

# 하드디스크를 내장한 디지털 위성방송수신기의 설계 및 구현

성영경, 최윤희, 최태선  
광주과학기술원 기전공학과

## Design and Implementation of hard disk embedded Digital satellite receiver

Yeong Kyeong Seong, Yun Hee Choi, Tae Sun Choi

Department of Mechatronics, Kwangju Institute of Science and Technology  
sygnus@sip1.kjist.ac.kr, dals@sip1.kjist.ac.kr, tchoi@kjist.ac.kr

### 요약

본 논문에서는 하드디스크를 내장한 디지털 위성방송 수신기의 설계 및 구현에 대해 기술한다. 디지털 방송 기술의 발달로 인해 방대한 양의 디지털 멀티미디어 데이터의 전송과 접근이 가능해졌다. 이러한 방송 데이터를 실시간으로 저장하기 위한 하드디스크 인터페이스와 방송의 저장과 재생 등 기존 아날로그 비디오 레코더가 가지는 기능 외에 하드디스크의 특성을 이용한 랜덤 액세스 기능 등 디지털 비디오 레코더(DVR)의 기능이 포함된 하드디스크 내장 위성방송 수신기를 개발하였다. 이 수신기는 PC에서 사용되는 파일 시스템보다 멀티미디어 데이터에 적합하도록 디스크 클러스터의 크기와 한정된 메모리를 고려하여 설계된 파일 시스템을 이용해 저장된 멀티미디어 데이터를 효과적으로 관리하는 부분을 포함한다. 이러한 시스템을 이용함으로써 방송의 효과적인 시청과 멀티미디어 데이터의 효율적인 관리가 가능해진다.

### 1. 서론

디지털 위성방송의 발달과 함께 다양한 멀티미디어 데이터의 효율적인 관리가 중요해졌다. 또한 채널의 다양화로 인해 시청자의 채널 선택의 제한 등의 문제점이 제기되고 있다. 이에 본 논문에서는 위성 방송 수신기에 HDD를 내장하여 방송을 녹화하고 사용자가 원하는 시간에 재생할 수 있는 시스템의 구현에 대해 논하고자 한다. 최근 디지털 방송의 급속한 보급으로 방대한 양의 방송 데이터의 효율적인 저장과 관리가 필수적이다. 이러한 환경적 요구에 따라 동영상 데이터의 효율적인 저장과 전송을 위한 MPEG-2, MPEG-4, MPEG-7과 이러한 표준을 중심으로 실제 방송에 적용하기 위한 DVB, ATSC 등의 방송 표준안이 제정되었다. 방송환경이 아날로그에서 디지털 환경으로 변화됨에 따라 방송채널의 수도 기하급수적으로 증가하여 사용자는 많은 방송 가운데서 사용자에게 필요한 방송을 찾아내는 것조차 쉽지 않게 되었고, 시청자가 보기를 원하는 여러 가지 프로그램들이 같은 시간대에 방송될 확률이 더 높아지게 되었다. 또한 디지털 방송에서는 방송 채널을 통해 TV 프로그램뿐만 아니라 여러가지 부가 데이터를 전송할 수 있게 된다. 이러한 데이터의 저장 처리를 위해서 방송 수신기와 대용량 디지털 데이터 저장장치와의 결합은 불가결한 선택이 되었다. 본 논문에서는 기존의 디지털 방송의 수신기에 대용량 디지털 저장장치를 연결하여 방송의 저장, 검색, 분류가 가능한 새로운 방송 수신기의 설계 및 구현을 기술한다.

### 2. 시스템 개요

기본적인 위성 방송 수신기에 부가적으로 HDD와의 데이터 교환을 위한 인터페이스 부분을 추가하였다. 그림 1은 하드디스크 내장 Set Top Box의 블록도를 나타낸다. 위성으로부터 수신된 데이터가 NIM(Network Interface Module)을 거치게 되면 디지털 신호로 변환된다. 이렇게 얻어진 디지털 신호는 여러 채널의 방송 프로그램이 혼합된 상태이며, 이 다중화된 방송 프로그램 중에서 사용자가 시청하기 위해 선택된 프로그램이 Demux를 통하여 선택되어 Set Top Box 내부 버퍼로 전송된다. 사용자가 녹화를 원하지 않으면 이 데이터는 곧바로 MPEG 복호기로 전송되며, 녹화를 원하는 경우에는 이 버퍼에 쌓인 데이터를 하드디스크에 저장하게 된다. 사용자가 저장된 프로그램을 다시 시청하기를 원하는 경우 하드디스크에 저장된 데이터를 버퍼로 읽어 들여 MPEG 복호기로 보내게 된다. MPEG 복호기는 압축된 MPEG 데이터를 복원하고 각각 Video 인코더와 PCM을 거쳐 TV화면과 스피커를 통하여 출력시킨다.

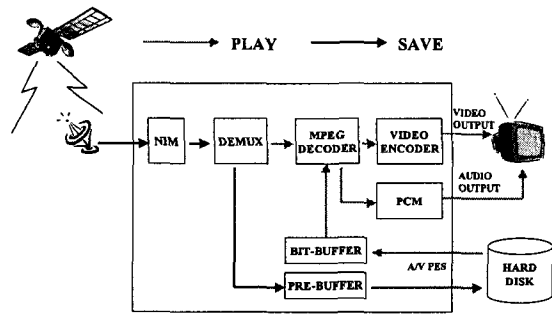


그림 1. 시스템 블록도

### 3. DVR 기능

사용자에게 기존 VCR과 같은 기능을 제공하기 위해 녹화, 재생, 트릭모드(Trick mode) 재생 등의 기능을 구현하였다.

#### 3.1 A/V 저장

Demux를 거쳐 원형버퍼에 들어온 188byte의 TS (Transport Stream)중 헤더에 해당하는 4byte를 제외한 184 byte의 PES(Packetized Elementary Stream)를 선행버퍼로 복사한다. 이때 복사되는 크기는 PES의 내용에 따라 184보다 작은 크기일 수 있다. 선행버퍼에 HDD에

저장하기 위한 일정한 크기 이상의 데이터가 쌓이면 A/V 헤더를 첨가하여 HDD에 기록한다. PES의 복사와 HDD로의 기록은 동시에 이루어져야 하는 작업이므로 두개의 Task를 별도로 수행하여 실시간 처리가 가능하도록 한다. 랜덤 액세스와 트릭모드 재생을 위해 GOP(Group of Pictures) 헤더의 위치는 별도로 저장된다.

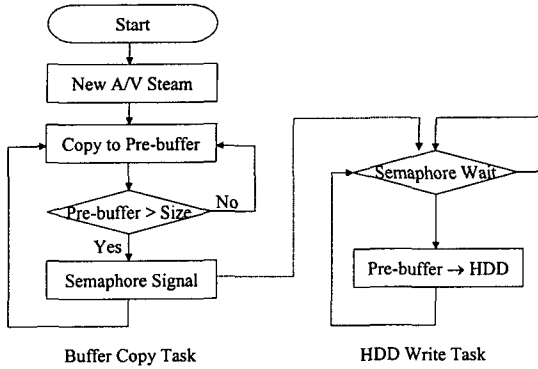


그림 2. A/V 저장 흐름도

### 3.2 A/V 기본 재생

재생 시에는 일정한 크기씩 HDD로부터 읽어 들이고 헤더를 이용해 A/V를 구분하여 각각의 DMA(Direct Memory Access)를 통해 복호기로 전송한다. A/V 버퍼 상태를 확인하여 시간지연 값을 조절하여 overflow 또는 underflow가 발생하지 않도록 한다. 일반 VCR의 기능과 같이 Pause 및 Resume기능을 위해 Pause는 재생 task를 일시 정지하고 resume는 정지된 재생 task를 다시 시작한다.

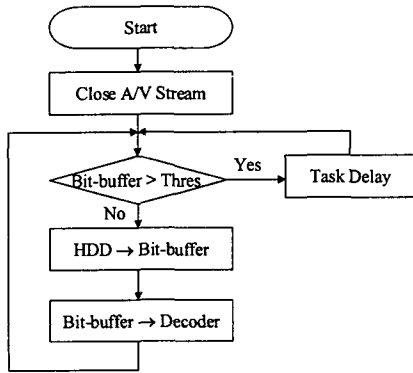


그림 3. A/V 재생 흐름도

### 3.3 랜덤 액세스 및 순방향/역방향 skip 재생

테이프 녹화기와의 가장 큰 차이점인 HDD의 랜덤 액세스 특성을 이용하여 장시간 녹화된 프로그램의 전 구간을 순차적으로 재생하지 않고 특정 구간을 임의의 순서로 재생할 수 있다. 사용자가 원하는 재생 위치를 지정하면 그 위치에서 가장 근접한 GOP 헤더 위치를 찾는다. 헤더 위치에 해당하는 A/V 데이터를 읽어 복호기로 전송하면 복호기에서 Picture 헤더를 검색하고 그 위치부터 재생된다. Skip Play 역시 현재 위치에서 일정구간 만큼 전후시간으로 이동하여 재생한다.

### 3.4 트릭모드 재생

트릭모드 재생은 고속 및 저속재생, 역방향 재생 등의 기능이 있다. 고속 및 저속재생은 복호기의 흐름을 조절하는 방법과 MPEG video의 특성을 이용한 방법이 있다. MPEG 복호기의 흐름을 이용하는 방법은 다음과 같다. 정속재생은 매 프레임마다 발생하는 vertical sync interrupt를 받아서 복호화가 수행되고 다음 interrupt가 발생할 때까지 복호기는 대기상태를 유지한다. 고속재생을 위해서는 이 대기상태를 없애고 즉시 다음 interrupt를 발생시켜 복호화의 속도를 증가시킨다. 저속재생을 위해서는 picture 헤더에서 발생하는 interrupt가 일정 횟수 누적될 때 복호화를 수행한다. MPEG video의 특성을 이용하는 방법은 Picture 타임에 따라 복호화를 skip하여 재생속도를 증가시킨다. 12배속 이하의 고속재생은 복호기의 흐름조절로 가능하고 그 이상은 프레임 skip하는 방법을 사용한다. 역방향 재생은 저장된 GOP헤더의 위치를 역으로 검색하여 I Picture만을 복호화한다. 모든 프레임의 재생하기 위해서는 복호화된 12프레임의 영상을 저장하기 위한 메모리가 필요하다.

## 4. HDD의 파일 관리

저장된 데이터의 효과적인 관리를 위해 파일관리 기능을 구현하였다. 파일관리는 응용프로그램에 직접적인 파일 접근 서비스를 제공하며, 디스크 관리, 파일 관리, 디렉터리 관리 등의 기능으로 세분된다. 디스크 관리를 위해서는 파티션 테이블(PT), 부트 레코드(BR), 파일 할당 테이블(FAT) 등 디스크의 논리적 포맷과 디렉터리 엔트리 등을 설계할 필요가 있다. 모든 설계에서 저장 바이트 순서는 Intel 계열의 방식을 사용한다.

TS					
섹터수	I (PT)	nFAT	nFAT	nRootSize	TCS TC
시작주소 (LBA)	0	1	nFAT+1	2nFAT+1	2nFAT+1+nRootSize = nStartLBA
				nStartLBA	nEndLBA

\*PT: Partition Table & Boot Record (1섹터)

그림 4. 하드디스크 공간 할당표

하나의 하드디스크는 총 4개의 파티션으로 분할될 수 있다. 하나의 파티션은 파티션 테이블(PT), 부트 레코드(BR), 파일 할당 테이블(FAT), 루트 디렉터리 그리고 데이터 영역으로 구성된다. 사용자는 하드 디스크를 임의로 바꾸어 설치할 수 있으므로 시스템은 임의의 용량을 가진 하드 디스크에 대해서 자동적으로 그림 4에 제시된 것과 같은 공간 분할을 수행할 수 있어야 한다. 각 필드의 크기는 다음과 같이 계산할 수 있다.

1) 파티션 내의 총 클러스터의 수:

$$TC = \left\lfloor \frac{nSec \cdot (TS - 1 - nSetRoot)}{nSec \cdot SC + 2 \cdot nByte} \right\rfloor$$

여기서 nSec는 섹터당 바이트수로 보통 512이고 nByte는 FAT의 바이트수이다. TS는 하드디스크 전체의 섹터단위 크기, SC는 클러스터당 섹터수이다.

2) 사용자 설정 루트디렉터리의 섹터단위 크기:

$$nSetRoot = \left\lfloor \frac{(nRoot \times 64) / nSec}{SC} \right\rfloor \times SC$$

여기서 []연산은 올림연산이며, nRoot는 설정된 최소한의 루트파일수이다. (nRoot\*64)/nSec가 정수가 되도록 nRoot를 결정해야 한다. nSetRoot는 클러스터의 배수로 할당된다.

3) FAT 자체의 섹터 단위 크기:

$$nFAT = \left\lfloor \frac{TC \cdot nByte}{nSec} \right\rfloor$$

여기서 []은 올림연산이다.

4) 남은 섹터:

- $RS = TS - (TCS) - (2 \cdot nFAT) - 1 - nSetRoot$
- 루트 디렉터리의 섹터단위 크기:  
 $nRootSize = TS - (TCS) - (2 \cdot nFAT) - 1$   
 $= nSetRoot + RS$
  - 루트 디렉터리의 파일 수:  
 $nRootFiles = \{nSec \times nRootSize / 64\}$  여기서 {}는 버림 연산이고, 64는 파일 정보의 크기이다.
  - 파티션 내의 총 섹터크기:  $TCS = TC \times SC$
  - 데이터 영역의 시작주소:  
 $nStartLBA = 2 \cdot nFAT + 1 + nRootSize$
  - 데이터 영역이 끝나는 주소:  
 $nEndLBA = TS - 1$

파일관리를 위해 FAT 형태의 디스크 포맷을 사용한다. FAT는 하나의 파티션에 대해 모든 클러스터들에 대한 상태 정보를 저장한다. FAT는 숫자들로 이루어진 하나의 표로써 이 숫자들은 클러스터당 한 개씩 할당되고 해당 클러스터의 상태를 나타낸다. FAT에는 시스템이 각 파일들을 디스크 상의 어느 위치에 저장해 두었는지를 보여주는 클러스터 사슬형태로 구성된다. 또한 새로운 정보가 기록될 때 어떤 공간을 시스템이 사용할 수 있는지를 나타낸다. FAT는 디스크 상에서 손상된 영역에 대한 기록을 가지고 있어서 시스템이 그 위치에 데이터를 저장하지 못하도록 하는 역할도 한다. FAT는 디스크 운영에 있어서 매우 중요한 정보를 가지고 있기 때문에 하나의 파티션에 두개의 FAT가 존재하여 하나의 FAT가 손상된 경우 이를 복구하기 위해서 여분으로 하나를 더 기록해 둔다. FAT에서는 클러스터 번호 0번과 1번은 사용하지 않는다. 즉, 클러스터 번호는 2번부터 시작한다. FAT의 크기는 (FAT 엔트리 바이트수) X (총 클러스터의 개수)로 나타낼 수 있다. 그림 5는 FAT의 구조를 나타낸다.

디렉토리 엔트리는 그림 6에 나타난 바와 같이 '파일명'에 해당되는 파일에 대한 모든 정보를 가지고 있다. 이 가운데 가장 마지막에 필드인 '첫번째 FAT 엔트리 번호'는 이 파일이 시작하는 위치의 FAT 값을 지정한다. FAT에는 다음 클러스터의 위치가 기록되어 있기 때문에 해당 파일에 대한 FAT의 시작 위치만을 알고 있으면 연결 리스트의 형태로 전체 클러스터의 위치를 알아낼 수 있다.

Entry	Entry	Entry	Entry	Entry	Entry	Entry	Entry
clst2	clst3	clst4	clst5	...	...	...	...
nByte	nByte	nByte	nByte	nByte	nByte	nByte	nByte

그림 5. 파일 할당 테이블 (FAT)의 예

파일명	시간정보			파일크기	속성	첫 번째 FAT 엔트리 번호
48Byte	시간정보 (1Byte)	시작정보 (4Byte)	기간정보 (2Byte)	4Byte (최대 2048GByte)	1Byte	4Byte (32-bit)
0-47	48	49-52	53-54	55-58	59	60-63

그림 6. 디렉터리 엔트리

### 5. 응용프로그램 및 사용자 인터페이스

방송시청 중 사용자가 녹화를 원하면 RCU (Remote Control Unit)의 REC 버튼을 누름으로써 녹화가 수행된다. 기본적으로 녹화프로그램의 이름은 채널이름과 일련번호로 구성되어 부여되고 추후에 변경이 가능하도록 한다. 저장 중이라는 상태를 표시하기 위해 화면 좌측 상단에 REC 창을 보여준다. 저장중 같은 Transponder의 다른 채널을 시청 시에는 채널변경이 가능하고 다른

Transponder로 전환 시에는 저장중이라는 메시지와 함께 저장을 중지할지를 사용자에게 선택하도록 한다. 저장을 위한 동작루틴은 다음과 같다.

- 현재상태가 저장 중이면 저장을 멈춘다.
  - 현재 채널이 TV인지 Radio인지의 정보를 얻는다.
  - 현재 채널이 Lock 채널인지의 정보를 얻는다.
  - 파일 열기를 수행하여 HDD내에 여유공간이 있는지 확인한다.
  - 파일 열기가 성공적으로 이루어지면 MPEG-2 시스템으로부터 단일 이벤트 분리 루틴을 수행한다. 즉, 현재 시청중인 방송 스트림을 일시정지하고 새로운 저장채널에 대한 스트림을 받아들인다.
  - 저장중 RCU의 STOP 버튼을 누르면 저장이 종료되고 시청중이던 채널을 계속 시청하게 된다.
  - 파일 단기로 저장중이던 파일을 닫는다.
  - 현재 시청하던 채널과 저장중이던 채널이 다르면 그대로 시청하고 같은 경우에는 저장버퍼로 들어오던 스트림을 차단하고 직접 스트림을 보낸다.
- 그림 7은 사용자 인터페이스 화면의 예이다. 저장된 파일의 목록을 화면의 좌측에 보여주고 화면의 우측에는 재생되는 화면과 파일의 정보를 보여준다.

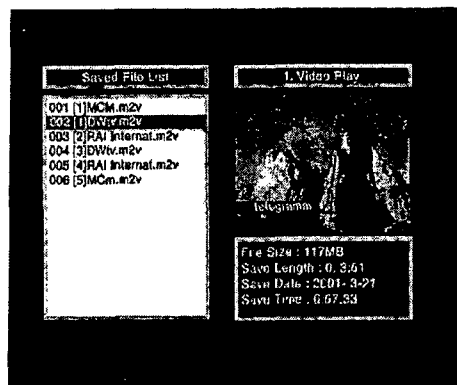


그림 7. 저장프로그램의 PIP시청의 예

### 6. 기능 구현 및 성능

Set Top Box에 실린 OS는 하드 디스크 관리를 위한 서비스를 제공하지 않기 때문에, 하드디스크 관리를 위한 하위 서비스를 직접 설계해야 한다. 이를 위해 하드 디스크 관리를 위한 하위 서비스를 5개의 계층으로 나누고 각각 서로 다른 계층으로부터의 독립성을 부여함으로써 한 부분의 오류가 다른 부분으로 전파되지 않도록 설계한다. 이를 위한 가능한 하드디스크 관리 계층을 분류하면 다음과 같다.

- ① 물리접속층
  - ATA 스펙에 맞도록 설계.
  - 40핀 커넥터에 의해서 하드디스크와 STB 연결.
  - PIO 모드 4를 사용.
- ② 연결계층
  - 다중화된 TS중에서 한 프로그램에 해당하는 단일 TS를 추출.
  - TS를 저장을 위한 기본단위로의 상호변환.
  - HDD와의 데이터 연결 및 전송 기능.
- ③ 하위서비스계층
  - 하드디스크의 논리적 주소와 물리적 주소간의 상호변환.
  - 하위 에러처리 기능
- ④ 파일운영계층

- 응용프로그램에 직접적인 파일 접근 서비스를 제공.
- 디렉터리 관리, 파일 관리, 디스크 관리 기능.

⑤ 응용계층

- 사용자 인터페이스
- 파일관리

구현된 파일시스템에서  $nByte = 2$ 의 값을 사용할 때 사용할 수 있는 최대 디스크 용량은 다음과 같다. 1클러스터당 섹터수가 1024일 때 사용 가능한 최대 디스크 용량은  $1024sectors \times 2^{9*2} \times 512bytes = 32,768Mbyte$ 이다. 일반적인 스트림 rate를  $500Kbytes/sec = 30,000Kbytes/min$ 으로 가정할 때, 1분간 저장되는 파일의 경우에 대한 클러스터의 크기와 파일 시스템의 성능 관계를 그림 8과 표1에 나타내었다. 파일 읽기/쓰기 속도는 클러스터의 크기의 변화에 크게 영향을 받지 않는다. 클러스터의 크기가 증가함에 따라 속도도 증가하는 경향이 있으나 측정오차 범위 내에서 변화한다. 메모리 할당량은 일정크기의 디스크에서 클러스터의 크기가 증가할 수록 감소한다. 최대 사용가능 디스크 용량은 클러스터의 크기가 증가하면 함께 증가한다. 디스크 효율은 클러스터의 크기가 증가하면 감소한다. 이와 같은 네 개의 성능인자를 고려하면 일정크기의 디스크의 경우 최대 사용가능 디스크용량내의 클러스터 크기를 사용하는 것이 가장 효과적이라 할 수 있다. 즉, 표 1에서 보는 바와 같이 디스크용량이 16,384 Mbytes 초과 32,768 Mbytes이하일 경우 클러스터 크기는 1024 sector를 사용한다.

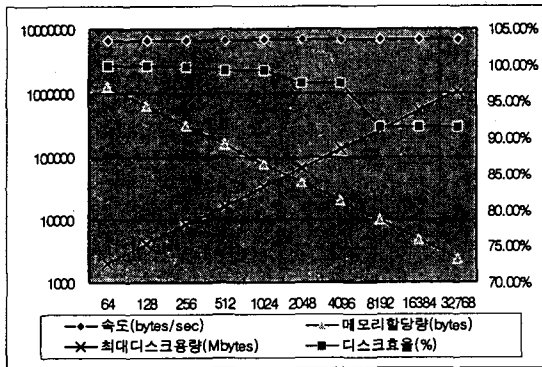


그림 8. 파일시스템의 성능

7. 결론

이상과 같이 하드 디스크 내장 STB의 기능을 설계하고 구현하였다. 주요 개발내용은 다음과 같다.

- PIO 모드4를 지원하는 ATA 인터페이스 구현 (16.6Mbyte/sec)
- MPEG-2 시스템으로부터 단일 이벤트 분리
- HDD를 통해 10시간이상의 프로그램 저장 기능
- 저장된 방송데이터의 PIP 시청 등의 사용자 인터페이스 기능

표 1. 파일시스템의 성능

클러스터 크기 (sector)	64	128	256	512	1024	2048	4096	8192	16384	32768
속도 (bytes/sec)	6669602	6647265	6660849	6679299	6762770	6820222	6840091	6855414	6859897	6885081
디스크효율 (%)	99.95%	99.95%	99.73%	99.31%	99.31%	97.66%	97.66%	91.55%	91.55%	91.55%
메모리할당량 (bytes)	1245978	623026	311522	155764	77882	38940	19470	9734	4866	2432
최대디스크 용량 (Mbytes)	2048	4096	8192	16384	32768	65536	131072	262144	524288	1048576

- 파일관리를 이용한 저장된 파일의 삭제, 변경 및 디스크관리 기능
  - 재생, 일시정지, 랜덤 액세스, 순방향/역방향 Skip, 고속/저속 재생, 예약녹화 등의 디지털 비디오 기능
- 본 시스템을 이용해 사용자는 원하는 장면을 녹화할 수 있고 원하는 시간에 재생할 수 있는 디지털 비디오 기능이 가능하게 된다. 이러한 HDD 내장 STB의 기능을 이용해 방대한 멀티미디어 데이터를 효과적으로 저장할 수 있다. 이에 추가적으로 사용자가 원하는 자료를 쉽고 빠르게 검색하는 동영상검색기술을 적용함으로써 차세대 HDD내장 STB시스템 또한 가능할 것이다.

8. 참고문헌

- [1] ATA-2 (AT Attachment 2), Revision January 1995.
- [2] ATA-3 (Attachment-3 Interface) Revision 6, October 1995.
- [3] Information Technology - AT Attachment with Packet Interface Extension (ATA/ATAPI-4), Working drafts, Revision 18, 19 August 1998.
- [4] ATSC Data Broadcast Specification, Standard Draft, October 1998.
- [5] ISO/IEC 13818 (MPEG 2 DIS), Generic coding of moving pictures and associated audio, November 1994.
- [6] T. Igarashi, K. Hayakawa, T. Nishimura, T. Ozawa, and H. Takizuka, "Home network file system for home network based on IEEE-1394 technology," IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 45, No. 3, pp. 1000-1003, Aug. 1999.
- [7] T. Kurioka, H. Minami, H. Okuda, and H. Ohshima, "A new video hard disk system for multimedia program production," IEEE Trans. on Broadcasting, Vol. 42, No. 3, pp. 222-228, Sept. 1996.
- [8] S. J. Solari, "Architecture for a digital video recorder," International Conference on Consumer Electronics, pp. 32-33, June 2000.
- [9] M. Kageyama, A. Ohba, T. Matsushida, T. Suzuki, H. Tanabe, Y. Kumagai, H. Yoshigi, and T. Kinoshita, "A free time-shift DVD video recorder," IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 43, No. 3, Aug. 1997.
- [10] R. Wang, A. Karmouch, "A multimedia file structure for continuous and discrete media," Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, pp. 644-647, Vol. 2, Sept. 1993.
- [11] Andrew S. Tanenbaum, Modern Operating System, Prentice-Hall International, 1992.
- [12] Larry L. Ball, "Multimedia Network Integration & Management," McGraw-Hill, 1996.
- [13] 유시룡, 장규환, 이병욱, 김종일, 정해묵, MPEG 시스템, 대영사, 1997.