

멀티미디어 콘텐츠 저작 시스템에서의 화면 밝기 조절을 통한 에너지 관리 기법

Adaptive Display Brightness Control for Energy Management in
Multimedia Content Authoring Systems

이다영, 박진한, 송민석¹⁾

Dayoung Lee, Jinhan Park, Minseok Song

(22212) 인천광역시 남구 인하로 100 인하대학교 컴퓨터공학과
cecci08@naver.com, queite13@gmail.com, mssong@inha.ac.kr

요 약

본 논문에서는 앱 기반의 멀티미디어 콘텐츠 저작 시스템에서 화면 밝기 조절을 통한 에너지 관리 기법을 제안한다. 본 연구진은 멀티미디어 서비스 제공 시 사용자 만족도를 나타내는 유틸리티를 모델링하고, 이를 활용하여, 멀티미디어 콘텐츠 제작자가 콘텐츠 저작 도구에서 전력 관리 모드를 구성할 수 있는 방법을 제시한다. 수동 전력 설정 모드에서는 콘텐츠 제작자가 유틸리티에 따라 직접 밝기를 조절할 수 있도록 하며, 자동 설정 모드에서는 시스템에서 배터리 잔량에 맞춰 에너지의 사용량을 결정 한 후 유틸리티를 최대화할 수 있게끔 실행되는 앱의 밝기를 자동적으로 조절한다. 이를 위해, 에너지의 잔량에 따라서, 유틸리티 최대화하는 밝기 설정 알고리즘을 동적 프로그래밍을 통해서 제안한다. 실험 결과, 멀티미디어 앱들이 에너지 한도에 맞추어서 실행되고, 유틸리티를 최대화함을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we propose an energy management method called a brightness control scheme in an app-based multimedia content authoring system. We first define the concept of utility that means user satisfaction when providing a specific multimedia service and propose a method that enables multimedia content creators to configure energy management mode in their content authoring tool. We then propose a new brightness setting algorithm that maximizes overall utility according to the remaining energy budget by using a dynamic programming technique. Experimental results show that multimedia apps can run by satisfying the specified energy limit while maximizing the utility.

키워드: 멀티미디어 콘텐츠 제작 시스템, 사용자 만족도, 에너지 관리, 에너지 한도, 밝기 조절

Keyword: Multimedia authoring tool, User's satisfaction, Energy management, Energy limit, Brightness selection algorithm

※ 이 논문은 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF-2015R1D1A1A01058646)

1) 교신저자

1. 서론

오늘날 모바일 기술의 발달과 함께 스마트 기기는 많은 사람이 사용하는 기기가 되었다. 또한 멀티미디어 콘텐츠의 생산이 대중화되면서, 사용자들은 콘텐츠를 소비하기도 하지만 콘텐츠를 재가공하거나 콘텐츠를 생성하게 되었다. 또한 다양한 사용자들의 요구 사항을 반영하기 위해 콘텐츠 저작을 위한 시스템이 함께 발전해왔다. 그러나 스마트 기기의 배터리에 대한 문제는 여전히 사용자들에게 지적되고 있으며, 이를 해결하기 위한 연구는 현재도 지속적으로 진행되고 있다.

스마트 기기의 디스플레이는 스마트 기기 전체의 에너지 소비 중 가장 큰 비중을 차지하며 이는 전체 시스템의 전체 시스템의 3 분의 2나 된다. 또한 콘텐츠에 따라 소비되는 에너지 전력 역시 다르며, 화면의 밝기에 따른 사용자 만족도 역시 다르다. 즉 에너지에 비례하여 화면의 밝기를 조절한다면 시스템의 전력 소모를 효과적으로 줄일 수 있다. 또한 화면의 밝기는 사용자 만족도와 밀접한 관련이 있으므로 이를 고려한 접근이 필요하다. 또한 한 어떤 콘텐츠를 사용하는가에 따라 같은 화면 밝기에서도 사용자 만족도 및 소비되는 전력이 달라진다는 것도 또 다른 중요한 이슈이다.

그러나 모바일 환경의 콘텐츠를 저작하는 기존의 저작 시스템들은 스마트 기기의 배터리에 관한 문제를 고려하지 않아, 사용자는 사용하는 기기에서 자체 제공하는 밝기 조정 기능을 이용해 수동적으로 조정해야 했으며 이러한 방법은 각 콘텐츠마다 화면 밝기에 따른 사용자 만족도 및 소비전력이 다르다는 것이 고려되지 않아 사용자가 일일이 조정해야 한다는 번거로움이 있다는 문제점과, 사용자 만족도는 충족이 될지언정 소비 전력에 대해서는 효과가 미미할 가능성이 있다는 문제점을 가진다.

본 논문에서는 앱 기반 멀티미디어 콘텐츠 저작 시스템에서 화면의 밝기를 사용자 만족도와 에너지 한도에 맞춰 자동적으로 액티비티의 밝기를 설

정하여 전력을 관리할 수 있는 밝기 선택 알고리즘을 제시하고, 이를 통해 효율적으로 스마트 기기의 배터리 잔량을 관리할 수 있는 전력 관리 기법을 제안한다.

2장에서는 기존의 콘텐츠 저작 시스템 및 모바일 기기 전력 관리 기법에 대해 설명하고, 3장에서는 선행 연구에서 제안한 앱 기반 멀티미디어 콘텐츠 저작 시스템을 소개하며, 4장에서는 제안한 밝기 선택 알고리즘의 기반의 전력 관리 기법을 설명한다. 5장에서는 설계한 시스템에서 사용한 콘텐츠의 실행에 따른 전력 측정을 통해 평가함으로써, 마지막 6장에서 본 연구의 결론을 제시할 것이다.

2. 관련 연구

2.1 기존의 멀티미디어 콘텐츠 저작 시스템

저작 시스템은 콘텐츠를 구성하는 객체 간의 공간적, 시간적 관계를 지정하는 인터페이스를 제공한다. 이를 위해 콘텐츠 저작 환경을 구성하는 인터페이스는 구조 기반, 타임 라인 기반, 그래프 기반, 스크립트 기반의 총 네 가지 체계로 정의된다[1].

구조 기반 시스템은 스토리 보드의 형태로 미디어 객체 간의 관계를 표현한다. 타임 라인 기반 체계는 시간의 흐름에 맞춰 객체가 출력되는 순서를 결정한다. 그래프 기반은 콘텐츠 저작자에게 시각적으로 콘텐츠의 구성을 표현하여, 콘텐츠를 구성한 객체들의 출력 순서를 결정한다. 스크립트 기반 방식은 텍스트에 객체를 포함시키는 형태이다. 본 논문에서 사용한 저작 시스템은 그래프 기반과 관련이 있는 순서도 기반 체계를 지닌다.

사용자의 멀티미디어 콘텐츠 저작을 지원하기 위해 다양한 기술이 개발되었다. 예를 들면, Liu와 그 외 연구진은 나선형 패턴으로 비디오 내용을 요약해주는 저작 시스템 SpiralTape를 개발했다. 이는 비디오 클립을 계층적 구조로 처리하여 관심 영역을 추출하는 방법으로 구현되었다[2].

홍수진과 그 외 연구진들은 지적장애를 가진 아

동이 직접 동영상을 저작할 수 있는 콘텐츠 저작 시스템을 제시하였다[3].

C. Ma와 그 외 연구진들은 제작자의 스케치를 기반으로 의도를 추론하고 이에 관련된 비디오 클립을 제작자에게 추천하여 좀 더 편한 비디오 저작이 가능한 스케치 기반의 비디오 저작 시스템을 제안했다[4].

Abu-Naim과 Klas는 사용자의 관심 주제와 일치하는 멀티미디어 문서를 작성하는 저작 아키텍처를 개발했다. 이는 개인 영역 네트워크를 통해 모바일 장치의 멀티미디어 콘텐츠를 자동으로 분석하는 방법으로 구현되었다[5].

T. Jokela와 그 외 연구진들은 소형 모바일 장치에서 여러 가지 미디어들을 통합하여 정교한 멀티미디어 프레젠테이션을 제작할 수 있는 프레젠테이션 편집 애플리케이션을 개발하였다[7].

D. Lee와 그 외 연구진들은 휴대용 단말 기기를 이용하여 기존에 이미 저작된 애플리케이션 및 동영상 등의 콘텐츠를 재활용 및 조합하여 새로운 멀티미디어 콘텐츠를 저작할 수 있는 콘텐츠 저작 시스템을 제안했다[11].

상기 언급한 콘텐츠 저작 시스템들은 콘텐츠 저작을 위한 저작 도구로 많은 기능을 가지고 있으나, 멀티미디어 콘텐츠 이용 시 중요한 이슈 중 하나인 디스플레이 전력 관리와 관련된 문제는 언급 되지 않았다.

2.2 기존의 전력 관리를 위한 품질 조절 기법

인터넷을 통해 콘텐츠를 제공하는 서비스가 점차 늘어남에 따라, 그에 대한 오버헤드를 줄이기 위하여, 서비스 이용자가 인지하는 품질을 평가하는 연구가 점차 늘어나고 있다[6].

사용자 만족도를 최대한 높이면서 소모되는 자원을 최소한으로 줄이는 것은 큰 이슈 중 하나이며, 이와 관련하여 키 프레임을 통해 동영상의 품질을 조정하는 방법 연구가 진행된 바 있다[12].

본 논문에서 다루는 콘텐츠 저작 시스템은 모바일 기기의 애플리케이션을 기반으로 하므로, 디스플레이

플레이의 밝기 조절을 통해 품질을 조절하여 전력을 확보하는 것이 목적이다.

N. Chang와 그의 동료들은 Dynamic backlight luminance scaling는 기법을 제시했으며, 이 기법은 이미지 품질을 저하시킴으로서 전력을 감소하면서도 이미지의 대비를 가능한 한 원본에 가깝게 유지할 수 있다[13].

T. Tan과 R. Balan는 사람의 시선이 닿는 부분이 한정되어있다는 것을 이용하였다. 게임 플레이어가 관심이 없는 게임 영역의 밝기를 줄임으로서 OLED 색상 보정을 통해 색상 왜곡을 최소화하면서 감소된 휘도를 복원한다[8].

X. Chen과 그 외 연구진들은 사람과 스마트 기기가 상호작용을 할 때 손가락을 통해 화면을 가리게 되는 것을 이용하여, 손가락으로 가려지는 부분 혹은 인접 영역을 어렵게 만드는 기술을 제안했다[9].

B. Kecen과 A. Ananda는 인간의 시각 시스템(HVS) 인식 알고리즘과 기술을 사용하여 게임을 플레이할 때 OLED 디스플레이의 전력 소비를 최대 45%까지 감소시키는 기법을 개발했다[10].

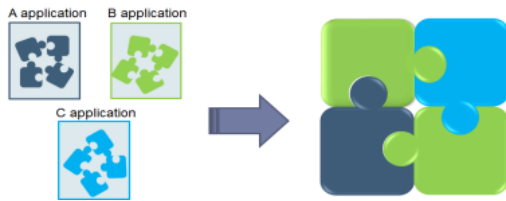
상기의 품질 조절 기법들은 다양한 경우와 다양한 방법으로 전력을 관리함에도 콘텐츠 저작 시스템에 대한 언급은 없었다. 또한 사용자가 저작 시스템으로 제작한 콘텐츠의 각 구성 요소들마다 전력 소모가 다르다는 것 역시 고려되지 않았다.

3. 앱 기반 멀티미디어 콘텐츠 저작 시스템

본 논문의 전력 관리 기법은 본 연구진이 개발한 앱 기반 멀티미디어 콘텐츠 저작 시스템[11]에 적용되었다. 따라서 본 장에서는 해당 앱 기반 멀티미디어 콘텐츠 저작 시스템에 대해서 설명하고, 전력 관리 기법의 적용 방법에 대해서 기술한다.

한 개의 애플리케이션이 사용자의 요구를 모두 반영하는 것은 어려운 일이다. 또한 이를 사용자가 원하는 대로 변경하여 사용하거나 서로 다른 애플리케이션의 기능을 조합하여 사용하는 일은 불가능하다. 따라서 앱 기반 멀티미디어 콘텐츠 저작 시스템

템에서는 콘텐츠를 구성하는 앱을 액티비티 단위로 나누고, 서로 다른 앱에 속한 액티비티를 조합하여, 하나의 새로운 콘텐츠를 재구성할 수 있는 저작 시스템을 개발하였다[11]. 이에 대한 개념도는 (그림 1)과 같다.



(그림 1) 콘텐츠 애플리케이션의 액티비티 조합을 통한 새로운 콘텐츠 제작 개념도

선행 연구에서 제안한 휴대용 단말 기기를 통한 앱 기반 멀티미디어 콘텐츠 저작 시스템은 앱의 액티비티를 조합하여 콘텐츠를 구성할 수 있는 저작 애플리케이션과, 해당 콘텐츠에 따라 각 액티비티를 호출하여 콘텐츠를 실행하는 실행 애플리케이션, 통신을 위한 서버로 구성된다.

또한 저작 앱과 실행 앱 및 각종 콘텐츠 앱의 원활한 통신을 위해 라이브러리를 함께 개발하였다.

콘텐츠 제작 시스템의 동작 순서는 아래와 같다.

- ① 콘텐츠 애플리케이션 등록: 콘텐츠 애플리케이션 개발자는 콘텐츠 애플리케이션을 개발한 후, 애플리케이션이 가진 액티비티 정보를 시스템 관리 서버에 등록한다. 이 과정은 콘텐츠 애플리케이션을 등록하거나 수정할 때만 진행한다.
- ② 기기 등록: 실행 애플리케이션을 통해 서버에 연결하고, 해당 스마트 기기에 설치된 콘텐츠 애플리케이션의 목록을 서버에 등록
- ③ 기기 정보 및 애플리케이션 정보 전달: 저작 애플리케이션은 서버에 접속하여 등록된 기기의 목록을 요청한다. 서버는 기기 목록과 각 기기에 설치되어있는 애플리케이션의 목록을 저작 애플리케이션으로 전송한다.
- ④ 콘텐츠 저작: 저작 애플리케이션에서 서버에 등록된 스마트 기기의 목록과 각 기기들에 설치되

어 있는 애플리케이션의 목록과 정보를 받을 수 있으며, 이를 조합하여 새로운 콘텐츠를 구성한다.

- ⑤ 콘텐츠 전송: 저작 애플리케이션에서 구성된 콘텐츠를 서버를 통해 실행 애플리케이션에 전송한다.
- ⑥ 콘텐츠 실행: 실행 애플리케이션은 콘텐츠가 도착 시, 콘텐츠에 명시된 순서 및 상세정보에 맞추어 애플리케이션을 실행한다.

선행 연구에서는 저작한 콘텐츠를 사용하는 사용자의 전력에 대한 고려는 이루어지지 않았다. 이를 위해 본 논문에서 제시하는 전력 관리 기법을 앱 기반 멀티미디어 콘텐츠 저작 시스템[11]에 추가하였다.

4. 전력 관리 기법

4.1. 기본 개념

본 논문에서 제시하는 전력 관리 기법은 해당 시스템을 사용하여 저작된 콘텐츠의 개개인 사용자를 대상으로 한다. 제안되는 방법을 사용하면 저작자는 개별 사용자의 배터리 잔량을 확인 후, 개인의 기기 및 상황을 고려한 콘텐츠를 저작하는 것이 가능하다.

저작 시스템의 ③번 단계에서 기기의 정보를 전달 시, 해당 기기의 배터리 잔량 정보를 함께 전달한다. 또한 ④번 단계에서 저작자는 사용자의 콘텐츠 실행 시의 화면 밝기를 결정할 수 있다. 만약 저작자가 결정하지 않을 경우, 기기의 배터리 잔량에 맞춰 콘텐츠 사용자의 만족도를 고려하여 자동으로 화면 밝기를 결정한다. 이것을 유틸리티라고 한다. 이후 ⑥번 단계에서 실행 애플리케이션은 사용자의 설정에 맞게 자동적으로 화면의 밝기를 조절하여 콘텐츠 사용자의 배터리 소비를 줄일 수 있도록 하였다.

저작 시스템으로 저작된 콘텐츠는 애플리케이션

으로 이루어져 있다. 또한 각 앱의 액티비티마다 설정된 유틸리티가 다르다. 이는 각 액티비티의 사용 목적이 다르기 때문이다.

콘텐츠 저작 시스템은 전력 관리를 위해 10에서 100까지 총 10단계의 밝기 단계를 사용한다. 이때 저작 시스템은 콘텐츠 앱의 각 액티비티의 최소, 최대 밝기 정보를 미리 가지고 있어야 하며, 또한 사용자 만족도에 대한 정보 역시 미리 가지고 있어야 한다.

4.2 관리 모드

본 저작 시스템의 전력 관리는 수동 방식과 자동 방식으로 나뉜다. 수동 방식은 사용자가 콘텐츠를 만들 때 (④ 저작 단계) 직접 화면 밝기를 선택하는 방식이다. 콘텐츠 실행 시 시스템은 각 액티비티를 실행하기 전에, 화면의 밝기를 저작자가 설정한 밝기로 조절한 후 액티비티를 실행한다.

자동 방식은 시스템에서 배터리 잔량을 확인하고 자동적으로 밝기를 자동으로 선택하는 방식이다. 이를 위해 자동 방식을 위한 최적 알고리즘을 개발하고, 상기 기술한 ⑥번 콘텐츠 실행 단계에서 수행된다. 이를 위해서 스마트 기기의 현재 배터리 잔량을 확인 후, 이를 고려하여 에너지 한도를 설정하고, 에너지 한도 내에서 최고의 유틸리티를 가질 수 있도록 각 액티비티의 밝기를 설정하며, 이 때 밝기 선택 알고리즘을 사용한다.

4.3 유틸리티

자동 방식은 저작 시스템에서 스마트 기기의 현재 배터리 용량을 고려해 에너지 한도를 결정한다. 그리고 정해진 에너지 한도 내에서 최대의 사용자 만족도 합이 나올 수 있도록 각 액티비티의 사용자 만족도에 맞추어 화면의 밝기를 자동적으로 설정한다. 이것을 유틸리티라고 한다. 유틸리티는 개발자들의 경험에 의해서 정의되며, 이를 계산하기 위한 값인 $\alpha_i, \beta_i, B_{i,1}, B_{i,L_i}$ 은 콘텐츠 앱의 개발자가 본인의 경험을 통해 미리 정의된다.

안드로이드에서 제공하는 밝기는 0%~10%로

구성되어있고, 0%의 경우 화면이 아예 꺼진 상태이다. 그러므로 우리는 해당 시스템에서 사용할 밝기 단계를 10%에서 100%까지 10% 간격으로 총 10단계로 나누었다. 액티비티의 유틸리티는 개발자가 미리 지정한 밝기 단계의 범위 내에서만 사용하게 된다. 예를 들어, <표 1>의 color matching quiz 앱과 같이 40의 최소 밝기 단계와 100의 최대 밝기 단계를 가지는 액티비티의 경우, 50%, 60%, 70%, 80% 총 4단계의 밝기 단계만을 사용하게 된다.

<표 1> 연구에 사용된 콘텐츠 앱 및 유틸리티 정보

앱 이름	액티비티 수	유틸리티 관련 정보 ($\alpha_i, \beta_i, B_{i,1}, B_{i,L_i}$)
video player	1	(6/7, 14, 30, 100)
animal sound quiz	1	(1, 30, 20, 70)
color matching quiz	1	(7/6, -16, 40, 100)
Gesture recognition	2	(2, 0, 20, 50) (1.3, 47, 10, 40)
Sensor control	2	(1, 80, 10, 20) (1, 80, 10, 20)

<표 1>은 본 연구의 저작 시스템을 통한 콘텐츠 저작을 지원하기 위해 만들어진 콘텐츠 애플리케이션의 정보이다. 앱의 이름과 해당 앱이 가진 액티비티의 수, 그리고 유틸리티를 계산하기 위해 액티비티에 명세된 관련 정보들을 담고 있다.

유틸리티는 아래의 식 1과 같이 선형 관계를 가진다고 가정한다.

$$U_{i,j} = \alpha_i B_{i,j} + \beta_i, (j = 1, \dots, L_i) \quad (1)$$

총 N_c 개의 액티비티가 있다고 가정할 때, L_i 는 i 액티비티가 가진 밝기 단계 수이고, $B_{i,j}$ 를 $i(i = 1, \dots, N_c)$ 액티비티의 $j(j = 1, \dots, L_i)$ 번째 밝기 단계라고 한다.

i 컴포넌트의 최소 밝기인 $B_{i,1}$ 값을 α_i 라 하고, 최대 밝기인 B_{i,L_i} 값을 β_i 라고 한다. 만약 식 1에서 계산된 값이 액티비티에서 요구하는 최소 밝기

보다 낮거나, 최대 밝기보다 높을 경우 시스템 자체에서 액티비티에서 요구하는 최소, 최대 밝기로 변경되도록 했다.

각 밝기 단계 $B_{i,j}$ 는 유틸리티 $U_{i,j}$ 에 대응된다. 따라서 액티비티 i 의 동작 가능한 구성요소는 $\{(B_{i,1}, U_{i,1}), (B_{i,2}, U_{i,2}), \dots, (B_{i,L_i}, U_{i,L_i})\}$ 와 같이 $B_{i,j}$ 와 $U_{i,j}$ 쌍의 목록으로 나타낼 수 있다.

자동적으로 유틸리티를 설정하고 밝기를 정하기 위해서는 각 액티비티의 밝기 단계에서의 소비전력에 대한 정보가 필요하다. 소비전력은 직접 측정하거나 스마트 기기의 전력 모델로부터 값을 얻을 수 있다.

액티비티 i 의 j 단계의 밝기에서의 소비전력을 $P_{i,j}$ 라고 할 때, 소비전력의 정보는 $\{(B_{i,1}, P_{i,1}), \dots, (B_{i,j}, P_{i,j})\}$ 와 같이 밝기 단계와 대응시켜 쌍으로 표현된 목록을 등록해야 한다.

4.4 밝기 선택 알고리즘

각 액티비티의 화면 밝기는 저작자가 직접 설정하는 수동 방식 혹은 시스템이 에너지 한도(E^*)에 맞춰 설정하는 자동 방식으로 결정된다. E^* 는 줄(Joule, J) 단위를 사용한다. 한 콘텐츠에 N^c 개의 액티비티가 실행된다고 가정 할 때, E^* 에 맞춰 각 밝기 단계를 설정하기 위해서는 각 액티비티의 소비 전력 정보 $P_{i,j}$ 와 예상 실행 시간 T_i 가 필요하다.

$P_{i,j}$ 는 앞서 기술한 바와 같이 미리 등록되어 있는 정보를 사용하고, T_i 는 저작자가 저작 과정에서 이를 명시한다. 이를 바탕으로 i 액티비티의 밝기 단계인 S_i ($S_i = 1, \dots, L_i$) 를 선택하는 밝기 단계 선택 문제를 식 2와 같이 공식화 한다.

$$\begin{aligned} & \text{Maximize } \sum_{i=1}^{N^c} U_{i,S_i} \\ & \text{subject to } \sum_{m=1}^{N^c} P_{m,S_m} T_m \leq E^*, \forall m, S_m = 1, \dots, L_m \end{aligned} \quad (2)$$

밝기 단계 선택 문제를 해결하기 위해, 사용자의

만족도와 배터리 잔량에 맞추어 동적으로 밝기를 선택하는 밝기 선택 알고리즘을 다음과 같이 제안한다.

1. 초기화 단계: i 액티비티가 j 단계의 밝기에서 소비하는 에너지를 $E_{i,j}$ 라고 하자. $E_{i,j}$ 가 u 줄 단위로 측정되었다면, $E_{i,j} = \left\lfloor \frac{P_{i,j} T_i}{u} \right\rfloor$ 이다. 또한 1부터 i 액티비티 사이에 에너지 한도가 k ($k = 1, \dots, E^*$) 만큼 설정 되었을 때, i 가 가질 수 있는 최대 유틸리티를 $V_{i,k}^{\text{util}}$ 라 하고 $-\infty$ 로 초기화 한다. $V_{1,k}^{\text{util}}$ 은 식 3과 같이 초기화 한다. (그림 2)에서 해당 단계를 확인 할 수 있다.

$$V_{1,k}^{\text{util}} = \max_{j \in \{j | E_{1,j} \leq k\}} U_{1,j} \quad (3)$$

2. 재귀 단계: 만약 $V_{i-1,k-E_{i,j}}^{\text{util}} > 0$ 라면, $V_{i,j}^{\text{util}}$, ($i = 2, \dots, N^c$) 의 값은 다음 식 4의 계산 결과로 갱신한다. (그림 3)에서 해당 단계를 확인 할 수 있다.

$$V_{i,k}^{\text{util}} = \max_{j=1, \dots, L_i} \left\{ \max(V_{i,k-1}^{\text{util}}, V_{i-1,k-E_{i,j}}^{\text{util}} + U_{i,j}) \right\} \quad (4)$$

3. 역추적 단계: $V_{N^c, E^*}^{\text{util}}$ 은 N^c 액티비티가 E^* 의 에너지 한도에서 가질 수 있는 최대 사용자 만족도를 나타낸다. 2 단계에서 계산한 값을 바탕으로 하여, N^c 와 E^* 을 시작으로 각 액티비티의 밝기 단계를 역추적하며 결정한다. 결정된 밝기 단계 변수를 아래의 식 5로 정의한다.

$$V_{i,k}^{\text{bright}} (i = 1, \dots, N^c \text{ and } k = 1, \dots, E^*) \quad (5)$$

이는 에너지 한도가 k 일 때, 각각의 액티비티가 실행될 때 가질 수 있는 최대 사용자 만족도에서의

화면 밝기 단계를 뜻한다. (그림 4)에서 해당 단계를 확인 할 수 있다.

본 알고리즘은 위의 세 단계의 과정을 거쳐 화면의 밝기를 선택한다.

```

1: Temporary variables:  $i, j$  and  $k$ ;
2: for  $i = 1$  to  $N^c$  do
3:   for  $k = 1$  to  $E^*$  do
4:      $M_{i,k}^{util} \leftarrow 0$ ;
5:      $B_{i,k} \leftarrow 1$ ;
6:   end for
7: end for
8: for  $k = 1$  to  $E^*$  do
9:   if  $k \geq E_{1,1}^{unit}$  then
10:     $M_{i,k}^{util} \leftarrow \max_{j \in \{j | E_{i,j}^{unit} \leq k\}} U_{1,j}$ ;
11:     $t_{1,k} \leftarrow \arg \max_{j \in \{j | E_{i,j}^{unit} \leq k\}} U_{1,j}$ ;
12:   end if
13: end for

```

(그림 2) 밝기 선택 알고리즘의 초기화 단계

```

14: for  $i = 2$  to  $N^c$  do
15:   for  $k = 1$  to  $E^*$  do
16:     if  $M_{i-1,k-E_{i,j}^{unit}}^{util} > 0$  then
17:        $M_{i,k}^{util} \leftarrow \max_{j=\min_i, \dots, \max_i} \{ \max(M_{i,k-1}, M_{i-1,k-E_{i,j}^{unit}}^{util} + U_{i,j}) \}$ ;
18:       for  $j = \min_i$  to  $\max_i$  do
19:         if  $M_{i-1,k-E_{i,j}^{unit}}^{util} + U_{i,j} > U_{i,j}$  then
20:            $M_{i,k} \leftarrow M_{i-1,k-E_{i,j}^{unit}}^{util} + U_{i,j}$ ;
21:            $B_{i,k} \leftarrow j$ ;
22:         end if
23:       end for
24:     end if
25:   end for
26: end for

```

(그림 3) 밝기 선택 알고리즘의 재귀 단계

```

27:  $i \leftarrow N^c, k \leftarrow E^*$ ;
28: while  $i > 0$  do
29:    $S_i \leftarrow B_{i,k}$ ;
30:    $k \leftarrow k - E_{i,B_{i,k}}^{unit}$ ;
31:    $i \leftarrow i - 1$ ;
32: end while

```

(그림 4) 밝기 선택 알고리즘의 역추적 단계

(그림 2, 3, 4)는 본 알고리즘의 의사 코드(pseudo code)이다. 2 줄에서 13 줄까지 초기화 단계, 14 줄에서 26 줄까지 재귀 단계, 27 줄에서 32 줄까지는 역추적 단계를 수행한다. 본 알고리즘의 시간 복잡도는 $O(N^c E^* \max_{i=1, \dots, N^c} L_i)$ 이다.

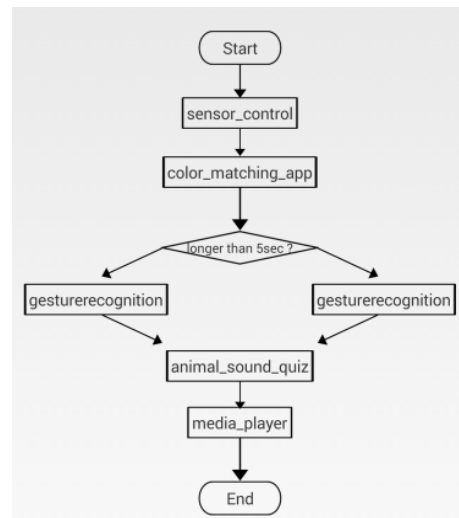
만약 액티비티의 실제 실행 시간이 예측 시간보

다 오래 걸릴 경우, 콘텐츠의 에너지 소비량이 정해진 에너지 한도를 초과하는 것을 방지하기 위해 이후의 액티비티 최소 밝기 단계만을 선택하도록 한다. 반대로 잔량 실행 시간보다 빨리 종료되었을 경우, 사용자 만족도 향상을 위해 밝기를 증가시킬 수 있다. 두 가지 상황에 공통적으로, 실제 액티비티 종료 후 실제 실행 시간을 바탕으로 에너지 한도를 다시 계산하고, 다음 액티비티를 실행하기 전에 밝기 선택 알고리즘을 다시 실행하여 다음 액티비티 실행에 사용될 밝기 단계를 결정한다.

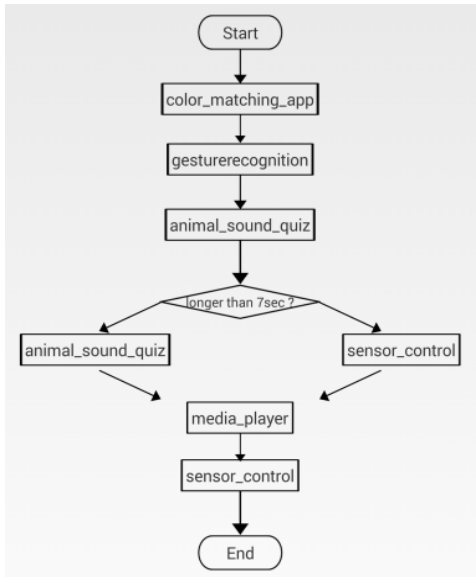
5. 실험 결과

본 논문에서 제안한 밝기 선택 알고리즘의 효율성을 검증하기 위해 LCD 디스플레이를 사용하는 LG G3 스마트폰의 에너지 소비를 측정하였으며 이때 Monsoon 사의 전력 측정기인 Power monitor를 이용하였다.

실험을 위해 본 연구의 저작 시스템을 통해 콘텐츠를 따로 저작하였다. 해당 콘텐츠들은 <표 1>의 애플리케이션의 액티비티들을 조합하여 저작되었다. (그림 5, 6)은 실험에 사용한 순서도 형태의 2가지의 콘텐츠이다.

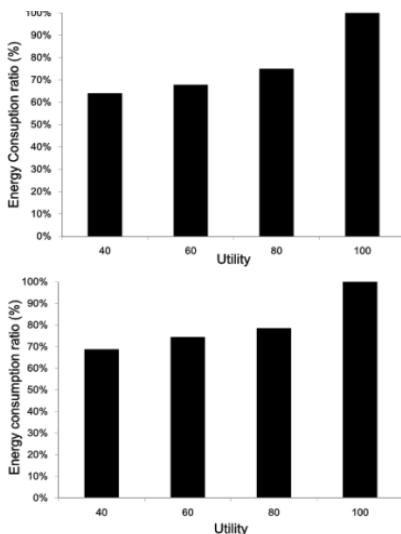


(그림 5) 실험에 사용한 콘텐츠 순서도 첫 번째 예제



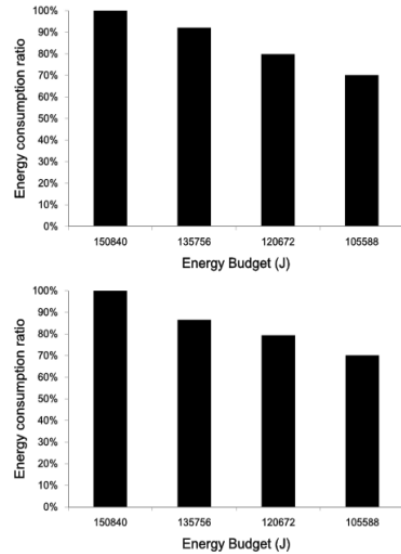
(그림 6) 실험에 사용한 콘텐츠 순서도 두 번째 예제

유틸리티는 시스템이 에너지 한도(E^*)에 맞춰 자동적으로 설정되도록 식 1을 사용하여 계산된다. 사용자 만족도가 에너지 소비에 어떠한 영향을 미치는지 비교하기 위해, 각 콘텐츠의 유틸리티를 달리 설정하여 실행하고 그때의 에너지 소비량을 측정하였다.



(그림 7) 선택한 유틸리티에 대한 전체 밝기 대비 에너지 소비량

그 결과, (그림 7)과 같이 40의 사용자 만족도를 설정하여 콘텐츠를 실행 할 경우 최대 유틸리티에 비해 전체의 31%에서 36% 정도 에너지 소비가 감소한 것을 볼 수 있다.



(그림 8) 에너지 한도에 따른 에너지 소비

해당 논문에서 제안한 알고리즘의 효율성을 검증하기 위해, 각 콘텐츠를 자동 유틸리티 설정 방식으로 설정하고 E^* 을 달리하여 실험을 진행하였다.

실험의 결과는 (그림 7)과 같이 나왔으며, E^* 이 증가할수록 밝기 선택 알고리즘에 의해 높은 밝기 단계가 선택이 되기 때문에 더 많은 에너지를 소비한 것을 볼 수 있다.

또한 전력 관리 자동 방식의 에너지 소비에 대한 에너지 한도 E^* 의 효과를 조사했다. (그림 8)은 측정된 에너지 소비량은 에너지 한도에 따라 증가함을 나타낸다.

<표 2>는 에너지 한도에 따른 유틸리티 증가, 에너지와 유틸리티의 상호 교환성을 확인할 수 있다.

<표 3>은 설정한 에너지 한도 대비 실제 에너지 소비량을 나타낸다. <표 2>와 <표 3>을 통해 본 논문에서 제안한 알고리즘을 이용하면 제한된 에너지 한도 내에서 효과적인 에너지 소비가 가능하다는

것을 볼 수 있다.

〈표 2〉 에너지 한도 대비 콘텐츠의 평균 유틸리티

	에너지 한도 (J)			
	150840	135756	120672	105588
콘텐츠 1	100	98.2	93	85.2
콘텐츠 2	100	97.2	94.2	82.5

〈표 3〉 에너지 한도 대비 콘텐츠 에너지 소비 비율

	에너지 한도 (J)			
	150840	135756	120672	105588
콘텐츠 1	96%	98%	96%	96%
콘텐츠 2	99%	95%	98%	99%

6. 결론

본 논문에서는 스마트 기기에서 전력 관리가 가능한 저작 시스템을 제안했다. 스마트 기기의 대중화 및 모바일 기술의 발전으로 앱 기반 멀티미디어 콘텐츠가 대중화되었다. 이러한 콘텐츠는 스마트 기기의 화면을 통해 많은 에너지 소비를 일으키며, 이는 스마트 기기의 에너지 소비의 가장 많은 부분을 차지한다. 그러므로 화면의 밝기 조정을 통해 에너지 소비를 줄일 수 있다. 하지만 화면의 밝기를 과도하게 줄일 경우 사용자의 만족도를 저하시킬 우려가 있다.

우리는 콘텐츠 저작 시스템에서 사용자 만족도를 고려한 화면 밝기 조절을 통해 전력을 관리할 수 있는 기법을 제시했다. 제시한 전력 관리 기법에는 ① 저작자가 직접 화면의 밝기를 결정할 수 있는 수동 방식과 ② 시스템이 에너지 한도 내에서 최적의 화면 밝기를 결정하는 자동 방식이 있으며 이를 위해 에너지 소비와 콘텐츠의 효용성 간의 균형을 맞추기 위해 밝기 선택 알고리즘을 제안했다.

본 알고리즘의 효율성을 검증하기 위해 진행한 LCD 디스플레이를 사용하는 LG G3 스마트폰을 이용하여 실험을 진행했다. 실험의 결과를 통해 사용자 만족도를 유지하면서, 배터리 잔량을 효과적

으로 활용할 수 있다는 것을 보였다.

본 논문의 전력 관리 기법은 콘텐츠 저작 시스템에서 효과적으로 전력을 관리할 수 있는 기능을 제공하는데 도움을 줄 것이다.

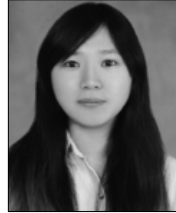
참고문헌

- [1] D. Bulterman and L. Hardman, "Structured multimedia authoring", ACM Transaction on Multimedia Computing, Communications and Applications, 1(1):89-99, January 2005.
- [2] Y.-J. Liu et al., "An interactive SpiralTape video summarization." IEEE Trans. Multimedia, vol.18, no.7, pp.1269-1282, July 2016.
- [3] 홍수진, 이미영, 임철수, 백성욱, "지적장애 아동을 위한 콘텐츠 저작시스템 설계", 한국 차세대 컴퓨팅 학회 논문지, 제 8권 제 6호, pp.27-36, 2012. 12
- [4] C. Ma, Y. Liu, D. Teng, G. Dai, "Sketch-based annotation and visualization in video authoring", IEEE Transactions on Multimedia, 14(4):1153-1165, August 2012.
- [5] B. Abu-Naim and W. Klas, "Smart authoring and sharing of multimedia content in personal area networks based on subject of interest," in Proc. IEEE Int. Conf. Multimedia Expo Workshops, July 2014, pp. 1-6.
- [6] 정현준, 유영환, "IPTV에서의 주관적 채감품질 평가 방법에 대한 연구", 한국 차세대 컴퓨팅 학회 논문지, 제 7권 제 2호, pp.40-48, 2011. 4
- [7] T. Jokela, J. Lehtikainen, H. Korhonen, "Mobile multimedia presentation editor: Enabling creation of audio-visual stories on mobile devices", In Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pages 63-72, April 2008.
- [8] T. Tan, T. Okoshi, A. Misra, and R. Balan, Focus: A usable & effective approach to oled

- display power management. In Proceedings of the ACM Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, pages 573-582, September 2013.
- [9] X. Chen, K. Nixon, H. Zhou, Y. Liu, and Y. Chen. Fingershadow: An oled power optimization based on smartphone touch interactions. In HotPower'14, October 2014.
- [10] B. Kecen and A. Ananda. Parvai hvs aware adaptive display power management for mobile games. In IEEE Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking, pages 21-26, January 2014.
- [11] D. Lee, J. Park, M. Song, "An App-Based Authoring System for Personalized Sensory Stimulation of Children With Developmental Disabilities", IEEE Access, 5:10583-10593, June 2017.
- [12] 정현준, 유영환, "모바일 방송 통신 시스템에서 QoE를 위한 서비스 품질 개선 모델", 한국 차세대 컴퓨팅 학회 논문지, 제 8권 제 6호, pp.6-16, 2012. 12
- [13] H. Shim, N. Chang, and M. Pedram. A backlight power management framework for battery-operated multimedia systems. IEEE Design Test of Computers, 21(5):388-396, October 2004.

■ 저자소개

◆ 이다영



- 2016년 인하대학교 컴퓨터공학부 학사
- 2016년~현재 인하대학교 컴퓨터공학부 석사과정
- 관심분야: 모바일 플랫폼, 실시간 시스템, 임베디드 시스템, 멀티미디어 시스템

◆ 박진한



- 2014년 인하대학교 컴퓨터공학부 학사
- 2014년~2016 인하대학교 컴퓨터공학부 석사
- 2016년~TmaxSoft
- 관심분야: 실시간 시스템, 임베디드 시스템

◆ 송민석



- 1996년 서울대학교 컴퓨터공학과 학사
- 1998년 서울대학교 컴퓨터공학부 석사
- 2004년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 박사
- 2005년~현재 인하대학교 컴퓨터공학부 부교수
- 관심분야: 실시간 시스템, 임베디드 시스템, 멀티미디어 시스템