

# 지정된 서버를 이용한 공정한 멀티캐스트 혼잡 제어 메커니즘

°오재환, 금정현, 정광수

광운대학교 전자공학부 컴퓨터통신연구실

(jhoh,jhgold}@adams.kwangwoon.ac.kr, kchung@daisy.kwangwoon.ac.kr

## Fair Multicast Congestion Control Mechanism based on the Designated Server

°Jaehwan Oh, Junghyun Kum, Kwangsue Chung

School of Electronics Engineering, Kwangwoon University

### 요 약

일 대 다수의 정보를 전송하는데 있어서 멀티캐스트는 네트워크의 자원을 절약할 수 있고 송신자의 부하를 감소시킬 수 있는 등 여러 가지 장점을 제공한다. 그러나, 그것을 효율적으로 실현시키기 위한 확장성 문제와 더불어 혼잡 제어를 통한 기존 인터넷 트래픽과의 공존성 문제를 주의 깊게 다루어야 한다. 본 논문에서는 지정된 서버(Designated Server)를 이용하여 혼잡 제어 방식에 있어서 기존 인터넷 트래픽과 자원을 공평하게 나누어 사용하며, 멀티캐스트 특성상 나타날 수 있는 수신자들의 불공평성 문제를 해결함으로써 보다 효율적인 정보전송이 이루어지도록 하였다.

### 1. 서론

하나의 송신자가 다수의 수신자들에게 데이터 전송을 하는데 있어서 멀티캐스트는 효율적인 수단을 제공한다. 즉, 송신자 입장에서는 같은 데이터를 다수의 수신자들에게 반복해서 전송할 필요가 없으므로 송신자의 작업 부하가 감소되며, 같은 데이터가 네트워크상의 경로를 중복해서 지나는 경우를 최소화함으로써 자원을 보다 효율적으로 이용할 수 있는 것이다.

이러한 멀티캐스트의 효율성이 부각되면서 다양한 알고리즘들이 제안되었고 그에 따른 여러 가지 문제점들도 제기되었는데, 특히 확장성 문제와 더불어 멀티캐스트 환경에서 혼잡제어 방식에 관한 연구가 IRTF(Internet Research Task Force) 산하 RMRG(Reliable Multicast Research Group)에서 활발히 진행되고 있다.

기존의 유니캐스트 트래픽으로서 TCP의 경우 네트워크에 혼잡상황이 발생되면 그에 따른 적절한 혼잡제어 메커니즘을 수행함으로써 공유자원을 다른 세션과 공평히 사용할 수 있는 방안을 제공하지만 UDP의 경우 네트워크 상황에 따른 혼잡제어 메커니즘을 지원하지 않는다. 따라서 TCP 트래픽과 UDP 트래픽이 공유 자원을 사용하면서 혼잡상황이 발생될 경우 UDP 트래픽만이 네트워크 공유자원을 대부분 사용하게

된다. 멀티캐스트는 기본적으로 비연결형 서비스로써 UDP를 사용하기 때문에 혼잡제어 메커니즘을 제공하지 않는다. 따라서 TCP 세션과 멀티캐스트 세션이 부족한 네트워크 자원을 공유할 경우 멀티캐스트 세션이 대부분 독점하게 된다.

본 논문에서는 지정된 서버(Designated Server)를 이용하여 수신자들과의 적절한 피드백을 통해 멀티캐스트 트리의 상의 각각의 혼잡상황에 맞게 데이터 전송률을 조정하고 송신자의 혼잡제어 부담을 분산시킬 수 있는 메커니즘을 제시하였다.

### 2. 관련 연구

SRM(Scalable Reliable Multicast)이나 ARM(Active Reliable Multicast)과 같은 대표적인 멀티캐스트 트랜스포트 프로토콜이 명시적인 혼잡제어 메커니즘이 없는 것처럼 최근에 와서야 멀티캐스트 혼잡제어 방식에 대해 많은 메커니즘들이 제안되어졌다. 이러한 메커니즘들은 하나의 공통점을 가지고 있는데, 멀티캐스트 송신자의 데이터 전송률을 조절함으

	PGM	ARM	RMTP	SRM	AER/NCA
혼잡 제어	수신자의 모든 NACK에 대해 송신자가 혼잡 제어	명시되지 않음	대표 수신자의 패킷 손실에 대해 송신자가 혼잡 제어	명시되지 않음	대표 수신자의 패킷 손실에 대해 송신자가 혼잡 제어

표 1. 멀티캐스트 혼잡 제어 방식 비교

로써 다수의 세션들간에 네트워크 자원(bandwidth)을 공평하게 이용하자는 것이다. 표1에 여러 가지 신뢰성 있는 멀티캐스트 트랜스포트 프로토콜에서 사용하는 혼잡제어 방식을 나타내었다.

Speakman이 제안한 PGM(Pragmatic General Multicast)은 송신자가 데이터 전송률을 조정하기 위해 모든 수신자들로부터 전송되는 NACK 신호를 이용했다. 이러한 경우 송신자에게서 NACK 신호의 폭주 현상이 일어날 수 있으며, 송신자가 모든 NACK 신호를 처리해야 하는 부담이 생겨 확장성에 어려움이 있다. RMTP(Reliable Multicast Transport Protocol)와 AER/NCA(Active Error Recovery/Nominee Congestion Avoidance)는 수신자들 중에 가장 낮은 throughput을 갖는 수신자를 선정하여 그에 대한 피드백을 통해 송신자가 데이터의 전송률을 조정한다. 즉, RMTP는 네트워크를 계층적으로 구성하고 각 계층의 Designated Receiver를 이용하여 서브트리상의 수신자들에 대한 데이터 피드백을 하나로 수렴함으로써 폭주현상을 방지하였고, 하나로 수렴된 수신자의 피드백에 따라 송신자의 데이터 전송률을 조정하였다. AER/NCA의 경우도 RMTP와 마찬가지로 계층적으로 구성된 네트워크상의 Repair Server를 이용하여 피드백 폭주를 방지하고, 하나의 nominee를 선정하여 그에 대한 피드백을 이용하여 송신자의 데이터 전송률을 조정하였다.

이들과는 다른 관점으로 Lorenzo Vicisano는 계층적인 멀티캐스트 데이터를 이용하여 혼잡제어를 하는 메커니즘을 제안하였다. 즉, 송신자는 서로 다른 quality로 계층화되어 있는 멀티캐스트 데이터를 여러 개의 그룹 레벨로 나누어 전송하고 수신자는 자신의 가용 자원에 알맞은 수의 그룹에 가입함으로써 데이터의 흐름을 조절할 수 있는 수신자 중심의 혼잡제어 방식을 지원한다. 이렇게 함으로써 송신자는 각각의 수신자에 대한 상태 정보를 알 필요가 없고 그에 따른 확장성을 갖게 되는 것이다.

송신자 위주의 혼잡 제어 방식은 혼잡 상황이 발생하지 않은 수신자에게도 같은 전송률을 적용함으로써 멀티캐스트 특성상의 불공정성 문제를 발생시킨다.

### 3. 제안한 혼잡 제어 메커니즘

각각의 서브네트워크를 갖는 지정된 서버는 수신자들로부터의 혼잡 상태 메시지를 전송 받아 각각의 bandwidth throughput을 계산한 후 그 값이 가장 낮은 하나의 수신자를 대표자(nominee)로써 선정한다. 지정된 서버는 자신이 관리하는 서브네트워크의 대표자로부터의 피드백에 따라 송신자로부터 전송되는 데이터를 인터셉트하여 서브네트워크의 혼잡상황에 맞게 데이터의 전송률을 조정한다. 데이터의 인터셉트는 IP 헤더의 옵션 필드를 이용하여 지정된 서버와 같은 레벨로 배치되어 있는 라우터(collocated router)가 인식하여 지정된 서버로 보내주게 된다. 지정된 서버는 자신이 관리하는 서브트리의 혼잡상황에 따라 데이터 전송률을 조정하여 라우터에

게 전송하게 된다. 이때 지정된 서버와 라우터 사이의 데이터 전송은 IP 인캡슐레이션을 사용하여 유니캐스트로 전송되고, 데이터를 전송 받은 라우터는 하위 트리로 서브캐스팅을 하게 된다.

제안한 혼잡제어 메커니즘은 수신자가 멀티캐스트 송신 능력이 없다는 것을 가정하는데, 그것은 다음의 세가지 이유에 기인한다.

- 상용 인터넷에 있어서 멀티캐스트 송신자에게는 상당히 많은 양의 요금이 부과된다.
- 위성 네트워크와 같이 몇몇의 네트워크는 오직 downstream만이 존재한다.
- 많은 수의 송신자 각각에 대한 멀티캐스트 트리를 형성하는 것은 비싸다.

즉, 이것은 비대칭 네트워크 지원에 대한 가정을 의미하지만, 위와 같은 가정을 함으로써 지정된 서버를 전략적인 위치(strategic location)에 고정시킬 수 있다는 장점을 갖는다. 지정된 서버의 전략적 위치는 Kaser의 시스템 모델을 근거로 하여 백본 도메인(Backbone domain)의 종단 라우터에 위치시키는 것이 유리하다.

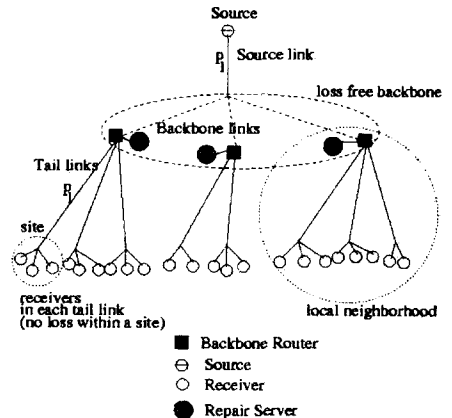


그림 1. Kaser의 시스템 모델

#### 3.1 대표자 선정

혼잡제어 방식에 있어서 중요하게 고려되어야 할 점이 TCP와의 형평성이다. 즉, TCP와 네트워크 bandwidth를 공평하게 공유하도록 혼잡제어 방식이 설계되어야 하며, 이러한 형평성을 얻기 위해 TCP와 유사한 방식으로 혼잡제어 메커니즘이 설계되었다.

고정크기의 패킷 사이즈를 갖는 TCP 세션의 평균 throughput(대역폭)은 패킷 손실 확률( $p$ )과 RTT( $T$ )를 인자로 갖는 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$B(p, T) = C / (T * \sqrt{p}) \tag{1}$$

여기서,

$$g(p,T) = T \cdot \sqrt{p} \quad (2)$$

라 하면, 함수  $g$ 의 값이 커질 때 throughput은 낮아지므로  $g$  함수의 값이 가장 큰 수신자가 대표자로 정된다. 수신자들은 주기적으로 자신의 지정된 서버에게 패킷 손실 확률과 RTT 값이 포함된 혼잡 상태 메시지를 전송하며, 지정된 서버는 수신자들로부터 전송 받은 혼잡상태 메시지를 이용하여  $g$ 함수 값을 계산하게 된다.

### 3.2 전송률 조정 알고리즘

지정된 서버는 송신자로부터 전송되는 데이터를 인터셉트 하면서 자신이 관리하는 대표자와의 피드백 정보를 통해 전송률을 조정한다. 지정된 서버의 전송률 조정 알고리즘은 다음과 같다.

- ACK를 받았을 때, if ( $W < \text{Thresh}$ )= $W \rightarrow W+1$ ;  
  else  $W \rightarrow W+1/W$
- 패킷 손실 발견시,  $\text{Thresh} \rightarrow W/2$ ;  $W \rightarrow W/2$
- 타임 아웃 발생시,  $\text{Thresh} \rightarrow W/2$ ;  $W \rightarrow 1$

패킷의 손실은, 패킷이 전송된 후 다음 세 개의 패킷에 대한 ACK를 받는 동안 처음 패킷에 대한 ACK를 받지 못하면 그 패킷은 손실된 것으로 가정한다.

### 4. 시뮬레이션

제안한 알고리즘을 검증하기 위해 시뮬레이션 네트워크를 그림 2와 같이 구성하고 ns2(network simulator 2)를 이용하여 시뮬레이션 하였다. 모든 링크는 1Mbps의 대역폭과 10ms의 전송지연 시간을 가지며 라우터는 drop-tail 방식을 사용하였다. 시뮬레이션 결과 같은 병목 구간을 공유하는 세션들간에 대역폭이 공평하게 공유되었음을 확인하였고, 각각의 지정된 서버는 자신의 서브넷의 혼잡 상황에 맞게 독립적으로 데이터 전송률을 조정하였으며 그 결과를 표2에 나타내었다.

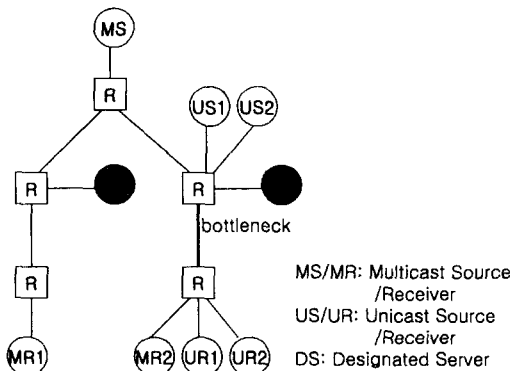


그림 2. 시뮬레이션 네트워크 구성

단위: Mbps

대역폭	0.86	0.27	0.22	0.21
-----	------	------	------	------

표 2. 수신자들의 대역폭 비교

### 5. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 지정된 서버를 이용하여 멀티캐스트 환경에서 공정하게 혼잡을 제어하는 메커니즘을 제안하였다. 지정된 서버를 이용함으로써 송신자의 혼잡제어 부담을 여러 개의 서버로 분산시킬 수 있었고, 각 서브트리의 대표자와의 피드백을 통해 서로 다른 서브트리에서의 혼잡 상황에 맞게 데이터 전송률을 조정하였다. 또한 시뮬레이션을 통하여 각각의 지정된 서버를 갖는 서브트리에서 서로 다른 세션들간의 공평한 대역폭 공유를 확인하였다.

향후 연구과제로는 지정된 서버를 계층적으로 구성해서 수신자들의 혼잡 상태 메시지를 계층적으로 수렴하고, 각 레벨의 지정된 서버에서 혼잡제어를 수행하도록 하는 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] S. Floyd et al., "A Reliable Multicast Framework for Light-weight Sessions and Application Level Framing," IEEE/ACM Trans. Net., vol. 5, no. 6, pp.784-803, Dec. 1997.
- [2] L. Lehman, S. Garland, and D. Tennenhouse, "Active Reliable Multicast," Proc. IEEE INFOCOM, March. 1998.
- [3] T. Speakman et al., "Pragmatic General Multicast," Internet Draft, Aug. 1998.
- [4] S. Paul et al., "RMTP: A Reliable Multicast Transport Protocol," IEEE JSAC, vol. 15, no. 3, pp. 407-21, April. 1997.
- [5] S. Kasera, J. Kurose, and D. Towsley, "A Comparison of Server-Based and Receiver-Based Local Recovery Approaches for Scalable Reliable Multicast," UMass tech. rep., Oct. 1998.
- [6] S. Bhattacharyya, Jim Kurose, and Don Towsley, "The Lost Path Multiplicity Problem in Multicast Congestion Control," Proc. IEEE INFOCOM, March. 1999.
- [7] J. Golestani and K. Sabnani. "Fundamental Observations on Multicast Congestion Control in the Internet," Proc. IEEE INFOCOM, March. 1999.