

Cartridge Tape Drive 기술 분석

金 建 中

三星半導体通信(株) 工場長, 常務

序 論

오늘 날의 computer 주변장치중의 하나인 보조기억 장치는 hard disc가 주종을 이루고 있다. 종래에 주로 사용되던 removable hard disc 대신 신뢰성이 높은 winchester hard disc가 널리 사용되기 시작하면서 효과적인 back-up 방법의 필요성이 대두되었다. Back-up 방식중에는 second hard disk, back-up, floppy disk back-up, half-inch magnetic-tape back-up 및 quarter-inch magnetic tape back-up이 있다. 그 중에서도 streaming 방식의 quarter-magnetic tape back-up이 소형 컴퓨터 시스템에서는 신뢰성, 편리성, 경제성면에서 가장 적합한 것으로 생각되어지고 있다. 이런 여러가지 잇점으로 말미암아 지금 현재 이 streaming cartridge tape는 그 보급이 확대 일로에 있고 또 앞으로 대부분이 이런 형태의 back-up device로 대체 될 것으로 예상된다. 본인은 여기서 streaming-cartridge tape의 mechanism, software, system consideration에 대해 기술하고자 한다.

I. Streaming 1/4-Inch Cartridge

카트릿지 테이프는 reel과 tape path가 포함된 package 형태로 되어 있다. 카트릿지 테이프는 drive mechanism 속으로 package를 간단히 삽입함으로써 동작시킬 수 있다. 일반적으로 카트릿지 테이프는 시스템 디자이너에게 backup option의 넓은 선택의 여지를 부여하고 있다. 크기면에서 reel-to-reel 1/2 inch 테이프 장치에 비해 차지하는 공간은 매우 적으면서 용량은 70Mbytes 까지 가능하다. 카트릿지는 byte-wide reel-to-reel formats에 비해 bit serial 또는 nibble serial format으로 기록되어진다. Standard 1/4 인치 카트릿지는 경제적인 측면에서나 기능적인 면에서 비교해 보면 모든 면에서 우수하다. 낮은 media 비용 대용량, 적절한 transfer rate, 소형사이즈 및 단

순한 동작원리 등의 좋은 특성을 갖고 있다. 또한 테이프의 용량은 다양하여 450feet인 경우 45Mbyte의 데이터를 수록할 수 있고 600feet인 경우는 60Mbyte까지 가능하다.

아래 그림 2는 standard 1/4 inch 카트릿지의 내부 구조를 보여 주고 있다.

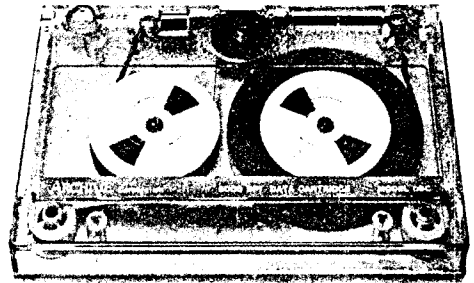


그림 1. Standard 1/4 inch cartridge

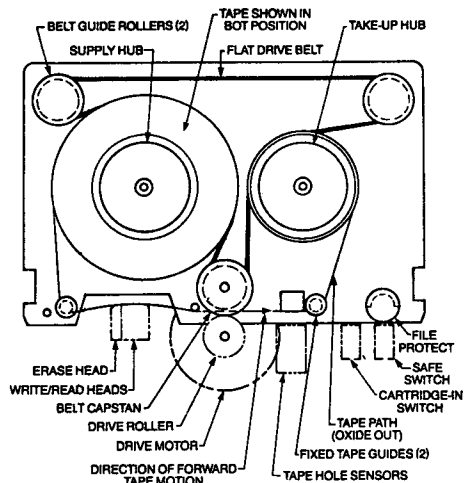


그림 2. Internal construction 1/4 inch tape cartridge

테이프의 동작은 external drive motor의 카트릿지 capstan 조정에 의해 제어된다.

1. Parallel Tracks

아래의 그림 3은 parallel tracks에 데이터가 어떻게 기록되는가를 나타내고 있다. 이 4 (0~3) track은 현재 많이 운용되고 있는 시스템의 대표적인 것이다.

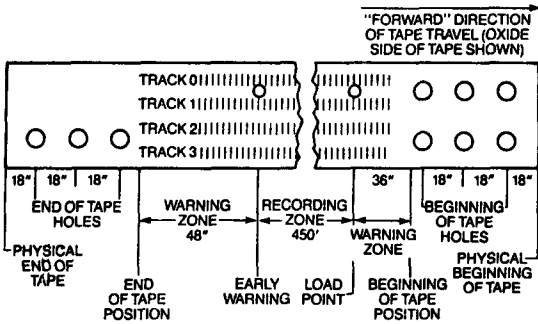


그림 3. Tape-position holes, 1/4 inch cartridge tape

Track에 기록되는 방법은 여러 시스템을 거치면서 많은 변화를 해오고 있다. 지금까지도 널리 사용되는 기록방법은 그림 4에서 보는 바와 같이 serial하게 데이터를 기록하는 것이다.

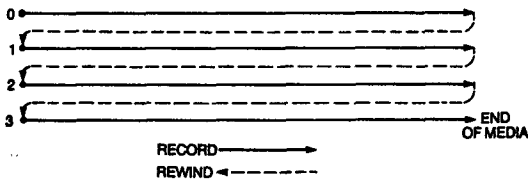


그림 4. Four-track, forward-only recording

2. Serpentine Tracks

Serpentine track은 카트릿지의 bidirectional 특성을 최대한으로 이용한 것이다. 각 track의 끝에서 테이프를 rewinding 하는 대신에 read/write head는 테이프의 서로 다른 지점에서 logical하게 혹은 mecha-

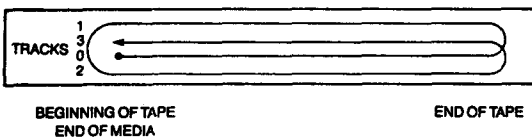


그림 5. Four-track serpentine recording

nical하게 switch되며여타의 track은 역방향으로 read/write하게 된다.

Streaming 시스템은 rewind에 소요되는 시간적 손실을 피하기 위해 serpentine track format을 사용해 오고 있다.

3. Streaming Drive

그림 6은 테이프의 방향이 반전될 때 dual write/read heads가 그 다음 track으로 electrical 하게 switch되는 것을 보여 준다. 두쌍의 write/read head는 read-after-write error를 detection 할 수 있다.

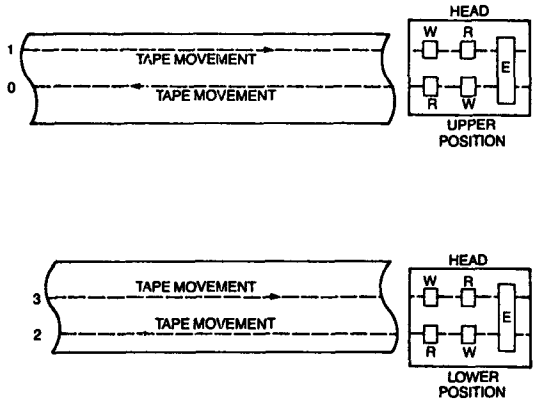


그림 6. Dual-head position for 4-track recording

4. Streaming Format

그림 7에 표시된 "BYTE"는 1/2 byte nibble에 대한 run-length 변경후에 data byte들의 size를 맞추는 10bit 단위로 되어 있다. File mark는 특정 기록부분을 찾아가기 편리하도록 file을 좀더 작은 부분으로 나누는 데도 사용할 수 있다. CRC character와 address는 host나 disk에 전송된 block을 정확한 순서가 되도록 해 준다.

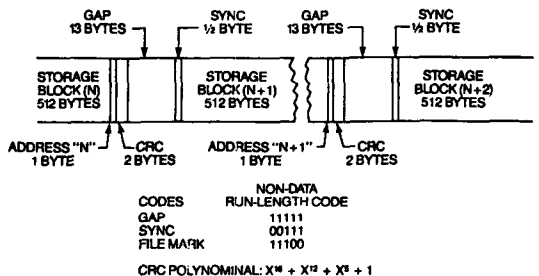


그림 7. Streaming cartridge tape format

5. Error Correction

Memory 내에서 데이터를 read/write 할시 에러의 발생은 불가피한 것이다. 이러한 에러들은 magnetic coating시의 잘못이나 카트리지내에서 테이프의 slip-page 혹은 계속되는 read/write로 인한 테이프의 마모로 인해서 발생한다. Digital recording을 위해 사용되는 양질의 카트리지라 할지라도 450 feet에 기록된 10,000block중에서 5~10개의 에러가 발생할 수 있다. 따라서 에러의 발생을 효과적으로 감지할 수 있거나 정정할 수 있어야 하고 만약 정정이 불가능한 경우 이를 알릴 수 있는 기능이 있어야 한다. Disc나 테이프에서 사용되는 magnetic recording format은 block 또는 sector가 정확하게 read/write 되었는지의 여부를 표시하는 CRC character가 포함되어 있다. 상업적으로 사용되는 streaming cartridge system은 가능한 데이터 저장용량의 1/3을 에러 정정 작업을 위해 제공하고 있다.

6. Status and Control

Streaming cartridge drive는 많은 status 정보를 host에게 제공하여서 data transfer가 원활하게 수행되도록 하여야하며 또한 시스템의 성능을 저하시킬 가능성이 있는 조건을 제거하도록 해야 한다. 그림 8은 intelligent drive와 host system과의 관계를 나타낸다. 모든 streaming drive 기능은 single byte command에 의해 시작된다.

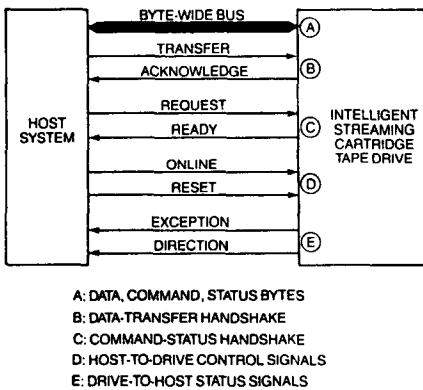


그림 8. Interface signals intelligent drive

II. Streaming Software

이제까지 논한 것은 mechanism에 관한 것이었다.

1. Streaming Software

Streaming tape를 사용하는 시스템이 필요로 하는 software는 일반적으로 4 가지로 구별된다.

- Streaming cartridge driver or handler
- Mass storage utilities
- Application programming
- Diagnostics

이들 사이의 구별은 시스템의 형태 및 streaming tape device와 연관된 winchester disk 사이에 off-line data channel의 존재 여부에 따라 결정된다.

2. Host Adapter

Drivers와 utilities software는 host adapter에 포함된 기능에 따라 영향을 받는다.

Intelligent streaming cartridge device를 사용하면 host computer는 programmed I/O의 출력을 통해 interface adapter에 있는 latches과 drivers에게 ON-LINE, REQUEST, RESET 신호를 발생시켜 준다. 또한 device에 의해 발생된 신호 READY, EXCEPTION은 programmed I/O input을 통하여 host에 전달된다. Host adapter는 host computer가 명령 수행을 끝내거나 device에서 EXCEPTION 신호가 들어올 때까지 기다리는 동안에 업무가 정제되는 것을 피하기 위하여 READY와 EXCEPTION interrupts의 수행 기능이 있어야 한다.

3. Lower Level Calls

명령어의 전달은 drive에 연결된 bidirectional bus

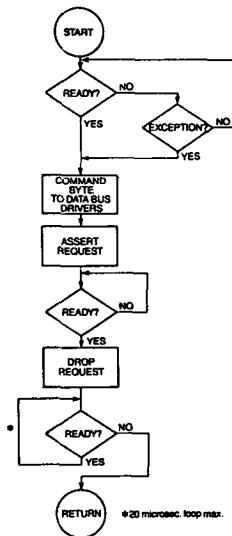


그림 9. Flow diagram, send command

에서 register에 명령어를 loading 함으로서 이루어진다. 다음의 flow diagrams은 각종 신호 전송을 위한 lower level calls의 set을 구성하기 위한 guide이다. 그림9는 data bus에서 명령어가 이동되는 과정이며 ready 혹은 exception은 명령어의 이동전에 카트릿지 device에 의해서 set되어야 한다.

그림10은 read status command가 drive micro-processor에 의해 동작하는 6개의 status bytes들의 전송을 어떻게 시작하게 하는지를 나타내고 있다.

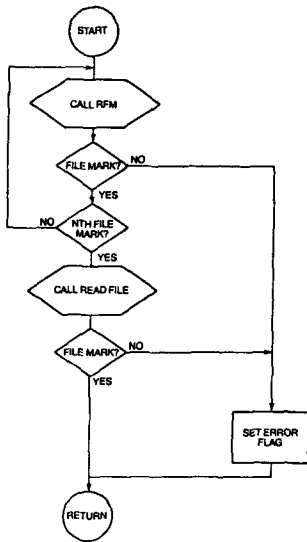


그림10. Flow diagram, read command

Host는 devices의 READY와 EXCEPTION line을 체크함으로써 어떤 동작의 종료여부를 시험한다. 시스템을 RESET 시키는 것은 최소 13μsec의 RESET을 asserting하면 된다. Cartridge tape를 첫부분으로 rewinding하거나 테이프에 기록된 것을 지우거나 혹은 다음 file로 넘어가거나 file mark를 하거나 여러개의 drive중에서 1개의 drive를 선택하는 것은 single byte 명령어로 수행된다.

하나의 file은 512 byte data block으로 구성되며 data가 완전히 기록되었을 때 file의 끝이라는 표시를 하게 된다. 그림11에 나타난 것과 같이 특정한 file을 read하려면 연속적인 file에서 각 file의 첫번째 block에 기록된 특별한 확인 code를 찾아 host의 memory에 저장된 확인 block과 비교해서 match되면 읽혀지고(read) 그렇지 않으면 다음 file들을 계속 비교한다.

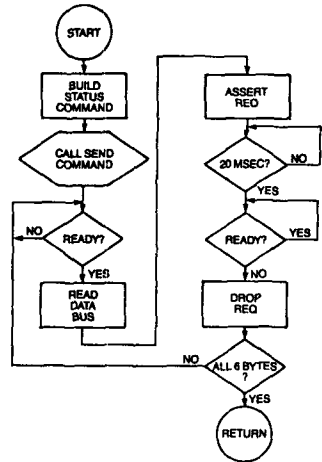


그림11. Flow diagram, read Nth file

4. Disk-Tape Drivers

Streaming 카트릿지에 명령을 발생시키고 storage system을 관리하는 software driver는 computer, operating system system programmer에 따라 여러 가지 형태가 될 수 있다. 예를 들자면 operating system에 있는 기존의 disk driver를 완전히 교체하거나 또는 용통성의 희생없이 기존의 storage-device driver software에 부착시킬 수도 있다.

5. Disk-Tape Utilities

Streaming cartridge software는 사용자가 streaming cartridge drive로부터 logical disks 및 selective files의 전송을 가능하도록 back up 및 restore도 포함한다. Back-up 혹은 restore는 operation 중에 사용자는 동작의 상태를 알기 위하여 status up data option을 사용할 수 있다. 또한 VERIFY는 data의 완전함을 확인하는 tape-disk 비교를 수행하며 사용자는 on-line 혹은 off line mode 및 off line transfers에 대한 우선순위 level 선택도 할 수 있다.

III. System Consideration

Streaming-cartridge drive는 host 컴퓨터와 효과적으로 통신할 수 있는 storage component로써, 하나 또는 그 이상의 디스크 unit와도 연결할 수 있다. 그러므로 시스템에 대한 고찰은 streaming-cartridge의 특성 뿐만 아니라 host 컴퓨터와 disk drive의 능력도 포함된다.

1. 디바이스 용량

가장 중요한 것은 디스크와 streaming tape device

의 절대적, 상대적 용량이다. Media cost를 제외하면, 분리된 archival streaming tape storage의 양에는 제한이 없다. 문제는 첨부된 테잎의 용량이 얼마나 적당한가에 있다.

2. Winchester Disk Portitioning

윈체스터 디스크는 여러 부분의 논리 unit로 분할된다. 논리 unit는 디스크 space의 한 영역(cylinders and tracks)으로 정의되며, 시스템 소프트웨어나 하드웨어에 의해 한 device처럼 취급된다. 실제로 40M 바이트 윈체스터 디스크는 여러 개의 논리 unit로 분할되며, 각 논리 unit는 operating system에 대해 하나의 디스크처럼 보인다. 윈체스터 디스크의 논리적 분할은 디스크와 tape storage를 효과적으로 이용할 수 있게 한다. 또, 시스템 사용자가 원하는대로 논리 unit를 지정할 수 있다. 만약 사용자가 on-line을 원하면, streaming cartridge tape으로부터 자신의 data base를 지정된 논리 disk unit에 저장하면 된다. 일단 저장되면 프로그램이 수행되어, PIP(peripheral interchange program), copy와 같은 operating system 프로그램을 통해 논리 디스크 unit에 전달된다. 작업을 마치고 off-line 하려면, data base를 streaming cartridge tape에 다시 저장하면 된다.

3. Transfer Rates

대부분의 system에 대한 고찰은 직접적 혹은 간접적으로 back up and restore transfer rate와 관계가 있다. 만약 transfer가 interactive environment에서 일어나거나, host resources를 포함한다면 속도 개념이 아주 중요하다. 여기서는 host 컴퓨터, streaming cartridge drive, 윈체스터 디스크의 세 가지 transfer rate를 고려한다. 이 세 가지 경우에서, burst rate 또는 max-transfer rate는 중요하지 않고, 실제 동작에 따르는 transfer rate만이 고려된다.

4. Host Transfers

Host 컴퓨터는 시스템에서 가장 빠른 부분이다. 가장 큰 transfer rate는 burst DMA transfer일 것이다. 실제로 transfer는 cycle-stealing mode에 있고, 우선 순위가 더 큰 task에 의해 영향을 받는다. 시스템 아키텍처는 host 컴퓨터의 transfer rate에 영향을 주므로, max-transfer rate를 허락하는 적당한 bandwidth를 갖는 bus 구조 시스템이 되어야 한다.

5. Tape Transfers

스트리밍 테잎 디바이스의 normal transfer rate는

선형 데이터 밀도에 의해 증가된 테잎 속도이다. 만약 시스템이 수 milisecond안에 데이터를 전송할 수 없다면, drive buffer는 under run하고, 테잎은 정지된다. 실제적인 tape transfer rate는 transmission block size, 테잎의 reposition time, 데이터전송시간, host 컴퓨터의 overhead time에 따라 변한다.

Tape Transfer Rate=

$$\frac{\text{Transmission size}}{T(\text{transfer}) + T(\text{reposition}) + T(\text{host})}$$

여기서, tape transfer rate=초당 데이터 전송량 (kbyte/sec) transmission size=tape reposition 없이 테잎에 전송되는 데이터량(Kbytes).

T(transfer)=테잎으로부터 (에) transmission block을 읽는데 (쓰는데) 걸리는 시간(sec)

T(reposition)=테잎을 완전히 새 위치로 정하는데 걸리는 시간(sec)

이 그림에서 곡선은 streaming이 수행될 때, throughput에 대한 system constraint가 30ips (inch per second)로 동작을 제한함을 나타낸다.

6. Disk Transfers

디스크의 transfer rate는 같은 streaming cartridge drive에서도 서로 다르다. 데이터가 디스크에서 읽혀질 때, information이 여러 track에 분산 저장되어 자주 headpositioning을 하므로 latency delay가 생긴다. 인접한 sector가 읽혀질 때 테잎이 데이터를 받지 못하면, 시스템은 sector의 다음 set가 읽혀지기전 디스크가 1 회전할 때까지 대기해야 한다. Streaming tape operation을 유지하기 위해서는 더 큰 transfer rate를 가져야하며, 적당한 크기의 buffer를 사용하여 latency delay 동안 테잎의 데이터를 원활히 전송할 수 있도록 해야 한다.

7. Data Buffer

버퍼의 I/O는 윈체스터 디스크와 streaming cartridge drive의 최대 burst transfer rate를 처리할 수 있어야 한다. 이를 위해서 버퍼는 FIFO(first input first out), ring, 또는 alternating multiple-memory 구조를 갖는다. 그림12는 데이터 버퍼의 구조 및 데이터 흐름을 나타낸다. 이것은 memory resources를 이용할 수 있다는 장점이 있으나, host memory의 일부가 버퍼에 이용되므로 테잎 동작을 제한한다.

그림13은 테잎 controller 자체내에 데이터 버퍼를 갖는 구조로써, host memory는 버퍼와는 관계없다. 그림14는 데이터 버퍼를 공유하고 있는 디스크 / 테잎

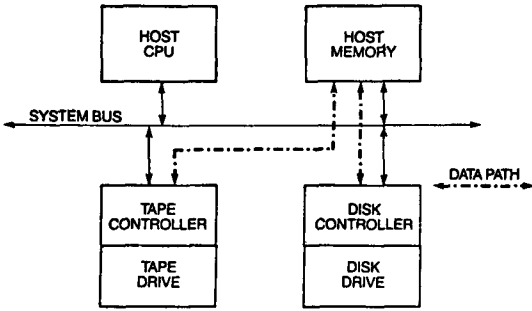


그림12. Data buffer in host memory

결합 controller를 나타낸다. 이 구조는 동작이 끝날 때까지 CPU와 시스템 버스를 자유로이 사용할 수 있다. 이 데이터 버퍼는 디스크와 host memory 또는 테이프와 host memory간의 데이터 이동을 위해 사용된다.

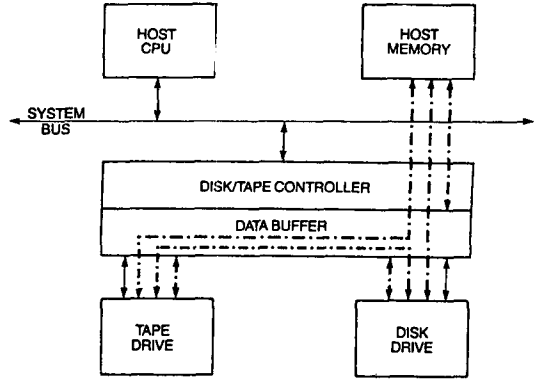


그림14. Data buffer in combined controller

參 考 文 獻

- [1] "Magnetic tape systems", *Computer Technology Review*, vol. 1, no. 1, pp. 151-164, Spring/Summer 1981.
- [2] "Magnetic tape systems", *Computer Technology Review*, vol. 1, no. 2, pp. 259-276, Fall/Winter, 1981.
- [3] "Magnetic tape systems", *Computer Technology Review*, vol. 2, no. 2, pp. 273-282, Summer 1982.
- [4] "Magnetic tape systems", *Computer Technology Review*, vol.3, no.3, pp. 267-288, Summer 1983.
- [5] *Electronic Design, System & Software*. pp.160-177, 9 Dec. 1982.
- [6] Archive Corporation, *STREAMING,, Streaming 1/4 inch Cartridge*. pp.5-1~7.13. *

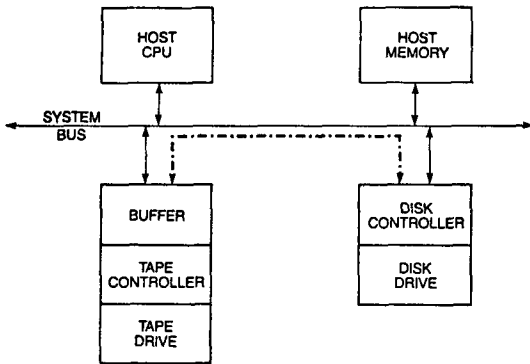
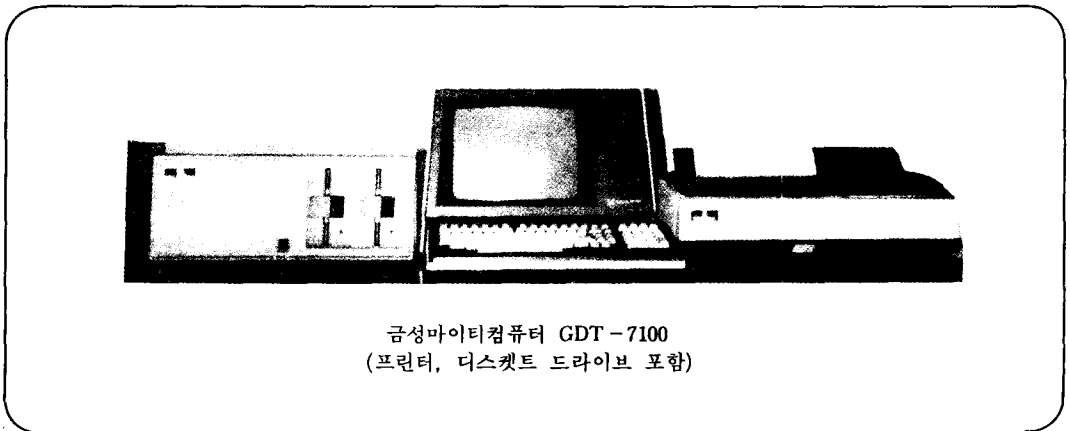


그림13. Data buffer in tape controller



금성마이크로컴퓨터 GDS-7100
(프린터, 디스켓 드라이브 포함)