

소프트웨어 기반 GNSS 테스트베드 설계 및 구현

황지우, 황용택, 유호영*
충남대학교 공과대학 전자공학과

Design and Implementation of a Software-based GNSS Testbed

Jiwoo Hwang, Yongtaek Hwang, Hoyoung Yoo*
Electronics Engineering Department
Chungnam National University

E-mail : jwhwang.cas@gmail.com, ythwang.cas@gmail.com, *hyyoo@cnu.ac.kr

Abstract

This paper presents the development and validation of a software-based GNSS testbed, specifically designed for generating and receiving GPS L1C/A signals. The testbed's performance was thoroughly assessed through two experiments, employing signals with a 25MHz sampling frequency and a 5.42MHz intermediate frequency. The experimental results demonstrated a 2dRMS horizontal error within 2 meters and a vertical error within 4 meters, thereby confirming the testbed's ability to accurately generate and receive satellite signals. This testbed is expected to be valuable in verifying satellite signal processing algorithms across diverse environments and in developing a variety of applications that utilize GNSS receivers or ASIC(Application-Specific Integrated Circuits) applications.

I. 서론

GNSS 위성 항법 시스템은 우주궤도를 돌고 있는 인공위성에서 방사하는 전파를 이용해 지구 전역에 PNT(Positioning, Navigation, Timing) 정보를 제공하며 미사일 유도, 측량, 항공, 해양, 자동차 등의 다양한 분야에서 중요하게 활용된다. 다양한 위성 항법 신호 송수신 알고리즘 개발과 성능 평가를 위해서는 GNSS 신호 생성 및 수신 환경이 필요하다. 이러한 목적의 자유로

운 시나리오 설정이 가능한 시뮬레이터는 다양한 업체에서 제조 및 판매하고 있다. 하지만, 대부분 전용 하드웨어를 가지고, 제작사에서 제공하는 소프트웨어를 통해 신호를 생성한다. 이로 인해 제품 개발에 많은 시간과 비용이 요구된다. 따라서, 본 논문에서는 상용 제품과 비교하여 비용 효율적인 소프트웨어 기반의 GNSS 신호 생성기와 수신기의 개발 내용 및 구현된 소프트웨어에 대한 성능 분석을 기술한다.

II. 시스템 설계 및 구현

본 논문에서 기술하는 GNSS 테스트베드는 현재 미국의 GPS(Global Positioning System)에서 방송하는 GPS L1C/A 위성 항법 신호를 대상으로 한다. 해당 테스트베드는 그림 1 과 같이 GNSS 신호 생성기, 수신기 그리고 측위 결과를 확인하기 위한 후처리로 구성된다.

GNSS 신호 생성기는 GPS 위성 신호를 효과적으로 모사하기 위해 총 7 개의 핵심 모듈로 구성된다. 해당 구성요소로는 위성 궤도 생성 모듈, GPS 시각 변환 모듈, 의사거리 계산 모듈, 항법 메시지 생성 모듈, PRN 코드 생성 모듈, 반송파 생성 모듈, 잡음과 양자화 과정을 수행하는 IF(Intermediate Frequency) 신호 생성 모듈이 포함된다. 신호 생성을 위해 사용자 설정 파라미터, GNSS 위성의 궤도 및 수신기 위치 정보를 기반으로 위성 가시성, 의사거리, 도플러 주파수, 반송파 및 코드

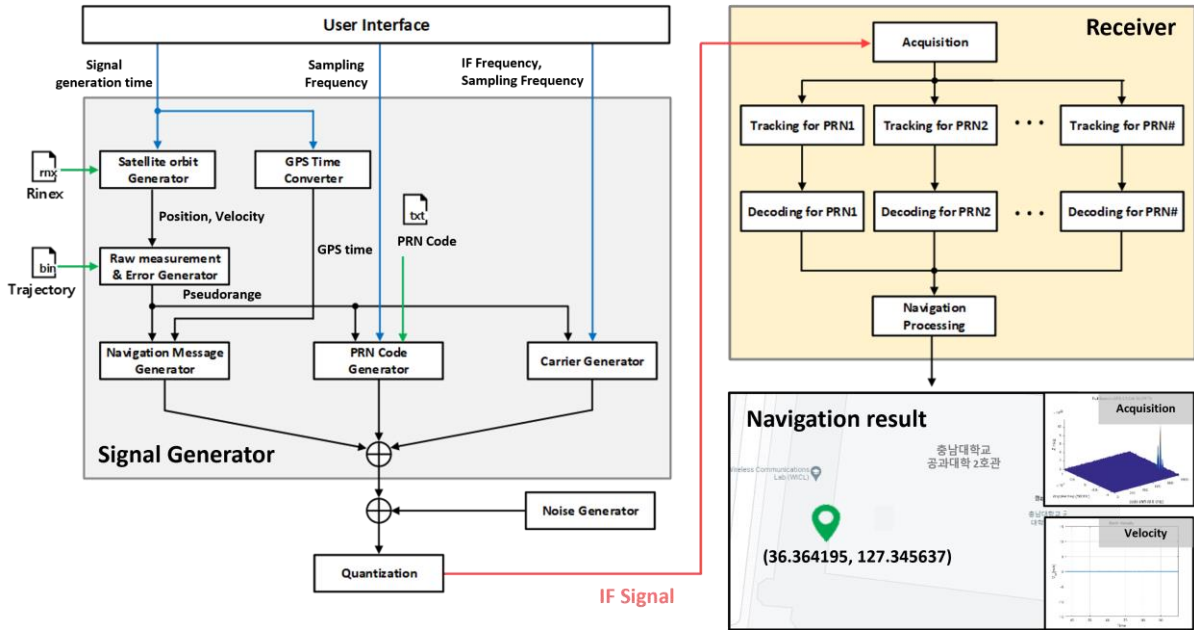


그림 1. 소프트웨어 기반의 GNSS 테스트베드 구조

위상, 메시지 인덱스, 반송파 대 잡음 밀도 등을 계산한다. 최종적으로, 디지털 형태의 IF 신호는 항법 메시지, PRN 코드, 반송파의 혼합을 통해 생성된다 [1].

GNSS 신호 수신기는 신호 생성기에서 생성한 디지털 형태의 IF 신호를 입력받아 사용자에게 측위 정보를 제공하기 위해 총 4 개의 핵심 모듈로 구성된다. 해당 구성요소로는 FFT(Fast Fourier Transform)-IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)를 이용한 신호 획득 모듈, FLL(Frequency Locked Loop), PLL(Phase Locked Loop), DLL(Delay Locked Loop)을 이용한 신호 추적 모듈, 데이터 디코딩 모듈, 항법 처리 모듈이 포함된다 [2]. 이 중에서 신호 추적과 데이터 디코딩 모듈은 가시 위성 별 신호를 안정적으로 추적하기 위해 독립적으로 수행된다. 수신기의 위치 추정은 테일러 전개 기반의 최소 제곱법을 이용한다. 이때, 필요한 매개변수인 의사거리는 신호 추적 모듈의 코드 및 반송파 측정값과 디코딩한 항법 메시지로부터 얻은 위성 궤도력 정보를 이용한다.

처리 과정상에서의 IF 신호와 각 구성 모듈 별 입출력 데이터는 외부 저장 장치에 저장하여 후처리 과정을 통한 GNSS 신호 분석 및 수신기의 오동작 요인 분석 등에 이용할 수 있다.

III. 실험 결과 및 결론

본 논문에서 구현한 GNSS 테스트베드의 성능 분

석을 위하여 샘플링 주파수 25MHz, IF 주파수 5.42MHz, 16 비트 양자화, 충남대학교 공과대학 2 호관 옥상 위치로 생성한 신호를 이용하였다. GNSS 신호 생성기는 생성한 정지 상태의 IF 신호를 USRP(Universal Software Defined Radio)를 이용해 상향 변환 후, ublox 사의 상용 수신기를 활용한 RF(Radio Frequency) 신호 환경에서의 성능을 분석하였다. GNSS 신호 수신기는 그림 1 과 같이 GNSS 신호 생성기에서 생성한 IF 신호를 직접 입력하여 성능을 분석하였다. 성능 분석 결과 각각 수평 오차(2dRMS) 1.148m, 1.866m, 수직 오차(2dRMS) 1.836m, 3.680m 정도의 측위 정밀도를 확인하였다. 해당 실험 결과를 통해 설계한 GNSS 테스트베드가 위성 신호의 정상적인 생성 및 수신이 가능함을 확인하였다. 향후 다양한 환경에서의 위성 항법 신호 송수신 알고리즘 검증 및 수신기 또는 수신칩을 이용한 다양한 응용 제품군의 개발에 활용 가능할 것이라 기대한다.

참고문헌

[1] Interface specification IS-GPS-200N: Navstar GPS Space Segment/Navigation User Segment Interfaces, Global Positioning System Directorate, 2022..

[2] Kaplan, Elliott D., and Christopher Hegarty, eds. Understanding GPS/GNSS: principles and applications. Artech house, 2017, pp. 254-259.