

압전형 초소형 구동기를 이용한 하드 디스크 드라이브의 Dual-stage 구동기 제어기 설계

Design of Dual-Stage Actuator Controller for Hard Disk Drive using Piezoelectric Microactuator

* 김 종 철*, 정 정 주**

* 한양대학교 전자통신전파공학과(Tel : 81-02-2282-5307; E-mail:sonner@hymail.hanyang.ac.kr)

** 한양대학교 전자전기공학부(Tel : 81-02-2290-1724; E-mail:cchung@email.hanyang.ac.kr)

Abstract: This paper discusses a observer based discrete-time controller design and presents a modified control structure for dual-stage hard disk drive systems using piezoelectric microactuator(MA). In plant modeling, dynamic coupling between VCM and MA is not considered. Each controller is organized independently and designed using pole placement. Simulation result shows that 4th-order controller achieves about 3kHz servo bandwidth and 0.22msec of 2% settling time.

Keywords: HDD, Microactuator, Dual-Stage, Master-Slave, VCM

1. 서론

멀티미디어 기술의 발전에 의해 많은 정보를 저장할 수 있는 대용량 하드 디스크 드라이브(HDD)의 수요가 증가함에 따라 HDD의 기록 밀도를 증가시키기 위해 트랙 밀도가 높아지고 있다 [3][6][7][8]. 이에 따라 25,000TPI 이상의 트랙 밀도가 요구되고, 이를 위해서는 2kHz 이상의 서보 대역폭(Servo bandwidth)이 요구된다. 이 때의 트랙 폭(track pitch)은 $1\ \mu\text{m}$ 이하가 되므로 더욱 정밀한 위치 제어 기술이 필요하게 된다[4]. 그러나 VCM만으로는 기계적인 제약 때문에 이러한 사양을 만족할 수 없다. 이를 해결하기 위해 높은 대역폭을 갖는 초소형 구동기(Microactuator)를 이용한 Dual-stage 구동기 시스템(Dual-stage actuator system)이 필요하게 되었다. 이러한 시스템에서 VCM은 Course actuator, 초소형 구동기는 Fine actuator의 역할을 한다.

Dual-stage 구동기 제어 시스템을 설계하기 위한 여러 가지 제어 구조들이 제안되었다. Dual-stage 구동기 제어 시스템의 설계 방법에는 병렬 루프 구조, 마스터-슬레이브 구조, 이중 케환 구조, 분리된 마스터-슬레이브 구조의 대표적인 4가지 방식이 있다[7]. 병렬 루프 구조는 설계는 간편하나 각각의 루프를 안정화시켜도 전체 시스템이 안정화되지는 않는다는 단점이 있다. 마스터-슬레이브 구조는 초소형 구동기가 외란에 대해 먼저 반응할 수 있고, 각각의 루프를 독립적으로 설계할 수 있다. CD-ROM에서 사용하는 이중 케환 구조는 각각의 루프를 완전히 독립적으로 설계 가능하지만 HDD에서는 VCM과 초소형 구동기의 위치를 직접적으로 측정할 수 없으므로 적용이 용이하지 않다. 분리된 마스터-슬레이브 구조는 마스터-슬레이브 구조에 feedforward 루프를 더함으로써 완전히 분리된 제어계를 구성할 수 있다. 2자유도 마스터-슬레이브 구조는 분리된 마스터-슬레이브 구조를 보다 안정화한 것으로, 각각의 루프를 먼저 안정화시킨 후, 원하는 민감도를 가질 수 있도록 마스터 제어기와 슬레이브 제어기를 추가한 것이다[1]. 이 제어기 구조에서는 전체적인 시스템의 안정도는 마스터 제어기를 통해 얻

는다.

본 논문에서는 압전 초소형 구동기를 이용하여 dual-stage 구동기 시스템을 구성한다. VCM과 압전 초소형 구동기 사이의 dynamic coupling이 매우 작기 때문에 플랜트 모델링시 VCM과 압전 초소형 구동기의 dynamic coupling은 고려하지 않는다. 본 논문에서 제안하는 제어 구조는 기존의 방법과는 달리 VCM이 마스터 역할을 하고 초소형 구동기가 슬레이브 역할을 하도록 구성되었다. 제안된 구조를 수정된 마스터-슬레이브 구조라 하겠다. 제어 알고리즘은 시간 영역에서의 과도 응답을 조절할 수 있는 극점 배치 방법을 이용한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 VCM과 초소형 구동기의 모델링 방법과 dual-stage 구동기 모델링에 대해 설명한다. 3장에서는 각각의 제어기 구조 방법과 각각 구성한 제어기를 이용하여 dual-stage 구동기 제어기 설계 방법을 설명하고 기존의 방법과 다른 제어 구조를 제안한다. 그리고 제안한 방법으로 구한 제어 시스템의 주파수 응답을 보여준다. 4장에서는 모의 실험 결과를 통해 시스템의 성능을 보여준다. 마지막으로 5장에서는 결과를 정리한다.

2. 제어기 구성을 위한 플랜트 모델링

Dual-stage 구동기 시스템에 이용하는 보이스 코일 모터(VCM)는 현재 상용되고 있는 삼성전자의 Wnner모델의 하드 디스크 드라이브에 사용하는 모델을 이용하고, 압전 초소형 구동기는 Hutchinson Technology Incorporated (HTI)의 magnum 5를 이용한다.

VCM과 압전 초소형 구동기를 모델링은 동적 신호 분석기 (Dynamic Signal Analyser)를 이용하여 주파수 응답을 구한 데이터를 기준으로 한다. 헤드의 위치를 측정하기 위해 Laser Doppler Vibrometer(LDV)를 이용하므로 이를 고려하여 VCM과 초소형 구동기를 모델링한다.