

Preview 정보를 활용한 능동 현가장치의 제어

정 준 영¹⁾, 이 치 범^{*1)}

서울과학기술대학교 기계설계로봇공학과¹⁾

Active Suspension Control using Preview Information

Junyoung Jung¹⁾ · Chibum Lee^{*1)}

Seoul National University of Science and Technology¹⁾

Key words : Active Suspension(능동 현가장치), Proactive Control(사전 제어), Model Predictive Control(모델 예측 제어), Anti-Roll Control(안티롤 제어), Autonomous Driving(자율주행)

교신저자, E-mail: chibum@seoultech.ac.kr

본 논문에서는 자율주행 상황에서 탑승자의 승차감을 향상시키기 위한 능동 현가장치의 제어 방법에 관한 연구를 진행하였다. 능동 현가장치는 차량의 주행 성능을 개선하기 위한 부품의 한 종류로, 수동 현가장치, 반 능동 현가장치가 차체의 감쇠를 위해 설계되는 것과 달리, 능동적인 힘을 발생시킬 수 있어, 차량의 주행 성능과 승차감을 크게 향상시킬 수 있다.

능동 현가장치, 자율주행 알고리즘, 차량 시스템 사이의 융합을 고려하였으며, 자율주행 알고리즘과 능동 현가장치의 제어 알고리즘을 설계하여 Fig. 1과 같은 시스템을 구축하였다.

자율주행 알고리즘은 횡방향 제어를 통해 전방의 waypoints를 추종하며, 차량의 거동을 예측하여 미래의 조향각 정보를 연산할 수 있도록 구성하였다.

능동 현가장치의 제어는 자율주행 알고리즘에서 제공되는 미래의 조향각 정보를 활용하여 차량의 롤 거동을 최소화하는 Model Predictive Control (MPC)방식의 제어를 설계하였다.[1]

본 논문에서 제시하는 시스템을 구축하기 위해 차량의 조향 입력과 롤 거동을 나타낼 수 있는 동역학 모델이 필요하며, Fig. 2와 같이 횡방향 속도와 요 속도를 상태 변수로 하는 2 자유도의 bicycle 모델과 롤 각도와 롤 각 속도를 상태 변수로 하는 1 자유도의 롤 모델을 결합한 3 자유도의 차량 모델을 고려하였다.[2]

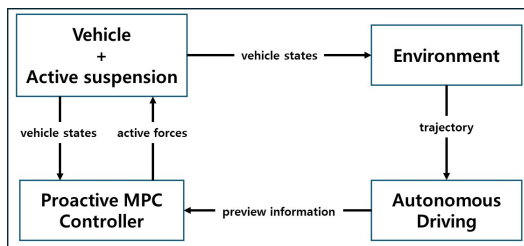


Fig. 1 Architecture of overall system

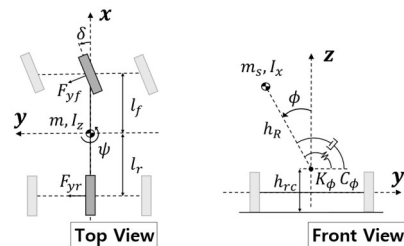


Fig. 2 Vehicle 3 DOF model (yaw and roll)

설계된 3 자유도 모델은 차량의 속도가 일정한 상태를 가정한 시불변 시스템으로 설계된다. 하지만, 실제 차량의 경우, 다양한 속도로 동작하기 때문에, 차량의 속도를 가변 매개변수로 하는 시스템을 재설계 하였다. 또한, 능동 현가장치의 입력 지연을 1차 지연 시스템으로 고려하여 시스템을 확장하였다.

MPC 제어기는 3 자유도 차량 모델의 상태 변수, x , 능동 현가장치에 의한 제어 입력, u , 조향 입력, w 에 대해 식 (1)과 같은 상태 공간 방정식으로부터 예측 모델을 연산한다. 예측 모델에서 계산된 prediction horizon 내의 미래 상태 변수 중 롤 값을 최소화하는 안티 롤 제어를 하계끔 비용 함수를 구성하였으며, 능동 현가장치의 한계를 고려하여 제약조건을 추가하였다.

$$\begin{aligned} \text{states}, x &= [\dot{y} \quad \dot{\psi} \quad \phi \quad \dot{\phi} \quad u_d]^T \\ \dot{x} &= Ax + Bu + Gw \end{aligned} \quad (1)$$

자율주행 제어기와 능동 현가장치 제어기는 MATLAB/Simulink에서 설계되었으며, 검증을 위해 CarMaker와의 co-simulation을 진행하였다. Fig. 3는 안티 롤 제어의 결과이다.

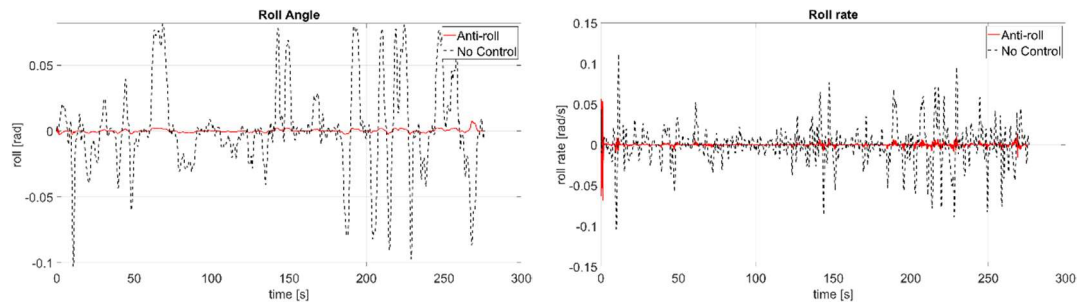


Fig. 3 Simulation result of anti-roll control

References

- [1] Yao, Jialing, et al. "Research on model predictive control for automobile active tilt based on active suspension." *Energies* 14.3 (2021): 671.
- [2] Marzbanrad, Javad, et al. "Development of fuzzy anti-roll bar controller for improving vehicle stability." *Journal of Vibroengineering* 17.7 (2015): 3856-3864.