

시계열 점유 그리드 기반 자율주행차량의 안전한 경로계획 기술

이병현, 최세환, 윤준용, 최준원*

한양대학교, *서울대학교

{bhlee, sehwanchoi, jyyun}@spa.hanyang.ac.kr, *junwchoi@snu.ac.kr

Safe Path Planning for Autonomous Vehicles based on Spatiotemporal Occupancy Grid Map

Byunghyun Lee, Sehwan Choi, Junyong Yun, Jun Won Choi*

Hanyang Univ., *Seoul National Univ.

요약

본 논문에서는 자차의 안전한 경로계획을 위해 지역 환경 및 차량 상호작용을 고려하여 다중 경로를 생성하고 최적의 경로를 선택하는 시스템을 제안한다. 제안된 방법은 독립적인 두 개의 인코더 네트워크를 구성하여 자차 및 주변 차량의 특성에 맞는 지도 정보와 상호작용하고, 이를 기반으로 미래 경로를 예측한다. 안전한 자율 주행을 위해 예측된 주변 차량의 경로를 활용하여 시계열 점유 그리드를 생성하여 자차의 각 경로를 평가 및 최적의 경로를 선택한다. 본 논문은 nuPlan 공개 데이터셋을 활용하여 실험을 진행하였고 기존 방법에 비해 유의미한 성능 향상을 보였다.

I. 서론

자율주행에서 경로계획은 주변 차량의 미래 경로를 예측하고 이를 고려하여 자차의 현재 위치로부터 목적지까지의 안전한 경로를 계획하는 기술이다. 자차의 안전한 경로를 계획하기 위해서는 두 가지 중요한 요소가 있다. 첫째, 각 차량의 주변 환경 정보를 고려하여 도로를 벗어나지 않는 신뢰성 있는 경로를 생성해야 한다. 특히 자차의 경우 목적지에 안전하게 도착할 수 있도록, 목적지까지의 지도 정보들을 적절히 선택하여 활용해야 한다. 둘째, 주변 차량의 미래 경로를 예측하고 이를 고려하여 다른 차량과 충돌하지 않는 안전한 경로를 생성해야 한다. 안전한 주행을 위해서는 주변 차량들의 미래 의도를 고려해서 충돌 없는 주행 계획을 수립해야 한다.

본 논문은 이를 위해 주변 환경 및 차량 상호작용을 고려하여 자차의 다중 경로를 생성하고, 주변 차량의 미래 의도를 반영해 최적의 경로를 선택하여 목적지까지 안전하게 주행하는 모델을 제안한다. 먼저 제안 모델은 다음 두 가지 목표를 달성할 수 있도록 설계되었다. 첫째, 독립적인 두 개의 인코더 구조를 통해 자차 및 주변 차량의 각 특성에 맞는 지도 정보를 활용하여 상호작용 정보를 추출한다. 둘째, 예측된 주변 차량의 미래 경로를 시계열 점유 그리드로 변환하고 이를 기반으로 자차의 다중 경로 중 충돌 가능성이 가장 낮은 경로를 선택해 목적지까지 주행한다.

제안하는 네트워크는 nuPlan 공개 데이터셋[2]을 이용해 성능 평가를 수행하였으며, 기존 기술 대비 높은 성능의 결과를 얻을 수 있었다.

II. 본론

그림 1에 보이는 것과 같이, 제안된 네트워크는 먼저 주변 환경과의 상호작용을 통해 자차 및 주변 차량의 다중 미래 경로를 예측한다. 이후 주변 차량의 예측된 경로를 이용해 시계열 점유 그리드를 생성한다. 생성된 점유 그리드는 자차의 각 경로의 평가에 활용되며, 최종적으로 최적의 경로를 선택한다.

2.1) 자차의 및 주변 차량의 다중 미래 경로 예측

본 단계에서는 자차 및 주변 차량의 각 특성에 맞는 지도 정보를 활용하여 상호작용 정보를 추출하고 자차 및 주변 차량의 다중 미래 경로

를 생성한다. 이를 위해 Transformer[1] 기반의 인코더 네트워크를 활용하는데, 이때 자차와 주변 차량의 특성이 다르므로 이를 반영한 독립적인 두 개의 인코더 구조를 구성한다.

자차의 상호작용 인코더는 목적지와 관련된 지도 정보와의 상호작용 정보를 추출하게 되며, 이러한 지도 정보에는 단일 차선 정보가 아닌 목적지까지의 모든 차선 정보가 포함된다. 이는 자차가 다양한 차선 정보를 사용하는 것을 통해 단일 차선에 의존하여 경로계획을 수행하는 것을 방지하고, 차선 변경과 같은 다양한 가능성을 고려하여 상황에 맞는 적절한 경로를 계획하도록 한다.

반면 주변 차량 인코더는 주변 차량의 목적지 정보를 알 수 없으므로, 각 차량의 현재 위치를 중심으로 특정 반경에 존재하는 지도 정보를 통해 상호작용 특징값을 추출한다. 두 개의 독립적인 인코더를 통해 출력된 상호작용 특징값은 동일한 디코더의 입력으로 제공되어 자차 및 주변 차량의 미래 경로를 예측한다.

2.2) 시계열 점유 그리드 기반 다중 경로계획 평가 및 최적 경로 선택

본 단계에서는 예측된 주변 차량의 미래 경로를 기반으로 시계열 점유 그리드로 변환하고, 이를 활용하여 자차의 각 경로를 평가 및 최적 경로를 선택한다. 시계열 점유 그리드는 미래 시점에서 차량이 점유하는 영역을 표시하는 지도이며, 각 영역은 주변 차량의 예측된 경로, 차량의 크기 및 방향을 기반으로 점유 여부가 결정된다. 시계열 점유 그리드를 통해 자차의 각 경로의 충돌률 점수를 산출한다. 최종적으로 각 경로의 충돌률 점수와 신뢰도를 고려해 최적의 경로를 선택하여 주행 계획을 설계한다.

2.3) 실험 결과

제안하는 네트워크의 학습 및 성능평가를 위해 1/5 nuPlan 공개 데이터셋[2]을 활용했다. 제안하는 네트워크의 성능은 표 1과 같이 나타난다.

Closed Loop Scoring (CLS)에는 자차가 제안한 모델에서 설계한 경로를 따라 움직이며 다른 차량과의 충돌 여부, 차선 준수 여부 등을 목적지까지 안전한 주행에 대해 평가하는 지표이다.

표 1에서 제안된 모델은 최신 연구 동향 중 하나인 PDM-open[3]과 비교하여 높은 성능을 보임을 확인할 수 있다.

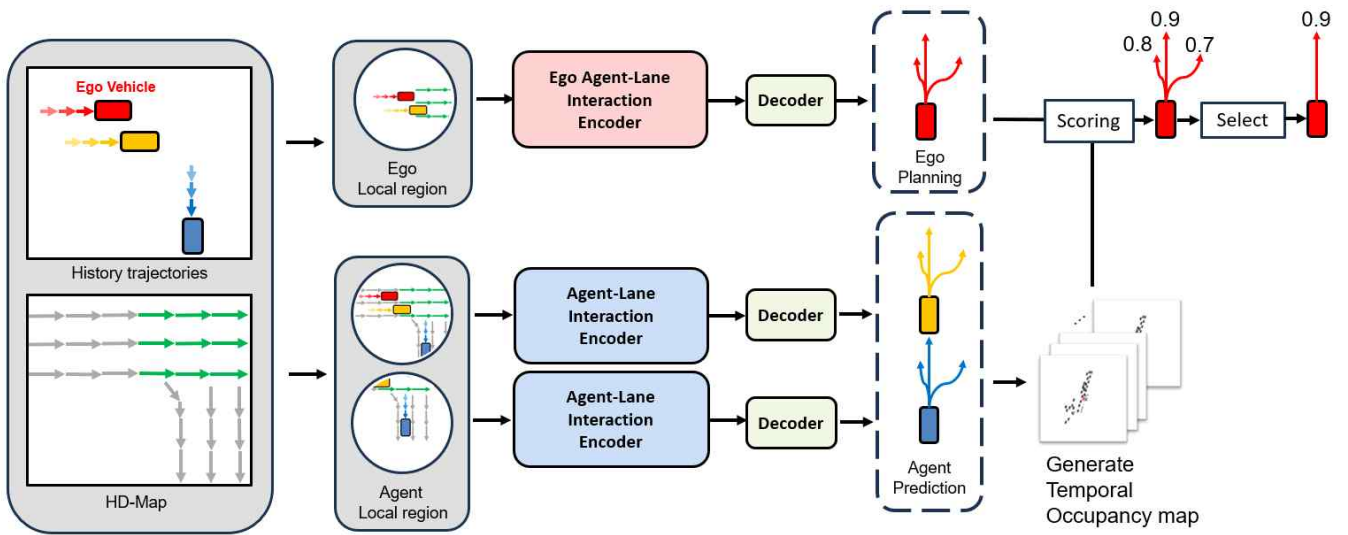


그림 1. 제안하는 전체 네트워크의 구성

표 1. nuPlan 1/5 데이터셋으로 학습 및 평가를 진행한 결과

Method	CLS-NR	CLS-R
PDM-open[3]	0.536	0.621
Ours	0.724	0.701

III. 결론

본 논문은 자차의 안전한 경로계획을 위해 주변 환경과의 상호작용을 고려하여 다중 경로를 예측하고, 최적의 경로계획을 위해 주변 차량의 미래 경로에 기반을 둔 시계열 점유 그리드를 활용한다. 독립적인 두 개의 인코더 네트워크를 구성하여 자차 및 주변 차량의 각 특성에 맞는 지도 정보를 통해 상호작용 정보를 추출한다. 주변 차량의 미래 경로는 시계열 점유 그리드를 구성하는 것에 이용되며, 이를 통해 충돌 없이 목적지까지 갈 수 있는 최적의 경로계획을 수립한다. 이와 같은 방법을 통해 nuPlan 공개 데이터셋[2]에서 수행된 실험은 제안한 방법이 PDM-open[3]보다 높은 성능 향상을 달성한 것을 보여주었다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원(No.2020-001373, 인공지능대학원지원(한양대학교)) 과 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2020R1A2C2012146)

참고 문헌

- [1] Vaswani, Ashish, et al. "Attention is all you need." Advances in neural information processing systems 30 (2017).
- [2] Caesar, Holger, et al. "nuPlan: A closed-loop ml-based planning benchmark for autonomous vehicles." arXiv preprint arXiv:2106.11810 (2021).
- [3] Dauner, Daniel, et al. "Parting with misconceptions about learning-based vehicle motion planning." Conference on Robot Learning. PMLR, 2023.