

자율주행 시뮬레이터의 종합적인 분석과 성능 비교에 관한 연구

박수현, *박주희, **한정희
한국항공대학교

tngus000204@kau.kr, *gkrwngml0706@kau.kr, **junghee@kau.ac.kr

Comprehensive Analysis and Performance Comparison of Autonomous Driving Simulators

Park su hyeon, Park ju hui, Han jung hee
Korea Aerospace Univ.

요약

최근 자율주행 기술의 발전에 따라 자율주행 시스템의 안정성과 성능을 평가하기 위한 새로운 시뮬레이션 도구의 필요성이 대두되었다. 본 논문에서는 CARLA, LGSVL Simulator, Gazebo, MATLAB/Simulink, PreScan, CarSim 등 여러 자율주행 시뮬레이터들에 주목하여, 각 시뮬레이터의 특징과 장단점을 체계적으로 비교하고자 한다.

I. 서론

현대 자율주행 기술의 발전은 도로 안전성 및 효율성을 향상시키는 데 큰 기여를 하고 있다. 자율주행 차량이 다양한 환경에서 안전하게 운행하기 위해서는 테스트가 필수적이다. 그러나 현실 도로에서의 테스트와 실험은 많은 제약과 높은 비용을 필요로 한다. 자율주행 시뮬레이터는 가상 환경에서 다양한 도로 상황 및 환경을 모델링하여 자율주행 시스템의 성능을 테스트하고 검증하는 데 사용된다. 따라서 안전하면서도 효율적인 테스트 환경을 제공하기 위해 자율주행 시뮬레이터의 수요가 높아지고 있다.

본 논문에서는 최근 등장한 다양한 자율주행 시뮬레이터들을 종합적으로 비교하여 각각의 특징과 장단점을 분석하고, 각 시뮬레이터가 사용되는 상황을 제시한다. 또한, 이러한 자율주행 시뮬레이터들에 대한 객관적이고 비교적 간단한 지표를 제공함으로써, 필요에 맞는 적합한 시뮬레이터 선택에 도움을 주고자 하였다.

II. 본론

본 논문에서는 자율주행 기술을 개발하는 데 사용되는 주요 시뮬레이터중 CARLA, LGSVL Simulator, Gazebo, MATLAB/Simulink, PreScan, CarSim 를 비교, 분석하고자 한다.

CARLA[2]는 오픈 소스 기반의 자율주행 시뮬레이터로, 실제 도로 환경을 높은 품질로 모방할 수 있다. Python 및 C++을 지원하며, Unity 엔진을 기반으로 한 시각적인 효과를 제공한다. 디테일한 시뮬레이션 환경과 뛰어난 시각화로 실제 상황에 가까운 테스트를 가능하게 한다. 단, 시스템 요구 사항이 높고, 사용자의 학습에 어려움이 있다는 한계점이 있다.

LGSVL Simulator[3]는 Unity 엔진을 기반으로 하여 사용자 친화적인 GUI 를 활용한 주행 알고리즘 테스트가 가능하다. ROS1, ROS2, Cyber RT 메시지를 지원하여 다양한 AD 스택과 통합이 가능하다. Python API 를 통한

환경 제어와 HDRP 기술을 사용한 고품질 시각화를 제공한다. 그러나 Documentation 이 미흡하며 초기 개발 단계의 기능이 부족한 편이다.

Gazebo[4]는 오픈 소스 3D 시뮬레이터로 로봇 및 자율주행 차량 시뮬레이션에 활용된다. 다양한 물리 엔진과 OGRE 라이브러리를 지원하여 고품질 렌더링이 가능하고, ROS 와의 연동을 통해 로봇 기반 시스템에 적합하다. 확장성이 높은 시뮬레이터로서, 사용자가 원하는 대로 환경을 세밀하게 제어하고 조작할 수 있지만 이러한 유연성 때문에 사용자가 초기에 시뮬레이션 환경을 구성하고 관리하는 데 어려움을 겪을 수 있다.

MATLAB/Simulink[5]는 수학적 모델링 및 시뮬레이션 도구로, 간편한 로직 블록을 통해 상위 수준의 알고리즘 테스트에 적합하다. 빠른 플로팅 기능과 함께 여러 ADAS 기능의 시뮬레이션을 지원하며, HERE HD 라이브 맵 데이터 및 OpenDRIVE 로드 네트워크를 사용하여 다양한 디자인 및 테스트 목적에 활용 가능하다. Hardware In the Loop (HIL) 테스트 및 C/C++ 코드 생성도 지원한다.

PreScan[6]은 ADAS 및 자율주행 차량의 설계, 시뮬레이션 및 테스트를 위한 프레임워크를 제공한다. 가상 교통 조건 및 현실적인 환경을 통해 지능형 시스템을 효과적으로 테스트할 수 있다. 자체 센서 슈트, 제어 논리 및 충돌 경고 기능을 커스터마이징할 수 있으며, 하드웨어 인 더 루프(HIL) 시뮬레이션을 지원하여 ECU 평가가 가능하다. 또한, 실시간 데이터 및 GPS 차량 데이터 레코딩을 지원하여 실제 환경에서 얻기 어려운 시나리오를 재현할 수 있다.

CarSim[7]은 산업 및 학계에서 일반적으로 사용되는 차량 시뮬레이터로, ADAS 및 자율주행 차량의 시뮬레이션을 지원한다. 최대 200 개의 독립적인 위치 및 동작을 가진 객체를 지원하며, 정적 객체와 동적 객체 간의 다양한 시나리오를 재현할 수 있다. 또한 다양한 수학적 모델을 사용하여 차량 동역학 시뮬레이션을 튜닝할

수 있는 기능을 제공하며, Matlab 및 LabVIEW 와 같은 다른 소프트웨어와의 인터페이스도 제공한다.

각 시뮬레이터는 사용자의 목적이나 요구 사항에 따라 선택하여 사용 가능하다. 아래 Table 1 에서 각 시뮬레이터의 특징과 어떤 목적에 적합한지, 각 목적에 따라 사용된 사례를 표로 제시하였다.

III. 결론

각 시뮬레이터는 다양한 특징과 용도를 가지고 있어 연구 목적과 필요에 따라 적절한 시뮬레이터를 선택함으로써 실제 도로 상황에서 자율주행 시스템을 안전하게 테스트하고 개발할 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구논문은 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아

수행된 연구임 (NRF-2022R1A2C1009302)

참 고 문 헌

[1] Prabhjot Kaur, Samira Taghavi, Zhaofeng Tian, and Weisong Shi "A Survey on Simulators for Testing Self-Driving Cars"

[2] CARLA. https://carla.readthedocs.io/en/latest/start_quickstart/

[3] LGSVL. "LGSVL Simulator: A High Fidelity Simulator for Autonomous Driving"

[4] GAZEBO. <https://gazebo.org/docs>

[5] Simulink . <https://kr.mathworks.com/solutions/automated-driving.html>

[6] PreScan. https://kr.mathworks.com/products/connections/product_detail/prescan.html

[7] CarSim <https://www.carsim.com/products/carsim/>

[8] Alexey Dosovitskiy and German Ros and Felipe Codevilla and Antonio Lopez and Vladlen Koltun, "CARLA: An Open Urban Driving Simulator", 2017.

[9] by Zandra B. Rivera, Marco C. De Simone , Domenico Guida, "Unmanned Ground Vehicle Modelling in Gazebo/ROS-Based Environments", 2019.

[10] K.Dhananjay Rao, "Modeling, Simulation and Control of Semi Active Suspension System for Automobiles under MATLAB Simulink using PID Controller", 2014.

[11] Qiang Zhang, Daxing Chen, Yusheng Li & Keqiang Li. "Research on Performance Test Method of Lane Departure Warning System with PreScan", 2014.

[12] Yim, Seongjin, "Performance Improvement of Integrated Chassis Control with Determination of Rear Wheel Steering Angle", 2016.

Table 1 : 시뮬레이터 대표 특성 및 목적 비교

	CARLA	LGSVL	Gazebo	MATLAB/Simulink	PreScan	CarSim
사용가능 센서	카메라, 라이다(LiDAR) , 초음파 센서, 레이더, GPS, IMU (Inertial Measurement Unit)	카메라, 라이다(LiDAR) , 초음파 센서, 레이더, GPS, IMU (Inertial Measurement Unit)	카메라, 라이다(LiDAR) , 레이더, GPS, IMU (Inertial Measurement Unit)	카메라, 라이다(LiDAR), 레이더, GPS, IMU (Inertial Measurement Unit)	카메라, 라이다(LiDAR) , 레이더, GPS, IMU (Inertial Measurement Unit)	레이더, GPS, IMU (Inertial Measurement Unit)
날씨조건 설정	가능	가능	불가능	불가능	가능	불가능
오픈소스 여부	Y	Y	Y	N	N	N
사용언어	C++ , Python	C#	C++ , Python	MATLAB, Simulink	MATLAB, Simulink	C++
사용목적	자율주행 차량 및 도로 환경 시뮬레이션	자율주행 알고리즘 및 시스템 통합 테스트	다목적 로봇 및 드론 시뮬레이션	ADAS 및 자율주행 시스템의 상위 수준 알고리즘 테스트	센서 퓨전 및 자율주행 시스템 테스트	차량 제어 알고리즘 및 동역학 및 모델링
사용사례	[8]	Used in LG Electronics	[9]	[10]	[11]	[12]