GFR 서비스를 위한 효율적 버퍼관리 알고리즘

An Efficient Buffer Management Algorithm for GFR Service

김남희, 조해성
군산대학교, 건양대학교

Kim Nam-Hee, Cho Hae-Sung
Kunsan National University,
Konyang University

요약

본 논문에서는 GFR 서비스에서 비실시간 트래픽에 대한 효율적인 트래픽제어를 통하여 공평성과 수율을 향상시킬 수 있는 버퍼관리 기법을 제안한다. 제안된 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 시뮬레이션을 통하여 공평성과 goodput을 기존의 버퍼관리기법과 비교하였다. 시뮬레이션 결과 제안된 기법이 기존의 기법보다 공평성과 gootput면에서 향상되었음을 확인 할 수 있었다.

Abstract

In this paper, we propose a cell scheduling scheme which can improve the fairness and the goodput through the traffic control in GFR service. For the evaluation of the proposed scheme, we compare the proposed scheme with the existing scheme in the fairness and the goodput. Simulation results show that proposed scheme can improve the fairness and goodput comparing with the existing buffer management scheme.

1. 서 론

GFR 서비스는 최대 패킷 크기를 초과하지 않는 최소 패킷레벨 보장을 위한 패킷 스트림을 지원한다. 또한 사용자에 의해 설정된 프레임의 우선순위 표시를 ATM 망에서 순응 검사 등을 통해 임의로 바꿀지의 여부에 따라 다시 GFR.1과 GFR.2로 구분된다. GFR.1의 경우 초과 전달된 프레임을 순응 검사에서 폐기하도록 하며, GFR.2의 경우 CLP(Cell Loss Probability) 비트를 1로 태깅하여 프레임의 우선순위를 낮출 수 있도록 하고 있다[1,2]. GFR에서는 가용 대역폭에 대한 공평성 있는 대역할당을 지원해야 하기 때문에 버퍼관리를 통한 셀 폐기와 셀 스케쥴링이 중요한 요소이다[4]. ATM 스위치에서 GFR을 구현하기 위해 제안된 메카니즘에는 Double- EPD, WFBA(Weighted Fair Buffer Allocation), DFBA(Differential Fair Buffer Allocation)등의 기법이 제안되었다. D-EPD 방식의 경우 F-GCRA를 이용해 도착한 셀에 대한 순응 검사를 실시하여 태깅하고, 두 임계치를 같은 EPD 방법을 FIFO 큐에 적용하는 기법으로[3] 셀이 FIFO 큐에서 전송될 때는 현재 버퍼에 저장된 셀의 수를 나타내는 QT를 1씩 감소시키게 된다. 이와 같이 태깅과 FIFO 큐를 이용하여 GFR을 구현하는 경우, 구현은 간단하지만 잉여 대역폭을 각 VC들에 공평히 분배할 수 없는 문제점이 나타난다. 또한 기존의 버퍼 관리 알고리즘은 TCP 트래픽의 "burstness" 특성으로 인해 CLP가 0인 AAL-5 PDU의 손실 없는 전송만으로는 GFR이 요구하는 최소 전송률 보장과 공평성을 제공하기 어

렵다. 또한 연결된 VC의 지연 시간이나 패킷의 크기가 서로 다른 경우에도 최소 전송률 보장과 공평한 대역 할당을 못하는 단점이 있다[5,6,7,8]. 따라서 본 논문에서는 효율적인 버퍼관리를 하여 셀을 폐기함으로서 goodput과 공평성을 만족시킬 수 있는 버퍼관리 기법을 제안하였다. 제안된 버퍼관리 기법에서는 공평성과 goodput의 성능을 높이기 위해 CLP가 1인 tagged된 셀과 CLP 비트가 0인 untagged 셀에 대해서 각각의 동적 임계치와 공평대역 할당율을 제어함으로서 공평성과 goodput을 높일 수 있도록 하였다. 본 논문의 구성은 서론에 이어 제 2장에서는 TCP 트래픽 평성 및 goodput을 향상시키기 위한 버퍼관리 알고리즘을 제안하였다. 그리고 3장에서는 제안된 기법의 성능을 평가하기 위하여 파라미터 등 시뮬레이션 환경 및 시뮬레이션을 통한 결과를 분석하고, 마지막으로 결론을 맺었다.

2. GFR 서비스를 위한 버퍼관리 기법

본 논문에서는 FIFO 기반의 구현이 간단하면서도 goodput을 높이고 특히, GFR 서비스에서 가장 중요한 요소인 VC의 공평한 대역 할당을 통한 공평성을 높일 수 있는 버퍼관리 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안한 버퍼관리기법은 수신측에서 서비스의 질을 보장받기 위해서 MCR을 보장받을 수 있도록 하고 나머지 대역에 대하여 각 VC들간의 대역을 공평히 분배하여 쓸수록 있도록 하였다. 각 VC들 간의 공평한 대역할당을 위해서 본 논문에서는 tagged셀과 untagged셀에 각각 동적임계치를 사용하고 도착율과 공평할당의 비율을 이용한 셀 폐기 방식을 적용하였다.

즉, 버퍼에 도착한 셀의 CLP 비트가 1인 tagged 셀에 대해서는 식 (1)의 TLi라는 임계치를 설정하고, 식 (3)과 식 (4)의 셀의 도착율과 공평할당율의 비율을 측정하여 식 (3)의 셀 도착율이 식 (4)의 공평할당율을 초과하고, 동적임계치를 넘어서면 폐기하고 그렇지 않은 경우에는 셀을 받아들여 서비스 받을 수 있도록 하였다.

그리고 버퍼에 도착한 셀이 CLP 비트가 0인 untagged 셀에 대해서도 tagged 셀의 폐기방식과 마찬가지로 식 (2)의 동적임계치를 설정하고, 식 (3)과 식 (4)의 비율을 측정하여 동적임계치를 넘어서거나 셀의 도착율이 공평대역 할당율을 넘어서면 폐기하고 그렇지 않은 경우에는 버퍼로 진입시켜 서비스 받을 수 있도록 하였다. 이와 같은 메카니즘을 사용함으로서 tagged 셀과 untagged 셀이 각 VC에서 공평 대역할당을 최대한 만족시킬 수 있다. 또한, DFBA 방식에서는 tagged 셀에 대해서 무조건 LBO의 임계치까지는 셀을 받아들이도록 함으로서 tagged 셀에 대하여 LBO 이하에서는 공평성을 전혀 고려하지 않았으나 본 논문에서는 LBO 이하에서도 tagged cell에 대한 공평성을 고려할 수 있도록 하였다.

$$TL_i = \frac{MCR_i + (C_{GFR} - \sum_{i=1}^{n} MCR_i)}{W} \times \frac{(HBO - LBO)}{2} \quad (1)$$

$$THi = \frac{MCR_i}{\sum MCR}(HBO - LBO) + \frac{LBO}{N} \quad (2)$$

식 (1)과 식(2)에서 W는 활성화된 VC의 총 대역을, MCRi는 각 VC의 최소 셀 율을 나타내고, HBO와 LBO는 ATM 스위치 출력버퍼에서의 임계값을 나타내고, C_{GFR} 은 VC의 총용량을 나타낸다. 그리고 N은 활성화된 VC의 총 개수이고, Wi는 VCi의 가중치를 나타낸다.

그리고 식 (3)에서 r_i는 i-번째 VC의 서비스 속도이고, l_i^k는 k번째 AAL5-PDU의 크기이다. T_i^k는 AAL5-PDU의 도착 간격으로 $T_i^k = t_i^k - t_i^{k-1}$ 정의하고, 이 식에서 K는 상수로 일반적으로 300 - 500 msec로 설정하여 실제 서비스율에 근접한 측정치를 구할 수 있도록 하였다. α는 지수 가중치로 0에서 1 사이의 값을 가지며, T_i^k에 따라 α가 변하게 되고,

ATM PDU의 첫 번째 셀이 도착할 때마다 측정이 이루어진다. 그리고 식 4의 공평대역 할당율은 ATM Forum에서 GFR 서비스를 위해 제시한 공평성 원칙 2에 기반한 MCR+Equalshare를 적용하여 식 (4)에 보여지듯이 MCR를 보장해주고 나머지 대역을 활성화된 VC의 개수인 N으로 나눈값으로 설정하였다.

$$r_i = (1 - \alpha)\frac{l_i^k}{T_i^k} + \alpha \cdot r_i \qquad (3)$$

$$fair_i = MCR_i + \frac{C_{GFR} + \sum_{j}^{ActiveVC} MCR_j}{N} \qquad (4)$$

제안된 공평성 대역할당을 위한 알고리즘이 (그림 1)에 나타나 있다. 본 논문의 알고리즘에 사용된 속성과 의미는 <표 1>과 같다.

[표 1] 논문에 사용된 속성 및 의미

Attributes	Descriptions
X	the length of current buffer
Xi	the length of current buffer in VCi
LBO	Low Buffer Occupancy
HBO	High Buffer Occupancy
W_i	the weight of VCi
W	the sum of weight
TL_i	the threshold of VCi for tagged cell
TH_i	the threshold of VCi for untagged cell
r_i	The arrival rate
$fair_i$	The fair share rate
N	Number of Active VC

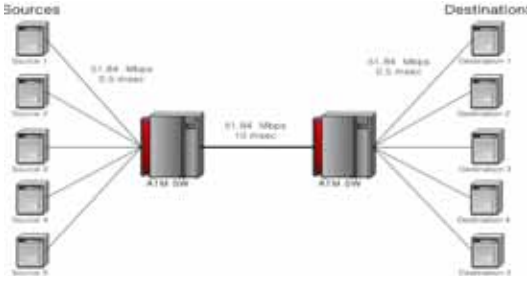
```
when a cell from VCi arrives to the switch

if the cell is the first cell of a packet
   if (CLP bit of cell == 1) { /* the cell is tagged */
      if (X <  LBO) and (Xi < = TLi) and ( r_i < = fair_i ) {
            then accept  the cell;
            Xi++, X++;
            set PS[i]=0; }    /* ensure the subsequent cell's
acceptance */
      else { drop the cell;
             PS[i]=1;  }
           }

 else (CLP bit of cell == 0) { /* the cell is untagged */
      if(X < LBO) {
        then accept  the cell;
        PS[i]=0;   /* ensure the subsequent cell's acceptance */
        Xi++, X++ }
      else if(LBO < X < HBO)
           if (Xi < THi) and ( r_i < = fair_i )  {
              accept the cell;
              PS[i]=0;
              Xi++, X++ }
           else {
              drop the cell;
              PS[i]=1; }  /* ensure the subsequent cell's drop */
      else /* X > HBO */
           perform the EPD scheme
 }

if the cell is the subsequent cell of a packet

 if (PS[i]=0 and X >0) {
   accept the cell;
   Xi++;
   X++; }
else {
    drop the cell;
    PS[i]=1;
    }
```

▶▶ 그림 1. 제안된 알고리즘의 의사코드

3. 성능 평가

3.1 시뮬레이션 환경

본 논문에서 제안된 알고리즘의 성능평가를 위한 시뮬레이션 프로그램은 C++로 작성되었으며, 시뮬레이션 환경은 그림 2처럼 2개의 ATM 스위치가 10개의 TCP 소스를 발생시키는 터미널에 연결되어 있는 구조로 구성되어 있다. 셀 전송시간은 2.73μ sec이다. 각 터미널의 TCP/IP는 RENO 버전이 사용되었으며 ATM 랜카드를 장착한 워크스테이션 또는 라우터가 ATM 스위치와 직접 연결된 peer-to-peer 모델로 연결된다.

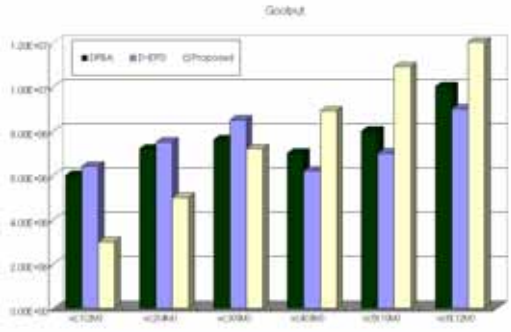


▶▶ 그림 2. 시뮬레이션 환경

3.2 성능평가 및 결과분석

시뮬레이션을 통한 제안된 알고리즘을 평가하기 위하여 서술한 TCP의 goodput과 공평성 지표인 fairness에 대해 기존의 기법인 Double-EPD, DFBA와 제안된 기법에 대하여 각 VC에 대해 MCR을 같게 했을 때와 MCR을 다르게 했을 때에 대해 공평성 지표와 goodput을 비교·분석하였다.

그림 3과 그림 4는 각 VC의 MCR을 동등하게 했을 때와 각 VC의 MCR을 다르게 했을 때의 기존의 기법과 제안된 기법의 goodput과 fairness를 나타내고 있다. 제안된 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 본 논문에서는 제안된 알고리즘과 기존 알고리즘에 대해 gootput율과 공평성 지수에 대해 각각 비교·분석하였다.

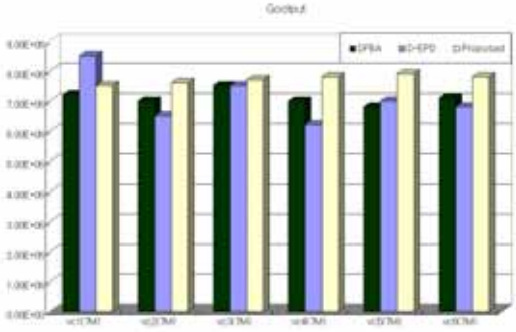


▶▶ 그림 3. TCP Goodput(각 VC의 MCR이 다를 경우)

[표 2] Fairness Index 비교

Performance	Double-EPD	DFBA	Proposed
Fairness index	0.8669	0.9367	0.9877

표 1에 보여지듯이 Double-EPD나 DFBA 방식에 비해 제안된 기법의 공평성 지수는 0.9877로 DFBA의 0.9367이나 Double-EPD의 0.8669에 비해 높게 나타났음을 알 수 있는데 이는 tagged 셀과 untagged 셀에 대해 각 동적 임계치와 셀의 수를 이용한 제안된 기법이 MCR의 비율에 따른 대역할당의 분배제어가 효율적으로 되고 있음을 알 수 있다.



▶▶ 그림 4. TCP Goodput(각 VC의 MCR이 같을 경우)

표 3. Fairness Index 비교

Performance	Double-EPD	DFBA	Proposed
Fairness index	0.9354	0.9745	0.9998

그림 4와 표 3에서는 각 VC의 MCR을 7Mbps로 모두 같게 설정했을 때의 기존의 기법인 Double-EPD, DFBA 방식과 제안된 방식의 goodput과 공평성 지수를 측정한 그림이다. 그림에서 보여지듯이 각 VC마다 거의 같은 goodput율을 나타내고 있는데 이는 각 VC당 같은 7Mbps의 MCR을 적용했기 때문이다. DFBA나 제안된 기법의 경우 거의 같은 안정된 goodput율을 보이는 반면 Double-EPD 기법은 VC1에서 VC6까지의 전체적 goodput의 합은 다른 기법과 비슷하나 VC1에서는

높고 상대적으로 VC4의 경우는 낮게 매우 불안정한 특성을 보이고 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 ATM 망에서 소스와 목적지 노드 간에 최소의 셀율을 보장하면서 나머지 대역의 공평한 할당을 할 수 있도록 함으로서 특정 VC가 많은 대역을 점유함으로서 그에 따라 나머지 VC의 불공평 대역할당으로 인해 발생하는 TCP에서의 서비스 질 저하를 개선하기 위하여 효율적인 버퍼관리를 통하여 셀을 폐기하고 스케쥴링함으로서 GFR 서비스에서의 goodput과 공평성을 만족시킬 수 있는 버퍼관리 기법을 제안하였다. 제안된 알고리즘에서는 tagged 셀과 untagged 셀의 효율적인 버퍼진입과 폐기를 위하여 tagged, untagged 셀의 점유 비율 및 셀 도착율을 기반으로 각 VC에 대해 동적 임계치를 할당할 수 있도록 하고, ATM 스위치내의 셀 도착율 요소를 추가시켜 최종적으로 셀의 폐기를 결정할 수 있도록 함으로서 버퍼의 효율을 향상시켜 TCP 트래픽의 goodput 율과 공평성을 향상시킬 수 있었다.

▌참고문헌▐

[1] Rohit Goyal and Raj Jain "Design Issues for providing Minimum Rate Guarantees to the ATM Unspecified Bit Rate Service," Proceedings of the IEEE ATM Workshop Proceedings, pp. 169-175, 1998.

[2] Chia-Tai Chan, Yaw-chung Chen and Pi-Chung Wang "An Efficient Traffic Control Approach for GFR Services in IP/ATM Internetworks," IEEE GLOBECOM 98, vol. 2, pp.1112-1117, 1998.

[3] Olivier Bonaventure and Jordi Nelissen "Guaranteed Frame Rate: A Better Service for TCP/IP in ATM Networks," IEEE Network, vol. 15, pp.46-54, JAN.-Feb. 2001.

[4] S. Sathaye, "ATM Forum Traffic Management Specification, Version 4.0," ATM Forum Technical Committee, Mar. 1996.

[5] J. Kenney, "Traffic management baseline text document. ATM Forum document BTD-TM-01.01", Apr. 1998.

[6] M. Hassan, M. Atiquzzaman, "Performance of TCP/IP over ATM networks", Artech House, 2000.

[7] Masayoshi Nabeshima, "Improving the performance of active buffer management with per-flow informantion", IEEE communication letters, vol. 6, No.7, pp.306-308, July, 2002.