

장애물 위치에 따른 GPS 기준국 측위정확도 변화분석

† 손동호 · 박관동* · 정완석** · 기창돈***

† 인하대학교 대학원, * 인하대학교 지리정보공학과 교수, ** 대한지적공사 공간정보연구원 연구원, *** 서울대학교 기계항공공학부 교수

An Analysis of GPS Station Positioning Accuracy Variations According to Locations of Obstacles

† Dong-Hyo Sohn · Kwan-Dong Park* · Wan-Suk Jung** · Changdon Kee***

† Graduate school of Inha University, Incheon 402-751, Korea

* Department of Geoinformatic Engineering, Inha University, Incheon 402-751, Korea

** Department of technical development research, Spatial Information Research Institute, Seoul 150-891, Korea

*** School of Mechanical and Aerospace Engineering, Seoul National University, Seoul 151-744, Korea

요 약 : 이 연구에서는 GPS 기준국 주변에 존재하는 장애물의 방향과 고도각이 좌표 정확도 변화에 미치는 영향을 시뮬레이션을 통해 분석하고자 한다. 최적의 관측환경에 있는 기준국의 정밀좌표를 산출한 뒤 고도각 10°부터 70°까지의 장애물이 동, 서, 남 방향에 각각 존재한다고 가정하고 관측자료를 재구성하였다. 10일간의 관측자료를 이용하여 일단위와 시간단위로 각각 처리하였다. 일단위 처리결과에서는 RMSE가 10mm 내외였으나 시간단위 결과에서는 100mm 수준까지 증가하였다. 장애물의 고도각이 높아질수록 수평 및 수직방향 RMSE는 증가하였고 높이 추정값은 감소하였다. 방향에 따른 분석에서는 동쪽이나 서쪽에 장애물이 존재할 때 남북방향에 비해 동서방향으로 위치오차가 더 크게 증가하였고 남쪽 장애물인 경우에는 동서방향의 오차폭이 상대적으로 작게 나타났다.

핵심용어 : GPS, 측위 정확도, 장애물, 고도각, 방위각, 방향

Abstract : This paper focuses on GPS positioning accuracy variations according to locations of obstacles which surround GPS station. We derived precise coordinates of a GPS station which has a good visibility. Its observation data was rewritten by assuming signal blocking due to obstacle in the elevation angle of 10° to 70°. We processed daily and hourly data for 10 days. In the results using daily data, RMSE was at 10mm level. And RMSE increased to 100mm levels in case of hourly data. As the elevation angle of obstacle increased, the horizontal and vertical RMSE increased, while the height estimates decreased. These results showed the higher the elevation angle of the obstacle increased the loss of large amounts of data by blocking satellite signals direction. In terms of the direction, when the blocking thing was located in the east or west, the coordinate has larger error in the east-west direction. And if signal was blocked at the south direction, the difference between the east-west error and the south-north position error was reduced.

Key words : GPS, positioning accuracy, obstacles, elevation angle, azimuth angle, direction

1. 서 론

지구 주위를 공전하는 GPS 위성들은 고유의 신호를 지구로 방송하고 지상의 관측기들은 위성신호를 수신하여 기준국의 위치를 결정한다. 그러나 일부 위성신호는 안테나 주변에 분포하고 있는 장애물들로 인하여 차단, 반사 등의 영향을 받는다(Fig. 1). 그래서 IGS(International GNSS Service), NGS(National Geodetic Survey)와 같은 국제 GPS 운영기구들은 기준국 설치시, 유지관리시, 그리고 성능개선시 고려해야 할 사항들에 대해 가이드라인을 제시하고 있다(IGS, 2013; NGS, 2013). 특히 기준국 설치장소는 위성신호 수신에 영향을

주는 나무, 빌딩, 담장, 위성신호 수신용 접시안테나 등이 존재하는 곳을 피하거나 최소로 분포하고 있는 지역에 설치하기를 권고하고 있다. 일반적으로 기준국 주변에 장애물이 존재하면 그쪽 방향의 위성신호가 차단되어 데이터 수신에 불가능하고 기록되지 않아 데이터 수신율이 감소한다(Park and Won, 2010; Sohn et al., 2011). NGS 가이드라인에 의하면 수신 안테나 주변에 고도각 10°를 넘는 어떠한 장애물도 존재하지 않아야 하며 고도각 0°-10°에는 최소화해야 한다고 명시되어 있다.

우리나라는 국토지리정보원, 위성항법중앙사무소, 한국천문연구원, 일부 지방자치단체 등 여러 기관에서 100여 곳 이상

† 교신저자 : 연희원, dhsohn5@gmail.com 032)873-4310

* 연희원, kdpark@inha.ac.kr 032)860-7604

** 연희원, jws02@lx.or.kr 02)3744-2333

*** 연희원, kee@snu.ac.kr 02)880-1912

의 GPS 기준국을 상시 운영하고 있고 대부분의 기준국들이 IGS나 NGS에서 권고하고 있는 가이드라인을 준수하고 있다. 그러나 일부 기준국들은 주변에 산, 나무, 빌딩, 등대 등의 장애물이 존재하고 있다.

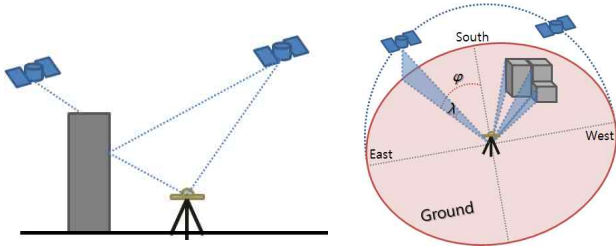
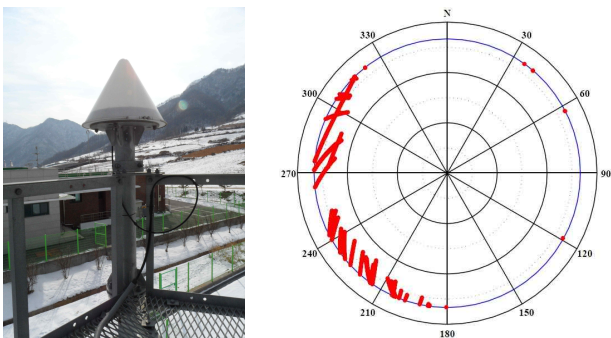


Fig. 1 GPS signal path

위성항법중양사무소에서 운영하고 있는 평창 기준국의 경우에는 남쪽에서 시작하여 북서쪽으로 이어지는 야산이 존재하고 있다(Fig. 2(a)). 자체 제작한 프로그램을 이용하여 위성의 가시성을 파악한 결과 최대 고도각 25°까지 위성신호가 차폐되고 있다(Fig. 2(b)). Fig. 2(b)에서 점으로 표시된 부분은 정상적으로 수신해야 할 곳에서 신호를 받지 못한 위성의 위치를 나타내고 이를 방위각과 고도각으로 표시한 스카이플롯에 표출하였다. Sohn et al.(2011)은 평창 기준국에서 평균 데이터 수신율이 90%를 조금 상회하고 있음을 보인다 있다. 이러한 결과는 IGS 가이드라인에서 권고하고 있는 95%이상의 수신율에는 미치지 못하고 있는 상황이다. 그리고 거문도, 팔미도, 울릉도 기준국 경우에는 안테나 주변에 등대가 위치하고 있어 일부 위성신호를 차단하고 있다. Park and Won(2010)은 국토지리정보원에서 운영하고 있는 인천, 파주 기준국을 대상으로 안테나 주변에 분포하고 있는 나무들의 계절에 따른 성장변화가 GPS 데이터의 수신율과 다중경로오차에 영향을 주고 있음을 보였고 안테나의 높이 추정값을 최대 7mm 이상 불확실성을 보이고 있음을 확인한 바 있다.



(a) Surrounding scene (b) Satellite invisibility

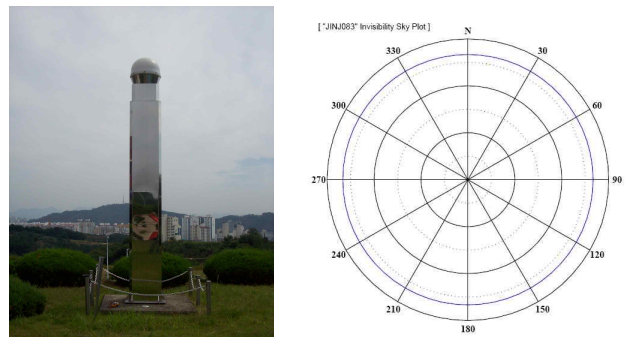
Fig. 2 Pyeongchang GPS Station

GPS 안테나 주변에 분포하고 있는 장애물들은 관측자료에 영향을 주고 좌표추정에도 영향을 미칠 것으로 판단된다. 이에 이 연구에서는 GPS 기준국 주변에 존재하는 장애물의 위치와 고도각에 따라 측위 정확도에 어느 정도 영향을 미치는

지 분석하고자 한다. 이를 위해 개활지에 위치하여 주변에 장애물이 없는 기준국을 한 곳 선정하고 좌표값을 산출한다. 그리고 임의의 방향에 장애물이 존재한다는 가정하에 좌표값을 재산출하고 장애물유무에 따른 결과값을 비교분석한다.

2. 기준국 선정 및 관측환경

국내에서 GPS 상시 관측소를 운영하고 있는 여러 기관들의 기준국들을 대상으로 테이터신뢰도, 관측환경 등을 고려하여 최적의 기준국을 선정하였다. 선정된 기준국은 국토지리정보원에서 운영 중인 진주 기준국으로서 경상남도 진주시의 수질검사소내 야장에 GPS 수신 안테나가 설치되어 있다(NGII, 2013). 현장사진을 통해 관측소 주변에서 위성신호를 수신하는데 방해되는 어떠한 장애물도 존재하지 않음을 알 수 있었고 위성가시성 프로그램을 통해 위성신호 차단현상이 나타나지 않음을 재차 확인하였다(Fig. 3).



(a) Surrounding scene (b) Satellite invisibility

Fig. 3 Jinju GPS Station

진주 기준국은 Trimble NetR9 수신기와 Trimble Choke Ring 안테나를 설치하여 운영 중에 있다. 관측자료에 대한 데이터수신율, 다중경로오차, 사이클슬립과 같은 품질평가지수는 UNAVCO(University NAVstar Consortium)에서 개발한 TEQC(Translation, Editing, and Quality Check) 프로그램을 이용하여 산출하였다(Estey and Meertens, 1999). 프로그램 수행 결과를 통해 99% 이상의 데이터수신율과 평균 0.3m 수준의 L1 의사거리 다중경로 오차(MP1) 및 L2 의사거리 다중경로 오차(MP2), 그리고 1000회 관측당 평균 0.7회 사이클슬립이 발생하고 있음을 알 수 있었다(Table 1). 이러한 품질평가 결과는 IGS에서 권고하고 있는 운영기준국 가이드라인 요건을 충분히 충족시키는 수치이다(IGS, 2013).

Table 1 GPS data Quality Check Indices

	Jinju	IGS Guideline
Obs. Ratio	99%	> 95%
RMS MP1	0.3m	< 0.3m
RMS MP2	0.3m	
Cycle Slip	0.7회	< 1 per 1000 obs.

3. 정밀좌표 산출

진주 기준국의 관측자료를 이용하여 정밀좌표를 산출하였다. 관측자료는 2013년 DOY(Day of Year) 81일(3월 22일)부터 90일(3월 31일)까지 10일간의 자료를 사용하였다. 자료처리는 고정밀 자료처리 소프트웨어인 Bernese 5.0을 사용하였고 주변 기준국 관측자료와 더불어 이중차분하였다(Dach et al., 2007). 10일간의 좌표를 일단위로 산출하고 이들의 평균값을 최종 정밀좌표값으로 선정하였다. 최종 산출된 정밀좌표는 X=-3217003.092m, Y=4110225.650m, Z=3653650.638m이고 IGS05 좌표계를 사용하였다. 10일 간의 산출값을 지평좌표계로 변환하고 정밀좌표값에 대한 수평 및 수직 RMSE(Root Mean Square Error)를 계산하면 각각 1.0mm, 6.7mm로 나타났다. Fig. 4는 자료수집단계에서부터 Bernese 소프트웨어 실행단계, 최종 좌표산출에 이르는 일련의 자료처리 과정을 흐름도로 나타낸 것이다.

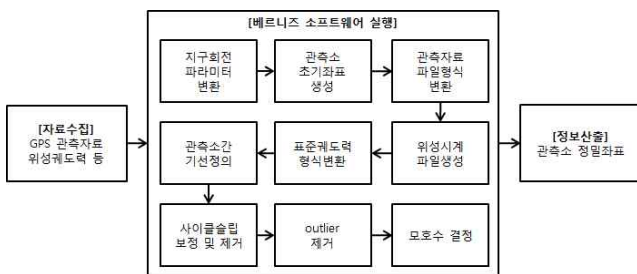


Fig. 4 Bernese data processing steps

4. 장애물에 의한 영향

4.1 장애물에 의한 관측자료 재구성

진주 관측자료를 대상으로 임의의 방향에 가상의 장애물이 존재한다고 가정하고 장애물에 의해 차단되는 위성신호를 제거하여 GPS 관측자료를 재구성하였다. 장애물은 가로 10m, 세로 10m의 정사각형 건물이 정면에 위치한다고 가정하고 건물의 중심선에 대한 고도각을 10°에서부터 70°까지 10°간격으로 산정하여 거리를 계산하였다(Fig. 5).

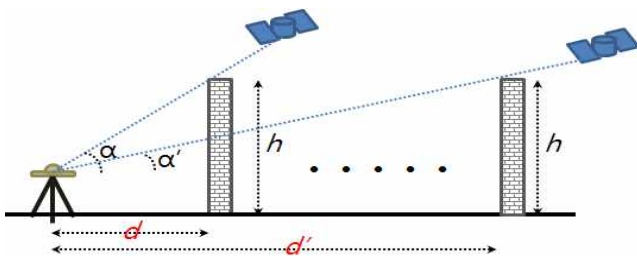


Fig. 5 Conceptual diagram of obstacles (Side view)

안테나와 건물 중심선간의 거리 계산식은 식(1)과 같다. 여기서 d는 안테나와 건물 중심선간의 거리, h는 건물 높이, α는 고도각을 나타낸다. 건물 중심선의 고도각이 10°일 경우에는 거리가 56.7m 떨어져 있고 30°일 때는 17.3m, 50°일 때는 8.4m, 70°일 때는 3.6m의 거리간격을 보이는 것으로 계산되었다(Table 2).

$$d = \frac{h}{\tan \alpha} \quad (1)$$

Table 2 Elevation angle and Distance

건물높이	고도각(°)	70	60	50	40	30	20	10
10m	거리(m)	3.6	5.8	8.4	11.9	17.3	27.5	56.7

일반적으로 정면을 향해 있는 직사각형 건물은 가장자리로 갈수록 거리가 중심선에 비해 멀어지기 때문에 고도각은 낮아진다(Fig. 6). 그래서 건물 중심선과의 거리를 기반으로 GPS 안테나로부터 가장자리까지의 방위각과 거리, 그리고 가장자리의 고도각을 식(2)를 이용하여 계산하였다.

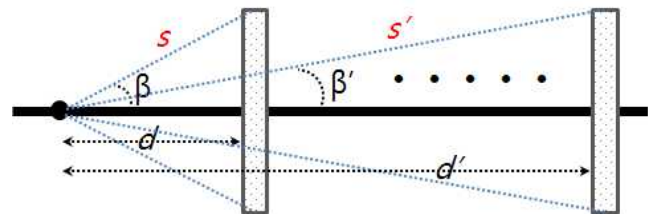


Fig. 6 Conceptual diagram of obstacles (Top view)

$$s = \frac{d}{\cos \beta}, \quad \theta = \tan^{-1} \frac{h}{s} \quad (2)$$

여기서 s와 β는 안테나와 건물 가장자리까지의 거리와 방위각을 나타내고 d와 h는 식(1)의 변수와 동일하며 θ는 가장자리의 고도각을 나타낸다. 높이 10m, 폭 10m인 건물이 정면을 향해 있을 때 방위각 변화에 따른 고도각 변화값을 Table 3에 정리하였다. 중심선의 고도각이 70°인 경우, 방위각이 ±15.4°일 때 고도각 변화값이 0.7° 낮아지고 ±39.5°일 때는 5.3° 낮아지며 가장자리에 해당하는 방위각 ±53.9°는 11.7°까지 낮아진다. Fig. 7은 동쪽방향 장애물의 방위각과 고도각을 고려하여 진주 관측자료에 적용한 후 위성의 비가시성으로 나타낸 것이다.

건물 중심선의 고도각 별로 가상장애물의 방위각과 고도각 자료를 파일로 저장하였다. 또한, 장애물이 동쪽, 서쪽, 남쪽 방향에 있을 경우에 대해서도 각각의 파일로 생성하였다. 한반도에서 북쪽방향으로는 장애물이 없어도 가시위성이 일부 제한적이기 때문에 북쪽방향에 위치한 장애물의 고려사항은 배제하였다. 저장된 장애물 파일과 자체 제작한 프로그램을

통해 진주 rinex 관측자료를 편집하였다. Fig. 8은 GPS 관측 자료, 항법메시지, 그리고 가상장애물의 방위각, 고도각 자료를 이용하여 rinex 관측자료를 삭제 및 재기록하는 편집 프로그램의 작업순서도를 나타낸 것이다.

Table 3 Azimuth and Elevation angle (unit: degree)

건물폭 10m	중심선	1m	2m	3m	4m	5m (가장자리)
고도각	10	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0
방위각	0	±1.0	±2.0	±3.0	±4.0	±5.0
고도각	20	-0.0	-0.0	-0.1	-0.2	-0.3
방위각	0	±2.1	±4.2	±6.2	±8.3	±10.3
고도각	30	-0.0	-0.2	-0.4	-0.6	-1.0
방위각	0	±3.3	±6.6	±9.8	±13.0	±16.1
고도각	40	-0.1	-0.4	-0.9	-1.5	-2.3
방위각	0	±4.8	±9.5	±14.1	±18.6	±22.8
고도각	50	-0.2	-0.8	-1.7	-2.9	-4.3
방위각	0	±6.8	±13.4	±19.7	±25.5	±30.8
고도각	60	-0.4	-1.4	-3.0	-5.1	-7.4
방위각	0	±9.8	±19.1	±27.5	±34.7	±40.9
고도각	70	-0.7	-2.6	-5.3	-8.4	-11.7
방위각	0	±15.4	±28.8	±39.5	±47.7	±53.9

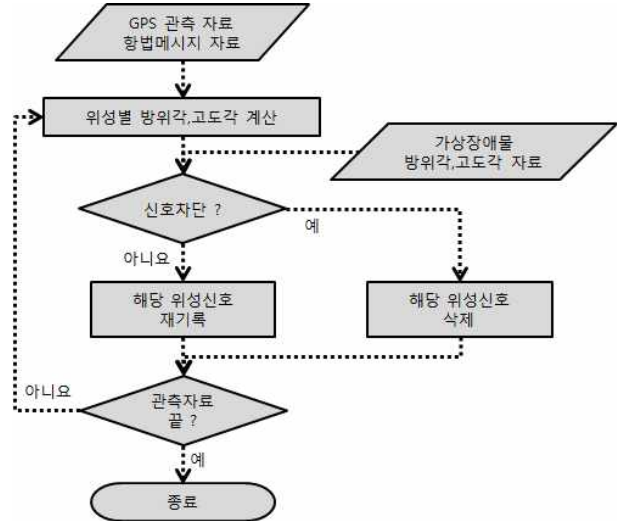


Fig. 8 GPS data rewriting process

4.2 장애물고려 측위 결과

건물 중심선의 고도각 별로 재구성된 자료를 이용하여 좌표값을 산출하였다. 자료처리 과정은 정밀좌표 산출 과정과 동일하며 산출된 좌표값은 장애물이 없을 때의 정밀좌표값과 비교분석하였다.

4.2.1 일단위 자료처리

재구성된 10일간의 일단위 관측자료를 동, 서, 남 방향에 대해 좌표를 산출하였다. 정밀좌표와 산출된 좌표값간의 수평 및 수직 RMSE 그리고 수직 편향오차를 Table 4에 정리하였다. 고도각이 20°인 장애물이 존재할 경우에는 수평방향 RMSE가 1.0mm로 나타났고 고도각이 높아져 70°일 때는 2.3mm로 증가하였다. 수직방향으로는 장애물의 고도각이 낮은 20°일 때 RMSE가 11.4mm, 편향오차는 -10.8mm로 나타났고 70°일 때는 RMSE와 편향오차가 각각 15.1mm, -14.3mm로 증가하였다. 장애물로 인해 수직방향 성분이 수평방향 성분에 비해 더 크게 영향을 받고 있음을 알 수 있었다.

Table 4 Daily RMSE and vertical bias

	수평 RMSE	수직 RMSE	수직 편향오차
10°	0.9 mm	7.0 mm	-0.1 mm
20°	1.0 mm	11.4 mm	-10.8 mm
30°	1.2 mm	11.6 mm	-11.0 mm
40°	1.5 mm	11.5 mm	-10.9 mm
50°	1.3 mm	10.7 mm	-10.1 mm
60°	1.5 mm	11.9 mm	-11.3 mm
70°	2.3 mm	15.1 mm	-14.3 mm

장애물이 위치한 방향과 관련하여 수평오차의 최대값과 최소값 범위를 오차폭으로 표현하여 분포경향을 파악하고자 하였다. 동쪽에 위치한 장애물인 경우 동서방향으로 2.5~5.7mm의 오차폭이 나타났고 남북방향으로는 1.0~2.9mm의 오차폭을

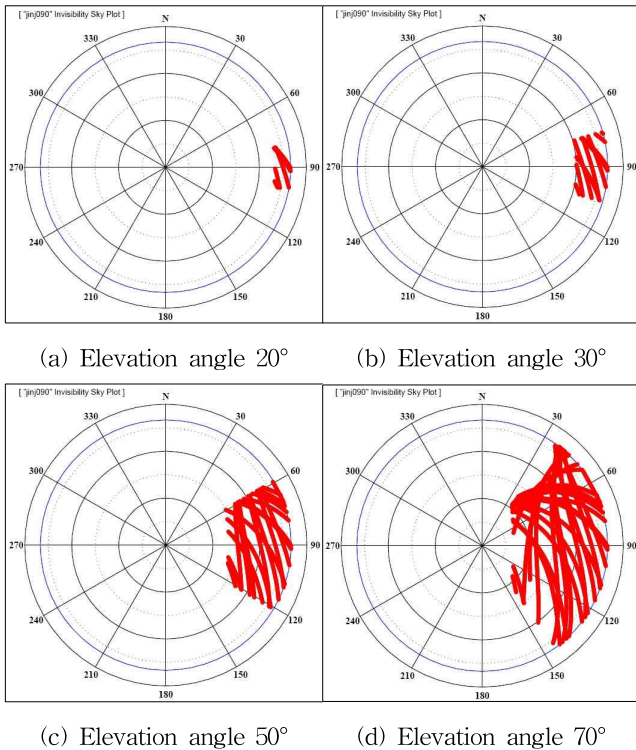
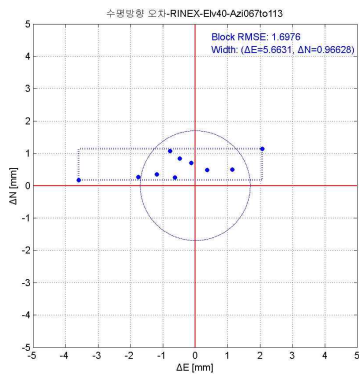
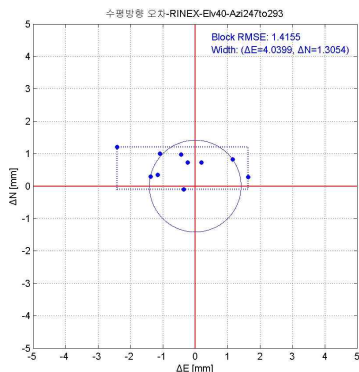


Fig. 7 Satellite Invisibility Sky Plot

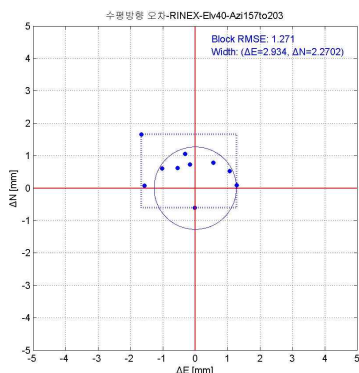
보여 동서방향으로 더 큰 오차폭이 나타나고 있음을 확인하였다. 이와 유사하게 장애물이 서쪽에 위치한 경우에도 동서방향으로는 2.1-4.9mm, 남북방향으로는 0.4-1.8mm의 오차폭을 보여 동서방향으로 더 큰 영향을 받고 있음을 알 수 있었다. 남쪽에 장애물이 위치한 경우에는 동서방향으로 2.1-3.3mm, 남북방향으로 1.1-2.5mm의 오차폭이 발생하였다. 남북방향보다 동서방향의 오차폭이 크게 발생하였으나 동쪽과 서쪽에 장애물이 존재하는 경우보다 그 차이가 작게 나타났다. Fig. 9는 고도각이 40°인 장애물이 동쪽, 서쪽, 남쪽방향에 각각 위치할 때 수평오차에 대한 RMSE(원)와 동서방향 및 남북방향의 오차폭(사각)을 나타낸 것이다.



(a) 동쪽방향 장애물 (고도각=40°)



(b) 서쪽방향 장애물 (고도각=40°)



(c) 남쪽방향 장애물 (고도각=40°)

Fig. 9 Horizontal error of Each direction

장애물의 영향으로 관측자료가 다수 손실되었으나 일단위 관측자료를 이용하여 좌표값을 산출하는 경우에는 참값과의 차이가 수 mm로 크지 않았다. 그러나 장애물이 동쪽이나 서쪽에 위치해 있을 때는 좌표값이 동서방향으로 오차가 더 크게 증가하고 있음을 확인할 수 있었고 남쪽에 위치하고 있을 경우에는 동서방향 오차폭이 상대적으로 작게 나타나고 있음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 Lee et al.(2012)이 극단적인 환경을 가정하여 시뮬레이션한 결과의 오차경향과 유사하였다. 하지만 오차의 크기에는 큰 차이를 보였다. 그 이유는 자체적으로 구현한 측위 알고리즘 프로그램과 상용화된 고정밀 자료처리 소프트웨어간의 성능 차이로 사료된다.

4.2.2 시간단위 자료처리

장애물의 영향을 보다 명확히 확인하기 위해 시간단위 관측자료를 이용하여 처리하였다. 한 시간 단위 관측자료는 지적삼각측량시 요구되는 최소 관측시간이기도 하다(MOLIT, 2012). 세 방향에 대해 고도각이 30°, 50°, 70°인 장애물을 고려한 DOY 90일 관측자료를 시간단위로 추출하여 자료처리하였다. 세 방향의 수평에 대한 RMSE는 30°일 때 29.3mm를 나타냈고 70°일 때는 108.2mm까지 증가함을 보였다. 또한, 수직 RMSE도 56.9mm에서 140.8mm까지 고도각이 높아질수록 증가하였고 편향오차도 -1.6mm에서 -35.8mm까지 증가하였다 (Table 5). 이는 일단위 자료 처리결과에 비해 수 십 배 이상의 오차증가를 보이는 것으로서 정밀측위를 요구하는 분야에서는 시간단위 자료처리시 주변의 장애물에 대한 영향을 고려해야 할 것으로 판단된다.

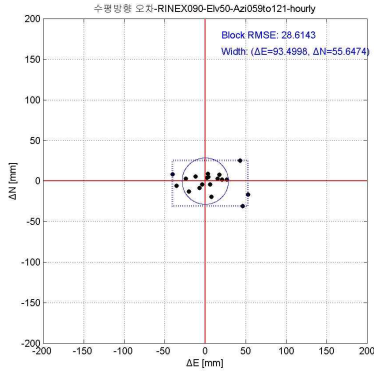
Table 5 Hourly RMSE and vertical bias

	수평 RMSE	수직 RMSE	수직 편향오차
30°	29.3 mm	56.9 mm	-1.6 mm
50°	34.8 mm	62.9 mm	-15.6 mm
70°	108.2 mm	140.8 mm	-35.8 mm

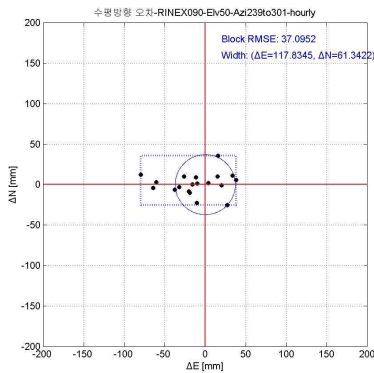
장애물의 방향성을 고려한 결과에서는 일단위 자료처리 결과와 유사한 경향을 보였으나 오차의 크기는 수 십 배 이상 증가하였다. 동쪽과 서쪽에 위치한 장애물의 영향으로 동서방향의 오차폭은 90mm수준에서 350mm수준까지 나타난 반면 남북방향으로는 상대적 작은 45mm수준에서 180mm수준까지의 오차폭을 보였다. 남쪽 장애물의 경우에는 동서방향으로 97-160mm, 남북방향으로 45-110mm의 오차폭을 보여 동서방향의 오차폭이 상대적으로 많이 줄어들었음을 확인할 수 있었다. Fig. 10은 고도각이 50°인 장애물의 영향으로 재구성한 시간단위 자료를 처리하여 각 방향에 대한 수평오차 RMSE(원)와 동서 및 남북방향의 오차폭(사각)을 나타낸 것이다.

시간단위 자료처리 결과에서도 일단위 결과와 유사하게 장애물의 방향에 따라 수평성분의 오차 분포경향이 다르게 나타나고 있음을 확인하였다. 수직성분의 경우에는 장애물의 고도각

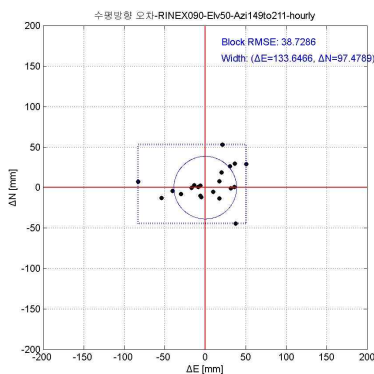
이 증가할수록 수직방향 성분값이 점점 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과와 유사하게 Park and Won(2010)은 임계고도각(cutoff angle)이 높아질수록 수직성분 값이 감소하는 결과를 보인 바 있다.



(a) 동쪽방향 장애물 (고도각=50°)



(b) 서쪽방향 장애물 (고도각=50°)



(c) 남쪽방향 장애물 (고도각=50°)

Fig. 10 Hourly horizontal error of Each direction

5. 결론

국내에 분포하고 있는 GPS 기준국 중에는 위성신호 수신에 영향을 주는 장애물이 존재하는 곳이 있다. 이들 장애물이 위치하는 방향과 고도각에 따라 좌표 정확도에 어느 정도 영향을 미치는지 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 시뮬레이션은 장애물이 동쪽, 서쪽, 남쪽에 위치해 있는 각각의 경우에 대해

고도각이 10°부터 70°까지 10° 간격으로 수행하였다. 이를 위해 주변의 장애물이 없고 관측자료의 품질평가가 우수한 진주 기준국의 관측자료를 활용하였다.

제구성된 일단위 관측자료를 처리한 결과에서 장애물의 고도각이 높아질수록 RMSE는 증가하였다. 이는 장애물의 고도각이 높아질수록 손실되는 관측자료의 양이 증가하기 때문이라 판단된다. 장애물이 동쪽이나 서쪽에 위치해 있을 때 좌표값의 오차폭은 남북방향에 비해 동서방향으로 평균 2-3배 더 크게 증가하였다. 남쪽에 위치한 장애물인 경우에는 남북방향 오차폭과 동서방향 오차폭의 차이가 상대적으로 작았고 RMSE도 작게 나타났다. 이를 통해 동쪽과 서쪽 방향의 장애물은 동서방향으로 오차를 증가시키고 남쪽 방향 장애물은 남북방향으로 더 민감하게 작용하는 것으로 판단된다. 수직좌표값의 경우에는 장애물의 고도각이 증가할수록 높이 값이 점점 감소하는 경향을 보였다. 장애물의 영향을 보다 명확히 확인하기 위해 시간단위 관측자료를 이용하여 분석하였다. 고도각이 높아질수록 수평 및 수직 RMSE가 증가하였고 그 크기는 일단위 자료 처리결과에 비해 수 십 배 이상의 오차증가를 보였다. 또한, 방향성을 고려한 결과에서도 일단위 처리결과와 유사한 경향을 보였고 오차의 크기는 수 십 배 이상 발생하였다.

관측소 주변의 장애물은 GPS 측위 정확도에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히, 시간단위 관측자료를 사용하는 곳이나 정밀측위를 요구하는 분야에서는 관측자료 이용시 장애물의 영향을 고려해야 할 것으로 사료된다. 향후 이러한 장애물이 측위 정확도에 어느 정도 영향을 미치는지 다양한 관측자료 처리를 통해 분석 및 연구를 진행할 계획이다.

후 기

이 연구는 국토해양부 소관 연구개발사업 “광역보정시스템(WADGPS) 구축기술개발”의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 손동효는 공간정보 전문인력 양성사업의 지원을 받아 연구를 수행하였습니다.

참 고 문 헌

- [1] Dach, R., Hugentobler, U., Fridez, P., and Meindl, M.(2007), Bernese GPS Software Version 5.0, Astronomical Institute, University of Bern.
- [2] Estey, L. H. and Meertens, C. M.(1999), "TEQC: The Multi-Purpose Toolkit for GPS/GLONASS Data", GPS Solutions, Vol. 3, No. 1, pp. 42-49.
- [3] IGS(2013), IGS Site Guidelines.
- [4] Lee, H. S., Park, K. D., Kim, D., and Sohn, D. H.(2012), "Analysis of integrated GPS and GLONASS double difference relative positioning accuracy in the simulation environment with lots of signal blockage", Journal of

Korean Navigation and Port Research, Vol. 36, No. 6,
pp.429-435.

- [5] MOLIT(2012), Ministry of Land, Infrastructure and Transport's law, "Regulations by GPS cadastral survey."
- [6] NGII(2013), Permanent GPS stations,
http://gps.ngii.go.kr/02/ab_02.asp?rinex_nam=JINJ#view
(last accessed 2013/07/04).
- [7] NGS(2013), Guidelines for new and existing continuously operating reference stations.
- [8] Park, K. D. and Won, J.(2010), "The foliage effect on the height time series from permanent GPS stations", Earth Planets Space, Vol. 62, pp. 849-856.
- [9] Sohn, D. H., Park, K. D., Won, J., Choi, Y. K., and Kee, C.(2011), "Analysis of GPS signal environment at DGNSs stations", Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 35, No. 8, pp. 625-629.

원고접수일 : 2013년 7월 29일
심사완료일 : 2013년 10월 7일
원고채택일 : 2013년 10월 8일