

RTK-GPS와 RTK-GPS/GLONASS에 의한 도근점 측위의 정확도 분석

Accuracy Analysis of Positioning Supplementary Control Point with the RTK-GPS and RTK-GPS/GLONASS

박운용* · 김진수** · 김용보*** · 백기석***

Park, Woon-Yong · Kim, Jin-Soo · Kim, Yong-Bo · Back, Ki-Suk

要 旨

본 연구에서는 위성측위의 정확도를 평가하기 위해서 위성 데이터 수신에 장애가 없는 개활지역, 신호차단과 다중경로 오차를 유발하는 고층 건물 및 차량 통행과 전주 등이 산재한 도심지역을 실험지로 선정하였다. 첫째, 재래식 측량방법으로 RTK-GPS와 RTK-GPS/GLONASS 적용가능성을 평가하였고 결과적으로 실시간 GPS단독측위보다 GPS/GLONASS 결합 시 성과가 더 우수하게 나왔다. 그리고 개활지역에서는 실시간 차분측위와 실시간 동적 측위 모두 GPS/GLONASS 결합시 성과가 더 우수하게 나타났다. 따라서 지적 전산화를 위한 필지중심토지정보시스템 구축에 필요한 기본도의 수치화 작업과 기존 도면을 전산화하는 방법에 있어 RTK-GPS, RTK-GPS/GLONASS 방법을 사용한다면 시간과 비용의 절감 효과가 있을 것이며, 향후 GPS와 TS 결합으로 국가지리정보체계(NGIS)의 자료기반 구축, 지적재조사 사업 준비 및 현장실시설계 등에 크게 기여할 것이다.

Abstract

The study is the open area keeping a few visible satellites and the urban area covered with the high building, an electric pole were chosen for evaluation of accuracy of satellite positioning. First, suggest the validity of RTK-GPS, RTK-GPS/GLONASS and compared the accuracy with that of the classical surveying method. As a result. In urban area, in case of real time kinematic positioning when compare between the method combined by GPS/GLONASS and by GPS alone the result of GPS/GLONASS - combination more excellent. And in open area, positioning combined GPS/GLONASS was more excellent than GPS alone in both real time differential and real time kinematic. So, RTK-GPS, RTK-GPS/GLONASS contribute to the digital mapping of Basic map and the existed map necessary for the building of PBLIS to the computerization of cadastral map in the effectiveness in time and in cost and hereafter the combined GPS/TS is expected to contribute to the development of NGIS, Re-investigation of a land register, the execution drawing on site.

1. 서 론

기존의 지적측량방법으로 관측자료의 수치화 및 자료기반을 구축하는데는 측량사 개인의 기능과 기술에 따른 능력, 그리고 기후 변화에 따라 작업능률이 좌우되는 단점이 있다. 따라서 이러한 단점을 해소할 수 있고, 측지 측량, 건설 분야, 해양 분야, 농업 등 여러 분야에 널리 이용하고 있는 GPS(Global Positioning System) 위성측위를 지적 및 토지정보시스템에 도입하여야 할 것이다.

GPS는 1980년대 군사적 목적으로 개발되었지만 현재는 다양한 분야에서 응용되고 있다. GPS관측은 주로 정적관측방법에 의해 이용되고 있으며, 후처리 과정을 통하여 위치를 결정함으로써 높은 정확도를 얻을 수 있으나 건물이 밀집된 도심지 등에서는 위성 차폐가, 다중경로오차, 신호차단 등에 의해 관측이 불가능하거나, 관측되더라도 정확도가 떨어지는 문제점을 가지고 있다. 따라서 이의 대책으로 GPS와 GLONASS(GLObal NAVigation Satellite System)을 결합한 관측방법들을 연구하고자 한다.

* 동아대학교 토목해양공학부 교수
** 동아대학교 토목해양공학부 박사수여
*** 동아대학교 토목해양공학부 박사과정

도근점 측량이나 지적도해측량과 같이 많은 자료 수집이 요구되는 경우에 사용하는 정적관측방법에 의한 GPS/GLONASS 관측은 많은 시간과 노력이 요구된다. 또한 현장 자료수집 및 처리 등과 같은 과정에서 자료 편집과 수정이 필요하며, 필요에 따라 현장을 다시 방문하여 재관측을 해야하는 단점이 있다. 따라서 현장에서 직접 눈으로 확인할 수 있는 기법이 필요하게 되었다. 이에 따라 기지국을 중심으로 변복조 장치(modem)를 이용하여 기지국의 위성자료를 보정하지 않고 이동국에 전송하여 이동국의 위치정확도를 향상시키는 실시간 GPS 측량방법(RTK GPS: Real-Time Kinematic GPS)이 고안되었으며 여기에 GLONASS 위성 자료를 조합하여 가시성을 높일 뿐만 아니라 요구정확도를 얻어보았다.

2. 위성항법 시스템

2.1 GPS

NAVSTAR GPS(NAVigation System with Time and Ranging Global Positioning System)는 미국방성에 의하여 개발된 범지구위성체계로서 로스엔젤레스 미 공군기지에 위치한 합동계획본부(JPO: Joint Program Office)에 의하여 계획 및 통제되고 있다. GPS 위성의 개발 목적은 미국의 모든 군사적 목표에 대하여 언제, 어디에서나 정확한 위치와 속도 그리고 시간 등을 하나의 통일된 기준 체계에 의하여 중단 없이 연속적으로 결정하고자 하는 전천 후 위성체계를 구축하는데 그 일차적 목적이었으며 민간분야로서의 활용은 이차적 목적이었다. GPS에 의한 위치결정은 도플러 위성에서와 마찬가지로 궤도가 정확히 알려진 위성으로부터 송신되는 신호에 위치결정의 근거를 두고 있다⁴⁾.

2.2 GLONASS

GLONASS(GLObal NAVigation Satellite System or GLObal'naya NAVigatsionnaya `Sputnikovaya Sistema)는 사용자에게 지표면과 공간상의 3차원 위치와 시간정보를 제공해 줄 수 있는 위성항법시스템이다. GLONASS는 러시아 연방의 MoD(Ministry of Defence, Russian Space Forces)로 통제하고 있다. TRANSIT, DORIS나 PRARE와 같은 범세계위성결정체계가 있지만, 미국방부(DoD; Department of Defense)가 개발한 NAVSTAR GPS(Global Positioning System)와 비교할 때 GLONASS가 더욱 우수하다. GLONASS는 군사적 항법과 시간정보 제공을 위해 개발되었다. 그러나 1995년 3월 7일 법령으로, 러시아 연방정부는 그 시스템을 군사적인 목적과 일반사용자가 사용할 수 있도록 제한을

해제하였다. GLONASS는 민간 사용자에게 의해 항법과 측지응용분야에 사용되고 있다.

2.3 시스템 비교

GLONASS 위성과 GPS 위성은 크게 위성체계, 위성 신호 및 기준계로 나눌 수가 있다.

가. 위성체계 비교

GLONASS 위성은 1982년 10월 12일 최초로 발사되었으며, 부가적인 위성은 그 다음해에 발사되었다. GLONASS는 러시아 연방정부 대통령에 의해 1993년 9월 24일 공식적인 운영을 발표하였고, 1996년 24개 위성이 처음으로 작동하였다. 발사되는 각 우주선은 3개의 위성궤도로 쏘아 올리게 되었다. Table 1에는 GLONASS 과 GPS의 위성 궤도 특성을 정리하였다.

Table 1. Satellite Orbit Characteristics of GPS and GLONASS

Item	GLONASS	GPS
Total number of satellites	24	24
Orbital planes	3 spaced by 120°	6 spaced by 60°
Orbital plane inclination	64.8°	55°
Satellites per orbital plane	8 equally spaced	6 unequally spaced
Orbital height	19,100km	20,200 km
Revolution period	11hours 16min	11 hours 58 minutes
Ground track repeatability	every eighth sidereal day	every sidereal day

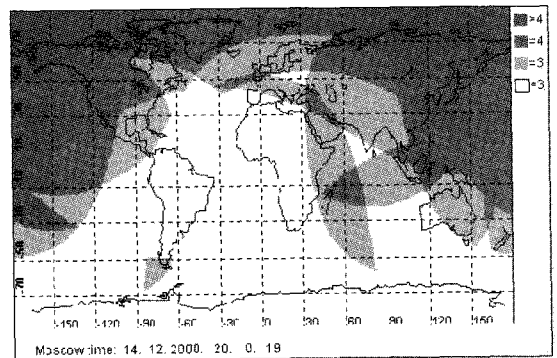


Fig. 1. Satellite distribution of GLONASS

그리고 고위도 지역에서는 적도 지역보다 2~4개 정도 많은 위성수를 관측할 수 있다. Fig. 1은 GLONASS 위성 분포를 나타냈다.

나. 위성 신호 비교

GLONASS 위성은 다소 상이한 주파수로 L1과 L2 신호를 전송하며, 수신기는 상이한 주파수를 그것들의 추적 채널에 할당함으로써 가시위성의 전체 입력신호에서 특정 위성의 신호를 분리할 수 있다. 이 기술을 주파수분할 다중방식(FDMA; Frequency Division Multiple Access)라고 한다. 신호변조를 위해 위성들을 구별할 필요가 없으므로 모든 GLONASS 위성들의 변조는 동일 코드를 사용한다. 주파수분할 다중방식은 GPS 위성에 의해 전송되는 신호에 사용되는 기술과는 다르다. 각 GPS 위성들은 그것의 반송파 위상을 상이한 코드로 변조시킨다.

코드분할방식은 위성이 시간과 주파수를 공유하는 기법이고, 각 위성에 개별코드를 할당함으로써 신호는 채널을 부여받는다. 신호들은 상관기능(auto-correlation function)을 사용해서 원하는 채널로부터 수신한 신호만 받아들이는 상관자(correlation)를 사용해서 그 수신기에서 분리된다. 그러므로 GPS에서 주파수가 상이할 필요가 없고 모든 GPS 위성은 L1과 L2에 대해 동일한 주파수를 사용한다. GLONASS와 GPS의 신호구조는 Table 2에 나타내었다²⁾.

다. GPS, GLONASS 기준계

(1) GLONASS 좌표계

PZ-90(Parametry Zemli or Parameter of the Earth)의 정의에 의하면, GLONASS 위성 안테나 중심의 전송 위치는 PZ-90을 기준으로 방송궤도력(Broadcast Ephemerides)에 제시되어 있다. GLONASS 위성안테나의 중심과 위성 매체의 중심과는 1.62m 편심되어 있다. 방송궤도력

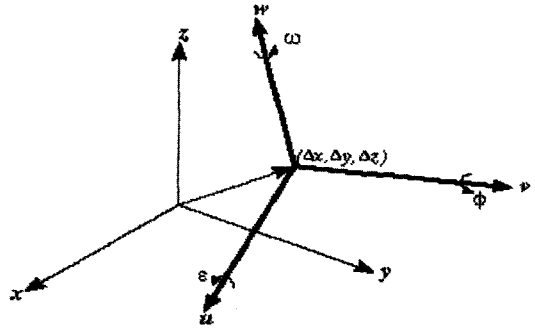


Fig. 2. Transformation of WGS 84 between PZ-90

이 안테나 중심에 전송되어지는 가를 조사하기 위해 GLONASS 위성위치의 두 개 위치좌표들을 1999년에 42일 동안 계산되었다. PZ-90은 지구중심 지구고정(ECEF; Earth-Centered, Earth-fixed)좌표계이고, 원점은 지구질량중심이고, Z-축은 1900~1905에 IAU와 IAG가 정의한 평균 북극방향에 평행한 축이며, X-axis은 1900~1905에 지구 적도 방향에 평행한 축, X와 Z축으로 정의된 면은 평균 그리니치 자오선에 평행하다. 그리고 Y-axis은 우수 직교좌표시스템과 일치한다. PZ-90의 원점 변수는 Fig. 2와 같다³⁾.

(2) PZ-90와 WGS84사이의 좌표 변환계수

방송궤도력을 이용해서 GLONASS와 GPS를 결합하기 위해서 PZ-90과 WGS 84 사이의 변환계수가 알려져 있어야 한다. 그러나 정의가 동일할지라도, 두개의 상이한 위성체계에 의해 좌표계의 인식이 다를 수 있다. 두 체계로 기지의 상대좌표를 가진 측정들을 사용하여 변환변수를 결정했다. 변환변수를 도출하기 위해 PZ-90과 WGS-84로 결정된 GLONASS 위성 위치의 집합을 사용했다. 두 기법 모두 방송궤도력의 품질에 의해 제약을 받

Table 2. Satellite signal for GLONASS and GPS

	GLONASS	GPS
Carrier frequency	L1 : 1602 ... 1615.5 MHz L2 : 1246 ... 1256.5 MHz	L1 : 1575.42 MHz, L2 : 1227.60 MHz
Code	C/-code on L1, P-code on L1 and L2, same code for all satellites	C/A-code on L1, P-code on L1 and L2, different codes for each satellites
Satellite separation technique	FDMA	CDMA
Code frequency	C/A-code : 0.511 MHz, P-code : 5.11 MHz	C/A-code : 1.023 MHz, P-code : 10.23 MHz
System time correction of UTC	UTC(SU)	UTC(USNO)
Satellite clock correction	clock offset, frequency offset	clock offset, frequency offset, frequency rate
Orbit parameters	every 30 minutes, satellite position, satellite velocity satellite acceleration	every 60 minutes, modified Keplerian elements

는 정확도로 비슷한 결과를 가져왔다. 변환계수가 기지국이 되면 GPS와 GLONASS 방송궤도력은 동일 기준계(WGS-84 이나 PZ-90)로 계산되고 양자의 항법시스템이 결합될 것이다. 이 관계식은 Table 3에 나타냈었다.

Table 3. Transformation parameter from PZ-90 to WGS-84

$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{WGS84}$	$=$	$\begin{bmatrix} 1 & -0.33'' & 0 \\ -0.33'' & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix}_{PZ90}$
Rossbach et al., 1996			
$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{WGS84}$	$=$	$\begin{bmatrix} 0 \\ 2.5m \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & -0.39'' & 0 \\ -0.39'' & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix}_{PZ90}$
Misra et al., 1996			

GPS와 GLONASS 위성의 궤도를 향상시킬 때, 궤도 기준계는 고정점의 좌표로 정의된다. 만약 동일집합의 측정좌표가 GPS와 GLONASS 위성궤도 결정에 사용되면, 두 체계를 결합할 때 더 이상 변환변수를 필요하지 않다.

2.4 실시간 측위

가. 실시간 차분측위

실시간 차분측위(Real Time Differential Positioning)를 위해서 기지국의 자료는 차분관측값을 형성하기 위해 자료연결을 이용해서 이동국에 전달한다. Fig. 8에서 자료연결은 한 쌍의 무선 송수신기, 지구 정지위성 연결, 휴대폰이나 FM 무선으로 이루어질 것이다. 최소의 자료 이동량은 초당 50bit 이고, 일반적인 시간지연은 수s~10s정도이다. 기지국에서 위성 시계오차, 위성 궤도오차, 전리층과 대류층 지연오차와 고의적 잡음의 결합효과는 기지국 기준좌표를 사용해서 계산된다. 의사거리보정량으로 정의된 이 값들은 자료연결을 통해 이동국에 전송된다. 이동국에서 기지국과 이동국 수신기사이의 단일차분 관측값을 형성하기 위해 그 보정량을 수신해서 이동국 의사 거리값에 적용한다. 기지국과 이동국거리에 따라 수m의 측위정확도를 얻을 수 있다. 의사거리보정량은 국소지역 차분측위(LADGPS ; Local Area DGPS)뿐만 아니라 광역망 차분측위(WADGPS ; Wide Area DGPS)에서 다중기지점을 사용해서도 가능하다. Fig. 3은 실시간 차분측위의 개략도이다. 이 기법에서, 의사거리보정량은 수백km~수천km 떨어진 여러 기지국으로부터 추정될 수 있고 측위의 정확도, 신뢰도, 그리고 능률이 향상될 수 있다^{D,S,J,P}.

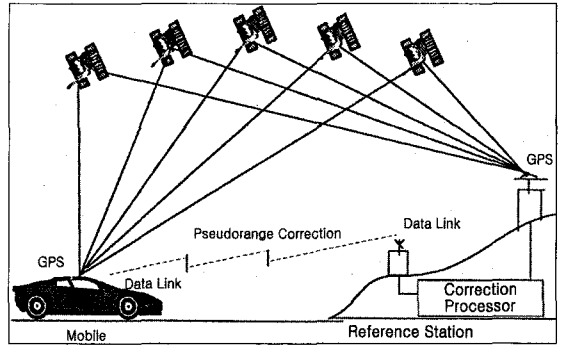


Fig. 3. Real-time DGPS

나. 실시간 동적측위

실시간으로 고정밀도 위치결정을 위해서 이중차분은 반송파 위상을 이용해서 보완되어야 한다. 이것은 원시(raw) 의사거리, 반송파, 또는 그것들의 보정량이 0.5~2s 간격으로 기지국으로부터 이동국에 전송되어야 한다. 이것을 “실시간 동적측위” 라고 한다. 공간적 비상관성(decorrelation)이 이중차분 관측값의 정확도를 격하시키므로, 기지국과 이동국의 거리는 수십km로 제한되어야 한다. 미지정수는 이동 중 초기화 기법으로 고정되거나 실수해(float solution)로 결정될 수 있다. 미지정수가 정수가 되면 수cm 정확도를 얻을 수 있다. 실수해를 사용해서 1m~10m의 정확도를 얻을 수 있다. 그리고 Fig. 4는 실시간 동적측위의 개념도를 나타내고 있다¹⁾.

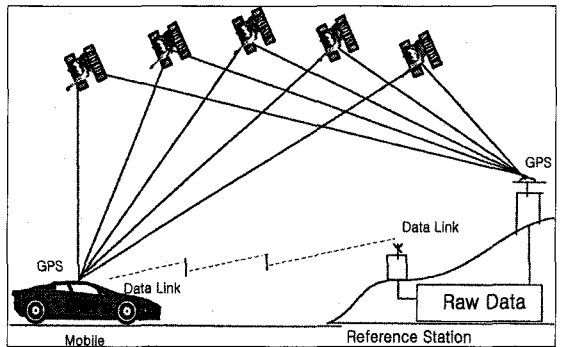


Fig. 4. RTK GPS

3. 실험 및 자료 분석

3.1 실험

측위시스템의 발달로 인해 실시간으로 위치정보와 시간정보를 제공받아 도근점 측량이나 세부측량 성과를 현장에서 오차의 검출 및 수정이 가능하게 되었다.

따라서 이 실험에서는 현장 Calibration을 수행한 실시간 위성측위의 성과와 기존의 도근점 성과를 비교하여 지적측량시 실시간 반송파 위상차분측위와 실시간 코드파 차분측위 성과의 사용가능성을 판단하고자 하였다. 이에 본 연구에서는 실시간 위성측위 기법별, 측량지역별 특성을 고찰하고 지적 도근점의 위치정확도를 조사하기 위해서 행인의 이동이 많고 고층건물, 전주 등의 장애물이 밀집한 도심지와 현재 부지정리가 끝나고 일부 지역에 공장들이 입주해 있는 개발지역을 실험대상지역으로 선정하였다.

실험을 위해 수신기는 L1/L2 C/A-code 와 P-code 및 반송파를 수신할 수 있고, GPS, GLONASS의 L1/L2 신호를 수신할 수 있는 20개 채널을 가진 JAVAD 제품이며, 안테나는 외부형으로 Microstrip인 LegAnt 제품을 이용하였다. 주요사항은 Table 4와 같다.

Table 4. The Specification of receiver and antenna

ITEM	Receiver
Characteristics	Legacy(JAVAD)
Type	Legacy(JAVAD)
Tracking channel	40 L1 channels 20 L1/L2 channels GPS/GLONASS
Signals Tracked	L1/L2 C/A and P-code and Carrier phase
Accuracy	Horizontal
	<ul style="list-style-type: none"> • static 3mm+1ppm(×D) for dual frequency • rapid static 5mm+1ppm(×D) for single frequency • kinematic 10mm+1.5ppm(×D) for dual frequency • RTK 15mm+1.5ppm(×D) for single frequency
	Vertical
	<ul style="list-style-type: none"> 5mm+1.5ppm(×D) for dual frequency 6mm+1.5ppm(×D) for single frequency
Antenna	LegAnt

가. 도심 지역

도심지에서 실시간 측위기법별로 도근점의 성과를 취득하려 하였지만 코드파 위상을 이용한 실시간 차분 GG(Real Time Code differential GPS/GLONASS, 이하 RT DGG)와 실시간 차분 GPS(Real Time Code differential GPS, 이하 RT DGPS)는 현장 Calibration을 실시하였을

때 장애물에 의한 통신신호 차단과 미지정수 고정해를 얻을 수 없었다.

위성의 수는 실제로는 GPS 5개, GLONASS 3개 였으나 위성의 가시성은 낮았다. 그러나 반송파 위상을 이용한 실시간 동적 GPS(Real Time Kinematic GPS, 이하 RTK GPS)와 실시간 동적 GG(Real Time Kinematic GPS/GLONASS, 이하 RTK GG)에서는 빠른 시간내에 기준점(CP: Control Point)에서 미지정수 고정해를 찾을 수 있었으며, 주위에 장애물이 있는 도근점에서는 장시간 동안 관측함에도 불구하고 미지정수 고정해를 찾지 못하고 기존도근점 성과와의 오차가 크게 나타났다.

(1) RTK GPS/GLONASS

도심지역에서 GPS와 GLONASS의 결합된 반송파 위상을 이용하여 기준국에서 수신하는 관측값과 기지의 기준국 관측값의 차인 오차보정량을 실시간으로 이동국에 전송하여 이동국에서 그 관측값을 이용하여 위치를 구하였다. 현장에 있는 기준점 성과를 이용하여 현장 Calibration을 수행하여 미지의 지적도근점의 직교좌표를 획득하였다.

Fig. 5는 RTK GG를 통하여 얻은 도근점의 평면직교좌표와 지적도상의 평면직교좌표를 동시에 도시한 것이다. 그림에서 260과 275 두 도근점성구들은 서로 큰 차이를 보여주고 있음을 알 수 있다. 이들 도근점은 첫째로 장애물, 특히 고층 건물이나 전주 등에 의해 오차 보정량을 전송하기 위한 통신시스템의 장애가 그 원인이 될 수 있고, 둘째는 미지정수(ambiguity)에 필요한 충분한 가시위성이 확보되지 못한 것이 원인이 될 수 있다. 그리고 Table 4는 도심지역에서 RTK GG로 획득한 도근점 성과를 나타낸 것이다.

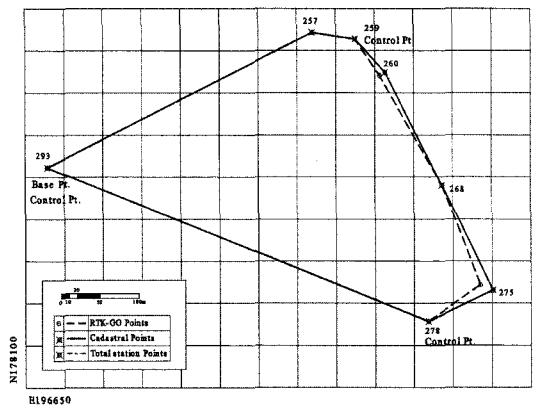


Fig. 5. RTK GG (Urban Area)

Table 5. The Plane rectangular coordinate with RTK GG (Urban Area)

Station	X(m)	Y(m)
257	178521.367	197019.077
259	178513.764	197074.492
260	178470.153	197106.211
268	178340.448	197186.065
275	178221.676	197235.117
278	178178.507	197168.693
293	178361.403	196678.345

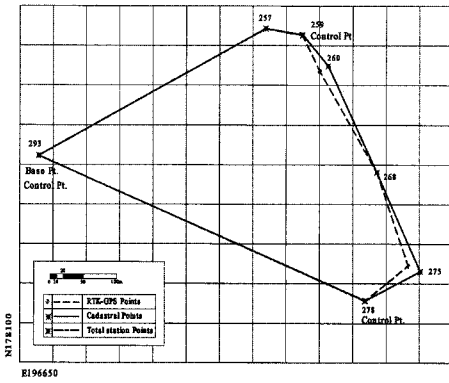


Fig. 6. RTK GPS (Urban Area)

Table 6. The Plane rectangular coordinate with RTK GPS (Urban Area)

Station	X(m)	Y(m)
257	178521.349	197019.169
259	178513.764	197074.492
260	178467.525	197100.422
268	178340.348	197186.165
275	178227.487	197233.521
278	178178.507	197168.693
293	178361.403	196678.345

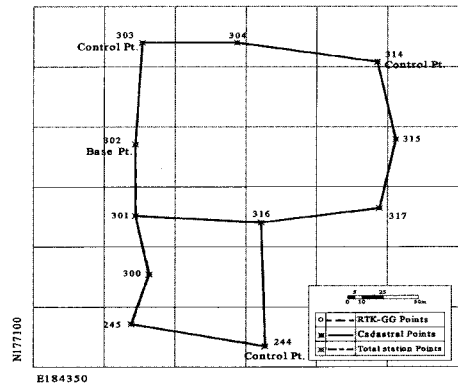


Fig. 7. RT DGG

(2) RTK GPS

Fig. 6에서 GPS 단독으로 실시간 반송파 위상 차분기법을 통해 지적도근점의 성과를 도시하였다. 도근점 260, 278에 대한 측정성고가 실제 지적도근점의 성과에서 크게 이탈되어 있음을 알 수 있다. 이것은 실시간으로 미지정수를 결정하는데 필요한 충분한 가시위성을 GPS 단독으로는 확보할 수 없어 정확한 미지정수를 구할 수 없었기 때문에 도근점의 정확도가 저하된 것으로 사료된다. 그리고 Table 5은 RTK GPS를 통해 획득한 도근점의 좌표성고를 기록 정리한 것이다.

나. 개할지역

(1) RT DGG

도심지역이 아닌 개할지역에서 코드파를 이용한 실시간 차분측위로 지적도근점의 성과를 획득하기 위하여, 기준국에서 코드파 오차보정량을 이동국에 실시간으로 전송함으로써 이동국은 자신의 관측값에 이 오차보정량을 첨가하여 보다 정확한 위치를 구할 수 있었다. 여기서는 GPS와 GLONASS의 코드파를 실시간으로 이동국에

전송하여 도근점의 위치를 획득하였다. Fig. 7은 RT DGG로 구한 도근점 성과를 표시한 것으로 RT DGG로 획득한 도근점의 성과와 지적도상의 도근점의 성과는 큰

Table 7. The Plane rectangular coordinate with RT DGG (Open Sky Area)

Station	X(m)	Y(m)
244	177157.364	184513.774
245	177176.019	184419.137
300	177217.110	184431.598
301	177265.905	184422.081
302	177325.470	184422.030
303	177409.900	184426.810
304	177409.976	184493.731
314	177393.900	184592.840
315	177329.521	184605.823
316	177260.371	184510.922
317	177270.025	184592.081

차이가 없었다. 그러므로 개할지역에서는 코드파만으로 우수한 데이터를 얻을 수 있어 정확한 도근점 성과를 구할 수 있을 것으로 본다. 그리고 Table 7은 RT DGG에 의한 도근점에 대한 측량성과를 나타낸 것이다.

(2) RT DGPS

Fig. 8은 GPS 단독으로 코드파를 이용하여 실시간으로 획득한 도근점의 성과를 도시한 것으로 Fig. 27의 RT DGG 결합에 의한 도근점의 성과와 큰 차이를 보여주지 못하고 있다. 이것은 실험지역이 위성신호를 수신하는데 어떠한 장애도 발생하지 않는 곳으로 적은 관측시간에도 위치결정에 충분한 위성을 추적할 수 있기 때문에 GLONASS의 부가가 큰 영향을 주지 않았기 때문이다. 또한 기준국에서 이동국으로 오차 보정량을 전송하는 데에도 아무런 통신장애가 없었기 때문에 GPS의 코드파만으로도 도근점의 성과를 얻을 수 있었다. 그리고

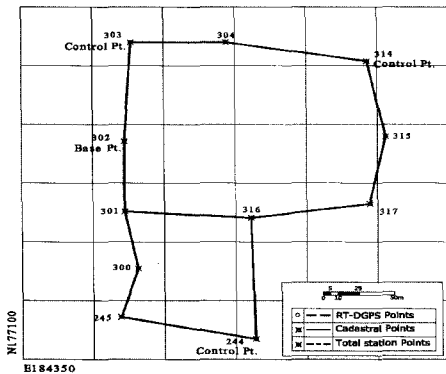


Fig. 8. RT DGPS

Table 8. The Plane rectangular coordinate with RT DGPS (Open Sky Area)

Station	X(m)	Y(m)
244	177157.306	184513.884
245	177176.119	184419.197
300	177217.200	184431.618
301	177265.855	184422.141
302	177325.470	184422.030
303	177409.900	184426.810
304	177410.097	184493.661
314	177393.900	184592.840
315	177329.561	184605.823
316	177260.430	184510.983
317	177270.425	184596.017

Table 8은 RT DGPS에 의한 각 도근점의 성과를 정리 기록하였다.

(3) RTK GPS

Fig. 9는 실시간 반송파 위상 차분에 의해 획득한 지적 도근점의 성과를 것을 도시한 것이다. 여기서도 실시간 코드파 차분에 의한 도근점의 성과와 큰 차이가 없음을 알 수 있었다. 그리고 Table 9는 RTK GPS에 의한 도근점의 성과를 정리 기록하였다.

(4) RTK GG

Fig. 10은 실시간 동적 GG에 의한 지적도근점의 성과를 기록하였는데, 앞의 3개 기법과 큰 차이는 보이지 않았다. 이런 성과는 앞에서 언급한 것과 같이 실시간 반송파 위상 차분측량에서 GPS와 GLONASS를 서로 결합하여 얻은 성과와 GPS 단독으로 얻은 성과는 큰 차이가

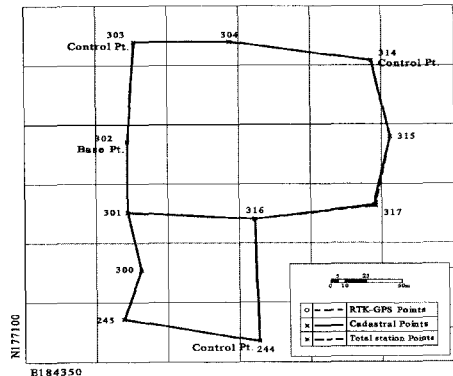


Fig. 9. RTK GPS (Open Sky Area)

Table 9. The Plane rectangular coordinate with RTK GPS (Open Sky Area)

Station	X(m)	Y(m)
244	177157.379	184513.769
245	177176.028	184419.137
300	177217.110	184431.568
301	177265.945	184422.061
302	177325.470	184422.030
303	177409.976	184426.810
304	177409.976	184493.721
314	177393.900	184592.840
315	177329.511	184605.823
316	177260.381	184510.903
317	177271.078	184595.390

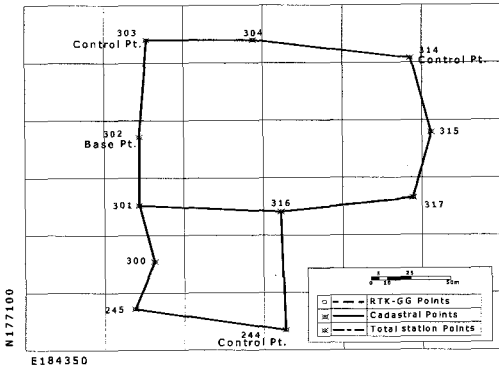


Fig. 10. RTK GG (Open Sky Area)

Table 10. The Plane rectangular coordinate with RTK GG (Open Sky Area)

Station	X(m)	Y(m)
244	177157.370	184513.764
245	177176.009	184419.127
300	177217.097	184431.548
301	177265.955	184422.031
302	177325.470	184422.030
303	177409.900	184426.810
304	177409.966	184493.741
314	177393.900	184592.840
315	177329.501	184605.823
316	177260.361	184510.913
317	177271.425	184595.390

없었다. 따라서 GPS 단독으로도 9대 이상의 충분한 위성을 추적할 수 있는 경우에 GLONASS의 부가는 지적 도근점의 좌표성과 큰 이점을 제공하지 못함을 알 수 있다.

그리고 Table 10은 RTK GG에 의한 도근점의 성과로 정리 기록하였다.

3.2 자료분석

실험에서 얻은 도심지역과 개활지역의 RT DGGS, RT DGPS와 RTK GPS, RTK GG 기존 도근점 성과와 비교하여 분석하여 보았다.

가. 도심지역

도심지역에서는 RT DGGS와 RT DGGS는 앞에서 논한 바와 같이 현장 Calibration을 실시하였을 때 장애물에 의한 통신신호 차단과 미지정수 고정해를 얻을 수 없어

Table 11. Comparison of coordinates with positioning system (Urban Area)

Station	Cadastral- RTK GPS(m)		Cadastral- RTK GG(m)	
	X	Y	X	Y
257	0.035	-0.167	0.017	-0.075
259	0.000	0.000	0.000	0.000
260	6.694	12.707	4.066	6.918
268	0.080	-0.113	-0.020	-0.013
275	-7.121	17.856	-6.310	16.260
278	0.000	0.000	0.000	0.000
293	0.000	0.000	0.000	0.000

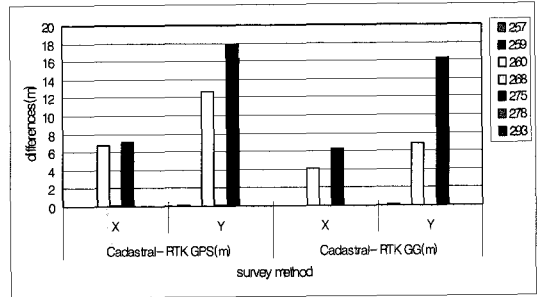


Fig. 11. Comparison of 2-D coordinate with positioning system(Open Sky Area)

성과를 취득할 수가 없었다.

Table 11은 기존 도근점 성과와 RTK GPS와 RTK GG성과를 비교한 것이다.

여기서 알 수 있듯이 도심지역에서는 RTK GPS와 RTK GG 성과가 측점 260,275에서 상당히 큰 잔차를 보이고 있다.

Fig. 11은 각 기법별 지적도 성과와의 2-D 잔차를 도시화하였다.

나. 개활지역

개활지역에서 실험여건이 매우 우수하였기에 실시간 측위 기법별로 나누어 실험해 본 결과 측점 317 도근점에서만 미지정수 실수해인 관계로 최고 2.31m 잔차가 나타났다. 여기서 알 수 있듯이 317 도근점을 제외하고는 아주 우수한 결과를 나타내었다. 그리고

RT DGGS보다는 RT DGGS가 오히려 더 뛰어난 결과를 얻을 수 있었으며 RTK GPS는 RTK GG보다는 떨어지는 것을 알 수 있었으며 그리고 반송파 위상을 이용한

Table 12. Comparison of coordinates with Cadastral-(RT DGPS, RTG GPS, RT DGG, RTK GG) (Open Sky Area)

Station	Cadastral-RT DGPS(m)		Cadastral- RT DGG(m)		Cadastral-RT K GPS(m)		Cadastral-RT K GG(m)	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
244	0.064	-0.124	0.006	-0.014	-0.009	-0.009	0.000	-0.004
245	-0.109	-0.077	-0.009	-0.017	-0.018	-0.017	0.000	-0.007
300	-0.110	-0.068	-0.020	-0.048	-0.020	-0.018	-0.007	0.001
301	0.105	-0.111	0.055	-0.051	0.015	-0.031	0.005	-0.001
302	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
303	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
304	-0.137	0.078	-0.016	0.008	-0.016	0.018	-0.006	-0.001
314	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
315	-0.061	0.006	-0.021	0.006	-0.011	0.006	-0.001	0.006
316	-0.070	-0.073	-0.011	-0.012	-0.021	0.006	-0.001	-0.003
317	1.795	-1.627	2.194	2.308	1.141	-1.002	0.794	-1.002

실시간 동적 측위가 코드를 이용하는 실시간 차분 측위 보다는 더 우수한 결과를 얻을 수 있었다. Table 12는 지적도 성과를 기준으로 RT DGPS, RT DGG, RTK GPS 그리고 RTK GG 성과의 잔차를 나타내었다.

Fig 12는 각 기법별 지적도 성과와의 2-D 잔차를 도시화하였다.

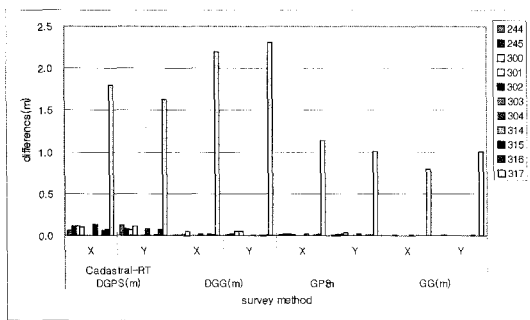


Fig. 12. Comparison of 2-D coordinate with positioning system (Urban Area)

4. 결 론

본 연구에서 도근점의 복구와 신설 그리고 세부측량에서 경계점 위치결정 및 수치지적도 작성을 위한 측량 등

에서 GPS와 GLONASS를 이용한 실시간 위성측위를 이용하여 기존의 도근점 성과와 비교 분석하여 적용가능성을 제시하였다.

1. 도심지에서 실시간 위성측위를 이용하여 도근점 성과를 획득함에 있어 코드파를 이용한 경우 GPS 단독, GPS/GLONASS 결합의 방법 모두 실시간 도근점 측위가 불가능하였다. 그러나 반송파를 이용한 경우 두 지역 모두 도근점 측위가 가능하였으며, GPS 단독보다는 GPS/ GLONASS 결합의 경우가 x축으로 0.79m, y축으로 1.584m 정도 오차가 감소하는 결과를 얻었다. 그러나 신호장애에 의해 신호차단으로 고정해를 찾는 데 오히려 역효과가 났다.
2. 개활지역에서의 RT-DGPS, RT-DGG와 RTK- GPS, RTK-GG 모든 측위가 고정해를 얻을 수 있었으며 지적도 성과와 비교해서 전체적으로 RTK -GG의 방법이 가장 정확한 데이터를 얻을 수 있었다. 하지만 측정점317의 성과는 도심지와 마찬가지로 주위의 건물로 인해 신호차단이 일어났던 곳이다.

본 연구에서 실시간 측위의 가장 큰 문제점은 신호차단으로 인해 고정해를 얻지 못하는 것이다. 도심지 뿐만 아니라 개활지에서도 주위의 지물로 인해 고정해를 얻지 못하였다. 향후 신속한 미지정수 고정해 검출방법에 대해 연구하여 보다 더 정확한 데이터를 신속하게 취득할 수 있는 연구가 되어야 할 것과 현재 실용화되고 있는 TS와의 결합으로 보다 정확한 성과를 취득할 수 있도록 해야 할 것이다.

참고문헌

1. 박운용(1996), 실용측량학, 형설출판사, pp740-750.
2. 강준목(2001), DGPS/DGLONASS에 의한 3차원 위치결정, 한국측량학회지 제19권 제4호.
3. 이인수(2000), GPS/GLONASS 결합에 의한 차량의 동적 위치결정, 동아대학교 박사논문.
4. David Walsh, Stuart Riley, John Cooper and Prof. Peter Dal(1995). "Precise Positioning Using GPS/GLONASS Carrier Phase and Code Phase Observables", ION GPS-95, pp.499-506.
5. Leick, A. "GLONASS Satellite Surveying." Journal of Surveying Engineering, 124, 1998, pp. 91-99.

(접수일 2003. 1. 23, 심사 완료일 2002. 2. 20)