

## 디지털 오디오

魯 一 榮  
三星電子 綜合研究所

### I. 序 論

1977년 9월에 최초의 디지털 오디오 테이프 레코더 PCM-1이 시판된 이래 다양한 디지털 오디오 기기가 출현하여 고음질, 고신뢰성의 디지털 오디오 시대를 열어가고 있다. 1982년 10월에 발매된 CDP는 본격적인 디지털 오디오 시대를 개척하였다. 그후 DSP 기술의 발달과 자기기록기술, 광기술, 광기록·재생 미디어의 발전으로 디지털 컨트롤 앰프, DAT, 기록 가능한 디스크 시스템등의 개발이 진행되고, 나아가 위성에 의한 PCM 방송은 디지털 오디오의 보급을 더욱더 가속화 시킬 것이다.

본고에서는 디지털 오디오의 개념과 관련 시스템, 관련기술의 개요를 간략하게 설명하고, 디지털 오디오의 향후 전망에 대하여 언급하고자 한다.

### II. 本 論

#### 1. 디지털 오디오

##### 1) 디지털 오디오의 개념

디지털 오디오는 아날로그 오디오를 A/D 변환기를 통하여 1초에 표본화 주파수 만큼 샘플링하여 양자화 비트수에 해당하는 "0"과 "1"이라는 디지털 숫자로 변환하여, DSP의 필터링 기술로 음장제어나 변조, 합성 분리 등을 하기도 하고, 에러정정·검출을 할 수 있는 부호를 부가하여 기록하고 재생시에는 부가된 에러검출 정정부호를 이용하여 원래의 데이터로 정정하고 이 정정된 데이터나 DSP에 의해 변조된 각종 데이터를 D/A 변환기를 통하여 아날로그 오디오로 변환시킨다. 이러한 전반적인 디지털 시스템을 디지털 오디오라 한다. 이러한 디지털 오디오의 발전단계를 표1에 표시하였다.

##### 2) 디지털 오디오 시스템을 구성하는 회로 및 부품 (1) 반도체의 진보

일반 트랜지스터나 논리 IC들을 하나의 칩에 집적할 수 있는 반도체 제조기술의 진보는 새로운 디지털 오디오의 시대를 개척하고 있다. 이것은 대규모 회로의 집적화를 가능하게 하여 소형화 및 신뢰성을 확보하는데 기여하였고, 마이크로프로세서의 능력과 기능을 다양화시켜, 단순한 시스템의 컨트롤 기능에서 각종 음장제어나 디지털 시그널 프로세싱을 가능하게 하고 있다. 이렇게 됨으로써 가격과 성능, 신뢰성이 대단히 향상되게 되었고, 소형화는 가속화 되고 있다.

##### (2) 샘플·홀드 회로

AD 변환기는 아날로그 신호를 표본화 주기로 읽어서 디지털 신호로 변환시키는데, 샘플·홀드 회로는 이 AD 변환기 앞에 놓여 AD 변환기가 동작을 끝낼 때까지 표본화 시킬 값을 일정시간 동안 유지하는데 사용한다.

##### (3) 필터

필터는 크게 아날로그 필터와 디지털 필터로 나눈다. 아날로그 필터는 AD 변환기 앞과 DA 변환기 뒤에 놓여 고주파 노이즈를 제거하는데 사용되고 있다.

반면에 디지털 필터는 정확한 컷오프 주파수를 제어하거나, 주파수 변환을 하는 데에 사용된다. 특히 디지털 필터는 4배, 8배 오버 샘플링등의 고차 샘플링에 의한 필터링을 하여 성능을 향상시키고 있으며, DSP 기술의 발달에 따라 더욱 더 고차의 디지털 필터가 개발 될 것이다.

##### (4) AD/DA 변환기

아날로그 신호를 얼마나 정확하게 틀어짐이 없이 디지털화 하느냐, 디지털 오디오를 얼마나 정확하게 다시 아날로그 신호로 되돌리느냐 하는 문제가 결국은 얼마

표 1. 디지털 오디오의 전개

년도	테이프 시스템	디스크 시스템	관련 시스템
1965	NHK 기인 PCM 녹음기 개발착수 (회전헤드 방식)		
1967	NHK 기인 실험대부		
1972	PCM 녹음 레코더 발매		
1975	업무용 오프라인 DAT 발매 (고정헤드 방식)		
1976	PCM 프로세서 공개		
1977	업무용 DAT 표준화 개시 PCM 프로세서 발매	DAD 광학식 실험발표	
1978	민생용 DAT, PCM 프로세서 표준위원회 발족	DAD 성전기식 발표 DAD 기계식 발표 DAD 간담회 발족	FM 방송용 마스터링에 PCM 프로세서를 사용
1979	민생용 DAT, PCM 프로세서 규격화	퀵리스 광학식 DAD 전시	표분화 주파수 변환기 양자화비트 변환기
1981	DAT 실험 발표	DAD 3방식 평가완료	BS 1ch에 12ch 디지털 오디오 전송시스템 개발
1982	회전헤드 DAT 발표	CD 발매	BS-2 디지털오디오 규격화
1983	DAT 간담회 발족	CD서브코드 R-W 규격화	
1984			BS-2 TV 방송 개시 INS 실험 시작
1986	DAT의 2 사양 규격화	CD-ROM 규격화	독일 BS 오디오 개시
1987	회전헤드 방식 DAT 발매		
1990	SCMS 규격화	CD-I 규격화	
1991	DCC 규격 발표	2.5"MD 규격 발표	BS-3 위성방송

나 원음에 충실한 오디오를 실현하느냐와 직결된다. 따라서 이러한 충실도를 확보하기 위하여 오버 샘플링이나 18-24비트의 AD/DA 변환을 강구하고 있다. 이전에는 16비트 AD/DA 변환기가 많이 적용되었으나, 최근에는 1비트 256배 오버샘플링 AD/DA 변환기에 의해 성능과 충실도가 향상되고 있으며, 향후 더욱 더 충실한 변환기가 출현될 것이다.

(5) 반도체 레이저

레이저는 단일과장의 에너지를 강력하게 하여 디스크에 기록되어 있는 신호를 읽어내는데 사용하는 것으로 비디오 디스크에는 가스레이저(파장 0.63μm)가 실용화 되고 있으며, CD에는 가격이 싼 반도체 레이저(파장 0.78μm)가 주로 실용화 되고 있다. 향후 1회 기록 가능한 디스크나 반복하여 기록할 수 있는 디스크의 개발을 위해서는 강력한 레이저의 개발이 필요하다.

(6) 박막헤드

트랙수가 증가하고 구조가 복잡하게 되면 가격이 상승하게 될 뿐만 아니라 크로스토크 성분이 발생하므로 이의 정확한 제조를 위하여 박막헤드 기법을 사용한다. 이 박막헤드는 1 턴헤드, 멀티턴헤드, 자속응답형헤드(MR : magneto resist)가 있다. MR 헤드의 경우에는

3.81mm의 테이프 폭에 38트랙의 고밀도로 제조할 수 있다. 향후 기록밀도를 높이기 위한 헤드갭의 감소와 수직 자계 기록이 가능한 헤드의 실용화가 실현될 것이다.

2. 디지털 오디오 테이프 레코더

1939년에 발명된 PCM은 1961년 전화에 실용화 되었고, 이어서 업무용 PCM 디지털 레코더로 상품화 된다. 이것은 크게 기존의 콤팩트 카세트와 같이 헤드가 고정되어 있는 고정헤드 방식 DAT와 VTR과 같이 헤드가 회전하는 방식의 회전헤드 방식 DAT로 구분되며, 분류는 아래와 같다. 표 2에는 주요 방식에 대한 비교를 하였다.

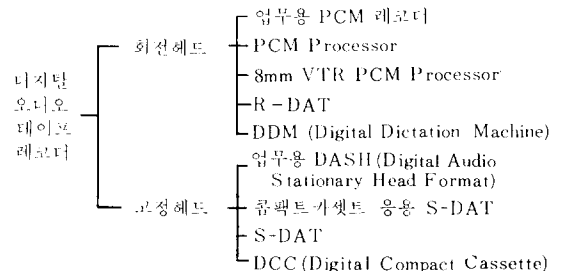


표 2. 디지털 오디오 테이프 레코더 비교

항 목	DAT	SONY NT	DCC
기록재생방식	자기기록재생	자기기록재생	자기기록재생
헤드	회전헤드	회전헤드	고정막막헤드
표본화 주파수	48, 44.1, 32KHz	32KHz	48, 44.1, 32→44.1KHz로 변환하여 기록
양자화	16비트 선형	12비트 선형	15비트 PASC(1/4압축)
테이프 폭	3.81mm	2.5mm	3.78mm
테이프 속도	0.815cm/s	0.55cm/s	4.76cm/s
테이프 종류	메탈	메탈(층상1)	코발트계(리튬)
기록시간	120분	120분	90분
패키지 사이즈	75×54×10.5	30×21.5×5	102×63×9
적지 속도	200-300배	-	30-40배

1) 회전헤드 방식의 디지털 오디오 테이프 레코더

1960년대에 4헤드 VTR을 이용한 업무용 PCM 레코더가 상품화되고, 1978년 민생용 VTR인  $\beta$ -max와 VHS에 CRCC의 정정법을 이용한 PCM processor가 상품화되었으나, 디지털 오디오 시장을 활성화 시키지 못하였다. 그러나 이 규격은 CD 규격의 기본이 된다. 1983년 복수개의 표본화 주파수에 대응 가능한 DAT 개발을 위한 간담회가 결성되어, 1986년 6월에 에러검출·정정법으로 RS 코드를 적용한 최종적인 R-DAT와 S-DAT 규격이 확정된다. R-DAT는 VTR 구조와 유사하고 LSI 기술과 헤드 제조기술이 밀바탕이 되어 1987년 2월 R-DAT가 발매된다. 그러나 R-DAT는 디지털 복제시 원본과 복제판이 같아 소프트웨어의 강력한 반발에 부딪치게 된다. 결국, 이 문제는 1990년 3월에 SCMS라고 하는 1회 한정으로 복제 가능하도록 하는 합의에 도달하여 시장확대의 발판이 마련된다. 또한 R-DAT는 1.3Gbyte라는 대용량의 기억용량으로 컴퓨터 데이터 저장용 기억장치로 개발되어 현재 HP/소니의 DDS 규격과 히타치의 DATA/DAT 규격이 발매되고 있고, 성지화상을 기록·재생할 수 있는 화상 파일링 시스템도 개발되었다.

한편, 소니는 1990년 3월에 우표 크기의 카세트로 120분의 디지털 오디오를 녹음·재생할 수 있고, non tracking 방식에 의한 메카니즘의 초소형화가 가능한 DDM을 발표하였으나, 상품화는 되지 않았다.

2) 고정헤드 방식의 디지털 오디오 테이프 레코더

1970년대에 업무용 S-DAT가 발표되고, 1983년 DASH 규격이 확정된다. 1986년에 결정된 S-DAT는 22개의 헤드를 하나의 박막에 제조하는 박막헤드 제조기술의 미비로 상품화되지 못하였다. 이러한 환경에 대처하기 위하여 필립스는 9개의 디지털 헤드와 2개의 아날

로그 재생용 헤드를 하나의 박막헤드로 제조하여 디지털 오디오의 녹음·재생이 되고, 기존의 콤팩트 카세트의 재생이 가능하도록 한 새로운 방식인 DCC를 1991년 1월 발표하였다. 이 방식은 PASC 기술에 의한 1/4의 데이터 압축과 ECC를 적용하여 실현하였으며, 1992년 5월경에 상품화 할 예정으로 있어 디지털 오디오에 새로운 선기를 맞이하고 있다.

3) SCMS(serial copy management system)

CD나 DAT의 음악 테이프와 BS의 디지털 오디오에 복제 금지 코드가 있어도 제1세대에 대한 디지털 복제는 가능하나, 이 1회 복제된 테이프 혹은 디스크로부터의 제2세대의 복제는 금지하는 규격이다. 그러나, 아날로그로 복제하는 것과 사용자가 만든 소스중에서 복제 금지 코드가 없는 것에 대해서는 무한정 복제가 가능한 규격으로 1990년 3월에 결정되었으며, 향후 디지털 복제에 대한 기준이 될 것이다.

3. 디지털 오디오 디스크

1982년 CD가 발매된 후 LP 시장을 대체시킨 디지털 오디오의 핵이며, 현재 각사에서는 기록·재생이 가능한 디지털 오디오 시스템의 개발도 진행중에 있다. 디지털 오디오 디스크는 다음과 같이 구분되고, 각 방식의 비교는 표 3과 같다.

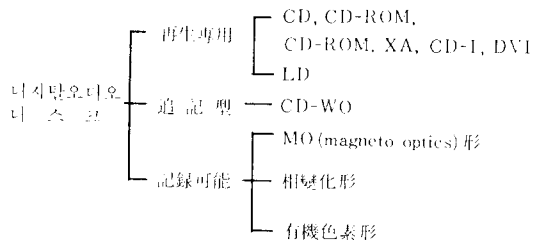


표 3. 디지털 오디오 디스크 비교

항 목	CD	CD-WO	Mini-Disc
기록재생방식	광재생	광재생 13회기복	광자기기록재생
해 결	광회입	광회입	광자기회입
영상화	16비트 선형	16비트 선형	16비트 압축(1/5압축)
기록시간	74분	74분	74분
매체사이즈	120mm(직경)	120mm(직경)	64mm(직경)
서지속도	수초 미만	수초 미만	수초 미만

1) 재생전용

1982년 소니와 필립스에 의하여 발매된 후 디지털시대의 총아로 등장하여, 기존의 LP시장을 대체하게 된다. 이것은 LSI 기술과 광학기술의 결합으로 이루어졌으며, 단일집화, 주변회로의 LSI화와 픽업의 소형화 및 진동방지 기술등의 발달로 제품의 소형화가 급속히 진행되어 소형 휴대용 CDP 까지 등장하게 되고, 8cm의 싱글 CD가 등장하게 된다.

CD가 상품화 된 후 광디스크의 장점인 고속 access와 디지털기술의 장점인 고충실도·소형·대용량·저가격 등을 활용하여 화상, 데이터, 오디오등의 각종 정보를 기록하는 대용량 기억장치로 발전된 CD-ROM이 등장한다. 또한, ADPCM에 의한 디지털 오디오 데이터의 압축과 화상 데이터 혹은 그래픽 데이터, 애니메이션등을 결합한 CD-V CD-I등이 등장하여 새로운 시장을 개척하고 있다. 그림 1에 재생전용 CD의 응용제품에 대한 분류를 하였다.

2) 추기형 디스크

1회만 기록이 가능한 시스템으로 CD와의 호환성을 추구하는 것이 특징이며, 레이저의 파워가 재생전용 디스크에 비하여 강력하다. 기록 재료로써는 Te나 Bi등을 레이저로 용융하는 구조와 Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>나 TeOx등 광의 반사율이 변화하는 것을 이용하는 것이 있다. 이것은 현재 업무용으로 판매되고 있으며, 1992년 중에 민생용이 발매될 것이다.

3) 기록 가능 디스크

기록 가능한 디스크는 희토류 금속(Gd, Tb, Dy, Ho 등)과 3d 변이금속(Fe, Co, Ni)과의 아몰퍼스 합금박막을 이용한 MO 타입과 결정과 비결정의 변화상태를 이용한 상변화형, 유기색소의 파장선택성을 이용하여 2층 구조로 만든 유기색소 타입등 3가지 방식이 연구되고 있다.

소니는 CD의 기술을 그대로 응용하고 디지털 오디오 데이터를 1/5로 압축하여 MO타입의 디스크에 74분의 디지털 오디오의 기록·재생이 가능한 2.5" mini disk

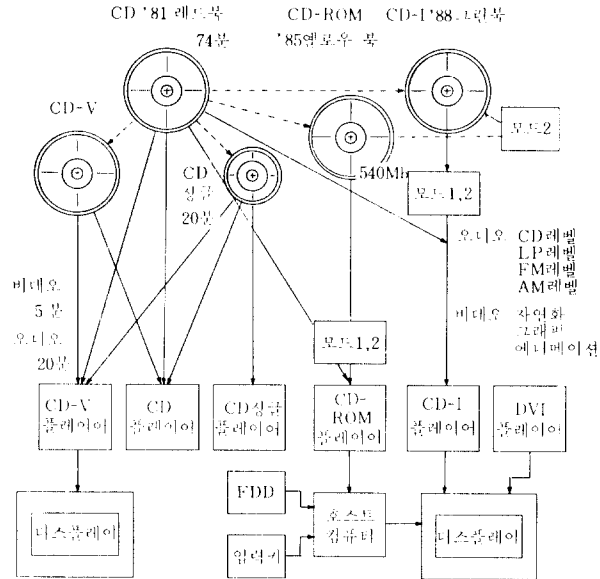


그림 1. 재생전용 CD 응용제품 분류

를 1992년에 발매할 것이라고 발표 하였다. 이것은 디스크의 직경이 64mm 밖에 안되고, 진동에 대한 대책으로 1Mbit의 메모리를 사용하여 기존의 휴대용 카세트 보다 소형화가 가능할 것으로 보여 향후, 응용범위가 다양할 것으로 보인다.

이러한 기록이 가능한 디스크가 본격적으로 상품화 되면 기록 가능한 디스크의 응용상품인 CD-RAM, CDR-I, CDR-S등의 매력적인 첨단제품이 시장을 선도하게 될 것이다.

4. 방송 부문

1987년 일본의 NHK에 의한 BS PCM B모드의 실용화와 1991년의 CS에 의한 PCM 오디오의 상용방송, CATV등의 PCM 방송등은 PCM 튜너의 보급과 함께 디지털 시대로의 전환을 가속화 시킬 것이다.

### 5. 디지털 앰프 및 음장제어

디지털 소스의 증가는 디지털 앰프를 요구하게 되고, DSP에 의한 이퀄라이저, 서라운드, 음장재생·창조 기술 및 시스템은 디지털 오디오의 기본이 될 것이다. 특히 HDTV등의 대화면의 영상에 고음질과 현장감 있는 음향효과를 창출할 수 있는 DSP 처리기술은 대단한 역할을 할 것이다. 이미 가정용 및 자동차용 음장제어 시스템이 상품화 되고 있고 이에 대한 수요는 더욱 더 증대될 것이다.

이러한 DSP 발전을 위해서는 DSP라 부르는 프로그래밍이 가능한 고속연산 기능을 가진 칩의 개발이 이루어져야 하며, 이를 실현하기 위한 소프트웨어 기술이 확립되어야 할 것이며, 향후 다양한 음향제어 처리가 된 소프트웨어의 보급도 기대해 볼만 하다.

### 6. 기타 응용

업무용으로써의 디지털 편집기, 믹서기, 잔향부가장치, 표본화 수와수 변환장치등에 이용되고 있으며, 민생용으로는 전자악기에 응용되어 전자키보드, 전자 피아노, 전자드럼등 다양한 제품이 개발되고 있다.

### 7. 향후 전망

우리가 직면하고 있는 문제는 LP가 CD로 대체된 것과 같이 기존의 콤팩트 카세트를 무엇이 대체할 것인가 하는 것이다. 즉, 가장 먼저 출발한 R-DAT가 아직 시장을 확보하지 못한 상황에서 필립스의 DCC와 소니의 mini disk 가 어떤 방향으로 갈 것인가 하는 것이다. 이 3 방식에 대한 결정은 유저가 하게 될 것이며, 향후, 궁극적으로 추구하고 될 디지털 오디오의 방향은 다음과 같을 것이다.

(1) 단파장, 협트랙, 수직 기록기술등의 개발로 광디스크와 자기기록테이프의 기록밀도는 10배 이상 향상될 것이다.

(2) 오디오 신호의 압축기술은 10-100배 향상되어 초소형 미디어와 개인용 휴대형 AV 기기화를 더욱더 진전시킬 것이다.

(3) AD/DA 변환시의 오차에 의한 음질열화의 방지를 위하여 오버 샘플링 기술과 양자화비트의 증대, 고능률·신기술의 변환방식이 개발되고, 광대역·고타이머 라인지를 실현할 수 있는 새로운 고분해능 오디오를 추구할 것이다.

(4) 민생용기기의 축적미디어와 통신분야에의 응용을 위해 128-64Kbps를 실현할 수 있는 고능률 부호화 기술이 발전될 것이다.

(5) 디지털소스에 대응하는 HiFi 디지털 스피커 시스템이 보급될 것이다.

(6) 대역 압축기술과 반도체 메모리의 용량 증가에 따른 mechanism이 없는 반도체칩을 응용한 헤드폰 스테레오가 출현될 것이다.

(7) HD-TV, 디지털 VTR등 A/V 기기의 접합에 따라 AVCC화는 보편화 될 것이다.

(8) BS, CATV, INS, CS의 상호 융합이 추진될 것이다.

## III. 結 論

미래에는 오디오, 비디오, 영상등 모든 A/V 기기와 소프트웨어 및 하드웨어에도 고도의 디지털 기술이 꽃을 피우게 될 것이다. 따라서 단순히 지금의 오디오 시장의 침체를 벗어나기 위해서만이 아닌, 급격하게 변화하고 있는 디지털 오디오의 기술에 대응하고, 향후의 AVCC의 복합화에 따른 디지털 오디오의 확대를 위해서는 지속적이고 과감한 투자를 할 필요가 있을 것이다.

### 略語 (ABC順)

- AVCC : Audio Video Computer Communication
- AD / DA : Analog to Digital / Digital to Analog Converter
- ADPCM : Adaptive Differential Pulse Code Modulation
- BS : Broadcast Satellite
- CATV : Cable TeleVision
- CD : Compact Disc
- CD-I : Compact Disc-Interactive
- CD-RAM : Compact Disc-Random Access Memory
- CD-ROM : Compact Disc-Read Only Memory
- CD-ROM XA : CD-ROM Extension Architecture
- CD-V : Compact Disc Video
- CD-WO : Compact Disc Write Once
- CDRI : Compact Disc Recordable Interactive
- CDR-S : Compact Disc Recordable Single
- CDR-V : Compact Disc Recordable Video
- CRCC : Cyclic Redundancy Check Code
- CS : Consumer Satellite
- DASH : Digital Audio Stationary Head
- DSP : Digital Signal Processing
- ECC : Error Correcting Code
- INS : Information Network System
- LD : Laser Disc
- PASC : Precision Adaptive Subband Coding
- PCM : Pulse Code Modulation

參 考 文 獻

[1] 土井利忠、伊賀, “デジタル・オーディオ”, ラジオ技術社, 1988.  
 [2] 中島 平太郎, 小高 建太郎, “DAT 讀本”, オーム社, 1988.

[3] 中島 平太郎, 小川博司, “コンパクトデスク讀本”, オーム社, 1988.  
 [4] 岡部恭尚, “DSPオーディオ機器への應用”, JAS Journal, Oct. 1990.  
 [5] “10年後のオーディオ. ビデオ技術”, JAS Journal, Apr. 1991. 録

筆 者 紹 介



魯 一 榮

1961年 2月 5日生

1983年 2月 한양대학교 전자공학과 졸업

1987年 8月 아주대학교 산업대학원 졸업

1983年 1月 삼성전자

1983年 3月~현재 삼성전자 가전종합연구소 A/V연구실  
선임연구원