

# 통합 제진 마운트의 변위 기반 알고리즘과 거동 예측(II)

## Displacement-based Algorithm and Movement Simulation for an Integrated Vibration Control Mount(II)

김형태\* · 김철호† · 이강원\*

Kim Hyung Tae, Kim Cheol Ho, SungBok Kang and Lee Kang Won

### 1. 서 론

첨단 IT 핵심 부품 생산에 필요한 환경 조건 중에서 진동의 영향을 최소화하기 위하여 진동을 흡수하고 절연할 수 있는 통합 제진 마운트가 필요하다. 본 논문 I 편에서 설명한 바와 같이 통합 제진 마운트에는 장비에서 발생한 진동을 흡수하는 absorber와 장비 외부에서 발생한 진동을 절연하는 isolator 기능을 동시에 수행하여야 한다. 이를 수행하기 위하여 큰 힘을 발생시킬 수 있는 에어 스프링에 공간억제를 위한 MR 및 EMF 를 개발한 사례가 있다.<sup>(1)</sup> 진동 제어를 위하여 다수의 장치가 적용되므로 이를 적절하게 안배할 필요가 있다. 본 논문 I 편에서는 상대 변위를 이용한 알고리즘을 제안하였으나, 단순히 변위의 크기를 가지고 absorber 혹은 isolator 각각의 모드를 정확하게 판별하는 것보다는 별도의 센서로 판별하는 것이 더욱 정확하다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 가속도계를 사용하여 장비 내 진동 혹은 장비 외 진동으로 구분하여 진동을 제어하는 방법에 대하여 논의하고자 한다.

### 2. 제진 알고리즘

#### 2.1 진동의 검출

Fig. 1은 전형적인 진동 해석 모델로 장비에서 발생된 진동 및 외부에서 발생된 진동을 에어 스프링, MR 댐퍼, EMF 장치로 최대한 억제하는 것을 나타낸 개념도이다<sup>(2)</sup>. 일반적으로 진동 센서는 변위계, 속도계 및 가속도계를 사용한다.

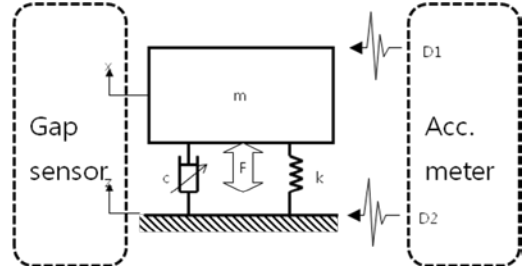


Fig. 1 concept of vibration measurement

속도계와 가속도계는 절대적인 값을 측정할 수 있으나, 변위계는 상대적인 값을 측정한다. 즉, 마운트에 진동이 발생하였을 때 나타나는 변위의 변화는 마운트와 지면 사이의 상대 거리이므로, 변위계 측정 자체로 장비내 혹은 외부 진동인지 정확하게 판별하기 어렵다. 그러므로, 진동을 감지하는데 널리 사용되는 가속도계를 장비 하부에 하나, 바닥에 하나를 설치하면, 발생된 진동이 어디에서 발생한 것인지 판별할 수 있다. 즉, 장비 하부 가속도계에서 peak 가 형성되면 absorber 모드를, 바닥 가속도계에서 peak 가 형성되면 isolator 모드를 활성화하게 된다.

#### 2.2 제어 로직

각 가속도계의 출력을 모니터링하고 있다가 어느 순간 trigger 가 발생하면 각 제어 모드를 수행한다. trigger 는 threshold 로 표현이 가능하므로 아래와 같은 제어 수식을 얻을 수 있다.

$$\begin{cases} F_{MR} = -k_{MR}\dot{y} \quad |a_{in}| > |a_{ex}|, y \approx x \\ F_{EMF} = -k_{EMF}y \quad |a_{ex}| > |a_{in}|, y \approx -z \end{cases} \quad (1)$$

여기서 a 는 가속도계의 출력으로 진폭이나 FFT 상의 peak 를 의미한다. 내부 가속도계와 외부 가속도계의 출력이 일정 이상 커지게 되면 변위 센서에서 들어온 신호를 바탕으로 진동 소거 및 방진 동작을 수행한다. 통합 제진 마운트의 개념도 및 수식은 본 논문 (I)과 같다.

† 교신저자; 정회원, 한국생산기술연구원  
E-mail : cheolho@kitech.re.kr  
Tel : 041-589-8313, Fax : 041-589-8460

\* 한국생산기술연구원

### 3. 결과

시뮬레이션을 위한 상수 파라미터 값을 얻기 위하여 Fig. 2와 같은 시스템을 대상으로 하였다. 본 시스템은 2010년도 학술대회에서 발표한 것으로 저널 및 학술대회에서 보고되어 검증한 바가 있다.<sup>(3)-(4)</sup> 총 4개의 에어 스프링이 석정반을 지지하고 있으며, 상부에는 리니어 모터가 설치되어 있다. 공압 스프링 내에는 전자기력을 발생하는 전자석과 영구자석의 조합이 내장되어 있다. 공압은 레벨러를 이용하여 필연적으로 발생하는 공기의 누설을 기계식으로 보상한다. 한편, MR 댐퍼의 파라미터도 저널로 검증된 제품의 것을 사용하였으며, 공압 스프링의 내장 방식이다.<sup>(5)</sup>

Impact에 대한 응답은 본 논문 (I)과 거의 같은 경향을 보였으며, 15dB 감쇠하였다. 또한, random 진동에 대하여도 비슷한 효과를 보였으며, 성능은 다소 낮은 5dB 감쇠하였다. 그러나, 논문 (I)과 같이 상대 변위를 이용하는 경우는 진동 모드에 대한 추정이므로, 가속도계를 이용하는 본 방법의 신뢰성이 높을 수 있다.

### 3. 결론

본 연구에서는 IT 핵심 공정을 위한 제진 시스템을 구현하기 위하여 진동의 흡수 및 절연을 할 수 있는 알고리즘으로 가속도계를 사용하는 방법에 관하여 논하였으며 시뮬레이션으로 검증하여 효과가 있음을 보였다.

### 참고 문헌

- (1) H.T. Kim, C.H. Kim, S.B. Kang, K.W. Lee, J.H. Baek and H.H. Han, "A 3 DOF Model for an Electro Magnetic Air Mount," IEEE Conference on Mechatronics, pp. 1~5, 2011.
- (2) K. Ogata, "System Dynamics 2<sup>nd</sup> Ed.," Prentice Hall, New Jersey, pp. 477~482, 1992.
- (3) H.T. Kim, C.H. Kim, K.W. Lee and G.S. Lee, "Digital Signal Processing for micro vibration," KSNVE Spring Conference, pp. 726~727, 2010.
- (4) H.T. Kim, C.H. Kim, K.W. Lee, G.S. Lee and S.W. Son, "An Electro-magnetic Air Spring for Vibration Control in Semiconductor Manufac-

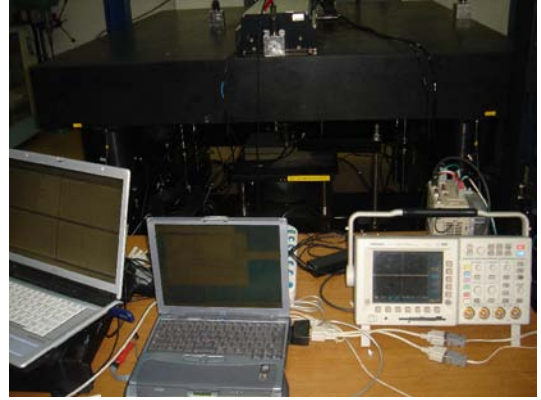


Fig. 2 Vibration control system

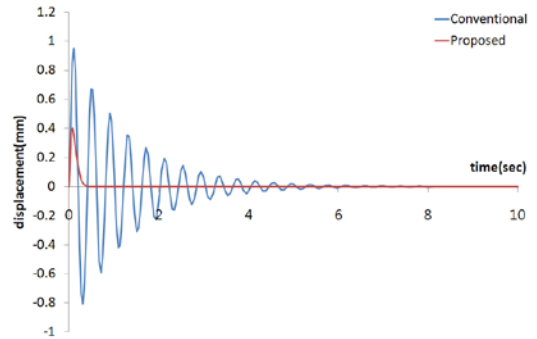


Fig. 3 Vibration control system

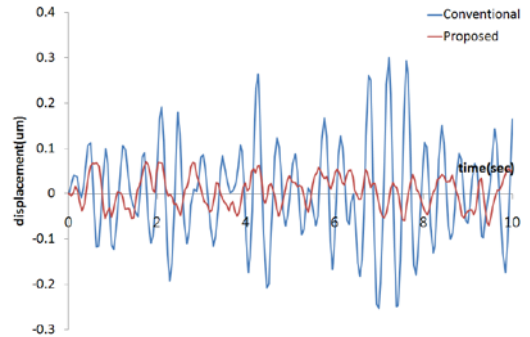


Fig. 4 Vibration control system

turing," Transactions of KSNVE, Vol. 20, No. 12, pp. 1128~1138, 2010.

- (5) M.S. Seong, S.B. Choi, C.H. Kim, H.K. Lee, J.H. Baek, H.H. Han and J.K. Woo, "Experimental Performance Evaluation of MR Damper for Integrated Isolation Mount," Transactions of the KSNVE, v.20, no.12, pp.1161~1167, 2010.