

# V2X 성능 평가를 위한 자율 주행 트래픽, 통신 통합 시뮬레이터

이승재, 남태식\*, 강원율\*\*, 장용재\*\*\*, 김정환\*\*\*, 최지웅\*\*\*, 곽정호\*\*\*, 조한신  
한양대학교, \*연세대학교, \*\*자동차공학연구소, \*\*\*대구경북과학기술원

freitag97@hanyang.ac.kr, \*ts.nam@yonsei.ac.kr, \*\*wykang@ivh.co.kr, \*\*\*yj46.jang@dgist.ac.kr,  
\*\*\*ghks9876@dgist.ac.kr, \*\*\*jwchoi@dgist.ac.kr, \*\*\*jeongho.kwak@dgist.ac.kr, hsjo23@hanyang.ac.kr

## Autonomous Traffic and Communication Integrated Simulator for V2X Performance Evaluation

SeungJae Lee, TaeSik Nam\*, Wonyul Kang\*\*, Yongjae Jang\*\*\*, Jeonghwan Kim\*\*\*, Ji-Woong  
Choi\*\*\*, Jeongho Kwak\*\*\*, Han-Shin Jo  
Hanyang Univ., \*Yonsei Univ., \*\*iVH, \*\*\*DGIST

### 요약

본 논문은 실제 도로 및 주행환경이 반영된 Vehicle to Everything (V2X) 통신 성능을 평가하기 위해 MATLAB 기반의 Open-Source 시뮬레이터인 WiLabV2Xsim과 VIRES에서 개발한 트래픽 생성 및 차량 동역학 시뮬레이터인 Virtual Test Drive (VTD)가 결합된 통합 시뮬레이터를 제안한다. WiLabV2Xsim은 3rd Generation Partnership Project (3GPP)에서 표준화된 Cellular-V2X와 New Radio-V2X 통신 프로토콜 스택이 구현된 System Level Simulator이다. VTD를 통해 3GPP TR 22.886에서 표준화된 Use Case를 구현하거나, Association for Standardization of Automation and Measuring Systems (ASAM) Open Scenario 기반의 가상 환경을 통해 실제 환경이 반영된 V2X 통신 성능 평가가 가능하다. 추후 5G Automotive Association (5GAA)의 TR 문서를 기반으로 시뮬레이션 가능한 서비스 시나리오를 확장하고, 다양한 시나리오를 하나의 주행 환경에서 평가할 수 있도록 시뮬레이션 기능 확장을 통해 보다 현실적인 주행환경에서 V2X 통신 성능을 향상하기 위한 무선 자원 할당, 분산 혼잡 제어 등의 연구 계획에 있다.

### I. Vehicle to Everything (V2X)

자율 주행 기술은 최근 몇 년 동안 사회적 관심을 받으며 기술의 발전을 이루고 있다. 그러나 현재 자율 주행 시스템은 로컬 제어 및 센서 비전 시스템에만 의존하기 때문에 센서 오류 및 음영지역, 차량 간 협력 부재 등의 문제가 존재한다. Vehicle to Everything (V2X) 무선 통신 기술은 센서의 인식 범위를 넘어 주변 차량을 인식할 수 있으며, 주행 정보 및 의도 등을 전달해 차량 간 협력 주행을 가능하게 한다. 이러한 V2X 기술은 차량과 차량 (V2V) 이외에도 차량과 인프라 (V2I), 차량과 보행자 (V2P), 차량과 네트워크 (V2N) 등의 통신을 포함하는 기술이다.

초기 V2X는 Institute of Electrical Engineers (IEEE)에서 표준화한 Dedicated Short Range Communications (DSRC) 기반의 Wireless Access for Vehicle Environment (WAVE) 표준을 기반으로 논의되었다. 이후 WAVE 표준과 관련된 많은 연구를 통해 불안정한 네트워크와 취약한 보안 등의 기술적 한계로 차량 통신의 이동성 및 서비스 품질을 지원하는데 제한이 있다는 것이 알려졌다<sup>[1]</sup>.

이러한 기술적 취약점을 보완하기 위해 Long Term Evolution (LTE) 기반의 Cellular-V2X (C-V2X) 통신 표준이 3rd Generation Partnership Project (3GPP) Release 14, 15에서 표준화되었으며, 이후 Release 16부터 5G 기반의 New Radio-V2X (NR-V2X) 기술을 차량 통신에 적용하도록 표준화되었다.

### II. V2X 통신 시뮬레이터

V2X 통신 성능 평가는 MATLAB 기반으로 제작된 Open-Source 시

뮬레이터인 WiLabV2Xsim을 이용한다<sup>[2]</sup>. 해당 시뮬레이터는 3GPP C-V2X 및 NR-V2X 통신 표준을 바탕으로 Physical Layer와 Medium Access Control (MAC) Layer가 통합된 System Level Simulator이며, Packet Delivery per Ratio (PDR), Inter Packet Gap (IGP)과 같은 패킷 송수신에 관련된 통신 성능 및 Channel Busy Ratio (CBR)와 같은 채널의 혼잡도에 대한 성능 평가가 가능하다.

또한 V2X 통신을 수행하기 위한 차량 생성 및 도로 시나리오 설정 등이 가능하다. 그러나 해당 기능은 차량의 밀도를 변경하거나 미리 설정된 도로 시나리오만 사용할 수 있기 때문에 실제 도로 상황을 반영한 시뮬레이션이 불가능하다. 이러한 문제점을 보완하고자 실제 도로 및 주행환경을 모델링하고, 차량의 주행 및 동역학 제어가 가능한 트래픽 시뮬레이터와 통신 시뮬레이터가 결합된 통합 시뮬레이터를 제안한다.

### III. 트래픽 시뮬레이터

제안하는 통합 시뮬레이터의 트래픽 시뮬레이터는 VIRES에서 개발한 Virtual Test Drive (VTD)를 사용한다. VTD는 Advanced Driver Assistance System (ADAS)와 자율 주행 시스템을 개발하는 데 사용될 뿐 아니라 Association for Standardization of Automation and Measuring Systems (ASAM) Open Scenario 기반의 가상 환경을 생성, 구성, 구현 및 평가할 수 있는 시뮬레이터이다. 또한 물리적 센서 시뮬레이션, 복잡한 트래픽 시나리오 시뮬레이션, 날씨와 같은 주행환경 시나리오 시뮬레이션 등이 가능해 실제 주행환경 모델링 및 시나리오 제작을 통해 WiLabV2Xsim의 문제점을 보완해 실제 환경과 유사한 상황에서 V2X

통신 평가를 가능하게 한다.

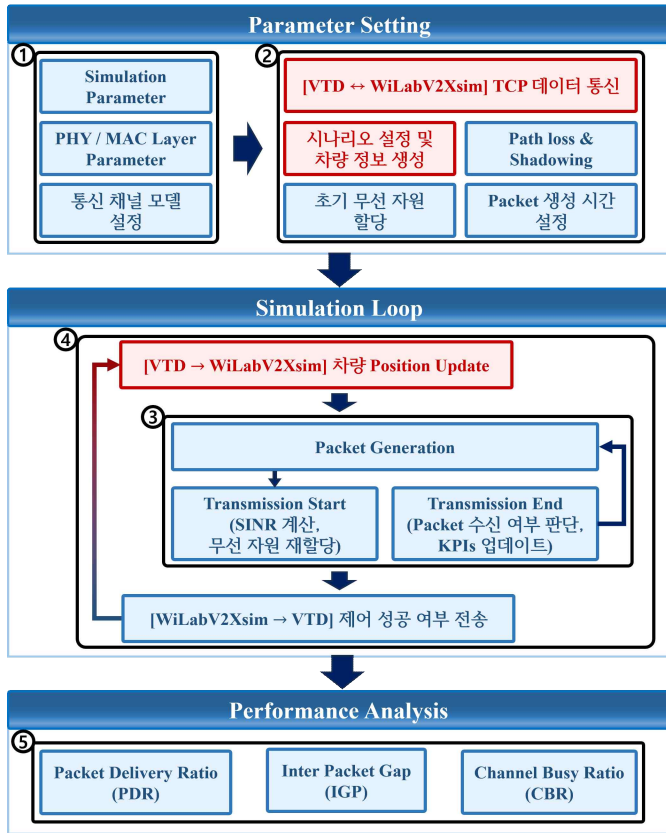


그림 1. 트래픽-통신 통합 시뮬레이터 블록도

#### IV. 트래픽, 통신 통합 시뮬레이터

제안하는 통합 시뮬레이터는 V2X 통신 시뮬레이터의 주행환경 및 시나리오, 차량 위치 업데이트 등의 부분을 트래픽 시뮬레이터인 VTD가 대체하는 형태이며, 시뮬레이터 간 TCP 방식의 실시간 데이터 교환을 통해 동작한다.

시뮬레이션에 사용되는 시나리오는 사전 제작된 시나리오 혹은 평가하고자 하는 시나리오를 제작해 평가할 수 있다. 사전 제작된 시나리오의 경우 3GPP TR 22.886에서 표준화된 Use Case 중 Platooning / Extended Sensor / Advanced Driving과 다양한 도로 유형이 결합된 특정 서비스 제공을 위한 시나리오의 형태이다. 사전 제작된 시나리오 이외에도 도로의 길이, 폭, 차선 수, 차량 위치, 유형 등을 자유롭게 설정해 평가하고자 하는 시나리오 제작이 가능하다.

선택된 시나리오의 평가를 위해 VTD는 차량 인덱스, 유형, 위치, 시나리오 타입 등의 정보를 WiLabV2Xsim으로 전송한다. WiLabV2Xsim은 수신한 정보를 바탕으로 시뮬레이션을 수행하며, 주행 제어가 필요한 차량의 경우 통신 결과에 따라 주행 제어 가능 여부를 VTD로 전송한다.

제안하는 통합 시뮬레이터의 구조는 그림 1과 같으며, 파란색은 WiLabV2Xsim, 빨간색은 VTD 블록이다. 각 블록의 역할은 다음과 같다.

① 시뮬레이션 실행을 위한 파라미터와 PHY / MAC Layer에 해당하는 파라미터를 설정한다. 설정된 PHY / MAC Layer 파라미터에 따라 통신 채널 모델이 설정된다.

② VTD와 WiLabV2Xsim 사이 TCP 연결 테스트를 진행한다. TCP 연결이 성공적으로 이루어지면, VTD에 설정된 시나리오에 따라 차량 및 시나리오 정보를 WiLabV2Xsim으로 전송한다. WiLabV2Xsim은 이를

바탕으로 Pathloss 및 Shadowing을 계산하고 초기 무선 자원 할당 및 Packet 생성 시간을 설정한다.

③ 시뮬레이션 루프가 진행됨에 따라 Packet 생성, Packet 전송 및 SINR 계산, 무선 자원 재할당 알고리즘 수행, Packet 수신 성공 여부 판단, Key Point Indicators (KPIs) 업데이트 등의 기능을 수행한다. 해당 루프는 1 ms 마다 반복된다.

④ 3번의 결과로 제어 차량들의 제어 가능 여부가 Boolean 형태로 반환되며, 이를 VTD로 전송한다. VTD는 수신한 제어 정보를 바탕으로 제어 차량의 주행 제어를 실행하며, 업데이트된 차량 정보를 다시 WiLabV2Xsim으로 전송한다. 해당 루프는 100 ms 마다 반복된다.

⑤ 시뮬레이션이 종료되면 3번 과정에서 수집된 KPIs를 바탕으로 PDR, IPG, CBR과 같은 통신 성능을 출력한다.

#### V. 결론

본 논문에서는 다양한 실제 주행환경이 모델링된 시나리오를 바탕으로 V2X 통신 성능 평가를 위한 트래픽-통신 통합 시뮬레이터를 제안한다. 제안하는 통합 시뮬레이터는 기존 V2X 통신 시뮬레이터의 제한적인 도로 및 주행 시나리오 생성을 가능하게 하여 실 환경에 근접한 V2X 통신 성능 분석 및 평가가 가능하다.

향후 5G Automotive Association (5GAA) working group에서 작성한 Technical Report “C-V2X Use Cases and Service Level Requirements”의 다양한 서비스 시나리오를 시뮬레이터에서 평가할 수 있도록 시나리오 및 통신 시뮬레이터 기능을 개발하고, 여러 서비스 시나리오가 결합된 광범위한 주행 시나리오를 개발하고 평가할 수 있는 시뮬레이터 개발 예정이다. 이를 통해 기존 V2X 통신 성능을 향상하기 위한 무선 자원 할당, 분산 혼잡 제어 등의 알고리즘을 개발된 주행환경에서 검증하고, 개선하는 연구 계획에 있다.

#### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022-0-01053, 다중 통신기술 네트워크 로드밸런싱 기술개발)

이 논문은 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0020536, 2024년 산업혁신인재성장지원사업)

#### 참고 문헌

- [1] R. F. Atallah, M. J. Khabbaz, and C. M. Assi, “Vehicular networking: A survey on spectrum access technologies and persisting challenges,” Elsevier Veh. Commun., vol.2, no.3, pp.125 - 149, July 2015.
- [2] V. Todisco, S. Bartoletti, C. Campolo, A. Molinaro, A. O. Berthet and A. Bazzi, “Performance Analysis of Sidelink 5G-V2X Mode 2 Through an Open-Source Simulator,” in IEEE Access, vol. 9, pp. 145648-145661, 2021.