

USRP와 LabVIEW를 이용한 GPS L1C/A 신호 저장 시스템

황용택, 황지우, 김민수, 유호영*

충남대학교 전자공학과

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

A GPS L1C/A Signal Recording System using USRP and LabVIEW

Yongtaek Hwang, Jiwoo Hwang, Minsu Kim, and Hoyoung Yoo*

Department of Electronics Engineering

Chungnam National University

Abstract

To enhance the performance of a GPS (Global Positioning System) receiver, it is important to develop a system that can store GPS signals. In this paper, we have created a system using USRP (Universal Software Radio Peripheral) and LabVIEW to store GPS L1C/A signals. The hardware components, including the antenna, line amplifier, and USRP, were used and LabVIEW was employed for USRP control. To validate the system, the recorded signals were processed using SDR(Software-Defined Radio) and compared with the results obtained from a commercial receiver. We confirmed that the stored signals matched the actual signals in terms of PRN(Pseudo-Random Noise) numbers and exhibited similar power levels.

I. 서론

최근 많은 장비에 GPS 수신기가 탑재되면서 다양한

환경에서 수신기의 성능을 향상하기 위한 연구가 진행되고 있다. 이러한 연구를 진행할 때는 주어진 환경에서 수신되는 신호를 저장하는 것이 중요하다. 신호를 저장하면 필요할 때마다 신호를 재생하여 연구에 사용할 수 있기 때문이다. 따라서, 수신하는 신호를 저장할 수 있는 시스템을 구축하는 것은 수신기 연구에서 필수적인 부분이다[1].

본 논문에서는 USRP와 LabVIEW를 이용하여 GPS 신호 저장 시스템을 구성하고 민간용으로 가장 많이 사용하고 있는 GPS L1C/A 신호를 저장한다. 또한 저장한 신호를 SDR을 이용해서 처리한 후, 실제 상용 수신기의 가시 위성 번호와 신호의 전력을 비교하여 신호가 정상적으로 수신되었는지 확인한다.

II. GPS 신호 저장 시스템의 구조

구성한 GPS 신호 저장 시스템의 구조는 그림 1과 같다. 신호를 수신하는 안테나는 NovAtel 사의 GPS-703-GGG를 사용한다. GPS-703-GGG의 3dB 통과 대역은 L1 대역에서 1580.0 ± 28.5 MHz이기 때문에 중심 주파수가 1575.42MHz이고 대역폭이 2.046MHz인 L1C/A 신호를 수신하기에 적합하다[2].

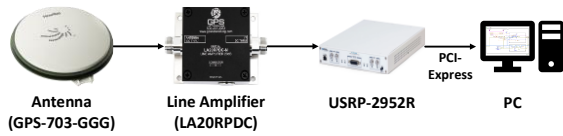


그림 1. GPS 신호 저장 시스템

GPS-703-GGG는 능동 안테나로써 신호를 수신할 뿐만 아니라 증폭기의 역할도 수행하기 때문에 추가적인 전원 연결이 필수적이다. 하지만 USRP에서는 능동 안테나를 지원하지 않기 때문에 바로 전원을 공급해 줄 수 없다[3]. 따라서 안테나에 전원으로 공급하고, 추가로 최대 20dB의 신호 증폭도 제공하는 GPS Networking 사의 LA20RPDC 증폭기를 추가로 사용한다.

USRP는 수신받은 신호를 사용자가 지정한 중간 주파수로 변환하고 ADC를 거쳐서 디지털 신호로 변환한다. 본 논문에서 사용한 USRP-2952R은 400MHz에서 4.4GHz까지의 중심 주파수를 가진 신호를 수신할 수 있고, 대역폭도 40MHz 또는 120MHz이기 때문에 L1C/A 신호를 수신하기에 적합하다[4].

디지털 신호로 변환된 데이터를 PC에 저장하기 위해 USRP와 PC를 PCI-Express를 이용하여 연결한다. PCI-Express는 최대 800MB/s의 데이터 전송을 지원하기 때문에 높은 sampling frequency에도 데이터를 PC에 안정적으로 전송할 수 있다.

III. LabVIEW를 이용한 신호 저장 프로그램

USRP를 이용하기 위해서는 동작을 명령할 프로그램이 필요하다. 다른 프로그래밍 툴과 다르게, LabVIEW를 사용하면 USRP에 안정적이고, 쉽게 재구성할 수 있으며 빠른 프로토타이핑이 가능하다는 장점이 있다[5]. 따라서 본 논문에서는 LabVIEW를 이용하여 프로그램을 작성하였다.

그림 2는 LabVIEW 2022를 이용하여 작성한 GPS L1C/A 신호 저장 프로그램이고 그림 3은 프로그램의 순서도이다. 프로그램은 크게 USRP 설정부, 신호 수신부, 신호 저장부로 나눌 수 있다. USRP 설정부에서는 원하는 신호를 수신하기 위해 필요한 USRP의 설정값을 입력할 수 있다. 중요한 설정값으로는 IQ rate, carrier frequency, gain이 있다. IQ rate은 1초당 sample의 개수를 나타내고, Carrier frequency는 중간 주파수를 결정한다. 마지막으로 gain은 수신단에서 입력되는 신호를 얼마만큼 증폭할지를 나타낸다. IQ rate과 carrier frequency는 중요한 관계가 있다. Nyquist-Shannon sampling theorem에 따르면 정해

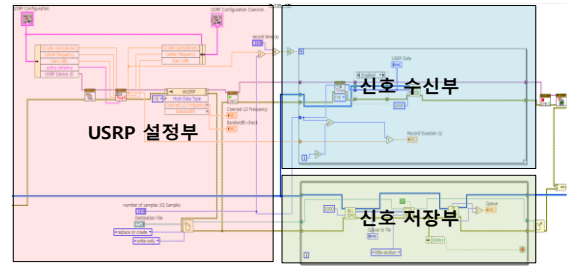


그림 2. GPS L1C/A 신호 저장 프로그램

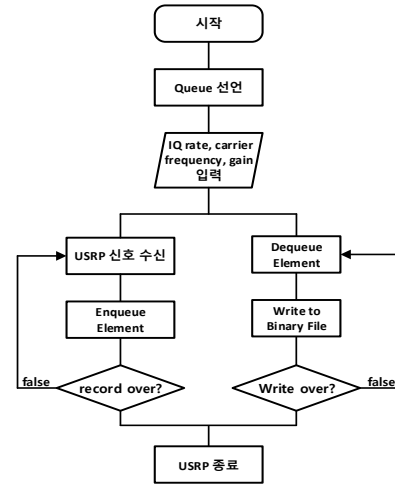


그림 3. GPS L1C/A 신호 저장 프로그램 순서도

진 대역폭의 신호를 왜곡 없이 복원하기 위해서는 sampling frequency가 가장 빠른 주파수 성분의 최소 2배는 되어야 한다[6]. 만약 중간 주파수가 4MHz라면, GPS L1C/A 신호의 대역폭은 약 2MHz이므로 sampling frequency가 5MHz의 2배인 10MHz보다 클 때 왜곡 없이 신호를 복원한다.

신호 수신부는 USRP 설정부에서 입력한 설정값을 바탕으로 USRP가 신호를 수신하는 부분이다. 신호 저장 시스템에서는 이후 SDR의 처리를 위해 16비트 정수형으로 출력하게 설정하였다. 이때 출력의 형태는 in-phase와 quadrature phase 신호가 각각 반복되는 형태이다.

출력된 데이터는 큐에 저장된다. 데이터를 생성하는 부분과 저장하는 부분의 속도가 다르다면 정상적으로 데이터가 저장되지 않을 수 있다. 따라서 USRP에서 출력된 데이터는 큐에 먼저 저장이 되고, 이후 PC는 큐에 있는 데이터를 가져와서 저장한다. 이렇게 하면 데이터 생산 속도와 저장 속도가 달라도 안정적으로 프로그램을 동작시킬 수 있다.

큐를 통해서 PC로 이동한 데이터는 신호 저장부의 동작에 따라 PC에 저장된다. PC는 미리 설정해 둔 파일 이름으로 데이터를 저장한다. 이렇게 저장된 데이터 파일은 설정한 중간 주파수를 가지고 있는 이진 파일의 형태이다.

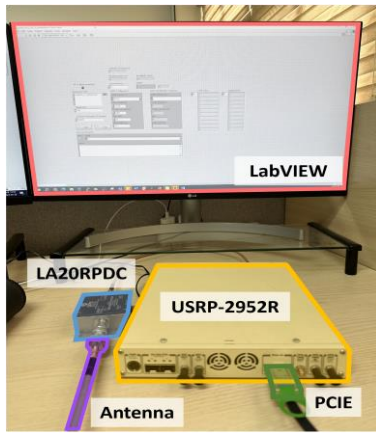


그림 4. GPS L1C/A 수신 환경

III. 실험 환경 및 실험 결과

구현한 GPS 신호 저장 시스템을 검증하기 위해 실제 GPS L1C/A 신호를 수신하고 저장하였다. 그림 4는 신호를 수신하기 위한 실험 환경이다. 신호는 2023년 5월 21일에 총 70초를 수신하였고 중심 주파수는 2MHz, IQ rate은 20MHz, gain은 25dB로 설정하였다. 이후 수신한 신호를 오픈소스 SDR인 'GNSS-SDR'을 이용해 처리했다[7]. 비교를 위해 상용 수신기인 u-blox 사의 EVK-M8T로 동시간에 신호를 수신하여 가시 위성 번호와 수신 전력 크기를 SDR의 결과와 비교하였다. 실험 결과, 그림 5에 나타난 것처럼 가시 위성 번호를 나타내는 PRN 번호는 일치하고 수신 전력 크기는 서로 비슷한 것을 확인하였다. 따라서 신호 저장 시스템을 이용하여 저장한 신호가 실제 신호를 성공적으로 저장했다고 판단한다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 USRP와 LabVIEW를 이용하여 GPS L1C/A 신호를 수신하는 시스템을 설계하였다. 이를 검증하기 위해 시스템을 이용해서 수신한 신호를 SDR로 처리한 결과와 상용 수신기를 이용하여 처리한 결과를 비교하였다. 실험 결과 설계한 시스템이 신호를 큰 왜곡 없이 수신하고 저장한 것으로 판단하였다. 설계한 시스템을 이용하여 앞으로 다양한 환경에서 수신기 성능을 향상하는 연구에 사용할 수 있을 것이다.

Acknowledgments

This work was supported by Institute of Information & communications Technology

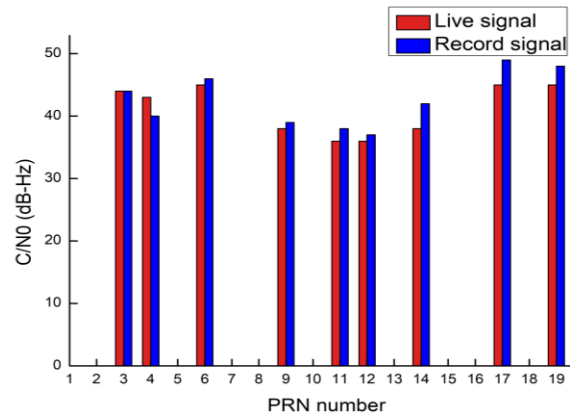


그림 5. 저장한 신호와 실시간 신호의 C/N0 비교

Planning & Evaluation (IITP) grant funded by the Korea government(MSIT) (2022-0-01170, PIM 반도체 설계연구센터), and National R&D Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by Ministry of Science and ICT(2020M3H2A1078119).

참고문헌

- [1] I. Ilie, R. Hini, J. S Cardinal, P. Blood and P. France, "Record and Playback System for GNSS: Real Performances for Real Applications," in *InsideGNSS White Paper*.
- [2] <https://novatel.com/>
- [3] K. W. Park, M. J. Lee and C. Park, "Design of a GNSS RF Record and Playback System," *2017 IPNT Conference*, Jeju, Korea, 2017.
- [4] <https://www.ni.com/ko-kr.html>
- [5] J. Židek, P. Bilík and T. Wittassek, "Application of graphical programming and benefit of virtual instrumentation in teaching of state-of-the-art instrumentation," *Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems*, Prague, Czech Republic, 2011, pp. 688-691.
- [6] K. W. Park, Y. S. Choi, M. J. Lee, S. J. Lee, and C. Park, "Implementation and performance analysis of Multi-GNSS signal collection system using single USRP," *Journal of Positioning Navigation, and Timing*, vol. 5, no. 1, pp. 11-20, 2016.
- [7] <https://gnss-sdr.org/>