

Chương 3: MỘT SỐ HỆ THỐNG ĐỊNH VỊ TOÀN CẦU KHÁC

3.1. Hệ thống Glonass

Glonass là hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu của Liên bang Nga, dùng cho cả mục đích dân sự lẫn quân sự, tương tự như GPS (NAVSTAR) của Hoa Kỳ hay Galileo của Liên minh châu Âu.

Từ năm 1976, Bộ quốc phòng Liên Xô đã nghiên cứu thiết kế xây dựng hệ thống định vị toàn cầu GLONASS (*GLobal Navigation Satellite System*). Ngày 12 tháng 10 năm 1982 vệ tinh đầu tiên của GLONASS được phóng lên quỹ đạo.

Hiện nay hệ thống GLONASS tiếp tục được duy trì và phát triển dưới sự quản lý, bảo trì của Bộ quốc phòng Nga. Tương tự như hệ thống GPS, GLONASS là một hệ thống định vị toàn cầu quân sự.

Hệ thống GLONASS cũng được cấu thành bởi 3 đoạn là đoạn không gian, đoạn điều khiển và đoạn sử dụng. GLONASS sử dụng hệ thống tọa độ PZ-90 và hệ thống giờ UTC(SU).

3.1.1. Cấu trúc của hệ thống GLONASS

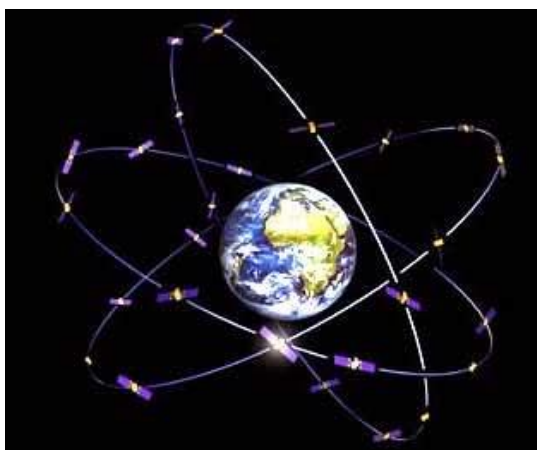
3.1.1.1. Đoạn không gian

Đoạn không gian của hệ thống GLONASS bao gồm 24 vệ tinh hoạt động trên 3 quỹ đạo gần tròn. Trên mỗi quỹ đạo có 8 vệ tinh. Góc nghiêng (i) của các mặt phẳng quỹ đạo với mặt phẳng xích đạo là $64^{\circ},8$. Các mặt phẳng quỹ đạo được phân bố đều cách nhau 120° trên Xích đạo. Độ cao của các vệ tinh là 19100 km, do đó chu kỳ của vệ tinh là 11h15 phút. Trọng lượng vệ tinh xấp xỉ 1400kg, 2 cánh vệ tinh là pin mặt trời, có diện tích trên $23m^2$. Thời kỳ đầu, tuổi thọ của các vệ tinh được thiết kế khoảng 3 năm. Hiện nay tuổi thọ của các vệ tinh GLONASS thế hệ mới đã kéo dài khoảng 7-10 năm. Trên hình 2-5 là vệ tinh GLONASS-K. Dựa trên tần số chuẩn của đồng hồ nguyên tử, các vệ tinh GLONASS phát tín hiệu L1 và L2 có tần số khác nhau được xác định theo công thức:

$$f_{L1}^k = 1602MHz + k.0,5625MHz$$

$$f_{L2}^k = 1246MHz + k.0,4375MHz$$

trong đó k là số hiệu vệ tinh ($k=1,2...24$).



Hình 3.1. Quỹ đạo chuyển động của VT Glonass



Hình 3.2. Vệ tinh GLONASS-K

Tín hiệu GLONASS cũng được điều biến theo code tựa ngẫu nhiên để làm cơ sở cho đo khoảng cách giả. Hệ thống GLONASS cũng sử dụng C/A code có tần số 0,511 MHz, và sử dụng P-code có tần số 5,11 MHz làm code cơ sở trong đo khoảng cách giả, do đó được gọi là code khoảng cách.

Hệ thống GLONASS sử dụng kỹ thuật phân chia đa tần số để thiết bị thu tiếp nhận tín hiệu, ký hiệu là FDMA (*Frequency Division Multiple Access*), trong khi đó hệ thống GPS sử dụng kỹ thuật phân chia đa code để thiết bị thu tiếp nhận tín hiệu - CDMA (*Code Division Multiple Access*). Các sóng tải được điều biến bởi các code và nhờ đó thông tin được chuyển tới máy thu.

Từ năm 2009, các vệ tinh GLONASS-K có khả năng phát thêm tín hiệu L3. Theo chương trình hiện đại hoá hệ thống GLONASS, các vệ tinh thế hệ mới có thể sử dụng cả kỹ thuật phân chia đa code CDMA tương tự như hệ thống GPS.

Tính đến tháng 9/2007, có 11 vệ tinh GLONASS hoạt động trên quỹ đạo, trong đó có 7 vệ tinh GLONASS-M và 4 vệ tinh GLONASS (cũ). Theo kế hoạch, đến năm 2010 sẽ đủ 24 vệ tinh của hệ thống GLONASS, trong đó có các vệ tinh GLONASS-K.

3.1.1.2. Đoạn điều khiển

Đoạn điều khiển của hệ thống GLONASS gồm 5 trạm quan sát (*TT&C- Telemetry, Tracking and Control stations*) đặt trên lãnh thổ Nga, được liên kết chung với trạm điều khiển trung tâm (*SCC- System Control Center*). Từ năm 1999, Nga đã phối hợp với một số nước khác để tăng cường thêm trạm quan sát vệ tinh GLONASS đặt ở ngoài nước Nga.



Hình 3.3. Đoạn điều khiển của hệ thống GLONASS

Vai trò của đoạn điều khiển mặt đất có các nhiệm vụ sau:

- Giám sát hoạt động của các vệ tinh trên quỹ đạo
- Hiệu chỉnh liên tục các tham số quỹ đạo vệ tinh
- Tạo ra và chuyển lên vệ tinh các chương trình được gán nhãn thời gian (*time-tagged*), các lệnh điều khiển và các thông tin chuyên dụng.

3.1.1.3. Đoạn sử dụng

Đoạn sử dụng gồm các máy thu tín hiệu vệ tinh GLONASS. Nhóm máy phục vụ công tác đo đạc hàng sử dụng L1, C/A code và pha sóng tải. Nhóm máy phục vụ công tác trắc địa sử dụng L1: C/A code, P-code, pha sóng tải và L2: P code và pha sóng tải. Một số hãng chế tạo thiết bị định vị đã chế tạo máy thu GPS kết hợp GLONASS như Ashtech Z-18 (Mỹ), GB-1000 của hãng Topcon (Nhật Bản), máy thu OEMV-1G, OEMV-2, OEMV-3 là loại máy thu tích hợp công nghệ GPS và GLONASS.



Hình 3.4. Máy thu GLONASS/GPS

3.1.2. Đặc điểm của hệ thống GLONASS

Định vị bằng vệ tinh GLONASS được thực hiện trong hệ PZ-90 và trong hệ thống thời gian UTC(SU), và sử dụng giờ Mạc tư khoa (MT=UTC+3 h từ 0h ngày 1 tháng 1 năm 1983).

Hệ thống tọa độ PZ-90 có các tham số sau:

- Ellipsoid có kích thước: $a=6378136\text{m}$ và độ dẹt cực: $f=1/298,257$
- Hằng số trọng trường tổng hợp: $GM = 398600,44 \cdot 10^9 \text{m}^3/\text{s}^2$
- Tốc độ quay của Trái đất: $\omega = 7292115 \cdot 10^{-6} \text{rad/s}$
- Hệ số hàm điều hòa bậc 2, $j_2 = -1082,63 \cdot 10^{-6}$

Hệ quy chiếu PZ-90-02 được xác định chính xác. Sai lệch gốc tọa độ giữa PZ-90-02 với ITRF-2000 khoảng vài chục cm.

3.2. Hệ thống Galileo

Từ những năm 80 của thế kỷ trước, Cơ quan hàng không vũ trụ Pháp (CNES) đã đưa ra ý tưởng xây dựng hệ thống định vị riêng của Châu Âu, đồng thời cũng là hệ thống định vị toàn cầu, nhưng cơ quan này không đủ khả năng để thực hiện công việc trên, không chỉ vì thiếu nguồn tài chính mà còn vấn đề về công nghệ. Yêu cầu này đã được đáp ứng khi có sự hợp tác của những quốc gia khác trong Cộng đồng Châu Âu (EU).

Trong thời gian đầu, hệ thống này được thiết lập dựa trên hệ thống định vị toàn cầu GPS của Mỹ và hệ thống GLONASS của Nga. Tuy vậy, để đảm bảo tính độc lập của các quốc gia trên lãnh thổ EU là thiết lập một hệ thống vệ tinh dẫn đường mang đặc thù Châu Âu có tên là Galileo.

3.2.1. Cấu trúc của hệ thống GALILEO

Cấu trúc và chức năng của GALILEO tương tự như các hệ thống GPS và GLONASS là dựa trên các vệ tinh chuyển động trên các quỹ đạo quanh Trái đất. Trái tim của hệ thống là đồng hồ nguyên tử có độ chính xác rất cao nằm trong các vệ tinh.

Hệ thống GALILEO cũng gồm 3 thành phần cấu thành đó là:

3.2.1.1. Đoạn không gian

Gồm 30 vệ tinh phân bố trên 3 mặt phẳng quỹ đạo, sẽ có 27 vệ tinh hoạt động còn 3 vệ tinh sẽ được dự trữ cho trường hợp vệ tinh nào đó bị hỏng. Như vậy

trên mỗi quỹ đạo sẽ có 1 vệ tinh dự trữ và 9 vệ tinh hoạt động phân bố cách đều nhau trên quỹ đạo (cách 40^0). Các mặt phẳng cũng được phân bố cách đều nhau 120^0 . Các mặt phẳng quỹ đạo có góc nghiêng là 56^0 . Với góc nghiêng như vậy, hệ thống sẽ phục vụ tốt cho vùng có độ vĩ cao (đến 75^0). Tất cả các quỹ đạo vệ tinh có dạng hình tròn. Vệ tinh chuyển động ở độ cao 23616 km so với bề mặt trái đất và chu kỳ chuyển động 1 vòng quỹ đạo hết 14h21 phút. Các vệ tinh thử nghiệm GIOVE-A và GIOVE-B của hệ thống GALILEO được đưa lên vào các năm 2005 và 2008. Tính đến tháng 1 năm 2011, hệ thống GALILEO đã có 14 vệ tinh và theo kế hoạch đến tháng 2 năm 2012 có thêm 8 vệ tinh để có tổng số là 22 vệ tinh.

Các vệ tinh GALILEO có trọng lượng 650 kg và có hệ thống pin mặt trời tạo năng lượng 1.5 KW. Mỗi vệ tinh có 2 đồng hồ nguyên tử Rubin và 2 đồng hồ nguyên tử Hydro để tạo ra thời gian và tần số chuẩn tín hiệu cùng với gương phản chiếu laser.



Hình 3.5a. Vệ tinh Galileo



Hình 3.5b. Quỹ đạo chuyển động của hệ thống Galileo

3.2.1.2. Đoạn mặt đất

Đoạn mặt đất bao gồm một số trạm mặt đất nằm trên lãnh thổ Châu Âu và cả các trạm ngoài Châu Âu, có chức năng truyền thông tin và kiểm tra. Đây là thành phần cần thiết để gửi và nhận thông tin từ các vệ tinh GALILEO phục vụ kiểm tra và điều khiển, bằng cách này có thể tạo ra các thông tin dịch vụ như số liệu tích hợp, dịch vụ cứu hộ cũng như các thông tin thương mại khác. Các trạm kiểm tra vệ tinh bổ sung sẽ đóng vai trò như các trạm giám sát và kiểm tra đôi với mỗi vệ tinh.

Đoạn mặt đất có các nhiệm vụ sau:

- Điều khiển và kiểm tra các tham số đạo hàng cơ bản, xác định chính xác quỹ đạo vệ tinh và sự đồng bộ của các đồng hồ.

- Xác định và truyền phát thông qua các vệ tinh các số liệu liên quan đến cảnh báo sự cố của hệ thống.

- Phát đi các thông tin đến những đơn vị thành viên và các trung tâm dịch vụ làm nhiệm vụ thương mại, nhiệm vụ cứu hộ, tìm kiếm.

3.2.1.3. Đoạn sử dụng

GALILEO bao gồm nhiều nhóm sử dụng với nhiều chủng loại máy thu, mà mỗi loại máy thu đòi hỏi các thông tin khác nhau. Để đáp ứng các yêu cầu đó, GALILEO sẽ thỏa mãn các mức dịch vụ khác nhau ở 2 mức tiêu chuẩn:

- Mức cơ bản miễn phí: Phục vụ các công việc phổ biến tương tự như GPS trong dịch vụ SPS.

- Mức đòi hỏi cơ chế: đối với các ứng dụng thương mại và chuyên nghiệp, phục vụ với độ chính xác cao và cần có thêm dịch vụ cung cấp thông tin bổ sung.

Hệ thống GALILEO không chỉ cung cấp các dịch vụ về định vị mà còn xác định thời gian chính xác.

3.2.2. Đặc điểm tín hiệu và phương pháp định vị

Khi thiết kế xây dựng hệ GALILEO, người ta quan tâm đến vấn đề phối hợp hoạt động giữa hai hệ thống GPS-GALILEO, liên quan đến các dịch vụ sử dụng tần số sóng tải.

Vấn đề quan trọng trong thiết kế tần số sử dụng của GALILEO là phải chú ý tới tính an toàn, và khả năng định vị ở các thành phố lớn. Các tần số mà hệ GALILEO sử dụng được chia ra như sau:

Bảng 3.1. Tần số sử dụng của GALILEO

TT	Kí hiệu giải tần	Tần số (MHz)
1	E5a(L5)	1176.45
2	E5b	1207.14
3	E6	1278.75
4	E2-L1-E1	1575.42

Các tần số này phục vụ cho các dịch vụ sau:

- Dịch vụ mở (*open service*): miễn phí với mọi đối tượng. Người dùng có thể sử dụng 2 [tần số](#) L1 và E5A. Độ chính xác đối với máy thu 2 tần số là 4 m cho phương ngang và 8 m cho chiều thẳng đứng. Đối với máy thu 1 tần số (L1), độ chính xác là 15 m và 35 m, tương đương với [GPS](#) hiện thời.

- Dịch vụ trả tiền (*commercial service*): dành cho các đối tượng cần có độ chính xác < 1 m với một khoản phí nhất định. Dịch vụ này sẽ được cung cấp thông qua tần số thứ 3 (E6).

- Dịch vụ cứu hộ (*safety of life service*): dành riêng cho cứu hộ, độ bảo mật cao, chống gây nhiễu sóng.

- Dịch vụ công cộng (*public regulated service*): dành riêng cho chính phủ và quân đội của các nước [Liên minh châu Âu](#). Đặc biệt bảo mật, độ tin cậy cao.

3.3. Hệ thống Compass

COMPASS hay Beidou-2 (Bắc Đẩu - 2) là hệ thống định vị toàn cầu của Trung Quốc, được hình thành dựa trên cơ sở hệ thống định vị vệ tinh khu vực với tên gọi là Beidou-1 (Bắc Đẩu -1). Ban đầu, chương trình Bắc Đẩu -1 là hệ thống định vị sử dụng một số vệ tinh địa tĩnh GEO, phục vụ cho mục đích quân sự của Trung Quốc, từ năm 2004 được mở rộng ra cho các mục đích dân sự. Đầu năm 2007, 2 vệ tinh của hệ thống được phóng thành công lên quỹ đạo, đã mở rộng phạm vi ứng dụng của hệ thống này ra vùng lân cận của Trung Quốc. Từ đó, hệ thống COMPASS bắt đầu được phát triển để trở thành một hệ thống định vị toàn cầu. Nguyên lý hoạt động cũng giống như các hệ thống định vị khác trên thế giới thì hệ thống định vị COMPASS hoạt động dựa trên nguyên lý tương tác, thu nhận và chuyển đổi dữ liệu giữa các hợp phần.

Thông qua các quá trình thu nhận tín hiệu từ các thiết bị thu của vệ tinh rồi chuyển đến các trung tâm điều khiển, tại đây tiến hành các quá trình dịch mã và chuyển đổi dữ liệu sau đó các kết quả thu được lại được truyền đến người sử dụng thông qua hệ thống các thiết bị thu – phát tín hiệu trên mặt đất.

Bộ phận không gian phát các loại sóng với các tần số khác nhau, với đặc trưng cho từng đối tượng, vị trí ra trong không gian. Bộ phận điều khiển thu nhận và xử lý các tín hiệu đó (thông qua các chương trình đã được lập trình sẵn) để thu nhận

các mảng thông tin khác nhau rồi trả lại các vệ tinh tín hiệu đã được giải mã để truyền tới bộ phận sử dụng.

Từ năm 2000, Trung Quốc đã đưa 4 vệ tinh Compass thử nghiệm vào vũ trụ để hình thành nên một hệ thống định vị kiểm tra. Hệ thống này có khả năng cung cấp thời gian và thông tin về hệ thống định vị toàn cầu (GPS) cho Trung Quốc cùng một số nước láng giềng. Nó đã được sử dụng rộng rãi và đóng một vai trò to lớn trong các lĩnh vực giao thông, đánh bắt hải sản trên biển, dự báo thời tiết, giám sát các công trình thủy điện, giảm nhẹ thiên tai.

Tương tự như hệ thống định vị toàn cầu khác, hệ thống COMPASS có cấu trúc gồm 3 bộ phận: Đoạn không gian, đoạn mặt đất, đoạn sử dụng

3.3.1. Đoạn không gian

Theo thiết kế, đoạn không gian của COMPASS bao gồm 27 vệ tinh ở quỹ đạo trung bình MEO, 3 vệ tinh quỹ đạo nghiêng đồng bộ Trái đất IGSO và 5 vệ tinh địa tĩnh GEO.

Các vệ tinh GEO của hệ thống COMPASS gồm 3 vệ tinh địa tĩnh được đưa lên quỹ đạo vào những năm 2000 và 2003, có vị trí quỹ đạo như sau:

Bảng 3.2. Các vệ tinh GEO của hệ thống COMPASS/Beidou-1

Vệ tinh GEO	Ngày phóng	Vị trí quỹ đạo
Beidou-1A	30-10-2000	140 ⁰ B
Beidou-1B	21-12-2003	80 ⁰ E
Beidou-1C	25-05-2003	110,5 ⁰ E

Từ năm 2007, chương trình xây dựng hệ thống định vị toàn cầu COMPASS/Beidou-2 được triển khai. Các vệ tinh địa tĩnh GEO của hệ thống tiếp tục được đưa lên quỹ đạo Beidou-ID (2007) có vị trí quỹ đạo là 58.75⁰E và vệ tinh Beidou-1E, có vị trí quỹ đạo là 160⁰E. Ba vệ tinh IGSO có đặc điểm như sau:

- Bán kính quỹ đạo: 42164 km
- Tâm sai ellip quỹ đạo= 0
- Góc nghiêng mặt phẳng quỹ đạo: 55⁰
- Độ kinh nút mọc của ba quỹ đạo: 0⁰, 120⁰ và 240⁰.

Vệ tinh quỹ đạo trung bình MEO đầu tiên được đưa lên quỹ đạo vào ngày 13 tháng 4 năm 2007. Vệ tinh MEO có độ cao 21550 km, với ba mặt phẳng quỹ đạo,

góc nghiêng mặt phẳng quỹ đạo là 55° . Chu kỳ quỹ đạo vệ tinh MEO là 12h50m. Các vệ tinh MEO phát đi tín hiệu ở 4 sóng tải:

- B1-2: 1589,74 MHz (E1)
- B-1: 1561,1 MHz (E2)
- B-2: 1207,14 MHz (E5b)
- B3: 1268,52 (E6)

Với quỹ đạo của hệ thống COMPASS, số lượng vệ tinh có thể quan sát đồng thời tại một điểm trên bề mặt trái đất sẽ nhiều hơn các hệ thống định vị khác. Người ta đã tính rằng, tại Bắc Kinh, số vệ tinh GPS quan trắc đồng thời trung bình là 8,75 vệ tinh, nhưng với hệ thống COMPASS, số vệ tinh quan trắc được trung bình là 14,87 vệ tinh.



Hình 3.6. Quỹ đạo VT của COMPASS



Hình 3.7. Vệ tinh Beidou thứ 6

3.3.2. Đoạn mặt đất

Đoạn mặt đất bao gồm 1 trạm chủ, 2 trạm điều khiển cập nhật và 30 trạm theo dõi. Công nghệ đo khoảng cách laser đến vệ tinh MEO được áp dụng để chính xác hóa quỹ đạo vệ tinh. Hiện nay có một số trạm mặt đất được trang bị thiết bị đo laser đến vệ tinh (SRL).

3.3.3. Đoạn sử dụng

Đoạn sử dụng bao gồm các máy thu Compass và các máy thu khác có sử dụng chung tín hiệu vệ tinh Compass với vệ tinh Glonass khác. Một số hãng chế tạo máy thu của Trung Quốc đã chế tạo máy thu tín hiệu từ các vệ tinh Bắc Đẩu-1 và các vệ tinh COMPASS.

Theo dự kiến thì COMPASS sẽ hoàn thành giai đoạn hai vào 2012 phục vụ cho châu Á-Thái Bình Dương, năm 2020 sẽ hoàn thành giai đoạn ba và sẽ trở thành một hệ thống định vị toàn cầu hoàn chỉnh. Như vậy nếu COMPASS hoàn tất thì trên toàn cầu sẽ có tất cả 112 vệ tinh của hệ thống GNSS.

Hiện nay, cuối giai đoạn hai, theo dịch vụ mở thì độ chính xác định vị là ± 10 m, sai số thời gian là ± 20 ns và sai số xác định vận tốc là $\pm 0,2$ m/s. Nhờ sự phân bố các vệ tinh GEO và IGSO trên quỹ đạo, hệ thống COMPASS phục vụ cho vùng châu Á tốt hơn các vùng khác.

Câu hỏi ôn tập chương 3

1. Cấu trúc và đặc điểm của hệ thống Glonass?
2. Cấu trúc và đặc điểm của hệ thống Galileo
3. Cấu trúc và đặc điểm của hệ thống Compass

Chương 4. ỨNG DỤNG CỦA GPS TRONG TRẮC ĐỊA

4.1. Ứng dụng GPS trong xây dựng các mạng lưới trắc địa

Những ứng dụng đầu tiên của công nghệ GPS hay nói rộng hơn là công nghệ GNSS trong trắc địa-bản đồ là đo đạc các mạng lưới trắc địa mặt bằng. Năm 1983 bằng công nghệ GPS người ta đã xây dựng mạng lưới trắc địa ở Eifel (Đức) và sau đó cũng có nhiều mạng lưới khác cũng được xây dựng như Montgomery Country, Pennsylvania (Mỹ)...Ưu điểm chủ yếu và quan trọng nhất của công nghệ GPS là có xác định được các vector cạnh giữa các điểm trắc địa với độ chính xác cao mà không đòi hỏi tầm thông hướng giữa các điểm đó.

Từ khi công nghệ GPS hay GNSS được sử dụng trong trắc địa, một số quy tắc và quy chuẩn phân cấp lưới tọa độ trước đây bị thay đổi, xuất hiện thêm các lưới cạnh dài. Người ta đã đưa ra các khái niệm mới đối với lưới trắc địa đó là các mạng lưới thụ động và các mạng lưới tích cực.

- Các mạng lưới thụ động (Passive Control Networks) còn gọi là mạng lưới tĩnh mạng lưới đo tĩnh, đó là các mạng lưới có các mốc cố định trên mặt đất được đo với độ chính xác cao và là lưới cơ sở trắc địa trải rộng liên tục trên một diện tích nhất định. Các số liệu của các điểm trong lưới được coi là không đổi và không có sai số. Các mạng lưới này thường có sai số tương đối đo chiều dài cỡ 1:250000 và độ cao cỡ một vài mm trên 1 km rộng liên tục trên một diện tích nhất định. Các số liệu của các điểm trong lưới được coi là không đổi và không có sai số. Các mạng lưới này thường có sai số tương đối đo chiều dài cỡ 1:250000 và độ cao cỡ 1 vài mm trên 1 km.

- Các mạng lưới tích cực (Active Control Networks) còn gọi là mạng lưới động đó là các mạng lưới gồm một số điểm cố định có vai trò là các trạm theo dõi (Monitor Stations) làm cơ sở để xác định tọa độ cho nhiều điểm khác. Các điểm cần xác định tọa độ cũng có thể là các điểm chuyển động cần xác định tọa độ tức thời. Chính công nghệ GNSS là cơ sở để hình thành các mạng lưới động.

Ở Việt Nam sau một thời gian ngắn thử nghiệm đo và xử lý số liệu từ những năm 1991-1992 chúng ta đã sử dụng công nghệ GNSS để xây dựng một số mạng lưới hạng II ở những vùng khó khăn như Minh Hải, Tây Nguyên...Ưu điểm nổi bật của công nghệ GNSS so với công nghệ truyền thống trong đo đạc các mạng lưới tọa

độ nhà nước là không cần thông hướng giữa các điểm, do đó đã giảm được chi phí dựng cột tiêu và phát tuyến thông hướng và rút ngắn thời gian thi công mạng lưới.

Với những ưu điểm nêu trên công nghệ GNSS đã nhanh chóng chiếm vai trò quan trọng trong xây dựng các mạng lưới tọa độ nhà nước. Bằng công nghệ GNSS, trong các năm 1994-2003 chúng ta đã xây dựng mạng lưới địa chính cơ sở tương đương với lưới hạng III quốc gia cho các địa phương trong cả nước. Không những vậy hiện nay các thiết bị GNSS ngày càng phổ cập rộng rãi ở các đơn vị đo đạc, nhiều mạng lưới cấp thấp cũng đã được đo bằng công nghệ GNSS thay thế cho các mạng lưới tương đương GT-1, GT-2 hoặc các đường chuyền cùng cấp. Nhiều mạng lưới trắc địa công trình phục vụ xây dựng nhà máy, khu công nghiệp, công trình đầu mối thủy điện, cầu vượt sông, hầm xuyên núi đã được đo bằng công nghệ GNSS.

Khi sử dụng công nghệ GPS thành lập các mạng lưới thì ta cần chú ý một số đặc điểm sau:

- + Tín hiệu GPS thuộc dải sóng radio cực ngắn là dạng sóng truyền thẳng, do vậy tại điểm GPS cần bảo đảm sự thông thoáng giữa các máy thu và vệ tinh. Đây là một đặc điểm cần lưu ý trong giai đoạn chọn điểm GPS.

- + Mật độ điểm không nhất thiết phải đồng đều như lưới đo góc, đo cạnh, không nhất thiết phải bố trí lưới GPS có kết cấu dạng lưới tam giác (gần đều) đối với vùng phát triển thì cần bố trí mật độ điểm dày hơn những vùng ít phát triển.

- + Đối với lưới GPS, yêu cầu thông hướng giữa một số cặp điểm là cần thiết khi có yêu cầu phát triển lưới cấp tiếp theo bằng phương pháp truyền thống.

- + Để thiết kế lưới GPS cần có bản đồ tỷ lệ thích hợp. Ngoài ra cũng có thể sử dụng bản đồ giao thông để phục vụ cho mục đích này. Vị trí của tất cả các điểm GPS dự kiến cùng với các điểm gốc đã biết cần được vẽ lên bản đồ. Sau khi đã vẽ các điểm của mạng lưới lên bản đồ, có thể tiến hành công tác khảo sát thực địa. Mục đích của việc khảo sát thực địa này là để xác định điều kiện đo của từng điểm có thỏa mãn điều kiện đo hay không và phương án di chuyển khi đo lưới.

- + Ngoài một số yêu cầu chung về vị trí chôn mốc trắc địa như phải có nền đất ổn định, có điều kiện bảo quản mốc lâu dài, khi chọn điểm GPS còn phải lưu ý ba điều cơ bản sau:

- Các vật cản xung quanh điểm đo có độ cao không quá 150 để tránh cản tín hiệu.

- Không quá gần các bề mặt phản xạ như cầu kiện kim loại, các hàng rào, mặt nước... vì chúng có thể gây ra hiện tượng đa đường dẫn.

- Không quá gần các thiết bị điện như trạm phát sóng, đường dây cao áp... có thể gây ra sự nhiễu tín hiệu.

4.1.1. Khái niệm lưới GPS

Lưới không chế trắc địa được xây dựng bằng công nghệ GPS được gọi là lưới GPS.

Trị đo trong lưới GPS là Baseline, mỗi trị đo này lại gồm 3 trị đo thành phần là ΔX , ΔY , ΔZ và chúng không độc lập mà tương quan với nhau. Vì Baseline là cạnh không gian nên lưới GPS là lưới không gian, nghĩa là sau khi xây dựng lưới GPS ta có cả tọa độ mặt bằng và độ cao của các điểm lưới.

Trên thế giới, những lưới GPS đầu tiên được xây dựng năm 1983, ở Đức và ở Mỹ. Hiện nay nhiều quốc gia trên thế giới đã ứng dụng công nghệ GPS để xây dựng các lưới không chế quốc gia của mình.

Tại Việt Nam, công nghệ GPS được đưa vào năm 1990, sau một thời gian thử nghiệm đã được sử dụng rộng rãi. Một số mạng lưới GPS đã được xây dựng như sau:

- Năm 1991 đến 1993, xây dựng lưới GPS cạnh ngắn khu vực Sông Bé - Minh Hải - Tây Nguyên gồm 117 điểm.

- Năm 1992 xây dựng lưới GPS cạnh dài gồm 36 điểm trên biển và trên đất liền.

- Năm 1995, xây dựng lưới GPS cấp "0" gồm 71 điểm phủ trùm toàn bộ lãnh thổ Việt Nam.

- Tháng 12/2004, xây dựng xong lưới Địa chính cơ sở hạng 3 gồm hơn 12000 điểm phủ trùm toàn lãnh thổ (trung bình mỗi xã có một điểm quốc gia).

- Gần đây, công nghệ GPS còn được ứng dụng để xây dựng các lưới quan trắc địa động như lưới địa động Lai Châu - Điện Biên, lưới địa động Sơn La.

Ngày nay, công nghệ GPS còn được ứng dụng để xây dựng hầu hết các lưới khống chế trắc địa như: Lưới địa chính 1, địa chính 2, các lưới đường chuyên, các lưới phục vụ cho trắc địa công trình trong mọi giai đoạn.

Lưới GPS có ưu điểm là độ chính xác cao, giữa các điểm không cần thông hướng, chiều dài cạnh lưới có thể thay đổi từ vài chục mét đến hàng trăm mét mà không ảnh hưởng đến độ chính xác của lưới. Nhưng lưới GPS cũng có nhược điểm là các điểm lưới phải thông hướng lên bầu trời nên sẽ gặp khó khăn khi áp dụng ở những nơi bị che khuất như rừng nguyên sinh, khu đô thị, các công trình bị che khuất,...

Có thể thấy rằng độ chính xác của lưới GPS ít phụ thuộc vào hình dạng, kết cấu lưới. Độ chính xác lưới GPS phụ thuộc vào chất lượng đo các cạnh, tức là phụ thuộc vào đồ hình vệ tinh khi đo, phụ thuộc vào điều kiện đo (thời tiết, nhiễu, tình trạng che chắn tín hiệu vv...) và phụ thuộc vào độ dài ca đo.

4.1.2. Phân cấp lưới GPS

Dựa vào chiều dài trung bình giữa hai điểm lân cận và độ chính xác của nó, lưới GPS được chia thành các hạng I, II, III, IV các cấp 1, 2. Khi thành lập lưới có thể thực hiện theo phương án tuần từ bao gồm tất cả các cấp, hạng hoặc lưới vượt cấp.

Các yêu cầu kỹ thuật chủ yếu của các cấp lưới GPS được nêu trong bảng 4.1.

*Bảng 4.1. Yêu cầu kỹ thuật chủ yếu của lưới GPS
được thành lập để đo vẽ bản đồ*

Cấp hạng	Chiều dài cạnh trung bình (km)	a(mm)	b (1×10^{-6})	Sai số trung phương tương đối cạnh yếu nhất
II	9	≤ 10	≤ 2	1/120 000
III	5	≤ 10	≤ 5	1/80 000
IV	2	≤ 10	≤ 10	1/45 000
1	1	≤ 10	≤ 10	1/20 000
2	<1	≤ 15	≤ 20	1/10 000

Độ chính xác chiều dài giữa hai điểm lân cận của các cấp lưới GPS được tính theo công thức:

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (b \cdot 10^{-6} \cdot D)^2} \quad (4.1)$$

trong đó: a - sai số cố định (mm); b - hệ số sai số tỷ lệ;
D - chiều dài cạnh đo (km)

4.1.3. Phân loại lưới GPS

Từ khi có công nghệ GPS, người ta đã đưa ra các khái niệm mới đối với lưới trắc địa đó là các mạng lưới tĩnh và các mạng lưới động.

4.1.3.1. Các mạng lưới tĩnh

Là các mạng lưới có các mốc cố định trên mặt đất được đo với độ chính xác cao và là cơ sở trắc địa trải rộng liên tục trên một diện tích nhất định. Các số liệu của các điểm trong mạng lưới được coi là không đổi và không có sai số.

Các mạng lưới này thường có độ chính xác đo chiều dài cạnh cỡ 1:250 000 và đo độ cao cỡ 1 vài mm trên 1 km. Có thể thấy rằng các mạng lưới này thuộc hệ thống lưới không chế toạ độ, độ cao nhà nước.

Tùy từng cấp hạng, độ chính xác và đặc điểm ứng dụng của các lưới GPS có thể có những quy định riêng, nhưng các mạng lưới tĩnh đều có quy trình thành lập chung.

4.1.3.2. Các mạng lưới động

Các mạng lưới động là các mạng lưới gồm một số điểm cố định có vai trò là các trạm theo dõi (Monitor Stations) làm cơ sở để xác định toạ độ cho nhiều điểm khác. Các điểm cần xác định toạ độ cũng có thể là các điểm chuyển động cần xác định toạ độ tức thời. Với ý tưởng này từ nguyên tắc đo GPS vi phân (DGPS) người ta đã xây dựng hệ định vị vi phân diện rộng WADGPS (Wide - Area differential GPS). Hệ thống ACS của Canada (*Canadian Active Control System*) là một thí dụ về loại lưới này. Mạng ACS được bắt đầu xây dựng năm 1985, bao gồm 20 trạm theo dõi bố trí đều có trạm chủ được đặt ở Ottawa.

4.2. Đo GPS động và các ứng dụng trong trắc địa bản đồ

4.2.1. Khái quát về đo động

4.2.1.1. Nguyên tắc đo GPS động

Đo GPS động là kỹ thuật đo thực hiện theo nguyên lý định vị tương đối, sử dụng ít nhất 2 máy thu, một máy đặt cố định tại điểm đã biết toạ độ gọi là trạm Base (trạm tĩnh), một máy vừa di chuyển vừa đo gọi là trạm Rover (trạm động), kết quả

xác định ra tọa độ tương đối giữa điểm trạm Base và hàng loạt các điểm trạm Rover.

Trong suốt quá trình đo máy ở trạm Base và trạm Rover phải liên tục thu tín hiệu của ít nhất 4 vệ tinh chung, nếu điều này không được đảm bảo thì quá trình đo bị gián đoạn và phải khởi đo lại.

Khoảng cách từ trạm Base đến trạm Rover có thể cách nhau đến 10km. Độ chính xác của đo động thường kém hơn đo tĩnh 2 lần.

4.2.1.2. Khởi đo trong đo động

Trong bài toán định vị tương đối bằng pha sóng tải, ta phải xác định số nguyên đa trị N . Theo kỹ thuật đo tĩnh, thời gian đo tại các điểm là dài nên số đo đủ lớn để xác định số nguyên đa trị N . Trong đo động, máy tại trạm Rover vừa di chuyển vừa đo nên thời gian đo tại một điểm là rất ngắn, không đủ để xác định số nguyên đa trị N . Để khắc phục điều này người ta phải tiến hành khởi đo khi đo động. Thực chất của khởi đo là đi xác định số nguyên đa trị tại điểm đầu tiên, sau đó dựa vào số nguyên đa trị này mà xác định số nguyên đa trị cho các điểm tiếp theo.

Có các phương pháp khởi đo sau:

- Khởi đo tại các điểm đã biết: Nếu trên khu đo có một điểm đã biết tọa độ thì có thể dựa vào điểm này để khởi đo, thời gian khởi đo theo phương pháp này khoảng vài phút.

- Khởi đo trên điểm chưa biết: Thực chất là xác định số nguyên đa trị của điểm đầu tiên bằng phương pháp đo tĩnh nhanh, thời gian khởi đo trên điểm chưa biết khoảng 20 phút.

4.2.1.3. Các kỹ thuật đo GPS động

1. Đo động dừng và đi (*Stop and go*)

Là kỹ thuật mà máy thu tại trạm Rover dừng lại tại các điểm cần xác định để thu tín hiệu khoảng vài giây đến vài phút sau đó lại di chuyển đến các điểm khác. Kỹ thuật này được ứng dụng chủ yếu để đo vẽ thành lập bản đồ, đo vẽ mặt cắt, đo các điểm lưới khống chế có độ chính xác thấp.

2. Đo động liên tục

Là kỹ thuật đo mà máy thu tại trạm Rover vừa di chuyển vừa đo, không dừng lại tại điểm nào cụ thể, kết quả sẽ xác định được các điểm trên đường di chuyển sau những khoảng thời gian nhất định nào đó. Kỹ thuật này thường được ứng dụng để xác định tọa độ của các vật di chuyển như tàu, thuyền, ô tô hoặc đo xác định bề mặt địa hình

3. Đo động đánh dấu sự kiện

Là kỹ thuật đo mà máy tại trạm động xác định tọa độ điểm đồng thời cùng với một sự kiện nào đấy. Ví dụ máy động xác định tọa độ tâm chụp của máy chụp ảnh hàng không đồng thời với việc cửa chớp nhanh của máy chụp ảnh mở.

* Các kỹ thuật đo trên lại được thực hiện theo hai nguyên tắc xử lý số liệu sau:

- *Đo động xử lý sau*: Là kỹ thuật đo mà việc đo đạc được thực hiện ngoài thực địa, sau đó đưa số liệu trút vào máy tính, dùng các phần mềm chuyên dụng để tính toán ra các baseline và tọa độ các điểm.

- *Đo động xử lý tức thời hay còn gọi là đo động thời gian thực (RTK)*: Là kỹ thuật đo mà việc đo đạc và xử lý số liệu diễn ra tức thời. Theo kỹ thuật đo này, giữa trạm Base và trạm Rover được trang bị thêm một thiết bị phát và thu tín hiệu Radio (gọi là Radio link). Trạm Base phát đi tọa độ của mình và tín hiệu vệ tinh mà nó thu được truyền đến trạm Rover. Trạm Rover thu tín hiệu này, kết hợp với tín hiệu vệ tinh mà nó thu được để tính ngay ra tọa độ của các điểm. Để có tọa độ trong hệ địa phương thì cài đặt thêm các tham số chuyển đổi từ hệ tọa độ WGS-84 sang hệ tọa độ địa phương.

4.2.1.4. Thiết bị đo GPS động

Khi đo động xử lý sau cần có các thiết bị:

a. Tại trạm tĩnh

- 01 máy thu
- Chân máy, đế máy có quả dọi
- Nguồn điện (pin hoặc ắc quy)

b. Tại trạm động

- 01 máy thu GPS có khả năng đo động
- 01 bộ điều khiển đo (FC)

- 01 sào đo có gắn bọt thủy tròn
- Cáp nối bộ điều khiển đo và máy thu
- Nguồn điện (pin hoặc ắc quy)

Khi đo động tức thời (RTK) cần có các thiết bị:

a. Tại trạm tĩnh

- 01 máy thu
- Chân máy, đế máy có quả dọi
- Nguồn điện (pin hoặc ắc quy)
- Máy phát

b. Tại trạm động

- 01 máy thu GPS có khả năng đo động
- 01 bộ điều khiển đo (FC)
- 01 sào đo có gắn bọt thủy tròn
- Cáp nối bộ điều khiển đo và máy thu
- Nguồn điện (pin hoặc ắc quy)
- Thiết bị Radio Link

4.2.2. Công tác đo ngoại nghiệp

4.2.2.1. Những vấn đề chung

1. Chuẩn bị trạm tĩnh

Trạm tĩnh được đặt tại các điểm khống chế trong mạng lưới tọa độ Nhà nước (hạng I, II, III, IV) hoặc lưới chêm dày (cấp 1, cấp 2). Tại các điểm này cần bảo đảm thông thoáng, thuận lợi cho việc thu tín hiệu từ ít nhất 4 vệ tinh trong suốt quá trình đo động.

Nếu là đo động xử lý sau thì chưa cần biết tọa độ và độ cao của điểm trạm tĩnh. Nếu là đo động tức thời cần phải biết trước tọa độ, độ cao điểm trạm tĩnh và một số điểm khác phân bố quanh khu đo để làm thủ tục định chuẩn.

Trong quá trình đo động, người đo tại trạm tĩnh thực chất chỉ làm nhiệm vụ trông máy, do đó không cần bố trí nhiều nhân lực.

2. Khảo sát khu đo

Do yêu cầu đo GPS động là phải liên tục theo dõi ít nhất 4 vệ tinh, do đó cần phải khảo sát khu đo có đảm bảo điều kiện đo hay không. Cần tránh đường đo dưới các tán cây, gần các trạm phát sóng, dưới các vật che chắn tín hiệu v.v...

3. Tốc độ ghi dữ liệu đo và thời gian dừng đo

Đo động khác với đo tĩnh là số trị đo ít. Trong đo tĩnh, số trị đo có đến hàng trăm, hàng ngàn giá trị, nhưng trong đo động số trị đo thường chỉ vài ba giá trị. Để có kết quả đo tốt, người ta khuyên cáo nên đặt tần suất đo trong khoảng từ 1s đến 5s và bố trí thời gian dừng đo tại mỗi điểm sao cho tại điểm đo thu nhận được trong khoảng từ 5 đến 10 trị đo. Trong đo động có thể sử dụng máy đo 1 tần, nhưng nên sử dụng máy 2 tần để nhận được kết quả tốt hơn.

Trong kỹ thuật đo động dừng và đi, trong khi di chuyển máy vẫn tiếp tục theo dõi và ghi tín hiệu với tần suất đã cài đặt. Chính vì thế bộ nhớ của máy thu hay bộ nhớ của bộ điều khiển sẽ chỉ chứa được một lượng tín hiệu trong khoảng thời gian hạn chế. Nếu ta cài đặt tần suất ghi ngắn bộ nhớ sẽ chóng đầy, khi đó thời gian dừng đo bị rút ngắn. Ngược lại, nếu ta đặt tần suất ghi dài, thì bộ nhớ cho phép kéo dài thời gian đo, song tại điểm đo phải dừng lâu hơn. Đây chính là vấn đề cần cân nhắc khi cài đặt tần suất đo. Thông thường, nếu khoảng cách giữa các điểm đo dài và khó đi lại thì người ta kéo dài tần suất ghi dữ liệu.

4.2.2.2. Các thao tác đo GPS động

Khi đã chuẩn bị đủ các thiết bị cần thiết, có thể tổ chức đo động để xác định tọa độ, độ cao của các vị trí máy động trên cơ sở tọa độ, độ cao đã biết của trạm tĩnh. Sau đây giới thiệu các thao tác đo động xử lý sau theo phương pháp dừng và đi.

1. Khởi động trạm cơ sở

Trạm tĩnh sẽ được khởi động trước khi thực hiện thủ tục khởi đo trạm động. Máy thu ở trạm tĩnh cần cài đặt trước tần suất đo, thiết bị ghi tín hiệu, góc ngưỡng chọn vệ tinh v.v....Định tâm, cân bằng máy tại điểm khống chế như đo tĩnh. Bật máy thu tại trạm tĩnh để máy thu khởi động. Trong quá trình khởi động máy thu thu tín hiệu các vệ tinh, đến khi đủ tín hiệu vệ tinh tức là máy thu đã được khởi động.

2. Khởi đo trạm động

Tại trạm động máy thu được cố định trên sào đo có gắn bọt thủy tròn. Gắn bộ điều khiển đo vào sào đo và kết nối nó với máy thu bằng cáp chuyên dụng. Bộ điều khiển phải được cài đặt cho phù hợp với khu vực đo.

Trước khi thực hiện đo hàng loạt điểm phải thực hiện khởi đo tại điểm đầu tiên. Phương pháp khởi đo được thực hiện như đã nêu ở trên.

Nếu thực hiện khởi đo động tức thời thì công việc khởi đo phức tạp hơn vì phải kết nối Radio Link và thực hiện thủ tục định chuẩn.

3. Thực hiện đo động

Sau khi máy thu tại trạm động đã được khởi đo, tiến hành đo động. Máy thu di động gắn trên sào đo với chiều cao anten cố định (khoảng 2m) so cho máy thu luôn cao hơn đầu người đo. Tại mỗi điểm đo, dừng lại thu tín hiệu vệ tinh trong khoảng thời gian ít nhất là gấp 2 lần tần suất thu tín hiệu. Trong quá trình đo liên tục chú ý màn hình của bộ điều khiển để biết được trạng thái của máy thu và tình trạng cầu vệ tinh.

Nếu đo động tức thời, tín hiệu ở trạm tĩnh được bộ phát radio chuyển đến máy động để xác định ngay ra vectơ cạnh, từ đó tính ra tọa độ điểm động ở thực địa.

Lần lượt di chuyển máy động đến các điểm cần đo.

4. Kết thúc đo động

Sau khi thực hiện thu tín hiệu tại tất cả các điểm đo, người đo kết thúc đo. Toàn bộ số liệu đo được lưu trong bộ nhớ của máy hoặc bộ nhớ của thiết bị điều khiển. Số liệu đo sẽ được xử lý tiếp theo trong phòng.

5. Thủ tục định chuẩn

Trong đo động tức thời RTK cần thực hiện thủ tục định chuẩn. Thủ tục định chuẩn thực chất là công việc chuẩn bị trước để chuyển đổi tọa độ xác định trong hệ WGS-84 về hệ tọa độ thực dụng (HN-72 hoặc VN-2000) ngay tại thực địa.

Để định chuẩn, người ta người ta thường sử dụng 4 điểm (tối đa là 20 điểm) bố trí xung quanh khu đo, tại các điểm này đồng thời xác định tọa độ, độ cao trong hệ tọa độ thực dụng, đồng thời xác định tọa độ, độ cao trong hệ WGS-84.

Dựa vào các điểm định chuẩn có thể tính được các tham số chuyển đổi tọa độ giữa hệ WGS-84 và hệ tọa độ thực dụng. Các tham số này sẽ được sử dụng đối với