

Floppy Disk Drive에 대하여

朴眞英

東洋精密工業(株) 中央研究所 所長

I. 序 言

1972년 미국 IBM社가 現在 FDD의 基本이 되고 있는 8" 단면 disk를 使用한 IBM3740 data entry system을 發表한 後로 1976년 Shugart社가 5.25" mini floppy를 使用한 FDD를 개발하여 개인용 컴퓨터, 사무 자동화기기등에 급격한 수요의 신장을 보이고 있다. FDD란 floppy disk drive의 약자로서 컴퓨터 보조 기억 장치의 일종인데 종래의 磁氣 tape에 비해 처리속도가 빠르고 소형이며 가격이 저렴할 뿐 아니라 기억 용량이 크고 random access가 가능하다는등의 장점으로 인해 이제는 없어서는 안될 중요한 컴퓨터 주변기기가 된 것이다. 國內에서도 자체개발에 성공을 했으며 이를 계기로 여러 독자들에게 FDD를 다소 상세히 설명을 함으로써 그 利用에 많은 도움이 되었으면 한다.

II. FDD의 構造 및 原理

1. Floppy Disk와 그 Format

Diskette이라고도 불리우는 floppy disk는 80 μ m 정도의 얇은 polyester film의 兩面에 γ -Fe₂O₃ 微粒子가 coating된 것으로 사각형의 jacket으로 보호되어 있다. Disk의 base로 쓰여지고 있는 polyester film은 電氣抵抗이 상당히 높고 disk 回轉時에 접촉해서 帶電되고 外部로부터 먼지를 흡착하는 성질이 있다. 또 read/write時 disk는 磁氣 head와 접촉하면서 回轉하므로 磁氣 coating面이 서서히 마모되고 微粉末이 생기므로 error의 한 原因이 된다. 이 때문에 jacket의 안쪽에 帶電 防止와 먼지나 마모로 인해 생긴 微粉末을 제거하기 위해서 不織布로 된 liner가 대어져 있다. 그림 1에 floppy disk의 각부 명칭과 5¼-inch disk에 대한 치수를 表示했다. Label이 붙은 면을 side 1, 그 반대 면을 side 0라 말한다. 單面 type와

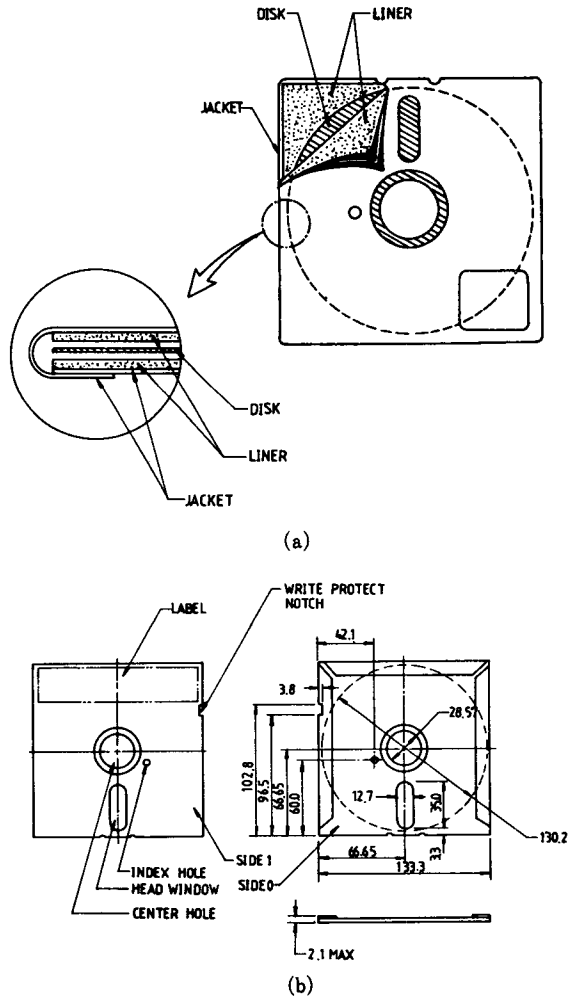


그림 1. Floppy disk의 구조 및 각부 명칭

兩面 type는 완전히 같은 형상 및 칫수를 갖고 있으나 disk maker가 兩面用으로 보증을 하고 있느냐에 달려 있다. Jacket의 中心에는 disk를 clamp하여 回

轉할 수 있도록 center hole이라 불리워지는 開口部가 있고 그 옆에 磁氣 head가 disk 面に 접촉할 수 있도록 가늘고 긴 구멍이 있는 데 이것을 head window라고 한다. Index hole은 track上的 sector를 구분하는 데 이용되는, index의 回轉을 光學的으로 檢出하는 장소이며 write protcet notch는 disk에 data를 써 넣거나 지울 수 없도록 하는 신호를 만든다.

1 장의 diskette 上에는 맨 바깥에 track 00부터 39까지 同心圓上에 약 0.53mm의 간격(48 TPI의 경우)으로 늘어서 있다. Track의 밀도를 나타내는 단위로 TPI(track per inch)가 있으며 data의 기록 밀도인 BPI(bit per inch)와 TPI를 곱하면 disk surface 上의 기록 밀도(bit per square inch)가 되고 거기에 surface의 면적을 곱하면 disk 한 面에 기록할 수 있는 unformatted data의 量이 나온다. 그리고 이 track 하나 하나에는 그림 2와 같이 preamble, postamble 사이에 몇 개의 sector로 나누어져 있으며 각 sector도 data를 읽고 쓰기 편하도록 구획 정리를 해 놓는데 이것을 disk format라 한다. 어떤 시스템에서 data

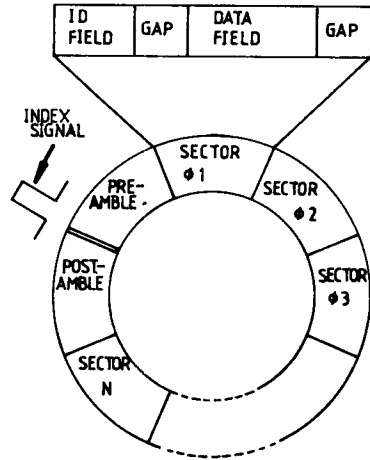


그림 2. Track上的 sector format

가 써 넣어진 diskette를 다른 시스템에서 data를 읽어내기 위해선 그 track의 위치가 맞아야 됴은 물론 disk format가 같아야 된다. Track에 기록되기 시작하는 위치는 FDD의 index sensor가 disk의 index

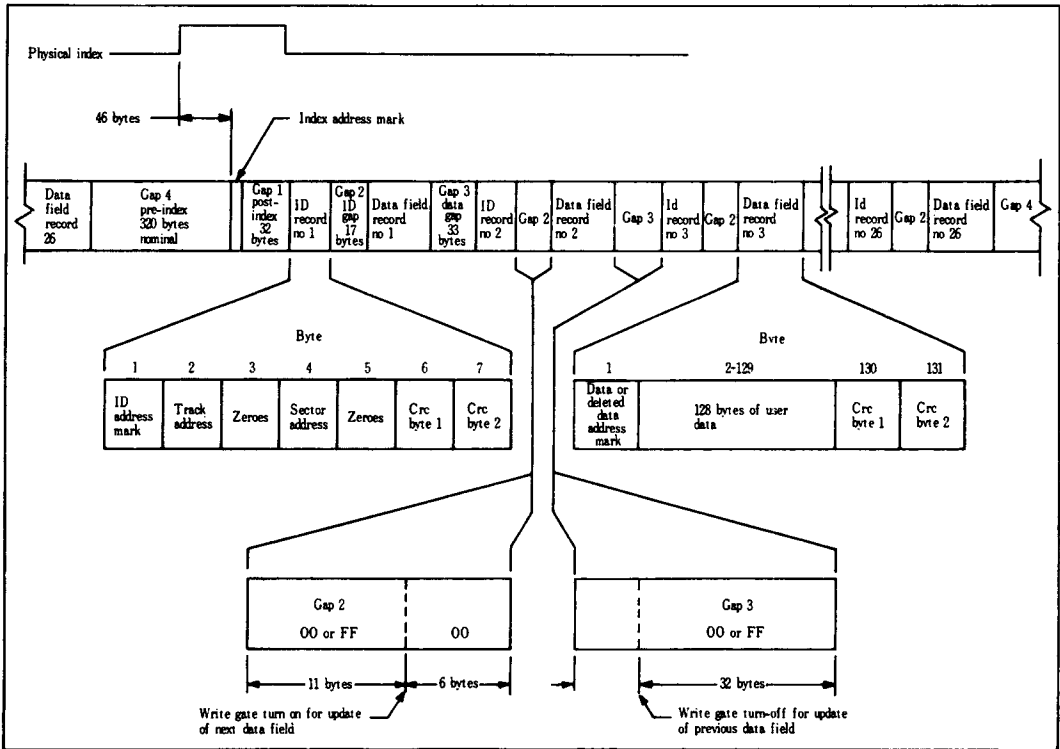


그림 3. IBM 3740 format

hole을 검출한 장소가 되지만 이 index sensor와 R/W head는 각 FDD마다 다소의 차이가 있다. 이 때문에 다른 FDD에서 읽고 기록하는 경우 track의 start 위치가 index 신호보다 빠를 수 있다. 따라서 이 시간차만큼 format에 space가 필요하게 된다. 이것이 preamble이다. Sector는 보통 sector 開始와 address를 나타내는 情報를 기록한 ID 영역과 실제의 data를 기록하는 data 영역이 있다. 이들의 前後에는 回轉 變動이나 기계적 찢수 오차, erase gate의 delay time 오차로 부터 data를 保護하기 위해 gap이 삽입되어 있다. Postamble部는 track 한 바퀴에서 preamble 및 sector를 順次 配置한 나머지로서 disk의 回轉 變動 따위에 의해 發生하는 data error를 guard한다. 以上の 說明은 track format로서는 극히 簡單한 形式이고 8" floppy disk에 있어서는 IBM社가 보다 상세히 해 놓은 standard가 發表되어져 있고 現在 主流가 되고 있다(그림 3). 그러나 5 1/4" floppy disk에는 이처럼 支配力이 있는 것이 없고 現在에는 ISO가 제안한 IBM format에 준한 5 1/4"用 format에 各社가 따르고 있는 것 같다. 한편 sectoring에는 hard sector 방식과 soft sector 방식이 있는데 前者는 diskette 자체에 sector hole이 뚫려져 있어 이것으로부터 發生되는 신호에 의해 sector를 구분하며 後者는 1개의 hole에 의해 sector 0를 결정한 다음 다른 sector는 software的으로 user가 정하게 되어 있다. 이것은 前者의 hard sector보다 기록 밀도는 낮으나 신뢰도가 좋다(그림 4).

2. 記錄 方式

실제 diskette 상에 data를 기록하는 方法으로서 중

래의 FM 방식과 2배의 기록이 가능한 MFM(modified FM) 방식, 또 M²FM(modified MFM) 방식등이 있다(그림 5).

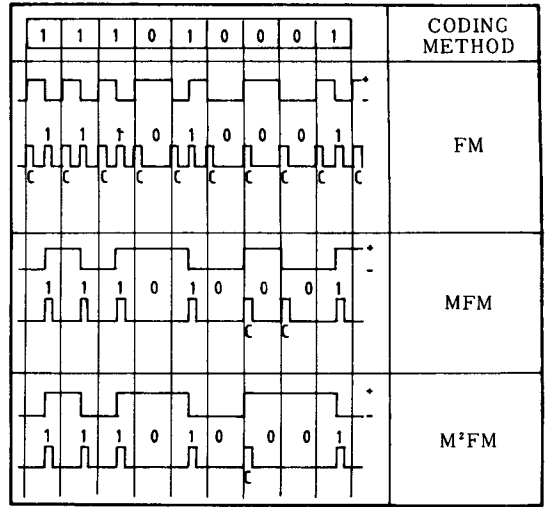


그림 5. Data encoding 방식의 비교

FM 방식이란 그림 5에 나타난 바와 같이 data 1bit의 간격이 8µs이고 기록 data에 bit cell의 경계로서 clock bit가 삽입된다(8µs 간격). 결과적으로 기록 신호는 data가 "1"일때 4µs 간격, "0"일때 8µs 간격이 되어 frequency modulation으로 media에 기록된다. MFM 방식은 FM 방식이 data의 경계로서 항상 clock bit를 삽입한 것에 反해서 前後에 data가 없는 경우에만 clock bit를 삽입하는 方法으로 그림 5에서처럼 기록 신호의 최소 간격이 8µs가 된다. 그렇기 때문에

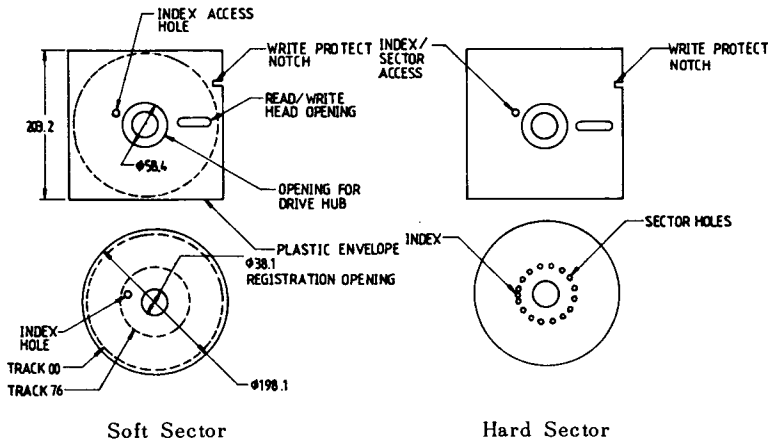


그림 4. Soft sector와 hard sector

이것을 FM 방식과 같이 $4\mu s$ 까지 단축하여 기록 밀도를 2 배로 해도 media의 입장에서 본 기록 周波數帶域(frequency band)은 같은 셈이 되고 실제에는 FM 방식의 2 배의 기록 밀도를 실현하는 것이다. 이러한 이유로 MFM 기록 방식을 倍密度(double density) 기록 방식이라 말하며 現在에는 이 방식이 주류를 이루고 있다. M²FM 방식은 바로 前의 bit cell에 data bit나 clock bit가 있으면 그 cell에는 clock bit 조차도 삼입해 주지 않는 방법으로 data가 계속 "0"로 연속될 때 clock bit에 의한 peak shift 문제를 감소시켜 준다.

3. FDD의 Mechanism

FDD의 外觀과 各部의 명칭은 그림 6에 표시했으며 다음에 그 상세한 說明을 하겠다.

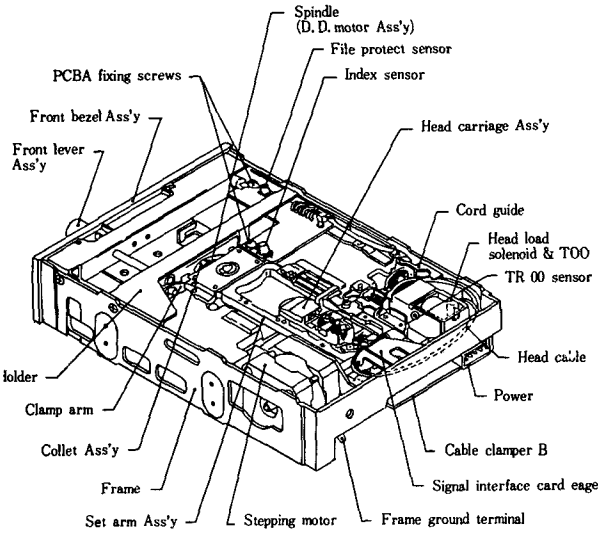


그림 6. FDD의 外觀과 各部 명칭

1) 磁氣 Head

FDD의 R/W head는 floppy disk의 殘流 磁氣가 磁化 反轉되는 지점에서 head와 diskette의 相對的인 운동으로 인한 誘起電壓을 發生한다. 이 유기전압을 R/W head 出力이라 말하고 이 出力은 기록 밀도가 크게 되면 그 만큼 작아지게 되므로 당연히 diskette의 가장 안쪽 track에서 出力이 최소가 된다. 보통 이 track에 기록하고 읽어 낼 때의 出力으로 head의 出力을 代表한다. Head의 構造는 原理的으로는 audio用 head와 같지만 기록 주파수가 audio의 數倍 以上되기

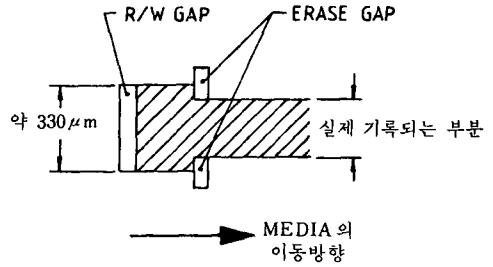
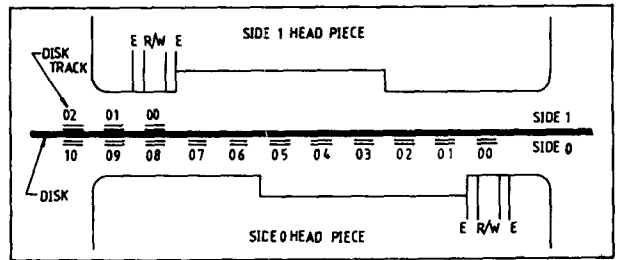


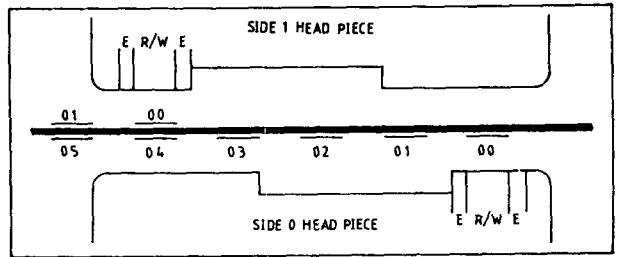
그림 7. Tunnel 소거

때문에 몇몇 가지가 개량되어져 있다. 또 media 上의 track간격이 좁기 때문에 그림 7과 같이 터널 消去(tunnel erase)라 불리우는 방법이 채택되어 있다. 이것은 다른 시스템에서 읽어내는 경우나 불필요하게 된 data를 消去하면서 새로운 data를 써 넣는 경우등에 인접 track으로 부터의 영향을 적게 하기 위해 track 兩 옆의 약 10% 정도를 지우며 가는 방법이다. 그림 8에 나타나 있는 head의 배치를 보면 알 수 있지만 side 0와 side 1에서의 head가 서로 어긋나 있다. (48 TPI의 경우는 4 track, 96 TPI의 경우는 8 track) 이것은 上下 head gap의 간섭을 적게 하기 위한 것이다.

앞에서 이미 언급한 터널 消去에 있어서 從來의



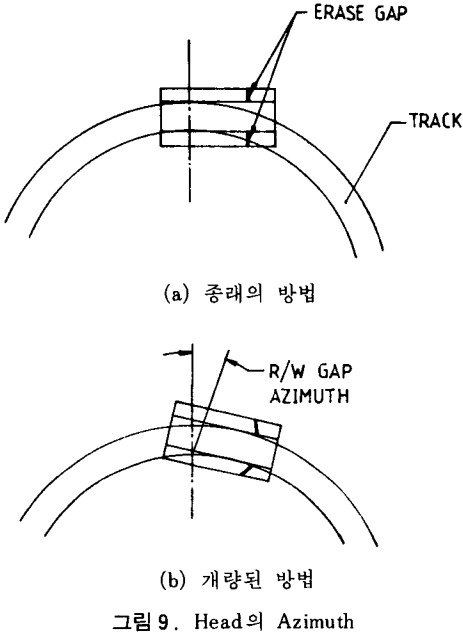
(a) 96 TPI의 경우



(b) 48 TPI의 경우

그림 8. Head의 배치

head에서는 그림 9 (a)에 나타난 바와 같이 R/W gap 에서 직각 방향으로 erase gap이 배치되어져 있기 때문에 1개의 track에서 안쪽은 消去가 너무 과하게 되고 바깥 쪽은 부족하게 되어 off-track 時에 margin 이 적다. 그래서 개량된 head에서는 그림 9 (b)와 같이 azimuth를 주어 균형이 맞는 消去가 가능하도록 하였다. 그래도 R/W gap은 track과 직각이 되므로 従来の FDD와 호환성을 갖고 있다.



2) Head 위치 결정 기구

外部로 부터의 step 신호에 의거, R/W head를 지정된 track에 이동시키는 기구에는 그림10에서 처럼 크게 3가지 방법이 있다. 이 들 위치 결정기구는 FDD의 accuracy, speed, density에 영향을 준다. 그림10(a)의 나선형 CAM 방식은 만들기 쉽고 비용은 적게 드나 홈(groove)의 마모로 인해 오차가 매우 커서 96 TPI에서는 사용할 수 없다. 그림10(b)의 lead-screw 방식은 다소 정밀성은 있으나 신뢰도가 좋지 않으며 그림10(c)의 split-band 방식은 마찰 손실이 적어서 power 소모가 적고 속도가 빠르며 정밀도가 아주 좋아 winchester disk drive에 까지 사용된다.

실제로 head를 움직이는 step motor는 head를 움직이는 데 96 TPI의 경우 1.8° 回轉한다. 이것은 극히 정밀도를 요하는 것인데 servo 기구없이, step motor의 정밀도에만 관계된다. 그런데 step motor의

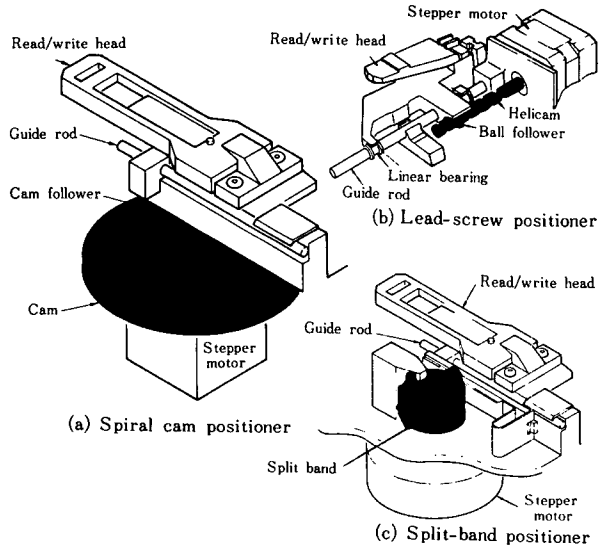


그림10. Head 위치 결정 기구

정밀도나 steel belt의 정밀도가 얼마나 되는지 하는 것도, 기준이 되는 track 00가 정확히 결정되어 있지 않으면 아무 소용이 없다. 따라서 이 調整 檢査에 cat's eye disk라 불리는 disk를 사용해서 中心 track인 track 16에서 엄밀한 조정을 함으로써 track 00를 결정하고 있다.

그러나 어떤 原因으로 head가 step 신호에 따라 目的한 track에 도착하지 못하는 수가 있는데 이것을 seek error라고 한다. 이것은 step motor가 mis-step 하는 경우에 발생하지만 step 신호의 간격이 FDD의 仕様보다 짧을 때나 전원 전압이 規定보다도 낮을 때 일어날 수 있다.

3) Head Load 機構

FDD는 hard disk drive와는 달리 data를 쓰거나 읽어 낼때 항상 head와 diskette이 접촉하고 있기 때문에 수명을 연장시키기 위해서는 쓰거나 읽지 않을 때는 head와 diskette을 떼어 놓을 필요가 있다. 이 역할을 하는 기구가 그림11에 있는 head load 기구이다. 그림에서 보는 바와 같이 이 기구에는 head load solenoid라는 것을 사용하는 데 head load 신호의 on-off에 따라 solenoid가 勵磁되기도 하고 안 되기도 해서 ARM을 당겼다 놓았다 하게 된다. 그런데 이 방식은 head가 load되었다 unload되었다 할 때 마다 철컥덕거리는 소리가 나고 solenoid를 구동하는 불필요한 power가 낭비될 뿐 아니라 solenoid가 만드는 磁場의 영향으로 신호 대 잡음비(S/N ratio)가 감소되어 soft

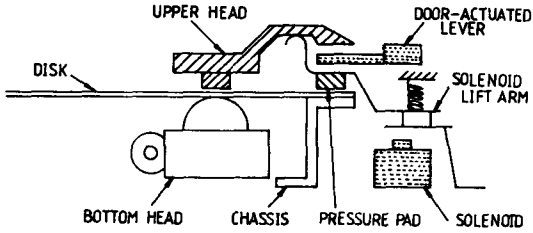


그림11. Head load 기구

error를 유발시킨다. 또한 거칠은 landing으로 head와 diskette이 상처를 입을 수도 있고 solenoid의 조정 불량으로 FDD의 door를 열어 놓았을 때도 head와 diskette이 접촉되어 있어, diskette을 꺼낼 때 크게 상처를 입을 경우도 있을 수 있는 것이다. 따라서 요즘 5, 1/4" FDD에서는 R/W access 할 때만 drive spindle motor를 구동시켜 motor의 수명도 길어지고 media의 마모도 적어지게 하는 방식을 쓰고 있다.

4) Disk 回轉 機構

disk를 回轉시키는 spindle motor는 종래의 AC synchronous motor에 의한 belt drive 방식으로 부터 DC servo motor에 의한 direct drive 방식이 주로 채택되어 지고 있다. 이로써 AC 전원이 불필요하게 되고 發熱도 적어지며 FDD의 크기에서도 높이가 그만큼 낮아져 slim type의 출현을 가능하게 했다.

Disk를 motor의 回轉軸(spindle hub)에 固定하기 위한 disk clamp 기구는 jacket 안에서 약간 유동성있는 diskette의 center hole을 정확히 centering하도록 collet가 설계되어야 한다.

5) Index 檢出部

Track의 개시점을 결정하는 index hole을 檢出하기 위한 것으로 한 쌍의 LED와 photo TR로써 이루어진다.

6) Write Protect 檢出部

중요한 data를 조작 실수로 인해 消去해 버리지 않도록 write protect하는 데, 한 쌍의 LED와 photo TR로써 jacket에 있는 notch의 有無를 가려낸다.

7) Track 00 檢出部

이것은 disk 가장자리에 있는 track 00를 檢出하기 위한 것으로 photo-interrupter와 track 00 stopper가 사용된다.

8) 電子 回路에 의한 制御部

各 機構를 전기적으로 制御하는 전자 회로는 몇 장의 PCB로 되어 있으며 이에 대한 설명은 다음 場에

서 하겠다.

4. FDD의 動作 原理

FDD를 실제로 움직이는 전자 회로는 대개 3개 부분으로 나눌 수 있다. 그림12에 전체 회로의 block diagram과 신호의 흐름을 表示해 놓은 것처럼 R/W 회로와 제어 회로와 servo 회로로 구성되어 있다. 다음에 설명하는 것은 Teac社의 FD-55 model에 준한 것이므로 자세한 부분은 각 제품에 따라 다를 것이다.

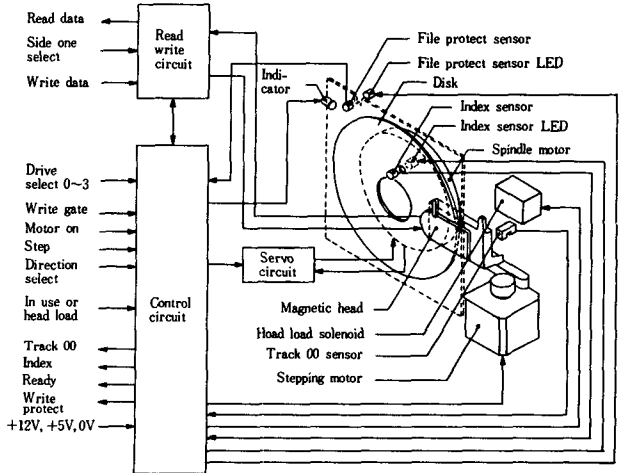


그림12. FDD의 block diagram

1) Read Write 回路

R/W 회로는 read 회로, write 회로, 저전압 감지부(low voltage sensor)로 구성되며 그 block diagram을 그림13에 나타냈다.

Read 回路는 PRE-AMP, low-pass filter, differentiation AMP, peak detector, time domain filter 및 read gate로 이루어져 있으며 각 부분의 出力 波形은 그림14와 같다.

Write 回路는 write power gate, select gate, data latch, write driver 및 erase driver로 구성되어 있으며 각 部分의 出力 波形은 그림15와 같다.

저전압 감지회로는 FDD의 전원을 on-off할때와 같은, 공급 전압의 不安定時에 일어날 수 있는 誤動作을 방지한다. 이 회로의 出力 端子는 FDD의 모든 出力 driver와 and로 묶인다.

2) 制御 回路

制御 回路는 gate와 detector 및 step motor control 回路로 구성되며 gate에는 FDD를 선택하는 조

Floppy Disk Drive에 대하여

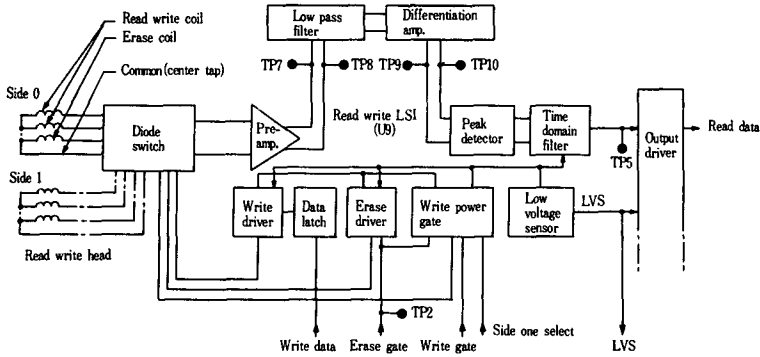


그림13. Read write 회로의 block diagram

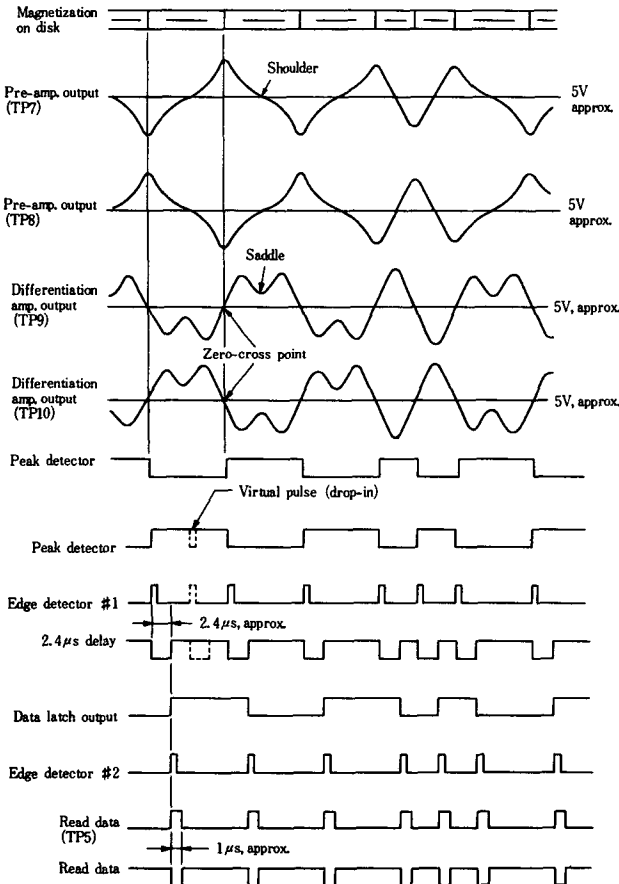


그림14. Read 회로 각 부분의 출력파형

건을 결정하는 drive select gate와 head load의 조건을 결정하는 head load gate, spindle motor의 회전 조건을 결정하는 spindle motor gate, 실제 기록하

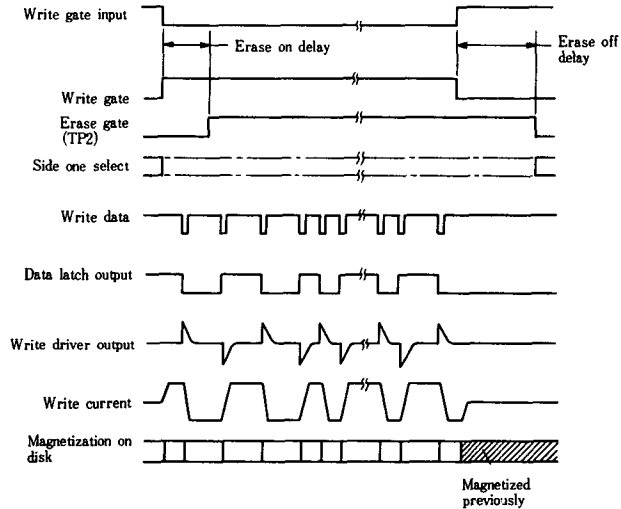


그림15. Write 회로 각 부분의 출력파형

는 동작을 조정하는 write/erase gate 등이 있다.

Step motor 制御 回路는 direction latch, 内部 step pulse 發生回路, shift register, phase drive 선택 회로 및 과구동 timer 등으로 되어 있으며 전체 block diagram을 그림16에 나타냈다.

3) Servo 回路

이 回路에서는 制御 回路에 있는 spindle motor gate를 통해 공급된 motor on 신호에 의거해서 spindle motor를 구동하고 정지시키며, 회전 속도를 300 rpm으로 유지시키는 역할을 한다. 回轉 速度를 안정하게 유지시키기 위해 motor의 回轉子에 있는 AC tachometer로부터의 feedback 신호를 servo IC가 F-V 변환을 하여 위상 보상 회로를 거쳐 drive IC에 보낸다.

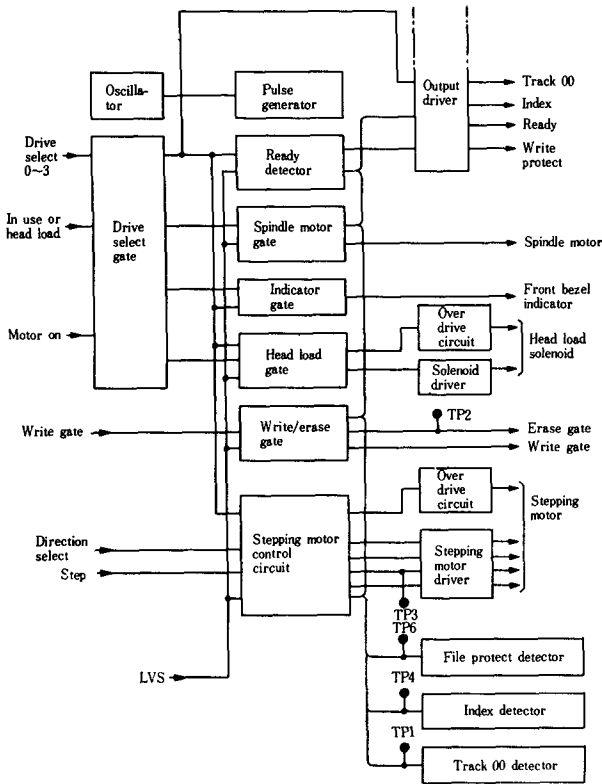


그림16. 제어 회로의 block diagram

III. FDD의 Interface

1. 入力 신호의 機能

FDD의 入力 신호는 그림12에서 보는 바와 같이 모두 10개이고 LOW active이며 TTL level로 동작된다. FDD는 出荷時 1台的 drive로 동작하도록 本体가 set되어져 있지만 간단한 조작으로 4台까지 daisy chain方式에 의해 접속할 수 있다. 이때 4台中에서 어느 drive를 使用할 것인가를 선택하는 신호가 drive

select 신호이다. Drive select 신호가 on되면 head load 기구가 動作하고 앞면 판넬의 LED가 켜진다.

Motor on 신호가 low로 떨어지면 spindle motor가 回轉하기 시작하고 약 1초후에 R/W가 가능하다.

Head의 移動 方向을 指示하는 信號가 direction select 신호이며 low에서 disk 内側 方向, high에서 外側 方向으로 移動한다. 또한 step 신호의 pulse 1개당 1트랙씩 head가 움직인다. 그밖에 기록될 data가 전송되는 write data 신호, write gate 신호 및 양면 FDD인 경우 head를 선택하는 head select 신호가 있다.

2. 出力 信號의 機能

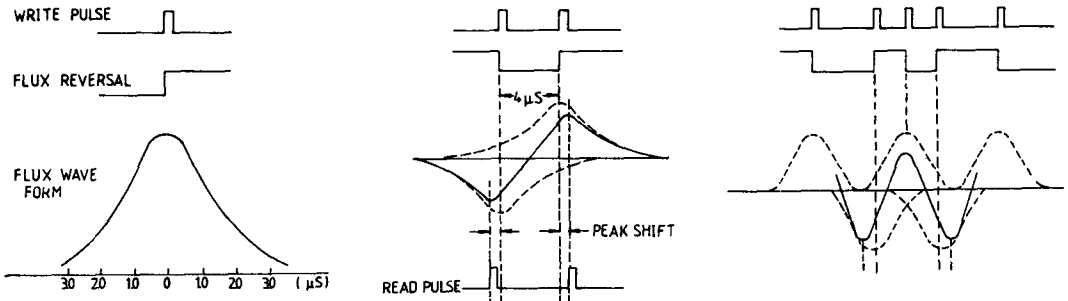
FDD로 부터 나오는 신호는 4개이며 disk가 1회 回轉할 때마다 나오는 index 신호(falling edge가 트랙의 시작), R/W head가 disk의 가장 바깥쪽에 있는 트랙 00의 위치에 있음을 알려주는 track 00 신호, write protect 신호 및 read data 신호 등이다.

3. FDD의 단일 칩 Controller

FDD를 컴퓨터와의 보조 기억 장치로 사용하기 위해선 컴퓨터와의 interface 回路가 필요하다. 이것을 FDD controller라고 부르며 다음과 같이 여러가지로 실현할 수 있다.

- ① TTL에 의한 설계
- ② 단일 칩(LSI)에 의한 설계
- ③ 프로세서에 의한 설계

위의 3가지 방법중에서 disk format의 프로그래밍 가능성과 self-check testing 면에서는 ③방법이 우수하지만 요즘은 쏟아지기 시작한 LSI chip으로된 FDC (floppy disk controller)를 많이 利用한다. FDC로 western digital의 WD1771과 WD1770/72/73 및 FD 179X, WD279X 등이 나와 있고 NEC의 UPD372D,



(a) 단일 펄스일때의 출력파형

(b) 인접 펄스에 의한 영향

(c) 최대 peak shift

그림17. Peak shift

Motorola의 6843, Intel의 8271, 8272, Texas instruments의 TMS9909 등도 이용 가능하다.

IV. FDD 高密度化의 문제점과 전망

1. Peak Shift와 그 補償

Disk에 펄스 하나만을 써 넣을 때에 出力 波形을 보면 그림17(a)처럼 된다. 4μs 간격으로 2개의 펄스를 써 넣으면 그림17(b)처럼 상대편의 獨立 波形이 干涉하여 合成 波形의 peak 부분이 기록할 때의 위치와 차이가 생기게 된다. 이것을 peak shift라고 한다. 5 1/4" FDD에서 사용하고 있는 펄스 간격은 4μs, 8μs로 이루어져 있기 때문에(MFM의 경우) 그림17(c)처럼 4μs 간격의 펄스群의 前後에 8μs 떨어진 펄스가 나올 때 peak shift가 最大가 된다. 또 disk는 안쪽의 트랙이나 바깥쪽 트랙이나 같은 容量의 data를 記錄하기 때문에 당연히 그 記錄 密度에 相當한 차이가 생기며 peak shift도 안쪽으로 갈수록 커지게 된다. Peak shift의 方向은 data pattern으로 쉽게 豫想할 수 있기 때문에 미리 써 넣을 때 peak shift의 方向과 반대 方向으로 약간 움직여 놓으므로써 그 영향을 감

소시킬 수 있다. 이것을 記錄補償(write compensation)이라 한다. 그림18(a)에 각 data pattern에 따른 read時 peak shift의 方向이 나타나 있다. 그림18(b)와 같은 data pattern에서 peak shift가 發生하기 때문에 이 pattern을 檢出하여 기록을 빨리하기도 하고 늦게하기도 한다. 또 안쪽 트랙으로 갈수록 그 補償量을 크게 할 필요가 있다. 補償量의 order로서는 대개 125ns~250ns 정도이다. 倍密度用의 FDC는 이 기록보상의 出力 信號를 갖고 있는데 몇 개의 IC와 함께 그 制御가 가능하다.

2. FDD의 앞으로의 전망

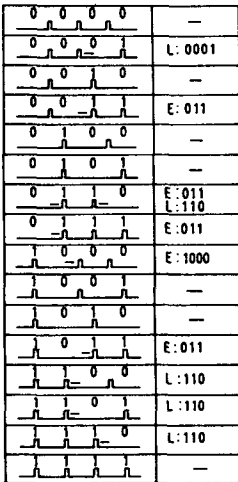
Shugart社의 SA400으로 시작된 5 1/4" FDD는 小形이라는 點과 가격이 싸다는 點등에 의해 多方面에서 사용되기 시작하고 있으며 보다 薄形化되고 小形化하여 從來의 크기에 1/3~1/4되는 FDD가 出現했다. 요즘은 3~4 inch의 micro FDD를 各社에서 다투어 개발하고 발표하고 있지만 규격이 서로 달라 가까운 장래에 統一化 될 것이다. 또한 기억 容量이 점점 커져가는 추세로서 double side, double density의 FDD 뿐 아니라 R/W head, disk media, head 위치 결정기구 등의 高性能化에 의해 高密度의 記錄이 가능한 제품이 나오고 있고 새로운 磁氣 記錄 方式으로서 日本의 Iwasaki가 제안한 수직 기록 방식(perpendicular magnetic recording or vertical recording)으로 종래 水平的인 기록 방식보다 8~10배 정도의 高密度의 기록이 가능하다고 한다.

앞으로 FDD와 비교되어질 기억 장치로서 winchester라고 하는 固定 hard disk drive와 그밖에 磁氣 bubble memory, CCD 따위가 있으나, 현재까지는 가격이 저렴한 back up 장치로서 각광을 받고 있고 얼마동안 이 상태가 유지되리라 豫想된다.

이 원고를 쓰는 데 많은 도움을 준 OPC 중앙연구소 disk drive 팀의 연구원 여러분께 감사드립니다.

參 考 文 獻

- [1] FDD 개발 보고서, OPC 중앙연구소 Computer Disk Drive 팀, 1983.
- [2] FD-55 Mini Flexible Disk Drive Maintenance Manual, TEAC Corp., 1983.
- [3] Bill Williams, "Selecting a 5 1/4-in. Diskette Drive", Mini-Micro Systems, Nov., 1982.
- [4] Storage Management Products Hand book, Western Digital Corp., 1984. *



(a) Data pattern

PEAK SHIFT (LATE)	PEAK SHIFT (EARLY)
0001	011
110	1000

(b) Peak shift가 일어나는 data pattern
그림18. Data pattern에 따른 peak shift