

5G-NR-V2X 기반 실 도로 서비스 검증 및 성능 분석

이지민, 안병만, 왕유승, 신대교, 장수현, 장준혁, 장성현*
한국전자기술연구원

{kng05157, bman, yswang, dukeshin, shjang, junjang9327, jang.sh}@keti.re.kr

Validation and Performance Analysis of 5G-NR-V2X-Based Services in Real-Road Environments

Lee Ji Min, An Byoung Man, Wang Yoo Seung,
Shin Dae Kyo, Jang Soo Hyun, Jang Jun Hyek, Jang Seong Hyun*
Korea Electronics Technology Institute (KETI)

요 약

최근 자율주행 기술의 발전과 함께 차량 간 실시간 통신을 통해 안전성과 주행 효율성을 향상시키는 V2X 기술이 주목받고 있다. 특히, 5G-NR 기반 V2X는 고신뢰·초저지연 통신을 제공하며, 협력 자율주행을 실현할 핵심 기술로 평가된다. 본 연구에서는 5G-NR-V2X 통신 인프라를 실제 도심 환경에 구축하고, 커넥티드 차량을 활용한 실 도로 주행 실험을 통해 성능을 분석하였다. 실험 결과, 평균 PRR은 약 99.98%, 평균 Latency는 약 2.78ms로 측정되어, 5G-NR-V2X 기반 통신 기술의 실효성과 적용 가능성을 실증하였다.

I. 서 론

정보화 시대로 접어들면서 자동차는 단순한 이동 수단에서 벗어나, 다양한 센서를 활용해 주변 환경을 인식하는 스마트 디바이스로 진화하고 있다.[1] 이를 대표하는 ADAS(Advanced Driver Assistance System)는 차선 유지, 충돌 방지 등 운전자의 안전한 주행을 지원하지만, 센서 기반의 stand-alone 방식으로 인해 NLoS(Non-Line-of-Sight) 환경이나 돌발 상황 대응에 한계가 존재한다.[2-3]

이러한 문제를 보완하기 위해, 차량과 차량, 인프라, 보행자 간 실시간 정보를 공유하는 V2X(Vehicle-to-Everything) 기술이 부상하고 있다. 3GPP는 V2X 관련 표준을 지속적으로 개발 중이며[4], 최근 BMW는 중국 출시 모델에 V2X 기술을 탑재하고[5] Qualcomm은 NR-V2X 칩셋을 통한 시험망과 실 도로 기반 테스트를 수행하는 등 상용화도 활발히 이루어지고 있다.[6] 특히, LTE-V2X와 달리 5G-NR 기반 V2X는 PC5 sidelink를 통해 차량 간 직접 통신이 가능하며, 고도화된 협력 자율주행을 실현할 수 있다.[7]

본 논문에서는 5G-NR 기반 V2X 통신 인프라를 판교 제로시티에 구축하고, 커넥티드 차량을 활용한 실 도로 주행 실험을 통해 해당 기술의 실효성과 적용 가능성을 검토하고자 한다.

II. 본 론

본 장에서는 5G-NR-V2X 기반의 실 도로 인프라 환경에서 수행된 군집 주행 성능 평가 실험에 대해 기술한다. 그림 1과 같이, 커넥티드 차량 2대에 각각 5G-NR-V2X OBU를 탑재하고, 판교 제로시티 내 실제 도로에 구축된 RSU 인프라를 기반으로 주행 경로를 계획하였다. 전체 통신 장치는 OBU 2대와 RSU 4대를 포함한 총 6대로 구성되었으며, TTA 표준 문서[8-10]에 정의된 군집 주행 메시지셋에 맞추어 패킷 포맷을 설계하고 통신 규격을 구성하였다.

실험 경로는 실제 도로 여건을 반영하여 밀집(저속) 도심로 구간과 고속 도심로 구간으로 나누어 설정되었다. 밀집 도심로는 교통량이 많은 정체 상황을 고려하여 30km/h 이하로 주행하였으며, 고속 도심로 구간은 비교적 원활한 흐름을 가정하여 60km/h 이하로 주행하였다. 각 차량은 RSU가 설치된 주요 지점을 중심으로 반복 주행하며 통신 성능을 측정하였다.

통신 시험은 100ms 송신 주기를 기준으로 설정하였으며, 지연 시간 측정이 가능하도록 생성된 메시지를 구조화된 패킷 형태로 주기적으로 전송하였다. 성능 평가는 OBU 및 RSU 장치에 기록된 로그 데이터와 수집된 DB 파일 기반으로 수행되었으며, 측정 항목은 PRR(Packet Reception Ratio), Latency, 차량 간 위치 정보의 실시간 공유 정확도, 통신 안정성 및 일관성 등을 포함한다.

평가항목 (주요성능)	단위	요구 사항	OBU#1	OBU#2	비고
PRR	%	≥ 99.9	99.981	99.987	평균
Latency	ms	3	2.78	2.77	평균
차량 간 위치 공유	-	화면 출력	○	○	

표 1. 장치별 5G-NR-V2X 통신 성능 결과

실험 중 각 차량에서는 실시간 주행 화면과 군집 주행 정보를 시각적으로 제공하는 GUI가 구현되었으며, 그림 1의 우측 상단에는 해당 화면의 예시를 보여준다. 군집 주행 정보 화면의 우측 상단에는 PRR과 Latency 값이 실시간으로 표시되며, 지도상에는 두 차량의 위치가 실시간으로 업데이트되어 통신 상태를 직관적으로 확인할 수 있다.

또한, 실험 Console Log 화면에서는 응용 서비스 로그, GPS 장치 로그, GPS RTK 기반의 시간 동기화 로그, ROS 기반 GPS 전달 로그 등으로 구성되었으며, 이를 통해 송수신 데이터 흐름, 위치 동기화, 통신 타이밍 등을 정밀하게 분석할 수 있도록 구성하였다.

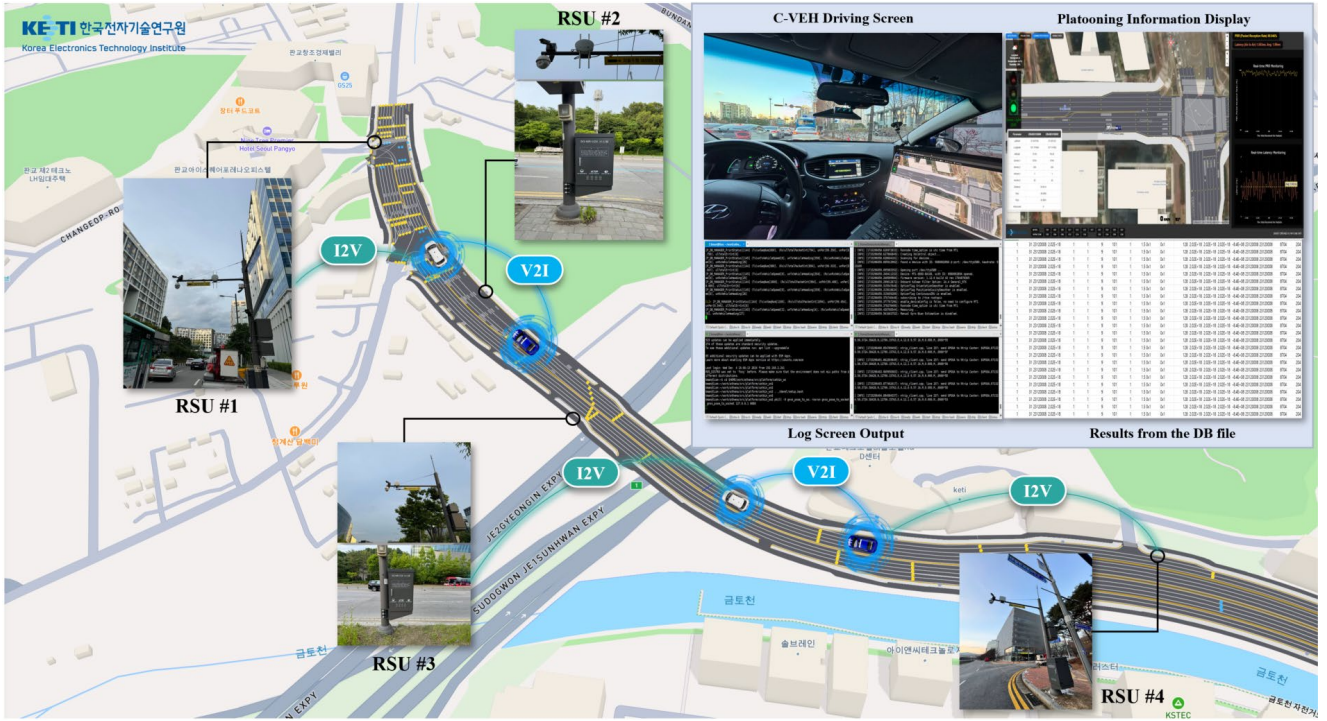


그림 1. 판교제로시티 5G-NR-V2X 인프라 구축 및 실 도로 서비스 검증/성능 분석 기술

실험 종료 후, 각 장치에서 수집된 데이터는 내부 데이터베이스에 저장되고 이후 서버로 전송되어 통합 분석되었다. 표 1 과 같이, 각 차량 간 평균 PRR 은 각각 99.981%, 99.987%, 평균 Latency 는 2.78ms, 2.77ms 로 측정되었으며, 이는 5G-NR-V2X 기반 통신 시스템이 도심 실도로 환경에서도 고신뢰·초저지연 통신 성능을 안정적으로 제공할 수 있음을 입증한다.

III. 결 론

본 논문에서는 5G-NR-V2X 기반의 차량 통신 시스템을 실제 도심 환경에서 검증하기 위한 실 도로 실험을 수행하고, 커넥티드 차량 간의 통신 성능을 다양한 도로 조건에서 측정하였다. 실험은 판교제로시티 내에 구축된 RSU 인프라를 기반으로, 밀집 도심로와 고속 도심로 구간에서 주행하며 PRR, Latency 등의 핵심 성능 지표를 분석하였다.

이러한 결과는 5G-NR-V2X 기술이 자율주행차량의 군집 주행, 사고 예방, 실시간 협력 제어와 같은 V2X 기반 서비스에 안정적으로 적용될 수 있음을 시사한다. 또한, 표준 기반의 실 도로 인프라 구성 및 통신 성능 측정이 실제 환경에서의 적용 가능성을 실증하는 유의미한 사례로 적용할 수 있다.

향후 연구에서는 다양한 주행 시나리오 및 다수의 차량 통신 상황에 대한 추가 실험을 통해 V2X 서비스의 확장성과 실시간 협력 통신의 한계점 및 개선 방안을 도출할 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by Institute of Information & communications Technology Planning W& Evaluation (IITP) grant funded by the Korea government(MSIT) (No.2022-0-00199, 5G-NR-V2X performance verification for connected Autonomous Driving).

참 고 문 헌

- [1] K. Abboud et al., "Interworking of DSRC and Cellular Network Technologies for V2X Communications: A Survey," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 65, no. 12, pp. 9457– 9470, Dec. 2016.
- [2] Hyundai Motor Company, "미래 모빌리티의 핵심, V2X 기술," 2021.
- [3] TTA(한국정보통신기술협회), "V2X 기술 및 서비스 동향," TTA 저널, no.2022-30, pp. 13-16, 2022.
- [4] 3GPP, "Service requirements for enhanced V2X scenarios," 3GPP TS 22.185 V17.3.0, Dec. 2022.
- [5] BMW Group and JOYNEXT, "BMW Launched All New BMW 5 Series with V2X Technology in China, Cooperating with JOYNEXT to Build Smart Cities," PR Newswire, Apr. 2025.
- [6] Qualcomm Technologies, Inc., "5G NR-Based C-V2X," Qualcomm, Apr. 2023.
- [7] 3GPP, "Enhancement of 5G V2X services – Phase 2," 3GPP TR 22.886 V18.0.0, Dec. 2023.
- [8] TTA PG1104, "Message Set, Methodology, and Requirements for Performance Verification of 5G-NR-V2X Device Application Software," TTA, Rep. No. PG1104-2024-001, 2024.
- [9] TTA PG1104, "Message Set and Measurement Methodology for Hardware Performance Verification of 5G-NR-V2X Physical Layer Communication Devices," TTA, Rep. No. PG1104-2024-002, 2024.
- [10] TTA PG1104, "Scenario and Message Set for Platooning Service Based on Physical Layer," TTA, Rep. No. PG1104-2024-003, 2024.