

Active Linear Actuator 를 이용한 차량의 능동진동제어 실험

Active Vibration Control Experiment on Vehicle use Active Linear Actuator

양동호* · kwakm** · 김정훈** · 박운환*** · 오상훈***

Dong-Ho Yang, Moon K. Kwak, Jeong-Hoon Kim, Woon-Han Park, Sang-Hoon Oh

1. 서론

기존의 수동 엔진마운트로서는 더 이상의 효과를 기대하기 어렵게 됨에 따라 자동차에 탑승한 승객의 안락함 개선을 위해 새로운 개념의 능동 엔진마운트가 도입되게 되었다. 기존의 엔진마운트 설계방식은 엔진의 진동을 자동차메인 프레임으로부터 격리하는 방법으로 설계되었으며 이를 위해 고무 또는 유압식 마운트가 사용되고 있다. 고무를 이용한 엔진마운트는 고주파수 대역에서 효과적이기 때문에 엔진에 의하여 발생된 낮은 주파수 대역의 진동을 억제하는데는 한계가 있다. 이를 해결하기 위해 새로운 능동형 엔진마운트에 대한 연구가 진행되고 있다. Konrad Kowalczyk 는 자동차 프레임에 Voice-coil 형태의 액츄에이터를 부착하고 Adaptive Controller 를 이용하여 엔진에서 전달되는 신호의 180 도 위상으로 제어력을 가해지도록 만들어 능동진동제어를 수행하였다. 본 연구에서는 Active Linear Actuator(ALA)로 불리는 전동식 액츄에이터를 이용하고 고차조화 제어기(HHC, Higher Harmonic Control)를 이용하여 능동진동제어를 수행하고자 한다.

능동진동제어 이론은 크게 피이드백 제어와 피이드포워드 제어로 나뉜다. 피이드백 제어 이론으로는 Proportional-integral-derivative(PID), lead-lag compensation, Linear Quadratic Gaussian(LQG), H2,H∞ 등을 예로 들 수 있다. 이들 이론을 사용하는 경우 구조물의 감쇠가 증가하는 효과를 가져오게 된다. 따라서 공진시의 진폭을 감소할 수 있는 효과가 있다. 피이드포워드 제어는 제어 대상 외부 교란에 대한 정확한 정보를 담고 있는 참조신호를 필요로 한다. 따라서 주 진동원인을 알 수 없거나 많은 수의 참조신호를 사용해야 할 경우에는 피이드포워드 제어보다는 피이드백 제어시스템이 효과적이다.

본 연구에서 제안하는 HHC 알고리즘은 헬리콥터 로터 블레이드의 진동제어를 위해 개발된 제어기법으로서 외부 조화교란에 효과적으로 대응 할 수 있는 것으로 알려져 있다. 선행연구는 좀더 넓은 주파수 대역의 기진력에 대응하기 위해 HHC 에 감쇠계수를 도입한 수정된 HHC 를 었다. 능동진동 제어 실험 연구에서 HHC 알고리즘은 공진 대역과 비공진 대역에서 효과적임을 확인하였다. 본 연구에서는 분당회전속도(RPM) 신호를 이용한 적응형 HHC 제어 알고리즘을 사용하여 차량의 능동진동제어 실험을 수행하고 그 타당성을 분석하였다.

2. 차량 능동진동 제어 실험

차량이 운행중일 경우 엔진의 기진력이 지속적으로 프레임으로 전달된다. 따라서 프레임의 진동은 엔진 실린더의 운동, 즉 차량의 RPM 신호와 밀접하게 관련된다. 본 연구에서는 RPM 신호를 이용한 적응형 HHC 제어기를 이용하여 차량의 진동 응답을 억제할 수 있는지의 여부에 대해 실험을 수행하였다.

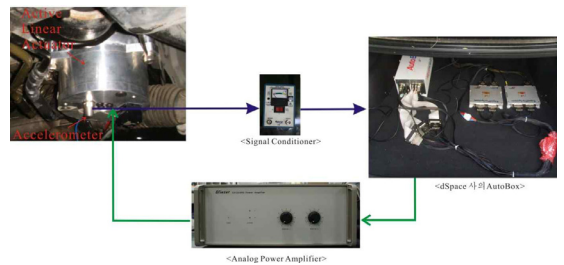


Fig. 1. Hardware Connection for Active Engine Mount Inputs and Outputs

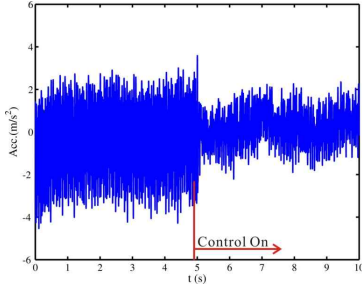
실험 차량은 사시 다이내미에서 수행되었으며 차량의 서브프레임의 좌우에 부착되어 있는 ALA(Active Linear Actuator)를 액츄에이터로 사용되며 동위치에 부착되어 있는 가속도계는 센서로 사용된다. 하드웨어의 연결도는 그림 1 과 같다. 가속도계 신호는 dSpace 사의 Auto Box 의 A/D 입력단에 연결되고 제어 알고리즘은 Simulink 를 이용해 구현되었다. 또한 타코메타 신호는 P/V Converter(Pulse/Voltage

† 교신저자; 동국대학교 기계·로봇·에너지공학과
E-mail : kwakm@dongguk.edu
Tel : (02) 2260-3705, Fax : (02) 2263-9379
* 동국대학교 기계·로봇·에너지공학과
** 현대기아자동차 연구개발총괄본부
*** (주) 파브코

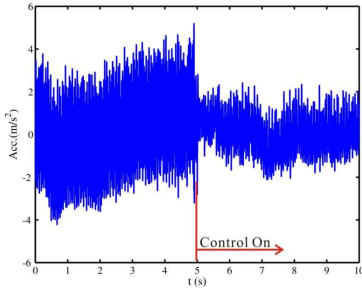
Converter)를 이용해 아날로그 전압신호로 변환하여 엔진 RPM에 대한 정보를 Auto Box에 전달하였다. 수정 HHC 알고리즘으로 계산된 제어신호는 파워 트라이버를 거쳐 ALA에 전달되었다.

3. 차량 능동진동 제어 실험

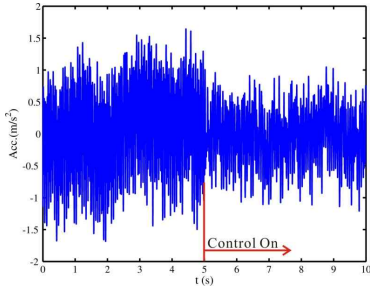
다음 그림들은 서브프레임의 왼쪽과 오른쪽에 그리고 운전석의 Seatrail에 부착된 가속도계 신호를 시간영역에 대해 보여주고 있다.



(a) Left Subframe Accelerometer Output



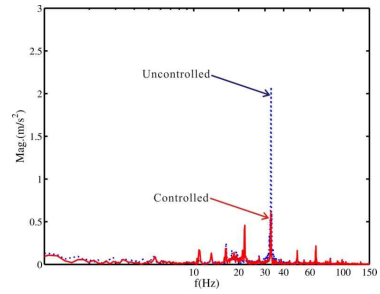
(a) Right Subframe Accelerometer Output



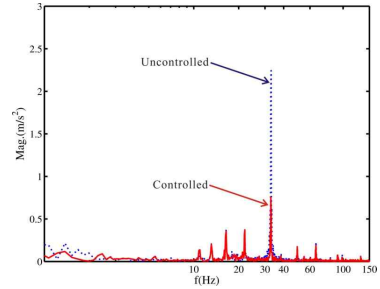
(a) Seatrail Accelerometer Output

Fig. 2 Time History Comparison at N^{th} Idle

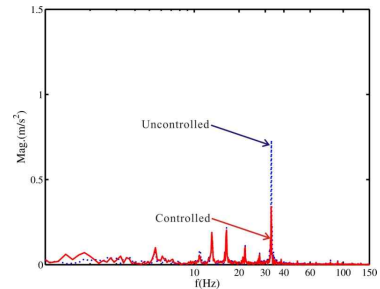
이 그림들로부터 차량의 RPM 신호를 이용한 적응 HHC 알고리즘을 이용해 진동 응답을 감소시킬 수 있음을 확인할 수 있다. 다음은 제어 전과 후에 대한 PSD(Power Spectral Density)에 대해 보여주고 있다. 주 진동수에서 약 15dB 정도의 감도를 확인할 수 있다.



(a) Left Subframe Accelerometer Output



(a) Right Subframe Accelerometer Output



(a) Seatrail Accelerometer Output

Fig. 3 Spectral Analysis comparison at N^{th} Idle

3. 결론

본 연구에서는 능동엔진마운트 설계에 필요한 동적 모델링 방법과 제어기 설계에 대해 논하였다. 엔진 RPM과 연동된 적응 HHC를 이용해 차량 프레임의 진동 제어 실험을 수행하였다. 실험결과는 적응 HHC 알고리즘이 차량의 진동제어에 효과적임을 보여준다. 차후 실제 주행도로에서의 HHC 시험 실험 결과를 제시할 예정이다.

후 기

본 연구는 지식경제부 부품소재기술개발사업 "능동형 엔진 마운팅 시스템 개발" 과제의 일환으로 수행되었습니다.