

소형 카메라모듈용 셔터장치의 설계

서정무, 최준혁, 류세현  
전자부품연구원

Design of shutter device for small camera module

Jung-Moo Seo, Jun-Hyuk Choi, Se-Hyun Rhyu  
Korea Electronics Technology Institute

**Abstract** - 본 논문은 새로운 구조를 갖는 소형 셔터장치의 설계에 관하여 기술한다. 휴대용 전화기 등의 소형 카메라 모듈에 탑재 가능한 박형의 구조로, 한 쌍의 영구자석이 상하 방향에 위치하여 구동부를 형성한다. 유한요소해석을 통해 제안된 액추에이터의 위치에 따른 토크를 계산하고, 동작 특성 향상을 위하여 세부구조를 개선하였다. 최종 모델의 토크특성을 해석하고 종래 셔터장치의 실험값과 비교/분석하여 설계 모델의 타당성을 검증하였다.

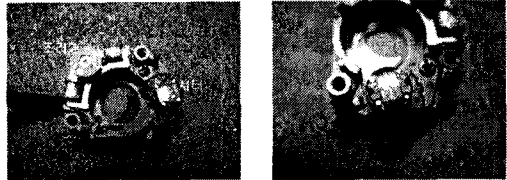


그림 1. 디지털 카메라용 조리개 및 셔터장치

1. 서 론

최근 정보통신산업의 급속한 발달로 다양한 기능을 갖는 모바일 정보기기의 개발이 가속화되고 있다. 휴대용 전화기의 경우 기존의 통화기능 이외에 사진 및 동영상 촬영, 음악 청취 기능, 네비게이션 기능 등이 추가되어 디지털융합기기의 대표적인 예로 꼽히고 있다. 휴대용 전화기에 탑재되는 소형 카메라 모듈은 초기의 낮은 화소수로 인하여 카메라의 기능적인 측면에서는 크게 주목받지 못하였으나, 이후 꾸준한 화소 증대 경쟁을 통해 일반 디지털 카메라와 동등한 수준까지 성장하였다. 하지만 종래의 디지털 카메라와 비교하여, 늘어난 화소수에 비례하는 선명한 화질을 얻기에는 다소 무리가 따랐다. 이는 제한된 모듈의 공간에서 디지털 신호 처리만을 통해 종래 카메라 모듈의 기계적 구동을 해결하려는 과정에서 오는 한계라고 볼 수 있다. 실제로 디지털 카메라 모듈에는 광학줌, 자동 초점, 셔터, 조리개 등의 기능을 수행하는 구동 메카니즘을 탑재하고 있어 고화질의 이미지 및 영상을 구현하고 있다[1-3]. 특히 셔터장치는 고화질 촬영은 물론 CCD 이미지 센서에서 발생하는 스미어 현상을 감소시킬 수 있어, 3-5 메가픽셀 이상의 센서 적용과 함께 중요성이 대두되고 있다.

본 논문에서는 휴대용 전화기에 탑재 가능한 소형의 기계적 셔터장치에 관해 기술한다. 제안된 셔터장치는 조리개의 역할을 포함할 수 있으며, 박형 구조를 특징으로 휴대용 전화기 뿐 아니라 다양한 소형의 카메라 모듈에 적용 가능하다.

2. 본 론

2.1 셔터장치의 기본구조

그림 1은 기존의 디지털 카메라에 사용되는 조리개와 셔터부의 한 예를 보여준다. 스테핑 모터의 구조를 갖는 조리개 구동부는 내부에 소형의 감속기어와 결합되어 한 쌍의 코일에 인가되는 전류를 따라 블레이드의 개폐 정도를 조정한다. 셔터부의 경우 외부의 링형 코일이 내부의 영구자석을 감싸는 형태로서, 전류 인가 방향에 따라 개폐를 반복한다. 하지만 종래 모델의 경우, 자기 회로 및 기계적 구조상 광축방향으로 일정한 두께를 갖기 때문에 전체 모듈의 박형 구조형성에 어려움이 있었다. 이에 본 논문에서는 단순한 구조를 갖는 새로운 형상의 소형 셔

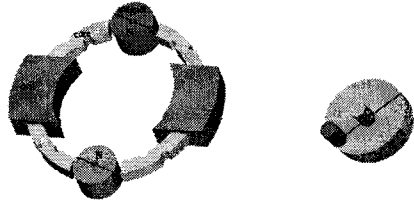


그림 2. 제안된 셔터장치의 개념도

터 장치를 제안한다. 그림 2는 제안된 셔터 장치의 개념도를 나타낸다. 2극으로 착자된 한쌍의 영구자석이 스테이터 코어의 상하에 각각 위치하고 코어의 측면에는 한 쌍의 코일이 감긴다. 영구자석은 중앙의 샤프트에 의해 지지되어 회전하게 되고 극 분할선상의 돌기부에 의해 블레이드와 결합된다. 결합된 블레이드는 코일에 인가되는 전류에 방향에 상응하는 영구자석의 회전에 따라 셔터장치의 중앙에 형성되는 광축을 개폐하게 된다.

2.2 동작원리

본 셔터장치의 동작원리는 다음과 같다. 그림 2의 전체 구조도와 같은 상태로 영구자석의 자화방향을 초기위치시킨다. 전류를 가하지 않아도 위와 같은 상태에서는 코어와 영구자석간의 릴럭턴스(reluctance) 차이로 인해 영구자석이 시계방향으로 회전하려는 힘이 발생하기 때문에 영구자석의 돌기부에 적절한 스톱퍼(stopper)를 접촉시켜 초기 위치를 유지하여 블레이드에 의해 광축이 개방된다. 이와 같은 상태에서 코어 양 측면의 두 코일에 영구자석을 회전시키고자 하는 방향(즉, 블레이드가 코어 중앙의 광축을 닫게 되는 방향)을 가한 방향으로 전류를 인가하면 영구자석은 반시계 방향으로 회전하게 되고 블레이드는 광축을 닫게 된다. 일정한 각도로 회전하게 되면 전술한 바와 마찬가지로 반대편에도 스톱퍼를 구성하여 회전을 멈추게 한다. 이 상태에서 전류를 인가하지 않아도 초기 위치와 같이 영구자석과 코어 사이의 릴럭턴스 차이에 의해 이 상태(블레이드가 닫힌 상태)를 유지한다. 이제 코일 전류의 방향을 반대로 인가하게 되면 위의 동작과 같은 원리로 영구자석은 시계방향으로 회전하면서 이와 결합된 블레이드는 광축을 개방하게 된다. 이상과 같은 동작을 통해 블레이드는 1회 개폐 동작을 완료하면서 셔터의 기능을 수행한다. 한편, 광축 개폐

를 위한 전류 인가시 전류의 크기를 적정하게 조절하여 영구자석의 회전각을 임의 상태로 유지할 수 있다. 이는 광축을 통과하는 빛의 양을 조절하면서 동시에 광축의 개폐를 가능하게 함으로써 조리개와 셔터의 복합적 기능을 수행할 수 있게 한다.

### 2.3 유한요소 해석

제안된 초기모델의 동작특성을 예상하고 검증하기 위하여 유한요소법을 이용하여 해석하였다. 그림 3은 무여자사시의 자속밀도 분포도를 나타낸다. 하부 케이스와의 결합을 위해 고려된 스테이터 코어의 특정부분을 제외하고는 자속 포화현상은 관찰되지 않았다. 이후 다양한 크기에 따른 발생 토크의 크기와 방향을 계산하였다. 영구자석과 결합된 블레이드의 원활한 동작을 위해서는 몇가지 요구조건을 만족해야 한다. 우선 무여자시 일정한 힘에 의해 광축을 개폐한 상태를 유지할 수 있어야 한다. 이는 비동작시 외부충격에 대한 광축의 안정성 확보와 동작시 구동의 신뢰성 및 신속함을 갖기 위함이다. 이와 함께 전류 인가시에는 릴럭턴스 차이로 인한 홀딩(holding)토크에 반하는 토크가 발생되어야 한다. 전류에 의한 발생토크의 크기가 홀딩토크보다 크고 방향이 반대가 되어야 두 토크의 합으로 표현할 수 있는 전체토크는 유효하다고 할 수 있다. 그림 4는 초기 모델의 전류에 따른 토크 특성을 나타내었다. 그림에서 보는바와 같이 다양한 크기의 전류를 코일에 인가하여도 무여자시의 코깅토크와 커다란 차이를 보이지 않았다. 1A의 전류 인가는 극단적인 상황을 가정하여 해석한 결과 적절한 동작을 예상할 뿐이었다. 이는 영구자석에 의한 코깅토크가 전류에 의한 발생토크보다 훨씬 크게 작용하여 발생하는 현상으로, 코깅토크 저감을 위한 방안이 필요하게 된다.

### 2.4 구조 개선 및 분석

코깅토크를 줄이고 저전류에서 해당 토크를 발생시키기 위하여 스테이터 코어의 형상과 영구자석을 변화시켜 재해석하였다. 우선 영구자석의 두께를 스테이터 코어의 두께와 일치시켜 오버행 효과를 없애고 내경의 크기를 증가시켜 발생하는 자속량을 감소시켰다. 이와 함께 영구자석을 감싸는 스테이터 코어의 형상을 변화시켜 회전에 따른 릴럭턴스 차이를 완화시켰다. 한편 초기모델의 스테이터 코어는 원호의 형상을 가지고 있는데 이는 제작시 권선을 어렵게 하거나 별도 보빈의 사용을 요구하게 된다. 개선된 모델에서는 권선부가 위치하는 코어의 형상을 사각형태로 변환하여 이와 같은 제작상의 번거로움을 제거하고자 하였다. 표 1은 최종 설계된 셔터장치의 세부 사양을 나타낸다.

표 1. 설계모델의 세부 사양

스테이터 코어의 크기[mm]	12 x 12
코어 & 영구자석의 두께[mm]	0.8
영구자석의 내경[mm]	2.5
영구자석의 Br[T]	1.0
인가 전류[mA]	140
코일 턴수	150

설계모델의 세부 사양을 유지하면서 다시 두 가지 형태의 코어 형상을 갖는 모델에 대해 해석하였다. 그림 5와 같이 초기 모델과 유사하게 권선부를 제외한 나머지 부분에서는 원형의 코어를 갖는 모델(모델 1)과 사각형의 코어구조를 갖는 모델(모델 2)을 설계하였다. 해당 모델의 코깅토크 및 정토크, 그리고 인가전류에 의한 토크성분만을 분리한 결과를 그림 6에 나타내었다. 앞서 언급한바와 같이 영구자석의 초기자화방향이 수평방향과 20도 정도의 각도를 이룬다고 가정할 때(그림 2참조), 그 상태에서 광축은 개방이 된다. 이는 곧, 두 개의 영구자석이 40도 만큼 시계 반대방향으로 회전할 때 광축이

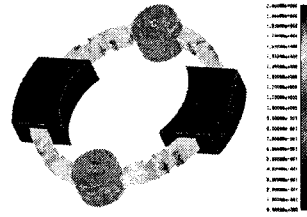


그림 3. 자속밀도 분포도

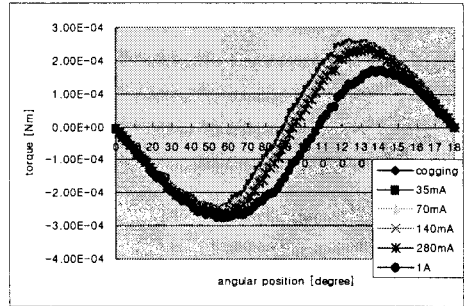
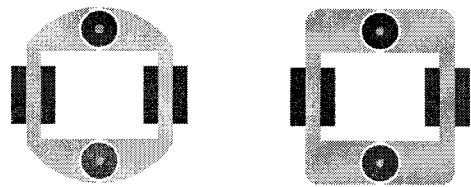
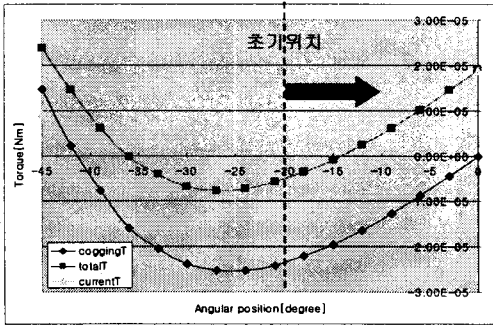


그림 4. 전류에 따른 토크해석 결과

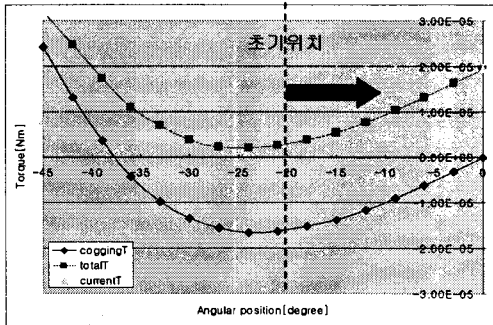
폐쇄된다는 의미로서, 원활한 구동을 위한 전체 회전범위는 수평방향 기준으로  $\pm 20$ 도라고 볼 수 있다. 그림 6에서는 광축이 개방된 상태(초기위치)에서 폐쇄되는 과정까지의 회전자의 위치 중, 0도(수평상태)까지의 두 모델에 대한 토크해석 결과를 보여준다. 그림에서 보는바와 같이, 초기 동작위치에서의 두 모델의 인가전류에 의한 발생토크는 0.02mNm 정도로 유사한 값을 보이지만, 모델 1의 코깅토크는 모델 2에 비하여 50%정도 큰 값을 갖게 되어 실제 이 위치에서 발생하는 전체토크는 서로 반대방향으로 작용하게 된다. 즉, 모델 1의 경우 초기 개방 상태에서 시계방향으로 작용하는 힘이 작용하고 적절한 스태퍼에 의해 그 상태를 유지하고 있으나, 전류를 인가하여도 역시 같은 방향으로 힘이 작용하여 회전자는 움직이지 않게 된다. 하지만 모델 2의 경우에는 상대적으로 작은 코깅토크로 인하여 전류를 인가했을 때 초기 위치 상태에서 받는 토크의 반대방향, 다시말해 광축이 폐쇄되는 반시계 방향으로 영구자석이 회전하는 것이다. 이와 같은 현상은 두 모델의 자속선도 해석결과에서 원인을 유추해볼 수 있다. 그림 7의 자속선도 분포를 살펴보면, 모델 1의 경우 구조상 상하 양쪽 외곽의 자기 경로(magnetic path)의 부재로 자속이 영구자석 근처에서 더욱 집중되는 것을 확인할 수 있다. 이상에서 살펴본 동작특성과 원리는 폐쇄상태(+20도)에서 개방될 때 역시 그대로 적용될 수 있다. 그림 8은 종래 디지털 카메라용 셔터장치의 코깅토크 측정 결과로서, 최대 약 0.035mNm의 값을 갖는 것을 확인할 수 있다. 하나의 구동부에서 두개의 블레이드를 동시에 동작시키는 디지털 카메라용 셔터와 달리 구동부당 각각 하나의 소형 블레이드를 동작시키는 것을 감안한다면, 설계된 모델 2는 적절한 홀딩토크(최대 0.016mNm)를 갖는 것으로 판단할 수 있다.



(가) 모델 1 (나) 모델 2  
그림 5. 개선된 모델

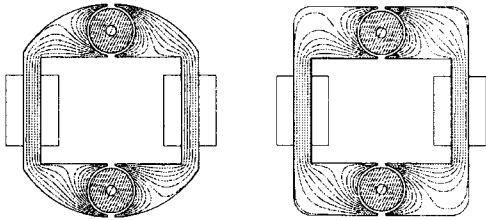


(가) 모델 1



(나) 모델 2

그림 6. 회전위치에 따른 토크해석 결과



(가) 모델 1

(나) 모델 2

그림 7. 최대 코깬토크 지점에서의 자속선도

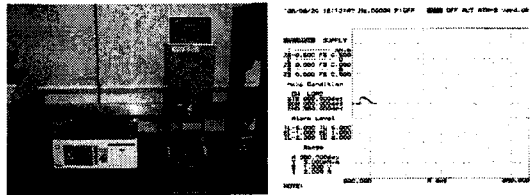


그림 8. 디지털 카메라용 서터장치의 코깬토크 측정

### 3. 결 론

본 논문에서는 새로운 형태의 소형 카메라 모듈용 서터장치의 설계에 관하여 기술하였다. 제안된 서터장치는 분리된 두 개의 구동부를 갖는 박형의 구조로서, 수치해석과 실험을 거쳐 동작의 타당성을 확인하였다. 향후 본 설계자료를 바탕으로 시작품을 제작하여 성능평가를 통한 실험적 검증이 요구되며, 연구된 설계 기법을 응용하고 구조 및 기구적 개선을 통하여 다양한 소형 액추에이터 개발에 적용 가능할 것으로 판단된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Se-hyun Rhyu and Byung-il Kwon, "Newly Structured Micro PM type Stepping Motor with Claw-Poles", *IEEE Transactions on Magnetics*, Vol. 42, No. 4, pp.1331-1334, April, 2006
- [2] 서정무, 허진, 성하경, "외팔보 직교형 초음파 모터 개발", 대한전기학회 하계학술대회, pp.889-890, July, 2005
- [3] B. Koc, J.H.Ryu, D.K.Lee, B. Kang, B.H. Kang, "Piezoelectric ultrasonic moeot for lens positioning of cellular phone camera modules", *ACTUATOR2006*, pp. 58-61, June, 2006