

원판형 압전세라믹을 이용한 초소형 휴대폰 카메라 액추에이터 개발

Development of Tiny Camera Actuator Module for Mobile Phone

Using Circular Type Piezoelectric Ultrasonic Linear Motor

*양해정¹, #김 광¹, 조한열¹, 신태희¹, 박기범¹

*H.J. Yang¹, #K. Kim(kimkwang@kpu.ac.kr)¹, H.Y. Cho¹, T.H. Shin¹, K.B. Park¹

¹ 한국산업기술대학교 기계설계공학과

Key words : Piezoelectric Ultrasonic Linear Motor, Camera Actuator Module, Mobile Phone

1. 서론

휴대폰의 변화 추세는 다양한 기능을 구비하고도 박형의 사이즈를 요구한다. 특히 카메라폰의 사용이 일반화 되면서 화질을 향상시키기 위해 광학렌즈 및 이미지센서 또한 고화질화 및 줌 기능도 점점 발전해왔다. 이러한 변화는 디지털카메라에서나 가능했던 300만 화소 이상의 제품이 출시되고 있는 추세다. 이러한 300만 화소 이상의 휴대폰 카메라의 성능을 발휘하기 위해 AF (Auto Focusing) 의 기능 추가를 필요로 하고 있다. 그러나 이러한 AF 기능을 추가하기위해 렌즈를 이용시켜야 하는데 박형화를 위해서는 광학렌즈의 성능 이외에 박형의 렌즈 구동 액추에이터 모듈을 필요로 한다. 가장 중요한 사이즈 이외에도 저소비전력 및 구동토크 등 고려해야할 몇 가지의 사항이 있다. 박형화를 위해 캡구조를 사용한 연구가 진행되었다.[1]

본 연구에서는 카메라 모듈을 탑재한 휴대폰이 AF 가 가능하면서도 박형화가 구현될 수 있도록 하기위해 원판형 압전세라믹을 채택하여 초소형의 액추에이터 모듈을 개발하였으며, 이 액추에이터의 특성을 고찰하였다.

2. 휴대폰 카메라 모듈의 구조 설계

AF의 기능을 위해서는 선형제어가 가능한 모터들에 대해 Table 1에 다양한 특징을 나타내었다. Stepping 모터의 특징은 정밀한 제어가 가능하고 강한 토크를 얻을 수 있다는 장점을 가지고 있다. 반면에 구조가 복잡하고 부피가 크다는 단점이 있다. VCM (Voice Coil Motor) 모터는 구조가 간단하기 때문에 부피를 줄일 수 있고 정밀한 제어가 가능하다, 하지만 위치에 고정시키기 위해서는 전류를 계속 인가해야 되기 때문에 소비전력이 크다는 단점이 있다. 초음파 모터는 구조가 매우 간단하기 때문에 휴대폰 카메라 모듈의 사이즈를 슬림하게 하는 유리하다. 소비전력도 낮다. 하지만 마찰에 의한 마모가 발생 할 수 있어 최적의 마찰 재료선택이 중요하다[2].

초음파 모터는 적층형과 원판형으로 나뉜다. Table 2에 적층형 모터와 원판형 모터를 비교하였다.

Table 1 Feature Comparison of Actuators for Auto-Focussing

Type	Stepping Motor	VCM	PZT
Structure	△	○	◎
control	○	○	○
Toque	◎	○	○
Power consumption	○	○	◎
Size	△	○	◎

Table 2 Comparison of Piezoelectric Actuators

Type	Multi-layer type	Circular plate type
Total Length(mm)	5.7	3.85
Shaft Thickness (mm)	1.5	1
Lens Stroke(mm)	0.3	0.3

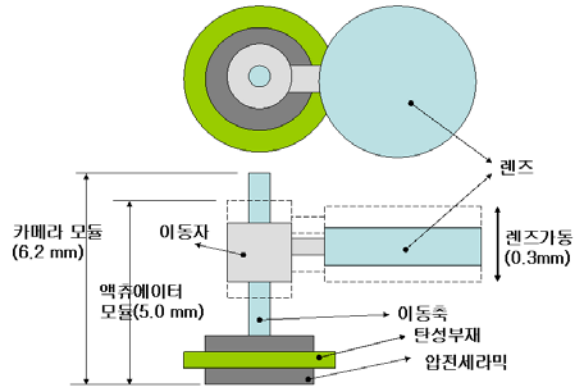


Fig. 1 Schematic of Actuator Module



Fig. 2 Deformation Shape of Ultrasonic Linear Actuator

Fig.1은 본 개발에 채택한 초소형 액추에이터 모듈의 구조로서 압전 세라믹과 탄성부재가 결합된 형태이다. 압전세라믹을 탄성부재 양쪽에 결합시킨 bimorph 로 세라믹에 전압을 인가하면 반경반향으로 변위가 발생하여 수축과 팽창을 하게된다. 압전세라믹에 부착되어있는 탄성체는 압전 기관의 수축과 팽창에 따라 굴곡 변위를 발생하며 결국 z 방향으로 변위를 발생하며 세라믹에 인가하는 전압의 극성을 변환함에 따라 변위의 방향이 변하게 된다.

Fig.2 에 전압을 인가한 경우에 발생하는 축방향의 변형을 구조해석을 행하여 얻은 결과이다. 초음파 모터로서 동작하기 위해 압전 세라믹에 공진주파수를 맞추어 전압을 인가하면 세라믹이 축방향으로 변형하게 된다[3]. 이러한 진동이 샤프트의 전달되어 샤프트와 연결되어 있는 이동자는 움직이게 된다[4]. 초음파 모터는 크기가 작고, 소음이 없다. 또한 정밀제어가 가능하기 때문에 산업의 다양한 분야에서 활용되고 있다. 이동축에 연결된 이동자는 렌즈와 연결된 구조로 되어있다. 렌즈의 이동을 위해 관성의 법칙을 이용하기 위해 순간적인 가속력을 발생시켜야 하며 이를 위해 인가하는 전압의 듀티를 조절하여 얻는다.

원판형 모터가 적층형 모터보다 더욱 작기 때문에 휴대폰 카메라의 모듈을 더욱 작고 슬림하게 만들 수 있다. 초소형 휴대폰 카메라 모듈을 만들기 위해서 액추에이터 모듈의 스펙은 □11×11에 높이는 5mm 이하로 설정하였다. 카메라 모듈은 렌즈와 축에 대칭이 되어야 한다.

Table 3 Actuator Specifications

Items	Specifications
Module Size(mm)	□11×11 (H <5.0)
Lens Unit Weight (mgf)	200
Stroke(mm)	> 0.3

3. 초음파 모터 설계

초음파 모터는 동작원리는 공진주파수를 이용하기 때문에 공진주파수를 찾는 것이 중요하다. 그리고 다양한 모드가 일어나기 때문에 한축만의 변위가 발생하는 모드를 찾아야한다. 우선 Ansys에 Piezo해석을 이용해 초음파 모터의 동작 주파수를 찾고, Fig. 4 공진 주파수에서의 최대 변위를 알아보았다. 탄성체의 두께는 0.15mm, 직경3mm, 세라믹은 두께0.1mm, 직경2.8mm 의 경우 약200kHz 공진주파수를 얻을 수 있었다. 그리고 이때의 최대 변위는 1μm 를 얻을 수 있다. 이때의 값은 아무런 구속조건을 주지 않았을 때의 값이다. 카메라 모듈에 들어가는 구속조건을 주었을 때의 값은 변화된다. 우선 주파수는 150kHz, 최대변위는 2μm의 결과가 나왔다. 해석을 통해서 초음파 모터는 AF기능으로 사용하기에 충분한 기능을 갖추고 있는 것으로 나타났다. 시뮬레이션은 실제 여러 가지 변수들이 제외되었기 때문에 실제 값과 차이가 발생할 수 있다. 초음파 모터의 동작에 있어서 판스프링의 역할은 매우 중요하다. 초음파 모터와 샤프트와의 마찰을 유지해주고, 렌즈 이동시 발생하는 Tilt의 양을 감소 시켜준다. 따라서 적절한 스프링의 설계가 필요하다.

판스프링은 외팔보이기 때문에 처짐량을 구하면 판스프링의 밀착력을 구할 수 있다. 따라서 스프링상수 k 값은

$$k = \frac{EI}{L^3} \tag{1}$$

여기서 Moment of inertia는 $I = \frac{bh^3}{12}$ 이다.

스프링의 재료는 SUS이고 스프링의 사이즈는 $b=2, h=0.2, L=8.5$ 이다. 그리고 preload 되는 부분의 처짐량은 0.11mm 이므로 밀착력은 1.3gf이다. 렌즈와 렌즈홀더를 합한 무게는 총 0.25gf 이므로 렌즈를 이동시키기에 충분한 밀착력을 가지고 있다.

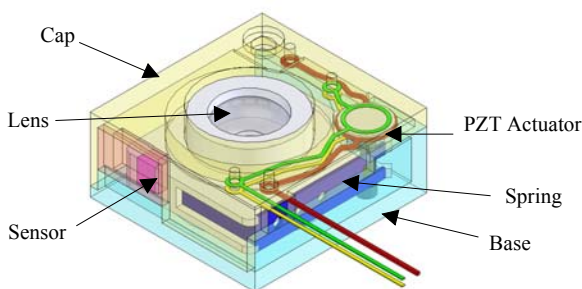


Fig. 3 Isometric View of Actuator Module

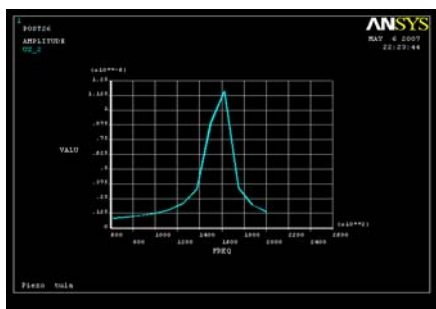


Fig. 4 Frequency Response of Piezoelectric Actuator



Fig. 5 Photo of Camera Actuator Module

마찰력은 마찰계수 μ 는 0.2로 놓고 계산을 하면

$$f = \mu N \tag{2}$$

마찰력은 0.05gf라는 값을 얻을 수 있었다. 실제 실험을 통해서 다양한 변수들이 발생 시 문제없이 동작했다. Fig. 5에 원판형 압전 액츄에이터를 적용하여 제작한 카메라 모듈 액츄에이터를 나타내었다.

5. 결론

본 논문은 압전세라믹을 이용하여 오토포커싱이 가능한 초소형 휴대폰 카메라를 액츄에이터 관점에서 작게 만드는 것에 목적을 두고 있다.

또한 압전세라믹을 기존의 방식과는 다르게 단자를 만들어 압전체를 상하로만 구속시켜서 구동하는 방식을 채택하여 납땜 없이 모듈을 구성할 수 있어 높이를 낮출 수 있었으며 납땜처리 같은 다른 요인에 의해 바뀌는 주파수를 좀 더 정확하게 제어할 수 있게 되었다.

본 액츄에이터는 카메라 렌즈의 두께만 더 작아진다면 그에 맞춰서 더욱더 초소형으로 만들 수 있다는 장점을 갖고 있다.

본 논문은 원판형 피에조 액츄에이터를 최적으로 사용할 수 있도록 판스프링, 렌즈홀더, 세라믹단자, 피에조 액츄에이터의 판스프링 부분을 최적으로 설계하여 실험하였다.

후기

본 연구에 있어 원판형 액츄에이터를 제공과 도움을 주신 (주)피에조테크놀리지에 감사드립니다.

참고문헌

1. 이승엽 외4인, "초소형 오토포커싱 VCM 액츄에이터 설계", 한국정밀공학회 2006년도 춘계학술대회논문집, 171-172, 2006
2. Lee,K.J, Sahn Nahm, Kang J.K, Ko,H.P, Kang, C.Y, Kim, H.J, Yoon,S.J "Optimal Friction Materials of Tiny Piezoelectric Ultrasonic Linear Motor" Transactions on Electrical and Electronic MaterialsV, Vol. 6, No. 6, 2006
3. Ko,H.P, Kang, C.Y, Kim,J.S, Sefigey N Borodin, Kim,S.S, Yoon,S.J, "Constructions and characteristics of a tiny piezoelectric linear motor using radial mode vibrations" Journal of electro
4. Ko,H.P, Kim,S.S, Sergius N. Borodinas, Piotr E. Vasiljev, Kang, C.Y, Yoon,S.J "A Novel tiny ultrasonic linear motor using the radial mode of a bimorph"Sensors and actuators. A, Physical.,Vol.125, 2006