

論文93-30B-12-4

디지털 고밀도 자기기록 장치의 재생신호 처리에 관한 연구

(Playback Signal Processing in a Digital High Density Magnetic Recording System)

李相綠*, 朴時佑**, 李先基**, 朴鎭雨*

(Sang Rock Lee, Si Woo Park, Sun Ki Lee and Jin Woo Park)

要約

디지털 자기기록장치의 디지털신호 재생과정에서 주요 신호처리과정은 펄스등화, 펄스검출, 클럭복구, 그리고 데이터 복구가 있다. 본 논문에서는 고밀도기록에 의해 인접펄스간에 발생하는 간섭을 보상하기 위한 등화는 펄스슬리밍 등화기로 구현하였고, 펄스검출은 적분검출기로서 구현하였다. 또한, 클럭복구과정은 PLL 을 통해 이루어지고, 데이터 복구과정은 3 개의 샘플링 클럭을 사용함으로써 잡음에 의한 에러의 영향을 최소로 하였다. 본 논문에서는 이러한 신호처리 과정들을 하드웨어로 구현한 후 상용 DAT 에 기록, 재생하여 성능을 평가하였다. 본 논문에서 제안된 재생신호처리는 고밀도 자기기록 장치에 적합함을 확인하였다.

Abstract

In the playback signal processing of a digital magnetic recording system, the major signal processing processes consist of pulse equalization, pulse detection, clock recovery, and data recovery. Equalizer which compensates interference occurred between pulses recorded in high density on a magnetic media is realized by pulse slimming method, and pulse detection by an integrating detector. Clock recovery from the detector output was accomplished by using PLL, and data recovery to reduce noise effects was carried out by utilizing the three sampling clocks recovered in clock recovery process. In this paper these processes are implemented in hardware and its performance is evaluated by experimenting with a commercial DAT. It was found that the playback signal processor proposed is suitable to the practical high density magnetic recording system.

1. 서론

고품질, 고신뢰도 기기 실현을 위한 정보의 전송, 처리, 저장 작업의 디지털화는 가장 일반화된 기술

발전 추세이며, 적용범위 또한 급격히 확장되고 있다. 이러한 경향은 정보기기의 기본적인 기능서비스 충족수준에서 벗어나 보다 높은 품격의 다양한 정보를 손쉽게 접근할 수 있는 방도를 추구하는 현대 정보사회의 성격으로부터 기인한다고 할 수 있다.

가장 대표적인 가정용 정보기기인 TV 의 경우, 디지털 TV 방식인 HDTV 는 일본, 미국 등에서는 곧 상용화될 것이며, 우리나라에서도 HDTV 의 국내개

*正會員, 準會員, 高麗大學校, 電子工學科
(Dept. of Elec., Eng. Korea Univ.)
接受日字 : 1993年 2月 11日

발을 목적으로 국가차원의 연구노력을 하고 있다. 또한 '90년대 말부터 광대역 정보서비스 제공을 목적으로 연구되고 있는 광대역 종합정보 통신망은 모든 디지털 정보처리의 중심위치를 차지하게 될 것이며, 그에 따른 정보기기의 디지털화 경향은 FAX, Video Phone, CATV 등에 파급되어 멀티 미디어 정보체제로 바뀌고 있다. 이러한 디지털 정보화가 가정용 정보기기에서까지 이루어지게 됨에 따라 방대한 양의 디지털 정보저장의 필요성은 더욱 높아지고 있으므로 현재의 기술수준과 발전 측면에서 가장 유력한 기기는 자기 기록 매체인 테이프를 기본으로 한 디지털 자기기록장치인 것으로 인정되고 있다.

이러한 상황을 고려하여 본 논문에서는 고밀도 디지털 자기기록 테이프장치에서 재생과정의 신호처리부를 구현하고 성능을 평가하였다. 디지털 자기기록 장치의 디지털신호 재생과정에서 대표적인 신호처리 과정은 펄스등화, 펄스검출, 클럭복구, 그리고 데이터 복구가 있다. 본 논문은 디지털 자기기록 장치에서 사용되고 있는 펄스슬리밍 방식의 코사인 등화기를 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 분석하고, 코사인 등화기와 유사한 전달특성을 갖는 등화기를 수동소자를 사용하여 구현하고 분석하였다. 펄스검출과정은 제로 크로싱 (zero-crossing)에 의한 적분검출기를 구현하였다. 또한, 검출기 출력으로부터 PLL 을 통해 기준 클럭을 복구하고, 데이터 복구과정은 잡음영향을 감소하기 위해 샘플링 클럭을 3 개를 사용하여 원래의 기록데이터를 복구하였다. 본 논문에서는 이상의 재생신호 처리과정들을 하드웨어로 구현한 후 디지털 자기기록 장치인 DAT (Digital Audio Tape Recorder)에 적용하여 성능을 평가하였다.

Ⅱ. 디지털 자기기록

디지털 자기기록은 디지털 신호를 자기기록매체에 기록하고 재생하는 것으로 아날로그 자기기록 장치와는 다른 기록 및 재생과정을 거치게 된다. 아날로그 자기기록 장치에서 아날로그 신호를 자기 테이프에 직접 기록하면 자화곡선의 비선형성에 의해 재생시에 왜곡된 출력파형을 얻게 되므로, 선형성을 유지하기 위하여 바이어스 신호를 사용하여 기록하고 재생한다. 또한 아날로그 자기기록장치에서 출력신호는 기록장치의 특성과 기록매질의 특성에 의해 직접 영향을 받으므로 변조잡음과 신호대잡음비의 감소를 초래하게 된다. 또한 자기테이프의 복제시에 유입된 잡음의 누적현상을 피할수 없다. 그러나, 디지털 자기기록은 아날로그 기록신호를 이진 신호로 디지털화하여

단순히 자화의 반전 유무에 의해 신호를 기록하는 방식으로 바이어스 신호없이 직접 신호를 기록할 수 있다. 또한, 기록, 재생의 반복에 의한 신호의 열화를 감소시킬수 있으며 기록 및 재생과정에서 다양한 처리를 통하여 신호의 신뢰도와 서비스 기능을 향상시킬수 있는 장점이 있다.

자기기록 및 재생과정은 전자변환계인 헤드에 의해 전기적 기록신호를 자기매질 표면에 등가의 자화상태로 변환하는 과정으로 자화곡선 (hysteresis loop)에 의해 설명된다.¹⁾ 즉, 자기기록에서 코일에 흐르는 기록전류는 헤드의 공극부분에서 항자력으로 나타나고, 테이프는 공극을 지나면서 잔류자속의 거리적 변화로 신호를 기록한다. 자화곡선의 비선형성에 의해 기록전류에 의한 항자력 변화는 전류에 비례하지만 테이프에 기록된 잔류자속은 그렇지 못하므로 재생시의 파형은 왜곡된다. 그러나, 디지털 자기기록 장치에서의 기록신호는 이진 레벨로 표현되므로 자화레벨에 관계없이 자화의 반전 유무로 신호를 기록하므로 바이어스 신호를 필요로 하지 않는다.

재생과정은 매질이 기록시와 동일속도로 재생헤드를 지날 때 매질표면으로부터 나오는 플럭스가 헤드에 유기되어 플럭스의 변화율에 비례하는 출력전압으로 나타난다. 헤드에 유기된 전압은 패러데이 법칙에 의해 표현된다. 이상적인 경우 플럭스는 기록전류의 전이위치를 중심으로 선형적으로 변화하므로 단위펄스 형태의 출력전압을 나타낸다. 그러나, 실제로 유기된 출력전압은 플럭스의 변화에 의해 퍼짐이 있는 파형으로 나타난다.

자기기록 장치는 기록 및 재생과정에서 다양한 손실이 발생한다.²⁾ 기록과정에서의 손실은 외전류 손실, 두께 손실, 감자화 손실 등이 있다. 또한 재생과정에서의 손실은 헤드-테이프간의 간격 손실, 공극 손실 등이 있다. 이상의 다양한 손실에 의해 자기기록 채널의 출력파형은 고주파성분이 감소된다. 즉, 자기기록 채널의 주파수특성은 미분특성을 가지므로 출력전압은 이상적으로는 옥타브당 6dB 씩 주파수에 비례하여 증가해야 하지만 다양한 손실에 의해 고주파영역이 감소되어 왜곡된 출력파형을 얻게 된다. 따라서 재생과정에서는 고주파 영역을 강조함으로써 기록, 재생과정에서 발생하는 손실을 보상할 필요가 있다.

Ⅲ. 신호 재생 과정의 설계

자기기록장치를 이용한 디지털 신호의 재생과정은 그림 1 에서 보듯이 등화, 펄스 검출, 클럭 복구, 그

리고 데이터 복구 등으로 구성된다.

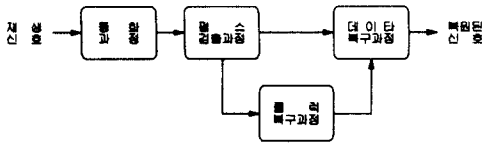


그림 1. 신호재생과정의 블럭도
Fig. 1. Block diagram of signal reproduction process.

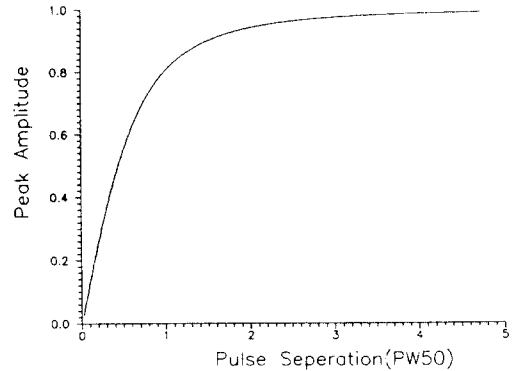
1. 재생 파형의 근사화

재생과정이 선형이란 가정하에서 기록매질로부터 재생된 파형은 기록파형의 전이위치를 중심으로 퍼짐을 갖는 함수로 표현된다. 즉, 재생된 파형은 하나의 고립된 기본 펄스를 각 전이위치에서 반전파형에 의한 자속분포의 중첩현상으로 해석가능하다. 따라서 재생신호를 해석하기 위한 기본 펄스의 선택은 펄스의 중첩효과를 평가하기 위해 신중하게 고려되어야 하며 재생신호의 분석에 중요한 역할을 담당하게 된다. 펄스의 분산현상을 신호분석에 도입하기 위한 표현식은 많은 연구논문에서 유도되었으나 단일 고립펄스에 대한 분포표현 수식은 로렌치안함수가 보다 적당한 것으로 알려져 있다.^[3,4] 그 이유는 자화분포를 나타내는 표현식이 아크탄젠트 (arctangent) 함수이고 재생헤드의 전류표현은 그 함수의 미분형으로서 식 (1)의 로렌치안 함수로 표현되기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 신호해석을 위한 단일 고립펄스를 로렌치안 함수로 정하였다.

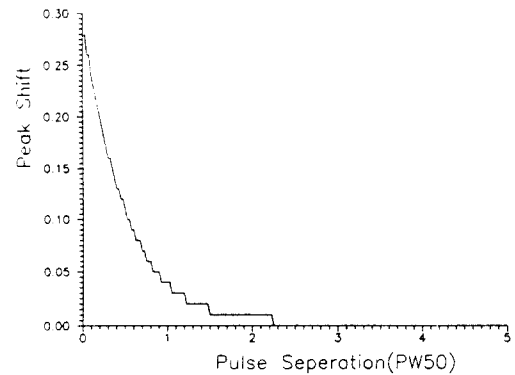
$$v(t) = [1 + ((2t/T))^2]^{-1} \quad (1)$$

여기서 T는 PW50 을 의미하고, PW50 은 파형의 크기가 최대치의 50% 되는 지점사이의 간격을 나타내며 파형의 신호특성을 대표하는 매개변수이다.

그림 2 는 두개의 로렌치안 고립펄스가 분리거리를 달리하여 존재할 때 펄스간의 간섭에 의하여 발생하는 펄스신호 최대치의 진폭변화와 펄스 최대치의 위치이동(peak shift)의 변화상태를 보여주고 있다. 그림 2 에서 보듯이 두 고립펄스의 분리거리가 1.5 × PW50 이상이어야만 재생펄스의 진폭변화와 최대치의 위치이동 정도를 무시할 수 있을 정도로 작음을 볼 수 있다. 그러나, 고밀도기록에서는 인접펄스간의 분리거리가 좁아지므로 펄스간 간섭이 심해진다. 따라서 최대치의 위치이동이 커짐에 따라 위상여유 (phase margin)가 작아지고 에러에 민감해지므로



(a)



(b)

그림 2. 인접펄스간 간섭에 의한 재생펄스의 크기와 위치의 변화

- (a) 최대치의 변화
- (b) 최대치의 위치변화

Fig. 2. Interference variations of pulse peak amplitude and position due to interference between two pulses located closely.

- (a) Variation of peak amplitude.
- (b) Variation of peak position.

등화를 필요로 한다.

2. 재생펄스의 등화

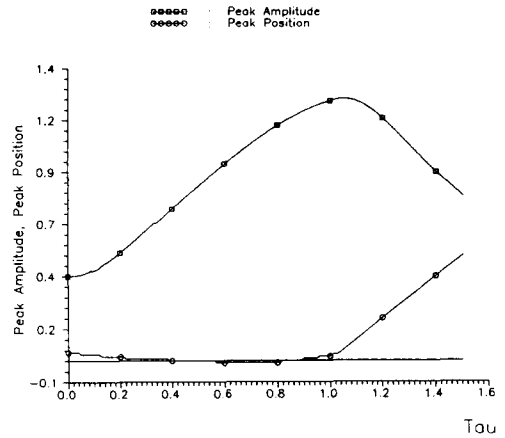
Ⅱ장에서 언급했듯이 자기기록채널에서의 주파수 응답특성은 각종 손실에 의해 고주파성분이 감소되고, 자기기록 채널은 대역제한된 채널이므로 기록 주파수가 증가함에 따라 인접 펄스간의 간섭이 심해지므로 재생신호는 등화과정을 필요로 한다. 등화는 자

기록채널에서 재생신호 간섭에 의한 왜곡을 효과적으로 보상함으로써 신호검출시에 가능한 우수한 신호를 제공하여 데이터와 클럭복구를 용이하게 하기 위한 보상과정이다. 그러나, 등화과정은 재생신호를 보상할 뿐만 아니라 신호의 왜곡을 인위적으로 인가하는 과정이므로 시스템 설계시 이 점을 고려하여 원하는 요구조건에 최적이 되도록 해야한다. 본 논문에서는 자기기록장치에서 대표적인 등화방식인 펄스 슬리밍(pulse slimming) 등화기를 사용하였다.^[5,6] 따라서 대표적인 펄스슬리밍 등화기인 코사인 등화기를 해석하였다. 그리고, 코사인 등화기와 등가적 전달특성을 갖는 펄스슬리밍 등화기를 수동소자로 구현하였다.

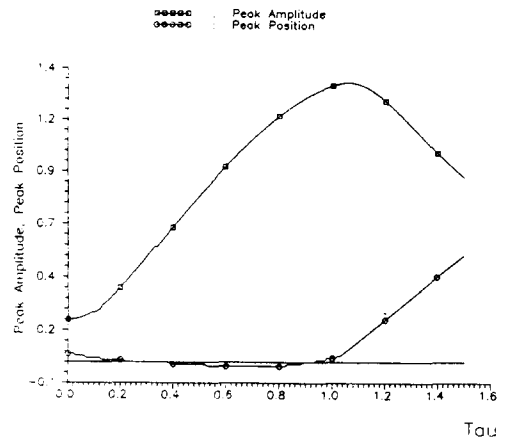
코사인 등화기의 전달함수는 식 (2) 로 표현된다.

$$F(\omega) = 1 - K \cos(\omega \tau) \quad (2)$$

식 (2)에서 보듯이 코사인 등화기의 특성은 등화매개변수 K 와 τ 에 의해 결정된다. K는 재생 파형에서 펄스의 퍼짐을 감소시키기 위하여 감하는 정도를 결정하게 되어, 재생펄스의 감소지속부분의 보상뿐만 아니라 전체적 신호크기의 감소를 초래한다. τ 는 재생파형에서 감하는 신호를 이동시킬 위치를 결정하는 매개변수로서 K가 작을 때는 큰 영향을 미치지 않으나 K가 클 때는 보상정도에 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 두개의 등화 매개변수의 결정은 신호의 크기와 등화정도를 감안하여 최적으로 결정하여야 한다. 그림 3은 인접한 두 펄스가 PW50인 분리거리를 두고 간섭할 때 코사인 등화기의 등화매개변수 K를 각각 0.6, 0.8로 고정하고 등화매개변수 τ 의 변화에 의해 재생신호의 등화정도를 최대치 변화와 최대치의 위치변화에 대해 나타내고 있다. 그림 3에서 실선은 등화된 파형의 최대치 크기변화를 나타내고, 점선은 최대치위치의 보상정도를 나타내고 있다. 그림 3에서 τ 가 0.4보다 작을 때는 등화파형의 진폭이 작고 최대치 위치이동의 보상이 이루어지지 않고, τ 가 1.0보다 클 때는 등화하고자하는 펄스가 아닌 인접펄스에 영향을 미쳐 비정상적인 피크이동과 진폭감소가 일어남을 예측할 수 있다. 그리고, 등화파형의 진폭이 1보다 클 때는 최대치 위치이동의 보상은 이루어지지만 펄스슬리밍 효과를 얻지 못하므로 이 범위는 적합하지 않다. 또한 최대치 위치보상정도를 나타내는 점선에서 음의 부호를 갖는 범위는 과도등화되어 등화파형에서 음의 방향으로 작은 펄스가 나타난다. 이는 혼입잡음에 의해 펄스복구과정에서 펄스오류판정을 유발할 수 있으므로 피해야 한다. 따라



(a) K=0.6



(b) K=0.8

그림 3. 등화매개변수 τ 의 변화에 의한 등화효과
Fig. 3. Equalization effect by variation of equalization parameter τ .

서 등화매개변수 K의 값은 0.5~0.6 사이의 값이 적합하고, 등화매개변수 τ 는 $0.5 \times PW50 \sim 0.7 \times PW50$ 사이의 값을 선택하는 것이 바람직하다. 그림 4는 등화매개변수 K와 τ 를 각각 0.6과 $0.5 \times PW50$ 로 선택할 때의 등화결과파형으로 펄스의 폭이 좁아지고 적절히 등화됨을 볼 수 있다.

따라서 본 논문에서는 코사인 등화기와 유사한 전달특성을 갖는 등화기를 수동소자를 이용하여 구현하였다.^[7,8] 수동소자로 구현된 등화기는 실제로 고주파성분을 강조할 수 없으므로 다른 주파수 영역을 상대적으로 감쇠시킴으로써 원하는 영역을 강조하는 효과

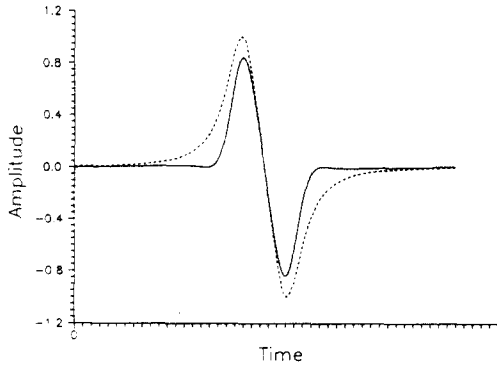


그림 4. 코사인 등화기에 의한 등화파형
(점선:원래의 간섭된 파형, 실선:등화된 파형)
Fig. 4. Equalized waveform by a cosine equalizer. (dot line:original waveform, solide line : equalized waveform).

를 얻고 있다. 본 논문에서 구현한 펄스슬리밍 등화기의 주파수특성곡선은 식 (3)에서 보듯이 강조하고자 하는 주파수대역의 중심주파수를 f_r 로 하고 상대적인 영역에 A_{dB} 만큼 감쇠시킴으로써 등화기를 구현하였다.

$$H(s) = \frac{V_0}{V_i} \quad (3)$$

$$= \frac{1}{2A-1} \cdot \frac{(1+s^2/\omega_r^2)+[2sf_b(b^2-1)\sqrt{A}]/[\pi f_r^2]}{(1+s^2/\omega_r^2)+[2sf_b(b^2-1)\sqrt{A}]/[\pi f_r^2(2A-1)]}$$

여기에서 $\omega_r = \pi f_r$ 이고, $A = 10^{A_{dB}/20}$ 이고, $b = f_b/f_r$ 이다.

그림 5는 본 논문에서 구현한 펄스슬리밍 등화기에

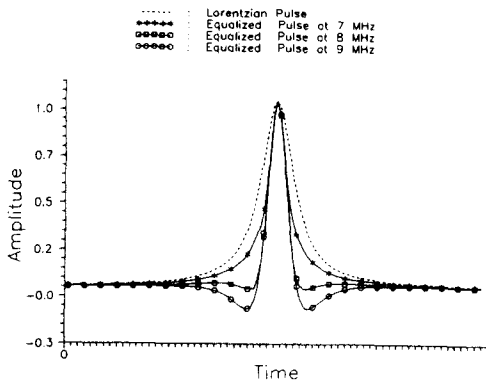


그림 5. 등화매개변수 f_b 변화에 의한 등화파형
Fig. 5. Equalized waveforms depending on a equalization parameter f_b .

서 기록신호가 3 MHz일 때 중심주파수 f_r 을 6 MHz로 고정하고 등화매개변수 f_b 를 변화하면서 강조영역을 달리하여 구한 출력 파형이다. 그림에서 점선은 로렌치안 함수형태의 고립재생펄스를 나타내고 실선은 등화매개변수를 각각 7, 8, 9 MHz로 할 때의 출력파형이다. 그림 5에서 강조영역이 너무 커지면 고주파영역을 강조할 뿐 아니라 원 신호에도 영향을 미치므로 과도등화 현상이 나타남을 볼 수 있다. 따라서 등화매개변수 f_b 는 8 MHz가 적합한 값을 알 수 있다.

3 재생펄스의 검출

디지털 자기기록 장치에서 재생헤드로부터 유기된 파형은 플럭스의 전이에 의한 기록신호분포의 미분된 형태로 나타나므로 재생된 파형으로부터 전이의 검출은 제로크로싱 (zero-crossing) 검출법에 의해 이루어진다.^[9,10] 재생된 펄스는 재생과정에서 위상왜곡에 의한 펄스의 비대칭 현상이 없다면 시간에 대한 우함수로 표현할 수 있으며, 재생 신호는 플럭스의 전이에 의해 신호의 유,무가 결정되므로 기록신호의 전이 위치에서 피크를 이루며 좌우대칭이 된다. 따라서 재생된 펄스를 기함수로 변화함으로써 제로크로싱 검출에 의해 원래의 기록파형을 재생할 수 있고, 재생펄스를 기함수로 변환하는 것은 펄스를 미분하거나 적분함으로써 가능하다.

미분검출법은 기록신호의 전이위치가 재생펄스에서 피크로 표시되는 점을 이용한 것으로, 재생펄스를 미분함으로써 피크치에서 제로크로싱 위치를 찾아 펄스를 검출하는 방식이다. 미분검출법은 미분에 의해 채널의 저주파성분을 감소시키고 잡음에 의해 쉽게 영향을 받는다. 또한, 기록밀도가 증가함에 따라 인접펄스간의 간섭 등에 의해 피크이동이 심해지며, 피크 이동은 미분검출에서 제로크로싱 위치를 이동시킴으로 검출오류를 유발할 수 있어 고밀도기록에는 비교적 불리한 단점을 갖고 있다. 적분검출법은 헤드로부터 재생된 펄스를 적분하여 자기기록 채널의 직류성분을 보상함으로써 기록파형을 복구하는 방법으로, 재생된 펄스를 적분하면 기함수 형태로 분포되어 기록파형과 유사한 형태를 이루어 제로크로싱 방법에 의해 원래의 파형을 복구할 수 있다. 적분검출법은 직류성분의 축적에 따른 레벨이동현상이 나타나지만 하드웨어 구현이 간단하다. 따라서 적절한 변조부호가 주어진다면 레벨이동현상을 최소화 할 수 있으므로 본 논문에서는 펄스검출과정으로 적분검출법을 구현하였다. 적분검출과정은 적분기와 리미터로 구현되어 재생파형을 제로크로싱에 의해 이진펄스로 검출하

는 방식을 적용하였다. 적분검출기에서 적분기는 재생파형에서 직류성분의 부재를 보상해준다. 적분기에 따른 리미터는 적분된 파형을 기준레벨을 중심으로 이진 레벨화함으로써 디지털 파형으로 변환하는 역할을 한다.

4 클럭 및 데이터 복구

디지털 자기기록 장치는 원래의 기록된 데이터를 복구하기 위하여 재생과정으로부터 기준클럭을 복구해야 한다. 또한, 기준클럭은 카스탄 (capstan), 드럼(drum) 등의 재생구동장치의 재생속도를 제어하기 위해 필요하다. 따라서 본 논문에서는 EXAR 사의 XR215 를 이용하여 PLL(Phase-Locked Loop) 을 구현하였다. 펄스검출기의 출력은 NRZ(NonReturn-to-Zero) 형태이므로 기준주파수 성분을 포함한 RZ(Return-to-Zero) 형태의 데이터로 변환한 후 PLL 의 입력신호로 사용되어 원하는 클럭을 복구하였다.

또한, 펄스검출기를 통해 재생된 파형을 시스템에서 정보신호로 사용하기 위해서는 펄스의 폭과 발생 위치를 규정화하는 과정을 거쳐야 한다. 이 과정은 클럭발생기로부터 복구된 클럭에 데이터를 동기시키는 과정으로 수행된다. 그림 6 은 데이터 복구과정의 블럭도를 보이고 있다. 재생데이터는 3 개의 샘플링 클럭을 사용하여 샘플링한 후 3개의 출력데이터중 가능성이 높은 쪽을 원래의 기록데이터로 판단하여 기준클럭에 데이터를 동기시키는 과정으로 진행된다. 먼저 재생데이터는 3 개의 풀플롭에 의해 각 샘플링 순간에 포착된다. 포착된 3 개의 샘플링 데이터는 동일 위치에서 판단하기 위해 적절히 지연된 후 3 개의 데이터중 적당한 데이터값을 택하기 위한 판단과정을 거친다. 판단과정은 3 개의 샘플링 데이터에서 '0' 과 '1' 중에서 많은 쪽을 옳은 데이터로 판단한다. 이 데이터는 원래의 기준클럭에 의해 다시 샘플링되어 데이터 복구과정을 마치게 된다.

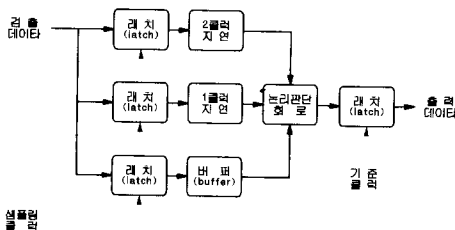


그림 6. 데이터 복구 블럭도

Fig. 6. Block diagram of data recovery process.

IV. 실험결과 및 성능분석

본 논문은 디지털 자기기록 장치인 DAT(Digital Audio Tape Recorder) 에 임의의 데이터를 테이프에 기록한 후 재생과정을 통하여 기준클럭과 기록데이터를 복구하였다. 본 실험에서 사용한 디지털 자기기록 장치는 현재 디지털 신호의 자기기록 장치로 상용화된 (주)금성사의 DAT (Model : FG-800) 를 사용하였다.^[11] 또한, Hewlett Packard 사의 8116A Pulse/Function Generator를 사용하여 기록펄스를 발생하고, 실험의 출력파형들은 Hewlett Packard 사의 54502A Digitizing Oscilloscope 를 사용하여 측정하였다.

그림 7 은 재생헤드로부터 유기된 파형과 펄스슬리밍 등화기의 출력파형이다. 재생파형은 등화기를 통과함으로써 인접펄스간의 간섭이 감소되어 펄스폭이 좁아지고 진폭이 일정해짐을 관찰할 수 있다. 그림 8 (a) 의 아래그림은 펄스검출과정의 결과로써 등화된 펄스가 적분기와 리미터를 거친후 기록신호와 유사한 형태로 변환됨을 볼 수 있다. 그림 8 (a) 의 아래그림은 등화기없이 리미터를 거친 후 검출된 파형으로 기록 신호의 형태를 갖고 있지만 각 비트의 폭이 일정치 않음을 볼 수 있다. 그러나, 그림 8 (b) 의 아래그림에서 보듯이 등화기를 거친후의 파형이 등화기를 거치지 않은 파형보다 비트폭이 일정함을 비교할 수 있다. 등화기를 거친 후에 출력파형의 비트폭이 일정해짐으로써 펄스 검출과정 및 데이터 복구과정에서 에러발생을 줄일 수 있으므로 BER 이 감소된다. 본 논문에서 구현한 등화기는 적응형 등화기보다 구현이 간단하고 상용화에 있어 비용이 감소하는 장점이 있다.^[12,13] 그림 9 는 헤드에서 재생된 펄스가 심하게 왜곡되고 잡음에 의하여 신호조건이 열악한 경

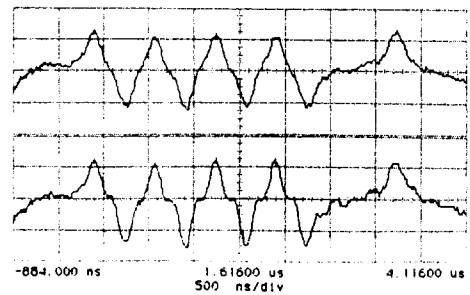
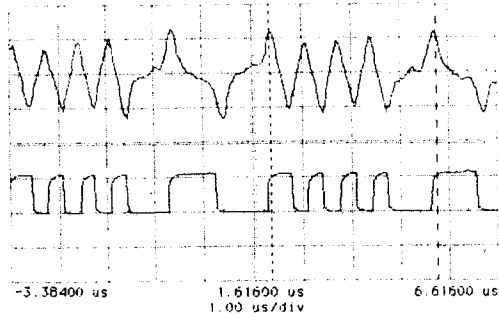


그림 7. 펄스슬리밍 등화기의 결과

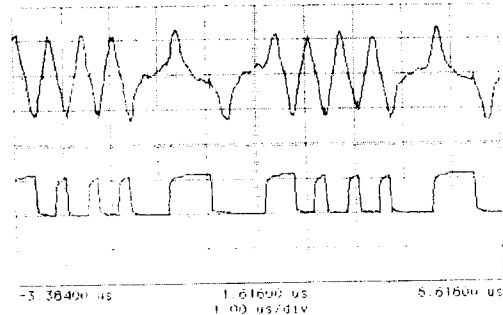
(a) 입력 펄스 (b) 출력 펄스

Fig. 7. Result of pulse slimming equalizer.

(a) input pulse. (b) output pulse.



(a)



(b)

그림 8. 펄스검출기 출력파형에 의한 등화효과 비교
 (a) 등화를 거치지 않은 펄스검출기 입력 (상단) 및 출력(하단)파형
 (b) 등화를 거친 후의 펄스검출기 입력 (상단) 및 출력(하단)파형

Fig. 8. Comparisons of equalization effects in output waveform of pulse detector.
 (a) Input(upper) and output(lower) playback pulses without equalization.
 (b) Input(upper) and output(lower) playback pulses with equalization.

우의 데이터복구 예이다. 그림 9 에서 위 파형은 펄스검출기의 출력파형으로 펄스주기내에 잡음에 의한 글리치 (glitch) 가 발생하여 신호비트에 오류가 있으며, 또한 각각의 펄스폭이 서로 달라 신호상태가 열악함을 보여주고 있다. 그러나, 3 개의 샘플링클럭을 이용하여 샘플링함으로써 그림 9 의 아래파형처럼 오류를 방지할 수 있고, 처리전의 신호상태보다 개선되었음을 볼 수 있다.

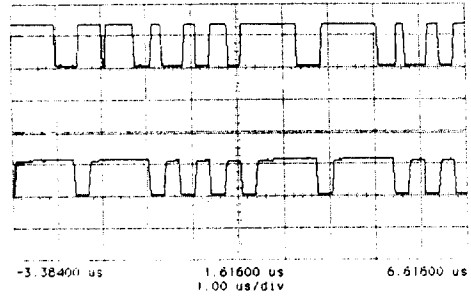


그림 9. 데이터 복구회로의 결과
 (a) 입력 펄스 (b) 출력 펄스

Fig. 9. Data recovery result.
 (a) input pulse. (b) output pulse.

V. 결론

본 논문은 자기기록장치를 이용한 디지털 신호의 재생과정에서 신호처리과정을 하드웨어로 구현한 후 DAT 에 적용하여 성능을 평가하였다.

등화과정은 펄스슬리밍 방식의 코사인 등화기를 이와 등가적 특성을 갖도록 수동소자로 구현하였다. 구현한 등화기는 인접펄스간의 간섭을 제거하여 데이터 복구과정에서의 검출에러를 최소화할 수 있었다. 또한, 데이터 복구과정에서는 하나의 샘플링 클럭을 사용한 시스템보다 3 개의 샘플링 클럭을 사용함으로써 시스템의 순간적인 오동작에 의해 열화된 재생파형에서도 기록데이터를 정확히 복구할 수 있었다. 본 논문에서 구현한 디지털 자기기록에서의 재생신호 처리부는 신호처리 대역의 조정에 의하여 대두되는 HDTV 등의 고밀도 디지털 자기기록 시스템의 재생 신호처리 장치에 직접적으로 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

參考文獻

[1] Finn Jorgensen. The Complete Handbook of Magnetic Recording . TAB BOOKS Inc. 1988.
 [2] C.D.Mee and E.D.Daniel. Magnetic Recording Handbook . MacGraw-Hill. 1990.
 [3] N.D.Mackintosh, et al.. "A Superposition-Based Analysis of Pulse-Slimming Techniques for Digital Recording."

- Video & Data Recording*. pp.121-145. 1979.
- [4] T.Kameyama, et al., "Improvement of Recording Density by means of Cosine Equalizer." *IEEE Trans. on Magnetics*. vol.MAG-12. no.6, Nov. 1976.
- [5] Aikawa T., et al., "An Experimental Study of Signal Equalization for Thin Film Heads." *IEEE Trans. on Magnetics*. vol.MAG-22, pp.1209-1211. 1986.
- [6] W.D.Wood, "Equalization of the D.C. Null in High Density." *IEEE Trans. on Magnetics*. vol.MAG-17, no.6, pp.3352-3354, Nov. 1981.
- [7] Robert Kost, et al., "Arbitrary Equalization with Simple LC Structures." *IEEE Trans. on Magnetics*, vol. MAG-17, no.6, pp.3346-3348, Nov. 1981.
- [8] E.M.Deely, et al., "Integrating and Differentiating Channels in Digital Tape Recording." *Journal of the IERE*. vol.56, no.4, pp.169-173, Apr. 1986.
- [9] J.J.Moon and L.R.Carley, "Performance Comparison of Detection Methods in Magnetic Recording." *IEEE Trans. on Magnetics*, vol.MAG-26, no. 6, pp.3155- 3172, Nov. 1990.
- [10] Susumu Takahashi, et al., "Data Detection from Deteriorated Eye Patterns." *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol.CE-31, no.3, pp.378-385, Aug. 1985.
- [11] T.Arai, et al., "Digital Signal Processing Technology for R-DAT." *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol.CE-32, no.3, pp.416-424, Aug. 1986.
- [12] Shahid U.H.Qureshi, "Adaptive Equalization," *Proc. of IEEE*, pp.1349-1387, Sept. 1985.
- [13] K. Wesolwsk, "An Efficient DFE and ML Suboptimum Receiver for Data Transmission over Dispersive Channels Using Two Dimensional Signal Constellations." *IEEE Trans. Comm.*, vol. COM-35, pp. 336-339, 1987.
- [14] Takashi Aikawa, et al., "Signal Processing for High Density Magnetic Recording." *Fujitsu Sci. Tech. J.*, pp. 391-403, Feb., 1991.
- [15] R. W. Wood, "Magnetic Recording Systems." *Proc. of IEEE*, vol. 74, no. 11, Nov. 1986.
- [16] 이상록, 박시우, 이선기, 박진우, "디지털 자기기록장치에서 재생신호처리에 관한 연구," 한국통신학회 추계학술대회 논문집, pp. 288-291, 1992.

著者紹介



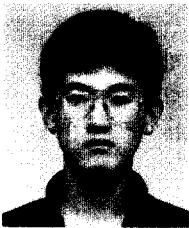
李相緣(正會員)

1991年 2月 고려대학교 전자공학과 학사. 1993년 2월 고려대학교 전자공학과 석사. 1993년 3월 ~ 현재 고려대학교 전자공학과 박사과정.



朴時佑(準會員)

1989年 2월 고려대학교 전자공학과 학사. 1991년 8월 고려대학교 전자공학과 석사. 1992년 3월 ~ 현재 고려대학교 전자공학과 박사과정.



李先基(準會員)

1992년 2월 고려대학교 전자공학과 학사. 1992년 3월 ~ 현재 고려대학교 전자공학과 석사과정.

朴鎭雨(正會員)

1979년 2월 고려대학교 전자공학과 학사. 1983년 8월 클렘슨대학교 전기 및 전자공학과 석사. 1987년 11월 버지니아 주립공과대학교 전기공학과 박사. 1980년 한국통신기술연구소 연구원. 1988년 3월 ~ 1989년 2월 명지대학교 전자공학과. 1989년 3월 ~ 현재 고려대학교 전자공학과 조교수.