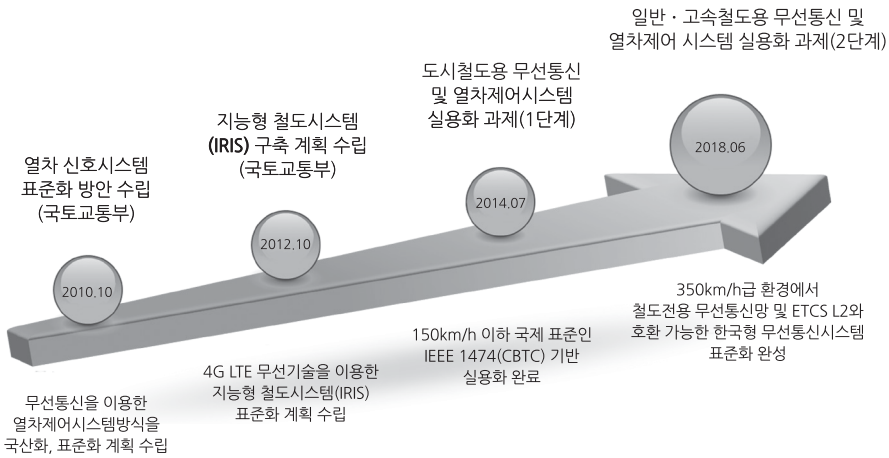
LTE 기반 철도통신시스템 기술 개발 및 표준화 현황

조한벽 ETRI 지능로보틱스연구본부 책임

1. 머리말

재난관리 및 재난현장에서 일원화된 무선통신망 구축을 위한 통합공공안전통신망은 LTE(Long Term Evolution) 기술을 기반으로 하며 재난안전통신망(PS-LTE) 및 해상안전통신망(LTE-M)과 더불어 철도통신망(LTE-R)이 동일한 주파수를 사용하는 것으로 결정되었다. 국토교통부에서는 2010년부터 철도통신 및 열차 신호시스템 발전을 촉진하기 위하여 무선통신을 이용한 열차제어시스템방식을 국산화 및 표준화하는 방안을 마련하고 2012년 지능형 철도시스템(IRIS) 구축 계획을 정립한 바 있다. 이를 실현하기 위하여 2014년 7월까지 도시철도용 무선통신 및 열차제어시스템 실용화 과제를 추진하였고, 2018년 6월에 350km/h급 환경에 적용하는 철도전용 무선통신망 및 유럽철도제어시스템(ETCS) Level 2와 호환이 가능한 한국형 무선통신시스템 표준화 및 검증을 완성하였다.

본고에서는 통합공공안전통신망에서 재난안전통신망과 통합・연계를 추진하고 있는 LTE기반 철도



[그림 1] LTE-R 추진현황

구분			VHF	TRS-ASTRO	TRS-TETRA	LTE
경부 고속 철도	1단계	서울~광명	◎			
		광명~대전		○		
		대전 도심	◎			
		대전~동대구		○		
		동대구 도심	◎			
	2단계	동대구~부산			○	
호남 고속철도	오송~광주 (2014년 개통)				○	
수도권 고속철도	수서~평택 (2015년 개통)				○	
경강 고속철도	서원주~강릉 (2017년 개통)					◎

[그림 2] 고속철도용 무선통신시스템

<표 1> 국내 철도통신시스템 운영 현황

구분	용도	대역
허가대역	일반열차	153MHz*
	열차방호	400MHz
	철도통신망/재난통신망	700MHz**
	고속열차운행	800MHz***
	열차 및 플랫폼용 비디오	18GHz
	열차위치검지(Balise)	4MHz/27MHz

* 140MHz 대역은 아날로그 지하철 음성통신용
** LTE 기반 철도통신시스템
*** TETRA 기반 철도통신시스템 반영

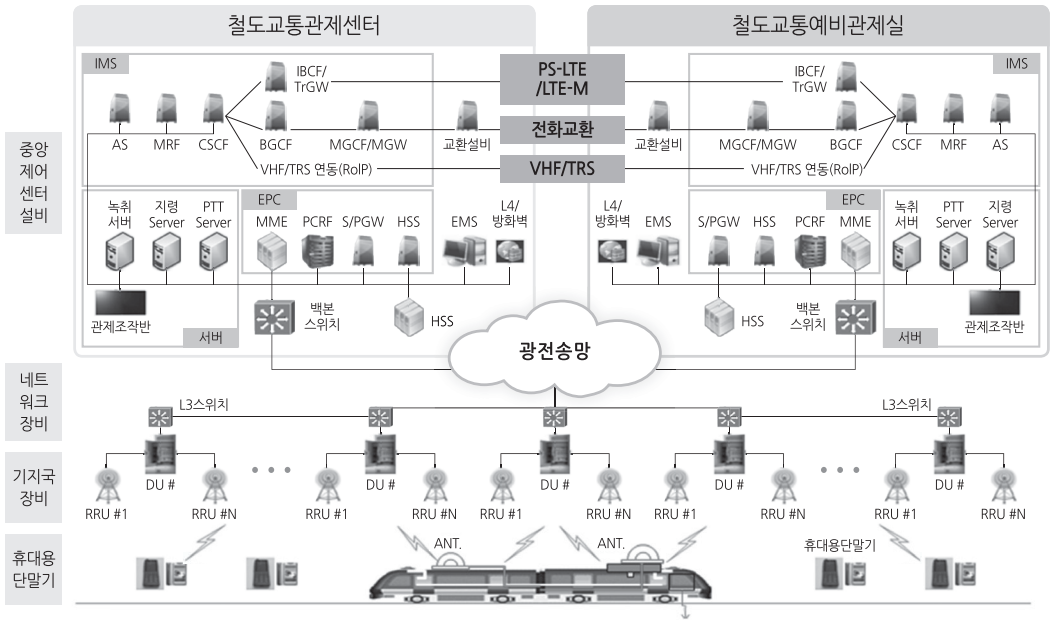
무선통신네트워크 기술 및 표준화에 대한 국내・외 현황을 살펴보고 향후 기술개발 방향에 대하여 전망해 보고자 한다.

2. 철도통신기술개발 현황

국내 철도통신시스템은 4세대 무선통신기술인 LTE 기술을 활용한 열차무선통신시스템(LTE-R)으로 발전해왔다. LTE-R은 열차운전 및 시설유지 보수 등 업무를 수행하기 위하여 열차-지상, 열차-열차, 지상-지상 간 무선통신서비스(관제, 그룹, PTT 등) 및 열차제어에 필요한 통신서비스를 제공하고, 국가재난발생 시 재난안전통신망과 연동되는 시스템이다. 현재까지 국내 철도통신시스템은 TRS(ASTRO, TETRA)와 VHF 등 3원체계로 구축되어 있었으며, 운영에 따른 열차운행 안전성 제기되기도 하였다.

〈표 1〉은 국내 철도통신시스템에서 활용하고 있는 시스템이다.

열차 운행 안정성을 향상시키기 위하여 국토교통부는 LTE 시스템 도입으로 조속히 통합하는 방안을



[그림 3] 철도통신시스템 구조

검토하고, 철도 통신망의 현대화를 위해 2025년까지 약 5,300km 전 노선의 현대화를 위한 LTE-R 통합무선망사업을 추진하고 있다. 그러나 철도통신시스템 구축은 일시에 이루어지지 않기 때문에 일정기간 LTE 시스템이 추가되는 형태로 운영되어야 함에 따라 LTE와 기존 시스템 간의 연동방안을 마련하였다. [그림 3]은 현재 구축하고 있는 철도통신시스템 구조도이다.

무선통신을 이용한 철도통신시스템의 역할은 관제센터와 운행중인 열차간 데이터 통신을 원할히 하는 것이고, 특히 열차의 이동관련 정보를 담고 있는 이동권한을 안전하게 전달하는 것이 중요한 특성이다. 이것은 ETCS Level 3 구축에도 보장되어야 하는 핵심적인 기능이다.

국토교통부는 철도 통신 시스템의 발전계획을 수립하고 2027년까지 전국에 LTE-R 망을 구축하는 계획을 발표하여 매년 LTE-R 시스템이 확장될 것으로 예상된다. 또한 철도무선통신시스템은 지속적으로 발전하고 있으며 원주-강릉 물품규격서에도 명시된 바와 같이 향후 발주되는 철도통신시스템의 제안 공통요건은 다음과 같다.

- 신뢰성 및 가용성(99%, coverage 98% -110dBm 이중화)
- 상호운용성 및 보안성
- 안전성
- 유지보수성
- 확장성(Rel 13)
- 상호간섭 배제
- 원격제어 및 자가진단 기능
- 내환경조건

이중 확장성과 관련하여 현재 시스템은 Release 13에 기반을 두고 있으나 시스템과의 상호운용성, 연동, 응용프로그램의 신속한 적용, 확장의 유연성 등이 필요한 주요 설비 중 개방성을 보유한 설비에 대한 상세한 설명을 요구하고 있다. 다른 한가지 특성은 철도통신 표준의 활용이 활성화되어 발주 규격

<표 2> 철도통신 관련 표준 목록

표준번호	표준명	제정연도
TTAK.KO-06.0369	LTE 기반 철도통신 사용자 요구사항	2014. 10월
TTAK.KO-06.0370	LTE 기반 철도통신 기능 요구사항	2014. 10월
TTAK.KO-06.0437	LTE 기반 철도통신 시스템 요구사항(일반.고속철도)	2016. 12. 27
TTAK.KO-06.0438	LTE 기반 철도통신 시스템 구조 (일반.고속철도)	2016. 12. 27
TTAK.KO-06.0458	LTE 기반 철도통신 시스템 시험규격	2017. 12. 13
TTAK.KO-06.0457	LTE 기반 철도 통신 시스템과 기존 철도 통신 시스템(VHF, TRS-ASTRO/TETRA)과의 상호연동 규격	2017. 12. 13

에 반영되고 있다는 것이다.

그 외에 중앙제어센터설비는 신뢰성 및 가용성을 고려하여, 관제센터와 예비관제실과 동일한 제조사 제품을 사용해야 한다는 규정과 중앙제어센터설비 및 기지국장비에서 수집된 EMS 고장정보는 관제센터, 예비관제실, 관할 유지보수센터, TNMS 등 필요 장소에 통보해야 하는 규정 및 시스템 구조상 이중화 구성 가능 장치는 이중화 방안 제시, 특히 구성품 중 동작 여부가 시스템 전체에 영향을 미치는 제어부 등은 반드시 이중화하는 방안을 제시하도록 하고 있다. 특히 PS-LTE 및 LTE-M과의 주파수 간섭 없이 98% 이상 커버리지를 확보해야 하고, 연계되는 기존 철도사업자 열차무선설비(VHF, TRS)와 상호운용성 및 차상설비와의 인터페이스가 가능해야 하며, 국가재난안전통신망인 PS-LTE 및 LTE-M과의 주파수 간섭방지 및 상호운용성의 확보를 명시하고 있다.

재난안전통신망(PS-LTE)과 철도통신망(LTE-R)의 중첩구간이 발생하면서 전파간섭에 대한 이슈가 제기되고 있다. 중첩구간은 RAN sharing을 활용하지 않을 경우에 통화단절 등 문제점이 발생하는 것으로 파악되고 있어 정읍역 인근에서 전파환경 시험을 수행한 바 있다. 중첩구간에서 RAN sharing기법을 적용하여 구축한 이후에는 통화단절 해소 및 각 네트워크의 고유기능을 수행할 수 있는 것으로 파악되었다.

3. 국내외 표준화 현황

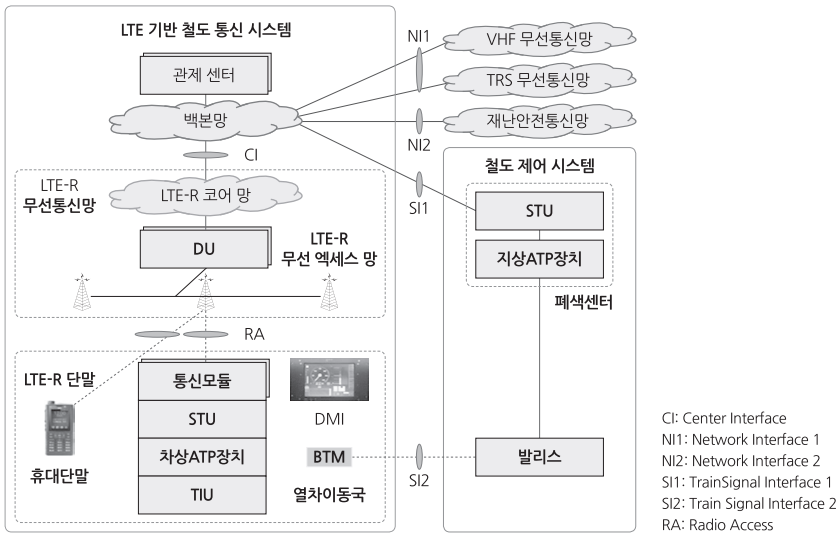
3.1 국내표준화 활동 현황

LTE 기반 철도통신시스템 관련 표준은 TTA에서 개발하여 왔다. 담당 그룹은 PG905(ITS/차량ICT 프로젝트그룹)이고 산하 WG9051(철도통신실무반)에서 표준을 개발하였으며 〈표 2〉는 철도통신과 관련한 표준 목록이다.

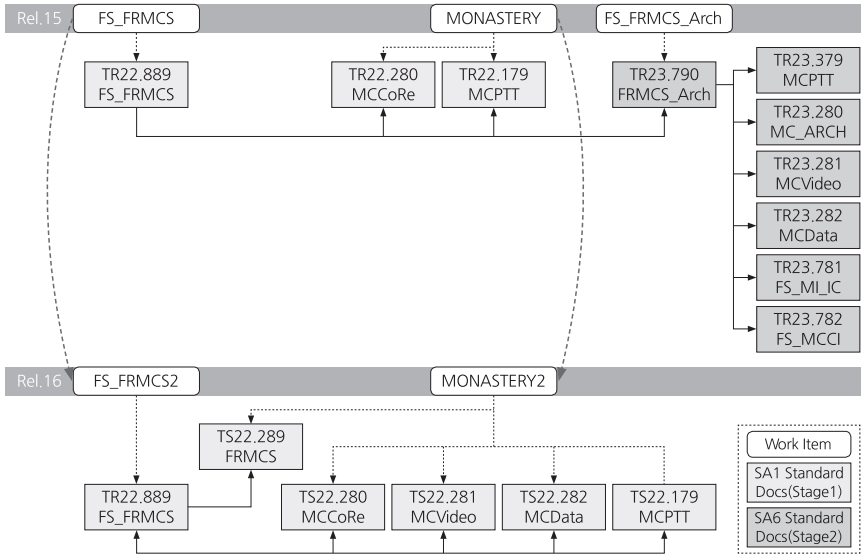
주요 내용은 일반 및 고속 철도의 운영과 제어에 필요한 LTE 기반 철도 통신 시스템의 사용자 요구사항과 시스템 요구 사항을 정의한 것으로 음성, 데이터, 영상데이터, 열차제어데이터 등에 관한 요구사항을 정립하고 관련 서비스를 기술하였다. 기본적으로 고 신뢰도를 요구하는 열차제어데이터 통신과 관련한 기준을 정립하여 열차운행의 안정성을 확보하였다. 또한 국가공공안전통신망과의 인터페이스를 정의하였다.

3.2 국제표준화 현황

철도통신 관련한 국제표준는 UIC, ITU-R, 3GPP, AWG 등 여러 기구가 관련되어 있다. UIC는 철도에 관한 전반적인 표준을 제정하고 있으며, 향후 미래 철도 이동통신시스템(FRMCS) 사용자 요구사항을 개발하고 있고, GSM-R를 대체할 차세대 철도통신 시스템 표준화를 시작하였다.



[그림 4] 철도통신시스템 구조



[그림 5] 미래철도이동통신시스템 표준화

UIC는 FRMCS와 관련하여 3개 그룹이 구성되어 있다. 기능(Functions), 구성(Architecture) 그리고 주파수 연구그룹이다. 3GPP와 연계하여 작업하고 있으며, 3GPP SA1에서는 TR22.889에서 도출된 서비스 및 시스템 요구사항을 3GPP 서비스에 적용하였고, 2017년 12월에 Mission Critical 서비스와 관련한 표준 MONASTERY(Mobile Communication System for Railways)를 개발하였다. 이 표준은 TS22.280(MCCoRe, Mission Critical Service Core Requirements) 및 TS22.179(MCPTT, Mission Critical Push-to-Talk Requirements) 등과 관련하여 다자 음성통화 제어(Multi-talker Control)기술과 사용자 역할 기반 음성통화 자동제어(Functional Alias) 기술을 요구사항으로 하였다.

ITU-R SG5에서는 WRC(World Radio Conference)-19 의제(AI 1.11)중의 하나인 RSTT(열차와 선로변 간 철도무선통신 시스템) 국제표준화를 주도하고 있으며 국가 간 조화 주파수를 찾기 위하여 협의를 진행하여 2017년에 ITU-R RSTT.Description 보고서를 발간한 바 있으며 철도통신서비스를 Train Radio, Train Positioning, Train Remote, Train Surveillance으로 구분하여 기술하였다.

AWG에서도 ITU-R에 대응하는 과제를 만들고 관련 보고서를 개발하여 ITU-R에 연락문서를 교환하고 있다. 또한 APG는 APT Conference Preparatory Group for WRC(World Radiocommunication Conference)의 약자로 국제적인 주파수 정책을 아시아 태평양 지역 국가들의 통합된 의견으로 제시하며 철도 주파수 이슈가 2019년에 열리는 WRC-19에 포함되어 있다.

북경-상해 고속철도를 350km/h 속도로 운행하고 있으며, 6가지 모델을 설정하여 특성을 분석하고 있다. 또한 우리나라에 이어 중국도 고속철도에 LTE를 적용하고 있으며, 2018년 4월부터 LTE 시스템 시험을 실시하고 있다.

4. 맺음말

2018년 6월 7일 국제교통장관회의에서 러시아・중국・북한 등 만장일치로 국제철도기구에 가입하여 유라시아 철도망과 연계를 위한 국제적 기반을 마련하였다. 유라시아 철도연계 관련하여 국가별로 다른 궤도를 사용하고 있으므로 궤도검측 및 이기종간 가변기술, 다중신호시스템 연계, 전력변환 기술 등에 대하여 연구가 진행될 것으로 예상된다. 이를 통하여 아시아 육상교통망의 확장과 국가 이종궤간 가변기술 연구가 증진될 것이다.

또 하나의 기술개발 방향은 열차 운행의 자동화에 등급을 향상시키는 것으로 무인운전과 관련하여 ETCS Level 3에 대한 연구가 시작되었다. 자동운전 등급은 4등급으로 나누어져 있으며, 등급이 높을수록 무인운전기능이 향상된다. 신분당선 등 경전철에는 이미 무인운전이 적용되고 있으며 무인운행 연구를 일반 철도에도 적용하기 위한 연구개발이 추진되고 있다. 그러나 일반 및 고속철도에는 많은 연구 및 시험을 거친 후에 실제 환경에 적용될 것으로 예상된다. 지금까지 열차통신시스템과 관련한 기술개발 현황 및 표준화에 대하여 정리하였고 향후 연구개발 방향을 예측하였다.

※ 본 논문은 2018년도 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받은 철도기술연구사업(18RTRP-B145983-01)의 일환으로 수행하였음.

[참고문헌]

[1] 경부고속철도 1단계구간(행신~동대구) 개량 및 울산신항 인입철도 신설 등 3개사업 철도통합무선망(LTE-R) 구매설치(총체), 한국철도시설공단, 2018.

[2] TTAK.KO-06.0437, LTE 기반 철도통신 시스템 요구사항(일반・고속철도), 2016.12.27.

[3] 최진규 외, LTE기반 철도 무선통신망 기술과 표준화 동향, TTA 저널, Vol. 158, 2015.3.

[4] 윤학선 외, 철도무선통신망(LTE-R) 기술 개발 및 발전 전망, 공공안전통신망, 2018.4.

[5] 조한벽 외, 철도통신시스템 국내외 표준화 동향, TTA 저널, Vol. 160, No 1, 2017.2.

[6] 3GPP TR22.989, Study on Future Railway Mobile Communication System, Stage 1(Release 15), 2016.11.

[7] R15-WP5A-C-0298!N16!MSW-E-, Working document towards a preliminary draft new Report ITU-R 'Working document towards a preliminary draft new report of technical and operational characteristics, implementation and spectrum needs of RSTT', ITU-R, 2017.11.