

## DGPS/DGLONASS에 의한 3차원 위치결정 3-Dimensional Positioning Using DGPS/DGLONASS

강준묵\* · 박정현\*\* · 이은수\*\*

Kang, Joon-Mook · Park, Joung-Hyun · Lee, Eun-Soo

### 요 旨

항법 및 측지분야에서 그 효율성이 입증되고 있는 GPS는 위성시준에 어려움이 있는 도시지역에서 위치결정에 제약 받고 있지만, 위치결정 원리 및 신호체계 등에서 GPS와 유사점을 갖고 있는 GLONASS를 혼합하면 정확도 향상이 기대된다. 그러나, 두 위성시스템을 조합하여 사용하기 위해서는 좌표계, 시간 및 운용주파수체계의 상이에 따른 문제점이 있다. 본 연구에서는 GPS와 GLONASS에 대한 특성을 고찰하고, 좌표계 및 주파수의 상이로 인해 발생하는 문제점을 해결하여 GPS/GLONASS 조합 프로그램을 개발하고, 현장실험을 통해 GPS/GLONASS 조합에 의한 3차원 위치결정의 정확도를 분석하여, 항법 및 지형정보 획득 분야에 있어서 그 효율성을 제시하고자 한다. 연구결과, 상용프로그램에 상응하는 정확도로 DGPS/DGLONASS 측위 프로그램을 개발할 수 있었으며, DGPS/DGLONASS 측위 정확도를 분석한 결과 DGPS 보다 정확도가 향상됨을 알 수 있었다. 특히 DGPS 만으로는 연속적인 3차원 위치 결정이 불가능한 도심지에서 DGPS/DGLONASS 조합에 의해 보다 효율적으로 항법 및 지형정보 획득이 가능함을 알 수 있었다.

### ABSTRACT

Although GPS has proven to be efficient in the fields of navigation and surveying, it has many problems of positioning in downtown areas. Therefore, if GPS is combined with GLONASS which is similar to GPS in its positioning and signal system, it is expected that accuracy will be improved. However, we should address certain problems that exist related to the coordinate, time, and signal system between the two. The purpose of this study is to develop a GPS/GLONASS combination program by considering the properties of GPS and GLONASS and to solve the problems related to differences in the coordinates system and signal system. It is also to present the efficiency of the program in navigation and geographic information through analyzing 3D positioning accuracy by GPS/GLONASS combination with an application experiment. As a result of this study, the accuracy of the DGPS/DGLONASS positioning program corresponded to that of commercial program, and that's accuracy was better than that of DGPS. Especially, the acquisition of navigation and geographic information was possible by DGPS/DGLONASS combination in downtown area where the continuous 3D positioning is impossible by DGPS only.

### 1. 서 론

컴퓨터의 발달로 정보화가 급속히 진행되면서 최근 3차원 지형정보를 신속하고 정확하게 획득할 수 있는 항법시스템인 GPS, GLONASS와 같은 위성측위시스템에 관심이 모아지고 있다.

GPS는 자동차, 비행기의 항법뿐만 아니라 측지 및 측

량분야에서 널리 그 효율성이 입증되고 있으나, 고층빌딩이 산재한 도심지에서 최소 4대 이상의 위성을 연속적으로 추적할 수는 없기 때문에 3차원 위치결정에 다소 어려움이 있다.<sup>1)</sup>

GPS와 유사한 위성항법시스템인 GLONASS는 현재 완전한 위성배치를 이루고 있지 않기 때문에 4대 이상 위성을 관측할 수 있는 시간이 제한되어 있어 GLONASS 만으로는 연속적인 3차원 위치결정이 불가능한 단점이 있다. 하지만 GPS와 GLONASS 시스템을 조합한다면 GPS 단독으로 이용한 경우보다 더욱 많은 위성을 관측

\*충남대학교 토목공학과 교수

\*\*충남대학교 대학원 박사수료

할 수 있기 때문에 관측시간의 단축이나 정확도 향상 등이 기대된다. 그러나, 두 위성시스템을 조합하기 위해서는 각각의 시스템에 대한 좌표계, 시간 및 운용 주파수 체계의 상이에 따른 선결 연구과제가 있다.<sup>2)</sup>

본 연구에서는 GPS와 GLONASS에 대한 기준좌표계, 시간 및 주파수 체계의 특성을 고찰하고, 좌표계 및 주파수의 상이로 인해 발생하는 문제점을 해결하여 GPS/GLONASS 조합 프로그램을 개발하고자 한다. 그리고, DGPS/DGLONASS 측위 정확도를 분석하여 GPS/GLONASS 조합의 효율적 활용가능성을 제시하고자 한다.

## 2. GPS/GLONASS 조합이론

### 2.1 GPS와 GLONASS 비교

GLONASS는 GPS의 L1, L2 반송파와 C/A, P 코드에 해당하는 위성신호를 모두 포함하고 있으며, 측위 원리 등에서 GPS와 많은 유사점을 갖고 있지만, 위성배치, 주파수, 궤도력 등에서 많은 차이가 있다. GLONASS는 GPS보다 위성고도가 낮고 위성의 수명이 짧으며, 주파수 분할 방식을 이용함으로써 각 위성마다 주파수가 상이하다. GLONASS 위성 궤도 정보는 케플러 궤도요소와 섭동요소들이 시간의 함수로 기록된 GPS와 달리 매 15분과 45분에 위성의 3차원 직각좌표, 속도 및 가속도 성분 등으로 구성된다. 두 시스템을 조합하기 위해서는 기본적으로 시간과 좌표계 변환 등이 필요하다.<sup>3)</sup>

#### 2.1.1 시간변환

모스크바 부근의 UTC(SU)를 기준으로 표시되는 GLONASS 시간은 GPS 시간과 leap second만큼 차이를 갖고 있다. GLONASS 위성의 방송궤도력은 GLONASS 시간으로 기술되어 있으므로, 식 (2-1)을 이용하여 GPS 시간으로 변환하여야 한다.

$$t_{GPS} = t_{GLONASS} + \tau_c + \tau_u + \tau_g + \tau_r \quad (2-1)$$

여기서,  $\tau_c: t_{UTC(SU)} - t_{GLONASS}$

$\tau_u: t_{UTC} - t_{UTC(SU)}$

$\tau_g: t_{GPS} - t_{UTC}$

$\tau_r: \text{두 시스템간 수신기 시간 편차}$

#### 2.1.2 좌표계 변환

GLONASS 방송 궤도력은 PZ-90 지구고정좌표계로 표시된다. PZ-90 좌표계는 WGS84 좌표계와 유사한 지구 중심 직각좌표계(ECEF)이나 중심 및 축방향 설정에 있

어서 WGS84와 차이가 있다. 본 논문에서는 Vladimir V. Mitrikas 등이 발표한 WGS84와 PZ-90간 좌표변환 관계식을 이용하여 GLONASS 위성좌표를 WGS84로 변환하였다.<sup>4)</sup>

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{WGS84} = \begin{bmatrix} -0.47m \\ -0.51m \\ -1.56m \end{bmatrix} + (1 + 22 \times 10^{-9}) \begin{bmatrix} 1 & -1.728 \times 10^{-6} & -0.017 \times 10^{-6} \\ 1.728 \times 10^{-6} & 1 & 0.076 \times 10^{-6} \\ 0.017 \times 10^{-6} & -0.076 \times 10^{-6} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix}_{PZ-90} \quad (2-2)$$

### 2.2 DGPS/DGLONASS 위치결정 원리

GLONASS의 3차원 위치결정 원리는 GPS와 동일하며 최소 4대 이상의 위성이 관측될 경우 위성의 좌표와 의사거리방정식을 이용하여 수신기의 3차원 좌표를 산출할 수 있다.

$$P_k^i = c \cdot \tau_k^i + c \cdot \Delta t_k - c \cdot \Delta t^i \quad (2-3)$$

$c \cdot \tau_k^i$ 는 위성과 수신기간의 거리( $\rho_k^i$ )를 포함한다. 전리층과 대류권 굴절은 코드 측정의 경우 지연되고 다음과 같이 기술된다.

$$c \cdot \tau_k^i = \rho_k^i + \Delta \rho_{k, ion}^i + \Delta \rho_{k, trop}^i - \Delta \rho_{k, re}^i \quad (2-4)$$

여기서,  $\Delta \rho_{k, ion}^i$ : 전리층 굴절

$\Delta \rho_{k, trop}^i$ : 대류권 굴절

$\Delta \rho_{k, re}^i$ : 상대론적 영향

DGPS, DGLONASS의 경우 식 (2-5)와 같이 기준점에서 산출된 의사거리 보정량을 이용하여 미지점에서 관측된 의사거리를 보정하고, 3차원 좌표와 수신기 시계오차를 미지수로 하여 최소제곱법에 의해 정확한 3차원 좌표를 산출할 수 있다.

$$\begin{aligned} & \cdot \text{기준점에서의 의사거리 보정량} = \\ & \quad \text{관측된 의사거리} - \text{위성과 수신기간 실제 거리.} \\ & \cdot \text{보정된 의사거리} = \\ & \quad \text{관측된 의사거리} - \text{기준점에서의 의사거리보정량.} \end{aligned} \quad (2-5)$$

DGPS/DGLONASS의 경우 식 (2-5)를 이용하여 의사거리를 보정한 후 3차원 좌표, 수신기 시계오차, GPS와

GLONASS간 시간차를 미지수로 하여 미지점의 정확한 3차원 좌표를 산출하였다.

### 3. DGPS/DGLONASS 프로그램 개발

본 연구에서는 객체지향프로그램인 Visual C++ 6.0을 이용하여 GPS와 GLONASS 절대측위 클래스를 만들었으며 이를 상속받아 C/A코드와 방송궤도력을 이용한 DGPS/DGLONASS 측위 프로그램을 개발하였다.

표 1. CStdAlone\_GPS 클래스에 포함된 일부 함수

함 수	기 능
calcAzEl	방위각 및 높이 계산 함수
Xyz2Lla	직각좌표를 경위도 좌표로 변환하는 함수
SetEph	방송궤도력 입력 함수
SetObsData	관측데이터 입력 함수
SatPos	위성좌표 계산 함수
ClkCor	위성시계오차 계산 함수
IonoCor	전리층 오차 보정 함수(J.A. Klobuchar 제시방법 적용)
TropCor	대류층 지연오차 보정 함수(Modified Hopfield 모델)
Solve	최소제곱법에 의한 수신기 위치 계산 함수 (CalRecPos 함수중 일부)
CalDop	Dop 계산 함수
CalRecPos	수신기 위치 계산 함수
GetUsrXyz	수신기 좌표 출력 함수

표 2. CStdAlone\_GLO 클래스에 포함된 일부 함수

함 수	기 능
calcAzEl	방위각 및 높이 계산 함수
Xyz2Lla	직각좌표를 경위도 좌표로 변환하는 함수
SetEph	방송궤도력 입력 함수
SetObsData	관측데이터 입력 함수
SatPos	위성좌표 계산 함수
pz2wgs84	좌표변환 함수(PZ-90→WGS84)
ClkCor	위성시계오차 계산 함수
IonoCor	전리층 오차 보정 함수(J.A. Klobuchar 제시방법 적용)
TropCor	대류층 지연오차 보정 함수(수정된 Hopfield 모델 적용)
Solve	최소제곱법에 의한 수신기 위치 계산함수 (CalRecPos 함수중 일부)
CalDop	Dop 계산 함수
CalRecPos	수신기 위치 계산 함수
GetUsrXyz	수신기 좌표 출력 함수

GPS와 GLONASS에 대한 절대측위 프로그램을 위해 CStdAlone\_GPS와 CStdAlone\_GLO 클래스를 표 1, 표 2와 같이 만들었으며, 수정 Hopfield 모델과 전리층 매개변수를 이용하여 대류층 및 전리층 오차를 보정하는 함수를 포함하였다. 4계 Runge-Kutta 공식을 이용하여 GLONASS 위성의 위치를 계산하기 위해 CRk4 클래스를 만들었다.<sup>5)</sup>

GPS와 GLONASS를 조합하여 절대측위 프로그램을 작성하기 위해 표 1의 CStdAlone\_GLO 클래스와 표 2의 CStdAlone\_GPS 클래스로부터 상속을 받아 새로운 CStdAlone\_GPSGLO클래스를 구성하였으며 추가로 구성

표 3. CStdAlone\_GPSGLO 클래스 구성함수

함 수	기 능
SatPosGPS	GPS 위성위치계산 함수(GPS의 SatPos 상속)
SatPosGLO	GLONASS 위성위치 계산함수(GLO의 SatPos 상속)
SetREph	GLONASS 방송궤도력 입력 함수(GLO의 SetEph 상속)
SetGEph	GPS 방송궤도력 입력 함수(GPS의 SetEph 상속)
ClkCorGPS	GPS 위성시계오차 계산 함수(GPS의 ClkCor 상속)
ClkCorGLO	GLONASS 위성시계오차 계산 함수(GLONASS의 ClkCor 상속)
SolveGG	최소제곱법에 의한 수신기 위치 계산 함수
Sinv5	역행렬 함수(5×5)

표 4. pz2wgs84 함수

```

void CStdAlone_GLO::pz2wgs84(double pz[ ],
double wgs[ ])
{
    int ij;
    double rot[3][3]={
        { 1.0, -1.728e-6, -0.017e-6},
        {1.728e-6, 1.0, 0.076e-6},
        {0.017e-6, -0.076e-6, 1.0 };
        for(i=0;i<3;i++) wgs[i]=0.0;
        for(i=0;i<3;i++)
            for(j=0;j<3;j++)
                {
                    rot[i][j]=rot[i][j]*(1+22e-9);
                    wgs[i]+=rot[i][j]*pz[j];
                }
        wgs[0]=-0.47+wgs[0];
        wgs[1]=-0.51+wgs[1];
        wgs[2]=-1.56+wgs[2];
    }

```

표 5. CDGPSDGLO 클래스에 추가된 구성함수

함수	기능
SetRefObsData	기준점 관측 데이터 입력 함수
SetRovObsData	이동점 관측 데이터 입력 함수
CalRefPrCor	기준점의 의사거리 보정량 산출 함수
GetPrCor	기준점 의사거리 보정량 전송 함수

표 6. TSKA, MTKA 측점의 좌표

		TSKA	MTKA
좌표	X	-3957203.297	-3947762.834
	Y	3310203.153	3364399.873
	Z	3737704.464	3699428.568
수신기		Ashtech Z18	Ashtech Z18

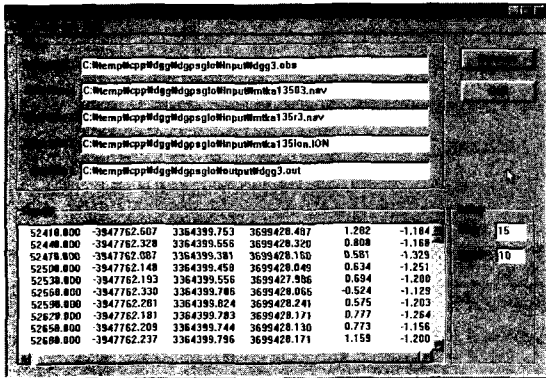


그림 1. DGPS/DGLONASS 프로그램의 메인 윈도우

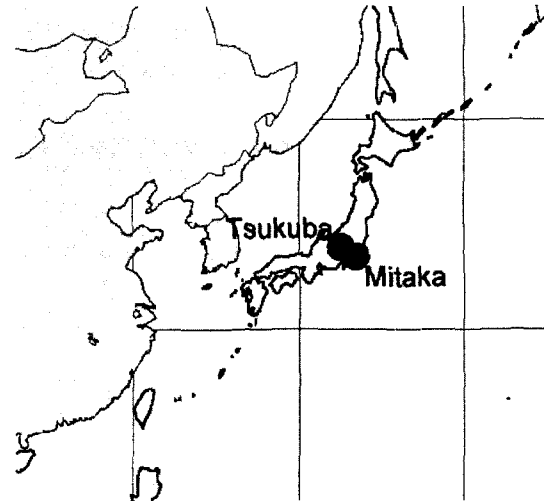


그림 2. 데이터취득점의 위치

된 함수는 표 3에 기술하였다.

CStdAlone\_GLO 클래스에 포함된 함수들은 GPS 절대측위 클래스와 대부분 동일하지만, 전리층 오차 보정 함수와 위성위치계산 함수에서 차이점이 있으며, PZ-90 좌표계를 WGS84 좌표계로 변환하는 pz2wgs84 함수는 표 4와 같다.

DGPS 프로그램의 경우는 CStdAlone\_GPS 클래스를 상속받아 CDGPS 클래스를 만들었으며, CStdAlone\_GLO 클래스를 상속받아 CDGLO 클래스를 만들었다. 또한, CDGPS와 CDGLO 클래스를 상속받아 DGPS와 DGLONASS를 조합하여 자료처리할 수 있는 CDGPSDGLO 클래스를 작성하였으며 추가로 작성한 구성함수들은 표 5에 기술하였다. 개발된 DGPS/DGLONASS 프로그램의 주 화면은 그림 1과 같다.



그림 3. 이동속량 대상 지역

#### 4. 데이터 획득 및 자료처리

##### 4.1 정지속량 데이터 획득

GPS/GLONASS 조합 데이터 획득을 위해 IGEX의 연속 관측점중 우리나라에 가장 근접해 있는 일본의 TSKA(Tskuba), MTKA(Mitaka) 측점을 선택하였다. 그리고, IGEX의 Global Data Center에 접속하여 2000.

5. 14일 데이터를 전송받았다.

##### 4.2 이동속량 데이터 취득

본 연구에서는 가로수와 고층아파트 등이 많아 GPS 만으로는 연속적인 3차원 위치 결정에 제약이 있을 것으로 예상되는 그림 3과 같은 대전 둔산동 일원을 작업 대상지역으로 선정하였다.

그림 4와 같이 차량에 GPS/GLONASS 수신기를 탑재하였으며, 충남대학교 공대 2호관 옥상에 설치된 CNU0 측점을 고정으로 2001년 8월 7일 16:20 부터 2 시간 동안 이동측량을 실시하였고, 1초 간격으로 데이터를 저장하였다.

차량에 탑재된 GPS/GLONASS 수신기로는 그림 5와 같은 JAVAD사의 Legacy L1 수신기가 이용되었다.

#### 4.3 자료처리

IGEX 측점에서 취득된 관측 데이터는 독특한 형식으로 압축되어 있기 때문에 CRX2RNX.EXE 프로그램을 이용하여 RINEX 형식으로 변환하였으며, Javad 수신기를 이용하여 관측된 이동측량 데이터는 JPS2RIN.EXE 프로그램을 이용하여 RINEX 형식으로 변환하였다. 그리고, RINEX 관측 데이터는 UNAVOCO의 TEQC를 이용하여 GPS, GLONASS 데이터로 각각 분리하여 GPS와 GLONASS 관측 데이터를 형성하였다. 본 연구에서



그림 4. GPS/GLONASS 수신기 탑재

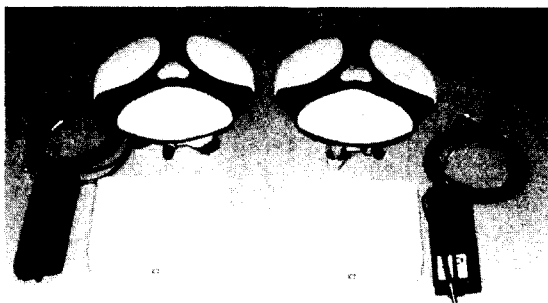


그림 5. Legacy GPS/GLONASS 수신기

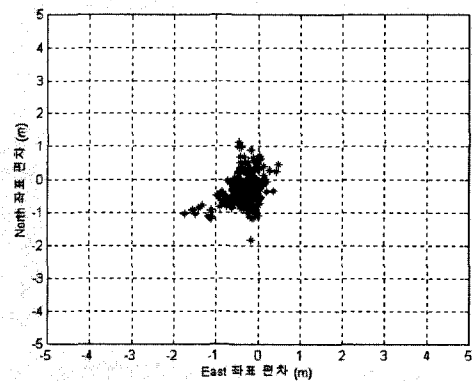
는 개발된 DGPS/DGLONASS 측위 프로그램(CNUGG)과 상용프로그램(GeoGenius 2000)의 자료처리 결과를 비교하였다. 위성 고도가 15° 이상인 경우에만 자료처리 되도록 하였으며, PDOP은 7 이하로 설정하여 자료처리 하였다.

### 5. 결과 및 고찰

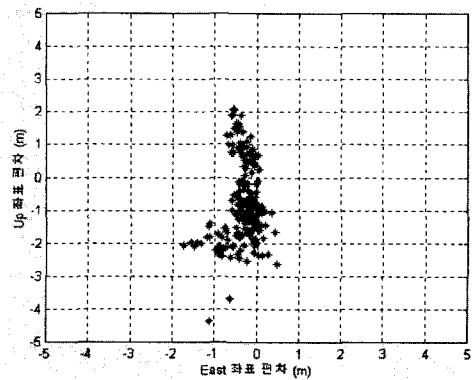
TSKA 측점을 고정으로 DGLONASS, DGPS, DGPS/DGLONASS에 의해 MTKA 측점의 좌표를 산출하고, MTKA 측점의 정확한 좌표를 기준으로 동쪽(de), 북쪽(dn), 위쪽(du) 방향의 정확도를 비교하였다.

#### 5.1 DGLONASS 정확도 분석

2000년 5월 14일 관측 데이터중 GLONASS 위성이



(a)



(b)

그림 6. DGLONASS 자료처리 결과 (a) East-North, (b) East-Up

4대 이상 관측된 시간은 3시간 미만이었으며, 15도 이상에서 4대 이상의 관측 가능하고 PDOP이 7 이하인 경우는 96분(192 epoch)에 불과하였다. MTKA 측점에 대한 DGLONASS 자료처리 결과를 도시하면 그림 6과 같으며 북쪽, 동쪽, 위쪽 방향으로  $\pm 0.578$  m,  $\pm 0.486$  m,  $\pm 1.499$  m의 정확도( $\pm 1\sigma$ )를 나타내었다.

동일한 데이터를 상용프로그램인 GeoGenius 2000으로 자료처리한 결과 북쪽, 동쪽, 위쪽 방향으로  $\pm 0.596$  m,  $\pm 0.611$  m,  $\pm 1.496$  m의 정확도( $\pm 1\sigma$ )를 나타내었다. 상용프로그램과 개발한 프로그램(CNUGG)으로 자료처리한 결과를 비교하면 그림 7과 같으며, 대부분 각 방향으로 40 cm 이하의 차이를 나타내고 있다.

대전 둔산동 일원에 대한 이동측량 결과는 그림 8과 같다. 4~5대의 GLONASS 위성이 남동쪽 방향에 위치하였기 때문에, 남동쪽 방향으로 장애물이 적은 갑천 북쪽 도로변(㉓지역)에서 주로 관측이 가능하였으며, 고층 빌딩이 있는 도심지(㉔지역)로 들어가면 4대 이상 위성

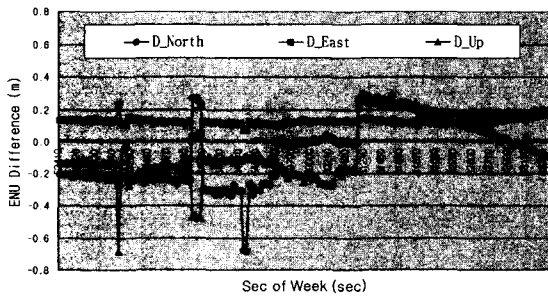


그림 7. GeoGenius 2000과 CNUGG 자료처리 결과 비교

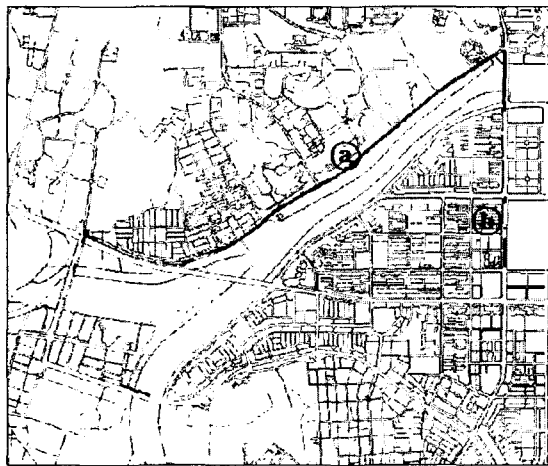


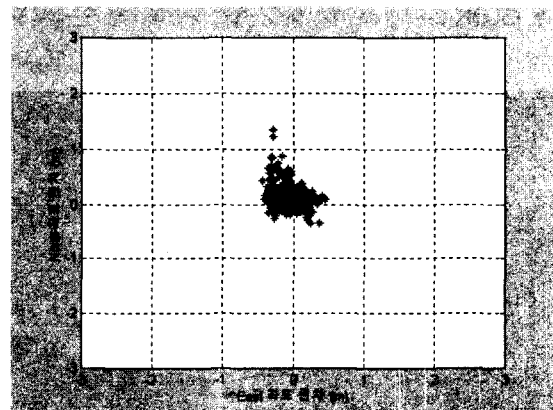
그림 8. DGLONASS 이동측량 결과

신호 수신에 불가능하여 전체 7538개의 관측값중 단지 773개 만이 자료처리되었다.

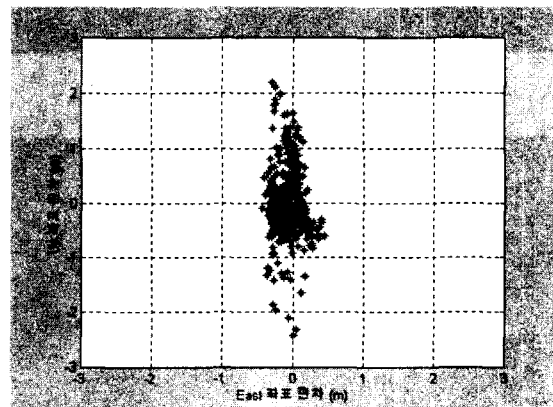
## 5.2 DGPS 정확도 분석

GLONASS 위성이 4대 이상 관측된 시간대를 선택하여 TSKA 측점을 고정으로 MTKA 측점에 대한 DGPS 자료처리 결과는 그림 9와 같다. 위성 고도각 15도 이상에서 5대~8대의 GPS 위성이 자료처리 되었으며, 이중 PDOP이 7 이하인 경우만 성과에 포함한 결과 370 개의 3차원 좌표를 산출할 수 있었다. MTKA 측점의 좌표를 기준으로 북쪽, 동쪽, 위쪽 방향의 정확도를 분석한 결과는 그림 9와 같으며,  $\pm 0.261$  m,  $\pm 0.184$  m,  $\pm 0.673$  m의 정확도( $1\sigma$ )를 나타내었다.

동일한 조건에서 GeoGenius 2000으로 자료처리한 결과 북쪽, 동쪽, 위쪽 방향으로  $\pm 0.222$  m,  $\pm 0.212$  m,



(a)



(b)

그림 9. DGLONASS 자료처리 결과 (a) East-North, (b) East-Up

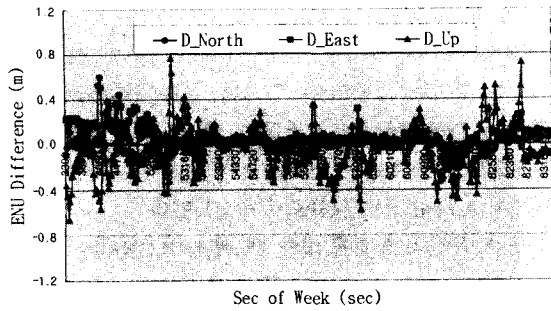


그림 10. GeoGenius 2000과 CNUGG 자료처리 결과 비교

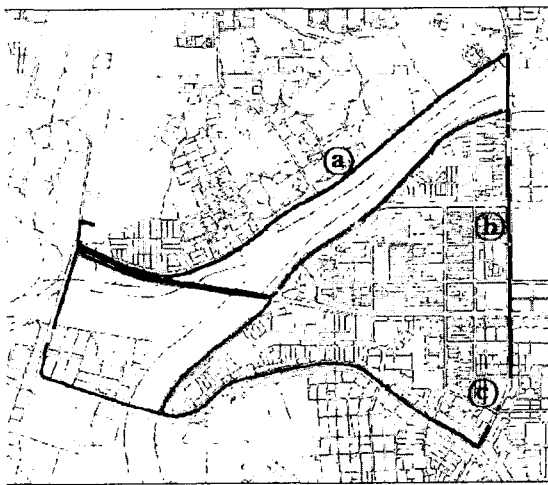


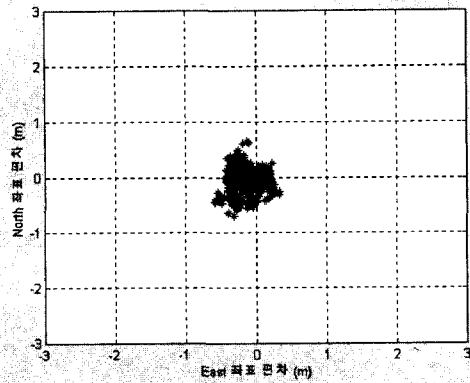
그림 11. DGPS 이동측량 결과

$\pm 0.666$  m의 정확도( $1\sigma$ )를 나타내었다. 상용프로그램과 개발한 프로그램(CNUGG)으로 자료처리한 결과를 비교하면 그림 10과 같으며, 대부분 각 방향으로 최대 80 cm 이하의 차이를 나타내고 있다.

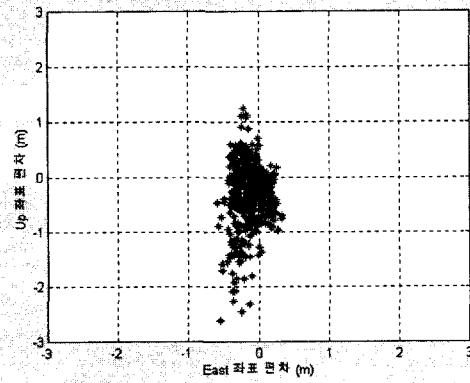
대전 둔산동 지역에 대한 이동측량 결과는 그림 11과 같으며, 5~8대의 위성이 관측되었기 때문에 가로수가 있는 감천변의 편도 2차선 도로(a지역) 뿐만 아니라 고층 빌딩이 있는 도심지(b지역)에서도 4대 이상 신호 수신 이 가능하였지만, 고층빌딩이 매우 밀접한 지역(c지역)에서는 연속적인 3차원 위치 결정은 불가능하여 7538개의 관측값 중에서 6188개의 3차원 좌표가 생성되었다.

### 5.3 DGPS/DGLONASS 이동측량 결과

GPS/GLONASS 조합데이터를 이용하였으며, TSKA 측점을 기준으로 MTKA 측점에 대한 DGPS/DGLONASS 자료처리 결과를 도시하면 그림 12와 같다.



(a)



(b)

그림 12. DGLONASS 자료처리 결과 (a) East-North, (b) East-Up

자료처리시 9대~12대의 위성이 사용되었으며, 북쪽, 동쪽, 위쪽방향으로  $\pm 0.216$  m,  $\pm 0.226$  m,  $\pm 0.693$  m의 정확도( $1\sigma$ )를 나타내었다. 또한, 동일한 조건으로 상용프로그램인 GeoGenius 2000 S/W로 자료처리한 결과는 북쪽, 동쪽, 위쪽 방향으로 0.337 m, 0.194 m, 0.995 m의 정확도( $1\sigma$ )를 나타내었다. GeoGenius 2000 S/W 결과를 기준으로 본 연구에서 개발한 프로그램 성과와의 차이를 비교하면 그림 13과 같으며, 수평방향으로 0.8 m 이하의 차이를 나타내고 있으나, 높이의 경우는 1~3 m의 큰 차이를 나타내고 있다. MTKA 측점의 높이를 기준으로 GeoGenius 2000 S/W와 본 연구에서 개발한 프로그램의 높이 성과를 비교하여 도시한 그림 15의 경우, 본 연구에서 개발한 프로그램이 실 성과에 보다 근접한 결과를 나타내고 있기 때문에 본 프로그램이 올바르게 작성되었음

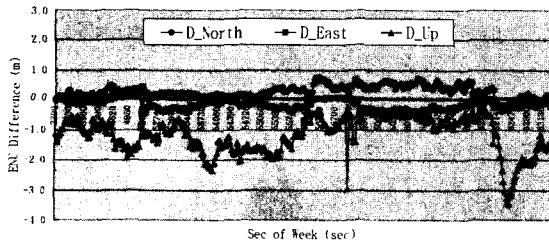


그림 13. GeoGenius 2000과 CNUGG 자료처리 결과 비교

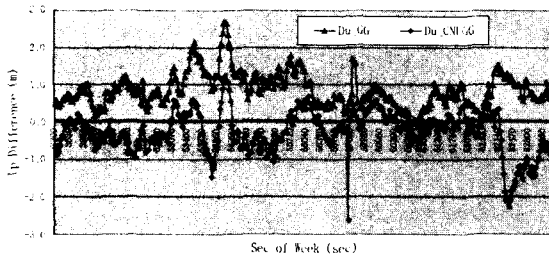


그림 14. GeoGenius 2000과 CNUGG의 Up 방향 비교

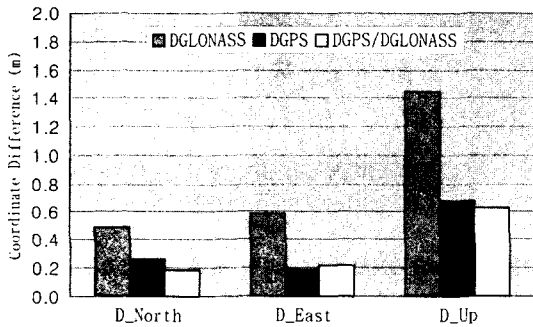


그림 15. DGLONASS, DGPS, DGPS/DGLONASS 정확도 비교(1σ)

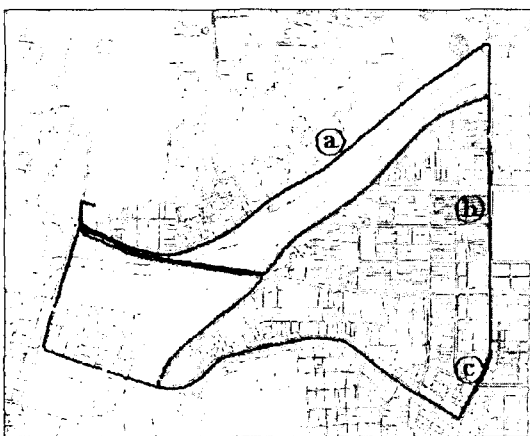


그림 16. DGPS/DGLONASS 이동속량 결과

을 알 수 있었다.

DGLONASS, DGPS, DGPS/DGLONASS의 정확도를 비교한 결과는 그림 15와 같으며, 관측 위성수가 적기 때문에 DGLONASS 정확도가 가장 낮게 나타났다. DGPS/DGLONASS는 DGPS 보다 수평에서 3.3 cm, 높이에서 4.7 cm 정도 정확도가 향상되었다.

또한, 둔산동 일원에 대한 DGPS/DGLONASS 이동측량 결과는 그림 16과 같으며, 고층빌딩이 매우 밀집해 있는 C지역에서도 어느 정도 이동측량이 가능하여 7538 개의 관측값중 6690개의 관측값이 자료처리 되었으며, DGPS 보다 6.7%정도 자료 획득율이 증가되었다.

## 5. 결 론

GPS와 GLONASS에 대한 기준좌표계, 시간체계의 특성을 고찰하고, GPS/GLONASS 조합 프로그램을 개발하여 3차원 측위 정확도를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

DGPS/DGLONASS 조합 프로그램을 개발하여 정확도를 분석한 결과, 상용프로그램에 상응하는 정확도를 얻을 수 있었다. 그리고, GLONASS 위성이 4대 이상 관측된 경우, DGPS/DGLONASS 측위 정확도는 DGPS만 이용한 경우보다 향상됨을 알 수 있었다. 또한, DGPS만으로는 위치결정이 어려운 도심지에서 DGPS/DGLONASS 조합에 의한 방법이 DGPS 보다 효율적임을 확인할 수 있었다.

본 연구를 통해 GPS와 GLONASS의 조합 응용은 물론 Galileo 위성항법 시스템과의 조합 응용 연구에 기초 자료를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

## 감사의 글

이 논문은 2000년도 한국학술진흥재단 선도연구자 지원사업(과제번호 KRF-2000-041-E00608) 성과의 일부로 연구비 지원에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Steven M. Chamberlain and Raymond A. Eastwood, "Global Satellite Navigation Using Both GPS and Glonass", Proceedings of ION GPS-90, 1990, pp. 277-286.
2. Paul Zarchan, Joh, J. Bertin, *et al.*, "Global Positioning



- System:Theory and Applications”, Vol. II, 1996, pp. 243-274.
3. Heinz Habrich, “Geodetic Application of the Global Navigation Satellite System (GLONASS) and of GLONASS/GPS Combinations”, 1999, pp. 1-124.
  4. Vladimir V. Mitrikas, Sergey G. Revnivykh, Evgeniy V. Bykhanov, “WGS84/PZ90 Transformation Parameters Determination Based On Laser And Ephemeris Long-Term GLONASS Orbital Data Processing”, ION98, 1998, pp. 1625-1635.
  5. 박재년, “수치해석”, 정익사, 1999, pp. 345-355.
- 

(2001년 11월 16일 원고접수)