LTE-R 네트워크에서 비디오 트래픽의 전송 성능

김영동*

동양대학교

Transmission Performance of Video Traffic on LTE-R Networks

Young-Dong Kim*

Dongyang University

E-mail : ydkim@dyu.ac.kr

요 약

LTE-R(Long Term Evolution-Railway)은 LTE 기술을 기반으로 한 철도통신의 표준으로 고속철도의 핵심 통신기술로 사용될 것으로 전망된다. 본 논문에서는 LTE-R 네트워크에서 응용트래픽으로서 비디오 트래픽의 전송성능을 분석해 본다. 성능분석은 NS-2를 기반으로 한 컴퓨터 시뮬레이션을 사용하여 수행하며, 비디오 트래픽으로는 공개 영상 트래픽을 사용하며, 전송 프로토콜로는 RTP(Real Time Traffic)을 사용한다. 본 논문의 결과와 방법은 LTE-R 네트워크의 연구 및 개발에 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

ABSTRACT

LTE-R(Long Term Evolution-Railway) based on LTE technology is expected to use core communication technology for high speed railway as one of standards for railway communications. In this paper, transmission performance of video traffic as an application is analyzed on LTE-R networks. Performance is evaluated with compter simulation based NS(Network Simulator)-2, open video traffic is used, RTP(Real Time Protocol) is used for transmission protocol. Results and methods of this paper can be used for research and developmemt of LTE-R networks.

키워드

LTE-R, Video, RTP, NS-2, Simulation, Performance

Ⅰ. 서 론

LTE(Long Term Evolution)은 이동통신을 대표하는 기술로서 스마트폰 응용을 넘어 산업통신, 긴급통신 및 군사목적 등 다양한 통신분야에 도입되어 활용되고 있다.[1][2]

스마트폰 중심의 상용통신이 H2H(Huamn to Human)으로 운용되는 반면에 산업통신이나 군사통신 등은 H2H 통신을 넘어 M2M(Machine to Machine) 통신이 지원되어야 한다.

LTE-R(Long Term Evolution - Railway)는 산업통신의 한 분야로 철도통신에서 사용되는 LTE 기술의 의미한다. 고속으로 운용되는 철도분야 활용을 위해서는 열차제어등에 있어 정교한 트래픽 제어가 요구된다.

본 논문에서는 이와 같은 LTE-R 기술의 특성을 고려하여 LTE-R 네트워크의 트래픽 전송 성능을 응용 트래픽 관점에서 분석한다.

성능분석은 NS(Network Simulator)-2를 기반으로 하는 컴퓨터 시뮬레이션을 사용한다. 시뮬레이터는 NS-2를 기반으로 공개버전의 LTE 모듈을 수정하여 LTE-R 기능을 구성하고, 이를 기반으로 시뮬레이터를 구축한다. 대상 트래픽은 공개버전의 영상 트래픽을 사용하며 전송 프로토콜로서는 RTP(Real Time Protocol)을 사용한다. 성능 파라미터로 처리율(throughput), 지연(delay), 패킷손실율을 사용하여 성능을 분석한다.

본 논문은 II장에 LTE-R, III장에 시뮬레이션 및 분석, IV장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. LTE-R

LTE-R 네트워크는 LTE의 클러스터 형 셀과는

달리 그림 1과 같은 체인 셀을 사용하여 구성된다. 체인셀은 LTE-R 기술이 사용되는 철도통신 환경을 고려한 것으로 클러스터셀에 비하여 주파수 활용, 핸드오프 등에 있어서 유리한 측면이 있다.

LTE-R 네트워크의 구성요소는 그림 2와 같이 UE(User Equipment), E-UTRAN(Evolved - Universial Terrestrial RAdio Network), EPC(Evolved Packet Core), PDN(Packet Data Network) 등으로 구성된다.

UE는 사용자 모바일 단말장치, E-UTRAN은 기지국 eNB(eNodeB)로 구성되며 UE를 EPC에 연결한다. UE와 eNB간은 LTE-R방식 연결되며, eNB간은 X2방식으로 연결된다. EPC는 LTE-R의 코어로서 MME(Mobility Management Entity), 게이트웨이, HSS(Home Subscriber Station) 및 PCRF(Policy Charging Rules Function)로 구성된다. PDN은 패킷네트워크로 일반적인 인터넷 등의 데이터 네트워크를 의미한다.

LTE-R에서 데이터는 UE-eNB-SGW-PGW를 따라 PDN으로 이동하여 열차와 제어센터, 열차와 열차로 분배되어진다.

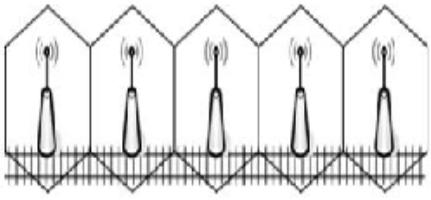

그림 1. LTE-R의 체인-셀[1][2]

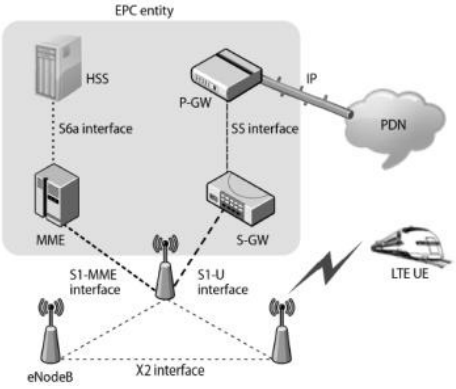

그림 2. LTE-R 네트워크 구성[2][4]

LTE-R에서 사용되는 주요 기술 규격은 표 1과 같다. 표 1에서 LTE-R은 1[㎞]의 통신거리, 350[㎞/h]급 이동성 10[Mbps]의 통신속도를 지원하고 있으나, 철도운영속도의 향상과 신규응용서비스의 도입에 따라 점차 개선되고 있다.

표 1. LTE-R 규격

항 목	내 용
주파수	718-728, 773-783[㎒]
사용자	ATC
데이터율	~ 10[Mbps]
통신거리	0.2 ~ 1[㎞]
이동성	~ 350[㎞/H]
음성서비스	그룹호출, 철도비상호출, 기타
기술표준	UIC, 3GPP LTE
국내표준	TTAK.KO-06.0369 TTAK.KO-06.0370 TTAK.KO-06.0407

III. 시뮬레이션 및 분석

본 연구에서는 LTE-R 네트워크에서 전송되는 응용 트래픽의 전송 성능을 NS-2[5]를 기반으로 한 컴퓨터 시뮬레이터를 사용하여 측정하였다. 시뮬레이터는 NS-2에 오픈소스 버전의 LTE 모듈[6][7]을 수정하여 LTE-R 시뮬레이션 환경을 구축하고, 이를 기반으로 비디오 트래픽 전송을 위한 응용 프로그램으로 구현하였다.

시뮬레이션에서 사용된 LTE-R 네트워크는 표 2와 같이 규모 400×10[㎡], 1 서버, 1 게이트웨이, 1 eNB, 5 UE로 구성되며, 모바일 단말인 각 UE는 기지국인 eNB에 LTE-R 방식으로 연결되어 최대 시속 500[㎞/H]의 속도로 랜덤이동을 한다. 각 단말은 이와같은 이동중에 starwars.nsformt[8]의 형식의 비디오 트래픽을 RTP 방식을 사용하여 서버로 전송하거나 서버로 부터 전송을 받는다. 본 연구에서는 UE 0가 비디오 트래픽을 먼저 서버로 전송하고, 서버가 나머지 UE에게 동일한 트래픽을 전송하는 것으로 설정하였다. 그림 3은 시뮬레이션 실행의 예를 보여준다.

표 2. 시뮬레이션 주요 파라미터

파라미터	설 정 값
네트워크	400×10㎡
이 동 성	500㎞/H, 랜덤이동
디바이스	1 Server, 1 Gateway, 1 eNB, 5 UE
링크속도	5Gb, 1Gb, 50Mb
링크지연	50㎳, 10㎳, 2㎳
트 래 픽	비디오 트래픽(starwars.nsformat)
연 결	RTP
패킷크기	1062 bytes

시뮬레이션 실행 결과를 그림 4~6에 처리율(throughput), 지연(delay) 및 패킷손실율(Packet Loss Rate)로 나누어 제시하였다. 각 결과는 300[초]간의 시뮬레이션 실행에서 매 2[초] 간격으로 측정한 것이며, 각 그림에서 시뮬레이션 조건에서 동일하다.

각 그림의 범례에서 각 성능파라미터의 첨부된 숫자 0~4는 UE를 의미하며, 숫자 5는 서버를 나타낸다. 예로서 throughput 1은 UE 1의 처리율, delay 5는 서버의 지연을 의미한다.

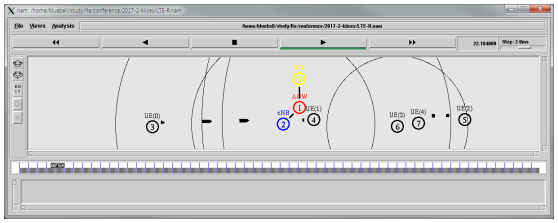

그림 3. 시뮬레이션 실행 화면

그림 4의 처리율에서 서버는 평균 1.5[Mbps], UE는 각각 평균 200[kbps]로 측정되었다. 이는 각 전송에서 사용된 실제 데이터 속도를 의미한다. 서버의 실시간 처리율은 1.2~2.1[Mbps]로 다소 변동이 큰 것으로 나타났으나, UE의 처리율 변동은 100~300[kbps]로 크지 않은 것으로 관찰되었다.

평균지연은 10[ms]로 양호하게 측정되으며, 변동폭 또한 매우 양호한 것으로 나타났다.

패킷손실율은 평균 5[%]로 측정되었으나 그 변동폭이 2~10[%]로 비교적 큰 것으로 나타났다.

그림에서 시뮬레이션 시작후 약 0~5[초] 구간은 시뮬레이션 가동후 안정화까지의 과도 구간으로 간주하여 분석 대상에서 제외하였다.

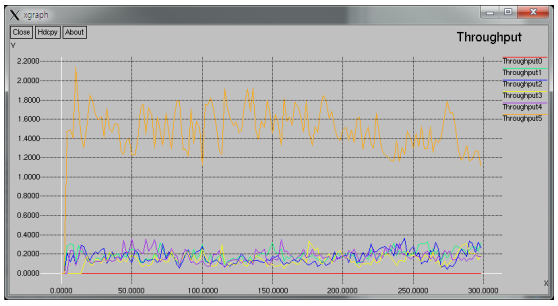

그림 4. 처리율

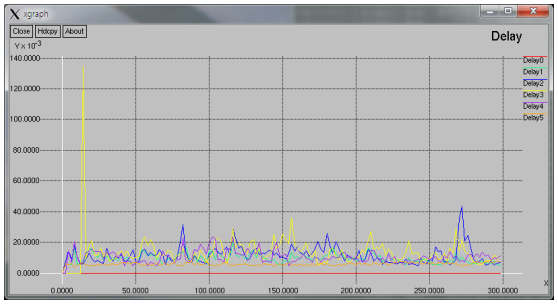

그림 5. 지연

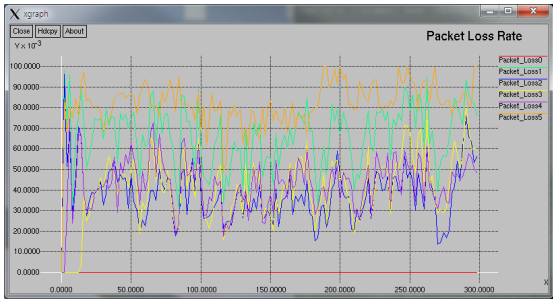

그림 6. 패킷 손실율

그림 4~6의 결과에 따르면 LTE-R 네트워크에서 비디오 트래픽을 전송함에 있어서 지연은 크게 문제가 되지 않으나, 패킷손실율은 전송성능에 매우 큰 영향을 미치며, 처리율 또한 일정부분 영향을 미칠 것으로 분석되었다.

따라서 LTE-R 네트워크에서 비디오 트래픽을 처리기 위해서는 서버의 용량과 각 패킷 이동 경로에 따른 패킷 손실율 최소화 방안을 강구해야 한다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서 LTE-R 네트워크에서 응용 트래픽으로서 비디오트래픽의 전송성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 사용하여 측정하고 분석하였다.

시뮬레이션에서는 1서버, 1게이트웨이, 1eNB로 구성되는 LTE-R 네트워크에 연결되어 랜덤이동을 하는 5 UE가 RTP 방식으로 전송하는 비디오 트래픽의 처리율, 지연, 패킷손실율 측정하였다.

시뮬레이션 결과 비디오 트래픽의 전송에서 처리율은 대체로 양호하였고 지연은 매우 양호하였으나 패킷처리율의 평균은 양호하였으나 실시간 변동폭이 매우 큰 것으로 나타났다. 사용하여 전송하는 경우 CBR 트래픽이 VBR 트래픽에 비해 성능이 안정적인 것으로 관찰되었다. 따라서, 패킷처리율의 변동폭 개선대책이 LTE-R 네트워크에서 비디오트래픽의 전송에서 필요한 것으로 분석되었다.

본 논문에서 사용한 성능분석 방법 및 결과는 LTE-R 기술의 전송성능 연구, 응용서비스의 개발, LTE-R 네트워크의 연구 및 개발에 활용될 수 있을 것이다.

논문에서는 비디오트래픽의 전송성능으로 처리율, 지연 및 패킷손실율과 같은 일반적 성능파라미터를 사용하였으나 비디오트래픽 분석에 특화된 성능 파라미터인 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio) 및 MOS(Mean Opinion Score) 등을 사용한 분석이 추후 과제이다.

참고문헌

[1] Y. Kim, "Trends of Mobile Communication Technologies for Electric Railway Systems", Proceedings of ICFICE2016, June, 2016.
[2] Y. Kim, "Trends of Mobile Communication Services based on LTE-R", Proceedings of KIICE, Oct., 2016.
[3] S. Banerjee, M. Hempel, H. Sharif, "A Survey of Wireless Communication Technologies & Their Performance for High Speed Railways", Journal of Transportation Technologies 6, pp.15-29, 2016.
[4] Y. Kim, H. Hwang, B. Lee, M. Lim, K. Choi, "A study on LTE-R network utilization for test line tram building", Proceeding of KICS2014, pp.632-633, 2014.
[5] http://nsnam.isi.edu/nsnam
[6] A. Chor, W. Dai, C. Zhang, "Performance Analysis on VoIP over LTE network", ENSC 427 : Communication Networks, 2015.
[7] C.J Ou, T.L Yang, Y. Chen, "VoIP Performance of City-Wide Wi-Fi and LTE", ENSC 427 : Communication Networks, 2014.
[8] http://www2.ensc.sfu.ca/~ljilja/TRAFFIC/StarWars/starwars.nsformat.txt.info