

기록/재생 장치의 현황(DVCR) Digital Storage Devices(Tape 장치)

노 세 롱

LG전자(주)Video연구소 Digital VCR개발팀

1. 세상은

오디오 신호와 비디오 신호의 수백배의 정보량을 같은 비디오 신호를 기록 재생하는 장치로는 그 기록 재생매체에 따라 테이프를 이용하는 것에는 비디오 테이프 레코더, 데이터스트리머, 디스크를 이용하는 하드 디스크 구동장치, 광 디스크장치등이 있고, 반도체 메모리를 채용한 메모리 장치등들을 들 수 있다. 그 기술의 발전은 괄목할 만한 수준에 이르렀다고 볼 수 있는데, 테이프의 경우 1인치 아날로그 방송용 VCR에서 디지털 기록 재생포맷의 D1을 시작으로 D5까지의 규격과 제품이 상용화되어 있고, HDTV용 D6가 제안되어 있으며, 최근에 규격화되어 개발된 1/4" DVC 포맷의 캠코더가 상용화되어 있으며 방송국의 ENG용으로의 확대를 시도하고 있다. 디스크장치의 경우에는 A/V신호의 디지털 기록재생이 가능한 시스템으로는 UTAH DigiStore와 같이 JPEG으로 압축한 데이터를 기록하는 시스템이 사용되고 있다. 재생 전용으로는 차세대 디스크미디어로 주목되고 있는 DVD 시스템이 상용 가능한 기술로 시작기가 발표되고 있으며 규격 통일을 위한 작업이 준비되고 있다.

반도체 메모리를 이용한 영상수득장치의 경우에는 근년 반도체 메모리의 고밀도화가 급속히 진전되면서 메모리 캠코더의 시제품이 선을 보이는 등 그 가능성을 뒷받침 하고 있다.

이번 디지털 스토리지 디바이스 논고에서 테이프 장치에 초점을 맞추어 설명하고자 한다.

2. 방송신호는

TV방송신호의 경우 그 정보의 양은 NTSC신호를 ITU-R.601에 의거 표본화한 것이 약 200Mbps에 달해

이를 그대로 기록할 경우 변환계(Transducer), Scanner, 매체등의 특성 및 구동장치의 경제적 구성이 상당히 어렵게 된다. 데이터의 손실이 거의 없는 수준으로 압축/신장하는 기술이 경제적으로 용이하게 구현되기 전에는 대량의 데이터를 기록하기 위하여 넓은 면적의 매체, 고속의 주사속도를 얻기 위한 대구경의 스캐너 및 디스크를 채용하여 너무 커진 시스템뿐 아니라 미디어 자체의 포터빌리티가 좋지 않은 단점을 감수해야 했다.

최근에는 고신뢰성 변환계, 고속회전이 가능한 모터 베어링등의 구동메카니즘, 고밀도기록이 가능한 매체의 개발로 패키지 자체의 크기를 줄일 수 있고, 고속 신호처리 알고리즘의 용이한 LSI 구현등에 힘입어 데이터의 양을 적정 수준으로 맞출 수 있게 되어 기기의 소형화 및 경제적 구현으로 가정용에까지 디지털 기록 재생이 가능한 시대가 되었다.

3. 테이프 매체-DVCR의 기술은

방송국용 VCR은 고품질의 영상을 재현하며, 더빙을 하여도 품질이 열화되지 않는 디지털의 장점을 최대한 살리기 위하여 디지털화 되었다. 최근에는 방송국용에서도 데이터 압축기술이 도입되어 소형화에 크게 기여하고 있다. 가정용 VCR을 디지털화 하는데 있어서도 기존 아날로그 VCR과 같은 크기의 기록시간을 확보할 필요가 있으며, 이를 구현하는데는 데이터 압축기술의 진보와 기록밀도의 향상이 필수적이다.

3.1 대형(방송국용) 디지털 VCR의 포맷

3.1.1 비압축 포맷

방송국용 VCR은 S/N이 좋고, 더빙을 해도 저하하지 않는 특성이 요구되고 있었다. 디지털화 함으로써 데이터량은 방대하지만, 8bit의 양자화로 59dB라는 S/N을 아날로그 VCR로 실현하고자 하면 테이프의 소비량이 방대해져 현실성이 없다. 디지털 VCR로서 처음 표준화된 것이 D-1(SMPTE 224M-228M규격)방식이다. 콤포넌트 신호를 ITU-R.601 콤포넌트 부호화 규격에 따라 13.5MHz로 표본화한 216Mbps의 콤포넌트 비디오 데이터를 19mm 폭의 산화철 테이프에 기록하는 방식이었다. 그 뒤를 이어 SMPTE 224M-248M 규격에 준거 14.3MHz로 표본화한 94Mbps의 콤포지트 비디오 데이터를 19mm폭의 MP테이프에 기록하는 D-2방식이 표준화되었다. 디지털 VCR이 아날로그 방식과 근본적으로 다른 것은, 헬리칼 스캔 1트랙이 아날로그 VCR의 경우 1 Field(또는 Frame)/트랙에 대응시켜야 하는데 대하여 프레임 메모리를 갖고 있는 디지털 VCR은 1 Field(또는 Frame)을 몇개로 나누어서 기록할 수 있어 시간축 에러를 갖는 재생 데이터를 안정한 원래의 영상으로 복원하는

것이 가능하다는 것이다.

D1에서는 1 Field를 10트랙으로 D2에서는 6트랙으로 나누어 기록하며, 트랙의 길이는 D1에서 170mm에서, D2에서 150.8mm로 1인치 C 포맷이 393.3mm와 비교하면 1/2이하가 되었다. 디지털화에 의한 기록 데이터가 방대해지는 것에 대응하여 기록밀도를 올릴 필요가 있으며, 헵트랙피치화와 기록과장의 단과장화가 필요하지만, 트랙길이를 짧게함으로써, 좁은 트랙 피치에서도 기계적 호환성을 확보하기 쉽게 했다.

D1은 가드밴드(Guard Band)기록으로 트랙폭 40μm인 것에 비하여 D2는 애지머쓰 효과에 의한 밀착기록으로 트랙피치는 39.1μm로 되어 있다. 1인치 C포맷의 트랙피치 182.3μm에 비하여 1/4이하로 가능해졌다는 것은 고성능 테이프를 채용함으로써 트랙길이를 짧게한 것이 주요했다.

그후 콤포지트 디지털 VCR은 테이프폭을 1/2"로 하여 기록밀도를 더욱 높혀 소형화, 장시간화를 D3에서 실현했으며 콤포넌트의 경우는 D5방식으로 상용화되었다.

표1. 디지털 VCR의 포맷 방식

	D1	D2	D3	D5	Digital Beta-Cam	가정용 DVCR
테이프폭(mm)	19mm	19mm	12.5mm	12.5mm	12.5mm	6.35mm
테이프두께(μm)	13	13	14/11	14/11	14	7/5.3
테이프종류	산화철	MP	MP	MP 또는 동등품	MP	ME/MP
영상신호	Component(4:2:2)	Composite	Composite	Component(4:2:2)	Component(4:2:2)	Component(4:1:1)
대역압축방식	-	-	-	-	DCT(1/2)	DCT(1/5.3,1/7)
영상기록속도(Mbps)	173	94	94	250	88	25
기록과장(μm)	0.91	0.85	0.77	0.64(525/60) 0.70(625/50)	0.69	0.49
트랙폭(μm)	45	39	20	29(525/60) 18(625/50)	21.7	10/6.33
트랙길이(mm)	170	150.8	117.7	116.4	122.9	32.9
드럼의 지름(mm)	75.0	96.4	76.0	76.0	81.4	21.7
헤드 수	4	4	4	8	4	2
드럼 회전수(rps)	150	90	90	90(525/60) 100(625/50)	90	150
테이프 속도(mm/s)	286.6	131.7	83.9	167.2	96.7	18.812
트랙/프레임	10x2	6x2	6x2	12x2(525/60) 16x2(625/50)	6x2	10
기록시간(분)	S/M/L 13/41/94	S/M/L 32/94/208	S/M/L 50/95/185 64/125/245	S:32/25 M:62/47 L:123/93	S/L 40/124	S/표준 60/270

3.1.2 압축 포맷

컴포넌트 디지털 VCR을 소형화를 목적으로 제안된 것이 1/2" 폭의 테이프를 사용한 디지털 베타캠이다. Field 단위의 편집, Cue/Rev. 및 컨실먼트화질을 고려하여, Field내의 DCT에 의한 압축으로 176Mbps의 데이터를 1/2로 압축하고 있다. 또한 베타캠 SX는 압축률을 1/10 까지 올려 기록재생하는 포맷으로 시장진입을 시도하고 있다. 표1에 각 디지털 VCR 포맷을 비교하였다.

3.2 소형 1/4" DVC 포맷

아날로그 VCR은 장시간화, 카세트의 소형화, 고화질화를 실현하면서, 고밀도기록이 진전되었다. 산화철 테이프

를 쓰고 있는 VHS, β 의 1/2" 테이프 포맷에서는 트랙 피치 $60\mu\text{m}$ 의 표준 모드로부터 시작하여 트랙 피치 $20\mu\text{m}$ 까지 좁혀서 3배의 기록밀도를 실현했다. 이와같이 협트랙화는 회전드럼의 기계적 가공정도의 향상에 의한 리드 직선성의 개선과 비직선성 앰프시스 기술도입으로 화질 S/N의 개선에 의한 것이다. 카세트를 소형화하고 화질을 높이기 위해서는, 테이프와 헤드의 비약적인 성능개선이 필요했다. 8mm 비디오에서는 잔류자속밀도 Br와 항자력 Hc가 산화철 테이프의 2배인 MP테이프를 채용하여 최단기록과장을 $1.5\sim 1.33\mu\text{m}$ 에서 $0.7\mu\text{m}$ 으로 좁혀 오디오 콤팩트카세트 크기로 2시간 기록을 실현했다.

테이프의 항자력의 증대에 대응하여 헤드의 재질도 페라이트계에서 포화자속이 큰 샌더스트 또는 아몰퍼스가 쓰이게 되었다. 헤드의 갭길어도 $0.4\mu\text{m}$ 정도에서 $0.25\mu\text{m}$ 정

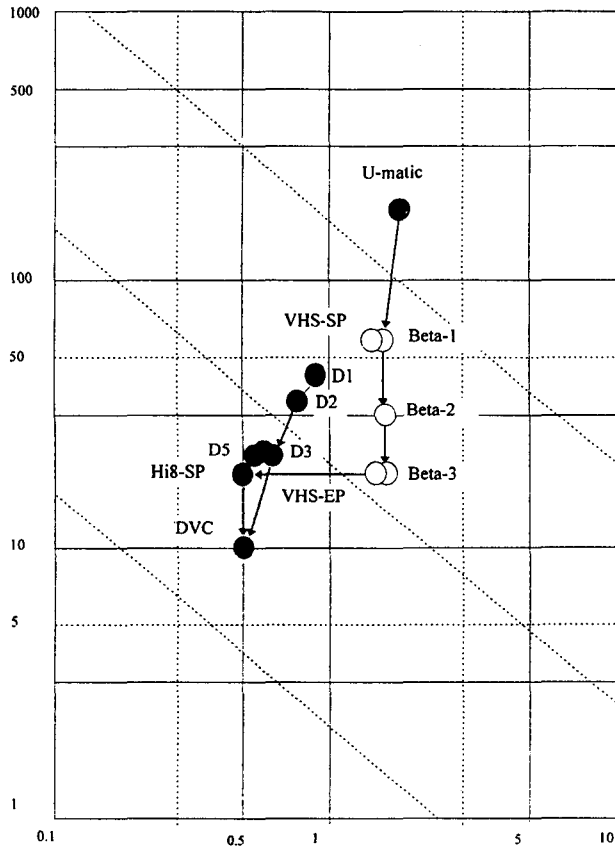


그림 1. 기록밀도의 변천

도에 좁아져 껍면의 가공정도가 높아졌다. 또 휘도신호의 대역을 넓히고 수평해상도를 250라인에서 400라인 정도로 늘리기(하이밴드화) 위하여 최단기록 파장을 0.7 μ m에서 0.5 μ m까지로 더욱 단파장화 되었다.(Hi8). 이를 위해서는 MP입자를 미세화함과 동시에 테이프 표면을 더욱 평면도를 높인 고성능 MP테이프와 메탈을 증착시켜 베이스 필름위에 형성시킨 증착테이프(ME)가 도입되었다. VHS에서도 산화철 테이프의 자성분을 더욱 미세화하고 테이프의 평면도를 개선하여 최단기록 파장을 1.3 μ m에서 0.8 μ m으로 단파장화하여 수평해상도 400라인의 S-VHS를 도입하였다. 테이프는 자성분의 고자속밀도화, 고향지력화, 미세화, 고충진화, 테이프면의 평면도 개선을 통하여 성능을 올려왔다. 최근 도포형 테이프의 자성층을 메탈 증착테이프 정도의 0.1~0.2 μ m까지 얇게한 박막 메탈테이프도 개발되어 Hi8 및 Hi-Vision기록 VCR(W-VHS)에 쓰이고 있다. 1993년 7월에 기본사양이 정해지고 9월에 52개 회원사중 33개사의 참가에 의한 SD Working Group의 활동으로 1994년 4월에 확정된 1/4" DVC의 SD규격에서는 증착층을 2층화하여 자성층결정입자의 미세화 및 테이프 표면의 평면도 개선으로 더욱 성능개선된 고성능증착테이프(Advanced ME)가 도입되었다. 이 고성능 테이프는 표면에 DLC막(Diamond-like Carbon)에 의한 보호막을 붙여 내구성 향상을 도모하고 있다.

1/4" DVC 및 방송용 VCR의 기록밀도의 변천을 그림 1에 보인다. 1/4" DVC는 트랙피치 10 μ m, 최단기록 파장 0.49 μ m으로 이제까지의 아날로그 VCR의 고밀도 기록기술의 발전선상에서 더욱 고밀도기록을 실현하고 있다.

3.2.1 DVC SD규격

525/60, 625/50의 SD(Standard Definition)포맷의 개요는 표2와 같다. 1/4" DVC는 VHS, 8mm 비디오등의 아날로그 VCR과 동등한 소형으로 장시간 기록이 가능하고, DCT를 이용한 영상데이터 압축과 ME 테이프 또는 동등한 성능을 갖는 테이프를 채용하여 고밀도 기록을 실현했다. 1/4" DVC에 대한 시작기 제안은 β VHS, 8mm를 이용한 Sub-Nyquist 샘플링 DPCM(Differential Pulse Code Modulation), Hardamard

표2. 1/4" DVC의 SD규격 개요

기록방식	회전 헬리칼 스캔 애지머스방식		
영상신호기록 방식	디지털 콤포넌트 기록		
샘플링 주파수	Y=13.5MHz		
양자화 비트수	8 비트		
압축후 기록속도	영상 25Mbps		
음성 신호 기록방식	PCM 디지털 기록	3CH	4CH
	샘플링 주파수	48KHz	32KHz
	양자화 비트수	16Bit	12Bit
사용 테이프	ME 및 동등 성능을 갖는 테이프		
카세트 및 기록시간	Standard : W125×H78×D14.6(mm)		
	Small : W66×H48×D12.2(mm)		
테이프 주행속도	18.812mm/sec, 18.831mm/sec		
디지털 압축기술	DCT		

변환등을 써서 압축한다든지 하는 시도된 아이디어는 1980년부터 많이 있었다.

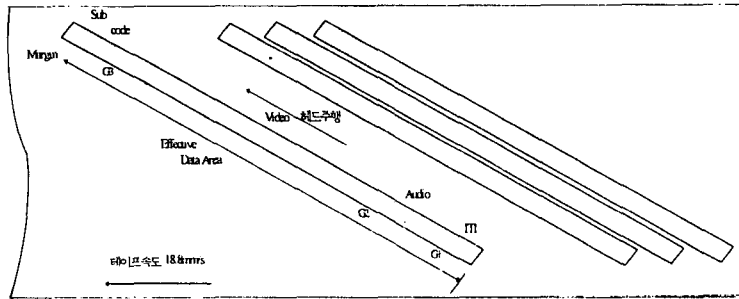
한편 MPEG에서는 DCT와 움직임보상 예측을 이용하여 1/20~1/30 정도의 고압축기술이 확립되고 있는 중이었다. 1/4" DVC에서도 프레임 단위로 편집이 가능할 것, 변조재생시 화질이 아날로그 VCR 정도는 확보될 것과 VCR자체에서 소규모의 회로로 구현할 수 있을 것등의 이유로 프레임 단위의 DCT가 채용되었다. 입력 콤포넌트 신호를 보면, 휘도신호는 샘플링 주파수 13.5MHz, 색차신호는 샘플링 주파수 3.375MHz로 유효기간의 영상데이터는 124Mbps가 DCT로 1/5.3로 압축되어 25Mbps의 압축영상 데이터로서 기록된다.

압축된 영상데이터는 4개의 휘도신호 DCT Block(8×8)과 2개의 색차신호 DCT Block를 1개의 매크로 블럭으로 정의하여 평균적으로는 1개의 매크로 블럭이 1개의 싱크블럭에 기록된다. 이때문에 100배속의 Cue/Rev 동작에서도 1 싱크블럭이 재생될 수 있으면 화면을 복원해 낼수 있다.

또 8mm 비디오등의 ME 테이프를 사용한 고밀도 기록기술이 진척되어 있었기에, 디지털의 세그먼트기록이라는 특징을 살려 트랙길이를 8mm의 1/2이하인 32.9mm로 짧게하고, 트랙피치를 10 μ m에서도 기계적 호환성을 확보할 수 있도록 하고 있다. 그림 2는 트랙 패턴과 스캐너의 예이다.

트랙의 입구부분에 ITI(Insert Track Information)

기록/재생 장치의 현황(DVCR)



ITI : Insert and Track Information
 CH Coding : Scrambled Interleaved NRZI

Dimensions	Unit	525/60 System	625/50 System
Scanner Diameter	(mm)	ϕ 21.7	<-----
Scanner Lead Angle	($^{\circ}$)	9.150	<-----
Scanner Rotation Speed	(1/s)	150/1.001	150
Tracks/Scanner Rotation	----	2	<-----
Effective Wrap Angle	($^{\circ}$)	174	<-----

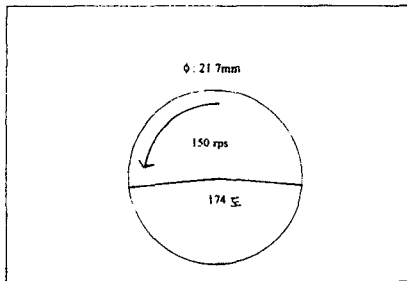


그림 2. 테이프 패턴과 드럼 예

섹터를 두어, 인서트를 할 때, 트랙킹 및 오디오, 비디오, 서브코드의 After-Recording시의 시간기준이 되게하고 있다. 스캐너는 2헤드로 150rps의 회전수의 설계가 가능하며, D1방식에 가깝다. 서브코-드에는 150배속에서 써-치가 되도록 ID가 중복기록되어 있다. ITI, 오디오, 비디오의 각 섹터에는 24/25변조에 의한 저주파의 패이로트 신호를 발생시켜, ATF(Automatic Track Finding)가 가능하도록 하고 있다.

카세트는 SD에서 1시간, HD에서 30분 기록할 수 있는 Small Cassette와 SD에서 4시간 30분, HD에서 2시간 15분 기록할 수 있는 Standard Cassette 2종류가 있고, 2종류의 호환성은 가정용처럼 테이프에 어댑터를

쓰는 방식이 아니라, 방송용처럼 시스템의 Deck쪽에서 수용하도록 되어 있으며, 옵션으로써 카세트에 IC 메모리를 붙여 카세트의 목차등을 넣을수 있게 하였다.

4. 앞으로의 DVCR

HDTV를 소형의 디지털 기록을 위한 새로운 포맷으로 D6가 제안되어 표준화 작업이 진행중이다.

미국의 HDTV를 디지털로 방송하기 위한 것이 ATV 규격이며, 유럽 EU의 625/50 방송을 디지털로 방송하고자 하는 것이 DVB규격인데 이는 우리나라의 무궁화위성을 이용한 525/60의 디지털 방송과 거의 같은 규격이다.

이들 모두는 MPEG-2를 기본으로 하고 있다.

업무용으로서도 가정용으로서도, 송출할 프로그램을 방대한 원형으로 가지고 있다가 이를 MPEG-2 압축기에 걸어서 내 보내는 것보다도 미리 압축된 형태의 데이터를 송출하는 것이 더욱 편리하고 보관면에서도 작은 패키지에 많은 프로그램을 넣을 수 있도록 해주며, 개인 사용자의 경우에도 수신한 프로그램을 복원하여 기록하는 것보다도 압축된 데이터 그대로 기록하여 운용비를 절감할 수 있도록 하기 위한 MPEG-2 데이터를 변속에서도 화면을 재생할 수 있는 포맷으로 정미한 것이 DVC의 ATV, DVE 기록 규격이다. 그러나 ATV 규격은 미국 ATV 본방송의 연기로 인한 상세 규격화에는 이르지 못하였으나, 그 대강은 결정되어 Draft화 되었고 미국의 ATV 규격이 결정되면 다시 규격화 Working Group 활동을 재개하도록 되어 있다. DVB의 경우는 우리나라의 무궁화위성 방송과 거의 같은 규격인데 이는 규격이 완성되었으며, 제품화가 시도되고 있다. 또한 장시간화회의 노력이 경주되어 트랙 피치를 SD의 2/3수준인 6.7 μ m으로 한 헵트랙 LP 모드를 준비하였으며, 압축률을 SD의 배수준으로 높은 12.5Mbps의 고압축 모드도 확장규격으로 승인을 준비하고 있다.

신호처리측면에서는 유럽의 PALplus, 일본의 EDTV2처럼 16:9 Wide화 및 고화질화가 진행되고 있는 추이를 반영 고역 HELP 신호기록 재생을 위한 확장규격도 지난 9월 마련되어 승인을 기다리고 있다.

고가의 대형 장비가 주축을 이루고 있는 현 방송용 디지털 기록 장치중에 DVCR라는 신규격의 소형 저가의 DVCR에의 가능성을 보여주고 있다. 케이블 TV방송과 지역 민방등의 가동으로 신규 장비의 도입 및 비디오 저널리스트의 대량 수요등의 여건으로 보아 저가 소형의 고품질 A/V를 다룰 수 있는 장비로서 커다란 역할이 기대된

다. 이에 편집장비를 비롯한 주변장치의 충실화가 요구되고 있다.

5. 결론

본 논고에서는 디지털 저장 장치중 Digital VCR에 초점을 맞추어 알아보았다. 방송용 영역에의 새로운 기술로 등장하였으며, 특히 소형이면서 고화질을 낼 수 있는 1/4" DVD의 기술을 상세히 소개하였다. 다음에는 신호처리, 메카니즘, 서-보, 다양한 응용분야가 기대되는 SubCode 및 MIC에 대하여 알아보겠다.

참고문헌

1. "19mm-type D-1 cassette-tape record", SMPTE J., 95. 3, pp.359-400(Mar. 1986)
2. ITU-R BT. 601, "Encoding Parameter of Digital Television for Studios"
3. Y. Kubota "Magnetic Recording(2)-Digital VCR" ITE Vol.49(June. 1995)
4. HD-VCR Conference "Specification of Digital VCR for Consumer-Use"(July. 1993)
5. ITE, "디지털 A/V 규격 가이드북"(1994.)
6. H. Jung. et al "Digital Audio Processor for Consumer-Use Digital VCR" ICEC'95
7. J. Lee. et al "New ECC LSI for Consumer-Use Digital ICEC'95
8. B. H. Choi. et al "The Algorithm of rate Control for optimizing the Image Quality for Image Quality for Consumer-Use Digital VCR" JTC-SCSS'95

필자소개



노 세 룡