

## DGNSS 기준국 관측환경 분석

† 손동호 · 박관동\* · 원지혜\*\* · 최용권\*\*\* · 기창돈\*\*\*\*

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

### Analysis of GPS signal environment at DGNSS stations

† Dong-Hyo Sohn · Kwan-Dong Park\* · Jihye Won\*\* · Yong-Kwon Choi\*\*\* · Changdon Kee\*\*\*\*

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

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

\*\*\* DGNSS Central Office, Daejeon 305-323, Korea

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

**요 약** : 이 연구에서는 국토해양부 위성항법중앙사무소가 운영하고 있는 17곳 DGNSS 기준국의 신호수신환경을 파악하기 위해 관측자료의 TEQC 프로그램 품질평가, 가시성 분석 및 현장조사를 병행하였다. TEQC 프로그램 수행결과 팔미도, 어청도, 거문도, 평창, 성주, 충주 기준국의 일부 지수가 상대적으로 저조하게 나타났다. 6곳을 제외한 품질평가지수는 평균 98%의 데이터수신율과 0.19m의 L1 의사거리 다중경로 오차, 0.71m의 L2 의사거리 다중경로 오차가 나타났으며, 사이클슬립은 1000회 관측당 평균 1.3회 수준으로 나타나 대부분의 기준국들은 최적의 환경에 놓여 있었다. 그러나 팔미도와 어청도의 경우 데이터수신율이 낮았다. 이는 L2C 신호를 송출하는 위성들의 P2 신호를 기록하지 못하여 수신율을 저하시키는 요인으로 확인되었다. 거문도의 경우 주변 장애물은 존재하지 않았으나 설치된 관측장비 또는 설비문제로 인하여 품질지수가 저하된 것으로 사료된다. 평창은 남쪽에서 북서쪽으로 이어지는 야산이 폭 넓게 위치하고 있어 데이터 수신율이 상대적으로 좋지 않은 기준국으로 확인되었다. 4개의 품질평가지수가 모두 좋지 않은 성주와 충주는 주변 환경이 다른 기준국과 큰 차이는 없었으나, 설치된 관측장비에 의해 신호품질이 저하된 것으로 추정되어 비교실험을 통한 추가 분석이 필요하다.

**핵심용어** : GPS, DGNSS, TEQC, 품질평가, 신호환경

**Abstract** : In this study, we analyzed the signal environment of 17 DGNSS stations operated by DGPS Central Office through TEQC quality checking, visibility analysis and site visits. With TEQC, we produced times series of four indices of TEQC quality checking: observation ratio, L1 pseudorange multipath, L2 pseudorange multipath, and the frequency of cycle slip events. From visibility analysis, the directions where missing observations are happening were identified and the result was verified through onsite investigation. Without considering TEQC indices at the six sites(Palmido, Eochungdo, Geomundo, Pyeongchang, Seongju, and Chungju), the average TEQC indices were: 98% observation ratio, 0.19m of L1 pseudorange multipath, 0.71m of L2 pseudorange multipath, and 1.3 cycle slips per 1000 observations. The observation ratios at Palmido and Eochungdo were low. It was found that receiver settings were incorrect so that they could track the P2 signal of GPS satellites with L2C capability. No signal-blocking obstacles were found around the Geomundo station except the lighthouse. Thus, we guess that the poor TEQC indices at the site are believed to be caused by problems in the GPS hardware or cables. The low observation ratio at Pyeongchang is being caused by the surrounding hills blocking the satellite view from the south to the northwest directions. Even though all of four TEQC indices were bad at Seongju and Chungju stations, we found that the signal reception environment at the two sites is in good condition. We think that the quality indices got poor probably because of malfunctioning equipment. So, further investigation is needed for the Seongju and Chungju sites.

**Key words** : GPS, DGNSS, TEQC, quality check, signal environment

## 1. 서 론

연안 해역을 항해하는 선박이나 내륙을 주행하는 차량 등은 정확한 위치정보를 얻기 위해 DGNSS(Differential Global Navigation Satellite System) 보정정보를 이용한다. 위성항법 중앙사무소는 해안과 내륙에 다수의 기준국 및 감시국을 설치

하고 우리나라 전역에 DGNSS 망을 구축하여 보정정보를 무상제공하고 있다. 위성항법중앙사무소, 국토지리정보원, 한국천문연구원, IGS (International GNSS Service)와 같은 GPS(Global Positioning System) 데이터 센터들은 제공하고 있는 관측자료의 품질에 대한 신뢰도 정보를 웹서비스하고 있다. 서비스하고 있는 각 관측소별 데이터 품질 신뢰도 정보는

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

\* 연회원, kdpark@inha.ac.kr 032)860-7604

\*\* 연회원, jhwon@inhaian.net 032)873-4310

\*\*\* 연회원, cykwon30@naver.com 042)824-0942

\*\*\*\* 연회원, kee@snu.ac.kr 02)880-1912

데이터수신율, 다중경로 오차, 사이클슬립이고, 최근 45일간 변화를 시계열 그래프로 표시하고 있다. 이러한 품질지표들은 TEQC(Translation, Editing, and Quality Check) 프로그램을 이용하여 산출하고 있다.

TEQC를 이용하여 장기간 GPS 데이터의 품질평가를 수행하면 시간변화에 따른 상대적 품질변화시점의 파악이 용이하다. 이를 통하여 해당 관측소의 장비교체(수신기, 안테나 등) 또는 주변 환경변화를 추정할 수 있다. 박 등(2007)은 국토지리정보원 GPS 상시관측소의 수신기 교체로 인하여 다중경로 오차와 사이클슬립 품질지수가 변화되었음을 확인하였고, 일부 품질평가지수는 동일한 관측장비를 사용하는 기준국간의 상대적인 평가지표로 활용가능하나 기준국 평가의 절대적인 수치는 아님을 기술하였다. 다중경로 오차는 안테나 주변에 분포하는 나무의 양이나 종류, 수목과의 거리, 계절에 따른 식생성장변화에 따라 영향을 받기도 한다(Park and Won, 2010).

IGS 및 NGS(National Geodetic Survey)는 상시관측소의 데이터 품질향상을 위하여 준수규정을 제시하고 지속적으로 이행할 것을 권고하고 있다(NOAA, 2006; JPL, 2007). 가이드라인에 의하면 관측소는 장애물이 적고 주변 환경변화 가능성이 낮으며 시야각이 확보된 개활지 지역에 위치해야 한다. 수신기는 GPS 기술변화에 따라 장비교체 또는 펌웨어 갱신이 지속적으로 필요하다. 안테나 주변 3m 이내, 고도각 10° 이상에는 장애물이 존재하지 않아야하고 주변 장애물은 되도록 안테나 기준점 아래에 위치해야 한다. 또한, 다른 주파수에 의한 혼선 가능성으로 인해 주파수 발원지로부터 최대한 멀리 위치한 곳에 기준국이 놓여 있기를 권고하고 있다. 기타 자세한 내용은 NOAA(2006), JPL(2007) 자료로 대체한다.

이 연구의 목적은 설치환경이 상이한 위성항법보정시스템의 각 기준국들에 대하여 TEQC 품질평가지수를 산출하고 현장조사를 수행하여 기준국의 신호 관측환경을 분석하는데 있다. 이를 위하여 위성항법중앙사무소 17곳 기준국의 120일간 관측자료를 이용하였고, 품질저하 요인을 추정하기 위하여 각 기준국의 위성별 신호수신 횟수 및 가시성 분석을 추가적으로 수행하였다.

## 2. 품질평가 프로그램 및 현장조사

GPS 관측데이터 품질평가는 UNAVCO(University NAVstar Consortium)에서 개발한 TEQC(Translation, Editing, and Quality Check) 프로그램을 이용하였으며 버전은 TEQC 2010MARI7이다. TEQC는 GPS 수신기로 관측한 원시자료를 RINEX 형식으로 변환하고, RINEX 메타데이터의 내용을 편집하며, 관측자료의 품질을 점검하는데 이용하는 GPS 전처리 소프트웨어이다(Estey and Meertens, 1999). TEQC의 품질평가 기능을 통해 GPS 관측자료의 데이터수신율, L1 신호의 의사거리 다중경로 오차(MP1), L2 신호의 의사거리 다중경로 오차(MP2), 사이클슬립과 같은 4개의 품질평가지수를 산출하였다.

현장조사는 위성항법중앙사무소가 운영하고 있는 11곳의

해안 기준국과 6곳의 내륙 기준국을 대상으로 실시하였다. Fig. 1은 기준국들의 위치를 나타내고, 각 기준국에 설치된 수신기와 안테나 모델은 Table 1에 정리하였다(NDGNSS, 2011). 현장조사 항목은 수신기, 안테나, 지시대 등의 관측장비 부분과 시야각, 시설물이격, 장애물 등에 대한 주변환경 부분으로 나누어 구성하였다(NOAA, 2006; JPL, 2007).

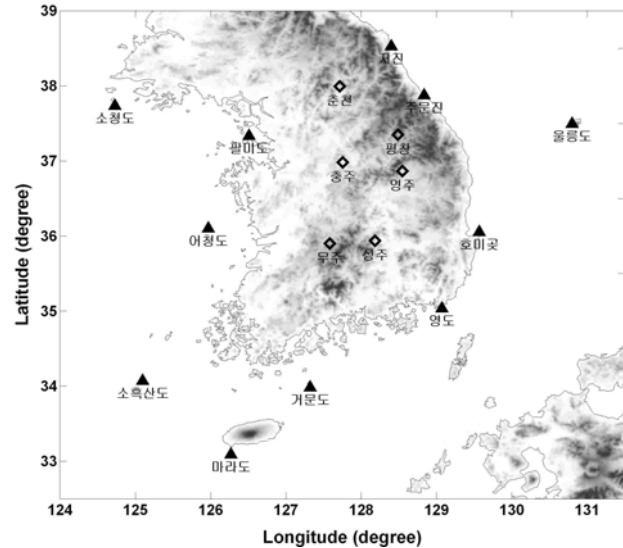


Fig. 1 Coastal(▲) and Inland(◇) Reference Stations of NDGNSS

## 3. GPS 신호환경 분석

### 3.1 TEQC 품질평가

GPS 기준국 신호환경분석은 위성항법중앙사무소 17곳 기

Table 1 Receiver and Antenna Model of NDGNSS Stations

구분	관측소	RINEX	수신기	안테나
해안 기준국	소청도	SOCH	Trimble 4000SSE	TRM33429.20+GP
	팔미도	PALM	Trimble NET R9	TRM59800.00 SCIS
	여청도	EOCH	Trimble NET R9	TRM59800.00 SCIS
	소흑산도	SOHE	Trimble 4000SSE	TRM33429.20+GP
	마라도	MARA	Trimble 4000SSE	TRM59800.00
	거문도	GEOM	Trimble 4000SSE	TRM33429.20+GP
	영도	YNDO	Trimble 4000SSE	TRM33429.20+GP
	호미곶	HOMI	Trimble 4000SSE	TRM59800.00
	울릉도	ULLE	Trimble 4000SSE	TRM59800.00
	주문진	JUMN	Trimble 4000SSE	TRM33429.20+GP
내륙 기준국	저진	JEOJ	Trimble 4000SSE	TRM59800.00
	무주	MUJU	Trimble 4000SSE	TRM33429.20+GP
	영주	YNJU	Trimble 4000SSE	TRM33429.20+GP
	평창	PYCH	Trimble 4000SSE	TRM33429.20+GP
	성주	SEJU	Thales 5202MF/RS	THANAP002
	충주	CHJU	Thales 5202MF/RS	THANAP002
	춘천	CHUN	Trimble NET R5	TRM55971.00 TZGD

준국을 대상으로 수행하였다. TEQC 품질평가 기간은 2011년 1월 1일부터 4월 30일까지 120일간 이고, 기준국별 품질평가 지수는 1일 단위로 산출하였다. Fig. 2에서는 각 기준국의 120일간 평균 품질평가지수를 보여준다. 대부분의 기준국들은 양질의 품질평가지수를 보이거나, 팔미도, 어청도, 거문도, 평창, 성주, 충주 관측소에서는 일부 품질평가지수가 저조하게 나타났다. 6곳을 제외한 나머지 대상 기준국들의 평균 데이터수신율은 약 98%로 나타났고, 평균 MP1과 MP2는 각각 0.19m, 0.71m를 보였다. 사이클슬립은 1000번 관측당 평균 1.3회 정도 나타나 대부분의 DGNSS 관측소들이 매우 우수한 환경에 놓여있음을 알 수 있다. 이는 한국해양연구원(2005)이 해안 기준국을 대상으로 산출한 TEQC 품질평가 지수 MP1(0.19m), MP2(0.76m), 사이클슬립(1.6회) 평균값과 비슷하거나 일부 향상된 결과이다.

데이터수신율은 해당 관측소에서 하루 동안 관측가능한 GPS 신호 수신 횟수와 실제 수신된 관측횟수의 비를 나타낸다. 대부분의 기준국들이 90%이상의 수신율을 보인다. 그러나 팔미도와 어청도 경우 각각 72%와 69%로 나타나 다른 기준국에 비해 저조하다. 두 기준국의 현장조사에서 팔미도는 북서쪽에 등대, 어청도는 남서쪽에 야산이 위치하고 있어 GPS

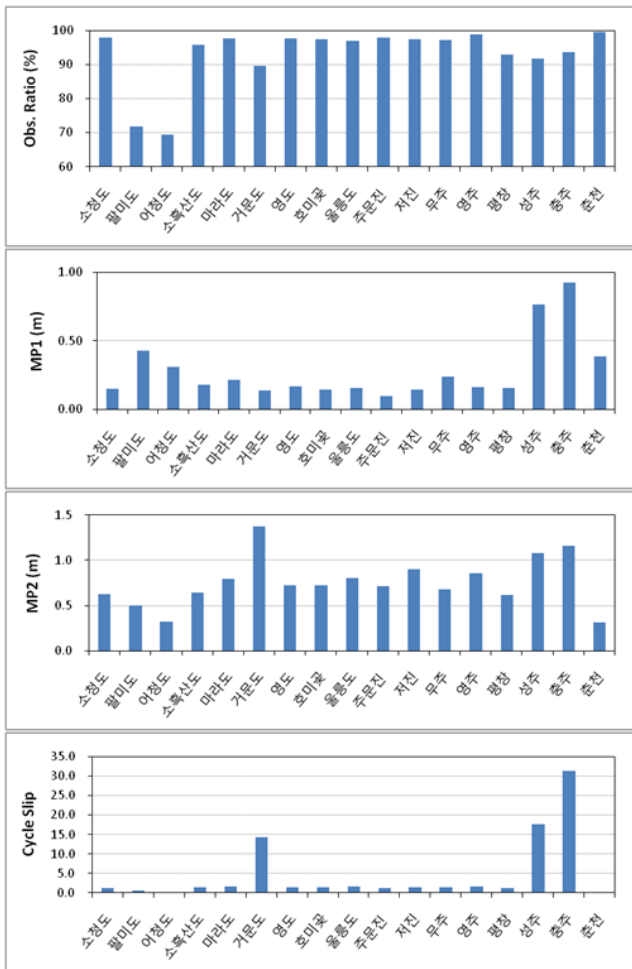


Fig. 2 Quality Check Indices of NDGNSS Stations

PALM0910_110							EOCH0910_110						
	L1	L2	C1	P2	S1	S2		L1	L2	C1	P2	S1	S2
1							1						
2	002	807	807	807	807	807	2	002	785	777	787	777	787
3	004	841	841	841	841	841	3	004	806	800	806	800	806
4	005	848	848	848	0	848	4	005	802	802	803	0	803
5	007	866	866	866	0	866	5	007	851	851	851	0	851
6	008	916	909	922	912	922	6	008	863	850	863	858	863
7	010	777	777	778	778	778	7	010	773	771	773	771	773
8	013	939	939	939	939	939	8	013	885	882	886	882	886
9	026	712	712	712	712	712	9	026	711	710	713	710	713
10	029	947	947	947	0	947	10	029	901	901	907	20	907
11	015	818	817	818	0	818	11	015	782	782	782	0	782
12	021	883	878	887	882	887	12	021	844	843	844	843	844
13	027	685	685	685	685	685	13	027	685	684	685	684	685
14	009	683	683	683	683	683	14	009	683	683	683	683	683
15	018	706	697	709	697	709	15	018	712	712	715	714	715
16	022	647	647	647	647	647	16	022	652	652	652	652	652
17	012	894	894	899	0	899	17	012	849	849	851	0	851
18	014	764	740	772	742	772	18	014	759	756	768	763	768
19	025	651	651	651	0	651	19	025	651	651	652	0	652
20	031	846	846	846	0	846	20	031	814	814	818	0	818
21	030	803	803	803	803	803	21	030	771	766	773	766	773
22	032	930	929	933	932	933	22	032	885	884	887	884	887
23	016	831	823	834	824	834	23	016	787	786	787	786	787
24	020	789	757	803	761	803	24	020	822	810	822	810	822
25	006	726	726	726	726	726	25	006	727	727	727	727	727
26	023	923	897	923	897	923	26	023	857	855	859	855	859
27	003	746	746	746	746	746	27	003	748	748	748	748	748
28	019	779	779	779	779	779	28	019	770	769	770	769	770
29	011	738	738	738	738	738	29	011	739	739	739	739	739
30	024	704	704	704	704	704	30	024	705	704	705	704	705
31	028	672	672	672	672	672	31	028	677	676	677	676	677
32	017	766	766	773	0	773	32	017	769	769	770	0	770
33							33						

Fig. 3 Observable counts for PRNs at Palmido(Left) and Eochungdo(Right)

위성의 일부 신호가 차단되는 환경에 놓여 있지만, 고정 장애물이 수신율을 크게 저하시킬 만큼 넓은 영역을 차지하고 있는 않았다. 3.2절에 기술한 가시성 분석에서도 물리적 고정 장애물이 위성의 일부 신호만 차단하고 있음을 확인가능하다. 두 기준국은 Trimble NETR9 수신기를 사용하고 있는 공통점이 있다. TEQC의 위성별 신호 수신 횟수를 측정하는 옵션을 이용하여 모든 기준국에 대해 확인한 결과, 두 기준국의 수신기가 L2C 신호를 송출하는 위성들(PRN 05, 07, 12, 15, 17, 25, 29, 31)의 P2 신호를 기록하지 않는 것으로 나타났다(UNAVCO, 2011). Fig. 3은 팔미도와 어청도 기준국에서 2011년 4월 1일에 관측된 위성들의 관측회수를 나타낸 것이다. 각 그림에서 첫 번째 열은 GPS 위성의 PRN 번호를 표시하고 두 번째 열부터 L1, L2, C1, P2, S1, S2 신호에 대한 위성별 수신 횟수를 표시한다. 특히, P2 신호 수신 횟수를 표시하는 5번째 열에서 '0' 이나 다른 신호 횟수에 비해 월등히 작은 수신 횟수를 표시하는 위성들은 L2C 신호를 송출하는 위성들과 일치함을 알 수 있다. 또한, Estey(2011)는 수신기의 환경설정에 의해 P2 신호가 누락될 가능성을 제시하기도 하였다. 따라서 두 기준국에 대한 수신기 환경설정값 확인과 변경조치가 필요하다.

다중경로 오차 MP1 및 MP2는 L1 및 L2 신호의 의사거리 다중경로 오차를 각각 나타낸다. MP1의 경우, 대부분의 기준국들이 0.5m 미만의 오차가 발생하고 있으나, 성주와 충주 기준국은 상대적으로 큰 0.76m, 0.93m의 오차를 보인다. MP2의 경우에는 대부분 기준국에서 1m 미만의 오차가 발생하나, 거문도, 성주, 충주 기준국에서는 1m 이상의 오차가 나타난다. MP1과 MP2의 오차가 공통적으로 크게 나타나는 성주와 충주는 다른 기준국과 달리 Ashtech THANAP002 안테나가 설치되어 있다(Fig. 4(a)). 이 안테나는 쇼크링이 없어 다중경로 오차를 감소시키지 못하는 구조의 장비이다. 그래서 대부분의 국제 기준국들은 다중경로 오차를 최소화시키기 위해 쇼크링



(a) THANAP002 Antenna at Chungju Station



(b) ChokeRing Antenna at Ulleungdo Station

Fig. 4 Antenna Type

타입의 안테나를 사용하고 있다. Fig. 4(b)는 울릉도 기준국에 설치된 초크링 타입의 안테나 사진이다. 성주와 충주 기준국에 대한 현장조사를 수행한 결과 충주 기준국은 넓은 평지에 위치하여 있었고 성주 기준국은 동서방향에 낮은 야산이 존재하고 있었지만 다중경로 오차를 크게 유발하는 물리적 장애물은 존재하지 않는 것으로 확인되었다.

사이클슬립 품질평가지수는 1000번 관측하는 동안 발생하는 일시적 신호단절 횟수를 나타낸다. 대부분 기준국에서 2회 미만으로 발생한 반면, 거문도, 성주, 충주 기준국에서 평균 10회 이상 발생하였다. 현장조사에서는 신호단절을 야기하는 장애물은 발견되지 않았다. 그러나 사이클슬립은 수신기나 안테나의 모델에 따라 영향을 받기도 한다(국토지리정보원, 2007; 박, 2007). 성주와 충주의 경우 다른 기준국과 상이한 제조사 수신기와 안테나를 사용하고 있다. 3.2절에 기술한 가시성 분석에 의하면 두 기준국의 신호 손실현상은 스카이 플롯(Sky Plot) 전체적으로 나타나고 있음이 확인되었고 이로 인해 사이클슬립 발생빈도가 높은 것으로 나타났다. 설치된 관측장비에 의해 신호품질이 저하된 것으로 추정되어 다른 관측장비로 비교실험을 통한 추가 분석이 필요하다. 거문도 기준국의 사이클슬립 발생빈도는 과거 설치시점(2000년 6월)부터

다른 기준국에 비해 월등히 높게 나타났다. 최근에는 과거보다 낮은 수치를 보이고 있지만 여전히 발생빈도가 높게 나타나는 곳이다. 이는 기준국에 설치된 관측장비 또는 설비문제로 인하여 발생빈도가 높은 것으로 사료된다(한국해양연구원, 2005).

### 3.2 가시성 분석

TEQC 품질평가지수 중 데이터수신율이 저조하거나 사이클슬립 발생빈도가 높은 기준국(팔미도, 어청도, 거문도, 평창, 성주, 충주)에 대해 위성의 가시성 분석을 수행하였다. 가시성 분석은 기준국에서 실제 관측된 데이터와 방송궤도력을 이용한 시뮬레이션 결과데이터 사이에 나타나는 위성의 관측 데이터 유무 또는 차이를 의미한다(김, 2009). 가시성 분석을 통하여 해당 기준국에서 위성신호를 차단하는 장애물이나 현상발생 유무 추정이 가능하다.

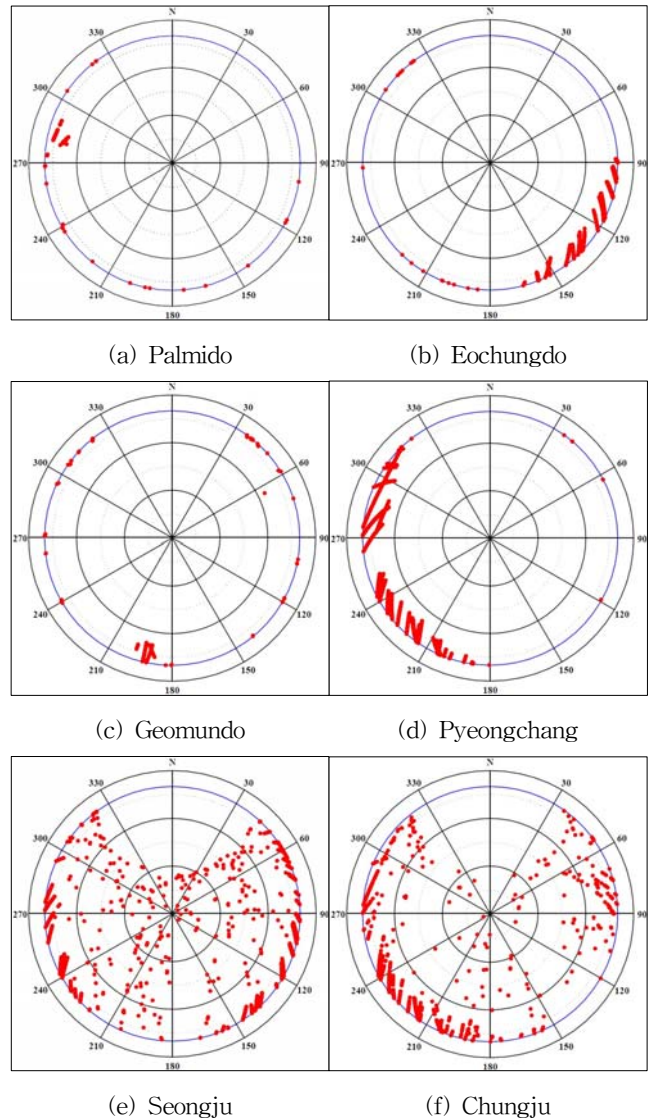


Fig. 5 Satellite Invisibility Sky Plot



Fig. 5는 6곳 기준국의 가시성 분석 스카이 플롯이고 점으로 표시된 부분은 정상적으로 수신해야할 곳에서 위성신호를 받지 못한 위치를 나타낸 것이다. 팔미도(Fig. 5(a))의 경우, 북서쪽에 위치한 등대로 인해 위성신호가 일부 차단되고 있지만 큰 영향을 주지 않는다. 어청도(Fig. 5(b))의 경우, 남동쪽에 야산이 존재하고 이로 인해 일부 위성신호가 차단되고 있음을 확인하였다. 거문도(Fig. 5(c))는 남쪽에 등대가 존재하지만 큰 영역을 차지하고 있지는 않다. 평창(Fig. 5(d)) 기준국은 남쪽에서 시작하여 북서쪽까지 이어진 야산으로 둘러싸여 있다. 이로 인해 고도각 20도 정도까지 위성신호가 차단되고 있음을 확인하였다. 성주와 충주 기준국의 경우, 특별한 장애물이 존재하지 않는 환경에 있으나, Fig. 5(e)와 5(f)에서는 신호 손실에 의한 이상값 분포가 스카이 플롯 전체적으로 나타나고 있음을 보여준다. 두 기준국은 다른 기준국과 상이한 제조사의 관측장비를 사용하고 있는 차이점이 있어 추후 이종간 관측장비의 비교실험을 통한 추가 분석이 필요하다.

#### 4. 결 론

GPS 자료 품질평가 소프트웨어인 TEQC 프로그램을 이용하여 기준국의 관측환경을 정량적으로 파악하고 신호수신에 대한 환경분석을 수행하였으며, 현장조사도 병행하였다. DGNSS 기준국에 대한 관측환경 분석결과 일부를 제외한 대부분의 DGNSS 기준국들이 최적의 환경에 놓여있음이 확인되었다. TEQC 품질평가 결과 대상 기준국 17곳 중 팔미도, 어청도, 거문도, 평창, 성주, 충주 기준국의 일부 지수가 상대적으로 저조하게 나타났다. 6곳을 제외한 나머지 기준국의 품질평가지수 평균은 데이터수신율이 98%, MP1과 MP2는 각각 0.19m, 0.71m, 사이클슬립은 1000회 관측당 1.3회 수준으로 나타났다. 팔미도와 어청도의 경우 L2C 신호를 송출하는 위성들의 P2 신호를 기록하지 못하여 수신율을 저하시키는 요인으로 확인되었으며 수신기의 환경설정값 확인 및 변경조치가 필요하다. 거문도의 경우 등대를 제외한 주변 장애물이 존재하지 않는 곳에 위치하고 있으나 설치된 관측장비 또는 설비문제로 인하여 품질지수가 저하된 것으로 사료되어 추가 분석작업이 필요하다. 평창은 서편에 야산이 위치하고 있어 지형적인 영향 때문에 데이터 수신율이 저조하게 나타난 기준국으로 확인되었다. 성주와 충주 기준국은 4개의 품질평가지수 모두 다른 기준국보다 좋지 않은 결과를 보였다. 주변 환경은 다른 관측소와 큰 차이점이 나타나지 않았으나 가시성 분석에서는 신호 손실현상이 스카이 플롯 전체적으로 발생하고 있음이 확인되었다. 설치된 관측장비에 의해 신호품질이 저하된 것으로 추정되어 비교실험을 통한 추가 분석이 필요한 곳이다. 추후 품질평가 지수 값이 좋지 않은 기준국에 대하여 현장조사와 추가분석을 수행하고 저하요인을 규명하여 개선하면 보다 나은 DGNSS 보정정보를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

#### 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] 국토지리정보원(2007), “한반도 지각변동 연구”
- [2] 김혜인, 박관동, 이호석(2009), “3차원 공간정보를 이용한 GNSS 시뮬레이터 개발 및 검증”, 한국측량학회지, 27권 6호, pp. 659-667
- [3] 박관동, 김혜인, 원지혜(2007), “국토지리정보원 GPS 상시관측소 관측환경 분석”, 한국측량학회지, 25권 4호, pp. 337-345
- [4] 한국해양연구원(2005), “한국형 WADGPS 구축, 신호분석 및 시각동기 제어방안 연구개발 III”
- [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] Estey, L. H.(2011), 개인서신
- [7] JPL(2007), IGS Site Guidelines, <http://igs.jpl.nasa.gov/>
- [8] NDGNSS(2011), 수신기 및 안테나 정보, <http://www.ndgps.go.kr/>
- [9] NOAA(2006), Guidelines for New and Existing Continuously Operating Reference Stations(CORS), <http://www.ngs.noaa.gov/CORS/>
- [10] Park, K. D., Nerem, R. S., Schenewerk, M. S. and Davis, J. L.(2004), “Site-specific multipath characteristics of global IGS and CORS GPS sites”, Journal of Geodesy, Vol. 77, pp. 799-803
- [11] 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
- [12] UNAVCO(2011), GNSS modernization, <http://facility.unavco.org/>

원고접수일 : 2011년 8월 22일

심사완료일 : 2011년 9월 26일

원고채택일 : 2011년 10월 4일