

고속운행환경에서 700MHz대역 철도용 LTE 데이터 전송률 연구

Data Throughput of LTE Based on High Speed Train Under 700MHz Band



김범곤



권병희



송형준

서론

유럽에서도 아직까지 2세대 통신방식을 운용하고 있는 이때에, 국내에서 4세대 통신방식인 LTE를 활용하여 철도 무선통신시스템으로 적용하고자 개발에 전념하고 있다. 이에 따른 우려와 기대가 학계, 운영자 및 제작사 편에서 일어나고 있으며, 개발의 선봉에선 한국철도공사와 한국철도시설공단 및 (주)케이티 등은 이러한 우려와 기대를 하나씩 검증하고 있다.

실제 검증을 위해 철도용 LTE 테스트베드를 호남고속선 익산-정읍 구간에 34.3km를 구축하였고, 검증을 위해 운행하는 KTX-I 열차의 검측실 및 일반 KTX-I, KTX-II(산천)을 활용하여 현차시험하였다.

본 고에서는 국외 및 국내 철도 무선통신의 기술현황을 설명하였고, 대표기업으로 노키아 솔루션&네트웍스와 화웨이의 기술을 소개하였다.

한편 국가연구개발로 개발하고 있는 연구과제의 추진현황으로 주파수 운용현황과 시험선 구축현황, 기지국 이중화 효과 및 열차 교행시 통신품질에 미치는 영향에 대한 실험결과를 설명하였다.

철도 무선통신기술 현황

1. 유럽의 철도통신망 기술개발 현황

유럽은 철도전용 주파수를 할당받아서 철도전용 무선통신시스템 GSM-R(Global System for

김범곤 : 한국철도공사 연구원, mark3552@korail.com, Phone: 042-615-4709, Fax: 02-361-8542
권병희 : 한국철도시설공단 연구원, kwon3577@kr.or.kr, Phone: 042-607-4346, Fax: 042-607-4040
송형준 : (주)케이티 융합기술연구원, hyungjoon.song@kt.com, Phone: 02-526-6168, Fax: 0303-0993-5307

록 HRC(High-speed Railway Communication) 솔루션을 개발하였다.

화웨이에서는 HRC 솔루션을 활용하여 하나의 HRC 기지국이 기존에 6개의 사설 네트워크와 교체가 가능한 용량이며, 기지국 공동 구축 또는 기지국 공유 등 기술로 예산 절감효과를 제시하고 있다. 열차 내에서의 자체 손실, 빈번한 그룹 핸드오버, 핸드오버와 오버래핑 지역 지연, 도플러 효과 등이 있을 것으로 예상된다. 또한, 주파수 대역폭 제어와 다양한 요금제 서비스 등의 보다 향상된 유지보수 운영 및 관리기능을 제시한다.

국내 무선통신 기술개발 현황

1. 국내 철도무선통신 주파수 운용현황

일반철도분야에서 운용하는 철도용 무전기 VHF(Very High Frequency)는 열차 운행시 관제실과 철도차량(이동국)의 열차 승무원 간 또는 휴대국 상호간(역무실과 열차탑장 등) 통화를 위한 설비로서 Point-to-Point 방식으로 운용되며 153MHz 대역을 사용하고 있다.

채널별로 1번 채널은 전구간에서 관제를 제외한 모든 무선국 상호간 통화를 위한 일반통화에 할당, 2번 채널은 비상상황을 대비한 비상통화, 3번 채널은 각 지역본부 관내에서 관제와 열차무선통신

표 1. 국내 철도주파수 운용현황

Operation section	Band [MHz]	# of Channel	Channel Bandwidth	Channel Interval [kHz]	Tot. Band Width
Conventional railway operation	153	4	25kHz	25	200kHz
Train protection	400	1	8.5kHz	-	8.5kHz
HSR operation	800	Tx/Rx 각 15	25kHz	25	1.5MHz
Passenger car/platform video	1800	Tx/Rx 각 6	10MHz	-	120MHz

을 위한 관제통화, 4번 채널은 광역철도 관내의 통화 가능지역 및 기타 지역에서 관제와 열차무선통화를 제공한다.

한편, 고속철도는 개방형 TRS(Trunked Radio System) 방식으로 일원화된 자가통신망 열차무선설비를 운용하고 있으며, 상향링크 851MHz, 하향링크 806-811MHz, 송·수신 주파수간 보호대역 구간은 45MHz폭이다. 국내 철도에서 운용하는 주파수 운용 현황을 표 1에 보였다.

2. LTE-R 시험선 구축 현황

한국철도공사는 국가연구개발로 수행하는 『일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화』 연구단 과제의 통신분야를 주관하여 고속철도 운행환경에서 LTE-R을 시험하였다.

현차시험에 앞서 시험결과의 적합여부를 판단하기 위해 TTA(한국정보통신기술협회) 표준 TTAK.KO-06.0369(2014.10.13.) “LTE기반 철도 통신 기능 요구사항”, TTAK.KO-06.0370(2014.10.13.) “LTE기반 철도 통신 사용자 요구사항”과 3GPP 표준 TS36.304 “E-UTRA: User Equipment Procedures in Idle Mode”, 3GPP TS36.300 “Overall Description” 및 3GPP TS23.228 “IP Multimedia Subsystem(IMS)”을 검토하였다.

LTE 기반의 철도전용 무선통신시스템(LTE-R)에 대한 현차시험은 고속차량의 운행조건에서 무선통신 성능을 검증하기 위해 250km/h 이상 300km/h 이하의 운행속도에서 시험하였고, 향후 350



그림 4. LTE-R 현차시험 현장

km/h까지 시험예정이다.

무선 주파수는 공공통합망 주파수인 상향링크 718-728MHz(10MHz폭), 하향링크 773-783MHz(10MHz 폭)를 사용하였고, 해당지역 전파관리소로부터 무선국 허가를 승인받고 시험하였다.

3. 기지국 이중화효과 연구

RRU(Remote Radio Unit)를 2개씩 같은 장소에 설치하는 RRU 장비 이중화는 고속 이동하는 LTE-R의 경우 하나의 RRU의 장애가 발생할 경우에, 다른 이중화 RRU로 절체가 이루어지더라도 이미 열차가 이동된 상태이기 때문에 투자비 대비 효율이 떨어지는 것으로 망구축 기관의 검토를 바탕으로 망의 안정성 향상을 위한 서비스 제공에 대하여 검토하였다. 현재 LTE 장비 제작사의 RRU 이중화 장비는 기존품이 없으나, 향후 RRU 장비 이중화 기술에 대한 개발이 필요하다.

LTE-R 망의 특성상 고속에서 빈번한 핸드오버가 발생하게 되므로 핸드오버의 횟수를 줄여 연산 장치의 단순한 연산처리량을 감소시키기 위해 다수의 기지국을 하나의 기지국으로 인식하도록 가상 cell(virtual cell)로 구성하는 방식을 적용하였다.

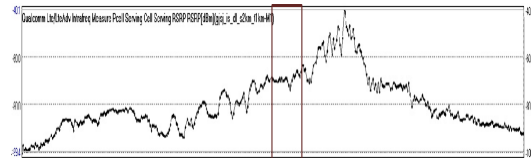
따라서 연구자는 커버리지 이중화를 구성하여 RRU간 커버리지가 중첩되도록 구성하는 대안을 제시하였고, 가상 cell 내의 핸드오버도 발생하지 않고, 셀간 간섭도 발생하지 않는다. 가상 셀에 포함된 하나의 RRU에 장애가 발생하더라도 끊임없는 무선통신망 구성에 이상이 발생하지 않는다

4. 열차 교행시 품질 영향

상행 및 하행 열차가 교행시 통신품질 결과, RSRP(Reference Signal Received Power), SINR(Signal to Interference Ratio), RSRQ(Reference Signal Received Quality), RSSI(Received Signal Strength Indicator) 등 무선 신호 품질의 수치에 대한 변화(차이)가 거의 없



(a) KTX 교행발생 구간



(b) RSRP 측정결과

그림 5. 열차 교행시 RSRP측정 결과

고, 데이터 전송속도의 저하도 발생되지 않았다. 이와 같은 시험 결과에 따라 열차의 교행에 따른 LTE-R의 성능 열화가 발생하지 않는 것으로 사료된다.

그림 5에 교행이 발생한 구간과 RSRP 측정 그래프를 통신품질의 대표로 보인다. 이때 데이터 전송률은 평균 30Mbps-40Mbps 정도의 속도를 나타내었다.

결론

연구자는 『철도전용 무선통신시스템 기술개발 및 성능평가』 국가연구개발과제로 구축한 LTE-R

테스트베드에서 시험한 다양한 통신품질 시험 중에 데이터 전송률 향상을 위한 연구에 대한 시험결과를 제시하였다. 결론적으로 EPC 및 커버리지 이중화 구성으로 망 신뢰도를 향상시켰으며, 그 결과 열차교행시에도 데이터 산출량 및 전송특성의 열화를 보이지 않았다고 사료된다.

향후 HEMU-430X를 활용한 속도대역 시험 및 기시행된 단말기 시험의 결과에 대해 제시하고자 한다.

Spectrum Policy Programme with the 2300MHz Band for LTE.
TTAK.KO-06.0369(2014), LTE기반 철도 통신 기능 요구사항.
TTAK.KO-06.0370(2014), LTE기반 철도 통신 사용자 요구사항.
TTAK.KO-06.0407(2015), LTE 기반 철도 통신 시스템 요구사항, TTA.

감사의 글

본고는 국가연구개발사업 “일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화(15RTRP-B089552-0)” 과제의 연구비로 수행되었습니다.

참고문헌

- 김범곤 (2016), 철도 무선통신 기술동향 및 국내 운용 현황, 한국전자통신학회, 11(4).
김범곤, 최재식, 신영식, 박주훈 (2015), 철도 전용 무선통신시스템에 대한 기술요구사항, 한국철도학회 추계 학술대회.
이상근(2009), 3G/4G 이동통신시스템(HSDPA, HSUPA, WiMAX 중심), 홍릉과학출판사.
최종연구보고서(2014), 철도전용 무선통신망 연구, 국토교통과학기술진흥원.
3GPP TS 36.300, V13.2.0, Dec. 2015.
3GPP TS23.401, GPRS for E-UTRAN Access.
ECC Report 162, Practical Mechanism to Improve the Compatibility, 2011.
Erik Dahlman(2013), 4G LTE / LTE-A 이동통신시스템, 홍릉과학출판사.
Huawei Tech(2012), Huawei Future-Oriented LTE for Rail Solution.
Huawei Tech(2013), Huawei Digital Railway Solution.
Huawei(2012), Enabling Europe's Radio