

Multi-rate MPC를 활용한 멀미 저감 ACC

성 지 호¹⁾·정 정 주²⁾·한 경 석³⁾

한양대학교 미래자동차공학과(미래자동차-SW융합전공)¹⁾·한양대학교 전기생체공학부²⁾·한양대학교 미래자동차공학과³⁾

ACC with Multi-rate MPC Reducing Motion Sickness

Jiho Sung¹⁾ · ChungChoo Chung²⁾ · KyoungSeok Han³⁾

Department of Autonomous Engineering, Hanyang University(Automotive-Computer Convergence)¹⁾

Division of Electrical and Biomedical Engineering, Hanyang University²⁾

Department of Autonomous Engineering, Hanyang University³⁾

Key words : Adaptive Cruise Control(적응형 순항 제어), Motion Sickness(멀미), Passenger Model(탑승객 모델), Model Predictive Control(MPC, 모델 예측 제어), Real-time feasibility(실시간성), Multi-rate(다중 주기)

교신저자, E-mail: cchung@hanyang.ac.kr, E-mail: kyoungsh@hanyang.ac.kr

적응형 순항제어(ACC: Adaptive Cruise Control)는 안전한 차간거리 유지와 속도 추종을 동시에 수행하는 운전 보조 기술이다. 최근에는 단순한 안전성과 추종 성능을 넘어, 승차감과 멀미(Motion Sickness, MS)까지 고려하는 방향으로 발전하고 있다. 멀미를 완화하기 위한 한 가지 방법은 탑승객의 머리 가속도를 예측하는 모델을 구성하고 이를 모델 예측 제어(MPC: Model Predictive Control)에 결합하여 비용 함수 및 제약 조건을 통해 멀미를 저감하는 것이다. 선형 모델은 계산 효율성이 높아 실시간 구현에 유리하지만, 인간 반응의 비선형 특성을 충분히 반영하지 못해 성능이 제한될 수 있다. 반면 비선형 모델은 정확도가 높으나, 모델 차수와 예측 지평 길이에 따라 계산 복잡도와 제약 차원이 급격히 증가하여 차량 제어기 환경에서 실시간성을 보장하기 어렵다는 한계가 있다. 즉, 정확도(비선형)와 실시간성(선형) 사이에 구조적 trade-off가 존재한다.

이러한 한계를 극복하기 위해 본 연구에서는 선형·비선형 모델의 장점을 결합한 multi-rate MPC 구조를 제안한다. 느린 주기에서는 비선형 탑승객 모델을 포함한 비선형 MPC가 차량 가속도 참조 궤적을 생성하고, 이를 빠른 주기의 선형 모델 기반 MPC에 전달하여 제어 입력을 산출한다. 이 구조는 계산 복잡도를 억제하면서도 빠른 주기 MPC 대비 더 긴 예측 시간을 효과적으로 확보할 수 있는 장점이 있다.

제안한 제어기는 MATLAB/Simulink 환경에서 시뮬레이션으로 검증하였다. 급격한 전방 차량의 속도 변화 상황에서도 안정적인 대응 성능을 보였으며, 선형 모델 기반 MPC, 비선형 모델 기반 MPC와 비교 실험을 수행하였다. 그 결과, 제안한 multi-rate MPC는 실시간성을 보장하면서도 멀미 저감 성능의 손실을 최소화하는 효과적인 ACC 제어 구조임을 확인하였다.

This work was supported in part by Hyundai Motor Company and National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korean government (MSIT) (No. NRF-2021R1C1C1003464).