

WLAN 전력제어를 통한 저전력 객체기반 모바일 스토리지 시스템의 설계*

전영준, 최민석[○], 남영진
대구대학교 컴퓨터·IT공학부
{biggood, mschoi[○], yjnam}@daegu.ac.kr

Design of Low-Power Object-based Mobile Storage System by WLAN Power Control

Young Joon Jeon, Minseok Choi[○], Young Jin Nam
School of Computer & Information Tech., Daegu University

요 약

본 논문에서는 객체기반 IP 스토리지를 이용하여 모바일 기기에서 멀티미디어 콘텐츠 재생에 적합한 저전력 객체기반 모바일 스토리지 시스템 구조를 제안한다. 멀티미디어 콘텐츠의 재생 성능을 높이기 위해 모바일 단말 측 OSD 계층에 버퍼 캐시(buffer cache)와 선반입(prefetch) 기능을 추가한다. 그리고 모바일 단말의 WLAN 전력제어를 통하여 WLAN이 가능한 한 오랜 시간 동안 Sleep 상태 또는 Power Off 상태에 있을 수 있도록 하여 전력의 소비를 줄인다. 본 연구에서는 캐시 및 선반입 기능을 위해 버퍼 캐시 관리자(buffer cache manager)와 선반입 관리자(prefetch manager)를 설계하였고, WLAN 전력관리 기능을 위해 WLAN 관리자(WLAN manager)를 설계하였다.

1. 서 론

최근 몇 년 사이에 새롭고 다양한 기능을 가진 모바일 기기가 계속 출시되고 있다. 또한 이러한 기기들을 활용하기 위한 기반 환경도 갖추어 졌고 지속적으로 발전하고 있다. 대표적인 모바일 기기로 MP3 플레이어, PMP, UMPC 등이 있고 이를 위한 무선 통신기술로 블루투스, 무선인터넷, UWB 등이 연구, 개발 및 사용되고 있다. 이러한 용어들은 이제 해당 분야의 전문가나 종사자들이 아닌 일반인에게도 자연스런 생활 용어의 일부분이 되었음에 틀림없다. 그만큼 모바일 환경은 우리 생활에 없어서는 안 될 생활의 일부분이 되었다.

무선통신 기술 외에도 모바일과 관련된 다양한 기반 기술들이 연구되고 있다. 이러한 기반 기술 연구의 최대 이슈 중에 하나가 저전력이다. 현재 모바일 기기는 일정 관리에서부터 동영상 재생, 무선인터넷 등 다양한 기능을 가지고 다양하게 활용 된다. 이러한 기능들이 원활하게 작동하기 위해서는 그에 맞는 성능이 필요하고 필연적으로 전력이 소모된다. 즉, 기기의 기능이 좋아질수록 높은 성능을 필요로 하게 되고 그에 따라 소모 전력은 커진다. 그러나 모바일 기기는 잘 알려져 있다시피 전력을 무한정 쓸 수 없다. 반영구적인 배터리가 나오거나 무선을 이용한 전력공급이 가능하지 않은 이상 이러한

제약은 필연적이다. 현재 모바일 환경에서의 소모 전력을 줄이기 위한 여러 가지 기법들이 연구되고 있다[1,2].

또 하나의 이슈로 모바일 스토리지가 있다. 모바일 기기용 로컬 스토리지로 플래시 메모리, 미니 하드디스크 등이 사용되고 있지만 각각은 용량적인 측면이나, 전력 소모적인 측면에 따라 장단점을 가지고 있다. 또 하나의 스토리지로 네트워크 스토리지가 있다. 이 스토리지는 로컬 스토리지가 가지는 용량적인 측면과 전력소모적인 측면의 단점 극복을 위한 하나의 방안이 될 수 있다. 그러나 네트워크 스토리지는 모바일 기기 상에서 스토리지의 콘텐츠 재생을 위한 입출력 시 WLAN에 의한 전력소모가 많아진다.

본 연구에서는 모바일 단말의 멀티미디어 콘텐츠를 저장하는 스토리지로 단말 측의 전력소모를 줄일 수 있는 객체기반 IP 스토리지를 사용하고 여기에 캐시 및 WLAN 전력관리 기능을 추가하여 콘텐츠 재생 시 입출력으로 인한 효율성 제고 및 WLAN의 전력소모를 줄일 수 있는 모바일 단말 측 스토리지 시스템을 제안한다.

2. 관련 연구

객체기반 스토리지(OSD)는 동영상, 데이터베이스의 테이블, 일반파일 등과 같은 사용자 데이터가 하나의 객체로 스토리지 디바이스에 저장된다. 객체기반 스토리지는 객체에 대한 관리를 그림 1과 같이 스토리지 디바이스

* 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2006-C1090-0603-0045)

이스 계층의 파일시스템이 하도록 하고 사용자 계층에서는 객체 입출력을 위한 최소한 파일시스템만을 가진다 [3]. 이를 통해 사용자 계층의 오버헤드 감소 효과를 얻을 수 있다. 또한 각 객체들은 속성 페이지라는 것을 가진다. 여기에는 각 객체의 특성들을 지정할 수 있기 때문에 멀티미디어 콘텐츠와 같은 다양한 특성을 갖는 객체를 사용자 측의 여건에 따라 유연하게 제어 할 수도 있다. 현재까지 객체기반 스토리지는 2004년 9월에 OSD-1 Revision 10이 표준으로 채택된 상태이며[4], 2007년 1월에 OSD-2 Revision 1이 나온 상태이다[5].

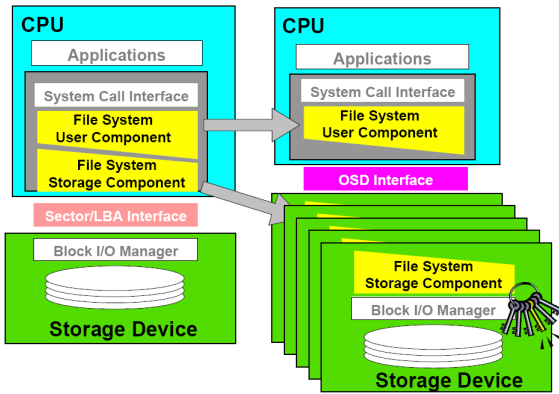


그림 1. OSD Interface

객체기반 IP 스토리지는 객체기반 스토리지(OSD)와 같이 객체를 이용하지만 로컬 스토리지 디바이스가 아닌 원격 스토리지 디바이스에 입출력을 한다[6]. 이때 사용자와 스토리지 서버 간의 인터페이스는 iSCSI를 사용한다 [7]. iSCSI는 별도의 전용망 구성없이 기존의 IP 네트워크를 통해 OSD CDB를 전송한다. 객체기반 IP 스토리지는 객체기반 스토리지(OSD)를 기반으로 하기 때문에 모바일 장치에서 이용을 할 경우 위에서 언급 것과 같이 사용자 측, 즉 모바일 단말의 오버헤드를 줄일 수 있다. 그에 따라 소모전력 감소 효과를 얻을 수 있다. 또한 위에 언급한 것과 같이 속성 페이지를 가지기 때문에 모바일 환경의 상황에 따라 객체를 유연하게 제어할 수가 있다.

3. 제안된 시스템

본 연구에서는 객체기반 IP 스토리지를 이용하여 모바일 기기에서 멀티미디어 콘텐츠 재생에 적합한 저전력 객체기반 모바일 스토리지 시스템 구조를 제안한다. 멀티미디어 콘텐츠의 재생에 대한 효율성을 높이기 위해 모바일 단말 측 OSD 계층에 버퍼 캐시(buffer cache)와 선반입(prefetch) 기능을 추가한다. 기존 객체기반 IP 스토리지의 입출력 구조는 동기 I/O 구조로서 하나의 읽기(read) 명령이 종료되어야 다음 읽기 명령을 보낼 수 있다. 따라서 네트워크를 사용하는 객체기반 IP 스토리지의 경우 동영상 재생 시 성능이 현저히 낮아진다. 이에 현재 클라이언트의 OSD 계층에 버퍼 캐시 및 선반입 기능을 추가함으로써 동영상 재생 시 성능을 향상 시킬 수 있다.

또한 제안된 시스템에서는 WLAN 전력 모드 제어 기

능을 두어서 멀티미디어 콘텐츠 재생 시에 기존 객체기반 IP 스토리지에 비해서 낮은 전력을 소모하도록 한다.

그림 2는 멀티미디어 콘텐츠 재생을 위한 저전력 객체기반 모바일 스토리지 시스템의 전체 구조이다. 캐시, 선반입 및 저전력 기능을 관리하기 위해서 캐시 관리자(cache manager), 선반입 관리자(prefetch manager), WLAN 전력 관리자(WLAN power manager)를 두었다.

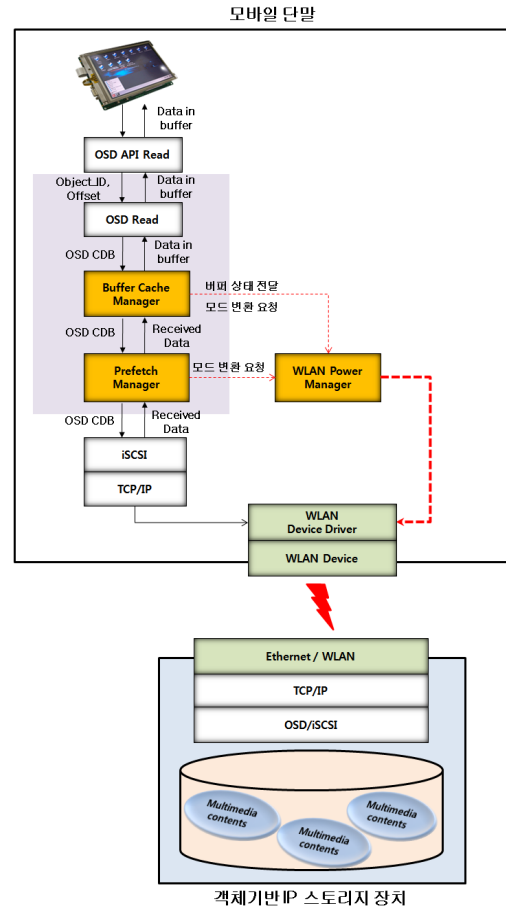


그림 2. 저전력 객체기반 모바일 스토리지

3.1 버퍼 캐시

본 연구에서는 OSD 계층에 버퍼 형태의 캐시(cache)를 두었으며, 이를 효율적으로 관리하기 위해 캐시 관리자를 둔다. 캐시 관리자는 캐시에 요청된 데이터의 처리뿐만 아니라 버퍼의 상태를 관리하여 선반입 관리자와 WLAN 전력관리자에게 알려준다.

캐시 관리자는 그림 3과 같이 구성된다. OSD API에서 데이터의 읽기 요청이 시작되면 OSD 이니시에이터(Initiator)는 읽기 CDB를 생성하고, OSD의 캐시 관리자에 데이터를 요청한다. 캐시 관리자는 버퍼 캐시를 검색하여 히트가 발생하면 캐시의 버퍼에서 해당되는 데이터를 반환한다. 캐시 미스(cache miss)가 발생하면 선반입 관리자에 OSD Read에서 요청한 데이터의 CDB를 전달한다. 그리고 WLAN 전력관리자에 WLAN의 상태를 CAM 모드로 변환할 것을 요청한다.

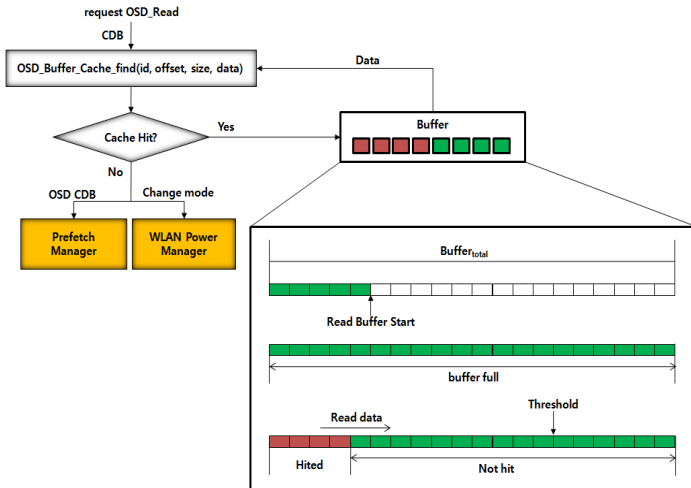


그림 3. Buffer Cache Manager

캐시의 전체 버퍼(Buffer_{total})의 구성은 캐시 히트가 된 데이터가 들어 있는 영역(Buffer_{hit})과 읽기 요청을 기다리는 데이터가 있는 영역(Buffer_{Cur}), 그리고 현재 비어 있는 부분으로서 선반입을 통하여 데이터가 채워져야 할 영역(Buffer_{emp})으로 구성된다.

$$Buffer_{total} = Buffer_{hit} + Buffer_{Cur} + Buffer_{emp}$$

버퍼가 완전히 비워있는 상태에서 캐시에 데이터를 요청하면 선반입을 통하여 버퍼가 일정 부분 공간이 채워질 때까지 대기한 후에 데이터를 반환한다.

버퍼의 상태가

$$Buffer_{total} == Buffer_{Cur}$$

이면 버퍼가 가득 찬 상태(buffer full)가 된다. 버퍼가 가득차면 선반입 관리자에 요청하여 선반입을 중단하게 하고 WLAN 전력 관리자에 알려준다.

버퍼의 상태가

$$Buffer_{total} < (Buffer_{hit} + Buffer_{Cur})$$

이면, Buffer_{hit} 부분의 가장 오래된 데이터부터 선반입 되어 들어오는 데이터로 교체(replacement)한다.

3.2 캐시의 선반입

기존 객체기반 IP 스토리지 시스템은 네트워크를 통해 데이터를 읽어오므로 네트워크에 의한 지연이 발생하여 동영상 재생의 효율성이 떨어지는데 이를 개선하기 위하여 캐시의 선반입 부분을 OSD 계층에 두어서 멀티미디어 데이터를 선반입 해 줌으로써 원활한 서비스를 제공하도록 설계한다. 그림 4는 선반입 동작 상태를 나타낸 것으로서 캐시의 선반입을 제어하기 위하여 제안된 시스템에서는 선반입 관리자를 둔다.

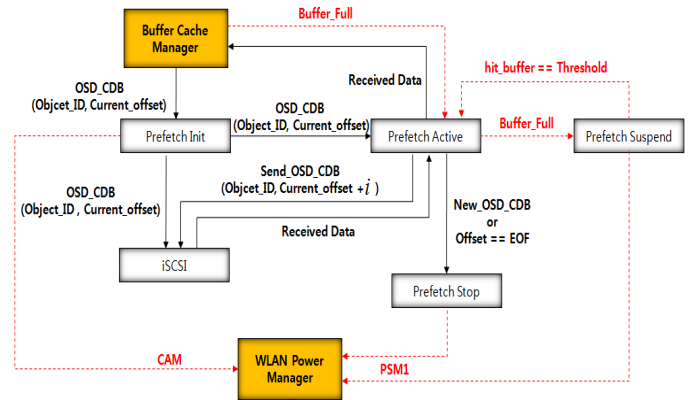


그림 4. Prefetch Manager

캐시 미스가 발생하면 선반입 관리자는 현재의 선반입 상태와 캐시의 버퍼 상태를 확인하여 선반입의 수행 여부를 결정한다. 선반입이 수행되지 않고 있을 때에는 WLAN의 상태를 CAM로 변환하고 선반입을 수행시키고, 선반입 중인 경우에는 객체 ID를 확인하여 동일한 객체 ID의 데이터가 선반입 중 일 때는 새로 들어온 오프셋(offset) 다음부터 선반입을 다시 수행하게 한다. 만약 객체 ID가 다른 데이터의 요청이 들어오면 기존의 선반입을 멈추고 상태를 초기화 하여 새롭게 선반입을 수행하도록 한다. 또한 데이터의 끝이면 선반입을 중단하고 WLAN 전력 관리자에게 모드 변환을 요청한다. 이 과정에서 초기 OSD CDB 이후의 CDB는 선반입 관리자에 의해 iSCSI 계층으로 내려가고 OSD 계층에서 내려오는 CDB는 버퍼 캐시에서 데이터를 읽는데 사용된다.

캐시의 버퍼가 가득 찬(buffer full) 상태인 경우에는 선반입을 중단하고 선반입 대기 상태(prefetch suspend)가 되고 WLAN 전력 관리자에게 PSM1 모드로 변환 요청한다. 그리고 선반입이 종료되어도 PSM1 모드로 변환 요청을 한다.

Buffer_{threshold}는 현재 WLAN이 PSM1, PSM2, PWR_OFF 등의 상태에서 CAM모드로 변환되어 다시 선반입을 시작할 때 모드 변환 지연시간을 고려한 버퍼의 임계치이다.

버퍼의 상태가

$$Buffer_{threshold} == Buffer_{Cur}$$

이면 WLAN을 CAM 모드로 변환하기 위한 작업이 시작되어야 한다. 그리고 CAM 상태로 변환되면 선반입을 다시 수행한다.

3.3 무선랜 전력 제어

객체기반 IP 스토리지 서버에 저장된 멀티미디어 콘텐츠 재생을 위해서는 WLAN에 의한 전력소모가 필연적이다. 본 연구에서는 WLAN 전력제어를 통하여 객체기반 IP 스토리지를 연결하고 있는 WLAN이 되도록 많은 시간 동안 sleep 상태 또는 power_off 상태에 있을 수 있도록

하여 전력의 소비를 줄인다.

표 1. 모드별 평균소모전력

모드	평균소모전력
CAM	6.90W
PSM(1ms)	6.30W
PSM(500ms)	6.27W
PSM(5s)	6.25W
PWR_OFF	5.87W

표 1은 전력측정 장비를 이용하여 WLAN 전력 모드별 평균소모 전력을 측정한 값이다. PSM은 listen_interval이 길어질수록 소모 전력이 낮아졌다. 표 1의 결과에 따르면 WLAN의 전력 모드에 따라 차이가 남을 알 수 있었다. 따라서 모드별 전력제어를 함으로써 WLAN의 전력 소비량을 줄일 수 있음을 알 수 있다. 이에 본 연구에서는 WLAN 전력관리 기능을 추가하여 설계하였다. WLAN 전력관리를 위하여 WLAN 전력 관리자를 둔다. 그림 5는 WLAN 관리자의 상태도이다.

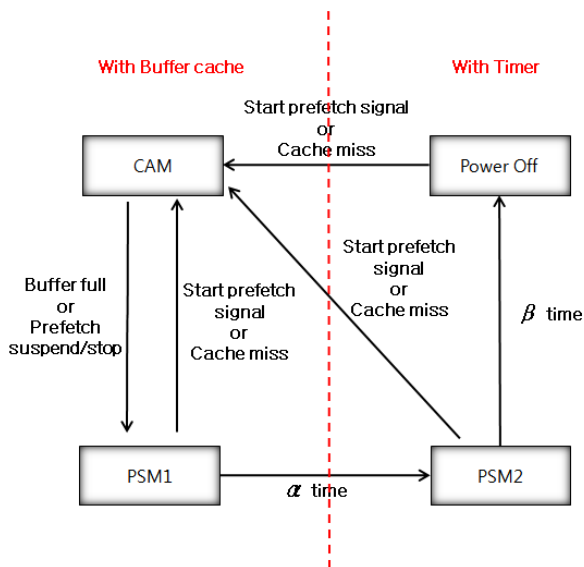


그림 5. WLAN Power Manager

표 2. 모드 변환 지연시간

이전모드	변환모드	지연시간
CAM	PSM	0.51s
PSM	PWR_OFF	2.8s
PWR_OFF	PSM	2.59s

WLAN 전력제어 관리자는 버퍼 상태와 선반입 상태에 따라 WLAN 모드를 변환한다. 표 2의 측정 결과처럼 모드 변환 시 지연시간이 존재한다. 설계된 시스템은 버퍼 및 선반입 상태에 따라서 WLAN 모드를 변환하므로 지연시간을 고려해야 한다.

데이터 전송이 이루어질 때 WLAN은 CAM 상태로 있다가 버퍼가 가득 찬 상태나 선반입 중단 또는 종료 상태가 되면 PSM1 상태로 변환된다. 만약, PSM1 상태가 α 시간동안 지속되면 PSM2 상태로 바뀌고 PSM2 상태가 β 시간 동안 지속되면 PWR_OFF 상태가 된다. PSM1, PSM2, PWR_OFF 상태에서 캐시 미스나 선반입이 수행 신호가 오면 CAM 상태로 변환된다.

4. 결론 및 향후계획

본 연구에서는 객체기반 IP 스토리지에 캐시와 WLAN 전력관리 기능을 추가하는 구조를 설계하였다. 그 목적은 다음과 같이 두 가지가 있다.

첫 번째, 모바일 단말에서 객체기반 IP 스토리지의 멀티미디어 콘텐츠 재생 시 성능 향상이다. 객체기반 IP 스토리지를 위한 파일시스템이 없는 모바일 단말에서 요청되는 데이터를 캐시 버퍼에서 읽어가도록 함으로써 WLAN를 통하는 오버헤드를 없앤다.

두 번째, 객체기반 IP 스토리지의 멀티미디어 콘텐츠 재생 시 소모전력 감소이다. 콘텐츠를 재생하는 동안 선반입 상태에 따라 WLAN의 전력을 관리하여 WLAN을 소모 전력을 줄인다.

설계된 시스템은 동영상 재생을 주요 상황으로 고려하고 있다. WLAN 전력 관리 기능은 객체의 속성에 따라 유연한 전력제어가 가능하다. 캐시 및 선반입 구조는 객체기반 IP 스토리지를 위한 범용 캐시 구조로 사용할 수 있다. 또한 본 논문의 설계에서는 읽기 명령에 대해서만 캐시가 적용되어 있지만 이를 바탕으로 쓰기 명령에 대해서도 캐시를 적용할 수 있다.

본 연구에서 설계한 시스템은 향후 Intel Bulverde PXA270(520MHz)기반의 임베디드 보드에 적용할 예정이며, 이 때 WLAN 전력관리 모듈의 기능을 테스트하기 위하여 CAM, PSM, PWR_OFF 등과 같은 전력모드를 지원하고, 리눅스 용 디바이스 드라이버를 지원하는 시스템 Aironet 350시리즈의 PCMCIA WLAN 카드를 이용할 것이다.

참고 문헌

- [1] IBM & MontaVista Software, Dynamic Power Management for Embedded Systems, 2002
- [2] S. W. Son G.Chen M.Kandemir, Disk Layout Optimization for Reducing Energy Consumption, ICS'05, 2005
- [3] Erik Riedel, Object-based Storage Device(OSD) Basics, SNIA Education, 2005
- [4] T10, SCSI Object-Based Storage Device Commands (OSD), <http://www.t10.org/ftp/t10/drafts/osd1/>
- [5] T10, SCSI Object-Based Storage Device Commands -2 (OSD-2), <http://www.t10.org/ftp/t10/drafts/osd2/>
- [6] Y. Nam, "Prototyping object-based ubiquitous multimedia contents storage for mobile device," Lecture Notes in Computer Science (UIC2006), Springer-Verlag, pp.93-102, Sept. 2006.
- [7] J. Hufferd, iSCSI: The Universal Storage Connection, Addison-Wesley, 2003