

# 모바일 VOD 시스템의 전력효율을 감소한 브로드캐스팅 기법

최 영<sup>†</sup>, 최황규<sup>††</sup>

## 요 약

유선 네트워크 환경에 비해 무선 네트워크 환경에서의 VOD 서비스는 제한된 시스템 자원으로 인해 모바일 VOD의 서비스 품질(QoS)을 보장하기가 어렵다. 또한 유선망에 비해 적은 대역폭 자원과 짧은 도달거리는 많은 모바일 클라이언트들에게 서비스를 제공하는데 한계가 있고, 모바일 기기의 제한적인 배터리 용량은 모바일 사용자가 장시간 VOD 서비스를 즐기는데 걸림돌이 되고 있다. 따라서 모바일 VOD 어플리케이션 개발에 있어 이러한 특성들을 고려하여야 한다. 본 논문에서는 다수의 모바일 클라이언트들에게 VOD 서비스를 제공할 수 있는 브로드캐스팅 기법과 모바일 기기의 전력 소모를 줄일 수 있는 집중(bursty) 전송 기법을 이용하여 스트리밍 데이터를 세그먼트로 나누고 각각의 세그먼트를 일정한 패킷의 그룹으로 묶어 한 번에 전송함으로써 모바일 기기의 무선 인터페이스 장치(WNIC)가 차지하는 전력 소비를 80%이상 줄일 수 있는 기법을 제안한다. 또한 제안된 기법은 기존의 Staggered 브로드캐스팅 기법과 비교할 때 서비스 초기 지연시간을 사용 채널수에 비례하여 감소시킴으로써, QoS가 개선된 VOD 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있음을 성능분석을 통하여 밝힌다.

## Power-Efficient Broadcasting Scheme for Mobile VOD System

Young Choi<sup>†</sup>, Hwang Kyu Choi<sup>††</sup>

## ABSTRACT

As compared with wired network environment, mobile VOD service in wireless network environment is difficult to guarantee the quality of VOD service due to the limitation of the system resources. Moreover, the wireless network has small bandwidth resources and short access range so that has limitations for providing the service to a large number of mobile clients. The limited battery capacity of a mobile device becomes an obstacle to mobile clients for enjoying VOD service for a long time. Therefore, these drawbacks should be considered in developing mobile VOD applications. This paper proposes a new technique for improving QoS of mobile VOD service by jointly use of broadcasting technique, which can provide VOD service to a large number of mobile clients simultaneously, and bursty communication technique, which can reduce the power consumption of a mobile device. With having these two techniques, streaming data are divided into segments, each of which is grouped into a particular packet and then transmitted at a time in the busy communication manner. In the performance evaluation, the power consumption on WNIC of a mobile device can be reduced by over 80%, and the initial service delay can be reduced in proportion to the number of channels compared with the existing staggered broadcasting technique.

**Key words:** Multimedia Streaming(멀티미디어 스트리밍), Power-Efficiency(전력효율), Mobile VOD(모바일 VOD), Broadcasting(브로드캐스팅)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 최황규, 주소 : 강원도 춘천시 강원대학길 1번지 강원대학교(200-701), 전화 : 033)250-6382, FAX : 033)250-6382, E-mail : hkchoi@kangwon.ac.kr  
접수일 : 2007년 3월 5일, 완료일 : 2007년 4월 26일

<sup>†</sup> 준회원, 강원대학교 컴퓨터학부  
(E-mail : ychoi@kangwon.ac.kr)

<sup>††</sup> 정회원, 강원대학교 컴퓨터학부

※ 본 논문은 강원대학교 정보통신연구소 지원 연구 결과의 일부임

## 1. 서 론

기존의 VOD 서비스 대부분은 유선환경을 기반으로 서비스가 이루어지고 있다. 차세대 무선통신 네트워크인 IEEE802.11이나 블루투스 같은 무선통신 기술의 발달로 오늘날 모바일 사용자들은 무선 네트워크 기반 하에서도 VOD 서비스 이용이 가능해졌다. 대역폭의 증가, 전송속도의 개선, 단말기 기능강화 등 갈수록 진일보하고 있는 무선 네트워크 환경은 필연적으로 모바일 멀티미디어 서비스를 충족시키는데 초점이 맞춰지고 있다. 최근 사용되고 있는 무선 LAN기술의 표준인 IEEE802.11과 802.11b의 대역폭은 각각 2Mbps에서 11Mbps에 이르고, 802.11a는 5GHz 주파수 대역에서 54Mbps의 데이터 전송이 가능해 모바일 VOD 멀티미디어 서비스를 제공하는데 부족함이 없다. 그러나 이러한 무선 통신 네트워크 기술들의 도달 거리는 10m~100m로 극히 제한적이다. 광범위한 지역의 많은 모바일 클라이언트들에게 VOD 멀티미디어 서비스를 전송하기 위해서는 새로운 무선 네트워크 환경과 VOD 멀티미디어 전송기법이 요구된다.

모바일 멀티미디어 서비스를 받기 위해 필요한 여러 구성 요소 가운데 중요한 부분 중의 하나는 모바일 기기이다. 대표적으로 휴대폰, 노트북, 디지털카메라, MP3P, PMP, 내비게이션, 스마트폰, UMPC 등의 기기를 들 수 있다. 이러한 모바일 기기들의 공통된 특징은 이들 기기 대부분이 배터리를 에너지원으로 사용하고 있다는 점이다. 무선 네트워크 기술의 발달에 맞춰 배터리 기술도 크게 발달해 음성 통화만을 사용하는 휴대전화의 경우 한 번 충전으로 3-4일 동안 쓸 수 있는 것이 일반화 되었지만 동영상을 비롯한 각종 멀티미디어 데이터를 전송하기에는 아직도 배터리 성능이 부족한 것이 현실이다. 모바일 기기를 더 오래 사용하기 위해서는 배터리 자체의 용량과 성능도 중요하지만 모바일 기기 자체가 전력을 덜 소모하도록 개발되어야 한다. 무한한 에너지가 제공되는 기존의 유선 네트워크에서와는 달리 배터리를 에너지원으로 사용하는 무선 네트워크에서는 효율적인 에너지 자원 관리도 중요한 이슈가 되고 있다. 특히 VOD 멀티미디어 데이터의 경우 제한적인 배터리 용량이 문제가 되는 이유는 VOD 서비스가 연속적인 데이터 흐름이라는 점이다. 따라서 광범위

한 지역의 많은 모바일 클라이언트들에게 원활한 대용량의 VOD 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 다음과 같은 제약조건들이 해결되어야 한다. 1) 유선망에 비해 적은 도달거리, 2) 유선망에 비해 적은 대역폭, 3) 일반 PC에 비해 적은 컴퓨터 자원, 4) 제한적인 배터리 용량 등, 이와 같은 주요한 문제점들을 해결해야만 QoS가 보장된 VOD 멀티미디어 전송이 가능해 진다.

본 논문에서는 무선 네트워크 환경의 모바일 기기에서 무선 네트워크 인터페이스 카드(WNIC)가 차지하는 전력소비를 집중(bursty) 전송 기법[1]을 이용하여 줄이고, 적은 서버 자원으로 많은 모바일 클라이언트들에게 VOD 서비스를 제공할 수 있는 브로드캐스팅 기법을[2] 사용하여 시스템 성능을 향상시킬 수 있는 기법을 제안하고자 한다. 제안된 기법은 비디오 데이터를 세그먼트로 나누고, 나누어진 세그먼트들을 패킷그룹으로 묶어 한 번에 전송한다. 모바일 기기의 무선 네트워크 카드는 패킷그룹이 전송될 때는 활동모드로 전환하여 데이터를 수신하고 데이터 전송이 없는 시간 동안은 휴면모드로 전환하여 배터리 전력사용을 줄이고 있다. 집중 전송 기법에서 발생하는 문제점인 네트워크 과잉혼잡 상태는 Staggered 브로드캐스팅 기법을 적용하여 집중 전송할 수 있는 데이터의 양을 가용한 대역폭으로 한정시킴으로써 네트워크 과잉혼잡 상태를 방지하였다. Staggered 브로드캐스팅 기법의 초기 서비스 지연은 무선 중계기를 이용한 채널 할당 기법을 통하여 최소화하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련연구들을 소개하고, 3장에서는 본 논문에서 제안한 전력효율 브로드캐스팅 기법에 대해 설명한다. 4장에서는 제안된 기법의 성능을 분석하고, 마지막 5장에서 결론 및 향후 연구과제로 구성되어 있다.

## 2. 관련연구

많은 인터넷 VOD 기술은 클라이언트/서버 기반의 구조이다. 이러한 구조는 많은 모바일 클라이언트들에게 무선 대역폭 채널을 분리하여 서비스를 제공하기 어렵다. 또한 VOD 서비스를 위한 피투피(Pear to Pear) 접근은[3] 하나의 무선 피어 보다 그 이상의 피어를 거쳐 다른 무선 노드에게 비디오를 전송해야

하기 때문에 대역폭과 시스템 사용에 있어 매우 비효율적이다. 따라서 무선 네트워크 환경에서 VOD 서버는 브로드캐스팅 기법을 사용하여 스트림을 전송하는 것이 바람직하다. 현재 연구되고 있는 브로드캐스팅 기법은 비디오를 여러 개의 세그먼트로 나누고 각각의 세그먼트를 여러 개의 분리된 채널에 반복적으로 전송하는 주기적 브로드캐스팅 기법이 대표적이다. 주기적 브로드캐스팅의 장점은 많은 클라이언트들에게 서비스를 제공할 수 있다는 것이다. 반면 주기적 브로드캐스팅은 표 1에서 보는 바와 같이 다소의 캐싱 공간과 대역폭을 요구한다. Staggered 브로드캐스팅을 제외한 모든 주기적 브로드캐스팅 기술은 데이터를 받기위해 적어도 두 개 이상의 브로드캐스팅 채널과 캐싱을 위한 기억장소를 클라이언트에게 요구하고 있다. 따라서 비디오 데이터는 전형적으로 긴데 비해, 무선 네트워크 클라이언트들의 대역폭은 제한되어 있음을 고려할 때, 클라이언트들이 단지 하나의 채널에만 조인하는 Staggered 브로드캐스팅 기법을 적용하는 것이 바람직하다.

2.1 Staggered 브로드캐스팅

Staggered 브로드캐스팅 기법은 서버 대역폭을 기준으로 각 비디오에게 채널을 할당하고 할당된 채널 위에 비디오 데이터를 전송한다. 비디오 데이터는 동일한 크기의 세그먼트로 나누어 반복적으로 전송된다. 비디오가 재생되는 속도를  $r$  (Mbps)라 할 때, 비디오를 위한 대역폭은  $r \times K$ 가 필요하게 된다. 이 대역폭은  $K$ 개의 논리채널로 나누어지고, 각각은 비디오 재생속도와 동일한 크기의 전송속도로 비디오를 반복적으로 브로드캐스팅 한다.  $K$ 값은 서버의 대역폭에 의해 결정된다.  $N$ 이 서버로부터 브로드캐스팅 되는 비디오의 수이고,  $B$ (Mbps)는 서버의 대역폭

표1. 주기적 브로드캐스팅 기법의 클라이언트에 대한 시스템 자원 요구

| 기법                   | 캐싱 공간    | 대역폭     |
|----------------------|----------|---------|
| Staggered[2]         | 비디오의 0%  | 1× 재생률  |
| Skyscraper[4]        | 비디오의 10% | 2× 재생률  |
| Pyramid[5]           | 비디오의 75% | ≥4× 재생률 |
| Permutation-based[6] | 비디오의 20% | ≥2× 재생률 |
| Harmonic[7]          | 비디오의 40% | ≥5× 재생률 |

이라고 가정할 때  $K$ 는 아래 관계식에 의해 결정된다.

$$r * K * N \leq B \quad (r: \text{전송속도}) \quad (1)$$

그림 1은 Staggered 브로드캐스팅 기법의 동작 방식을 나타낸 그림이다. Staggered 브로드캐스팅 기법은 하나의 채널을 통해서만 스트림을 순차적으로 전송하기 때문에 적은 대역폭을 필요로 한다는 장점과 추가적인 버퍼 공간이 필요 없다는 장점이 있지만 초기 서비스 지연시간이 길다는 단점이 있다. 즉 각 세그먼트는 동일한 크기로 분할되기 때문에 최악의 경우 하나의 세그먼트 크기만큼의 초기 서비스 지연이 발생하게 된다. 초기 서비스 지연을 해결하기 위한 방법으로는 클라이언트 간에 캐싱을 이용한 기법들이 제안되고 있다[8].

2.2 Skyscraper 브로드캐스트

Skyscraper 기법은 세그먼트 분할 기법으로[4] 아래 수식에 의해 세그먼트 크기를 결정한다. 분할된 각 세그먼트들은  $K$ 개의 채널 위에 반복적으로 전송된다. Skyscraper 기법에서 사용되는 반복적인 함수 발생은 다음과 같다.

$$f(n) = \begin{cases} 1 & n=1 \\ 2 & n=2,3 \\ 2f(n-1)+1 & n \bmod 4=0, \\ f(n-1) & n \bmod 4=1 \\ 2f(n-1)+2 & n \bmod 4=2 \\ f(n-1) & n \bmod 4=3 \end{cases} \quad (2)$$

or,  $f(n) = \begin{cases} 1 & n=1 \\ 2 & n=2,3 \\ (2+2 \lfloor \frac{n}{2} \rfloor - n) f(n-1) + (1+2 \lfloor \frac{n}{2} \rfloor - n) (1 + \lfloor \frac{n-4 \lfloor \frac{n}{4} \rfloor}{2} \rfloor) & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (3)$

위 식에 의하여 다음과 같은 수열을 얻을 수 있다.

[ 1, 2, 2, 5, 5, 12, 12, 25, 25, 52, 52, . . . . . ]  
 채널에 브로드캐스팅 되는 세그먼트의 크기는 첫 번째 세그먼트의 길이를  $L_1$ 이라고 할 때, 첫 번째 세

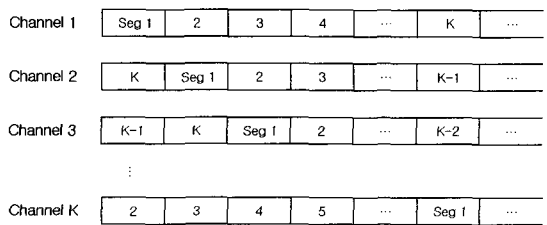


그림 1. Staggered 브로드캐스팅

그먼트 길이에 수열로 구한 수치를 곱한 크기의 세그먼트가 전송된다. 즉 첫 번째 채널에서는  $L_1$  크기의 세그먼트가 반복적으로 브로드캐스팅 되고 두 번째 채널에서는  $L_1 * 2$  크기의 세그먼트가 반복적으로 브로드캐스팅 된다.

Skyscraper 기법의 파라미터와 수식은 다음과 같다.

- $r$  : 비디오 재생 속도(M bits/sec)
  - $L_1$  : 세그먼트1의 길이
  - $W$  : Skyscraper의 넓이 (세그먼트 최대 크기)
  - $L$  : 비디오의 길이
- 초기 서비스 지연시간 :  $L_1 = \frac{L}{\sum_{i=1}^K \min(f(i), W)}$  (4)
- 버퍼 요구량 :  $60 * r * L_1 * (W - 1)$  (5)
- 대역폭 요구량 =  $\begin{cases} 0 & W = 1 \text{ or } K = 1 \\ 2 * r & W = 2 \text{ or } K = 2, 3 \\ 3 * r & \text{otherwise;} \end{cases}$  (6)

2.3 집중(bursty) 전송

무선 멀티미디어에서 배터리 전력 효율에 관한 연구는 최근 몇 년 동안 활발히 연구되어 왔다. 이 분야의 연구는 크게 두 가지 분류로 나눌 수 있는데, 전력 효율(Power-Efficient) 무선 커뮤니케이션[9,10]과 전력 인식(Power-Aware) 멀티미디어 디코딩[11]으로 나누어진다. 전력효율(Power-Efficient) 무선커뮤니케이션의 방법으로 주로 집중 전송 기법이 사용되고 있는데, Jari Korhonen과 Ye Wang은 집중 전송에서 얻어지는 에너지 효율과 네트워크 과잉혼잡 사이의 트레이드오프(trade-off)를 해결하기 위한 최적의 버스트(Burst) 길이(집중 전송에서 한 번에 전송되는 패킷의 양)를 제안하고 있다[1].

본 논문에서는 집중 전송 기법을 사용한다. 집중 전송이란 순차적으로 전송해야 할 패킷을 일정한 크

기로 묶어 한 번에 전송하고 나머지 시간은 전송하지 않는 기법을 말한다. 그림 3에서 볼 수 있듯이 서버는 버스트 길이 동안에만 패킷을 보낼 수 있다. 클라이언트는 서버와 약속된 시간에 무선 네트워크 카드를 활동모드로 변경하고 해당 패킷을 수신한다. 버스트의 전송이 끝나면 무선 네트워크 카드는 휴면모드로 전환됨으로써 에너지 소비를 줄이게 된다.

3. 전력효율 브로드캐스팅

3.1 시스템 구조

그림 4는 모바일 VOD 시스템의 전체 구조를 나타낸 그림이다. 모바일 VOD 시스템은 비디오 서버, 무선 중계기, 모바일 클라이언트로 구성된다. 비디오 서버는 비디오 파일들을 갖고 있으며 클라이언트는 모바일 사용자를 의미한다. 무선 네트워크 특성상 넓은 지역 안에 위치한 클라이언트들에게 서버가 직접 비디오를 전송하는 것은 불가능한 일이다. 따라서 일정지역에 고정되어 있고, 그 지역 안에서 비디오를 중계할 수 있는 중계기 설치가 필수적으로 요구된다.

무선 중계기(Radio Repeater)와 중계기가 전송할 수 있는 범위 안에 있는 클라이언트들은 무선 네트워크 인터페이스 카드(WNIC)가 설치되어 있다. 서버는 주기적 브로드캐스팅을 통해 중계기에게 스트림을 전송하고, 중계기는 서버로부터 전송받은 스트림을 자신이 전송할 수 있는 범위 안에 있는 클라이언트들에게 주기적 브로드캐스팅을 이용하여 재전송한다. 서버와 중계기는 유선상의 WAN/LAN이나, 기반 무선 네트워크 시설을 통해 연결되어 있다.

3.2 서버 브로드캐스팅

서버 브로드캐스팅은 Staggered 브로드캐스팅 기법을 이용한다. 세그먼트 및 채널수는 무선 중계기의 대역폭에 의해 결정된다. 논리채널(K)은 비디오의

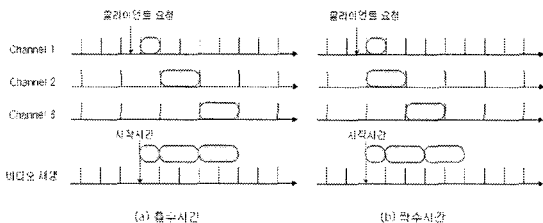


그림 2. Skyscraper 브로드캐스팅

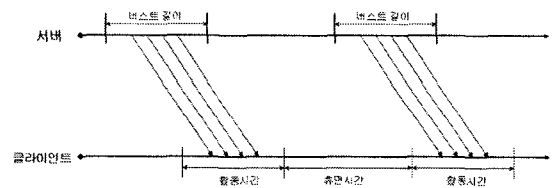


그림 3. 집중(bursty) 전송

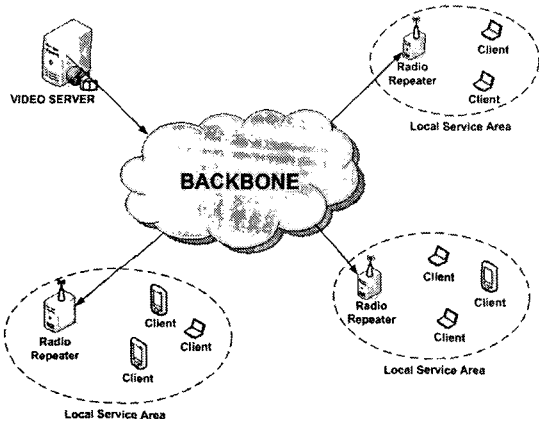


그림 4. 모바일 VOD 시스템 구조

수(N)와 중계기의 대역폭 B에 따라 식(1)의해 결정 된다.

Staggered 브로드캐스팅 기법은 하나의 채널을 통해서만 스트림을 순차적으로 전송받기 때문에 적은 대역폭으로 많은 모바일 클라이언트들에게 서비스를 제공할 수 있다는 장점과 추가적인 버퍼 공간이 필요 없다는 장점이 있지만 초기 서비스 지연시간이 길다는 단점이 있다.

그림 5는 모바일 VOD 서버에서 브로드캐스팅 방법을 나타낸 그림이다. 제안된 서버 브로드캐스팅은 Staggered 브로드캐스팅 기법을 개선한 것으로 VOD 서버의 대역폭 자원을 50%만 사용하여 데이터 세그먼트들을 전송하고 있다. VOD 서버의 대역폭 자원의 사용 절감은 VOD 서버의 가용한 자원의 증가로 이어지고 전체 VOD 서버의 성능 향상을 가져온다. 반면 세그먼트 길이는 2배로 늘어나게 되고 늘어난 세그먼트 길이에 의해 초기 서비스 지연의 길이는 2배로 늘어나게 된다. 초기 서비스 지연은 다음 섹션의 중계기 브로드캐스팅에서 보조 채널을 이용한 채널 할당 기법을 통하여 서비스 지연을 줄이고 있다. 또한 중계기 브로드캐스팅에서는 집중전송 기법을 적용하여 전력효율을 높였다.

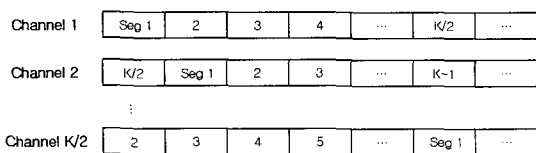


그림 5. 모바일 VOD 서버 브로드캐스팅

### 3.3 중계기 브로드캐스팅

무선 중계기에서의 브로드캐스팅은 서버에서 전송된 스트림을 집중 전송방식으로 변환시켜  $\lfloor (K+1)/2 \rfloor$  개의 정규 채널(Regular Broadcast Channel)을 통하여 재전송하고, 나머지  $\lfloor (K-1)/2 \rfloor$  개의 보조 채널(Assistant Broadcast Channel)을 통하여 서버에서 전송된 첫 번째 세그먼트를 집중 전송 기법을 이용하여 반복적으로 브로드캐스팅 한다. 제안된 기법은 집중 전송에 Staggered 브로드캐스팅 기법을 적용하여 대역폭 요구량 증가나 네트워크 사용률 증가에 따른 네트워크 혼잡 상태를 줄였다. 그림 6은 제안된 기법의 동작과정을 보여주고 있다. 2개의 버스트 구간이 지나간 후  $t_0$ 에서 VOD를 요청한 모바일 클라이언트는 가장 가까운 시점에서 서비스되는 세그먼트1의 버스트를 찾아 전송받는다. 이어서 세그먼트2의 버스트가 전송되는 정규 채널에 접속하여 나머지 버스트들을 전송받는다. 모바일 클라이언트의 무선 네트워크 카드는 활동모드 동안에 서버와 접속하여 세그먼트의 패킷들을 모두 수신하고 버퍼에 저장함과 동시에 비디오를 재생한다. 무선 네트워크 카드는 서버와의 연결과 끊어짐이 반복되면서 휴면모드 동안에너지 소비를 줄이게 된다.

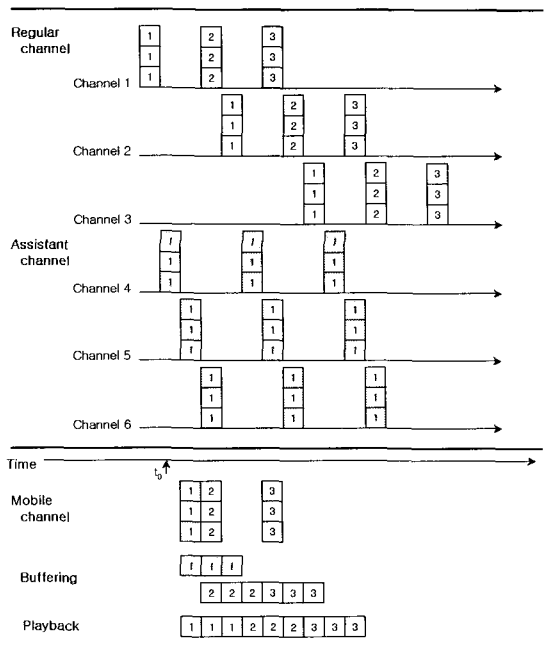


그림 6. 중계기 전력효율 브로드캐스팅

중계기 브로드캐스팅의 파라미터는 다음과 같다.

- $K$ : 전체 논리채널의 수     $R$ : 정규 채널의 수
- $k$ : 보조 채널의 수         $L$ : 비디오의 길이
- $r$ : 비디오 전송 속도       $B$ : 중계기의 대역폭
- $P$ : 패킷크기(버스트 길이)    $D$ : 버스트 깊이
- $a$ : 서비스된 버스트 길이

중계기 브로드캐스팅 기법에서 버스트 길이  $P$ 는 다음과 같다.

$$R = \lfloor (K + 1) / 2 \rfloor \tag{7}$$

$$D = L / \lfloor (K + 1) / 2 \rfloor \tag{8}$$

$$P = L / R^2 \tag{9}$$

그림 7은 클라이언트가 비디오를 재생하기 위해 필요한 간단한 절차를 나타낸 그림이다. 모바일 클라이언트는 무선 네트워크 카드를 활동모드로 전환하고 서비스 반경 안에 있는 무선 중계기를 탐색한다.

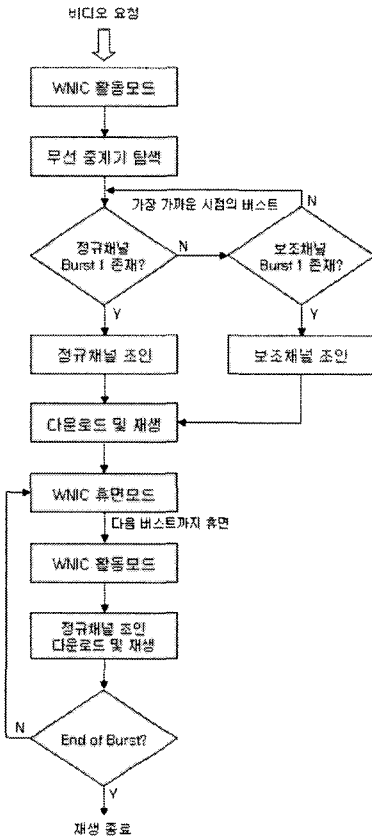


그림 7. 비디오 재생 절차

무선 중계기에서 서비스되고 있는 VOD 채널 중에 정규채널 혹은 보조채널로 부터 첫 번째 버스트를 찾는다. 두 개의 채널 중 가장 가까운 시점에서 첫 번째 버스트가 서비스되는 채널에 조인한다. 조인된 채널로부터 버스트를 다운로드 받고 동시에 재생한다. 버스트의 다운로드가 완료되면 무선 네트워크 카드는 휴면모드로 전환하고 클라이언트는 비디오 재생을 계속한다. 나머지 버스트는 정규채널 중의 하나에 조인해서 전송이 이루어진다. 무선 네트워크 카드는 버스트가 전송될 시점에 활동모드로 전환되고 버스트를 전송받아 버퍼에 저장한다. 또한 다음 버스트 전송까지 무선 네트워크 카드는 휴면모드로 전환되어 전력소비를 줄이게 된다. 같은 과정을 반복하면서 다운로드 및 재생이 이루어진다.

제안된 기법에서 서비스 지연은 그림 6에서  $t_0$ 에 서비스를 요청한 클라이언트는 첫 번째 버스트의 서비스를 제공받기 위해서  $t_0 + P - a$ 까지 기다려야 한다. 따라서 서비스 지연은  $P - a$ 이며, 최악의 경우  $P$ 이다. IEEE802.11g와 MPEG-1인 경우에  $K=18$  채널을 가지고, 60분 비디오를 브로드캐스팅 기법을 사용하여 서비스한다고 가정했을 때 최대 초기 서비스 지연은 다음과 같다.

$$\text{Staggered 브로드캐스트} : \frac{60\text{분}}{18} = 3.3\text{min}$$

$$\text{제안된 기법} : \frac{60\text{분}}{9^2} = 0.74\text{min}$$

$$\text{Skyscraper 브로드캐스트} : \frac{60\text{분}}{\sum_{i=1}^{18} \min(f(i), W)} = 0.11\text{min} (W=52)$$

따라서 제안된 브로드캐스팅 기법은 배터리 전력 소비 절감뿐만 아니라 브로드캐스팅 기법 사용 시 발생하는 초기 서비스 지연시간도 현저히 줄였다.

### 3.4 버퍼요구량 분석

집중 전송은 버퍼공간을 활용하여 전력소모를 줄이는 기법이다. 제안된 기법의 버퍼 요구량은 그림 8에 나타나고 있다. 버퍼 요구량은 각 클라이언트의 요청시간( $t_0, t_1, t_2, t_3$ )에 따라 차이가 있다. 요청시간  $t_0$ 의 경우 클라이언트는 정규채널인 채널 1에서만 서비스를 받게 된다. 버퍼요구량은 첫 번째 버스트

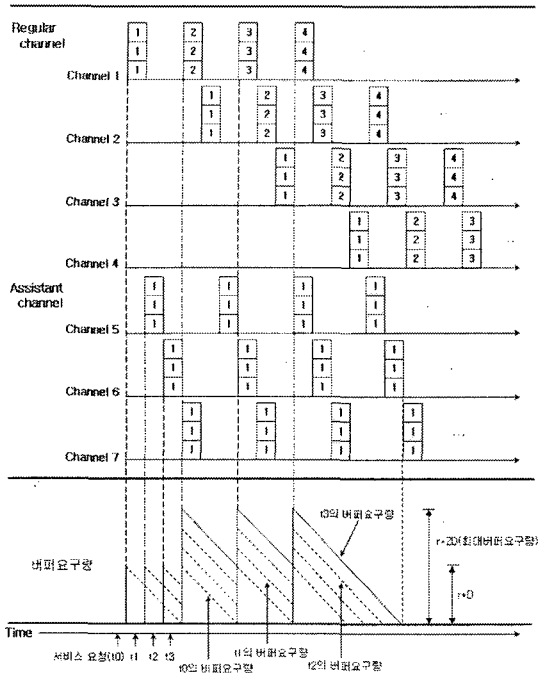


그림 8. 클라이언트 버퍼요구량

의 재생이 끝남과 동시에 버퍼는 비워지게 되고 다시 두 번째 버스트를 받아 재생하게 된다. 버퍼 요구량은 최대 버스트의 깊이(D)의 크기에 해당하는 메모리 요구량을 갖게 된다. 이 경우 가장 작은 버퍼요구량을 보인다. 요청시간 t1의 경우는 채널 5에서 첫 번째 브로드캐스팅 되는 버스트를 다운로드 받고 재생하게 된다. 첫 번째 버스트의 재생이 끝나기 전에 채널 1에서 두 번째 버스트를 다운로드 받아 버퍼 공간에 프리페치(Prefetch)하게 된다. 버퍼에는 아직 재생되지 않는 첫 번째 버스트의 패킷이 남아있는데 그 양은 버스트의 길이 P에 해당하는 크기가 된다. 두 번째 버스트가 다운로드 되면서 버퍼 요구량은 첫 번째 버스트의 아직 재생되지 않고 남아있는 패킷과 채널 1에서 다운로드 받은 두 번째 버스트의 양을 합한 크기의 버퍼요구량을 갖게 된다. 요청시간 t3의 경우 가장 많은 버퍼요구량을 필요로 한다. 요청시간 t3의 경우는 첫 번째 버스트를 다운로드 받기 위해 가장 가까운 채널 7에서 첫 번째 버스트를 다운로드 받음과 동시에 채널 1에서 브로드캐스팅 되는 두 번째 버스트도 전송 받아야 한다. 이 경우 두 개의 버스트가 동시에 버퍼에 저장되어야 하므로 버퍼 요구량이 가장 크다. 또한 하나의 버스트에 해

당하는 크기만큼의 공간은 계속해서 비디오 데이터를 저장하고 있어야 한다. 요청시간 t1,t2,t3의 경우는 다음에 재생해야할 비디오 데이터가 이미 버퍼에 저장되어 있으므로 보다 안정적인 비디오 재생이 가능하다.

제안된 기법은 버퍼공간을 이용하여 모바일 기기들의 배터리 전력소비효율을 높이고자 함이다. 또한 Staggered 브로드캐스팅 기법에 비해 다소 높은 버퍼 요구량을 갖지만 그 외의 다른 브로드캐스팅 기법들에 비해서는 버퍼 요구량이 크지 않다. 성능평가에서 자세히 분석한다.

### 3.5 모바일 클라이언트 전력 절감

집중 전송은 앞서 설명한 것과 같이 무선 네트워크 카드가 휴면모드로 동작하는 시간을 증가시킴으로써 전력 소모를 줄이게 된다.

그림 9는 각각의 파라미터를 나타내고 있다. 데이터 전송은 비디오 길이 L을 P사이저의 여러 개의 패킷으로 나누고 순간적으로 패킷들을 모아서 전송한다. D는 한 번의 버스트 구간에서 몇 개의 세그먼트 패킷을 전송할 것인지를 결정한다. S는 전송 후에 무선 네트워크 카드가 휴면모드로 동작하는 시간을 의미한다. 예를 들어, P가 비디오 1분의 길이이고 D=5라면, 한 번의 버스트 구간에서 5분의 데이터를 전송 받고 이것을 재생하는 5분 동안 무선 네트워크 카드는 휴면모드(Sleep-Mode)로 동작할 수 있다. 하지만 모든 패킷을 소모하기 전에 패킷을 전송받아야 하기 때문에 식(10)을 만족하는 휴면시간을 가지게 된다.

$$BestSection-Sleep-Time = (D * P) - P \quad (10)$$

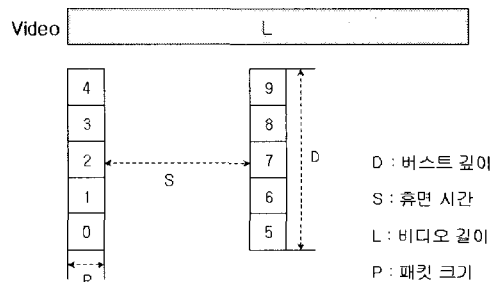


그림 9. 파라미터

식(10)은 각 구간에서 얻을 수 있는 최고의 휴면시간을 의미한다. 예를 들어, 10개의 버스트 구간이 있다면, 9번의 버스트 구간에서 식(10)과 같은 휴면시간 이득을 가질 수 있다. 휴면시간은 보조 채널과 정규 채널을 통해 데이터를 전송 받는 경우에 따라 전력이득에도 차이가 생긴다. 그림 10은 집중 전송을 Staggered 브로드캐스트 기법에 적용했을 때, 전체 휴면시간을 구하기 위한 경우를 보여준다.

$$S = (R - 1) \tag{11}$$

$$Sleep\_time = (R - 1)^2 + init\_time(init\_time = 1 \sim R-1) \tag{12}$$

식(12)을 통하여 얻을 수 있는 모바일 기기의 전력 소비 절감은 IV장에서 자세히 다루게 된다.

### 4. 성능 평가

이 장에서는 본 논문에서 제안하고 있는 전력효율 브로드캐스트 기법의 성능평가를 위해 기존에 제안된 브로드캐스팅 기법 중 가장 성능이 좋은 Skyscraper 브로드캐스팅 기법과 본 논문에서 적용한 Staggered 브로드캐스팅 기법을 대상으로 서버 대역폭 요구량 감소와 서비스 초기에 발생하는 서비스 지연, 모바일 클라이언트의 버퍼요구량과 집중 전송에 따른 전력 사용 절감 등을 비교 분석한다. 제안된 기법에서 서버 대역폭 요구량 증정은 무선 중계기에서 가용한 채널 중 50%를 세그먼트 1의 재전송을 위한 보조 채널로 할당하고 있으므로 비디오 서버는 무선 중계기의 정규채널에 해당하는 스트림만 보내면 된다. 즉 제안된 기법에서는 중계기 채널 할당에 따라 필요한 서버 대역폭은 50%에 불과하다. 초기

서비스 지연에 관한 성능 분석은 Skyscraper 브로드캐스팅 기법의 경우 관련연구에서 L1에 해당하는 길이가 최악의 경우 초기 서비스 지연 시간으로 수식(4)으로 결과를 분석할 수 있다.

또한 Staggered 브로드캐스팅 기법의 초기 서비스 지연시간은 비디오 길이(L)를 논리 채널 K로 나누어 세그먼트들을 각각의 채널에 브로드캐스팅 할 경우 첫 번째 세그먼트의 길이가 최악의 경우 초기 서비스 지연 시간으로써 L/K로 얻을 수 있다. 제안된 기법의 초기 서비스 시간은 표 2에 나와 있는 패킷 크기의 값으로 분석할 수 있다. 제안된 기법의 전력 절감은 수식(12)을 이용해 분석한 결과이다.

버퍼요구량 추정은 그림 7의 아래 부분에 표기된 수치와 Skyscraper 브로드캐스팅 기법의 대역폭 요구량 식(6)을 적용해 비교 분석하였다.

그림 11은 본 논문에서 제안한 전력효율 브로드캐스팅 기법의 최대 서버 대역폭 요구량을 채널 수 변화에 따라 나타낸 그림이다. 대표적 주기적 브로드캐스팅 기법인 Staggered 브로드캐스팅 기법이나 Skyscraper 브로드캐스팅 기법의 경우에는 전체 가용한 대역폭을 기준으로 비디오를 여러 개의 세그먼트로 나누고 각각을 채널에 반복적으로 브로드캐스팅 함으로써 가용한 전체 대역폭을 모두 사용하고 있다. 반면 제안된 기법은 무선 네트워크에 맞는 브로드캐스팅 환경에서 서버 대역폭 요구는 다른 기법에 비해 절반 정도에 그치고 있다.

그림 12는 제안된 기법과 Staggered/Skyscraper 브로드캐스팅 기법과의 채널 수 변화에 따른 초기

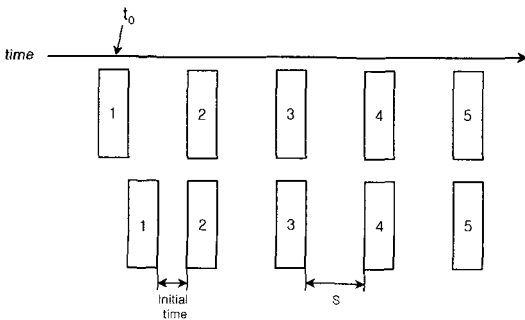


그림 10. 휴면시간

표 2. 성능분석 파라미터

| 파라미터         | 표기                                            | 값          | 변이     |
|--------------|-----------------------------------------------|------------|--------|
| 무선중계기 서비스 반경 | $d$                                           | 100m       | N/A    |
| 비디오 길이       | $L$                                           | 60 minutes | 60~120 |
| 배터리 용량       | $C$                                           | 3 hour     | N/A    |
| 채널 수         | $K$                                           | 20         | 4~20   |
| 정규채널 수       | $R = \lfloor \frac{K+1}{2} \rfloor$           |            |        |
| 패킷 크기        | $P = \frac{L}{R^2}$                           |            |        |
| 버스트 깊이       | $D = \frac{L}{\lfloor \frac{K+1}{2} \rfloor}$ |            |        |



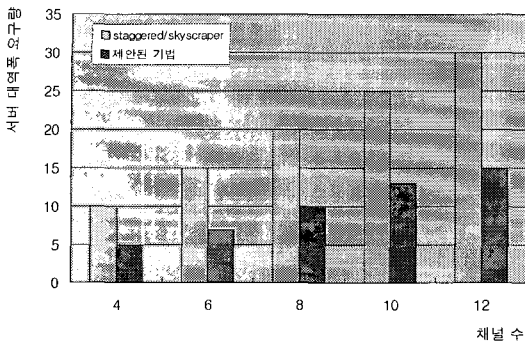


그림 11. 서버 대역폭 요구량

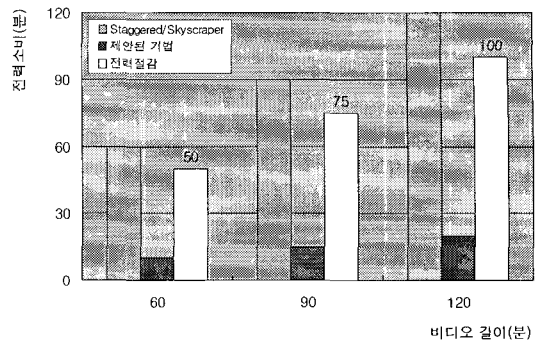


그림 13. 전력 절감

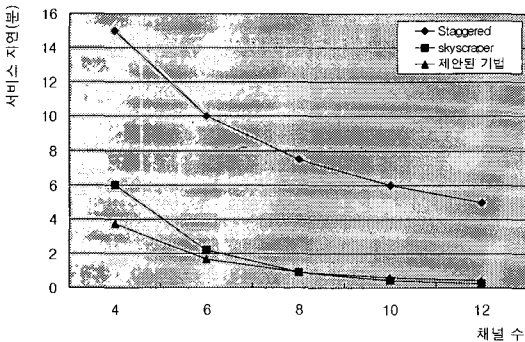


그림 12. 초기 서비스 지연

서비스 지연 시간을 비교한 그림이다. 채널 수 12에서 Staggered 브로드캐스팅의 초기 서비스 지연 시간은 5분을 보이고 있으나, Skyscraper 브로드캐스팅 기법의 경우는 0.24분으로 나타나고 있다. 제안된 기법은 채널 수 12에서 0.42분의 서비스 지연 시간을 보이고 있다. 채널수가 증가하게 되면 초기 서비스 지연 시간은 현저히 줄어든다. 무선 네트워크 환경에서 가용한 채널수 36개에서 비디오 데이터 하나를 서비스 한다고 가정했을 경우 0.046분의 서비스 지연 시간을 나타낸다. 그러나 모바일 클라이언트에게 VOD 서비스를 제공하는데 있어 0.3분 이하로 서비스 지연 시간을 개선하는 것은 사실상 중요하지 않다.

Skyscraper 브로드캐스팅의 경우는 비록 초기 서비스 지연 시간이 적게 나타나지만 버퍼 요구량이나 대역폭 사용에 있어서 무선 네트워크 환경의 VOD 서비스에는 적합하지는 못하다. 차후 무선 네트워크 대역폭 환경이 개선된 후에 이러한 주기적 브로드캐스팅 기법을 적용할 수 있게 될 것이다.

그림 13은 비디오 길이에 따른 전력 소비 절감을

비교한 그림이다. 그림은 채널 수 12에서 분석한 결과이다. 그래프 내에 표기된 수치는 전체 비디오 길이(min)에서 제안된 기법을 통해 감소시킨 전력 양(min)을 나타낸다. Staggered/Skyscraper 기법의 경우 비디오는 연속적으로 전송되고 비디오가 전송되는 동안 모바일 기기의 무선 네트워크 카드는 지속적으로 데이터를 수신하게 된다. 따라서 그 시간동안 배터리의 전력 사용은 계속된다. 일반적으로 모바일 기기의 배터리는 1분 통화로 대기시간 50~60분과 맞먹는 전력이 소비된다. 제안된 기법의 전력 소비는 60분, 90분, 120분 비디오의 경우 각각 10분, 15분, 20분으로 전력사용은 기존 방식에 16.6%에 불과하다. 또한 채널수가 증가하게 되면 전력소비도 줄어든다. 즉 채널수가 증가하게 되면 패킷 깊이(Packet Depth)가 커지게 되고 한 번에 많은 패킷을 보낼 수 있게 되는데, 한 번에 많은 패킷을 보내게 되면 무선 네트워크 카드의 휴면모드(Sleep-mode)의 시간도 늘어나게 된다.

제안된 기법의 측정 데이터는 순수 스트리밍을 위한 비디오 패킷 데이터만 적용된 값으로 에러 제어를 위한 패킷이나, 세션정보를 유지하기 위한 세션 패킷 등, 기타 제어 패킷들은 포함되지 않았다. 전체 비디오 데이터에서 기타 제어 패킷들이 차지하는 부분은 크지 않다.

논문에서 제시한 기법은 무선 중계기를 이용하여 서버의 대역폭 요구량을 줄이고, 클라이언트의 버퍼를 이용하여 모바일 기기의 전력소모를 줄이는 것이다. 집중 전송은 일반적으로 버스트 깊이에 비례하는 버퍼 요구량을 보인다. 한 번의 버스트 구간에서 많은 양의 데이터를 받고 그것을 재생하는 동안 무선 네트워크 카드의 전력소모를 줄이는 기법이기 때문

이다. 전력효율 브로드캐스팅 기법은 정규 채널에서만 스트림을 받거나, 아니면 정규 채널과 보조 채널 동시에 스트림을 받아야 하므로, 최대 버스트 깊이의 두 배 크기만큼의 버퍼 요구량을 필요로 한다. 그림 14는 제안된 기법과 Skyscraper 기법과의 버퍼 요구량 차이를 보여준다. 제안된 기법은 Skyscraper 기법의 버퍼 요구량 보다 다소 높은 편으로 비디오 길이의 30% 수준이다. Skyscraper의 경우 버퍼요구량은 비디오의 10%이고, Pyramid 브로드캐스팅은 비디오의 75%, Pagoda 브로드캐스팅은 비디오의 45%, Harmonic 브로드캐스팅은 비디오의 40%임을 감안할 때, 일반적으로 높은 편은 아니다.

### 5. 결 론

모바일 환경의 적은 대역폭 자원은 유니캐스팅을 이용한 VOD 서비스를 통해 수용할 수 있는 클라이언트 수에 한계가 있다. 다수의 모바일 클라이언트들에게 서비스를 제공하기 위해서는 브로드캐스팅을 이용한 기법이 적합하다. 또한 Staggered 브로드캐스팅을 제외한 다른 브로드캐스팅 기법들은 대역폭 요구나 시스템 구조에 있어 모바일 환경에 적용하기에 아직 적합하지 않다.

본 논문에서는 Staggered 브로드캐스팅 기법을 개선하여 서버 대역폭 요구를 줄이고, 채널 할당 기법을 통해 초기 서비스 지연을 줄였다. 또한 집중 전송 기법을 이용하여 모바일 기기의 배터리 전력효율을 높이는 방법을 제시하였다. 근본적인 해결방법은 배터리 용량을 늘리는 것이나 이 또한 한계가 있다. 따라서 모바일 환경에서 적용되는 각종 어플리케이션들은 모바일 전력절감을 위한 기법들이 개발되어

적용되어야 할 것이다. 특히 VOD 서비스와 같은 멀티미디어 서비스의 경우 모바일 기기에서 차지하는 전력소비량을 고려할 때 그 필요성은 더욱 크다. 본문에서는 무선 네트워크 카드가 모바일 기기 전체에서 차지하는 전력소비량을 감안하여 무선 네트워크 카드를 활동모드(Active-Mode)와 휴면모드(Sleep-Mode)를 반복시킴으로서 무선 네트워크 카드의 사용시간을 줄여 배터리 전력소비를 줄였다.

성능평가에서 얻은 전력소비 절감은 이상적인 상황에서 얻어지는 최상의 값이다. 즉, 패킷을 전송할 때 발생하는 전송지연시간, 무선 네트워크 카드의 모드 변경 지연시간 등은 고려되지 않은 결과이다. 우리의 실험에서 위와 같은 내용이 반영될 수 없는 이유는 전송지연시간의 경우 네트워크의 특징에 따라 달라지기 때문이다. 또한 무선 네트워크 카드의 모드 변경 지연시간 또한 기기의 특성에 따라 매우 다양하다. 따라서 제안된 기법이 실제 시스템에 적용될 때 고려되어야 할 사항들이다. 제안된 기법은 기존의 Staggered 기법에 비해 세그먼트 길이의 2배에 해당하는 버퍼 요구량을 갖는다. 하지만 메모리와 배터리의 비용차이, 기술적인 문제, 모바일 기기 제약조건(무게, 크기)등을 고려해 볼 때, 메모리 공간을 활용하여 배터리 소모를 줄일 수 있는 방법이 더 효율적일 것이다.

모바일 컴퓨터에서 환경에 적응하는 기법은 매우 중요한 요소이다. 만약 제안된 기법에서 네트워크 특성과 모바일 기기의 상태변화를 감지하여 유동적인 버스트 깊이 값을 가지게 된다면 제안된 기법은 좀 더 효율적인 방법이 될 것이다. 또한 깊이 값을 고정한 상태에서 적절히 휴면시간을 조절하게 되면 서버의 대역폭을 줄이는데 큰 도움이 될 것이다. 우리는 앞으로 제안된 기법이 네트워크 환경과 모바일 기기의 상황에 맞게 적용할 수 있는 기법에 대한 연구를 진행할 것이다.

### 참 고 문 헌

[1] J. Korhonen and Y. Wang, "Power-Efficient Streaming for Mobile Terminals," *International Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video*, 2005.

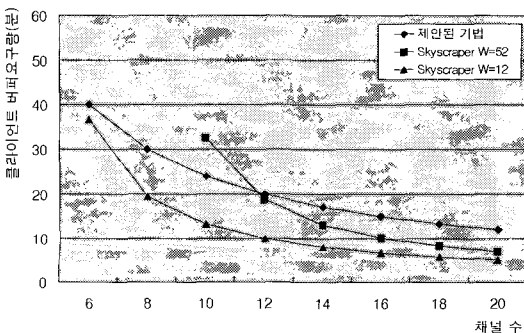


그림 14. 클라이언트 버퍼 요구량

[2] Z. Fei, I. Kame, S. Mukherjee, and M. H. Ammar, "Providing interactive functions for staggered multicast near video-on-demand systems," *In Proc. IEEE Conference on Multimedia and Computing Systems (ICMCS99)*, pages 949-953, 1999.

[3] D. A. Tran, K. Hua, and T. Do, "A Peer-to-peer architecture for media streaming," *IEEE JSAC*, Special Issue on Advances in Service Overlay Networks.

[4] K. A. Hua and S. Sheu, "Skyscraper broadcasting: A new broadcasting scheme for metropolitan video-on-demand systems," *In Proc. of the ACM SIGCOMM'97*, pages 89-100, Cannes, France, September 1997.

[5] S. Viswanathan and T. Imielinski, "Metropolitan area video-on-demand service using pyramid broadcasting," *ACM Multimedia systems Journal*, 4(4):179-208, August 1996.

[6] C. C. Aggarwal, J. L. Wolf, and P. S. Yu, "A permutation-based pyramid broadcasting scheme for video-on-demand systems," *In Proc. of the IEEE Int'l Conf. on Multimedia System'96*, pages 118-126, Hiroshima, Japan, June 1996.

[7] L. Juhn and L. Tseng, "Harmonic broadcasting for video-on-demand service," *IEEE Transactions on Broadcasting*, 1997.

[8] Duc A. Tran, Minh Le, and Kien A. Hua, "MobiVoD: A Video-on-Demand System Design for Mobile Ad Hoc Networks," *IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM'04)*, mdm, p. 212, 2004.

[9] Zhu H. and Cao G. A, "Power-Aware and QoS-Aware Service Model on Wireless Networks," *In Proceedings of the IEEE Infocom '04*, (Hong Kong, March 7-11, 2004.)

[10] A. Acquaviva, E. Lattanzi, and A. Bogliolo, "Design and Simulation of Power-Aware

Scheduling Strategies of Streaming Data in Wireless LANs," *In Proceedings of the International Workshop on Modeling Analysis and Simulation of wireless and Mobile Systems*, 2004.

[11] Kihwan Choi, Karthik Dantu, Wei-Chung Cheng, and Massoud Pedram, "Frame-Based Dynamic Voltage and Frequency Scaling for a MPEG Decoder," *International Conference on Computer Aided Design*, Proceedings of the 2002 IEEE/ACM international conference on Computer-aided design, 2002.



최 영

1990년 2월 경남대학교 수학교육과 졸업(학사)  
 1998년 8월 관동대학교 전자계산공학과 졸업(석사)  
 2002년 3월 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 박사과정  
 2002년 3월~2007년 2월 동우대

학 웹디자인 연구소 연구실장

관심분야 : 멀티미디어 시스템, 데이터베이스 시스템, 유비쿼터스 시스템 등



최 황 규

1984년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(학사)  
 1986년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 졸업(석사)  
 1989년 8월 한국과학기술원 전기및전자공학과 졸업(박사)  
 1994년 7월~1995년 7월 Univ. of

Florida Database R&D Center 방문교수

1999년 3월~2001년 2월 강원대학교 전자계산소 소장  
 2002년 7월~2003년 8월 Univ. of Minnesota 방문교수  
 1990년 3월~현재 강원대학교 IT특성화학부대학 컴퓨터학부 교수

관심분야 : 멀티미디어 시스템, 데이터베이스 시스템, 유비쿼터스 시스템 등