

GNSS 간 확산코드 하드웨어 복잡도 비교

구교덕, 송재오, 황지우, 황용택, 유호영*
충남대학교 전자공학과

Comparison of Hardware Complexity for Spreading Codes Across GNSS

Kyoduk Ku, Jaeo Song, Jiwoo Hwang, Yongtaek Hwang and Hoyoung Yoo*

Department of Electronics Engineering

Chungnam National University

E-mail: gdku.cas@gmail.com, josong.cas@gmail.com, jwhwang.cas@gmail.com

ythwang.cas@gmail.com, *hyyoo@cnu.ac.kr

Abstract

GNSS(Global Navigation Satellite Systems) such as GPS, BDS, and GLONASS use unique spreading codes to maintain signal integrity and provide precise positioning. This paper presents the PRN(Pseudo-Random Noise) codes used as spreading codes in GNSS, compares their cross-correlation power values, and evaluates hardware resource consumption. Through this analysis, it offers valuable insights for efficient receiver design and signal correlation optimization in multi-GNSS environments.

I. 서론

GNSS는 교통, 통신, 국방 등 다양한 분야에서 정밀한 위치 측정과 시간 동기화를 지원하는 중요한 역할을 한다. 각 시스템의 고유한 확산 코드는 신호의 고유성과 간섭 저항성을 보장하지만, 하드웨어 구현 시 자원 소모와 복잡도에서 차이가 발생한다. 본 논문에서는 주요 GNSS의 확산코드를 FPGA 플랫폼에 구현하여 하드웨어 복잡도를 비교하고, 이를 기반으로 GNSS 수신기의 설계 최적화에 대한 기초 데이터를 제공하고자 한다.

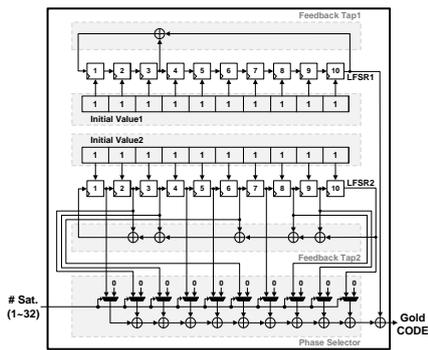
This research was supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT) through the National R&D Program funded by the NRF(National Research Foundation of Korea) (2020M3H2A1078119), the University ICT Research Center Program supported by the Institute for Information & Communications Technology Planning & Evaluation (IITP-2024-RS-2024-00436406, 50%) and The EDA tool was supported by the IC Design Education Center(IDEC), Korea

II. 확산코드 생성기 구조

본 논문에서 비교 대상으로 삼은 GNSS 종류는 GPS L1 C/A, BDS B1I, GLONASS L1OC이며, 각각의 ICD를 참고하여 블록도 및 확산코드를 생성하기 위한 다항식을 작성하였고, 그림 1에 나타내었다. 확산코드는 협대역 신호를 광대역 신호로 변환하기 위해 사용되는 이진 코드이며, 규칙적으로 생성되면서도 불규칙적으로 보이는 신호로, PRN 코드라고도 불린다. 위성이 송신한 신호는 PRN 코드와 곱해져 광대역으로 확산(Spreading)되며, 수신기에서는 특정 위성의 PRN 코드를 사용하여 신호를 역확산(Despreading)한다. 각 위성은 고유한 PRN 코드를 사용하기 때문에, 수신기에서 특정 위성의 신호를 효과적으로 식별할 수 있다. 또한, 세 종류의 GNSS 모두 Gold Code 방식을 사용한다[1-2].

III. 실험 결과

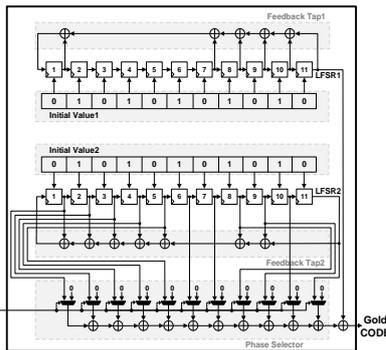
GNSS 확산코드 생성기의 성능을 검증하기 위해 Xilinx사의 Kintex UltraScale KCU105 (KU040) 평가 보드를 사용하였으며, 하드웨어 설계 및 구현에는 Vivado 2021.2 버전의 EDA(Electronic Design Automation) Tool을 활용하였다. 그림 2에 GNSS 확산코드 생성기의 성능 분석 결과를 나타내었고, 그 과정으로는 각 GNSS에서 사용되는 PRN 코드에 대해 상호상관 전력 값을 비교하



$$G1=1+X^3+X^{10}$$

$$G2=1+X^2+X^3+X^6+X^8+X^9+X^{10}$$

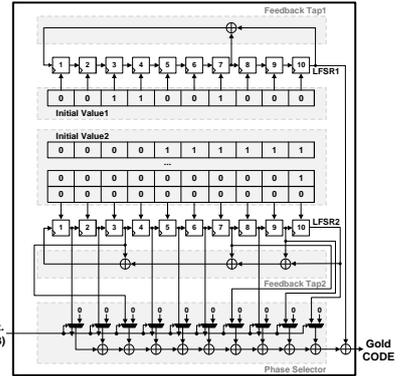
(a) GPS L1 C/A



$$G1=1+X+X^7+X^8+X^9+X^{10}+X^{11}$$

$$G2=1+X+X^2+X^3+X^4+X^5+X^8+X^9+X^{11}$$

(b) BDS B1I

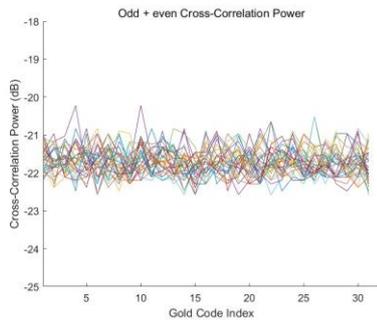


$$G1=1+X^7+X^{10}$$

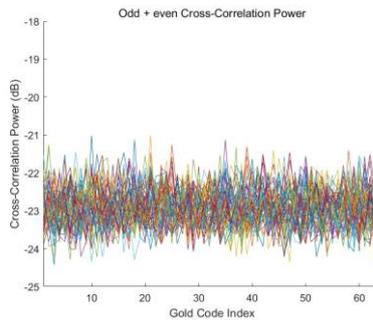
$$G2=1+X^3+X^7+X^9+X^{10}$$

(c) GLONASS L1OCd

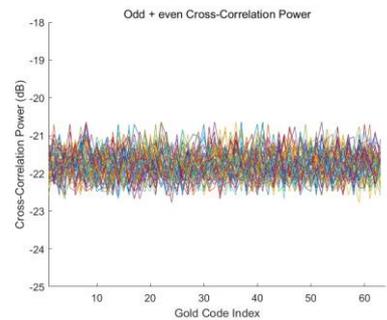
그림 1. GNSS 확산코드 블록도



(a) GPS L1 C/A



(b) BDS B1I



(c) GLONASS L1OCd

그림 2. 상호상관 전력

표 1. 하드웨어 복잡도 비교

시스템	LUT	FF	IO	BUFG
GPS (L1 C/A)	18	20	12	1
BDS (B1I)	29	22	13	1
GLONASS (L1OCd)	3	20	6	1

였다. 분석결과, 상호상관 전력 값이 약 $-24\text{ dB} \sim -20\text{ dB}$ 에서 형성되고 있음을 확인할 수 있다. 분석에 사용된 위성의 개수는 GPS L1 C/A의 경우 32개, BDS B1I와 GLONASS L1OCd는 각각 64개의 위성으로 설정하였다. 이 분석을 통해 각 시스템의 PRN 코드 상관 특성이 신호를 효과적으로 분리하고 처리할 수 있도록 설계되었음을 입증하였다. GNSS 확산코드 생성기의 하드웨어 복잡도는 표 1에 나타내었다. 하드웨어 복잡도 비교 결과, BDS의 다항식 구조가 가장 복잡하고 추가적인 연산이 필요하여 자원 사용량이 세 시스템 중에 가장 높았고, GLONASS의 다항식 구조가 상대적으로 단순하여 자원 사용량이 가장 적은 것으로 분석되었다.

IV. 결론

본 논문에서는 GNSS의 다양한 확산코드를 FPGA에 구현하여 하드웨어 복잡도를 비교하였다. 하드웨어 복잡도는 그림 1에 나타난 다항식의 항 개수에 크게 영향을 받았으며, BDS B1I의 하드웨어 복잡도가 가장 높았고, GLONASS L1OCd가 가장 낮은 하드웨어 복잡도를 보였다. 본 연구는 GNSS 수신기 설계 최적화를 위한 기초 데이터를 제공하며, 시스템 요구에 따라 효율적인 하드웨어 설계를 도출하는 데 기여할 수 있다.

참고문헌

- [1] 김승태, 김갑진, 송기원, 안재민 “제한된 최대 상관 전력 값을 갖는 길이 제약된 골드코드 집합의 선택 기법에 대한 연구”, The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, vol. 44, no.04, pp. 629-636, Apr. 2019, doi:10.7840/kics.2019.44.4.629.
- [2] 김민수, 박지윤, 조광희, 유효영 “Area-Efficient Universal Code Generator for Multi-GNSS Receivers”, Electronics, vol. 10, no. 20, p. 2485, Oct. 2021, doi:10.3390/electronics10202485.