

CARLA 시뮬레이터에서 V2V 통신을 활용한 군집 주행 알고리즘 설계

서동준, 김기천*

건국대학교

ggaebi99@konkuk.ac.kr, *kckim@konkuk.ac.kr

Design of a Platooning Algorithm Using V2V Communication in the CARLA Simulator

Seo Dong Jun, Kim Kee Cheon*

Konkuk Univ.

요약

본 논문은 CARLA 시뮬레이터에서의 군집 주행 알고리즘 개발을 목표로 한다. 군집 주행은 차량 간의 간격을 유지하며 주행하는 자율주행 기술로, 교통 효율성과 연료 절감 효과가 기대된다. CARLA의 부족한 군집 주행 기능을 보완하기 위해 V2V 통신을 이용한 군집 주행 알고리즘을 설계하고 제안하였다. V2V 통신은 차량 간의 직접적인 데이터 교환을 통해 저지연성을 제공하며, 실시간 반응을 가능하게 하여 효율적이고 안전한 군집 주행을 구현한다. 이 알고리즘은 선두 차량의 정보를 후미 차량에 전달하여 군집을 효율적으로 유지하도록 설계되었다. 앞으로 장애물 감지 및 대응 알고리즘을 결합하여 더욱 발전된 군집 주행 연구를 수행할 계획이다.

I. 서론

자율주행은 더 안전하고 효율적인 교통수단을 추구하는 과정에서 중요한 연구 개발 분야로 자리 잡고 있다. 이 중에서도 주목받는 응용 분야는 차량 군집 주행으로, 여러 대의 자율주행 차량이 근접한 거리에서 속도와 간격을 유지하며 함께 주행하는 것을 의미한다. 군집 주행은 교통 혼잡을 줄이고, 연료 효율성을 향상시키며, 인간의 실수를 최소화함으로써 도로 안전을 크게 개선할 수 있는 잠재력을 가지고 있다[1]. 그러나 효과적인 군집주행 알고리즘을 개발하고 테스트하려면 복잡한 교통 시나리오를 정확하게 모델링할 수 있는 강력한 시뮬레이션 환경이 필요하다.

Carla는 이러한 목적을 위해 이상적인 플랫폼을 제공한다. Carla는 현실적인 도시 환경, 차량 역학, 센서 시뮬레이션을 제공하여 자율 시스템 테스트에 강력한 도구로 활용될 수 있다. 하지만 Carla는 고급 군집주행 알고리즘에 대한 기본적인 지원이 부족하여 그 기능에 공백이 존재한다. 이 공백을 해결하는 것은 자율주행 차량의 협업 및 최적화 연구를 더욱 발전시키는 데 필수적이다.

본 논문에서 제안하는 군집 주행 알고리즘은 Carla에서 효율적이고 안전한 차량 군집을 구성하는 방법을 제공하여 이러한 공백을 메우는 것을 목표로 한다. 이 알고리즘은 실제 상황에서 차량이 동적으로 군집을 형성하고 유지하며, 교통 변화에 적응하고 다양한 도로 조건에 대응할 수 있도록 하는 것이 필요하다.

II. 관련연구

[1,2]에서는 군집 주행이 운전자가 개별적으로 차량을 조작하는 수동 주행보다 연료 소비와 배기가스 배출 감소 등 여러 측면에서 효율적임을 보여주고 있다. 이 연구는 고속도로에서 트럭에 한정하여 시행되었으며, 군집 주행을 통해 경제적인 이점을 나타낸다. 구체적으로, 군집 주행은 트럭 간의 간격을 최소화하여 공기 저항을 줄임으로써 연료 효율성을 높이고, 결과적으로 연료 비용을 크게 절감할 수 있다. 이러한 비용 절감 효과는 운송 산업 전체에서 상당한 경제적 이점을 가져올 수 있다.

[3]에서는 V2X 기술을 이용한 군집 주행 구현 방법을 설명하고 있다. V2X는 차량 간 정보를 공유하여 실시간 협력과 주행 안정성을 높이는 것을 보여준다. [4]에서는 V2I 기술을 통한 군집 주행 구현 방법을 설명하고 있다. V2I는 도로 인프라와 통신해 교통 신호와 도로 상태 정보를 제공하여 효율적이고 안전한 군집 주행을 가능하게 하는 것을 보여준다.



그림 1. V2I 군집 주행

III. V2V를 사용한 군집 주행 알고리즘

본 논문에서는 V2V를 사용한 군집 주행 알고리즘에 대하여 설계 및 제안한다. 선두 차량은 Waypoints나 수동 주행 혹은 다른 정보등으로 주행을 시행하기에 V2I, V2X가 필수적이거나 후미 차량은 V2I, V2X보다 선두 차량과의 V2V 통신을 통하여 주행하는 것이 통신 시간, 계산 시간에 이점을 줄 수 있다.

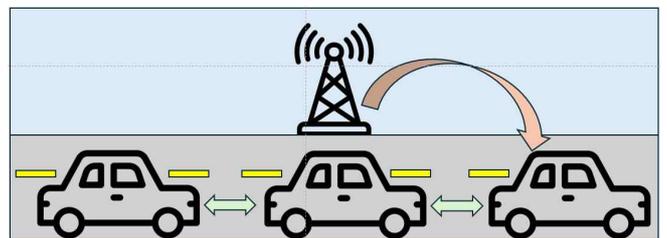


그림 2. 제안하는 V2V 군집 주행

[그림2]는 V2V를 사용한 군집 주행에 대한 그림이다. Carla Simulation에서는 차량의 제어를 Steer, Throttle, brake 정보를 이용하여 차량을 제

어하게 된다. 따라서 V2V 통신을 통하여 Steer, Throttle, brake 정보를 받게 된다면 장애물, 돌발상황 등이 없다면 후미 차량은 선두차량과 동일한 움직임을 갖게 된다.

3-1. 군집 주행 알고리즘

제시된 슈도코드는 후미 차량이 선두 차량을 따라가는 플레톤 팔로잉 알고리즘을 설명합니다. 이 알고리즘은 선두 차량의 steer, throttle, brake 정보를 모니터링하며, 선두 차량이 직선 도로와 곡선 도로를 주행할 때 각각 다른 방식으로 제어합니다.

Algorithm 1 Platoon Following Algorithm for Rear Vehicle

```

1: steer, throttle, brake ← GetLeaderControlSignals()
2: curveThreshold ← 0.05
3: targetPosition ← None
4: while vehicle is running do
5:   if  $|steer| < curveThreshold$  then           ▷ Leader is on a straight path
6:     FollowLeaderControlSignals(steer, throttle, brake)
7:   else                                       ▷ Leader is entering a curve
8:     if targetPosition = None then
9:       targetPosition ← GetCurrentLeaderPosition()
10:    end if
11:    MoveToTarget(targetPosition)
12:    if  $|steer| < curveThreshold$  then       ▷ Leader has exited the curve
13:      targetPosition ← None
14:    else
15:      FollowLeaderControlSignals(steer, throttle, brake)
16:    end if
17:  end if
18:  steer, throttle, brake ← GetLeaderControlSignals()
19: end while

```

알고리즘은 선두 차량의 조향 신호가 일정 임계값($curveThreshold = 0.05$) 미만일 경우 직선 도로로 판단하여 후미 차량이 동일한 제어 신호를 따르도록 합니다. 반면, 선두 차량이 곡선 도로에 진입하면 선두 차량의 현재 위치를 목표 위치로 설정하고, 그 위치를 따라 이동합니다. 선두 차량이 다시 직선 도로로 돌아오면 목표 위치를 초기화하고 다시 제어 신호를 따릅니다.

이러한 방식으로 후미 차량은 선두 차량이 직선 도로에서는 그대로 신호를 따라가고, 곡선 도로에서는 목표 위치를 설정하여 선두 차량을 효과적으로 추적합니다.

3-2. V2V 사용 근거

V2V 통신은 차량 간 직접 데이터 교환을 통해 반응 시간을 단축하며, 저지연성으로 군집주행에서 빠른 속도 조정과 차간 거리 유지를 가능하게 한다. 근거리 통신으로 주변 차량의 상태를 실시간으로 모니터링할 수 있어, V2I나 V2X와 비교했을 때 통신 지연 및 중단 위험이 적다. 또한, 외부 인프라에 대한 의존도가 낮아 네트워크 독립성을 제공하며, 차량 간 공유된 정보를 통해 더 정확한 상황 분석과 의사결정을 지원해 군집의 안정성과 효율성을 높일 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 Carla 시뮬레이션 내에서 부족한 군집주행 기능을 보완하기 위해 V2V 통신을 활용한 군집 주행 알고리즘을 설계하고 제안하였다. V2V 통신을 활용한 군집 주행은 RSU와 차량 간의 계산량을 줄여 효율성을 높인다. 또한, 본 논문에서 제안한 군집 주행 알고리즘과 향후 연구할 장애물 감지 및 대응 알고리즘을 결합하면, Carla에서 더욱 효율적인 군집 주행 구현이 가능할 것이다. 앞으로의 연구에서는 군집주행 시 장애물 감지 및 대응 알고리즘을 개발하고, 실험을 통해 성능을 측정하여 실제 환경에서 구현할 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원·학·석사연계ICT핵심인재양성 지원을 받아 수행된 연구임(IITP-2024-RS-2020-II201834)

참고 문헌

- [1] Lammert, Michael P., et al. "Effect of platooning on fuel consumption of class 8 vehicles over a range of speeds, following distances, and mass." SAE International Journal of Commercial Vehicles 7.2014-01-2438 (2014): 626-639.
- [2] Davila, Arturo, et al. Environmental benefits of vehicle platooning. No. 2013-26-0142. SAE Technical Paper, 2013.
- [3] Nardini, Giovanni, et al. "Cellular-V2X communications for platooning: Design and evaluation." Sensors 18.5 (2018): 1527.
- [4] Wang, Lifeng, et al. "V2I-based platooning design with delay awareness." arXiv preprint arXiv:2012.03243 (2020).