광디스크 드라이브에서 ref_T. E신호 와 샘플펄스 신호를 이용한 평균 탐색시간 개선에 관한 연구

A study on the improvement of average seek time which use ref_T. E signal and sample pulse signal in optical disk drive

이 시 현*, 김 계 국**, 김 형 래***
(Si-Hyun Lee*, Kye-Kook Kim**, Hyung-Lea Kim***)

요 약

본 논문에서는 광디스크 드라이브가 디스크상의 데이터를 탐색하는데 소요되는 평균탐색 시간(Average Seek Time)을 개선하기 위한 방법으로 트랙추적 기준신호(ref_T. E)와 샘플펄스 신호를 사용하여 평균탐색시간을 줄일수 있는 새로운 알고리즘을 제안 하였다. ref_T. E신호와 샘플펄스 신호를 사용하여 트랙을 탐색할 경우 목적트랙으로 이동한 다음 다시 위치를 확인하고 보상할 필요가 없도록하여 평균탐색시간을 개선하였다. 실험결과 28msec의 평균탐색시간을 보였다.

ABSTRACT

In this paper, we design the new high-speed seek algorithm which can access the data of disk(in 3.5-inch optical disk drive). When seek the target track on optical disk in high-speed using the ref-T. E(Reference Tracking Error) and sample pulse signal, it's always possible high-speed seek without re-check and compensation for error by the ref_T. E and sample pulse signal. The performance test result is represented as follow : it is satify the average seek time of 28mses.

I. 서 론

정보화 사회에서 대량의 데이터를 저장하고, 또한 고속으로 처리하기 위한 보조기억 장치의 필요성이 한층 대두되고 있으며 이러한 보조기억 장치로써 광디스크 드라이브를 사용하고 있다. [1][2][3] 그러나 차세대 보조기억장치로써 광디스크 드라이브 시스템은 대용량의 정보를 고속으로 처리하는데 있어서 평균 탐색시간이 느린 것이 단점으로 지적되고 있다. [2][3] 광디스크 드라이브에서 탐색방법 과 평균탐색시간에 따라 시스템의 처리속도, 성능 및 신뢰성을 결정하는 요인이 되므로 평균 탐색시간을 줄이는 것이 곧 시스템의 성능개선 이라 할수 있다. 지금까지 발표된 MO(Magneto-Optical)방식의 광디스크 드라이브의 평균 탐색시간은 35-70msec 으로 탐색시간이 단점이 있다.

따라서 본논문에서는 기존의 방법과 다른 ref_T. E(Reference Tracking Error)신호와 샘플펄스 신호를 사용하여 평균 탐색시간을 28msec로 줄일수있는

* 현대전자 산업전자 연구소
** 국립원주전문대학 전자통신과
*** 건국대학교 전자공학과
접수일자 : 1994년 6월 10일

새로운 알고리즘을 제안 하였다. 제안한 알고리즘을 사용할 경우 기존의 방법에 비해서 평균탐색 시간을 줄일수 있으며 드라이브 시스템의 성능을 개선 할수 있다.

Ⅱ. ref_T. E와 샘플펄스를 사용한 탐색원리

광디스크 드라이브에서 트랙을 정확히 추종하고 탐색하기 위해서 사용하는 신호는 액츄에이터(Actuator)가 디스크면을 따라 이동할때 디스크면에서 반사된 레이져빔이 회절현상에 의해서 광검출기에 맺히는 빔 크기에 따라 발생되는 정규 트랙추적에러(norm_T. E) 신호를 사용한다. [2][3][6](그림. 2 참조) 기존의 광디스크 드라이브에서 사용된 탐색방법은 나선형태의 트랙을 따라 탐색하거나 트랙피치(Pitch)간의 거리를 계산하여 탐색거리 만큼 점퍼하는 방법을 사용하였다. 이러한 방법을 사용했을때 그림. 1에서 같이 목표트랙(F)으로 탐색할때 트랙간의 오차에 의해서 목표트랙주위(D 혹은 G)에 이동하게 되어 다시 목표트랙(F)으로 이동해야 되므로 평균탐색시간이 많이 걸리는 문제점이 있었다.

본연구에서는 목표트랙으로 탐색시 이러한 문제점을 없애고 평균탐색시간을 줄이기 위한 방법으로 그림. 1에 나타낸 바와 같이 A구간에서 B구간까지 그리고 E구간에서 F구간 까지는 기준트랙추적에러(ref_T. E) 신호를 사용하고 B구간에서 E구간 까지는 샘플펄스(Sample Pulse)신호를 사용 하였다. 여기서 ref_T. E(Reference Tracking Error)신호를 사용하는 목적은 트랙탐색시 발생된 위치오차를 보정하기 위한 기준신호로 사용하기 위한 것이고, 이신호를 발생하는 방법은 디스크면의 1-트랙(Land 와 Land사이의 간격 혹은 Groove와 Groove사이의 간격)까지의 거리를 식(1)의 방법으로 계산하여 ROM(Read Only Memory)에 저장하고 트랙탐색시 이를 사용한다. 트랙탐색시 그림. 2의 속도특성(j)에서 T1-T2구간 혹은 T3-T4구간으로 이동할때 실제발생되는 정규 트랙추적에러(norm_T. E)신호와 ref_T. E신호를 비교하여 위치오차를 보정한다. ref_T. E신호를 발생하는 식은 다음과 같다.

$$\text{ref_T. E} = \frac{\text{SIN}(2\pi X/\text{pitch})}{0.78 \times 0.232 \cos(2\pi X/\text{pitch})} \qquad (1)$$

X : 이동 거리
X : $0.5 \times A \times t^2$
Pitch : 디스크의 1-Track 간격(1.6 μm)
$0.78 \times 0.232 \cos(2\pi X/\text{pitch})$: 트랙의 Ripple 보상값

또한 샘플펄스신호는 액츄에이터가 빠른속도로 트랙을 탐색하는 구간에서 발생된 위치오차를 보정해야할 시점을 알리는 신호로써 그림. 2(c)와 같이 T2구간에서 T3구간까지 사용되는 신호다. 샘플펄스(그림. 2(i))를 사용하여 위치오차를 보정하는 방법은 그림. 2에서와 같이 액츄에이터가 디스크면(b)을 이동할때 디스크의 Land 혹은 Groove의 중간점에 위치할때 norm_T. E 신호가 영(Z-ero)값을 지나므로 영교차되는 시점에서 샘플펄스를 발생시켜 norm_T. E 신호와 ref_T. E신호를 비교하여 위치오차를 검출하고 보정 한다. 액츄에이터가 목표트랙을 탐색할때 사용하게 되는 신호는 그림. 2(j)의 T1에서 T2구간에서는 ref_T. E신호를 사용하여 위치오차를 보정하고, T2구간에서 T3구간에서는 샘플펄스를 사용하고 T3구간과 T4구간에서는 ref_T. E신호를 사용하여 위치오차를 보정하면서 탐색한다. ref_T. E신호와

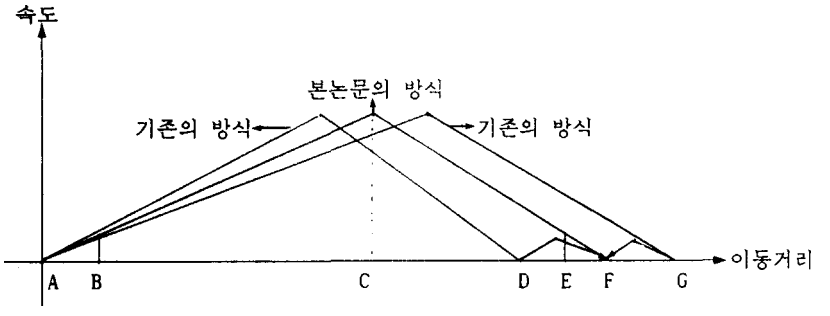

그림. 1. 기존의 방법과 본논문의 탐색방법 비교

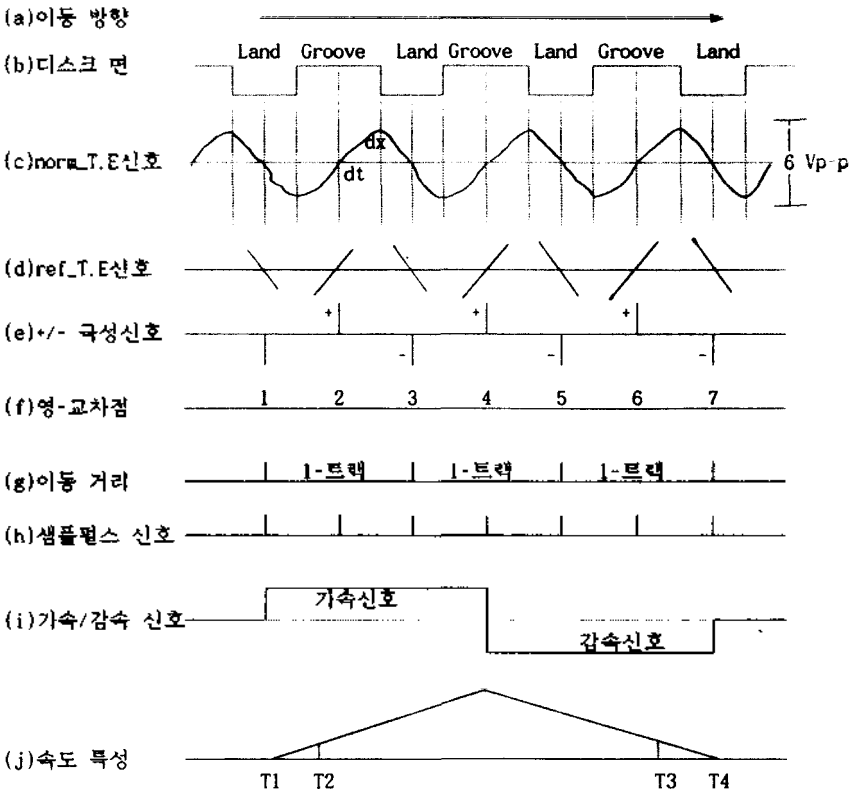

그림 2. ref_T. E 신호와 샘플펄스 신호발생 원리

샘플펄스신호를 사용하여 오차를 보정하는 이유는 탐색할 트랙을 정확하고 고속으로 탐색하여 평균탐색시간을 줄이기 위한 것이다. ref_T. E신호와 샘플펄스 신호를 사용하여 탐색하는 방법은 그림. 2에서 나타낸 바와 같이 액츄에이터가 (a)의 이동방향으로 디스크면(b)을 따라 이동할때 norm_T. E신호(c)가 발생되며 기준신호와 이신호를 비교하여 위치오차를 보정한다. 탐색거리가 6-트랙 이하일 경우에는 norm_T. E신호와 ref_T. E신호를 사용하여 오차를 보정한다.

탐색거리가 6-트랙 이상 이동할 경우는 그림. 2의 속도특성((j)에서 T1구간과 T2구간 에서 norm_T. E신호와 ref_T. E신호를 사용하여 오차를 보정하고, T2구간에서 T3구간까지는 영-교차점(f) 위치에서 샘플펄스 신호(h)를 발생하고 이순간의 위치오차는 영이나 실제 구동과정에서 오차가 생긴 경우 영(Zero) 값으로 보정하고 다시 T3구간과 T4구간에서는 norm_T. E신호와 ref_T. E신호를 비교하여 오차를 보정한다. 그림. 2(j)에서 T2구간과 T3구간을 탐색할때 +/- 극성신호(e)는 액츄에이터가 디스크(b)의 Land 혹은 Groove의 중간점에서 norm_T. E신호가 영(Zero)점을 지나게 되므로 영-교차되는 점(f)에서 신호파형의 기울기가 증가("/")할 경우 + 극성신호를 발생하고 기울기가 감소("\")할 경우에는 -극성신호를 발생하여 norm_T. E신호의 위상이 반전되는 것을 막기 위한 것이다. 그림. 2에서 이동거리(g)는 영-교차점(f)이 2번째 발생되는 점1과 3사이, 점3과 점5사이 그리고 점5와 점7사이 거리가 각각 1트랙의 거리가 된다. 가속/감속신호(i)는 탐색할 트랙수의 1/2은 액츄에이터를 가속하고 나머지 1/2은 감속시키기 위한 제어신호 이며, 또한 속도특성(j)에서 어떤 순간의 순간속도는 norm T. E신호(c)파형의 기울기(dx/dt)로 계산된다.

Ⅲ. 시스템구성 및 알고리즘

ref_T. E와 샘플펄스신호를 사용한 탐색과정을 그림. 3의 시스템 구성도에서 살펴보면 액츄에이터가 이동함에 따라 디스크면에서 발생된 레이저빔은 광

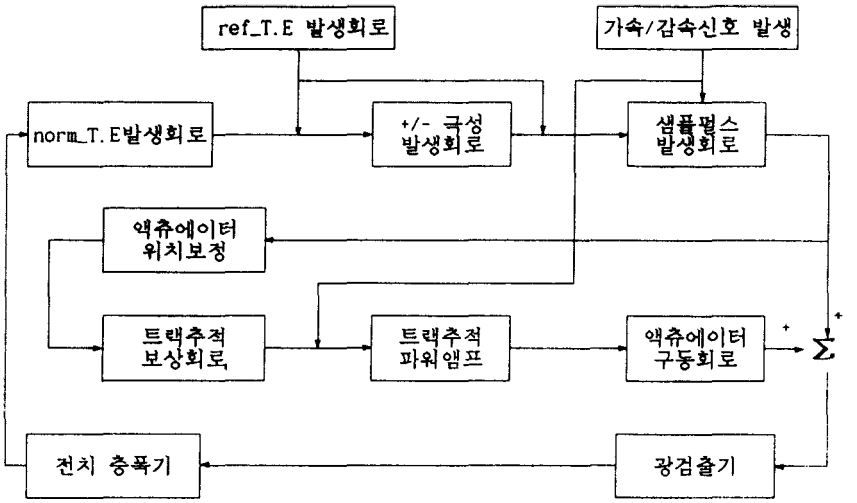

그림 3. 시스템 구성도

검출기(Photo-Detector)를 지나 전치증폭기에서 전류신호를 전압신호로 변환되고 동시에 신호를 증폭하여 norm_T. E 발생회로로 입력되어 norm_T. E신호가 발생된다. 트랙탐색시 ref_T. E 발생회로에서 발생된 ref_T. E신호와 norm_T. E신호와 차 만큼 액츄에이터 위치보정회로에서 오차를 보정하고, 트랙추적 보상회로에서는 보상해야할 값을 트랙추적 파워앰프로 보낸다.

트랙추적 파워앰프는 보상해야할 값을 전류량으로 변환하여 액츄에이터 구동회로에 공급하여 발생된 오차만큼 보정한다. 이때 +/-극성발생회로, 가속/

표 1. 광학 파라메타

파라메타	값
디스크의 레이저 파워(mW)	2
Disk의 반사율	0.25
대물 랜즈 투과율	0.92
Mirror 투과율	0.98
Expension Prism의 투과율	0.20
Return Path 렌즈의 투과율	0.94
Photo-Detector의 투과율	0.96

표 2. 기구 파라메타

파라메타	Focusing	Tracking	Coarse	단위
Moving Mass	2.166	2.500	17.100	Gram
Ist Natural Freq.	42.413	50.119		Hz
Peaking(N/F)	21.0	17.441	-	dB
Sensitivity DC	3.077	1.931	-	mm/A
Sensitivity 200Hz	0.141	0.128	0.054	mm/A
Spring Constant	153.76	247.82	-	N/M
Damping Coeff.	0.05	0.127	-	Kg/s
Force Constant	0.459	0.47	1.432	N/A
Accel. constant	21.62	19.16	8.536	G's/A
Resistance	19.3	20.6	9.9	Ohm

감속 신호발생회로 그리고 샘플펄스 발생회로에서는 액츄에이터가 이동하면서 오차를 보정해야할 시점을 체어하고 비교된값을 액츄에이터 구동회로로 보낸다. 그림. 2의 서스템 구성도에서 사용된 광학 파라메타와 기구 파라메타는 표. 1, 2에 나타내었다.

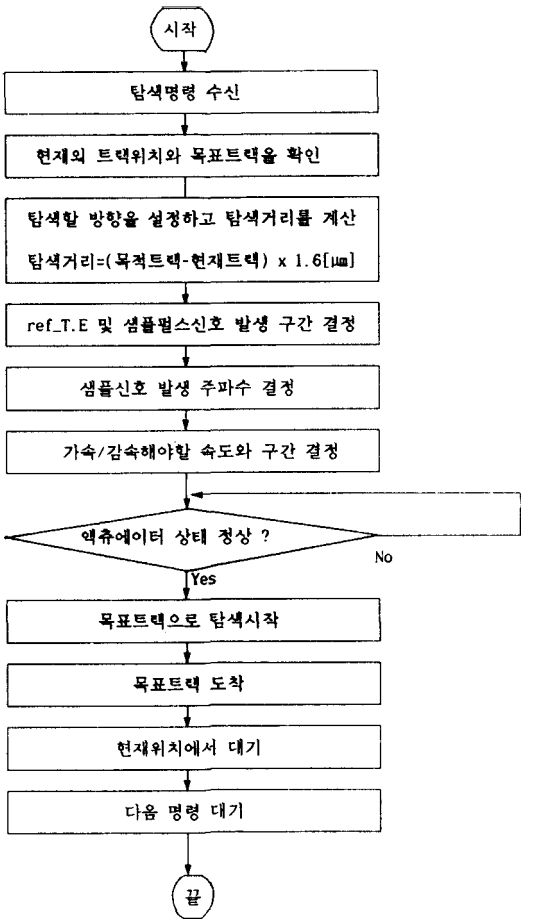

그림 4. 평균 탐색시간을 줄이기 위한 알고리즘

ref_T. E 신호와 샘플펄스 신호를 사용한 탐색 알고리즘은 그림. 4에서와 같이 탐색명령을 수신하면 현재트랙의 위치에서 탐색할 방향을 결정한 다음 목표트랙 까지의 탐색거리를 계산하여 이에 따라 ref_T. E 신호와 샘플펄스 신호를 발생한다.

ref_T. E 신호 및 샘플펄스 신호에 의해서 에러값을 검출하여 액츄에이터의 위치를 가감 하면서 오차를 보정한다. 액츄에이터는 최종 목적트랙을 탐색한 다음 탐색한 위치(트랙번호/섹터번호)를 유지하면서 다음 명령을 대기 한다.

Ⅳ. 실험 결과

설계한 알고리즘을 광디스크 드라이브상에서 다음에 기초한 3가지 방법으로 실험한 결과 표. 3과 같은 결과를 보였다. 방법1은 시작트랙과 끝트랙의 탐색범위를 설정하고 시작트랙 위치에서 끝 트랙까지 1트랙씩 증가시켜 마지막 트랙까지 탐색하고 다시 마지막 트랙에 1트랙씩 감소시켜 시작트랙까지 탐색하여 끝나는 것을 1회의 탐색회수로 하고, 방법2는 탐색할 시작트랙과 끝트랙을 설정하고 시작트랙에서 끝트랙을 탐색한후 다시 끝트랙에서 시작트랙으로 탐색하는 것을 방법2의 탐색회수를 1로 하고 방법3은 설정한 트랙범위 내에서 탐색범위를 랜덤하게 설정하여 탐색하는 방법을 1회로 한다. 탐색범위를 표. 3과 같이 설정한 이유는 디스크의 특정영역이 아닌 전체영역에서 시작부분, 중간부분 그리고 마지막 부분의 트랙을 선택하여 디스크의 전체범위에서 실험하기 위한 것이다. 또한, 트랙과 트랙까지 그리고 섹터에서 섹터까지를 탐색범위로 선정하여 실험 하였다.

본 연구에서 사용한 디스크는 SONY의 128Mbyte 광디스크를 사용하였고 회전방식은 CAV(Constant Angular Velocity) 그리고 회전속도는 3600RPM으

표 3. 평균탐색시간 실험결과

탐색방법	탐색범위(트랙번호/섹터번호)	탐색회수(회)	탐색결과(회)	탐색시간
방법1	0/0－100/0	1,000	성공 : 1,000, 실패 : 0	27.48msec
	5,000/0－5,100/0	1,000	성공 : 1,000, 실패 : 0	
	9,000/0－9,999/0	1,000	성공 : 1,000, 실패 : 0	
	0/0－0/10	1,000	성공 : 1,000 실패 : 0	
	2,500/0－2,500/10	1,000	성공 : 1,000 실패 : 0	
	5,000/0－5,000/10	1,000	성공 : 1,000 실패 : 0	

방법2	0/0−3,000/0	1,000	성공 : 1,000, 실패 : 0	27.68msec
	3,333/0−6,666/0	1,000	성공 : 1,000, 실패 : 0	
	6,000/0−9,000/0	1,000	성공 : 1,000, 실패 : 0	
	0/10−1/10	1,000	성공 : 1,000 실패 : 0	
	7,500/0−7,500/10	1,000	성공 : 1,000 실패 : 0	
	9,999/0−9,999/10	1,000	성공 : 1,000 실패 : 0	
방법3	0/0−5,000/0	1,000	성공 : 1,000, 실패 : 0	27.52msec
	3,000/0−8,000/0	1,000	성공 : 1,000, 실패 : 0	
	6,000/0−9,999/0	1,000	성공 : 1,000, 실패 : 0	
	0/10−1/10	1,000	성공 : 1,000 실패 : 0	
	5,000/10−5,001/10	1,000	성공 : 1,000 실패 : 0	
	9,000/10−9,001/10	1,000	성공 : 1,000 실패 : 0	
평균 탐색시간				27.56msec

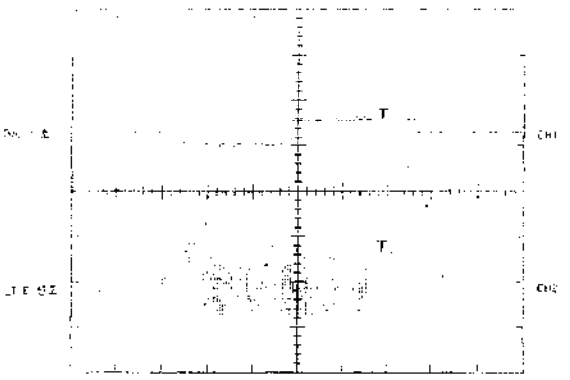

그림 5. 가속/감속신호와 norm_T. E 신호

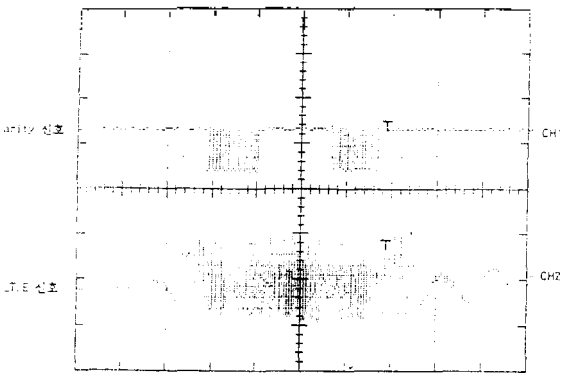

그림 6. +/− 극성신호와 norm_T. E 신호

로 하였다. 설계한 알고리즘을 광디스크 드라이브에 적용하여 100-트래픽을 탐색 했을때 가속/감속 신호와 norm_T. 신호를 그림 5에 보였고, +/−극성신호와 norm_T. E 신호를 그림 6에 보였다. 실험에 사용한 드라이브 시스템의 사양은 표. A1와 같으며, 액츄에이터의 전달함수 특성(그림. A1, A2)을 부록에 첨부하였다.

V. 결 론

본 논문은 광디스크 드라이브가 디스크상의 데이터를 탐색할때 소요되는 평균탐색시간을 줄이기 위해 ref_T. E 신호와 샘플펄스 신호를 사용하였다. 기존의 방식에서는 디스크상의 목표트랙을 고속으로 탐색할 경우 목표트랙을 탐색한 다음 위치를 확인하고 다시 착지오차를 보상하고 있다. 그러나 본연구에서는 ref_T. E 신호와 샘플펄스신호를 사용하여 착지오차로 인한 확인 및 보정에 소요되는 시간을 없게 하여 평균 탐색시간을 개선하였다.

실험결과 기존에 발표된 광디스크 드라이브의 평균탐색시간(35-70msec)보다 빠른 28ms로 크게 개선되었음을 보였다. 앞으로 연구과제는 평균 탐색시간을 더 줄일 수 있는 방법과 동시에 광학 그리고 기구부분에서 관련 연구가 함께 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. American National Standard for Information systems, SCSI-2 SPEC, 1989.
2. Alan B. Marchant, Optical Recording, Addison-Wesley Company, 1990.
3. 尾上守夫外 4人 デイスダ 技術, RADIO 技術社, 1988.
4. Normance, Iise, Control System Engineering, Benjamin/cummings, 1992.
5. 정기혁, 콤팩트 디스크, 가남사, 1992.

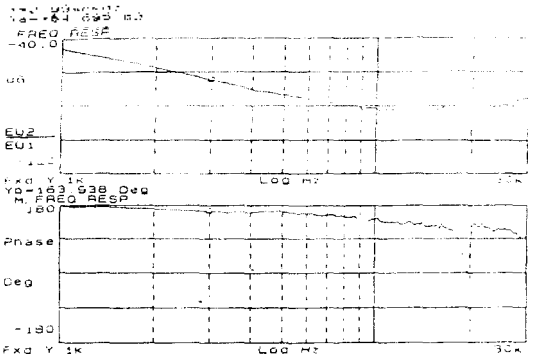

그림 A1. Tracking 액츄에이터의 전달함수 특성

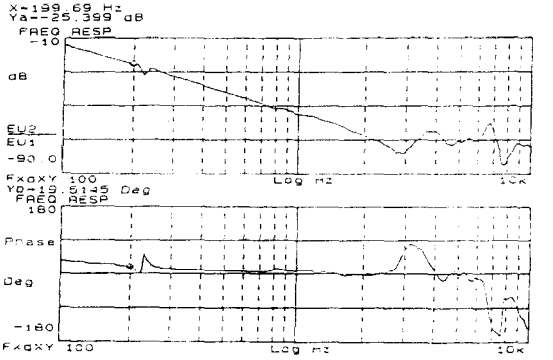

그림 A2. Coarese 액츄에이터의 전달함수 특성

부록

표 A1. 드라이브의 사양

파라메타	값	단위	비 고
Disk Format	90	90mm	150 표준안
디스크 용량	128	MByte	
User 섹터당 바이트 수	512	Bytes	
섹터/트랙	25	Sector	
User 트랙 수	10,000	Track	
Rotation Mode	CAV		
회전 속도	3600	RPM	
Average Latency	8.3	ms	
Bias Field Switching Time	5	ms	
Average Seek Time	28	ms	
Streaming Data Transfer Rate	768	KB/sec	
Disk Transfer Rate	8.7	Mbit/s	
에러율(SCSI Interface)	10E-12		
Spend-up Time(Plastic Media)	5	Seconds	
Spend-up Time(Glass Media)	7	Seconds	

▲이 시 현(Si-Hyun Lee) 1961년 12월 12일생
1991년 2월 5일 : 건국대학교 대학원 전자공학과(석사)
1991년~현재 : 현대전자 산업전자 연구소 근무
※관심분야 : Servo System 설계, 영상신호 처리

▲김 계 국(Kye-Kook Kim) 종신회원
1991년 6월호 참조(10권3호)
※관심분야 : 전자장 및 물성론

▲김 형 래(Hyung-Lea Kim) 정회원
1970년~현재 : 건국대학교 전자공학과 교수
※관심분야 : 영상신호 처리, 음성인식