

VCM을 이용한 다자유도 능동형 미소진동 에뮬레이터 개발

Development of Multi-DOF Active Microvibration Emulator using Voice Coil Motor

박지용* · 한재홍†

Geeyong Park* and Jae-Hung Han†

1. 서 론

위성체에 탑재되는 다양한 구성품과 임무장비들은 인공위성에 사용되는 다양한 구동기(반작용 휠, 극저온 냉각기, 등)에 의한 진동 환경에 노출되어 있다. 이와 같은 환경의 진동 수준은 매우 작지만 우주 공간에는 별도의 감쇠요인이 없기 때문에 지속적인 미소 진동(Jitter)의 발생으로 관측 탑재체를 통해 획득한 영상의 품질을 심각하게 저하시키게 된다. 따라서 진동원에서 고정밀 탑재체로 전달되는 진동 수준을 저감시킬 수 있는 기술이 반드시 필요하며 저자의 연구실에서는 광학 탑재체 성능 향상을 위한 미세진동 절연장치를 개발 중에 있다. 위성체의 미소진동(Jitter) 절연장치를 통한 영상품질 확보를 위해서는 이러한 주요 진동원들에 대한 진동 특성 분석 및 모델링이 필요하며 지금까지 다양하게 연구되고 있다⁽¹⁾. 하지만 인공위성에 탑재되는 반작용 휠이나 극저온 냉각기는 매우 값비싼 장비여서 학교 연구실 손쉽게 구할 수 없을 뿐만 아니라 항공 우주연구원에서도 보안상 쉽게 실험을 할 수 없는 문제점이 있다.

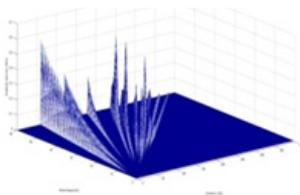


Fig. 1 Vibration characteristics of a reaction wheel(waterfall plot)

† 교신저자; 정회원, KAIST 항공우주공학전공
E-mail : jaehunghan@kaist.ac.kr
Tel : 042-350-3723, Fax : 042-350-3710

* 항공우주공학전공

또한 Fig. 1에서 볼 수 있듯이 반작용 휠의 속도에 따라 발생하는 미소 진동의 스펙트럼이 다르고 실제 실험으로 검증하기 위해서는 미소진동 발생장치가 반드시 필요하다. 따라서 본 연구는 보이스 코일 모터를 이용하여 진동원의 특성을 그대로 모사할 수 있는 다자유도 미소진동 발생장치를 개발함으로써 값비싼 위성 탑재체를 대체하면서 동시에 학교 연구실에서도 똑같은 진동 환경을 구현하는데 목적이 있다.

2. 보이스 코일 모터(Voice Coil Motor)

위성체에서 발생하는 진동원은 서브 마이크로급이므로 이러한 성능을 구현하기 위해서는 PZT (Piezo-Electric Transducer)나 보이스 코일 모터가 가장 많이 사용되는데, PZT는 매우 빠른 응답특성과 큰 스타팅 토크, 넓은 대역폭등의 장점을 가지고 있지만 매우 작은 구동범위를 갖는 단점이 있다. 본 연구에 사용된 보이스 코일 모터는 빠른 응답 특성, 제작의 용이성 등의 장점이 있어 다양하게 연구 및 응용되고 있다. 예로써 길형균 등⁽²⁾은 VCM을 이용한 6자유도 제진시스템 개발을, 김문수 등⁽³⁾은 VCM을 이용한 노광기용 정밀 레티클 스테이지의 저진동 제어시스템 개발한 연구결과를 발표한 바 있다.

3. VCM 작동기를 활용한 미소진동 발생장치

VCM 작동기를 활용한 미소진동 발생장치를 설계 완료하고 현재 제작 및 실험 중에 있다. 미소 진동 발생 원리로는 간단히 작동기에 질량을 추가시킨 후에 작동기를 가속함으로써 생기는 반작용 힘을 Base 구조에 전달하는 것이다.

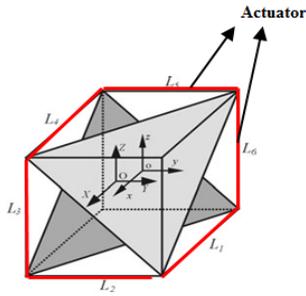


Fig. 2 System configuration

Table 1 System control method

6 DOF Motion	Actuator option
Translational x-direction	L1+L4
Translational y-direction	L2+L5
Translational z-direction	L3+L6
Rotational x-direction	L2+L3+L5+L6
Rotational y-direction	L1+L3+L4+L6
Rotational z-direction	L1+L2+L4+L5

Fig. 2와 Table 1은 전체 에플레이터 시스템 형상 및 제어기법을 보여주고 있다. 시스템 형상으로는 cubic 형상으로 설계하였는데 그 이유로는 모든 방향으로 가장 크고 일정한 제어 인가를 줄 수 있을 뿐 아니라 인접한 작동기끼리 서로 수직하여 분리된 제어를 할 수 있기 때문이다.

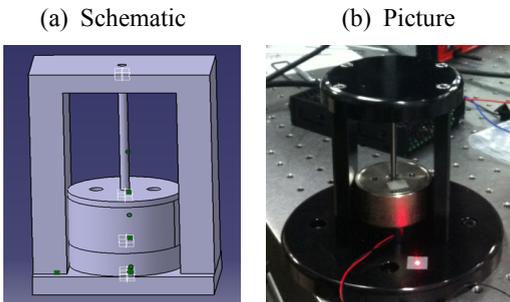


Fig. 3 Vibration emulator demonstration system using VCM actuators.

미소진동 발생장치를 제작하기전에 VCM 작동기의 1차 진동시험을 수행하였다. 실험을 위해서 미국 moticont사의 보이스 코일 모터가 사용되었으며 가속도 측정을 위해서 높은 정확도를 가지는 LDV(Laser Doppler Velocimetry) Sensor을 이용하여 base 구조의 가속도를 측정하였다. Fig. 4는

Base 구조의 가속도를 측정한 것이다. Base 구조의 가속도는 비선형을 보이긴 하였지만 이는 후에 능동 제어기법으로 충분히 보상할 수 있다고 판단되며 입력전압에 대해 비례하여 증가하고 VCM 작동기와는 다르게 주파수에는 반비례하는 모습을 보였다. 따라서 힘 전달률은 고주파수에서는 작아지는 경향을 보였다.

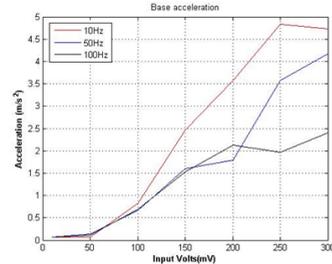


Fig. 4 Base structure acceleration vs input voltage

4. 결 론

본 연구는 VCM 작동기를 이용한 미소진동 에플레이터를 설계하고 제작 중에 있다. 현재 VCM 작동기 실험을 통하여 1차 진동시험만 수행하였지만 좀 더 다양한 작동기를 통하여 반작용 휠의 미소진동을 정확하게 모사할 수 있는지를 시험할 예정이다.

후 기

본 연구는 한국연구재단을 통해 교육과학기술부의 우주기초원천기술개발 사업(NSL, National Space Lab)으로부터 지원받아 수행되었습니다.(과제 번호 2009-0091934).

참 고 문 헌

- (1) 김대관, 오시환, 용기력, 양군호, 2010, "반작용휠 및 휠 교란 모델링에 관한 해석적 연구," 한국항공우주학회지 Vol.38, No.7, pp.702-708.
- (2) 길형균, 김광산, 2010, "VCM을 이용한 6자유도 능동형 제진시스템 개발," 한국소음진동공학회 논문집 제20권 제7호, pp.637~643.
- (3) 김문수, 오민택, 김정환, 2008, "VCM을 이용한 노광기용 정밀 레티클 스테이지의 저진동 제어시스템 개발," 한국공작기계학회 논문집 Vol. 17 No. 4