

# 전차량의 능동 현가 장치 제어를 위한 중복 분산형 전실 고유구조지정 제어기 설계

## Overlapping Decentralized Robust EA Control Design for an Active Suspension System of a Full Car Model

°정 용 하\*, 최 재 원\*\*, 김 영 호\*\*\*

\* 부산대학교 기계공학부(Tel: 051-510-3203; Fax: 051-510-2470; E-mail: yhjung3@hyowon.pusan.ac.kr)  
 \*\* 부산대학교 기계공학부(Tel: 051-510-2470; Fax: 051-510-2470; E-mail: choijw@hyowon.pusan.ac.kr)  
 \*\*\*부산대학교 전자전기컴퓨터공학부(Tel: 015-510-2281; Fax: 051-516-4356; E-mail: yhkim@hyowon.pusan.ac.kr)

**Abstract :** A decentralized robust EA(eigenstructure assignment) controller is designed for an active suspension system of a vehicle based on a full car model with 7-degree of freedom. Using overlapping decomposition, the full car model is decentralized by two half car models. For each half car model, a robust eigenstructure assignment controller can be obtained by using optimization approach. The performance of the decentralized robust EA controller is compared with that of a conventional centralized EA controller through computer simulations.

**Keywords :** active suspension, overlapping decomposition, robust eigenstructure assignment, full car model

### 1. 서론

자동차의 현가장치의 역할은 차량의 무게를 지지하고, 주행 중 불규칙한 노면상태로 인한 파격한 진동 혹은 충격으로부터 차체 및 여러 구성 부품을 보호하며, 승객의 승차감 향상과 차륜의 노면 접지력을 유지하는 역할을 하고 있다. 이러한 관점에서 능동 현가 장치(active suspension)에 대한 관심이 점점 높아지고 있고 최근 수년간 이에 관련된 많은 연구가 수행되어 왔다[1-6].

능동 현가장치의 제어기 설계를 위한 차량 및 현가장치의 모델링 방법으로는 비교적 단순한 ¼ 차량(quarter car)과 ½ 차량(half car)이 많이 사용되어 왔다. 그러나 모델링은 차량의 운동이나 진동 특성을 가장 잘 나타낼 수 있는 방향으로 이루어져야 한다는 측면에서 보면 적절한 방법이라 할 수는 없다. 즉, ¼ 차량, ½ 차량은 차체의 상하(heave) 운동이나 피치(pitch) 운동을 나타낼 수는 있지만 롤(roll) 운동 혹은 좌우 차륜의 상호교합에 의한 운동은 나타낼 수 없다. 전차량(full car) 모델은 위의 상하 운동, 피치 운동 및 롤 운동 모두를 나타낼 수 있다는 장점은 있지만, 상대적으로 구조가 복잡해지고 시스템의 차수가 높아져서 능동 현가장치 제어기 설계에 어려움이 따른다는 단점이 있다[5]. 그러므로, 복잡한 구조와 높은 차수의 시스템에서도 쉽게 제어기를 설계할 수 있으면서 효과적으로 현가장치를 제어할 수 있도록 하는 제어기 설계 방법에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 전차량 모델을 중복 분해[7]하여 2개의 ½차량으로 나누고 각각의 ½차량에 대해 페루프 고유치와 고유벡터를 임의로 지정할 수 있는 고유구조지정(eigenstructure assignment) 제어기[2,8]를 적용하는 방법을 제시한다. 이때 중복 분해된 시스템의 상호교합(interconnection)에 의해 고유구조가 보존되지 않게 되는데 이 점을 고려하기 위하여 최적화 기법을 이용하였다. 고유구조 지정 기법으로는 시스템 제어입력의 효율성과 외란의 억제율 동시에 고려할 수 있도록 고안된 좌고유구조지정 기법[8]을 사용하였다.

### 2. 전차량의 모델링 및 운동방정식

본 논문에서 차량은 강체로 모델링하고 각 차륜은 질점으로 간주하였고, 차량은 차체와 4개의 차륜으로 구성되어 있다고 가정하였다. 차체는 3개의 자유도(수직, 피치, 롤)를 가지고 각각의 현가장치는 수직방향으로 1개의 자유도를 가지므로 전차량 모델은 7 자유도를 갖는다. 각각의 현가장치는 차량과 차륜의 사이에 위치하고 스프링, 댐퍼 그리고 제어력을 발생할 수 있는 작동기로 구성되어 있다. 이때, 작동기의 동력학은 현가장치의 응답에 비해 무시할 수 있을 정도로 가정한다.

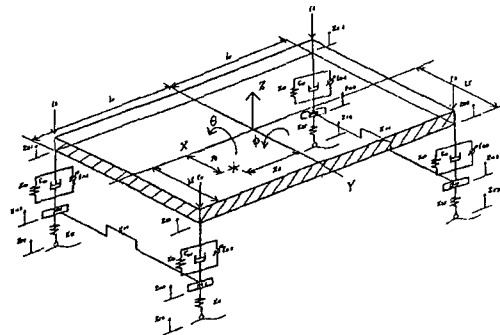


그림 1. 7 자유도 전차량 모델

그림 1과 같은 전차량 모델의 운동 방정식은 다음과 같다.

$$M_1 \dot{p} = RC_s(z_u - z_s) + RK_s(z_u - z_s) + Ru \quad (1)$$

$$m_u \ddot{z}_u = C_s(z_s - \dot{z}_u) + (z_s - z_u) + K_s(z_s - z_u) - u \quad (2)$$

여기서,

$$p = [z_c \ \theta \ \phi]^T \in R^3$$

$$z_j = [z_{j1} \ z_{j2} \ z_{j3} \ z_{j4}]^T \in R^4, \quad j = u, s, r$$