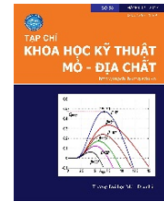




## Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn/>



# Một số giải pháp nâng cao độ chính xác giải bài toán định vị tuyệt đối thông thường (SPP)

Nguyễn Gia Trọng

Khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

### THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:  
 Nhận bài 15/11/2016  
 Chấp nhận 03/01/2017  
 Đăng online 28/02/2017

#### Từ khóa:

SPP  
 Single Point Positioning  
 GNSS  
 GNSS processing  
 RINEX

### TÓM TẮT

*Định vị tuyệt đối là một trong hai nguyên lý định vị cơ bản trong định vị vệ tinh. Để giải bài toán định vị tuyệt đối cần tính tọa độ vệ tinh vào thời điểm có trị đo và hiệu chỉnh ảnh hưởng của các nguồn sai số đối với trị đo. Đối với bài toán định vị tuyệt đối thông thường (SPP), tọa độ vệ tinh được tính từ lịch vệ tinh quảng bá. Trong lịch vệ tinh quảng bá, thông tin về quỹ đạo của vệ tinh bao gồm chỉ số "sức khỏe" của vệ tinh; khi tính tọa độ vệ tinh cần lưu ý đến chỉ số này. Bài báo khảo sát hiệu quả giải bài toán SPP khi tính tọa độ vệ tinh có lưu ý đến chỉ số "sức khỏe" của vệ tinh và việc sử dụng tọa độ của điểm định vị trong hiệu chỉnh ảnh hưởng của tầng đối lưu đối với trị đo. Kết quả cho thấy, khi sử dụng tọa độ điểm chính xác và phương pháp tính tọa độ vệ tinh phù hợp có thể nâng cao độ chính xác của giải bài toán SPP.*

© 2017 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

## 1. Mở đầu

Tín hiệu của các hệ thống vệ tinh định vị và dẫn đường toàn cầu (GNSS), bao gồm 4 hệ thống vệ tinh định vị và dẫn đường toàn cầu (GPS, GLONASS, GALILEO, COMPASS) và một số hệ thống vệ tinh khu vực (QZSS, IRNSS ...) đang có ứng dụng rất rộng rãi không chỉ trong trắc địa - bản đồ và còn rất nhiều lĩnh vực khác. Các ứng dụng trong trắc địa chỉ chiếm một phần nhỏ trong khi các ứng dụng về dẫn đường cũng như ứng dụng trong các thiết bị thông minh chiếm 90% tổng số ứng dụng của định vị vệ tinh. Đối với mục tiêu định vị dẫn đường chủ yếu sử dụng bài toán định vị tuyệt đối. Như vậy, nâng cao độ chính xác

giải bài toán định vị tuyệt đối là một nhu cầu cần thiết phải đặt ra. Có rất nhiều giải pháp nâng cao độ chính xác của giải bài toán định vị tuyệt đối như sử dụng lịch vệ tinh chính xác, sử dụng các trị đo pha, trị đo tổ hợp tuyến tính, sử dụng phương pháp tính số hiệu chỉnh ảnh hưởng của các nguồn sai số đối với trị đo theo cách khác nhau... (Subirana et al., 2013; Xu Guchang, 2007). Bài báo tập trung nghiên cứu nâng cao độ chính xác giải bài toán định vị tuyệt đối thông thường (SPP) theo hai hướng:

- Có xét đến chỉ số "sức khỏe" vệ tinh khi giải bài toán định vị.
- Sử dụng tọa độ điểm đặt máy chính xác để nâng cao độ chính xác xác định số hiệu chỉnh do ảnh hưởng của tầng đối lưu góp phần nâng cao độ chính xác giải bài toán định vị.

Để thực hiện các nội dung nêu trên, các tác giả đã tìm hiểu, nghiên cứu các nội dung như sau:

\*Tác giả liên hệ

E-mail: [nguyengiatrong@humg.edu.vn](mailto:nguyengiatrong@humg.edu.vn)

- Định dạng dữ liệu RINEX.
- Thuật toán giải bài toán định vị tuyệt đối và giải pháp nâng cao độ chính xác giải bài toán định vị tuyệt đối thông thường.
- Xây dựng chương trình tính toán thực nghiệm bằng ngôn ngữ lập trình Visual Studio với giao diện tiếng Việt thân thiện.
- Đã so sánh kết quả tính toán của các tác giả với kết quả tính toán sử dụng phần mềm Bernese 5.0.

Đề xuất đầu tiên cho định dạng dữ liệu độc lập với máy thu (Receiver Independent Exchange format - RINEX) được phát triển bởi Viện Thiên văn, Đại học Bern (Thụy Sĩ) năm 1989. Mục tiêu ra đời của định dạng dữ liệu RINEX là phục vụ xử lý số liệu được đo bởi máy thu GNSS của các hãng chế tạo máy thu khác nhau. Trên thực tế, nếu biết được cấu trúc dữ liệu ở dạng RINEX, có thuật toán giải các bài toán định vị có thể xây dựng chương trình xử lý số liệu độc lập. Có nhiều phần mềm xử lý số liệu độ chính xác cao chỉ nhận dữ liệu ở định dạng dữ liệu RINEX như BERNESE, GAMIT/Globk được sử dụng phổ biến trên thế giới. Để thực hiện các nghiên cứu về định vị vệ tinh nói chung, tác giả cũng lựa chọn giải pháp sử dụng định dạng dữ liệu RINEX để giải các bài toán có liên quan.

Cho đến nay, có nhiều phiên bản định dạng dữ liệu RINEX được đề xuất như:

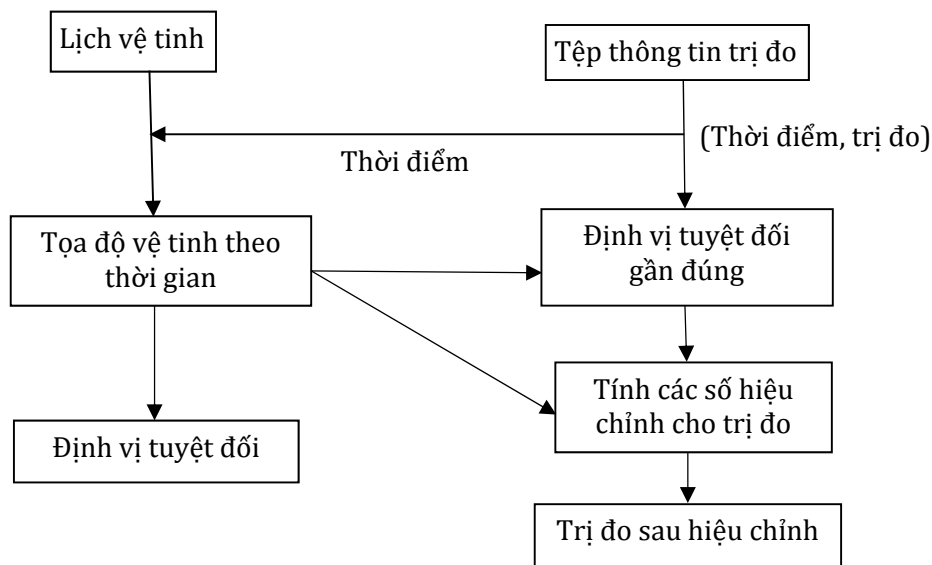
- Phiên bản 2.0 có thêm cấu trúc dữ liệu cho hệ thống Glonass, SBAS.
- Phiên bản 2.10 đưa thêm giãn cách tín hiệu và chỉ số cường độ tín hiệu (Signal Strength).

- Phiên bản 2.11 có thêm 2 ký tự biểu diễn trị đo khoảng cách giả theo mã L2C.
- Phiên bản 3.01 có thay đổi áp dụng với trị đo pha phức thuộc vào mô hình theo dõi hoặc kênh theo dõi khác nhau.
- Phiên bản 3.02 có thêm định nghĩa về dữ liệu đối với hệ thống vệ tinh COMPASS (Trung Quốc) và QZSS (Nhật Bản).
- Phiên bản 3.03 có thêm định nghĩa dữ liệu đối với hệ thống vệ tinh IRNSS (Ấn Độ) (Internatinal GNSS Service services special committee, 2015).

**2. Bài toán định vị tuyệt đối và một số yếu tố ảnh hưởng đến độ chính xác giải bài toán định vị tuyệt đối**

Bài toán định vị tuyệt đối đã được giới thiệu trong nhiều tài liệu khác nhau (Đặng Nam Chinh, Đỗ Ngọc Đường, 2012; Nguyễn Duy Đô, Nguyễn Gia Trọng, 2007; Subirana et al., 2013; Xu Guchang, 2007) nên ở đây chỉ trình bày sơ đồ tổng quát khi giải bài toán định vị tuyệt đối như trong Hình 1.

Giãn cách đối với lịch vệ tinh quảng bá là 2 giờ, trong khi giãn cách trị đo nhỏ hơn rất nhiều (ví dụ 1 giây, 2 giây ... 30 giây) (Đặng Nam Chinh, Đỗ Ngọc Đường, 2012; Đặng Nam Chinh, Nguyễn Gia Trọng, 2006; Internatinal GNSS Service services special committee, 2015).



Hình 1: Sơ đồ giải bài toán định vị tuyệt đối

Do đó, để có tọa độ vệ tinh giải bài toán định vị như ở Hình 2 cần tính tọa độ vệ tinh (nội suy tọa độ vệ tinh). Như vậy, cần khảo sát ảnh hưởng của việc tính tọa độ vệ tinh đối với độ chính xác giải bài toán định vị.

Ở định dạng dữ liệu RINEX, tập hợp thông tin miêu tả quỹ đạo của một vệ tinh (GPS, GALILEO, COMPASS) bất kỳ được biểu diễn trên 8 dòng. Trong đó, thành phần SV Health dùng để chỉ tình trạng hoạt động của vệ tinh là thành phần thứ 2 của dòng 7. Chỉ số SV Health của vệ tinh là 0 biểu thị tình trạng hoạt động của vệ tinh là ổn định. Khi chỉ số trên là 1 hoặc > 32 có nghĩa tình trạng hoạt động của vệ tinh không ổn định (Internatinal GNSS Service services special committee, 2015). Khi giải bài toán định vị, có thể lấy yếu tố này làm 1 trong các tiêu chí để quyết định xem có sử dụng tín hiệu (trị đo) của vệ tinh tương ứng để giải bài toán định vị hay không.

Trị đo giữa vệ tinh với máy thu chịu ảnh hưởng của các nguồn sai số khác nhau như sai số do ảnh hưởng của tầng điện ly, sai số do ảnh hưởng của tầng đối lưu, ảnh hưởng của hiện tượng đa đường dẫn ... Do đó, trước khi đưa trị đo vào giải bài toán định vị cần tính hiệu chỉnh ảnh hưởng của các nguồn sai số đối với trị đo. Để tính ảnh hưởng của một số nguồn sai số đối với trị đo như sai số do ảnh hưởng của tầng đối lưu, số hiệu chỉnh do vận tốc khoảng cách, số hiệu chỉnh do thủy triều, địa triều... cần có sự tham gia của các thành phần tọa độ điểm. Việc xác định chính xác tọa độ điểm có tác dụng nâng cao độ tin cậy của việc tính các số hiệu chỉnh cần phải được xem xét.

### 3. Tính toán thực nghiệm

#### 3.1. Giới thiệu về số liệu thực nghiệm

Số liệu dùng để tính thực nghiệm trong bài báo này là số liệu được đo bằng máy GB-1000 là loại máy thu 2 tần số, thu tín hiệu của 2 hệ thống vệ tinh là GPS và GLONASS ngày 25 tháng 7 năm 2009 tại Hà Nội. Số liệu sau khi đo được chuyển đổi về định dạng dữ liệu RINEX với 1 phần của tệp thông tin trị đo được cho như Bảng 1.

Để có số liệu so sánh tin cậy, sử dụng tọa độ của điểm được xử lý bằng phần mềm BERNESE (với việc sử dụng số liệu của các trạm IGS gần Việt Nam) như Bảng 2 (Nguyễn Gia Trọng, 2009).

#### 3.2. Kết quả tính toán thực nghiệm

Dựa trên thuật toán đã có, tác giả đã xây dựng chương trình xử lý số liệu thực nghiệm được với giao diện như Bảng 1.

Trong phần này, tác giả đã tiến hành tính toán số liệu thực nghiệm theo một số phương án như sau:

- Sử dụng giá trị khác nhau của tọa độ điểm dùng trong tính hiệu chỉnh ảnh hưởng của các nguồn sai số đối với trị đo theo 2 phương án:

- + Phương án 1: Sử dụng tọa độ cho trong phần header của tệp thông tin trị đo.

- + Phương án 2: Sử dụng tọa độ tính được bằng định vị tuyệt đối gần đúng.

- Sử dụng số lượng vệ tinh khác nhau dựa trên thông tin về tình trạng hoạt động của vệ tinh và thời gian tham chiếu quỹ đạo của vệ tinh.

Khi tính tọa độ vệ tinh trong cả hai phương án tính toán đều lấy tiêu chuẩn trị tuyệt đối hiệu của thời điểm cần xác định tọa độ vệ tinh và thời điểm tham chiếu nhỏ hơn hoặc bằng 1 giờ (gọi tắt là gián cách thời gian tính toán) nhưng trong phương án 2 không tính tọa độ cho vệ tinh 1 và 9 với lý do như sau:

- + Vệ tinh số 1 có chỉ số SV Health bằng 1 có nghĩa tình trạng hoạt động của vệ tinh không ổn định. Xem xét tọa độ vệ tinh số 1 trong lịch vệ tinh chính xác được cung cấp bởi IGS có thể thấy, vệ tinh số 1 có sai số đồng hồ là 999999,999999( $\mu$ s) tức là không thể ước lượng được sai số đồng hồ của vệ tinh số 1. Như vậy, việc không sử dụng vệ tinh số 1 trong giải bài toán định vị hoàn toàn có cơ sở.

- + Vệ tinh số 9 có 1 thời điểm tham chiếu của ngày hôm trước và 1 thời điểm tham chiếu không thỏa mãn tiêu chuẩn về gián cách thời gian tính toán như yêu cầu.

Để khảo sát ảnh hưởng của tọa độ điểm đối với việc hiệu chỉnh ảnh hưởng của sai số đối với trị đo GNSS, tiến hành khảo sát đối với việc tính số hiệu chỉnh do ảnh hưởng của tầng đối lưu theo mô hình Saastamoinen đối với trị đo (số hiệu chỉnh sai số đồng hồ vệ tinh, số hiệu chỉnh do ảnh hưởng của tầng điện ly không chịu ảnh hưởng khi lấy giá trị tọa độ của điểm mặt đất khác nhau). Kết quả cho trong Bảng 3. Trong Bảng 3, phương án 1 tính số hiệu chỉnh sử dụng tọa độ xác định tọa độ điểm định vị gần đúng cho mỗi thời điểm trong khi phương án 2 sử dụng tọa độ cho trong phần header của tệp thông tin trị đo. Có thể thấy rằng, số hiệu chỉnh thay đổi cỡ gần 3dm cho thời điểm đang xét khi sử dụng giá trị tọa độ điểm mặt đất khác nhau để tính.

Bảng 1. Số liệu sau khi đo được chuyển đổi về định dạng dữ liệu RINEX với 1 phần của tệp thông tin trị đo

2.10	OBSERVATION DATA		G (GPS)	RINEX VERSION / TYPE	
Topcon Link		26-JUL-09 09:04		PGM / RUN BY / DATE	
build July 25, 2002 (c) Topcon Positioning Systems		COMMENT			
T.NO01		MARKER NAME			
-Unknown-		MARKER NUMBER			
-Unknown-		-Unknown-		OBSERVER / AGENCY	
AES0S2BWDMO	JPS E_GGD	2.3 Apr,28,2004 p4		REC # / TYPE / VERS	
-Unknown-		TPSPG_A1		ANT # / TYPE	
-1611205.7990		5731021.6950		2281407.7269	
		APPROX POSITION XYZ			
1.6050	0.0000	0.0000	ANTENNA: DELTA H/E/N		
1	1	WAVELENGTH FACT L1/2			
2009	7	25	00	00	0.0000000
		GPS		TIME OF FIRST OBS	
2009	7	25	11	41	0.0000000
		GPS		TIME OF LAST OBS	
30.000		INTERVAL			
15		LEAP SECONDS			
27		# OF SATELLITES			
7	C1	P1	P2	L1	L2
		D1	D2	# / TYPES OF OBSERV	
G 1	109	107	108	109	108
		109	108	PRN / # OF OBS	
G 3	635	635	635	635	635
		635	635	PRN / # OF OBS	
G 6	614	614	614	614	614
		614	614	PRN / # OF OBS	
.....					
G30	464	464	464	464	464
		464	464	PRN / # OF OBS	
G31	884	884	884	884	884
		884	884	PRN / # OF OBS	
G32	546	545	545	546	545
		546	545	PRN / # OF OBS	
SE TPS aca4b9fa		COMMENT			
END OF HEADER					
09	7	25	0	0	0.0000000
		0	11	1	9
		12	14	18	21
		22	24	26	27
		30			
23423993.486	23423993.5834	23423998.1764	123093920.584	6	95917349.74144
2447.563	1907.187				
21685144.259	21685144.2374	21685148.6624	113956203.905	7	88797047.84945
-2838.845	-2212.091				
23214217.870	23214217.7164	23214221.8944	121991537.638	7	95058355.59844
1330.393	1036.662				
22431730.605	22431729.6944	22431735.0734	117879554.326	7	91854201.58444
584.691	455.587				
20843719.427	20843718.8174	20843721.5174	109534489.305	7	85351557.64845
838.967	653.736				
21077363.027	21077362.5744	21077366.5194	110762281.528	7	86308275.64245
-2526.066	-1968.369				
21866907.578	21866907.7204	21866909.2714	114911394.162	7	89541347.02045
2072.249	1614.733				
24002859.768	24002859.4844	24002866.1744	126135869.388	6	98287695.24043
-3493.990	-2722.586				
21198709.425	21198709.2664	21198713.3194	111399984.543	7	86805186.16545
-1386.914	-1080.720				
24273326.903	24273326.0774	24273331.3614	127557187.812	6	99395227.81543
-3220.173	-2509.237				
23241584.694	23241584.3384	23241589.5234	122135356.193	6	95170413.50843
2539.372	1978.733				

Bảng 2. Các thành phần tọa độ điểm được xác định bằng phần mềm BERNESE

Tên điểm	Thành phần tọa độ		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
Hà Nội	-1611206,0777	5731022,2975	2281407,9258
	B (° ' ")	L (° ' ")	H (m)
	21 5 48,974975	105 42 9,618317	-10,1855



Hình 2. Giao diện chính của chương trình xử lý số liệu thực nghiệm

Bảng 3. Kết quả tính số hiệu chỉnh do ảnh hưởng của tầng đối lưu đối với trị đo

PRN	Phương án 1 (m)	Phương án 2 (m)	Độ lệch (m)
1	6,065	-	-
9	3,950	-	-
12	5,559	5,379	0,180
14	4,018	3,888	0,130
18	2,742	2,653	0,089
21	3,211	3,107	0,104
22	3,491	3,378	0,113
24	8,303	8,034	0,269
26	3,408	3,298	0,110
27	6,911	6,688	0,223
30	5,519	5,341	0,178

Bảng 4. Độ lệch tọa độ điểm định vị theo từng thời điểm

TT	Thời điểm	Kí hiệu	Độ lệch các thành phần tọa độ (m)	
			PA1	PA2
1	0h 0m 00s	dn	-0,568	-1,186
		de	-1,409	-1,667
		dp	1,519	2,046
		du	-1,470	-1,614

2	0h 0m 30s	dn	0,589	-0,133
		de	1,402	0,414
			1,521	0,435
		du	2,208	2,056
3	0h 1m 00s	dn	-0,955	-1,126
		de	1,333	1,075
			1,640	1,557
		du	6,861	5,232

Sau khi tính tọa độ vệ tinh, tính hiệu chỉnh ảnh hưởng của các nguồn sai số tiến hành giải bài toán định vị tuyệt đối SPP đồng thời xác định giá trị độ lệch các thành phần tọa độ cho từng thời điểm. Kết quả độ lệch tọa độ của các điểm cho trong Bảng 4.

Trong Bảng 4:

-  $dp = \sqrt{dn^2 + de^2}$  là độ lệch tọa độ mặt bằng.

- Phương án 1: ứng với trường hợp sử dụng trị đo của tất cả các vệ tinh mà máy thu thu được tín hiệu, sử dụng tọa độ gần đúng ở mỗi thời điểm để hiệu chỉnh sai số do ảnh hưởng của tầng đối lưu.

- Phương án 2: Không sử dụng trị đo của vệ tinh 1 và 9; sử dụng tọa độ gần đúng của điểm cho ở phần header của tệp thông tin trị đo.

Ngoài thống kê giá trị độ lệch tọa độ, ở đây cũng thống kê phần trăm giá trị độ lệch tọa độ mặt bằng. Kết quả thống kê cho thấy chỉ 67,5% số thời điểm của phương án 1 có độ lệch tọa độ mặt bằng nhỏ hơn 3m trong khi ở phương án 2 là 100%.

#### 4. Kết luận và kiến nghị

Qua kết quả tính toán thực nghiệm của bài báo có thể rút ra một số kết luận về giải pháp nâng cao độ chính xác giải bài toán SPP như sau:

- Khi giải các bài toán định vị vệ tinh, cần chú ý đến tham số “sức khỏe” của vệ tinh.

- Nên sử dụng tập hợp tham số quỹ đạo với giãn cách thời gian giữa thời điểm tham chiếu của tập hợp với thời gian cần tính tọa độ vệ tinh nhỏ hơn hoặc bằng 1 giờ.

- Việc sử dụng tọa độ gần đúng của điểm định vị có thể làm sai lệch vài dm đối với số hiệu chỉnh do ảnh hưởng của tầng đối lưu.

- Cần tiếp tục nghiên cứu nâng cao độ chính xác giải bài toán định vị tuyệt đối bằng cách sử dụng trị đo pha sóng tải, đặc biệt là giải bài toán định vị tuyệt đối chính xác (PPP).

#### 5. Lời cảm ơn

Tác giả bài báo xin gửi lời cảm ơn tới đề tài cấp cơ sở T16-23 đã cung cấp kinh phí, số liệu phục vụ viết bài báo này.

#### Tài liệu tham khảo:

Đặng Nam Chinh, Đỗ Ngọc Đường, 2012. *Định vị vệ tinh*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội.

Đặng Nam Chinh, Nguyễn Gia Trọng, 2006. So sánh quỹ đạo vệ tinh GPS xác định theo lịch quảng bá và lịch chính xác. *Tuyển tập Báo cáo khoa học*, Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Hà Nội.

Nguyễn Duy Đô, Nguyễn Gia Trọng, 2007. Xác định tọa độ tuyệt đối điểm định vị theo trị đo khoảng cách giả từ tệp RINEX. *Tạp chí Địa chính 2*.

Nguyễn Gia Trọng, Nguyễn Viết Nghĩa, Võ Ngọc Dũng, 2009. Đánh giá độ chính xác xác định cạnh dài sử dụng phần mềm GPSurvey 2.35 và Bernese 5.0 dựa vào số liệu của IGS. *Báo cáo tổng kết khoa học kỷ niệm 50 năm ngày thành lập ngành đo đạc bản đồ Việt Nam*, Cục Đo đạc và Bản đồ Việt Nam, Hà Nội.

International GNSS Service services special committee (July 14th 2015). RINEX - The Receiver Independent Exchange format version 3.03. Boulder Colorado, USA.

Subirana Sanz, J., Zornoza Juan, J.M., and Hernández-Pajares, M., 2013. *GNSS data processing I: Fundamentals and Algorithms*, European Space Agency.

Xu Guchang, 2007. *GPS Theory, Algorithms and Applications*. Springer - Verlag Berlin Heidelberg.

## **ABSTRACT**

### **Some solutions for improving the accuracy of standard point positioning (SPP) problem**

Trong Gia Nguyen

*Faculty of Geomatics and Land Administration, University of Mining and Geology, Vietnam*

Standard point positioning is one of the basic positioning principle in satellite positioning. In order to solve the absolute positioning problem, we need to calculate the satellite's coordinate at the epoch which has observation and adjust some error sources to it. With the standard point positioning, satellite's coordinate was computed by broadcast ephemeris. In this ephemeris, SV Health index is one of the component should be addressed when calculating the satellite's coordinate. This paper examined the efficiency of solving the absolute positioning problem in case of using SV Health index and point's coordinate to compute troposphere's correction. The result shows that using the exact point position and the suitable method in computing satellite's coordinate can improve the accuracy of solving the SPP problem.