

볼베어링 구동방식을 적용한 광학식 손떨림 보정장치의 마찰특성 연구

Study on Friction Effect for Optical Image Stabilization Actuator with Ball Bearing

김 충[†], 송명규*, 손동훈**, 박경수**, 박노철**, 박영필**

Choong Kim, Myeong-Gyu Song, Dong-Hun Son, Kyoung-Su Park, No-Cheol Park and Young-Pil Park

(2010년 9월 13일 접수; 2010년 9월 17일 심사완료; 2010년 9월 24일 게재확정)

Abstract

In this paper, 2-axis driving mechanism, which uses voice coil motor (VCM), is proposed to measure the friction force. The proposed VCM actuator consists of two parts; structural part and magnetic circuit part. Structural part is simplified to perform the friction experiments. Magnetic circuit part is composed of two parts. The experiments are accomplished by changing the mass of moving part. Through the experiments, optimal dimension is selected. Finally, the experimental results are verified and the optimal case is applied to the 2-axis driving mechanism, optical image stabilization actuator.

Key Words : Ball bearing, Voice coil motor, Friction force

기호설명

- F_d 구동력
- F_f 마찰력
- N 코일 턴수
- i 입력 전류
- l_e 코일의 유효길이
- B 마그네틱 플럭스 덴서티
- V 입력 전압
- A 코일 단면적
- ρ 컨덕티비티
- L 코일의 전체길이

1. 서론

1.1 서론

[†] 김충

E-mail : jumulri@yonsei.ac.kr

TEL : (02)2123-4677

* 연세대학교 정보저장기기연구센터

** 연세대학교 기계공학과

2 축 구동 메커니즘으로 Piezo-electric (PZT) 방식과 voice coil motor (VCM) 을 사용하는 방식으로 구분할 수 있다. PZT bimorph bending actuator 에 대한 연구가 진행되었다[1]. PZT 방식은 빠른 응답 특성의 장점을 가지고 있지만 전력 소모가 많다는 단점을 가지고 있다. 이에 반해서 VCM 방식을 적은 전력 소모를 바탕으로 빠른 응답 특성을 가지는 장점이 있다. 또한 구동 원리가 간단하고 가격이 저렴하다는 장점을 가지고 있다. 이러한 장점을 가지는 VCM 방식을 적용하는 방식에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[2][3].

2 축 구동메카니즘을 사용하는 구동기는 여러 가지 구동방식을 가지고 있다. 대표적인 구동 방식으로 정보저장기에 사용되는 구동기는 컴플라이언트 메카니즘을 사용해 마찰에 대한 손실을 최소한으로 하고 있다. 정보저장기에 대한 연구는 CD, DVD, BD 용으로 사용되는 3 축구동기, 슬림 PC, 노트북에 적용할 수 있는 울트라슬림 구동기에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다 [4][5]. 또한 디지털 카메라 디지털 캠코더에 사용되고 있는 방식을 프리스메틱 조인트 방식과

볼베어링 방식을 주로 사용하고 있다. 하지만 프리스메틱 방식은 샤프트를 가이드로 사용하여 2 축 구동을 하는 것이기 때문에 마찰에 대한 손실이 필수 불가결한 요소이다. 구동 방식으로 볼을 사용하는 메커니즘은 볼과 구동부 간의 마찰력을 고려해야 하는 어려움이 있다. 볼베어링 방식은 프리스메틱 구동방식에 비해 기계적인 안정성에 대한 단점이 있지만 마찰을 최소화할 수 있다는 장점을 가지고 있어서 많이 적용되고 있다.

이 논문에서는 볼베어링을 메커니즘을 가지는 구동기의 단순화한 모델을 제작하고 마찰 실험을 통하여 최적의 모델을 제시하고자 한다. 이를 바탕으로 볼베어링 방식을 사용하는 구동기에 적용하였다. 또한 정보저장기기용에 적용할 수 있는 새로운 액추에이터가 개발된다면 적용가능성의 여지가 있다.

2. 구동 메커니즘

2.1 구동 방식

그림 (1) 에서 보는 것처럼 VCM 을 사용하는 방식의 대표적인 구동방식은 세가지로 나누어볼 수 있다. 볼 베어링 방식과 프리스메틱 조인트 방식 그리고 콤플라이언트 방식중에서 구동 메커니즘으로 마찰력에 대한 실험 검증을 위하여 볼베어링 방식을 구동 방식을 선택하였다. 볼베어링 구동방식의 전자기 회로파트는 그림 (2)에서 보는 것과 같이 자석, 요크 그리고 코일로 이루어져 있다.

자석과 요크간의 인력은 마찰력에 치명적인 요소로 작용한다. 볼베어링과 구동부와의 접촉 마찰에 대한 요소뿐만 아니라 자석과 요크간의 인력은 구동 마찰력에 대해 중요한 요소이다. 구동 마찰력에 작용하는 요소로는 자석과 요크간의 간격에 따라서 인력의 크기가 좌우된다. 인력의 크기는 자석과 요크의 상대적인 크기에 따라 비선형적인 구간이 나타난다. 본 논문에서는 자석과 요크간의 구동 범위 안에서 비선형적인 구간을 배제할 수 있도록 설계한 후 선형적인 구간에서 실험을 진행하였다.

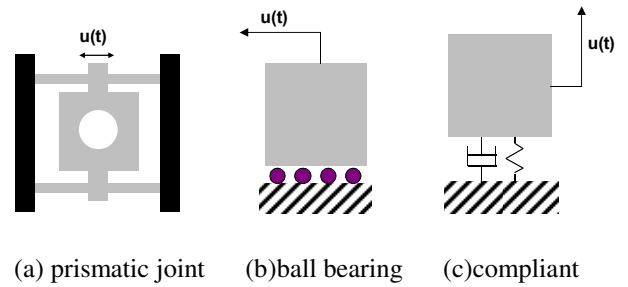


Fig. 1 Driving mechanism

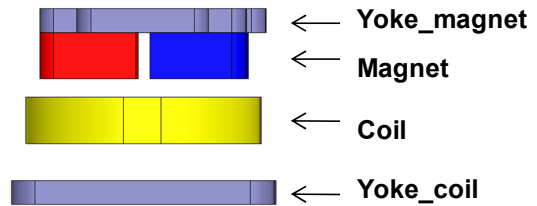


Fig. 2 Magnetic circuit part

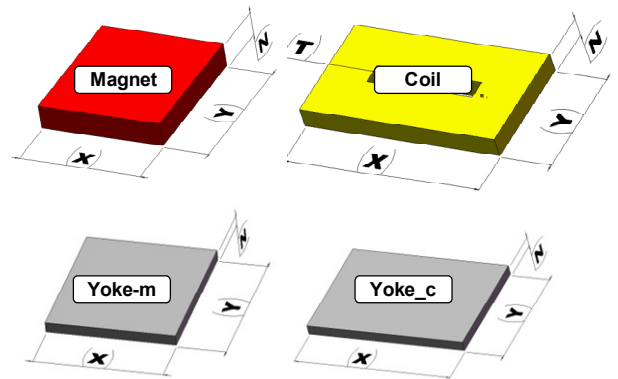


Fig. 3 Components of magnetic circuit part

2.2 전자기 회로 설계

전자기 해석을 수행하기 하기 위해서 다음과 같은 식으로 정의될 수 있다 [6]. VCM 구동방식은 로렌츠 힘에 의해서 구동된다.

$$F_d = N \cdot i \cdot l_e \cdot B = N \cdot \frac{VA}{\rho L} \cdot l_e \cdot B$$

F_d 는 구동력, N 코일 턴수, i 입력 전류, l_e 는 코일의 유효길이, B 는 마그네틱 플럭스 밀도, 그리고 V, A, ρ, L 는 입력 전압, 코일 단면적, 컨덕티비티, 코일의 전체길이를 나타낸다.

그림 (3) 에서 보는 것과 같이 전자기 회로를 구성하였다. 구성된 전자기 회로는 유한요소해석

Table 1 Simulation results

	Unit	
Diameter	mm	0.0825
Resistance	ohm	31.77
Turns	number	288
Current	mA	9.07
Lorentz Force	mN	36.1

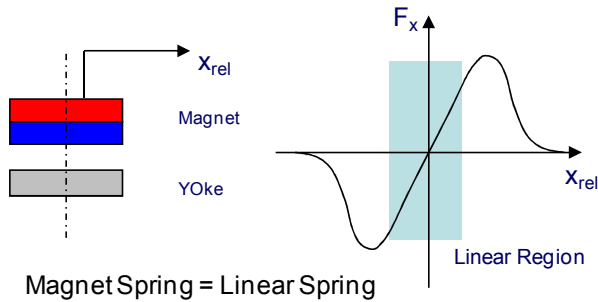


Fig. 4 Magnetic spring

프로그램인 Maxwell 3D 를 이용하여 구동력에 대한 시뮬레이션 값을 계산할 수 있다. 테이블 (1) 은 시뮬레이션 결과를 보여준다. 축방향 구동을 위해서 저항값을 31.77 [ohm] 로 설정하였으며 입력 전류는 9.07 [A] 이다.

2.3 시뮬레이션 분석

앞장 (2.1 절) 에서 설명한 것과 같이 자석과 요크간의 상대적인 인력에 의해서 구동범위 내에서 선형적인 구간을 선정하여 실험하였다. 그림 (4) 는 자석과 요크간의 구동범위 내에서 움직일 때 상대적으로 선형구간을 보여준다.

3. 마찰력 실험

3.1 단순화 모델링

마찰력 측정 실험을 위해 단순화한 모델을 선정하고 설계툴로서 Solidwork 3D 을 사용하여 모델링하였다.

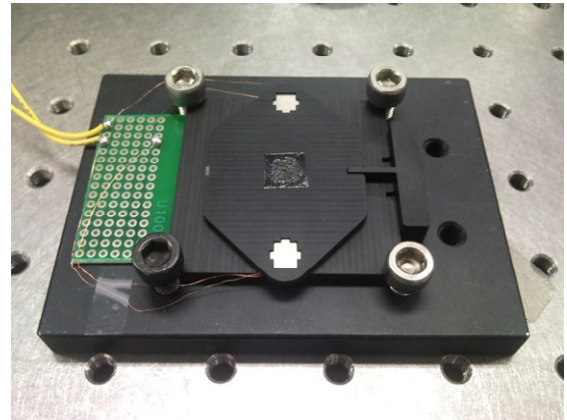


Fig. 5 Simplified model



Fig. 6 Added mass

그림 (5) 마찰력 실험을 위한 단순화 모델을 보여준다. 그림에서 보여지는 것처럼 두 개의 자기회로를 사용하여 축방향 구동에 대해 선형적으로 움직이도록 구성하였다. 또한 무빙 마그넷 타입을 사용하였으며, 세 개의 볼베어링을 사용하여 구동부와 고정부 사이의 삼각지지를 사용하여 구동할 수 있도록 하였다.

3.2 조립 및 실험

그림 (5) 에서 보여지는 것처럼 제안된 구동부 위에 추가 질량을 첨가하여 실험 할 수 있도록 하였다. 그림 (6) 은 추가될 질량의 분동을 나타내고 있다. 가동부 위에 올려지는 질량이기 때문에 가동부의 정중앙에 올 수 있도록 위치를 잡았다. 실험 장비를 셋업하였다. 주어진 구동기를 축방향으로 움직일 수 있도록 설치한 후 Laser Doppler Vibrometer (LDV) 를 사용하여 측정한 후 마찰력을 비교하였다.

그림 (7) 에서 보여지는 것처럼 실험을 위한 셋업을 하였다. 전체 실험 셋업을 오실로스코프와 디지털 시그널 어날라이저 그리고 LDV 로 구성 되어 있다. 실험에 앞서 주어진 input 과 output 의 time response 를 확인하기 위하여 오실로스코프를 이용하여 그림 (8) 에 보여지는 것처럼 확인하였다.

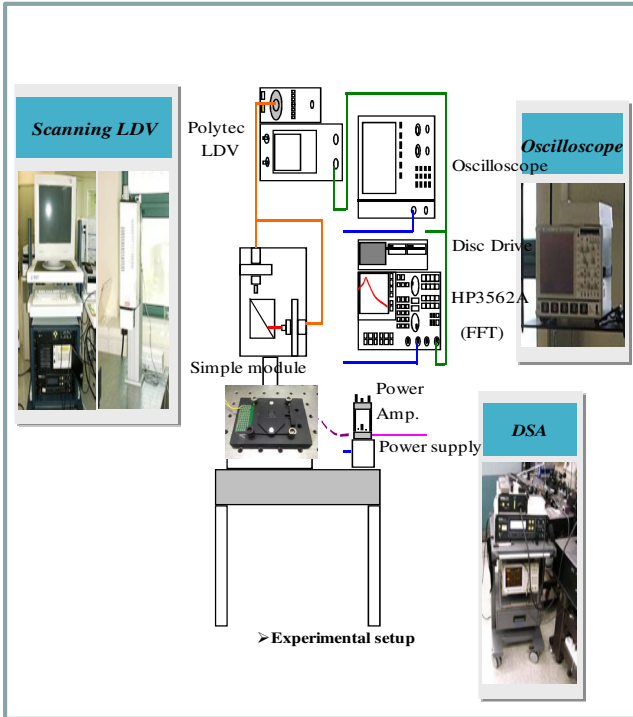


Fig. 7 Experimental setup

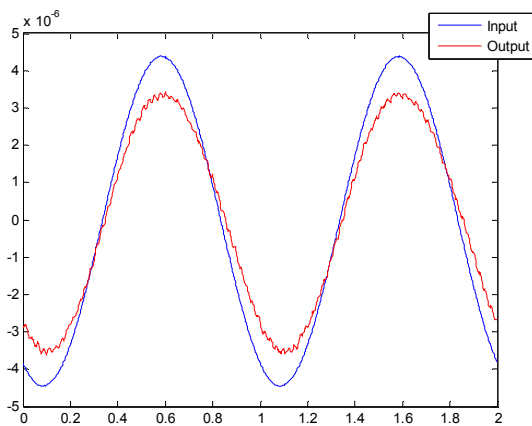


Fig. 8 Time response of input and output voltage

Table 2 Experimental results

Added mass [g]	0	10	20	50	100
Friction force [mN]	0.196	0.422	0.708	1.738	3.5550
Normal force [mN]	447.9	546.0	644.1	938.4	1428.9

3.3 실험 결과

테이블 (2) 는 마찰력 실험 결과를 보여준다. 주어진 구동부에 질량을 추가시키면서 마찰력과 축방향 힘을 측정 한 데이터를 보여준다. 테이블 (2) 에서 보여지는 것처럼 구동부 질량이 증가할 수록 마찰력뿐만 아니라 축방향 힘 또한 증가하는 것을 보여준다.

그림 (9) 의 히스테리시스 루프에서 보여주는 것처럼 마찰력은 입력 전압 사이의 간격으로 표현할 수 있다. 아래의 식으로 간략히 마찰력 (F_f) 을 계산할 수 있다. 추가 질량 50 [g] 일때의 실험 결과 그래프는 그림 (9) 에 나타내었다. 또한 추가 질량에 따른 실험 결과의 그래프는 그림 (10) 에서 보여준다. 구동부의 질량이 증가할 수록 구동 변위가 작아지는 것을 확인할 수 있었다.

$$F_f = \frac{\text{distance btm points}(V) \times \text{sensitivity}(N/V)}{2}$$

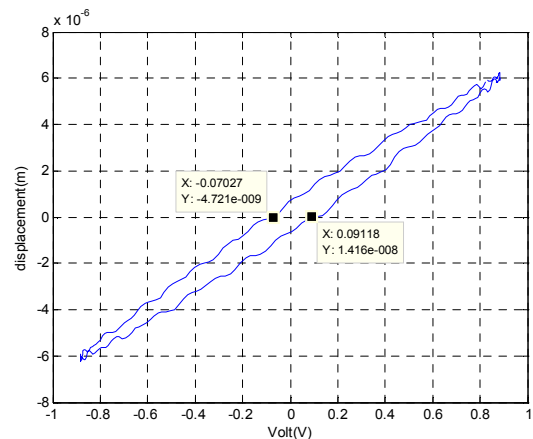


Fig. 9 Hysteresis loop of added mass (50g)

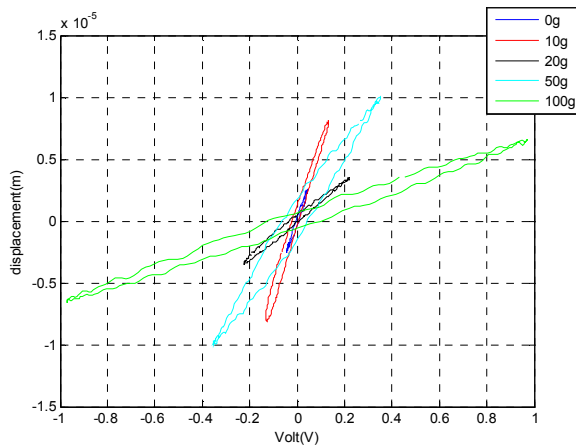


Fig. 10 Hysteresis loop of overall added mass

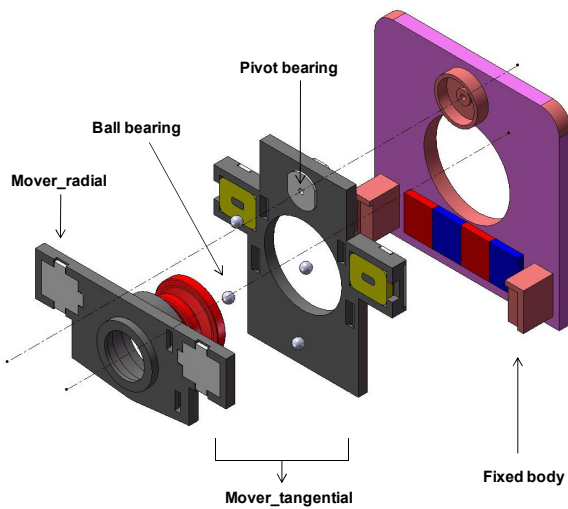


Fig. 11 Application of ball bearing method

4. 적용

앞 장에서 언급한 것처럼 볼베어링 구동방식을 적용하고 가동부 질량에 따른 실험 결과를 얻을 수 있었다. 실제로 2 축 구동을 하는 손떨림 보정 장치용 구동기에 적용하여 3D 모델링을 실행하였다. 그림 (11) 에서 보여지는 것처럼 축방향 구동에 대하여 볼베어링을 적용하여 모델링 하였다. 또한, 이것은 선형적으로 2 축 구동을 하는 모터나 정보저장기기용 구동기에 적용 가능함을 확인 할 수 있었다.

5. 결론

2 축 구동메카니즘을 가지는 광학식 손떨림 보정장치에 적용되고 있는 볼베어링의 마찰 실험을 단순화한 구동기를 모델링하고 제작하여 실험하였다. 구동부의 질량의 변화에 따른 마찰력 실험을 통하여 구동부의 질량이 증가함에 따라 마찰력과 축방향 힘이 증가한다는 것을 확인하였다. 결론적으로, 마찰력 실험 결과를 바탕으로 광학식 손떨림 보정용 액추에이터에 적용하였으며, 또한 2 축 구동 메카니즘을 가지는 정보저장기기에 적용 가능성을 확인할 수 있었다.

후 기

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MEST) (No. 2010-0000769).

참고문헌

- [1] Kauhanen P, Rouvinen J, (2006) Actuator for miniature optical image stabilizer. IEEE Trans. on Magnetics, 10th International Conference on New Actuators, pp. 549-552.
- [2] Son MG, Hur YJ, Park NC, Park YP, Park KS, Lim SC, Park JH (2009) Development of small sized actuator for optical image stabilization. IEEE Trans. on Magnetics, 7:152-157.
- [3] Song MG, Son DH, Park NC, Park YP, Park KS, Lim SC (2010) Design of ball bearing type OIS actuator for mobile camera module. KSNVE, Vol. 20, No.4:361-372.
- [4] Lee DJ, Kim C, Song MG, Woo JH, Park NC, Nobuaki O, Goichi A, (2007) Development of symmetric type slim optical pickup actuator for flexible disk system. Microsyst Technol. 13:1315-1324.
- [5] Lee DJ, Lee KN, Park NC, Park YP, (2005) Development of Three-Axis Actuator for HD-DVD. Trans. on Magnetic. Vol. 41, No.2:1050-1052.
- [6] Chiu CW, Paul C.-P. Chao, Wu DY (2007) Optimal design of magnetically actuated optical image stabilizer mechanism for cameras in mobile phones via genetic algorithm. IEEE Trans. on Magnetics, Vol. 43, No.6:2582-2584.