

# 트랜스코딩 시스템에서 자원가중치 기반 부하 분산 모델

최연욱<sup>○</sup>, 이좌형, 방철석, 김병길, 정인범

강원대학교 컴퓨터정보통신공학과

{muchoi<sup>○</sup>, jhlee, csbang, bgkim}@snslab.kangwon.ac.kr, ibjung@kangwon.ac.kr

## Resource Weight Based Load Distribution on the Transcoding System

Myunuk Choi<sup>○</sup>, Joa Hyoung Lee, Cheolseok Bang, Byounggil Kim, Inbum Jung

Dept. Computer Information & Telecommunication Engineering

요약

최근 무선통신 기술의 발전으로 PC뿐만 아니라 PDA, 휴대폰 등 다양한 장치를 통하여 멀티미디어 서비스를 제공 받을 수 있게 되었다. 무선망은 유선망에 비해 대역폭이 낮기 때문에 높은 비트율을 갖는 스트림을 낮은 비트율로 변환하기 위해 트랜스코딩을 이용한다. 따라서 이러한 트랜스 코딩 시스템에서 효율적으로 무선 스트리밍을 전송하기 위해서는 부하 분산에 관한 연구가 필요하다. 본 논문에서 제한한 클러스터 트랜스코딩 시스템은 스트리밍 서비스의 모바일 호스트 등급에 따른 CPU 사용량, 네트워크 대역폭, 메모리의 가중치를 계산하여 부하배분에 사용할 수 있는 부하분산 모델을 제시하고자 한다.

### 1. 서론

멀티미디어 서비스의 급속한 발전으로 사용자는 무선망을 통하여 무선단말기로 비디오스트림을 전송하고 재생하는 스트리밍 서비스를 받을 수 있게 되었다. 하지만 무선망에서는 네트워크 대역폭이 유선망보다 상대적으로 열악한 환경을 가지고 있다. 또한 모바일 호스트의 낮은 컴퓨팅 파워와 자원은 서버로부터 전송되는 높은 품질과 고용량의 멀티미디어 스트림을 처리할 수가 없다. 따라서 모바일 호스트에 따라 스트리밍을 적절한 품질과 크기를 바꾸어 트랜스코딩하는 연구들이 진행중에 있다[1].

MPEG 비디오 스트리밍은 무선 환경에 따라 여러 등급으로 나눌 수가 있으며 각 등급에 따라서 CPU, 네트워크 대역폭, 메모리 등의 요구되는 컴퓨팅 자원이 각각 다르다. 트랜스코딩은 미디어데이터의 형식과 크기 등을 변환 하기 때문에 트랜스코딩을 수행할 시스템의 자원 소모가 많다. 자원소모가 많은 트랜스코딩 서버의 자원소모가 스트리밍 등급에 따라 각각 다르기 때문에 클라이언트에서 요구한 스트리밍 데이터를 가장 효율적으로 처리할 수 있는 트랜스코딩 서버를 선택하기 위한 자원분배 알고리즘이 중요하게 된다.

본 논문에서는 스트리밍 서비스의 등급별 자원 소모량을 측정하고 가중치를 계산하여 부하를 분산하는 방법을 제안하고자 한다.

### 2. 관련 연구

무선 통신의 무선랜 표준규약인 802.11은 IEEE 작업 그룹이 개발한 무선랜을 위한 규격 모음으로 802.11, 802.11a, 802.11b, 802.11g 등 4가지 규격이 이에 속한다. [2] 802.11은 기초적인 무선랜 표준안으로 CSMA/CA 를 지원하고 최대 속도는 2Mbps 이다. 802.11b는 11Mbps의 최대 속도를 제공하는 무선랜 표준이다. 많은 모바일 호스트 제품이 802.11b의 표준을 지원하고 있다. 802.11g 와 802.11a 는 최대 54Mbps 까지 데이터 전송을 지원하는 표준으로 차세대 무선랜을 지원하기 위한 표준이다. 본 논문에서는 802.11과 802.11b의 규격 속도를

따른다.

모바일 호스트에 따른 컴퓨팅 파워, 메모리, 네트워크 대역폭이 각각 틀리기 때문에 멀티미디어 스트리밍 서비스 역시 호스트 환경에 따라 달라져야 한다. 이러한 환경에 따른 표준 규격을 설정한 MPEG4 profile을 살펴보면 다음과 같이 서비스 품질에 따른 Video size, Frame rate, bitrate 등을 설정하고 있다[3].

등급	Video size	Frame rate	Bit rate(kbps)
SQCIF	128×96	15	50
QCIF	176×44	15	70
CIF	352×288	26	100
4CIF	704×576	30	200

표1. MPEG4 등급에 따른 profile 예

표1을 보면 MPEG4 등급에 따른 규격이 모바일 호스트 환경에 따라 화면크기나 비트율이 다르게 설정됨을 알 수가 있다. MPEG4 profile을 살펴보면 크게 SQCIF(Sub-Quarter Common Intermediate Format), QCIF, CIF, 4CIF급으로 나눌 수가 있다. SQCIF급은 모바일 핸드폰, QCIF급은 PDA, CIF급은 무선 노트북환경, 4CIF급은 일반 PC급으로 볼 수 있다. 따라서 트랜스코딩 시스템에서의 트랜스코딩 역시 표1에서 보인 MPEG4 profile에서 설정한 등급으로 나눌 수가 있다.

단일 트랜스코딩 시스템은 트랜스코딩 작업이 유행 경우 SPOF(Single Point of Failure) 문제로 모든 클라이언트에게 서비스가 중단될 수 있다. 이러한 문제의 해결책으로 다수의 트랜스코딩 서버들과 함께 부하 분배서버를 이용하는 방법이 있다. 하지만 이러한 시스템 역시 분배서버에서 SPOF가 발생할 수 있다. 따라서 분배서버가 다운되면 클러스터롤 이루는 시스템중 하나가 분배서버가 되는 LVS(Linux Virtual Server)를 이용해 SPOF를 해결할 수 있다[4].

클러스터링 서버 부하 분산 정책으로는 패킷이 도착하는 순서대로 클러스터 서버들에게 차례로 분배해주는 라운드 로빈(Round-Robin) 방식, 서버마다 서로 다른 가중치를 두어 분산하는 방식인 가중치 라운드 로빈(Weighted Round-Robin) 방식, 서버에 연결된 서비스 요청 개수에 따라 분산하는 방식인 최소 연결(Least-Connection) 방식 등이 있다. 이들 중 WRR 방식은 구현이 어려운 단점이 있지만 다른 정책보다 전반적 성능이 우수함을 보이고 있다[5]. 하지만 WRR방식은 클라이언트 접속 요청이 많아짐에 따라 클러스터 서버들의 작업부하를 계

\* 본 연구는 강원대학교 ITRC의 지원으로 수행되었습니다.

\* 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R05-2003-000-12146-0) 지원으로 수행되었습니다.

속 측정하여 새로운 가중치를 만들게 되므로 이에 따른 부하가 발생할 수 있다[6].

본 논문이 제안하는 RWR(Resoure Weight based Load Distribution) 방식은 클러스터 서버들의 부하를 측정하지 않고 서버에 요청하는 스트리밍 서비스의 등급에 따른 CPU, 메모리, 네트워크 자원가중치를 계산하여 가중치테이블을 작성한다. 이 가중치 테이블의 값에 따라 부하를 분산하는 모델을 제시한다.

### 3. 자원가중치 기반 부하 분산

이 장에서는 클러스터 트랜스코딩 시스템에서 자원가중치 기반의 부하 분산 방법을 제안한다. N개의 클러스터 트랜스코딩 서버에서 고품질 영상을 각 요청 등급에 맞게 트랜스코딩을 하게 된다.

그림 1은 LVS를 이용한 트랜스코딩 시스템 구조를 나타내고 있다. 클라이언트 요청은 서버에서 순차적 단계의 처리과정을 거치게 된다. 웹 서버에서 사용자의 요구가 서버에 도착하게 되면, 인증서버에서 서비스 등급을 설정하게 되고 분배서버에 의해 클러스터 트랜스코딩 서버로 연결하게 된다. 요청을 받은 요구를 처리하는 과정에서 트랜스코딩에 따른 서버에서 소모되는 자원소모는 모바일 호스트 등급에 따라 SQCIF, QCIF, CIF, 4CIF 급으로 나누어진다. 트랜스코딩 서버에서는 등급으로 나누어진 기준에 따라 비디오 사이즈, 비트율, 프레임크기를 트랜스코딩하여 모바일 호스트에 전송하게 된다.

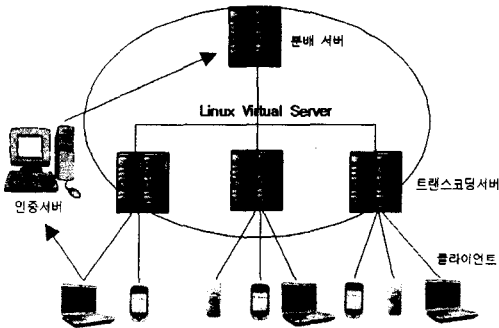


그림 1. LVS를 이용한 트랜스코딩 시스템 구조

본 연구에서는 트랜스코딩 작업에서 서버의 CPU와 메모리, 네트워크 소모율을 실험하였다. AMD MP 2000+ CPU, 2G 메모리, 100Mbps 서버에서 트랜스코딩시 CPU, 메모리 및 네트워크 대역폭 자원소모율을 측정결과 CPU의 자원 부족현상이 먼저 일어난다는 것을 알 수가 있었다. 따라서 본 논문의 시스템에서는 CPU의 자원가중치를 이용하여 측정하였다.

트랜스코딩 서버에서 트랜스코딩시 CPU, 메모리 및 네트워크 대역폭 자원 소모가 요청등급에 따라 소모 비율이 각각 일정하게 발생한다. 이에 따른 자원소모량을 이용하여 등급에 따른 자원 가중치를 측정할 수 있다. 그림 2는 트랜스코딩 서버의 부하측정 가중치 알고리즘이다. 트랜스코딩 서버의 CPU, 네트워크 대역폭, 메모리를 비교하게 되는데 이는 스트리밍 트랜스코딩 작업 중 가장 먼저 고갈되는 자원을 알아야 하기 때문이다. 그림 2에서 예를 들어 트랜스코딩 서버의 메모리가 크다면 자원소모가 먼저 일어나는 네트워크 대역폭 할당이 더 중요하게 되고 네트워크 대역폭이 크다면 메모리의 가중치가 더 높아지게 된다. 따라서 서버가 지원할 수 있는 클라이언트의 최대 수용치는 트랜스코딩 등급에 따른 CPU, 메모리, 네트워크 대역폭 소모율을 계산하여 얻을 수 있다.

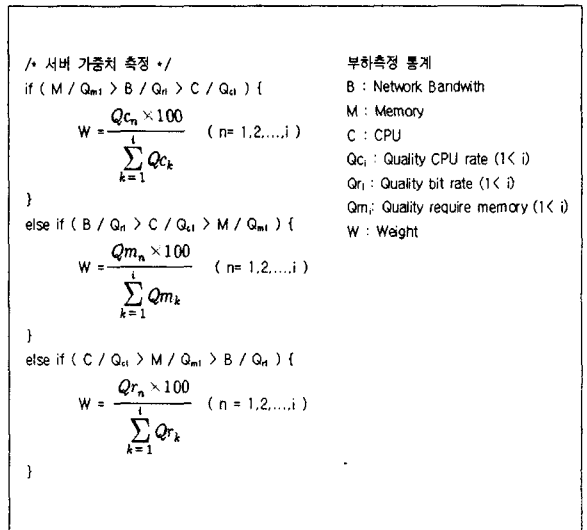


그림 2. 부하측정 가중치 알고리즘

### 4. 실험 및 분석

#### 4.1 실험 환경

RWR(Resource Weight Based Load Distribution) 방식과 RR(Round Robin) 방식과 비교하였다. 실험에서 사용된 RWR 방식은 SQCIF, QCIF, CIF, 4CIF 급을 나누어 실험을 하였고 발생 빈도는 Zipf 분포를 따른다고 가정한다[7].

시뮬레이션에서 트랜스코딩은 FFMPEG를 이용하고, 5대의 클러스터 서버로 구성된 FFMPEG server 사용하였다[8]. 서버 환경은 CPU AMD MP 2000+, 256M 메모리, 100Mbps이고 운영체제는 리눅스(커널 2.4.22)를 사용하였다.

표 2는 가중치 알고리즘을 이용한 CPU, 네트워크 대역폭, 메모리 가중치 값을 보여준다.

등급	CPU (AMD MP 2000+)	네트워크 대역폭 (100Mbps)	메모리(256M)
SQCIF	24.92	11.9	21.35
QCIF	25.52	16.6	21.81
CIF	48.94	23.8	24.09
4CIF	0.6	47.6	32.72

표 2. 부하측정 서버 가중치 예제

#### 4.2 실험 결과 및 분석

Zipf 분포를 따라 가중치 랜덤 부하발생기를 만들어 부하를 발생시켰다. 그림 3, 4는 SQCIF급이 많은 경우를 나타낸 것이고 그림 5, 6는 4CIF급이 많은 경우를 실험하였다. 실험 시스템 환경에서는 CPU 자원이 먼저 고갈되므로 CPU 자원에 가중치를 두어 5대 트랜스코딩 서버의 CPU 사용량을 측정하였다.

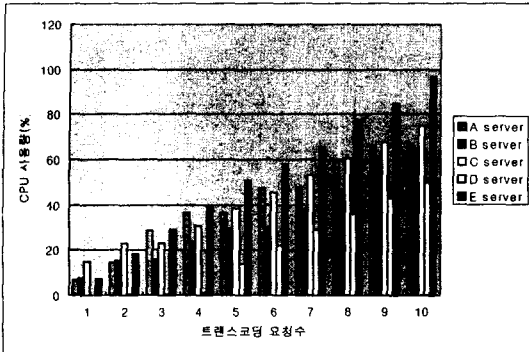


그림 3. SQCIF Round Robin CPU 측정결과

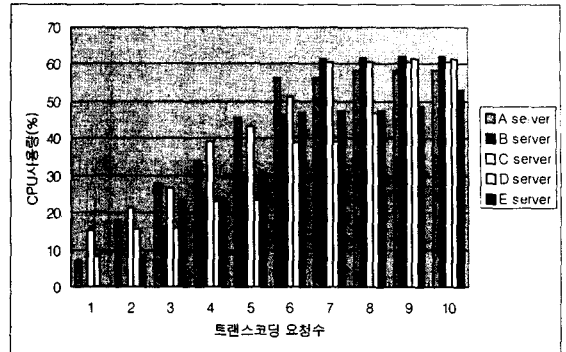


그림 6. 4CIF RWRR CPU 측정결과

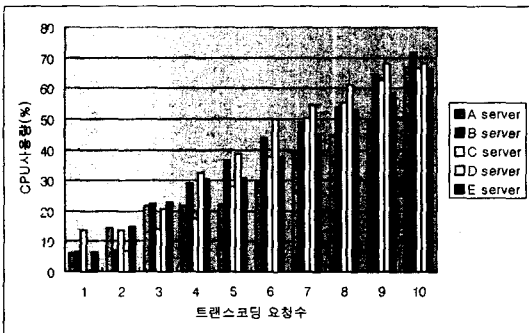


그림 4. SQCIF RWRR CPU 측정결과

그림 3, 4는 SQCIF 급이 많이 발생하는 경우의 RR(Round Robin)과 RWRR 알고리즘을 이용하여 CPU 사용량을 측정한 것이다. 그림 3의 서버의 CPU 자원 분배를 살펴보면 RR 방식의 경우 E 서버에 높은 등급의 트랜스코딩 작업이 몰려있어 서버의 CPU 자원 불균형을 알 수 있다.

그림 5, 6에서는 4CIF급의 요청이 많은 경우를 측정한 결과이다. 그림 5, 6의 트랜스코딩 요청수가 10일 때를 보면 RR방식의 경우 서버마다 CPU 불균형이 크고 RWRR방식에서는 평균적으로 근접한 CPU 소모량을 보여주고 있다. 따라서 트랜스코딩 서버에 클라이언트 요청이 증가함에 따라 RWRR 방식이 RR 방식보다 CPU 자원이 효율적으로 분배되는 것을 알 수가 있다.

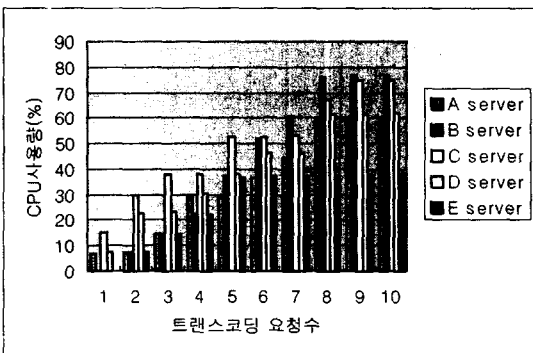


그림 5. 4CIF Round Robin CPU 측정결과

4CIF급에서 트랜스코딩 요청수가 8 이상부터 크게 차이가 발생하지 않는 이유는 4CIF급의 스트리밍 서비스의 요청이 들어왔을 경우 4CIF급 원본 스트리밍의 트랜스코딩 작업이 필요 없이 바로 스트리밍 서비스를 하기 때문이다. 따라서 4CIF급의 요청이 많이 발생하는 실험인 그림 5, 6에서는 CPU의 소모가 많이 되는 트랜스코딩을 하지 않기 때문에 트랜스코딩 요청수가 많아져도 CPU소모에 큰 차이가 발생하지 않았다. 하지만 SQCIF급이 많은 경우와 4CIF급이 많은 경우에서도 실험결과에서 나타나듯이 RWRR방식은 클라이언트의 요청수가 많아질수록 트랜스코딩 서버간의 CPU 자원 불균형의 차이가 점차 없어짐을 알 수가 있다.

### 5. 결론 및 향후 연구

본 논문은 클러스터 트랜스코딩 서버 성능 향상을 위해 트랜스코딩시에 소모되는 자원에 가중치를 두어 부하를 분산하는 방법을 제시하였고 실험을 통해 서버들간의 자원이 편중되지 않고 효율적으로 분배된다는 것을 알 수가 있었다.

앞으로의 연구 방향은 제안된 부하분배 정책을 클러스터 트랜스코딩 서버의 가상 서버(Linux Virtual Server) 모듈에 통합 구현하고자한다. 또한 대규모 부하가 발생하는 경우 RWRR 방식의 성능이 다른 방식들과 비교하여 효율적인지 시험할 예정이다.

### 6. 참고 문헌

- [1] H.Bhradvaj, A. Joshi and S. Auephanwiriyakul. "An active transcoding proxy to support mobile web access." In Proceedings of International Conference on Reliable Distributed System, pp 118-123, 1998.
- [2] <http://www.ieee802.org>
- [3] <http://www.mpeg.org>
- [4] <http://www.linuxvirtualsever.org>
- [5] J. Song, E.Levy, A.Iyengar, and D. Dias, Design alternatives for scalable web server accelerators, Proceedings of the 2000 IEEE International Symposium on Performance Analysis of Systems and Software(ISPASS),2000.
- [6] 최연욱, 정인범, 현중홍(KAIST): 클러스터 웹 서버에서 컨텐트인식 부하 분산 모듈, 한국정보과학회 2003년10월 추계학술발표논문집, 제30권 2호, pp.421 ~ 423
- [7] C.C.Agarwal, J.L.Wolf, and P.S.Yu, "On optimal batching policies for video-on-demand storage servers," Proc. of IEEE ICMS'96, pp.253-258, Hiroshima, Japan, June 1996
- [8] <http://ffmpeg.sourceforge.net>