

엣지연계형 Level4 자율주행 기술 검증용 멀티에이전트 시뮬레이션 SW 개발을 위한 아키텍처 및 핵심요소 설계방안

민경원, 박창규, 심영보, 손행선, 이선영

한국전자기술연구원

(minkw, chgpark, youngbo.shim, hsson, drleesy)@keti.re.kr

A study on multi-agent simulation SW architecture and key elements for edge connected Level4 autonomous driving SW verification and validation

KyoungWon Min, ChangGyu Park, YoungBo Shim, Hangson Son, SeonYoung Lee

Korea Electronics Technology Institute

요 약

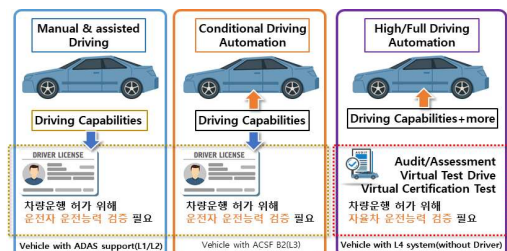
제한적인 운행조건에서만 자율주행이 가능한 Level3 이하의 자율주행 기술과는 달리 Level4 이상 자율주행은 대부분의 운행 조건에서 차량에 탑재된 자율주행 로직에 의해 자율주행이 수행되므로 다양한 상황과 조건에서도 자율주행 로직을 통해 자율주행이 안정적으로 수행될 수 있음을 확인하는 검증과 인증이 필수적으로 요구되게 되며 이로 인해 가상환경에서 다양한 도로요소 및 환경조건을 생성하여 검증할 수 있는 자율주행 시뮬레이션 SW는 그 중요성을 더하고 있다. 본 연구는 임의의 다수 자율주행 자동차가 비 자율주행 자동차와 혼재되어 주행하는 혼류 주행환경을 가상환경에서 모사, 구현하기 위해 다수의 사용자가 대규모 자율주행 가상환경에 접속하여 개별 자율주행 로직을 하나의 에이전트로써 운용 가능한 메타버스 기반의 가상 도로환경을 구축하고 이를 통해 보다 현실적인 가상 운행상황에서 자율주행 로직 검증이 가능하도록 하는 “멀티에이전트기반의 자율주행 시뮬레이션SW”의 아키텍처 및 핵심요소를 고찰한다.

1. 서 론

가상환경기술을 이용하여 차량의 다양한 성능을 검증할 수 있도록 하는 시뮬레이션SW는 컴퓨터의 연산능력 향상과 더불어 전통적인 HMI(Human Machine Interface), Dynamics 검증용 Driving Simulator, Dynamics Modeling 분야를 위시하여 AEB(Advanced Emergency Braking)과 같은 EURO-NCAP의 안전 요구사항에 부합하기 위한 가상 검증용 시뮬레이션 용도까지 다양한 형태로 활용분야를 확대시켜왔다.

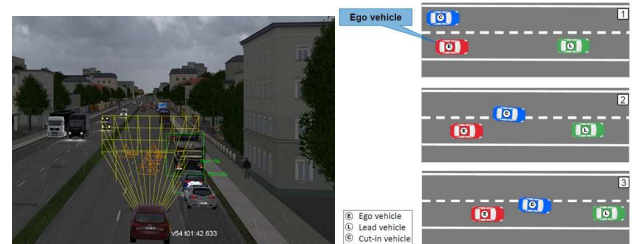
특히 최근 몇 년간은 인공지능을 기반으로 한 자율주행 기술이 급격한 발전함에 따라 자율주행 차량에 탑재된 자율주행 인지, 판단, 경로탐색 및 제어로직을 검증하기 위한 다양한 형태의 자율주행 시뮬레이션 SW 또한 다양하게 개발되어왔다. [1]

ODD(Operational Design Domain)이 지극히 제한적인 Level3 이하의 자율주행 환경에서는 DDT(Dynamic Driving Task)의 대부분을 운전자가 담당하게 되므로 차량의 운전능력 검증의 대상이 운전자인데 반해 ODD의 제한이 미미하고, DDT의 내부분을 시스템이 담당하게되는 Level4 이상의 자율주행 환경에서는 자율주행 차량에 탑재된 자율주행 로직에 대한 운전능력 검증이 매우 중요하게 된다.



[그림 1.] 자율주행 단계에 따른 운전능력 검증의 대상 변화

기존의 자율주행 시뮬레이션SW는 실험 대상인 자율주행 로직을 탑재한 단일 Ego-vehicle을 중심으로 주변의 NPC(Non Player Character)를 이동시키거나 날씨, 조도, 도로상황 등을 시나리오에 따라 변화시킴으로써 자율주행 로직이 운용 조건과 환경 변화에 따라 어떠한 동작을 수행하는 지 검증하는 데 중점을 두어왔다.



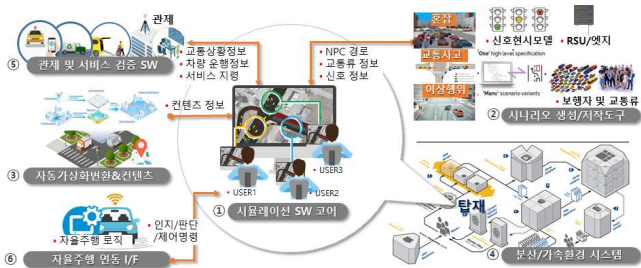
[그림 2.] 자율주행 시뮬레이션SW(좌) 및 운용 시나리오(우) [2],[3]

그러나 본격 자율주행단계인 Lv.4 이상 자율주행 환경에서는 동종 또는 이종의 자율주행 자동차 다수가 각기 다른 자율주행 로직을 탑재하고, 비 자율주행 차량과 동시에 복잡한 대규모 도심 도로 및 교통환경에서 혼류 운행 하게 되므로 실 도로에서 자율주행차의 운전 성능을 검증하는 데는 많은 시간과 노력이 요구될 뿐 아니라 사고의 위험성 또한 매우 높아지게 된다. 따라서 이러한 실 도로 상황을 가상 환경에서 충실히 재현하도록 하여 실 운행 환경과 유사한 조건에서 이종의 자율주행 로직을 탑재한 멀티 에이전트 들이 가상환경에서 Level4 자율주행 차량의 운전능력을 검증 가능한 멀티에이전트 시뮬레이션SW 개발이 요구된다.

II. 본론

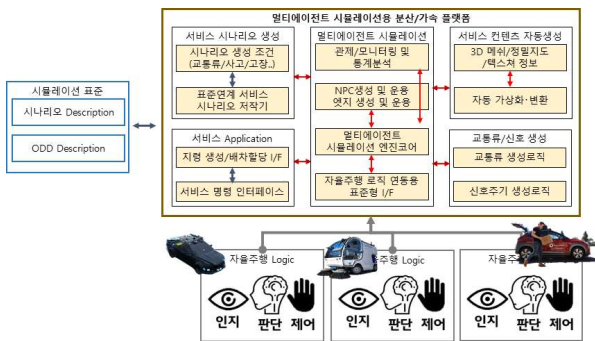
본 논문에서는 실도로 환경을 모사한 대규모 도심급 가상 자율주행 환경을 기반으로 다양한 자율주행 서비스 검증이 가능한 멀티에이전트 기반

가상 시물레이션SW 개발을 위한 아키텍처 및 핵심요소를 분석한다. 다음의 [그림 3.]은 멀티에이전트 시물레이션 SW의 구성요소와 이들간의 데이터 흐름도를 나타낸다. 전술한 바와 같이 “동중 또는 이중의 자율주행 자동차 다수가 각기 다른 자율주행 로직을 탑재하고, 비 자율주행 차량과 동시에 복잡한 대규모 도심 도로 및 교통환경에서 혼류 운행되는” 모의 자율주행 환경의 구현을 위해, 대규모 가상 컨테이너환경을 탑재한 시물레이션SW 코어에 각 유저가 자율주행 연동 I/F에 기반하여 접속하여 자율주행 로직을 운용하며, 이때 도로 환경 조건은 시나리오 생성/저작도구에 기반하여 정상, 혼잡, 교통사고, 이상행위 등의 보행자 및 차량 NPC의 교통류 흐름을 구현하고 신호현시 모델에 따른 신호제어를 수행하도록 멀티에이전트 시물레이션SW의 구조로 핵심 요소를 정의하였다. 또한 이러한 시물레이션 SW코어내의 NPC와 자율주행 차량의 운행, 교통상황 및 신호운용상황 등은 내장된 관제 SW모듈을 통해 모니터링되며 최종적으로 이러한 시물레이션 SW의 동작은 클라우드 기반의 멀티 서버시스템에 탑재되어 분산 가속처리될 수 있도록 시스템 구성을 정의하였다.



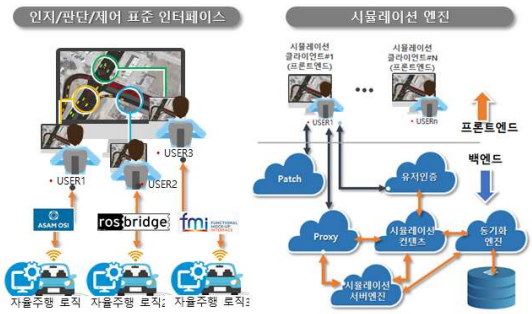
[그림 3.] 멀티에이전트 시물레이션SW 구성요소

상기 기능과 데이터 흐름을 구현하는 멀티에이전트 시물레이션SW는 다음의 [그림 4.]와 같은 단위 기능구조를 기반으로 구성된다.



[그림 4.] 멀티에이전트 시물레이션SW 아키텍처

이중, 자율주행 엔진은 [그림 5]와 같이 클라우드(Cloud) 및 온프레미스(on-Premis)형태의 백엔드/프론트엔드 형태로 구성되며 자율주행 로직과의 인터페이스는 OSI, ROS-Bridge, fmi와 같은 표준 규격 기반의 인터페이스를 통하여 유저가 자신의 자율주행 로직을 온프레미스 형태의 프론트엔드 시물레이터 단말에 접속하여 운용하도록 설계되었다. 또한 시물레이터 엔진에 탑재된 컨테이너 상에 구성되는 차량, 보행자 등 NPC와 신호등 및 교통 제어요소 등은 [그림 6.]과 같이 신호현시모델 운용조건, 교통류의 이동방향, 속도 및 군집도, RSU/엠티의 운용 조건, 기타 인프라 및 NPC등의 오류조건 등의 요소를 입력으로 Scenario Description SW를 통해 Markup Language기반의 Scenario Descriptor로 출력하고 이를 시물레이션 SW상에 입력하여 제어, 구현되도록 구조설계 되었다.



[그림 5.] 자율주행 로직 I/F 및 시물레이션 엔진 구조



[그림 6.] 시나리오 저작기 구조

III. 결론

본 논문에서는 자율주행차량과 비 자율주행 차량이 동시에 복잡한 대규모 도심 도로 및 교통환경에서 혼류운행 하게 되는 본격적인 실 도로 자율주행 상황을 모사 가능한 멀티에이전트 시물레이션SW의 아키텍처 및 구성요소의 설계방안을 간략히 살펴보았다.

Level3 이하의 자율주행과는 달리 대부분의 조건들을 ODD 범주내에 포함하는 Level4 이상 자율주행 자동차의 운전능력 검증은 많은 시간과 노력이 요구될 뿐 아니라 실도로에서 테스트시 사고의 위험성 또한 매우 높아지게 된다. 따라서 이러한 실 도로 혼류 주행 상황을 가상 환경에서 충실히 재현하여 실 운행 환경과 유사하게 이중의 자율주행 로직에 대한 검증이 가능하도록 하는 멀티에이전트 시물레이션SW는 높은 단계의 자율주행 기술 등장에 따라 필수적으로 요구되는 기술 요소임을 알 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021-0-01415, 엠티연계 도심형 자율주행 서비스 검증을 위한 테스트 시나리오 생성 및 멀티에이전트기반 시물레이션SW 기술개발)

참 고 문 헌

- [1] Prabhjot Kaur et al., "A Survey on Simulators for Testing Self-Driving Cars". CoRR abs/2101.05337 (2021)
- [2] "AVL and MSC Software to Collaborate on Autonomous Vehicle Projects", (<https://www.mscsoftware.com/kr/news/>)
- [3] H. Hungar et al. "Test Specifications for Highly Automated Driving Functions: Highway Pilot", DLR / PEGASUS project Autonomous Vehicle Test & Development Symposium, Jun. 2017.