

도시철도와 일반·고속철도의 운영방식에 관한 비교 분석

최종길* · 윤학선**

A Comparative Analysis on the Operating System of Urban Railway & Conventional · High speed Railway

Jong-Gil Choi* · Hak-Sun Yun**

요 약

일반적으로 도시철도는 단거리를 짧은 운전시격으로 운행하는 특징을 가진 도시내 교통수단으로 요즘의 도시 철도는 운영자의 요구에 따라 기관사가 없는 무인운전을 채택하는 추세이다. 이에 비해 일반·고속철도는 장거리 운행을 위하여 고속으로 운행하는 철도를 말한다. 일반·고속철도에는 도시철도와는 다르게 화물열차의 운행이라는 특수한 운행조건이 존재하며, 운영방식이 매우 다른 특성을 보이고 있다. 본 논문에서는 도시철도와 일반·고속철도의 운영방식을 비교하고 무선기반 열차제어시스템을 일반·고속철도에 적용하기 위한 조건을 제시하였다.

ABSTRACT

Generally, Urban railway have special characteristics with short distance journey and minimum headway intercity transportation. These days, urban railway operators choose the driverless operation system without driver. On the contrary, Conventional & high speed railway utilize for long distance and high speed running. Because of special conditions of freight railway operation compared with urban railway, operation of conventional & high speed railway is showed very different characteristics. In this paper, We compares different operation scheme of urban railway and conventional & high speed railway and then present condition for train control system based on radio.

키워드

Urban Railway, Conventional & High Speed Railway, Signaling, Train Control System
도시 철도, 일반 철도, 고속 철도, 철도 신호, 열차제어 시스템

1. 서 론

10.10월 국토교통부에서는 ‘열차 신호시스템 표준화 방안’을 수립하여 전 세계에서 개발 및 상용화를 추진하고 있는 무선통신을 이용한 열차제어 기술을 확보하고자 한국형 무선통신기반 열차제어시스템의 단계별 개발 계획을 수립하였다.

우선 도시철도를 위하여 자동열차운전(ATO) 및 무

인운전 기능이 있는 CBTC방식의 열차제어시스템을 도시철도용 표준 기술로 채택하고 150km/h급 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가' 과제를 10.12월부터 시작하였다.

2단계로 일반철도, 화물열차 등 다양한 열차 운행 환경에 적합하고 400km/h급 고속철도에도 적용할 수 있고 UIC(국제철도연맹) 표준방식과 호환되는 열차제어시스템을 일반·고속철도용 표준기술로 '14.12월부터

* 교신저자 (corresponding author) : 한국철도시설공단 기술본부 전철전력처(cjg3429@kr.or.kr)

** 한국철도시설공단 KR연구원 기술연구처(kamayun@kr.or.kr)

접수일자 : 2015. 06. 04

심사(수정)일자 : 2015. 08. 13

게재확정일자 : 2015. 08. 23

터 국가R&D과제를 추진하고 있다[1].

일반·고속철도용 KRTCS는 '17.12월 개발을 목표로 한국철도시설공단이 주관연구기관으로 과제를 추진 중에 있다.

본 논문에서는 도시철도와 일반·고속철도의 운영방식에 대한 차이점에 대하여 분석하고 이러한 운영방식에 적합한 열차제어시스템의 적용 방향에 대하여 제시하였다. 도시철도는 그 운영특성에 따라 무인자동운전이 가능하도록 하고, 일반·고속철도는 UIC(국제철도연맹) 표준인 ETCS와 상호 운영성을 가지는 한국형 무선기반 열차제어시스템을 국산화 방향을 제안하였다.

II. 도시철도와 일반·고속철도의 특징 분석

2.1 도시철도의 특징

도시철도는 단일 도시교통권역에서 단거리 노선을 저속 (150km/h이하)으로 지하철, 경전철, 모노레일 등 동일한 편성의 열차가 운행되며, 근래에는 운영비 절감, 자동화 수준, IT기술 등의 발전으로 기관사 없이 무인 운전까지 가능하도록 운행되는 추세로 파리 지하철, 상해 지하철, 싱가포르, 홍콩 등 해외는 물론 대한민국의 신분당선, 의정부 경전철, 용인경전철 등 도시철도, 경전철 도입이 확대되는 추세이다.

표 1. 도시철도의 일반적 특징
Table 1. Characteristics of Urban Railway

items	explanation
suitable line	<ul style="list-style-type: none"> · single type train · Short headway(under90sec) · closed(single) line · short distance between Station to Station
Commercial line	<ul style="list-style-type: none"> · Shin bun dang line, paris line 14 etc.
characteristics	<ul style="list-style-type: none"> · maximum speed 150km/h · driverless operation · high cost construction

열차가 역과 역 사이를 이동하는 거리가 1~2km로 짧고, 이동 시간도 수분 이내로 짧다. 또한 열차 운전 시격(열차가 출발하고 다음 열차가 도착할 때 까지의

시간)이 60~90초로 짧은 것이 특징이다. 이에 따라 기존 철도에서 널리 사용되고 있는 열차 위치 검지 기술인 궤도회로장치를 사용하지 않는 대신에 무선을 이용하여 열차 위치 검지, 열차 제어 및 무인으로 열차를 운행이 가능한 열차제어시스템이 적용된다. 도시철도는 짧은 노선 연장, 낮은 열차 운행 속도, 고장, 장애 및 사고에 대한 신속한 대응이 가능하고, 기관사가 없는 무인 열차 운행이 가능하기 위하여, 승강장 안전설비, 차내 및 선로변 영상감시장치, 관제실의 원격감시 및 제어 기술 등 다양한 안전설비가 도입되어 건설비가 비싸지게 된다.

2.2 일반·고속철도의 특징

일반·고속철도는 광역교통권역(보통 장거리 지역 간 또는 국가간)의 장거리 노선을 고속(200km/h이상)으로 운행하는 일반, 고속열차 및 화물열차 등 여러 종류의 열차가 운행되는 노선을 말하는 것으로 유럽의 국가간 철도, 미국 LA~캘리포니아 고속철도, 오만 철도, 중국 상하이~베이징간 고속철도 등과 함께 대한민국의 경부선, 호남선, 전라선 등의 주요 간선 철도들로 복합적인 열차 운행 특성상 기관사의 책임하에 운전하며, 역과 역 사이가 매우 길고, 역 규모가 대형이고, 운행거리가 매우 긴 특징을 가지고 있다.

표 2. 일반·고속철도의 일반적 특징
Table 2. Characteristics of Conventional & High Speed Railway

items	explanation
suitable line	<ul style="list-style-type: none"> · multi type train · long headway(over120sec) · open(several) line · long distance between Station to Station
Commercial line	<ul style="list-style-type: none"> · Gyung bu line, Ho nam high speed line etc.
characteristics	<ul style="list-style-type: none"> · maximum speed 300km/h · driver operation · low cost construction

일반·고속철도는 열차가 운행하는 역과 역 사이가 수십~수백km로 매우 길며, 이동 시간도 수십 분에서 몇 시간으로 길며, 또한 열차 운전시격도 일반적으로

2분이상으로 긴 특징이 있다. 또한 무궁화, 새마을, 화물열차, 전동차, KTX 등 속도와 운행 환경(가속, 제동 등)이 다른 여러 종류의 열차가 동일한 노선을 운행하고, 시시각각으로 열차 운행 패턴(열차 지연에 따른 도착선, 출발선의 변경, 저속열차를 고속열차가 추월하여 앞서 가는 경우 등)의 실시간 변화에 따른 즉각적인 대응이 필요하고, 특히, 300km/h 고속열차는 물론, 일반, 화물열차도 전 세계적으로 무인운전을 채택한 나라가 없으며, 무선의 장애, 고장이나 사고에 대한 신속한 대응이 어려워, 열차 제어 등 핵심 기술은 무선을 이용하지만 열차 위치 감지를 위하여 기존의 검증된 기술인 궤도회로장치를 최후의 안전보호장치로 사용한 것이 도시철도용과 다르다.

일반·고속철도는 도시철도에서의 열차 분리(운행중인 열차의 객차, 화차 등이 떨어지는 것)와 열차 결합(기관차, 객차, 화차를 역 또는 기지 등에서 분리 또는 결합하는 것)에 대한 검증된 기술이 아직까지 없으며, 전원 공급 두절, 비 무선통신 열차의 안전 대책이 없는 점, 무선이 일정 시간(5초)이상 두절된 경우의 보완 대책, 해킹 등 고의적인 테러에 대한 대책 등 도시철도와는 다르게 고속 대량 수송하는 열차 승객의 안전을 확보할 수 있는 기술이 개발되기 전까지는 무선만을 이용하여 열차를 제어하고 위치를 감지하는 방식을 일반, 고속철도에 적용하기 어려운 점이 있으며, 고속으로 이동하는 열차를 제어하는 기술이 중요하다. 이런 점들 때문에 외국의 경우에도 도시철도용과 일반 및 고속철도용을 구분하여 사용하고 있다.

2.3 일반·고속철도용 LTE-R 망의 차이점

열차제어시스템의 전송매체로 이용되는 무선통신시스템인 LTE-R은 도시철도의 100km/h 정도의 속도와 달리 최고속도(350km/h)에서 일반·고속철도 운영 환경에 맞는 성능검증과 기준에 운영 중인 VHF방식, TRS방식 무선국과의 연동 기술 개발, 재난안전통신망의 연계 등이 핵심적인 차이점이 된다[3-8].

- 최고 350km/h에서 음성, 데이터, 열차제어, 영상 전송 성능검증
- 주파수 대역, LTE 표준 변경에 따른 기지국 장치 및 단말기 제작
- 공공재난망과의 연계 및 혼·간섭을 고려한 설계

2.4 열차제어를 위한 DU와 RU간 한계허용거리

LTE-R 서비스의 동작 주파수를 2 GHz 로 가정하면, 그 파장 $\lambda = 0.15 \text{ m}$ 이므로, 0.03λ 는 0.0045 m 에 해당한다. 이 거리를 120 km/h (= 33.3 m/s) 속도로 이동한다면 걸리는 시간은 $0.0045 \text{ m} / 33.3 \text{ m/s} = 0.14 \text{ ms}$ 이다. 이 시간동안 무선 데이터는 단말과 DU 사이를 왕복해야 한다. 즉, 단말기부터 DU의 모뎀사이를 T_r 시간 이내에 왕복해야 한다. 이러한 왕복시간 조건을 수식으로 표현하면 다음과 같다.[2]

$$2 \times D_{DU} + D_{RU} + \frac{L_{DU-RU}}{2 \times 10^5} + \frac{R}{3 \times 10^5} < T_r \quad (1)$$

DU와 RU간 최대허용거리인 L_{DU-RU} 이므로 수식(1)을 L_{DU-RU} 위주로 수식을 변형하면 수식(2)와 같이 된다.

$$L_{DU-RU} < \left(\frac{T_r}{2} - D_{DU} - D_{RU} - \frac{R}{3 \times 10^5} \right) \times 2 \times 10^5 \quad (2)$$

표 3. 철도전용 무선통신망(LTE-R) 비교
Table 3. Comparison of Long Term Evolution-Railway

items	Urban LTE-R	High speed LTE-R
Technical standard	<ul style="list-style-type: none"> • terminal moving speed : 160km/h • LTE standard : Rel.8 • Band width : 5MHz 	<ul style="list-style-type: none"> • terminal moving speed : 350km/h • LTE standard : Rel.11 • Frequency bandwidth : 10 MHz
QoS	• NONE	• interference avoid
LTE modem	• Non standard	• PS-LTE standard
Frequency band	<ul style="list-style-type: none"> • UL777MHz ~ 787MHz • DL 746MHz ~ 756MHz 	<ul style="list-style-type: none"> • UL 718MHz ~ 728MHz • DL 773MHz ~ 783MHz
Other system interlocking	• NONE	• VHF, TRS, PS-LTE interlocking

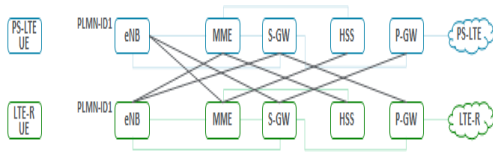


그림 1. PS-LTE와 LTE-R RAN 셰어링
Fig. 1 Public Safety-LTE & LTE-Railway RAN Sharing

III. 일반·고속철도 무선기반 열차제어시스템 적용을 위한 조건

3.1 철도전용 무선통신망(LTE-R) 조기 구축

전국 철도망에 무선통신기반 열차제어시스템을 적용하기 위해서는 기반 인프라인 무선통신망(LTE-R)이 먼저 구축되어야 한다. 개량 및 신설 노선부터 단계적으로 무선통신망이 확대되므로 열차제어시스템도 이런 계획과 맞물려 추진되어야 할 사항이다. 아울러, 전국 철도 노선에 무선통신망 도입할 경우 철도이용 승객의 서비스 요구사항 반영, 철도운영자의 효율적인 유지보수 지원, 고장, 장애, 사고, 테러 등 철도안전에 미치는 영향을 종합적으로 고려해서 추진해야 한다.

3.2 일반·고속철도 운영환경 및 기술방식 고려

일반(화물)·고속철도는 복합 차종(전동차, ITX청춘, ITX새마을, 무궁화 등 일반여객열차, 화물열차(디젤, 전기), KTX고속열차 등이 복합적으로 운행)의 수송 규모가 대규모(20,000명 이상/시간, 방향)로, 비교적 긴 열차 운행 간격, 수백km의 광역도시교통권역의 이동(지역간, 국가간), 최대속도 300km/h의 고속으로 역간 거리도 수십km를 운행하며, 기관사 운전으로 운행하는 기술적 특징을 가지는 철도이다.

표 4. 호 설정 시간
Table 4. Call set-up time requirements

Call type	set-up time
Railway emergency calls	<2s
Group calls between drivers	<5s
All operational mobile-to-fixed calls	<5s
All operational fixed-to-mobile calls	<7s
All operational mobile-to-mobile	<10s
All low priority calls	<10s

3.3 신설 및 개량 시 기존 설비와의 안전하고 경제적인 상호 운영 기술 확보 필요

국내 일반, 화물, 광역철도 노선 1,200km 이상이 ATP(ETCS level 1호환) 시스템으로 이미 구축되어 있으며, (ATP 도입 노선 : 경부선, 호남선, 전라선, 경춘선, 중앙선 등) 또한, 건설 및 설계중인 일반(화물) 철도 노선도 ATP로 반영되어 있고, KTX, 화물, 여객 열차 등 630량 이상 기관차를 ATP를 탑재하여 개조를 완료하였고(기관차 1기당 약 4억원, 총 약 2,500억 소요), 국토교통부의 간선철도 고속화(230km/h)에 계획에 부합하고 제한된 선로의 이용율의 향상을 실현하고 노선간 직결, 연계 운행 확대를 위하여 LTE-R 무선을 이용한 ETCS level 2 기술을 적용한 한국형 무선통신기반 열차제어시스템의 조기 국산화가 필요하다.

3.4 궤도회로를 안 쓰는 무선에 의한 열차 위치 검지와 무인자동운전 기술은 세계적으로 일반·고속철도에서 안전성 검증되지 않음

도시철도차량은 열차의 편성량(1개 열차당 연결하는 차량의 수)의 4량, 6량, 8량, 10량 등 변화 없이 일률적이고 각 차량간 기계적, 전기적으로 연결되어 열차 분리에 대한 안전 대책을 고려할 필요가 없으나, 화물열차, 여객열차(고속철도 제외)는 기관차와 객차간에 전기적으로 연결되어 있지 않아 열차 분리(정상적인 화물 객차 분리, 객차 분리 사고 등)에 대하여 취약하고 유지보수차량 등 무선통신장치가 없는 차량의 열차 검지를 위한 궤도회로장치를 대체할 만한 기술 개발과 안전 대책 등이 확보되어 있지 않아 전 세계적으로 실용화 사례가 없고, 무선망이 끊어졌거나, 고장으로 장시간 무선망이 회복이 안 될 경우 열차 안전을 확보하고, 전시 등 국가 비상 사태 발생시에도 군수물자 등 열차 운행이 가능하도록 궤도회로장치를 적용할 필요성이 있고, 이미 국내에 도입되어 운영 중인 국산화된 UIC표준방식인 ATP(ETCS 레벨 1)을 업그레이드한 국제적으로 통용되는 기술인 무선을 기반으로 한 ETCS 레벨2 방식 기술이 필요하다.

3.5 열차 분리, 결합 등에 대한 안전 확보 필요

CBTC방식은 화차, 객차 등의 열차에 대한 분리, 결합에 대한 검지 및 제어기술이 적용되지 않아 비정

상적인 열차의 분리나 정상적인 열차 결합 등에 대하여 무선으로 안전 확보를 검지하고 열차를 자동으로 연결하고 분리하는 기술이 필요하다. 현재 검증된 기술이 없고 외국의 경우도 아직 기초적인 연구를 진행하는 단계이다. 이에 따라 기관차와 객차, 객차간 무선 송수신 기술 등에 대한 연구가 필요하고, 특히, 고장에 의한 분리와 정상적인 분리를 구분하는 Fail-safe한 검증 기술이 먼저 확보하여야 한다. 한국형 무선기반 열차제어시스템은 열차 분리, 결합 등에 대한 안전 확보를 이미 다수의 국내 업체가 국산화하여 모든 노선에 널리 쓰이고 있는 궤도회로장치를 이용하여 가능하다.

3.6 비-장착(무선) 열차의 운행 확보

객차, 화차, 모터카(작업차) 등 무선제어장치 비장착 열차에 대한 위치검지를 위한 무선 제어 장치 개발이 필요하다. 또한, 객차, 화차 등은 자체 전원이 없어 전원장치도 개발 필요함이다. 객차, 화차, 작업차 등은 편성이 일정하지 않아 차량 단독으로 있을 경우와 편성으로 결합 시 구분하는 기술도 추가로 필요하다.

3.7 건널목경보장치 제어를 위한 대체 기술 필요

전국 철도 노선에 약 976개의 2중 이상 건널목(경보기 설치)이 존재하고 있다. 현재는 궤도회로장치를 이용하여 건널목을 제어하는 기술이 적용 중에 있으며, 궤도회로가 없는 무선방식을 적용하기 위해서는 무선으로 건널목에 진입하는 열차를 알려주는 기술의 개발이 필요하다.

3.8 국제 표준과 호환되는 기술의 확보

유라시아 철도, TKR, TCR, TMR, TSR 등 향후 국제 정세의 변화에 따른 중국, 러시아 등 주변국의 열차제어시스템과 연계하기 위하여 국제적으로 호환될 수 있는 무선기반 열차제어시스템 기술이 확보가 필요하다.

남북철도 개량, 유라시아 철도 등 ETCS 이외의 현실적인 대안을 찾기 어려운 실정이며, 일본이 유럽에 진출하기 위하여 이탈리아 안살도 STS를 인수하여 유럽진출 기반 마련 등 활동을 넓히고 있는 현실을 고려하고, 유럽, 아시아, 아메리카, 아프리카, 오세아니아 등 전 세계 35개국 이상에 채택한 ETCS 기술을 보

유하지 못하는 한국철도의 미래가 어두워 질 수 있고 철도연장 4,000km 나라는 독자적인 기술만으론 생존 불가능할 것으로 철도의 변방에서 고립된 갈라파고스가 될 것이다.

일반·고속철도용 한국형 무선통신기반 열차제어시스템(ETCS 표준 호환)로 세계와 경쟁하여야 하며, UIC내 LTE-R와 함께 신호분야도 표준화 연구에도 반드시 참여하여 글로벌 한국철도신호의 기술을 업그레이드해야 한다.

3.9 복합열차를 위한 자동열차운전(ATO) 기술

여객(통근열차, ITX청춘, ITX새마을), 화물열차, KTX, KTX-산천 등 열차 종류마다 모두 정차 위치가 다르고, 열차 편성량, 제동 성능, 가·감속 능력 등 또한 다르고 해당 열차의 운행 노선이 항상 일정하지 않아 모든 열차가 운행하는 노선의 자동열차 운전(ATO) 프로파일을 탑재해야 하는 불합리성이 있고 통과, 정차, 대피 등의 일반, 화물, 고속열차 운영 환경에 맞는 자동열차운전(ATO)제어 기술에 대한 연구 개발이 반드시 필요하다.

3.10 열차대피, 추월, 도착선·출발선 변경 등 유동적인 운영 환경에 적합한 기술 필요

일반고속철도는 도시철도와 달리 매우 복잡한 운행 패턴을 가지고 열차운행 다이아도 매우 복잡한 특성이 있고, 열차가 항상 정해진 노선만 가는 것이 아니므로 소프트웨어 맵 구현이 매우 복잡해진다.

대피, 추월, 도착선, 출발선 변경이 실시간으로 이루어짐으로 실제로 전 세계적으로 일반고속철도에서 무인운전을 실현한 사례가 없다. 이러한 기술을 구현하는 것은 매우 어려운 상황으로 외국의 경우도 상용화는 이루어지지 않고 주변 기술에 대한 개발과 시험이 진행되고 있다.

IV. 결 론

여객(통근열차, ITX청춘, ITX새마을), 화물열차, KTX, KTX-산천 등 다양한 열차가 복잡하게 운행되는 일반·고속철도는 도시철도와는 다른 운영환경과 기술방식이 필요하다.

첨단화, 자동화, 무인화 되는 철도운영환경과 점점 더 높아지는 열차운행속도, 짧은 열차 배차간격, 다양한 철도서비스를 제공하기 위하여 무선기반을 이용한 열차제어시스템의 도입은 필수적인 철도의 요구사항이 되고 있다. 이러한 필수사항에도 불구하고 열차의 고장, 장애, 사고를 방지하는 열차제어시스템의 사명과 역할은 변하지 않고 갈수록 그 역할이 확대되고 그 중요성도 커지고 있다.

본 논문에서는 도시철도와 대비하여 일반·고속철도의 운영방식과 기술적 특성을 비교 분석하여 일반·고속철도의 운영여건에 최적화할 수 있는 세계 최초로 개발하고 있는 철도전용 무선통신망(LTE-R)을 이용한 일반·고속철도에 적합한 열차제어기술에 대하여 제안하였다.

UIC(국제철도연맹) 표준인 ETCS기술을 기반으로 하여 국산화되는 일반·고속철도용 한국형 무선기반 열차제어시스템(KRTCS)으로 국내 철도시장의 보호와 해외 수출이라는 원대한 비전이 이루어지기를 기대하며, 국산화되는 한국형 열차제어시스템의 조기 상용화되기를 바란다.

References

[1] H. Yun and K. Lee, "Development of the Train Control System Data Transmission Technology Using a Wireless Mesh," *Int. Conf. on ICT Convergence 2011*, Sept. 2011, Seoul, Korea.

[2] S. Kim, "Limit Analysis of the Distance between DU and RU in 4G FDD Mobile Communication Systems," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no 3, 2013, pp, 471-476.

[3] ANSI/IEEE Std 802.11, "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications," Dresden, Germany, May 1999, pp.337-342.

[4] C. Lo and M. Lin, "QoS Provisioning in Hand off Algorithms for Wireless LAN," *IEEE Trans on Communication*, vol. 4, no 2, Feb. 1998, pp.9-16.

[5] C. Lee, "Train Location and Control using Spread Spectrum Radio Communications," *United States Patent*, , no. 5420883, May 30, 1995, pp.1-2.

[6] H. Yun and K. Lee, "A Study on the

Development of Train Control System Data Transmission Technology Using a Wireless Mesh," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no 1, 2011, pp. 149-156.

[7] D. Yang, C. Li, and K. Lee, "A Study on Hybrid Track Circuit Tag Recognition Enhancement," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 4, 2014, pp.537-542.

[8] H. Jong, Y. Ko, K. Lee, and C.L Li, "Study on Precise Positioning using Hybrid Track Circuit system in Metro," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no 3, 2013, pp.471-476.

저자 소개

최종길(Gil-jong Choi)



1999년 서울과학기술대학교 전기공학과 졸업(공학사)
2004년 연세대학교 공학대학원 전기공학과 졸업(공학석사)

2013년 ~ 우송대학교 일반대학원 철도시스템학과 5학기(공학박사 과정)

2014년 ~ 한국철도시설공단 전철처장

※ 관심분야 : 전기철도 시스템, 철도 운영

윤학선(Hak-Sun Yun)



1995년 서울과학기술대학교 전기공과 졸업(공학사)
2000년 광운대학교 대학원 제어계측공학과 졸업(공학석사)

2012년 광운대학교 대학원 제어계측공학과 졸업(공학박사)

2015년 ~현재 한국철도시설공단 일반신호부장

2014년 ~현재 일반고속철도 무선제어연구단장

※ 관심분야 : 무선기반 열차제어시스템, 철도신호