

멀미 방지를 위한 인체 모델 기반 능동 현가장치 제어

김진우¹⁾, 임성진^{*1)}

서울과학기술대학교 일반대학원 자동차공학과¹⁾

Active Suspension Control with Human Body Model for Motion Sickness Mitigation

Jinwoo Kim¹⁾ · Seongjin Yim^{*1)}

Seoul National University of Science and Technology¹⁾

Key words : Motion sickness (멀미), Active suspension (능동 현가장치), Human body model (인체 모델), Static output feedback (정적 출력 피드백), Optimal control (최적 제어)

교신저자, E-mail: acebtif@seoultech.ac.kr.

자율주행차량이 보급되면 차량 탑승자는 운전의 부담에서 벗어나지만 책이나 태블릿을 보면서 외부 시선이 사라지면서 멀미가 심해지게 된다. 기존의 연구에 의하면 0.8~8Hz 대역을 가지는 차체의 수직가속도와 피치각속도의 결합 자극에 의해 멀미가 심화되며 능동 현가장치를 이용하여 이러한 자극을 줄임으로써 멀미를 저감시킬 수 있다¹⁾. 이러한 결과를 바탕으로 기존의 연구에서는 차체의 수직가속도와 피치각속도를 기준으로 능동 현가장치 제어기를 설계하였다²⁾.

본 연구에서는 기존의 연구와는 달리 차체와 더불어 인체 모델을 함께 사용하여 능동 현가장치 제어기를 사용한다. 차체 모델은 1/2-차량 모델(Half-Car Model: HCM)을 이용하였고 인체는 머리를 포함하여 다수의 질량-스프링-댐퍼를 가지는 모델(Human Body Model; HBM)을 이용하였다. 이러한 2개의 모델에서 1/2-차량 모델(HCM)과 1/2-차량 모델+인체 모델(HCM+HBM)을 결합한 모델 2개를 사용하였다.

제어기는 센서 출력값으로서 차체의 수직 속도와 피치 각속도만을 이용한다. 제어 입력은 전륜과 후륜에 장착된 능동 현가장치가 만들어 낸다. 센서 출력 2개만 이용하는 능동 현가장치 제어기 설계를 위해 선형 2차 (Linear Quadratic: LQ) 정적 출력 피드백(Static Output Feedback: SOF) 방법론을 사용하였다. 따라서 제어기의 구조는 2개의 모델에 대해 동일하다. LQ 목적함수에서는 (1) HCM의 차체의 수직가속도와 피치각속도, (2) HCM+HBM의 차체 수직가속도, 피치 각속도와 머리의 수직가속도를 고려한다. 이러한 2개의 LQ 목적함수로 LQ SOF 제어기를 설계한다.

설계된 제어기의 성능을 비교하기 위해 주파수 응답과 차량 시뮬레이션 패키지에서 시뮬레이션한 결과를 비교한다. 시뮬레이션 결과로부터 제어기 설계에 어떤 모델과 어떤 목적함수를 적용하는 것이 더 향상된 성능을 제공하는지 보인다.

- 1) J. Ekchian, W. Graves, Z. Anderson, M. Giovanardi, O. Godwin, J. Kaplan, J. Ventura, J.R. Lackner, P. DiZio, "A High-Bandwidth Active Suspension for Motion Sickness Mitigation in Autonomous Vehicles" SAE Technical Paper 2016-01-1555, 2016.
- 2) J. Kim and S. Yim, "Design of Static Output Feedback Suspension Controllers for Ride Comfort Improvement and Motion Sickness Reduction," Processes 2024, 12(5), 968.

본 연구는 현대로템의 지원으로 수행되었음.