이동 단말에서 끊임없는 스트리밍 미디어를 위한 오토노믹 멀티미디어 트랜스코딩 알고리즘

(Autonomic Multimedia Transcoding Algorithm for Seamless Streaming Media of Mobile Clients)

한 우 람 † 허 난 숙 †† 박 총 명 †† 서 동 만 †† 정 인 범 †††

(Wooram Han) (Nansook Heo) (Chongmyung Park) (Dongmahn Seo) (Inbum Jung)

요 약 최근 무선통신 기술의 발전으로 PC뿐만 아니라 PDA, 휴대전화 등 다양한 이동 단말을 통하여 멀티미디어 서비스를 제공받을 수 있게 되었다. 이동 단말은 제한된 하드웨어 성능을 갖는 것 이외에 무선망에서 동작하므로 낮은 네트워크 대역폭을 사용하게 된다. 이러한 이동 단말의 특성을 고려하여 스트리밍 미디어 서비스를 받기 위해서는 동작 환경에 적합하게 미디어를 트랜스코딩 하는 기술이 필요하다. 그러나 이동 단말은 무선 네트워크를 사용하며, 유선 환경에 비하여 주변 환경이나 AP(Access Point)와의 거리 등에 따라서 불안정한 네트워크 대역폭을 가지기 때문에 안정적인 QoS를 제공하기 어렵다. 본 논문에서는 무선 네트워크를 통해 이동 단말에 안정적인 QoS의 스트리밍 미디어 서비스를 제공하기 위한 트랜스코딩의 동적 비트율 제어 기법을 제안한다. 제안한 기법은 무선 네트워크의 상황에 맞게 실시간으로 트랜스코딩의 비트율을 동적으로 조절함으로서 끊임없는 스트리밍 미디어 서비스를 제공하며, 기존의 동적 트랜스코딩 서비스 시스템에 비해 보다 적은 전송 오류를 발생함을 실험을 통해 평가한다.

키워드 : 트랜스코딩, 네트워크 적응적 QoS, 이동 단말, 무선 네트워크, 가용 대역폭

Abstract Owing to the improved wireless communication technologies, it is possible to provide streaming service of multimedia with PDAs and mobile phones in addition to desktop PCs. Since mobile client devices have low computing power and low network bandwidth due to wireless network, the transcoding technology to adapt media for mobile client devices considering their characteristics is necessary. However, since mobile clients use wireless network and the wireless network have less stable bandwidth according to distance from AP and environments, it is hard to support stable QoS to mobile clients. In this paper, we propose a dynamic bit rate control method for transcoding in order to supprot stable QoS of streaming media service to mobile clients via wireless network. The proposed method is shown to serve seamless streaming media service with adaptive bit rate control according to state of wireless network in real time and to reduce transmission failure from experiment.

Key words : transcoding, Network Adaptive QoS, mobile client, wireless, available bandwidth

1. 서 론

최근 멀티미디어와 정보통신망의 발전에 따라 영상 정보 서비스에 대한 요구가 날로 다양해지고 있다. 멀티미디어 서비스의 급속한 발전으로 사용자는 유선망 이외에 무선망을 통하여 무선 이동 단말로 스트리밍 미디어를 전송하고 재생하는 서비스를 받을 수 있게 되었다. 그러나 스트리밍 미디어 서비스를 위해서는 영상 정보의 양이 텍스트 기반의 데이타 정보량에 비하여 매우 크기 때문에 광대역 네트워크 대역폭 및 고성능의 컴퓨터를 필요로 하고 있다[1-5].

무선망에서는 네트워크 대역폭이 유선망보다 상대적으로 열악한 환경을 가지고 있으며, 이동 단말의 낮은 컴퓨팅 파워와 시스템 자원은 서버로부터 전송되는 높은 품질의 스트리밍 미디어를 실시간으로 처리하기 어

· 본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

† 학생회원 : 강원대학교 컴퓨터학부
wrhan@snslab.kangwon.ac.kr
†† 학생회원 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과
nsheo@snslab.kangwon.ac.kr
cmpark@snslab.kangwon.ac.kr
dmseo@snslab.kangwon.ac.kr
††† 정 회 원 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 교수
ibjung@snslab.kangwon.ac.kr

논문접수 : 2007년 9월 6일
심사완료 : 2007년 10월 15일

렵다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 최근에 스트리밍 미디어를 이동 단말에 적합한 품질로 바꾸는 트랜스코딩 기술이 연구되고 있다[4,6,7]. 트랜스코딩은 멀티미디어 컨텐츠를 최초 인코딩한 형태에서 목적하는 단말에 적합하게 변환하는 기술이다. 변환 종류로는 단말 사양에 맞게 스트리밍 미디어의 프레임율, 해상도, 디스플레이 크기, 비트율의 조절을 포함하여 MPEG-1, 2 미디어를 MPEG-4 미디어로 변환하는 요구도 포함한다.

트랜스코딩 시스템은 인코딩한 영상 데이타를 가지고 있는 멀티미디어 서버와 영상 데이타를 단말 환경에 맞게 변환하는 작업을 수행하는 트랜스코딩 서버로 구성된다. 이동 단말에서 스트리밍 미디어 서비스 요청을 하게 되면 멀티미디어 서버에 저장중인 영상 미디어를 사용자 단말 환경에 적합한 형태로 변경하기 위하여 트랜스코딩 서버로 전송한다. 트랜스코딩 서버는 전송한 영상 미디어를 이동 단말 환경에 적합한 형태의 스트리밍 미디어로 바꾸어 스트리밍 서비스를 한다.

그러나 불안정하고 낮은 대역폭을 가지는 무선망 환경에서 동작하는 이동 단말에서는 일정한 네트워크 대역폭을 예약하여 사용하기 어렵다. 이동 단말은 위치 변화에 따라 AP(Access Point)와의 거리가 변하게 되고, 그에 따라 가용 네트워크 대역폭이 일정하게 유지되지 못한다. 따라서 무선망을 이용하는 이동 단말에서의 스트리밍 서비스는 일정한 QoS(Quality of Service)를 만족하기 어려우며, 미디어 데이타의 연속성을 보장하기 어렵다.

본 논문에서는 무선 네트워크의 상태에 따라 스트리밍 미디어의 비트율을 조절하는 트랜스코딩 시스템인 NAATS(Network Adaptive Autonomic Transcoding System)를 제안한다. 제안하는 NAATS는 실시간 트랜스코딩 단계에서 무선 네트워크의 상황에 따라 적응적으로 비트율을 조절하여 스트리밍 미디어 서비스를 제공함으로써, 무선 단말에서 발생할 수 있는 연속적인 스트리밍 미디어 데이타의 전송 실패를 회피하여 무선 단말 사용자에게 안정적인 서비스를 제공함은 물론 끊임없는 스트리밍 미디어 서비스를 제공한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문의 관련 연구에 대하여 설명한다. 3장에서는 가용 네트워크 대역폭 기반의 트랜스코딩에 대해 설명한다. 4장에서는 NAATS의 핵심 알고리즘과 시스템의 구조와 구현에 대해 설명하고, 5장에서는 구현한 NAATS의 성능을 측정하고 분석한다. 마지막으로 6장에서는 본 논문의 결론을 맺고 향후 연구 계획을 설명한다.

2. 관련 연구

2.1 무선망 대역폭

유선망에서 서비스되는 스트리밍 미디어를 무선망의 환경에서 이동 단말을 통하여 제공하기 위해서는 무선망의 낮은 대역폭과 불안정한 특성이 고려되어야 한다. 특히 다양한 무선망들을 통하여 기존에 인코딩한 스트리밍 미디어를 트랜스코딩하여 전송하기 위해서는 무선망 규격에 대한 조사가 있어야 한다.

무선 랜 표준규약인 802.11은 IEEE 작업 그룹이 개발한 무선 랜을 위한 규격으로 802.11, 802.11a, 802.11b, 802.11g등 4가지 규격이 이에 속한다[4,8]. 802.11은 기초적인 무선 랜 표준안으로 CSMA/CA를 지원하고 최대 속도는 2Mbps이다. 802.11b는 11Mbps의 최대 속도를 제공하는 무선 랜 표준이며, 현재 많은 이동 단말 제품이 이 표준을 지원하고 있다. 802.11a와 802.11g는 최대 54Mbps까지 데이타 전송을 지원하는 표준으로 차세대 무선 랜을 지원하기 위한 표준이다.

2.2 멀티미디어 스트리밍 서비스

이동 단말에 따른 컴퓨팅 파워, 메모리, 네트워크 대역폭이 각각 상이하기 때문에 스트리밍 미디어 서비스 역시 단말기 환경에 따라 달라져야 한다. 이러한 이동 단말의 등급에 따른 MPEG 미디어의 표준 규격이 이미 제시되어있다[4,9]. 표 1은 스트리밍 미디어 서비스 환경에 따른 해상도, 프레임율, 비트율 항목을 기반으로 한 트랜스코딩 프로파일을 보여주고 있다.

표 1 MPEG을 위한 트랜스코딩 프로파일

등급	Video size	Frame rate	Bit rate(KB/s)
SQCIF	128×96	15	50
QCIF	176×144	15	70
CIF	352×288	26	100
4CIF	704×576	30	200

표 1을 보면 MPEG 등급에 따른 규격이 이동 단말 환경에 따라 화면크기나 비트율이 다르게 설정됨을 알 수가 있다. MPEG 프로파일을 살펴보면 SQCIF(Sub-Quarter Common Intermediate Format), QCIF(Quarter Common Intermediate Format), CIF, 4CIF급으로 나눌 수 있다. SQCIF급은 모바일 핸드폰, QCIF급은 PDA, CIF급은 무선 노트북, 4CIF급은 일반 PC급이다.

2.3 트랜스코딩 시스템

일반적인 트랜스코딩 시스템의 구조는 그림 1과 같다. 사용자는 트랜스코딩에 필요한 정보를 트랜스코딩 서버에 전송 한다. 트랜스코딩 서버에서는 요구한 스트리밍 미디어의 원본을 미디어 서버에서 읽어 사용자가 요구한 해상도, 비트율, 프레임율에 따라서 트랜스코딩한 후 사용자에게 전송한다. 예를 들면 트랜스코딩 서버로부터 CIF(352×288)등급의 25프레임/초, 비트율 100Kbps의

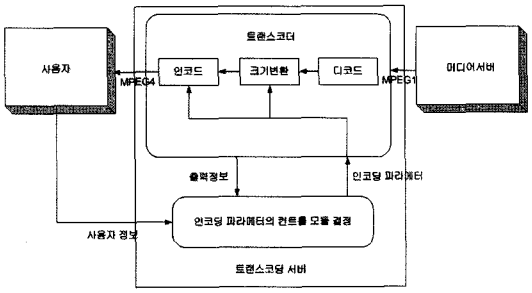

그림 1 트랜스코딩 시스템 구조

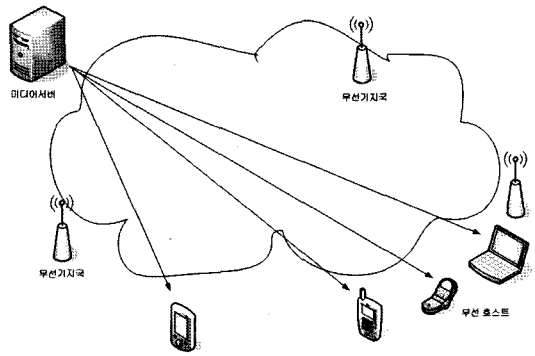

그림 2 소스기반의 정적 인코딩 시스템

비디오 스트리밍을 QCIF(176×144)등급의 15프레임/초, 비트율 50Kbps의 스트리밍으로 사용자에게 전송할 수가 있다. 트랜스코딩 서버에서는 무선망의 특성에 적합하도록 비트율, 해상도, 프레임율을 변경 할 수가 있다.

기존의 트랜스코딩 시스템을 구축하는 방법들로 소스기반 정적 인코딩 시스템과 트랜스코딩 서버 시스템이 있다[4,10]. 그림 2는 소스기반 정적 인코딩 시스템 방식을 보여준다. 이 방식은 사용자의 요구에 대하여 미디어 파일들을 미리 사용자 등급별로 트랜스코딩한 후 서버에 저장하여 사용하는 방식이다. 이러한 시스템은 스트리밍 미디어를 실시간으로 트랜스코딩하여 전송하는 방식보다 서버의 부하가 심하지 않다는 장점이 있으나 무선 랜 환경에서 사용자의 이동에 의한 네트워크 변화에 적응할 수 없다는 단점이 있다. 또한 모든 미디어 파일들을 각 등급별로 트랜스코딩하여 각각의 다른 미디어 파일들로 저장해야 한다는 부담이 있다.

그림 3은 일반적인 트랜스코딩 서버 시스템을 보여주고 있다. 이 방식은 이동 단말을 사용하는 사용자와 연결된 무선기지국에서 가장 가까운 트랜스코딩 서버를 선택하고 스트리밍 서비스를 받는다. 그러나 트랜스코딩 서버와 이동 단말 사이의 네트워크 상태 변화에 따라 적절하게 서비스 하지 못하는 단점이 있다. 최초의 이동 단말 상태만을 고려하기 때문에 서비스 도중에 발생하

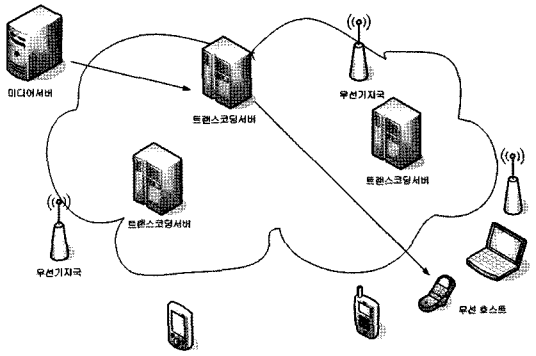

그림 3 일반 트랜스코딩 서버 시스템

게 되는 변화에 적응하지 못하고, 그에 따라 사용자에게 끊임없는 스트리밍 미디어 서비스를 제공하지 못한다.

2.4 네트워크 적응적 QoS 지원 기법들

인터넷은 기본적으로 호스트들 사이에 세그먼트를 전달하기 위한 최선의 노력을 하지만 어떠한 보장도 제공하지 못한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 QoS를 지원하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있으며, 특히 스트리밍 미디어 서비스에서 QoS를 지원하기 위한 연구들이 진행되고 있다. RTP(Real-time Transport Protocol)에 기반하여 클라이언트와 서버간의 스트리밍 서비스를 제공하는 환경에서 RTCP(RTP Control Protocol)의 정보 중 패킷 손실에 기반하여 클라이언트의 형태를 구분하고 서버의 전송률을 조절하는 기법이 연구되고 있다. 특히 CBR(Constant Bit Rate)이 아닌 VBR(Variable Bit Rate) 환경의 VOD 시스템에서 특정 프레임이 다른 프레임 보다 현저하게 비트 수가 큰 경우가 발생함에 따라 QoS 보장이 어려운 점을 개선하기 위해 전송률을 일정하게 유지하기 위한 평활화 기법이 연구되고 있다[11,12]. 또한 인터넷 환경에서 효율적인 서버 활용을 위해 핵심이 되는 몇몇 지역에 에지서버를 두고 클라이언트와 가장 가깝고 패킷 손실이 적은 에지 서버로 접속하도록 하는 방식과 패킷의 전송 간격 및 데이타그램의 크기 등에 변화를 주는 방법으로 QoS를 제공하는 기법 등이 연구되고 있다[12,13].

이러한 기법들은 일부 스트리밍 데이타의 특징이나 환경에 맞는 QoS 보장 기법을 정의하여 해당 환경에서만 QoS를 보장하는 효과를 얻을 수 있으나, 네트워크의 상태를 실시간으로 반영하지 못하기 때문에 실시간으로 멀티미디어 데이타를 처리하지 못하며, 네트워크 상태가 지속적으로 낮은 대역폭을 유지할 경우에 클라이언트에서 정상적인 QoS의 스트리밍 미디어 서비스를 제공하지 못하는 문제가 발생한다. 본 논문에서 제안하는 네트워크 적응적 QoS를 위한 오토노믹 멀티미디어 트랜스

코딩 시스템에서는 어플리케이션 레벨에서 실시간 네트워크 상태를 반영하여 멀티미디어 스트리밍 서비스를 제공함으로써, 네트워크 대역폭 상황에 따라 적합한 품질의 서비스를 끊임없이 제공하는 장점을 가진다. 또한 어플리케이션 레벨에서 네트워크 적응적 QoS를 지원하기 때문에 기존의 다른 기법들과 함께 적용하여도 서비스가 가능하다.

2.5 가용 네트워크 적응적 트랜스코딩

무선 네트워크에서는 이동 단말의 위치와 주변 환경에 따라 AP와의 네트워크 대역폭이 수시로 변화하는 특징을 가지고 있다. 따라서 AP와의 거리가 멀어지거나 주변에 통신을 방해하는 물체가 있을 경우 무선 네트워크의 대역폭이 현저하게 감소한다[8]. 기존의 트랜스코딩 방법은 실시간으로 변화하는 무선 네트워크의 대역폭을 반영하지 못하는 단점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 가용 네트워크 대역폭 기반의 트랜스코딩 기법인 가용 네트워크 적응적 트랜스코딩(ANAT : Available Network-Adaptive Transcoding)에 대해 살펴본다.

2.5.1 가용 네트워크 대역폭의 측정

기존의 IGI(Initial Gap Increasing)과 PTR(Packet Transmission Rate)[13,14] 기법들은 두 종단 사이의 가용 네트워크 대역폭을 측정하는 알고리즘이다. 가용 네트워크 대역폭이란 네트워크 링크가 가지는 대역폭 전체 수용능력 중 현재 사용되고 있는 부분을 제외한 남은 대역폭을 말한다. IGI 알고리즘은 네트워크 대역폭을 측정하기 위한 패킷을 수신측에 연속적으로 전송한다. 전송측은 가능한 적은 양의 패킷을 전송하기 시작하여 점차 그 양을 증가 시키고, 목적지에서 받은 패킷의 양과 전송측에서 보낸 패킷의 양이 같아질 때까지 계속 패킷을 전송한다. 전송측에서 보낸 패킷의 양과 목적지에서 받은 패킷의 양이 같아지는 지점을 터닝 포인트(Turning Point)라고 하고 이 지점의 패킷 양이 현재 네트워크에서 사용 가능한 대역폭이다. 표 2는 IGI 알고리즘을 유사코드의 형태로 표현한 것이다.

2.5.2 가용 네트워크 적응적 트랜스코딩 알고리즘

앞서 설명한 IGI 알고리즘을 이용하여 현재 네트워크의 가용 대역폭을 측정하고, 이를 기준으로 실시간 트랜스코딩하여, 클라이언트의 실시간 대역폭 상황에 맞는 스트리밍 미디어 서비스를 제공할 수 있다. 표 3은 IGI 알고리즘을 통해 측정한 가용 네트워크 대역폭을 이용하여 적응적으로 트랜스코딩 데이타의 비트율을 변경하는 ANAT(Available Network Adaptive Transcoding) 알고리즘이다. 이 알고리즘은 현재 서비스 중인 미디어 데이타의 트랜스코딩 비트율과 측정한 가용 대역폭을 비교하여 목적 트랜스코딩 비트율 변경을 결정하고, 그에 따라 트랜스코더를 통해 스트리밍 미디어의 비트율을 변경한다.

표 2 IGI 알고리즘의 유사코드

```
1  Algorithm IGI
2  {
3     /* initialization */
4     probe_num = PROBENUM;
5     packet_size = PACKETSIZE;
6     gB = GET_GB();
7     init_gap = gB / 2;
8     gap_step = gB / 8;
9     src_gap_sum = probe_num * init_gap;
10    dst_gap_sum = 0;
11
12    /* look for probing gap value at the turning point */
13    While(!GAP_EQUAL(dst_gap_sum, src_gap_sum)) {
14        init_gap += gap_step;
15        src_gap_sum = probe_num * init_gap;
16        SEND_PROBING_PACKETS(probe_num, packet_size, init_gap);
17        dst_gap_sum = GET_DST_GAPS();
18    }
19
20    /* compute the available bandwidth using IGI fomula */
21    inc_gap_sum = GET_INCREASED_GAPS();
22    c_bw = b_bw * inc_gap_sum / dst_gap_sum;
23    a_bw = b_bw - c_bw;
24 }
```

표 3 ANAT 알고리즘의 유사코드

```
1  Algorithm 적응적 비트율 변경
2  {
3        if (diff_sbyte - diff_rbyte > BIt_DIFF) {
4                bit_diff_cnt++;
5        } else {
6                bit_same_cnt++;
7        }
8
9        if(bit_diff_cnt >= BIT_DIFF_COUNT) {
10               if(초기상태) {
11                       비트율 감소
12               } else if (max_bit_rate == min_bit_rate) {
13                       비트율 감소
14               } else {
15                       비트율 감소
16               }
17       } else if (bit_same_cnt >= BIT_SAME_COUNT) {
18               tmp = 변경할 비트율
19               if(tmp < max_bit_rate && tmp < init_bit_rate) {
20                       비트율 변경
21               } else if(tmp >= init_bit_rate) {
22                       비트율 init_bit_rate 로 고정
23               } else if(tmp >= max_bit_rate) {
24                       비트율 max_bit_rate로 고정
25                       일정 횟수 이상이면 max_bit_rate를 init_bit_rate로 변경;1
26               }
27       }
28 }
```

2.5.3 가용 네트워크 적응적 트랜스코딩 시스템

그림 4에서 보는 바와 같이 ANAT 시스템은 서버와 클라이언트를 포함하는 종합적인 스트리밍 서비스 시스템으로 영화정보, 인증 등의 처리를 담당하는 http 서버와 Web 클라이언트, 그리고 실제 스트리밍 서비스를 제공하는 오토노믹 스트리밍 서버와 클라이언트로 구성한다. 오토노믹 스트리밍 서버와 클라이언트는 네트워크 적응적 스트리밍 서비스를 위한 QoS 관리 모듈을 가지고 있다. 오토노믹 스트리밍 서버는 미디어 데이타를 트랜스코딩하는 트랜스코딩 모듈, 스트리밍을 위한 스트리밍 전송 모듈을 포함하며, 클라이언트는 스트리밍 수신을 위한 스트리밍 수신 모듈과 미디어 디코딩을 위한 디코딩 모듈을 포함한다.

이 시스템에서 가장 중요한 모듈인 QoS 관리 모듈의 동작 과정을 그림 5에서 보여주고 있다. QoS 관리 모듈은 ANAT 알고리즘과 IGI 알고리즘을 포함하며, 가용 네트워크 대역폭을 측정하고 그에 따른 트랜스코딩 목

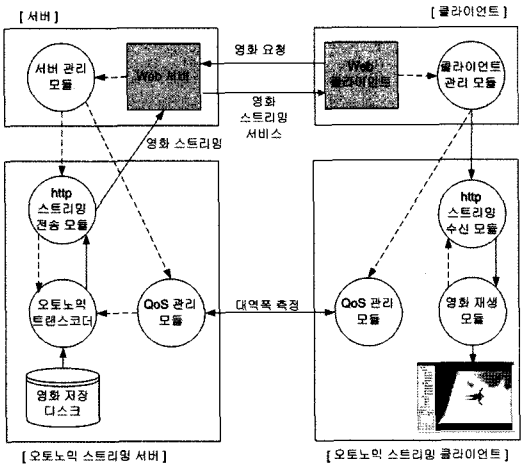

그림 4 가용 네트워크 적응적 트랜스코딩 시스템의 구조

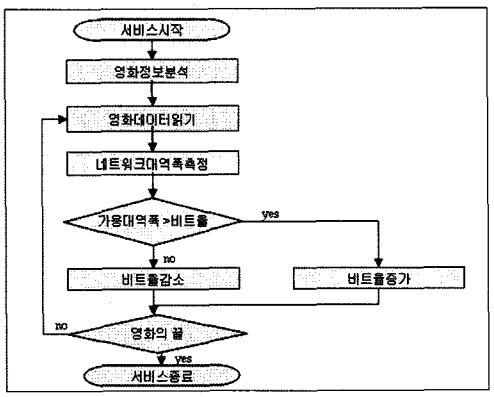

그림 5 QoS 관리 모듈의 동작과정

적 비트율을 계산하여 트랜스코더에 제공한다. 네트워크 대역폭 측정 부분은 IGI 알고리즘을 사용하였으며, 비트율 감소와 비트율 증가 부분은 ANAT 알고리즘을 적용하였다.

3. NAATS(Network Adaptive Autonomic Transcoding System)

ANAT는 실시간으로 가용 네트워크 대역폭을 측정하고, 측정한 대역폭을 기준으로 트랜스코딩의 목적 비트율을 동적으로 변경하여 무선 단말 사용자에게 끊임없는 스트리밍 미디어 서비스를 제공한다. 그러나 실시간 가용 네트워크 대역폭 측정은 많은 네트워크 트래픽을 수반하여 낮은 네트워크 대역폭을 가지는 무선 네트워크에 많은 오버헤드 발생하여, 스스로 가용 네트워크 대역폭을 낮추는 결과를 초래한다. 이번 장에서는 이러한 오버헤드를 줄이면서도 무선 단말 사용자에게 끊임없는 스트리밍 미디어 서비스를 제공하는 네트워크 적응적 트랜스코딩(NAAT : Network Adaptive Autonomic Transcoding)을 제안한다.

NAAT는 서버와 클라이언트 사이에서 전송 실패가 발생하면 서버에서 스트리밍 미디어의 트랜스코딩을 통하여 비트율을 변경함으로써 연속적인 전송 실패를 회피하는 NAATA (NAAT Algorithm)를 이용한다. NAATA는 서버에서의 전송 패킷 량과 클라이언트에서의 수신 패킷 량을 비교하여 일정 수 이상의 패킷이 수신되지 않았을 경우 이를 전송 실패로 판단하여 실시간으로 트랜스코딩 비트율을 조정하므로 클라이언트에게 끊임없는 스트리밍 미디어 서비스를 제공한다.

3.1 AIMD(Additive-Increase, Multiplicative-Decrease) 알고리즘

그림 6에서 왼쪽 그림은 TCP 혼잡 제어(Congestion Control)에서 사용하는 AIMD 알고리즘과 그를 이용한 NAATA를 보여준다. AIMD는 TCP 혼잡 제어알고리즘의 일부분으로 전송 중에 손실이 발생하면, 송신자가 자신의 송신률을 지수적으로 감소시키고, 이후 선형적으로 전송률을 증가시킨다. 혼잡이 발생한 동일한 라우터를 통해 전달되는 다른 TCP 연결들 또한 손실 사건을 경험하기 때문에, TCP 연결들은 자신의 혼잡 윈도우(Congestion Window)의 값을 감소시키는 것에 의해 전송률을 감소한다. 전체적인 효과는 소스로부터 혼잡이 발생한 라우터로 보내는 트래픽 비율을 줄임으로써, 혼잡이 발생한 라우터에서의 부담을 경감시킨다[15,16].

3.2 NAATA(Network Adaptive Autonomic Transcoding Algorithm)

본 논문에서 제안하는 NAATA는 AIMD의 원리를 미디어 데이타의 특성에 맞게 변형하여 구현하였다. 그림 6에서 오른쪽 그림은 네트워크 적응적 트랜스코딩 알고리즘을 간략하게 그림으로 나타낸 것이다. 서버와 클라이언트에서 네트워크의 데이타 송·수신량을 측정하고, 이를 이용하여 전송 오류를 파악한다. 전송에 오류가 있다면 AIMD기법 중 패스트 리커버리(Fast Recovery)기법을 사용하여 서버의 스트리밍 미디어 비트율을 반으로 줄여 전송량을 줄이고, 오류가 없다면 슬로우 스타트(Slow Start)기법을 사용하여 조금씩 비트율을 회복시킨다. 초기 사용자 요구 비트율로 서비스 중에는 전송오류를 감지할 때 까지 비트율을 유지한다.

네트워크 적응적 트랜스코딩 알고리즘은 미디어 데이타의 전송량을 일정 시간 간격으로 검사하다가 트랜스코딩 서버에서 전송한 데이타의 양보다 클라이언트에서 받는 미디어 데이타의 양의 차이가 허용 범위를 넘어서면 네트워크 전송에 문제가 있다고 판단한다. 알고리즘은 문제가 발생하면 트랜스코딩 서버에서 제공하는 스트리밍 미디어의 비트율을 낮추어 전송할 미디어 데이

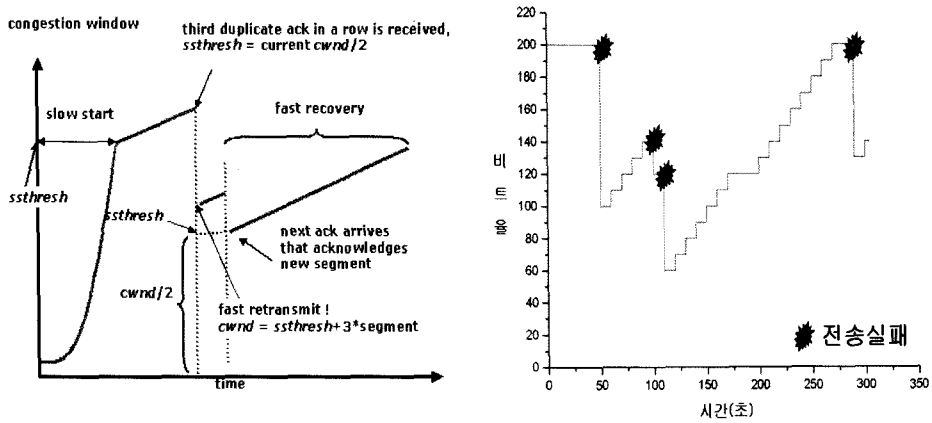

그림 6 TCP 혼잡제어의 AIMD 알고리즘과 이를 적용한 트랜스코딩 알고리즘

표 4 NAATA 유사코드

```
1   NAATA
2   {
3       if(전송량 문제 발생) {
4           if(초기상태) {
5               init_bit / 2 비트율 감소
6           } else if(문제 발생 후 바로 문제 발생) {
7               min_bit / 2 비트율 감소
8           } else {
9               (max_bit+ min_bit)/2 비트율 감소
10          }
11      } else {
12          tmp = 이전 비트율 + 비트율 상승
13          if(tmp < max_bit && tmp < init_bit){
14              비트율 변경
15          } else if(tmp >= init_bit) {
16              비트율 init_bit 로 고정
17              일정 횟수 이상이면 min_bit를 0으로 변경
18          } else if(tmp >= max_bit) {
19              비트율 max_bit로 고정
20              일정 횟수 이상이면 max_bit를 init_bit로 변경
21          }
22      }
23  }
```

타의 양을 줄인다.

표 4는 네트워크 적응적 트랜스코딩 알고리즘의 유사 코드이다. 알고리즘에서 사용되는 기본 변수는 다음과 같다. 사용자가 클라이언트에서 요청한 초기 비트율(init_bit), 현 조건에서의 최대 비트율(max_bit)과 최소 비트율(min_bit)의 정보를 가지고 트랜스코딩 비트율을 결정한다. 알고리즘은 크게 2가지 부분으로 나눌 수 있다. 전송량에 문제가 발생하였을 경우의 처리와 전송량에 문제가 없을 때 트랜스코딩 비트율을 증가시키는 부분이다.

전송량에 문제가 발생한 경우의 처리 루틴은 표 4의 줄 3에서 11까지로 3가지 경우로 나누어 처리를 한다. 서비스 시작 후 처음으로 문제가 발생한 경우와 연속적으로 문제가 발생한 경우, 그 외의 경우로 나누어 트랜스코딩 비트율을 변경한다. 처음으로 전송에 문제가 발생한 경우 트랜스코딩 비트율을 초기 비트율의 반으로 비트율을 낮추고 변경한 값을 최대 비트율과 최소 비트율에 저장한다. 연속적인 문제가 발생한 경우는 최대 비트율과 최소 비트율이 동일하므로 트랜스코딩 비트율을 최소 비트율을 반으로 한다. 그 외의 경우는 최대 비트율과 최소 비트율의 값이 다르므로 그 중간 값으로 트랜스코딩 비트율을 변경한다.

전송량에 문제가 없는 경우의 처리루틴은 표 4의 줄 11부터 22까지로 3가지 경우로 나누어 처리를 하였다. 표 4의 줄 12의 tmp값은 이전 트랜스코딩 비트율에서 비트율 상승폭만큼의 비트율을 증가시킨 값이 최대 비트율과 초기 비트율보다 낮다면 트랜스코딩 비트율을 변경을 하고 최대 비트율을 변경한 값으로 변경한다. tmp값이 최대 비트율보다 크다면 트랜스코딩 비트율을 최대 비트율로 고정하였다. 이유는 이전에 최대 비트율 이상으로 트랜스코딩 비트율을 변경하였다가 전송량에 문제가 생겼기 때문이다. 또 tmp값이 초기 비트율보다 높은 경우도 트랜스코딩 비트율을 초기 비트율로 고정하였다. 최대 비트율이나 초기 비트율보다 높은 상황이 일정 횟수 이상 반복 되면 네트워크의 상태가 다시 안정적이라고 판단하여 최대 비트율과 최소비트율을 각각 초기 비트율과 0으로 변경하였다.

4. NAATS의 구조 및 실험 환경

본 논문에서 제안하는 NAATS는 그림 7에서 보는 바와 같이 크게 사용자의 요청을 받고 트랜스코딩 서버를 제어하는 Head-End 서버와 미디어 데이타의 트랜스코딩 작업을 수행하는 트랜스코딩 서버로 구성된다. 클라이언트와 트랜스코딩 서버 사이에는 네트워크의 상태 측정 및 실시간 트랜스코딩을 위한 NAATA 기반의 네트워크 상태 감시 모듈이 있다.

Head-End 서버는 사용자의 스트리밍 미디어 요청을

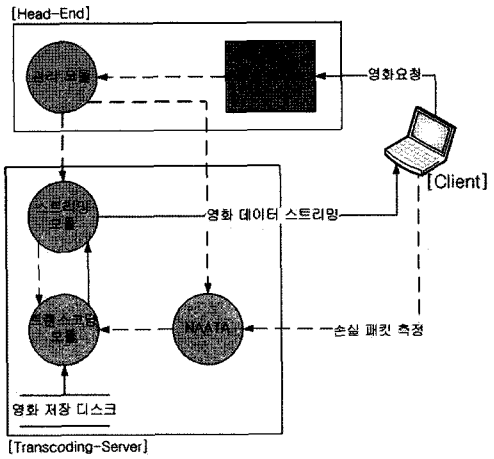

그림 7 트랜스코딩 서버의 구조

받아들이고, 관련 정보를 트랜스코딩 서버로 전달한다. 또한 클라이언트와 트랜스코딩 서버의 미디어 데이타 전송량을 받아 네트워크 적응적 트랜스코딩 알고리즘을 이용하여, 트랜스코딩 서버로 비트율을 제어하는 신호를 보낸다. 트랜스코딩 서버는 스트리밍 모듈, 트랜스코딩 모듈, NAATA 모듈로 구성된다. 트랜스코딩 모듈은 디스크에 저장한 미디어 데이타를 실시간으로 가져와 네트워크에 상태를 반영하여 미디어 데이타의 비트율을 조정하는 트랜스코딩을 수행한다. 트랜스코딩 모듈에서 트랜스코딩한 데이타를 스트리밍 모듈로 전송하여 사용자에게 스트리밍 미디어 서비스를 제공한다.

서버의 모든 모듈은 리눅스 환경에서 C 언어로 구현하였다. 사용자의 네트워크 환경과 이동 단말의 종류에 따른 적응적 트랜스코딩을 위해 오픈 소스 프로젝트로 개발 진행 중인 ffmpeg과 ffserver를 사용하였다[17]. ffmpeg에서 트랜스코딩 미디어의 비트율을 실시간으로 변경하기위해 비트율 조정(Rate Control) 모듈을 수정하였다. 클라이언트는 mplayer를 수정하여 사용하였다[18].

성능 측정을 위한 실험에 사용한 서버와 클라이언트의 제원은 표 5와 같다. 클라이언트는 802.11b/g를 지원하는 무선 랜카드를 사용하였다. 랩탑 클라이언트에서 로컬 무선 네트워크를 통하여 Head-End 서버에 접속하여 미디어 스트리밍을 요청하고, 서비스를 받는 도중 클라이언트의 위치를 이동하며 네트워크 대역폭에 변화

표 6 실험에 사용한 미디어 데이타

구분	비트율	프레임율	해상도
영화1	871.7Kbps	23.976fps	576×256
영화2	760.6Kbps	23.976fps	640×304

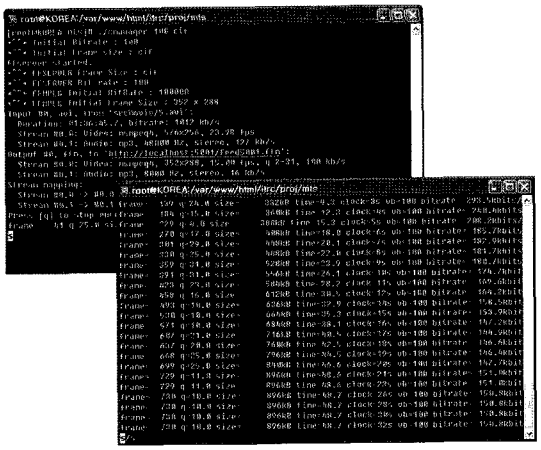

그림 8 NAATS 서버의 실행 화면

를 주었다. 서버와 클라이언트의 네트워크 대역폭 측정 모듈은 일정 주기마다 송/수신량을 검사하였고, 그 결과를 반영하여 미디어 데이타를 트랜스코딩하여 클라이언트에 스트리밍 서비스 하였다. 두 개의 영화를 이용하여 실험 하였으며, 실험에 사용한 영화 미디어의 정보는 표 6과 같다.

그림 8은 NAATS의 서버 실행 화면이다. 사용자의 스트리밍 미디어 서비스 요청이 들어올 경우, 사용자의 요구와 이동 단말의 사양에 맞추어 트랜스코딩 작업을 수행하고, 네트워크 전송 오류를 감지하여 그에 따른 트랜스코딩 목적 비트율을 변경하는 작업을 수행하는 동작 화면이다.

그림 9는 랩탑을 위한 클라이언트 프로그램의 실행 화면이다. 좌측 그림은 서비스 가능 스트리밍 미디어의 목록을 보여주는 화면이고, 우측 그림은 선택한 영화를 감상하는 화면이다. 각 화면의 좌측에 위치한 메뉴를 통해 사용자는 원하는 서비스를 제공받는다.

그림 10은 PDA를 위한 클라이언트 프로그램의 실행 화면이다. 위에서부터 아래로 각각 초기화면, 메뉴화면, 스트리밍 미디어 선택 화면이다. 사용자가 스트리밍 미

표 5 서버와 이동 단말 환경

	서버	이동 단말 1	이동 단말 2
CPU	AMD Athlon MP 2200+ 1.8GHz	Intel Pentium 4 Mobile 1.8GHz	Intel XScale PXA270 416MHz
메모리	1GB	768MB	16MB Flash 64MB SDRAM
네트워크	100Mbps	IEEE 802.11 b/g	IEEE 802.11b
리눅스커널	2.6.9-71	2.6.9-34	2.4.24

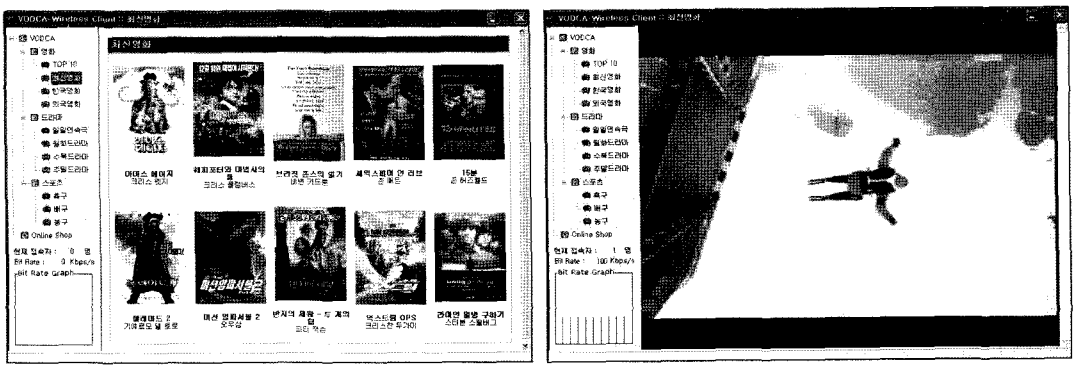

그림 9 NAATS의 랩탑을 위한 클라이언트 실행 화면

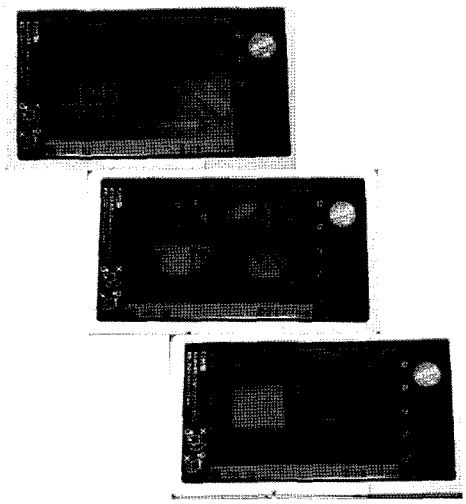

그림 10 NAATS의 PDA용 클라이언트 실행 화면

디어를 선택하면 영화 상영 화면으로 변경되어 스트리밍 미디어 서비스를 제공한다.

5. 성능 측정 결과 및 분석

앞 장에서 설명한 NAATS와 3장에서 설명한 ANAT 시스템 그리고 기존 동적 트랜스코딩 시스템을 각각 구현하여 성능을 측정하였다. 성능 측정을 통해 NAATS가 NAATA에 맞추어 동적으로 목적 트랜스코딩 비트율을 변경하여 끊임없는 스트리밍 미디어 서비스를 제공함을 보여준다. 또한, 각 시스템에서 스트리밍 미디어 서비스 도중에 발생하는 전송 오류의 수와 시간 간격을 측정하고, 각 알고리즘의 오버헤드를 측정하였다.

5.1 NAATS의 성능

그림 11과 12는 NAATS를 사용하여 트랜스코딩 서비스를 제공하는 경우 각 영화의 재생 비트율의 변화를 그래프로 나타낸 것이다. 사용자의 이동이나 주변 상황에 의하여 수시로 변화하는 네트워크 상태에 따라 서버에서 스트리밍 미디어의 재생 비트율이 실시간으로 변경됨을 확인 할 수 있다. 두 그림에서 처음에 비트율이 떨어지는 부분은 재생비트율의 변화를 나타낸 것으로 실험에 사용한 두 영화 모두 초기 비트율을 200Kbps로

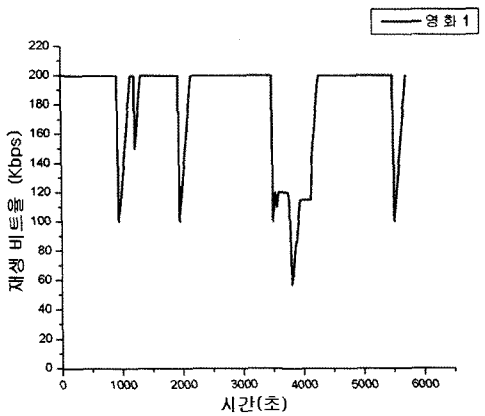

그림 11 영화 1의 재생 비트율

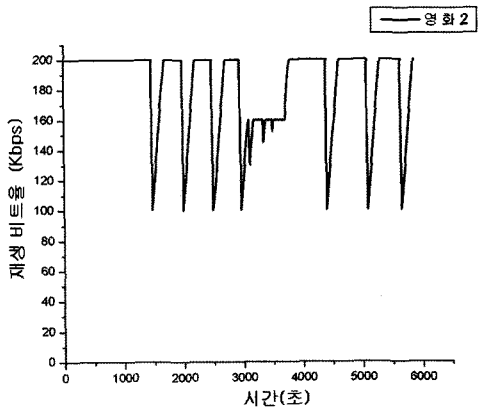

그림 12 영화 2의 재생 비트율

설정하였으므로 100Kbps로 비트율이 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 두 그래프의 중앙 부분은 최대 비트율과 최소 비트율 정보를 이용하여 네트워크 상황에 적응적으로 변화하여 이동 단말에 끊임없는 스트리밍 미디어 서비스를 제공함을 보여준다. 전송 실패가 발생하면 최대 비트율과 최소 비트율의 평균으로 전송률을 낮추고, 다시 최대 비트율까지 선형적으로 전송률을 증가시키는 것을 볼 수 있다. 보는 바와 같이 동적으로 목적 트랜스코딩 비트율이 변경되어 이동 단말에서는 끊임없이 스트리밍 미디어 서비스를 감상 할 수 있음을 확인하였다. 목적 트랜스코딩 비트율이 낮게 설정되는 경우 서비스 제공 화면의 일부에서 화질 저하 현상이 발생되지만, 이때 초기 비트율로 전송하면 영화가 끊어지게 되어 사용자가 정상적으로 영화를 감상할 수 없게 되는 현상이 발생한다.

5.2 ANAT와 NAAT 알고리즘의 오버헤드

가용 네트워크 대역폭을 측정하고, 이를 바탕으로 트랜스코더의 목적 비트율을 동적으로 설정하는 스트리밍 미디어 서비스는 가용 네트워크 대역폭을 측정하기 위한 오버헤드가 존재한다. 본 논문에서 설계 및 구현한 ANAT 시스템에서는 IGI 알고리즘[14]을 이용하여 가용 네트워크 대역폭을 측정한다. IGI 알고리즘에서는 3장 1절에서 설명한 바와 같이 가용 네트워크 대역폭을 측정하기 위하여 수신측에 연속적으로 패킷을 전송한다. 이때 전송측은 가능한 적은 양의 패킷을 전송하기 시작하여 점차 그 양을 증가 시키고, 목적지에서 받은 패킷의 양과 전송 측에서 보낸 패킷의 양이 같아질 때까지 계속 패킷을 전송하여 가용 네트워크 대역폭을 측정한다. 전송하는 패킷의 크기는 500 바이트이며, 가용 네트워크 대역폭을 측정하기까지 최소 60개 이상의 패킷을 전송한다. 따라서 가용 네트워크 대역폭을 1회 측정하기 위해서는 적어도 30,000 바이트 이상의 오버헤드가 발생한다. 무선 단말 사용자에게 끊임없는 스트리밍 미디어 서비스를 제공하기 위해서는 보다 짧은 주기로 가용 네트워크 대역폭을 측정하여 목적 트랜스코딩 비트율을 변경해야 하며, 이는 더 많은 오버헤드를 발생하는 원인이 된다. 예를 들어, 1초당 1회의 가용 네트워크 대역폭을 측정하면 약 240 Kbps의 오버헤드가 발생하며, 10초당 1회의 가용 네트워크 대역폭을 측정하는 경우에도 약 24 Kbps의 오버헤드가 발생한다. 스트리밍 미디어 서비스에서 요구하는 대역폭이 50 Kbps에서 200 Kbps임을 감안한다면 1초당 1회의 가용 네트워크 대역폭 측정은 스트리밍 미디어 서비스를 한 명에서 네 명까지 지원할 수 있는 대역폭을 소비하게 되는 것이다.

본 논문에서 제안하고 설계, 구현한 NAATS에서 네트워크에 적응적으로 트랜스코딩하기 위해 사용하는 알고리즘인 NAATA는 초당 데이타의 송신량과 수신량만을 전송하기 때문에 24 바이트의 데이타 전송 만으로 서비스가 가능하다. 매 초마다의 네트워크 상태를 점검하는 경우에도 192 bps 정도의 오버헤드를 유발하며, 이는 실질적으로 네트워크에 큰 영향을 미치지 않는다고 볼 수 있다. ANAT의 오버헤드는 NAATA의 오버헤드보다 무려 1250배나 크다고 할 수 있다. 따라서 NAATA는 네트워크에 오버헤드를 최소화 하면서도 네트워크에 적응적으로 트랜스코딩 서비스를 지원함을 확인하였다.

5.3 누적 전송 오류

그림 13은 로컬 무선 네트워크상에서 각각의 시스템에 대한 전송실패 발생 횟수를 누적 그래프로 그린 것이다. 실제 서비스와 유사한 환경에서 실험을 하기 위하여, 스트리밍 미디어 서비스를 받으면서 이동 단말의 위치를 수시로 변경하면서 무선 네트워크의 상태가 변하도록 하였다. 알고리즘을 사용하지 않는 기존의 동적 트랜스코딩 시스템의 경우에는 주기적으로 전송량에 문제가 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 주기적으로 이동 단말에 전송 실패가 발생하여 스트리밍 미디어 서비스가 끊어지는 현상이 발생함을 의미한다.

ANAT 시스템은 기존 동적 트랜스코딩 시스템에 비하여 현저히 낮은 전송오류를 발생함을 확인하여 볼 수 있다. ANAT 시스템은 실시간으로 네트워크의 가용 대역폭을 측정하여 트랜스코더의 목적 비트율을 변경하기 때문에 현재 무선 네트워크 상황에 맞는 스트리밍 미디어 서비스를 제공하여 보다 많은 전송 오류를 회피할 수 있다. 그러나 여전히 주기적으로 전송 오류가 발생하며 이를 통해 스트리밍 미디어 서비스가 끊어지는 현상을 유발한다.

그러나 NAATS에서는 기존의 동적 트랜스코딩 시스템에 비해 20% 이하의 전송 오류를 발생하며, ANAT

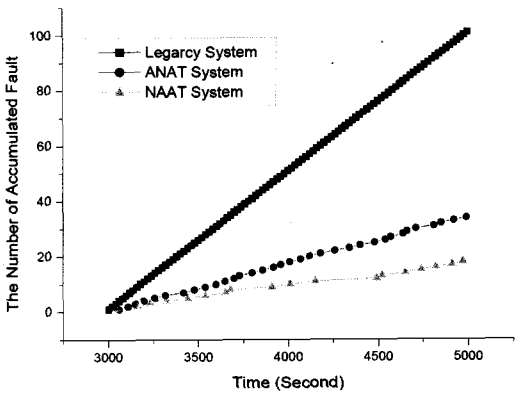

그림 13 각 시스템의 누적 전송 오류 회수

시스템에 비해서는 60% 이하의 전송 오류를 발생한다. 또한 전송 오류도 주기적으로 발생하지 않았다. 따라서 NAATS는 지속적인 전송 오류와 주기적인 전송 오류를 회피함으로써 기존 동적 트랜스코딩 시스템과 가용 네트워크 대역폭 기반의 트랜스코딩 시스템에 비하여 상대적으로 보다 끊임없는 스트리밍 미디어 서비스를 제공한다.

일반적으로 네트워크에 과부하가 발생하면 일정 시간 동안 지속되는 특징을 고려하면, ANAT 시스템은 단지 현재의 가용 대역폭만을 고려하기 때문에 지속적인 과부하 상태에 적응하지 못하고 연속적으로 목적 트랜스코딩 비트율을 변경해야 하므로 그에 따르는 오버헤드가 발생하여 NAATS에 비해 보다 많은 전송 오류를 발생한다. 또한 앞 절에서 언급한 바와 같이 주기적으로 가용 네트워크 대역폭을 측정함으로써 네트워크에 주기적인 오버헤드로 인한 부담을 주어 전송 오류 발생 횟수의 증가를 유발한다. 그러나 NAATS에서는 전송 오류가 발생하면 그 즉시 목적 트랜스코딩 비트율을 낮추어 지속적이고 연속적인 네트워크 과부하 상태에 대처하기 때문에 단 한 번의 전송 오류만 거치면 추후 연속적인 전송 오류를 회피하게 되어 보다 적은 전송 오류를 발생한다.

5.4 전송 오류 시간 간격 및 미디어 재생 비트율

그림 14는 로컬 무선 네트워크상에서 스트리밍 미디어 서비스 할 때 발생하는 전송 오류의 시간 간격을 나타낸 것이다. 가용 네트워크 대역폭 기반의 트랜스코딩 시스템인 ANATS의 경우 100초 이내의 시간 간격으로 대부분의 전송 오류가 발생하고 있음을 확인 할 수 있다. 약 60초의 시간간격을 최고치로 하는 정규분포의 형태를 보여주고 있다. 따라서 스트리밍 미디어 서비스를 제공받는 이동 단말에서는 1분 정도 마다 전송 오류가 발생하여 서비스가 끊기는 현상이 발생한다고 할 수 있다. 그러나 본 논문에서 제안한 시스템 NAATS에서는 보다 큰 시간 간격을 두고 전송 오류가 발생 한다는 것을 확인 할 수 있었다. 최대 350초 동안 전송 오류 없이 스트리밍 미디어 서비스를 제공함을 확인하였으며, 또한 1분 이내의 연속적인 전송 오류도 현저히 감소하였음을 확인하였다. ANATS에 비하여 좌우 폭이 넓은 형태로 나타나고 있음을 확인할 수 있으며, 이는 보다 긴 시간동안 전송 오류가 발생하지 않으며, 이동 단말에서 보다 끊임없이 스트리밍 미디어 서비스를 제공받을 수 있음을 의미한다.

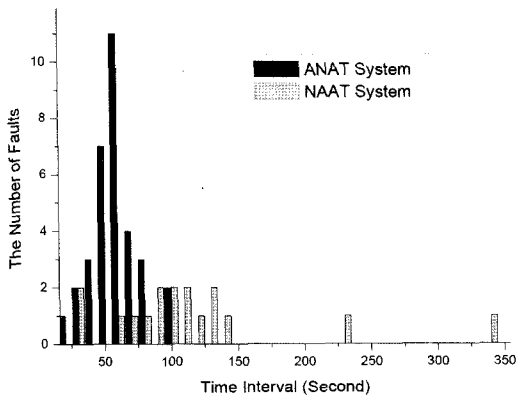

그림 14 시스템별 전송 오류 발생 시간 간격

6. 결론 및 향후 연구

이동 단말 환경에서 스트리밍 미디어 서비스는 이동 단말의 낮은 컴퓨팅 파워와 불안정한 무선 네트워크 등에 따르는 제약사항을 가진다. 따라서 이동 단말 사용자들에게 안정적인 QoS가 보장되는 스트리밍 미디어 서비스를 제공하기 위해서는 무선 네트워크의 특성을 반영하여야 한다. 잦은 네트워크 대역폭의 변화와 유선환경에 비해 상대적으로 낮은 네트워크 대역폭은 스트리밍 미디어 서비스가 가지는 대용량적인 특징과 실시간적인 특징을 반영하기 어렵기 때문에, 안정적인 QoS를 제공하는데 큰 영향을 미친다.

본 논문에서는 무선 단말에 스트리밍 미디어 서비스를 제공하기 위해 네트워크 상황에 따라 스트리밍 미디어의 비트율을 조정하여 서비스를 제공하는 트랜스코딩 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘을 통하여 네트워크의 전송 오류를 감지하고 그에 따라 트랜스코딩 비트율을 실시간으로 변화하면서, 이동 단말에게 스트리밍 미디어 서비스를 제공하는 네트워크 적응적 오토노믹 트랜스코딩 시스템(NAATS)을 제안하고, 설계 및 구현하였다. 구현된 시스템은 동일 비트율의 트랜스코딩 시스템, 네트워크 가용 대역폭 기반의 트랜스코딩 시스템(ANAT)과 함께 성능을 측정, 분석하였다. NAAT 시스템은 ANAT에 비해 60% 정도의 누적 전송 오류를 발생하며, 기존 트랜스코딩 시스템에 비해서는 20% 정도의 누적 전송 오류를 발생함을 확인하였다. 또한 보다 적은 오버헤드를 가지며, 전송 오류의 발생 시간 간격이 보다 큰 시간을 가짐을 확인하였다. 이를 통해 기존의 시스템들에 비해 보다 끊임없이 무선 단말 사용자에게 스트리밍 미디어 서비스를 제공하여 안정적인 QoS를 제공함을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] Dinkar Sitaram, Asit Dan, "Multimedia Servers: Applications, Environments, and Design," Morgan Kaufmann Publishers, 2000.

[2] W.C. Feng and M. Lie, "Critical Bandwidth Allocation Techniques for Stored Video Delivery Across Best-Effort Networks," The 20th International Conference on Distributed Computing Systems, pp. 201-207, April 2000.
[3] D.H.C. Du and Y. J. Lee, "Scalable Server and Storage Architectures for Video Streaming," IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems, pp. 191-206, June 1999.
[4] Dongmahn Seo, Joahyoung Lee, Yoon Kim, Changyeol Choi, Hwangkyu Choi, Inbum Jung, "Load Distribution Strategies in Cluster-based Transcoding Servers for Mobile Clients," Lecture Notes in Computer Science, Vol 3983, pp. 1156-1165, May 2006.
[5] Dongmahn Seo, Joahyoung Lee, Yoon Kim, Changyeol Choi, Manbae Kim, Inbum Jung, "Resource Consumption-Aware QoS in Cluster-based VOD Servers," Journal of Systems Architecture: the EUROMICRO Journal, Volume 53, Issue 1, pp. 39-52, Jan. 2007.
[6] H.Bhradvaj, A. Joshi and S. Auephanwiriyakul. "An active transcoding proxy to support mobile web access," In Proceedings of International Conference on Reliable Distrubuted System, pp 118-123, 1998.
[7] Vetro. A.; Sun, H., "Media Conversions to Support Mobile Users," IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE), pp. 607-612, May. 2001.
[8] 표준 무선 네트워크 사이트, http://www.ieee802.org
[9] mpeg 연구 사이트, http://www.mpeg.org
[10] Sumit Roy, Michele Covell, John Ankcorn, and Susie Wee, "A System Architecture for Managing Mobile Streaming Media Services," Takeshi Yoshimura Streaming Media Systems Group, Hewlett-Packard Laboratories, Palo Alto, CA 94304.
[11] Behrouz A. Forouzan. "Data Communications and Networking 2nd," Mc Graw Hill. 2001.
[12] Surendar Chandra, Carla Schlatter Ellis and Amin Vahdat, "Differentiated Multimedia Web Services Using Quality Aware Transcoding," IEEE INFOCOMM 2000, pp. 961-969, 2000.
[13] Susie Wee, John Apostolopoulos, Wai-tian Tan, Sumit Roy. "Research and Design of a Mobile Streaming Media Content Delivery Network," IEEE ICME, July 2003, pp. I-5-8, 2003.
[14] Ningning Hu, Peter Steenkiste, "Evaluation and Characterization of Available Bandwidth Probing Techniques," IEEE JSAC Special Issue in Internet and WWW measurement, Mapping and Modeling, Vol.21(6), pp. 879-894, 2003.
[15] James F. Kurose, Keith W. Ross "Computer Networking - A Top-down Approach Featuring the Internet," Addison Wesley, May 13, 2004.
[16] Ningning Hu, Peter Steenkiste, "Estimating Available Bandwidth Using Packet Pair Probing," Technical Report CMU-CS-02-116.
[17] ffmpeg 개발 사이트, http://ffmpeg.sourceforge.net
[18] mplayer 개발 사이트, http://www.mplayerhq.hu

한 우 람
2008년 2월 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 학사(예정). 관심분야는 멀티미디어 시스템, 임베디드 시스템, 소프트웨어 테스팅, 데이타 베이스

허 난 숙
2006년 2월 강원대학교 전기전자정보통신공학부 컴퓨터전공 학사. 2008년 2월 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 석사 졸업 예정. 관심분야는 멀티미디어 시스템, 미디어 트랜스코딩

박 총 명
2005년 2월 강원대학교 정보통신공학과 학사. 2007년 8월 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 석사. 2007년 8월~현재 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 박사과정 관심분야는 멀티미디어 시스템, 센서네트워크

서 동 만
2002년 2월 강원대학교 컴퓨터학과 학사 2004년 2월 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 석사. 2004년 3월~현재 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 박사 수료, 연구과정생. 관심분야는 병렬처리, 멀티미디어 시스템, 운영체제, 센서네트워크

정 인 범
1985년 고려대학교 전자공학과 졸업(학사). 1985년~1995년 (주) 삼성전자 컴퓨터 시스템사업부 선임 연구원. 1992년~1994년 한국과학기술원 정보및통신공학과 졸업(컴퓨터공학 석사). 1995년 2000년 8월 한국과학기술원 전산학과 졸업(박사). 2001년~현재 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 교수. 관심분야는 운영체제