

논문 2006-43SD-2-9

MPEG-21 디지털 아이템 적응을 이용한 휴대용 멀티미디어 시스템의 전력 소모 절감 기법

(Power saving in hand-held multimedia systems using MPEG-21
Digital Item Adaptation)

심 호 준*, 조 영 진**, 김 재 민**, 장 래 혁*

(Hojun Shim, Youngjin Cho, Jaemin Kim, and Naehyuck Chang)

요 약

MPEG-21 멀티미디어 프레임워크는 다양한 종류의 네트워크와 장치들이 멀티미디어 자원을 보다 효율적으로 전달하고 사용할 수 있도록 지원하는 것을 목표로 하고 있다. MPEG-21의 주요한 목표 중 하나는 서로 다른 기종의 단말기에서 동일한 가독성을 보여주는 멀티미디어 스트리밍(streaming)을 지원하기 위해서 디지털 아이템 적응(digital item adaptation, DIA)을 통한 광범위한 멀티미디어 접근성, 다시 말해서 UMA (universal multimedia access)를 구현하는 것이다.

본 논문에서는 MPEG-21 디지털 아이템 적응을 이용하여 단말기기의 전력 소모를 절감할 수 있는 방법을 최초로 소개한다. MPEG-21 멀티미디어 프레임워크는 처음부터 단말기기의 전력 소모 절감을 목적으로 설계된 것이 아니기 때문에, 단말기기의 전력 소모에 관련된 상세한 정보를 제공할 수는 없지만 몇 가지 제한된 정보는 현 시점에서도 이용가능하다. 따라서 본 논문에서는 이러한 정보를 이용하여 MPEG-21 디지털 아이템 적응 표준을 따르는 여러 가지 전력 소모 절감 기법들을 제시하고, 각각의 전력 소모 절감 기법들 사이의 상호 의존 관계를 밝히고자 한다. 본 논문에서 소개한 전력 소모 절감 기법들을 단말기기에 적용하면 멀티미디어 서비스의 품질을 거의 손상시키지 않으면서 휴대용 멀티미디어 기기의 소비 전력을 최대 66% 까지 줄일 수 있다.

Abstract

The MPEG-21 Multimedia Framework initiative aims to support a wide range of networks and devices in the delivery and consumption of multimedia resources. One of the primary goals of MPEG-21 is universal multimedia access (UMA) through Digital Item Adaptation (DIA), which supports multimedia streaming to heterogeneous terminal devices ensuring the same readability and seamlessness.

We pioneer power saving of terminal devices with MPEG-21 DIA, so that the MPEG-21 DIA can also be used to support power saving, even though the framework is not primarily designed for power reduction and only limited power awareness is defined by DIA. We introduce several power-saving techniques conforming to MPEG-21 DIA specifications and show the dependency relation among introduced techniques. We achieve energy savings of up to 66% in hand-held multimedia devices with minor QoS (quality of service) degradation.

Keywords : MPEG-21, Low-power, Embedded Systems

I. 서 론

MPEG-21 멀티미디어 프레임워크는 멀티미디어 자

* 정회원, 서울대학교 전기컴퓨터공학부

(School of Computer Science and Engineering, Seoul National University)

** 학생회원, 서울대학교 전기컴퓨터공학부

(School of Computer Science and Engineering, Seoul National University)

※ 본 연구는 2002년 11월 1일부터 2005년 8월 31일에 걸쳐서 수행된 산업자원부의 휴대용 디지털 융합 플랫폼 개발 과제를 통한 지원으로 수행되었음

접수일자: 2005년11월18일, 수정완료일: 2006년2월2일

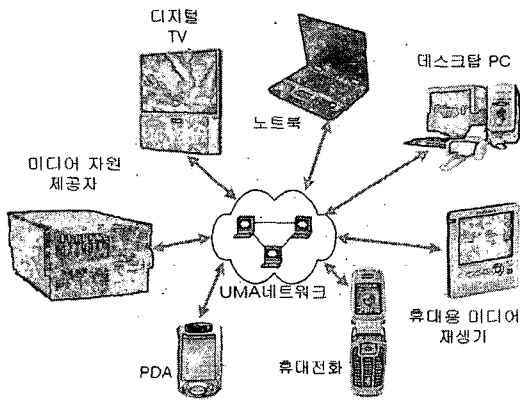


그림 1. UMA 개념도
Fig. 1. The UMA concept.

원을 이용하는 다양한 종류의 네트워크와 장치들을 지원하는 것을 목표로 하고 있다. 이것은 그림 1에 나타난 것과 같이 멀티미디어 자원이 서로 다른 단말기들과 저작권자 사이에서 원활하게 전달되는 UMA 네트워크를 구현하는 것이다.^{[1],[2]} 요즘 셋탑 박스, PDA (personal digital assistant), 휴대전화(cell phone), 휴대용 미디어 재생기(portable media player) 등 네트워크에 연결된 단말기들은 점점 더 다양한 멀티미디어 콘텐츠를 이용할 수 있게 되었다. 하지만 단말기와 네트워크의 다양성 때문에, 멀티미디어 자원을 제공하는 저작권자들은 그들이 전달하고자 하는 콘텐츠가 다양한 종류의 단말기에서 효율적으로 사용자에게 디스플레이가 되는지에 대해서 확신하기가 점점 어려워지고 있다.^[3]

따라서 이전의 MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, MPEG-7, JPEG, JPEG 2000과 같은 멀티미디어 표현에 대한 국제 표준 도구들이 그 동안 효율적이고 성공적인 역할을 수행해왔음에도 불구하고, 멀티미디어 응용의 이용 범위가 다양한 종류의 단말기와 네트워크를 통해서 점점 넓어지고 있는 현 상황에 부응하는 새로운 표준이 요구되고 있다.^[1] 이를 위해 MPEG-21 표준은 멀티미디어 응용에 대해서 UMA를 구현하기 위해 필요한 개방된 프레임워크를 제공한다.^[3]

MPEG-21 표준은 기본적으로 디지털 아이템 선언(digital item declaration, DID), 디지털 아이템 증명(digital item identification, DII), 디지털 아이템 적응(digital item adaptation, DIA)을 포함하여 12개의 독립적인 부분(chapter)들로 구성되어 있다.^[4] 여기서 디지털 아이템은 MPEG-21 멀티미디어 프레임워크 상에서 전달되고 소비되는 멀티미디어 자원의 기본 단위를 뜻한다.^[4] MPEG-21 표준에 정의된 각각의 독립적인 부분들

은 다양한 종류의 기술들이 MPEG-21 표준을 따르면서 UMA 네트워크에서 사용되는 것을 가능하게 한다. MPEG-21 프레임워크는 UMA 네트워크에서 User들 사이에서 디지털 아이템을 상호 교환하고, 소비하며, 거래되는 것과 같은 작업들이 효과적이고, 투명하게 이루어질 수 있는 기술을 정의하고 있다.^[1] User는 MPEG-21 멀티미디어 프레임워크 상에서 상호작용하거나 디지털 아이템을 이용하는 하나의 객체로 정의되며, 대표적인 것으로는 PDA, 휴대용 미디어 재생기, 휴대전화와 같은 단말기가 있다.^[4]

본 논문에서는 MPEG-21의 프레임워크 상에서 동작하는 단말기의 전력 소모를 다루고자 한다. UMA 네트워크에 연결되는 다양한 종류의 단말기는 그 성능 및 사양에 따라서 단위 시간당 전력 소모량 및 배터리 용량과 같은 서로 다른 전력 소모 특성을 가지고 있다. 또한 이동형 단말기의 경우 구동 시간이 지남에 따라 남아있는 배터리의 용량이 변화한다. 비록 MPEG-21 프레임워크는 이동형 단말기의 배터리 구동 가능 시간을 늘리기 위한 방법에 대해서 직접적으로 관여하고 있지는 않지만, 우리는 MPEG-21 프레임워크가 제공하는 디지털 아이템 적응을 사용함으로써 이를 가능하게 하는 기법들을 소개한다. 그리고 UMA 프레임워크 상에서, 멀티미디어 자원의 서비스 품질 향상과 배터리 구동 시간 연장을 함께 추구하기 위해서, 단말기의 기능(capabilities)과 사용자가 선호하는 사용 방식(preferences)을 함께 고려하는 방법을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 최근에 표준화가 이루어진 MPEG-21 디지털 아이템 적응의 개념과 관련 도구들을 소개한다. III장에서는 대표적인 단말기들이 소비하는 전력 소모를 다룬다. IV장에서는 MPEG-21 디지털 아이템 적응을 이용하여 단말기의 전력 소모를 줄일 수 있는 백라이트 밝기 조절 기법, 가변 비디오 프레임 레이트 기법, 가변 비디오 해상도 기법, LCD 갱신 레이트 조절 기법과 같은 여러 가지 기법들을 제시한다. V장에서는 PDA, 휴대용 미디어 재생기, 휴대전화에 제시한 전력 소모 절감 기법들을 적용하였을 경우에 전력 소모 절감 효과에 대한 실험 결과를 제시한다. VI장에서는 대표적인 MPEG-21 단말기 중의 하나인 휴대용 미디어 재생기의 실제 플랫폼을 개발하고, 제시한 전력 소모 절감 기법들 중에서 동적 백라이트 밝기 조절 기법을 적용할 경우에 얼마만큼의 전력 소모 절감을 얻을 수 있는지 검증한다. 마지막으로 VII장에서 결론을 맺는다.

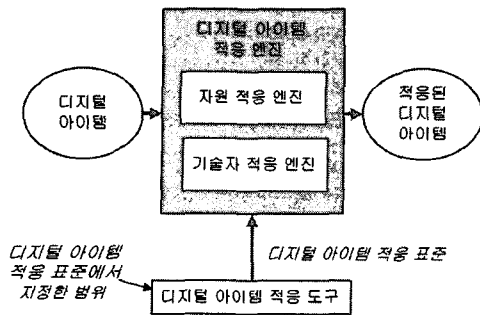


그림 2. 디지털 아이템 적응 과정

Fig. 2. Illustration of Digital Item Adaptation.

II. MPEG-21 디지털 아이템 적응

1. 개관

ISO/IEC 21000-1에서 정의하고 있는 단말기와 네트워크의 요소들은, User를 네트워크와 터미널의 설치와 관리 그리고 구현에 관련된 이슈들로부터 분리함으로써, 분산되어 있는 멀티미디어 콘텐츠를 User들이 서로 투명하게 접근하고 교환할 수 있도록 한다.^[4] 그림 2는 MPEG-21 디지털 아이템 적응의 VII장에 기술된 내용을 개념적으로 보여준다.^[4] MPEG-21 디지털 아이템 적응 표준에서는 모든 디지털 아이템에 대해서 자원 적응 엔진(resource adaptation engine)과 기술자 적응 엔진(description adaptation engine)을 통한 적응(adaptation) 과정이 이루어진다. 중요한 점은 적응 엔진을 구현하는 방법 자체는 MPEG-21 디지털 아이템 적응 표준에 정의되어 있지 않다는 점이다. 그러나 자원 적응과 기술자 적응, 서비스 품질(quality of service, QoS) 관리에 대한 디지털 아이템 적응 메커니즘은 MPEG-21 표준에 정의되어 있고, 이러한 것들을 통틀어 디지털 아이템 적응 도구라고 한다.

디지털 아이템 적응은 현재 소비되고 있는 디지털 아이템의 사용 환경 기술자(usage environment description)에 관련된 정보를 요구한다. 이러한 정보는 현재 디지털 아이템이 어떠한 환경에서 사용되고 있는지 판단하기 위해서 필요하다.^[2] 구체적으로, MPEG-21은, 1) 현재 사용되고 있는 단말기와 네트워크의 사용 환경 2) 단말기의 기능(terminal capabilities) 3) 네트워크의 기능(network capabilities) 4) 사용자의 특성(user characteristics) 5) 현재 사용자가 위치한 자연 환경의 특성(natural environment characteristics) 6) 서비스의 기능(service capabilities) 7) User들 간의 상호 작용 및 관계 8) 현재 User의 사용 환경 기술자를 동적으로 변

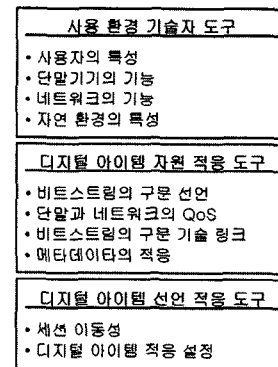


그림 3. 디지털 아이템 적응 도구

Fig. 3. Overview and organization of the DIA tools.

경할 수 있는 메커니즘 9) 8)에서 변경된 사용 환경 기술자를 동적으로 User에게 반영할 수 있는 메커니즘 10) 적절한 수준의 의미 호환성(semantic compatibility)을 제공하기 위한 다른 표준 규격에 정의된 연관 단어들에 대해서 기술하고 있다.

2. 디지털 아이템 적응 사용 환경 기술자 도구

디지털 아이템 적응 도구들은 지원하는 기능과 사용되는 방법에 따라서 그림 3에 나타난 것처럼 크게 세 가지 부분으로 나누어진다. 첫 번째 부분은 사용 환경 기술자에 관한 부분으로 사용자의 특성, 단말 기기의 기능, 네트워크의 특성, 자연 환경의 특성 등이 포함된다. 이 도구들은 현재 디지털 아이템을 소비하고 있는 User로부터 생성되고, 디지털 아이템을 전달하고 저장하고 소비하는 일련의 과정에서 디지털 아이템 적응이 이루어질 수 있도록 사용 환경에 대한 다양한 차원의 자세한 정보를 제공한다. 본 논문에서는 이 도구들 중에서 특히 사용 환경 기술자 도구를 적극적으로 활용하여 단말 기기에서의 전력 소모를 줄임으로써 배터리 구동 시간을 늘릴 수 있는 방법을 제시할 것이다.

사용자의 특성은 특정한 User의 선호하는 디지털 아이템 소비 양식과, 일반적인 User들의 통계학적인 특성을 모두 포함한다. 단말기기의 기능은 장치의 종류(예를 들면, 인코더, 디코더, 게이트웨이, 라우터, 카메라와 같은 장치의 종류), 하드웨어의 특성(예를 들면, 프로세서 속도, 전력 소모, 메모리 시스템의 구조), 소프트웨어의 특성, 시스템의 특성(예를 들면, 프로세싱 모듈, 각 컴포넌트들 간의 상호 연결 상태, 설정 옵션, 자원의 품질(resource quality)과 다수의 자원 관리 기능), 지적 자산의 관리 및 보호(intellectual property management and protection, IPMP)와 관련된 기능들을 포함한다. 네트워크의 기능(network capabilities)은 전송 지연 시

표 1. 세 가지 대표적인 단말기기의 사양
Table 1. Specification of three representative terminal devices.

구성 요소	PDA	휴대용 미디어 재생기	휴대전화
프로세서	Intel PXA255@400MHz	Intel PXA255@400MHz	Qualcomm MSM6550
미디어 프로세서	없음	TI SM320C6201-EP @200MHz	통합 AV 디코더
주 기억장치	64MB 32-bit SDRAM@100MHz	64MB 32-bit SDRAM@100MHz	32MB 32-bit SDRAM@100MHz
플래시 메모리	32MB 32-bit	32MB 32-bit	32MB 32-bit
하드 디스크	없음	2.5인치 30GB	없음
LCD 패널	4인치 트랜스미시브	8.0인치 트랜스미시브	3.52인치 트랜스플렉티브
LCD 백라이트	CCFL	CCFL	LED
오프칩 버스	3.3V LVTTL	3.3V LVTTL	3.3V LVTTL
통신 인터페이스	통합 블루투스(최대 2Mbps)	802.11b 무선랜(최대 11Mbps)	CDMA 1X EV-DO (최대 2.4Mbps)

간 특성(예를 들면, 종단 간 전송 지연 시간, 단일 방향 전송 지연 시간, 전송 지연 시간의 변화량), 오류 특성(예를 들면, 비트 오류 레이트, 패킷 손실, 패킷의 버스티니스(burstiness)), 대역폭 특성(예를 들면 최대 대역폭과, 그 변화량)을 포함한다. 자연 환경의 특성은 장소(location), 장소의 특성(예를 들면, 실내, 실외, 공공장소, 집, 사무실), 주변 밝기(ambient luminance), 현재 장소에서 사용 가능한 네트워크, User의 이동 속도 등이 포함된다.

III. 단말기기의 전력 소모

본 논문에서는 PDA와 휴대 전화, 그리고 휴대용 미디어 재생기와 같은 세 가지 대표적인 단말기기의 전력 소모를 분석한다. 이들은 1) DSP (digital signal processor)를 포함한 CPU 성능 2)메모리 종류와 용량 3) LCD (liquid crystal display) 패널의 해상도(resolution), 화면 크기, 백라이트(backlight)의 종류 4) 배터리 용량 5) 네트워크 인터페이스의 종류 등에 대해서 서로 다른 특징을 가지고 있다. 표 1은 위의 세 가지 대표적인 단말기기의 사양(specification)을 제시하고 있다. 대부분의 기기들은 마이크로프로세서 코어(core), 시스템 제어기, 주변 장치(peripheral) 제어기 등이 하나의 칩에 집적된 SoC (system-on-a-chip)를 이용하여 구성된다. 최근의 이러한 기기들은 SDRAM (synchronous dynamic random access memory)을 주 기억 장치로 사용하고 컬러 TFT (thin film transistor) LCD를

디스플레이 장치로 이용하고 있다. 특히 휴대용 미디어 재생기는 강력한 멀티미디어 기능을 지원하기 위해서 마이크로프로세서뿐만 아니라 DSP와 같은 미디어 프로세서를 함께 이용하고, 대용량의 멀티미디어 데이터를 저장하기 위해서 보조기억장치로 하드디스크(HDD)를 장착하고 있다.

단말기기의 전력 소모는 기기에서 현재 실행 중인 응용 프로그램에 따라서 달라진다. 본 논문에서는 단말기기가 스트리밍 비디오 응용(streaming video application)을 실행하고 있는 상황에서 단말기기의 전력 소모를 분석한다. PDA와 휴대전화, 그리고 휴대용 미디어 재생기

표 2. 스트리밍 비디오 응용을 실행할 때 단말기기의 각 장치들의 구동 특성
Table 2. Operating characteristics of three representative terminal devices.

구성 요소	PDA	휴대용 미디어 재생기	휴대전화
프로세서 (% 활성/대기)	80/20	100/0	100/0
미디어 프로세서 (% 활성/대기)	없음	100/0	없음
주 기억장치 (% 활성/버스트/대기)	10/10/80	23/23/54	10/10/80
플래시 메모리 (% 읽기/대기)	30/70	30/70	30/70
하드 디스크 (% 활성/대기)	없음	0/100	없음
LCD 백라이트 밝기 (%)	50	50	50
통신 인터페이스 (Kbps)	200	2,048	100

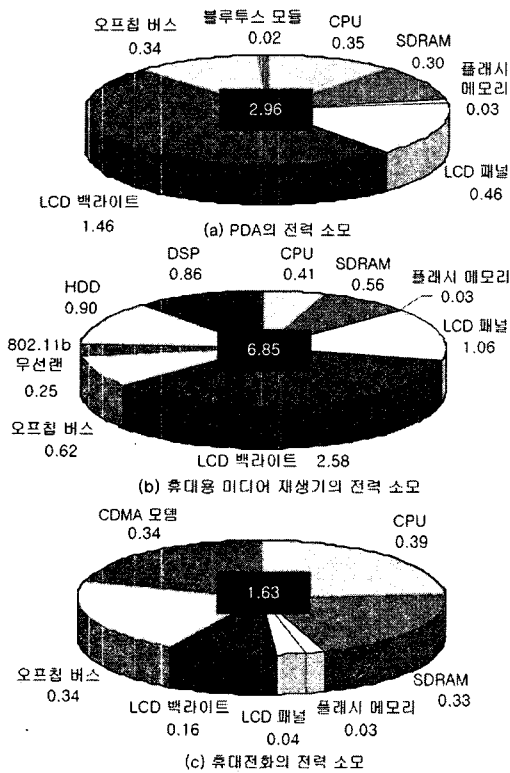


그림 4. 스트리밍 비디오 응용을 구동할 경우 대표적인 세 종류의 단말기기의 전력 소모(W)
 Fig. 4. Power consumption of three representative terminal devices running a streaming video application (W).

에서 각각의 통신 인터페이스를 통해서 스트리밍 비디오 응용을 실행시킬 때에 각 장치들의 구동 특성이 표 2에 제시되어 있다. 대부분의 시스템 구성 요소의 구체적인 전력 소모 모델은 해당 장치의 제조사가 제공하는 데이터시트나 명세서로부터 얻을 수 있다. 블루투스 (bluetooth) 통신 모듈이나 802.11b 무선랜(wireless LAN) 인터페이스, CDMA (code division multiple access) 모듈과 같은 통신 인터페이스의 경우에는 구체적인 전력 소모 모델을 기존 논문으로부터 인용하였다.^[5~7] 그림 4는 PDA와 휴대 전화, 그리고 휴대용 미디어 재생기와 같은 대표적인 단말기들에서 스트리밍 비디오 응용을 실행시킬 때 각각의 시스템 구성 요소들이 얼마만큼의 전력을 소모하는지를 나타낸다. 본 논문의 단말기들은 디스플레이 장치를 구성하기 위해서 추가적으로 프레임 버퍼(frame buffer) 메모리를 사용하지 않고 주기억 장치의 일부를 프레임 버퍼로 사용하기 때문에 프레임 버퍼의 전력 소모는 주기억 장치의 전력 소모에 포함되어 있다.

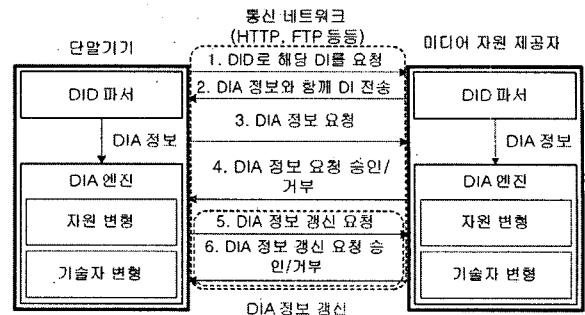


그림 5. MPEG-21 디지털 아이템 적응을 이용한 사용 환경 기술자 갱신 메커니즘
 Fig. 5. Mechanism for dynamic update of the usage environment descriptors using MPEG-21 DIA.

IV. MPEG-21 디지털 아이템 적응을 이용한 전력 소모 절감 기법

본 논문에서 제시하는 MPEG-21 디지털 아이템 적응을 이용한 전력 소모 절감 기법은 사용 환경 기술자 도구를 적극적으로 이용한다. 본래 MPEG-21 디지털 아이템 적응에서 사용 환경 기술자 도구는 UMA를 지원하기 위해서 정의되었지만, 우리는 단말기기의 사용 환경 기술자를 동적으로 갱신하는 메커니즘을 사용하여 배터리로 구동되는 단말기기의 전력 소모를 줄인다. 단말기기는 자신의 사용 환경이 바뀔 때마다, 미디어 자원 제공자(media resource provider)에게 새로운 사용 환경 기술자와 함께 디지털 아이템 갱신 요청을 보낸다. 그림 5는 MPEG-21 디지털 아이템 적응 프레임워크 상에서 단말기기와 미디어 자원 제공자 사이에서 사용 환경 기술자와 같은 디지털 아이템 적응 관련 정보가 갱신되는 메커니즘을 보여준다.

1. 전력 소모 절감 기법의 사용 여부 결정

대부분의 멀티미디어 응용에서 사용되는 전력 소모 절감 기법은 단말기기의 배터리 구동 시간을 연장하기 위해서 서비스 품질을 다소 손상시킨다. 따라서 전력 소모 절감 기법의 사용 여부를 결정하는 것은 매우 중요하다. 우리는 MPEG-21 표준에 정의된 사용 환경 기술자를 이용하여 단말기기가 배터리를 이용하여 동작할 때 본 논문에서 제안하는 전력 소모 절감 기법을 사용하도록 한다. 사용 환경 기술자의 단말기기의 기능 (terminal characteristics)에 포함되어 있는 전력 소모 특성(PowerCharacteristics) 항목을 검사하면 단말기기가 배터리를 이용하여 동작하는지 판단할 수 있다. 만약

averageAmpereConsumption 항목의 값만큼 지속적으로 batteryCapacityRemaining 항목과 batteryTimeRemaining 항목의 값이 감소하고 있다면, 우리는 단말기가 배터리에 충전된 에너지를 소모하면서 동작하고 있음을 확인할 수 있다.

사용 환경 기술자의 사용자의 특성(user characteristics) 중에서, MobilityCharacteristics 항목은 단말기의 이동 상태에 대한 정보를 제공하고, 이를 통해서 현재 상황에서의 외부 전원장치 이용 가능 여부를 알아낼 수 있다. 일반적으로 도보로 이동하는 사용자의 경우 이동성(mobility)이 작고 자동차를 타고 이동하는 사용자는 이동성이 높다. 이동성이 높은 경우 자동차의 12V 직류 시거잭(cigarette jack)과 같은 외부 전원 장치를 이용할 수 있기 때문에 이동성이 낮은 경우보다 배터리에너지에 대한 의존도가 낮아진다. 따라서 배터리가 완전히 충전되어있는 상황에서도, 단말기의 이동성을 검사하여 전력 소모 절감 기법을 활용 하는 방법이 달라질 수 있다.^[4]

경우에 따라서는 단말기가 외부 전원 공급 장치에 의해서 전원이 공급되고 있는 상황에서도 전력 소모 절감 기법을 이용하는 것이 유용하다. 일반적인 배터리 충전기가 공급할 수 있는 전류 용량은 제한되어 있고, 제한된 전류 용량으로 배터리를 충전하면서 동시에 단말기를 구동하여야 하기 때문이다. 만약에 batteryCapacityRemaining 항목의 값이 낮은 상태에서 사용자가 단말기를 사용하면서 동시에 빠른 충전을 원할 경우에는 외부 전원 공급 장치를 이용하고 있다하더라도 전력 소모 절감 기법을 이용하는 것이 바람직하다.

본 논문에서는 위에서 제시한 바와 같이 MPEG-21 디지털 아이템 적용 표준을 따르면서 사용 환경 기술자를 검사하여 다음 절에 제시한 여러 전력 소모 절감 기법들을 단말기에 적용한다.

2. 동적 백라이트 밝기 조절 기법

동적 백라이트 밝기 조절(dynamic backlight luminance scaling, DLS) 기법은 LCD 패널에 표시되는 이미지의 밝기를 손상시키지 않고, 효과적으로 백라이트 전력 소모를 감소시키는 기법이다.^[8] 동적 백라이트 밝기 조절 기법은 전력 소모 감소를 위해서 백라이트의 밝기를 줄이기 때문에, 이 기법을 단말기에 적용할 경우 백라이트 밝기 조절 이후에 사용자의 눈에 인식되는 밝기와 명암 대비와 같은 이미지의 품질이 저하되지 않도록 유지하는 것이 매우 중요하다. 또한 이미지의 밝기와 명암

대비를 동시에 고려하여 백라이트 밝기를 조절하는 기법은 이미지의 밝기만을 조절하는 기존의 기법보다 전력 소모를 보다 많이 절감할 수 있다.^[9]

동적 백라이트 밝기 조절 기법은 백라이트 밝기가 조절 가능한 일반적인 단말기에서 쉽게 구현될 수 있다. 단말기의 기능(terminal capabilities)에 포함되어 있는 DisplayCapability.DisplayDevice 항목은 현재 단말기의 밝기 조절 가능 백라이트를 장착 여부를 알려준다. 만약에 단말기가 밝기 조절 가능한 백라이트를 장착하고 있을 경우 DisplayCapability.backlightLuminance 항목은 단말기의 현재 백라이트의 밝기를 알려준다.

MPEG-21 디지털 아이템 적용 프레임워크에서는 디지털 아이템의 적용이 이루어지는 장소(예를 들면, 멀티미디어 자원의 소비자, 중간 단계의 노드, 제공자), 디지털 아이템 적용에 필요한 사용 환경 기술자와 같은 기술자의 종류, 디지털 아이템 적용 프레임워크에서 디지털 아이템 적용 여부를 선택하는 방법(예를 들면, 단말기가 자동으로 선택하도록 할 것인지, 아니면 사용자가 직접 수동으로 선택할 것인지^[3]) 등에 대해서 정의하고 있다. 현재 MPEG-21 디지털 아이템 적용 프레임워크는 단말기와 서버 양쪽 모두에서 동적 백라이트 밝기 조절 기법을 구현하는 것을 허용한다. 예를 들면 동적 백라이트 밝기 조절을 구현하기 위해서 필요한 이미지 처리는 단말기,^[8] 프록시 서버(proxy server)^[10] 그리고 서버 등 어느 곳에서도 이루어질 수 있다.

동적 백라이트 밝기 조절 기법을 이용하기 위해서 단말기는 반드시 밝기 조절 가능한 백라이트를 장착해야 한다. 그리고 동적 백라이트 처리 기법에 필요한 이미지 처리를 단말기에서 수행되어야 할 경우, 원래의 이미지의 밝기와 명암 대비를 향상시키기 위해서 필요한 이미지 처리를 위한 추가적인 하드웨어 장치나 소프트웨어 코드가 필요하다. 하지만 동적 백라이트 밝기 조절 기법을 사용함으로써 발생하는 에너지 오버헤드는, 그로 인해 얻을 수 있는 전력 소모 절감에 비하면 상당히 작다.^[11] 만약에 이미지 처리가 프록시 서버나 서버에서 이루어질 경우에는 단말기에서 발생하는 에너지 오버헤드는 없다.

3. 동적 명암 대비 향상 기법

트랜스플렉티브(transflective) LCD는 반사 모드(reflective mode)를 지원하기 때문에, 트랜스플렉티브 LCD를 장착한 단말기는 주변이 충분히 밝은 실외 환경이라면 백라이트가 완전히 꺼져 있는 상태에서도 사

용자는 LCD 패널에 표시되는 이미지를 볼 수 있다. 따라서 위와 같은 경우, 단말기기의 백라이트를 완전히 끄으로써 상당한 양의 전력 소모를 줄일 수 있다. 하지만 반사 모드는 일반적으로 투과(transmissive) 모드보다 매우 낮은 명암 대비를 보이므로 가독성(legibility)을 위해 명암 대비를 적절하게 증가시켜야 한다. 동적 명암 대비 향상(dynamic contrast enhancement, DCE) 기법은 동적 백라이트 밝기 조절 기법과 마찬가지로 이미지 처리를 요구하고, 이는 MPEG-21 디지털 아이템 적용 프레임워크 상에서 단말기기, 프록시 서버 그리고 서버 등 어느 곳에서도 이루어질 수 있다.

동적 명암 대비 향상 기법을 이용하기 위해서는 단말기기가 트랜스플렉티브 LCD를 장착하여야 한다. 단말기기의 기능에 포함되어 있는 DisplayCapability.DisplayDevice 항목은 이러한 정보를 MPEG-21 디지털 아이템 적용 프레임워크 상에서 알려준다. III장에 제시한 세 가지 대표적인 단말기기들 중에서 동적 명암 대비는 트랜스플렉티브 LCD가 장착된 휴대전화에서만 가능하다.

4. 백라이트 밝기 자동 조절

만약에 단말기기가 주변 밝기가 낮은 환경에서 동작하고 있고 광센서를 이용해서 이러한 상황을 알아낼 수 있다면 똑같은 가독성을 사용자에게 제공하면서 백라이트 밝기를 줄일 수 있다. 백라이트 밝기 자동 조절(backlight autoregulation, BA) 기법은 주변 밝기 변화에 반응하여 백라이트 밝기를 조절한다.^[12] 백라이트 밝기 자동 조절 기법은 백라이트를 어둡게 하여 명암 대비를 줄인 상황에서도 이미지의 선명도가 손상되지 않는 경우에만 적용할 수 있다. 다시 말해서 주위의 밝기가 어두운 환경에서 보통의 백라이트 밝기를 이용할 경우, LCD 패널에 표시되는 이미지의 명암 대비가 충분히 높기 때문에, 백라이트 밝기를 줄여도 사용자에게 동일한 이미지의 선명도를 제공할 수 있다. 자연 환경의 특성(natural environment characteristics)의 Location. Location 항목은 현재 단말기기의 위치가 실내인지 실외인지를 알려준다. 또한 IlluminationCharacteristics. Illuminance 항목은 사용자의 현재 환경에서의 주변 밝기에 대한 정보를 제공한다. 백라이트 밝기 자동 조절 기법을 이용하기 위해서는 단말기기가 주변 밝기를 감지할 수 있는 광센서를 장착하여야 한다. 주변 밝기가 어두워질수록, 단말기기는 백라이트 밝기 자동 조절 기법을 통해서 보다 많은 양의 전력 소모를 줄일 수 있다.

5. 가변 비디오 프레임 레이트

MPEG-21 프레임워크 상에서 디지털 아이템 적용을 이용하면, 서로 다른 디코더 성능과 네트워크 대역폭을 가지고 있는 단말기기를 지원하기 위해서 스트리밍 도중에 비디오 프레임 레이트를 변경할 수 있다. 단말기기의 기능에 포함되어 있는 DisplayCapability.refreshRate 항목을 이용하면 단말기기는 미디어 자원 제공자에게 현재 단말기기가 지원 가능한 적절한 비디오 프레임 레이트를 알려줄 수 있다. 이후에 미디어 자원 제공자는 비디오 프레임 레이트를 DisplayCapability.refreshRate 보다 낮게 제한할 것이다. 만약에 단말기기가 스트리밍 비디오의 프레임 레이트보다 더 높은 화면 갱신 레이트(refresh rate)를 지원한다 하더라도, 단말기기는 배터리 구동 시간을 늘리기 위한 사용자의 선택에 의해서 서비스 품질을 희생시키면서 미디어 자원 제공자에게 의도적으로 감소된 화면 갱신 레이트를 알려줄 수 있다. 이와 같은 방식으로 가변 비디오 프레임 레이트(variable video frame rate, VVFR) 기법을 구현할 경우, 단말기기에 부가적으로 특별한 하드웨어 장치가 필요하지 않다.

MPEG-21 디지털 아이템 적용을 이용하면, 스트리밍 도중에도 단말기기의 비디오 프레임 레이트를 자동으로 조절할 수 있다.^[4] 만약 현재 사용 환경 기술자의 사용자의 특성에 포함되어 있는 MobilityCharacteristics 항목을 검사하여 단말기기가 높은 이동성을 지니고 있으면, 미디어 자원 제공자는 프레임 레이트나 비디오 해상도를 낮춤으로서 비디오 데이터를 송신하는데 필요한 데이터 비트 레이트를 줄일 수 있다. 데이터 비트 레이트를 줄이면, 높은 이동성을 지닌 단말기기에서 일어나는 페이딩(fading) 현상(신호 감도가 시간에 따라서 변하는 현상)을 대비할 수 있도록 보호 코딩(protective coding)을 수행할 수 있다. 또한, 단말기기가 높은 이동성과 적은 지향성(directionality)의 특성을 보이는 경우 통신상에서 핸드오프(hand-off)가 자주 발생한다. 핸드오프가 자주 발생할수록 정상적으로 비디오 데이터를 보내기 위해서 필요한 전송 에너지나 전송 지연 시간이 증가하기 때문에 서비스 품질을 희생하더라도 데이터 비트 레이트를 줄이는 것이 바람직하다. 따라서 이와 같이 MPEG-21 디지털 아이템 적용을 이용하면, 단말기기의 현재 이동 상태를 고려하여 비디오 프레임 레이트를 자동으로 조절할 수 있다.

6. 가변 비디오 해상도

MPEG-21 프레임워크 상에서 디지털 아이템 적용을

이용하면 스트리밍 도중에 다양한 종류의 비디오 화면 크기 변경을 지원하는 가변 비디오 해상도(variable video resolution, VVR) 기법을 구현할 수 있다. 사용자의 선택에 의해서 더 낮은 비디오 해상도를 이용할 경우, 낮은 비디오 프레임 레이트를 이용하는 것과 유사하게 데이터 비트 레이트를 감소시킬 수 있고, 이는 단말기기의 전력 소모를 감소시킨다. 단말기기의 기능에 포함되어 있는 DisplayCapability.Resolution 항목은 이 기법을 구현하기 위해서 사용된다. 현재 단말기기가 지원하는 다섯 종류의 표준 비디오 해상도는 VGA (640×480), CIF (352×288), QVGA (320×240), QCIF (176×144), QQVGA (160×120)이다. 가변 비디오 해상도 기법을 이용하기 위해서 단말기기에 부가적으로 특별한 하드웨어 장치를 장착할 필요는 없다.

낮은 해상도의 비디오 데이터를 스트리밍할 경우 단말기기의 프로세서와 DSP, 메모리를 포함한 연산 부분 및 블루투스나 802.11b 무선 랜, CDMA를 포함한 통신 인터페이스 부분의 전력 소모는 줄어든다. 만약 단말기기가 유기 발광 다이오드(organic light emitting diode, OLED) 화면을 가지고 있다면, 낮은 해상도의 비디오 스트리밍은 전체 화면에서 비디오의 픽처 프레임(picture frame)이 표시되는 부분만을 이용하기 때문에, 디스플레이 시스템에서 소모되는 전력 소모도 줄일 수 있다. Iyer 등은 유기 발광 다이오드 화면의 전력 소모는 전체적인 화면의 밝기에 비례함을 보였다.^[13] 따라서 유기 발광 다이오드 화면을 이용할 경우 화면에서 사용자의 관심을 끌지 않는 영역의 밝기를 줄이거나 색상을 변경하는 방식의 최적화(dark window optimization)를 통해서 디스플레이 시스템의 전력 소모를 줄일 수 있다.^[13]

7. LCD 갱신 레이트 조절

단말기기의 기능에서 제공되는 정보 중의 하나인 화면 갱신 레이트 항목은 스트리밍 서비스 상에서 단말기기가 재생하고 있는 비디오의 프레임 레이트를 알려준다. IV장의 5 절에 기술한 것과 같이 비디오의 프레임 레이트는 단말기기에 장착된 디코더(decoder)의 성능이나 네트워크 인터페이스의 대역폭에 의해서 결정된다. 반면에 LCD 갱신 레이트는 LCD 제어기가 1초에 얼마나 자주 프레임 버퍼에 저장되어 있는 이미지 데이터를 읽어서 LCD 패널을 갱신하는지에 따라서 결정된다. 일반적으로 LCD 패널의 갱신 레이트(refresh rate)는 60Hz로 고정되어 있고, 이는 스트리밍 도중에 가변적일

수 있는 비디오 디코더의 프레임 레이트와는 다르다.

LCD 패널의 각 픽셀을 구성하는 세 개의 빨강색, 녹색, 파랑색의 부 픽셀(sub-pixel)들은 DRAM (dynamic random access memory)의 메모리 셀과 유사하게 커패시터 값을 저장 커패시터(storage capacitor)에 저장하기 때문에, 시간이 지날수록 저장 커패시터에 저장된 커패시터 값이 전하의 방전으로 인해서 원래 값을 잃어버리는 특성이 있다. 현재 대부분의 단말기기의 디스플레이 장치들은 60Hz의 LCD 갱신 레이트를 이용하고 있는데, 저장 커패시터의 용량(capacitance)이 상당히 크기 때문에 어느 정도 갱신 레이트를 감소시킨 상황에서도 화면의 깜빡임(flicker)을 발생시키지 않는다면, LCD 패널의 화면 갱신 레이트를 DisplayCapability.refreshRate 항목의 값보다 높게 유지할 필요가 없다.^[14] 따라서 스트리밍 도중에 동적으로 변경되는 DisplayCapability.refreshRate 항목의 값에 맞추어서 LCD 갱신 레이트를 조절할 경우, 프레임 버퍼 메모리와 LCD 제어기, LCD 패널에서 소모되는 전력을 감소시킬 수 있다. LCD 갱신 레이트 조절(LCD refresh rate control, LRRC) 기법을 단말기기에 이용하기 위해서는 단말기기에 장착된 LCD 패널과 LCD 제어기가 동적 듀티 갱신(dynamic-duty-ratio refresh) 동작을 지원할 수 있어야 한다.^[14]

8. 전력 소모 절감 기법의 요약

표 3에 지금까지 제시한 전력 소모 절감 기법들의 상호 의존 관계를 제시하였다. 만약에 두 종류의 전력 소모 절감 기법들 사이에 상호 의존 관계가 존재한다면, 동시에 두 기법을 단말기기에 적용할 수 없기 때문에 어떤 기법을 선택할 것인지 결정하여야 한다. 예를 들어, 가변 비디오 프레임 레이트 기법과 LCD 갱신 레이트 조절 기법 사이에는 약간의 상호 의존 관계가 존재한다. 만약 LCD 갱신 레이트가 스트리밍 비디오 프레임 레이트보다 낮다면, 서비스 품질 저하를 사용자가 확연하게 느낄 수 있을 것이다. 따라서 LCD 갱신 레이트 조절 기법과 가변 비디오 프레임 레이트 기법을 동시에 단말기기에 적용할 경우, LCD 갱신 레이트를 비디오 프레임 레이트보다 높게 유지하는 것이 서비스 품질 저하를 최소화하기 위해서 바람직하다.

표 4는 지금까지 제시한 전력 소모 절감 기법들 중에서 특별한 하드웨어 장치를 필요로 하는 기법이 어떤 것들이 있는지 나타낸다. 일반적으로, 특별한 하드웨어 장치를 필요로 하는 전력 소모 절감 기법은 단말기기에 적용한다 하더라도 사용자가 서비스 품질 저하를 인식

표 3. 전력 절감 기법들의 상호 의존 관계(DLS: 동적 백라이트 밝기 조절 기법, DCE: 동적 명암 대비 향상 기법, BA: 백라이트 밝기 자동 조절 기법, VVFR: 가변 비디오 프레임 레이트 기법, VVR: 가변 비디오 해상도 기법, LRRC: LCD 갱신 레이트 조절 기법)

Table 3. Dependency relations among power-saving techniques (DLS: dynamic luminance scaling, DCE: dynamic contrast enhancement, BA: backlight autoregulation, VVFR: variable video frame rate, VVR: variable video resolution, LRRC: LCD refresh rate control, O: no dependency, X: dependency, and Δ: limited dependency).

	DLS	DCE	BA	VVFR	VVR	LRRC
DLS	-	X	O	O	O	O
DCE	X	-	X	O	O	O
BA	O	X	-	O	O	O
VVFR	O	O	O	-	O	Δ
VVR	O	O	O	O	-	O
LRRC	O	O	O	Δ	O	-

표 4. 하드웨어 지원이 필요한 전력 소모 절감 기법들과 서비스 품질 저하가 발생하는 전력 소모 절감 기법들(DLS: 동적 백라이트 밝기 조절 기법, DCE: 동적 명암 대비 향상 기법, BA: 백라이트 밝기 자동 조절 기법, VVFR: 가변 비디오 프레임 레이트 기법, VVR: 가변 비디오 해상도 기법, LRRC: LCD 갱신 레이트 조절 기법)

Table 4. Special hardware support requirement for power-saving techniques (DLS: dynamic luminance scaling, DCE: dynamic contrast enhancement, BA: backlight autoregulation, VVFR: variable video frame rate, VVR: variable video resolution, LRRC: LCD refresh rate control).

	DLS	DCE	BA	VVFR	VVR	LRRC
하드웨어 지원 필요						
서비스 품질 저하						

하기가 어렵다. 이와 반대로, 가변 비디오 프레임 레이트 기법과 가변 비디오 해상도 기법의 경우는 특별한 하드웨어 장치를 요구하지 않지만, 두 기법을 이용할 경우 전력 소모를 줄이기 위해서 서비스 품질을 눈에 띄게 악화시키므로 사용자의 선호도를 고려하여 신중히 선택하여야 한다.

V. 실험

우리는 세 가지 서로 다른 종류의 단말기기에 IV장에 서술한 기법들을 각각 이용하였을 경우에 얼마만큼의 전력 소모를 절감시킬 수 있는지 실험한다. 본 논문에서는 비디오 스트리밍 응용이 구동될 때, 해당 단말기기에서 프로세서, 메모리 장치와 같은 각각의 시스템 구성 요소들이 얼마만큼 활발하게 동작하는지를 알아내기 위해서 내장형 시스템 시뮬레이터인 SEE-Web^[15](<http://see.snu.ac.kr>)을 사용하였다. 그림 6과 같이 웹 기반 사용자 인터페이스를 제공하는 SEE-Web은 실제 응용 프로그램의 코드를 다운로드하고 실행한 후에 수행 시간 및 에너지 소모에 대한 분석 데이터를 사용자에게 제공한다. 또한 프로세서의 동작 속도, 캐쉬 메모리의 크기 및 구성 방법, 메모리 시스템의 동작 속도 및 그 구성 요소 등을 다양한 값으로 설정 가능하기 때문에 응용 프로그램이 수행되는 대상 아키텍처(target architecture)를 본 논문에서 다루는 PDA, 휴대용 미디어 재생기, 휴대전화와 같은 단말기기의 사양에 맞추어서 실험을 수행할 수 있다.

SEE-Web은 비디오 스트리밍 응용이 해당 단말기기에 실행될 경우의 사이클별 시뮬레이션을 통해서 성능과 전력 소모에 대한 데이터를 제공한다. 이를 기반으로 단말기기 상에서 시스템 구성 요소 각각의 활동성(activity)을 계산한다. 시스템 구성 요소 각각의 전력 소모 특성은 각 구성 장치의 데이터 시트(data sheet)나 기존 연구 결과에서 제시한 전력 소모 모델을 참조하였다. 그림 7은 각각의 시스템 구성 요소들의 전력 소모를 도출해 내기 위한 시뮬레이션 과정을 보여준다.

동적 백라이트 밝기 조절 기법, 동적 명암 대비 향상 기법, 백라이트 밝기 자동 조절 기법은 백라이트의 밝기를 줄이거나 백라이트의 전원을 완전히 차단함으로써 단말기기의 전력 소모를 줄인다. 그림 8은 단말기기에 동적 백라이트 밝기 조절 기법을 적용하여 스트리밍 비디오 응용을 구동하였을 경우에 각각의 단말기기에서 소모하는 전력을 그래프로 나타낸 것이다. 영화는 모두 4 종류로서 모두 4,500개의 픽처 프레임으로 구성된다. 각각의 영화를 재생할 때 각각의 픽처 프레임에 따라서 조절되는 백라이트의 밝기는 그림 9에 나타나 있다. 동적 백라이트 밝기 조절 기법을 이용하는 이 실험에서 백라이트 밝기는 전력 소모를 줄이기 위해서 항상 원래 밝기(100%)보다 낮은 값으로 제어된다. 동시에 똑같은

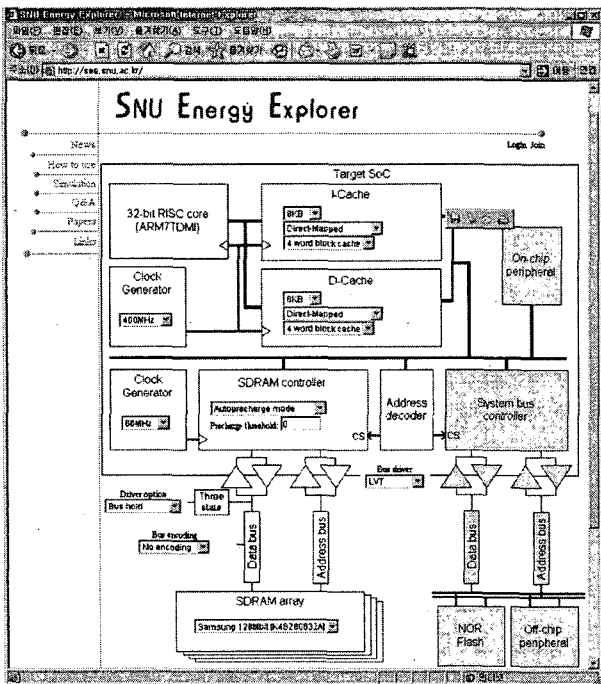


그림 6. SEE-Web 내장형 시스템 에너지 시뮬레이터
Fig. 6. SEE-Web energy exploration tool for embedded systems.

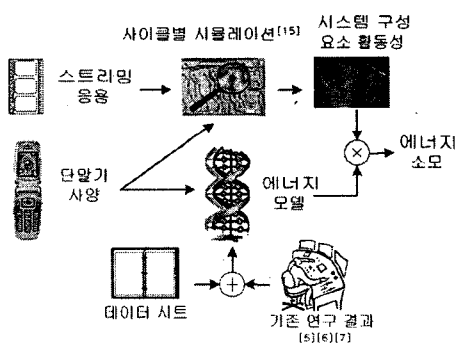


그림 7. 에너지 시뮬레이션 과정
Fig. 7. Experimental procedure for energy exploration.

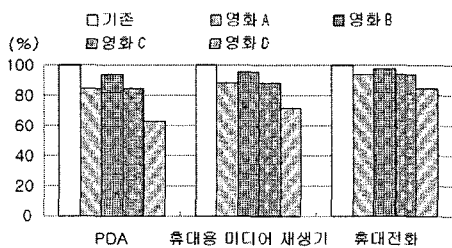


그림 8. 동적 백라이트 밝기 조절 기법을 적용한 경우의 단말기의 전력 소모(%)
Fig. 8. Normalized power consumption of terminal devices using DLS (%).

밝기의 이미지가 LCD 패널에 표시될 수 있도록 이미지의 밝기를 향상시킨다. 사용자의 눈에 인식되는 이미지

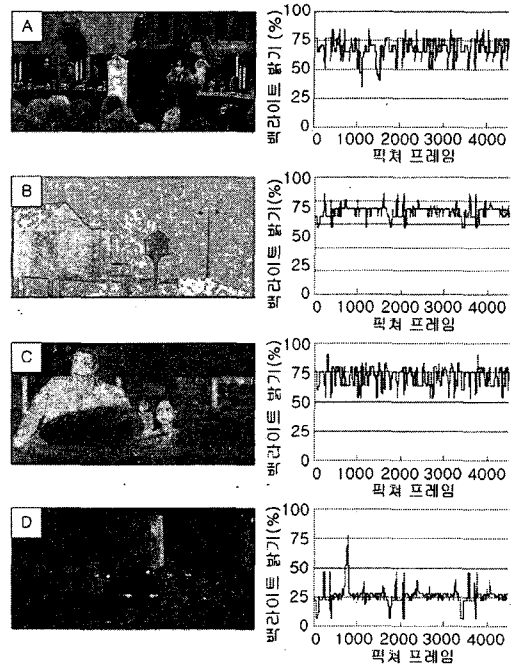


그림 9. 동적 백라이트 밝기 조절 기법 결과
Fig. 9. DLS results of four test movie streams.

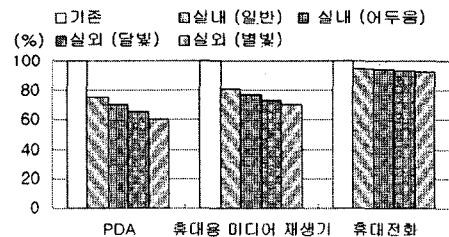


그림 10. 백라이트 밝기 자동 조절 기법을 이용한 경우의 단말기의 전력 소모(%)
Fig. 10. Normalized power consumption of terminal devices using backlight autoregulation (%).

의 품질을 유지하기 위해서, 백라이트 밝기와 이미지의 밝기를 동시에 조절한 후 각 픽처 프레임의 왜곡률 (distortion ratio)은 10% 이내로 제한한다.^[8] 영화 A, B, C, D를 동적 백라이트 조절 기법을 이용하여 재생할 경우 10% 이내의 왜곡률 조건을 만족시키면서 백라이트 밝기를 평균적으로 각각 원래 백라이트 밝기의 69%, 88%, 70%, 25%로 줄일 수 있다. 조절된 백라이트 밝기의 분산은 각각 72%, 43%, 61%, 54%이다.

주변이 충분히 밝은 실외 환경에서 트랜스플렉티브 LCD 패널을 장착한 휴대전화를 사용할 경우 동적 명암 대비 향상 기법을 사용할 수 있다. 트랜스플렉티브 LCD 패널의 반사 모드를 이용하면 충분한 밝기의 실외 환경에서 휴대전화의 백라이트를 완전히 끌 수 있고, 이 경우 전력 소모 절감률은 휴대전화의 전체 전력 소모의

14.6%이다.

그림 10은 백라이트 자동 조절 기법을 이용할 경우에 각 단말기기의 평균적인 전력 소모를 나타낸다. 주변 밝기를 일반적인 실내조명, 약간 어두운 실내조명, 달빛이 비추는 실외, 별빛이 비추는 실외 조건으로 가정할 경우 각각의 밝기는 100cd/m², 20cd/m², 0.1cd/m², 0.001cd/m²이다. 백라이트 자동 조절 기법을 이용할 경우 주변 밝기가 어두울수록 단말기기의 전력 소모를 더욱 절감할 수 있음을 알 수 있다.

가변 비디오 프레임 레이트 기법과 가변 비디오 해상도 기법을 단말기기에 적용할 경우 프로세서, 메모리, 오프칩 버스(off-chip bus), 통신 인터페이스의 활동성을 줄일 수 있기 때문에, 각 구성 요소들의 전력 소모는 줄어든다. 가변 비디오 프레임 레이트 기법과 가변 비디오 해상도 기법을 사용한 단말기기의 평균적인 전력 소모는 그림 11과 그림 12에 제시되어 있다. 참고로 그림 11에서 PDA와 휴대전화에서의 VGA 해상도와 CIF 해상도 항목이 측정되지 아니한 까닭은 VGA해상도와 CIF 해상도가 PDA나 휴대전화에 장착된 LCD 패널의 해상도보다 크기 때문이다. 가변 비디오 프레임 레이트 기법과 가변 비디오 해상도 기법은 사용자가 단말기기의 전력 소모를 줄이기 위해서 선택할 경우 스트리밍 비디오의 품질을 손상시킬 수 있다.

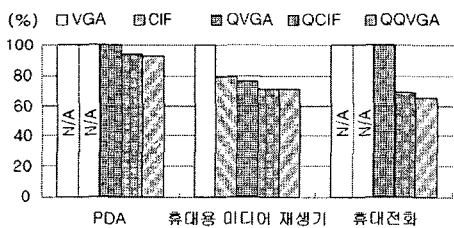


그림 11. 가변 비디오 해상도 기법을 이용한 경우의 단말기기의 전력 소모(%)

Fig. 11. Normalized power consumption of terminal devices against the video resolution (%).

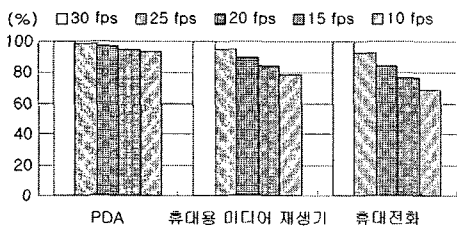


그림 12. 가변 비디오 프레임 레이트 기법을 이용한 경우의 단말기기의 전력 소모(%)

Fig. 12. Normalized power consumption of terminal devices against the video frame rate (%).

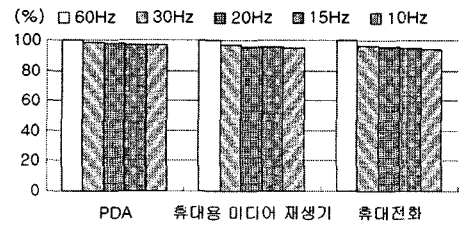


그림 13. LCD 갱신 레이트 조절 기법을 이용한 경우의 단말기기의 전력 소모(%)

Fig. 13. Normalized power consumption of terminal devices against the LCD refresh rate (%).

표 5. MPEG-21 디지털 아이템 적응 프레임워크 상에서 단말기기의 전력 소모 절감(DLS: 동적 백라이트 밝기 조절 기법, DCE: 동적 명암 대비 향상 기법, BA: 백라이트 밝기 자동 조절 기법, VVFR: 가변 비디오 프레임 레이트 기법, VVR: 가변 비디오 해상도 기법, LRRRC: LCD 갱신 레이트 조절 기법)

Table 5. Aggregate power saving based on the MPEG-21 DIA framework in three representative terminal devices (DLS: dynamic luminance scaling, DCE: dynamic contrast enhancement, BA: backlight autoregulation, VVFR: variable video frame rate, VVR: variable video resolution, LRRRC: LCD refresh rate control).

단말기기의 전력 소모	PDA	휴대용 미디어 재생기	휴대전화
기준의 전력 소모(W)	2.96	6.85	1.63
절감 기법 적용 후(W)	1.55	2.84	0.56
절감률(%)	47.59	58.53	65.70
DLS			
DCE			
BA			
VVFR			
VVR			
LRRRC			

LCD 갱신 레이트 조절 기법은 LCD 갱신 레이트가 현재의 비디오 프레임 레이트보다 높다면, 서비스 품질 저하 없이 프레임 버퍼 메모리, LCD 제어기, 해당 오프칩 버스의 전력소모를 감소시킨다. 그림 13은 LCD 갱신 레이트 조절 기법을 사용할 경우의 평균적인 전력 소모를 보여준다.

마지막으로 표 5는 각각의 단말기기에 본 논문에서 제시한 MPEG-21 디지털 아이템 적응 프레임워크를 따르면서 적용할 수 있는 모든 전력 소모 절감 기법을 이용할 경우의 최대 전력 소모 절감률(reduction ratio)을 보여준다.

VI. 구 현

이 장에서 우리는 대표적인 MPEG-21 단말기 중의 하나인 휴대용 미디어 재생기의 실제 플랫폼을 개발한다. 그리고 본 논문에서 제시한 전력 소모 절감 기법 중에서 동적 백라이트 밝기 조절 기법을 개발된 플랫폼에 적용하여 실제로 얼마만큼의 전력 소모 절감을 얻을 수 있는지 검증한다.

그림 14는 본 논문에서 Intel XScale 80200 프로세서와 Equator DSP BSP-15 미디어 프로세서를 이용하여 구현한 휴대용 미디어 재생기 플랫폼이다. 플랫폼의 자세한 사양은 표 6에 요약되어 있다. 그림 15는 실제 플랫폼 내부에 있는 메인보드의 사진이다. 현재 플랫폼에 탑재된 미디어 프로세서는 영상 코덱(codec)으로는 H.263, H.264, MPEG4를, 그리고 음성 코덱으로는 MPEG-AAC, MP3, GSM-AMR을 지원한다.

우리는 미디어 자원을 제공하는 서버와 개발된 플랫폼 사이에서 실시간 스트리밍 제어가 가능하도록 RTP (real-time transport protocol)과 RTSP (real-time streaming protocol)을 지원하는 오픈 소스 기반의 프로젝트인 다윈(darwin) 스트리밍 서버 버전 8.0^[16]과 MPEG4IP 클라이언트(client) 버전 1.3^[17]을 이용하였다. 다윈 스트리밍 서버는 리눅스 기반의 PC에서 구동되어 미디어 자원을 MPEG-21 프레임워크 상에서 제공하며, MPEG4IP 클라이언트는 개발된 휴대용 미디어 재생기에 이식되어 리눅스 커널 2.4.19 상에서 동작한다. 개발된 휴대용 미디어 재생기에서 MPEG4IP 클라이언트는 802.11b 무선랜통신 인터페이스를 이용하여 다윈 스트리밍 서버와 MPEG-21 디지털 아이템 적용에 필요한

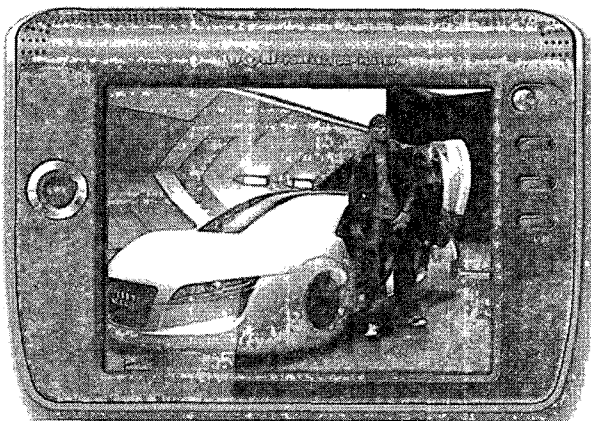


그림 14. 개발된 휴대용 미디어 재생기 플랫폼
Fig. 14. Developed PMP platform prototype.

표 6. 개발된 휴대용 미디어 재생기 플랫폼 사양
Table 6. Specification of the developed PMP platform prototype.

프로세서	Intel XScale 80200@733MHz
미디어 프로세서	Equator DSP BSP-15@351MHz
주기억 장치	128MB SDRAM@100MHz
플래시 메모리	32MB
오프칩 버스	3.3V LVTTL, 3.3V PCI@33MHz
비디오 인터페이스	8.4인치 트랜스미시브 컬러 TFT CCFL 백라이트
오디오 인터페이스	내장 스피커 (1W x 2), 헤드폰
통신 인터페이스	802.11b 무선랜, 100Mbps 유선랜
외부 인터페이스	IEEE1394, USB 2.0 PCMCIA, SD 카드 슬롯
배터리	리튬 폴리머 7.4V 5500mAh
외부 전원	12V / 최대 5A
무게	1200g

사용 환경 기술자를 그림 5에 제시되어 있는 것과 같이 실시간으로 갱신한다.

본 논문에서 제시한 동적 백라이트 밝기 조절 기법을 개발된 플랫폼에 적용하기 위해서, 우리는 디지털 아이템 적용이 단말기가 아니라 비디오 스트리밍 서버에서 이루어지도록 하였다. 이는 디지털 아이템 적용에 필요한 계산 오버헤드와 전력 소모 오버헤드를 단말기로부터 제거하기 위해서이다. 따라서 스트리밍 서버는 단말기의 백라이트 밝기가 동적 백라이트 밝기 조절 기법에 의해서 어두워진 상태에서 동일한 품질의 이미지를 사용자가 볼 수 있도록, 단말기가 요청할 경우 픽처 프레임 이미지의 밝기를 향상시킨 상태에서 인코딩된 스트리밍 데이터를 실시간으로 제공할 수 있어야 한다.

우리는 다윈 스트리밍 서버에서 단말기가 설정 가능한 각각의 백라이트 밝기에 해당하는 비디오 스트리밍 데이터를 미리 준비하도록 설정하였다. 만약에 MPEG-21 디지털 아이템 적용 프레임워크에서 개발된 플랫폼에서 사용자가 현재의 백라이트 밝기를 조절할 경우, MPEG4IP 클라이언트는 다윈 스트리밍 서버에게 디지털 아이템 갱신 요청을 보내야 한다. 이후에 다윈 스트리밍 서버는 단말기로부터 수신한 디지털 아이템 갱신 요청에 포함되어 있는 사용 환경 기술자를 분석하여 DisplayCapability.backlightLuminance 항목에 설정되어 있는 현재 단말기의 백라이트의 밝기를 알아내고 그에 해당하는 비디오 스트리밍 데이터를 MPEG4IP

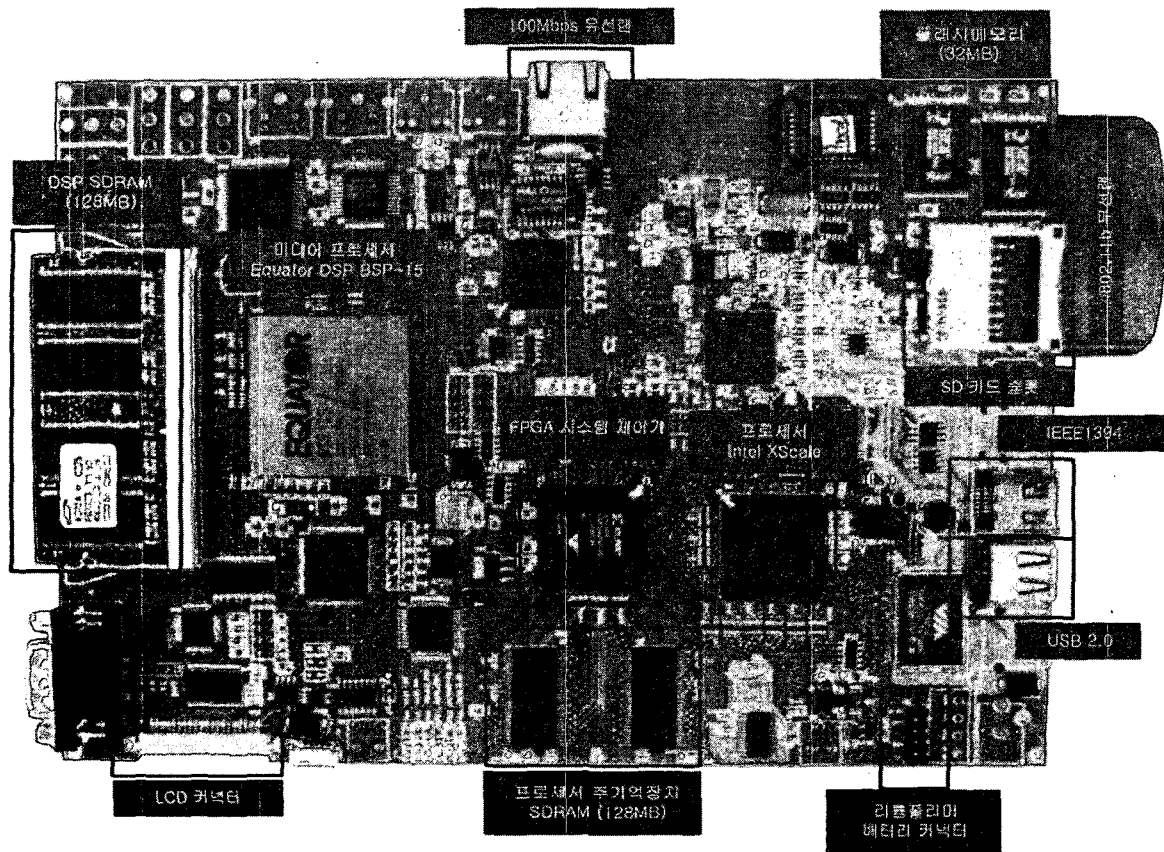


그림 15. 개발된 휴대용 미디어 재생기 플랫폼의 메인보드
 Fig. 15. Motherboard of the Developed PMP platform prototype.

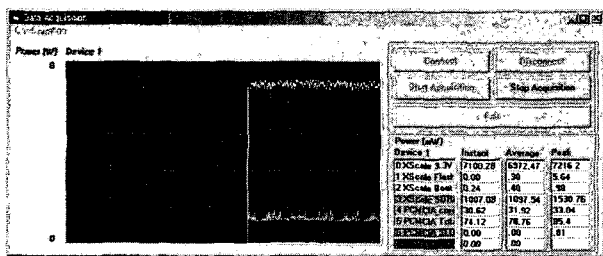


그림 16. DAQ 장비를 이용한 전력 소모 측정
 Fig. 16. Power consumption measurement using the DAQ equipment.

클라이언트에 제공한다.

본 논문에서는 개발된 휴대용 미디어 재생기 플랫폼의 전력 소모를 측정하기 위해서 플랫폼 상의 각 구성 요소들의 전원을 션트 저항(shunt resistor)을 통해서 분리하고, Intelligent Instrumentation사의 UDAS-1001E DAQ (data acquisition system) 장비를 이용하여 각 구성 요소 장치가 소모하는 전류를 측정하였다.^[18] 그림 16은 DAQ 장비를 이용하여 실시간으로 전력 소모를 측정하는 소프트웨어의 실행 화면을 보여준다. 전력 소모

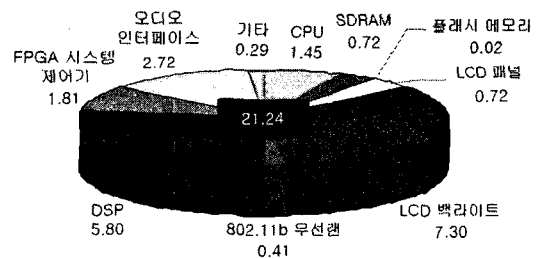


그림 17. 초당 30프레임으로 SD급의 스트리밍 비디오 응용을 구동할 경우 개발된 휴대용 미디어 재생기 플랫폼에서 소모되는 전력(W)
 Fig. 17. Power consumption of the development PMP prototype running a streaming video application.

측정 소프트웨어는 해당 디바이스의 동작 전압과 디바이스에 전류를 공급하기 위해서 사용한 션트 저항의 저항 값을 입력으로 받아들이고, 션트 저항 양단의 전압차를 측정한다. 전력 소모 측정 소프트웨어는 저항 양단의 전압차를 이용하여 디바이스에 공급되는 전류 값을 계산하고, 최종적으로 디바이스가 소모하는 전력 값을 실시간으로 그래프로 보여준다.

그림 17은 개발된 휴대용 미디어 재생기 플랫폼에서 MPEG4IP 클라이언트를 구동하여 초당 30프레임으로 SD (standard definition)급의 720×480 해상도를 가진 비디오 스트리밍 응용을 실행할 경우에 각 플랫폼 구성 요소들의 전력 소모를 도시한 것이다. 개발된 플랫폼은 전체적으로 21.2W의 전력을 소모하며 이 중에서 백라이트 램프가 약 7.3W의 전력 소모를 차지한다.

MPEG-21 디지털 아이템 적용 프레임워크 상에서 본 논문에서 제시한 동적 백라이트 밝기 조절 기법을 적용할 경우 백라이트 램프에서 소모되는 전력을 절감할 수 있다. 동적 백라이트 밝기 조절 기법은 사용자가 설정하는 픽처 프레임 이미지의 최대 왜곡률을 넘지 않는 범위 내에서만 적용가능하기 때문에, 현재 재생하고 있는 비디오 스트리밍의 픽처 이미지의 컬러 값 분포에 따라서 그 전력 소모 절감 효과가 서로 다를 수 있다. 그림 9에 제시한 영화 A, B, C, D를 개발된 휴대용 미디어 재생기 플랫폼에서 재생할 때 동적 백라이트 밝기 조절 기법을 10%의 최대 왜곡률 조건을 만족시키면서 적용할 경우, 평균적으로 백라이트 밝기를 약 37%만큼 감소시킬 수 있으며, 동시에 3.7W의 백라이트 전력 소모를 줄일 수 있다. 이는 개발된 플랫폼이 소모하는 전체 전력 21.2W의 17.4%에 해당한다.

VII. 결 론

MPEG-21 멀티미디어 프레임워크는 멀티미디어 자원을 이용하는 다양한 종류의 네트워크와 장치들을 지원할 수 있도록 디지털 아이템 적용을 통해서 UMA를 구현하는 것을 목표로 하고 있다. MPEG-21 멀티미디어 프레임워크가 처음부터 단말기기의 전력 소모 절감을 위해서 설계된 것은 아니지만, 본 논문에서는 디지털 아이템 적용 표준에 정의되어 있는 사용 환경 기술자를 이용하여 PDA, 휴대전화, 휴대용 미디어 재생기와 같은 단말기기의 배터리 구동 시간을 늘릴 수 있음을 보였다.

본 논문에서는 MPEG-21 디지털 아이템 적용 표준에 정의된 규격을 따르면서 단말기기의 전력 소모를 줄일 수 있는 동적 백라이트 밝기 조절 기법, 동적 명암 대비 향상 기법, 백라이트 자동 조절 기법, 가변 비디오 프레임 레이트 기법, 가변 비디오 해상도 기법, LCD 갱신 레이트 조절 기법 등의 전력 소모 절감 기법들을 제시하였다. 동적 백라이트 밝기 조절 기법, 동적 명암 대비 향상 기법, 백라이트 자동 조절 기법, LCD 갱신 레이트 조절 기법은 단말기기의 하드웨어 장치가 해당 기법들

을 지원할 것을 필요로 하지만, 다른 기법들은 부가적인 하드웨어 장치를 요구하지 않는다. 또한 동적 백라이트 밝기 조절 기법, 동적 명암 대비 향상 기법, 백라이트 자동 조절 기법 사이에, 그리고 가변 비디오 프레임 레이트 기법과 LCD 갱신 레이트 조절 기법 사이에는 상호 의존 관계가 존재함을 제시하였다.

결론적으로 이러한 기법들을 동시에 단말기기에 적용한 실험 결과, 단말기기 전체 전력 소모의 최대 66%까지 전력 소모를 줄일 수 있다. 또한 우리는 본 논문에서 제시된 전력 소모 절감 기법들을 적용할 수 있는 실제 휴대용 미디어 재생기 플랫폼을 개발하고, MPEG-21 디지털 아이템 적용 표준을 따르도록 스트리밍 서버와 클라이언트 프로그램을 이식하였다. 마지막으로 개발된 플랫폼에 비디오 스트리밍 응용을 실행시키면서 동적 백라이트 밝기 조절 기법을 적용하고, 플랫폼의 전력 소모 절감을 실제 측정을 통해서 검증하였다.

우리는 MPEG-21 디지털 아이템 적용 표준이 보다 구체적이고 포괄적으로 단말기기의 전력 소모 관련 항목들을 포함할 것을 희망한다. 이는 본 논문에서 제시한 전력 소모 절감 기법들을 보다 효율적으로 단말기기에 구현하는 것을 가능하게 하고, 추후에 MPEG-21 디지털 아이템 적용 표준을 따르는 새로운 전력 소모 절감 기법을 개발하는 것을 가능하게 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] I. Burnett, R. V. de Walle, K. Hill, J. Bormans, and F. Pereira, "MPEG-21: goals and achievements," *IEEE Multimedia*, vol. 10, pp. 60 - 70, October 2003.
- [2] J. Bormans, J. Gelissen, and A. Perkis, "MPEG-21: the 21st century multimedia framework," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 20, pp. 53 - 62, March 2003.
- [3] L. Rong and I. Burnett, "Dynamic multimedia adaptation and updating of media streams with MPEG-21," in *Proceedings of IEEE Consumer Communications and Networking Conference*, pp. 436 - 441, January 2004.
- [4] A. Vetro, C. Timmerer, and S. Devillers, "Study of ISO/IEC 21000-7 FCD - Part 7: Digital Item Adaptation," *ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11/N5933*, October 2003.
- [5] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks," in *Proceedings of Hawaii International Conference*

- on System Sciences, January 2000.
- [6] Low Power Advantage of 802.11a/g vs. 802.11b, SPLY006, White Paper. Texas Instruments, December 2003.
- [7] H. Shin, W.-S. Choo, K.-S. Nah, D.-J. Keum, J. S. Choi, S.-B. Baik, T.-W. Ahn, I.-Y. Sohn, D.-Y. Jung, and B.-H. Park, "Intermediate-frequency/baseband analog processing chipset for a CDMA/AMPS mobile handset," *Journal of the Korean Physical Society*, vol. 39, pp.160-164, July 2001.
- [8] I. Choi, H. S. Kim, H. Shin, and N. Chang, "LPBP: low-power basis profile of the java 2 micro edition," in *Proceedings of International Symposium on Low Power Electronics and Design*, pp. 36-39, August 2003.
- [9] W.-C. Cheng, Y. Hou, and M. Pedram, "Power minimization in a backlit TFT-LCD display by concurrent brightness and contrast scaling," in *Proceedings of the Design, Automation and Test in Europe*, pp.16-20, February 2004.
- [10] S. Pasricha, S. Mohapatra, M. Luthra, N. Dutt, and N. Subramanian, "Reducing backlight power consumption for streaming video applications on mobile handheld devices," in *First Workshop on Embedded Systems for Real-Time Multimedia*, October 2003.
- [11] N. Chang, I. Choi, and H. Shim, "DLS: Dynamic backlight luminance scaling of liquid crystal display," *IEEE Transactions on VLSI Systems*, Vol. 3, Issue 8, pp. 837-846, August, 2004.
- [12] F. Gatti, A. Acquaviva, L. Benini, and B. Ricco, "Low power control techniques for TFT LCD displays," in *Proceedings of International Conference on Compilers, Architecture and Synthesis for Embedded Systems*, pp. 218-224, October 2002.
- [13] S. Iyer, R. Mayo, and P. Ranganathan, "Energy-adaptive display system designs for future mobile environments," in *USENIX Association Proceedings of MobiSys 2003: The First International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services*, May 2003.
- [14] I. Choi, H. Shim, and N. Chang, "Low-power color TFT LCD display for hand-held embedded systems," in *Proceedings of International Symposium on Low Power Electronics and Design*, pp.112-117, August 2002.
- [15] I. Lee, Y. Choi, Y. Cho, Y. Joo, H. Lim, H. G. Lee, H. Shim, and N. Chang, "A web-based energy exploration tool for embedded systems," *IEEE Design and Test of Computers*, Vol.21, Issue. 6, pp. 572-586, November-December, 2004.
- [16] Apple Computer Developer Connection, "Open Darwin," <http://www.opendarwin.org>.
- [17] Open Source Technology Group, "MPEG4IP - Open Streaming Video and Audio," <http://mpeg4ip.sourceforge.net>.
- [18] Intelligent Instrumentation, 'Multifunction USB Data Acquisition System,' <http://www.instrument.com/pci/udas.asp>.

저 자 소 개



심 호 준(정회원)
2000년 서울대학교 컴퓨터공학과
학사 졸업.
2000년 ~ 현재 서울대학교 대학
원 전기컴퓨터공학부 석
박사통합과정.

<주관심분야: 저전력 시스템, 고속 디지털 시스
템, 내장형 시스템>



조 영 진(학생회원)
2003년 서울대학교 조선해양공학
과/컴퓨터공학과 학사 졸
업.
2003년 ~ 현재 서울대학교 대학
원 전기컴퓨터공학부 석박
사통합과정.

<주관심분야: 저전력 시스템, 고속 디지털 시스템,
내장형 시스템>



김 재 민(학생회원)
2005년 서울대학교 컴퓨터공학부
학사 졸업.
2005년 ~ 현재 서울대학교 대학
원 전기컴퓨터공학부 석
사과정.

<주관심분야: 저전력 시스템, 고속 디지털 시스
템, 내장형 시스템>



장 래 혁(정회원)
1989년 서울대학교 제어계측공학
과 학사 졸업.
1992년 서울대학교 제어계측공학
과 석사 졸업.
1996년 서울대학교 제어계측공학
과 박사 졸업.

1997년 ~ 2000년 서울대학교 컴퓨터공학과 전임
강사.

2000년 ~ 2004년 서울대학교 전기컴퓨터공학부
조교수.

2004년 ~ 현재 서울대학교 전기컴퓨터공학부 부
교수.

<주관심분야: 저전력 시스템, 고속 디지털 시스템,
내장형 시스템>