

# 플로피 디스크 구동장치 (FDD)

姜麟求\* · 鄭重基

<金星通信研究所 所長\*>

## 1. 머리 말

FDD(Floppy Disk Drive)가 세상의 주목을 끌 증시킨 것은 1972년 미국 IBM 3740 데이터 엔트리 시스템(data entry system)에 사용하고 나서였다.

처음 8인치 단면 FDD로부터 시작된 것이 1976년 미국의 슈가트사에 의하여  $5\frac{1}{4}$ 인치 FDD가 출현 하였으며 이후 현재 가장 많이 쓰이게 되었다. 최근에는 크기가 더욱 작아진 3인치, 3.5인치 FDD도 개발 되었으며, FDD 자체도 더욱 용량이 증가하는 방향으로 개발되고 있다. 이 글은 금성통신에서 특정연구 사업으로 추진해 온 독자모델인 GSF-480를 중심으로 일반적인 FDD의 특성과 메카니즘(mechanism)에 대하여 기술하고자 한다.

## 2. 사용매체

데이터의 기록매체로서, 일반적으로 폴리에틸렌계의 필름 위에 자기물질(磁氣物質)을 도포하고, 회전시 마찰에 의한 디스크 손상을 방지할 수 있게 라이너(liner)로 디스크 주위를 둘러싸고, 그 위를 자켓(jacket)으로 포장한 플렉시블(flexible)한 디스크를 말한다. 이 기록매체는 직경 크기에 따라 8인치,  $5\frac{1}{4}$ 인치, 3.5인치 등으로 분류 되어지며, 디스크 자체의 자기적 특

성은 표 1과 같다.

표 1 디스크 특성

항 목	고밀도형	일반용
자성층(磁性層)	Co-r-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	r-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
보자력(保磁力, Oe)	630	270
잔류자속밀도(殘留磁束密度 G)	760	690
각형비(角形比)	0.58	0.58
자성막두께(磁性膜厚, μm)	1.3	2.5
선밀도한계(線密度限界, bit/mm)	470	350
광투과율(光透過率, %)	최대 0.9 최대 0.1	

표 2 GSF-480의 사양

기억용량(unformatted시)	500KB	
전송속도	250KBPS	
기록밀도	5873BPI	
트랙밀도	48TPI	
트랙수	40	
기록방식	MF(M)	
회전속도	300rpm	
악세스 타임	트랙과 트랙	6msec(min)
	세틀링타임	15msec
	헤드동작시간	--
DC 전원	+12V ±5%	0.5A(typ) 1.0A(max)
	+5V ±5%	0.3A(typ) 0.4A(max)
소비전력	11.3W	
주위온도(동작시)	5~45°C	
상대습도(동작시)	20~80%	
최대습구온도	29°C	
진동	0.5G 이하	

표 3 베이스재료의 비교

항 목	재 료	캐 리 지	플라스틱 20% 유리섬유 함유	플라스틱 30% 유리섬유 함유	플라스틱 20% 유리섬유 함유	플라스틱 30% 유리섬유 함유
		베 이 스	알 루 미 늄	알 루 미 늄	스 테 인 레 스	스 테 인 레 스
팽창 ( $\mu\text{m}/^\circ\text{C}$ )	내 주(內周)		0.18	0.16	0.54	0.21
	외 주(外周)		0.13	0.22	0.52	0.16
강성 E(kg/cm <sup>2</sup> )	캐 리 지		590	740	590	740
	베 이 스		7,000	7,000	21,000	21,000
방열성(온도상승)	베 이 스		7°	7°	15°	15°
가 격(cost)	캐 리 지		1	1.5	1	1.5
	베 이 스		1	1	2	2
경	가		◎	○	⊗	○

### 3. 사양

FDD의 일반적인 사양으로는 기억용량, 전송 속도, 기록밀도, 액세스타임(access time) 등이 있는데 표 2는 GSF-48D의 사양을 나타내고 있다.

### 4. 각부의 구성

#### 4.1 베이스부

FDD에서 헤드(head), 모우터, 프린트 기관 등의 주요한 모든 부품이 취부되는 것이 베이스(base)로서, 부품지지에 필요한 강성(剛性)과 방열(放熱), 열팽창, 외력 및 열에 의한 변형, 전자차폐(電磁遮蔽) 등 FDD의 특성에 기본이 되는 부분이다. 표 3은 베이스와, 헤드를 지지하는 캐리지(carriage)의 재질에 따라 그 특성을 기록하여 비교한 것으로서, 나타난 바와 같이 알루미늄 다이캐스트(dai cost)된 베이스와 20%유리섬유가 함유된 플라스틱제의 캐리지가 조건에 가장 적합하다고 판단된다.

#### 4.2 헤드계

FDD는 데이터의 호환성(互換性)을 위하여 트

랙피치(track pitch)에 대하여 얼마간 좁은 트랙에 데이터를 기록하고 있다. 48TPI(48 track per inch) FDD에는 트랙피치 529 $\mu\text{m}$ 에 대하여 데이터에 사용하는 것은 약 60% 밖에 되지 않는다.

헤드의 오프트랙(off-track)(헤드와 트랙의 중심선까지의 거리차)이 없으면 R/W(Read and Write) 헤드만으로도 괜찮지만, 실제로는 그림 1과 같이 반드시 헤드와 트랙중심에 대하여 다소의 오프트랙이 발생하기 때문에 데이터와 데이터 사이의 간격을 확실히 하기 위하여 R/W 헤드의 후방에 소거(消去)헤드가 설치되어 있다. 이 소거헤드의 작용방법과 헤드구조에 따라 그림 2와 같이 라미네이트형 터널소거헤드(laminate type tunnel erase head), 벌크형 터널소거헤드(bulk type tunnel erase head), 스트래들형 소거헤드(stradle type erase head)의 3종류가 있다. IBM이 8인치에 터널소거헤드를 사용하

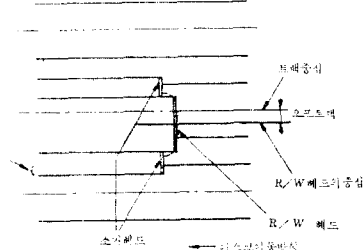


그림 1 오프트랙시의 데이터 기록

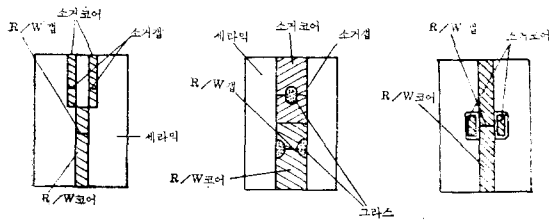


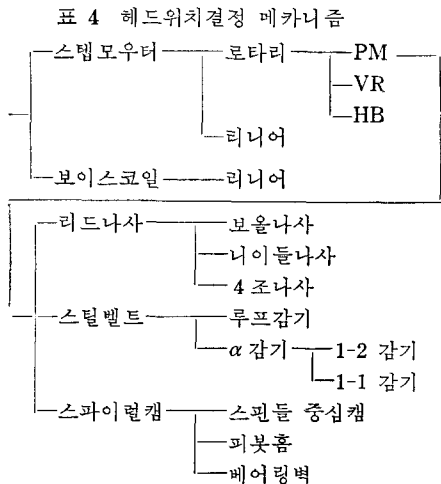
그림 2 헤드의 종류

고 있기 때문에 데이터 호환성상 이것이 표준적으로 되고 있어, 가장 많이 사용되며 GSF-48D도 같은 형의 헤드를 사용하고 있다. 이 헤드의 주 장점은 생산성이 높기 때문에 가격이 저렴하다는 점과 오프트랙시의 성능이 좋다는 것이지만, 단점으로는 R/W 갭(gap)과 소거갭(erase gap)의 on/off 시간 조절이 필요하다는 것과 트랙을 포맷(format) 할 때 데이터 용량이 적어지며, 외부자계(磁界)에 의하여 자력이 감소하는 점이 있다.

스트래틀헤드는 미국 슈가트사 등에 의하여 사용되고 있던 헤드로서, 그림 2(c)와 같이 R/W 헤드와 소거헤드가 동시에 on/off가 가능하기 때문에 조정(control)이 잘 되고 트랙용량도 증가 하지만 SN 비가 나빠지는 것과 특히 고트랙밀도에는 만들기가 어렵다는 점이 있다.

#### 4.3 액세스 메카니즘(Access Mechanism)

캐리지에 설치된 헤드는 1개 또는 2개의 가



이드를 따라서 디스크의 트랙에 대하여 직각방향, 즉 반경방향으로 이송된다. 헤드이송의 구동방법으로 표 4에 분류된 것과 같은 각종 방법이 사용되고 있다. 일반적으로 로타리형(rotary type)의 스텝모우터(steping motor)를 사용하지만 리니어스텝모우터(linear stepping motor)와 보이스코일(voice coil)의 리니어모우터를 사용한 것도 제품화되고 있다. 로타리형의 스텝모우터에는 PM(permanent magnet)형, VR(variable reluctance)형, HB(hybrid)형이 사용되고 있다.

스텝모우터로부터 캐리지에의 동력전달 방식으로는 ① 리드나사(lead screw) 방식, ② 스틸벨트(steel belt) 방식, ③ 스파이럴캠(spiral cam) 방식의 3가지가 있다.

리드스크류 방식은 스텝모우터의 축에 나사형태의 홈을 깎아 이 홈을 이용, 캐리지를 동작시키는 것으로서 초기의 FDD에 널리 사용되었다. 보울나사(ball screw)는 홈을 V자형으로 하여 캐리지에 붙은 판스프링으로 보울을 눌러서, 축의 회전을 직선운동으로 바꾸는 방식으로 백래쉬(backlash)가 거의 없지만 힘의 전달효율이 나빠서 스텝모우터에 큰 파워(power)가 필요하다. 또한 스텝레이트(step rate)도 그다지 높일 수 없는 결점이 있다.

최근에는 스틸벨트를 이용한 방식이 널리 사용되고 있는데 감는 방법에 따라 루우프(loop)형과 α형으로 나뉘어진다. 루우프형은 그림 3(a)와 같이 스텝모우터의 풀리(pulley)와 아이들러(idler)에 스테인레스계의 스틸벨트를 돌려 감아 풀리에 고정시킨다.

또한 캐리지를 이 벨트의 중간에 고정시켜 풀리의 회전에 따라 좌우로 이동할 수 있도록 하였다. 이 방식은 IBM의 8인치 양면 FDD, 43FD, 53FD에 사용한 것으로서, 과거 8인치 FDD에 널리 사용되었다.

α형은 그림 3(b)에서와 같이 스틸벨트를 풀리에 감아서 양쪽 끝을 캐리지에 고정시키고 중간의 한 지점을 풀리에 고정시킨 방식으로서, 벨트가 풀리에 감긴 모양이 그리스 문자 α와 유사하므로 α 감기 방식이라 불리운다.

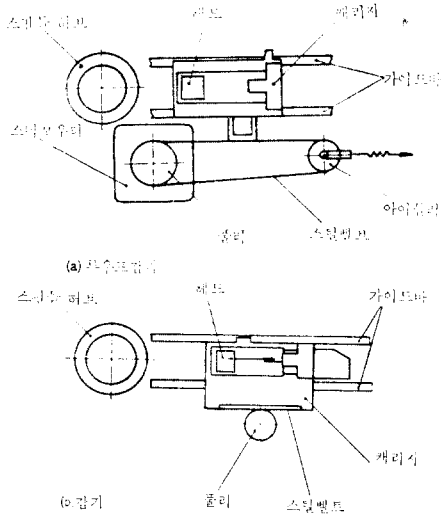


그림 3 FDD의 헤드 위치결정 기구

스티플베트 방식은 헤드구동계의 마찰이 작아서 적은 파워의 스텝모우터로도 고속으로 헤드가동이 가능하다. 이 스티플베트 방식은 위치정도(位置精度)가 스텝모우터의 각도 정확도와 홀딩 토오크(holding torque)에 의하여 결정되므로 높은 정확도의 스텝모우터를 필요로 한다. 이 방식의 대부분 FDD가 1.8° 또는 3.6°/스텝의 하이 브리이드(high breath)형 스텝모우터를 사용하고 있다.

스파이럴캠 방식은 스텝모우터에 의해 구동되는 원판상에 와선상의 홈 또는 벽을 설치하여 헤드의 위치결정을 하는 방식으로 다른 방식에 비하여 가격이 저렴하지만 정확도를 높이기 어렵다. 또한 헤드가동속도도 크지 않다.

#### 4.4 디스크 구동기구

디스크 구동기구를 분류하면 표 5와 같이 된다. 8인치 FDD의 당초의 것은 거의가 디스크 구동용 모우터로서 AC 모우터를 사용하였다. AC 전원에 동기시켜 회전시키는 싱크로모우터(synchronous motor)가 사용되고 있지만 전원 주파수가 다른 지역에의 출하가 있으면 모우터의 풀리를 교체하거나 혹은 벨트의 길이를 바꾸는 것이 필요하므로 상당히 불편하였다.

여기에 대하여 5 $\frac{1}{4}$ 인치 FDD는 처음부터 DC

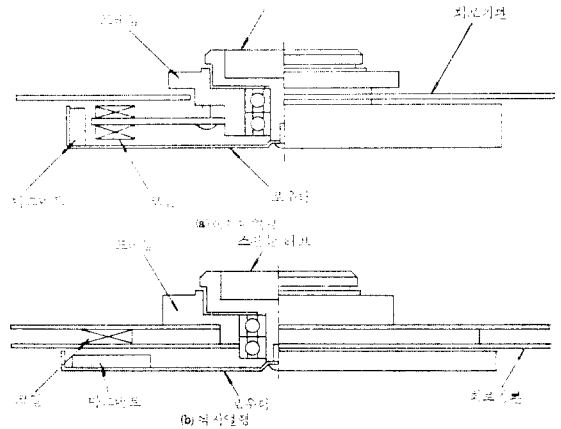


그림 4 FDD의 DD 모우터

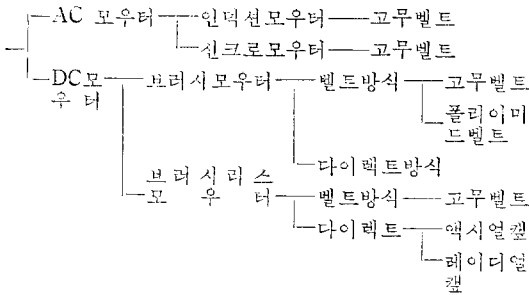
모우터가 사용되었기 때문에 이러한 문제는 없다. DC 모우터는 당초 브러시 서어보 모우터(brush servo motor)가 사용되고 있었지만 브러시의 수명이 2000~3000시간 정도로서, 드라이브 본체의 수명에 비해 짧기 때문에 입출력시간 모우터를 회전시키도록 하는 제어가 필요하였다. 그후 DC 모우터는 브러시리스(brushless)화, 다이렉트 드라이브화 되어 기계적 수명은 베어링으로만 결정되므로 거의 수리할 필요없이 사용 가능하게 되었다.

FDD에 사용되고 있는 높이가 낮은 DC 다이렉트(direct) 구동 모우터는 그림 4에 나타난 것과 같이 2가지 방식이 있다.

한가지는 구동코일과 로우터마그네트(rotor magnet)의 배치를 원주방향으로 한 레이디얼캡(radial cap)방식과, 또 하나는 이것을 평면에 맞추어 배치한 액시얼캡(axial cap) 방식이다. 레이디얼캡 방식은 액시얼캡 방식에 비하여 어느 정도의 두께가 있으면, 효율도 높고 수명도 길며 정특성(靜特性)이 우수하지만 가격이 높으며 전체높이가 그다지 낮게 되지는 않는다. 5 $\frac{1}{4}$ 인치 FDD에는 10mm 정도가 레이디얼캡 방식의 모우터 두께 한계치라고 이야기한다. 이에 비하여 액시얼캡 방식은 반대의 성질을 가지지만 모우터마그네트의 흡착력이 매우 커서 이 힘

■ 解 說

표 5 디스크 구동기구의 분류



5. 호환성

5.1 오프트랙의 원인

FDD가 광범위하게 사용되고 있는 이유의 하나는 플로피 디스크를 사용하여 데이터의 호환성을 갖도록 한 것이다. 그런데 이 호환성은 플로피 디스크에 기록한 데이터의 중심위치와, 그 기록을 읽어내는 FDD의 R/W 헤드 중심위치가 얼마만큼 떨어져 있는가 하는 정도 즉 오프트랙에 의하여 판정된다. 오프트랙의 원인으로서는 FDD에 의한 것, 플로피 디스크에 의한 것과 양쪽에 의한 것이 있지만, 크게는,

- (1) R/W 헤드의 조정오차
- (2) R/W 헤드의 위치결정기구 오차
- (3) 스피들허브(spindle hub)의 흔들림과 디스크 클램프(clamp)에 관련된 오차
- (4) 온도변화에 의한 FDD 및 플로피 디스크의 팽창, 수축
- (5) 습도변화에 의한 플로피 디스크의 팽창, 수축 등을 들 수 있다.

이 전부 베어링에 가하여지므로 베어링의 수명이 문제가 되기 쉽다. GSF-48 D는 가격이 좀 높으더라도 효율이 좋은 레이디얼캘 방식을 사용하고 있다.

4.5 회로계

전기전자회로는 크게 다음의 3가지로 나뉘어진다.

- (1) 인터페이스 회로
- (2) R/W(read/write) 회로
- (3) 논리(logic)회로

위에 따른 회로계의 블록선도를 나타내면 그림 5와 같다.

5.2 데이터 호환성의 조건

데이터의 호환성을 그림 6을 참고로 하여 설명하면 다음과 같다.

그림에서는 트랙(n+1), n, (n-1)의 연속하는 3개의 트랙을 나타내고 있어, 그 간격을 p로 표시하고 있다. 또한 R/W 헤드의 폭을 l, 소거헤드의 폭을 d라 하고 기록되는 데이터의 폭은 R/W 헤드의 폭과 같다고 가정한다.

여기서는 플로피 디스크의 환경변화에 의한 오프트랙을 FDD측에 포함시켜서, 오로지 FDD가 오프트랙한 것으로 하여 진행한다. 순서에 따라 설명하면

- (1) +x 오프트랙한 FDD로써 트랙 n에 데이터 A를 써 넣는다.
- (2) (1)의 플로피 디스크를 -x 오프트랙한 FDD로써 같은 트랙 0에 새로운 데이터 B를 써 넣는다.
- (3) (2)의 플로피 디스크를 +x 오프트랙한

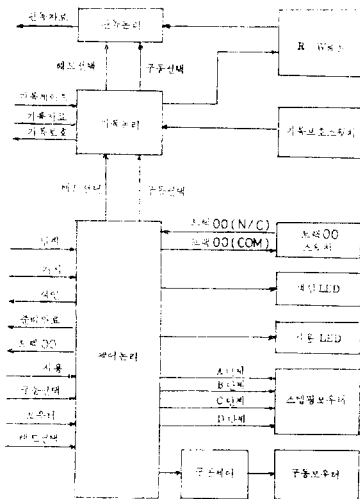


그림 5 GSF-48D의 블록선도

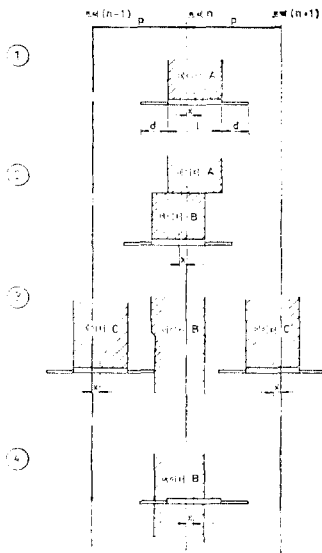


그림 6 데이터 호환성과 오프트랙

FDD로써 트랙(n-1)에 데이터 c를 써 넣는다. 또한  $-x$  오프트랙한 FDD로써 트랙(n+1)에 데이터 c를 써 넣는다.

(4) (3)의 플로피 디스크를,  $+x$  오프트랙시킨 FDD로써 트랙 n의 데이터 B를 읽어낸다.

이상의 순서는 (2)의  $-x$  오프트랙시킨 FDD와 (4)의  $+x$  오프트랙시킨 FDD와의 호환성을 조사하는 것이다.

이것은 데이터 중심과 R/W 헤드의 중심이  $2x$ 만큼 떨어져 있더라도 오차가 없이 읽어낼 수 있는 것은 데이터 호환성의 조건에 맞다는 것을 나타낸다. 이때 읽어낼 때 이용하는 데이터폭은

$$L = l - 2x$$

로 되어, 이것은 R/W 헤드의 재생출력이  $(l - 2x)/l$ 으로 감소하는 것을 나타내고 있다.

그 외의 조건은 (2)에 있어서 새로운 데이터 B를 써 넣을 때 그 전의 데이터 A를 완전히 소거시켜 버리기 위해서는

$$x \leq d/2$$

이며, 나머지 조건은, (3)의 데이터 c 또한 c'를 써 넣을 때 데이터 B를 소거해 버리지 못하

는 것으로써, 어느쪽 경우에도 그 조건은,

$$p \geq l + d$$

이다.

이상의 조건을 합치면

조건 1 : 출력레벨이  $(l-2x)/l$ 로 떨어져도 오차가 없이 읽어내는 것

조건 2 : 오프트랙은,  $x < d/2$ 을 만족하는 것.

조건 3 : R/W 헤드의 치수가  $p \geq l + d$ 를 만족하는 것이다.

그러므로 허용 오프트랙량  $x$ 를 크게 하기 위해서는 조건 1에 의하여 R/W 코아폭을, 조건 2에 의하여 소거코아폭  $d$ 를 각기 크게 하면 좋다는 것을 알 수 있으며 그 상한(上限)은 조건 3에 의하여 제한된다는 것을 알 수 있다.

## 6. 맺음 말

현재 FDD의 주류를 이루고 있는 것이  $5\frac{1}{4}$ 인치 양면 FDD이지만 소형화 대응량화에 의하여 점차 새로운 제품 즉 3.5인치, 3인치 FDD,  $5\frac{1}{4}$ 인치 1M, 1.6M 버전(version) 등이 개발되었다. 뿐만 아니라 트랙밀도를 높이는 외에도 선밀도를 증가시키는 수직기록 방식도 개발될 전망이다.

그러나 대응량화가 되기 위하여서는 FDD 상호간의 호환의 문제를 어떻게 하든 풀어야 할 것이다. 이를 위해서는 진출한 바와 같이 악세스 메카니즘의 정밀도 및 클램프시의 오차등 오프트랙 요인이 되는 것을 잘 고려하여야 한다.

국내에서는 기술도입 또는 자체개발로 FDD를 생산하고 있으며 금성통신은 83년 정부의 특정 연구사업으로 FDD를 개발 생산하고 있다. 앞으로 소형컴퓨터의 시장이 확대되고 수출이 늘어나게 되면 FDD의 시장도 확대될 것으로 전망되며 따라서 제품개발도 더욱 활발해질 것으로 기대된다.