

철도전용 통합무선망 개발

Development of Integrated Wireless Network for Railway

송용수* · 김용규 · 백종현

Yongsoo Song · Yong-Kyu Kim · Jong-Hyen Baek

Abstract This research aims to conduct a study on the feasibility of the LTE communication method for developing a dedicated integrated railway wireless network. An empirical analysis was carried out by establishing a dedicated integrated railway wireless network in an approximately 12km section between Illo station and Daebul station on the Honam line. Korean wireless communication methods for railway safety are different depending on each line, which makes it difficult for railway workers to cooperate with. This causes various problems. There is the ever-present risk of accidents due to call disconnection between wireless communication systems, frequency interference from commercial networks, and crosstalk. This study verified the feasibility of the 4th generation communication system, LTE, over the dedicated integrated railway wireless network as a solution for the above mentioned problems. The result shows this communication system exceeded existing performance standards of Europe GSM-R in every test item despite the location constraint of train tracks on the base station establishment.

Keywords : GSM-R, LTE-R, Train Control System, Railway Wireless Network

초 록 본 연구는 철도전용 통합무선망 개발을 위한 LTE 통신 방식의 적용타당성 연구를 목적으로 하며, 호남선 일로역에서 대불역 사이 약 12km 구간에 걸쳐 철도전용 통합무선망을 구축하여 실증 분석하였다. 한국의 철도 안전 무선통신은 노선 별로 방식이 상이하여 각 철도 종사자간 협업이 어려워 다양한 문제점이 발생하고 있으며 무선통신 시스템간 통화 단절 및 상용 무선망과의 주파수 간섭 및 혼신에 따른 사고 발생 위험이 상존하고 있다. 본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 대두되고 있는 철도전용 통합무선망에 4세대 통신 방식인 LTE를 적용하는 것이 타당한지를 살펴보았다. 열차 선로라는 기지국 설치 위치의 제약이 있었음에도 모든 시험 항목에서 기존 유럽의 GSM-R의 성능 기준을 상회하는 결과를 보였다.

주요어 : GSM-R, LTE-R, 열차제어시스템, 철도 무선통신망

1. 서 론

현재 국내 철도 관련 무선통신 방식은 노선 별로 상이하여 비효율적으로 운영되고 있다. 구축된 시기에 따라 Very High Frequency(VHF), Trunked Radio System(TRS)-Tetra, TRS-Astro, WiFi 방식이 무선통신 및 무선열차제어에 사용되고 있다. 각 방식에 따라 통신용 단말기도 모두 다르기 때문에, 다른 방식이 만나는 선로 지점에서는 실제로 관제요원, 열차운전자, 현장 유지보수 요원 간 통신을 통한 협업이 어려워 다양한 문제점이 발생하고 있으며, 상이한 철도 무선통신 시스템 간 단절 및 불통 현상, WiFi가 사용하는 ISM 2.4GHz 비면허 대역의 경우 상용 무선망과 기존철도 무선통신시스템과의 주파수 간섭 및 혼신 등에 따른 철도 운행 중단 및 철도 사고 발생 위험이 존재하고 있다. 이에 미래 철도의 안전 확보 및 수송 효율성 향상을 위한 국가철

도 통합무선망 구축 관련 연구가 크게 부각되고 있으며, 이러한 요구에 맞추어 2012년 4월부터 본 연구를 착수하여 현재는 통합무선망에 대한 개발 및 시험을 호남선(대불~일로)에서 2013년 4월부터 실시하고 있다.

국제적으로는 국제철도연합(UIC; International Union of railway)에서는 “차세대 철도 무선통신 표준화”라는 주제로 유럽의 철도 통합 무선망(GSM-R; Global System for Mobile communication-Railway)의 미래에 대해 전망을 2012년 10월 4일 파리에서 세계 각국의 철도통신전문가를 초청한 회의에서 발표하였다. 여기에서는 유럽 각국의 철도통신기술 변화에 따른 시장의 요구, 철도 무선통신의 기술과 동향을 제시하였으며, 특히 현재 운용 중인 GSM-R의 처리 방안과 문제점, 영상 감시, 실시간 열차 성능 모니터링 등의 새로운 서비스 증가에 따른 GSM-R의 위기에 대해 언급하였다 [1]. 철도통합무선망은 무선을 이용한 정보통신의 안정성과 열차라는 이동체를 제어하는 안전성이 결합한 혁신적인 시스템의 개발 및 적용이 가능한 시스템이다[2]. 정보통신기술을 철도시스템에 이용하여 지상과 차상의 제어장치 역할을 서로 분담함으로써, 무선을 이용한 안전하고 단순한 구조의

*Corresponding author.

Tel.: +82-31-460-5454, E-mail : adair@krii.re.kr

©The Korean Society for Railway 2013

<http://dx.doi.org/10.7782/JKSR.2013.16.6.551>

열차제어시스템이 일부 국가에서 실용화 되고 있는 상황이다. 그 대표적인 사례인 유럽의 ERTMS/ETCS는 GSM 대역의 일부를 철도전용으로 할당 받아 개발한 GSM-R을 사용하여 현재 유럽의 간선철도와 고속철도를 제어하고 있다.

본 논문에서는 호남선(일로-대불) 구간에서 구축된 Long Term Evolution-Railway(LTE-R) 시스템의 무선망, 지상서비스, 차상 서비스 시스템 개발에 대해 기술하고, 총 6개 항목의 GSM-R 서비스 품질 기준과 비교하기 위한 시험 방법과 결과를 서술하였다. 6개 시험을 통해 LTE 방식 철도전용 서비스의 타당성을 실증하고자 한다.

2. 한국형 철도전용 통합무선망(LTE-R) 지상 시스템 개발

2.1 철도 통합무선망 지상 시스템 개요

본 연구는 2012년 4월부터 호남선(일로-대불 약 12km) 구간에서 DU(Digital Unit) 2대와 RRH(Remote Radio Head) 9대로 구성된 LTE-R 망을 구축 하였다. 이는 아직은 시험 주파수인 2.6GHz Frequency Division Duplex(FDD) 방식 10MHz 주파수 폭(5Mhz*2)을 사용하였으며 향후 철도전용 주파수 확보 시 변경할 예정으로 진행되고 있다. LTE-R 시험망은 크게 지상무선망과 차상무선장치로 구분되어 개발되었다. 지상무선망 시험은 Fig. 1과 같이 구성 장비에 따라 EPC, LSM-C, eNB, LSM-R, HSS로 구분된다.

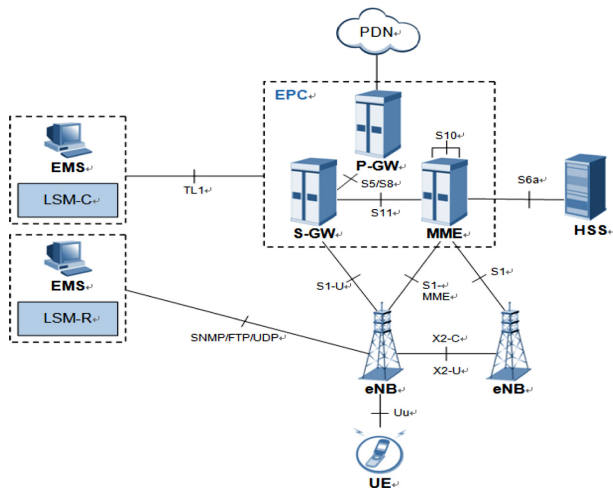


Fig. 1 Ground schematic of LTE-R

2.2 철도 통합무선망 지상 시스템 기능

2.2.1 eNB(evolved NodeB)

eNB는 UE와 MME, S-GW 사이에 있는 시스템이며, 차상단말에게 무선통신 서비스를 제공한다. eNB는 UE와의 무선 신호 송수신, 패킷 트래픽 신호에 대한 변복조 신호처리, 무선 자원의 효율적인 이용, QoS(Quality of Service) 보장을 위한 패킷 스케줄링(packet scheduling), 무선 대역폭 할

당, ARQ(Automatic Repeat Request)/HARQ(Hybrid Automatic Repeat Request) 처리 등을 수행한다. 또한 eNB는 패킷 세션에 대한 연결과 핸드오버를 제어한다.

2.2.2 MME(Mobility Management Entity)

MME는 eNB와 S-GW 사이에 있는 시스템으로서, 여러 대의 eNB에 대한 Mobility control 역할을 수행한다. UE가 최초 망에 access시에 MME는 eNB로부터 request를 받으며 HSS를 이용하여 가입자 인증 및 가입자 정보를 받은 후 S-GW와 P-GW를 할당하는 역할을 수행한다. UE가 idle mode 일 경우, MME는 S-GW로부터 요청을 받아 UE로 paging을 수행하는 역할도 수행한다.

2.2.3 S-GW(Serving Gateway)

S-GW는 eNB와 P-GW 사이에 있는 시스템으로서, 여러 대의 eNB를 IP 네트워크에 정합하며 eNB와 P-GW간에 트래픽을 송수신하고, QoS를 제어(DSCP marking), 과금 처리(Roaming case)를 담당한다. S-GW는 운용/사업자 망 내에 있는 여러 서버들(PCRF(Policy and Charging Rules Function), DNS(Domain Name Service) 서버, OFCS(Offline Charging System))에 대한 인터페이스를 제공한다. 특히 3GPP access node간 anchor point로서 LTE의 경우 eNB간 이동 및 핸드오버에 대해 bearer path를 변경해 주는 기능을 포함한다.

2.2.4 P-GW(PDN Gateway)

P-GW는 S-GW와 PDN 사이에 있는 시스템으로서, 여러 대의 S-GW를 IP 네트워크에 정합하며 외부 망과 UE간에 트래픽을 송수신하고, QoS를 제어(DSCP marking, rate limiting), 과금 처리를 담당한다. P-GW는 운용/사업자 망 내에 있는 여러 서버들(PCRF, AAA(Authentication, Authorization and Accounting) 서버, DNS(Domain Name Service) 서버 및 OFCS, OCS(Online Charging System))에 대한 인터페이스를 제공한다. P-GW는 DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol) Client 및 Server 기능을 포함하고 있어, UE에 대해 IP 주소 및 관련 설정 정보를 관리하고 할당해주는 기능도 수행한다. 또한 CDMA2000을 포함한 Non-3GPP system과 PMIP(Proxy MIP) 연동을 제공하는 역할을 수행함으로써 Non-3GPP간 및 Non-3GPP와 3GPP간 핸드오버를 제공해준다.

2.2.5 EMS(Element Management System)

EMS는 운용자가 MME, S-GW, P-GW를 운용 및 유지 보수할 수 있도록 시스템 관리 위한 인터페이스를 제공한다. EMS는 EPC core 망을 관리 하는 LSM-C과 eNB 이하 DU 및 RU를 담당하는 LSM-R 2개로 나눌 수 있다.

3. 한국형 국가철도 통합무선망(LTE-R) 차상 시스템 개발

차상 시스템은 크게 차상단말장치, 휴대용 단말, 철도전용 서비스 3가지로 나눌 수 있다. 또한 차상 단말 장치는 Fig. 2과 같이 차상단말장치는 열차의 안전운행을 확보하기 위하

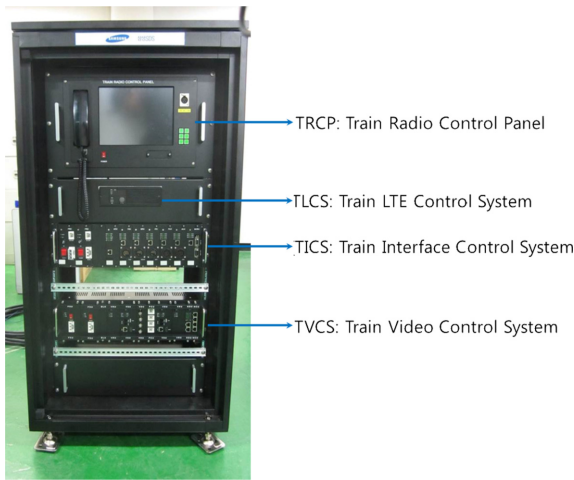


Fig. 2 On board(train) equipment of LTE-R

여 차량설비와 지상설비간 음성, 영상, 차량운행 정보 등 다양한 데이터를 무선으로 송수신하기 위한 장치이며, 안테나 및 차량용 조작반(TRCP), 차량용 LTE 통신장치(TLCS), 차량인터페이스장치(TICS), 차량용 영상장치(TVCS)로 구성된다.

차량용 조작반(TRCP: Train Radio Control Panel)은 차량 단말장치를 조작하기 위한 장치로, 차량인터페이스 장치(TICS: Train Interface Control System) 및 차량용 영상장치(TVCS: Train Video Control System)를 제어하고 차량용 LTE 통신장치(TLCS: Train LTE Control System)을 통하여 VoIP 및 PTT 음성 통화하는 장치이다.

차량용 LTE 통신장치(TLCS: Train LTE Control System)는 LTE 기반의 무선 송수신장치로, 철도전용 LTE망에 접속하여 각 단말과 음성, 영상 및 제어 데이터를 주고 받는다. 아래 Fig. 3은 TLCS의 소프트웨어 구조도이다.

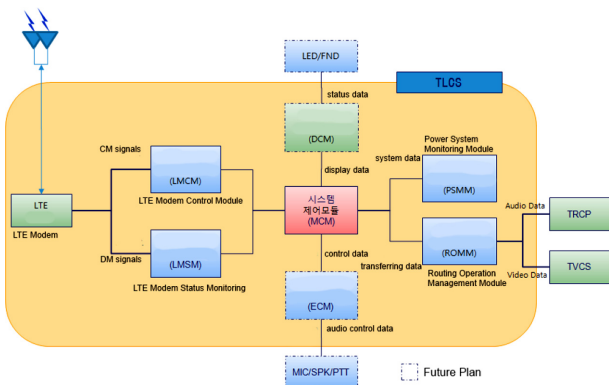


Fig. 3 Software structure of TLCS

차량인터페이스 장치(TICS: Train Interface Control System)는 차량용 조작반(TRCP)에서 열차내 방송장치, LED 표시기, CCTV, 차량제어장치(TCMS) 등의 제어가 가능할 수 있도록 각 장치간 인터페이스를 제공한다.

차량용 영상장치(TVCS: Train Video Control System)는 열차내 설치된 CCTV 영상을 H.264 코덱으로 압축하여 저장장치에 저장하며, 관제에서 영상전송 요구 및 비상사태 발생시 해당 객차의 실시간 영상을 LTE망을 통하여 전송한다. 아래 Fig. 4는 TVCS의 하드웨어 구성도이다.

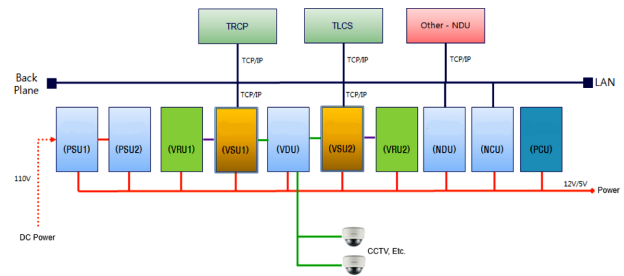


Fig. 4 Hardware structure of TVCS

철도전용 서비스(VoIP/PTT 음성통화, 다자간 음성통화, 열차내 CCTV 모니터링 등)를 제공하기 위한 장치는 지령서버, 영상서버, Call Server Manager, PTT Server, Call Server, 지령장치 등으로 구성된다.

소프트웨어적 측면에서는 하나의 물리적 장비에 PTT와 Call(VoIP) Server를 동시에 구축하는 데에 문제가 없으나 각각 100개 이상의 호를 동시에 처리하는 것을 목표로 삼았기 때문에 서버의 물리적으로 처리 가능한 용량이 최대 150호 정도인 것을 감안하여 별도로 개발되었다.

지령서버는 Call Server, PTT Server 및 Call Server Manager와 연동되어 단말장치 및 시스템의 상태정보를 DB를 통해 관리하고 지령장치는 GUI를 이용하여 지령서버로 수집되는 시스템 상태정보를 표출하며, 단말장치의 그룹 관리, 장애관리, 제어관리 등의 기능을 담당한다. 마이크와 스피커가 함께 구성되어 각 단말장치와 VoIP 및 PTT 음성통화가 가능하다. Call Server는 VoIP 호처리가 주요기능이며, SIP 프로토콜을 사용하여 세션의 개시, 종료 등의 세션 제어를 통하여 VoIP 음성통화 기능을 제공한다.

3.1 음성 통화(VoIP) 기능

차상 시스템은 현재 철도 통신망에서 사용하고 있는 음성통화 기능 및 PTT(Push To Talk), VoIP 기능 들을 지상에

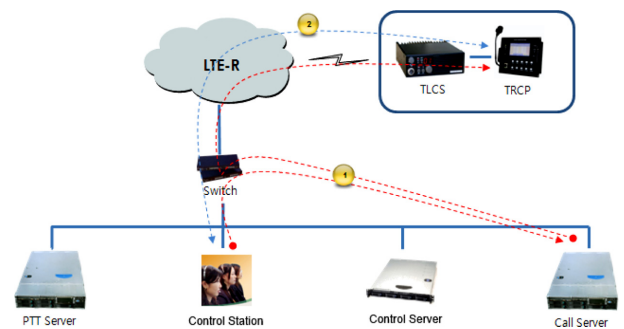


Fig. 5 LTE-R VoIP process

설치되어 있는 LTE-R 망을 이용하여 Fig. 6 같이 구현된다.

- 1) TRCP: 기관사의 통화 조작 반으로 음성 및 문자 전송
- 2) TLCS: LTE 망에 접속하여 TRCP 단말, TVCS의 음성 및 영상 DATA를 송수신
- 3) Control Station: 열차 내 기관사와 음성 통화, 문자 전송, 방송, 비상인터폰 통화
- 4) 실시간 영상 모니터링
- 5) Control Server: 식별번호(ID) 관리, 통화그룹 관리, 기타 등록정보 관리
- 6) Call Server: 1:1 VoIP 통화를 위한 Server
- 7) PTT Server: 1:1/1:그룹 PTT 통화를 위한 Server

관제사(지령 단말)에서 기관사(TRCP)의 식별번호(ID)를 누른 후 1:1 VoIP 통화를 요청하면, 이를 수신한 Call Server는 해당 요청을 기관사(TRCP)에게 전달한다(Fig. 5의 1번 플로우). 관제사(지령 단말)와 기관사(TRCP) 사이에 베어러 세션이 설정된 후, 두 Client간 음성 통화가 정상적으로 이루어지는지 확인한다(Fig. 5의 2번 플로우). LTE-R VoIP 통화의 상세한 통화 흐름은 Fig. 6과 같다.

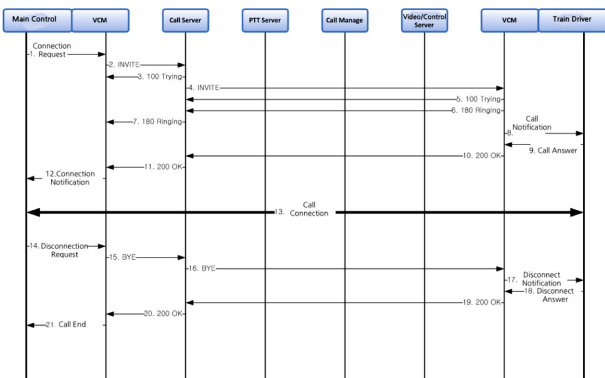


Fig. 6 LTE-R call flow

3.2 그룹통화(Conference Call) 기능

관제사(지령 단말)에서 기관사(TRCP)의 식별번호(ID)들이 등록되어있는 PTT 그룹 번호를 누른 후 그룹 PTT 통화를 요청하면(Fig. 7의 1번 플로우), 이를 수신한 PTT Server는 해당 요청을 기관사(TRCP)들에게 전달한다. 관제사(지령 단말)와 기관사(TRCP)들 사이에 베어러 세션이 설정된 후,

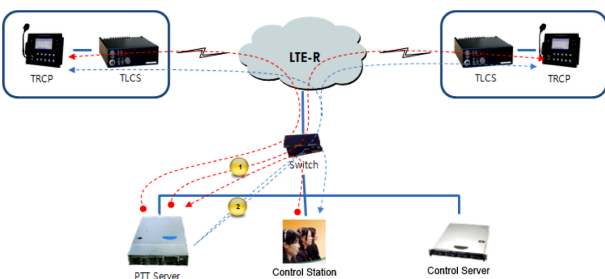


Fig. 7 LTE-R VoIP process

PTT Key를 획득한 Client의 음성이 다른 Client들로 전송이 정상적으로 이루어지는지 확인한다(Fig. 7의 2번 플로우). 지령단말기에서 그룹 화면을 선택하고 호출하고자 하는 그룹을 선택 후 PTT 버튼을 선택하면 실시간 지령정보 및 지령정보에 호출된 열차가 표시된다.

4. 한국형 철도 통합무선망(LTE-R) 시험

LTE-R 시험망은 크게 지상무선망과 차상무선장치로 구분되어 개발되었다. 지상무선망 시험은 구성 장비에 따라 EPC, LSM-C, eNB, LSM-R 및 필드 테스트로 나누어 총 179개 항목으로 진행되었다.

Table 1은 EPC 장비의 Handover 시험 항목 및 판정 기준을 요약한 것으로 Handover 시험의 경우 필드 테스트를 별도의 시험 항목으로 구성하여 시험을 진행하였다. 필드 시험 경로를 선정하고 시험 경로에 있는 eNB들의 Source 및 Target Cell을 확인하고 양방향의 Intra/Inter eNB Neighbor를 구성하였다. 호 접속 이후 DL FTP traffic 인가 후 시험 경로를 이동하여 Intra/Inter eNB Handover를 발생 시키며 정상적으로 실행되는지 확인하였다. Handover시 RRC Connection Reconfiguration 메시지부터 RRC Connection Reconfiguration Complete 메시지가까지의 지연 시간을 측정하여 평균값을 계산하였다. 이렇게 이동이 필요한 시험 항목의 경우 철도라는 특수성을 고려하여 통신 칩이 장착된 USB 동글 단말기와 차상에 설치된 단말기를 동시에 이용하여 실제 열차를 운행하여 진행되었으며, 이로 인해 차량 외부 안테나와 연결되어 신호 이득이 약 20dB 가량 더 높은 차상 단말기와 차폐된 차량 내부라는 불리한 조건의 동글 단말기간의 비교 시험 연구가 가능하였다.

Table 1 LTE-R test items for handover

No.	Item	Criterion
6.1	X2 based Handover	- confirming X2 Handover is normally done. (98% success rate) - Handover must be completed in 60ms without call drop.
6.2	S1 based Handover	- confirming S1 Handover is normally done. (98% success rate) - Handover must be completed in 60ms without call drop.

차상 시스템은 현재 철도 통신망에서 사용하고 있는 음성 통화 기능 및 PTT(Push To Talk), VoIP 기능 등을 지상에 설치되어 있는 LTE-R 시험망은 Fig. 8과 같이 구현된다.

차상무선장치의 시험은 장비 성능이 아닌 단말 대 단말간, 즉 복수의 차상 단말기와 지상 지령대 단말기들간의 종단사용자간(End-to-End) 기능 테스트로 진행하였다. Table 2는 시험항목 중 일부로, 현재 VHF, TRS-Tetra 방식 등의 통신 시스템으로 운영중인 철도 안전 통신 기능들을 대부분 포함하고 있다. 문자 전송이나 영상전송과 같은 시험항목의 경우

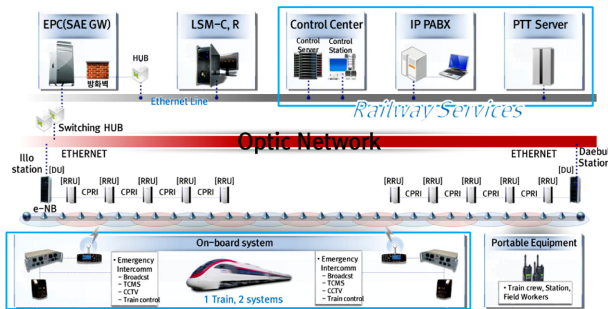


Fig. 8 Overview of LTE-R tested (at Daebul line)

Table 2 LTE-R test items for onboard equipments

Test Items
Conference call among drivers and controllers
VoIP emergency call with overriding driver's calling
PTT call from controller to driver group
PTT emergency call from controller to driver
Unicasting from controller to specific driver
Transferring text message from controller to a driver
Transferring CCTV video from train to controller

현재 가장 많이 보급된 TRS-Tetra 방식으로는 구현이 불가능한 기능이나 LTE-R 기반 무선통신망 시스템에서는 어플리케이션 계층 수준에서 IP 기반으로 쉽게 구현 가능하여, 초기 단계임에도 불구하고 적용 시험까지 가능하였다.

5. 한국형 국가철도 통합무선망(LTE-R) QoS 결과 분석

GSM-R QoS 시험절차서는 Table 4와 같이 총 6개의 시험 항목으로 모바일 단말간 위주로 진행 된다.[3], 시험 항목 중에는 데이터 전송 간섭 비율(Data transmission interference rate) 시험 항목과 같이 LTE와 망 구성의 상이로 인해 더 이상 필요 없는 항목도 있다. 중단 단말간 연결 요청

Table 3 EIRENE function requirements specification

Call type	GSM-R Call set-up time
Railway emergency calls	< 2s (95%) < 3s (99%)
Group calls between drivers in the same area	< 5.0s (95%) < 7.5s (99%)
All operational mobile-to-fixed calls not covered by the above	< 5s
All operational fixed-to-mobile calls not covered by the above	< 7s
All operational mobile-to-mobile calls not covered by the above	< 10s
All low priority calls	< 10s

과 연결 성공 사이의 경과 시간을 제한하는 연결 설정 지연(Connection establishment delay) 시험 항목의 경우 Table 3과 같이 EIRENE 기능 요구 사양서에 별도로 철도 비상 통화와 동일 구역 내 기관사간의 그룹 통화 시험 판정 기준을 제시하고 있다[4].

GSM-R QoS 시험 항목들은 본 연구의 eNB의 호처리 시험 및 Field 시험의 호 접속 성공률 시험에 모두 포함되어 있고 이미 GSM-R 기준 이상의 품질 수준을 보이고 있으며 해당 시험 데이터는 향후 LTE-R 표준규격에 반영될 예정이다.

5.1 연결 설정 지연(Connection Establishment Delay) 시험 결과

GSM-R 연결 설정 지연 시험 항목은 LTE-R의 eNB 호처리 시험 항목 중 '호 접속 시간' 시험 항목과 동일하다. 단말 DM에서 RRC Connection Request 메시지를 수신한 시간부터 RRC Connection Reconfiguration Complete 메시지를 수신한 시간까지를 측정하였다. 총 100회 반복 측정을 수행하였다. 시험 결과의 평균은 최소 0.386초, 최대 1.224초, 평균 0.611초로 해당 GSM-R의 판정 기준 중 가장 빠른 철

Table 4 QoS test items of GSM-R

Item	Definition	Criterion
Connection establishment delay	Value of elapsed time between the connection establishment request and the indication of successful connection establishment.	*Table 4
Connection establishment failure probability	Ratio of the number of unsuccessful attempts for connection establishment to the total number of connection establishment attempts.	<10 ⁻²
Connection loss rate	The number of connections released unintentionally per total accumulated connection time	<10 ⁻² /h
Transfer delay of user data block	Value of elapsed time between the request for transfer of a user data block and the indication of successfully transferred end-to-end user data block.	≤0.5s(99%)
Data transmission interference rate	Number of transmission interference periods	
Network registration delay	The elapsed time between the registration request and the indication of successful registration.	≤30s(95%) ≤35s(99%) ≤40s(100%)

도 긴급전화(Table 4)의 2초와 비교하여 2배에 가까운 우위를 보였다.

5.2 연결 설정 실패율(Connection Establishment Failure Probability) 시험 결과

GSM-R 연결 설정 실패율 시험 항목은 LTE-R의 eNB의 호 처리 시험 항목 중 ‘호 접속 성공률’ 시험 항목과 동일하다. eNB의 LSM Client에서 RRC Connection Reconfiguration Complete 메시지를 수신하여 attach 성공을 확인한 후 detach 하는 과정을 반복하였다. 이 시험 항목은 패킷망인 LTE-R에서 특별한 장애가 발생하지 않는 한 실패하지 않는 항목으로써 시험 결과는 100%를 기록하였다.

5.3 연결 손실 비율(Connection Loss Rate) 시험 결과

GSM-R 연결 손실 비율 시험은 호가 연결된 상태에서 1시간 동안 해제된 연결의 수가 1% 이내인지를 확인한다. 이 항목은 LTE-R에서는 eNB의 호 처리 시험 항목 중 ‘장시간 통화 시험’ 및 필드 이동성 시험 중 ‘호 접속 성공률’과 관련되어 있다. 장시간 통화 시험은 호가 연결된 상태에서 24시간을 유지하며 호가 끊기는 지를 확인하는 시험이다. 필드 이동성 시험 항목의 ‘호 접속 성공률’은 eNB의 동일 시험 항목과는 다르게 호 attach 후 5MByte의 파일을 FTP로 반복 전송하면서 임의로 detach 되는지를 기록하는 시험이다. 호 접속 성공률은 단말기당 각 100회씩 수행하였고, 결과는 1% 였으나 1시간당 기준으로 하면 그 이하의 손실률을 보였다.

5.4 사용자 데이터 블록의 전송지연(Transfer Delay of User Data Block) 시험 결과

GSM-R에서는 중단 단말간에 30 Bytes의 데이터 블록을 전송하도록 되어 있다. LTE-R에서는 eNB의 호 처리 시험 항목 중 ‘User Plane 설정 지연 시간’ 항목으로, 차상 단말과 기계실 지령서버 간에 32Byte Ping의 처리 지연시간을 확인하였다. GSM-R의 판정 기준은 500ms이나 LTE-R의 시험 결과는 최소 29ms, 최대 46ms, 평균 30ms로 현격한 차이를 보였다.

5.5 데이터 전송 간섭 비율(Data Transmission Interference Rate) 시험 결과

본 시험의 경우 GSM-R 망 구성 특유의 프로토콜 스택 Layer 2 High level Data Link Control (HDLC)를 기준으로 하는 시험인데, 3세대 통신망 규격부터 HDLC를 사용하지 않아 LTE-R에서는 시험하지 않았다.

5.6 네트워크 등록 지연(Network Registration Delay) 시험 결과

본 시험의 경우 LTE-R에서는 2.5.1의 연결 설정 지연에서 비교한 ‘호 접속 시간’ 시험으로 함께 수행된다. GSM-R의

경우 초기 등록 시 별도의 절차로 인해 많은 시간이 걸리므로 별도의 시험 항목으로 지정되어 있으나 LTE-R의 경우 별도의 절차 구분이 없다. 2.5.1 연결 설정 지연 시험 결과에서 언급한 LTE-R의 ‘호 접속 시간’ 시험은 이미 이 절차를 포함하고 있으며 GSM-R의 판정 기준인 30초와 비교하면 더욱 큰 성능차이를 보인다.

6. 결 론

국내의 새로 도입되는 통신 시스템에는 주로 TRS-테트라를 도입하고 있지만 장기적으로는 LTE-R 기술(LTE-Railway)을 도입한다는 계획이다. 현재 한국철도기술연구원(KRRI)이 관련 국가 R&D 과제를 수행 중이며, LTE-R은 상용망을 이용하는 것이 아니라 철도전용 자가망 구축으로 추진될 예정이다. LTE-R 상용기술 개발 시점은 2016년 250km이하 속도 지원, 2019년에 300km 이상 고속철도를 지원하는 것을 목표로 한다. 유럽의 모든 국가들은 차세대 통합 무선망 시스템을 요구 하고 있고 이에 개발 하려는 계획을 세우고 있으며, 유럽의 철도전용 통합무선망은 GSM-R에서 LTE-R으로 변화되는 과도기에 있고, 2015년부터 LTE-R 개발을 통한 GSM-R과 LTE-R의 병행운행을 추진 중에 있으며 점진적으로 2025년까지 LTE-R로 완전히 진화될 예정이다[5-8].

따라서 본 연구에서는 LTE 방식이 GSM 방식보다 우위에 있는지가 아닌 GSM-R의 서비스 품질 기준을 만족하여 이를 대체할 수 있는지 적용타당성을 살펴보았다. 통화 요청으로부터 호가 연결될 때까지 걸리는 시간인 연결 설정 지연 시간은 GSM-R의 2초의 절반 수준인 평균 1초의 지연 시간을 나타내어, 실제 적용 시점에 사용자가 크게 체감하게 될 부분이다. 데이터 블록의 전송지연 속도는 GSM-R의 경우 500ms이나 LTE-R은 평균 30ms로 사용자가 인지 하기 어려울 정도로 빨랐다. GSM-R은 각종 서비스 시스템이 추가된 상태를 가정한 것이나 LTE부터는 시스템이 추가되고 해서 해당 시험의 결과에 크게 영향을 미칠 수 없는 구조로 되어 있다. 결론적으로 LTE는 GSM-R과 같은 철도전용 무선통신 서비스에 적용하기에 타당하다 할 수 있다.

국내에 철도전용 통합무선망이 구축 되지 있지 않지만 금년도부터 대불선에서 시험주파수 확보를 통한 LTE-R의 개발을 진행 중에 있으며 2013년 4월부터 영상, 음성, 데이터 3가지 통합 시험을 진행하고 있다. 이것은 국내 LTE-R은 유럽보다 5~10년 정도 앞서서 구축될 수 있는 기반 기술의 연구이며, 이를 기반으로 유럽의 기술 및 표준화 동향에 지속적으로 참여하여 국제적 기술을 선도적으로 이끌어 갈 필요가 있다고 본다.

후 기

본 연구는 한국건설교통기술평가원의 연구비 지원으로 한국철도기술연구원에서 수행한 ‘철도전용 통합무선망 연구’ 과제 결과의 일부임을 밝힙니다. 도움을 주신 관계자 여러분께 감사 드립니다.

References

- [1] Jason Durk (2012) How to better utilise rail communications to improve the on-board customer experience, *Special pre-conference LTE workshop*, Vienna: RAILTEL, p.2
- [2] Iku Watanabe (2011) Trends of Radio Based Train Control Systems, RTRI Report, 25(5), p.1
- [3] ERTMS/GSM-R QoS(Quality of Service) Test Specification v10
- [4] UIC Project EIRENE FRS(Functional Requirements Specification) v7
- [5] Huawei GSM-R Customer Reference, *enterprise.huawei.com*
- [6] Jan Richard (2012) How to deliver effective signalling at dense traffic centres, *Special pre-conference LTE workshop*, Vienna: RAILTEL, 1
- [7] Jean CELLMER (2012) The French GSM-R project: implementing and operating a GSM-R network through a PPP, *Special pre-conference LTE workshop*, Vienna: RAILTEL, p.3
- [8] Johann Garstenauer (2010) GSM-R evolution towards LTE, *IRSE*, New Delhi, p.4
- 접수일(2013년 6월 7일), 수정일(2013년 10월 4일),
게재확정일(2013년 11월 23일)
-
- Yongsoo Song** : adair@krii.re.kr
Korea Railroad Research Institute, #176, Cheoldobangmulgwan-ro,
Uiwang-si, Gyeonggi-do 437-757, Korea
- Yong Gyu Kim** : ygkim1@krii.re.kr
Korea Railroad Research Institute, #176, Cheoldobangmulgwan-ro,
Uiwang-si, Gyeonggi-do 437-757, Korea
- Jong Hyen Baek** : jhbaek@krii.re.kr
Korea Railroad Research Institute, #176, Cheoldobangmulgwan-ro,
Uiwang-si, Gyeonggi-do 437-757, Korea