2018 년도 한국철도학회 추계학술대회 논문집 KSR2018F244

철도무선통신의 역사와 발전에 관한 연구

A Study on the history and development of Railway radio communication

주희돈*†, 박준형*, 양진송*, 류경수*, 장승민*, 박정수**

Joo Hee Don*†, Jun Hyoung Park*, Jin Song Yang*, Kyung Su Ryu*, Seung Min Jang*, Jung Soo Park**

Abstract In the case of domestic railways, most of the communication systems are wired, so in order to secure more safety from the safety-impact elements, a wireless communication system should be introduced to ensure efficient and safe operation. Currently, railway-only networks in Korea have reached the limit to accommodate the demand for increased safety and service of passengers using the 2G network (VHF) currently in operation. In this paper, we will analyze the progress of the railway wireless technology and its usage trends and present a future direction by comparing the current status of domestic and foreign wireless networks.

***Keywords* :** wireless communication system, railway-only networks, VHF, wireless network

초 록 국내 철도의 경우 통신 시스템이 대부분 유선망으로 구축되어 있어 안전운행 저해요소로부터 열차의 안전을 보다 더 확보하기 위해서는 무선통신 시스템을 도입하여 효율적이고 안전한 운행을 할 수 있도록 하여야 한다. 현재 국내 철도전용통신망의 경우 현재 운영 중인 2G 방식(VHF)의 철도통신망으로 이용승객의 안전 및 서비스 증가 요구를 수용하기에는 한계에 도달하였으며, 노선별 상이한 무선통신방식을 사용하고 있다. 본 논문에서는 철도 무선통신기술의 발전과정과 이용 동향을 분석하고 국내외 무선통신망의 현황을 비교하여 앞으로 나아갈 발전방향 제시하고자 한다.

주요어 : 무선통신 시스템, 철도전용통신망, VHF, 무선통신망

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

통신 이란 인간의 의사, 지식, 감정 또는 각종자료를 포함한 정보를 공간적 사이에서 주고받는 작용 혹은 작위이다. 통신은 최초로 파발, 봉화, 북소리 등 인간의 시각이나 청각 등 원초적인 소재를 이용하여 시작되었으며, 이후에 발전을 거듭하여 통신선로에 흐르는 전류를 매개로하는 유선통신을 거쳐 공간을 전파하는 전파를 매개로 이용하는 무선통신의 발전에 힘입어 현재는 인터넷 등 네트워크 통신의 발전에 따라 언제 어디서든 접속하여 사용 할 수 있는 유비쿼터스(ubiquitous)의 시대에 이르게 되었다. 최근 우리나라는 시속430km의 차세대 고속철도 해무열차가 개발되어 세계 4번째의 고속철도 기술보유국으로 성장하였다. 동시에 정보화가 진전됨에 따라 여객서비스나 철도시스템 제어기능의 강화 측면에서 전송계통의 유연화와 정보교환 개소의 확대가 요구되고 있으며, 유선 전송으로는 이러한 요구에 충분히 대응할 수 없게 되었다. 하지만 아직 국내 철도에서는 열차제어, 유지보수, 건널목 경보 등의 통신

†교신저자: 동양대학교 J.S. 철도교통연구실 (jhd3398@naver.com)
* 동양대학교 J.S. 철도교통연구실
** 동양대학교 J.S. 철도교통연구실 지도교수

시스템이 대부분 유선망으로 구축되어있으며, 이는 철도안전운행의 저해요소로 작용된다. 이와 같은 안전운행 저해요소로부터 열차의 안전을 보다 더 확보하기 위해서는 무선통신 시스템을 구성하여 효율적이고 안전한 운행을 할 수 있도록 하여야 한다. 현재 국내 전용철도 통신망의 경우 현재 운용중인 2G방식(VHF)의 철도통신망으로, 단순 음성 통화만 실시하고, 데이터 통신이 불가능하며, 특히 음영지역이 전국에 산재해 있기 때문에, 통신장애가 지속적으로 발생하고 있다. 고속 철도구간은 2004년 경부고속선 도입과 함께 TRS와 VHF가 혼용되어 운용되고 있고, 열차 위치에 따라 VHF, TRS-ASTRO, TRS-TETRA,로 변경되면서 총 6회 절체되기 때문에 고속 열차 운행의 비효율성이 제기되었다. 본 논문은 지금까지의 철도무선통신기술의 발전 과정과 이용 동향을 분석하고, 국내외 무선통신망의 현황을 비교하여 앞으로 세계 철도강국이 될 수 있도록 나아갈 우리철도 무선통신기술의 발전방향을 제시하고자 한다.

2. 본론

2.1 무선통신의 이해

무선통신이란 전파를 이용하여 모든 조류의 기호, 신호, 영상, 음향 등의 정보를 보내거나 받는 것이다. 무선통신이 가능하기 위해서는 정보를 전송하는 송신기, 송신기가 보낸 정보를 해석하는 수신기, 특정영역대의 전자기파를 송신 혹은 수신하기 위한 변환장치인 안테나, 신호가 더 먼 거리에 다다를 수 있도록 도와주는 장치인 중계기 등이 필요하다. 무선통신은 대용량의 정보를 광역수신 가능하고, 경제적 이점을 갖추고 있어 20세기 모스부호를 시작으로 현대의 인공위성을 통한 위성전화, 방송, GPS나 이동통신 분야에서의 무선전화기, 차량용 전화기, 휴대전화기 등 사람들에게 있어 필수적인 기술로 자리매김 되어왔다.

2.2 철도무선통신기술 이용동향

2.2.1 열차제어

기존의 궤도회로방식은 선로변 지상설비 설치에 소요되는 비용과 유지보수 측면에서 비효율적이며, 검지단위가 길고 궤도와 주변 환경의 영향을 많이 받는 문제점을 가지고 있었다. 하지만 철도무선통신기술을 적용하면서 기지국-차상 간 전파지연시간, GPS 등을 이용하여 궤도회로 없이 열차의 위치를 끊임없이 추적하여, 열차의 위치를 기존의 궤도회로 방식보다 더 정밀하게 검지할 수 있게 되어 안전성을 크게 높일 수 있게 되었고, 선행열차의 정보를 후속열차에 직접 전달함과 동시에 안전간격을 보다 더 정확하고 효율적으로 확보 할 수 있게 되어 동일선로를 사용할 경우 궤도회로방식보다 더 많은 여객이나 물자를 수송할 수 있게 되었다. 한편 진로제어기술 분야에 있어서도 무선통신을 이용하여 열차로부터 진로제어와 쇄정구간을 직접 설정함으로써 효율적인 유지보수를 도모할 수 있게 되었으며, 연동장치에서도 역구내의 신호기와 선로 전환기를 무선LAN으로 연결함으로써 제어 케이블이 불필요해짐에 따라 비용절약과 효율적인 유지보수가 가능하게 되었다. 다음 Fig.1은 무선통신을 이용한 열차간격·진로 제어시스템을 보여주고 있다.

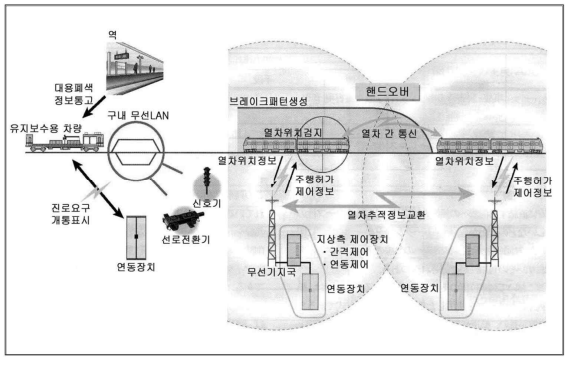


Fig.1 Train interval route control system using wireless communication

2.2.2 건널목보안

건널목제어에서는 Fig.2에서 보는 바와 같이 경보기, 차단기, 경보음 발생기 등 비교적 좁은 범위 안에 여러 가지 기기가 설치되어 다양한 제어용 케이블이 포설되어있으며 건널목의 적절한 경보시분을 지상설비만으로

구현하기에는 복잡하고 어려운 제약조건이 따른다. 하지만 여기에 무선통신기술을 적용할 시 제어기기와 설비들을 무선 LAN으로 링크함으로써 케이블 경감에 따른 비용절감과 기기의 표준화가 가능할 것 이다. 또한 건널목과 열차를 폐 루프로 구성할 수 있게 되기 때문에, 건널목에서 접근열차의 차종과 가감속도 등을 전달함으로써 사고 예방 및 경보시분 조정을 용이하게 구현 할 수 있게 되고, 장애물검지, 비상사태에 대해 직접 열차제어와 연결함으로써 기관사가 비상사태에 신속하게 대처할 수 있게 된다. 더 나아가 화상처리기술을 이용하여 건널목 화상정보전송시스템을 구현할 수 있게 되며 화상정보는 건널목 시야가 좋지 않은 개소에서 사고방지용으로 활용 할 수 있다.

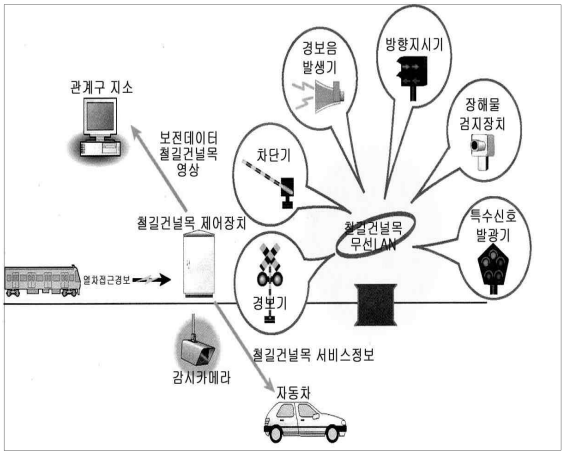


Fig.2 Railroad crossing control system using wireless communication

2.2.3 방재, 유지보수

철도시스템의 각종 설비들은 유지보수사무소, 사령실, 역구내 및 변전소 등의 특정 영역이나 장거리 선로연선을 따라 여러 장소에 설치되어 있다. 즉 선로를 따라 각종 연선 모니터가 설치되어있으며, 이러한 연선 감시 모니터의 데이터 전송에 막대한 양의 케이블이 사용되고 있다. 이러한 시스템의 고장은 열차운행에 직접 영향을 미치기 때문에 고장의 사전예측 및 즉시발견 등을 목적으로 하는 보전시스템이 실용화되어 있다. 이러한 보전시스템에서도 무선통신 기술이 사용된다면 케이블을 생략하고 비용 절약효과를 기대할 수 있다. 또한 보수 전용의 무선단말을 휴대함으로써 단말과 보수구간의 보수용 서버와 실시간으로 접속 할 수 있게 되고, 기준이 되는 검지데이터의 취득과 측정데이터의 보수 관리 기록파일로 자동 등록이 가능하다. 특히 단말에 보수자의 위치를 특정할 수 있기 때문에 열차운행 상황과 열차 접근경보를 전달하면 작업자의 안전확보에 도움이 될 것이다.

3. 철도무선통신망 국내외 현황 및 사례 조사

3.1 국내철도무선통신망의 현황 및 문제점

현재 우리나라의 철도무선통신망은 열차운행 관리를 위해 VHF대역 200KHz와 TRS 800MHz 대역중 1.5MHz를 활용 중이다. VHF 대역을 활용한 열차무선통신방식은 국내 일반철도 전구간과 고속철도 일부구간에서 활용하고 있으며, 역용, 사령용, 차량용 및 휴대용으로 분류되며 중앙에서 전체 통신망을 제어, 관리, 교환하는 개념 없이 단순히 무전기에 의한 상호간의 직접 연결시키는 통신방식이다. 통화의 종류는 일반통화, 비상통화, 관제통화 및 휴대국의 작업통화로 구분이 되며, 통화 종류별로 주파수 및 통신 상대방이 상이하며, 통화방식은 VHF대역을 효율적으로 사용하기 위하여 2004년 협대역 방식(채널간격 : 12.5KHz)으로 변경하였다. 한편 TRS시스템은 운행상황, 장비점검 등의 상태 등 열차 운행의 주요정보들에 대하여 열차와 관제센터간의 송수신이 가능한 시스템으로, 기능으로는 개별통화, 그룹통화, 비상통화 등이 있다. 이 외에도 위급상황 발생 시 사고열차에 접근하는 열차에 위험 상황을 신속히 알려 열차의 연쇄사고를 방지하기 위한 열차 방호장치를 위하여 400MHz 대역에서 1개의 채널을 사용하고 있으며, 객실과 승강장의 영상을 기관실과 지상으로 전송하기 위해 18GHz 대역을 일부 활용 중에 있다. 현재 우리나라의 철도 무선 통신망은 위의 방식들이 혼용되어 사용되고 있다. Fig.3에 노선별 고속철도 무선통신 방식은 운행의 경우에도 아직까지 경부선

이나 호남선 등의 노선에서 전 구간 통신망이 혼합되지 않아 구간마다 통신방식 을 전환해가며 운행하고 있다. 이는 열차 통신방식 운영의 비효율성이 증가하고 망 관리 측면에서 증설, 대체 및 유지보수가 어려울뿐더러 고장 시 신속한 대처가 곤란하다. 또한 VHF통신망의 경우 2세대방식(2G)의 철도통신망으로 데이터 통신이 불가능하며 음영지역이 전국에 산재해 있기 때문에 통신장애도 지속적으로 발생하고 있다.

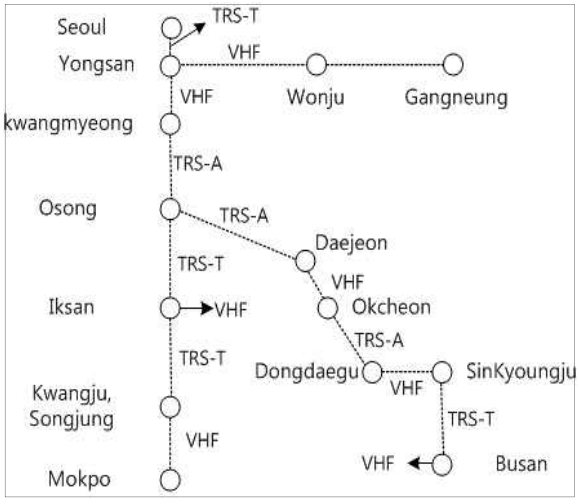


Fig.3 Wireless communication methods by high speed railway line

3.2 해외철도무선통신망 현황

현재 해외의 철도무선통신망은 유럽을 비롯한 대부분의 국가에서 GSM-R 통신방식을 이용하고 있다. GSM-R기술은 1990년 초반에 국제철도연맹(UIC)에서 표준화 개발을 시작하여 약 10년간의 개발과정을 거친 끝에 2000년에 완료한 기술로써 1:1통화기능, 음성그룹통화시스템 기능, 음성방송시스템 기능, 철도긴급전화기능 등이 가능한 3세대(3G)를 기반으로 한 통신기술이다. E-GSM (900MHz-GSM) 또는 DCS 1800 (1800MHZ-GSm) 주파수 대역에서 구현되도록 표준화 되어 있으며, 둘 다 전 세계적으로 사용되고 있다. Table1에서 보는 것과 같이, 중국 인도 유럽은 GSM-R통신방식을 운용하고 있지만 중국의 경우 유럽의 유럽형열차제어시스템(ETCS)와 유사한 CTCS을 철도제어시스템으로 채택하였고, 2005년부터 화웨이 장비로 대진철도에 처음 구축하여 운영하고 있으며. 앞으로 16,000km철로에 대해 철도무선통신망을 구축예정이다. 인도는 영국의 식민지 시대에 대대적인 철도 인프라 확충이 이루어져 세계에서 가장 광범위한 철도망을 갖춘 국가였으나, 지속적인 인프라 투자가 진행되지 않아 그 위상이 축소되고 있는 중이다. 하지만 세계 철도 인프라 강국으로서의 위상을 재정립하고, 경제 발전등에 기여하기 위하여, 2009년 인도철도청은 2020년까지 철도 인프라의 고속화, 효율화, 현대화등 대대적인 투자계획을 발표하였으며, 2020년까지 중장기적으로 GSM-R이 확대 구축될 것으로 예상된다. 정책적인 측면에서 유럽, 중국 등과 유사하게 인도도 단일 시스템으로 철도무선통신망 구축을 계획하고 있으며, 이는 “One India One ATC” 정책으로 불린다. 이들에 반해 미국, 일본, 대만은 통신방식으로 GSM-R 시스템을 사용하지 않는 국가들이다. 미국의 경우 이전에 사용되었던 협대역 철도 무선제어 시스템(ATCS)이 무선 기지국 비용이 매우 비싸고, 초기 ATCS 장비의 교체시점이 다가옴에 따라 GPS와 연동되어 기관사가 멈춤신호를 지키지 못하는 경우들을 무선망을 통해 감시하고 열차를 제동할 수 있는 충돌방지시스템인 능동열차제어(PTC)로 전환이 점차적으로 추진되고 있다. 2010년 1월 미국연방철도국(FPA)는 PTC시스템 적용을 위한 규칙을 마련하고 향후 철도노선 160,0000km(100만 마일)와 2만대의 열차에 구축할 예정이다. 일본은 일반열차와 고속철도에 모두 유선 기반의 열차제어시스템 및 데이터전송 시스템을 운영하고 음성통화를 위해 별도의 무선통신방식을 활용하고 있다. 기본적으로 유선기반 자동운전장치(ATC)를 적용하고 있으나, 최근 무선열차제어도 연구 · 개발하여 영업 열차에 적용을 시작하였다. 1995년부터 JR EAST에서 ATACS라는 이름으로 무선열차제어시스템 개발을 추진하였으며 11년부터 동일본 철도의 도시형 철도에 적용하였고, 2036년까지 수도권 모든 노선에 사용할 계획이다. 마지막으로 대만의 경우

TETRA로 철도 무선통신망을 구축한 세계에서 유일한 사례인 THSR(Taiwan High Speed Rail)을 구축한 국가이다. THSR은 380~400 MHz의 TETRA 시스템을 기반으로 무선통신 시스템, 터널과 역사 내 커버리지 확보 시스템, 안테나 UPS 등으로 철도 무선지령 시스템을 구성하고 있다. 역사, 선로, 차량 내 통신에서 TETRA가 제공하는 기본 무선 통신 기능 서비스가 이루어지며, 차량, 시설, 사고통제 등을 위한 데이터 전송시스템도 제공되고 있다. 대만 THSR의 철도안전 및 무선통신 설계 수준이 유럽과 동등한 것으로 요구한 상황에서 TETRA가 도입되었다는 것은 TETRA를 기반으로 한 철도 무선통신망이 유럽의 GSM-R 기반 ERTMS에 유사한 성능을 제공한다고 대만 철도당국이 판단하였다는 것을 시사한다. 더불어 THSR의 사례는 음성 및 데이터통신 외에도 다양한 철도 특화 응용 서비스가 TETRA를 통해 제공되고 있음을 실증적으로 확인할 수 있는 사례를 보여준다.

Table.1 Present condition of railway network in major countries of the world

구분	제어 방식	통신 방식	주파수	내용
인도	ETCS Level 2	GSM-R	900MHz	· One Indian One ATC 정책에 의해 2020 년까지 GSM-R 로 통합이 예상됨
대만	D-ATC (유선)	TETRA	400MHz	· TETRA 로 철도 무선망을 구축한 최초의 사례 · 이동통신사인 청화텔레콤이 고속철도에서의 LTE 운영을 시험 검증
일본	ATACS	별도	400MHz	· 2011 년부터 동일본철도에 의해 도시형 철도에 적용되어 운행 시작 · 개발부터 기본 기능 운행까지 약 17 년의 시간이 소요됨
유럽	ETCS Level 2	GSM-R	800MHz	· 2015 년까지 핵심 노선에 GSM-R 이 의무구축(기존망 업그레이드 포함)될 예정이며, 2020 년 까지 40,000km 에 도입될 전망 ·영국: RSSB 가 LTE-R 도입을 2020 년으로 전망하며, 멀티기술 도입을 제안 스페인: LTE-R 에 대한 개발협력 추진 · 프랑스: GSM-R 구축에 PPP 방식 활용
미국	PTC	별도	200MHz	· 2015 년까지 의무도입이 법제화 되었으나 기술검증 등으로 지연 예상 · 캘리포니아 고속철도 프로젝트는 다양한 기술 방식 및 주파수 후보군을 검토한 후 GSM-R 에 기반한 ETCS Level 2 를 선정하여 700MHz 대역 확보를 추진
중국	CTCS-3	GSM-R	900MHz	· 2002 년 CTCS 개발을 시작하고 GSM-R 을 무선통신기술로 채택 · 2005 년 GSM-R 을 화웨이 장비를 통해 대진철도에 처음 구축 운영 · 장비업자를 중심으로 고속철도에서의 LTE 기술 도입이 검토 중

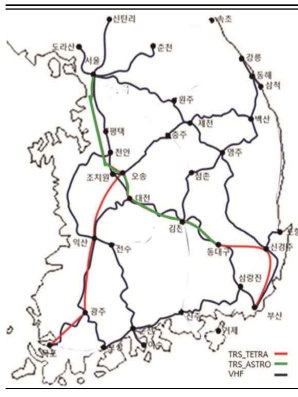
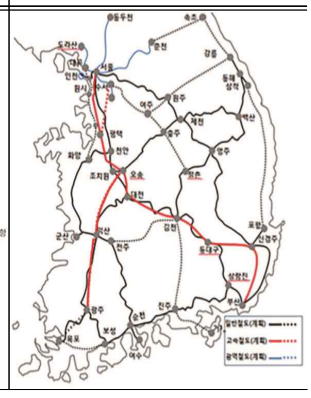
4. 결론

4.1 국내철도무선통신기술의 발전방향

4.1.1 국내철도 무선통신의 통일화 인프라 구축

국내철도 무선통신은 앞서 3.1에서 언급한 혼재된 무선설비 구축으로 인한 열차의 비효율적 운영으로 열차통신방식 운영의 비효율성이 증가하는 추세에 있어 철도통합 무선망 단계별 구축 계획이 필요하다. 첫째, 신규 건설사업 및 내구연한 도래 주요 노선 확대 적용으로 신규로 건설되는 노선과 연계하여 주요 노선의 여객수송율을 고려하였을 때 LTE-R서비스의 확대 효과가 있는 노선을 우선 시행하여야 한다. 둘째, 단계별 구축을 통한 투자 효율 극대화 및 무선망 안정화를 통한 국가 철도망 건설사업과 연계하여 기존선을 LTE-R화로 투자효과를 극대화 한다. 이러한 계획을 실현 하였을 때 국가 철도 무선망의 혼재된 무선통신설비가 되어있는 현재모습과 통일화된 무선통신 설비의 미래모습은 다음 Table.2에서 보는 바와 같다.

Table.2 Current and future view of national rail network

현재	미래
	

4.1.2 4차 산업혁명을 고려한 철도무선통 기반으로 한 새로운 기술 개발

현 국내철도의 통신방식은 음성통신만 가능한 수준으로 해외 철도산업의 통신방식과 달리 고속화·지능화·첨단화 되어가는 철도서비스 수요변화에 대응하기에 한계에 다다랐다. 이에 따라 새로운 기술을 접목시켜 일반 및 고속선 그리고 지하철에서 상호 운영할 수 있는 시스템을 IoT를 기반으로 실시간 상태관리, 무선기반 열차제어, 위치기반 서비스 등이 가능한 새로운 4세대 통신방식인 LTE 기반의 통신시스템을 만들고, 5G기술을 기반으로 고속·대용량의 데이터 전송이 가능한 무선통신 인프라 확보가 필요하다. 이와 같이 국제적인 표준규격을 적용하고 LTE를 활용한 신호통신시스템을 최초로 개발하여 해외시장 진출을 위한 경쟁력을 확보하고 아직까지 개념·표준체계가 정립되어 있지 않은 일반·고속열차간 통신을 통한 열차제어기술을 개발하여 세계시장을 선도하여야 할 필요가 있다.

참고문헌

[1] Park,J.S. (2017) Railway traffic engineering, CHONG MOON GAK, Korea

[2] Kim.K.H (2012) Review of Domestic and Foreign Integrated Wireless Network for Railways pp. 1320-1324.

[3] Kim.Y.K (2017) Functional Analysis between LTE-Railway and Public Safety-LTE , Journal of the Korean Society for railway, 20, pp.20-30

[4] Cho.W (2017) Development of Interoperability Technology in Railway Wireless Communication Systems , Journal of the KIECS, pp. 555-560.

[5] Kim.K.H (2013) A Study on the Problem Analysis and Improvement Plan for the Korean Railways Communication Networks, Journal of the Korean Society for railway, pp. 534-539

[6] Choi.G.H (2004) Trends in the utilization of wireless communication technology in railway, Journal of the Korean Society for railway, 7, Korea