WLAN 전력제어를 적용한 모바일 단말용 저전력 객체기반 IP 스토리지 설계 및 구현†

(Design and Implementation of Low-Power Object-based IP Storage for Mobile Devices using WLAN Power Control)

남영진*, 최민석*, 전영준*, 류정탁**, 문병현***
(Young Jin Nam, Minseok Choi, Young Joon Jeon, Jeong-Tak Ryu, Byung-Hyun Moon)

요 약 모바일 단말은 객체기반 IP 스토리지의 대용량 데이터를 객체 단위로 IP 네트워크를 통해 접근하여 이용할 수 있다. 객체기반 IP 스토리지는 데이터 입출력 시 WLAN을 주로 이용하고 있으며, WLAN은 모바일 단말에서 소모 전력이 큰 장치 중의 하나로 알려져 있다. 본 논문에서는 효율적인 WLAN 전력제어를 포함하는 모바일 단말을 위한 저전력 객체기반 IP 스토리지를 설계하고 구현한다. 제안하는 WLAN 전력 제어 기법은 스토리지로 향하는 네트워크 트래픽 내에 존재하는 유휴시간을 선반입 버퍼를 이용하여 최대화 하고, WLAN에서 제공하는 전력모드 상태를 제어하여 WLAN 전력소모를 최소화 한다. PXA270기반 모바일 단말 상에서 멀티미디어 콘텐츠 재생을 통한 실험에서 제안한 기법을 이용할 경우에 모바일 단말 전체 소모 전력을 9% 이상 줄일 수 있음을 확인하였다.

핵심주제어 : 객체기반 IP 스토리지, WLAN, 전력제어

Abstract A mobile device accesses large-sized data in object-based IP storage as an object unit over IP network. It relies heavily on a WLAN device, which has been known as one of the major power consumers. This paper designs and implements low-power object-based IP storage for mobile devices using an efficient WLAN power control. The proposed WLAN power control exploits prefetch buffer to maximize the idleness for incoming network traffic and controls available WLAN power modes to minimize the power consumption. Our experimental results reveal that the proposed WLAN control can save the total power consumption in a PXA270-based mobile device about 9% while playing the multimedia contents through an object-based IP storage device

Key Words : object-based IP storage, WLAN, power control

1. 서 론

최근 모바일 단말에서 사용되는 CPU, 네트워크, 입출력 장치 등이 빠르게 향상되고 있다. 그에 따라 이용되는 데이터도 점점 다양해지고 대용량화됨에 따라 모바일 스토리지에 대한 중요성이 커지고

† 본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임
* 대구대학교 컴퓨터·IT 공학부
** 대구대학교 전자공학부
*** 대구대학교 정보통신공학부

있다. 현재 주로 사용되는 모바일 스토리지는 플래시 메모리와 하드디스크이다. 플래시 메모리는 소형이고 충격에 대한 위험성이 적으며 소모 전력이 적지만 용량이 증가할수록 가격이 비싸다. 그리고 하드디스크는 플래시 매모리에 비해 가격이 저렴하고 큰 저장용량을 갖추었지만 충격에 대한 위험성이 크고 기계적인 동작으로 인해 소모 전력이 크다.

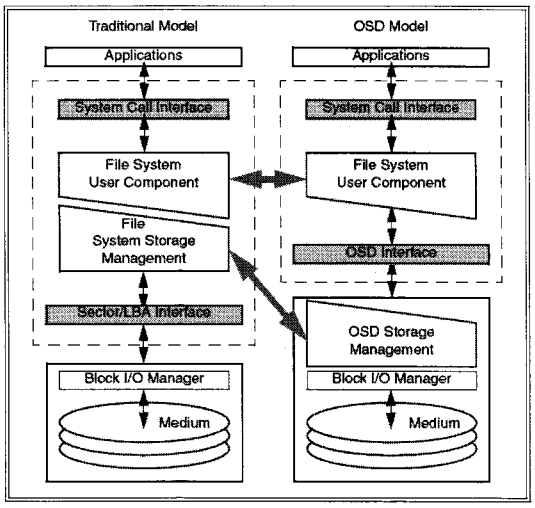
최근에는 무선 통신 기술이 발달함에 따라 IP 스토리지의 사용가치가 커지고 있다. IP 스토리지는 기존 네트워크 또는 전용 네트워크를 통해 모바일 단말과 원격지에 있는 스토리지 서버 간에 데이터를 주고받음으로서 대량의 저장용량을 이용할 수 있고 충격과 같은 문제도 없다. IP 스토리지의 종류로는 NAS(Network Attached Storage)와 iSCSI -based IP storage 가 있다. NAS는 파일 레벨의 스토리지 서비스를 제공하지만 저장용량이 커질수록 병목현상이 발생한다. iSCSI-based IP storage는 최근 각광을 받고있는 iSCSI 프로토콜을 이용하는 스토로지로서 블록 레벨의 스토리지 서비스를 제공할 뿐만 아니라 파일 레벨의 스토리지 서비스도 제공한다. iSCSI는 이론적으로 무한대의 전송거리를 가지며 기존 IP 네트워크를 그대로 사용할 수 있기 때문에 가격대 성능비가 뛰어난 것으로 알려져 있다.[1,2]. 그러나 대부분의 IP 스토리지는 대형 시스템 및 전문 스토리지 서비스를 대상으로 한 솔루션이 대부분이고 모바일 단말 사용자가 사용할 만한 수준의 솔루션은 현재는 없는 상황이다. 이에 모바일 단말을 위한 IP 스토리지로 iSCSI 기술과 객체기반 스토리지 기술이 결합된 객체기반 IP 스토리지가 연구되고 있다. 객체기반 IP 스토리지는 모바일 단말에서 대용량 데이터를 이용할 수 있는 장점이 있는데 그 특성 상 데이터 입출력을 위해서는 항상 네트워크 디바이스를 이용해야 한다. 특히, 모바일 단말에서는 WLAN 디바이스를 이용을 하는데 WLAN 디바이스의 소모 전력은 모바일 단말의 총 소모 전력에서 상당 부분을 차지한다. 따라서 객체기반 IP 스토리지를 이용하는 모바일 단말에서는 효율적인 WLAN 전력제어가 필요하다. 그러나 현재 대부분의 저전력 알고리즘은 CPU[3,4]나 메모리[5], 하드디스크[5,6] 등에 초점을 맞추고 있고 WLAN 디바이스 전력제어와 관련한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다.

이에 본 논문에서는 WLAN 디바이스의 전력제어 알고리즘을 제안하고 객체기반 IP 스토리지 시스템에 이를 적용하여 저전력 객체기반 IP 스토리지 시스템을 구현하였다. 본 논문의 2장에서는 관련 연구를 소개하고 3장에서는 본 논문에서 제안한 저전력 객체기반 IP 스토리지 시스템에 대한 상세한 설명을 한다. 그리고 4장에서는 구현된 시스템 대한 실험 결과를 설명하고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 객체기반 스토리지(OSD : Object-based Storage Device)

객체기반 스토리지는 기존의 스토리지와는 다른 구조를 가지고 있다. 기존 스토리지 시스템은 그림 1의 왼쪽 부분과 같이 파일시스템에서 사용자 인터페이스를 제공하고 스토리지 디바이스에 대한 관리도 하기 때문에 파일시스템이 복잡하고 오버헤드가 크다. 그러나 객체기반 스토리지는 그림 1의 오른쪽 부분과 같이 스토리지 디바이스에 대한 관리를 스토리지 디바이스에서 하도록 하고 있다[7]. 이렇게 함으로써 파일시스템은 데이터를 사용하기 위해 최소한 기능만 가지고 있으면 되기 때문에 시스템의 오버헤드를 줄일 수 있다.



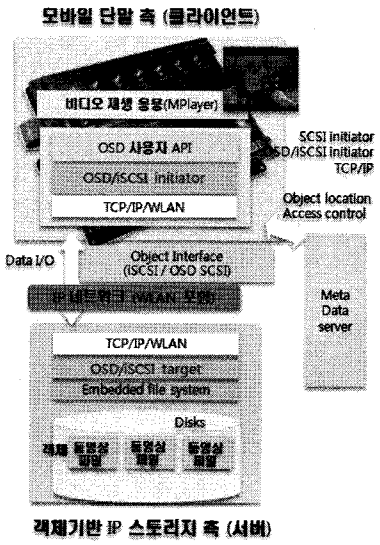
<그림 1> 기존 스토리지와 객체기반 스토리지 모델비교

객체기반 스토리지는 스토리지 디바이스에 저장

된 데이터를 객체 단위로 관리를 한다. 이 객체는 root object, partition, collection, user object로 구분되고 각 객체는 다양한 속성(Attribute)을 가질 수 있기 때문에 데이터의 사용이 유연하고 이러한 속성들을 공유함으로써 데이터의 공유가 용이하다. 객체기반 스토리지와 관련한 연구로는 OSD 프로토콜을 연구하는 T10에서 현재 OSD-2에 대한 연구를 진행 중이며 2007년 7월에 Revision 2가 나왔다[8]. 그리고 객체기반 스토리지를 위한 파일시스템[9], 객체기반 스토리지 기반의 데이터베이스[10], 지능형 객체기반 스토리지 시스템[11] 등의 연구가 진행되고 있다.

2.2 객체기반 IP스토리지

객체기반 IP 스토리지는 그림 2와 같이 객체기반 스토리지의 개념을 확장하여 모바일 단말(Initiator)에서 iSCSI를 통해 SCSI 명령어를 원격의 스토리지 서버(Target)에 보내서 데이터를 입출력 한다. 사용자 응용프로그램이 OSD 사용자 API를 통해 동영상 재생기와 같은 응용에서 객체에 접근을 시도하면 OSD레이어에서 CDB라는 포맷의 OSD 명령어를 생성한다. 그리고 이것은 iSCSI Initiator 레이어에서 PDU라는 iSCSI 명령어 포맷으로 만들어져 원격 스토리지 서버로 보낸다. 이 스토리지 시스템은 모바일 단말에서 별도의 파일시스템을 통하지 않고 직접적으로 명령 및 데이터가 전달되고 객체 접근에 필요한 메타데이터는 모바일 단말에서 별도로 관리하는 구조를 가진다.



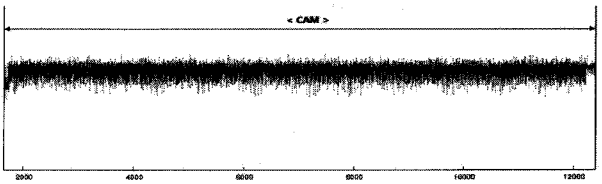
<그림 2> 객체기반 IP 스토리지

객체기반 IP 스토리지의 사용을 통해 모바일 단말에서 대용량의 데이터의 사용이 가능하며 파일시스템의 사용으로 인한 오버헤드를 줄일 수 있다. 실제로 NAS와 성능 비교를 한 실험에서 CPU 사용량이 약 9% 정도 향상되는 결과를 보였다[12]. 그리고 다양한 모바일 스토리지의 소모 전력을 측정한 실험에서는 하드디스크보다는 낮고 NAS와는 비슷한 결과를 보였다. 객체기반 IP 스토리지와 관련한 연구 및 이슈로는 저전력과 QoS(Quality of Service)[13,14]와 응용에 따른 능동적 입출력, 서버측 스토리지 시스템 등이 있다.

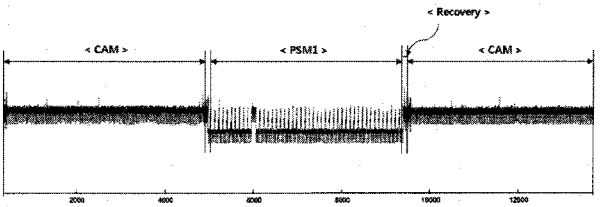
3. 저전력 객체기반 IP 스토리지

본 논문에서 제안한 시스템을 위해 WLAN 디바이스의 모드별 전력소모 패턴을 분석하고 데이터 입출력의 시작 시간과 종료 시간을 모니터링하여 이를 기반으로 최대의 유휴시간(Idle-Time)을 확보하기 위한 선반입 버퍼를 구현하였다. 그리고 최적의 전력모드를 찾기 위한 알고리즘을 설계하였다.

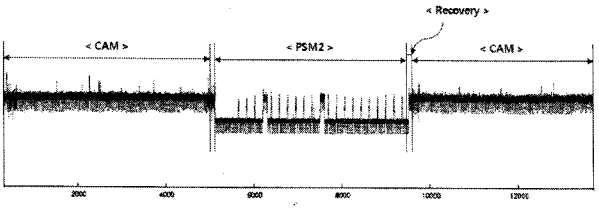
3.1 WLAN 디바이스 전력소모 패턴



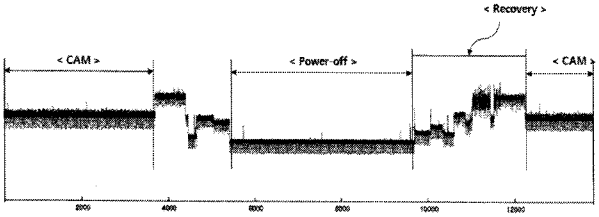
(a) CAM



(b) PSM1(1ms)



(c) PSM2(500ms)



(d) Power-off

<그림 3> 전력소모 패턴

본 연구에서 사용한 WLAN 디바이스의 전력모드에는 CAM과 PSM1, PSM2, Power-off가 있다. CAM은 WLAN 디바이스가 언제든지 데이터 송수신을 할 수 있는 상태이고 PSM1과 PSM2는 listen-interval 값에 따라 유휴상태에서 주기적으로 깨어나 전송 받을 데이터가 있는지 확인한다. 본 연구에서 PSM1은 1ms, PSM2은 500ms의 listen-interval을 가지며, WLAN 디바이스는 Cisco Aironet 350 PCMCIA 카드를 사용하였고 전력 측정은 모바일 단말의 배터리단을 통해 전체 소모 전력을 측정하였다.

그림 3의 (a)와 같이 CAM 상태에서는 항상 최대의 전력을 소모하는 것을 보여주고 있으며 그림 3의 (b)와 그림 3의 (c)에서는 listen-nterval에 따라 다른 소모전력 감소를 보여준다. 그림 3의 (d)에서는 Power-off 모드로의 전환으로 가장 확연한 소모 전력의 감소함을 보여준다. 그리고 전력모드의 전환과 복구 시에 상당한 시간이 소요됨을 확인할 수 있다.

<표 1> WLAN 디바이스 전력 모드 변환 특성

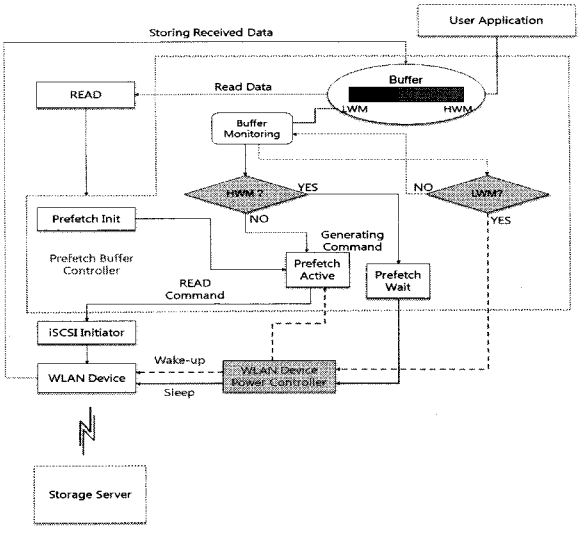
변환 모드	모드 소모 전력 (W)	변환 소모 전력 (W)	변환 소요 시간 (sec)	복구 소모 전력 (W)	복구 소요 시간 (sec)
CAM⇔ PSM1	6.97	7.60	0.16	7.60	0.20
CAM⇔ PSM2	6.99	7.62	0.20	7.65	0.20
CAM⇔ Power-off	5.94	7.83	1.91	7.77	2.83

표 1은 CAM에서 각각의 저전력 모드로 전환 시에 특성을 정리한 것이다. PSM1과 PSM2의 변환 및 복수 시 소요시간은 크지 않고 큰 차이가 없지만 Power-off의 경우에는 CAM으로 완전히 복구되기까지 상당한 시간이 소요됨을 확인할 수 있다. 이러한 시간들을 고려하지 않고 전력모드 할 경우 입출력이 실패하게 되고 사용자 서비스에 영향을 미치게 된다.

3.2 선반입 버퍼

WLAN의 전력모드를 변환하기 위해서는 유휴시간이 필요하다. 본 연구에서는 최대의 유휴시간을 얻기 위해 선반입 버퍼를 사용한다.

그림 4는 선반입 버퍼의 구조이다. 선반입 버퍼는 최초에 READ 명령어가 내려오면 버퍼를 초기화하고 선반입을 시작한다. 선반입 버퍼는 최초 READ 명령을 기반으로 지속적으로 다음 오프셋을 위한 명령을 생성하여 iSCSI Initiator로 보내고 iSCSI Initiator는 WLAN을 통해 스토리지 서버의 데이터를 읽어온다. 스토리지 서버에서 가져온 데이터는 버퍼에 저장이 되고 사용자 애플리케이션은 이 버퍼에서 데이터를 읽어간다. 선반입 버퍼의 HWM(High Water Mark)까지 데이터가 저장되면 선반입은 중단된다. 이때, 유휴시간이 발생하고

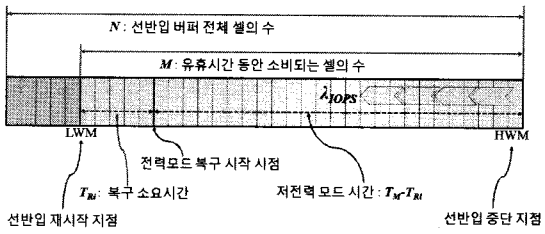


<그림 4> 선반입 버퍼 구조

WLAN의 전력모드가 변환된다. 그리고 LWM(Low Water Mark)까지 선반입 버퍼의 데이터가 소모되면 WLAN의 전력모드가 복구되고 선반입이 다시 시작되는데 이때, 복구 시 지연시간을 고려하여 LWM에 도달하기 전에 전력모드의 복구가 이루어진다.

3.3 선반입 버퍼 연동 WLAN 전력제어 알고리즘

제안된 WLAN 전력제어 알고리즘에서는 네 가지 전력모드 CAM, PSM1, PSM2, Power-off을 S_0, S_1, S_2, S_3로 정의한다.



<그림 5> 선반입 버퍼 주요 파라미터

그림 5는 제안된 알고리즘에서 사용되는 선반입 버퍼의 주요 파리미터들을 나타낸 것이다. 셀(Cell)은 데이터가 저장되는 기본 최소공간이고 λ_{IOPS}는 초당 소모되는 데이터의 개수이다. 이 값은 사용자 애플리케이션이 실행되는 동안 입출력 시 소요시간을 실시간으로 모니터링 함으로써 얻는다. m은 사용자 애플리케이션이 한번 입출력 시 소비하는 셀의 개수이고 M개의 셀을 소비하는데 걸리는 시간은 $T_M=M/\lambda \times m$이고, 전력모드 변환 후 저전력 모드 시간(유휴시간)은 T_M-T_{Ri}, S_i모드를 S_0로 복구하는데 걸리는 시간은 T_{Ri},이다. 이때 중요하게 고려해할 사항이 지연시간이다. 이론적으로 전력모드의 복구는 LWM 지점에서 하고 선반입을 다시 시작하지만 실제적으로는 앞서 전력모드 특성 분석을 통해 확인했던 복구 시 소요시간을 고려해서 LWM 이전에 모드 복구 오퍼레이션을 시작해야만 LWM 시점에서 다시 선반입이 정상적으로 이루어질 수 있다.

위의 구성요소들을 바탕으로 하는 식 (1)과 식 (2)는 제안된 알고리즘의 중요한 역할을 한다. 식 (1)은 변환 소요시간과 복구 소요시간의 합이 M개의 셀을 소비하는데 걸리는 시간보다 더 적은 모드가 있는지 검색해서 변환 가능한 전력 모드를 찾는다. 그리고 식 (2)를 통해 식 (1)에 의해 찾아진 모드들 중 가장 적은 에너지를 소비하는 전력 모드를 선택한다.

$$S_{Feasible} = \{ S_i \mid (T_{Ci} + T_{Ri}) < T_M \} \quad (1)$$

$$S_E^{Opt} = \min\{ E_{Si} = ((T_M - T_{Ci} - T_{Ri}) \times P_{Si}) + (T_{Ci} \times P_{Ci}) + (T_{Ri} \times P_{Ri}) \} \quad (2)$$

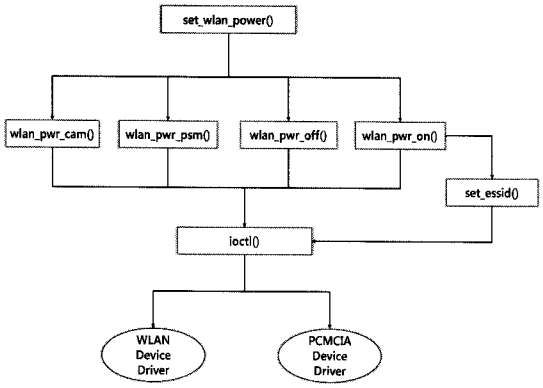
S_i는 전력모드이고 P_{Si}는 전력 모드별 소모전력, T_{Ci}와 P_{Ci}는 전력모드 변환 시 소요시간 및 소모전력, T_{Ri}와 P_{Ri}는 전력모드 복구 시 소요시간 및 소모 전력이다. 이 파라미터들의 값은 3.1절의 표 1의 데이터를 이용한다.

4. 구현 및 성능평가

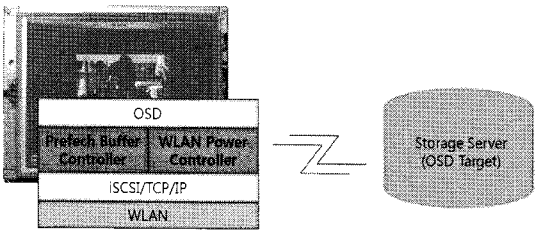
저전력 객체기반 IP 스토리지 시스템은 표 2와 같은 환경에서 구현되었다. 우선, WLAN 디바이스의 전력모드를 제어하기 위한 그림 6과 같은 함수를 만들었다. 이 함수들은 *wireless_tools.28*을 기반으로 작성되었다. S_0, S_1, S_2는 WLAN 디바이스 드라이버에 의해 제어되고 S_3는 WLAN 디바이스의 인터페이스 드라이버에 의해 제어된다. 그리고 set_essid() 함수는 S_3 모드에서 복구 시WLAN 디바이스의 ESSID를 자동적으로 설정한다.

<표 2> 구현 및 실험 환경

H/W	CPU	Intel Bulverde PXA270(520MHz)
	WLAN	Cisco Aironet 350 (PCMCIA) 11Mbps(IEEE802.11b) Transmit : 450mA Receive : 270mA Sleep mode : 15mA
S/W	O/S	Embedded Linux 2.6.11
	OSD Ref. Code	Intel-iscsi-2.0.17



<그림 6> WLAN 디바이스 전력제어 함수



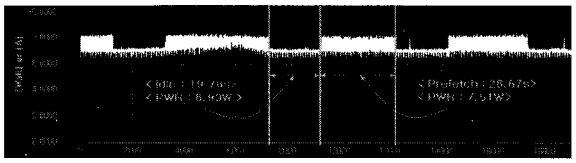
<그림 7> 저전력 객체기반 IP 스토리지 시스템 구조

다음으로 그림 7과 같이 기존 객체기반 IP 스토리지 내에 선반입 버퍼 컨트롤러와 WLAN 디바이스 전력 컨트롤러를 구현하였다.

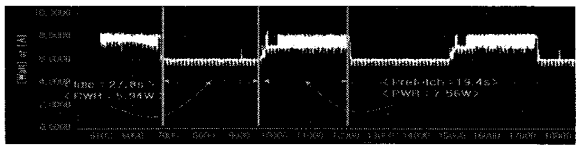
구현된 저전력 객체기반 IP 스토리지 시스템의 성능평가를 위해서 단순 입출력 서비스와 멀티미디어 컨텐츠 재생에 대한 실험을 진행하였다. 멀티미디어 컨텐스 재생 실험은 표 3과 같은 사양의 컨텐츠를 이용하였고 재생기는 객체기반 IP 스토리지를 사용할 수 있도록 수정된 MPlayer을 사용하였다. 스토리지 서버의 Target 프로그램은 Intel사의 OSD 에뮬레이터를 이용하였고 선반입 버퍼에 선반입 되는 블록의 크기(셀의 크기)는 4096 Bytes로 설정했다. 각 실험은 5분씩 진행되었다.

<표 3> 실험 사양

Video	Codec	MPEG-1
	Sampling	25 frames/sec
	Bitrate	549 Kbits/sec
	Size	320×240
Audio	Codec	MPEG-1 Layer 2
	Sampling	44100 frames/sec
	Bitrate	96Kbits/sec
Player		MPlayer-1.0rc1
Cell Size & Block Size		4096 Bytes
Measuring Time		5min



(a) $S_2(50_{IOPS})$



(b) $S_3(33_{IOPS})$

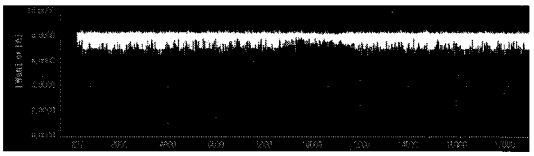
<그림 8> 단순 입출력 서비스 시 전력소모 패턴

그림 8은 입출력 속도를 다르게 한 단순 입출력 서비스 시 전력소모 패턴이다. 그림 11의 (a)는 초당 50개, 그림 11의 (b)는 초당 33개의 입출력을 발생시켰다. 입출력 속도를 이렇게 설정한 것은 실험환경이 성능이 제한적인 임베디드 환경으로서 입출력 속도의 조절이 제한적이기 때문이다.

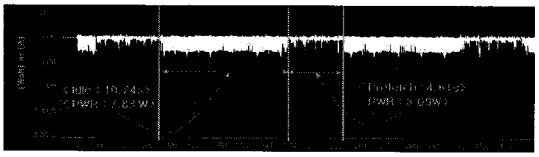
<표 4> 단순 입출력 서비스 시 결과

전력 모드	저전력 상태시간 (유휴시간) (sec)	선반입 시간 (sec)	평균소모 전력(W)	소모전력 감소율
S_2	19.28	28.67	7.41	-
S_3	27.80	27.80	6.85	8%

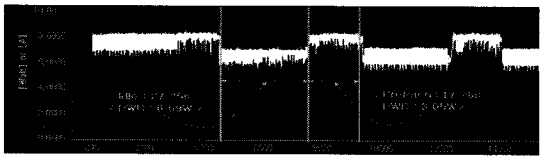
표 4는 실험 결과를 정리한 것이다. 그림 8의 (a)의 경우 그림 8의 (b)의 경우일 때보다 유휴시간이 길기 때문에 S_3, 즉, Power-off 모드로 변환이 되었고 평균 소모 전력은 8% 정도 감소되었다.



(a) WLAN 전력 미제어



(b) 1 MB 선반입 버퍼



(c) 3 MB 선반입 버퍼

<그림 9> 멀티미디어 컨텐츠 재생 시 전력소모 패턴

<표 5> 멀티미디어 컨텐츠 재생 시 결과

전력 모드	저전력 상태시간 (유휴시간) (sec)	선반입 시간 (sec)	평균소모 전력(W)	소모전력 감소율
S_0	-	-	8.02	-
S_2	10.24	4.61	8.09	1%
S_3	27.25	17.26	6.69	9%

그림 9는 멀티미디어 컨텐츠 재생 시 전력소모 패턴이다. 그림 9의 (a)는 WLAN 디바이의 전력을 제어하지 않았을 경우이고 그림 9의 (b)는 선반입 버퍼의 크기가 1 MB일 때, 그림 9의 (c)는 선반입 버퍼의 크기가 3 MB일 때 전력소모 패턴이다.

표 5는 멀티디미어 컨텐츠 재생 실험 결과를 정리한 것이다. 세 가지 경우 모두 이전 단순 입출력 서비스 실험 때보다 전체적으로 소모 전력이 증가하였는데 그 이유는 멀티미디어 컨텐츠 재생으로 인한 LCD 디바이스의 사용 때문이다. 실험 결과 1 MB 버퍼의 경우에서는 충분한 유휴시간을 확보하지 못 했기 때문에 S3로 변환하지 못했다. 그와 달리 3MB 버퍼의 경우에서는 충분한 유휴시간의 확보로 S3 모드로 변환이 되었고 전력 제어를 하지 않았을 때보다 평균 소모 전력이 9%정도 감소되었다.

5. 결 론

본 논문에서는 모바일 단말을 위한 저전력 객체기반 IP 스토리지 시스템을 구현하였다. 이를 위해 선반입 버퍼 및 WLAN 디바이스 전력제어 알고리즘을 제안하고 이를 임베디드 환경의 객체기반 IP 스토리지에 적용하여 9%의 소모전력 감소를 확인하였다. 본 연구를 통하여 우리는 다음과 같은 결론을 얻었다. 첫째, 객체기반 IP 스토리지의 특징인 다양한 객체 속성을 이용하여 서비스 품질에 따른 전력제어 기법 개발이 가능하다. 둘째, 기본적인 형태의 전력제어 알고리즘을 제안함으로써 향후 강화된 전력제어 알고리즘 개발을 위한 토대를 마련하였다. 셋째, IP 스토리지의 일종인 객체기반 IP 스토리지를 기반으로 함으로써 WLAN을 이용하는 다른 IP 스토리지에 적용 가능성이 있다.

향후에는 모바일 단말의 다양한 애플리케이션 및 서비스 품질에 따라 WLAN 디바이스의 전력을 지능적으로 관리하는 기법에 대한 연구를 진행할 것이다. 다음으로 객체기반 IP 스토리지 시스템의 스토리지 서버 측 에뮬레이터에 대한 연구를 진행할 계획이다.

참 고 문 헌

[1] J. Hufferd, *SCSI: The Universal Storage Connection*, Addison-Wesley, 2003.

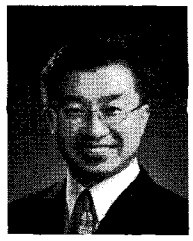
[2] K. Math and J. Satra, "Design of the iSCSI protocol," *Proceedings of the Mass Storage Systems & Technologies/20th IEEE/11th NASA Goddard Conference*, 2003.

[3] Bishop Brock and Karthick Rajamani, "Dynamic power management for embedded system," *Proceedings of the IEEE International SOC Conference*, 2003

[4] Padmanabhan Pillai and Kang G. Shin, "Real-Time Dynamic Voltage Scaling for Low-Power Enbedded Operating Systems," Proceedings of the eighteenth ACM symposium on Operating systems principles, pp.89-102, 2001.

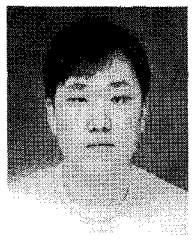
[5] Xiaodong Li, Zhenmin Li, Francis David, Pin Zhou, Yuanyuan Zhou, Sarita Adve and Sanjeev Kumar, "Performance directed energy management for main memory and disks," *ACM SIGOPS Operating Systems Review*,

Volume 38, Issue 5, pp.271-283, 2004.
[6] Andreas Weissel, Holger Scherl, Philipp Janda and Frank Bellosa, "Revisiting Log-Structured *File Systems for Low-Power Portable Storage," Proceedings of the International Workshop on Software Support for Portable Storage*, 2005.
[7] INCITS, "Information Technology - SCSI Object-Based Storage Device Command (OSD) Revison 10," *T10/1355-D, http://www.t10.org/ftp/t10/drafts/osd/*
[8] INCITS, "Information Technology - SCSI Object-Based Storage Device Command -2(OSD-2) Revison 2," *T10/1731-D, http://www.t10.org/ftp/t10/drafts/osd2/*
[9] Feng Wang, Scott A. Brandt, Ethan L. Miller and Darrell D. E. Long, "OBFS: A File System for Object-based Storage Devices," *Proceedings of 21st IEEE / 12th NASA Goddard Conference on Mass Storage Systems and Technologies*, 2004.
[10] Sami Iren and Steve Schlosser, "Database storage management with object-based storage devices," *Proceedings of the 1st international workshop on Data management on new hardware*, 2005.
[11] Ling-Fang Zeng, Dan Feng and Ling-Jun Qin, "SOSS: smart object-based storage system," *Proceedings of Third International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, 2004.
[12] Young Jin Nam, "Prototyping object-based ubiquitous multimedia contents storage for mobile device," *Lecture Notes in Computer Science*, Volume 4159, pp.93-102, 2006.
[13] Fei Mu, Jiwu Shu, Bigang Li and Weimiin Zheng, "Multi-dimensional Storage QoS Guarantees for and Object-Based Storage System," *Lecture Notes in Computer Science*, Volume 3993, pp.687-694, 2006.
[14] Joel Wu and Scott A. Brandt, "QoS Support in Object-based Storage Devices," Proceedings of the 3rd *International Workshop on Storage Network Architecture and Parallel I/O*, 2005.



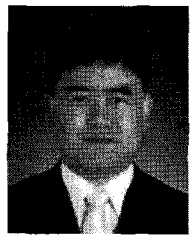
남 영 진 (Young Jin Nam)

- 1992년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1994년 2월 : 포항공과대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2004년 2월: 포항공과대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 1994년~1998년: 한국전통신연구원 컴퓨터연구단 연구원
- 2004년~현재 : 대구대학교 컴퓨터·IT공학부 조교수
- 관심분야 : 모바일 스토리지, 무선 네트워크, 임베디드 S/W



최 민 석 (Minseok Choi)

- 2007년 2월 : 대구대학교 컴퓨터·IT공학부 전산공학전공 (공학사)
- 2007년~현재 : 대구대학교 컴퓨터·IT공학부 석사과정
- 관심분야 : 모바일 & 지능형 스토리지, 임베디드 S/W



전 영 준 (Young Joon Jeon)

- 1998년 2월 : 동의대학교 전산통계학과 (이학사)
- 2000년 2월 : 동의대학교 전산통계학과 (이학석사)
- 2005년 2월 : 동의대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 2005년~현재 : 대구대학교 컴퓨터·IT공학부 초빙교수
- 관심분야 : 무선 네트워크, 임베디드 S/W, 모바일 스토리지, 위성영상처리

류 정 탁 (Jeong-Tak Ryu)

- 1992년 2월 : 영남대학교 전자공학(공학사)
- 1996년 3월 : OSAKA 대학원 전자공학과(공학석사)
- 1999년 3월 :OSAKA 대학원 전자공학과(공학박사)
- 2000년 ~ 현재 대구대학교 전자공학부 교수
- 관심분야 : 센서시스템, 임베디드 시스템

문 병 현 (Byung-Hyun Moon)

- 1985년 6월 : 남일리노이주립대학 (공학사)
- 1987년 6월 : 일리노이주립대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1990년 12월 : (미) S.M.U. 전자공학과 (공학박사)
- 1991~현재 : 대구대학교 정보통신공학부 교수
- 관심분야 : 무선 통신, 임베디드 H/W, 통신부 호화