

論文2003-40TC-9-2

ATM 네트워크에서 인터넷 트래픽 성능 향상을 위한 퍼지기반 버퍼 관리 알고리즘

(Fuzzy Logic Based Buffer Management Algorithm to Improve Performance of Internet Traffic over ATM Networks)

金熙洙*, 金觀雄**, 朴俊盛***, 裴晟桓****, 田炳實***

(Hee-Su Kim, Kwan-Woong Kim, Joon-Seong Park, Sung-Hwan Bae, and Byoung-Sil Chon)

요약

인터넷 트래픽을 ATM 네트워크를 통해 효율적으로 전송하기 위해 ATM 포럼에서 새로운 서비스 클래스인 GFR을 제안하였다. GFR 서비스는 VC의 최소 수율을 보장하고, 잉여대역을 연결된 VC에 공평히 제공하여야 한다. 본 논문에서는 GFR이 요구하는 최소 전송율 보장과 공평성을 향상하기 위해서 퍼지 알고리즘을 이용한 버퍼 관리 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 퍼지 제어기를 이용해서 새로 도착하는 패킷을 버퍼 상태와 VC의 부하에 따라 동적으로 폐기를 결정하여 버퍼 이용 효율과 GFR의 요구사항을 충족할 수 있도록 하였다. 시뮬레이션을 통해 기존의 버퍼 관리 알고리즘과 성능을 비교한 결과, 공평성과 TCP 수율 면에서 성능이 향상됨을 보였다.

Abstract

To support Internet traffic efficiently over ATM networks, Guaranteed Frame Rate(GFR) has been proposed in the ATM Forum. GFR provides minimum rate guarantees to VCs and allows any excess bandwidth in the network to be shared among the contending VCs in a fair manner. In this paper, we proposed a new fuzzy logic based buffer management algorithm that provides MCR guarantee and fair sharing to GFR VCs. A key feature of proposed algorithm is its ability to accept or drop a new incoming packet dynamically based on buffer condition and load ratio of VCs. This is achieved by using fuzzy logic controller for the production of a drop factor. Simulation results show that proposed scheme significantly improves fairness and TCP throughput compared with previous schemes.

Keywords : GFR, TCP/IP, Buffer management, Fuzzy

* 正會員, LG電子 CDMA端末研究所

(LG Electronics Inc., CDMA Handsets Laboratory)

** 正會員, 韓國標準科學研究院 人間情報그룹 Post Doc.

(Korea Research Institute of Standards and Science)

*** 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.)

**** 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.)

接受日字:2002年9月26日, 수정완료일:2003年9월17日

I. 서론

인터넷 트래픽과 같은 "best-effort" 트래픽을 ATM 망을 통해 비교적 용이하게 전송하기 위해서 ATM Forum에서는 새로운 ATM 계층 서비스로 GFR 서비스를 제시했다^[1]. GFR은 인터넷 트래픽의 효율적인 서비스를 위해 최소 전송율을 보장하며 잉여대역을 각 연결된 VC에 공평히 할당하여야 한다.

GFR의 구현을 위해 ATM 스위치에서 GFR이 요구하는 최소 전송율 보장 및 높은 공평성을 제공하기 위한 버퍼 관리 방식에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. GFR에서 버퍼 관리는 네트워크 대역을 효율적으로 사용하고 폭주상태를 해결하는 기능 뿐 아니라, VC별 데이터 트래픽의 수용을 제어하여 VC에 할당된 MCR을 보장하고 공평성을 향상시키는 기능을 수행한다. GFR에서 TCP 성능을 향상시키기 위해서 Double-EPD (Double-Early Packet Discard)^[3], DFBA(Differential Fair Buffer Allocation)^[4], WFBA(Weighted Fair Buffer Allocation)^[5]와 같은 FIFO 기반의 버퍼 관리 알고리즘이 ATM 네트워크에서 GFR를 지원하기 위해서 제안되었다.

기존의 버퍼 관리 알고리즘은 TCP 트래픽의 "burstness" 특성으로 인해 CLP(Cell Loss Priority) = 0 인 패킷의 손실 없는 전송만으로는 GFR이 요구하는 최소 전송률 보장과 공평성을 제공하기 어렵다. GFR의 대표적인 버퍼 관리 알고리즘인 Double-EPD나 DFBA의 경우 버퍼의 셀 점유율이 임계치 이상일 때 셀 폐기를 수행하므로 임계치 이하에서 일부 VC가 할당된 버퍼 공간 보다 많은 셀을 버퍼에 받아들일 경우 공평성이 나빠지는 단점이 있다. 또한 연결된 VC의 지연 시간이나 패킷의 크기가 서로 다른 경우에도 최소 전송률 보장과 공평한 대역을 할당하지 못한다^[6].

본 논문에서는 퍼지이론을 이용하여 GFR이 요구하는 최소 전송율 보장과 높은 공평성을 제공하기 위해서 퍼지 기반의 버퍼 관리 알고리즘을 제안한다. 제안된 퍼지 기반 버퍼 관리 알고리즘은 태깅 정보, 전체 버퍼의 점유량, VC의 부하를 이용해 패킷 폐기를 결정한다. 전체 버퍼의 점유량은 현재 버퍼 사용율이 낮은 경우, 중간 경우, 높은 경우 등의 세 가지 상태에 대한 멤버 함수를 이용한다. VC의 부하는 연결된 각 VC에 따른 부하의 정도를 세 가지 상태를 이용해 입력 파라미터로 사용

하였다. 이 세 가지 정보를 이용한 퍼지 알고리즘을 통해 패킷 폐기 파라미터를 구하고 이를 미리 정의된 셀 폐기 임계치와 비교하여 패킷을 폐기함으로써 MCR을 보장하고 수용을 높이며 잉여대역에 대해 공평성을 보장해 줄 수 있다. 제안된 알고리즘의 성능을 평가하기 위해서 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 기존 알고리즘과 비교분석하였다.

II. 제안된 버퍼 관리 알고리즘

1. 퍼지 버퍼 관리 구조

본 논문에서 제안된 퍼지 기반 버퍼 관리를 위한 제어구조를 <그림 1>에서 보여준다. 구성은 셀 폐기 파라미터 생성기와 비교기로 구성된다. TCP 소스들의 공평한 버퍼 할당을 위해 SD(selective drop)를 사용한다. 즉, VC 들의 공평한 버퍼 할당을 위해 각각의 활성 VC 들의 버퍼 점유율을 추적하여 공평한 할당 대역보다 초과해서 사용하는 프레임을 선택적으로 폐기함으로써 서비스의 공평성을 보장한다.

GFR 큐로부터 현재의 큐 부하(Load of queue, Q_{occ})와 각 VC별 부하(Load of VC, $VC(i)_{occ}$) 파라미터를 추출한다. 셀 폐기 파라미터(cell drop factor) 생성기는 이들 파라미터를 이용하여 식 (1)과 같이 셀 폐기 인자 δ_{cdf} 를 생성한다.

$$\delta_{cdf} = f_{Fuzzy}(Q_{occ}, VC_{occ}) \quad (1)$$

패킷의 첫 번째 셀이 도착하면 제어기 내의 비교기에 서 계산된 δ_{cdf} 값과 셀의 태깅 여부에 따라 두 개의 임계치를 비교해서 셀을 받아들일지 폐기할지를 결정한다.

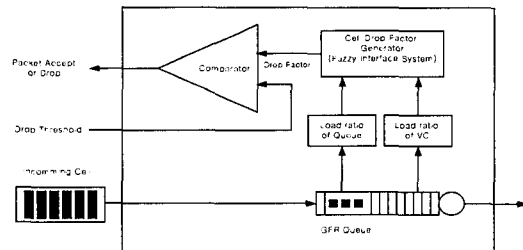


그림 1. 퍼지 로직 셀 폐기 제어기
Fig. 1. Fuzzy logic cell drop controller.

2. 퍼지 제어 규칙 생성

큐의 셀 점유율에 따른 큐의 부하 Q_{occ} 의 멤버 함수를 <그림 2>와 같이 정의하였다. 전체 큐의 부하 Q_{occ} 는 전체 버퍼 점유율 QT가 작은 구간(μ_{Low}), 중간 구간(μ_{Mid}), 과잉구간(μ_{High})으로 나누었다.

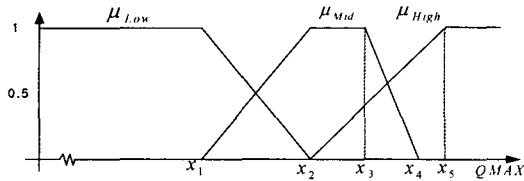


그림 2. Q_{occ} 의 멤버 함수
Fig. 2. Membership function of Q_{occ} .

이것은 다시 식 (2)와 같이 사다리꼴 퍼지수 (Trapezium Fuzzy Number, Tr.F.N)로 나타낼 수 있다.

$$Q_{occ} = Tr.F.N \begin{cases} Low & (0, 0, x_1, x_2) \\ Mid & (x_1, x_2, x_3, x_4) \\ High & (x_2, x_5, 1, 1) \end{cases} \quad (2)$$

또, 각각의 멤버 함수는 식 (3) ~ 식 (5)와 같이 정의할 수 있다.

$$\mu_{Low}(x) = \begin{cases} 1 & (x \leq x_1) \\ 1 - \frac{x-x_1}{x_2-x_1} & (x_1 < x \leq x_2) \\ 0 & (x > x_2) \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{Mid}(x) = \begin{cases} 0 & (x \leq x_1) \\ \frac{x-x_1}{x_2-x_1} & (x_1 < x \leq x_2) \\ 1 & (x_2 < x \leq x_3) \\ 1 - \frac{x-x_3}{x_4-x_3} & (x_3 < x \leq x_4) \\ 0 & (x > x_4) \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{High}(x) = \begin{cases} 0 & (x \leq x_2) \\ \frac{x-x_2}{x_5-x_2} & (x_2 < x \leq x_5) \\ 1 & (x > x_5) \end{cases} \quad (5)$$

큐의 부하 Q_{occ} 와 퍼지 제어기에서 사용하는 입력 변수 i 번째 VC의 부하 $VC_{occ}(i)$ 를 <그림 3>과 같이 정의한다. μ_{Low} 는 VC가 할당된 버퍼 공간보다 적게

사용한 구간이고, μ_{Mid} 는 할당된 버퍼 공간을 효율적으로 사용한 구간이며, μ_{High} 는 할당된 대역보다 초과해서 사용한 구간이다.

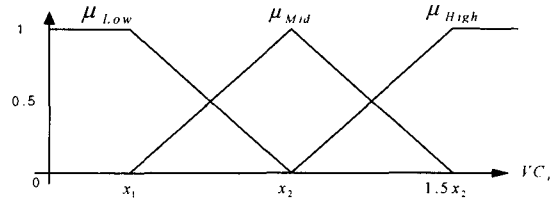


그림 3. i 번째 VC의 부하
Fig. 3. Load ratio of VC_i .

버퍼의 셀 점유율과 VC의 MCR과 할당된 대역을 고려하여 x_1 과 x_2 는 식 (6), 식 (7)과 같이 설정한다.

$$x_1 = \frac{MCR_i}{C_{GFR}} QT \quad (6)$$

$$x_2 = \frac{MCR_i}{\sum MCR_i} QT \quad (7)$$

여기서, C_{GFR} 은 GFR 클래스에 할당된 전체 대역이고, QT는 큐에 대기하고 있는 총 셀 수, MCR_i 는 i 번째 VC의 협상된 MCR 값이다.

x_1 은 큐의 셀 점유율이 QT일 때 i -번째 VC의 MCR에 따른 할당된 버퍼 공간을 의미하고, x_2 는 셀 점유율이 QT일 때 i -번째 VC에 공평히 할당된 대역에 관련되어 할당된 버퍼 공간이다. 두 가지 $V_{occ}(i)$ 와 Q_{occ} 의 입력 변수를 가지고 셀 폐기 파라미터 δ_{cell} 를 맵핑시키기 위해 퍼지 제어 규칙을 생성하였으며, 생성된 퍼지 제어 규칙은 다음과 같은 조건을 고려하여 결정하였다.

- 심각한 폭주 상태 : 큐의 셀 점유율이 높아서 폭주 상태가 심각하므로 δ_{cell} 의 값을 "high"나 "moderate_high"로 설정하여 새로 입력되는 셀은 모두 폐기한다.
- 중간 레벨의 폭주 상태 : 큐의 셀 점유율이 증가 상태이며, VC의 부하에 따라 δ_{cell} 의 값을 "moderate_low" 부터 "moderate_high"로 설정하여 입력되는 셀을 선택적으로 폐기하여 VC별 공평성을 향상한다.
- 낮은 레벨의 폭주 상태 : 큐의 셀 점유율이 낮은 상태이므로 δ_{cell} 의 값을 "moderate_low" 이하로 설정하

여 VC의 부하에 상관없이 모든 입력되는 셀을 받아 들인다.

두 개의 입력을 가진 퍼지 시스템은 각각 3개의 상태를 가지고 있으므로 모두 9개의 독립된 상태를 갖는다. 이 중에서 최적화된 7가지의 상태를 사용해서 <표 1>의 제어 규칙을 만들었다.

표 1. 퍼지 제어 규칙
Table 1. Linguistic Rule for Fuzzy Cell Drop Controller.

if Q_{occ}	and VCi_{occ}	then δ_{cdf} is
High	High	High
High	Medium or Low	Moderate_High
Medium	High	Moderate_High
Medium	Medium	Medium
Medium	Low	Moderate_Low
Low	High	Moderate_Low
Low	Medium or Low	Low

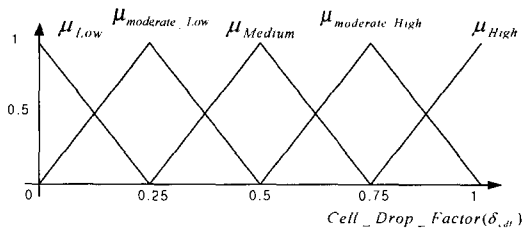


그림 4. 셀 폐기 파라미터(δ_{cdf})
Fig. 4. Cell drop parameter(δ_{cdf}).

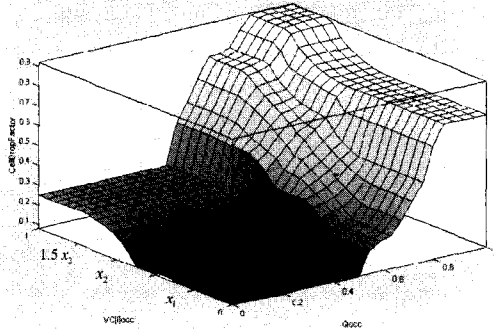


그림 5. VC[i]occ, Qocc와 Cell Drop Factor의 그래프
Fig. 5. Graph for cell drop factor, load of VC, load of queue.

<표 1>의 퍼지 규칙을 통해 <그림 4>의 셀 폐기 파라미터를 결정한다. <그림 5>는 퍼지 규칙을 적용했을 때 MATLAB을 이용해 구한 셀 폐기 파라미터의 그래프이다.

3. 제안된 패킷 폐기 정책

스위치에 프레임의 첫 번째 셀이 도착 할 때, 먼저 셀 폐기 파라미터를 구하기 위한 입력 변수로 전체 큐 사용율(Q_{occ})과 현재 프레임에 해당하는 $VC_{occ}[i]$ 를 구한다. 이후 셀 폐기 파라미터를 구한 후, 파라미터 값이 최소 큐 한계값(Low threshold)보다 크면서 $CLP = 1$ 인 경우, 셀을 폐기하고 $PS[i]$ 를 0으로 설정해 같은 프레임 내의 셀을 받지 않도록 한다. 또 파라미터 값이 최대 큐 한계값(High threshold)이면 셀을 폐기한다. 이외의 새로운 패킷은 큐로 수용된다. <그림 6>는 스위치에 셀이 들어왔을 때 처리 과정을 나타낸다. 여기에서 사용된 변수를 간단히 정리하면,

- Q_{occ} : 전체 큐의 사용율
- $VC_{occ}[i]$: 각 i 번째 VC의 사용율
- cdf : 셀 폐기 파라미터
- QT : 전체 버퍼내의 셀 수
- $PS[i]$: 프레임의 상태
- $VCQ[i]$: VC의 셀 수

when first cell of a frame arrived:

```

Q_occ=LoadRatio_Queue(QT);
VC_occ[i]=LoadRatio_VC(VCQ[i],MCR(i), QT);
/* Generating cell drop factor */
cdf=Generate_cdf(Q_occ, VC_occ);
    
```

```

if(CLP_of_cell == 1 and cdf > Low_threshold){
    Drop_Cell;
    PS[i]=1; /* Make sure subsequent cells
are discarded */
}
else if(CLP_of_cell == 0
and cdf > High_threshold){
    Drop_Cell;
    PS[i]=1;
}
else{ /* Otherwise */
    Accept_Cell;
    PS[i]=0;
}
    
```

when mid or last cell of a frame arrived:

```

if(PS[i] == 1)
    Drop_Cell;
else
    Accept_Cell;
    
```

그림 6. 제안된 알고리즘의 의사코드
Fig. 6. The pseudocode of proposed algorithm.

- MCR[i] : VC의 MCR
- Low_threshold : 최소 큐 한계값
- High_threshold : 최대 큐 한계값

III. 모의실험 환경

1. 시뮬레이션 모델

본 논문에서 제안된 알고리즘의 시뮬레이션을 위한 네트워크 모델은 일반적으로 GFR의 성능평가에 사용되는 모델로서 <그림 7>과 같이 두 개의 ATM 스위치와 열 개의 라우터로 구성된 단일 홉 모델이다.

네트워크의 각 링크는 OC-1인 51.84 Mbps이며 ATM 스위치간의 지연은 10 msec이고 라우터와 스위치간의 지연은 0.5 msec 이다. <그림 7>의 왼쪽에 위치한 라우터는 송신원이고 오른쪽의 위치한 라우터는 수신원으로 하나의 GFR VC로 연결이 된다. 라우터는 연결된 패킷을 다중화하여 송신원과 수신원은 CLP = 0 인 프레임만 전송한다. 전송된 프레임은 UNI(User Network Interface)의 F-GCRA 테스트를 통해 태깅이 수행된다. 각 라우터는 3개의 TCP 연결이 다중화된다.

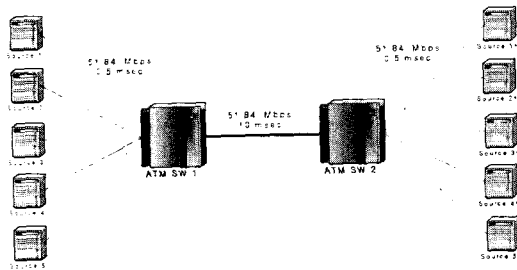


그림 7. 네트워크 모델
Fig. 7. Network model.

표 2. 시뮬레이션 파라미터
Table 2. Simulation parameters.

TCP parameters	
Parameters	Value
Window size	65,535 bytes
Maximum Segment Size	960 bytes
Retransmission timer	100 msec
TCP version	Reno
Proposed Algorithm	
Low threshold	0.6
High threshold	0.75

<표 2>는 시뮬레이션에서 사용된 TCP 파라미터와 알고리즘의 설정 값을 보여준다.

GFR에서 TCP/IP 트래픽 서비스에 대한 중요한 성능 평가 기준은 TCP의 Goodput과 공정성 지표(fairness index)이다. TCP의 Goodput은 TCP 계층에서 수신한 패킷을 전송률로 환산한 측정값이다^[7]. 공정성 지표는 각 VC들 사이에 잉여 대역을 공정하게 사용하는지에 대한 척도로 잉여 대역을 할당하는 방식에는 각 VC의 MCR에 비례해서 나누는 방식(Allocation proportional to MCR), 모든 VC에 똑같이 나누는 방식(MCR+equalshare)^{[1], [8]} 등이 있고, 공정성 성능을 측정하기 위해 식 (8)과 같이 공정성 지표를 계산한다.

$$fairness\ index = \frac{\left(\sum_{i=1}^N x_i/f_i\right)^2}{N \times \sum_{i=1}^N (x_i/f_i)^2} \quad (8)$$

(여기서 x_i 는 VC_i의 수율이며, f_i 는 VC_i의 공평 할당량이다.)

2. 모의실험 결과

시뮬레이션은 먼저 MCR의 변화에 대한 성능을 알아 보았다. 각각의 MCR을 21 Mbps, 30 Mbps, 40 Mbps로 나누어 시뮬레이션을 하였으며 각 VC는 1 Mbps에서 20 Mbps까지의 다양한 분포를 갖도록 설정 하였다. <그림 8>과 <표 3>은 전체 MCR의 합이 21 Mbps인 경우 제안된 퍼지 기반 버퍼 관리 알고리즘과 Double-EPD, DFBA 알고리즘을 적용했을 때 TCP goodput과 공정성 등의 성능을 비교한 결과이다. 총 MCR을 21 Mbps로 설정했을 때 VC 별 TCP goodput은 세 알고리즘 모두 VC의 MCR을 모두 보장 했으며 Double-EPD는 0.9725, DFBA와 제안된 알고리즘의 경우 0.99 이상의 높은 공정성 지표를 제공하여 총 MCR이 낮을 경우 모두 좋은 성능을 보였다. <그림 9>와 <표 4>는 총 MCR을 30 Mbps로 설정했을 때 각 알고리즘 별 성능을 보여주며, <그림 10>과 <표 5>는 총 MCR을 40 Mbps로 설정했을 때의 성능을 보여준다.

DFBA와 제안된 알고리즘의 경우 할당된 MCR에 따라 VC에 이상적인 수율을 제공하여 GFR이 요구하는 MCR 보장을 제공할 수 있다. 상대적으로 높은 MCR을 할당된 VC의 경우 제안된 버퍼 관리 알고리즘이 높은 성능을 제공했다. 반면에 Double-EPD의 경우는 MCR

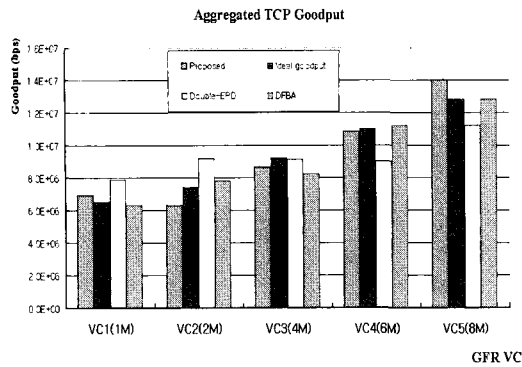


그림 8. TCP Goodput(총 MCR=21 Mbps)
Fig. 8. Aggregated TCP Goodput(total MCR=21 Mbps).

표 3. 성능 비교(MCR=21 Mbps)
Table 3. Performance comparison(MCR=21 Mbps).

Performance	Double-EPD	DFBA	Proposed
Fairness index	0.9725	0.9971	0.9921
Total Goodput	46.44 Mbps	46.34 Mbps	46.65 Mbps

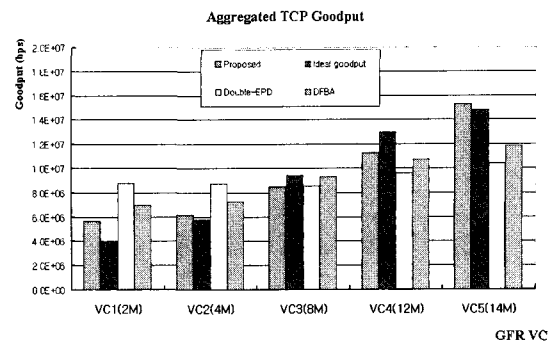


그림 10. TCP Goodput(총 MCR=40 Mbps)
Fig. 10. Aggregated TCP Goodput(total MCR=40 Mbps).

표 5. 성능 비교(total MCR=40 Mbps)
Table 5. Performance comparison(total MCR=40 Mbps).

Performance	Double-EPD	DFBA	Proposed
Fairness index	0.8141	0.9085	0.9448
Total Goodput	46.21 Mbps	46.14 Mbps	46.48 Mbps

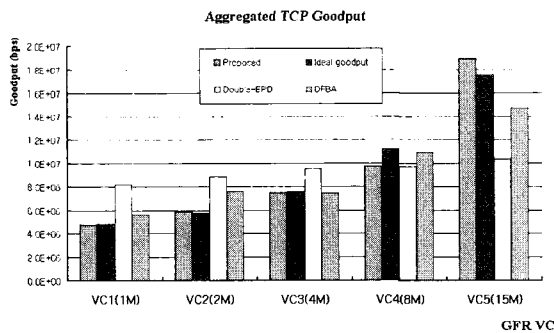


그림 9. TCP Goodput(총 MCR=30 Mbps)
Fig. 9. Aggregated TCP Goodput(total MCR=30 Mbps).

표 4. 성능 비교(총 MCR=30 Mbps)
Table 4. Performance comparison(total MCR=30 Mbps).

Performance	Double-EPD	DFBA	Proposed
Fairness index	0.8943	0.9755	0.9952
Total goodput	46.56 Mbps	46.31 Mbps	46.68 Mbps

에 관계없이 거의 일정한 수율을 보임으로서 큰 MCR의 요구에 더욱 낮은 성능을 보였다. Double-EPD는 패킷의 폐기가 태깅 정보에만 의존하는데 이에 반해 TCP

트래픽은 버스티한 특성으로 버퍼공간의 불공평한 할당으로 공평성이 낮아졌다. 제안된 알고리즘의 경우 버퍼의 점유와 VC의 부하에 따라 Fuzzy 알고리즘에 의해 구한 cdf에 따라 폐기하여 공평성과 전체 TCP 수율이 DFBA나 Double-EPD보다 성능이 향상되었음을 보였다.

<표 6>은 총 MCR 설정변화에 따른 공평성 지표 결과를 보여준다. 상대적으로 작은 MCR을 설정했을 경우, 제안된 알고리즘이나 DFBA의 경우 비슷한 공평성 성능을 보이거나 총 MCR을 크게 설정할수록 DFBA와 Double-EPD의 경우 공평성 지표가 나빠졌으나 제안된 퍼지 기반의 버퍼 관리 알고리즘의 경우 기존 알고리즘보다 높은 공평성을 제공하여 ATM 망을 통해 인터넷 트래픽을 서비스 할 경우 더 효과적인 차등서비스를 제공할 수 있다.

표 6. MCR 변화에 따른 공평성 지표
Table 6. Fairness index for different MCR.

	21 Mbps	30 Mbps	40 Mbps
Double-EPD	0.9725	0.8943	0.8141
DFBA	0.9971	0.9755	0.9085
Proposed	0.9921	0.9952	0.9658

TCP 연결의 중 단간 지연시간이 성능에 미치는 영향을 알아보기 위해서 지연시간을 두 종류로 나누어 시뮬레이션을 수행하였다. 첫 번째 그룹은 GFR VC1~VC3으로 지연시간은 11 msec, 두 번째 그룹은 GFR VC4~VC6으로 지연시간을 21 msec로 설정하였다. <그림 11>과 <표 7>은 링크의 지연시간을 달리하여 시뮬레이션을 한 결과이다. 점선으로 나타낸 부분은 링크의 지연의 합이 11 ms로, 실선으로 된 부분은 지연을 21 ms로 설정한 경우의 TCP goodput이다. 지연이 적을 경우 적은 MCR에서 Double-EPD나 DFBA는 좋은 수율을 보여 주었으나 MCR이 클 경우나 지연시간이 길어질 경우 성능이 급격히 떨어짐을 볼 수 있다.

지연시간에 따라 성능이 달라지는 주요 원인은 TCP는 망의 폭주상황에 유연하게 대처하기 위해 폭주 회피와 느린 시작, 두 가지 흐름제어 기법을 사용하기 때문이다. 이 두 가지 기법은 패킷의 손실이 발생했을 경우 윈도우 크기를 줄여서 전송 속도를 낮춤으로써 망의 폭주상황을 회피하는 기법으로 종단 간의 전송 지연 시간에 밀접한 관계가 있다⁹⁾. 두 가지 알고리즘이 수행이 되면 RTT가 짧은 연결일수록 전송속도의 증가시간이 짧아져서 상대적으로 RTT가 긴 연결보다 서비스를 많이 받을 수 있다.

두 경우 모두 제안된 알고리즘은 DFBA나 Double-

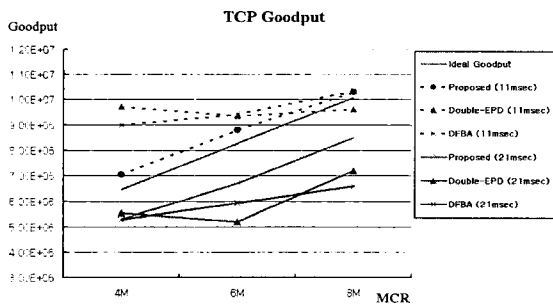


그림 11. 지연시간에 따른 TCP goodput
Fig. 11. TCP goodput with different delay.

표 7. 지연시간에 따른 성능 비교
Table 7. Performance comparison with different delay.

Performance	Double-EPD	DFBA	Proposed
Fairness index	0.9171	0.9330	0.9844
Total Goodput	46.64 Mbps	46.60 Mbps	46.66 Mbps

EPD에 비해 이상적인 수율에 근접하며 우수한 성능을 보였으며 공정성 지표도 제안된 알고리즘이 0.9844로 DFBA의 0.9330이나 Double-EPD의 0.9171보다 우수한 공정성을 제공하였다.

VI. 결 론

본 논문에서는 퍼지이론을 이용하여 GFR이 요구하는 최소 전송률과 공정성을 제공하기 위해서 퍼지 기반의 버퍼 관리 알고리즘을 제안했다. 제안된 알고리즘은 태깅 정보와 전체 버퍼의 사용율을 이용하여 스위치에서 버퍼 상태에 따른 적절한 수용을 통하여 트래픽의 체증을 미리 회피할 뿐만 아니라 각 VC의 사용율에 따라 퍼지 알고리즘을 기반으로 새로운 패킷의 수용여부를 결정함으로써 MCR을 보장하고 잉여 대역에 대한 공평한 할당을 할 수 있다. 성능 평가 결과 기존의 알고리즘에 비해 네트워크의 효율이 우수하였으며 높은 공정성과 GFR이 요구하는 최소 전송율을 보장하였다.

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] R. Guerin and J. Heinanen. "UBR + Service Category Definition," ATM FORUM 96-1589, December 1996.
- [3] R. Goyal, R. Jain, S. Kalyanaraman, et. "UBR+: Improving Performance of ATM-UBR Service," Proc. of IEEE ICC, pp. 1042-1048, 1997.
- [4] R. Goyal, R. Jain, S. Fahmy and B. Vandalore, "Buffer management for the GFR Service," ATM Forum/98-0405.
- [5] J. Heinanen, K. Kilkki, "A fair buffer allocation scheme," Computer Communication, vol. 21, pp. 220-226, 1998.
- [6] Bonaventure, Olivier, "Integration of ATM under TCP/IP to Provide Services with Guaranteed Minimum Bandwidth," Ph.D. Thesis, Université de Liège, Mar. 1999.
- [7] Rohit Goyal, Raj Jain, et. al "Improving the performance of TCP over the ATM-UBR

service”, Journal of Computer Communications Vol. 21, No. 10, July 1998.

[8] S. Sathaye, “ATM Forum Traffic Management Specification, Version 4.0,” ATM Forum

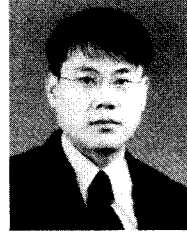
Technical Committee, Mar. 1996.

[9] V. Jacobson, “Congestion avoidance and control,” In Proc. ACM SIGCOMM88, pp 314-329, Aug. 1988.

저 자 소 개



金 熙 洙(學生會員)
 2000년 2월 : 전북대학교 전자공학과 졸업. 2002년 8월 : 전북대학교 전자공학과 대학원 석사 졸업. 2003년~현재 : LG전자 근무. <주관심분야 : ATM, TCP/IP, Traffic management, Internet QoS, CDMA>



朴 俊 盛(正會員)
 1996년 2월 : 군산대학교 전자공학과 졸업. 1998년 2월 : 전북대학교 대학원 전자공학과 석사 졸업. 2000년 8월 : 전북대학교 대학원 전자공학과 박사 수료. <주관심분야 : Wireless ATM MAC protocol, IOverATM, Internet QoS>

金 觀 雄(正會員) 第39卷 TC編 第9號 參照

裴 晟 桓(正會員) 第39卷 TC編 第9號 參照

田 炳 實(正會員) 第39卷 TC編 第6號 參照