

GPS 신호를 위한 저면적 범용 코드 생성기 구현

김민수, 박지운, *유호영
충남대학교 전자공학과

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

Implementation of Area-Efficient Universal Code Generator for GPS Signals

Minsu Kim, Jiwoon Park and *Hoyoung Yoo
Department of Electronics Engineering
Chungnam National University

Abstract

GPS is one of representative satellite navigation systems used to provide a user location and time information. Recently, GPS receiver have employed multiple GPS signals to improve accuracy. However, the complexity of the GPS receiver increases as one receiver supports more number of GPS signals. In this paper, we propose the universal code generator required for the development of the multi-signal receiver that is efficient in area by applying hardwiring.

I. 서론

사용자의 위치, 시간 정보를 제공하는 대표적인 위성 항법 시스템인 GPS(Global Positioning System)는 정확도와 사용성 향상을 목표로 발전하여 항법과 제어 분야 외에 다양한 응용 분야에서 활용되고 있다[1].

GPS의 신호들 중에서 민간용으로 사용 가능한 신호는 세 가지 주파수 대역에 따라 구분되는데, L1

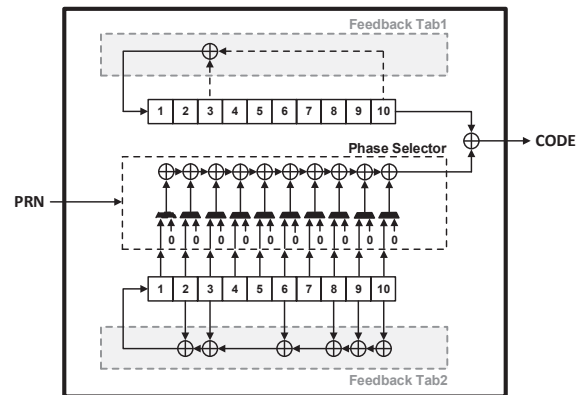


그림 1. GPS L1C/A 신호용 코드 생성기

대역(1575.42MHz)의 L1C/A 신호와 L1C 신호, L2 대역(1227.6MHz)의 L2C, L5 대역(1176.MHz)의 L5 신호가 있다[2].

위성마다 고유한 정보를 송출하는 신호들을 구별하기 위해서 각 신호들은 위성 별 고유 코드인 PRN(Pseudo Random Noise) 코드를 사용한다. L1C 신호를 제외한 모든 코드는 LFSR(Linear Feedback Shift Register)를 통해 생성되고 L1C 신호의 PRN 코드는 르장드르 시퀀스를 이용해 생성한다. LFSR 기반 코드들은 신호마다 서로 다른 피드백 다항식으로 생성하고, 위성마다 서로 다른 LFSR 초기값을

찾는다. 이러한 특성은 최근 활발히 연구되고 있는 다중 신호용 수신기 개발을 복잡하게 하고 유연성을 저하시킨다. 높은 정확도 등의 성능을 보이는 다중 신호용 수신기의 최적화된 구현을 위해 범용 코드 생성기에 대한 연구는 필수적이다[3].

본 논문은 LFSR 기반의 코드를 이용하는 GPS 신호들의 모든 코드를 생성하는 범용 코드 생성기에 하드 와이어링을 적용하여 면적 효율적인 하드웨어 구조를 제안하고자 한다.

II. 배경

2.1 GPS L1C/A 신호용 코드 생성기

GPS L1C/A 신호를 위한 PRN 코드는 그림 1의 코드 생성기 구조를 이용하여 1023칩 길이를 칩 전송률 1.023Mcps로 생성한다[4]. 그림 1에 표현한 것과 같이, GPS L1C/A용 코드 생성기는 2개의 10비트 시프트 레지스터와 위상 선택기로 구성된다. 첫번째 시프트 레지스터의 피드백 다항식은 $f(x)=1+x^3+x^{10}$ 이고 두번째 피드백 다항식은 $f(x)=1+x^2+x^3+x^6+x^8+x^9+x^{10}$ 이다. 각각의 다항식은 피드백 탭(Feedback Tab1,2)으로 구현된다. 두 시프트 레지스터의 초기 값은 모두 '1' 값을 갖는다. 다른 신호들의 코드 생성기와 다르게 서로 다른 초기값 대신 위상 선택기(Phase Selector)를 이용하여 위성 별 PRN 코드를 생성한다[4].

2.2 GPS L2C 신호용 코드 생성기

GPS L2C 신호의 PRN 코드는 L2CM 코드와 L2CL 코드로 구분된다[5]. L2C 신호의 두 코드는 칩 전송률이 511.5Kbps로 동일하지만 L2CM 코드의 주기는 20ms이고 L2CL 코드의 주기는 1.5s이다. L2CM 코드의 길이는 10,230칩, L2CL 코드의 길이는 767,250 칩이다. 두 코드 모두 그림 2의 코드 생성기 구조를 이용하여 생성한다. 그림 2의 L2C용 코드 생성기는 27 비트 시프트 레지스터로 구성되고, 27비트 시프트 레지스터의 피드백 다항식은 $f(x)=1+x^3+x^4+x^5+x^6+x^9+x^{11}+x^{13}+x^{16}+x^{19}+x^{21}+x^{24}+x^{27}$ 이다. 초기값은 위성 번호와 코드에 따라 고정 값이 정해져 있다[5]. 초기값이 적용된 시프트 레지스터의 27번째 셀의 출력이 GPS L2C 신호의 PRN 코드가 된다.

2.3 GPS L5 신호용 코드 생성기

GPS L5 신호의 PRN 코드는 동 위상(I5) 코드와 직교 위상(Q5) 코드로 구성되며, 두 코드 모두 칩 전송률은 10.23Mbps와 10,230 칩의 코드 길이를

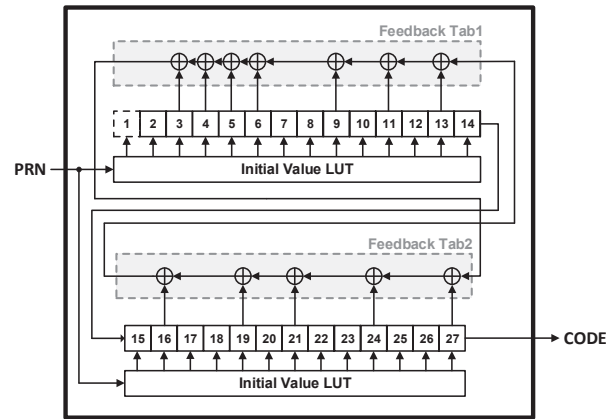


그림 2. GPS L2C 신호용 코드 생성기

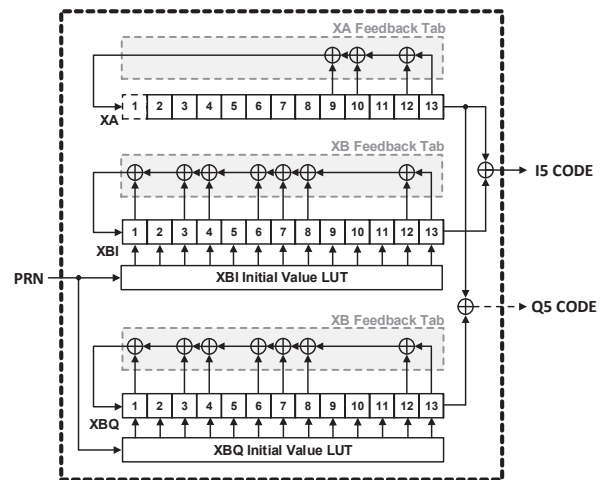


그림 3. GPS L5 신호용 코드 생성기

찾는다[6]. 두 코드를 생성하는 GPS L5 신호용 코드 생성기의 구조는 그림 3과 같다. I5 코드와 Q5 코드는 두 개의 13 비트 시프트 레지스터를 이용하여 생성되고 I5 코드는 공유 시프트 레지스터 XA와 시프트 레지스터 XBI를 이용하며 Q5 코드는 공유 시프트 레지스터 XA와 시프트 레지스터 XBQ를 이용한다. 13비트 공유 시프트 레지스터인 XA의 피드백 다항식은 $f(x)=1+x^9+x^{10}+x^{12}+x^{13}$ 이고 XBI와 XBQ의 피드백 다항식은 동일한 피드백 다항식 $f(x)=1+x+x^3+x^4+x^6+x^7+x^8+x^{12}+x^{13}$ 이다. 따라서 XA의 피드백 다항식은 XA 피드백 탭으로, XBI와 XBQ의 피드백 다항식은 XB 피드백 탭으로 구현된다. XA의 초기 값은 모두 '1'이고 XBI와 XBQ는 위성 번호에 따라 서로 다른 초기 값을 갖는다[6]. I5 코드는 XA와 XBI의 13번째 셀에서 나오는 값을 modulo-2 연산으로 생성되고 Q5 코드는 XA와 XBQ의 13번째 셀에서 나오는 값을 modulo-2 연산하여 생성된다[6].

III. 제안하는 범용 코드 생성기

GPS L1C/A 신호의 PRN 코드와 L2C 신호의 L2CM, L2CL코드 그리고 L5 신호의 I5 코드와 Q5 코드를 생성하기 위해 2장에서 보인 각 코드 생성기를 이용하여 코드를 생성할 수 있다. 하지만 면적을 최소화하기 위해 최적화된 범용 코드 생성기를 제안한다. 제안하는 범용 코드 생성기의 구조는 그림 4와 같고 14/13 비트 시프트 레지스터(SR1/2), 각 시프트 레지스터의 피드백 다항식을 설정하는 피드백 탭(Feedback Tab1/2) 2개, 두 시프트 레지스터의 초기값을 저장하는 룩 업 테이블(Initial Value LUT1/2) 2개, 출력 셀을 결정하는 출력 탭(Output Tap1/2) 2개로 구성된다.

범용 코드 생성을 위해서 L1C/A 신호와 L5 신호의 코드 생성에 필요한 2개의 시프트 레지스터와 L2C 신호의 코드 생성에 필요한 1개의 27비트 시프트 레지스터 간의 전환이 필요하다. 컨트롤 신호 'conn'을 이용하면 'SR1'과 SR2의 연결 여부를 결정하여 시프트 레지스터의 길이를 전환할 수 있다. 모든 코드를 위한 피드백 탭은 시프트 레지스터 개수의 멀티플렉서가 필요하다. 하지만 GPS 신호들의 각 코드에 할당된 시프트 레지스터의 피드백 다항식을 정리하면 그림4의 'Feedback Tap1/2'와 같이 불필요한 멀티플렉서를 하드 와이어링으로 최적화할 수 있다. 뿐만 아니라 출력 탭도 시프트 레지스터 개수의 멀티플렉서가 필요하지만, GPS 신호를 위한 코드 생성기들의 출력을 정리하면 그림4의 'Output Tap1/2'와 같이 불필요한 멀티플렉서를 하드 와이어링으로 최적화할 수 있다. 따라서 신호의 종류(TYPE)와 위성 번호(PRN)에 의해 범용 코드 생성기의 시프트 레지스터 SR1/2의 초기값과 피드백 탭과 출력 탭이 결정되고, 결정된 다항식에 따라서 입력된 신호의 PRN 코드가 출력된다.

IV. 실험 결과

실험은 CMOS 65nm 공정을 이용하여 합성을 진행하였다. 동작 주파수는 200MHz이고, Gate count 계산에 사용된 2입력 NAND의 면적은 1.3 μm^2 이다. 각 신호의 개별 코드 생성기와 제안하는 범용 코드 생성기에 대한 합성 결과는 표1에 정리하였다. 제안하는 코드 생성기의 Normalized gate count를 100.0%로 설정하고 모든 개별 코드 생성기의 Normalized gate count를 더해보면 25.9% + 41.9% + 57.4%로 총 125.2%가 된다. 따라서 100.0% - 125.2%는 -25.2%로 제안하는 코드 생성기의 면적은

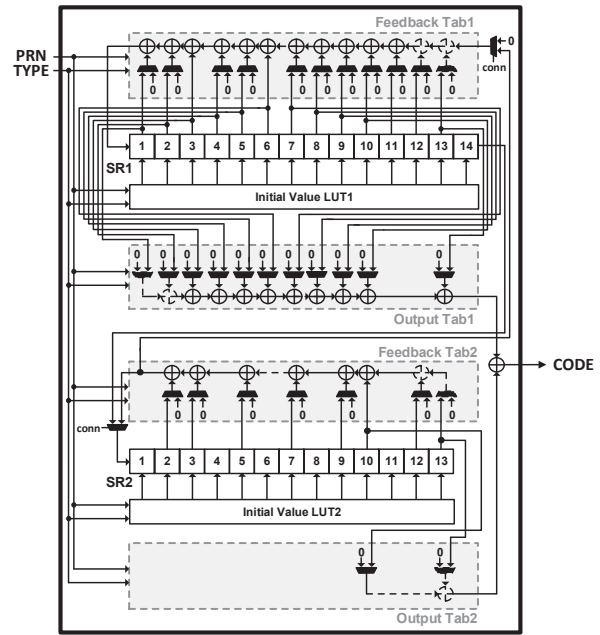


그림 4. 제안하는 범용 코드 생성기

표 1. 각 신호의 코드 생성기의 합성 결과

Metric	L1C/A	L2C	L5	Proposed
Gate count	648	1049	1437	2504
Normalized gate count	25.9%	41.9%	57.4%	100.0%
Critical path delay	1.46ns	2.43ns	1.85ns	2.47ns
Throughput	685Mcps	412Mcps	541Mcps	405Mcps

모든 개별 코드 생성기의 면적 합 대비 25.2% 감소한 것을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 다중 신호용 수신기 개발에 필요한 범용 코드 생성기의 구조를 제안하였다. 기존의 개별 코드 생성기의 피드백 다항식과 초기값 및 출력 탭이 고정된 특성을 이용하여 불필요한 레지스터의 사용을 최대한 줄임으로써 면적에 대해 최적화된 범용 코드 생성기를 구현하고 개별 코드 생성기들과 비교하였다. 실험 결과, 개별 코드 생성기의 면적을 합한 값보다 25.2% 감소한 면적을 보이고 실제 수신기 구현에 적용 가능한 속도를 보였다. 따라서 다중 신호용 수신기를 구현할 때, 모든 개별 코드 생성기를 사용하는 것보다 제안하는 범용 코드 생성기를 사용하면 면적에 최적화된 다중 신호용 수신기를 구현할 수 있다.

참고문헌

- [1] Jiwoon Park and Hoyoung Yoo, "Comparison on Various Acquisition Method for GPS L1 C/A," Institute of Korean Electrical and Electronics Engineers, vol. 24, no. 2, pp. 649-653, 2020.
- [2] P. Kovar, P. Kacmarik and F. Vejrazka, "Interoperable GPS, GLONASS and Galileo software receiver," IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, vol. 26, no. 4, 2011.
- [3] O. K. Mikhaylova, I. V. Korogodin and I. V. Lipa, "Universal ranging code generator of GNSS signals," 2020 European Navigation Conference (ENC), 2020.
- [4] Kai borre, A software defined GPS and Galileo receiver -A single frequency approach, Birkhauser, 2007.
- [5] Interface specification IS-GPS-200L: Navstar GPS Space Segment/Navigation User Segment Interfaces, Global Positioning System Directorate, 2020.
- [6] Interface specification IS-GPS-705G: Navstar GPS Space Segment/Navigation User Segment L5 Interfaces, Global Positioning System Directorate, 2020.
- [7] M. N. Venkatesh Babu. S, K. Lakshmi Narayana, "Implementation Of The Modernized GPS Signals L2C, L5 And Their Racking Strategies," International Journal of Engineering Research and Applications, vol. 2, no. 4, pp. 2148-2152, 2012.