

Spider Net 방식 Network RTK-GPS측량의 반복재현성에 대한 실험연구

A Experimental Study on the Repeatability of Network RTK-GPS with Spider Net Type

김선철¹⁾·강상구²⁾·이진덕³⁾

Kim, Sun-Chul·Kang Sang-Gu·Lee, Jin Duk

¹⁾ 대한지적공사 대구경북본부(금오공과대학교 공학석사) (E-mail: sunchul@kcsc.co.kr)

²⁾ 대한지적공사 지적연구원 책임연구원(공학박사) (E-mail: sgukang@kcsc.co.kr)

³⁾ 금오공과대학교 토목환경공학부 교수(E-mail: jdlee@kumoh.ac.kr)

Abstract

A network of MAC type was constructed in the Gyeonggi-do area to analyze the usefulness and validity of the Network RTK-GPS. Six sites were selected to conduct GPS observation for 24 hours, and by determining the ITRF of each site, coordinates were determined in connection with IGS network. Then check points which were established in Gimpo area were observed at least 7 times by Network RTK at 20 secs of retrieval intervals.

The result showed high accuracy in the difference between the coordinates determined immediately by the in-field network survey and the current performance was 1-2cm. Its biggest benefit is the expanded range of survey and efficiency of practice. In summary, it is proved that a network survey has the accuracy, scalability and efficiency and it is expected that the network survey will contribute to the cadastral survey.

1. 서론

최근 실시간 이동측량에서 기선길이에 제한 받지 않고 cm 수준의 정확도를 획득하기 위한 연구들이 이루어져 왔으며, 계산과 적용방법에 있어 약간의 차이는 있으나 이들 연구의 핵심아이디어는 바로 GPS 상시관측망의 자료를 이용한 Network RTK 또는 VRS와 같은 측위 기법이다. Network RTK의 목적은 전리층, 대류층, 위성 궤도오차들의 영향을 최소화하기 위해 GPS 상시관측소와 같은 기준국들을 network로 연결하여 오차에 대한 모델링과 예측을 통해 network 보정 데이터를 이동국인 사용자에게 제공하여 기존의 전통적인 단독 RTK(single RTK)측량 방식에 비해 더 높은 정확도로 위치를 결정하기 위함이다.

현재까지 개발된 Network RTK의 종류는 크게

두 가지로 구분할 수 있다. 그 중 하나가 가상기준점(virtual reference station) 방식으로 알려진 Trimble사의 VRS와 독일의 GEO++사와 Leica사가 공동으로 개발한 GNSMART/GEO++가 있으며 이는 초기 모델로 현재는 Leica사가 초기 버전을 독자적으로 보완하여 개발한 Spider Net이 있다. 그 외 캐나다의 켈거리 대학교와 미국의 오하이오 주립대학교 등에서 network에 기반 RTK측량에 관한 연구를 수행하고 있다.

본 연구에서는 Network RTK 측량을 구현하기 위한 실질적인 network에 대한 정확도를 분석하고 측량업무에 적용할 경우의 타당성을 분석한다. Network 내에 연구지역을 선정하고 지적기준점에 Network RTK 측량을 적용하여 결과의 특성을 비교·검토함으로써 지적기준점측량의 적용은 물론, 일반 지적측량에서의 활용방안을 모색하고자 한다.

2. 실험관측 및 분석

2.1 연구지역 선정 및 Site Server 구축

실질적인 network 기반 RTK측량이 가능한 시스템을 구축하기 위해서는 GPS 상시관측소를 이용하여야 하나 이럴 경우 현재 작동 중인 수신기의 작동을 중단하고 network용 수신기로 전면 교체해야 하는 문제가 발생되기 때문에 현실적으로 어려움이 따른다. 따라서 서울과 경기도 일원에 GPS 상시관측소를 대신하여 network를 구성하기 위한 사이트를 선정하고 Leica사의 Spider Net을 이용해 network 기반 RTK 측량시스템을 구축하였다.

대한지적공사 경기도 인근지사인 강화, 김포, 부천 3개소와 서울의 대한지적공사 본사, (주)Leica 서울본사, 지적연수원 옥상에 대해 현장 답사를 통해 상공시계 개방여부와 다중경로(multipath)의 영향 상태와 통신 상태 등을 조사하여 network 구성을 위한 사이트로 적합한지 여부를 판단하였다. 상공시계의 개방여부와 다중경로 등의 장애 요인은 육안에 의한 조사로 실제 데이터의 수신 상태를 판단하기에는 한계가 있기 때문에 선정된 건물의 옥상에서 24시간 GPS관측을 수행하고 데이터를 분석하였다. Network 구성을 위한 사이트로 적합한지에 대한 분석을 위해 Leica GNSS CQ 소프트웨어를 이용해 상공시계와 위성 고도각 변화에 의한 다중경로의 영향과 신호대 잡음비(SNR : signal to noise ratio) 등을 분석하였다.

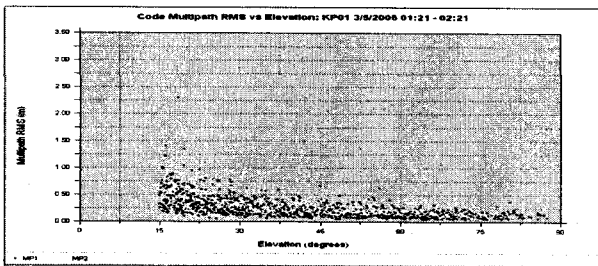


그림 1. Code Multipath RMS vs Elevation (김포)

그림 1에서 MP1은 GPS 위성신호 중 코드에 대한 다중경로오차를 각 위성별로 표현한 것으로 각 위성의 MP1에 대한 평균제곱근오차(RMSE)의 평균 크기는 0.280m를 보였다. 이와 같이 다른 사이트에 대해서도 24시간 관측데이터를 분석하여 network 구축을 위한 사이트로 적합성 여부를 분석하였다. 선정된 6곳을 사이트로 하여 구성한 Network은 그림 2와 같다.

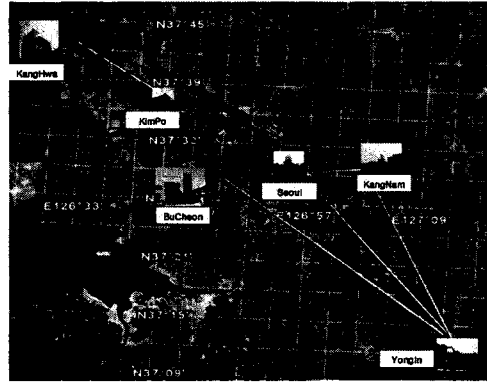


그림 2. 구축된 Network

각 사이트에서는 24시간 관측데이터를 GRX1220 센서에 할당된 고정 IP를 통해 인터넷과 접속하고 LAN선을 통해 중앙서버로 1초간격으로 데이터를 전송하게 되며, 중앙서버에서는 각 사이트필라에 설치된 안테나에서의 GPS데이터 수신상태와 사이트센서로부터의 데이터 전송상태 등을 모니터링하게 된다.

본 연구에서는 Leica사의 Spider Net 방식을 이용하여 Network RTK 측량에 관한 연구를 수행하고자 하였다. 두 network 방식의 차이는 보정데이터 생성방법과 전송방식에서 차이가 있는데 VRS는 초기 가상점에서 일정시간 데이터를 수신한 다음, 그 데이터를 중앙서버로 전송(NMEA data)하여 가상점과 인접해 있는 세 개의 GPS기준국(사이트 개념) 데이터와 결합하여 보정데이터를 생성하고 이동국에 전송하는 방식으로 측량이 이루어진다. 따라서 시간변화에 따른 오차 모델이 어려워 초기가상점에 대한 신뢰도를 평가할 수 없다는 특징이 있는 반면에, Spider Net 방식은 가상기준점을 두는 대신 이동국과 가장 인접한 사이트(GPS기준국)를 기준으로 연속적인 보정데이터를 생성하여 전송하는 MAX 또는 iMAX 방식을 통해 측량이 이루어지는 특징이 있다.

2.2 사이트(Site) 정밀 ITRF 산출

각 사이트의 ITRF를 산출하기 위해IGS(International GNSS service)망과 연계하여 좌표를 산출하였으며, 사이트(site)의 위치결정 방법에 신뢰성을 부여하고 균등한 정밀도(precision)를 유지하기 위해 상용 S/W대신에 온라인 후처리 데이터처리 서비스인 AUSPOS(AUSPOS online GPS service processing)를 이용하여 각 사이트에 대한 24시간 RINEX 데이터를 처리하였다. 모든 데이터처리는 미국 Van Martin Systems사에서 개발한 MicroCosm

소프트웨어를 사용하였다.

본 연구에서 데이터 처리를 위해 이용한 IGS 기준국은 총 3곳으로 중국(bjfs), 일본(usud), 한국(daej)에 설치된 GPS 상시관측소들로서 AUSPOS에서 자동으로 선택된 곳이다. 이들은 모두 IGS와 연계되어 있는 기준국으로 우리나라는 국토지리정보원의 수원 GPS 상시관측소와 대전 천문연구원의 상시관측소가 IGS망과 연결되어 있다.

최종적으로 결정된 각 사이트에 대한 좌표를 ITRF2000으로 결정된 3차원 직교좌표와 GRS80 타원체상의 측지좌표로 계산하고, 각 사이트(site)에 대한 결과에 대해 IGS에서 제안하는 조건(valid range)을 이용하여 신뢰성(reliability)을 검증하였다. X,Y,Z 좌표에 대한 정밀도(precision)는 공히 0.003m를 나타내는데 그 유효범위는 0.001m에서 0.025m의 유효범위 내에 있었다.

결정된 좌표에 대한 RMSE에 대한 유효범위는 0.0005m에서 0.0250m로 제한되고, 관측데이터 제거율에 대해서는 0에서 25%까지 두고 있어 모두 유효범위(valid range) 내에서 계산되어 각 사이트에 대한 ITRF 2000 좌표가 신뢰성 있게 결정되었음을 알 수 있다.

2.3 재현성(Repeatability) 평가 실험

구축한 Network는 경기도 일원의 대한지적공사 지사를 선별하여 구성한 것으로 일종의 시험망이라 할 수 있으며, 구성된 시험망의 각 사이트간의 거리는 최소 21.631km에서 최대 56.137km로 구축되었다. Network RTK측량에 이용된 GPS이동국과 Network 서버간의 통신방식은 양방향 통신방식인 CDMA 모뎀을 이용하였으며 이 때 사용된 인터넷 접속채널은 SK텔레콤 무선인터넷 통신망을 사용하여 Spider Net의 IP주소로 연결한 후 ntrip을 통해 보정 데이터를 받기 위해 로그인 절

차를 걸친 후 보정데이터를 전송받는 방식을 이용하였다. Network RTK 측량이 안정적으로 이루어지는지 여부를 평가하기 위해서는 Network 내외에 위치한 측량 기준점들에 대해 Network 기반 실시간 측량을 동일측점에 대하여 관측시간대를 달리하여 수행한 다음, 위치에 대한 정밀도 변화(재현성)를 분석하도록 하였다.

또한 구축된 network가 얼마만큼 작업범위를 확장할 수 있고 유효한지에 대한 여부는 각 사이트로부터 거리를 달리하여 기지의 측량기준점에 대하여 network 측량을 실시하여 위치에 대한 성과 차이를 분석한다. 이러한 특성들을 분석하기 위해 먼저 그림 3과 같이 21개의 검사점을 설치하여 정지측량으로 4시간씩 관측하여 미리 결정된 각 사이트의 좌표를 고정하고 후처리 방식으로 각 검사점에 대한 ITRF2000 좌표를 산출한 후 Network RTK측량을 실시하였다. 각 검사점에서 데이터 취득간격은 20초 간격으로 샘플링 하였으며 시간대를 달리하여 평균 7회 이상 반복관측하였다.

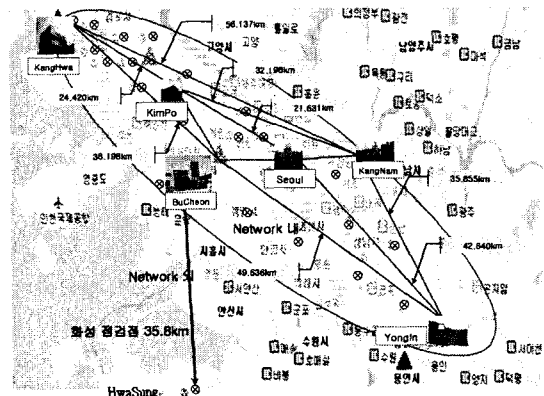


그림 3. Network RTK측량 검사점 망도

표 1. 지심직각좌표 ITRF2000

Site	X(m)	Y(m)	Z(m)
usud(일본)	-3855263.033	3427432.557	3741020.272
daej(한국)	-3120042.017	4084614.874	3764026.885
bjfs(중국)	-2148744.127	4426641.272	4044655.891
부 천(BUCH)	-3034295.631	4057672.815	3861237.006
지적공사본사(KCSC)	-3043134.240	4049081.488	3863299.400
강 화(KHAC)	-3003052.016	4059906.311	3883099.668
김 포(KIMP)	-3024182.433	4055008.438	3871880.825
용 인(YOIN)	-3076770.094	4048912.420	3837090.969

3. 결과 분석

21개 검사점에 대하여 시간대별로 샘플링된 데이터에 대해 정지관측으로 결정된 값(PP)을 기준으로 각 검사점에 관측된 성과의 차이를 계산하여 재현성을 평가하였다. 각 검사점에 대하여 최소 7회 이상 반복관측하여 취득된 데이터 수는 총 212개로, 이들 성과에 대해 분석한 결과의 평균 및 최소-최대 편차와 같은 통계수치를 표 2에 나타냈다.

재현성 평가결과, X값에서는 평균 1.2cm 정도의 편차를 보였고 82% 이상이 2cm 수준에서 결정됨을 보였다. 또한 Y값은 평균 1.4cm의 분포로 위치가 재현됨을 보였고 전체값 중 약 70% 정도가 2cm 정도 수준에서 동일점에 대한 위치가 결

정됨을 보였다. 특히, Z값에 대한 재현성은 약 60% 정도가 2cm 내에서 결정됨을 보였고 평균 1.7cm 기준으로 위치에 대한 편차가 나타나는 것으로 분석되었다.

종합해 보면, 구축된 시험망에 대한 Network RTK 측량시 GPS가 갖는 여러 오차요인과 관측조건이 동일하다고 가정할 때 3차원 ITRF 좌표는 3cm 정도의 정밀도로 결정할 수 있음을 시사해 준다. 모든 검사점에 대한 위치정밀도를 각 방향별, 그리고 3차원으로 표현하면 그림 4~그림 7과 같다. 또한 위치에 대한 정밀도와 정지측량으로 결정된 검사점에 대한 ITRF와 Network RTK측량으로 결정된 위치 정확도를 분석하여 표 3에 정리하였다.

표 3은 각 검사점에 대해 정지측량으로 결정된

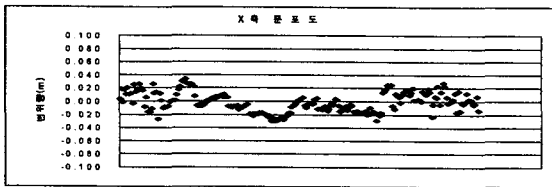


그림 4. X방향 변위량

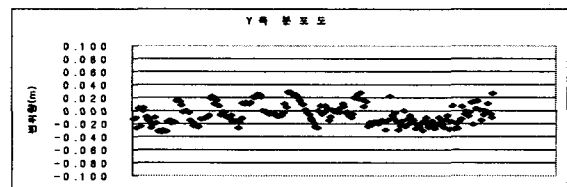


그림 5. Y방향 변위량

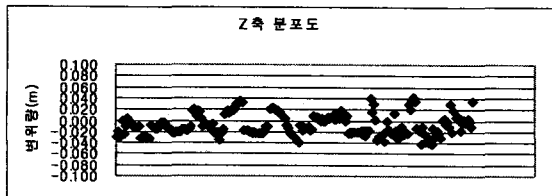


그림 6. Z방향 변위량

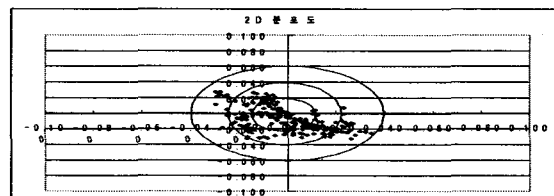


그림 7. 2차원 변위량

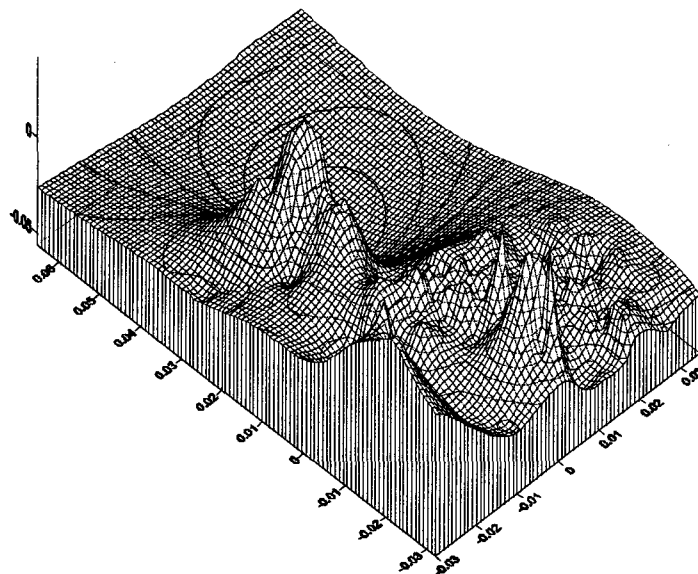


그림 8. 변위량 3차원 모델링

표 2. 검사점에 대한 재현성(Repeatability) 평가 요약 통계값(ITRF좌표)

		DX(m)	DY(m)	DZ(m)
Average Difference		0.012	0.014	0.017
Max. Difference		0.029	0.029	0.039
Min. Difference		0.001	0.001	0.004
Section	2.0cm	82.0%	69.0%	57.0%
	2.0-3.0cm	18.0%	31.0%	43.0%
	3.0cm	0.0%	0.0%	0.0%

표 3. 정확도 분석 결과(ITRF Accuracy Testing)

Section	X	Y	Z
1cm	33.33%	23.80%	9.52%
1-2cm	61.90%	61.90%	47.61%
2-3cm	4.77%	14.30%	28.57%
3-4cm	0.00%	0.00%	14.28%
4-5cm	0.00%	0.00%	0.00%
5cm	0.00%	0.00%	0.00%
Points	21	21	21
Max(m)	0.034	0.065	0.042
Average(m)	0.013	0.015	0.019

ITRF를 참값으로 간주할 때 각 방향별 정확도를 분석한 내용이다. 모든 검사점에 대한 정확도 분포를 보면, 높이값(Z)에서 가장 큰 오차를 보였다. 이는 GPS측량이 근본적으로 평면위치에 비해 높이에 대한 오차가 크다는 것을 고려할 때 당연한 결과이지만 높이에 대한 정밀도를 향상시키기 위해서는 IGS(international GNSS service)에서 제공하는 안테나 종류에 따른 검교정값(calibration value)을 업데이트하여 적용하고, 또한 현장에서는 관측시 안테나 높이를 3회 이상 반복 관측하여 안테나 높이에 따른 과대 오차를 제거하여야 한다.

X에 대한 정확도는 평균 1.3cm 수준으로 결정되었고 최대오차가 3.4cm로 나타났으며 21점 전체적으로 볼 때 약 62% 정도가 1~2cm내의 정확도로 결정되었다. Y에 대한 정확도는 X축과 동일하게 약 62% 정도가 1~2cm내의 정확도 수준으로 결정되었으며 평균정확도는 1.5cm 수준을 보여 X축에 대한 정확도보다는 다소 낮은 결과를 보였다. X에 대한 정확도 분포와 비교해 볼 때 특이한 사항은 1cm 정확도로 결정된 값이 10% 정도 낮게 분포하고 2~3cm의 정확도 분포는 X축에 비해 10% 정도 증가한 결과를 보였다.

결과를 종합해 볼 때 본 연구에 이용된 시험망의 수평위치에 대한 신뢰할 만한 정확도 수준으로 Network RTK 측량이 가능함을 확인할 수 있었다.

4. 결론

Network측량의 효율성과 타당성을 분석하기 위해 경기도 일원에 MAC 방식의 Network 구축을 통해 사이트 선정 방법, 통신문제, 데이터 품질, 보정데이터 모델링 방법, 각 사이트의 정밀좌표 산출, 보정데이터 전송방식 등과 같이 network 구축에 필요한 사항을 단계별로 체계화할 수 있었으며, 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

첫째, Network 내외에 21개의 검사점을 설치하여 network 측량의 정확도를 분석한 결과, 모든 위치(ITRF)가 3cm 내에서 결정됨을 보였다.

둘째, Single RTK 방식에 비해 Network RTK 방식이 갖는 장점은 측량범위의 확장성과 업무의 효율성에 있다. 특히, Network가 구축된 범위 내에서는 기존 기준점의 망실이 있는 경우 현장에서 곧바로 정밀하게 복원이 가능하고, 신설점의 경우 언제, 어디서나 필요한 위치에서 곧바로 설치할 수 있는 장점이 있음을 입증할 수 있었다.

이와 같이 Network RTK 측량은 network가 구성된 지역이라면 언제, 어디서든지 실시간으로 현장에서 곧바로 기준점 성과를 산출할 수 있기 때문에 현행 GPS측량 업무를 혁신할 수 있는 측량 기법이다.

참고문헌

- 대한지적공사 지적연구원, 2006, 광역 VRS 및 Network RTK 연구.
- 국토지리정보원, 2003, 가상기준점 도입에 관한 연구.
- 이용창 외 1인, 2003, GPS 기준망의 가상기준점에 의한 후처리 측위 분석, 한국측량학회 춘계학술 발표회 논문집, 한국측량학회, pp.55-60
- Euler, H-J., Seeber, S., Zelzer, O., Takac, F., and Zebhauser, B.E., 2004, Improvement of Positioning Performance Using Standardized Network RTK Messages, ION NTM 2004, January 26-28, 2004, San Diego, CA.