

서보 마진을 고려한 박형 광저장장치 액추에이터

강형주†·이종진*·홍삼열**·고의석***

Key Words : 광 저장장치, 액추에이터

ABSTRACT

최근에 노트북 컴퓨터의 가격 하락과 더불어 보급이 급속도로 확산되고 있다. 노트북 컴퓨터 간의 경쟁에서 얼마나 더 얇고 가볍게 만들 수 있는가는 가치 차별화의 근간이 된다. 따라서 노트북 컴퓨터의 박형화에서 HDD 나 ODD 같은 핵심 주변장치의 박형화는 핵심 이슈이다. 본 논문에서는 기존 노트북용 박형 광저장장치의 액추에이터 개발에 있어서 보다 안정적인 제어가 될 수 있는 구조를 소개하고 액추에이터의 실제 데이터를 이용하여 서보 제어에 있어서의 설계마진을 고찰해 보고자 한다.

1. 서론

노트북 컴퓨터 시장은 급속히 성장하고 있으며 소비자들은 보다 더 얇고 가벼운 컴퓨터를 선호하고 있다. 따라서 노트북 컴퓨터의 하드디스크 드라이브나 광 저장장치와 같은 주요 주변장치들도 박형화의 노력이 계속되고 있다. 그러나 노트북용 광저장장치의 개발에 있어서 현재의 최고 배속의 서보 특성을 만족시키면서 액추에이터를 보다 더 박형화 하는 것은 쉽지 않다. 기존에 주로 노트북용 광저장장치의 액추에이터의 경우에는 주로 이 서보 제어 대역을 만족시키기 위해서 대물렌즈의 광축과 액추에이터의 구동축이 일치되지 않는 비대칭 구조를 기본으로 하여 왔다. 하지만 이러한 비대칭 구조는 롤링(Rolling), 피칭(Pitching), 요잉(Yawing)과 같은 구조적인 공진들의 특성에 매우 민감하게 되어 개발에 있어서 CD 24배속 DVD 8X의 성능을 만족하는 서보 대역폭을 확보하는 데 가장 큰 문제점이 되어왔다. 또한 이러한 비대칭 구조는 현재 일반적인 사양이 되어 있는 틸트 구동을 하는 3축 구동을 위한 설계에 기존 데스크톱 PC의 광저장장치의 액추에이터에 비해 상대적으로 구성이 어려운 면이 있었다. 이러한 이유로 최근에 다양한 아이

디어 들을 사용하여 광 경로와 구조적 간섭을 극복하고 액추에이터 구동부의 대물렌즈를 중심으로 대칭적 구조를 갖도록 설계하는 방안들이 소개되고 있다. 본 논문에서는 노트북용 광 저장장치 세트 높이 9.5mm에 적용 가능한 현재 최고 배속으로 알려진 CD 24X, DVD 8X 에 대응 가능한 광축과 액추에이터의 구동 중심을 일치시킨 액추에이터를 제안하고 서보 성능을 시뮬레이션을 통해 검증해 보고자 한다.

items	DVD	CD
focal length	1.9mm	1.91mm
numerical aperture	0.65	0.53
working distance	0.92mm	0.55mm
aperture size	Φ2.47mm	

Table 1. Specification of the objective lens

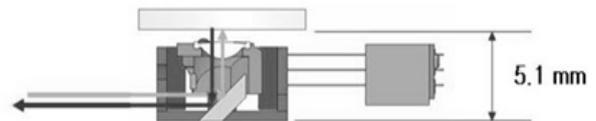


Fig.1 Design of actuator height

† 교신저자; 정회원, LG전자
E-mail : kang2act@lge.com
Tel : (031) 789-4211 , Fax : (031) 789-4205

* 정회원, LG전자
** 정회원, LG전자
*** LG전자

2. 액추에이터

일반적으로 광 픽업의 높이는 대물렌즈의 사양에 의해 정해지게 된다. 테이블 1.의 대물렌즈 사양을 적용하여 설계하였다. 본 논문에서 선정한 대물렌즈 사양을 감안하여 보면 9.5mm 높이에 적용 가능한 광 픽업의 높이는 Fig.1에서 보듯이 대물렌즈 가동 거리를 포함하여 5.1mm 이하가 되어야 한다. 이러한 높이 제약은 광 픽업 액추에이터의 포커스 방향 강성을 높이는데 가장 큰 문제점이며 이러한 특성으로 인해 고배속을 만족하는 고차 공진의 게인 마진 확보가 어렵게 된다. 본 논문에서는 Fig 2.에서 보듯이 보빈의 포커스 구동 방향을 높이기 위해서 Fig 3.과 같은 구조로 최적화 하였다. 이 방법으로 광 픽업의 광 경로와의 간섭은 회피하면서 포커스 방향의 고차 공진 주파수를 Fig 4.에서 보듯이 6dB의 게인 마진을 얻을 수 있었다. 계속해서 Fig 6. 과 Fig 7.은 액추에이터의 주파수 응답 특성을 보여주고 있다. 본 액추에이터의 저역감도는 포커스 및 트래킹에서 0.8mm/V 이고 틸트 감도의 경우 2.8 deg./V 성능을 보인다. 고역 감도는 포커스 및 트래킹에서 10G/V 이상을 나타내었다. 고차 공진 주파수는 포커스에서는 18.5 kHz 그리고 트래킹에서는 35.5 kHz 수준을 나타내었다. 게인 마진 (1 kHz 게인 대비 고차 공진 최대 게인의 차)는 포커스 45dB 및 트래킹 55dB를 나타내었다. 결과적으로 포커스 45dB 와 트래킹 55dB 수준은 CD 24X 및 DVD 8X의 배속을 충분히 만족시킬 것으로 판단되며 다음 장에서 서보 특성을 고려하여 고찰해 보도록 하겠다.



Fig. 2 Removing unused mirror space.

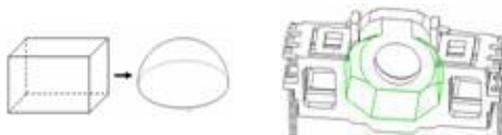


Fig. 3 Strengthening design.



Fig. 4 Modal analysis results.

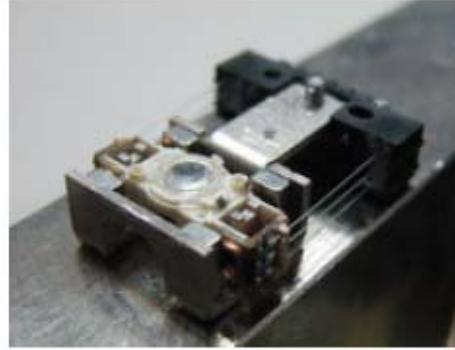


Fig. 5 Prototype actuator.

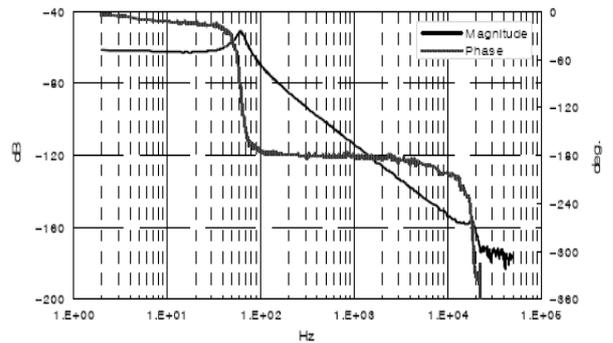


Fig. 6 Focus frequency response

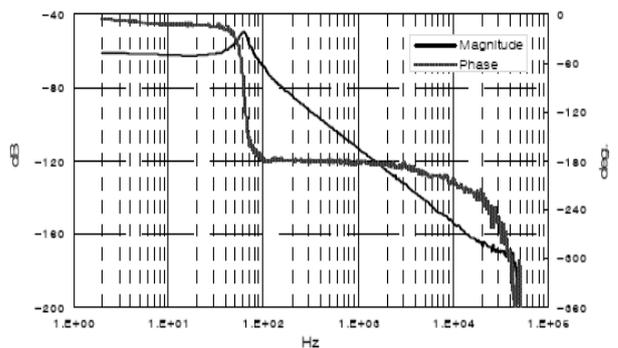


Fig. 7 Tracking frequency response

3. 서보 시스템

액추에이터의 기능은 광디스크에 기록된 데이터를 읽거나 기록 시에 대물렌즈에 의해 맺힌 광의 초점을 허용 한도 내에 머물도록 하는 것이다. 실제로 이 자동 제어 시스템은 아래 그림 8.에서 보듯이 부 귀환형 시스템으로 구성된다.

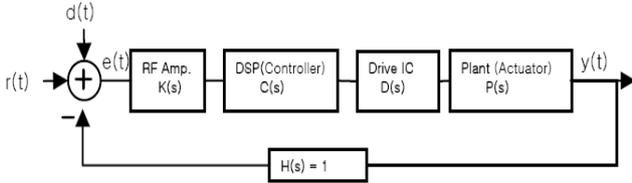


Fig. 8 Servo system block diagram

외란[d(t)]는 디스크의 편향 및 편심특성과 Deck의 진동 특성 등에 나타나게 된다. 이 시스템은 기준 입력[r(t)]와 부귀환 값인[y(t)]의 값의 차를 다시 시스템에 되돌려 주어 자동 제어가 가능하게 된다. 이러한 이유로 대물렌즈에 맺힌 대물렌즈의 초점이 디스크의 정확한 위치에 머물 수 있게 된다. 이 시스템이 안정적으로 작동하기 위해서는 충분한 위상 여유와 게인 여유가 DSP(디지털 시그널 프로세서)를 사용하여 확보 될 수 있어야 한다. 위상 여유 와 게인 여유는 각각 45 degree 와 5 dB 정도면 설계 가능할 것으로 판단하였다. 실질적으로 향후 시스템 상에서의 서보 여유를 확인해 보기 위해서 Lag-Lead-Lead 3차 위상 보상이 가능한 식 1.을 이용하여 개발한 액추에이터의 실제 주파수 응답 실험 데이터를 이용하여 예측해 보았다. 그림 8.의 시스템 상에서 RF 앰프 와 Drive IC는 상당히 높은 대역폭을 갖기 때문에 시뮬레이션에서는 게인 값에만 영향을 주는 것으로 하였다.

$$C(s) = C_{lead2}(s) C_{lead1}(s) C_{lag}(s), \quad (z_1 > p_1, z_2 < p_2, z_3 < p_3)$$

$$= K_c \left(\frac{1+s/z_3}{1+s/p_3} \right) \left(\frac{1+s/z_2}{1+s/p_2} \right) \left(\frac{1+s/z_1}{1+s/p_1} \right) \quad (1)$$

DVD 시스템에서 초점심도는 레이저 파장 650nm 와 개구 0.65일 때 1.56um이다. 시스템의 안전 계수는 8로 가정하였고 이러한 경우에 포커스 에러 허용 범위는 ±0.1um이다. DVD 디스크가 대략 300um 편심과 Deck에 의한 진동량이 200um 정도 수준으로 이경우의 필요한 DC 게인은 76.1dB 이다. 최대 진동 가속도는 3.57G로 실험으로부터 계산되었다. 또한 시스템의 크로스오버 주파수는 그림 9에서 보듯이 3kHz이다. 서보 시스템이 안정하기 위해서는 CD Gain 과 오픈루프그래프의 크로스 오버 주파수가 외란크기보다 커야 한다. 제어기 설계에 있어서 이 시스템은 최종적

으로 18.5kHz (고차 공진 주파수)와 위상 여유 5.5 kHz에서 48degree를 크로스오버 주파수 그림 9.에서 보듯이.

트래킹 서보 시스템에서는 DVD 디스크의 트랙피치는 0.74um이다. 안전계수는 8로 설정하였고 이경우에 에러 허용 한도는 ±0.02um이다. DVD 디스크가 70um의 편심을 갖고 Deck 의 진동량을 30um 수준으로 볼 때 필요한 DC 게인은 74.7dB로 계산된다. 최대 진동 가속도는 1.33G로 예측되었다. 또한 크로스오버 주파수는 4.2kHz로 그림 11.에서 보듯이 계산되었다. 제어기 디자인에서 이 시스템은 최종적으로 그림 11.에서 보듯이 42.5kHz에서 5dB의 게인 여유와 7kHz에서 47degree의 위상여유를 갖는다.

4. 결론

새롭게 디자인된 액추에이터는 노트북용 울트라 슬림 ODD에 적용되도록 개발하였으며 울트라 슬림 광저장장치의 서보 제어시스템에 대해서 고찰하였다. 분석을 통하여 향후 현재의 9.5mm의 높이를 갖는 광저장장치의 수준보다 더 낮은 높이를 갖는 광저장장치의 액추에이터 설계 가능성을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- (1) Gene F. Freanklin, J. David Powell and Abbas Emanmi-Naeini, 2006, "Feedback control of dynamic system", Person Education, Inc., New Jersey, The United States
- (2) S.N. Hong, I.H. Choi, Y.J. Kim and J.Y. Kim, "Force Characteristics of Slim Pickup Actuator to Improve Actuating Performances", Japanese Journal of Applied Physics, Vol, 40, 1771-1774(2001)
- (3) I.H. Choi, W.E. Chung, Y.J. Kim, I.S. Eom, H.M. Park and J.Y. Kim, "Compact Disk/Digital Video Disk(CD/DVD)-Compatible Optical Pickup Actuator for High Density and High Speed", Jpn J. Appl Phys., Vol. 37,2189-2196(1998)

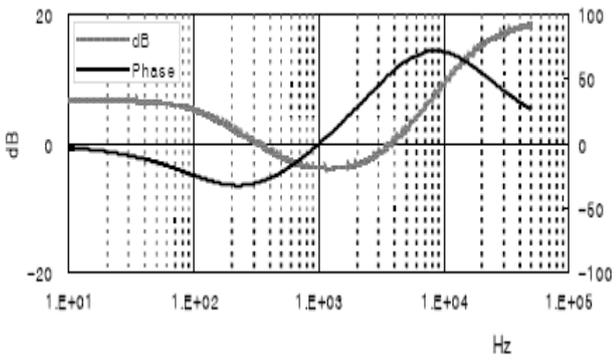


Fig.9 Focusing servo open-loop simulation.

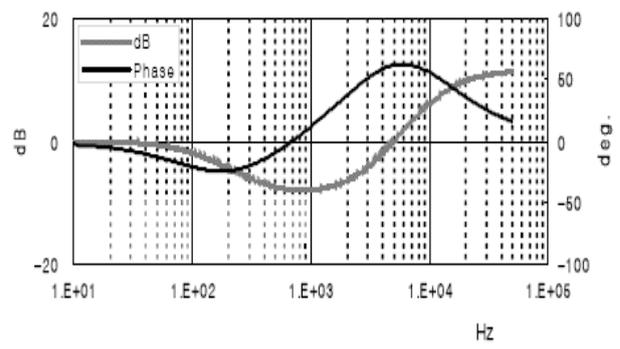


Fig.11 Tracking servo open-loop simulation.

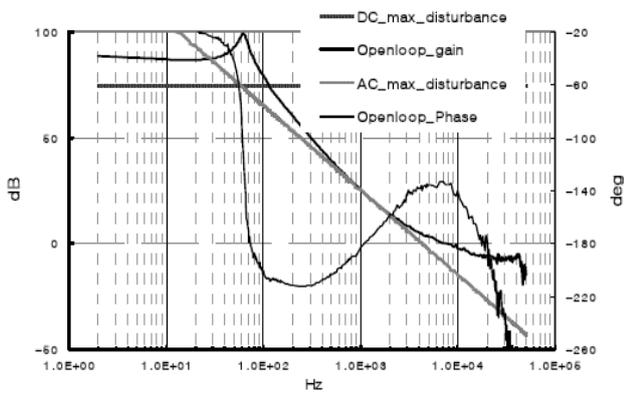


Fig. 10 Applied focusing Controller design

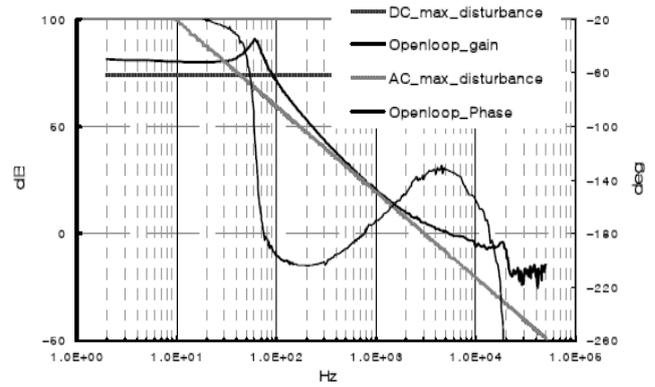


Fig. 12 Applied tracking Controller design.