

# 5G 통신 기반의 철도 통신 기술 동향

이지연, 송찬빈, 백중현, 전우현, 노고산\*  
국립한밭대학교

wldys8886@naver.com, 20201595@edu.hanbat.ac.kr,  
wp06071@naver.com, gsw07053@naver.com, \*gsnoh@hanbat.ac.kr

## Railway Communication Technology Trends based on 5G Communication

Ji Yeon Lee, Chan Bin Song, Jung Hyeon Baek, Woo Hyun Jeon, Gosan Noh\*  
Hanbat National University

### 요 약

5G 기술의 발전은 철도 산업에 혁신적인 변화를 가져오고 있다. 5G 기술의 도입은 철도 운영 및 이용의 안전성과 효율성을 높이는 데 중요한 역할을 한다. 본 논문에서는 스마트 철도 시스템을 위해 사용되는 기술과 철도 통신 기술의 동향을 조사하여 5G 통신의 영향을 받은 통신 기술의 동향을 종합적으로 살펴보도록 하겠다.

### I. 서 론

5G 기술을 활용한 철도 통신은 철도 운영과 이용의 안전성, 효율성, 편의성을 높이는 데 기여한다. 본 논문은 크게 스마트 철도 시스템을 위한 기술과 5G 를 적용한 철도 통신 기술인 5G-R(5G Railway)에 대해 설명한다.

스마트 철도 시스템은 최신 정보 기술을 바탕으로 에너지 효율과 승객 서비스를 개선하고, 실시간으로 열차 운행 상황을 모니터링을 함으로써 철도를 관리하는 시스템이다. CBTC (Communication Based Train Control), QoS(Quality of Service) 실증, 철도 특화서비스 등 5G 를 이용한 기술들이 발전함에 따라 스마트 철도 시스템 또한 점차 진보하고 있다.

5G-R 은 5 세대 이동통신 기술을 기반으로 한 철도 통신 기술로, 통신이 안전하고 효율적으로 이루어지도록 한다. Beamforming, 커버리지 연장 기술, 네트워크 슬라이싱 기술 등의 철도 통신 기술의 도입을 통해 철도 운영의 효율성을 향상시키고 서비스의 품질을 높이도록 한다. 이러한 기술들의 발전은 스마트 철도 산업의 성장을 증진하고, 안전하며 효율적인 철도 운영을 구현할 수 있도록 한다.

### II. 스마트 철도 시스템

5G 네트워크와 최신 정보 기술을 결합하여 철도 운영 및 이용의 안전성, 효율성, 편의성을 높이는 첨단 시스템이다. 이 시스템은 열차 운행 상황을 실시간으로 모니터링하고 관리하여 운행의 안정성을 향상시키고, 열차 간 통신과 열차와 기지국 간의 통신을 통해 안전 제어 시스템을 구축하여 열차 운행 중 발생할 수 있는 사고를 사전에 예방하고 대응할 수 있도록 한다. 아래는 스마트 철도 시스템 관련 기술들의 동향이다.

#### 1. 고속 열차 운행 지원

고속열차의 데이터를 빠르게 전송하며 고속 열차를 안전하고 효율적으로 운행할 수 있도록 하고, 실시간으로 열차의 상태를 모니터링할 수 있게 된다. 5G 의 특징인

낮은 지연 시간과 높은 대역폭을 활용해 열차 운행 중의 데이터를 분석하여 열차 운행에 대한 피드백을 실시간으로 제공한다. 아래는 5G 를 이용한 고속 열차 통신의 연구들이다.

3GPP(이동통신 표준화 기술협력 기구)에서는 5G NR (New Radio) 표준을 개발하고, 이동 통신 네트워크에서 5G 서비스를 지원하기 위한 규격을 정의하고 있다. 5G NR 은 높은 대역폭, 낮은 지연 시간, 높은 데이터 전송률과 대규모 디바이스 연결성 등의 기능을 제공하여 빠른 무선 통신을 제공한다[1].

5G 통신에서 OFDM(Orthogonal Frequency-Division Multiplexing)을 사용하기 위하여, CSI(Channel State Information)를 활용해 ICI(Intercarrier Interference)를 완화하는 방법에 대해서 연구하고 있고[2], 고속열차 데이터 전송을 위해 새로운 DSF(Doppler Shift Factor) 추정 접근 방식을 제시하고 이를 활용하여 송수신기 구조를 새로 제시하는 연구가 진행되고 있다[3].

#### 2. CBTC

RF 무선 통신을 이용한 철도 보안 시스템의 일종으로 열차의 행을 제어하고 모니터링하는 기술이다. 열차와 기지국 간의 통신을 가능하게 하고 이를 기반으로 열차의 안전 제어 시스템을 개발할 수 있다. 열차 간의 안전한 간격을 유지하고 열차의 행을 자동으로 제어한다. 안전 제어 시스템의 개발은 열차 운행 중 발생하는 사고와 인명 피해를 최소화하는 데 기여할 것으로 기대된다.

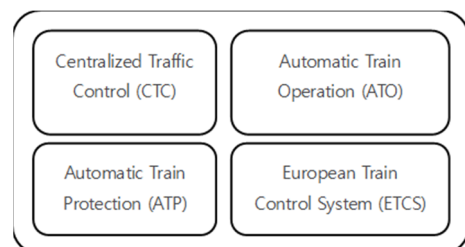


그림 1. CBTC와 함께 사용되는 제어 시스템

### 3. QoS 실증

QoS는 철도 서비스의 높이기 위한 기술로 5G 기술과 접목하여 네트워크의 대역폭, 지연 시간, 신뢰성 등을 효과적으로 관리하도록 한다. 또한 QoS 실증을 통해 실제 철도 운송 환경에서 5G 기술의 적용 가능성과 효과를 검증할 수 있다.

### 4. 철도 특화서비스

열차 예매 시스템, 열차 운행 정보 제공, 승객 안내 서비스, 철도 안전 및 보안 서비스 등을 포함하는 서비스를 제공함으로써 승객의 편의성을 높인다. 또한 열차 내부 환경을 모니터링하고 비상 상황이 발생했을 시 즉시 대응할 수 있는 보안 서비스를 제공한다.

## III. 5G-R 철도통신 기술 동향

5세대 이동통신 기술을 적용한 철도 통신 기술은 머신러닝과 인공지능 기술, IoT(Internet of Things) 기반의 서비스를 비롯한 스마트 기술을 기반으로 융합하여 [그림 2]와 같이 열차 운행의 안정성, 효율성, 역무시스템 등 다양한 부분에서 활용될 수 있다.

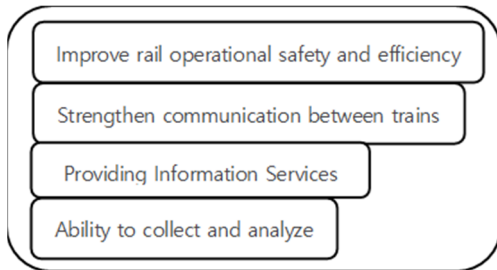


그림 2. 5G-R의 이점

5G-R 철도통신의 관하여 필요한 기술 동향을 알아보면 다음과 같다.

#### 1. Beamforming

Beamforming은 무선 신호를 특정 방향으로 집중적으로 갈 수 있게 만들어주는 기술이다. 열차를 운행할 때 신호 강도를 최적화 시켜준다. 고속 열차에서 고속에서도 안정적으로 통신을 할 수 있게 해주면서 철도 네트워크에서 스마트한 통신관리를 할 수 있게 해주는 중요한 기술이다[5].

#### 2. 커버리지 연장 기술

통신 서비스를 확장하는데 필요한 기술로 네트워크의 신호가 도달하는 지역을 확장하거나 개선할 수 있는 기술이다.

5G-R에서 커버리지 연장을 하는데 필요한 기술은 다음 아래와 같다.

##### 2.1 고주파 활용

5G는 높은 주파수 대역을 사용하여 대역폭을 확보한다. 고주파나 밀리미터파를 활용하여 더 넓은 대역폭을 중심으로 신호를 멀리보낼 수 있게 한다.[4]

##### 2.2 중계국 배치

경로 사이에 중계국을 배치하여 신호를 중계하고 확장시킨다.

##### 2.3 높은 망 밀도

5G-R은 LTE-R보다 높은 망 밀도를 보유하고 있다. 이를 이용해 더 많은 기지국을 설치하여 커버리지를 연

장하여 신호의 강도를 유지한다.

### 2.4 MIMO system

다중 입력 다중 출력 시스템을 이용하여 다수의 안테나를 활용하여 커버리지를 확장한다.

### 2.5 Mesh Networking

망 분할을 통하여 다수의 기지국과 장치 간의 신호를 효율적으로 전달할 수 있게 한다.

## 3. 네트워크 슬라이싱 기술

네트워크를 여러 개의 독립적인 가상 네트워크로 분할하는 기술이다. 철도 운영, 운행 등에 맞게 여러 개의 네트워크로 분할하여 적용이 가능하다. 네트워크 슬라이싱 기술을 통해 QoS보장이 가능하며 상황에 맞는 대역폭, 지연 시간 등을 조정할 수 있다. 또한 철도 통신시스템의 신뢰성과 보안 강화, 철도 운영 및 서비스에 대한 최적화가 가능하다[1][5].

## IV. 결론

본 논문에서는 최근 LTE-R을 넘어서 새롭게 연구가 진행중인 5G-R 철도와 스마트 철도 시스템의 통신에 대한 전반적인 동향을 설명하고 있다. 열차내 통신 속도, QoS실증 등과 같이 스마트 철도 시스템과 5G-R의 구조와 서비스 향상을 토대로 스마트 철도 및 5G-R 철도 시스템에 대한 것을 전반적으로 고찰했다.

스마트 철도 시스템에서 QoS 실증, TCS, 통신 속도를 비롯한 철도 운영과 서비스 등의 측면에서의 이점을 중점적으로 다루고 있다.

Beamforming, 커버리지 연장 기술, 네트워크 슬라이싱 기술 등과 같이 차세대 철도 통신에 핵심적인 기술의 동향을 중점으로 다루고 있다.

스마트 철도와 5세대 철도 통신의 대한 시스템을 구축하고 상용화하기 위해서는 이를 다루고 있는 연구에 대해 구체적으로 세분화할 필요가 있다.

## References

[1] Fumihiko Hasegawa, Akinori Taira, Gosan Noh, Bing Hui, Hiroshi Nishimoto, Akihiro Okazaki, and Ilgyu Kim, "High-Speed Train Communications Standardization in 3GPP 5G NR," in IEEE Communications Standards Magazine, vol. 2, no. 1, pp. 44-52.

[2] V.Vahidi & E.Saberinia, "OFDM High Speed Train Communication Systems in 5G cellular Networks", 15th IEEE CCNC, Las Vegas, NV, USA, 2018, pp.1-6

[3] Vahid Vahidi, "High speed trains communication systems in 5G cellular networks", Digital Signal Processing, Vol.115, 2021

[4] Liang, Yiqun, Hui Li, Yi Li, and Anning Li. 2024. "Mainline Railway Modeled with 2100 MHz 5G-R Channel Based on Measured Data of Test Line of Loop Railway", Symmetry 16

[5] Ali, E., Ismail, M., Nordin, R. et al. Beamforming techniques for massive MIMO systems in 5G: overview, classification, and trends for future research. Frontiers Inf Technol Electronic Eng 18, 753-772 (2017)