

# 5G NR 시스템에서 USRP를 활용한 cell ID 추정에 관한 연구

김하진, 고영빈, 김건희, 유서현, 김형석, 김정창  
한국해양대학교

hazzii@g.kmou.ac.kr, go990518@g.kmou.ac.kr, gunhee0110@g.kmou.ac.kr,  
sh010719@g.kmou.ac.kr, hskim19@g.kmou.ac.kr, jchkim@kmou.ac.kr

## A Study on Cell ID Estimation Using USRP in 5G NR System

HaJin Kim, YoungBin Go, GunHee Kim, Seohyun Yoo, Hyeongseok Kim, Jeongchang Kim  
Korea Maritime and Ocean University (KMOU)

### 요 약

본 논문에서는 NI (national instrument)사의 SDR (software defined radio device) 플랫폼인 USRP (universal software radio peripheral)를 활용하여 5G NR (fifth generation new radio) 규격 신호의 cell ID를 추정하는 과정을 시뮬레이션 하였다. 5G NR 시스템에서 송신기는 SS/PBCH (synchronization signal/physical broadcast channel) 블록을 송신하며, 수신기는 수신한 SS/PBCH 블록에서 PSS (primary synchronization signal)와 SSS (secondary synchronization signal)를 검출하여 송수신기 사이의 타이밍 동기를 획득하고 기지국의 cell ID를 추정할 수 있다. 본 논문에서는 USRP와 LABVIEW를 사용하여 5G NR 규격을 만족하는 SS/PBCH 신호를 송수신하여 프레임 동기를 획득하고 cell ID 추정 성능을 확인하였다.

### I. 서 론

5G NR (fifth generation new radio) 시스템에서 각각의 기지국들은 고유의 cell ID (cell identifier)를 가진다. 5G NR 시스템과 같은 셀룰러 이동통신에서 기지국과 단말기 사이에 원활한 통신을 위해서는 기지국에서 송신한 신호와 단말기에서 수신한 신호 사이에 타이밍 및 주파수 동기가 먼저 획득 되어야 한다. 송수신기 사이의 동기가 획득된 후 단말기에서는 기지국의 cell ID를 검출한다 [1].

5G NR 시스템은 단말기와 기지국 간 동기 획득을 위하여 SS/PBCH (synchronization signal/physical broadcast channel) 블록을 이용할 수 있다. SS 블록은 PSS (primary synchronization signal)와 SSS (secondary synchronization signal)로 구성되어 있고, 수신기에서 이 신호들을 검출하여 타이밍 동기 획득 및 기지국의 cell ID를 검출할 수 있다 [2].

본 논문에서는 USRP (universal software radio peripheral) 장비를 통해 5G NR 규격의 신호를 검출한다.

수신 신호로부터 프레임 동기를 획득하고 PSS와 SSS를 이용해 기지국의 cell ID를 추정하는 것을 목표로 한다.

### II. SS/PBCH 전송 구조 및 cell ID 검출 방법

5G NR 시스템에서 송신기는 SS/PBCH 블록을 주기적으로 송신하고, 수신기는 송신기로부터 SS/PBCH 블록을 수신하여 송수신기 간의 동기를 획득한다. SS/PBCH 블록은 4 개의 OFDM (orthogonal frequency division multiplexing) 심볼과 240 개의 부반송파 (subcarrier)로 구성되며, SS/PBCH 블록은 PSS, SSS, PBCH를 포함하고 있다. 5G NR 시스템에서 SS/PBCH 블록을 이용하여 프레임의 시작을 추정할 수 있으며, 또한 셀 구역의 정보를 포함하고 있는 PSS와 셀 구역 내 ID 정보를 포함하고 있는 SSS를 이용하여 cell ID를 검출할 수 있다.

본 논문에서는 시간영역 수신 샘플들과 PSS의 시간영역 신호 사이의 상관을 계산하고 피크를 찾음으로써 프레임의 시작 위치를 획득한다. 또한, 본

논문에서는 cell ID를 검출하기 위해 2단계 검출 방법을 사용하였다[3]. 2 단계 검출 방법은 PSS를 검출하여 획득한 셀 구역 정보를 SSS 검출에 이용함으로써 cell ID를 검출할 수 있으며, cell ID는 다음과 같이 계산된다.

$$Corr_{\hat{n}_{ID}^{(1)}, \hat{n}_{ID}^{(2)}} = \left| \sum_{k=0}^{L-1} \{Y_{SSS}(k) \cdot \tilde{H}_{SSS}(k) \cdot X_{SSS}^{(\hat{n}_{ID}^{(1)}, \hat{n}_{ID}^{(2)})}(k)\} \right|^2 \quad (1)$$

상기 수식에서  $Y_{SSS}(K)$ 는 SSS에 대한 수신 신호를 나타낸다. SSS에 대한 추정된 채널 이득  $\tilde{H}_{SSS}(k)$ 과 가능한 모든 SSS의 구역 내 ID 값  $\hat{n}_{ID}^{(1)}$  및 첫 번째 단계에서 검출된 PSS의 셀 구역 값  $\hat{n}_{ID}^{(2)}$ 로부터 생성된 SSS 시퀀스의 곱인  $\tilde{H}_{SSS}(k) \cdot X_{SSS}^{(\hat{n}_{ID}^{(1)}, \hat{n}_{ID}^{(2)})}(k)$ 와의 상관을 계산하면 수식 (1)로 나타낸다. 수식 (1)에서  $L$ 은 PSS와 SSS의 시퀀스 길이 127을 나타낸다. 수식 (1)에서 계산된 상관 값의 최대값을 수식 (2)와 같이 찾음으로써 SSS의 셀 구역 내 ID 값인  $\hat{n}_{ID}^{(1)}$ 을 얻을 수 있다[3].

$$\hat{n}_{ID}^{(1)} = \arg_{\hat{n}_{ID}^{(1)} \in \{0,1,\dots,335\}} \max Corr_{\hat{n}_{ID}^{(1)}, \hat{n}_{ID}^{(2)}} \quad (2)$$

### III. USRP 시뮬레이션

송신기의 cell ID는  $N_{ID}^{cell} = 3N_{ID}^{(1)} + N_{ID}^{(2)}$ 와 같이 정의된다.

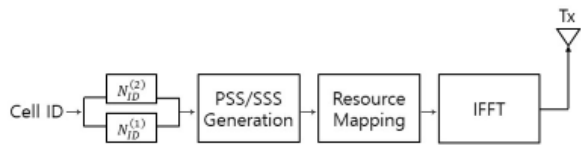


그림 1. PSS와 SSS 송신기 블록 다이어그램

그림 1은 PSS와 SSS를 송신하기 위한 송신기의 블록 다이어그램을 나타낸다. 먼저  $N_{ID}^{(1)}, N_{ID}^{(2)}$  값에 해당하는 PSS 시퀀스와 SSS 시퀀스를 생성하고, 생성된 시퀀스는 OFDM 심볼에 맵핑된다. 또한, 주파수 영역의 신호를 시간 영역의 신호로 만들어주는 IFFT (inverse fast Fourier transform)를 수행하고, 생성된 신호를 TX 단을 통해 송신한다.

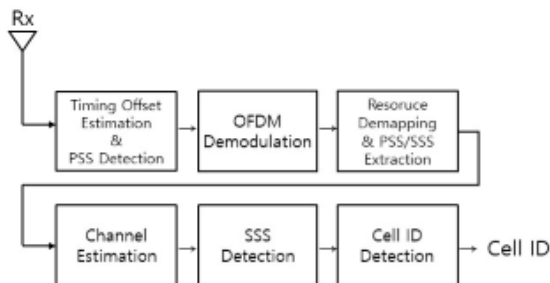


그림 2. PSS와 SSS 수신기 블록 다이어그램

수신기에서는 수신된 신호로부터 프레임 시작 위치와 PSS를 검출한다. 이어서 시간 영역의 신호를 주파수 영역으로 변환해 채널을 추정한다. 추정한 채널을 바탕으로 SSS를 얻고 cell ID를 검출한다.

본 논문에서 USRP 장비를 활용해 송수신하는 과정은 LabVIEW 내에서 구현하였다. 본 논문에서는 실험을 위하여 파라미터 값을 임의로 설정하였으며 표 1과 같다.

표 1. 시뮬레이터 파라미터

Parameter	Value
Carrier frequency	3.5 GHz
Sampling rate	20 Msps
Bandwidth	10 MHz
Subcarrier spacing	15 kHz
FFT size	1024

본 논문에서는 USRP에서 구현한 블록의 동작을 확인하기 위해서 잡음이 없는 환경에서 테스트를 진행하였다. USRP를 이용하여 실험한 결과 프레임 시작 위치와 cell ID 값을 정확히 검출하는 것을 확인하였다.

### IV. 결론

본 논문에서는 5G NR 규격의 SS/PBCH 블록을 송수신하고 동기와 cell ID를 추정하는 과정을 USRP와 LabVIEW를 통해 구현하였다. LabVIEW의 송신단에서 cell ID를 설정하여 신호를 송신했을 때, 수신 측에서 PSS와 SSS의 상관 계산을 통해 추정하고 신호의 프레임 동기와 cell ID를 정확히 검출함을 보였다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 3단계 산학협력 선도대학 육성사업(LINC 3.0)의 연구결과입니다.

### 참고 문헌

[1] Celso Henrique de Souza Lopes, "Peaceful Coexistence Between 5G NR and LTE-A Over a RoF-Based Fronthaul", IEEE 2021 SBFoton International Optics and Photonics Conference, pp. 1-2, July.2021.

[2] "NR; Physical channels and modulation, v16.3.0", 3GPP, Sophia Antipolis, France, Rep. TS 38.211, Sep. 2020.

[3] 안해성, 김형석, 차은영, 김정창. (2020). 5G NR 시스템에서 PSS/SSS를 이용한 Cell ID 검출 방법. 방송공학회논문지, 25(6), 870-881.