

# 다중 인터페이스 환경에서 서비스 품질을 지원하는 멀티미디어 스트리밍 기법 연구

## (QoS-guaranteed Multimedia Streaming for Multiple Interfaces)

조기덕<sup>†</sup>      박용운<sup>\*\*</sup>      권태경<sup>\*\*\*</sup>      최양희<sup>\*\*\*\*</sup>  
 (Kideok Cho)      (Yongwoon Park)      (Taekyoung Kwon)      (Yanghee Choi)

**요약** IPTV 서비스나 YouTube와 같은 방송/동영상 서비스의 등장은 멀티미디어 스트리밍 서비스를 인터넷 응용의 핵심으로 만들었다. 이에 멀티미디어 스트리밍 서비스 사용자에게 서비스 품질(Quality of Service)을 지원하는 것이 중요한 문제로 대두되었다. 인터넷에서 TCP 흐름과 비슷한 성능을 보이는 동시에 혼잡을 제어하면서 데이터를 전송하기 위해 TCP-Friendly Rate Control(TFRC)이 제안되었으며 멀티미디어 스트리밍을 위하여 널리 사용되고 있다. 그러나 두 개 이상의 인터페이스를 가지고 있는 단말기가 등장하고 있음에도 불구하고 이를 활용하여 TFRC 기반의 스트리밍 서비스를 제공하기 위한 방법은 제안되지 않고 있다. 따라서 본 논문에서는 사용자에게 서비스 품질을 지원하기 위하여 다중 인터페이스에서 TFRC를 사용하여 스트리밍 서비스를 제공하는 기법을 제안한다. 제안한 기법은 하나의 인터페이스만을 사용하는 기법에 비해 성능(throughput) 및 비용 측면에서 더 좋은 성능을 보인다.

**키워드** : 멀티미디어 스트리밍, 서비스 품질 지원, TCP-Friendly Rate Control, 다중 인터페이스

**Abstract** One of popular applications in the Internet is the multimedia streaming services such as IPTV or YouTube in which supporting quality of service (QoS) is an important issue. One of widely adopted rate control scheme is TCP-friendly rate control (TFRC) which shows comparable performance with TCP in term of throughput and lower variation of throughput over time. On the other hand, devices with multiple interfaces are emerging in the market. However, it has not proposed to exploit multiple interfaces simultaneously for multimedia streaming services with TFRC. In this paper, we propose a multimedia streaming algorithm with TFRC which exploits multiple interfaces to guarantee the quality of service. We show that the proposed scheme shows better performance than those with a single interface in terms of throughput and communication costs.

**Key words** : Multimedia Streaming, Quality of Service, TCP-Friendly Rate Control, Multiple Interfaces

· 본 연구는 인천정보산업진흥원이 주관하는 "실감형3D영상원천기술개발사업" 및 기초기술연구회의 지원으로 수행되었음. 이 연구를 위해 연구장비를 지원하고 공간을 제공한 서울대학교 컴퓨터연구소에 감사드립니다.  
 · 이 논문은 제35회 추계학술대회에서 '다중 인터페이스 환경에서 서비스 품질을 지원하는 멀티미디어 스트리밍 기법 연구'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

† 학생회원 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부  
 kdcho@mmlab.snu.ac.kr

\*\* 비회원 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부  
 actual0@snu.ac.kr

\*\*\* 정회원 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부 교수  
 tkkwon@snu.ac.kr

\*\*\*\* 종신회원 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부 교수  
 yhchoi@snu.ac.kr  
 논문접수 : 2008년 12월 19일  
 심사완료 : 2009년 2월 12일

Copyright©2009 한국정보과학회 : 개인 목적이거나 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. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 정보통신 제36권 제3호(2009.6)

## 1. 서론

초기에 파일 전송, 메일, 웹서핑과 같은 응용이 주를 이루었던 인터넷은 이제 멀티미디어 스트리밍 등의 응용이 주를 이루고 있다. 이러한 인터넷 응용 패러다임의 변화는 미국의 YouTube[1], 국내의 mncast[2] 등과 같은 멀티미디어 스트리밍 서비스 제공업체의 등장과 IPTV[3]의 등장으로 설명할 수 있다. 또한 기존의 멀티미디어 스트리밍 서비스의 특징이 뉴스, 영화 등과 같이 콘텐츠 제공자가 제작한 멀티미디어 데이터를 사용자에게 일방적으로 전달하는 것이었던 반면, 최근에는 사용자가 자신이 직접 제작한 멀티미디어 콘텐츠(User-Created Contents, UCC)를 다른 사용자에게 전달하는 것이 멀티미디어 스트리밍의 주요 서비스 대상이 되었다. 미래에는 디지털 기기의 발전으로 UCC와 같이 사용자가 만들어내는 멀티미디어 콘텐츠의 양이 기하급수적으로 증가할 것으로 예상되며, 인터넷으로 방송 서비스를 제공하게 될 IPTV의 활성화는 멀티미디어 스트리밍을 인터넷의 가장 중요한 응용으로 만들 것으로 기대된다. 따라서 사용자가 원하는 서비스 품질을 만족하는 동시에 효율적으로 멀티미디어 스트리밍을 제공하는 기법에 대한 연구가 필요하다.

이를 위해 인터넷에서 TCP와의 형평성을 고려한 혼잡 제어 방식으로 TCP-Friendly Rate Control(TFRC)가 제안되었다[4]. TFRC는 TCP에 거의 근접한 성능(throughput)을 낼 수 있는 기법으로 RTT, 패킷 크기, 패킷 손실률 등의 정보를 이용하여 전송률을 결정하는 기법이다. TFRC의 이러한 특성을 이용하여 멀티미디어 트래픽을 전송할 때 혼잡 상황을 피하는 연구가 많이 진행되어왔다. 한편으로, 단말기의 성능 향상으로 두 개 이상의 인터페이스를 가지고 있는 multi-modal 단말기가 등장하였다. 랩탑 컴퓨터에는 이미 블루투스, 무선랜, 와이브로 등과 같은 다중 인터페이스가 장착되고 있으며, 휴대폰에서도 셀룰러 인터페이스에 더해 무선랜 인터페이스가 장착된 단말기가 등장하고 있다. 그러나 기존의 연구에서는 다중 인터페이스를 활용하여 멀티미디어 스트리밍 서비스를 제공하는 기법은 아직 제안되지 않고 있다.

따라서 본 논문에서는 다중 인터페이스를 가진 단말에서 TFRC를 사용하여 서비스의 품질을 지원하는 멀티미디어 스트리밍 기법을 제안한다. 본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 제안하는 기법을 설명하기 전에 멀티미디어 스트리밍과 관련된 연구를 소개하고 한계점을 알아본다. 3장에서는 다중 인터페이스를 활용하기 위하여 본 논문에서 제안하는 TFRC 기반의 멀티미디어 스트리밍 기법에 대해서 설명한다. 4장에서 본 논

문에서 제안한 기법과 하나의 인터페이스만을 사용하는 기법들을 비교 분석한 실험 결과를 제시한 뒤에, 5장에서 본 논문을 정리하고 향후 연구 주제를 제안하며 본 논문을 마친다.

## 2. 관련 연구

TFRC는 유선망에서 널리 사용되는 전송률 조절 기법으로서 RTT, 패킷 크기, 패킷 손실률 등의 함수로 전송률을 조절하는 수식 기반의 전송률 조절 기법이다 [4]. TFRC는 동일 상황에서 TCP 흐름의 전송률의 두 배를 넘지 않는 범위 내에서 데이터를 전송하도록 전송률을 조절하게 되며 이를 TCP 친화적(TCP-Friendly)이라고 표현하고 있다. TFRC는 TCP에 비해서 시간에 따른 성능의 변화량(variation of throughput)이 적기 때문에, 상대적으로 안정적인 데이터 전송률을 요구하는 멀티미디어 스트리밍 서비스를 지원하는데 있어서 TCP에 대한 비교우위를 갖고 있다. 반면 TFRC는 유선망을 가정된 전송률 결정 기법이기 때문에 채널 환경 변화에 의해 패킷 손실이 일어나는 무선망의 경우 패킷 손실의 원인을 잘못 판단하여 성능을 저하시킬 가능성이 있다. 이를 위해 무선망의 특성을 반영하여 TFRC를 개선한 연구들이 진행되어 왔다[5,6]. 그러나 TFRC와 관련된 기존 연구에서는 무선 환경 등은 고려하였으나 다양한 과금 체계를 가지고 있는 다중 인터페이스를 가진 단말이 존재하는 환경을 고려하지 않았다는 한계가 있다.

## 3. 다중 인터페이스를 이용한 서비스 품질 지원 기법

### 3.1 가정

본 논문에서는 무선랜, 와이브로를 장착한 랩탑과 같이 두 개 이상의 서로 다른 종류의 인터페이스를 가지고 있는 단말기 상에서 서비스 품질을 지원하는 기법을 제안한다. 인터페이스에 있어 '서로 다른 종류'라는 개념은 서로 다른 기술을 사용하는 인터페이스에서부터 서로 다른 무선 채널/상이한 과금 정책을 사용하는 인터페이스까지 다양하게 적용될 수 있다. 본 논문에서는 가장 일반적인 예인 무선랜(IEEE 802.11)과 와이브로(IEEE 802.16e) 인터페이스를 모두 가지고 있는 단말에서의 서비스 품질 지원에 대해 살펴본다.

네스팻과 같은 무선랜의 경우, 사용 요금은 패킷 전송량에 상관없이 정액으로 부과되며, 와이브로의 사용 요금은 전송량에 비례하여 과금되는 것으로 가정한다. 위와 같은 환경에서 사용자는 멀티미디어 스트리밍 서비스의 품질 지원을 최우선으로 고려하는 것으로 가정한다. 즉, 사용자는 자신이 원하는 서비스의 품질을 만족하는 것이 1차 목표이고, 사용 요금을 최소화하는 것을

2차 목표로 한다. 또한 사용자가 사용하는 단말은 네트워크 혼잡 상황에서 안정적인 멀티미디어 서비스를 지원하기 위하여 TFRC를 사용하고, Real-time Transport Protocol(RTP)을 사용하여 RTT, 손실률(loss rate) 등의 정보를 TFRC에 제공하는 것을 가정한다[7].

**3.2 네트워크 구성**

그림 1에 본 논문에서 제안하는 기법의 네트워크 구성이 나타나 있다. 멀티미디어 스트리밍 서비스를 받는 사용자는 무선랜과 와이브로 인터페이스를 가지고 있는 무선 단말을 가지고 있으며 각각의 기지국/AP와 무선으로 연결되어 있다. 멀티미디어 데이터를 전송하는 스트리밍 서버는 각각의 기지국/AP와 인터넷으로 연결되어 있다. 스트리밍 서버와 사용자는 TFRC를 사용해 실제 네트워크에서의 전송률을 계산한다. 하나의 인터페이스만을 사용하는 기존의 TFRC 기법과 다른 점은 전체 응용을 위해서 필요한 전송률을 계산한 뒤에(그림 1의 Rate Allocation 부분) 이를 만족하기 위해 두 개의 인터페이스에 필요한 전송률을 할당한다는 점이다.

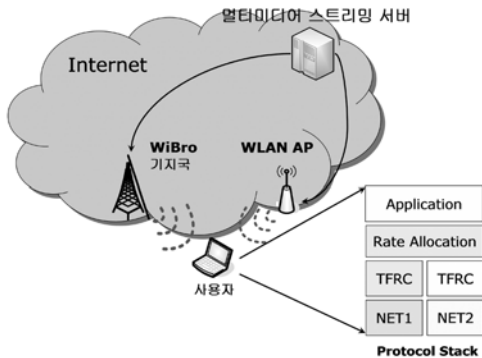


그림 1 네트워크 구성

**3.3 서비스 품질 지원을 위한 전송률 결정 알고리즘**

그림 2에 본 논문에서 제안하는 서비스 품질 지원을 위한 전송률 결정 알고리즘이 나타나 있다. T는 멀티미디어 응용에서 서비스를 위해 요구하는 전송률을 나타내며, Rapp는 실제로 멀티미디어 응용을 위해 사용되는 전송률을 나타낸다. 따라서 Rapp = T일 때는 응용이 요청하는 전송률을 만족하므로 문제가 없으나 Rapp < T인 경우는 응용에서 멀티미디어의 서비스 화질을 조절하는 등의 조정을 통해서 사용자에게 서비스를 제공하게 된다.

본 알고리즘에서는 주네트워크 및 주인터페이스 (Primary Network, Primary Interface)와 보조네트워크 및 보조 인터페이스(Secondary Network, Secondary Interface)를 정의한다. 주네트워크 및 주인터페이스는 사용

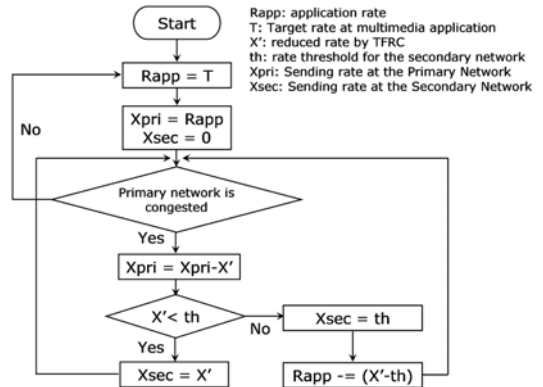


그림 2 전송률 결정 알고리즘

자가 멀티미디어 스트리밍을 위해서 주로 사용하게 될 네트워크와 인터페이스로 본 논문에서는 사용자의 2차 목표가 요금을 최소화하는 것이므로 요금이 더 싼 네트워크인 무선랜을 주네트워크로, 와이브로를 보조네트워크로 가정한다.

그림 2에 나타난 바와 같이 만약 무선랜을 통한 네트워크가 혼잡하여 전송률을 줄여야 하는 경우, 주네트워크는 혼잡을 피하기 위해서 전송률을 줄이게 된다. 하나의 인터페이스만을 사용하는 기법에서는 주네트워크에서 전송률을 줄인 만큼 응용에서의 서비스 품질 저하가 나타나게 된다. 이에 반해 제안한 기법에서는 주네트워크에서 줄여야 하는 전송률만큼을 보조네트워크로 보냄으로써, 전송률 감소분을 상쇄하여 멀티미디어 서비스의 품질을 유지할 수 있도록 한다. 이 때 보조네트워크의 전송률 threshold를 확인하여 이보다 작은 경우 바로 보조네트워크로 데이터를 보내게 되며, 그렇지 않은 경우에는 전체 전송률을 수정하게 된다(Rapp를 X'-만큼 줄이게 된다).

실제 전송률의 측정은 일정한 주기를 가지고 측정하며 매 주기마다 서비스 품질에 미달하는 전송률을 보조네트워크를 통해 전송하게 된다. 보조네트워크인 와이브로는 종량제 과금 정책이 적용되므로 보조네트워크를 사용하지 않고도 서비스 품질이 지원되는 경우 즉시 보조네트워크의 사용을 중단한다. 즉, 주네트워크가 혼잡 상황이 아닌 경우에는 전체 전송률(Rapp)을 응용에서 요구하는 전송률(T)로 설정하고, 이를 주인터페이스에 할당해서 전송한다(Xpri = Rapp로 설정). 또한 요금을 최소화하기 위해 보조네트워크의 사용을 즉시 중단하게 된다(Xsec = 0으로 설정함).

전체 전송률(Rapp)을 수정하여 줄여야 하는 경우, 응용에서 요구하는 전송률(T)를 만족시킬 수 없게 된다. 이 경우에는 멀티미디어 응용의 정보를 활용하여 응용

의 전송률(T)을 줄이게 된다. 즉, 멀티미디어 화질을 저 품질로 전환하거나 I 프레임보다 중요도가 낮은 B 프레임을 전송하지 않는 방법 등을 활용하여 응용에서 요구하는 전송률을 줄이는 방법을 함께 고려할 수 있다. 멀티미디어 응용 정보를 활용한 멀티미디어 스트리밍 기법에 대해서 추후 연구할 계획이다.

### 4. 실험 결과

#### 4.1 실험 설정

제안하는 기법의 성능을 분석하기 위하여 NS2[8]를 사용하여 실험을 수행하였다. NS2에서 다중 인터페이스 지원을 위해 MW-Node[9]를 사용하였으며 Hung의 구현[10]을 참고하여 MW-Node에 WiMAX 모듈[11]을 통합하였다. 각각의 프로토콜 및 에이전트의 설정은 NS2의 기본값을 사용하였다.

본 논문에서 사용한 실험의 구성이 그림 3에 나타나 있다. 노드의 수는 본 논문에서 제안한 기법의 효과에 집중하기 위해 최소로 하였다. 무선랜 인터페이스가 주 인터페이스로서 동작하며 TFRC를 통해 측정된 전송률과 목적하는 서비스 품질 수준 간의 차이를 계산하여 이를 보조인터페이스인 와이브로 인터페이스에 할당한다.

혼잡 트래픽은 그림 4와 같은 형태를 갖는 주기적인

트래픽을 발생시켰다. 혼잡 트래픽을 발생시켜서 주 네트워크를 혼잡 상황으로 만드는 것이 목적이므로 혼잡 트래픽을 발생시키는 노드는 무선랜 인터페이스만을 사용하였다. 혼잡 트래픽을 발생시키는 5개의 노드는 각각 12kbytes/sec의 트래픽을 정기적으로 발생시키게 된다.

#### 4.2 실험 결과

본 논문에서는 다음의 두 가지 기준을 사용하여 제안한 기법의 성능을 평가하였다. 1. 각 기법에서 얻을 수 있는 성능(throughput) 2. 멀티미디어 스트리밍 서비스를 위해 지불해야 하는 총 통신 비용. 본 실험에서는 목표로 하는 서비스 품질을 40kbytes/sec로 정의하였으며, 이를 만족하기 위하여 스트리밍 서버에서는 43kbytes/sec로 데이터를 전송하는 것을 가정하였다.

##### 4.2.1 TFRC의 샘플링 주기

제안하는 기법의 성능을 확인하기 전에 실험에 적절한 TFRC의 샘플링 주기를 찾는 실험을 수행하였다. TFRC의 동작 과정에서 샘플링 주기를 짧게 할수록 네트워크 상황에 적합한 전송률을 정확하게 측정할 수 있다. 그러나 이는 서버의 부하로 작용하기 때문에 전송률 측정의 정확성과 서버 측 처리 부하 간의 trade-off 관계가 존재한다. 이를 확인하기 위해 TFRC의 샘플링 주기를 변화시키며 주인터페이스인 무선랜만을 사용했을 때의 성능을 측정하였다.

샘플링 주기를 0.25초부터 0.25초씩 증가시키며 실험을 하였으며, 그 중 샘플링 주기가 0.25, 0.5, 1초인 경우의 실험 결과가 그림 5,6,7에 나타나 있다. 그림 5,6과 그림 7을 비교해보면 샘플링 주기가 길 경우 혼잡을 빠른 시간 내에 측정하지 못해 상대적으로 긴 시간 동안 서비스 품질을 지원하지 못하는 것을 확인할 수 있다. 그림 7에서 400초 부근에 시작된 혼잡에 제대로 대처하지 못하는 것을 확인할 수 있다(전송률이 30kbytes/sec 이하로 떨어짐). 그림 5와 그림 6을 비교해보면 100초 근처에 발생한 혼잡을 0.25초 샘플링이 더욱 잘 대처하지만 큰 차이가 없음을 확인할 수 있었다. 따라서 본 논

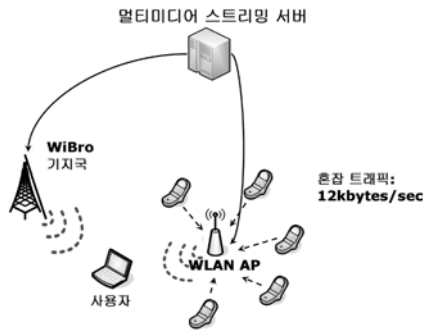


그림 3 실험 구성

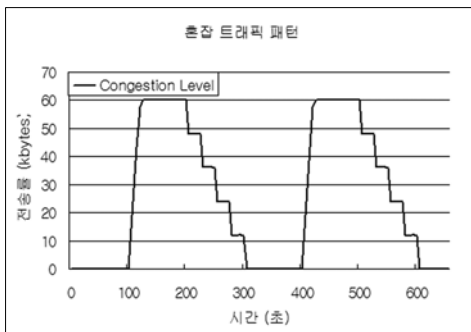


그림 4 혼잡 트래픽 패턴

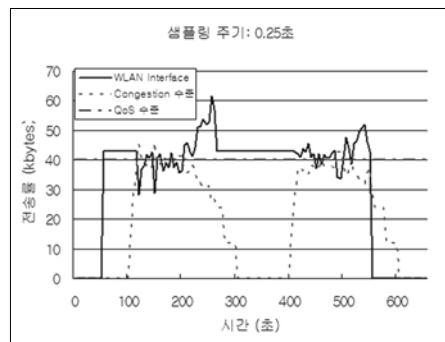


그림 5 주인터페이스 성능, 샘플링 주기: 0.25초

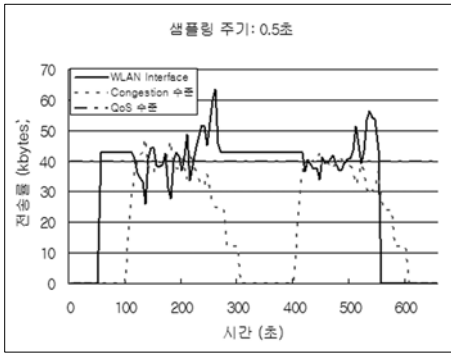


그림 6 주인터페이스 성능, 샘플링 주기: 0.5초

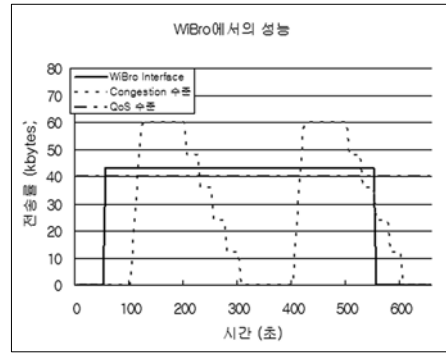


그림 8 와이브로에서의 성능

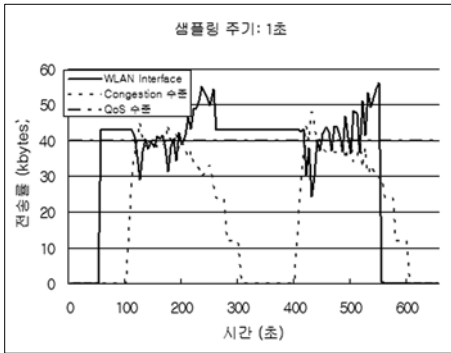


그림 7 주인터페이스 성능, 샘플링 주기: 1초

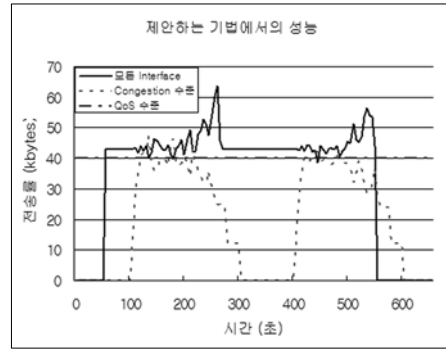


그림 9 제안하는 기법에서의 성능

문에서는 서버측의 부하를 고려하여 샘플링 주기를 0.5 초로 설정하여 추후 실험을 진행하였다.

#### 4.2.2 인터페이스 사용에 따른 성능(throughput)

본 논문에서 제안하는 기법의 성능을 확인하기 위하여 무선랜만을 사용하는 경우, 와이브로만을 사용하는 경우를 두 개의 인터페이스를 사용하는 경우와 비교 분석하였다.

그림 6,8,9에 세가지 기법의 성능이 나타나있다. 그림 6에서 볼 수 있듯이, 무선랜만을 사용하여 멀티미디어 스트리밍 서비스를 제공하는 경우 네트워크의 혼잡 때문에 응용에서 원하는 서비스 품질을 만족하지 못하는 경우가 발생한다. 그림 6의 100~200초 사이, 400~500초 사이에서 사용자가 원하는 서비스 품질인 40kbytes/sec를 만족하지 못하는 것을 확인할 수 있다. 이는 TFRC가 주변의 혼잡 상황에 대처하기 위해 전송률을 낮추기 때문이다.

그림 8에는 와이브로만을 사용하여 서비스를 제공하는 경우가 나타나 있다. 본 실험에서는 주인터페이스인 무선랜 주변에만 혼잡 트래픽을 발생시켰으므로 와이브로에서는 혼잡 트래픽과 상관 없이 항상 서비스 품질을 만족시킬 수 있게 된다.

그림 9에는 본 논문에서 제안하는 기법의 성능이 나타나 있다. 본 논문에서 제안한 방식은 무선랜만을 사용한 그림 6의 결과에 비해 우수한 성능을 보인다. 무선랜만을 사용한 경우 서비스 품질이 만족되지 않는 구간이 최대 20초 가량 지속되는 것([120, 140])을 확인할 수 있다. 이외에도 10초 이상 서비스 품질이 만족되지 않는 구간 또한 빈번하며 성능이 서비스 품질의 60% 수준에 이르는 경우 또한 발생하고 있다. 그러나 제안한 기법은 거의 모든 구간에서 서비스 품질이 지원되며, 서비스 품질이 지원되지 않는 구간의 길이는 2초 미만으로 매우 짧고, 전송률 저하도 주어진 서비스 품질의 5% 미만이다. 따라서 본 논문에서 제안하는 기법은 무선랜만을 사용하여 멀티미디어 스트리밍을 사용하는 기법에 비해 성능 측면에서 우수함을 확인할 수 있다.

반면 와이브로만 사용한 경우와 제안한 기법을 사용한 경우를 성능 측면에서 비교해보면, 두 기법 모두 서비스 품질이 거의 모든 구간에서 지원되고 있다. 그러나 다음 절에서 살펴볼 비용 측면을 고려해보면 와이브로만을 사용하는 것에 비해 제안한 기법이 우수함을 확인할 수 있다.

한편 제안한 기법은 혼잡이 없을 때에도 사용자가 요

구한 서비스 품질보다 높은 평균 성능을 보였는데, 이는 주인터페이스와 보조인터페이스의 동조가 샘플링 주기만큼의 차이를 두고 발생하기 때문인 것으로 볼 수 있다. 즉, 샘플링 주기 동안에 주인터페이스의 전송률이 주어진 서비스 품질 이상으로 회복되었는데도 불구하고 보조인터페이스의 전송률이 즉시 감소하지 않고 샘플링 주기만큼의 차이를 두고 감소하기 때문에 서비스 품질을 상회하는 구간이 존재할 수 있다.

#### 4.2.3 멀티미디어 스트리밍 서비스를 위한 비용

이번 절에서는 제안한 기법과 무선랜, 와이브로만을 사용한 기법을 통신 비용의 측면에서 비교한다. 비교를 위하여 무선랜의 경우 정액제로 월 10,000원의 요금 부과된다고 가정하였으며 와이브로의 경우 종량제로 Mbyte당 50원의 요금[12]이 부과된다고 가정하였다.

이러한 비용 모델은 일반적인 통신사의 가격 모델에 기반하여 식 (1), (2), (3)과 같이 일반화할 수 있다.

$$Cost_{WLAN} = C_{WLAN} \quad (1)$$

$$Cost_{WiBro} = C_{WiBro} + (X - K_{WiBro}) \times D_{WiBro} \quad (2)$$

$$Cost_{HYBRID} = C_{WLAN} + C_{WiBro} + (y - K_{WiBro}) \times D_{WiBro} \quad (3)$$

$C$ 는 정액요금에 해당하며 고정비용에 해당한다.  $D$ 는 전송량에 따라 부과되는 비용으로 가변비용에 해당한다. 또한  $K$ 는 와이브로에서 고정비용에 해당하는 만큼 제공되는 기본 패킷이다. 즉,  $K_{WiBro}$ 를 초과하지 않는 전송량에 대해서는 추가 요금 없이 정액요금  $C_{WiBro}$ 만큼만 부과된다.

식 (1)은 무선랜에 해당하는 요금으로 별도의 가변비용 없이 월정액만 부과되는 경우이다. 식 (2)는 와이브로에 해당하는 것으로 고정비용에 전체 전송량( $X$ ) 중 기본 제공 패킷을 초과하는 부분에 대한 가변비용이 합산되어 부과되는 경우이다. 식 (3)은 본 논문에서 제안하는 기법의 경우로서 무선랜과 와이브로의 비용을 단순 합산한 것이다. 다만 가변비용 부분으로 계산되는 전송량이 식 (2)와는 달리 무선랜 인터페이스에서 줄인 부분( $y$ )이 와이브로 인터페이스를 통해 전송된 전송량이다 ( $X$ 가 아닌  $y$ 임을 주의).

이러한 계산 하에서 4.2.2의 스트리밍 서비스에 대해 계산한 비용이 그림 10에 나타나 있다. 무선랜의 경우, 사용한 데이터의 양에 상관없이 정액제이기 때문에 가장 낮은 요금을 보인다(1만원). 이에 반해 와이브로만을 사용한 경우, 전송한 데이터의 양에 비례해서 요금이 증가하게 되므로 가장 많은 요금을 보인다. 이에 반해 제안하는 기법은 무선랜만을 사용한 기법과 거의 유사한 비용이 부과되게 된다. 따라서 제안한 기법은 가격적인 측면에서 와이브로만을 사용하는 기법에 비해 비교 우위를 가짐을 확인할 수 있다.

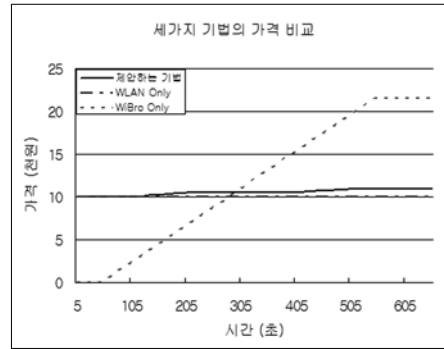


그림 10 세가지 기법의 가격 비교

4.2.2와 이번 절에서 알아본 바와 같이 제안한 기법은 서비스 품질을 만족하는 측면에서는 무선랜만을 사용한 기법보다 우수하며, 가격 측면에서는 와이브로만을 사용하는 기법에 비해 우수함을 확인할 수 있다.

## 5. 결론

본 논문에서는 점차 일반화되는 다중 인터페이스를 가진 단말 상에서 각각의 인터페이스의 네트워크 혼잡 상황 및 비용 특성을 고려하여 주어진 서비스 품질을 만족하는 최적의 전송량을 결정하는 기법을 제안하였다. 실험을 통해서 제안한 기법이 서비스 품질 만족 측면에서는 무선랜만을 사용한 멀티미디어 스트리밍 서비스에 비해 우수하며, 가격 측면에서는 와이브로만을 사용한 서비스에 비해서 우수함을 확인하였다. 앞으로 우리는 본 기법을 세 개 이상의 인터페이스가 존재하는 일반적인 상황에서의 멀티미디어 스트리밍 기법으로 확장할 계획이며, 주네트워크와 보조네트워크가 모두 혼잡한 상황에서의 성능을 분석할 예정이다. 또한 주인터페이스와 보조인터페이스 사이의 상호 작용에 따른 서비스 품질의 영향, 멀티미디어 정보를 활용한 성능 향상 등을 정량적으로 연구할 계획이다.

## 참고 문헌

- [1] YouTube, <http://www.youtube.com>
- [2] mncast, <http://www.mncast.com>
- [3] IPTV Forum, <http://www.iptv-forum.com>
- [4] M. Handley et al., "TCP Friendly Rate Control (TFRC): Protocol Specification," RFC 3448, IETF, January 2003.
- [5] Minghua Chen and Avidah Zakhor, "Rate Control for Streaming Video over Wireless," IEEE Wireless Communications, August 2005.
- [6] Youming Fu et al., "TCP-Friendly Rate Control for Streaming Service Over 3G network," WiCOM 2006.

- [7] H. Schulzrinne et al, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications," RFC 3550, IETF, July 2003.
- [8] NS2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [9] Laurent Paquereau and Bjarne E. Helvik, "A module-based wireless node for ns-2," in Proc. of the first workshop on NS2: the IP network simulator, 2006.
- [10] Chia-Chen Hung et al., "Mobility Pattern Aware Routing for Heterogeneous Vehicular Networks," IEEE WCNC, March 2008.
- [11] Jenhui Chen et al., "The Design and Implementation of WiMAX Module for ns2 simulator," ACM VALUETOOLS, October 2006.
- [12] KT, <http://www.kt.com>



조 기 덕

2004년 2월 서울대학교 컴퓨터공학부 학사. 2004년 8월~현재 서울대학교 전기 컴퓨터공학부 박사과정. 관심분야는 콘텐츠 중심 네트워크, 무선 센서 네트워크, 미래인터넷



박 용 운

2008년 8월 서울대학교 컴퓨터 공학부 학사. 관심분야는 멀티미디어 통신, 실시간 이동 통신

권 태 경

정보과학회논문지 : 정보통신  
제 36 권 제 2 호 참조

최 양 희

정보과학회논문지 : 정보통신  
제 36 권 제 2 호 참조