

VRS GNSS의 지적측량에 적용을 위한 정확도 분석

홍성언^{1*}

¹청주대학교 지적학과

The Accuracy Analysis of VRS GNSS for Applying Cadastral Surveying

Sung-Eon Hong^{1*}

¹Dept. of Land Management, Cheongju University

요 약 본 연구에서는 VRS GNSS(GPS/GLONASS)를 이용하여 지적측량에서의 위치결정 정확도를 분석하여 보고, 이를 토대로 성과결정의 정확도 향상 가능성을 제시하고자 하였다. 연구결과 GPS 위성데이터만을 수신 한 결과 보다 GPS/GLONASS 위성데이터를 통합으로 수신해 위치를 결정한 결과가 대략 3cm 정도 위치정확도가 높은 것으로 분석되었다. 따라서 VRS GNSS 통합 수신 방식이 지적측량에 도입된다면 위치 정확도 향상을 기대할 수 있을 것으로 보인다.

Abstract This study is to analyze the accuracy of position determination in cadastral surveying using VRS GNSS(GPS/GLONASS), and is to suggest a possibility to improvement of accuracy in decision making of cadastral surveying result based on this result. As a result of this study, the position accurate of this study, which decides position combining with GPS/GLONASS satellite data is about 3cm more accurate than using only GPS satellite data. Therefore, if GNSS integrated receiving method is to be applied on cadastration, it can be expected to improve to estimate the position accuracy.

Key Words : Virtual reference system, Cadastral surveying, Supplementary control miner control, Global vavigation satellite system

1. 서 론

GPS(Global Positioning System)는 현재 측량, 항법 및 교통 GIS Mapping, 기상 및 해양, 재난 및 레저 등 여러 분야에서 다양하게 사용되고 있다. 지적측량 분야에서의 GPS의 활용은 주로 지적기준점(지적삼각점 및 지적삼각 보조점)의 위치결정 부분에서 이루어지고 있다. 또한 최근에는 GPS 위성 데이터의 수신에 장애가 없는 지역에서 GPS 측량 기술을 이용해 지적기준점(도근점) 및 필지 경계점의 위치정보를 취득하고자 실시간으로 위치정보를 취득할 수 있는 RTK GPS(Real-Time Kinematic GPS) 측량 방법이 연구·도입되고 있다.

RTK GPS는 알고 있는 한 점에 기준국을 설치하고 미

지의 다른 점에 이동국을 설치한 후, 기준국에서 이동국으로 보정치를 전송함으로써 이동국의 위치를 cm 정확도로 정확하게 결정할 수 있는 방식이다. 그러나 이 방법은 항상 기준국과 이동국으로 구성된 2개의 수신기를 필요로 하며, 기준국과 이동국간의 거리가 15Km 이내로 제한된다는 단점을 가지고 있다. 이로 인하여 일정 거리를 초과하게 되면 위치결정의 정확도가 저하되거나 기준국과 이동국간의 데이터 수신이 되지 않는 등의 문제점이 있다. 이러한 단점을 극복하고자 최근 연구되고 있는 GPS 측량 기술이 가상기준점을 이용한 실시간 동적관측기법(VRS RTK : Virtual Reference System by Real Time Kinematic)이다. 이 방법은 우리나라 전역에 설치된 상시 관측소의 자료를 이용하여 기준망 내에 관측하고자하는

*Corresponding Author : Sung-Eon Hong (Cheongju University)

Tel: +82-16-9307-7750 email: hongsu2005@cju.ac.kr

Received December 20, 2012

Revised January 4, 2013

Accepted January 10, 2013

임의의 이동국에 대한 보정값을 산정하고, 이를 이동국으로 송신하여 미지점의 위치를 결정하는 방식으로 현재 국토지리정보원에서 45개의 GPS 상시관측소의 자료를 이용하여 VRS 서비스를 시행하고 있다[8].

지적측량 분야에서도 RTK GPS(Real-Time Kinematic GPS)의 단점을 극복할 수 있는 대안 기술로서 VRS(RTK GPS)이 많이 연구되어 왔다. 그 중 대표적인 연구들은 도근점 또는 필계점의 정확도, 현장에서의 능률성 등을 중심으로 연구되어왔다. 대표적인 연구로 가상기준점 시스템 구성을 위한 국내의 기본 인프라 현황을 분석 및 한국형 가상기준점 운용 시스템의 구성, 운영 및 교육 홍보와 관련 법규의 제도화 방안 연구[9], 지적세부측량 및 지적기준점 측량에 VRS GPS 적용의 가능성 연구[5], 기존 TS(전자평판) 대비 VRS GPS 적용의 효율성 평가[6,7], 장비 회사별 VRS GPS 장비의 정밀도 평가[10] 등의 연구가 진행되었다.

이상과 같은 연구를 통하여 지적측량에 VRS GPS의 적용 가능성이 제시되고 있다. 그러나 VRS GPS 측량이 여러 지적측량 종목에 안정적으로 적용되기 위해서는 정확도 측면에서의 보다 다양한 연구가 진행되어야 한다. 특히 GPS 위성 수신에 국한된 것이 아니라 러시아의 GLONASS, 2014년부터 운영이 예정된 유럽의 GALILEO를 통한 수신에 대한 연구를 통하여 안정적인 성과결정이 필요할 것으로 보인다.

본 연구에서는 VRS GNSS(GPS/GLONASS)를 이용하여 지적측량에서의 위치결정 정확도를 분석하여 보고, 이를 토대로 성과결정의 정확도 향상 가능성을 제시하고자 한다.

2. VRS GNSS 이론

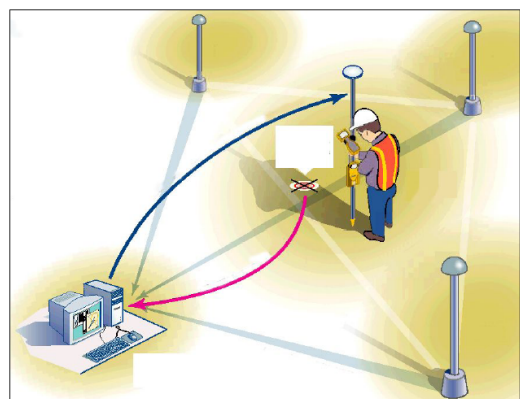
2.1 VRS의 개념 및 원리

RTK GPS 측량은 실시간으로 위치를 결정할 수 있는 방법으로 그간 지적측량에 도입을 위한 많은 연구가 진행되어 왔다. 그러나 이 방법은 기준국과 이동국간에 일정 거리를 넘어서게 되면 수신의 제약으로 인하여 위치결정에 오류가 수반되는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점으로 인해 폭넓은 활용에 제약이 있었다.

최근 이러한 문제를 극복하고자 기준국과 이동국간에 가상의 기준점을 만들어 위치정보를 취득할 수 있게 해주는 VRS 기술이 도입되고 있다. VRS(Virtual Reference System)란 존재하지 않는 가상의 기준국을 생성하여 기존의 기준국 역할을 대체할 수 있는 신개념의 가상기준

점이라 할 수 있다. 이는 가상기준점을 설치하고자 하는 곳의 주변에 이미 설치된 기준국(GPS 상시관측소)로부터 보정데이터를 전송받아 데이터의 조합을 통하여 측정위치에 가상의 보정 데이터를 생성하는 것이다. VRS는 기존 기준국으로 부터 전송받은 보정 정보를 일정한 형식에 따라 가상기준점 위치에 적절하게 모델링함으로써 새로운 보정 정보를 생성해내며 이러한 모델링을 통하여 거리제약에 따른 위치결정의 오차를 줄일 수 있는 기술이다[3].

VRS의 원리는 GPS 기준국들을 중앙 제어센터에 연결하여 지속적으로 데이터를 전송하는 네트워크를 기본으로 한다. 제어센터에 있는 주 컴퓨터는 계속적으로 기준국의 모든 수신기로부터 전달되는 데이터를 수집하고, 지역 보정값(regional area corrections)을 데이터베이스에 생성한다[2]. 이 값들이 기준국의 원시(raw) 데이터와 함께 이동국 (rover)은 가상의 기준국으로부터 받은 데이터를 실제 기준국으로부터 받은 데이터처럼 해석하여 사용하게 된다. 이처럼 데이터를 사용하기 위해서는 중앙 제어센터와 사용자 간의 통신수단이 필요하게 되는데 송수신 방식으로는 단방향, 양방향 송수신방식이 있다. 단방향의 경우 중앙 제어센터에서 보낸 보정치 신호와 절대측위 자료를 조합하여 사용자가 직접 관측값을 계산 하는 것으로 보정 파라메타 수신기가 필요하고, 양방향의 경우 관측자 수신기의 초기위치를 중앙 제어센터에 전송한 후 해당 지역의 가상기준점을 생성하여 VRS 관측값을 이동국 수신기로 전송하는 방식으로 핸드폰이나 라디오 모뎀 등을 이용한다[6].



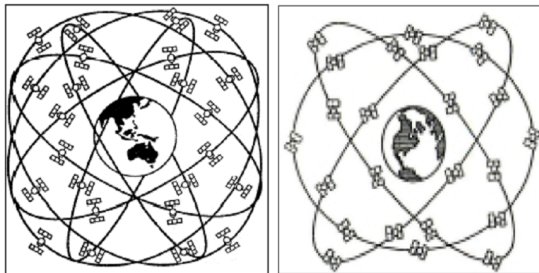
[Fig. 1] Principle of VRS[6,7]

2.2 GNSS의 원리

GNSS(Global Navigation Satellite System)는 범지구적 위성항법 시스템으로 현재 미국의 GPS, 러시아의

GLONASS, 유럽의 GALILEO가 있다. Galileo는 유럽 연합(EU) 및 유럽 우주국(ESA)의 주도로 개발 중인 위성항법시스템으로써 민간 주도의 첫 위성항법시스템이다. Galileo 위성은 현재까지 시험 목적의 위성만이 발사되어 운영 중에 있으며, 2014년부터 본격적인 서비스가 시행될 예정이다[1].

GPS 시스템은 고도 약 20,200km 상공의 6개 회전궤도상에 각각 6도 마다 4개의 인공위성이 배치되어 있으며, 궤도경사(i)는 55도이며, 회전주기는 12시간이다. 이러한 위성의 배치는 지구상 임의의 지점에서 사용자들에게 5~8개의 인공위성을 이용할 수 있게 해준다. GLONASS 시스템은 고도 19,100km 상공에 3개의 궤도면상에 각각 8개의 인공위성들이 배치되어 있으며, 궤도경사(i)는 64.8도이며, 인공위성의 회전주기는 11시간 15분 44초이다. 각각의 궤도면들은 120도 간격으로 위치하며, 이 궤도들에 대한 평면입사교차점의 절대환경은 모스크바표준시를 기준으로 1983년 1월 1일 자정 (213grad 15min 00sec+120grad(i-1))으로 설정되어 있다[4,11]. 그림 2는 GPS와 GLONASS의 위성궤도를 나타낸 것이고, 표 1은 주요 제원을 비교한 것이다.



[Fig. 2] Orbits of GPS(left) and GLONASS(right)

[Table 1] Comparison of the GPS with the GLONASS[2]

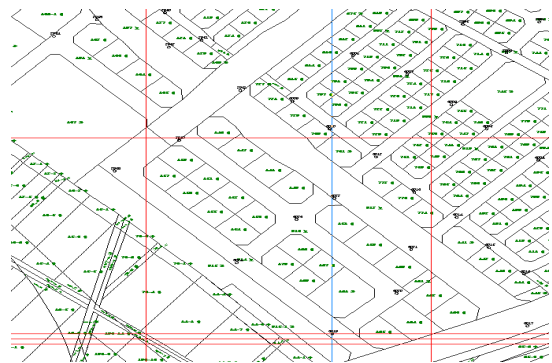
GNSS		GPS	GLONASS
Nominal number of satellites		24	24
Orbit planes		6	3
Inclination of orbit planes		55°	64.8°
Orbital radius		20,180km	19,130km
Revolution period		11h 58m 00s	11h 15m 40s
Reference system		WGS-84	PZ-90
Time reference		UTC(NO)	UTC(Russia)
Orbit	length	120bits	152bits
	period	2m 30s	12m 30s
Signal separation technique		CDMA	FDMA
Carrier	L1	1575.42MHz	1602.0-1614.94MHz
	L2	66/77 L1	7/9 L1

현재 VRS 장비 중 GPS 위성신호와 GLONASS 위성신호를 동시에 수신이 가능한 통합 수신기들이 제공되고 있다. VRS 관측에 있어서 가장 중요한 요건은 신속성과 정확도이며, 이 정확도는 가시위성 수의 영향을 크게 받는다. 그러므로 GPS 위성신호만 수신 받는 것 보다 GPS와 GLONASS 위성신호를 통합 수신하게 되면 많은 수의 가시위성의 확보가 가능하기 때문에 위치결정을 함에 있어 정확성과 안정성의 증진을 기대할 수 있다. 특히, 2014년부터 Galileo 위성항법이 운영을 예정하고 있기 때문에 GNSS 기술의 통합에 대한 연구는 가속화될 전망이다.

3. 실험관측 및 분석

3.1 연구대상지역 선정

본 연구에서는 VRS(RTK GPS)를 지적측량에 도입함에 있어 기존 GPS 위성데이터만을 수신하였을 경우와 GPS와 GLONASS 위성데이터를 통합으로 수신했을 경우의 위치결정의 정확도를 비교분석하여 보고자 한다. 실험지역은 충청북도 청원군 오송읍 봉산리 일부 지역을 선정하였다. 실험지역을 선정함에 있어서는 크게 두 가지를 고려하여 선정하였다. 첫째는 기존 성과(TS: Total Station)와 명확한 비교를 위해 이미 성과가 확충·등록되어 있는 지역으로 선정하였다. 둘째는 기존 TS로 관측된 지점과 동일한 지점을 측정하기 위해 기준점(도근점) 표시의 표시가 명확히 보존되어 있는 지역을 선정하였다. 그림 3은 실험지역의 지적도를 나타낸 것이다.



[Fig. 3] Cadastral map of study area

3.2 관측 및 장비

연구대상지역의 지적기준점을 중심으로 관측을 시행하였다. 관측은 2012년 4월 9일에서 4월 11일까지 시행되었다. 관측 세션은 2회 epoch는 3으로 관측하였다.

VRS 장비를 사용하는 만큼 VRS의 효율성을 판단하는 중요 요소인 신속한 좌표취득을 위하여 실험관측에도 좌표취득 시간(1-3초)을 빠르게 수행하였다. 관측을 시행한 총 점수는 지적삼각보조점 3점, 지적도근점 13점이었다. 이중 지적삼각보조점 3점과 지적도근점 1점은 세계좌표계를 지역좌표계로 변환하기 위한 관측으로 이용된 점이다. GPS 측량 성과는 세계좌표계인 WGS-84 좌표로 성과가 취득된다. 반면, 지적측량 분야에서는 지역좌표계인 TM(평면직각좌표) 좌표체계를 사용하고 있다. 따라서 GPS로 성과 취득후 이를 지역좌표체계로 변환하는 과정이 필요하다. 연구에서는 이를 위해 4점을 기준으로 로컬라이제이션(VRS 측량을 하기 위해서 지적기준점을 통해 WGS-84좌표를 지역좌표로 변환해주는 과정)을 수행하였다. 결과 표 2와 같이 수평 잔차 값은 평균 0.012m 이내로 양호한 성과를 나타냈으며 축척계수는 1.00001721, 회전량은 359°47' 57" 로 나타났다. 이때 가상기준점 좌표는 X=346935.79m, Y=229114.88m이었다.

본 연구에서 사용한 장비는 TOPCON사의 HiPer 2 수신기와 FC-250 컨트롤러 그리고 SAMSUNG사의 Galaxy S1 스마트폰을 사용하였으며, 데이터 취득과 저장은 FC-250 컨트롤러에 하였다. 이 수신기는 GPS와 GLONASS를 동시에 수신 가능한 2주파 수신기로서 GPS위성만으로는 관측이 어려운 상황에서도 GPS/GLONASS의 하이브리드 측위가 가능하며, 통신포트는 무선연결이 가능한 Bluetooth System이다. 그림 4는 관측에 사용된 수신기와 사양을 나타낸 것이다.



[Fig. 4] GPS receiver and specifications[12]

[Table 2] Localization coordinate

Point	BESSEL(Local coord.)		WGS-84(Global coord.)		
	X (m)	Y (m)	North	East	horizontal error
BO 2	350,223.78	230,258.74	36° 39' 09" .8948	127° 20' 21" .1394	0.009
BO 7	348,514.90	227,679.76	36° 38' 14" .7396	127° 18' 37" .0860	0.014
BO 51	346,775.14	229,171.21	36° 37' 18" .1421	127° 19' 36" .8855	0.012
DO 2935	347,305.27	228,901.41	36° 37' 35" .3689	127° 19' 26" .0985	0.001

3.3 자료취득 및 결과분석

지적삼각보조점 3점과 지적도근점 1점을 이용한 로컬라이제이션을 수행 후 정확도 분석을 위한 지적도근점 총 12점에 대해 GPS 위성만을 독립적으로 수신한 경우와 GPS/GLONASS 위성 통합 수신에 의한 경우의 데이터를 취득하였다. 자료를 취득함에 기존 TS와 정확한 비교를 위해 도근점을 명확히 확인할 수 없는 경우와 수신에 영향을 받을 수 있는 차량의 주차 등으로 관측이 어려운 도근점은 제외하고 총 12점의 지적도근점 성과를 획득하였다. 그림 5는 관측 대상 지역의 대상 블록과 지적도근점의 위치를 나타낸 것이다.



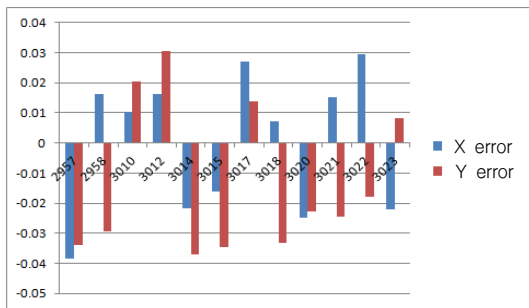
[Fig. 5] Block and supplementary control miner control of study area

지적도근점 총 12점에 대해 X, Y 좌표를 취득하였다. 취득된 자료에 대해 GPS 위성 데이터만을 독립적으로 수신한 VRS GPS와 GPS/GLONASS를 통합으로 수신해 취득한 VRS(GPS/GLONASS) 위치 좌표에 대해 상호 비교 분석을 하고자 먼저 GPS 단독수신 취득 데이터에 대해 기존 TS성과와 비교분석하였다. 분석결과 표 3과 같이 X 좌표의 RMSE는 ±0.023m, X좌표의 RMSE는 ±0.028m를 나타내었다. 연결오차의 RMSE는 ±0.036m로 분석되었다. 이 성과는 현행 지적측량시행규칙 제27조에서 규정하고 있는 경계점좌표시행지역에서의 지적도근점 성과

[Table 3] Coordinate difference of TS and GPS (unit : m)

Point	T/S		VRS(GPS)		Comparison		Connecting error
	X	Y	X	Y	ΔX	ΔY	
2957	346998.02	229023.36	346998.0585	229023.3938	-0.0385	-0.0340	± 0.051
2958	347046.38	229066.21	347046.3638	229066.2393	0.0162	-0.0290	± 0.033
3010	347008.97	229128.82	347008.9597	229128.7994	0.0103	0.0206	± 0.023
3012	346981.71	229161.45	346981.6938	229161.4195	0.0162	0.0305	± 0.035
3014	346923.13	229217.91	346923.1516	229217.9471	-0.0216	-0.0370	± 0.043
3015	346893.78	229240.58	346893.7960	229240.6146	-0.0160	-0.0350	± 0.038
3017	346817.80	229267.70	346817.7730	229267.6862	0.0270	0.0138	± 0.030
3018	346775.14	229171.21	346775.1328	229171.2432	0.0072	-0.0330	± 0.034
3020	346849.49	229175.92	346849.5150	229175.9429	-0.0250	-0.0230	± 0.034
3021	346891.94	229186.19	346891.9247	229186.2145	0.0153	-0.0240	± 0.029
3022	346941.58	229132.31	346941.5505	229132.3279	0.0295	-0.0180	± 0.035
3023	346921.13	229105.68	346921.1519	229105.6717	-0.0219	0.0083	± 0.023
RMSE					± 0.023	± 0.028	± 0.036

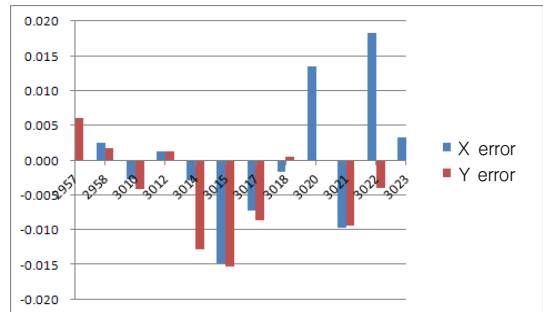
(15cm) 이내의 결과이다. 그림 6은 TS와 GPS의 좌표 차이량을 그래프로 나타낸 것이다.



[Fig. 6] Coordinate difference graph of TS and GPS

다음으로 GPS/GLONASS를 통합으로 수신해 취득한 VRS(GPS/GLONASS) 위치 좌표에 대해 기존 TS성과와 상호 비교분석을 하였다. 분석결과 표 4와 같이 X좌표의

RMSE는 $\pm 0.001m$, X좌표의 RMSE는 $\pm 0.012m$ 를 나타내었다. 연결오차의 RMSE는 $\pm 0.012m$ 로 분석되었다. 이 성과 역시 현행 법률에서 규정하고 있는 성과 인정범위 이내이다. 그림 7은 TS와 GPS/GLONASS의 좌표 차이량을 그래프로 나타낸 것이다.



[Fig. 7] Coordinate difference graph of TS and GPS/GLONASS

[Table 4] Coordinate difference of TS and GPS/GLONASS (unit : m)

Point	T/S		VRS(GPS/GLONASS)		Comparison		Connecting error
	X	Y	X	Y	ΔX	ΔY	
2957	346998.02	229023.36	346998.028	229023.354	-0.008	0.006	± 0.010
2958	347046.38	229066.21	347046.378	229066.208	0.002	0.002	± 0.003
3010	347008.97	229128.82	347008.973	229128.824	-0.003	-0.004	± 0.005
3012	346981.71	229161.45	346981.709	229161.449	0.001	0.001	± 0.001
3014	346923.13	229217.91	346923.133	229217.923	-0.003	-0.013	± 0.013
3015	346893.78	229240.58	346893.795	229240.595	-0.015	-0.015	± 0.021
3017	346817.80	229267.70	346817.807	229267.709	-0.007	-0.009	± 0.011
3018	346775.14	229171.21	346775.142	229171.210	-0.002	0	± 0.002
3020	346849.49	229175.92	346849.477	229175.920	0.014	0	± 0.014
3021	346891.94	229186.19	346891.950	229186.199	-0.010	-0.009	± 0.013
3022	346941.58	229132.31	346941.562	229132.314	0.018	-0.004	± 0.018
3023	346921.13	229105.68	346921.127	229105.668	0.003	0.012	± 0.012
RMSE					± 0.01	± 0.012	± 0.012

두 관측 결과가 모두 현행 법률에서 규정하고 있는 성과 인정 범위에내어있긴 하나 GPS와 GLONASS 위성 데이터를 통합으로 수신한 VRS 측량 방법이 GPS 위성데이터만을 독립적으로 수신해 위치를 결정한 방식보다 대략 3cm정도 정확도가 높았다.

이러한 분석 결과는 가시위성의 수에 의한 차이로 볼 수 있다고 판단된다. 즉, GPS 위성만을 수신하였을 경우는 대략 위성이 5~8기로 평균 6.5기의 가시위성이 확보되었으나 통합 수신하였을 경우에는 GLONASS 가시위성의 숫자가 대략 4~6기로 평균 5기가 더 확보되어 총 11기 이상의 가시위성이 확보되었기 때문에 정확도가 높아진 것으로 분석된다. 위성의 기하학적 배치 정도에 따른 오차를 판단할 수 있는 기준인 PDOP(Position Dilution of Precision)는 양 관측 모두에서 1.4~2.7의 값을 나타내어 매우 양호한 상태이었다. 보통 PDOP는 5이하의 수치면 양호하다고 판단한다.

따라서 VRS를 지적측량에 적용하기 위해서는 GPS 위성데이터만을 독립적으로 수신하는 것보다 GPS와 GLONASS를 통합으로 수신해 위치를 결정하는 것이 안정성 및 정확도 면에서 향상을 기대할 수 있을 것으로 분석된다.

4. 결론

본 연구에서는 RTK GPS 측량의 거리제약 문제를 극복하기 위해 도입이 연구되고 있는 VRS에 측량에 대해 GPS 위성데이터만을 독립적으로 수신하여 위치를 결정하였을 경우와 GPS/GLONASS통합 수신해 위치를 결정하였을 경우의 정확도를 분석해 보고자 하였다. 그리고 이 분석 내용을 기초로 지적측량에 올바른 적용 방법을 제시하고자 하였다. 연구결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

실험 대상지역의 지적도근점에 대해 기준 T/S 성과를 기준으로 VRS GPS와 VRS GPS/GLONASS로 취득된 지적도근점 총 12점의 성과를 비교분석한 결과, GPS위성만을 수신 하였을 경우 종·횡선오차의 RMSE는 $X=\pm 0.023m$, $Y=\pm 0.028m$, 연결오차의 RMSE는 $\pm 0.036m$ 로 나타났다. GPS/GLONASS 통합 수신해 위치를 결정한 결과 기준 성과 대비 종·횡선오차의 RMSE는 $X=\pm 0.010m$, $Y=\pm 0.012m$, 연결오차의 RMSE는 $\pm 0.012m$ 로 나타났다.

두 성과 모두 현행 법률에서 규정하고 있는 성과 인정 범위에내를 보이긴 하나 GPS 위성데이터만을 수신했을 경우보다 GPS와 GLONASS 위성 데이터를 통합으로 수신해 위치를 결정한 결과가 대략 3cm 정확도가 높은 것

으로 나타났다. 이러한 결과는 가시위성의 확보 면에서 차이를 보였기 때문인 것으로 분석되었다.

따라서 VRS를 지적측량에 적용함에 있어 GPS 위성데이터만으로 독립적으로 수신하는 것보다 GLONASS위성 데이터까지 함께 통합으로 수신해 위치를 결정하는 것이 보다 정확하고 안정적으로 성과를 결정할 수 있을 것으로 판단된다. 특히, 여기에 유럽의 GALILEO 위성 데이터까지 통합적으로 수신한다면 보다 정확하고 안정적인 성과 결정을 기할 수 있을 것으로 기대된다. 다만, 본 연구에서는 실험지역의 환경상 지적도근점을 기초로 하였기 때문에 점수가 많지 않다. 향후 보다 많은 점수를 선정하고 분석작업이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

Reference

- [1] MLTM, A Study on Preparation of Basis for Cadastral Re-Survey Project, Vol.5, p. 35, 2011.
- [2] Kwon, Kee Wook, Introduction to Satellite Surveying, DongHwa Technology Publishing, 2011.
- [3] Kim, Myong Ki, "Analysis of Readjustment Survey Data by Using VRS-focused on housing land development district in Gyeonggi province-", Master of Engineering, Myongji University, 2011.
- [4] Park, Un Yong, Kim, Hui Gyu, Gwag, Du Ho, Baeg, Gi Seog, "The Analysis of Baseline Accuracy with the Combined GPS/GLONASS", Proceedings of the KSCE conference(2001), Korean Society of Civil Engineers, pp. 2351-2354, 2001.
- [5] Sin, Dong Yun, Kim, Jin Soo, "Accuracy Estimation of Cadastral Control Point using the VRS RTK GPS" Journal of the Korean Society of Cadastre, Vol.24, No.2, pp. 127-134, 2008.
- [6] Lim, Won Ho, "Estimation of Work Efficiency using VRS RTK in Cadastral Surveying", Master of Engineering, Kyungpook National University, 2009
- [7] Jang, Sang Kyu, Kim, Jin Soo, Jeong, Gong Uhn, "Accuracy Evaluation of Boundary Corner Point Using VRS GPS", Journal of the Korean Society for GeoSpatial Information System, Vol.17, No.1, pp. 37-42, 2009.
- [8] Choi, Woo Seok, "A Study on the Cadastral Surveying Accuracy Analysis Using Permanent GPS Networks and VRS-RTK-Focused on the Cases of GeojeCity-", Master of Engineering, Gyeongsang

National University, pp. 1-2, 2011.

- [9] Choi, Yoon Su, Lee, Yong Chang, Kwon, Jae Hyeun, Lee Jae One, "A Study on the Introduction of GPS Virtual Reference System in South Korea", Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography, Vol.22, No.2, pp. 105-116, 2004.
- [10] Han, Joong Hee, Kwon, Jay Hyoun, Hong, Chang Ki, "Analysis of Network-RTK(VRS) Positioning Accuracy for Surveying Public Control Point", Journal of the Korean Society for GeoSpatial Information System, Vol.18, No.2, pp. 13-20, 2010.
- [11] Hong, Sung Eon, "The Accuracy Analysis of Parcel Surveying by RTK-GPS and RTK-GPS/GLONASS", Journal of GISAK, Vol.14, No.2, pp.211-221, 2006.
- [12] <http://www.topcon.co.kr>

홍 성 언(Sung-eon Hong)

[정회원]



- 2002년 2월 : 청주대학교 지적학과 (행정학석사)
- 2005년 8월 : 인하대학교 대학원 지리정보공학과 (공학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 청주대학교 지적학과 교수

<관심분야>

지적측량, GIS, LIS, SMCDM