

열차자율주행에서의 열차제어 및 통신의 역할

The role of train control and communication system in autonomous train

김용규*[†], 윤용기*, 고경준*, 김영주*, 오세찬*

Yong-Kyu Kim*[†], Yong-Ki Yoon*, Kyoung-Jun Go*, Young-Ju Kim*, Seh-Chan Oh*

초 록 철도교통의 무인운전은 2011년 신분당선을 선두로 국내 영업운전이 시작되었고, 관련 기술은 LTE-R을 이용하여 2014년 KRTCS라는 이름으로 국산화 개발되었다. 현재는 열차자율주행 기술 개발이 국내는 물론 철도선진국을 중심으로 철도환경에 최적화된 기술을 개발하기 위한 연구로 진행 중에 있다. 이러한 열차자율주행 기술의 구현은 2019년으로 예정된 5세대 이동통신기술의 상용화와 밀접한 관계를 가지며, 본 논문에서는 국내에서 개발된 LTE-R 기반 KRTCS 무인운전 기술을 중심으로 열차자율주행기술의 핵심인 열차제어 및 철도통신시스템의 역할에 대해 검토하였다.

주요어 : TCS, CBTC, LTE-R, IMT-2020, Autonomous.

1. 서 론

육상, 공중, 해양에서 사용중인 다양한 형태의 무인이동체 기술에 대한 기술 천이는 수동에서 자동, 유인에서 무인, 그리고 자율주행으로 진화하였다. 자율주행 무인이동체는 “사람의 도움없이 외부환경을 인식해 상황을 판단하고, 자율조정에 따라 이동과 작업을 수행” 하는 것으로 정의됨으로서 무인운전과 구분된다. 자율주행 관련 기술은 센서 및 정보통신기술을 기반으로 최근 혁신적인 성능 향상과 적용범위의 확대가 추진되었다. 또한 5세대 이동통신은 자율주행을 위한 최적의 통신방식으로 제시되고 있으며, 관련 주파수 할당이 2018년 초반에 이미 완료된 상태에서 관련 서비스는 2019년 국내에서 세계최초 상용화 예정으로 언론에 보도되었다. 본 논문은 4세대 이동통신 LTE 기술을 적용하여 2014년 개발 완료된 후, 2018년 서울시 신림선 및 동북선 경전철에 채택된 무인운전이 가능한 한국형 열차제어시스템(KRTCS : Korea Radio based Train Control System)의 열차제어기술과

자율주행자동차의 개념에 적용된 센서 및 무선 통신 기술을 기반으로 열차자율주행에서의 열차제어와 무선통신의 역할을 분석하였다.

2. 열차제어 및 철도통신의 역할

철도교통은 산업기술의 응용에 의해 열차운행 방식이 2인승무(수동운전)에서 1인승무(자동운전)로, 그리고 무인운전으로 운전 방식이 변화되었으며, 최근에는 열차자율주행기술 개발이 본격적으로 추진되고 있다. 열차자율주행 이전 단계인 무인운전은 기관사가 차량에 탑승하여 열차를 제어하던 기존의 개념을 지상에서 열차를 제어할 수 있도록 허용하는 개념을 사용하였고, 2.4Ghz ISM Band(Industrial Scientific and Medical)가 이를 위한 통신방식으로 이용되었다. 국내에서는 4세대 이동통신 LTE를 이용하여 2014년 무인운전이 가능한 한국형 열차제어시스템(KRTCS)이 개발되었다[1].

일반적으로 도로의 자율주행은 주로 전방의 충돌, 추돌 및 돌발사고 예방을 위해 다양한 센서와 영상 장치가 장착된 단독 개체로서 동작한다. 그러나 철도는 선로라는 절대조건을 전제로 노선에 따라 운영되는 시나리오에 의해 단독 개체보다는 통합 개체의 개념으로 시스템이 구성

[†] 교신저자: 한국철도기술연구원 열차제어통신연구팀(ygkim1@krri.re.kr)

* 한국철도기술연구원 열차제어통신연구팀

된다. 이로 인해 열차운행은 철도를 구성하는 인프라와 밀접한 관계를 가지며, 관련 인프라 설비간의 정보 전송은 현재까지 선로에 설치된 H/W 또는 무선설비를 통해 지상에서 차량으로 단방향으로만 정보를 전송한다. 그러나 열차자율주행에서는 차량중심으로 차상에서 지상 인프라 및 인접 열차로의 양방향 정보전송체계를 구성한다. 이에 따라 무선통신 방식은 열차자율주행의 핵심 요소기술로 주어진다. 아래의 표 1은 도로의 자율주행용으로 검토된 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environment) 통신방식과 철도환경에 특화된 기술을 갖는 4세대 LTE 통신방식 및 자율주행에 특화된 기술을 갖는 5세대 IMT-2020 통신방식에 대한 특성을 나타낸다.

	5G	LTE	WAVE
Data rate	Max 20Gbps	Max 100Mbps	Max 54Mbps
Reliability	High	High	Medium
Latency	< 10ms	<100ms	<100ms
Density	Medium	Medium	Bad
Mobility	Max 500km/h	Max 350km/h	Max 200km/h
Positioning	<0.1m	<50m	<50m
Coverage	wide (few km)	Very wide (few km)	Small (250~300m)
V2I & V2N	Favorable	Favorable	Adverse

Table 1 Technical characteristic comparison

무선통신의 경우, 철도에서는 이미 4G 기술인 LTE-R이 사용중이므로 저지연, 초연결, 영상 등의 정보전송에 특화된 5G의 적용을 위해서는 단순히 4G를 5G로 교체하는 것이 아니라, 4G와 5G의 융합 측면으로 기술이 검토되어야 한다.

열차제어의 경우, 열차자율주행에서는 지상관제 중심으로 개발된 간격제어 기술을 차량간 통신 중심의 간격제어 기술로 전환된다. 이를 위해 제어 설비 및 제어 흐름의 단순화 기술을 필요로 하며, 차량에서 차상중심의 분기 및 진로 제어 기술을 확보하기 위한 방안이 제시됨으로써 지상설비의 제어 및 감시 기능의 구현 방안이 주요 이슈로 주어진다. 기존의 열차제어기술에 대한 다양한 성능 검증이 대부분 열차운행 환경에 따라 지상에 설치된 인프라와 연계된 운영 시나리오로 주어짐으로서 관련 내용에 대한 검토가 요구된다. 특히 자율주행자동차가 도로에 최적화 된 자동차 기술 중심으로 개발됨을 고려할 경우, 열차자율주행은 선로와 연관된 철

도 인프라 구조의 특성을 적용한 철도기술 중심의 기술개발을 필요로 한다.

결과적으로 열차자율주행에서의 핵심은 기존의 지상에서 차량으로의 단방향 정보전송이 차량과 차량, 차량과 지상간의 양방향 정보전송으로 전환함에 따라, 자율주행에 특화된 5세대 이동통신에 대한 검토를 필요로 한다. 특히 열차 무인운전 및 자율주행을 위한 고화질의 실시간 영상 신호 및 빅 데이터 정보처리에 따른 시간지연이 LTE-R의 한계점으로 주어짐으로서 관련 기술에 특화된 5세대 이동통신을 이용하여 개선될 수 있도록 검토해야 한다. 추가로 사물인터넷을 통한 철도운영 환경 정보의 습득, 승객 및 교통약자, 운영요원을 위한 실시간 인프라 정보 제공은 초연결 서비스와 T2T(Train to Train)의 서비스 기술 개발을 필요로 하며, 현재 철도에서 사용중인 LTE-R 서비스의 지속 사용을 위해, 관련 기술을 최대한 활용하면서 5G 서비스를 극대화하기 위한 방안과 5G 단독모드보다는 4G와 5G의 융합시스템으로의 기술 개발이 고려되어야 한다.

3. 결론

본 논문은 열차자율주행 기술 개발에 있어서 기존의 열차제어 및 철도통신시스템의 역할에 대해 분석하였다. 이러한 분석 결과를 통해 열차자율주행 기술의 개발이 최적화될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 5세대 이동통신을 통해 다양한 사물인터넷 적용 기반 기술이 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

후기

본 연구는 한국철도기술연구원 주요사업 “열차자율주행제어 핵심기술개발”의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] J.Y Kim, S.W. Choi, Y.S. Song, Y.K. Yoon, Y.K. Kim (2015) Automatic Train Control over LTE: Design and Performance Evaluation, *IEEE Communications Magazine*, October, pp.102-109.