

NR V2X를 위한 동기화 신호 시퀀스 생성 방식

윤성준*, 최상원[○], 권기범*

Synchronization Signal Sequence Generation Scheme for NR V2X

Sung-jun Yoon*, Sang-won Choi[○],
Ki-bum Kwon*

요약

NR 사이드링크 동기화 신호에서 동기화 레퍼런스로 gNodeB, eNodeB, GNSS, UE가 고려될 수가 있다. 이에 따라, 2개 또는 3개의 셋 및 셋 내의 N개의 물리 아이디 각각이 서로 구분 가능하며, NR 다운링크 동기화 신호와도 간섭의 영향이 최소화되도록 시퀀스를 생성해야한다. 본 논문에서는 이를 위해서 4가지의 방식을 제안한다.

Key Words : V2X, Synchronization Signal, NR, Sidelink, Sequence Generation

ABSTRACT

As synchronization reference in NR sidelink synchronization signal, gNodeB, eNodeB, GNSS and UE can be considered. With this, the sequence generation should be within the range of possibility to distinguish among 2 or 3 sets and among N physical IDs in each set, and to have minimum correlation impact to NR downlink synchronization signal. For above, 4 schemes are proposed in this paper.

I. 서론

V2X(Vehicle to Everything) 통신은 운전 중 도로 인프라 및 다른 차량과 통신하면서 교통상황 등의 정보를 교환하거나 공유하는 통신 방식을 의미한다. V2X는 차량들 간의 통신을 뜻하는 V2V(Vehicle to Vehicle), 차량과 개인에 의해 휴대되는 단말(User Equipment, UE) 간의 통신을 뜻하는 V2P(Vehicle to Pedestrian), 차량과 도로변의 유닛(Roadside Unit, RSU)과 네트워크(network) 간의 통신을 뜻하는 V2I/N(Vehicle to Infrastructure/Network)를 포함할 수 있다. 또한, V2X 통신은 단말 대 단말 통신 인터페이스인 PC5 링크(또는 사이드링크(sidelink))를 이용하는 방식, 기지국과 단말 간의 통신 인터페이스인 Uu 링크(또는 상향링크(uplink) 및 하향링크(downlink))를 이용하는 방식, 또는 PC5 링크 및 Uu 링크를 모두 이용하는 방식을 포함할 수 있다¹⁾.

5G 사이드링크 기술은, 5G 이동통신에서 초고신뢰 및/또는 초저지연 등의 성능 향상을 통해 자율 주행이나 원격 주행과 같은 새로운 다양한 서비스의 접목을 위해 논의되고 있다. 5G 사이드링크 기술 역시 3GPP(3rd Generation Partnership Project)의 5G를 위한 새로운 무선 시스템인 NR(New Radio)을 기반으로 연구되고 있다.

5G 사이드링크 상에서의 통신 프로토콜은 기본적으로 사이드링크 상에서의 동기화를 획득하는 것을 요구한다. 아직까지는 5G 사이드링크 상에서의 동기화 레퍼런스(reference)에 대한 정의와, 동기화 레퍼런스에 따른 동기화 신호 시퀀스 설정 및 생성에 대한 구체적인 사항이 정해지지 않은 상태이다.

따라서, 본 논문에서는 NR 시스템을 기반으로 하는 5G 사이드링크를 위한 적합한 동기화 신호 시퀀스 생성하고 이를 통해 동기화 신호를 구성하는 방식에 대해 제안하기로 한다.

II. 관련 연구 - NR 다운링크 동기화 신호

여기서는 NR 시스템을 기반으로 하는 5G 사이드링크를 위한 동기화 신호(이하, NR 사이드링크 동기

* 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술연구원(한빛)의 정보통신방송표준개발지원사업의 일환으로 수행하였음. [R71171601 300001002, V2X 기반 철도 이동 통신 및 스마트 교통 ICT 융합 서비스를 위한 국제 표준화]

♦ First Author : (ORCID 0000-0002-9544-4549)ITL(Innovative Technology Lab) Inc., yoon.sungjun@gooditl.com, 정희원

○ Corresponding Author : (ORCID 0000-0002-5464-5766)Korea Railroad Research Institute, swchoi@krii.re.kr, 정희원

* Author : (ORCID 0000-0001-5196-7770)ITL(Innovative Technology Lab) Inc., kbkwon@gooditl.com, 정희원

논문번호 : 201810-330-A-LU, Received October 17, 2018; Revised January 2, 2019; Accepted February 20, 2019

화 신호) 생성 방식을 제안하기에 앞서, NR 시스템에서의 동기화 신호(이하, NR 다운링크 동기화 신호)에 대해서 알아보기로 한다.

3GPP NR 시스템에서 정의하는 동기화 신호로 NR-PSS(Primary Synchronization Signal)는 NR 셀(cell)에 대한 초기 심볼 경계에 대한 동기화를 위해서, NR-SSS(Secondary Synchronization Signal)는 NR 셀 식별자의 검출을 위해 이용될 수 있다.

NR-PSS, NR-SSS 및/또는 NR-PBCH는 그림 1과 같이 SS(Synchronization Signal) 블록(block)이라 불리는 시간-주파수 자원 영역 내에서 전송될 수 있다. SS 블록에 대해서 지원되는 SCS(Subcarrier Spacing)는 6GHz 이하에서 동작하는 경우에 15kHz 및 30kHz 이고, 6GHz 이상에서 동작하는 경우에 120kHz 및 240kHz이다.

NR 시스템에서 물리 셀 아이디는 총 1008개의 값 중 하나로 $N_{ID}^{cell}=3N_{ID}^{(1)}+N_{ID}^{(2)}$ 로 정의된다. 여기서, $N_{ID}^{(1)}$ 는 {0, 1, ..., 335} 중의 하나의 값을 가질 수 있고, $N_{ID}^{(2)}$ 는 {0, 1, 2} 중의 하나의 값을 가질 수 있다.

$N_{ID}^{(1)}$ 는 NR-SSS에 의해, $N_{ID}^{(2)}$ 는 NR-PSS에 의해서 주어질 수 있다. 즉, 동기화 신호를 전송하는 기지국은 자신의 물리 셀 아이디 값(N_{ID}^{cell})에 해당하는 $N_{ID}^{(1)}$ 및 $N_{ID}^{(2)}$ 값을 결정하고, 각각에 기초하여 NR-SSS 및 NR-PSS 시퀀스를 생성하여 전송할 수 있다.

M-시퀀스를 이용한 NR-PSS에 대한 시퀀스($d_{PSS}(n)$) 생성은 수학식 1^[2]로 표현할 수 있다.

$$d_{PSS}(n)=1-2x(m), m=(n+43N_{ID}^{(2)})\text{mod}127, 0\leq n<127$$

$$\text{where } x(i+7)=((x(i+4)+x(i))\text{mod}2) \text{ and}$$

$$[x(6) x(5) x(4) x(3) x(2) x(1) x(0)]=[1 1 1 0 1 1 0] \quad (1)$$

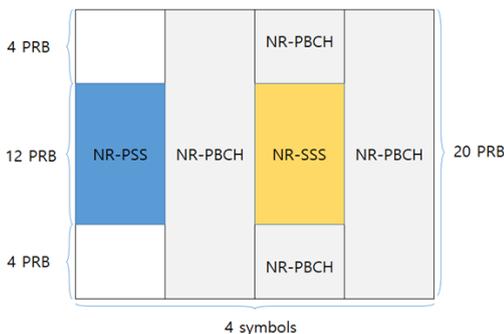


그림 1. NR 시스템에서의 SS block 구조
Fig. 1. SS block structure in NR system

수학식 1에서와 같이 NR-PSS는 주파수 도메인-기반 순수한(pure) BPSK M-시퀀스를 이용하여 생성될 수 있다. 또한, 주파수 도메인에서 3 가지의 순환 시프트(CS) 값을 적용하여 3 가지의 NR-PSS 신호를 얻을 수 있다. 즉, $N_{ID}^{(2)}=0$ 인 경우에 대응하는 $CS=0$, $N_{ID}^{(2)}=1$ 인 경우에 대응하는 $CS=43$, $N_{ID}^{(2)}=2$ 인 경우에 대응하는 $CS=86$ 으로 정의될 수 있다. 또한, NR-PSS 시퀀스 길이는, 주파수 도메인-기반 순수한 BPSK M-시퀀스의 경우에 127의 길이를 가질 수 있다.

M-시퀀스를 이용한 NR-SSS에 대한 시퀀스($d_{SSS}(n)$) 생성은 수학식 2^[2]로 표현할 수 있다.

$$d_{SSS}(n)=[1-2x_0((n+m_0)\text{mod}127)][1-2x_1((n+m_1)\text{mod}127)],$$

$$m_0=15\text{int}(N_{ID}^{(1)}/112)+5N_{ID}^{(2)}, m_1=N_{ID}^{(1)}\text{mod}112, 0\leq n<127$$

$$\text{where } x_0(i+7)=((x_0(i+4)+x_0(i))\text{mod}2)$$

$$x_1(i+7)=((x_1(i+1)+x_1(i))\text{mod}2) \text{ and}$$

$$[x_0(6) x_0(5) x_0(4) x_0(3) x_0(2) x_0(1) x_0(0)]=[0 0 0 0 0 0 1]$$

$$[x_1(6) x_1(5) x_1(4) x_1(3) x_1(2) x_1(1) x_1(0)]=[0 0 0 0 0 0 1] \quad (2)$$

수학식 2에서와 같이, NR-SSS 시퀀스는 112 개의 순환 시프트가 적용되는 1 개의 원시다항식과, 9 개의 순환 시프트가 적용되는 추가적인 1 개의 원시다항식을 이용하여 생성될 수 있다.

여기서 순환 시프트 값 m_0 및 m_1 은 N_{ID}^{cell} 에 의해 유도되는 $N_{ID}^{(1)}$ 및 $N_{ID}^{(2)}$ 에 의해서 결정될 수 있다. m_0 는 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40의 9 가지 경우 중의 하나의 값을 가질 수 있고, m_1 은 0 내지 111의 112 가지 경우 중의 하나의 값을 가질 수 있다. 이에 따라, m_0 및 m_1 의 가능한 조합은 전체 1008개 (=9*112)의 셀 아이디에 대응된다.

이와 같이 생성된 NR-PSS 및 NR-SSS는 SS 블록의 시간-주파수 자원 상에 매핑될 수 있다. NR-PSS는 SS 블록의 특정 하나의 심볼의 시간 위치에 주파수 도메인에서 연속적인 127개의 서브캐리어 상에 매핑되며, NR-SSS는 SS 블록의 또 다른 특정 하나의 심볼의 시간 위치에 주파수 도메인에서 연속적인 127개의 서브캐리어 상에 매핑된다. 즉, 그림 1의 12개의 PRB에 해당하는 144개 서브캐리어 중 가운데 127개의 서브캐리어에 매핑된다.

III. 제안 내용 - NR 사이드링크 동기화 신호

NR 다운링크 동기화 신호는 NR 기지국으로부터

단말로의 동기화 신호로 동기화 레퍼런스는 기지국 (gNodeB)뿐이다. 이에 반해, NR 사이드링크 동기화 신호는 단말로부터 단말로의 동기화 신호로 동기화 레퍼런스로 기지국 외에 단말, GNSS(Global Navigation Satellite System)가 고려될 수 있다. 이때, NR 셀과 LTE 셀과의 공존을 고려할 경우 NR 기지국(gNodeB)과 LTE 기지국(eNodeB)은 서로 구분되는 동기화 레퍼런스가 될 수 있으며, 추가적으로 단말 역시 NR 단말과 LTE 단말로 서로 구분될 수도 있다.

따라서, 이를 고려할 경우, NR 사이드링크 동기화 신호는 아래 A/B로 2가지의 셋 또는 A-1/A-2/B로 3가지의 셋으로 구분하여, 각각의 셋에 대해서 총 N개의 물리 아이디를 구분할 수 있도록 시퀀스를 생성할 수 있다. 이 때, N은 NR 사이드링크에서 서로 구분해야 할 동기화 대상이 되는 단말의 수에 대한 환경을 고려해서 168, 336, 504, 1008개 등이 될 수가 있다.

- A(id_net): 네트워크 내의 기지국을 동기화 레퍼런스로 함 (네트워크/기지국이 NR/gNodeB일 경우 A-1(id_net_1), 네트워크/기지국이 LTE/eNodeB일 경우 A-2(id_net_2)로 추가 구분될 수 있음)
- B(id_oon): 네트워크 밖의 단말을 동기화 레퍼런스로 함

결론적으로 NR 사이드링크 동기화 신호는 2개 또는 3개의 셋 및 셋 내의 N개의 물리 아이디 각각이 서로 구분 가능하며(상관특성이 좋아 간섭의 영향이 적으며), NR 다운링크 동기화 신호와도 간섭의 영향이 최소화되도록 시퀀스를 생성해야하며, 이를 위해서는 아래 4가지 방식이 고려될 수 있다.

4가지 방식 중 1과 2방식은 NR 다운링크 동기화 신호에서의 원시다항식을 그대로 사용함으로 하드웨어 복잡도를 줄일 수 있는 장점이 있으며, 반면에 3과 4방식은 새로운 원시다항식을 사용함으로 상관특성이 보다 우수할 수 있는 장점이 있다.

1. NR-PSS의 서로 다른 순환 지연 값 이용

NR 다운링크 동기화 신호에서는 NR-PSS에서 가능한 순환 지연 값 127개 중 3개만 사용이 되었는데, NR 사이드링크 동기화 신호를 위해 나머지 사용되지 않는 순환 지연 값을 각 셋마다 달리 설정하여 사용할 수 있다.

2. NR-SSS의 서로 다른 순환 지연 값 이용

NR 다운링크 동기화 신호에서는 NR-SSS에서 가

표 1. 최대 접속된 셋 (M-시퀀스 길이 27-1)
Table 1. Maximum connected set (M-sequence length 27-1)

Set	Primitive polynomials (8진법으로 표현)					
	211	217	277	323	203	253
1	211	217	277	323	203	253
2	217	277	323	203	253	271
3	277	323	203	253	271	367
4	323	203	253	271	367	345
5	203	253	271	367	345	221
6	253	271	367	345	221	361
7	271	367	345	221	361	375
8	367	345	221	361	375	313
9	345	221	361	375	313	301
10	221	361	375	313	301	325
11	361	375	313	301	325	235
12	375	313	301	325	235	357
13	313	301	325	235	357	247
14	301	325	235	357	247	211
15	325	235	357	247	211	217
16	235	357	247	211	217	277
17	357	247	211	217	277	323
18	247	211	217	277	323	203

능한 순환 지연 값 127*127개 중 9*112개만 사용이 되었는데, NR 사이드링크 동기화 신호를 위해 나머지 사용되지 않는 순환 지연 값을 각 셋 내에서 달리 설정하여 사용할 수 있다

3. NR-PSS와 NR-SSS에서의 원시다항식 교환

NR-PSS를 위한 원시 다항식을 NR-SSS를 위한 2개의 원시 다항식 중 NR 다운링크 동기화 신호일 때와 다른 하나를 사용하여 NR 사이드링크 동기화 신호를 위한 시퀀스를 생성할 수 있다.

4. Connected set 내 새로운 원시다항식들 이용

NR-PSS와 NR-SSS를 위한 원시다항식들을 M-시퀀스를 위한 최대 접속된 셋(maximum connected set)^[3] 내의 새로운 원시다항식들로 구성하여 NR 사이드링크 동기화 신호를 위한 시퀀스를 생성할 수 있다. M-시퀀스들 중 이론적으로 가장 좋은 상관특성을 가지는 M-시퀀스들에 대해 이를 위한 원시다항식들을 모아 놓은 것이 최대 접속된 셋이기에, 최대 접속된 셋 내에서 새로운 원시다항식을 고려하는 것이다. 예를 들어 표 1에서 보는 것과 같이 253₍₈₎ 및 271₍₈₎가 사용될 수 있으며, 이는 NR 다운링크 동기화 신호를 위해 사용되는 원시다항식들(203₍₈₎ 및 221₍₈₎)과 같은

최대 접속된 셋(Set 5) 내에 포함되는 원시다항식들이
다.

IV. 결 론

본 논문에서는 NR 사이드링크 동기화 신호를 위한 시퀀스 생성 방식에 대해서 제안하였다. 이를 통해 각 셋 및 셋 내의 물리 아이디 각각이 서로 구분 가능하며, NR 다운링크 동기화 신호와도 간섭의 영향이 최소화되도록 시퀀스를 생성할 수가 있다.

제안된 4가지의 방식 중 1번째와 2번째 방식의 경우 NR 다운링크 동기화 신호에서 사용되는 원시다항식들을 그대로 유지하면서, 순환 지연 값만 변화시키는 방식이다. 3번째 방식의 경우 원시다항식을 교환해서 사용하며, 4번째 방식의 경우 M-시퀀스를 위한 최대 접속된 셋 내에서 NR 다운링크 동기화 신호에서 사용되는 원시다항식들과 다른 원시다항식들을 사용한다.

4가지 방식 중 $1 < 2 < 3 < 4$ 의 순서대로 NR 다운링크 동기화 신호와 최대한 동일하지 않는 원시다항식을 사용하는 방식이 직교 자원의 활용측면에서 상관특성이 보다 우수하여 간섭의 영향이 최소화 될 것이다. 반면에, 새로운 원시다항식을 바탕으로 하는 의사랜덤 시퀀스 생성을 추가로 해야 하기에 복잡성은 다소 증가할 수가 있다.

References

- [1] S. J. Yoon, et al., "Enhanced random resource selection scheme for V2X," *J. KICS*, vol. 40, no 3, pp. 1058-1068, May 2017.
- [2] 3GPP TS 38.211 V15.2.0, *Physical channels and modulation*, Jun. 2016.
- [3] D. V. Sarwate and M. B. Pursley, "Crosscorrelation properties of pseudo random and related sequences," in *Proc. IEEE*, vol. 68, no. 5, pp. 593-620, May 1980.