

열차 고속 주행환경에서 LTE-R 무선통신시스템 성능 분석

권유철* · 최준성* · 오현서** · 김성철**

Performance Analysis of LTE-R Radio Communication Systems in High Speed Train Environment

You-Chul Kwon* · Jun-Sung Choi* · Hyun-Seo Oh** · Seong-Cheol Kim**

요 약

본 논문에서는 420km/h 고속으로 이동하는 열차 환경에서 LTE-R 무선링크 성능을 분석함에 있어 현차 시험에 제약이 있으므로 무선링크 시뮬레이션과 계측기를 이용하여 고속 이동에 따른 무선링크 Throughput 성능을 분석하였다. 성능 분석 결과 QPSK와 16QAM 변조 방식은 고속 이동으로 인한 성능 열화가 미미하지만 64QAM 변조 방식은 성능 열화가 크고 이로 인하여 Throughput 감소가 크게 발생함을 알 수 있었다.

ABSTRACT

This paper analyzed radio link throughput performance by applying radio link simulation and test equipment because there is limit in train filed test in 420 km/h high speed environment. According to the radio performance analysis, the throughput performance is slightly degraded in QPSK and 16QAM modulation schemes. But throughput performance is highly degraded in 64QAM modulation scheme.

키워드

LTE-R, Data Throughput
LTE 기반 열차 무선 통신 시스템, 데이터 속도

1. 서 론

한국의 고속열차 KTX는 2004년 개통을 시작으로 300km/h 열차 고속화 시대를 열게 하였다. 2010년 700MHz 철도통합 주파수 대역을 이용한 LTE-R 통

신기술연구가 착수되어 350km/h 주행속도에서 LTE-R 통신 성능시험을 완료하고 현재는 현장에 무선통신시스템을 구축하고 있다[1]. 열차는 고속화되고 자동화하는 방향으로 발전하고 있으며 인프라 기반의 열차제어 방식에서 무선통신

* 국가철도공단 통신처장(yckwon@kr.or.kr), KAIST 연구교수(Choijs89@kaist.ac.kr)

** ETRI 연구전문위원(hsoh5@etri.re.kr), 우송대 교수(kmin@wsu.ac.kr)

** 교신저자 : ETRI 자율주행지능연구실

• 접수일 : 2022. 06. 30
• 수정완료일 : 2022. 07. 21
• 게재확정일 : 2022. 08. 17

• Received : Jun. 30, 2022, Revised : Jul. 21, 2022, Accepted : Aug. 17, 2022

• Corresponding Author : Hyun-Seo Oh

Automated Driving Intelligence Research Team, ETRI,

Email : hsoh5@etri.re.kr

기반의 열차제어 방식으로 변화함에 따라서 한국에서 시작된 LTE-R 기술이 국내외 열차 통신 및 제어 서비스에 미치는 영향은 매우 클 것으로 기대하고 있다 [2].

본 논문에서는 열차 주행속도가 350km/h 이상일 경우 LTE-R 무선링크 성능에 미치는 영향을 분석한다. 열차가 350km/h 이상의 주행하는 경우 현차 시험에 제약이 있으므로 LTE-R 통신시스템 구조와 성능에 미치는 요소를 살펴보고 시뮬레이션에 의한 성능 분석과 계측기를 이용한 무선링크 성능 분석을 통하여 무선링크에 미치는 영향을 평가하고자 한다.

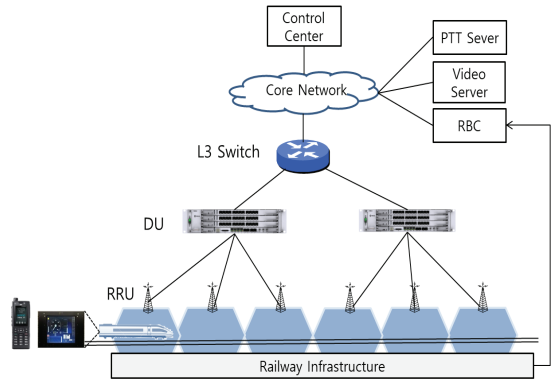


그림 1. LTE-R 무선통신시스템 구조
Fig. 1 LTE-R radio communication system architecture

II. LTE-R 시스템 성능 분석

2.1 LTE-R 시스템 개요

LTE-R 철도통신시스템의 구성은 그림1과 같이 무선 액세스망, 코어망, 관제센터 및 서버로 구축이 된다. 무선 액세스 망을 통하여 전달되는 서비스는 Push To Talk(: PTT) 음성, 일반 데이터, 영상, 그리고 열차 제어 데이터를 포함한다. 특히, 열차제어 데이터는 RBC(: Radio Block Center)가 열차의 이동을 실시간으로 모니터링하고 제어권 정보를 전송하므로 열차 제어 데이터의 통신 신뢰성과 무결성, 보안성이 중요한 시스템 요구사항이 된다.

열차에 탑재되는 단말기는 기관실에 탑재하는 차상 이동국과 승무원이 사용하는 휴대 단말이 있다. 차상 이동국은 외부의 차상 안테나를 이용하므로 열차의 투과 손실이 없는 특징이 있다.

LTE-R 통신 인프라 시스템에는 RRU(Remote Radio Unit), DU(Digital Unit), L3 스위치, 코어망, 관제 센터와 서버로 구성된다. 무선 액세스 망에 서비스 품질은 RRU 간격에 크게 영향을 받게 되는데 순방향 링크의 RSRP(: Reference Signals Received Power) 값이 -110 dBm 이상이 되도록 RRU를 설치하도록 권고하고 있다. 이러한 시스템의 규격은 TTA 표준과 국가철도공단 규격을 따른다.

LTE-R 통신시스템이 제공하는 서비스 품질의 목표는 표1에 설명되어 있다. LTE-R에서는 IP 패킷을 기반으로 하며 패킷 수신 성공률이 99% 이상, 패킷 전송지연시간이 300ms 이내의 특징을 가지고 있다. 열차 제어 데이터의 경우 패킷 수신 성공률은 99.99% 이상이어야 한다. 이러한 서비스 성능은 350km/h 주행속도를 가정하고 있으므로 주행속도가 증가함에 따라 서비스 성능에 미치는 영향을 분석하는 것이 필요하다[3-7].

표 1. LTE-R 서비스 품질 목표
Table 1. LTE-R service quality goal

Item	Service Quality
PTT Voice Call	• Call Connection Rate: < 99% in 1 Sec.
Data	• Packet Reception Success Rate: 99% • Packet Transmission Delay Time: > 300ms
Video	• Packet Reception Success Rate: 99% • Packet Transmission Delay Time: > 300ms
Train Control Data	• Packet Reception Success Rate: 99% • Packet Transmission Delay Time: > 300ms
Handover	• Handover Success Rate: 99%

2.2 고속주행이 LTE-R 시스템에 미치는 영향

열차 주행 속도가 증가함에 따라 LTE-R 무선통신 시스템의 성능에 미치는 영향은 도플러 주파수로 인한 무선링크 성능저하, 빈번한 핸드오버, 그리고 DU와 RRU간 거리 변화로 설명할 수 있다.

첫째로 열차의 주행속도로 인한 도플러 주파수는 열차 속도에 비례하고 전파의 파장에 반비례하는 특징을 갖는다. 예를 들어 725.5 MHz 전파를 사용하고 열차 속도가 500km/h로 주행하면 전파의 파장은 41.35cm이고 도플러 주파수 335Hz가 된다. 이것은 전파의 위상이 335Hz로 변화하는 것을 의미하며 이로 인한 무선링크 성능 저하가 발생한다.

둘째로 열차가 빠르게 이동하게 되면 셀 점유시간이 줄어들기 때문에 빈번한 핸드오버가 발생한다. 무선망이 그림2과 같이 구성에서 열차가 고속으로 이동하게 되면 RRU에 의해 형성되는 무선셀 간 핸드오버와 DU간 핸드오버의 횟수 증가하는 현상이 발생하게 된다. 이러한 핸드오버 회수를 줄이는 방법으로는 다수의 RRU를 하나의 무선랜으로 묶어서 동작하게 하여 핸드오버 회수를 줄일 수 있다[8]. 이러한 방법을 Copy cell 방식이라고 부르는데 보통 2개의 RRU를 하나의 셀로 구성하여 운용하는 효과적인 방법이 있다. 아래 그림2는 셀간 핸드오버, DU간 핸드오버, RBC간 핸드오버 개념을 보여 준다.

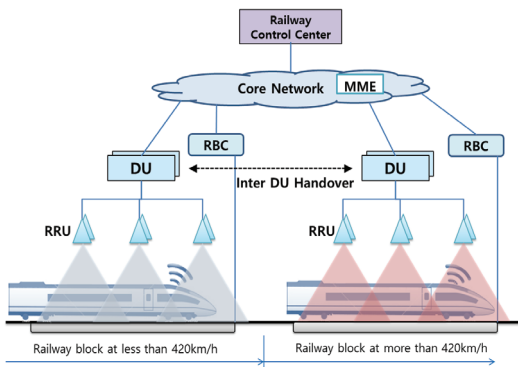


그림 2. 셀 간 핸드오버 개념
Fig. 2 Handover concept between serving cells

셋째로는 DU와 RRU가 직접 연결되지 않고 광 케이블로 연결이 되어 있어서 DU와 RRU간 시간 지연이 발생하고 업 링크와 다운 링크의 전파 위상 차이가 발생하게 되므로 두 링크간 위상을 유지하기 위한 DU와 RRU 거리 제한이 있게 된다. 일반적으로 DU와 RRU 최대 허용거리는 사용하는 반송파 주파수와 주행속도에 의해 결정이 된다. 이것은 LTE 통신에서는 MIMO 방식을 사용하며 MIMO가 정상적으로 동작하기 위해서는 전파의 업 링크와 다운 링크 채널 위상이 유지되는 조건을 만족해야 하며 반송파의 파장의 3% 정도로 가정한다. 즉, 700 MHz 주파수 대역에서 중심 주파수를 725 MHz로 간주하면 파장은 41.5 cm가 되고 3% 구간은 12.3 cm가 된다. 이러한 조건에서 열차의 주행 속도와 DU-RRU 한계 거리는 그림3과 같으며 300 km/h 주행시 DU-RRU거리가 15 km이며, 450 km/h 주행 시 DU-RRU 거리는 11km 이내가 되어야 함을 의미한다[9].

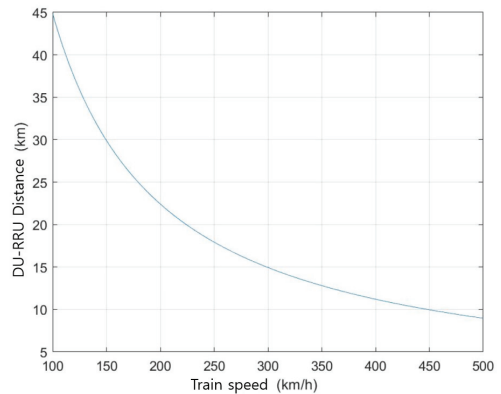


그림 3. 열차 속도에 따른 DU-RRU 간격
Fig. 3 DU-RRU distance versus train speeds

2.3 무선링크 채널 구조 및 특성

LTE-R 규격의 데이터 프레임 길이는 10ms이다. 이 데이터 프레임은 1ms 시간의 서브 프레임 10개로 구성되며, 이 서브 프레임은 500usec 시간 길이를 갖는 타임 슬롯 2개로 구성이 된다. 한 개의 타임 슬롯은 7개 OFDM을 할당할 수 있으므로 한 개의 서브 프레임에는 14개의 OFDM 심볼이 된다. 그림4는 LTE-R 순방향 링크 프레임 구조를 보여 준다.

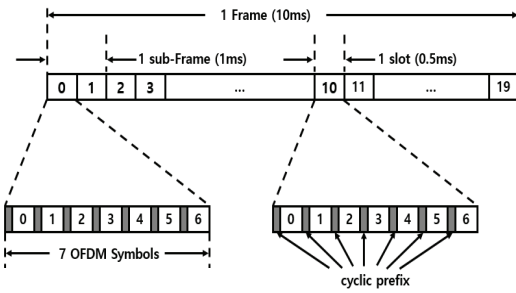


그림 4. LTE-R 순방향 프레임 구조
Fig. 4 Frame structure of LTE-R downlink

LTE-R 순방향 대역폭은 10MHz를 이용하며 이론상 최대 Throughput은 대역폭에 따른 Resource Block(RB) 수, RB 당 서브 캐리어 수, 변조 방식에 따른 비트 수의 곱으로 구할 수 있다. LTE-R에서는 변조 방식과 코딩율을 조합한 29가지 MCS(Modulation Coding Selection) 조합이 있다. 실제 운용시 Throughput은 Primary Synchronization Signal(: P-SS), Secondary Synchronization Signal(: S-SS), Broadcast Channel(: BCH), Physical Downlink Control Channel(: PDCCH), 기준 신호에 쓰이는 비트 수를 빼고 계산해야 한다.

MCS 선택은 변조 방식과 코딩 방식별로 29가지를 제공하기 때문에 Transport Block Size(: TBS) 계산하는 Look-up table은 3GPP TS 36.213[10]에 기초하여 제작되었으며 MCS에 따른 TBS를 확인 후 채널 대역폭에 따른 RB수를 확인 후 Look-up table에서 TBS를 확인하여 MCS에 따른 이론상 최대 Throughput을 표2와 같이 계산할 수 있다.

표 2. LTE-R 순방향 MCS별 이론상 최대 Throughput
Table 2. Theoretical MAXIMUM THROUGHPUT of LTE-R downlink for MCS

MCS	Type	Throughput (Mbps)	MCS	Type	Throughput (Mbps)
0	QPSK	1.384	15	16QAM	14.112
1	QPSK	1.8	16	16QAM	15.264
2	QPSK	2.216	17	64QAM	15.264
3	QPSK	2.856	18	64QAM	16.416
4	QPSK	3.624	19	64QAM	18.336
5	QPSK	4.392	20	64QAM	19.848
6	QPSK	5.16	21	64QAM	21.384
7	QPSK	6.2	22	64QAM	22.92
8	QPSK	6.968	23	64QAM	25.456
9	QPSK	7.992	24	64QAM	27.376
10	16QAM	7.992	25	64QAM	28.336
11	16QAM	8.76	26	64QAM	30.576
12	16QAM	9.912	27	64QAM	31.704
13	16QAM	11.448	28	64QAM	36.696
14	16QAM	12.96			

LTE-R 역방향의 서브 프레임 구조는 순방향의 서브 프레임 구조와 다르다. 역방향의 경우 서브 프레임만 분할하여 사용한다. 역방향 또한 이론적 최대 Throughput 값을 순방향과 동일하게 계산할 수 있다. 순방향과 마찬가지로 실제로 운용 시 Throughput은 Physical Uplink Control Channel(: PUCCH), PUCCH RS, PUSCH RS, Sounding Reference Signal(: SRS)을 포함하는 오버헤드를 제외하고 계산하여야 한다. 표2와 마찬가지로 역방향의 이론상 최대 Throughput 값은 표3과 같다.

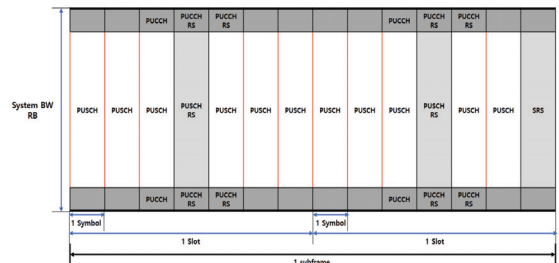


그림 5. LTE-R 역방향 프레임 구조
Fig. 5 Frame structure of LTE-R uplink

표 3. LTE-R 역방향 MCS별 이론상 최대 Throughput
Table 3. Theoretical maximum throughput of LTE-R uplink for MCS

MCS	Type	Throughput (Mbps)	MCS	Type	Throughput (Mbps)
0	QPSK	1.384	15	16QAM	14.112
1	QPSK	1.8	16	16QAM	15.264
2	QPSK	2.216	17	16QAM	16.416
3	QPSK	2.856	18	16QAM	18.336
4	QPSK	3.624	19	16QAM	19.848
5	QPSK	4.392	20	16QAM	21.384
6	QPSK	5.16	21	64QAM	21.384
7	QPSK	6.2	22	64QAM	22.92
8	QPSK	6.968	23	64QAM	25.456
9	QPSK	7.992	24	64QAM	27.376
10	QPSK	8.76	25	64QAM	28.336
11	16QAM	8.76	26	64QAM	30.576
12	16QAM	9.912	27	64QAM	31.704
13	16QAM	11.448	28	64QAM	36.696
14	16QAM	12.96			

2.4 무선링크 시뮬레이션 성능 분석

무선링크 성능 분석은 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션 모델링 방법으로 비엔나 시뮬레이터는 Matlab 툴을 이용한 검증된 시뮬레이터로 알려져 있다[11].

고속으로 주행하는 열차의 무선 채널에 대한 채널 측정과 모델링 연구는 중국에서 평야, 산악, 계곡, 플랫폼에서의 다경로 페이딩 특성과 직접파가 존재하는 라이시안 채널을 측정 한 사례가 있다[12]. 이 사례 연구에서 개활지에서는 채널 모델은 표4와 같다. 그리고 터널 구간에서는 직접파가 존재하므로 라이시안 채널 모델을 적용하며 K-factors는 평균 5dB 정도로 추정하였다. 무선링크 시뮬레이션 모델은 그림6과 같으며 송신 신호 생성 모델, 변조 모델, 페이딩 채널 모델과 복조 모델로 구성되며 송신 신호와 복조된 신호를 비교하여 비트 오류 또는 패킷 에러율(BER/PER)을 분석하는 것이다.

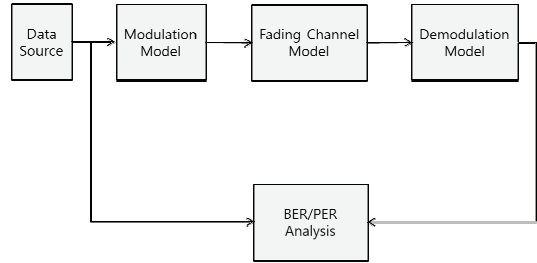


그림 6. 무선링크 시뮬레이터 모델
Fig. 6 Radio link simulator model

표 4. 페이딩 채널 모델
Table 4. Fading channel model

No. of Taps	Delay Spread (ns)	Average Gain (dB)
1	0	0
2	300	-7.6
3	600	-22

순방향 링크 분석은 SINR값이 가변함에 따라 최대 Throughput 값을 가지는 MCS와 100, 300, 420km/h 속도에 대하여 진행하였다. QPSK와 16QAM 경우 속도와 무관하게 비슷한 성능을 보인다. 그러나 64QAM 경우는 성능 저하가 일어나는 것을 확인하였다. 그림7과 그림9는 순방향과 역방향 링크에서 속도 변화에 따른 SINR과 Throughput 관계를 보여 준다. 그림8과 그림10은 순방향 링크와 역방향 링크에서 열차 속도 변화에 따른 MCS별 Throughput 변화를 보여 준다.

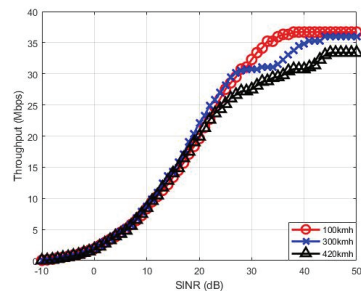


그림 7. 순방향 무선링크 Throughput 성능
Fig. 7 Downlink Radio link throughput performance

순방향 링크 분석과 동일한 방법으로 역방향 링크 분석을 진행하였다. 역방향은 순방향보다 속도의 영향

성이 더 낮은 SINR 값부터 보이기 시작하며 64QAM의 경우 순방향보다 낮은 최대값을 가지는 것을 확인하였다. 또한 속도의 영향성은 역방향이 순방향보다 더 큰 것을 확인하였다.

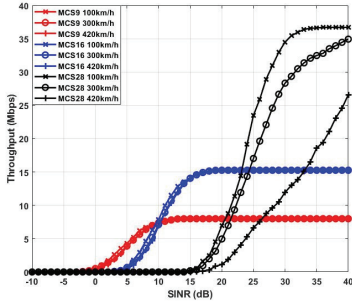


그림 8. 열차 속도와 MCS 별 순방향 무선링크 Throughput 성능

Fig. 8 Downlink radio link throughput performance for train speed and MCS

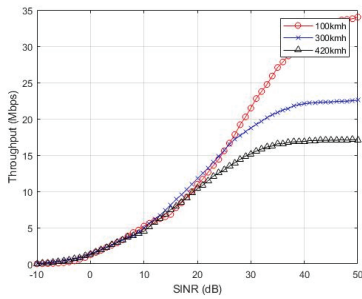


그림 9. 역방향 무선링크 Throughput 성능
Fig. 9 Uplink radio link throughput performance

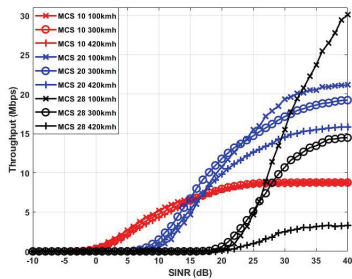


그림 10. 열차 속도와 MCS 별 역방향 무선링크 Throughput 성능

Fig. 10 Uplink radio link throughput performance for train speed and MCS

2.5 계측기를 통한 무선링크 성능 평가

열차가 고속으로 주행하는 환경에서의 무선링크 성능을 분석하는 방법으로 계측기를 사용할 수 있다[13, 14]. 그림11은 Rodhe Schwarz 사가 제공하는 LTE 기지국 시뮬레이터 CMW500장비와 500km/h 속도까지 채널 시뮬레이터AMU200A를 이용한 시험 환경을 보여 준다. 페이딩 채널 시뮬레이터는 무선통신 주파수 대역과 열차주행 속도, 그리고 페이딩 시간 지연(Delay Spread), 신호 감쇄 정보를 세팅할 수 있다.

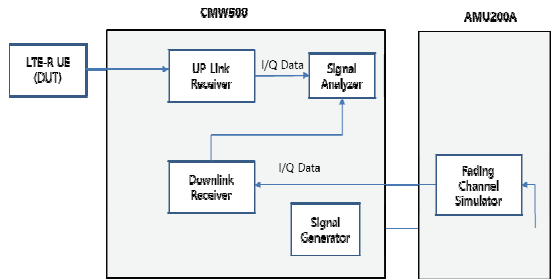


그림 11. 계측기를 이용한 고속 페이딩 시험 환경 구축

Fig. 11 High speed fading measurement environment using measurement tools

순방향 링크에서 RSRP 값이 -80 dBm 인 경우에 대하여 데이터 Throughput을 분석한다. 이 경우는 RSRP 값이 충분히 큰 경우를 말하며 무선 셀의 중심 부근에 있다는 것을 의미한다. 이 조건에서 열차 속도가 100km/h에서 500km/h 까지 가변하는 경우 QPSK, 16QAM, 64QAM 변조 방식의 데이터 Throughput 측정 결과는 그림12와 같다.

QPSK와 16QAM 경우는 이동 속도에 큰 영향을 받지 않지만 64QAM 경우는 데이터 속도가 현저하게 감소하는 것을 보여 준다. 즉, 고속 이동시 64QAM의 데이터 속도가 감소하므로 이는 다운 링크의 Throughput 감소가 현저히 나타나는 것을 알 수 있다.

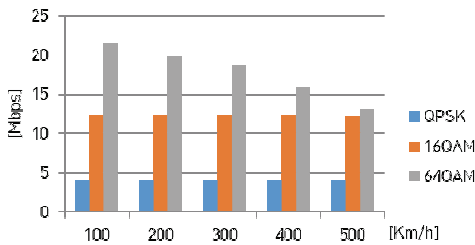


그림 12. 고속 이동에 따른 데이터 Throughput (RSRP = -80dBm)

Fig. 12 Data throughput for high speed (RSRP = -80dBm)

순방향 링크에서 RSRP 값이 -110 dBm 인 경우에 데이터 Throughput 측정 결과는 그림13과 같다. 이 경우는 RSRP 값이 무선 셀 에지에 있는 경우를 의미한다. 페이딩 시뮬레이터에서 열차 속도가 100km/h에서 500km/h 까지 가변하는 경우 QPSK, 16QAM, 64QAM 변조 방식의 데이터 Throughput를 측정한 결과 QPSK은 이동속도에 무관하지만 16QAM 경우는 이동속도에 따라 Throughput이 감소하며 64QAM 경우는 수신 SNR 값이 적으므로 64QAM이 동작하지 않음을 보여 준다.

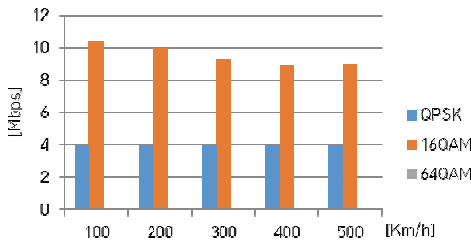


그림 13. 고속 이동에 따른 데이터 Throughput (RSRP = -110dBm)

Fig. 13 Data throughput for high speed (RSRP = -110dBm)

III. 결론

700 MHz 주파수 대역을 사용하는 LTE-R 무선통신시스템의 열차 주행속도가 350km/h 이상일 경우 LTE-R 무선링크의 성능 영향에 대하여 살펴 보았다. 계측기와 비엔나 시뮬레이터를 이용하여 무선링크 성능을 분석한 결과 QPSK, 16QAM 변조 방식에서는 성능의 영향이 미미하지만 64QAM 방식은 이동 속도

에 영향이 크다는 것을 확인하였다. 이러한 성능 분석을 통하여 열차의 이동 속도가 증가함에 따른 정량적인 무선링크의 평가 방법을 제시하였으며, 무선망 구축을 위한 Cell Planning 시뮬레이션과 핸드오버 최적화 시뮬레이션의 입력 파라미터로 활용이 가능하다.

References

- [1] H. Cho, H. Oh, and J. Choi, "Trends of LTE based Railway Communication Systems," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 4, Apr. 2016, pp. 373-378.
- [2] J. Kim, "Smart railway communication standardization trend and direction," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 17, no. 2, Apr. 2022, pp.207-212.
- [3] TTA KO-06.0437, "LTE based Railway Communication System Requirements," *Report*, 2016.
- [4] TTA KO-06.0438, "LTE based Railway Communication System Architecture," *Report*, 2016.
- [5] ETRI, "Railway Radio Communication System Performance Analysis for High Speed Train Operation," *Final Report of ETRI Research Project*, 2020.
- [6] ETRI, "Standardization on Railway Radio Communication Network", *Final Report*, 2018.
- [7] B. Kim, B. Kwon, H. Cho, and W. Cho, "Performance Measurement of LTE based Railway Wireless Communication Systems in the Testbed," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 5, Oct. 2017, pp. 755-762.
- [8] Y. Kim, "Handover performance improvement for LTE-R network," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 15, no. 6, Dec. 2020, pp. 1017-1022.
- [9] S. Kim, "Limit Distance Analysis between DU and RRU in FDD 4G LTE base station," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 1, Jan. 2012, pp. 135-139.

[10] ETSI TS 136 213, "LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical layer procedures (3GPP TS 36.213 Release14)," *Report*, 2017.

[11] C. Mehlhruer, J. C. Ikuno, M. Simko, S. Schwarz, M. Wrulich, and M. Rupp, "The Vienna LTE simulators - enabling reproducibility in wireless communications research," *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, vol. 29, Jul. 2011.

[12] L. Liu, C. Tao, T. Zou, T. Zao, X. Yin, and H. Chen, "A highly efficient channel sounding method based on cellular communications for high-speed railway scenarios," *Journal on Wireless Communications and Networking*, vol. 307, no. 1, Oct. 2012, pp. 1-16.

[13] W. Yang and M. Souryal, "LTE Physical Layer Performance Analysis," *Report*, 2014.

[14] J. Rodriguez-Pineiro, P. Suarez-Casal, J. A. Garcia-Noya, L. Castedo, M. Lerch, S. Caban, and M. Rupp, "LTE downlink performance in high speed trains," *IEEE 81st Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*, Glasgow, UK, 2015.

저자 소개



권유철 (You-Chul Kwon)

1997년 한밭대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 2007년 충남대학교 산업대학원 전자정보통신공학과 졸업(공학석사)

2022년 우송대학교 일반대학원 철도공학과 박사과정
 2020년 ~현재 국가철도공단 기술본부 통신처장
 ※ 관심분야 : 철도무선통신시스템, 철도전송시스템



최준성 (Jun-Sung Choi)

2013년 Virginia Tech, Electrical and Computer Programming Engineering 졸업(공학사)
 2016년 Virginia Tech, Electrical Engineering 졸업(공학석사)

2018년 Virginia Tech, Electrical Engineering 졸업(공학박사)
 2019년 ~2021년 KAIST 조천식녹색교통대학원 연구연구원
 2022년 ~현재 KAIST 녹색교통시스템연구센터 연구교수
 ※ 관심분야 : V2X통신시스템, 무선통신채널, ITS 통신시스템



오현서 (Hyun-Seo Oh)

1982년 숭실대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1985년 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1998년 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
 2022년 한국전자통신연구원 연구전문위원
 2022년 TTA ITS/차량/열차 표준화 그룹 의장
 ※ 관심분야 : 열차 무선통신, V2X 및 IoT 통신



김성철 (Seong-Cheol Kim)

1987년 고려대학교 전자공학과(공학사)
 1989년 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1997년 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
 1997년 우송대학교 철도전기시스템학과 교수
 2010년 ~현재 국가철도공단 자문위원
 ※ 관심분야 : 광대역 무선 멀티미디어 통신 철도통신시스템,