

이동 사용자를 위한 적응적 트랜스코딩 서비스의 구현

허난숙[○] 한우람 이좌형 서동만 김윤 정인범

강원대학교 컴퓨터학부

{nsheo[○], wrhan, jhlee, dmseo, yooni, ibjung}@snsiab.kangwon.ac.kr

Implementation of Adaptive Transcoding Service for Mobile User

Nansook Heo[○] W.R. Han, J.H. Lee, D.M. Seo, Y. Kim, I.B. Jung

Department of Computer Science and Engineering, Kangwon National University

요약

무선 네트워크의 발달로 이동 사용자가 급증함에 따라 무선 네트워크 환경에서도 질 높은 미디어 스트리밍 서비스를 받고자 하는 수요가 증가되고 있다. 그러나 이동 사용자의 단말기는 상대적으로 낮은 컴퓨팅 파워와 적은 메모리 등의 시스템 자원 제약을 가지며 무선 네트워크에 비해 낮은 네트워크 대역폭을 가진다. 또한 이동 사용자의 위치 이동에 따라 네트워크 대역폭의 변화가 크다. 본 논문에서는 이동 단말기의 환경을 고려하여 이동 사용자에게 질 높은 미디어 스트리밍 서비스를 제공하기 위하여 실시간으로 이동 단말기의 네트워크 대역폭을 측정하고 이에 맞추어 적응적으로 트랜스코딩함으로써 이동 사용자에게 끊임 없는 미디어 스트리밍 서비스를 제공하는 적응적 트랜스코딩 서비스를 설계 및 구현하였다.

1. 서론

최근 무선 네트워크의 발달로 이동 사용자가 급증하면서 유선뿐 아니라 무선 네트워크 환경에서도 질 높은 미디어 스트리밍 서비스를 받고자 하는 수요가 증가하고 있다. 그러나 무선 네트워크는 유선에 비해 상대적으로 열악한 네트워크 대역폭을 가지며 사용자의 위치 이동에 따른 네트워크 대역폭의 변화가 크다. 또한 이동 단말기는 유선 네트워크 환경의 단말기에 비해 낮은 컴퓨팅 파워와 메모리 등의 제한된 시스템 자원을 가지며 휴대폰, PDA, 랩탑 등 이동 단말기의 종류에 따라서도 그 수준이 다양하게 나누어진다.

다양한 환경의 사용자를 모두 고려하는 미디어 스트리밍 서비스를 제공하기 위해 그림 1과 같은 정적 트랜스코딩 방법을 보편적으로 사용하고 있다[1]. 미디어 스트리밍 서비스를 제공하는 서버는 하나의 미디어 데이터를 여러 가지 등급으로 미리 제작, 저장해두고 있다가 다양한 네트워크 환경 및 단말기를 통해 서비스를 요청하면 해당 등급의 미디어 데이터를 선택하여 스트리밍 서비스한다. 그러나 이러한 방법은 하나의 미디어 데이터를 여러 가지 등급으로 제작하여 저장함으로써 저장 공간을 낭비한다. 이 문제점을 해결하기 위한 방법으로 미디어 데이터의 프레임율(Frame Rate), 비트율(Bit Rate), 영상 크기(Video Resolution) 등을 변경하는 동적 트랜스코딩에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1, 2]. 그림 2는 동적 트랜스코딩 시스템의 구조이다. 멀티미디어 서버는 하나의 미디어 데이터를 저장해두고 있다가 다양한 네트워크 환경 및 단말기에 맞추어 미디어 데이터를 실시간으로 트랜스코딩하여 서비스함으로써 저장 공간을 확보하고 다양한 사용자 환경을 고려한 미디어 스트리밍 서

비스를 제공할 수 있다. 그러나 무선 네트워크의 특성상 단말기의 이동에 따라 네트워크의 대역폭이 수시로 변하게 되며, 이로 인해 이동 단말기에 끊임없고 안정적인 QoS를 제공할 수 없다.

본 논문에서는 네트워크 대역폭이 유동적인 이동 단말기의 특성을 고려하여, 미디어 스트리밍 서비스 도중 실

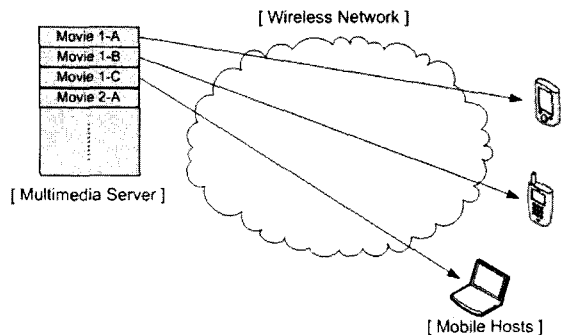


그림 1. 정적 트랜스코딩 시스템의 구조

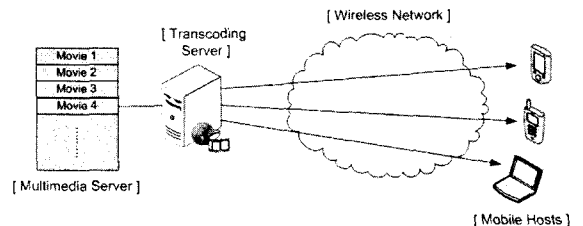


그림 2. 동적 트랜스코딩 시스템의 구조.

시간으로 이동 단말기의 네트워크 대역폭을 측정하고, 이에 맞추어 적응적으로 트랜스코딩한 미디어 데이터를 스트리밍 서비스하는 네트워크 적응적 트랜스코딩 서비스를 설계 및 구현한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문과 관련된 연구에 대해 알아보고 3장에서는 적응적 트랜스코딩 서비스의 시스템 구조와 구현 방법에 대해 설명한다. 4장에서는 구현한 시스템의 성능 측정 및 결과를 분석하고 5장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 무선 네트워크 대역폭

무선 네트워크 환경의 호스트들은 이동 사용자의 위치가 변경될 때마다 사용 가능한 네트워크 대역폭의 차이가 크기 때문에 유선 네트워크 환경의 미디어 데이터를 스트리밍 서비스 받기에 적절하지 않다. 따라서 미디어 데이터를 트랜스코딩 할 때 계속해서 변화하는 네트워크 대역폭 중 어느 정도의 대역폭에 맞추어 미디어 데이터를 변환하는 것이 적절한지에 대한 고려가 필요하다.

무선 통신의 무선랜 표준 규약인 802.11은 IEEE 작업 그룹이 개발한 무선랜을 위한 규격 모음으로 802.11, 802.11a, 802.11b, 802.11g 4가지가 있다. 802.11은 기초적인 무선랜 표준안으로 CSMA/CA를 지원하고 최대 2Mbps의 전송 속도를 지원한다. 802.11b는 최대 11Mbps의 전송 속도를 제공하며 많은 모바일 호스트 제품이 802.11b의 표준을 지원하고 있다. 802.11g와 802.11a는 최대 54Mbps까지의 전송 속도를 지원하며 차세대 무선랜을 지원하기 위한 표준이다[3, 4].

2.2 MPEG 프로파일

핸드폰, PDA, 랩탑과 같이 이동 사용자의 단말기 종류에 따라 컴퓨팅 파워, 메모리, 네트워크 대역폭 등의 자원이 각각 다르기 때문에 미디어 스트리밍 서비스 또한 이동 사용자의 단말기 환경에 따라 달라져야 한다. 이러한 환경에 따른 표준 규격을 설정한 프로파일을 살펴보면 표 1과 같이 미디어 스트리밍 서비스에 따른 영상 크기(Video Size), 전송 속도(Frame Rate), 비트율(Bit Rate) 등을 설정하고 있다. 표 1을 보면 MPEG 등급에 따른 규격이 모바일 호스트 환경에 따라 영상의 크기나 비트율이 다르게 설정됨을 알 수 있다.

MPEG 프로파일을 살펴보면 크게 SQCIF(Sub-Quarter Common Intermedia Format), QCIF(Quarter Common

Intermedia Format), CIF, 4CIF 4등급으로 나눌 수 있다. SQCIF는 모바일 핸드폰, QCIF는 PDA, CIF는 무선 노트북, 4CIF는 일반 데스크톱 급으로 볼 수 있다. 따라서 트랜스코딩 시스템에서의 트랜스코딩 등급 역시 표 1과 같은 MPEG 프로파일에서 설정한 등급으로 나누어 적용할 수 있다[5].

2.3 네트워크 대역폭 측정

Initial Gap Increasing(IGI)[6, 7]은 두 종단 사이의 사용 가능한 네트워크 대역폭을 측정하는 프로그램이다. 사용 가능 네트워크 대역폭이란 네트워크 링크가 가지는 대역폭의 전체 수용 능력 중 현재 사용되고 있는 부분을 제외한 대역폭을 말한다. IGI 알고리즘은 네트워크 대역폭을 측정하기 위한 목적지에 연속적으로 패킷을 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 Turning Point라고 하고 이 지점의 패킷 양이 현재 네트워크에서 사용 가능한 대역폭이 된다.

표 2는 IGI 알고리즘의 유사코드이다. 네트워크 링크가 가지는 대역폭의 전체 수용 능력(gB)과 현재 사용되고 있는 네트워크 대역폭(c_bw)의 차를 계산함으로써 사용 가능한 네트워크 대역폭(a_bw)을 구할 수 있다.

표 2. IGI 알고리즘.

```

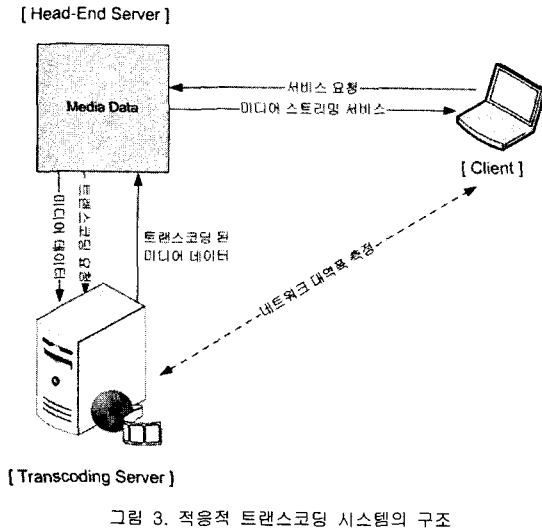
Algorithm IGI
{
    /* initialization */
    probe_num = PROBENUM;
    packet_size = PACKETSZIE;
    gB = GET_GB();
    init_gap = gB / 2;
    gap_step = gB / 8;
    src_gap_sum = probe_num * init_gap;
    dst_gap_sum = 0;

    // look for probing gap value at the turning point
    While(!GAP_EQUAL(dst_gap_sum, src_gap_sum)) {
        init_gap += gap_step;
        src_gap_sum = probe_num * init_gap;
        SEND_PROBING_PACKETS(probe_num,
            packet_size, init_gap);
        dst_gap_sum = GET_DST_GAPS();
    }

    /* compute the available bandwidth
    using IGI formula */
    inc_gap_sum = GET_INCREASED_GAPS();
    c_bw = b_bw * inc_gap_sum / dst_gap_sum;
    a_bw = b_bw - c_bw;
}
    
```

표 1. MPEG 등급에 따른 프로파일 예.

등급	Video size	Frame Rate	Bit Rate
SQCIF	128×96	15	50
QCIF	176×144	15	70
CIF	352×288	26	100
4CIF	704×576	30	200



3. 적응적 트랜스코딩 서비스의 구조와 구현

그림 3은 적응적 트랜스코딩 시스템의 구조를 나타낸다. 서버는 사용자의 스트리밍 서비스 요청을 받아들이고 트랜스코딩 서버를 제어하는 멀티미디어 서버와 미디어 데이터의 트랜스코딩 작업을 수행하는 트랜스코딩 서버로 구성된다. 클라이언트는 사용자의 단말에서 실행되는 소프트웨어의 형태이다. 클라이언트와 트랜스코딩 서버에는 각각 네트워크 대역폭을 측정하는 모듈이 있어 실시간으로 사용자 단말기의 이용 가능한 대역폭을 측정하여 미디어 데이터 트랜스코딩 작업에 반영한다.

3.1 트랜스코딩 서버

3.1.1 구조

적응적 트랜스코딩 서버의 구조는 그림 4와 같다. 사용자의 미디어 스트리밍 요청을 받아들이고 다른 모듈을 제어 및 관리하는 Head-End 서버와 트랜스코딩 작업을 수행하는 트랜스코딩 서버로 구성된다.

Head-End 서버는 사용자의 미디어 스트리밍 요청을 받아들이고 스트리밍 서비스를 제공하는 웹서버와 트랜스코딩 서버의 다른 모듈을 제어하는 관리 모듈로 구성된다. 웹서버에 구축된 웹페이지를 통해 사용자에게 스트리밍 서비스가 가능한 미디어 데이터의 목록을 보여준다. 사용자는 웹페이지를 통해서 원하는 미디어 데이터의 스트리밍 서비스를 요청하고 웹서버는 관리 모듈을 구동시켜 트랜스코딩 서버에 사용자가 요청한 영화 정보와 사용자 정보를 전송한다.

트랜스코딩 서버는 스트리밍 모듈, 트랜스코딩 모듈, 대역폭 측정 모듈로 구성된다. 대역폭 측정 모듈은 Head-End 서버의 관리 모듈로부터 전송받은 사용자 정보를 참조하여 클라이언트와 트랜스코딩 서버 사이의 네트워크 대역폭을 실시간으로 측정한다. 트랜스코딩 모듈은 디스크에 저장된 미디어 데이터를 불러와 실시간으로

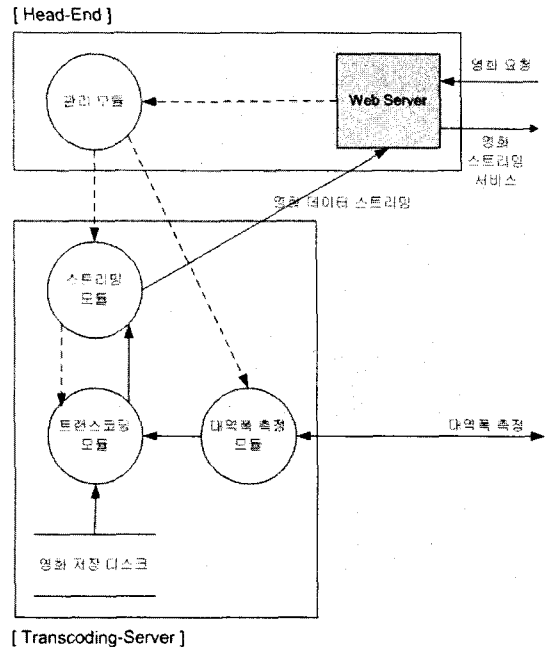


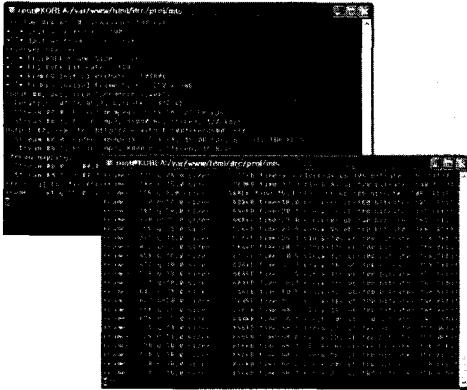
그림 4. 트랜스코딩 서버의 구조.

측정된 네트워크 대역폭을 반영하여 미디어 데이터의 비트율을 조정하는 트랜스코딩 작업을 수행한다. 트랜스코딩된 미디어 데이터를 Head-End 서버의 웹서버로 전송하여 사용자에게 스트리밍 서비스를 제공한다.

3.1.2 구현 방법

서버의 모든 모듈은 리눅스 환경에서 C언어로 구현하였다. 스트리밍 서비스가 가능한 미디어 데이터의 목록을 보여주고 사용자의 서비스 요청을 받아들이는 웹서버와 웹페이지는 웹프로그래밍 언어인 PHP로 구현하였다. 또한 트랜스코딩 서버의 트랜스코딩 모듈과 스트리밍 모듈은 오픈 소스 프로젝트로 개발 중인 ffmpeg[8]와 ffserver를 이용하였다. ffmpeg은 avi, mpeg 등의 동영상 포맷을 다른 포맷으로 변환할 수 있는 트랜스코딩 프로그램이다. 본 연구에서는 사용자의 요청에 만족할 수 있는 서비스를 제공하기 위해 고화질 미디어 데이터의 전송 속도, 비트율, 해상도 등을 변경하는 트랜스코딩 작업에 사용하였다. 실시간으로 미디어 데이터의 비트율을 조절하기 위해 ffmpeg의 Rate control 부분의 양자화 파라미터를 측정된 대역폭을 이용하여 변경하는 모듈을 추가하였다. ffserver는 ffmpeg에 기본적으로 포함되어 있는 프로그램으로 avi, mpeg 등 여러 가지 포맷의 동영상 asf 형태로 스트리밍 서비스를 할 수 있도록 해주는 스트리밍 서버이다. 본 연구에서는 트랜스코딩 서버의 트랜스코딩 모듈에서 ffmpeg를 통해 트랜스코딩된 미디어 데이터를 Head-End 서버의 웹서버로 전송하여 사용자에게 스트리밍 서비스를 제공하는데 사용하였다.

그림 5의 (a)는 트랜스코딩 작업을 수행하고 있는 트랜스코딩 서버의 실행 화면이다.



(a) 트랜스코딩 서버

3.2 클라이언트

클라이언트는 보편적으로 사용되는 이동 단말기인 PDA와 랩탑 환경에서 구현되었다.

PDA는 랩탑이나 데스크톱에 비해 상대적으로 낮은 해상도로 MPEG 프로파일의 QCIF에 해당하는 해상도의 재생 화면을 제공한다. 낮은 해상도를 고려하여 메뉴 조작 부분과 재생 부분을 따로 두지 않고 초기 화면을 네등분하여 메뉴를 보여준다. 사용자가 서비스 받고자 하는 영화를 선택하면 전체 화면으로 영화를 재생한다. PDA 클라이언트는 리눅스 운영체제 환경에서 구현되었다. 사용자에게 사용하기 쉽고 편리한 GUI 환경을 제공하기 위해 리눅스 프레임 버퍼 상에서 동작하는 윈도우 개발 환경인 Embedded Qt 3.0[9]을 사용하였다.

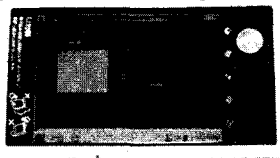
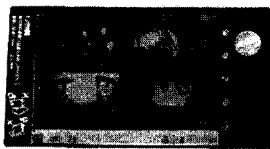
랩탑 클라이언트는 서비스 가능한 미디어 데이터의 목록을 확인할 수 있는 메뉴 부분과 스트리밍 서비스 받는 미디어 데이터를 출력하는 재생 부분으로 구성된다. PDA보다 상대적으로 높은 해상도를 가지는 랩탑은 MPEG 프로파일의 4CIF에 해당하는 해상도의 재생 화면을 제공한다. 랩탑 클라이언트는 윈도우 운영체제 환경에서 Microsoft Visual C++ 6.0을 이용한 윈도우 프로그래밍으로 구현하였다.

두 클라이언트 모두 적응적 트랜스코딩 시스템에서 서버와 통신하며 실시간으로 현재 사용 가능한 네트워크 대역폭을 측정한다. 각 클라이언트에는 igi프로그램의 igi-server가 실행되고 서버의 igi-client와 통신하며 실시간으로 네트워크 대역폭을 측정하여 서버에 전달한다.

그림 5의 (b)와 (c)는 각각 랩탑과 PDA 클라이언트의 실행 화면이다.



(b) 랩탑 클라이언트



(c) PDA 클라이언트

그림 5. 트랜스코딩 서버와 클라이언트의 실행 화면.

4. 성능 측정 및 결과 분석

4.1 성능 측정 환경

성능 측정에 사용된 서버는 AMD Athlon(tm) 64 Processor 3200+ CPU, 1GB의 메모리와 100Mbps의 네트워크 대역폭을 가진다. 클라이언트는 IEEE 802.11a, 802.11b, 802.11g 등의 무선 랜카드를 사용하는 랩탑 여러 대를 이용하였다. 성능 측정에 사용한 클라이언트

표 3. 클라이언트 환경

구분	CPU	Memory	Network
Laptop1	Intel Pentium (M) Processor 1.5GHz	768MB	IEEE 802.11b/g
Laptop2	Intel Pentium (M) Processor 1.7GHz	1GB	IEEE 802.11a/b/g
Laptop3	Intel Pentium (M) UVL Processor 1.2GHz	512MB	IEEE 802.11a/b/g

환경은 표 3과 같다. 랩탑 클라이언트에서 로컬 무선 네트워크와 상용 무선 네트워크를 통해 서버에 미디어 스트리밍 서비스를 요청하고, 서비스를 받는 도중에 수시로 위치를 이동시키며 네트워크 대역폭에 변화를 주었다. 서버와 클라이언트 각각의 네트워크 대역폭 측정 모듈을 이용하여 변화하는 네트워크 대역폭을 수시로 측정하였고, 트랜스코딩 서버에서는 그 결과를 반영하여 미디어 데이터를 트랜스코딩하여 클라이언트에 스트리밍 서비스 하였다.

4.2 결과 및 분석

그림 6과 7은 각각 로컬 무선 네트워크와 상용 무선 네트워크에서 일정 시간동안 클라이언트의 위치 이동으로 인해 네트워크 대역폭이 수시로 변화하는 상황의 네트워크 대역폭을 측정된 것과 그 결과가 얼마나 트랜스코딩 작업에 반영이 되었는지를 나타내는 그래프이다.

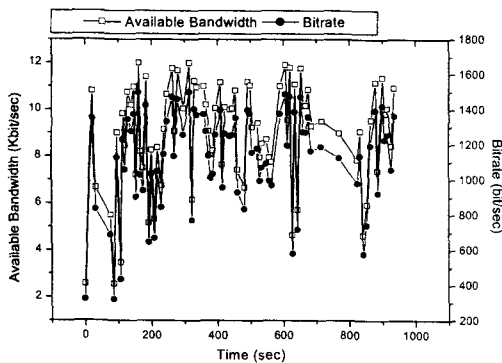


그림 6. 로컬 무선 네트워크 환경에서의 사용 가능 네트워크 대역폭에 따른 비트율 변화

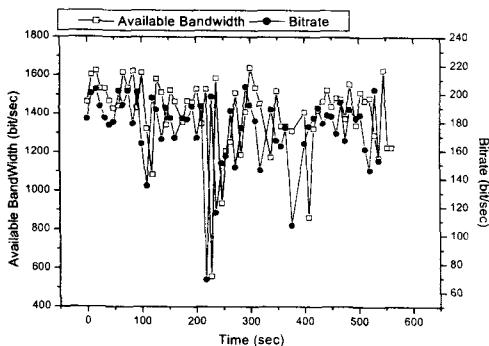


그림 7. 상용 무선 네트워크 환경에서의 사용 가능 네트워크 대역폭에 따른 비트율 변화

트랜스코딩에 적용되는 미디어 데이터의 비트율이 측정된 사용 가능한 네트워크 대역폭과 같은 수준으로 변화하는 것을 볼 수 있다. 이를 통해 변화하는 클라이언트의 네트워크 대역폭을 실시간으로 반영하여 트랜스코딩하고 끊임없는 미디어 스트리밍 서비스를 제공할 수 있음을 확인하였다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 낮은 컴퓨팅 파워와 적은 메모리 등의 자원 제약을 가지며, 무선 네트워크를 사용함에 따라 유동적이고 낮은 대역폭을 가지는 이동 단말기에 잘 높은 미디어 스트리밍 서비스를 제공하기 위하여 실시간으로 이동 사용자의 네트워크 대역폭을 측정하고 트랜스코딩함으로써 이동 사용자에게 끊임없는 미디어 스트리밍 서비스를 제공하는 적응적 트랜스코딩 서비스를 설계 및 구현하였다. 랩탑 클라이언트 프로그램을 이용하여 수시로 변화하는 이동 사용자의 네트워크 대역폭을 측정하고 그 값이 트랜스코딩에 적절하게 반영되는지를 실험하여 구현한 시스템이 이동 사용자에게 끊임없는 미디어 스트리밍 서비스를 제공할 수 있음을 확인하였다.

단일 서버로 구성된 트랜스코딩 서버는 과도한 서비스 요청이 집중될 경우 사용자의 QoS가 보장되는 기간 안에 서비스 요청을 처리하는데 어려움이 있다. 향후에는 트랜스코딩 서버를 병렬로 구성하여 각 트랜스코딩 서버에 균등하게 작업을 분배함으로써 사용자의 QoS가 보장되는 기간 안에 서비스 요청을 처리할 수 있는 병렬 트랜스코딩 서버에 대해서 연구할 계획이다.

참고문헌

- [1] Ilhoon Shin, Kern Koh. "Hybrid Transcoding for QoS Adaptive Video-on-Demand Services." *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 50, No.2, May 2004.
- [2] H.Bhradvaj, A. Joshi, S. Auephanwiriyakul. "An active transcoding proxy to support mobile web access," *International Conference on Reliable Distributed System*, pp 118-123, 1998.
- [3] Behrouz A. Forouzan. "Data Communications and Networking 2nd," Mc Graw Hill.

- [4] 임강진, 신재호, 권병희. "Network Bible 3rd," 영진출판사.
- [5] 서동만, 이좌형, 최면욱, 김윤, 정인범. "효과적인 트랜스코딩 부하 분산을 위한 자원 가중치 부하분산 정책," 정보과학회논문지, Vol 11, Number 5, 2005.
- [6] 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), 2003.
- [7] Ningning Hu, Peter Steenkiste. "Estimating Available Bandwidth Using Packet Pair Probing," Technical Report CMU-CS-02-166.
- [8] <http://ffmpeg.sourceforge.net>
- [9] trolltech, "Qt/Embedded Whitepaper," (<http://trolltech.com/products/embedded/>).