

이동단말기의 배터리 특성을 고려한 프레임 우선순위 기반 적응적 스트리밍 미디어 서비스

(Adaptive Streaming Media Service Based on Frame Priority Considering Battery Characteristics of Mobile Devices)

이 좌 형[†] 임 동 선^{**} 임 화 정[†] 정 인 범^{***}
(Joahyoung Lee) (Dongsun Lim) (Hwajung Lim) (Inbum Jung)

요약 최근 컴퓨터 기술과 네트워크 기술의 급속한 발전과 보급으로 유선환경에서만 아니라 무선 환경에서도 이동단말기를 이용하여 네트워크에 접속하여 다양한 작업을 수행할 수 있게 되었다. 사용자들이 네트워크를 통해 이용하는 다양한 어플리케이션들 중에 스트리밍 미디어를 이용하는 어플리케이션의 비중이 높아지고 있으며 이는 유선환경뿐만 아니라 무선 환경에서도 마찬가지이다. 스트리밍 미디어는 다른 데이터들에 비해 크기가 매우 크고 높은 네트워크 대역폭과 많은 컴퓨팅 자원을 필요로 한다. 스트리밍 미디어 서비스를 낮은 대역폭과 적은 컴퓨팅 자원을 가지는 이동단말기를 통해 이용할 경우 사용자 환경에 맞게 특화된 서비스가 아니라면 안정적인 서비스를 제공받지 못할 것이다. 특히 이동단말기에서는 배터리를 통한 제한된 에너지 환경을 가지고 있으므로 스트리밍 미디어의 재생을 끝까지 보장하기 위해서는 실시간으로 변화되는 에너지에 대하여 적응적으로 스트리밍을 조절하여야 한다. 본 논문에서는 스트리밍 미디어 서비스 시에 배터리 특성을 반영하는 배터리 모델을 이용하여 이동 단말기의 잔류시간을 예측하고 이를 바탕으로 완전한 상영시간을 보장할 수 있도록 전송되는 프레임의 수를 동적으로 조절하는 프레임별 전송 우선순위 정책을 연구하였다. 제안하는 기법은 적은 컴퓨팅 자원을 사용하면서 배터리 상태에 따라 동적으로 스트리밍을 조절하므로 사용자들에게 완전한 상영시간을 보장한다.

키워드 : 이동단말기, 배터리 특성, 에너지 인식, 스트리밍 미디어

Abstract With the advance and proliferation of computer and wireless network technology, it is common to access to network through the wireless network using mobile device. The ratio of using the streaming media out of many applications through the network is increasing not only in the wired network but also in the wireless network. The streaming media is much bigger than other contents and requires more network bandwidth to communicate and more computing resources to process. However the mobile devices have relatively poor computing resource and low network bandwidth. If the streaming media service is provided for mobile devices without any consideration about the network bandwidth and computing power, it is difficult for the client to get the service of high quality. Since especially mobile devices are supported with very limited energy capacity from the battery, the streaming media service should be adjusted to the varying energy state of mobile devices to ensure the complete playback of streaming media. In this paper, we propose a new method to guarantee the complete playback time of the streaming media for the mobile clients by dynamically controlling transmitted frame rate to the client according to the estimated available time of mobile device using

· 본 연구는 산업자원부와 한국산업기술평산단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

논문접수 : 2006년 4월 21일

심사완료 : 2007년 8월 31일

† 학생회원 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과
jlee@snslab.kangwon.ac.kr
hjlim@kangwon.ac.kr

** 정 회 원 : 한국전자통신연구원 u-sw공학연구팀
강원대학교 컴퓨터정보통신공학과
dslim@snslab.kangwon.ac.kr

*** 정 회 원 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 교수
ibjung@kangwon.ac.kr
(Corresponding author)

: 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 정보통신 제34권 제6호(2007.12)

Copyright©2007 한국정보과학회

battery model reflecting the characteristic of the battery. Since the proposed method controls the number of frames transmitting to the client according to the energy state of the mobile device, the complete playback time is guaranteed to mobile clients.

Key words : mobile client, battery characteristic, energy aware, streaming media

1. 서론

최근 컴퓨터 기술과 네트워크 기술의 급속한 발전과 보급으로 유선환경에서만 아니라 무선 환경에서도 이동단말기를 이용하여 네트워크에 접속하여 다양한 작업을 수행할 수 있게 되었다. 이동단말기로는 비교적 많은 컴퓨팅 자원을 가지는 노트북에서부터 저사양의 PDA나 휴대폰 등 다양한 기기들이 있으며 각 단말기별로 CPU나 저장공간, 디스플레이 장치 등에 다양한 특성을 가진다. 이동단말기가 이용하는 무선네트워크 환경도 노트북이나 PDA 등에서 사용하는 무선랜이나 휴대폰에서 사용하는 무선 전화망처럼 다양하며 단말기와 마찬가지로 다양한 특성을 가진다. 무선네트워크 환경에서 사용자는 유선네트워크와 동일한 서비스를 이용하지만 환경이 다르기 때문에 서비스 제공자 측에서는 사용자의 환경에 맞게 서비스를 특화하여 제공하여야 한다[1-4].

사용자들이 네트워크를 통해 이용하는 다양한 어플리케이션들 중에 스트리밍 미디어를 이용하는 어플리케이션의 비중이 높아지고 있으며 이는 유선환경뿐만 아니라 무선 환경에서도 마찬가지이다. 스트리밍 미디어는 다른 데이터들에 비해 크기가 매우 크고 높은 네트워크 대역폭과 많은 컴퓨팅 자원을 필요로 한다. 이를 낮은 대역폭과 적은 컴퓨팅 자원을 가지는 이동단말기를 통해 이용할 경우 사용자 환경에 맞게 특화된 서비스가 아니라면 안정적인 서비스를 제공받지 못할 것이다. 이동단말기가 가지는 제한점으로는 낮은 네트워크 대역폭, 적은 저장공간, 그리고 적은 컴퓨팅 자원 등을 들 수 있으며 이러한 사항들을 고려하여 안정적인 스트리밍 미디어 서비스를 제공하고자 많은 연구들이 진행되어져 왔다[5,6].

특히 이동단말기에서는 배터리를 통한 제한된 에너지 환경을 가지고 있으므로 스트리밍 미디어의 재생을 끝까지 보장하기 위해서는 실시간으로 변화되는 에너지에 대하여 적응적으로 스트리밍을 조절하여야 한다. 기존의 이동단말기를 위한 에너지 인식 스트리밍 미디어 서비스에 관한 대부분의 연구에서는 배터리에서 제공되는 배터리의 남은 전류량을 전류소모량으로 나누어 배터리의 잔류시간을 예측한다. 예측된 배터리의 잔류시간이 스트리밍 미디어의 상영시간보다 작을 경우 에너지 소모량을 줄이는 방법을 적용한다. 이러한 방식은 배터리가 제공할 있는 총 전류량이 일정하며 이동단말기에 발생하는 부하가 일정할 경우 배터리에서 소모되는 전류

량도 일정하다는 가정하고 있다. 하지만 소모전류량에 따라 배터리가 제공할 수 있는 총 전류량이 일정하지 않으며 방전이 진행됨에 따라 같은 프로그램이 소모하는 전류가 일정하지 않고 증가하는 등 배터리는 다양한 비선형적인 특성을 가지고 있다. 배터리의 이러한 특성들을 고려하지 않고 배터리의 잔류시간을 계산할 경우 실제로 서비스 가능한 시간보다 길게 예측되어 스트리밍 미디어 서비스를 끝까지 이용하지 못하고 배터리의 자원이 고갈될 수 있다. 본 논문에서는 배터리에 특성을 반영하는 배터리 모델을 이용하여 배터리의 잔류시간을 보다 정확히 예측함으로써 스트리밍 미디어 서비스를 끝까지 이용할 수 있도록 한다[12-14,18].

본 논문에서는 이동단말기의 에너지 상태에 따라 특화된 서비스를 대규모의 클라이언트에게 동시에 제공하기 위하여 단말기의 배터리의 전류소모량에 대한 연구를 진행한다. 정립된 이동단말기의 배터리 소모량의 특징에 기반하여 서비스 중인 스트리밍 미디어의 프레임율을 적응적으로 조절하는 방식인 배터리 특징 기반의 적응적 스트리밍 미디어 서비스(ASMS-BC : *Adaptive Streaming Media Service based on Battery Characteristics*)를 제안한다. 본 논문에서 제안하는 ASMS-BC는 적응적 스트리밍 미디어 서비스를 위하여 MPEG-2 미디어의 디코딩시 일부의 프레임이 없더라도 다른 프레임들은 정상적으로 디코딩과 재생이 가능하다는 특징을 이용한다. 제안된 기법은 이동단말기의 에너지 상태에 따라 전송되는 프레임들의 전송율을 조절하므로 스트리밍 미디어의 완전한 상영시간을 보장한다. 또한 MPEG미디어의 프레임별 특성을 이용한 프레임별 전송 우선순위 정책을 사용하므로 프레임 전송률이 낮아지더라도 미디어 품질이 최대화 되도록 고려하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 배터리 특성에 대해 알아보고 이를 바탕으로 가용시간을 계산하는 방식에 대해 설명한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 시스템인 ASMS-BC의 동작방식과 구조를 설명하고 4장에서는 제안된 시스템의 성능을 측정하고 결과를 분석한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론을 맺고 향후 연구계획을 설명한다.

2. 관련연구

2.1 리튬이온 배터리의 방전특성

이동단말기의 전원 공급원인 배터리는 화학적 성질에

따라 여러 가지가 있는데 리튬이온 배터리는 높은 에너지 밀도와 가벼운 무게 때문에 많은 휴대용 기기에 사용되고 있다. 배터리를 구분할 때 큰 요소가 되는 배터리의 총용량은 배터리의 전압이 차단전압까지 떨어질 동안 배터리가 제공한 총전력량을 말한다. 이것은 전지의 양극과 음극에서 산화, 환원 반응으로 생성되는 전하들의 총량이며 배터리 전압과 밀접한 관련이 있다. 총용량은 배터리를 얼마나 사용할 수 있는지에 대한 배터리 잔류시간을 예측하는데 중요한 요소이므로 이를 파악하는 하는 것이 중요하다. 하지만 배터리의 총용량은 일정하지 않고 부하에 따라 그 크기가 달라지기 때문에 계산하기가 쉽지가 않다. 그림 1은 방전전류에 따른 총용량의 변화를 나타내는데 방전전류가 커지면 총용량이 줄어드는 것을 알 수 있다[19]. 배터리에서 방전되는 전류가 커지면 총용량이 감소하기 때문에 배터리 용량은 기준 방전전류가 흐르고 있을 때 제공할 수 있는 표준 용량과 다양한 방전전류들이 흐를 때 제공되는 실제용량으로 구분된다. 이렇게 배터리의 총용량이 일정하지 않는 현상은 배터리의 방전 특성인 Rate Capacity Effect 와 Recovery Effect 때문이다[18].

Rate Capacity Effect는 상당히 큰 전류가 흐를 경우 이온의 확산속도가 필요보다 늦고, 환원반응에 의한 침전물이 빨리 생성되고 이는 추가적인 산화환원반응을 방해하여 전압이 차단전압으로 일찍 감소하여 발생 가능한 전하의 양이 줄어들어 제공할 수 있는 전력량이 줄어드는 것을 말한다. 반면 Recovery Effect는 방전전류의 크기가 줄어들거나 없어질 경우, 이온의 확산 정도가 충분해져 배터리 전압이 증가되어 전지가 제공할 수 있는 용량이 늘어나는 것을 말한다. 또 다른 방전특성으로 일정한 부하전류로 방전했음에도 불구하고 방전이 진행되면서 배터리 전압이 낮아짐과 동시에 방전전류가 계속 증가하는 경향이 있다. 그림 2는 초기 전류 소모량이 2400mA 정도인 부하를 전지에 연결했을 때 방전이 진행되면서 전류 소모량이 증가하는 것을 보여준다. 이

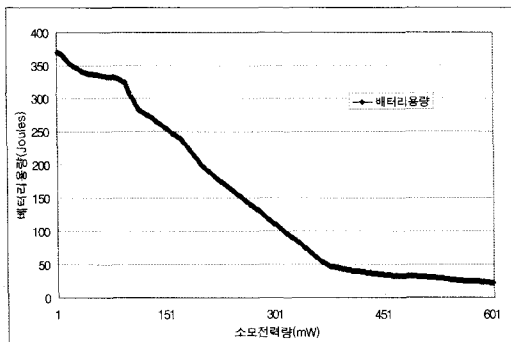


그림 1 소모전력량에 따른 배터리용량의 변화

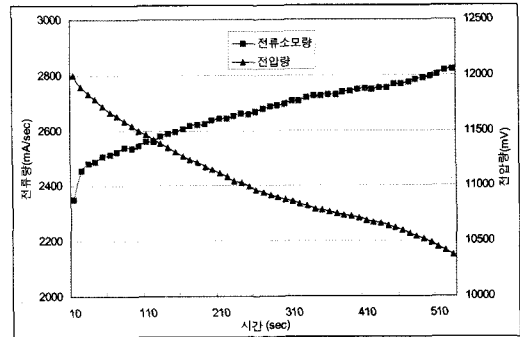


그림 2 방전시간에 따른 전압과 전류소모량의 관계

현상은 배터리가 방전되는 동안에 전압이 낮아지지만 연결된 부하에 동일한 전압을 제공하기 위해 DC/DC 컨버터에서 소모되는 전력이 커져 전류가 증가되어 흐르게 되기 때문이다[19].

2.2 ACPI에서의 가용시간 계산방식

ACPI(Advanced Configuration and Power Interface)는 1997년 1월에 인텔, 마이크로소프트, 도시바 등의 3사에 의해 발표되었다[9,10]. 이는 퍼스널 컴퓨터의 전원 관리를 위한 인터페이스 규격으로, 그 전까지는 업체마다 각기 달랐던 전원 관리 기능을 통일해 BIOS 주도에서, OS주도로 전원 관리 체계 변경을 꾀하려는 것이다. 이 규격을 따르면 OS가 전원에 대한 모든 관리를 하고, 필요한 장치에만 전력을 공급할 수 있는 구조를 가능하게 한다.

ACPI는 스마트 배터리로부터 설계용량, 최종적으로 완충되었을 때의 용량, 현재 남은 용량 그리고 현재 소모량에 대한 정보를 받아 배터리 수명을 예측한다. 배터리 용량이 하한선 밑으로 내려갔을 경우나 배터리 수명이 얼마 남지 않았을 경우 경고 메시지를 보내고 시스템을 종료시키는 작업도 ACPI가 수행한다. ACPI에서는 배터리의 수명을 단순히 배터리의 현재용량과 소모량으로만 계산한다.

$$\text{남은배터리수명} = \frac{\text{남은배터리용량}}{\text{현재배터리소모량}} \quad (1)$$

2.3 Rakhmatov Battery Model

Rakhmatov et al.[20]은 수학적식을 이용하여 리튬이온 배터리 내부에서 일어나는 전기적 그리고 화학적 작용을 설명하였다. Rakhmatov는 리튬이온 배터리의 수명을 계산하기 위해 부하가 일정한 경우와 가변적인 경우 모두에 대하여 가용시간을 계산하는 배터리 모델을 제안하였다.

$$I = \alpha \left(L + 2 \sum_{m=1}^{10} \frac{1 - e^{-\beta^2 m^2 L}}{\beta^2 m^2} \right) \quad (2)$$

α 파라미터는 배터리의 용량을 나타내며 β 는 배터리의

비선형적 특성을 나타낸다. L 은 원하는 시간을 나타내며 I 는 배터리에 남아있는 용량(a)로 원하는 시간(L)만큼 배터리를 사용하기 위해서 소모해야할 전류량을 나타낸다. 이 모델은 방전이 진행됨에 따라 동일한 부하일 지라도 전지전압이 낮아짐에 따라 방전전류가 높아지는 특성을 고려하고 있다.

2.4 배터리 가용시간 예측

이동단말기에 스트리밍 서비스를 제공할 때 에너지 소모를 고려하는 연구들에서는 대부분 하나의 스트리밍 미디어를 재생하면 상영시간 동안 처음부터 끝까지 동일한 양으로 에너지가 감소하는 것으로 간주하고 있다 [1]. 이러한 연구에서는 동영상 별로 프레임율, 비트율, 그리고 해상도 등에 따라 에너지가 소모되는 등급을 나누어 놓는다. 사용자가 서비스 요청시 사용하는 단말기의 에너지 상태와 요청한 스트리밍 미디어의 상영시간을 비교하여 적합한 등급을 찾아 해당 등급에 맞게 특성들을 변경하여 사용자에게 전송한다. 여기서 단말기가 소모하는 에너지의 양이 일정하다고 가정하지만 실제로는 배터리 특성에 따라 에너지 소모량이 시간에 비례하여 증가하기 때문에 적합하다고 선택된 등급의 스트리밍 미디어를 끝까지 이용하지 못하고 단말기 시스템의 배터리가 모두 방전되는 상황이 발생한다.

이동단말기에서 소모되는 에너지의 양이 일정하다고 간주하는 것은 스트리밍 미디어 서비스시 이동단말기의 에너지 소모량을 측정하는 방식에서 비롯된다. 대부분의 연구에서 이동단말기가 소모하는 에너지의 양을 정확하게 측정하기 위해서 그림 3에서처럼 이동단말기가 사용하는 배터리를 제거한 상태에서 동일한 기능을 하는 외부전원을 연결하여 측정한다[1]. 외부전원과 연결된 전류소모량을 측정하는 기기를 통해 스트리밍 미디어가 상영되는 동안에 소모되는 에너지의 양을 측정한다. 시간이 지나면서 전압이 감소하는 배터리와는 달리 외부전원의 경우 시간이 지나도 전압이 일정하기 때문에 소모되는 에너지의 양도 일정하게 된다. 이러한 방식으로 스트리밍 미디어 서비스시 소모되는 에너지양을 측정할 경우 순간적으로 소모되는 에너지는 정확히 측정할 수

있을지 모르나 시간이 지남에 따라 전류소모량이 증가하는 것과 같은 배터리의 특성을 반영하지 못하게 된다.

외부전원을 연결하여 에너지를 공급하면서 전류 소모량을 측정하면 시간이 지나더라도 소모되는 에너지가 일정하기 때문에 이동단말기의 잔류시간을 계산하기 위해서는 ACPI에서처럼 남은 전류량을 전류소모량으로 나누어주면 된다. 이런 방식으로 잔류시간을 계산하면 초기에는 잔류시간이 길게 나오지만 이동단말기에 발생하는 부하가 일정하더라도 시간이 지남에 따라 소모되는 전류량이 증가하여 실제 잔류시간이 초기에 예측된 것보다 짧아지게 된다. 예측된 잔류시간에 도달하기 전에 단말기의 배터리가 고갈되면 스트리밍 미디어 서비스를 완전히 이용하지 못하게 된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 Rakhmatov battery model을 이용하여 실시간으로 이동단말기의 가용시간을 예측한다. 외부전원이 연결된 상태에서 에너지 소모량을 측정하고 이를 이용하여 잔류시간을 계산 하는 것이 아니라 이동단말기에 배터리가 장착된 상태에서 스트리밍 미디어 서비스를 제공하면서 실제 소모되는 전류량을 측정하고 이를 Rakhmatov battery model에 적용하여 이동단말기의 가용시간을 예측한다. Rakhmatov battery model은 시간이 지나면서 소모되는 전류량이 증가하는 배터리 특성을 반영하기 때문에 기존 방식에 비해 보다 정확하게 이동단말기의 잔류시간을 예측할 수 있다.

그림 4는 ACPI방식에서와 배터리 모델에서의 잔류시간 계산방식을 보여준다. 그림에서 x 축은 총 전류량으로 배터리가 제공할 수 있는 잔류시간을 나타내며 y 축은 스트리밍 미디어 서비스시 전류소모량을 나타낸다. 그림의 (a)는 ACPI방식에서 단순히 총전류량을 전류소모량으로 나누어 배터리의 잔류시간을 예측하는 것을 보여준다. 그림의 (b)는 배터리 모델에서 시간이 흐름에 따라 증가하는 전류소모량을 고려하여 배터리의 잔류시간을 예측하는 것을 보여준다. (a)에서 ①은 전류소모량과 잔류시간을 곱하여 구한 총전류량을 나타낸다. (b)에서는 ②와 ③의 합이 ①과 동일하다. 이는 시간에 따라 전류소모량이 증가하여 ④만큼의 전류량이 T' 까지 ③으로 소모되기 때문이다. (a)에서는 배터리의 특성을 고려하지 않기 때문에 초기 전류소모량이 시간에 상관없이 고정적으로 계산된다. 하지만 실제로는 (b)에서처럼 시간에 비례하여 전류소모량이 증가하기 때문에 배터리의 잔류시간은 T 에서 T' 으로 줄어든다. 따라서 초기의 전류소모량으로만 배터리의 잔류시간을 예측할 경우 T 만큼의 시간이 계산되지만 실제로는 T' 만큼만 배터리가 잔류할 수 있기 때문에 $T - T'$ 만큼의 시간은 스트리밍 미디어의 상영을 보장하지 못하는 것이다.

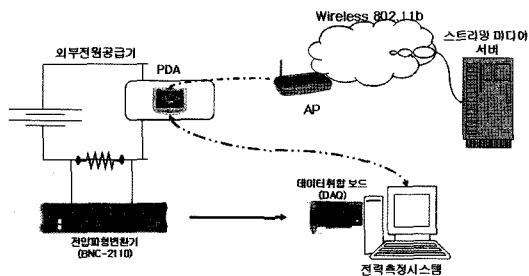


그림 3 이동단말기의 에너지 소모량 측정방식

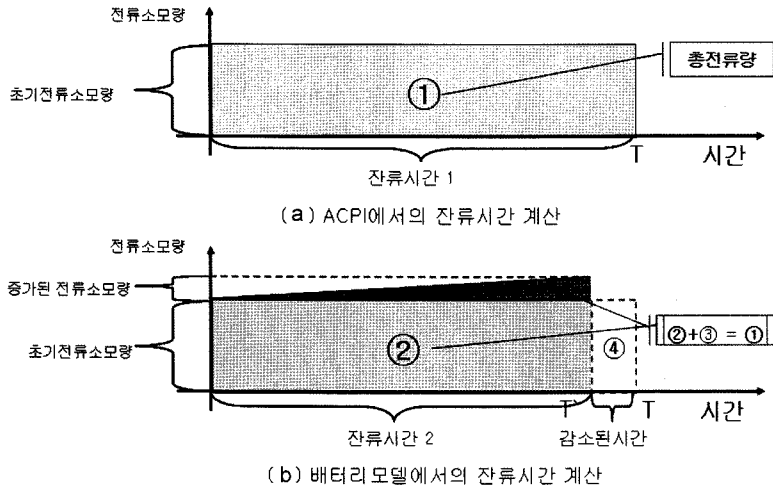


그림 4 배터리의 잔류시간 계산방식 비교

또한 이동단말기에서 실행되는 어플리케이션의 수와 종류가 다양하고 사용자가 다양한 작업을 수행하기 때문에 소모되는 전류량은 시시각각 변화가 심하다고 볼 수 있다. 기존 논문들에서는 서비스 제공 전에 미리 소모되는 전류량을 측정하여 서비스 요청시 이 데이터를 이용하여 적합한 레벨에 미디어를 제공하기 때문에 시시각각 변하는 전류 소모량을 제대로 반영할 수 없다는 단점이 있다. 하지만 본 논문에서 제안하는 기법에서는 사전에 에너지 소모량을 측정하는 것이 아니라 실제 서비스를 이용하는 동안에 주기적으로 이동단말기에서 소모되는 전류 소모량을 측정하여 이를 바탕으로 잔류시간을 계산하기 때문에 이동단말기의 잔류시간을 보다 정확하게 예측할 수 있다.

3. 배터리 특성에 기반한 적응적 스트리밍 미디어 서비스(Adaptive Streaming Media Service based on Battery Characteristics)

본 논문에서는 이동단말기의 배터리 특성을 파악하고 이를 기반으로 배터리 모델을 적용하여 이동단말기의 에너지 상태에 따라 적응적으로 프레임율을 조절하여 전송함으로써 스트리밍 미디어 서비스의 완전한 상영시간을 보장하는 배터리 특성 기반의 적응적 스트리밍 미디어 서비스(ASMS-BC : Adpative Streaming Media Service based on Battery Characteristics)기법을 제안한다. ASMS-BC는 작업부하가 일정하더라도 시간에 따라 전류소모량이 증가하는 배터리의 특성을 반영하는 배터리 모델에 기반하여 이동단말기의 배터리의 에너지 상태에 따라 배터리의 잔류시간을 정확하게 예측한다. 예측된 잔류시간이 상영시간을 만족시키지 못할 경우

단말기의 잔류시간을 증가시키기 위하여 전송되는 프레임율을 조절하는 기법을 사용한다. ASMS-BC는 MPEG-2 미디어의 디코딩시 일부의 프레임이 없더라도 다른 프레임들은 정상적으로 디코딩과 재생이 가능하다는 특징을 이용한다. 각각의 프레임은 다른 프레임에 참조하거나, 다른 프레임에 의해 참조되는 특성에 기반하여 다른 프레임들이 참조하지 않는 프레임들부터 전송에서 제외시키는 프레임별 전송 우선순위 정책을 정립한다. ASMS-BC는 배터리 모델에 따라 단말기의 잔류시간을 예측하고 잔류시간에 따라 프레임별 전송 우선순위 정책을 적용함으로써 이동단말기의 가용한 에너지로 최대한의 QoS를 보장하고자 한다.

ASMS-BC는 트랜스코딩처럼 디코딩과 인코딩 과정을 거쳐서 스트리밍 미디어를 변경하는 것이 아니라 단순히 MPEG-2의 시스템 헤더를 분석하여 프레임타입만 판별하여 프레임별 전송 우선순위 정책을 적용한다. 디코딩과 인코딩 작업으로 인해 많은 컴퓨팅자원을 필요로 하는 트랜스코딩 기법에 비해 단순히 헤더만 분석하는 ASMS-BC는 매우 적은 컴퓨팅 자원만으로도 많은 수의 클라이언트에게 스트리밍 미디어 서비스가 가능하다. 또한 기존 연구들에서는 배터리의 특성을 고려하지 않아 전류소모량이 항상 일정하다는 가정 하에 초기에 측정된 잔류시간에 적합한 스트리밍 미디어를 변경 없이 끝까지 전송한다. 하지만 시간에 따라 전류 소모량이 증가하기 때문에 완전한 상영시간을 보장하지 못한다. 이에 비해 ASMS-BC는 배터리의 특성을 반영하는 배터리 모델을 이용하여 가용시간을 정확히 측정하기 때문에 스트리밍 미디어 서비스의 완전한 상영시간을 보장할 수 있다.

3.1 프레임별 전송 우선순위 정책

프레임별 전송 우선순위 정책은 스트리밍 미디어의 프레임별로 특성을 파악하고 단말기로 전송할 때 파악된 특성에 따라 프레임별 우선순위를 결정하는 정책이다. 프레임의 종류와 위치에 따라 우선순위의 높고 낮음이 결정되며 우선순위가 낮은 프레임일수록 전송에서 먼저 제외될 수 있다. 프레임별 전송 우선 순위 정책에서는 MPEG 스트리밍 미디어에 있는 각각의 프레임별 중요도를 판별하고 이에 따라 전송 우선순위를 결정한다. 우선순위가 높은 프레임들은 우선순위가 낮은 프레임들이 모두 제외된 후에야 제외여부가 고려되어 전송이 최대한 보장된다. 프레임별 전송 우선순위를 무작위로 결정할 경우 중요한 정보를 가지는 프레임이 전송에서 먼저 제외되면 중요도가 낮은 프레임들은 전송이 되더라도 정상적으로 디코딩하기가 어렵기 때문이다.

프레임별 중요도는 해당 프레임을 전송에서 제외하였을 경우에 다른 프레임에 얼마만큼의 영향을 미치는가로 판단한다. 하나의 프레임이 다른 프레임들이 정상적으로 디코딩되는 것에 많은 영향을 미치는 경우 해당 프레임이 전송되지 않는다면 스트리밍 미디어의 화질이 많이 열화된다. 하지만 다른 프레임의 디코딩에 전혀 영향을 미치지 않는 프레임의 경우에는 해당 프레임이 전송되지 않더라도 스트리밍 미디어의 화질이 크게 열화되지는 않는다. 이에 따라 하나의 프레임이 다른 프레임의 디코딩에 미치는 영향을 기준으로 프레임별 우선순위를 결정하고 우선순위가 높은 프레임일수록 전송을 최대한 보장한다. 또한 전송 우선순위가 동일하다고 해서 프레임들을 연속적으로 전송에서 제외시키면 사용자가 느끼는 QoS가 낮아진다. 따라서 사용자가 느끼는 QoS에 기반하여 QoS 저하가 최소화되도록 전송에서 제외하는 프레임의 위치를 고려하여 우선순위 정책을

수립한다. 이렇게 함으로써 스트리밍 미디어의 화질 저하가 한부분에 집중되지 않도록 전체적으로 분산시킴으로써 사용자의 QoS를 최대한 보장한다.

MPEG 스트리밍 미디어의 기본 단위인 GOP(Group Of Picture)는 하나의 I프레임으로 시작하며 이를 참조하는 P프레임이 인코딩된 후 I프레임과 P프레임을 참조하는 B프레임이 인코딩된다. B프레임 인코딩이 끝나면 다시 P프레임이 인코딩되며 이를 참조하는 P프레임과 B프레임들이 순차적으로 인코딩된다. 스트리밍 미디어가 클라이언트에 전송되면 인코딩된 순서대로 참조한 프레임들을 참조하여 프레임들이 디코딩되어 화면에 상영된다[7,8].

프레임별 전송 우선순위 정책에서 B프레임들이 최상위의 우선순위로 제외대상이 되는데 B 프레임들은 다른 프레임들에 의해 참조되지 않기 때문에 순서에 상관없이 제외되어질 수 있기 때문이다. 그림 5에서 보듯이 I 프레임이나 P프레임 사이에 여러 개의 B프레임들이 있으며 전송되는 순서에 따라 순차적으로 디코딩된다. 비록 B프레임을 제외하는데 순서는 상관없지만 B프레임들을 앞에서부터 순차적으로 제외할 경우 재생되는 프레임들 간에 시간차가 커지는 문제점이 발생할 수 있다. 또한 일정한 시간 간격 내에 재생되는 프레임 수가 편차가 심해질 수 있기 때문에 사용자가 느끼는 QoS가 낮아지게 된다. 프레임을 조절에 따라 앞부분의 B프레임들은 모두 제외되고 뒷부분의 B프레임들은 전송될 경우 뒷부분은 자연스럽게 재생이 가능하지만 앞부분에는 화면이 끊기는 현상이 발생할 수 있다.

이는 I프레임이나 P프레임 사이에 존재하는 B프레임의 수가 많아질수록 심각해진다. 하나의 I프레임이나 P프레임을 재생하고 나서 한참 후에 다음 P프레임이나 I프레임을 재생하게 되므로 B프레임의 수만큼 재생간격

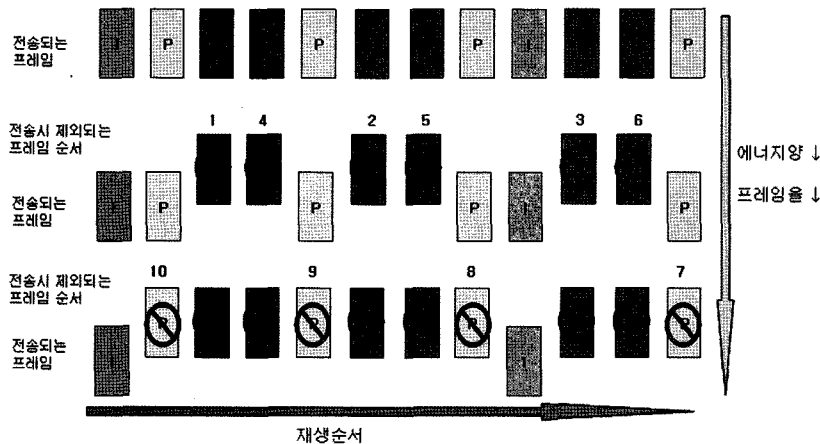


그림 5 ASMS-BC에서 프레임용 제외 순서

이 늘어난다. 즉 두 개의 I프레임이나 P프레임 사이에 존재하는 B프레임의 수에 비례하여 재생간격이 늘어나는 것이다. 이런 문제를 해결하기 위해서 ASMS-BC에서 사용하는 프레임별 전송 우선순위 정책에서는 B프레임들을 단순히 순차적으로 제외하는 것이 아니라 그림 5에서처럼 하나의 GOP 전체에 걸쳐 균형을 맞추어 제외한다. 이럴 경우 GOP내의 B프레임들이 앞과 뒤에서 차례대로 제외되기 때문에 B프레임들이 많더라도 프레임들이 재생되는 간격이 일정해진다.

그림 5에서 보여주듯이 프레임별 전송 우선순위 정책에서 모든 B프레임들이 제외되면 P프레임들이 제외대상이 된다. B프레임의 경우 다른 프레임에 의해 참조되지 않기 때문에 제외하는 순서가 재생되는 화질에 영향을 미치지 않는다. 하지만 P프레임의 경우 다른 프레임을 참조하여 디코딩된 후 다시 다른 프레임에 의해 참조되기 때문에 제외하는 순서를 무시할 수 없다. 디코딩시 참조되는 순서를 무시한 채 P프레임을 제외할 경우 다른 P프레임들이 참조할 프레임이 없어서 화면이 깨지게 된다. 이런 디코딩 에러는 이어지는 P프레임들 모두에 영향을 미쳐 정상적인 디코딩이 어려워진다. 이 디코딩 에러는 독립적으로 디코딩이 가능한 I프레임이 전송될 때까지 지속된다. 따라서 프레임율 조절시 참조순서에 따라 P프레임의 제외순서를 정해야 화질을 보장할 수 있다. 하나의 P프레임은 뒤의 P프레임으로부터 참조되며 이는 다음 I프레임이 나올 때까지 계속된다. 앞부분의 P프레임을 먼저 제외시키면 뒤에 있는 모든 P프레임들이 깨지지만 맨 뒤에 있는 P프레임부터 제외시킬 경우 참조하는 프레임들이 없어지기 때문에 디코딩에 영향을 미치지 않는다. 그림 5에서 보듯이 ASMS-BC의 프레임별 전송 우선순위 정책에서는 모든 B프레임들이 제외된 상황에서 프레임율 더 낮추어야 할 경우 GOP의 맨 끝에 있는 P프레임부터 제외시켜 나간다. B프레임의 경우 재생간격을 맞추기 위해 GOP전반에 걸쳐 끌고루 제외시키지만 P프레임의 경우 참조문제 때문에 이 방식을 적용시키기 힘들다.

3.2 배터리 모델에 기반한 동적 프레임율 구하기

스트리밍 미디어 서비스를 정상적으로 끝까지 완료할 수 있도록 하기 위해서는 이동단말기의 에너지 상태에 따라 프레임율을 조절하여 전송하여야 한다. 즉 현재의 이동단말기가 가지고 있는 에너지량과 앞으로 서버에서 클라이언트로 전송해야 할 남은 미디어를 상영하는데 필요한 에너지를 비교하여 프레임율을 조절해야 한다. 단말기가 가지고 있는 에너지가 상영하는데 필요한 에너지보다 많은 경우에는 전송되는 프레임율을 높여 서비스의 질을 높일 수 있다. 반대로 필요한 에너지보다 적은 양의 에너지가 단말기에 남아있는 경우에는 프레임별 전송 우선

순위 정책에 따라서 프레임율을 낮추어야 한다.

서비스가 제공되는 동안 단말기의 배터리가 잔류할 수 있도록 하기 위해서는 서비스 중인 스트리밍 미디어의 상영시간을 계산하고 상영시간만큼 이동단말기의 배터리를 가용할 수 있도록 하기 위한 전류 소모량을 계산하고 이에 맞도록 전송되는 프레임율을 조절하여야 한다. 스트리밍 미디어의 원래 프레임율과 앞으로 상영해야 할 남아있는 총 프레임수를 이용하여 스트리밍 미디어의 상영시간을 계산할 수 있다.

$$PT = \frac{NTRF}{OFR} \quad (3)$$

PT는 상영시간(Play Time)을 나타내며 NTRF는 스트리밍 미디어에 남아있는 총 프레임 수(Number of Total Remain Frames)를 의미한다. OFR이 의미하는 원래 프레임율(Original Frame Rate)은 ASMS-BC를 적용하지 않으면서 스트리밍 미디어 서비스를 제공할 경우 초당 전송되는 프레임 수를 의미한다. 즉 스트리밍 미디어에 설정되어 있는 프레임율을 뜻한다. 계산된 상영시간을 배터리 모델에 적용하여 상영시간을 만족시키기 위해 소모해야 할 전류량을 예측한다.

$$I_{estimated} = \frac{RBC}{PT + \sum_{m=1}^{10} \frac{1 - \epsilon - \beta^2 m^2 PT}{\beta^2 m^2}} \quad (4)$$

$I_{estimated}$ 는 예측된 전류 소모량을 의미하며 상영시간을 만족시키기 위해서는 예측된 전류소모량으로 에너지를 소모하도록 프레임율을 조절하여야 한다. RBC는 남아있는 배터리 용량(Remain Battery Capacity)을 의미하며 PT는 (3)번 수식에서 계산된 상영시간이다.

수식 (4)를 통해 전류 소모량 $I_{estimated}$ 이 예측되면 단위시간동안 각 프레임들이 소모하는 전류량의 합이 예측된 $I_{estimated}$ 보다 작거나 같게 되는 프레임수를 계산하여야 한다.

$$I_{estimated} \geq \sum_{n=1}^{NF_{Iframe}} I_{Iframe} + \sum_{n=1}^{NF_{Pframe}} I_{Pframe} + \sum_{n=1}^{NF_{Bframe}} I_{Bframe} \quad (5)$$

I_{Iframe} 와 I_{Pframe} 그리고 I_{Bframe} 은 프레임 I, P, 그리고 B프레임을 상영하는데 소모되는 전류량을 나타내며 NF_{Iframe} 과 NF_{Pframe} 그리고 NF_{Bframe} 는 단위 시간당 상영되는 I프레임과 P프레임 그리고 B프레임의 수를 나타낸다. 단위 시간 내에 각 프레임별로 소모되는 전류의 합이 예측된 전류 소모량 $I_{estimated}$ 보다 작거나 같아야 상영시간을 완전하게 보장할 수 있게 되는 것이다. 이 수식을 만족하는 각 프레임별 단위시간당 상영해야 할 프레임 수(NF_{Iframe} , NF_{Pframe} , NF_{Bframe})를 계산하여 앞서 설명한 ASMS-BC의 프레임별 전송 우선순위 정책에 따라 프레임율을 조절한다.

4. 성능평가

4.1 성능측정 방법

제한된 ASMS-BC의 성능을 측정하기 위하여 클라이언트에 미디어 플레이어를 설치하고 RTSP 인터페이스를 제공하는 서버에 접속하여 스트리밍 미디어를 상영할 수 있는 시스템을 구축하였다. 미디어 플레이어에는 ACPI로부터 단말기의 배터리 상태정보를 읽어서 서버로 전송할 수 있는 모듈을 추가하였다. 서버에서는 단말기로부터 전송된 배터리 상태정보를 이용하여 프레임율을 조절하는 모듈을 추가하였다. 이 모듈에서는 배터리 상태정보를 바탕으로 배터리의 잔류시간을 계산하여 스트리밍 미디어의 상영시간과 비교하여 프레임율을 조절한다.

프레임율 조절시 배터리의 잔류시간을 계산할 때 다음 세 가지 방식을 적용하여 성능을 비교하였다. 첫째로 스트리밍 미디어 서비스 배터리 잔류소모량이 일정하다고 가정하는 Fixed방식을 기본 비교대상으로 삼았다. Fixed방식은 초기에 측정된 총전류량과 전류소모량을 기반으로 배터리 잔류시간을 측정하고 이 값을 기준으로 고정된 프레임율로 스트리밍 미디어를 전송한다. Fixed방식은 시간에 따라 전류소모량이 증가한다는 배터리 특성을 고려하지 못하기 때문에 스트리밍 미디어의 상영시간을 완전히 반영하지 못함을 보인다. 이와 반대로 실시간으로 단말기에 가용한 총 전류량과 전류소모량을 측정하여 이를 바탕으로 배터리의 잔류시간을 측정하는 방식 두 가지를 사용한다. 두 번째로 단말기의 기본 전력관리 시스템인 ACPI 시스템에서 배터리의 잔류시간을 계산하는 ACPI방식을 이용한다. ACPI방식은 실시간으로 배터리의 상태를 반영하지만 배터리의 특성을 반영하지 못하기 때문에 시간이 지나면서 프레임율이 낮아지는 단점이 있음을 보인다. 마지막으로 배터리 특성을 고려한 배터리 모델을 사용하는 ASMS-BC 방식을 적용하여 배터리 모델에 따라 배터리의 잔류시간을 측정하고 프레임 전송 우선순위 정책을 따라 프레임율을 조절하였을 때의 성능을 측정하였다. ASMS-BC 방식은 시간에 따라 전류소모량이 증가하는 배터리 특성을 고려하여 배터리의 잔류시간을 계산하기 때문에 일관된 화질로 스트리밍 미디어의 상영시간을 보장함을 보인다.

스트리밍 미디어를 상영하면서 각 방식별로 계산된 배터리의 잔류시간과 평균 프레임율을 측정하여 세 가지 방식의 성능을 비교한다. 배터리잔류시간은 각 방식에서 예측한 배터리가 방전되기까지의 시간을 의미한다. 배터리가 방전될 때까지의 시간을 정확히 예측해야만이 스트리밍 미디어의 상영시간을 보장할 수 있기 때문에

성능평가의 중요한 척도라 할 수 있다. 또한 예측된 배터리 잔류시간을 기반으로 스트리밍 미디어 서비스시 전송되는 프레임율을 측정하여 각 방식별로 어느 정도의 QoS를 보장하는지를 비교한다. 서비스 초기에 좋은 화질을 제공하더라도 시간에 따라 화질이 열화된다면 사용자에게 QoS를 일정하게 보장하지 못하는 것이다. 반대로 약간 낮은 프레임율이라도 전반적으로 일정한 프레임율을 제공한다면 이는 사용자에게 QoS를 보장하는 것이라 볼 수 있다.

4.2 실험환경

실험에 사용된 클라이언트와 서버의 환경을 표 1과 표 2에 나타내었다. 클라이언트로는 802.11 무선네트워크를 지원하는 노트북을 사용하였으며 서버로는 일반적인 데스크톱 PC를 사용하였다. 네트워크가 스트리밍의 장애가 되지 않도록 최대 11Mbps까지 네트워크 대역폭을 제공하는 802.11b기반의 무선 네트워크 인터페이스가 장착된 단말기를 클라이언트로 사용하였다.

스트리밍 클라이언트에서는 오픈소스로 제공되는 MPlayer 1.0 버전을 디코딩 모듈로 사용하였다. 클라이언트의 에너지 상태를 검사하기 위해 리눅스 커널 2.6부터 지원하는 ACPI를 이용하여 배터리의 상태를 주기적으로 읽어 서버로 전송하도록 하였다. 스트리밍 서버는 Live.com에서 제공하는 RTP/RTSP라이브리리를 이용하여 스트리밍 미디어를 분석, 프레임별로 RTP를 통해 스트리밍 클라이언트로 전송한다[11]. MPlayer에 RTP/RTSP 라이브리리를 추가하여 라이브리리에 포함된 RTSP서버에 접속하여 스트리밍 미디어를 전송받도록 하였다. RTP를 통해 전송된 스트리밍 미디어는 MPlayer

표 1 이동단말기 실험환경

이동단말기명	XNOTE LM50 [LM50-21AK] 노트북 컴퓨터
CPU	인텔 센트리노 펜티엄 M 프로세서 1.5GHz
메모리	256MB DDR
Wireless LAN	802.11b 호환, 퀴드밴드 안테나 내장
Battery	6셀 리튬이온
운영체제	한컴리눅스 4.0 (kernel 2.6.6)
Movie Player	Mplayer-1.0
전원관리	ACPI (Advanced configuration Power Interface)

표 2 서버 실험환경

프로세서	P-4 1.7GHz
메모리	256MB DDR
디스크	40GB
네트워크	100 Mbps Fast Ethernet
운영체제	한컴리눅스 4.0 (kernel 2.6.6)
RTP 라이브러리	Live.com RTP/RTSP Library

표 3 영화정보

해상도	352×240
비디오비트율	1150Kbps
프레임율	29.97fps
상영시간	116분(6964초)
GOP당 P 프레임수	4
GOP당 B 프레임수	10

에 의해 디코딩되어 재생된다. 스트리밍 클라이언트는 단말기의 에너지 상태를 관리하는 ACPI 데몬을 통해 단말기의 에너지 상태를 읽어 스트리밍 서버로 전달한다.

실험용 동영상 데이터로는 116분(6964초)의 상영시간을 가지는 MPEG-2로 인코딩된 영화파일을 이용하였다. 이 영화파일에는 하나의 GOP당 4개의 P 프레임과 8개의 B 프레임이 있다. 실험에 사용된 동영상 데이터의 자세한 정보를 표 3에 나타내었다.

4.3 성능비교

4.3.1 가용시간측정

그림 6은 스트리밍 미디어 서비스시 배터리의 남은 전류량과 전류소모량을 기반으로 각각의 방식별로 배터리의 잔류시간을 측정된 결과를 보여준다. 그래프에서 X축은 스트리밍 미디어를 상영하는 시간을 나타내며 Y축은 예측된 배터리의 잔류시간을 나타낸다. 그래프에서 배터리잔류시간이 0이 되면 배터리의 모든 전류가 소모되어 단말기가 다운되는 시점에 이르는 것이다. 실험에 사용된 스트리밍 미디어가 6964초의 상영시간을 가지기 때문에 상영시간이 6964초에 도달하기 이전에 배터리의 잔류시간이 0이 되면 상영시간을 보장하지 못한다는 것을 의미한다. Fixed 방식의 경우 초기의 남은 전류량과 전류소모량으로 배터리의 잔류시간을 계산하기 때문에 시간에 비례하여 감소하는 형태로 나타내었다. ACPI방식은 실시간으로 측정된 남은 전류량을 전류소모량으로 나누어서 배터리의 잔류시간을 측정하였다. ASMS-BC방식은 실시간으로 측정된 남은 전류량과 전류소모량을 배터리모델에 적용하여 배터리의 잔류시간을 측정하였다. Fixed방식의 경우 실시간으로 변화는 전류소모량을 반영하지 않기 때문에 배터리의 잔류시간이 고정비율로 감소한다. 하지만 이동단말기에서는 스트리밍 미디어 상영 외에도 다양한 작업이 이루어지기 때문에 이에 따라 전류소모량도 일정치 않게 된다. 실시간으로 배터리의 상태를 확인하는 ACPI방식이나 ASMS-BC방식에서는 가변적인 전류소모량을 반영하기 때문에 배터리의 잔류시간이 일정하게 변하지 않고 약간씩의 변동이 있음을 볼 수 있다.

Fixed방식으로 가용시간을 측정된 경우 초기에 배터리의 시간을 7500초로 계산하였으나 실제로는 6500초만

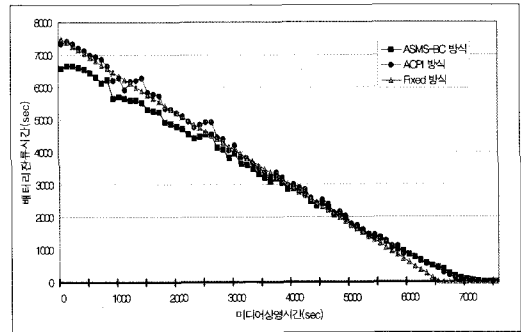


그림 6 배터리잔류시간 측정방식 비교

스트리밍 미디어의 상영이 가능한 것을 볼 수 있다. Fixed방식에서는 초기에 측정된 남은 전류량을 전류소모량으로 나누어서 배터리의 잔류시간을 예측한다. 이렇게 측정된 잔류시간을 충족시킬 수 있는 프레임율을 계산하여 해당 프레임율을 유지하면서 스트리밍 미디어를 제공한다. 이 경우 프레임율이 일정하기 때문에 단말기에 발생하는 부하도 일정하다. 하지만 부하가 일정하더라도 배터리의 특성상 시간에 따라 전류소모량은 일정한 것이 아니라 증가하기 때문에 배터리의 잔류시간이 줄어들게 된다. 이로 인하여 Fixed방식에서는 스트리밍 미디어의 상영이 완료되기도 전에 배터리의 모든 자원이 고갈되어 상영시간을 보장하지 못하는 상황이 발생하게 된다.

ASMS-BC방식과 ACPI방식에서는 실시간으로 배터리의 남은 전류량과 전류소모량을 측정하여 이를 바탕으로 배터리의 잔류시간을 측정하기 때문에 배터리가 7000초 정도까지 유지되도록 하였다. 이는 배터리의 잔류시간을 8%정도 추가적으로 지연시킨 것으로 스트리밍 미디어의 완전한 상영시간을 보장한다. ACPI방식의 경우 초기에 배터리 잔류시간을 Fixed 방식과 비슷하게 높게 예측하지만 시간이 지나면서 증가하는 전류소모량을 반영하여 스트리밍 미디어의 상영시간에 맞추어 배터리의 잔류시간을 연장시키는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 이동단말기의 배터리 상태를 실시간으로 파악하여 서비스를 제공해야함을 알 수 있다.

ASMS-BC방식의 경우에는 위의 두 가지 방식에 비해 초기에 배터리 잔류시간을 낮게 예측하는 것을 볼 수 있다. ASMS-BC방식에서는 작업부하가 일정하더라도 전류소모량이 증가하는 배터리 특성을 반영한 배터리모델을 이용하여 배터리의 잔류시간을 계산한다. 따라서 단순히 남은 전류량을 전류소모량으로 나누어서 배터리 잔류시간을 계산하는 방식들에 비해 배터리 잔류시간이 적게 예측된다. 하지만 이것은 배터리의 잔류시간을 정확하게 예측하는 것이기 때문에 사용자에게 보

다나은 QoS를 제공할 수 있다. 이는 다음절에서 전송되는 프레임율을 비교함으로써 명확히 확인할 수 있다.

4.3.2 프레임율 비교

그림 7은 세 가지 방식에서 측정된 배터리의 잔류시간을 바탕으로 스트리밍 미디어를 전송하였을 경우의 평균 프레임율을 보여준다. Fixed방식의 경우 고정 프레임율을 적용한다. ACPI방식과 ASMS-BC방식에서는 본문에서 제안하는 프레임별 전송 우선순위 정책을 적용한다. 그래프에서 X축은 미디어의 상영시간을 나타내며 Y축은 이에 따른 평균 프레임율을 보여준다. Fixed방식의 경우 그림 6에서 확인하였듯이 6500초정도만 상영시간을 보장하기 때문에 그림 7에서도 6500초까지만 프레임이 전송되는 것으로 나타났다. Fixed방식에서는 고정 프레임율을 적용하고 실시간적인 배터리의 변화를 반영하지 못하기 때문에 이러한 현상이 발생하였다.

ACPI방식에서는 배터리의 상태를 실시간으로 반영하기 때문에 스트리밍 미디어의 상영시간을 완전하게 보장하지만 전체적으로 평균 프레임율이 서서히 감소하는 것을 볼 수 있다. 이는 작업부하가 일정하더라도 전류소모량이 증가한다는 배터리의 특성을 반영하지 않았기 때문이다. 초기에 배터리의 잔류시간을 높게 예측함으로써 높은 프레임율로 스트리밍 미디어를 전송한다. 하지만 시간이 지나면서 전류소모량이 증가하기 때문에 프레임율이 점차적으로 낮아져 초기에 비해 매우 낮은 수의 프레임이 전송되는 것을 확인할 수 있다. 즉 시간이 지나면서 스트리밍 미디어의 화질이 열화되기 때문에 사용자에게 일정한 QoS를 보장하지 못하는 것이다.

이에 반해 ASMS-BC방식의 경우 다른 방식들에 비해 초기에는 낮은 프레임율을 보이지만 전체적으로 일정한 프레임율을 제공함을 볼 수 있다. ASMS-BC방식은 Fixed 방식에 비해 500초정도의 연장된 상영시간을 보장한다. ACPI방식에 비해서는 초기에는 낮은 프레임율을 제공하지만 스트리밍 미디어의 상영이 종료될 때까지 일정한 수준의 프레임율을 제공하는 것으로 나타났다.

이는 초기에 측정된 배터리의 남은 전류량과 전류소

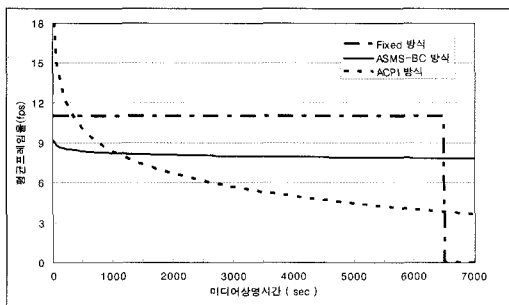


그림 7 배터리 잔류시간 측정방식에 따른 프레임율 비교

모량을 배터리 모델에 대입하여 배터리의 잔류시간을 정확하게 예측하기 때문이다. 스트리밍 미디어 상영 초기에 앞으로 증가할 전류소모량을 것을 고려하여 낮은 프레임율로 프레임율 전송함으로써 스트리밍 미디어의 상영이 진행되더라도 일정한 프레임율을 보장할 수 있다.

ASMS-BC방식은 ACPI방식에 비해 초기에는 낮은 프레임율을 제공하지만 상영시간 전체에 걸쳐 일정한 프레임율을 제공하기 때문에 사용자에게 보다 나은 QoS를 보장하는 것이다. 또한 대부분에 시간동안 높은 프레임율을 나타내지만 스트리밍 미디어의 완전한 상영시간을 보장하지 못하는 Fixed방식에 비해 프레임율은 조금 낮지만 완전한 상영시간을 보장하는 ASMS-BC방식이 뛰어나다는 것을 알 수 있다.

4.3.3 사용자 작업여부

사용자가 여러 가지 작업을 수행하여도 ASMS-BC가 제대로 동작하는지 확인하기 위해 동영상을 보면서 인터넷 검색을 위해 브라우저를 실행하여 인터넷 사이트를 검색하고 메일 프로그램을 실행하여 메일을 확인하거나 보내는 작업을 수행하였고 많이 사용되는 메신저 프로그램을 이용하여 채팅을 하는 등의 작업도 수행하였다. 작업에 따라 여러 개의 프로그램들이 중첩되기도 하였으며 플레이어의 화면크기도 수시로 변화였다. 이런 작업들을 하는 경우의 배터리 잔류시간과 영화 상영시간의 변화를 그림 8에 나타내었다. 그림 8을 보면 배터리 잔류시간을 나타내는 그래프가 굴곡이 심한 곳이 보이는데 이것은 사용자가 여러 가지 작업을 하면서 소모되는 에너지의 양이 변화였기 때문이다. 그림 9는 사용자가 작업을 하는 동안에 ASMS-BC를 통하여 전송된 프레임율을 보여준다. 그림 9를 살펴보면 그림 8에서 배터리 잔류시간이 갑자기 줄어드는 시점에 프레임율이 감소하는 것을 확인할 수 있다. 또한 배터리 잔류시간이 증가하면 전송 프레임율도 증가하는 것을 볼 수 있어 ASMS-BC가 이동 단말기의 에너지 상태에 따라 전송 프레임율을 조절함을 알 수 있다.

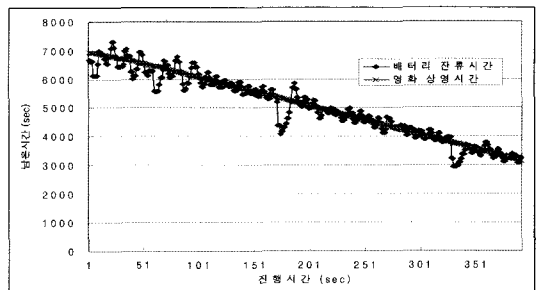


그림 8 사용자 작업에 따른 배터리 잔류시간과 영화상영시간에 변화

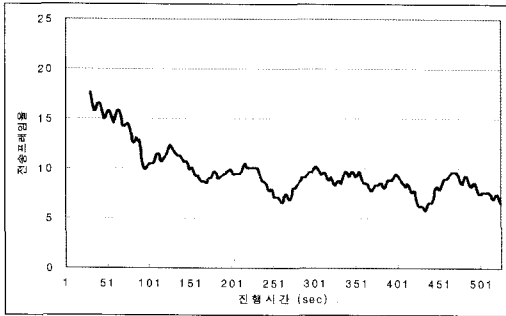


그림 9 사용자 작업에 따른 전송 프레임율 변화

5. 결론

이동단말기의 하드웨어적인 성능은 매우 급속하게 발전하고 있으나 에너지 공급원인 배터리의 발전은 이에 크게 못 미치는 상황이다. 극히 제한적인 에너지를 가지는 이동단말기에 맞게 특화된 서비스를 제공해야하며 이를 많은 수의 클라이언트에게 제공할 수 있는 확장성 있는 스트리밍 미디어 서비스 시스템을 구축할 필요가 있다. 이동단말기에서 소모되는 에너지량은 일정한 것이 아니라 사용자가 수행하는 작업에 따라 시시각각 변한다는 특징이 있다. 이동단말기의 전원공급원인 배터리의 특성을 파악하고 시시각각 변하는 에너지소모량을 실시간으로 측정하여 스트리밍 미디어 서비스에 반영하여야 한다. 또한 스트리밍 서비스를 끝까지 정상적으로 완료하는 것도 중요하지만 사용자에게 일정 수준의 QoS는 보장할 필요가 있다.

본 연구에서는 배터리에 발생하는 부하가 일정할 때 소모되는 전류량이 고정적이지 아니라 시간에 비례하여 증가되는 배터리 특성을 반영하는 배터리 모델을 이용하여 이동단말기의 잔류시간을 예측하도록 하였다. 배터리 모델을 이용하여 배터리의 잔류시간을 측정하는 것이 ACPI방식이나 Fixed방식에 비해 배터리의 잔류시간을 보다 8%정도 정확하게 예측함을 확인하였다. 배터리 모델을 통해 예측된 배터리의 잔류시간을 바탕으로 스트리밍 미디어의 상영시간을 보장하기 위한 ASMS-BC방식을 제안하였다. ASMS-BC방식은 MPEG 스트리밍 미디어의 특성을 기반으로 하여 프레임별 참조관계를 분석하였다. 분석된 프레임별 참조 관계를 바탕으로 프레임별 전송 우선순위 정책을 수립하였다. 프레임별 전송 우선순위 정책을 적용하여 배터리의 잔류시간에 따라 프레임율을 조절하였을 경우 Fixed방식 비해 프레임율은 낮지만 8%이상의 상영시간을 보장할 수 있었고 ACPI방식에 비해 150~200%정도 높은 프레임율을 일정하게 제공할 수 있었다. 이를 통하여 본 논문에서 제안하는 ASMS-BC방식이 배터리의 특성과 스트리밍 미

디어의 특성을 고려함으로써 일정한 프레임율로 완전한 상영시간을 보여주는 시스템을 입증하였다.

참 고 문 헌

- [1] S. Mohapatra, R. Cornea, N. Dutt, A. Nicolau and N. Vnkatasubramanian, "Integrated Power Management For Video Streaming to Mobile Handheld Devices," *In Proceedings of the eleventh ACM international conference on Multimedia*, pages 582-591, Nov. 2003.
- [2] J. Flinn, "Extending Mobile Computer Battery Life through Energy-Aware Adaptation," *PhD thesis, Carnegie Mellon University*, pages 153, TR No. CMU-CS-01-171. Dec. 2001.
- [3] J. Flinn and M. Satyanarayanan, "Energy-aware adaptation for mobile applications," *In Proceedings of 17th ACM Symposium on Operating Systems Principles (SOSP'99)*, pages 48-63, 1999.
- [4] P. Agrawal, J. Cheng Chen, S. Kishore, P. Ramnathan and K. Sivalingam, "Battery Power Sensitive Video Processing in Wireless Networks," *In Proceedings of IEEE PIMRC'98*, Vol.1, pages 116-120, Boston, Sep. 1998.
- [5] J. Flinn and M. Satyanarayanan, "Energy-aware adaptation for mobile applications," *In Symposium on Operating Systems Principles (SOSP)*, pages 48-63, Dec. 1999.
- [6] S. Chandra, "Quality Aware Transcoding: An Application Level Technique to Dynamically Adapt Multimedia," *Ph.D. dissertation*, Duke University, 2000.
- [7] J. L. Mitchell, D. Le Gall and C. Fogg, "MPEG Video Compression Standard," Chapman & Hall, 1996.
- [8] B. Haskell, A. Puri and A. Netravali, "Digital Video: An Introduction to MPEG-2 (with Disk)," Chapman & Hall, 1997.
- [9] Intel, Microsoft and Toshiba, "Advanced Configuration and Power Interface (ACPI)," Feb. 1999.
- [10] Linux ACPI Howto (Advanced Configuration and Power Interface), <http://www.cpqlinux.com/acpi-howto.html>
- [11] C. Perkins, "RTP: Audio and Video for the Internet," Addison-Wesley Professional, 2003.
- [12] P. J. Shenoy and P. Radkov, "Proxy-assisted power-friendly streaming to mobile devices," *In Proceedings of Multimedia Computing and Networking*, Volume 5019, pages 177-191, 2003.
- [13] J. Lorch and A. J. Smith, "Software Strategies for Portable Computer Energy Management," *IEEE Personal Communications Magazine*, 5(3) pages 60-73, Jun. 1998.
- [14] W. Y., S. Chandra and S. Bhandarkar, "A statistical prediction-based scheme for energy-aware multimedia data streaming," *In Proceedings of*

IEEE Wireless Communications and Networking Conference(WCNC), Vol.4, pages 2053-2057, 2004.

- [15] J. Chase, D. Anderson, P. Thakar, A. Vahdat and R. Doyle. "Managing Energy and Server Resources in Hosting Centers," *In Proceedings of the Eighteenth ACM Symposium on Operating Systems Principles (SOSP)*, pages 103-116, Oct. 2001.
- [16] M. Mesarina and Y. Turner. "Reduced Energy Decoding of MPEG Streams," *In Proceedings of the ACM/SPIE Multimedia Computing and Networking Conference (MMCN)*, pages 73-84, Jan. 2002.
- [17] S. Mohapatra, C. Periera, N. Dutt, R. Gupta and N. Venkatasubramanian, "Energy-Aware Adaptation for End-to-end Video Streaming to Mobile Handheld Devices," *Ultra Low Power Electronics and Design*, Chapter 14. Kluwer Academic Publishers, 2004.
- [18] K. Lahiri, A. Raghunathan, S. Dey and D. Panigrahi, "Battery-Driven System Design: A Frontier in Low Power Design," *In Proceedings of Design Automation Conference 2002*, pages 261-267, 2002.
- [19] S. Park and M. B. Srivastava, "Dynamic battery state aware approaches for improving battery utilization," *In Proceedings of the International Conference on Compilers, Architecture, and Synthesis for Embedded Systems*, pages 225-231 Oct. 2002.
- [20] D. Rakhmatov, S. Vrudhula and C. Chakrabarti, "Battery Lifetime Prediction for Energy-Aware Computing," *In Proceedings of Int. Symp. Low Power Electronics and Design*, pages 154-159, 2002.

이 좌 형

정보과학회논문지 : 정보통신
제 34 권 제 5 호 참조



임 동 선

1986년 숭실대학교 전자계산학과 학사
1996년 한국과학기술원 정보및통신공학과 석사. 1986년~현재 한국전자통신연구원 임베디드S/W연구단 책임연구원. 2003년~현재 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 박사과정. 관심분야는 임베디드 소

프트웨어 플랫폼, 실시간 시스템, 소프트웨어 아키텍처



임 화 정

1995년~1999년 상지대학교 행정학과 학사. 2001년~2003년 상지대학교 컴퓨터정보공학과 석사. 2005년~현재 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 박사과정. 관심분야는 이동 애드-혹 네트워크, 통신 프로토콜, 보안

정 인 범

정보과학회논문지 : 정보통신
제 34 권 제 5 호 참조