

음성 Cassette Deck 를 이용한 Minicomputer 의 I/O 장치 (I/O Device of Minicomputer Using the Audio Cassette Deck)

李 柱 根* · 朴 贊 坤**

(Joo K., Lee and Chan K., Park)

요 약

이 논문은 음성카세트 Deck 을 이용하여 고밀도로 data 를 기록 또는 재생하는 한 방법을 검토하였다. 기록에 있어서는 NRZ-TM 의 혼합에 의한 한 방식으로서 data 를 정 및 부 bit 로 분리하여 두개의 트랙에 각각 기록한다. 재생방법은 피이크·스페이스에 의하여 검출신호의 레벨변동에 의한 정령, 펄스의 시간편차를 제거하고 오차의 정정이 자동적으로 이루어 지며 크릭·펄스가 검출신호 자체에서 자동적으로 발생한다. 이 방식은 음성카세트 Deck 의 내부회로는 변경하지 않고 외부에 새로운 회로의 부착만으로서 음성과 data 를 병용할 수 있다. Data 펄스 25HZ~4KHZ 의 주파수까지 기록이 가능하고 최고 전송속도는 787(bps)이다.

Abstract

In this paper, a method of writing and reproducing high density data with ordinary Audio cassette deck is described. In writing, the data N of NRZ code are modulated into PM code to take the positive code N(1) and the negative code $\bar{N}(0)$ are taken from the complement of the NRZ code, each of which are written into 2 channel track. In reading, the error corrected and the clock pulse can be generated from the reading pulse itself. Also, without modifying the interior circuit of the deck, it is possible to use the deck in both the data and audio by adapting a few simple circuits. Over the range of 25 Hz~4KHz, it was possible to write and reproduce at the speed of 787 bps transmission rate.

1. 서 론

자기 tape 를 컴퓨터의 보조기억장치로서 이용한 것은 IBM 에서 종이 card 를 변형시킨 incremental 형 자기 tape 로 부터 시작되었으며, 이것을 전후하여 “네델란드”의 philips 社에서 최초로 음성 Cassette tape Recorder 를 개발했다¹⁾.

그런데 “digital cassette tape recorder”를 컴퓨터에 이용하기 시작한 것은 1968년경 부터라고 하며²⁾³⁾, 당초에는 종이 tape 대신에 사용할 수 있으리라고 생각했지만, 속도면에서 최근에는 그 특징을 살려서 특수 정보처리기구에 널리 이용되고 있다. 그 중에서도 종래의 1/2 inch 폭의 컴퓨터용 자기 tape 의 대신에 사용할 수 있으리라 생각했지만, data 량이 적고 기록 속

도 및 전송속도가 느리기 때문에 중형 이상의 컴퓨터에서는 적합하지 않다는 것이 알려져 있다. 그러나 종래의 입출력장치보다 극히 경제적이고, 취급이 간편하며 가볍고 또 운반 보관이 용이하며 소음이 적고, 테이프의 반복사용이 가능할 뿐만 아니라, 다른 system 과의 interface 가 용이한 점등 많은 이점을 가지고 있기 때문에 현재는 미니컴퓨터의 입출력장치로서 주목되고 있다.

일반적으로 digital 자기 tape 의 기록방법에는 RZ, RB, NRZ, NRZI, PE 등 여러가지 방식이 있다. 그러나 이들 방식은 data 의 재생과정에서 우열이 생긴다.

즉 재생 data 자체에서 clock pulse 가 생성되느냐 하는 문제와 error check 가 자동적으로 이루어 지느냐 하는 문제이다. J.R. sykes⁴⁾, L.E. Ambrics⁵⁾, Minorikawa⁶⁾ 등은 가장 많이 사용되는 PE(phase modulation)을 이용하고 있어, 검출 신호 자체에서 clock pulse 발생이 가능하지만, 별도로 가변주파수·발전기

* 정회원, ** 준회원, 인하대학교 전자공학과
Dept. of Electronic Engineering, Inha University
接受日字: 1975年 3月 4日

(VFO)를 필요로 하기 때문에 동기동 회로가 복잡해진다.

Minorikawa³⁾, Kanasawa⁴⁾ 등 많은 사람들은 NRZI code를 즐겨 쓴다. 그러나 이 방식은 multi-track head를 7~9개 사용하여, 그중 한 track를 기수 parity track로 사용하여 clock pulse를 발생한다. 이 방식은 speed와 신뢰성을 향상시킬수 있으나, multi-track으로 인하여 복잡하고 고가된다. 그런데 종래의 고성능 digital cassette recorder보다 훨씬 저렴하고 시중 어디에서나 손쉽게 구할 수 있는 일반음성용의 cassette deck로서 음성과 data를 양용할 수만 있다면 호환성의 관점에서 훨씬 효과적이라 생각된다. 그러나 이 문제에 대해서는 거의 발표가 없다는 것은 근년 동경대학 Dakahasi 조⁵⁾도 지적하고, 그들은 주로 음성 cassette deck의 주파수 특성이 가장 좋은 40~250HZ의 낮은 주파수 대역에서만 취급하고(회로는 보유했음), 특성이 나쁜 그 이상의 주파수의 범위에서는 취급하지 못하였다.

본 논문에서는 음성 cassette deck로서 종래보다 훨씬 높은 4KHZ의 주파수에서 고밀도의 data를 기록 또는 재생할 수 있는 한 방법을 검토하였다. 즉, Writing에 있어서는 NRZ-PM(pulse modulation)혼합에 의한 한 방식으로서 NRZ data를 PM변조를 하여 positive bit로 하고 NRZ의 complement를 취해서 negative로 분리하여 2개 track에 각각 기록하고, 또 reading 방식은 peak sense에 의하여 출력 level변동에 의한 reshaping pulse의 시간편차의 영향을 제거하고, cloak pulse를 검출신호 자체에서 발생시켜 error check가 자동적으로 이루어지는 한 방법이다.

그 결과 system이 간단하고, 기존 제품의 고성능 digital cassette recorder의 data 전송량과 비교하여 좋은 성과를 나타냈으며, 종래의 고성능 digital cassette에 내치 가능성을 보이고 있다.

2. 문제점에 대한 예비적 관찰

일반 음성 cassette deck에 대한 시관의 호환성을 중시하고, 음성 cassette deck의 내부회로는 변경치 않고, 외부에 일부회로만을 부착하여 음성과 data를 병용할 수 있는 방법을 모색하기 위하여 우선 시관 음성 cassette deck의 몇가지의 문제점에 대한 예비적 관찰을 하였다.

1) 주파수의 특성

자기 녹음 tape에 신호의 기록 또는 재생할때를 살

펴보면 이론적으로 $V(t) = V_m \sin \omega t$ 의 경현과에서는 자기 tape 내부의 자계의 세기 H 는

$$H \propto V_m \sin \omega t$$

이 될 것이며, 교류 bias에서는 H 와 자속밀도 B 는 비례하므로 tape 내의 잔류자속 분포는

$$B_r(t) \propto V_m \sin \omega t$$

면역상 t 를 x 의 함수로 표현하면

$$B_r(x) \propto V_m \sin\left(\frac{\omega}{v} x\right) \quad (1)$$

v 는 tape와 head의 상대속도

또 재생시의 tape 내의 잔류자속 $B_r(x)$ 에 대한 표면의 자속밀도는

$$B_s = \frac{dB_r}{dx} \quad (2)$$

이때 head에 통과하는 자속 ϕ_0 는 B_s 의 변화분이 된다.

$$\phi_0 = \frac{dB_s}{dx} = -k \sin\left(\frac{\omega}{v} x\right) \quad (3)$$

여기에서 $k \equiv V_m \left(\frac{\omega}{v}\right)^2$

따라서 head에서 검출되는 전압은

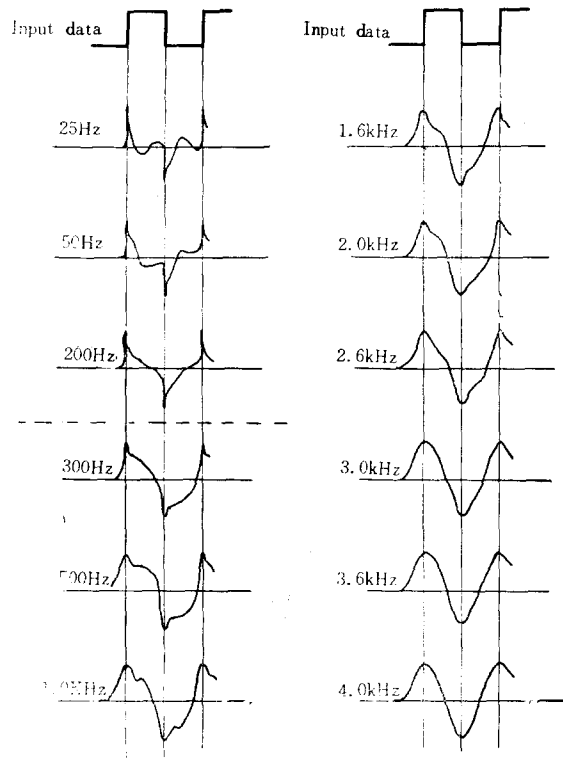


그림 1. 음성 cassette tape의 주파수 특성

Fig. 1. The frequency characteristics of audio cassette tape (RS-260μs)

$$V_e(t) = -\frac{d\phi}{dt} = K \cos \omega t \quad (4)$$

$$K = \left(\frac{w}{v}\right)^2$$

이 된다. 이와 같이 검출된 전압파형은 복원신호 $V(t) = V_m \sin \omega t$ 의 미분형태가 된다는 것을 알 수 있다. 따라서 기록 data에 대한 재생시의 형태를 추정할 수 있다.

시판음성 cassette deck (panasonic; RS-260 μ s, 40KHZ ~ 11KHZ)로서, 시중에서 유통되고 있는 수캐회사 제품의 tape 10종을 표본으로 하여 주파수의 특성을 조사한 결과 대동소이하며 그림 1에서 보인 바와 같다.

주 25~250HZ까지는 입력 data에 대해서 미분과 역가까운 경우 볼 수 있지만, 250HZ 이상에서는 주파수의 분포가 나빠지며, distortion이 심하고 또 파형의 starting point가 크게 변하며 4KHZ 부근에서는 구형파의 입력이 거의 정현파에 가깝다는 것을 볼 수 있다.

따라서 250HZ 이상에서는 검출신호의 reshaping pulse에서 시간편차가 생기므로 data의 재생이 불가능해진다. 이에 대한 해결이 중요한 문제중의 하나가 된다고 보겠다.

2) 출력 level의 변동

Data를 기록했다가 재생할때 출력파형의 level이 변동한다. 그의 원인은 deck의 내부증폭기 및 tape 자체의 자화특성의 불균일로 인하여 일어날 수도 있었겠고 또 tape와 head 사이의 간격의 변화, 기타의 원인도 있었지만, 그 보다는 tape의 동요에 의한 원인이 크다.

이와 같은 tape의 동요의 원인은 그림 2(A)에 보인 바와 같이 head의 횡방향의 동요인데 이것은 head면이 평탄치 못하거나 인접 head면이 서로 경사가 되든지 또는 capstan과 pinch roller간의 압력 불균일, tape guide가 좋잖 않은데 원인이 있다. 또 그림 2(B)는 head면이 수직방향의 동요이다.

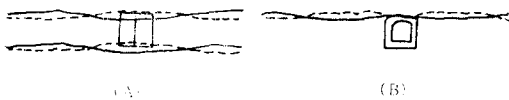


그림 2. Tape의 동요
Fig. 2. Weaving of tape

이상의 원인으로 인하여 reading 신호는 그림 3-(I) (a)와 같이 검출신호의 level이 변동되며 정형 pulse는 그림 3-I (b), (c)와 같이 level이 높은 신호와 낮은 신호에서 시간편차 (D)가 생겨서 원 data가 재생되지 않는다.

이러한 문제의 해결을 위하여 그림 3-II (a)와 같이

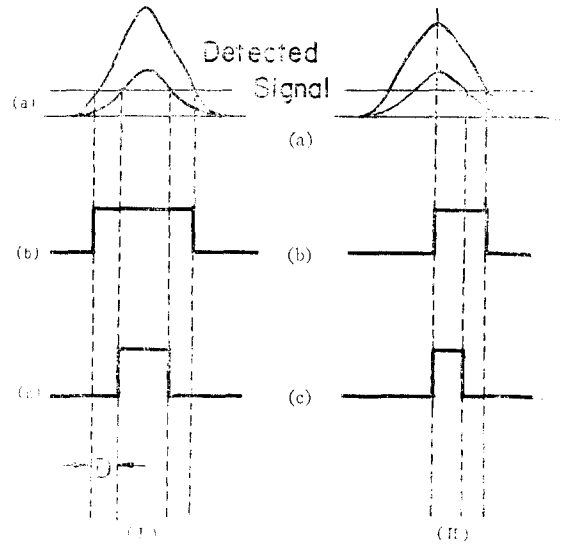


그림 3. 정형 pulse
Fig. 3. Reshaping pulses

peak치에 대한 신호를 검출하면 그림 3-II (b), (c)와 같이 검출신호의 distortion 및 level 변동에는 아무런 관계없이 시간편차 (D)가 생기지 않고 data가 재생된다.

3) Drop out

Drop out란 tape에 기록된 data의 일부분의 bit가 reading되지 않고, 누락되는 것을 말하는 것으로서, 이것은 tape 자체가 손상되거나 tape와 head간의 spacing에 의하여 발생하겠으나, 주된 원인은 먼지에 의한 영향이 크다. 이러한 문제는 tape와 head를 가급적 정결하게 하는 것이며 cassette의 경우는 tape가 완전히 box내에 들어 있기 때문에 대단히 유리하다.

그러나 신뢰성을 향상시키기 위해서는 error 교정이 또한 중요한 문제가 된다.

4) 기타의 문제

기타의 문제로서는 head 자체의 공작상의 문제를 생각할 수 있겠으나 이러한 문제들은 이 연구의 범의 것으로서 여기서는 언급을 피한다.

3. Recording 방식

System의 block diagram을 그림 4에 표시하였다. 미니컴퓨터로부터 data를 writing 회로를 거쳐서 ca...

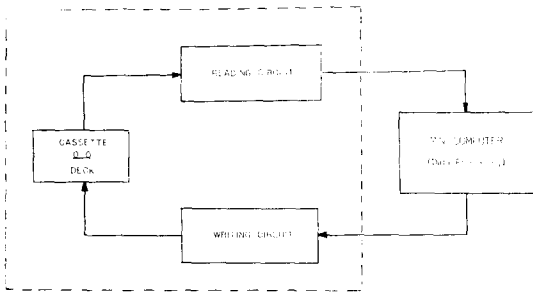


그림 4. System의 블록도
Fig. 4. Block diagram of writing and reading circuit

assette tape에 기록하고, 기록된 data는 reading 회로를 거쳐서 미니 컴퓨터에 넣거나, 그집어내는 입출력 장치로서 사용하게 된다. D/A→A/D 변환 과정이지만 기계적인 것과 자기적인 결함으로 구성되므로 일반 A↔D 변환과 같이 간단하지는 않다.

1) Writing 방법

Dakahasi 조는 음성 cassette deck에 NRZ 방식을 도입하였기 때문에 clock pulse가 스스로 발생되지 않았기 때문에 별도의 VFO가 필요했다.

본 연구에서 NRZ-PM 방식이란 그림 5와 같이 NRZ와 PM code로서 유도된 한 방법이다.

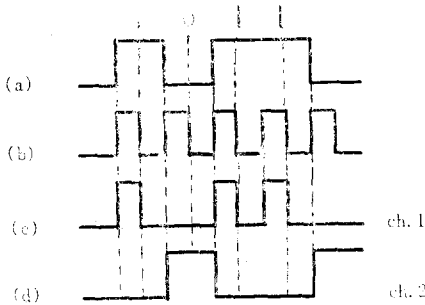


그림 5. Encoding방법
Fig. 5. Encoding method

Reading data에서 자동적으로 error 체크가 되고 또 clock pulse가 재생신호에서 감탄된 생성된다. 즉, 입력 data는 그림 5 (a)와 같은 NRZ code로 하고, 이것을 clock pulse(b)로서 변조하여 PM code(c)로 하여 data의 "1"상태를 취하고, 다음은 입력 data NRZ code의 complement로서 data의 "0"상태를 작성한다(d). 이와같이 positive와 negative로 분리된 code(c)와 (d)

를 두개의 track에 각각 기록하면 재생 data에서 error의 정정이 가능해지고 또 clock pulse가 검출신호에서 생성된다. 그림 6은 이 방식의 encoding 회로이며 data "1"은 channel 1에, data "0"은 channel 2에 writing된다.

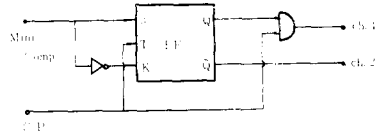


그림 6. Encoding 회로
Fig. 6. Encoding circuit

2) Reading 방법

Reading 과정에서 주목할 것은 앞에서 지적한 문제점 중에서 그림 3에 표현한 level 변동에 의한 reshaping pulse의 시간편차를 제거하기 위한 방법으로서는 미분형식의 peak sense에 의하여 실현된다. 그림 7에 새상방법을 표시하였다. Writing data (a),(b)에 대한 head의 출력 (c),(d)를 증폭하고, 전파정류하여 단극과 (e),(f)를 만들고 clipping하여 이것을 미분하면 (g),(h)와 같은 양극파로 변환된다. 여기서 세리식 전파정류기가 아닌 1석 Tr전파정류회로를 고안하여 사용하였다.

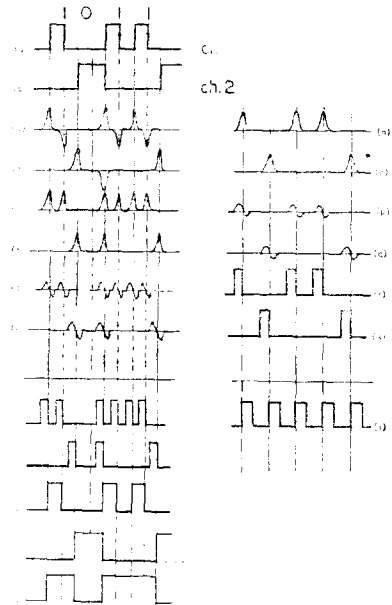


그림 7. 검출신호의 재생과정
Fig. 7. The detecting process of regenerated of data pulses

여기서 파형이 positive에서 negative로 바뀌는 영교차점 그림 7 (g),(h)와 검출신호의 peak점 그림 7 (e),(f)와 일치하도록 미분-증폭기의 회로 parameter를 조절하여 timing을 조절하면, 그림 7의 pulse(i),(j)가 검출된다.

이것으로써 flip-flop를 동작시키면 channel data (k),(l)이 생성된다. 이때 (l)의 complement인 (m)가 원 입력 data와 같으며, 이때 (m)과 (k)의 논리합을 취하면 (k)의 어느 bit가 소멸되어도 error 징점이 되어 원 data가 생성된다.

앞에서도 지적했지만, 일반적으로 data 재생 및 clock pulse의 생성을 위해서는 multi-track를 사용하거나, 별도의 가변주파수 발진기(VFO)를 필요로 하지만, 여기서 주목할것은 data [그림 5 (a)]을 변조하여 그림 5 (c),(b)로서 기록했을때 재생된 신호는 그림 7의 [(k) + (m)]의 합을 취하면 channel 신호 (k),(m)의 어느한 쪽이 droup out가 생겨도 원 data(a)가 재생되는 것을 볼 수 있다. 한편으로는 검출신호 그림 7 (c),(d)를 반과정류하여 검출한 (r),(s)로서 한 bit씩 지연시켜서 논리합을 취하면 clock pulse (u)가 생성된다.

이상에서 본 방식은 재생 data에서 error 징점이 자동적으로 이루어질수 있고, 자동적으로 clock pulse가 생성되는 결과를 얻었다. 이들 과정을 실험하기 위한 system의 block diagram은 그림 8에 표시하였다.

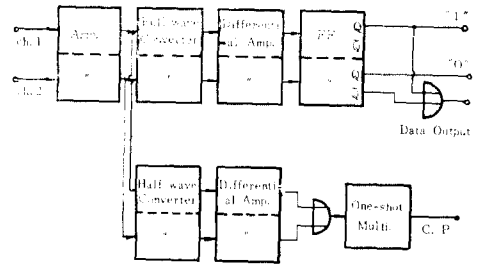


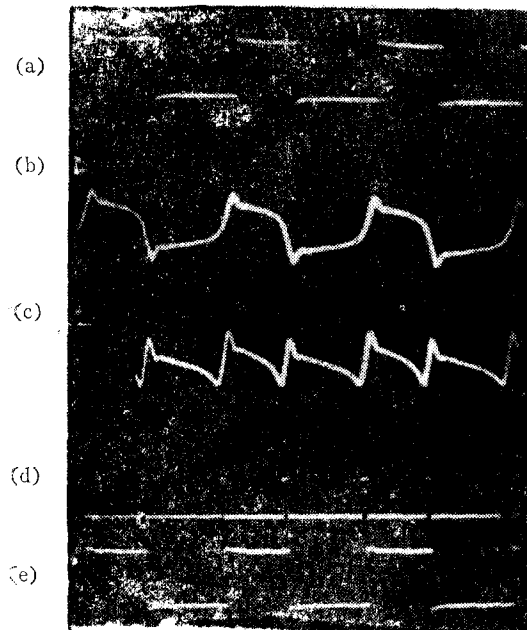
그림 8. Reading 회로의 block 도

Fig. 8. The block diagram of reading circuit

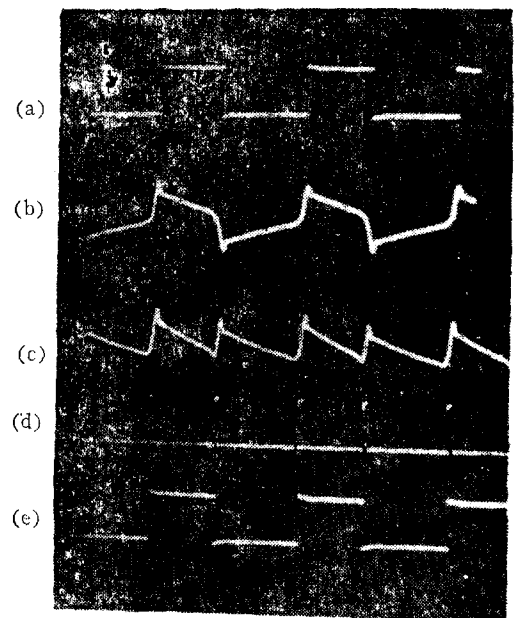
4. 실험결과 및 검토

기록 data에 대한 reading 회로에서 재생되는 파형을 관측하기 위하여 각각 다른 주파수의 data(250HZ, 500HZ, 1KHZ, 2KHZ, 4KHZ)를 기록했다가 다시 reading 회로의 중요한 몇개의 point에서 측정된 결과를 그림 9에 표시 하였다. 본 장치에서 4KHZ까지는 입력 data가 원단위 재생되는 것을 볼 수 있다. 그림 9에서 (a)는 입력의 pulse이고 그림 9 (e)는 재생된 pulse이다.

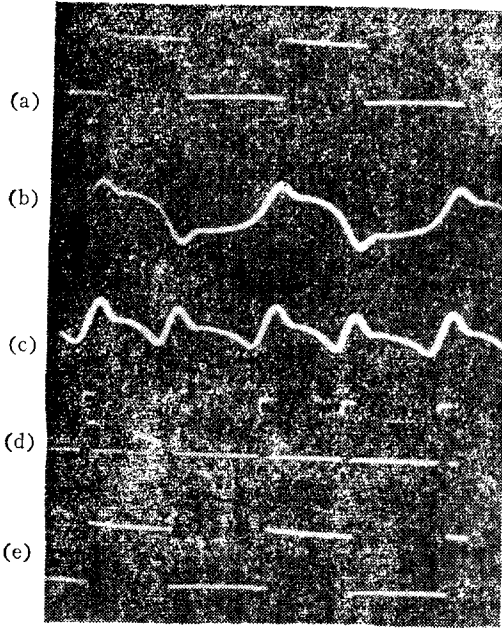
Head에서 검출된 250HZ, 500HZ, 1KHZ의 신호에서 그림 9의 (1), (2), (3)에서 (b)항의 파형은 distortion에 큰 차가 없는 것 같이 보이지만 진과정류파(c)에서는 상당한 distortion의 차를 인정할 수 있다. 그



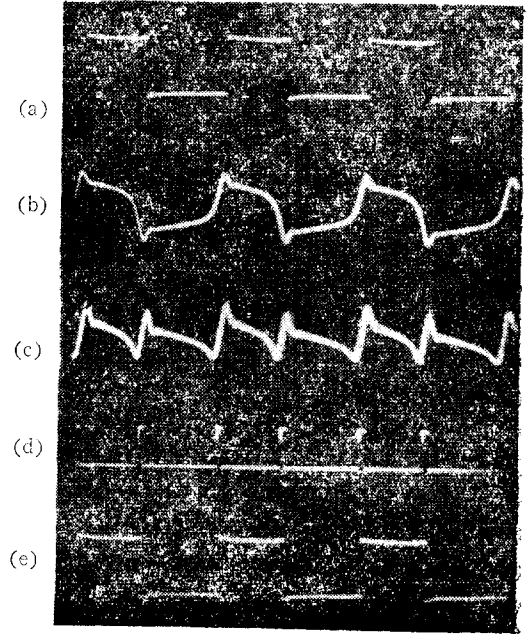
(1) 250 HZ(500 bauds)



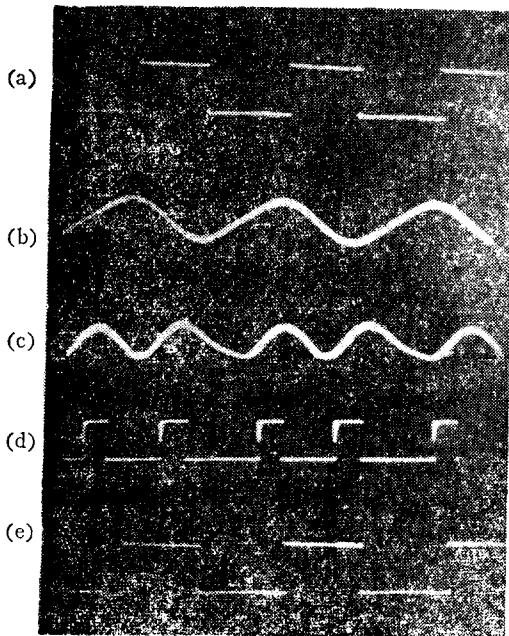
(2) 500 HZ(1000 bauds)



(3) 1 KHZ(2000 bauds)



(4) 2 KHZ(4000 bauds)



(5) 4 KHZ(8000 bauds)

- (a) Input data
- (b) Readback signal
- (c) Full wave converted signal
- (d) Reshaping pulse
- (e) Out-put data

그러나 그림 9의 (1), (2), (3)의 (e)항에서 입력 pulse (a)가 완전히 재생된것을 볼 수 있다. 그림9의 (5)의 4KHZ의 경우는 구형 pulse의 입력 (a)가 head에서 검출된 신호 (b)는 완전 distortion의 경향파가 검출되어 pulse로 정형 할때 시간편차가 극심하지만, 이연구에서 그림 9 (e)에서와 같이 만족한 pulse가 생성하였다. 다음 기록밀도와 data의 전송속도는 다음과 같이 구하여진다.

$$\lambda = \frac{\text{기록 speed}}{\text{기록주파수}} = \frac{\text{재생 speed}}{\text{재생주파수}} \quad (5)$$

주파수 4KHZ, 기록 speed가 $1\frac{7}{8}$ inch/sec에서

$$\lambda = \frac{1.87\text{inch/sec}}{4 \times 10^3 \text{HZ}} \approx 0.47 \times 10^{-8} (\text{inch/Hz} \cdot \text{sec})$$

$$\text{기록밀도 (fPI)} = \frac{1}{\lambda} \approx 2.1 \times 10^8 (\text{HZ} \cdot \text{sec/inch})$$

본 방식에서는 code "I" "O"를 두 channel로 분배 했으므로 I.C memory에 기록을 전제로 하여 digital 기록밀도(bPI)는

$$\begin{aligned} \text{기록밀도 (bPI)} &= 2 \times 2.1 \times 10^8 (\text{HZ} \cdot \text{sec/inch}) \\ &= 4.2 \times 10^8 (\text{bit/inch}) \end{aligned} \quad (6)$$

그림 9. 실험결과

Fig. 9. Encoding process and results

또 data의 전송속도(bps)는

$$\begin{aligned} \text{전송속도(bps)} &= (\text{기록밀도}) \times (\text{tape의 재생 speed}) \\ &= 4.2 \times 10^4 (\text{bit/inch}) \times \frac{15}{8} (\text{inch/sec}) \\ &= 7870 (\text{bps}) \end{aligned} \quad (7)$$

이상에서의 결과를 여러회사 제품의 고성능 digital cassette tape recorder의 성능과 표-1에 비교하였다.

본 연구에서 사용된 음성 cassette deck는 속도가 극히 낮음에도 불구하고 data 전송속도(bps)는 좋은 결과를 나타내고 있다. 이것은 일반 digital cassette tape recorder에서는 자료를 포화시켜서 기록하기 때문에 단위 정보량의 기록밀도는 낮지만, 본 연구에서는 두 channel에 "1"과 "0"를 분리 기록하였으며 구동 pulse

주파수가 높고 또 교류 bias에 의하여 기록 할 때 문에 고밀도의 기록재생이 가능하였다.

또 주파수의 특성이 나쁜 높은 주파수 밴드와까지 활용 할 수 있었기 때문이다. 그러나 일반적으로 교류 bias법은 drop out의 가능성이 있다고 생각하지만, 본 방식의 결과에서는 상당히 오랜기간 사용한 tape로서도 drop out를 발견치 못하였다.

설사 error가 생기더라도 본 방식은 재생 data에서 자동교정이 이루어짐으로 신뢰성을 높일 수 있다.

본 연구의 결과는 음성 cassette deck로서 고성능 digital cassette recorder와 대등한 성과를 얻을 수 있었으며, 회로가 극히 간단하고 저렴하므로 mini compute의 I/O 장치 뿐만 아니라, 교육기재, 기타 각

표-1. Table-1. The result of Research compared with the general digital cassette

	연구 결과		General digital cassette			
	Audio cassette deck	TMC ampex	KDS-4111 I.E.	1100 1200, 1210 Compucorol	Philips	Sycor 125
Recording method	NRZ-PM	NRZ, PE	NRZI, PE	NRZI, PE	PE	NRZI, PE
Recording density (bPI)	4200	800	600	1000	800	800
Writing and reading speed (Ips)	1.875	2~12	7.5	5	7.5	12.5
Data transfer rate (bps)	787 char (1char, 10 bit)	1200 char (12 IPS)	600 char	800 char	750 char	1000 char

종 간이 정보처리장치의 I/O로서도 유효 하리라 생각된다. 끝으로 본 연구는 1974년도 산학협동재단의 연구비에 의하여 이루어진 (No. 20) 것을 밝히는 동시에 동재단에 심심한 감사를 표하며, 또 적극 협조에 준 인하대학교에 감사하는 바이다.

참 고 문 헌

1. M. Howey: Digital cassette Overcome their past Electronics. June 1979.
2. J.R. Sykes: Design Approach for a Digital Cassette Recording System: Computer Design pp.99-103. Oct. 1970.

3. Dakahas: I/O Device of Audio Cassette Tape Recorder Joint convention of Four Elect. Inst. 1188. 1971.
4. Louiz. E. Ambrico: Pulse Crowding Compensation for Magnetic Recording. Computer Design pp.55-60 June 1972.
5. Minori kawa: Digital Data Recorder J.J.E.S pp. 61-73 Sept. 1972.
6. Kanasawa: Digital Cassette Recorder. Electorics. pp.193-247. Feb. 1972.
7. E. Wolf: Simplicity and Reliability in a Cassette Transport. Computer Design pp.64-67 Jul. 1971.