

손떨림 보정을 위한 OIS 액추에이터 개발

Development of OIS actuator to compensate for trembling

백현우†·허영준*·송명규*·박노철*·박영필*·박경수*·임수철**·박재혁**

Hyun-Woo Baek, Young-Jun Hur, Myeong-Gyu Song, No-Cheol Park, Young-Pil Park, Kyoung-Su Park, Soo-Cheol Lim and Jae-Hyuk Park

1. 서론

휴대폰 카메라는 즉시성이 장점이지만 카메라로서의 핵심 성능인 화질이 뒤떨어지기 때문에 이를 개선하는 것이 필요하며, 앞으로 3세대 이동통신기술에 의한 영상통신 시대가 올 것이므로 고화질에 대한 시장의 수요도 확실시되고 있다. 고화질을 달성하기 위해 이미지 센서의 화소수가 계속 증가해왔는데 이미지 센서의 크기가 늘어나지 않은 상황에서 화소수만 증가하여 픽셀 크기는 줄어들어왔다. 픽셀 크기가 줄어들수록 촬영할 때 초점이 맞지 않거나 흔들림이 발생할 때 화질 저하가 심해진다. 또한 저조도 환경에서 촬영을 할 경우 충분한 빛을 받기 위해서 노출 시간이 길어지게 되는데 노출시간이 길수록 손떨림에 의한 화질 저하 문제가 더욱 심각해진다. 이처럼 휴대폰 카메라의 화질에 대한 요구수준이 높아지는 반면에 흔들림에 의한 화질 저하 문제가 심각해지고 있기 때문에 휴대폰 카메라에서도 흔들림에 의한 화질저하를 보정할 수 있는 Optical Image Stabilizer(OIS)가 필수적이다. 그동안 OIS는 디지털 카메라와 캠코더의 일부 제품에 적용되어 왔으며, 휴대폰 카메라에는 아직 적용된 제품이 없지만 이를 위한 연구들이 진행되고 있다. Piezoelectric Bimorph Bending Actuator를 이용한 초소형 OIS에 대한 연구가 이루어졌고 [1] Genetic Algorithm을 이용한 OIS 최적 설계 및 시뮬레이션 [2] 그리고 최적화된 설계를 제작하여 실험한 연구도 이루어졌다 [3]. 본 논문에서는 휴대폰에 탑재가 가능한 초소형 Image Sensor Module(ISM)을 위한 OIS 구동기를 연구되었다. OIS 구동기에 적용할 수 있는 다양한 구동 방식 중에서 Voice Coil Actuator(VCA) 방식을 선택하였으며, 이에 알맞은 전자회로를 설계하였다. 또한 OIS 구현을 위한 2축 선형운동 메커니즘을 연구하여 prismatic joint 기반의 운동 메커니즘 2종류를 설계하였다. 마지막으로 설계된 운동메커니즘과 전자회로를 합쳐 2개의 최종

을 통해 실제 구동성능을 평가하였다.

2. OIS 구현 원리 및 요구사항

OIS는 광학 부품의 일부를 기계적으로 움직여서 광 경로를 바꾸어 흔들림을 보정하는 기능이다. OIS 구현 원리 중 렌즈 일부를 움직여 보정하는 방식과 이미지 센서를 움직여 보정하는 방식이 주로 쓰이는데, 이미지 센서를 움직이는 방식은 이미지 센서에 기계적 진동과 코일 발열이 지속적으로 가해지고, 센서 배선이 움직임을 방해하는 문제가 있어서 휴대폰 카메라에는 렌즈 구동방식이 적합하다. 또한 이미 휴대폰 카메라에는 자동초점(AF) 기능이 포함되어 있기 때문에 한정된 부피에 AF와 OIS 기능을 함께 구현하기 위해서 렌즈의 일부가 아니라 기존의 AF 모듈 전체를 움직여 OIS 기능을 구현하였다.

구동기 설계를 위해서는 설계에 앞서 최소요구사항을 정해야 한다. 구동기 주요요구사항으로는 최대변위, 구동감도, 구동부 질량, 최대가속도 등이 있다. OIS 구동기에 요구되는 최대변위는 카메라 광학계 설계에 의해 결정되는데 본 논문에서는 현재 판매되는 5백만 화소 카메라 모듈을 기준으로 하였다. 이 경우 손떨림으로 인한 최대 흔들림 각이 1.2°라 가정하였을 때, $\pm 100\mu m$ 이다. 또한 자체측정결과 손떨림에 의한 흔들림은 대부분 16 Hz 이하인 것으로 나타났다. 16Hz에서 $\pm 100\mu m$ 진폭의 진동의 가속도는 $1.01 m/s^2$ 로 이것이 구동기에 요구되는 최대가속도이다. 구동부 질량은 현재 판매되고 있는 카메라 모듈들보다 훨씬 큰 500mg으로 정하였고, 구동감도는 현재 휴대폰 카메라 AF구동기에 쓰이는 Driver IC의 최대전압 2.8V를 기준으로 하여 $\frac{100}{2.8} = 35.7\mu m/V$, $\frac{10.82}{2.8} = 3.86m/s^2 \cdot V$ 으로 결정하였다.

3. VCA를 이용한 OIS Actuator

3.1 구동 방식 선정

휴대폰 카메라 모듈로서 요구되는 주요 조건은 작은 크기, 적은 에너지 소비, 저렴한 단가 등이다. 이 조건을 만족시키

† 연세대학교 기계공학과
E-mail : aimhigh@yonsei.ac.kr
Tel: (02) 2123-3847, Fax: (02) 365-8460

* 연세대학교 기계공학과

** (주)삼성전기 설계를 완성하였으며 이에 대한 시제품을 제작한 후 실험

는 구동기 방식에는 Linear Motor, Piezo Motor 그리고 VCA 세 종류가 있다. 하지만 Electrostatic force를 이용하는 Linear Motor는 힘의 크기가 너무 작아 구동성능이 부족하며, Piezo Motor는 구동성능이 질량이나 마찰조건에 따라 크게 변하여 신뢰성이 떨어지고, 진동체와 가동부 사이의 마찰을 적절하게 유지시켜주는 기구가 필요하다는 단점이 있다. 또한 VCA에 비해 고가이고 높은 구동 전압이 필요하다. 반면에 VCA는 다른 구동 방식에 비해 구동전압이 낮고 구동성능이 좋으며 단가가 저렴하다는 장점이 있다. 따라서 본 논문에서는 VCA를 구동방식으로 선택하였다. VCA에 전력을 공급하는 Driver IC의 최대전압과 전류가 2.8V, 100mA이므로 이에 맞게 전자기회로를 설계하여야 한다.

3.2 운동 메커니즘 설계

이미 휴대폰 카메라 모듈은 자동초점(AF) 기능을 갖고 있으며, OIS를 추가하기 위해 AF 기능을 배제할 수 없다. 한정된 부피에 AF와 OIS 기능을 함께 구현하기 위해서 기존 AF 모듈 전체를 움직여 OIS 기능을 구현하였다. 따라서 AF 모듈이 OIS 구동기의 목표 가동부가 된다. OIS는 광학계 부품을 광축에 수직한 평면에서 2축 선형으로 움직여 구현되므로 2축 선형자유도를 허용하고 나머지 움직임은 제약하는 운동 메커니즘을 설계할 필요가 있다.

2축 선형 운동을 위해 다양한 운동 메커니즘이 고려되었지만 그중에서 제작성, 신뢰성, 크기 등을 고려하여 그림 1과 같은 두 가지 방식을 선정하였다. 두 가지 방식 모두 prismatic joint를 기본으로 구성되며, 축과 가동부 사이에 마찰이 존재한다. 그림 1(a)의 직렬 메커니즘은 1축 선형 운동 메커니즘 두 개를 순차적으로 결합하여 2축 선형 운동을 가능하게 하는 방식이다. 그림과 같이 한 축으로 움직이는 가동부 위에 그에 수직으로 움직이는 운동 메커니즘을 구성하면 최종적으로 2축 운동이 가능하게 된다. 직렬 메커니즘은 비교적 설계가 간단하며 운동범위를 확장하거나 자유도를 추가하는데 용이하다. 반면 각각의 메커니즘에서 발생하는 동작 오차가 누적되고, 목표 구동부 이외에 메커니즘을 구성하는 부품의 일부도 함께 움직여야 하기 때문에 구동부 질량에 메커니즘 질량이 추가되는 단점이 있다. 동작오차 누적은 전체 시스템의 정밀도를 제약하며, 가동부 질량 누적은 질량 증가로 인해 반응속도가 저하되고, 각 운동방향에 따라 가동질량이 달라 구동특성이 달라지는 문제가 야기된다. 그림 1(b)의 병렬 메커니즘은 2개의 1축 선형 운동 메커니즘이 가동부에 동시에 연결되어 2축 선형 운동을 가능하게 하는 방식이다. 여기서 각각의 1축 선형 운동 메커니즘은 서로 영향을 주지 않도록 설계되어야 한다. 그림과 같이 가동부가 x축으로 운동할 때 y축 슬라이더는 가동부 움직임에 제약을 주지 않고 미끄러지며, 같은 방식으로 y축 운동에서 x축 슬라이더는 가동부에 제약을 주지 않는다. 병렬 메커니즘은 직렬 방식의 단점인 오차와 가동부 질량누적 문제에서 장점을 갖지만, 운동범위를 늘리기 위해

다소 제약이 따르며 자유도를 추가하는 것은 매우 어렵다.

3.3 전자기회로 설계 및 성능해석

로렌츠의 힘을 구동력으로 이용하므로 구동력 F 는 자속 B 와 전류 I 에 수직이다. 광축을 z축이라 할 경우 구동력은 xy 평면에 평행하게 발생해야 하며 이를 만족시키는 그림 전자기회로를 그림 2와 같이 4개를 고안하였고, 구동력, 선형성 그리고 센서의 적용성 여부를 기준으로 평가하여 이 중 1-2 설계가 가장 적합하다는 결론을 내렸다.

AF 장치 및 OIS Actuator 전체 크기 등을 고려하여 전자기회로 초기모델을 그림 3과 같이 설계하였다. 홀 센서에 필요한 전압을 공급하기 위해 필요한 배선이 구동성능에 영향을 미치지 않도록 홀 센서를 구동부가 아닌 고정부에 부착하였고 자석을 구동부에 부착하여 홀 센서를 통해 OIS Actuator의 구동성능을 평가하였다. 코일은 자기조립형 코일이며 설계 변수는 표 1과 같다. 자기해석 프로그램을 사용하여 성능을 평가한 결과 구동감도는 9.9132mN/V, 최대전류 100mA 인가했을 때 구동력 27.431mN인 것을 확인하였다. 27.431mN의 힘은 약 2.8gf에 해당되고 가동부의 질량이 1g를 넘지 않으므로 설계된 전자기회로 초기 모델은 충분한 구동력과 구동감도를 지녔다고 평가할 수 있다.

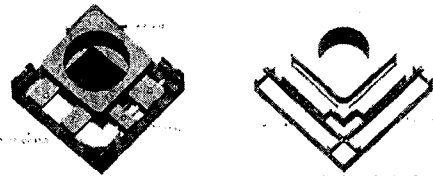


그림 1. 선정된 운동 메커니즘

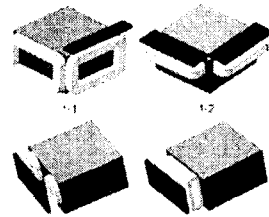


그림 2. 고안된 4개의 전자기회로

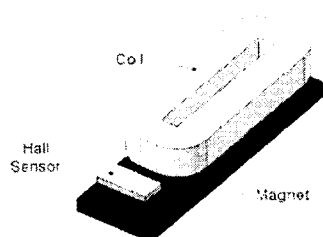


그림 3. 전자기회로 개념 모델

표 1. 코일의 설계 변수

Design Parameter	내부 도체 직경 (mm)	코일 저항 (Ω)	턴 횟수
Value	0.05	27.7	221

3. 시제품 제작 및 실험

그림 3은 제작된 시제품의 사진이며 그림 4(a)는 실험을 통해 얻은 직렬 메커니즘 방식 시제품의 주파수응답함수이고 점선은 요구되는 구동성능을 뜻한다. 16Hz, 100 μ m가 최대가속도이므로 16Hz 이상 구간의 직선은 등가속도선이다. 그래프에 표시된 요구되는 성능은 다음 식과 같이 유도되었다.

$$20\log\left(\frac{100 \times 10^{-6} m}{2.8 V}\right) = -88.94 dB$$

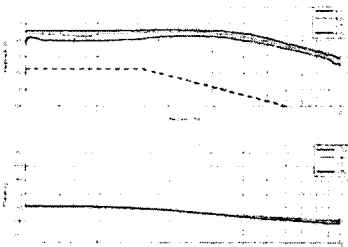
실험 결과 그래프가 점선보다 전체적으로 큰 dB값을 갖는다는 것을 확인하였다. 다시 말하여 16Hz 내에서 100 μ m 이상의 움직임이 발생한다는 것이다. 16Hz를 넘어, -88.94dB 보다 큰 감도를 고주파 영역까지 보장하기 때문에 외란을 극복하기에 충분한 구동성능을 가지고 있다고 판단할 수 있다. 그림 4(b)는 병렬 메커니즘 방식의 설계를 가진 시제품의 주파수응답함수이다. 직렬과 병렬 방식의 주파수응답함수를 비교해 보았을 때, 16Hz 내에서 병렬 방식의 주파수응답함수 그래프가 위에 있음을 확인하였다. 이 결과를 바탕으로 같은 전압이 주어질 때 병렬 방식의 이동 거리가 직렬 방식보다 크다는 사실을 알 수 있다.

직렬 방식과 병렬 방식에 공급된 최소 전압은 각각 1.5V와 400mV이다. 이 전압은 두 메커니즘의 가동부가 움직이기 시작하는 최소 전압을 뜻한다. 양 방식이 동일한 구동전 자기회로를 갖추고 있고 병렬 방식의 전압이 직렬 방식의 그것보다 현저히 낮으므로 병렬 방식 쪽의 마찰력이 훨씬 작다고 추정할 수 있다.

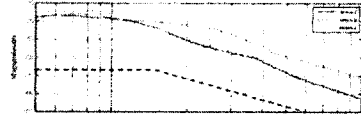


(a) 직렬 메커니즘 (b) 병렬 메커니즘

그림 3. 제작된 시제품



(a) 직렬 메커니즘



(b) 병렬 메커니즘

그림 4. 시제품의 주파수응답함수

4. 결론

본 논문에서는 VCA를 사용한 휴대폰 카메라 모듈에 적용 가능한 초소형 OIS Actuator를 설계하였으며 실험을 통해 그 성능을 검증하였다. 설계된 두 시제품은 휴대폰 카메라 모듈에 적용 가능한 크기이며, 기존의 AF 장치와의 호환성을 염두에 두고 설계하여 AF와 OIS 기능 모두를 구현하는데 무리가 없다. 제작된 시제품의 구동성능은 휴대폰에서 발생할 수 있는 손떨림에 충분히 대응할 수 있음을 확인하였다.

참고 문헌

- (1) Kauhanen, P., Rouvinen, J., 2006. "Actuator for Miniature Optical Image Stabilizer", 10th International Conference on New Actuators.
- (2) C. W. Chiu, C. P. Chao, D. Y. Wu, 2007. "Optimal Design of Magnetically Actuated Optical Image Stabilizer Mechanism for Cameras in Mobile Phones via Genetic Algorithm", IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 43, No. 6, pp. 2582 - 2584
- (3) C. W. Chiu, C. P. Chao, Y. Y. Kao, F. K. Young, 2008. "Optimal Design and Experimental Verification of a Magnetically Actuated Optical Image Stabilization System for Cameras in Mobile Phones", Journal of Applied Physics 103
- (4) K. Sato, S. Ishizuka, A. Nikami, M. Sato, 1993. "Control Techniques for Optical Image Stabilizing System", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 39, No. 3, pp 461 - 466