

다중 위성항법시스템 이용조건에 따른 위성측위 성능 분석

박준규¹, 엄대용^{2*}

¹서일대학교 토목과, ²한국교통대학교 토목공학과

Analysis of Positioning Performance According to the Condition of Multi-constellation GNSS

Joon-Kyu Park¹, Dae-Yong Um^{2*}

¹Department of Civil Engineering, Seoil University

²Department of Civil Engineering, Korea National University of Transportation

요약 GPS의 도입과 함께 위성항법시스템과 관련된 많은 연구들이 수행되었으며 이를 통해 위성항법시스템을 이용한 위치 결정의 활용성이 충분히 제시되었다. 하지만 대부분의 연구가 정확도 부분에 초점을 맞추고 있으며 현재 빠르게 발전하고 있는 위성항법시스템과 관련 국가 인프라에 대한 분석적 연구는 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 현재 다중 위성항법 시스템과 국토지리정보원의 위성기준점의 현황을 파악하고, 실험을 통해 측위성능 향상을 위한 위성측량 인프라 고도화의 방향과 이에 따른 기대효과를 제시하고자 하였다. 연구를 통해 GPS, GLONASS 뿐만 아니라 Galileo, COMPASS, QZSS 등 다중 위성항법시스템이 측량에 적용할 수 있을 정도로 운영되고 있음을 알 수 있었다. 또한 기존 GPS와 GLONASS만을 이용한 VRS 서비스와 다중 위성항법 시스템을 활용하는 경우의 비교를 통해 가용 위성 수, 정밀도, PDOP 등 다중 위성항법시스템 활용에 대한 정량적인 개선점을 제시하고, 위성측량 인프라 고도화를 위해 우선적으로 고려해야할 사항들을 도출하였다. 향후 VRS에서 다중 위성항법 서비스가 가능해 진다면 도심에서 GNSS 측량 요구가 증가하고 있는 현재 대민서비스 만족도를 크게 제고할 것이며, 측량 인프라 선진화에 크게 기여할 것이다.

Abstract Many studies have been performed since the introduction of GPS in Korea. As a result, positioning using GNSS was fully proposed. On the other hand, most of these studies focused on accuracy but analytical studies on the GNSS status and the national GNSS infrastructure of Korea are lacking. In this study, the status of multi-constellation GNSS and National Geographic Information Institute's CORS (Continuous Operating Reference Station) were identified for the benefit and direction of GNSS infrastructure enhancement. As a result, it has been operating Multi-constellation GNSS, such as GPS, GLONASS, Galileo, COMPASS, and QZSS for surveying. In addition, improvement was presented by the number of satellites, precision, PDOP, etc. through the experiment about VRS and RTK using Multi-constellation GNSS. Upgrading the infrastructure for satellite surveying was identified as a priority consideration. In the future, if a Multi-constellation GNSS service is possible in VRS service, the satisfaction of public administration service will improve, which will contribute greatly to the advancement of a surveying infrastructure.

Keywords : Network RTK, VRS, Multi-constellation GNSS, CORS, Positioning Performance

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. NRF-2015R1A1A1A05001366)

*Corresponding Author : Dae-Yong Um (Korea National University of Transportation)

Tel: +82-10-6430-5066 email: dyum@ut.ac.kr

Received February 23, 2016

Revised March 28, 2016

Accepted April 7, 2016

Published April 30, 2016

1. 서론

1980년대 말 우리나라에 GPS가 도입하면서 관련된 연구가 시작되었으며 차량항법, 측량, 지각변동 등 다양한 분야에서 활발한 연구가 이루어지고 있다[1][10]. 국토지리정보원은 DGPS 측량 활용을 목적으로 1995년 국토지리정보원 구내에 위성기준점 SUWN을 최초로 설치된 이후 현재 59개 위성기준점을 기반으로 우리나라 전역에 대한 Network RTK(Real Time Kinematic)방식의 VRS(Virtual Reference Station)서비스를 제공하고 있다 [2][3]. 이를 통해 사용자들은 별도의 기준국 운용없이 1인 측량 체계로 짧은 시간동안 취득한 자료의 처리를 통해 실시간으로 정밀한 위치정보를 취득할 수 있게 되었다.

Network RTK 분야의 연구로 위성신호의 수신 및 통신서비스의 상태에 따른 정확도 분석이 이루어진 바 있으며[4], 공공측량 및 지적측량 분야에 FKP(Flächen Korrektur Parameter) 서비스 적용 가능성을 파악하기 위해 측량성과의 정밀도와 위성기준점 망의 구성을 비교한 연구가 이루어 졌다[5]. 위성측량을 수준측량에 적용하고, 이에 대한 정확도를 분석한 연구도 수행되었으며 [6][7], 공공기준점측량, 해안선측량 등 다양한 분야에 위성측량 방법을 적용한 연구가 다수 이루어졌다[8][9].

기존 연구를 통해 VRS 서비스의 활용성이 충분히 제시되었으나 대부분의 연구가 VRS 방식을 이용한 측량의 정확도 부분에 초점이 맞추어져 있으며, 현재 빠르게 발전하고 있는 위성항법시스템과 국내 위성측량 인프라에 대한 분석 연구는 부족한 실정이다.

우리나라는 정보화 사회에서 공간정보의 취득과 효율적인 관리의 중요성이 대두되고 있는 시대적 흐름에 따라 측량과 관련된 법령을 개정하고, 국가 공간정보 인프라의 고도화를 위해 위성기준점 통합, 노후장비 교체 등 적극적인 투자를 하고 있다. 이러한 시점에서 고도화에 대한 근거가 될 수 있는 최신의 위성측량 환경에 대한 분석과 고도화에 따른 기대효과를 제시하는 연구가 필요하다. 이에 본 연구에서는 현재 위성측량 환경과 국토지리정보원의 위성기준점 현황을 파악하고, 실험을 통해 위성측량 인프라 고도화의 방향과 이에 따른 기대효과를 제시하고자 한다.

2. 다중 위성항법시스템과 국토지리정보원의 위성기준점 현황

GNSS(Global Navigation Satellite System)는 우주 궤도를 돌고 있는 인공위성을 이용하여 지상에 있는 수신기의 3차원 위치정보를 취득할 수 있게 한다. 미국 국방부가 개발하여 운영하고 있는 GPS(Glonal Positioning System)를 시작으로 러시아의 GLONASS(Global Navigation Satellite System), 유럽연합(EU)의 GALILEO, 중국은 COMPASS(BeiDou), 일본의 QZSS 등이 있다[11]. Fig. 1은 GNSS 현황을 나타낸다.

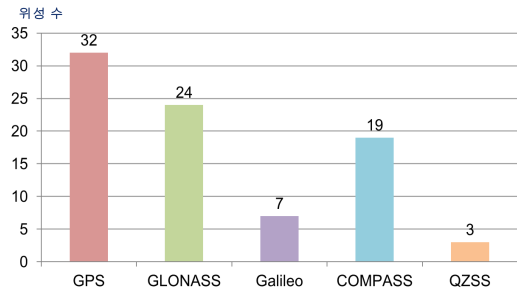


Fig. 1. Status of GNSS

Fig. 1에서 보는 바와 같이 GPS와 GLONASS 외에도 GALILEO, COMPASS 및 QZSS 위성 역시 측위에 이용할 수 있을 정도로 위성이 운영되고 있음을 알 수 있다. 현재 국토지리정보원에서 운영 중인 위성기준점은 GPS와 GLONASS만을 수신하는 기준점과 모든 GNSS 위성을 수신할 수 있는 기준점으로 구분된다. Fig. 2는 GPS와 GLONASS 수신 기준점이며, Fig. 3은 모든 GNSS를 수신할 수 있는 기준점을 나타낸다.

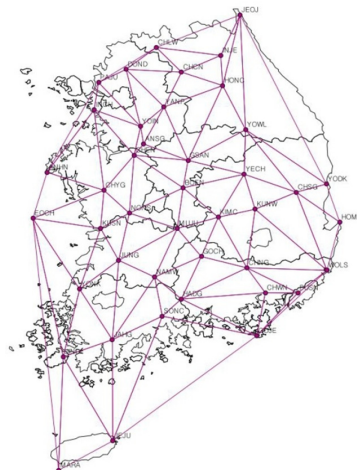


Fig. 2. GPS, GLONASS Station

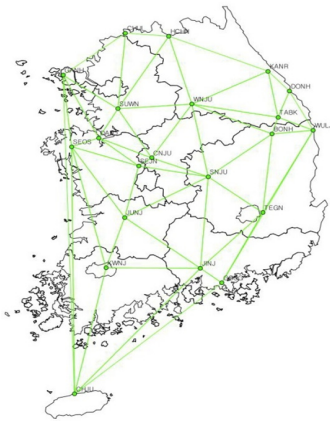


Fig. 3. Multi-constellation GNSS Station

현재 국토지리정보원의 Network RTK 서비스는 GPS와 GLONASS 위성에 대한 보정신호를 서비스하고 있다. 하지만 GALILEO, COMPASS 및 QZSS 위성을 모두 활용할 수 있는 진정한 Multi-constellation GNSS 기반의 Network RTK 서비스를 하는 경우에는 Fig. 3과 같은 위성기준점 망이 형성되어 현재와 같은 조밀한 기준점 망 구성이 어렵다. 따라서 GPS와 GLONASS만을 수신할 수 있는 위성기준점에 대한 수신기 고도화가 필요하며, 위성기준점 망의 구성을 고려할 때 강원도 북부 지역과 경상북도 및 경상남도 지역의 위성기준점 추가 또는 Multi-constellation GNSS 수신기 재배치가 선행되어야 할 것으로 판단된다.

3. 다중 위성항법시스템 이용조건에 따른 측위성능 분석

본 연구에서는 다중 위성항법시스템 이용조건에 따른 위성측위 성능의 개선점 및 위성측량 인프라 고도화에 따른 기대효과 제시를 위해 GPS, GLONASS만을 이용하는 VRS 서비스와 GALILEO, COMPASS 및 QZSS까지 활용하는 Single base RTK의 경우에 대한 측위성능을 비교하였다.

3.1 위성측량을 위한 가용 위성 수에 대한 분석

위성기준점의 수신위성 현황 파악을 위해 GPS, GLONASS의 경우(Case I)와 GALILEO, COMPASS 및 QZSS까지 이용하는 경우(Case II)로 구분하여 비교를 수행하였다. Fig. 4와 Fig. 5는 위성 수신 현황을 나타낸다.

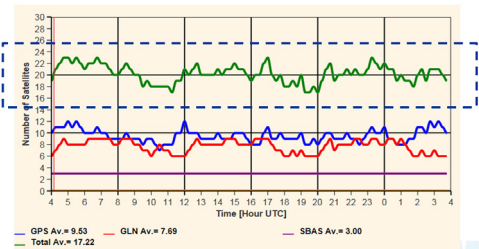


Fig. 4. Status of Satellite Signal - Case I

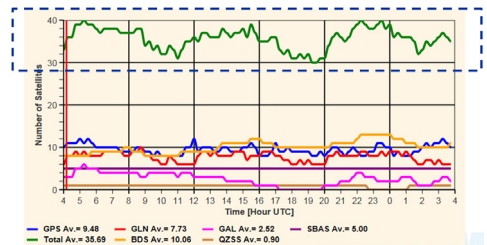


Fig. 5. Status of Satellite Signal - Case II

위성기준점에서 24시간동안 수신된 위성의 수를 비교한 결과 Case I은 위성기준점 당 18~23개의 위성을 수신하였으며, Case II는 30~40개의 위성을 수신하였다. 사용 위성의 숫자가 2배 가까이 증가함을 알 수 있으며 수신위성 수가 위성측량 결과에 미치는 영향을 고려할 때 Full GNSS를 활용하는 경우, 위성측량 적용 가능 지역 증가 및 측위 성능 향상이 기대된다.

3.2 측위성능 분석

위성측위 성능 분석을 위해 통합기준점과 그동안 위성측량의 적용이 어려운 시가지를 연구대상지로 선정하고, 측량을 수행하였다. 각 측점에 대한 측량은 Case I, Case II 및 토털스테이션을 이용한 방법으로 진행하였으며 각각의 성과를 비교하였다. Fig. 6~Fig. 8은 연구대상지이며, Table 1~Table 3은 측량결과를 나타낸다.



Fig. 6. Study Area I



Fig. 7. Study Area II



Fig. 8. Study Area III

Table 1. Survey Result - Unified Control Point

Point	Case I			
	PDOP	Satellite	Precision H(m)	Precision V(m)
u22-01	1.6	14	0.0157	0.0381
u22-02	1.5	15	0.0142	0.0261
u22-03	1.5	15	0.0129	0.0227

Point	Case II			
	PDOP	Satellite	Precision H(m)	Precision V(m)
u22-01	1.4	18	0.0088	0.0142
u22-02	1.4	18	0.0086	0.0135
u22-03	1.4	18	0.0128	0.0209

Table 2. Survey Result - Study Area I

Point	Case I			
	PDOP	Satellite	Precision H(m)	Precision V(m)
sc003	8.5	5	3.9700	2.8188
sc004	5.6	7	2.1457	1.8921
sc005	3.1	9	1.1174	1.8110
sc006	3.6	8	1.0404	1.2795
sc007	5.7	9	2.6061	3.1203
sc008	59.8	6	3.4931	7.9633
∴	∴	∴	∴	∴

Point	Case II			
	PDOP	Satellite	Precision H(m)	Precision V(m)
∴	∴	∴	∴	∴
sc003	2.4	12	0.7782	0.7516
sc004	2.7	16	0.0788	0.1693
sc005	2.2	14	0.0255	0.0521
sc006	4.3	13	0.7368	0.6521
sc007	2.9	16	0.7225	1.2283
sc008	3.7	13	0.6806	1.5862
∴	∴	∴	∴	∴

Table 3. Survey Result - Study Area II

Point	Case I			
	PDOP	Satellite	Precision H(m)	Precision V(m)
∴	∴	∴	∴	∴
sg005	2.2	13	0.2037	0.6085
sg006	3.9	9	1.4636	1.1454
sg007	2.5	11	0.2248	0.3188
sg008	8.7	8	1.7481	2.8338
sg009	3.4	10	0.7828	1.9883
sg010	2.3	8	1.8248	1.9290
∴	∴	∴	∴	∴

Point	Case II			
	PDOP	Satellite	Precision H(m)	Precision V(m)
∴	∴	∴	∴	∴
sg005	2.2	16	0.0156	0.0265
sg006	2.1	16	0.0255	0.0810
sg007	2.3	17	0.1313	0.3190
sg008	3.1	13	0.0139	0.0363
sg009	2	16	0.0312	0.0895
sg010	2.1	16	0.1289	0.3574
∴	∴	∴	∴	∴

통합기준점과 연구대상지 I, II에서는 Case I과 Case II 성과를 비교하였다. Case II의 경우 Case I에 비해 사용 위성 숫자가 4~9개 증가하였으며 수평 및 수직 정밀도 역시 크게 개선됨을 알 수 있다. 연구대상지 III에서는 Case II와 토털스테이션 측량 결과를 비교하였다. Table 4는 연구대상지 III의 측량 결과를 나타낸다.

Table 4. Survey Result - Study Area III

Point	Case II			
	PDOP	Satellite	Precision H(m)	Precision V(m)
∴	∴	∴	∴	∴
1	5	8	1.6814	2.5076
6	3.2	10	0.5977	1.171
7	6.3	8	0.4985	0.3422
102	2.6	9	0.0432	0.0738
103	3.3	12	0.0378	0.0929
∴	∴	∴	∴	∴

연구대상지 III은 고층빌딩 밀집지역으로 VRS 방법으로는 측량결과와 정밀도가 8m이상으로 측량이 불가능하였다. Table 3에서 보는 바와 같이 Case II는 측점에 따라 3cm 정도의 양호한 정밀도를 나타내는 곳이 있었지만 2m이상의 정밀도를 나타내는 곳이 있어 Case II의 경우에도 고층빌딩 밀집지역에 위성측량을 적용하기는 어려울 것으로 판단된다. Fig. 9~Fig. 11에 각 측량 결과를 비교하여 정리하였다.

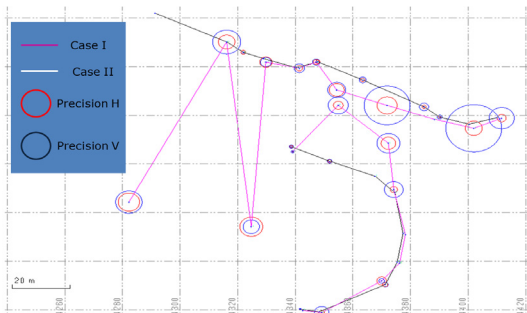


Fig. 9. Comparison Case I and II - Study Area I

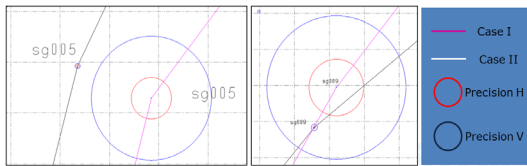


Fig. 10. Comparison Case I and II - Study Area II

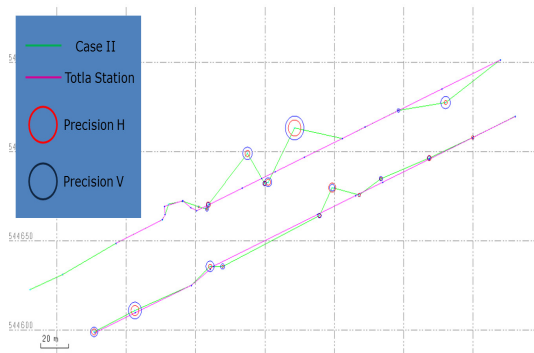


Fig. 11. Comparison TS and Case II Study Area III

통합기준점과 연구대상지 I, II, III의 결과를 요약하면 Table 5와 같다.

Table 5. Summary of Result

Item		Case I	Case II
Number of Satellites	Unified Control Station	14.7	18.0
	Study Area I	9.1	15.4
	Study Area II	10.4	16.7
	Study Area III	-	9.9
Precision H (m)	Unified Control Station	0.014	0.010
	Study Area I	1.704	0.295
	Study Area II	0.632	0.39
	Study Area III	-	0.945
Precision V (m)	Unified Control Station	0.029	0.016
	Study Area I	2.878	0.428
	Study Area II	0.897	0.101
	Study Area III	-	1.518
PDOP	Unified Control Station	1.5	1.4
	Study Area I	6.8	2.3
	Study Area II	3.5	2.3
	Study Area III	-	5.4

Case II는 Case I에 비해 평균 5개 이상의 위성을 더 수신하였으며, 수평 및 수직방향 측위결과와 정밀도가 0.5~1.0m 개선되었다. PDOP 값은 평균 2가 감소하였으며 그림 8에서 보는 바와 같이 도심지역에서 측량 결과가 크게 개선되었으며 기존 VRS 방법으로 측정이 불가능했던 지역에서 일부 측정이 가능함을 알 수 있었다.

위성측량 인프라 고도화를 통해 GALILEO, COMPASS 및 QZSS까지 서비스가 가능해 진다면 도심에서 GNSS 측량 요구가 증가하고 있는 현재 대민서비스 만족도를 크게 재고할 수 있을 것이다. 전면적인 고도화에 선행하여 국내 위성기준점 망 구성을 고려한 위성기준점 추가와 다중 위성항법시스템 수신기의 재배치가 이루어져야 할 것이다.

4. 결론

본 연구는 현재 다중 위성항법시스템과 국토지리정보원의 위성기준점 현황을 파악하고, 실험을 통해 위성측량 인프라 고도화의 방향과 이에 따른 기대효과를 제시하고자 한 것으로 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 다중 위성항법시스템에 대한 조사를 통해 GPS와 GLONASS 외에도 GALILEO, COMPASS 및 QZSS 위성 역시 측위에 이용할 수 있을 정도로 위성이 운영되고 있음을 알 수 있었다.
2. 다중 위성항법시스템 기반의 Network RTK 서비스를 위해서는 위성기준점 망을 고려한 위성기준

점 추가와 GNSS 수신기의 재배치가 선행되어야 한다.

3. 다중 위성항법시스템을 모두 활용하는 경우 VRS 보다 수신 위성의 수, 측위결과의 정밀도와 PDOP 값이 크게 개선되었으며, 기존 VRS 방법으로 측정이 불가능했던 지역에서 측정이 가능한 경우가 있었다.
4. 위성측량 인프라 고도화를 통해 진정한 다중 위성항법시스템 기반 서비스가 가능해 진다면 도심에서 GNSS 측량 요구가 증가하고 있는 현재 대민서비스 만족도를 크게 재고할 수 있을 것이며, 현재 VRS측량이 어려운 지역을 크게 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] J. K. Park, M. G. Kim and J. S. Lee, "Construction of Expert Service for GPS Relative Positioning Data Processing", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.14, No.5, pp.2481-2486, 2013
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.5.2481>
- [2] J. M. Kang, Y. W. Lee, M. G. Kim and J. K. Park, "Positional Accuracy Analysis of Permanent GPS Sites Using Precise Point Positioning", Journal of the Korean Society of Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol.26, No.5, pp.529-536, 2008
- [3] www.ngii.go.kr
- [4] S. J. No, J. H. Han and J. H. Kwon, "Accuracy Analysis of Network-RTK(VRS) for Real Time Kinematic Positioning", Journal of the Korean Society of Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol.30, No.4, pp.389-396, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7848/ksgpc.2012.30.4.389>
- [5] J. S. Park, "Applicability Analysis of FKP for the Cadastral Resurveying and Public Survey through Comparative Analysis of VRS and FKP Position Accuracy", Thesis of Master, University of Seoul, 2014.
- [6] T. H. Song, "Accuracy Assesment of VRS Height Survey", Thesis of Master, University of Seoul, 2015.
- [7] S. B. Lee, "Accuracy Evaluation of the Height Determined by Network-RTK VRS Positioning", Journal of the Korean Society for Geospatial Information System, Vol.21, No.4, pp.55-63, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7319/kogsis.2013.21.4.055>
- [8] M. H. Kim and T. S Bae, "Preliminary Analysis of Network-RTK for Navigation", Journal of the Korean Society of Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol.33, No.5, pp.343-351, 2015
DOI: <http://dx.doi.org/10.7848/ksgpc.2015.33.5.343>.
- [9] J. K. Park and S. M. Han, "Positioning Performance

Improvement According to the Compass satellite", Korean Society of Civil Engineering 2015 convention, pp. 11-12, 2015.

- [10] S.U. Lee, "A Point-to-Point Shortest Path Algorithm Based on Level Node Selection," *The Journal of The Institute of Webcasting, Internet and Telecommunication* Vol. 12 No. 1, pp. 133-140
DOI: <http://dx.doi.org/10.7236/JIWIT.2012.12.1.133>
- [11] S.W. Kang, "Implementation of Small Active Antenna for GPS/GLONASS Receiving," *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC)*, Vol. 15, No. 2, pp.175-180, Apr. 30, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2015.15.2.175>

박 준 규(Joon-Kyu Park)

[종신회원]



- 2001년 2월 : 충남대학교 공과대학 토목공학과 (공학사)
- 2003년 2월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2008년 8월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 서울대학교 토목과 조교수

<관심분야>
지형공간정보공학

엄 대 용(Dae-Yong Um)

[정회원]



- 1997년 2월 : 충남대학교 공과대학 토목공학과 (공학사)
- 1999년 2월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2004년 2월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 2004년 4월 ~ 현재 : 한국교통대학교 토목공학과 교수

<관심분야>
지형공간정보공학, 사진측량학