

LTE 기반 5G MBMS 와 5G NR 의 PBCH 성능 평가

안해성, 김형석, 차은영, 김정창, *박성익, *허남호

한국해양대학교, *한국전자통신연구원

haesung@g.kmou.ac.kr, hskim19@g.kmou.ac.kr, cha.silverzero@g.kmou.ac.kr,

jchkim@kmou.ac.kr, psi76@etri.re.kr, namho@etri.re.kr

Performance Evaluation of PBCH in LTE-Based 5G MBMS and 5G NR

Haesung Ahn, Hyeongseok Kim, Eunyoung Cha, Jeongchang Kim, *Sung-Ik Park,

*Namho Hur,

Korea Maritime and Ocean University, *Electronics and Telecommunications Research
Institute

요 약

3GPP (3rd generation partnership project)는 5G 요구 조건을 충족시키기 위해 release 16 에서 FeMBMS (further evolved MBMS)를 LTE 기반 5G MBMS 로 개선하였다. 이어서, 현재 개발 중인 release 17 에서 NR 기반의 디지털 방송을 위한 NR MBS (multimedia broadcast services)가 논의되고 있다. 본 논문에서는 LTE (long term evolution) 기반 5G MBMS (fifth generation multimedia broadcast & multicast services)와 5G NR (fifth generation new radio)의 PBCH (physical broadcast channel) 에 대한 송수신기 구조를 설명하고, 성능을 평가한다. 본 논문에서는 가산 백색 가우시안 잡음(additive white Gaussian noise: AWGN) 및 고정 환경 하에서 LTE 기반 5G MBMS 와 5G NR 에 대한 PBCH 의 성능을 비교한다.

1. 서론

3GPP (3rd Generation Partnership Project)에서는 LTE (long term evolution) 이동통신 기술을 이용하여 디지털 방송을 위한 MBMS (multimedia broadcast & multicast services) 시스템을 release 16 까지 지속적으로 개발해왔다[1]. MBMS 는 release 6 에서 처음 개발되어 release 9 에서 eMBMS (evolved MBMS)로 개선되었고, release 14 에서 FeMBMS (further eMBMS)로 한 번 더 개선이 이루어졌다. 그리고 FeMBMS 는 최근 개발된 5G (fifth generation)의 요구 조건을 충족시키기 위해 release 16 에서 LTE 기반 5G MBMS 로 개선되었으며, 이와 관련된 다양한 연구가 진행되고 있다[2]. 반면, 5 세대 이동통신

기술인 NR (new radio)은 release 15 를 시작으로 release 16 까지 유니캐스트(unicast) 모드만 정의되어 있고, 최근 개발 중인 release 17 에서 NR 기반의 디지털 방송을 위한 시스템인 NR MBS (multimedia broadcast services)가 논의되고 있다[3].

LTE 기반 5G MBMS 는 5G 요구조건을 달성하기 위해 새로운 직교 주파수 분할 다중화 (orthogonal frequency division multiplexing: OFDM) 파라미터가 추가되었으며, PBCH (physical broadcast channel) 또한 부프레임(subframe) 내에서 반복하는 방법이 추가됨으로서 성능 개선이 이루어졌다. 이러한 추세에 맞춰 NR 기반의 디지털 방송을 위한 NR MBS 또한 성능 향상을 위한 다양한 방법들이 논의되고 있다[4].

본 논문에서는 LTE 기반 5G MBMS 와 5G NR 에 대한

PBCH 의 송수신기 구조를 비교하고, PBCH 의 성능을 평가한다. 전산 실험은 가산 백색 가우시안 잡음 (additive white Gaussian noise: AWGN) 및 고정 환경 하에서 프레임오율 (frame error rate: FER) 성능을 확인한다.

2. 시스템 구현

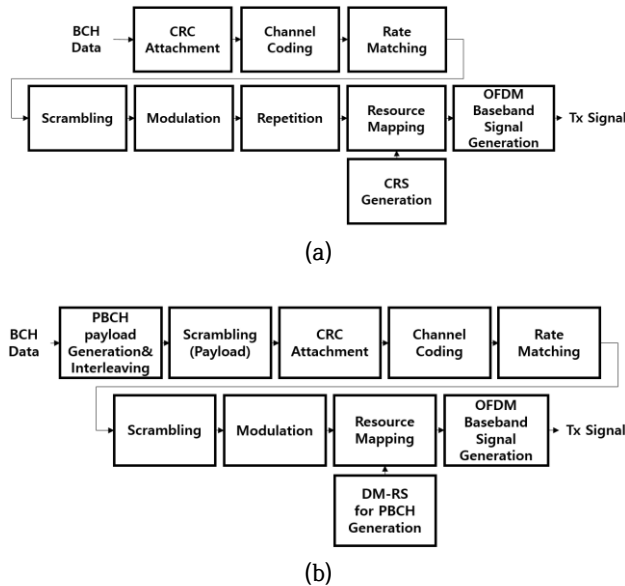


그림 1. PBCH 송신기 구조, (a) LTE 기반 5G MBMS, (b) 5G NR

그림 1(a)는 LTE 기반 5G MBMS 의 PBCH 에 대한 송신기 구조를 나타낸다. 송신하고자 하는 BCH (broadcast channel) data 는 CRC (cyclic redundancy check) attachment 블록에서 CRC 가 추가된다. 이어서, channel coding 블록에서는 tail-biting convolutional coding 과정이 수행되며, rate matching 과정을 통해 부호율(code rate)을 맞춘 수열이 생성된다. 생성된 수열은 차례대로 scrambling, modulation, PBCH repetition, resource mapping, OFDM baseband signal generation 이 수행된다. 이 때, PBCH repetition 은 옵션으로 사용 여부를 선택할 수 있다. 그리고 수신기에서 채널 추정에 사용될 수 있는 신호인 CRS (cell-specific reference signal)가 생성되며, PBCH modulation 은 QPSK (quadrature phase shift keying) 심볼(symbol)로 맵핑된다.

그림 1(b)는 5G NR 의 PBCH 에 대한 송신기 구조를 나타낸다. 송신하고자 하는 BCH data 는 PBCH payload generation, interleaving, CRC attachment, channel coding, rate matching 이 차례로 수행되며, 이 때 channel coding 방법으로서 polar coding 이 사용된다. 이후 신호는 scrambling 블록으로 입력되며, LTE 기반 5G MBMS 의 PBCH 생성 과정과 동일하게 modulation, resource mapping, OFDM baseband

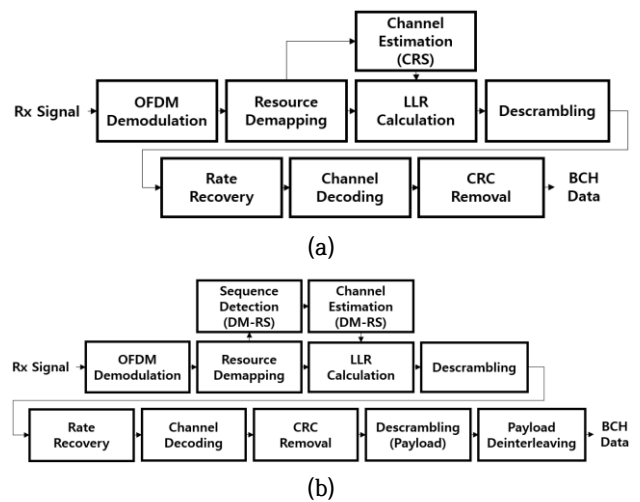


그림 2. PBCH 수신기 구조, (a) LTE 기반 5G MBMS, (b) 5G NR

signal generation 이 차례로 수행된다. 또한, LTE 기반 5G MBMS 에서 채널 추정에 사용되는 CRS 와 같이 NR 에서는 PBCH DM-RS (demodulation-reference signal)가 채널 추정에 사용되며, CRS 와 PBCH DM-RS 모두 cell ID (cell identity) 를 이용하여 생성된다[5][6].

그림 2(a)는 LTE 기반 5G MBMS 의 PBCH 에 대한 수신기 구조를 나타낸다. 채널을 지나 수신된 신호는 OFDM demodulation 이 수행되며, 이어서 resource demapping 과정이 이루어진다. 여기서 CRS 가 추출되며, 추출된 CRS 를 이용하여 송신기와 수신기 사이의 채널을 추정한다. 수신 신호와 추정된 채널 이득은 LLR (log-likelihood ratio) calculation 블록으로 입력된다. 이어서 descrambling, rate recovery, tail-biting convolutional decoding, CRC removal 블록이 수행되어 최종 BCH data 를 얻을 수 있다.

그림 2(b)는 5G NR 의 PBCH 에 대한 수신기 구조를 나타내며, LTE 기반 5G MBMS 와 동일하게 OFDM demodulation 과 resource demapping 이 수행된다. 여기서, resource demapping 을 통해 PBCH DM-RS 수열이 검출된다. 검출된 PBCH DM-RS 를 이용하여 송수신기 사이의 채널을 추정하고, 추정된 채널 이득과 수신 신호는 LLR calculation 블록으로 입력된다. 5G NR 의 PBCH 수신기는 descrambling, rate recovery, polar decoding, CRC removal, descrambling(payload), payload deinterleaving 과정이 수행되고 최종적으로 BCH data 를 얻을 수 있다.

3. 전산 실험 결과

본 논문에서 전산 실험은 LTE 기반 5G MBMS 와 5G NR 의

표 1. 전산 실험을 위한 파라미터

Parameter	Value
System Bandwidth	5 MHz
Subcarrier Spacing	15 kHz
Number of Resource Block	25
FFT Size	512
CP Length	36

PBCH 에 대한 FER 성능을 평가한다. 전산 실험을 위한 두 시스템의 파라미터는 서로 동일하며, 표 1 과 같다. 본 논문에서 두 시스템은 송수신기 간에 동기는 완벽하다고 가정하였으며, AWGN 채널과 고정 환경으로서 RL20 [7] 채널 하에서 실험을 수행하였다. 또한, LTE 기반 5G MBMS 의 PBCH 는 부프레임 내 반복 방법을 사용하였으며, 5G NR 은 유니캐스트 모드의 PBCH 로 전산 실험을 수행하였다.

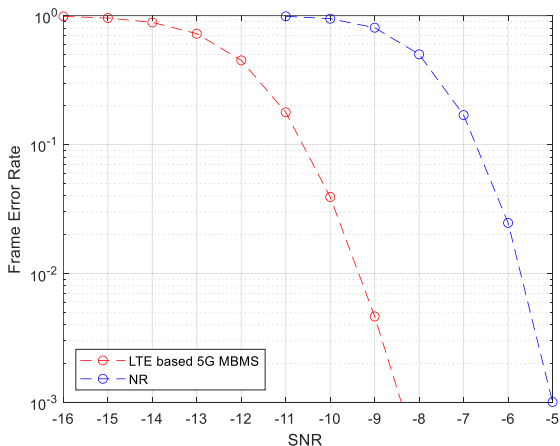


그림 3. AWGN 채널 하에서 LTE 기반 5G MBMS 와 5G NR 의 PBCH 에 대한 FER 성능

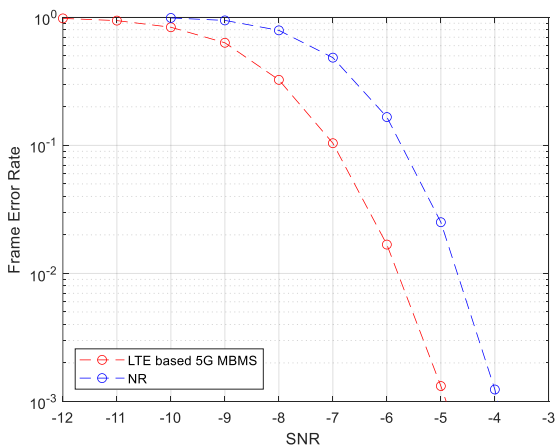


그림 4. RL 20 채널 하에서 LTE 기반 5G MBMS 와 5G NR 의 PBCH 에 대한 FER 성능

그림 3 은 AWGN 채널 하에서 LTE 기반 5G MBMS 와 5G NR 의 PBCH 에 대한 FER 성능을 나타낸다. 5G NR 의 PBCH 는 LTE 기반 5G MBMS 의 PBCH 에 비해 FER=10⁻³에서 약 3.5 dB 의 성능 열화가 있다. 그림 4 는 RL20 채널 하에서 LTE 기반 5G MBMS 와 5G NR 의 PBCH 에 대한 FER 성능을 나타낸다. 5G NR 의 PBCH 는 LTE 기반 5G MBMS 에 비해 FER=10⁻³에서 약 1 dB 의 성능 열화가 있다. 따라서, 5G NR 의 PBCH 는 성능 개선이 필요함을 알 수 있고, 이를 위한 방법으로서 LTE 기반 5G MBMS 에서 사용한 PBCH 반복 방법과 같은 다양한 개선 방법들이 요구된다.

4. 결론

본 논문에서는 LTE 기반 5G MBMS 와 5G NR 의 PBCH 에 대한 송수신기 구조를 제시하였다. NR 은 release 15 에서 release 16 까지 유니캐스트 모드만 정의되어 있어, release 17 에서 디지털 방송을 위한 NR MBS 가 논의되고 있다. Release 16 에서 성능이 개선된 LTE 기반 5G MBMS 처럼 NR 기반의 디지털 방송을 위한 NR MBS 는 추세에 맞춰 성능 향상을 위한 다양한 개선 방법들이 요구된다. 전산 실험에서는 LTE 기반 5G MBMS 와 5G NR 의 PBCH 에 대한 FER 성능을 비교하였으며, 5G NR 의 PBCH 는 성능 개선이 필요함을 확인하였다.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by Institute of Information & communications Technology Planning & Evaluation (IITP) grant funded by the Korea government(MSIT) (No.2017-0-00081, Development of Transmission Technology for Ultra High Quality UHD).

참고 문헌

- [1] A. Sengupta, A. R. Alvarino, A. Catovic and L. Casaccia, "Cellular Terrestrial Broadcast-Physical Layer Evolution From 3GPP Release 9 to Release 16," *IEEE Trans. Broadcast.*, vol. 66, no. 2, pp. 459-470, Jun. 2020.
- [2] 김형석, 김정창, 안석기, 박성익, "LTE 기반 5G 방송 시스템에서 PMCH의 성능에 관한 연구," 한국통신학회 동계종합학술발표회., Feb. 2021.
- [3] "Study on architectural enhancements for 5G multicast-broadcast services, v17.0.0," 3GPP, Sophia Antipolis, France, Rep. TR 23.757, Mar. 2021.
- [4] J. J. Gimenez, J. L. Carcel, M. Fuentes, E. Garro, S. Elliott, D.

Vargas, C. Menzel and D. Gomez-Barquero, "5G New Radio for Terrestrial Broadcast: A Forward-Looking Approach for NR-MBMS," *IEEE Trans. Broadcast.*, vol. 65, no. 2, pp. 356-368, Jun. 2019.

- [5] "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical channels and modulation, v16.3.0," 3GPP, Sophia Antipolis, France, Rep. TS 36.211, Sep. 2020.
- [6] "NR; Physical channels and modulation, v16.3.0," 3GPP, Sophia Antipolis, France, Rep. TS 38.211, Sep. 2020.
- [7] Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television, ETSI EN 300 744, V1.6.1, Jan. 2009.