

자율 주행 자동차 시뮬레이터에서의 GAIL 기반 가상 동적 객체 제어 방법

박유진¹, 성연식²

¹동국대학교 일반대학원 자율사물지능학과

²동국대학교 멀티미디어공학과, 교신저자

ford0828@dongguk.edu, sung@dongguk.edu(Corresponding Author)

GAIL-based Virtual Dynamic Object Control in Autonomous Driving Vehicle Simulators

Yoojin Park¹, Yunsick Sung²

¹Dept. of Autonomous Things Intelligence, Graduate School,
Dongguk University-Seoul, Korea

²Dept. of Multimedia Engineering, Dongguk University-Seoul, Korea

요 약

최근에 자율 주행 자동차에 관련한 관심이 증가하면서 다양한 연구들이 도출되고 있다. 특히, 자율 주행 자동차를 시뮬레이터에서 검증하는 방법은 실 환경과 비교할 때 상대적으로 안전한 성능 검증 방법으로 많이 활용되고 있다. 시뮬레이터의 핵심 기술은 실 환경과 가상 시뮬레이션 환경의 차이를 줄이는 데 있다. 본 논문에서는 Generative Adversarial Imitation Learning(GAIL)[1] 기반으로 자율 주행 자동차 시뮬레이터 내에서 다수의 가상 동적 객체들의 움직임을 제어하는 방법을 제안한다. GAIL은 생성기와 판별기로 구성된다. 생성기는 강화학습 정책 생성기와 전문가 정책 생성기를 포함한다. 판별기는 보상 학습기를 포함한다. GAIL 기반으로 가상 자동차 및 가상 보행자를 제어함으로써 동영상에서의 이동경로를 학습해서 표현할 수 있다.

1. 서론

최근에는 자율 주행 자동차의 성능을 검증하기 위해서 시뮬레이터를 다양하게 활용하고 있다. 실 환경에서의 검증은 안정성에 문제가 발생할 수 있기 때문에 사전에 가상 시뮬레이터를 통해서 검증하는 방법을 사용한다.

일반적으로 가상환경에서는 객체 개수를 사전에 정의하고 객체의 종류마다 행동을 사전에 정의하여 자율주행 자동차의 시뮬레이션 시나리오를 생성한다. 하지만, 수행 가능한 행동이 제한적이기 때문에 실 사고에서 발생하는 다양한 현상을 시나리오가 반영하기에 한계가 발생한다.

본 논문에서는 Generative Adversarial Imitation Learning(GAIL)[1] 기반으로 자율 주행 자동차 시뮬레이터 내에서 다수의 가상 동적 객체들의 움직임을 제어하는 방법을 제안한다. GAIL은 정책 네트워크 기반 생성기와 Long Short-Term Memory(LSTM)[2] 기반 판별기로 구성된다. 세부적으로는 자율 자

동차가 주행한 1인칭 시점의 동영상에서 도로 위에 표현되는 자동차 및 보행자를 분석해서 시뮬레이터에서 다양한 가상 동적 객체들의 정책을 학습한다. LSTM 판별기는 동영상에서의 동적 객체들의 이동 경로와 강화학습의 가상 에이전트의 이동경로를 입력받아 정책의 보상 값을 결정한다.

최근 자율 주행 자동차 관련 연구에서는 실시간으로 수신한 영상을 분할(Segmentation)[3]해서 도로, 자동차, 보행자 등 객체를 인식하고 자율 주행 자동차가 대응하는 방법을 주로 다룬다. 하지만, 주변 상황의 복잡도가 높아질 때, 자율 자동차가 주변 동적 객체와 상호 작용하기 어려운 문제가 발생한다. 따라서 자율주행 자동차가 사고를 대비해서 주행 안정성 확보를 위한 안전성 검증용 시뮬레이션에 있어서 제안한 방법과 같은 현실적인 가상 동적 객체 제어 방법이 필요하다.

본 논문에서 제안한 방법은 자율 자동차의 주행을 검증하기 위한 다수의 테스트 사례 생성이 가능하다. 이를 기반으로 자율주행 검증 외의 다양한 교통상황 실험에 응용 확장이 가능하다.

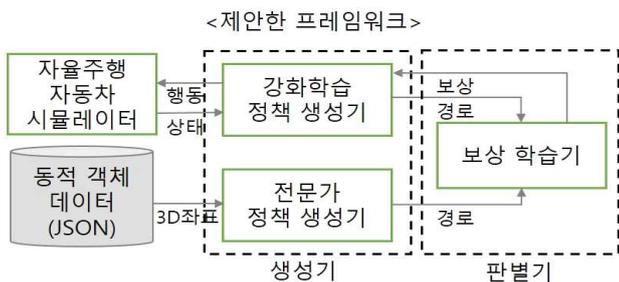
본 논문은 다음과 같이 구성한다. 2장은 제안하

본 논문은 2022년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학기술정보통신부의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.092021D75000000, AI 운전능력평가 표준화 및 평가 프로세스 개발)

는 방법의 프레임워크를 설명한다. 3장은 결론 및 향후 개선해야 할 요인들을 설명한다.

2. GAIL을 활용한 3D 좌표 보정 방법

본 논문에서는 교통사고 동영상으로 생성된 동적 객체의 3D 좌표를 GAIL로 분석하여 (그림1)과 같이 자율 주행 자동차 시뮬레이터에서 가상 동적 객체 움직임을 제어하는 방법을 제안한다. 시뮬레이터는 자율 주행 자동차의 주행 안정성을 검증하는 3D 플랫폼 기반의 가상 환경으로 정의한다. 이를 위해서 생성기와 판별기로 구분해서 구성한다.



(그림 1) 동적 객체 좌표 보정 과정.

시뮬레이터는 강화학습 가상 에이전트에 초기 상태를 설정하고 가상 에이전트의 행동에 따라 변경된 상태를 반환한다. 생성기는 강화학습 정책 생성기와 전문가 정책 생성기로 구성한다. 강화학습 정책 생성기는 상태를 반영하여 강화학습으로 가상 에이전트의 행동을 결정한다. 결정된 일련의 행동으로 가상 에이전트의 이동경로를 정의한다. 전문가 정책 생성기는 동영상에서 추출된 동적 객체의 3D 좌표를 분석해서 이동경로를 정의한다.

판별기는 보상학습기로 구성한다. 보상 학습기는 강화학습 정책 생성기의 이동경로와 전문가 정책 생성기의 이동경로를 비교하고 강화학습 정책 생성기에 보상 값을 제공한다. 보상 학습기는 LSTM을 기반으로 강화학습 정책 생성기의 경로를 0으로 판별하고, 전문가 정책 생성기의 경로는 1로 판별하여 학습한다. 학습된 보상학습기로 강화학습 정책 생성기의 경로를 다시 입력하고 전문가 정책 경로와 판별한다. 판별기가 결정한 값을 강화학습 정책 보상기로 활용하여 강화학습 정책 보상기가 생성한 경로가 1에 가까운 보상을 얻을 때까지 반복 학습한다.

제안한 GAIL 기반의 동적 객체 좌표 보정 방법은 전통적인 시뮬레이션 제어 방법의 성능을 획기적으로 개선시키는 방법으로써, 동영상에서 추출한 동적 객체 데이터를 분석해서 가상 동적 객체의 이동

경로를 개선하고 있다. 실 환경과 가상 시뮬레이터의 차이를 줄이기 위해서는 강화학습과 같은 알고리즘으로 가상 동적 객체를 최적화시키는 것도 중요하지만, 다양한 동영상을 통해서 자율 주행 자동차가 직면하게 되는 다양한 상황에서의 이동경로를 기반으로 반복적으로 가상 동적 객체의 이동 경로를 개선시킴으로써 가상 시뮬레이터의 품질을 개선시키는 것이 중요하다.

3. 결론

본 논문에서는 동영상에서 획득한 동적 객체의 3D 좌표를 분석하여 가상 동적 객체의 정책 생성 방법을 제안했다. 제안한 방법은 다음 단계에 따라 LSTM과 GAIL을 사용했다. 먼저, 전문가의 연속적인 위치 좌표를 저장한 엑셀 데이터를 경로로 생성했다. 둘째, 강화학습 정책에 따라 가상 에이전트의 경로를 생성했다. 마지막으로 LSTM 판별기를 통해 가상 에이전트와 전문가의 경로를 비교하고 비뮴값을 보상 값으로 강화학습 정책을 훈련하여 최적의 정책을 생성했다. 최종 정책에 따라 가상 에이전트의 좌표를 보정하고 제어가 가능했다.

향후에는 제안된 방법을 기반으로 정적 객체, 교통신호 등을 추가 고려해서 사고와 연관된 다양한 종류의 객체 제어 방법을 추가로 연구할 계획이다.

사사표기

본 논문은 2022년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.092021D75000000, AI 운전능력평가 표준화 및 평가 프로세스 개발)

참고문헌

[1] J. Ho, S. Ermon, "Generative Adversarial Imitation Learning," Neural Information Processing Systems, Vol. 29, No. 9, pp. 4572-4580, Barcelona, Spain, December 5-10, 2016.

[2] S. Hochreiter, J. Schmidhuber, "Long Short-Term Memory," Neural Computation, Vol. 9, No. 8, pp. 1735-1780, 1997.

[3] X. Liu, Y. Lu, X. Liu, S. Bai, S. Li, J. You, "Wasserstein Loss With Alternative Reinforcement Learning for Severity-Aware Semantic Segmentation," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 23, No. 1, pp. 587-596, Macau, China, October 8-12, 2022.