

**가정용
DVCR의
최신 기술 및
표준화 동향**
— 신호처리를 중심으로 —

朴 求 萬

三星電子 信號處理研究所

I. 서 론

디지털 VTR은 방송용 분야에서는 이미 도입되어 사용중에 있다. 가정용의 경우는 고밀도 자기기록기술, 헵트랙 기록 및 재생기술, 고밀도 기록 매체, 고성능 헤드, 신호의 대역압축기술, 소형화 기술 등의 꾸준한 발전에 의해 유럽 및 일본 선진업체를 중심으로 올해 세계 표준 규격이 완성되었고 또한 선진국에서는 상품화를 눈앞에 두고 있다. 민생용 DVCR(digital video cassette recorder)의 표준화에 의해 현행 TV신호인 SD(standard definition) 기저신호와 HD(high definition) 기저신호의 2가지 신호방식을 기록할 수 있게 되었다. 현재는 이상과 같이 완성된 DVCR에 미국 ATV(advanced TV) 수신신호와 유럽의 새로운 디지털 방송인 DVB(digital video broadcasting) 수신신호를 기록하기 위한 표준화가 진행 중이다. ATV와 DVB 신호를 기록하기 위해서는 SD-DVCR(SD신호 기록)의 정보원 신호처리부인 데이터 압축부를 제외한 나머지 기능을 그대로 사용한다. 표준화가 완료되면 가정에서 현행 TV방식 뿐만 아니라 HDTV 수신신호를 녹화, 재생할 수 있으며, 야외에서 HD신호 수준의 촬영도 가능해진다.

기존의 아날로그 방식에 대한 디지털 방식의 장점으로서 화질과 음질의 우수성, 장시간 기록, 소형 경량화, 업무용 수준의 다기능, 대용량 기록성, 멀티미디어 단말기의 기능 등을 예로 들 수 있다. 무엇보다도 복사나 재생을 반복에도 품질이 그대로 유지되는 것이 큰 장점이다. 또한 테이프 폭이 좁아지면서 구입 후의 운용비용(running cost)도 저렴해진다.

본 기고에서는 우선 민생용 DVCR의 표준화 동향을 소개하고, DVCR 표준규격의 기술내용, 여러 가지 기록가능한 신호방식에 대하여 설명하였으며, 국내 기술 수준에 비춘 우리의 과제 등에 대하여 언급하였다.

II. 민생용 DVCR의 표준화 동향

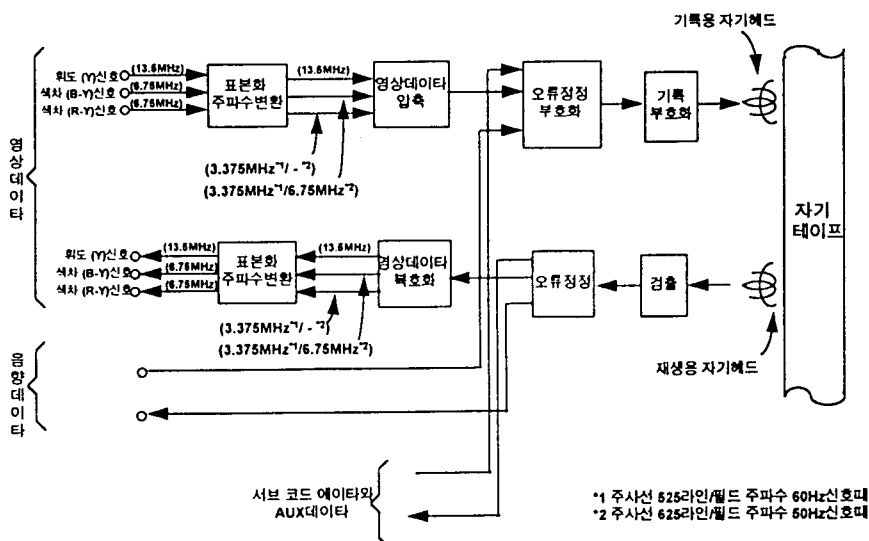
그 동안 우리나라를 비롯하여 여러나라에서 각기 독자적인 방식으로 연구 개발되어오던 DVCR에 대하여 유럽 및 일본의 주요 VCR 회사들이 발기인이 되어 1993년 9월에 DVCR 표준화를 위한 국제협의회로서 “HD-Digital VCR Conference”를 발족시켰다. 규격결정을 위해서 수개의 WG(working group)이 구성되었다. 주요 WG으로는 SD compatibility WG, HD baseband WG, ATV WG과 DVB WG이 있다. Sony, Matsushita, Philips, Thomson의 4개사가 협의회 이전에 SD-DVCR의 규격을 확정시켰다. 따라서 SD WG의 목적은 협의회에 참가하는 모든 회사가 미리 정해진 SD-VCR의 기록재생 규격의 입증 및 규격내에서 각 부분별 호환성 측정의 활동을 통해 규격을 승인하는 것이었다. HD baseband WG에서는 HD-DVCR을 위한 HD 기저신호의 압축부호화에 관한 표준을 정하였다. 데이터 압축부를 제외한 나머지 부분은 SD-VCR의 사양을 거의 그대로 이용하면 된다. SD기저신호와 HD기저신호의 디지털 영상압축 부호화 방식은 서로 유사하다. SD-DVCR과 HD-DVCR은 규격화가 완료되어 현재

IEC(International Electronics Commission)에 규격 승인을 위해 제출중에 있다. ATV WG과 DVB WG은 비슷한 목적을 가지고 있다. 이미 MPEG-2(Moving Picture Experts Group)에 의해 압축부호화된 TV수신신호를 SD-DVC(DVC는 카세트 테이프를 의미한다)에 기록하는 규격을 정하는 것이다. 이때 고속탐색(trick play)이 가능한 기록 포맷(format)이어야 한다. 여기서 ATV는 미국 GA(grand alliance) HDTV이고, DVB는 현행TV 품질과 HDTV 품질을 제공한다.

III. SD-DVCR의 표준 규격

1. SD-DVCR의 개요

SD 기저신호를 압축부호화하여 기록 및 재생후 복원하는 시스템인 SD-VCR이 시스템 전체를 이해하는 기준이 되고 이 시스템에서 일부 사양이 추가, 변경되어 HD신호와 같은 여러 가지 다른 신호방식을 기록할 수 있다. 따라서 본 장에서는 SD 사양을 중심으로 설명하기로 한다^{[1],[2]}. VCR의 신호처리 전체 시스템을 그림 1에 나타내었다. 입력 신호는 A/D변환후 디지털 처리부에 입력된다.



(그림 1) 가정용 DVCR의 신호처리 계통도

음향은 PCM데이터를 압축없이 기록한다. 4:2:2의 영상은 유효화소를 기준으로 할 때 데이터율이 약 167Mbps정도이다. 영상데이터압축에는 DCT와 VLC를 이용하여 화면내(intraframe) 부호화를 한다. 신호원 부호화 후의 영상데이터는 24.948Mbps로 된다. 압축한 영상데이터, 음향데이터와 서브코드(subcode)에는 각각 오류정정부호를 부가한다. 그 다음에 기록부호화하여 자기테이프에 기록한다. 오류정정부호와 기록부호화에 의한 부가데이터에 의해 기록데이터율은 41.85Mbps가 된다. 재생시에는 검출된 데이터에 기록과 재생과정에서 오류가 발생하면 오류정정을 하여 신호의 복호화를 거쳐 영상과 음향신호를 복원한다. SD-VCR의 사양은 표 1과 같다.

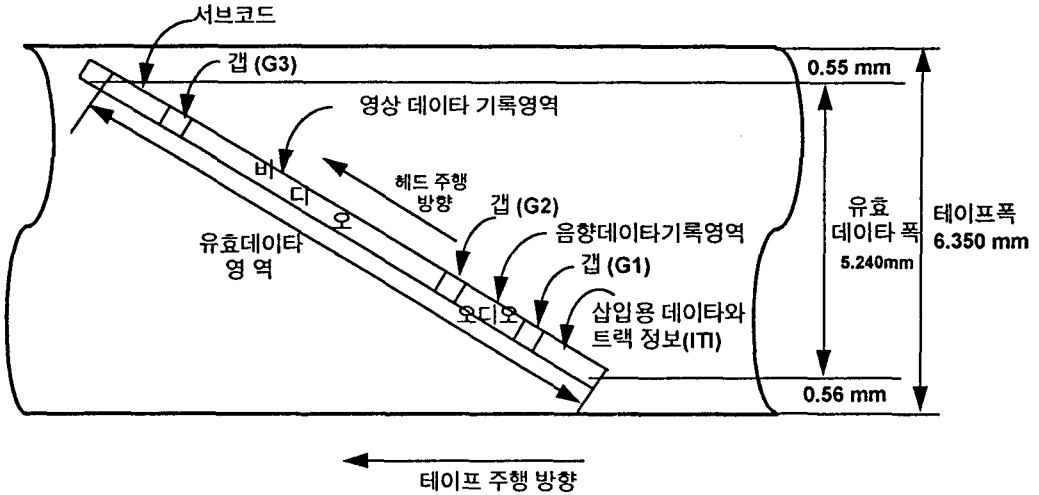
(표 1) SD-VCR의 기본사양

기록방식	회전 azimuth기록
영상표본화주파수 영상입력형식 데이터압축기술 압축후 데이터율	Y=13.5 MHz 4:1:1(525/60), 4:2:0(625/50) DCT, VLC, 화면내 부호화 24.948Mbps
음향신호기록 방식	PCM 디지털 기록 표본화주파수/비트수/채널 48KHz,44.1KHz,32KHz/16비트/2채널 32KHz/12비트/4채널
사용테이프 테이프 폭	ME(metal evaporated) 6.35mm(1/4인치)
카세트크기	표준 125×78×14.6mm(W×H×D) 소형 66×48×12.2mm(W×H×D)
기록시간	표준 4시간 30분 소형 1시간
오류정정부호	Reed-Solomon product code
기록부호	scrambled I-NRZI 및 24-25 변환부호
기록데이터율 검출방식	약 42Mbps Partial Response class 4
드럼회전수 트랙폭(pitch) 기록단과장	150 rps 10 μ m 0.487 μ m

그림 2는 테이프상의 한 트랙내에서 데이터 기록형식을 나타낸다. 헤드는 트랙의 하단에서 상단으로 경사(helical) 주행을 한다. 테이프가 18.131mm/sec로 주행중일 때 트랙의 경사각은 9.1668°이다. 국내의 현행TV와 같은 525/60Hz의 영상 1 화면은 10개 트랙에 기록되고, 유럽의 현행TV와 같은 625/50Hz의 영상 1 화면은 12개 트랙에 기록된다. 테이프의 상하에 각각 0.56mm, 0.55mm씩 공간을 남겨 두었는데 이는 추후에 기록 트랙을 추가할 가능성 때문이다. 5.24mm인 중앙의 기록영역에 4종류의 데이터를 기록한다. 자기헤드의 진행순서에 따라 ITI(insert and track information), 음향데이터, 영상데이터, 서브코드가 순서대로 각각의 영역에 기록된다. ITI영역은 편집데이터를 삽입하거나 트랙구조를 파악할 때 기준신호를 얻는 영역이다. 영상데이터와 음향데이터를 기록하는 영역에는 각각 보조정보를 위한 AUX데이터 영역이 있다. 4개의 데이터 기록영역 사이에는 빈공간(gap)을 설정하여 중복기록시 다른 영역의 데이터를 침범하지 않도록 하였다. 트랙에는 트랙킹(tracking)을 위한 과일릿 신호도 포함되어 있다. 과일릿신호의 생성은 뒤에 설명하기로 한다.

ITI의 신호는 트랙정보, 편집을 위한 데이터의 위치 정보 등을 제공한다. 이 신호를 검출하여 일정한 시간간격을 계산하여 영상, 음향 및 서브코드의 위치를 검출한다. 음향과 영상의 AUX와 서브코드에는 기록 일시와 시간 등 보조데이터를 기록하고 있다. 서브코드와 AUX는 테이프에 기록한 영상과 음향에 동기되어 읽어진다. 자막과 화면의 해설 등을 기록할 수 있다. 서브코드의 일부를 이용하여 200배속의 고속 탐색도 가능하다. 한편, 카세트에는 반도체 기억소자가 내장되어 있는데 여기에 기록된 데이터는 영상에 관계없이 카세트를 VCR에 삽입하면 바로 읽어낼 수 있다. VCR 본체와는 별도로 기억소자의 내용을 읽어내는 장치를 준비하면 카세트로부터 직접, 제목과 기록시간을 읽어낼 수 있다.

기록 트랙에는 인접한 기록트랙과의 상호교란을 방지하기 위해서 아지무스(azimuth)기록을 한다.



〈그림 2〉 한 트랙내에서 데이터의 배치

아지름각은 $\pm 20^\circ$ 이다. 기록 트랙의 사양이 유지되지만 하면 VCR의 기구계에 대한 사양은 규정하지 않는다. 예로서, 직경 21.7mm인 실린더를 사용하여 2개의 기록채널에 기록하면 실린더에 감긴 테이프의 각이 174° , 실린더 회전수는 9000rpm이 된다. 이때 기록속도는 41.85Mbps가 된다.

카세트 하단에는 4개의 전극이 있다. 각각은 접지, 전원, 클럭, 직렬 데이터 단자이다. 카세트 내의 반도체 기억소자는 카세트의 종류와 테이프의 두께를 판별하기 위한 정보뿐 아니라 기록내용과 제목 등도 기억한다. 카세트의 크기는 표준과 소형의 두 가지가 있다. 소형은 기구계 등을 소형으로 만들 수 있어서 휴대용인 캠코더에 적합하다고 할 수 있다.

2. 신호원 부호화

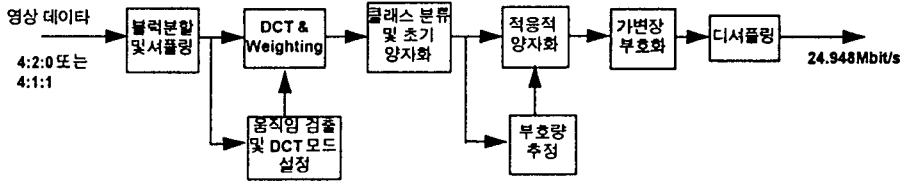
1) 영상압축 부호화의 특징

SD-DVC의 기록용량에 비해 입력된 4:1:1 또는 4:2:0의 영상신호는 약 5배 정도가 된다. 따라서 신호의 압축 및 복원 기술이 필요하다. VCR에 사용하는 영상 압축기술은 기록매체인 테이프의 성질을 반영해야 한다. 편집기능, 고속 탐색기능, 최소한의 오류전파(error propagation)가 보장되어야 한다. 테이프가 순차적접근(sequential

access) 매체이기 때문에 한 화면내에서도 소규모 영상단위로 독립된 부호화를 해야만 상기 기능들을 만족시킬 수 있다. 현재의 표준안에서는 세그먼트가 하나의 독립된 압축 부호화 단위이다. 한 세그먼트는 5개의 매크로블럭(macro block)으로 구성된다. 복호화 과정에서는 최소한 하나의 매크로블럭이 독자적으로 복호화될 수 있다. 이로써 오류전파를 줄일 수 있고 고속재생시에 가능한 많은 부분을 복원할 수 있다. 부호화 효율이 높은 MPEG이나 JPEG(Joint Photographic Experts Group) 방식이 제공할 수 없는 기능이다. DVCR에서 사용하는 압축기술은 압축률은 낮지만 대신 다양한 부가기능 및 테이프의 성질을 만족할 수 있는 것이다. 또한 복원한 영상의 품질이 기존의 SVHS나 Hi-8mm보다 좋다.

2) 세그먼트 구성

그림 3에 나타난 바와 같이 영상 압축 부호화 과정에서 DCT(discrete cosine transform)와 VLC(variable length code)를 사용한다. 영상의 입출력신호는 CCIR-601의 4:2:2신호이다. Y(휘도)성분은 13.5MHz, 색차신호 R-Y와 B-Y는 6.75MHz로 표본화된다. 색차신호는 525/60Hz 신호에서는 수평방향으로 2:1 부표본화(subsampling)하여 4:1:1로 만들고, 625/50Hz 신호

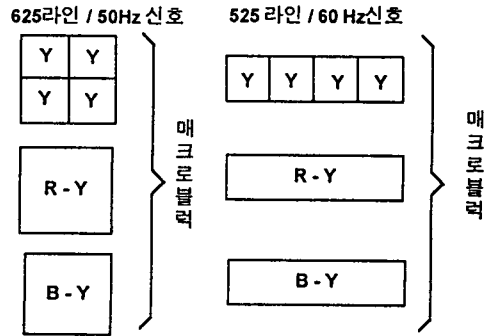


〈그림 3〉 영상신호의 압축부호화 블럭도

는 2개의 색차신호를 수직방향으로 선순차에 의해 주사선을 1/2로 줄여 4 : 2 : 0 신호로 만든다.

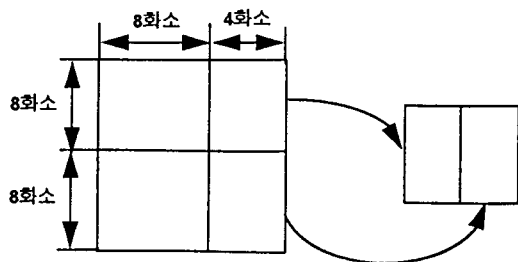
525/60Hz(625/50Hz) 신호에서 Y신호의 크기는 가로 720(720) 화소, 세로 480(576) 선이다. 두 개의 색차신호의 크기는 가로 180(360) 화소, 세로 480(288)선이다. 한 개의 블럭은 8×8화소로 구성된다. 따라서 Y 신호는 가로 90(90)개, 세로 60(72)개의 블럭으로 구성된다. 두 개의 색차신호는 가로 22.5(45)개, 세로 60(36)개의 블럭으로 구성된다. 525/60Hz의 색차신호는 오른쪽끝에서 4×8 크기의 불완전한 블럭이 발생하므로 그림 4(a)처럼 위아래 2개를 사용하여 한 개의 8×8블럭을 구성한다. 매크로블럭은 그림 4(b)에서 보는 바와 같이 화면내의 동일한 위치를 나타내는 4개의 Y블럭과 1개씩의 R-Y, B-Y블럭으로 구성된다. 매크로 블럭은 서플링과 양자화 단계값 결정의 기본단위가 된다.

그림 5와 같이 한 화면을 세로 방향으로 균등하게 5개로 나누어, 각각의 수직영역으로부터 매크로블럭을 1개씩 취하여 구성한 것을 세그먼트라고 정의한다. 가져오는 순서는 C, B, D, A, E이다(앞

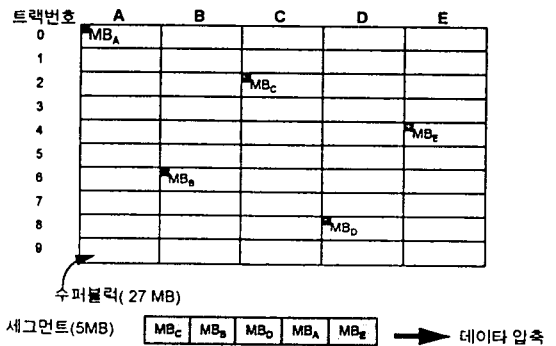


(b) 매크로블럭의 구성

〈그림 4〉 블럭 분할 방법



(a) 블럭의 구성



〈그림 5〉 세그먼트의 구성(매크로블럭 서플링)

에 있는 매크로블럭일수록 비트량이 조금더 할애될 수 있다). 소영역에 포함된 매크로 블럭의 수만큼 세그먼트가 발생한다. 한 개의 세그먼트가 여러 위치에 분포된 화면 조각들로 구성되기 때문에 세그먼트들마다 정보량이 비슷해질 확률이 높다. 정

보량이 일정할수록 효율적인 부호량 고정이 가능하다. 이와 같이 화면 전체에 대하여 매크로 블럭 단위의 뒤섞는 것을 셔플링이라고 한다. 압축 부호화는 세그먼트 단위로 완전히 독립되어 수행되며 모든 세그먼트마다 동일한 크기의 부호량을 생성한다.

그림 5에서는 525/60Hz 신호에서 셔플링방법을 나타내었다. 수직영역이 A에서 E까지 5개가 있다. 각 영역은 다시 10개로 나누었는데 각각을 수퍼블럭이라고 한다. 하나의 수퍼블럭에는 27개의 매크로블럭이 포함된다. 다음 세그먼트는 순서대로 각 영역에서 그 다음번 매크로블럭들을 가져와 만들어진다. 세그먼트를 구성할 때는 셔플링되지만 기록직전에 부호화된 매크로블럭은 원위치로 되돌아간다. 이를 디셔플링(deshuffling)이라고 한다. 디셔플링하는 이유는 고속재생 때에 읽혀진 데이터가 가능한한 연속적으로 화면을 구성하여 시각적으로 좀더 좋게 하기 위해서이다. 고속재생시의 화면은 여러 화면 성분이 모여 한 화면을 구성하는 모자이크형태^[3]를 나타낸다. 그래도 한 개의 화면 구성요소는 크기가 작고 독립적으로 복호화가 가능한 매크로블럭이므로 눈에 거슬리는 것을 최대한 줄였다.

그림 5에서 가로방향의 5개 수퍼블럭이 한개의 트랙에 기록된다. 세로 방향으로 10개의 수퍼블럭이 존재하므로 결과적으로 한 화면은 10개의 트랙에 기록된다. 한 트랙내의 영상기록용 135개 싱크블럭(sync block)은 5개의 수퍼블럭으로부터 가져온 135개 매크로블럭과 1:1로 대응된다.

3) DCT

블럭의 움직임 정보에 따라 DCT 블럭의 크기를 달리한다. 움직임이 별로 없는 경우는 8×8DCT를 취한다. 반면 움직임이 크다고 판단되면 블럭내 수직방향의 이웃하는 두 화소까지 합과 차를 계산하여 2개의 4×8DCT를 취한다. 8×8DCT식은 일반적이므로 여기서는 2×4×8DCT 및 IDCT식을 소개한다.

$$(2 \times 4 \times 8) \text{ DCT식:}$$

$$F(h,u) = C(u)C(h) \sum_{z=0}^3 \sum_{x=0}^7 [f(x, 2z) + f(x, 2z+1)] \cos \frac{\pi u(2z+1)}{8} \cos \frac{\pi h(2x+1)}{16}$$

$$F(h,u+4) = C(u)C(h) \sum_{z=0}^3 \sum_{x=0}^7 [f(x, 2z) - f(x, 2z+1)] \cos \frac{\pi u(2z+1)}{8} \cos \frac{\pi h(2x+1)}{16}$$

(2×4×8) IDCT식:

$$f(x, 2z) = \sum_{u=0}^3 \sum_{h=0}^7 C(u)C(h) [F(h, u) + f(h, u+4)] \cos \frac{\pi u(2z+1)}{8} \cos \frac{\pi h(2x+1)}{16}$$

$$f(x, 2z+1) = \sum_{u=0}^3 \sum_{h=0}^7 C(u)C(h) [F(h, u) - F(h, u+4)] \cos \frac{\pi u(2z+1)}{8} \cos \frac{\pi h(2x+1)}{16}$$

$$C(m) = \begin{cases} \frac{1}{2\sqrt{2}} & (m=0) \\ \frac{1}{2} & (m \neq 0) \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \text{단, } z &= \text{int}(y/2), \\ z &= 0, 1, 2, 3 \\ u &= 0, 1, 2, 3 \end{aligned}$$

여기서 f(x,y)는 공간영역에서의 화소이고 F(h,v)는 DCT계수이다. x와 y는 각각 화소의 수평, 수직 위치를 나타낸다. h와v는 각각 DCT계수의 수평, 수직 위치를 나타낸다.

4) 양자화

DCT블럭마다 가중치행렬(weight matrix)을 곱하여 계수마다 차등적으로 범위값을 줄여준다. 가중치 행렬은 고주파 위치일수록 작은 값을 가진다. 각 블럭은 4개의 클래스 중의 하나로 분류한다. 각 클래스는 블럭내에서 AC계수의 최대값을 가지고 구분된다. 블럭내의 AC성분은 영역0부터 영역 3까지의 4개로 나누어지며 동일 영역의 계수들은 동일 양자화폭에 의해 양자화된다. 양자화 폭을 결정하는 요소는 클래스와 블럭내의 영역이다. 각 양자화폭은 1, 1/2, 1/4, ...와 같이 2의 누승의 값중의 하나이다. 이러한 값들은 처리회로를 간단히 할

것이다.

5) VLC(variable length coding) 및 부호 배치 양자화된 DCT 계수는 낮은 주파수부터 높은 주파수의 순으로 1차원 재배열된다. DC계수는 9비트로 고정한다. AC계수는 "0"이 연속하는 연속영(run)과 뒤따르는 AC계수의 크기에 따라 2차원 허프만(Huffman) 부호로 부호화한다(JPEG과 유사하다). 한 세그먼트에는 30개의 DCT 블럭이 있으며 30개의 기록공간이 구분되어 준비된다. 모든 공간은 우선 자신의 블럭으로부터 발생하는 허프만 부호를 최우선으로 담는다. 남으면(모자라면) 동일 매크로블럭내의 다른 블럭의 기록공간에(으로부터) 준다(받아온다). 매크로블럭내에서 기록공간의 주고받기가 끝나면 이번에는 5개의 매크로블럭간에 남겨나 모자라는 상태에 따라 주거나 받아오기를 한다. 최종적으로 한 세그먼트에 기록할 총공간이 30개 블럭의 부호를 담고 남아도 다른 세그먼트로 넘겨주지 못한다. 역으로 총공간이 모자라면 담지 못한 부호들은 버린다. 세그먼트는 이와 같이 독립적으로 부호화된다.

3. 음향신호형식

음향데이터는 압축을 하지 않고 2 채널 또는 4 채널로 기록한다. 표 2에는 표본화 주파수에 따른 채널수와 비트수를 나타내었다. 1화면 주기의 음향데이터는 525/60Hz의 신호인 경우 10개의 기록 트랙으로 분할되어 기록된다. 2 채널을 기록하는 경우 최초의 5개에 1ch, 후반의 5개에 나머지의 1ch을 기록한다. 4 ch 기록하는 경우는 전반에 1 ch과 2ch의 데이터, 후반에 3ch과 4ch의 데이터를 기록한다.

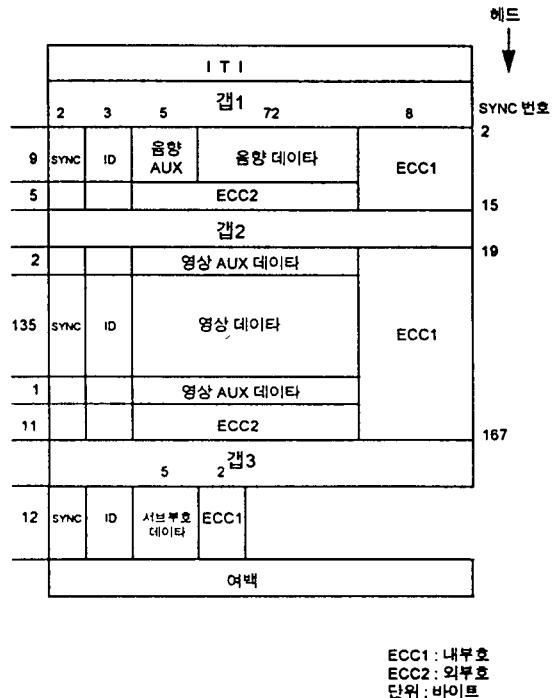
(표 2) 기록되는 음향신호의 종류

표본화 주파수	채널수	비트수
48KHz	2	16
44.1KHz		
32KHz		
32KHz	4	12

4. 오류정정부호화

다서플링한 영상데이터, PCM음향데이터, 서브코드에 오류정정부호를 추가한다. 그림 6에 한 트랙의 데이터 기록구조를 나타내었다. 예를 들어 영상은 149개의 싱크블럭(sync block)으로 구성되어 있음을 알 수 있다. 135개는 데이터, 3개는 AUX, 나머지 11개는 외부호를 의미하는 싱크블럭들이다. 또한 영상데이터의 경우 하나의 싱크블럭은 90 바이트로 구성되는데 2바이트는 싱크부호로서 16진수로 'FFFF' 값이 들어 있고 3바이트 ID는 싱크블럭의 식별부호이다. 72바이트가 압축부호화된 데이터이고 나머지 8바이트는 내부호이다.

영상 데이터와 음향데이터에는 각각 GF(2⁸)의 RS 적부호를 추가한다. 영상데이터의 내부호는 (85,77), 외부호는 (149,138)이다. 음향데이터의 내부호는 (85,77), 외부호는 (14,9)이다. 내부호는 주로 산발오류(random error)에 효과가 있고 외부호는 연속집단오류(burst error)에 효과가 있다. 서브코드는 GF(2⁴)의 (14,10) RS 부호를 부



(그림 6) 한 트랙의 기록구조

가하였다. 서브코드는 동일한 데이터를 복수의 연속한 기록 트랙에 반복해서 기록하여 사용할 수도 있다. 고속재생중에도 서브코드의 검출이 가능하게 하기 위해서이다. 기록한 프로그램의 탐색 기능 등에 사용된다. 여러 트랙에 반복 기록되면 연속집단오류가 발생해도 손실없이 서브코드내용을 검출할 수 있다.



EB : 파일럿 신호와 notch를 발생시키기 위한 부가 비트

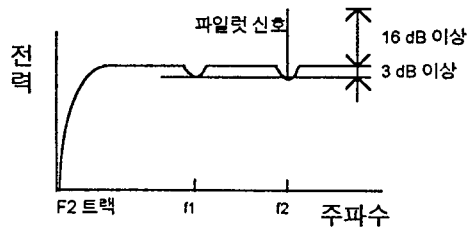
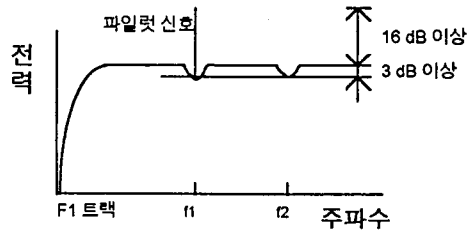
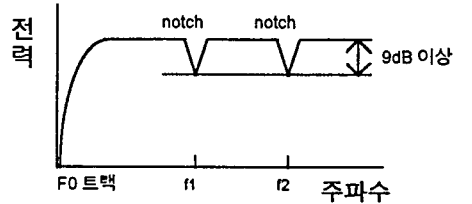
(a) 24-25변조의 비트별 구조

5. 기록부호화(scrambled I-NRZI 및 24-25 변환)

1) 24-25 변환

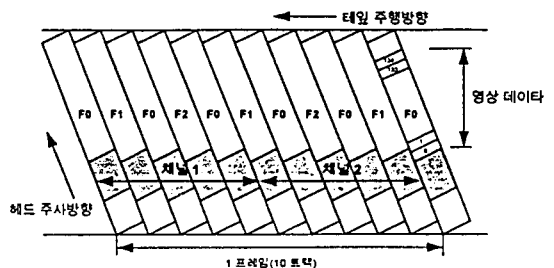
트랙내의 영상데이터, 음향데이터, 서브코드 및 겹은 오류정정부호가 부가되고 이후에 scramble되어 24비트씩 나누어진다. 매번 24비트마다 그 선두에 1비트를 추가한 후 I-NRZI(interleaved non return to zero inverse)로 기록부호화된다. 이 부호화 결과 전체 기록 비율은 약 42Mbps로 된다.

그림 7(a)에 24-25변조되는 예를 나타내었다. 매 24비트마다 선두에 1비트가 부가되는 이유는 데이터 스스로 트랙킹용 파일럿 신호를 갖게 하기 위해서이다. 추가한 비트를 1 또는 0으로 제어함으로써 어느 일정 길이의 변조부호열에 포함된 1 또는 0의 갯수의 차, 즉, DSV(digital sum variation)을 주기적으로 변화시킬 수 있고, 이에 따라 2 종류의 파일럿 주파수 f_1 또는 주파수 f_2 신호를 발생시킬 수 있다. 파일럿 신호를 매 트랙마다 변화시켜 F0, F1, F2의 3종류의 기록 트랙을 만든다. F0는 파일럿 신호가 생성되지 않는 트랙이다. F1은 주파수 f_1 의 파일럿 신호, F2는 주파수 f_2 의 파일럿 신호가 각각 생성되는 트랙이다. 1비트 추가시킬 때 각 트랙의 부호열의 주파수 스펙트럼이 그림 7(b)와 같이 되도록 DSV가 제어된다. 인접한 트랙마다 서로 다른 스펙트럼을 나타내므로 헤드가 선형성을 유지하면서 트랙을 주행해 갈 수 있다. F0 트랙에서의 주파수 스펙트럼은 f_1 주파수와 f_2 주파수의 에너지가 정상치보다도 9dB이상 낮도록 홈(notch)이 패인다. F1과 F2 트랙에서는 f_1 주파수와 f_2 주파수 부근의 에너지가 3dB이상 낮도록 하고 파일럿 신호는 16dB이상 높도록 하였다. 연속하는 트랙의 순서는 그림 8에 나타난 바와 같이 F0, F1, F2, F0, F1, ...의 순서를 가진다.



(b) 24-25전력 스펙트럼

<그림 7> 24-25 변환에 의한 파일럿 신호의 생성



<그림 8> 한 화면을 구성하는 트랙배치

2) Interleaved NRZI

기록부호화의 하나인 I-NRZI는 데이터 통신 분야에서 개발된 PR4(partial response class 4)에 속하는 것으로서 PR(1,0,-1)에 대응되는 것이다^[4]. I-NRZI는 대역 통과형의 주파수 특성을 가지고 있는데 이것은 자기 기록계의 특성과 매우 근접하기 때문에 지금까지 많은 디지털 VTR에서 검토되었다. 구체적인 신호처리의 흐름을 그림 9에 나타내었다. 먼저 입력부호열은 2비트 지연기 및 MOD2 가산기로 구성된 프리코더(precoder)를 거친 후 기록된다. 이 부호가 기록되어 재생되는 과정이 $(1-D^2)$ 로 표현되나, 이것은 $(1-D)$ 와 $(1+D)$ 로 분해가 가능하다. 이 가운데 $(1-D)$ 는 재생계의 미분특성과 동일하여 대치되고, $(1+D)$ 만 1비트 아날로그 지연회로 및 가산기에 의해 구성된다. $(1+D)$ 의 재생복호기를 거친 후 3치 과형(1,0,-1)을 2치 과형(1,0)으로 식별하면 기록신호의 재생이 가능하게 된다. 각각의 전달함수는 프리코더가 $1/(1-D^2)$ 이 되고, 재생과정에서 테이프, 헤드, 증폭기 등이 미분특성에 의해 $(1-D)$ 로 되며, 재생복호기는 $(1+D)$ 로 표현된다. 테이프, 헤드의 재생과정과 재생복호기를 합치면 $(1-D)(1+D) = 1-D^2$ 이 된다. 따라서 전달함수는 기록, 재생계 전체로는 다음과 같이 되어 기록된 데이터 신호 제열이 재생된다.

$$\frac{1}{1-D^2} \cdot (1-D^2) = 1$$

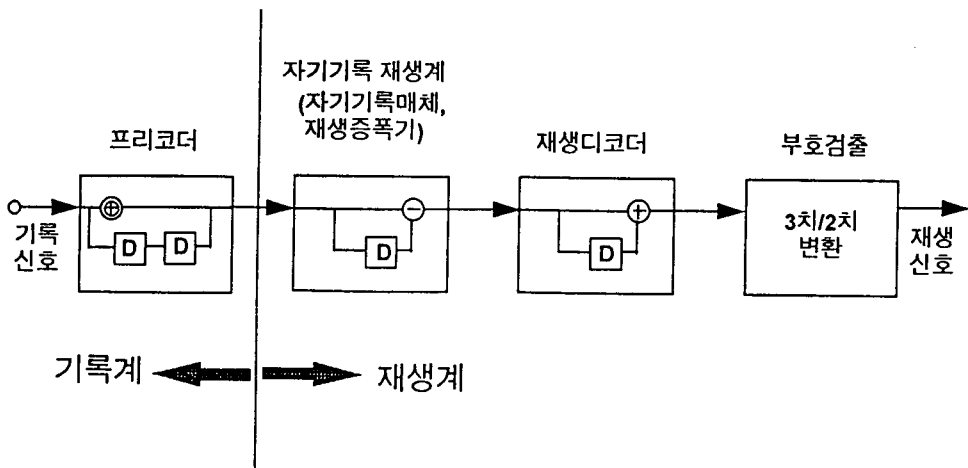
그림 9에는 자기기록계에서 I-NRZI를 구성한 예를 보인 것이다.

$(1+D)$ 의 재생복호기 앞에서 등화기(equalizer)가 삽입된다. 고역성분을 강조하여 임펄스 응답이 $(1,-1)$ 이 되도록 등화시킨다. 기록과장이 0.5 μm 인 단과장영역에서는 5탭 이상의 transversal 필터나 그에 상당하는 회로가 필요하다^[5]. $(1+D)$ 회로에서는 PR(1,-1)로 등화된 신호를 디코드하여 최종적으로 임펄스 응답이 $(1,0,-1)$, 즉, PR4 신호로 만든다. PR4검출방식에서는 등화회로에서 강조한 고역성분을 $(1+D)$ 회로에 의해 억압하기 때문에 등화에 의한 잡음 레벨의 증가를 최소화할 수 있다. 그림 9의 3-2치 변환기를 거친 최종 검출 신호는 오류정정과정을 마치고 정보원 신호 복호기에서 영상과 음향으로 환원된다.

IV. SD-DVCR을 이용한 여러 입력신호의 기록

1. HD 기저신호기록

HD기저신호를 압축부호화하여 기록하는 방식이



(그림 9) I-NRZI(PR4) 신호 흐름도

다. 압축후 데이터량이 SD에 비해 2배가 되므로 테이프의 속도를 2배로 주행시킨다. 트랙구조는 SD와 거의 동일하다. 입력의 표본화주파수가 HDTV의 방송입력신호보다 낮은 이유는 캠코더 등에서 HD영상의 신호를 직접 기록하는데 이 방식을 사용한다고 가정할 때 소비자에게 적절한 화질이라고 판단되기 때문이다. 입력영상의 구조에 따라 한개의 매크로 블럭은 8개의 블럭(6개의 Y 신호 블럭, 2개의 색차신호 블럭)으로 구성된다. 표 3에 SD 사양과 다른 점을 나타내었다.

(표 3) HD 사양(SD와 다른점)

표본화	Y=40.5MHz, 8비트
입력영상의 구조	폼폰트 12:4:0 (1125/60과 1250/50)
영상압축후 데이터율	영상 49.896Mbps
음향신호기록방식	16비트씩 4채널:48KHz, 44.1KHz, 32KHz 12비트씩 8채널:32KHz
테이프주행속도	60Hz/50Hz 37.594mm

2. 미국 GA HDTV 수신신호의 기록

미국의 ATV 수신신호를 기록하는 것이다. 이미 MPEG-2에 의해 압축된 데이터를 수신하여 transport packet형태로 기록하는 것이다^{[6],[7]}. SD-DVCR의 신호처리계는 transport packet을 분석하여 bit stream 재배치 등을 통하여 일반재생과 고속재생을 가능하게 한다. 고배속 재생동작중에는 bitstream의 연속성이 떨어지므로 독립적으로 재생가능한 I-picture만을 사용해서 화면 재구성할 수 밖에 없다. 수신된 신호의 초당 전송량은 19.3Mbps정도이다. SD-DVC의 영상영역 기록공간은 약 25Mbps이므로 모두 이 영역에 기록할 수 있다. 더우기 기록하고 남는 5.6Mbps 공간에 I-picture의 저주파 성분을 기록하면 고속재생이 가능하게 한다. 이 분야의 주요 연구 대상은 효율적인 고속재생을 위한 데이터 배치 방법이다. 만약 동일한 데이터를 여러 트랙에 반복해서 기록하면 트랙킹이 쉬워지지만 데이터의 낭비가 심해 화면

의 갱신율과 화질이 떨어진다. 반면에 헤드가 고속 재생시 지나가는 궤적에 고배속용 데이터를 배치하면 특정 트랙선택(track select) 기술을 사용해야 한다^[8]. 이는 화면 갱신율과 화질에서 우수하지만 실현하기 어렵다. 고배속용 데이터를 F0에만 배치하여 반복기록하고 고속재생시에는 F0트랙을 트랙킹하는 절충형태가 관심을 끌고 있다^[6].

3. 유럽 DVB 수신신호의 기록

DVB신호도 MPEG-2를 채용했기 때문에 미국 ATV 신호의 기록방식을 적용할 수 있다. 단지 이 방송방식은 전송데이터량이 다양하기 때문에 DVCR의 정상재생 속도가 25Mbps, 12.5Mbps, 6.25Mbps의 3가지 형식을 가지고 있다.

DVB신호는 향후 국내 무궁화 위성에 의한 TV 수신신호와 유사하기 때문에 DVB WG에서 채택되는 기록방식이 우리에게 기술적인 해결책을 제시할 수 있다.

V. 맺음말

이상 소개한 내용들은 주로 신호처리계를 중심으로 한 것이었다. 하나의 DVCR이 완성되기 위해서는 많은 관련 분야의 기술들이 집약되어야 한다. 신호입력단인 고화질 촬상시스템, 고배율 zoom렌즈 assembly, 비디오 헤드, 드럼모터, capstan 모터, guide roller assembly, metal evaporated tape, 장시간 사용가능한 충전지, 서보제어기술, 정밀가공기술 등의 관련 요소기술 분야가 뒷받침되어야 한다. 비록 국내에서 DVCR 개발에 꾸준한 노력을 기울여 왔지만 관련 분야가 넓고, 지금까지 열거한 여러 기술분야에 대한 전문인력이 부족하고, 핵심기반기술이 취약한 이유로 표준화된 사양의 DVCR 개발에 어려움을 겪고 있다. 업체, 학교, 연구단체의 공동개발을 통한 본 기술의 조속한 확립이 필요하다.

본 기고를 통하여 좀더 자세하게 기술내용을 소개하고자 했지만 아직 표준화가 완료되지 않아서

공개하기 어려운 내용들도 있었고, 또한 지면의 한계도 아쉬운 점이였다.

참 고 문 헌

- [1] C.Yamamitsu, et al., "An Experimental Digital VCR for Consumer Use", *International Conference on Consumer Electronics*, pp.18~19, June, 1994.
- [2] NIKKEI ELECTRONICS BOOKS, "데이터 압축과 디지털 변조", pp.137~150, Oct, 1993.
- [3] Y.Oikawa, et al., "A study on optimum tape speeds in shuttle mode for consumer digital VCR", *일본 TV학회 기술보고, 화상 정보기록*, vol.17, No.59, pp.15~20, Oct, 1993.
- [4] 江藤良純 외, 디지털 비디오 기록기술, 日刊工業新聞社, 1990.
- [5] 荒井孝雄 외, "디지털VTR의 코덱도화기술", *일본TV학회지*, vol.48, No.5, pp.552~556, 1994.
- [6] N.Yanagihara, et al., "A Recording Method of ATV data on a Consumer Digital VCR", *International Workshop HDTV 93*, 1993.
- [7] F.Azadegan, et al., "Data Placement Procedure for Multi-Speed Digital VCR", *IEEE Trans.CE*, vol.40, No.3, pp.250~256, Aug, 1994.
- [8] J.Boyce and F.Lane, "FAST SCAN TECHNOLOGY FOR DIGITAL VIDEO TAPE RECORDERS", *IEEE Trans.CE*, vol.39, No. 3, pp.186~191, Aug, 1993.

저 자 소 개



朴 求 萬

1961年 3月 26日生

1984年 2月 한국항공대학교 전자공학과 졸업(학사)

1986年 2月 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사)

1991年 2月 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(박사)

1984年 5月 삼성전자 입사

1991年 3月~현재 삼성전자 신호처리연구소 선임연구원

주관심 분야 : 영상데이터압축, 영상신호처리, 컴퓨터비전