

차량 트래픽 생성 시뮬레이터를 활용한 V2V 시나리오 성능 분석

전병철, 남태식*, 이경재, 조한신

한밭대학교, 연세대학교*

30221177@edu.hanbat.ac.kr, ts.nam@yonsei.ac.kr*, kyoungjae@hanbat.ac.kr, hsjo@hanbat.ac.kr

Performance Analysis of V2V Scenarios Using Vehicle Traffic Generation Simulator

ByeongCheol Jeon, TaeSik Nam*, Kyoung-Jae Lee, Han-Shin Jo

Hanbat National University, Yonsei University*

요약

본 논문은 MATLAB 기반의 open-source 시뮬레이터 WiLabV2Xsim과 차량 트래픽 생성 시뮬레이터인 VISSIM의 통합 시뮬레이터를 제안한다. WiLabV2Xsim은 Physical Layer와 Medium Access Control (MAC) Layer를 통합하여 MAC Layer의 무선 자원 재할당의 성능을 분석하기 위한 시뮬레이터이며 3GPP에서 표준화된 Cellular-Vehicle to Everything (C-V2X)와 New Radio-V2X (NR-V2X)의 통신 프로토콜 스택이 구현되어 있다. VISSIM은 microscopic 시뮬레이션 프로그램으로 시각적 교통 소프트웨어 프로그램이며, 사용자가 도로를 자유롭게 편집할 수 있다. 기존의 WiLabV2Xsim은 정적인 차량 밀도와 한정된 도로 시나리오에서 통신 성능 평가가 이루어졌지만, 제안하는 통합 시뮬레이터는 동적인 차량 밀도와 현실적인 도로 시나리오에서의 통신 성능 평가가 가능하다는 장점이 있다. 향후 높은 QoS를 요구하는 서비스에 따라 통합 시뮬레이터 기반의 분산 혼잡 제어에 관한 연구 계획에 있다.

I. Vehicle to Everything (V2X)

Vehicle to Everything (V2X)는 차량이 유·무선망을 통해 다른 차량 및 도로 등 인프라가 구축된 사물과 정보를 교환하는 기술이다. 해당 기술에는 차량과 차량 (Vehicle to Vehicle, V2V), 차량과 보행자 (Vehicle to Pedestrian, V2P), 차량과 인프라 (Vehicle to Infrastructure, V2I), 차량과 네트워크 (Vehicle to Network, V2N) 등이 있다. 이러한 V2X 기술은 카메라 및 센서와 같은 자동차 전장 부품의 한계를 극복해 잠재적 교통사고를 예방할 수 있다.

기존의 차량 통신은 Wi-Fi 기반의 근거리 전용 통신인 Dedicated Short Range Communication (DSRC) 통신 프로토콜로 구성되어 V2X 시나리오에서 안전 메시지를 전달하고, 이동 통신 기반의 Cellular-V2X (C-V2X)는 3GPP에서 Release 12와 Release 13의 Device to Device (D2D)의 통신 프로토콜을 기반으로 Release 14와 Release 15를 통해 Long-Term Evolution (LTE) 통신 프로토콜을 따르는 C-V2X로 표준화되었다. New Radio-V2X (NR-V2X)는 C-V2X를 보완하기 위해 Release 16부터 표준화가 진행되었으며, C-V2X보다 더 높은 성능이 요구된다. 두 표준은 서로 호환되지 않으며 독립적으로 동작한다.

3GPP에서 표준화된 V2X 통신 기술은 MATLAB 기반의 WiLabV2Xsim에서 통신 성능 평가가 가능하다[2]. WiLabV2Xsim은 Open-Source 시뮬레이터로 C-V2X와 NR-V2X의 Physical layer와 Medium Access Control (MAC) layer를 통합하여 MAC layer의 무선 자원 재할당의 성능을 분석하기 위한 시뮬레이터이다[1].

본 논문에서는 통신 성능 분석 환경에서 제한적인 기존의 시뮬레이터를 개선하고자 차량 트래픽 생성 시뮬레이터와 통신 성능 분석 시뮬레이터의 통합 시뮬레이터를 제안한다.

II. 차량 트래픽 생성 시뮬레이터

차량 트래픽 생성 시뮬레이터인 VISSIM은 microscopic 시뮬레이션

프로그램으로 시각적 교통 소프트웨어이다. VISSIM은 교통류 모델과 광 신호 제어를 기반으로 하며, 교통류 모델은 차량 추종 모델과 차선 변경 모델을 기반으로 한다. VISSIM은 모든 세부 사항들을 현실적이고 정확하게 파악할 수 있도록, 차선 분할, 차량의 구성, 신호 제어 등의 다양한 제약조건 하에 교통 시나리오를 테스트할 수 있는 최적의 조건을 제공한다.

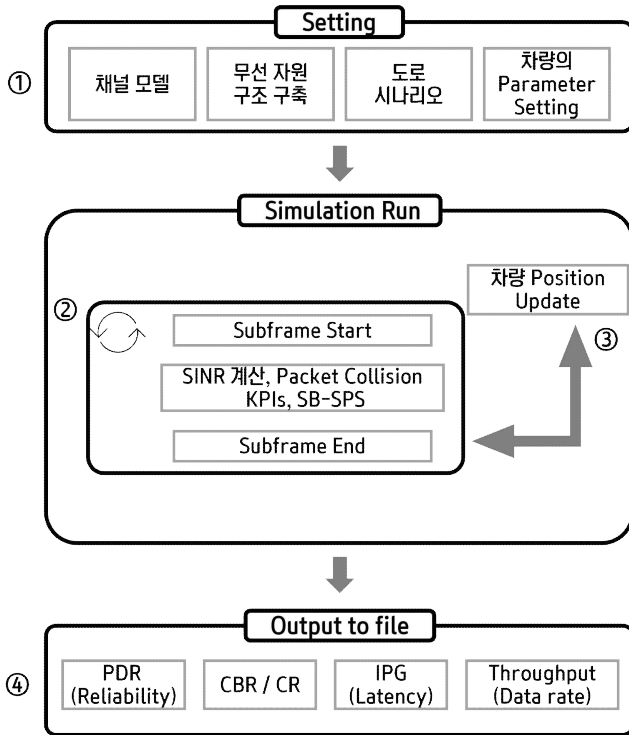
III. 통합 시뮬레이터

WiLabV2Xsim의 유럽 통신 표준 연구소 (European Telecommunications Standards Institute, ETSI)의 Highway, Urban Grid 두 가지 시나리오를 지원한다[2]. 두 가지 시나리오에 대해 도로의 길이, 도로 당 차선 수, 도로의 폭 등을 사용자가 설정할 수 있다. 시뮬레이션 상 차량은 정적인 밀도를 가지며 차량 밀도의 단위는 km당 차량 수인 ρ (vehicle/km)로 정의된다. 시뮬레이션이 종료될 때까지 차량의 밀도는 변하지 않는다. 도로 위의 차량은 도로 영역을 벗어나는 경우 반대편 도로에서 생성되는 wrap-around 방식이 적용되었다. 이처럼 제공되는 도로 시나리오가 한정적인 점과 정적인 차량 밀도를 이용하는 기존의 시뮬레이터는 현실적인 도로 상황에서의 성능을 분석하기에 어려움이 있다.

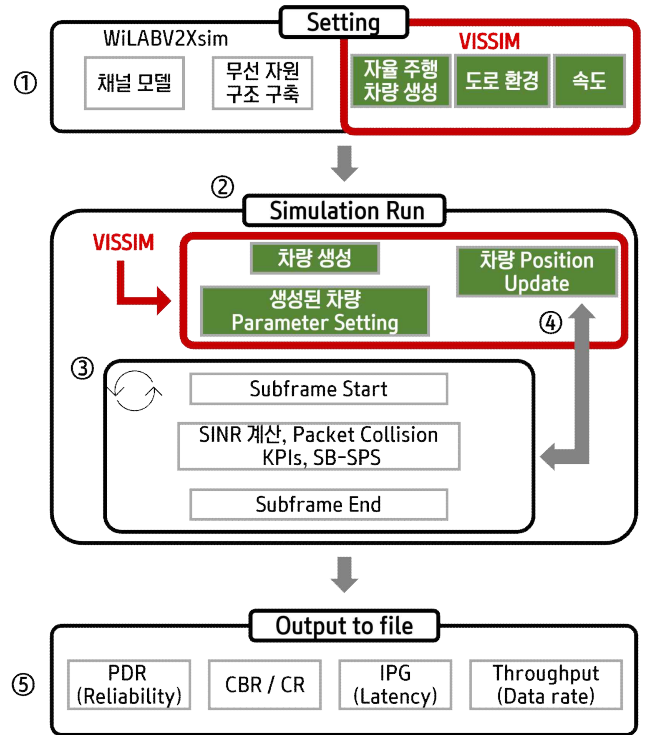
VISSIM의 차량 트래픽 및 도로 시나리오를 이용하는 경우 차량의 밀도는 동적으로 생성되며 단위는 시간당 차량 수인 volume (vehicle/hour)으로 정의된다. 도로 영역을 벗어나는 경우 차량은 소멸된다. 또한 기존 시뮬레이터와 상이하게 실제 지도에 맞춰 도로를 사용자가 자유롭게 편집할 수 있으며, volume을 통해 실제 차량 트래픽의 정보를 반영할 수 있다. 따라서 통합 시뮬레이터는 volume의 차량 밀도를 채택했다. 이처럼 VISSIM을 이용하여 다양한 시나리오에서 차량을 생성할 수 있어 현실적인 통신 성능 평가가 가능하다.

기존 시뮬레이터의 시뮬레이션 구조는 [그림 1]과 같으며, 각 블록에서 수행되는 역할은 다음과 같다.

- ① 각 차량의 시작 위치, 무선 자원 구조 구축, 초기 무선 자원 할당 설정



[그림 1] WiLabV2Xsim 블록도



[그림 2] 통합 시뮬레이터 블록도

및 채널 모델에 대한 정보를 설정한다.

- ② 패킷의 전송, SINR 계산, 무선 자원 재할당 알고리즘 수행, 패킷 전송에 따른 핵심 성과 지표 매트릭스 최신화 작업이 수행된다.
- ③ 각 차량은 매 주기 (100ms)마다 위치 정보를 최신화한다. 이는 path-loss 및 large scale fading (shadowing) 값의 최신화를 의미한다.
- ④ 시뮬레이션 종료 후 핵심 성과 지표에 대해 평가한다.

통합 시뮬레이터의 시뮬레이션 구조는 [그림 2]와 같다. [그림 2]의 각 블록에 해당하는 내용은 다음과 같다.

- ① 시뮬레이션 실행을 위한 Parameter 설정을 하며, MATLAB 기반의 시뮬레이터는 Physical Layer의 무선 자원 구조를 구축하며, 채널 모델에 대한 정보를 설정한다.
- ② MATLAB과 VISSIM의 설정이 끝난 뒤, VISSIM에서 생성된 차량의 위치 정보를 최신화하며, 생성된 차량들의 패킷 생성 시간, 자원 할당, 패킷의 크기, MCS 등을 설정한다.
- ③ 기존 시뮬레이터의 ②와 동일하다. 패킷의 전송, SINR 계산, 무선 자원 재할당 알고리즘 수행, 패킷 전송에 따른 핵심 성과 지표 매트릭스 계산 등이 수행된다.
- ④ 100ms의 간격으로 차량의 위치 정보 및 생성과 소멸에 대한 정보가 최신화된다. 이에 따라 path-loss 및 large-scale fading (shadowing) 이 최신화된다.
- ⑤ 시뮬레이션 종료 후 핵심 성과 지표를 출력한다.

IV. 결론

본 논문은 차량 트래픽 생성 시뮬레이터와 통신 성능 분석 시뮬레이터의 통합 시뮬레이터를 제안한다. 제안하는 통합 시뮬레이터의 경우 기존의 통신 성능 분석 시뮬레이터의 제한적인 성능 분석 환경을 개선할 수 있으며, 현실적인 상황에서의 통신 성능 분석이 가능하다.

향후 NR-V2X에서 지원하는 4가지 시나리오에 대해 특정 차량 트래픽

을 VISSIM으로 생성하고, NR-V2X의 높은 QoS를 만족하는 분산 혼잡 제어 기술을 적용하고 개발하는 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)

참고 문헌

- [1] 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, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3121151.
- [2] 3GPP, "TR 37.885 "Study on evaluation methodology of new Vehicle-to-Everything (V2X) use cases for LTE and NR (v15.3.0, Release 15)," 3GPP, Tech. Rep., June 2019.