

主 題

# ATM네트워크에서 보장된 프레임율(GFR:Guaranteed Frame Rate)서비스를 이용한 TCP 트래픽의 전송

상명 대학교 전자계산학과 교수 김 성 철

## 차 례

- I. 서론
- II. GFR 서비스 규격
- III. 최소율 보장을 구현하기 위한 설계 옵션들
- IV. 결론

## 요약

본 고에서는 최근에 ATM Forum에서 UBR+ 서비스 카테고리의 진보형으로 제안된 서비스인 보장된 프레임율(Guaranteed Frame Rate:GFR) 서비스에 대한 설명과 그의 구현 방안에 대하여 고찰하였다. 이 GFR 서비스는 패킷 혹은 프레임, 즉 TCP 트래픽을 전송하려는 사용자를 위한 서비스이다.

## I. 서론

GFR 서비스는 최근에 ATM Forum에서 UBR+ 서비스 카테고리에 대한 진보형으로 제안된 서비스이다. 아직까지는 GFR 서비스가 UBR 서비스 내의 서비스로 규정될지 아니면 별도의 서비스로 규정될 지에 대해서는 결정되지 않았다. GFR 서비스는 가상 회선들에게 프레임 레벨에서 최소율을 보장하면서 미사용된 네트워크 용량을 공평하게 사용하고자 하는 데에 목적을 둔다. GFR 서비스는 최소한의 신호와 연결 관리 기능을 요하며, 각각의

UBR 가상회선에 최소율을 제공하기 위한 네트워크의 능력에 의존한다.

GFR 서비스 제정에 대한 동기는 다음과 같다. 이 서비스는 VBR, ABR 등 대부분의 ATM 서비스들을 요청할 때 필요한 트래픽 파라미터의 범위를 명시하지 못하는 사용자나 혹은 현존하는 ATM 서비스들에 의해 요구되는 소스 행동 규칙(Source Behavior rules)을 만족시키지 못하는 사용자를 위해 고안되었다. 현재의 대부분 사용자들이 이 범주에 들 것이라고 예상된다. 이유는 현재 대부분의 응용들이 ATM 연결에 필요한 트래픽 파라미터들, 즉 PCR, SCR, MBS 중의 어느 것을 선택하도록 되어 있지 않거나 혹은 ABR 소스 행동 규칙 등을 만족하는 디바이스들을 통하여 효과적으로 ATM 네트워크에 접속하지 못하기 때문이다. 만약 어플리케이션들 혹은 사용자들이 ATM 트래픽 파라미터나 서비스 클래스의 충분한 범위를 이용한다면 성능면이나 혜택면에서 상당히 효과적인 것은 분명한 일이다. 그러나 오늘날의 사용자 대부분이 이러한 ATM의 혜택을 얻지 못하는 것

이 현실이다. 이러한 사용자들이 ATM 네트워크에 접속하는 유일한 길은 UBR 연결을 통하는 것인데 이 서비스는 아무런 것도 보장하지 못한다. 그 결과 현재의 많은 사용자들은 ATM 기술에의 연결에서 약간 혹은 거의 혜택을 보지 못하고 있다. 역으로 ATM은 현존하는 기술 이상의 아무것도 성능면이나 기능면에서 이들 사용자에게 기여를 하지 못하고 있다.

이 GFR 서비스의 목적은 이러한 ATM의 혜택을 받지 못하고 있는 대부분의 사용자에게 ATM의 성능과 서비스 보장의 혜택을 주고자 하는데 있다. 결과적으로 GFR은 사용자들과 ATM 네트워크 간에 최소한의 상호작용을 필요로 하며, 동시에 사용자들에게 어느 정도의 서비스 보장을 해준다. 사용자들에 대한 서비스 규격의 간단함은 효과적으로 GFR 서비스를 제공하기 위하여 네트워크에 약간의 부가적인 요구사항을 수반한다. 그러나 그 요구 사항들은 현존하는 기술 범위 안에 있으며, 요구 사항에 대한 비용은 더 넓은 층의 사용자들을 끌어들이어 ATM 기술의 잠재적 혜택을 주는 것에 비하면 적은 것이다.

이 서비스에 대한 논의는 그 동안 ATM Forum의 트래픽 관리(Traffic Management) WG에서 꾸준히 논의되어 왔으며, 현재에는 그 Working Group의 Living List에 올라 있다[5]. 최소의 대역폭 보장을 가지는 패킷 서비스로서 임시로 UBR+라 명명되었던 이 GFR 서비스에 대한 최초의 제안서들인 [1]과 [7]에 GFR 서비스의 기본 정의에 대해서 잘 기술되어 있으며, [15, 16]에서는 MBS, MFS 등의 파라미터의 분리와 서비스 적용성을 위하여 F-GCRA 테스트를 포함시킴으로써 GFR 서비스 정의를 간단히 유지하면서 요구된 서비스 보장을 제공하는 발판을 마련하였다. 그 후에도 서로 다른 버퍼 관리 방법과 스케줄링 방법을 가지고 GFR상에서의 TCP 성능에 대한 시뮬레이션의 결과를 보여 준 제안서들[2,12, 17,18]을 비롯하여, GFR 서비스에 대한 정의, 어플리케이션, 프레임 태깅, 그리고 부합 테스트에 대한 정의 등에 관한

논의가 계속되었다. 특별히 [17]에서는 여러 네트워크와 트래픽 시나리오 하에서의 GFR 서비스에 대한 프레임 태깅의 성능에 대한 결과를 보여 준다. 또한 계속되는 회의에서 TCP 소스들에게 울보장을 제공하기 위한 몇 개의 제안이 있었다[3,12]. 그러나 위에서 언급된 대부분의 제안서들은 네트워크 대역의 대부분을 GFR 가상 회선(VCs)들에게 할당한 높은 네트워크 이용에서 이루어진 것이다. 그러나 낮은 울 할당의 FIFO 버퍼에서도 이 보장은 되어야 한다는데 의견의 일치를 본 이후에 TCP 트래픽에 대해 FIFO 버퍼를 가지고 GFR 서비스를 제공하는 것에 대한 연구가 발표되었다[9]. 흥미있는 것은 다중화된 여러 TCP 트래픽을 가지는 각각의 ATM 연결에 대한 라우터에서의 시뮬레이션 결과가 이 GFR 서비스를 사용함이 VBR3 서비스를 이용하는 것보다 우위라는 것을 보여 준 것이다[18].

본 고에서는 지금까지 ATM Forum에서 논의되고 정의된 GFR 서비스에 대한 정의, 부합 테스트 그리고 구현 예에 대하여 기술한 후에 이 서비스에 대한 향후 표준화 방향에 대하여 기술하고자 한다.

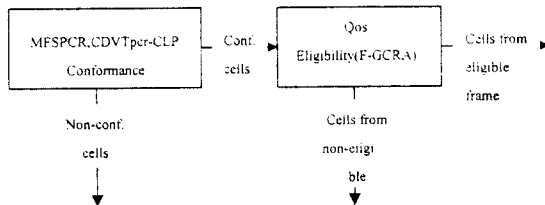
## II. GFR 서비스 규격

GFR 서비스는 비실시간 어플리케이션을 위한 것이다. 또한 GFR 서비스는 사용자 데이터 셀들이 ATM 계층에서 구분될 수 있는 프레임의 형태로 구성되어져야 한다. GFR 서비스는 주어진 최대 패킷의 크기(Maximum Frame Size: MFS)와 최대 버스트 크기(Maximum Burst Size :MBS)에 대한 가정하에 사용자에게 최소셀율(Minimum Cell Rate: MCR)을 보장해 준다. 여기서 MFS와 MBS는 셀 단위로 표시된다. 만약 사용자가 명시된 최대 크기인 MFS와 MBS를 초과하지 않게 전송한다면, 사용자는 최소의 손실을 갖고 네트워크를 통하여 모든 패킷을 전송할 수 있다. 덧붙여서 GFR 서비스는 사용자로 하여금 MCR과 그와 관계된 MBS를 초과하여 전송할 수 있게 하는데, 다만 초

과된 트래픽은 가용한 자원 내에서 전송된다. 더구나 그 서비스에서는 각 사용자의 초과분은 가용한 자원을 공평히 분배되어 사용하도록 명시한다. 이것은 어떤 특정 사용자로 하여금 남은 대역을 혼자 차지하는 것을 방지하기 위함이다. 공평 분배에 대한 정의는 구현자에 따라 다를 수 있다.

한편 GFR 서비스 규격에는 GFR 가상회선(Virtual Connection)의 프레임들에 대한 부합 정의(Conformance Definition)가 있다[5,15,10,16]. 유입되는 트래픽의 부합 테스트로 사용되는 트래픽 파라미터로는 PCR과 CDVT 등이 있다. 사용자가 장비를 통하여 네트워크에 연결될 때, CDVT 값이 명시되어야 한다. 그리고 사용자가 보낸 셀들은 GCRA 알고리즘 테스트를 통하여 부합 여부를 판단 받는다. 그 프레임의 모든 셀들이 부합되면 그 프레임도 부합됐다고 여긴다. 부합되지 않은 프레임은 서비스 보장을 받지 못한다. 만약 어떤 셀이 그 부합 테스트에 의해 부합되지 않았고 또 그 셀이 프레임의 첫 셀이면, 네트워크는 그 셀이 속한 프레임 전체를 폐기하거나 태깅한다. 만약 비부합된 셀이 그 프레임의 첫 번째 셀이 아니면 네트워크는 그 셀을 폐기시키고, 그 프레임의 남은 셀들을 셀 구분용으로 사용한다. 프레임의 부분적 태깅

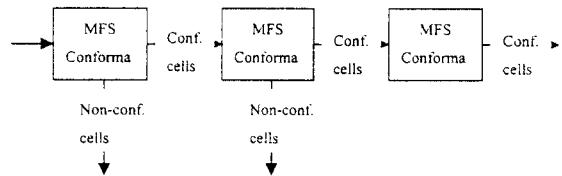
그림 1 부합과 QoS 적합성 테스트



은 허용되지 않는다. 앞에서 기술된 GFR 부합 정의는 그림 1에 보듯이 2개의 주요 부분으로 구성될 수 있다. 첫 번째 부분이 트래픽 계약의 MFS, PCR, CDV, CLP 등에 대한 테스트를 명시한다. 여기에서 부합 혹은 부합되지 않은 셀들을 구분한다.

이 첫 부분은 또 다시 MFS, PCR과 CDV, 그리고 CLP의 독립된 부합 테스트로 나뉘게 되는데 이에 대한 설명이 그림 2에 나타나 있다.

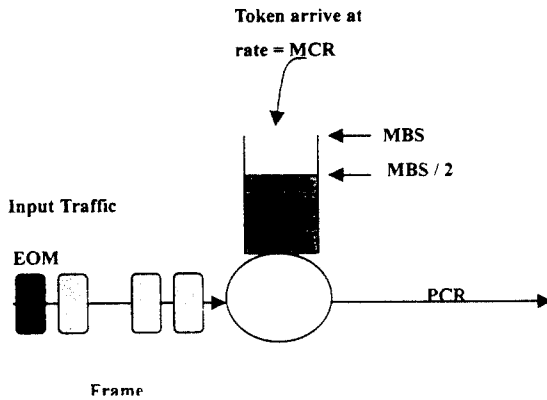
그림 2 부합 테스트들 간의 관계



이 정의에 의하면 부합되거나 부합되지 않은 프레임들을 구분하는 것은 리키버킷 메카니즘에 기반을 둔다. 아래의 그림 3은 부합 프레임을 명시하기 위해 사용되는 리키 버킷에 대한 설명이다. 리키 버킷은 MCR의 값으로 버킷에 들어오는 토큰들로써 구성되어진다. 프레임의 첫번째 셀이 들어올 때, 버킷에 있는 토큰의 수가 적어도 MBS/2이면 그 프레임의 모든 들어오는 셀들은 부합된 셀들로 여겨지고 만약에 그 보다 작다면 부합되지 않은 셀로 간주되어진다. 각각의 부합된 셀들은 리키 버킷에서 토큰을 소비한다. 그러나 부합되지 않은

셀들은 그 버킷으로부터 토큰을 소비하지 않는다. 그림에서 최고셀율(Peak Cell Rate:PCR)은 셀들이 네트워크 요소에 도착하거나 떠나는 최대율을 말한다.

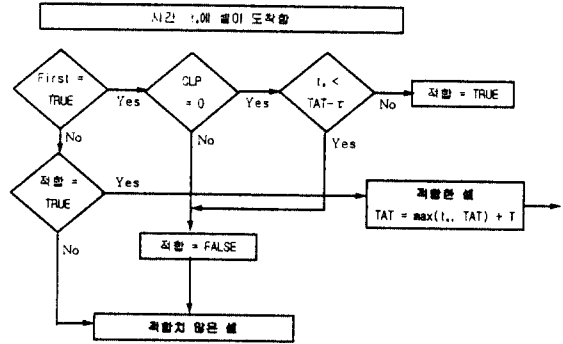
그림 3 리키 버킷 알고리즘



부합된 셀들은 QoS 적합성 테스트를 거치는데 QoS 보장에 적절한 프레임(셀)과 QoS 보장에 적절치 않은 프레임(셀)을 구별한다. 이것이 위의 그림 1에서의 두 번째 부분이다. 이 테스트에서는 F-GCRA 알고리즘이 사용되는데 이에 대한 프로우 차트가 그림 4에서 잘 설명되어 있다.

한편 프레임 레벨 보장은 ATM을 위하여 셀 레벨 보장으로 바뀌어야 한다. 최소 보장 프레임율은 최소셀율(Minimum Cell Rate: MCR) 파라미터로 변환되어 있다. 그리고 최대 프레임 크기는 최대 버스트 크기(Maximum Burst Size: MBS)로 변환되는데 여기서 MBS는 셀로 표기된 최대 프레임 크기의 두 배로 정해진다. 여기에서 보장은 프레임 레벨에서 이루어지기 때문에 ATM 계층에서도 프레임의 시작과 끝에 대한 정보를 가져야만 한다.

그림 4 Qos 적합성 테스트 흐름도



AAL5 프레임의 경우에 프레임의 마지막 셀은 그 프레임의 마지막을 나타내는 프래그(flag) 즉, End of Message(EOM)셀을 갖는다. 부합되지 않은 프레임들은 네트워크에 의해 태깅되거나 떨어져 나가게 된다. 태깅은 셀 헤더에 있는 셀손실 우선순위(Cell Loss Priority: PCL) 비트를 세팅함으로써 이루어진다. 일반적으로 태깅은 호스트나 ATM 네트워크로의 입구에서 이루어질 수 있다. 종단 시스템에서도 낮은 우선순위의 프레임들을 태깅할 수 있다. 이런 경우에 태깅이 어떤 연결에서의 프레임 상대적 우선순위에 관한 네트워크 내에서의 표식으로 사용되어질 수 있다. 한편, 리키 버킷 규정에서 부합되지 않은 프레임들이 ATM 네트워크로의 진입 초기에 태깅될 수 있다. 이런 형태의 태깅은 ATM 네트워크에게 부합에 관한 정보를 제공한다.

네트워크가 혼잡될 때에 태깅되지 않은 프레임들 보다는 태깅된 프레임들을 먼저 버리게 된다. 만약 어떤 가상회선의 전체 트래픽 흐름이 그 리키 버킷 메카니즘에 부합했다면, 그 전체 흐름은 MCR로 서비스 받아야 한다. 만약 그 흐름의 몇몇 프레임들이 부합되지 않은 프레임들이라면 네트워크는 그래도 MCR로 서비스를 제공해야 한다. 덧붙여서 네트워크는 그 가상 회선에게 남은 대역폭의 공평한 몫을 할당해야 하고 폭주 되었을 경우에는 태그되지 않은 프레임들에 앞서 태그된 프레임들을 먼저 폐기시킨다. 네트워크 태깅은 단지 그 프레임들의 부합 여부만 결정한다. 만약 네트워크와 단말 시스템이 태깅을 한다면, 그 때 네트워크 태깅이 단말 시스템에 의한 태깅 정보를 지우게 된다. 결과적으로 네트워크는 부합되지 않은 프레임들을 태그하지 않고 태그된 프레임들을 선택적으로 폐기하기 위하여 소스에 의한 단말 시스템의 태깅 정보를 사용할 수 있다. 그러나 네트워크는 가상 회선들 간의 이중 우선순위를 제공하기 위하여 어떤 가상 회선들의 모든 프레임들을 태그할 수 있다. 예를 들어서 ATM 네트워크의 양 끝에 있는 라우터들은 네트워크 관리를 위한 흐름을 제외한 모든 흐름에서의 프레임들을 태그할 수 있다.

### III. 최소율 보장을 구현하기 위한 설계 옵션들

위에서 기술한 GFR 서비스의 최소율 보장을 제공하기 위하여 네트워크에 의해 사용되어 질 수 있는 구현들에 대한 연구들이 많이 이루어져 왔다 [2,3,8,12]. 그런데 이들은 크게 다음의 3가지의 설계 옵션으로 구분 될 수 있다. 즉, 패킷 기반의 네트워크 태깅(Policing), 버퍼 관리, 그리고 스케줄링이다. 이들 각 요소들은 또한 여러 다른 방법들에 의해 구현될 수 있는데 예를 들어 스케줄링에는 FIFO, Round Robin(RR), Weighted Round Robin(WRR), Weighted Fair Queued(WFQ) 등이 있다. 이 방법들에 대해 간단히 기술하면 다음과

같다.

#### 3.1 태깅(Tagging)

태깅은 GCRA 부합 테스트에 의해 부합되지 않은 경우에 옵션으로 사용되지만 어떤 구현에 있어서는 서비스 보장을 위해 적절한 셀들을 구분하는 등 다른 목적으로도 사용된다. 태깅이 유용하게 쓰이는 두 가지의 경우를 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 상대적으로 덜 중요한 프레임들을 구별하며 서비스 보장을 하지 않는 사용자 기반의 태깅
- 2) 서비스 보장에 대하여 부적절한 프레임들을 구별하기 위한 네트워크 혹은 스위치 기반의 태깅

GFR 서비스 보장에 영향을 주는 일 없이 위의 두 경우와 같은 태깅의 사용을 위하여 다음에 기술되는 규칙이 모든 네트워크와 스위치에 적용 가능해야 한다.

- 1) 태깅된 셀들은 미리 서비스 보장을 받지 못하는 것으로 여기며, 그 연결로부터의 프레임들을 서비스 보장함에 있어서 고려되지 않는다. 즉, 태깅된 셀들은 수정된 GCRA를 사용할 때 토큰을 사용할 수 없다.
- 2) 동일한 프레임으로부터의 모든 셀들은 동일하게 태깅되어야 한다.

위의 규칙을 따름으로써 GFR 서비스 보장은 네트워크 기반의 태깅이 실시되어도 서비스를 제공 받을 수 있다. 그러나 네트워크 기반의 태깅은 태깅 결정이 혼잡 정도에 의하지 않고 단순히 GCRA 결과에 의해서만 이루어진다면 GFR 서비스에 어느 정도 영향을 미칠 수 있다. 그러한 방법들은 태깅된 트래픽들에게 어떻게 남은 가용의 대역폭을 할당하는데 있어서 공평성에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 서비스 보장에 대한 적절함을 명시하는 수단으로서 태깅을 사용하지 않는 구현이 더 바람직하다. 네트워크 기반의 태깅이 프레임들이 네트워크에 들어가기 전에 부합되지 않은 프레임들을 표시하는 수단으로 이용될 수 있다. 가상회선 레벨상

의 네트워크 기반 태깅은 네트워크에 의해 유지되어 지는 가상 회선당의 상태 정보를 필요로 하며, 네트워크 요소의 복잡성을 증가 시킨다. 태깅은 각 가상회선의 부합된 트래픽과 부합되지 않은 트래픽들을 분리함으로써 다른 율강화 메카니즘들이 부합되지 않은 트래픽에 앞서 부합된 트래픽을 먼저 스케줄링 하는데 필요한 정보로써 사용할 수 있도록 해 준다. 다시 부언하면 태깅은 부합되지 않은 프레임들을 폐기하는데 사용됨으로써 부합된 프레임들만이 네트워크에 들어가도록 한다.

### 3.2 버퍼관리(Buffer Management)

여러 버퍼 관리 방법들은 폭주 회피나 제어를 위한 메카니즘으로 사용된다. 이 방법에는 심하지 않은 혼잡이 발생하였을 때에 태깅된 프레임은 태깅되지 않은 프레임에 앞서 폐기시키는 방법, 그리고 여러 연결들 사이에 버퍼 공간을 공평히 할당하는 가상 채널 당의 어카운팅(per-VC accounting) 등이 있다. 버퍼관리는 전형적으로 버퍼에 들어가는 패킷의 수를 조절하는데 스위치나 라우터와 같은 네트워크 장비에 의해 이루어진다. 여러 개의 가상 회선들이 공통의 버퍼 공간을 공유하는 공유 버퍼

환경하에서는 가상회선 당 버퍼관리 방법이 각각의 가상회선의 버퍼 점유를 제어할 수 있다. 가상회선 당 버퍼관리는 각각의 가상회선의 버퍼 점유를 알기 위하여 per-VC accounting을 사용한다. 가상회선 당 버퍼관리의 예제인 Selective Drop과 Fair Buffer Allocation에 대해서는 [4.6]에 자세히 기술되어 있다. per-VC accounting은 오버헤드를 수반하지만 각 가상회선당의 버퍼 점유를 제어하기 위해서는 꼭 필요하다. 버퍼 할당 방법에는 정적 임계치에 기반을 두는 방법과 조금은 더 복잡하지만 공평히 할당할 수 있는 동적 임계치에 기반을 둔 방법들이 있다. 이 절에서는 정적 임계치를 갖는 경우와 동적 임계치를 갖는 두 가지 방법에 대하여 살펴보기로 한다.

#### 3.2.1 포트 레벨의 정적 임계치 방법

그림 5 LBO와 HBO임계치를 보여주는 버퍼 구분

#### 포트 버퍼

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| 영역 4: PPD on all packets                    | Max Buffer Occupancy (MBO)  |
| 영역 3: EPD on all packets                    |                             |
| 영역 2: EPD on tagged packets<br>(GFRs 만 허용됨) | High Buffer Occupancy (HBO) |
| 영역 1: 모든 패킷을 받음                             | Low Buffer Occupancy (LBO)  |

위의 그림5에서 저 버퍼 점유(Low Buffer Occupancy: LBO), 고 버퍼 점유(High Buffer Occupancy: HBO), 그리고 최대 버퍼 점유(Maximum Buffer Occupancy: MBO)를 보여주는 GFR 포트 버퍼 임계치에 대한 버퍼 구분을 볼 수 있다. 패킷의 첫 셀이 태그되고 또한 버퍼 점유가 LBO를 넘게 되면 그 패킷의 모든 셀들이 폐기된다. 만약 버퍼 점유가 LBO 값보다 작으면 모든 패킷들이 태깅에 상관없이 버퍼에 받아들여 진다. 만약 버퍼 점유가 HBO 임계값을 초과하게 되면 영역 3에 있는 모든 패킷에 대해 EPD가 적용된다. 영역 1,2,3에서 셀들은 패킷 레벨에서 폐기되거나 혹은 받아 들여 진다. 만약 버퍼 점유가 최대 버퍼 점유 임계치를 넘게 되면 셀들은 충분치 못한 버퍼 공간 때문에 폐기된다. 이 때에는 패킷들이 부분적으로 폐기된다.

#### 3.2.2 가상 채널당 동적 임계치

포트 레벨의 정적 임계치 방법은 연결들 사이에 공평한 버퍼 할당을 제공치 못한다. 공평한 버퍼 공유(Fair Buffer Allocation:FBA) 메카니즘은 모든

연결들 사이에 버퍼 공간을 공평히 할당한다. 그러한 공평한 할당을 구현하기 위하여 동적 임계치와 가상 채널당의 큐 accounting을 사용한 여러 방법들이 제안되었다 [13,14]. 이 방법에서는 여러 VCs 간에 포트 버퍼의 할당에 있어서 가중치를 주는 유연한 방법이다. 시간 t에서 각 VC들은 자신들의 임계치를 계산하는데 있어서 버퍼에 남은 공간의 함수로 나타낸다. 이 계산된 임계치는 셀 손실 우선순위(CLP: Cell Loss Priority) 혹은 PPD(Partial Packet Discard)의 임계치로 사용된다. 폭주가 발생할 시에는 버퍼 공간이 가중치에 비례하여 VC에 할당된다.

### 3.2.3 Weighted Buffer Allocation(WBA) 방법

이 방법에서는 각각의 VCs에 그들의 MCRs에 기반을 둔 가중치를 주는 것이다. 그 가중치는 그 연결이 프레임을 폐기하기 전에 사용할 수 있는 버퍼의 크기를 나타낸다. WBA의 동작 원리는 다음과 같다. 프레임의 첫 번째 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. 만약 버퍼 점유가 혼잡 임계치를 초과하고 그 VC이 그 버퍼에서 적어도 그의 할당을 가진다면 남은 미사용의 버퍼를 공평히 할당 받을 수 있다.

## 3.3 스케줄링

태깅과 버퍼 관리 제어가 패킷의 네트워크로의 유입에 대한 것을 제어하는 한편, 스케줄링(큐잉)은 어떻게 패킷들이 다음 노드로 스케줄 되는가를 결정한다. 이 스케줄링 방법에는 여러 가지 방법들이 있다. 그 중에서도 대표적인 FIFO(First-In-First-Out) 큐잉은 출구에서 여러 가상 회선들로부터의 패킷들을 따로 구분할 수 없다. 결과적으로 FIFO 큐에서는 패킷들은 큐로 들어 온 순서대로 스케줄된다. 그러나 회선당 큐잉(Per-VC) 방법에서는 버퍼 내에서 각각의 가상회선당의 분리된 큐

를 가질 수 있다. 어떤 스케줄링 방법은 각각의 스케줄링 시간에 여러 큐들 사이에서 선택할 수 있도록 해준다. 이 절에서는 이 중에 몇 가지 방법만을 기술하였다.

### 3.3.1 포트 임계치를 갖는 Round Robin 스케줄링

어떠한 서비스 Discipline을 사용하든지 GFR 구현의 일반적인 방법은 다음과 같이 요약될 수 있다. 즉 큐 길이가 LBO 위에 있느냐 혹은 LBO 아래에 있느냐에 따라 다르게 동작하게 된다. 포트 큐의 길이가 LBO를 초과하고 HBO를 초과하지 않을 경우 각 VC로부터의 버퍼로의 셀 유입률은 MCR에 의해 제한 받는다. MCRs보다 더 빠르게 유입되는 패킷들은 태깅되고 이 영역에서 폐기된다. 여기에서 각 VC의 큐의 길이와 서비스율은 MCRs 비율에 따르게 된다. 그러나 포트 큐의 길이가 LBO보다 낮으면 버퍼로의 셀 유입률은 스위치의 트래픽 유입률과 같으며 태깅에 관계없이 모든 패킷들이 이 영역에서는 받아들여 진다. 따라서 여기에서는 버퍼로의 셀 유입은 MCR에 의해 정해지지 않는다. Round Robin 서비스 discipline하에서는 각각의 VC에 대한 서비스율은 MCR에 관계없이 같다.

### 3.3.2 포트 임계치를 갖는 FIFO 스케줄링

이 스케줄링 방법에서 패킷들은 버퍼에 들어온 순서에 의해 서비스를 받는다. 이 스케줄링 방법에서는 여러 가상 회선으로부터의 패킷들은 따로 분리될 수 없고 따라서 이 스케줄링 방법만으로는 GFR 의 서비스율 보장을 제공할 수 없다. [2]에 의하면 FIFO 스케줄링 방법은 위의 Round Robin의 방법에 의한 것과 비슷한 성능 결과를 보여준다.

### 3.3.3 포트 임계치를 갖는 Weighted Round Robin(WRR) 스케줄링

이 스케줄링 방식은 Round Robin 방법에 부가적으로 MCR에 따르는 가중치를 주는 방식이다. 즉

큐의 길이가 LBO 아래에 있을 때에 이 스케줄러는 전체의 대역폭을 VC's의 MCR의 비율에 의해 나눈다. 만약 버퍼 점유가 LBO를 넘어서고 HBO 아래에 있으면 MCR이 스케줄링 방식에 관계없이 각 VC에 대하여 보장되고 남은 대역폭은 사용되지 않는다.

### 3.3.4 Fair Queueing (Per-VC 스케줄링)

Fair 큐잉은 VC's 각각의 출력 프레임율을 조절할 수 있다. [2]에서 볼 수 있듯이 네트워크 태깅이 있는 곳에서 태깅된 셀들을 우선 폐기하는 Fair 큐잉은 무한의 TCP 트래픽에 대하여 종단간에 율보장을 제공할 수 있다. 또한 [8]에서도 fair 큐잉과 EPD와 같은 버퍼 관리를 사용함으로써 최소율 보장을 할 수 있음을 시뮬레이션을 통하여 보였다.

위에서 설명된 WRR/WFQ는 각 VC에 원하는 율을 할당할 수 있지만 FIFO/RR 구현 방법은 이를 제공치 못한다. 버퍼 할당 방법에 있어서도 포트 레벨 혹은 더 복잡한 VC 레벨 accounting이 있다. 위의 여러 방법들을 혼합 사용함으로써 보다 광범위한 GFR 구현을 이룰 수 있다. 이에 대한 요약이 표 1에 보여준다. 이 표에서 각각의 열은 태깅, 표 1 GFR 구현을 위한 여러 방법들

| 패킷레벨의<br>네트워크 태깅 | 버퍼할당(포트/VC<br>레벨 임계치) | 스케줄링Discipline | GFR을 보장하? |
|------------------|-----------------------|----------------|-----------|
| Yes              | 포트레벨                  | FIFO           | No        |
| Yes              | VC 레벨                 | FIFO           | No        |
| Yes              | 포트레벨                  | WRR/WFQ        | Yes       |
| Yes              | VC 레벨                 | WRR/WFQ        | Yes       |
| No               | 포트레벨                  | WRR/WFQ        | No        |
| No               | VC 레벨                 | WRR/WFQ        | Yes       |

버퍼링, 스케줄링의 여러 가능한 경우의 조합을 나타낸다. 이 표를 통하여 GFR 요구사항과 GFR 율보장을 하는 조합을 알 수 있다.

## IV. 결론

앞 장에서는 GFR 서비스의 최소율 보장을 위하여 여러 옵션들을 사용한 구현 예에 대해서 살펴 보았다. 이런 예들은 많은 시뮬레이션을 통하여 GFR 서비스의 최소율을 보장함에 있어서 충분한지 혹은 불충분한 것인가에 대해 보여 주고 있다. 특별히 이 장에서는 그 중에서 대표적인 몇 가지의 구현 결과에 대하여 기술하고자 한다. 먼저 [2,3]에서는 Round Robin, FIFO, Weighted Round Robin 등의 여러 스케줄링 Discipline을 사용하여 GFR 서비스를 통한 TCP 패킷 트래픽의 구현에 대한 시뮬레이션을 통하여 다음과 같은 결과를 보여 준다.

1) 네트워크 태깅 방법과 FIFO/RR의 혼용이 GFR 효율을 보장하기에 불충분하다.

2) 또한 네트워크 태깅과 WRR로서의 구현이 GFR을 만족시키는 것을 보였다. 그러나 위의 결과들은 스위치들이 FBA(Fair Buffer Allocation) 방법을 사용하지 않았다는 가정에서 얻어진 것들이다.

또한 [8]에서는 [6, 9]에서의 결과에 Fair Buffer Allocation 방법(즉, per-VC accounting 방법)을 부가 하였을 경우에 대한 시뮬레이션 결과를 다음과 같이 보여 주고 있다.

1) FIFO와 같은 비율보장 서비스 discipline과 패킷 레벨의 네트워크 태깅은 GFR서비스 보장을 제공하지 못한다.

2) WRR/WFQ와 같은 율보장 서비스 discipline은 패킷 레벨의 네트워크 태깅과 FBA 없이는 GFR 보장을 하지 못한다. 이는 어떤 VC's들은 다른 잘못된 VC's 때문에 버퍼 공간으로부터 blocked 될 수 있기 때문이다.

3) 패킷 레벨의 네트워크 태깅과 포트당의 임계치를 가지고 WRR과 같은 율보장 서비스 disciplines들은 GFR 서비스 보장을 제공할 수 있다.

4) FBA와 함께 사용되면 WRR은 비록 네트워크 태깅 없이도 GFR 보장을 할 수 있다.



또한 [9]에서는 GFR 서비스 구현을 위하여 버퍼 관리 방법과 Policing 매카니즘에 대한 결과를 보여 준다. 즉 여기에서는 Policing, per-VC 버퍼 할당, per-VC 큐잉의 영향에 대한 시뮬레이션 결과를 보여주는데 TCP 트래픽의 최소율 보장을 위하여 per-VC 스케줄링의 필요성을 강조하고 있다. 특별히 흥미 있는 결과를 [18]에서 볼 수 있다. 이 연구에서는 다중화된 여러 TCP 트래픽을 가지는 각각의 ATM 연결에 대한 라우터에서의 시뮬레이션 결과가 이 GFR 서비스를 사용함이 VBR3 서비스를 이용하는 것보다 우수하다는 것을 보여 준 것이다. 더욱이 이 결과는 보장된 트래픽으로 완전히 loaded된 네트워크에서는 더욱 더 차이가 있음을 보여 준다.

결론적으로 이 GFR 서비스는 패킷 혹은 프레임, 즉 TCP 트래픽을 전송하려는 사용자를 위한 서비스이다. 이 서비스에서 두 가지 주요한 요소는 첫째, 어떤 레벨까지의 트래픽은 보장받아야 한다는 것과 둘째, 그 보장된 레벨을 초과하여 보내진 트래픽은 best effort 기반으로 보내어 진다는 것이다. 본 고에서 고찰한 이 GFR 서비스에 대한 표준화 제정 계획은 현재 TM 5.0이라고 임시로 명명한 새로운 Traffic Management 규격에 이 GFR 서비스 카테고리를 넣기로 하였으며 98/7월 회의까지 straw document(주: Working Group에서 최종 결정된 임시 Document)가 만들어지고 98/12월 회의에서 Final Ballot(주: 최종 규약으로 만들어지기 전에 Forum의 Principal Member들로부터의 최종 투표)를 할 예정이다. 또한 이와 관련하여 시그널링 WG과 PNNI WG에서도 Addendums(주: 이미 정해진 규약에 첨부되는 첨부 규약)를 통해 GFR을 지원하기로 하였다. 이러한 계획에 맞추어 TM Working Group에서는 98/4월과 98/7월의 모임에서 이 문제를 계속 논의할 예정이다. 그러나 이러한 새로운 서비스에 대하여 사용자들이나 산업계에서 받아 들이기 위해서는 프레임 기반의 보장 서비스

가 비프레임 기반의 다른 서비스보다 성능면에서 훨씬 우수하다는 사실을 입증하는 것이다. 따라서 이를 위하여 앞으로도 실재의 트래픽에 가까운 것으로의 시뮬레이션이 많이 필요한 실정이다.

#### 참고문헌

- [1] R. Guerin and J. Heinanen, "UBR+ service category definition," ATM Forum/96-1598, Dec. 1996.
- [2] S.K. Pappu and D. Basak, "TCP over GFR Implementation with Different Service Disciplines: A Simulation Study," ATM Forum/97-0310, April, 1997.
- [3] S.K. Pappu and D. Basak, "GFR Implementation Alternatives with Fair Buffer Allocation Schemes," ATM Forum/97-0528, July 1997.
- [4] A. Romanow and S. Floyd, "Dynamics of TCP Traffic over ATM Networks," Proceedings of SIGCOMM '94, September 1994.
- [5] V. Samalam, "Traffic Management working Group living list," ATM/Forum LTD-TM-01.07 Feb. 1998.
- [6] R. Goyal, R. Jain, S. Kalyanaraman, S. Fahmy, and Seong-Cheol Kim, "UBR+: Improving Performance of TCP over ATM-UBR Service," Proc. ICC'97, June 1997.
- [7] R. Guerin and J. Heinanen, "UBR+Enhancements," ATM Forum/97-0015, Feb. 1997.
- [8] Royal Goyal, R. Jain, S. Fahmy, B. Vandalore, and S. Kalyanaraman, "Design Issues for providing Minimum Rate Guarantees to the ATM Unspecified Bit Rate Service," INFOCOM'98 Submitted paper.
- [9] Royal Goyal, R. Jain, S. Fahmy, B. Vandalore, and S. Kalyanaraman, S. Kota, P. Samudra, "GFR-Providing Rate Guarantees with

FIFO Buffers to TCP Traffics," ATM Forum/97-0831, Sept. 1997.

[10] O. Bonaventure, P. Frene, and E. Desmet, "Formalizing the GFR conformance definition," ATM Forum/98-0059, Feb. 1998.

[11] Jone B. Kenney, "Support for GFR rates with FIFO queueing and network tagging," ATM Forum/97-0848, Sept. 1997.

[12] Royal Goyal, R. Jain, S. Fahmy, B. Vandalore, and S. Kalyanaraman, S. Kota, P. Samudra, "Simulation Experiments with Guarranteed Frame Rate for TCP/IP Traffic," ATM Forum/97-0607, July 1997.

[13] A. K. Choudhury and E. L. Hahne, Buffer Occupancy, "Dynamic Queue Length Thresholds in a Shared Memory ATM Switch," IEEE INFOCOM'96, pp. 679-687, March 1996.

[14] C. Fang and A. Lin, "On TCP Performance on UBR with EPD and UBR-EPD with a Fair Buffer Allocation Scheme," ATM Forum/95-1645, December 1995.

[15] Nanying Yin, et al, "Modified Text for Guaranteed Frame Rate Service Definition," ATM Forum/97-0883, December 1997.

[16] Jone B. Kenney, "Issues on GFR Conformance/QoS Eligibility," ATM Forum/97-1059, December 1997.

[17] Jun Huang, Byoung-Joon Lee, Siavash Khorsandi, "A Simulation Study of GFR Implementations," ATM Forum/97-1035, December 1997.

[18] F. Hellstrand and A. Veres, "Simulation of TCP/IP Router Traffic over ATM using GFR and VBR,3," ATM Forum/98-0087, February 1998.

## 김 성 철

- 1981년 인하대학교 전자공학과(학사)
- 1983년 인하대학교 전자공학과(석사)
- 1991년 뉴욕 폴리테크닉대학 EE(석사)
- 1995년 뉴욕 폴리테크닉대학 EE(박사)
- 1985년~ 1987년 한국원자력 연구소(연구원)
- 1994년~ 1995년 미국 Samsung Network Lab (Senior Engineer)
- 1995년~ 1997년 삼성전자(주) 수석연구원
- 1997년~ 현재 상명대학교 전자계산학과