

# C-V2X 단말의 차량 장착 시 무선통신 성능 시험 및 분석

송환규, 박승곤, 김주혁, 이성규\*

한국자동차연구원, \*에이엠주식회사

hksong@katech.re.kr, sgpark@katech.re.kr, jhkim5@katech.re.kr, \*seanlee@amtel.co.kr

## Wireless Communication Performance Testing and Analysis of C-V2X Devices Mounted on Vehicles

Song Hwan Kyu, Park Seung Gon, Kim Ju Hyeok, Lee Sung Kyu\*

Korea Automotive Technology Institute, \*AM Co., Ltd

### 요약

본 논문에서는 자율주행자동차에 대한 전 세계적인 관심이 급증함에 따라 자율주행자동차의 상용화 대응을 위하여 차량에 C-V2X 단말기를 장착 후 무선통신 성능을 측정 및 분석하였다. 무선통신 성능은 고정된 RP로부터 차량이 멀어지는 상황을 가정하여 거리에 따른 PER과 RSSI 값을 측정하였다. 또한, 300m 지점에서는 차량의 네 방향에 대하여 각각 10회씩 PER과 RSSI 측정 시험을 실시하여 3GPP 국제표준에 명시되어 있는 LTE-V2X 성능 기준에 따른 적합성을 확인하고 결과를 분석하였다.

### I. 서론

최근 전 세계적으로 자율주행자동차에 대한 관심이 급증함에 따라 자율주행자동차의 상용화를 위한 차량 통신(Vehicle-to-Everything, V2X) 기술에 관한 관심 또한 급증하고 있으며, 최근 국내 차세대 지능형 교통체계(C-ITS: Cooperative-Intelligent Transport Systems) 통신 방식이 Long Term Evolution(LTE) 기반의 Cellular V2X(C-V2X)로 확정되어 관련 기술에 관한 연구 수요가 증가하는 추세이다. LTE-V2X 기술은 3rd Generation Partnership Project(3GPP)에서 Release 14부터 표준으로 제정되었으며[1], 해당 기술은 무선 인터페이스(PC5, Uu)에 따라 Mode 3와 Mode 4로 구분된다. Mode 3는 셀룰러 네트워크 인터페이스 Uu를 이용하여 차량과 기지국 간 통신을 지원하고, Mode 4는 사이드링크 인터페이스 PC5를 이용하여 차량 간 단거리 직접통신을 지원한다.[2]

향후 LTE-V2X 통신을 이용하여 차량 간 통신(Vehicle-to-Vehicle, V2V), 차량과 도로 인프라 간 통신(Vehicle-to-Infrastructure, V2I), 차량과 보행자 간 통신(Vehicle-to-Pedestrian, V2P) 등의 무선통신을 통해 차량 접근, 충돌 가능성, 진방 교통정보 등의 정보를 교환하여 자율주행의 안전성과 효율성을 확보하고 교통사고 예방 및 교통 흐름 개선에 기여할 수 있다. 따라서 향후 LTE-V2X 단말기의 차량 탑재가 의무화될 가능성이 크며, 해당 단말기를 장착한 차량의 LTE-V2X 무선통신 성능을 검증하는 시험법과 적합성을 판단하는 정량적인 기준이 필요하다.

따라서 본 논문에서는 LTE-V2X Mode 4의 PC5 무선 인터페이스를 활용한 차량 간 단거리 직접통신 환경에서 LTE-V2X 단말의 차량 장착 시 무선통신 성능 시험법을 제안하고 결과를 분석한다.

### II. 본론

#### 1. 시험법 설계

본 연구에서 진행한 Test 환경은 그림 1, 그림 2와 같이 Keysight사의 E7515B(UXM 5G) 장비와 LPDA(Log-Periodic Dipole Array) 안테나를 이용하여 Receiving Point(RP)를 구성하였고, 차량에 LTE-V2X(Cohda

Wireless社 MK6) 단말기와 송신 안테나를 설치하여 Transmitting Point(TP)를 구성하였다. 또한, 한국자동차연구원 Proving Ground(PG)에서 통신 간섭을 최소화하여 정확한 성능 측정 시험을 진행하였다.



그림 1. 송·수신 측 시험 환경 구성

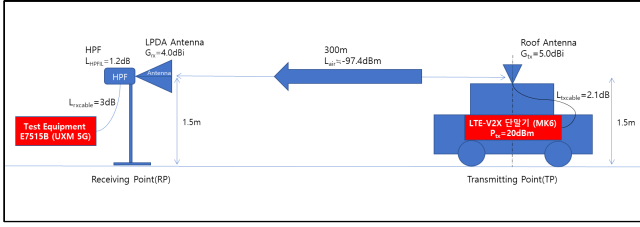


그림 2. 시험법 설계도

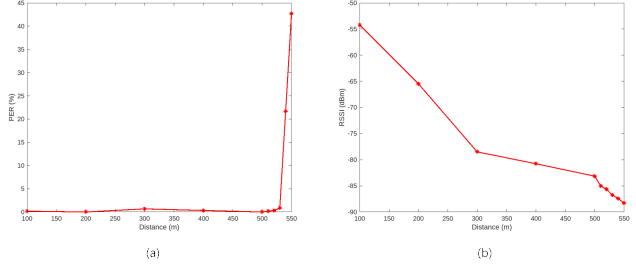


그림 4. 100~550m 구간별 시험 (a) PER, (b) RSSI 결과

시험은 100m~550m 구간별 시험과 300m 거리 정적 시험 두 가지로 진행하였다. 1회 시험 시 600개의 Packet을 송신하여 RP에서 PER(Packet Error Rate)과 RSSI(Received Signal Strength Indicator)를 계측하였으며, 시험별로 10회씩 실시하였다. 먼저 구간별 시험은 고정된 RP에서 차량이 멀어지는 상황을 가정하여 TP인 차량이 정방향으로 100m~550m 구간을 이동하여 100m 단위로 정차 후 시험을 진행하였고, 500m 이후의 거리에서는 거리가 멀어짐에 따라 급격한 Packet Error가 발생하여 550m까지 10m 단위로 정지하며 시험하였다. 정적 시험은 300m 거리에 TP를 고정하여 그림 3과 같이 차량의 네 방향에서 각각 10회씩 진행하였다.

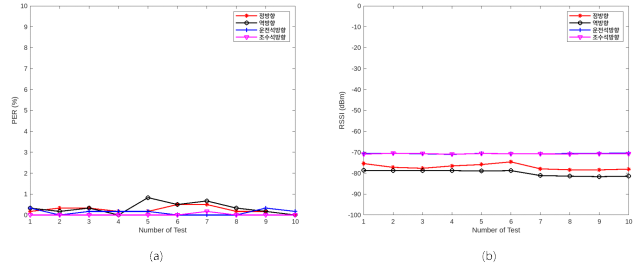


그림 5. 300m 정적 시험 (a) PER, (b) RSSI 결과

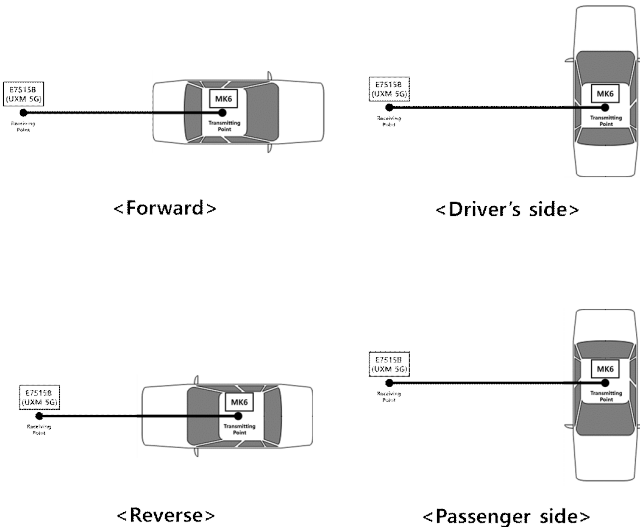


그림 3. 정적 시험 차량 방향

## 2. 결과 및 분석

그림 4는 100~550m 구간별 시험의 PER과 RSSI 계측 결과를 보여준다. 먼저 PER을 살펴보면 500m까지는 거의 Packet Error가 발생하지 않고 정상적인 통신이 잘 이루어지는 것을 확인할 수 있지만 530m를 넘어가면 극심한 대기 감쇠에 의한 진파 손실로 Packet Error가 심하게 발생하는 것을 확인할 수 있다. 또한, RSSI를 살펴보면 500m까지는 비교적 완만하게 신호 레벨이 감소하는 반면, 500m를 넘어가는 지점부터 550m 구간 사이에서 약 10dB의 RSSI 감쇠가 발생하는 것을 확인할 수 있다.

그림 5는 300m 정적 시험의 PER, RSSI 계측 결과를 보여준다. 구간별 시험 결과와 마찬가지로, 300m에서의 각 방향 모두 PER 성능은 거의 Packet Error가 발생하지 않고 정상적인 통신이 이루어지는 것을 확인할 수 있다. 또한, RSSI 결과를 살펴보면 송신 안테나 특성상 차량 측면 방향에서 무선통신 성능이 다소 우수하지만 네 방향 모두 양호한 성능을 보여주는 것을 확인할 수 있다.

## III. 결론

본 논문에서는 LTE-V2X Mode 4의 PC5 무선 인터페이스를 활용한 차량 간 단거리 직접통신 환경에서 LTE-V2X 단말의 차량 장착 시 무선통신 성능 시험법을 제안하고 결과를 분석하였다. 300m 거리 정적 시험에서 각 방향에 따른 PER과 RSSI 값으로 LTE-V2X 단말기의 Mode 4 환경 최소 성능 만족 요구조건을 제안하였고, 100m에서 550m까지의 원거리 시험을 통해 3GPP 표준의 LTE-V2X Reference Sensitivity Level 시험법에 따라 PER 5%를 기준으로 최대 성능 만족 요구조건을 제안하였다. 제안한 시험법은 3GPP 표준 시험을 지원하는 장비를 활용하여 제조사가 단말기의 차량 장착 시 정량적인 무선통신 성능을 검증할 수 있어 신제품 개발 시 요구성능 기준 및 양산품의 성능 비교 기준으로 활용이 가능하다. LTE-V2X 뿐만 아니라 향후 5G NR-V2X 단말기의 차량 장착 시 무선통신 성능 검증법을 설계하고 결과를 분석하는 연구가 진행되어야 한다.

## ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술기 획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임.(No. 20026341, 소재부품기술개발 사업).

## 참고 문헌

- [1] 3GPP TR 36.785 V14.0.0, Technical Specification Group Radio Access Network; Vehicle to Vehicle (V2V) services based on LTE sidelink; User Equipment (UE) radio transmission and reception(Release 14), Oct. 2016.
- [2] 3GPP TS 36.521-1 V14.6.0, Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) conformance specification; Radio transmission and reception; Part 1: Conformance Testing(Release 14), Mar. 2018.