

멀미 저감을 위한 파라미터 적응 알고리즘을 이용한 능동 현가장치 제어

김 진 우¹⁾ · 임 성 진^{*1)}

서울과학기술대학교 자동차공학과¹⁾

Active Suspension Control with Parameter Adaptation Algorithm for Motion Sickness Mitigation

Jinwoo Kim¹⁾ · Seongjin Yim^{*1)}

Seoul National University of Science and Technology¹⁾

Key words : Active suspension control (능동 현가장치 제어), Parameter adaptation algorithm(파라미터 적응 알고리즘), Static output feedback(정적 출력 피드백), Ride comfort(승차감), Motion sickness(멀미)

교신저자, E-mail: acebtif@seoultech.ac.kr

최근 연구개발이 집중되고 있는 자율주행차량은 탑승자의 시선이 외부로 향하지 않게 되어 멀미를 더욱 심화 시키게 된다¹⁾. 최근 연구 성과에 의하면 차량 탑승자의 멀미는 차체의 수직가속도와 피치각속도의 결합 자극에 의해 주로 영향을 받는다고 알려져 있다²⁾. 따라서 자율주행차량 탑승자의 멀미를 저감하기 위해서는 능동 현가장치를 이용하여 차체의 수직가속도와 피치각속도를 줄여야 한다.

본 논문에서는 멀미 저감을 위해 차체의 수직가속도와 피치각속도를 저감하기 위한 능동 현가장치 제어에 파라미터 적응 알고리즘을 적용하는 방법을 제안한다. 제어를 설계하기 위해 1/2-차량 모델을 이용하고 이 모델에서 상태-공간 방정식을 유도한다. 능동 구동기를 이용하는 능동 현가장치를 구동기로 선택한다. 실제 차량에서 구현이 불가능한 전상태 피드백을 피하기 위해 정적 출력 피드백(Static Output Feedback: SOF) 제어를 제안한다. 수직가속도와 피치각속도 저감을 위한 LQ 목적함수를 정의한 후 상태-공간 방정식을 이용하여 이를 최소화하는 SOF 제어를 설계한다. 본 논문에서는 SOF 제어기의 구조에 기반하여 SOF 제어기의 계수를 파라미터 적응 알고리즘으로 갱신하는 방법을 제안한다. 일반적으로 널리 사용되는 회귀최소자승법(Recursive Least Square: RLS) 대신 본 논문에서는 RLS와 동일하다고 알려진 확장 칼만필터(Extended Kalman Filter: EKF)를 파라미터 적응 알고리즘으로 선택하여 적용한다³⁾.

본 논문에서 제안된 SOF 제어기와 파라미터 적응 알고리즘 기반 제어기의 성능을 비교하기 위해 차량 시뮬레이션 패키지에서 시뮬레이션을 수행한다. 다양한 조건에서 시뮬레이션을 수행한 결과를 비교하여 어떤 조건에서 어떤 제어기가 멀미 저감에 있어 가장 좋은 성능을 보이는지 여부와 본 논문에서 제안하는 파라미터 적응 알고리즘을 이용한 제어기의 타당성에 대해 논의한다.

1) C. Diels and J.E. Bos, J.E. Self-driving carsickness. Applied Ergonomics. 2016, 53, 374–382.

2) J. Kim and S. Yim, Design of a suspension controller with an adaptive feedforward algorithm for ride comfort enhancement and motion sickness mitigation, Actuators, 2024, 13, 315.

3) S. Haykin, Adaptive Filter Theory, 2nd ed.; Prentice-Hall: Hoboken, NJ, USA, 1991.

이 논문은 2025년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. RS-2019-NR040071)