

국토지리정보원 SSRG 메시지를 이용한 SSR2OSR 측위 성능 평가

박재영^{1*}, 박관동^{1,2}, 김미소², 김영국²

¹인천광역시 미추홀구 22212, 인하대학교 공간정보공학과

²서울특별시 금천구 08504, (주)피피솔

GNSS 측위에 적용되는 오차보정에는 OSR(관측공간 보정정보)과 SSR(상태공간 보정정보) 2가지 방식이 있다. 널리 사용되고 있는 RTK와 네트워크 RTK 측위는 OSR 방식이며 이때의 보정정보는 각종 오차들의 총량으로 간주할 수 있다. 반면, SSR 방식은 위성궤도, 위성시계, 위성바이어스, 대류권, 이온층 오차를 각각 따로 제공한다. SSR 방식은 데이터 전송 효율이 높고 기선거리에 무관하게 균일한 정확도를 제공할 수 있다는 장점으로 GNSS 측위의 신기술로 각광받고 있다. 본 연구에서는 다양한 SSR 메시지 중 현재 국토지리정보원이 일반에게 무료로 제공하는 GNSMART 기반 SSRG를 사용하여 사용자가 SSR 방식의 보정정보를 기존 OSR 방식으로 적용할 수 있도록 SSR2OSR 변환 방법과 측위성능에 대해 연구했다. GPS 위성의 코드사거리와 SSRG 메시지를 이용하여 Code-Precise Point Positioning (Code-PPP) 측위를 한 경우 수평오차 0.6 m 수직오차 0.7 m, 3차원 오차 0.9 m로 서브 미터급 측위정확도를 보였고, SSR2OSR-DGPS 측위 또한 같은 수준의 측위정확도를 보였다. 이는 GPS Interface Control Document (ICD)에서 제공하는 시계오차 보정방법과 Klobuchar 이온층 모델, 그리고 GPT 대류권 모델을 이용한 Standard Point Positioning (SPP)보다 150%의 3D 오차 향상율에 해당한다. 또한 SSR2OSR 변환 과정을 통한 RTK 측위를 수행했을 경우 네트워크 RTK와 유사한 수준으로 1-3 cm 측위정확도를 달성하였다.

Evaluation of SSR2OSR Positioning Performance Using SSRG Messages Provided by Korea National Geographic Information Institute

Jae-Young Park^{1*}, Kwan-Dong Park^{1,2}, Mi-So Kim², Yeong-Guk Kim²

¹Department of Geoinformatic Engineering, Inha University, Incheon 22212, Korea

²PP-Solution Inc., Seoul 08504, Korea

There are two types of error correction applied to GNSS positioning: Observation Space Representation (OSR) and State Space Representation (SSR). The widely used RTK and network RTK positioning is the OSR method, and the correction information at this time can be regarded as the total amount of various errors. On the other hand, the SSR method provides satellite orbit, satellite clock, satellite bias, tropospheric and ionosphere errors, respectively. The SSR method is attracting attention as a new technology for GNSS positioning due to its high data transmission efficiency and the ability to provide uniform accuracy regardless of the baseline distance. In this study, the SSR2OSR conversion method and positioning performance were studied so that users could apply the correction information of the SSR method to the existing OSR method using the GNSMART-based SSRG, which is currently provided free of charge to the general public by the National Geographic Information Service among various SSR messages. In the case of Code-Precise Point Positioning (Code-PPP) positioning using the code pseudo range of the GPS satellite and the SSRG message, it showed sub-meter-level positioning accuracy with a horizontal error of 0.6 m, a vertical error of 0.7 m, and a three-dimensional error of 0.9 m. SSR2OSR-DGPS positioning also showed the same level of positioning accuracy. This corresponds to a 3D error improvement rate of 150% compared to the standard point positioning (SPP) using the clock error correction method provided by the GPS Interface Control Document (ICD), the Klobuchar ionosphere model, and the GPT tropospheric model. In addition, when RTK positioning was performed through the SSR2OSR conversion process, 1-3 cm positioning accuracy was achieved at a level similar to that of network RTK.

Keywords: GPS, OSR, SSR, SSR2OSR

1. 서론

Global Navigation Satellite System (GNSS)의 오차보정은 Observation Space Representation (OSR)과 State Space Representation (SSR) 방식이 있다. SSR은 위성궤도, 위성시계, 위성 바이어스, 대류권 및 이온층 오차를 각각 따로 제공한다. 데이터 전송 효율이 높고 기선거리에 무관하게 균일한 정확도를 제공할 수 있다는 장점으로 GNSS 측위의 신기술로 각광받고 있다. SSR 메시지를 적용한 코드사거리 측위를 Code-Precise Potint Positioning (Code-PPP)라 한다 (Kim 2016). 하지만, SSR은 공식표준이 없는 상태로 각자 고유의 포맷으로 SSR을 제공하고 있고, SSR을 사용할 수 없는 기존의 수신기를 가진 사용자는 사용할 수 없다는 단점이 있다.

본 연구에서는 포맷이 공개된 SSR 중 국토지리정보원에서 제공하는 SSRG를 이용하여 SSR 보정정보를 기존의 사용자가 사용가능한 OSR로 변환하여 서비스하는 방법을 연구하고 측위성능을 평가하였다.

2. 테스트 지역 및 방법

2021년 5월 3일(DOY :123) 경상북도 영천시에 위치한 YCIG, YCMP, YCHG 기준국을 이용하였다. 이 세 기준국들은 모두 국토지리정보원에서 운영하는 기준국으로 수신기와 안테나가 Trimble Alloy, TRM59800.00로 모두 같다. Fig. 1은 테스트 지점을 나타낸 것으로 빨간색 점은 SSRG 격자점, 파란색 점은 기준국을 나타낸다. SSRG의 격자점은 위, 경도 1도 간격으로 분포한다.

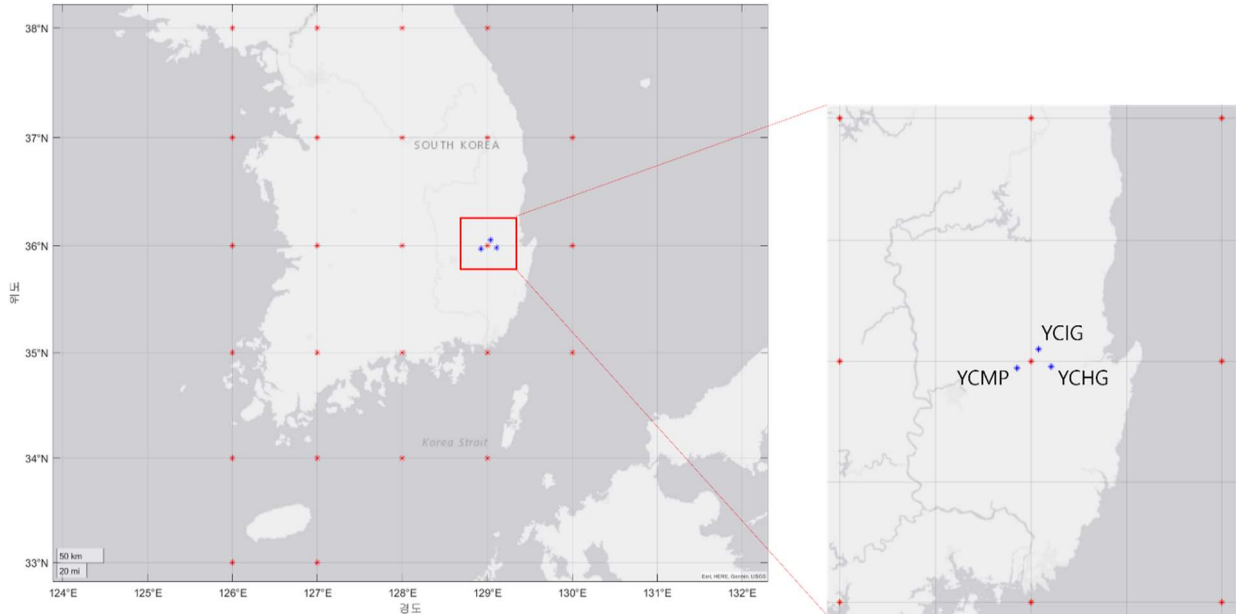


Fig. 1. Test area (Yeongcheon-si, Gyeongsangbuk-do, Republic of Korea).

Table 1. Distance between test site.

YCIG-YCMP	YCIG-YCHG	YCHG-YCMP
13.5 km	9.9 km	16.2 km

테스트는 GPS 위성만 사용하여 코드의사거리, 반송파위상 측위를 진행하였다. SSRG의 격자점과 메시지, Virtual Reference Station (VRS) 개념을 이용하여 사용자 근처에 가상기준국을 설정하고 가상관측값을 만들어 상대측위를 했다. 가상관측값을 만들 때, 가상기준국의 위치에서 가장 가까운 4개의 SSRG 격자점을 선택하고 보간법을 통해 가상관측값을 만든다. Table 1은 세 기준국 사이의 기선거리이다. 15 km 내외의 범위에 세 기준국이 위치하고, 각 기준국을 기준으로 가장 가까운 4개의 SSRG 격자점이 모두 다르다는 특징이 있다.

코드의사거리의 경우 Pseudo Range Correction (PRC)를 이용한 Differential GPS (DGPS), 반송파위상의 경우 Real Time Kinematic (RTK)를 구현했다.

3. SSR2OSR

3.1 Virtual Reference Station (VRS)

SSR2OSR 변환방식은 VRS 개념을 이용하여 구현했다. 사용자 주변에 가상기준국을 설정하여 가상의 관측값을 만든다. 실제관측값과 가상관측값은 식 (1-4)와 같다.

$$P_r = \rho_r + C(\delta t_r - \delta t^s) + \delta T_r + \delta I_r + \delta M_r + \delta_r + \delta^s + \varepsilon \quad (1)$$

$$P_v = \rho_v + C(-\delta t^s) + \delta T_v + \delta I_v + \delta^s \quad (2)$$

$$\lambda\varphi_r = \rho_r + C(\delta t_r - \delta t^s) + \delta T_r - \delta I_r + \delta M_r + \lambda N_r + \delta_r + \delta^s + \varepsilon \quad (3)$$

$$\lambda\varphi_v = \rho_v + C(-\delta t^s) + \delta T_v - \delta I_v + \delta^s \quad (4)$$

여기서 P 는 Pseudo Range, φ 는 Carrier Phase cycle, λ 는 파장을 나타내고 기준국에서의 실제관측값은 아래첨자 r , 가상기준국의 가상관측값은 아래첨자 v 로 표현하였다. ρ 는 위성과 관측점의 기하학적 거리, δt^s 는 위성시계 오차, δt_r 는 수신기시계 오차, T 는 대류권 오차, I 는 이온층 오차, δM_r 은 다중경로 오차,

δ_r 과 δ^s 는 수신기와 위성의 하드웨어 오차, ε 는 랜덤오차를 뜻하며 가상관측 값은 실제관측 값이 아니므로 수신기 관련 오차항과 랜덤오차는 제거된 형태이다.

3.2 코드의사거리 측위결과

코드의사거리 측위는 가상기준국에서 PRC를 만들고 실제관측지에 적용하여 DGPS 측위를 진행한다. PRC를 이용한 DGPS 측위는 Klobuchar 이온층 오차모델과 GPT대류권 오차모델을 이용한 Standard Point Positioning (SPP), SSR을 코드의사거리에 적용한 Code-PseudoRange Precise Point Positioning (Code-PPP)와 비교한다. SSR2OSR-DGPS, SPP, Code-PPP 측위 결과는 Fig 2, Table 2와 같다.

세 기준국 모두 측위 오차가 RMS 3D 기준으로 SPP 약 3 m에서 Code-PPP, SSR2OSR-DGPS 약 1 m 수준으로 향상되는 것을 확인했다.

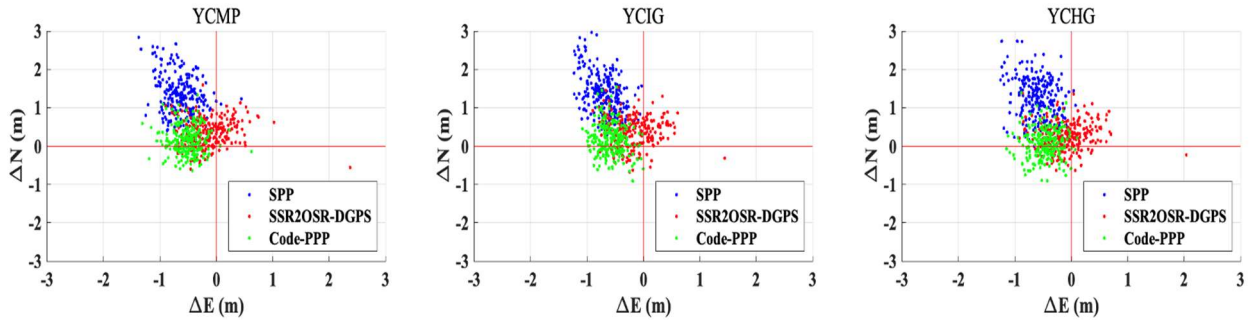


Fig. 2. SPP, Code-PPP, DGPS at all test site.

Table 2. RMS positioning error at all test sites.

Site	SPP (m)			Code-PPP (m)			SSR2OSR DGPS(m)		
	RMS H	RMS V	RMS 3D	RMS H	RMS V	RMS 3D	RMS H	RMS V	RMS 3D
YCMP	1.60	2.60	3.05	0.69	0.72	1.00	0.63	0.79	1.01
YCIG	1.64	2.56	3.04	0.75	0.73	1.05	0.67	0.76	1.01
YCHG	1.51	2.45	2.88	0.64	0.70	0.95	0.57	0.76	0.95

3.3 반송파위상 측위결과

반송파위상 측위는 Least Square Estimation (LSE)와 Kalman Filter (KF)를 이용한 RTK를 각각 구현했다. LSE를 이용한 RTK는 측위지점과 가상기준국의 기선거리에 따른 측위오차를 비교, KF를 이용한 RTK는 수렴시간을 분석한다. LSE를 이용한 RTK의 결과는 Table 3과 같다. VRS의 생성위치는 측위지점으로 부터 10 km 내외일 경우 1~3 cm 수준의 측위정확도를 보임을 확인했다.

Table 3. RMS 3D positioning error according to baseline distance at all test sites.

Distance	YCIG (cm)	YCMP (cm)	YCHG (cm)
~1 km	0.01	0.02	0.01
~10 km	1.4	1.6	1.4
~100 km	16.4	16.2	16.3

Table 4. Time & 3D positioning error at all test sites.

Site	3D error (m)					
	990 s	1020 s	1050 s	1080 s	1110 s	1140 s
YCMP	0.028	0.027	0.026	0.025	0.025	0.024

Site	3D error (m)					
	720 s	750 s	780 s	810 s	840 s	870 s
YCIG	0.030	0.029	0.029	0.028	0.028	0.028
YCHG	0.029	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028

Fig. 3은 기준국과 VRS의 기선거리가 10 km일 때 KF를 이용한 RTK이다. 수렴시간은 RMS 3D 오차가 3 cm 이하, 3D 좌표변동이 1 mm/epoch 이하를 유지할 때 기준으로 YCIG, YCHG 750초, YCMP 1050초이다. 30초 간격의 데이터로 12~17분 사이에 수렴하는 것을 확인했다. Table 4는 시간에 따른 3D 오차이다.

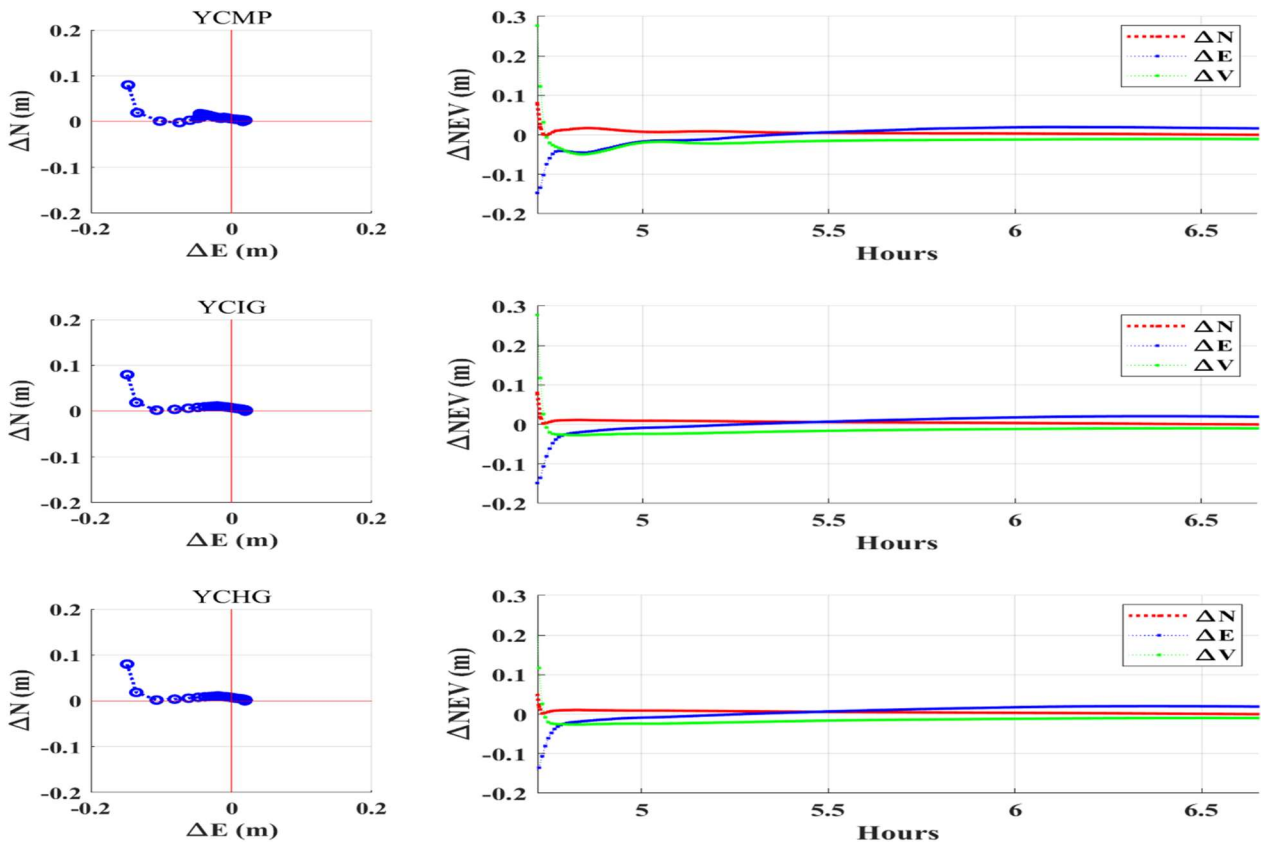


Fig. 3. RTK-KF at all test site (distance between site & VRS: 10 km).

4. 결론

본 연구에서는 국토지리정보원에서 제공하는 SSRG를 이용하여 SSR 오차보정정보를 기존의 오차보정 방식인 OSR로 변환하는 방법과 측위정확도를 분석하였다. 코드의사거리는 PRC를 이용한 DGPS를 하였고, 세 기준국 모두 RMS 3D 기준 SPP시 약 3 m에서 SSR2OSR-DGPS시 약 1 m로 150%의 향상률을 보였다. 반송파위상의 경우 관측지로부터 10 km 내외로 VRS를 생성하였을 때 RTK시 12~17분의 수렴시간과 1~3 cm의 측위정확도를 보였다.

REFERENCES

Kim, M.-S. 2016, Development of PPP Algorithms based on GPS Code pseudoranges by Applying Real-Time SSR Corrections, Master's Degree, Inha University, South Korea