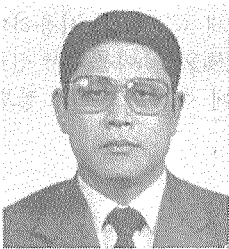


# 컴팩트 디스크의 개발 과제



金 東 煥

(株)金星社 中央研究所 / 工博

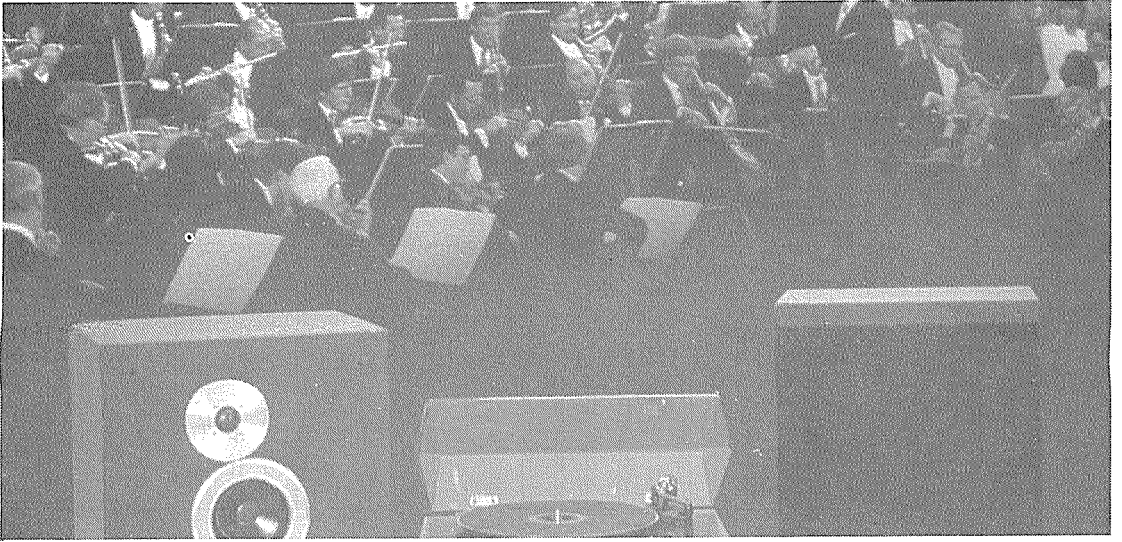
CD 시스템이 탄생되면 모든 음이 균일하게 된다는 말이 몇 년 전부터 나돌았으나 실은 최근 외국에서 개발된 디스크나 플레이어의 음질이 각 메이커마다 조금씩 다르다는 것이 분명해지고 있다. 디지털 부분의 성능은 재생에 하등 영향을 미치지 않으나 다만 에러가 생기면 최초에는 에러가 완전히 정정되고 새로 에러가 증가하면 원음에 근사하게 보관되어 보정되나 에러가 계속 커져서 보정 능력을 넘으면 출력이 차단(뮤팅)된다.

## 요 약

음향신호를 디지털화하여 이를 고밀도로 기록한 디스크를 반도체 레이저(Laser)를 광원으로 한 광 픽업(Optical Pickup)으로 무점점 신호검출을 함으로써 음향을 재생하는 CD(Compact Disc Digital Audio) 플레이어는 신호의 디지털화(Pulse Code Modulation)에 의하여 전송 과정에서 생기는 잡음, 의음, 와우 프라터 등의 방해신호와 기구적 조건에 의한 다이내믹 렌지의 제한으로부터 해방되어 비약적인 성능 향상을 얻게 된 음향 재생 시스템인 것이다. 여기서는 CD의 디스크 제작에 관한 내용은 언급하지 않았으며 CD플레이어를 개발함에 있어서 고려해야 할 점에 대하여 논하겠다.

### 1. CD 플레이어의 개요

CD플레이어 시스템은 필립스의 광학식 비디오 디스크 기술과 소니의 디지털 오디오 신호처리 기술의 융합으로 개발되었으며 첫 시작품의 직경 11.5cm 디스크가 한쪽면으로 60분 연주할 수 있는 것을 베토벤 교향곡 제 9번「합창」을 한면에 수록할 수 있도록 배려하여 디스크 직경을 12cm로 확정했으며 최대 연주 가능시간은 74분 42초로 늘어나게 되었다. 또한 외경 12cm의 디스크에는 오목 들어간, 길이가 다른 9종류의 구멍(피트라 부름)이 25억개나 조각되어 원음의 신호가 디지털화 되어 있으며 CD플레이어는 이 디지털 신호를 레이저 광선으로 초당 70만개를 읽어내어야 한다. 그러나 디스크 자체의 결함과 플레이어가 디지털 신호를 읽어낼 수 있는 재생 능력 때문에 모든 디지털 신호를 완벽하게 다 읽을 수 없게 된다. 이런 경우에도 에러 신호를 정정하고 보정하는 방법이 강구되어 음향신호의 끊어짐이 없어야 한다. 이렇게 하기 위해서는 CD시스템에서는 음향신호를 인터리브(Interleave)시키고 그 다음 인터리브시키기 전과 후에 강력한 정정 부호를 각각 넣어준 「크로스 인터리브 리드 솔로몬(Cross Interleave Reed-Solomon)」



CD 플레이어는 디지털 신호를 레이저 광선으로 초당 70만개를 읽어내야 한다.

부호 즉 「CIRC」라는 신호 정정 방식이 채용되고 있으며 이 또한 필립스와 소니의 공동 특허이다. 이 방식의 이론적인 정정 능력은 디스크상의 피트 개수로 연속 1,000개를 잘못 읽어도 원래의 음향 신호를 바르게 재생할 수 있으며 이는 디스크상 최장 2.4mm 크기의 흠에 해당된다. 에러가 너무 커서 정확하게 정정 되지 않는 경우에는 에러가 있는 전후의 음향 신호로부터 원래의 신호를 추정하여 보정할 수 있는 능력이 있으며, 이는 정정 능력의 3배 이상으로 4,000개의 피트를 정확하게 읽지 못하여도 음악이 끊어진다든지 잡음이 탄다든지 하지 않는다.

CD방식에서는 스테레오 신호를 44.1KHz로 표본화(Sampling)한 후 좌우 2채널에서 각각 6개의 표본화를 묶어서 하나의 블록 단위를 만들며 이 표본화는 16 Bit이므로 16비트인 워드(Word) 12개로써 한 프레임을 형성하게 된다. 여기서 각 워드는 상위 8비트와 하위 8비트로 나뉘어 2개의 심볼을 이루기 때문에 24데이터 심볼이 된다. 이 24개의 데이터 심볼이 CIRC 처리를 받아 8개의 패리티(Parity) 심볼이 추가되어 모두 32개의 심볼이 한 프레임을 이루게 된다. CD방식에서는 디스크상에 피트가 있음으로써 비접촉으로도 하나의 신호 트랙을 쫓아가게 되나 제법 긴 시간 동안 제로 레벨이 계속되면 전기회로는 신호 트랙을 쫓아가지 못하고 트랙에서 벗어나게 된다. 이를 보완하기 위하여 디지털의 제

로 레벨이 최대 몇 개까지 계속되고 하이 레벨로 반전 되어야 하는가 하는 기본 시간 단위가 필요하며 이 주기가 불안정하면 회전 서어보를 비롯하여 CD시스템이 불안정하게 된다. EFM(Eight to Fourteen Modulation)라고 불리는 변조방식이 이러한 결점을 보완해 준다. CD 신호의 표준규격은 44.1KHz로 표본화된 32개의 심볼이 한 정보단위(한 프레임)가 되기 때문에 이의 동기신호가 필요하며 한가운데에서 반전되는 24비트의 동기신호 패턴이 프레임 맨앞에 붙게 된다. 또한 서브 코딩(Subcoding)이라 불리는 8비트로 구성된 사용자 비트가 동기신호 바로 뒤에 붙어 있다. 이 심볼은 P, Q, R, S, T, U, V, W로 정해져 있으며 P, Q비트로 곡이 시작되는 지점과 미리 설정된 곡의 순서에 따라 재생할 수 있는 프로그램 기능 및 디스크상에 수록된 곡의 수와 연주시간 또는 잔량 시간 등을 나타낼 수 있다. R에서 W에 해당되는 비트는 금년말에 확정될 예정이며 곡명 등을 그래픽으로 나타낼 수 있는 기능도 고려되고 있다. 그림 1에는 한 프레임 내에 들어 있는 모든 데이터 내용을 심볼 단위로 표시했다. CD플레이어는 디스크를 회전시키는 디스크 모터, 신호를 읽어내기 위한 반도체레이저, 픽업, 이것을 디스크 반경 방향으로 보내기 위한 픽업구동장치, 픽업의 대물렌즈에서 照射된 레이저 광의 포커스(Focus)나 트랙킹(Tracking)을 제어하는 서

보화로, 읽어낸 디지털신호를 음향신호로 복조하는 신호처리회로, 플레이어 시스템 제어회로 및 조작 놀과 표시장치 등으로 구성되며 이런 것은 광학기술, 전자회로기술, 정밀구동장치, 반도체 레이저와 LSI기술 등 시대의 선단기술이 구사되고 있다.

포커스와 트랙킹 양쪽 방향으로 2차원적인 구동을 함으로써 발생하는 포커싱과 트랙킹의 크로스 토크를 얼마나 줄이느냐 하는 것에 달려 있다. 감도의 향상은 액추에이터 구동감도와 여러 신호의 검출감도를 고려해야 하며 구동감도는 대물렌즈의 질량을 줄이고 자기회로의 효율



그림 1. 프레임 규격내용

2. 광 픽업의 구성과 여러 검출방식

광 픽업의 기본 구성은 다음과 같으며 CD에서 PLL과 기억소자를 이용하여 시간축을 보정하기 때문에 탄젠셜 액추에이터는 없어도 된다. 광 픽업의 기술상 문제점은 耐振性과 감도와 채널 비트에 대한 S/N비로 압축된다. 특히 외부 진동에 대한 내진성이 약한 것은 액추에이터가

을 향상시켜야 하며 검출감도는 광소자로부터 검출 다이오드까지의 광의 경로를 길게 해야 하나 이는 픽업 크기와 타협점을 찾아야 한다.

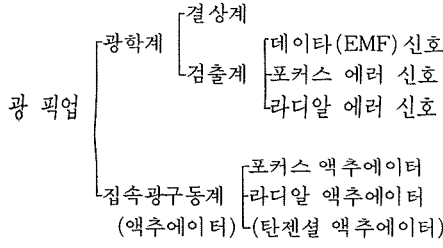
S/N비가 나쁜 것은 반도체 레이저에 광귀환이 일어나기 때문에 레이저 광출력이 일정하지 않게 되어 생기며 이 출력변동은 주파수가 높기 때문에 APC (Automatic Power Control)

포커싱 트랙킹	평가 항목	비점수차 방 식	임 계 각 방 식	나 이 프 엣지방식	비임편성 방 식	위상검출 방 식	와 브 링 방 식	스큐비임 방 식
3 비임 방식	A	○	×	×	×	○	△	×
	B	△	×	×	×	△	×	×
	C	○	△	△	×	○	△	×
	D	○	×	×	×	○	×	×
파피일드방식	A	○	○	○	○	○	△	○
	B	○	○	○	×	○	×	×
	C	△	△	△	△	△	×	△
	D	○	○	○	×	○	×	×
와 브 링 방식	A	△	△	△	△	△	△	△
	B	×	×	×	×	×	×	×
	C	×	×	×	×	×	×	×
	D	×	×	×	×	×	×	×
위상검출방식	A	○	○	○	○	○	△	○
	B	○	○	○	×	○	×	×
	C	△	△	△	△	△	×	△
	D	△	○	○	×	○	×	×

○ △ ×  
A; 기술적 가능성 大 中 小  
B; 구체화 난이도 쉽다 중간 어렵다  
C; 성능 만족도 쉽다 중간 어렵다  
D; 실용화 가능성 大 中 小

표 1. 각 방식의 특질

회로로는 제어되지 않는다. 이는 또한 빔 스플리터(Beam Splitter)에 의해서 광궤환을 차단 시키면 되나 경제적 기술적인 면으로 완전 차단 하는 것은 기대하기 어렵다. 그러므로 당분간은 레이저 발진의 결합력(Coherency)을 낮추는 타협점을 택해야 한다.



에러 검출방식의 특성은 표 1 과 같으나 여기서는 구동방식은 고려하지 않았으므로 구동방식에 따른 보정이 필요하다.

### 3. 정밀 제어기술

CD에서 양호한 재생음을 얻기 위해서는 플레이어와 디스크로부터 발생되는 각종 잡음을 방지해야 하며 이의 한 방법으로 다음과 같은 각

종 정밀제어를 해준다.

#### (1)포커싱 제어

디스크면에 레이저 광을 집속시켜 그 크기가  $1\mu\text{m}$ , 초점심도 허용치가  $\pm 1.9\mu\text{m}$  (초점심도 =  $\pm \frac{\lambda}{2(NA)^2}$ ) 로써 회전시 디스크의 상하 움직임을  $\pm 0.5\text{mm}$ 까지로 허용하려면 제어 이득은 50dB 이상이 필요하며 이 제어기능으로 디스크의 상하 변동에 따라 포커스 액추에이터가 대물렌즈를 움직여 디스크와 대물렌즈의 거리를 일정하게 유지시켜 항상 최적의 집광상태가 되도록 한다.

#### (2)트래킹 제어

디스크의 트랙(신호 피트를 따라가는 선) 을 정확히 추적하기 위한 제어로 트랙피치는  $1.6\mu\text{m}$  트랙킹이 벗어나는 허용치는  $0.1\mu\text{m}$  이내를 만족해야 하며 플레이어에 디스크를 고정시  $\pm 70\mu\text{m}$  은 허용되어야 하므로 필요한 제어 이득은 57dB 이상이 요구되며 이는 곡의 시작점을 신속히 찾기 위한 검색에도 이용된다.

#### (3)라디알 제어

큰 트랙킹 에러가 발생하면 라디알 제어모터 로 보정하며 디스크에는 매 1/75초(서브코딩 주

표 2 One Chip D/A 변환기

방식	형명	분해능	의율오차	변환시간	입출력형식	핀수	전원전압	소비전력	프로세스	칩크기	비고
저항형 (박막저항)	PCM 53JG	16	0.001% 미분비직선성	5 $\mu\text{S}$	병렬 전압전류	24	$\pm 15$ + 5	550 mW	양극성 박막저항	3.0 $\times$ 3.8mm	레이저 트리밍
	AN 6806	16	0.002% 비직선성	0.4 $\mu\text{S}$	병렬 전류	28	$\pm 15$ + 5	470 mW	양극성 박막저항	4.3 $\times$ 4.5mm	레이저 트리밍
	HI-DAC 16	16		1 $\mu\text{S}$	병렬 전압	40	$\pm 15$	465 mW	양극성 박막저항		레이저 트리밍
세그먼트형	MP 7222	16	0.02%	1 $\mu\text{S}$	병렬 전류	22	$\pm 15$	30 mW	CMOS	3 $\times$ 3mm	
	AD 7546	16	0.0015% 미분비직선성	5 $\mu\text{S}$	병렬 전압	40	$\pm 15$ - 5 $\pm 4$	50 mW	CMOS		
전류가산형 (DEM)	$\mu\text{PC}$ 655C	16		1 $\mu\text{S}$	병렬 전류	40	$\pm 5$ - 18	300 mW			개발중임
	TDA 1540	14	0.003% 비직선성	1 $\mu\text{S}$	직렬 전류	28	$\pm 5$ - 17	350 mW	양극성	3 $\times$ 3.4mm	
디지털보정형	HA 16633	16		1.5 $\mu\text{S}$	병렬 전압	40	+15 +10 - 5	470 mW max	양극성 I <sup>2</sup> L	4.1 $\times$ 5.2mm	
	ICL 7134	14	0.003% 비직선성	0.9 $\mu\text{S}$	병렬 전류	28	+ 5	10 mW 정지시			
적분형	CX-20017	16	0.002%	20 $\mu\text{S}$	직렬 전류	28	$\pm 5$	430 mW	양극성 I <sup>2</sup> L	1.9 $\times$ 2.4mm	2CH 내장

$$\text{기} = \frac{\text{프레임당 표본화수} \times \text{서브코딩블록당 프레임 수}}{\text{표본화 주파수}}$$

마다 위치를 검출하게끔 서브코딩 신호가 들어 있어 라디알 제어에서는 이를 이용한다. 다음 곡으로 빨리 찾아갈 필요가 있을 때와 멀리 있는 곡으로 빨리 움직일 필요가 있을 때는 마이크로프로세서로 계산하여 희망 트랙을 찾아가는 데에도 이용된다.

#### (4) 디스크 구동모터 제어

그림 2와 같이 디스크에는 3 ~ 11T 크기의 피트가 있는데 이 중 어느 하나를 기준으로 하여 그림 3과 같이 충전할 전압  $V_0 - V$ 를 검출하여 디스크 구동모터에 가해 주어 규정된 주파수를 맞추어 준다. 이 상태에서 7.35KHz의 동기신호가 재생되기 때문에 디스크에 있는 동기신호의 위상이 맞도록 디스크 구동모터를 제어하여 CLV(Constant Linear Velocity)가 되도록 함으로써 디스크의 안쪽에서 500rpm으로 바깥쪽에서 200rpm으로 변화시켜 준다

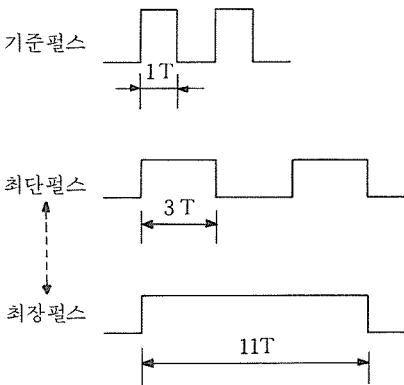


그림 2. 디스크에 기록되어 있는 펄스

#### 4. D/A 변환기술

디스크는 16비트 양자화가 되어 있으나 D/A 변환기에서 그 이하의 분해능으로 재생해도 성능 저하는 문제가 되지 않는다. 예로써 15비트로 재생해도 다이내믹 렌지는 91.8dB가 보장되어 저렴한 모노리틱 IC를 쓸 수 있다. 변환 속도는 최소 15μs 이하라야 하며 최근 각사에서 발표된 One Chip D/A 변환기를 표 2로 비교해 본다.

샘플 홀더회로는 높은 정도의 D/A 변환기의 성능을 충분히 발휘하게끔 저잡음, 저의율이 요

구되며 양호한 홀더 특성을 갖추기 위해서는 소자의 누설전류는 약 10nA 이하의 아날로그 스위치 및 고입력 저항의 출력증폭기가 필요하다.

#### 5. 금후의 과제

CD시스템이 탄생되면 모든 음이 균일하게 된다는 말이 몇 년 전부터 나돌았으나 실은 최근 외국에서 개발된 디스크나 플레이어의 음질이 각 메이커마다 조금씩 다르다는 것이 분명해지고 있다. 이는 CD시스템에서도 음향이 디지털 부분, D/A 변환 부분, 아날로그 부분을 두루 거쳐서 재생되므로 원음이 변화하는 요인이 아직 남아 있는데 기인한다. 디지털 부분의 성능은 재생음에 하등 영향을 미치지 않으나 다만 에러가 생기면 최초에는 에러가 완전히 정정되고 새로 에러가 증가하면 원음에 근사하게 보관되어 보정되나 에러가 계속 커져서 보정능력을 넘으면 출력이 차단(뮤팅)된다. 즉 디지털 부분에

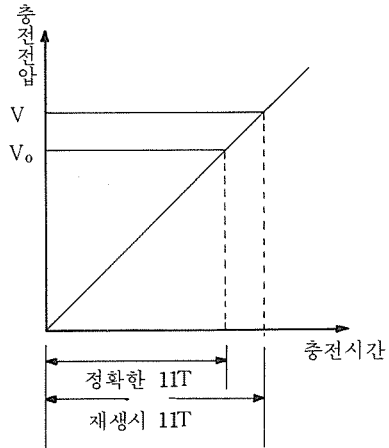


그림 3. 11T를 기준한 주파수 록킹방식

서도 보정 영역이 갖게 되면 충실도가 높은 재생음을 기대하기 어렵다. D/A 변환 부분은 일반적으로 디지털이라고 여기기 쉬우나 실은 아날로그로 간주해야 한다. 여기서는 좌우 신호를 분리하는 아날로그 스위치나 전원부의 구성, 기타 일반 수동회로소자 등이 모두 아날로그 범주에 속해 고충실 원음재생에 나쁜 결과를 미친다.

특히 LPF(Low Pass Filter)의 특성은 출력단에 위치해 있는 만큼 음질에 미치는 영향이 크기 때문에 LPF를 사용하지 않는 방법이 강구되어야겠다.