DOI: 10.3745/KIPSTA.2009.16A.5.357

모바일 IP 스토리지 상에서 멀티미디어 컨텐츠 실행을 위한 효율적인 무선랜 장치 전력제어 기법

남 영 진[†] · 최 민 석[††]

요 약

플래시 메모리와 하드디스크의 저장 공간 제약을 문제를 극복하기 위한 방법으로 모바일 IP 스토리지가 제안되었다. 모바일 IP 스토리지는 무선 IP 네트워크를 통하여 모바일 장치에 거의 무제한적인 저장 공간을 제공한다. 하지만, 모바일 IP 스토리지를 이용한 멀티미디어 컨텐츠 스트리밍 시 무선랜 장치의 지속적인 전력소모로 인해 모바일 장치의 배터리 수명이 급격히 감소하는 문제가 발생한다. 본 논문에서는 모바일 IP 스토리지를 통하여 멀티미디어 컨텐츠를 실행할 시에 무선랜 장치의 전력을 효율적으로 제어할 수 있는 기법을 제안한다. 제안된 기법은 선반입 버퍼 입출력 모듈, 무선랜 장치 전력제어 모듈, 선반입 버퍼 재구성 모듈로 구성되어 있다. 또한, 제안된 기법은 멀티미디어 컨텐츠의 품질에 적응적으로 선반입 버퍼의 크기를 자동적으로 결정하고 멀티미디어 컨텐츠가 실행되는 동안 On-Off 동작을 기반으로 무선랜 장치 전력 상태를 동적으로 제어한다. 제안된 기법의 성능을 임베디드 리눅스 2.6.11, 인텔 iSCSI 참조코드, 무선랜 장치를 이용하는 PXA270기반 모바일 장치 상에서 평가한다. 다양한 실험을 통하여 제안된 기법이 전력제어를 하지 않을 때에 비해 QVGA급 멀티미디어 컨텐츠 실행 시 무선랜 카드의 에너지 소모를 최대 8.5배 정도 감소시킴을 보인다.

키워드 : 무선랜, 전력제어, 모바일 IP 스토리지

An Efficient WLAN Device Power Control Technique for Streaming Multimedia Contents over Mobile IP Storage

Young Jin Nam[†] · Min seok Choi[††]

ABSTRACT

Mobile IP storage has been proposed to overcome storage limitation in the flash memory and hard disks. It provides almost capacity-free space for mobile devices over wireless IP networks. However, battery lifetime of the mobile devices is reduced rapidly because of power consumption with continuous use of a WLAN device when multimedia contents are being streamed through the mobile IP storage. This paper proposes an energy-efficient WLAN device power control technique for streaming multimedia contents with the mobile IP storage. The proposed technique consists of a prefetch buffer input/output module, a WLAN device power control module, and a reconfigurable prefetch buffer module. Besides, it adaptively determines the size of the prefetch buffer according to a quality of the multimedia contents, and it dynamically controls the power mode of the WLAN device on the basis of power on-off operations while streaming the multimedia contents. We evaluate the performance of the proposed technique on a PXA270-based mobile device that employs the embedded linux 2.6.11, Intel iSCSI reference codes, and a WLAN device. Extensive experiments reveal that the proposed technique can save the energy consumption of the WLAN device up to 8.5 times with QVGA multimedia contents, as compared with no power control.

Keywords : Wireless LAN, Power Control, Mobile IP Storage

1. 서 론

모바일 장치 및 디지털 기기에는 데이터 저장을 위한 목적으로 플래시 메모리와 하드디스크와 같은 임베디드 스토리지가 장착되어 있다. 하드디스크는 PMP나 디지털 TV, 디지털 캠코더와 같이 대용량의 데이터를 저장하기 위한 용도로 많이 사용되고 있는 반면, 플래시 메모리는 디지털 카메라, PDA, 그리고 MP3 플레이와 같이 적은 용량의 데이터를 저장하기 위한 용도로 많이 사용되고 있다. 최근에는 멀티미디어 컨텐츠가 고품질화 됨에 따라 필요로 하는 저장 공간의 크기도 커지고 있다. 그러나 가격적인 측면에서 하

※ 본 연구는 대구대학교 2006년도 교내학술연구비 지원을 받아 수행되었음.
† 정 회 원 : 대구대학교 컴퓨터 · IT공학부 조교수
†† 준 회 원 : 대구대학교 컴퓨터구조연구실 연구원
논문접수 : 2009년 7월 16일
수 정 일 : 1차 2009년 8월 31일
심사완료 : 2009년 9월 2일

드디스크는 용량에 비해 비용이 저렴하기는 하지만 모바일 장치에 내장하여 사용 가능한 정도의 소형 하드디스크는 일반 하드디스크에 비해 비싼 편이다. 플래시 메모리는 하드디스크에 비해 일반적으로 용량에 따른 비용이 큰 것으로 알려져 있다. 소모전력 측면에서는 하드디스크는 기계적인 동작 요소로 인해 소모전력이 플래시 메모리보다 큰 것으로 알려져 있다[1]. 이러한 단점을 극복할 수 있는 대안으로 모바일 장치의 점차 그 속도와 성능이 발전하고 있는 네트워킹 기능을 활용한 IP 스토리지의 사용을 고려할 수 있다.

IP 스토리지는 네트워크를 통하여 실제 데이터를 원격지에 있는 스토리지 서버에 저장하고 읽어오기 때문에 모바일 장치의 저장공간 제약을 극복할 수 있고 데이터 용량 증가에 따른 확장성이 좋다[2]. 최근에는 비용이 저렴하면서 높은 확장성을 제공하는 iSCSI 프로토콜 기반의 IP 스토리지가 많이 사용되고 있다. 이러한 IP 스토리지는 데이터 입출력 서비스를 위하여 이더넷과 같은 유선랜 뿐 아니라, 모바일 장치에서 IP 스토리지 기능을 제공하기 위해서 무선랜과 같은 장치도 사용한다[5]. 하지만, 모바일 장치에서 무선랜 장치의 소모전력은 <표 1>과 같이 다른 하드웨어 장치들에 비해서는 상대적으로 큰 것으로 알려져 있다[3]. 특히, 원격지에 있는 멀티미디어 컨텐츠 재생과 같이 무선랜을 이용하는 트래픽이 많은 경우에 전력소모의 상대적인 비는 훨씬 높아지게 된다. 따라서, 모바일 장치의 무선랜 소모전력에 대한 효율적인 제어는 매우 중요한 문제 중에 하나라고 할 수 있다. 다양한 무선랜 전력제어 기법이 기 존재하지만 대부분 저수준 코드 수정이 필요하거나 웹 브라우징 같이 요청/응답 형태의 작업환경에 적합한 기법들이고 멀티미디어 컨텐츠 서비스 이용 시 뛰어난 에너지 효율을 기대하기가 어렵다.

본 논문에는 모바일 IP 스토리지를 사용하는 환경에서 멀티미디어 컨텐츠를 실행할 시 무선랜 장치의 전력을 효율적으로 제어할 수 있는 재구성 가능 선반입 버퍼 기반의 무선랜 장치 전력제어 기법을 제안한다. 제안된 기법은 주어진 멀티미디어 컨텐츠의 품질에 따라 선반입 버퍼의 크기를 자동적으로 결정하고 멀티미디어 컨텐츠가 실행되는 동안 *On-Off* 동작을 기반으로 무선랜 전력제어를 동적으로 수행한다. 본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2절에서는 본 연구를 위해 필요한 배경지식 및 관련연구에 대해 살펴본다. 3절에서는 제안된 기법의 구조 및 동작에 대해서 상세히 논하고, 4절에서 제안된 기법의 성능을 평가한 결과에 대해서 논한다. 마지막으로 5절에서 결론을 맺는다.

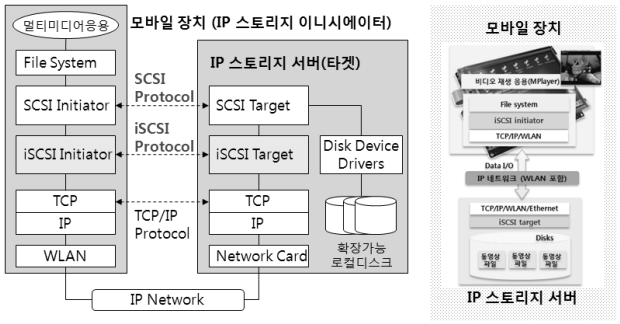
〈표 1〉 모바일 장치(SmartBadgeIV)에서의 하드웨어 모듈별 전력소모율[3]

구분	CPU	LCD	무선랜	기타
무선랜 트래픽이 없을 경우	19%	10%	36%	35%
무선랜 트래픽이 많을 경우	11%	6%	63%	20%

2. 배경지식 및 관련연구

iSCSI(SCSI over IP Networks) 프로토콜[4]은 기존 IP 네트워크를 스토리지 네트워크에 통합하고자하는 목적으로 개발되었다. 이 프로토콜은 스토리지 입출력을 위해서 잘 정의된 SCSI 프로토콜을 TCP/IP 기반의 IP 네트워크를 통하여 이루어 질수 있도록 하는 표준 프로토콜이며, 기본적으로 블록 단위의 데이터 전송을 지원한다. iSCSI는 네트워크를 통해 데이터를 전송하고 멀리 떨어진 곳에서도 스토리지를 관리할 수 있으며 호스트에서 기존의 IP 네트워크를 통해 스토리지 요소에 접근이 가능하므로 스토리지를 통합하고 활동도를 높이기가 용이하며 비용을 절감할 수 있다. IP 스토리지는 이러한 iSCSI 프로토콜을 이용하여 기존 SCSI 프로토콜을 IP 네크워크를 통하여 전송함으로써 입출력 작업을 수행한다. IP 스토리지를 통한 입출력시에 호스트에 동작하는 부분을 IP 스토리지 개시자(initiator)라 하고, 실제 저장장치 측에 존재하는 부분을 IP 스토리지 타깃(target)이라 한다. 이는 기존 SCSI 프로토콜에서 사용하는 용어와 동일함을 알 수 있다.

모바일 IP 스토리지는 배터리 등과 같은 자원 제약성이 매우 높은 PDA 및 스마트폰 환경으로 이식된 IP 스토리지를 의미한다[5]. 모바일 IP 스토리지에서는 기본적으로 무선랜을 이용하며, 와이브로와 같이 이동성이 보장된 네트워크 환경에서는 기존 IP 스토리지와 차별화된 스토리지 입출력 서비스를 제공할 수 있다. 모바일 IP 스토리지는 데이터 입출력을 위해서 무선랜을 이용하기 때문에 무선랜 장치의 전력소모에 대한 효율적인 제어가 해결해야할 매우 중요한 문제 중에 하나이다. (그림 1)은 모바일 IP 스토리지의 구조를 보여준다. 모바일 IP 스토리지는 모바일 장치에서 iSCSI 개시자가 동작하고 모바일 장치의 응용 프로그램은 파일 시스템을 통해 데이터의 저장 및 읽기를 명령한다. 파일 시스템은 iSCSI 개시자로 명령을 전달하고 iSCSI 개시자는 받은 명령을 iSCSI 프로토콜에 따라 캡슐화하고 네트워크 장치를 통해 IP 스토리지 서버로 전달한다. IP 스토리지는 iSCSI 타깃을 통해 받은 명령을 해석하고 IP 스토리지 서버의 저장장치에 접근하여 데이터를 저장하거나 읽어서 다시 모바일 장치의 iSCSI 개시자로 전달한다. 모바일 장치에서 사용하는 실질적인 스토리지는 서버에 존재하며 용량 증설이 용

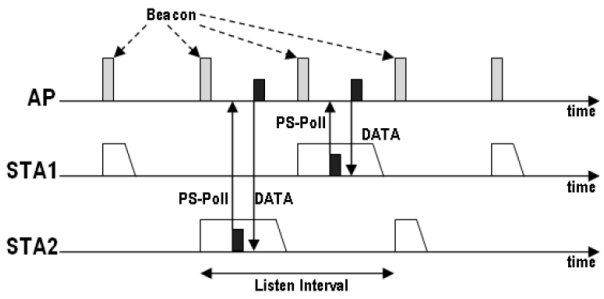


(그림 1) iSCSI 기반 모바일 IP 스토리지 시스템 구조[5]

이하기 때문에, 모바일 장치 입장에서 자신이 사용하는 임베디드 스토리지의 크기는 무한대라고 하여도 무방할 것이다.

IEEE 802.11 표준에서 지원하는 무선랜 장치의 전력모드는 CAM(Continuous Active Mode)과 PSM(Power Saving Mode)이 있다[6]. CAM은 전력제어를 하지 않은 상태로서 언제든지 데이터 전송이 가능하다. PSM은 트래픽이 없는 경우에 CAM 또는 대기모드에서 소비되는 전력을 최소화하기 위해 무선랜 장치의 전력모드를 제어하는 방법이다. PSM 상태로 동작 중인 스테이션(장치)이 슬립 상태로 있는 동안 전송되는 데이터 프레임은 엑세스 포인트의 버퍼에 저장되고 엑세스 포인트는 주기적으로 비콘 프레임을 브로드캐스팅 하는데 해당 엑세스 포인트에 연결된 스테이션들은 주기적으로 깨어나서 비콘을 수신한다. 엑세스 포인트가 비콘을 브로드캐스팅 하는 주기를 비콘 주기라고 하며 100ms를 기본값으로 가진다. 이 값은 사용자가 임의대로 수정할 수 있으며 스테이션들은 엑세스 포인트에 접속할 때 이 값을 전달 받는다. (그림 2)는 PSM 상태에서의 무선랜 네트워크 동작을 나타낸 것이다. PSM 상태로 동작 중인 스테이션은 리슨 인터벌 값에 따라 관련 비콘 주기마다 깨어나거나 몇 개의 비콘 주기 이후에 깨어날 수도 있다. 스테이션은 비콘 프레임을 받고 자신에게 전달될 데이터가 버퍼링되어 있는지 확인한다. 이러한 방식을 PSM-static이라고 한다. 스테이션은 비콘 프레임을 받기 전에 데이터를 수신할 수 있는 상태로 전환하고 수신된 비콘 프레임의 TIM (Traffic Indication Map)을 검사하여 엑세스 포인트로부터 받을 데이터가 있는지 확인하고 받을 데이터가 있다면 PS-Poll 프레임을 엑세스 포인트에게 보낸다. 이러한 제어 방법은 주기적으로 슬립 상태로 전환하여 최대한으로 소비전력을 줄이기 때문에 활동모드 보다 소비전력을 줄일 수는 있지만 데이터 전송량이 많거나 빈번할 경우 성능의 저하가 발생하거나 좋은 전력 절감 효과를 기대하기 어렵다.

무선랜 전력제어 기법은 크게 MAC 수준에서의 제어 기법과 응용 수준에서의 제어 기법으로 구분할 수 있다. MAC 수준의 제어 기법으로는 EC-MAC[8], LAPS[9], IPSM[12]이 있다. EC-MAC(Energy Conserving Medium Access Control) 기법은 경쟁 기반의 예약 과정에서 재전송으로 인한 전력 소모를 최소화하는 비경쟁 기반의 예약을 수행한다. FSM(Frame Synchronization Message)은 동기화 정보와 상향 링크에서의 스테이션의 예약 순서 정보를 포함하고 있다. 요청/업데이트 단계에서는 FSM이 들어있는 순서에 따라 각 스테이션의 새로운 연결 요청이 이루어진다. 이 단계에서 엑세스 포인트는 명확한 전송 예약 순서가 있기 때문에 충돌을 피할 수 있다. 새로운 사용자 단계에서는 새로운 스테이션이 등록된다. 또한 데이터 전송 스케줄을 계산하기 위하여 엑세스 포인트에게 시간을 알려주고 엑세스 포인트는 데이터 전송 단계를 위한 슬롯 권한을 포함한 스케줄 메시지를 브로드캐스팅 한다. 이 기법은 중앙에서 스케줄을 관리하여 때문에 경쟁을 피하고 재전송으로 인한 전력 소모를 줄일 수 있다. LAPS(Load-Aware Power Saving) 기법은 PS-Poll 단계와 데이터 전송 단계를 분리한다. 대량의 데이터를 전송할 때는 PS-Poll 단계를 우선적으로 모두 보낸 후 데이터 전송 단계에서 데이터를 한꺼번에 전송한다[9]. 이 단계 동안 PS-Poll을 보내지 않은 스테이션을 슬립시켜 전력 소모를 줄인다. IPSM(Improved Power Saving Mechanism) 기법은 IEEE 802.11 표준 IBSS(Independent Basic Service Set) 내에 정의된 DCF(Distributed Coordination Function)의 전력제어(PSM)를 최적화 하려는 기법을 제시하고 있다. 전력제어 기법을 사용하는 모든 노드들은 주기적으로 ATIM(Ad-hoc Traffic Indication Message) 윈도우라는 구간에 동시에 깨어나며, 이때 비콘 주기의 나머지 시간동안 깨어있을지를 노드간 제어 패킷교환을 통하여 결정한다. 이 기법에서는 ATIM 윈도우의 크기가 에너지 소모에 영향있음을 인지하고, ATIM 윈도우의 크기에 대한 동적제어와 비콘 주기의 전체 나머지시간 대신 부분시간동안 깨어있도록 제어한다.



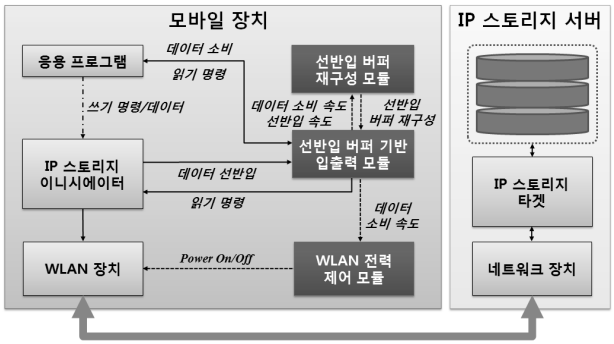
(그림 2) PSM 상태에서의 무선랜 네트워크 동작[7]

응용 수준의 제어 기법으로는 STPM[10]과 AADPM[11]이 있다. STPM(Self-Tuning Wireless Network Power Management) 기법은 동작중인 네트워크 응용의 접근 패턴과 용도, 네트워크 장치 특성, 모바일 장치 플랫폼에서 소모되는 에너지에 대한 현 상태를 고려하여 적응적으로 무선 네트워크 전력을 제어한다. 이 기법은 상위 응용이 하부 네트워크 장치를 사용하기 위한 목적 혹은 의도와 관련된 정보를 제공하기 위한 간단한 인터페이스를 제공하며, 이러한 정보를 기반으로 네트워크를 접근하는 패턴에 적응적으로 전력 상태를 제어한다. 이 기법은 분산 파일 시스템을 이용하는 PDA 모바일 장치에서 소모되는 에너지 양을 감소시켜 줄 뿐 아니라, 일반적인 인터렉티브 파일 시스템의 응답 시간도 대폭 개선시켜 준다. AADPM(Adaptive Application-Driven WLAN Power Management) 기법은 무선랜의 유휴(idle) 시간 분포를 온라인으로 학습하는 기능을 제공하며 이를 기반으로 전력 상태를 제어한다. 사용자 응용으로 부터의 요구 도착시각, 서버 응답시간 등에 대한 패턴을 미리 가정하지는 않으며, 응용이 수행되는 동안 지속적으로 학습하여 사용자 유휴 시간에 대한 분포를 찾아간다. STPM 기법이 분산파일 시스템과 같은 인터렉티브 응용에 초점을 맞춘 반면, AADPM 기법은 비교적 긴 서버 응답시간과 사용

자 대기(think) 시간을 포함하는 요구 및 응답을 기반으로 하는 응용을 타깃으로 하고 있다.

3. 제안된 기법

제안된 기법은 멀티미디어 재생 사용자 응용이 수행될 때에 효율적인 무선랜 전력 상태 제어를 수행한다. 또한, 본 기법은 (그림 3)과 같이 선반입 버퍼 입출력 모듈, 무선랜 전력제어 모듈, 그리고 선반입 버퍼 재구성 모듈로 구성되어 있다. 선반입 버퍼 입출력 모듈은 응용 프로그램과 IP 스토리지 개시자 사이에서 데이터 입출력 명령 전달과 데이터 선반입 입출력을 담당한다. 이 모듈은 선반입 버퍼 재구성 모듈에서 선반입 버퍼 크기 결정을 위해서 사용할 파라미터인 데이터 선반입 속도와 데이터 소비 속도를 실시간으로 추출한다. 또한, 이 모듈은 무선랜 전력제어 모듈에게 전력 제어를 위한 데이터 소비 속도를 전달한다. 무선랜 전력제어 모듈은 선반입 버퍼의 상태에 따라 동적으로 무선랜 전력 상태를 변환한다. 선반입 버퍼 재구성 모듈은 주어진 멀티미디어 컨텐츠의 품질에 따라 무선랜의 에너지 소모를 최적화할 수 있도록 선반입 버퍼의 크기를 결정한다. 이때 멀티미디어 컨텐츠의 품질과 관련된 파라미터는 데이터 선반입 속도와 데이터 소비속도이다. 아래에서는 각 모듈의 기능에 대해서 보다 세부적으로 기술하도록 한다.



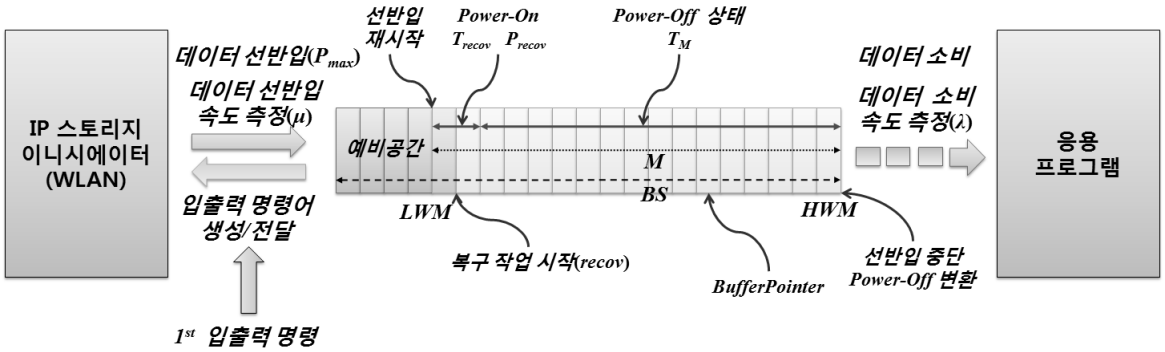
(그림 3) 제안된 무선랜 장치 전력제어 기법 구조

3.1 선반입 버퍼 기반 입출력 모듈

(그림 4)는 선반입 버퍼 기반 입출력 모듈의 기본적인 동작을 보여주고 있다. 선반입 버퍼는 셀(cell)의 집합으로 이루어져 있으며, 셀은 선반입 버퍼에서 데이터가 저장되는 최소 저장단위이다. 선반입 버퍼의 크기는 선반입 버퍼 내의 셀의 개수와 셀의 크기를 곱한 값이다. 셀의 크기는 응용에 따라서 변경될 수 있으며, 본 논문에서는 4KB로 설정하여 사용하였다. 본 모듈의 설계를 위해 모바일 장치 상에 하나의 멀티미디어 재생 프로그램이 실행된다고 가정하였으며, 멀티미디어 재생 사용자 응용이 실행될 때에만 본 기법이 동작하도록 하였다. 그 외의 경우에는 응용 프로그램의 입출력 요구는 IP 스토리지 개시자로 직접 향한다.

응용 프로그램에서 IP 스토리지 장치에 저장되어 있는 데이터 첫 번째 읽기 명령이 시작되면 선반입 버퍼 기반 입출력 모듈로 해당 명령이 동시에 전달된다. 첫 번째 읽기 명령이란 이전 읽기 명령과 시간적 혹은 공간적으로 연속적이지 않는 경우를 의미한다. 선반입 버퍼 기반 입출력 모듈은 전달 받은 읽기 명령에서 IP 스토리지 장치 정보와 데이터 오프셋 정보를 추출하여 다음의 읽기 명령을 계속적으로 생성하여 IP 스토리지 개시자로 전달하고 IP 스토리지 개시자로 들어오는 데이터를 선반입 버퍼에 저장한다. 이때 본 모듈은 데이터 선반입 속도를 실시간으로 모니터링 한다. 이러한 연속적인 데이터 선반입은 새로운 첫 번째 읽기 명령이 도착하거나 혹은 선반입 버퍼내의 데이터가 최고치(*HWM*)에 도달할 경우에 중지된다. 응용 프로그램은 선반입 버퍼에서 자신이 필요한 데이터를 읽어간다. 이때 본 모듈은 데이터 소비 속도를 모니터링 한다. 제안된 기법에서 변환은 무선랜 장치의 전력 상태를 *Power-On*에서 *Power-Off*로 바꾸는 것을 의미하고 복구는 *Power-Off*에서 *Power-On*으로 바꾸는 것을 의미한다.

선반입 버퍼가 최고치까지 채워지면 선반입은 일시적으로 중단되고 무선랜 전력제어 모듈이 무선랜 장치의 전력 상태를 제어한다. 선반입 버퍼의 데이터가 최저치(*LWM*)까지 소비되면 선반입은 다시 시작된다. 선반입이 재시작되기 전 무선랜 장치는 *Power-On* 상태에 있어야만 한다. 이때 소요되는 시간을 고려하여 충분한 여유를 두고 복구 작업을 시작하도록 한다. 멀티미디어 컨텐츠 재생 시 데이터 소비 속



(그림 4) 선반입 버퍼 기반 입출력 모듈의 기본 동작

〈표 2〉 선반입 버퍼 기반 입출력 모듈 파라미터

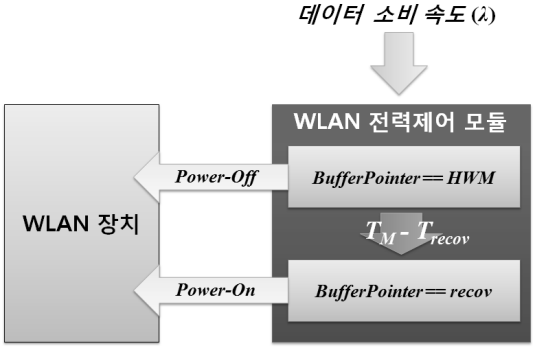
파라미터	설명	파라미터	설명
μ	데이터 선반입 속도(IOPS)	TM	Power-Off 상태 유지시간
λ	데이터 소비 속도(IOPS)	BufferPointer	현재 사용 중인 선반입 버퍼 셀의 위치
Pmax	데이터 선반입 시 소모전력(최대 소모전력)	recov	복구 시작 시점
Trecov	전력 복구 시 지연시간	HWM	선반입 버퍼의 최대 임계치
Precov	전력 복구 시 소모전력	LWM	선반입 버퍼의 최저 임계치
M	선반입 버퍼의 예비 공간을 제외한 선반입 버퍼 셀의 수		

도가 빨라져서 예상된 *Power-Off* 상태 유지시간보다 실제 시간이 짧아지는 경우가 발생할 수 있다. 이런 경우를 대비해서 *LWM* 앞에 예비 데이터 공간을 설정해 놓는다.

<표 2>에 선반입 버퍼 기반 입출력 모듈과 관련된 파라메터를 나열하였다. 데이터 선반입 속도(μ)와 데이터 소비 속도(λ)는 본 모듈에서 실시간으로 모니터링 된다. 데이터 선반입 시 소모전력(P_{max}), 전력 복구 시 지연시간(T_{recov}), 전력 복구 시 소모전력(P_{recov})은 사용되는 무선랜 장치에 의존적인 값이며, 전력측정 DAQ 장비 등을 이용하여 실제 측정하여 입력해야 하는 값이다. 선반입 버퍼 셀의 수(M)는 선반입 버퍼 재구성을 위해서 동적으로 설정 가능한 값이다. 선반입 버퍼의 최대 임계치 값(HWM) 및 최소 임계치 값(LWM)은 본 기법 운영시에 설정 가능한 값이며, 본 논문에서 HWM은 선반입 버퍼 크기와 동일하도록 설정하고 LWM은 선반입 버퍼 크기의 5%에 해당하도록 설정한다. *Power-Off* 상태 유지시간(T_M)과 복구 시작 시점($recov$) 값은 동작 중에 모니터링 되는 값들에 의해 계산되어 결정되는 값이다.

3.2 무선랜 장치 전력제어 모듈

(그림 5)는 무선랜 장치 전력제어 모듈의 기본적인 동작을 보여주고 있다. 이 모듈은 선반입 버퍼 기반 입출력 모듈로부터 전달받은 데이터 소비 속도(λ)를 이용하여 무선랜 장치의 전력 상태를 *Power-Off* 또는 *Power-On*으로 제어한다. 무선랜 장치는 선반입이 재시작되기 전 *Power-Off* 상태에서 *Power-On* 상태로 복구되어야 하기 때문에 복구 지연



(그림 5) 무선랜 장치 전력제어 모듈의 기본 동작

시간을 고려하여야 한다.

무선랜 장치 전력제어가 효용성이 있기 위해서는 선반입 버퍼의 데이터를 소비하는 시간, 즉 *Power-Off* 상태 유지시간이 복구시간보다 기본적으로 커야한다. 이는 식 (1)에 의해서 판단되고 복구 작업을 시작하는 시점은 식 (2)에 의해 결정된다. λ는 초당 데이터 소비 속도이므로 λ와 T_{recov} 값을 곱하면 복구 지연시간 동안 소모되는 셀의 개수를 구할 수 있다. 따라서 LWM을 기준으로 이 셀의 개수만큼 떨어져 있는 지점까지 데이터가 소비되었을 때 복구 작업을 시작한다.

$$T_M > T_{recov},\ T_M = \frac{M}{\lambda} \quad (1)$$

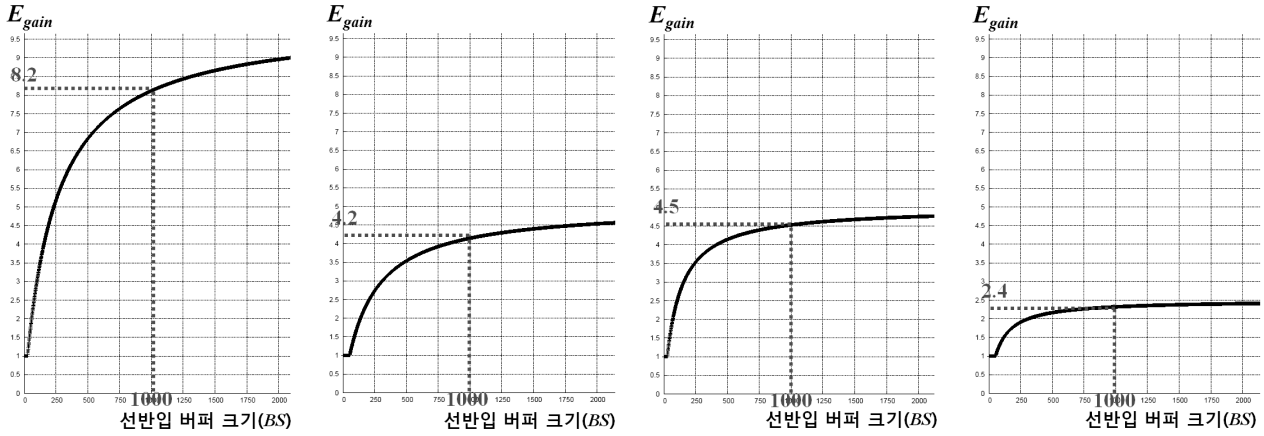
$$recov = LWM + T_{recov} \times \lambda \quad (2)$$

3.3 선반입 버퍼 재구성 모듈

본 모듈은 선반입 버퍼의 크기를 자동적으로 재구성하는 역할을 담당한다. 무선랜 장치 전력제어 모듈을 통하여 무선랜 장치의 전력 상태를 제어할 때, 에너지의 개선율은 (그림 6)과 같이 데이터의 선반입 속도, 데이터 소비 속도, 그리고 선반입 버퍼의 크기에 따라 상당한 변화를 나타낸다.

이 중 데이터 선반입 속도(μ)와 데이터 소비 속도(λ)는 무선랜 장치와 사용 컨텐츠에 따라 변하기 때문에 인위적으로 제어하기 어렵다. 따라서 본 모듈에서는 제안된 기법을 이용하지 않을 경우에 비해서 최적의 에너지 개선율을 나타낼 수 있도록 아래의 이론적인 예상 개선율을 기반으로 선반입 버퍼의 크기를 재구성한다.

본 모듈은 선반입 버퍼 기반 입출력 모듈로부터 데이터 선반입 속도와 데이터 소비 속도 값을 입력받고, 이 값들과 무선랜 장치의 전력소모 관련 파라미터(최대 소모전력, 전력 복구 지연시간, 전력복구 소모전력)를 이용하여 선반입 버퍼 크기(BS)의 최소값과 최대값에 해당하는 조건을 다음과 같이 구한다. 첫째, *Power-Off* 상태 유지시간을 고려하여 선반입 버퍼의 최소 크기 조건을 결정하는 방법을 살펴본다. 선반입 버퍼의 데이터를 소비하는 속도는 BS/λ 이다. 이 값은 $BS/\lambda > T_{recov}$ 을 만족해야한다. 즉, 전력 복구 시간보다 *Power-Off* 상태 유지시간이 더 커야만 한다. 따라서 선반입 버퍼의 최소 크기는 식 (3)의 조건을 만족해야 된다.



(a) μ =100, λ=10 경우 (b) μ=100, λ=20 경우 (c) μ=50, λ=10 경우 (d) μ=50, λ=20 경우

(그림 6) 제안된 기법을 사용할 경우, 데이터 선반입 속도(μ)와 데이터 소비 속도(λ)에 따른 이론적 무선랜 장치 소모에너지 개선율 변화

$$BS > \lambda \times T_{recov} \tag{3}$$

다음으로 소모에너지를 고려하여 선반입 버퍼의 최대 크기 조건을 결정하는 방법을 살펴본다. 무선랜 장치의 전력제어를 하지 않을 때 소모에너지 $E_{NOcontrol}$은 식 (4)와 같이 구해지고 전력제어를 할 경우 소모에너지 $E_{control}$은 식 (5)와 같이 구해진다. 식에서 μ-λ는 데이터 선반입 속도와 데이터 소비 속도의 차이다. 선반입 버퍼 기반 입출력 모듈이 초기에 선반입 버퍼를 가득 채운 후 다음 선반입 동작부터는 선반입과 데이터 소비와 동시적으로 수행되기 때문에 이를 고려하여 알고리즘에 반영한다.

$$E_{NOcontrol} = \frac{BS}{\mu-\lambda} \times P_{\max} + \frac{BS}{\lambda} \times P_{\max} \tag{4}$$

$$E_{control} = \frac{BS}{\mu-\lambda} \times P_{\max} + (\frac{BS}{\lambda} - T_{recov}) \times P_M + T_{recov} \times P_{recov} \tag{5}$$

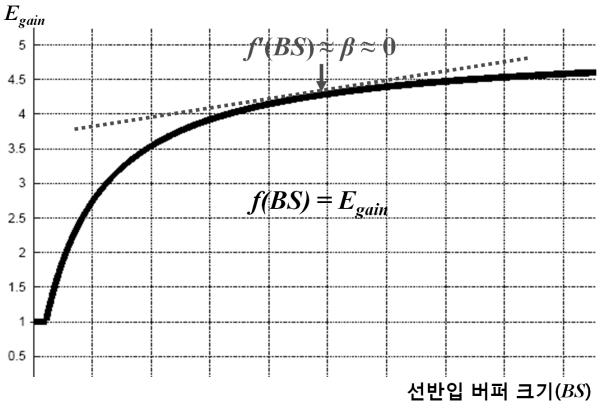
제안된 기법에서는 무선랜 장치를 *Power-Off* 하므로 P_M 값은 0이 된다. 따라서 식 (5)는 최종적으로 식 (6)과 같이 정리된다. 그리고 무선랜 장치의 전력제어가 효용성이 있으려면 $E_{NOcontrol} > E_{control}$를 만족해야 한다. 따라서 이 조건을 정리하면 선반입 버퍼의 최소 크기를 결정하는 두 번째 조건인 식 (7)이 도출된다. 다음으로 선반입 버퍼의 최대 크기를 결정하기 위해 에너지 효율(E_{gain})를 구하는 식 (8)을 이용한다.

$$E_{control} = \frac{BS}{\mu-\lambda} \times P_{\max} + T_{recov} \times P_{recov} \tag{6}$$

$$BS > \frac{\lambda \times T_{recov} \times P_{recov}}{P_{\max}} \tag{7}$$

$$f(BS) = E_{gain} = \frac{E_{NOcontrol}}{E_{control}} \tag{8}$$

(그림 7)에 나타난 바와 같이 선반입 버퍼의 크기가 일정



(그림 7) 최적 선반입 버퍼 크기 결정

크기 이상이 되면 에너지 효율은 크게 개선되지 못한다. 따라서 적정 수준에서 선반입 버퍼 크기 값을 결정해 주어야 한다. 이를 위해서 제안된 기법에서는 $f(BS)$의 도함수를 이용하여 기울기(β)가 0에 근접한 접점의 선반입 버퍼 크기 값을 최적의 선반입 버퍼 최대 크기로 결정한다.

식 (9)는 $f(BS)$의 도함수이며, 식 (9)를 BS에 대해 정리하여 이론적인 최적의 선반입 버퍼 크기 값을 결정하는 식 (10)을 도출한다.

$$T = \frac{P_{\max}}{\mu-\lambda},\ R = \frac{P_{\max}}{\lambda},\ Q = T_{recov} \times P_{recov} \text{ 이면,}$$

$$f'(BS) = \beta = \frac{(T \times BS + R) \times Q}{T \times BS + Q} \tag{9}$$

$$BS = \frac{-T^2 + \sqrt{(T \times Q)^2 - T^2 \times (Q^2 - \frac{(T+R) \times Q}{\beta})}}{T^2} \tag{10}$$

3.4 타 기법과의 비교

제안 기법과 기존 무선랜 전력제어 기법을 비교한 결과를

〈표 3〉 제안된 기법과 타 기법과의 비교

항목	EC-MAC	LAPS	IPSM	STPM	AADPM	제안된 기법
전력제어 방법	경쟁으로 인한 소모전력 제어	미사용 스테이션 제어	PSM 방식 개선	사용 패턴에 따른 CAM/PSM 제어	요청/응답 시간 차이 이용	무선랜 장치 Power-Off
구현 용이성	MAC 계층 수정 필요	MAC 계층 수정 필요	MAC 계층 수정 필요	독립적 모듈	독립적 모듈	독립적 모듈
멀티미디어 데이터 사용 환경	부적합	부적합	부적합	PSM-static성능과 유사	부적합	Power-Off로 인한 성능 우위

<표 3>에 요약하였다. EC-MAC은 비경쟁 기반의 메시지를 이용하여 경쟁으로 인한 소모전력을 줄여준다. 따라서 MAC 프로토콜의 수정이 필요하다. 이 기법은 데이터 전송에 대해서는 전력제어를 하지 않기 때문에 멀티미디어 데이터 전송에 있어서는 부적합하다. LAPS는 반복적인 PS-Poll 전송과 데이터 전송을 제어하여 대용량 데이터 전송 시에는 한꺼번에 데이터만 전송하도록 하고 데이터 전송을 하지 않는 스테이션은 도즈 상태로 변환한다. 이 기법 역시 MAC 프로토콜의 수정이 필요하며 데이터 전송에 대해서는 전력제어를 하지 않기 때문에 멀티미디어 데이터 전송에 있어서는 부적합하다. 기존 PSM 방식을 개선한 IPSM 방식 역시 데이터 전송시에는 별도의 전력제어를 수행하지 않는다. STPM은 히스토리를 바탕으로 시간과 에너지를 예측하여 CAM과 PSM을 번갈아서 제어한다. 이 기법은 CAM과 PSM의 변환 시점을 설정하는 것이 주된 목표이다. 이 기법은 멀티미디어 데이터 전송에 있어서는 CAM 상태보다는 나은 성능을 보이지만 PSM-static과 유사한 성능을 보인다 [10]. AADPM은 요청을 보낸 후 응답이 올 때까지 경과되는 지연시간을 이용하여 전력 상태를 제어한다. 이 기법은 웹 브라우징 작업과 같이 사용자의 생각에 따라 지연시간이 길어질 수도 있고 또는 서버의 상태에 따라 응답시간이 달라 질 수 있는 환경을 주 대상으로 하고 있다. 따라서 멀티미디어 데이터 전송 환경에 있어서는 큰 효과를 내지 못한다. 제안된 기법은 무선랜 장치가 *Power-Off* 되었을 때 에너지 소모량이 최적이 되도록 선반입 버퍼의 크기를 재구성하여 무선랜 장치의 전력 상태를 제어한다. 이 기법은 무선랜 장치의 전력 상태를 *Power-Off* 상태로 제어가 가능하므로 멀티미디어 데이터 수신과 같이 끊임없이 데이터 수신이 발생하여 전력제어가 불가능한 환경에서 다른 기법보다 높은 효율성 가질 수 있고 응용 수준의 모듈이기 때문에 MAC 계층과 상관없이 독립적으로 구현이 가능하다.

4. 성능평가

본 절에서는 제안된 기법을 실제 모바일 장치 상에 구현하고, 모바일 IP 스토리지를 통한 멀티미디어 컨텐츠 재생시에 에너지 개선율과 관련된 성능 측정을 실시한다. 아래에서는 성능평가 환경에 대해서 우선 기술하고 성능평가결과에 대한 분석과 타 기법과의 성능 및 특성 비교에 대해서 기술하기로 한다.

4.1 실험 환경

제안된 기법이 구현되고 적용된 모바일 장치의 환경을 <표 4>에 기술하였다. CPU는 모바일 장치용으로 많이 사용되는 ARM 코어 기반의 PXA270이고 무선랜 장치는 Cisco 사의 Aironet 350을 사용하였다. 운영체제로는 임베디드 리눅스 2.6.11 버전을 이용하였고, 멀티미디어 컨텐츠 재생을 위해서는 mplayer를 이용하였다. IP 스토리지 개시자는 인텔의 참조 코드를 사용하였다.

<표 5>는 IP 스토리지 서버 환경과 전류측정 환경을 나타낸다. 모바일 장치와 마찬가지로 IP 스토리지 서버에도 인텔의 참조 코드를 이용하였다. 모바일 장치에서 실제적으로 소모되는 전류(에너지)를 내셔널 인스트루먼트의 PCI-4070 카드를 사용하여 측정하였다. 이 카드는 최대 1A의 전류를 측정할 수 있으며, 실험에 사용되는 모바일 장치는 2A의 전류가 인가되므로 최대 10A까지 지원하는 션트 모듈을 추가 장착하여 측정하였다. 측정 소프트웨어는 랩뷰(LabView) 기반의 측정 프로그램을 사용하였으며, 모바일 장치 배터리 단에서 소모되는 전류를 측정하였다.

〈표 4〉 제안된 기법이 구현된 모바일 장치의 사양

H/W	CPU	인텔 Bulverde PXA270 520MHz
	메모리	SDRAM 64MB / NOR 64MB / NAND 64MB
	디스플레이	6.4″ TFT LCD(640×480)
	무선랜	Cisco Aironet 350 11Mbps (IEEE 802.11b) 5V 전압
S/W	운영체제	임베디드 리눅스 2.6.11
	멀티미디어 재생기	MPlayer-1.0rc1
	IP 스토리지 개시자	Intel-iscsi-2.0.17 참조 코드
	선반입 버퍼내의 셀 크기	4096 바이트

〈표 5〉 모바일 장치를 위한 IP 스토리지 서버 및 전류측정 장치의 사양

	IP 스토리지 서버		전류 측정 장치	
H/W	CPU	펜티엄 4 3.0GHz	CPU	인텔 펜티엄 4 3.0GHz
	메모리	SDRAM 1GB	메모리	SDRAM 1GB
	네트워크	100Mbps Ethernet	전류측정	NI PCI-4070 DMM 최대 1A 측정 NI CSM-10A(전류 션트 모듈) 최대 10A 측정
	IP 스토리지	2GB		
S/W	운영체제	CentOS 5(커널 2.6.18.8)	운영체제	윈도우 XP
	IP 스토리지 타깃	Intel-iscsi-2.0.17 참조 코드	전류측정	Labview기반 전류 측정 프로그램

<표 6>은 성능 평가에 사용된 동영상 컨텐츠의 사양이다. 사용 해상도는 모바일 장치에서 일반적으로 많이 사용되는 QVGA급 품질을 사용했다. 할당 가능한 선반입 버퍼 크기 상한 값은 3,000개 이고 선반입 버퍼 셀의 크기는 4KB이다.

제안된 기법의 실험에서 사용된 모바일 장치의 특성상 무선랜 장치 단독의 소모전류 측정은 불가능하므로 배터리 단에서 가능한 모바일 장치의 전체 소모전류를 측정하여 <표 7>과 같이 무선랜 장치의 소모전류를 계산한다. 그리고 실험에 사용된 무선랜 장치의 경우 사용 전압이 5V이므로 계산된 소모전류에 5V를 곱해서 소모전력을 구한다. <표 7>의 항 (a)는 Cisco Aironet 350 무선랜 장치를 모바일 장치에 장착하고 무선랜 장치를 Power-On시킨 후에 대기상태에서 모바일 장치 전체에서 소모되는 전류이다. 항 (b)는 무선랜 장치를 장착하지 않은 상태에서 모바일 장치 전체에서 소모되는 전류이다. 따라서, 무선랜 장치가 데이터 송수신을 하지 않을 때, 소모되는 전류는 항(a) - (b)로 계산될 수 있으며 이를 무선랜 기본 소모전류라 한다. 항 (c)는 데이터를 송수신하기 위해서 메모리 버퍼로부터 읽어들일 때 소모되는 전류이다. 끝으로, 항 (d)는 멀티미디어 데이터를 재생할 때 부가적으로 LCD, CPU 등에서 소모되는 전류로서 재생하는 데이터의 품질에 따라 달라진다. 예를 들어, 320x240해상도의 MPEG2(256bit rate)를 재생할 경우 0.115A가 측정되었고, 640x480해상도의 Xvid(512bit rate) 파일을 재생할 경우 0.161A가 측정되었다. <표 7>의 계산식 ①은 동영상을 재생하지 않고 입출력만 수행 시 무선랜 장치 소모전력을 계산할 때 사용하고 (<표 10> 참조) <표 7>의 계산식 ②는 동영상 재생 시 코덱 디코딩에 소요되는 재생 오버헤드를 고려하여 무선랜 장치 소모전력을 계산할 때 사용한다 (<표 9> 참조). 재생 오버헤드는 동영상 재생 시 측정 된 평균소모전류 중 Power-*Off* 상태의 전류에서 동영상을 재생하지 않을 때 *Power-Off* 상태의 전류를 빼서 구한다. 소모에너지는 선반입 동작이 안정화가 된 후 선반입과 *Power-Off* 상태가 유지되는 한 주기 동안의 전류와 시간을 이용하여 계산한다.

〈표 6〉 성능평가에 이용된 동영상 컨텐츠 사양

컨텐츠	비디오 코덱	XVID, MPEG2
	해상도	QVGA(320×240)
	비트레이트	512Kbit, 256Kbit
	프레임	25fps
선반입 버퍼 상한 크기	3,000개(=11.7MB) (한 셀당 크기 4KB)	

실험에 사용된 Cisco Aironet 350 무선랜 장치의 전력소모 파라미터 값은 <표 8>과 같다. 각 파라미터 값은 시스템 상에서 NI사 전력 측정장비를 이용하여 실제적으로 측정하여 구한 값이며, 무선랜 전원을 차단한 후에 다시 복구하는데 걸리는 시간은 2.632초 정도 소요되었으며 복구시 소모되는 전력도 평균 1.375W에 비해서 1.65W로 높은 값을 보였다.

〈표 7〉 무선랜 장치(Cisco Aironet 350) 및 멀티미디어 재생시 소모전류 및 소모전력 계산 방법

무선랜 장치 장착 시 모바일 장치 소모전류 (a)	무선랜 장치 미장착 시 모바일 장치 소모전류 (b)	무선랜 기본 소모전류 (a)-(b)	데이터 소비로 인한 소모전류 (c)	재생 오버헤드 (d)
0.654(A)	0.451(A)	0.203(A)	0.01(A)	0.115~0.165
무선랜 장치 소모전력 계산	식 ① ((측정전류)-(b)-(c))×5 식 ② ((측정전류)-(b)-(c)-(d))×5			

〈표 8〉 무선랜 장치(Cisco Aironet 350) 관련 전력소모 파라미터 및 실측 데이터

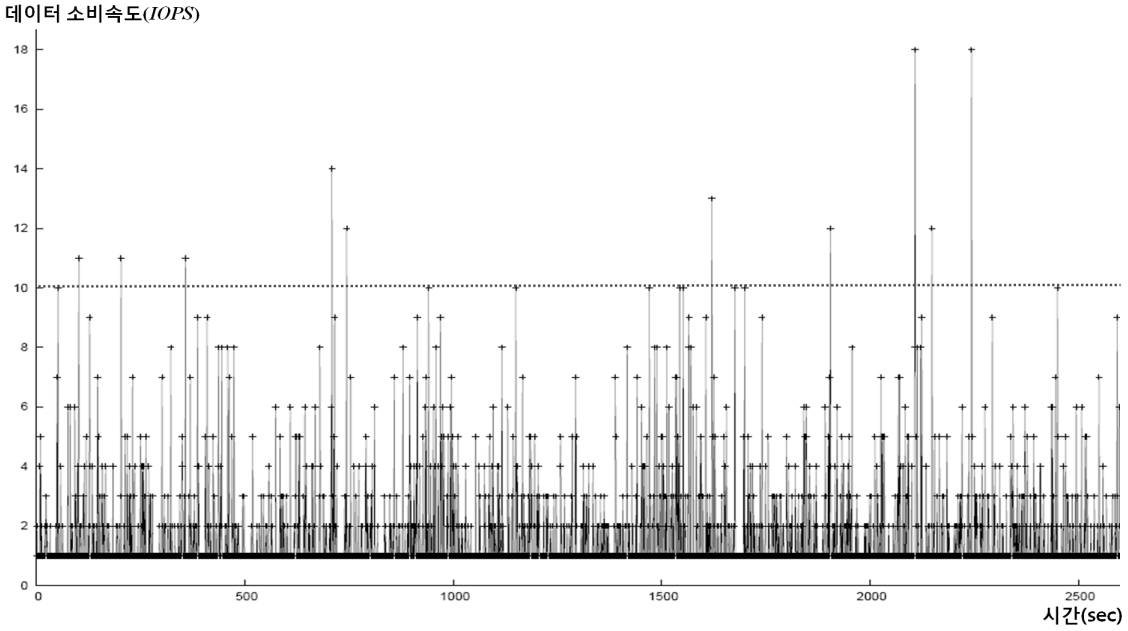
Pmax(W)	PM(W)	Prec(W)	Trec(sec)	기울기 β
1.660	0.000	1.625	2.632	0.0001

4.2 동영상 재생 시 소모에너지 분석

다양한 종류의 동영상 재생 시 제안된 기법을 이용할 경우와 그렇지 않은 경우에 소모된 에너지를 <표 9>에서 비교해 보여주고 있다. 각 실험에서 무선랜 평균 소모에너지 계산에 사용된 시간은 Power-On/Off가 발생하는 한 주기에 해당하는 값을 이용한다. 각 항목관련 측정에 사용된 시간은 서로 다른 값을 가지며, 측정되는 에너지 값 또한 다르다. 계산된 최대 선반입 버퍼 크기 값이 선반입 버퍼 크기 상한 값을 초과하여서 선반입 버퍼 크기 상한 값을 최대 선반입 버퍼 크기 값으로 결정하였다. 제안된 기법을 이용할 경우에 무선랜 장치에서 소비되는 에너지가 전체적으로 5~8.5배 정도 감소함을 볼 수 있다. 대부분의 경우에서 예측 개선율보다 높은 개선율을 나타내었는데 그 원인은 데이터 소비 속도의 변화 때문이다. 제안된 기법에서 예측 개선율과 선반입 버퍼 최대 크기는 임시 선반입 버퍼를 사용하여 측정된 최대 데이터 소비 속도를 기준으로 계산되고 설정이 완료 후에는 변경되지 않는다. 그리고 무선랜 장치 전력제어는 실시간으로 측정되는 데이터 소비 속도를 기준으로 하기 때문에 *Power-Off* 상태 유지시간은 동적으로 변한다. 따라서 데이터 소비 속도가 측정된 최대 데이터 소비 속도 보다 낮아지면 소모에너지 개선율은 더 향상되고 반대로 높아지면 소모에너지 개선율은 떨어진다. 동영상 재생 시 데이터 소비 속도는 변화가 심하기 때문에 측정된 최대 데이터 소비 속도보다 높게 변화되거나 낮게 변화 될 수 있다. 따라서 소모에너지 개선율은 예측 개선율과 다르게 나타날 수 있다. 하지만, XVID/256 동영상에서는 반대로 예측 개선율보다 측정 개선율이 낮게 나왔다. 그 원인으로 (그림 8)의 데이터 소비 속도의 변화 패턴을 보면 전반적으로 측정된 최대 데이터 소비 속도인 10_{IOPS}보다 높은 구간이 다수 발생한다. 그로 인해 예측 개선율 보다 16% 가량 낮은 개선율을 보였다. 이때, 개선율 계산을 위해서 제안된 기법은 전원이 항상 켜져 있는 CAM 모드와 비교되었으며, <표 7>의 무선

〈표 9〉 멀티미디어 컨텐츠 품질별 제안된 기법의 무선랜 소모 에너지 개선율

코덱	비트 전송률	μ	λ	*Min BS*	*Max BS* *계산 BS*	무선랜평균 소모전력 (W)	무선랜평균 소모에너지 (J)	측정 개선율 예측 개선율
XVID	512	104	24	64	2782	0.330	135	5.03
					2782			4.03
	256	105	10	27	3000	0.200	59	8.30
					4824			9.71
MPEG2	512	103	19	51	3000	0.305	59	5.44
					3208			5.06
	256	103	15	40	3000	0.195	58	8.51
					3719			6.38



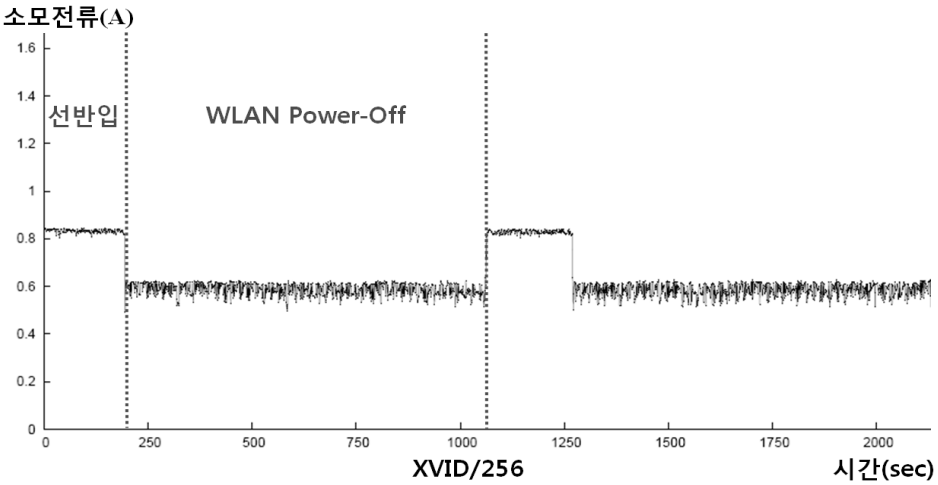
(그림 8) XVID/256 품질 멀티미디어 컨텐츠 재생 시 데이터 소비 속도 변화

랜 장치 소모전력 식 ②를 이용하였다. <표 9>의 결과는 초기에 측정되어 설정된 소비 속도가 재생되는 멀티미디어 컨텐츠 데이터에 따라서 지속적으로 변화하는 상황에 대한 소모 에너지 개선율이다. 소비 속도가 일정하게 유지된 경우에 대한 개선율은 <표 10>에서 다시 살펴보기로 한다.

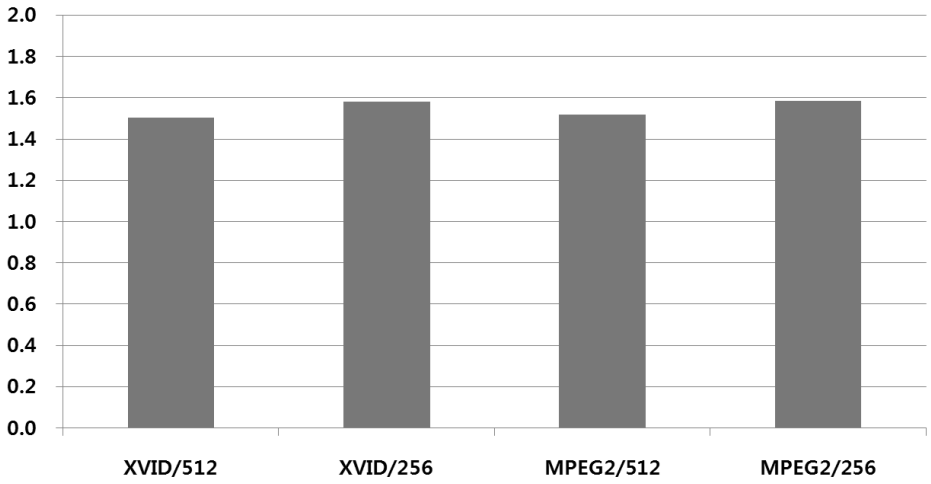
(그림 9)는 XVID/256 품질을 갖는 멀티미디어 컨텐츠 재생 시 모바일 장치의 배터리 단에서 소모되는 전류변화를 보여주고 있으며, *Power-Off* 상태 유지시간이 선반입 시간보다 4배 이상인 것을 확인할 수 있다. (그림 10)은 각 동영상 재생 시 모바일 장치 전체의 소모에너지 측면에서의 개선율을 보여주고 있으며, 모든 경우에서 1.5배 이상의 에너지 감소가 있음을 볼 수 있다.

4.3 데이터 소비 속도별 소모에너지 분석

동영상 재생 시에는 최대 선반입 버퍼 크기 값이 대부분 선반입 버퍼 크기 상한 값으로 결정됨으로 인해 다른 데이터 소비 속도에 대해서는 살펴보지 못했다. 본 절에서는 고정적인 데이터 소비 속도를 이용한 실험결과를 통해 제안된 기법을 검증한다. <표 10>은 데이터 소비 속도별 측정 결과와 선반입 버퍼 크기를 조정하여 측정한 결과를 나타낸 것이다. 모든 경우에 예측 개선율과 대동소이한 개선율이 나타나는 것을 확인할 수 있다. 또한 알고리즘에 의해 결정된 최대 선반입 버퍼 크기 값을 기준으로 선반입 버퍼 크기 값을 0.5배 및 2배를 하여 측정한 결과에도 비슷한 패턴으로 개선율이 나타남을 확인할 수 있다. 그리고 데이터 소비 속도가 낮을수록 Power-Off 상태를 유지할 수 있는 시간이 길어지기 때문에 개선율 향상의 폭이 높다. BS 값을 2배로 증가시킬 경우에 Power-Off 상태 시간이 늘어나지만, 반면에 선반입 버퍼를 채우기 위한 Power-On 상태 시간 또한 비례해서 늘어나기 때문에 BS값 증가분에 비례해서 평균 소모전력이 개선되지는 않는다. 앞서와 마찬가지로, 개선율 계산을 위해서 제안된 기법은 전원이 항상 켜져 있는 CAM 모드와 비교되었으며, <표 7>의 무선랜 장치 소모전력 식 ①를 이용하였다. 앞서 설명한대로 <표 10>의 첫 번째 행의



(그림 9) XVID/256 품질 멀티미디어 컨텐츠 재생 시 소모전류 변화



(그림 10) 멀티미디어 컨텐츠 품질별 제안된 기법의 모바일 장치 전체 소모 에너지 개선율

〈표 10〉 데이터 소비 속도별 제안된 기법의 무선랜 소모 에너지 개선율

λ	*Min BS*	*Max BS × 0.5* *Max BS* *Max BS × 2*	무선랜평균 소모전력 (W)	무선랜평균 소모에너지 (J)	예측 개선율	측정 개선율
25	66	1353	0.445	31	3.62	3.73
		2706	0.425	59	3.87	3.91
		5412	0.390	104	4.01	4.26
34	90	1084	0.590	27	2.62	2.81
		2168	0.580	54	2.82	2.86
		4336	0.545	99	2.94	3.05
50	132	781	0.880	25	1.77	1.89
		1562	0.860	157	1.91	1.93
		3124	0.845	98	1.99	1.96

경우에 <표 9>의 경우와 소비 속도 값은 비슷하지만, 소비 속도가 측정기간 동안에 고정되어 있기 때문에 전체적인 개선율이 다소 차이가 남을 확인 할 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 모바일 IP 스토리지 상에서 멀티미디어 컨텐츠를 이용할 시 컨텐츠의 품질에 따라 선반입 버퍼의 크기를 자동적으로 결정하고 멀티미디어 컨텐츠가 실행되는 동안 *On-Off* 동작을 기반으로 무선랜 전력을 동적으로 제어하는 기법을 제안하였다. 제안된 기법을 구현하여 QVGA급 동영상을 재생 시 소모에너지를 분석한 결과 전체 모바일 장치의 소모에너지는 1.5배 이상의 개선율을 보였고 무선랜 장치의 소모에너지는 최대 8.5배 정도의 개선율을 보였다. 이를 통해 멀티미디어 데이터 사용 환경에서 제안된 기법이 높은 소모에너지 개선 효과를 보일 수 있음을 검증하였다. 또한 데이터 소비 속도에 따른 무선랜 장치 소모에너지 개선율 분석을 통해 제안된 기법 유효성을 2차적으로 검증하였다. 제안된 기법은 기존의 무선랜 전력제어 기법과 비교했을 때 MAC 계층과 독립적으로 구현이 가능하고 멀티미디어 사용 환경에 있어서 우위를 가진다는 점에서 의의를 가지며 재구성 가능 선반입 버퍼와 *On-Off* 동작을 기반으로 하는 새로운 형태의 기법이라는 점에서 또 하나의 의의를 가진다.

제안된 기법의 성능과 범용성을 높이기 위해 다음과 같은 향후 연구가 필요하다. 첫째, 제안된 기법은 멀티미디어 데이터를 사용하는 환경에 초점이 맞춰져 있기 때문에 일반 데이터 사용 환경에 대해서는 멀티미디어 데이터 사용 환경에서 만큼의 소모에너지 개선 효과를 기대하기 어렵다. 따라서 일반 데이터 환경에서 제안된 기법의 성능을 향상시키는 방안에 대한 연구가 필요하다. 둘째, 제안된 기법은 다수의 응용이 무선랜을 동시다발적으로 사용하는 경우에 대한 대처방안이 미흡하다. 그러나 제안된 기법은 모바일 장치와 같이 다중 네트워크 작업이 거의 발생하지 않는 환경을 대상으로 하고 있기 때문에 현재로서는 큰 문제가 되지 않을 것으로 판단된다. 그러나 모바일 장치의 성능이 급격히 발전하고 있고 모바일 네트워크 환경에서의 작업율이 높아지고 있기 때문에 향후에는 문제가 될 것으로 판단된다. 따라서 다중 네트워크 작업이 이루어지는 환경에서 제안된 기법을 적용하기 위한 방안에 대한 연구가 필요하다. 이러한 부분이 추가적으로 보완된다면 저전력 모바일 IP 스토리지와 저전력 무선랜을 위한 최적의 전력제어 기법이 될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] http://www.supertalent.com/tools/ssd.php

[2] W. Preston, *Using SANs and NAS*. O'REILLY, 2002.

[3] A. Acquaviva, T. Simunic, V. Deolalikar, and S. Roy, "Server controlled power management for wireless portable devices," Hewlett Packard Laboratories Technical Report, 2003.

[4] J. Hufferd, *iSCSI: The Universal Storage Connection*. Addison-Wesley, Boston, 2003.

[5] Y. Nam, "Prototyping object-based ubiquitous multimedia contents storage for mobile device," *Lecture Notes in Computer Science*, Vol.4159, pp.93-102, 2006.

[6] M. Gast, *802.11 Wireless Networks the Definitive Guide*. O'REILLY, 2002.

[7] S. Baek and B. Choi, "Performance analysis of power save mode in IEEE 802.11 infrastructure WLAN," *한국산업응용수학회 학술대회 논문집*, pp.177-180, 2007.

[8] C. Jones, K. Sivalingam, P. Agrawal, and J. Chen, "A survey of energy efficient network protocols for wirless networks," *Wireless Networks*, Vol.7, No.4, pp.343-358, 2001.

[9] F. Zhu and Z. Niu, “Load-Aware power saving mechanism in WLAN,” *Wireless Communications and Networking Conference*, pp.2088-2093, 2007.

[10] M. Anand, E. Nightingale, and J. Flinn, “Self-Tuning wireless network power management,” *Wireless Networks*, Vol.11, No.4, pp.451-469, 2005.

[11] Y. Jiao, A. Hurson, and B. Shirazi, “Adaptive application -driven WLAN power management,” Pervasive and Mobile Computing, Vol.3, No.3, pp.255-275, 2007.

[12] E. Jung and N. Vaidya, “Improving IEEE 802.11 power saving mechanism,” Wireless Networks, Vol.14, No.3, pp.375-391, 2008.

남 영 진

e-mail : yjnam@daegu.ac.kr

1992년 경북대학교 전자공학과(학사)

1994년 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학석사)

2004년 포항공과대학교 컴퓨터공학과(공학박사)

1992년~1998년 한국전자통신연구원 연구원

2004년~현 재 대구대학교 컴퓨터·IT공학부 조교수

관심분야 : 임베디드 스토리지, 임베디드 무선 네트워킹

최 민 석

e-mail : mschoi@daegu.ac.kr

2007년 대구대학교 컴퓨터·IT공학부(학사)

2009년 대구대학교 컴퓨터정보공학과(공학석사)

2009년~현 재 대구대학교 컴퓨터구조연구실 연구원

관심분야 : 임베디드 S/W, 모바일 & 지능형 스토리지 등