

경사형 모션 가이드를 이용한 초소형 액츄에이터

Design a Small Form Factor Actuator using Inclined Motion Guides

양태준† · 이승엽*

Tae Joon Yang, Seung-Yop Lee

Key Words : PZT, Piezoelectric material(압전소자), Actuator(구동기), Auto-focusing(자동 초점), Friction force(마찰력), Inclined Motion Guide(경사형 모션 가이드)

ABSTRACT

In this paper, we propose a small form factor actuator using an inclined motion guide for auto-focusing and zoom motions for mobile information devices. The novel structure using the inclined motion guide and a lens-supporting beam converts the circular motion by an ultrasonic motor into the linear motion of the optical lens. The proposed actuator has a simple structure to minimizing the mechanical tolerance, and the stroke is easy to modify by controlling the inclined angle. Experiments using a prototype verify the validity of the model as small form factor optical actuator.

1. 서론

최근 들어 MP3, PDA 및 휴대폰과 같은 다양한 형태의 모바일 정보 기기들이 출시되고 있다. 모바일 기기의 경우에는 휴대성을 위한 초소형 부품 개발이 절실하게 요구되고 있으나 일부 핵심 부품은 소형화에 많은 어려움이 있는 실정이다. 특별히 초소형 광학 렌즈를 구동하는 초소형 광디스크 드라이브(Small form factor ODD)나 카메라폰과 경우에는 초소형 렌즈 구동기의 개발이 요구되고 있다⁽¹⁾. 최근의 슬림형 카메라폰의 개발을 고려하건대 저전력 및 초소형 오토포커싱 및 줌 액츄에이터 개발이 활발히 연구되고 있다.

현재 카메라 모듈은 단지 사진을 찍는 용도로 사용될 뿐 아니라 모듈 자체를 활용하여 의료진단 분야에서부터 건축 안전 진단 분야에서 건축물의 안전 상태를 확인하기 위한 범위를 포함한다. 따라서 오토포커싱 모듈 제조 회사에서는 모듈의 크기를 최소화할 위하여 많은 노력을 기울이고 있다.

그러나 기존의 방식을 이용한 소형화는 스테핑 모터 사용시에는 가격과 부피에 문제점이, 유압 방식은 전력 소비에 문제가, 기존의 광픽업 타입에서처럼 전자기 방식의 경우엔 큰 부피와 복잡한 구조 등의 문제점을 안고 있다. 따라서 이 논문에서는 기존의 방식과는 다르게 지능재료(Smart

material) 중에서 전기적 힘을 기계적 힘으로 변환시키는 압전소자의 특성과 경사형 홈을 이용하여 모바일 기기의 소형화에 필요한 초소형 렌즈 구동용 액츄에이터를 설계하고자 한다.

2. 액츄에이터의 구동 원리 및 설계

2.1 액츄에이터의 구동 원리

본 연구에서 제안하는 모바일 기기용 렌즈 구동 액츄에이터의 구동원리는 회전운동하는 모터의 힘을 경사와 경통에 파인 경사형 홈, 그리고 렌즈 지지대의 조합으로 원형운동을 선형운동으로 바꾸는 데에 있다.

<Fig.1> 에서 보듯이 하부에 초음파모터(Ultrasonic Motor: USM)를 설치하여 경통을 회전운동 시키면 경통이 원형운동을 하게 된다. 이 때, 경통에 난 홈도 원형운동 하게 되는데 이 때 <Fig.2> 에서 보듯이 경통을 옆에서 바라보면 홈 파진 부분이 점점 위로 올라가는 운동을 하게 되고 이에 따라 홈을 관통하는 렌즈 지지대는 렌즈 가이드에 의하여 홈에 따라 가지 않고 위로 올라가게 된다.

따라서 전체 운동 방향과 성분은 Table1 과 같이 압전 효과에 의한 힘이 초음파 모터에 의하여 원형 운동으로 바뀌며 이 힘은 경통이 회전함에 따라 경사형 모션 가이드에 따라서 대각 방향의 운동성분으로 바뀌게 된다. 그리고 다시 렌즈 지지대와 렌즈 가이드에 의하여 선형 성분의 운동으로 바뀌게 된다.

† 서강대학교 기계공학과

E-mail : taejoon@sogang.ac.kr

Tel : (02) 706-8280, Fax : (02) 712-0799

* 서강대학교 기계공학과, 정회원

또한 원하는 위치까지는 초음파 모터의 회전 속도에 비례하여 렌즈에 전달되어 원하는 위치까지 이동하며, 원하는 곳에 도달 한 후 고정이 필요한 시기에는 계속 전압을 인가해 줄 필요 없이 초음파 모터가 지닌 특징인 Back lash 가 없는 특성을 이용하여 원하는 위치에 고정되게 된다.

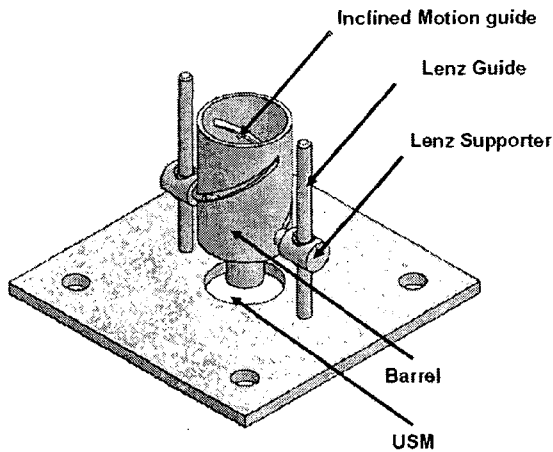
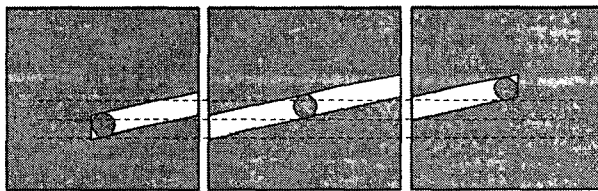


Fig. 1 Actuator schematics



(a)Initial stage (b) Quarter turn (c)Half Turn
Fig 2 Moving principle at inclined motion guide

Table 1 Motion types of mechanical components

Component	Motion	Unit
Ultrasonic motor	Circular Motion	RPM
Inclined motion guide	Diagonal Motion	
Lens-supporting guide	Linear Motion	m/s

2.2 제안된 액츄에이터의 장점

이 액츄에이터의 장점은 우선 공차에 민감하지 않다는데 있다. 양쪽 나선형 홈의 얼라인만 잘 맞추어 준다면, 나선형 홈에 따라 움직이게 되므로 다른 부분은 공차에 민감하지 않다. 또한 원하는 높이로 쉽게 설정이나 설계 변경이 가능하다. 기존의 액츄에이터 들은 높이의 설정 시 구조를 변경해야 했으나 이 모델은 옆의 경사형 모션가이드 홈의 각도만 조절하면 쉽게 높이 조절이 가능하다.

3. 이론적 모델

3.1 구동에 필요한 토크 계산식

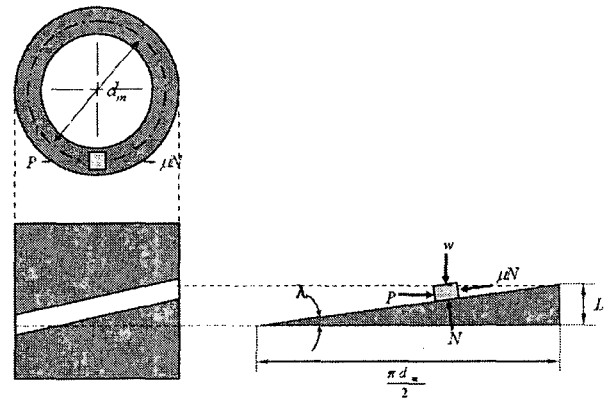


Fig. 3 Inclined Motion Guide

<Fig. 3>에서 보는 바와 같이 경사형 홈은 경사로를 밀어 올리는 힘으로 모델링 할 수 있다.

따라서 수평, 수직 성분의 힘은 아래와 같이 표현 할 수 있다.

$$\sum F_x = 0: P - N \sin \lambda - \mu N \cos \lambda = 0 \quad (1)$$

$$\sum F_y = 0: w + \mu N \sin \lambda - N \cos \lambda = 0 \quad (2)$$

where

w : Weight of Lenz

λ : Lead angle

L : Lead

μ : Friction Coefficient

d_m : Mean Diameter of thread contact

이를 정리하면 경사로를 올라가는데 필요한 힘은 아래와 같다.

$$P = \frac{w(\mu \cos \lambda + \sin \lambda)}{\cos \lambda - \mu \sin \lambda} \quad (3)$$

여기서 아래와 같은 등식이 성립한다.

$$\tan \lambda = \frac{L}{\frac{\pi}{2} d_m} = \frac{2L}{\pi d_m} \quad (4)$$

이를 식 (3) 에 대입하면,

$$P = w \frac{(2L + \mu \pi d_m)}{(\pi d_m - 2\mu L)} \quad (5)$$

따라서 렌즈를 밀어 올리는데 필요한 토크는 아

래와 같다.

$$T = q \frac{d_m}{2} = \frac{wd_m(2L + \mu\pi d_m)}{2(\pi d_m - 2\mu L)} \quad (6)$$

그런데 이 모델에선 초음파 모터가 경통 또한 움직이어야 하므로 경통에 대한 고려를 해주어야 한다. 따라서 경통의 무게 m 이 d_m 에 모여 있다고 가정을 하면 아래와 같이 유도 된다.

$$T = \frac{d_m}{2} \left[w \left(\frac{(2L + \mu\pi d_m)}{(\pi d_m - 2\mu L)} \right) + m \right] \quad (7)$$

3.2 회전운동과 선형운동의 변환식

제안된 모델의 경우 경통이 회전운동하고 이 회전운동이 경사형 모션 가이드에 의하여 선형운동으로 바뀌게 된다. 이 때 회전운동의 단위인 RPM 이 선형운동의 단위인 cm/s 로 바뀌게 된다.

따라서 이 사이를 변환해 줄 변환식이 필요하며, 그 변환식은 다음과 같다.

$$V = \frac{L}{60} = \frac{2RL}{60} \quad (8)$$

여기서 R 은 회전속도 (RPM)로 경통이 온전한 회전을 통하여 최고 위치로 이동하는 것이 아니라 반만 회전하므로 위와 같은 식이 된다.

4. 분석 및 실험

4.1 시험 모델 구동에 필요한 토크

<Fig. 1>의 시험 모델을 <Fig. 4>와 같이 제작하였으며 이를 구동하기 위해 필요한 토크를 예상하기 위하여 식 (7)에 <Table2>에 명시한 대로 시험 모델의 값들을 대입하였다.

Table 2 Prototype dimensions and properties t

Variable	Value	Unit
w	0.0068	kg
μ	0.2	-
d_m	1.9	cm
m	0.0064	kg
L	2	cm

$$T = \frac{1.9}{2} \left[0.0068 \left(\frac{(2 \cdot 2 + 0.2 \cdot \pi \cdot 1.9)}{(\pi \cdot 1.9 - 2 \cdot 0.2 \cdot 2)} \right) + 0.0064 \right] = 0.128 \text{ kg} \cdot \text{cm} \quad (9)$$

따라서 필요한 토크는 약 0.126 kg cm 이며 이를 구동하기 위하여 0.13 kg cm 이상의 초음파 모터가 필요하다. 따라서 0.2 kg cm 의 힘을 낼 수 있는 피에조테크에서 제작한 PUMR-20 모터를 사용하였다.

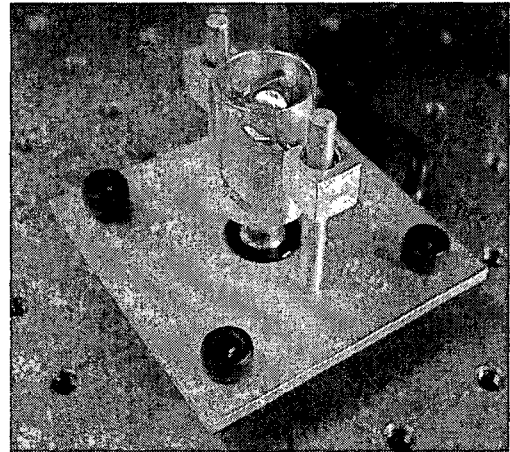


Fig. 4 Prototype model

4.2 회전속도에 따른 구동 속도 측정

(1) 50 RPM

식 (8)에 의하면 50 RPM 일 때 렌즈부가 이동하는 선형 속도는 아래와 같이 3.33cm/s 이며, 실제로 렌즈부의 속도를 측정하여 보면 <Fig. 5>와 같다.

$$V = \frac{2RL}{60} = \frac{2 \cdot 47.6 \cdot 2}{60} = 3.33 \text{ cm/s} \quad (10)$$

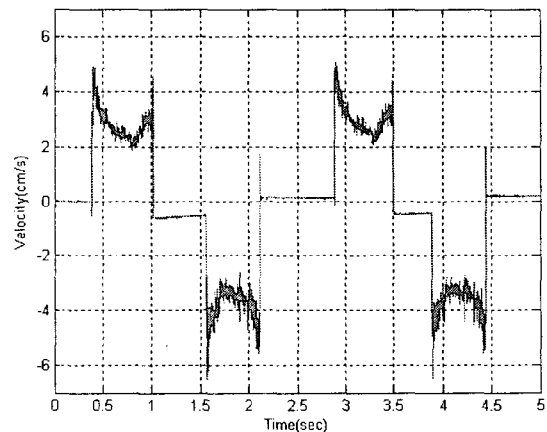


Fig. 5 Moving velocity at 50 RPM

실험 그래프를 보면 상단의 양수부가 렌즈가 위로 올라갈 때의 속도이며 하단의 음수부가 렌즈가 아래로 내려갈 때의 속도이다. 속도 프로파일을 보면 상승 시 평균 값이 이론적으로 구한 값과 거의 비슷한 것을 볼 수 있으며, 하강시에 기기의 드리프트에 의하여 초기 값이 음수부에서 시작하여 이를 감안하여 고려하면 하강시의 평균 값도 이론 값과 비슷한 것을 알 수 있다.

(2) 250 RPM

식 (8)에 의하면 250RPM 일 때 렌즈부가 이동하는 선형 속도는 아래와 같이 16.7cm/s 이며, 실제로 렌즈부의 속도를 측정하여 보면 <Fig. 5> 와 같다.

$$V = \frac{2RL}{60} = \frac{2 \cdot 250 \cdot 2}{60} = 16.7 \text{ cm/s} \quad (11)$$

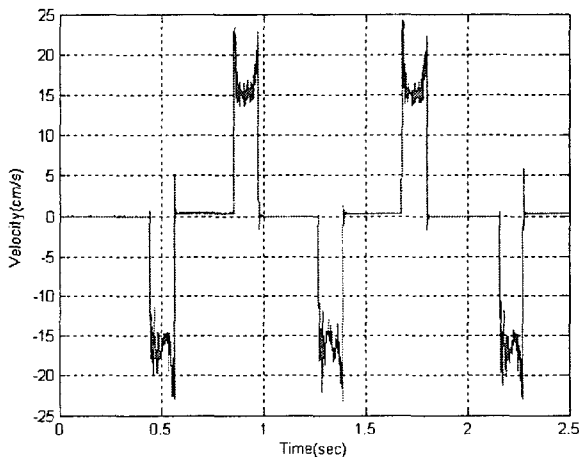


Fig. 6 Moving velocity at 250 RPM

이 실험 그래프도 앞서와 마찬가지로 상단의 양수부가 렌즈가 위로 올라갈 때의 속도이며 하단의 음수부가 렌즈가 아래로 내려갈 때의 속도이다. 속도 프로파일을 보면 상승 시 평균 값이 이론적으로 구한 값과 거의 비슷한 것을 볼 수 있다. 그러나 이 경우엔 처음 하강시부터 측정이 되어 상승시 드리프트에 의한 효과로 초기 값이 양수부에서 시작하여 이를 감안하여 고려하면 상승시의 평균 값도 이론 값과 비슷한 것을 알 수 있다

(3) 분석 및 토의

<Fig. 5>와 <Fig. 6>의 그래프를 보면 속도가 초기와 끝단에서는 최대값을 가지다가 중간 부분에서는 최소 값을 나타낸다. 이는 경사형 모션 가이드를 단순한 직선 경사로 가정하였으나 실제 형

상은 기울기가 계속 변하는 타원 꼴의 경사이므로 나타나는 현상이다. 하지만 그래프에 나타낸 계산 값에서 보듯이 속도 구간의 평균이 계산 된 값과 거의 비슷한 것을 알 수 있다.

또한 두 그래프를 비교해 볼 때 서로간의 RPM 차가 5 배 이었는데 속도 프로파일이나 움직이는데 걸리는 시간을 비교해 보면 5 배 차이가 나는 것을 볼 수 있으므로 속도는 RPM 에 선형적으로 비례한다고 할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 기존의 액츄에이터 방식에서 탈피하여 새로운 방식의 경사형 모션 가이드를 이용하여 부품의 가공 및 조립 공차에 민감하지 않으면서 소형화가 가능한 액츄에이터를 제안하였다. 경사형 모션 가이드를 움직이는데 필요한 토크와 모터에 의한 회전운동을 렌즈부의 선형운동으로 변환해 주는 것에 대하여 이론적으로 살펴 보았으며 prototype 을 이용하여 실험을 수행하였다. 이러한 연구 과정 등을 통하여 제안된 액츄에이터가 소형 오토포커싱 액츄에이터로써 가능성을 확인할 수 있었다. 현재 모델의 결과를 토대로 실제 양산 가능한 액츄에이터의 개발이 연구될 예정이다.

후 기

본 연구는 한국학술진흥재단 (KRF-2004-005-D0003)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- (1) W.S. Yang, S.Y. Lee, 2004, "Ultra Small Pick-Up Actuator Design for a CF type II Optical Disk Drive", 2004 ISOM, Jeju
- (2) K.Kawagoe, K. Furutani, 2003 "Influence of Friction Force on Seal Mechanism with One Degree of Freedom", 2003 International Symposium on Mictomechanics and Human Science 0-7803-8165-3/03
- (3) L.C, Kian, 2001, "Systematic Design of a Disc-Types Traveling Wave Ultrasonic Motor", Nanyang Technical University
- (4) S.-Y. Lee, H. Lee and T. Kwon, 2006, "Design and Analysis of inchworm type focusing actuator using ring-type piezoelectric materials", MIPE 2006, Santa Clara CA, USA, pp. 312-314
- (5) S.-Y. Lee, B. Ko, and W.-S. Yang, 2005, "Theoretical Modeling, Experiments and Optimization of Piezoelectric Multimorph", Smart Materials and Structures, Vol. 14, pp. 1343-1352