

# 자율주행 VIL을 위한 가상환경, 엣지, 자율주행 시스템 통합 co-simulation 시스템 개발에 관한 연구

윤형석, 하성민, 손대호, 윤윤기, 김봉섭

지능형자동차부품진흥원

gudtjr0124@kiapi.or.kr, ha4100@kiapi.or.kr, httpx4@kiapi.or.kr, ykyoon@kiapi.or.kr, bskim@kiapi.or.kr

## Study on the development of a co-simulation system that integrates a virtual environment, edge system, and autonomous driving system for autonomous driving VIL

Yun Hyeongseok, Ha Seongmin, Son Daeho, Yoon Yunki Kim Bongseob

Korea Intelligent Automotive Parts Promotion Institute (KIAPI)

### 요약

본 논문은 엣지 연계 자율주행 VIL 시스템 개발을 위한 가상환경과 엣지 시스템, 자율주행 시스템을 통합하는 co-simulation 시스템 개발에 관한 연구로써, 가상환경을 구성하는 시뮬레이션 시스템과 실차 기반의 자율주행시스템, 인프라에 설치되어 교차로 내의 신호 정보를 제공하는 엣지 시스템을 연계하기 위한 co-simulation 시스템을 제안한다. 시뮬레이션과 자율주행 시스템, 자율주행 시스템과 엣지 시스템 간 데이터 교환을 위해 이더넷 연결 기반의 TCP 통신을 활용하여 co-simulation 시스템을 설계하였다. 설계된 co-simulation 시스템의 인터페이스를 구성하여 시뮬레이션은 자율주행 시스템으로 가상 객체의 정보(객체 위치, 속도, 방향 등)를 송신하고, 엣지 시스템은 구축된 교차로 주변의 신호 정보(현시정보, 잔여시간 등)를 송신한다. Co-simulation 시스템은 자율주행 시스템을 통해 자율주행차량을 중심으로 시뮬레이션의 가상 객체 정보와 엣지 데이터를 통합할 수 있었다. 이를 이용하여 추후 교차로가 포함된 도심 환경 기반의 시나리오를 설계하고, VIL 시스템을 통한 자율주행 기능 및 안전성 검증 수행이 가능하다.

### I. 서론

본 논문은 엣지 연계 자율주행 VIL(Vehicle-In-the-Loop) 시스템 개발을 위한 가상환경과 실제 자율주행차량, 그리고 인프라 내 신호 정보를 제공하는 엣지 시스템을 통합하는 co-simulation 시스템을 제안한다.

자율주행 기술의 발전과 함께 도심 환경에서의 안전하고 효율적인 차량운용을 위해서는 기존의 자율주행 검증 방식의 한계를 극복해야 한다. 기존 방식은 주로 단순한 시뮬레이션 및 폐쇄된 트랙에서의 테스트에 의존했으나, 이는 복잡한 도심 환경에서의 예측 불가능한 상황에 대응하기에 어려움이 존재한다. VIL 시스템은 실시간 데이터를 통해 이러한 복잡한 시나리오를 모델링하고 검증할 수 있는 기능을 제공하여, 자율주행 시스템의 실제 도로에서의 성능을 향상시키는 데 필수적이다. 또한, 실시간 데이터 교환 및 처리 능력의 중요성이 점차 증가하고 있으며, 특히 자율주행 차량이 실시간으로 주변 환경을 인식[1]하고 적절히 반응할 수 있도록 지원하는 엣지 컴퓨팅 기술은 이러한 요구를 충족하는 데 중요한 역할을 한다.

본 연구에서 제안하는 Co-simulation 시스템[2]은 가상환경[3, 4]에서 생성된 데이터와 실제 차량 및 엣지 시스템에서 수집된 데이터[5]를 통합하여, 보다 정확하고 신뢰성 높은 자율주행 시스템을 구현한다.

본 논문에서는 이더넷 연결 기반의 TCP 통신을 활용하여, 시뮬레이션 시스템과 자율주행 시스템, 그리고 자율주행 시스템과 엣지 시스템 간의 효율적인 데이터 교환을 가능하게 하는 인터페이스를 설계하였으며, 인터페이스를 통해, 시뮬레이션은 자율주행 시스템에 가상 객체의 정보(위치, 속도, 방향 등)를 송신하고, 엣지 시스템은 실시간 교차로의 신호 정보를 제공함으로써, 도심 환경 내에서의 자율주행차량의 안전성 및 효율성을

검증할 수 있다. 이러한 시스템을 통해 구현된 Co-simulation 시스템은 자율주행차량을 중심으로 한 가상 및 실제 데이터의 통합이 가능하다.

### II. 본론

#### 1. 시스템 인터페이스

본 논문에서 제안하는 가상환경, 자율주행 시스템 및 엣지 시스템을 통합하는 co-simulation 인터페이스 시스템은 다음 [그림 1]과 같다. 자율주행 시스템은 실제 자율주행차량에 장착된 co-simulation 시스템을 의미한다. 시뮬레이션과 co-simulation 시스템, 엣지 시스템과 co-simulation 시스템 간의 데이터 교환은 이더넷 연결 기반의 TCP 통신 방식을 활용하였다.

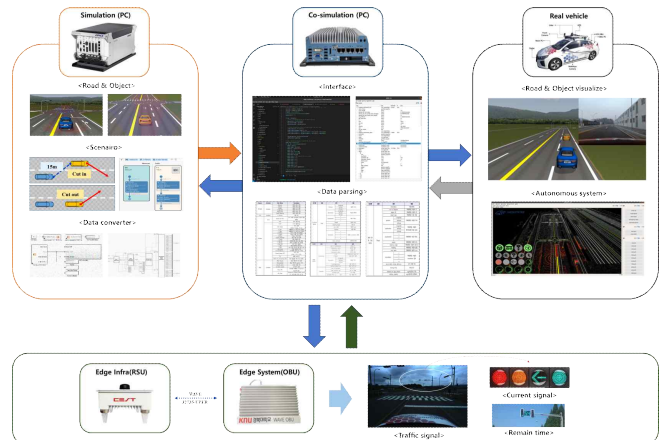


그림 1. Co-simulation 인터페이스 구성도

시뮬레이터에서는 가상환경 기반의 시뮬레이션에서 생성된 객체 데이터를 송신하고, 자율주행 시스템에서는 수신된 데이터를 분석하여 가상 객체 데이터를 활용한다. 엣지 시스템에서는 실제 교차로에 구축된 인프라 시스템에서 제공되는 신호등의 신호 정보(신호현시 정보, 잔여 시간 등)를 제공하고 자율주행시스템은 엣지 정보를 수신한다.

## 2. Co-simulation 시스템

Co-simulation 시스템은 자율주행 시스템을 통해 자율주행차량을 중심으로 차량, 가상 객체 정보 및 엣지 데이터를 통합하기 위한 시스템으로, 각 시스템의 정보를 연계하기 위해 차량의 정보(In-vehicle), 엣지 시스템(Edge), 가상 객체의 데이터를 포함하는 가상 데이터의 정보를 송·수신을 수행한다.

Co-simulation 시스템은 Linux, Ubuntu 20.04의 ROS(Robot Operating System) 환경 기반으로 구축을 진행하였으며, 데이터 교환 요소를 메시지 형태로 구성하고 TCP 통신을 활용하여 하드웨어 내 데이터 교환을 수행한다. 우선 시뮬레이션 내 가상의 객체 데이터들을 생성하고 구축한 인터페이스 시스템을 통해 데이터 교환 작업이 수행된다. 이후, 자율주행 시스템에서 가상 객체 데이터를 분석하여 통합을 수행한다.



그림 2. 시뮬레이션 내 가상 객체 데이터 생성 예시

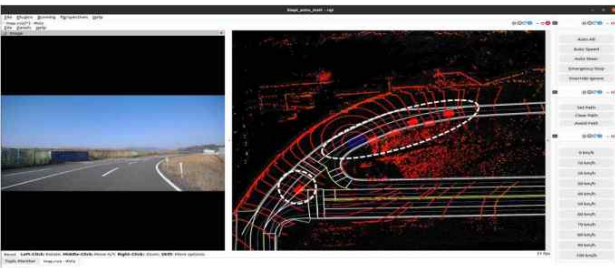


그림 3. 자율주행 시스템 내 가상 객체 데이터 통합 예시

[그림 3]을 참고하면 자율주행 시스템 내 실제 도로에는 차량이 없으나 시각화된 부분을 확인하면 가상 객체 데이터가 포함된 것을 확인할 수 있다. 또한, 엣지 시스템과의 연계를 통해서 자율주행 시스템은 경로 내 포함되어 있는 교차로의 신호 정보를 수신할 수 있으며, 이를 통해 신호와 연계한 주행 테스트를 수행할 수 있다.



그림 4. Co-simulation 시스템 시각화 결과

가상환경과 엣지 시스템, 자율주행 시스템이 통합된 co-simulation 시스템은 [그림 4]와 같이 가상 객체의 정보, 실제 차량 주변의 객체 정보, 신호 정보 및 차량 내부 정보를 포함하고 있다. 이를 통해 가상-현실 정보를 융합한 형태의 VIL 테스트가 가능하며, 현실-가상 융합과 엣지 연동을 기반으로 정밀한 주변 환경 및 객체의 모사와 이동 엣지 연동 시나리오가 요구되는 미래 레벨 4 이상 자율주행 환경에서 차별화된 가상환경 기반의 자율주행 성능 검증이 가능할 것이다.

## III. 결론

본 논문에서는 엣지 연계 자율주행 VIL(Vehicle-In-the-Loop) 시스템의 개발을 통해, 가상환경과 실제 자율주행차량 및 인프라 간의 데이터 교환을 가능하게 하는 인터페이스 시스템을 제안하였다. 본 시스템은 TCP 통신을 기반으로 하는 이더넷 연결을 활용하여, 실시간으로 가상 객체 정보와 엣지 시스템의 신호 정보를 자율주행 시스템과 교환함으로써, 가상과 실제 환경의 융합을 진행하였으며, 이를 통해 도심 환경 내에서 자율주행 차량의 안전성과 효율성을 실제로 검증할 수 있는 기반을 마련하였다. 향후 연구에서는 다양한 도심 환경 시나리오에 대한 테스트와 함께, 시스템의 범용성과 확장성을 더욱 강화하여, 레벨 4 이상의 자율주행 환경에서의 성능 검증을 목표로 한다.

## ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation(IITP) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. 2021-0-01414, Development of reality-virtual information convergence and edge-based autonomous driving simulation SW technology).

## 참고 문헌

- [1] Yun Hyeongseok, Lee Myungsu, Yoon Haeun, Kim Seyeong, Kim Bongseob, & Yun Kyungsu (2023-02-08). A study on the method of detecting surrounding objects using autonomous vehicle FOT (Field Operational Test) data. Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences.
- [2] Yun Hyeong Seok, Kim Se Yeong, Kim Bong Seob, & Yun Kyung Su (2022-11-16). Development of co-simulation framework linked to vehicle, AI solution, and edge server for convergence of real and virtual information. Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences.
- [3] Seonyoung Lee, Youngbo Shim, Changgwe Park, & Kyungwon Min (2021-06-16). Autonomous driving simulation SW technology for reality-virtual information convergence. Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences.
- [4] <https://carla.org/>
- [5] Jongho Han, Bonggyun Jo, Jaehoon Jeong, Hyeongseok Yun, Kyungsu Yun, & Byungdo Kang (2023-11-15). Development of Data Transmission System for Test Safety Support of VILS Vehicle in PG. KASE 2023 Annual Conference & Exhibition.