

# 실시간 정밀절대측위를 위한 정밀위성궤도/시계 성능분석

† 홍철의, 조득재, 박슬기, \*이규철

† 선박해양플랜트연구소, \*충남대학교 컴퓨터공학과 교수,

## Performance Analysis of Orbit/Clock product for realtime PPP

† Chul Eui Hong, Deuk Jae Cho, Sul Gee Park, \*Kyu Chul Lee

† Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering, Daejeon, Korea  
\*Chungnam National University, Daejeon, Korea

**요 약** : 실시간 정밀절대측위를 정확히 수행하기 위해서는 위성의 정밀 궤도력, 위성시계오차를 정확히 알아야 한다. IGS와 DLR에서 제공하는 정밀궤도력에 대해 각각의 특성을 파악하여, 실시간 정밀절대측위에서 최적의 성능을 발휘할 수 있도록 근거자료로 제시하였다.

**핵심용어** : 실시간 정밀절대측위, 정밀궤도력

### 1. 서 론

1980년대 후반, 미국의 군사적 목적에 의해 개발된 위성항법 시스템(GNSS, Global Navigation Satellite System)은 육상, 해상, 항공 등 다양한 분야에서 사용되고 있는 가운데, GNSS를 이용하여 정밀한 측위를 수행하는 방법은 2개 이상의 관측 지점에서 수집한 데이터를 이용한 상대측위와 단일 관측데이터만 이용하는 단독측위로 나뉘어 많은 연구가 진행되고 있다. 고정밀 단독측위 방식인 정밀절대측위(PPP : Precise Point Positioning) 기법은 지난 1990년대 후반 개발된 PPP는 특정 GPS 기준국의 보정정보 없이 단독으로 수신기의 위치를 높은 수준의 정확도로 산출하는 방식으로 수신기로부터 입력되는 관측데이터와 외부로부터 입력되는 위성의 궤도력 정보와 시각정보를 이용하여 측위를 수행하게 되는데, 외부로부터 입력되는 궤도력 정보와 시각정보의 정확도에 의존하여 PPP의 정확도가 결정되게 된다. 지금까지의 PPP는 정확도에 우선순위를 두어 후처리 방식으로 많은 연구가 진행되었다. 본 논문에서는 위성의 정밀궤도력과 시계오차부분에 대하여 성능분석을 하여 실시간 정밀절대측위에 효과적으로 사용가능한 성능지표를 제시하였다.

### 2. 정밀궤도력

정밀궤도력 정보는 IGS에서 Precise Orbit, Rapid Orbit,

Ultra-Rapid Orbit, Final 서비스를 제공하며, 독일의 DLR에서는 Reticle 서비스를 수행하고 있다.

IGS에서 제공하는 GPS 궤도력에는 정밀궤도력(Final Orbits), 신속궤도력(Rapid Orbits), 초신속궤도력(Ultra-Rapid Orbits), 그리고 방송궤도력(Broadcast)이 있다[2]. 정밀궤도력과 신속궤도력은 정확도는 2.5cm, 초신속궤도력은 5cm의 성능을 보이나, 각각의 생성시각은 정밀궤도력은 12~18일, 신속궤도력은 17~41시간이 소요되는 반면, 초신속궤도력은 24시간 동안의 관측치와 함께 향후 24시간동안의 예측치를 함께 제공한다.

DLR에서 제공하는 Reticle은 실시간으로 관측된 궤도력정보를 5초 간격으로 생성하여 5분간격으로 궤도력정보를 제공하여 실시간 정밀절대측위에서 이용이 가능하다.

Table 3 Orbit Product Specification

		Accuracy	Latency
IGS	Final	2.5cm	12~18Days
	Rapid	2.5cm	17~41Hours
	Ultra-Rapid	5cm	realtime
	Broadcast	100cm	realtime
DLR	Reticle	2.5cm	5sec

IGS에서 제공하는 초신속 궤도력은 현재시간에 대한 위성 궤도정보를 예측치로 제공하여 사용 가능하며, DLR에서 제공하는 Reticle 서비스는 5초마다 관측된 위성의 궤도정보를 제공하여 실시간 정밀절대측위에 사용가능하며, 현재 제공되는 IGS의 정밀궤도력 대비 초신속궤도력과 Reticle 서비스를 비교하였다.

† 교신저자 : hush@kriso.re.kr

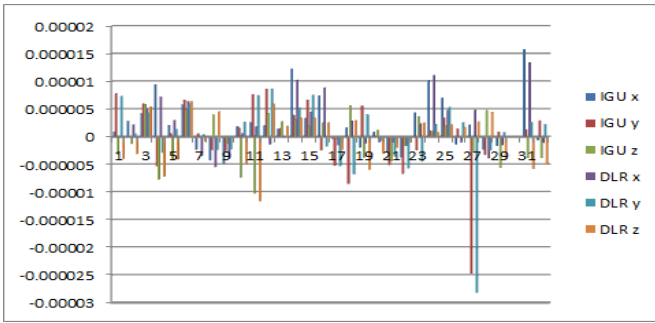


Fig. 2 performance analysis of orbit product

정밀궤도력대비 초신속궤도력의 평균오차는  $6.03e-7m$ , 표준편차는  $5.28e-7m$ 의 오차를 보였으며, reticle 서비스의 평균오차는  $5.41e-7m$ , 표준편차는  $5.34e-7m$ 의 오차를 보여 두 서비스간의 궤도오차는 큰 차이가 없음을 확인하였다. 그러나 정밀절대측위에서 필요한 현재시간의 위성의 궤도력정보를 초신속궤도력은 예측치로 제공하여 보간법을 이용하여 추정할 수 있지만, DLR에서 제공하는 reticle 서비스는 현재시간의 관측치를 제공하여 보외법을 이용하여 추정해야 한다. 그래서 실시간 정밀절대측위에는 IGS의 초신속궤도력을 이용하여 현재 위성의 궤도력정보를 생성하여 사용하는 것이 정확한 측위 정확도를 유지할 수 있다.

### 3. 위성시계 오차정보

IGS에서 제공하는 시계오차정보는 궤도력정보와 동일한 대기시간을 가지며, 추가로 정밀궤도력에서 제공하는 시계오차는 30초간격으로 제공한다. DLR의 Reticle에서 제공하는 시계오차정보는 5초간격으로 5분마다 FTP서버에 파일을 업로드하여 다운로드 받는 방식으로 데이터를 수신할 수 있다.

Table 4 Clock Product Specification

		Accuracy	Latency
IGS	Final	~75ps RMS ~20ps SDev	12~18Days
	Rapid	~75ps RMS ~20ps SDev	17~41Hours
	Ultra-Rapid	~3ns RMS ~1.5ns SDev	realtime
	Broadcast	~5ns RMS ~2.5ns SDev	realtime
DLR	Reticle	~0.5ns RMS	5sec

Table 5 GPS Clock type

Clock	PRN
CESIUM	3, 8, 9, 10, 24
RUBIDIUM	1, 2, 4, 5, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32

현재 위성에 사용되는 원자시계는 크게 두종류로 나뉘어 사용되는데, 원자시계의 종류에 따라 위성시계오차의 차이가 발생한다. 각 위성에서 사용되는 원자시계는 표3과 같다.

각 원자시계별로 시계오차의 성능을 IGS의 정밀궤도력 대비 IGS의 초신속궤도력과 DLR의 Reticle 서비스의 차이를 분석하여 본 결과 다음과 같은 결과를 도출하였다.

Table 6 GPS Clock Error Diff.

		CESIUM	RUBIDIUM
IGU	avg.(m)	0.46686	0.476977
	std.(m)	1.95242	1.648857
Reticle	avg.(m)	0.571867	0.494849
	std.(m)	1.361099	1.367773

IGS의 초신속궤도력의 경우 정밀궤도력 대비 오차 평균은 DLR의 Reticle 서비스에 비해 좋은 성능을 나타내었다. 그러나 표준편차에서는 초신속궤도력이 Reticle 서비스보다 높은 값을 나타내었으며, 특히 위성의 원자시계에 따른 편차는 Reticle 서비스가 초신속궤도력보다 표준편차 값에서 고른 분포를 나타내었다.

### 4. 결 론

실시간으로 정밀절대측위를 수행하기 위해서는 IGS의 초신속궤도력과 DLR의 Reticle에서 제공하는 위성의 정밀궤도력과 시계오차 데이터를 이용할 수 있다.

위성의 정밀궤도력은 초신속궤도력과 Reticle 모두 비슷한 성능을 보이나, 실시간 정밀궤도력을 계산하기 위하여 초신속궤도력은 보간법을, Reticle은 보외법을 이용하여 위치를 계산해야 하므로, 초신속궤도력의 정보를 이용하는 것이 좋은 성능을 발휘할 수 있다. 위성의 시계오차는 Reticle이 초신속궤도력에 비해 평균오차는 떨어지나, 표준편차에서는 세슘과 루비듐 모두 비슷한 성능을 나타내므로 DLR의 Reticle서비스를 이용하는 것이 좋은 성능을 발휘할 수 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] Zumberge JF, Heflin MB, Jefferson DC, Watkins MM, Webb FH, Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks, JGR, 102, 5005-5018 (1997). <http://dx.doi.org/10.1029/96JB03860>
- [2] <http://igsceb.jpl.nasa.gov>
- [3] El-Mowafy Ahmed, Precise Point Positioning in the Airborne Mode, ASAT, May 24-26 2011
- [4] <http://www.navcen.uscg.gov/?Do=constellationStatus>