

위성항법을 위한 의사거리 생성 시뮬레이터 설계

강호영* · 김동미* · 이재형* · 유동희*
*부산가톨릭대학교 멀티미디어공학과

Design of Pseudo Range Generation Simulator for Satellite Navigation

Ho Young Kang* · Dong mi Kim* · Jae Hyoung Lee* · Prof. Dong Hui Yu*

*Dept. of Multimedia Engineering, Catholic University Of Pusan

E-mail : houndvic@naver.com, storm1088@naver.com, dhyu@cup.ac.kr

요 약

위성항법을 위해 정밀시각정보를 생성하는 시뮬레이터는 GPS의 위성 궤도정보를 생성하는 기능과 위성 궤도 정보를 이용하여 위성의 위치를 생성하는 기능, 위성과 수신기 사이의 실제거리를 생성하는 기능과 위성으로부터 수신기까지 신호가 전파하는 동안에 발생하는 각종 오차 요인들을 모델링하여 실제거리에 적용하는 과정을 제공해야 한다. 또한 다양한 방법으로 적용하기 위해 의사거리는 전 세계표준인 RINEX 포맷으로 출력하는 기능을 제공해야 한다. 이에 본 논문에서는 GPS 위성으로부터 임의의 지표상의 사용자까지의 의사거리를 생성하기 위한 시뮬레이터의 설계과정을 제안하고 GPS 위성의 경우를 적용하여 그 결과를 제시한다.

ABSTRACT

In this paper, we introduce the considerations of pseudo range generation process of GNSS system and propose the design structure and show the simulation results applied to GPS. A Pseudo range generation simulator for GNSS(Global Navigation Satellite System) provides the generation function of GNSS constellations, the acquisition function of satellites position, the generation function of true range between satellites and user receiver, the generation functions for individual error features generated through the signal is travelled, and the calculation function of pseudo range. In addition, the simulator is designed to provide the output files of RINEX format.

키워드

GPS, RINEX, 위성 궤도, 시뮬레이터, GNSS

1. 서 론

최근 급속한 과학 기술의 발전으로 위성 측위 시스템인 광역위성항법시스템(GNSS-Global Navigation Satellite System)이 개발되었다.

GPS로 대표되는 광역위성항법시스템 (GNSS : Global Navigation Satellite System)의 우월성은 다른 측위시스템에 비해 사용자에게 언제, 어느 곳에서나 저렴한 가격으로 비교적 정확한 3차원 위치정보를 제공할 수 있을 만큼 뛰어나다.

위치정보 산업은 과거 군사적인 목적뿐만 아니라 민간 목적으로 폭 넓게 사용되고 있다.

이는 차량 및 항공 항법, 토목 공사, GIS의 자료원, 텔레매틱스, 위치기반서비스 등에서 단순한

측위 시스템의 기능이 아닌 사회 기반 시설의 역할을 담당 하고 있다[3][4]. 이러한 위성항법 시스템의 구축을 위해 필요한 기능을 시험, 검증하는 것이 효율적이며, 실제로도 GPS의 신호를 받아 테스트용으로 시험을 하는 GSTB(Galileo System Test Bed)가 있으며, 하드웨어를 기반으로 설계 및 구현을 검증하는 시스템을 시뮬레이션으로 구현하여 설계의 개념 검증을 하는 것이 경제적이다[2].

본 논문에서 제시하는 위성과 수신기와의 의사 거리를 모사하기 위해 실제거리에 더해지는 오차는 위성에 의한 오차, 전달 매체에 의한 오차, 수신기에 의한 오차 이렇게 크게 3가지로 분류된다.

위성에 의한 오차는 위성궤도 오차와 위성시계 오차가 있으며 위성 시계 오차는 deterministic 오차, stochastic 오차 그리고 백색잡음 오차로 구성된다.

전달매체에 의한 오차는 전리층 지연오차 대류권 지연 오차 다중 경로로 구성되어 있으며 전리층이란 지구표면 상공 약 50km ~1000km에 존재 하며 대기의 이온화된 영역을 말하며 전파가 전리층을 통과할 때 지구의 자기장 및 전자에 의해서 소규모 불규칙 변화뿐만 아니라 대규모 변화가 발생한다[1].

대류권에서의 지연오차는 중성 대기는 신호전파 속도를 지연시키거나 굴곡시켜 위성신호의 전파에 영향을 주는 것을 말하며 Dry 및 Wet 성분을 고려하는 식과 수증기를 포함하는 중성대기의 굴절률을 구하는 식으로 나누어진다.

다중경로 오차는 위성신호가 최단경로가 아닌 기타 경로를 통해 수신기에 도달하여 발생하는 오차를 말하며 다중경로를 발생시키는 주요 원인은 수신기 주변의 높은 건물이나 지면 등의 반사체이다.

수신기의 오차 성분에는 수신기 시계오차와 수신기 측정잡음으로 구성되며 수신기 시계 오차는 일반적으로 수정 발진기를 사용하는 수신기에서 수정 발진기의 잡음의 종류와 범위에 따라 여러 가지 여러 모델로 나누어진다.

II. 위성항법 시스템

위성항법 의사거리 시뮬레이터는 위성신호가 위성으로부터 지구상의 사용자까지 전파거리에 신호가 전달되면서 발생할 수 있는 잡음의 적용과정으로 시뮬레이터의 소프트웨어적 구조는 순차적이며 직렬적이다. 우선 위성항법 시스템의 각종 오차 요인들을 소개한다.

2.1 위성에 의한 오차

(1) 위성 궤도 오차

위성 궤도 오차는 시간 t에서의 실제 위성 위치와 항법 데이터의 위성 위치로부터 예측한 시간 t에서의 위성 위치 사이의 차이를 말한다.

(2) 위성 시계 오차

GNSS를 이용한 시스템이 TOA(Time of Arrival)를 이용하여 위성과 수신기 사이의 거리를 구하고, 측정된 거리를 이용하여 측위하는 것을 고려하면 위성의 원자시계는 GNSS에서 가장 중요한 구성 요소이며, 시각의 생성과 관리는 중요한 기술 중의 하나이다. 정확한 위성궤도 결정과 위성 시각의 결정은 모두 정확한 시계를 기반으로 이루어지므로 우주에서 동작하는 위성용 원자시계는 월등한 안정성과 정확성을 요구한다.

2.2 전달 매체에 의한 오차

(1) 전리층 지연 오차

전리층은 시간과 장소에 따라 전자 밀도가 변하며 통신 및 항법 시스템에 미치는 전리층의 중요 변수는 이온화 분포 값인데 이것은 송신기에서 수신기까지의 경로에 따른 총전자 함유량(TEC)이다. 전파의 굴절, 분산, 군지연과 같은 영향은 TEC에 비례하여 발생한다. 즉, 굴절은 전파가 전리층을 경사지게 통과할 때 전자밀도의 변화에 의해 일어나며, 이는 전파원의 양각을 증가시켜 결과적으로 위치에 따른 오차를 초래한다.

전리층 지연오차는 클로부처(Klobuchar) 모델을 이용하여 생성하였다.

(2) 대류권 지연 오차

대류권에서 중성대기는 신호 전파 속도를 지연시키거나 굴곡시켜 위성신호의 전파에 영향을 준다. 대류층 지연오차는 홉필드(Hopfield) 오차 모델을 이용하여 생성하였다.

(3) 다중경로 오차

다중경로 오차는 위성신호가 최단경로가 아닌 기타 경로를 통해 수신기에 도달하여 발생하는 오차를 말한다. 다중 경로 신호를 발생시키는 주요 원인은 수신기 주변의 높은 건물이나 지면 등의 반사체이므로 다중경로 신호는 신호가 반사되는 반사체의 표면에 의해 많은 영향을 받는다.

2.3 수신기에 의한 오차

(1) 수신기 시계 오차

수신기는 일반적으로 수정 발진기를 사용한다. 수정 발진기의 잡음의 종류에 따라 White-noise on phase 잡음, Flicker-noise on phase 잡음, Flicker-noise on frequency 잡음, Random-walk on frequency 잡음으로 구성되는 것을 알 수 있다.

(2) 수신기 구조에 따른 측정잡음

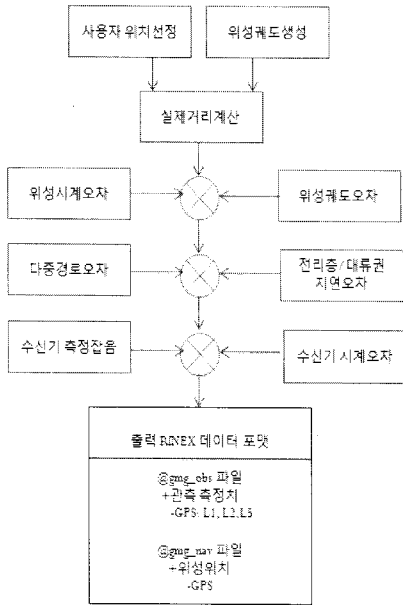
수신기 구조에 따른 코드와 반송파 측정치는 수신기 내부의 랜덤한 측정잡음에 의해 영향을 받는다.

III. 의사거리 생성 시뮬레이터 설계

3.1 시뮬레이션의 기본 구조

본 연구에서 소개하는 의사거리 생성 시뮬레이터는 [그림 1]과 같이 크게 위성 궤도 생성 블록, 사용자 위치 선정 블록, 오차 인가 블록, 출력 블록으로 구성된다. 위성은 GPS 위성을 고려하며, 궤도 생성은 초기 위성 궤도 관련 파라미터를 인가한 후

Kepler 법칙을 사용하여 위성 위치를 생성하는 구조이다. 사용자는 한 지점에서의 측정치를 생성할 때에 사용자가 정적인 상태를 적용한다. 오차는 위성 오차 성분으로 위성 궤도 오차와 위성 시계 오차를 고려하였으며, 전달 매체 오차 성분으로 전리층에 의한 지연 오차, 대류권에 의한 지연 오차, 도심과 외곽 형태로 다중경로 오차를 고려하였고, 수신기 오차 성분으로 수신기 시계 오차와 수신기 측정잡음을 고려하였다. 출력은 RINEX 데이터 포맷을 기반으로 하며, 관측 측정치를 출력하는 GMG obs 파일과 위성 위치를 출력하는 GMG nav 파일을 출력한다.

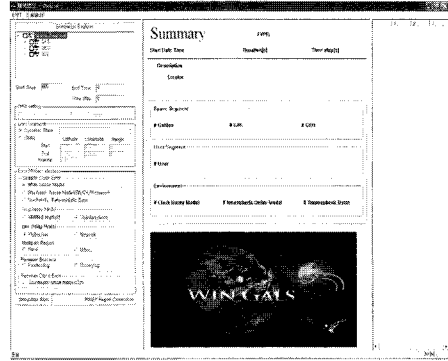


[그림 1] 위성항법 의사거리 생성 시뮬레이터 설계 구조

3.2 사용자 인터페이스

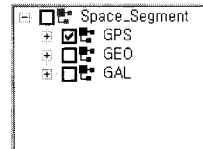
[그림 2]는 3.1의 설계에 따른 사용자 인터페이스이다.

본 논문에서 소개하는 시뮬레이터는 위성항법 시스템인 GPS, GNSS, GEO 등을 고려하여 설계하였으며 본 논문에서는 [그림 3]과 같이 GPS의 적용사례를 제시한다.



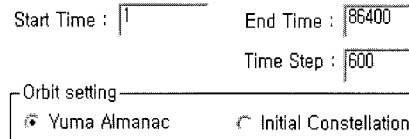
[그림 2] 시뮬레이터 화면

[그림 4]는 시뮬레이션을 위한 선택사항으로 현재 버전에서는 하루를 초단위로 86400초에 대해 600초 단위로 의사거리를 생성하도록 했다.



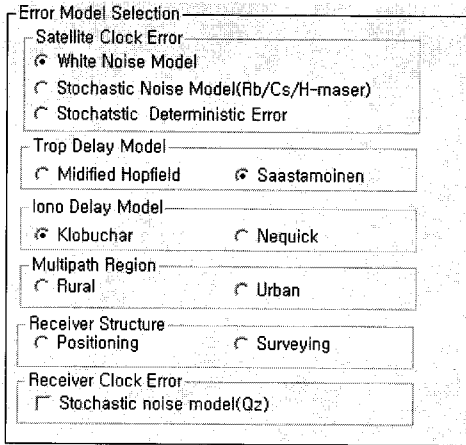
[그림 3] 위성 선택기능

Time Step, End Time, start Time 의 값이 이에 해당하며 GPS의 경우 [그림 4]와 같이 Orbit Setting 그룹이 활성화 되며, Almanac 데이터의 사용유무를 사용자가 선택할 수 있다.



[그림 4] Time&Orbit 설정

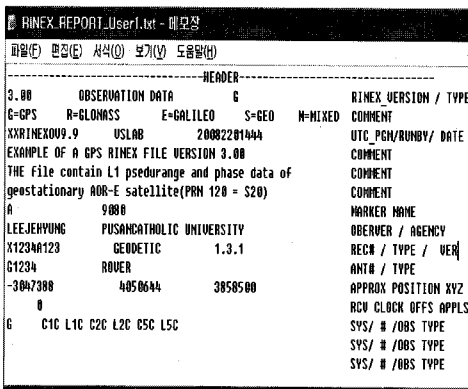
[그림 5]에 나와 있는 Error Model selection 그룹 안에서는 위성의 시계 오차(Satellite Clock Error), 대류층 지연(Tropo Delay Model), 이온층 지연(Iono Delay Model), 멀티패스 지연(Multipath Region), 수신기 오차(Receiver Structure)와 수신기 시계 오차(Receiver Clock Error) 항목에 대해 적용할 모델을 각각 선택한다.



[그림 5] 에러 모델 설정 화면

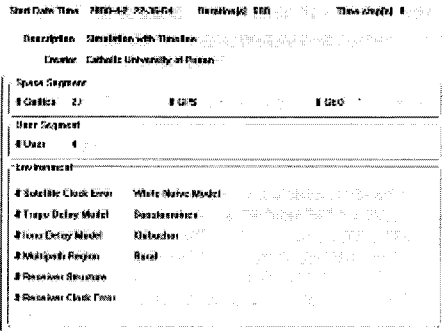
현 설계 단계에서는 시계오차와 대류층 오차와 선택가능하며 이온층 모델은 클로부처 모델과 대류층 모델로 홉필드 모델을 우선 개발하여 적용하였다 그리고 수신기 오차는 구현되지 않았다.

Simulation이 완료 되면 의사거리 생성 시뮬레이터 틀이 설치된 폴더 내의 output folder 폴더에 시뮬레이션 결과들이 [그림 6]과 같이 RINEX 포맷의 텍스트 파일 형태로 출력된다. 그리고 사용자 인터페이스 화면에는 시뮬레이션의 결과를 요약형태로 제공한다.



[그림 6] RINEX_REPORT_User1 출력화면

Summary



[그림 7] 의사거리 생성 시뮬레이터 결과화면

IV 결론

본 논문에서는 위성항법을 위한 의사거리 생성 시뮬레이터를 향후 다른 위성시스템을 적용할 수 있도록 확장성을 고려하여 설계하였고, 실제 신호와 비슷한 특성을 갖도록 채널별로 측정치 (GPS L1/L2/L5) 및 오차 특성 (위성 오차, 전달매체 오차, 수신기 오차)을 모델링하였으며, 사용자가 변수를 직접 설정할 수 있도록 설계하였다. 본 논문은 실제 신호와 유사한 다채널 측정치를 생성하여 알고리즘 검증용, 시스템 확장 및 설계 개념 검증용으로 활용할 수 있으며, 향후 다양한 오차 요인들의 적용과 위성의 적용을 진행할 것이다.

참고문헌

- [1] 박성경, 이한섭, 강창연, "단일 주파수 GPS 시스템에서의 전리층 전차 지연 연구," 전자공학회, 제 31권 제 9호, 1994, 1095-1103.
- [2] 충남대학교, GNSS 위성시계 오차 모델링 기법 연구 결과보고서, 표준과학연구원, 2007년 7월.
- [3] Pratap Misra, Per Enge, Global Positioning System : Signals, Measurements, and Performance, Ganga-Jamuna Press, 2006.
- [4] Elliot D. Kaplan, Understanding GPS : Principles and Applications, Artech House, 2006.