

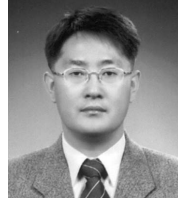
# UIC 차세대 철도 무선통신 표준화 동향



| 송 용 수 |  
한국철도기술연구원  
무선통신열차제어연구단



| 김 건 엽 |  
한국철도기술연구원  
무선통신열차제어연구단



| 김 용 규 |  
한국철도기술연구원  
무선통신열차제어연구단

## 1. 개요

현재 국내 철도 안전 관련 무선통신 방식은 노선별로 상이하여 실제로 관제요원, 열차운전자, 현장 유지보수요원 간 협업이 어려워 다양한 문제점이 발생하고 있으며, 상이한 철도 무선통신시스템 간 단절 및 불통 현상, 상용망과 기존 철도 무선통신시스템과의 주파수 간섭·혼신 등에 따른 철도 운행 중단 및 철도 사고 발생 위험이 존재하고 있다. 이에 미래 철도의 안전 확보 및 수송 효율성 향상을 위한 국가 철도전용 통합무선망 구축 또는 전용 주파수 요구가 크게 증대되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 해외의 경우 주요 철도 운영국가들은 철도전용 통합무선망을 구축하여 운영 중이거나, 망 설비 보완 구축을 계획하고 있다.

국제철도연합(UIC ; International Union of railway)에서는 “차세대 철도 무선통신 표준화”라는 주제로 유럽의 철도 통합무선망 (GSM-R ; Global System for Mobile communication-Railway)의 미래에 대해 전망 및 협의를 위한 국제세미나를 2012년 10월 4일 파리에서 세계 각국의 철도통신전문가를 초청하여 Workshop을 시행하였다. 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.

1993년 10월 세계 최초로 철도무선 통신시스템(GSM-R)의 표준을 제정하여 현재 유럽 전 지역의 철도 제어 및 통신에 기여하고 있는 GSM-R의 기술적 위기와 향후 대처방안은 많은 관심을 불러 일으켰고, 본 고에서는 이러한 유럽의 차세대 무선통신의 요구사항 및 21세기의 차세대 철도 무선통신의 발전 방향을 제시하고자 한다.

## 2. UIC 차세대 철도 무선통신 표준화 동향

UIC에서는 ERTMS / GSM-R 프로젝트를 관리하고 있으며, GSM-R 사양을 유지 및 확장 기능에 대한 처리 문제와 향후 발전 방향 모색으로 매년 1회 철도 무선통신 표준화 워크숍을 개최하고 있다.



그림 1. 차세대 철도 무선통신 표준화 워크숍 진행 사진

표 1. 차세대 철도무선 통신 표준화 발표 내용

발표순서	발표 내용	발표기관
1	KCC vision on GSM-R evolution	(KCC)
2	Life after GSM-R	(ALU)
3	3GPP standardization status	(MERCE)
4	A phased approach to railway radio system	(ETSI)
5	Railways in the world critical comm. Context	(UIC)
6	Global demands for mobile comm. In railway network	(Huawei)
7	Radio network for HS2	(Network rail)

철도 기술 중 무선통신 관련 워킹그룹 운영을 통해 ERTMS/GSM-R 프로젝트의 기존 및 미래의 목표를 실현하고 GSM-R 산업과의 긴밀한 협력을 위한 목적으로 개최되고 있다. 또한 무선통신 표준화 워킹그룹은 GSM-R의 웹 사이트내에 EIRENE 규격 최신 버전을 포함한 관련 정보를 제공하고 있다. Dan Mandoc(ERTMS/GSM-R 프로젝트 매니저)가 표준화 워킹그룹의 위원장으로 주도 하고 있으며 이번 표준화 워크숍에서 발표된 내용은 위의 표1과 같다.

2.1 GSM-R의 20년간 발자취

1990년대 유럽에서 열차는 여러 나라의 국경을 넘어서 운행되고 있었으나, 국경을 넘는 과정에서 열차 무선의 차이로 인한 연계운행의 복잡함과 안전성의 취약으로 인한 어려움이 대두 되었다. 또한 상호호환성 없는 궤도회로 및 아날로그 통신시스템에 대한 대안이 필요했고, 이러한 현실에서 1990년 초반 UIC 회원들이 철도를 위한 범 유럽 시스템을 검토하여 자연스럽게 1993년 UIC에서는 GSM 기반 철도통합무선망을 선택하였다. 유럽은 철도 전용주파수를 할당받아 GSM 규격을 기반으로 GSM-R 시스템을

구축하여 열차제어, 열차운행관제, 유지보수 등을 위한 음성통신과 메시지 전송에 활용하고 있다. 이를 위해 상향, 하향 각 4MHz의 주파수 대역폭을 운용 중이며 기지국당 32~48개의 트래픽 채널을 보유(876~880MHz:Uplink, 921~925MHz:Downlink)하고 있다. 또한 2011년 5월 ECC(European Communication Community)에서 그림 2과 같이 3MHz 대역폭의 Extended GSM-R 주파수 대역을 추가 할당하였다. (873~876MHz:Uplink, 918~921MHz:Downlink)

- GSM-R은 GSM 표준에 기반한 기존 GSM 주파수 대역 하부의 주파수를 사용
- GSM-R은 TDMA 시스템이며 캐리어 당 8개의 타임 슬롯을 지니고 있으며, 각 지지국은 캐리어의 첫 번째 타임슬롯에 네트워크와 기지국에 대한 기본정보를 베이스 채널로 제공
- GSM-R은 회선교환방식에 의하여 14.4Kbps까지 음성 및 데이터 접속을 지원하며, 기본적인 GSM 기능 외에, 높은 보안 요구사항에 의하여 추가적인 기능이 GSM-R에 부가 됨

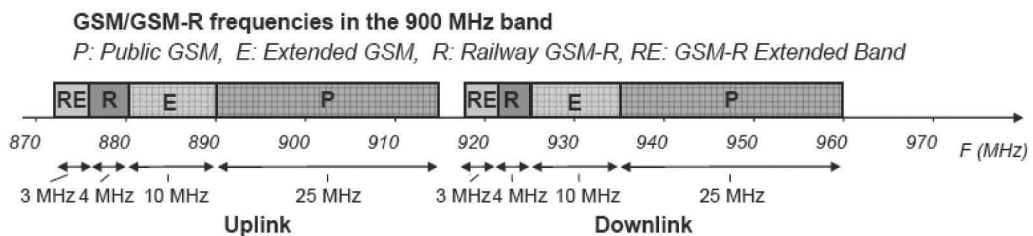


그림 2. 유럽 철도통신망 주파수 할당 현황 [자료: ECC Report 162(2011)]

표 2. GSM-R의 주파수 할당

구분	Channels	Uplink[MHz]	Downlink[MHz]
GSM 850(Americas)	128~251	824~849	869~894
GSM 900 classical extended	0~124, 955~1023 124 channels +49 channels	876~915 890~915 880~915	921~960 935~960 925~960
GSM 1800	512~885	1710~1785	1805~1880
GSM 1900(Americas)	512~810	1850~1910	1930~1990
GSM-R exclusive	955~1024, 0~124 69 channels	876~915 876~880	921~960 921~925

2.2 GSM-R의 Evaluation

유럽 통신표준화 그룹 위원장인 Dan Mandoc은 2008년 GSM, CDMA, UMTS 등과 같은 동일 기술의 진화 모델인 LTE 신기술이 급박하게 만들어짐에 따라 GSM-R EOL(End of Life)이 빠르게 진행되어 GSM 라이프 사이클은 짧아지고 전체적인 이동통신 기술은 LTE로 진화하고 있다고 발표하였다.

현재의 유럽 철도무선망은 유지보수, 교통량 증가, 서비스 증가에 따라 구축 및 운영비용이 증가로 다른 표준으로의 변화가 절실히 요구되고 있다. 따라서 운영자들이 안전, 안전성 및 승객 서비스를 위해 더욱 많은 주파수 폭과 진화된 통신기술로의 변화를 요구함에 따라 LTE 또는 LTE-A로의 변화 연구에 시작하고 있는 실정입니다. 이러한 기술 변

화 및 이전 측면에서 현재의 유럽의 철도 통신망은 다음과 같은 3가지 문제점을 가지고 있다.

- 현재 사용중인 GSM-R을 포기할지, 그대로 유지할지에 대한 결정
- 기술적으로 미흡한 GSM-R을 개량할지 또는 보완할지 결정
- 기술 변화는 단계적 진화 또는 전면교체에 대한 결정

이러한 유럽의 모든 문제는 경제성과 연관되어 있다. 유럽의 모든 국가의 철도 통신의 운영자들은 GSM-R이 이미 설치되거나 설치중임에 따라 이를 포기할 수 없는 상황이나, 기술적으로는 GSM-R을 변경해야 하는 것은 동의하지만, 경제적인 측면에 의해, 언제, 어떻게, 비용 지불, 등에 대한 문제에 봉착하고 있다.

2.3 GSM-R의 미래

GSM-R의 경우 여러 가지 서비스를 위해 더욱 많은 주파수 폭을 요구하고 있으며, 이를 해결하기 위해서는 2G/GSM-R에서 4G/LTE로의 기술적인 연계가 필요하며, 또한 철도 통신만을 위한 추가적인 규격 제정이 필요함을 언급하였다. 다음은 언급된 주요 핵심 이슈 사항은 다음이 필요하다.

- GSM-R과의 연동 방안 검토
- LTE 철도통신의 상호호환성 검토
- GSM-R에서 LTE로 Migration 방안 검토

이에 따라 UIC에서는 2010년부터 미래 철도 이동통신시

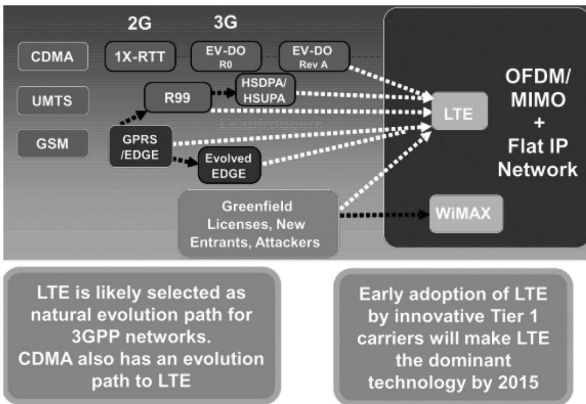


그림 3. 2008년 모바일 산업 기술 진화자료: Dan Mandoc (2012)

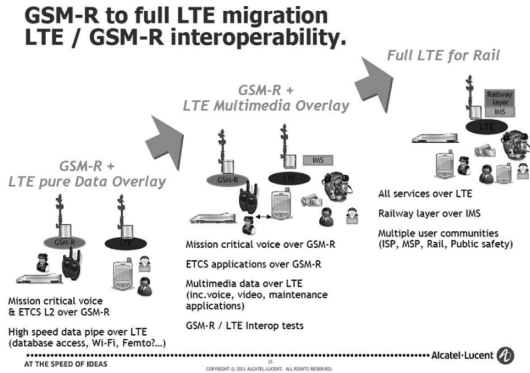


그림 4. GSM-R에서 LTE로의 Migration 절차

**GSM-R to LTE transformation possible steps**

- STEP 1 : Deploy ETCS over packet based GSM-R
- STEP 2 : Validate ETCS protocols over All IP LTE
- STEP 3 : Prepare LTE RAN, Evolved Packet Core, MPLS network

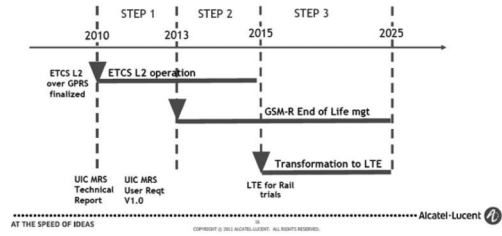


그림 5. GSM-R에서 LTE로의 Transformation 단계

시스템에 대한 연구를 시작하였으며 2개의 연구분과를 운영하고 있다. WP(Working Party) 1에서는 철도 서비스 고도화에 필요한 무선통신시스템의 요구사항을 검토하고 있으며, 주요 논의사항은 다음과 같다.

- 새로운 철도 서비스
- 신뢰성 있는 데이터 전송
- 기존 시스템과의 상호 연동
- 3GPP와 협력 방안

WP 2에서는 현재의 이동통신방식을 철도통신에 적용하는 방안에 대하여 검토하고 있다. 주요 논의사항은 다음과 같다.

- 철도 음성통화 적용 방안
- 철도 그룹통화 적용 방안
- 고속 이동체에 대한 안정된 무선접속 지원 방안
- 실현 가능성(feasibility) 테스트 방안

또한 본 회의에서는 GSM-R에서 LTE로의 변환 절차를 아래 그림 4와 같이 점차적으로 요구하고 있다.

- 2012 ~ 2013 : LTE 기반 GSM-R
- 2013 ~ 2015 : LTE에 의한 ETCS 검증
- 2015 ~ 2025 : LTE 교체

LTE는 이미 개발되었지만, LTE-A는 2014년에 표준화가 가능할 것으로 예상되므로 차세대 통신망은 LTE 기술 적

용이 적절할 것으로 언급하였다.

**2.4 주요 통신환경**

UIC에서 제안하는 LTE project는 700MHz 주파수 대역을 산정하고 있으며, 또한 미래를 대응하는 필요 요소인 migration 전략을 강조하고 있다. 이는 모든 유럽이 GSM-R을 현재 운영하고 있으며, GSM-R을 2025년까지 제작사가 공급할 예정이기 때문이다. 이에 따라 차세대 철도무선망(LTE-R)을 개발하기 위해서는 ‘Open mind’를 가지고 UIC회원, R&D연구소, 3GPP 등이 긴밀한 협조가 있어야 할 것을 요구하고, 다음의 사항을 UIC가 제안하였다.

- 철도의 필요에 따른 LTE compliance : 요구사항 정의
- 유럽 국가의 기술적 변화
  - GPRS for ETCS → packet switched CBTC
  - 3GPP → 상호협력
  - 2012 ~ 2015 : 미래의 통신에 대한 통신관련 문서 정의
  - 2015 ~ 2020 : 설치 및 migration plan 착수
  - 2015 : 주파수할당, 1GHz이하, LTE방식

**2.5 HS2를 위한 무선망**

HS2는 영국의 ETCS level 2를 사용한 고속선으로, 런던에서 맨체스타까지 GSM-R을 적용하여 운행할 예정이며 운행속도는 360km/h, 운전시각 3분을 예상하며 대부분 터널로 노선이 구성된 것으로 소개되었다. 이러한 노선에 대해 실시간 차량진단 정보 모니터링 및 승객 서비스 요구,

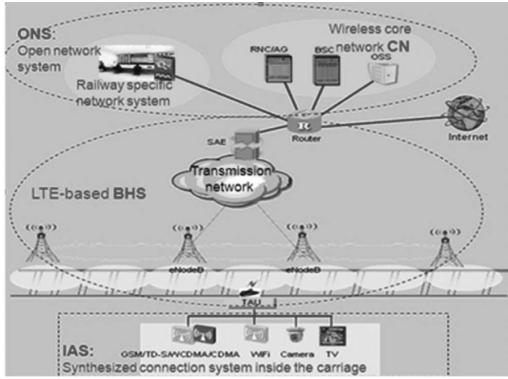


그림 6. Huawei의 HRC 솔루션 구성 개념도 [자료 : Huawei homepage]

CCTV관련 영상정송이 GSM-R로 가능한 지에 대해 검토하였지만, GSM-R로는 여러 가지 문제점이 발생함에 따라 해결방안으로 LTE-R이 적용 가능한 지를 검토 중인 것으로 발표하였다. 또한 주파수 및 도플러 효과에 따른 다양한 문제점이 제시되었지만, 어떠한 해결 방안도 없었으며, 현재까지 어떠한 방안도 전달되지 않음으로서 영국은 위의 문제점에 대해 하나씩 해결하기 위한 방안으로 LTE기반 통신망 적용을 검토 중에 있다고 발표하였다.

2.6 장비사업자들의 LTE-R 솔루션

1) Huawei의 LTE-R 솔루션

Huawei는 LTE 기술을 모바일 백홀로 이용하면서 접속 네트워크는 기존 통신기반을 유지하도록 하는 HRC(High-

speed Railway Communication) 솔루션을 개발하였다고 한다.

Huawei에서는 HRC 솔루션을 통해서 단일 HRC 기지국으로 기존 6개의 사설 네트워크를 교체할 수 있으며, 공동 구축 및 공유로 CAPEX 절감효과가 있을 것이며, 열차 내에서의 자체 손실, 빈번한 그룹 핸드오버, 핸드오버와 오버랩핑 지역 지연, 도플러 효과의 해결 및 감소가 있을 것으로 기대하고 있다. 또한 독립 대역폭 제어와 다양한 요금 부과 서비스 등 향상된 서비스 운영 및 관리 능력도 제공할 수 있다고 보고 있다.

2) Nokia Simens의 LTE-R 솔루션

Nokia Simens도 Huawei의 HRC 솔루션과 유사하게 LTE 기반의 백홀에 기존 통신망을 수용하고 차상에 인터넷 서버 및 메인 랙을 설치하고 더불어 동적무선 분배시스템(WDS)을 통해 차량 내 Wi-Fi 사용자 등에게 광대역 서비스를 제공하는 형태의 LTE 기반 차세대 철도무선망 구축 개념도를 제시하고 있다(Johann Garstener, 2010).

3) Alcatel Lucent의 LTE-R 솔루션

Alcatel Lucent는 기본 백홀은 IP/MPLS를 사용하면서 LTE를 포함한 다양한 이기종 네트워크를 수용하고 이를 기반으로 대용량 멀티미디어 서비스를 포함한 운영관리, 안전·보안관리, 승객서비스를 제공하는 차세대 철도무선 통신망 구축 비전을 제시하고 있다(Olivier ANDRE, 2010).

Alcatel Lucent는 차세대 철도 무선통신망 구축의 운영관

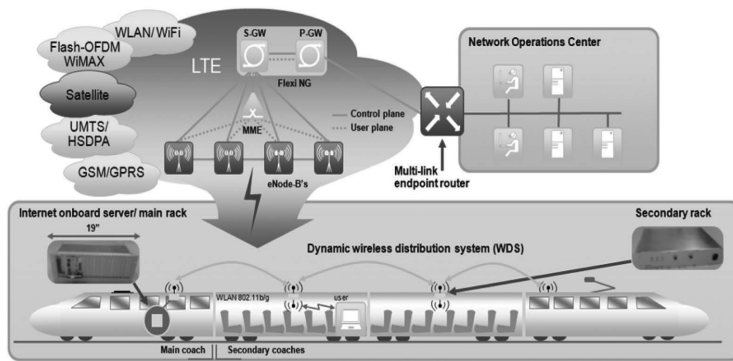


그림 7. Nokia Simens의 LTE 기반 차세대 철도무선망 구축 개념도

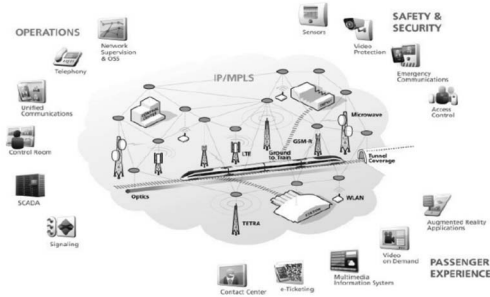


그림 8. Alcatel Lucent의 차세대 철도 무선통신망 구축 비전

표 3. 차세대 철도통신망 구축 기대효과(Alcatel Lucent)

속성	상세 내용
신뢰성	차량 연착 시간 30% 감소, 취소 또는 60분 이상 지연 상황 20% 감소
유지관리	人時(Man-Hour) 10% 감소
인프라 비용	지속적인 모니터링으로 5% 감소
운영관리	5~15% 지연시간 감소
에너지	지속적인 모니터링으로 5~7% 절감사용자가 PTT(Push to Talk)만 누르면 가용 채널을 자동 할당

리 효과를 다음과 같이 전망하고 있다.

기존의 철도시스템에 영상관련 연구 내용을 소개함으로써 현재는 관련 서비스가 Static 서비스지만 미래에는 dynamic 서비스도 고려되어야 하며, 특히 영상 활용 유지보수, CCTV, video 감시 등이 안전을 위한 필수항목으로 고려되어야 함을 강조하였다.

#### 4) Alcatel Lucent의 LTE-R 시연회 참석

Alcatel Lucent 프랑스 현장시연은 2.6GHz FDD 방식 10MHz 주파수 폭을 사용하여 실행되었다. 시험주파수는 2.6GHz, 대역폭 10MHz 적용하고 수행되고 있었으며, 이는 현재 한국에서 시행하려는 내용과 유사함을 알 수 있었다.

- Alcatel-Lucent 시험선(2km): 기지국 3개로 핸드오버 및 영상 전송
- 대불선 시험선(12km) 통신망: 기지국 9개로 구성 핸드오버 및 음성/영상 시험

### 3. 결론

국내의 정부기관은 자체통신망을 구축하면서 특정 외국 제품을 선정함에 따라 국내 통신망산업이 고사위기에 처했다는 지적이 일고 있다. 특히 기관들이 선정한 외국통신망 시스템은 적합성여부 논란이 일고 있어 중복투자와 예산낭비, 기술종속 우려가 예상된다. 이의 해결을 위해 국토해양부는 제2차 국가철도망 구축계획을 추진하고 있으며, 이는 철도투자를 효율적·체계적으로 수행하기 위한 것으로 전국 주요거점을 연결해 하나의 도시권으로 철도를 통합하기 위함이다. 철도 통신망과 관련해서는 현재 TRS-테트라 도입이 추진되고 있다. GSM 기반의 유럽 등에서는 철도 통신망으로 GSM-R을 사용하고 있지만, 우리나라는 CDMA 통신기술이 기반이기 때문에 GSM-R 방식을 도입하는 것이 불가능하다. 따라서, 대만 등 CDMA 국

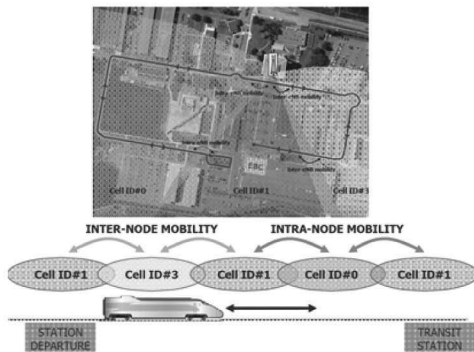


그림 9. ALU 시험선 및 대불 LTE-R 기지국 비교



가들은 철도 통신망 기술로 TRS-테트라 또는 VHF 기술 등을 도입하고 있다.

우리나라 역시 새로 도입되는 통신시스템에는 주로 TRS-테트라를 도입하고 있지만 장기적으로는 LTE-R 기술을 도입한다는 계획이다. 현재 한국철도기술연구원(KRRI)이 관련 국가R&D 과제를 수행 중이며, LTE-R은 상용망을 이용하는 것이 아니라 철도전용 자가망 구축으로 추진될 예정이다. LTE-R 상용기술 개발 시점은 2016년 250km/h이하, 2019년에 300km/h 이상 철도를 지원하는 것을 목표로 한다. TRS-테트라의 경우 재난망이나 철도망에 특화된 기술이지만 광대역 전송에 한계가 있으며, 테트라의 경우 모토로라나 EADS 등 외국 기업에 의존해야 하는 반면, LTE-R은 삼성전자 등 국내 기업들의 참여가 가능하다. 또한 유럽의 모든 국가들은 차세대 통합무선망 시스템을 요구하고 있고 이에 개발하려는 계획을 세우고 있으며, 유럽의 철도전용 통합무선망은 GSM-R에서 LTE-R으로 변화되는 과도기에 있고, 2015년부터 LTE-R 개발을 통한 GSM-R과 LTE-R의 병행운영을 추진 중에 있으며 점진적으로 2025년까지 LTE-R로 완전히 진화될 예정이다. 참고로, 유럽은 LTE-R에 대한 통합의견을 조율 중이므로 LTE-R의 도입은 예상시점보다 지연될 수 있다.

지금까지 국내는 철도전용 통합무선망이 구축되지 않았지만 최근에는 대불선에서 시험주파수 확보를 통한 LTE-R의 개발을 진행 중에 있다. 현재 국내 LTE-R은 유럽보다 5년 정도 앞서서 구축될 수 있으며 이를 기반으로 유럽의 기술 및 표준화 동향에 지속적으로 참여하여 국제적 기술을 선도적으로 이끌어 갈 필요가 있다. 이에 따라, 좀 더 빠른 세계적 선도 기술을 확보하기 위해서는 방송통신위원회의 조기 주파수 할당이 시급한 문제로 주어진다.

이제 21세기는 생활공간으로서의 기능성 추구에서 쾌적성 추구하고 가치관의 다양화가 한층 더 심화되고 있다. 이러한 주변 환경의 변화 속에서 20세기에 축적된 철도기술을 계승함으로써 철도의 신뢰성을 보다 더 높은 수송시스템으로써의 자리매김을 갖추어 나가야 한다. 또한 기술개발이나 IT의 활용에 의해 수송상품으로서의 부가가치를 높여 저비용의 새로운 교통시스템을 목표로 노력해야 할 것이다. 이렇게 함으로써 철도는 타 교통수단과의 경쟁에

있어 절대 우위의 위치를 점할 수 있다고 보며, 향후 국내 철도 기술이 세계 각국으로 확산되어 풍요로운 사회를 이룩해 나갈 수 있다. S

### ♣ 참고문헌

- [1] Gerald Sauprigl (2012). "Mobile communications for railways from managing GSM-R to entertaining your customers." Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [2] Gerhard Fritze M.Sc (2008). "The Core Network for LTE"
- [3] Government Accountability Office (2010). "Federal Railroad Administration Should Report on Risks to the Successful Implementation of Mandated Safety Technology."
- [4] Huawei. www.huawei.com
- [5] Iku Watanabe (2011), "Trends of Radio Based Train Control Systems," RTRI Report, Vol. 25, No. 5
- [6] ISV (2009). "Brazil: High speed line Sao Paulo - Rio de Janeiro Feasibility study : Signalling and Telecommunication."
- [7] Jan Richard (2012). "How to deliver effective signalling at dense traffic centres." Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [8] Jason Durk (2012). "How to better utilise rail communications to improve the on-board customer experience." Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [9] Jean CELLMER (2012). "The French GSM-R project: implementing and operating a GSM-R network through a PPP." Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [10] Johann Berger (2012). "Prolonging the Life of Signaling Infrastructure." Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [11] Johann Garstenauer (2010), "GSM-R evolution towards LTE." IRSE New Delhi 2010
- [12] John Stafford (2011). "European railway industries ICT perspectives - GB vision for the expected evolution," Information and Communications Technology on Trains Workshop, Prague 20th-21st
- [13] JR East (2009). "無線による列車制御システム(ATACS)の実用化について."
- [14] Leoš Novotný (2012). "LEO express." Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [15] Light Reading Mobile (2011), "AlcaLu, Cassidian Team on 400MHz LTE."
- [16] [http://www.lightreading.com/document.asp?doc\\_id=208302](http://www.lightreading.com/document.asp?doc_id=208302)
- [17] M.J.J.M. Ruessen (2012). "The future of ERTMS as a standard in Europe." Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [18] Manfred Tafener (2012). "ETCS over GPRS: ERTMS insight." Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [19] Marc Laperrouza (2008). "Transferring standards: lessons from GSM.R in the railway sector(Draft)," 19th European Regional ITS Conference, Luiss Guido Carli University, Rome, 18-20
- [20] Maria Leenen (2009). "The Worldwide Railway for Technology Market 2009~2014." SCI/Verkehr, p.23
- [21] Nokia Siemens (1999). "GSM-R The Railways Integrated Mobile Communication System."
- [22] Long Term Evolution(LTE): A Technical Overview (2007).
- [23] Norman FRISCH (2012). "Building blocks of a Smart Rail.," Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL
- [24] Olivier ANDRE (2010). "LTE and its application in Railways." Cambridge Workshop
- [25] Peter Hausken (2012). "On board Internet connecting non-safety critical systems." Special pre-conference LTE workshop, 2012. 2. 27, Vienna: RAILTEL