

철도 무선통신 기술동향 및 국내 운용현황

김범곤*

The Operation Conditions of Domestic Railway Wireless Communication Network and Those Technical Trends

Bum-Gon Kim*

요 약

고속철도를 운영할 뿐 아니라, 고속열차를 생산하는 우리나라는 고속철도를 효율적으로 운용하기 위해 각 분야에서 승차감 향상, 주요부품 자동진단, 차상 진기검측, 소음저감 등 여러 가지 기술을 개발하고 있다. 본 논문은 그 중에서도 철도 무선통신분야의 기술을 이해하기 위해, 유럽과 중국 및 미국의 철도 무선통신시스템의 운용 현황을 설명하고, 국내 철도에도 적용될 철도용 LTE 시스템의 기술현황을 소개한다. 아울러 현재 운용하고 있는 국내 철도무선통신망 현황과 4세대 무선통신망에 대한 국가연구개발사업의 개략 및 고속철도 현장에서의 시험 계획을 소개한다.

ABSTRACT

As well as to operate a high-speed rail, our country with capability to produce high-speed train has developed a number of techniques, such as for a riding comfort improvement, automatic diagnosis for major electrical or mechanical parts, on board measurement for catenary systems and noise reduction of running rolling-stocks are still under development. In this paper, we describe the current status of operation technologies not only traditional railway wireless communication systems but also Long Term Evolution systems which would be deployed as soon as possible, like as in Europe, China and the United States. In addition, we produced the domestic wireless communication networks for railway which KORAIL Corp. has been operating and the schemes and the plans of HSR field test for the fourth generation mobile communication which should be enforced by national research and development.

키워드

High Speed Rail, Railway Communication, Wireless Communication, Long Term Evolution
고속 철도, 철도 통신, 무선 통신, LTE

1. 서 론

역사를 중심으로 지방문화의 중심지가 변화되고 있다.

2015년에 오송~광주송정간 호남고속철도가 개통되어 우리나라는 만나질 생활권이 일반화되었다. KTX

본고에서는 철도 무선통신기술에 대한 국외 기술현황을 알아보고, 철도선진국의 메이저 업체가 개발한 4세대 무선통신장비의 기술수준을 알아본다. 그 후에

* 한국철도공사 연구원
• 접수일 : 2016. 03. 23
• 수정완료일 : 2016. 04. 13
• 게재확정일 : 2016. 04. 24

• Received : Mar. 23, 2016, Revised : Apr. 13, 2016, Accepted : Apr. 24, 2016
• Corresponding Author : Bum-gon Kim
Dept. of Technology Research, KORAIL Research Institute, KOREA RAILROAD Corp.
Email : mark3552@korail.com

국내 무선통신설비의 현황을 설명하고, 끝으로 국가연구개발에서 개발하고 있는 철도전용 무선통신시스템의 구축현황에 대해 설명하고자 한다.

II. 국가별 철도무선통신망 현황

2.1 유럽의 철도통신망 현황

유럽의 통합무선망 정책은 유럽집행위원회의 계획안에 따라 2012년 이후 주문되는 차량과 2015년부터 서비스되는 차량에 ERTMS 장착을 의무화하였고, 범유럽 차원의 구축 로드맵과 국가별 노선별 구축 로드맵도 제시하고 있다.

그림1에서 노란색 라인은 ERTMS 전용선이 기구축된 지역을 가리키며, 빨간색 라인은 2015년 ~ 2020년까지의 구축 계획을 소개하고 있는데, ERTMS 전용선에 구축된 무선통신 선로는 GSM-R이다.

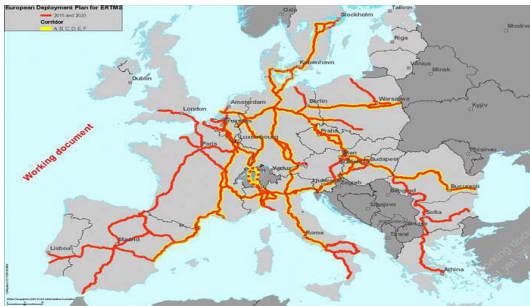


그림 1. 유럽 집행위원회의 ERTMS 구축 로드맵
Fig. 1 The construction road-map of European Commission

유럽은 정책적으로 철도전용 주파수를 할당하였고, 유럽 무선통신방식의 진통적인 통신방식인 시분할방식(TDMA)에서 발전한 GSM(: Global System for Mobile) 기반의 GSM-R(: Railway) 시스템을 구축하여 열차제어, 철도 관제, 차량 및 시설물 유지보수 등에 활용하고 있으며, 대역폭은 상향 4[MHz], 하향 4[MHz], 기지국당 32 ~ 48개의 트래픽 채널을 보유하도록 구축하였다.

또한, 유럽에서도 통합 무선망에 대한 필요성에 따라 발전방향을 수립하여 시행하고 있으며, 무선통신 기반

철도 서비스 고도화 요구 증대와 4세대 이동통신(LTE)의 급부상으로 2세대 이동통신(GSM)의 기술적 수명이 감소하고 있다.

2010년 UIC(세계철도연맹) ERIG¹⁾에서는 미래철도 이동통신시스템의 연구를 시작했으며 2017년까지 철도전용 통신망을 상용화할 계획이다.

그림2에서는 유럽 철도회사가 GSM-R용으로 운용하는 업링크 주파수 876 ~ 880MHz 및 다운링크 921 ~ 925MHz를 CEPT ECC/DEC/(02)05에 의해 할당받아 운영하고 있으며, 업링크 873 ~ 876MHz 및 다운링크 918 ~ 921MHz대역은 E-GSM-R이라 하여 ECC/DEC/(04)06에 의해 GSM-R 확장(Extended)대역으로 할당하여 사용하고 있음을 알려준다[8].

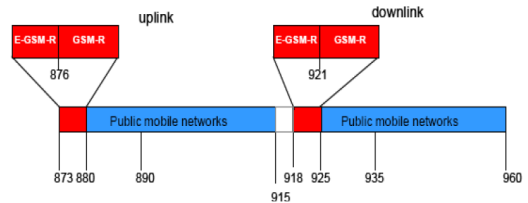


그림 2. 900[MHz]대역에서 GSM(파랑밴드), GSM-R(빨간밴드)의 주파수 할당현황

Fig. 2 GSM(Blue Band), GSM-R(Red Band) frequencies allocation in 900[MHz] band

2.2 중국의 철도통신망 현황

중국의 철도통신망 정책은 2004년 국무원이 “중장기 철도망 계획”을 승인하여 2020년까지 철도 발전계획을 확정하였고, 매 5년마다 “국가발전 5개년 계획”을 세워 실행을 추진하고 있다. 또한, 철도 무선통신망은 중국의 독자표준인 GSM-R 기반의 CTCS²⁾를 중심으로 구축되고 있으며, 선도 기술 도입에 매우 적극적으로 활동하고 있다.

중국의 철도무선망 구축 현황을 보면 중국은 2002년 CTCS 개발을 시작하여, GSM-R을 무선통신기술로 채택하였고, 2005년 GSM-R(900MHz대역) 화웨이 장비를 통해 대진철도에 처음으로 구축 및 운영하고 있다. 철도전용 통합무선망으로 LTE-R의 연구를 추진

1) European Radio Implementation Group: 유럽무선통신 구현그룹

2) Chinese Train Control System: 중국 열차제어시스템

중이며 화웨이, ZTE를 중심으로 고속철도에서의 LTE 기술의 테스트가 시작될 예정이다.

화웨이는 상하이 자기부상열차를 고속철도에 적용하여 최고속도 430km/h, 표정속도 250km/h 에서 LTE 시스템을 시연하였고, 중국정부의 전폭적인 지원을 받으며, 산업화에 박차를 가하고 있다.

2.3 미국의 철도통신망 현황

미국은 철도안전 강화를 위해 2008년 철도 안전개 선법을 제정하여 모든 철도차량 및 노선에 대해 2015 년까지 능동형 열차제어시스템(이하 PTC³⁾) 장착을 의무화하였다. 또한 이와는 별도로 캘리포니아 고속철도 사업에서는 GSM-R 기반의 2단계 유럽형 열차제어시 스템을 선정하여 700MHz 대역에서 전용주파수를 확보 하고자 프로젝트를 수행하고 있으며, PTC 실용화를 위해 216~222[MHz] 대역에서 주파수 확보를 시도하고 있다.

미국의 주파수 정책을 살펴보면, 미국 연방통신위 원회(FCC)는 당시 아날로그방송을 디지털방송으로 전환함에 따라 698~806[MHz] 대역의 주파수 활용 계 획을 수립(2007.7.)하였으며, 해당 대역중 공공안전용 대역으로 24[MHz]를 할당하였다.

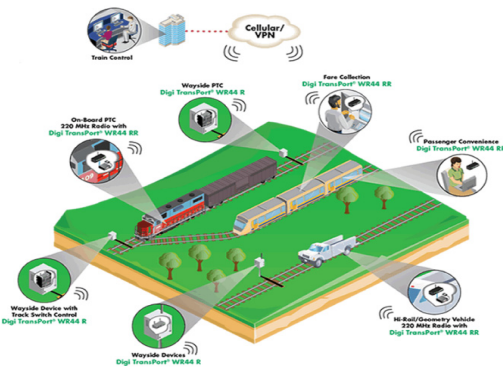


그림 3. 미국의 PTC 시스템 구성도

Fig. 3 An architecture of PTC system in U.S.A

2.4 일본의 철도통신망 현황

일본의 철도통신은 일반철도에서는 음성통신용 으로 VHF 대역과 UHF 대역을 사용하고 있으며, 고속철도(신간선)에서는 400[MHz] 대역의 철도전용 주파수를 할당받아 운전조치, 관제지령, 여객 및 물 류정보 등을 통신에 사용하고 있다.

일본식 무선통신 열차제어시스템(ATACS) 용도 로 420[MHz] 대역을 할당받아 시험용으로 서비스 중 이며, 도심구간에서는 가용채널이 부족하므로 디지 털로 전환으로 발생한 유휴대역 주파수 700[MHz] 대역 (715 ~ 725[MHz])을 ITS⁴⁾용으로 할당받아 연구한다.

III. LTE 통신장비 기술현황

3.1 화웨이 솔루션

중국의 화웨이(Huawei)는 LTE 기술을 모바일 백 홀로 이용하면서 접속 네트워크는 기존 통신 기반을 유지하도록 하는 HRC⁵⁾ 솔루션을 개발하였다[5].

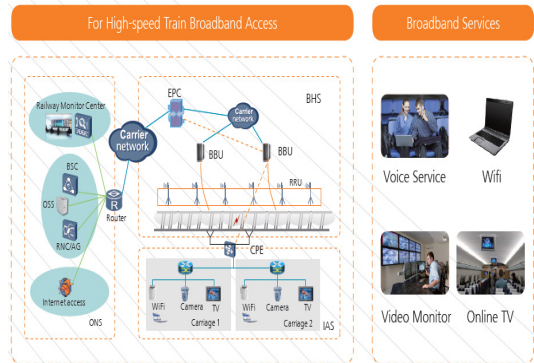


그림 4. Huawei의 HRC 솔루션 구성 개념도[5]

Fig. 4 A conceptual architecture of Huawei HRC system

그림 4에서 화웨이는 시속 430km/h 이고속도에서 다중모드 무선엑세스와 평균 산출량 등을 시험하여 주파수 대역폭 20MHz에서 최대 20Mbps를 획득했다고 홍보하고 있다. 또한 HRC 솔루션을 통해서 단일 기지국

3) Positive Train Control system: 2008년 조지 W. 부시 미국 대통령이 PTC를 골자로 하는 철도안전개선법을 승인함

4) Intelligent Transportation System: 지능형교통시스템

5) High-speed Railway Communication: 고속열차통신

으로 기존 6개의 사설 네트워크를 교체할 수 있으며, 공동 구축 또는 공유하는 기술로 위험시험훈련에 대한 절감효과가 예상된다. 열차 내에서의 자체 손실, 빈번한 핸드오버, 핸드오버시 오버래핑 지역에서 지연, 도플러 효과의 해결 또는 감소효과가 있을 것으로 기대된다. 또한, 독립 대역폭 제어와 다양한 요금부과 서비스 등 향상된 서비스 운영 및 관리 능력도 제공한다.

3.2 노키아솔루션 네트워크 사의 LTE

노키아는 LTE 기반의 백홀에 기존 통신망을 수용하고, 차상에 인터넷 서버 및 메인 랙을 설치하여, 동적 무선 분배 시스템을 통해 차량 내 Wi-Fi 사용자에게 광대역 서비스를 제공하고자 개발 중이다.

Nokia Solutions & Networks는 차세대 철도무선통신망에 대해, 향후 20년간 데이터 애플리케이션이 증가하고, 새로운 철도 운영 서비스가 나타날 것을 대비하여 고효율의 무선망을 구축할 전망이다. 또한, 공중망 기술 발전의 혜택을 받는 철도 분야에서 LTE 기술은 2020년부터 적용될 전망이다.

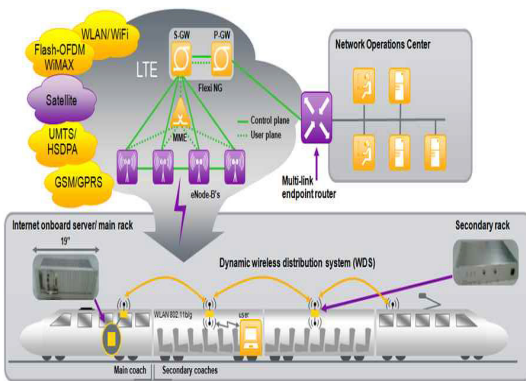


그림 4. Nokia Solutions & Networks의 LTE 기반 차세대 철도무선망 구축 개념도

Fig. 4 A conceptual architecture of LTE based next generation wireless communication networks of Nokia Solutions & Networks

3.3 알카텔-루슨트 사의 LTE

그림5에서 알카텔-루슨트는 기본 백홀이 IP/MPLS를 사용하면서 LTE를 포함한 다양한 이기종 네트워크를 수용할 수 있도록 개발하였다[4]. 대용량 멀티미

디어 서비스를 포함한 운영관리, 안전·보안 관리, 승객서비스를 제공하는 차세대 철도무선통신망 구축 비전을 제시 하고 있다[6].



그림 5. 알카텔루슨트의 차세대 철도무선통신망의 응용서비스 비전[4]

Fig. 5 Communication as backbone for converged rail operations by Alcatel Lucent

또한, 알카텔-루슨트는 차세대 철도 무선통신망 구축의 운영관리 효과에 대해, 열차 내에서 광대역 서비스, CCTV와 같은 운영관리 서비스를 제공하기 위해, 용량이 포화되어 추가적인 사업을 자체해야하는 GSM-R 기술에서 LTE 기술로 전환하여 통신환경 변화에 대응해야 한다고 말한다. 왜냐하면, 이동성과 광대역 서비스 등을 제공하기 위해 차세대 철도 무선통신망으로 LTE가 적합하다고 판단하기 때문이다.

열차 내에서 신규 광대역 서비스, CCTV와 같은 운영관리 등의 서비스를 제공하기 위해서는 기능면에서 축소 및 용량면에서 포화되고 있는 GSM-R 시장에서 LTE 시장으로 빠르게 전환하여 통신환경 변화에 대응해야 할 것으로 판단된다.

신뢰성과 유지보수 측면, 인프라 구축비용, 운용비용 및 전력사용 측면에서 알카텔-루슨트 사가 제시하는 기대효과를 표1에 정리하였다. 지연시간은 30%정도 감축, 유지보수시간은 10% man·hour 감축, 시설물 구축비용은 5% 감축, 운영관리 측면에서 5~15% 지연시간 감축, 전력사용면에서 5~7% 감축이 기대된다.

표 1. 알카텔루센트의 차세대 철도무선통신망을 운용함에 따른 운영관리 예상효과

Table 1. The expectation effects of operation and management on next generation communication networks of Alcatel Lucent

Section	Expectation Effects
Reliability	Train delay time reduction 30%, Cancel/delay time of 60 minutes or more situation reduction 20%
Maintenance	Man-Hour 10% reduction
Infrastructure Cost	5% reduction from continuance monitoring
Operation Management	Delay time reduction of 5~15%
Energy	5~7% reduction from continuance monitoring

IV. 국내 VHF, TRS 무선통신 운용 현황

국내 일반철도에서 운영 중인 VHF(Very High Frequency)는 열차 운행시 관제실 또는 기지국과 차량 이동국의 열차 승무원간 또는 휴대 이동국 상호간 통화를 가능하게 하는 설비로서 중앙에서 전체 통신망을 제어 관리하는 개념 없이 Point-to-Point 방식의 통신방식을 사용하고 있으며, 국내에서는 153MHz 대역을 사용하고 있다[1][10][11].

채널별로 1채널은 전구간에서 관제를 제외한 모든 무선국 상호간 통화를 위한 일반통화에 할당되었고, 2채널은 비상상황을 대비한 비상통화, 3채널은 각 지역 본부 관내에서 관제와 열차무선통신을 위한 관제통화, 4채널은 3채널과 동일한 역할을 수행하나 광역철도 관내의 통화 가능지역 및 기타 지역에서 사용하기 위한 것이다[1][11].

한편, 고속철도는 개방형 TRS(Trunked Radio System) 방식으로 일원화된 자가 통신망 열차무선설비를 구축하였고, TRS 주파수 850MHz 대역은 자가 통신용 주파수로 사용하며, 송신(상향링크) 851MHz, 수신(하향링크) 806~811MHz, 송·수신 주파수간 보호구간 간격은 45MHz폭이다. 국내 철도에서 운용하는 주파수 운용 현황은 아래 [표2]에 보였다[1][10].

표 2. 국내 철도주파수 운용현황

Table 2. Operation conditions of domestic railway frequencies

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

국내 열차무선 운용설비 현황을 표3에 보였다. VHF는 기지국 약 1,300개소, 차량용 이동국 약 1,400국, 휴대용 단말기 약 13,500기를 운용하고 있고, 테트라와 아스트로 등 TRS는 기지국 121개소, 차량용 이동국 약 600기, 휴대단말기 약 900기를 운용하고 있다 [10]. TRS 주파수는 2018년까지 미래창조부의 방침에 따라 회수 예정으로, 신규허가가 불가하며, 기존 설비에 대해서만 연장이 가능한 것으로 알려져있다.

표 3. 국내 열차무선설비 운용현황[10]

Table 3. Operation condition of domestic train wireless facilities

Facilities	Location	# of VHF Facilities	# of TRS Facilities
Base Station	sub. T	1,294	121
	Train Station controller	642	16
	driver	17	
	electricity	29	21
	rolling stock	16	
	repeater(tunnel)	29	
		561	84
Mobile Terminal (on board)	sub. T	1,384	605
	KTX	150	560
	diesel locomotive	298	4
	diesel car	74	
	electric car	542	
	electric locomotive	199	
	crane	14	1
	motor car	90	33
Handy Terminal (conductor, repairman etc.)	inspection car	2	
	automobile	15	7
	sub. T	13,550	922
	transportation	5,694	471
	civil facilities	3,020	105
	rolling stocks	1,124	72
G. Total	electric	2,110	209
	etc	1,602	65
G. Total		16,228	1,648

V. 국내 고속철도용 LTE 시험계획

한국철도공사는 철도공단 및 전자통신연구원, 케이티 등과 일반·고속철도용 LTE의 성능검증을 위해 호남고속선에 시험선을 구축하여 시험중이다[1][2]. 시험선은 익산~정읍구간 34.3km이며, 터널의 시험을 위해 노령터널(길이 4.3km)을 포함하였다.

이 구간에서 KTX에 승차하여 무선통화 품질을 위해 전계강도 측정, 기지국 통달거리측정, 호접속 성공률, 핸드오버, 기존통신망과 연동[8] 등 23개 항목에 대해 우선적으로 시험하고 있다. 그림6은 호남선에 구축한 LTE설비에 대한 개념도이다.

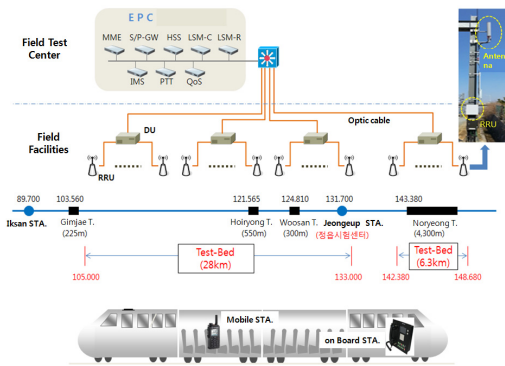


그림 6 일반·고속철도용 LTE 시험망 구축개념도

Fig. 6 A concept diagram of LTE-R testbed between Iksan~Jungjeup in Honam high speed railway

V. 결 론

본 논문에서 철도무선통신기술에 대해 국외 기술현황을 검토하였고, 국내 철도에 구축·운용되는 무선통신망 구축 현황과 LTE를 철도에 적용하여 LTE-R이 되도록 개발하기 위해 국가연구개발의 일환으로 현장에 구축한 통신망의 개략을 소개하였다.

아직은 연구과제의 초기이므로 구체적인 시험데이터를 제시하기는 시기상조이나, 향후 현장시험이 마무리 되면, LTE-R 시험망의 특징과 300km/h 속도에서 변화하는 지형적 전파특성, 700MHz 대역에서 RRU에 의한

진과 통달거리[11], 핸드오버 시간, 터널에서의 멀티패스페이딩, 커버리지 이중화 방안, 수신신호세기 등을 측정하여 성능을 검증할 예정이다. 또한 성능검증 지표로 한국정보통신기술협회(TTA) 표준, LTE기반 철도통신시스템 요구사항과 기술요구사항 및 LTE기반 철도통신 구조표준을 참고할 예정이며, 이 자료로 부족시 유럽의 ETSI 기술사양 13.300과 ECC 기술문서를 참고할 예정이다[7][9].

감사의 글

본 연구는 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받은 철도기술연구사업 (15RTRP-B089552-02)의 일환으로 수행하였음.

References

- [1] B. Kim, J. Choi, Y. Shin, and J. Park, "Technical Requirements for Wireless Comm. Exclusive Use of HSR," *Korean Society for Railway Conf. Yeosu, S. Korea*, Nov. 2015, pp.271-275.
- [2] B. Kim, J. Choi, C. Cho, and J. Park, "Comm. Based Train Control Sys. Based on Integration Wireless Networks for Railways," *Korean Institute of Communication & Sciences, Conf. Jeju, S. Korea*, Jun. 2014.
- [3] TTA Standard, "TTAK.KO-06.0407, LTE based Railway Comm System Requirements," *Telecommunication Technology Association, S. Korea*, Dec. 2015.
- [4] Alain Bertout, "Next Generation of Railways & Metros Wireless Comm. System", *Institution of Railway Signal Engineers Aspect*, Sept. 2012
- [5] Huawei Tech. Co. Ltd., "Huawei Future-Oriented LTE for Rail Solution," *International. Trade Fair for Transport Tech. Innотrans, Berlin*, Sept. 2012.
- [6] ETSI Technical Specification 13.300, "LTE: Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA) & E-UTRA Network(E-UTRAN); Overall Description," Jan. 2016.
- [7] Electronic Comm. Committee(ECC) *European Conf. of Postal and Telecom. Admin.(CEPT) Technical Report 162*, "Practical Mechanism to Improve

- the Compatibility," May, 2011, pp.7-10.
- [8] W. Cho, "Integration Scheme of Wireless Comm. in Railway Wireless Network," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10. no. 6, 2015, pp. 659~664.
- [9] B. Kim, "The analysis of the relationship btw. the throughput & the wireless ch. conditions of a LTE mobile comm. sys.," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10. no. 2, 2016, pp.219~226.
- [10] *Technical Report*, "Electrical Technical Infrastructure(2016)", *KORAIL Electrical Tech. Division*, no. 23, Jan. 2016, pp.185-191.
- [11] S. Kim, "Limit Analysis of the Distance btw. DU and RU in 4G FDD Mobile Comm. Sys.," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7. no. 1, 2012, pp.135~139.

저자 소개

김범곤(Bum-Gon Kim)



1997. 2월 서울시립대학교 전자공학과 졸업(공학사)

2005. 2월 및 2010. 8월 서울시립대학교 대학원 전자전기컴퓨터공학부 졸업(공학석사 및 공학박사)

1999. 3월 ~2003. 1월 (주)한국SHARP 개발부(주임)
2010. 8월 ~현재 한국철도공사 연구원 차장, 국가 R&D 철도전용 무선통신시스템(LTE-R) 기술개발 연구책임자

※ 관심분야 : 고속철도 무선통신(LTE-R), 철도분야 사물인터넷, ICT 융합기술

