

GFR 서비스를 위한 퍼지기반 버퍼관리 기법

김희수, 김관웅, *정경택, **전병실
전북대학교 전자공학과, *군산대학교 전자정보공학부, **전북대학교 전자정보공학부
전화 : 063-274-7126 / 핸드폰 : 016-601-1809

Fuzzy Based Buffer Management Scheme for ATM-GFR Service

Hee Su Kim, Kwan Woong Kim, Kyung Taek Chung, Byoung Sil Chon
Dept. of Electronic Engineering Chonbuk National University
E-mail : hskim@cslab.chonbuk.ac.kr

Abstract

To support Internet traffic efficiently over ATM networks, Guaranteed Frame Rate(GFR) has been proposed in the ATM Forum to ensure minimum rate guarantees to VCs.

In this paper, we proposed 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 rate of VCs. This is achieved by using fuzzy logic controller for the production of a drop factor. Simulation result shows that proposed scheme significantly has improved fairness and TCP throughput compared with previous schemes.

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 보장한다. 또한 잉여대역을 각 연결된 VC에 공평히 할당하여야 한다.

GFR의 구현을 위해 ATM 스위치에서 GFR 서비스가 요구하는 최소 전송율 보장 및 높은 공평성을 제공하기 위한 버퍼 관리 방식에 대한 연구가 이루어지고 있다. 이러한 요구사항을 만족시키기 위해 Double-EPD[2], WFBA[3], DFBA[4] 등의 버퍼 관리 알고리즘이 제안되었다. 기존의 버퍼 관리 알고리즘은 TCP 트래픽의 "burstness" 특성으로 인해 CLP=0인 패킷의 손실 없는 전송만으로는 GFR이 요구하는 최소 전송율 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 공간보다 많은 셀을 버퍼에 받아들일 경우 공평성이 나빠지는 단점이 있다. 또한 연결된 VC의 지연 시간이나 패킷의 크기가 서로 다른 경우에도 최소 전송율 보장과 공평한 대역 할당을 못하는 단점이 있다.

본 논문에서는 퍼지이론을 이용하여 GFR이 요구하는 최소 전송율과 공평성을 제공하기 위해서 퍼지 기반의 버퍼 관리 알고리즘을 제안했다.

II. 제안된 퍼지기반 버퍼관리 알고리즘

2.1 퍼지 버퍼 관리 구조

본 논문에서 제안된 퍼지 기반 버퍼 관리를 위한 제어구조를 그림 1에서 보여준다. 구성은 셀 폐기 파라

미터 생성기와 비교기로 구성된다. TCP 소스들의 공평한 버퍼 할당을 위해 SD (selective drop)를 사용한다. 즉, VC들의 공평한 버퍼 할당을 위해 각각의 활성 VC들의 버퍼 점유율을 추적하여 공평한 할당 대역보다 초과해서 사용하는 프레임은 선택적으로 폐기함으로써 서비스의 공평성을 보장하였다.

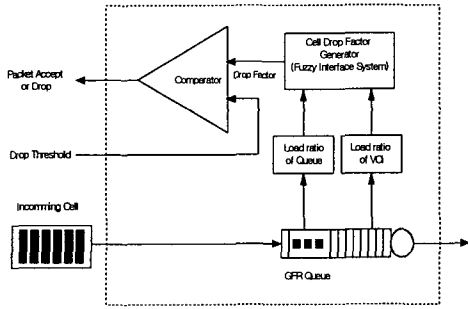


그림 1. 퍼지 기반 셀 폐기 제어기

GFR 큐로부터 현재의 큐 부하(Load of queue, Q_{occ})와 각 VC별 부하(Load of VC, VCi_{occ}) 파라미터를 추출한다. 셀 폐기 파라미터(cell drop factor, δ_{cdf}) 생성기는 이들 파라미터를 이용 셀 폐기 인자를 생성한다.

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

δ_{cdf} 값과 태깅 여부에 따라 두개의 임계치를 비교해서 셀을 받아들일지 폐기할지를 결정한다.

2.2 퍼지 제어 규칙 생성

전체 큐에 부하 Q_{occ} 를 세 부분으로 나누어 큐에 셀이 작은 구간, 중간 구간, 과잉구간으로 나누었다. Q_{occ} 를 그림 2에 나타내었다.

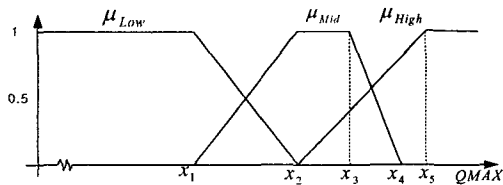


그림 2. 전체 큐 중 현재 상태변화량 (Q_{occ})

입력 변수 i 번째 VC의 점유율을 나타내는 $VC_{occ}(i)$ 를 그림 3과 같이 나타낸다. μ_{low} 는 VC가 할당된 버퍼공간보다 적게 사용한 구간이고, μ_{mid} 는 할당된 버

퍼공간을 효율적으로 사용한 구간이며, μ_{High} 는 할당된 구간보다 초과해서 사용한 구간이다.

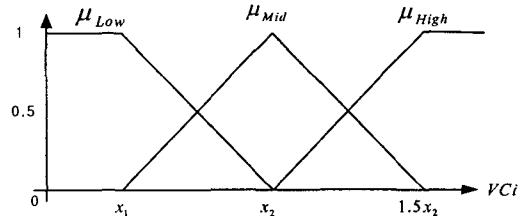


그림 3. i 번째 VC의 부하

버퍼의 셀 점유율과 VC의 MCR과 공평성을 고려하여 x_1 과 x_2 는 식 2, 3로 설정한다.

$$x_1 = \frac{MCR_i}{C_{GFR}} QT, \quad (2)$$

$$x_2 = \frac{MCR_i}{\sum MCR_i} QT \quad (3)$$

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

x_1 은 셀 점유율이 QT 일 때 i -번째 VC의 최소 전송율에 따른 할당된 버퍼공간을 의미하고, x_2 는 셀 점유율이 QT 일 때 i 번째 VC에 공평히 할당된 대역에 관련되어 할당된 버퍼공간이다.

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

표 1. 퍼지 제어 규칙

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

표 1의 퍼지 규칙을 통해 그림 4의 셀 폐기 파라미터를 얻는다.

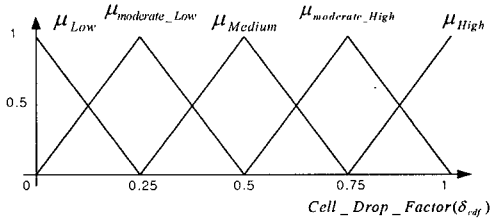


그림 4. 셀 폐기 파라미터(δ_{cdf})

2.2 제안된 패킷 폐기 정책

스위치에 프레임의 첫 번째 셀이 도착 할 때, 먼저 셀 폐기 파라미터를 구하기 위한 입력 변수로 전체 큐 수용률(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 5는 제안된 패킷 폐기 처리 과정이다.

```

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 4. 제안된 알고리즘의 의사코드

III. 성능 평가

3.1 시뮬레이션 모델

본 논문에서 제안된 알고리즘의 시뮬레이션을 위한 네트워크 모델은 그림 5와 같이 두 개의 ATM 스위치와 열 개의 라우터로 구성된 단일 홉 모델이다.

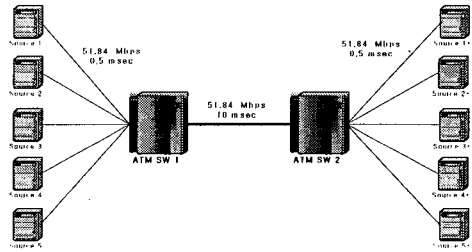


그림 5. 네트워크 모델

네트워크의 각 링크는 OC-1급의 51.84 Mbps이며 ATM 스위치간의 지연은 10 msec이고 라우터와 스위치간의 지연은 0.5 msec 이다. 그림 1의 왼쪽에 위치한 라우터는 송신원이고 오른쪽에 위치한 라우터는 수신원으로 하나의 GFR VC로 연결이 된다. 라우터는 연결된 패킷을 다중화하여 송신원과 수신원은 $CLP=0$ 인 프레임만 전송한다. 전송된 프레임은 UNI의 F-GCRA 테스트를 통해 태깅이 수행된다. 각 라우터는 3개의 TCP연결이 다중화 된다.

3.2 시뮬레이션 결과

그림 6과 7은 MCR의 총 크기를 30 Mbps와 40Mbps로 설정하여 시뮬레이션 한 결과이다. 여기서는 큰 MCR을 요구 할 때 제안된 버퍼 관리 알고리즘이 높은 성능을 보임을 알 수 있다. 반면에 Double-EPD의 경우는 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 점유과 VC의 부하에 따라 Fuzzy 알고리즘에 의해 구한 cdf 에 따라 폐기하여 공평성과 전체 TCP 수율이 DFBA나 Double-EPD보다 성능이 향상하였음을 보였다.

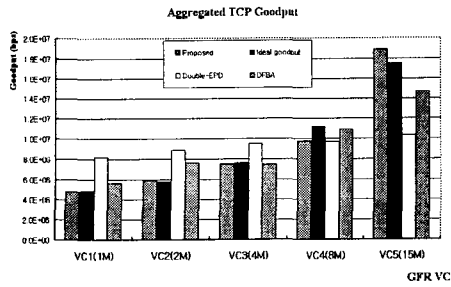


그림 6. TCP Goodput(total MCR=30 Mbps)

표 2. 성능 비교(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

표 4. 이중 지연 모델에서의 성능 비교

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

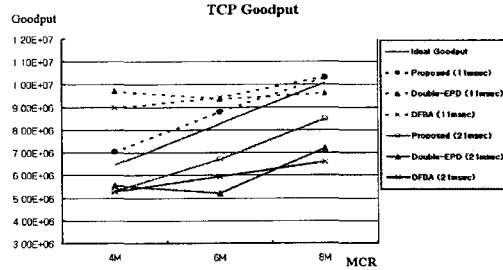


그림 8. 지연시간에 따른 성능 비교

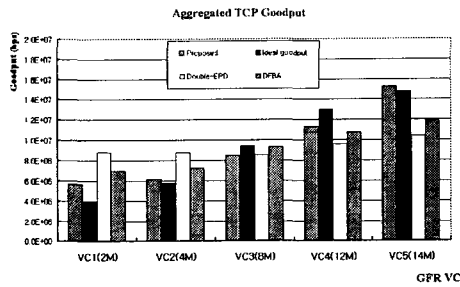


그림 7. TCP Goodput(total MCR=40 Mbps)

표 3. 성능 비교(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

IV. 결론

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

Reference

- [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.

그림 8과 표 4는 링크의 지연시간을 달리하여 시뮬레이션을 한 결과이다. 점선으로 나타낸 부분은 링크의 지연의 합이 11 ms로 설정한 경우이고 실선으로 된 부분은 지연을 21 ms로 설정한 경우의 TCP goodput 이다. 지연이 적을 경우 적은 MCR에서 Double-EPD나 DFBA는 좋은 수율을 보여 주었으나 MCR이 클 경우나 지연시간이 길어질 경우 성능이 급격히 떨어짐을 볼 수 있다. 두 경우 모두 제안된 알고리즘은 이상적인 수율에 근접하며 MCR과 지연에 거의 영향이 없음을 보여준다.