차등 서비스 네트워크의 확신 서비스에서 TCP-UDP 공평성 향상 기법

모상덕[O] 정광수
광운대학교 전자공학부
sdmo@adams.kw.ac.kr[O], kchung@daisy.kw.ac.kr

The Mechanism for TCP-UDP Fairness Improvement in the Assured Service of the Diffserv Network

Sangdok Mo[O], Kwangsue Chung
School of Electronics Engineering, Kwangwoon University

요 약

본 논문에서는 차등 서비스 네트워크(Diffserv network)의 확신 서비스(assured service)에서 발생할 수 있는 TCP와 UDP 플로우 사이의 공평성 문제를 해결하기 위한 TRBD(Target Rate-based Dropping) 기법을 제안한다. 차등 서비스 네트워크의 확신 서비스에서의 공평성 향상에 대한 기존 연구는 마킹 확률을 변경하여 공평성을 향상시키는 연구가 중심이 되어 왔다. 이러한 연구들은 코어노드에서의 큐 관리를 위하여 주로 MRED(Multiple RED)를 이용하기 때문에 TCP 및 UDP, 목표 전송률 등에 대한 고려가 부족하다. 본 논문에서 제안하는 TRBD 기법은 코어노드에서 목표 전송률에 따라 UDP의 폐기 확률을 조정하여 TCP-UDP 공평성 및 목표 전송률을 고려한 공평성을 향상시킬 수 있다. ns 시뮬레이터를 이용한 실험을 통하여 TRBD 기법의 TCP-UDP 공평성 향상을 확인하였다.

1. 서 론

현재 인터넷에서 VoIP, VoD, 화상회의 등의 멀티미디어 트래픽은 점점 많은 대역을 점유하며 발전하고 있다. 이러한 서비스들은 최선형 서비스(best effort service)와는 다른 다양한 요구사항을 갖는다. 기존의 네트워크 구조로는 이러한 멀티미디어 서비스의 요구사항을 만족시키기 어렵기 때문에 IETF의 Diffserv(Differentiated Services)와 같은 차등 서비스에 대한 연구가 진행되어져 왔다[1]. Diffserv는 크게 고급서비스(premium service)와 확신서비스(assured service)로 나눌 수 있다. 전자는 인터넷 전화, 화상회의 등에 알맞은 낮은 지연시간과 지터를 갖는 서비스이고, 후자는 지연시간과 지터에 민감하지 않고 최선형 서비스보다는 좋은 서비스를 제공하고자 하는 경우에 이용될 수 있다. 확신 서비스는 4개의 클래스로 나누어지고, 각 클래스는 3개의 폐기 선호도(drop precedence)를 갖게 된다[2]. 이러한 폐기 선호도는 Green, Yellow, Red로 표기될 수 있다.

기본적인 차등 서비스 구조에서는 RTT, 패킷 크기 등의 차이, TCP 및 UDP 특성 등으로 인해 실제적인 차등 서비스를 제공하는 데 어려움이 존재한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 FTC(Fair Traffic Conditioner), 지능형 TC(Intelligent Traffic Conditioner) 등이 제안되었지만, 목표 전송률에 대한 고려가 부족하거나 MRED(Multiple RED)를 이용함으로 인해 TCP-UDP 공평성을 제공할 수 없다는 단점을 갖는다[3,4].

본 논문에서는 TCP-UDP 공평성과 목표 전송률을 고려한 공평성을 제공할 수 있는 TRBD 기법을 제안한다. TRBD 기법은 코어노드에서 목표 전송률에 기반한 패킷 폐기를 통해서 공평성을 제공한다. 따라서 기존의 다양한 TC(traffic conditioner)와 상호 보완하여 동작할 수 있다. ns 시뮬레이터를 통한 실험에서 TRBD 기법이 합리적인 수준의 공평성을 제공한다는 점을 확인할 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 관련연구를 살펴보며, 3장에서는 TRBD에 대하여 서술한다. 4장에서는 ns 시뮬레이터를 이용한 실험결과를 분석하고, 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

차등 서비스 네트워크에서 확신 서비스의 마킹에 대한 연구로 토큰 버킷 기반 방식의 SRTCM(Single Rate Three Color Marker), TRTCM(Two Rate Three Color Marker) 등이 있으며, 평균 전송률 예측 기반 방식에는 TSW3CM(Time Sliding Window Three Color Marker)이 있다[5]. 코어노드에서는 폐기 선호도에 따라 패킷을 처리하기 위한 PHB(Per Hop Behavior)로 MRED 방식이 일반적으로 이용된다. 차등 서비스 네트워크에서 공평성

본 연구는 대학 IT 연구센터 육성.지원 사업의 연구결과로 수행되었음.

을 향상시키기 위한 연구는 토큰 버킷 방식을 기반으로 하는 FTC 등과 평균 전송률 예측 방식을 기반으로 하는 지능형 TC 등으로 분류할 수 있다. FTC는 토큰 버킷에 FRED(Flow Random Early Drop)를 적용시켜 무응답 플로우의 영향을 감소시키고 있다. 그러나 FRED 알고리즘은 TCP 플로우들의 RTT 차이에 의한 효과를 완화시켜 주지는 못하기 때문에 FRED를 적용하는 FTC는 RTT에 의해 큰 영향을 받으며, 목표 전송률을 고려하고 있지 않으므로 목표 전송률을 고려한 공평성을 제공할 수 없다. 지능형 TC에서는 상대적으로 RTT가 높거나 목표 전송률이 높은 집합 플로우에 대해 IN으로 마킹되는 패킷의 양을 증가시킴으로써, RTT에 의한 영향을 감소시키고 목표 전송률에 비례한 전송률을 얻도록 하고 있다. 그러나 지능형 TC에서는 UDP와 같은 무응답 플로우에 대한 고려가 부족하고 다양한 응용에 적용하기에는 부족한 2색 마킹만을 제공한다.

3. TRBD(Target Rate-Based Dropping)

TRBD 기법에서는 Green 패킷이 폐기되지 않을 정도의 네트워크 자원이 존재한다고 가정하기 때문에 Green 패킷은 폐기시키지 않는다. TRBD 기법은 기본적으로 혼잡상황에서 TCP 패킷의 폐기 판단은 MRED를 이용하고, UDP 패킷의 폐기 판단은 코어노드에서 목표 전송률에 기반하여 계산된 확률을 이용한다. 이러한 계산을 위해 필요한 목표 전송률을 코어노드에서 직접적으로 알 수 있는 방법이 없기 때문에, 유입 및 전송되는 패킷의 히스토리를 기록하고 분석하여 플로우의 유입 전송률 대 목표 전송률의 비율을 구한다. 코어노드의 유입 히스토리에 기록되어 있는 특정 플로우의 Green 패킷 및 전체 패킷의 수를 각각 N_{gi}, N_{ti}라 할 때, 이러한 유입 전송률 대 목표 전송률의 비율은 식 1의 α_i와 같이 구할 수 있다.

$$\alpha_i = \frac{N_{ti}}{N_{gi}} \qquad (1)$$

$$\alpha_d = \alpha_i - \alpha_a \qquad (2)$$

이 α_i가 전송 히스토리에 기록된 플로우들의 평균 비율값인 α_a 보다 크다면, 다른 플로우들 보다 식 2의 α_d 비율만큼 목표 전송률 대비 더 많은 패킷이 코어노드로 유입되고 있다는 것을 나타낸다. 따라서 α_d/α_i 확률로 유입되는 패킷을 폐기시킴으로써 목표 전송률에 비례하는 적당한 전송률을 유지할 수 있다. 이러한 패킷 폐기확률 p_d는 식 2를 이용하여 식 3과 같이 나타낼 수 있다.

$$p_d = \frac{\alpha_d}{\alpha_i} = 1 - \frac{\alpha_a}{\alpha_i} \qquad (3)$$

α_i가 α_a 보다 큰 플로우에 대하여 p_d의 확률로 유입되는 패킷들을 폐기시킴으로써 목표 전송률에 합당한 전송률로 유지시킬 수 있다. 그러나 유입되는 패킷들은 Green, Yellow, Red로 마킹되어 있고, 각 마킹에 따라 다른 폐기확률이 적용되어야 한다. 마킹에 따른 폐기확률을 결정하기 위해서 해당 플로우의 유입 히스토리로부터 Yellow 및 Red 마킹확률 정보를 가져와서 그림 1과 같이 패킷 폐기를 판단한다. 예를 들어 Red 패킷의 경우에 p_d가 P_R보다 작은 경우에는 p_{dr}의 확률로 폐기되지만, p_d가 P_R보다 크고 (p_d-P_R)이 P_Y보다 작은 경우에는 항상 폐기된다.

P_Y: Yellow 마킹 확률
P_R: Red 마킹확률
p_{dy}, p_{dr}: 각각 Yellow, Red 패킷 폐기 확률

if $p_d < P_R$:
    $p_{dy} = 0$
    $p_{dr} = p_d/P_R$
else if $(p_d-P_R) < P_Y$:
    $p_{dy} = (p_d - P_R) / P_Y$
    $p_{dr} = 1$

그림 1 패킷 폐기 판단

TRBD 기법의 전체적인 동작 순서를 살펴보면 그림 2와 같다. 먼저 패킷이 코어노드로 유입되면, 히스토리 정보를 갱신하고 TCP 패킷인지 UDP 패킷인지를 판별한다. TCP 패킷일 경우에는 MRED를 이용하여 패킷을 처리하고 처리 결과에 따라 관련 정보를 수정한다. UDP 패킷의 경우에는 평균 큐 사이즈를 이용하여 혼잡상황 여부를 판단한다. 혼잡상황으로 판단되면 패킷 폐기확률을 계산하고 그림 1의 알고리즘을 이용하여 패킷의 폐기 여부를 판단하고 패킷을 처리한다. 혼잡상황이 아닐 경우에는 패킷을 폐기하지 않는다.

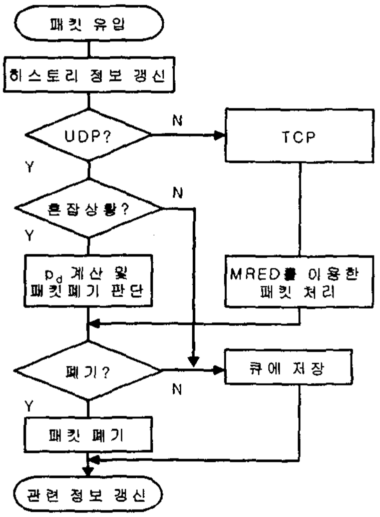

그림 2 TRBD 기법의 동작 순서

4. 실험 및 고찰

4.1 실험 환경

TRBD를 ns 시뮬레이터에 구현하여 성능실험을 하였다. 실험을 위한 네트워크 구성은 그림 3과 같다. 모든 링크의 대역폭을 10Mbps로 설정하여 코어노드와 에지노드3 사이의 연결이 병목구간이 되도록 하였다. 호스트1에서 호스트3 사이의 집합 플로우(aggregate flow)는 6개의 TCP 플로우로 구성되며, 호스트2와 호스트4 사이의 집합 플로우(9Mbps)는 6개의 UDP 플로우(1.5Mbps)로 구성된다. 모든 실험에서 TC는 TSW3CM을 이용한다.

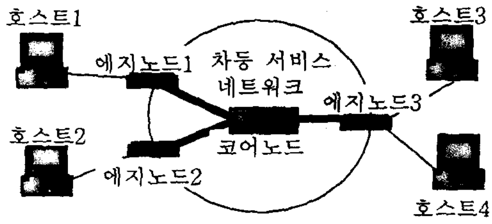

그림 3 실험 네트워크 구성

4.2 TCP-UDP 공평성 실험

TCP-UDP 공평성 실험은 TCP와 UDP 집합 플로우의 목표 전송률을 똑같이 500Kbps 씩 증가시키며 실험하였다. 실험 결과는 그림 4와 같다. 그림 4에서 MRED를 이용한 경우에 목표 전송률이 낮을수록 공평성이 상당히 악화된다는 것을 알 수 있다. 이 것은 MRED를 사용하는 경우에 혼잡 제어를 하지 않는 UDP 패킷이 코어노드 큐의 대부분을 차지하게 되어 TCP의 혼잡 윈도우 증가를 지속적으로 방해하기 때문이다. TRBD를 이용하는 경우에는 목표 전송률 대비 상대적으로 많은 패킷을 전송하는 UDP 플로우를 제어하여 상당한 TCP-UDP 공평성 향상을 얻을 수 있다.

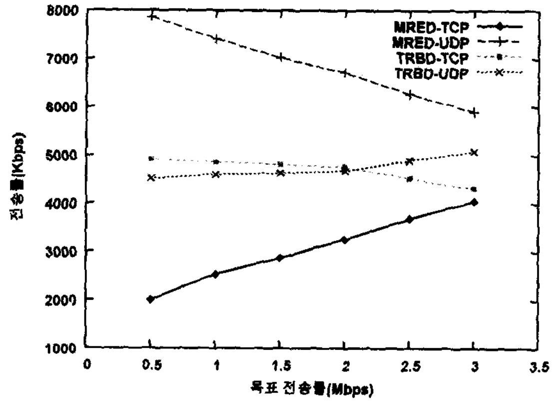

그림 4 MRED와 TRBD의 TCP-UDP 공평성 비교

4.3 목표 전송률에 따른 공평성 실험

목표 전송률에 기반한 공평성 실험 결과는 그림 5와 같다. 그림 5에서 TCP(x)과 UDP(x)는 목표 전송률을 변화시키며 실험한 집합 플로우를, TCP(1)과 UDP(1)은 목표 전송률을 1Mbps로 고정시킨 집합 플로우를 나타낸다. Y축은 두 집합 플로우 전송률의 비율을 나타낸다. 그림 5를 통해서, MRED를 이용하는 경우에는 목표 전송률에 비례한 실제 전송률을 얻을 수 없지만, TRBD를 이용한 경우에는 이상적인 비율에 접근한 전송률 분배가 이루어진다는 것을 알 수 있다.

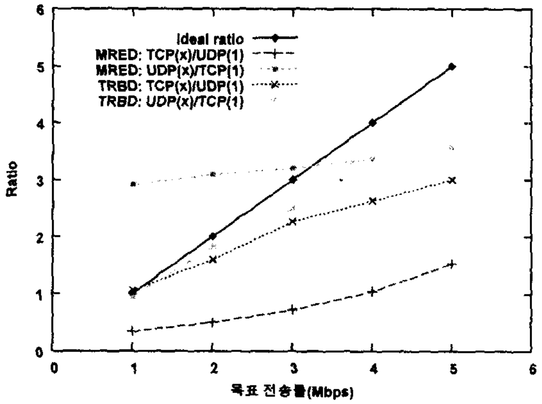

그림 5 목표 전송률 변화에 따른 공평성 비교

5. 결론

본 논문에서는 TCP-UDP 공평성과 목표 전송률을 고려한 공평성을 향상시킬 수 있는 TRBD 기법을 제안하였다. 제안한 TRBD 기법은 기존의 다양한 마킹 기법과 함께 상호 보완적으로 이용될 수 있다.

향후 과제로는 다양한 마킹 기법과의 연동성 향상과 보다 정밀한 UDP 제어 알고리즘에 대한 연구가 필요하다.

참고 문헌

[1] S. Blake, D. Blake, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, and W. Weiss, "An Architecture for Differentiated Services," IETF RFC2475, Dec. 1998

[2] X. Xiao and L. M. Ni, "Internet QoS: the Big Picture," IEEE network, Vol. 13, pp. 8-18, Mar. 1999

[3] I. B. H. deA. Alves, J. F. de Rezende, and L. F. M. de Moraes, "Evaluating Fairness in Aggregated Traffic Marking," Proc. IEEE GLOBECOM, Vol. 1, pp. 445-449, 2000

[4] B. Nandy, N. Seddigh, P. Pieda, and J. Ethridge, "Intelligent Traffic Conditioners for Assured Forwarding Based Differentiated Services Networks," Proc. IFIP HPN, June 2000

[5] IETF RFC 2697, 2698, 2859

[6] W. Fang, N. Seddigh, and B. Nandy, "A Time Sliding Window Three Colour Marker (TSWTCM)," IETF RFC 2859, June 2000