

실시간 이동 측위 적용을 위한 Network-RTK(VRS) 정확도 분석

Accuracy Analysis of Network-RTK(VRS) for Real Time Kinematic Positioning

노선준¹⁾ · 한중희²⁾ · 권재현³⁾

No, Sun-joon · Han, Joong-hee · Kwon, Jay Hyoun

Abstract

As the demand on the precise positioning for the moving objects has been increased in the various industry field, many studies have been conducted to analyze real time kinematic technique and its practical usage.

The main purpose of this study is to analyze the possibility of Network-RTK(VRS) in real-time kinematic positioning. So, the accuracy analysis has been conducted by comparing the Network-RTK(VRS) position with respect to the RTK position.

As a result, Network-RTK(VRS) based on kinematic positioning has centimeter level of RMS in the ideal environment compared to RTK positioning. However, when the integer ambiguities was lost, the accuracy of Network-RTK was meter level. At that time, the quality value has been changed dramatically and shows big correlation with accuracy. When the position and height quality values are within 0.1m, the RMS of the horizontal and vertical position appears better than 10cm and 20cm, respectively. However, if the quality value is over 0.1m, the RMS increases to larger than a meter. Therefore, it is recommended to check the quality value when conducting Network-RTK(VRS) kinematic positioning to get the centimeter level accuracy.

Keywords : Real Time Kinematic, Network-RTK(VRS), Quality value

초 록

최근 다양한 산업분야에서 실시간으로 정밀한 이동체의 위치에 대한 요구가 증가함에 따라 GNSS(Global Navigation Satellite System)를 이용한 실시간 이동 측위에 대한 연구 및 활용이 늘어나고 있다. 본 연구에서는 Network-RTK(VRS)를 실시간 이동 측위에 적용하기 위해, 수 cm 수준의 정확도를 보이며 실시간 이동 측위에 널리 사용되고 있는 RTK를 기준으로 Network-RTK(VRS)의 이동 측위 정확도를 분석하였다. 그 결과, Network-RTK(VRS)는 모호정수가 고정된 상태에서 수평 방향으로 2cm, 수직 방향으로 7cm의 RMS를 보였으며, 가시 위성 개수가 줄어들어 모호정수를 상실한 구간에서는 수 m의 RMS를 갖는 것으로 확인되었다. 또한 Network-RTK(VRS) 이동 측위 시 수신기 내부에서 실시간으로 제공되는 위치 인자를 분석한 결과, quality 값이 0.1m 이하 일 때 수평 10cm, 수직 20cm 이내의 위치 정확도를 보였으나, quality 값이 0.1m 를 초과할 경우에는 수 m의 현저하게 떨어진 정확도를 보였다. 따라서 Network-RTK(VRS)를 정밀한 실시간 이동 측위에 적용하기 위해서는, 위치 정확도의 정보를 포함한 quality 값들을 확인하면서 측위를 실시해야 할 것이다.

핵심어 : 실시간 이동 측위, RTK, Network-RTK(VRS), Quality value

1) 서울시립대학교 공간정보공학과 석사과정 (E-mail : nosj@uos.ac.kr)
2) 정희원 · 서울시립대학교 공간정보공학과 박사과정 (E-mail : hjh0016@uos.ac.kr)
3) 교신저자 · 정희원 · 서울시립대학교 공간정보공학과 교수 (E-mail : jkwon@uos.ac.kr)

1. 서론

최근 실시간으로 이동체의 정밀한 3차원 위치를 요구하는 활용 분야가 증가됨에 따라 GNSS(Global Navigation Satellite System) 이동 측위 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 현재 실시간 이동 측위 분야에서 가장 많이 사용하는 GNSS 측위 기술은 수신기 하나에서 관측된 C/A(Coarse/ Acquisition) 코드 데이터를 이용한 표준측위 서비스(Standard Positioning Service, SPS)가 있으며, 실시간으로 수 십 미터 이내의 정확도로 위치를 제공하는 것으로 알려져 있다(Huber 등, 2010). 그러나 표준측위서비스(SPS)보다 높은 정밀도의 실시간 측위에 대한 요구가 증가함에 따라, 이에 대한 다양한 연구 및 기술 개발이 수행되었다.

지금까지 개발된 높은 정밀도의 실시간 측위 기술은 측위 방법에 따라 단독 측위와 상대 측위로 구분할 수 있다. 단독 측위 방식으로 수 cm ~ 수십 cm의 정확도로 실시간 이동체의 위치를 결정할 수 있는 기술은 코드 및 위상 관측치를 이용한 정밀단독측위(Precise Point Positioning, PPP)가 있다(Huber 등, 2010). 정밀단독측위는 관측치에 포함된 모든 오차 요소를 모델링 또는 IGS(International GNSS Service)에서 제공하는 정밀력을 이용하여 감소 또는 제거한 후, 높은 정밀도로 위치를 추정하게 된다(Kouba 등, 2003). 그러나 정밀단독측위를 기반으로 한 실시간 측위는 시간의 제약으로 최종정밀궤도력 대신 초신속정밀궤도력을 이용함에 따라, 위성의 궤도 및 시계오차를 완전히 제거하는데 한계가 있어 상대 측위 기반의 실시간 측위 기술에 비해 정확도가 떨어지는 단점이 있다(Gao 등, 2004).

차분 기술(differential technique)을 이용한 실시간 상대 측위는 좌표를 알고 있는 기준국에서 수신된 GNSS 신호를 이용하여 오차 요소의 보정 값을 계산하고 이 값을 이동국에 전송한다. 이동국에서는 전송 받은 보정 값을 이용하여 상대 측위 기법으로 실시간 이동체의 위치를 결정한다. 이러한 측위 방법은 코드 관측치를 이용한 DGPS(Differential GPS)와 위상 관측치를 이용하는 RTK(Real Time Kinematic)가 있다. 우리나라 DGPS 서비스는 위성항법중앙사무소에서 관리중인 17개 기준국의 코드 데이터로부터 계산된 GNSS 오차 보정치를 인터넷 망을 이용한 NTRIP(Networked Transport of RTCM via Internet Protocol)을 통해 제공되고 있으며, 이를 통해 수 m의 정밀도로 실시간으로 이동체의 위치를 계산할 수 있다(위성항

법중앙사무소, 2002). 이에 반해 RTK 방식은 기준국에서 위상 관측치를 이용하여 모호정수 및 보정치를 생성하고 이를 이동국에 전송하여 상대 측위 기법을 통해 이동국의 위치를 수 cm 수준의 정밀도로 결정하는 방법이다(Ayhan 등, 2006). 코드 관측치를 이용하여 보정신호를 생성하는 DGPS에 비해, RTK는 위상 관측치를 이용하여 높은 정확도를 확보할 수 있기 때문에 지각변동이나, 건축물의 변위 측정, 토목 시공 등과 같은 정밀한 위치를 요구하는 분야에서 많이 활용되고 있다. 하지만 RTK 방식은 기준점과 이동점간의 거리인 기선의 길이가 멀어질수록 대기 효과(전리층 및 대류층)에 대한 오차들의 상관관계가 적어지기 때문에 기선의 길이를 10~15km로 제한해야 하며, 기준점의 위치 좌표가 부정확하거나 존재하지 않는 경우에는 기준점 측량을 따로 해야 하는 단점이 있다(국토지리정보원, 2003).

최근 이러한 실시간 이동 측위 방식들의 단점을 보완하기 위해 GPS 상시 관측소망으로부터 수신된 데이터를 이용하여 이동국 인근에 가상기준점(VRS : Virtual Reference Station)을 생성하고, 계통오차를 계산한 후 보정값을 이동국에 전송하여 상대 측위를 통해 정밀한 위치를 계산하는 Network-RTK(VRS) 방식이 도입되었다(Landau 등, 2000).

Network-RTK(VRS)는 기존의 RTK 방식에 비해 기선의 길이에 의한 제한이 적으며, 상시 관측소의 데이터를 이용함에 따라 별도의 기준점 측량없이 실시간으로 이동국의 정밀한 위치를 결정할 수 있다. 우리나라에서는 국토지리정보원과 서울특별시에서 Network-RTK 서비스를 제공하고 있으며, 관련 분야에서 활용 및 연구가 증가되고 있는 추세이다. 김감래 등(2009)은 Network-RTK(VRS) 측위 기법을 지적측량 기법과 정확도 분석을 통해 지적 측량에 적용 가능성을 분석하였고, 한중희 등(2010)은 공공 기준점 측량에 Network-RTK(VRS) 측위 기법을 적용하여 공공 기준점 측량에 적용 가능성을 분석하였으며, 이두신(2011)은 토지경제설정에 Network-RTK(VRS)를 적용하여 이동 측량을 실시하고 정확도를 분석하였다.

그러나 기존의 연구에서는 정확도 분석의 기준 데이터를 설정하기 어려운 이동 측위의 특성상, 정치 측위에 한정하여 Network-RTK(VRS)에 대한 연구가 대부분이었으며, 이동 측위 정확도 분석에 대한 연구는 수 m의 정확도를 갖는 수치 지도나 구글 영상을 기준 데이터로 정함에 따라 신뢰성 있는 결과를 도출하기에는 한계가 있다.

따라서, 본 연구에서는 분석의 신뢰성을 확보하기 위해서 실시간 측위 방식 중 수 cm의 높은 정밀도를 갖는 RTK

를 기준 데이터로 선정하고, MMS(Mobile Mapping System) 차량에 RTK와 Network-RTK(VRS)의 두 안테나를 각각 설치하여 Network-RTK(VRS) 이동측위 정확도 분석을 실시하였다.

2. 가상기준점(VRS) 방식의 Network-RTK

현재 우리나라의 Network-RTK 방식은 그림 1과 같이 상시관측소들의 데이터를 이용하여 이동국 인근에 가상 기준점(VRS)을 생성하고, 보정신호를 이동국에 전송하여 위치를 결정하는 방식이다.

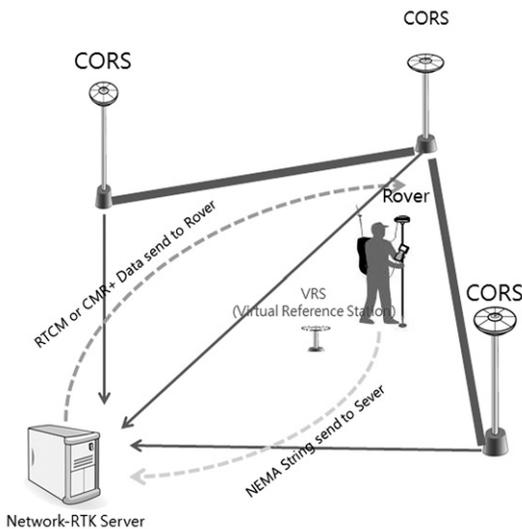


그림 1. VRS기반 Network-RTK 측위 흐름도

VRS 기반 Network-RTK 이동 측위 과정은 크게 세 단계로 진행된다. 첫 번째로 이동국의 대략적인 위치를 모바일 통신 방식인 CDMA(Code Division Multiple Access)를 이용하여 NMEA(National Marine Electronics Association) 형식으로 Network-RTK(VRS) 서버에 전송한다(Wilson 등, 2002). 서버에서는 전송받은 이동국 위치에 인접한 상시관측소들의 데이터를 이용하여 전리층, 대류층, 위성 관련 오차등과 같은 계통 오차를 계산하고 이동국 근처에 가상 기준점을 생성한다. 마지막으로 생성된 가상 기준점의 위치 및 보정 정보를 NTRIP(Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) 방식으로 이동국에 전송하고 이 정보를 이용하여 상대측위 기법으로 이동국의 정밀한 위치를 계산한다.

3. 연구 내용

Network-RTK(VRS) 이동 측위의 정확도 분석을 위해, MMS(Mobile Mapping System) 차량에 RTK와 Network-RTK(VRS)가 가능한 안테나 및 수신기를 각각 설치하고, 이동측위를 수행하여 데이터를 취득하였다. 일반적으로 RTK는 기준국과의 거리가 10~15km 이내일 경우, 이동 측위 정확도는 수 cm 수준으로 알려져 있기 때문에(Ayhan 등, 2006), 본 연구에서는 RTK를 Network-RTK(VRS) 이동 측위 정확도 분석의 기준데이터로 선정하였다. 그러나 측위 정확도는 GNSS 수신기의 성능 및 수신 환경에 따라 달라질 수 있으므로, RTK 데이터의 신뢰도를 평가하기 위해 이동 측위 전, RTK와 Network-RTK(VRS)의 정지 측위를 실시하였다. 정지 측위 분석 결과, RTK가 Network-RTK(VRS) 보다 더 높은 정밀도를 보이는 것을 확인 한 후, 실제 MMS 차량을 주행하며 획득한 이동 측위 데이터를 이용하여 Network-RTK(VRS)의 이동 측위 정확도 분석을 실시하였다. 그림 2는 본 연구의 전체적인 연구 과정을 도식화한 것이다.

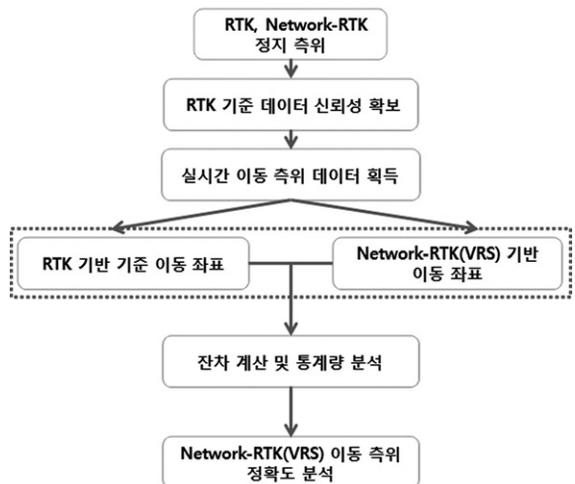


그림 2. 연구 과정 흐름도

3.1 데이터 취득

Network-RTK(VRS) 이동 측위 정확도 분석을 위해 2011년 6월 24일과 2011년 6월 28일, 2일에 걸쳐 GNSS 위성 시야 확보가 용이한 경기도 과천시 어린이대공원 주차장 일원에서 데이터를 취득하였다. 6월 24일에는 RTK 측위에 사용되는 기준점 좌표를 결정하기 위하여 GPS 수신환경이 용이한 곳에 기준점을 선점하고 6시간 동안 정지측위를 수행하였다. 기준점의 좌표는 주변의 서울, 수원 상시

관측소들과 연결하여 결정 하였으며, 계산에는 Leica에서 제공하는 LGO(Leica Geo Office)를 사용하였다. 6월 28일에는 선점된 기준점에 RTK 기준국을 설치 한 후, 이동국 안테나를 Network-RTK(VRS) 안테나와 함께 그림 3과 같이 MMS(Mobile Mapping System) 차량의 지붕에 각각 설치하여 1초 간격으로 15도의 임계 양각을 두고 취득하였다. 이동 측위 시 차량의 속도는 시속 40km 이하로 주행하였으며, RTK 기준국과 이동국 간의 기선 거리는 최대 약 520m 이내로 이동 측위를 실시 하였다.

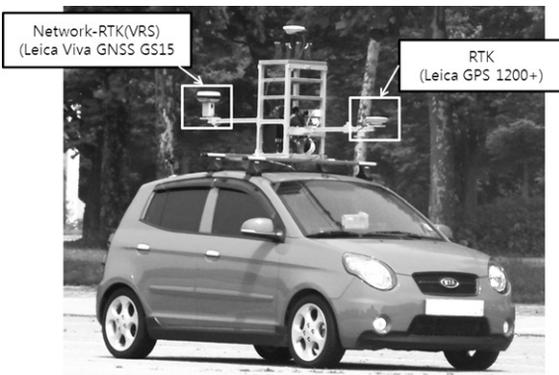


그림 3. 이동 실험에 사용된 MMS 차량

Network-RTK(VRS)는 국토지리정보원에서 제공하는 “Network-RTK 실시간 정밀 GNSS 측량 서비스”를 이용하였으며, 가상 기준점 생성 및 동기화 여부를 확인한 후, 수신기에서 제공하는 3차원 추정 위치 정확도(3D CQ) 값이 3cm 이하 일 때(Leica Technical Reference Manual, 2008) 측위를 시작하였다. 본 실험에 사용된 장비는 RTK는 Leica GPS 1200+, Network-RTK는 Leica viva GNSS GS15이며, 두 수신기의 사양은 신속 정지 측위 시 수평 및 수직 정확도는 각각 0.5cm, 1cm, 이동 측위 시 수평 및 수직 정확도는 각각 1cm, 2cm로 장비 간 사양은 동일하다.

3.2 Network-RTK(VRS) 이동 측위 정확도 분석

Network-RTK(VRS)의 이동 측위 정확도 분석을 위해서는 기준 데이터인 RTK와 Network-RTK(VRS) 위치데이터의 시간 동기화 및 설치된 두 안테나 간의 오프셋 보정이 필요하다. 본 연구에서는 시간 동기화를 위해 같은 관측 시간을 기준으로 RTK와 Network-RTK(VRS)의 위치 및 quality 값을 추출하였고, 두 안테나 사이의 설치 이격에 따른 오프셋은 다음과 같은 방법으로 보정하였다.

먼저, 정지 측위 시 획득된 데이터를 이용하여 ECEF (Earth-Centered-Earth Fixed) 상에서 각 측마다 두 안테나의 평균 위치를 계산하였다. 이를 이용하여 RTK를 기준으로 Network-RTK(VRS)의 좌표를 ENU 좌표계로 변환한 후, 두 안테나 간의 수평 및 수직 방향의 절대 거리를 산출하였다. 일반적으로 가시 위성의 확보가 용이한 개활지에서 RTK의 경우 정지측위 시 1cm 의 오차를 보이며(Leica Technical Reference Manual, 2008), Network-RTK(VRS)는 2~3cm 수준(한중희 등, 2010)이기 때문에 정지 측위 데이터를 이용한 오프셋 산출에 무리가 없다고 판단된다. 다음으로, 이동 측위 데이터를 이용하여 매 시각의 RTK 위치를 기준으로 하여 ENU 좌표계 상에서의 Network-RTK(VRS) 위치를 계산하였다. 이때 계산된 위치는 오프셋이 보정되지 않은 ENU 좌표계 상에서의 RTK를 기준으로 한 Network-RTK(VRS)의 위치 오차이다. 이동 측위 시 정확한 Network-RTK(VRS)의 위치 오차를 계산하기 위해서는 차량이 회전할 때 방향성에 따른 오프셋을 매 시각마다 보정해야 하지만, 본 연구에서는 차량의 자세를 획득할 수 있는 추가적인 센서를 탑재하지 않음에 따라 방향성을 고려한 오프셋을 보정할 수 없다. 하지만 정지 측위 데이터를 이용하여 산출한 두 안테나 간의 수평 및 수직 방향에 대한 절대 거리는 차량의 진행 방향에 상관없이 항상 일정하므로, 이를 앞서 계산한 Network-RTK(VRS) 위치 오차에 고려하여 두 안테나 간의 오프셋을 보정하였다.

이동 측위 시 MMS 차량이 가로수 밑을 통과할 때, 가시 위성의 개수가 줄어들어 Network-RTK(VRS)의 모호 정수가 유실된 구간이 1회 발생 하였지만 RTK는 모호정수가 유실된 구간 없이 정상적으로 데이터를 취득하였다. 따라서 Network-RTK(VRS)의 이동 측위 정확도를 모호 정수가 정상적으로 고정된 구간과, 모호 정수를 유실한 구간으로 나누어 분석 하였다. 또한 Network-RTK(VRS) 이동 측위 시 실시간으로 획득되는 위치 좌표의 정확도를 확인 할 수 있는 인자를 분석하기 위하여 수신기 내부에서 실시간으로 제공되는 position quality 와 height quality를 이동 측위 오차와 비교하였다. 일반적으로 position quality와 height quality 값은 식 (1)과 같이 GPS 정규 행렬 방정식을 전미분한 설계 행렬로부터 유도 된다.

$$Q_{\xi} = (A^T A)^{-1} = \begin{bmatrix} q_{xx} & q_{xy} & q_{xz} & q_{xt} \\ q_{yx} & q_{yy} & q_{yz} & q_{yt} \\ q_{zx} & q_{zy} & q_{zz} & q_{zt} \\ q_{tx} & q_{ty} & q_{tz} & q_{tt} \end{bmatrix} \quad (1)$$

A: 관측된 위성과 수신기 사이의 거리에 대해 좌표 및 시계오차에 대해 전미분한 설계 행렬

q : 여인자(Cofactor)이며, 여인자 요소의 아래 첨자 x,y,z 는 ECEF의 위치 좌표 성분이고 t 는 수신기의 시계오차를 의미

정규 행렬의 역행렬인 Q_{ξ} 의 각 성분을 이용하여 지구 중심 지구고정 좌표계(ECEF, Earth-Centered-Earth-Fixed) 상에서의 추정된 X, Y, Z 좌표에 대한 분산 값을 구할 수 있고, 식 (2)와 같은 회전 변환을 통해 지역좌표계의 수평(North, East) 및 수직 성분(Up)에 대한 분산·공분산 행렬로 나타낼 수 있다.

$$D \begin{Bmatrix} \hat{M} \\ E \\ U \end{Bmatrix} = R \cdot \hat{D} \begin{Bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{Bmatrix} \cdot R^T = \begin{bmatrix} Q_{N,N} & Q_{N,E} & Q_{N,U} \\ Q_{E,N} & Q_{E,E} & Q_{E,U} \\ Q_{U,N} & Q_{U,E} & Q_{U,U} \end{bmatrix}$$

$$(\hat{D} \begin{Bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{Bmatrix}) : \text{추정된 } X, Y, Z \text{ 값에 대한 분산} \tag{2}$$

$$R = \begin{bmatrix} -\sin\phi \cos\lambda & -\sin\lambda \cos\phi \cos\lambda \\ -\sin\phi \sin\lambda & \cos\lambda \cos\phi \sin\lambda \\ \cos\phi & 0 \sin\phi \end{bmatrix}$$

(ϕ : 위도, λ : 경도)

수평 및 수직 방향에 해당하는 분산-공분산 행렬의 요소를 이용하여, position quality와 height quality는 식 (3)과 같이 정의된다.

$$\text{Position Quality} = \hat{\sigma}_0^2 \cdot \sqrt{Q_{NN} + Q_{EE}}$$

$$\text{Height Quality} = \hat{\sigma}_0^2 \cdot \sqrt{Q_{UU}} \tag{3}$$

$\hat{\sigma}_0^2$: 단위 분산에 대한 추정값, 관측치의 오차 크기

식 (3)에서 볼 수 있듯이, position quality와 height quality의 값은 관측치의 오차가 고려되어 있기 때문에, 이동 측위 시 획득되는 수평, 수직위치의 정확도와 밀접한 관계가 있을 것으로 생각된다.

4. Network-RTK(VRS) 정확도 분석 결과

본 장에서는 정지 측위 시 Network-RTK(VRS) 및 RTK 측위 정밀도 분석을 통해 RTK를 이동 측위 정확도 분석의 기준데이터로 사용하여도 합당한지에 대한 검증이 수 행하였다. 타당성 검증 후 RTK를 기준으로 한 Network-

RTK(VRS)의 실시간 이동 측위 정확도를 분석하였다.

4.1 정지 측위 정확도 분석 결과

앞서 언급한 바와 같이 Network-RTK(VRS) 정확도 분석의 기준 데이터로 RTK를 사용하기 위해서는 RTK 정확도가 Network-RTK(VRS) 보다 높은 정확도를 가져야 한다. 그림 4는 정지 측위 실험에서 획득된 RTK와 Network-RTK(VRS)의 수평 위치를 도식화한 것으로 RTK가 Network-RTK(VRS)보다 정밀도가 높은 것을 확인할 수 있다.

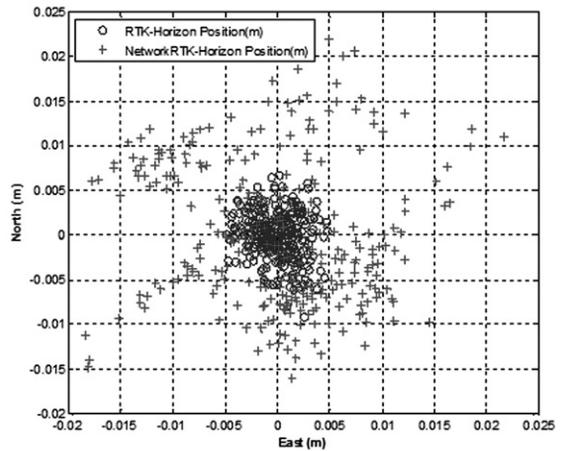


그림 4. 정지 구간 수평 위치

RTK와 Network-RTK(VRS) 정지측위 결과의 평균값을 기준으로 한, 수평 및 수직 방향의 RMS는 표 1과 같으며, RTK의 경우 Network-RTK(VRS) 보다 수평, 수직 방향으로 수 mm에서 약 1cm 정도 높은 정밀도를 갖는 것으로 분석 되었다. 따라서 Network-RTK(VRS) 정확도 분석의 기준 데이터로 RTK를 사용하는 것은 합당하다고 판단 된다.

표 1. 정지 측위 시 RTK와 Network-RTK(VRS) RMS 비교

구 분	수평 RMS (m)	수직 RMS (m)
RTK	0.003	0.010
Network-RTK(VRS)	0.005	0.023

4.2 이동 측위 정확도 분석 결과

실제 이동 측위 환경과 비슷한 환경에서의 Network-RTK(VRS) 정확도를 분석하기 위해, 그림 5와 같이 약 25 분 동안 회전, 직선, 정지 구간을 다양하게 주행한 이동 측

위 데이터를 분석에 이용하였다. 이동 측위 시, 국토지리정보원의 “Network-RTK 실시간 정밀 GNSS 측량 서비스”와의 접속 상태는 끊김 없이 원활하게 연결되었으며, 가상 기준점(VRS)은 위도 37° 26′ 11.5″, 경도 127° 00′ 34.0″의 위치에 생성되었다.



그림 5. 이동 측위 수평 위치 경로

그림 5에서 볼 수 있듯이, 약 25분간 주행한 대부분 구간에서는 Network-RTK(VRS)의 모호 정수가 고정되어 정상적으로 이동 측위가 진행되었다. 그러나 가로수로 인해 가시 위성의 개수가 줄어 모호 정수가 유실되었으며, 12초 후 모호 정수가 정상적으로 고정되었다. 이 때 RTK는 모호 정수의 유실 없이 고정해를 유지하며 정상적으로 이동 측위가 진행되었기 때문에, RTK를 기준으로 Network-RTK(VRS)의 모호정수 유실 구간을 분석하는데 문제가 없을 것으로 판단된다. 전체 이동 측위 구간에서 Network-RTK(VRS)의 수평 및 수직 방향에 대한 위치 오차 그래프는 그림 6 과 같으며, 모호 정수 고정 유·무에 따른 위치 오차의 통계량은 표 2와 같다.

표 2. Network-RTK(VRS) 이동 측위 RMS

구 분	수평 RMS (m)	수직 RMS (m)
모호정수 고정 구간	0.02	0.07
모호정수 유실 구간	0.53	2.28

Network-RTK(VRS) 이동 측위는 정지 측위에 비해 낮은 정확도를 보였으나, 모호정수가 유실 된 구간을 제외하면 수평 2cm, 수직 7cm의 RMS 오차를 보이며, 수 cm 수준의 정확도를 갖는 것으로 확인되었다. 그러나 Network-

RTK(VRS)가 모호 정수를 상실한 구간인 1151~1162 epoch (약 12초)에서는, 수평 53cm, 수직 2.3m 의 RMS로 정확도가 현저하게 저하되었다. 이 구간에서는 Network-RTK(VRS) 이동 측위 시 가로수에 의한 Loss of Lock이 발생됨에 따라 모호정수의 정수해가 유지되지 못하여 오차가 크게 나타난 것으로 판단된다. 또한 그림 7의 위치 오차와 quality에 대한 값 들을 비교하면, 위치 오차가 가장 큰 모호정수 상실 구간에서 quality 값 들 역시 다른 구간에 비해 큰 값을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

그림 7에서 확인할 수 있듯이 모호정수가 고정된 구간에서는 position quality 및 height quality의 값들이 10cm 이하를 보이며, 이때 측위 오차는 수평 10cm, 수직 20cm 이내이다. 또한, 모호정수가 상실된 구간에서는 quality의 값이

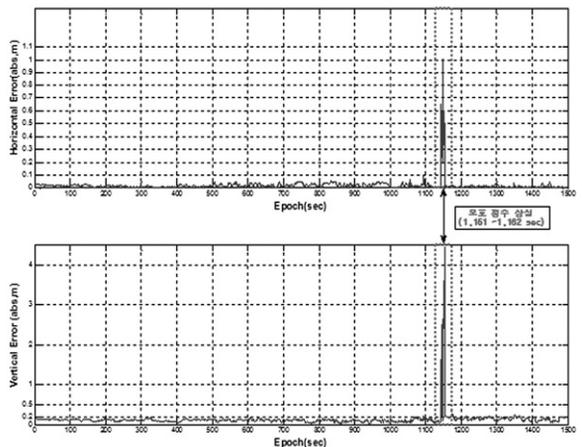


그림 6. RTK 기준 Network-RTK 수평·수직 위치 오차의 절대값

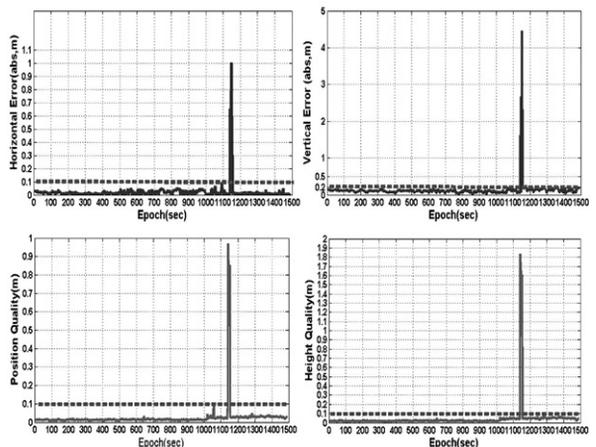


그림 7. Quality 값의 변화에 따른 Network-RTK(VRS) 위치 오차의 변화

크게 증가됨을 확인할 수 있으며, quality 값이 최대값일 때, 위치 오차 역시 가장 큰 것으로 확인되었다. 따라서 향후 실시간 이동 측위에서 Network-RTK(VRS)를 적용 하여 수 cm 수준의 높은 정확도를 확보하기 위해서는 수신기 내부에서 제공하는 quality가 10 cm 이내의 값을 갖도록 확인 하면서 이동 측위를 실시해야 할 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 수 cm 수준의 위치 정확도를 요구하는 실시간 이동 측위 분야에 Network-RTK(VRS)의 적용 가능성을 판단하기 위해 이동 측위를 실시하고 정확도를 분석하였다.

Network-RTK(VRS) 이동 측위 정확도 분석의 기준데이터는, 현재 실시간 이동 측위에서 수 cm 수준의 가장 높은 정확도를 보이는 RTK를 선정하였다. 분석에 사용된 이동 측위 데이터는 위성 수신 환경에 대한 영향을 최소화할 수 있는 개활지에서 MMS 차량에 Network-RTK(VRS)와 RTK를 각각 설치하여 취득하였다.

Network-RTK(VRS) 이동 측위 정확도 분석 결과, 정상적으로 모호정수가 고정된 구간에서 수평위치의 RMS는 2cm, 수직 위치의 RMS는 7cm를 갖는 것으로 확인되었다. 그러나 가로수에 의해 Loss of Lock이 발생하여 모호 정수가 상실된 구간에서는 수평 및 수직 방향의 RMS는 각각 52cm, 약 2m로 정확도가 크게 저하되었다. 따라서 건물과 구조물이 많은 도심지나, 산악 지형 같이 위성의 수신환경이 좋지 않은 지역에서는 모호 정수가 상실될 확률이 크기 때문에 Network-RTK(VRS)를 통한 실시간 이동 측위 시, 수 cm 수준의 정확도를 유지하기에는 어려울 것으로 판단된다. 또한 Network-RTK(VRS) 이동 측위 시 수 cm의 정확도를 확보하기 위해 고려해야 할 인자를 분석하기 위하여, 수신기 내부에서 실시간으로 위치 데이터와 함께 제공되는 quality 값들을 측위 오차를 비교하였다. quality 값들은 추정된 위치 좌표의 정보를 포함하고 있기 때문에, Network-RTK(VRS) 이동 측위 정확도와 비슷한 경향을 보였으며, quality 값들이 0.1m를 초과할 때 추정된 위치 좌표는 수 m의 정확도로 현저하게 떨어지는 것을 확인하였다. 따라서 Network-RTK(VRS)를 이용하여 수 cm 수준의 정확도를 갖는 위치 데이터를 실시간으로 취득하기 위해서는 quality 값들이 0.1m 이하일 경우만 이용하여야 할 것으로 판단된다.

본 연구를 바탕으로 실시간 이동 측위 시 수 cm 수준의

정확도를 요구하는 실시간 Mapping 분야나 항법 등 다양한 분야에서 Network-RTK(VRS) 측위를 활용할 수 있을 것으로 생각된다. 하지만 이번 연구에서는 RTK를 기준 데이터로 사용하였기 때문에 RTK 측위의 한계였던 기선의 제한으로 이동 측위 구간이 한정적이었으며, Network-RTK(VRS)에 이용되는 상시관측소들의 변화에 따른 이동 측위 정확도 분석에 대한 한계가 있었다. 그러므로 향후 본 연구를 바탕으로 장기선의 Network-RTK(VRS) 이동 측위 시, 상시관측소의 변화에 따른 가상 기준점 변경 및 위치 정확도에 미치는 영향에 대한 분석이 추가적으로 필요할 것이다.

감사의 글

이 논문은 공간정보 전문인력 양성사업의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

참고문헌

- 국토지리정보원 (2003), 가상기준점(VRS) 도입에 관한 연구. 김감래, 강대룡, 송근필(2009), VRS를 활용한 Network RTK의 지적측량 활용방안, 한국지적정보학회지 제 11 권 제1호, pp. 89-99.
- 이두신, (2011), Network-RTK를 적용한 토지경계설정, 석사학위논문, 서울시립대학교, pp. 26-36.
- 한중희, 권재현, 홍창기 (2010), 공공기준점 측량에 적용을 위한 VRS(가상기준점) 방식의 Network-RTK 정확도 분석, 한국지형공간정보학회지, 제 18권, 제2호, pp. 13-20.
- 위성항법중앙사무소 (2002). DGSS Data Service. <http://www.ndgps.go.kr/>
- Ayhan, C., Omer, M., and Ozer, Y. (2006), Cost and Accuracy Analysis of Detail Measurements by Real-Time Kinematic GPS(RTK-GPS), XXIII FIG Congress Munich, Germany, October 8-13, 2006.
- Gao, Y., and Chen, K. (2004), Performance Analysis of Precise Point Positioning Using Real-Time Orbit and Clock Products, Journal of Global Positioning Systems, Vol. 3, No. 1-2: 95-100.
- Huber, K., Heuberger, F., Abart, C., Karabatic, A., Weber, R., and Berglez, P. (2010), PPP:Precise Point Positioning - Constraints and Opportunities, FIG Congress 2010, Facing

- the Challenges-Building the Capacity Sydney, Australia, 11-16 April 2010.
- Kouba, J. (2003), A Guide to Using International GPS Service (IGS) Products, IGS Publications, IGS Central Bureau, <http://igsceb.jpl.nasa.gov/overview/pubs.html>.
- Landau, H., Vollath, U., and Chen, X. (2003), Virtual Reference Stations versus Broadcast Solutions in Network RTK - Advantages and Limitations, GNSS 2003, pp. 1-15.
- Wilson, I., Cruddace, P., Pennington, G., Greaves, M., Fane, C., Euler, H-J., and Levine M. (2002). Establishing an Network RTK Solution for Great Britain; From Schema to Solution. In Proc. Institute of Navigation National GPS 2002, 24-27 September.

(접수일 2012. 08. 10, 심사일 2012. 08. 14, 심사완료일 2012. 08. 31)