

화상회의 시스템에서의 동적 흐름제어 기법에 대한 연구

송기영*, 김 준, 구하성

*한서대학교 대학원 전산학과

e-mail: songky@clubid.co.kr

A Study on the Dynamic Flow Control Algorithm on Video Conference System.

Ki-young Song*, Jun Kim, Ha-Sung Koo

*Dept of Computer Science, Hanseo University

요 약

화상회의 시스템들은 여러 명의 사람들에게 멀티미디어 데이터를 공유하여 전송하기 때문에 안정적인 대역폭을 보장받지 못하며, 계속적으로 변화하는 네트워크 상태에서 최적의 서비스를 제공하기 위해서는 동적 흐름제어 기법이 필요하게 된다. 동적 흐름제어 기법은 최적의 서비스를 제공하기 위해서 사용 대역폭이 클 경우에는 데이터의 양이 많은 고품질의 데이터를, 사용 가능한 대역폭이 낮을 경우에는 데이터의 양이 적은 저품질의 데이터를 생성한다. 본 논문에서는 기존의 두 가지 흐름제어 기법에서 사용된 측정 요소인 패킷 손실율과 왕복 시간의 성능을 개선시킬 수 있는 요소인 네트워크 상태에 따른 제어 메시지의 빈도수와 데이터의 량을 이용한 동적 흐름제어 기법을 제안한다. 또한 실험을 통하여 기존의 동적 흐름제어 기법과 제안한 동적 흐름제어 기법의 성능을 비교하였다.

1. 서론

네트워크(Network)상에서 비디오, 오디오등의 멀티미디어 데이터를 실시간으로 전송하는 화상 회의 시스템들이 개발되고 있다. 대표적인 예로 인터넷상에서는 Vic[1], IVS, nv과 같은 화상 회의 시스템이 연구되고 있다. 그러나 화상 회의 시스템들은 수시로 변화하는 네트워크 상태에 잘 적응하지 못하는 특성으로 고품질의 멀티미디어 데이터를 제공하지 못한다. 인터넷회선은 여러 명의 사용자가 공유하기 때문에, 화상 회의 시스템에서 고품질의 비디오 또는 오디오를 제공하기 위해 필요한 대역폭을 안정적으로 보장하지 못하며, 인터넷에서는 트래픽의 변화가 매우 크고 데이터가 일시에 집중되는 체증(congestion) 현상이 발생할 수 있어 화상회의 시스템의 성능을 저하시키게 된다. 본 논문에서는 인터넷상의 전송방식을 보완하여 화상회의 시스템에 적합한 성능의 데이터를 제공할 수 있는 동적 흐름제어 기법을 제안하였다.

네트워크 체증상태를 해결하기 위한 많은 연구들이 수행되고 있으며, 그 중 대표적인 흐름제어 기법으로는 연속적으로 변화하는 네트워크 상태에 맞추어 사용 가능한 대역폭을 측정하고, 예측된 대역폭만큼의 데이터를 전송하여 네트워크를 효율적으로 사용하는 흐름제어 기법이다. 이 방법은 네트워크에 새로운 알고리즘을 구현하지 않고, 네트워크 양단에 위치한 송수신자만을 변화시키므로 구현하기가 쉽다는 장점이 있다. 기존의 동적 흐름제어 기법에서 다음과 같은 문제점이 발견되었다. 첫 번째는 패킷 손실에 근거한 흐름제어 기법은 네트워크 상태가 혼잡과 무부하 상태를 반복하는 진동(oscillation)현상이 발생한다. 두 번째는 수신자의 네트워크 상태를 전송되는 패킷의 왕복 시간 RTT(Round Trip Time)으로 판단한다. 그러나 네트워크 상태를 판단하는데 있어서 왕복 시간만으로는 정확한 네트워크의 상태 파악이 어렵다. 본 논문에서 제안된 동적 흐름제어 기법은 위의 두 가지 동적 흐름 제어 기법의 문제점들을 개선시키며,

개선된 두 가지의 동적 제어기법을 함께 이용하여 네트워크 상태를 정확하게 예측할 수 있는 새로운 동적 흐름제어 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 RTP와 RTCP를 기술하고 3장에서는 기존의 흐름제어 기법인 패킷 손실에 근거한 제어 기법과 왕복시간에 근거한 제어기법의 소개와 문제점을 제시한다. 4장에서는 새로 제안된 동적흐름기법에 대해서 설명하고 5장에서는 새로 제안된 동적 흐름제어기법과 기존의 동적 흐름제어 기법에 비교 실험을 실시했으며, 6장에서는 실험 결과에 대한 결론과 향후 연구방향에 대하여 기술한다.

2. RTP / RTCP

2.1 RTP

RTP는 오디오 또는 비디오 및 시뮬레이션 데이터와 같은 실시간 데이터를 멀티캐스트 또는 유니캐스트 네트워크를 이용해서 전송하는 응용 서비스에 알맞은 단말 대 단말 네트워크 전송기능을 제공한다. RTP는 자원 예약을 수행하지 않으며, 적시 전달, 순차 전달과 같은 서비스 품질도 보장하지 않는다[2]. 또한 실시간 응용프로그램을 위해 두 가지 기능을 제공한다. 첫째, 일련번호를 제공하여 데이터를 순차적으로 처리할 수 있게 한다. 둘째, 데이터가 생성되는 시각정보를 제공함으로써 데이터가 처리되어야 하는 시각(playback time)을 알려주며, 다른 미디어에서 생성된 데이터와 같이 처리될 때는 다른 미디어와 동기화를 할 수 있게 한다.

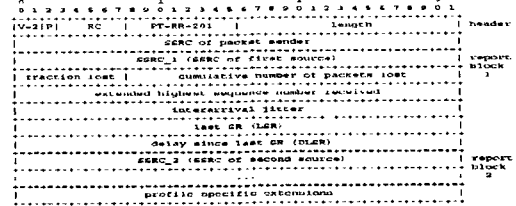
2.2 RTCP

RTP를 이용한 화상회의 시스템에서는 RTP 패킷에 데이터를 실어 송수신하며, 주기적으로 RTCP 패킷에 세션에 관한 정보를 보내 송신수하도록 되어있다. 본 논문에서 세션은 한 명의 송신자와 한 명의 수신자의 연결을 의미한다.

RTCP 제어 메시지는 세션에 참가한 사용자가 자신의 정보를 다른 모든 사용자들에게 보내기 위해서 사용된다. SR(Sender Report)은 송신자가 자신의 상태 정보를 수신자들에게 전송하며 RR(Receiver Report)은 각 수신자의 상태를 다른 모든 세션 참가자들에게 전송한다. BYE(goodBYE)는 어느 사용자가 세션에서 탈퇴할 때 다른 사용자들에게 통지할 때 사용한다.

[그림 1]은 RR 메시지에 포함되는 정보를 나타낸다. RTCP의 제어 메시지에서 RR 메시지를 이용하여 송

신자와 수신자간의 대역폭을 예측할 수 있으며, 네트워크 상태도 파악할 수 있다.



[그림 1] RR 메시지 정보

3. 기존의 동적 흐름제어 기법

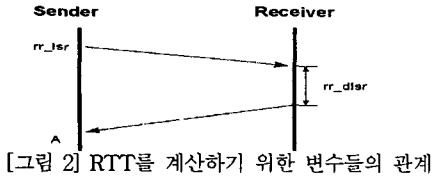
3.1 패킷 손실에 근거한 제어 기법

Ingo Busse[3]은 패킷 손실에 의한 동적 제어 기법을 제안하였다. 그는 수신자가 측정 한 패킷 손실률에 따라 네트워크를 세 가지 상태, 즉 체증(congested), 정상(loaded), 무부하(unloaded) 상태로 나누어진다. 체증상태에서는 지속적으로 전송률을 낮추고 무부하 상태에서는 선형적으로 전송률을 높인다. 패킷의 손실률은 수신자가 RTP 패킷의 순차 번호를 이용하여 측정하고, 이 측정값을 rr_loss 필드에 기록하여 송신자에게 전송한다. 그러나 이 알고리즘은 네트워크 상태에 따라서 전송률을 동적으로 변화시켜 네트워크 상태가 정상상태로 접근해야 하는데, 선형적인 증가를 보이면 네트워크 상태가 체증과 무부하 상태를 반복하는 진동현상이 발생한다[4].

3.2 왕복시간에 근거한 제어 기법

이 기법은 패킷 손실에 근거한 기법에 비해 네트워크에서 패킷 손실이 발생하기 이전에 전송률을 조정하여 네트워크 사용 효율을 증가시킬 수 있다. RTP를 이용한 화상 회의 시스템에서 송신자와 수신자간의 왕복 시간을 측정하기 위해 RTCP의 SR과 RR패킷의 rr_lsr, rr_dlsr정보를 이용하였다. 송신자가 SR패킷을 보낼 때의 전송시각을 SR의 sr_lsr에 기록하여 전송하고, 수신자는 이 시각을 저장한다. 수신자는 RR 패킷을 전송할 때 이 SR의 sr_lsr을 RR의 rr_lsr에 복사하여 보내준다. 또한 수신자는 가장 최근에 받은 SR패킷이 도착한 후에 RR패킷을 보낼 때까지의 지연시간을 rr_dlsr에 기록한다. RR패킷의 도착시간을 A라고 하면 이들 세 변수의 관계는 [그림 2]와 같으며, 송신자는 다음 식을 이용하여 송수신자사이의 왕복 시간을 계산할 수 있다[5].

$$RTT = A - rr_lsr - rr_dlsr$$



[그림 2] RTT를 계산하기 위한 변수들의 관계

그러나 RTT 알고리즘은 수신자 측의 시스템 성능이나 과부하의 상태를 예측하기 어려운 단점이 있다.

4. 제안된 동적 흐름제어 기법

4.1 제안된 패킷 손실에 근거한 제어기법

패킷손실에 근거한 흐름제어의 문제점을 해결하기 위해서 TCP의 흐름제어 알고리즘을 이용하였다. TCP의 알고리즘은 네트워크 상태가 혼잡상태일 때 slow start와 multiplicative decrease의 두 가지 기법을 사용한다. 혼잡상태가 일어나면 전송량을 1/2로 줄이고 매번 혼잡상태가 예측되면 전송량을 지수적으로 감소시킨다. 혼잡상태가 끝났을 때는 네트워크 상태를 복구하기 위해 slow-start기법을 사용한다. slow-start단계에서는 정상상태로 복구하면서 전송량이 늘어날 때마다 전송량을 2배수로 증가시킨다. 혼잡상태가 끝난 후에 전송량이 폭주하는 것을 막기 위해서 혼잡회피 단계에서는 파다한 폭주를 막기 위해 전송량을 1씩 증가시킨다.

```

if(now_state == CONGESTED)
{
    if(congested_)
        nwstate_threshold = max_bw / 2;

    if(flow_bw >= nwstate_threshold) // 혼잡 시작단계
        flow_bw = flow_bw * (1 / 2);
    else if(flow_bw < nwstate_threshold) // 혼잡 단계
        flow_bw = flow_bw * (1 / flow_bw);

    congested_ = 0;
}
else if(now_state == LOADED)
{
    if(flow_bw <= nwstate_threshold) // 혼잡 회피단계
        flow_bw = flow_bw * (1 / flow_bw);
    else if(flow_bw > nwstate_threshold) // 혼잡 복구단계
        flow_bw = flow_bw * 2;

    if(max_bw < flow_bw)
    {
        max_bw = flow_bw;
        congested_ = 1;
    }
}
    
```

[그림 3] 제안된 알고리즘

[그림 3]은 제안된 알고리즘으로 네트워크의 상태에 따라서 전송량을 결정하게 된다. 이 알고리즘에서는 혼잡 단계를 다음과 같이 네 가지로 나누어 전송량을 조절한다. 혼잡 시작단계에서는 전송량을 선형적으로 감소하며, 혼잡단계에는 지수적으로 감소한다. 혼잡 회피단계에서는 전송량을 지수적으로 증가하며, 혼잡 복구단계에서는 선형적으로 증가한다.

4.2 제안된 왕복시간에 근거한 제어기법

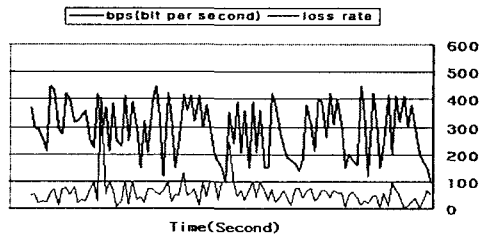
본 연구에서 제안한 알고리즘은 기존의 낮은 빈도수에 의한 측정 방법을 네트워크 상태 이외의 상태

의 변화에 따라서 빈도수를 조절한다. 네트워크 상태 이외의 요소는 영상 압축알고리즘의 특성과 수신자 측의 화상회의 시스템의 사양과 과부하 상태를 말한다. 두 가지 특성은 다음과 같다. 첫 번째, 영상 압축알고리즘에서 압축데이터의 량이 한번 폭주하는 경우 일정시간동안 폭주한 량으로 지속되는 특성이 발견되었다. 두 번째 RTT를 사용하여 측정된 네트워크 상태가 무부하상태일 때 전송량은 매우 높게 유지된다. 이 때 수신자측은 화상회의 시스템의 성능과 과부하로 인한 패킷 손실률이 발생한다는 것을 발견하였다. 본 연구에서는 RTT 측정방법을 이용하여 대역폭을 예측하며, 각 네트워크 상태에서 두 가지 특성을 이용하여 수신자 측에 알맞은 전송량을 결정한다.

제안된 흐름제어기법에서는 영상 압축알고리즘의 특성을 알기 위해서 일정시간동안 압축된 데이터의 량이 증가하면 압축 데이터의 폭주로 간주한다. 폭주상태일 때는 전송량을 지수적으로 감소시킨다. 수신자 측의 성능이나 과부하에 따른 패킷 손실률도 일정시간동안 지속적으로 패킷 손실이 일어나면 전송량을 선형적으로 감소함으로써 수신자 측의 패킷 손실을 최소화 한다. 새로운 두 가지 측정요소인 압축알고리즘의 특성과 성능에 따른 패킷 손실률을 사용하여 새로운 동적 흐름제어 기법을 제안한다.

5. 실험

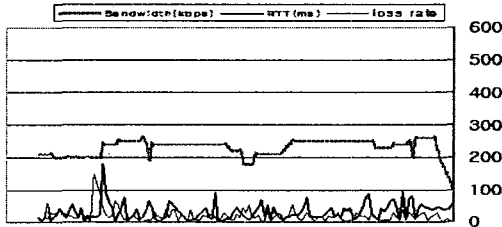
본 절에서는 제안된 동적 제어 기법을 적용했을 때 화상회의 시스템의 성능을 측정하였다. 한서대학교(Pentium III 850MHz CPU, 512Mbyte 메모리)와 (주)ThinkGate(Pentium III 600MHz CPU, 256Mbyte 메모리)에서 Vic 프로그램을 실행하면서 측정하였다. 제안한 알고리즘의 성능을 측정하기 위해 아래와 같은 실험을 하였다. 첫 번째 실험은 Ingo Busse가 제안한 패킷 손실에 근거한 제어기법을 성능을 측정하기 위해 패킷 손실이 가장 많이 일어날 수 있는 시간대에 전송량과 패킷의 손실률을 측정하였다.



[그림 4] Ingo Busse 알고리즘 성능 측정

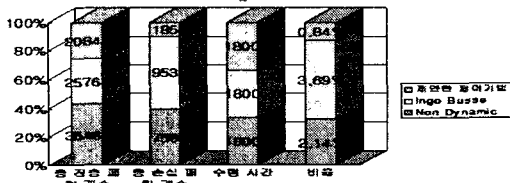
[그림 4]는 Ingo Busse의 알고리즘을 30분간 측정하여 그래프로 나타낸 것이다.

두 번째 실험에서는 송신자 측의 시스템 성능과 과부하에 따른 패킷 손실률과 압축 알고리즘의 특성 그리고 RTT를 이용하여 네트워크 상태와 이용 가능한 대역폭을 알아내어 전송량을 결정하는 방법을 사용하였다.



[그림 5] 제안된 알고리즘 성능 측정

[그림 5]는 제안한 흐름제어 알고리즘의 성능을 측정 한 그래프이다. 제안된 흐름제어 알고리즘은 Ingo Busse 알고리즘의 문제점을 TCP 흐름제어 알고리즘을 이용하여 패킷 손실률이 낮아졌으며, 진동현상도 없어 졌다. 송신자 측에서 제안된 특성들을 적용함에 따라 네트워크의 상태 변화에 알맞은 전송량을 빨리 찾아내어 전송량의 변화가 없는 상태에서도 지속적인 전송량을 유지하고 있다.



[그림 6] 알고리즘에 의한 패킷 손실 비교

[그림 6]은 기존의 흐름제어 기법과 제안된 흐름제어 기법의 패킷 손실에 대한 실험 결과를 그래프로 요약한 것이다.

제안된 흐름제어 기법의 패킷 손실은 Ingo Busse의 흐름제어 기법보다 7배 이상 향상되었고 전송량도 증가도 했다는 것을 볼수 있다. 또한 제안된 흐름제어 기법은 Non-Dynamic한 기법에 비해 패킷 손실률이 감소하였음을 보인다. 제안된 흐름제어 기법은 전송량이 다른 흐름제어 기법에 비해 줄었는데, 이는 송신자 측에서 압축 알고리즘이 특성이나 대역폭의 예측으로 전송량을 감소하는 것이기 때문에 계속적으로 더욱 나은 성능을 보일 것이다.

6. 결론

화상회의 시스템에서는 비디오와 오디오간의 동기화를 이루는 기술을 제공하는 것이 중요한데 기존의 TCP와 UDP로 부적합하다. 따라서 RTP를 이용한 화상회의 시스템이 계속적으로 증가하고 있으며, 본 연구에서는 기존의 RTP를 이용한 RTT측정방법을 개선하여 송수신자간의 네트워크 상태를 정확하게 파악할 수 있다는 것을 보였다. 또한 패킷 손실에 근거한 제어기법도 TCP의 흐름제어 기법인 슬라이딩 윈도우 기법을 이용하여 기존의 문제점들을 해결하고 공격적인 흐름제어로 성능을 높였다. 향후 연구 방향은 다음과 같다.

다양한 실험환경에서 개선된 RTT를 측정하여 RTP를 이용하여 네트워크 상태를 예측할 수 있는지를 실험해 나갈 것이다. 비디오와 오디오 압축 알고리즘들의 특성을 연구하여 각각의 압축 알고리즘에 대하여 RTCP 제어메시지의 빈도수를 조절하여 네트워크의 상태를 정확히 측정할 수 있다고 생각한다. 논문[6]에 의하면 인터넷의 트래픽은 LRD(Long Range Dependency) 특성을 갖고 있다고 한다. 이것은 현재 관찰된 네트워크 트래픽 상황은 미래에도 계속적으로 지속된다는 사실을 의미한다. 따라서 네트워크 상태에 따른 RTCP 제어메시지의 빈도수의 조절로 네트워크 상태를 예측할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Steven McCanne, Van Jacobson, *vic: a flexible framework for packet video*, ACM Multimedia, November 1995.
- [2] Schulzrinne, Casner, Frederick, Jacobson, V, "RTP: A transport protocol for real-time applications", RFC 1889, March 21, 1995, [draft-ietf-avt-rtp-07.ps]
- [3] Ingo Busse, Bernd Deffner, Henning Schulzrinne, Dynamic QoS Control of Multimedia Applications based on RTP
- [4] 나승구, 백갑천, 안종석, 김승범, "RTP트래픽을 위한 효율적인 흐름제어 기법", 한국 정보과학회 하계 컴퓨터 통신 워크숍, p265-269.
- [5] 고동환, 나승구, 안종석, "화상회의 시스템에서 RTCP를 이용한 네트워크 대역폭 예측", 정보과학회지 가을 학술발표논문집, 제 24권 제3호, pp283-286, 10월 1997.
- [6] V.Paxson and S.Floyd, Wid-Area-Traffic: The Failure of Poisson Modeling, Sigcomm, Vol. 24, no.4, pp, 25-268, October 1994.