

스트리밍 미디어 서비스를 위한

TFMCC 알고리즘의 개선 방안

김주영^o 정영준

강원대학교 컴퓨터 과학과

{kimjy^o, ychung}@kangwon.ac.kr

Improvement of TFMCC for Streaming Service

JooYoung Kim^o YoungJun Chung

Dept. of Computer Science, Kangwon National University

요 약

인터넷에서 멀티캐스트에 대한 요구가 증가되고 있다. 그러나 UDP 기반의 멀티캐스트는 TCP 트래픽에 영향을 주기 때문에 혼잡제어가 요구된다. 이를 위해 여러 가지 혼잡제어 기법이 연구되었는데, 이 중에서 본 논문에서는 스트리밍 미디어 응용에 적합한 TFMCC 기법에 대해서 소개하였다. 그리고 TFMCC의 CLR에 의한 전송률 조절은 멀티캐스트 세션 전체의 성능을 현저히 떨어뜨릴 수 있기 때문에 이를 해결하기 위한 방안을 제시하였다.

1. 서 론

인터넷은 폭발적인 성장세를 거듭하고 있는 통신망으로서 여러 가지 유용한 서비스를 제공한다. 대표적인 인터넷 서비스로는 WWW, e-mail, FTP 등이 있는데, 이들 서비스는 송신자와 수신자가 일대일로 통신을 하는 유니캐스트(Unicast) 방식을 채택하고 있다. 유니캐스트 방식은 하나의 송신자가 다수의 수신자와 다자간의 통신을 지원하는 방식으로서, 송신자가 동일한 정보를 다수의 수신자에게 여러 번 전송하므로 대역폭 이용에 있어서 상당히 비효율적인 방법이다.

반면에 멀티캐스트(Multicast) 방식은 동일한 정보를 다수의 수신자에게 전송할 때 경로상의 링크에 동일한 데이터가 두 번 이상 지나가지 않게 함으로써 대역폭의 이용 효율을 높일 수 있다. 이 방식은 다수의 수신자에게 멀티미디어 데이터를 전송하는 영상의, 인터넷 방송, 원격강의, VOD(Video On Demand) 등의 멀티캐스트 응용에 이용함으로써 네트워크 자체의 트래픽을 상당히 감소시킬 수 있다.

멀티캐스트 방식의 UDP 트래픽은 유니캐스트 방식의 TCP 트래픽과 대역폭을 공유할 경우에 심각한 문제를 야기할 수 있다[1]. 왜냐하면 TCP 트래픽은 자체 혼잡제어 기능을 가지고 있지만 UDP 트래픽은 이러한 기능을 지원하지 못하기 때문이다. 다시 말해서, 혼잡 상황이 발생할 경우에 TCP 트래픽만이 혼잡 제어를 수행하여 전송률을 줄이고 UDP 트래픽은 대역폭의 대부분을 사용하게 된다. 이러한 현상은 멀티캐스트 트래픽이 차세대 인터넷에서 중요한 트래픽이 될 것으로 예측됨으로써

[2], 네트워크 대역폭 공유 문제는 더욱 더 심화될 전망이다.

이와 같은 인터넷망의 대역폭 공유 문제를 해결하기 위해서는 멀티캐스트 트래픽에 대한 혼잡제어가 이루어져야 한다. 여기서 혼잡제어라는 것은 네트워크 트래픽의 혼잡 상황이 발생할 경우에 이에 대응하여 송신자 또는 수신자에 의해서 대역폭을 조절하는 기능을 의미한다. 멀티캐스트 혼잡제어는 IETF[3]의 Transport Area 중에서 RMT(Reliable Multicast Transport) WG을 중심으로 논의가 진행중이며, 대표적인 혼잡제어 기법으로 TFMCC[4], PGMCC[5] 등이 정의되어 있다. 위 두 방식은 멀티캐스트 수신 그룹 중에서 가장 낮은 전송 속도의 수신자에 송신자의 전송률을 맞추는 단일 전송률 방식이다.

이 중에서 TFMCC는 혼잡제어를 하기 위해 장기간 TCP 전송률을 모델링한 TCP-throughput equation[6]을 적용하여 송신자에게 피드백 할 전송률을 계산한다. 이 방식은 equation 기반으로 구하는 것으로 전송률이 부드럽게 변하기 때문에 스트리밍 미디어 서비스에 효율적인 방식이다. 그러나 송신자 기반의 단일 전송률 방식을 이용하기 때문에 멀티캐스트 그룹 수신자들이 이질적인 네트워크에 포진되어 있는 경우에 최악의 네트워크 상황에 맞추어서 전송률을 조정하게 된다. 이러한 상황에서는 대역폭의 효율이 좋은 수신자일지라도 최악의 수신자에 포커스가 맞추어 지기 때문에 상대적으로 불이익을 받게 된다.

따라서 본 논문에서는 스트리밍 미디어의 원활한 서비스를 위한 멀티캐스트 혼잡 제어 알고리즘인 TFMCC에 대해 소개하고, 단일 전송률에서의 문제점을 제시하여

이의 해결 방안을 도출해본다.

본 논문의 2장에서는 멀티캐스트 혼잡제어 기법인 TFMCC에 대하여 알아보고, 3장에서는 TFMCC의 문제점 및 해결 방안을 제안하고, 마지막으로 4장에서 결론을 맺고, 향후 연구에 대해 논한다.

2. 멀티캐스트 혼잡제어 알고리즘

2.1 메카니즘 측면의 요구사항

Equation 기반의 멀티캐스트 혼잡 제어 메카니즘을 구축하기 위해서 다음의 문제점들을 해결해야 한다.

- 혼잡제어를 위한 equation은 손실률과 RTT 등의 측정 가능한 파라미터로 목표 전송률을 정의하도록 선택되어야 한다.
- 각 수신자는 손실률을 측정해야 한다.
- 각 수신자는 송신자까지의 RTT를 측정해야 한다. 이때 과도한 네트워크 트래픽을 유발하지 않는 측정 방법은 주된 연구 과제이다.
- 각 수신자는 송신자와의 적절한 전송률을 계산하기 위한 혼잡제어 equation을 사용한다.
- 피드백 스킴은 가장 낮은 전송률을 계산한 수신자로부터의 피드백이 항상 송신자에 도달해야 한다.

2.2 TFMCC

TFMCC(TCP Friendly Multicast Congestion Control)는 최선형 인터넷 환경에서 멀티캐스트 전송을 위한 혼잡제어 기법으로, 송신자가 최저 속도의 수신자에 전송률을 맞추는 대표적인 송신자 기반의 단일 전송률 방식이다. 이 방식은 상대적으로 부드러운 전송률을 중시하는 스트리밍 미디어와 같은 응용에 적합하다.

TFMCC는 다음 (식 2.1)과 같은 TCP-throughput equation을 사용하여 수신자측에서 송신자의 전송률(T_{tcp})을 계산하게 된다. 여기서 t_{RTT} 는 송신자와 수신자간의 RTT 값이고, p 는 패킷 손실률이고, s 는 패킷의 크기를 의미한다[4]

$$T_{tcp} = \frac{s}{t_{RTT}(\sqrt{\frac{2p}{3}} + (12\sqrt{\frac{3p}{8}})p(1 + 32p^2))} \quad (\text{식 2.1})$$

각 수신자는 자신이 참여한 멀티캐스트 그룹의 패킷 손실률과 RTT값을 측정하여 송신자에게 알려주고, 송신자는 (식 2.1)에 의해서 모델링한 전송률을 가지고 멀티캐스트 패킷을 송신하게 되는 것이다. 만약 송신자가 특정 수신자에 대해서 이 전송률을 초과하지 않으면 동일 병목상의 TCP 플로우에 영향을 주지 않는다는 점에서 TCP-friendly하다.

송신자는 멀티캐스트 세션의 혼잡제어를 위해 계속해서 수신자들에게 피드백 메시지를 받는다. 만약 수신자가 송신자의 현재 전송률보다 더 낮은 전송률을 가리키는 피드백을 보내면, 송신자는 즉시 피드백 메시지의

전송률로 감소시킬 것이다. 이때 수신자는 피드백 폭주 현상을 막기 위해서 계산된 전송률이 현재 전송률보다 작지 않으면 피드백 메시지를 보내지 않는다. 이러한 방식은 피드백으로 인한 트래픽이 폭주하지 않는다는 장점이 있는 반면에, 전송률 증가에 있어서 문제가 발생한다.

따라서 TFMCC는 전송률 증가를 위해 CLR(Current Limiting Receiver)이라는 개념을 사용한다. CLR은 송신자가 멀티캐스트 그룹 내의 가장 낮은 예상 처리율을 가진 것으로 판단한 수신자이다. CLR은 피드백 메시지를 억제하지 않고 즉시 피드백을 전송하도록 허가되었다. 따라서 가장 낮은 처리율을 가진 수신자(CLR)의 네트워크 상황에 좋아진다면 더 높은 전송률을 계산해서 송신자에게 전송하게 되고, 송신자는 이를 즉각 반영하여 전송률을 증가시킬 수 있다. CLR은 다른 수신자가 더 낮은 전송률을 요구하는 피드백을 보낸다면 변경될 것이다. 그리고 CLR이 멀티캐스트 그룹을 떠나면 변경된다. 또한 CLR이 폭주하거나 고장날 경우를 대비해서 부가적인 타임아웃 메카니즘도 있다.

3. TFMCC의 문제점 분석

3.1 TFMCC의 문제점

TFMCC는 전송률의 변화가 부드럽기 때문에 스트리밍 미디어 서비스에 적합한 방식이다. 그러나 다음과 같은 문제점들이 내포되어 있다.

첫째, 하나의 멀티캐스트 세션으로 운영한다. 이러한 방식으로 서비스가 제공되면 한종류의 서비스만 제공되기 때문에, 네트워크 환경에 따른 다양한 서비스가 제공될 수 없다.

둘째, 하나의 수신자에 의해서 멀티캐스트 세션의 전체 성능이 좌우된다. 즉, CLR로 선택된 수신자의 네트워크 상황에 따라서 멀티캐스트 세션의 모든 수신자가 영향을 받는다. 만약에 CLR만 최악의 네트워크 상황에 처해 있다면, 다른 수신자들은 최상의 조건을 유지한다고 하더라도, 최악의 상황에 맞추어질 수 밖에 없다.

셋째, 멀티캐스트 세션에는 수신자들이 JOIN 또는 LEAVE하게 된다. 이 방식은 CLR 선정에도 영향을 미치게 된다. 이미 운영중인 멀티캐스트 세션에서 CLR로 선정된 수신자의 네트워크 상황이 좋아서 멀티캐스트 세션내의 모든 수신자가 양질의 서비스를 제공받고 있는데, 만약에 최악의 상황을 가진 수신자가 이 세션에 JOIN하게 되면 다른 모든 수신자들에게 최악의 네트워크 상황을 경험하게 된다.

위의 세 번째 방식은 다음 그림으로 설명될 수 있다. (그림 1)에서 수신자 1과 수신자 2가 하나의 멀티캐스트 그룹을 유지(500Kbps로 서비스 제공)하고 있는데, 만약에 최악의 상황(50Kbps)에 처한 수신자 3이 이 멀티캐스트 그룹에 JOIN한다면 500Kbps에서 50Kbps로 1/10을 줄여서 서비스를 제공하기 때문에, 수신자1과 2는 본인이 속한 네트워크 상황에 상관없이 대역폭 효율이 떨어지게 된다.

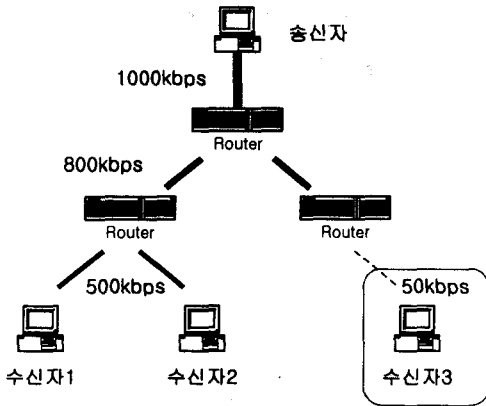


그림 1. TFMCC의 문제점

따라서 본 논문에서는 다음 절에서 이러한 상황을 해결하기 위한 방안을 제시한다.

3.2 제안 방안

본 논문에서는 운영중인 멀티캐스트 세션에 최악의 네트워크 상황에 처한 수신자가 JOIN하는 경우에 멀티캐스트 세션의 상황을 안정적으로 유지하기 위해서 다음과 같은 방안을 제안한다.

```

if new_rcv_R(n) >= α·SESS1_CR
    then session1 에 포함
elseif β·SESS1_CR < new_rcv_R(n) < α·SESS1_CR
    then SESS2 생성, 관리
elseif new_rcv(n) <= β·SESS1_CR
    then new_rcv(n) reject
    
```

멀티캐스트 세션에 새롭게 JOIN하려는 수신자는 자신의 네트워크 상황을 비교해 본 후에 JOIN 여부를 결정하게 된다.

우선, n번째 새로운 수신자(new_rcv(n))가 멀티캐스트 세션에 JOIN하기 위해서 자신의 측정된 전송률(new_rcv_R(n))을 현재 세션의 CLR(최저 전송률의 수신자) 전송률(SESS1_CR)과 비교한다. 이때 α와 β 값은 각각 0.8과 0.3으로 정한다[7,8]

만약 현재 전송률의 80%이상이라면 현재의 멀티캐스트 세션에 포함시키고, 30%와 80%의 범위내에 있다면 새로운 세션(SESS2)을 생성하여 관리한다. 이는 현재의 멀티캐스트 전송 품질이 최악의 수신자에 의해서 떨어지는 것을 방지하기 위함이다. 그리고 마지막으로 현재 전송률의 30%이하라면 과감하게 멀티캐스트 세션에 포함시키지 않는다. 이와 같이 세션 1과 2가 구성되면 TFMCC의 CLR을 이용한 혼잡 제어를 수행한다.

본 논문에서 제안한 방식은 기존의 방식대로 멀티캐스트 세션을 구성했을 때보다 네트워크 이용 효율을 높일

수 있지만, 송신자 측면에서 별도의 세션을 관리하면서 오버헤드가 발생한다.

4. 결론

인터넷에서 멀티캐스트에 대한 요구가 증가되고 있다. 하지만 UDP 기반의 멀티캐스트는 TCP 트래픽에 영향을 주기 때문에 혼잡제어를 해야 한다.

본 논문에서는 스트리밍 미디어 응용에 적합한 TFMCC 기법에 대해서 자세히 알아보았다. 또한 TFMCC 멀티캐스트 세션 운영중에 현재 전송률보다 현저히 떨어지는 수신자가 JOIN하게 되면 멀티캐스트 세션의 서비스 품질을 새로운 수신자에 맞게 떨어뜨려야 하는 문제점을 해결하기 위한 방안을 제시하였다. 향후 연구에서는 이들 해결 방안을 구현 및 시뮬레이션하여 검증하여 보겠다.

5. 참고문헌

- [1] S. Floyd and K. Fall, "Promoting the Use of End-to-End Congestion Control in the Internet," IEEE/ACM Transactions on Networking, Aug. 1999
- [2] R. Wittmann and M. Zitterbart, Multicast Communication, Morgan Kaufmann Publishers, 1999.
- [3] <http://www.ietf.org/html.charters/rmcharter.html>
- [4] J. Widmer and M. Handley, Extending Equation-Based Congestion Control to Multicast Applications, ACM SIGCOMM 2001
- [5] L. Rizzo, "pgmcc: A TCP-friendly Single-rate Multicast Congestion Control Scheme," ACM SIGCOMM, Aug. 2000
- [6] S. Floyd, M. Handley, J. Padhye, and J. Widmer, "Equation-based congestion control for unicast applications," Proc. of ACM SIGCOMM '00, Aug. 2000
- [7] Box, G.E.P, G.M.Jenkins, and G.C. Reinsel, "Time Series Analysis: Forecasting and Control," Third Edition, Prentice Hall, 1994
- [8] Sabyasachi Basu and Amarnath Mukherjee, Time Series Models for Internet Traffic, July 31, 1995, GIT-CC-95-27