

# UBR 서비스상의 TCP 트래픽 성능향상을 위한 Cell Discarding 방법

박근호, 양형규, 이병호  
한양대학교 전자통신전파공학과  
0345)400-4045/Fax:0345)416-8847

## Fair Packet Discarding for Improving Performance of TCP Traffic in UBR Service

Keun Ho Park, Hyung Kyu Yang, Byung Ho Rhee  
Dept. of Electronic Communication & Radio Engineering, Hanyang Univ.  
e-mail : khpark@scann.hanyang.ac.kr

### Abstract

The issue of supporting TCP traffic over ATM networks is currently one of the most important issues in the field of data networks. One important part of this issue is congestion control. In general, congestion control uses method such as packet drop to relieve network resource when the network is congested so as to maintain high throughput and low delay. In addition, congestion control is required to ensure fair sharing of resources among all users during congestion.

In this paper we propose a new congestion control method using WRED & per-VC accounting mechanism. This packet discard scheme is proposed with the goal to provide both good performance in terms of throughput and fairness in terms of bandwidth exploitation of the output link among all virtual circuits.

### I. 서론

초고속통신의 실현과 다양한 멀티미디어 서비스를 위한

해결책으로 ATM이 널리 사용되고 있다. 이러한 다양한 서비스 중에서 현재 TCP(Transmission Control Protocol)는 데이터를 전송하기 위한 전송프로토콜로 가장 많이 사용되고 있다. TCP 트래픽이 ATM(Asynchronous Transfer Mode)망 위에서 동작하기 위해 ATM 망의 비실시간용 서비스인 UBR(Unspecified Bit Rate)서비스를 이용하게 된다.[1][2] 그러나 기존의 TCP 트래픽이 ATM망에서 제공되는 비실시간용 서비스인 UBR에 적용될 경우 ATM-UBR 제어방식과 TCP 흐름제어 사이의 서로 다른 동작 때문에 망의 처리율과 공정성의 성능 저하를 가져온다.[3]

TCP에서는 혼잡제어를 위해 종단간 window based control을 사용하고 있고, ATM망에서 제공하는 UBR서비스는 명백한 혼잡제어 메커니즘이 없이 혼잡이 발생할 경우 버퍼에서 셀의 폐기에 의해서 congestion control을 수행한다. 그러나 TCP 트래픽이 제한된 버퍼를 가진 ATM 교환기 위에서 동작할 경우 하나의 셀 손실은 TCP 층의 패킷 손실로 이어진다. 이는 망에서 매우 낮은 처리율과 공정성으로 이어져 확실한 QoS(Quality of Service)의 보장이 어렵다.

이런 단점을 보완하기 위한 다양한 셀 폐기 정책이 연구되어지고 있다. EPD(Early Packet Discard)의 경우 미리 정해진 버퍼의 임계점을 설정하고 이 임계점을 초과하게 되면 새로 들어온 패킷의 첫 셀을 찾아 해당 패

킷진체를 폐기하는 방법으로 불완전한 패킷의 전송을 방지하여 높은 처리율을 나타내지만 공정성을 보장하는 방법은 제시하지 못한다. 또한 TCP 트래픽이 UBR서비스를 이용하기 위해서 ATM 스위치는 버퍼의 오버플로우를 방지하기 위해 충분한 버퍼를 가져야만 한다. 그러나 버퍼의 용량이 커짐에 따라 packet의 line propagation delay보다 버퍼를 통과하면서 겪게되는 큐잉지연이 전체 패킷의 처리율에 매우 큰 영향을 미치게 된다.[4] 이러한 단점을 보완하기 위해서 스위치의 버퍼관리를 통한 체증회피를 수행하는 방식으로 RED가 있다.[5][6] RED는 최소 임계점과 최대 임계점을 설정하여 버퍼의 상태가 최소 임계점 이하일 경우 셀 폐기를 수행하지 않고 버퍼의 상태가 최소 임계점과 최대 임계점 사이에 있을 경우에 주어진 확률에 의해 셀을 폐기하며 최대임계점을 초과할 경우 모든 셀에 대해 폐기를 수행한다. 이때 주어진 확률은 평균 큐의 크기와 패킷의 크기에 의한 함수이므로 패킷 크기가 클수록 Drop Probability가 증가하게 된다. 이에 따라 버스트 트래픽에 대한 불공정한 불이익이 발생하게되어 비교적 적은 트래픽인 TELNET 등의 패킷보다는 트래픽이 큰 FTP 같은 패킷이 쉽게 폐기되어지는 단점을 가진다.

또한 최근 들어 네트워크 게임, 오디오, 비디오 등의 사용자가 증가하면서 전송계층프로토콜로 UDP를 사용하는 트래픽이 급속히 증가하고 있다. 이들 정보원은 네트워크의 상태를 고려하지 않고 계속적으로 트래픽을 생성하여 네트워크에 보냄으로써 TCP의 흐름제어를 수행하는 cooperative한 사용자의 성능에 큰 영향을 미친다.[7] 본 논문에서는 위에 언급된 TCP over ATM-UBR망에서의 여러 가지 문제를 해결하기 위해, per-VC accounting 메카니즘을 통해 얻은 망의 정보를 이용하여 차별적인 RED를 수행하는 새로운 셀 폐기방법을 제시하고, 처리율과 공정성 관점에서 기존에 연구되어진 알고리즘과의 시뮬레이션에 의한 성능분석을 하였다.

본 논문의 구성은 1장 서론에 이어 2장에서 WRED 알고리즘과 per-VC 메카니즘을 소개하고, 3장에서는 새로 제안한 셀 폐기방법에 대해 서술하였다. 4장에서는 시뮬레이션 환경 및 결과를 서술하고 5장에서는 논문의 결론을 서술하였다.

## II. WRED알고리즘과 per-VC accounting 메카니즘

### 1. WRED 알고리즘

WRED(Weighted RED)알고리즘은 가중치가 서로 다른

트래픽이 혼합된 경우 가중치에 따라 차별적으로 처리하기 위해 공정한 스케줄링과 결합한 방법으로 버퍼가 차지 않았을 경우 WRED는 작동하지 않으며, 큐가 포화상태일 경우 패킷의 우선 순위에 따라 폐기하는 방법이다. 즉 WRED는 IP precedence비트에 의해 구분되는 트래픽에 대해서 별도의 RED큐를 운영하며 각 큐에 대해서 다른 RED 파라미터를 적용한다. 따라서 WRED는 RED의 능동적인 라우터 큐 관리에 의한 체증 제어와 함께 트래픽 클래스 간의 우선 순위에 따라 패킷의 폐기를 차별화 하는 RED의 확장된 시도라고 볼 수 있다. 망의 폭주상황에서 다양한 유형의 트래픽이 혼합되어 있는 경우 프리미엄 트래픽에 대한 폐기가 차별적으로 발생하도록 파라미터 값을 설정하는 방법으로는 트래픽의 등급에 따라 서로 다른 확률을 적용하는 방법과 등급에 따라 서로 다른 임계점을 설정함으로써 낮은 등급의 트래픽이 보다 먼저 폐기되도록 설정하는 방법이 있다. 그러나 현재의 TCP트래픽에 우선 순위를 부여하기에는 여러 가지 문제점이 있기 때문에 본 논문에서는 다음절에 소개되어 있는 per-VC accounting 메카니즘을 통한 망 사용 정보에 의해 공정성을 위배하는 트래픽에 보다 낮은 최소임계점을 적용함으로써 차별적인 패킷 폐기방법을 제시하였다.

### 2. per-VC accounting

per-VC accounting 메카니즘은[8] 효과적으로 TCP 트래픽에서의 공정성을 파악 할 수 있는 방법이다. 버퍼내의 각각의 VC로부터 온 셀의 숫자를 계산하여 각각의 VC가 현재 사용하고 있는 버퍼의 양의 정보를 가지고 각각의 VC의 현재 상태를 파악 할 수 있다. 만약 버퍼안에 하나의 셀이라도 존재한다면 해당 VC가 active한 상태임을 나타낸다. 현재 각각의 VC가 사용하고 있는 버퍼 양에 대한 정보는 다음과 같은 방법으로 계산되어진다.

the buffer occupancy : X

the number of active VCs : Na

Fair allocation = X/Na

버퍼 내에 하나의 VC에 속한 셀의 숫자의 비는 해당 VC가 버퍼에 얼마나 많은 양을 overload 시켰는지를 알려준다.

Load Ratio of VC<sub>i</sub> = (Number of Cells from VC<sub>i</sub>) / (Fair allocation)

$$= Y_i * Na / X$$

where Y<sub>i</sub> : Number of Cells from VC<sub>i</sub>

만약 여기서 Load Ratio of VC<sub>i</sub>의 값이 1을 초과한다면 그 해당 VC는 다른 VC에 비해 보다 많은 resource를 사용하고 있는 상태임을 알려준다.

### III. 변형된 WRED을 이용한 Packet Discard

RED 알고리즘을 ATM 스위치에 적용하기 위한 방법으로는 C-RED(Cell based RED)와 P-RED(Packet based RED)이 있다. 서론에서 기술한 바와 같이 TCP 트래픽이 ATM-UBR 서비스를 이용할 경우 하나의 셀 패기에 의해 불완전한 패킷의 종단간의 전달로 자원의 낭비를 초래하게 된다. 이러한 단점을 보완하기 위해 본 논문에서는 기본적으로 EPD와 RED 결합된 형태의 P-RED를 사용하였다.[9] 망의 공정성을 제공하기 위한 차별적인 패킷 폐기를 위해 사용자를 cooperative한 사용자와 uncooperative한 사용자로 구분해야만 한다. 이는 앞 절에서 설명한 per-VC accounting 메커니즘에 의해 Load Ratio of VC의 값이 1을 초과하여 사용하는 VC에 해당 사용자를 uncooperative 사용자로, 1미만을 사용하고 있는 VC에 해당하는 사용자를 cooperative한 사용자로 규정하였다. 이에 따라 uncooperative한 사용자에 대하여 보다 낮은 RED 최소 임계점을 설정하고, cooperative한 사용자에 대해서는 보다 높은 최소 임계점을 설정함으로써, uncooperative한 사용자가 보다 빨리 패킷 폐기영역에 접근하도록 유도함으로써 cooperative한 사용자의 패킷을 보장하는 한편 공정성을 위배하는 사용자의 패킷을 폐기, 망의 공정성을 보장할 수 있게 된다.

### IV. 시뮬레이션 환경 및 결과

#### 1. 시뮬레이션 환경

본 논문에서는 TCP 트래픽의 ATM-UBR 서비스 상에서의 성능 분석을 위하여 그림 1. 과 같이 4개의 source에서 하나의 ATM 스위치를 거쳐 하나의 destination으로 데이터가 전송되는 단방향의 비교적 간단한 망에서 시뮬레이션을 수행하였다.

서로 다른 타입의 사용자(cooperative & uncooperative)의 성능 비교를 위하여 cooperative source는 TCP의 adaptive window flow control에 따라 전송하며, congestion의 영향으로 패킷이 폐기되었을 경우 재전송을 수행하며 최대 윈도우의 크기는 64KB로 하였다. Uncooperative source는 망의 상태에 상관없이 연속적으로 패킷을 전송하며 아무런 flow control 수행하지 않는다. 이때 각각의 노드간의 propagation delay는 0.5 ms로 하고 각 link의 용량은 155Mbps로 하였다.

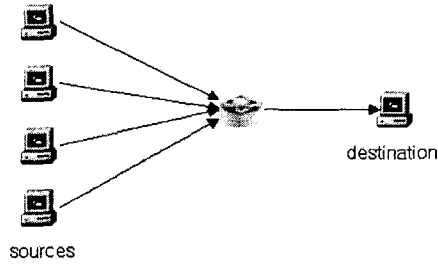


그림1. Network model

RED에 대한 파라미터는 표 1.과 같다.

	$w_q$	$max_p$	$max_{th}$	$min_{th}$
cooperative source	0.002	0.02	3500 cells	1000 cells
uncooperative source	0.002	0.02	3500 cells	400 cells

표 1. RED parameter (Buffer size : 4000 cells)

#### 2. 시뮬레이션 결과.

앞 절에서 기술한 시뮬레이션 환경에 본 논문에서 제안한 패킷 폐기방법의 서로 다른 타입의 사용자에 대한 성능 분석을 위해 3개의 cooperative source와 1개의 uncooperative source를 설정하였다. 표 2.는 제안된 셀 폐기방법을 사용한 경우(WRED)와 기존의 알고리즘(no WRED)을 사용한 경우에 대해서 서로 다른 타입의 사용자의 normalized goodput을 비교한 결과이다. 전체 처리율에 있어서 두 방식 모두가 급격한 감소 없이 좋은 성능을 보여주고 있다.

packet size	1024		4096		8192	
	WRED	no WRED	WRED	no WRED	WRED	no WRED
Cooperative	0.7233	0.5874	0.7903	0.5811	0.7131	0.5803
Uncooperative	0.2658	0.3812	0.1964	0.3235	0.2747	0.2635
Total	0.9891	0.9686	0.9867	0.9046	0.9878	0.8438

표 2. Goodput

그러나 그림 2. 에서와 같이 공정성 면에서 기존의 알고리즘의 경우 cooperative 사용자의 평균 goodput은 ideal value인 25%에 훨씬 못치는 17%정도를 나타낸다. 이는 uncooperative 사용자의 공격적인 패킷 전송으로 인한 것으로 망 이용의 공정성 크게 떨어트리고 있으며 특히 패킷의 크기가 큰 경우에는 uncooperative 사용자가 발생시킨 혼잡에 의해 자신의 goodput마저도 급격히 감소하는 것을 보여준다.

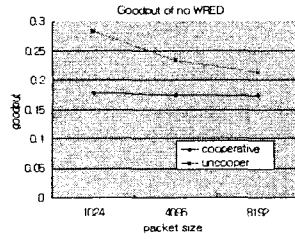


그림 2. Goodput without WRED

반면 제안된 패킷 폐기 방법을 사용한 경우는 그림 3. 에서와 같이 cooperative 사용자의 평균 goodput은 거의 ideal value인 25%에 근사하게 나타나는 것을 볼 수 있지만 uncooperative 사용자는 패킷의 크기가 커질수록 goodput이 점점 나빠져 나타나는 것을 볼 수 있다. 이는 혼잡 발생시 혼잡을 야기한 uncooperative 사용자에게는 cooperative 사용자보다 먼저 패킷 폐기 영역에 들어가게 함으로서 uncooperative 사용자의 패킷을 우선 폐기 하여 cooperative 사용자의 망 이용의 공정성을 보장해 주는 것이다.

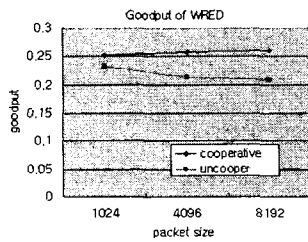


그림 3. Goodput with WRED

## V. 결론 및 추후연구

본 논문에서는 변형된 WRED를 이용하여 망 이용의 공정성을 보장하기 위한 차별적인 패킷 폐기 방법을 제안하였다. 기본적으로 RED+EPD를 사용함으로써 버퍼에서의 큐잉지연을 감소시키고 불완전한 패킷의 종단간의 전송을 막아 자원의 낭비를 막을 수 있었으며, 사용자 타입에 따른 차별적인 패킷 폐기에 의해 cooperative 사용자의 망 이용의 공정성을 보장 할 수 있음을 보여주었다. RED의 성능은 RED의 4가지 파라미터를 어떻게 결정하는가에 따라 중대한 영향을 받는다.

추후 연구로는 본 논문에서 제안한 변형된 WRED의 파라미터의 특성분석과 시뮬레이션을 통해 알고리즘을 최적화 하도록 하겠다.

## 참고문헌

- [1] ATM Forum "Traffic Management Specification Version 4.0" AF-TM-0056, ATM Forum Technical Committee, April 96.
- [2] A. Romanow and S. Floyd, "Dynamics of TCP Traffic over ATM Networks", IEEE Journal on selected area In Communications, May, 1995.
- [3] S. Chan "Throughput performance at upper layer in ATM networks with fairness discarding", in Proc. Regional Int. Teletraffic Seminar, 1995
- [4] S. NAGATA, "An analysis of the impact of suspending cell discarding in TCP-over-ATM", IEEE INFOCOM2000, 2000.
- [5] S. Floyd and V. Jacobson, "Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance", IEEE/ACM Transactions on Networking, 1(4):397-413, 1993
- [6] D. Lin and R. Morris, "Dynamics of Random Early Detection", Proc. of ACM SIGCOMM, September 1997
- [7] 정중명, "TCP/IP 네트워크에서 폭주 제어", 정보통신연구 제14권 제1호, 2000.03
- [8] J.Heinane and K. Kilkki, "A Fair buffer allocation scheme", unpublished manuscript
- [9] O. Elloumi and H. Afifi, "Improving RED Algorithm Performance in ATM Networks", 1997IEEE, 1997