

멀티미디어 스트리밍 전송을 위한 네트워크 지연감소 기법에 관한 연구

김형진*, 유인호**

*익산대학 정보통신과

**익산대학 전기과

e-mail:hjkim@iksan.ac.kr

A Study of Network Delay Reduction Scheme for Multimedia Streaming Transfer

Hyoung-Jin Kim*, In-Ho Ryu**

*Dept. of Information and Communication, Iksan National
College

**Dept. of Electrical Engineering, Iksan National College

요 약

본 논문에서는 화상회의나 VOD(주문형비디오)와 같은 멀티미디어 응용은 주기적인 데이터 전송을 위해서 많은 전송 대역폭을 요구하고 있다. 그러나 인터넷과 같은 TCP/IP 기반의 통신망에서는 멀티미디어 스트림을 주기적으로 전송하고 이에 필요한 대역폭의 할당 가능성을 보장할 수가 없다. 따라서 본 논문은 주기적으로 네트워크 상태를 감시하여 필요에 따라 송신자의 전송율을 조정하며, 미리 채널에 대한 요구를 예측하고 네트워크 상태에 대한 피드백 정보를 통해 멀티미디어 데이터의 실시간 전송과 서비스 품질을 유지하기 위한 네트워크 지연시간 축소 기법을 제시하였다.

1. 서 론

유·무선 통합 인터넷에서 멀티미디어 정보 서비스의 성공 여부는 패킷화 된 멀티미디어 데이터 스트림의 연속적인 실시간 전송과 서비스 품질의 유지가 이루어지는지의 여부에 달려 있다. 그러나 현재 패킷을 기반으로 한 인터넷망에서는 오디오나 비디오 같은 연속적인 정보를 전송할 때 네트워크 지연 변동으로 인해 지터나 스큐가 발생하여 멀티미디어 응용에서 필요로 하는 짧은 지연 시간 제공과 실시간 전송이 불가능하여 요구된 서비스 품질을 제공하기 어려운 문제점을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 네트워크 트래픽 상태의 과밀정도에 따라 동적으로 전송율을 제어하고 플레이어 아웃 버퍼링을 통한 지연시간 축소 기법을 제시 하였다. 이를 위하여 성능 평가 환경 및 기준을 설정

하여 네트워크 전송 특성 및 멀티미디어 응용의 QoS(Quality of Service) 수준을 변화시키면서 불규칙한 대역폭에 대하여 단위 시간당 패킷 손실률과 지터값을 얻고, 사용자의 요구사항과 네트워크 상태를 분석해서 전송량을 결정하도록 하였다. 따라서 네트워크 상태를 기반으로 추정값에 의해 전송측의 전송율을 제어하고 수신측의 버퍼링을 통한 지연시간 축소방법이 자원의 효율성과 서비스 품질에서 우수함을 성능평가를 통해 보였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 멀티미디어 전송 제어 구조를 설계하고 3장에서는 패킷 손실률, 대역폭 변이량, 전송율 조정간격에 의해 전송 대역폭을 추정하여 네트워크 폭주발생 상황에 적응적으로 대처할 수 있는 전송 제어 기법을 기술한다. 4장에서는 성능 평가를 한다. 마지막으로, 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 시스템 설계

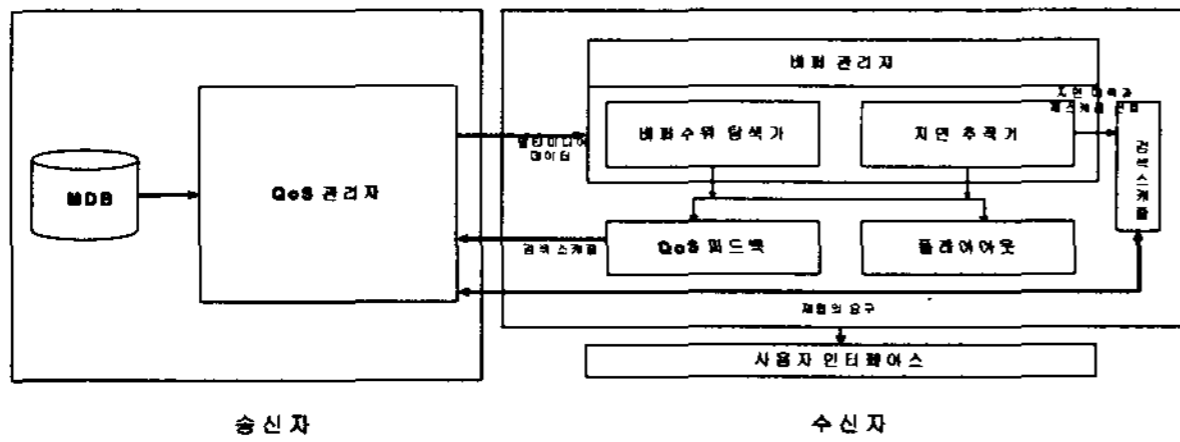


그림 1. 전체 시스템 구조 설계

그림 1은 본 논문에서 제안한 전송제어 구조이다. 실시간 스트리밍 전송을 위한 멀티미디어 서비스의 궁극적인 환경으로 LAN, 미디어 서비스, 무선망 서비스, 인터넷 접속과 같은 이종 망들을 포함하는 시스템 기반 구조를 바탕으로 설계하였다. 따라서 그림 1은 서로 다른 네트워크 환경에서 멀티미디어 스트리밍 전송을 위한 송·수신자간에 시스템 구조이다.

3. 제안된 기법

3.1 패킷 손실 모델

일반적으로 네트워크 환경에서 데이터는 패킷을 기본단위로 하여 전송한다. 어떤 패킷이 네트워크를 통해서 전달되었을 때 그 패킷은 올바르게 전송되었는지 아니면 손실되는 두 가지 상황이 발생한다. 이러한 패킷 손실의 주요 원인은 네트워크 폭주와 큐잉 지연시간(queueing delay)에 의해서 발생한다. 따라서 패킷 손실 모델은 패킷 한 개가 손실될 사건에 대한 확률로 나타낼 수 있다.

패킷 손실 모델로 사용되는 것은 Bernoulli 모델과 two-state Markov 모델이 있다. 본 논문에서는 two-state Markov 모델을 사용한다.

two-state Markov 모델은 손실 과정(loss process)을 두 상태로 표현되는 이산 시간 마코브 연쇄(discrete-time Markov chain)로 모델링 한다. 확률 과정의 현재 상태, x_i 은 x_{i-1} 값에 의해 결정된다. 이 모델에서 두 상태 간에 천이 확률(transition probabilities)은 다음과 같이 계산된다.

$$p = P[x_i = 1 | x_{i-1} = 0] \quad (1)$$

$$q = P[x_i = 0 | x_{i-1} = 1] \quad (2)$$

위 수식으로부터 p 와 q 에 대한 최대 가능도 추정량(likelihood estimator)은 다음과 같다.

$$\hat{p} = n_{01} / n_0 \quad (3)$$

$$\hat{q} = n_{10} / n_1 \quad (4)$$

이 식으로부터 good runs와 loss runs의 길이 분포가 다음과 같이 유도된다.

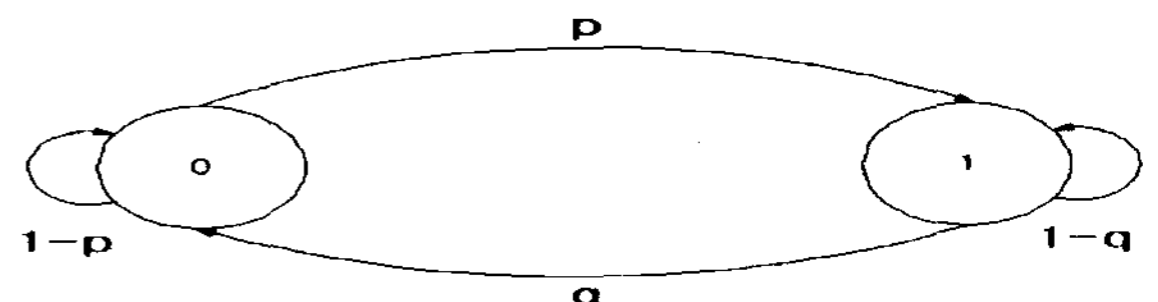
$$f(j) = \hat{p}(1 - \hat{q})^{j-1} \quad (5)$$

$$f(j) = \hat{q}(1 - \hat{p})^{j-1} \quad (6)$$

이 모델은 다음과 같이 두 파라미터, p, q 로 이루어진 행렬로 나타낼 수 있다.

$$\begin{pmatrix} p & 1-p \\ 1-q & q \end{pmatrix} \quad (7)$$

위 식에서 만약 $q = 1-p$ 가 같다면 two-state Markov 모델은 Bernoulli 모델과 같고 패킷 손실 확률은 이전 상태와 관련이 없는 독립성을 갖는다. 더불어, q 와 $1-p$ 의 값은 손실이 어느 정도로 버스트한지에 관한 정보를 제공한다. 특히, 만약 $(1-p) > q$ 라면, 이전 패킷을 성공적으로 수신한 경우보다 오히려 손실된 경우에 재 패킷의 손실 확률이 확률적으로 더 높다는 것을 의미한다. 또 한편으로는, $q > (1-p)$ 라면, 이전 패킷이 손실되지 않고 올바르게 수신한 경우에 현재 패킷의 손실 확률이 확률적으로 더 높다는 것을 의미한다.



1 : 수신상태 0 : 손실상태
 p : 0에서 1로 천이될 확률
 q : 1에서 0으로 천이될 확률

그림 2. two-state Markov 모델

3.2 TCP 친화적 프로토콜

오디오/비디오 스트리밍 응용은 폭주 수준에 따라 전송률을 조정하는 것이 바람직하다는 게 일반적이다. 이러한 조정을 통해 그 응용은 타당성 있는 손실 수준을 유지할 수 있고 연결들 간의 대역폭을 공

정하게 공유할 수 있다.

이러한 목적을 달성하기 위해서 TCP 친화적인 프로토콜이 이용되어야 한다. 이러한 프로토콜은 다음과 같은 절차로 전송측의 전송율을 제어한다.

1) 추정 패킷 손실률

$$P_L = \frac{\hat{q}}{\hat{p} + \hat{q}} \quad (8)$$

2) 추정 RTT와 추정 RTO

$$RTT = \alpha \times \overline{RTT} + (1 - \alpha) \times (now - ST1 - \Delta RT) \quad (9)$$

$$RTO = RTT + k \times RTTVAR \quad (10)$$

$$RTTVAR = \alpha_2 \times \overline{RTTVAR} + (1 - \alpha_2) \times |RTT - (now - ST1 - \Delta RT)| \quad (11)$$

3) 가용 네트워크 추정 대역폭

$$rcvrate = \frac{C}{RTT \times \sqrt{P_L}} \quad (12)$$

$$rcvrate = \frac{PacketSize}{RTT \times \sqrt{2P_L/3 + 3 \times RTO \times P_L \times \sin^3 P_L/8 \times (1 + 32P_L^2)}} \quad (13)$$

4) 전송측의 전송율 조정

제한된 네트워크 대역폭의 순간 요구량의 최대치를 축소하기 위해서는 네트워크를 통한 실시간 연속 오디오/비디오 데이터의 전송율을 동적으로 조정하기 위해서 네트워크 대역폭을 예측하는 것이 매우 중요하다. 전송 요구량을 평활화하기 위해서는 패킷 손실율, 대역폭 변이량, 전송 조정간격과 같은 네트워크 관련 정보를 고려하여 멀티미디어 스트림에 대한 전송율을 결정하는 것이 필요하다. 이를 위해 다음과 같은 세 가지 기본 정책이 요구된다.

- 전송율의 단계적 증대 : 전송율이 이용 가능한 전송용량보다 낮은 상태에 제어 방법
- 전송율의 단계적 축소 : 전송율이 이용 가능한 전송용량보다 적거나 같은 상태에 제어 방법
- 전송율의 급진 축소 : 전송율이 이용 가능한 전송용량보다 높은 상태에 제어 방법

이러한 기본적인 정책을 바탕으로 패킷 손실율, 대역폭 변이량, 조정 간격과 같은 파라미터를 바탕으로 전송율(sending rate)을 제어할 수 있는 전송제어

절차를 사용한다. 또한 전송 스케줄을 작성하기 위해서는 패킷 손실모델, RTT(Round Trip Time) 및 RTO(retransmission timeout), 가용 네트워크 대역폭을 추정할 수 있는 모델을 설계하여 네트워크 상태에 따라 적응적으로 동작할 수 있는 전송율 제어 기법을 사용한다. 본 논문에서 제안한 전송율 제어 알고리즘은 표 1과 같다.

표 1. 전송율 제어 알고리즘

Step 1 :	$R_f = \frac{(now - lastchange)}{RTT}$, 단 $1 \leq R_f \leq 2$
Step 2 :	if (rcvrate > currate)
	$currate = \overline{currate} + (\frac{PacketSize}{RTT}) \times R_f \times (1 - P_L)$
	else
	$currate = \beta \times currate + (1 - \beta) \times \overline{currate} \times R_f \times (1 - P_L)$

3.3 지연시간 축소 기법

연속 미디어 스트림이 수신측으로 전송된 후 수신측에서는 전송된 스트림의 패킷 데이터들이 서로 동기화 되도록 하여야 한다. 이러한 스트림 내(intra-stream) 동기화는 해당 스트림에서 패킷들 간의 도착간격 즉, 지터를 평활화하는데 그 목적을 두고 있다. 지터 평활화를 위해서는 스트림 단위의 출력 버퍼(playout buffer)를 사용하여 수신측에서 흡수하는 방법이 보편적으로 활용되고 있다. 그림 3은 네트워크를 통해 전송되는 스트림의 동기화과정을 보인 것이다.

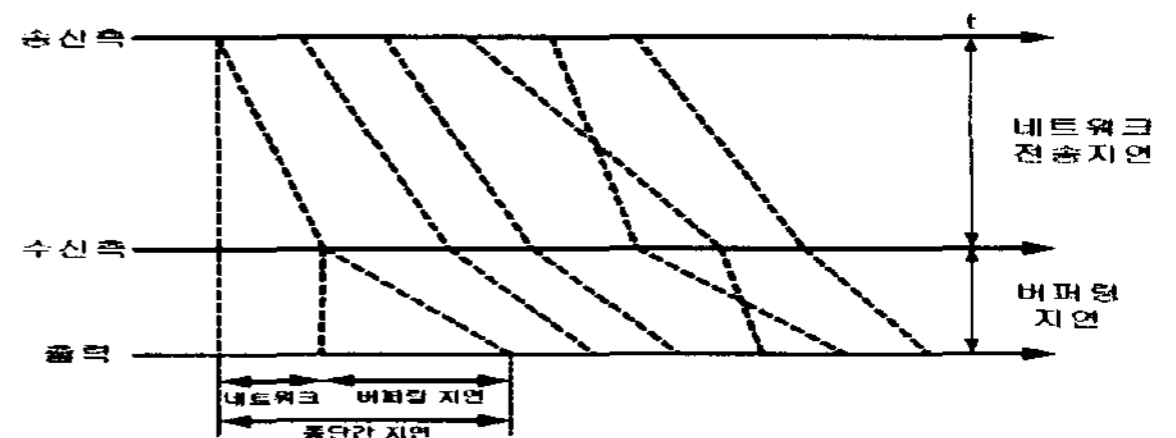


그림 3. 미디어 스트림 동기화 과정

여기서, 수신측 버퍼는 동기화 요구조건을 만족시킬 수 있는 출력 스케줄을 제공하기 위해 사용되었기 때문에 종단간 지연시간을 증가시키지만 버퍼링 과정을 통해 지연에 민감한 응용의 동기화 요구조건을 충족시킬 수 있다. 대용량 멀티미디어 오디오/비디오 데이터의 실시간 전송과 같이 낮은 지연시간을 요구하는 응용 프로그램이 순간적인 지연에 너무 민감하게 반응하지 않도록 네트워크 지연을 짧은 간격으로 예측하여 정확한 버퍼링 지연시간을 결정하도록

록 하는 것이 매우 중요하다. 수신측의 출력 버퍼를 통한 종단간 지연시간 축소화 알고리즘을 다음과 같다.

한 스트림은 다음과 같은 두 가지 요소로 나타낼 수 있다. 첫 번째 요소는 네트워크를 통하여 전송될 수 있는 수용 가능한 최대 지연시간이고 두 번째 요소는 스트림이 허용할 수 있는 지연 패킷의 최대 비율이다. 각 스트림은 패킷 지연 분포(PDD)를 이루고 있다. 즉, 일정한 시간동안(time window) 네트워크에 전송된 패킷들로부터 얻어진 확률적인 지연시간의 추정. 이러한 패킷 지연 분포는 지연시간 한계치와 지연시간 분포에 대한 초기 예측값을 유도하기 위해서 이전 트래픽 상태, 히스토리 정보, 또는 임의의 협의 서비스 특성에 의해 나타낼 수도 있다. 이러한 정보로부터 얻어진 PDD는 근사치이지만 실제적인 성능에 매우 근접하게 따라가기 위해서 시간에 따라 PDD는 동적으로 갱신된다. 한 스트림의 mlp와 mad를 만족시킬 수 있도록 네트워크 지터를 흡수하는 최소의 버퍼크기를 수신측에서 알아내는 것이 기본적인 문제이다. 다시 말해서 다음과 같은 조건을 충족시키는 최소 버퍼 크기를 알아낸다.

- total end-to-end delay = network delay + buffer delay
- total end-to-end delay ≤ mad
- total end-to-end delay(%) ≤ mlp

주어진 PDD로부터 종단간 지연시간을 계산하기 위한 방법은 다음과 같다. 종단간 지연시간보다 네트워크 지연시간이 더 크다면 그 패킷은 지연으로 선언된다. 그러므로 PDD에 대한 누적 분포 함수가 Cdf(ted)일 때 (1-Cdf(ted)) 패킷들이 지연으로 선언될 것이다.

4. 실험 및 성능평가

본 논문은 앞장에서 제안한 기법을 기초로 성능평가를 하고자 한다.

제안된 기법은 두가지 특징을 가진다. 그 하나는 TCP-친화도(friendliness)와 다른 하나는 전송율 평활화도(rate smoothness)이다.

시뮬레이터는 NS-2를 사용하였다.

그림 4(a)와 4(b)는 서로 다른 연결에서의 제안된 전송제어 기법과 TCP에서 사용하는 전송제어 기법간의 처리능력을 비교 실험한 결과이다.

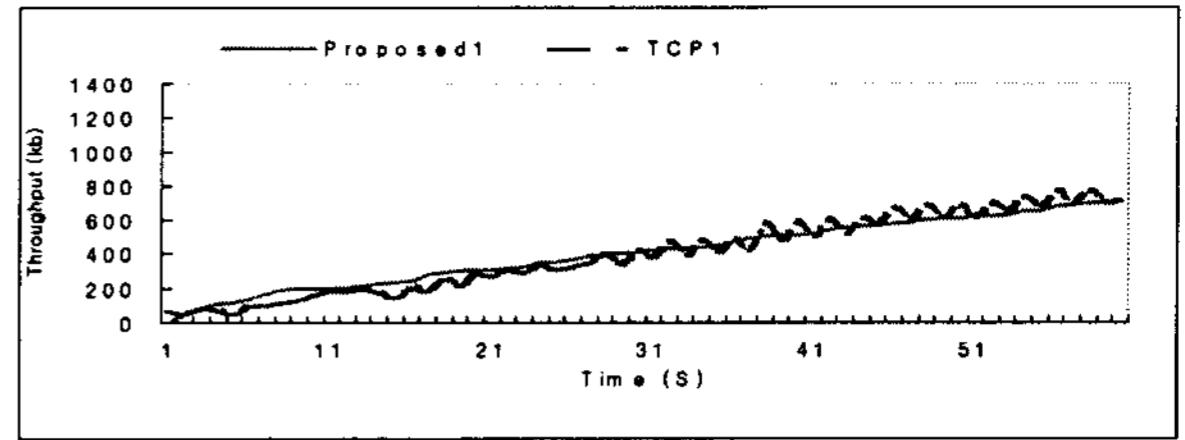


그림 4(a). TCP와 제안된 기법간의 처리능력 비교

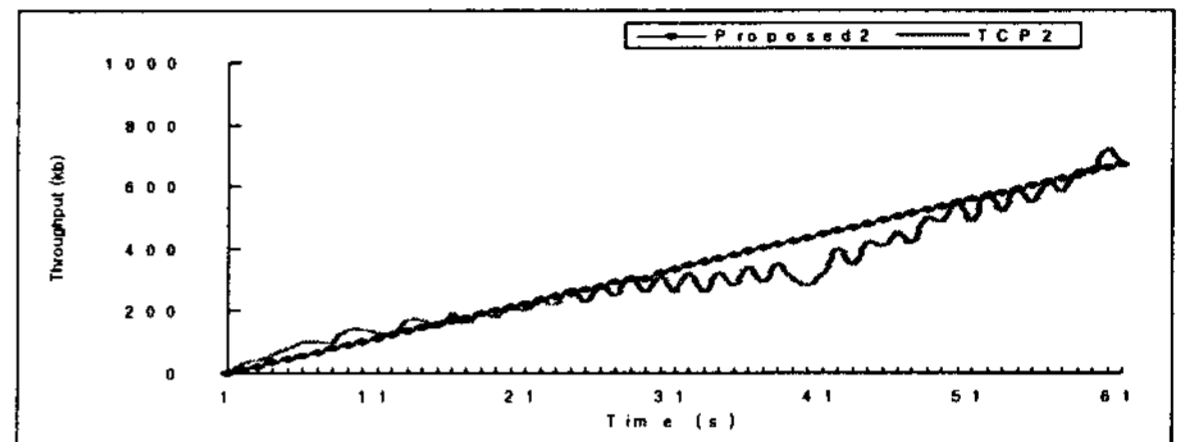


그림 4(b). TCP와 제안된 기법간의 처리능력 비교

제안된 전송 제어 기법은 TCP에 비해 매우 근접함을 보이고 있다. 따라서 제안된 전송 제어 기법은 TCP에 의한 전송을 제어보다 더 친화적이다.

그림 5(a)와 5(b)는 평활화 측정치를 보이고 있다. 제안된 기법과 TCP간의 평활화도가 약 0.29정도 차이를 보이고 있다.

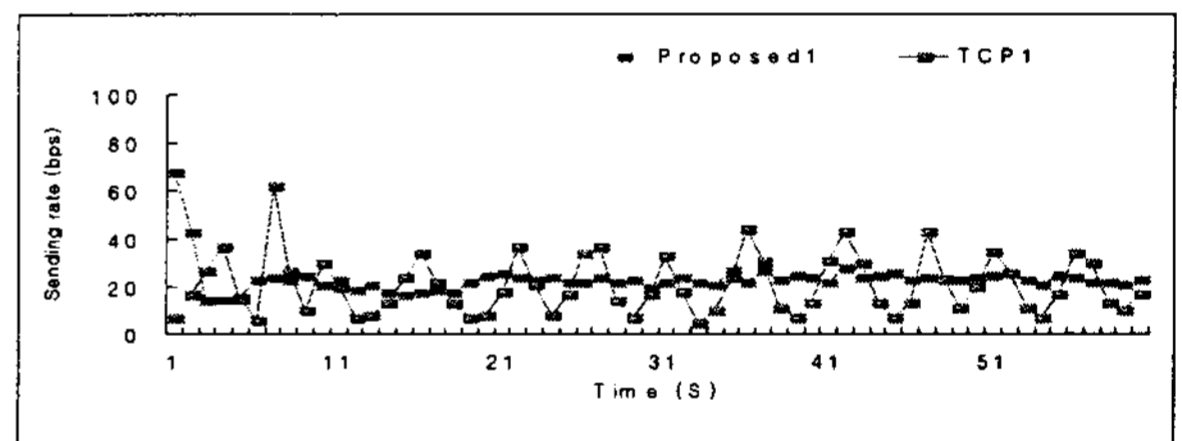


그림 5(a). TCP와 제안된 기법간의 평활화 정도 비교

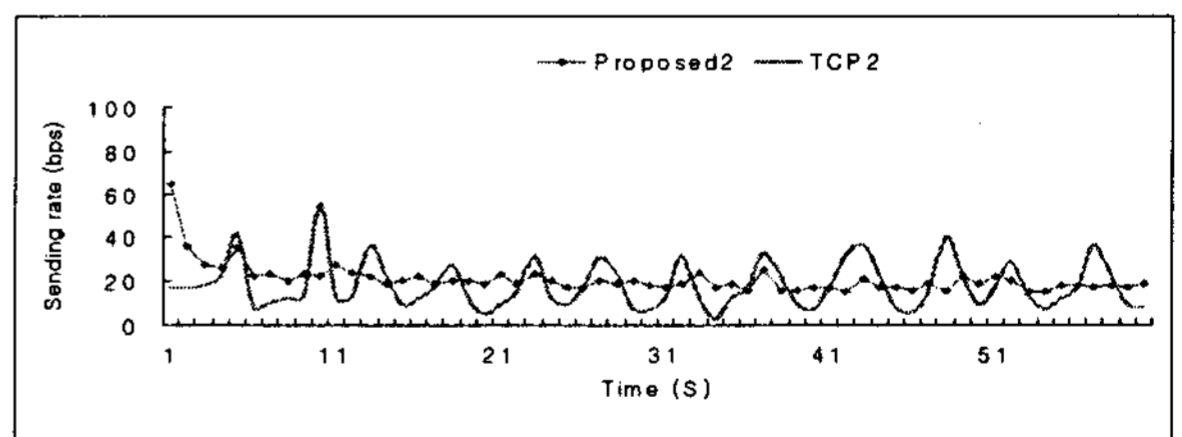


그림 5(b). TCP와 제안된 기법간의 평활화 정도 비교

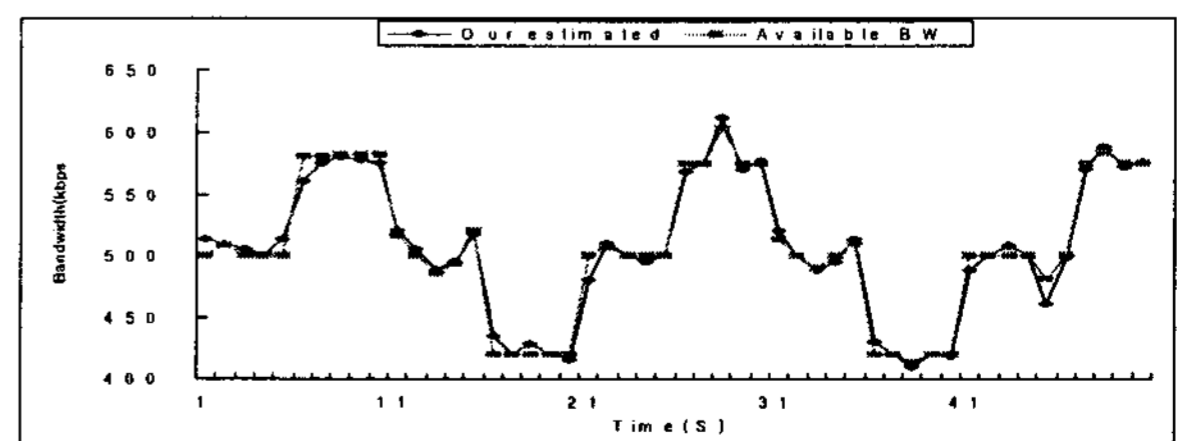


그림 6. 가용 대역폭의 추적 결과

따라서 그림 4와 5를 통해 본 논문에서 제안된 기법이 TCP 기법보다 더 평활한 전송율을 유지하고 있음을 보여준다.

또한 그림 6은 네트워크 대역폭 변화를 추적할 수 있도록 네트워크 대역폭이 420Kbps~620Kbps 사이로 변할 때 네트워크 상태 변화에 네트워크 대역폭의 적응의 유효성을 증명한 것으로 제안된 기법을 이용한 가용 대역폭의 추적 결과이다. 따라서 본 논문에서 제안한 네트워크 상태 변화에 따른 전송 제어 기법은 가용 네트워크 대역폭을 우수하게 추정하고 있음을 보여주고 있다.

5. 결론

본 논문은 실시간 멀티미디어 스트리밍을 지원하기 위해 지연에 민감한 연속미디어를 실시간에 전송할 수 있는 전송 기술을 설계하였고, 인터넷과 같은 네트워크 시스템을 기반으로 멀티미디어 응용에 적합한 실시간 전송을 보장할 수 있는 지능적인 전송 제어 기법을 제시하였다. 따라서 네트워크 트래픽이 폭주되더라도 다양한 미디어 스트림을 실시간 연속적으로 전송할 수 있는 지연감소 기법을 제안하였다.

참고 문헌

- [1] C. J. Sreenan, J. C. Chen, P. Agrawal, B. Narendran, "Delay Reduction Techniques for Playout Buffering", IEEE Trans. on multimedia, Vol. 2, No. 2, June 2000.
- [2] Q. Zhang, W. Zhu, Y. Q. Zhang, "Resource Allocation for Multimedia Streaming Over the Internet", IEEE Trans. on multimedia, Vol 3, No. 3, Sep. 2001.
- [3] M. Furini, D. f. Towsley, "Real-Time Traffic Transmissions Over the Internet", IEEE Trans. on Multimedia, Vol 3, No. 3, March. 2001.
- [4] M. Eckert and J. I. Ronda, "Bit Rate Allocation in Multi-object Video Coding", Dublin, Ireland, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG98/m3757.
- [5] H. R. Sho, W. Zhu, and Y. Q. Zhang,

"User-aware Object-based Video Communication over Next Generation Internet", Signal Process. Image Communication., 2001.

- [6] J. Shin, J. W. Kim, and C.C. J. Kuo, "Content-based Packet Video Forwarding Mechanism in Differentiated Service Networks", In 10th Int. Workshop Packet Video, Sardinia, Italy, May 2000.