

## NDGPS의 정적 및 동적 측위 정확도 분석

송글재† · 박권일\* · 공현동\*\*

†, \*국토해양부 위성항법중앙사무소, \*\*국토해양부 부산지방해양항만청

### The analysis for the static and kinetic positioning accuracy of NDGPS

Geul-Jae Song† · Kwon-Il Park\* · Hyun-Dong Kong\*\*

†, \*DGPS Central Office, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs

\*\*Busan Regional Maritime Affairs and Port Office, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs

**요 약** : 국토해양부에서는 해양 DGPS 기준국과 연계하여 전국망 위성항법보정시스템(NDGPS) 구축 사업을 추진 중에 있으며, 2008년 춘천 기준국이 설치 완료되면 우리나라 전역에서 실시간 DGPS 측위 정보를 이용할 수 있다. 따라서 DGPS 측위 정보의 이용 활성화를 위하여 DGPS의 측위 정확도를 측정·분석하였다. 실시간 DGPS 측위 정확도는 정적 측정시 평면상 RMS(Root Mean Square) 오차는 0.42m, 동적 측정시 평면상 RMS 오차는 0.48m로 분석되었으며, RTK에 의한 비교 측정·분석도 병행하였다. 그 결과 위성항법보정시스템(DGPS)은 높은 정확도를 요구하는 GIS구축사업 분야에 직접적으로 이용될 수 없으나, 실시간 측위 정보를 필요로 하는 GIS활용 분야에서는 DGPS가 다양하게 이용될 수 있을 것이다.

**핵심용어** : DGPS, NDGPS, GIS, RMS, RTK

**Abstract** : The Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs is working on the construction of Nationwide DGPS(NDGPS) with connection to Maritime DGPS Reference Stations and if Chun-cheon Reference Station is to be completed in 2008, DGPS positioning information is available in the whole area of Republic of Korea. Therefore to promote the usage of DGPS surveying information, we measured and analyzed the accuracy of DGPS. In real-time DGPS positioning accuracy were 0.42m of planar Root Mean Square(RMS) error in static survey and 0.48m of planar RMS error in dynamic survey. We went abreast with RTK comparison measurement. According to these results, DGPS positioning information cannot be applied directly to the GIS construction field, but GIS application fields, requiring the real-time positioning information, can take advantage of it in variable cases.

**Key words** : DGPS, NDGPS, GIS, RMS, RTK

## 1. 서 론

최근 세계는 GPS(Global Positioning System)의 측위 오차와 취약점을 보완하기 위하여 다양한 기술을 접목한 위성항법보정시스템(Differential Global Navigation Satellite System, DGNSS)이 개발 및 연구되는 실정이며, 다양한 이용분야로부터 측위 서비스에 대한 무결성(Integrity), 정확성(Accuracy), 가용성(Availability)의 성능 향상을 요구하고 있다. 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO) 및 국제항로표지협회(International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities, IALA)에서 연안해역과 선박의 항만 입·출항시 이용 가능한 위성항법보정시스템(Differential GPS, DGPS)에 대하여 설치의 필요성을 인정함에 따라 세계 각 국가에서는 많은 DGPS 시설이 설치되고 있다(고 등, 1998; IALA, 2008).

우리나라에서는 1999년 8월 서해안 지역의 팔미도와 어청도 기준국을 시작으로 2002년 11월까지 우리나라 전 해역을 이중 커버리지(Coverage)로 구성하는 11개소 기준국을 설치하여 해양 DGPS 서비스를 제공하고 있다(위성항법중앙사무소, 2008a).

해양 DGPS 기준국과 연계하여 내륙지역에서의 다양한 응용 분야에 DGPS 서비스를 제공하고자 2003년 12월 무주기준국을 시작으로 영주, 평창, 충주, 성주기준국을 설치하였으며, 2008년 춘천기준국이 설치 완료되면 해양은 물론 내륙에서도 기상관측, 산림관리, 공항 활주로관리, 도로경계측량, 지하 매설물관리 등 다양한 분야에서 DGPS 측위 정보를 이용할 수 있게 되었다(박, 2004; 위성항법중앙사무소, 2005).

따라서 DGPS의 이용 활성화를 위하여 DGPS 이용자에게 보다 향상된 측위정보 제공이 요구되며, 무엇보다도 DGPS 측위 정보의 신뢰성 확보가 필요한 실정으로서 DGPS 측위시스템의 정확도를 측정·분석하여 신뢰성을 검증하고자 한다.

† 교신저자 : 송글재(정회원), sgi341@yahoo.co.kr 010)5235 4349

\* 정회원, pki1007@mltm.go.kr 042)824 0941

\*\* 정회원, p2016@mltm.go.kr 064)720-2670

## 2. DGPS의 원리 및 구성

### 2.1 DGPS의 원리

국토해양부 위성항법중앙사무소에서 설치·운영하고 있는 전국망 위성항법보정시스템(Nationwide DGPS, NDGPS)의 기본 원리는 이미 자신의 위치를 알고 있는 기준국(Reference Station)에 오차를 최소로 가지게 하는 우수한 수신기를 설치하여 각각의 GPS 위성 신호를 수신하여 측정된 거리(의사거리)와 이미 알고 있는 거리를 비교 계산한 위성벡터 차이를 보정량으로 하는 위치 보정방식이다.

수신된 위성으로부터 의사거리, 시간정보 및 궤도 데이터에서 거리 오차를 검출하고 이를 보정량으로 RTCM SC-104(Radio Technical Commission for Maritime Services, Special Committee 104)의 포맷 형식에 따라 MSK(Minimum Shift Keying) 변조방법으로 중파(283.5-325KHz)송신기를 이용하여 일반 수신기 사용자들의 위치 계산 정확도를 향상시키는 방법이다(김 등, 2002; 박, 2004).

### 2.2 DGPS의 구성

DGPS 시스템의 구성은 GPS 측위 오차를 보정하여 보정신호를 이용자에게 송신 역할을 하는 기준국(Reference Station), 기준국에서 방송하는 보정 신호에 대한 값을 감시하는 감시국(Integrity Monitor Station), 기준국·감시국의 시스템 상황을 원격 모니터링을 하는 통제국(Control Station)으로 이루어져 있으며(고 등, 2000), 우리나라 NDGPS망의 기준국은 전체 17개소로 Table 1에 나타내었다(위, 2008b).

## 3. NDGPS의 측위 정확도 측정

### 3.1 거리별 정적 측위 정확도

NDGPS 무주기준국의 정적(Static) 측위 정확도를 측정하기 위하여 무주기준국으로부터 약 10km 간격의 임의 기준점 11개소와 삼각기준점 3개소를 Fig. 1과 같이 설정하였다.

임의 기준점에 대한 GPS 측량은 2005년 10월 6일에서 동년 10월 7일까지 각 기준점마다 Trimble 5700 Series 2주파 GPS 수신기(Trimble, 2008c)를 이용하여 2시간 이상 측정을 실시하고 국토지리정보원 GPS상시관측소의 원시 데이터(Raw Data)를 이용하여 TGO(Trimble Geomatics Office) V1.62 프로그램을(Trimble, 2008a)으로 후처리(Post-Processing) 후 기준점의 WGS-84(World Geodetic System, 1984) 위치를 결정하였으며, 결과 값을 Table 2에 나타내었다.

임의 기준점에서는 NT-300D 수신기(Trimble, 1999)를 설치하고 실시간 DGPS 측위 정보를 1초 간격으로 측정하였으며, 2006년 5월 16일에서 동년 5월 17일까지 각 기준점마다 20분간, 2006년 8월 21일에서 동년 8월 22일까지 각 기준점마다 15분간씩 2회에 걸친 측정 데이터에 대하여 측위 정확도를 분석하였다.

Table 1 The Current Status of NDGPS Reference Stations

기준국	주파수 (KHz)	위도 (도-분)	경도 (도-분)	출력 (W)	운영일
팔미도	313	37-21.5	126-30.7	300	1999. 8.
어청도	295	36-07.5	125-58.1	300	1999. 8.
마라도	290	33-07.0	126-16.1	300	2000. 6.
거문도	287	34-00.5	127-19.3	300	2000. 6.
영도	300	35-03.7	129-04.2	300	2000. 6.
주문진	295	37-53.9	128-50.0	300	2000. 6.
호미곶	310	36-04.6	129-34.0	300	2001.12.
울릉도	319	37-31.1	130-47.9	300	2002. 5.
소청도	323	37-45.6	124-43.7	300	2002.11.
소흑산도	298	34-05.7	125-05.9	300	2002.11.
저진	292	38-33.1	128-23.9	300	2002.11.
무주	322	35-54.2	127-35.0	500	2003.12.
영주	289	36-51.9	128-32.7	500	2004.12.
평창	303	37-21.0	128-29.3	500	2005.12.
충주	318	36-58.9	127-45.3	500	2006. 6.
성주	296	35-56.2	128-59.9	500	2006.12.
춘천	구축 추진 중				

삼각기준점에서의 GPS 측량은 임의 기준점 측량과 동일한 장비 및 방법으로 WGS-84 위치를 결정하였으며, Table 3과 같다.

삼각기준점은 4000Si DS 수신기(Trimble, 1998)를 이용하여 대전은 2007년 6월 12일 0900시, 전주는 2007년 6월 8일 1200시에 실시간 DGPS 측위 정보를 1초 간격으로 20분간 측정하였으며, 보은은 2007년 6월 11일 1800시에 실시간 DGPS 측위 정보를 1초 간격으로 약 18분간 측정·분석 하였다.

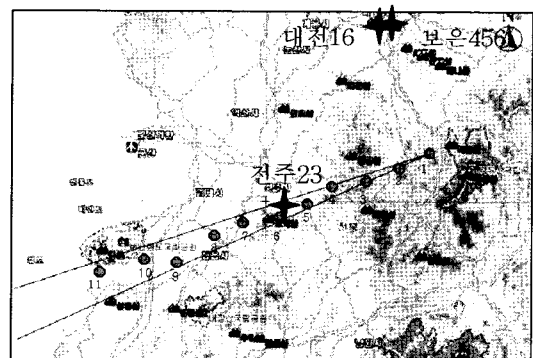


Fig. 1 NDGPS Measuring Position to the Mu-ju Reference Station

그리고 DGPS 측정시 측정 오차를 최소화하기 위하여 임의 기준점과 삼각기준점에서 삼각대를 세우고 정준대를 이용하여 DGPS 수신안테나를 고정하였으며, DGPS 수신기로부터 NMEA-0183(National Marine Electronics Association-0183) 포맷 형식의 위치 정보와 관련된 GGA(GPS Fix Data) 데이터를 노트북 컴퓨터에 저장한 후 GMU V2.0(GPS Monitor Utility V2.0)(Trimble, 1996) 프로그램을 이용하여 분석하였다.

Table 2 GPS Survey Results to the Optional Reference Points

구분	위도 (도-분-초)	경도 (도-분-초)	타원체고 (m)	거리 (km)
무주 안테나	35-54-11.71060	127-35-02.53320	421.729	0.000
1 무주	35-54-11.59373	127-34-59.87525	428.859	0.067
2 월포	35-52-31.07779	127-29-40.24495	303.161	8.657
3 두남	35-50-36.34333	127-24-22.71654	323.610	17.369
4 모래	35-49-43.58773	127-18-47.42017	423.866	25.821
5 신리	35-46-39.93016	127-11-55.93536	103.377	37.480
6 구이	35-43-47.54775	127-06-53.92486	125.985	46.551
7 용호	35-41-17.29070	126-58-41.78948	118.770	59.734
8 수금	35-38-50.58392	126-52-37.95415	34.393	69.932
9 고부	35-35-28.19286	126-46-36.41636	44.257	80.818
10 줄포	35-36-00.41228	126-40-22.94078	40.376	88.996
11 격포	35-35-00.70558	126-31-37.46342	96.275	101.976

Table 3 GPS Survey Results to the Triangular Reference Points

삼각기준점	위도 (도-분-초)	경도 (도-분-초)	타원체고 (m)	거리 (km)
대전 16	36-17-58.64027	127-29-04.48259	606.395	44.88
전주 23	35-50-10.19475	127-05-13.65614	241.535	45.48
보은 456	36-18-17.02594	127-29-57.88825	612.154	45.19

1) 임의 기준점 DGPS 측위 정확도 측정 결과

평면상(Two Dimensions) RMS(Root Mean Square) 오차 분포는 0.237m~0.564m이고 11개소 전체의 평균치(Average)는 0.421m로 분석되었으며, Table 4 및 Fig. 2와 같다.

수직(Vertical) 오차의 평균치 분포는 -0.868m~0.768m이고 11개소 전체의 평균치는 0.081m이며, 표준편차(standard deviation)의 분포는 0.226m~1.709m이고 11개소 전체의 평균치는 0.584m로 분석되었다. 수직 오차에 대한 분석 결과 값은 Table 5 및 Fig. 3과 같으며, DGPS 보정에 사용된 평균 위성 수(Satellite Vehicles, SVs)는 7.51개 이었다.

Table 4 NDGPS Positioning Accuracy Results

구분	1차 측정		2차 측정		평균 (m)
	오차(m)	SVs	오차(m)	SVs	
무주	평균치	0.489	0.474	7.02	0.482
	표준편차	0.188	0.206		0.197
	RMS	0.524	0.517		0.520
월포	평균치	0.403	0.232	7.58	0.318
	표준편차	0.197	0.151		0.174
	RMS	0.449	0.277		0.362
두남	평균치	0.285	0.342	9.01	0.314
	표준편차	0.142	0.190		0.166
	RMS	0.318	0.391		0.355
모래	평균치	0.398	0.408	7.65	0.403
	표준편차	0.197	0.217		0.207
	RMS	0.444	0.462		0.453
신리	평균치	0.529	0.355	7.00	0.442
	표준편차	0.170	0.208		0.189
	RMS	0.556	0.411		0.481
구이	평균치	0.307	0.333	8.30	0.320
	표준편차	0.099	0.126		0.113
	RMS	0.323	0.356		0.339
용호	평균치	0.497	0.475	6.00	0.486
	표준편차	0.242	0.219		0.231
	RMS	0.553	0.523		0.538
수금	평균치	0.351	0.347	9.81	0.349
	표준편차	0.132	0.171		0.152
	RMS	0.375	0.387		0.380
고부	평균치	0.218	0.241	8.00	0.230
	표준편차	0.093	0.109		0.101
	RMS	0.237	0.265		0.251
줄포	평균치	-	0.522	8.40	0.522
	표준편차	-	0.213		0.213
	RMS	-	0.564		0.564
격포	평균치	-	0.452	9.00	0.452
	표준편차	-	0.245		0.245
	RMS	-	0.514		0.514
평균	평균치	0.386	0.380	7.04	0.383
	표준편차	0.162	0.187		0.175
	RMS	0.419	0.424		0.421

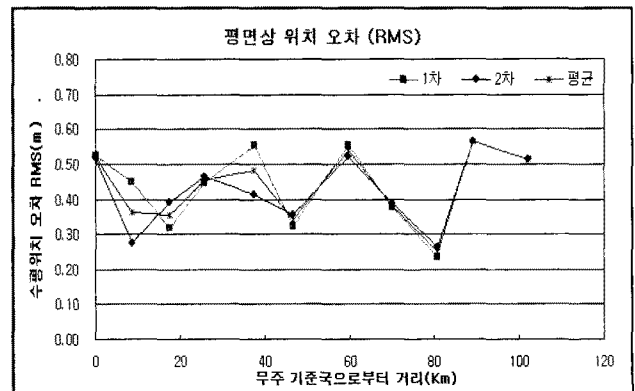


Fig. 2 Planar Dimension Positioning Error(RMS) Graph

Table 5 NDGPS Elevation Error Analysis Results

구 분	1차 측정		2차 측정		평 균 (m)	
	오차(m)	SVs	오차(m)	SVs		
무 주	평 균 치	0.418	8.00	-0.193	7.02	0.113
	표준편차	0.811		0.538		0.675
월 포	평 균 치	-0.020	6.00	-0.350	7.58	-0.185
	표준편차	0.657		0.226		0.442
두 남	평 균 치	0.029	6.09	0.601	9.01	0.315
	표준편차	0.226		0.377		0.302
모 래	평 균 치	0.059	7.00	-0.459	7.65	-0.200
	표준편차	0.904		0.787		0.846
신 리	평 균 치	-0.150	6.41	0.306	7.00	0.078
	표준편차	0.953		0.404		0.679
구 이	평 균 치	0.112	8.00	0.768	8.30	0.440
	표준편차	0.317		0.296		0.307
용 호	평 균 치	0.028	6.67	-0.262	6.00	-0.117
	표준편차	0.771		1.709		1.240
수 금	평 균 치	0.073	8.00	0.524	9.81	0.299
	표준편차	0.477		0.289		0.388
고 부	평 균 치	0.368	7.17	-0.868	8.00	-0.250
	표준편차	0.280		0.420		0.350
줄 포	평 균 치	-	-	0.153	8.40	0.153
	표준편차	-		0.671		0.671
격 포	평 균 치	-	-	0.442	9.00	0.442
	표준편차	-		0.539		0.539
평 균	평 균 치	0.102	7.04	0.060	7.98	0.081
	표준편차	0.600		0.569		0.584

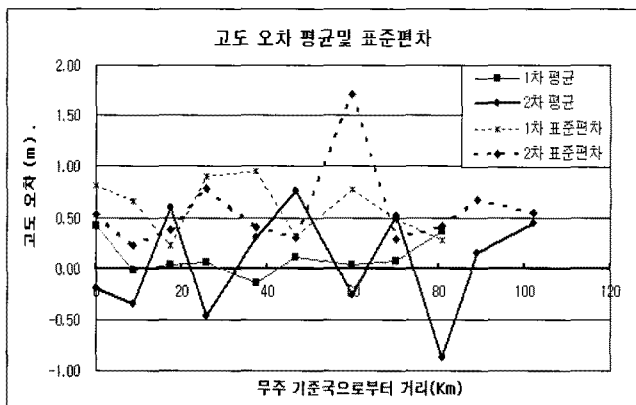


Fig. 3 Elevation Error Average and Standard Deviation Graph

예로서, Fig. 4는 임의 기준점 중 무주기준국으로부터 46.5km 떨어진 구이 지점에서 제2차에 측정된 결과 값으로 총 데이터 수량은 900개이며, 평면상 거리 오차의 평균치는 0.333m, 공간상 거리 오차의 평균치는 0.855m이다.

평면상 거리 오차의 표준편차는 0.126m로서 산출된 RMS 오차는 0.356m이며, 고도 오차의 경우 평균치는 0.768m, 표준편차는 0.296m로 측정·분석되었다.

2) 삼각기준점 DGPS 측위 정확도 측정 결과

측정 대상 삼각기준점은 무주기준국으로부터 약 45km 떨어진 지점을 설정하였으며, 제1지점은 대전16, 제2지점은 전주23, 제3지점은 보은456이다.

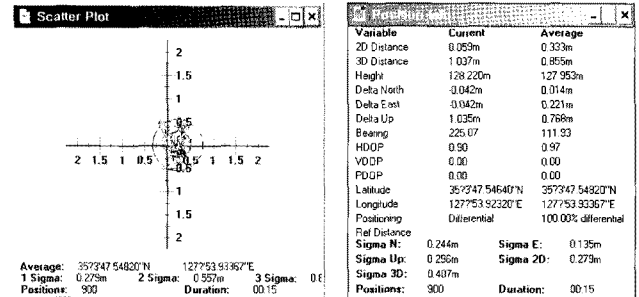


Fig. 4 DGPS Measuring Analysis Results(Gu-i)

① 대전16 기준점 DGPS 측정 분석

삼각기준점 대전16은 1등 삼각점으로서 대전광역시 동구 대성동 식장산 정상에 위치하고 있으며, 무주기준국으로부터 350° 방향으로 44.88km 떨어진 지점에 위치하고 있다.

실시간 DGPS 측정·분석 결과 평면상 거리오차의 평균치는 0.214m, 표준편차는 0.135m, RMS 오차는 0.253m로 분석되었으며, 측정·분석 결과는 Table 6 및 Fig. 5와 같다.

Table 6 DGPS Static Measurement at Dae-jeon 16 with Real-time

구 분	위도오차	경도오차	고도오차	평면상거리오차
평 균 치	0.143m	-0.114m	-0.638m	0.214m
표준편차	0.136m	0.109m	0.184m	0.135m
비 고	RMS : 0.253m, 2RMS : 0.506m(20분간,static)			

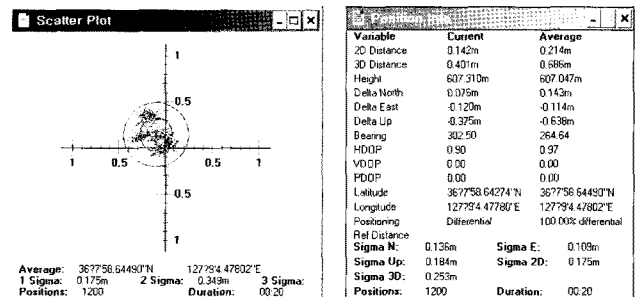


Fig. 5 DGPS Survey at Dae-jeon 16

② 전주23 기준점 DGPS 측정 분석

삼각기준점 전주23은 2등 삼각점으로서 전북 전주시 덕진구 동산동 황방산에 위치하고 있으며, 무주기준국으로부터 260° 방향 45.48km 떨어진 지점에 위치하고 있다.

전주23에서 실시간 DGPS 측정·분석 결과 평면상 거리오차의 평균치는 0.349m, 표준편차는 0.144m, RMS 오차는

0.378m로 분석되었으며, 측정·분석 결과는 Table 7 및 Fig. 6과 같다.

Table 7 DGPS Static Measurement at Jun-ju23 with Real-time

구분	위도오차	경도오차	고도오차	평면상거리오차
평균치	-0.172m	-0.257m	-0.435m	0.349m
표준편차	0.101m	0.192m	0.639m	0.144m
비고	RMS : 0.378m, 2RMS : 0.756m(20분간,static)			

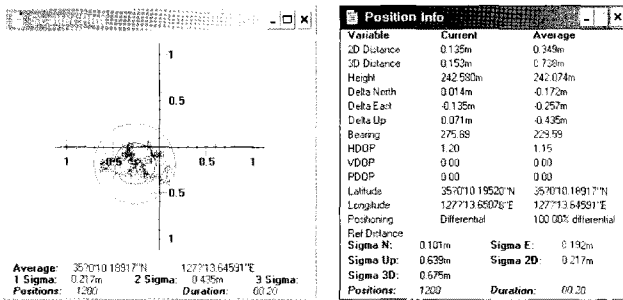


Fig. 6 DGPS Survey at Jun-ju23

③ 보은456 기준점 DGPS 측정 분석

삼각기준점 보은456은 4등 삼각점으로 충북 옥천군 군북면 사막리 독수리봉 정상에 위치하고 있으며, 무주기준국으로부터 350° 방향 45.19km 떨어진 지점에 위치하고 있다.

보은456에서 실시간 DGPS 측정·분석 결과 평면상 거리오차의 평균치는 0.231m, 표준편차는 0.136m, RMS 오차는 0.268m로 분석되었으며, 측정·분석 결과는 Table 8 및 Fig. 7과 같다.

Table 8 DGPS Static Measurement at Bo eun456 with Real-time

구분	위도오차	경도오차	고도오차	평면상거리오차
평균치	-0.014m	0.101m	0.224m	0.231m
표준편차	0.153m	0.195m	0.426m	0.136m
비고	RMS : 0.268m, 2RMS : 0.536m(18분간,static)			

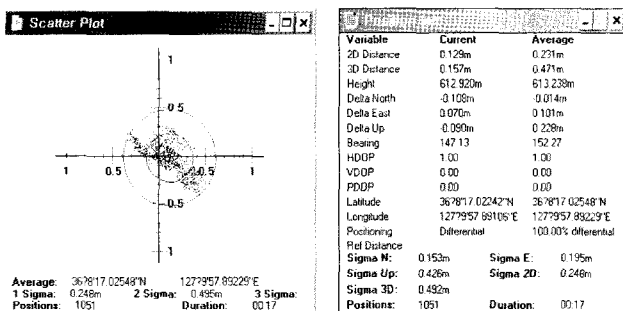


Fig. 7 DGPS Survey at Bo-eun456

3.2 회전운동에 의한 동적 측위 정확도

1) 측정 및 분석 개요

NDGPS 무주기준국으로부터 약 17.3km 떨어진 두남 기준점 위치에서 회전운동을 이용하여 DGPS의 동적(Dynamic) 측위 정확도를 측정·분석하였다.

기준점 위치와 회전장치의 회전축이 수직이 되도록 정확히 설치하였으며, 회전장치의 회전축과 DGPS 수신안테나 사이의 거리를 2.86m로 고정 설치하였다.

또한, 회전장치 위에는 노트북 컴퓨터와 전원장치 및 DGPS 수신기(NT-300D)를 설치하고 수신안테나와 케이블을 연결하였으며, 시스템 구성 및 측정 전경사진은 Fig. 8과 같다.



Fig. 8 The Measurement of Rotational Movement

측정 일시는 2006년 11월 20일 1400시이고 측정 시간은 약 20분이며, 회전수는 280회, 데이터의 저장 간격은 1초로서 총 1,230개의 측정 데이터를 취득하였다.

측정 방법은 12V-13.6rpm의 저속 모터로 회전장치를 회전하면서 DGPS수신기(NT-300D)로 실시간 DGPS 측위 정보를 측정하여 NMEA-0183 포맷 형식의 위치 정보와 관련된 GGA 데이터를 노트북 컴퓨터에 저장하였다.

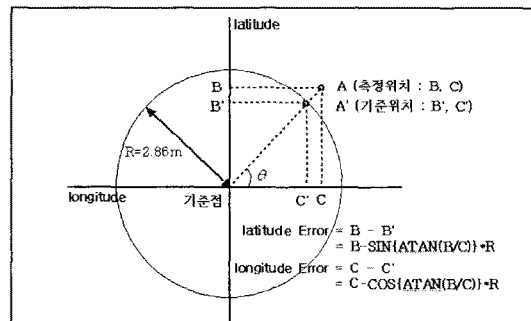


Fig. 9 The Way of DGPS Dynamic Analysis Measurement

분석 방법은 먼저 GMU V2.0 프로그램을 이용하여 분석하고 두 번째는 직류용 저속모터를 사용하여 등속으로 회전운동 시 기준점으로부터 측정 위치의 정확한 좌표를 확인할 수 있으나 직류 변환장치의 전압변동, 차량의 통행 및 바람(wind)

등의 외부적인 환경 요인에 의해서 저속 모드가 등속으로 회전하지 않았다. 따라서 회전하는 물체의 위치는 회전 반경이 일정할 경우 속도에 관계없이 중심으로부터 일정한 궤도상에 위치하므로 궤도를 벗어나는 거리를 오차로 간주하고 위도와 경도를 각각 Microsoft Excel 2007 프로그램을 사용하여 Fig. 9와 같이 분석하였다.

2) 회전운동에 의한 DGPS 측위 정확도 분석 결과

회전운동에 의한 동적 측위 정확도 측정 데이터를 GMU V2.0 프로그램을 이용하여 분석한 결과 Fig. 10과 같이 위도 오차의 평균치는 0.230m, 경도오차의 평균치는 0.212m로 기준점으로부터 중심 위치가 0.312m 이동되는 DGPS의 위치오차가 발생하였다.

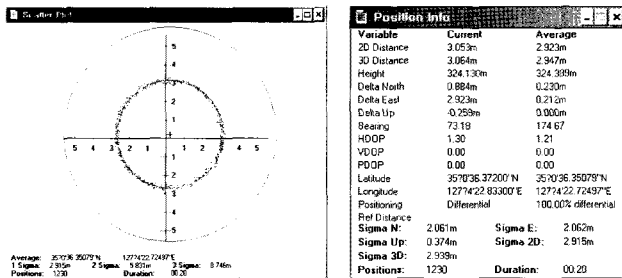


Fig. 10 DGPS Dynamic Measurement Analysis Results

반경 2.86m 원의 궤도상에서 각각의 측정 지점이 벗어난 거리오차를 위도와 경도로 나누어 분석한 결과 Table 9와 같이 평면상 거리오차 평균치는 0.21m, 표준편차는 0.12m로 분석되었으며, Fig. 11과 같이 기준점을 벗어나 제1사분면으로 DGPS의 위치오차가 발생하였다.

Table 9 DGPS Dynamic Measurement Analysis Results

구분	위도오차	경도오차	거리오차	비고
평균치	0.124m	0.096m	0.210m	회전속도:13.6rpm
표준편차	0.132m	0.129m	0.120m	이동속도:4m/s

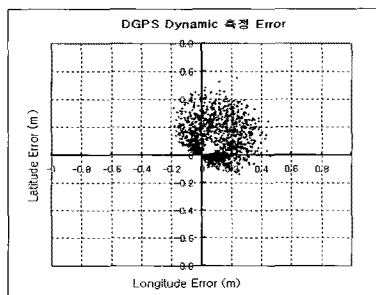


Fig. 11 DGPS Dynamic Measurement Distance Error

또한, 평면상 RMS 오차는 0.241m로 계산되었으나, 위도 또는 경도가 궤도상에 일치될 경우를 고려하여 위도오차와 경도오차를 각각 2배 증가시켜 평균치와 표준편차를 계산하고 회

전운동에 의한 평면상 RMS 오차를 0.48m로 분석 처리하였다. 고도오차의 경우 기준점 위치로부터 일정한 높이에서 측정을 실시하였기 측정시스템의 높이를 고려하지 않고 회전운동시 편차만을 확인하였으며, Fig. 12와 같이 최고 303.59m, 최저 301.75m로 변화 편차는 최대 1.84m로 분석되었다.

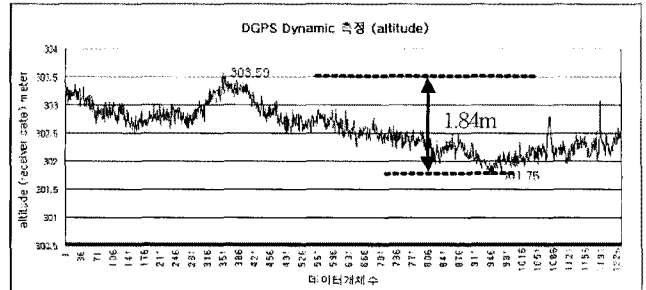


Fig. 12 DGPS Dynamic Measurement Altitude Changing Graph

3.3 RTK에 의한 동적 측위 정확도 측정

1) 측정 및 분석 개요

NDGPS 무주기준국으로부터 약 17.3km 떨어진 두남 기준점에서 RTK(Real Time Kinematic) 수신기를 설치한 후 차량을 이용하여 RTK와 DGPS의 동적 측위 정확도를 비교 측정·분석하였다.

측정시스템 구성은 R7 RTK 수신기(Trimble, 2008b) 1조 및 DGPS 수신기(4000Si DS) 외 7종이며, 기준점 위치에 RTK 기준국을 설치하고 무선모뎀을 사용하여 RTK 측정을 실시하면서 동시에 DGPS 측위 정보를 병행 측정하였다. RTK와 DGPS 수신기의 GPS안테나는 공통으로 사용하였으며, 시스템 블록도는 Fig. 13과 같다.

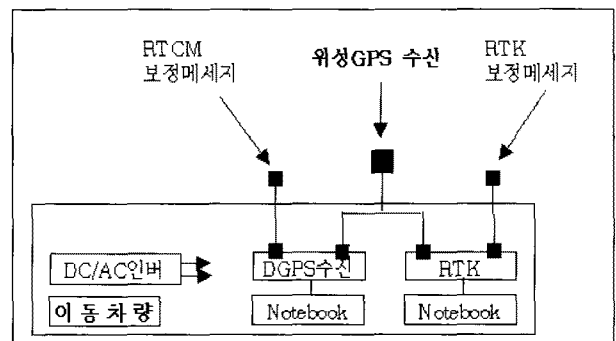


Fig. 13 RTK & DGPS Measuring System Diagram

측정 방법은 측정 장비를 차량에 설치하고 약 25km/h의 속력으로 이동하면서 RTK에 의한 DGPS 측위 정확도를 비교 측정하였으며, RTK 수신기와 DGPS 수신기로 측정된 NMEA-0183 포맷 형식의 위치 정보와 관련된 GGA 데이터를 노트북 컴퓨터에 저장 하였다. RTK에 의한 실시간 DGPS 측정 구간은 Fig. 14와 같다.

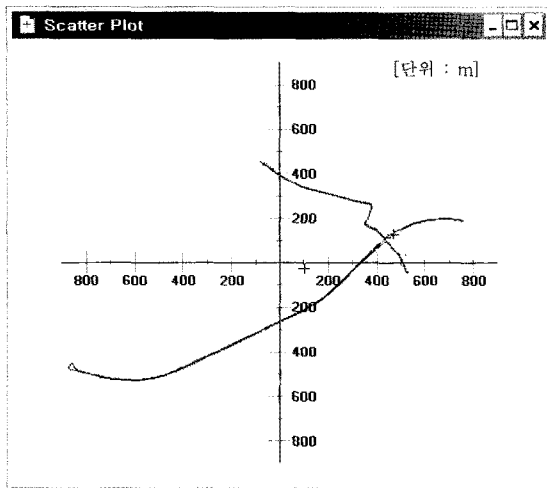


Fig. 14 DGPS Measurement Distance with RTK

측정 일시는 2006년 12월 19일 1400시이며, 측정 시간은 약 18분간으로 RTK 수신기와 DGPS 수신기의 데이터 저장 시간을 일치시키기 위하여 RTK 수신기는 0.1초, DGPS 수신기는 1초 간격으로 데이터를 각각 취득하였다.

분석 방법은 RTK 수신기도 동적 측정시 오차가 발생하나 절대위치(Absolute position)를 확인할 수 없으므로 RTK 수신기 측정 위치를 절대위치로 간주하고 DGPS 측정 위치와의 차이를 비교 분석하였다.

측정 데이터의 비교 분석을 위하여 Microsoft Excel 2007 프로그램을 사용하여 측정된 시간 간격을 1초로 일치시키고 불필요한 RTK 측정 데이터와 위성 수 3개 이하인 데이터를 삭제하였다.

2) RTK에 의한 DGPS 동적 측위 정확도 분석 결과

차량을 이용하여 25km/h 속도로 이동하면서 RTK에 의한 DGPS 측위 정확도 측정시 위성 수 3개인 경우가 총 데이터 1,040개에서 RTK는 2회, DGPS는 4회 발생하였으며, RTK의 평균 위성 수는 5.66개, DGPS의 평균 위성 수는 5.71개로 분석되었다. 측정 데이터를 Microsoft Excel 2007 프로그램을 이용하여 분석한 결과는 Fig. 15, Fig. 16 및 Table 10과 같다.

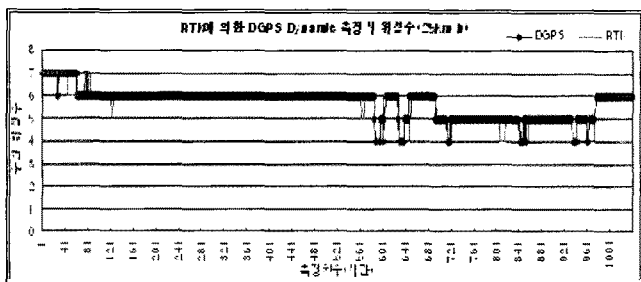


Fig. 15 The Number of SVs During DGPS Measurement with RTK

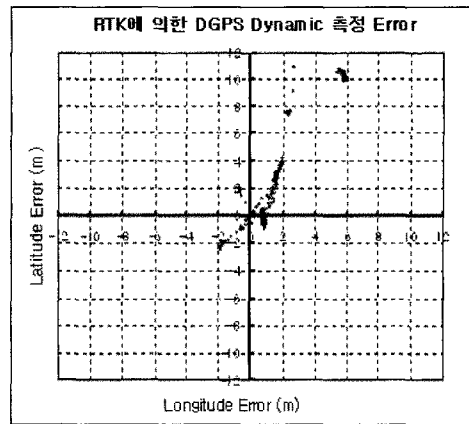


Fig. 16 DGPS Distance Error with RTK

Table 10 Measurement Analysis Results with RTK

구 분	위도오차	경도오차	평면상거리오차
평균치	0.479m	0.709m	1.286m
표준편차	1.542m	0.641m	1.366m

평균 25km/h 주행시 RTK에 의한 DGPS의 위도오차 및 경도오차의 평균치는 0.479m 및 0.709m이고 평면상 거리오차의 평균치는 1.286m로 분석되었다. 또한, 표준편차는 위도 1.542m, 경도 0.641m, 평면상 거리오차의 표준편차는 1.366m로 평면상 RMS 오차는 1.876m로 분석되었다.

4. 종합 분석

국토해양부에서 제공하고 있는 실시간 DGPS 측위 정보에 대하여 무주기준국으로부터 매 10km 간격으로 11개소 기준점을 설정하여 15분에서 20분간 정적 측정 결과 평면상 거리오차의 평균치 분포는 0.218m~0.529m이며, 전체적인 평균치는 0.383m로 측정·분석 되었다. 거리오차의 표준편차 분포는 0.093m~0.245m이며, 전체적인 평균치는 0.175m로 측정·분석되었다.

평면상 RMS 오차 분포는 0.237m~0.564m이며, 전체적인 평균치는 0.421m로 분석되었으며, 이때 DGPS 보정에 사용된 위성 수의 평균은 7.51개 이었다. 또한, 고도오차의 경우 평균치 분포는 -0.868m~0.768m로 11개소 전체 평균치는 0.081m이며, 표준편차 분포는 0.226m~1.709m로 전체 평균치는 0.584m로 분석되었다.

국토지리정보원 삼각기준점에서 실시간 DGPS 측정·분석 결과 평면상 거리오차의 평균치 분포는 0.214m~0.349m, RMS 오차 분포는 0.253m~0.378m로 분석되었으며, 각 18분 및 20분 동안 이용한 위성수의 평균과 결과 값은 Table 11과 같다.

Table 11 DGPS Positioning Results to the Triangular Reference Points

구 분	평균치	표준편차	RMS	위성수	데이터수	거 리
대전 16	0.214m	0.135m	0.253m	8.02	1,200개	44.88km
전주 23	0.349m	0.144m	0.378m	7.00	1,200개	45.48km
보은456	0.231m	0.136m	0.268m	9.00	1,051개	45.19km

삼각기준점 3개소가 무주기준국으로부터 약 45km 지점으로서 RMS 오차가 0.378m로 크게 발생한 전주23 기준점에 대하여 위도, 경도, 고도별로 Fig. 17 및 Fig. 18과 같이 분석해 보았으며, 실시간 DGPS 이용시 고도오차의 경우 -1.5m~1.0m 분포로 측정됨을 확인할 수 있었다.

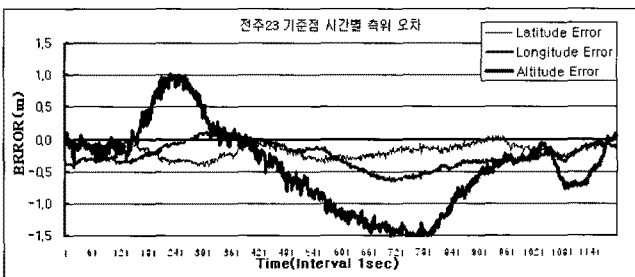


Fig. 17 The Analysis of Positioning Error at Jun-ju23

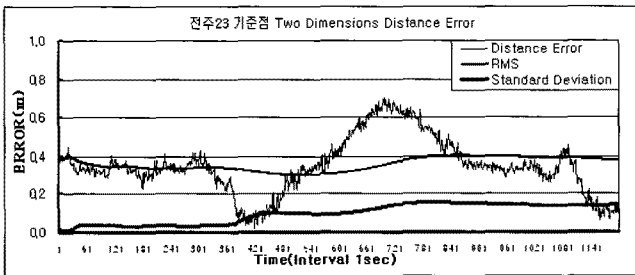


Fig. 18 The Analysis of Planar Dimension Distance and RMS at Jun-ju23

회전운동에 의한 동적 측정에 있어 RMS 오차는 0.48m로 분석되었으며, 고도오차의 경우 편차만을 측정·분석한 결과 최고 303.59m, 최저 301.75m로 최대 편차는 1.84m로 분석되었다.

DGPS 측위 정확도는 7~8개의 위성을 수신할 경우 정적 측정에 있어 평면상 RMS 오차는 0.42m, 회전운동에 의한 동적 측정시 평면상 RMS 오차는 0.48m의 측정 결과 값을 얻었다.

또한, RTK에 의한 DGPS의 측위 정확도 비교 측정에서 평면상 RMS 오차는 1.88m로 높은 결과 값을 나타내었으나 이는 RTK 수신기의 위치오차도 포함된 결과 값이며, RTK에 의한 DGPS 측위 정확도 측정시 보정에 이용된 위성 수는 정적 측정과 회전운동에 의한 측정시와 비교하여 상대적으로 위성 수가 적었다. 정적 측정과 회전운동 및 RTK에 의한 동적 측정의 분석 결과를 Table 12에 나타내었다.

Table 12 DGPS Positioning Accuracy Results

구 분	정 적 측 정		동 적 측 정		
	임의기준점	삼각기준점	회전운동	R T K	
이동속도	-	-	14.6km/h	25km/h	
데이터수	900/1,200개	1,200개	1,230개	1,034개	
SVs(평균)	7.5개	7.0개	6.0개	5.7개	
평 면 상	평 균 치	0.383m	0.349m	0.420m	1.286m
	표준편차	0.175m	0.144m	0.240m	1.366m
	RMS	0.421m	0.378m	0.483m	1.876m
비 고	11개소, 2회	전주23	두남 기준점		

## 5. 결 론

국토해양부 위성항법중앙사무소에서 제공하고 있는 실시간 DGPS 측위 정보의 정확도를 14개소의 삼각기준점 및 임의 기준점에서 측정한 결과 평면상 RMS 오차는 38cm~42cm의 정확도를 갖는 것으로 분석되었다.

이러한 DGPS 측위 정확도 측정 결과는 국가지리정보시스템(National Geographic Information system, NGIS)구축 사업 중 정확도를 요구하는 분야에는 직접적으로 활용할 수 없으나 지리정보시스템(GIS) 활용분야에서는 DGPS 이용이 점진적으로 증대될 것이다.

즉, 중앙부처와 지방자치단체, 정부 투자기관 등에서 지하 매설물, 지하자원, 환경, 농업, 산림통계 등의 DB화가 구축됨으로서 이를 활용한 실시간 DGPS 측위 정보의 이용이 점차 증대되고 있다.

특히, 실시간 DGPS 측위정보는 우리나라 전역에서 무료로 24시간 이용이 가능하며 무결성(Integrity) 기능이 있어 다양한 측위 분야에 활용됨은 물론 국민 실생활에도 유익하게 활용될 것이다.

따라서 국토해양부 DGPS 측위 정보는 해양 및 내륙분야의 활용으로 국가 측위인프라로서 자리매김 할 수 있을 것이다. 앞으로 실시간 DGPS 측위시스템의 신뢰성 제고와 이용활성화를 위하여 이용범위별, 위성 수 변화에 따른 환경별, 수신기 종류별, 종합적인 여건과 환경을 고려하여 체계적인 동적 측위 정확도 측정이 필요한 실정이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 고평섭, 이형욱, 정세모(1998), "한국 동해안에서의 Marine Radiobeacon/DGPS 정밀도 분석에 관한 연구", 한국항해학회지, 제22권, 제1호, pp. 1~13.
- [2] 고평섭, 심재관, 최창묵, 정세모(2000), "설계 유효범위 이상에서의 RBN/DGPS 정밀도 및 신뢰성에 관한 연구", 한국항해학회지, 제24권, 제3호, pp. 157~165.
- [3] 김정태, 김민정, 정재용, 고평섭(2002), "300KHz대의 NDGPS 시스템 설계를 위한 해·육상경로 DGPS 전파의 전파특성



- 분석”, 한국항해항만학회지, 제26권, 제1호, pp. 15~21.
- [4] 박황훈(2004), “해양용 위성항법보정시스템(DGPS) 활용 다양화에 관한 연구”, 석사학위논문, 인하대학교 국제통상물류대학원, pp. 76~90.
- [5] 위성항법중앙사무소(2005), “DGPS 이용사례집”.
- [6] 위성항법중앙사무소(2008a), 기준국과 감시국, <http://www.ndgps.go.kr>.
- [7] 위성항법중앙사무소(2008b), DGPS기준국 현황, <http://www.ndgps.go.kr>.
- [8] IALA(2008), IALA Lists of Radionavigation Services, <http://www.iala-aism.org>.
- [9] Trimble(1996), “GPS Monitor Utility V2.0 Manual”.
- [10] Trimble(1998), “4000SI DS Operation Manual”.
- [11] Trimble(1999), “NT-300D Operation Manual”.
- [12] Trimble(2008a), Trimble Geomatics Office Technical Notes, <http://www.trimble.com>.
- [13] Trimble(2008b), Trimble R7 GPS Receiver, <http://www.trimble.com>.
- [14] Trimble(2008c), Trimble 5700 Datasheets, <http://www.trimble.com>.

---

원고접수일 : 2008년 3월 20일

심사완료일 : 2008년 10월 22일

원고채택일 : 2008년 10월 23일