

## WAVE 통신 기술을 철도에 적용하기 위한 실차 시험 A study on field test for apply WAVE communication in the railway

김금비\*, 류상환\*\*, 조봉관\*\*\*, 최규형\*†

Keum-Bee Kim\*, Sang-Hwan Ryu\*\*, Bong-Kwan\*\*\*, Kyu-Hyoung Choi\*†

**Abstract** Recently, Cooperative Intelligent Transport System (C-ITS) that exchange and share information on traffic service between the roadway, vehicle and driver/pedestrian base on WAVE (Wireless Access in vehicular Environments) has been studying in vehicular Communication Environment. In order to apply WAVE communication as low-cost and stable wireless communication in high-speed environment, we conducted the field test. The field test of WAVE device in Railway has been performed data transmission test between wayside and onboard by using WAVE OBU/RSE and dipole antenna at the DABUL test line. We have measured data latency, PER, handoff delay time and wireless communication coverage.

**Keywords** : C-ITS, Railroad Communication, WAVE

**초 록** 최근 도로교통분야에서는 WAVE (Wireless Access in vehicular Environments) 통신기반으로 도로, 차량, 운전자/보행자 간의 통신으로 교통 서비스를 교환, 공유하는 Cooperative Intelligent Transport System (C-ITS)에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 저비용이면서 고속의 환경에서 차-지상간 안정적인 무선통신성을 갖는 WAVE 통신 기술을 철도에 도입하기 위하여 실차 시험을 수행하였다. 본 철도용 WAVE 무선기 실차 시험은 대불시험선 차세대 전동차와 영산강 교량 위에 도로용 WAVE 기지국 무선기와 차상 무선기 및 다이폴 안테나를 설치하여 차상-지상 데이터 통신 시험을 수행하였다. 본 실차 시험에서는 주행 속도 30km/h, 80km/h에서 데이터 지연시간, PER 성능, 핸드오프 지연시간, 접속시간, 통신 커버리지를 측정하였다.

**주요어** : C-ITS, Railroad Communication, WAVE

### 1. 서 론

전세계적으로 자동차, 철도, 해상, 항공 교통분야 상호간 정보 공유를 통해 수송효율성 및 편의성 증진과 안전성 제고를 목적으로 하는 협력지능형교통체계(C-ITS)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한, 차량용 무선 통신기술인 WAVE(Wireless Access in vehicular Environments)는 미국과 유럽 중심으로 시범 설치 중에 있다. 본 논문에서는 차량용 무선통신기술인 WAVE 기술을 철도에 적용하기 위해 대불시험선에서 도로용 WAVE 기지국 무선기와 차상 무선기 및 다이폴 안테나를 설치하여 수행한 차상-지상 데이터 통신 시험 결과를 제시하였다.

† 교신저자: 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도전기·신호공학과(khchoi@seoultech.ac.kr)  
\* 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도전기·신호공학과 박사과정, \*\* 한국철도기술연구원 광역도시철도시스템연구실, \*\*\* 한국철도기술연구원 중소기업협력팀

## 2. 본 론

### 2.1 WAVE 통신 기술

Wireless Access in Vehicular Environments(WAVE)는 미국과 유럽에서 동일하게 규정된 표준으로 고속으로 이동하는 차량 환경에서 연속적인 서비스 제공이 가능하도록 설계된 무선통신 기술이다. MAC/PHY 계층 표준인 IEEE 802.11p와 상위 프로토콜 계층 표준인 IEEE 1609로 구성되었다. IEEE 802.11p는 5.9GHz 대역에서 동작하는 무선랜으로 802.11a OFDM를 사용한다[1]. IEEE 1609를 이용하여 Vehicular 상황에서 safety 관련 메시지를 전송하고 멀티 채널 사용을 가능하게 한다[2-5]. WAVE는 Road Side Unit(RSU)와 On Board Unit(OBU)로 구성되어 있고 Vehicle to vehicle(V2V) 통신과 Vehicle to Infrastructure(V2I) 통신이 가능하다.

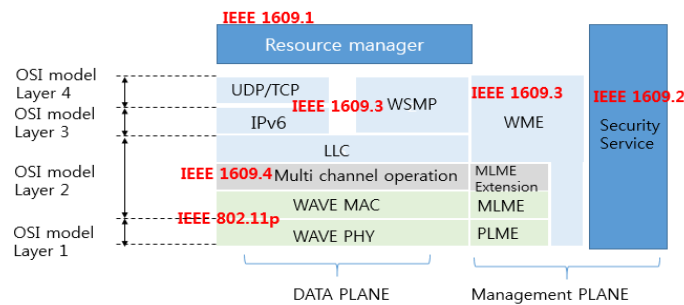


Fig. 1 WAVE Protocol Stack

### 2.2 WAVE 무선기 실차 시험

#### 2.2.1 실차 시험을 위한 시험 장비 구축

차상 WAVE 무선기 1세트와 지상 WAVE 무선기 2세트를 대불 시험선의 차세대 전동차와 영산강 교량 위에 설치하여 본 실차 시험을 실시하였다. 시험에 사용한 WAVE 통신 장비의 특성은 송수신주파수는 5.86 GHz, 무선기 출력은 10dBm, 대역폭은 10MHz이며 안테나 이득은 8dBi이다. 대불시험선 실차 주행시험 지점은 Fig. 2와 같이 A지점에서 주행을 시작하여 D지점에서 주행을 종료한다. 1번 기지국과 2번 기지국 사이의 거리를 500m로 설정하였다. Fig. 3과 같이 B, C지점에 WAVE 기지국 무선기와 다이폴 안테나를 설치하였고, 차세대전동차 상부에 안테나를 설치하였다.



Fig. 2 The field test position



(a) RSE



(b) OBU

Fig. 3 Installation of WAVE Device in RSE/OBU

### 2.2.2 지상 → 차상 데이터 전송 시험

B지점 기지국과 통신이 되지 않는 A지점과 B지점 사이 위치에서 C방향으로 속도 30, 80km/h로 주행하며 지상에서 차상으로 데이터 전송 시험을 수행하였다. 이때, 데이터 크기는 15,000Byte, 전송 주기는 200ms로 하였다. 기지국 PC에서 차량 PC로 Ping을 시작하면 Ethernet 패킷 Capture를 시작하고 B지점 기지국을 지나 B 기지국과 통신이 되지 않는 위치가 되면 캡처를 종료한다.

Table 1은 지상에서 차상으로 통신하며 C방향으로 각각 30, 80km/h 속도로 주행을 시작하고 마쳤을 때 수집한 로그를 분석한 결과이다. 측정된 평균지연시간은 약 43, 44ms이고 Reply 패킷이 도착하지 않은 패킷수는 1, 25개, PER(Packet Error Rate)은 0.28%, 8.93%이다.

Table 1 The Field Test Result (Data Transmission Test)

Communication Direction	Running Direction	Velocity (km/h)	Data Latency (ms)	Data Loss (ea.)	The number of Packets	PER (%)
Wayside → On-Board	B →	30	42.89	1	350	0.28
	C	80	44.21	25	280	8.93

### 2.2.3 핸드오프 지연시간 측정 시험

핸드오프 지연시간을 측정하기 위하여 B, C지점의 기지국을 모두 ON하고 속도 80km/h로 B → C 방향으로 주행하면서 지상→차상 데이터 전송 시험과 동일한 조건의 데이터로 ping실험 (차량 PC→B기지국, 차량 PC→C기지국)을 수행하였다. 측정한 핸드오프 지연시간은 456.038ms이다. 핸드오버지연시간이란 B기지국 마지막 응답시간과 C기지국 처음 응답시간 차이를 말한다.

### 2.2.4 통신 커버리지 측정 시험

본 시험은 B지점에서 C지점방향으로 30, 80km/h 속도로 주행하며 WAVE 허용 최대 출력으로 통신 가능한 거리와 처음 Request 한 패킷 시간으로부터 마지막 Reply된 패킷 시간까지 유지된 시간을 측정하였다. 시험 결과는 Table 2와 같다. PER 10% 이내인 지점만을 고려하여 분석하였다.

Table 2 The Field Test Result (coverage)

Communication Direction	Running Direction	Velocity (km/h)	Coverage (m)	Duration (sec)
Wayside → On-Board	B →	30	990	71.316
	C	80	791	56.978

### 3. 결론

차량용 무선통신 기술인 WAVE를 철도에 적용하기 위해 대불시험선 차세대 전동차를 이용하여 상용 WAVE 무선기 실차 시험을 수행하였다. 주행 속도 30km/h, 80km/h에서의 데이터 지연시간, PER 성능, 핸드오프 지연시간, 접속시간, 통신 커버리지를 측정한 결과 분석을 통해 철도환경에서도 충분히 WAVE 통신 시스템 적용이 가능할 것으로 판단된다. 본 대불 시험선 실차 시험 수행 시 강우의 영향으로 통신 성능이 저하되었지만 도로환경의 중앙분리대, 나무, 다른 차량 등 반사파의 원인이 되는 많은 요소들에 비해 철도환경에서는 반사파의 원인이 되는 요소가 적어 충분히 WAVE 적용이 가능할 것으로 예상된다.

### 후 기

본 연구는 2015년 철도기술연구사업으로 추진중인 “수요연계형 미래 광역도시철도기술개발” 과제지원으로 진행되었습니다.

### 참고문헌

- [1] “IEEE Std 802.11p, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments”, 2010
- [2] “IEEE Guide for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)-Architecture”, IEEE Std 1609.0, 2013
- [3] “IEEE 1609.1,2 Trial Use Standards for Wireless Access in Vehicular Environments(WAVE)-Resource Manager, Security Services for Applications and Management Messages, Networking Service”, 2006
- [4] “IEEE 1609.3 Trial Use Standards for Wireless Access in Vehicular Environments(WAVE)-Networking Service”, 2007
- [5] “IEEE 1609.4 Trial Use Standards for Wireless Access in Vehicular Environment (WAVE)- Multi-Channel Operation”, 2006
- [6] 류상환, 외 4명(2014) " 무선통신기반 철도 운영 향상기술 연구" , 한국철도기술연구원