
DiffServ 망에서 AF 서비스의 공정성 향상을 위한 제어 기법

김변곤* · 정동수*

*국립군산대학교 전자공학과

A Study on Control Scheme for Fairness Improvement of Assuared Forwarding Services in Differentiated Service Network

Byun-gon Kim* · Dong-su Jeong*

*Kunsan National University

E-mail : bgkim@kunsan.ac.kr, j0404@kunsan.ac.kr

요 약

차등서비스 네트워크의 AF(Assured Forwarding) 서비스에서 TCP 트래픽을 위한 기존 marking policy 연구는 TCP 트래픽의 RTT(Round Trip Time), 목표 전송률(target rate) 영향 등에 대한 고려가 부족하였다. 본 논문에서는 TCP 트래픽의 RTT의 영향에 의한 낮은 공정성을 개선하기 위하여 평균 전송률 예측 기반에서 TCP flow의 상태 정보를 이용한 개선된 TSW3CDM_FS(Time Sliding Window Three Color Dynamic Marker) 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 목표 전송률에 비례한 대역분배를 하기위한 dynamic marking policy 알고리즘이다. 제안된 알고리즘의 성능평가를 위하여 네트워크 시뮬레이터(NS-2)를 이용하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과 제안한 TSW3CDM 알고리즘의 공정성이 기존의 TSW3CM 방식에 비해 향상된 결과를 보였다.

ABSTRACT

Previous marking policy for the AF service of TCP traffic in the Diffserv network have no sufficient consideration on the effect of RTT and target rate. In this paper, in order to improve fairness Index by the effect RTT difference of TCP traffic, we propose the modified TSW3CDM(Time Sliding Window Three Color Dynamic Marker) based on average transfer rate estimation and the flow state. The proposed algorithm is dynamic marking policy that do allocate band width in proportion to transmission rate. To evaluate the performance of the proposed algorithm, We accomplished a computer simulation using NS-2. From simulation results, the proposed TSW3CDM algorithm improves fairness index by comparison with TSW3CM.

키워드

TSW3CM, Dynamic Marking Policy, TCP, RTT, Fairness Index.

1. 서 론

Diffserv에서는 제공하고자 하는 서비스에 따라 클래스를 나누고, 각 클래스에 속하는 플로우들에게 SLA(Service Level Agreement) 기반의 차등 서비스를 제공한다. 차등서비스의 기본 원칙은 같

은 SLA로 계약한 플로우들은 같은 등급의 서비스를 제공받아야 한다. 그러나, 실제 네트워크 환경에서는 TCP 플로우들 사이의 RTT(Round Trip Time), 목표 전송률의 차이, UDP 특성에 의한 영향 등의 이유로, 실제 점유하는 대역폭의 차이가 발생한다[1]. 이를 개선하기 위한 많은 노력이 있

어왔다[2-4]. 그러나 기존의 알고리즘은 RTT 차이를 극복하기 위하여 RTT를 측정하거나 네트워크로부터 feedback 받는 등의 RTT를 알아내기 위한 복잡도가 증가하며, 병목 구간의 대역폭을 알아내기 위해서 네트워크로부터 feedback 받아야 하는 등의 문제점을 가진다.

본 논문에서는 평균 전송률 예측 기반에서 일정 주기로 TCP flow의 achieved rate와 할당 rate를 이용하여 각 flow의 상태를 설정한다. 각 flow의 상태는 High, Steady, Low가 될 수 있으며, High 상태는 다른 flow에 비해 높은 서비스를 받고 있음을 의미하고, Low 상태는 낮은 서비스를 받고 있음을 의미한다. 따라서, 각 flow의 상태에 따라 서로 다른 동적 마킹 정책을 수행할 수 있다. 이러한 예측값은 Diffserv망에서 bottleneck link의 대역폭을 추정할 수 있으므로 네트워크에서 feedback을 받지 않아도 UPN 상황을 detection할 수 있다. 또한 각 flow의 RTT를 계산하거나, 네트워크에서 feedback을 받지 않아도 마킹 알고리즘 적용이 가능하기 때문에 RTT가 크게 변화하는 유무선 통합 환경에서도 적용할 수 있는 알고리즘이다.

II. 제안된 마킹 알고리즘

본 논문은 Diffserv 네트워크에서 TCP 플로우를 위한 AF 서비스 클래스의 요구사항을 만족시키기 위하여 평균 전송률 예측 기반에서 일정 주기로 TCP flow의 rate를 측정하여 각 flow의 상태를 결정한다. 이러한 TCP flow 상태정보를 이용하여 각 flow의 상태에 따라 서로 다른 동적 마킹 정책을 수행한다. 본 논문에서 제안한 TSW3CMD의 구조 그림 2.1과 같다.

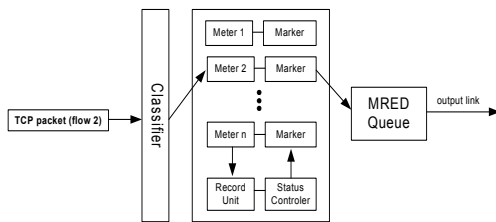


그림 2.1 제안된 TSW3CMD의 구조

2.1 Flow 상태 제어기

상태 제어기는 일정 주기의 제어 시간에 각 TCP flow의 상태정보를 갱신한다. 상태 제어기는 record unit에 의해 측정된 각 TCP flow의 input rate와 목표 전송률을 입력받아 수식 (2.1), (2.2)와 같이 각 flow의 fairness(X_i) 값을 계산하고, 수식 (2.3)을 이용하여 평균 fairness($MeanXI$) 값을 계산한다.

$$X_i = \frac{g_i + y_i + r_i}{R_{ci}} \quad (2.1)$$

$$\left. \begin{aligned} g_i &= gRate_i * (1 - MaxP_G) \\ y_i &= yRate_i * (1 - MaxP_Y) \\ r_i &= rRate_i * (1 - MaxP_R) \end{aligned} \right\} \quad (2.2)$$

$$MeanXI = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2.3)$$

수식에서 flow i의 input rate에서 $gRate_i$ 는 green rate, $yRate_i$ 는 yellow rate, $rRate_i$ 는 red rate를 의미한다. $MaxP_G$, $MaxP_Y$, $MaxP_R$ 는 egde 노드의 MRED(Random Early Detection) queue(그림 2.1)의 parameter setting 값으로서 각각 max green probability, yellow probability, red probability 값을 의미한다.

RED는 매 패킷이 도착할 때마다 Q_{avg} 를 구하고, 이것을 미리 정해놓은 파라미터인 최소 큐(queue) 한계값(minimum threshold)과 최대 큐 한계값(maximum threshold)과 비교한다. Q_{avg} 가 minimum threshold 보다 작을 때에는 망의 링크의 사용이 낮은 수준에 머물러 있다고 판단할 수 있으므로 모든 패킷은 정상적으로 처리된다. 하지만 Q_{avg} 가 minimum threshold 와 maximum threshold 사이에 있을 때 도착하는 패킷은 RED 내에 정의된 최대 확률(maximum probability)의 해 랜덤하게 폐기된다. 이러한 RED 내의 각 color에 대한 max probability 값을 이용하여 각 TCP flow의 input rate를 이용하여 achieved rate를 예측할 수 있고 이러한 예측 값을 근거로 하여 각 flow의 상태 값을 결정한다.

2.2 Dynamic Marking Policy

TCP 플로우(flow) i의 X_i 값이 $MeanXI + X_{th}$ 보다 크다면 플로우 i상태는 st_HIGH가 되며, 플로우(flow) i의 X_i 값이 $MeanXI - X_{th}$ 보다 작으면 플로우 i의 상태는 st_LOW가 되며, 그 밖의 경우에 플로우 i의 상태는 st_STEADY가 된다.

TCP flow i의 상태가 st_HIGH인 경우 높은 서비스를 받고 있으므로 flow i의 green과 yellow 마킹 확률을 줄여주기 위한 확률을 Δ 만큼 감소시키고, st_LOW인 경우 Δ 만큼 증가 시킨다.

$$\left. \begin{aligned} sR_{ci} &= R_{ci} \pm \Delta \\ sR_{pi} &= R_{pi} \pm \Delta \end{aligned} \right\} \quad (2.4)$$

TSW3CM 알고리즘에 따라서 마킹하기 위해서는 각 플로우의 sR_{ci} 와 sR_{pi} 는 flow i의 상태에 따른 목표 전송률과 목표 최대 전송률로서 flow의 상태에 따라 식 2.4와 같이 계산된다. st_STEADY 상태인 flow의 sR_{ci} 와 sR_{pi} 는 기존의 TSW3CM 정책과 같은 R_{ci} 값과 R_{pi} 값을 가진다. 이와 같이 각 TCP flow의 상태에 따른 목표 전송률(sR_{ci})과 목표 최대 전송률(sR_{pi})을 계산하고 나면 flow의 상태에 따른 마킹 알고리즘은 다음과 같이 기존의 TSW3CM과 같은 방식으로 수행할 수 있다.

III. 시뮬레이션 결과

3.1 시뮬레이션 환경

본 논문에서 제안한 TSW3CMD 알고리즘의 시뮬레이션은 NS-2의 DiffServ 노드를 기반으로 그림 3.1과 같은 simulation 환경에서 수행하였다. 각 시뮬레이션은 100sec동안 수행되었으며 core-edge link의 대역이 5Mbps ~ 25Mbps 변하는 상황에서 시뮬레이션을 수행하였다.

CASE 1 : R_{ci} fixed, RTTi variable

CASE 2 : R_{ci} variable, RTTi fixed

CASE 3 : R_{ci} variable, RTTi variable

R_{ci} fixed 값은 2Mbps이고 variable 값은 최소 1.0Mbps에서 최대 2.98Mbps까지의 범위로 0.22Mbps 간격으로 설정하였으며, RTTi fixed 값은 20ms 이며, variable 값은 최소 20ms에서 최대 200ms까지의 값을 설정하여 시뮬레이션을 수행하였다.

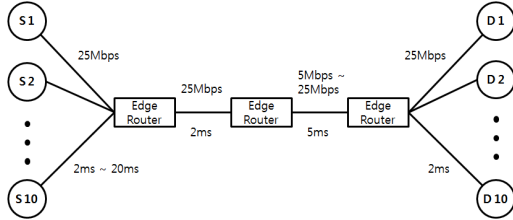


그림 3.1 Simulation Networks

2. 시뮬레이션 결과 및 분석

시뮬레이션은 core link bandwidth와 TCP source 의 RTT 및 목표 전송률을 다양하게 설정하여 수행하였으며, 알고리즘 결과 분석은 TSW3CM, 제안한 TSW3CMD 알고리즘의 공정성 지수(fairness index) 값을 이용하여 분석하였다.

공평성 지수는 다음과 같이 정의된다.

$$x_i = \frac{\text{achieved_rate}_i}{\text{ideal_rate}_i} \quad (3.1)$$

$$\text{fairness_index} = \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \times \sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (3.2)$$

$$\text{ideal_rate}_i = R_{ci} \times \frac{\sum_{i=1}^n \text{achieved_rate}_i}{\sum_{i=1}^n R_{ci}} \quad (3.3)$$

여기에 사용된 achieved_rate_i 는 플로우 i의 평균 전송률이고, ideal_rate_i 는 목표 전송률에 비례하는 이상적인 전송률이고 수식 (3.3)이 이용하여 구할 수 있다. x_i 는 플로우 i의 이용률이며, n은 활성 상태의 플로우의 수이다. 공정성 지수는 0과 1사이의 값을 가지며 1이면 플로우들 사이의 이상적인 대역분배가 이루어졌음을 의미한다.

그림 3.2는 CASE 1에서의 fairness index 값을 보여준다. CASE 1에서는 TCP flow의 목표 전송률은 2Mbps로 모두 동일하게 설정하여 전체 목표 전송률이 20Mbps가 되도록 설정하였고, RTT 값은 서로 다른 값을 설정하였는데, flow 1의 RTT 값은 20ms로 설정하고 flow id의 증가함에 따라 20ms씩 증가시켜 flow 10의 RTT가 200ms가 되도록 설정하였다.

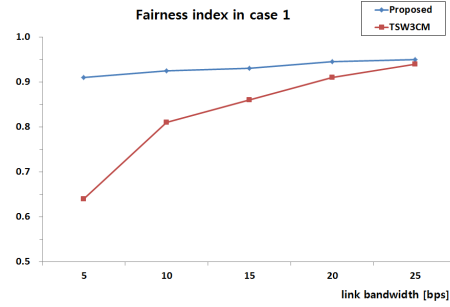


그림 3.2 Fairness index in case 1

그림 3.2에서 보여주듯이 CASE 1와 같이 모든 TCP flow의 목표 전송률(R_{ci})값은 같지만 RTT 값이 서로 다른 경우 RTT 값이 적은 flow들이 상대적으로 많은 서비스를 받고 있기 때문에 TSW3CDM의 공정성이 낮게 나타나고 있음을 알 수 있다. 제안된 TSW3CMD 알고리즘은 상대적으로 많은 서비스를 받는 flow들의 상태를 st_HIGH로 하여 이러한 flow의 green이나 yellow 마킹 확률을 낮추고, 적은 서비스를 받는 flow의 green이나 yellow 마킹 확률을 높여 줌으로써, 공정하게 서비스 받을 수 있도록 하였다.

그림 3.3은 CASE 2에서의 fairness index 값을 보여주고 있다. CASE 2에서는 RTT 값은 모두 동일한 20ms를 설정하고, 목표 전송률은 flow 1의 R_{ci} 값은 0.095Mbps로 설정하고 flow id의 증가함에 따라 점차 증가시켜 flow 20의 R_{ci} 값이 1.9Mbps가 되도록 설정하여 전체 목표 전송률이 19.95Mbps가 되도록 하였다.

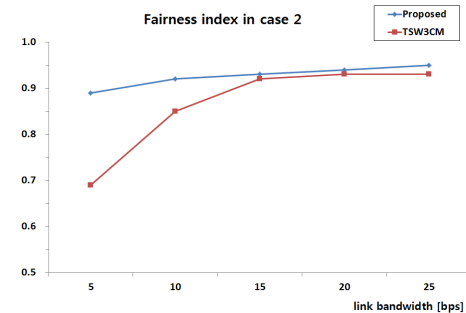


그림 3.3 Fairness index in case 2

그림 3.3을 살펴보면 기존의 TSW3CM 알고리즘의 공정성이 링크 대역폭이 작을 경우 급격히

떨어지는 것을 알 수 있다. 이는 R_{ci} 값이 작은 플로우가 상대적으로 적은 서비스를 받기 때문이다. 제안된 알고리즘에서는 이러한 서비스의 GREEN, YELLOW 마킹률을 증가시켜 줌으로써 이러한 공평성 저하 문제를 개선시켰음을 알 수 있다.

그림 3.4는 CASE 3에서의 fairness index 값을 보여준다. CASE 3에서는 목표 전송률 R_{ci} 값과 RTT가 모두 다르게 설정된 경우로서 목표 전송률은 flow 1의 R_{ci} 값은 1Mbps로 설정하고 flow id의 증가함에 점차 증가시켜 flow 10의 R_{ci} 값이 2.98Mbps가 되도록 설정하여 전체 목표 전송률이 19.9Mbps가 되도록 하였다. 동시에 flow 1의 RTT 값은 200ms로 설정하고 flow id의 증가함에 따라 20ms씩 감소시켜 flow 10의 RTT가 20ms가 되도록 설정하였다. CASE 3의 경우에도 다른 경우와 같이 제안한 TSW3CDM 기법은 TSW3CM 기법 보다 향상된 공평성 지수를 보여주고 있다.

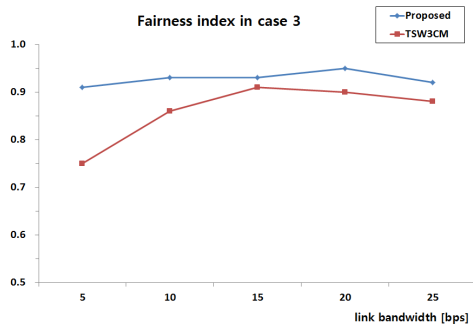


그림 3.4 Fairness index in case 3

IV. 결론

본 논문은 Diffserv 네트워크에서 TCP 플로우를 위한 AF 서비스 클래스의 요구사항을 만족시키기 위하여 평균 전송률 예측 기반에서 일정 주기로 TCP flow의 rate를 측정하여 각 flow의 상태정보를 이용하여 각 flow의 상태에 따라 서로 다른 동적 마킹 정책을 수행한다.

본 논문에서 제안한 TSW3CDM 알고리즘은 시뮬레이션 결과 Diffserv 네트워크의 AF 서비스에서 TCP 트래픽의 다양한 목표 전송률과 RTT를 가지는 flow가 혼재하는 상황에서도 각 flow의 목표 전송률에 비례하면서 RTT의 영향을 보완하여 다양한 조건에서 기존의 TSW3CM 기법에 비해 공평성 지수가 평균 10 ~ 20% 향상된 결과를 보여주고 있다.

향후 연구과제로는 Diffserv 네트워크에서의 차등 서비스 QoS는 마킹 정책뿐만이 아니라, queue 관리 정책, 스케줄링 정책에 많은 영향을 받는다. 따라서 패킷 마킹 정책의 연구도 queue,

스케줄링 정책과 연계된 연구가 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] I. B. H. Alves, J. F. Rezende, and L. F. M. Moraes, "Evaluating Fairness in the Aggregated Traffic Marking," Proc. of IEEE Global Telecommunications Conference, Nov. 2000.
- [2] A. Habib, B. Bhargava, and S. Fahmy, "A round trip time and timeout aware traffic conditioner for differentiated services networks," Proc. of IEEE Int. Conf. on Communications, Apr. 2002.
- [3] J. Domanska, A. Domanski, T. Czachorski and J. Klamka, "Fluid flow approximation of time-limited TCP/UDP/XCP streams," Bulletin of the polish academy of sciences technical science, Vol. 62, No. 2, 2014.
- [4] M. Mohan rao and Vamsi Krishma, "Fuzzy based intelligent routing in high speed networks," International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology, Vol. 2, Issue 10, October 2014.