

철도 무선통신시스템 연동 기술 개발

조웅* · 조한벽**

Development of Interoperability Technology in Railway Wireless Communication Systems

Woong Cho* · Han-Byeog Cho**

요 약

현재 우리나라의 철도 무선통신시스템은 각 지역에 따라 서로 다른 통신방식을 사용하고 있다. 철도 무선통신시스템에서 데이터의 전송률을 높이고 고신뢰성을 확보하기 위해 LTE-R방식의 도입이 연구되고 있다. 본 논문에서는 LTE-R방식을 포함한 다양한 철도통신 방식을 연동하는 기술 개발에 대해 소개한다. 먼저 다양한 철도통신 방식을 연동하는 두 가지방식의 개념 및 표준에 대해 소개한다. 또한 연동방안에 대한 실제 실험결과에 대해서도 일부 소개한다. 본 논문에서 소개하는 연동 기술을 철도 무선통신망에 적용함으로써 끊김 없고 안정적인 철도 무선통신환경이 제공될 것으로 예상된다.

ABSTRACT

Currently, railway wireless communication systems adopt several communication schemes depending on the specific region. To increase data rate and achieve high fidelity in railway wireless communication systems, LTE-R scheme has been developed. In this paper, We introduce interoperability technology which converges several railway communication systems including LTE-R. First, we consider two interoperability methods and their standardization. Some empirical test results of interoperability technology are also introduced. It is expected to provide seamless and stable railway communication environments by applying interoperability technologies to railway wireless communication systems.

키워드

Interoperability, Railway Wireless Communication, LTE-R, Standardization
연동, 철도 무선 통신, LTE-R, 표준화

1. 서 론

현재 우리나라의 철도 무선통신시스템은 지역에 따라 서로 다른 세가지 통신방식 VHF, TRS-ASTRO (TRS-A), 및 TRS-TETRA (TRS-T)방식이 혼용되어 사용되고 있다. 최근에는 다양한 정보전송과 신뢰

성 있는 데이터의 전송을 위해 LTE-R방식이 철도 무선통신에 적용하는 연구 및 실험이 진행되고 있다 [1-7]. 또한 국내에서는 LTE방식을 이용하는 철도 무선통신시스템에 관련된 표준화도 함께 진행되고 있는데, LTE 방식을 기반으로 한 철도 통신시스템의 요구사항과 구조 표준이 최근에 제정되었다[8-9].

* 중원대학교 (wcho@jwu.ac.kr)

** 교신저자 : 한국전자통신연구원

• 접수일 : 2017. 06. 30

• 수정완료일 : 2017. 07. 13

• 게재확정일 : 2017. 08. 01

• Received : Jun 30, 2017, Revised : July 13, 2017, Accepted : Aug 01, 2017

• Corresponding Author : Han-Byeog Cho

Electronics and Telecommunications Research Institute,

Email : hbcho@etri.re.kr

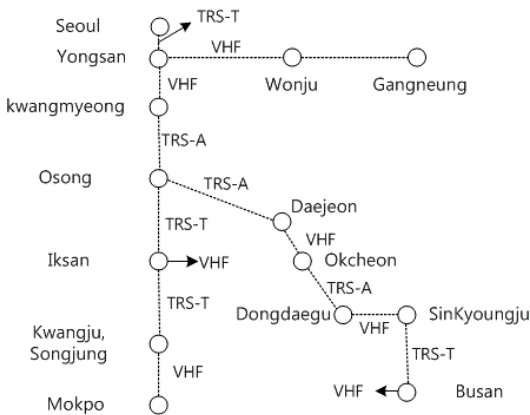


그림 1. 지역에 다른 철도 무선통신방식
 Fig. 1 Railway wireless communication scheme depending on the region

다양한 통신방식이 존재하는 고속 철도환경에서는 통화단절과 같은 문제가 발생할 수 있는데, 신뢰성 있고 끊임 없는 통신환경의 제공을 위해서는 서로 다른 통신간의 상호연동이 필요하다. 이를 위해 철도 무선통신시스템을 연동하기 위한 방안이 연구 되었다 [10-11]. 본 논문에서는 현재 국내에서 진행되고 있는 철도 무선통신시스템의 연동방안의 개념에 대해 간략히 소개하고 현재 진행 중인 망 연동 관련 표준화 현황에 대해 소개한다. 또한, 실제시스템에 적용한 연동방안의 실험결과에 대해서도 일부 소개한다.

II. 국내 철도 무선통신시스템 현황

그림 1은 철도 구간 및 지역에 따른 철도 무선통신시스템 방식을 나타낸다. 그림에서처럼 구간 및 지역에 따라 세 가지의 통신방식이 사용되고 있음을 알 수 있다. 경부선 구간을 살펴보면 용산에서 광명까지는 VHF방식이 사용되고 있으며, 광명에서 대전 구간에는 TRS-A방식, 대전에서 옥천구간은 VHF, 옥천에서 동대구 구간은 TRS-A, 동대구에서 신경주 구간은 VHF, 신경주에서 부산 구간은 TRS-T 그리고 부산 지역에서는 VHF방식이 사용되고 있다. 호남선에도 구간에 따라 서로 다른 통신방식이 사용됨을 알 수 있다. 원주와 강릉 구간에서는 LTE-R을 이용한 통신 실험이 진행되고 있다. LTE-R방식이 철도 무선통신

적용구간이 확산되게 되면 철도에서는 서로 다른 네 가지의 통신방식이 사용된다. 이러한 다양한 통신방식이 존재할 때 신뢰성 있는 통신 및 원활한 통신환경 제공을 위해서 망 연동이 필요하다.

III. 망 연동방안 및 표준개발 현황

철도 무선통신시스템의 연동 방안 두 가지 경우로 나누어서 표준이 진행되고 있다. 첫 번째는 망 중심의 연동방안이며 두 번째는 승무원통신 게이트웨이 중심의 연동방안 이다.

3.1 망 중심 연동 방안

망 중심연동 방안은 연동 장치를 이용하여 새로이 도입되는 LTE-R방식과 기존 통신방식을 연동하는 방식이다. 그림 2에 망 중심의 연동장치 개념도를 나타내었다. 상호연동장치를 이용하여 LTE-R 방식과 기존의 통신방식인 VHF, TRS-ASTRO, 및 TRS-TETRA방식과 통신이 가능하도록 한다. 이 방식은 새로운 단말기가 아닌 기존의 단말기를 이용하고 상호연동장치를 이용하여 통신이 가능하다. LTE-R망과 VHF통화권 까지는 IP망으로 연결되며

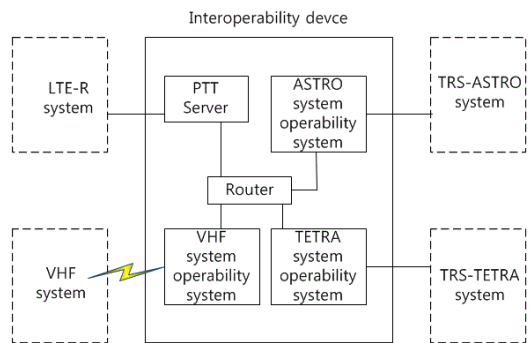


그림 2. 망 중심 연동방안 구조도
 Fig. 2 Block diagram of network oriented interoperability scheme

VHF통화권 내에서는 무선연동 되어 VHF망에 연결된다. LTE-R망과 TRS-ASTRO 및 TRS-TETRA간에는 유선 및 무선 연동이 가능한데 LTE-R망에서 TRS-ASTRO혹은 TRS-TETRA망 까지는 VHF와

동일하게 IP망으로 연결된다. 무선연동인 경우에는 각각의 터미널 장치를 통하여 무선으로 연결되고 유선 연동은 터미널 장치를 통하지 않고 각각의 망에 직접 연결된다. 연동장치는 아래와 같은 주요 상호연동 서비스를 제공한다.

- 연동 지령장치로부터의 요청에 의한 VHF 및 LTE-R 통신망의 연동 통화그룹에 대한 그룹 음성 통화 호 설정
- 연동 지령장치로부터의 요청에 의한 TETRA 및 LTE-R 통신망의 연동 통화그룹에 대한 그룹 음성 통화 호 설정
- 연동 지령장치로부터의 요청에 의한 ASTRO 및 LTE-R 통신망의 연동 통화그룹에 대한 그룹 음성 통화 호 설정
- 연동 지령장치에서 통화 녹음 및 재생
- 연동 지령장치에서 연동 통화그룹/채널의 변경 또는 패치
- VHF 단말기 또는 LTE-R 단말기로부터의 요청에 의한 VHF 단말기와 LTE-R 단말기 간 연동 통화그룹에 대한 그룹 음성 통화 호 설정
- TETRA 단말기 또는 LTE-R 단말기로부터의 요청에 의한 TETRA 단말기와 LTE-R 단말기 간 연동 통화그룹에 대한 그룹 음성 통화 호 설정
- ASTRO 단말기 또는 LTE-R 단말기로부터의 ASTRO 단말기와 LTE-R 단말기 간 연동 통화 그룹에 대한 그룹 음성 통화 호 설정
- 상호연동서버와 IOPGW 간 AES 128, AES 192 또는 AES 256에 의한 비화 통신

3.2 승무원통신 게이트웨이 중심 연동 방안

승무원통신 게이트웨이 연동은 하나의 단말기로 기존의 통신방식 및 LTE기반의 통신방식 모두를 가능하게 하는 연동방식이다. 그림 3에 게이트웨이 중심의 연동장치 개념도를 나타내었다. 그림에 나타난 것처럼 게이트웨이는 LTE-R 및 VHF, TRS-ASTRO, TRS-TETRA방식 모두를 지원한다. 외부로부터 다양한 방식을 통한 신호를 수신하게 되면 이 신호들은 상호연동 게이트웨이를 통해 Wi-Fi신호로 변환되어 승무원 단말기와 통신이 이루어진다. 승무원이 외부로 송신할 경우에도 Wi-Fi신호를 게이트웨이로 전송하

게 되면 해당 통신방식의 신호로 변환에서 통신이 가능하게 된다. 따라서 승무원은 Wi-Fi가 지원되는 하나의 단말기로 모든 통신 방식과의 통화가 가능하다. 승무원통신 게이트웨이중심의 연동방식은 아래와 같은 통신서비스를 제공한다.

- 열차가 VHF, ASTRO, TETRA 및 LTE-R 통화권을 이동함에 따라 승무원통신 게이트웨이 통신모드의 자동 절체
- 열차 내에서 승무원 단말기를 이용한 VHF, ASTRO, TETRA 및 LTE-R 망의 통신 서비스
- 열차가 경부선, 호남선, 수도권 및 인천공항철도 권역으로의 이동에 따라 승무원통신 게이트웨이 TETRA 장치에서의 통화그룹 자동 절체
- 승무원 단말기를 이용하여 열차 방송 서비스
- 객실에서의 Wi-Fi 망 제공을 위한 LAN SWITCH 네트워킹과 이의 이중화
- 승무원통신 게이트웨이를 이용한 음성통화의 녹음 및 재생
- 승무원 단말기를 이용하여 열차 내 승무원 간 통화

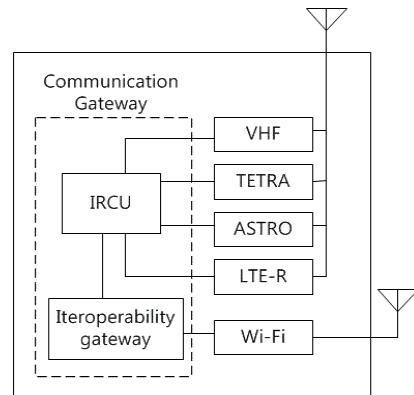


그림 3. 게이트웨이 중심 연동방안 구조도
Fig. 3 Block diagram of gateway oriented interoperability scheme

IV. 망 연동 장치 실험

이번 장에서는 망 연동 장치 관련 실험결과에 대해서 소개한다. 망 연동 관련된 실험도 두 가지 방안에 대해 나누어서 진행되는데 본 논문에서는 게이트웨이

중심의 연동실험에 대해 소개한다. 실험은 열차가 고속으로 이동하는 환경(250km/h~350km/h)환경에서 정해진 실험 항목들이 정상적으로 동작하는지를 테스트한다. 통화와 관련된 항목들은 표1의 음성통화품질기준에 명시된 DAQ (: Delivered Audio Quality) 4혹은 그 이상의 값이 나오는 것을 목표로 한다.

표 1. 음성통화품질 (DAQ) 기준
Table 1. Delivered Audio Quality criteria

DAQ	Definition
1	Unusable. Speech present but not understandable.
2	Speech understandable with considerable effort. Requires frequent repetition due to noise or distortion.
3	Speech understandable with slight effort. Requires occasional repetition due to noise or distortion.
3.4	Speech understandable without repetition. Some noise or distortion present.
4	Speech easily understandable. Little noise or distortion.
4.5	Speed easily understandable. Rare noise or distortion.
5	Perfect. No distortion or noise discernible.

그림 4는 게이트웨이 중심 연동방안을 시험하기 위한 구조도를 나타낸다. 게이트웨이를 포함한 연동장치는 객차 1에 설치하고 나머지 객차는 스위치를 통해 연결된다. 그림 4에서 각 약어는 다음과 같다.

- PTT: Push To Talk
- APC: Access Point Controller
- LAN SW: Local Area Network Switch
- IRCU: Inegraion Radio Communication Unit

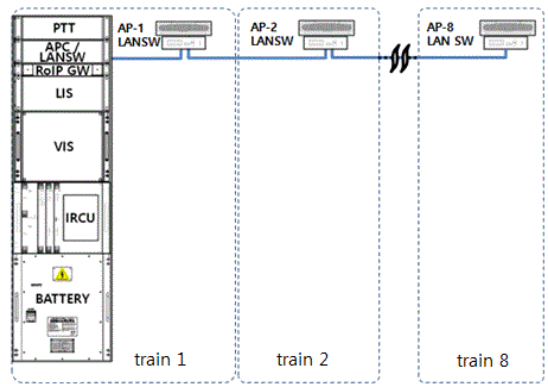


그림 4. 게이트웨이 중심 연동방안 실험 구조도
Fig. 4 Block diagram for gateway oriented interoperability testbed

- ROIP GW: Radio over Internet Protocol Gateway unit
- LIS: LTE-R Interface Subrack
- VIS: Voice Interface Subrack

게이트웨이 중심 연동방안은 승무원용 단말기와 열차에 설치된 게이트웨이를 이용하여 열차가 이동시 연동이 잘 이루어지는지를 확인하는데, 아래와 같은 시험항목을 검증한다.

- 승무원용 단말기 애플리케이션: 열차설정
- 승무원용 단말기 애플리케이션: 단말기 등록
- 승무원용 단말기 애플리케이션: 채널선택
- 승무원용 단말기와 VHF간 음성통화
- 승무원용 단말기와 ASTRO간 음성통화
- 승무원용 단말기와 TETRA간 음성통화
- 승무원용 단말기 AP간 이동확인
- 네트워크 모니터링(AP컨트롤러) 및 설정
- 무선 MASH를 이용한 AP간 연결 확인
- 자동전환시험
- 수동전환시험
- 승무원용 단말기와 휴대용 단말기간 음성녹음 확인
- 승무원용 단말기와 휴대용 단말기간 음성통화 및 접속성공률 확인
- WiFi신호 세기 및 throughput 레벨확인

본 논문에서는 위에서 언급한 연동방안에 의 각 실험

험항목에 대한 자세한 시험방법을 기술하지는 않았으나, 실험을 수행해 본 결과 모든 항목이 정해진 기준을 만족하는 것으로 나타났다. 이를 통해 실제시스템에도 연동방안이 적용될 수 있음을 확인하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 철도 무선통신시스템의 연동방안, 관련 표준 및 실제 실험현황에 대해 소개하였다. 연동방식은 두 가지 방식으로 나누어서 개발되고 있으며 각 연동방식의 개념과 제공서비스에 대해 소개하였다. 철도 무선통신시스템 연동장치 개발을 통해 LTE-R 방식이 도입되더라도 기존의 통신장치와 통신이 가능하고, 승무원의 경우에는 하나의 단말기를 사용하여 지역에 상관없이 모든 통신방식과의 통신이 가능할 것으로 예상된다. 따라서, 철도 환경에서 끊임 없고 안정적인 무선통신시스템의 제공이 가능할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 2017년도 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받은 철도기술연구사업(17-RTRPB089546-04)의 일환으로 수행하였음. 본 논문은 2017년도 한국전자통신학회 춘계 종합학술대회 우수논문을 확장한 논문임.

References

- [1] C. Kim, B. Kim, and S. Lee, "A study on the necessity of integrated radio networks for domestic railways," In *Proc. Fall Conf. of The Korea Society for Railway*, Jeju, Korea, Oct. 2011, pp. 2808-2813.
- [2] Y. Song, Y. Kim, and J. Baek, "Development of integrated wireless network for railway," *J. of the Korean Society for Railway*, vol. 16, no. 6, 2013, pp. 551-557.
- [3] B. Kim, "The operation conditions of domestic railway wireless communication networks and those technical trends," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 4, 2016, pp. 379-385.
- [4] J. Calle-Sanchez, M. Molina-Garcia, J. I. Alonso, and A. Fernandez-Duran, "Long Term Evolution in high speed railway environments: feasibility and challenges," *Bell Labs Technical J.*, vol. 18, no. 2, 2013, pp. 237-253.
- [5] T. Zhou, C. Tao, S. Salous, L. Liu, and Z. Tan, "LTE-based channel measurements for high-speed railway scenarios," In *Proc. of IEEE Global Communications Conference*, San Diego, CA, Dec. 2015, pp. 1-6.
- [6] K. Guan, Z. Zhong, and B. Ai, "Assessment of LTE-R using high speed railway channel model," In *Proc. of Third International Conference on Communications and Mobile Computing*, Qingdao, China, Apr. 2011, pp. 461-464.
- [7] A. Sniady and J. Soler, "LTE for railways: Impact on performance of ETCS railway signaling," *IEEE Vehicular Technology Magazine*, vol. 9, no. 2, 2014, pp. 69-77.
- [8] TTA.KO-06.0437, "LTE based railway communication system requirements (Conventional and high speed railway)".
- [9] TTA.KO-06.0438, "LTE based railway communication system architecture (Conventional and high speed railway)".
- [10] W. Cho, H. Choi, and H. Cho, "A study on integration scheme of wireless communications in railway wireless network," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 9, 2015, pp. 659-664.
- [11] W. Cho, "Comparison study of interoperability of railway wireless communication networks," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 8, 2016, pp. 729-734.

저자 소개



조 응(Woong Cho)

1997년 울산대학교 전자공학과 졸업
(공학사)

1999년 한양대학교 대학원 전자통신
공학과학과 졸업(공학석사)

2003년 Univ. of Southern California 대학원 전기전자
공학과 졸업(공학석사)

2007년 Univ. of Florida 대학원 전기컴퓨터공학과 졸
업(공학박사)

2008년 2월~2011년 2월 한국전자통신연구원

2012년 3월~현재 중원대학교 컴퓨터시스템공학과 교수

※ 관심분야 : 무선통신, 협력통신, ITS



조 한 벽(Han-Byeog Cho)

1981년 아주대학교 산업공학과 졸업
(공학사)

1983년 한양대학교 대학원 산업공학
과 졸업(공학석사)

1992년 한양대학교 대학원 산업공학과 졸업(공학박사)

1984년 3월~현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원

※ 관심분야 : 텔레매틱스/ITS 서비스 및 표준화, 차량
간 통신기술, 차량 인프라통신기술, 협력주행기술,
철도무선통신기술