

휴대폰용 카메라 모듈 구동기 및 셔터

Camera Module Actuator and Electromechanical Shutter for Mobile Phone

정제현† · 이경택* · 이종진* · 이만형* · 홍삼열* · 고의석*

Jaehyun Jung, Kyung Taek Lee, Jongjin Lee, Man Hyung Lee, Sam-Nyol Hong, Eui-Seok Ko

Key Words : Camera Module, Electromechanical Shutter, CCD, Mobile Phone, Solenoid

ABSTRACT

In the past, a mobile phone had only a function of communication. Recently, new functions such as an mp3 player and a camera are added in a mobile phone. For the application of a camera module to a mobile phone, the size of the camera module needs to become smaller than a general Digital Camera. Furthermore, it is also required that the performance of the camera module in a mobile phone be the same as that of a Digital Camera. In order to fulfill these requirements, the camera module should have functions such as Auto Focus, Zoom, the shutter and the aperture. Therefore, we introduce a simple and effective actuator and propose the shutter composed of solenoid.

1. 서론

최근의 휴대폰은 단순 통화기능 외에 문자정보, 영상 및 음악기기 기능을 추가한 제품군이 대량으로 출시되고 있다. 단순 통화기능에서 문자 정보 전송기능이 부각되고, 나아가 화상정보의 취득 및 전송이 가능한 형태로 휴대폰이 발전해 감에 따라, 기존 디지털 카메라(Digital Camera)에서 얻어진 연관 기술들이 휴대폰의 카메라 모듈에 적용되고 있다. 그러나 휴대폰은 그 크기에 제약이 있으므로 휴대폰용 카메라 기기에 있어서 초소형 모듈의 개발이 중요시 되고 있다. 세계적으로 휴대폰용 카메라 모듈의 대량 생산은 일본 업체를 중심으로 이루어지고 있으며, 국내 휴대폰 업체의 유수 부품 업체들이 카메라 모듈 개발을 최근 몇 년 사이에 활발히 진행하고 있다.

휴대폰용 카메라 모듈은 VGA 급이 주종을 이루고 있으며, 메가픽셀(Mega Pixel)급 역시 보급이 진행되고 있다. 2005년 현재 7 메가픽셀 이상의 카메라 모듈도 장착되고 있으나, 이는 기존의 디지털 카메라에 사용된 모듈을 그대로 옮긴 것이 대부분이며 휴대폰용으로 소형화하여 개발된 것은 아니다. 초소형 카메라 모듈의 경우, 주로 1.3 메가에서 2 메가급이 주종을 이루고 있다.

지금까지 휴대폰에서의 카메라기능은 단순한 부가기능으로서만 존재해 왔으며, 그 수준은 일반

디지털 카메라를 대체하거나 능가하는 수준은 아니었다. 그러나, 사용자들은 휴대성(Portability)을 중시하여, 하나의 기기에 다양한 기능을 갖춘 휴대폰을 원하고 있다. 이러한 이유로 휴대폰에 mp3 플레이어, 카메라 모듈이 장착되는 것은 필연적인 결과라고 할 수 있다. 따라서, 그 기능이 단순부가기능을 넘어서서 원래의 기기를 대체하는 수준의 것을 요구 받는 것이 현실이다.

이러한 요구 조건 하에 휴대폰용 카메라 모듈의 이미지센서의 화소는 현재 디지털카메라와 대등한 수준까지 연구되어 카메라 모듈에 구현되고 있다. 그러나, 고화소의 실질적인 성능 구현을 위한 광학적 장치는 상대적으로 그 연구 개발이 미비한 것이 현실이다. 초기 시장에서는 휴대폰에 카메라 기능을 구현하는 것 자체가 기술적인 이슈가 되었으나, 현재는 실질적인 고화소 대응을 위해 기존의 고정초점을 넘어서 자동초점조절기능, 줌기능의 내장화가 요구되고 있다. 뿐만 아니라, 디지털 카메라와 같은 고품질의 화상을 얻기 위해, 셔터(Shutter)나 조리개(Aperture)와 같은 장치의 내장화 또한 요구되고 있다. 현재 선도적인 일본 업체는 줌 및 자동초점(Auto Focus)조절 기능, 셔터, 조리개 등이 추가된 수 메가픽셀급의 카메라모듈을 출시하고 있다. 국내에서도 주요 휴대폰 부품 생산 업체에서 이와 같은 멀티(Multi) 기능을 갖춘 카메라 모듈을 개발하고 있다. 본 논문에서는 카메라 모듈에서 자동초점 조절이 가능하도록 고안된 구동기와 렌즈에 입사 되는 광량과 그 노출 시간을 제어할 수 있도록 고안된 셔터에 관해 논해 보고자 한다.

† 정제현; LG 전자 DS 연구소 DCT 그룹
E-mail : jhedward@lge.com
Tel : (02) 526-4777, Fax : (02) 526-4801

* LG 전자 DS 연구소 DCT 그룹

2. 카메라모듈 구동기

2.1 구동기의 종류와 동작 원리

카메라 모듈 구동기의 종류는 현재 제품화되어 있는 것을 기준으로 크게 스테핑모터(Stepping Motor)방식, VCM(Voice Coil Motor)방식, 피에조(Piezo)방식으로 나눌 수 있다. 각각의 장단점 및 특징은 아래의 Table 1 과 같다.

Table 1 Classification of actuator for camera module

	PZT	Stepping Motor	VCM
모듈 구성	소형, 지지구조 필요	대형, 구조 복잡	구조 간단, 원통형 구현
Hysteresis	크다	있다	우수
열특성	온도에 따른 특성변화가 크다	있다	우수
Holding Force	있다	있다	없다
제어	위치재현성 떨어짐, 응답속도 빠름	입력신호(Pulse)당 회전 각도가 정해짐	쉬운 제어
가동 범위	중간	길다	짧다
위치 센서	있음	있음	없음
개발 기간	길다	짧다	짧다
가격	고	중	저

스테핑모터 방식은 필름 및 디지털카메라에 많이 사용되고 있으며, 특히 줌기능 구현을 위해 많이 채택되는 방식이다. 스테핑모터의 가장 기본적인 특성인 회전 각도에 따른 토크(Torque) 특성 이용하여, 모터의 회전 운동을 줌을 위한 선형(Linear) 운동으로 변화시켜 주는 것이다. 그러나 휴대폰과 같은 소형 휴대 기기에 적용하기에는 크기 측면에서 불리한 점이 있으며, 오토포커스 기능이 요구되는 기기에서는 그 구조의 복잡성과 크기로 인해 적용이 어렵다.

피에조 방식은 압전 세라믹(Piezoelectric-ceramic)에 전압을 인가하였을 때 변위가 발생하는 역압전효과(Inverse piezoelectric effect)⁽¹⁾를 원리로 한다. 그 구성 방식은 식(1)과 같다.

$$S_{ij} = d_{kij} E_k \quad (1)$$

S_{ij} : 압전 세라믹 변형률

d_{kij} : 압전상수(Piezoelectric coefficient) [m/V]

E_k : 자기장(Electrical field strength) [V/m]

이러한 피에조 방식의 경우, 소형화에 유리한 측면은 있으나 구조적으로 취약하고 제어가 복잡하며, 제작단가가 높다는 단점이 있다.

마지막으로 VCM 방식의 경우, 구조가 간단하며 제어가 용이하다는 장점이 있어 이에 대한 활발한 연구가 이루어지고 있으며, 실제 오토포커스 기능을 위한 카메라모듈에서 다양한 형태로 응용되고 있다.

VCM 방식은 자석에 의해 형성되는 자기장 내의 코일(Coil)에 전류를 흘려 주어, 이 때 발생하는 로렌츠 힘(Lorentz's Force)⁽²⁾으로 구동하는 방식이다. 로렌츠 힘에 관한 방정식은 식 (2)와 같다.

$$F = B \cdot l \cdot n \cdot i \quad (2)$$

B : 코일이 위치한 자기장 내 자속 밀도 [T]

l : 자기장 내에 위치한 코일의 길이 [m]

n : 코일을 감은 횟수

i : 코일에 흘려 주는 전류 [A]

VCM 방식은 오토포커스 카메라에서 요구하는 신뢰성과 생산성 및 단가 측면에서 장점을 가지고 있다. 그러나, 구조상의 취약성으로 인해, 충격에 대한 신뢰성을 보장하기 어렵다는 단점이 있다.

2.2 구동기의 신뢰성

카메라 모듈의 환경 신뢰성 시험에는 고온고습 보존, 고온/저온보존, 열충격보존 등이 있으며, 기계적 신뢰성 시험으로는 수명 시험, 진동 시험, 낙하 시험이 있다. 이 중 휴대 기기의 특성상 특히 낙하에 대한 신뢰성이 중요시 되고 있다.

휴대폰용 카메라 모듈에서 오토포커스 기능을 구현하기 위해서 구동기의 초점 제어 초기 및 최종 위치를 정확히 결정해야 한다. 또한, 낙하 충격에 의해 부품의 위치가 이탈되는 경우, 부품에 의한 광의 간섭 현상이나 회로적으로 구동부를 제어할 수 없는 경우가 발생할 수 있으므로 충격에 대한 신뢰성을 보장할 수 있는 설계가 이루어져야 한다.

3. 카메라모듈 셔터

3.1 셔터의 개념 및 종류

디지털 카메라의 이미지 센서가 원하는 시간 동안 렌즈를 통해 들어온 빛에 노출 되도록 빛의 출입을 조절해 주는 부분을 셔터라고 한다. 고품질의 화상을 얻기 위해서 이미지 센서에 적절한 양의 빛을 제공해 주어야 하며 이를 노출이라고 부른다. 이러한 노출을 최적화하기 위해서 셔터와 광량을 조절하는 조리개를 조합하여 사용하여야

한다.

디지털 카메라 셔터의 종류는 그 작동 및 제어 방식에 따라 크게 전자 셔터(Electrical Shutter), 전기기계 셔터(Electromechanical Shutter), 전자광학 셔터(Electro-optical Shutter) 등으로 나눌 수 있다. 각각의 특성은 아래의 Table 2와 같다.

Table 2 Classification of Shutter for Digital Camera

	전자 셔터	전기기계 셔터	전자광학 셔터
제어 방식	CCD 자체로 제어	전기로 제어되는 기계적 장치 이용	광학적 방법으로 빛의 경로 변경

이중 전자셔터는 이미지 센서인 CCD(Charge Coupled Device) 자체를 제어하는 것으로, 렌즈를 통해 빛은 항상 들어오게 하고 CCD가 빛을 감지하는 순간을 CCD 내부의 전하 전달 경로(Transfer Gate)를 시간에 따른 함수로 제어하는 방식을 사용한다. 여기에서 말하는 CCD는 빛의 신호를 전기적인 신호로 전환하여 디스플레이로 표시하거나 메모리와 같은 저장 장치에 저장할 수 있게 해 주는 고체 촬상소자이다. CCD는 현재 대다수의 고화소 디지털 카메라에 적용되고 있다.⁽³⁾

전자 셔터의 경우, CCD가 전환한 전기 신호를 메모리에 저장하여야 하므로, 상당량의 메모리를 필요로 하여 일반 디지털 카메라와는 달리, 메모리의 용량에 한계가 있는 휴대폰 카메라 모듈에 적용하는 데에 어려움이 따른다. 이러한 메모리 용량의 한계로 고품질의 화상을 위한 고속의 셔터 스피드 수준인 1/2000 초 이상의 성능을 만족시키기 어렵다.

이와 달리, 전자광학 셔터는 CCD가 항상 빛을 감지하는 상태에서, 렌즈 이외에 거울과 같은 별도의 광학 부품을 사용하여 빛의 경로를 순간적으로 바꿔 CCD로 빛을 보내주는 셔터이다. 이러한 방식의 셔터는 렌즈 이외의 광학 부품을 사용하여야 하기 때문에 크기의 제약이 있는 휴대폰 카메라 모듈에 사용하기에 적합하지 않다.

마지막으로 전기기계 셔터의 경우, 셔터를 구동하기 위한 추가적인 전기장치가 필요하지만, 고속의 셔터 스피드를 구현하기 용이하며, 전자광학 셔터에 비해 비교적 간단한 구조로 셔터를 구성할 수 있다는 장점이 있다. 기존의 필름 카메라에서 사용되던 스프링 등의 장치를 이용한 기계 셔터에 비해 소음 및 신뢰성 측면에서 유리하다.

3.2 전기기계 셔터 구동 메커니즘(Mechanism)

전기기계 셔터를 구동하는 메커니즘에는 주로 솔레노이드(Solenoid) 방식이 사용되고 있다. 이 방식은 입력 전압 또는 전류의 세기와 방향에 따라 셔터를 간단하게 구동시킬 수 있으며 빠른 응답 속도로 고속의 셔터 스피드를 구현하는 데 용이하다.

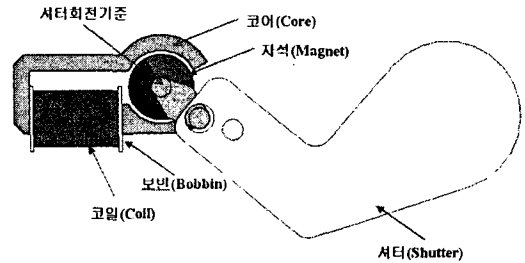


Fig. 1 Assembly of Electromechanical Shutter

Fig. 1의 전기기계셔터에서 솔레노이드는 영구 자석, 코어, 코일, 보빈 등으로 이루어져 있다. 셔터를 구동시켜 렌즈에 유입되는 광을 차단하기 위해서, 코일에 전류를 인가하여 코어에 자기장을 형성시키고, 그 때 발생하는 자기력으로 자석이 회전하도록 한다. 자석이 회전하게 되면 그와 연동하여 셔터가 함께 회전하는 구조이다.

셔터가 실제 디지털 카메라에서 사용되는 수준인 스피드 1/2000 초 이상의 수준으로 동작하기 위해서는 솔레노이드에서 발생하는 자기력을 최대화하여야 한다. 솔레노이드에서 발생하는 자기력은⁽²⁾ 식 (1)과 같으며,

$$F = \frac{B_g^2 \times A_g}{2\mu_0} \quad (1)$$

B_g : 자속밀도가 발생하는 공극부의 자속밀도

A_g : 자기력이 발생하는 공극부의 면적

μ_0 : 공기의 투자율

B_g 를 최대화하기 위해서 $N \times I$ (코일을 감은 수 \times 전류)를 최대화 할 수 있는 구조로 설계해야 한다.

Fig. 1의 솔레노이드 사양은 Table 3과 같다.

Table 3 Electrical specifications of Solenoid

항목	Spec.
코일 내경	0.8 mm \times 1.2 mm
코일 권선 폭	0.25 mm
코일 저항	7.34 Ω
코일 권선 수	154 Turns

영구 자석에 의한 자기력이 솔레노이드에 의해 발생하는 전자기력보다 클 경우, 셔터가 구동하지 않거나 충분한 스피드로 구동하지 않는 경우가 발생할 수 있으므로, 영구 자석의 세기는 전자기력의 최대값을 넘지 않는 범위 내에서 결정되어야 한다.

Fig. 1의 솔레노이드에 약 250 mA의 전류를 인가하여 영구 자석을 회전시켰을 때, 영구 자석에 가해지는 토크의 크기는 Fig. 2와 같다. Fig. 2에서의 회전 각도는 Fig. 3에 지시한 바와 같이 수직 방향 중 상측을 기준으로 하여 시계 방향의 각도로 정의한다.

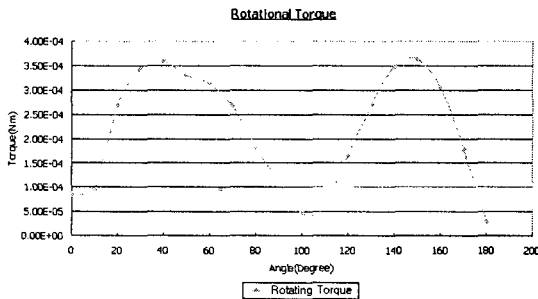


Fig. 2 Rotating Torque of Magnet

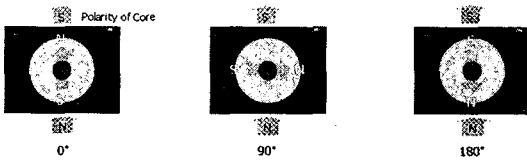


Fig. 3 Rotation Angle of Magnet

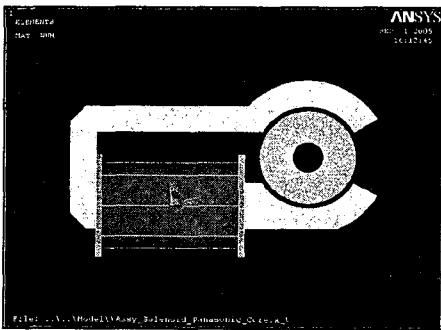


Fig. 4 Model of Simulation

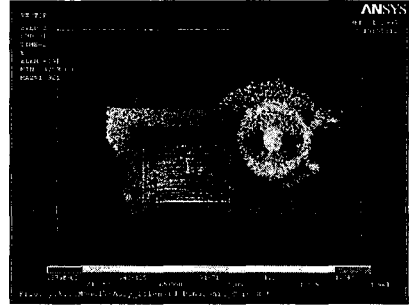


Fig. 5 Result of Simulation

Fig. 4는 자기장 해석을 위한 유한요소(Finite Element Method) 모델이며, Fig. 5은 이를 이용한 해석 결과로서 자속 밀도 분포를 나타낸 것이다.

휴대폰 카메라 모듈의 셔터는 실제 사용에 있어서 최대 회전각이 60°이하이므로, Fig. 2의 회전각 중 토크가 최대가 되는 범위 내에서 실제 셔터 회전을 위한 영역을 사용하도록 한다.

4. 결론

현재의 휴대폰은 단순한 통화 기능을 넘어, mp3 플레이어, 카메라 모듈 등이 장착되어 멀티미디어(Multimedia) 기능을 가지는 방향으로 계속해서 발전하고 있다. 그 기능 또한 통화 기능에 추가되는 단순 부가 기능이 아닌 원래의 기기를 대체하는 수준 이상의 것이 요구되어지고 있다.

이러한 사용자의 요구를 충족시킬 수 있도록 휴대폰용 카메라 모듈 또한 디지털 카메라 이상의 성능을 구현할 수 있도록 발전해야 할 것이다. 이를 위해 오토 포커스를 구현할 수 있는 초소형화된 구동기의 개발과 함께 고품질의 화상을 취득하기 위한 셔터가 카메라 모듈에 추가되어야 한다.

참고 문헌

- (1) Bernard J., and William R., 1971, Piezoelectric Ceramics, Academic Press, Inc., London and New York.
- (2) David K. C., 1993, Fundamentals of Engineering Electromagnetics, Addison-Wesley, Inc.
- (3) 정차근, 2001, "디지털 CCD 카메라기술", 미래컴