

CF II 카드 규격의 광디스크 드라이브를 위한 로터리 액추에이터 설계

김사웅[†]. 오제승*. 이동주**. 홍혁수*. 박노철**. 유정훈*. 박영필*

Design of rotary actuator for CF II type ODD

Sa-Ung Kim, Jeseung Oh, Dong-Ju Lee, Hyuksoo Hong, No-Cheol Park, Jeonghoon Yoo,
Young-Pil Park

Key Words : Rotary actuator, Solenoid, 2nd Resonance frequency, DC sensitivity, DOE

ABSTRACT

This paper proposes the rotary actuator to apply the designed actuator to the drive of the CF II size. New focus magnetic circuit is considered at this research. The rotary actuator including this circuit is designed to have the dynamic characteristic satisfying the mechanical specification as well as the portable devices. Finally, the adaptability to the portable devices was demonstrated by the finite element analysis and optimization of structural part.

1. 서 론

현재 정보저장기기의 저장용량을 높이고, 휴대성을 높이기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 고화질 이미지나 동영상의 저장을 위해 PDA 나 디지털 카메라 등에 사용되고 있는 하드디스크 드라이브(IBM 의 마이크로 드라이브)와 솔리드 스테이트 타입의 정보저장기기(플래시 메모리, 스마트 미디어)의 용량은 이미 수 GB 를 넘어섰다. 하지만 이러한 정보저장기기의 경우 단위 기록 용량당 단가가 상대적으로 비싸다는 점 때문에 Read-Only 데이터의 통용에 대한 ROM 미디어의 제작에 제약

이 있다는 단점을 가지고 있다. 따라서 이에 대한 대안으로 저가의 디스크 시스템이 장점인 광 기록 장치에 대한 연구가 활발히 이루어 지고 있다. [1]

광 기록 장치에 대한 연구는 BD, Near Field Recording(NFR), Holographic Data Storage(HDS) 등 많은 부분에서 이루어 지고 있으나 NFR, HDS 등은 구동장치의 크기 때문에 소형화가 이루어지지 못하고 있다. 그에 비해 BD 는 집적화된 픽업을 개발함으로써 소형화된 시스템을 구성하는데 한 발 앞서가고 있다.

광 디스크 드라이브를 휴대용 기기에 적용하기 위해서는 CF II 의 사이즈에 전체 시스템이 구성 되어야 하는 기구적 제한조건을 갖게 된다. 또한, 광 디스크와 액추에이터의 간극을 고려 하였을 때 전체 시스템은 약 3mm 이하의 두께를 가져야만 한다. 이상의 기구적인 조건 외에도, 휴대용 저장 기기로 적용을 위하여, 빠른 액세스 타임, 충격에 강건한 시스템, 높은 데이터 전송률 등을 만족시켜야만 한다. 즉, 초소형 광 디스크 드라이브에 대한 연구에 있어서는 그 크기를 최소한으로 줄이면

[†] 연세대학교 기계공학과
E-mail : saung@yonsei.ac.kr
TEL : (02)2123-4677 FAX : (02)365-8460

* 연세대학교 기계공학과

** 연세대학교 정보저장기기연구센터

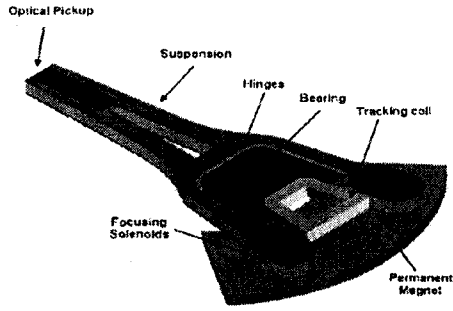


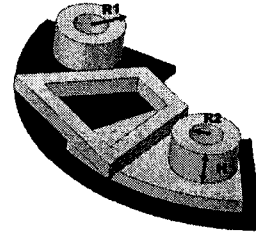
그림 1 전체 구조

서 원하는 동특성을 만족시킬 수 있도록 설계하는 것이 큰 이슈라 할 수 있다. [2, 3] 기존의 액추에이터를 축소하는 경우, 조동 구동기로서 Rack & Pinion, Lead & Screw, 모터를 사용하므로 액세스 타임을 만족시키기 어려우며, 제한된 공간에서의 광로 확보에 문제가 있다. 따라서, 위의 조건들을 만족시키기 위해서는 빠른 액세스 타임과 데이터 전송률을 갖고, 상대적으로 충격에 강건한 로터리 액추에이터를 사용하는 것이 타당하다고 판단된다. 또한, 현재 명확하게 규정되어 있지 않은 초소형 광 디스크 시스템의 향후 물리적 규격에 대응을 위하여 포커스 방향으로의 독립적인 자기 회로를 갖는 구동 시스템이 필요할 것이라 생각된다. [4] 따라서, 본 논문에서는 CF II 카드에 적용이 가능한 기구적 사양을 만족시키면서 독립적인 포커스 구동이 가능한 초소형 광 디스크 드라이브의 설계에 대하여 살펴 보도록 한다.

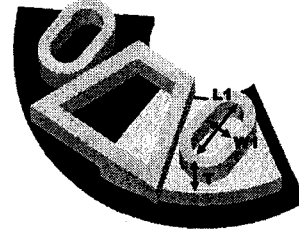
2. 액추에이터 디자인

2.1 전체 구조

설계하고자 하는 로터리 액추에이터는 휴대용 기기에 적용이 가능하도록 CF II 카드 사이즈의 드라이브 안에 장착되어야 한다. 이러한 기구적인 제한 조건을 만족 시키고자 CF II 카드 크기를 참고로 스윙암 부분의 치수를 정하였다. 또한, 독립적인 포커스 구동을 하게 되므로, 포커스 구동에 대한 동적 사양으로 DC 감도와 유연모드 주파수를 만족시켜야 한다. 초소형 광 디스크 드라이브 임을 감안하여 DC 감도의 사양은 0.2mm/V 이상으로 선정하였다. 그리고 유연모드 주파수는 포커스 방향으로 5.3kHz 이상, 트래킹 방향으로 16kHz 이상으로 선정하였다. 위의 조건을 참고하여 포커스 자기회로가 포함된 로터리 액추에이터를 그림



(ㄱ) 원형 솔레노이드



(ㄴ) 타원형 솔레노이드

그림 2 자기회로의 디자인 변수

1 과 같이 설계하였다. 로터리 VCM의 양 옆에 위치한 솔레노이드 코일의 구동력을 이용하여 포커스 구동을 하는 시소 형태의 구조를 가진다. 이러한 구조는 별도의 포커싱 자석과 요크가 필요없이 기존의 트래킹 자석과 요크를 이용하여 함으로써 제한된 공간을 최대한 활용하였으며 구동부의 무게를 줄일 수 있는 이점이 있다.

2.2 자기회로 설계

초기의 로터리 액추에이터의 경우 Slider 에 픽업을 장착하여 Disc 와 Slider 사이의 공기유동을 이용하는 수동적인 Focusing Mechanism 인 OFH (Optical Flying Head)를 이용하였다. [5] 하지만 초소형 광 디스크 시스템의 향후 물리적 규격에 대응을 위하여 포커스 방향으로의 구동이 가능하여야 하기 때문에 포커스 구동을 위한 독립적인 자기회로의 구성이 필요하게 되었다. 그리고 제한된 공간 안에서 포커스 구동을 위한 자기회로의 구성을 위하여 기존의 자기 회로를 그대로 적용시킬 경우 기구적 제한 조건과 원하는 구동력을 얻기 어렵다는 문제점이 발생하게 된다. 따라서, 새로운 형태의 자기회로 구성이 필요하다.

본 논문에서는 제한된 공간에서 큰 구동력을 발생시키면서 구동부의 무게 증가를 막는 포커스 자기회로를 제안하고 자기 해석을 통해 타당성을 검증할 것이다. 먼저 솔레노이드 코일의 형상을 고려하여 여러 모델을 만든 후 큰 힘이 발생하는 원형

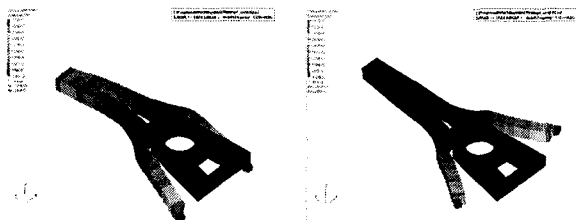
표 1 포커스 자기 회로의 물성치

Components	Items	Value
Magnet(1)	Coercivity(Hc)	2280 G = 977488 A/n
	Retentivity(Br)	13920 G = 1.392 T
Coil(2)	Resistance	2.175 Ω
	Number of turns	31
Yoke(3)	Coercivity(Hc)	20000 G
	Retentivity(Br)	62400 Oe
	Permeability	320432

과 타원형 모델을 선정하였다. 그 후 원형과 타원형 모델에 대해 그림 2 와 같이 디자인 변수를 선정하고 자기해석을 통해 코일을 선정하였다. 해석에 사용된 물성치는 표 1 과 같다. 해석결과를 바탕으로 장축의 길이가 4mm, 단축의 길이가 2mm, 폭이 0.5mm 그리고 높이가 1mm 인 타원형 코일을 선정하였다. Seeking 과 미세 트래킹 구동을 위한 로터리 VCM 의 자기 해석을 수행하였을 경우 0.3064mN-m 의 토크를 얻을 수 있었다.

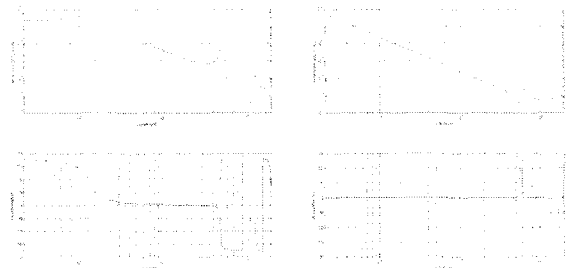
2.3 구조부 설계

그림 1 의 모델을 유한요소 해석 프로그램인 ANSYS 를 이용하여 해석을 수행하였다. 설계된 구조부의 모달 해석과 정적 해석, 조화 해석을 수행하여 시스템의 동특성을 살펴 보았다. 이 때 사용된 로렌츠 힘은 2.2 절에서 자기 해석을 통하여 구한 로렌츠 힘을 이용하였다. 해석 결과는 그림 3, 4 와 표 2 와 같다. 모달 해석 결과를 보면 5855.6Hz 에서 솔레노이드 코일이 양쪽 옆으로 움직여 액추에이터에 영향을 주는 모드가 나타나는 것을 알 수 있다. 이 Major Local 모드의 주파수를 5kHz 초반으로 낮춘다면 제어가 가능 할 것이라고 판단된다.



(ㄱ) Bending Mode 4865.3Hz (ㄴ) Major Local Mode 5855.6Hz

그림 3 초기모델의 모달 해석



(ㄱ) 포커싱 방향 (ㄴ) 트래킹 방향

그림 4 초기모델의 동특성 그래프

표 2 초기모델의 동특성

Item	Unit	Value
Total Mass	g	1.03
Pickup Mass	mg	29.43
Solenoid mass	mg	44
Generated force	mN/V	22.8
Total Length	mm	29.7
Total Width	mm	13.79
Total Thickness	mm	1.2
2nd Resonance Frequency	Hz	4865.3
Focusing DC Sensitivity(@25Hz)	mm/V	0.203
Focusing AC Sensitivity(@200Hz)	μm/V	151.99

유한 요소 해석을 통하여 얻은 로터리 액추에이터의 동특성을 향상 시키고 Major local 모드 주파수를 제어가 가능한 대역인 5 KHz 초반으로 낮추기 위하여 DOE 를 통하여 모델 개선 과정을 수행하였다. 먼저 유연 모드 주파수를 만족시키기 위하여 전체 액추에이터의 두께를 늘려가면서 시뮬레이션을 수행하였다. 이때 두께가 두꺼워 질수록 유연 모드 주파수를 만족시키면서 Major local 모드 주파수의 증가량이 적어지는 것을 알 수 있었다. 그렇기 때문에 액추에이터 전체 두께를 기구적 제한조건 안에서 가장 두껍게 할 수 있는 두께인 1.3mm 로 설정을 하였다. 그 다음 전체 액추에이터의 요소중 동특성에 가장 영향을 줄 수 있는 곳인 솔레노이드 코일을 액추에이터에 연결하는 암 부분의 두께를 개선하였다. 암 부분의 처음 시작부분의 곡률과, 중간부분의 두께, 솔레노이드 코일과 암부분의 연결부위의 두께를 변수로 지정하여 유연 모드 주파수를 최대화하고 Major Local 모드 주파수를 5kHz 초반으로 낮출 수 있도록 최종 모델을 개선하였다. 이때 사용한 디자인 변수는 그림 5 와 같다. 이상의 3 개의 디자인 변수를 각

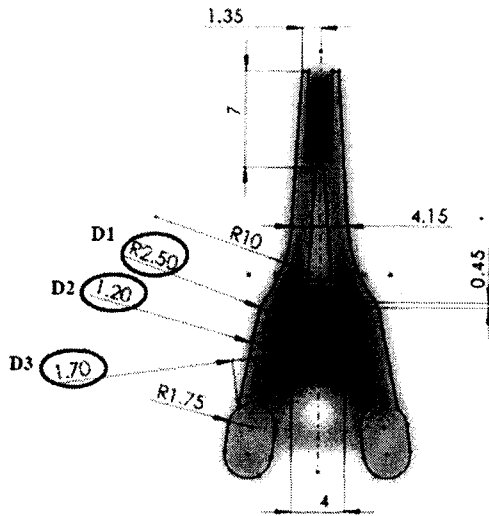


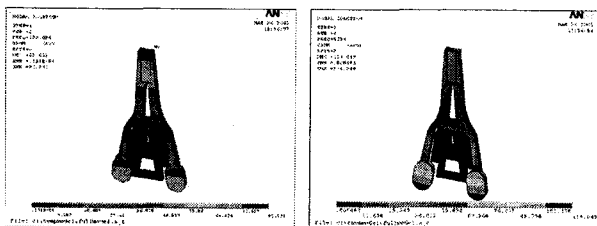
그림 5 디자인 변수

각 3 level 로 선정된 후 표 3 과 같은 직교배열표를 이용하여 유연 모드 주파수와 Major Local 모드 주파수에 대한 민감도 분석을 수행하였다.

이 모델 개선 과정을 통하여 최종 설계된 액추에이터의 사이즈는 D1 은 2.75mm, D2 는 1.4mm 그리고 D3 는 1.3mm 로 선정하였다. 이 모델의 동특성을 판단하기 위하여 모달 해석, 정적해석과 각 방향으로의 조화 해석을 수행하였으며, 그 결과는 그림 6, 7 과 표 4 와 같다. 초기모델에 비하여 유연 모드 주파수와 Major local 모드 둘 다 조건을 만족시키는 것을 확인할 수 있었다.

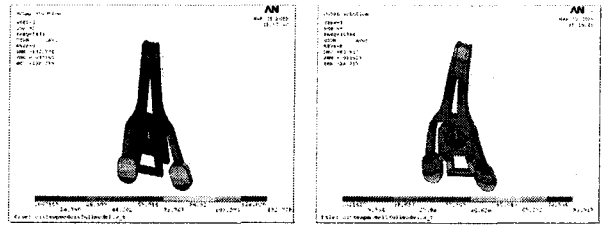
표 3 직교배열표

Run	D1 level	D1 mm	D2 level	D2 mm	D3 level	D3 mm	Bending Mode	Major Local
1	1	2.5	1	1	1	1.3	5062.5Hz	5334.1Hz
2	1	2.5	2	1.2	2	1.5	5185.9Hz	6228.7Hz
3	1	2.5	3	1.4	3	1.7	5255.2Hz	6885.6Hz
4	2	2.75	1	1	2	1.5	4987.2Hz	5292.0Hz
5	2	2.75	2	1.2	3	1.7	5116.6Hz	6175.2Hz
6	2	2.75	3	1.4	1	1.3	5348.2Hz	6885.7Hz
7	3	3	1	1	3	1.7	4922.2Hz	5221.1Hz
8	3	3	2	1.2	1	1.3	5184.7Hz	6152.6Hz
9	3	3	3	1.4	2	1.5	5267.9Hz	6861.6Hz



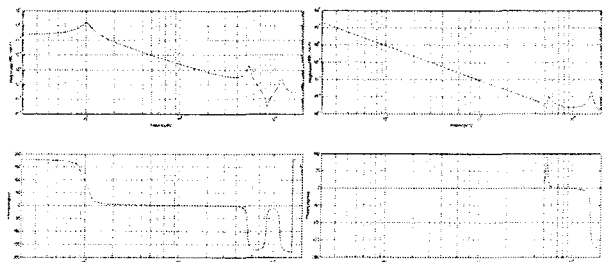
(㉠) Focusing Mode 100.6Hz

(㉡) Bending Mode 5334.1Hz



(㉢) Major Local Mode 5430.6 Hz (㉣) Tracking Mode 15738 Hz

그림 6 모달해석



(a) 포커싱 방향 (b) 트래킹 방향

그림 7. 동특성 그래프

표 4 동특성 해석 결과

Item	Unit	Value
Total Mass	g	1.19
Pickup Mass	mg	29.43
Solenoid mass	mg	44
Generated force	mN/V	22.8
Total Length	mm	29.7
Total Width	mm	13.79
Total Thickness	mm	1.3
2nd Resonance Frequency	Hz	5334.1
Focusing DC Sensitivity(@25Hz)	mm/V	0.231
Focusing AC Sensitivity(@200Hz)	mm/V	0.077
Tracking DC Sensitivity(@25Hz)	mm/V	4.956
Tracking AC Sensitivity(@200Hz)	mm/V	0.063

3. 결론

CF II card 사이즈의 드라이브 안에 장착되는 로터리 액추에이터를 설계하였다. 향후 선정될 초소형 광픽업 액추에이터의 물리적 규격을 만족할 수 있도록 하기 위해 독립적인 포커스 구동을 위한 솔레노이드 코일을 이용한 새로운 자기 회로를 구성하였다. 또한, 실험 계획법을 이용하여 액추에이터

를 개선하였다. 마지막으로 개선된 액추에이터의 유한요소 해석을 통하여 동적 특성을 살펴 보았다.

참고문헌

- (1) Dong-Ju Lee, Se-June Park, Ki-Suk Woo, No-Cheol Park, Young-Pil Park, 2005, "Design and analysis of two-wire focusing actuator for small-sized ODD with linear VCM type's actuator", *Microsystem Technologies*, Vol. 11, pp. 470-477.
- (2) Dong-Ju Lee, Ki-Suk Woo, No-Cheol Park, Young-Pil Park, 2005, "Design and Optimization of a Linear Actuator for Subminiature Optical Storage Devices", *IEEE Transactions on Magnetics*, Vol. 41, No. 2, pp. 1055.
- (3) Dong-Ju Lee, Se-June Park, Je-Seung Oh, No-Cheol Park, Young-Pil Park, 2005, "Design of rotary type VCM actuator for SFF ODD", *ISOM/ODS Topical Meeting 2005*, WP2.
- (4) Do-Hyeon Son, Sam-Nyol Hong, Gin-A Kim, Young-Jung Kim, In-Ho Choi, et al., 2003, "A Study on the Focusing Actuator of Ultra Small Optical Drive", *한국소음진동공학회, 추계학술발표회 논문집*, pp. 234-238.
- (5) Sookyung Kim, Jungkyu Lee, Jinmoo Park, Gunsoon Park, Jeonguk Lee, et al., 2003, "PCMCIA like Ultra Small Form Factor Optical Drive", *Optical Data Storage Topical Meeting 2003*, pp.5-7