

대용량 HDD 를 기반으로 한 DTV 용 Time-Shifter 의 설계

정수운, 이동호

한양대학교 전자컴퓨터공학부

Design of the HDD Based Time-Shifter for DTV

Su-Woon Jung, Dong-Ho Lee

School of Electrical and Computer Engineering, Hanyang Univ.

{swjung,dhlee}@image.hanyang.ac.kr

요약

디지털 기술의 급속한 발전으로 디지털 방송을 위한 DTV가 곧 상용화 될 것으로 보인다. DTV는 단순한 TV수상기 기능 외에 여러 가지 응용 제품으로 발전할 수 있다는 장점이 있다. 그 응용 제품으로 현재 각국에서 앞 다투어 개발중인 것에는 WEB TV나 PVR 등을 들 수 있다.

본 논문은 대용량 하드디스크를 이용하여 HD급 방송 스트림에서도 성능을 발휘하는 DTV의 PVR기능 추가를 위한 Time-Shifter 보드 설계에 관한 것이다. HD급 방송 스트림을 위한 PVR을 개발 할때의 문제점은 읽기와 쓰기가 동시에 발생할 때 최대 40Mbps에 달하는 데이터 액세스 속도인데 본 논문에서는 현재 시판중인 하드디스크(HDD)를 이용하여 위 속도를 나타내기 위한 효율적인 DMA 방식과 버퍼 제어 방법을 제시한다. 더불어 저장되었던 스트림을 다시 재생 할 때 문제 될 수 있는 bit rate 제어는 time-stamp 방식을 이용하여 해결 하였으며 VCR에서의 트릭 모드 재생 기능을 위해 Index 추출 방식을 적용하였다.

I. 서론

디지털 기술을 중심으로 한 급속한 기술혁신으로 멀티미디어 시대에 발맞추어 아날로그 방송의 디지털화가 각국에서 적극적으로 추진되고 있다. 디지털 방식의 전환에 따라 방송의 다채널화 및 고품질화가 가능해졌으며, 우리나라에서도 2001년부터 본격적으로 이러한 DTV 방송을 개시할 것으로 예상된다. DTV수상기 이외에 VCR같은 아날로그 가전제품도 디지털제품으로 전환되어야 하는데 기존의 VCR을 대체 할 수 있는 디지털 저장 매체로는 하드디스크, DVD 등이 유력시 되고 있으며, 이에 따라 이러한 저장 매체를 이용한 다양한 DTV 응용 제품들이 개발 되어야 한다[1].

최근에 외국에서는 기존의 아날로그 VCR의 기능을

대체한 HDD 기반의 'Personal Video Recorder'(PVR) 제품을 개발하며 큰 호응을 얻고 있다. 기존 아날로그 VCR과의 가장 큰 차이점은 현재 방송국에서 보내고 있는 프로그램을 저장하면서 time-shifting 된 프로그램을 계속 시청 할 수 있다는 것이다. 저장할 때에는 예약 녹화도 할 수 있다. 그 녹화량은 하드디스크의 용량 및 프로그램의 해상도에 따라 수십 시간까지 저장이 가능하

다. PVR 개발에는 미국의 TiVo와 ReplayTV가 현재 가장 앞서 있으며 유럽에서는 영국의 위성방송사업자인 BSkyB사가 TiVo사와 제휴하여 HDD내장형 Set-Top Box의 실용화를 추진하고 있다. 이와 더불어 HDD녹화재생장치를 실용화하기 위하여 결성된 TV Anytime Forum'이 최근 미국, 유럽, 일본 등이 주축이 되어 발족되면서 본격적으로 활동하기 시작하였다[3][4][5].

선진 업체들이 현재까지 개발한 PVR은 SD급에 그치고있다. 하지만 본격적인 디지털 방송이 시작 되면 기존의 PVR에서는 HD급 화질을 감상할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 최대 HD급 프로그램에 대해서도 기존 VCR의 기능 외에 time-shifting 된 프로그램을 볼 수 있는 Time-shifter 설계구조를 제안하여 구현하였다.

II. Time-Shifter 의 설계

2.1 Time-Shifter

일반적인 TV수상기는 현재 생방송 되고 있는 프로그램을 그대로 화면에 보여준다. 따라서 잠시 자리를 비우거나 채널을 바꾸는 과정에서는 시청자가 보던 프로그램을 잠시 못 보게 되는 단점이 있었다. 그러나 현재 개발되어진 PVR의 가장 큰 공통점 및 장점은 생방송 되고 있는 프로그램을 하드디스크에 일단 저장 하였다가 후에 다시 그 프로그램을 원할 때마다 볼 수 있다는 것이다. 특히 생방송 도중 일이 발생하여 PAUSE를 시켰다가 잠시 후 재생을 하면 정상적인 생방송과는

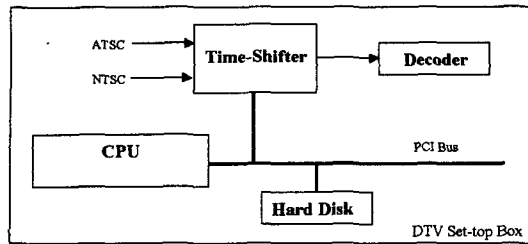


그림 1. 시스템 블록도

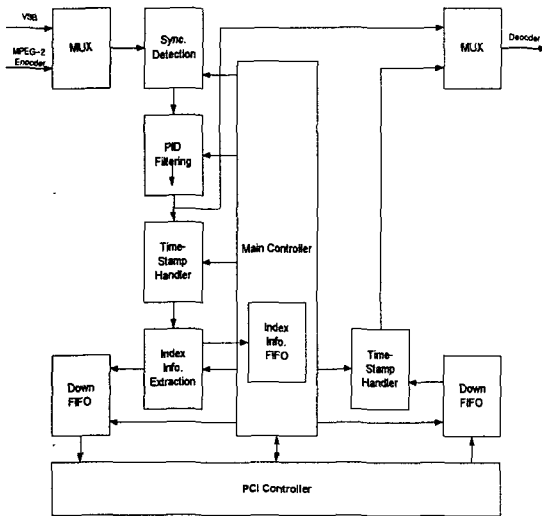


그림 2. Time-shifter 블록도

PAUSE 된 만큼 시간 지연된 프로그램이지만 시청자는 어느 한 장면도 놓치지 않고 계속해서 그 프로그램을 볼 수가 있다. 본 논문에서는 PVR 중 위에서 언급한 Time-Shifting 기능 및 기타 아날로그 VCR 기능을 수행할 수 있도록 도와주는 H/W 보드를 Time-Shifter라 부르도록 한다.

2.2 HD 급 방송 스트림의 처리상의 문제

Time-Shifter 개발의 가장 큰 의의는 HD(MP@HL)급 방송 스트림에 대하여 PVR 기능을 구현 하였다는 것이다. 이것은 대략 40Mbps의 bit rate을 양방향으로 처리할 수 있어야 한다는 것을 의미한다. 이것이 가능하기 위해서 PCI 버스의 대역폭, 하드디스크의 성능, VCR과 같은 트릭모드 재생의 지원 및 소프트웨어의 최적화와 같은 4가지가 요소가 반드시 만족 되어야 한다.

본 논문에서 설계된 Time-Shifter는 입력단에서 들어오는 데이터를 DMA를 이용하여 PCI 버스를 통해 시스템 메모리에 일시 저장 하였다가 일정한 양이 전송되면 데이터를 하드 디스크로 저장한다.

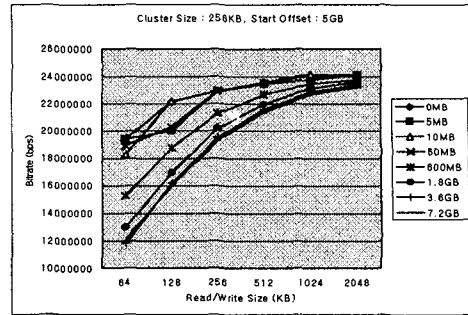


그림 3. Difference 별 I/O Size 대 Bitrate 의 변화

VCR의 기능을 구현 하려면 저장과 재생이 동시에 이뤄져야 하므로 이 과정에서 PCI 버스의 사용이 4배로 증가된다.

PCI 버스만을 고려 할 때 33MHz/32-bit Data Bus에서 최대 132 Mbytes/sec의 데이터 전송 속도를 나타내지만 일반적인 경우 burst 전송을 하면 대략 80~100MB/s 정도를 나타낸다. HD 급 방송 스트림의 bit rate은 약 19.4 Mbps 정도 이므로 이와 비교한다면 PCI BW는 무척 여유롭다고 할 수 있다.

두 번째 문제는 하드디스크로의 데이터 입출력이 그만큼의 속도를 나타낼 수 있는냐 하는 점이다. 이를 위해 쿼텀 7200RPM 20G 모델을 이용해 직접 성능 테스트를 해 본 결과 그림 3에서처럼 데이터 읽기/쓰기 데이터 값이 512Kbyte 이상인 경우 최소 21Mbps의 bit rate가 처리 가능함을 알 수 있었다. 각 difference 별로 성능을 나타내었는데 difference는 하드디스크에 데이터 읽기와 쓰기 시작 하는 오프셋 차이를 나타낸다. 그림에서 오프셋 차이가 클수록 약간의 성능 저하를 나타내고 있음을 알 수 있다.

세 번째로 HD 급 스트림에 대하여 트릭 모드 플레이를 지원해야 하는데 이 문제에 대해서는 다음절에서 설명하겠다.

마지막으로는 소프트웨어의 최적화를 들 수 있다. PVR 기능을 구현하기 위하여 소프트웨어의 load를 가능한 줄여야 하며 하드디스크의 액세스 및 Time-shifter와의 데이터 전송에 최대의 우선권을 갖도록 구성하여야 했다.

2.3 시스템 구조

시스템은 크게 하드웨어와 소프트웨어 영역으로 구분된다. 소프트웨어는 먼저 PCI 버스 기반 보드인 Time-Shifter를 제어하기 위한 Device Driver 및 이를 기반으로 저장과 재생을 위한 API와 User Interface가 있다.

하드웨어로는 Time-Shifter가 장착 될 DTV Set-top Box가 기본을 이룬다. 여기에는 전체 시스템을 제어할 CPU가 있으며 ATSC 입력을 받기 위한 VSB 수신기, NTSC 입력을 처리하기 위한 NTSC 디코더 및 MPEG-2 인코더, 디코더 그리고 E-IDE 컨트롤러와 HDD가 있다.

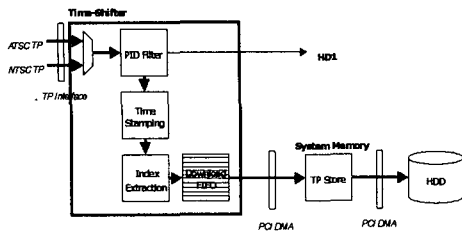


그림 4. 데이터 저장 과정

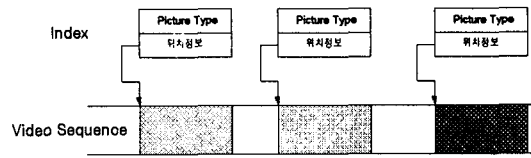


그림 5. 인덱스 정보와 비디오 패킷과의 관계

2.4 Time-Shifter의 구조 및 기능

Time-Shifter의 구조

그림 2는 구현된 Time-shifter의 내부 블록도를 나타내고 있다. ATSC 혹은 NTSC 방송 스트림을 선택하게 되며 입력되는 스트림에서 처리할 PID를 갖는 TP만을 선택하여 이로부터 VCR에서와 같은 트릭 모드 재생 기능을 구현하기 위한 기본 정보(Index)를 Time-shifter에서 실시간으로 추출해 낸다. 이 과정에는 재생시 디코더의 출력 bit rate을 조절하기 위하여 로컬 타임스탬프를 TP에 추가하는 블록이 포함된다. 따라서 HDD에 최종적으로 저장될 데이터는 Time-Shifter로 들어오는 실제 방송 데이터(TPs)와 이로부터 추출해 낸 인덱스 정보이며 이들은 Time-Shifter 내부에 두 FIFO 영역에 구분되어 저장된다. 저장된 데이터를 읽어 들여 MPEG 디코더로 출력하는 과정에서는 읽어들이는 데이터를 임시 저장하기 위한 FIFO 및 bit rate 조절을 위한 time-stamp handler 그리고 live 방송 스트림과 저장되었던 스트림중 디코더에 보낼 스트림을 선택하는 Mux블럭으로 구성된다.

저장되거나 재생을 위해 Time-shifter로 읽어 들이는 과정은 모두 PCI 버스상에서 Time-Shifter가 마스터로 동작 하는 DMA 방식을 이용한다. 이 모드를 이용함으로써 PCI 버스에서의 데이터 전송률을 최대한으로 이용할 수 있다.

데이터의 저장

Time-shifter는 먼저 아날로그 혹은 디지털 방송 입력을 선택할 수 있다. 이후 PID filtering부에서 PID(Packet Identifier)를 가지고 오디오/비디오/부가데이터의 정보와 프로그램 정보를 검출한다. 이러한 기능이 추가됨으로써 다채널 방송인 경우 원하는 프로그램만을 선택하여 저장할 수 있으며 널 패킷 같은 경우는 버림으로써 상당한 양의 저장 공간을 절약할 수 있다. 뿐만 아니라 live로 디코더에 넘겨지는 패킷도 이 블록에서 조절 가능하다.

Multi-programming된 MPEG 스트림을 선택하여 하드 디스크에 저장/재생할 경우 bit rate 변경에 따라 디코딩할 때 불연속적인 재생 혹은 distortion이 발생할 수 있다. 이를 방지하기 위해 입력 패킷 맨 앞에 local time-stamp 데이터를 포함시킨다. 이 값은 총 4바이트로써 time-shifter 내부 클럭에 의해 동기되는 값이다. 따라서 188bytes 길이의 패킷은 192 bytes로 증가된 상태로 저장된다.

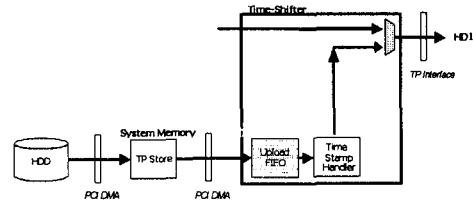


그림 6. 데이터 재생 과정

PVR이 아날로그 VCR처럼 Trick 모드 재생 기능을 지원하기 위해서는 스트림에서 GOP 혹은 Frame 단위에 대한 정보를(Index) 가지고 있어야 한다. 저장된 스트림에 대하여 off-line으로 GOP 혹은 frame 단위를 찾는 것은 소프트웨어로 가능한 일이지만 탐색 시간이 많이 걸리는 단점을 가지고 있다. 실제로 테스트해 본 결과 하나의 HD급 프로그램을 90분으로 저장하는 경우 그 크기가 대략 12.5GBytes에 달하며 이 데이터를 off-line으로 frame 단위 정보를 추출해 내어 데이터 값으로 만드는 데만 수십분이 소요된다. Time-Shifted 저장을 위해서는 저장과 재생을 동시에 해야 하므로 이러한 데이터를 소프트웨어에서 실시간으로 처리하기는 불가능하다. 따라서 저장하는 과정에서 Time-shifter가 이러한 정보들을 정확하게 추출한다면 가장 효과적인 방법일 것이다. 이 기능은 그림 2에서 Index Info. Extraction블록에서 수행하고 있다.

Time-Shifter는 입력되는 비디오 패킷에 대하여 시퀀스 헤더 및 I,B,P 픽처 타입 정보를 추출함과 동시에 각 패킷이 전체 스트림에서 차지하는 위치 정보를 FIFO에 저장하였다가 저장되는 스트림과 동기를 맞추어서 시스템 메모리에 저장한다. 그림 4는 데이터 저장 과정을, 그림 5는 인덱스 정보와 비디오 패킷과의 관계를 보여주고 있다.

데이터의 재생

그림 6은 저장된 데이터를 재생하는 과정을 보여주고 있다. 저장된 스트림의 재생시에는 저장시의 흐름과 반대라고 생각하면 간단하겠지만, HDD에 저장되는 것은 프로그램 정보를 제외한 스트림 데이터 뿐이므로 재생시에는 앞서 Time Stamp를 붙인 TS를 디코더(HD1)로 이동시키는 작업이라고 보면 된다. 먼저 DMA 전송방식을 이용하여 HDD에서 메모리로 또다시 메모

리에서 Time-Shifter로 옮겨진다. 저장 시와 마찬가지로 Time-Shifter 재생용 FIFO가 있으며 Time Stamp를 보고 Rate Control을 하여 디코더로 보내게 된다.

마지막 출력부에서 디코더로 넘겨지는 스트림은 앞서 PID Filter 부에서 저장되는 스트림 데이터 외의 프로그램 정보 데이터(PSI, PSIP 등)가 함께 간단한 재 다중화 장치를 거친 것이다. 즉, 저장된 스트림을 디코딩하는 중에도 현재 실시간으로 수신되는 프로그램 정보 데이터가 같이 디코더 쪽으로 입력되는 것이다. 만약, 실시간 방송을 보는 경우(Sync. Play)에는 Time-Shifter의 입력 스트림 모두가 디코더쪽으로 넘어가게 되며 재 다중화 처리는 필요치 않게 된다. 물론 항상 입력되는 스트림은 HDD에 저장되어야 하므로 HDD 쪽에도 스트림은 보내진다.

스트림과 Rate Control

구현된 Time-Shifter가 지원하는 스트림 제어에는 여러 가지가 있는데 각각에 대하여 표 1에 설명하였다.

디지털 방송 스트림은 일정한 주기(Constant Bit Rate : CBR)로 TS 패킷이 수신측에 도달한다. 또한, 현재 디코더는 입력부로부터 방송 스트림만을 가정하고 있으므로 HDD에 저장된 스트림의 재생시에도 이를 맞추어 입력부의 Buffer Overflow를 방지해야 한다. 이를 위해서 Time-Shifter에서는 Time Stamping Logic을 가지고 있다. 기본적으로 모든 Rate Control은 Time-Shifter에서 담당한다. 그러면, 저장과 재생시의 Rate Control에 대하여 구체적으로 기술하겠다.

저장 시 Rate Control은 Time-Shifter의 입력 스트림이 일정한 주기로 들어오므로 이에 대해서 Time Stamp를 붙이고 저장하는 것으로 특별한 Rate Control이 필요 없다. 다만, 입력 스트림(방송 스트림)의 도착 Rate에 맞추어 HDD에 저장해야 하므로 HDD의 성능이 떨어질 경우 Time-Shifter상의 FIFO 혹은 시스템 메모리에 구성된 임시 Buffer에 Overflow가 발생할 수 있다. 이를 방지하기 위해 시스템 메모리에 임시 Buffer를 DMA 전송단위 보다 5배 이상 크게끔 설정한다.

재생 시 Rate Control은 여러 가지 재생 모드에 따라 달라진다. 그러나, 기본적으로 재생 모드에 따라서 응용 프로그램으로 데이터 요청을 Time-shifter에서 하는 방식을 취한다.

Normal Playback (일반 연속 재생): Time Stamp에 따라서 스트림 데이터(TS)를 디코더로 넘겨준다. 버퍼상태에 따라서 응용 프로그램쪽에 데이터를 요청하거나 요청을 하지 않거나 한다.

Pause (잠시 멈춤): 디코더로의 스트림 데이터(TS) 전달을 중지한다. 이때, 디코더는 디코딩할 데이터가 없으므로 자동적으로 화면이 멈추게 된다.

Fast Forward/Rewind (빨리 감기/되감기): Time Stamp에 따라서 스트림 데이터(TS)를 디코더로 넘겨준다. 이때는 응용 프로그램에서 배속에 따라 Picture 단위로 스트림을 잘라서 버퍼로 넘겨준다.

Slow Forward (느린 재생): 응용프로그램이 TP를 Time-Shifter에 넘겨주면 Time-Shifter는 Time Stamp를 보고 일반 재생시간보다 2배 느리게 데이터를 넘겨준다.

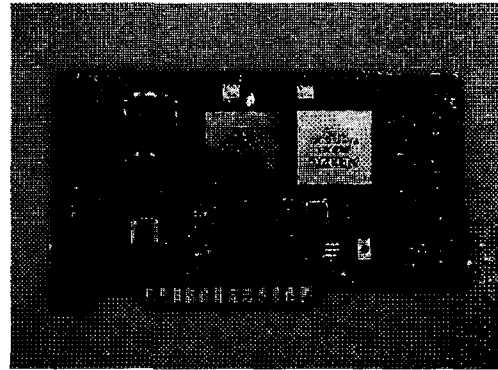


그림 7. 구현된 Time-Shifter PCI 보드

표 1. Time-Shifter의 스트림 제어

스트림 제어	설명
PLAY	일반 재생 모드
PAUSE	일시 멈춤
FAST FORWARD/REWIND	다양한 배율 지원 (3X, 6X, 20X, 30X, 60X)
INSTANT REPLAY	8초 이전 화면 이동
SKIP FOWWARD	20초 이후 화면 이동
SLOW FORWARD	1/2 배속 재생
SYNC. PLAY	생방송으로의 전환

III. Time-Shifter의 기능 검증

Time-Shifter의 설계는 VHDL을 이용하였으며 MAX+II 툴을 이용 모의 실험을 통하여 최종적으로 ALTERA Flex10k50 칩에 구현하여 보드를 구성하였다. 보드 테스트는 실제 DTV Set-top 및 HD급 스트림을 이용하여 전체 기능을 검증하였다.

IV. 결론

본 논문에서는 대용량 하드디스크를 이용하여 HD급 방송 스트림에서도 성능을 발휘하는 DTV의 PVR 기능을 추가를 위한 Time-Shifter의 구조를 제안하고 보드단위로 구현하였다. HD급 스트림을 이용하여 PVR을 구현할 때의 문제점을 설명하고 본 논문에서 구현된 Rate control 및 Index 추출방법을 이용하여 앞에서 언급한 여러 문제점들을 해결 하였음을 보였다. 앞으로 상용화를 위한 ASIC 과정이 필요하다.

참고문헌

1. 박경세, "디지털 방송 환경의 전망-TV 수신가의 변화와 발전 전망-", 방송공학회지, 4권 3호, 1999.
2. ATSC Standard A/53, Digital Television Standard, 1995.
3. <http://www.tivo.com>
4. <http://www.replaytv.com/home.htm>
5. <http://www.keti.re.kr/~policy/wr/wrv3n21.html>