

# ATM-GFR에서 성능 개선을 위한 ATM 스위치의 버퍼 관리기법에 관한 연구

## (A Study on Efficiency Improvement for GFR Service in ATM Switches)

김 중규\*, 이 영동\*  
(Jung-Gyu Kim, Young-Dong Lee)

**요 약** 본 논문에서는 공평성과 효율의 불균형의 차이를 줄이고자 DFBA(Differential Fair Buffer Allocation)의 개선된 형태인 MDFBA(Modified DFBA)를 제안한다. 제안하는 알고리즘은 총 버퍼 용량이 낮은 버퍼 한계 값 보다 작을 경우 모든 셀을 수용하여 효율을 향상시키려고 할때 공평성과 효율의 차이를 줄여주는 알고리즘으로 시뮬레이션을 통하여 이를 확인하였다. 그리고 망의 상태에 따라  $\gamma$  값을 다르게 적용함으로써 다양한 환경에서도 잘 적응하도록 하였다.

**Abstract** In a try to reduce the unbalance, MDFBA(Modified DFBA) algorithm is proposed in this paper. In this algorithm, cells in a region less than LBO are employed selectively to give less difference between fairness and efficiency. By choosing  $\gamma$  according to the situation of network, MDFBA algorithm can be applied to various situation effectively.

### 1. 서 론

ATM(Asynchronous Transfer Mode)은 광대역 종합 정보통신망(BISDN) 서비스의 표준 통신방식으로 ITU-T에 의해 채택되어 사용하고 있는 기술이다. ATM 망은 통계적 다중화를 통하여 음성, 데이터, 영상등 다양한 트래픽 특성을 가진 서비스를 단일망을 통해 지원하며 통신망 자원을 효율적으로 사용할 수 있게 하는 등의 장점을 가진다.

ATM 포럼에서는 서로 다른 특성을 가지는 트래픽을 통합적으로 수용하기 위해 항등비트율(CBR), 실시간 가변 비트율(rt-VBR), 비실시간 가변 비트율(nrt-VBR), 미정 비트율(UBR), GFR(Guaranteed Frame Rate) 서비스를 정의하고 있다. 이중에서도 인터넷 트래픽 처리를 위해서

GFR 서비스를 최근에 정의하였는데, GFR 서비스는 최소 대역폭을 보장하고 사용 가능한 대역폭을 동적으로 사용할 수 있는 비 실시간 어플리케이션에 적합한 서비스이다. 최소 신호와 연결관리만을 요구하며, 각 네트워크의 능력에 의존하여 각각의 가상 회선(VC)에 최소율을 제공한다. 그리고 각각의 가상 회선들(VCs)에게 프레임 레벨에서 최소율을 보장하면서 사용 가능한 망 자원을 공평하게 사용하고자 한다.[2]

오늘날 GFR 서비스를 위한 많은 연구중에 최소대역폭을 제공할 수 있도록 하기 위한 ATM 스위치 내의 버퍼 관리 기법과 스케줄링 기법에 대한 연구가 활발히 이루어져 오고 있다.[1][3][9]

그중에서 기존에 제안된 DFBA (Differential Fair Buffer Allocation) 알고리즘은 X(총 버퍼 용량)이 LBO(낮은 버퍼 한계 값) 보다 작을 때 모든 셀을 수용하여 효율을 향상시키려고 한다. 이때 최소 셀을 보다 큰 값의 셀을 수용하면 공평성과 효율의 관계에 큰 불균형이 발생한다.

본 논문에서는 이러한 현상을 보완하고자 기존에 제안

\*대구대학교 정보통신공학부

된 DFBA 알고리즘의 개선된 형태인 수정된 DFBA( Modified DFBA)을 제안한다.

제안하는 알고리즘은 LBO 보다 작은 영역을 관리함으로써 공평성과 효율의 차이를 줄이는 알고리즘이다. 그리고, 망의 상태에 따라  $\gamma$  값을 다르게 사용함으로써 MDFBA 알고리즘이 다양한 망의 상황에서도 잘 적용할 수 있도록 하였다.

## 2. GFR(Guaranteed Frame Rate)

### 2.1 GFR 서비스의 정의

GFR 서비스는 프레임 레벨에서 가상회선들에게 최소율을 보장하고 사용 가능한 대역폭을 동적으로 사용할 수 있는 비 실시간 어플리케이션에 서비스로 최대 프레임 크기(MFS : Maximum Frame Size)와 최대 버스트 크기(MBS : Maximum Burst Size)가 주어졌다는 가정아래에 최소 셀율(MCR : Minimum Cell Rate)을 제공한다. 다시 말해, 사용자가 최대 프레임 크기를 초과하지 않는 프레임들을 전송하고 최대 버스트 크기를 초과하지 않으면 사용자는 최소 손실을 가지는 프레임 즉, 최소 셀율을 보장받는다.

또한 MCR을 초과한 트래픽이 발생한 경우 사용 가능한 자원이 있을 때 전송이 가능하고 사용 가능한 여분의 자원에 대해서는 각 사용자에게 공평하게 분배하여 사용한다.

GFR 서비스는 현재 연결된 망에 대해서 명확한 피드백을 제공하지 않는다. 현재 GFR 서비스는 단지 가상채널 연결(VCC : Virtual Channel Connection)만을 지원하고 있는데 이는 프레임의 경계는 가상경로 연결(VPC : Virtual Path Connection)에서는 식별 할 수 없기 때문이다.[1]

또한 GFR 서비스는 거의 모든 데이터 트래픽이 AAL5-based 로 이루어지는데, AAL5 계층이 다른 AAL 계층에 비하여 오버헤드가 적어 효율적이며, 현존하는 데이터 통신 어플리케이션들이 쉽게 ATM 망에 접근할 수 있다.

혼잡이 발생하였을 경우 AAL5 프레임의 한계 값과

AAL5 프레임 전체 제거를 요구하는데, 이것은 GFR 서비스는 셀 단위가 아닌 프레임 단위로 처리한다는 것을 의미하는 것이다.

### 2.2 트래픽 구성 요소

GFR 서비스에서는 순응(conformance)과 서비스 적합(service eligible)을 주요 요점으로 한다. GFR에 연결되어 있는 셀에 대한 순응은 프레임 내의 4가지 파라미터들로 기술된다.

- ① 최대 셀 율(PCR: Peak Cell Rate)
- ② 최소 셀 율(MCR: Minimum Cell Rate)
- ③ 최대 버스트 크기(MBS: Maximum Burst Size)
- ④ 최대 프레임 크기(MFS: Maximum Frame Size)

PCR은 UBR 서비스에서와 같은 의미로 중단 시스템에서 전송할 수 있는 최대율이다. 중단시스템들은 MCRrhk MFS를 이용해서 최소대역폭을 요구하는데, MCRdms 가상채널(VC)에 대한 최소 셀율(cell/seconds)을 나타내고, MFS는 중단시스템이 전송할 수 있는 AAL5 프레임의 최대 크기이다.

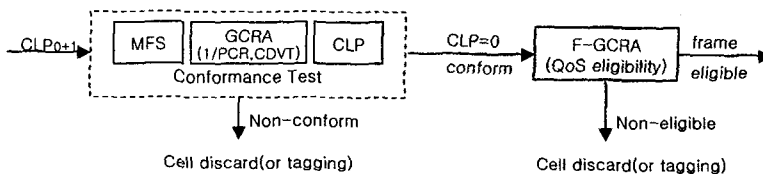
GFR은 프레임의 모든 셀들이 똑같은 CLP(Cell Loss Priority) 비트를 가진다. CLP=0을 가지는 AAL5 프레임을 최소대역폭을 보장하는 기본 프레임으로 전송 하지만, CLP=1을 가지는 AAL5 프레임은 망에서 서비스 품질을 보장하지 않는 베스트 에포트로 간주되어 망 상태에 따라 전송 또는 폐기된다.

### 2.3 순응 정의

GFR 순응은 모든 셀에 대해서 아래의 3가지 테스트를 모두 통과해야만 GFR 셀이 순응했다고 정의한다.[4][6]

- ① CLP(Cell Loss Priority) bit 순응
- ② MFS(Maximum Frame Size) 순응
- ③ PCR(Peak Cell Rate)과 CDVT(Cell Delay Variation Tolerance) 순응

따라서 세가지 테스트중 하나라도 통과하지 못하면 서비스를 보장받지 못한다. 또한, 낮은 셀 손실을 보장받으려면 GCRA 테스트 뿐만 아니라 프레임 기반



<그림 1> conformance & Service Eligibility

F-GCRA(1/MCR, BT+CDVT) 테스트도 통과해야만 한다. 이렇게 모든 검사를 통과하게 되면 서비스 품질을 보장받게 된다.[4]

### 3. GFR 기본 설계 옵션

GFR 서비스에서 가상 회선당(per-VC) 최소를 보장하기 위한 3가지 기본 디자인 옵션인 태깅(tagging), 버퍼관리(buffer management), 스케줄링에 대해서 기술한다.[2]

#### 3.1 기본 설계 옵션

##### 3.1.1 태깅

태깅은 상대적으로 덜 중요한 프레임을 구별하여 서비스를 보장하지 않는 사용자 기반의 태깅과 서비스 보장에 대하여 부적절한 프레임들을 구별하기 위한 네트워크 혹은 스위치 기반의 태깅이 있다.

네트워크 기반 태깅 (또는 정책)은 네트워크에 비순응한 프레임이 들어올 때 태그 또는 폐기를 시키는 것을 말한다. 이러한 태깅의 사용은 GFR 서비스 보장에 영향을 주어서는 안된다.

가상 회선당에 대한 네트워크 기반 태깅은 네트워크에 의해 유지되는 가상회선당의 상태정보를 필요로 하며, 네트워크 요소의 복잡성을 증가시킨다. 태깅은 각 가상회선에 순응한 트래픽과 순응하지 않은 트래픽을 분리함으로써 다른 율 수행 메카니즘이 순응하지 않은 트래픽에 앞서 순응한 트래픽을 먼저 스케줄링 하는데 필요한 정보로써 사용할 수 있도록 해준다. 다시 말하면, 태깅은 순응하지 않은 프레임들을 폐기하는데 사용됨으로써 순응한 프레임들만 네트워크에 들어가도록 한다.

##### 3.1.2 버퍼관리

버퍼관리는 전형적으로 네트워크장비(스위치 또는 라우터 같은 장비)에 의해 버퍼로 유입되는 패킷들의 수를 조절하는 것이다.

버퍼의 형태별로 크게 다중의 가상 채널들이 공통의 버퍼공간을 공유하는 공유버퍼 형태와 각 가상채널(VC)마다 개별적인 버퍼공간을 가지는 개상 회선당 형태로 나누어진다. 가상 회선당 버퍼 관리는 각 가상채널의 버퍼 점유를 탐지하기 위하여 가상 회선당 어카운팅(per-VC accounting)을 사용한다. 가상 회선당 어카운팅은 오버헤드를 수반하지만 각 가상회선당의 버퍼 점유를 제어하기 위해서는 꼭 필요하다.

##### 3.1.3 스케줄링

태깅과 버퍼관리 제어는 패킷들이 네트워크에 유입되는 것을 제어하는 것인 반면에, 스케줄링(큐잉)은 어떻게 패킷들이 다음 홉(hop)으로 스케줄링 되는가를 결정한다. 이 스케줄링 방법에는 여러 가지 방법들이 있다. 그 중에서도 대표적인 FIFO (First In First Out) 큐잉은 출구에서 여러 가상회선들로부터의 패킷들을 따로 구분할 수 없기 때문에 FIFO 큐에서는 패킷들이 큐로 들어온 순서대로 스케줄링 된다. 그러나 다른 방법인 가상 회선당 큐잉 방법에서는 버퍼 내에서 각각의 가상 회선당 분리된 큐를 가진다. 스케줄링 메카니즘은 각각의 스케줄링 시간에 여러 큐들 사이에서 선택할 수 있도록 해준다.

#### 3.2 GFR 서비스 수행 방법

##### 3.2.1 Double-EPD(Early Packet Discard)

Double EPD는 기존의 EPD를 개선한 형태로 [12]에서 제안되었으며, 부분적 버퍼, 공유의 적용[13] 이라는 버퍼 수락 알고리즘으로 ATM 스위치에서 VBR 서비스에 자주 사용되었다.

Double EPD는 AAL5-aware 버퍼 수락 알고리즘으로 두 개의 버퍼 한계 값인 LBO(Low Buffer Occupancy threshold)와 HBO(High Buffer Occupancy threshold)를 가진다.

HBO는 기존에 제시된 EPD에서 사용한 한계 값으로 새로운 AAL5-PDU(Protocol Data Unit)가 HBO 한계 값을 넘게 되면 버퍼에서 수용을 하지 않는다.

LBO는 비 적합(non-eligible) 즉, CLP=1을 가지는 AAL5-PDU가 버퍼에 들어오는 양을 제한하는데 사용한다. 버퍼의 용량이 LBO를 넘게 되면 새롭게 도착하는 CLP=1을 가지는 AAL5-PDUs 는 버퍼에 접속하는 것을 허락하지 않고 폐기한다. 그러나 CLP=0을 가지는 프레임은 버퍼 용량이 HBO 한계 값보다 작거나 같을 때까지 계속해서 수용하는 것을 허락한다.

다시 말해, LBO 보다 작은 경우는 모든 프레임(CLP=0과 CLP=1)을 수용하고, LBO 보다 크고 HBO 보다 작은 경우는 CLP=0을 가지는 프레임은 수용을 하지만 CLP=1은 프레임은 수용하지 않는다. HBO 보다 클 경우는 아무런 프레임도 수용을 하지 않는다.

##### 3.2.2 태깅을 사용한 FIFO(First In First Out)

태깅을 사용한 FIFO는 도착한 순서에 따라 순차적으로 서비스하면서, 태깅 옵션을 사용한 방법이다.

기존의 FIFO 방식과 같은 방법으로 버퍼를 관리하지만 테스트를 통과하지 못한 셀을 바로 폐기하지 않고 망 상태에 따라서 태깅을 사용하여 서비스를 보장하지 않는 베스트 에포트로 전송하거나 폐기를 하는 방식이다.

만약 CLP=1인 셀이 LBO 값을 초과하면 태깅 또는 폐기되는데 셀이 속한 프레임 전체가 태깅 또는 폐기가 되며, CLP=0인 셀이 HBO를 초과하면 LBO와 같이 태깅 또는 폐기되지만, 마지막 셀은 프레임의 경계를 확인하기 위하여 폐기되지 않는다.

HBO와 LBO의 값은 버퍼 크기와 트래픽 유형에 따라 다르게 설정될 수 있으며, 셀에 대한 폐기 방침도 망에 따라 달라질 수 있다.

### 3.2.3 WFBA(Weighted Fair Buffer Allocation)

WFBA는 동일하지 않은 버퍼 공유를 제공하는 FBA(Fair Buffer Allocation) scheme의 확장된 알고리즘으로, 각 가상 채널은 최소 셀율(MCR<sub>i</sub>)에 대해서 가중치를 기본으로 할당한다.[10]

WFBA는 두 개의 한계 값 LBO와 HBO를 가지고 있으며, HBO는 전형적인 EPD(Early Packet Discard) 방식에서 사용하는 한계 값이다. 버퍼용량이 LBO 보다 낮을 때, 아직 혼잡한 상황이 아니므로 셀로 나누어지기 전의 사용자 데이터인 ALL5-PDUs 모두 수용한다. 현재 버퍼용량이 LBO 보다 크고 HBO 보다 작을 경우, 식(1)을 만족할 경우 수용하고 그렇지 않으면 폐기된다.

$$X_i \leq Z \times \left( \frac{MCR_i}{\sum_{j \in \text{activeVCs}} MCR_j} \right) \times X \times \left( \frac{HBO - LBO}{X - LBO} \right) \quad (1)$$

Z는 버려질 한계 값에 대한 선형 효과를 가지는데, Z 값이 커지면 효율이 증가하지만, 단일 Z의 값이 1에 아주 가까워지면 버퍼가 오버플로우(overflow) 될 때까지 연결되어 있는 셀들을 버리지 않는다.

현재 버퍼용량이 HBO보다 큰 영역에 있을 경우, 모든 프레임들을 폐기시킨다.

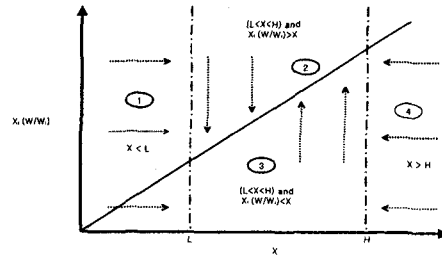
### 3.2.4 DFBA(Differential Fair Buffer Allocation)

DFBA 알고리즘은 버퍼에 프레임의 첫 번째 셀이 도착했을 때 수행이 되는 알고리즘으로 망 부하의 지표와 같은 현재의 큐 길이를 사용하는데, 그 이유는 버퍼 용량을 공평하게 할당하고자 함이다.

현재 버퍼용량 X가 LBO 보다 낮을 경우 모든 셀을 수용하고, X가 HBO 보다 높을 경우 EPD를 사용하여 혼잡을 제어한다.[11] X가 HBO와 LBO 사이에 있다면 각 가상 채널에 대해 W<sub>i</sub>에 비례하여 버퍼 공간을 할당한다.

현재 버퍼용량 X와 연결 i에 대한 정규화된 공평한 버퍼 용량(X<sub>i</sub>)에 대한 관계가 <그림 2>에 나타나 있다.

i에 연결된 가상 채널이 가중치 W<sub>i</sub>를 가질 때, 목표 버퍼용량(X<sub>i</sub>)는  $X \times W_i / W$ 이다. 그러므로 연결 i에 대한 가상 채널에 대한 정규화된 버퍼 용량은  $X_i =$



<그림 2> DFBA 버려질 영역

$X_i \times W / W_i$ 로 정의된다.

영역 1은 현재 버퍼 용량이 한계 값 LBO 보다 작은 경우로 효율을 개선시키려고 노력한다.

영역 2는 X가 LBO 위에 있는 느슨한 혼잡을 포함한 영역이므로 CLP=1을 가지는 모든 셀은 버려진다. 또한 연결 i에 대한 가상 채널이 공평한 공유 보다 더 큰 버퍼용량을 가지므로 X<sub>i</sub>가  $X \times W / W_i$  보다 작을 때 좀더 타이틀하게 공평한 공유를 사용하는 연결 i에 대한 가상 채널에 대해서 CLP=0을 가지는 셀이 버려지기도 하는데, 식(2)의 버려질 확률에 의해서 버려진다.

영역 3은 느슨한 혼잡을 가지는 영역이지만 연결 i에 대한 가상 채널의 버퍼 용량이 공평한 공유 아래에 존재한다. 그 결과 가상 채널에 대한 CLP=1을 가지는 셀만 버려진다.

마지막으로 영역 4는 심한 혼잡을 가지는 영역으로 EPD[11]가 수행되는 영역이다.

영역 2에서 CLP=0을 가지는 프레임의 버려질 확률은 주된 2가지 요소로 결정이 되는데, 바로 공평성과 효율이다.

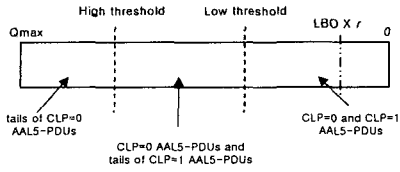
버려질 확률의 식은 다음과 같이 정의된다.

$$P\{drop\} = Z_i \left( \alpha \frac{X_i - X \times W_i / W}{X(1 - W_i / W)} + (1 - \alpha) \frac{X - LBO}{HBO - LBO} \right) \quad (2)$$

그리고 식(2)에서 사용하는 파라메타  $\alpha$ 는 버려질 확률의 공정과 효율의 적당한 가중치 값을 할당하고, Z<sub>i</sub>는 각 가상 채널당 특성을 기본으로 하는 버려질 확률함수 비례 파라메타로 0과 1사이의 값을 가진다.[14][15]

### 3.3 수정된 DFBA(Modified DFBA)

DFBA 알고리즘에서 X가 LBO 보다 작은 경우 효율을 높이기 위해서 모든 프레임들을 수용하는데, 연결 i에 대한



<그림 3> MDFBA 버퍼

가상 채널에서 최소를 보다 큰 최소율을 요구한다면 공평성과 효율의 관계에 큰 차이가 발생한다.

본 논문에서는 이러한 점을 보완하고자 MDFBA 알고리즘을 제안한다.

LBO 보다 작은 영역을  $\gamma$  값을 사용하여 LBO 크기를 조절하였는데, 이는 망 상황에 맞는 LBO 크기를 조절하고자 함이다.

$X$ 가  $LBO \times \gamma$  보다 작은 영역에서는 효율을 개선하고자 모든 셀을 수용하려고 한다.

$X$ 가  $LBO \times \gamma$  보다 크고 LBO 보다 작은 영역에서는 CLP=0을 가지는 셀은 모두 수용하지만 CLP=1을 가지는 셀은 식(3)으로 검사를 한 후 선택적으로 셀을 수용하도록 하였다.

$$Y_i \leq \left( \frac{\sum_{j \in \text{active VCs}} MCR_j}{\sum_{j \in \text{active VCs}} MCR_j} \right) \times Y \times \left( \frac{LBO - LBO \times \gamma}{Y - LBO \times \gamma} \right) \quad (3)$$

이렇게 함으로써 DFBA 알고리즘에서 문제가 되었던 최소를 보다 큰 최소율을 요구하지 못하도록 하여 공평성과 효율의 차이를 줄이게 된다.

MDFBA에서 사용하는  $\gamma$  는 0과 1사이의 값으로 망의 상황에 따라 적절한 값을 사용하는데, 공평성과 효율을 만족할 수 있는 적절한 값을 선택한다. 본 논문에서는  $\gamma$  값으로 0.1, 0.5, 0.8을 사용하였다.

$X$ 가 LBO 보다 크고 HBO 보다 작은 영역은 기존의 DFBA 알고리즘에서와 같이 동일하게 검사하는데, CLP=0을 가지는 셀은  $X_i$ 와  $T_i$ 의 관계에 따라 버퍼에 수용 또는 폐기되며, CLP=1을 가지는 셀은 바로 폐기된다.

$X$ 가 HBO 보다 큰 영역에서는 모든 셀을 폐기한다.

- X: 현재 버퍼 용량
- L: 남은 버퍼 용량
- H: 용량 버퍼 한계 값
- MCR: 연결 대 대한 최소율(MCR) 보정
- W: 연결 대에 대한 가용치(VCs)의 가용치 = MCR / GFR 보정
- W:  $\sum W_i$
- X: 각 채널의 버퍼용량 ( $X = \sum W_i$ )
- Y: 각 채널의 CLP=1을 가지는 버퍼 용량
- Y: CLP=1을 가지는 현재 버퍼 용량
- T: 용량 L의 CLP=0에 대한 버퍼 가용 한계 값 ( $T_i = X \times W_i / W$ )
- PS: 프레임 상태 비트(PS=1: discard)
- Z: 셀을 버퍼에 폐기할지( $Z < Z_{th}$ )
- UI(0,1): 0과 1사이의 임의의 값을 가지는 용량

```

first call of a frame arrives :
if (CLP = 0)
{
  if (X < LBO)
  {
    accept cell: Xi++; X++; PS=0;
  }
  else if ((LBO < X < HBO) & (Xi < Ti))
  {
    accept cell: Xi++; X++; PS=0;
  }
  else if ((LBO < X < HBO) & (Xi > Ti))
  {
    if (UI(0,1) < Zi)
    {
      a = (Xi - X * W_i / W) / (X * (1 - W_i / W) + (1 - a) * (X - LBO));
      discard cell: PS=1;
    }
  }
  else
  {
    accept cell: Xi++; X++; PS=0;
  }
}
if (CLP = 1)
{
  if (X < LBO * gamma)
  {
    accept cell: Yi++; Y++; Xi++; X++; PS=0;
  }
  else if (LBO * gamma < X < LBO)
  {
    if (Y_i <= (sum MCR_j / sum MCR_j) * Y * ((LBO - LBO * gamma) / (Y - LBO * gamma)))
    {
      accept cell: Yi++; Y++; Xi++; X++; PS=0;
    }
  }
  else
  {
    discard cell: PS=1;
  }
}
}

else if ((LBO < X < HBO) & (Xi < Ti))
  discard cell: PS=1;
else if ((LBO < X < HBO) & (Xi > Ti))
  discard cell: PS=1;
}
if (X > HBO)
  EPD is performed on connection i.

after first call of a frame arrives :
if (PS=0) & (X < Omax)
{
  accept cell: Xi++; X++;
  if (CLP=1)
    Yi++; Y++;
}
else
  discard cell: PS=1;

if (cell is from flow i)
  Xi--; X--;
  if (CLP=1)
    Yi--; Y--;
}

```

<그림 4> MDFBA 의사코드

## 4. 시뮬레이션 모델 및 결과 분석

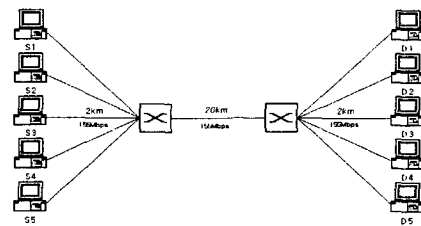
### 4.1 시뮬레이션 환경

본 논문에서는 기존에 제안된 DFBA 알고리즘과 제안한 알고리즘 MDFBA 알고리즘을 사용하여 컴퓨터 시뮬레이션을 하였다.

적용한 환경은 사용자와 ATM 스위치 사이의 링크 길이는 2Km, 스위치와 스위치 사이의 링크 길이는 20Km로 설정하였고, 링크 지연을 5μs/km, 링크의 최대 전송용량을 모두 155Mbps로 설정하였다.

TCP 윈도우 크기는 65535 byte, TCP 타이머 그랜올에 리티(timer granularity)는 500ms, 최대 세그먼트 크기(MSS)는 1024 byte, 버전 Reno로 설정하였다.

트래픽은 단방향으로 송신단은 데이터의 전송만을, 수신단은 응답만을 하도록 설정하였으며, TCP 지연 응답시간은 설정하지 않았다. 모든 TCP 소스들은 동일한 시간에



<그림 5> 시뮬레이션 환경

전송을 시작하고, 가능한 빨리 많은 데이터를 보내고, 패킷에 대한 처리시간 지연은 없는 것으로 하였으며, 버퍼 크기를 3000셀로 설정하였다.

모든 ATM 스위치 타입은 블러킹이 없는 출력 버퍼 (Non-blocking Output buffer) 스위치이고, 스위치 구조적 지연을 25μs로 설정하였다.

사용되는 파라메타 값인 Z는 1, α는 0.5로 설정을 하였으며[14], γ 값은 0.1, 0.5, 0.8로 설정하여, γ 값이 변함에 따라 공평성과 효율을 측정하였다.

## 4.2 시뮬레이션 평가 항목

### 4.2.1 처리율

링크 속도 155Mbps를 기준으로 하여 전체 처리량을 측정하였다.

$$throughput = \frac{\text{전송된 셀의 수}}{\text{측정 시간}} \times \text{cell time} \quad (4)$$

$$celltime = \frac{424 \times 10^{-6}}{155}$$

### 4.2.2 효율

사용자 데이터 크기는 1 ~ 65,535 Byte 사이의 크기를 가지며 효율은 아래식을 이용하여 산출된다.

$$efficiency = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{C} \quad (5)$$

$x_i$  : i 번째 TCP 소스의 처리량

C : 링크에 대한 최대 TCP 처리량

### 4.2.3 공평성

각 가상 채널(VC)의 공평성을 아래와 같이 정의한다.

$$fairness\ index = \frac{\left(\sum_{i=1}^N \frac{x_i}{e_i}\right)^2}{N \times \sum_{i=1}^N \left(\frac{x_i}{e_i}\right)^2} \quad (6)$$

$x_i$  : i 번째 연결된 TCP의 처리량

$e_i$  : 소스 i에서 정의된 공평한 처리량 기대 값

$$e_i = \frac{MCR_i}{\sum_{j=1}^N MCR_j} \times \sum_{j=1}^N x_j \quad (7)$$

## 4.3 시뮬레이션 결과 및 고찰

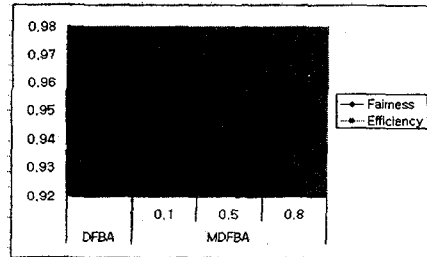
각 가상 채널이 동일한 MCR을 가지는 경우, 그리고 서로 다른 MCR을 가지면서 LBO가 1500셀인 경우와 LBO가 300셀인 경우로 구분하여 DFBA 알고리즘과 본 논문에

서 제안된 MDFBA 알고리즘을 사용하여 시뮬레이션하였다.

4.3.1 MCR이 모두 동일할 경우(전체 링크 속도의 50%)  
 각 소스의 MCR을 15Mbps, 15Mbps, 15Mbps, 15Mbps, 15Mbps로 설정하였고, HBO는 2400셀, LBO는 1500셀로 설정하였다.

<표 1> MCR이 모두 동일할 경우의 처리량(링크속도의 50%)

	DFBA	MDFBA		
		γ=0.1	γ=0.5	γ=0.8
VC1	30.81	28.74	29.98	30.26
VC2	28.95	26.95	28.32	29.12
VC3	26.56	26.19	25.18	25.33
VC4	25.24	26.11	26.51	25.66
VC5	25.17	26.48	25.57	26.05
Total	136.73	134.47	135.56	136.41
Fairness	0.956	0.975	0.969	0.961
Efficiency	0.959	0.943	0.951	0.957



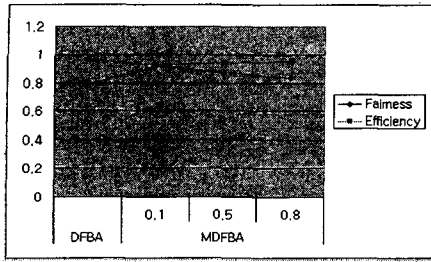
<그림 6> MCR이 동일할 경우

### 4.3.2 MCR이 서로 다를 경우 (LBO=1500셀)

각 소스의 MCR을 30Mbps, 20Mbps, 15Mbps, 7Mbps, 3Mbps로 설정하였고, HBO는 2400셀, LBO는 1500셀로 설정하였다.

<표 2> MCR이 서로 다를 경우의 처리량(LBO:1500셀)

	DFBA	MDFBA		
		γ=0.1	γ=0.5	γ=0.8
VC1	36.12	38.54	38.29	36.98
VC2	29.96	31.75	30.35	29.41
VC3	26.35	27.09	26.97	25.64
VC4	23.79	20.27	22.63	24.26
VC5	21.68	14.37	16.37	20.39
Total	137.93	132.02	134.61	136.68
Fairness	0.789	0.921	0.874	0.837
Efficiency	0.967	0.926	0.944	0.958



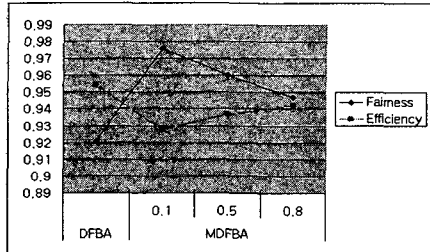
<그림 7> MCR이 다른 경우(LBO=1500)

#### 4.3.3 MCR이 서로 다를 경우 (LBO=300셀)

각 소스의 MCR을 30Mbps, 20Mbps, 15Mbps, 7Mbps, 3Mbps로 설정하였고, HBS는 2400셀, LBO는 300셀로 설정하였다.

<표 3> MCR이 서로 다를 경우의 처리량(LBO=300셀)

	DFBA	MDFBA		
		$\gamma=0.1$	$\gamma=0.5$	$\gamma=0.8$
VC1	43.27	48.19	48.30	45.39
VC2	33.58	36.76	34.97	35.91
VC3	24.75	25.95	24.69	24.47
VC4	20.09	16.34	16.78	16.94
VC5	14.38	5.06	8.84	11.56
Total	136.07	132.3	133.58	134.27
Fairness	0.921	0.976	0.960	0.947
Efficiency	0.954	0.928	0.937	0.942



<그림 8> MCR이 다른 경우(LBO=300)

MCR이 동일한 경우 DFBA와 MDFBA( $\gamma = 1$ ) 알고리즘이 별다른 차이가 없어 보인다.

그러나, MCR이 서로 다르고, LBO의 값이 300셀과 1500셀인 경우 DFBA 알고리즘은 공평성과 효율 모두 큰 차이를 보이는 반면, MDFBA 알고리즘은  $\gamma$  값을 조정함으로써 차이를 줄일 수가 있었다.

공평성과 효율 모두 큰 차이를 보인 DFBA 알고리즘을 MDFBA 알고리즘과 비교해 보면, LBO 값에 따라 큰 영

향을 받음을 알 수 있는데, LBO의 값이 클수록 효율에는 별다른 영향을 받지 않았으나 공평성에 크게 영향을 받는 것으로 결과가 나타났다.

이렇게 본 연구에서 제시한 MDFBA 알고리즘을 기존의 DFBA 알고리즘과 비교해 본 결과, 망 상황에 따라  $\gamma$  값을 조정함으로써 공평성 측면에서는 많은 개선이 이루어진 것을 알 수 있다. 그러나 효율 측면에서는 DFBA 알고리즘 보다 낮은 결과가 일부 발생하기도 한다.

## 5. 결 론

ATM 망에서 서로 다른 특성을 가지는 트래픽을 통합적으로 수용하기 위하여 ATM에서는 여러 가지 서비스를 정의하고 있다. 여러 가지 서비스들 중에서 최소한의 요구 사항으로 최소율을 보장하며 어느 정도의 QoS를 보장해주는 GFR 서비스는 최소 대역폭을 제공할 수 있도록 하기 위하여 ATM 스위치의 여러 가지 버퍼관리 기법과 스케줄링 기법에 대해 연구되고 있다.

그 중에서 스위치 구현시 비용 및 운영상에 부담이 적은 FIFO 기반의 DFBA 알고리즘이 제안되었으나, 기존에 제안된 DFBA 알고리즘은 총 버퍼 용량이 LBO 보다 작을 때 모든 셀을 수용하여 효율을 향상시키려고 하는데, 이때 최소 셀을 보다 큰 값의 셀을 수용하면 공평성과 효율의 관계에 큰 불균형을 초래한다.

본 논문에서는 DFBA 알고리즘이 LBO 값이 낮을수록 공평성과 효율이 크게 차이가 발생하는 점을 시뮬레이션을 통하여 확인하였고, 이러한 차이를 줄이기 위해 MDFBA 알고리즘을 제안하였으며, 시뮬레이션을 통하여 MDFBA 알고리즘과 DFBA 알고리즘을 비교하였다.

제안된 MDFBA 알고리즘은 LBO 보다 작은 영역의 버퍼를 관리하여 공평성을 개선하고자 하였으며, DFBA 알고리즘과 비교 결과 공평성이 크게 개선되었음을 확인하였고, 제안한 알고리즘이 LBO의 값에도 크게 영향을 받지 않음을 알 수 있었다.

LBO 보다 작은 영역에서 CLP=1을 가지는 셀을 MDFBA 알고리즘을 사용하면 효율 측면에서 DFBA 보다 효율이 1~2% 정도 감소하는 단점이 있었다.

그러나 망 상황에 따라  $\gamma$  값을 적절히 사용함으로써 효율을 어느 정도 보상받을 수 있었으며, 그리고 제안한 알고리즘이 LBO 값에 상관없이 잘 적응함을 알 수 있었다.

앞으로 남은 과제로서 망 상황에 따라 적절한  $\gamma$  값을 어떻게 적용하는 것이 좋은지에 대한 연구가 필요하겠으며, 좀더 큰 트래픽 부하가 가중되는 상황에서의 연구가 같이 이루어져야 하겠다. 또한 공평성과 효율이 모두 개선

될 수 있는 알고리즘에 대해서도 계속 연구되어야 하겠다.

### 참 고 문 헌

- [1] The ATM Forum Technical Committee, "Traffic Management Specification Version 4.1", af-tm-0121.000, March 1999.
- [2] Rohit Goyal, Raj Jain, Sonia Fahmy, Bobby Vandalore, Mukul Goyal, "Buffer Management for TCP over the ATM GFR Service", NAS3-97197, 1998.
- [3] Olivier Bonaventure, Jordi Nelissen, "Guaranteed Frame Rate : a better service for TCP/IP in ATM networks", IEEE Network 2001.
- [4] John B. Kenney, "Recent Advance in ATM for the Support of IP Traffic". Tellabs Research Center, October 2000.
- [5] William Stallings, "Data & Computer Communications", 6th edition, pp.368-375, 2000.
- [6] S. Puangpronpitag, M. Kara and K. Djemame, "A Performance Evaluation of Buffer Management and Scheduling for ATM-GFR Using TCP", atm-2000.
- [7] J. Kenney, "Issues in Signalling the MBS Parameter in GFR", ATM forum contribution 98-0925, December 4, 1998.
- [8] Rohit Goyal, Raj Jain, Sonia Fahmy, Bobby Vandalore, "Providing Rate Guarantees to TCP over the ATM GFR Service", NAS3-97198, 1998.
- [9] A. Romanow and S. Floyd., "Dynamic of TCP Traffic over ATM Networks"; IEEE JSAC, 13(4):633-641, May 1995.
- [10] J. Heinanen and K. Kilkki, "A Fair Buffer Allocation Scheme", Unpublished Manuscript, 1995.
- [11] Hongqing Li, Kai-Yeung Siu, Hong-Yi Tzeng, Chinatsu Ikeda, Hiroshi Suzuki, "On TCP Performance in ATM Networks with per-VC Early Packet Discard Mechanisms", Computer Communications 19(1996):1065-1076, 1996.
- [12] R. Guerin and J. Heinanen, "UBR+ Service Category Definition", ATM Forum contribution ATM96-1598, December 1996.
- [13] Raj Jain, "Congestion Control and Traffic Management in ATM Networks: Recent Advance

and A Survey", August 13, 1996.

[14] Rohit Goyal, Raj Jain, Shiv Kalyanaraman, Spnia Fahmy, Bobby Vandalore, Xiangrong Cai, "Selective Acknowledgements and UBR+ Drop Policies to Improve TCP/UBR Performance over Terrestrial and Satellite Networks", ATM Forum 97-0423, April 1997.

[15] Rohit Goyal, Raj Jain, Spnia Fahmy, Bobby Vandalore, "Buffer Management for the GFR Service", ATM Forum 98-0405, July 1998.



김 중 규 (Jung-Gyu Kim)

1984년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1986년 2월 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1992년 2월 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

2000년 9월 ~ 2001년 8월 University of Massachusetts 방문 교수

1992년 3월 ~ 현재 대구대학교 정보통신공학부 부교수.

관심분야 : 컴퓨터네트워크, 네트워크 성능분석



이 영 동 (Young-Dong Lee)

2000년 2월 대구대학교 정보통신공학부 졸업(공학사)

2002년 2월 대구대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사)

관심분야 : 컴퓨터 네트워크, ATM등