

論文2002-39TC-7-3

ATM 네트워크에서 TCP/IP 트래픽을 서비스하기 위한 새로운 버퍼관리 알고리즘

(A New Buffer Management Algorithm to Support TCP/IP Traffic over ATM Network)

金觀雄*, 裴晟桓**, 田炳實***

(Kwan-Woong Kim, Sung-Hwan Bae, and Byoung-Sil Chon)

요 약

ATM Forum에서 best-effort 트래픽을 서비스하기 위해서 GFR(Guaranteed Frame Rate) 서비스 클래스를 제안했다. GFR 서비스는 VC에 최소 셀 전송율을 제공하고 남은 잉여대역을 연결된 VC에 공평히 할당하도록 설계되었다. 본 논문에서는 FIFO 기반의 버퍼관리 알고리즘을 제안한다. 제안한 버퍼관리 알고리즘은 GFR VC의 최소 셀 전송율을 보장할 수 있으며, 높은 공평성을 제공할 수 있다. 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 통해 제안된 알고리즘이 네트워크 수율을 높이며 GFR의 QoS(Quality of Service)를 충족함을 보였다.

Abstract

The Guaranteed Frame Rate service category was proposed by the ATM Forum as an enhancement to the UBR service. This service aims to support minimum cell rate guarantee for each virtual connection and allow any excess bandwidth in the network to be shared among the contending VCs in a fair manner. We propose a new buffer management algorithm for GFR service through FIFO queuing discipline. Proposed scheme can provide minimum bandwidth guarantee for GFR VCs as well as improve the fairness among the competing GFR VCs on a single FIFO queue. From simulation results, we demonstrate the proposed scheme fulfills the requirement of GFR service as well as improves the TCP throughput.

Keywords : GFR, Buffer management, TCP/IP

* 正會員, 全北大學校 電子工學科

(Dept. of Electronic Eng., Chonbuk Nat'l Univ.)

** 正會員, 漢麗大學校 멀티미디어情報通信工學科

(Dept. of Multimedia, Information and Telecommunication Eng., Hanlyo Univ.)

*** 正會員, 全北大學校 工科大學 電子情報工學部

(Division of Electronic and Information Eng., Chonbuk Nat'l Univ.)

接受日字:2002年3月21日, 수정완료일:2002年6月17日

I. 서 론

최근 수년간 인터넷의 성공적인 보급으로 초고속 통신망에서 TCP/IP 데이터가 급격히 증가하여 기존 통신망의 제한된 대역폭 문제가 심각하게 대두되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 ATM을 백본 네트워크로 사용하여 대역폭을 확장하려는 사례가 늘고 있다.

연결 지향 네트워크인 ATM에서 TCP/IP와 같은 "best-effort" 트래픽 서비스를 위한 클래스로 UBR(Unspecified Bit Rate)과 GFR이 사용된다. UBR은

“best-effort” 서비스이기 때문에 다른 서비스가 사용하고 남은 잉여 자원이 부족할 경우에 원하는 서비스 품질을 얻기가 불가능하다. 이에 따른 문제를 해결하기 위해 프레임 기반의 트래픽을 ATM 네트워크를 통해 전송하기 위해서 ATM 포럼에서는 새로운 ATM 계층 서비스로 GFR 서비스를 제시했다^[1].

GFR 서비스는 프레임 기반의 비 실시간 어플리케이션 서비스를 위하여 제안되었으며 각 VC(Virtual Connection)에 대역폭을 예약할 수 있도록 허용하고 UBR 서비스와 같이 프레임 기반의 “best-effort” 트래픽을 지원한다. 그러나 UBR 서비스와 가장 큰 차이점은 VC에 MCR(Minimum Cell Rate)를 할당하여 최소 전송율을 보장한다. 응용 계층으로부터 전달된 프레임 데이터에 대하여 프레임이 최대 프레임 크기(MFS: Maximum Frame Size)와 최대 버스트 크기(MBS: Maximum Burst Size)를 넘지 않을 경우에 MCR을 보장받아야 한다. 그리고 MCR 또는 MFS, MBS를 초과하여 전달된 프레임에 대해서는 MCR만을 보장하며 초과된 트래픽에 대해서는 가용 자원이 있을 경우, 각 사용자에게 공평히 나누어 전송하도록 정의하고 있다^[1].

GFR에서 ATM 셀의 CLP(Cell Loss Priority) 비트는 특별한 의미를 지닌다. ATM 셀이 네트워크에 진입하기 전에 VC에 할당된 MCR에 적합한 프레임과 부적합한 프레임을 구분하기 위해 셀에 태깅(Tagging) 통해, 부적합 프레임에 속한 모든 셀의 CLP 비트를 1로 설정한다. CLP = 1인 AAL5-PDU(Protocol Data Unit)는 이미 계약한 QoS를 위반한 것으로 간주한다. 따라서 버퍼관리에서 CLP = 0인 셀이 CLP = 1인 셀보다 우선적으로 버퍼에 받아들인다. 태깅 방법은 네트워크에 폭주가 발생하면 부적합한 프레임을 먼저 폐기함으로써 폭주상황을 회피하고 가용 대역할당에 있어서 공평성을 향상시키는 데 사용될 수 있다.

GFR 서비스를 지원하기 위해서는 기본적으로 태깅, 버퍼관리, 스케줄링의 구성 요소가 필요하다. 태깅은 MCR을 보장하기 위해 프레임 단위로 순응검사를 수행을 담당하며, 프레임이 네트워크에 진입하기 전에 UNI(User Network Interface)에서 Frame-Generic Cell Rate Algorithm(F-GCRA)에 의해 수행된다. F-GCRA는 VBR(Variable Bit Rate) 서비스 클래스의 GCRA를 프레임 기반으로 보안한 것으로 AAL5-PDU가 MBS와 MCR에 적합성 여부를 구별한다.

버퍼 관리는 네트워크 스위치의 버퍼에 프레임 저장

을 제어하는 것으로 폭주상황을 예방하고 버퍼 점유율을 조절함으로써 네트워크의 수율과 공평성을 제공하는 데 중요한 역할을 한다. 버퍼 관리는 버퍼 구현방식과 패킷 폐기방식으로 이루어진다. 버퍼 구현방식은 공유버퍼방식^[2]과 각 연결당 논리적인 버퍼를 제공하는 perVC 큐잉방식^[2]이 있으며, 패킷폐기 방식은 EPD(Early Packet Discard)^[3], PPD(Partial Packet Discard)^[3], RED(Random Early Detection)^[4], Double-EPD^[5], WFBA(Weighted Fair Buffer Allocation)^[6], DFBA(Differential Fair Buffer Allocation)^[7] 방식이 있다.

스케줄링은 연결된 VC들에 저장된 셀의 전송 순서를 결정하여 순서에 따라 셀을 전송하는 것으로 이를 담당하는 스케줄러는 버퍼에 저장된 데이터의 전송을 담당하며, GFR 서비스를 위해서 모든 연결된 VC에 대해 MCR과 공평성을 제공해야 한다. 스케줄링 알고리즘으로 WRR(Weighted Round Robin)^[8] 방식과 WFQ(Weight Fair Queuing)^[9] 방식이 있다.

GFR 서비스가 요구하는 최소 전송율 보장과 공평성을 제공하기 위해서는 태깅, 버퍼관리, 스케줄링의 원활한 연동이 필수적이나 기존의 버퍼관리 알고리즘^[3-7]은 TCP 트래픽의 “burstness” 특성으로 인해 CLP = 0인 AAL5-PDU의 손실 없는 전송만으로는 GFR이 요구하는 최소 전송율 보장과 높은 공평성을 제공하기 어렵다. 특히 연결된 VC가 단일 버퍼를 공유하는 공유버퍼 방식에서는 VC별로 전송율을 제어할 수 없고, TCP의 흐름제어알고리즘이 RTT(Round-Trip Time)나 패킷의 최대 크기에 따라 성능에 큰 영향을 미치므로 연결된 모든 GFR VC가 요구하는 최소 전송율을 보장하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 VC의 MCR을 보장하고 높은 공평성을 제공할 수 있는 새로운 버퍼관리 알고리즘을 제안하고 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 성능을 평가하였다.

II. GFR의 버퍼관리 알고리즘

GFR을 통해 TCP/IP와 같은 “best-effort” 트래픽 서비스를 위해 MCR을 보장하고 공평성을 제공하기 위한 버퍼관리 알고리즘으로 EPD, PPD, RED, WFBA, Double-EPD, DFBA 등이 제안되었다.

1. Double-EPD

Double-EPD 방식은 태깅을 사용하는 FIFO 기반의

단순한 매커니즘이다. 이 방식은 단일 버퍼를 두 개의 임계치 LBO(Low Buffer Occupancy)와 HBO(High Buffer Occupancy)를 사용하여 논리적인 3가지 부분으로 나눈다. HBO는 기존의 EPD의 임계치와 같이 버퍼내의 CLP = 0인 AAL5-PDU의 개수를 제한한다. LBO는 버퍼내의 CLP = 1인 AAL5-PDU의 양을 제한하는 데 사용한다. 버퍼의 셀 점유량이 낮은 임계치 LBO 이하이면 모든 셀은 수용되며 버퍼의 사용율과 네트워크의 수율이 증가된다. 셀 점유량이 LBO 이상이 되고 HBO 이하이면 새로 도착하는 대기된 프레임은 폐기된다. 버퍼 점유량이 HBO 이상이면 새로 도착하는 모든 프레임은 폐기되고 이미 수용된 프레임에 속한 셀만 받아들인다. 그림 1은 Double-EPD의 프레임 폐기 방식을 보여준다.

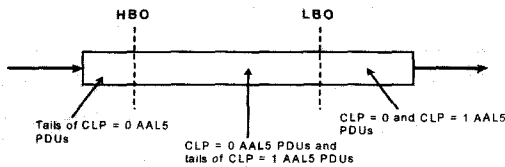


그림 1. Double-EPD의 프레임 폐기 알고리즘
Fig. 1. Frame dropping algorithm of Double-EPD.

2. DFBA

DFBA는 R.Goyal에 의해 ATM GFR 서비스를 위해 제안된 방식이다. 이 방식은 perVC-accounting 기반으로 VC의 MCR을 보장한다. Double-EPD 방식과 같이 두 개의 전역 임계치 LBO와 HBO를 사용하며, 각 VC에 임계치를 할당하여 VC의 버퍼 점유율에 따라서 식 (1)과 같은 확률에 따라 패킷 폐기를 수행한다.

$$P\{drop\} = Z_i \left(\alpha \frac{X_i - X \times W_i / W}{X(1 - W_i / W)} + (1 - \alpha) \frac{X - LBO}{HBO - LBO} \right) \quad (1)$$

여기서

W_i : i -번째 VC의 MCR을 GFR 대역으로 나눈 값

W : W_i 을 합한 MCR의 총합

Z_i : 스케일링 요소(scaling factor)

α : 비중을 조절하기 위한 요소

X_i : i -번째 VC의 버퍼 점유율

X : 전체 버퍼의 셀점유율

전체 버퍼점유율 X 가 LBO와 HBO 사이에 있을 때 VC의 점유율 X_i 가 VC의 임계치 $W_i / W \times X$ 보다 크면 $CLP = 1$ 인 AAL5-PDU는 폐기되고 $CLP = 0$ 인 AAL5-PDU는 식 (1)과 같은 확률에 따라 폐기된다.

DFBA는 이전에 제안된 GFR 구현 방식과 많은 면에서 다른 특징을 보여준다. VC의 MCR에 따라 버퍼의 공간을 할당하고 $CLP = 0$ 인 PDU를 확률에 따라 폐기하여 Double-EPD에 비해 공평성이 향상되고 VC의 MCR을 보장할 수 있다. 그러나 이 방식은 GFR 트래픽 파라미터인 MBS를 고려하지 않는다. 이런 이유로 MBS보다 작은 버스트 트래픽이라도 상대적으로 높은 손실이 발생할 수 있다. 패킷 손실이 발생했을 때 트래픽 소스가 데이터 전송율을 줄인다는 가정을 기반으로 하고 있어 손실이 발생했을 때 전송율을 줄이지 않은 트래픽 소스의 경우 대역폭을 많이 점유할 수 있는 단점이 있다^[10].

III. 제안된 버퍼관리 알고리즘

본 논문에서는 TCP 트래픽의 버스트 특성으로 인하여 발생하는 기존의 버퍼관리 알고리즘의 단점을 보완하여 네트워크 수율을 높이며 높은 공평성을 제공하는 새로운 버퍼관리 알고리즘을 제안한다. 제안된 버퍼관리 알고리즘은 연결된 VC에 동적 임계치를 할당하고 VC의 서비스율을 측정한다. 동적 임계치는 전체 버퍼의 셀 점유량에 따른 VC의 할당된 버퍼공간이다. VC의 버퍼 점유량이 동적 임계치보다 클때 VC의 서비스율을 측정하여 할당된 대역보다 많은 서비스를 받은 VC의 패킷을 우선 폐기하여 할당된 대역보다 적은 서비스를 받은 VC의 버퍼 공간을 확보하여 공평하게 대역을 할당한다. 따라서 동적 임계치는 버퍼를 공유하는 VC의 버퍼 점유율을 조절함으로써 네트워크 효율을 향상시킬 수 있고 VC의 서비스율과 조합하여 패킷의 폐기 여부를 결정하여 TCP의 버스트 트래픽에 대하여 예약된 대역을 보장할 수 있으며 여분의 대역을 공정하게 할당하여 공평성을 향상한다.

1. 동적 VC 임계치

제안된 버퍼 관리 알고리즘은 Double-EPD와 같이 두 개의 전역 임계치 LBO와 HBO를 사용하며 버퍼의 공평한 할당을 위해서 VC에 동적 임계치를 할당한다. 동적 임계치는 전체 버퍼의 셀점유율에 따라 VC에 할당된

버퍼 공간으로 할당된 대역보다 많은 대역폭을 사용하는 VC의 버퍼 공간을 제한하여 공평성을 향상시키는데 사용하며 식 (2)와 같이 계산한다.

$$Th_i = w_i / C_{GFR} \times \min(\max(QT, LBO), HBO) \quad (2)$$

여기서 QT : 버퍼에 대기하고 있는 셀 수(버퍼 점유량)
 C_{GFR} : 출력 버퍼에서 GFR에 할당된 대역
 w_i : i -번째 VC의 가중치
 Th_i : i -번째 VC의 동적 임계치

w_i 는 i -번째 GFR VC의 가중치로서 GFR VC에 할당된 대역과 같으며 식 (3)과 같이 계산한다.

$$w_i = MCR_i + \frac{C_{GFR} - \sum_{j=1}^N MCR_j}{N} \quad (3)$$

여기서 N : GFR VC의 개수
 MCR_i : i -번째 GFR VC의 MCR

2. 서비스 율 측정

VC 서비스 율의 측정은 할당된 대역폭을 초과한 VC에 대해서 동적 VC 임계치와 결합하여 패킷폐기 결정에 사용된다. ATM 스위치에서 i -번째 VC의 서비스 율은 식 (4)과 같이 지수 평균(exponential average)방법으로 측정하며 AAL5-PDU의 첫 번째 셀이 도착할 때마다 측정이 이루어진다.

$$r_i = (1 - \alpha) \frac{l_i^k}{T_i^k} + \alpha \cdot r_i \quad (4)$$

여기서 r_i : i -번째 VC의 서비스 속도
 l_i^k : i -번째 VC에서 k 번째 AAL5-PDU의 크기
 T_i^k : i -번째 VC에서 k 번째 AAL5-PDU의 도착 간격
 α : 지수 가중치 ($0 < \alpha < 1$)

$\alpha = e^{-T_i^k/K}$ 인 지수 가중치로 설정하여 T_i^k 에 따라 α 이 변하게 된다. K 는 일반적으로 300-500 msec로 설정하여 실제 서비스 율에 근접하여 계산되도록 한다.

3. 패킷폐기 알고리즘

제안된 패킷폐기 알고리즘은 Double-EPD 방식과 같이 두 개의 전역 임계치 LBO와 HBO를 사용하며 VC의

동적 임계치와 서비스율을 측정하여 패킷 폐기를 결정한다. 공평한 서비스를 제공하기 위해서 기존의 알고리즘과 달리 전체 버퍼의 셀점유율이 LBO 이하인 경우에도 패킷을 폐기한다. 이는 LBO 이하에서 VC의 서비스 율에 따라 버퍼공간을 공평히 할당하여 LBO 이하일 때의 불공평성을 개선하기 위한 것이다. 그림 2에 제안된 패킷 폐기 알고리즘의 흐름도를 보인다.

제안된 패킷 폐기 알고리즘은 CLP = 1인 AAL5-PDU가 도착할 경우

- 경우 1: 전체 버퍼의 셀점유율이 LBO 이하일 때 GFR VC의 버퍼 점유율 Q 가 동적 임계치 Th_i 보다 크고, r_i/w_i 값이 Z 보다 크면 VC의 서비스 율이 할당된 대역을 초과했으므로 패킷은 폐기된다.
- 경우 2: 전체 버퍼의 셀점유율이 LBO 이상일 때 GFR VC의 버퍼 점유율 Q 가 동적 임계치 Th_i 보다 크면 패킷이 폐기된다.
- 경우 3: 전체 버퍼의 셀점유율이 HBO 이상일 때 심각한 폭주상태이므로 새로 도착하는 모든 패킷은 모두 폐기한다.

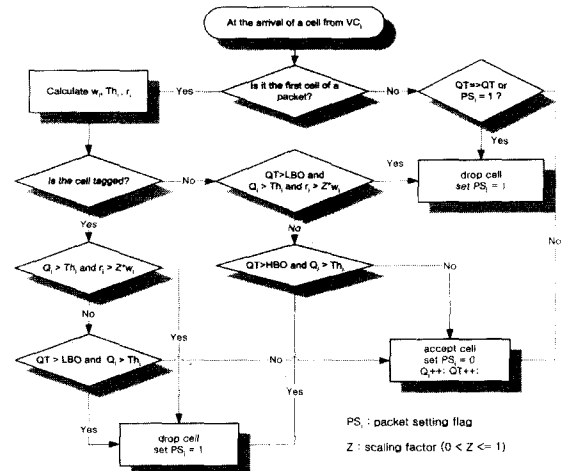


그림 2. 제안된 패킷 폐기 알고리즘의 흐름도
 Fig. 2. Flowchart of proposed packet dropping algorithm.

- CLP = 0인 프레임이 도착할 경우
- 경우 1: 전체 버퍼의 셀점유율이 LBO 이하이면 버퍼로 수용된다.
 - 경우 2: 전체 버퍼의 셀점유율이 LBO 이상이고 HBO 이하일 때 GFR VC의 버퍼 점유율 Q 가 동적 임계치 Th_i 보다 크고, r_i/w_i 값이 Z 보다 크면 해당 VC는

QoS를 위반한 것으로 간주되어 패킷은 폐기된다.

- 경우 3: 전체 버퍼의 셀점유율이 HBO 이상일 때 심각한 폭주상태이므로 새로 도착하는 모든 패킷은 모두 폐기한다.

여기서 Z는 스케일링 요소로써 1에 근접한 값으로 설정한다. Z가 1 보다 작으면, 패킷의 폐기가 미리 발생하므로 공평성이 향상되나 네트워크 효율이 저하되고, 1보다 크면 네트워크 효율이 향상되는 대신, 공평성이 저하될 수 있다.

IV. 시뮬레이션 및 성능평가

시뮬레이션에 사용된 네트워크는 일반적으로 GFR 성능평가에 사용되는 모델로서 IP 라우터가 ATM 스위치와 직접 연결된 peer-to-peer 구성으로, 두 대의 ATM 스위치에 각각 6대의 라우터가 결합된 네트워크로 그림 3과 같다. 각 라우터는 5개의 TCP가 연결되고 각 TCP는 greedy 소스로 무한 크기의 파일을 전송한다.

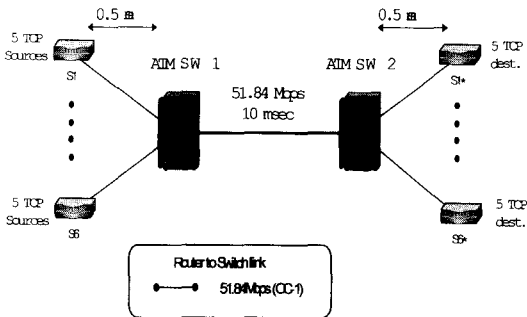


그림 3. 시뮬레이션 네트워크 모델
Fig. 3. Simulation network model.

TCP의 MSS(Maximum Segment Size)는 기본 960 byte로 20개의 ATM 셀을 이루며 TCP의 시뮬레이션 파라미터는 표 1과 같다. 송신원과 수신원은 CLP = 0인 패킷만 전송한다. 전송된 패킷은 UNI의 F-GCRA 테스트를 통해 태깅이 수행된다. 네트워크의 모든 링크는 SONET OC-1인 51.84 Mbps이며 ATM 스위치간의 지연은 10 msec이고, 라우터와 ATM 스위치간의 지연은 0.5 msec이다. 그림 3의 왼쪽에 위치한 라우터들의 TCP는 송신원이고, 오른쪽에 대응하는 라우터의 TCP는 수신원이다. 시뮬레이션에 사용된 TCP는 New Reno 버전으로, Slow-start, Congestion avoidance와 Fast-recovery, Fast-retransmit 알고리즘^[11]이 포함된다.

모든 GFR VC의 PCR(Peak Cell Rate)은 51.84 Mbps로 설정하고 MCR은 각각 2, 4, 6, 8, 10, 12 Mbps로 설정하였다. ATM 스위치의 버퍼용량은 8K 셀, HBO는 6K 셀이고 LBO는 2K 셀로 설정하여 시뮬레이션을 수행하였다.

표 1. TCP 파라미터
Table 1. TCP parameters.

Parameter	Value
Window Size	65,535 bytes
Retransmission Timer	50 msec
Maximum Segment Size	960 bytes
File size	infinite(∞)

GFR에서 TCP/IP 트래픽 서비스에 대한 중요한 성능평가의 기준은 TCP의 goodput과 공평성 지표(fairness index)이다. TCP의 goodput은 TCP 계층에서 수신한 패킷을 전송률로 환산한 측정값이고, 공평성 지표는 각 VC들 사이에 잉여 대역을 공평하게 사용하는지를 나타내는 척도로 잉여 대역을 나누는 방법에는 각 VC의 MCR에 비례해서 나누는 방법(Allocation proportional to MCR), 모든 VC에 똑같이 나누는 방법(MCR+equalshare)^[11] 등이 있고, 공평성 측정을 위해 식 (5)과 같이 공평성 지표를 계산한다.

$$fairness\ index = \frac{\left(\sum_{i=1}^N x_i / f_i\right)^2}{N \times \sum_{i=1}^N (x_i / f_i)^2} \quad (5)$$

여기서 x_i : VC_i의 수율, f_i : VC_i의 공평 할당량,

N: VC의 갯수

그림 4는 MCR에 따른 TCP goodput의 결과이다. Double-EPD와 DFBA의 경우, 낮은 MCR의 GFR VC가 좋은 goodput을 나타내고, 높은 MCR을 가지는 GFR VC는 상대적으로 나쁜 goodput을 보여주고 있다. 특히 MCR이 10M, 12Mbps인 GFR VC의 경우에는 MCR 이하의 goodput을 나타내어 높은 MCR이 할당된 VC의 경우 MCR을 보장하는데 실패했다. 반면에 제안된 알고리즘의 경우는 이상적인 goodput의 추이와 같은 그래프를 보여주어 GFR VC의 MCR를 보장했을 뿐 아니라 여분의 대역을 연결된 GFR VC에 공평하게 할당하므로 공평성이 향상됨을 알 수 있다.

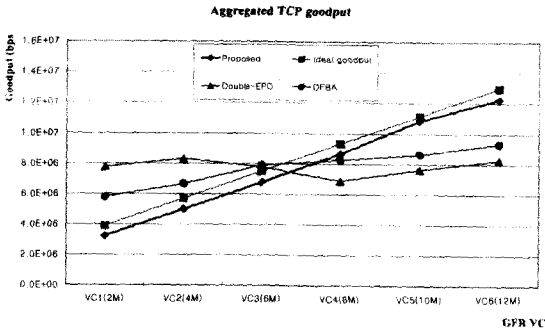


그림 4. TCP Goodput (LBO = 2K cell, HBO = 6K cell, Buffer size = 8K cell)
 Fig. 4. TCP Goodput (LBO = 2K cell, HBO = 6K cell, Buffer size = 8K cell).

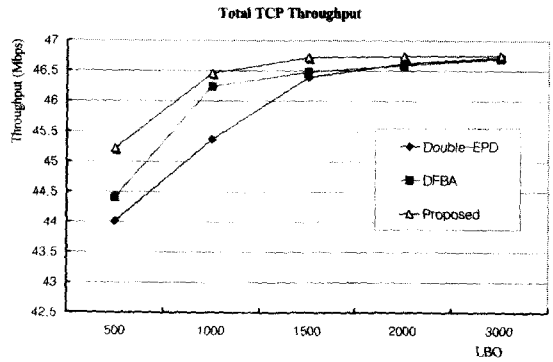


그림 5. LBO에 따른 전체 TCP goodput
 Fig. 5. Total TCP goodput with various LBO.

표 2. Double-EPD, DFBA, 제안된 알고리즘의 성능 결과

Table 2. Performance comparison with Double-EPD, DFBA, Proposed.

	Double-EPD	DFBA	Proposed
Fairness index	0.831762	0.937876	0.9972715
Total goodput	46.62 Mbps	46.59 Mbps	46.74 Mbps

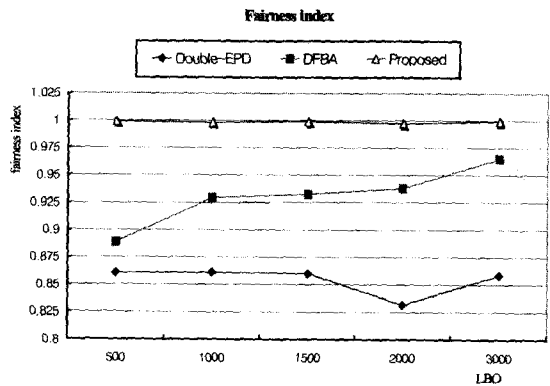


그림 6. LBO에 따른 공평성 지표
 Fig. 6. Fairness index with various LBO.

표 2는 TCP의 전체 goodput과 공평성 지표를 계산한 결과이다. DFBA는 Double-EPD보다 공평성에서는 우수한 성능을 보였으나 전체 goodput 측면에서는 Double-EPD보다 나쁜 결과를 보여준다. 제안된 알고리즘의 경우 Double-EPD와 DFBA보다 높은 전체 goodput을 나타내는데, 이는 CLP = 1인 패킷의 폐기를 분산하여 수행하므로 글로벌 동기화 현상을 어느 정도 피해서 goodput 성능이 개선되었다. 공평성 성능 면에서는 제안된 알고리즘이 0.9972715의 좋은 공평성을 나타내어 Double-EPD나 DFBA보다 월등히 개선되었다.

1. LBO가 성능에 미치는 영향

LBO 임계치가 성능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 LBO의 값을 500 셀부터 3K 셀까지 변화시키면서 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 5는 LBO에 따른 전체 TCP의 goodput의 성능을 보여준다. 세 방식 모두 LBO의 값이 클수록 TCP goodput이 향상된다. 제안된 알고리즘이 Double-EPD나 DFBA와 비교했을 때 항상 우수한 TCP goodput을 보여준다. 그림 6은 LBO에 따른 공평성 지표이다. Double-EPD의 경우에 LBO가 낮을수록 공평성이 좋으며 LBO가 증가할수록 공평성이 나빠진다.

DFBA경우 LBO가 높을수록 공평성과 전체 TCP goodput이 향상되나 버퍼 점유율이 LBO 이하일 때 버퍼할당이 공정하지 못하므로 공평성에서 개선해야 할 여지가 많이 있다. 반면 제안된 알고리즘을 적용했을 경우 LBO의 값에 관계없이 일정한 공평성을 보이며 Double-EPD나 DFBA보다 월등히 우수한 결과를 보인다.

2. 지연이 성능에 미치는 영향

GFR VC의 지연시간이 서로 다를 때 TCP 성능에 미치는 영향을 알아보기 위해 지연시간을 두 종류로 나누어 시뮬레이션을 수행하였다. 첫 번째 그룹은 GFR VC1~VC3으로 지연시간은 6 msec, 두 번째 그룹은 GFR VC4~VC6으로 지연시간을 11 msec로 설정하였다. 그림 7은 지연시간이 6 msec와 11 msec로 설정했을 때 Double-EPD, DFBA와 제안된 알고리즘의 시뮬레이션 결과이다.

점선으로 표시된 그래프는 지연시간이 6 msec인

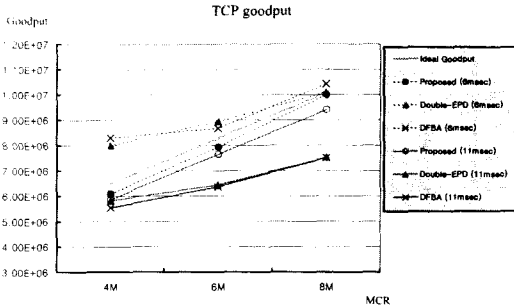


그림 7. 지연 모델에서 TCP goodput

Fig. 7. TCP goodput with different transmission delay.

표 3. 지연 모델에서 Double-EPD, DFBA와 제안된 알고리즘의 성능 결과

Table 3. Performance comparison with Double-EPD, DFBA, Proposed in different transmission delay.

	Double-EPD	DFBA	Proposed
Fairness index	0.9690043	0.9627986	0.99918432
Total goodput	46.8011 Mbps	46.7927 Mbps	46.9019 Mbps

GFR VC의 TCP goodput이고 실선으로 표시된 그래프는 지연시간이 11 msec인 GFR VC의 TCP goodput이다. Double-EPD와 DFBA의 경우에 같은 MCR을 가진 GFR VC를 비교했을 때 지연시간이 짧은 첫 번째 그룹의 TCP Goodput이 지연시간이 큰 두 번째 그룹보다 월등히 높았다. 반면에 제안된 알고리즘의 경우에 지연시간에 관계없이 이상적인 수율에 근접해서 GFR VC가 요구하는 MCR과 공평성을 제공하였다. 표 3은 전체 TCP goodput과 공평성을 수치로 표현한 것으로 제안된 알고리즘이 Double-EPD와 DFBA보다 전체 TCP goodput과 공평성에서 우수한 성능을 보인다.

V. 결 론

인터넷 트래픽의 폭발적인 증가로 인해 ATM을 백본 네트워크로 사용하는 추세이다. ATM Forum에서 인터넷 트래픽과 같은 "best-effort" 트래픽을 서비스하기 위해 새로운 GFR 클래스를 제안했다. 본 논문에서는 ATM 네트워크에서 GFR을 통해 TCP/IP 트래픽 서비스를 위한 새로운 버퍼관리 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 VC에 동적 임계치를 제공하고 VC의

서비스율을 측정하여 패킷폐기를 결정한다. 폭주상황에서 QoS를 위반한 VC의 패킷을 우선 폐기하고 남은 버퍼공간을 GFR VC에 공평히 할당하여 GFR VC가 요구하는 MCR을 보장하고 높은 공평성을 제공한다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 기존의 Double-EPD, DFBA와 성능을 비교하여 공평성과 전체 TCP goodput에서 우수한 성능을 보여주었다.

참 고 문 헌

- [1] The ATM Forum Technical Committee, Draft TM 4.1 Traffic Management Specification, ATM Forum/BTD-TM-02.02, Dec. 1998.
- [2] I. Andrikopoulos, A. Liakopoulos, et. "Providing Rate Guarantees for Internet Application Traffic across ATM networks," IEEE Communications surveys, vol. 2, no. 3, 1999.
- [3] S. Floyd, A. Romanov, "Dynamics of TCP Traffic over ATM Networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 13, no. 4, pp. 633-641, 1995.
- [4] S. Floyd, V. Jacobson, "Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance," IEEE/ACM Transactions on Networking, 1(4), pp. 397-413, 1993.
- [5] R. Guerin and J. Heinanen, "UBR+ Service Category Definition," ATM Forum contribution, ATM96-1598, Dec. 1996.
- [6] J. Heinanen and K. Killiki, "A Fair Buffer Allocation Scheme," Computer Communication 21, pp 220-226, 1998.
- [7] R. Goyal, R. Jain, S. Fahmy and B. Vandalore, "Buffer Management for the GFR Service," ATM Forum/98-0405.
- [8] S. Pappu and D. Basak, "TCP over GFR Implementation with Different Service Category: A Simulation Study," ATM Forum Contribution ATM97-0310, April 1997.
- [9] The ATM Forum Technical Committee, "ATM Forum Traffic Management Specification, Version 4.0," ATM Forum/AF-TM-0056.000, April 1996.

- [10] Bonaventure, Olivier, "Integration of ATM under TCP/IP to Provide Services with Guaranteed Minimum Bandwidth," Ph.D. Thesis, Université de Liège, March 1999.
- [11] W. Stevens, "TCP Slow Start, Congestion Avoidance, Fast Retransmit, Fast Recovery Algorithm," Internet RFC 2001, January 1997.

저 자 소 개

金 觀 雄(正會員) 第38卷 SD編 第4號 參照

裴 晟 桓(正會員) 第38卷 SD編 第4號 參照

田 炳 實(正會員) 第38卷 SD編 第4號 參照