

이동단말기를 위한 에너지 인식 미디어 스트리밍 서비스

(Energy-Aware Media Streaming Service for Mobile Devices)

이 좌 형 ^{*} 김 학 수 ^{**} 정 인 범 ^{***}
 (Lee Joahyoung) (Kim Harksoo) (Jung Inbum)

요 약 최근 컴퓨터 기술과 네트워크 기술의 급속한 발전과 보급으로 유선환경에서만 뿐만 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 무선환경에서도 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 이동단말기를 위하여 스트리밍 미디어 서비스에 이동단말기의 에너지 상태에 따라 전송되는 프레임의 수를 동적으로 조절하는 DFRC기법을 연구하였다. 제안하는 기법은 적은 컴퓨팅 자원을 사용하면서 동적으로 스트리밍을 조절하므로 사용자들에게 완전한 재생시간을 보장한다.

키워드 : 이동단말기, 에너지 인식, 스트리밍 미디어

Abstract With proliferation of computer and wireless network technology, it is common to access Internet through wireless network using mobile device. Ratio of using streaming media out of many applications through Internet is increasing not only in wired network but also in wireless network. Streaming media is much bigger than other contents and requires more network bandwidth and more computing resources. However mobile devices have relatively poor computing resource and low network bandwidth. If media streaming service is provided for mobile devices without any consideration about network bandwidth and computing power, it is hard for the client to get high quality service. Since mobile device is supported with very limited energy from the battery, media streaming should be adjusted to varying energy state of mobile device in realtime to ensure complete playback of streaming media. In this paper, we propose DFRC to provide high quality service to mobile client through wireless network by controlling the number of frames transmitted to client based on computing resource and energy state of mobile device.

Key words : mobile client, energy aware, media streaming

1. 서 론

최근 컴퓨터 기술과 네트워크 기술의 급속한 발전과

보급으로 유선환경에서만 뿐만 아니라 무선환경에서도 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 무선전화망처럼 다양하며 단말기와 마찬가지로 다양한 특성을 가진다. 무선네트워크 환경에서 사용자는

· 본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

^{*} 학생회원 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과
 jhlee@snslab.kangwon.ac.kr

^{**} 정 회 원 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 교수
 nlpdrkim@kangwon.ac.kr

^{***} 종신회원 : 강원대학교 전기전자정보통신공학과 교수
 ibjung@kangwon.ac.kr

논문접수 : 2005년 10월 22일

심사완료 : 2007년 7월 6일

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 무선환경에서도 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[5-7].

스트리밍 미디어 서비스는 다양한 특성을 가지고 있으며 그 중에 하나는 이용시간이 매우 길다는 것이다. 이런 서비스는 장시간 동안 높은 대역폭과 많은 컴퓨팅 자원을 필요로 하는데 이용 도중에 서비스가 중단되면 사용자의 불만이 커지기 때문에 가용한 자원을 최대한 이용하여 서비스를 끝까지 제공하는 것이 중요하다. 이동단말기의 경우 다른 제한적인 자원들처럼 에너지 자원 또한 제한적이기 때문에 무한히 서비스를 이용할 수는 없다. 단말기의 에너지 상태를 고려하지 않은 채 서비스를 제공하다가 중간에 에너지가 모두 고갈되어 서비스를 이용할 수 없는 경우 사용자는 불만을 토로하게 된다. 60분짜리 영화를 본다고 할 경우 최상의 품질로 30분을 보고 에너지가 고갈되어 서비스가 중단되는 것 보다는 중간품질이라도 60분동안 끝까지 다 보는 것이 사용자를 만족시킬 것이다. 이것을 위해서는 서비스 제공시 이동단말기의 다양한 특성들 중에서도 에너지 상태를 고려하여야 만이 사용자가 만족하는 서비스를 제공할 수 있다.

스트리밍 미디어 서비스 제공시 네트워크 대역폭이나 다른 컴퓨팅 자원들의 부족을 극복하기 위해 데이터의 특성을 변환하는 트랜스코딩을 이용하는 기술이 연구되고 있다. 트랜스코딩은 스트리밍 미디어의 프레임율, 네트워크 대역폭 요구량, 해상도 등을 원하는 타입으로 변경하는 것으로 무선 네트워크 상태에 따라 비트율을 낮추고, 이동단말기의 디스플레이 장치에 맞게 해상도를 줄이는데 사용될 수 있는 기술이다. 이런 트랜스코딩 기술을 단말기의 에너지 상태를 고려하여 안정적인 서비스를 제공하고자 할 때에도 이용하고자 하는 연구들이 진행되어져 왔다[8,9]. 하지만 트랜스코딩시 데이터의 디코딩과 인코딩 작업을 반복하기 때문에 많은 컴퓨팅 자

원을 필요로 하는 문제점이 있다. 많은 사용자가 동시에 서비스를 요청할 경우 트랜스코딩서버에는 과부하가 발생할 가능성이 높으며 사용자에게 QoS를 보장하는 안정적인 서비스를 제공하기가 어렵다.

이동단말기의 하드웨어적인 성능은 매우 급속하게 발전하고 있으나 에너지 공급원인 배터리의 발전은 이에 크게 못 미치는 상황이다. 따라서 제한적인 에너지를 가지는 이동단말기에 맞게 특화된 스트리밍 서비스를 제공하는 연구가 필요하다. 이동단말기에서 소모되는 에너지량은 일정한 것이 아니라 사용자가 수행하는 작업에 따라 시시각각 변한다는 특징이 있다. 스트리밍 미디어 서비스 시작시 충분한 에너지를 가지고 있다 하더라도 사용자가 스트리밍 미디어 외에 다른 작업을 수행한다면 추가적인 에너지가 소모되어 서비스를 정상적으로 완료할 수 없는 상황이 초래될 수도 있다. 이런 상황이 발생하는 것을 막기 위해서는 시시각각 변하는 에너지 소모량을 실시간으로 측정하여 스트리밍 미디어 서비스에 반영하여야 한다. 실시간으로 변하는 에너지 변화에 따라 특화된 스트리밍 미디어 서비스시 에너지 상태만 고려할 경우 서비스의 질이 사용자가 이용하기 힘든 상태가 될 가능성이 있다. 스트리밍 서비스를 끝까지 정상적으로 완료하는 것도 중요하지만 사용자에게 일정 수준의 QoS는 보장할 필요가 있다. 이동단말기의 에너지 상태로 이용 가능한 서비스의 질이 사용자가 원하는 최하의 질보다 안좋은 경우 서비스에 이용을 재고하도록 할 필요가 있으며 두 요인 사이에 적절한 균형이 필요하다. 이동단말기의 에너지 상태에 따라 특화된 스트리밍 미디어 서비스를 제공하고자 할 경우 실시간으로 변하는 에너지량을 반영하여야 하며 사용자에게 최소한의 QoS를 제공하여야 한다. 또한 QoS가 보장되는 스트리밍 서비스를 대규모의 이동클라이언트들에게 제공하기 위해서는 이동 클라이언트의 특징을 반영함과 동시에 서버의 자원을 적게 사용하면서 스트리밍 서비스를 지원하는 연구가 필요하다.

본 논문에서는 이동단말기의 에너지 상태에 따라 특화된 서비스를 대규모의 클라이언트에게 동시에 제공할 수 있는 방안으로 MPEG-2 미디어를 스트리밍할 때 단말기의 에너지 상태에 따라 프레임율을 조절하는 방식인 DFRC(Dynamic **F**rame **R**ate **C**ontrol)를 제안하고자 한다. 본 논문에서 제안하는 DFRC는 MPEG-2 미디어의 디코딩시 일부의 프레임이 없더라도 다른 프레임들은 정상적으로 디코딩과 재생이 가능하다는 특징을 이용한다. 이동단말기의 에너지 상태에 따라 디코딩시 다른 프레임들이 의존하지 않는 프레임들을 전송하지 않음으로써 이동단말기에서 소모되는 에너지를 줄일 수 있다. 제안된 DFRC는 트랜스코딩을 이용하는 것보다 서버의 자

원을 매우 적게 사용하므로 서버가 제공할 수 있는 스트리밍 개수에 대한 개선된 성능확장성을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 연구에서 최근 이동단말기의 에너지를 효율적으로 사용하기 위한 기법으로 제시되고 있는 트랜스코딩에 관한 연구를 살펴본다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 시스템인 DFRC의 동작방식과 구조 등을 설명하고 4장에서는 제안된 시스템의 성능을 측정하고 결과를 분석한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론을 맺고 향후 연구계획을 설명한다.

2. 관련연구

최근에는 이동단말기의 에너지를 고려하는 스트리밍 서비스에 관한 연구들이 진행되면서 프록시에서 트랜스코딩시 네트워크 상태와 같은 정보들 뿐만 아니라 이동단말기의 에너지 상태도 고려하여 데이터를 변환하여 전송함으로써 클라이언트에서의 에너지 소모를 최적화하는 방안들이 제시되고 있다[10-12]. 트랜스코딩은 압축된 동영상데이터를 다른 형식으로 변환하는 작업으로서 압축되어있는 데이터를 픽셀도메인으로 디코딩한 후 원하는 형식으로 다시 인코딩하는 압축과정을 거친다. 여기서 디코딩 과정도 많은 컴퓨팅 자원을 필요로 하지만 디코딩된 데이터를 다시 압축하는 인코딩과정에서 매우 많은 컴퓨팅자원을 필요로 한다. 인코딩과정에서 많은 컴퓨팅자원을 필요로 하는 움직임 예측과정을 단순화하기 위해 디코딩시 얻어진 움직임벡터 값을 인코딩시에 다시 사용하는 방식등 다양한 방안이 제시되었다[5-7]. 이런 방식의 출현으로 트랜스코딩이 실시간으로 서비스 가능해졌을 뿐만 아니라 하나의 서버에서 여러 클라이언트에게 동시에 서비스를 제공할 수 있을 정도로 컴퓨팅자원의 소모가 많이 줄어들었으나 아직까지는 많은 자원을 필요로 하는 문제점이 있다. 멀티미디어 데이터의 경우 다른 데이터들에 비해 많은 컴퓨팅 자원들을 소모하기 때문에 에너지 소모도 같이 증가하게 된다. 다른 자원들이 풍부하더라도 에너지 자원이 부족하면 정상적인 서비스가 불가능하기 때문에 트랜스코딩시 에너지 상태를 고려하는 것은 필수적이라 하겠다[13,14].

3. 동적 프레임율 제어 기법(Dynamic Frame Rate Control)

본 논문에서는 이동단말기의 에너지 상태에 따라 특화된 서비스를 많은 수의 클라이언트들에게 제공할 수 있는 방안으로 MPEG-2 미디어를 스트리밍할 때 RTP 라이브러리를 이용하여 이동 단말기의 에너지 상태에 따라 프레임율을 조절하는 방식인 DFRC(Dynamic Frame Rate Control)를 제안하고자 한다. DFRC는

MPEG-2 미디어의 디코딩시 일부의 프레임이 없더라도 다른 프레임들은 정상적으로 디코딩과 재생이 가능하다는 특징을 이용한다. MPEG-2로 압축된 스트리밍 미디어에는 크게 I, B, P 세가지 프레임이 존재한다[8-10, 14]. 각각의 프레임은 다른 프레임을 참조하거나, 다른 프레임에 의해 참조된다. DFRC는 다른 프레임들이 참조하지 않는 프레임들부터 전송에서 제외시키는 방식으로 이동단말기의 가용한 에너지로 최대한의 QoS를 보장하고자 한다. DFRC는 트랜스코딩처럼 디코딩과 인코딩 과정을 거쳐서 스트리밍 미디어를 변경하는 것이 아니라 단순히 MPEG-2의 시스템 헤더를 분석하여 프레임타입만 판별하여 전송여부를 결정하는 방식을 사용한다. 디코딩과 인코딩 작업으로 인해 많은 컴퓨팅자원을 필요로 하는 트랜스코딩 기법에 비해 단순히 헤더만 분석하는 DFRC는 매우 적은 컴퓨팅 자원만으로도 많은 수의 클라이언트에게 스트리밍 미디어 서비스가 가능하다.

3.1 프레임들의 전송제외 순서

MPEG-2 미디어의 GOP는 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 보여진다. 그림 3은 DFRC에서 프레임들을 조절하는 방식을 보여준다. 앞에서 설명한 것처럼 이동단말기의 에너지 상태에 따라 다른 프레임들이 참조하지 않는 B프레임이 제일 먼저 전송에서 제외된다. 모든 B프레임들이 제외되면 P프레임들이 순차적으로 제외되며 마지막엔 독립적으로 재생가능한 I프레임만이 전송된다.

프레임율 조절시 B프레임들이 최상위의 우선순위로 제외대상이 되는데 B 프레임들은 다른 프레임들에 의해 참조되지 않기 때문에 순서에 상관없이 제외되어질 수 있다. 그림 3에서 보듯이 I프레임이나 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. 프레임율 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 심각해지게 된다. 하나의 I프레임이나 P프레임을 재생하고 나서 한참 후에 다음 P프레임이나 I프

레이름을 재생하게 되므로 B프레임의 수만큼 재생간격이 늘어난다. 즉 두 개의 I프레임이나 P프레임 사이에 존재하는 B프레임의 수에 비례하여 재생간격이 늘어나는 것이다. 이런 문제를 해결하기 위해서 DFRC에서는 B프레임들을 단순히 순차적으로 제외하는 것이 아니라 그림 3에서처럼 하나의 GOP 전체에 걸쳐 균형을 맞추어 제외한다. 이럴 경우 GOP내의 B프레임들이 앞과 뒤에서 차례대로 제외되기 때문에 B프레임들이 많더라도 프레임들이 재생되는 간격이 일정해진다.

그림 1에서 보여주듯이 모든 B프레임들이 제외되면 P프레임들이 제외대상이 된다. B프레임이 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 없어져 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 맨뒤에 있는 P프레임부터 제외시킬 경우 참조하는 프레임들이 없어지기 때문에 디코딩에 영향을 미치지 않는다. 그림 3에서 보듯이 DFRC에서는 모든 B프레임들이 제외된 상황에서 프레임율을 더 낮추어야 할 경우 GOP의 맨 끝에 있는 P프레

임부터 제외시켜 나간다. B프레임의 경우 재생간격을 맞추기 위해 GOP전반에 걸쳐 골고루 제외시키지만 P프레임의 경우 참조문제 때문에 이 방식을 적용시키기 힘들다.

3.2 가용에너지에 따른 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 에너지양과 앞으로 서버에서 클라이언트로 전송해야할 남은 미디어를 상영하는데 필요한 에너지를 비교하여 프레임율을 조절해야한다. 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 앞절에서 제시한 프레임별 제외 우선순위에 따라서 프레임율을 조절하여야 한다.

프레임율을 계산하기 위해 필요한 값들을 표 1에 나타내었다. 단말기에 남아있는 총 전류량(ARCD)는 단말기로부터 에너지관리모듈을 통해 실시간으로 전송된다. 단말기에 남아있는 전류량으로 상영가능한 총 프레임수(NPFA)는 프레임별 전류소모량과 남아있는 프레임종류별 프레임수의 곱의 합이 남은 전류량과 같아지도록 하는 방정식을 이용하여 계산한다. 이것은 전체적으로 상영할 수 있는 프레임수이며 프레임율 조절 단위인 GOP 내에서의 각 프레임종류별 프레임수는 상영가능한 총 프레임수(NPFA)를 전체 GOP개수(NRGM)로 나눠서 구한다. 전체 GOP개수(NRGM)은 스트리밍 서비스 시작시 스트리밍 미디어를 분석하여 구하며 이때 프레임별 총 개수(NRFM)도 함께 구한다.

수식 (1)은 단말기로부터 실시간으로 전송된 남은 전

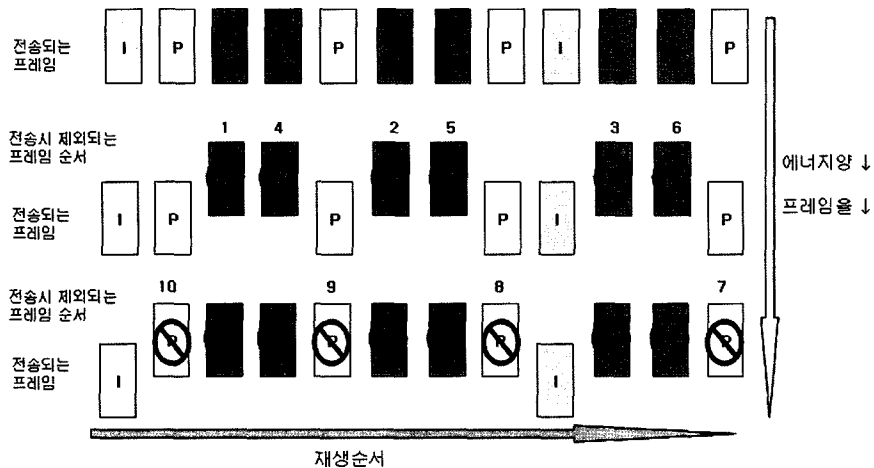


그림 1 DFRC에서 프레임율 제외 순서

표 1 동적 프레임 조절을 위한 용어

기호	의미
ARCD	단말기에 남아있는 총 전류량 (Amount of Remained Current in the Device)
NPFA _{frame}	남은 전류량으로 재생가능한 총 프레임수 (Number of Possible Frames in ARCD)
NFGA _{frame}	남은 전류량으로 재생가능한 한 GOP내의 프레임수 (Number of Frames in a GOP with ARCD)
NRGM	남아있는 총 GOP수 (Number of Remained GOPs in the Media)
ACPF _{frame}	프레임 한 장을 재생하는데 소모되는 전류량 (Amount of Current to Play a Frame)
NRFM _{frame}	남아있는 재생해야할 총 프레임수 (Number of Remained Frame in the Media)

(frame : I, B, P)

류량(ARCD)으로 상영가능한 프레임수(NPFA)를 구하는 것을 보여준다. 이 수식은 프레임수(NPFA)와 프레임별 전류소모량의 곱의 합이 남은 전류량(ARCD)을 만족하는 값을 유도하기 위한 수식이다.

$$ARCD = (NPFA_I \times ACPF_I) + (NPFA_P \times ACPF_P) + (NPFA_B \times ACPF_B) \quad (1)$$

$$NPFA_I = NRFM_I, NPFA_P = NRFM_P$$

$$NPFA_B = \frac{ARCD - (NPFA_I \times ACPF_I) - (NPFA_P \times ACPF_P)}{ACPF_B} \quad (2)$$

$$NPFA_B = 0, NPFA_I = NRFM_I$$

$$NPFA_P = \frac{ARCD - (NPFA_I \times ACPF_I)}{ACPF_P} \quad (3)$$

$$NPFA_B = 0, NPFA_P = 0$$

$$NPFA_I = \frac{ARCD}{ACPF_I} \quad (4)$$

$$NFGA_I = \frac{NPFA_I}{NRGM}, NFGA_P = \frac{NPFA_P}{NRGM},$$

$$NFGA_B = \frac{NPFA_B}{NRGM} \quad (5)$$

우선 스트리밍 미디어를 분석하여 스트리밍 미디어에 있는 GOP수(NRGM)를 계산한다. 단말기의 에너지가 부족하여 프레임 조절할 필요가 있는 경우 프레임별로 소모되는 에너지량과 단말기에 남아있는 가용한 에너지량을 이용하여 프레임별로 전송할 수 있는 수(NFGA)를 계산한다. 프레임별 소모되는 에너지량은 서비스 시작시 프레임율을 변화시키면서 확인할 수 있다. 이때 앞서 설명한 것처럼 세가지 종류의 프레임들 중에서 B프레임을 제일 먼저 제외시키고 다음으로 P를 그리고 제일 마지막에 I프레임을 제외시킨다. 따라서 아직 제외되지 않고 전송되는 B프레임이 있다면 I프레임과 P프레임수는 최대값으로 고정시킨 상태에서 전송해야할

B프레임수를 계산한다. 식 (2)는 이러한 상황에서 남아 있는 에너지에서 전송가능한 B프레임의 수를 구하는 것을 나타낸다.

식 (3)은 만약 모든 B프레임들이 제외되는 상황이고 P프레임들 중 일부가 제외되고 있는 상황이라면 B프레임수는 0 으로 설정하고 전송가능한 P프레임을 계산하는 과정을 나타낸다. 식 (4)는 모든 B프레임과 P프레임이 제외되는 상황이라면 B프레임수와 P프레임수를 0으로 설정하고 전송할 수 있는 I프레임수를 계산하는 수식이다. 식 (5)는 DFRC에서 GOP단위로 프레임율을 조절하기 때문에 식 (3), (4), (5)에서 구해진 프레임수를 이용하여 하나의 GOP내에서 전송가능한 프레임수를 계산하는 수식이다.

식 (5)를 통해 구해진 각 프레임별 프레임수를 가지고 디스크에서 읽어들이진 스트리밍 미디어에서 프레임별로 선택적으로 전송한다. 이동단말기의 에너지 상태는 스트리밍 미디어 서비스 시작시 뿐만 아니라 미디어 재생중에도 주기적으로 서버로 전송된다. 서버내의 DFRC 모듈은 위의 수식들을 적용하여 가용한 에너지량에 맞는 프레임율을 계산하여 실시간으로 전송되는 프레임율을 조절한다. 이로써 DFRC는 가변적으로 변하는 이동단말기의 에너지 상태에 맞추어 실시간으로 프레임율을 조절하여 서비스의 완전한 종료로 보장한다.

DFRC 동작과정을 그림 2에 나타내었다. 디스크에서 영화데이터를 읽어온 후 클라이언트로 전송하기 전에 현재 클라이언트의 상태정보를 확인한다. 만약 클라이언트가 외부전원에 연결되어 있다면 별도의 조치없이 바로 읽어온 모든 프레임을 전송하고 다시 디스크에서 영화데이터를 읽어온다. 만약 클라이언트가 배터리로 동작중이라면 남은전류량과 전류소모량을 이용하여 클라

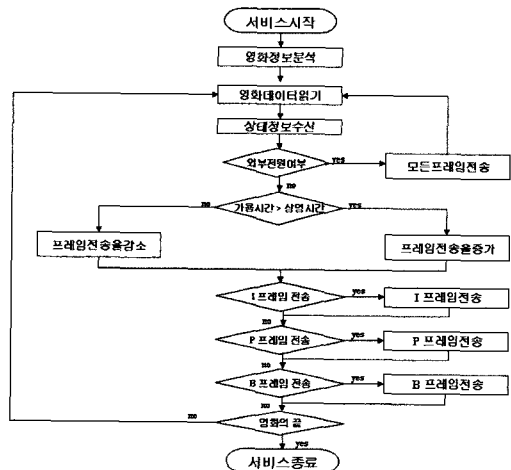


그림 2 DFRC 동작과정

이언트의 가용시간을 계산하고 전송해야할 영화데이터의 양과 비트율을 이용하여 영화의 상영시간을 계산하여 두가지 값을 비교한다. 만약 클라이언트의 가용시간이 남은 상영시간보다 크다면 에너지가 충분한 것이므로 프레임 전송율을 증가시킨다. 반대로 가용시간이 상영시간보다 작다면 에너지가 부족하여 현재 상태로는 끝까지 서비스를 제공할 수 없으므로 프레임 전송율을 감소한다.

4. 성능평가

4.1 실험환경

실험에 사용된 클라이언트와 서버의 환경을 표 2와 표 3에 나타내었다. 클라이언트로는 802.11 무선네트워크를 지원하는 노트북을 사용하였으며 서버로는 일반적인 데스크탑 PC를 사용하였다. 네트워크가 스트리밍의 장애가 되지 않도록 최대 11Mbps까지 네트워크 대역폭을 제공하는 802.11b기반의 무선 네트워크 인터페이스가 장착된 단말기를 클라이언트로 사용하였다. 네트워크가 실험에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 실험시 AP 주위에 다른 클라이언트는 제거하였으며 AP와 실험 단말기와의 거리는 1m정도를 유지하여 최상의 연결 상태를 가지도록 하였다. 본 논문의 연구대상인 Power를 제외한 다른 부분이 시스템의 성능제한이 되는 일이 없도록 하기 위해 고사양의 단말기를 클라이언트로 사용하였다. 이에 비해 스트리밍 서버는 많은 부하가 발생하지 않을 것으로 예상되어 저사양의 데스크탑 PC를 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/RTSP 라이브러리를 이용하여 스트리밍 미디어를 분석, 프레임별로 RTP를 통해 스트리밍 클라이언트로 전송한다. MPlayer에 RTP/RTSP 라이브러리를 추가하여 라이브러리에 포함된 RTSP서버에 접속하여 스트리밍 미디어

표 2 이동단말기 실험환경

이동단말기명	XNOTE LM50 [LM50-21AK]
CPU	인텔 셀트리노 펜티엄 M 프로세서 1.5GHz
메모리	256MB DDR
Wireless LAN	802.11b 호환, 퀵밴드 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 3 서버실험환경

서버시스템	일반 데스크탑 PC
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 4 영화정보

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

를 전송받도록 하였다. RTP를 통해 전송된 스트리밍 미디어는 MPlayer에 의해 디코딩되어 재생된다. 스트리밍 클라이언트는 단말기의 에너지 상태를 관리하는 acpi 데몬을 통해 단말기의 에너지 상태를 읽어 스트리밍 서버로 전달한다. 실시간 서비스를 필요로 하는 스트리밍 미디어는 빠른 전송을 위해 RTP를 통해 전송되지만 정확한 전달이 중요한 에너지상태 정보는 TCP를 통해 전송된다. 에너지상태 정보는 몇 개의 정수나 실수로 구성되어 많은 양을 차지하지 않으며 일정한 주기로 전송되기 때문에 네트워크에 큰 영향을 미치지 않는다.

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 4에 나타내었다.

4.2 DFRC에서 미디어 재생시간

그림 3은 DFRC 기능이 동작하는 상태에서 동영상을 전체화면으로 재생하였을 경우에 상영시간과 가용시간의 변화를 보여준다. 그래프에서 X축은 스트리밍 미디어를 상영하는 시간을 나타내며 Y축은 예측된 배터리의 가용시간을 나타낸다. 그래프에서 배터리잔류시간이 0이 되면 배터리의 모든 전류가 소모되어 단말기가 다운되는 시점에 이른다. 영화의 가용시간이 상영시간보다 작기 때문에 DFRC가 이를 맞추기 위해 주기적으로 프레임율을 조절한다. 그 결과 그림 3에 나타나듯이 가용시간과 상영시간이 같아지는 것을 볼 수 있다.

그래프에서 앞부분의 경우 가용시간이 변화가 조금씩 있는 것으로 나타나는데 이것은 플레이어가 버퍼링을 하기 때문에 서버에서 변경한 사항이 실시간으로 에너

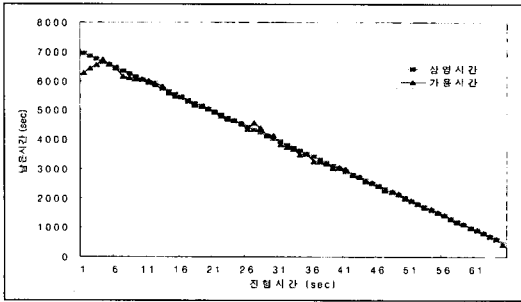


그림 3 DFRC에서 가용시간과 상영시간의 변화

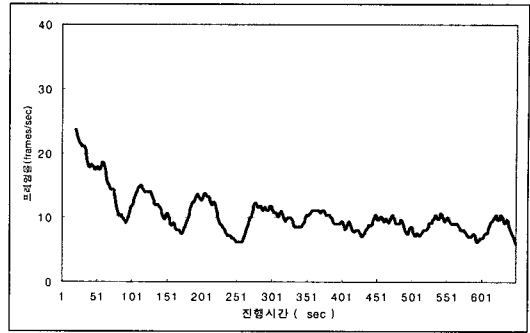


그림 5 DFRC에서 시간에 따른 프레임의 변화

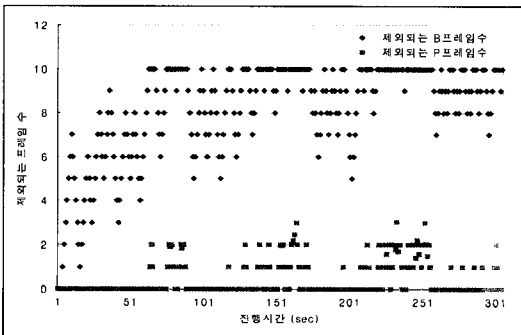


그림 4 DFRC에서 전송에서 제외되는 프레임수의 변화

지소모량에 영향을 미치지 못하고 지연되어 영향을 미치지 않기 때문인 것으로 판단된다. 즉 클라이언트가 서버로 전송하는 에너지상태정보는 서버가 약간의 시간 전에 적합한 프레임 전송율의 결과라 볼 수 있겠다. 서버가 프레임 전송율을 조절하면 약간의 버퍼링시간을 거친 후에 서버로 다시 피드백되는 것이다. 가용시간과 상영시간이 거의 일치하게 되면 프레임 전송율을 그대로 유지하려하기 때문에 가용시간이 일정하게 유지되는 것을 그림 3을 통해서 확인할 수 있다.

DFRC를 통해 에너지관리가 이루어지는 동안에 서버에서 프레임 전송을 조절이 정상적으로 동작하는지 확인하기 위해 서버가 전송에서 제외시키는 프레임의 종류 및 수를 측정해 보았다. 그림 4는 에너지 관리시에 클라이언트의 에너지 소모상태에 따라 실시간으로 프레임 전송율을 조절하였을 경우 전송에서 제외되는 프레임의 수를 보여준다. 그림 4를 보면 초기에 가용시간을 늘리기 위해 B프레임들이 제외되는 숫자가 증가하는 것을 볼 수 있다. P 프레임의 경우에는 초기에는 대부분 전송되다가 시간이 지나면서 조금씩 버려지는 경우가 발생하는 것을 알 수 있다.

실제로 초당 전송되는 프레임의 수를 그림 5에 나타내었다. 영화가 상영되는 초기에는 가용시간과 상영시간의 차이가 크기 때문에 그림 5에서 제외되는 프레임의

수가 급격히 증가하는 것을 볼 수 있다. 어느 정도 시간이 지나면 가용시간과 상영시간이 일치하기 때문에 전송에서 제외되는 프레임의 수의 변화가 적은 것을 볼 수 있다. 이를 통해 DFRC가 클라이언트의 에너지 상태에 따라 효과적으로 전송프레임율을 조절하고 있음을 알 수 있다.

4.3 사용자 작업여부

사용자가 여러 가지 작업을 수행하여도 DFRC가 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 변하였다. 이런 작업들을 하는 경우의 가용시간과 상영시간의 변화를 그림 6에 나타내었다. 그림 6을 보면 가용시간을 나타내는 그래프가 굴곡이 심한 곳이 보이는데 이것은 사용자가 여러 가지 작업을 하면서 소모되는 에너지의 양이 변하였기 때문이다. 그림 7은 사용자가 작업을 하는 동안에 DFRC를 통하여 전송된 프레임율을 보여준다. 그림 7을 살펴보면 그림 6에서 가용시간이 갑자기 줄어드는 시점에 프레임율이 감소하는 것을 확인할 수 있다. 또한 가

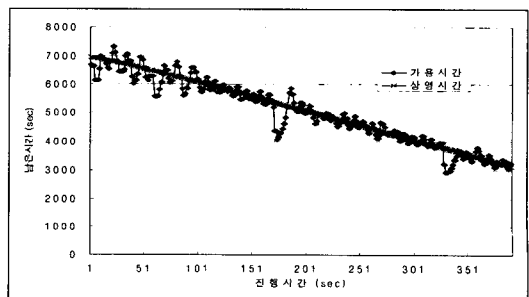


그림 6 사용자 작업에 따른 가용시간과 상영시간에 변화

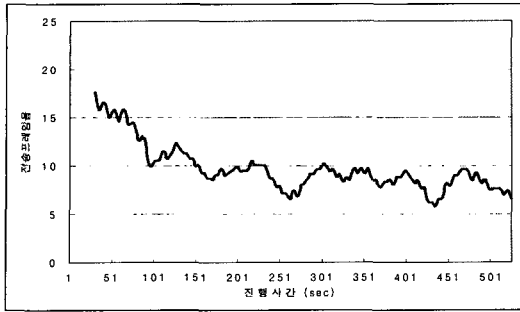


그림 7 사용자 작업에 따른 전송 프레임율 변화

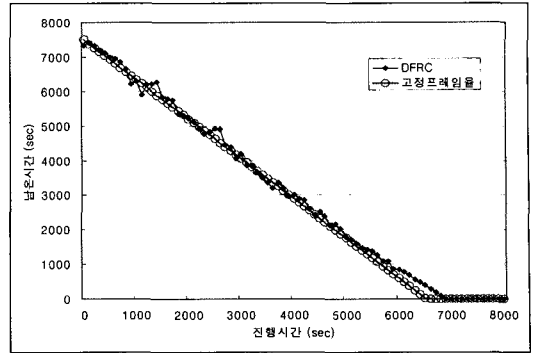


그림 8 고정 프레임율 방식과의 가용시간 비교

용시간이 증가하면 전송 프레임율도 증가하는 것을 볼 수 있어 DFRC가 이동 단말기의 에너지 상태에 따라 전송 프레임율을 조절함을 알 수 있다.

4.4 고정프레임율 방식과의 비교

그림 8은 스트리밍 미디어 서비스시 초기 배터리의 잔류량을 바탕으로 계산한 프레임율을 고정적으로 서비스하는 고정 프레임율 방식과 DFRC를 적용하였을 때의 배터리의 가용시간을 측정된 결과를 보여준다. 그래프에서 X축은 스트리밍 미디어를 상영하는 시간을 나타내며 Y축은 예측된 배터리의 가용시간을 나타낸다. 그래프에서 배터리잔류시간이 0이 되면 배터리의 모든 전류가 소모되어 단말기가 다운되는 시점에 이른 것이다. 실험에 사용된 스트리밍 미디어가 6964초의 상영시간을 가지기 때문에 상영시간이 6964초에 도달하기 이전에 배터리의 잔류시간이 0이 되면 상영시간을 보장하지 못한다는 것을 의미한다. 고정 프레임율 방식의 경우 초기의 남은 전류량과 전류소모량으로 배터리의 가용시간을 계산하기 때문에 시간에 비례하여 감소하는 형태로 나타내었다. DFRC방식은 실시간으로 측정된 남은 전류량을 전류소모량으로 나누어서 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 DFRC 방식에서는 가변적인 전류소모량을 반영하기 때문에 배터리의 잔류시간이 일정하게 변하지 않고 약간씩의 변동이 있음을 볼 수 있다.

고정 프레임율 방식에서는 초기에 배터리의 가용시간을 7500초로 계산하였으나 실제로는 6500초만 스트리밍 미디어의 상영이 가능한 것을 볼 수 있다. 고정 프레임율 방식에서는 초기에 측정된 남은 전류량을 전류소모량으로 나누어서 배터리의 가용시간을 예측한다. 이렇게 측정된 가용시간을 충족시킬 수 있는 프레임율을 계산하여 해당 프레임율을 유지하면서 스트리밍 미디어를

제공한다. 이 경우 미디어 서비스 이용으로 인한 단말기에 발생하는 부하도 일정하다. 하지만 사용자가 다양한 동작을 수행할 수 있기 때문에 시간에 따라 전류소모량은 일정한 것이 아니라 변동하기 때문에 배터리의 가용시간도 변한다. 이로 인하여 고정 프레임율 방식에서는 스트리밍 미디어의 상영이 완료되기도 전에 배터리의 모든 자원이 고갈되어 상영시간을 보장하지 못하는 상황이 발생하게 된다.

DFRC에서는 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. DFRC방식의 경우 초기에 배터리 잔류시간을 고정 프레임율 방식과 비슷하게 높게 예측하지만 시간이 지나면서 변동하는 전류소모량을 반영하여 스트리밍 미디어의 상영시간에 맞추어 배터리의 가용시간을 연장시키는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 DFRC가 이동단말기의 배터리 상태를 실시간으로 파악하여 서비스를 제공해야함을 알 수 있다.

4.5 서버의 CPU 사용량

스트리밍 미디어 서비스시 효율적인 에너지 사용을 위해 많이 사용되고 있는 트랜스코딩 기법은 디코딩과 인코딩 과정을 통해 많은 컴퓨터 자원을 사용한다는 단점이 있다. 트랜스 코딩 기법은 여러 가지 컴퓨팅 자원들 중에서도 DCT나 움직임 예측과 같은 작업을 위해 CPU 자원을 가장 많이 사용한다. 스트리밍 서버에서 트랜스코딩 기법을 사용하였을 때 프로세서의 자원을 어느 정도 사용하는지 알아보기 위해 비트율과 프레임율, 그리고 해상도 변경시 각각 사용되는 CPU의 사용량을 측정해 보았다. 실험에 사용된 서버는 표 3에 있는 컴퓨터를 그대로 사용하여 본 연구에서 제안하는 방식과 비교가 가능하도록 하였다. 그림 9는 비트율과 프레임율을 변경하였을 경우 CPU의 사용량을 나타낸다.

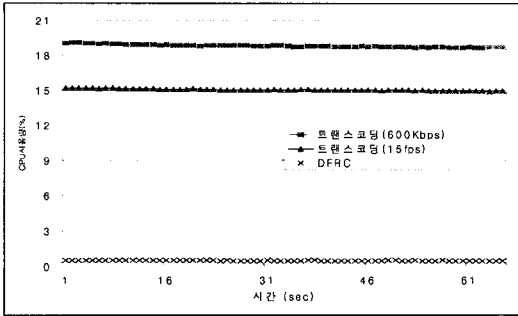


그림 9 스트리밍 미디어 서비스중 서버의 CPU사용량 비교

그림 9를 보면 세 가지 모두 최소 15%에서 최대 30% 사이에 그래프들이 존재하며 감소하는 폭이 매우 적게 나타난다. 본 실험에서 서버로 사용된 컴퓨터를 프록시로 사용할 경우 하나의 서버에서 5~6개 정도의 클라이언트에게 서비스 제공이 가능하다는 결론이 나오는데 최근에는 매우 많은 이동 클라이언트들이 좁은 지역에서 동시에 서버에 접근하는 경향이 있기 때문에 모든 클라이언트들에게 정상적으로 서비스를 제공하기 위해서는 매우 많은 컴퓨터나 고성능의 컴퓨터가 필요하게 된다. 결론적으로 트랜스코딩 기술을 사용시 서버 CPU의 급속한 포화점 도달은 시스템의 성능 확장성을 방해하는 중요한 장애요인이 된다.

반면에 DFRC 기법을 사용할 경우 스트리밍 서버가 스트리밍 서비스를 제공하는 동안 사용된 CPU 사용량은 1%미만으로 매우 적다는 것을 알 수 있다. 본 연구에서 제안된 DFRC 기법의 경우 트랜스코딩 기법과 달리 별도의 디코딩이나 인코딩 과정 없이 프레임율만 조절한다. 서버는 프레임율 조절을 위해 스트리밍 미디어를 분석하는 과정만 필요하기 때문에 트랜스코딩 기법에 비해 매우 적은 CPU자원을 사용하면서 서비스가 가능하다. 이는 앞에서 살펴본 트랜스코딩시 필요한 CPU 사용량이 최소 15%에서 최대로는 20%정도까지 사용하던 것에 비해 매우 미비하며 많은 수의 클라이언트가 접속하더라도 서비스가 가능할 수 있다.

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 에너지양은 일정한 것이 아니라 사용자가 수행하는 작업에 따라 시시각각 변한

다는 특징이 있다. 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 이동단말기의 에너지 상태에 따라 특화된 서비스를 많은 수의 클라이언트에게 동시에 제공할 수 있는 방안으로 RTP 라이브러리를 이용하여 MPEG-2 미디어를 스트리밍할 때 단말기의 에너지 상태에 따라 프레임율을 조절하는 방식인 DFRC를 제안하였다. DFRC는 MPEG-2 미디어의 디코딩시 일부의 프레임이 없더라도 다른 프레임들은 정상적으로 디코딩과 재생이 가능하다는 특징을 이용한다. DFRC는 다른 프레임들이 참조하지 않는 프레임들부터 전송에서 제외시키는 방식으로서 이동단말기의 가용한 에너지로 최대한의 영화 가용시간을 보장하므로 사용자에게 QoS를 제공하였다. DFRC는 트랜스코딩처럼 디코딩과 인코딩 과정을 거쳐서 스트리밍 미디어를 변경하는 것이 아니라 단순히 MPEG-2의 시스템 헤더를 분석하여 프레임 타입만 판별하여 전송여부를 결정하는 방식을 사용한다. 디코딩과 인코딩 작업으로 인해 많은 컴퓨팅자원을 필요로 하는 트랜스코딩 기법에 비해 단순히 헤더만 분석하는 DFRC는 매우 적은 컴퓨팅 자원으로도 많은 수의 클라이언트에게 서비스가 가능함을 CPU사용량의 측정을 통해 입증하였다. 측정된 CPU 사용량 값에 따르면 DFRC는 트랜스코딩 방식보다 20배 적은 CPU사용량을 나타내었다. 이런 낮은 CPU사용량은 많은 사용자들의 접속을 보장하므로 서버의 성능확장에 기여하게 된다.

향후에는 본 연구에서 제시된 DFRC의 성능분석을 통해 이동단말기의 에너지 공급원인 배터리의 특성을 분석하고 이를 다시 DFRC에 적용, 개선하고자 한다. 제한적인 에너지를 가지는 배터리의 특성을 보다 잘 반영하여야 만이 사용자에게 보다 나은 QoS를 제공할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [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*, pp. 582-591, Nov. 2003.
- [2] J. Flinn, "Extending Mobile Computer Battery Life through Energy-Aware Adaptation," *PhD thesis, Carnegie Mellon University*, TR No. CMU-CS-01-171, p. 153, 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)*, pp. 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 PIMRC98*, Vol.1, pp. 116-120, Boston, Sep. 1998.
- [5] D. Rakhmatov S. Vrudhula and C. Chakrabarti, "Battery Lifetime Prediction for Energy-Aware Computing," *In Proceedings of Int. Symp. Low Power Electronics and Design*, pp. 154-159, 2002.
- [6] S. Chandra, "Quality Aware Transcoding: An Application Level Technique to Dynamically Adapt Multimedia," *Ph.D. Dissertation*, Duke University, 2000.
- [7] A. Vetro, C. Chrisopoulos, and H. Sun, "Video Transcoding Architectures and Techniques: An Overview," *IEEE Signal Processing Magazine*, Vol.20, No.2, pp. 18-29, Mar. 2003.
- [8] 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.
- [9] D. Le Gall, "MPEG-A Video Compression Standard for Multimedia Applications," *Communications of the ACM*, Vol.34, No.4, pp. 46-58, Apr. 1991.
- [10] J. Shenoy and P. Radkov, "Proxy-Assisted Power-Friendly Streaming to Mobile Devices," *Multimedia Computing and Networking(SPIE/IS&T)*, Vol.5019, pp. 177-191, 2003.
- [11] J. Lorch and J. Smith, "Software Strategies for Portable Computer Energy Management," *IEEE Personal Communications Magazine*, Vol.5, No.3, pp. 60-73, June 1998.
- [12] Wei, Y. Surendar Chandra and S. Bhandarkar, "A Statistical Prediction-based Scheme for Energy-Aware Multimedia Data Streaming," *In Proceeding of IEEE Wireless Communications and Networking Conference(WCNC)*, Vol.4, pp. 2053-2057, 2004.
- [13] 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)*, pp. 103-116, Oct. 2001.
- [14] M. Mesarina and Y. Turner, "Reduced Energy Decoding of MPEG Streams," *In Proceedings of the ACM/SPIE Multimedia Computing and Networking Conference (MMCN)*, pp. 73-84, Jan. 2002.



이 광 형

2003년 2월 강원대학교 정보통신공학과 학사. 2005년 2월 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 석사. 2005년 9월~현재 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 박사과정 관심분야는 멀티미디어 시스템, 센서네트워크



김 학 수

1996년 건국대학교 전자계산학과 학사
1998년 서강대학교 컴퓨터학과 석사
2003년 서강대학교 컴퓨터학과 박사
2004년 University of Massachusetts, Amherst 박사후연구원. 2005년 한국전자통신연구원 선임연구원. 2006년~현재 강원대학교 컴퓨터정보통신공학전공 전임강사. 관심분야는 한국어정보처리, 생략 및 대응어 처리, 대화 인터페이스 시스템, 정보검색 시스템, 질의응답 시스템



정 인 범

1985년 고려대학교 전자공학과 학사. 1985년~1995년 ㈜ 삼성전자 컴퓨터 시스템 사업부 선임 연구원. 1992년~1994년 한국과학기술원 정보통신공학과 석사. 1995년~2000년 8월 한국과학기술원 전산학과 박사. 2001년~현재 강원대학교 컴퓨터정보통신공학전공 교수. 관심분야는 운영체제, 소프트웨어 공학, 멀티미디어 시스템, 센서네트워크