

콤팩트 디스크 플레이어에 대하여 (CDP: Compact Disc Player)

李 百 永

롯데 파이오니아(株) 開發 2 部長

I. 序 論

1937년에 PCM (Pulse Code Modulation)이 A·H Reeves에 의해提案되었을 當時는 眞空管을 大量으로 使用했기 때문에, 信賴性의 面에서 實用化될 可能性은 없었으나, 1948년에 W·Shockley 등이 트랜지스터를 發明하고, Shannon이 情報理論을 確立하여, 電子·物理學과 通信·情報工學이 結合되어 將來發展의 계기가 되었다.

1962년에는 美國에서 GE, IBM, MIT에서 半導體 laser의 發振에 成功을 하였고, 1965년에 日本에서는 電電公社에서 PCM 24方式이 開發되고, 1967년에는 NHK 技術研究所에서 PCM 녹음기가 試作되었다.

1970년에 美國의 벨 研究所에서 半導體 laser가 實溫에서 連續發振에 成功하였고, 日本에서는 LSI가 普及되기 始作하였다. 1977년에는 NHK에서 PCM 錄音을 使用한 FM放送을 하게 되었고, 三菱電機와 東京電氣化學工業은 共同으로 PCM 光disc를 開發했고, 또한 日立과 Columbia도 共同으로 PCM 光disc를 開發하여 各社의 獨自的인 規格으로 만들어졌다. 같은 해에 日本은 16KRAM을 量産하게 되었다.

1978년에 日本 Victor가 AHD (Audio High Density Disc)를 開發하고, 필립스는 小形 光disc를 發表하여 이의 혼란을 피하기 위한 規格統一, 標準化를 위해 DAD (Digital Audio Disc) 간담회가 發足되고, 거기서 3方式 即 ①CD (Compact) 方式 ②MD (Mini Disc) 方式 ③AHD (Audio High Density) 方式이 論議되어 CD方式으로 가고 있다.

또한 各社에서 半導體 laser의 試販이 開始되고, CD 方式을 利用한 player (以後CDP라 불림)가 試作되고 이러한 理論과 技術을 바탕으로 1982년에 CDP는 商品化되게 되었다.

II. 本 論

1. CD方式

CD方式의 特徵인 Format, Encoding System 및 從來의 LP盤과의 比較에 對하여 說明한다.

(1) CD方式의 主要Parameter

片面 2 CH 연주時間	最大 75分
檢出面의 廻轉方向	反時計 方向
Tracking Pitch	1.6 [μm]
Disc의 直徑	120 [mm]
Disc의 두께	1.2 [mm]
Disc의 中心홀 直徑	15 [mm]
音樂의 始作直徑	50 [mm]
Channel數	2 or 4
標本化 周波數	44.1 [KHz]
量子化	16 Bit, 2의 補數
Channel Bit Rate	4.3218 [Mb/s]
Pre-Emphasis	無, or 50/15 [μs]
變調方式	*EFM
Error 訂正方式	**CIRC

*EFM; Eight to Fourteen Modulation

*CIRC; Cross Interleave Reed-Solomon Code

(2) Frame Format

CD方式의 System은 selfclocking이 되어야 하므로 同期가 必要하고, data는 frame으로 分割할 必要가 있다.

各 Frame은

① 24 Bit의 同期 Pattern

② 8 Bit에서 되는 24 Data symbol

③ 8 Bit에서 되는 8 Error 訂正 Parity symbol

④ 8 Bit의 制御·表示用 symbol

로 되고, 16Bit의 data word는 1 symbol이 8bit로 構成되는 2 symbol로 分割되어, 變調器에 供給되고 있다.

各 symbol은 3+14 channel bit로 變調되어, 同期 pattern은 24 channel bit와 低周波 抑壓用的 3bit로

構成된다. 1 frame當의 channel bit數는

① 同時Pattern	24Channel bit		
② 制御表示	1×14	"	"
③ Data	24×14	"	"
④ Error訂正	8×14	"	"
⑤ 低周波 抑壓	34×3	"	"
		588 Channel Bit	

이 變換과 各bit 配列을 그림 1에 表示하였다.

(3) Encoding System

本 system의 encoding block圖를 그림 2에 表示하였다.

(4) CD方式의 特徵

CD方式의 利點을 從來의 analogue用 LP盤과 比較하면 아래와 같다.

	CD方式	從來의 LP盤
연주時間	max 75分	45分
再生周波數帶域	20Hz~20KHz (±1 dB)	30Hz~20KHz (±3dB)
Dynamic Range	96dB 以上	78dB (1KHz)
Distortion	0.005% 以下	1~2% 程度
CH Separation	90dB 以上	25~30dB
Wow-Flutter	水晶振動子の精度(檢知限以下)	0.03% 程度
回轉方式	線速度 一定 (1.2~1.4ms)	回轉數 一定
回轉數	200~500rpm	33 1/3 or 45rpm
Disc 直徑	120mm	300mm
수명	Record盤	數10回에서 高域特性저하
	再生針	數百 H
耐振性	振動에 強함	振動에 弱함
操作	電子Control	針壓調整 등 機械Control
保守	흄, 먼지등에 强함	흄, 먼지등에 弱함
應用	文字, 圖形의 表示可能	없 음

(5) Disc의 製造

Glass原盤에 photo resist를 約 0.11μm의 두께로 均一하게 塗布한 후, Laser光에 依해 信號에 따른 強度로써 photo resist를 露光시키는 方法에 依해 cutting을 한다. CD의 製造工程을 그림 3에 表示하였다.

2. CD Player의 構成

(1) 基本 構成

CD player의 構成例의 Block圖를 그림 4에 表示하였다.

Disc에 記錄된 信號는 pick-up에 依해 檢出되어 電氣信號로 變換된다. 이 信號中에서 laser beam의 焦點 error나 tracking error에 해당하는 信號가 분리되고, disc에 記錄된 pit에 正確하게 焦點을 맞추어, track을 trace하도록 focusing servo, tracking servo가 걸리게 된다. 同時에 disc가 所定의 線速度로 回轉하도록 spindle servo가 걸리게 된다. 이들 servo는 基本的으로 laser disc player의 경우도 마찬가지이다.

한편, disc로 부터 檢出된 信號, 即 RF信號는 높은 周波數 成分은 낮은 周波數 成分과 比較해서 振幅이 작고, gap은 충분치 못하여 digital信號로 變하는데 有利하지 못하므로 高域周波數 成分을 增幅해서 gap의 開口度를 올려, digital信號로 變換하는데 有利한 役割을 하는 것이 RF EQ이다.

Digital信號로 바뀌어 frame周期 pattern을 分離시킨 data는 EFM 復調되어 error訂正 等の 信號處理 後 D/A (Digital to Analogue) 交換되어, LPF (Low-Pass Filter)를 通하여 audio信號로서 나오게 된다.그외에도 disc上에는 曲의 番號나 曲內의 經過時間 等이 記錄되

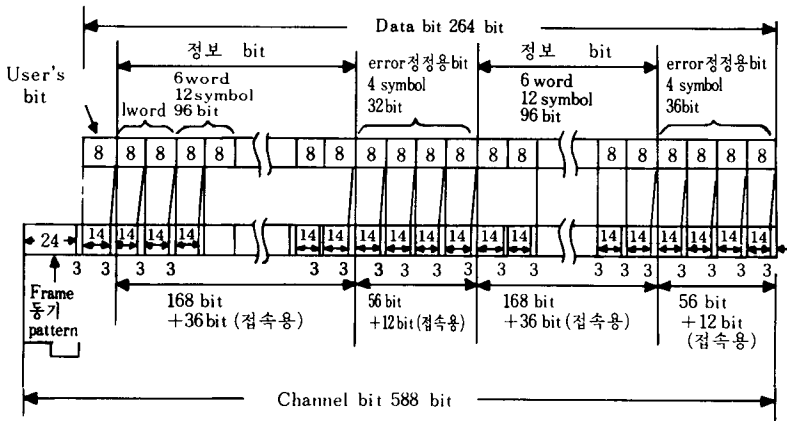


그림 1. Frame내의 bit배열

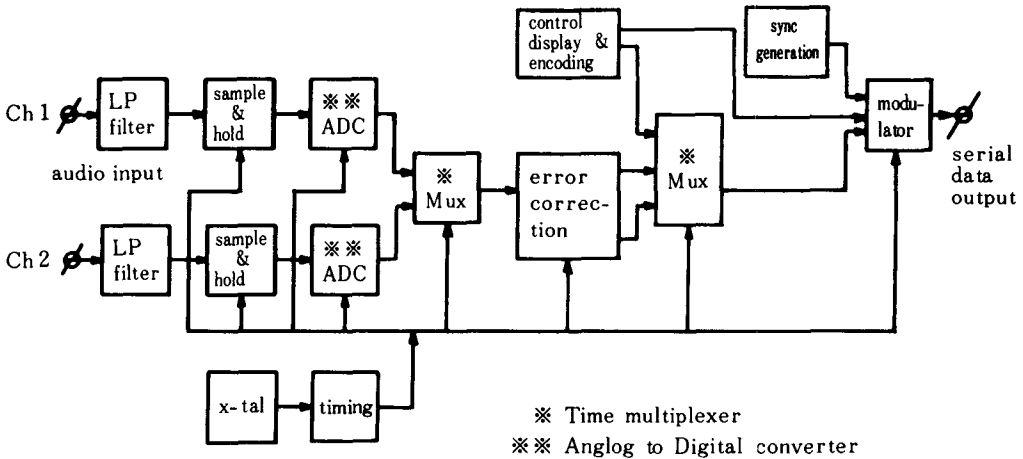


그림 2. Encoding System Block도

어 있으므로 이 정보를 읽어 내어서, disc上的의 任意的場所를 短時間에 畧출할 수 있게 된다.

(2) Pick-up의 機能

Pick-up의 機能으로서는 disc에 記錄되어 있는 信號를 再生하는것, 信號를 再生하기 위한 制御用的 信號, focusing error信號, 及 tracking error 信號를 만들어 내는 것이다.

① 信號의 再生

Disc에 記錄·再生될 수 있는 容量은, 線密度와 track密度, 즉 面密度로 決定된다. 反射形의 光disc에서는, disc上에 記錄된 타원형의 bit有無를, 反射光量의 變化에 依해 檢出하지만, 再生可能한 線密度의 限界는 player의 光學式 pick-up에 依해 決定된다.

그림 5는 橫軸을 空間周波數(spacial frequency) ν 로 했을 때의 MTF(Modulation transfer function)을 나타내고 있다. 이것은 track方向에 周期的으로, bit가 記錄된 disc를 再生했을 때의 反射光의 contrast를 表示하고 있고, 再生信號의 level이라고 생각해도 무방하다. ν 는 通常의 周波數와는 다르고, disc上的의 pit의 線密度에 해당되며, 單位도 μm^{-1} 로 表示된다. 이 그림에서 알 수 있는 바와 같이, MTF는 空間周波數에 對해서 거의 直線의으로 低下하여

$$\nu c = \frac{2 NA}{\lambda} \dots\dots\dots(1)$$

에서 0 이 된다. NA는 pick-up의 對物lens의 開口數로 그림 6 과 같으며 λ 는 使用하는 laser의 波長이다.

(1)式에서 알 수 있는 바와 같이, lens의 NA를 크게 할수록, 또한 laser의 波長이 짧을수록 線密度는 올라간다. Disc의 경우, 一定하게 回轉시키면 内周와 外周에서 線速度가 다르고, 内周에서 적당한 線密度로 했을때 外周에서는 상당한 여유가 있게 된다. 그러

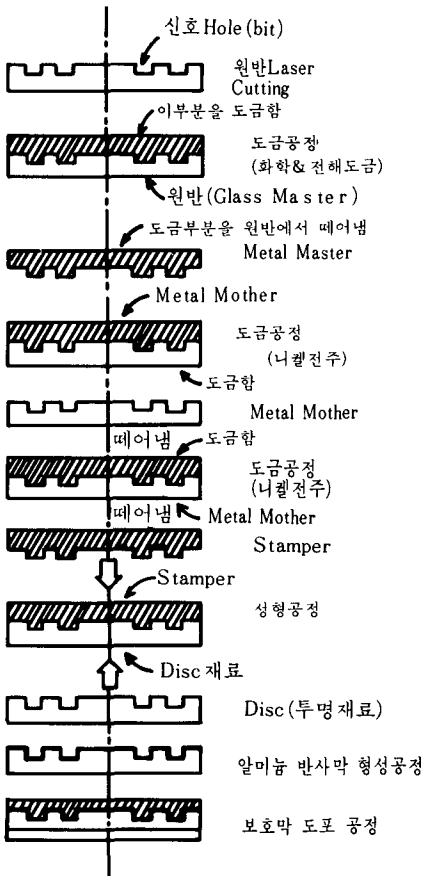


그림 3. Disc 제작공정도

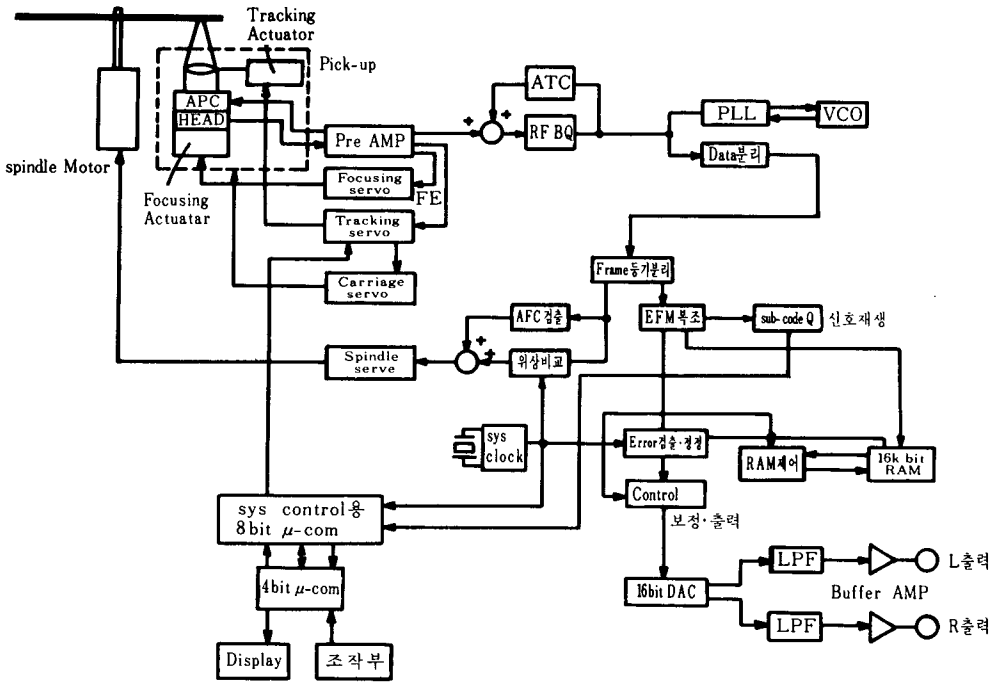


그림 4. CD Player Block도

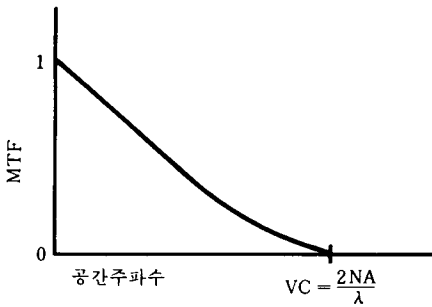


그림 5. MTF

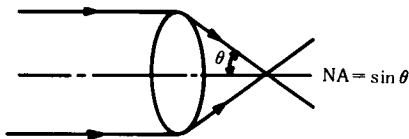


그림 6. 대물 LENS 개구수

므로 될수 있는 대로 기록용량이 증가하도록, 外周로 갈수록 서서히 回轉數를 낮추어 항상 線速度를 일정하게 하는 CLV (Constant Linear Velocity)로 불리는 방식이 사용된다.

한편, 인접한 track의 간격은 cross talk로 制限된

다. Disc 크기와 再生時間의 關係는 다음 式으로 주어진다.

$$T = \frac{\pi (D_1^2 - D_2^2)}{4PV} \dots \dots \dots (2)$$

여기서, T: 再生時間, D_1 : 記録 最外徑, D_2 : 記録 最內徑, P: Track Pitch, V: 線速度 이다.

② Focusing error 信號 生成

Focusing error 信號를 生成하는 代表的인 方法에 對해 說明한다.

가) 非點收差法

非點收差法에서는 그림 7 과 같은 원통 lens를 사용한 다. 원통lens를 통과한 beam은 最初 縱長의 타원beam으로 되고, 다음에 眞丹이 되고, 그 다음에 橫長의 beam이 된다. 對物 lens로부터 disc까지의 距離의 變化를, 앞서 말한 beam形의 變化에 對應시키면 focusing error 信號가 檢出된다. 具體的으로는 焦點이 맞았을 경우에 4分割된 PD (Photo Detector)를 眞丹의 位位에 놓으면, 그림 8 과 같이 disc가 가까이 지나가면 縱長의 beam이 PD上에서 檢出되고, 上下左右의 PD의 差를 取하면 어떤 極性(例 ⊕ 극성)의 信號가 檢出되어, disc가 焦點의 位位에 있으면 PD의 出力은 0 이 되고, Disc가 멀리 지나가면 橫長의 beam이 PD上에서 檢出되어 ⊖의 極性的 信號가 檢出된다. 이러

한 방법에 의해 그림9와 같은 S자형의 error 신호가 생성된다.

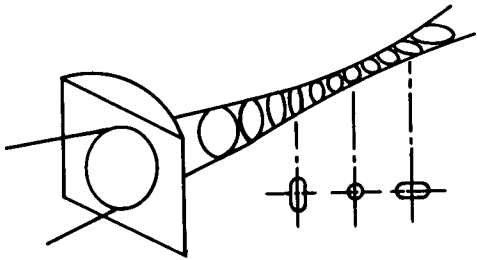


그림 7. 원통LENS 통과후의 Beam 형상의 변화

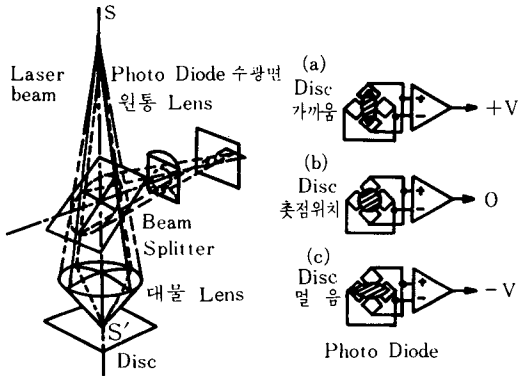


그림 8. 원통LENS에 의한 Focusing Error 신호검출

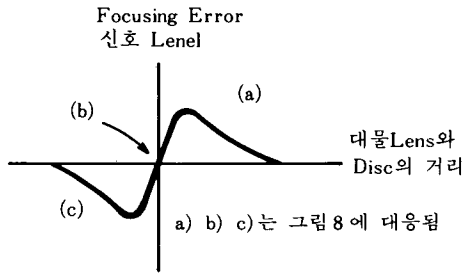
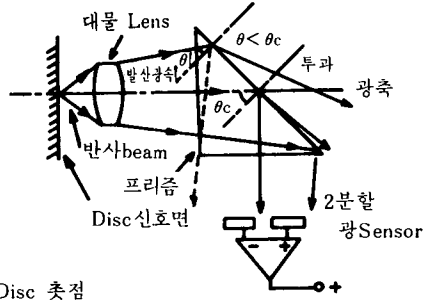


그림 9. 대물LENS와 Disc의 거리에 의한 Focusing Error 신호 Level

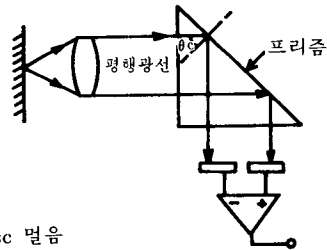
射角이 臨界角보다 크게 되고, 反射光은 한쪽의 PD에 닿게되나, 上半分에서는 入射角이 臨界角보다 적게되고, 프리즘에서는 反射하지 않고 투과되어, PD에서 檢出되는 信號는 ⊕의 極性이 된다. 같은방법으로 disc가 멀어지면 反射beam이 收束光束이 되고, 光軸의 下半分이 투과하여 PD에서는 ⊖의 極性의 信號가 檢出된다.

이러한 方式으로 focusing error 信號는 檢出된다.

(a) Disc가까움



(b) Disc 촛점



(c) Disc 멀음

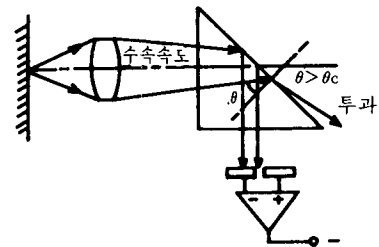


그림10. 임계각법에 의한 Focusing Error 신호검출

나) 臨界角法

臨界角法의 原理는 그림10과 같다. Disc의 信號面이 焦點位置가 되면, (b)와 같이 對物lens를 經由한 反射beam이 平行光速이 되도록 調整하고 있고, 또한 프리즘의 反射가 꼭 臨界角이 되도록 取付되어 있다. 2分割되어 있는 PD에 均등하게 beam이 닿기때문에, 差를 취하면 0이 된다. Disc가 가깝게 되면 (a)와 같이 對物lens를 經由한 反射beam은 發散光速이 되고, 光軸의 下半分에서는 프리즘의 反射面에 對한 入

③ Tracking error 信號生成

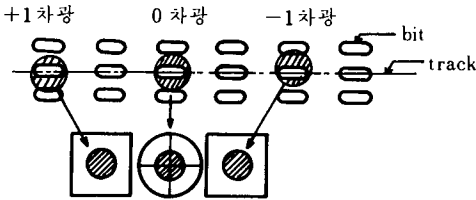
代表的인 tracking error 信號生成의 方法에 對해 說明한다.

가) 3 Beam 法

이 方法은 信號橫出用の 主 beam 0次光 이외에, tracking error 信號檢出用に 補助 beam ± 1次光을 2個 쓰고 있다. ± 1次光은 回折格子에서 0次光과 分離되어 그림11에서와 같이 disc 信號面上에서 0次光과는 左右로 조금씩 떨어진 位置에 spot를 만든다.

反射光은 主beam과 同一한 經路를 따라서 PD에 닿지만, PD는 4分割에서 되는 0次光用, ± 1 次光用의 3個로 構成되어 있고, 0次光이 tracking上에 정확히 위치하고 있을 때는 ± 1 次光의 出力의 差는 0이 되지만, 어느쪽으로 기울면 한쪽의 出力이 크게 되어, tracking error信號로서 檢出된다.

(a) Disc 상에서의 0 차 광과 ± 1 차 광과의 위치



(b) PD에 의한 0, ± 1 차 광의 검출

그림11. Tracking Error의 검출

나) Heterodyne法

4分割 PD를 a, b, c, d로 하고 그 各各의 出力을 A, B, C, D로 하면 그림12와 같은 回路에서 S_1 出力(A+B+C+D)과 S_2 出力[(A+C)-(B+D)]을 얻는다. S_1 을 상승 pulse 發生回路인 RPG 및 하강 pulse 發生回路인 FPG를 통하여 S_3 와 S_4 의 pulse를 얻게 된다. Sampling pulse S_3 로 인해 gate 回路 G_1 을 통한 S_2 는 hold 回路 H_1 에 의해 hold되어 S_3 를 發生한다. 같은 方法으로 S_4 에 의해 gate 回路 G_2 를 통한 S_2 는 hold 回路 H_2 에 의해 S_6 를 發生한다. S_5, S_6 는 RF 帶域으로부터 tracking 信號領域으로 帶域이 變換된다. 또한 $S_7 = S_5 - S_6$ 를 취하면 보다 確實한 tracking 制御信號가 얻어진다.

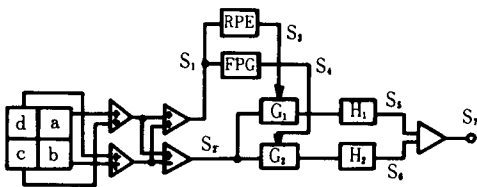


그림12. Tracking Error의 검출

④ focusing 驅動系

Focusing 驅動系로서는 dynamic speaker와 같은 moving coil을 사용한 驅動部 및 磁氣回路로 되는 것이 일반적이며, 驅動 coil에 電流를 흘림으로써 힘을 發生시켜, 對物 lens를 光軸方向, 即 disc에 가깝게 하기도 하고, 멀리 하기도 하는 方向으로 驅動한다.

⑤ Tracking 驅動系

Tracking 驅動系는 focusing 驅動系와 마찬가지로, moving coil을 사용한 驅動部와 磁氣回路로 構成되어 있으며, 驅動 coil에 電流를 흘리는 것에 의해 힘을 發生시켜 對物 lens를 光軸과 수직의 方向, 即 disc의 半徑方向으로 驅動한다.

(3) Servo系에 의한 制御

그림 4 에서와 같이 CD player는 몇개의 servo system을 사용해서 制御을 하고 있다.

① APC 回路

Disc에 記錄되어 있는 情報를 읽어 내기 위한 光源으로서 半導體 laser를 사용하고 있으나 溫度變動에 따라, 同一電流에 對해서 光出力의 變化가 일어나므로, disc에서 얻어진 信號도 溫度變動에 對해서 變化하게 된다. 또한 經時變化에 의해서도 光出力이 變化한다. 經時變化, 溫度變動에 對해서 半導體 laser의 光出力을 일정하게 유지하도록 하는 回路가 APC (Automatic Power Control) 回路이다.

② Focusing Servo

Disc規格에 따르면 disc의 最大 面振動量은 ± 0.5 mm, 最大 加速度는 10m/S^2 이다. Focusing servo는 disc의 面振動에 對物 lens를 항상 추적하여 焦點에 맞는 상태가 되도록 制御하는 回路이다. Focusing error의 目標值를 $1\mu\text{m}$ 로 한다면 disc에 許容되는 最大 面振動量은 그림13과 같다. 따라서 focusing servo는 이 最大 面振動量을 上回하도록 設計할 필요가 있다.

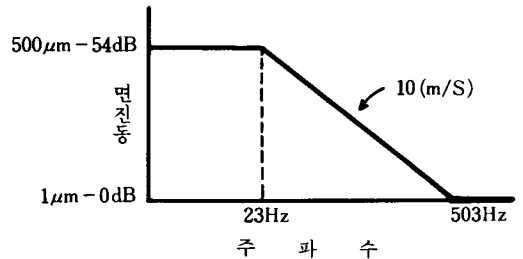


그림13. Disc에 許容되는 最大 面振動量

③ Tracking servo

Disc規格에 따르면 disc의 最大 偏心量은 $\pm 70\mu\text{m}$ 이고, 最大 加速度는 0.4m/S^2 이다. Tracking servo는 disc의 偏心에 對하여 對物 lens를 驅動하여, 一定한 track을 항상 추적하도록 制御하는 回路이다. Tracking error의 目標值를 $0.1\mu\text{m}$ 로 한다면 disc에 許容되는 最大 偏心量은 그림14와 같다. 따라서 tracking servo는 이 最大 偏心量을 上回하도록 設計한다.

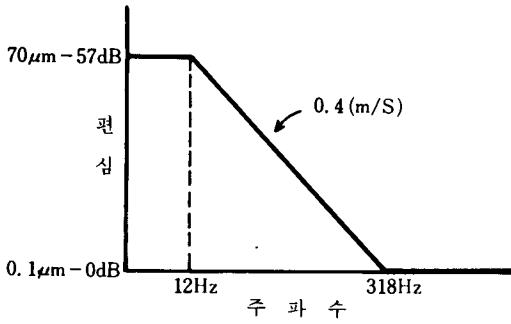


그림14. Disc에 許容되는 最大 偏心量

④ Carriage Servo

Tracking actuator의 可動範圍는, 例로서 $\pm 0.3\text{mm}$ 程度로 작아서, disc의 情報面의 幅 約 35mm 를 cover 할 수 없다.

따라서 tracking servo회로의 低周波性分을 利用해서, pick-up 全體를 disc의 内外周에 移動할 必要가 有어, 이를 위한 回路가 carriage servo回路이다.

⑤ Spindle Servo 回路

線速度가 一定하려면 disc의 最内周에서 約 500rpm , 最外周에서는 約 200rpm 이어야 하므로, disc內의 信號를 읽어내고 有는 pick-up의 半徑位置에 따라서 線速度가 一定하게 되도록 spindle motor의 回轉數를 制御하는 回路가 spindle servo回路이다.

具體的으로는 그림 4 에서와 같이 PLL (Phase Locked Loop) 回路를 사용하여 RF 信號에서 clock을 再生하고, frame 同期 pattern을 分離하고, 周波數 制御(AFC) 信號와 位相制御(APC) 信號를 生成하여, 이것을 一定한 비율로 加算하여 spindle motor를 驅動한다.

⑥ μ -Com과 Servo系

通常動作에서는 μ -com은 address를 읽어서 display를 통해 曲番, 分, 秒, 殘量時間 等を 表示한다. Search 때에는 外部 操作에 依해 tracking 回路를 動作시키지 않고, carriage servo를 動作시켜 pick-up 全體를 移動시켜 目的 address를 現在의 address와 比較해서 目的 address에 到達시킨다.

또한 異常時에는 focusing servo가 위치를 벗어나거나, pick-up이 disc의 鏡面으로 나왔을 때는 μ -com이 이에 對應하여 focusing servo를 다시 한번 動作시키기도 하고, disc의 內周의 情報面으로 pick-up을 移動시키기도 한다. 이렇게 μ -com과 servo는 밀접한 關係를 갖고 動作한다.

(4) 信號處理

① Frame 同期信號와 Data 信號의 分離

PLL에 의해 再生된 clock에 의해서, frame 同期信號와 data는 分離되어, 同期信號는 spindle servo에 사용되고, data는 EFM 復調되어 sub code의 Q信號는 address表示用에 사용된다. EFM 復調된 data는 RAM에 記憶되고, error檢出 및 訂正回路에 보내진다.

② Error檢出·訂正과 補正·出力 Control

Error檢出·訂正回路에 보낸 data는 error檢出 및 error訂正을 행하고, 다시 RAM에 記憶된다. 그後 dat는 一定한 timing에서 sample順으로 右CH, 左CH로 교대로 나오게 된다.

(5) Audio系

① DAC (Digital to Analogue Converter)

ADC (Analog to Digital Converter)에서는 analogue 信號를 digital 信號로 變換할 때에 量子化 誤差가 存在하지만, DAC의 경우에는 이 誤差가 없이 digital 信號를 analogue 信號로 變換한다. DAC의 方式에는 並列形이나 積分形 等の 數種類가 있으나 積分形이 많이 쓰이고 있다.

② Low Pass Filter

Sampling 周波數와 audio 信號의 高周波에 편승된 雜音을 除去해서 原來의 信號를 再現하기 위해서 LPF를 使用한다. 通過域의 감쇠는 될 수 있는 대로 억제시키고, 遮斷域의 감쇠를 가급적 크게 하기위한 LPF를 使用함이 좋다.

③ Digital Filter

最近 急速히 發達한 digital LSI 技術에 의해 民生用으로도 有望視 되고 有는 digital filter는 離散標本化 信號의 周波數 成分을 digital data의 段階로 處理하므로, 當然히 D/A converter의 앞에 들어가는데 그 block圖는 그림15와 같다.



그림15. Digital Filter를 사용한 예

Digital filter에는 巡回形과 非巡回形이 있는데, CD player에서는 位相直線性이 容易하게 얻어지기 위해 非巡回形이 使用된다.

CDP의 實際의 digital filter는 앞의 low pass特性을 가짐과 同時에 標本化 周波數 變換을 行한다. 標本化 周波數 變換이란, 本來의 標本化의 間격에다가 digital演算에 의해 사이를 메꾸기 위한 標本化 data를 만들어 내는 것이다. 本來의 標本化 信號의 사이

에 1 개를 넣으면 標本化 周波數를 2 倍로 한 것과 等價가 되고, 2 개를 넣으면 3 倍로 한 것과 等價가 된다.

이렇게 digital filter를 사용한 경우에 D/A converter에 들어가는 出力data의 周期은 1/2, 1/3로 짧게 되므로 D/A converter의 變換速度는 보다 高速으로 될 필요가 있는 반면에, LPF는 cut-off 周波數가 높고 완만한 차단특성을 갖고 있어, 位相直線性이 매우 좋은 특성을 얻을 수 있다.

Ⅲ. 結 論

Dynamic range 97.8 dB까지 도달할 수 있는 compact disc 本來의 우수한 音質을 충분히 내기 위해서는 pick-up도 傳送 error를 고려한 設計가 필요하고, 또한 servo回路, 電源回路, 機構部等 전체의 信賴性이 또한 重要하다. 今後의 話題가 될 技術로서는 다음과 같은 것이 있다.

(1) LSI化

CDP는 복잡한 servo系와 信號處理系를 갖고 있어 복잡한 回路로 構成되어, 製品의 性能, 가격등의 重

要한 要素를 해결하기 위해 LSI化가 추진되고 있다.

(2) 多機能 多樣化

回路의 LSI化와 小型部品化에 의해 CDP를 小型化하는 것이 가능하여 CD와 他 機器와의 複合化에 의한 여러 형태의 제품 출현이 가능하다고 본다.

(3) CD응용 제품

CD의 응용으로서는 main code에 digital data를 넣는 CD ROM이 제기되고 있으며, 이것은 현재의 음악신호 대신에 digital data, 그림등을 넣는다는 것으로 Hi-Fi 音樂과 同時に 畫像을 display 할 수 있도록 하는 것이다.

參 考 文 獻

- [1] C. D. プレーヤ 入門; 林謙二, ユロナ社
- [2] デジタルオーディオ; 土井利忠他, ラジオ技術社
- [3] CD使いこなしテクニク; MJ無線と實驗編集部 誠文堂新光社
- [4] ビデオディスクとDAD入門; 岩村總一ユロナ社
- [5] ラジオ技術; '83. 3. *

◆ 用 語 解 說 ◆

on-line

중앙처리장치가 시스템이나 주변장치의 동작을 직접 제어하는 것을 묘사하는 말이다. 어떤 정보가 발생하면, 즉시 자료처리시스템으로 입력된다.

on-line processing

단말기, 화일(file), 또는 주변장치의 동작이 직접 중앙처리기(central processor)의 제어하에 있게 함으로써, 최초의 입력과 컴퓨터의 출력 간에 사람이 개입할 필요가 없게된다.

cross-assembler

이는 보통의 assembler가 assembler가 설치된 컴퓨터의 명령문을 만들기 위하여 사용됨에 반하여, cross assembler는 다른 컴퓨터의 명령문을 만들기 위하여 실제 사용될 computer와는 다른 computer에서 사용되는 assembler.

job schedule

컴퓨터에 입력된 일들을 검사해서 다음에 처리할 일을 선택하기 위한 제어 프로그램.