화상시스템에서 계층적 QoS를 지원하는 TCP-Friendly 혼잡 제어 기법

장 신 애[0] 최 태 욱 정 기 동
부산대학교 전자계산학과
(sajang[0], tuchoi, kdchung)@melon.cs.pusan.ac.kr

Layered Quality Adaptation based on TCP-Friendly Congestion Control

Shin-Ae Jang[0] Tae-Uk Choi Ki-Dong Chung

Dept. of Computer Science, Pusan National University

요 약

인터넷 수요의 증대에 따라 오디오나 비디오 같은 실시간 전송을 요구하는 멀티미디어 데이터 응용들도 증가하게 되었다. 이런, 멀티미디어 데이터들의 전송은 패킷 손실과 지연을 최소화 하고, 대역폭 상태에 대해 TCP보다 순화된 전송률 조절이 가능한 혼잡제어 기법이 필요하다. Receiver-based 혼잡 제어방식은 network traffic의 변화에 신속히 대응할 수 있으며, 이 방식은 Sender-based 방식에 비해 멀티캐스팅 환경에 적당하다는 장점도 가진다. 본 논문에서는 인터넷 상에서 audio/video 데이터들의 좀 단간 Layered Quality Adaptation 을 제공하는 receiver-based 혼잡 제어 기법을 소개한다. 이를 통해 사용자들은 보다 좋은 QoS를 제공받을 수 있다.

1. 서 론

최근 인터넷 상에서 오디오,비디오와 관련한 응용 서비스들의 수요가 증대 됨에 따라 멀티미디어 데이터의 효과적인 전송을 위한 연구들이 활발히 진행중에 있다.

멀티미디어 데이터(오디오, 비디오 등)의 경우 대용량이고, 높은 전송 대역폭을 요구하며 실시간 전송을 필요로 하는 특징을 가진다. 이런 특징 때문에, 멀티미디어 데이터들은 패킷 손실이나 지연, 대역폭 상태에 크게 좌우된다. 또한, 이런 UDP나 RTP를 이용하는 데이터들의 경우 TCP에서와 같은 혼잡 기피기법을 사용하지 않기 때문에 같은 경로를 통해 동시에 TCP트래픽과 경쟁하게 될 때 불공정한 전송결과를 가져올 수 있다. 이런 문제점을 해결하고자 멀티미디어 데이터의 경우 TCP와 유사한 혼잡 제어 기법을 이용하여 TCP 트래픽과 대역폭을 공정하게 공유하면서, 네트워크 혼잡을 피하고자 하였다.이를 위한 혼잡 제어 기법으로는 대표적으로 AIMD알고리즘과 TCP 모델링 방식이 있다[1],[2]

그리고, 멀티미디어 응용들은 화상전화 시스템과 같은 유니캐스트 전송에서 뿐만 아니라 화상 회의나 원격 강의와 같이 다수의 사용자들에게 실시간 데이터를 전송하기도 한다. 이와 같은 멀티캐스트 전송에서도 효과적으로 데이터를 전송하기 위해서는 receiver측에서 보내는 피드백 정보에 대한 과부하가 생기지 않도록 방지하는 것이 중요하다. 이를 위해서 본 논문에서는 seder-based 방식의 혼잡 제어 기법 대신에 Receiver-based 방식을 제안하고 있다[4]

본 논문에서는 기존의 AIMD 혼잡 제어 기법을 대신하여 receiver-based 혼잡 제어 기법을 사용함으로써, 보다 순화된 전송률을 얻을 수가 있었다. 이를 통해 멀티캐스트 세션에 참가하고 있는 사용자의 가입/탈퇴등에 따른 네트워크 변화에 신속히 대응할 수 있으며, receiver측에서 보내는 피드백 정보로 인한 과부하로 발생할 수 있는 공유 대역폭의 혼잡 발생을 개선시킬 수 가 있다.또한, receiver측에서의 혼잡 제어는 멀티미디어 데이터 서비스의 특성상 receiver측에서의 데이터 QoS(서비스 질)를 개선시키는데도 도움을 준다. Layered Transmission 기법을 사용함으로써 보다 순화된 전송률과 대역폭의 최대 활용, 그리고 패킷 손실의 최소화를 이룰 수 있다[4],[6]

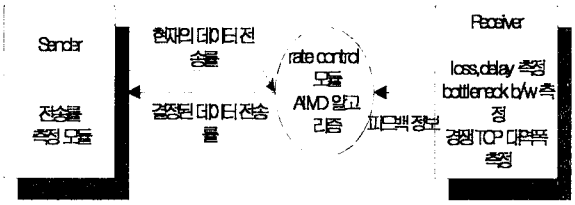
먼저 2장에서는 TCP-Friendly 혼잡제어 기법에 대해 간단히 소개하고, 3장에서는 본 논문에서 제안한 layered Quality Adaptation 혼잡제어 기법을 설명한다. 4장에서는 실험 및 성능 평가, 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대해 기술하였다.

2. TCP-Friendly 혼잡 제어

TCP-friendly 전송률 제어 기법은 TCP 트래픽의 혼잡 제어 방식과 유사한 기법을 사용하여 UDP나 RTP트래픽의 전송률을 제어하는 방법이다.이런 문제들을 해결하기 위해서는 네트워크 기반과 종 단간 응용 기반으로 나눌 수 있는데, 오디오나 비디오와 같이 실시간적이고 연속성이 보장되어져야 하는 멀티미디어 데이터의 경우는 수신측의 QoS(Quality of Service) 개선 측면에서 후자의 방법이 더 바람직하다.

TCP-friendly 전송률 제어 기법은 경쟁 TCP 트래픽과 공정하게 대역폭을 공유하고 네트워크 혼잡을 피하기

위해 네트워크 상태에 적응적으로 전송률을 조절한다. [그림1]은 TCP-friendly 전송률 제어 기법의 동작 을 보여준다. 패킷 손실률과 지연시간은 수신자 측에서 RTCP 패킷을 이용하여 측정되어 진다.



[그림 1] TCP-friendly 전송률 제어 기법의 동작

3. Layered Quality Adaptation을 위한 TCP-friendly 혼잡 제어 기법

3.1 Receiver-based 혼잡 제어

오디오나 비디오와 같은 멀티미디어 데이터를 사용하는 응용 중에서도 화상강의나 원격회의와 같은 응용들은 멀티캐스트에 적합한 TCP-friendly 전송률 제어 기법이 필요하다. 기존의 AIMD알고리즘은 현재 네트워크 상태와 비교하여 전송률을 증가/감소 조정하도록 하였다. 이런 AIMD 방식은 네트워크 변화에 non-adaptive한 특징을 가지고 있다. 실시간 전송의 데이터 특성이나 멀티캐스트 세션에 참가하고 있는 참가자들의 가입/탈퇴가 자주 발생하게 되는 멀티캐스트 응용들은 네트웍 상태 변화에 보다 신속히 대응할 수 있어야 한다. 즉, sender-based 혼잡 제어 방식보다 receiver-based 혼잡 제어 방식이 더 효과적이다. receiver-based 혼잡 제어 방식은 receiver 측에서 측정한 loss, delay를 바탕으로 해서 전송률을 조절하고 이를 TCP를 통해 sender에게 전송한다.

먼저, 현재 네트웍의 혼잡 상태 여부에 대해 알아야 하는데 이를 판단하기 위해 수신측에서 측정한 평균 패킷 손실률(loss)과 경쟁 TCP트래픽의 대역폭(r_tcp)를 사용한다. [그림 2]는 네트워크 상태 판단 알고리즘을 보여준다.

```
r_tcp = calculate_r_tcp (loss, delay);
if ((loss != 0) || (current_transmission_rate >= r_tcp)) {
        congestion 상태로 판단;
        current_transmission_rate= Decrease_rate (loss, delay,
        current_transmission_rate);
}
else
{
        non-congestion 상태로 판단;
        current_transmission_rate= Increase_rate (loss, delay,
                        bottleneck_bw, current_transmission_rate);
}
결정된 새로운 transmission rate를 sender에 전달;
```

[그림 2] 네트워크 상태 판단 알고리즘

일단 네트워크 상태 판단 알고리즘을 통해 네트워크 상태가 혼잡 상태인지 아닌지가 결정되고 나면, Receiver측에서 데이터 전송률의 양을 계산한다. 이 방식을 적용한 결과, 네트워크의 혼잡이 발생하였을 경우에 기존 TCP기법에 비해 좀더 순화된 전송률 조정이 가능 하다. 즉, 네트워크 혼잡이 발생하지 않은 경우 데이터 전송률은 혼잡 상황이 생기지 않도록 서서히 증가시키고, 혼잡이 발생한 경우에는 전송량을 빠르게 감소시켜 혼잡 상황을 피하고자 하는 것이 목적이다. Receiver-based 방식에서의 전송률 증가/감소 알고리즘은 다음 수식(1),(2),(3)과 같다.

$$S_{k+1} = S_k + \mu\varepsilon(k), \quad (1)$$

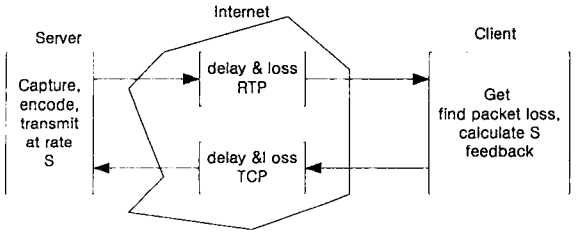
no packet loss $$\varepsilon(k) = \alpha \cdot (\frac{O_k}{S_k})^{\beta}, \quad (2)$$

packet loss $$\varepsilon(k) = -\gamma \cdot S_k, \quad (3)$$

여기서, k는 시간을 나타내고 μ는 adaptation factor를 가리킨다. ε(k)는 전송률과 패킷 손실에 의해 결정되는 error를 나타낸다. α와 β는 패킷 증가 속도를 결정한다.

γ는 패킷 손실이 발생했을 때 sender의 속도 감소율을 결정한다.

다음 [그림3]은 receiver-based 혼잡 제어 기법에서 seder와 receiver의 동작을 보여준다.



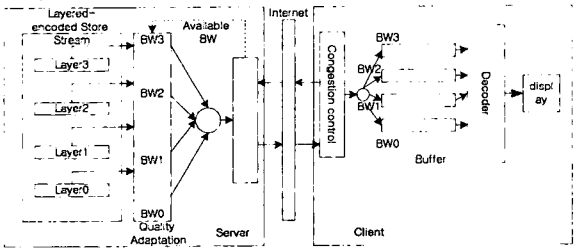
[그림3] receiver-based 혼잡 제어에서 server/receiver 동작

이와 같이 전송률을 receiver-based기법을 사용해서 조절하게 되면, 멀티캐스트 환경에서 효과적으로 대역폭 할당을 할 수 있다는 장점이 있다. 즉, 네트워크 변화에 신속하게 전송률을 조정함으로 해서 속도 변화를 최소화 하고 경쟁 TCP트래픽과 대역폭을 공정하게 공유 하게 되므로, 혼잡 상황에 신속하게 대처 할 수 있는 순화된 전송률을 가지게 된다. 이렇게 순화된 전송률은 receiver 측에서 보면 데이터 QoS의 향상에도 기여한다.

3.2 Layered Quality Adaptation

본 논문에서는 이렇게 순화된 전송률을 바탕으로 해서 대

역폭의 활용을 최대화하고 패킷 손실을 최소화 함으로써 receiver측에서 전송 받은 데이터의 QoS를 최대화하고자 한다. 이를 위해, LT(Layered Transmission)기법을 사용하였다. LT기법은 1개의 base layer 와 1개 이상의 enhancement layers로 구성된다. Base layer는 데이터의 기본적인 특징을 가지며, layer가 올라 갈수록 좀 더 자세한 정보를 가진다. 따라서, 더 많은 layer를 수신할수록 더 좋은 품질의 데이터를 receiver가 받을 수 있는 것이다. [그림 4]는 종단간 quality adaptation 기법을 보여준다.

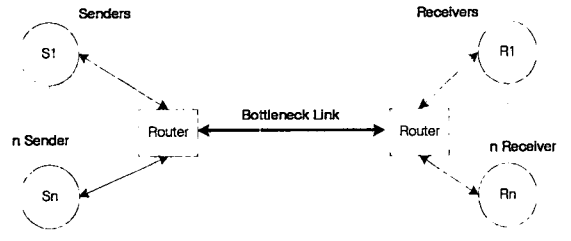


[그림 4]종단간 Quality Adaptation Mechanism

기존의 LT기법은 대역폭 활용을 최대화하고, 패킷 손실을 최소화 하는 반면 네트워크 변화에 non-adaptive하다. 즉, layer수에 의해 receiver측에서 QoS가 결정되기 때문에 QoS 변동의 폭이 클 수 있다는 단점이 있다. 그러나, 앞서 receiver-based 혼잡 제어 기법을 사용하면 순화된 전송률을 얻을 수 있다.

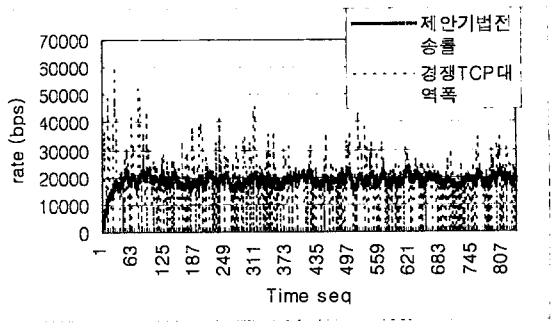
4. 실험 및 결과 분석

제안된 방법의 성능 평가를 위해 NS-2 시뮬레이터를 사용하였다. 시뮬레이션을 위한 망 배치는 EAIMD 제어기법을 이용하여 전송하는 노드와 TCP기법을 사용하는 노드가 단일 bottleneck link를 공유 하도록 하였다. Bottleneck link의 경우 전송 속도는 1Mbps, delay와 loss는 각각 20ms와 30%로 가정한다. 다음 [그림 3]은 시뮬레이션을 위한 망 구성도를 보여준다.



[그림 5] Simulation Topology

표[1]은 시뮬레이션 결과 공유 대역폭에 대해 경쟁 TCP대역폭에 비해 본 논문에서 제안한 receiver-based 혼잡 제어 기법이 실제로 얼마나 TCP-friendly한지를 보여준다.



[표 1] receiver-based 제어 기법의 TCP-friendly 정도

5. 결론 및 향후 연구 방향

화상 회의나 화상 강의와 같은 멀티미디어 데이터 전송을 위해서는 네트워크 변화에 신속히 대응하며, 대역폭 활용을 효율적으로 할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 전송률 순화를 위해 receiver-based 혼잡 제어 기법과 함께 수신측의 QoS를 향상 시키기 위해 LT(Layered Trnasmission)기법을 결합하였다. 결론적으로 수신측의 QoS를 최적화 하면서 멀티캐스트 전송을 위한 대역폭 활용의 최대화를 이루고자 하였다.

향후 이 연구를 발전 시켜 종단간 데이터 전송에서의 QoS 향상과 함께 멀티캐스트 응용들을 효과적으로 지원할 수 있는 어플리케이션 개발을 진행 중에 있다.

참 고 문 헌

[1]Joerg Widmer, Robert Denda, and Martin Mauve, " A Survey on TCP-Friendly congestion control." IEEE Network May/June 2001

[2]Y.Richard Yang, Simon S. Lam, "Internet Multicast Congestion Control: A Survey." Research sponsored in part by National Science Foundation grant no. ANI-9977267

[3]S. Floyd, M. Handley, J. Padhye, and J. Widmer, "Equation Based Congestion Control for Unicast Application." Proceeding of SIGCOMM 2000

[4]Jorg Widmer, Mark Handley, "Extending Equation-based Congestion Control to Multicast Applications." Proceeding of SIGCOMM'01

[5]Sally Floyd, Mark Handley, Jitendra Padhye. "A Comparison of Equation-Based and AIMD Congestion Control." ACIRI May 12,2000

[6]Dorgham Sisalem, Frank Emanuel, "QoS Control using Adaptive Layered Data Transmission." GMD-Fokus, Berlin

[7]Joerg Widmer, Mark Handley, "TCP-Friendly Multicast Congestion Control(TFMCC): Protocol Specification" IETF Draft November 14, 2001