위성 수신환경 변화에 따른 인터넷 RTK GPS 측량의 정확도 평가

Accuracy Evaluation of Internet RTK GPS by Satellite Signal Reception Environment

김민규¹⁾ · 박준규²⁾

Kim, Min Gyu · Park, Joon Kyu

Abstract

GPS RTK surveying has an issue that the positioning error increases as the base line distance between the reference station and rover station increases. However, nowadays, an accuracy assessment that can handle such issue is surely required because of the modernization of GLONASS, Galileo project, and other improvements of satellite receiving conditions. Therefore, in this research, we compared and analyzed data sets collected with the CORS network, placed at NGII and NDGPS, using Internet RTK surveying in different satellite receiving conditions. As a result, there was a negative effect on the positioning accuracy as the base line distance increases. Furthermore, we could collect quantitative data of the accuracy of RTK surveying. When national-wide GNSS system is fully established, this result will contribute the growth of various GNSS industries including survey industries and land survey industries.

Keywords : GPS, GLONASS, Internet RTK, Accuracy Evaluation

초 록

GPS를 이용한 RTK 측량은 이동국과 기준국과의 기선거리가 멀어질수록 측위오차가 증가하는 문제점이 있다. 그러나 최근 GLONASS 현대화, Galileo Project 등 위성 수신환경의 개선 및 GNSS 수신기의 성능향상에 따라 이러한 영향을 고려한 정확도 평가가 필요하다. 이에 본 연구에서는 국토지리정보원, 위성항법중앙사무소 등에서 운영 중인 위성기준점 망을 이용한 인터넷 RTK 측량을 수행하고, 위성 수신환경 변화에 따른 분석을 수행하였다. 연구결과, 기선거리의 증가에 따른 측위 정확도의 영향을 파악할 수 있었으며, 위성 수신환경을 고려한 분석을 통해 RTK 측량 성과의 정확도를 정량적으로 제시하였다. 향후 전국적인 GNSS 시스템이 완성된다면 측량 및 측지를 포함한 다양한 응용분야 발전에 크게 기여할 것이다.

핵심어 : GPS, GLONASS, 인터넷 RTK, 정확도 평가

1. 서 론

현재 GNSS(Global Navigation Satellite System)는 위치정보 취득을 위해 가장 많이 사용하는 방법으로 측량, 지적, 국가 기준점 관리, 공사 현장, 군사 작전 등 다양하게 활용되고

있다(Lee et al., 2007).

국내에는 1980년대 말 GPS가 도입되면서 관련 연구가 시작되었다. 다양한 분야에서 활발한 연구가 이루어졌으며, 특히, 측량분야의 발전에 크게 기여해 왔다(Kim et al., 2008; Choi et al., 2013).

1) Member, Department of Civil Engineering, College of Engineering, Chungnam National University, Republic of Korea(E-mail:kmgtpq@paran.com)
2) Corresponding Author, Member, Department of Civil Engineering, Seoul University, Republic of Korea (E-mail:jpark@seoul.ac.kr)

GPS 도입 초기 정지측량(static survey)에 관한 연구가 주로 이루어져 왔다(Kang et al., 1996). 또한 정밀기선해석이 요구되는 분야에 GPS의 활용가능성을 입증하기 위하여 GPS 관측자료 해석을 통해 지각변동 속도를 산출한 연구가 이루어졌다(Kim et al., 2012). 최근에는 측위방법의 발달에 따라 단독측위 및 실시간 이동측위에 대한 연구가 다양하게 이루어지고 있다. GPS를 이용한 실시간 이동측위(RTK; Real Time Kinematic)는 이동국(rover)이 기준국(base)에서 전송된 반송파 위상 보정치를 수신하고, 이를 이동국에서 관측된 값과 조합하여 실시간으로 대략 1~3cm급의 정확도 성과를 얻을 수 있는 측량 방식이다(Wanninger, 2003). 최근 국토지리정보원은 네트워크 RTK의 일종인 VRS(Virtual Reference System)를 도입하여 서비스하고 있다. VRS 시스템은 기선거리가 멀어짐에 따른 오차의 증가 문제를 해결하기 위해 개발된 측위방식으로 여러 개의 기준국을 통해 가상 기준국을 생성하고, 가상기준국 데이터와 보정정보를 이동국에 전송하는 것이다. VRS를 통해 이동국은 실제 기준국과의 거리가 멀어지더라도 근거리 기준국을 이용하는 경우와 동일한 높은 정확도의 측량성과를 얻을 수 있다(National Geographic Information Institute, 2003; Han et al., 2010; No et al., 2012).

RTK 측량은 광범위한 측량지역의 정밀좌표를 실시간으로 획득할 수 있기 때문에 활용범위가 매우 넓다. 그러나 기준국과 이동국의 거리가 멀어질수록 전리층과 대류권 등에 의한 오차증가로 정확도가 저하되는 문제점이 지적되어 왔다(Kim et al., 2008; Lee et al., 2008). 하지만 최근 GLONASS 현대화, Galileo Project 등 위성 수신환경의 개선 및

GNSS 수신기의 성능향상에 따라 이러한 영향을 고려한 정확도 평가가 필요한 시점이다.

이에 본 연구에서는 국토지리정보원, 위성항법중앙사무소 등에서 운영 중인 위성기준점 망을 이용한 인터넷 RTK GPS 측량을 수행하고, 위성 수신환경 변화에 따른 분석을 수행하여 기선거리 증가에 따른 측위 정확도의 영향을 파악한다. 또한 위성 수신환경을 고려한 분석을 통해 측량 성과의 정확도를 제시하고자 한다. Fig. 1은 연구 흐름도를 나타낸다.

2. 인터넷 RTK GPS 측량

2.1 연구대상지

본 연구에서는 위성 수신환경 변화에 따른 인터넷 RTK GPS 측량의 정확도 평가를 위해 서울특별시를 연구대상지로 선정하였으며, 국토지리정보원과 위성항법중앙사무소에서 운영 중인 위성기준점을 활용하여 기선거리 및 위성 수신환경에 따른 분석을 수행하였다. Fig. 2는 연구대상지 및 국토지리정보원과 위성항법중앙사무소에서 운영 중인 위성기준점 현황을 나타낸다.

Fig. 2. Study area & CORS

Fig. 1. Study flow chart

2.2 기준점 측량 및 관측환경 분석

본 연구에서는 정확도 평가를 위해 연구대상지에 대한

기준점 측량을 수행하였다. 측량에 이용된 GPS 수신기는 Trimble사의 R4이다. R4 수신기는 L2C, L5, GLONASS, Galileo 등의 위성을 수신할 수 있는 3주파 220채널의 GNSS 수신기이며 수신기, 안테나, RTK용 모뎀, 메모리, 배터리가 통합된 일체형으로 구성되어 있다. Table 1은 R4 수신기의 사양을 나타낸다.

Table 1. Specification of R4 receiver

Receiver		R4 GNSS
Performance	Channel	220
	Static & Fast Static Accuracy	Horizontal : 3mm+0.1ppm
		Vertical : 3.5mm+0.4ppm
	RTK Accuracy	Horizontal : 8mm+0.5ppm
		Vertical : 15mm+0.5ppm

기준점 측량은 정지측량방식으로 수행되었으며, 2013년 6월 1일 08시~20시까지 12시간동안 위성을 수신하였으며, 관측자료의 처리는 상용소프트웨어인 TBC(Trimble Business Center)를 사용하였다. 기준점에 대한 측량 성과는 Table 2와 같다. Table 2의 위도 및 경도는 GRS80타원체 값이며, X, Y 성과는 중부기준점(zone 2) 기준의 평면직각좌표를 나타낸다.

Table 2. Survey results of control point

Latitude	Longitude
37-32-38.9783	126-55-56.2664
X(m)	Y(m)
549407.5549	194016.7923

연구대상지의 기준점은 서울 도심에 위치한 건물 옥상으로 주변 건물에 의해 상공에 폐색지역이 다소 존재하는 지역이므로 관측자료의 품질평가를 수행하였다. Fig. 3은 기준점 측량 광경이며, Fig. 4는 관측자료에 대한 sky plot을 나타낸다.

Fig. 3. Control point survey

Fig. 4. Sky plot

품질평가 결과, Fig. 4에 붉게 나타낸 부분과 같이 서쪽방향의 위성 수신이 다소 불안하게 나타났지만 서쪽을 제외한 방향에서 위성수신이 양호하고, 12시간의 관측시간 확보와 3이하의 PDOP값을 나타내고 있어 기준점 성과는 활용이 가능한 것으로 판단되었다.

2.3 인터넷 RTK GPS 측량

기준점과의 기선거리 및 위성수신환경에 따른 정확도 분석을 위해 국토지리정보원 및 위성항법중앙사무소에서 운영 중인 상시관측소를 기준국으로 하고, 보정신호를 인터넷을 통해 전송받는 인터넷 RTK GPS 측량을 수행하였다. Table 3은 국토지리정보원 위성기준점 현황을 나타낸다.

Table 3. CORS of NGII

NO	CORS	Receiver type	Antenna type
1	KANR	Trimble NetRS	Trimble Chock-Ring
2	GOCH	Trimble NetR5	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
3	KWNJ	Trimble NetRS	Trimble Chock-Ring
4	GSAN	Trimble NetR5	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
5	KUNW	Trimble NetR5	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
6	KIMC	Trimble NetR5	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
7	NAMW	Trimble NetR8	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
8	NONS	Trimble NetR5	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
9	TEGN	Trimble NetRS	Trimble Chock-Ring
10	DOND	Trimble NetR5	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
11	MUJU	Trimble NetR8	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
12	BOEN	Trimble NetR5	Trimble Micro-Centered ANT
13	PUSN	Trimble NetR5	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
14	SNJU	Trimble NetRS	Trimble Chock-Ring
15	SEOS	Trimble NetRS	Trimble Chock-Ring
16	SOUL	Trimble NetRS	Trimble Chock-Ring
17	SUWN	Trimble NetRS	Trimble Chock-Ring
18	SONC	Trimble NetR5	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
19	YANP	Trimble NetR5	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
20	YONK	Trimble NetR5	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
21	YOWL	Trimble NetR5	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
22	YECH	Trimble NetR5	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
23	WOLS	Trimble NetR5	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
24	WULJ	Trimble NetRS	Trimble Chock-Ring
25	WNJU	Trimble NetR9	Trimble GNSS Choke
26	INJE	Trimble NetR5	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
27	INCH	Trimble NetR5	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
28	JAHG	Trimble NetR5	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
29	JUNJ	Trimble NetRS	Trimble Chock-Ring
30	JUNG	Trimble NetR8	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
31	JEJU	Trimble NetR8	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
32	CHJU	Trimble NetRS	Trimble Chock-Ring
33	JINJ	Trimble NetRS	Trimble Chock-Ring
34	CHNG	Trimble NetR8	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
35	CHWN	Trimble NetR8	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
36	CHEN	Trimble NetR5	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
37	CHLW	Trimble NetR5	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
38	CHSG	Trimble NetR5	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
39	CHYG	Trimble NetR5	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
40	CNJU	Trimble NetRS	Trimble Chock-Ring
41	CHCN	Trimble NetR5	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
42	TABK	Trimble NetRS	Trimble Chock-Ring
43	PAJU	Trimble NetR5	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
44	HADG	Trimble NetR8	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2
45	HONC	Trimble NetR5	Trimble Zephyr Geodetic Mark 2

기선거리 및 위성 수신환경에 따른 정확도 평가를 위해 기준점과의 거리를 고려하여 18개소의 위성기준점을 선정하고, 각 CORS와 기준점을 대상으로 측량을 수행하였다.

3. RTK 측량 정확도 평가

3.1 기선거리에 따른 정확도 평가

기선거리에 따른 정확도 평가를 위해 18개소 위성기준점과 서울에 위치한 기준점의 거리를 산출하고, 정지측량 성과를 기준으로 편차를 계산하였다. Table 4는 기선거리에 따른 측량 결과를 나타낸다. 측량성과는 중부원점을 기준으로 한 평면직각좌표의 X, Y이며, 거리는 위성기준점과의 거리, 편차는 기준측량 성과와의 차이이며, Fig. 5는 거리에 따른 편차 그래프를 나타낸다.

Table 4. Deviation according to baseline length

CORS	X(m)	Y(m)	Length (km)	dX (m)	dY (m)	Total (m)
SOUL	549407.5355	194016.8018	16	0.019	-0.009	0.022
PAJU	549407.5400	194016.7892	17	0.015	0.003	0.015
INCH	549407.5556	194016.8047	25	-0.001	-0.012	0.012
SUWN	549407.5359	194016.7622	31	0.019	0.030	0.036
DIOND	549407.6039	194016.8182	41	-0.049	-0.026	0.055
YANP	549407.6358	194016.8287	51	-0.081	-0.036	0.089
CHLW	549407.4631	194016.8461	81	0.092	-0.054	0.106
CNJU	549408.4612	194016.0021	112	-0.906	0.790	1.202
BOEN	549407.7534	194016.6622	137	-0.198	0.130	0.237
SNJU	549407.5933	194016.2049	168	-0.038	0.587	0.589
EOCH	549407.5384	194016.416	179	0.017	0.376	0.377
NAMW	549407.0789	194016.674	239	0.476	0.118	0.491
TEGN	549407.5354	194016.551	246	0.020	0.241	0.242
KWNJ	549406.4583	194016.625	263	1.097	0.167	1.109
SONC	549407.7793	194016.9045	291	-0.224	-0.112	0.251
PUSN	549407.206	194016.917	320	0.349	-0.125	0.370
MARA	549407.4764	194016.2863	490	0.079	0.506	0.512

(a) Deviation of latitude

(b) Deviation of longitude

(c) Total deviation

Fig. 5. Deviation graph

측량 결과 기선거리에 따라 1.2cm~120cm까지 편차가 발생하였다. 기선거리 증가에 따라 편차도 증가하는 양상을 보였으나 청주와 광주 위성기준점을 이용한 경우 오차가 매우 크게 나타났다. 이러한 결과는 연구대상지 기준점과 위성기준점 간의 공통 관측위성 수에 따른 것으로 판단된다. 청주와 광주기준점의 관측결과는 다른 위성기준점을 이용한 경우 7~13개 보다 공통위성의 숫자가 각각 4개와 5개로 매우 부족하게 나타났다.

3.2 위성 수신환경에 따른 정확도 평가

연구에 활용된 위성기준점은 GPS만을 수신할 수 있는 기준점과 GLONASS를 함께 수신하는 기준점으로 구분된다. 본 연구에서는 위성 수신환경에 따른 측량의 정확도 평가를 위해 GPS만을 수신할 수 있는 위성기준점과 GLONASS를 함께 수신할 수 있는 위성기준점을 구분하여 거리별 정확도

를 분석하였다. Table 5는 GPS 만을 수신할 수 있는 위성기준점을 이용한 성과이며, Table 6은 GLONASS를 함께 수신할 수 있는 위성기준점을 이용한 결과이다. Fig. 6과 Fig. 7은 거리에 따른 편차 그래프를 나타낸다.

Table 5. Deviation according to baseline length - GPS

CORS	Length (km)	dX (m)	dY (m)	Total (m)
SOUL	16	0.019	-0.009	0.022
SUWN	31	0.019	0.030	0.036
CNJU	112	-0.906	0.790	1.202
BOEN	137	-0.198	0.130	0.237
SNJU	168	-0.038	0.587	0.589
TEGN	246	0.020	0.241	0.242
KWNJ	263	1.097	0.167	1.109
JUNJ	281	-0.048	-0.008	0.049

(a) Deviation of latitude

(b) Deviation of longitude

(c) Total deviation

Fig. 6. Deviation graph - GPS

Table 6. Deviation according to baseline length – GNSS

CORS	Length (km)	dX (m)	dY (m)	Total (m)
PAJU	17	0.015	0.003	0.015
INCH	25	-0.001	-0.012	0.012
DOND	41	-0.049	-0.026	0.055
YANP	51	-0.081	-0.036	0.089
CHLW	81	0.092	-0.054	0.106
EOCH	179	0.017	0.376	0.377
NAMW	239	0.476	0.118	0.491
SONC	291	-0.224	-0.112	0.251
PUSN	320	0.349	-0.125	0.370
MARA	490	0.079	0.506	0.512

(a) Deviation of latitude

(b) Deviation of longitude

(c) Total deviation

Fig. 7. Deviation graph – GNSS

GPS만을 수신할 수 있는 위성기준점의 경우, 기선거리에 따라 2.2cm~120cm의 편차를 나타내었다. 기존 연구를 통해 1cm~3cm급의 정확도를 얻기 위해서 15km이내의 기선거리를 유지가 필요함이 제시된 바 있으나 연구결과를 통해 30km 거리까지 2cm정도의 정확도를 얻을 수 있음을 알 수 있었다. 공통 위성의 수가 부족한 청주와 광주를 제외한 위성기준점의 경우 170km 기선거리에서 최대 59cm정도의 오차가 발생하였다.

GLONASS까지 수신하는 경우는 1.2cm~51cm의 편차를 나타내었다. Fig. 8은 GPS만을 수신한 경우와 GLONASS까지 수신한 경우의 편차를 나타낸다.

(a) Deviation of latitude

(b) Deviation of longitude

(c) Total deviation

Fig. 8. Deviation graph – comparison

GLONASS를 함께 이용하는 경우, GPS만을 이용할 때보다 기선거리에 따른 오차가 적게 나타났으며, 거리에 따른 오

차 증가율도 감소하였다. 이는 공통 위성의 수가 증가됨에 따른 것으로 판단된다. 향후 러시아의 GLONASS 현대화 계획 추진과 Galileo Project의 진행과 함께 GNSS 수신환경이 더욱 개선될 것이며, 이는 인터넷 RTK GPS 측량의 가용 범위를 증가시킬 것이다.

4. 결론

본 연구는 국내 위성기준점 망을 이용한 인터넷 RTK 측량을 수행하고, 위성 수신환경 변화에 따른 정확도 평가를 수행한 것으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 인터넷 RTK GPS 측량 결과 연구대상지의 기준점 성과와 1.2cm ~ 120cm까지 편차가 발생함을 알 수 있었고, 기선거리 증가에 따라 오차가 증가함을 확인하였으며, 1~3cm의 정확도를 기준으로 약 30km까지 적용가능함을 제시하였다.
2. GPS만을 이용하는 경우보다 GLONASS를 함께 이용할 때 공통 위성 수의 증가에 따라 더욱 작은 오차를 얻을 수 있었으며, 기선거리 증가에 따른 오차 증가도 더 작게 나타났다.
3. 향후 러시아의 GLONASS 현대화 계획 추진과 Galileo Project의 진행과 함께 GNSS 수신환경이 더욱 개선될 것이며, 인터넷 RTK GPS 측량을 적용할 수 있는 범위가 더욱 확장될 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2013년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2012R1A1A1004414)

References

- Choi, H., Lee, B. and Yeon, S. (2013), A Study on the Site Calibration of Network RTK Surveying, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography*, Vol. 31, No. 1, pp. 99-107.
- Han, J. Kwon, J. Hong, C. (2010), 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.
- Kang, J., Lim, Y., Song, S. and Park, J. (1996), Analysis of Baseline Accuracy by GPS Relative Positioning, *Journal of The Korean Society for Geo-Spatial Information System*, Vol. 4, No. 2, pp. 15-22.
- Kim, H., Yu, G., Park, K. and Ha, J. (2008), Accuracy Evaluation of VRS RTK Surveys Inside the GPS CORS Network Operated by National Geographic Information Institute, *Journal of the Korean Society of Surveying Geodesy Photogrammetry and Cartography*, Vol. 26, No. 2, pp. 139-147.
- Kim, J., Kwon, J. and Lee, J. (2008), The Analysis of the GPS Data Processing of the NGII CORS by Bernese and TGO", *Korean Society of Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 26, No. 6, pp. 549-559.
- Kim, S. and Bae, T. (2012), Analysis of Crustal Deformation on the Korea Peninsula after the 2011 Tohoku Earthquake, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography*, Vol. 30, No. 1, pp. 87-96.
- Lee, S., Kim, J. and Kim, C. (2008), Evaluation of EGM2008 earth geopotential model using GPS/leveling data, *Journal of the Korean Society for Geospatial Information System*, Vol. 16, No. 3, pp. 117-126.
- Lee, Y., Jeong, K., Lee, H., Kwon, C., Song, J., Cho, J., Nam, G. and Cha, S. (2007), The 3rd Order GPS Network Adjustment for Determining of KGD2002 Coordinate Sets, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography*, Vol. 25, No. 5, pp. 437-449.
- National Geographic Information Institute (2003), Introduce of Virtual Reference Station Service, MLIT, pp. 21-40.
- No, S., Han, J. and Kwon, J. (2012), Accuracy Analysis of Network-RTK(VRS) for Real Time Kinematic Positioning, *Journal of the Korean Society of Surveying Geodesy Photogrammetry and Cartography*, Vol. 30, No. 4, pp. 389-396.
- Wanninger, L. (2003), GPS on the Web: Virtual reference stations(VRS), *GPS Solution*, Vol. 7, pp. 143-144.

(Received 2013. 06. 24, Revised 2013. 07. 17, Accepted 2013. 07. 26)