

# 혼합 망에서 GFR 서비스의 공정성 향상 알고리즘

송선희, 석경휴, 김문환\*, 김철영, 배철수\*\*, 나상동

조선대학교 컴퓨터공학과, \*한국전파기지국, \*\*관동대학교 정보 통신공학과

## A GFR Service of fairness Improvement Algorithm in hybrid Network

Sun-Hee Song, Kyung-Hyu Suk, Moon-Hwan Kim\*,

Chul-Young Kim, Chul-Soo Bae\*, Sang-Dong Ra

Dept of Computer Engineering, Chosun University

\*KRTnet Corporation Network Planning

\*\*Dept of Electronic Com. Kwandong University

e-mail:sdna@mail.chosun.ac.kr

### 요 약

유무선 혼합 망에서 GFR서비스의 최소대역, 효율 및 트래픽 제어를 위한 버퍼관리 기법 등을 유무선 혼합망의 셀 기반 네트워크에서 가중치를 높이는 시뮬레이션을 통해 공정성을 입증하는 연구를 한다. GFR서비스는 TCP/IP 패킷의 품질보장과 베스트 에포트 트래픽에 대한 최소의 대역폭 보장을 하며, 가용 대역폭에 대한 공정성 있는 대역할당을 지원해야 하기 때문에 버퍼관리를 통한 셀 폐기와 셀 스케줄링 등이 중요한 요소이다.

본 논문에서는 유무선 혼합 네트워크에서 MCR을 보장하기 위하여 버퍼의 사용 가능한 영역의 활성 VC에 각 VC가중치를 비례해 할당하는 per-VC 어카운트에 기초한 트래픽 제어의 버퍼관리에 대한 유동적 WBA알고리즘을 제안하고 GFR 서비스의 효율 및 공정성을 유무선 혼합 망 셀 기반의 스위치를 이용하여 시뮬레이션으로 결과를 보인다.

### 키워드

ATM, WBA, GFR, 트래픽제어, 버퍼관리, 네트워크

## 1. 서 론

혼합된 네트워크에서는 최소한의 프레임 율과 공정성을 확보한다.

유무선 네트워크를 이용하는 데이터 응용의 경우 시간적 긴급성을 요하지 않는 비 실시간 데이터의 전송이 대부분을 차지하고 있다. 그러나 이러한 특성을 갖는 트래픽 전송의 경우 요구되는 대역폭을 예상할 수 없기 때문에, CBR과 VBR에 할당하고 남은 여분의 대역폭을 이용하는 서비스를 많이 사용하고 있다.

유무선 혼합 네트워크에서 멀티미디어 및 TCP 트래픽 등을 통합적으로 수용하기 위하여 CBR(Constant Bit Rate), VBR(Variable Bit Rate), ABR(Available Bit Rate), UBR(Unspecified Bit Rate), GFR(Guaranteed Bit Rate) 서비스 클래스를

제안하였다[1][2]. GFR은 TCP/IP 패킷의 품질보장과 Best-effort 트래픽에 대한 최소의 대역폭 보장을 하는 서비스이므로 데이터를 전송 함에 있어 중 단장치와 네트워크간의 매우 작은 정도의 상호작용만이 요구되며, 서비스 품질 적합성 검사를 통하여 인정받은 프레임에 대하여 망 내에 정체가 발생할 경우에도, 최소의 셀 손실 율과 최소 대역폭을 보장 받을 수 있도록 하기 위한 서비스이다.

본 논문에서는 유무선 혼합된 네트워크에서 GFR 서비스의 최소대역을 보장 받고 서비스 효율 및 트래픽 제어를 위한 per-VC 어카운팅(accounting)을 이용한 버퍼관리 기법, VC의 버퍼 점유량 제어 및 유무선 혼합 망의 셀 기반 스위치 시뮬레이션으로 GFR 서비스 향상의 공정성(fairness)과 효율에 대해 연구한다.

### II. 서비스 트래픽 특징

CBR은 음성 데이터와 같이 생성되는 트래픽의 데이터 율이 시간에 따라 일정하고 엄정한 지연시간과 지연변이가 요구되는 실시간 응용을 지원하기 위한 것이다. 확실한 QOS를 보장하며, 초당 전송셀 수(PCR:Peak Cell Rate)가 일정하다.

VBR은 압축 비디오 트래픽과 같이 가변적인 데이터 율을 갖는 트래픽을 수용하기 위한 서비스 범주로서, 전송시간상의 긴급성에 따라 rt-VBR과 nrt-VBR의 두가지 서비스 범주로 나뉜다. SCR(Sustainable Cell Rate)과 MBS(Maximum Cell Rate)로 정의되며, GFR 인터넷망에 활용한다.

TCP/IP 트래픽과 같이 서비스 품질 보장이 제공되지 않는 Best-Effort 트래픽의 전송을 위한 UBR 서비스는 다른 서비스 범주에 속하는 트래픽이 사용하고 남은 잔여 대역폭을 이용한다. UBR 서비스는 망 내에서 정체가 발생할 경우 다른 서비스에 비하여 CLP(Cell Loss Priority)가 낮기 때문에 파기될 가능성이 높아 QOS 보장이 안되는 특징을 가지고 있다.

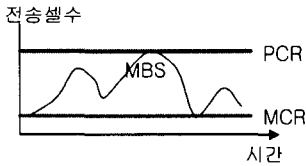


그림 2.1 GFR 서비스 트래픽

GFR은 ATM포럼의 여섯 번째 서비스등급의 네트워크 트래픽 처리 방식으로 그림 2.1에서 연결된 VC에 대해 MCR(Minimum Cell Rate)[3,4]을 보장하고 망에서 사용하고 남은 대역폭을 각 VC에 공평하게 할당 한다. 사용자가 최대 프레임 크기를 초과하지 않은 프레임을 전송하고, 셀이 일시적으로 많은 양이 전송되는 경우, MBS를 초과하지 않으면 CLR(cell loss ratio)을 갖고 최소의 대역폭을 보장 받게 되며, 여분의 대역폭에 대하여 각 사용자에게 공평하게 분배하여 사용한다.

### III. 버퍼 관리와 제안된 알고리즘

유무선 망은 TCP/IP 프로토콜을 기초로 한 랜들을 상호 연결하기 위하여 널리 사용되어 왔으며, AAL 계층에서 TCP패킷을 작은 셀들로 분해하여 유무선 네트워크를 통하여 전달한다. 이 셀들은 목적지에서 TCP 패킷으로 재구성된다. 유무선 네트워크는 고속이고 에러 없는 링크에서 동작하도록 한다. 스위치는 링크의 대역폭을 예측하기 위하여 버퍼에서의 per-VC 어카운팅[5]을 사용할 수 있으

며, FIFO(first in first out) 버퍼에 있어서의 흐름은 버퍼에 있는 연결된 패킷 수에 의해 결정된다.

버퍼는 크게 여러 개의 가상회선이 하나의 버퍼 공간을 공유하는 공유버퍼와, 가상회선 당 개별적인 버퍼를 갖는 per-VC 버퍼로 나뉘어 진다. 각 VC 의 버퍼 점유량을 탐지하기 위하여 per-VC 어카운팅을 이용할 수 있으며, 오버헤드를 수반하지만 버퍼 점유를 제어하기 위해서는 꼭 필요하다.

FIFO 버퍼는 스위치의 버퍼관리방식 중에 구현하기 가장 쉬운 방식이다. 또한 개별적인 VC 에 대한 관리가 이루어지지 않으며, 버퍼에 도착한 순서에 따라 서비스 된다. 따라서 여러 VC로부터 버퍼로 유입된 셀들은 동일하게 취급되어 관리된다.

그림 3.1에서 처럼 FIFO 스위치의 버퍼는 두 개의 한계 값을 사용하여 관리되는데, CLP=1 인 셀의 버퍼점유 한계 값인 LBO(low buffer occupancy)와 CLP=1 인 셀에 대한 버퍼점유 한계 값을 나타내는 HBO(high buffer occupancy)로 관리된다.

만일 CLP=1 인 첫번째 셀이 LBO 를 넘게 되면 셀은 파기되고 파기된 셀이 속한 프레임의 모든 셀들 또한 파기된다. 마찬가지로, CLP=0 인 첫번째 셀이 HBO 를 넘게 되면 파기된다. 파기된 첫번째 셀이 속한 프레임의 나머지 셀들 또한 파기되며, 마지막 셀은 프레임 간 경계 식별을 위하여 파기되지 않고 수용된다.

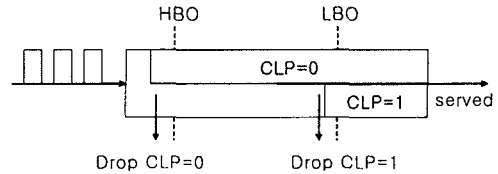


그림 3.1 HBO 와 LBO 에 따른 셀의 파기

LBO 와 HBO 값은 버퍼의 크기와 트래픽 유형에 따라 달리 설정될 수 있으며, 한계 값을 초과한 셀에 대한 파기방침도 망 구현에 따라 달라진다.

```

/* First cell of frame test */
IF(tagged_cell){
IF (QT > LBO){discard_cell;
frame_state_i = DISCARD;}
ELSE{accept_cell;
frame_state_i = ACCEPT;}}
ELSE{/* cell is not tagged */
IF (QT < HBO){accept_cell;
frame_state_i = ACCEPT;}
ELSE {discard_cell;
frame_state_i = DISCARD;}}
/* Intermediate cell test */
IF (( frame_state_i == ACCEPT )&& (QT < QMAX ))
{accept_cell; QT ++}
    
```

```
ELSE[discard_cell;
frame_state_i= DISCARD;]
```

GFR 서비스는 가상 회선들에게 셀 단위가 아닌 프레임단위로 사용자 데이터를 관리하기 위해 사용자 데이터 셀이 프레임의 형태로 이루어짐을 요구한다. 이것은 셀에 대한 태깅이나 파기가 셀 단위가 아닌 프레임 단위로 수행되며, 사용자는 마크되거나 마크되지 않은 프레임을 전송할 수 있는데, 사용자가 마크하여 전송한 프레임은 마크하지 않은 프레임보다 덜 중요함을 의미한다.

마크되지 않은 프레임은 모든 셀들이 CLP=0 을 갖게 되며, 마크된 프레임은 모든 셀들이 CLP=1 을 갖게 된다. CLP(cell loss priority)는 셀 헤더에 위치하는 필드로 0 또는 1 의 값을 가질 수 있다. CLP=1 인 셀=0 인 셀에 비해 덜 중요함을 의미하며, 만일 전송도중 ATM 망에서 혼잡이나 스위치 내 퍼버가 넘치는 상황이 발생할 경우 CLP=1 인 셀은 CLP=0 인 셀보다 먼저 파기된다.

GFR 서비스에서 가장 중요한 요소는 MCR 보장 이므로 per-VC 어카운팅을 이용하여 VC의 버퍼 점유 량을 탐지하고 각각의 VC에 가중치를 주어 프레임의 폐기 전에 사용할 수 있는 임계치로 적용 해 버퍼 관리한다.

### 3.1 유동적WBA

유동적 WBA(Weighted Buffer Allocation) 는 각각의 VC의 MCR에 기반을 둔 유동적 가중치를 주는 것으로 가중치는 연결의 프레임을 폐기하기 전에 사용할 수 있는 버퍼의 크기를 나타낸다.

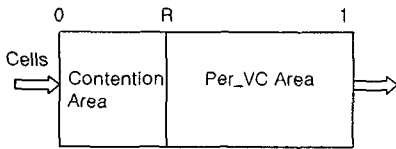


그림3.2 유동적 WBA 동작 환경

$$W_i = M \frac{MCR_i}{\sum_j MCR_j}, \sum_i W_i = 1.0 \dots\dots\dots (3.1)$$

- K : 버퍼크기
- X : 버퍼의 현재 셀 개수
- Yi : 버퍼의 VCi 셀의 총 개수
- Wi : VCi의 중량

그림3.2와 같이 유무선 망에서 스위치의 버퍼간격은 두개의 영역으로 경쟁이 없는 R영역과 per-VC 영역을 위한 (1-R)로 나누는데, 매개변수 R 은 네트워크의 처리율과 공평성에 영향을 미치며, 위 식의 변수들은 다음과 같다.

Wi = M이므로, M은 per-VC 영역 안에서 중량 가중치를 주어 공유 정도를 컨트롤하여 버퍼의 혼

잡을 제어한다. 최소한의 요청된 처리율을 확보하기 위해  $MCR_i / (\sum_j MCR_j)$  의 최소 무게를 가지며, VC에서 최소 중량  $M \geq 1$ 과 곱하여 허용 가능한 버퍼공간을 중량 가중치에 의해 활용도를 높일 수 있다.

### 유동적 WBA 알고리즘

```
/*When the first cell of a frame arrives*/
IF (X + frame-size < R × K).
THEN accept cell and the frame.
ELSE IF (Yi+frame-size ≤ (Wi(1-R)×K)
AND(X + frame-size ≤ K)).
THEN accept cell and frame.
ELSE drop the cell and the frame.
```

WBA의 동작 원리는 프레임의 첫번째 셀이 올 때, 현재의 버퍼 점유가 임계치 보다 작으면 그 셀과 프레임의 나머지 셀들이 받아들여 진다. 만약 버퍼 점유가 혼잡 임계치를 초과한다면 그 셀은 폐기되거나 태깅될 수 있다.

또 버퍼 점유가 혼잡 임계치를 초과하고 VC가 버퍼에서 점유 할당을 가진다면 남은 미사용의 버퍼를 공평히 할당 받을 수 있다.

### 3.2 시뮬레이션 결과와 성능 평가

본 논문에서 GFR 서비스에서 가장 중요한 요소인 VC의 공평한 대역할당을 위해 셀을 기반으로 하는 VS에서 유동적 점유율 버퍼 알고리즘과 기존의 중량공유 버퍼 방식을 비교한 결과와 모델이다.

그림3.3은 공평성과 효율 WBA에 대해 MCR을 평가하기 위한 시뮬레이션 모델이며, 셀 또는 프레임 기반의 유무선 TCP 소스와 15개의 유무선 수신지가 두개의 유무선 네트워크 스위치로 링크한다.

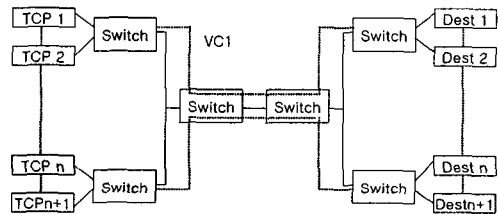


그림3.3 시뮬레이션 모델

시뮬레이션에서 MCR 값은 2.5Mbps, 5Mbps, 10Mbps로 가상 설정했으며, 여기서 낮은 값은 무선 링크와 연결된 소스에 의해 요청된 것이다. 각각 유무선 네트워크 스위치와의 버퍼간격은 12k 셀로 설정하고 GFR 스트림에서 MCR 값을 가진 처리율과 전체적 효율 및 공평성을 측정하였으며, 식은 다음 3.2와 같다.

$$fairness = \frac{(\sum_i \nu_i)^2}{n \times \sum_i (\nu_i^2)} \dots\dots\dots (3.2)$$

시뮬레이션에서 새로운 유동적 가중 공유버퍼 합수인 R과 M값을 0.25, 0.5, 0.75, 0.95로,  $M=1.0/(1-R)$ ,  $M=1.3/(1-R)$ 을 가정해 적용했으며, VS에서의 효율은 표1, 2, 3에서의 값이 나타났다.

표1. WBA + VS의 공평성 및 효율

R&M	0.25	0.5	0.75	0.95
MCR(2.5)	4.2582	3.3526	2.1355	2.5666
MCR(5)	1.2971	1.7851	1.4355	2.0054
MCR(10)	0.8321	0.9234	1.2551	0.9655
Efficiency	97.55%	97.65%	89.75%	97.23%
Fairness	0.6635	0.7325	0.8935	0.8258

표2. 유동적 WBA + VS,  $M=1.0/(1-R)$ 일 때

R&M	0.25	0.5	0.75	0.95
MCR(2.5)	0.8988	2.3551	1.5688	2.8995
MCR(5)	0.9822	1.4174	1.7898	1.8757
MCR(10)	0.9953	1.0225	0.9958	1.3588
Efficiency	80.11%	88.56%	89.21%	96.57%
Fairness	0.9863	0.8266	0.8998	0.8533

표3. 유동적 WBA + VS,  $M=1.3/(1-R)$ 일 때

R&M	0.25	0.5	0.75	0.95
MCR(2.5)	0.9552	1.4865	1.5783	2.4862
MCR(5)	0.9775	0.9863	0.9556	1.5543
MCR(10)	1.3002	1.2558	1.085	0.7565
Efficiency	85.20%	89.28%	88.33%	94.39%
Fairness	0.9887	0.9858	0.9204	0.8055

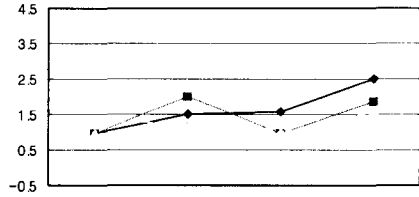


그림3.6 유동적 WBA +VS,  $M=1.3/(1-R)$ 의 MCR

표 1은 가중치를 적용하지 않았을 때이고, 표 2는 가중치 M값을 1.0으로 주었을 때 결과로 가중치를 주었을 때 WBA의 공평성이 개선됨을 알 수 있었다. 회선 점유율 M에 가중치를 주었을 때는 증량에 따라서 per-VC 영역의 잠재적 허용 가능한 셀을 증가시킬 수 있어 처리율과 공평성 모두를 향상시킨다. 표3에서 M을 1.3으로 높였을 때에도 효율성과 공평성이 훨씬 향상되어 짐을 알 수 있다.

그림 3.4는 유동적 WBA에 대한 MCR의 시뮬레이션 결과로 가중치 M값을 적용하지 않았을 때 대역폭의 효율이 안정되지 않았다. 그림 3.5는 가중치 M 값을  $M=1.0/(1-R)$ 로 했을 때의 MCR의 대역폭 효율이 안정됨을 나타냈고, 그림 3.6은 가중치  $M=1.3/(1-R)$ 로 높였을 때의 결과로 MCR의 값이 0과 1값에 근사해 가중치  $M=1.0/(1-R)$ 일 때 보다 안정되었다.

또한 이 방식에서 가중치M의 회선 점유영역을 상당히 높였을 때는 효율성은 증가되었지만 공평성은 향상시키지 못했음을 표3을 통해 알 수 있었다.

프레임을 기반으로 한 유동적 WBA의 VS에서도 효율성과 공평성이 셀을 기반으로 한 것 보다 더 향상 되거나 큰 M값을 주게 되면 셀에서와 같이 공평성과 효율성이 증가하지 않음도 알 수 있었다.

### V. 결론

유무선 혼합망에서 TCP/IP 패킷의 품질보장과 네트워크에서의 Best-effort 트래픽에 대한 최소의 대역폭 보장을 하는 서비스의 GFR에 대해 연구하였다.

본 논문에서는 혼합된 유무선 네트워크에서 GFR 서비스는 최소한의 공평성과 최소의 프레임율을 확보하는 것이 중요하므로 MCR을 보장하면서 공평성과 효율을 높일 수 있는 유동적 WBA버퍼관리 알고리즘을 제안하고 적용한다.

시뮬레이션에서는 회선점유율의 가중치를 높여 주었을 때 증량에 따른 잠재적 허용 가능 셀을 높일 수 있었고, 가중치 M을 높였을 때 MCR이 안정됨을 알 수 있었으며, 그로 인해 공평성과 효율이 상승함을 알 수 있었다.

향후 과제로는 유무선 혼합 네트워크에서 인터

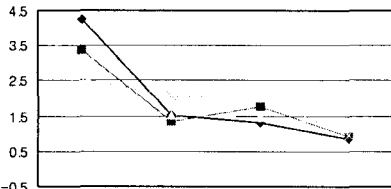


그림3.4 WBA + VS의 MCR

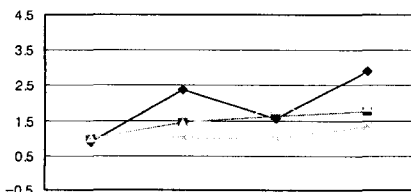


그림3.5 유동적 WBA +VS,  $M=1.0/(1-R)$ 의 MCR

넷을 포함한 고속 네트워크 상에서의 차별화된 서비스의 효율분석이 필요할 것이다.

#### 참고문헌

- [1] ATM Forum Technical Committee, "Traffic Management Specification Version 4.1, "ATM-Forum March, 1999.
- [2] Rohit Goyal and Raj Fain "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.
- [3] J.Kenney, "Minimum BT to Ensure MCR for GFR", ATM forum contribution 98-0700, Gold Coast, October 1998.
- [4] J.Kenney, "Issues in Signalling the MBS Parameter in GFR", ATM forum contribution 98-0925, December 4,1998.
- [5] F.Cerdan, O. Casals , "A per-VC Global FIFO Scheduling Algorithm for Implementing