

NDGPS 관측자료의 품질향상을 위한 비교실험

† 손동호 · 박관동* · 김혜인** · 김두식*** · 기창돈****

† **,*** 인하대학교 대학원, * 인하대학교 지리정보공학과 교수, **** 서울대학교 기계항공공학부 교수

Comparative Experiments for the Improvement of NDGPS Signal Quality

† Dong-Hyo Sohn · Kwan-Dong Park* · Hye-In Kim** · Dusik Kim*** · Changdon Kee****

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

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

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

요 약 : 위성항법중앙사무소는 다수의 DGNSS 기준국을 운영하고 있으며 이 중 일부 기준국은 타 기준국에 비해 TEQC 품질평가 결과가 저조하다. 이에 이 연구에서는 GPS 관측자료의 품질향상을 위해 품질을 저하시키는 요인을 찾아 규명하고자 한다. 비교실험 대상은 TEQC 품질평가가 상대적으로 저조한 충주기준국을 대상으로 진행하였다. 현장조사를 통해 GPS 신호를 차단 또는 방해하는 장애물은 존재하지 않는 것으로 확인되었다. 비교실험은 주변의 환경적 요인을 고려한 동시관측 비교실험과 관측장비의 이상요인을 고려한 장비교체 비교실험으로 진행하였다. 동시관측 비교실험 결과에서는 실험용 관측기기에서 양질의 데이터가 기록되어 충주기준국 주변의 환경적인 부분은 품질저하의 주된 요인이 아님을 확인하였다. 기준국의 주요 관측장비를 하나씩 교체하며 진행한 장비교체 비교실험에서는 실험용 수신기에 기록된 데이터의 품질이 가장 양호함을 확인하였다. 상위 2가지 비교실험을 통해 수신기의 이상이 GPS 관측자료의 품질을 저하시키는 주된 요인임을 확인하였다.

핵심용어 : NDGPS, 신호품질, 신호환경, TEQC, 비교실험

Abstract : The DGNSS Central Office operates 17 DGNSS reference stations. Compared to the other DGNSS sites, the TEQC data quality of some sites is poorer. In this study, we tried to find out the causes that degrade the quality of GPS data for the purpose of improving the signal quality of the DGNSS stations. We selected the Chungju station that is the one of those stations with bad data quality. Through the on-site visit, we found that there is no signal-blocking obstacles. In addition to site surveys, we conducted two experiments; simultaneous observation considering environmental factors and comparison test through equipment replacements to check the malfunctioning of GPS equipments. In the simultaneous test results, we realized that environmental factors do not induce any bad effects on the data quality. In equipment replacement experiments, we confirmed that the data quality is of excellent quality when the test receiver was used instead of the original one installed at the site. When we replaced the antenna instead of the receiver, the data quality was bad. Through those two experiments, we concluded that the receiver is the main factor that degrades the signal quality.

Key words : NDGPS, signal quality, signal environment, TEQC, comparative experiments

1. 서 론

DGPS(Differential Global Positioning System)는 가까운 거리에 위치한 두 수신기가 위성으로부터 수신한 신호에서 공통의 오차를 제거함으로써 수신기의 위치정확도를 향상시키는 기법이다. 산출된 DGPS 보정정보는 선박, 차량, 항공기 등의 운송수단에 대한 항법서비스 뿐만 아니라 농업, 시설물관리, 자원관리 등 다양한 분야에서 사용되고 있다. 이로 인해 미국, 일본, 독일, 캐나다 등의 국가에서는 자국의 GPS 기준국들을 이용하여 범국가적인 DGPS 망(Nationwide DGPS, NDGPS)을

운영하고 있다. 국내에서는 위성항법중앙사무소가 해안 및 내륙에 위치한 다수의 GPS 기준국들을 이용하여 NDGPS 망을 구축·운영하고 있다. 기준국들의 관측정보를 이용하여 DGPS 보정정보를 생성하고 중파를 이용하여 사용자에게 실시간으로 무상제공하고 있다(NDGNSS, 2012).

정확한 DGPS 보정정보를 생성하기 위해서는 양질의 관측자료가 우선시 되어야 한다. 그러나 GPS 관측자료의 품질은 기준국의 관측환경에 의해 영향을 받는다. 관측자료의 품질이 상을 유발하는 대표적인 요인은 다중경로오차, 사이클슬립 등이 있다. Yeh (2008)은 GPS 관측자료의 품질과 측위 정밀도간

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

* 연희원, kdpark@inha.ac.kr 032)860-7604

** 연희원, hikim0619@inha.edu 032)873-4310

*** 연희원, dskim@inha.edu 032)873-4310

**** 연희원, kee@snu.ac.kr 02)880-1912

의 관계를 특징짓기 위해 TEQC(Translation, Editing, and Quality Check) 품질평가지수 4가지와 상대 주파수 편이, 주파수 안정도를 이용하였다. 또한, 국제위성항법서비스(International GNSS Service, IGS), 국토지리정보원, 위성항법중앙사무소와 같은 대부분의 GPS 데이터센터들은 관리운영하고 있는 기준국들의 관측자료 품질에 대한 정보를 TEQC 품질평가지수 값을 통해 제공하고 있다. TEQC 품질평가지수는 데이터수신율, L1 의사거리 다중경로 오차(mean MP1 RMS), L2 의사거리 다중경로오차(mean MP2 RMS), 사이클슬립과 같은 4가지 지수를 말한다(Estey and Meertens, 1999). 박관동 등(2007)은 국토지리정보원에서 운영하고 있는 GPS 상시관측소를 대상으로 현장조사 및 TEQC 품질평가를 수행하였다. 연구를 통해 제주, 광주, 태백, 원주 관측소의 데이터 품질이 다른 관측소에 비해 저조하게 나타났음을 확인하였고 관측소 주변의 환경과 장비에 의한 차이로 인해 품질저하 현상이 발생함을 규명하였다. 국토지리정보원(2007)은 GPS 상시관측소를 운영하는 기관들을 대상으로 관측데이터 품질평가를 수행한 결과, 동일 관측소에서 수신기의 기종에 따라 TEQC 품질지수값이 다르게 나타남을 확인하였고 동일기종을 사용하는 관측소에 대하여서는 상호비교를 통해 관측환경을 점검하는 유용한 자료임을 보였다. 또한, 한국해양연구원(2005)은 NDGPS 기준국을 대상으로 기준국 신호안정성 분석 연구를 통해 기준국 안테나 지지대의 안정성을 점검하고 보완책을 제시하였으며 수신기 기종에 따른 관측데이터의 품질변화와 전파환경에 의한 영향도 확인한 바 있다. 손동호 등(2011)에 의하면 위성항법중앙사무소에서 운영하고 있는 대부분의 NDGPS 기준국들이 평균 98%의 데이터수신율과 0.19m의 L1 의사거리 다중경로 오차, 0.71m의 L2 의사거리 다중경로 오차, 1000회 관측당 평균 1.3회 수준의 사이클슬립이 발생하고 있어 전반적으로 양질의 관측데이터가 수집되고 있음을 보였다. 그러나 충주, 성주, 거문도 등의 일부 기준국에서는 상대적으로 저조한 품질평가 지수값이 나타났다.

이에 이 연구에서는 NDGPS 관측자료의 품질향상을 위해 품질평가지수가 저조한 기준국 중 충주기준국을 대상으로 현장조사와 비교실험을 수행하였고 품질을 저하시키는 요인을 찾아 규명하였다. 이 연구결과를 통해 관측환경의 문제점을 개선하고 보완하여 양질의 관측자료를 생성하고자 한다. 비교실험은 주변의 장애물이나 전파환경의 영향을 고려한 동시관측 실험과 기준국에 설치된 관측장비의 영향을 고려한 장비교체 실험으로 진행하였다. 대상 관측장비는 IGS 사이트 가이드라인이나 미국 국가측지국 사이트 가이드라인에서 주요하게 기술하고 있는 수신기, 안테나, 케이블로 정하였다(JPL, 2007; NOAA, 2006).

2. 기준국 관측환경 현장조사

안테나 주변에 존재하는 나무, 건물 등의 장애물은 위성신

호를 차단 또는 수신 방해하는 주요 원인이다. 안테나와 근접 거리에 위치해 있는 식생의 경우, 계절에 따라 성장변화가 다르게 나타나기 때문에 신호수신에 영향을 미친다. Park and Won(2010)은 다년간의 GPS 신호 품질평가 분석을 통해 안테나 주변에 근접해 있는 나무의 높이변화, 나뭇잎의 수 변화, 나뭇잎의 두께 변화 등으로 인해 다중경로오차가 다르게 나타나고 있음을 확인한 바 있다. 이러한 기준국 주변의 관측환경을 확인하기 위해 현장조사를 수행하였다.

실험 대상인 충주기준국은 한반도 중부내륙에 위치하고 있으며 기준국 주변은 넓은 개활지로 이루어져 있어 시야각이 충분히 확보되어 있다(Fig. 1(a)). 안테나 주변에는 나무가 일부 존재하나 안테나가 6m 정도 높이의 철탑 위에 설치되어 있어 신호수신에는 거의 영향을 받지 않는 것으로 나타났다(Fig. 1(b)). 안테나와 가장 가까운 곳에 위치한 시설물은 10m 이상 떨어져 있으며 안테나 기준점보다 낮은 고도에 존재한다(Fig. 1(c)). 그 외 신호수신을 방해하는 장애물은 존재하지 않는다.

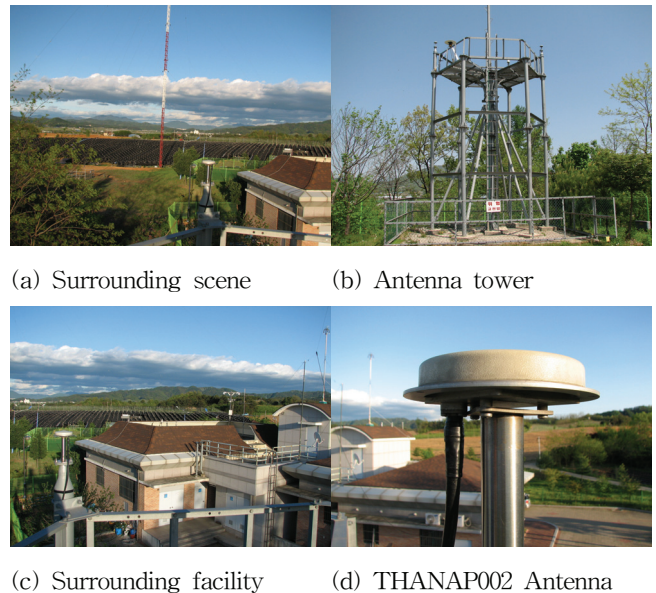


Fig. 1 Chungju GPS Station

이러한 충주기준국의 관측환경은 JPL(2007)이나 NOAA(2006)에서 관측데이터 품질향상을 위해 권고하는 GPS 상시관측소에 대한 주변 관측환경 요구사항들을 충분히 준수하고 있음을 확인하였다.

충주기준국에서 사용하고 있는 수신기는 Thales 5202MF/RS 모델이며 항온·항습이 유지되는 관리사무소 서버실에 설치되어 있다. 안테나는 Thales THANAP002 모델로서 쇼크링이 없는 타입이고 철탑 위에 설치되어 있으며 안테나를 지지하는 기둥은 가는 관으로 이루어져 있다(Fig. 1(d)). 관측데이터는 10초 간격으로 수집되며 임계고도각은 10°로 설정되어 있다.

3. 비교실험

3.1 동시관측 비교실험

동시관측 비교실험은 주변의 지형이나 장애물 등에 의한 신호 차단 또는 비컨(Beacon) 송출기나 전파발신기 등에 의한 전파방해 유무 등을 확인하기 위해 수행되었다. 이를 위해 제조사가 다른 관측장비 2세트를 이용하였다. 사용된 수신기는 Trimble NetR5 1기, Septentrio PolaRx3e 1기이고, 안테나는 Trimble TRM41249.00 Zephyr 2기이다. 비교실험은 기존 안테나 옆에 실험 관측장비 2세트를 설치하고 30초 간격으로 10시간 동안 관측을 수행하였다(Fig. 2). 임계고도각은 기준국의 수신기 설정값과 같은 10°로 세팅하였다.

Table 1 TEQC Indices

품질평가지수	총주Thales	NetR5	PolaRx3e
데이터수신율	97%	99%	99%
mean MP1 RMS	0.96 m	0.36 m	0.52 m
mean MP2 RMS	0.95 m	0.45 m	0.48 m
사이클슬립	16.4 회	0.85 회	0.09 회



Fig. 2 Simultaneous observation

관측장비별로 수집된 모든 데이터는 30초 간격으로 샘플링한 후에 TEQC 품질평가 지수를 산출하였다(Table 1). 기존 관측장비의 경우, 데이터 수신율은 97%, L1과 L2의 의사거리 다중경로 오차는 각각 0.96m, 0.95m로 나타났고 사이클슬립은 1000회 관측당 16.4회 발생하였다. 실험용 관측장비 2세트의

결과에서는 평균 99%의 데이터 수신율과 0.44m의 L1 다중경로오차, 0.47m의 L2 다중경로오차를 보였다. 그리고 사이클슬립은 0.47회 발생하여 기존 관측장비 보다 10배 이상 줄어든 결과를 보였다. 동시관측 비교실험 결과를 통해 실험용 관측장비에서는 양질의 데이터가 저장되고 있음을 알 수 있었다.

Fig. 3은 비가시성 그래프를 나타낸 것으로서 위성궤도력 데이터와 관측데이터를 이용하여 신호단절지점을 고도각과 방위각으로 표시하였다. 이 그래프를 통해 기준국 주변의 장애물 유무나 전파차단 유무 등을 확인 가능하다. 기존 관측장비를 통해 수신된 자료에서는 신호단절 현상이 전 영역에서 불규칙적으로 나타났다(Fig. 3(a)). 이에 반해 실험용 장비 2세트로 관측한 데이터에서는 임계고도각 10° 부근에서만 신호차단 현상이 나타났다(Fig. 3(b),(c)).

품질평가지수와 비가시성 그래프를 통해 기존 관측장비의 데이터에서는 이상값이 나타났으나 실험용 관측장비에서는 양호한 결과가 나타나고 있음을 확인하였다. 실험용 관측장비의 결과는 관측소 주변에 장애물이 존재하지 않고 있음을 보여주었고 현장조사 결과와 일치하였다. 또한 전파방해와 같은 환경적인 요인이 GPS 신호수신에 영향을 주지 않음을 확인하였다.

3.2 장비교체 비교실험

동시관측 비교실험을 통해 관측데이터의 이상값이 주변의 환경적인 요인은 아닌 것으로 판단하고 관측장비 이상을 고려한 비교실험을 수행하였다. 대상 관측장비는 IGS나 미국 측지국의 사이트 가이드라인에서 주요하게 다루고 있는 수신기, 안테나, 케이블로 정하였고 장비교체 비교실험을 진행하였다.

3.2.1 수신기 이상 실험

하나의 안테나를 통해 수신된 신호를 분배기를 이용하여 기존 수신기와 실험용 수신기에 동시 저장한다(Fig. 4). 두 수신기에 동일 시간동안 저장된 자료를 각각 처리하고 상호비교하여 기존 수신기(Thales 5202 MF/RS)의 이상 유무를 판단한다. 결과의 신뢰성을 높이기 위해 실험은 제조사가 다른 2기의 수신기를 이용하여 1회씩 수행하였으며 사용된 수신기는

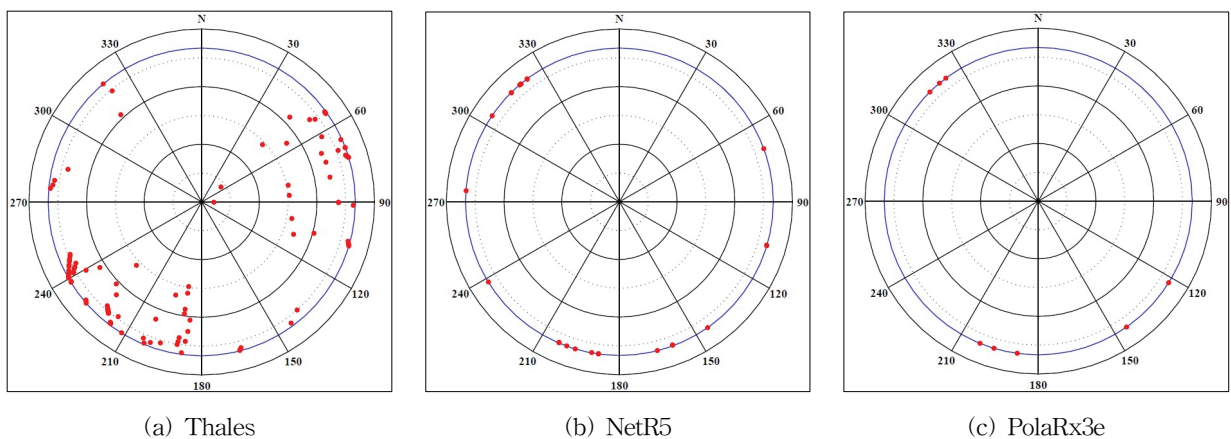


Fig. 3 Invisibility Sky plot

Trimble NetR5와 Septentrio PolaRx2e이다. 실험은 2012년 5월 3일에 수신기별로 2시간씩 관측하였다.

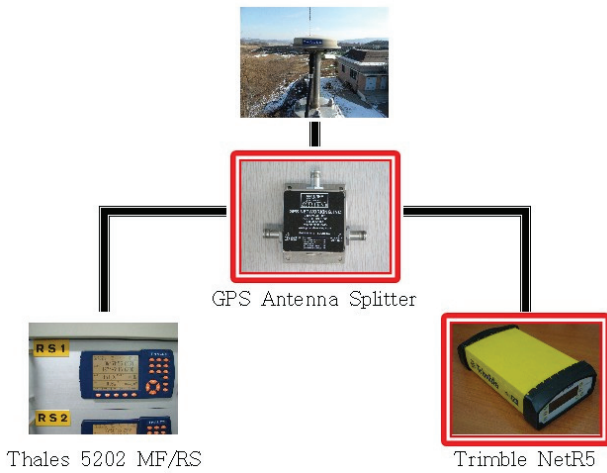
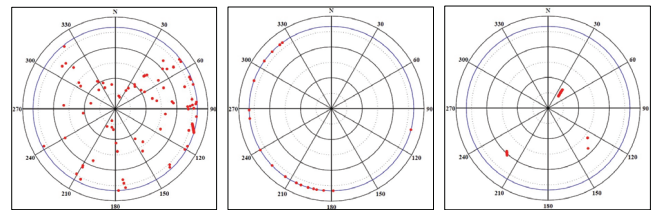


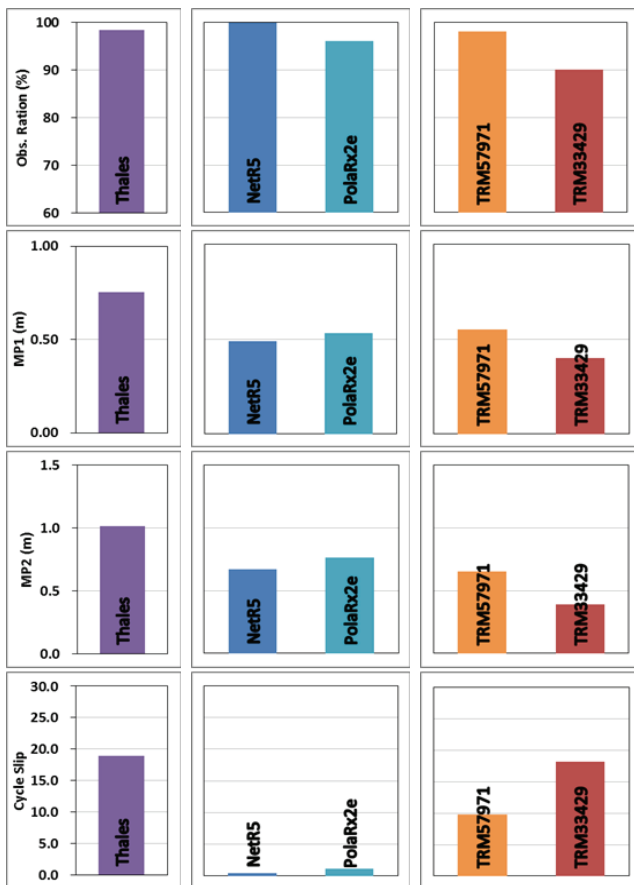
Fig. 4 Comparative experiment for receiver

보다 좋은 결과를 보였으나 그 차이는 크지 않았다. 하지만 사이클슬립은 기존 수신기에서 10회 이상 발생한 반면(Fig. 5(a)), 실험용 수신기에서는 1회 수준 이하로 발생하고 있음을 확인하였다(Fig. 5(b)). 비가시성 그래프를 통해서도 위성신호 끊김현상이 기존 수신기에서는 Fig. 6(a)와 같이 전 영역에서 나타난 반면 실험용 수신기에서는 Fig. 6(b)와 같이 임계고도 각 부근에서만 보이고 있음을 알 수 있었다.



(a) No Replacement (b) Receiver Replacement (c) Antenna Replacement

Fig. 6 Invisibility Sky Plot of experimental setups



(a) No Replacement (b) Receiver Replacement (c) Antenna Replacement

Fig. 5 Average of TEQC Indices

관측데이터에 대한 TEQC 품질평가 지수를 수신기별로 산출하였다(Fig. 5(a),(b)). 모든 수신기에서 95%이상의 데이터수신율을 보였다. 다중경로오차는 실험용 수신기가 기존 수신기

이러한 결과를 재차 검증하기 위해 Trimble NetR5 수신기만 이용하여 이상 실험을 2012년 6월 12일부터 15일까지 3일간 다시 수행하였고 이에 대한 TEQC 품질평가 지수를 산출하였다. 기존 수신기의 경우에는 평균 97%의 데이터수신율, 0.90m의 L1 다중경로오차, 1.08m의 L2 다중경로오차, 17.81회 사이클슬립이 발생하였다. 실험용 수신기를 이용한 결과에서는 데이터수신율이 평균 99%, L1과 L2의 다중경로오차가 각각 0.42m, 0.62m, 사이클슬립이 1000회 관측당 0.39회 발생하는 것으로 나타났다. 실험용수신기로 관측한 데이터의 모든 품질평가 지수가 양질의 결과 값을 보였다. 사이클슬립의 경우에는 1회 미만으로 발생하여 기존 수신기보다 10배 이상의 향상된 결과를 보여 앞서 수행한 실험결과와 일치하였다.



Fig. 7 Comparative experiment for antenna

3.2.2 안테나 이상 실험

기존 수신기와 케이블에 안테나만 실험용으로 교체하여 관측을 수행한다(Fig. 7). 기존 관측의 TEQC 품질평가지수 및

비가시성 그래프의 결과와 실험용 안테나를 사용하여 처리한 결과를 상호비교하여 안테나 이상 유무를 확인한다. 신뢰도 향상을 위해 타입이 다른 2기의 안테나를 사용하였으며 사용된 기기는 TRM57971.00 Zephyr와 TRM33429.00+GP이다. 실험은 2012년 5월 3일과 4일에 걸쳐 각각 14시간과 1.5시간 수행하였다.

실험용 안테나를 이용한 관측실험의 TEQC 품질평가 결과에서는 평균 94%의 데이터수신율, 0.48m의 L1 다중경로 오차, 0.52m의 L2 다중경로 오차, 13.99회 사이클슬립이 발생하는 것으로 나타났다(Fig. 5(c)). 다중경로오차 지수 값들은 기존 안테나의 결과 값보다 조금 향상되었으나 나머지 품질평가 지수 값들은 기존 안테나의 결과값과 유사하게 나타났다. 비가시성 분석 그래프에서도 기존 안테나와 유사하게 신호끊김 현상이 장애물이 없는 고도각 30도 부근, 60도 부근 등에서 간헐적으로 나타나고 있음을 확인하였다(Fig. 6(c)). 실험결과를 통해 안테나 교체에 의한 관측데이터의 품질 개선 결과가 크게 향상되지 않아 안테나에 의한 영향이 데이터의 품질을 저하시키는 주된 요인은 아닌 것으로 확인하였다.

3.2.3 케이블 이상 실험

기존 수신기와 안테나를 사용하고 실험용 케이블로 대체하여 관측을 수행하는 실험이다. 그러나 수신기 이상 실험이나 안테나 이상 실험을 통해 결과가 정상적으로 나타나는 경우가 있으면 케이블이 이상 없음을 간접적으로 확인 가능하다. 수신기 이상 실험 과정에서 실험용 수신기의 결과가 양호하게 나타났기 때문에 케이블은 정상적으로 작동하고 있는 것으로 판단하였다.

4. 결 론

정확한 위치정보와 DGPS 보정정보를 생성하기 위해서는 양질의 관측자료가 수집되어야 한다. 그러나 관측자료의 품질은 기준국 주변의 관측환경이나 장비 등에 의해 영향을 받는다. 손동효 등(2011)에 의하면 NDGPS 기준국 중 충주, 성주, 거문고 등의 일부 기준국에서 상대적으로 저조한 품질평가지수가 나타났다. 이 연구에서는 TEQC 품질평가 지수가 상대적으로 저조한 충주기준국을 대상으로 품질 저하요인을 찾는 현장조사와 비교실험을 수행하였다.

현장조사 확인결과, 충주기준국은 넓은 개활지에 위치하고 있으며 안테나 주변의 일부 수목을 제외한 대부분의 관측영역에서 육안으로 확인할 수 있는 장애물은 존재하지 않았다.

비교실험은 주변의 환경적인 요인을 고려한 동시관측 비교실험과 관측장비의 이상요인을 고려한 장비교체 비교실험으로 진행하였다. 동시관측 비교실험에서는 실험용 관측장비의 TEQC 품질평가지수 및 비가시성 그래프의 결과가 운영 중인 관측장비의 결과보다 우수하게 나타났다. 이 실험 결과를 통해 주변의 환경에 의한 GPS 신호품질 저하요인은 존재하지 않는 것으로 확인하였다. 장비교체 비교실험은 기준국의 수신기, 안

테나, 케이블 등의 관측장비에 대한 이상여부를 통해 관측데이터의 품질저하 요인을 찾는 실험이다. 수신기 이상 실험 결과에서 양질의 데이터가 기록되는 경우가 있음을 확인하였다. 이에 반해 안테나 이상 실험에서는 기존 관측결과에 비해 일부 지수에서 조금 향상된 결과를 보였으나 신호끊김 현상은 기존과 유사하게 나타나 주된 품질저하 요인은 아닌 것으로 판단하였다. 케이블 이상에 대한 실험은 수신기 이상 실험 결과를 통해 간접적으로 확인함으로써 대체 하였고 케이블이 품질저하의 요인은 아닌 것으로 판단하였다.

현장조사와 두 가지 비교실험을 통해 충주기준국의 관측자료에 대한 품질저하요인은 수신기 이상으로 인하여 발생한 것으로 확인되었다. 추후 동일 현상이 나타나는 성주기준국을 대상으로 동일 실험을 진행하여 실험결과에 대한 신뢰도를 향상시킬 계획이며 품질저하 기준국에 설치된 수신기의 성능실험도 추가 진행할 계획이다. 또한, TEQC 품질평가 지수와 측위 정확도간의 관계분석도 진행할 계획이다. 양질의 관측자료를 제공하기 위해서는 GPS 관측자료의 품질을 상시 모니터링하는 시스템이 구축되어야 하고 위성신호차단을 유발하는 장애물을 사전에 제거하며 품질을 저하시키는 관측장비의 갱신 또는 교체하여 지속적으로 관리되어야 할 것으로 판단된다.

후 기

이 연구는 국토해양부 소관 연구개발사업 “광역보정시스템(WADGPS) 구축기술개발”의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 손동효는 공간정보 전문인력 양성사업의 지원을 받아 연구를 수행하였습니다. 실험에 도움을 주신 대전 위성항법중앙사무소 및 충주기준국 직원들에게 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 국토지리정보원(2007), “한반도 지각변동 연구”
- [2] 박관동, 김혜인, 원지혜(2007), “국토지리정보원 GPS 상시 관측소 관측환경 분석”, 한국측량학회지, 제25권, 4호, pp. 337-345.
- [3] 손동효, 박관동, 원지혜, 최용권, 기창돈(2011), “DGNSS 기준국 관측환경 분석”, 한국항해항만학회지, 제35권, 8호, pp. 625-629.
- [4] 한국해양연구원(2005), “한국형 WADGPS 구축, 신호분석 및 시각동기 제어방안 연구개발”
- [5] 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.
- [6] JPL(2007), IGS Site Guidelines, <http://igsjpl.nasa.gov/>
- [7] NDGNSS(2012), 위성항법시스템 DGNSS 개요, <http://www.ndgps.go.kr/>
- [8] NOAA(2006), Guidelines for New and Existing Continuously Operating Reference Stations(CORS),

<http://www.ngs.noaa.gov/CORS/>

- [9] 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.
- [10] Yeh, T. K., Liou, Y. A., Wang, C. S. and Chen, C. S.(2008), "Identifying the degraded environment and bad receivers setting by using the GPS data quality indices", Metrologia, Vol. 45, pp. 562-570.

원고접수일 : 2012년 7월 25일
심사완료일 : 2012년 9월 17일
원고채택일 : 2012년 9월 18일