

심층강화학습을 이용한 자율주행 기술 및 시뮬레이터 동향

유민재, 정소이*, 김중헌
고려대학교, *한림대학교

mj7015@korea.ac.kr, *sjung@hallym.ac.kr, joongheon@korea.ac.kr

A Study on the autonomous driving technology and simulator using deep reinforcement learning

Minjae Yoo, Soyi Jung*, Joongheon Kim
Korea University, *Hallym University

요약

최근 강화학습에 딥러닝을 적용하여 여러 복잡한 문제를 해결하는 연구들이 활발히 이루어지고 있으나 실제 세계에서 학습시키기에는 시간, 비용, 난이도 측면에 많은 어려움이 있다. 이를 위해 실제 환경과 유사한 가상 환경에서 실제 대비 적은 비용으로 시뮬레이션 및 학습을 하여 최적의 목표에 달성할 수 있다. 본 논문은 심층 강화학습을 이용한 자율주행 기술에 대한 연구들을 소개하고, 이들이 이용한 시뮬레이터를 비교하며 각 알고리즘, 시뮬레이터가 갖는 장단점을 통해 다양한 상황에 적용 가능한 연구를 기대할 수 있다.

I. 서론

강화학습(Reinforcement Learning)은 에이전트가 주변 환경과 상호작용을 통하여 얻는 보상을 최대화하는 문제를 해결하기 적합한 인공지능 기반 기계학습 알고리즘 중 하나이다. 이는 사전지식 없이 미지의 환경에서 시행착오를 겪어가며 행동에 대한 보상 또는 벌칙을 받으며 매 상황에서의 선택에 대한 가치를 배워 나가는 특징을 갖는다.

자율 주행의 경우 환경의 상태 공간과 입력 이미지에선 동적으로 변하고 예측할 수 없는 행동을 할 수 있는 매우 복잡한 배경과 내부의 인간과 같은 개체가 포함된다. 여기에는 물체 감지, 장면 이해, 깊이 추정과 같은 많은 어려운 비전 작업이 포함된다. 자율주행 드론의 경우, 차량보다 복잡한 환경에서 충돌 없는 주행을 위해 강화학습을 적용한 연구도 진행되고 있다[1-4]. 차량의 경우, 최근 모방학습 및 심층 강화학습을 통한 기계학습을 적용한 연구들은 충돌을 최소화 하기위해 개선된 데이터 기반 접근 방식을 제안했다[5]. 자율주행차량에 탑재된 라이다, 레이더, 가속도 센서 등의 탑재 센서를 통해 주변 환경을 인식하여 최적의 주행전략을 학습하는 것을 관찰하였다.

하지만 이러한 자율주행 기술을 개발하려면 많은 시간과 비용이 필요하지만 시뮬레이션을 통해 개발 및 검증한다면 실제 차량에서 실행하기 어려운 실험을 간단히 행할 수 있고, 실제와 같은 환경에서 거의 같은 상황을 연출할 수 있어 실제 실험과 같은 결과를 얻어 낼 수 있다. 그리고 시뮬레이터를 통해 적은 비용과 짧은 시간 안에 다양한 상황을 가정, 모델링 할 수 있고 실험 결과에 따라 행동이나 의사결정을 할 수 있다.

본 논문에서는 자율주행 기술을 강화학습과 시뮬레이터를 이용해 연구한 여러 논문들을 소개하고 사용된 알고리즘들을 분석하여 추후 연구 방향을 설정하는데 가이드라인을 제공한다.

II. 본론

자율주행 기술을 개발하기위해 주로 사용하는 오픈소스 시뮬레이터에는 Robot Operating System (ROS)[6], Gazebo[7], The Open Racing Car Simulator (TORCS)[8], CAR Learning to Act (CARLA)[9], Aerial Informatics and Robotics Simulation (AirSim)[10] 등이 있다.

ROS 는 오픈소스 운영체제이며, Gazebo 는 ROS 기반 자동 로봇을 위한 3D 시뮬레이션 환경이다. 이는 다양한 오브젝트와 물리엔진을 제공하고, 사용자는 제공되는 오브젝트와 패키지를 이용해 환경을 직접 설계할 수 있다. 이 시뮬레이터를 이용해 학습시키고, DQN 알고리즘을 이용하여 사전 구축된 환경 지도 없이 현재 시각 관찰만으로 원하는 위치까지 자율적으로 이동하는 특징을 이용해 자율주행을 구현한 연구가 진행되었다[11].

TORCS 는 1997 년도에 만들어진 3D 차량 레이싱 시뮬레이터로 C++ 기반 오픈소스로 구성되어 있다. 이 시뮬레이터의 장점으로 그래픽이 단순하여 영상처리나 학습모델을 만들어 학습시키는 것이 편리하며, 출시 후 많은 시간이 지나 여러 예제들과 대회들이 있어 구현하기 편한 장점을 가진다. 이러한 장점을 강화학습 알고리즘 중 DDPG 를 이용해 복잡한 환경에서도 인접 에이전트와의 충돌 회피도 고려하였다. 또한, 제안하는 Co-DDPG 의 보상으로 충돌 회피뿐만 아니라 도착시간을 최소화하고, 다른 차량과 충돌하는 대신 트랙을 벗어나는 벌을 연구했다[12].

CARLA 의 경우, 언리얼 엔진 4(Unreal Engine4, UE4) 기반 도심 주행용 오픈소스 시뮬레이터이며, 사용 가능한 센서로 라이다, GPS, 카메라, 레이더가 있고 보행자와 차량의 이동경로와 위치를 상세하게 설정할 수 있어 여러 돌발상황을 연출할 수 있다. 이러한 센서 데이터를 이용해 선행차량을 주변 인도와 충돌없이 주행하는 차량을 DQN 을 이용해 주변 사물을 인식하고, 선행차량과의

거리를 일정하게 유지시키는 특징을 가진 연구도 진행 중이다[13]. 또한, 다중 에이전트 주행 시뮬레이션을 수행하기 위해 카메라 데이터로부터 독립적인 차량 제어 정책을 POMDP(Partially Observable Markov Decision Processes) 알고리즘을 사용한 연구도 제안되었다[14].

AirSim 은 Microsoft AI & Research 팀에서 개발한 소프트웨어로 AI, 딥러닝, 강화학습, 컴퓨터 비전 테스트가 지원되는 Unity, C# 기반 플랫폼이며 라이다, GPS, 카메라 센서를 지원한다. Airsim 환경에서 모방학습과 DDPG 알고리즘을 이용해 다양한 날씨와 다양한 조명 환경에서의 훈련을 통해 최적의 주행 정책을 학습시킨 연구도 진행되었다[15].

III. 결론

본 논문에서는 심층 강화학습 알고리즘을 이용하고, 여러가지 오픈 소스 자율주행 시뮬레이터에 적용한 연구들에 대해 소개하였다. 이를 통해 각 시뮬레이터의 특징과 심층 강화학습 알고리즘의 특성에 따라 주어진 상황에 좋은 성능을 보여주는 알고리즘 및 적용 가능한 시뮬레이터를 선택할 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2022-0-00907, (2 세부) AI Bots 협업 플랫폼 및 자기조직 인공지능 기술개발). 본 논문의 교신저자는 김중현임.

참 고 문 헌

- [1] W. J. Yun et al., "Cooperative Multi-Agent Deep Reinforcement Learning for Reliable Surveillance via Autonomous Multi-UAV Control," in *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 2022
- [2] S. Jung, W. J. Yun, M. Shin, J. Kim, and J. -H. Kim, "Orchestrated Scheduling and Multi-Agent Deep Reinforcement Learning for Cloud-Assisted Multi-UAV Charging Systems," in *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 70, no. 6, pp. 5362-5377, June 2021
- [3] W. J. Yun, S. Jung, J. Kim, and J. -H. Kim, "Distributed deep reinforcement learning for autonomous aerial eVTOL mobility in drone taxi applications," in *ICT Express*, Vol 7, no. 1, pp. 1-4, 2021.
- [4] S. Jung, J. Kim, M. Levorato, C. Cordeiro and J. -H. Kim, "Infrastructure-Assisted On-Driving Experience Sharing for Millimeter-Wave Connected Vehicles," in *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 70, no. 8, pp. 7307-7321, Aug. 2021.
- [5] W. J. Yun, M. Shin, S. Jung, S. Kwon and J. Kim, "Parallelized and randomized adversarial imitation learning for safety-critical self-driving vehicles," *Journal of Communications and Networks*, pp. 1-12, 2022.
- [6] M. Quigley, B. Gerkey, K. Conley, J. Faust, T. Foote, J. Leibs, E. Berger, R. Wheeler and A. Ng, "ROS: an open-source Robot Operating System." in *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation(ICRA)*, 2009.
- [7] N. Koenig and A. Howard, "Design and use paradigms for Gazebo, an open-source multi-robot simulator," in *proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 2004.
- [8] B. Wymann, C. Dimitrakakis, A. Sumner, E. Espi  , and C. Guionneau, "Torcs: The open racing car simulator," vol. 4, no. 6, pp. 1-5, 2000.
- [9] A. Dosovitskiy, G. Ros, F. Codevilla, A. Lopez, and V. Koltun, "CARLA: An open urban driving simulator," in *Proceedings of the Conference on Robot Learning(PMLR)*, 2017.
- [10] S. Shah, D. Dey, C. Lovett, and A. Kapoor, "AirSim: High-Fidelity Visual and Physical Simulation for Autonomous Vehicles," in *Field and service robotics*, 2018.
- [11] P. Yue, et al. "Experimental research on deep reinforcement learning in autonomous navigation of mobile robot." in *Proceedings of the IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*. 2019.
- [12] Y. Yuan, et al. "RACE: Reinforced cooperative autonomous vehicle collision avoidance," In *IEEE transactions on vehicular technology*, vol. 69, no.9, pp. 9279-9291, 2020
- [13] H. Friji, et al. "A DQN-based autonomous car-following framework using RGB-D frames," in *Proceedings of the IEEE Global Conference on Artificial Intelligence and Internet of Things (GCAIoT)*, 2020.
- [14] P. Palanisamy, "Multi-agent connected autonomous driving using deep reinforcement learning," in *Proceedings of the IEEE International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, 2020.
- [15] T. Wang, and D. E. Chang. "Improved reinforcement learning through imitation learning pretraining towards image-based autonomous driving." in *Proceedings of the IEEE International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)*, 2019.