

주파수 대역폭에 따른 철도 통신망 안정성 비교

정민우* · 이숙진**

*과학기술연합대학원 **한국전자통신연구원

Railway Communication Network Stability Comparison in Diverse Frequency Bandwidth

Min-woo Jeong* · Sook-jin Lee**

*University of Science & Technology, **Electronics and Telecommunications Research Institute

E-mail : jmw2237@ust.ac.kr

요 약

무선통신기반 열차제어시스템의 국내 도입을 앞두고 철도전용 주파수 할당에 대한 사항이 활발히 논의되고 있다. 공공자원이므로서 큰 가치를 지닌 주파수를 적절한 용도에 알맞은 양을 할당하는 것은 다른 분야와의 형평성과 한정된 자원의 유용한 사용 측면에 있어서도 중요한 문제이다. 본 논문에서는 무선통신기반 열차제어시스템에서 기존에 논의되던 서비스들을 LTE 기반의 철도통신망에 적용했을 때 안정적인 운용이 가능한지에 대하여 시뮬레이션을 통하여 알아보았다.

ABSTRACT

Railway dedicated frequency bandwidth allocation matters are being discussed actively before an introduce of wireless communication based train control system to korean railway industry. Allocating the frequency band, which has great value as a public resource, for suitable use with right amount is particularly important, because of equity in other fields and valuable use of limited resources. In this paper, the feasibility about stable railway communication network operation based on LTE in diverse frequency bandwidth will be discussed with solicitous simulation.

키워드

철도통신, 주파수 대역폭, LTE, 망 안정성

1. 서 론

기존 국내 운용중인 TRS-TETRA 기반의 철도 통신시스템의 경우 현재 현장에서 필요로 하는 다양한 요구사항들을 만족시킬 수 없는 한계점을 가지고 있다. 뿐만 아니라 지역에 따라 상이한 철도통신시스템이 사용됨에 따른 운영상의 비효율성이 끊임없이 제기되고 있다.

유럽의 경우 열차가 국경을 지날 때에도 동일한 통신장비를 통하여 관계와의 통신을 유지할 수 있도록 GSM-R로 통일된 철도통신시스템을 사용하여 왔다. 하지만 GSM-R의 경우 대역폭과 전송기술의 한계로 열차제어와 음성통신 서비스만

을 지원할 수 있고, 최근 필요성이 크게 대두되고 있는 영상정보를 포함한 다양한 데이터통신 서비스를 운용할 수가 없다. 이에 따라 기술수명의 만료가 가까워진 GSM-R을 대체하기 위하여 LTE-R의 도입이 거론되었고, 국내에서도 LTE-R에 사용될 주파수대역 할당에 대한 논의가 활발히 진행되고 있다.

본 논문에서는 현재 철도운용현장에서 요구되고 있는 서비스들을 LTE 기반의 철도통신망에 적용했을 때를 가정한 시뮬레이션을 통하여, 망 운용의 안정성과 해당 필요조건들에 관하여 논하고자 한다.

II. 주파수 대역폭 별 철도 통신망 서비스 안정성 비교

1990년대 초에 표준화가 시작되어 2000년에서야 완성된 GSM-R 또한 시스템 도입 이후 통화실패, 열차 긴급정지, 통화기능 긴급정지, 전원 공급 차단 및 열차운행중단 등의 각종 사고사례가 발생하였다[1]. 이에 따라 LTE 기반의 철도통신시스템의 개발과정에도 다양한 기술적 개선과 검증작업이 필수적으로 진행되어야 한다.

LTE 통신시스템에서는 1.5MHz, 3MHz, 5MHz, 10MHz, 20MHz로 다양한 프로파일을 제공하고 있다. 본 장에서는 상기 프로파일들에 참고문헌 [2]에서 언급하고 있는 열차제어 음성통화, 영상데이터와 기타 운영 관련 데이터서비스를 적용했을 때, 안정적으로 송수신 가능한 서비스 throughput과 통신오류 발생률에 대하여 분석하고자 한다.

먼저 철도통신시스템에서 요구되는 운용통신서비스의 종류와 throughput은 표 1과 같다.

표 1. 서비스별 throughput 예상치[2]

Classification		Amount of traffic (kbps/cell), 2022년	
		DL	UL
Service	Data	897.9	1,740.5
	Voice	1,507.5	1,507.5
	Video	6,000.0	11,600.0
Total		8405.4	14,848.0

상기 철도통신 서비스들이 적용될 철도통신망 토폴로지는 다음 그림 1과 같다. 단말은 선형으로 배치된 기지국을 따라 100km/h의 속도로 이동하며 App server와 데이터를 송수신한다. 사용 주파수대역은 상향링크 1820MHz, 하향링크 2110MHz 대역을 사용하였다[3].

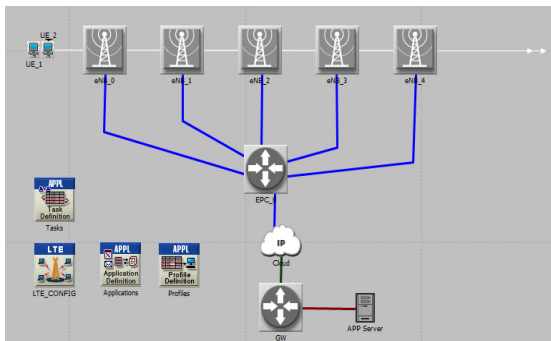


그림 1. 시뮬레이션 망 구성도

아래 그림 2는 1.4MHz, 3MHz, 5MHz FDD 프로파일을 사용한 서비스 throughput 비교 그래프이다. 1.4MHz 프로파일 그래프에서는 상향링크

하향링크에서 수용가능한 throughput을 초과하여 모든 주파수자원을 사용하고 있음을 볼 수 있다.

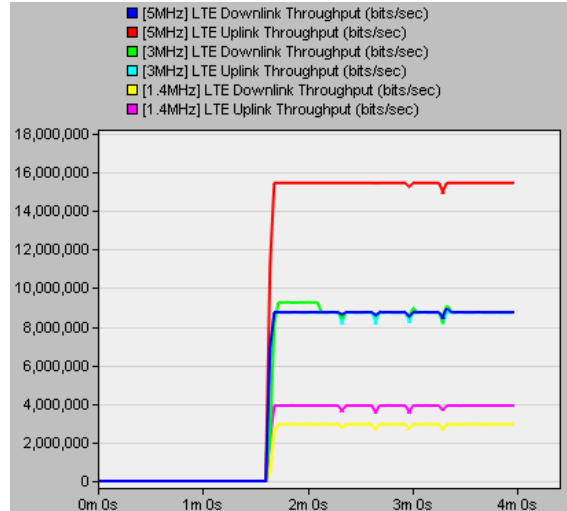


그림 2. 대역폭 별 throughput 처리량

3MHz 프로파일 그래프에서는 하향링크 데이터는 대부분 수용하였으나 상향링크 데이터를 모두 수용하지 못한 것을 볼 수 있다. 마지막으로 5MHz 프로파일 그래프에서는 상하향 데이터를 모두 수용하고 있음을 알 수 있다. 동일한 대역폭의 상-하향 throughput을 비교했을 때 상향링크가 하향링크에 비해 더 높은 이유는 상향링크는 SC-FDMA를 사용함으로써 OFDMA를 사용하는 하향링크에 비해 단일 단말에 더 많은 주파수자원을 할당할 수 있기 때문이다.

아래 그림 3,4는 주파수 프로파일 별 단일 기지국의 상-하향 공용채널과 제어채널의 무선자원 사용량을 나타낸다. 1.4MHz, 3MHz 프로파일에서는 100%에 가까운 자원 사용상황을 보이므로 통신망에 과도한 traffic이 흐르고 있음을 알수있다.

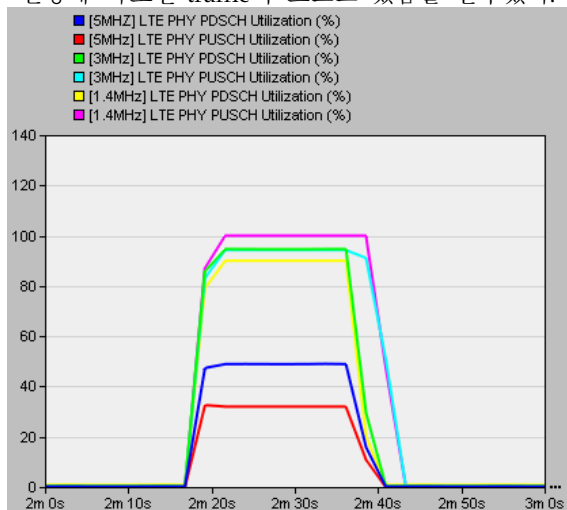


그림 3. 대역폭 별 공용채널자원 점유율

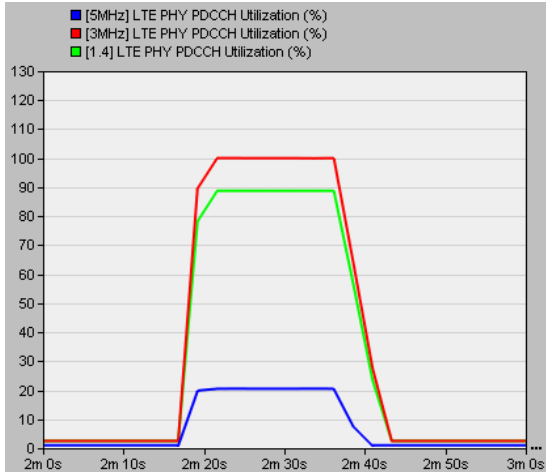


그림 4. 대역폭 별 제어채널자원 점유율

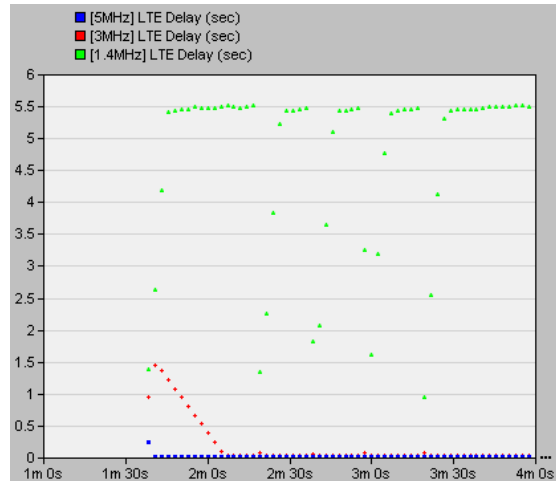


그림 6. 대역폭 별 패킷전달 지연시간

그에 비해 5MHz 프로파일 그래프에서는 절반 이하의 자원이 소요됨으로써 유사시에도 안정적인 통신을 제공할 수 있게 된다.

통신망의 안정성인 서비스 제공에 관한 비교는 아래 그림 5,6의 해석을 통해 이루어질 수 있다. 그림 5는 Layer 2에서 측정된 상향링크 패킷손실 발생률을 나타낸다. 거의 모든 무선자원이 사용되는 1.4MHz, 3MHz 프로파일의 경우에는 핸드오버 발생 시 마다 유사한 패턴의 패킷손실이 발생하는 것과, 이에 비해 5MHz 프로파일에서는 핸드오버 발생 시 패킷 손실이 매우 적거나 없음을 해당 그래프를 통해 알 수 있다. 그림 6은 LTE 통신망을 거치는 패킷들의 End-to-End delay를 나타낸다. 1.4MHz 프로파일에서는 5sec 이상의 지연시간이 발생함으로써 해당 서비스들을 안정적으로 제공할 수 없음을 알 수 있다. 특히, 열차제어에 관해서는 매우 엄격한 기준의 패킷 지연시간을 만족해야 하므로 안정적인 철도통신망 운용을 위해서는 5MHz 이상의 주파수를 사용하여야 함을 알 수 있다.

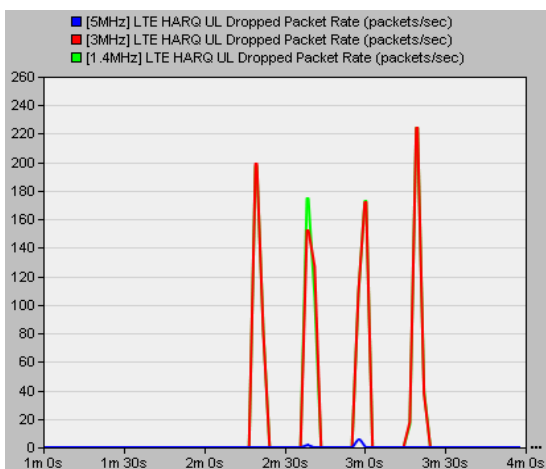


그림 5. 상향링크 패킷손실 발생률

III. 결론

본 논문에서는 LTE에서 지원하는 다양한 주파수 대역폭 프로파일에 철도통신용 서비스들을 적용-비교해 봄으로써 안정적인 통신서비스 운용을 위해 적절한 주파수 프로파일을 도출해 내었다. 간섭이 없는 이상적인 상황을 가정한 실험으로서의 한계가 있었으나, 다양한 단말의 사용, 사용 주파수 대역, MCS(Modulation and Coding Scheme), 송수신 전파의 세기, 타 통신망과의 간섭 등의 상황을 고려한 추가적인 연구가 뒤따른다면 더욱 실제에 가까운 데이터를 얻을 수 있을 것으로 예상된다. 그리고 해당 분야에서의 면밀한 연구를 통해 실제 철도통신시스템 설치에 앞서 안전성 검증에 기여할 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 국토교통부 미래도시철도기술개발사업 연구비 지원(10PURT-B056851-01)에 의하여 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 김사혁(2013) “철도무선통신망 구축 국내외 현황 및 시사점”, 정보통신정책 제 25권 9호 통권 554호 pp.1-44
- [2] 정민우 외 4명(2013) “차세대 철도통합무선망을 위한 주파수 소요량 계산방법”, 한국철도학회 논문집 16권 제 6호 pp.540-550
- [3] 이상윤(2012) “해외 철도통신용 주파수 이용 동향과 시사점”, 정보통신정책 제 24권 22호 통권 544호 pp.55~75