

# Active Linear Actuator 를 이용한 세탁기의 능동진동제어 Active Vibration Control of Washing Machine by Active Linear Actuator

김승기\* · 콰문규† · 양동호\*  
Seung-Ki Kim, Moon K. Kwak and Dong-Ho Yang

## 1. 서 론

산업 기술의 발달과 인간의 삶의 질이 향상되면서 현대인들을 위한 가전 제품들은 소비자의 편리성이 강조되며 발달되어 왔다. 따라서 기업체에서도 소비자의 욕구를 충족시키기 위한 수많은 연구가 진행되고 있다. 다양한 가전 제품 중에서도 세탁기는 인간의 노동을 직접적으로 대체할 수 있는 유일한 수단이었다.

최근에는 현대인의 생활 패턴이 변화하면서 맞벌이 가정들의 수가 급증하고, 바쁜 일상으로 인해 세탁을 불가피하게 늦은 시간에 해야 하는 경우가 적지 않게 발생한다. 또한 최근에 이슈화 되고 있는 층간 소음 문제에 이러한 상황들도 영향을 미치면서 사람들끼리 서로 얼굴을 붉히는 사례들이 종종 일어난다. 세탁 과정에서는 특히 탈수 행정에서의 소음과 진동이 가장 심한데 이를 저감시키기 위한 연구가 국내·외적으로 다양하게 이루어져 왔다. 진동제어 방법은 크게 수동형 진동제어 방법과 능동형 진동제어 방법으로 나눌 수 있다. 세탁기에 적용될 수 있는 수동형 진동 제어 방법으로는 기존에 상용되고 있는 오일 댐퍼(Oil Damper)나 마찰 댐퍼(Friction Damper) 등이 있지만 이는 진동을 저감시키는데 한계가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 능동형 제어 방법들이 활발하게 연구되고 있다. 세탁기의 능동형 진동 제어방법으로는 전자 제어식 MR Damper를 이용한 방법이 연구 중에 있다. 본 연구에서는 ALA(Active Linear Actuator)를 이용하여 세탁기의 능동 진동제어에 대한 연구를 수행하였다. ALA는 코일과 자석을 이용한 선형 자기 액추에이터이다.

## 2. 세탁기 능동진동 제어 실험 장치 구성

본 연구에서는 Fig. 1과 같이 보이는 드럼세탁기의 외부 드럼에 ALA와 가속도계를 부착하였다. ALA의 부착이 용이하지 않아 우선 한 개의 ALA를 부착하고 실험을 수행하였다. 세탁기의 진동 신호는 ENDEVCO사의 MODEL 7751-500 가속도계(Accelerometer)를 사용하였다. 파워앰프는 Eliezer사의 EA120AR2 Power Amplifier를 사용하였다.

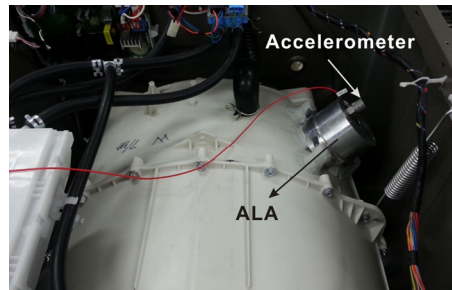


Fig. 1 Experimental Configuration

Fig. 2는 작동기인 ALA와 감지기인 가속도계, 그리고 제어알고리즘을 탑재한 dSpace사의 DS1104 보드, 제어 출력 신호를 증폭하는 파워 앰프가 연결된 피이드백 루프를 보여준다.

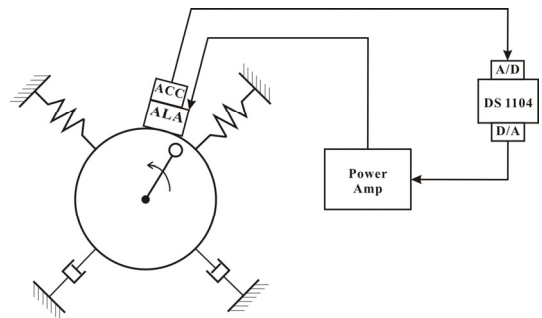


Fig 2. Feedback Loop for Active Vibration Control

† 교신저자; 동국대학교 기계로봇에너지공학과

E-mail : kwakm@dgu.edu

Tel : (02) 2260-3705

\* 동국대학교 기계공학과

본 연구에서 사용한 제어알고리즘은 PPF(Positive Position Feedback) 제어기이다. PPF 제어기는 능동 진동제어에 효과적으로 사용되어 왔는데 제어 알고리즘은 다음과 같은 전달함수로 표현된다.

$$H(s) = \frac{\omega^2}{s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2} \quad (1)$$

여기서  $\omega$  는 제어 대상 모드의 진동수이며,  $\zeta$  는 PPF 제어기의 감쇠인자로서 일반적으로 0.3을 사용한다. PPF 제어기를 강제 진동에 적용시키기 위해서는 제어 대상 진동수  $\omega$  에 대한 정보가 필요하다. 본 연구의 목표는 세탁기 드럼의 회전에 의해 발생하는 진동을 억제하는 것이기 때문에 제어 대상 진동수에 대해서는 쉽게 그 값을 알 수 있다. PPF 제어의 특징은 특정 고유 진동모드의 댐핑을 능동적으로 증가시킬 수 있다는 것인데, 따라서 제어하고자 하는 진동 모드의 고유 진동수에 필터주파수를 맞추면 그 고유 모드의 감쇠가 증가된다. 또한 외부 기진력에 의한 강제 진동의 경우에는 외부 기진력의 진동수에 PPF 제어의 필터 주파수를 맞추면 강제 진동 응답을 어느 정도 제어할 수 있는 것으로 알려져 있다. Fig. 3은 본 시스템의 Simulink 블록 선도이다.

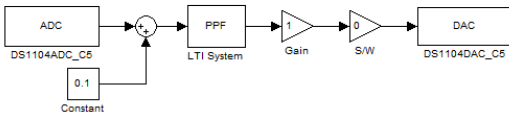


Fig. 3 Simulink Block Diagram

### 3. 능동진동 제어 실험 결과

Fig. 4은 드럼 세탁기의 탈수 행정에서 ALA를 이용한 제어기 구동시의 진동과 제어기를 구동하지 않았을 경우의 진동을 보여준다.

Fig. 4의 그림에서 알 수 있듯이 한 개의 ALA를 이용한 능동 진동제어 효과가 있음을 알 수 있다. 시간 응답상에서는 가속도 수준이 제어하지 않았을 경우에 비해 약 30% 정도의 저감을 보여주었는데 이를 주파수 성분 별로 분석해본 결과가 Fig. 5이다. 점선은 제어 전, 실선은 제어 후의 결과를 나타내며, 보이는 바와 같이 1차 진동수인 13.2Hz에서 제어 알고리즘이 구동되었을 때에 약 50% 가량 저감시킬 수 있었다는 것을 알 수 있다.

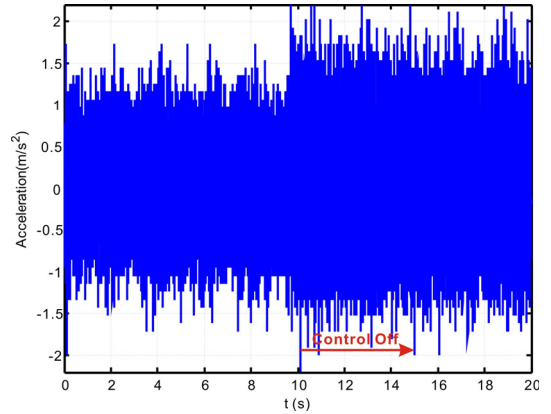


Fig. 4 Accelerometer Signal

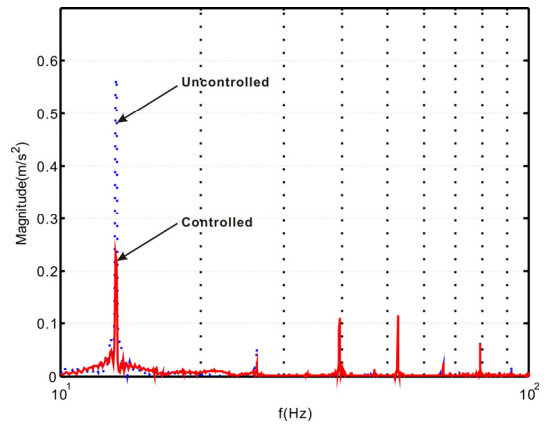


Fig. 5 Uncontrolled and Controlled Power Spectral Density Curves

## 4. 결 론

본 연구에서는 한 개의 ALA와 한 개의 가속도계, 그리고 PPF 제어 알고리즘을 이용하여 드럼 세탁기의 진동을 능동적으로 제어할 수 있음을 입증하였다. 실험 결과는 진동이 시간 응답상에서는 약 30%, 주 주파수성분은 약 50%의 저감 효과가 있음을 보여준다. 차후 다양한 구동기를 이용해 능동진동제어를 수행할 예정이다.

## 후 기

본 연구는 동부대우전자의 지원으로 수행되었습니다.