

# Network RTK 항체의 불연속 위치 결정 개선을 위한 기준국 셀간 미지정수 차이 조정 연구

## Study on the Ambiguity Difference Adjustment between Reference Station Cells for the Improvement in Rover's Continuous Network-RTK Positioning

박병운\*, 송준솔\*\*, 기창돈\*\*

Byung-Woon Park\*, June-Sol Song\*\*, and Chang-Don Kee\*

### 요 약

단방향 Network RTK 방식은 최근 높아진 항체의 요구 정확도와 이동성을 동시에 충족할 수 있는 방식으로 고려되고 있다. 항체에 단방향 Network RTK 방식의 보정정보를 적용할 경우, 광역에서의 연속 항법을 위하여 다중 셀 기반의 Network RTK 방식이 필수적이다. 이 경우, 사용자가 셀 간 이동시 보정정보 생성에 사용되는 기준국 조합이 바뀌므로 보정정보의 불연속 값이 발생하는데, RTK 위치 결정을 위한 이중차분으로도 제거되지 않아 수평 13cm, 수직 48cm 수준의 오차가 야기됨을 확인하였다. 이러한 불연속 점을 해소하기 위하여 본 논문에서는 이중 셀 간 동일한 주(Master) 기준국을 사용하는 방안, 복수의 보정정보 수신 모듈을 설치하여 기준 위치를 기준으로 새로운 보정정보를 조정하는 방안, 이중 네트워크 간 미지정수 차이를 조정하는 세 가지 방법을 제시하였다. 세 방법 모두 셀 간 이동으로 인한 불연속 값을 효과적으로 제거되어 측정치의 1/4파장, 3cm 수준으로 위치 오차가 감소함이 확인되었으나, 기준국 셀의 확장성, 사용자 장비 부담 경감 등을 고려할 때 셀 간 미지정수를 조정하는 방식이 가장 바람직하다.

### Abstract

One-way Network-RTK(Real Time Kinematics) is considered as a method which can satisfy moving vehicle's recently-required high accuracy and mobility. When we use one-way Network RTK for vehicle navigation, multiple cells-based system is required to provide the service continuously in wide area. The rover which moves through various cells inevitably experiences a correction discontinuity, which is not eliminated by the DD(Double Difference) method and to cause 13cm(horizontal) and 48cm(vertical) position error. We suggest three solutions to reduce this discontinuity, which are identification of master RS with neighbor networks, duplication of communication module to receive corrections from other cells, and ambiguity adjustment between neighbor cells. All of our suggestions reduce the error to 1/4 wavelength in measurement and 3cm in position-domain, and we suggest the ambiguity adjustment is the best when we consider the extendibility of service area and the cost of rover device.

Key words : Network RTK, Ambiguity Difference, Reference Station Network Cell, Continuous Positioning

### I. 서 론

정밀 측위에 주로 활용되는 RTK(Real Time Kinematic)의 경우 높은 정밀도로 측위할 수 있으나,

\* 세종대학교 기계항공우주공학부(Mechanical & Aerospace Engineering, Seoul National University)

\*\* 서울대학교 기계항공공학부(Mechanical & Aerospace Engineering, Seoul National University)

· 제1저자 (First Author) : 박병운

· 투고일자 : 2012년 7월 25일

· 심사(수정)일자 : 2012년 7월 25일 (수정일자 : 2012년 8월 24일)

· 게재일자 : 2012년 8월 30일

그 사용범위가 10~20km에 불과하다. 이를 개선하기 위하여 사용자 주변을 둘러싼 기준국들의 측정치를 조합하여 보상하거나 모델링하여 줄이는 방식인 Network RTK 알고리즘이 제안되어 최근 사용이 활성화되고 있다. [1]

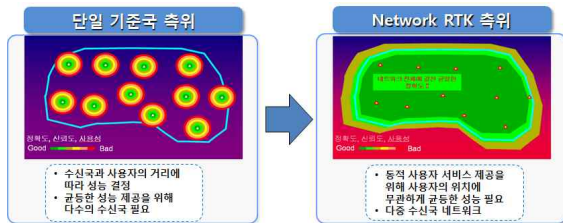


그림 1. Network RTK 위치 결정  
Fig. 1. Network RTK Positioning

현재 Network RTK가 적용되는 분야는 지적, 측지, 측량 등 데이터가 수집되는 동안 정적인 상태가 유지되는 것이 일반적이다. 그러나 최근 이동형 항체의 요구 정확도가 점차 높아짐에 따라 항법 분야에 Network RTK를 적용하려는 시도가 다각도로 이루어지고 있다.

기존의 Network RTK가 주로 적용되던 측량 분야에서는 측위 대상의 이동성과 다수성이 크게 고려되지 않으므로 대부분 양방향 통신에 입각한 VRS(Virtual Reference Station) 방식이 주로 사용되어 왔다. 그러나 항법 분야에서는 동시에 다수의 이동형 항체에 서비스를 제공하여야 하므로 무제한의 사용자가 자신의 위치에 적합하게 오차를 보정할 수 있는 단방향 Network RTK 방식의 적용이 적합하다.[2]

단방향 Network RTK 방식을 항체에 적용할 경우, 광역으로 이동하는 사용자에도 서비스를 제공하여야 하므로, 셀간 이동을 고려하여야 한다. 특히 보정정보는 사용자를 중심으로 인근 기준국의 망 구성을 통해 생성되고 사용자가 이동시 보정정보 생성을 위한 기준국 조합이 바뀌므로 셀을 구성하는 기준국의 조합이 바뀔 경우 생길 수 있는 문제점에 대한 대처 방안을 모색해야 한다.

II. 다중 셀 기반 Network RTK

2-1 단일 셀 기반 Network RTK

Network RTK 성능과 구축 비용은 수신국 간 거리에 따라 지배적으로 결정된다. 기준국간 거리가 멀 경우, 태양 활동이 높은 시기에는 네트워크 성능이 저하될 수 있고, 특정 기준국 고장시 네트워크에 끼치는 영향이 매우 크므로 이를 고려하여 설정하여야 한다. 기준국 배치 간격은 서비스용 소프트웨어 제작 회사와 서비스 타입에 따라 다르며 일반화된 경험치는 없으나, 일반적으로 50~70km라고 알려져 있다.[3] 따라서 단일 셀 기반의 Network RTK가 제공가능한 서비스 영역은 반경 30km 수준이라고 할 수 있고, 이동형 항체에 인프라를 제공하기에는 그 범위가 제한적이다.

단일 셀 기반의 인프라를 이용하는 동적 사용자의 공간 비상관 오차 경향성을 확인하기 위하여 [그림 2] 과 같은 시뮬레이션 환경을 구성하였다. 단일 셀의 주기준국은 국토지리정보원의 파주 상시관측소로 인천, 동두천, 수원을 부기준국으로 구성하였다. 동적 사용자는 상기 셀 내 10km 지역에서 망외 지역으로 50km 이동하도록 시나리오를 구성하였다. 1초 간격의 한 시간 데이터를 생성하기 위하여 IGS(International GNSS Services) sp3 위성 궤도 정보와 IONEX 전리층 정보, WAAS(Wide Area Augmentation System) 대류층 정보를 사용하였다.



그림 2 단일 셀 Network RTK 시뮬레이션  
Fig 2. Single Cell Network RTK Simulation

사용자의 공간이격오차를 보상을 위하여 MAC(Master-Auxiliary Concept) 보정정보에 거리에 반비례하는 weighting을 가하여 사용하였다. 사용자

의 오차 경향성 파악을 위하여 해당 위치에서의 CPC(Carrier Phase Correction)와 MAC에 의해 추정된 CPC 잔차를 분석하였다. [그림 3]은 이와 같은 방식으로 계산한 CPC 잔차의 경향성이며, 17번 위성의 경우 13cm 수준까지도 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 잔차가 사용자 위치에 끼치는 영향은 [그림 4]에 도시되어 있고, 망 내에서는 약 1cm 수준이었던 오차가 약 9cm까지 증가하는 것을 확인할 수 있다. [4]

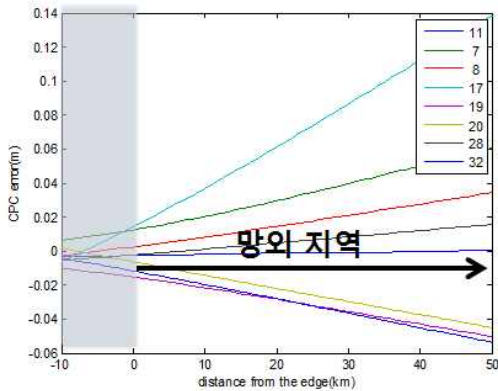


그림 3. 위성별 오차 경향성  
Fig. 3. Satellite Error Variation in Distance

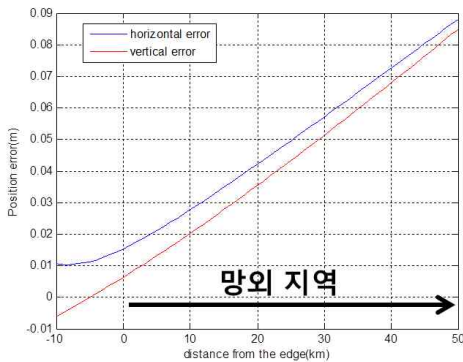


그림 4. 위치 오차 경향성 [4]  
Fig. 4. Position Error Variation in Distance

### 2-2 다중 셀 적용 필요성

상기에서 검토한 바와 같이 Network RTK 망외 지역에서의 성능 저하에 대해 기존 측량 분야에서는 사용하지 말 것을 권고하고 있다. [1][7] 또한 하나의 셀로 서비스할 수 있는 영역이 약 50km 반경으로 제한되므로 이동성이 중요한 항체에 적용하기는 어려움

이 있다.

셀 변경이 이동형 항체에 끼치는 영향을 파악하기 위하여 [그림 5]와 같은 시뮬레이션 환경을 구성하였다. 2-1의 시뮬레이션에 사용한 기준국 외에 양평과 춘천 기준국의 데이터를 사용하여 보정정보를 생성하였다.



그림 5. 다중 셀 시뮬레이션 구성  
Fig. 5. Multi-Cell Simulation Construction

2-1 시뮬레이션에서 셀 1과 2의 경계 지점에서 서편 10km에서 출발 후 동편으로 60km 이동하여 9cm까지 오차가 증가한 항체가 셀 1과 2를 연계할 경우 이러한 오차가 3cm 이하로 제한된다는 것을 [그림 6]에서 확인할 수 있다. [4]

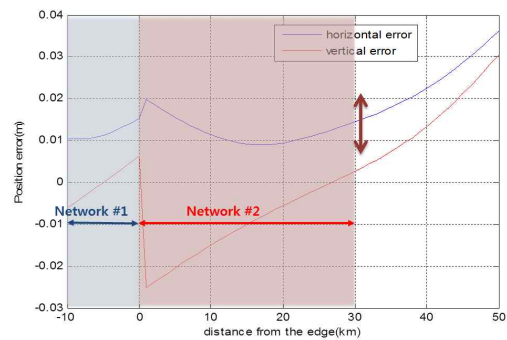


그림 6. 셀 1-2 연계시 위치오차 [4]  
Fig. 6. Position Error Variation for Multi-Cell

이는 셀 1과 2의 연계를 통해 오차 추정 성능이 향상되었기 때문인데, [그림 7]의 8번, 19번 위성의 경향성에서 이를 확인할 수 있다. 셀 1의 데이터로 보정정보를 생성할 경우, 항체가 경계지점(그래프상 0 지점)을 통과하는 이후부터 거리에 대한 weighting에 큰 변화가 없으므로 이동으로 인한 변화가 크지 않

다. 그러나 셀 1과 2를 연계할 경우 경계를 기준으로 적용되는 데이터가 상이하므로 경계지점에서 다소 급격한 추이를 보이기는 하나, 전반적으로 오차 성분 별 경향을 잘 추정하는 것으로 확인된다.

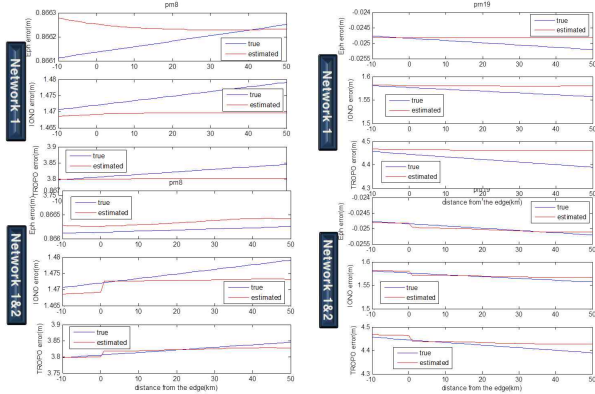


그림 7. 셀 1-2 연계시 잔차 경향  
Fig. 7. Satellite Error Variation for Multi-Cell

### III. 셀 간 이동 항체의 보정정보 불연속

II 장에서 확인한 바와 같이 다중셀 기반의 Network RTK 구성을 통해 항체의 이동성을 고려한 보정정보의 제공이 가능하는 것을 확인하였다. 그러나 이는 보정정보에서 추정하여 제거하고자 하는 오차 성분만을 추출하여 비교한 결과이고, 실제 구현을 위해서는 보정정보를 생성하여 적용하는 프로세스상 오차 요소를 고려하여야 한다.

항체가 Network RTK 위치 결정에 사용하는 반송파 측정치( $\phi$ )는 거리( $d$ )와 수신기 시계 오차( $B$ ), 전리층과 대류층 오차, 위성 관련 오차, 수신기 잡음이 포함된 GPS 오차( $\delta\phi$ )와 미지정수( $N\lambda$ )항으로 구성된다.

$$\phi = d + B + \delta\phi + N\lambda \quad 1)$$

본 연구에서 적용한 Network RTK 방식인 MAC의  $k$ 번째 기준국 보정정보( $MAC_k$ )에 가중치( $w_k$ )를 적용하여 사용자( $u$ )에 적용한 보정정보( $\hat{\phi}_u$ )는 다음 식과 같다. 하첨자  $c1$ 은 셀1을,  $M1$ 은 셀1의 주기준국을,  $m$ 은 부기준국의 개수를, 상첨자  $i$ 는 위성을 의미한다.

$$\hat{\phi}_{u,c1}^i = \phi_{M1}^i + \sum_{k=1}^m w_k \cdot MAC_{k,1}^i \quad (2)$$

셀1과 2에서 생성된 MAC 보정정보를 적용한 사용자의 보정정보에 포함된 성분들을 수식으로 전개하면 (3), (4)와 같은데, 제거해야하는 GPS 오차 성분 ( $\delta\phi$ )외에도 각 셀의 잔여오차( $\Theta_c$ )과 주기준국의 수신기 오차( $B_M$ )와  $i$ 번째 위성 측정치 미지정수 ( $N_M^i \lambda$ ) 항이 포함된다.

$$\hat{\phi}_{u,c1}^i = d_{M1}^i + \delta\phi_u^i + N_{M1}^i \lambda + \Theta_{c1} + B_{M1} \quad (3)$$

$$\hat{\phi}_{u,c2}^i = d_{M2}^i + \delta\phi_u^i + N_{M2}^i \lambda + \Theta_{c2} + B_{M2} \quad (4)$$

여기서  $\Theta_c = \sum_{k=1}^m w_k \cdot {}_k \Delta_M (\lambda \delta N_M^{ref} - \delta B)$ 이다.

상기의 식에서  $\Theta_c$ 와  $B_M$  값은 RTK 위치 결정을 위한 이중차분에서 제거되는 값이므로,[5][6] 셀1에서 셀2로 보정정보 적용을 변경하는 항체의 위치 결정에 영향을 끼치지 않는다. 그러나 식(3)과 (4)에서  $N_{M1}^i \lambda$ 과  $N_{M2}^i \lambda$ 는 이중 차분으로 제거되는 값이 아니라 거리 도메인에서 직접 영향을 끼치는 값이고, 기준국별로 그 값이 상이하므로 항체의 불연속 위치 결정을 야기할 수 있다.

보정치 기반 보정정보인  $\delta\phi_c$ 를 적용할 경우, 거리와 수신기 시계오차, 미지정수의 추정치( $\hat{\phi}$ )를 식(5)와 같이 적용하므로,

$$\delta\phi_c = \hat{d} - \hat{\phi} + \hat{B} + \hat{N}\lambda \quad 5)$$

보정치 기반형에 포함된 항은 식(6)과 같이 GPS 오차 성분( $\delta\phi$ )외에도 시계오차 추정 오차( $\delta B$ ), 미지정수 추정오차( $\delta N\lambda$ )이 포함된다.

$$\delta\phi_c = -\delta\phi - \delta B - \delta N\lambda \quad (6)$$

보정치 기반 보정정보를 MAC에 의해 식 (7)과 같이 보상하면

$$\widehat{\delta\phi_{c,u,c1}^i} = \delta\phi_{c,M1}^i + \sum_{k=1}^m w_k \cdot MAC_1^i \quad (7)$$

셀1과 셀2의 보정정보는 식(3), (4)와 유사하게 잔여오차( $\Theta_c$ )를 포함하므로 포함된 성분을 식(8), (9)와 같이 정리할 수 있다.

$$\widehat{\delta\phi_{c,u,c1}^i} = -\delta\phi_u^i - \delta N_{M1}^i \lambda + \Theta_{c1} - \delta B_{M1} \quad (8)$$

$$\widehat{\delta\phi_{c,u,c2}^i} = -\delta\phi_u^i - \delta N_{M2}^i \lambda + \Theta_{c2} - \delta B_{M2} \quad (9)$$

상기 식에서도  $\Theta_c$ 와  $B_M$  값은 이중차분에서 제거되는 값이고,  $\delta N \lambda$ 은 정수성을 보장하는 값이므로, 셀 1, 2 각각의 RTK 위치 결정에는 영향을 끼치지 않으나,  $\delta N_{M1}^i$ 과  $\delta N_{M2}^i$ 가 동일하지 않으므로 셀 간 이동하는 항체의 위치 결정에 영향을 끼칠 수 있다.

[그림 8]은 보정치 기반 보정정보의 위성별 경향성을 도시한 그림으로, 시간 차분 결과에서 확인할 수 있듯이 위성에 따라 2과장 가량 차이가 날 수 있다.

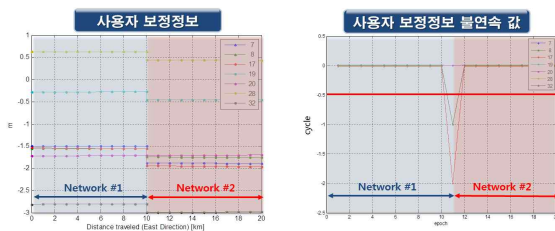


그림 8. 위성별 보정정보 경향성(좌) 및 시간 차분 결과(우)

Fig. 8. Satellite Correction Variation(left) and Time Difference(right)

이상과 같은 불연속값은 위성별로 상이하므로, 이중차분으로 상쇄가 불가능하고, [그림8] 수준의 보정정보 불연속은 수평 13cm, 수직 48cm 수준의 위치 오차를 발생시키는 것으로 확인되어, 이에 대한 해결 방안이 필요하다..

#### IV. 셀 간 이동시 대응 방안

III장에서 항체의 셀 간 이동으로 인해 RTK 위치의 불연속이 야기되고, 측정치 기반형에 비해 영향이 상대적으로 적은 보정치 기반형의 경우에도 2과장 이상의 불연속이 발생한다는 것을 확인하였다. 이에 대한 대안으로 본 논문에서는 이중 셀 간 주 기준국을 동일하게 사용하는 방안과 사용자단의 보정정보 수신부를 이중으로 구성하는 방안, 그리고 이중 셀간 미지정수를 조정하는 방안을 제시하고 각 방안을 상호 비교하고자 한다.

##### 4-1 이중 셀 간 주 기준국 동일화

식(3),(4)와 식(8),(9)에서 항체의 위치 오차 불연속은 각 보정정보에 포함된 미지정수항이 일치하지 않기 때문인 것을 확인할 수 있다. 보정정보에 포함된 미지정수항은 각 셀의 주기준국에 종속되므로, 이에 대한 해결책으로 이중 셀의 주기준국을 동일하게 하는 방안을 제시할 수 있다. 이를 위해 서로 이웃한 네트워크가 공통으로 포함된 기준국을 [그림 9]와 같이 주기준국으로 설정한다.

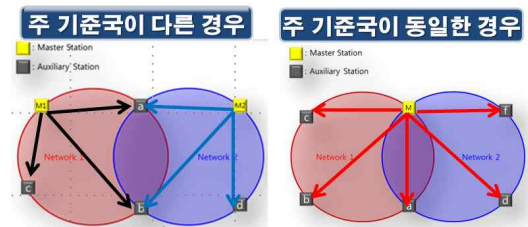


그림 9. 주기준국에 따른 MAC 보정정보 생성 방식  
Fig. 9. MAC Correction Generation for the Selected Master Station

이와 같이 셀1과 2에서 동일한 기준국을 주기준국으로 사용할 경우, 식(10)과 (11)에서와 같이 측정치 기반형 보정정보에 포함된 미지정수 관련항이 동일해짐을 확인할 수 있고, 보정치 기반형도 동일하게 적용될 수 있다.

$$\begin{aligned} \widehat{\phi}_{u,c1}^i &= \phi_{M1}^i + \sum_{k=1}^3 w_k \cdot MAC_1^i & (10) \\ &= d_{M1}^i + \delta\phi_u^i + N_{M1}^i \lambda + \Theta_{c1} + B_{M1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \widehat{\phi}_{u,c2}^i &= \phi_{M2}^i + \sum_{k=3}^5 w_k \cdot MAC_2^i & (11) \\ &= d_{M2}^i + \delta\phi_u^i + N_{M1}^i \lambda + \Theta_{c2} + B_{M2} \end{aligned}$$

식(8), (9)에 의해 적용된 보정정보와 상기의 알고리즘에 의해 보정정보를 적용한 결과 [그림 10]과 같이 약 0.5m이상 발생했던 불연속점이 3cm 이하로 감소하여 해소된 것을 확인할 수 있다.

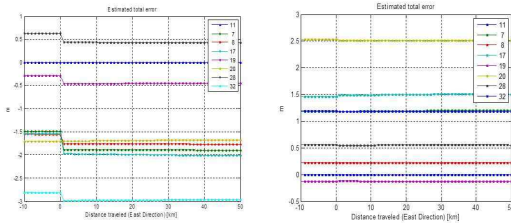


그림 10. 보정치 기반형 보정정보 경향성(좌: 이종 주기준국 적용, 우: 동일 주기준국 적용)  
Fig. 10. Satellite Correction Variation (left: Same Master, right: Different Master)

4-2 보정정보 수신 모듈 다중화

4-1에 제시한 방식은 간단한 알고리즘 적용을 통해 구현이 가능하다는 장점이 있으나, 인접한 셀 간에서만 적용이 가능하므로 적용 범위를 확대하는데 제한이 있다. 사용자에게 보정정보 수신 모듈을 다중으로 설치할 경우 인접한 셀의 보정정보를 동시에 수신할 수 있으므로, 수 차례 셀을 변경하여도 심각한 불연속점 없이 이동이 가능하다.

[그림 11]은 다중 보정정보 수신 모듈을 포함한 사용자가 셀1에서 2로 이동시 위치를 결정하는 방식을 도시하고 있다. 셀1과 2의 경계지점에서 셀1에서 수신한 보정정보를 기반으로 위치를 결정하고, 셀2의 보정정보를 적용한 측정치와 기 결정된 위치를 바탕으로 셀2를 적용했을 때의 미지정수를 결정한다. 이에 따라 결정된 미지정수를 다시 적용하여 셀2 기반의 위치를 최종 결정한다.

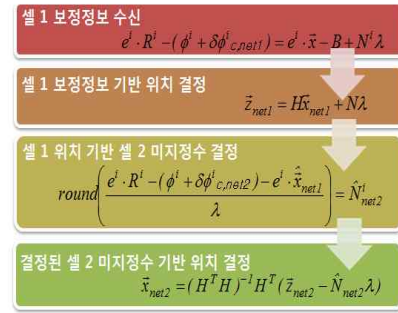


그림 11. 다중 보정정보 수신 모듈 적용시 위치 결정 방법  
Fig. 11. Positioning Method using Multi-Correction Receiver Module

이상의 방식을 적용하여 위치를 결정한 사용자의 궤적을 [그림 12]에서 분석한 결과, 셀1과 2에서 구한 위치의 차이는 약 2.86cm로 심각하지 않음을 확인되었다.

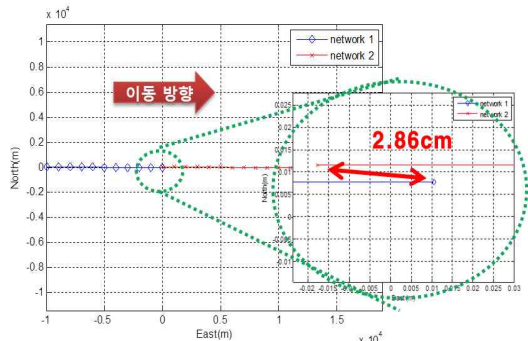


그림 12. 다중 보정정보 수신 모듈 적용 사용자 위치 결정 궤적  
Fig. 12. Trajectory of User using Multi-Correction Receiver

위성별 측정치 불연속 값을 확인한 결과, [표 1]과 같이 최대 1/4 파장 수준이었고, 이는 MAC 생성을 위한 부기준국 조합이 상이하기 때문으로 판단된다.

표 1. 다중 보정정보 수신 모듈 적용 사용자 측정치 불연속

Table 1. Discontinuity of Correction for Multi-Correction Receiving User

PRN	7	8	17	19	20	28	32
불연속 (cycle)	-0.12	-0.06	-0.28	0.1	0.08	-0.03	0.10

4-3 이종 셀 간 미지정수 차이 조정

4-2에서 제시한 방법은 셀 간 이동하는 항체에 적합한 방식이지만, 보정 정보 수신 모듈을 추가함으로써 수신기 비용이 증가하고, 동일 에폭에 대하여 두 번의 연산을 병렬적으로 수행해야하므로 수신기 알고리즘과 연산기의 변경이 요구된다. 따라서 본 절에서는 기존 수신기에도 적용할 수 있는 방식으로 인프라단에서 이종 셀 간 미지정수의 차이를 조정하는 방식을 제시하도록 한다.

측정치 기반형 보정정보 적용시 셀1의 미지정수 수준으로 셀2를 조정하기 위해서는 식 (12)와 같이  $(\nabla N_{M1} - \nabla N_{M2})$ 를 산출하여야 한다.

$$\nabla \phi_{u,c2} + (\nabla N_{M1} - \nabla N_{M2})\lambda = \nabla \phi_{u,c1} \quad (12)$$

이를 위하여 셀1과 2의 주기기준국 이중차분을 직접하거나, 간격이 멀어 결정이 어려울 경우에는 공유하는 부기준국(a)의 식 (13)을 이용하여 식(14)와 같이 산출한다.

$$\begin{cases} a\Delta_{M1}\nabla N = \nabla N_{a,c1} - \nabla N_{M1} \\ a\Delta_{M2}\nabla N = \nabla N_{a,c2} - \nabla N_{M2} \end{cases} \quad (13)$$

$$(\nabla N_{M1} - \nabla N_{M2}) = a\Delta_{M2}\nabla N - a\Delta_{M1}\nabla N \quad (14)$$

보정치 기반형을 사용할 경우에도 상기의 경우와 유사하게 식(15)를 이용하여  $(\nabla \delta N_{M1} - \nabla \delta N_{M2})$ 를 산출하여 적용한다.

$$\begin{aligned} &\nabla \widehat{N}_{a,c1} - \nabla \widehat{N}_{a,c2} \quad (15) \\ &= (\nabla N_{a,c1} + \nabla \delta N_{M1}) - (\nabla N_{a,c2} + \nabla \delta N_{M2}) \\ &= \nabla \delta N_{M1} - \nabla \delta N_{M2} \end{aligned}$$

이와 같은 방식으로 기준국간 미지정수를 조정하면 [그림 13]의 결과와 같이 최대 2과장의 불연속값이 제거되어 모두 1/4과장 이내로 줄어들었음을 확인할 수 있다.

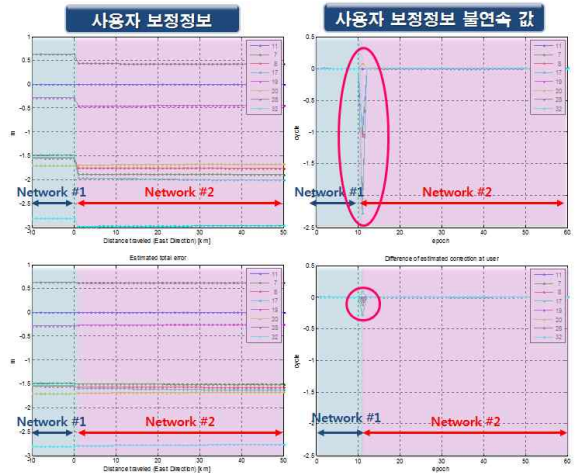


그림 13. 사용자 보정정보 경향성 (상:미지정수 차이 조정 전, 후:미지정수 차이 조정 후)

Fig. 13. User Correction Variation (Upper: Before Ambiguity Adjustment, Lower: After Ambiguity Adjustment)

이상과 같이 셀간 미지정수 차이를 조정할 경우, 주기기준국이 동일하지 않은 셀간 이동을 하는 항체에도 적용 가능할 뿐 아니라, 사용자에게 추가적인 모듈을 설치할 필요가 없으므로 인프라적인 측면에서 가장 바람직하다고 판단된다.

V. 결 론

본 논문은 광역에서 Network RTK를 이동형 항체에 적용시 셀 간 보정정보 불연속 현상을 확인하고, 이를 개선할 수 있는 방안을 제시하였다.

기본적인 셀단위의 Network RTK 알고리즘 적용시, 각 셀 주기기준국의 미지정수 향이 서로 상이하여 기 결정된 미지정수를 유지시 위치 영역에서 불연속

이 발생할 수 있다. 특히 측정치 기반의 보정정보를 사용시 미지정수항의 차이가 매우 크므로, 심각한 불연속이 발생할 수 있고, 이로 인해 미지정수를 재결정하기 위해서 십여~수 십초가 소요되므로 항체의 항법 정보를 제공함에 치명적인 결함이 생긴다. 수과장으로 그 범위가 제한된 보정치 기반형 보정정보를 적용할 경우에도 이로 인한 오차가 수평 13cm, 수직 48cm 수준이다.

이를 해결하기 위한 대안으로 본 논문에서는 셀 간 주 기준국을 동일화 시키는 방안과 복수의 보정정보 수신 모듈을 수신단에 설치하는 방안, 그리고 이중 셀 간 미지정수 조정의 방법을 제시하였다. 세 방법 모두 셀 간 이동으로 인한 불연속값을 효과적으로 제거하는 것으로 확인되었으나, 기준국 셀의 확장성, 사용자 장비 부담 경감 등을 고려할 때 셀간 미지정수를 조정하는 방식이 가장 바람직할 것으로 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 정밀기계설계공동연구소를 통해 계약된 국토해양부 위성항법기반 교통인프라 기술개발의 연구비지원(06교통핵심A03)에 의해 수행되었습니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 박병운, “보정 정보의 국제표준을 고려한 위성항법 보강시스템의 시공간 오차 감소 방안 연구”, 서울대학교 공학박사 학위논문, 기계항공공학부, 2008.
- [2] 송준솔 외, MAC기반 Compact Network RTK를 활용한 공간이격오차 감소방안 및 성능검증, 제18차 GNSS Workshop, 2011
- [3] NGS, National Geodetic Survey Guideline for Real Time GNSS Networks Draft v2.0, March 2011.
- [4] 박병운, 송준솔, 기창돈, 이동형 항체를 위한 Network RTK 보정정보 불연속 해소방안, 2012년 한국항해항만학회 논문집, 2012
- [5] NGS, User Guidelines for Single Base Real Time GNSS Positioning, August, 2011
- [6] The Survey Association, Guidance Notes for GNSS Network RTK Surveying in Great Britian issue 2, April, 2012.

- [7] 박병운, 송준솔, 기창돈, L1/L2 측정치 조합을 이용한 GPS 기준국간 반송파 미지정수 결정 기법, 한국항행학회 논문지, 제15권 제4호 2011년 10월, pp 705-713

#### 박 병 운 (朴秉運)



2001년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부 (공학사)

2003년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부 (공학석사)

2008년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부 (공학박사)

2008년 2월 ~ 2010년 5월 : 서울대학교 차세대 기계항공시스템 창의설계 인력양성사업단BK21 연수연구원

2010년 5월~2012년 8월 : 대한지적공사 지적연구원 선임연구원, 책임연구원

2012년 8월~현재 : 세종대학교 기계항공우주공학부 조교수  
관심분야 : 위성항법, RTK, 측량

#### 송 준 솔 (宋俊率)



2008년 8월 : 서울대학교 기계항공공학부 (공학사)

2008년 9월 ~ 현재 : 서울대학교 기계항공공학부 (박사과정)

관심분야 : 위성항법, RTK, 측량

#### 기 창 돈 (奇昌敦)



1984년 2월 : 서울대학교 항공공학 (공학사)

1986년 2월 : 서울대학교 항공공학 (공학석사)

1994년 1월 : 미국 Stanford University 항공우주공학 (공학박사)

1996년 9월~현재 : 서울대학교 기계항공공학부 교수

관심분야 : 위성항법, WADGPS, RTK, 의사위성, 무인항공기, 수신기