

광디스크 드라이브의 작동 원리와 진동 기술

박 영 필* · 임 경 화**

(연세대학교, 한국기술교육대학교)

1. 머리말

21세기 정보화 사회에는 문자, 음성, 화상 등을 통합적으로 다루는 멀티미디어 기술을 주축으로 개인이 사용하는 정보량이 급격하게 증가하고 있다. 이는 종래에 문자에 국한됐던 정보가 앞으로는 고선명 화상정보 및 고음질 음성정보를 동시에 취급해야 하기 때문이다. 따라서 많은 정보를 저장할 수 있는 기술 개발이 필연적으로 요구되고 있는데 광기록 기술이 최근 고밀도 대용량 디지털 정보저장 기술로 각광을 받고 있다. 특히 기존 정보저장매체인 하드디스크 드라이브와는 달리 탈착식(removable type)이 가능하므로 영화, 게임, 대용량 데이터 등의 휴대용 저장에 많이 활용되고 있다.

광디스크 드라이브의 데이터를 기록 또는 재생하기 위해서는 그림 1에서 볼 수 있듯이 대물렌즈를 통한 매우 작은 레이저 스폿(spot)이 광디스크 상에 정확하게 맺어야 한다. 그러나 고속회전으로 돌아가는 디스크의 흔들림뿐만 아니라 내부/외부 진동으로 인한 테크 진동 때문에 구동기

(actuator)를 이용한 정확한 레이저 스폿의 위치 제어가 어려워진다. 더구나 차세대 광디스크 드라이브는 고밀도 기록을 위해, 위치제어의 정밀도가 더 높아지므로 진동제어기술이 중요하게 다루어지고 있다.

이에 따라 본 원고에서는 광기록/재생의 원리, 광디스크 드라이브에 대한 표준화 변천과 함께 광디스크 드라이브의 진동 관련 핵심기술을 전반적으로 살펴보고자 한다.

2. 광디스크 드라이브의 작동 원리 및 규격

2.1 작동 원리

특정 파장영역에 에너지가 집중되어 있는 레이저는 일반 광선과는 달리 빛의 응집성(coherent)이 뛰어나기 때문에 정보저장에 유리한 특성이 있다. 광디스크 드라이브는 레이저 다이오드(laser diode)를 대물렌즈를 이용하여 회전하는 디스크인 기록 매체 위에 레이저 광선의 초점을 맞추었을 때, 매체의 어떤 부위는 레이저 빛을 감지기로 반사시키는 반면 나머지 부위는 빛을 산란시킨다. 그림 2와 같은 디스크 상에서 레이저 광선을 반사시키는 지점은 '1'로 해석되고, 기록마크, pit 등이 있어서 반사가 작은 곳은 '0'으로 해석된다. 그러므로 고밀도로 기록하기 위해서는 광 스폿(spot)이 가능한 작아야 하는데 레이저의 회절 특성으로

* 본 학회 회장

E-mail : park2814@yonsei.ac.kr

** 본 학회 분과위원장

E-mail : rim@kut.ac.kr

특집

광디스크 드라이브의 진동 기술

인해 식 (1)과 같이 광 스폿은 유한한 크기를 가지고 있다.

$$D \propto \frac{\lambda}{NA} \quad (1)$$

여기서 D 는 광 스폿의 직경이고, λ 와 NA 는 각각 레이저의 파장과 대물렌즈 개구수(numerical aperture)이다.

이러한 신호 재생을 위해서 그림 2의 랜드(land) 부위에 항상 광의 스폿이 디스크 기록면에 초점심도(focusing depth)내에 존재해야 하므로 반드시 디스크와 대물렌즈 간의 상대위치가 상하방향의 포커싱 제어(focusing control)를 통해 일정해야 한다. 초점 심도 h 는 식 (2)와 같은 관계를 가지고 있다.

$$h \propto \frac{\lambda}{NA^2} \quad (2)$$

이와 함께 그림 2와 같은 디스크 트랙을 추종하기 위해서는 홈(groove)에 의한 트랙제어오차 신호를 검출하여, 트랙킹 제어(tracking control)도 동시에 수행하여 데이터 영역의 신호를 읽어낸다.

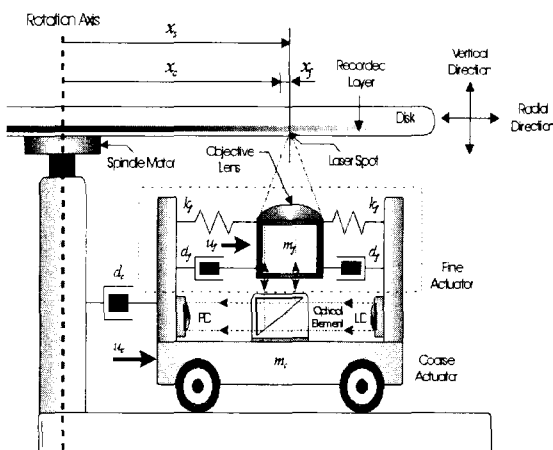


그림 1 광디스크 드라이브의 구조

2.2 광디스크 규격의 변천 및 사양 비교

광디스크는 착탈식 형태의 장점을 가지고 있으므로, 각 회사의 드라이브에 호환이 되도록 디스크의 표준화 작업이 필요하다. 그러나 이러한 표준화 작업은 각 회사별 특허에 대한 로열티 협상과 사업전략과의 긴밀성 등으로 인해 상당한 협상기간이 소요되는 문제가 있기도 하였다. 광디스크 규격의 변천을 시대 흐름에 따라 살펴본 뒤에 각 규격의 성능을 비교하고자 한다.

(1) CD 계열

본래 CD 광디스크는 컴퓨터의 자료보관을 위해서 만들어진 장치가 아니다. CD 플레이어에 사용되는 CD(compact disc)가 디지털 방식으로 저장된다는 데에 착안하여, 차후에 컴퓨터에서 디지털 자료를 기록할 수 있게끔 만들어진 것이 바로 CD-ROM 드라이브이다. 따라서 CD-ROM의 자료기록방식은 모두 음악용 CD를 기반으로 그 기능과 규격을 확장한 것으로 보면 된다. CD 계열의 대표 규격인 레드북(RED BOOK)은 음악을 기록하기 위해 제정된 최초의 CD 규격입니다. 1980년 소니(SONY)와 필립스에 의해서 제정된 포맷 방식으로, 레드북(RED BOOK)이란 이름은 CD 포맷을 규정한 책장의 표지에서 유래되었다고 한다. 44.1 kHz, 16 bit 스테레오의 디지털 음악을 최대 74분까지 보관할 수 있고 한 장의 CD에 총 99개의 트랙을 기록할 수 있다.

(2) DVD 계열

DVD를 한마디로 표현하면 digital video(또는

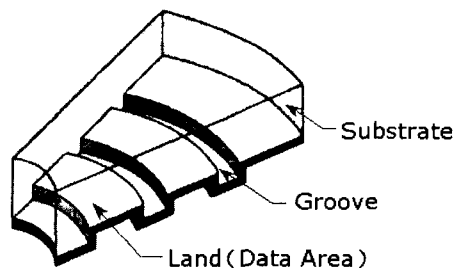


그림 2 디스크의 구조

versatile) disc의 약자로 MPEG-2 압축 기술을 이용하여 수평 해상도 500분 이상의 고화질과 극장 수준의 dolby digital 5.1 채널 서라운드 음향을 제공하고, CD와 동일한 크기이면서 영화를 1장의 디스크에 저장할 수 있는 대용량의 특징과 비디오 CD, 음악 CD와 호환이 가능한 새천년 영상 매체의 선두주자라 표현할 수 있다. DVD disc는 video에만 국한된 매체가 아닌 DVD-audio, DVD-RAM, DVD-ROM 등의 광범위한 용도이기 때문에 'video' 대신 versatile 이라고도 일컫는다.

DVD는 1990대초 CD의 대표주자인 소니, 필립스사의 연합팀과 도시바, 마쯔시다, 삼성 등에 의한 연합팀간에 표준화의 경쟁이 심각할 정도로 치열하였다. 이후 1990년대 중반에 DVD 규격을 표준화한 컨소시엄에 컴퓨터 회사들과 할리우드 영화사들 포함한 10개사, 도시바, 히다치, JVC, 마쯔시다, 삼성전자, 필립스, 소니, 톰슨 등이 참가하여 통일안을 도출하였다.

(3) 차세대 DVD 계열

차세대 광디스크 규격을 놓고 세계 가전업체가 두 진영으로 나뉘어 충돌 직전에 있다. 우리나라의 삼성전자와 LG전자를 비롯한 소니와 필립스 등의 BD 그룹과 도시바, NEC의 그룹이 분열된 채 일전을 준비하고 있는 것이다. 대부분의 규격 싸움과 마찬가지로 두 진영은 배수진을 치고 맞서고 있다.

작년 2월 소니와 필립스 등이 차세대 BD광디스크 규격에 합의할 때만 해도 차세대 광디스크 표준을 향한 움직임은 착착 진행되고 있는 것처럼 보였다. 관련 업체들은 가전업체를 '주름잡는' 일본·한국·유럽 업체들이 총망라돼 있어 디지털 콘텐츠를 담게 될 차세대 광디스크 세계 표준이 나오는 데는 별 다른 어려움이 없을 것으로 여겼다. 그러나 작년에 도시바·NEC가 새로운 규격을 들고 나오으로써 가전·영상 등 관련 업체는 다시 한번 악몽 속으로 빠져들게 되었다. 표준 마련이

힘들어지면서 시장마저 지지부진했던 과거 DVD 표준 제정 당시가 상기됐기 때문이었다. 앞으로 규격에 대한 기술 경쟁은 더욱 치열할 것으로 예상된다.

(4) 디스크 규격의 성능 비교

표 1에서 볼 수 있듯이 광디스크는 크게 CD, DVD, 차세대 DVD 계열로 발전되면서 기록밀도가 증가되는 형태로 발전되었다. 그러나 레이저 파장이 작아지고, 대물렌즈의 개구수가 증가하면서 기계부품의 조립도, 디스크의 기울기, 보호막 두께 변동 및 진동 등으로 인해 광학 특성이 열화되어서 제작기술의 난이도가 증가되었다.

일반적으로 광특성의 열화특성은 광 파동의 위상 차이를 나타내는 광학계 수차(aberration)로 표시할 수 있다. 광디스크 드라이브의 광학적 수차는 크게 구면수차, 코마수차, 비점수차, defocus 수차 등이 있다. 진동에 관련된 수차는 디스크의 기울기(tilt)와 관련된 코마수차, 디스크 흔들림으

표 1 디스크 성능 비교

디스크 \ 성능	CD	DVD	차세대 DVD(BD)
기록용량(GB)	0.65	4.7	25
레이저파장(nm)	780	650	405
대물렌즈 개구수	0.45	0.6	0.85
커버층의 두께(mm)	1.2	0.6	0.1
트랙간격(μm)	1.6	0.74	0.32
최단마크길이(μm)	0.83	0.4	0.149

표 2 진동에 관련된 수차 요인 및 난이도

수차 종류	광학적 요인	난이도 (CD : DVD : BD)
코마 수차	광축과 스코의 직각도 편차 θ	$d \frac{NA^3}{\lambda} \theta$ (0.14 θ : 0.19 θ : 0.15 θ)
Defocus	광스폿 초점과 디스크 기록막 간의 위치오차	$\frac{NA^2}{\lambda}$ (0.26 : 0.55 : 1.78)

로 인한 defocus 수차가 있다. 표 2에서 볼 수 있듯이 코마수차와 기울기 간의 근사 관계식에서 살펴보면, 디스크 기울기에 대한 민감도가 비슷하도록 규격을 정해진 것을 확인할 수 있다. 그러나 차세대 광디스크에서 민감도를 작게 하기 위하여 BD의 기관 두께 d 를 0.1mm로 정했기 때문에 먼지보호를 위해 디스크 카트리지가 필요한 단점이 발생하였다. 이에 비해 defocus로 인한 수차는 초점심도 관점에서 비교하면 BD인 경우는 포커싱 제어가 매우 정밀해져야 함을 알 수 있다.

3. 광디스크 드라이브의 진동 특성

광디스크 드라이브에서는 디스크를 회전시키기 때문에, 근본적으로 진동 문제를 수반하게 된다. 또한 광디스크 드라이브의 경우, 디스크가 고정된 HDD와 달리 착탈에 따른 다양한 디스크 종류 및 다른 물리적 특징을 가지는 디스크를 회전시켜야 하는 문제를 가지고 있다. 또한 광디스크 자체의 낮은 강성에 의하여 회전에 의한 진동이 HDD보다 상대적으로 발생하기 쉬우며, 회전속도를 일정하게 유지하는 HDD와 달리 여러 배속 및 스피들 모드의 변환 등 다양한 조건에서 운용하게 되므로 진동의 관점에서 HDD보다 많이 취약한 시스템이다. 광디스크 드라이브에서 발생하는 진동 특성을 부품별로 상세히 살펴보기로 한다.

3.1 광디스크의 진동 특성

먼저 광디스크를 물리적인 특징을 이용하여 광디스크를 분류하면 다음과 같이 정리할 수 있다. 디스크의 상하진동과 관련되는 편향, 횡방향 진동과 연관되는 편심, 그리고 무게중심과 관련되는 편중심 디스크가 있으며, 대부분의 경우, 위의 성분들을 같이 가지게 된다. 이러한 광디스크의 거시적인 물리적 특징 이외에 미시적인 관점에서 피트 높이의 변화나 트랙의 wobble 등은 엄밀한 의

미에서 진동은 아니지만, 디스크 회전에 의해 작동하는 구조 입장에서 볼 때 진동 문제로 간주할 수 있다.

광디스크 드라이브에서는 디스크 호환성을 위해, 각 디스크에 따라 규격⁽¹⁾을 두고 있으며 이중 한 예가 그림 3에 제시되어 있다.

광디스크의 경우, 앞서 언급한 바와 같이 상대적으로 낮은 강성을 가지는 원형 디스크를 다양한 배속에 따라 회전하게 된다. 회전하는 디스크는 각각의 진동 주파수에 따라 다른 형상을 갖는 진동 모드를 가지게 되는데, 각 진동모드는 수직 방향의 변위가 0이 되는 절선(nodal line)과 동심원

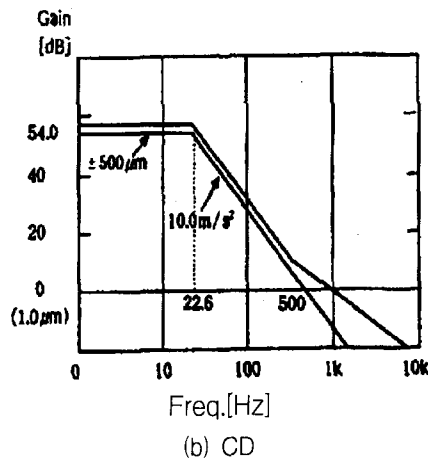
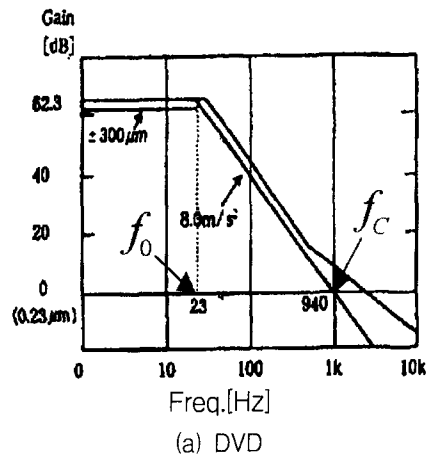


그림 3 광디스크 진동규격(1배속, 포커스 방향)

상의 변위가 0이 되는 절원(nodal circle)으로 표현할 수 있다. 이러한 진동 모드를 모드지수 (m, n)으로 표기하며 여기서 m 은 절원의 수를 그리고 n 은 절선의 수를 각각 나타내게 된다.⁽²⁾ 따라서 회전하는 디스크의 특정 주파수에서 바람직하지 않는 공진 모드를 회피하기 위해서는 디스크의 진동을 사전 분석하여 할 필요성이 있다. 언급된 사항들 이외에도 고배속화에 따라 디스크 진동문제로 야기되는 디스크의 크랙의 성장에 의한 디스크 파괴현상 및 내부 공력에 의한 진동⁽³⁾이 보다 심각한 문제로 지적되고 있다.

3.2 광픽업 구동기의 동특성 및 진동

광픽업은 크게 광학계와 기계적 구동을 위한 구동기(actuator)로 구성되며, 디스크의 진동을 잘 추종하여 디스크와 광픽업의 거리를 각 드라이브 종류에 따라 결정되는 허용 오차 범위 내에 존재하도록 하는 역할을 수행하게 된다. 현재는 구동부를 강성을 가지는 코일을 이용하여 지지하고 구동하는 wire suspension type이 주류를 이루고 있다.

Wire suspension 형의 동특성은 질량-감쇠-강성으로 구성된 전형적인 2차 시스템으로 근사할 수 있으며, 전류 구동 또는 전압 구동 방식의 표현에 따라 3차 시스템으로 표현할 수 있다. 그림 4는 현재 상용의 DVD-ROM 드라이브에서 사용되는 광픽업 구동기의 동특성 실측 결과를 보여주고 있다.

광픽업 구동기의 요구되는 동특성으로는, 저주파(5 Hz)와 고주파(200 Hz) 감도가 좋으면서 고주파 부공진 특성에 강인한 특징이 요구된다. 여기서 고주파 부공진이란 보빈(bobbin) 및 렌즈의 홀더 부분의 고차 진동 성분으로, 이 영역이 서보대역과 가까워지는 것을 피하는 방향으로 공진주파수를 고역으로 변경하거나 그 크기를 작게 하는 방향으로 광픽업을 설계하고 있다.⁽⁴⁾ 이 외에도

광픽업의 구조적인 특징 및 조립 공차 등에 의하여 무게중심과 도심이 일치하지 않는 경우, 포커스 방향과 트래킹 방향의 연성 또는 다른 방향으로의 rolling, pitching 등과 같은 원치 않는 진동이 나타나게 되는데 이를 해결하기 위한 방안도 광픽업 분야에서 중요한 문제로 부각되고 있다.⁽⁵⁾

3.3 스피들 모터 및 데크 진동

디스크를 회전시키는 스피들 모터의 경우, 다양한 배속 또는 회전 모드에 따라 모터 회전속도를 변화시키므로 많은 진동 문제를 유발하게 된다. 초기의 광디스크 드라이브의 경우, 일정 선속도를 유지하기 위해 모터의 회전속도를 픽업의 위치에 따라 변화시키는 CLV(constant linear velocity) 방식을 채택하였다. 그러나 드라이브의 고배속화가 진행되면서, 데이터 전송률을 높이기 위해 일정 각속도로 디스크를 회전시키는 CAV(constant angular velocity) 방식으로 전개되었다.⁽⁶⁾ 회전속도가 계속 변하는 CLV 모드와 회전속도가 일정한 CAV 모드는 발생하는 진동의 양상이 다르다. 특히 최근까지도 기록형 디스크의 경우 디스크 전영역을 일정 선속도로 회전시키는 CLV 또는 구간을 나누어 일정 선속도로 기록하는 ZCLV(zone CLV)가 사용되었으나, 디스크의 wobble로부터 안정적인 회전 및 write 클럭을 이끌어 내는 wide PLL(phase locked loop)의 기술의 개발과 기록파형의 형태 및 기록 파워의 세기와 관련되는 write strategy의 개발에 의하여 현재의 일부 제품에서는 PCAV(partial CAV) 또는 full CAV 모드로 스피들 모터를 구동하고 있다.

CAV의 모드로 광디스크를 사용하는 경우, CLV 모드보다 진동의 저감 측면에서 보다 우수할 뿐만 아니라 편중심 디스크 대응의 측면에서도 보다 유리하다. 현재 CAV로 구동하는 광디스크 드라이브에서는 편중심 디스크의 고속회전으로 인한 외력을 상쇄하기 위하여 ABS(automatic

특집

광디스크 드라이브의 진동 기술

ball balance)가 사용되고 있다.⁽⁷⁾ ABS는, 일정 회전속도에서 편중심 디스크에 의하여 유발된 원심력과 반대되는 방향으로 ABS 내의 작은 steel ball이동하여 발생한 외력을 상쇄시키는 메커니즘을 이용한다. 그림 5에서 ABS의 장착 유무에 따른 스피들 모터의 형상과 ABS의 개략적인 작동 원리를 보여주고 있다.

기본적으로 광디스크는 광픽업 이송계의 의하여 픽업부가 이동하게 되므로, 이들을 포함하고 댐퍼

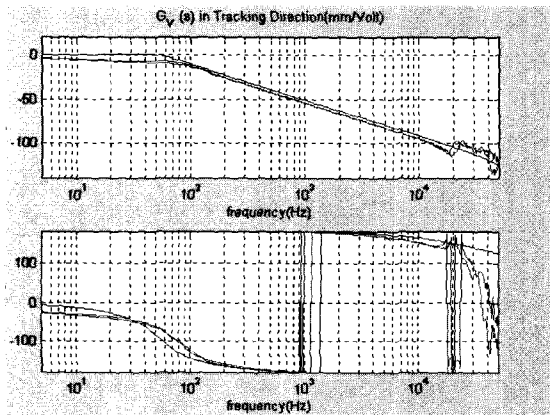


그림 4 광픽업 동특성(DVD, 포커스 방향)

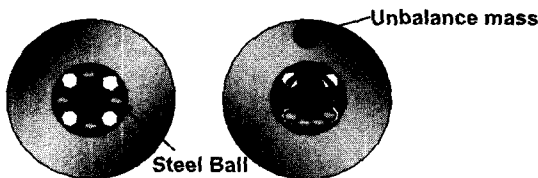
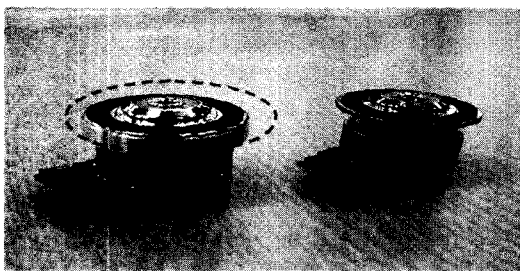


그림 5 스피들 모터와 ABS의 원리

(damper)에 의해 지지 되는 데크는 댐퍼에 대해 무게중심을 대칭으로 유지할 수 없다. 따라서 광디스크가 고속으로 회전하여 발생하는 외력은 지지부에 대하여 비대칭으로 작용할 수밖에 없으므로, 드라이브의 동적인 특징을 고려하여 댐퍼의 위치와 감쇠비 등을 결정하고 있다.⁽⁸⁾

3.4 외부 진동

데크 설계시 주요 관점은 외부에서 발생하는 진동을 드라이브 내부로 전달되는 것을 효율적으로 막는데 그 초점이 맞추어진다. 그러나 노트북 등에 내장되는 광디스크 드라이브의 경우, 공간의 제약 때문에 일반적인 데스크 탑에 내장하는 수준의 방진계의 설계 및 구현이 불가능해 진다. 특히 휴대용으로 사용하기 위해서는 외부 진동이나 충격 등에 대한 대책에 마련되어야 하며 이는 앞으로의 초소형 광정보 저장기에서 매우 중요한 요소가 될 것으로 전망된다.

4. 광디스크 드라이브의 진동 제어

진동의 관점에서 보면 진동을 저감하거나 줄일 수 있는 방법을 source, path, receiver의 측면에서 접근할 수 있으나, receiver의 측면은 여기서 고려 대상이 되지 않으므로 본 논의에서 제외하기로 한다.

먼저 source의 관점에서 보면, 디스크의 경우 물리적 특징이 좋은 디스크를 사용하는 최상의 방법일 것이다. 그러나 드라이브 입장에서 이를 선택할 수 있는 상황이 아니므로 드라이브에서 각각의 삽입되는 디스크의 물리적 특징을 적절하게 파악하여 허용 가능한 최고 배속을 설정하는 것이 가장 효과적이다. 또한 광픽업의 고차공진을 저감하기 위한 설계나 클램퍼에서의 적절한 자기력 설정 등도 중요한 인자가 될 것이다.

Path의 관점에서는 데크부에서의 댐퍼의 위치

선정 및 계수의 설정 그리고 진동 전달 저감을 위한 전달 경로의 설계 등이 그 방법이 될 것이다.

보다 상세한 내용을 다루기 위하여 현재 사용되는 광디스크 드라이브의 진동 제어 방법을 간단히 소개하고자 한다.

4.1 광디스크 드라이브의 진동 제어

앞의 단락을 통해 광디스크 드라이브에서 발생하는 다양한 진동의 발생원을 살펴보았다. 이에 진동의 제어 관점으로 관심의 초점을 맞추면, 진동 제어는 수동적 방법과 능동적 방법으로 나눌 수 있다. 전자의 방법은 진동의 발생을 원천적으로 억제하는 것이고, 후자는 발생한 진동에 대응하는 것으로 정의한다.

(1) 수동적 방법

고속으로 회전하는 광디스크 드라이브의 경우 필연적으로 발생하는 진동을 저감하는 방법은 여러 가지가 있지만 각 요소별로 간단히 정리하면, 다음과 같다.

디스크 : 허용 가능한 적절한 최적의 재생/기록 속도의 선정(디스크 삽입시 외란 추정 알고리즘의 개선)

광픽업 : 고주파 진동 모드를 고려한 설계(고주파 진동모드가 높거나 또는 크기를 작게 설계)

스핀들 및 데크 : 진동 특성이 우수한 스펙트럼 모터의 선정, ABS의 최적화, 드라이브의 특징을 고려한 방진계 설계

(2) 능동적 방법

스핀들 모터 및 데크에서 전달되는 진동을 흡수하기 위한 동흡진기(dynamic absorber)⁽⁹⁾나 디스크의 진동 외란을 충분히 고려한 제어기 설계 등이 사용되고 있다. 현재 상용의 광디스크 드라이브에서는 고전적인 제어기법으로 PID제어기⁽¹⁰⁾나 lead-lag 제어기⁽¹¹⁾가 주로 사용되고 있으며, 강건성 확보를 위한 강건 제어기로 QFT,⁽¹²⁾ H_∞ ,⁽¹³⁾ μ -synthesis⁽¹⁴⁾와 같은 고등제어 기법을 기법 및

외란 제거 성능이 우수한 외란 관측기(disturbance observer)⁽¹⁵⁾ 등을 이용한 광디스크의 진동 제어 기법들이 발표되고 있다. 또한 반복제어,⁽¹⁶⁾ 학습제어 기법⁽¹⁷⁾ 등의 연구가 진행되고 있으며, 슬라이딩 모드 제어,⁽¹⁸⁾ 퍼지 제어⁽¹⁹⁾ 등과 같이 다양한 제어 기법이 광디스크 드라이브의 진동 제어를 위해 제안되고 있다. 그러나 실제의 광디스크 드라이브의 경우 one chip화의 경향에 따라 RF 신호의 처리 및 DSP 그리고 서보까지 하나의 chip으로 모듈화 되고 있고, 서보 구조자체가 chip 내부에서 제한적인 구조를 가지고 있기 때문에 제안되는 제어기를 실제에 적용하는 데에는 많은 제약이 따르게 된다.

다음 절을 통하여 실제 광디스크 드라이브에서 사용하는 광디스크 외란 저감을 위한 제어기 설계를 보다 상세히 다루기로 한다.

4.2 광디스크 드라이브의 제어기의 분석

광디스크 드라이브의 제어기 설계의 목적은 기본적으로 디스크가 다양한 진동 성분이 발생하더라도, 항상 디스크의 기록 및 재생하고자 하는 부분에 레이저 빔의 초점심도 및 waist를 올바르게 추종시키는데 있다.

그림 6은 광디스크 서보계 중 포커스 방향 제어기의 전형적인 구조를 보여준다. 포커스 끌어들이м(capture)과정이 수행된 후, 디스크의 면진동에 의해 발생하는 외란 $D(s)$ 에 의해 광점의 위치가 초점으로부터 벗어나게 되면, 그 변화량이 포토 다이오드 및 I/V 앰프 회로에 의해 전압 오차신

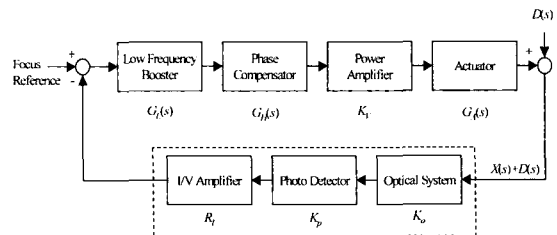


그림 6 포커스 서보의 개략도

호로 피드백 된다. 이렇게 피드백된 신호는 저주파수 부스터와 위상 보상기에 의해 제어 신호로 변환되고, 파워 앰프를 통해 구동기를 구동하여 외란을 추종하게 된다. 여기서 발생하는 외란 성분 $D(s)$ 는 회전 배속 및 디스크의 물리적 상태에 따라 달라지며, 그 외에 디스크의 클램핑 조건이나 로딩 상태 등에도 영향을 받게 된다.

발생하는 외란을 억압하기 위해서는 적절한 제어루프 설계가 필수적이며, 이는 광픽업의 동특성 및 발생하는 외란과 밀접한 관련을 지니게 된다.

그림 7은 전형적인 광디스크 드라이브의 개루프 형상을 보여주고 있다. 정상상태 오차 및 저주파수 외란의 저감을 목적으로 저주파수에 저역 부스터를, gain cutoff 주파수에서의 상대안정도 확보를 위한 lead보상기를, 그리고 잡음(noise) 저감을 위해 고주파 내역에 past pole을 위치하는 것이 전형적인 광디스크 제어기 설계 방법이다.

그러나 실제 광디스크의 경우, 디스크의 반사율에 의존하여 또는 디스크의 종류에 따라 같은 물리적인 디포커스(defocus)에 대하여 발생하는 오차가 달라지게 된다. 이는 전체적인 개루프의 DC 게인 변동을 말하며, 게인 변동을 적절히 고려하여 제어기 설계가 이루어 지지 않을 경우 설계된 제어기의 안정성이나 성능 확보가 이루어 지지 못함을 의미한다. 따라서 광디스크의 종류 판별 알고리즘 및 루프 게인 조정 알고리즘 등 기타 부가적인 과정이 실제의 계에서 행하게 된다. 또한 대

부분의 광디스크 드라이브의 경우, 임가의 DSP를 이용하면서 고정 소수점 알고리즘을 이용하게 되는데 이는 비선형계의 특징을 가지므로 제어알고리즘을 실제 계에 적용할 때 약간의 조정 과정이 필요하다.

5. 맺음말

광디스크 드라이브는 디스크의 저렴한 가격 및 호환성에 의하여 널리 사용되고 있지만, 진동의 측면에서 볼 때 다양한 디스크의 종류, 서로 다른 디스크의 물리적 특징 그리고 다양한 작동 환경 하에서 작동하므로 파생되는 문제는 매우 다양하다. 본 특집을 통하여 간략히 상용의 광디스크 드라이브의 작동 원리를 살펴보고, 진동을 유발하는 각 요소와 특징을 분석하였으며 진동 제어의 측면에서 살펴보았다. 광디스크 드라이브의 안정성 및 성능의 확보와 차세대 광저장장치의 구현을 위해서는 많은 요소 기술들이 필요하겠지만, 진동에 관련된 문제가 bottle-neck이 될 수 있는 여지가 크므로 보다 많은 연구가 필요하다.

참고 문헌

- (1) DVD Specifications for Read-only Disc, Part 1 Physical Specifications, Versior. 0.9.
- (2) 김수경, 박성진, 1999, "차세대 광디스크의 진동특성(1) : 사출성형 및 실험", 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집, pp. 448 ~ 454.
- (3) 조은형, 좌성훈, 정진태, 2001, "회전속도 증가에 의한 광디스크 파괴현상의 연구", 한국소음진동공학회지, 제 11 권 제 3 호, pp. 437 ~ 442.
- (4) Tsutomu Matsui, 1994, "Optical Lens Actuator for Highinformation Bit Rate Recording", IEEE Trans. On Electronics, Vol. E77, No. 10, pp. 1581 ~ 1586.

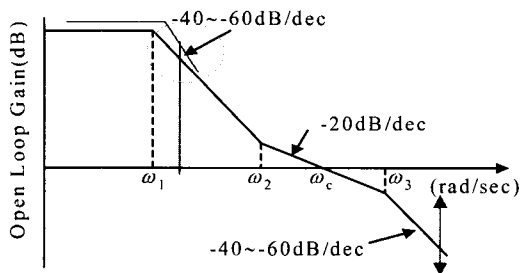


그림 7 전형적인 광디스크의 개루프 형상

- (5) 고상선, 류제하, 박기환, 정호섭 1998, "고속 CD-ROM용 비대칭형 광픽업 미세구동기의 구동특성", 한국소음진동공학회논문집, 제 8 권 제 2 호, pp. 346~352.
- (6) 남상엽, 1999, "DVD와 CD/R/CD-RW 기술", 도서출판 우신, 대한민국.
- (7) Huang, W. -Y. and Chao, C.-P., 2002, "The Application of Ball-type Balancers for Radial Vibration Reductin of High-speed Optical Disc Drives", Journal of Sound and Vibration, Vol. 250, No. 3, pp. 415~430.
- (8) Park, Y. P., et. al., 2001, "Vibration Isolation of Digital VDR Deck Using Sensitivity Analysis", Journal of Information Storage and Processing Systems", Vol. 3, pp. 257~266.
- (9) 박준민, 허진욱, 이영원, 서영선, 정진태, 2001, "동흡진기를 이용한 광디스크 드라이브의 진동저감" 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp. 706~711.
- (10) Akkermans, T. H. and Stan, S. G., 2001, "Digital Servo IC Optical Disc Drives", Control Eng. Practice, Vol. 9, pp. 1245~1253.
- (11) Sergio, B., et. al., 2001, "Radial Tracking in High-speed DVD Players", Proceeding of the 40th IEEE Conf. On Decision and Control, pp. 4705~4710.
- (12) Maarten, S., et. al., 1994, "Design and Implementation of a QFT Controller for a Compact Disc Player", American Control Conference, Vol. 3, pp. 3204~3208.
- (13) Lee, M. N., Moon, J. H., Jin, K. B. and Chung, M. J. 1998, "Robust H_{∞} Control with Multiple Constraints for the Track-following System of an Optical Disk Drive", IEEE Trans. On Industrial Electronics, Vol. 45, No. 4, pp. 638~645.
- (14) Maarten, S., et. al., 1998, " μ -Synthesis for a Compact Disc Player", International Journal of Robust and Nonlinear Control, Vol. 8, pp. 169~189.
- (15) Yokoyama, E., Nagasawa, M. and Katayama T., 1994, "A Disturbance Suppression Control System for Car-mounted and Portable Optical Disk Drives", IEEE trans. On Consumer Electronics", Vol. 4, No. 2, pp. 92~99.
- (16) Moon, J. H., Lee, M. N. and M. J. Chung, 1998, "Repetitive Control for the Track-following Servo System of an Optical Disk Drive", IEEE Trans. on Control System Technologies, Vol. 6, No. 5, pp. 663~670.
- (17) Moon, J. H., Lee, M. N. and Chung, M. J. 1999, "Track-following Control for Optical Disk Drive Using an Iterative Learning Scheme", IEEE Trans. On Consumer Electronics, Vol. 42, No. 2, pp. 192~198.
- (18) Yu, Z., Kostic, D. and Steinbuch, M., 2002, "Estimator-based Sliding Mode Control of an Optical Disc Drive under Shock and Vibration", Proceedings of the 2002 International Conference on Control Applications, Vol. 2, pp. 631~636.
- (19) Yen, Z. Y., et. al., 1992, "Servo Controller Design for an Optical Disk Drive Using Fuzzy Control Algorithm", IEEE International Conference on Fuzzy System, pp. 989~997.