

MATLAB GUI 기반 GPS RINEX 관측 파일 생성 소프트웨어의 개발

Development of MATLAB GUI Based Software for Generating GPS RINEX Observation File

김동욱¹ · 윤호¹ · 한덕화¹ · 장주영¹ · 기창돈^{1*} · 소형민² · 이기훈² · 장재규²

¹서울대학교 기계항공공학부, 정밀기계설계공동연구소

²국방과학연구소

Dong-uk Kim¹ · Ho Yun¹ · Deok-hwa Han¹ · Joo-young Jang¹ · Chang-don Kee^{1*} · Hyoung-min So² · Ki-hoon Lee² · Jae-gyu Jang²

¹Department of Mechanical and Aerospace Engineering and SNU-IAMD, Seoul National University, Seoul 151-744, Korea

²Agency for Defense Development, Daejeon 305-600, Korea

[요 약]

본 논문에서는 MATLAB GUI 기반으로 개발된 GPS RINEX 관측 파일 생성 소프트웨어에 대해서 소개한다. 개발된 소프트웨어는 두 가지 데이터 생성 모드를 기반으로 기준국 혹은 동적 사용자의 실제 GPS 측정치와 유사한 L1/L2 의사거리, L1/L2 반송파 위상, 도플러 측정치를 정확하고 효율적으로 생성한다. 생성된 측정치 결과는 최종적으로 RINEX version 3.0 관측 파일로 출력된다. 본 논문에서는 소프트웨어 검증을 위해 기준국의 실측 데이터를 기반으로 측정치 바이어스, 변화율, 잡음 수준을 분석해보았다. 그 결과 개발된 소프트웨어가 실제 GPS 측정치와 RMS 약 0.7 m 수준의 바이어스 오차를 갖는 GPS 측정치를 생성함을 확인하였다.

[Abstract]

This paper introduces development of the MATLAB GUI based software for generating GPS RINEX observation file. The purpose of this software is to generate GPS measurements of reference station or dynamic user, which are similar to the real GPS receiver data, accurately and efficiently. This software includes two data generation modes. One is Precision mode which generates GPS measurements as accurate as possible using post-processing data. The other is Real-time mode which generates GPS measurements using GPS error modeling technique. GPS error sources are calculated on the basis of each data generation mode, and L1/L2 pseudorange, L1/L2 carrier phase, and Doppler measurements are produced. These generated GPS measurements are recorded in the RINEX observation version 3.0 file. Using received GPS data at real reference station, we analyzed three items to verify software reliability; measurement bias, rate of change, and noise level. Consequently, RMS error of measurement bias is about 0.7 m, and this verification results demonstrate that our software can generate relatively exact GPS measurements.

Key words : GPS simulation software, GPS error sources, GPS measurements, RINEX observation file.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2015.19.4.299>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 9 July 2015; Revised 24 July 2015

Accepted (Publication) 31 July 2015 (30 August 2015)

*Corresponding Author; Chang-don Kee

Tel: +82-2-880-1912

E-mail: kee@snu.ac.kr

I. 서 론

SBAS (satellite based augmentation system)와 같은 보강항법 시스템의 성능을 향상시키기 위해서는 GPS 측정치에 포함된 다양한 오차 요소들에 대한 정확한 이해와 분석이 필수적이다. 본 연구팀에서는 한반도 지역에서 GPS 주요 오차 요소들에 대한 분석 및 오차 모델링 기법을 바탕으로, 상용 GPS 데이터 처리 프로그램에서 활용 가능한 RINEX (Receiver INdependent EXchange format) 관측 파일을 생성하는 소프트웨어를 개발하였다. 기존의 GPS 오차 모델링 관련 소프트웨어는 다양한 GPS 관련 연구 기관에서 개발하여 GPS 오차 및 항법 성능 시뮬레이션 툴로 사용하고 있다. 대표적으로 미국 Stanford 대학의 MAAST (MATLAB algorithm availability simulation tool)와 유럽 ESA (European space agency)의 SBAS simulator가 존재한다. 그러나 이들 소프트웨어는 주로 무결성 감시 혹은 가용성 등 SBAS 성능 예측을 목표로 하고 있으며, GPS 오차의 경우 정규 분포를 이루는 랜덤 노이즈 형식으로 생성하고 있다 [1]. 따라서 1시간 단위로 24시간 이상 장시간 데이터 처리 시 의미 있는 결과를 얻을 수 있지만, 1초 단위의 오차 생성 시 실제와 유사한 측정치를 얻기 어렵다는 한계가 존재한다. 본 연구팀에서는 다양한 보강항법시스템 알고리즘을 효율적으로 검증하기 위해, 1초 단위의 실제 GPS 측정치를 비교적 정확하게 모사한 측정치를 생성하고, 그 결과를 상용 소프트웨어에서 처리할 수 있는 소프트웨어를 개발하였다. 그리고 본 논문에서는 개발된 소프트웨어의 소개 및 검증 결과에 대해 정리하였다.

II. GPS RINEX 관측 파일 생성 소프트웨어

2-1 소프트웨어 구성

그림 1에는 본 연구팀에서 개발한 GPS RINEX 관측 파일 생성 소프트웨어의 구성도를 나타내었다. 본 소프트웨어는 크게 사용자 시나리오 설정 모듈, 데이터 입력 모듈, GPS 측정치 생성 모듈, 그리고 결과 데이터 출력 모듈 총 4가지 모듈로 구성되어 있다.

본 소프트웨어는 사용자 편의성을 고려하여 MATLAB GUI 기반으로 제작되었으며, 원하는 시간, 원하는 위치 등 다양한 환경의 사용자 시나리오 설정이 가능하다. 또한 측정치 생성을 위한 정밀/실시간 데이터 생성 모드 설정 및 시뮬레이션 상황을 그래프로 보여주는 디스플레이 모드에 대한 설정도 가능하다. 데이터 생성 모드에 대한 내용은 2-2절에서 자세히 설명한다. 데이터 입력 모듈에서는 해당 데이터 생성 모드가 요구하는 데이터를 입력 받아 저장하고, 변수 및 출력 파일을 초기화한다. 소프트웨어의 main loop 라고 할 수 있는 GPS 측정치 생성 모듈에서는 설정된 시나리오 및 데이터 생성 모드에 따른 GPS 오차 생성 방법을 기반으로 GPS 측정치를 생성한다. 마지막으로

결과 데이터 출력 모듈에서는 측정치 생성 결과를 상용 GPS 데이터 처리 프로그램에서 활용 가능하도록 RINEX 형식으로 기록한다. 그림 2에는 개발된 소프트웨어의 메인 화면과 디스플레이 모드 설정 시 실시간 GPS 오차 경향을 확인할 수 있는 디스플레이 화면을 나타내었다.

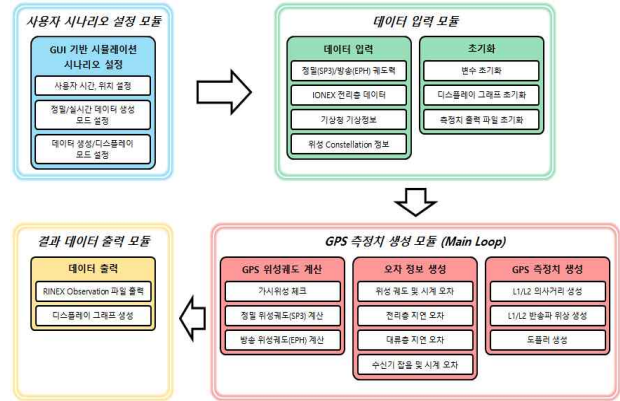


그림 1. 소프트웨어 구성도
Fig. 1. Block diagram of software.

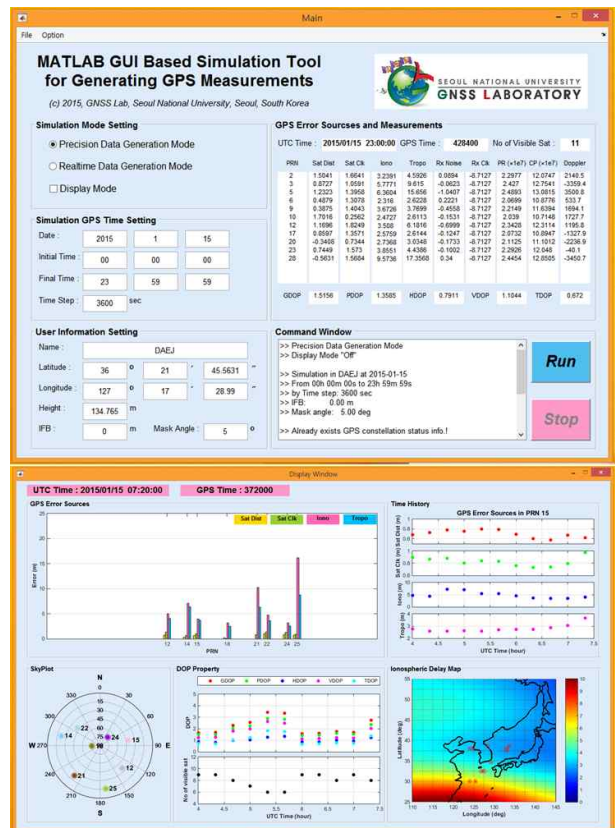


그림 2. MATLAB GUI 기반 관측 파일 생성 소프트웨어 (상: 메인 화면, 하: 디스플레이 화면)
Fig. 2. MATLAB GUI based software for generating GPS RINEX observation file. (Top: Main window, Bottom: Display window)

2-2 데이터 생성 모드

개발된 소프트웨어는 두 가지 데이터 생성 모드를 바탕으로 GPS 오차 요소들을 모델링하고, 측정치를 생성한다. 정밀 데이터 생성 모드 (precision data generation mode)는 과거 정밀 후처리 데이터를 활용하여 실제 측정치와 최대한 유사한 측정치를 생성하는 모드이다. 실시간 데이터 생성 모드 (real-time data generation mode)는 최소한의 입력 데이터를 가지고 실시간 오차 모델링 기법을 활용하여 측정치를 생성하는 모드이다. 이후 논문에서는 각각 정밀 모드와 실시간 모드로 요약하여 언급한다.

표 1에는 각 데이터 생성 모드 별 필요한 입력 데이터를 정리하였다. 먼저 두 가지 모드 모두 위성 궤도 및 시계 오차를 계산하기 위해 IGS (international GNSS service)에서 제공하는 실측 데이터인 SP3 (standard product # 3) 정밀 궤도력과 BRDC (BRoadDCast ephemeris) 방송 궤도력을 필요로 한다. 정밀 모드의 경우 전리층 및 대류층 지연 오차를 보다 정확하게 생성하기 위해 IGS에서 제공하는 정밀 전리층 실측데이터인 IONEX (IONosphere EXchange format)와 기상청의 기상정보를 추가적으로 활용한다. 또한 위성 constellation 정보를 입력 받아 위성 block 별 오차 특성을 반영할 수 있도록 한다.

표 1. 데이터 생성 모드 별 필요 데이터
Table 1. Necessary input data for each data generation mode.

필요 데이터	정밀 데이터 생성 모드	실시간 데이터 생성 모드
SP3 정밀 궤도력	O	O
BRDC 방송 궤도력	O	O
IONEX 정밀 전리층 정보	O	X
기상청 기상정보	O	X
위성 Constellation 정보	O	X

표 2. 데이터 생성 모드 별 GPS 주요 오차 요소 생성 방법
Table 2. Generation methods of GPS error sources for each data generation mode.

GPS 주요 오차 요소	정밀 데이터 생성 모드	실시간 데이터 생성 모드
위성 궤도 및 시계 오차	정밀 궤도력(SP3)과 방송 궤도력(BRDC)의 차이	
전리층 지연 오차	IONEX 전리층 지연 데이터	Galileo NeQuick Model
대류층 지연 오차	Saastamonien Model (기상정보 활용)	WAAS Model (기상정보 없음)
수신기 잡음	위성 Block 별 양각에 대한 모델링	위성 Block 구분 없이 양각에 대한 모델링
수신기 시계 오차	2 nd Order Markov Sequence (Dierendonck Model, 1984)	
다중 경로 오차	1 st Order Markov Sequence	

2-3 GPS 주요 오차 요소 및 측정치 생성 기법

표 2에는 각 데이터 생성 모드 별 GPS 주요 오차 요소 생성 방법에 대해 정리하였다. 위성 궤도 및 시계 오차는 두 가지 모드 모두 SP3 정밀 궤도력과 BRDC 방송 궤도력의 차이로 생성하게 된다 [2], [3]. 전리층 지연 오차의 경우 정밀 모드는 수직 전리층 정확도가 약 0.3~1.3 m 수준으로 가장 정확하다고 알려진 IONEX 데이터를 사용하여 생성하고, 실시간 모드는 한반도 등 중위도 지역에서 보다 정확한 유럽 Galileo의 NeQuick 모델을 활용한다 [4], [5]. 대류층 지연 오차의 경우 기상정보를 활용하는 정밀 모드는 가장 정확하다고 알려진 Saastamonien 모델을 사용하고 [6], 실시간 모드는 별도의 기상정보 없이도 비교적 정확한 오차 생성이 가능한 WAAS (wide area augmentation system) 모델을 사용한다 [7]. 수신기 잡음은 Han (2012)의 결과를 바탕으로 측정치 잡음의 표준편차를 위성 양각에 대한 exponential 함수로 모델링 한다. 이 때 정밀 모드는 위성 constellation 정보를 활용하여 각 위성 block 별 잡음 수준을 다르게 모델링 하고, 실시간 모드는 위성 block의 구분 없이 모델링 한다 [8], [9]. 수신기 시계 오차는 사용자 시스템에 의존하는 오차로 정확하게 모델링을 하는 것이 불가능 하다. 따라서 본 소프트웨어에서는 Dierendonck (1984) 모델을 바탕으로 2차 Markov sequence를 사용하여 가상의 시계 오차를 생성하였다 [10]. 다중 경로 오차 역시 수신기 특성 및 위치에 따라 다른 영향을 가지므로 정확한 모델링이 불가능하다. 본 소프트웨어에서는 1차 Markov sequence로 문헌적인 다중 경로 오차 크기 수준의 오차를 가상으로 생성한다 [11].

위와 같이 데이터 생성 모드에 따른 GPS 오차 생성 방법을 기반으로 L1/L2 의사거리 (m), L1/L2 반송파 위상 (m), 그리고 도플러 (Hz) 측정치를 아래 식에 따라 생성한다. 이 때 r은 사용자 index, fr은 주파수 index, 그리고 j는 위성 index를 의미한다.

$$\rho_{r,f}^j = [(\bar{R}^j + \delta \bar{R}^j) - \bar{R}_r] \cdot \hat{e}_r^j - (b^j + \delta b^j) + I_{r,f}^j + T_r^j + B_r + M_{r,f}^j + (\epsilon_\rho)_{r,f}^j \quad (1)$$

$$\phi_{r,f}^j = [(\bar{R}^j + \delta \bar{R}^j) - \bar{R}_r] \cdot \hat{e}_r^j - (b^j + \delta b^j) - I_{r,f}^j + T_r^j + B_r + N_{r,f}^j \lambda_{r,f}^j + m_{r,f}^j + (\epsilon_\phi)_{r,f}^j \quad (2)$$

$$f_{r,f}^j \approx -\frac{f_{L1}}{C} [(\bar{R}^j - \bar{R}_r) \cdot \hat{e}_r^j - b^j + \dot{B}_r + (\epsilon_f)_{r,f}^j] \quad (3)$$

2-4 동적 사용자 모델

본 소프트웨어의 특징 중 하나는 고정된 기준국 뿐만 아니라 동적 사용자의 측정치도 생성이 가능하다는 점이다. 동적 사용자의 측정치 생성을 위해서는 기준국과 다르게 매 epoch 별 사용자의 위치 정보를 필요로 한다. 본 소프트웨어는 동적 사용자의 위도, 경도, 고도가 포함된 (.mat) 파일을 입력하면 측정치 생성이 가능하도록 개발하였다. 또한 사용자 편의성을 위해 (.mat) 파일 대신 구글어스 (Google Earth) 데이터인 (.kml) 파일을 입력하여도 측정치 생성이 가능하도록 하였다. 기본적인 GPS 오차 및 측정치 생성 방법은 기준국과 유사하지만 도플러 측정치의 경우 동적 사용자의 속도가 반영된다는 것이 다르다.

2-5 RINEX 관측 파일 생성

RINEX는 수신기 기종과 상관없이 데이터 공유를 가능케 하는 표준 형식으로, 위성 궤도력(ephemeris)이 포함된 항법 파일(navigation file)과 수신기 측정치가 포함된 관측 파일(observation file)이 있다 [12]. 본 소프트웨어에서는 생성된 GPS 측정치를 상용 소프트웨어에서 처리가 가능하도록 RINEX version 3.0 관측 파일로 출력한다. RINEX 관측 파일의 header 부분에는 사용자 이름 및 위치, 데이터 첫 관측 시간 및 시간 간격 등이 포함되어 있다. Data record 부분에는 시간대 별 GPS 측정치들이 저장되어 있다. 이 때 의사거리는 meter, 반송파 위상은 cycle, 도플러는 Hz 단위로 저장된다. 그림 3에는 본 소프트웨어가 생성한 RINEX 관측 파일의 예시를 나타내었다.

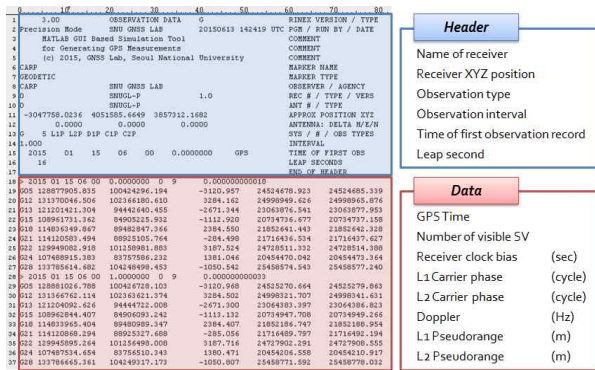


그림 3. RINEX version 3.0 관측 파일 생성 예시
Fig. 3. Generation example of RINEX version 3.0 observation file.

표 3. 신뢰성 검증 결과 (측정치 bias의 RMS 오차, 측정치 변화율의 RMS 오차, 측정치 잡음 수준)

Table 3. Reliability verification results. (RMS error of measurement bias, RMS error of measurement rate of change, measurement noise level)

Bias 오차 (m)	L1 의사거리	L2 의사거리	L1 반송파 위상	L2 반송파 위상	도플러 (m/s)
정밀 모드	0.7035	1.0021	0.6206	1.0154	0.0178
실시간 모드	1.5460	2.3948	1.5918	2.6214	0.0178
변화율 오차 (m/s)	L1 의사거리	L2 의사거리	L1 반송파 위상	L2 반송파 위상	도플러 (m/s ²)
정밀 모드	0.0039	0.0048	0.0027	0.0035	0.0068
실시간 모드	0.0040	0.0049	0.0029	0.0039	0.0068
잡음 수준 (1σ, m)	L1 의사거리	L2 의사거리	L1 반송파 위상	L2 반송파 위상	도플러 (1σ, m/s)
정밀 모드	0.2662	0.2961	0.0046	0.0051	0.0087
실시간 모드	0.2698	0.3066	0.0047	0.0052	0.0088
실측 데이터	0.2528	0.3001	0.0044	0.0045	0.0082

III. 소프트웨어 신뢰성 검증

3-1 측정치 기반 신뢰성 검증

개발된 소프트웨어의 신뢰성을 검증하기 위해 실제 환경에서 수신된 GPS 측정치와 해당 시간의 해당 위치에서 동일한 시나리오로 생성된 측정치를 비교하도록 한다. 검증 대상은 의사거리, 반송파 위상, 도플러 측정치의 bias와 측정치 변화율, 그리고 측정치 잡음 수준이다. 이 때 수신기 마다 다른 특성을 보이는 수신기 시계 오차 및 다중 경로 오차는 검증 과정에서 제외하도록 한다. 본 연구에서는 국토지리정보원 수원 (SUWN) 기준국의 UTC 2015년 1월 15일 12시부터 21시까지 9시간 동안 15개의 가시위성 데이터를 바탕으로 검증을 수행하였다.

표 3은 측정치 bias의 RMS (root mean square) 오차, 변화율의 RMS 오차, 그리고 잡음 수준을 각 데이터 생성 모드에 대해 정리한 것이다. 신뢰성 검증을 수행한 결과 L1 의사거리의 bias 오차는 정밀 모드가 약 0.7 m, 실시간 모드가 약 1.5 m 수준으로 나타났다. 그림 4는 정밀 모드에 대한 신뢰성 검증 결과를 그래프로 나타낸 것으로, 이러한 bias 오차의 대부분은 저양각 위성에서 발생한 것을 확인할 수 있다. 그리고 의사거리와 반송파 위상에서 저양각 bias 오차의 부호가 반대로 나타난 것으로 보아, 이는 전리층 지연 오차로부터 기인한 것을 알 수 있다. 정밀 모드에서는 전리층 지연 오차를 IONEX 데이터를 기반으로 모델링 한다. 이 때 IONEX의 수직 전리층 정확도는 약 0.3~1.3 m 수준이므로 저양각에서 range 방향으로 1~4 m 까지 오차가 발생할 수 있다. 또한 IONEX 데이터는 2시간 간격 데이터로, 본 소프트웨어에서는 그 사이를 보간하여 사용하기 때문에 실제 전리층 지연과 차이가 발생할 수 있다. 표 3의 측정치 변화율 검증 결과를 살펴보면 정밀/실시간 모드 모두 L1 의사거리 기준 약 4 mm/s 로 상당히 정확한 것을 알 수 있다. 또한 실측 데이터의 잡음 수준과 생성된 측정치의 잡음 수준이 비슷하게 나타난 것으로 보아 측정치 잡음 수준은 적절하게 모델링 되었다고 할 수 있다. 이러한 신뢰성 검증 결과를 통해 개발된 소프트웨어가 GPS 측정치를 상당히 정확한 수준으로 모사함을 알 수 있다.

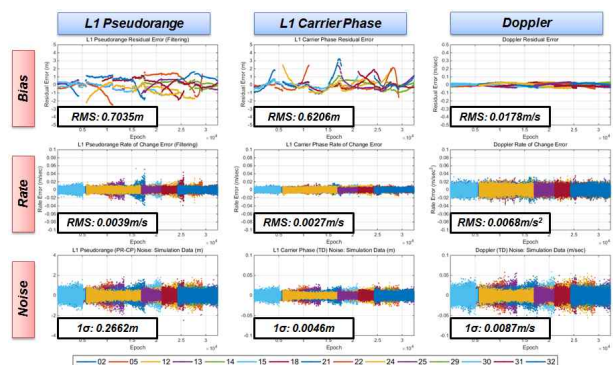


그림 4. 신뢰성 검증 결과 (정밀 데이터 생성 모드)
Fig. 4. Reliability verification results. (Precision mode)

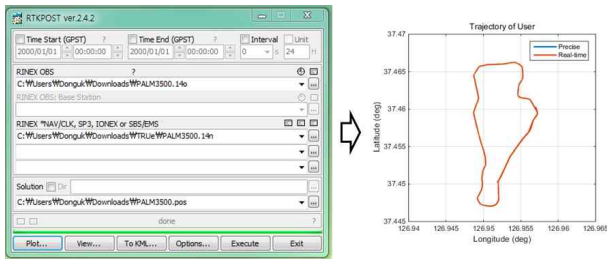


그림 5. GPS 상용 소프트웨어를 이용한 RINEX 관측 파일의 위치해 계산

Fig. 5. Calculate solution of RINEX observation file using commercial GPS software. (RTKLIB version 2.4.2: post processing)

3-2 RINEX 관측 파일 검증

본 소프트웨어로 생성된 GPS 측정치가 RINEX version 3.0 관측 파일로 제대로 출력이 되었는지 검증하기 위해 상용 소프트웨어를 사용하여 동적 사용자의 위치해를 계산해보았다. 상용 소프트웨어는 RINEX 형법 파일과 관측 파일만 있으면 간단하게 위치해 계산이 가능한 RTKLIB version 2.4.2: post processing을 사용하였다. 그림 5에는 사용한 상용 소프트웨어와 이를 사용하여 계산된 동적 사용자의 위치해를 나타냈다. 생성된 RINEX 관측 파일을 사용하여 동적 사용자의 위치해가 정상적으로 계산된 것으로 보아 본 소프트웨어가 RINEX 관측 파일을 format에 맞게 성공적으로 출력한 것을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 연구팀에서는 효율적으로 기준국 및 동적 사용자의 GPS 측정치를 획득하기 위해 MATLAB GUI 기반으로 GPS RINEX 관측 파일을 생성하는 소프트웨어를 개발하였다. 그리고 실제 수신된 GPS 측정치와의 비교 및 상용 소프트웨어를 이용한 검증을 통해 개발된 소프트웨어의 신뢰성을 확인하였다. 그 결과 실제 측정치와 RMS 평균 약 0.7 m 수준의 bias 오차가 존재하지만, 상당히 비슷한 변화율과 잡음 수준을 갖는 측정치 모사가 가능하다는 결과를 얻었다. Bias 오차의 대부분은 저양각에서 전리층 지연 모델에 의한 오차로 본 소프트웨어의 한계라고 할 수 있다. 개발된 소프트웨어를 사용하여 GPS 측정치를 쉽고 빠르게 획득함으로써, 한국형 SBAS 성능 분석 및 보강항법시스템 알고리즘 개발 과정에 큰 도움이 될 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 서울대학교 항공우주신기술연구소를 통해 계약된 국방과학연구소의 위탁과제연구 “실시간 적응형 GPS 오차 모델 검증 기법”의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] Matlab Algorithm Availability Simulation Tool (MAAST) Software Developer’s Guide, Version 1.1, Stanford University, Stanford: CA, Jan, 2002.
- [2] D. Kim, A study on correction generation algorithms for wide area differential GNSS, Ph.D. dissertation, School of Mechanical and Aerospace Engineering, Seoul National University, Seoul, Korea, 2007.
- [3] L. Heng, G. X. Gao, T. Walter, and P. Enge, “Statistical characterization of GPS signal-in-space errors,” in *Proceedings of the ION ITM 2011*, San Diego: CA, pp. 312-319, 2011.
- [4] B. Nava, P. Coisson, and S. M. Radicella, “A new version of the NeQuick ionosphere electron density model,” *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, Vol. 70, No. 15, pp. 1856-1862, Dec, 2008.
- [5] Y. D. Kim, D. H. Han, H. Yun, D. U. Kim, C. D. Kee, H. M. So, K. H. Lee, and J. G. Jang, “Characteristic analysis of real-time ionospheric delay correction models for GNSS receiver in Korea,” in *Proceeding of the 2014 KSAS Fall Conference*, Jeju, 2014.
- [6] B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, and J. Collins, *Global Positioning System Theory and Practice*, 5th ed. New York, NY: Springer, 2001.
- [7] Minimum Operational Performance Standards For Global Positioning System/Wide Area Augmentation System Airborne Equipment, RTCA DO-229D, 2006.
- [8] B. Park, A study on reducing temporal and spatial decorrelation effect in GNSS augmentation system: consideration of the correction message standardization, Ph.D. dissertation, School of Mechanical and Aerospace Engineering, Seoul National University, Seoul, Korea, 2008.
- [9] D. H. Han, H. Yun, and C. D. Kee, “Modeling of GPS measurement noise for estimating smoothed pseudorange and ionospheric delay,” *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 16, No. 4, pp. 602-610, 2012.
- [10] A. J. Van Dierendonck, J. B. McGraw, and R. G. Brown, “Relationship between Allan variances and Kalman filter parameters,” in *Proceedings of the 16th PTTI*, NASA Goddard Space Flight Center, pp. 273-293, 1984.
- [11] J. Rankin, “GPS and differential GPS: An error model for sensor simulation,” in *Position Location and Navigation Symposium IEEE*, Las Vegas: NV, pp. 260-266, 1994.
- [12] RINEX: The Receiver Independent Exchange Format, Version 3.00, Werner Gurtner Astronomical Institute, University of Bern, Switzerland, 2007.



김 동 옥 (Dong-Uk Kim)

2013년 8월 : 서울대학교 기계항공공학부 (공학사)
2013년 9월 ~ 현재 : 서울대학교 대학원 기계항공공학부 석박사통합과정
※ 관심분야 : 광역보정시스템, 다중 위성항법시스템



윤 호 (Ho Yun)

2006년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부 (공학사)
2013년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부 (공학박사)
2013년 3월 ~ 현재 : 서울대학교 기계항공공학부 선임연구원
※ 관심분야 : 광역보정시스템, 무결성 감시



한 덕 화 (Deok-Hwa Han)

2011년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부 (공학사)
2011년 3월 ~ 현재 : 서울대학교 대학원 기계항공공학부 석박사통합과정
※ 관심분야 : 광역보정시스템, 전리층 지연



장 주 영 (Joo-Young Jang)

2014년 8월 : 한동대학교 기계제어공학부 (공학사)
2014년 9월 ~ 현재 : 서울대학교 대학원 기계항공공학부 석사과정
※ 관심분야 : 우주비행체 자세결정 및 제어



기 창 돈 (Chang-Don Kee)

1984년 2월 : 서울대학교 항공공학과 (공학사)
1986년 2월 : 서울대학교 항공공학과 (공학석사)
1994년 1월 : 미국 스탠포드대학교 항공우주공학과 (공학박사)
1996년 9월 ~ 현재 : 서울대학교 기계항공공학부 교수
※ 관심분야 : 위성항법시스템, 보정위성항법시스템, 광역보정위성항법시스템, 초정밀위치결정시스템, 우주비행체 자세결정, 무인항공기 자동제어 시스템, 실내용 자동항법시스템, 항공교통관제시스템



소 형 민 (Hyoung-Min So)

2001년 2월 : 고려대학교 기계공학과 (공학사)
2003년 9월 : 서울대학교 기계항공공학부 (공학석사)
2009년 9월 : 서울대학교 기계항공공학부 (공학박사)
2011년 1월 ~ 현재 : 국방과학연구소 선임연구원
※ 관심분야 : 위성항법시스템, 광역보강시스템, 위성항법수신기



이 기 훈 (Ki-Hoon Lee)

1999년 2월 : 포항공과대학교 기계공학과 (공학사)
2001년 2월 : 한국과학기술원 기계공학과 (공학석사)
2001년 1월 ~ 현재 : 국방과학연구소 항법기술부
※ 관심분야 : 광역 보강정보 생성 시스템, 초정밀 위치결정시스템, 항재밍 위성항법장치



장 재 규 (Jae-Gyu Jang)

1999년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부 (공학사)
2001년 2월 : 서울대학교 항공공학과 (공학석사)
2006년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부 (공학박사)
2007년 10월 ~ 2009년 11월 : 독일 뮌헨 국방대학교 연구원
2009년 12월 ~ 2013년 5월 : 엘지전자 MC연구소 책임연구원
2013년 6월 ~ 현재 : 국방과학연구소 선임연구원
※ 관심분야 : 위성항법시스템, 광역보정위성항법시스템, 항재밍장치