

IPTV STB 저장장치에서 저전력과 입출력 성능 향상을 위한 멀티미디어 데이터 n -프레임 선반입 기법

양준식, 고영욱, 조원희, 이근형, 송재석, *김덕환

인하대학교 전자공학과

e-mail : {juneseek,kyw,chowon,ghlee,gentlejs82}@iesl.inha.ac.kr,
deokhwan@inha.ac.kr

Multimedia Data n -Frame Prefetching Policy For Low Power Consumption and High I/O Performance In the IPTV STB Storage

Junsik Yang, Youngwook Go, Won-Hee Cho, Geunhyung Lee, Jae-Seok Song,
*Deok-Hwan Kim

Dept. of Electronic Engineering, Inha University

요 약

최근에 IPTV(Internet Protocol TV) 셋톱박스의 보조기억장치의 성능과 저전력을 위한 연구가 많이 수행 되고 있다. IPTV를 위한 셋톱박스의 구성품인 하드디스크는 멀티미디어 데이터를 저장 하고 저장된 데이터를 재생한다. 하지만 하드디스크는 기계적인 특성으로 인하여 전력 소모 문제 및 성능 저하 문제 등이 있다. 본 논문에서는 IPTV 환경에서 하드디스크와 플래시 메모리를 혼합한 하이브리드 저장 시스템을 구성 하여 멀티미디어 데이터의 n -프레임을 플래시 메모리로 선반입 하는 새로운 방법을 제안한다. 이 방법을 통해 하드디스크의 대기시간을 줄이고 전력 사용을 최적화 할 수 있다. 실험을 통해 제안한 방법이 기존 방법과 비교하여 20.69%의 평균응답시간을 개선하고 전력소모를 28.14% 감소시킴을 확인 하였다.

1. 서론

IPTV는 IP망을 이용하여 정보 서비스, 멀티미디어 콘텐츠 및 방송 등의 양방향 데이터 서비스를 TV로 제공하는 것을 말하는데 통상 HD급의 화질을 표시 할 수 있는 DTV를 이용한다. 방송과 통신의 융합서비스로 각광 받는 IPTV 서비스는 한국뿐만 아니라 유럽, 홍콩, 일본 등의 일부 국가에서 상용화에 성공 하였다. 아직은 초기 상태이지만 향후 IPTV의 성장 가능성과 파급효과는 상당하다고 말할 수 있다[1]. 또한 IPTV용 셋톱박스에 개인용 영상 녹화기(Personal Video Recorder) 기능을 추가하여 타임 시프팅 기능, VoD(Video on Demand) 서비스 및 녹화 기능을 하드디스크를 이용하여 제공 할 수 있게 되었다[2]. 이렇게 IPTV를 위한 저장 시스템 기술은 하드디스크를 이용하여 크게 발전 하고 있지만 하드디스크는 기계적 장치를 사용하여 입출력을 수행 하므로 전력 소모가 높고, 필수적인 대기시간이 발생한다. 이를 극복하기 위한 연구는 시스템의 성능 향상 측면에서 아주 중요한 연구라 여겨진다. 한편, 최근에 하드디스크와 메인 메모리 사이에

플래시 메모리가 삽입 되어 있어 하드디스크의 캐시 기능을 가지는 하이브리드 저장 시스템이 개발 되었다[3,4]. 이 기술들은 비휘발성 메모리인 플래시 메모리를 통하여 입출력을 함으로써 하드디스크의 스핀들 모터의 동작을 최소화 하는 하드웨어 기술이다. 하지만 플래시 메모리를 사용하여 입출력을 수행 한다고 해도 대용량의 하드디스크의 모든 주소를 플래시 메모리로 사상하여 입출력 서비스를 제공 할 수 없기 때문에 필연적으로 하드디스크가 스핀업 되어 입출력 서비스를 제공 하여야 한다[5,6]. 하이브리드 저장 시스템을 사용할 때 하드디스크 시동 빈도가 많아질수록 하이브리드 저장 시스템의 성능은 낮아지고 전력 소모량은 늘어나게 된다[6][7].

본 논문에서는 IPTV의 저장 시스템을 하이브리드 저장 시스템으로 대체 한다. 하이브리드 저장 시스템에서 하드디스크의 스핀업 횟수를 줄이기 위해 n -프레임 선반입 기법을 사용하여 플래시 메모리에 멀티미디어 데이터의 프레임들을 선반입 시킨다. 플래시 메모리에 선반입된 n 개의 프레임은 멀티미디어 데이터들의 처음 프레임을 기준으로 공간적, 시간적으로 연속된 블록들의 집합인 프레임임으로 구성 된다. 본 논문에서는 제안한 방법의 성능 평가를 위해 전력소모와 응답시간 관점에서 성능 평가를 실시한다.

본 논문의 순서는 2장에서 제안하는 n -프레임 선반입

* 종신회원-교신저자, 인하대학교 전자공학과

※ 본 논문은 정보통신부 출연금으로 ETRI, SOC산업 진흥센터에서 수행한 IT SOC 핵심설계인력양성사업의 연구결과이며, 지식경제부와 한국산업기술 재단의 전략기술인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

에 관하여 설명하고 3장에서 본 논문에서 제안한 IPTV 시스템과 전형적인 IPTV 시스템과의 성능을 비교한다. 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

2. 본론

본 논문에서 제안하는 IPTV 환경에서의 멀티미디어 데이터 n -프레임 선반입 시스템은 사용자가 멀티미디어 데이터 재생 요청을 하였을 때 플래시메모리에 선반입된 n -프레임을 이용하여 입출력 서비스를 함으로써 하드디스크의 스핀업 횟수를 줄여 준다.

2.1 n -프레임 선반입 기법

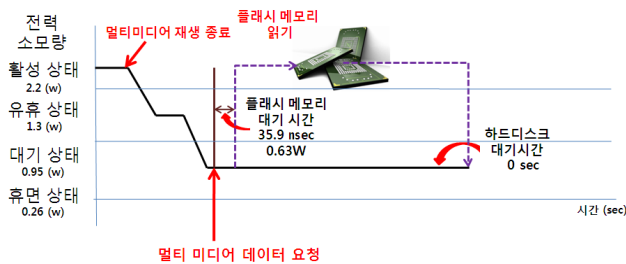


그림 1 제안한 하드디스크의 전력 소모와 응답속도

그림 1은 n -프레임 선반입 기법을 적용하는 경우 하드디스크의 응답속도와 전력 소모를 보여준다. 입출력 요청이 발생 되었을 때 하드디스크가 대기 상태이거나 휴면 상태 또는 유휴 상태라면 일반적인 IPTV 시스템에서는 하드디스크가 활성 상태로 전환하기 위한 대기시간이 발생된다. 하지만 그림 1처럼 하드디스크가 아닌 플래시 메모리에서 요청된 멀티미디어 데이터의 시작 프레임을 읽어 오게 되면 하드디스크의 대기시간을 줄일 수 있다. 하드디스크가 시동하는데 걸리는 시간 동안에 플래시 메모리에 선반입 된 프레임을 메인 메모리로 이동 시켜 하드디스크의 대기시간 없이 멀티미디어 데이터의 입출력 요청을 수행 할 수 있다. 또한 하드디스크가 대기상태로 지속되기 때문에 전력 소모를 줄일 수 있다. 멀티미디어 데이터는 화질과 인코딩된 방식에 따라 프레임의 크기가 다르다. 즉, 호스트가 필요로 하는 데이터의 크기가 초를 기준으로 했을 때 다를 수 있다.

$$nMinFrame = \frac{HarddiskSpinupLatency * BlockSize}{FAccessT + BTransT * MultimediaBW} \quad (1)$$

식 1은 하드디스크가 스핀다운에서 스핀업으로 상태 변화 하는데 걸리는 시간 동안에 선반입된 플래시 메모리에서 멀티미디어 데이터를 서비스하기 위한 프레임의 숫자를 구하는 수식이다.

$nMinFrame$ 은 멀티미디어 데이터의 프레임의 개수를 나타낸다. $HarddiskSpinupLatency$ 는 하드디스크의 스핀업 대기시간을 나타낸다. $FAccessT$ 는 플래시 메모리에

접근 하는 시간을 의미하고 $BTransT$ 는 한 블록을 옮기는데 걸리는 시간을 의미한다. $MultimediaBW$ 는 각각의 멀티미디어 데이터의 대역폭을 의미하며 $BlockSize$ 는 하드디스크의 블록 즉 섹터 사이즈를 의미 한다. 하드디스크의 스핀업 대기시간을 플래시 메모리 접근시간과 블록을 옮기는데 걸리는 시간으로 나누면 시스템이 플래시 메모리에서 멀티미디어 데이터를 재생함으로써 하드디스크 대기시간을 상쇄 할 수 있는 필요한 가장 작은 블록의 개수를 알 수 있다. 하지만 멀티미디어 데이터의 특성상 블록 크기를 프레임 단위로 연산이 필요 하므로 각 데이터의 대역폭으로 나누어 준 것을 곱해 주면 멀티미디어 데이터의 프레임 개수를 알 수 있다.

식 1을 이용하여 결정된 프레임의 개수를 플래시 메모리에 선반입 시키면 하드디스크의 대기 시간을 줄일 수 있다.

2.2 IPTV 멀티미디어 데이터 관리시스템

본 논문에서 제안하는 IPTV 멀티미디어 데이터 n -프레임 선반입 시스템의 전체 구조는 다음과 같다.

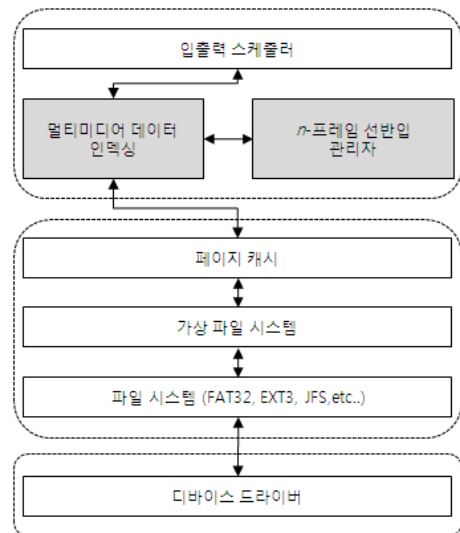


그림 2 IPTV 멀티미디어 전체 구조

그림 2와 같이 입출력 스케줄러 아래 단의 모듈들은 입출력 명령을 받아서 분석하고 그것을 선반입 하는 기능을 가진 모듈들이며 디바이스 드라이버는 하드디스크와 플래시메모리에 접근하여 입출력 서비스를 수행 한다.

2.2.1 멀티미디어 데이터 인덱싱

본 시스템에서는 멀티미디어 데이터가 가장 중요한 데이터이다. 따라서 멀티미디어 데이터의 개수와 종류를 관리 하는 모듈이 필요 하다. 멀티미디어 데이터는 연결리스트 자료구조를 이용하여 인덱싱을 한다. 인덱싱을 통하여 플래시 메모리에 선반입 된 프레임만으로 먼저 재생을 하고 그 뒤의 프레임들의 재생을 위해 하드디스크로 접근한다. 이때 멀티미디어 데이터 인덱싱의 정보를 참조하여

하드디스크의 탐색 과정을 생략 하고 하드디스크의 암을 지정된 섹터로 한 번에 이동함으로써 사용자가 요청한 멀티미디어 데이터가 저장된 섹터 위치를 관리 하여 하드디스크의 전력 소모와 입출력 성능을 향상 시킨다. 통상적인 하드디스크의 경우 탐색 동작에 표 1과 같이 2.10 W의 전원이 소비 되고 12 ms의 대기시간이 발생 한다[8]. 이 과정을 생략하게 됨으로서 저전력과 입출력 성능을 향상 시킬 수 있는 IPTV 환경을 구축 할 수 있다.

모델		모델		
변수	SAMSUNG HM16HJI	변수	K9XXG08UXM	
용량 (GB)	160	메모리 셀 배열	(1G + 32M) * 8bit	
분당 디스크 회전 수 (RPM)	5400	응답 속도	랜덤 읽기	20us
평균 탐색 시간(ms)	12		순차 접근	25ns
평균 대기 시간(ms)	5.6		쓰기	200us
전력 소비 (W)	활성상태	2.00	블록 지우기	1.5ms
	유휴상태	0.60	읽기(Typ)	15
	대기상태	0.25	읽기(Max)	30
	휴면상태	0.20	쓰기(Typ)	15
	탐색상태	2.10	쓰기(Max)	30
	스핀업	4.50	지우기(Typ)	15
			지우기(Max)	30

a)하드디스크 전력 소모량 b)플래시메모리 전력 소모량
표 1 실험에 쓰인 하이브리드 하드디스크 환경

3. 실험 결과

성능평가는 IPTV를 위한 셋탑박스의 저장장치의 성능 평가에 중점을 두었다. 저장장치의 성능을 높이기 위하여 시행한 실험은 본 논문에서 제안한 n-프레임 선반입 입출력 시스템과 일반적인 시스템의 하드디스크와 비교 및 평가하였다[3][9].

3.1 실험 환경

실험은 n-프레임 선반입 입출력 시스템과 일반적인 하드디스크의 리눅스 시스템의 전력 소모량과 시스템 성능을 측정하는데 중점을 두었다. 실험에 사용한 하이브리드 하드디스크의 특징은 표 1과 같다. 하드디스크와 플래시 메모리의 응답속도, 전력 소비에 관한 특징들이다[3][4].

3.2 IPTV 시뮬레이션

실제 IPTV 방송 환경을 실험 환경으로 꾸미는 것이 어려워 본 논문에서는 IPTV 환경에서 셋탑박스의 저장 시스템 부분을 실험 환경으로 시뮬레이션 했다. PC 환경은 인텔 코어 2 듀오 2.4GHz CPU 가 탑재되어 있고 메인 메모리 1 기가바이트가 장착 되어 있고, 160 기가바이트의 하드디스크와 2 기가바이트의 플래시 메모리로 구성된 PC를 사용하였다. 리눅스 커널 2.6.24 환경에서 C 언어를 사용하여 구현하였다.

3.3 실험 데이터셋

실험을 위한 데이터는 그림 3과 같다.



그림 3 VoD 선택 창

그림 3은 본 실험에서 사용 될 VoD 멀티미디어 파일 30개의 데이터를 표시 하는 창이다. 그림 3에서와 같이 정보를 사용자가 볼 수 있으며 select 버튼을 누르면 재생이 시작 된다. 실제 IPTV와 같이 H.264로 인코딩 된 영상만을 실험 데이터로 선택 했다.

3.3 실험 결과

실험은 n-프레임 선반입 기법을 적용한 것과 적용 하지 않은 시스템을 비교 한다. 실제로 선반입이 되었을 때 하드디스크의 스핀업 횟수에 관한 실험, 전력 소비량에 관한 실험을 진행 한다. 또한 시스템 성능 측면에서 VOD 멀티미디어 파일의 응답속도에 관한 실험을 진행 한다.

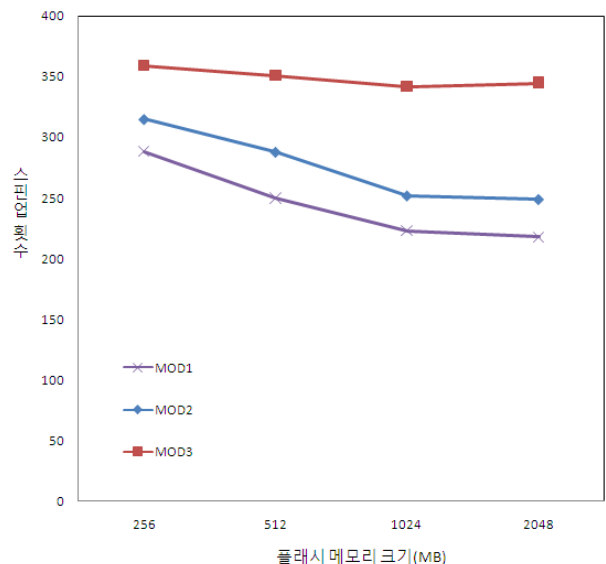


그림 4 플래시메모리 크기에 따른 스핀업 횟수

그림 4는 하드디스크의 스핀업 횟수에 관한 실험 결과를 보여 준다. 세 가지의 방법을 적용한 시스템을 비교 하였다. MOD1 은 IPTV 저장 장치에 n-프레임 선반입 기법

을 적용한 것이며, MOD2는 리눅스 시스템의 선반입 기법을 적용한 것이며, MOD3은 선반입 기법을 사용하지 않은 것이다. n -프레임 선반입 기법을 이용한 시스템의 하드디스크 스핀업 횟수는 작을수록 하드디스크의 유휴 상태 시간이 길어지는 것을 의미하며 이를 통하여 전력 소비가 적다는 것을 알 수 있다. 왜냐하면 하드디스크 같은 경우에는 기계적인 장치를 사용하여 입출력을 수행하므로 스핀업을 하기 위한 전력 소모량은 표1-(a)와 같이 많은 양을 소모한다.

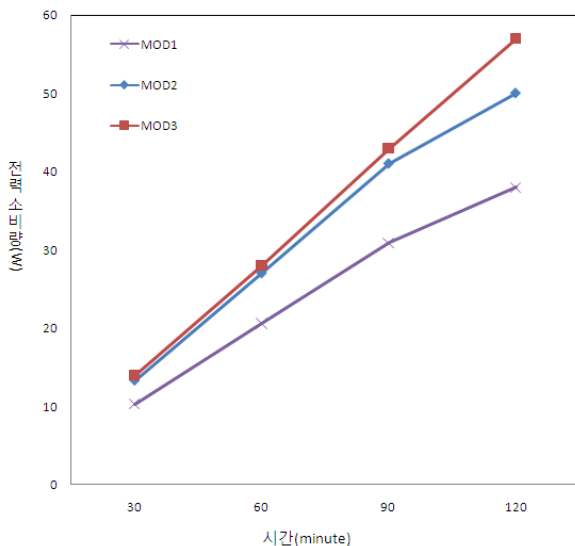


그림 5 시간에 따른 전력 소비량

그림 5는 전력 소비량에 관한 실험을 보여 준다. VOD 데이터를 무작위로 2시간동안 재생 하여 전력을 소비하는 것을 보여 준다. 30분이 경과 하였을 때 MOD1과 MOD3을 비교 하면 MOD1의 경우에는 20.43% 전력 감소를 보였다. 또한 90분이 경과 하였을 때 MOD1은 28.14%로 전력 소비가 7.71% 더 줄어드는 모습을 알 수 있다. 120분이 경과하면 MOD1과 MOD3을 비교 하였을 때 MOD1의 경우에는 전력 소비량은 29.62%로 9.16%가 더 감소한다. 시간이 경과 하면서 스핀업 숫자가 감소하고 이는 전력 소비의 감소로 나타났다.

시스템	응답시간(MAX)	응답시간(AVG)	응답시간(MIN)
MOD1	0.25s	0.23s	0.20s
MOD2	0.33s	0.28s	0.25s
MOD3	0.35s	0.29s	0.27s

표 2 시스템별 응답시간

표 2는 응답시간에 관한 실험을 보여 준다. VOD 멀티미디어 파일이 화면에 표시 되는데 걸리는 시간을 측정하였다. MOD1과 MOD3과 비교하였을 때 MOD1의 평균응답시간의 경우에는 20.69% 향상 되었다. 실험을 통하여 IPTV 셋탑박스를 위한 저장 장치로는 하드디스크에 플래시 메모리가 탑재된 하이브리드 저장장치를 이용하는 것

이 더 효율적이라는 것을 알 수 있었다. 또한, IPTV 환경에서 하이브리드 저장장치를 탑재하고 멀티미디어 데이터 뿐만 아니라 자주 사용하는 시스템 블록과 데이터들을 선반입 한다면 더 높은 성능과 더 낮은 전력 소비를 구축할 수 있을 것이다.

4. 결론

본 논문에서는 저전력과 입출력 성능 향상을 위해 프레임 기반으로 멀티미디어 데이터를 선반입 하는 정책을 제안 하였다. 하드디스크에 저장 되어 있는 멀티미디어 데이터의 n -프레임을 플래시 메모리로 선반입 하면 지속적으로 하드디스크를 스핀다운 상태로 둘 수 있어 전력 감소를 이끌어 내며, 상대적으로 빠른 플래시 메모리의 접근 속도로 인해 빠르게 입출력 요청을 수행 할 수 있었다. 실험을 통해 20.69%의 평균응답시간을 개선하고, 28.14%의 전력 소모 감소를 확인하였다. 본 논문에서 제안한 n -프레임 선반입 기법의 하이브리드 저장장치를 사용하면 기계적인 장치를 사용하는 하드디스크의 단점을 극복할 수 있으므로 IPTV의 차세대 저장장치로서 적합하다.

참고문헌

- [1] 김대건, "통방 융합서비스(IPTV)국내의 현황," 한국통신학회지, 제24권 제2호, 03, 2007.
- [2] 최진수, 정세운, 차지훈, 문경애, 이태진, 강경옥, 이용일, "모바일 리치미디어 서비스 기술 특허 동향 분석," [ETRI]전자통신동향분석, 2008.
- [3] http://www.samsung.com/us/consumer/detail/detail.do?group=computersperipherals&type=harddiskdrives&subtype=hybridhdd_flashon&model_cd=HM16HJI.
- [4] <http://www.intel.com/design/flash/nand/turbomemory/index.htm>.
- [5] Kwanghee Park, Junsik Yang, Joon-Hyuk Chang, and Deok-Hwan Kim, "Anticipatory I/O Management for Clustered Flash Translation Layer in NAND Flash Memory," ETRI Journal, vol.30, no.6, pp.790-798, December 2008.
- [6] 이근형, 김덕환, "Linux 기반의 하이브리드 하드디스크 시뮬레이터 설계 및 구현," 대한전자공학회, 하계종합학술대회, June 2008.
- [7] 이시윤, "하이브리드 하드디스크: 데이터 저장 장치 특성 향상을 위한 플래시 메모리의 응용," 한국정보과학회, 정보과학회지 제25권 제6호, June 2007.
- [8] 고영욱, 이근형, 박광희, 김덕환, "모바일 컴퓨팅 시스템에서 하드디스크의 전력 소모 측정 시뮬레이터 설계 및 구현," 한국정보과학회, 추계종합학술대회, October 2008.
- [9] Samsung Elec., "NAND-type FlashMemory," <http://www.samsung.com/Products/Semiconductor/Flash/index.htm>.