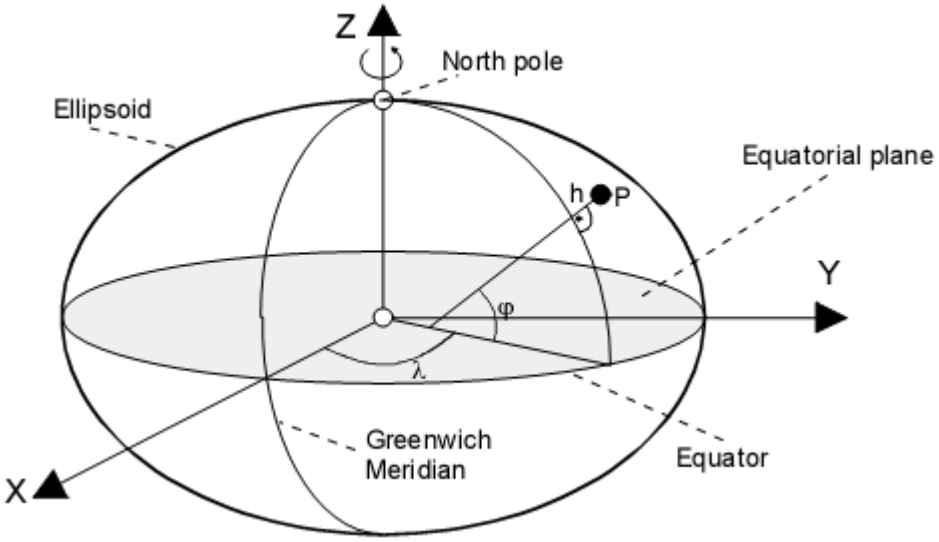
Một hệ toạ độ địa lý (GCS: Geographic Coordinate System) bao gồm một ellipsoid quy chiếu gắn vào trái đất và một hệ toạ độ định vị trong ellipsoid này. Một hệ toạ độ địa lý thường được gọi không chặt chẽ mấy là hệ toạ độ (datum), nhưng thực tế hệ toạ độ chỉ là một bộ phận của hệ toạ độ địa lý.

Một hệ toạ độ địa lý bao gồm đơn vị tính cho góc đo, một kinh tuyến gốc và một hệ toạ độ đặt trên một spheroid. Một đối tượng được tham chiếu bởi giá trị kinh tuyến và vĩ tuyến và độ cao của nó (λ, φ, h). Các giá trị kinh độ và vĩ độ là các góc đo từ trọng tâm trái đất đến một điểm trên bề mặt trái đất. Các góc này được đo bằng độ hoặc gradian.

Trong hệ thống cầu các đường ngang (đường đông tây) của vĩ tuyến tương ứng thì song song với nhau. Các đường đứng (đường bắc nam) là các đường của các kinh tuyến tương

BM ĐTVT

ứng (longitudes hoặc meridians). Những đường này bao quanh quả cầu trái đất và tạo nên một mạng lưới được gọi là lưới kinh vĩ.



b) Các hệ toạ độ địa lý

Một spheroid xấp xỉ hình dạng của trái đất, một hệ toạ độ gắn trên nó sẽ xác định vị trí của spheroid đối với tâm trái đất. Mỗi hệ toạ độ như vậy cung cấp một khung tham chiếu để đo các vị trí trên bề mặt trái đất. Nó định nghĩa gốc và hướng của các đường kinh tuyến vĩ tuyến. Khi ta thay đổi hoặc hiệu chỉnh một hệ toạ độ, thì trong hệ toạ độ địa lý, các giá trị toạ độ của dữ liệu sẽ thay đổi. Trong khoảng 15 năm trở lại đây dữ liệu vệ tinh đã cung cấp các trị đo mới để xác định một spheroid phù hợp với trái đất nhất.

Một hệ toạ độ sử dụng trọng tâm khối lượng của trái đất làm vị trí gốc toạ độ được gọi là hệ toạ độ địa tâm.

Hệ toạ độ được sử dụng phổ biến và rộng rãi gần đây là World Geodetic System of 1984 (WGS84).

Một hệ toạ độ địa phương dùng một ellipsoid quy chiếu địa phương tương ứng để đạt sự phù hợp nhất với bề mặt trái đất tại địa phương đang xét.

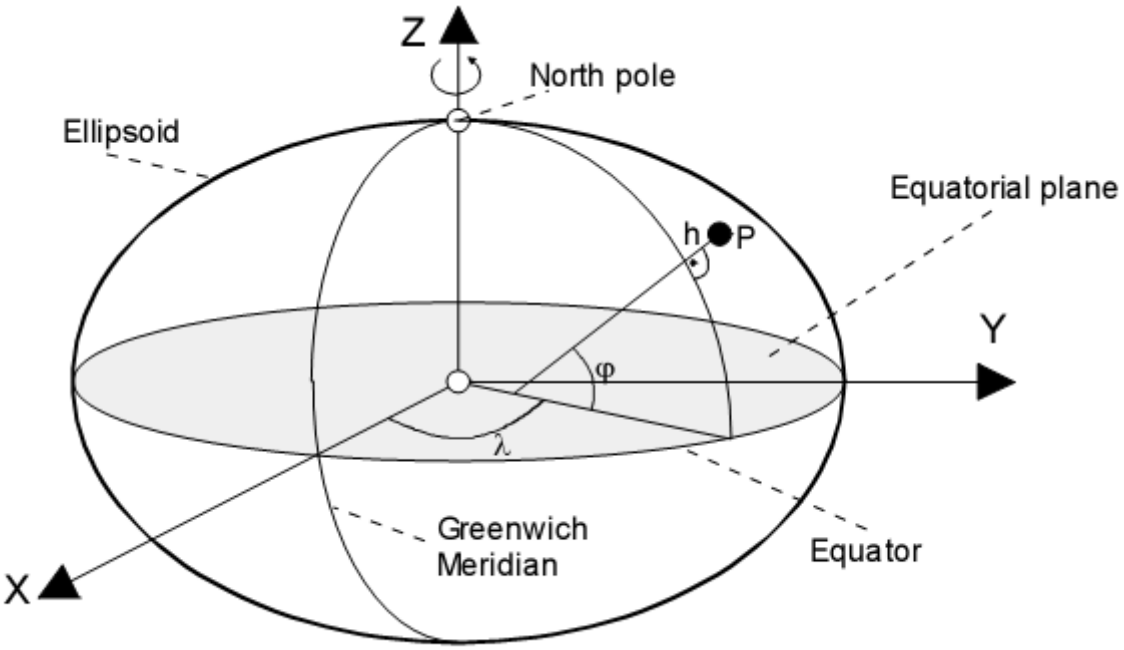
2.6.2 Hệ toạ độ gắn vào trái đất

2.6.2.1 Phân loại các hệ toạ độ

a) Hệ toạ độ địa lý (còn gọi là hệ toạ độ trắc địa)

Hệ toạ độ địa lý (còn có tên gọi khác là hệ toạ độ trắc địa) là một hệ toạ độ cầu, trong đó vị trí của điểm P trong không gian được xác định bởi kinh độ địa lý λ, vĩ độ địa lý φ, và cao độ h. Tọa độ (φ, λ, h) được gọi là tọa độ ellipsoid.

BMET



Hình . Hệ tọa độ địa lý.

Kinh độ địa lý là góc nhị diện giữa hai mặt phẳng: một mặt phẳng chứa kinh tuyến gốc đi qua đài thiên văn Greenwich và một mặt phẳng chứa kinh tuyến đi qua điểm Q, nhận giá trị từ 0^o đến 180^o sang hai phía Đông và Tây.

Vĩ độ địa lý là góc giữa pháp tuyến của ellipsoid tại Q và mặt phẳng xích đạo, nhận giá trị từ 0^o đến 90^o về hai cực Bắc và Nam

b) Hệ toạ độ thiên văn

Hệ toạ độ thiên văn tương tự hệ toạ độ trắc địa nhưng các giá trị kinh độ và vĩ độ thì lấy theo phương dây dọi làm chuẩn (đi qua tâm trái đất) trong khi hệ toạ độ trắc địa thì lấy phương pháp tuyến làm chuẩn.

Để chuyển đổi các kinh độ, vĩ độ từ hệ toạ độ thiên văn sang hệ toạ độ trắc địa cần phải cộng thêm các thông số hiệu chỉnh do độ lệch của dây dọi so với phương pháp tuyến.

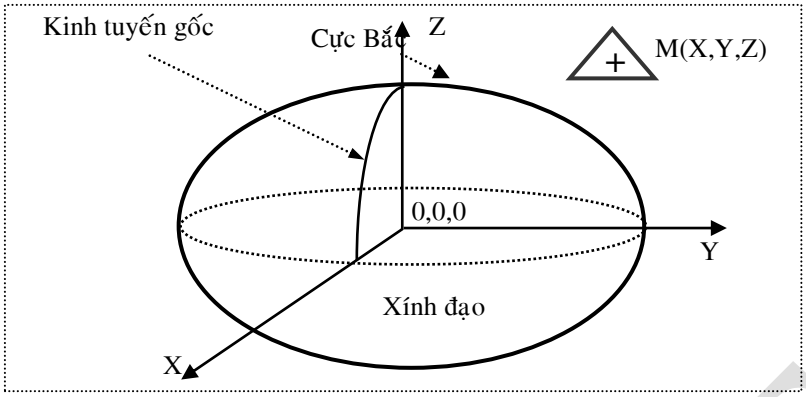
c) Hệ toạ độ địa tâm

Hệ toạ độ địa tâm cũng là một hệ toạ độ cầu tương tự như hệ toạ độ địa lý nhưng lấy đường thẳng hướng tâm làm cơ sở để xác định vĩ độ. Vị trí của điểm Q trên mặt cầu được xác định bởi kinh độ địa tâm λ_c và vĩ độ địa tâm Φc. Như vậy, giá trị kinh độ địa tâm bằng kinh độ địa lý ($\lambda = \lambda_c$), nhưng vĩ độ địa tâm thì khác vĩ độ địa lý.

Bằng các phép biến đổi lượng giác và khai triển Taylor sau khi bỏ qua vô cùng bé bậc 3 ta xác định được biểu thức quan hệ giữa vĩ độ địa tâm và vĩ độ địa lý như sau:

$$Sin(\phi - \phi_c) = e^2.Sin\phi.Cos\phi$$

d) Hệ toạ độ không gian ba chiều



***Hình 20**. Hệ toạ độ không gian 3 chiều.*

Hệ toạ độ không gian 3 chiều là hệ toạ độ vuông góc 3 chiều nhận tâm ellipsoid làm gốc, nhận trục nhỏ của của ellipsoid quy chiếu làm trục Z, nhận giao tuyến của mặt phẳng kinh tuyến đi qua đài thiên văn Greenwich và mặt xích đạo làm trục X và trục Y được xác định theo quy tắc bàn tay trái.

Mỗi một vị trí trong hệ toạ độ không gian 3 chiều hoàn toàn được xác định thông qua 3 toạ độ (X, Y, Z) của vị trí đó. Tọa độ (X, Y, Z) được gọi là tọa độ Decac.

2.6.3 Hệ toạ độ quốc tế WGS 84

Hệ toạ độ quốc tế WGS-84 (World Geodetic system) là một hệ toạ độ địa lý được hầu hết các quốc gia công nhận. Gốc hệ tọa độ trùng với trọng tâm của trái đất. Hệ toạ độ này dùng ellipsoid quy chiếu là ellipsoid WGS-84. Ellipsoid WGS84 là một ellipsoid được xác lập kích cỡ và có các thông số định vị có thể mô hình một cách tốt nhất cho toàn bộ bề mặt trái đất. Các thông số của ellipsoid này được xác định như sau:

Độ dài Bán trục chính: a =6378137 (m)

Dộ dài bán trục phụ: b=6356752.3142 (m)

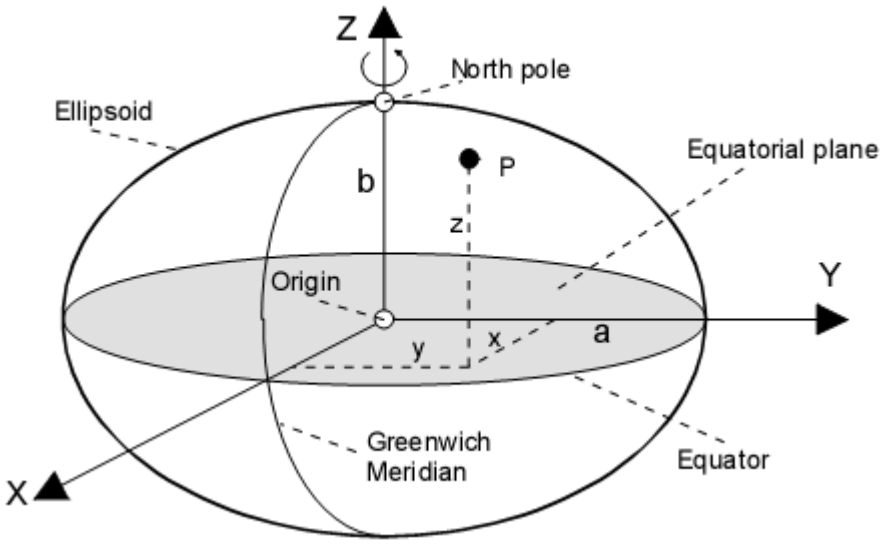
Độ dẹt (Flattening):1/f=298.257222932869640

Độ nghiêng (Eccentricity): e=0.081819190928906

Tâm của elisoid này trùng với tâm của trái đất (hệ toạ độ địa tâm). Kinh tuyến gốc của hệ toạ độ WGS 84 là kinh tuyến đi qua đài thiên văn Greenwitch.

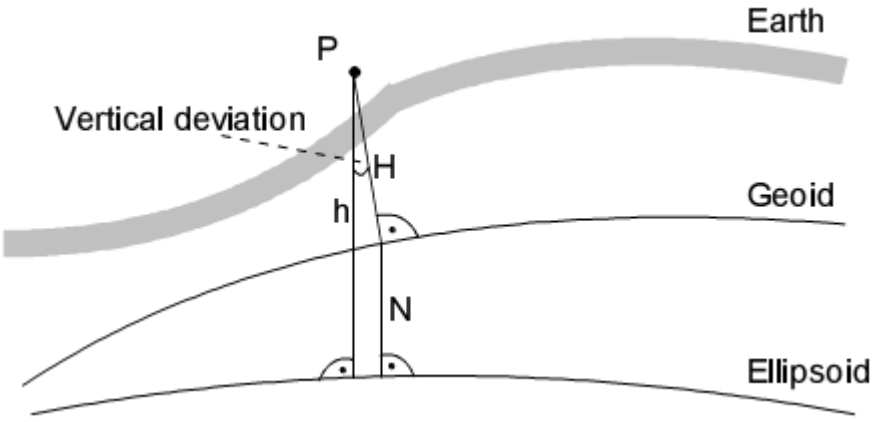
WGS-84 được sử dụng trong hệ thống định vị GPS. Vị trí vệ tinh và máy thu được xác định bằng 3 toạ độ (X, Y, Z) trong hệ WGS-84.

BMDTVT



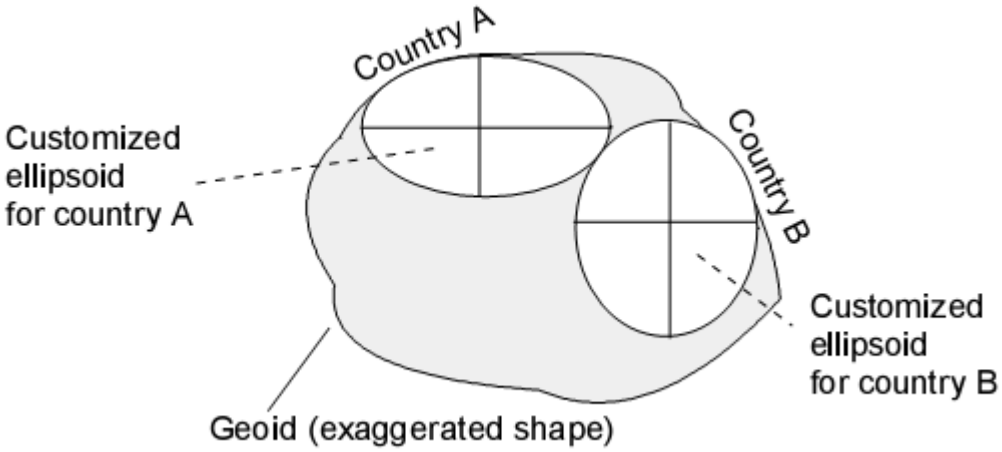
2.6.3.1 Hệ toạ độ địa lý quốc gia

Hệ tọa độ địa lý quốc gia, hay còn gọi hệ tọa độ địa lý địa phương, bao gồm một Ellipsoid tham chiếu địa phương và một hệ tọa độ định vị địa phương. Phương dây dọi chỉ trực giao với mặt Geoid chứ không phải là mặt Ellipsoid.



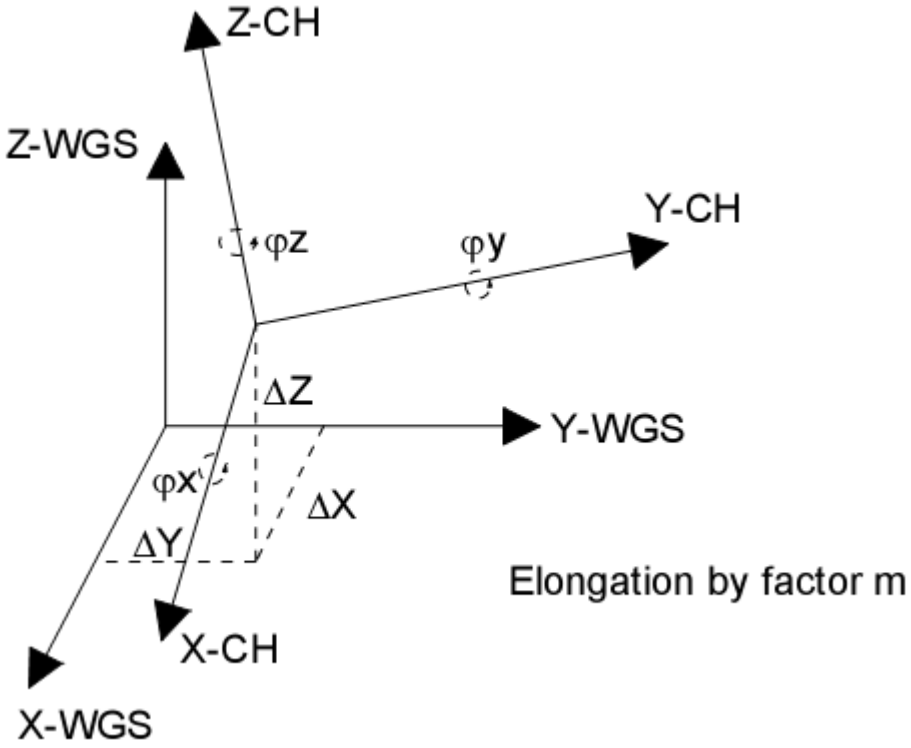
Hình . Sự khác nhau giữa geoid và ellipsoid.

Vì vậy hai pháp tuyến với hai mặt này tại cùng một vị trí không trùng nhau, độ lệch này được gọi là góc lệch đứng. Hình chiếu các điểm trong không gian sẽ bị sai lệch, nhằm giảm đến mức nhỏ nhất sự sai lệch này mỗi quốc gia xây dựng cho riêng mình một ellipsoid phi địa tâm phù hợp, được chọn làm mặt tham chiếu quốc gia cùng với một hệ tọa độ định vị. Hai bán trục a, b và vị trí của ellipsoid được chọn sao cho mặt ellipsoid và geoid trùng nhau nhất tại khu vực của quốc gia đó.



Hình . Ellipsoid tham chiếu quốc gia.

Hệ tọa độ định vị quốc gia được gắn vào ellipsoid quốc gia tương ứng để định vị các vị trí. Chúng được định vị trong hệ tọa độ toàn cầu (WGS84) bởi bộ gồm 7 tham số (ΔX, ΔY, ΔZ, φX, φY, φZ, m). Các tham số dịch chuyển là ΔX, ΔY, ΔZ; các tham số góc quay là φX, φY, φZ; và tham số tỷ lệ m.



Hình . Vị trí của hệ tọa độ quốc gia.

Các phương trình chuyển đổi hệ thống dùng để chuyển đổi giữa tọa độ quốc gia và quốc tế.

2.7 CÁC THAM CHIẾU THỜI GIAN VÀ THỜI GIAN GPS

Bảo quản thời gian và xây dựng lịch là một trong những lĩnh vực thiên văn cổ xưa nhất. Cho tới mãi sau này, không có một phương pháp giữ thời gian hướng về phía trái đất có thể cho phép xác định thời gian chính xác như mong muốn bằng cách quan trắc mặt trời và

các hành tinh. Tất cả đơn vị tính thời gian xuất hiện một cách tự nhiên với con người được sinh ra từ các hiện tượng thiên văn. Năm được sinh bởi quỹ đạo của trái đất quay xung quanh mặt trời và làm xuất hiện các mùa. Tháng được sinh bởi sự di chuyển của mặt trăng xung quanh trái đất và sự thay đổi các tuần trăng. Ngày được sinh bởi chu kỳ xoay của trái đất và sự nối tiếp của sáng và tối.

Tuy nhiên, nếu yêu cầu độ chính xác cao thì việc định nghĩa đơn vị thời gian xuất hiện nhiều vấn đề. Đầu tiên là các trị nhập nhằng phát sinh trong các định nghĩa chính xác của các sự xoay vòng và sự quay. Một vấn đề được biết cách đây hàng ngàn năm là tính không so sánh được với nhau của năm, tháng và ngày. Một năm không thể được biểu diễn chính xác bằng một số nguyên của tháng hoặc ngày hoặc một tháng không thể chứa một số nguyên ngày. Để giải quyết vấn đề này, vô số hệ chia thời gian và lịch được phát minh.

2.7.1 Các hệ chia thời gian

2.7.1.1 Hệ giờ thiên văn

Hệ giờ thiên văn được suy ra từ xự xoay vòng của trái đất liên quan đến khoảng cách các vì sao và vì vậy có thể được xác định bằng các quan trắc vào ban đêm từ các vì sao trên bầu trời. Một ngày thiên văn có thể được định nghĩa xấp xỉ với khoảng thời gian giữa hai quá trình trôi qua kế tiếp của cùng một vệ tinh qua kinh tuyến gốc. Trong đó kinh tuyến gốc của một trạm quan trắc là một vòng tròn lớn đi qua hai cực "celestial" và thiên đỉnh của trạm. Nói một cách khác, kinh tuyến gốc là một phép chiếu của một vòng tròn kinh tuyến địa lý của trạm vào mặt cầu "celestial" nếu được chiếu từ tâm trái đất. Khoảng thời gian của một ngày thiên văn trong đơn vị thời gian UTM là 23h56m04.0905s.

2.7.1.2 Hệ giờ mặt trời

Thời gian mặt trời tính theo sự xoay biểu kiến của mặt trời quanh trái đất. Một ngày mặt trời là khoảng thời gian giữa hai lần đi qua kế tiếp của mặt trời qua kinh tuyến gốc. Và dĩ nhiên sự chuyển động biểu kiến này cũng chỉ là sự chuyển động thực của trái đất. Tuy nhiên, do trong cuộc hành trình 1 ngày, trái đất cũng di chuyển một phần quỹ đạo đáng kể của nó quanh mặt trời nên một chu trình quay hoàn tất đối với mặt trời sẽ dài hơn một chu trình quay hoàn tất đối với các ngôi sao. Do vậy một ngày mặt trời thực thì dài hơn một này thiên văn 4 phút.

2.7.1.3 Hệ giờ UT (Universal time)

Hệ giờ UT được giới thiệu vào năm 1926 để thay thế hệ giờ GMT (Greenwich Mean Time). Vào thời điểm ấy, nhiều định nghĩa GMT được sử dụng, thỉnh thoảng có những sự khác biệt nhau rất lớn vì vậy GMT không còn hữu ích và dần được thay thế bằng các định nghĩa UT chặt chẽ hơn. Đối với các mục đích thực tiễn, UT tương đương với hệ giờ mặt trời trung bình (Mean Solar time) với kinh tuyến gốc tham chiếu tại Greenwich. Mối quan hệ giữa UT và hệ giờ mặt trời trung bình địa phương thì tương tự như giữa giờ thiên văn trung bình Greenwich với giờ thiên văn địa phương. Tuy nhiên, về cơ bản, UT không phải là hệ giờ mặt trời với nghĩa là các vị trí của mặt trời quan trắc được dùng để định nghĩa hệ thời gian này. Độ chính xác có thể đạt được từ các trị đo của hệ mặt trời thì không đáp ứng cho mục đích này. Để thay thế, UT nhận được từ thời gian thiên văn chính xác hơn bằng các phương tiện được suy từ những công thức toán học.

BM ĐTVT

UTC (Coordinated universal Time) được phát minh cho hệ thống đo lường quốc tế với đơn vị thời gian là gây (SI-second) và được thực hiện bằng các đồng hồ nguyện tử.

2.7.1.4 Hệ giờ nguyên tử

Giây trong hệ thống đo lường quốc tế (SI) được định nghĩa là khoảng thời gian ứng với 9192631770 chu kỳ của một sự biến đổi cấu trúc Hyperfine đặc thù trong trong tình trạng trên mặt đất của Cesium-133. Định nghĩa này được chọn để có thể phù hợp tốt nhất với chiều dài của một giây lịch thiên văn được sử dụng trước đây.

Giây SI chỉ định nghĩa một các tóm tắt hệ giờ nguyên tử. Để nắm được hệ chia thời gian (timescale) của một thiết bị có thể sử dụng thực tế thì đòi hỏi phải nhận thức được giây SI cũng như đồng hồ nguyên tử. Các đồng hồ nguyên tử trên thế giới thực không phù hợp hoàn toàn với mỗi nơi khác nhau. Do vậy trị trung bình có trọng số của nhiều đồng hồ nguyên tử (được phân phối rộng khắp tại các phòng thí nghiệm trên thế giới) được sử dụng để định nghĩa Hệ giờ nguyên tử Atomic TAI (Viết tắt theo từ tiếng pháp Temps Atomique Internartional). TAI hiện thời là hệ giờ tốt nhất dựa ttheo đơn vị giây quốc tế với độ chính xác tương đối $\pm 2*10^{-14}$.

Theo lý thuyết tương đối tổng quát, thời gian đo được phụ thuộc vào vị trí trên trái đất (hoặc nói một cách chính xác là vào độ cao) và vận tốc không gian của đồng hồ. Vì vậy TAI kham khảo tới một vị trí trên mực nước biển xoay với trái đất.

2.7.1.5 Số ngày juliêng (Julian)

Số ngày Julian hay đơn giản là ngày julian là số ngày được tính liên tiếp, bắt đầu với ngày 0 vào ngày 1 tháng 1 năm 4713 BC ở vào lúc 12 giờ trưa. Do vậy một ngày Julian mới luôn bắt đầu lúc 12 giờ trưa.

2.7.2 Giờ GPS

Giờ GPS được tính bởi đồng hồ đa hợp CC (composite clock) trong hệ thống GPS. CC bao gồm tất cả các trạm điều khiển và vệ tinh hoạt động trên các tần số chuẩn. Trước đây, hệ thống này tham chiếu đến một trạm điều khiển hoạt động trên các tần số chuẩn và được chuyển từ trạm này sang trạm khác khi có nhu cầu. Kỷ nguyên GPS (GPS Epoch) là 0000UT (nửa đêm) vào ngày 6-1-1980. Thời gian GPS không được hiệu chỉnh và do vậy nó lệch với UTC bằng một số nguyên giây do việc chèn thêm các Leap second vào hệ giờ UTC. Con số này luôn là một hằng số cho đến khi Leap second kế tiếp xuất hiện. Độ lệch này được cho trong thông điệp bản lịch và máy thu sử dụng để hiệu chỉnh một cách tự động. Vào ngày 1-1-1999 thời gian GPS lớn hơn thời gian UTC là 13 giây.

Ngoài các Leap second, trong thông điệp bản lịch còn chứa thêm các hiệu chỉnh khác. Hệ thống giờ được tham chiếu theo đồng hồ chủ MC (Master Clock) tại USNO và hướng theo UTC (USNO) nhằm tránh hệ thống giờ không lệch nhiều hơn một Micro giây đối với giờ UTC. Những sai khác chính xác này được chứa trong thông điệp bản lịch ở dạng hai hằng số A0 và A1 để tính các sai khác về thời gian và tốc độ hệ thống giờ tương phản với UTC (USNO, MC). Bản thân UTC (USNO) được giữ gần với điểm chuẩn quốc tế UTC (BIPM). Sự tham chiếu trực tiếp tới UTC (USNO, MC) có thể thực hiện tự động bằng các máy thu định thời.

Các máy thu này có thể dùng hai hằng số A0 và A1 từ thông điệp phát tín để thực hiện phép ngoại suy tuyến tính cho UTC (USNO, UT). Các hằng số này được cập nhật từ các

BM ĐTVT

thông tin tại trạm điều khiển USNO PPS. Các máy thu SPS có thể đạt được một biến đổi thời gian chính xác tới UTC (UNSO) với khoảng 340 nano giây (95%) và các máy thu PPS có thể đạt đến một chuyển đổi thời gian chính xác tới UTC trong khoảng 200 nano giây (95%). Quyết định thay đổi chế độ hoạt động của GPS để tăng độ chính xác của các máy thu dân sự được thực hiện bởi NCA (National Command Authorities).

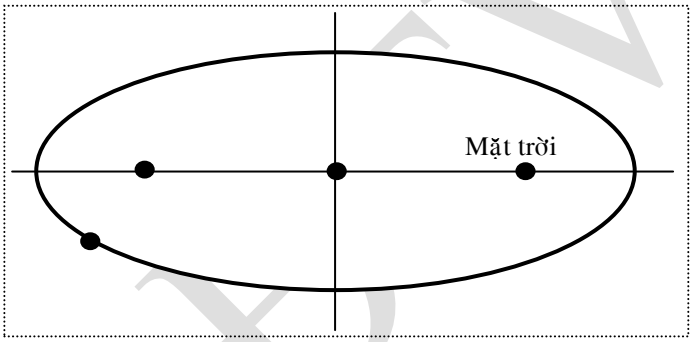
2.8 QUỸ ĐẠO VỆ TINH GPS

2.8.1 Các định luật Kepler

Quỹ đạo vệ tinh được xây dựng dựa trên nền tảng của ba định luật cơ bản mô tả về quỹ đạo của Kepler. Các định luật này thường được gọi là định Luật Kepler 1, Kepler 2 và Kepler 3.

2.8.1.1 Định luật Kepler thứ nhất

Quỹ đạo của hành tinh quay quanh mặt trời là một elip nhận tâm mặt trời làm một tiêu điểm.



***Hình 21**. Quỹ đạo vệ tinh theo định luật Kepler thứ nhất*

2.8.1.2 Định luật Kepler thứ hai

Một đường thẳng nối giữa hành tinh với mặt trời quét qua các vùng diện tích bằng nhau trong những khoảng thời gian bằng nhau.

2.8.1.3 Định luật Kepler thứ ba

Bình phương của những chu kỳ các vệ tinh tỷ lệ với lập phương của các bán trục lớn của chúng.

$$Ta^2 / Tb^2 = Ra^3 / Rb^3$$

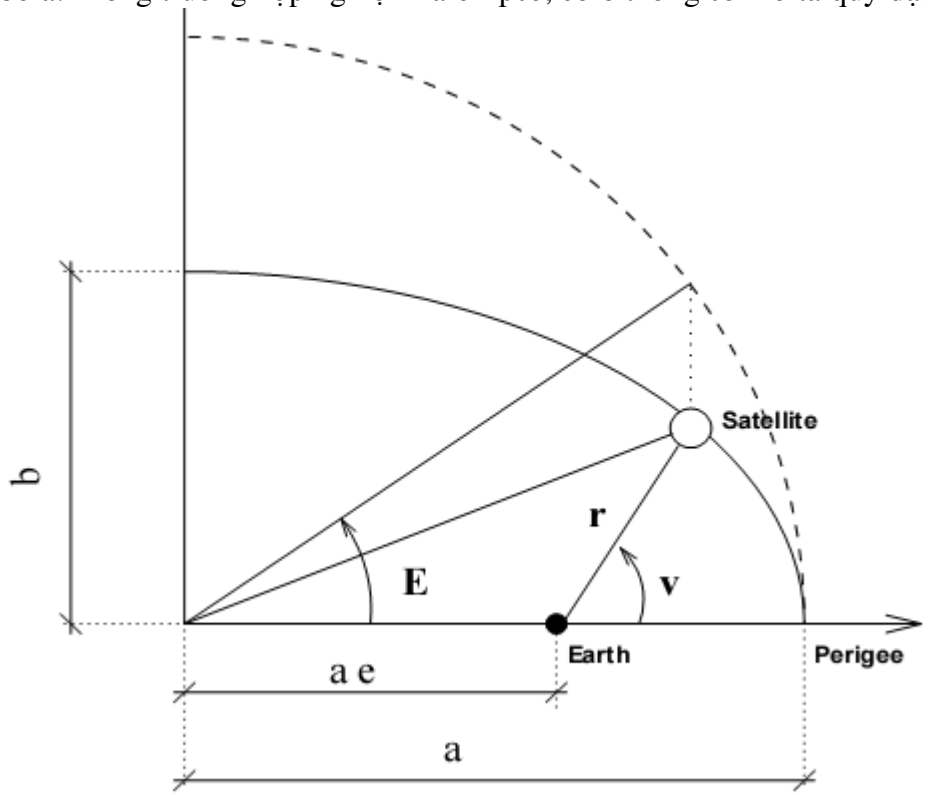
2.8.2 Các quỹ đạo elip lý tưởng

Phương trình toán học mộ tả chuyển động của vệ tinh trở nên đơn giản rất nhiều nếu trường trọng lực của quả đất phân bố một cách đối xứng, chỉ có một hành tinh trái đất tác dụng lên vệ tinh, lực cản của khí quyển và áp lực của các bức xạ không tồn tại. Với những giả thiết này, quỹ đạo địa tâm của vệ tinh được xác định bằng phương trình vi phân bậc hai theo thời gian, được gọi là phương trình chuyển động cho trường hợp hai vật thể.

$$\ddot{\mathbf{r}} = -GM\frac{\mathbf{r}}{r^3}$$

BM ĐVT

Trong đó GM là tích của hằng số hấp dẫn và khối lượng trái đất, r là độ dài của vector bán kính hướng tâm **r** của vệ tinh. Nghiệm của phương trình có thể là ellipse, parabola, hoặc hyperbola. Trong trường hợp nghiệm là ellipse, có 6 thông số mô tả quỹ đạo này.



Quỹ đạo elip lý tưởng là quỹ đạo được mô tả bằng 6 thành phần Kepler:

a là bán trục chính của quỹ đạo, xác định kích thước của quỹ đạo.

e là giá trị độ lệch tâm của quỹ đạo, biểu diễn hình dạng của quỹ đạo.

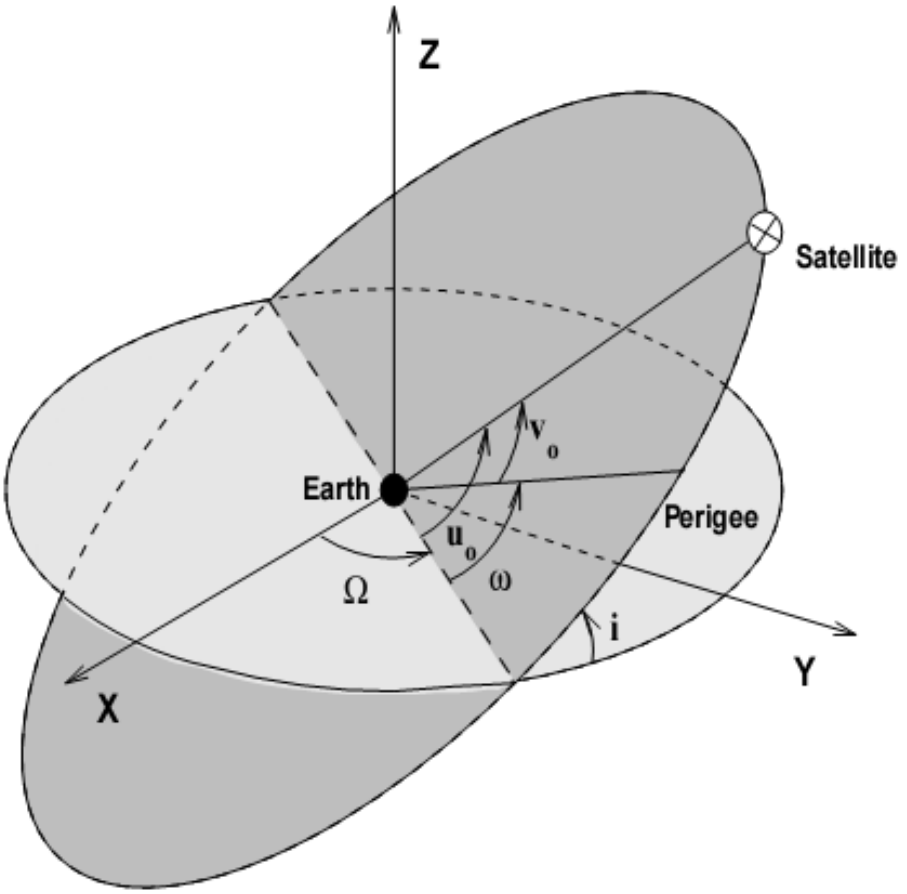
i là độ nghiêng của mặt phẳng quỹ đạo so với mặt phẳng xích đạo.

Ω là góc tạo bởi trục X và giao tuyến giữa mặt phẳng quỹ đạo vệ tinh với mặt phẳng xích đạo theo hướng vệ tinh di chuyển từ nam bán cầu sang bắc bán cầu, được gọi là góc điểm thăng. i và Ω là góc đo Eulerian xác định hướng của mặt phẳng quỹ đạo trong hệ xích đạo.

ω là argument của cận điểm (điểm gần trái đất nhất) – góc giữa điểm thăng và cận điểm trong mặt phẳng quỹ đạo theo hướng chuyển động của vệ tinh.

u_0 là argument của vĩ độ – góc giữa điểm thăng và vị trí của vệ tinh tại thời điểm khởi đầu t_0.

BMT



Hình . Sáu phần tử quỹ đạo vệ tinh (a, e, i, Ω, ω, u_0).

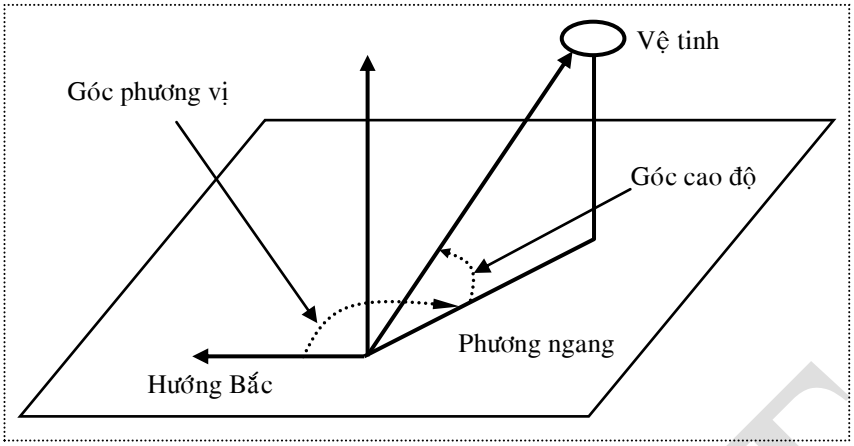
2.8.3 Định vị và quan trắc vệ tinh

2.8.3.1 Định vị vệ tinh (Satellite Positioning)

Định vị vệ tinh là quá trình xác định vị trí của vệ tinh trên quỹ đạo của nó. Nếu các thành phần của quỹ đạo vệ tinh được biết trước thì ta có thể xác định được vị trí của vệ tinh trên quỹ đạo tại một thời điểm cụ thể.

2.8.3.2 Quan trắc vệ tinh

Quan trắc vệ tinh là quá trình tham chiếu một anten (được đặt trên mặt đất) đến vệ tinh và theo dõi vị trí của điểm đó trên quỹ đạo. Từ dữ liệu bản lịch và vị trí (B, L, H) người ta có thể tính ra được góc cao độ (được đo từ phương ngang cục bộ) và góc phương vị (được đo theo chiều ngược kim đồng hồ với phương bắc) của vệ tinh liên quan tới Anten. Việc biết các góc này cho phép theo dõi anten để quan trắc vệ tinh. Trong thực tế, các vị trí quan trắc và tính được của vệ tinh được so sánh và cải thiện khi biết thêm các lực tác động lên vệ tinh. Sai số trong khoảng từ 10 cm đến 1-2m.



***Hình 24**. Góc cao độ và phương vị trong quan trắc vệ tinh*

2.8.4 Các thông số trên quỹ đạo GPS

Các vệ tinh GPS di chuyển trên các quỹ đạo được điều khiển cẩn thận bởi các trạm điều khiển trên mặt đất và được mô tả chính xác bằng các thông số quỹ đạo. Những tham số quỹ đạo Kepler mô tả quỹ đạo cùng các thông số dùng để hiệu chỉnh và xác định vị trí vệ tinh trên quỹ đạo được các trạm điều khiển xác định và truyền đến máy thu thông qua các vệ tinh GPS, các tham số này thường được gọi là bộ tham số quỹ đạo vệ tinh (16 tham số). Bảng sau liệt kê các tham số mô tả quỹ đạo trên bản lịch.

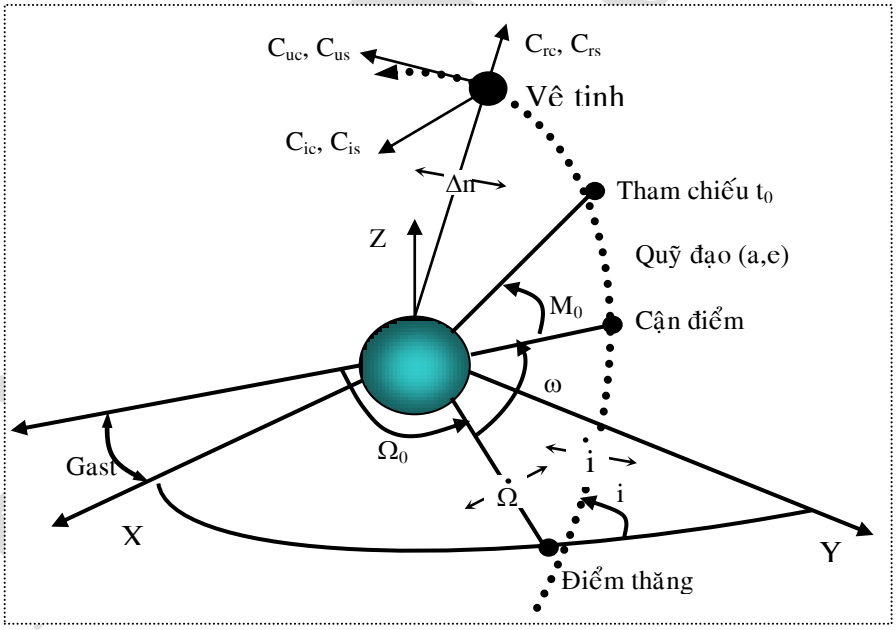
Các tham số này cho phép xác định chính xác vị trí của vệ tinh tương ứng trên quỹ đạo tại một thời điểm xác định. Máy thu dùng bộ tham số này để xác định toạ độ của vệ tinh tại thời điểm quan trắc. Lưu ý rằng các tham số quỹ đạo phát theo thời gian thực trên máy thu chỉ là các tham số dự đoán.

M_0	Khoảng cách trung bình đến cận điểm tại thời điểm tham chiếu
Δn	Độ lệch trung bình từ các độ dịch chuyển tính được
E	Độ lệch tâm (Eccentricity)
$\sqrt{A}$	Căn bậc hai của bán trục chính
Ω_0	Kinh độ nút thăng của mặt phẳng quỹ đạo tại mỗi chu kỳ hằng tuần.
i_0	Góc nghiêng tại thời điểm tham chiếu.
ω	Argument của điểm gần trái đất
$\dot{\Omega}$	Tốc độ thay đổi của góc thăng phải.

BM ĐTVT

Idot	Tốc độ thay đổi của góc nghiêng
C_{uc}	Biên độ của số hiệu chỉnh điều hoà Cos cho argument của vĩ độ
C_{us}	Biên độ của số hiệu chỉnh điều hoà Sin cho argument của vĩ độ
C_{rc}	Biên độ của số hiệu chỉnh điều hoà cos vào bán kính quỹ đạo.
C_{rs}	Biên độ của số hiệu chỉnh điều hoà sin vào bán kính quỹ đạo.
C_{ic}	Biên độ của số hiệu chỉnh điều hoà cos vào góc nghiêng.
C_{is}	Biên độ của số hiệu chỉnh điều hoà sin vào góc nghiêng.
t_{oe}	Thời gian tham chiếu bản lịch.

Quỹ đạo vệ tinh được mô tả thông qua 16 tham số quỹ đạo.



***Hình 26**. 16 tham số mô tả quỹ đạo vệ tinh.*

DỰ THẢO

BM ĐTVT

CHƯƠNG 3 SAI SỐ ĐO GPS

3.1 GIỚI THIỆU CHUNG

Hệ thống GPS là một hệ thống định vị tương đối phức tạp được cấu thành từ nhiều thành phần và được xây dựng trên nhiều cơ sở lý thuyết và thực nghiệm khác nhau. Sai số hệ thống được cấu thành từ nghiều nguồn khác nhau. Nhìn chung, có thể phân chia các độ lệch (biases) ảnh hưởng đến các số đo GPS làm 3 loại: các độ lệch do vệ tinh, các độ lệch do trạm đo và các độ lệch do phương pháp đo.

Các độ lệch do vệ tinh (satellite biases) bao gồm các độ lệch trong bản lịch phát tín của vệ tinh do các thông số mô tả quỹ đạo vệ tinh không chính xác; các độ lệch trong những mô hình đồng bộ vệ tinh được cung cấp trong các thông điệp phát sóng (các độ lệch đồng hồ vệ tinh, tín hiệu vệ tinh phát sóng không hoàn toàn đồng bộ với thời gian GPS). Các độ lệch này được coi là độc lập giữa các vệ tinh. Chúng ảnh hưởng giống nhau đối với cả các số đo của mã và pha sóng mang. Đồng thời chúng phụ thuộc vào số lượng, vị trí các trạm theo dõi và cung cấp các số liệu xác định quỹ đạo. Ngoài ra nó còn phụ thuộc vào lực tác dụng lên quỹ đạo và dạng hình học vệ tinh.

Các độ lệch từ trạm đo (station biases) bao gồm các độ lệch đồng hồ máy thu và các độ lệch do thiếu tính chắc chắn trong toạ độ của trạm đo (đối với các ứng dụng phi định vị GPS như chuyển động theo thời gian và theo dõi theo quỹ đạo).

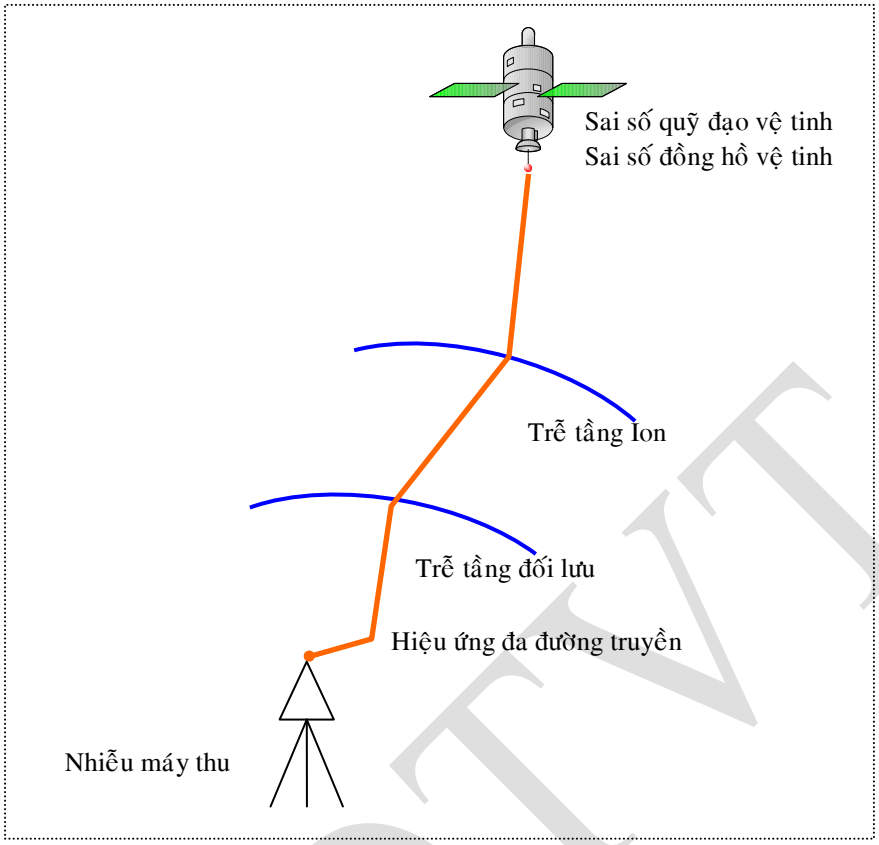
Các độ lệch do phương pháp đo (observation dependent biases) bao gồm những độ lệch liên quan đến việc phát tín hiệu và các độ lệch khác phụ thuộc vào kiểu đo ví dụ như những độ lệch từ việc xác định trị nhập nhằng trong các trị đo pha sóng mang.

Thông qua việc xây dựng và thiết lập mô hình các độ lệch, người ta đã loại bỏ hoặc ít nhất cũng giảm thiểu được ảnh hưởng của các độ lệch này. Các độ lệch được giả thiết là có quan hệ hàm với nhiều đối số như: thời gian, vị trí, nhiệt độ.

Ngoài các độ lệch từ hệ thống trên, chúng ta nhận thấy độ chính xác của vị trí và thời gian thu nhập qua GPS còn phụ thuộc vào 2 nguồn ảnh hưởng chính là: cấu hình vệ tinh được sử dụng và các sai số còn lại sau khi sử dụng các mô hình hiệu chỉnh sai số. Sai số do cấu hình vệ tinh tỷ lệ thuận với hệ số độ suy giảm chính xác DOP (Dilution of Precision).

Mỗi sai số của một nguồn chắc chắn sẽ làm phức tạp tính chất quang phổ và giữa một vài sai số trong các nguồn sai số này chắc chắn sẽ có các đặc tính tương quan với nhau. Tuy nhiên, trong thời điểm này của hệ GPS, các mô hình sai số chỉ giới hạn ở phương pháp dự đoán một cách đơn giản các độ lệch chuẩn tiêu biểu của các sai số cự ly tương đương không tương quan của mỗi nguồn sai số.

BMDTVT



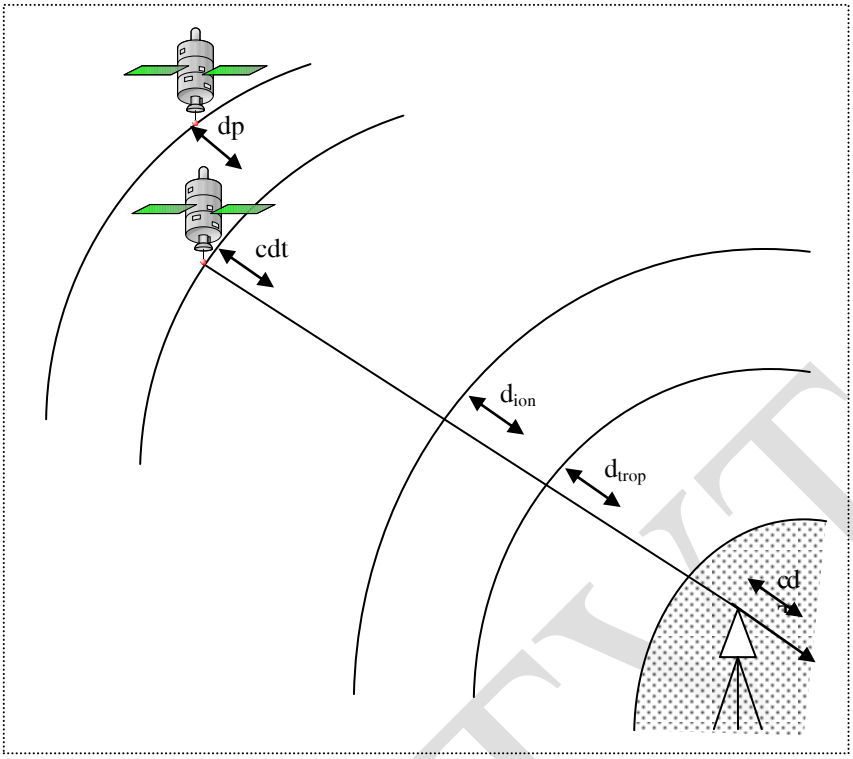
***Hình 27**. Minh hoạ các nguồn sai số hệ thống*

Tại một thời điểm (theo thời gian GPS tính bởi máy thu) vị trí vệ tinh được xác định dựa trên các thông số từ bản lịch phát tín (bản lịch này có thể kham khảo theo thời gian thực từ tín hiệu vệ tinh mà máy thu nhận được hoặc từ các nguồn khác) và khoảng cách từ mỗi vệ tinh tới điểm định vị được xác định từ mã giả khoảng cách (Pseudorange code) trong trường hợp dùng phương pháp tương quan mã hoặc từ các trị đo theo pha sóng mang khi sử dụng phương pháp tương quan pha sóng mang (Phase carrier).

Kết quả định vị của hệ thống phụ thuộc vào các yếu tố sau: các thông số về bản lịch vệ tinh, thời gian GPS và các trị đo khoảng cách giữa máy thu tới mỗi vệ tinh. Trong đó sai số trong mỗi thành phần này đều ảnh hưởng đến kết quả định vị sau cùng. Để tiện lợi trong quá trình đánh giá và xây dựng một số bài toán mô hình hoá, người ta thường chia các sai số GPS ra thành các nhóm: Sai số từ mảng điều khiển; các sai số trong môi trường lan truyền tín hiệu; các sai số trên các trị đo; sai số URE (User Range Error). Hình 19 minh hoạ các nguồn sai số trong hệ thống định vị GPS.

Việc chiếu độ lệch lên phương của cự ly sẽ rất có lợi trong nhiều ứng dụng. Khi đó tổng của những độ lệch sau khi chiếu này gọi là độ lệch cự ly (range bias) và khi chưa loại bỏ độ lệch, cự ly đo được gọi là cự ly có lệch (biased range) hay khoảng cách giả.

BMDTVT



***Hình 28**. Các độ lệch trong phép đo cự ly.*

Giá trị của các độ lệch cự ly có thể rất lớn, tùy thuộc vào việc sử dụng phần cứng và thông tin chi tiết để đo cự ly lệch đó. Từ những nghiên cứu riêng lẻ về độ lệch của cự ly chúng có thể có những giá trị cực đại sau đây:

Độ lệch của đồng hồ vệ tinh	10m khi sử dụng số hiệu chỉnh đã phát sóng
Độ lệch của đồng hồ máy thu	10m đến 100m (phụ thuộc vào chủng loại bộ dao động của máy thu)
Độ lệch của quỹ đạo	80m đối với các lịch thiên văn phát sóng hiện hành (sẽ giảm còn 10m khi đặt xong hệ thống theo dõi)
Độ lệch của thời trễ tầng điện ly	150m trên phương chân trời (giảm còn 50m trên phương thiên đỉnh)
Độ lệch của thời trễ tầng khí quyển	20m trên phương 10^0 phía trên chân trời (giảm còn 2 m trên phương thiên đỉnh)
Độ lệch pha sóng mang	Bất kỳ

BM ĐTVT

Độ lệch của các cự ly nói chung rất khác nhau. Do vậy, tổng đại số của chúng chắc chắn nhỏ hơn tổng các trị tuyệt đối tương ứng. Các độ lệch này gây ra sai số khá lớn trong kết quả định vị. Vì vậy, trong thực tế, các độ lệch này được loại bỏ bằng cách lập mô hình độ lệch hoặc bằng cách lấy vi sai. Các phương pháp này được thực hiện trong quá trình quan trắc và xử lý số liệu GPS.

3.2 CÁC SAI SỐ TỪ MẢNG ĐIỀU KHIỂN

3.2.1 Sai số quỹ đạo vệ tinh

Các vệ tinh GPS bay ở độ cao trung bình vào khoảng 20200 km trong 6 mặt phẳng quỹ đạo khác nhau và nghiêng với mặt phẳng xích đạo một góc vào khoảng 55^0. Chuyển động của vệ tinh xung quanh trái đất tuân theo các định luật cơ học cổ điển và định luật vạn vật hấp dẫn của Newton. Chuyển động này được mô tả bởi 3 định luật chuyển động của Kepler và được xác định bởi 16 thông số quỹ đạo.

Ngoài chịu lực hấp dẫn của trường trọng lực trái đất vệ tinh GPS còn chịu sự tác động của bức xạ mặt trời, lực hấp dẫn của mặt trời, mặt trăng, và các thiên thể khác. Do vệ tinh chịu nhiều tác động từ các lực khác nhau trong hành trình của nó nên việc thiết lập mô hình động học mô tả chuyển động của vệ tinh được thực hiện rất phức tạp và khó khăn. Vệ tinh chuyển động trong không gian không đơn thuần chỉ chịu sự tác động của trọng trường trái đất mà còn chịu các tác động nhiễu loạn của các thiên thể trong vũ trụ do đó việc lập mô hình chính xác là điều khó có thể.

$$\ddot{\mathbf{r}} = -\frac{GM\mathbf{r}}{r^3} + \mathbf{a}_{perturbing}$$

Trong đó:

($-\frac{GM\mathbf{r}}{r^3}$) là gia tốc với mô hình khối lượng của trái đất được xem như một chất điểm.

aperturbing là hợp gia tốc của tất cả các lực nhiễu loạn.

Với công nghệ ở vào năm 1987 người ta có thể hạn chế sai số trung bình của quỹ đạo vệ tinh vào khoảng 20 met cá biệt có thể vào khoảng 80 met.

3.2.1.1 Sai số trong việc ước lượng quỹ đạo vệ tinh

Việc xác định sai số lịch thiên văn của vệ tinh là vấn đề khó khăn nhất. Các sai số do đồng hồ hoàn toàn được cải tiến hoặc các ảnh hưởng ngoài ý muốn của chúng sẽ được hạn chế hoặc loại bỏ phần lớn, ví dụ, bằng cách quan sát vệ tinh đồng thời từ 2 máy thu trở lên và sử dụng các số đo hiệu số. Tuy nhiên, để giảm thiểu được các sai số lịch thiên văn đòi hỏi phải có một ước lượng tốt hơn về quỹ đạo. Quá trình chỉnh lý lịch thiên văn thường gặp khó khăn trong việc thiếu kiến thức về các lực tác động lên vệ tinh vì không thể đo trực tiếp và đầy đủ các lực này từ các vị trí theo dõi trên mặt đất.

Hiện nay, nếu sử dụng các số liệu quỹ đạo do các lịch thiên văn phát sóng cung cấp, vị trí của các quỹ đạo có thể tính toán với độ chính xác tiêu biểu vào khoảng 20m, cá biệt có

BM ĐTVT

những sai số tới 80m. Khi hoàn thành hệ thống lưới theo dõi vận hành (operational tracking network) có thể trông đợi chất lượng lịch thiên văn phát sóng sẽ được tiến tới mức đạt độ chính xác vị trí vệ tinh khoảng 5m, với sai số cá biệt 10m.

Trong phép định vị tương đối, ảnh hưởng của các sai số hệ thống trên một quỹ đạo cụ thể có thể được loại bỏ hoặc giảm thiểu phần lớn bằng cách lấy hiệu các trị số đo đồng thời tại hai hay nhiều hơn hai vị trí máy thu tới cùng những vệ tinh như nhau. Đây chính là phương pháp phổ biến đến nay vẫn thường dùng như một phương pháp khác để lập mô hình quỹ đạo chính xác. Như đã từng giới thiệu, trong phương pháp này, một sai số quỹ đạo khoảng 20m sẽ gây ra một sai số chừng 1ppm trong phép giải độ dài vector đường đáy.

3.2.1.2 Sai số bản lịch phát tín của một số nhà cung cấp

Dữ liệu về bản lịch chứa các thông số quỹ đạo liên quan tới mỗi vệ tinh. Các thông số quỹ đạo này được máy thu dùng để xác định toạ độ vệ tinh trong không gian tại thời điểm mà máy thu thực hiện quan trắc.

Bản lịch mà máy thu nhận được là bản lịch được phát quảng bá trên tín hiệu L1. Đây là bản lịch chứa các thông số để xác định toạ độ vệ tinh trong thời gian 2 giờ dựa trên toạ độ của các vệ tinh trên quỹ đạo tại thời điểm trước đó. Bộ thông số quỹ đạo là những thông số dự đoán được tính tại trạm điều khiển chủ dựa trên các thông tin về quỹ đạo thực của vệ tinh mà các trạm điều khiển hỗ trợ quan trắc trong khoảng thời gian trước đó gởi đến.

Bản lịch này được tính lại và cập nhật mới sau mỗi hai giờ. Việc xác định vị trí vệ tinh theo bản lịch này sẽ thiếu chính xác và từ đó sẽ dẫn đến toạ độ máy thu tính được sẽ thiếu chính xác.

Đối với các ứng dụng phi thời gian thực hay còn gọi là các kiểu định vị xử lý sau: khắc phục sai số từ bản lịch bằng cách dùng các bản lịch chính xác có được từ các nhà cung cấp trên thế giới. Các loại mã này được tính toán từ dữ liệu thực thông qua một số trạm quan trắc trên mặt đất.

3.2.2 Sai số từ đồng hồ vệ tinh

Các số đo GPS liên quan mật thiết với những phép đo thời gian chính xác. Các vệ tinh GPS truyền đi thời gian bắt đầu phát thông điệp đã được mã hóa riêng của chúng. Máy thu đo thời gian chính xác khi thu mỗi tín hiệu, vì vậy người ta có thể tính được số đo của cự ly hướng tới vệ tinh nhờ thời gian trôi qua kể từ lúc phát sóng đến lúc thu sóng vệ tinh. Nhưng điều này được thực hiện theo giả thiết cả 2 đồng hồ vệ tinh và máy thu đều chạy theo cùng một thời gian. Bất kỳ một trị chênh lệch nào về thời gian cũng trở thành sai số cự ly tương đương trên máy thu (user equivalent range error) sau khi nhân với vận tốc ánh sáng. Có thể thấy 1 micro giây thiếu đồng bộ giữa 2 đồng hồ vệ tinh và máy thu có thể gây nên một độ lệch cự ly vào khoảng 300m.

Các vệ tinh GPS được trang bị cả 2 loại chuẩn tần số nguyên tử rubidium và cesium. Môi trường không gian rất tốt với đồng hồ, những đồng hồ được chạy một cách tự nhiên và lệch ra khỏi hệ thống thời gian GPS tiêu chuẩn (càng ít nhân tố ảnh hưởng đến đồng hồ thì độ chính xác càng cao). Tổng thời gian chênh lệch được yêu cầu khoảng 1 micro giây. Tuy nhiên việc chế tạo những đồng hồ này thường được theo dõi rất cẩn thận và tổng thời

BM ĐTVT

gian độ lệch thường được biết một cách chính xác và được được phát đi kèm trong thông điệp phát sóng dưới dạng các hệ số của một đa thức bậc hai:

$$dt = a_o + a_1(t - t_o) + a_2(t - t_o)^2$$

Trong đó:

t_0 là thời điểm tham chiếu nào đó

a_o là hằng số chênh lệch thời gian (time offset) các đồng hồ vệ tinh

a_1 là hệ số chênh lệch tần số thành phần (fractional frequency offset)

a_2 là hệ số trôi dạt tần số thành phần (fractional frequency drift)

Đôi khi trong những tình huống đột xuất, do sự thay đổi nhiệt độ, các đồng hồ vệ tinh cũng thể hiện những độ lệch bậc cao, nhưng trong một đoạn thời gian ngắn thì được xem là không có. Tính đồng bộ giữa các đồng hồ vệ tinh được giữ trong khoảng 20 nano giây bằng cách hiệu chỉnh thời gian phát sóng, còn thời gian GPS thì được đồng bộ với thời gian UTC trong khoảng nano giây.

Độ trôi đồng hồ nguyên tử vệ tinh gây ra các độ lệch về thời gian mà đồng hồ gởi về cho máy thu và làm cho chu kỳ dao động nội trên vệ tinh thay đổi. Các thông số hiệu chỉnh độ trôi đồng hồ vệ tinh cũng được trạm giám sát chủ dự đoán và được phát đi kèm với các thông số về quỹ đạo vệ tinh.

Sai số do độ trôi đồng hồ vệ tinh có thể được hiệu chỉnh theo các phương pháp sau:

Trường hợp định vị điểm, sai số này có thể được loại bỏ bằng cách sử dụng các thông số hiệu chỉnh đồng hồ trong IGS (xử lý sau) hoặc trong bản lịch quảng bá (xử lý thời gian thực). Trường hợp định vị tương đối, phương trình hiệu đơn giữa các trị đo khoảng cách giả hoặc pha sóng mang đủ loại bỏ được toàn bộ nguồn sai số do độ trôi đồng hồ vệ tinh gây ra.

3.2.3 Chính sách S/A(Selective Availibility) và A/S (Anti-Spoofing)

Chính sách S/A làm suy giảm tín hiệu vệ tinh nhằm gây ra sai số vị trí. Điều này được thực hiện bằng cách làm nhiễu loạn đồng hồ vệ tinh và làm lệch các quỹ đạo của vệ tinh. Ảnh hưởng của chính sách S/A có thể loại bỏ bằng kỹ thuật định vị vi sai. A/S được thiết lập bằng cách thay đổi mã Y cho mã P để cho phép chỉ những máy thu có mật mã mới có quyền truy cập. Tuy nhiên, một số nhà sản xuất máy thu GPS có thể khắc phục được khó khăn này.

3.3 CÁC SAI SỐ PHÁT SINH TỪ MÔI TRƯỜNG LAN TRUYỀN TÍN HIỆU VÔ TUYẾN

3.3.1 Trễ tầng điện ly

3.3.1.1 Đặc điểm tầng điện ly

Tầng điện ly ở vào độ cao khoảng từ 60 km đến 400km. Đặc điểm của tầng này là do tác động của các bức xạ mặt trời như tia cực tím, bức xạ X, các tia vũ trụ mà các phân tử không khí bị phân huỷ thành các ion và các electron tự do. Tính chất của tầng này thay đổi

HMDTVT

rất nhiều theo thời gian trong ngày cũng như theo mùa. Vào ban ngày tầng này có thể phần thành thành 4 tầng như sau:

Tầng D ở độ cao khoảng từ 60 km đến 90 km có mật độ electron tự do vào khoảng nhỏ hơn 10^3 e/cm^3.

Tầng E ở độ cao khoảng từ 100 km đến 140 km có mật độ electron tự do vào khoảng 4.10^5 e/cm^3.

Tầng F1 ở độ cao khoảng từ 180 km đến 240 km có mật độ electron tự do vào khoảng 5.10^5 e/cm^3.

Tầng F2 ở độ cao khoảng từ 230 km đến 400 km có mật độ electron tự do vào khoảng 2.10^6 e/cm^3.

Tuy nhiên vào ban đêm chỉ còn lại hai tầng chính:

Tầng E có mật độ electron tự do vào khoảng 10^4 e/cm^3.

Tầng F2 có mật độ electron tự do vào khoảng 2.10^5 e/cm^3.

Cũng giống như bất kỳ một tín hiệu điện từ nào truyền qua môi trường ion hóa, các tín hiệu GPS cũng chịu ảnh hưởng của tính chất khuếch tán phi tuyến của môi trường này. Tác động trực tiếp của tầng điện ly đối với sóng vô tuyến như sau:

Môi trường làm phân tán và gây ảnh hưởng đến tín hiệu vô tuyến của vệ tinh

Làm sớm pha sóng mang

Làm trễ nhóm mã (delay group).

Đặc tính độ trễ trên tầng điện ly:

Độ trễ phụ thuộc vào TOC (Total Electronic Count)

Độ trễ càng lớn khi góc cao độ vệ tinh càng thấp.

Cực đại vào ban ngày và giảm đi vào đêm tối (do hiệu ứng bức xạ mặt trời).

Lớn hơn tại khu vực gần xích đạo và khu vực các cực từ của trái đất.

Độ trễ tầng điện ly phụ thuộc vào tần số (tỷ lệ với đại lương $1/f^2$).

Tín hiệu vệ tinh lan truyền trong tầng điện ly làm dao động các electron tự do, chính sự dao động này sinh ra một trường điện từ biến thiên của electron và đến lượt nó tương tác trở lại với tín hiệu vệ tinh. Các electron trong quá trình dao động nếu va chạm với các phân tử không khí hoặc ion sẽ làm suy giảm năng lượng của tín hiệu vệ tinh.

Nếu máy thu GPS sử dụng một tần số thì phải áp dụng mô hình tầng iono để khử đi thành phần sai số này. Trong trường hợp sử dụng máy thu hai tần số L1 và L_2 thì độ trễ nhóm tầng iono có thể đo được từ tín hiệu của một vệ tinh xác định. Forssell (1991) đã xác định được độ trễ nhóm xấp xỉ bằng:

$$\Delta t = \frac{k}{f^2}$$

BM ĐTVT

Trong đó Δt là độ trễ nhóm tầng iono, f là tần số của tín hiệu, k là hằng số. Nếu hai tần số được sử dụng, hai độ trễ nhóm có thể trừ cho nhau:

$$\Delta t_2 - \Delta t_1 = k\left(\frac{1}{f_{L2}{}^2} - \frac{1}{f_{L1}{}^2}\right)$$

$$= \frac{k}{f_{L1}{}^2}\left(\frac{f_{L1}{}^2 - f_{L2}{}^2}{f_{L2}{}^2}\right)$$

$$= \Delta t_1\left(\frac{f_{L1}{}^2}{f_{L2}{}^2} - 1\right)$$

Trong đó f_{L1}=1575,42 MHz; f_{L2}=1227,6 MHz; Δt_1 là độ trễ nhóm trên L_1; Δt_2 là độ trễ nhóm trên L_2.

Do vậy, trị đo hiệu độ trễ nhóm (Δt_2-Δt_1) được tính từ hiệu trị đo khoảng cách giả trên L_1 và L_2 là một ước lượng của độ trễ nhóm Δt_1 của L_1.

Trễ khoảng cách do tác động của tầng điện ly phụ thuộc vào tần số được mô tả bởi công thức sau:

$$d\rho_{ion}(\mathrm{L1}) = \{\,\rho(L1) - \rho(L2)\,\}\frac{f_2^2}{f_2^2 - f_1^2}$$

Trễ pha do tác động của tầng điện ly phụ thuộc vào tần số được mô tả bởi công thức sau:

$$d\phi_{ion}(\mathrm{L1}) = \frac{f_2^2}{f_2^2 - f_1^2}\left[\phi(L1) - \phi(L2)\frac{f_1}{f_2} - N(L1) - N(L2)\frac{f_1}{f_2}\right]$$

Trong đó $N(L_1)$ và $N(L_2)$ tương ứng là trị nhập nhằng về chu kỳ pha trên L_1 và L_2. Khi các chu kỳ pha của các tín hiệu L_1 và L_2 còn được đếm một cách liên tục (không có trượt chu kỳ), thì số hạng cuối cùng trong vế phải của phương trình là một hằng số không đổi (hằng số này không được xác định). Vì vậy, chuỗi thời gian trong các tổ hợp tuyến tính của các pha L_1 và L_2 chỉ phản ánh chủ yếu những thay đổi của giá trị thời trễ trong tầng điện ly của các tín hiệu L_1.

Số hiệu chỉnh tần số kép (dual frequency correction) loại bỏ hầu hết ảnh hưởng của tầng điện ly trong các số đo hoặc pha của sóng mang. Tuy nhiên, các ảnh hưởng tàn dư rất có thể vẫn còn rất lớn trong một vài trường hợp, đặc biệt đối với các trị quan trắc vào giữa trưa và còn có thể lớn hơn trong chu kỳ hoạt động cực đại của mặt trời.

Rõ ràng kỹ thuật nói trên chỉ có thể áp dụng cho các số liệu nhận được từ máy thu 2 tần số. Những người sử dụng các máy thu một tần số bắt buộc phải sử dụng các mô hình tầng điện ly (ionosheric models) hoặc dựa vào các tham số của mô hình tầng điện ly được vệ tinh truyền đi. Tuy nhiên, các mô hình loại này còn trong giai đoạn phát triển ban đầu và hiệu quả chỉ đạt đến khoảng trên 75%, vì vậy đối với ảnh hưởng tầng điện ly khoảng 50m thì các sai số thặng dư vẫn còn tới 15m. Trên thực tế một nghiên cứu có dùng các số liệu

BMĐTVT

thực cho thấy việc sử dụng mô hình hiệu chỉnh tầng điện ly hiện phát sóng trên vệ tinh còn cho kết quả kém hơn so với thông số hiệu chỉnh này.

Trong phạm vi tần số GPS, ảnh hưởng của tầng điện ly đối với cự ly thay đổi từ khoảng lớn hơn 150m (khi vệ tinh gần chân trời, giữa trưa, trong thời kỳ vệt đen trên mặt trời cực đại) tới khoảng nhỏ hơn 5m (khi vệ tinh gần thiên đỉnh, ban đêm, trong thời kỳ vệt đen trên mặt trời cực tiểu).

3.3.1.2 Mô hình hiệu chỉnh Klobuchar

Thông thường, độ khúc xạ toàn phần theo phương đứng được xấp xỉ bởi mô hình Klobuchar (1986) và sinh ra độ trễ thời gian theo phương đứng đối với các trị đo mã. Hiệu chỉnh tầng điện ly theo tần số L_1 được xác định như sau:

$$\Delta T^{iono} = F*[(5*10^{-9} + (AMP)\cos(X)]$$

Hiệu chỉnh tầng điện ly theo tần số L_2 được xác định bằng cách nhân thêm hệ số γ.

Theo dạng đa thức phương trình có thể viết lại như sau:

$$\Delta T^{iono} = \begin{cases} F*[5.0*10^{-9} + (AMP)(1 - \frac{X^2}{2} + \frac{X^4}{24})], & |X| < 1.57 \\ F*(5.0*10^{-9}), & |X| \geq 1.57 \end{cases} (s)$$

Trong đó:

$$\mathrm{AMP} = \begin{cases} \sum_{n=0}^{3} \alpha_n \phi_m^n, & AMP \geq 0 \\ 0, & AMP < 0 \end{cases} (s)$$

$$\mathrm{X} = \frac{2\pi(t - 50400)}{PER}, \text{(radian)}$$

$$\mathrm{PER} = \begin{cases} \sum_{n=0}^{3} \beta_n \phi_m^n, & PER \geq 7200 \\ 7200, & PER < 7200 \end{cases} (s)$$

$$F = 1.0 + 16.0*(0.53-E)^3$$

BM-DTVT

Trong đó:

α_n và β_n là các từ dữ liệu do vệ tinh phát xuống với n = 1, 2, và 3 từ khung con 4 trang 18; 50400 là số giây của 14 giờ; 1,57 radian tương ứng với 90^o.

E là góc cao độ giữa máy thu và vệ tinh.

A là góc azimuth giữa máy thu và vệ tinh, được đo với hướng dương theo chiều kim đồng hồ so với hướng bắc thật (bán góc - semi circles).

Các thông số còn lại được xác định từ các biểu thức sau:

$$\phi_m = \phi_i + 0.064\cos(\lambda_i - 1.617) \quad \text{(semi-circles)}$$

$$\lambda_i = \lambda_u + \frac{\varphi \sin A}{\cos \phi_i} \quad \text{(semi-circles)}$$

$$\phi_i = \begin{cases} \phi_u + \varphi \cos A, & |\phi_i| \le 0.416 \\ 0.416, & \phi_i > 0.416 \\ -0.416, & \phi_i < -0.416 \end{cases} \quad \text{(semi-circles)}$$

$$\varphi = \frac{0.00137}{E + 0.11} - 0.022 \quad \text{(semi-circles)}$$

$$t = 4.32 * 10^4 \lambda_i + \text{GPS time (s)}$$

Trong đó thời gian t phải được hiệu chỉnh lại để thoả mãn điều kiện $0 \le t \le 86400$:

$$t = \begin{cases} t - 86400, & t \ge 86400, \\ t + 86400, & t \le 0 \end{cases} (s)$$

Các thông số còn lại:

ϕ_u là vĩ độ đo đạc của máy thu trong WGS-84 (semi-circles)

BM ĐTVT

λ_u là kinh độ đo đạc của máy thu trong WGS-84 (semi-circles)

GPS time là thời gian hệ thống được tính bởi máy thu.

X là giá trị pha.

t là thời gian địa phương.

Φ_m vĩ độ của giao điểm với tầng điện ly.

λ_i kinh độ của giao điểm với tầng điện ly.

φ góc ở tâm trái đất giữa vị trí máy thu và giao điểm với tầng điện ly.

Trong tiến trình tính toán, ϕ_u, λ_u là các giá trị xấp xỉ được ước lượng bởi người sử dụng.

3.3.1.3 Các sơ sở hiệu chỉnh

Phép phân tích sai số trên phương pháp định vị điểm và định vị tương đối đưa đến các mô hình hiệu chỉnh:

Hiệu chỉnh bằng tần số kép (L1/ L2) trong trường hợp định vị điểm và các đường đáy ngắn.

Đối với trường hợp đường đáy dài, sai số tầng điện ly được loại bằng việc kết hợp tuyến tính trên L1 và L2.

$$L_3 = \frac{1}{f_1^2 - f_2^2}(f_1^2 L_1 - f_2^2 L_2)$$

$$L_6 = \frac{1}{f_1 - f_2}(f_1 L_1 - f_2 L_2) - \frac{1}{f_1 \pm f_2}(f_1 P_1 \pm f_2 P_2)$$

Hiệu chỉnh theo mô hình tầng điện ly IGS.

Hiệu chỉnh theo mô hình quảng bá (Klobuchar).

3.3.1.4 Các giải pháp xử lý sai số tầng điện ly

Quan trắc vào ban đêm: thời điểm ít chịu ảnh hưởng của sai số này nhất.

Sử dụng mô hình dự báo: giảm thiểu được khoảng 50% sai số này, thích hợp với các phương pháp định vị điểm.

Dùng máy thu hai tần số với phương pháp kết hợp tuyến tính trên L1 và L2.

Phương pháp hiệu chỉnh vi sai: có thể loại bỏ tối đa ảnh hưởng này của tầng điện ly trong trường hợp đường đáy ngắn.

3.3.2 Trễ trên tầng đối lưu

3.3.2.1 Đặc tính

Tầng đối lưu gồm các thành phần chính 78% Nitơ, 21% Oxi, và cả hơi nước ở vào độ cao độ cao từ 0 đến 70km. Khúc xạ của tầng khí quyển trung tính này hoàn toàn độc lập với các tần số thuộc phổ sóng vô tuyến. Không giống tầng điện ly, tầng khí quyển không khuếch tán các tần số thấp hơn 30GHz, vì vậy các trị thời trễ nhóm hay pha đều như nhau. Để thuận tiện, người ta phân tích khúc xạ tầng khí quyển trung tính làm 2 phần: khô và ướt. Ba nhân tố chính của tầng đối lưu ảnh hưởng tới tín hiệu vệ tinh là:

BMDTVT

Mật độ không khí (đặc trưng cho mức độ dày đặc của bầu khí quyển), đại lượng này tỷ lệ với áp suất khí quyển. Rõ ràng càng lên cao mật độ không khí càng giảm nhanh do áp suất giảm.

Nhiệt độ: giảm theo độ cao và chính yếu tố gây nên hiện tượng đối lưu không khí. Càng lên cao nhiệt độ không khí càng giảm cho đến giá trị không đổi từ khoảng –60 đến $-70\ ^{0}$ C ở vào độ cao khoảng 9 km đến 17 km.

Độ ẩm là lượng hơi nước trong không khí và cũng là đại lượng giảm theo độ cao.

Tầng khí quyển trung tính này gây ra sai số trong các trị đo GPS và có đặc tính chung như sau:

Môi trường này không làm phân tán tín hiệu sóng vô tuyến GPS.

Gây trễ trên cả các trị mã và pha.

Độc lập với tần số.

Tác động giống nhau trên cả hai trị đo mã và pha.

Thành phần khô gây ra 90% tổng thời gian trễ

Thành phần ướt gây ra 10% tổng thời gian trễ.

Thành phần khô được tính gần đúng theo biểu thức:

$$DTC = 2.27x10^{3}Po$$

Trong đó DTC (Dry Term Contribution) là ảnh hưởng của số hạng khô đối với cự ly trên phương thiên đỉnh, Po là khí áp mặt đất, đơn vị mbar. Đối với một khí áp trung bình khoảng 1013 mbar, trị ảnh hưởng này vào khoảng 2.3m. Số hạng khô chiếm tới khoảng 90% tổng các sai số cự ly trên phương thiên đỉnh và có thể ước lượng chính xác khoảng 0.2% nhờ các số liệu khí áp bề mặt.

Ngược lại, thành phần ướt, phụ thuộc vào các điều kiện khí quyển dọc đường đi của tín hiệu. Các điều kiện này không nhất thiết liên quan mật thiết với các điều kiện mặt đất. Cho tới nay đã có nhiều mô hình khác nhau được dùng để mô hình hóa các yếu tố như hàm lượng hơi nước, nhiệt độ, cao độ và góc nghiêng của đường truyền tín hiệu.

3.3.2.2 Nguyên nhân

Các vệ tinh GPS truyền đi những tín hiệu radio có năng lượng bé ký hiệu là L_1 và L_2 trên băng tần UHF. Quá trình lan truyền của tín hiệu vệ tinh cũng chính là sự lan truyền của sóng điện từ trong môi trường phức tạp, không trong suốt và không đồng tính. Tính chất bất thường không đồng nhất của môi trường lan truyền tín hiệu vệ tinh tác động rất lớn đến tín hiệu tại máy thu GPS. Bầu khí quyển nằm giữa mặt đất và lên cao khoảng 70 km là tầng đối lưu. Hai đặc điểm chính của môi trường khí quyển này làm suy giảm đáng kể chất lượng tín hiệu thu:

Tính chất hấp thụ năng lượng sóng điện từ làm cho tín hiệu đến máy thu GPS bị suy giảm đáng kể. Hơi nước và sương mù là hai tác nhân chính gây nên sự hấp thụ năng lượng sóng điện từ.

BM ĐTVT

Tính chất không đồng nhất của môi trường khí quyển làm cho tín hiệu phát từ vệ tinh lan truyền với các vận tốc khác nhau và bị uốn cong trước khi tới máy thu GPS.

Sự thay đổi về tính chất và thành phần của các lớp không khí làm cho hằng số điện môi của nó thay đổi kết quả là tín hiệu bị khúc xạ liên tục nhiều lần làm cho đường đi của nó bị uốn cong trước khi đến máy thu GPS.

Tổng quát hoá những phân tích trên, các nhà khoa học kết luận rằng độ trễ của tầng đối lưu phụ thuộc vào góc cao độ vệ tinh, cao độ của máy thu và chỉ số khúc xạ (ảnh hưởng tổng hợp của áp suất, nhiệt độ, độ ẩm). Tác động khúc xạ của tầng đối lưu không phụ thuộc vào tần số của sóng điện từ lan truyền trong đó. Các đặc điểm của ảnh hưởng tầng đối lưu đến tín hiệu vệ tinh:

Cực tiểu ở phương thiên đỉnh ứng với góc cao độ bằng 90^0, theo phương này độ lệch vào khoảng 2.3 met và cực đại gần phương ngang vào khoảng 20 met.

Đối với tầng không khí khô các mô hình toán học có thể khắc phục khoảng 90% ảnh hưởng của nó.Trong khi đối với tầng không khí ướt các phân tích mô hình chỉ khắc phục khoảng 10% ảnh hưởng của nó.

Mức độ ảnh hưởng thay đổi theo thời gian.

Ta có thể quan sát hiện tượng khúc xạ của tín hiệu vệ tinh khi đi qua ranh giới của hai lớp không khí có chiết suất khác nhau. Theo lý thuyết truyền sóng thì vận tốc của sóng điện từ trong môi trường có hằng số điện môi là ε và hằng số từ thẩm μ được tính theo công thức:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon * \mu}}$$

Trong đó c là hằng số vận tốc ánh sáng trong chân không xấp xỉ 3.10^8 m/s. Vậy vận tốc lan truyền của tín hiệu vệ tinh không phải là hằng số khi lan truyền trong tầng đối lưu. Chính điều này làm cho việc xác định cự ly từ vệ tinh tới máy thu sẽ phạm phải một sai số nhất định.

Tính chất hấp thụ năng lượng của tầng đối lưu làm cho tín hiệu đến Máy thu GPS bị suy giảm đáng kể nhất là trong điều kiện không khí ẩm ướt, mưa, sương mù, mây giăng. Đường đi của tín hiệu càng dài thì độ hấp thụ càng lớn. Do vậy, các vệ tinh ở đường chân trời tương ứng với góc cao độ bé tín hiệu của nó bị suy giảm rất lớn. Do tín hiệu vệ tinh lan truyền theo đường cong nên số đo khoảng cách của máy thu GPS đến các vệ tinh là khoảng cách theo đường cong và vì vận tốc lan truyền không phải là hằng số là nguyên nhân gây sai số của tín hiệu thu. Các vệ tinh ở đường chân trời tương ứng với góc cao độ bé, tín hiệu của nó bị uốn cong nhiều hơn và tính chất lan truyền phức tạp hơn so với các vệ tinh ở gần vị trí thiên đỉnh.

3.3.2.3 Mô hình hiệu chỉnh

Trễ tầng đối lưu bao gồm trễ do sự khúc xạ tầng đối lưu và trễ đường truyền qua tầng đối lưu. Hiện có nhiều mô hình tầng đối lưu, mô hình nổi tiếng là mô hình của Hopfield.

BM ĐTVT

Mô hình này tách độ trễ tầng đối lưu làm hai phần: một thành phần khô (dry) và một thành phần ướt (wet):

$$\Delta^{Trop} = \Delta_d^{Trop} + \Delta_w^{Trop}$$

Trong đó:

$$\Delta_d^{Trop} = \frac{10^{-6}}{5} * \frac{77.64\frac{P}{T}}{\sin\sqrt{E^2 + 6.25}}\left[40136 + 148.72(T - 273.16)\right](\text{met})$$

$$\Delta_w^{Trop} = \frac{10^{-6}}{5} * \frac{-12.96T + 3.718*10^5}{\sin\sqrt{E^2 + 2.25}}\frac{e}{T^2} * 11000 \ (\text{met})$$

Ở đây, E là góc cao độ giữa vệ tinh và máy thu, p, T, e là các thông số khí quyển, người sử có thể đo các giá trị thật sự của chúng tại nơi đặt anten hoặc dùng các giá trị chuẩn sau:

T là nhiệt độ môi trường không khí, giá trị chuẩn là (15+273.16)^{o}C.

p: là áp suất môi trường không khí, giá trị chuẩn là 101.325 kPa

e: là áp suất môi trường hơi nước, giá trị chuẩn là 0.85 kPa (tương ứng với một độ ẩm tương đối là 50% ở nhiệt độ môi trường).

3.3.2.4 Các cơ sở hiệu chỉnh

Do đây là một sai số độc lập với tần số nên nó không thể loại bỏ được bằng máy thu hai tần số.

Phép toán kết hợp tuyến tính giữa L1 và L2 loại bỏ được sai số này:

$$L_6 = \frac{1}{f_1 - f_2}(f_1 L_1 - f_2 L_2) - \frac{1}{f_1 \pm f_2}(f_1 P_1 \pm f_2 P_2)$$

Tầng đối lưu có thể mô hình hoá một cách chuẩn xác bằng cách sử dụng các giá trị nhiệt độ, áp suất, độ ẩm tương đối và góc cao độ vệ tinh.

3.3.2.5 Các giải pháp xử lý sai số tầng đối lưu.

Mô hình hoá bằng các mô hình dự đoán Hopfield, Black và Saastamoninen (Với độ trễ phần khô khoảng 1 cm và phần ướt khoảng 5 cm.). Các thông số tầng đối lưu có thể loại bỏ bằng phương pháp xử lý sau hoặc bằng phương pháp hiệu chỉnh DGPS.

Hiện nay, ngay cả khi dùng các số liệu khí tượng theo thời gian thực, những mô hình tầng đối lưu hiện có dường như cũng chỉ có thể giảm thiểu các hình ảnh tổng hợp của tầng đối lưu từ 90% đến 95% tuỳ thuộc vào số lượng thông tin tầng khí quyển mà người sử dụng có được. Những người sử dụng có hiểu biết tốt về các điều kiện khí quyển lân cận

BM ĐTVT

khu vực làm việc của họ sẽ có sai số thặng dư nhỏ hơn những người sử dụng buộc phải dựa vào các số liệu gần đúng hoặc trung bình.

Đối với các phép đo hiệu số, hiệu của các trị ảnh hưởng của tầng điện ly tại 2 đầu đường đáy vẫn còn rất lớn. Các mô hình tầng khí quyển hiện có có thể được dùng để tính trị ảnh hưởng tương đối khi được cho trước các điều kiện khí tượng tại mỗi điểm. Trong trường hợp này, người ta có thể chọn phương pháp đơn giản nhất, giả thuyết mọi ảnh hưởng của tầng khí quyển đều được loại bỏ, hoặc giảm thiểu phần lớn chỉ bằng cách lấy hiệu số do nhận được từ 02 trạm. Phương pháp này có thể đúng trong một số trường hợp, đặc biệt khi đường đáy ngắn. Nhưng để đạt độ chính xác cấp cm, rất có thể cần phải dùng các dụng cụ đo bức xạ hơi nước tại 02 đầu đường đáy để dự đoán khối lượng hơi nước tích hợp dọc theo đường ngắm tới các vệ tinh. Việc làm này cần thiết bởi vì có khả năng khối lượng hơi nước trong khí quyển rất khác nhau theo thời gian và phân bố không đồng đều tại nhiều nơi. Trị biến động theo thời gian này được so với thang thời gian của các trị số đo tại một điểm cho trước. Nói chung, đối với các phép đo ở độ cao 20^{o}, thành phần ướt sẽ vào khoảng 30cm hoặc nhiều hơn. Nếu chỉ dùng những số đo mặt đất để ước lượng tổng số hiệu chỉnh do tầng khí quyển thì khoảng tin cậy tiêu biểu vào khoảng 3.5cm.

3.3.3 Đa đường truyền

3.3.3.1 Mô tả hiệu ứng

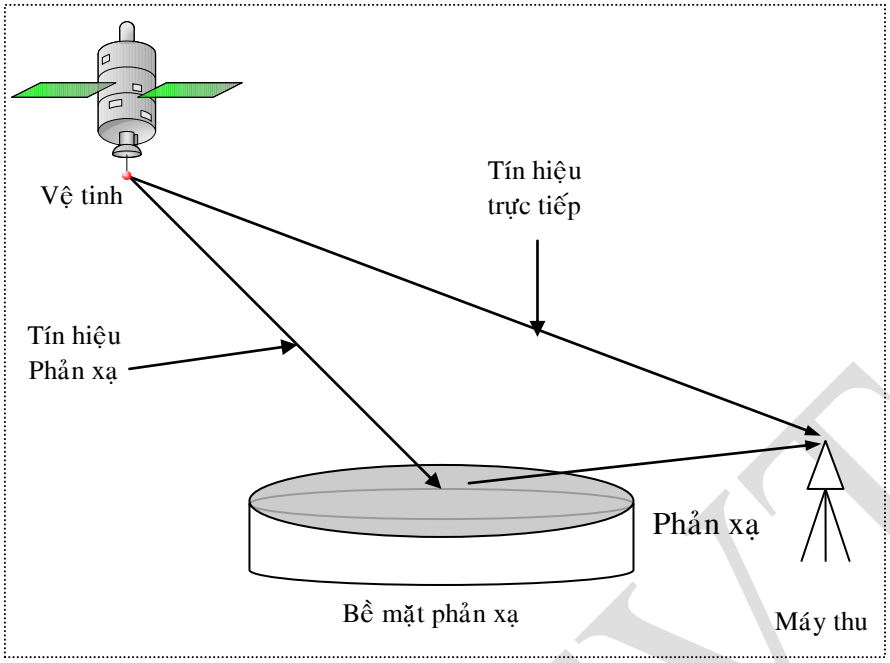
Đa đường truyền là hiện tượng một tín hiệu vệ tinh đến vị trí Máy thu GPS qua hai hay nhiều đường đi khác nhau. Kết quả tại Máy thu GPS tín hiệu thu có thể bị nhiễu loạn do có hai tín hiệu từ một vệ tinh cùng đến, dẫn đến việc Máy thu GPS không thể tách dữ liệu ra được hoặc tách được dữ liệu độ lệch. Hay nói cách khác hiệu ứng đa đường truyền gây ra sai số do tín hiệu đến máy thu theo nhiều đường truyền khác nhau với các khoảng thời gian trễ khác nhau. Hiêu ứng đa đường truyền do các nguyên nhân sau:

Sự phản xạ của tín hiệu GPS bởi các bề mặt vật thể trước khi nó đến được anten máy thu vì vậy trong tiến trình thu thập nên tránh các bề mặt gây phản xạ xung quanh anten.

Sự phản xạ bởi các bề mặt bao phủ xung quanh anten (khoảng 15cm đối với sóng mang và 10-20m đối với khoảng cách giả.

Một hiện tượng tương tự như hiện tượng đa đường là ảo ảnh (imaging). Hiện tượng này cũng phát sinh do có những vật thể phản xạ lớn ở gần. Vật thể phản xạ tạo ra một "ảo ảnh" của anten khiến các đặc tính về biên độ và pha thu được không còn là của một anten đơn độc mà là của một tổ hợp anten và ảo ảnh của nó. Điều cần quan tâm là những ảnh hưởng của hiện tượng này tạo ra đối với đặc tính tâm pha của anten. Phương pháp được dùng để giảm thiểu các ảnh hưởng của ảo ảnh là sử dụng vật liệu hấp thu hoặc dùng kỹ thuật tạo dáng chùm sóng anten (antenna beam shaping) để giảm thiểu hiện tượng nhân đôi hình ảnh anten này.

BVBTVT



***Hình 35** . Ảnh hưởng của hiệu ứng đa đường truyền*

Các ảnh hưởng của các hiện tượng đa đường và ảo ảnh trong môi trường phản xạ cao có thể sẽ là những nhân tố hạn chế độ chính xác ở mức độ 10m đối với các ứng dụng phép đo giả khoảng cách trong định vị tĩnh tại một thời điểm duy nhất, ở mức độ vài cm đối với các ứng dụng đo pha sóng mang trong định vị tĩnh, còn trong các ứng dụng định vị động thì không khóa được tín hiệu do nhiễu và hiện tượng đa phương tương đối cao. Khi yêu cầu độ chính xác định vị cấp cm và dưới cm cần phải chú ý vị trí anten để giảm thiểu các ảnh hưởng của hiện tượng đa phương và ảo ảnh.

3.3.3.2 Bản chất của hiệu ứng đa đường

Gọi tín hiệu đến máy thu GPS theo đường truyền d_1 là $x_1(t)$, theo đường truyền d_2 là $x_2(t)$. Gọi pha ban đầu của tín hiệu từ vệ tinh là φ_0 tức tín hiệu vệ tinh có thể được biểu diễn là $x(t)= A\cos(\omega t +\varphi_0)$. Tín hiệu tại máy thu GPS theo đường truyền d1 là $x1(t) =A1 \cos(((t-d1/v) +\varphi_0)$ và tín hiệu tại máy thu GPS theo đường truyền là $x2(t) =A2 \cos(\omega(t-d_2/v) +\varphi_0)$.Trong đó $\omega=2\pi L_1$ hoặc $\omega=2\pi L_2$

Theo lý tuyết tín hiệu thì tổng tín hiệu tại máy thu sẽ là:

$x_r(t)= x_1(t)+ x_2(t)= A_1 \cos(\omega(t-d_1/v) +\varphi_0)+A_2 \cos(\omega(t-d_2/v) +\varphi_0)$

$$x_r(t)=\sqrt{\left(A_1^{\,2}+A_2^{\,2}\right)}\left[\frac{A_1}{\sqrt{\left(A_1^{\,2}+A_2^{\,2}\right)}}\cos\left[\varpi\left(t-\frac{d_1}{v}\right)+\varphi_0\right]+\right.$$
$$\left.+\frac{A_2}{\sqrt{\left(A_1^{\,2}+A_2^{\,2}\right)}}\cos\left[\varpi\left(t-\frac{d_2}{v}\right)+\varphi_0\right]\right]$$

Đặt

BMĐTVT

$$\cos\alpha = \frac{A_1}{\sqrt{\left(A_1^{\,2} + A_2^{\,2}\right)}} \Rightarrow \sin\alpha = \frac{A_2}{\sqrt{\left(A_1^{\,2} + A_2^{\,2}\right)}}$$

Khi đó phương trình trên được viết lại như sau:

$$x_r(t) = \sqrt{\left(A_1^{\,2} + A_2^{\,2.}\right)} \left[\begin{array}{l} \cos\alpha \cos\left[\varpi(t - \frac{d_1}{v}) + \varphi_0 \right] + \\ + \sin\alpha \cos\left[\varpi(t - \frac{d_2}{v}) + \varphi_0 \right] \end{array} \right]$$

Để đơn giản cho việc phân tích ta giả sử $A_1=A_2=A$, công thức trên có thể rút gọn lại theo biểu thức dưới đây:

$$x_r(t) = A\cos(\omega(t-d_1/v) + \varphi_0) + A\cos(\omega(t-d_2/v) + \varphi_0)$$

$$\text{Hay: } x_r(t) = A\cos(\omega(t - \frac{d_1+d_2}{2v}) + \varphi_0)\cos\omega(\frac{d_1-d_2}{2v})$$

Thay $v=\lambda f=\lambda\omega/2\pi$ vào biểu thức trên ta được:

$$x_r(t) = A\cos(\omega t - \frac{(d_1+d_2)\pi}{\lambda} + \varphi_0)\cos(d_1 - d_2)\,\pi/\lambda$$

$\cos(d_1 - d_2)\,\pi/\lambda=1$ khi chỉ khi $(d_1 - d_2)\,\pi/\lambda = 2n\pi$ hay $(d_1 - d_2) = 2n\lambda$ (n là số nguyên)

Do vậy, tại những vị trí mà hiệu hai khoảng cách lan truyền sóng điện từ bằng $2n\lambda$ thì tín hiệu vệ tinh thu được với biên độ lớn nhất. Tuy nhiên tín hiệu vệ tinh bị trễ về pha một lượng là $\frac{(d_1+d_2)\pi}{\lambda}$ gây ra độ lệch dữ liệu thu được.

$\cos(d_1 - d_2)\,\pi/\lambda=0$ khi chi khi $(d_1 - d_2)\,\pi/\lambda = \pi/2+n\pi$ tức là $(d_1 - d_2) = (n+1/2)\lambda$.

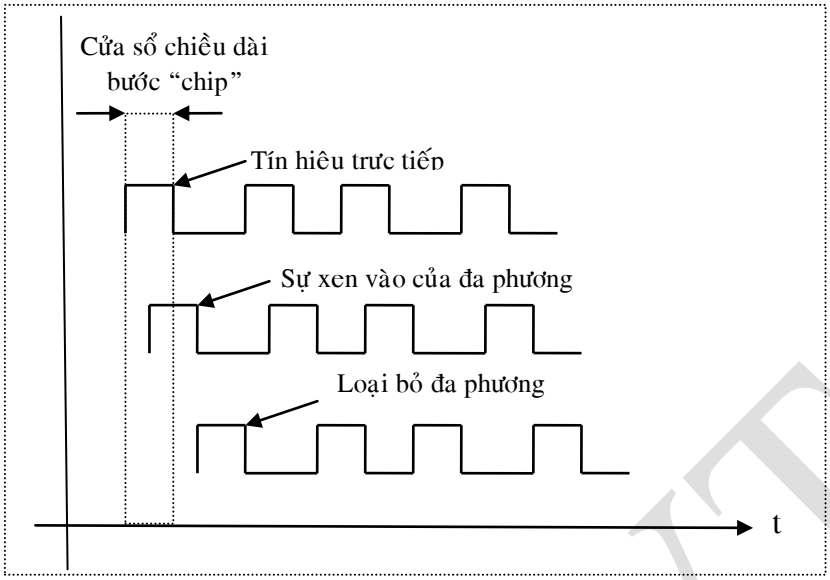
Tại những vị trí mà hiệu hai khoảng cách lan truyền sóng điện từ bằng số nguyên lẻ phân nửa bước sóng thì tín hiệu vệ tinh hầu như bị triệt tiêu hoàn toàn.

Tóm lại, hiện tượng đa đường truyền có thể hoặc là làm triệt tiêu tín hiệu lan truyền từ vệ tinh hoặc làm trể pha tín hiệu GPS.

3.3.3.3 Ảnh hưởng của đa đường lên tín hiệu đã mã hóa

Các tín hiệu đã mã hóa, như mã giả khoảng cách GPS, do đặc tính phổ trải, chúng có một khả năng phân biệt được nhiều kiểu ảnh hưởng đa phương. Tín hiệu đã mã hóa được đặc trưng bằng chiều dài bước "chip" (chip length) theo đó máy thu thực hiện phép đồng bộ. Cửa sổ chiều dài bước "chip" (chip length window) cho phép máy thu gạt bỏ bất kỳ tín hiệu nào đến phía ngoài cửa sổ (bao gồm cả tín hiệu đến trễ do ảnh hưởng của hiện tượng phản xạ đa đường). Tuy nhiên, máy thu không thể tự gạt bỏ được các tín hiệu đến trễ chút ít nằm trong cửa sổ bước chip. Về khía cạnh này các tín hiệu đã mã hóa có ưu điểm lớn là loại bỏ được hiện tượng đa đường nhưng chỉ phía ngoài khung cửa sổ bước chip, phía trong khung (cửa sổ) có thể rất nghiêm trọng. So với các số đo giả khoảng cách, các số đo pha trực tiếp tuy dễ bị ảnh hưởng của hiện tượng đa đường trong tất cả các cự ly thực tế nhưng lại có mức độ ảnh hưởng nhỏ hơn do thời gian trễ ngắn hơn.

BM ĐTVT



***Hình 36** . Ảnh hưởng của đa phương trên tín hiệu đã mã hóa*

Trong định vị tĩnh, nếu lấy trung bình hiệu pha của các tín hiệu trực tiếp so với tín hiệu phản xạ trong một thời gian đủ dài để có những biến đổi không quá một chu kỳ thì sẽ thu nhỏ một cách đáng kể các độ lệch trong trị số đo. Điều này chỉ đúng với các ứng dụng định vị tĩnh. Nhưng trái lại, Trong các ứng dụng định vị động, ta không thể bằng cách lấy trung bình để loại bỏ các ảnh hưởng của ảo ảnh và do đó các độ lệch vẫn tồn tại trong các trị số đo. Đối với cùng một cặp vệ tinh/ vị trí máy thu, các ảnh hưởng của ảnh hưởng đa phương và ảo ảnh lặp lại hằng ngày gần giống nhau, vì vậy việc theo dõi sự thay đổi của các tọa độ anten ở mức cm và nhỏ hơn cm (như vậy yêu cầu được đặt ra đối với phép đo động lực học) là hoàn toàn có thể thực hiện được ngay cả khi có sự hiện diện của hiện tượng đa phương.

3.3.3.4 Giải pháp khắc phục

Phương pháp duy nhất giảm thiểu ảnh hưởng của đa đường truyền là thông qua việc tạo dáng chùm sóng của Anten sao cho nó có thể phân biệt nhạy cảm với các tín hiệu đến từ một vài hướng nào đó.

Ta dễ nhận thấy các tín hiệu vệ tinh có góc cao độ thấp dễ bị phản xạ bởi các chướng ngại như nhà cao tầng, các ụ đồi. Để khắc phục hiện tượng này các nhà sản xuất một loại Anten đặc biệt cho Máy thu GPS có thể loại bỏ được các tín hiệu phản xạ từ các hướng khác nhau trước khi đến máy thu GPS. Anten loại này có tên gọi là Ground Plane.

Trong các nguồn sai số liên quan đến nguồn tín hiệu từ vệ tinh thì sai số do hiệu ứng đa đường truyền là một nguồn sai số phụ thuộc vào đặc tính địa hình. Một vùng có đặc tính địa hình phức tạp với nhiều vật cản và các vật liệu phản xạ sóng điện từ rất tốt sẽ làm cho kết quả định vị kém chính xác. Giải pháp duy nhất để khắc phục hiệu ứng đa đường truyền là điều chỉnh máy thu để thu tín hiệu từ các vệ tinh có góc cao độ giữa vệ tinh và máy thu thích hợp. Tuy nhiên, khi điều chỉnh góc cao độ vệ tinh để giảm thiểu số vệ tinh có thể gây ra hiệu ứng đa đường truyền thì số lượng vệ tinh được máy thu quan trắc sẽ giảm.

BM ĐTVT

Khắc phục trong quá trình xử lý: trong các phần mềm xử lý hiện nay đều cho phép người xử lý chấp nhận hay loại bỏ một vệ tinh nào đó mà trong bước lập kế hoạch đã dự đoán là cho các trị số không tốt.

3.4 SAI SỐ TRÊN MẢNG MÁY THU

3.4.1 Sai số trên trị đo trên đồng hồ và nhiễu từ máy thu

Đây là sai số trong trị đo mà máy thu quan trắc được do độ trôi đồng hồ máy thu, nhiễu nhiệt và độ chính xác của phần mềm xử lý trong máy gây nên. Đây là một sai số hệ thống và không loại bỏ được bằng kỹ thuật xử lý vi sai.

Các máy thu GPS đều được trang bị những đồng hồ tinh thể thạch anh (quatz) chất lượng cao (10^{-10}) đặt bên trong. Nhiều máy thu GPS còn tiếp nhận một phép đo thời gian từ một đồng hồ nguyên tử đặt ngoài thường là đồng hồ cecium (10^{-13}) hoặc rubidium (10^{-12}). Các phương án lựa chọn để lập mô hình các độ lệch trong các đồng hồ này cũng tương tự như những phương án đối với các độ lệch đồng hồ vệ tinh.

Đối với các thiết bị độ chính xác thấp, người ta có thể giả thuyết nhưng độ lệch này là không đáng kể và bỏ qua tất cả các độ lệch đó. Nói cách khác, nếu được cung cấp đầy đủ các vệ tinh, người ta có thể lựa chọn để cùng với việc giải tọa độ người ta giải luôn cả tham số độ lệch đồng hồ đặt ngoài máy thu một cách đơn giản. Đây chính là phương pháp thông dụng vẫn được dùng trong hàng hải GPS; độ lệch ở đây được giả thiết là độc lập tại mỗi thời điểm đo. Phương pháp này có số lượng giả thiết về tình trạng đồng hồ ít nhất. Một mô hình đa thức của đồng hồ tương tự đối với các đồng hồ vệ tinh có thể được sử dụng, các hệ số của đa thức được xác định như là một phần của quá trình ước lượng các tham số. Điều này có liên quan đến các giả thuyết về tình trạng của đồng hồ.

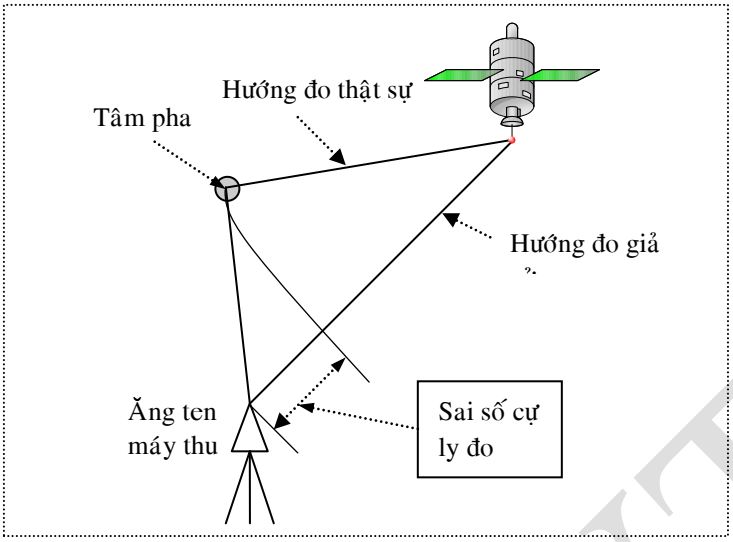
3.4.2 Sai số do sự dịch chuyển tâm pha anten

Các hệ thống định vị và đo khoảng cách bằng sóng vô tuyến hoạt động trên cơ sở xác định khoảng cách từ những số đo trên sóng điện từ và được mô tả bằng biểu thức sau:

$$F = A\, e^{jwt}\, e^{-jkr}\, e^{-jkd\sin\theta \sin\phi}\, e^{-jkz\cos\theta}\, e^{j\alpha}$$

Trong đó số mũ thứ nhất là thời gian phụ thuộc, số mũ thứ hai là nguồn thông tin về pha phụ thuộc dạng hình học ăng-ten phát, dòng kích thích (excitation current) và vị trí đặt anten thu trong hệ tọa độ tham chiếu. Các số đo khoảng cách có thể được thực hiện bằng cách đo thời gian truyền sóng hoặc bằng cách đo pha của tín hiệu.

BMEVT



Hình 37 *.Sai số do tâm pha dịch chuyển*

Trong hệ tham chiếu pha, người ta đo số đo pha đơn và tính cự ly của đường truyền sóng theo biểu thức:

$$\Phi = (2\pi\lambda)R + \alpha$$
$$R = (\Phi - \alpha)(\lambda / 2\pi) = (\Phi - \alpha)(v / \omega)$$

Trong đó:

Φ là chiều dài đường truyền sóng của pha chỉ định và R là trị số cần xác định.

R là hàm phụ thuộc dạng hình học của anten và vị trí quan trắc:

$$R = z\cos\theta - d\sin\theta\sin\phi - r$$

Trong đó: r là ẩn số khoảng cách thực (từ gốc tọa độ đến điểm quan trắc). Suy ra:

$$(\Phi - \alpha)(v / \omega) = z\cos\theta - d\sin\theta\sin\phi - r$$
$$r = z\cos\theta - d\sin\theta\sin\phi - (\Phi - \alpha)(v / \omega)$$

Trong phép định vị bằng sóng vô tuyến, người ta thường giả thiết khoảng cách chưa biết được xác định theo biểu thức đơn giản:

$$r = -\Phi v / \omega)$$

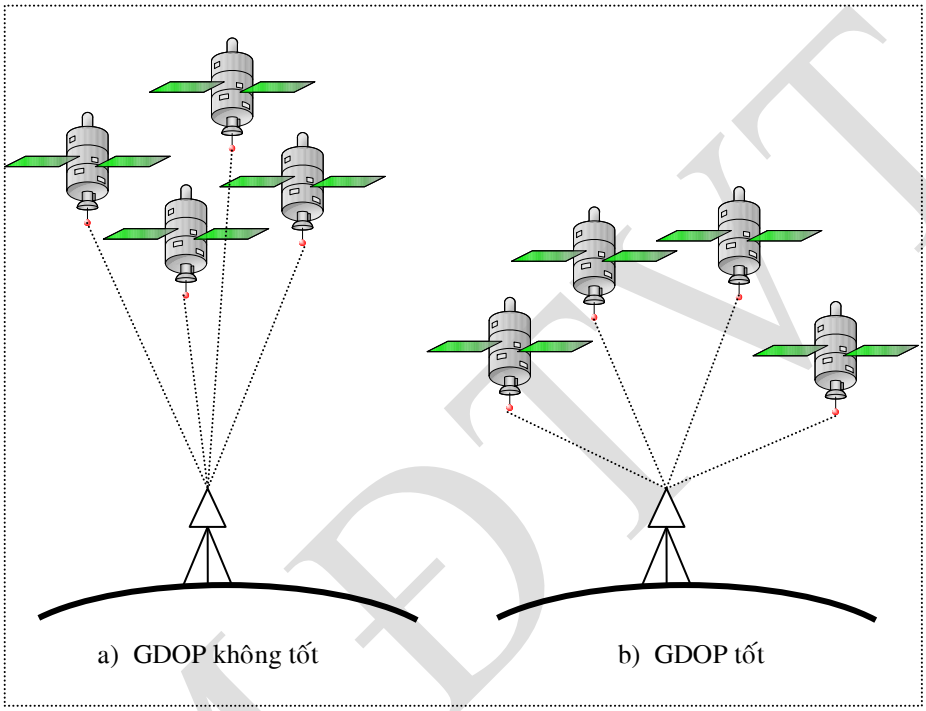
Trong đó r được coi là bán kính sóng cầu có tâm tại gốc (r=0), nghĩa là, coi tâm pha của sóng trùng với gốc tọa độ. Hiệu quả của các số hạng được bổ sung có thể được giải thích là dời điểm gốc pha ra xa điểm gốc tọa độ một khoảng được xác định bởi hàm của các kích thích thành phần (element dimensions) và phương hướng tới nguồn quan sát (θ, ϕ).

BMĐTVT

3.5 ẢNH HƯỞNG CỦA CẤU HÌNH VỆ TINH

3.5.1 Khái quát

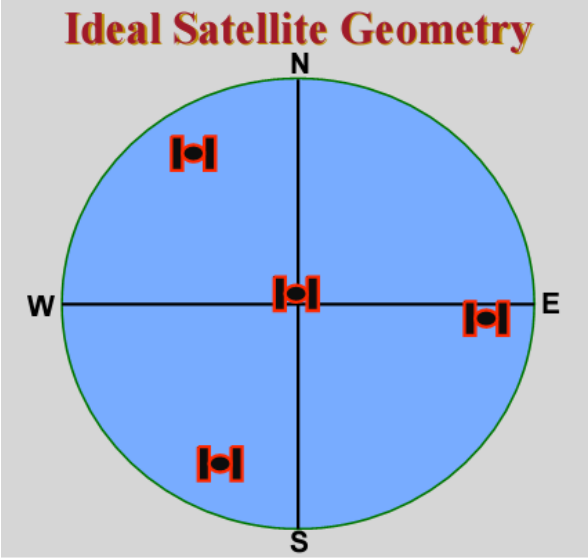
Toạ độ máy thu được xác định dựa trên ít nhất 4 vector xác định giữa máy thu và các vệ tinh quay quanh nó. Hệ phương trình xác định toạ độ máy thu là một hệ phương trình phi tuyến được giải bằng phương pháp gần đúng. Do vậy độ chính xác của toạ độ máy thu phụ thuộc vào sự phân bố hình học của các vệ tinh. Sự phân bố cấu hình vệ tinh được mô tả bằng trị số GDOP.

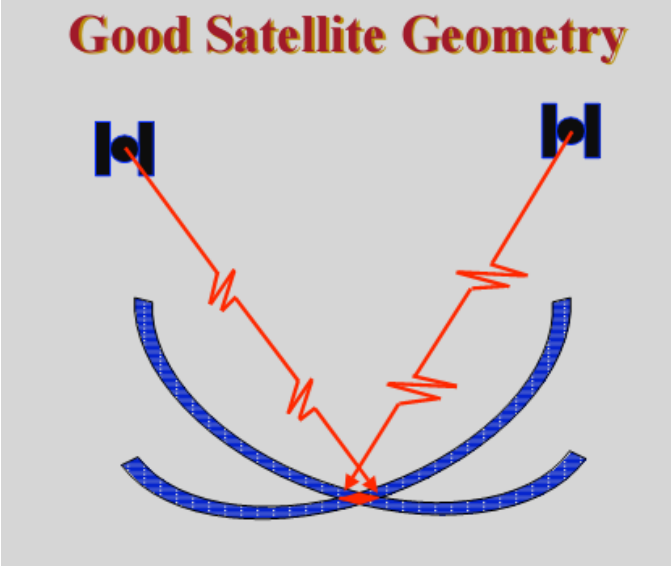


***Hình 38**. Minh hoạ các trường hợp của cấu hình vệ tinh*

Một cấu hình vệ tinh lý tưởng có thể đạt được khi các vệ tinh phân bố như sau.

BM ĐTVT





GDOP tốt khi các vệ tinh phân bố có tính đối xứng xung quanh vị trí máy thu và nằm ở góc cao độ thấp. Tuy nhiên như đã đề cập trong phần trên, đối với những vệ tinh có góc các độ thấp thì nó chịu ảnh hưởng của hiệu ứng đa đường truyền rất lớn đối với địa hình có nhiều chương ngại.

GDOP là một thông số đánh giá chung nhất cho việc xem xét cầu hình hình vệ. Nó bao gồm các yếu tố sau:

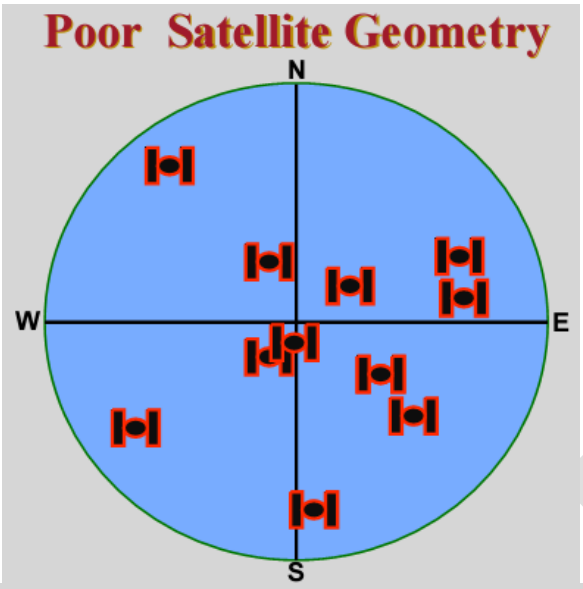
PDOP = Position Dilution of Precision (3- D), hay còn gọi là Spherical DOP.

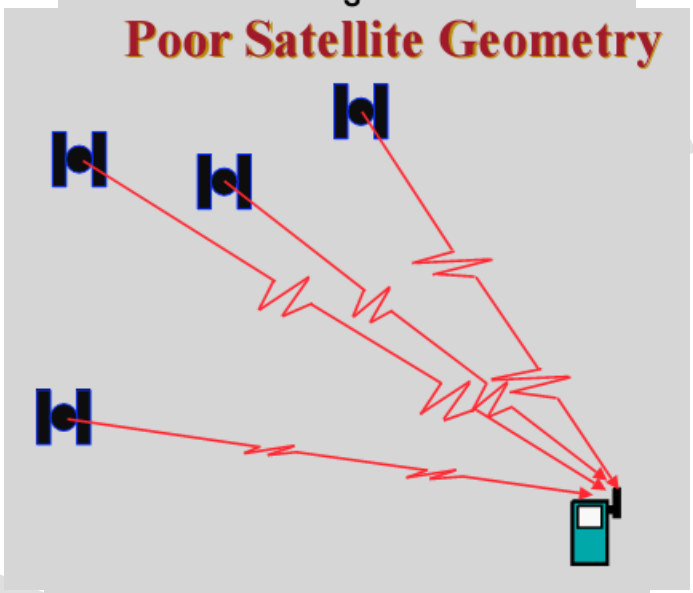
HDOP = Horizontal Dilution of Precision (Latitude, Longitude).

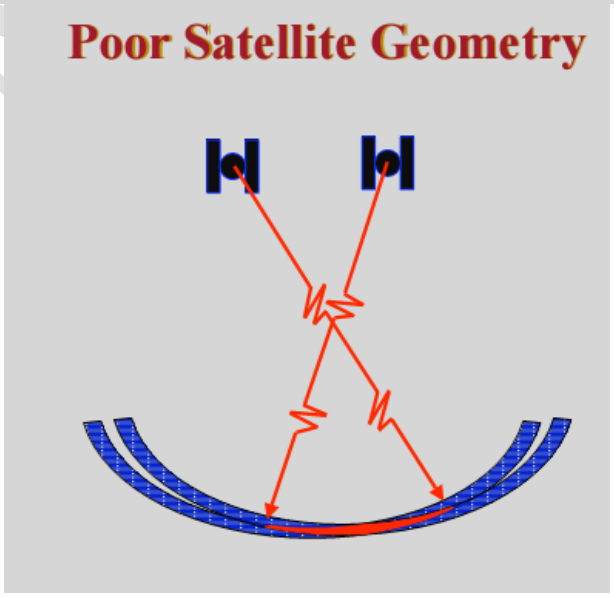
VDOP = Vertical Dilution of Precision (Height).

TDOP = Time Dilution of Precision (Time).

Các thành phần này có thể tính riêng lẽ tuy nhiên chúng không độc lập với nhau. Sự kết hợp tuyến tính của cả pha và mã có thể loại bỏ được sai số cấu hình này.


Poor Satellite Geometry
N
W
E
S


Poor Satellite Geometry


Poor Satellite Geometry

3.5.2 Xác định giá trị GDOP

Giả sử toạ độ của 4 vệ tinh mà máy thu quan trắc được trong hệ toạ độ WGS-84 (ECEF) lần lượt là: (SVx0, SVy0, SVz0); (SVx1, SVy1, SVz1); (SVx2, SVy2, SVz2); (SVx3, SVy3, SVz3); Giả sử toạ độ của máy thu trong hệ toạ độ WGS-84 (ECEF) là: (Rx, Ry, Rz).

Ứng với mỗi một vệ tinh thứ i, khoảng cách từ máy thu tới vệ tinh được xác định theo công thức sau:

$$R_i = \sqrt{\left\{(SVx_i - Rx)^2 + (SVy_i - Ry)^2 + (SVz_i - Rz)^2\right\}}$$

Độ lệch của vector khoảng cách so với các trục của hệ thống toạ độ được tính như sau:

$$Dx_i = \frac{SVx_i - Rx}{R_i}$$

$$Dy_i = \frac{SVy_i - Ry}{R_i}$$

$$Dz_i = \frac{SVz_i - Rz}{R_i}$$

$$A = \begin{vmatrix} Dx_0 & Dy_0 & Dz_0 & Dt_0 \\ Dx_1 & Dy_1 & Dz_1 & Dt_1 \\ Dx_2 & Dy_2 & Dz_2 & Dt_2 \\ Dx_3 & Dy_3 & Dz_3 & Dt_3 \end{vmatrix}$$

Thành lập ma trận tính toán vị trí như dưới đây:

Trong đó các hệ số D_{ti} là độ lệch thời gian $D_{ti} = -1$

Ma trận P được xác định như sau:

$$P = (AT.\ A)^{-1}$$

Cuối cùng ta có các độ suy giảm hình học như sau:

$$GDOP = \sqrt{\left[P_{0,0} + P_{1,1} + P_{2,2} + P_{3,3}\right]}$$

$$PDOP = \sqrt{\left[P_{0,0} + P_{1,1} + P_{2,2}\right]}$$

$$TDOP = \sqrt{\left[P_{3,3}\right]}$$

3.5.3 Giải pháp khắc phục

Cấu hình vệ tinh là một yếu tố ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng (độ chính xác) của các điểm đo GPS. Cấu hình vệ tinh phụ thuộc vào số vệ tinh và trạng thái vệ tinh có thể quan trắc tại các vị trí định vị. Số vệ tinh có thể quan trắc được phụ thuộc vào hướng nhìn và số vệ tinh trên bầu trời vùng khảo sát. Đối với các vùng có nhiều chướng ngại vật che khuất thì điều chú trọng đầu tiên là tăng góc cao độ quan trắc vệ tinh để tránh hiệu ứng đa

BM + TVT

đường truyền vấn đề này sẽ làm cho số vệ tinh có khả năng quan sát được bởi máy thu giảm.

3.6 TRỊ NHẬP NHẰNG CỦA PHA SÓNG MANG

Các trị đo trên pha sóng mang có khả năng cung cấp những thông tin chính xác cao nhất về những cự ly từ máy thu tới vệ tinh và có thể nhận được từ tìn hiệu GPS. Tuy nhiên, một vấn đề nảy sinh trong sử dụng khả năng này là trị nhập nhằng của chu kỳ (cycle ambiguity). Việc xác định một cách chính xác số lượng đúng chu kỳ của sóng mang được sử dụng trong phép đo pha là một việc cực kỳ khó khăn. Các máy thu GPS hiện nay có khả năng cung cấp các số đo pha với độ chính xác tích hợp khoảng chừng 1 đến 3mm và độ chính xác tổng thể của các số đo này vào khoảng từ 1 đến 4cm (bao gồm ảnh hưởng của các tầng khí quyển). Tuy nhiên, việc có thể đạt được độ chính xác định vị của các số đo pha sóng mang hay không còn tùy thuộc vào năng lực có giải quyết vấn đề trị nhập nhằng chu kỳ.

Ngoài ra, vấn đề còn bị phức tạp thêm vì sự có mặt thường trực của trị số trượt chu kỳ. Một khi các giá trị trượt chu kỳ đã được phát hiện và được hiệu chỉnh trước khi ước lượng các tham số cuối cùng thì thông thường, ta có thể ước lượng được trị nhập nhằng chu kỳ cùng với những tham số chưa biết còn lại.

3.6.1 Phép loại trừ trị nhập nhằng chu kỳ

Đối với các máy thu trong đó sóng mang được tái cấu trúc nhờ sự hiểu biết được điều chế mã nhiễu giả ngẫu nhiên PRN, có thể loại trừ trị nhập nhằng chu kỳ bằng một kỹ thuật dựa trên cơ sở tổ hợp (synergistic combination) giữa các số đo giả khoảng cách và số đo phách sóng mang hướng tới cùng một vệ tinh. Có thể thấy đối với thời điểm quan trắc trong đó các số đo giả khoảng cách và số đo pha sóng mang đều tồn tại trong các tần số L_1 và L_2, thì tổ hợp cho phép ước lượng các trị nhập nhằng chu kỳ thông qua một thuật toán truy hồi:

$$N(L_1) = 4.091\ f_1 t_1 - 3.967\ f_2\ t_2 - \phi\ (L_1) + \delta\ N(L_1)$$

$$N(L_2) = 3.967\ f_1 t_1 - 4.091\ f_2\ t_2 - \phi\ (L_2) + \delta\ N(L_2)$$

Lập các biểu thức tương tự để giải $\delta\ N(L_1)$ và $\delta\ N(L_2)$.

Trên thực tế, việc giải trị nhập nhằng nhỏ hơn một chu kỳ có thực hiện được hay không còn phụ thuộc vào khả năng giảm thiểu các ảnh hưởng của những sai số thiết bị, đặc biệt những sai số liên quan tới sai số đa phương trong các trị số đo mã. Thông thường, những hạn chế này có thể được khắc phục bằng cách lấy trị trung bình dài hạn để ước lượng trị nhập nhằng trung bình bằng những sai số biểu kiến khoảng 1 tới 3 chu kỳ.

Trong quá trình lấy trị trung bình dài hạn, người ta có thể bổ túc hoặc kiểm tra tổ hợp mã/pha một cách thuận tiện bằng một phương pháp khác nhằm xác định trị nhập nhằng về số nguyên lần chu kỳ trên những nguyên lý thuần túy hình học. Ví dụ, nếu giả thiết một vài trị số gần đúng cho các trị nhập nhằng nguyên lần chu kỳ cần tìm thì số hiệu chỉnh của các trị số này có thể nhận được qua việc giải phương trình tuyến tính:

BMDTVT

$$(f_2/f_1)\ \delta\ N(L_1) - \delta\ N(L_2) = x$$

Trong hệ tọa độ không gian hai chiều $\delta\ N(L_1)$ và $\delta\ N(L_2)$, trong đó độ dốc được biết trước một cách chính xác (tức là f_2/f_1 =120/154), còn đoạn chắn trên trục tọa độ x thì chịu ảnh hưởng của các sai số thiết bị và các sai số khác. Nghiệm tốt nhất (vì lý do sai số, phương trình không thể cho một nghiệm đúng khi cả hai giá trị $\delta N(L_1)$ và $\delta N(L_2)$ đều là những số nguyên) có thể được xác định thông qua việc thử dần trên lưới ô vuông các trị số nguyên.

3.6.2 Trị số trượt chu kỳ

Khi một tín hiệu vệ tinh bị tắc nghẽn bởi một lý do nào đó, thì nó không được theo dõi tiếp tục nữa. Khi tín hiệu vệ tinh được khóa chặt, phần lẽ của pha được đo sẽ được giữ nguyên giá trị giống như việc theo dõi vẫn tiếp tục. Nhưng trị số nguyên lần chu kỳ lại có biểu hiện gián đoạn hoặc trượt chu kỳ. Các hiện tượng như vậy rất thường xuyên xảy ra.

Để giải quyết vấn đề này có thể có nhiều phương pháp khả dĩ khác nhau. Phương pháp phổ biến nhất là giữ cố định tọa độ vị trí trạm đo (trong điều chỉnh sơ bộ - preadjustment), và hiệu đính các số liệu một cách thủ công bằng cách kiểm tra những chuỗi thặng dư tương ứng đối với những điểm gián đoạn. Phương pháp này đã đưa vào thực tế, nhưng xem ra nó có thể chỉ là một quá trình tốn thời gian và kém hấp dẫn. Một phương pháp khác là dựng mô hình số liệu bằng một đa thức liên tục từng phần cho mỗi vệ tinh. Nhưng để cải tiến phương pháp này, trước hết cần phải xem xét số liệu để tìm số lần xuất hiện các trị số trượt (gián đoạn). Phương pháp này cũng không mấy hấp dẫn, ngoài ra, còn phải làm một vài hiệu đính thủ công khoảng một vài chu kỳ.

Một phương pháp khác là dùng các trị số đo hiệu bội ba giữa các máy thu, vệ tinh và thời gian để xác định vị trí các trạm đo. Một khi đã nhận được giá trị tọa độ trạm đo tương đối tốt thì có thể tự động thực hiện việc theo dõi trên các thặng dư trên hiệu bội ba để phát hiện những điểm không liên tục trong các hiệu kép đã tạo ra từng hiệu bội ba riêng biệt. Vì không chịu ảnh hưởng các sai số đồng hồ máy thu, vệ tinh nên các hiệu bội ba được sử dụng rất thuận tiện trong việc giải quyết vấn đề này. Một khi các thặng dư lớn được loại ra, ở mọi thời điểm, thì bằng cách tìm kiếm những đoạn thặng dư của hiệu bội ba các tổ hợp từng cặp vệ tinh khác nhau người ta có thể dễ dàng xác định được vệ tinh nào đã tạo ra trị số trượt nguyên lần chu kỳ này.

3.7 CAUC SAI SOA ĐO, SAI SOA TỌA ĐỘ TRẠM ĐO

3.7.1 Các sai số đo

Các trị số đo thời trễ để tính cự ly sẽ có một vài sai số bổ sung đi kèm. Nguyên nhân là vì sự hạn chế của kỹ thuật về máy thu và do đặc tính ngẫu nhiên. Theo quy luật chung, chúng tỷ lệ thuận với chiều dài bước sóng của tín hiệu và vì vậy có độ lớn (có độ lệch chuẩn) khác nhau khá rõ rệt đối với các phép đo cự ly theo Mã – C/A, Mã -P, hoặc theo pha sóng mang. Công thức thực nghiệm:

Sai số đo trị quan trắc xử lý = khoảng 1% chiều dài bước sóng

BM-ĐTVT

Tín hiệu GPS	Bước sóng λ	1% λ
Mã C/A	300m	3m
Mã P	30m	30m
Sóng mang	20cm	2mm

3.7.2 Mô hình sai số đo

Ngoài các sai số quan trắc (observational errors) thật sự, chúng ta còn phải để ý đến những sai số ngẫu nhiên trong mô hình. Các sai số mô hình (model errors) là những sai số thặng dư còn lại trong các cự ly và trong các vị trí của vệ tinh sau khi đã mô hình hóa những độ lệch đã được liệt kê trong chương này. Nói chung, các sai số mô hình đang làm hư hỏng trị số đo nhiều hơn các sai số đo thực sự và cần phải nỗ lực hết sức để giảm thiểu chúng.

Nguồn sai số	**Sai số tiêu biểu**	**Xử lý**
Vệ tinh		
Quỹ đạo	20m	Vi sai
Đồng hồ	10m	Vi sai
Môi trường truyền		
Tầng điện ly	30m	Vi sai + Đo 2 tần số
Tầng đối lưu	10m	Lập mô hình và vi sai
Máy thu		
Đa đường truyền	10m	Vị trí đặt anten
Đồng hồ	300m/ms	Lập mô hình
Nhiễu	mm->m	

Hầu hết các sai số mô hình đều có thể được loại bỏ hoặc tối thiểu cũng được hạn chế khá nhiều nhờ biện pháp lấy hiệu các cự ly quan trắc các vệ tinh, giữa các máy thu và giữa các thời điểm đo khác nhau. Việc lấy hiệu sẽ hạn chế một vài sai số vì chúng giống nhau trong các cự ly tham gia lấy hiệu các sai số đồng hồ, hoặc giảm thiểu một vài sai số còn lại vì sự gắn bó về thời gian và không gian giữa chúng (các sai số truyền sóng, sai số quỹ đạo...), hai máy thu càng gần nhau thì khả năng giảm thiểu càng lớn. Các sai số do hiện tượng đa phương có thể được tính theo công thức, hoặc được loại bỏ thông qua phép

BM ĐTVT

lấy hiệu số. Biện pháp duy nhất để chống lại hiện tượng đa phương là đặt anten một cách cẩn thận để tránh phản xạ của những kiến trúc xung quanh.

3.7.3 Tọa độ trạm đo

Đối với những ứng dụng phi định vị (non-positioning applications), tức là xác định quỹ đạo hoặc chuyển động theo thời gian, các vị trí của anten (trạm đo) cần phải được giả thuyết là đã được biết trước một cách hoàn thiện hoặc là với một ít sai số. Trên lý thuyết, các trường hợp thứ hai là gần đúng bởi vì người ta chẳng bao giờ biết một cách hoàn thiện vị trí một điểm trên mặt đất, vì vậy, người ta thường phải hiệu chỉnh thậm chí kèm cả ước lượng các tham số phi định vị.

Cần thấy rằng người ta chỉ có thể dự đoán tương đối chính xác quỹ đạo khi biết được các điểm mặt đất tương đối tốt. Ví dụ, nếu yêu cầu độ chính xác vệ tinh là 3m, thì tọa độ tương đối giữa các trạm đo cần phải biết trước với độ chính xác 0.5ppm. Ngoài ra, khoảng cách giữa các trạm đo cần phải càng xa càng tốt. Đối với việc chuyển đổi thời gian, một sai số khoảng 1m trong tọa độ của hai trạm đo sẽ dẫn đến một sai số khoảng 3 nano giây trong thời gian chuyển đổi.

Trong quá trình định vị, độ chính xác tiên nghiệm của tọa độ vị trí cần xác định cũng có ảnh hưởng đến các tọa độ ước lượng cuối cùng.

BM ĐTVT

CHƯƠNG 4 NGUYÊN LÝ ĐỊNH VỊ TRÊN MÁY THU GPS

4.1 CÔNG THỨC TOÁN HỌC ĐỂ TÍNH KHOẢNG CÁCH GIẢ.

Định vị GPS tuyệt đối là một kiểu định vị GPS thường được sử dụng, chỉ dùng một máy thu GPS để quan trắc và xác định vị trí từ số liệu GPS quan trắc được. Phần sau sẽ giới thiệu nguyên lý chung của máy thu dựa trên kiểu định vị này.

Cấu trúc tín hiệu GPS cho phép máy thu xác định trực tiếp một khoảng cách giả PSR. Đây là khoảng cách giữa vệ tinh và máy thu, cộng với một số sai số:

$$PSR = c(t_r - t_s) = c.\ \Delta t_{measured} = c.(\Delta t + \Delta t_0) = R + c.\ \Delta t_0$$

Trong đó:

R là khoảng cách thật từ vệ tinh đến máy thu.

c là vận tốc ánh sáng.

t_s là thời gian truyền từ vệ tinh.

t_r là thời gian nhận được mã của máy thu.

Δt thời gian truyền thật của tín hiệu từ vệ tinh tới máy thu.

Δt_0 là sai lệch thời gian của đồng hồ máy thu so với đồng hồ vệ tinh.

Thật ra khoảng cách giả được xác định chính xác là:

$$PSR = R + c\Delta t_0 + \varepsilon = \sqrt{(X_{Sat} - X_{User})^2 + (Y_{Sat} - Y_{User})^2 + (Z_{Sat} - Z_{User})^2} + c\Delta t_0 + \varepsilon$$

Với:

$(X_{Sat}, Y_{Sat}, Z_{Sat})$ là vị trí của vệ tinh (tính được từ dữ liệu bản lịch vệ tinh) trong WGS-84.

$(X_{User}, Y_{User}, Z_{User})$ là vị trí của máy thu (ẩn số cần xác định) trong WGS-84.

ε là tổng các trị sai số liên hệ đến vệ tinh thứ i.

Để đơn giản giả thiết rằng sai số ε được loại bỏ bởi các mô hình tính sai số, bao gồm các hiệu chỉnh sau.

Hiệu chỉnh đồng hồ vệ tinh

Hiệu chỉnh độ trễ tầng điện ly

Hiệu chỉnh độ trễ tầng đối lưu

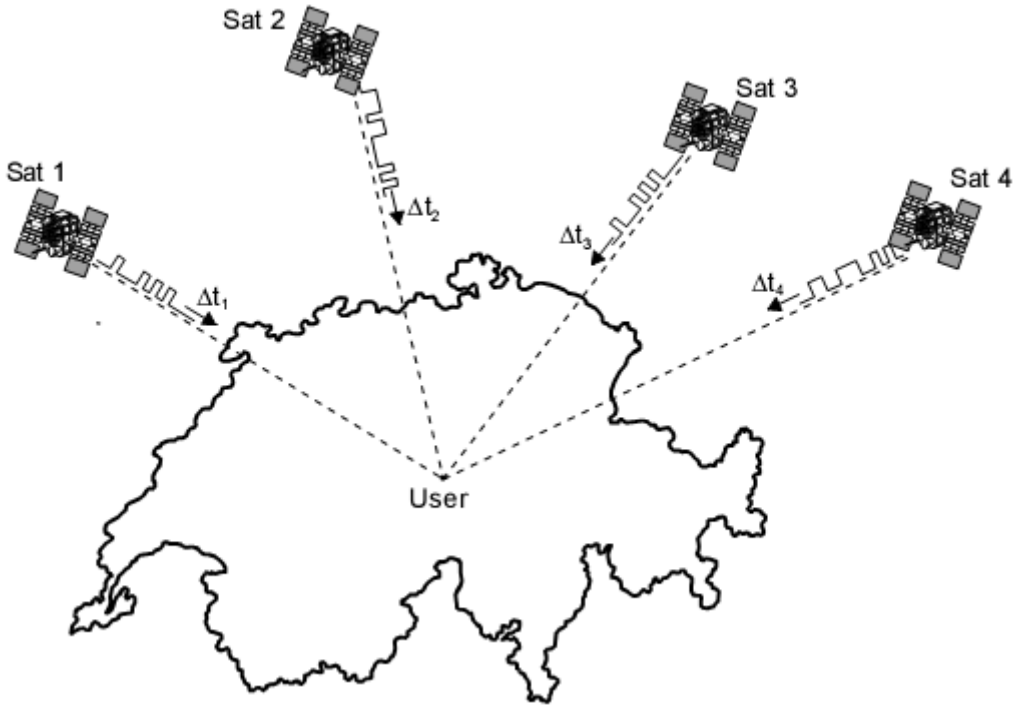
Do đó khoảng cách giả được tính như sau:

$$PSR = R + c\Delta t_0 = \sqrt{(X_{Sat} - X_{User})^2 + (Y_{Sat} - Y_{User})^2 + (Z_{Sat} - Z_{User})^2} + c\Delta t_0$$

$$R = \sqrt{(X_{Sat} - X_{User})^2 + (Y_{Sat} - Y_{User})^2 + (Z_{Sat} - Z_{User})^2}$$

BM ĐTVT

Đây là một phương trình phi tuyến 4 ẩn số (X_{User}, Y_{User}, Z_{User}, Δt_0). Do vậy toạ độ máy thu có thể được xác định khi có được ít nhất 4 phương trình độc lập. Khoảng cách từ máy thu tới vệ tinh được xác định dựa trên pha sóng mang hoặc trên mã giả khoảng cách. Trong phần sau chỉ đề cập đến các trị đo khoảng cách giả dựa trên mã. Đây là tiền đề của hệ thống định vị GPS.



4.2 XÁC ĐỊNH TOẠ ĐỘ MÁY THU

Sau khi có được các toạ độ vị trí của các vệ tinh GPS và khoảng cách giả đã hiệu chỉnh, việc còn lại là tính toạ độ máy thu (X_{User}, Y_{User}, Z_{User}, Δt_0) dựa trên các phương pháp giải hệ phương trình phi tuyến trong toán học.

Phương trình xác định khoảng cách giả đến vệ tinh thứ i có thể viết lại như sau:

$$PSR_i = \sqrt{\left(X_{Sat_i} - X_{User}\right)^2 + \left(Y_{Sat_i} - Y_{User}\right)^2 + \left(Z_{Sat_i} - Z_{User}\right)^2} + c\Delta t_0$$

4.2.1 Tuyến tính hóa phương trình

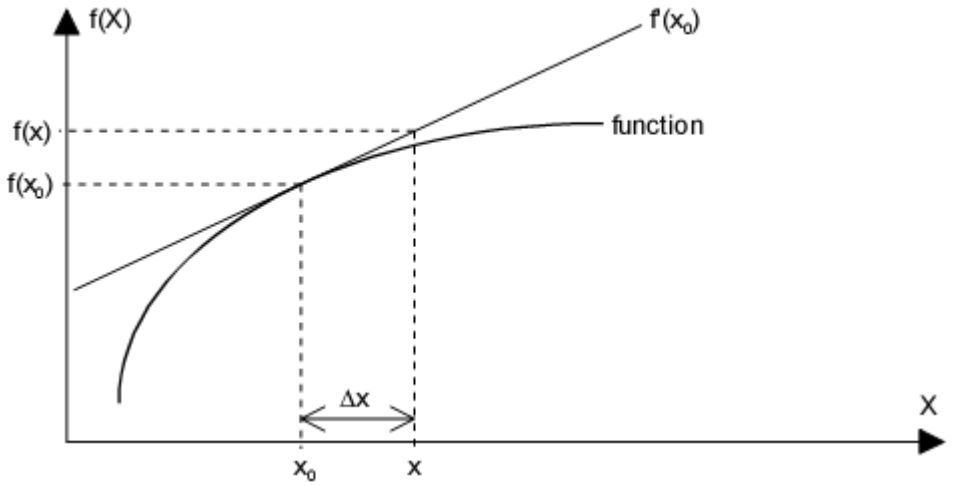
Các phương trình trị đo khoảng cách giả là các phương trình phi tuyến, do đó cần tuyến tính hóa bằng mô hình xấp xỉ Taylor, sử dụng thành phần bậc nhất, $\Delta x = x - x_0$.

$$f(x) = f(x_0) + \frac{f'}{1!}(x_0)\Delta x + \frac{f''}{2!}(x_0)^2(\Delta x)^2 + \frac{f'''}{3!}(x_0)^3(\Delta x)^3 + \ldots$$

Thành phần bậc nhất được dùng để xấp xỉ cho khai triển trên:

$$f(x) = f(x_0) + \frac{f'}{1!}(x_0)\Delta x$$

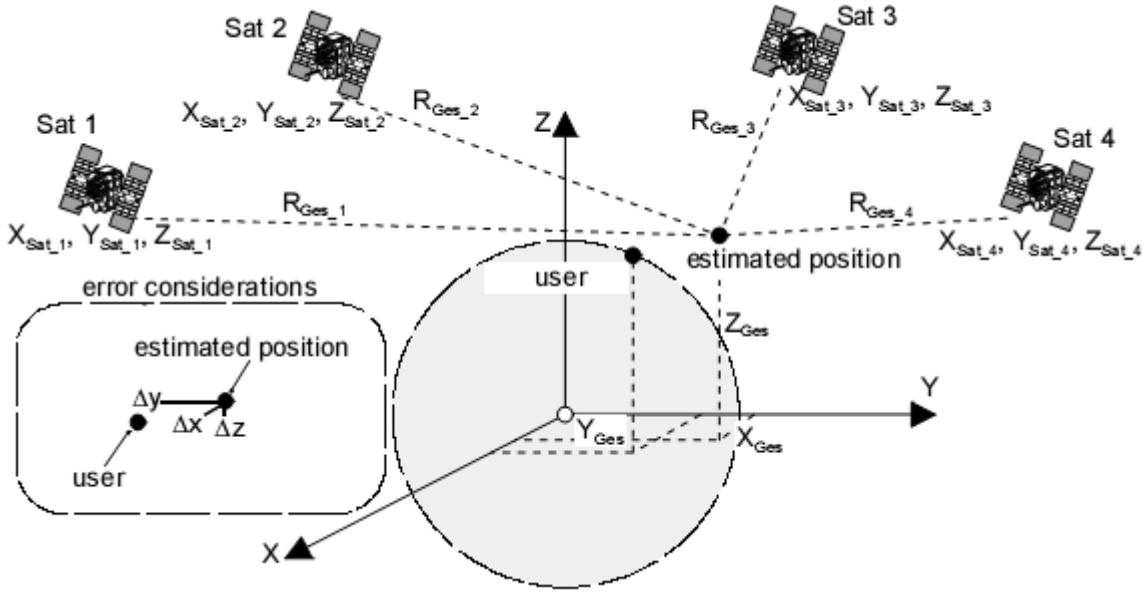
BMT



Để tuyến tính hóa phương trình giá trị ước lượng trước tùy ý x_0 phải được chọn lân cận x.

Với hàm nhiều biến f(x,y,z), khai triển Taylor bậc nhất xấp xỉ như sau:

$$f(x,y,z) = f(x_0,y_0,z_0) + \frac{f_x^{'}}{1!}(x_0,y_0,z_0)\Delta x + \frac{f_y^{'}}{1!}(x_0,y_0,z_0)\Delta y + \frac{f_z^{'}}{1!}(x_0,y_0,z_0)\Delta z$$



Trong hệ thống GPS, thay vì tính trực tiếp giá trị (X_{User}, Y_{User}, Z_{User}), vị trí ước đoán (X_{Ges}, Y_{Ges}, Z_{Ges}) đóng vai trò là (x_0, y_0, z_0) được khởi trị:

Khoảng cách ước đoán R_{Ges} từ các vệ tinh đến vị trí ước đoán được tính.

$$R_{Ges_i} = \sqrt{\left(X_{Sat_i} - X_{Ges}\right)^2 + \left(Y_{Sat_i} - Y_{Ges}\right)^2 + \left(Z_{Sat_i} - Z_{Ges}\right)^2}$$

Xấp xỉ khai triển Taylor bậc nhất của PSR_i được tính bởi

$$PSR_i(X_{User}, Y_{User}, Z_{User}) = \sqrt{\left(X_{Sat_i} - X_{User}\right)^2 + \left(Y_{Sat_i} - Y_{User}\right)^2 + \left(Z_{Sat_i} - Z_{User}\right)^2} + c\Delta t_0$$

$$PSR_i(X_{User}, Y_{User}, Z_{User}) = R_{Ges_i} + \frac{\partial PSR_i}{\partial x}(X_{Ges}, Y_{Ges}, Z_{Ges})\Delta x + \frac{\partial PSR_i}{\partial y}(X_{Ges}, Y_{Ges}, Z_{Ges})\Delta y$$

$$+ \frac{\partial PSR_i}{\partial z}(X_{Ges}, Y_{Ges}, Z_{Ges})\Delta z + c.\Delta t_0$$

Với $\Delta x = X_{User} - X_{Ges}$; $\Delta y = Y_{User} - Y_{Ges}$; $\Delta z = Z_{User} - Z_{Ges}$; Δt_0 là các ẩn số cần giải.

Sau khi tính các đạo hàm riêng ta có được.

$$PSR_i(X_{User}, Y_{User}, Z_{User}) = R_{Ges_i} + \frac{X_{Ges} - X_{Sat_i}}{R_{Ges_i}}\Delta x + \frac{Y_{Ges} - Y_{Sat_i}}{R_{Ges_i}}\Delta y + \frac{Z_{Ges} - Z_{Sat_i}}{R_{Ges_i}}\Delta z + c.\Delta t_0$$

4.2.2 Giải phương trình

Giả sử máy thu quan trắc 4 vệ tinh, 4 ẩn (Δx, Δy, Δz, Δt_0) có thể được giải từ hệ phương trình tuyến tính như sau

$$\begin{bmatrix} PSR_1 - R_{Ges_1} \\ PSR_2 - R_{Ges_2} \\ PSR_3 - R_{Ges_3} \\ PSR_4 - R_{Ges_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{X_{Ges} - X_{Sat_1}}{R_{Ges_1}} & \frac{Y_{Ges} - Y_{Sat_1}}{R_{Ges_1}} & \frac{Z_{Ges} - Z_{Sat_1}}{R_{Ges_1}} & c \\ \frac{X_{Ges} - X_{Sat_2}}{R_{Ges_2}} & \frac{Y_{Ges} - Y_{Sat_2}}{R_{Ges_2}} & \frac{Z_{Ges} - Z_{Sat_2}}{R_{Ges_2}} & c \\ \frac{X_{Ges} - X_{Sat_3}}{R_{Ges_3}} & \frac{Y_{Ges} - Y_{Sat_3}}{R_{Ges_3}} & \frac{Z_{Ges} - Z_{Sat_3}}{R_{Ges_3}} & c \\ \frac{X_{Ges} - X_{Sat_4}}{R_{Ges_4}} & \frac{Y_{Ges} - Y_{Sat_4}}{R_{Ges_4}} & \frac{Z_{Ges} - Z_{Sat_4}}{R_{Ges_4}} & c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \\ \Delta t_0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \\ \Delta t_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{X_{Ges} - X_{Sat_1}}{R_{Ges_1}} & \frac{Y_{Ges} - Y_{Sat_1}}{R_{Ges_1}} & \frac{Z_{Ges} - Z_{Sat_1}}{R_{Ges_1}} & c \\ \frac{X_{Ges} - X_{Sat_2}}{R_{Ges_2}} & \frac{Y_{Ges} - Y_{Sat_2}}{R_{Ges_2}} & \frac{Z_{Ges} - Z_{Sat_2}}{R_{Ges_2}} & c \\ \frac{X_{Ges} - X_{Sat_3}}{R_{Ges_3}} & \frac{Y_{Ges} - Y_{Sat_3}}{R_{Ges_3}} & \frac{Z_{Ges} - Z_{Sat_3}}{R_{Ges_3}} & c \\ \frac{X_{Ges} - X_{Sat_4}}{R_{Ges_4}} & \frac{Y_{Ges} - Y_{Sat_4}}{R_{Ges_4}} & \frac{Z_{Ges} - Z_{Sat_4}}{R_{Ges_4}} & c \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} PSR_1 - R_{Ges_1} \\ PSR_2 - R_{Ges_2} \\ PSR_3 - R_{Ges_3} \\ PSR_4 - R_{Ges_4} \end{bmatrix}$$

Các giá trị Δx, Δy, Δz được sử dụng để tính toán lại vị trí ước đoán (X_{Ges}, Y_{Ges}, Z_{Ges}) theo hệ phương trình sau.

$$X_{Ges_New} = X_{Ges_Old} + \Delta x$$
$$Y_{Ges_New} = Y_{Ges_Old} + \Delta y$$
$$Z_{Ges_New} = Z_{Ges_Old} + \Delta z$$

Các giá trị X_{Ges_New} , Y_{Ges_New} , Z_{Ges_New} tiếp tục được tính lặp lại để xác định Δx, Δy, Δz tương ứng ở vòng lặp đó. Quá trình giải Δx, Δy, Δz chỉ được dừng lại khi chúng nhỏ hơn sai số cho phép. Và khi đó (X_{Ges_New} , Y_{Ges_New} , Z_{Ges_New}) chính là tọa độ cần xác định.

4.2.3 Trường hợp máy thu quan trắc nhiều hơn 4 vệ tinh

Việc xác định tọa độ máy thu trong trường hợp quan trắc nhiều hơn 4 vệ tinh, hệ phương trình khoảng cách giả có số phương trình nhiều hơn số ẩn. Việc tuyến tính hóa

BM ĐTVT

được tiến hành tương tự như trường hợp 4 phương trình. Nhưng phương pháp giải sẽ khác vì đây là hệ phương trình chỉ giải được bằng phương pháp gần đúng. Người ta thường giải theo phương pháp sai số bình phương nhỏ nhất.

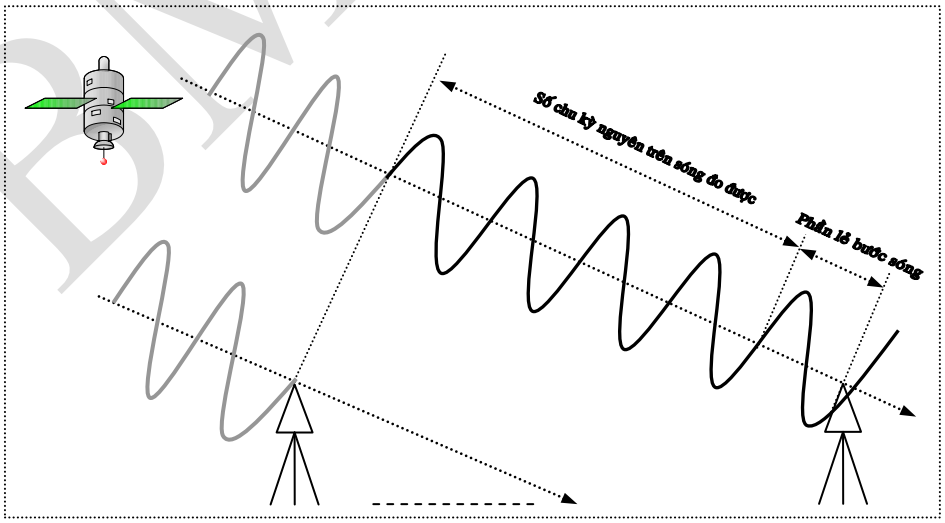
BM ĐTVT

CHƯƠNG 5 CÁC KỸ THUẬT ĐỊNH VỊ TRONG GPS

5.1 MÃ KHOẢNG CÁCH CR VÀ PHA SÓNG MANG CP

Máy thu xác định khoảng cách từ nó đến vệ tinh dựa trên mã khoảng cách hoặc pha sóng mang bằng phương pháp tính sự tương quan giữa tín hiệu được phát tại máy thu với tín hiệu mà nó nhận được từ vệ tinh. Mỗi đoạn mã C/A có độ dài xấp xỉ 293 met; mỗi chu kỳ của tần số L_1 có độ dài 19cm. Một máy thu tốt có thể đo bất kỳ đối tượng nào với một độ chính xác 1% của độ dài một đoạn chip. Độ chính xác theo khoảng cách khoảng 3m đối với pha mã C/A và khoảng 1mm đối với pha sóng mang. Mặc dù tính ưu việt khá rõ ràng nhưng hệ thống thời gian thực vẫn hiếm khi dùng kiểu định vị pha sóng mang do ảnh hưởng của việc xác định trị nhập nhằng.

Mã C/A không có trị nhập nhằng, mỗi đoạn mã có một dấu hiệu riêng biệt và không thể bị lẫn lộn với những đoạn khác, do vậy các trị đo mã C/A của máy thu tính ra khoảng cách giả một cách trực tiếp. Điều này không đúng với các trị đo pha sóng mang. Các chu kỳ sóng mang không duy nhất; mỗi chu kỳ trông cũng hoàn toàn giống như các chu kỳ khác. Máy thu có thể đo pha (fractional phase) cộng với một số chu kỳ nguyên tuỳ ý, nhưng không thể xác định chính xác số chu kỳ nguyên một cách trực tiếp trong khoảng cách giả. Số này, được biết với tên gọi là trị nhập nhằng chu kỳ nguyên (integer cycle ambiguity), phải được xác định bằng các phương tiện trung gian hơn là đo trực tiếp.



Hình 5.1. Định vị tương đối trên pha sóng mang

BM ĐTVT

Việc thử đo độ trễ theo chu kỳ từ vệ tinh tới máy thu là không thực tế. Thay vào đó một máy thu GPS cố định (trạm tham chiếu) đặt tại một điểm đã biết đo các trị đo pha sóng mang và truyền chúng tới máy thu người sử dụng gần đó. Phương pháp này gọi là GPS vi sai pha sóng mang (Carrier-phase differential GPS). GPS vi sai pha sóng mang được dùng cho các ứng dụng định vị động thời gian thực (RTK) độ chính xác cao, phương pháp RTK thỉnh thoảng được đề cập với tên gọi là kỹ thuật vi sai pha sóng mang (carrier phase differential technique).

5.2 XỬ LÝ THỜI GIAN THỰC VÀ XỬ LÝ SAU

Mục tiêu ban đầu khi xây dựng hệ thống định vị vệ tinh GPS là định vị tức thời các đối tượng di động, đặc biệt là các phương tiện di chuyển trên biển và trên không với các trị đo khoảng cách giả trên mã. Vì vậy, các kết quả định vị bằng GPS thu được là tức thời. Để thực hiện được điều này, các chương trình xử lý được cài đặt trực tiếp trên máy thu và nó sẽ xử lý số liệu thu thập ngay sau mỗi chu kỳ quan trắc số liệu của máy với một thời gian xử lý không đáng kể. Kiểu xử lý để cho ngay kết quả trên thực địa này được gọi là kiểu xử lý theo thời gian thực.

Xử lý theo thời gian thực là một giải pháp bắt buộc trong các ứng dụng giám sát đối tượng di động theo thời gian thực. Tuy nhiên, việc tính toán chỉ dựa trên số liệu của một lần quan trắc như vậy sẽ làm cho kết quả định vị thiếu chính xác và không thích hợp với các ứng dụng đo đạc cần độ chính xác cao. Kiểu xử lý sau chỉ sử dụng các máy thu GPS như là một phương tiện để thu thập số liệu GPS còn việc xử lý số liệu được thực hiện khi quá trình thu thập hoàn tất. Kết quả định vị của một điểm có thể được tính từ nhiều mẫu số liệu khác nhau tuỳ thuộc vào thời gian quan trắc trên từng điểm và do vậy sẽ cho độ chính xác cao hơn. Như vậy, một trong những ưu điểm của kiểu xử lý sau là có thể khống chế được sai số của phép đo theo thời gian thu thập.

Trong nỗ lực cải thiện độ chính xác trong hệ thống định vị vệ tinh, nhiều giải thuật mới và nhiều phương tiện hỗ trợ đã được triển khai. Phương pháp hậu xử lý tận dụng hầu hết các thành quả này do vậy các kết quả xử lý sau chạy trên máy tính cho độ chính xác và tin cậy rất cao.

5.3 ĐỊNH VỊ ĐIỂM VÀ ĐỊNH VỊ TƯƠNG ĐỐI

5.3.1 Định vị điểm

Định vị điểm (Point positioning) được gọi là định vị điểm đơn (Single point positioning) hoặc định vị điểm tuyệt đối (Absolute point positioning). Định vị điểm là kiểu định vị GPS sơ khai nhất. Đây là kiểu định vị chỉ dựa trên số liệu quan trắc từ một máy thu. Định vị điểm không loại trừ được các sai số GPS.

Một khuyết điểm trong định vị điểm thường được nhắc đến là các máy thu chỉ xử lý được trên các trị đo mã và hoàn toàn không thể xử lý được trên các trị đo pha sóng mang do không giải được trị nhập nhằng nguyên.

BMEDIT

Định vị điểm là kiểu định vị kém chính xác nhất trong các kiểu định vị bằng GPS. Tuy nhiên, đây là kiểu định vị đơn giản nhất và dễ thực hiện nhất nên trong thực tế vẫn đang được ứng dụng rộng rãi.

5.3.2 Định vị tương đối (Relative positioning)

Ngược với định vị điểm tuyệt đối, định vị tương đối được thực hiện bởi hai máy thu. Các máy thu này được đặt tại hai điểm khác nhau trong đó toạ độ một điểm được biết trước và toạ độ của điểm khác được xác định liên quan tới điểm đã biết này. Hai máy thu này thực hiện quan trắc các vệ tinh một cách đồng thời. Sau đó các trị đo ghi được trên hai máy thu này được kết hợp trực tiếp tính ra vị trí của một máy thu (trái ngược với định vị vi sai). Định vị tương đối có thể thực hiện theo kiểu xử lý thời gian thực hoặc xử lý sau. Máy thu đặt tại vị trí đã biết thường được đặt tĩnh tại trong suốt khoảng thời gian quan trắc và được đề cập với tên gọi là máy tham chiếu.

Trong quá khứ, thuật ngữ "tương đối" được sử dụng cho các quan trắc pha sóng mang (phase observations), ngược lại thuật ngữ vi sai được dùng cho các quan trắc trên tương quan mã giả khoảng cách (code range observations).

5.4 ĐỊNH VỊ TĨNH VÀ ĐỘNG

Thuật ngữ tĩnh và động được đề cập liên quan đến khoảng thời gian quan trắc của máy thu tại một điểm. Thuật ngữ tĩnh được dùng khi định vị tại một điểm trong một khoảng thời gian đủ dài. Trong trường hợp này máy thu được đặt tĩnh tại trên vị trí điểm cần quan trắc và kết quả định vị được xác định từ những mẫu số liệu trong tất cả các chu kỳ quan trắc. Ngược lại, định vị động được dùng để nói đến trường hợp các điểm quan trắc di chuyển theo không gian.

5.4.1 Định vị điểm tĩnh

Định vị điểm tĩnh là kỹ thuật dùng một máy thu và quan trắc liên tục tại một điểm trong nhiều giờ. Kỹ thuật này chỉ đạt đến độ chính xác trung bình do về bản chất không có khả năng loại bỏ các sai số trong hệ thống vốn có sự tương quan không gian với nhau.

Trong trường hợp không có SA, độ chính xác trong kỹ thuật đo này khoảng 10m trong một khoảng thời gian quan trắc khá ngắn. Khi có SA, để đạt đến độ chính xác như trên cần phải tăng đáng kể thời gian quan trắc.

5.4.2 Định vị điểm động

Trong trường hợp dùng một máy thu để quan trắc các điểm di chuyển theo thời gian, thời gian quan trắc trên một điểm không đáng kể. Kết quả định vị được xác định dựa trên số liệu từ một vài chu kỳ quan trắc của máy thu. Định vị điểm động được ứng dụng để giám sát các quỹ đạo ba chiều của các phương tiện giao thông. Đây là trường hợp cho độ chính xác kém nhất. Trong trường hợp có SA, sai số có thể lên đến 100m. Trong trường hợp không có SA, sai số này có thể giảm xuống còn trong khoảng 15-60m.

BM ĐTVT

5.4.3 Định vị tương đối tĩnh

Kỹ thuật định vị trên pha sóng mang là một kỹ thuật định vị cho độ chính xác cao nhất và thường được dùng trong các ứng dụng đo đạc trắc địa và làm bản đồ. Kỹ thuật này kết hợp các trị đo pha sóng mang từ hai máy thu quan trắc đồng thời để tính ra kết quả định vị. Kỹ thuật này dựa trên nguyên tắc: xác định vector giữa hai máy thu tĩnh, thường được gọi là đường đáy (baseline) vì nó tương tự như các đường đáy trong phép đo đạc tam giác. Cách xử lý này được gọi là việc xác định đường đáy đơn điểm hoặc đa điểm.

Độ chính xác phụ thuộc vào chiều dài đường đáy trong khoảng từ 1ppm đến 0.1ppm (thậm chí tốt hơn). Điều này tương đương với mức milimet đối với các đường đáy vài km.

5.4.4 Định vị tương đối động

Định vị tương đối động cũng xử lý trên cơ sở kết hợp các số liệu quan trắc từ hai máy thu. Trong đó máy tham chiếu được đặt cố định tại vị trí đã biết để thu thập số liệu tham chiếu. Máy còn lại được di chuyển dọc theo các điểm cần quan trắc, máy này được gọi là máy di động. Để có thể xử lý tương đối được thì các máy thu bắt buộc phải quan trắc số liệu đồng thời. Độ chính xác đạt được trong kỹ thuật đo này ở mức centimet. Kỹ thuật này có thể thực hiện xử lý theo thời gian thực hoặc xử lý sau.

5.5 CÁC KỸ THUẬT ĐỊNH VỊ BẰNG GPS TRONG THỰC TẾ

Với sự phát triển với phát triển vượt bậc của công nghệ GPS hiện nay, hầu hết các kỹ thuật định vị bằng GPS đã được các nhà sản xuất đã khai thác và cài đặt vào hệ thống cho người sử dụng. Mỗi kỹ thuật định vị yêu cầu một cấu hình phần cứng hệ thống cụ thể và cho độ chính xác khác nhau. Việc chọn lựa kỹ thuật quan trắc tuỳ thuộc vào hai yếu tố chính là các yêu cầu riêng biệt của từng dự án và độ chính xác mong muốn.

5.5.1 Định vị điểm (tuyệt đối)

Định vị điểm tuyệt đối là kỹ thuật định vị đơn giản nhất và dễ thực hiện nhất trong tất cả các kỹ thuật định vị bằng GPS. Kỹ thuật này có thể thực hiện trên tất cả các loại máy thu GPS hiện nay. Các máy thu GPS loại nhỏ hiện nay đều được chế tạo cho kỹ thuật định vị điểm. Một hạn chế lớn đối với kỹ thuật định vị điểm là độ chính xác rất thấp.

Đối với các loại máy thu SPS (Standard Positioning Service), loại máy thu này chỉ có thể quan trắc được mã C/A, trong trường hợp có SA, sai số của phương pháp định vị điểm theo thời gian thực được có thể tóm lượt như sau:

Sai số theo phương ngang (RMS): 100m (95%), 300m (99.99%).

Sai số theo phương đứng (RMS): 156m(95%), 500m(99.99%).

Trường hợp sử dụng loại máy thu PPS (Precise Positioning Service) độ chính xác đạt được cao hơn rất nhiều so với trường hợp sử dụng SPS do loại máy thu này có thể quan trắc được trên mã P.

Sai số theo phương ngang: 16m (95%).

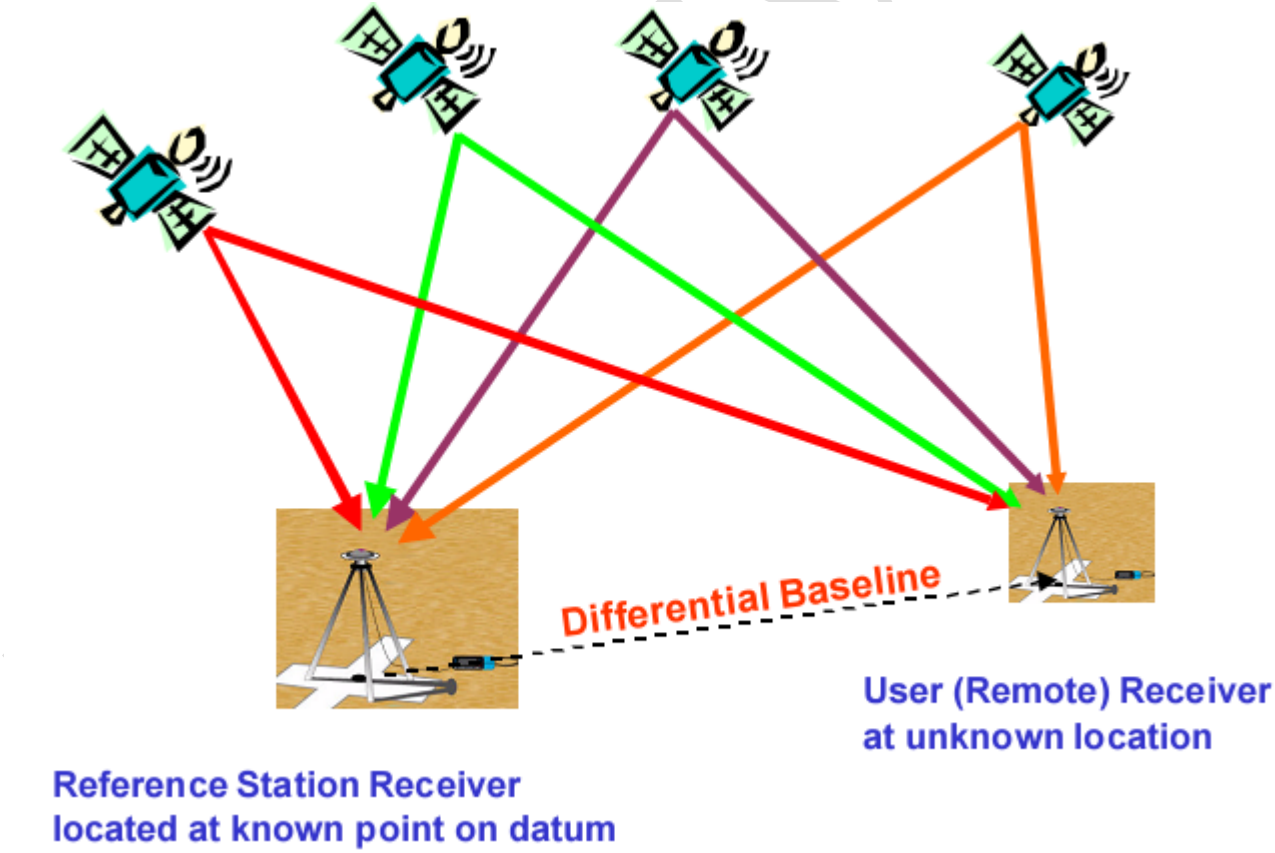
Sai số theo phương đứng: 23m(95%).

BM DTVT

Nếu sử dụng máy thu đặc biệt kết hợp với phương pháp xử lý sau thì độ chính xác đạt được có thể nhỏ hơn 1 mét.

5.5.2 Định vị vi sai (DGPS)

Định vị vi sai là tiến trình xác định độ sai lệch tọa độ tương đối giữa vị trí của hai máy thu., mỗi máy thu quan trắc đồng thời để đo các trị đo mã và/hoặc pha sóng mang từ các vệ tinh GPS. Thực chất của quá trình là xác định trị số sai biệt khoảng cách giữa các vệ tinh và 2 hoặc nhiều máy thu GPS. Thông thường, một máy thu GPS đã biết trước tọa độ được gọi là trạm tham chiếu và trạm còn lại được gọi là máy thu di động cần xác định vị trí. Cả hai máy thu có thể thu thập dữ liệu đồng thời để tính toán sau hoặc trạm tham chiếu truyền dữ liệu đến máy thu di động trong định vị thời gian thực. Đo cự ly được thực hiện bằng phép so sánh độ sai biệt dùng trị đo mã hoặc pha sóng mang. Nguyên tắc cơ bản giả thiết rằng sai số định vị tuyệt đối tại hai máy thu GPS là gần giống nhau. Sai biệt tọa độ tương đối thường được biểu diễn bằng một vector đường đáy 3-D (baseline vector). Định vị vi sai có thể thực hiện trong cả chế độ động và chế độ tĩnh.



Hình 5.2. Định vị vi sai (tương đối).

5.5.2.1 Định vị vi sai quan trắc mã giả khoảng cách

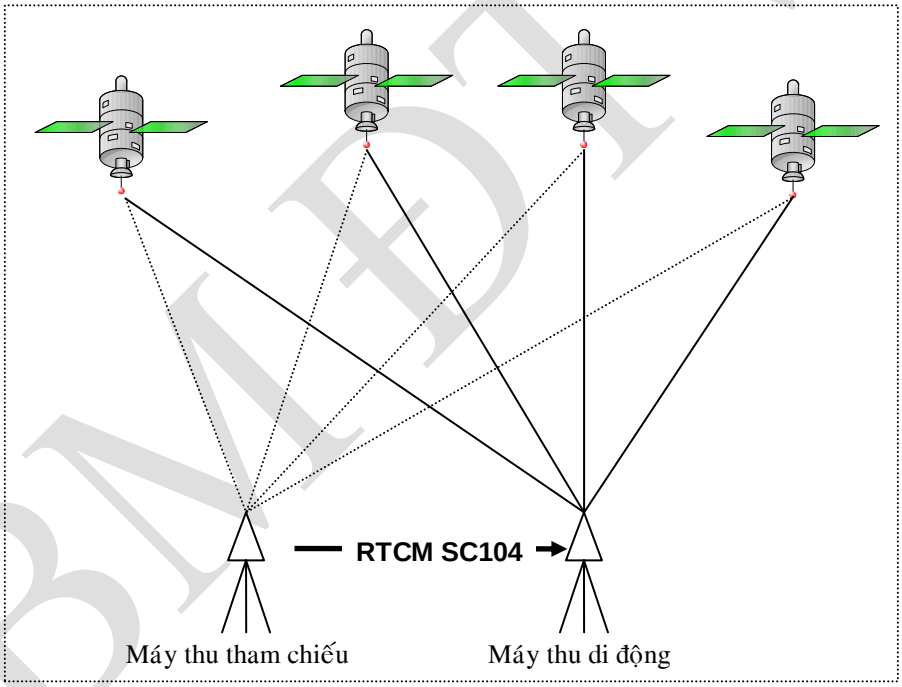
(Differential Positioning Code Pseudo-Range Tracking)

Hệ thống vị theo mã giả khoảng cách là hệ thống sơ khai nhất được triển khai trong hệ thống định vị toàn cầu GPS. Hệ thống này cho đến nay vẫn đang được ứng dụng rộng rãi trong các hệ thống giám sát phương tiện di động và các ứng dụng đo đạc trắc địa cấp thấp.

Một trong những đặc điểm khiến hệ thống này thích nghi và không bị thay thế bằng hệ thống định vị trên pha sóng mang được phát triển sau này vốn dĩ đạt đến độ chính xác cao là hệ thống hoàn toàn đáp ứng theo thời gian thực. Điều này dễ thấy vì từ mã giả khoảng cách, máy thu có thể xác định trực tiếp được khoảng cách từ nó đến vệ tinh.

Một đặc điểm quan trọng khi khảo sát các sai số trong hệ thống định vị vệ tinh GPS là hầu hết các sai số này đều có sự tương quan không gian với nhau. Nghĩa là khi có hai máy thu quan trắc trên cùng một vệ tinh ở hai vị trí không cách xa nhau quá (trong phạm vi 500km trở lại) thì các sai số trên khảng cách giả mà hai máy thu quan trắc được là giống nhau. Kỹ thuật vi sai dựa trên đặc tính này để loại bỏ sai số chung nhằm tăng cường độ chính xác trong các phép định vị.

Kỹ thuật vi sai cần tới ít nhất hai máy thu để quan trắc đồng thời tín hiệu vệ tinh. Một máy được đặt cố định tại một vị trí đã biết chính xác toạ độ. Máy này được gọi là máy thu tham chiếu. Những máy khác được di chuyển đến các vị trí cần xác định toạ độ (các vị trí cần đo trên thực địa hoặc được đặt trên các phương tiện di động và chúng được gọi là các máy thu đi động). Máy thu tham chiếu liên kết với các máy thu di động bằng một đường truyền vô tuyến.



Hình *5.3.* Nguyên lý hiệu chỉnh định vị vi sai GPS theo thời gian thực

Điều kiện bắt buộc đối với kỹ thuật định vị vi sai là máy tham chiếu và máy di động phải quan trắc được đồng thời ít nhất 4 vệ tinh chung suốt trong khoảng thời gian làm việc. Hai máy thu cùng quan trắc tín hiệu vệ tinh một cách đồng thời tuy nhiên chức năng trên các máy này hoàn toàn khác nhau và kết quả định vị từ máy di động được tính dựa trên số vệ tinh chung mà hai trạm quan trắc được. Phần sau giới thiệu sơ lược các chức năng chính và tiến trình xử lý số liệu tại trạm tham chiếu và các trạm di động.

BMĐTVT

Định vị vi sai không liên quan đến định vị tuyệt đối của máy thu mà xác định tọa độ tương đối giữa hai máy thu quan trắc đồng thời đến chung một tập vệ tinh GPS. Các sai số trong vị trí vệ tinh (X^s, Y^s, Z^s) và độ trễ tầng khí quyển (d) là giống nhau tại hai máy thu nếu khoảng cách vector đường đáy đủ nhỏ(200km). Trị đo mã giả khoảng cách có thể biểu diễn như sau.

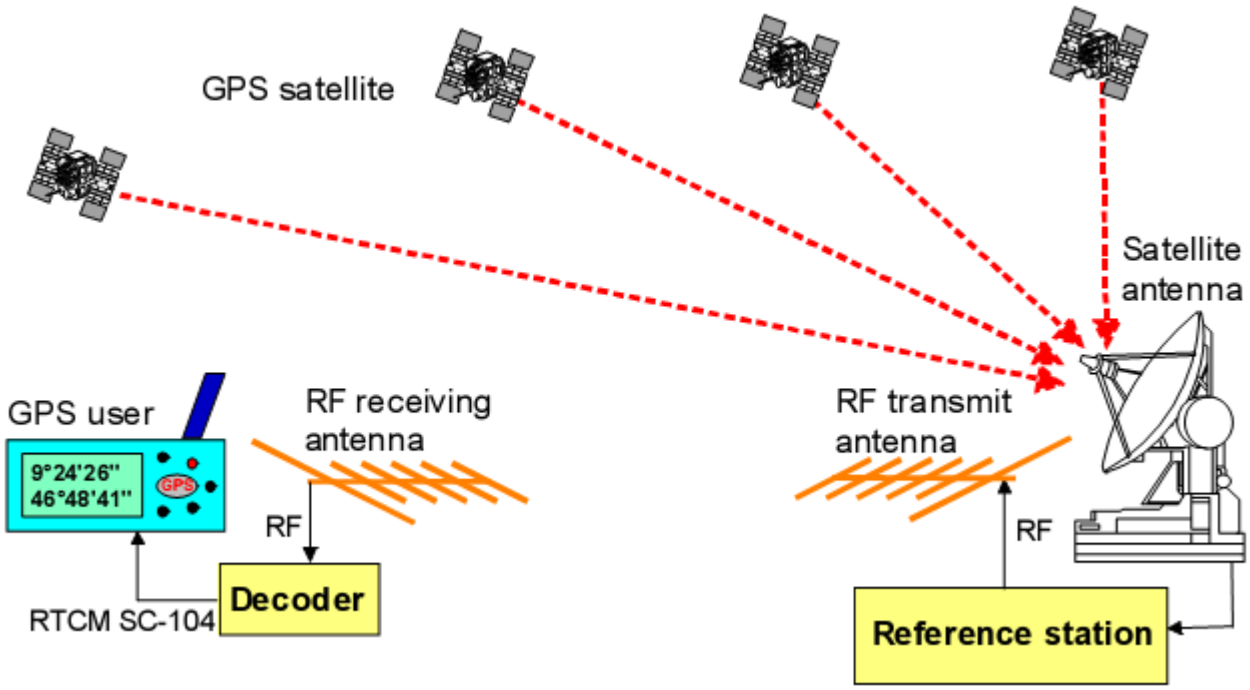
$$PSR=p^t+c.(\Delta t)+ d \quad (5.1)$$

Trong đó PSR là khoảng cách giả quan trắc được, p^t khoảng cách thật đến vệ tinh (không đo được), Δt độ lệch đồng hồ máy thu và vệ tinh, d trễ do tầng khí quyển. Các độ lệch Δt và d có thể loại bỏ bằng phép hiệu trị đo giữa hai máy thu.

Để hiểu được cơ chế làm việc, cần chú ý rằng trạm tham chiếu đặt tại một vị trí đã biết trước toạ độ. Do vậy, hoàn toàn có thể tính được khoảng cách "thật" từ anten máy thu tới vệ tinh khi biết được toạ độ của nó trong không gian tại một thời điểm bất kỳ, toạ độ vệ tinh tại một thời điểm được xác định dễ dàng thông qua dữ liệu bản lịch. Từ kết quả này, sai lệnh giữa khoảng cách giả mà máy thu quan trắc được với khoảng cách thật được tính tương ứng cho từng vệ tinh. Các độ lệch này chính là các sai số trên khoảng cách giả và thường được đề cập với tên gọi là "các hiệu chỉnh khoảng cách giả" (PRC(t): Pseudorange Correction).

$$PRC(t)=PSR-p^t \quad (5.2)$$

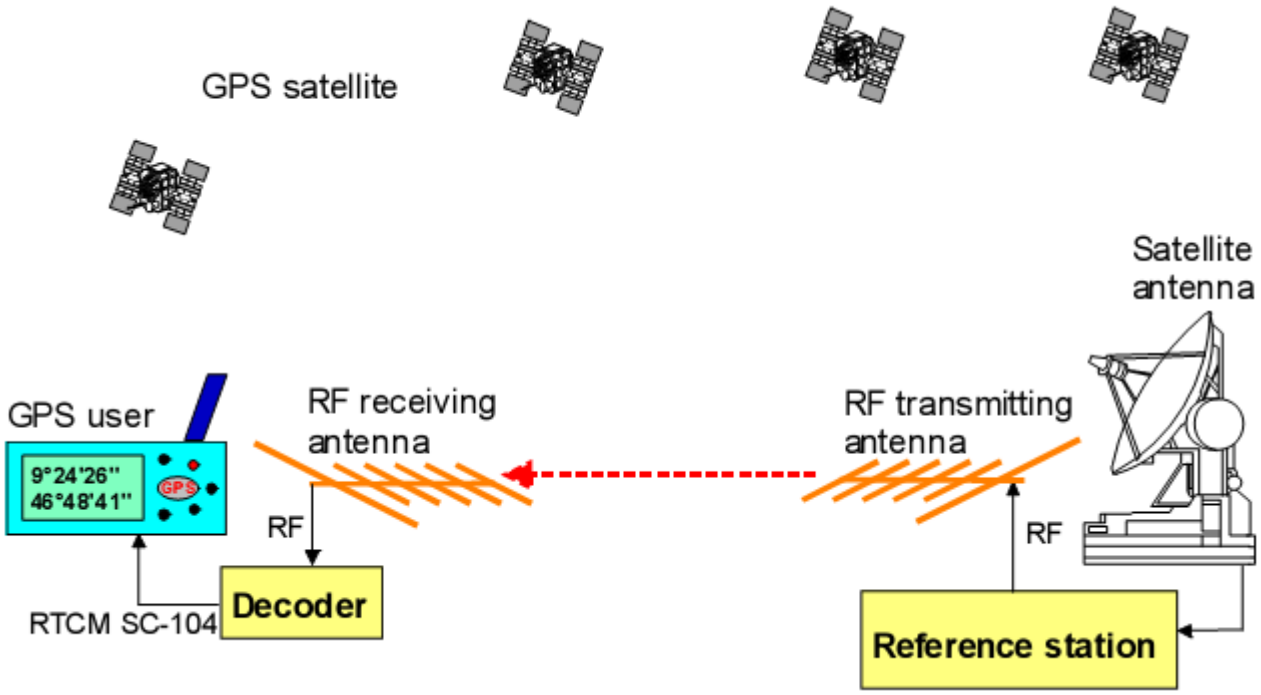
Ngoài đại lượng PRC(t), một đại lượng khác gọi là "hiệu chỉnh tỷ lệ khoảng cách" (RRC(t): Range rate correction) cũng được xác định. Theo nghiên cứu về sai số GPS thì các sai số này có sự tương quan không gian với nhau nên có sự tương đồng trên các máy thu đặt trong một phạm vi bán kính đủ nhỏ. Sau đó, các đại lượng này được phát trực tiếp qua kênh truyền vô tuyến tới các máy thu di động trên các thông điệp chuẩn RTCM SC104.



Hình 5.4. Xác định các độ lệch.

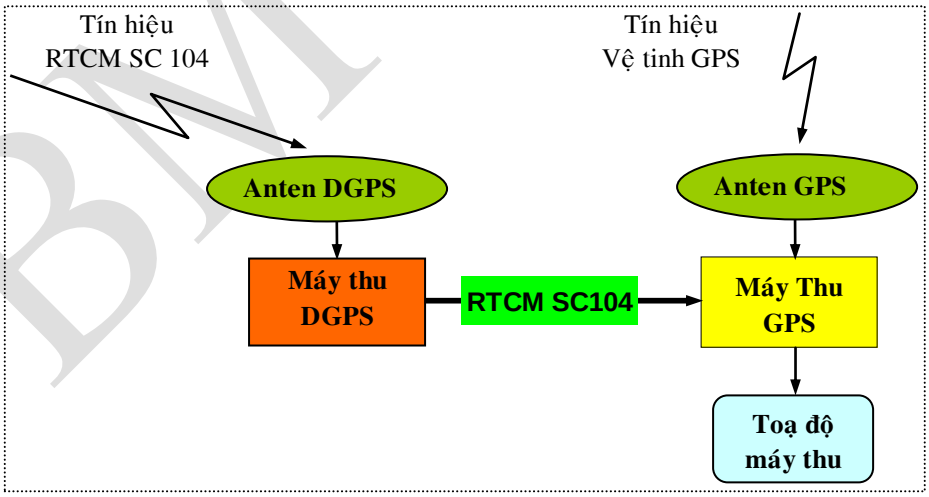
Tại máy thu di động, khoảng cách giả (PRS(t)) hiệu chỉnh tương ứng tới mỗi vệ tinh được tính trên khoảng cách giả mà máy thu quan trắc được (PRM(t)) và hiệu chỉnh khoảng cách giả được nhận từ máy tham chiếu theo công thức sau:

$$PRS(t) = PRM(t) - PRC(t) \quad (5.3)$$



Hình 5.5. Truyền tín hiệu giữa trạm tham chiếu và trạm di động.

Sơ đồ khối của máy thu di động tiêu biểu sử dụng trong kỹ thuật định vị vi sai được được minh hoạ trong hình 35.



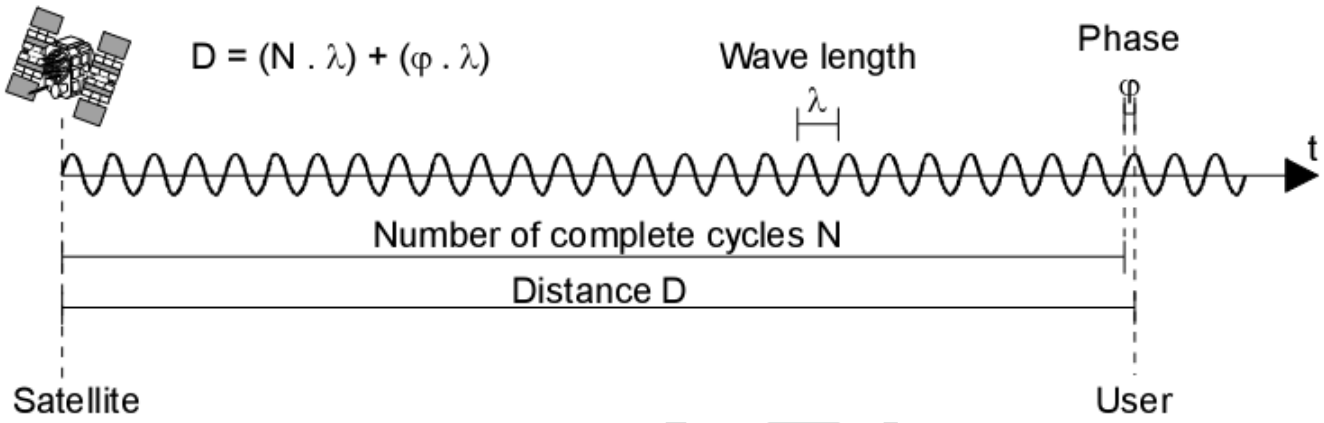
Hình *5.6*. Sơ đồ khối máy thu di động có hiệu chỉnh vi sai.

Kỹ thuật định vị vi sai quan trắc mã thời gian thực có thể đạt độ chính xác từ 0,5 đến 5 mét.

BM P

5.5.2.2 Định vị vi sai quan trắc pha sóng mang

Trong nhiều ứng dụng định vị, độ chính xác 1 mét có thể đạt được bằng kỹ thuật định vị vi sai quan trắc mã giả khoảng cách vẫn chưa đủ, do vậy người ta phải thực hiện các trị đo với độ chính xác millimet, tức phải dùng trị đo pha của tín hiệu sóng mang vệ tinh. Khoảng cách từ máy thu đến vệ tinh được xác định như sau.



Hình 5.7. Đo pha sóng mang.

Đo pha sóng mang là quá trình bất định vì N là trị số không biết được. Sau khi máy thu giải được N và tính khoảng cách D tại những thời điểm khác nhau, và liên tục so sánh giữa máy thu người sử dụng với máy tham chiếu, tọa độ sẽ được xác định với độ chính xác vào khoảng milimet.

Các máy thu GPS đo pha sóng mang thường được ký hiệu là ϕ. Giá trị quan trắc này biểu diễn sự khác biệt về pha giữa sóng mang vệ tinh và sóng mang trong máy thu. Theo Kaplan (1996) biểu thức của pha sóng mang như sau.

$$\Phi_k^p(t) = \phi_k^p(t) - \phi^p(t) + N_k^p + S_k + f\tau_p + f\tau_k - \beta_{iono} + \delta_{tropo} \qquad (5.4)$$

Với $\Phi_k^p(t)$ là khoảng cách giữa vệ tinh p và máy thu k tính theo chu kỳ sóng.

$\phi_k^p(t)$ là pha của vệ tinh p tại máy thu k.

$\phi^p(t)$ là pha truyền đi của vệ tinh p.

N_k^p là số nguyên nhập nhằng.

S_k là nhiễu.

f là tần số sóng mang.

τ_p là sai số đồng hồ vệ tinh.

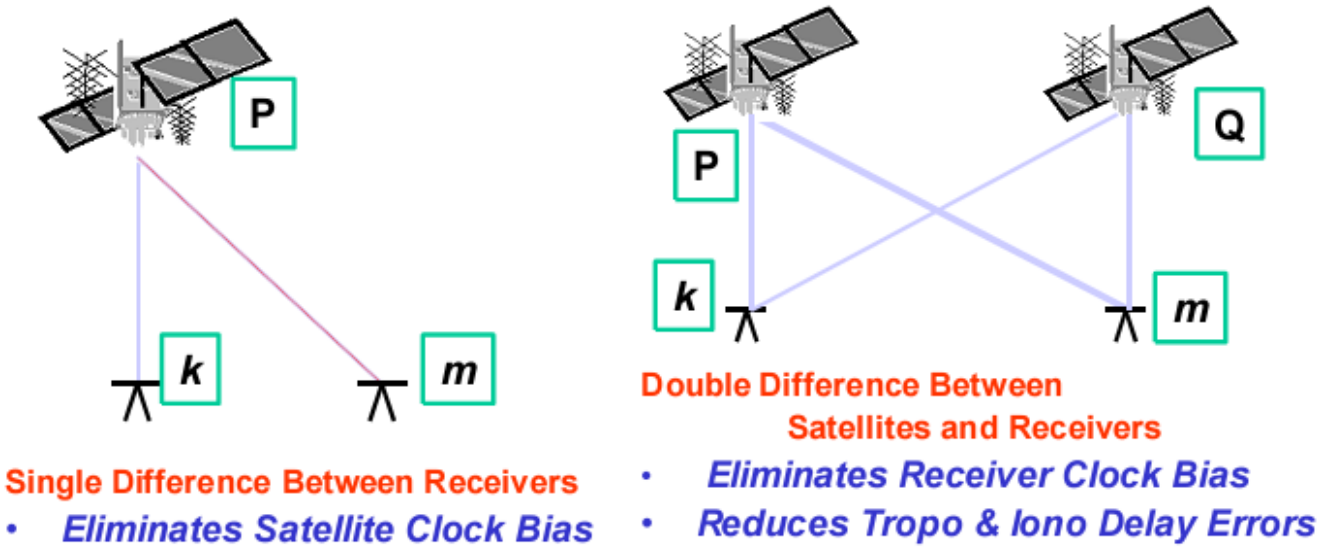
τ_k là sai số đồng hồ máy thu

β_{iono} sớm pha tầng điện ly.

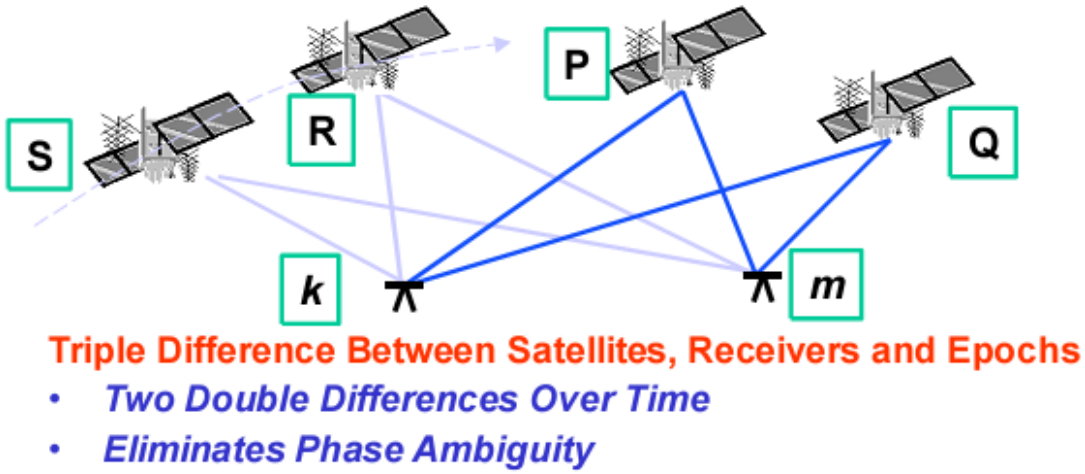
δ_{tropo} trễ pha tầng đối lưu.

Độ chính xác trong định vị tuyệt đối và tương đối sử dụng trị đo mã giả khoảng cách và pha sóng mang được cải thiện đáng kể nếu dùng mô hình hiệu các trị đo. Các mô hình hiệu trị đo loại bỏ được các nguồn sai số tương quan giữa các máy thu, các vệ tinh, và các khoảng thời gian đo, hoặc ít ra cũng làm suy giảm đáng kể nguồn sai số này. Có 3 kỹ thuật lấy hiệu các trị đo: trị đo hiệu đơn, trị đo hiệu đôi, trị đo hiệu ba.

BMDV



Hình 5.8. Trị đo hiệu đơn và hiệu đôi.



Hình 5.9. Trị đo hiệu ba.

a) Trị đo hiệu đơn: có 3 loại

(1) Giữa các máy thu: loại bỏ được sai số đồng hồ vệ tinh, sai số quỹ đạo vệ tinh, và trễ tầng khí quyển.

(2) Giữa các vệ tinh: loại bỏ được sai số đồng hồ máy thu.

(3) Giữa các khoảng thời gian: loại bỏ được trị nhập nhằng chu kỳ.

b) Trị đo hiệu đôi:

Là trị đo hiệu của 2 trị đo hiệu đơn. Có hai loại:

(1) Hiệu đôi máy thu- thời gian: phép hiệu giữa 2 trị đo hiệu đơn máy thu trong 2 khoảng thời gian kế tiếp trên cùng 1 vệ tinh. Trị đo này loại bỏ được trị nhập nhằng chu kỳ và hiện tượng trượt chu kỳ.

(2) Hiệu đôi máy thu-vệ tinh:

➔ Trị đo hiệu đôi máy thu –vệ tinh: giữa 2 trị đo hiệu đơn máy thu của 2 máy thu ứng với 2 vệ tinh khác nhau.

➔ Trị đo hiệu đôi máy thu –vệ tinh: giữa 2 trị đo hiệu đơn vệ tinh của 2 vệ tinh ứng với 2 máy thu khác nhau.

c) Trị đo hiệu ba

Chỉ có 1 loại trị đo hiệu ba duy nhất: máy thu- vệ tinh-thời gian. Trị đo này loại được tất cả các sai số như trong trị đo hiệu đơn và hiệu đôi.

Trong hình , trị đo pha sóng mang từ máy thu "k", "m" đến vệ tinh "P" được tính như sau.

$$\Phi_k^P(t) = \phi_k^P(t) - \phi^P(t) + N_k^P + S_k + f\tau_P + f\tau_k - \beta_{iono} + \delta_{tropo} \quad (5.5)$$

$$\Phi_m^P(t) = \phi_m^P(t) - \phi^P(t) + N_m^P + S_m + f\tau_P + f\tau_m - \beta_{iono} + \delta_{tropo} \quad (5.6)$$

Lấy hiệu trị đo pha sóng mang giữa 2 máy thu "k" và "m" đến vệ tinh "P" ta được trị đo hiệu đơn giữa 2 máy thu.

$$\begin{aligned} &\Phi_k^P(t) - \Phi_m^P(t) = [\phi_k^P(t) - \phi_m^P(t)] + [N_k^P - N_m^P] + [S_k - S_m] + [f\tau_k - f\tau_m] \\ &\mathbf{SD}_{km}^P = \phi_{km}^P + N_{km}^P + S_{km}^P + f\tau_{km} \end{aligned} \quad (5.7)$$

Tương tự, trị đo hiệu đơn giữa 2 máy thu cho vệ tinh "Q" như sau.

$$\mathbf{SD}_{km}^Q = \phi_{km}^Q + N_{km}^Q + S_{km}^Q + f\tau_{km} \quad (5.8)$$

Phép hiệu của 2 trị đo hiệu đơn cho kết quả là trị đo hiệu đôi giữa 2 máy thu khác nhau (k và m) và 2 vệ tinh khác nhau (P và Q).

$$\mathbf{DD}_{km}^{PQ} = \phi_{km}^{PQ} + N_{km}^{PQ} + S_{km}^{PQ} \quad (5.9)$$

Các sai số đã được loại bỏ trong trị đo hiệu đôi, tuy nhiên trị nhập nhằng nguyên (N) và nhiễu (S) cần phải xác định. Để loại bỏ các thành phần này người ta thực hiện phép hiệu giữa 2 trị đo hiệu đôi giữa hai chu kỳ (epochs) kế tiếp quan trắc vệ tinh.

$$\mathbf{TD}_{km}^{PQ} = \mathbf{DD}_{km}^{PQ}(t+1) - \mathbf{DD}_{km}^{PQ}(t) \quad (5.10)$$

Trong đó t và t+1 là hai chu kỳ quan trắc kế tiếp.

5.5.3 Các kỹ thuật định vị sử dụng trị đo pha sóng mang

Bảng 5.1. Các kỹ thuật quan trắc pha sóng mang.

BM ĐTVT

Table 6-1
Carrier Phase Tracking Techniques

Concept	Requirements	Applications	Accuracy
Static (Post-processing)	• L1 or L1/L2 GPS receiver • 386/486 computer for post-processing • 45 min to 1 hr minimum observation time[1]	• Control surveys (that require high accuracy)	• Subcentimeter level
Rapid Static (Post-processing)	• L1/L2 GPS receiver • 5-20 min observation time[1]	• Control surveys (that require medium to high accuracy)	• Subcentimeter level
Kinematic[2] (Post-processing)	• L1 GPS receiver with kinematic survey option • 386/486 computer for post-processing	• Continuous topo • Location surveys	• Centimeter level
Stop & Go Kinematic[2] (Post-processing)	• L1 GPS receiver • 386/486 computer for post-processing	• Medium accuracy control surveys	• Centimeter level
Pseudo Kinematic[2] (Post-processing)	• L1 GPS receiver • 386/486 computer for post-processing	• Medium accuracy control surveys	• Centimeter level
Real Time Kinematic/OTF Kinematic[3] (Real-time or post-processing)	For post-processing: • L1/L2 GPS receiver • 386/486 computer For real-time: • Internal or external processor (1- 386, 1- 486 computers w/dual com ports) • Min 4800 baud radio/modem data link set	• Real-time high accuracy hydro surveys • Location surveys • Medium accuracy control surveys • Photo control • Continuous topo	• Subdecimeter level

1. Dependent on satellite constellation and number of satellites in view.
2. Initialization period required and loss of satellite lock is not tolerated.
3. No static initialization necessary, integers gained while moving, and loss of satellite lock is tolerated.

Máy thu GPS nhất thiết phải giải được trị nguyên nhập nhằng pha sóng mang nếu đo pha. Có hai kỹ thuật để xác định trị số này. Kỹ thuật thứ nhất gọi là khởi động tĩnh (static initialization), yêu cầu máy thu phải có khoảng thời gian khởi động tại một vị trí tĩnh để xác định trị nhập nhằng. Kỹ thuật thứ hai gọi là khởi động OTF (on-the-fly initialization) có thể giải trị nhập nhằng mà không cần mất thời gian khởi động tĩnh, ngay lúc máy thu di chuyển và mất khóa tín hiệu vệ tinh. Các số nguyên OTF tại trạm di động có thể giải trong khoảng thời gian từ 10-30 giây phụ thuộc vào khoảng cách đến trạm tham chiếu.

5.5.3.1 Lời giải bất động

Lời giải bất động (Fixed solution) là lời giải với trị nguyên bước sóng được xác định. Quá trình này được thực hiện trong suốt quá trình khởi đo. Thực chất của quá trình khởi đo trong phép định vị động dựa trên tương quan pha sóng mang là xác định trị nhập nhằng nguyên. Khi quá trình khởi đo đạt được thì trị nhập nhằng nguyên được sử dụng để tính toán kết quả định vị cho đến khi quá trình khởi đo bị mất vì một lý do nào đó. Khi quá trình khởi đo bị mất thì bắt buộc phải thực hiện lại quá trình khởi đo.

5.5.3.2 Lời giải thả trôi

Lời giải thả trôi (Float solution) là lời giải tương ứng việc không xác định được trị nhập nhằng nguyên và phép đo không được khởi đo. Trong trường hợp này ta chấp nhận sai số

trong trị nhập nhằng nguyên trên pha sóng mang. Do vậy độ chính xác trong trường hợp này thấp hơn khi có được lời giải bất động.

5.5.3.3 Khởi đo

Khởi đo là quá trình máy thu xác định số nguyên lần chiều dài bước sóng giữa mỗi vệ tinh và tâm pha anten GPS. Với mỗi tập số nguyên riêng biệt, nó sẽ tính ra xác suất đúng của tập số nguyên này. Sau đó máy thu tính một tỷ số (ratio) xác suất đúng của tập số nguyên tốt nhất hiện thời với xác suất đúng của tập số nguyên tốt nhất kế tiếp. Một tỷ số cao chỉ ra rằng tập số nguyên tốt nhất thì tốt hơn nhiều so với bất kỳ các tập khác. Tỷ số này phải lớn hơn 5 đối với quá trình khởi đo từ một điểm mới và OTF.

Vậy đối với kỹ thuật định vị động, khởi đo đạt được khi tỷ số R>5. Quá trình khởi đo sẽ bị mất tức thời khi số vệ tinh chung quan trắc được giữa hai máy sẽ nhỏ hơn 4.

Chú ý: Đối với các máy thu có OTF thì quá trình khởi đo sẽ tự động được thực hiện lại khi quá trình khởi đo bị mất.

5.5.4 Độ chính xác DGPS

Kỹ thuật định điểm không loại bỏ được các sai số trong hệ thống. DGPS cải thiện đáng kể điều này. Về mặt lý thuyết một số sai số có thể được loại bỏ hoàn toàn. Tuỳ theo từng loại máy thu sử dụng mà kết quả phép đo sẽ đạt đến các độ chính xác khác nhau mà kỹ thuật định vị điểm (định vị tuyệt đối) không thể đạt đến.

Đối với các loại máy thu sử dụng các trị đo mã C/A, độ chính xác ở mức 3-5m có thể dễ dàng đạt được bằng kỹ thuật DGPS.

Trường hợp hiệu chỉnh trên các trị đo khoảng cách giả thu được từ các mã C/A với pha được làm phẳng hoặc sử dụng các máy thu mã C/A có chất lượng cao thì độ chính xác đạt được có thể dưới 1 mét.

Trong trường hợp hiệu chỉnh trên pha sóng mang thì có thể đạt đến độ chính xác dưới mức decimet trên một khoảng giữa hai máy thu là 20Km. Tuy nhiên để đạt được điều này, trị nhập nhằng phải được giải bằng OTF (on the fly) và vì vậy cần phải dùng máy thu hai tần số.

5.5.5 Đường truyền vô tuyến

Đường truyền vô tuyến là môi trường nối kết giữa máy tham chiếu và máy di động. Các hiệu chỉnh sau khi được tính từ máy tham chiếu sẽ được gởi ngay lập tức tới máy di động qua đường truyền này. Đây là một yếu tố tác động trực tiếp đến kết quả hiệu chỉnh tại trạm di động. Sau đây là các yêu cầu của một đường truyền vô tuyến sử dụng trong hệ thống DGPS:

Đường truyền vô tuyến phải tương thích với phần cứng.

Tốc độ truyền dữ liệu cao cũng là một yêu cầu cần thiết trong việc duy trì một độ chính xác cao với sự hiện diện của SA.

Tốc độ cập nhật dữ liệu trong khoảng 10 giây hoặc ngắn hơn là điều kiện đủ để loại bỏ các ảnh hưởng của SA với một độ chính xác ở vào khoảng 2 met (RMS). Điều này là cần

BM ĐTVT

thiết. Bởi vì, SA có một đặc điểm là sau mỗi khoảng 10 phút sai số trên khoảng cách giả biến đổi trong khoảng 100 met.

Các loại đường truyền vô tuyến thường được sử dụng trong kỹ thuật DGPS:

Các đường truyền vô tuyến UHF (ultra high frequency) thích hợp cho các đường truyền dữ liệu trên mặt đất.

Hệ thống RDS (radio data system) đây là một phương pháp chuẩn dùng cho việc phân phối dữ liệu số kèm theo các chương trình quy ước.

Các vệ tinh viễn thông toàn cầu LEO, hệ thống này cấp phát các tần số cao trong các dải GHz và cho phép tốc độ truyền dữ liệu lên đến khoảng 1200bps trên một cự ly lớn.

BM ĐTVT

CHƯƠNG 6 ĐỊNH VỊ ĐỘNG

6.1 GIỚI THIỆU

Các đối tượng trong thế giới thực luôn tồn tại ở một trong hai trạng thái tĩnh (đứng yên) hoặc động (chuyển động) xét trên một hệ quy chiếu gắn vào trái đất. Đối với các đối tượng tĩnh, vị trí của mỗi đối tượng hoàn toàn được xác định bằng các giá trị tọa độ trong một hệ quy chiếu xác định. Ngược lại, đối với các đối tượng động, vị trí của chúng trong không gian thay đổi liên tục theo thời gian. Do vậy quỹ đạo của các đối tượng động là một hàm theo (x, y, z, t). Hay nói cách khác, thông tin về vị trí của các đối tượng động thường được đi kèm với thông tin về thời gian.

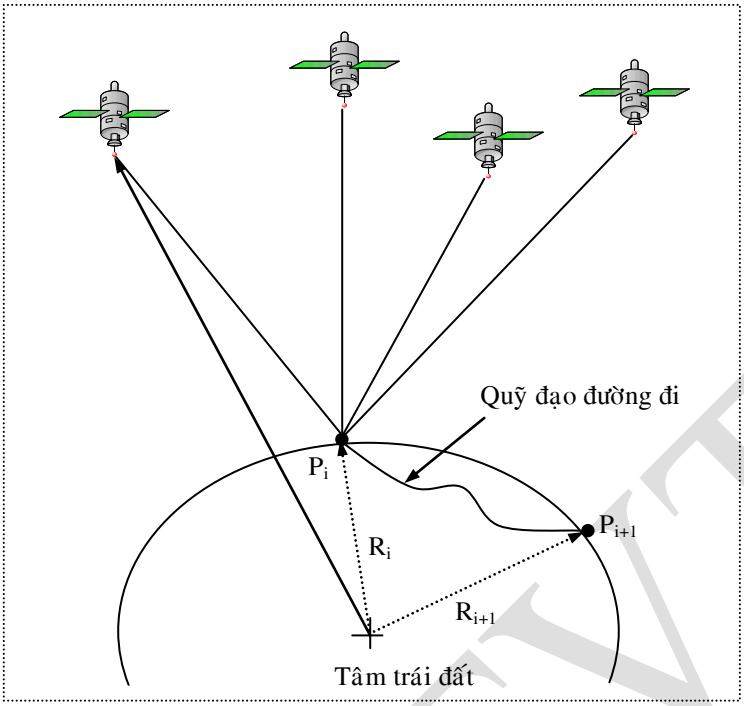
Định vị động là xác định vị trí trên quỹ đạo của các đối tượng động theo thời gian thực. Định vị động liên quan đến các ứng dụng giám sát, theo dõi và dẫn đường trên các phương tiện lưu thông như máy bay, tàu thủy, các phương tiện di động trên đường bộ... Trong các ứng dụng định vị động sử dụng hệ thống GPS, mỗi đối tượng di động cần định vị được gắn một máy thu GPS. Máy thu GPS sẽ cung cấp vị trí của nó theo thời gian và qua đó vị trí của đối tượng cũng được xác định theo.

6.2 NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA ĐỊNH VỊ ĐỘNG

Định vị động đề cập tới những ứng dụng mà quỹ đạo của đối tượng di chuyển được xác định. Các đối tượng di chuyển được xem xét trong phần này là những máy thu GPS được đặt trên các phương tiện di động trên đường bộ, tàu thủy và máy bay. Định vị động có mối liên quan chặt chẽ với sự định vị điểm và dẫn đường. Trong các ứng dụng định vị động, tốc độ và hướng đi là hai yếu tố được quan tâm nhiều nhất.

Thực vậy, việc dẫn đường thường yêu cầu phải có kết quả thời gian thực, trong khi nhiều ứng dụng khác của định vị động chấp nhận kết quả xử lý sau (postmission). Mặc dù việc lấy kết quả thời gian thực hoặc xử lý sau có nhiều điểm giống nhau, nhưng sự phân biệt chúng vẫn có lợi cho việc phát triển các ứng dụng.

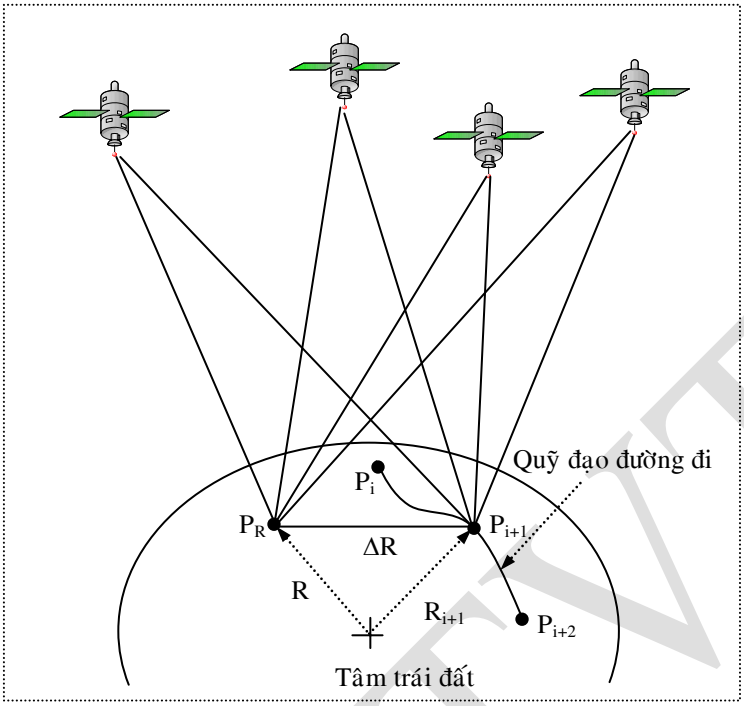
BMDTVT



Hình *6.1*. Nguyên lý định vị điểm.

Sự định vị tương ứng với một hoặc nhiều máy thu được đặt trên những điểm đã biết (các máy thu này được gọi là các máy thu tham chiếu (Reference Station) cùng quan trắc tín hiệu vô tuyến định vị vệ tinh đồng thời với một máy thu khác chuyển động được gọi là phép định vị động tương đối (relative kinematic positioning) hay một thuật ngữ khác là phép định vị động vi sai (differential kinematic positioning). Trong phép định vị tương đối, tọa độ của các máy thu chuyển động được xác định bằng sự kết hợp các trị đo từ chính máy thu này và các trị đo từ các máy tham chiếu gởi đến. Phép định vị tương đối này cho phép loại bỏ các nguồn sai số GPS trong một nỗ lực nhằm tăng cường độ chính xác.

BMDTVT



Hình 6.2. Nguyên lý định vị tương đối.

Phép định vị động tương đối theo thời gian thực yêu cầu phải có sự kết nối vô tuyến giữa máy thu tĩnh và máy thu động. Phép định vị động tương đối kết hợp các trị quan trắc đồng thời từ hai máy thu để loại bỏ ảnh hưởng của sai số vệ tinh trong kết quả đo. Vì vậy, phép định vị động tương đối thường chính xác hơn định vị động tuyệt đối. Điều này có thể hiểu theo kiểu vector ΔR có thể xác định chính xác hơn vecto R.

Các phép đo trong GPS cho định vị động tuyệt đối hoặc tương đối có thể là khoảng cách giả (pseudo ranges), pha (phase) hoặc kết hợp cả hai. Phép đo GPS cũng có thể xử lý theo kiểu tích hợp, tức là cộng với các trị đo nhận được từ những loại cảm biến khác.

6.2.1 Các mô hình định vị động

Bao gồm 2 nhóm chính là mô hình định vị động tuyệt đối và mô hình định vị động tương đối. Ứng với mỗi nhóm, được chia thành 4 loại phụ thuộc vào phép đo của chúng: khoảng cách giả, pha, kết hợp và tích hợp. Loại đầu tiên chỉ dùng số đo khoảng cách giả, loại thứ hai dùng tổ hợp tuyến tính các số đo pha, loại thứ ba kết hợp giữa số đo khoảng cách giả và số đo pha và loại thứ tư tích hợp số đo khoảng cách giả, pha và các cảm biến ngoài, thường là sử dụng mã C/A hoặc mã P.

Trong kiểu đo tuyệt đối, định vị khoảng cách giả động (pseudo-range kinematic positioning) dùng các số đo khoảng cách giả p hướng tới 4 vệ tinh để xác định được vị trí R của máy thu và độ lệch dT của đồng hồ. Trong kiểu đo tương đối, các số đo được lấy hiệu theo các máy thu, nên p, R,dT được thay bằng Δp, ΔR, ΔT.

BMDTVT

Định vị động theo pha (phase kinematic positioning) có bản chất là một phương pháp đo tương đối. Trong đó, người ta dùng các số đo pha tại ít nhất 4 vệ tinh từ 2 máy thu để xác định hiệu số vị trí của máy thu chuyển động với vị trí ban đầu và chỉ số trượt đồng hồ $\Delta\Delta T$ giữa 2 máy thu.

Định vị động kết hợp (combined kinematic positioning) sử dụng ít nhất là 4 số đo khoảng cách giả p và 4 số đo pha P để xác định vị trí máy thu R_i và R_{i+1}, độ lệch đồng hồ máy thu dT và trị số trượt ΔdT. Định vị động tích hợp (integrated kinematic positioning) bổ sung các thành phần động vào trị số đo để xác định quỹ đạo liên tục trên thực tế.

6.2.2 So sánh các mô hình động

Tất cả các mô hình ngoại trừ mô hình tích hợp, đều chỉ dùng các số đo GPS. Điều này làm cho hệ thống đo trở nên dễ dàng và kinh tế. Tuy nhiên so với mô hình tích hợp nó vẫn kém độ chính xác, độ tin cậy không cao.

Trong trường hợp đơn giản nhất, định vị khoảng cách giả tuyệt đối (absolute pseudo-range positioning), chỉ cần một máy thu, Một quỹ đạo sẽ được mô hình hoá bởi các điểm độc lập. Các phương tiện chuyển động không được xét đến và sự đơn giản hoá cho phép nội suy là cần thiết. Trên cơ sở độ chính xác đồng nhất trên toàn thế giới và đủ để thoả mãn mục đích dẫn đường. Tuy nhiên không đáp ứng được nhiều ứng dụng về trắc địa và địa lý. Như vậy sự đơn giản hóa hệ thống số đo phải trả giá bằng độ chính xác thấp và độ tin cậy kém. Mô hình định vị tuyệt đối sẽ cho một quỹ đạo trơn hơn nhưng độ chính xác kém.

Độ chính xác tốt hơn nếu xét đến mô hình định vị khoảng cách giả tương đối (relative pseudo-range positioning). Mặc dù kỹ thuật mô hình là như nhau, nhưng việc loại trừ các sai số đã làm tăng độ chính xác cho kết quả. Tuy nhiên độ chính xác bây giờ phụ thuộc vào khoảng cách giữa máy thu tĩnh và máy thu động và các cấu hình đơn giản nguyên thủy cũng được bỏ qua.

Một phép định vị chính xác tốt hơn là định vị pha tương đối. Hiệu số pha sẽ cho phép đo trị thay đổi vị trí của máy thu tại mỗi thời điểm đo. Vì nhiễu của trị đo pha thấp hơn nhiều so với nhiễu của trị đo khoảng cách giả, nên độ chính xác của phép định vị này tốt hơn, nhưng nó đòi hỏi là không có sai số về trượt chu kỳ (cycle slips).

Định vị tương đối kết hợp là kỹ thuật tốt hơn của việc mô hình hóa và các hoạt động tin cậy. Kết hợp số đo khoảng cách giả và pha bằng cơ chế lọc sẽ tìm ra được trị số chu kỳ trượt lớn khi chúng không tương quan với các sai số trong số đo khoảng cách giả.

Cuối cùng, định vị tương đối tích hợp có khả năng cung cấp độ chính xác cao hơn, tăng độ tin cậy và các thông tin về động lực chính xác hơn, mặc dù độ phức tạp cao. Việc tăng cường hệ thống quán tính, chẳng hạn, sẽ cho phép nội suy chính xác hơn giữa các điểm chỉ định GPS, giúp ta loại bỏ số trị trượt chu kỳ, tăng độ chính xác định vị tương đối, cung cấp thông tin tốc độ chính xác, nâng cao độ tin cậy trên toàn hệ thống.

BMDTVT

6.2.3 Xử lý thời gian thực và xử lý sau

Xử lý thời gian thực thường được sử dụng cho các ứng dụng dẫn đường, trong khi đó xử lý sau thường hiệu quả cho các ứng dụng định vị động. Trong nhiều trường hợp, việc xem xét đến sự nâng cao độ chính xác và độ tin cậy có thể được thiết lập bằng cách sử dụng kết quả của thời gian thực làm đầu vào cho việc làm trơn sau.

Phương pháp thời gian thực có hai ưu điểm. Nó cung cấp thông tin ngay lập tức và cách nén số liệu tốt. Điều này hoàn toàn đúng, như phương pháp lọc Kalman, với nén một số lượng lớn các dữ liệu vệ tinh và quán tính vào một trạng thái vector với một số nhỏ các thành phần và một ma trận hiệp phương sai chứa các thông tin thống kê. Không có những bộ lọc chuyên dùng sẽ khó có thể xác lập một hệ thống hoạt động và nhu cầu lưu trữ. Tuy nhiên, ưu điểm của phép xử lý thời gian thực sẽ là nhược điểm của xử lý sau. Bởi vì các bộ lọc thời gian chỉ có thể sử dụng các số liệu tại thời điểm lọc, các ước lượng của chúng chỉ tối ưu đối với tập con các số liệu tại thời điểm đó. Vì vậy các kết quả tốt nhất của phép xử lý sau chỉ có thể nhận được sau khi có được toàn bộ số liệu. Những điều này đòi hỏi phải lưu trữ kết quả trung gian, nếu không làm như vậy phép xử lý thời gian thực sẽ làm mất đi các thông tin có giá trị cho việc xử lý sau. Những phân tích như vậy không chỉ quan trọng theo quan điểm độ chính xác mà còn cần thiết cho việc phát hiện những sai số lớn, như sai số trượt chu kỳ, mà rất khó khăn để loại bỏ trong việc xử lý thời gian thực.

Phép xử lý sau (postmission processing) loại bỏ hầu hết những vấn đề trong xử lý thời gian thực và tăng thêm một đặc tính có lợi cho việc kiểm tra và cải tiến mô hình. Điều này có thể thực hiện bằng nhiều phương pháp, trong số đó phương pháp làm trơn tối ưu (optimal smoothing) có vẻ là tương đối thích hợp. Độ chính xác cao của kết quả, đặc biệt trong trường hợp mô hình động được sử dụng, sẽ giúp cho việc phát hiện các lỗi thô trở nên dễ dàng hơn. Ngoài ra, các sai số thặng dư và các nguồn sai số ngoài mô hình có thể được phân tích và nhận biết đầy đủ.

Với khả năng lưu trữ hiện nay, những đặc tính như nhu cầu về bộ nhớ lớn, nhược điểm của phép xử lý sau, không còn là một vấn đề quan trọng. Vì vậy các phép đo cần sử dụng phép xử lý sau làm phương pháp chuẩn cho tất cả các trường hợp không yêu cầu thời gian thực.

6.2.4 Độ chính xác và thiết bị (Accuracy and Instrumentation)

Sự khác nhau về độ chính xác giữa những kiểu định vị khác nhau gắn liền với sự khác nhau về nhu cầu trang thiết bị. Đối với các phương pháp định vị động tuyệt đối, sự khác nhau giữa các kết quả thời gian thực và xử lý sau là không quan trọng, các số liệu tiêu biểu đưa ra ở đây là đối với kết quả xử lý sau. Các giá trị đưa ra ở đây tương đối đúng so với thực nghiệm.

Kết luận quan trọng đầu tiên là việc thêm vào các thông tin định vị tương đối dưới dạng pha hoặc vận tốc quán tính đều không làm thay đổi đáng kể độ chính xác của định vị động tuyệt đối. Lý do quá rõ ràng, nguồn sai số chủ yếu trong định vị động tuyệt đối là sai số do quỹ đạo và khúc xạ ở tầng điện ly. Cả 2 yếu tố đó đều không thể loại bỏ bằng các số đo pha sóng mang. Việc tăng độ chính xác trong phương pháp kết hợp và tích hợp bằng các máy thu mã C/A (C/A-Code) là do kết quả làm trơn các số liệu bị nhiễu bằng các

BM ĐTVT

thông tin do pha sóng mang hay hệ quán tính cấp, chứ không phải do việc loại trừ sai số nói trên.

Việc nâng cao độ chính xác (improvement in accuracy) bằng phương pháp định vị động tương đối cho thấy khả năng của phương pháp này trong những ứng dụng trắc địa. Điều đáng chú ý là không có sự phân biệt giữa kết quả mã C/A và mã P. Các ước lượng độ chính xác của phép định vị động kết hợp đã nhận được trên cơ sở giả thuyết các trị số đo trượt chu kỳ có thể được loại bỏ phần lớn ra khỏi số liệu đo. Có thể có độ chính xác cao hơn, những kết quả ở đây được rút ra từ những nghiên cứu mô hình định vị động, cần được nghiên cứu sâu hơn.

Bảng 6.1. Độ chính xác và thiết bị.

Phương pháp định vị		**Độ chính xác**	**Yêu cầu thiết bị**
Phương pháp tuyệt đối	Khoảng cách giả	20-30(m)	1 máy thu mã C/A
		15-20(m)	1 máy thu mã P
	Kết hợp	15-20(m)	1 máy thu
	Tích hợp	15-20(m)	1 máy thu cộng với hệ quán tính
Phương pháp tương đối	Khoảng cách giả	5-10(m)	2 máy thu
	Kết hợp	0.5-1.5(m)	2 máy thu
	Tích hợp	0.2-0.3(m)	2 máy thu cộng với hệ quán tính

6.2.5 Phạm vi ứng dụng

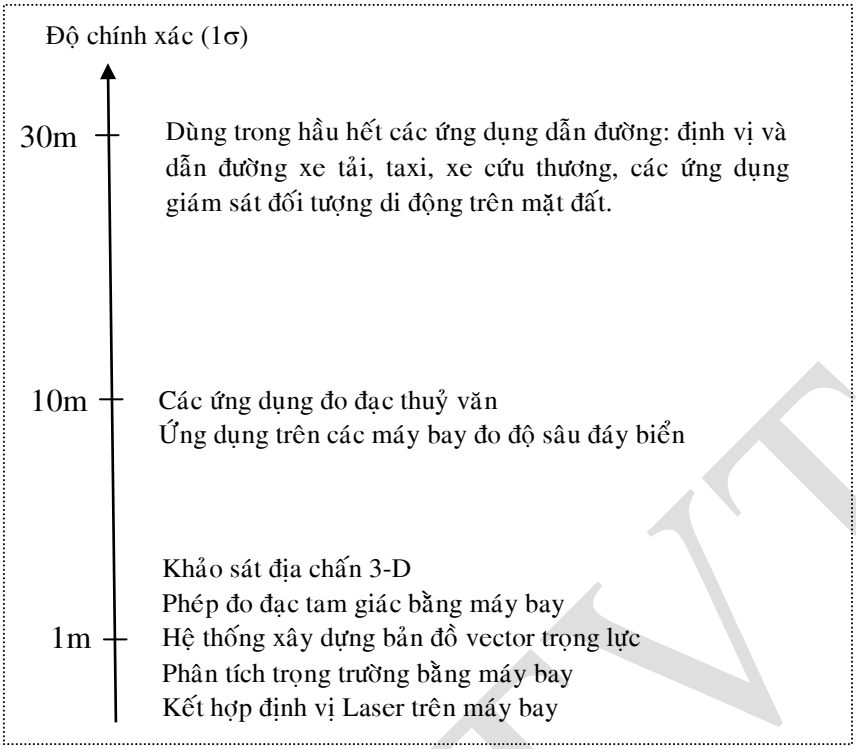
Mặc dù các ứng dụng trong GPS mới chỉ xuất hiện trong những thập niên qua, nhưng hiện nay, nhiều ứng dụng mới và thú vị đang được nghiên cứu và triển khai ở nhiều nước. Phần giới thiệu này chưa thật hoàn chỉnh, nó chỉ tập trung những công việc đang tiến triển ở Canada. Các ứng dụng sẽ được chia làm 3 nhóm chính như sau:

Nhóm đầu tiên, các ứng dụng độ chính xác thấp từ 20m - 30m và được thực hiện bằng phép định vị động tuyệt đối.

Nhóm thứ 2 là các ứng dụng có độ chính xác trung bình, được sử dụng khi yêu cầu định vị ở độ chính xác từ 5m-10m và có thể được thực hiện bằng mô hình động tương đối khoảng cách giả.

Nhóm thứ 3 là các ứng dụng có độ chính xác cao sẽ đươc dùng khi yêu cầu định vị ở độ chính xác khoảng từ 0.5m – 2.0m. Tùy thuộc vào nhu cầu sử dụng mà người ta có thể dùng phép định vị động tương đối theo pha, tổ hợp hay tích hợp.

BMDTVT



Hình 6.3. *Các ứng dụng định vị động theo cấp độ chính xác của GPS.*

Các ứng dụng độ chính xác thấp (low accuracy applications) sẽ rất tốt cho hầu hết các tác vụ dẫn đường trong hàng hải và hàng không và đơn giản hóa phần lớn các phương pháp trắc địa địa lý bằng máy bay. Những ứng dụng mới đang xâm nhập vào trong lĩnh vực định vị các phương tiện giao thông đường bộ chẳng hạn, các ứng dụng thú vị trong việc định vị và dẫn đường cho đoàn xe tải, xe cứu thương và xe taxi. Các ứng dụng này sẽ rất kinh tế khi giá máy thu mã C/A giảm.

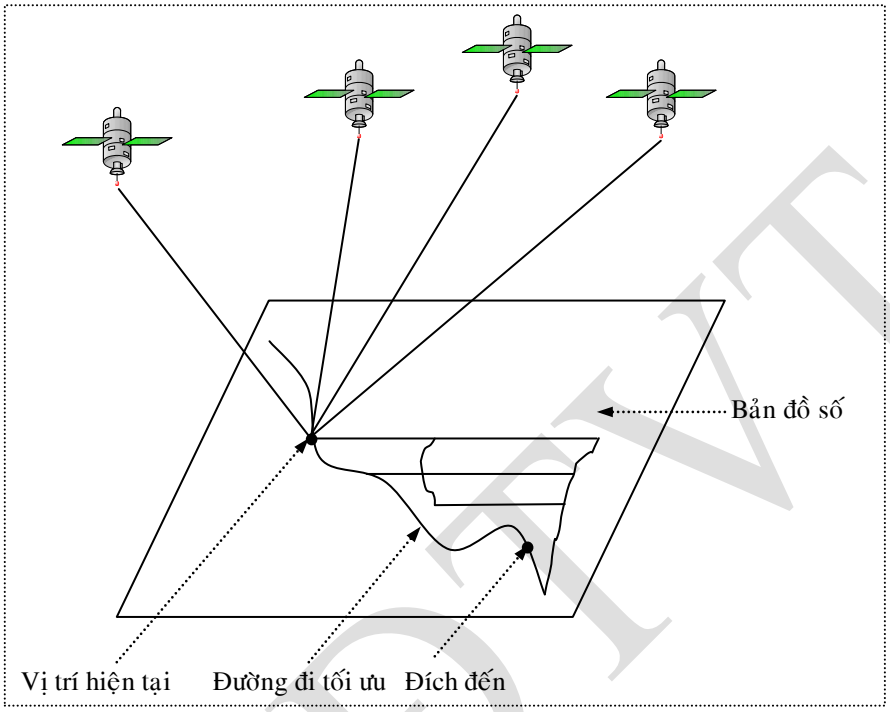
Các ứng dụng GPS động với độ chính xác trung bình (medium accuracy applications) hầu hết sẽ thay thế một số hệ thống quan sát thủy văn hiện đang sử dụng. Định vị trên các tàu khi hạ thủy (launch positioning) và đo sâu là hai trong số đó. Do nhu cầu phải có kết quả thời gian thực nên việc duy trì liên lạc thông suốt bằng radio là cực kỳ quan trọng trong trường hợp này.

Các ứng dụng độ chính xác cao (high accuracy applications) của GPS theo kiểu đo pha, kết hợp hoặc tích hợp sẽ tạo ra nhiều hệ thống chuyên dùng khác nhau cho phép giải quyết các vấn đề không thể giải quyết được bằng phương pháp đo đạc cổ điển. Một số hệ thống ứng dụng quan trọng là tam giác ảnh hàng không không cần điểm khống chế mặt đất, trọng lực - trọng sai hàng không và những phương tiện chuyển động trên mặt đất có thể xác định được trọng lực và độ cao Geoid. Ứng dụng độ chính xác cao còn được xúc tiến trong một số ứng dụng mà kỹ thuật trắc địa hiện hành còn bị hạn chế chưa giải quyết được như: đo vẽ mặt cắt địa hình bằng phương pháp địa chấn 3 chiều hoặc laser hàng không. Việc quyết định sử dụng GPS đơn thuần hay dùng phương pháp tích hợp phụ thuộc vào việc giải quyết vấn đề trượt chu kỳ cho các ứng dụng đó.

BMĐTVT

6.3 CÁC ỨNG DỤNG TRÊN PHƯƠNG TIỆN ĐƯỜNG BỘ

Các phương tiện giao thông đường bộ sử dụng GPS ở hai nhóm chính là độ chính xác thấp và độ chính xác cao. Một vài ứng dụng có thể có sẽ được mô tả một cách ngắn gọn ở đây trước khi đưa ra các kết quả.

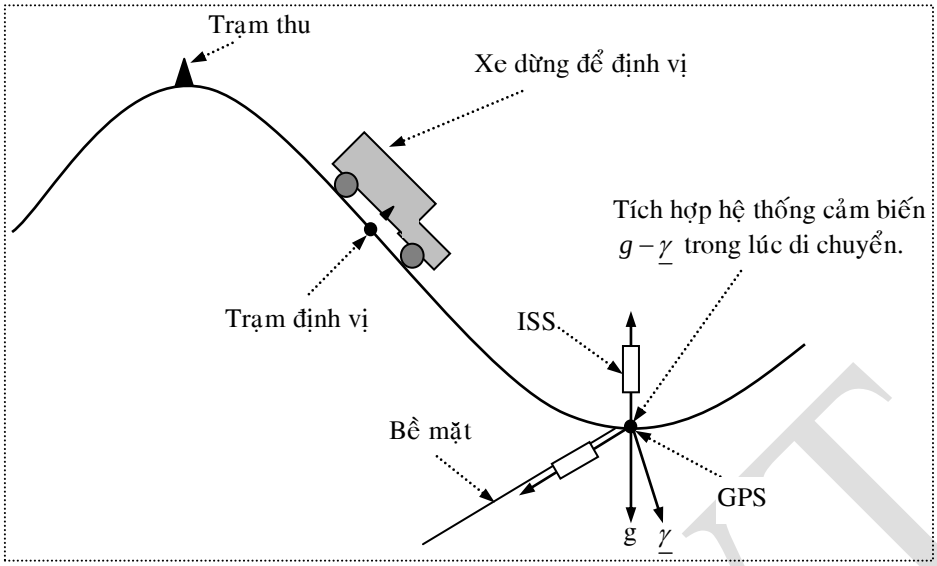


Hình 6.4. Các ứng dụng với độ chính xác thấp.

Trong các ứng dụng độ chính xác thấp (low accuracy applications), các máy thu là một thành phần của hệ thống có khả năng tích hợp định vị thời gian thực của GPS với các thông tin được lưu trữ trong bản đồ để hiển thị vị trí của phương tiện đó trên bản đồ điện tử (electronic map) hoặc để hướng dẫn phương tiện đó đi bằng con đường đi tối ưu (optimized path). Khả năng triển khai những hệ thống này phụ thuộc vào giá thành máy thu và hiện tại có thể áp dụng đối với xe cứu thương, xe tải, taxi và có thể là ôtô ray.

Ứng dụng độ chính xác cao (high accuracy applications) đề cập ở đây được dùng cho mục đích định vị chính xác và xác định lực trọng trường của trái đất. Ứng dụng thứ nhất dùng GPS theo kiểu đo pha tương đối. Các thao tác khảo sát cũng tương tự như những thao tác dùng trong khảo sát quán tính, nghĩa là từ một vị trí biết trước của phương tiện đường bộ, đi đến một vị trí chưa biết và dừng lại đó một thời gian ngắn rồi sau đó lại đi đến một điểm chưa biết tiếp theo. Việc lập bản đồ vector trọng lực có thể thực hiện bằng cách sử dụng hệ quán tính INS hoặc GPS. Trong những ứng dụng dạng này, dạng tương đối kết hợp của GPS được dùng để cung cấp thông tin định vị chính xác đến INS. Khi đó các bộ cảm biến quán tính có thể được dùng để phát hiện những thay đổi trường trọng lực và để vẽ một mặt cắt trọng lực liên tục, các trị chênh lệch về độ cao và Geoid.

BM ĐTVT



Hình 6.5. Ứng dụng độ chính xác cao.

6.4 CÁC ỨNG DỤNG TRÊN TÀU THUYỀN

Các ứng dụng về biển yêu cầu thoả mãn cả 3 cấp độ của độ chính xác. Vấn đề gặp phải với các ứng dụng trên tàu thuyền là việc đặt anten. Thông thường anten luôn cao hơn trọng tâm của phương tiện điều này dẫn đến gia tốc ăntenlớn và có những sai lệch về trị số trượt chu kỳ. Vì vậy, trường hợp này sử dụng phương pháp pha sẽ phụ thuộc vào việc giải bài toán trượt chu kỳ. Mặt khác, việc chuyển động anten cũng làm khó khăn cho việc xác định chính xác quỹ đạo của phương tiện di chuyển. Vì vậy, để đạt được những độ chính xác như các phương tiên trên bộ và trên không thì phương tiện đường thủy phải trang bị thêm một số thiết bị khác.

Các ứng dụng có độ chính xác thấp là các ứng dụng GPS về dẫn đường trên mặt nước. Thường dùng kiểu định vị tuyệt đối, sử dụng các máy thu mã C/A giá thành thấp để làm tăng độ kinh tế cho ứng dụng.

Các ứng dụng có độ chính xác trung bình là các ứng dụng về khảo sát thủy văn. Dùng phương pháp đo pha tương đối theo thời gian thực. Điều này sẽ dẫn đến các vấn đề về nhiễu và trị số trược chu kỳ.

Các ứng dụng có độ chính xác cao là các ứng dụng về thám hiểm địa vật lý, độ chính xác yêu cầu từ 2-5 m với các số đo địa chấn 3 chiều, và tốc độ khoảng 10cm/s.

Bảng 6.2. Yêu cầu độ chính xác của các ứng dụng.

Ứng dụng	Yêu cầu độ chính xác
Dẫn đường trên biển	1 Km
Dẫn đường dọc bờ biển	50-100m
Khảo sát thủy văn	2-5m
Khảo sát địa chấn 3 chiều	2-5m

BM ĐTVT

Khảo sát trọng lực	<10 cm/s

6.5 CÁC ỨNG DỤNG TRÊN MÁY BAY

Các ứng dụng GPS hàng không yêu cầu cả 3 cấp độ về độ chính xác tùy thuộc yêu cầu ứng dụng. Những vấn đề quan tâm trong hàng không hiện nay là phương pháp định vị trực tiếp hướng tới độ chính xác khoảng 1m hoặc nhỏ hơn. Khả năng này mở ra những ứng dụng mới trong lĩnh vực lượng ảnh, trắc địa và địa vật lý mà cho tới nay vẫn chưa được xét đến. Một số ít trong số đó là tam giác ảnh không cần điểm khống chế mặt đất, đo trọng lực và độ cao hàng không, và mặt cắt địa hình bằng laser hàng không.

Từ những quan điểm về hoạt động của máy bay, ta có thể phân biệt ứng dụng hàng không thành hai loại: ứng dụng trên máy bay cánh cố định (fixed wing applications) và ứng dụng trên máy bay trực thăng (helicopter apllications). Máy bay cánh cố định làm việc trong môi trường động lực ổn định và phù hợp hầu hết với các ứng dụng có độ cao là hằng số và thời gian biểu nhất định. Nó chỉ nảy sinh vấn đề khi cất cánh và lượn vòng tiếp đất. Về máy bay trực thăng thì ngược lại nhưng nó lại dễ dàng thay đổi tốc độ, độ cao và dễ dàng cho việc tiếp đất.

Trong cả hai trường hợp đều phải xem xét tới vấn đề đặt anten. Trên máy bay cánh cố định anten thường được đặt trên thân máy bay, nơi ít chịu ảnh hưởng của bóng râm và đa phương(multipath). Đối với máy bay trực thăng lớn, anten có thể đặt ở đỉnh quạt. Tuy nhiên, để làm được việc này thì ta phải chịu một chi phí cao. Còn với máy bay trực thăng nhỏ thì có thể đặt ở trục cánh cân bằng của máy bay. Nhìn chung việc đặt anten trên máy bay trực thăng là rất phức tạp.

Các yêu cầu về độ chính xác đối với các ứng dụng trên máy bay được liệt kê trong bảng dưới đây:

Bảng 6.3. Yêu cầu độ chính xác trong ứng dụng hành không.

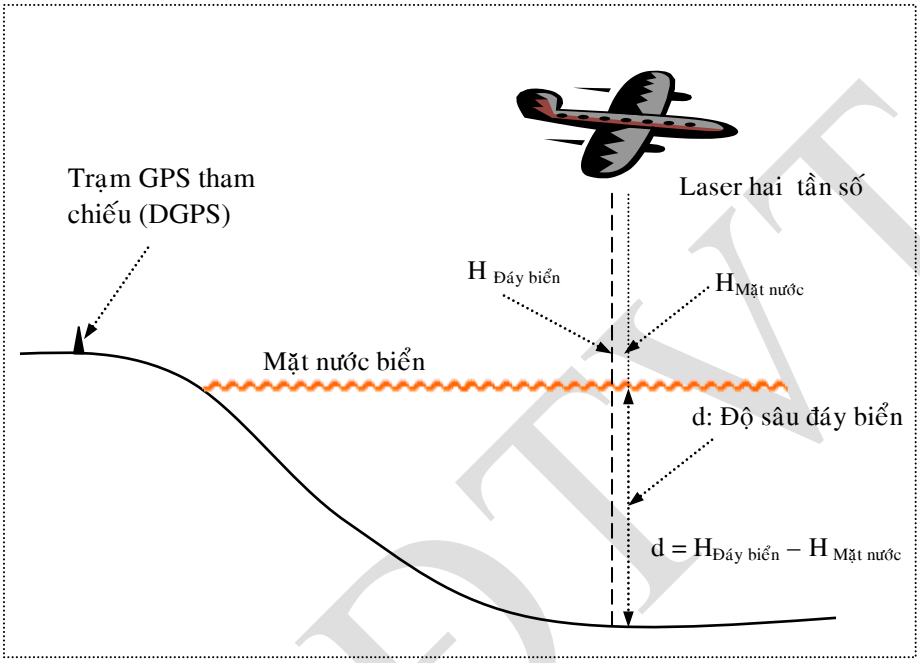
Ứng dụng	Yâu cầu độ chính xác
Đo độ sâu bằng Laser	15-20m
Định vị cứu sinh	10-15m
Tam giác ảnh	1-2m
Trọng trường hàng không	2m chiều cao 10cm/s vận tốc
Định vị điểm khống chế	<0.5m
Lát cắt Laser	<0.5m

6.5.1 Đo sâu Laser

Một trong những hệ thống hàng không đã được phát triển để đo sâu vùng nước nông là máy đo sâu Lindar (lindar bathymetry). Máy gồm một laser tần số kép, một tần số phản

BM ĐTVT

xạ tại mặt nước và một tần số xuyên qua mặt nước và phản xạ tại đáy biển. Như vậy độ sâu tại đó được xác định bằng cách lấy hiệu hai chiều cao đo được từ máy đo. Để lập mặt cắt độ sâu ta phải xác định khoảng cách máy bay dưới dạng hàm thời gian. Mặc dù đã có những hệ thống dẫn đường chính xác tới 15-20m, GPS được trang bị cho các ứng dụng, do nó có thể hoạt động ở những vùng xa xôi.



Hình 6.6. Ứng dụng đo độ sâu đáy đại dương.

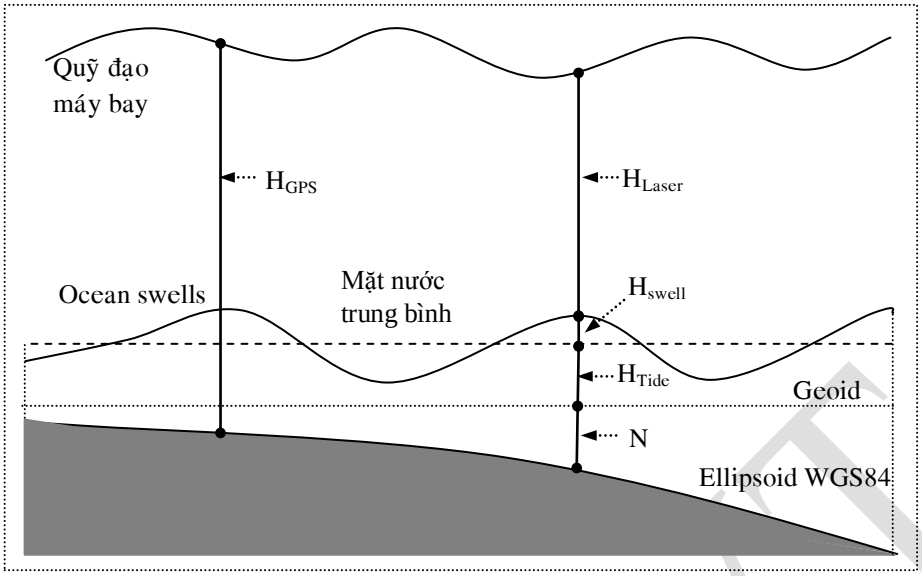
6.5.2 Máy bay GPS định vị động và ứng lập bản đồ hải dương học

Độ sâu đáy biển có thể được đo bằng máy đo sâu Lindar, tuy nhiên việc đo độ sâu sẽ bị ảnh hưởng khi gặp hiện tượng nước trồi (sea swell) hay hiện tượng triều cục bộ (local tide) trên biển. Để khắc phục hiện tượng này người ta sử dụng hệ thống LADS (The Laser Airborne Depth Sounder) kết hợp với một máy thu GPS định vị động gắn trên máy bay. Máy thu GPS định vị động sẽ cung cấp độ cao của máy bay và hệ thống (LADS) sẽ đo khoảng cách từ máy bay tới mặt nước biển và độ cao từ máy bay đến mặt nước biển. Độ cao mặt nước và bản đồ độ sâu được xác định qua các trị đo này.

Tính khả thi và độ chính xác của kỹ thuật định vị động GPS trên ứng dụng máy bay phạm vi rộng (long-range airborne application), kết hợp laser đo sâu và kỹ thuật LADS cung cấp cho ta khoảng cách từ máy bay tới bề mặt nước biển, cho phép lập bản đồ hải dương học với độ chính xác cao.

Sự kết hợp hai kỹ thuật trên được sử dụng để xây dựng bản đồ hải dương học, nếu độ cao mặt nước trên ellipsoid là hằng số trong một vùng nhỏ.

BM ĐTVT



Hình 6.7. Xác định bề mặt nước biển bằng kỹ thuật tích hợp GPS-LADS

Hệ thống LADS dùng tia hồng ngoại để xác định khoảng cách từ máy bay tới mặt nước, với tốc độ lấy mẫu 168Hz. Dữ liệu này có thể kết hợp với độ cao quỹ đạo của máy thu GPS để xác định được điểm thấp nhất của mặt cách nước biển. Độ cao quỹ đạo GPS (HGPS) được tham chiếu đến ellipsoid WGS84 và chiều cao laser của LADS (Hlaser) tham chiếu đến điểm thấp nhất của mặt nước. N là độ cách biệt của bề mặt Geoid địa phương (local Geoid). Và Htide là độ cao được nâng lên bởi thủy triều địa phương. Quan hệ của chúng được biểu diễn như sau:

$$H_{GPS} - H_{laser} = H_{swell} + H_{Tide} + N$$

Trong đó:

HSwell: độ cao trồi lên của nước biển.

Để loại bỏ các độ lệch tuyến tính gây ra bởi trị nhập nhằng người ta dùng các phép nội suy (phần mềm nội suy AUSLIG). Sau khi loại bỏ độ cao Geoid, một phép tuyến tính được áp dụng để loại bỏ các số hạng hằng và số hạng độ dốc trong Hswell + HTide. Điều này có nghĩa là số hạng hằng và độ dốc sẽ được loại bỏ sau mỗi lần chạy. Tuy nhiên có thể bỏ qua nó trong ứng dụng vì độ lệch này rất nhỏ. Bước cuối cùng là lưu lại giá trị độ cao của Geoid. Từ đó suy ra độ cao mặt nước biển được xác định.

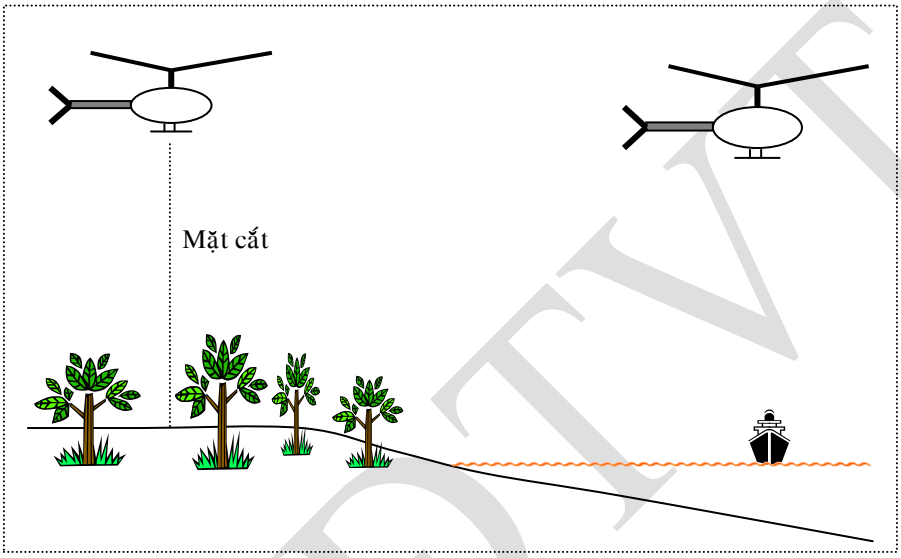
6.5.3 Ứng dụng trên máy bay trực thăng lập mặt cắt Laser

Ưu điểm chủ yếu của việc dùng máy bay trực thăng thay cho máy bay cánh cố định là tính cơ động của loại máy bay này. Tính đứng yên, di chuyển nhanh và yêu cầu khoảng không gian nhỏ để hạ cánh mở ra những khả năng những ứng dụng mới cho máy bay trực thăng, Sử dụng loại máy bay này ta có thể định vị vật thể hoặc vị trí không thể hạ cánh như định vị các phao nổi hay các vị trí trong rừng rậm.

BM ĐTVT

Có thể lập mặt cắt tại các vùng có địa hình nhấp nhô một cách dễ dàng. Nhiều kỹ thuật trắc địa quán tính hiện đang sử dụng trên máy bay trực thăng được thay thế bằng các kỹ thuật GPS.

Để định vị điểm khống chế và lập mặt cách địa hình bằng laser, cần phải đạt độ chính xác khoảng 0.5m. Điều này đòi hỏi dùng phương pháp đo pha tương đối hoặc một phương pháp tích hợp thích hợp. Phương pháp đo pha tương đối hoặc kết hợp tương đối đủ chính xác để dùng cho ứng dụng nhưng ta cần phải lưu ý tới tư thế bay của trực thăng. Hệ tích hợp là tốt nhất cho ứng dụng này.



Hình 6.8. Lập mô hình mặt cắt địa hình bằng kỹ thuật Laser-GPS

Tùy thuộc vào các ứng dụng yêu cầu độ chính xác mà ta chọn phương pháp cũng như mô hình của GPS để áp dụng. Điều này muốn nói rằng ta phải đảm bảo được độ chính xác của GPS phải cao hơn hoặc bằng với yêu cầu độ chính xác của ứng dụng. Tất nhiên cũng không nên dùng các phương pháp có độ chính xác cao để áp dụng các ứng dụng đòi hỏi độ chính xác vừa phải để tránh việc lãng phí không cần thiết.

BM ĐTVT

Tài Liệu Kham Khảo

[01] DAVID WELLS,'GPS Positioning', Canadian GPS Associates, 1986-1987.

[02] TRIMBLE, 'Trimble Servey Controller Reference Manual'.

[03] LÊ VĂN HƯNG: 'Sổ tay định vị GPS', Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, 1997.

[04] JEFF HURN: 'GPS a Guide to the Next Utility', Trimble Navigation, 1989.

[05] Michael Kennedy,'Global Positioning System and GIS: An Introduction', Ann Arbor Press, Inc.

[06] GPS WORLD MAGAZINE, tháng 2 - 1996.

[07] GPS WORLD MAGAZINE, tháng 7 - 1998.

[08] GPS WORLD MAGAZINE, tháng 2 - 2001.

[09] GPS WORLD MAGAZINE, tháng 7 - 2001.

[10] GPS WORLD MAGAZINE, tháng 10 - 2001.

[11] GPS WORLD MAGAZINE, tháng 11 - 2001.

[12] GPS WORLD MAGAZINE, tháng 1 - 2002.

[13] GPS WORLD MAGAZINE, tháng 2 - 2002.

[14] GPS WORLD MAGAZINE, tháng 3 - 2002.

[15] GPS WORLD MAGAZINE, tháng 10 - 2002.

[16] GPS WORLD MAGAZINE, tháng 11 - 2002.

[17] GPS WORLD MAGAZINE, tháng 12 - 2002.

BM ĐTVT