

VRS-GPS 자동측위시스템을 이용한 해안매립지 측량

남광우^{1*}

¹경성대학교 도시공학과

Measurements Coastal landfill Using Automatic VRS-GPS Surveying

Kwang-Woo Nam^{1*}

¹Department of Urban Design & Development, KyungSung University

요 약 최근 건설현장에서는 3D 기피 현상으로 자동화에 대한 관심이 증대되고 있다. 본 연구는 개발된 VRS-GPS 기반 자동 측위시스템으로 해안매립지를 측량한 결과에 관한 연구이다. 자동측위시스템에 설치된 GPS는 GRX1 수신기와 SHC250 컨트롤러를 사용하였다. 자동측위시스템은 DSP모듈, 지자기센서, 블루투스, 짐벌, IMU등으로 구성되어 있으며, 입력된 위치경로로 자동주행이 가능하도록 하였다. 개발된 GPS 자동측위시스템은 전방과 구심점 관측 카메라를 설치하여 측량상황을 스마트폰으로 실시간으로 파악 할 수 있도록 하였다. 개발된 자동측위시스템을 건설현장에 적용하여 실험한 결과 평균제곱근오차는 X축에서 0.009m, Y축에서 0.010m, 높이는 0.002m로 나타났으며, 현장적용 가능성이 있음을 확인하였다.

Abstract Recent construction in the field of 3D aversion is increasing interest in automation. This study is results about survey of the coastal landfill using automatic VRS-GPS surveying system. GPS is made with GRXI and SHC250 controller. Automatic surveying system is composed of DPS module, geomagnetism sensor, bluetooth, gimbals, IMU, etc and enables an automatic driving via entered into a route of position. The developed auto surveying system has installed the front and camera for vertical axis and can grasp situation of surveying with smartphone in real time. The comparative result between surveyed result with repetition method auto VRS-GPS surveying system observed surveyed result with VRS-RTK has shown that average error of x-axis is 0.009m, average error of y-axis, 0.010m and average error of height, 0.002m. This possibility was confirmed that field application.

Key Words : Coastal Landfill, Automatic VRS-GPS surveying system, DPS module, geomagnetism sensor, bluetooth, gimbals, IMU

1. 서론

1960대 미국에서 개발된 GPS(Global Positioning System)는 1980년대 들어 자동차 항법, 건설현장, GIS 등의 분야에서 수요가 이루어지고 있다[1]. 특히, 2014년부터 사업에 착수하여 2018년에 시범 서비스를 개시할 계획인 SBAS(Satellite Based Augmentation System)은 기존의 GPS위성보다 더 정확도가 높고 오류가 거의 없는

차세대 위성항법 보정시스템으로 GPS신호의 오차를 보정하여 현재 위치를 실시간으로 파악할 수 있는 시스템이다. SBAS는 미국, 유럽, 일본등에서는 개발이 완료되었으며, 실시간 1m이하의 정확성과 신뢰성이 확보된 국가 위치정보 기반시설을 제공할 것이다. 최근 많이 활용되고 있는 VRS-GPS는 국토지리정보원에서 운영하고 있는 상시관측소를 기반으로 관측망 내에 관측하고자 하는 임의의 이동국에 대한 보정값을 전송하여, 이동국 근처에

“본 연구는 2013학년도 경성대학교 공학기술연구소 연구지원 사업으로 이루어졌습니다.”

*Corresponding Author : Kwang-Woo Nam(KyungSung Univ.)

Tel: +82-10-4589-0710 email: kwnam@ks.ac.kr

Received September 12, 2013 Revised(1st October 2, 2013, 2nd October 7, 2013, 3rd October 9, 2013) Accepted October 10, 2013

가상의 기준국을 설정하여 이동국에 보정값을 송신하여 미지점의 위치를 결정하는 방식이다. GPS를 이용한 RTK(Real Time Kinematic) 측량의 경우 기준국으로부터 거리가 멀어짐에 따라 측위오차가 증가하는 문제점이 발생하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 국토지리정보원은 네트워크RTK의 일종인 VRS(Virtual Reference System) RTK 시스템을 구축하여 정확도를 평가한 결과 VRS RTK 측량의 수평방향 평균제곱근오차는 평균 3.1cm, 일반 RTK 측량의 수평방향 평균제곱근오차는 평균 2.0cm로 1cm 정도의 편차만을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. VRS RTK 측량의 수직방향 평균제곱근오차는 평균 6.8cm로 수평방향보다 크게 나타났음이 연구결과 밝혀졌다[2]. Lee, S. B.(2007) 등은 GPS의 RTK 측량 방법을 이용하여 저장 황강에서 하천현황측량을 실시하고 그 결과를 기존의 주요한 하천측량기술이었던 토탈스테이션에 의한 측량결과와 비교하여 하천현황측량에 있어서 RTK GPS에 의한 측량방법이 토탈스테이션에 의한 방법 보다 효율적임을 증명하였다[3]. H. Choi 등은 상시 관측소 데이터를 이용하여 지적기준점에 대하여 가상지국 방식을 통한 데이터를 비교· 분석하였다. 관측결과, 지적기준점을 관측한 토탈스테이션을 사용하여 배각법으로 관측한 성과와 VRS-RTK로 관측한 성과를 비교한 결과 X축 평균오차 -0.08m, Y축 평균오차 +0.07m, 평균거리오차 0.11m로 나타남을 발표하였다[4].

VRS-GPS방식에 따른 공간정보획득은 매우 우수한 기법임에도 불구하고, 환경조건의 제약이 따른다. 최근 위험하고 힘든 일과 단순 노동에 사람들을 대신할 자동화 기기의 필요성이 강조되어 많은 연구와 여러 분야에서 사람들을 대신해서 임무를 수행하는 고성능 로봇이 개발이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 자율주행이 가능한 GPS 자동측위시스템을 개발하였다. 개발된 GPS 자동측위시스템으로 해안 매립지 관측을 실시하여, 정확도를 분석하고자 한다.

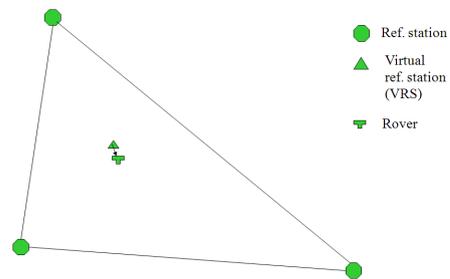
2. 본론

2.1 VRS-GPS의 개념

2.1.1 VRS-GPS의 개념

RTK-GPS(RTK; Real Time Kinematic)방식은 경리정리지구, 택지개발지구 등과 같이 전파수신에 장애가 없는 지역에서는 토탈스테이션 보다 효율적이다. RTK-GPS는 알고 있는 한 점에 기준국을 설치하고 미지의 다른 점에 이동국을 설치한 후, 기준국에서 이동국으로 보정치를 전송함으로써 이동국의 위치를 정확하게 결정할 수 있다.

이에 RTK방식에서의 기준국과 거리에 비례하여 정확도가 떨어지는 거리의존오차를 보정하고 광범위한 지역에서도 정밀한 위치를 결정하기 위해 도입된 개념이 가상기준망(VRS; Virtual Reference Station)을 활용한 Network RTK방식이다. 가상기준망을 활용한 Network RTK 측량은 여러 개의 GPS상시 관측소 자료로부터 이동국 인근에 가상점을 생성시켜 이동국의 정밀한 위치의 관측 자료를 모두 사용하기 때문에 단일 기준점 측위에 비해 서비스의 신뢰도가 높다[Fig. 1].



[Fig. 1] The concept of the VRS-GPS

가상기준망(VRS; Virtual Reference Station) GPS측량 방식은 Network RTK GPS측량 방식 중 한 가지 방법으로 GPS 상시관측소로 이루어진 기준국망을 이용하여 오차를 분리하여 모델링하고, 네트워크 내부 임의의 위치에서 관측된 것과 같은 가상기준점을 생성한 후 이 가상기준점과 이동국의 실시간이동측량을 통하여 정밀한 이동국의 위치를 결정하는 측량방법이다. 가상기준망 GPS측량방식은 네트워크 내의 실제 기준국을 이용하여 이동국에서 가까운 지점에 가상기준국을 생성한 후 데이터를 중앙서버로 전송한다. 그리고 기준국에 형성된 네트워크를 이용해 계산된 보정 값을 수신하여 가상기준국에 대한 위치를 재계산 한뒤 이동국에 대한 정확한 위치를 결정하는 방식이다. 이 VRS GPS측량 방식의 가장 큰 특징은 기존의 Network RTK GPS측량 방식이 기지국에 1대, 이동국에 1대 총 2대의 수신기를 필요로 했던 것을 국내에 24시간 가동 중인 국토지리정보원에서 운영하는 상시 관측소의 데이터를 사용함으로써 1대의 수신기와 블루투스 통신이 가능한 1대의 휴대전화로 GPS측량이 가능하다.

2.2 GPS 자동측위시스템

2.2.1 개요

개발된 GPS 자동측위시스템은 건설현장에서 신속하고 안정적으로 구동하기 위해 직경 42.0cm의 4바퀴 전후 조향을 채택하였으며, 전방카메라와 구심카메라를 설치하였다. 또한, 정확도 높은 측량을 위해 x, y방향 자동 제

어가 가능한 짐벌을 설치하였다[Fig. 2].

GPS 자동측위시스템에 설치된 GPS는 GRX1 수신기와 SHC250 컨트롤러를 사용하고 있다. GRX1 수신기는 2주파(L1, L2)를 수신하며, 정지측량 시 H방향 3mm+0.5ppm, V방향 5mm+0.5ppm, RTK측량 시 H방향 10mm+1ppm, V방향 15mm+1ppm의 정확도를 가진다 [Table 1]. 세부 제원은 Table 1과 같다.



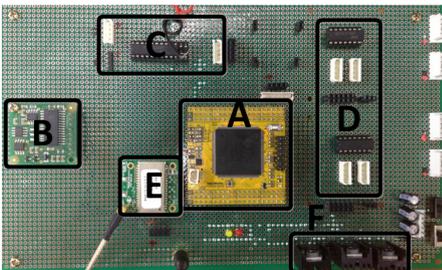
[Fig. 2] GPS Auto- Surveying system

[Table 1] Location accuracy of the GRX1 receiver

| Location accuracy | | |
|-----------------------------|---------|------------------------------------|
| Precision stop measurements | L1+L2 | H : 3mm+0.5ppm, V : 5mm+0.5ppm |
| | L1 only | H : 3mm+0.8ppm V : 4mm+1.0ppm |
| Quick-stop measurements | L1+L2 | H : 3mm+0.5ppm V : 5mm+0.5ppm |
| kinematic | L1+L2 | H : 10mm+1.0ppm V : 15mm+1.0ppm |
| | RTK | H : 10mm+1.0ppm V : 15mm+1.0ppm |
| DGPS | | 0.5m |

2.2.2 메인보드

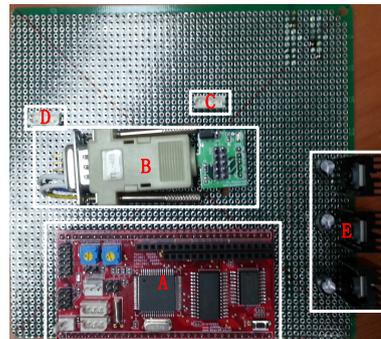
GPS 자동측위시스템을 제어하기 위해서는 주행과 측량을 담당하는 메인보드가 필요하다[Fig. 4]. 본 연구를 위해서 구성된 메인보드이며 DSP모듈(A), 자자기센서(B), 모터드라이버 통신부(C), 엔코더 데이터 수신부(D), 블루투스(E), 전원부(F)로 구성된다.



[Fig. 3] Main Board

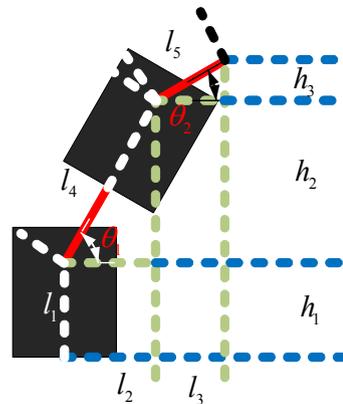
2.2.3 짐벌 기구

GPS는 정확한 위치 측량을 위하여 수평을 이루어야 한다. 본 연구에서 측량용 GPS의 수평을 유지가 필요하다. 그러기 위해서 짐벌 기구는 두 축을 제어하는 모터와 IMU의 각도 정보를 수신하기 위하여 별도의 시스템 보드를 제작하였다. 짐벌 기구부의 시스템 보드는 그림 30과 같이 ①마이크로컨트롤러 모듈(A), ②RS-232 to RS-485 컨버터 모듈(B), ③CAN 통신 커넥터(C), ④RS-485 커넥터(D), 그리고 ⑤전원부(E)로 구성되어 있으며, 정확도는 0.05° 이다.



[Fig. 4] Gimbal on system boards.

짐벌 기구부는 두 개의 모터를 사용하여 x와 y 두 축을 제어하여 측량용 GPS의 수평을 유지한다[Fig. 6].



[Fig. 5] Height measurement of gimbals

지면에 따른 짐벌 기구부의 높이 h 는 다음과 같이 주어진다.

$$h = h_1 + h_2 + h_3 \tag{1}$$

여기서, h_2 와 h_3 는 두 축의 모터의 각도 변화에 따라 변한다. 두 축의 모터의 각도 변화에 따른 h_2 와 h_3 는 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned} h_2 &= l_4 \sin \theta_1 \\ h_3 &= l_5 \sin(\theta_1 + \theta_2) \end{aligned} \quad (2)$$

3. 해안매립지 현장 측량

3.1 연구대상지역

본 연구를 위해 선택된 해안매립지는 경남 창원시 마산합포구 가포동의 마산가포신항 배후부지 건설현장이다. 마창대교 가포IC부근 마산가포신항이 최근 준공을 했고, 배후부지 조성을 위해 시공중에 있다[Fig. 6].



[Fig. 6] Test Area

해안 매립지에 30개의 측점을 설치하여[Fig. 6], GPS 자동측위시스템을 통한 측량성과와 VRS GPS측량을 통한 성과를 서로 비교하여 오차를 결정함으로써 정확성을 비교 분석 하였다. 일반적으로 건설현장에서 사용하는 측량의 기준이 되는 좌표는 근거리의 기준점에서부터 좌표 측량을 통해 현장 내에 임시 좌표를 설치하여 사용하

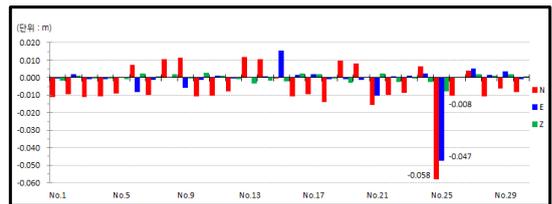
로 정확도가 저하되는 문제점이 발생한다. 이에, 본 연구에서는 1등급 GPS 수신기를 사용하여 실험을 실시하였다.

본 연구는 GPS측량의 1인 원격시스템 활용이 목적이므로, 설치된 측점의 좌표를 미리 입력시켜 측점 부근까지는 자동으로 GPS 자동측위시스템이 이동하게 설계되었다. 측점 부근에서는 GPS자동측위시스템을 구심확인용 카메라로 위치를 확인 하면서 원격 이동하였다. 개발된 GPS자동측위시스템은 초기 모델이라 대단지 또는 매립지등의 평지지역에서 구동이 가능하게 설계되어 있다. 따라서, 구심확인용 카메라는 GPS의 수직지점에 설치되어 있으며, 짐벌 작동에 따른 높이값에 대한 보정은 미미하므로 별도의 보정은 하지 않았다. 실험을 위해서 노트북 컴퓨터 2대를 사용하였으며, 이 중 1대는 GPS 자동측위시스템의 구동을 위해 사용하였고, 나머지 1대는 전방 및 하면 카메라를 통한 영상수집을 위해 사용하였다[Fig. 7]. 원거리에서 노트북 컴퓨터로 GPS 자동측위시스템을 구동하며, 영상수집을 위한 다른 1대의 노트북 컴퓨터상의 영상으로 수 cm의 수평정확도를 가지는 구심을 확인 하며 측량을 실시하였다.

3.2 측량 결과

VRS측량을 통한 측점별 성과와 GPS 자동측위시스템을 통한 성과 모두 GRS80 세계측지계 좌표이며, 각각의 결과는 Table 2와 Table 3과 같다.

VRS측량성과를 기준으로 GPS 자동측위시스템의 측량성과를 비교한 편차는 Fig. 8과 같으며, RMSE는 N방향 0.010m, E방향 0.009m, H방향 0.002m로 나타났으며, GPS 자동측위시스템의 활용이 가능할 것으로 판단된다.



[Fig. 8] deviation according to surveying



[Fig. 7] the centripetal point

[Table 2] Result of VRS-GPS survey

| No. | VRS | | |
|-----|------------|------------|-------|
| | N | E | H |
| 1 | 285617.886 | 161244.102 | 5.318 |
| 2 | 285626.268 | 161238.856 | 5.316 |
| 3 | 285637.879 | 161234.545 | 5.324 |
| 4 | 285646.230 | 161228.292 | 5.521 |
| 5 | 285657.339 | 161223.153 | 5.560 |
| 6 | 285659.321 | 161210.289 | 5.907 |
| 7 | 285669.841 | 161203.073 | 5.887 |
| 8 | 285679.227 | 161194.495 | 6.117 |
| 9 | 285693.432 | 161194.441 | 5.815 |
| 10 | 285705.604 | 161196.811 | 5.466 |
| 11 | 285718.078 | 161192.906 | 5.118 |
| 12 | 285730.370 | 161198.884 | 4.805 |
| 13 | 285728.692 | 161209.572 | 4.575 |
| 14 | 285720.057 | 161219.332 | 4.340 |
| 15 | 285708.359 | 161226.737 | 4.164 |
| 16 | 285695.906 | 161229.861 | 4.404 |
| 17 | 285681.806 | 161232.395 | 4.652 |
| 18 | 285670.690 | 161234.197 | 4.893 |
| 19 | 285658.475 | 161240.112 | 4.952 |
| 20 | 285644.619 | 161244.795 | 4.734 |
| 21 | 285633.470 | 161252.647 | 4.808 |
| 22 | 285632.224 | 161257.790 | 4.787 |
| 23 | 285630.555 | 161264.973 | 4.909 |
| 24 | 285626.740 | 161276.394 | 4.475 |
| 25 | 285615.322 | 161282.782 | 4.350 |
| 26 | 285604.334 | 161285.640 | 4.546 |
| 27 | 285592.045 | 161285.301 | 4.904 |
| 28 | 285588.950 | 161273.863 | 5.345 |
| 29 | 285605.528 | 161264.676 | 5.094 |
| 30 | 285612.401 | 161253.252 | 5.356 |

[Table 3] Result of Auto VRS-GPS Surveying

| No. | Result of Auto VRS-GPS Surveying | | |
|-----|----------------------------------|------------|-------|
| | N | E | H |
| 1 | 285617.897 | 161244.103 | 5.320 |
| 2 | 285626.278 | 161238.854 | 5.315 |
| 3 | 285637.890 | 161234.546 | 5.324 |
| 4 | 285646.241 | 161228.293 | 5.521 |
| 5 | 285657.348 | 161223.153 | 5.561 |
| 6 | 285659.314 | 161210.297 | 5.905 |
| 7 | 285669.851 | 161203.074 | 5.886 |

| | | | |
|----|------------|------------|-------|
| 8 | 285679.216 | 161194.495 | 6.115 |
| 9 | 285693.421 | 161194.447 | 5.815 |
| 10 | 285705.615 | 161196.812 | 5.463 |
| 11 | 285718.088 | 161192.905 | 5.117 |
| 12 | 285730.378 | 161198.885 | 4.806 |
| 13 | 285728.680 | 161209.572 | 4.578 |
| 14 | 285720.046 | 161219.331 | 4.342 |
| 15 | 285708.359 | 161226.721 | 4.166 |
| 16 | 285695.917 | 161229.859 | 4.400 |
| 17 | 285681.816 | 161232.393 | 4.650 |
| 18 | 285670.704 | 161234.198 | 4.893 |
| 19 | 285658.465 | 161240.113 | 4.955 |
| 20 | 285644.611 | 161244.796 | 4.734 |
| 21 | 285633.486 | 161252.657 | 4.805 |
| 22 | 285632.234 | 161257.789 | 4.789 |
| 23 | 285630.564 | 161264.972 | 4.909 |
| 24 | 285626.733 | 161276.392 | 4.477 |
| 25 | 285615.380 | 161282.829 | 4.358 |
| 26 | 285604.344 | 161285.640 | 4.546 |
| 27 | 285592.040 | 161285.296 | 4.902 |
| 28 | 285588.961 | 161273.862 | 5.344 |
| 29 | 285605.534 | 161264.673 | 5.092 |
| 30 | 285612.409 | 161253.253 | 5.355 |

4. 결론

자동화시스템은 어떠한 작업을 스스로 하는 기계를 말한다. 감각을 갖도록 하려는 센서 공학, 인간의 지능에 가까운 능력을 갖도록 하기 위한 인공 지능기능이 포함된 것이라 할 수 있다. 자동화시스템은 자동차 공학을 비롯한 각종 가전제품에서도 쉽게 찾아 볼 수 있다. 건설현장에서도 자동화 굴삭기를 비롯한 많은 분야에서 다양한 연구가 이루어지고 있으며, 공간정보 분야에서는 무인헬기, 무인비행선등의 명칭으로 활발한 연구가 이루어지고 있다. 본 연구는 개발된 GPS 자동측위시스템으로 해안매립지 측량을 실시하여 VRS 측량을 통한 오차분석을 통해 정확도를 검증하였다. 연구 결과, VRS 측량데이터를 기준으로 GPS 자동측위시스템의 측량데이터와의 편차는 N +0.012m ~ -0.058m, E +0.016m ~ -0.047m, H +0.004m ~ -0.008m이며, 평균은 N -0.006m, E -0.001m, H 0.000m로 나타났다. VRS 측량데이터를 참값으로, GPS 자동측위시스템의 데이터를 관측값으로 하는 평균 제곱근오차(RMSE)에는 N 0.010m, E 0.009, H 0.002m로

나타났다. 개발된 GPS자동측위시스템은 정밀하게 제작되어 있으나, 초기 제작에서 발생된 몇 가지 문제점을 나열하면, 좌표변환 실수에 따른 위치추적 오류, 배터리 부족, 무선통신장애, 구동모터 불량 등 이었다. 초기 오류는 추가 연구와 지속적인 보완으로 대부분 해결되었으나, 원활한 시스템의 구동을 위해 지속적인 추가연구를 할 예정이다.

References

- [1] Ministry of Construction & Transportation, "The Development of On-line GPS location information Provision System", Research Report, p. 1.
- [2] H. I. Kim, G. S. YU, K. D. Park, J. H. Ha, "Accuracy Evaluation of VRS RTK Surveys Inside the GPS CORS Network Operated by National Geographic Information Institute" Korean Journal of Geomatics, Vol.26, No2, pp.139-147, 2008.
- [3] S. B. Lee and B. Y. Choi, "Hydrographic surveying in river by RTK GPS", Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol.25, No.3, pp.267-275, 2007.
- [4] H. Choi and K.C. Kim, "Accuracy Analysis of Cadastral Control Points Surveying using VRS case by Jinju city parts
DOI: <http://dx.doi.org/10.7848/ksgpc.2012.30.4.413>

남 광 우(Kwang-Woo Nam)

[정회원]



- 1996년 2월 : 동아대학교 도시공학과 (공학사)
- 1998년 2월 : 부산대학교 대학원 GIS학과 (공학석사)
- 2001년 8월 : 부산대학교 대학원 GIS학과 (공학박사)
- 2003년 3월 ~ 현재 : 경성대학교 도시공학과 부교수

<관심분야>

도시모델링, 도시공간구조, GIS 응용, U-City