

동영상 재생시 다양한 모바일 스토리지 장치에서의

소모전력 패턴분석*

남영진 최민석^o

대구대학교 컴퓨터·IT공학부

yjnam@daegu.ac.kr, mschoi@daegu.ac.kr^o

Analysis of Power Consumption Patterns of Various Mobile Storage for Video Playback

Young Jin Nam, Min-Seok Choi^o

School of Computer & Information Technology, Daegu University

요 약

휴대폰, PMP, PDA와 같은 모바일 기기의 사용은 일상이 되었고 최근 이러한 기기들 간의 컨버전스화가 활발히 진행 중이다. 일반적으로 모바일 기기는 제한적인 배터리를 장착하고 있기 때문에 저전력성은 매우 중요한 기능 중의 하나로 간주되고 있다. 본 논문에서는 모바일 기기에 사용할 수 있는 다양한 스토리지 환경에서 대해서는하고, 동영상 재생 시에 각 장치에서 소모전력을 측정하고 그 패턴을 분석한다. NAND 플래시를 이용할 경우에 Idle 상태에 비해서 33%이상의 추가 전력소모가 발생하였으며, HDD, WLAN을 이용한 NFS기반의 네트워크 스토리지, 그리고 본 연구를 통해 처음 구현된 모바일 기기용 객체기반 IP 스토리지의 경우 NAND 플래시에 비해서 약 3배 이상의 높은 전력이 소모됨을 볼 수 있었다.

1. 서 론

오늘날 우리 생활에서 모바일 기기의 사용은 일상이 되었다. 가장 대표적으로 휴대폰은 집 전화와 같이 꼭 필요한 생활필수품이 된지 오래고, PMP를 통해 언제 어디서나 영화를 보고 음악을 들을 수 있게 되었다. 또한 PDA를 통한 개인일정 관리, 네비게이션을 통한 길찾기 등 우리는 모바일 홍수 시대에 살고 있다고 해도 과언이 아니다. 최근 들어서는 이러한 모바일 기기들이 가지고 있는 고유한 기능들의 컨버전스화가 진행 중이다. 일례로, 통화기능만 있던 휴대폰에서 음악 재생은 필수 기능이 되었고 영화 재생이 가능한 것도 있다. 유비쿼터스 시대가 되면서 모바일 기기의 사용과 컨버전스화, 그리고 지능화는 더욱 빠르게 진행될 것이다. 여기서 중요한 점은 모바일 기기의 기능이 많아지고 성능이 좋아짐으로서 그에 따른 소모 전력을 생각하지 않을 수 없다. 모바일 기기는 지속적으로 전력을 공급받을 수 없기 때문에 효율적인 전력 관리가 필요하다.

본 연구에서는 모바일 기기에 저장되는 데이터의 양이 점차 커지면서 중요성이 더해가고 있는 모바일 스토리지를 다양한 형태로 우선 구축한다. 기존의 플래시 메모리 및 하드디스크 뿐 아니라, 무선 네트워크 기술이 점차 발전하면서 대두되는 NFS를 기반으로 한 네트워크 스토리지와 차세대 스토리지 구조를 기반으로 한 객체기반 IP 스토리지도 함께 구축한다. 다음으로, 모바일 기기에서 동작하는 킬러 어플리케이션 중의 하나인 동영상 재생시에 다양한 모바일 기기에서 소모되는 전력 패턴을 분석해 본다.

2. 모바일 기기용 다양한 스토리지

2.1 플래시 메모리 및 하드디스크

현재 대부분의 모바일 기기에서는 콘텐츠 저장을 위해 플래시 메모리나 하드디스크를 사용한다. 플래시 메모리는 하드 디스크에 비해 크기가 작고 안정성이 좋다. 또한 상대적으로 적은 전력을 소모한다. 이러한 장점으로 인해 앞서 말한 것처럼 모바일 기기에는 플래시 메모리를 많이 사용한다. 그러나 플래시 메모리는 고용량 구현이 어렵고 용량대비가 격이 비싸며 사용횟수에 제한이 있다. 반면, 하드디스크는 용량대비 가격이 상대적으로 저렴하고 반영구적으로 사용할 수 있다. 그러나 초소형화에 어려움이 있고 충격에 약하다. 또한 스피ن들 모터와 액세스 암 구동 등의 기계적인 동작으로 인해 플래시 메모리에 비해 많은 전력을 소모한다. 한 예로, 삼성 NAND 플래시 메모리는 약 15~30mA(3.3V)의 전력을 소비하는 반면에 히다찌 마이크로 드라이브 하드디스크(1인치)는 읽기/쓰기 작업 시에 약 190~310mA(3.3V)의 전력을 소비하는 것으로 알려져 있다

2.2 NFS기반 네트워크 스토리지

모바일 환경에서의 네트워킹 성능이 좋아짐에 따라 NAS(Network Attached Storage) 및 IP 스토리지[1,2]와 같은 형태의 네트워크 스토리지의 사용을 고려해볼 수 있다. 이들은 앞서 말한 스토리지들의 용량 제약을 극복할 수 있게 해준다. 이 방법들은 NFS(Network File System)와 CIFS(Common Internet File System) 등과 같은 네트워크 파일 시스템 또는 iSCSI 프로토콜[1,2,3] 등이 부가적으로 필요하다. 이들 파일 시스템과 프로토콜들은 기본적으로 TCP/IP 프로토콜 스택 상에서 동작한다.

NAS 파일시스템은 일종의 전용 NFS 또는 CIFS 지원 파일 서버라고 할 수 있으며, 파일 열기/닫기, 파일 읽기/쓰기 등과 같은 파일 수준의 스토리지 서비스를 지원한다. 사용자와 스토리지 사이에 발생하는 모든 파일 입출력은 NAS 시스템을 통해서만 이루어지기 때문에, 시스템 확장성(Scalability) 측면에서 문제점이 존재한다.

2.3 모바일 기기용 객체기반 IP 스토리지

IP 스토리지는 IP 기반 SAN(Storage Area Network)을 통

* 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학IT연구센터지원 사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2005-C1090-0501-0018)

하여 블록(섹터) 읽기 및 쓰기 등과 같은 블록 수준의 스토리지 서비스를 지원한다. 일반적으로 IP 스토리지는 스토리지 성능과 용량 측면에서 높은 확장성을 제공하지만 사용자에게 파일 수준 스토리지 서비스와 같이 풍부한 인터페이스를 제공하지 못한다.

IP 스토리지 사용을 위해서 앞서 말한 iSCSI 프로토콜을 이용할 수 있다. iSCSI는 기존 SCSI 명령어를 IP네트워크를 통하여 전송할 수 있게 해준다. iSCSI는 호스트 측에서 동작하는 이니시에이터(Initiator)와 스토리지 측에서 동작하는 타겟(Target)으로 구성된다. 이니시에이터는 SCSI 명령어를 발생하며, 타겟은 받은 명령어를 처리한다.

차세대 스토리지 구조로 객체기반 스토리지(OSD: Object-based Storage Device)[4,5]가 점차 주목을 받고 있다. OSD에서 사용자 데이터는 다양한 크기와 속성으로 표현되는 객체(Object)의 형태로 존재한다. 즉, 멀티미디어 콘텐츠 파일, 데이터베이스 테이블 또는 블록 하나가 객체로 표현될 수 있다. 현재 학계, 기업, 표준화 단체에서 활발히 연구가 진행되고 있으며 2004년 9월 OSD-1 Revision 1001 표준[6,7]으로 채택된 상태이다. 현재는 멀티-객체, 스냅샷 등의 확장 기능을 위한 버전 2에 대한 작업이 진행 중이다.

최근 모바일 기기에서 동영상 재생을 위해서 IP 스토리지와 객체기반 스토리지 구조를 통합한 형태의 객체기반 IP 스토리지 구조가 제안되었으며[8], 본 연구에서는 <그림 1>과 같은 구조를 갖는 스토리지를 모바일 기기 상에 실제 구현하였다.

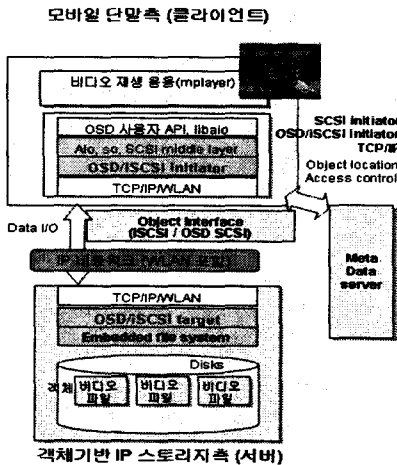


그림 1. 모바일 기기용 객체기반 IP 스토리지

모바일 기기 상에서 동작하는 킬러 응용 중의 하나인 동영상 재생을 위한 객체기반 IP 스토리지 환경을 설계하고 모바일 기기 측 소프트웨어 컴포넌트를 구현하였다. 각 동영상 파일은 객체기반 IP 스토리지 내에 하나의 객체로 표현된다. 동영상 재생기에서는 메타데이터 서버를 통하여 스토리지 내에 존재하는 동영상 파일의 위치를 찾고, 파일 시스템을 거치지 않고 직접 객체기반 IP 스토리지와 입출력을 수행한다. 이로 인해서 CPU 부하를 줄이는 효과를 얻을 수 있다. 핵심 개발기술로는 OSD(객체기반 IP 스토리지) 사용자 API, OSD API연동 리눅스 동영상 재생기, OSD API지원 모바일 기기/메타데이터 서버/객체기반 IP 스토리지간 프로토콜, 객체기반 IP 스토리지 관련 리눅스 장치 드라이버가 있다.

본 연구에서 사용한 동영상 재생기는 리눅스 운영체제에

서 많이 사용되는 MPlayer이다. 이 재생기에서 플래시 메모리와 하드디스크, NFS를 사용하는데는 다른 작업이 필요 없지만 객체기반 IP 스토리지를 사용하기 위해서는 OSD API와 연동작업이 필요하다. <그림 2>은 OSD API와 MPlayer 간의 연동 구조를 나타낸 것이다.

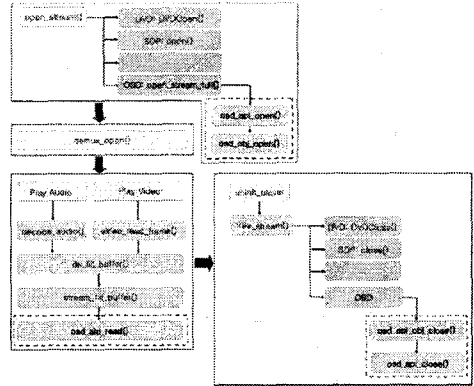


그림 2. OSD API & MPlayer 연동 구조

우선, 재생하고자 하는 스트림을 오픈하는 부분에서 `osd_api_open()` API를 호출하여 그 스트림이 저장되어 있는 OSD 장치를 오픈한 후 `osd_api_obj_open()`을 호출하여 재생할 동영상 멀티미디어 파일에 해당하는 객체를 오픈한다. 그 다음 `osd_api_read()`를 반복적으로 호출하여 객체기반 IP 스토리지 내에 존재하는 객체의 데이터를 읽어와 스트림 버퍼를 채운다. 재생이 끝나면 `osd_api_obj_close()`와 `osd_api_close()`를 통해서 파일에 해당하는 객체와 장치를 닫는다.

3. 실험 환경

3.1 하드웨어 및 소프트웨어 사양

본 연구에서 사용한 모바일 기기는 전력측정이 가능하도록 제작된 PXA255 기반의 임베디드 보드이다. <표 1>은 이 기기의 하드웨어 및 소프트웨어를 나타낸 것이다. 실험에 사용된 플래시 메모리는 보드에 On-board 된 128MB NAND 플래시 메모리이다.

<표 1> 모바일 기기 하드웨어 및 소프트웨어 사양

항목	세부사양	
CPU	Intel PXA255 Xscale	
메모리	SDRAM	64MB
	NOR Flash	32MB
	NAND Flash	128MB
디스플레이	3.5" TFT LCD, 240×320	
터치스크린	4096×4096	
기타	컴포넌트 별 전력 소모 측정 단자, 8개의 GPIO 핀	
부트로더 임베디드 OS	TynuxBootLoader, Linux 2.6.10	
컴파일러	gcc 3.4.1	

<표 2>와 <표 3>은 실험에 사용된 하드디스크 및 WLAN의 하드웨어 및 소모전력 사양을 나타낸 것이다. 이 하드디스크와 WLAN은 컴팩트 플래시 타입2 커넥터로 연결된다.

<표 2> 하드디스크 사양

항목	세부사양
Capacity	20GB
Interface	ATA(ATA-2/ATA-3/ATA-4/ATA-5)
Seek Time	Average 15ms
Rotational Speed	4,200 rpm
Buffer	2MB
Allowable Voltage	+3.3V
Power Consumption(TYP)	Low Power Idle 0.4W

<표 3> 무선랜(WLAN) 사양

항목	세부사양	
무선랜 규격	IEEE802.11b	
Interface	CompactFlash Card	
Allowable Voltage	+3.3V	
Power Consumption	Idle	610mW
	Tx	660mW
	Rx	660mW

3.2 전력측정 시스템

본 실험에서 사용한 전력측정 장비는 동시에 5개의 하드웨어 컴포넌트에서 소모되는 전류를 실시간으로 측정하고 저장한다[9]. 각 컴포넌트에서 사용하고 있는 기준 전압을 곱해줌으로써 소모 전력 값을 최종적으로 측정한다. 본 장비는 초당 100개의 소모전류 데이터를 샘플링하며, 최대 3A까지 측정 가능하다. 또한, 측정되어 저장된 소모 전력 값에 대해 임의의 시간구간에서 컴포넌트별 상대적인 소모 전력치 및 평균, 최대치, 분산 등의 다양한 통계값을 계산하는 기능을 제공한다.

3.3 동영상 사양

<표 4>는 실험에 사용된 동영상 파일의 사양을 나타낸 것이다. 본 실험에서는 MPEG-1으로 인코딩된 비디오와 MPEG-1 Audio Layer 2로 인코딩된 오디오를 사용하였다. 모바일 기기 내에 장착된 플래시 메모리 크기 제한 때문에 동영상 실행시간은 5분으로 설정하였다.

<표 4> 동영상 파일 사양

동영상 클립 (실행시간: 5분)	
비디오	Codec : MPEG-1 Video Bit Rate : 1140Kbps Bit Rate Mode : CBR Width : 320, Height : 240 Frame Rate : 25fps
오디오	Codec : MPEG-1 Audio Layer 2 Bit Rate : 128Kbps Bit Rate Mode : CBR Channel : 2 channels Sampling Rate : 44KHz

4. 전력 측정 및 결과

4.1 전력 측정 대상

본 실험에서는 최초로 <표 5>과 같이 전력 측정 대상을 선정하였다. 이 중 CPU, LCD, 플래시 메모리는 실험에 사용된 단일 보드에서 전류를 측정하는 것이 불가능하였기 때문에 실제 측정 시에는 제외되었다.

<표 5> 전력 측정 대상

스토리지	H/W 컴포넌트
NAND	(CPU, LCD, 플래시 메모리,) 배터리
HDD	(CPU, LCD,) 하드디스크, 배터리
NFS / 객체기반	(CPU, LCD,) 무선랜, 배터리

4.2 전력 측정 결과

4.2.1 Idle 상태 및 플래시 메모리

모바일 기기가 Idle 상태일 때 평균 약 1.27Watt가 소모되었으며, NAND 플래시 메모리에 동영상 파일을 저장한 후 실행할 경우에는 Idle 상태 보다 약 33% 증가된 1.69Watt가 소모되었다.

4.2.2 하드디스크

<그림 3>은 하드디스크를 이용하여 동영상 재생 시 소모 전력을 측정한 것이다. 총 평균 소모 전력이 Idle 상태 일 때 보다 1.32Watt 증가하였다. 하드디스크는 약 0.73Watt의 전력을 소모한다. 이는 <표 2>에 나온 사용하지 않을 경우 대기 전력인 0.4Watt보다 0.33Watt, 약 82%가 증가한 수치이다.

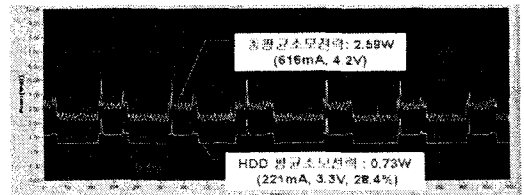


그림 3. 하드디스크에서 동영상 재생 시 전력소모 패턴

<그림 3>에서 약 0.9초마다 Active Idle 상태가 됨을 볼 수 있는데 이는 MPlayer에서 스트림 버퍼에 있는 데이터를 디코딩하여 재생하는 시점이다. MPlayer는 데이터를 읽어 들이는 부분과 디코딩하여 재생하는 부분이 단일 프로세스 내의 동일한 루프 내에서 수행되기 때문에 이와 같은 패턴을 보인다.

4.2.3 NFS기반 네트워크 스토리지

<그림 4>는 NFS를 이용하여 동영상 재생 시 소모전력을 측정한 것이다. 하드디스크 보다 0.09Watt 적은 수치를 보인다. 그리고 재생 시 하드디스크에서와 같은 형태의 패턴은 보이지 않는데 그 이유는 WLAN 장치의 Idle 상태에서의 대기 전력이 높기 때문이다. 이는 <표 3>에서도

확인할 수 있는데 Idle 상태와 Active 상태 사이의 소모전력 차이가 크지 않음을 알 수 있다.

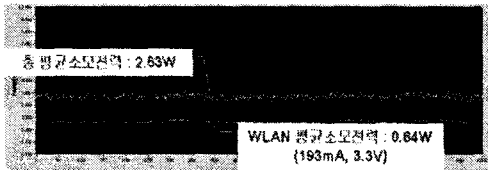


그림 4. NFS에서 동영상 재생 시 전력소모 패턴

4.2.4 객체기반 IP 스토리지

<그림 5>은 객체기반 IP 스토리지를 이용하여 동영상 재생 시 소모전력을 측정하는 것이다. 동일한 WLAN 카드를 사용하기 때문에 NFS의 경우와 비슷한 결과를 보인다.

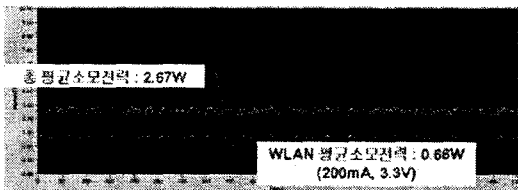


그림 5. 객체기반 IP 스토리지에서 동영상 재생 시 전력소모 패턴

<표 7>을 보면 객체기반 IP 스토리지가 NFS보다 CPU 점유율이 9% 정도 낮고 커널에서의 수행시간이 36%정도 감소한 것을 볼 수 있다. 이는 객체기반 IP 스토리지가 커널 내의 VFS 및 NFS 파일 시스템 코드를 수행하지 않기 때문이다.

<표 7> NFS와 객체기반 IP 스토리지 CPU 및 메모리 사용 오버헤드 분석 [8]

	NFS	객체기반 스토리지
CPU 점유율	4.7%	4.3%
메모리 점유량	1.98%	2.1%
Real Time	4m7.877s	4m7.148s
User Time	0m12.298s	0m12.249s
Sys Time	0m0.210s	0m0.135s

4.2.5 결과 요약

<표 8>은 실험 결과를 요약하여 나타낸 것이다. 전체적으로 플래시 메모리가 가장 낮은 전력 소모를 보였고 하드디스크의 경우 플래시 메모리를 제외하고 평균 소모전력이 가장 낮았지만 장치 자체의 소모전력은 가장 크다. NAS와 객체기반 IP 스토리지의 경우 WLAN 카드 자체적으로 Idle 일 때의 전력과 Active 일 때의 전력이 큰 차이가 없기 때문에 실험 결과에서도 큰 차이가 없다. 그러나 객체기반 IP 스토리지는 <표 7>에서 나타나듯이 CPU 사용 측면에서 이점이 있다.

5. 결론

본 연구에서는 모바일 기기에서 사용할 수 있는 다양한 스토리지들의 소모 전력을 측정하고 그 패턴을 분석하였다. 각 스

토리지는 나름대로 장단점을 가지고 있다. 플래시 메모리는 뛰어난 저전력성, 하드디스크는 대용량성, 네트워크 스토리지는 대용량성과 함께 하드디스크 보다 나은 저전력성을 가지고 있다. 이러한 스토리지는 앞으로도 계속 발전하고 단점을 극복할 것이다. 그렇기에 우리는 필요와 환경에 따라 알맞은 스토리지를 사용하면 된다. 그 중 주목할 만한 것은 네트워크 스토리지이다. 지금도 네트워크 스토리지는 많이 쓰이고 있지만 무선 인터넷과 와이브로와 같은 휴대인터넷 등이 일상화 되고, IPv6가 적용된 고속의 네트워크 인프라가 갖춰질 유비쿼터스 시대에 네트워크 스토리지의 효용 가치는 지금 보다도 더 커질 것이다. 예를 들어, 캠코더와 같이 대용량을 필요로 하는 기기에 네트워크 스토리지를 적용하는 것을 생각해볼 수 있다. 이렇게 한다면 대용량성과 저전력성을 높일 수 있을 것이다. 또는 네트워크를 통한 실시간 백업을 생각해 볼 수 있다. 이것은 휴대하는 데이터의 안정성을 높일 수 있다. 이렇듯 장래에 네트워크 스토리지는 여러 형태로 활용이 가능하다. 특히, 본 연구에서는 객체기반 IP 스토리지와 NAS를 사용하였는데 객체기반 IP 스토리지의 경우 SAN의 장점을 가지고 있으면서 전력소모 측면에서 NAS보다 낫다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 본 연구가 모바일 기기에 객체기반 IP 스토리지를 처음 적용한 사례라는 것에 그 의의가 크다고 할 수 있다.

<표 8> 실험 결과 요약

스토리지 형태	평균소모 전력(W)	스토리지 전력 (W,%)	증가율 (%)	하드웨어 사양
Idle	1.27	--	0	--
NAND	1.69	--	33.0	--
HDD	2.59	0.73(28.4%)	103.9	Toshiba 1.8"/20GB
NAS (w/o HDD)	2.63	0.64 (24.5%)	107.0	Buffalo/11g
객체기반 (w/o HDD)	2.67	0.66(24.8%)	110.2	Buffalo/11g

참고 문헌

- [1] J. Hufferd, iSCSI: The Universal Storage Connection. Addison-Wesley, 2003.
- [2] K. Meth and J. Satran, "Design of the iSCSI protocol," Proc. of the Mass Storage Systems & Technologies/20th IEEE/11th NASA Goddard Conference, April 2003.
- [3] G. Orenstein, IP Storage Networking: Straight to the Core. Addison-Wesley, 2003.
- [4] Erik Riedel(Seagate Research), Object-based storage device(OSD) basics: <http://www.snia.org/education/tutorials/spr2005/storage/>, 2005.
- [5] OSD Standard version 1.0 (rev.10): www.t10.org/ftp/t10/drafts/osd.
- [6] SNIA - Storage Networking Industry Association. OSD: Object Based Storage Devices Technical Work Group. <http://www.snia.org/techactivities/workgroups/osd/>.
- [7] Y. Wang et al., "OBFS: A file system for object-based storage devices," Proceedings of International IEEE Symposium on Mass Storage Systems and Technologies, Apr. 2004.
- [8] Y. Nam, "Prototyping object-based ubiquitous multimedia contents storage for mobile device," Lecture Notes in Computer Science (UIC2006), Springer-Verlag, Sept. 2006.
- [9] Y. Nam et al., "Measurement-based power consumption pattern analysis for commercial portable multimedia players," Proc. of the International Conf. on Embedded Systems and Applications (ESA2006), June 2006.