

차별서비스 네트워크에서 보장형 서비스의 전송률 공평성 향상을 위한 이중 윈도우 기반 마킹 알고리즘

조병규^{*} · 황구연^{**} · 이성근^{*} · 장문석^{*}
^{*}순천대학교 ^{**}순천제일대학교

A Two Window-Based marking algorithm for enhancing throughput fairness of assured services in a differentiated service network

Byeong-kyu Cho^{*} · Goo-youn Hwang^{**} · Sung-keun Lee^{*} · Moon-suk Jang^{*}
^{*}Sunchon National University ^{**}Suncheon First College
E-mail : bkcho@sunchon.ac.kr

요 약

차별 서비스(Differentiated Service : DS) 네트워크 환경에서 각기 다른 QoS요구를 갖는 흐름들간의 공평성 보장이 주요 이슈중 하나이다. 이는 자원 할당과 트래픽 제어 방식에 따라 중단간에 지원되는 흐름들 간의 서비스 품질 및 백본망의 이용 효율이 크게 달리 질 수 있기 때문이다.

이에 본 논문에서는 링크의 이용효율 제고 및 대역폭의 공평성 향상을 위해 기존에 제안된 Time Sliding Window(TSW) 마킹 알고리즘의 변형인 Time Sliding Two Window Three Color(TS2W3C) 마킹 알고리즘을 제안하고 ns-2 시뮬레이션을 통하여 기존의 알고리즘과 성능을 비교 평가한다.

ABSTRACT

One of the main issues in DiffServ AS architecture is guaranteeing fairness among the flows which have their own QoS requirements. Because the methodology of resource allocation and traffic conditioning would affect the end-to-end QoS and backbone link utilization.

In this paper, we propose a variant of TSW algorithm for enhancing fair bandwidth allocation and link utilization and presents performance evaluation between TSW & TS2W3C through NS-2 Simulations.

키워드

TSW, Three color marking, Assured forwarding, Differentiated services

1. 서 론

차별서비스 네트워크 모델은 동일한 서비스 품질(Quality of Service : QoS)을 요구하는 흐름(flow)들을 일정한 흐름집합(aggregation)으로 분류하여, 각 집합에 대해 서비스를 차별적으로 제공한다[1].

차별 서비스 네트워크에서는 하나의 흐름(flow)에 대하여 세 개의 서비스 클래스(프리미엄 서비스, 보장형 서비스, 최선형 서비스)중 하나의 서비스 클래스를 제공받게 된다. 이때 최선형 서비스는 대역폭을 모든 데이터의 전송에 균일하게 할당하는 기존의 최선형 서비스 방식이며, 프리미엄 서비스는 일정한 대역폭을 반드시 보장하여 네트워크 내에서 패킷이

매우 작은 지연과 지연변이를 가지고 전달될 수 있도록 보장하는 방식이다.

보장형 서비스는 폭주가 발생하여 패킷이 손실되거나, 네트워크에 부하가 증가하여 사용할 수 있는 대역폭이 낮을 때에도 고객에게 최소한의 처리율(throughput)을 보장해 주기 위해 고안되었다. 차별 서비스 네트워크의 구조는 그림 1에 나타낸 바와 같이 SLA(Service Level Agreement), 내부라우터의 트래픽 조절 기능과 경계 라우터의 큐 관리 기능으로 구성된다[2].

현재 diffserv의 보장형 서비스에서는 마커에서

패킷의 폐기 우선순위를 IN과 OUT으로 구분하여 마킹을 하고, 내부 라우터의 큐 관리 알고리즘은 일반적으로 RIO(RED with In and Out)를 사용한다. 그러나 보장형 서비스의 품질은 RTT(Round Trip Time)와 예약된 대역폭의 크기, 그리고 UDP source의 존재 유·무에 의해 크게 좌우되는데, 이것은 Bandwidth의 공정한 분배에 커다란 문제점으로 작용한다[3].

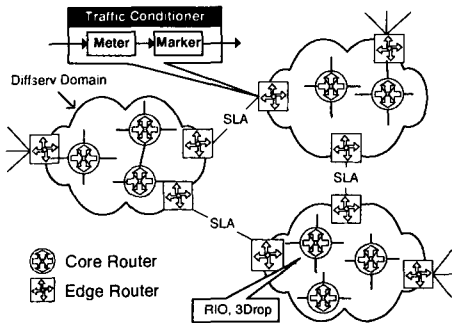


그림 1. 차별 서비스 네트워크 구조

본 논문에서는 보장형 서비스에서 대역폭의 예약 크기에 따라 나타나는 처리율의 편향현상을 완화시킬 목적으로 TSW(Time Sliding Window)[2] 마킹 알고리즘을 개선하여 TS2W3C(Time Sliding Two Window Three Color)마킹 알고리즘을 제안한다. 제안한 메커니즘의 특징은 기존 TSW의 단점을 보완하기 위해 window를 하나 더 추가하여 하나는 짧은 시간 동안의 전송률을 측정하고 다른 하나는 상대적으로 긴 시간 동안 전송률을 측정하게 한 것이다. 제안한 알고리즘의 성능분석은 ns-2 [4]를 이용한 시뮬레이션 방식에 의해 수행한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 TSW 알고리즘에 대해 간단히 설명하고, 제3장에서는 새로 제안한 트래픽 조절 메커니즘에 대해 설명하며, 제4장에서는 ns-2를 이용한 시뮬레이션을 통해 제안한 알고리즘과 TSW 알고리즘의 성능을 비교 분석한다. 제5장에서는 결론 및 향후 연구방향에 대해 언급한다.

II. TSW 마킹 알고리즘

TSW 마킹 알고리즘은 보장형 서비스를 위한 트래픽 조절기법 중 평균을 평가에 기반을 둔 방식으로서, 경계라우터의 서비스 프로파일에 명시된 목표 전송률 초과 여부를 기반으로 폐기 우선 순위를 결정하여 패킷을 IN이나 OUT으로 마킹한다. TSW는 기본적으로 두 가지 독립적인 요소를 가지는데, 이들은 정해진 단위시간동안 일정하게 전송률을 측정하는 전송률 측정기와 이 전송률측정기에 의해 측정된 전송률을 기초로 패킷을 IN과 OUT으로 마킹하는 마킹 알고리즘이다.

그림 2에 대표적인 평균을 평가방법인 TSW의 알고리즘을 나타내었다[2].

TSW는 Win_length에 명시된 시간만큼 최근의 평균전송률을 저장하며, 그림 2에서 알 수 있듯이 전송률 측정부분에서 TCP 트래픽의 버스트한 특성을 완만하게 만드는 작용을 한다.

TSW에서는 Win_length의 크기에 따라 전송률에 대한 정보가 다르게 해석될 수 있는데, Win_length가 상대적으로 짧을 경우 순간적으로 변하는 트래픽에 대한 정보를 정확하게 파악 할 수 있지만 긴 시간에 대한 정보를 가지지 못함으로써 연결시간이 긴 TCP 트래픽의 경우 평균 전송률에 대한 정보의 신뢰성이 저하된다. 그리고 Win_length가 상대적으로 긴 경우에는 일정기간 동안의 평균전송률에 대한 정보는 비교적 정확한 값을 얻을 수 있으나, 순간적으로 변하는 버스트한 트래픽에 대한 정보는 파악하기가 힘들게 된다는 단점이 있다.

초기값:

Win_length = a constant;
Avg_rate = connection's target rate, R_r;
T_front = 0;

패킷 도착시 :

Bytes_in_TSW = Avg_rate*Win_length;
New_bytes = Bytes_in_TSW+pkt_size;
Avg_rate = New_bytes / (New-T_front+Win_length);
T_front = now;

그림 2. TSW 전송률 측정 알고리즘

III. Time sliding 2 window 3 color 마킹 알고리즘 제안

TS2W3C 마킹 알고리즘을 제안하게 된 배경은 TSW에서 측정된 평균전송률이 Win_length의 값에 따라 서로 다르게 편향적으로 해석 될 수 있다는 사실에 기인한다.

제안된 알고리즘의 구성 요소는 TSW와 마찬가지로 데이터의 전송률을 측정하는 전송률 측정기(rate estimator)와 패킷에 우선순위를 마킹하는 마커로 이루어져 있으나, 그림 3에 나타낸 것처럼 전송률 측정기에서 전송률을 측정하는 window를 1개 더 추가하여 하나는 짧은 시간동안 전송률의 변화추이를 파악하고, 다른 하나는 상대적으로 긴 시간동안의 전송률을 측정하여 일정기간 동안의 평균 전송률을 파악 할 수 있도록 하였다. 이러한 개념은 순간적인 트래픽의 변화에 대한 정보와 상당히 오랜 시간동안의 평균 전송률에 대한 정보를 같이 가질 수 있게되어, 패킷을 마킹할때 보다 정확하게 판단을 할 수 있게 된다.

```

초기값:
L_Win_length = a constant;
L_Avg_rate   = target rate, RT;
S_Win_length = a constant;
S_Avg_rate   = target rate, RT * constant;
T_front      = 0;

패킷 도착시:
L_Bytes_in_TSW = L_Avg_rate * L_Win_length;
L_New_bytes    = L_Bytes_in_TSW + pkt_size;
L_Avg_rate     = (L_New_bytes / (Now-T_front + L_Win_length));

S_Bytes_in_TSW = S_Avg_rate * S_Win_length;
S_New_bytes    = S_Bytes_in_TSW + pkt_size;
S_Avg_rate     = (S_New_bytes / (Now-T_front + S_Win_length));

T_front        = now;
    
```

그림 3. TS2W3C 전송률 측정 알고리즘

```

Estimate sending rate LR and SR
if LR <= LIR
    calculate DR = SR * Pdrop
    if SR <= LIR ..... 1.
        mark packet as Green
    if SR > LIR and SR < SIR ..... 2.
        if DR > LIR
            mark packet as Yellow
        else
            mark packet as Green
    if SR > SIR ..... 3.
        if DR > SIR
            mark packet as Red
        else
            mark packet as Yellow
if LR > LIR
    calculate DR = LR * Pdrop
    if SR <= LIR ..... 4.
        if DR > LIR
            mark packet as Yellow
        else
            mark packet as Green
    if SR > LIR and SR < SIR ..... 5.
        if DR > LIR
            mark packet as Red
        else
            mark packet as Yellow
    if SR > SIR ..... 6.
        mark packet as RED

LR : long-term average sending rate,
SR : short-term average sending rate.
LIR : long-term committed information rate
SIR : short-term committed information rate
DR : calculated downgrade rate
    
```

그림 4. TS2W3C marking 알고리즘

마킹은 TSW에서와 마찬가지로 전송률 측정기에서 측정된 전송률을 기초로 해서 패킷을 마킹 하게 되며, 제안된 알고리즘은 그림 4에 나타난 바와 같다.

제안된 알고리즘에서는 패킷을 마킹 하기위해 전송률 측정기에서 측정된 LR과 SR에 대하여 LIR과 SIR값의 초과여부를 비교하게 되는데, TCP 혼잡제

어 방식을 기초로 해서 생각할 때, LR과 SR의 관계에 따라서 그림에 나와있는 것처럼 6가지로 유추할 수 있다. ①번의 경우 LR과 SR 두 가지 모두 LIR보다 작은 경우로 패킷의 유입량이 계속 작은 상태를 알 수 있고, ②번의 경우는 패킷의 유입량이 점차 많아지고 있는 상태, ③번의 경우는 순간적인 유입량이 많은 상태, ④번의 경우는 TCP가 congestion을 겪은 후의 회복상태로 볼 수 있으며, ⑤번의 경우는 패킷의 유입량이 계속 많은 상태, 그리고 ⑥번의 경우는 폭주상태로 생각 할 수가 있다. 따라서 앞에서 말한 6가지의 정보를 바탕으로 흐름(flow)의 상태를 보다 정확하게 판단하여 마킹에 이용할 수가 있다.

IV. 시뮬레이션 및 결과분석

본장에서는 TSW 마킹 알고리즘과, 제안한 알고리즘에 대하여 예약크기에 따른 처리율의 편차를 비교하기 위하여 시뮬레이션을 수행하였다.

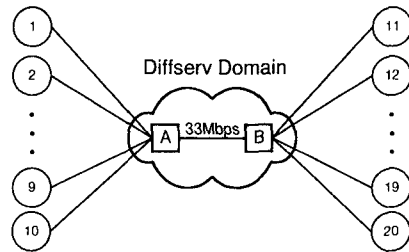


그림 5. 모의실험을 위한 네트워크 구성

시뮬레이션은 그림 5에 나타난 네트워크 구성도를 기본으로 하였으며, 10개의 호스트는 5개의 소그룹으로 구성하여 같은 그룹에 속한 호스트는 표2에 나타낸것과 같이 동일한 예약대역폭을 갖게하였다. 각 호스트는 상대방의 호스트와 각각TCP Reno로 연결하였으며, 각 flow의 RTT는 20msec로 지정하였고, 경계 라우터의 큐 관리 알고리즘은 RIO를 사용하였다.

시뮬레이션 수행에 사용된 패킷의 크기는 1000Byte로 하였으며, 경계 라우터의 RIO 파라미터는 표 1에 제시하였다.

TSW의 Win_length는 1sec을 주었으며 제안한 알고리즘의 Win_length는 Short-term Win_length를 0.3sec, Long-term Win_length를 1.2sec을 주었다. 제안된 알고리즘의 SIR(Short-term committed information rate)는 식 (1)과 같이 각 흐름의 예약전송률에 상수를 곱하여 설정하였으며, 본 논문에서는 일차적으로 상수 값을 2.0으로 설정하였다.

$$SIR = LIR(R_T) * SIR \text{ factor} \dots\dots\dots (1)$$

시뮬레이션은 30초 동안 실행하였으며, 패킷의 처

리율은 TCP가 안정상태에 도달한 시뮬레이션 시작 후 5초부터 25초간 측정하였다. 시뮬레이션의 결과를 표2에 정리하였다.

표 1. RIO 파라미터 값

TSW, RIO(2 drop)			
IN		OUT	
Min _{th}	64	Min _{th}	32
Max _{th}	128	Max _{th}	64
P _{drop}	0.02	P _{drop}	0.2

TS2W3C, RIO(3 drop)					
Green		Yellow		Red	
Min _{th}	64	Min _{th}	48	Min _{th}	32
Max _{th}	128	Max _{th}	96	Max _{th}	64
P _{drop}	0.02	P _{drop}	0.13	P _{drop}	0.2

표 2. 성취된 처리율(단위:Mbps)

flcw	예약 전송률	목표 전송률	처리율(Throughput)	
			TS2W3C	TSW
1	1	1.3	1.40000	1.73088
2	1	1.3	1.25248	1.63552
3	2	2.3	2.24000	2.13152
4	2	2.3	2.04960	2.34496
5	3	3.3	2.95072	3.05472
6	3	3.3	3.13504	3.24096
7	4	4.3	4.19520	4.15968
8	4	4.3	4.19616	3.94848
9	5	5.3	5.37536	4.90848
10	5	5.3	5.49248	5.11712
합계	30	33	32.25824	32.27232

표 2의 결과를 분석해보면 TSW 알고리즘의 경우 예약 전송률 크기에 따른 처리율의 편향현상이 크게 나타난 반면, 새로 제안한 알고리즘의 경우 예약 전송률 크기에 따른 처리율의 편향현상이 줄어들어 비교적 공평성이 향상되었음을 알 수 있다.

그림 6에는 흐름별 처리율의 비교그래프를, 그리고 그림 7에는 식(2)에 나타난 각 플로우별 목표 전송률에 대한 처리율을 도달비율로 나타내었다. 그림 6과 그림 7을 분석해 보면 제안한 알고리즘을 사용한 노드들에서 대역폭의 편향현상이 줄어들었음을 알 수 있다.

$$\text{도달비율} = \text{처리율} / \text{목표전송률} \quad \dots (2)$$

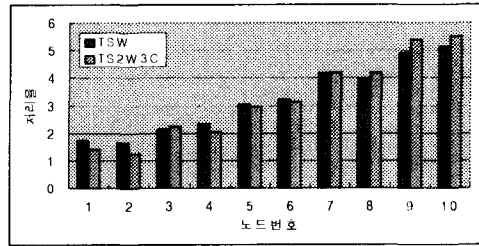


그림 6. TSW와 TS2W3C 알고리즘의 흐름별 처리율 비교

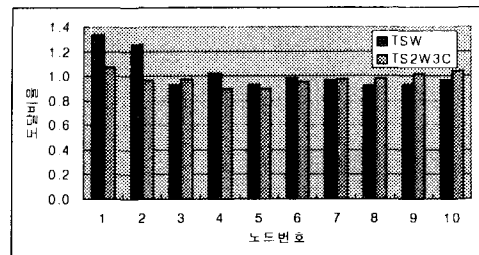


그림 7. TS2W3C와 TSW의 목표전송률에 대한 도달 비율 비교

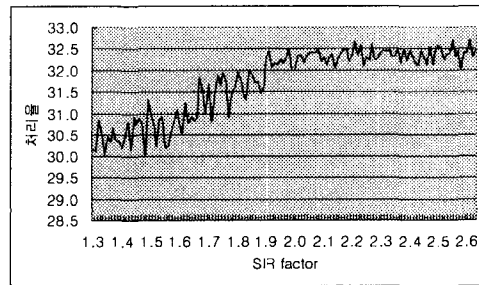


그림 8. SIR factor에 따른 처리율

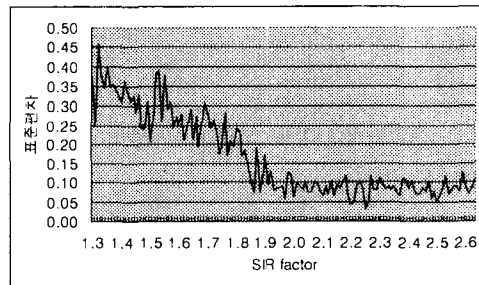


그림 9. SIR factor에 따른 목표전송률에 대한 노드별 도달비율의 표준편차

그림 8과 그림 9는 제안한 알고리즘에서 최적의 SIR factor를 찾기 위해 SIR factor를 1.33부터 2.66

까지 변화시키면서 처리율 및 목표 전송률에 대한 흐름별 도달비율의 표준편차를 나타낸 것으로 SIR factor의 값이 1.9 이상에서 처리율 및 흐름별 도달 비율의 표준편차가 비교적 안정적인 상태로 접어드는 현상을 발견 할 수 있었다.

V. 결론

최근 인터넷 사용자의 증가와 서비스의 다양화 그리고 고속 인터넷 액세스 기술의 발달에 따라 인터넷에 유입되는 트래픽의 양이 날로 증가하고 있다. 이러한 환경 하에서 차별화 된 서비스를 보장하기 위해서는 고객들의 계약조건에 따른 자원의 공정한 할당이 중요하다 할 수 있다. 본 논문은 TSW 알고리즘을 기반으로 하여 차별서비스 네트워크에서 자원의 공정한 할당을 위해 새로운 알고리즘을 제안 하였다. 제안된 알고리즘은 TSW의 window를 2개를 사용하여, TSW에서 Win_length의 크기에 따른 편향적인 정보성향에서 벗어나 순간적인 트래픽의 변화와 일정한 기간동안의 평균 전송률을 같이 관리함으로써 패킷을 마킹할때 보다 정확한 정보를 가지고 마킹 할 수 있도록 하였다. ns-2를 이용한 시뮬레이션을 통해 분석한 결과, 본 논문에서 제안한 방법이 자원의 공정한 할당측면에서 비교적 좋은 성능을 가지는 것으로 나타났다. 향후 네트워크 부하 정도에 따른 SIR factor의 결정에 관한 연구가 필요하며, 다양한 네트워크 구조 및 트래픽 소스에 대한 성능평가 그리고 상이한 RTT 및 UDP 소스가 포함된 환경에 대해서도 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] S. Blake, et al., An Architecture for Differentiated Services, Internet RFC 2475, DEC. 1998.
- [2] D. Clark, W. Fang, "Explicit Allocation of Best Effort Packet Delivery Service", ACM Transactions on Networking, Aug., 1998.
- [3] N. Seddigh, et al., Bandwidth Assurance Issues for Tcp flows in a Differentiated Services Network, Globecom '99, Dec., 1999.
- [4] Network simulator(Ns), University of California at Berkeley, CA, 1997. Available via <http://www-nrg.ee.lbl.gov/ns/>
- [5] J. Heinanen, R. Guerin, "A Two Rate Three Color Marker", Internet RFC 2698, September. 1999.