

TCP/IP 트래픽의 공평성 향상을 위한 GFR 서비스의 버퍼관리 기법

곽 현 민[†] · 김 남 희^{††} · 이 상 태^{†††} · 전 병 실^{††††}

요 약

본 논문에서는 ATM 계층에서 TCP/IP 트래픽 공평성 향상을 위한 GFR 서비스의 버퍼관리 및 스케줄링 기법을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 프레임의 폐기정책 뿐만 아니라 여러 VC중에서 어떠한 VC의 셀을 서비스 할 것인가를 결정하기 위해 ATM 스위치에 도착하는 untagged 셀을 이용하였다. 시뮬레이션을 통한 성능 분석 결과 기존의 WRR 방식에서 만족하지 못하는 공평성 기준 2(MCR plus equal share)를 만족시킬 수 있었다. 또한 수율면에서도 제안된 알고리즘이 기존의 WRR보다 약 30% 향상되었고 공평성 지표에서는 WRR보다 제안된 알고리즘이 더 우수함을 확인할 수 있었다.

A buffer management scheme of GFR Service for fairness improvement of TCP/IP traffic

Hyun-Min Kwak[†] · Nam-Hee Kim^{††} · Sang-Tae Lee^{†††} · Byong-Sil Chon^{††††}

ABSTRACT

In this paper, we proposed new buffer management and cell scheduling scheme of GFR service for improving fairness of TCP/IP traffic in ATM networks. The proposed algorithm used untagged cell, which came to ATM switch, to decide the policy for discard of frame and what kind of VC cell it would serve. Performance analysis through the simulation present that proposed scheme can meet fairness 2 (MCR plus equal share), which are not met by conventional scheduling mechanism such as WRR. Also, proposed scheme is superior to WRR about 30% in throughput and more efficiency in fairness criteria.

키워드 : ATM(Asynchronous Transfer Mode), GFR(Guaranteed Frame Rate), 버퍼관리(Buffer Management)

1. 서 론

ATM(Asynchronous Transfer Mode)은 다양한 특성을 갖는 서비스들을 유연하게 수용할 수 있고, 가변 전송률의 트래픽을 통계적 다중화함으로써 효율적인 정보 전달을 제공한다. 현재 ATM 포럼에서는 다양한 특성의 서비스들을 적절하게 수용하기 위해 트래픽의 특성과 서비스 품질(Quality of Service : QoS)에 따라 ATM 계층 서비스 등급을 CBR(Constant Bit Rate), VBR(Variable Bit Rate), ABR(Available Bit Rate), UBR(Unspecified Bit Rate)로 구분하고 있다[1].

지연에 대한 제약이 거의 없고 버스티한 특성을 갖는 비실시간 데이터 트래픽의 경우, ATM은 nrt-VBR(Non-real-

time VBR), ABR 및 UBR 서비스를 이용하도록 권하고 있다. 그러나 대다수 종단의 사용자는 동작이 복잡하고 파라미터 설정이 어려운 VBR 및 ABR 서비스를 사용하기가 쉽지 않다. UBR 서비스는 best-effort 서비스이기 때문에 다른 서비스가 사용하고 남은 잉여 자원이 부족할 경우 원하는 서비스 품질을 얻기가 불가능하다. 이에 따른 문제를 해결하기 위해 고속의 데이터를 ATM 망을 통해 비교적 용이하게 전송하기 위한 새로운 ATM 계층 서비스로 GFR(Guaranteed Frame Rate) 서비스가 제시되어 ATM 포럼 및 ITU-T에서 표준으로 채택하였다[2].

GFR 서비스는 사용자가 프레임 형태의 데이터를 ATM 망으로 전송할 경우 최소한의 전송률을 보장하며, 보장 가능한 MCR(Minimum Cell Rate)이상의 프레임에 대해 잉여 망 자원이 있을 경우 각 GFR VC(Virtual Connection)에 망 자원을 공평히 나누어 최대한 전송할 수 있도록 한다. GFR 서비스의 구현을 위한 세 가지의 기본적인 기법으로는 순응검사에 따른 태깅부분, 스위치의 버퍼 관리 부분, GFR

† 정 회 원 : 한국표준과학연구원 정보전산그룹
 †† 정 회 원 : 군산대학교 컴퓨터정보과학과 교수
 ††† 정 회 원 : 한국표준과학연구원 정보전산그룹장
 †††† 정 회 원 : 전북대학교 전자정보공학부 교수
 논문접수 : 2003년 1월 20일, 심사완료 : 2003년 8월 28일

VC 사이의 스케줄링 부분으로 나눌 수 있다. 스케줄링 알고리즘에 대해서 ATM Forum에서는 공정한 대역폭 할당을 가진 각 VC를 제공하는 방안을 정의하였다[3]. 그러나 몇 가지의 방안은 Weight Round Robin(WRR)과 같은 스케줄링 기법에 의해서는 만족되지 않는다. 또한, GFR 서비스에서는 서비스 보장에 적합한 프레임 전달을 위해 그렇지 않은 프레임에 대한 셀 들을 적절하게 폐기하는 것이 무엇보다 중요한 문제이다. 따라서 본 논문에서는 이러한 방안을 만족시키는 셀 폐기 알고리즘과 새로운 스케줄링 기법을 제안하였다. 이 새로운 기법은 충돌이 발생하는 상황에서 효율적으로 응용될 수 있다. 본 논문의 구성은 서론에 이어 2장에서는 GFR 서비스를 위한 공평성 기준과 공평성 제어를 위한 버퍼관리 기법들에 대해 기술하고, 제 3장에서는 제안된 기법의 버퍼관리 기법과 스케줄링 기법에 대해 기술하였다. 그리고 제 4장에서는 제안된 기법의 성능을 평가하기 위한 시뮬레이션 환경과 결과를 나타내었고 마지막으로 결론을 맺었다.

2. 관련 연구

2.1 GFR 서비스를 위한 공평성 기준

ATM Forum에서 GFR 서비스를 위한 공정성 기준의 예를 정의하였으며 이에 대한 파라미터는 다음과 같다.

- A = 주어진 링크에서의 모든 GFR 연결을 위한 전체 가용 대역폭
- U = 정채된 연결의 대역폭 합
- B = A-U, 링크 상에서 정채된 연결에 의해 공유되는 대역폭
- N = 활성 연결의 총수
- N1 = 정채된 활성 연결의 총 수
- n = N-N1, 링크 상에서 정채된 활성 연결의 수
- M = n 범위 안에서 활성 연결의 MCR의 합
- B(i) = 연결 i에서의 공평한 연결
- MCR(i) = 연결 i의 MCR

주어진 링크에서 공정성 기준의 예는 다음과 같다.

2.1.1 공평성 기준 1(Max-Min)

사용 가능한 대역 B는 그 링크의 n개의 active VC에 의해 동등하게 공유된다.

$$B(i) = B/n$$

여기에서 B는 현재의 링크에서 GFR VC들이 공유할 수 있는 대역을 의미하고, 모든 접속들은 가중치(weight)가 없거나 동등한 가중치를 갖는 zero-MCR(Minimum Cell Rate)이다. 공유 환경에서 각 소스의 처리율은 다른 소스들의 요

구에 의존한다. 사용 가능한 대역을 소스들 중 활성중이고 병목되지 않은 모든 소스들에게 같은 대역을 할당하는 것이다. 네트워크 환경에서 각 소스들에게 대역을 할당하기 위해 주로 사용되는 기준은 Max-Min 공평성이다.

2.1.2 공평성 기준 2(MCR plus equal share)

하나의 GFR VC에 대한 공평 대역할당은 자신의 MCR과 병목된 GFR VC들의 대역을 제외한 현재 링크의 사용 가능 대역을 현재 링크의 active VC의 개수로 나눈 동등한 대역 값을 합한 값이다.

$$B(i) = MCR(i) + (B - M) / n$$

여기에서 B는 현재의 링크에서 GFR VC들에 의해 공유되는 대역이고, M은 n개의 active GFR VC들의 MCR의 합을 의미하며, 모든 MCR 값들이 0에 가까워지면 이 조건은 Max-Min 공평성 기준으로 수렴된다.

2.1.3 공평성 기준 3(Maximum of MCR or Max-Min share)

하나의 VC에 대한 대역할당은 MCR과 Max-Min Share 중 큰 값이다.

$$B(i) = \max(MCR(i), Max - Min share)$$

여기에서 B는 현재의 링크에서 GFR VC들이 공유할 수 있는 대역을 의미하고, n은 그 링크의 active VC들의 개수이다. 모든 VC들의 MCR이 0에 접근하면서 Max-Min 공평성 기준으로 수렴된다.

2.1.4 공평성 기준 4(Allocation proportional to MCR)

하나의 VC에 대한 대역할당은 MCR에 비례하여 가중된다.

$$B(i) = B \times (MCR(i) / M)$$

여기에서 B는 현재의 링크에서 GFR VC들에 의해 공유되는 대역이고 M은 n개의 active GFR VC들의 MCR의 합을 의미하며, 이 기준은 zero-MCR을 가진 VC에게는 적용되지 않는다.

2.1.5 공평성 기준 5(weighted allocation)

하나의 VC에 대한 대역할당은 미리 정해진 가중치, w(i)에 비례한다.

$$B(i) = B \times (w(i) / \sum w(j))$$

B는 현재의 링크에서 GFR VC들에 의해 공유되는 대역을 나타내고, 모든 접속들이 동등한 가중치를 가진 특별한 경우가 Max-Min 기준이다. 가중치는 MCR의 값에 독립적이거나 비독립적일 수 있다.

2.1.6 공평성 기준 6(MCR plus weighted share)

연결을 위한 대역폭 할당은 그것의 MCR에 제거된 MCR을 사용하는 대역폭 B의 공유 가중치를 더한다.

$$B(i) = MCR(i) + (B - M) \times (W(i) / \sum W(j))$$

2.2 버퍼제어 관련 기법들

GFR 서비스는 VC에 예약된 MCR을 보장하고 여분의 대역을 공평히 할당할 수 있어야 한다. GFR에서 버퍼 관리는 네트워크 대역을 효율적으로 사용하고 폭주상태를 해결하는 기능뿐만 아니라, 버퍼 관리에서 VC별 데이터 트래픽의 수용을 제어하여 VC에 할당된 MCR을 보장하고 공평성을 향상시키는 기능을 수행한다. UBR과 GFR에서 TCP/IP 성능을 향상시키기 위해서 다음과 같은 기법들이 제안되었다[4-7].

2.2.1 Partial Packet Discard(PPD)

TCP 패킷에 속한 하나 이상의 셀의 손실은 패킷을 사용할 수 없게 만든다. 따라서 손상된 패킷의 전체 셀을 폐기시키는 것은 네트워크를 좀 더 효율적으로 동작하도록 할 수 있다. 패킷에 포함된 셀이 ATM 스위치에 의해서 폐기되면 패킷에 속한 나머지 셀들은 사용 불가능하게 되며 네트워크 자원을 낭비하게 된다. 따라서 나머지 셀들은 네트워크로 전송되기보다는 PPD 스위치에서 폐기하여 패킷을 재전송 받는 방식이다. PPD 기법은 네트워크의 대역폭 이용량을 증가시키고 오류없는 패킷의 전송지연을 감소시킨다[8, 9].

2.2.2 Early Packet Discard(EPD)

EPD는 UBR 서비스를 통한 TCP의 효율성을 증가시키기 위해서 제안된 두번째 기법이다. EPD에서는 스위치내의 버퍼는 임계값을 가진다. 버퍼에 대기하고 있는 셀 수가 임계값을 초과하면 버퍼는 폭주상태이며 셀 손실을 초래하게 된다. 일부 TCP 패킷은 사용불가능 하므로 임계 값에 도달하게 되면 EPD 기법은 버퍼공간이 있다면 이미 스위치에 들어온 패킷들의 셀만을 허용하고 스위치에 들어오지 못한 패킷에 포함된 셀들은 폐기시키게 된다. EPD를 구현하는 스위치는 무작위로 셀을 폐기하는 것이 아니라 패킷에 속한 모든 셀을 폐기한다. 패킷을 고려하지 않고 스위치가 무작위로 셀을 폐기한다면 많은 수의 패킷에 영향을 받게되고 결국 많은 재전송이 일어나게 된다. 근본적으로 EPD 기법은 오류가 있는 패킷내의 모든 셀 폐기하여 TCP/IP 송신원으로부터의 재전송을 줄이게 된다[10, 11].

2.2.3 Double-EPD

Double-EPD 방식은 태깅을 사용하는 FIFO 기반의 단순한 매커니즘으로 단일 버퍼를 두 개의 임계치 LBO(Low Buffer Occupancy)와 HBO(High Buffer Occupancy)를 사용하여 논리적인 3가지 부분으로 나눈다[5]. 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 수용이 증가된다. 셀 점유량이 LBO 이상이 되고 HBO 이하이면, 새로 도착하는 태깅된 프레임은 폐기된다. 버퍼 점유량이 HBO 이상이면, 새로 도착하는 모든 프레임은 폐기되고 이미 수용된 프레임에 속한 셀만 받아들인다[12-14].

2.2.4 DFBA(Differential Fair Buffer Allocation)

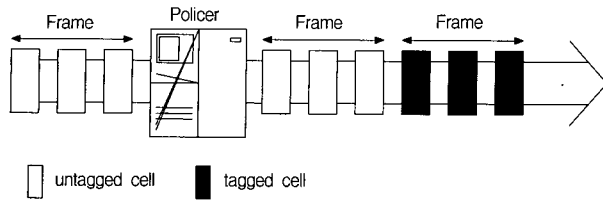
DFBA는 R.Goyal에 의해 ATM GFR 서비스를 위해 제안된 방식이다. 이 방식은 perVC-accounting 기반으로 다수의 TCP/IP 연결로 다중화 된 VC에 대해서 MCR을 보장한다[7]. Double-EPD 방식과 같은 두 개의 전역 임계치인 L과 H를 사용한다. 전체 버퍼 점유량 X가 L이상이 되면 CLP = 1인 프레임은 폐기되고 CLP = 0인 프레임은 해당 VC의 버퍼 점유율과 전체 버퍼 점유율 X에 따른 확률 값에 따라 폐기된다. 버퍼의 큐 길이 및 각 VC의 버퍼의 점유율에 따라 네 가지의 영역으로 나누어 서로 다른 셀 수용 판별을 적용하는 방식이다. FIFO 버퍼의 큐 길이 및 도착한 셀이 속한 VC의 큐 길이에 따라 DFBA 방식은 서로 다른 셀 수용 동작영역을 나타낸다. 프레임을 구성하는 첫 번째 셀이 도착했을 때 각 동작영역이 결정되며 그에 따라 셀 수용 여부를 가리는 방식이 달라지게 된다. 이 확률 함수는 아래의 식과 같이 계산하며, MCR에 따른 VC별 공평성을 향상시키고, 버퍼 효율성을 개선하기 위한 부분으로 나타난다[15-17].

3. 제안된 알고리즘을 이용한 GFR 서비스

3.1 policing 기법 및 셀 폐기 기법

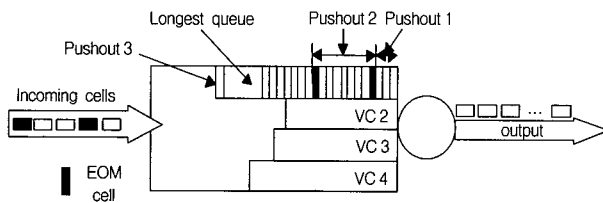
프레임의 최초의 셀이 도착하였을 때 버킷안에 적어도 MBS/2 토큰이 있다면 프레임의 모든 셀은 서비스 보장 측면에서 적합한 것으로 간주하고 각 셀은 앞으로 진행하면서 토큰을 소비한다. 그 밖의 경우에는 프레임의 모든 셀이 서비스 보장 측면에서 적합하지 않은 것으로 간주하고 어떤 셀도 앞으로 진행될 때 토큰을 소비하지 않는다. 프레임의 적합하지 않은 셀들은 태그된다. 토큰은 MCR의 비율로 보충되며, (그림 1)은 이러한 규칙을 나타낸다. 주어진 프레임에서의 모든 셀은 네트워크에서 같은 등급의 서비스를 받으며, 본 논문에서의 스케줄링 기법은 이러한 policing 규칙을 따른다.

또한 셀 폐기 기법으로는 다음과 같은 매커니즘을 이용한다. 각 VC별 큐 중에서 가장 긴 큐를 찾기 위해서는 VC 큐 길이의 비교를 요구하며, 따라서 출력 큐의 수가 증가할수록 가장 긴 큐를 찾기 위해 더 많은 큐 길이의 비교 회수가 요구되기 때문에 구현에 어려움이 있다.



(그림 1) Policing 기법

따라서 기존의 push out 방식의 복잡성을 줄인 폐기 방식을 제안하였다. VC별 큐 중에서 임의로 하나의 큐를 가장 긴 큐로 설정하고, 이 큐를 Longest Queue(LQ)로 설정한 후 셀이 도착하거나 전송되는 동안 다른 VC 큐와 비교하여 LQ를 갱신한다. 버퍼가 가득 찼을 경우 현재의 LQ로부터 해당하는 프레임의 셀을 폐기한다. 그리고 버퍼에 들어온 셀이 속한 VC의 큐를 증가시키고 이 큐의 길이가 현재의 LQ보다 크면 이 큐를 다시 LQ로 설정한다. (그림 2)는 이러한 셀 폐기 기법을 나타낸다.



(그림 2) 제안된 셀 폐기 알고리즘

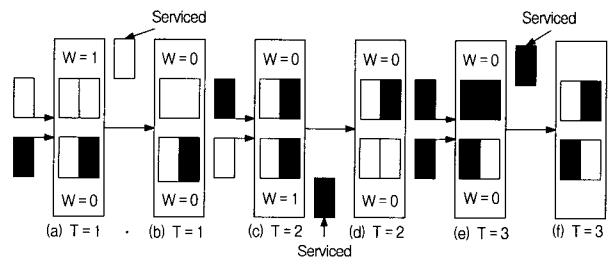
3.2 제안된 셀 스케줄링 알고리즘

제안된 스케줄링 알고리즘을 설명하기 전에 WRR이 앞에서 기술한 기준 2를 만족시키지 못한 예를 보일 것이다. 세 개의 연결이 설정되어 있고, 모든 연결의 유용 대역폭이 150Mbps라고 가정하면, 연결 1부터 3까지의 MCR은 각 30, 20, 10 Mbps이다. 만약 모든 연결이 항상 전송할 프레임이 있다면, 기준 2 조건하에서 연결 1부터 3까지의 공정한 버퍼 할당은 각 60, 50, 40Mbps이다. 따라서 연결 1부터 3의 가중치가 각 6, 5, 4라면 WRR은 기준 2를 만족시킨다. 그러나 VC 2와 VC 3이 항상 전송할 프레임을 가지고 있지만 VC 1이 전송할 프레임을 가지고 있지 않다면 기준 2 조건하에서 VC 2, VC 3의 공정한 대역폭 할당은 80, 70Mbps이다. 위에서 언급한 WRR을 사용한 VC 2, VC 3의 대역폭 할당은 83.3, 66.7이다. 따라서 WRR은 기준 2를 충족시키지 못한다.

제안된 스케줄링 알고리즘은 두 개의 구조로 되어있다. 첫 번째 구조는 최소를 보장을 가진 각 VC를 제공한다. 두 번째 구조는 같은 대역폭 할당을 가진 각 VC를 제공한다. VC의 셀이 서비스되기에 적합한 것으로 결정되면 스케줄링 기법은 항상 첫 번째 구조에서 시작한다. VC의 untagged 셀이 ATM switch에 도착하면 VC의 가중치는 1증가한다. VC의 tagged 셀이 도착하면 VC의 가중치는 증가

하지 않는다. 처음 구조에서 스케줄러가 VC의 셀이 서비스되기에 적합할 때 가중치가 0보다 큰 VC가 있다면 그러한 VCs 사이에 VC의 셀이 서비스되고 서비스된 VC의 가중치는 1 감소한다. 만약 그러한 VCs가 없다면 스케줄링 알고리즘은 다음 구조로 이동한다.

두 번째 구조에서 VC의 셀이 round-robin 방식으로 서비스되기에 적합한지를 스케줄러가 결정한다. (그림 3)은 제안된 기법의 구조를 나타낸다. 두 개의 VC가 있고, per-VC queueing이 구현되었다. $t = 0$ 에서 각 VC는 버퍼에 셀이 없고 각 VC의 가중치는 0이다. $t = 1$ 에서 VC 1의 untagged된 셀이 도착하면 VC 1의 가중치는 1 증가한다. 그런 반면에 VC 2의 셀이 tagged 되었기 때문에 VC 2의 가중치는 증가하지 않는다. VC 1의 가중치가 0보다 크기 때문에 VC 1 셀이 서비스된다. 그 후 VC 1의 가중치가 1 감소한다. 반면 VC 2의 untagged 된 셀이 도착하면 VC 2의 가중치는 1증가한다. VC 2의 가중치가 0보다 크기 때문에 VC 2의 셀이 서비스된다. 그 후 VC 2의 가중치가 1감소하며, Untagged된 셀이 들어오지 않았으므로 VCs의 가중치는 증가하지 않는다. 두 개의 VCs의 가중치가 0이므로 Round-Robin 방식으로 VC 1의 셀이 서비스된다.



(그림 3) 제안된 기법의 예(기준 2)

4. 제안된 기법의 성능 분석

4.1 시뮬레이션 환경

제안한 알고리즘의 성능을 분석하기 위해 사용된 시뮬레이션 모델은 (그림 4)와 같은 열 쌍의 송신원과 수신원 및 두 개의 스위치를 가지는 one-hop 모델을 사용하였다. 스위치의 각 출력 포트의 전송 속도는 155Mbps이고 스위치 버퍼의 크기는 8000cell이다.

또한 TCP 버전으로는 RENO가 사용되었다. 모든 링크와 모든 소스의 PCR이 155Mbps라고 가정한다. 소스 1부터 10의 MCR은 각 5, 5, 5, 5, 5, 10, 10, 10, 15, 15, 20로 가정한다. 스위치에 접속 설정된 각 VC에 대하여, 공평성 기준에 따라 전체 대역에 대한 이상적인 대역 할당 값을 결정할 수 있고, 일정 시간동안의 시뮬레이션에 의한 각 VC의 측정된 대역 사용량을 얻을 수 있다. 따라서 주어진 공평성 기준에 대하여 WRR 알고리즘과 제안된 스케줄링 알고리즘의 전체 대역에 대한 이상적인 대역 할당 값과 시뮬레이

선에 의하여 측정된 대역 사용량으로부터 공정성 지표를 구할 수 있다. 성능 평가를 위한 파라미터는 <표 1>과 같다.

<표 1> 성능 평가를 위한 파라미터

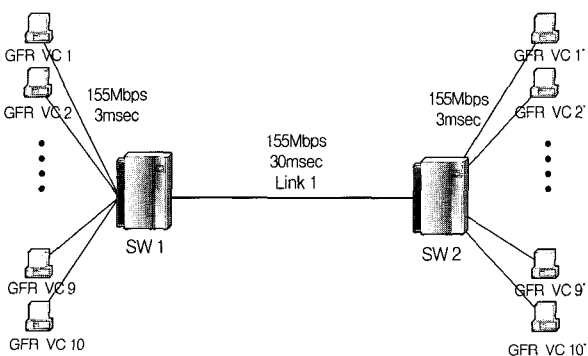
FTP	Maximum Window size	65536bytes
	MSS	960bytes
	TCP version	RENO
	Retransmission Timer	2×RTT
GFR	MFS	960bytes(20cells)
	VC1~VC4	MCR : 5Mbps, PCR : 155Mbps
	VC5~VC7	MCR : 10Mbps, PCR : 155Mbps
	VC8~VC9	MCR : 15Mbps, PCR : 155Mbps
	VC10	MCR : 20Mbps, PCR : 155Mbps
Switch	Buffer Size	8000cell(424000bytes)

n개의 VC의 전체 대역에 대한 이상적인 대역 할당값을 Z_i 로 표시하고 시뮬레이션에 의하여 측정된 대역 사용량을 Y_i 로 표시한다면, 각 VC를 위한 정규화된 할당 값은 $X_i = \frac{Y_i}{Z_i}$ 로 계산 할 수 있고, 공정성 지표 $F(i)$ 는 식 (4.1)과 같다. 각 VC에 대한 할당 값인 X_i 는 시간에 따라 변하기 때문에 공정성 지표는 0과 1 사이의 값으로서 불공평 지표 $D(i)$ 는 식 (4.2)와 같이 구할 수 있다.

$$F(i) = \frac{(\sum x_i)^2}{(n \times \sum x_i^2)} \quad (4.1)$$

$$D(i) = 1 - F(i) = 1 - \frac{(\sum x_i)^2}{(n \times \sum x_i^2)} \quad (4.2)$$

- n : 소스의 수
- Z_i : 주어진 공정성 기준 조건에서 소스 i의 이상적인 수율
- Y_i : 소스 i의 측정된 수율
- X_i : Y_i / Z_i
- $F(i)$: 공정성 지표
- $D(i)$: 불공평성 지표



(그림 4) 시뮬레이션 네트워크 모델

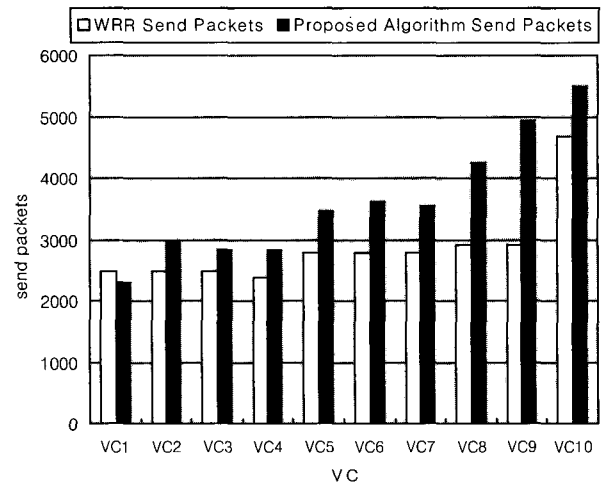
4.2 시뮬레이션 결과

시뮬레이션의 결과는 제안된 스케줄링 알고리즘과 기존의 WRR 알고리즘의 공정성 지표와, 각 MCR에 대한 수율을 비교, 분석, 평가하여 제안된 알고리즘의 우수성을 확인하였다. <표 2>는 제안된 알고리즘과 기존의 WRR 알고리즘의 tagging 셀 수를 비교한다. <표 2>에서 passed cell은 CLP = 0인 cell을 의미한다.

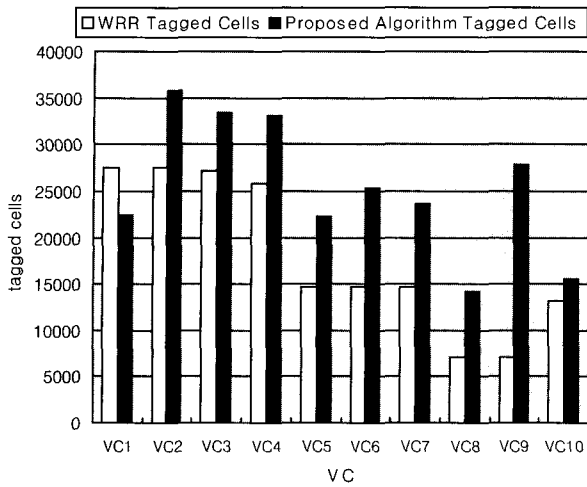
<표 2> WRR과 제안된 알고리즘의 Tagging

	WRR			Proposed Algorithm		
	Send Packets	Untagged Cells	Tagged Cells	Send Packets	Untagged Cells	Tagged Cells
VC1	2475	22040	27460	2300	23560	22440
VC2	2479	22040	27540	2960	23560	35700
VC3	2470	22200	27200	2845	23560	33340
VC4	2392	22060	25780	2833	23560	33100
VC5	2777	40900	14640	3470	47140	22260
VC6	2779	40940	14640	3622	47120	25320
VC7	2780	40960	14640	3537	47100	23640
VC8	2906	51100	7020	4241	70720	14100
VC9	2908	51140	7020	4930	70740	27860
VC10	4671	80260	13160	5492	94320	15502

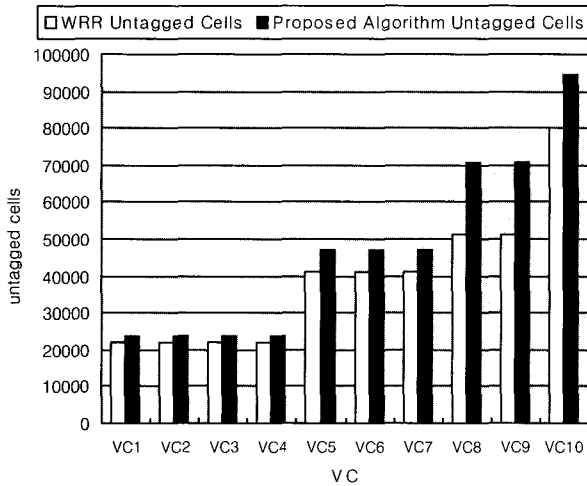
(그림 5), (그림 6), (그림 7)은 <표 1>에 나열된 데이터를 근거로 WRR과 proposed 알고리즘의 전송 패킷, tagged 셀 수, untagged 셀 수를 비교한 그래프이다. WRR의 경우, 각 VC 별로 전송 패킷 수는 적고, 서비스에서 우선 순위가 높은 untagged 셀의 수는 많으며, tagged 셀 수는 적다. 상대적으로 제안된 알고리즘이 WRR보다 우수한 서비스가 가능하다.



(그림 5) 제안된 알고리즘과 WRR의 전송 패킷 비교



(그림 6) 제안된 알고리즘과 WRR의 tagged 셀 비교



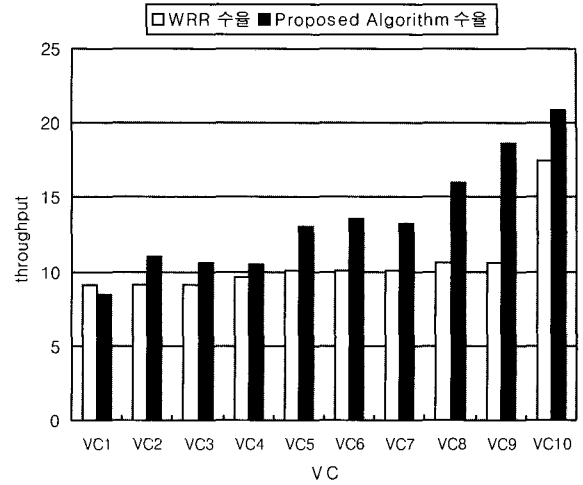
(그림 7) 제안된 알고리즘과 WRR의 untagged 셀 비교

<표 3> WRR과 제안된 알고리즘의 수율

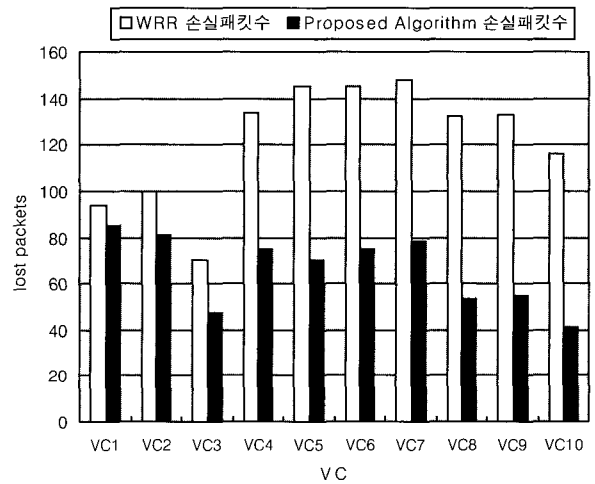
	이상적 수율	WRR		Proposed Algorithm			
		수율	수신패킷 수	손실패킷 수	수율	수신패킷 수	손실패킷 수
VC1	10.5	9.07776	2364	94	8.45568	2202	85
VC2	10.5	9.07008	2362	100	11.0477	2877	81
VC3	10.5	9.15072	2383	70	10.5984	2760	47
VC4	10.5	9.62464	2246	134	10.5101	2737	75
VC5	15.5	10.0416	2615	145	13.0022	3386	70
VC6	15.5	10.0493	2617	145	13.5744	3535	75
VC7	15.5	10.0416	2615	148	13.2403	3448	78
VC8	20.5	10.6406	2771	132	16.0013	4167	53
VC9	20.5	10.6445	2772	133	18.6394	4854	55
VC10	25.5	17.449	4544	116	20.8205	5422	41

<표 3>는 TCP 수신기에서의 수율과 전송된 패킷 수 그리고 손실 패킷의 수를 보여주고 있다. 또한 MCR Plus

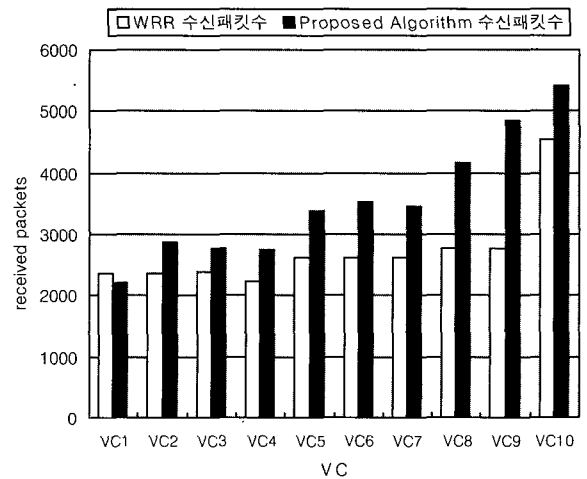
equal share 공평성 기준에서의 각 VC의 이상적인 수율을 보여주고 있다. (그림 8), (그림 9), (그림 10)은 <표 3>에



(그림 8) 제안된 알고리즘과 WRR의 수율 비교



(그림 9) 제안된 알고리즘과 WRR의 손실 패킷 비교



(그림 10) 제안된 알고리즘과 WRR의 수신 패킷 비교

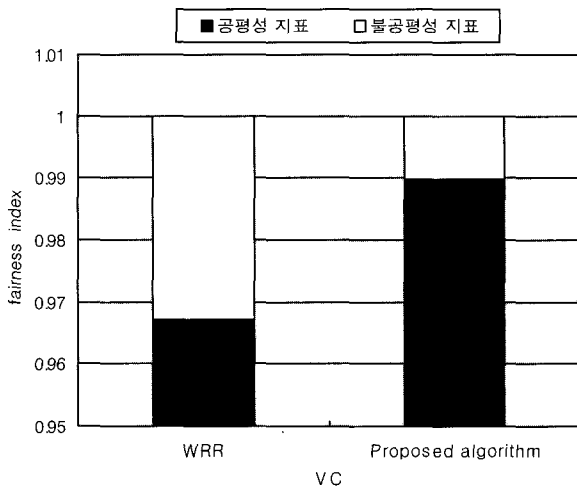
나열된 데이터를 근거로 WRR과 proposed 알고리즘의 수율, 수신 패킷수, 손실 패킷수를 비교한 그래프이다. WRR의 경우 수율이 낮고, 수신 패킷 수가 적으며, 손실 패킷 수가 많다. 상대적으로 제안된 알고리즘이 WRR보다 우수한 서비스가 가능하다.

<표 4>는 <표 3>의 결과를 근거로 식 (4.1) 공평성 지표와 식 (4.2) 불공평성 지표를 나타낸다. 식 (4.1)에 n개의 VC의 전체 대역에 대한 이상적인 대역 할당값과 시뮬레이션에 의하여 측정된 대역 사용량을 각각 대입하여, 공평성 지표를 구할 수 있다. 또한 식 (4.2)에서 불공평성 지표를 구할 수 있다.

<표 4> WRR과 제안된 알고리즘의 공평성 지표

	WRR	Proposed algorithm
공 평 성 지표	0.9670714161	0.989887653
불공평성 지표	0.0329285841	0.010112347

(그림 11)은 <표 4>에 나열된 데이터를 근거로 WRR과 제안된 알고리즘의 공평성, 불공평성 지표를 나타낸 그래프이다. 제안된 알고리즘이 WRR보다 더 높은 공평성 지표를 가질 수 있다.



(그림 11) 제안된 알고리즘과 WRR의 공평성 비교

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 ATM 계층 서비스로 새로이 제안된 GFR 서비스에서 TCP/IP 트래픽 공평성을 향상하기 위한 버퍼관리 및 스케줄링 방식을 제안하였다. GFR을 위한 서비스 알고리즘을 tagging, buffer management, scheduling 세 부분으로 나누어서 제안하였다. 버킷안에 토큰이 적어도 MBS/2 있다면 그 셀은 untagged 된다. 또한 셀 폐기 기법에 의해서 수용 여부를 결정한 후 2단계 스케줄링 기법에서 VC,

VCs, Weight의 상관관계에 의해서 서비스한다.

시뮬레이션을 통한 성능 분석 결과 기존의 WRR 방식에서 만족하지 못하는 공평성 기준 2(MCR plus equal share)를 만족시킬 수 있고 수율면에서도 보다 높은 성능을 유지함을 확인할 수 있었다. 수율면에서 제안된 알고리즘이 기존의 WRR보다 약 30% 향상되었다. 또한 공평성 지표에서도 WRR(0.9670)보다 제안된 알고리즘(0.9899)이 더 우수하였다.

향후 좀 더 다양한 망 환경에서의 시뮬레이션과 상위 계층의 TCP 방식에 따라 전체 성능이 달라지게 되므로 다양한 TCP 방식을 고려한 성능 분석이 필요하다. 또한 WRR 외의 다른 스케줄링 기법에 대한 비교도 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] ATM Forum Technical Committee, "Traffic Management Specification Version 4.0," ATM-Forum, Apr., 1996.
- [2] ATM Forum Technical Committee, "Traffic Management Specification Version 4.1," ATM-Forum, March, 1999.
- [3] Dapeng Wu and H. Jonathan Chao, "Buffer Management and Scheduling for TCP/IP over ATM-GFR," IEEE, 1998.
- [4] Rohit Goyal and Raj Jain, "Design Issues for providing Minimum Rate Guarantees to the ATM Unspecified Bit Rate Service," IEEE, 1998.
- [5] Chia-Tai Chan, Yaw-chung Chen and Pi-Chung Wang, "An Efficient Traffic Control Approach for GFR Services in IP/ATM Internetworks," IEEE, 1998.
- [6] Olivier Bonaventure and Jordi Nelissen, "Guaranteed Frame Rate : A Better Service for TCP/IP in ATM Networks," IEEE, 2001.
- [7] Y. S. Lin, et. al, "Quasi-Pushout Cell Discarding," IEEE, 1997.
- [8] S. K. Pappu and D. Basak, "TCP over GFR Implementation with Different Service Disciplines : A Simulation Study," ATM-Forum, 1997.
- [9] R. Goyal, "Buffer management for GFR Service," ATM-Forum, 1998.
- [10] D. Basak and S. K. Pappu, "GFR Implementation Alternatives with Fair Buffer Allocation Scheme," ATM-Forum, 1997.
- [11] Andrikopoulos, A. Liakopoulos, G. Pavlou and Z. Sun, "Providing Rate Guarantees for Internet Application Traffic Across ATM Networks," *IEICE TRAN. COMMUN.*, Vol. E83-B, No.2, Feb., 2000.
- [12] Shou-Cheng Hu, Pi-Chung Wang, Yaw-Chung Chen and Chia-Tai Chan, "Virtual Buffering Strategy for GFR Services in IP/ATM Interworks," *ECUMN 2000*, pp.164-170,

2000.

- [13] Norbert Vicari and Robert Schedel, "Performance of the GFR-Service with Constant Available Bandwidth," *INFO COM 99*, Vol.2, pp.567-574, 1999.
- [14] Chia-Tai Chan, Shuo-Cheng Wang, Pi-Chung Wang and Yaw-Chung Chen, "A FIFO-Based Buffer Management Approach for the ATM GFR Services," *IEEE*, Vol.4, pp. 205-207, June, 2000.
- [15] Ryoichi Kawahara, Yuki Kamado, Masaaki Omotani and Shunsaku Nagata, "Method of Implementing GFR Service in Large-Scale Networks Using ABR Control Mechanism and Its Performance Analysis," *IEICE Trans. Commun.*, Vol.E82-B, No.12, Dec., 1999.
- [16] Shigehiro Ano, Toru Hasegawa, "An Experimental Study on Performance during Congestion for TCP/IP Traffic over Wide Area ATM Network Using VBR with Selective Cell Discard," *IEICE Trans. Commun.*, Vol.E83-B, No.2, Feb., 2000.
- [17] Yong-Gu Jeon, Hong-Shik Park, "Performance Evaluation and Fairness Improvement of TCP over ATM GFR in FIFO-Based Mechanisms," *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E84-B, No.8, Aug., 2001.



곽 현 민

e-mail : hyenmin@kriss.re.kr
 2000년 전북대학교 전자공학과(공학사)
 2002년 전북대학교 대학원 전자공학과
 (공학석사)
 2002년~현재 한국표준과학연구원 정보
 전산그룹

관심분야 : ATM Switch, Cell Scheduling, Internet Protocol, DBMS



김 남 희

e-mail : nhkim@kunsan.ac.kr
 1992년 군산대학교 정보통신공학과
 (공학사)
 1994년 전북대학교 전자공학과(공학석사)
 1997년 전북대학교 전자공학과(공학박사)
 1998년~2000년 한국표준과학연구원
 박사후 연수원

2002년~현재 군산대학교 컴퓨터정보과학과 전임강사
 관심분야 : ATM 트래픽제어, 광대역통신망



이 상 태

e-mail : stlee@kriss.re.kr
 1977년 아주대학교 전자공학과(공학사)
 1992년 전북대학교 대학원 전자공학과
 (공학석사)
 1998년 전북대학교 대학원 전자공학과
 (공학박사)

1981년~1985년 국제상사 컴퓨터사업본부 과장대리
 1985년~현재 한국표준과학연구원 정보전산그룹장
 관심분야 : Computer Network, Traffic Control, Protocol, KMS



전 병 실

e-mail : bschon@moak.chonbuk.ac.kr
 1967년 전북대학교 전자공학과(공학사)
 1969년 전북대학교 대학원 전자공학과
 (공학석사)
 1974년 전북대학교 대학원 전자공학과
 (공학박사)

1970년~1980년 미국 University Nortre Dame 객원교수
 1971년~현재 전북대학교 전자정보공학부 교수
 관심분야 : Computer network, ATM Switch, Traffic Control, Interconnection Network, VLSI Design