

자율주행 자동차의 경로 추종을 위한 재귀 최소 순환 기반 모델 독립 적응형 전륜 및 후륜 조향 제어 알고리즘 개발

이 지 응¹⁾ · 오 광 석^{*1)}

한경국립대학교 ICT로봇기계공학부¹⁾

Development of a Model-free Adaptive Front and Rear Wheel Steering Control Algorithm for Path Tracking of Autonomous Vehicles with Recursive Least Squares

Jiung Lee¹⁾ · Kwangseok Oh^{*1)}

Hankyong National University¹⁾

Key words : Autonomous vehicle(자율주행 자동차), Adaptive control(적응 제어), Model-free control(모델 독립 제어), Path tracking(경로 추종), Steering control(조향 제어), Recursive least square(재귀 최소 자승)

* 교신저자 오광석, E-mail: oks@hknu.ac.kr

외부 환경 변화 및 시스템의 비선형적 요소에 의해 시스템의 수학적 모델의 불확실성의 한계점에도 합리적 추종 성능을 확보하는 것이 필요하다. 이를 위해 시스템 모델을 사용하지 않은 제어 방법론 개발에 관한 다양한 연구가 진행되고 있다. Mircea-Bogdan, R 등은 비선형 상태 피드백 제어를 학습하기 위한 모델 독립 강화 학습 제어 알고리즘을 제안하였다.¹⁾ Yue, J 등은 전륜 및 후륜 구동 분배 전략 개발 및 이를 이용하는 모델 독립 적응 제어 알고리즘을 개발하였다.²⁾

본 연구에서는 자율주행 자동차의 경로 추종 제어를 위한 모델 독립 전륜 및 후륜 조향 제어 알고리즘을 제안한다. 차량의 목표 주행 경로에 대한 요 각도 오차와 예견 지점 횡방향 오차를 이용하여 전륜 및 후륜 조향 입력과 적응 계수들로 구성된 모델 독립 제어 알고리즘이 설계되었다. 요 각도 오차 및 예견 지점 횡방향 오차와 적응 계수 간의 관계를 나타내는 관계함수가 설계되었다. 망각 인자를 사용하는 재귀 최소 자승법 기반 적응 계수를 추정하고, 안정적인 적응형 조향 제어 입력을 도출하기 위해 주입항을 이용하는 Lyapunov 직접 방법을 사용하였다. 현재 제어 입력 값과 이전 제어 입력 값의 오차에 대한 가중치를 부여하여 최적 조향 입력 값을 도출하였다. Fig 1은 본 연구에서 제안하는 제어 알고리즘의 개략도이며, Fig 2는 CarMaker에서 제공하는 차량모델 A와 B를 이용해 평가된 추종 경로이다. Fig 3과 4는 차량 A의 가중치에 따른 전륜 및 후륜 조향 제어 입력 값을 보여주며, Fig 5와 6은 차량 B의 가중치에 따른 전륜 및 후륜 조향 입력을 보여주며 같은 제어기를 이용하여 두 차량 모델 A, B 모두 합리적 추종 성능을 확보하였음을 확인하였다. 향후 전/후륜의 조향 입력의 누적 오차를 이용하여 실시간 가중치를 갱신하는 경로 추종 제어 알고리즘의 고도화를 계획하고 있다.

1) Mircea-Bogdan, R and Radu-Emil, P, "Data-Driven Model-Free Tracking Reinforcement Learning Control with VRFT-based Adaptive Actor-Critic," Applied Sciences - MDPI, Vol. 9, No. 9, 2019.

2) Jiang, Y, Xu, X and Zhang, L, "Heading tracking of 6WID/4WIS unmanned ground vehicles with variable wheelbase based on model free adaptive control," Mech. Syst. Signal Process, 2021.

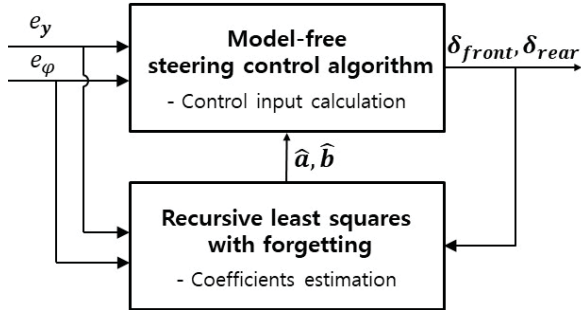


Fig. 1 Model schematics for model-free steering control algorithm

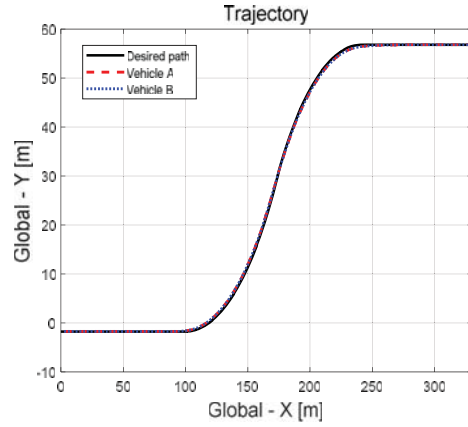


Fig. 2 Vehicles trajectory

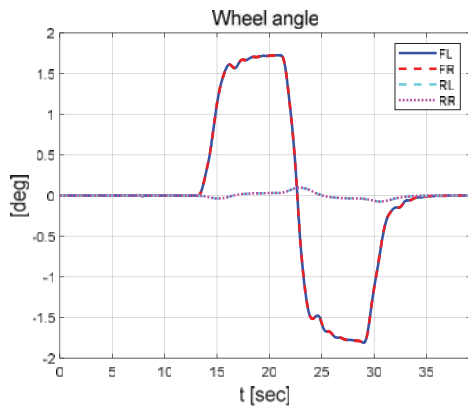


Fig. 3 Wheel angle (low weighting on rear wheel, CarMaker Vehicle A)

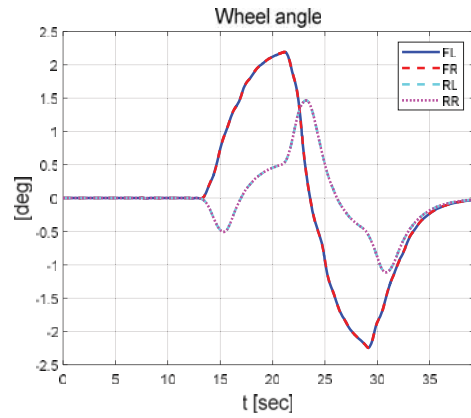


Fig. 4 Wheel angle (high weighting on rear wheel, CarMaker Vehicle A)

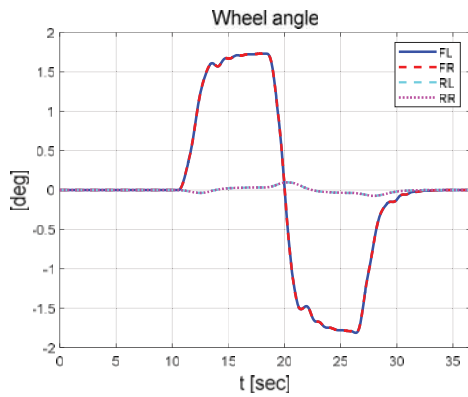


Fig. 5 Wheel angle (low weighting on rear wheel, CarMaker Vehicle B)

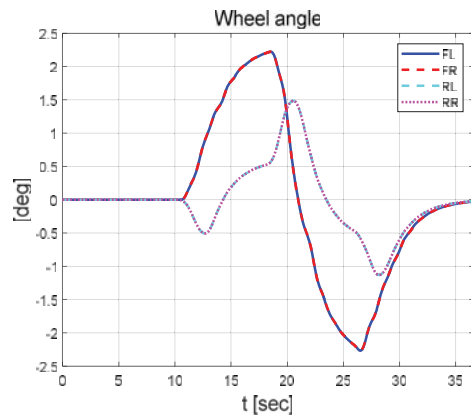


Fig. 6 Wheel angle (high weighting on rear wheel, CarMaker Vehicle B)