

고속 CD-RW 시스템을 위한 중점 서보 제어

서삼준*, 김동식**

*안양대 전기전자공학과, **순천향대 정보기술공학부

Center Compensation Servo Control for High Speed CD-RW System

Sam-Jun Seo*, Dong-Sik Kim**

*Anyang University, **SoonChunHyang University

Abstract - This thesis presents a design methodology of a Digital Servo Signal Processor for high speed CD-ROM drive systems. The proposed Digital Servo Signal Processor enables us to develop CD-related systems for the very high speed applications and is one of the key components of the CD-ROM systems. The proposed center compensation servo control is newly built for an actuator shaking due to the fast response of a step motor when it jumps to a long distance. From experimental results, we can see that the performance of the control system is improved greatly. The proposed servo algorithm shows a shorter setting time including a pull-in time and a faster access time.

등의 서보 에러와 데이터 신호를 생성하는 아날로그 RFAMP부, RFAMP에서 만들어 낸 에러 신호를 사용하여 전체 시스템이 안정되도록 제어하는 서보부 및 드라이브, 데이터를 처리하는 시디전용 디지털 시그널 프로세서(Digital Signal Processor:DSP), ATAPI로 이루어져 있다. CD-RW 시스템의 전체 블록선도를 그림 1에 나타내었다.

1. 서 론

현대의 CD-ROM/CD-RW 드라이브는 보다 빠른 배속, 높은 안정성, 빠른 데이터 액세스를 요구하므로 전체 시스템은 더욱 더 복잡해지고 고성능의 서보 시스템을 필요로 한다. 따라서 이러한 추세에 발맞추어 시스템의 요구를 충족시키는 보다 정밀하고 지능적인 서보 시스템의 개발을 통해 기술력을 확보하는 것이 중요한 과제이다.

한편 CD-ROM 드라이브의 배속 경쟁은 1993년에 2배속 드라이브가 등장한 이래 매년 가속화되어 고배속에서 더 크게 영향을 받는 편심 등의 외란의 영향을 줄임으로써 안정도를 보장하여 결국 데이터 액세스 속도를 높이는 작업이 진행 중인 상태이다. 또한 광 디스크 내에 4.7Gbyte의 멀티미디어 데이터나 프로그램을 저장할 수 있는 DVDP와 DVD-ROM, DVD-RAM 등의 DVD 제품군도 상용화되어, DVD-ROM 시스템의 경우 16배속 제품까지 개발된 상황이다. 이러한 DVD제품군도 역시 현재로서는 배속 경쟁보다는, 외란으로부터 데이터를 안정적으로 액세스하는 것이 중요한 이슈가 되고 있다.

본 연구에서는 고속 CD-ROM/CD-RW의 스텝 모터의 빠른 응답속도는 슬레드 장거리 서치후 트래킹 풀-인시 액츄에이터의 관성 때문에 TE의 오버슈트가 크게 발생하여 풀-인이 불안하거나, 실패하는 것을, 슬레드 서치중에도 트래킹 액츄에이터의 흔들림을 보상하는 중점 서보 제어기법을 제안하여 스텝 모터의 안정성을 높였다.

2. 본 론

2.1 CD-RW의 서보 시스템

CD-RW 시스템은 트래킹 액츄에이터, 포커스 액츄에이터, 레이저 다이오드 및 포토 다이오드로 이루어진 픽업과, 슬레드 모터, 스피들 모터등의 기구부, TE, FE

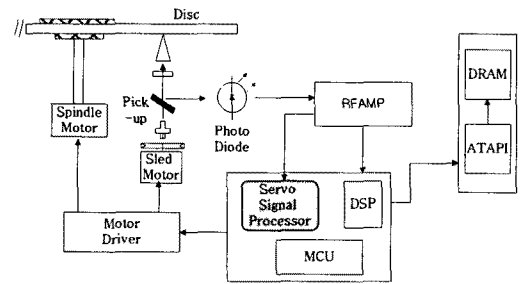


그림 1 CD-RW 드라이브 시스템 구성도

2.2 중점 서보 제어

스텝 모터를 사용하는 시스템에서는 모터의 응답속도의 향상으로 인해 coarse seek(점프 트랙수가 256trk 이상일 때 마이컴 제어에 의한 슬레드 무브)시 기존 DC 모터를 사용한 시스템에 비해 3배 이상의 가속도가 높아 트래킹 액츄에이터의 진동량이 3배 이상 커지게 되어 서치종료 후의 불안정한 조건이 지속되어 on 트랙이 불가능하게 되는 현상이 발생한다(그림2 참조). 특히 고배속에서는 편심에 의한 외란의 영향까지 더해지므로 이러한 현상이 더 자주 발생한다.

중점 서보제어는 위의 문제점을 해결하기 위해 트래킹 액츄에이터의 진동을 검출하는 별도의 센서(flag 센서)를 추가하여 coarse seek시 흔들림을 감지하여 이 양을 최소화하는 방향으로 제어하는 기능이다.

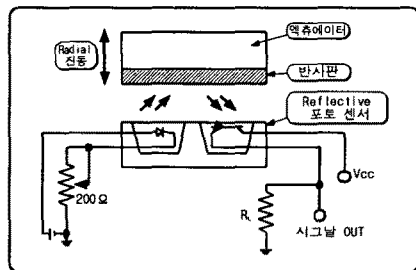


그림 2 Flag 센서

Flag 센서는 발광 다이오드 및 Si-포토 트랜지스터로 구성된 반사형 포토 센서를 사용하고 있다. 그림 2와 같이 액츄에이터가 radial 방향으로 진동을 하면 발광 다

이오드에서 반사면으로 출사된 광은 다시 포토 트랜지스터로 입사되는데, 이때 돌아오는 광량은 액추에이터의 위치에 따라 다르게 된다. 즉, 액추에이터가 포토센서와 가까워 질수록 돌아오는 광량은 많아지고 멀어질수록 광량이 적어지는데, 이 신호로써 고속 서치시 액추에이터가 광축에서의 벗어남 정도를 알게되고 이 신호가 0이 되도록 제어를 설계한다.

중점 서보를 위한 제어 블록선도는 그림 3과 같이 설계하였다. 제어를 설계할 때 고려해야 할 사항은, coarse seek 동안 스텝 모터의 움직임으로 인해 트래킹 액추에이터는 상대적인 힘을 받게 되어 광축 벗어남이 발생한 것을 보정하기 위해 플래그 센서 출력을 0으로 만들어 주어야 한다. 이 때 액추에이터의 흔들림 주파수는 액추에이터 고유 진동수이다. 그러므로 본 제어기의 주된 제어 영역은 액추에이터의 공진주파수이다.

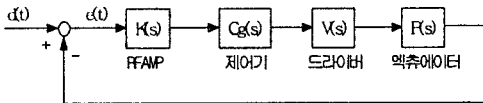


그림 3 중점 서보 제어 블록선도

트래킹 액추에이터의 특성은 다음과 같이 나타난다.

$$P(s) = \frac{5.27 \times 10^4}{s^2 + 9.378s + 5.55 \times 10^4} \quad (1)$$

제어기를 제외한 전체 루프는 다음과 같다.

$$L_m(s) = K(s) P(s) V(s) \quad (2)$$

여기서,

$$K(s) = \frac{2.75 \times 10^3}{(1 + s/2.8 \times 10^5)(1 + s/1.8 \times 10^6)} \quad (3)$$

$$V(s) = \frac{1.497}{1 + s/3.03 \times 10^5} \quad (4)$$

이때

아날로그 제어기는 다음과 같이 설계하였다.

$$C_g(s) = \frac{7.5 \times (1 + s/16\pi)(1 + s/500\pi)}{(1 - s/24\pi)(1 - s/3600\pi)(1 - s/7000\pi)} \quad (5)$$

위의 아날로그 제어기를 이용하여 중점 서보용 디지털 필터를 그림 4와 같이 설계하였다.

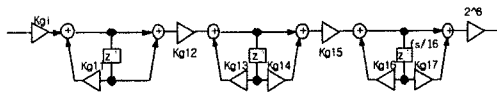


그림 4 중점 제어 필터

그림 4에서 필터이득 $K_{g1} = 0.51860$, $K_{g11} = 0.77932$, $K_{g12} = 0.51508$, $K_{g13} = 0.93790$, $K_{g14} = -0.99113$, $K_{g15} = 0.50806$, $K_{g16} = 0.99318$, $K_{g17} = -0.99545$ 로 선정하였다.

제어기 $C_g(s)$ 의 주파수 특성은 그림 5에 나타내었고 전체 시스템의 오픈 루프 특성은 그림 6에 나타내었다.

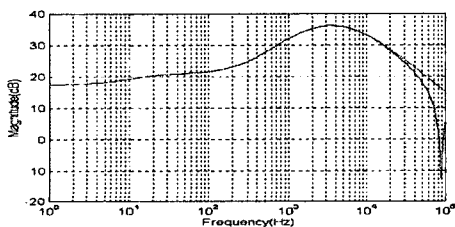


그림 5 제어기의 주파수 특성

그림 6에서 대역 폭(bandwidth)은 350Hz이고 위상 여유(phase margin)은 45° 정도임을 알 수 있다.

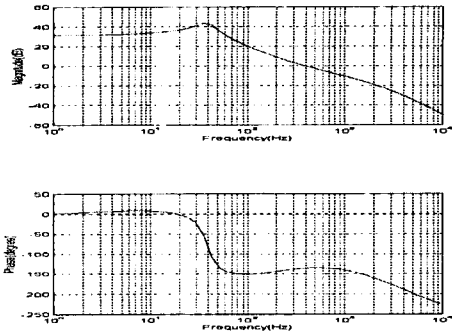


그림 6 전체 시스템의 open 루프 특성

2.3. 하드웨어 구성

본 연구에서 제안된 디지털 서보 프로세서는 그림 7과 같이 ARM7 마이크로프로세서, 하드웨어 필터, 아날로그 인터페이스, ADC, DAC, 및 디지털 회로를 이용하여 구현하였다. 여기서 ARM7은 CD-RW의 시스템 제어도 같이 겸하고 있다. 아날로그 인터페이스와 ADC는 RF IC로부터 들어오는 아날로그 신호를 디지털 신호로 바꾸어 주는 데 이용하며 DAC는 서보에서 처리된 데이터를 드라이버 IC로 출력하는데 이용한다. 디지털 서보 프로세서의 주 기능은 대부분 서보 필터와 ARM7에서 이루어지고 있다. 빠른 샘플링을 필요로 하는 필터는 구조를 고정하여 하드웨어로 구현하고, 나머지 기능은 ARM7을 이용하여 소프트웨어적으로 구현하였다. ARM7을 이용한 소프트웨어는 시스템 제어하고 남은 시간을 이용하여 서보 기능을 구현하였으므로, 하드웨어의 크기 및 전류소모량을 줄일 수 있었으며, 서보 기능들은 소프트웨어로 구현함으로써 향후 52배속 이상으로 동작되는 CD-RW시스템 및 DVD-ROM/DVD-RAM에 이용시 간단하게 기능 향상이 가능하게 되었다.

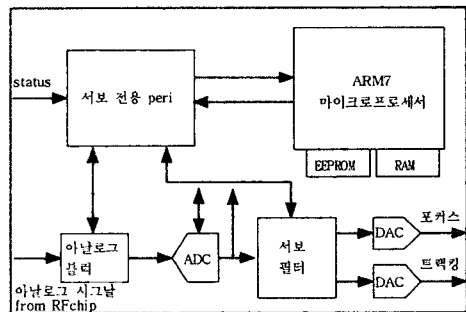


그림 7 하드웨어 구성

2.4 실험 결과

중점 서보는 제어 테스트는 편심 140μm의 디스크를 이용하여 진행되었다. 그림 8은 중점 서보를 적용하지 않았을 때의 슬레드 무브시의 파형이며, 그림 9는 트래킹 폴-인 부분만 확대한 그림이다. 그림에 나타난 것과 같이 중점 서보를 적용하지 않았을 때는 액추에이터의 흔들리는 정도를 나타내는 flag신호가 크게 나타난 것이 보인다. 중점 서보를 적용하지 않았을 때는 그림 8에서 폴-인 시간이 4.12msec로 비교적 길며 그림 9의 점선에서 나타난 것과 같이 폴-인시 액추에이터의 흔들림으로 인한 불안정으로 인해 TE신호 및 TRD신호가 크게 흔들려 결국 슬레드 무브 시간이 길어진다

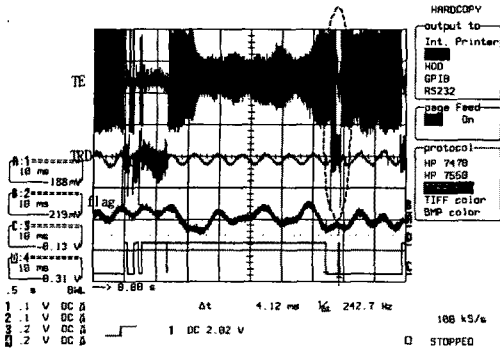


그림 9 편심 140µm disc를 사용한 슬레드 무브(중점 서보 미적용시)

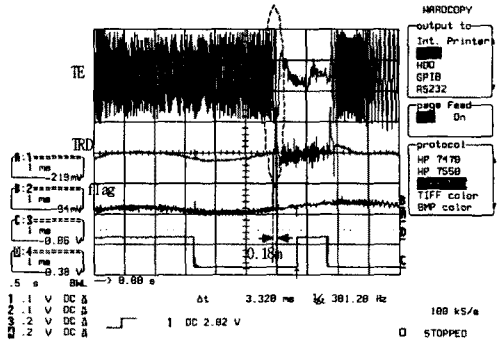


그림 12 풀-인 부분 확대(중점 서보 적용시)

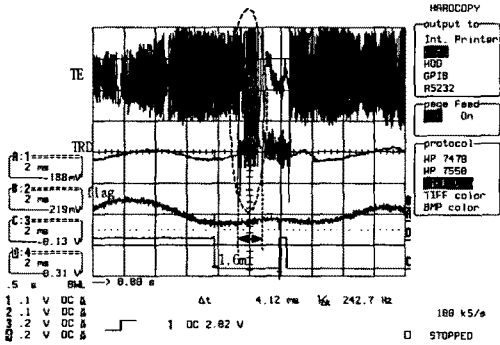


그림 10 풀-인 부분 확대(중점 서보 미적용시)

그림 11은 중점 서보를 적용했을 때의 coarse seek 시의 파형이며 그림 12은 트래킹 풀-인 부분만 확대한 그림이다. 중점 서보를 적용함으로써 액츄에이터의 흔들림(flag 신호 참조)이 적용하지 않았을 때 보다 많이 줄어들어 있음을 알 수 있다. 중점 서보를 적용하면 그림 12에서와 같이 풀-인 시간이 3.32msec로 줄어들었으며, 특히 그림 11의 점선에서와 같이 트래킹 풀-인시의 TE 및 TRD 신호가 쉽게 안정화하여 중점 서보를 사용하지 않았을 때에 비해 보다 빠르고 안정적인 coarse seek가 가능하였다.

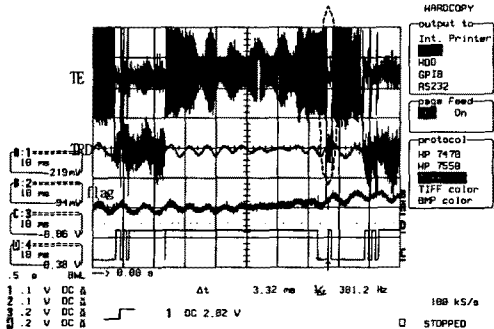


그림 11 편심 140µm disc를 사용한 슬레드 무브(중점 서보 적용시)

3. 결론

본 연구에서 CD-ROM과 같이 고속으로 회전하는 시스템에서 스텝 모터를 사용하여 응답속도를 향상키고로서 나타나는 액츄에이터의 흔들림을 보상하는 방법과 제안된 방법의 성능 실험 및 비교를 제시하였다. 실험 결과에서도 나타나듯이 중점 서보 보상을 사용했을 때와 사용하지 않았을 때를 비교해 보면 중점 서보 보상을 사용했을 때가 사용하지 않을 때에 비해 트래킹 풀-인 시간이 4.21ms → 3.32ms로 줄었을 뿐만 아니라 실질적으로 중요한 풀-인중의 신호의 오버슈트의 안정화 시간이 1.6ms → 0.18ms로 8~9배 이상 짧아져 보다 빠른 슬레드 무브가 가능하게 되었다. 또한 이러한 디지털 서보 시그널 프로세서는 시스템 컨트롤용인 ARM7 마이크로프로세서와 하드웨어 필터를 이용하여 구현하였으며, 특히 빠른 샘플링을 필요로 하는 필터는 구조를 고정하여 하드웨어로 구현하고 나머지 기능은 ARM7 마이크로프로세서가 전체 시스템을 제어하고 남는 시간을 이용하여 소프트웨어적으로 구현함으로써 하드웨어의 크기를 경감하였을 뿐만 아니라 간단하게 기능 향상이 가능하게 하였다.

(참고 문헌)

- [1] T. D. Milster, R. S. Upton, "Fundamental Principles of Crosstalk in Optical Data Storage," Japanese journal of applied physics, Vol.38, No.3, 1999, P.1608-1613.
- [2] Peng C., Mansuripur M., Nagata K., "Edge detection readout signal and crosstalk in phase-change optical data storage," Applied physics letters, Vol.72, No.26, 1998, P.3422.
- [3] T. Shihara, K. Watanabe, S. Kadowaki, H. Ishibashi, "Lens Shift Correction in Tracking Servo System for Digital Versatile Rewritable Disc," Japanese journal of applied physics, Vol.39, No.2, 2000, P.840-842.
- [4] J. Han, K. M. Hock, W. Li, T. C. Chong, K. Shintani, T. K. Leong, R. Rayaraj, "An Experimental Model of Sled System in an Optical Disk Drive," Japanese journal of applied physics, Vol.39, No.2, 2000, P.843-845.
- [5] K. Arai, H. Okumura, H. Tokumaru, K. Ohishi, "Improvement of Performance of a Tracking Servo System for an Optical Disk Drive" Japanese journal of applied physics, Vol.39, No.2, 2000, P.855-861.