

정확한 GPS 기준국 좌표산출을 위한 위상중심 변동량 계산방법 비교 Comparison of Calibration Methods of Phase Center Variations for Precise GPS Monument Positioning

원지혜¹⁾ · 박관동²⁾ · 하지현³⁾ · 김상호⁴⁾

Won, JiHye · Park, Kwan-Dong · Ha, JiHyun · Kim, Sang-Ho

¹⁾ 국민대학교 대학원 산림자원학과 석사과정(E-mail:wonjihae@kookmin.ac.kr)

²⁾ 국민대학교 산림과학대학 조교수(E-mail:kdpark@kookmin.ac.kr)

³⁾ 국민대학교 대학원 산림과학과 박사과정(E-mail:hajh@kookmin.ac.kr)

⁴⁾ 국민대학교 대학원 산림자원학과 석사과정(E-mail:gnss@kookmin.ac.kr)

Abstract

A determined position with GPS (Global Positioning System) data processing is the position of the phase center of a GPS antenna. The phase center of a GPS antenna is not a stable point and depends on the azimuth and elevation angles of GPS satellites. It is known that the phase center variations (PCV) of a GPS antenna are greater in the vertical than the horizontal directions. The PCV calibration models for a GPS antenna has two approaches: relative and absolute. In this study, we compared the two calibration models using the six operational permanent GPS stations in South Korea and analysed the PCV of each station. In addition, we tested two different kinds of GPS antennas and compared the results. The accuracy and precision of the relative calibration was worse than the absolute calibration.

1. 서 론

일반적으로 GPS로 결정되는 좌표는 GPS 안테나의 신호 수신지점 위치가 반영된 좌표이다. 그러므로 정확한 GPS 측위를 위해서는 신호 수신점의 기하학적인 위치가 분명하게 정의되어야 하며 이 기하학적인 좌표 값을 가리켜 안테나 위상중심(Antenna Phase Center)이라고 한다. 안테나 위상중심은 GPS 신호 수신방향에 따라서 변하게 되는데 이를 위상중심 변동량(Phase Center Variations)이라고 한다. Schupler and Clark(1994)은 다중경로 오차가 발생하지 않는 실험실 환경에서 GPS 위성신호인 L1, L2를 인공적으로 재현하고 이를 바탕으로 산출된 위상중심의 변동량을 분석함으로써 안테나 위상중심 변동량이 GPS 측위에 미치는 영향을 확인하였다. 그 결과 고가의 측지용 GPS 안테나의 경우에도 최대 2cm 정도의 수직좌표 오차가 유발됨을 발견하였다.

안테나 위상중심과 위상중심 변동량을 보정하는 방법에는 상대보정(relative calibration)과 절대보정(absolute calibration)이 있다. 지난 2-3년 전까지만 해도 IGS(International GNSS Service)에서는 상대보정법을 권장하였으나 최근에는 절대보정에 관한 다양한 실험이 진행되고 있다. 이 연구에서는 상대보정법과 절대보정법에서 제시한 보정모델을 안테나 종류에 따라 다르게 적용하여 각 모델이 한국의 GPS 기준국 좌표산출에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 위상중심 변동량

이 장에서는 위상중심 변동량을 계산하는 원리와 상대보정법과 절대보정법으로 제시된 모델의 차이점을 설명한다.

2.1 상대보정법

National Geodetic Survey(NGS)에서는 상대보정법으로 안테나 위상중심 변동량을 계산하기 위해 두 개의 안테나를 그림 1과 같이 설치하였다. 상대보정법이란 Allan Osborne Associates사에서 개발한 Dorne/Margolin Type-T(DMT)안테나가 설치된 기준점을 기준으로 다른 관측점에서 수신된 데이터를 비교하여 안테나의 위상중심과 변동량을 계산하는 방법이다(Mader, 1996). 이 모델에서는 수신신호의 고도각과 L1, L2에 따라서 다른 보정값이 제공된다.

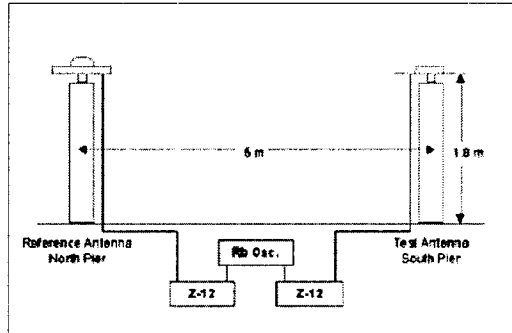


그림 1. 상대보정법 시스템

2.2 절대보정법

독일의 Geo++사에서 개발한 절대보정법은 상대보정법이 DMT 안테나를 기준으로 위상중심 변동량을 계산하는 상대적인 개념이라는 단점을 보완하기 위해 고안되었다. 절대보정법에서는 실험대상 GPS 안테나를 움직이는 로봇 팔에 설치하여 모든 방향에서 균일하게 위성신호를 수신함으로써 고도각과 방위각에 따라 변하는 위상중심 변동량이 정확하게 산출된다. 그림 2는 Geo++사의 절대보정 시스템을 보여 주는데 좌측은 실험대상 안테나이며 우측은 로봇 팔에 설치된 안테나의 모습이다(Wubbena et al, 2000).

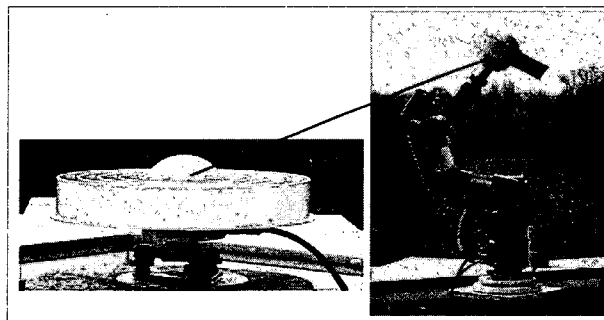


그림 2. 절대보정법 시스템

3. 데이터 및 보정 모델 선정

이 연구에서는 보정보정 모델 비교를 위해 현재 국내 GPS 기준국에서 사용하고 있는 대표적인 두 개의 안테나를 선정하고 고정밀 데이터 처리를 통해 보정모델의 차이점을 분석하였다. 실험대상이 된 두 개의 안테나는 그림 3에 나타내었다. TRM33429.00+GP 안테나를 가진 기준국으로 해양수산부의 호미곶(HOMI), 영도(YNDO), 어청도(EOCH) 기준국 데이터를 처리하였으며, TRM29659.00 안테나를 가진 기준국으로 천문연구원의 대전(DAEJ), 목포(MKPO), 제주(JEJU) 기준국 데이터를 처리하였다. 참고로 국토지리정보원의 모든 기준국도 천문연구원과 동일한 TRM29659.00 안테나를 사용하고 있다. 데이터 처

리기간은 2004년 1월1일부터 2004년 1월 20일까지 20일간이며, 데이터 처리에는 GIPSY-OASIS II를 사용하였다.

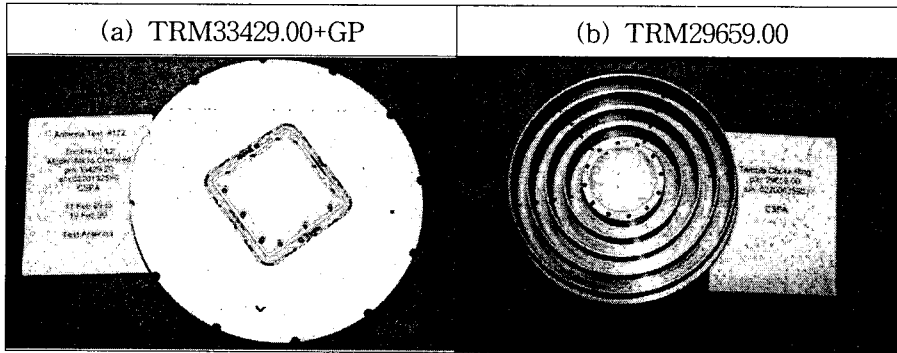


그림 3. 보정모델 적용 안테나

4. 연구 방법 및 결과

4.1 상대보정모델 적용결과

이 연구에서는 대표적인 두 개의 안테나로 수신된 데이터를 대상으로 안테나 위상중심 평균값만 고려하여 계산된 좌표와 위상중심 변동량 상대보정모델을 고려하여 계산된 좌표를 비교하였다. 그림 3은 TRM33429.00+GP 안테나를 사용하는 기준국의 데이터를 처리한 것이며 그림 4는 TRM29659.00 안테나를 사용하는 기준국의 데이터를 처리한 것이다.

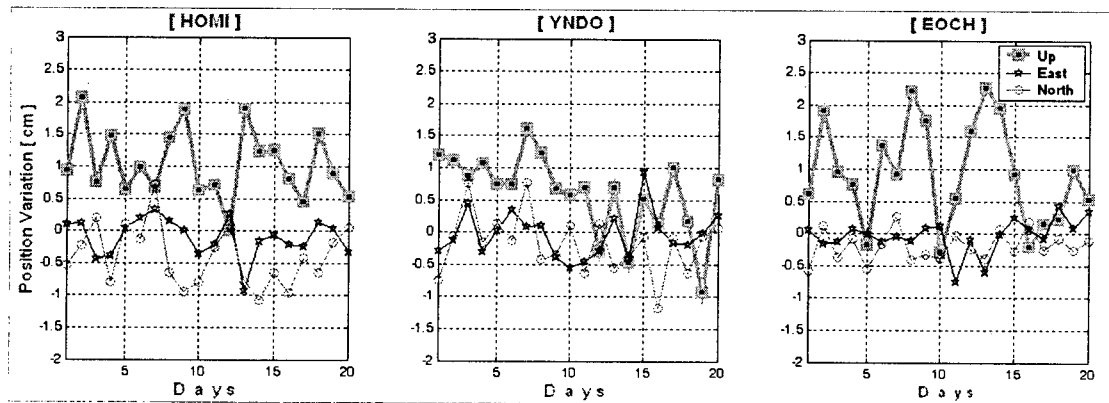


그림 3. TRM33429.00+GP: 상대보정모델 적용결과 좌표 변동량

상대보정모델을 적용한 그림 3의 경우, 동-서 방향으로 평균 -0.5mm , 남-북 방향으로 평균 -0.2mm 그리고 수직방향으로는 평균 8.6mm 의 좌표 변화를 나타냈으며, 표준편차는 동-서 방향으로 3.2mm , 남-북 방향으로 4.6mm 그리고 수직방향으로 5.6mm 의 분포를 나타내었다. 그림 4의 경우는 동-서 방향으로 평균 -0.2mm , 남-북 방향으로 평균 -2.4mm 그리고 수직방향으로 평균 3.3mm 의 좌표 변화를 나타냈으며, 표준편차는 동-서 방향으로 0.9mm , 남-북 방향으로 1.3mm 그리고 수직방향으로 1.8mm 의 분포를 나타내었다. 그림 3과 그림 4의 평균 및 표준편차를 분석한 결과 TRM33429.00+GP 안테나를 사용하는 GPS 기준국은 위상중심 변동량 상대보정모델을 적용했을 때 TRM29659.00 안테나를 사용하는 GPS 기준국보다 좌표 변동이 크며 불규칙적임을 알 수 있었다.

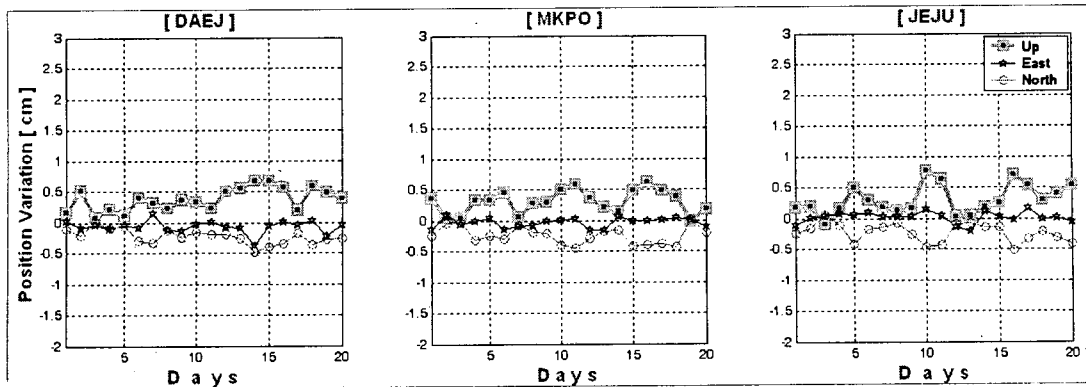


그림 4. TRM29659.00: 상대보정모델 적용결과 좌표 변동량

4.2 절대보정모델 적용결과

이 연구에서는 상대보정법의 단점을 보완한 절대보정법으로 계산된 보정모델을 사용하여 데이터를 처리한 후 상대보정모델과 동일한 방법으로 좌표 변화를 분석하였다.

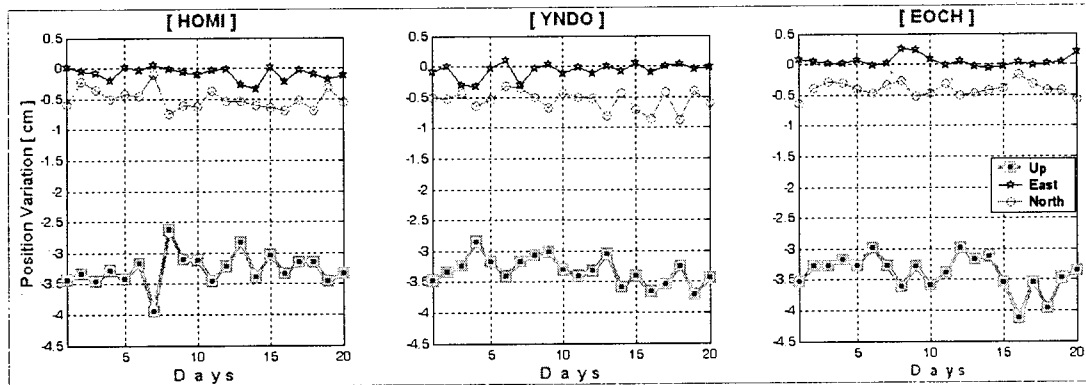


그림 5. TRM33429.00+GP: 절대보정모델 적용결과 좌표 변동량

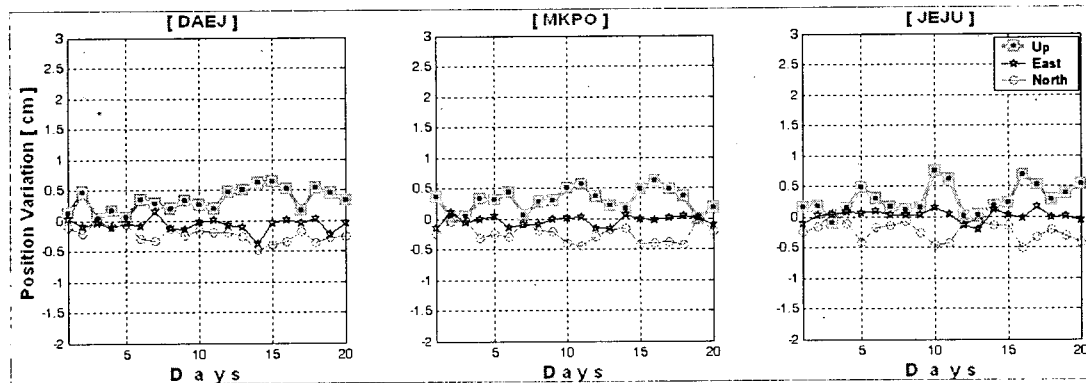


그림 6. TRM29659.00: 절대보정모델 적용결과 좌표 변동량

절대보정모델을 적용한 결과인 그림 5의 경우, 동-서 방향으로 평균 -0.3mm , 남-북 방향으로 평균 -4.9mm 그리고 수직방향으로 평균 -33.3mm 의 좌표 변화를 나타냈으며 표준편차는 동-서 방향으로 1.1mm , 남-북 방향으로 1.6mm 그리고 수직방향으로 2.5mm 의 분포를 나타내었다. 그림 6의 경우, 동-서 방향으로 평균 -0.3mm , 남-북 방향으로 평균 -2.4mm 그리고 수직방향으로 평균 3.1mm 의 좌표변화를 나타냈으며 표준편차는 동-서 방향 0.9mm , 남-북 방향으로 평균 1.3mm 그리고 수직방향으로 평균 1.8mm 의 분포를 나타내었다.

그림 5와 6의 평균 좌표오차 및 표준편차를 분석한 결과는 다음과 같이 정리할 수 있다. TRM33429.00+GP 안테나를 사용하는 GPS 기준국은 절대보정법에 의한 안테나 위상중심 평균값만 고려한 좌표에서 위상중심 변동량 보정모델을 함께 고려한 좌표를 비교하면 3cm 이상의 수직좌표 변화를 보이는 것으로 나타났다. 또한 TRM33429.00+GP 안테나에 절대보정모델을 적용한 좌표의 표준편차와 상대보정모델을 적용한 좌표의 표준편차를 비교해 볼 때 절대보정모델이 향상된 정밀도를 보이는 것을 알 수 있었다. TRM29659.00 안테나는 두 가지 위상중심 변동량 보정모델을 적용한 결과가 매우 유사하게 나온 것으로 보아 보정방법에 따른 차이가 적음을 알 수 있다.

4.3 두 보정모델 적용결과 비교

앞선 보정모델의 비교결과에서 TRM29659.00 안테나는 두 가지 보정모델에 대하여 매우 유사한 경향을 나타내었다. 따라서 두 가지 보정모델 비교에는 TRM33429.00+GP 안테나로 수신된 데이터만 사용하였다. 그림 7은 상대보정모델을 적용한 좌표에서 절대보정모델을 적용한 좌표차를 보여준다. 각 동-서, 남-북, 수직 방향으로의 위치 변동량 평균값과 표준편차는 그림 8에 나타내었다.

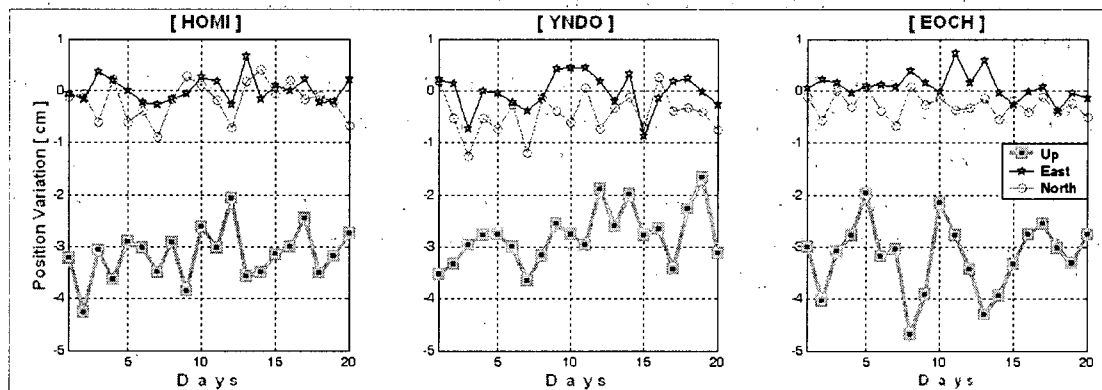


그림 7. TRM33429.00+GP: 두 보정모델 적용결과 좌표 변동량

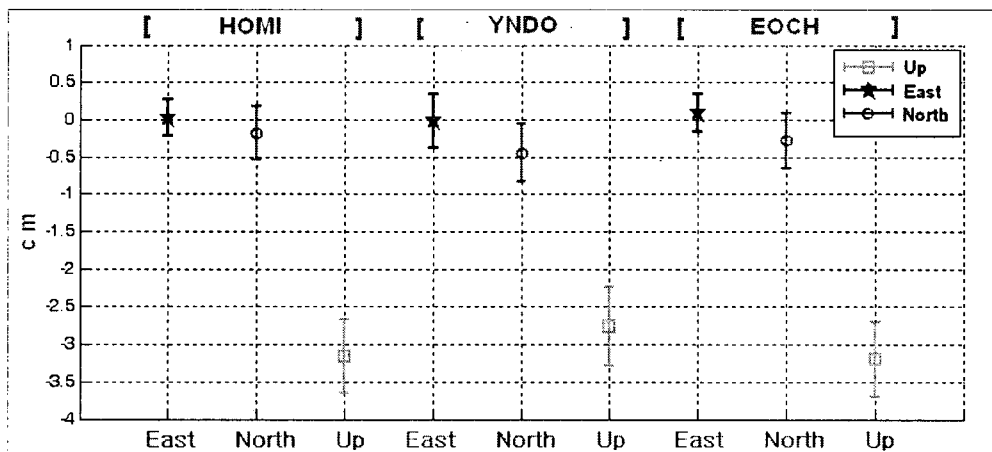


그림 8. TRM33429.00+GP: 두 보정모델 적용결과 평균값 및 표준편차

그림 7의 경우, 동-서 방향으로 평균 -3.1mm, 남-북 방향으로 평균 -3.0mm 그리고 수직방향으로 평균 -30.5mm의 좌표 변화를 나타내었으며 그림 8의 표준편차는 동-서 방향으로 2.8mm, 남-북 방향으로 3.7mm, 그리고 수직방향으로 5.0mm의 분포를 나타내었다. 두 보정모델을 비교한 결과 TRM33429.00+GP 안테나를 사용하는 기준국 좌표는 상대보정모델과 절대보정모델의 적용여부에 따라서 평균 30.5mm의 수직좌표 변화가 발생하였다.

5. 결론

본 연구에는 국내 GPS 기준국에서 대표적으로 사용하고 있는 TRM33429.00+GP 안테나와 TRM29659.00 안테나를 대상으로 두 가지 안테나 보정모델을 적용하였다. 그 결과 TRM29659.00 안테나는 상대적인 보정모델과 절대적인 보정모델을 적용한 결과가 크게 다르지 않았던 반면 TRM33429.00+GP 안테나는 상대적인 보정모델을 적용한 결과 3.0mm, 절대적인 보정모델을 적용한 결과 30.5mm까지 수직 좌표오차가 발생하였다. 또한 표준편차로 두 보정모델의 정밀도를 확인한 결과 절대적인 보정모델의 정밀도가 상대적인 보정모델의 정밀도보다 높게 나온 것을 확인 할 수 있었다. 이와 같이 분석된 안테나 보정방법은 GPS를 이용한 정밀측량과 정확한 수직좌표 산출을 바탕으로 하는 가장 수량 산출 및 수직방향 지각변위 검출 등에 활용될 것으로 기대된다.

참고문헌

- Mader, G. L.(1999), GPS antenna calibration at the National Geodetic Survey. *GPS Solutions*, Vol. 3, No. 1, pp.50-58.
- Schupler, B. R. and Clark, T. A.(1994), Signal Characteristics of GPS User Antennas. *Navigation, Journal of the Institute of Navigation*, Vol. 41., No. 3, pp.277-295.
- Wubben, G., Schmitz, M., Menge, F., Boder, V. and Seeber, G.(2000), Automated Absolute Field Calibration of GPS-Antennas in Real-Time. *Proceedings of the 13th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation*, ION GPS-2000, Salt Lake City, Utah, USA, September 19-22, 2512-2522.