

## ATM망에서 두개의 임계값을 갖는 PBS 기법에 관한 연구

正會員 鄭 賢 淑\* 正會員 申 孝 泳\* 正會員 朴 昊 均\* 正會員 柳 煌 彬\*

### A Study on PBS Mechanism with Two-Threshold in ATM Networks

Hyun Suk Jeong\*, Hyo Young Shin\*, Ho Kyun Park\*,  
Hwang Bin Ryou\* *Regular Members*

#### 要 約

ATM 망에서는 과밀 현상을 제어하는 방식으로 셀 헤더내의 CLP 비트를 사용하여 다양한 트래픽에 두단계의 우선 순위를 부여하는 우선 순위 제어 방식이 수행되고 있다.

본 논문에서는 ATM 셀 헤더의 CLP 비트와 Res. 비트를 합한 2 비트를 이용하여 세단계의 우선 순위를 제공하기 위한 2개의 임계값을 갖는 PBS(partial buffer sharing) 기법을 제안한다.

제안된 기법을 성능 분석한 결과 두단계 우선 순위를 갖는 기존의 기법들에 비해 다양한 서비스 품질에 관한 요구사항을 충족시키는 데 보다 나은 유연성을 제공함을 확인하였다.

#### ABSTRACT

As a method to control the congestion, priority mechanism which gives two-level priority to various traffics using CLP bit in cell header is carried in ATM network.

In this paper, we proposed PBS(partial buffer sharing) mechanism with two threshold for provide three-level priority using CLP bit and Res. bit.

By performance analysis proposed mechanism, we knew that provides flexibility to satisfy requirements of various quality of service, compare to existing mechanism with two-level priority.

#### I. 서 론

ATM 망에서의 정보 전송은 고정 길이의 패킷인 셀(cell)을 통해 이루어지며, 서로 다른 가상 연결(Virtual Connection)에 속하는 셀들에 대한 통계적

다중화(Statistical Multiplexing)로 인해 각 송신측은 기 설정된 연결내에서 필요에 의해 자원을 동적으로 재할당 받을 수 있게 된다.[15] 그러나 고속 통신망에서는 다양한 특성의 트래픽들이 서로 다른 QOS를 요구하기 때문에 새로운 연결(또는 호) 요청에 대한 승인과정, 기 설정된 연결들에 대한 적법한 사용의 감시 및 약속된 QOS의 보장, 과밀 발생에 대한 대책 등 다양한 측면에서의 새로운 트래픽 제어 기술이

\*光云大學校 電子計算學科  
Dept. of Computer Science, Kwangwoon University.  
論文番號: 94-6

요구된다.

CCITT I.371 권고안에서는 트래픽 제어 방법으로 연결 수락 제어, 사용자/망 파라미터 제어, 우선 순위 제어, 과밀 제어 등에 관해 규정하고 있다.[16] 특히, ATM 망에서는 셀 헤더내의 CLP(Cell Loss Priority) 비트를 사용하여 서로 다른 우선 순위를 갖는 트래픽의 제어를 가능하게 하고 있다.

현재까지 발표된 우선 순위 제어에 관련된 연구 내용은 ATM 스위치나 멀티플렉서에서 우선 순위에 따른 트래픽 제어 방법 및 성능 분석, ATM 버퍼에서의 손실을 계산 방법 및 대역폭 할당 방법, 우선 순위 기능을 갖는 연결 승인 제어 등이 있다[2,3,5,6,7,11]

그러나, 이제까지 수행된 많은 연구들은 두단계의 우선 순위를 제공하는 트래픽 제어에 관한 연구들이었다. 따라서 다양한 트래픽 특성의 멀티미디어 서비스들을 수용하는 ATM 망에 있어서는 다양한 서비스 품질에 관한 요구 사항을 충족시키기 위해 더 많은 유연성이 요구되며, 이를 위해서는 세단계 우선 순위를 제공하는 우선 순위 기법에 관한 연구가 수행되어야 할 것이다.

본 논문에서는 ATM 망에서의 과밀 현상을 제어하기 위하여 셀의 헤더 부분에 있는 CLP 비트와 Res. 비트를 합한 2비트를 이용하여 세단계의 우선 순위를 갖는 트래픽 제어를 위한 우선 순위 제어 기법을 제안하며, 제안된 기법에 대한 성능 분석을 실시한다. 제안하는 우선 순위 제어 기법은 기존에 제안된 PBS (partial buffer sharing) 기법에 임계치를 하나 더 추가하여, 두개의 임계값을 가짐으로써 세단계의 우선 순위를 제공하는 PBS 기법이다. 제안된 기법에 대하여 SLAM II를 사용한 시뮬레이션에 의해 성능 분석을 실시하며, 두단계의 우선 순위를 제공하는 PBS 기법의 성능과 비교 분석하였다.

## II. 트래픽 제어

### 2.1 ATM 망내의 트래픽 제어 기술

B-ISDN에서는 상이한 특성을 갖는 다양한 신호들을 통합 처리하는 방식으로 ATM 망을 사용하고 있으며, ATM 망에서는 많은 수의 트래픽을 수용하기 위하여 평균 비트율로서 대역폭을 할당하는 통계 다중화를 통해 대역 사용 효율을 높이는 VBR (Variable Bit Rate) 방식으로 트래픽을 제어하고 있으며, 이러한 트래픽 제어 기법에는 연결 수락 제어(admission control), 사용 감시 제어(usage monitoring or

traffic enforcement), 버퍼 관리(buffer management), 대응 제어(reactive control) 등이 있다.

또한, ATM 망에서는 입력되는 트래픽의 과밀 현상을 제어하기 위한 과밀 제어가 있는데, 이러한 과밀 현상이 일어나는 원인은 과도한 호의 수락, 수락된 호들의 트래픽 신고치를 지키지 않는 행위, 또는 확률적으로 야기될 수 있는 버스트들의 집중 현상들을 들 수 있으며, 그외에 특정 링크의 결합에 의해서도 과밀이 발생할 수 있다.

ATM에서의 과밀 제어는 빠른 링크 속도에 의한 전송 지연의 증가, 다양한 서비스 요구 조건, 그리고 다양한 트래픽 특성 때문에 기존 패킷망의 경우보다 훨씬 힘들다. 특히 전송 지연의 증가로 일단 과밀이 발생하면 이것이 호원에게 알려져 대처하기까지는 극심한 셀 손실을 겪게되므로 ATM에서의 셀 처리는 빠른 스위칭 속도에 필적하는 속도로 이루어져야 하며 트래픽 제어 구조가 간단해야만 한다.

그림 1은 트래픽 제어 및 과밀 제어에 대한 기준 규정을 나타낸 것으로 호 설정시 망에서 발생하는 일련의 사건들을 트래픽 제어 측면에서 도시한 것이다.

먼저 호 설정을 요구하는 신호원의 통계적 특성을 나타내는 트래픽 변수를 망에 전달함으로써 연결을 신청한다. 이때, 망내에 있는 연결 수락 제어(CAC)부는 망의 현재 상태 및 호 설정을 요구하는 신호원의 특성을 토대로 기 설정된 서비스 품질을 보장하면서 새로운 호를 연결할 수 있는지를 판단하여 연결을 수락한다. 이때 트래픽 특성을 효과적으로 나타낼 수 있는 트래픽 특성 변수 설정과 호의 수락 판정 알고리즘이 중요하다.

또한 망의 성능을 예측하기 위해서 신호 모델과 대기 행렬 모델의 분석에 관한 연구가 필요하다. 일단 연결이 설정된 이후에는 신호원은 셀을 망에 전송하고 망 운영자는 그 연결이 망 내 자원을 호 설정 기간 중에 약속한 범위 내에서 사용하는지 여부를 감시하기 위해 사용자 변수 제어(UPC)를 수행한다. 이렇게 망의 입구에서 사용 감시를 함으로서 망내에 과밀 현상이 발생할 확률을 줄일 수 있는 것이다.

과밀이 발생하면 셀 손실율이 커지고 전송 지연도 커지게 되는데, B-ISDN에서는 각 서비스마다 요구하는 서비스 품질 수준이 다르므로 이를 만족시키기 위해서는 과밀시에 셀 손실을 요구치가 낮은 서비스에 속한 셀들을 우선적으로 폐기시키고, 전송 지연 요구 조건이 엄격한 서비스의 셀을 먼저 처리해 줄 필요가 있다. 따라서 우선 순위 제어가 필요하다.

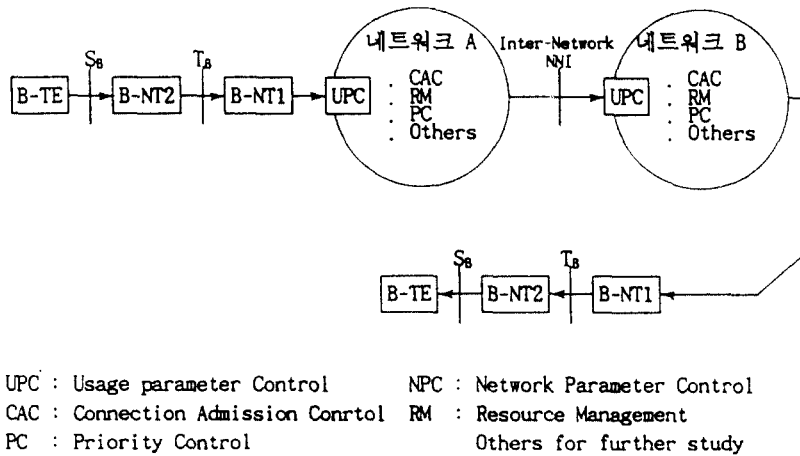


그림 1. 트래픽 제어 및 과밀 제어에 대한 기준 구성  
 Fig 1. Reference configuration for traffic control and congestion control

## 2.2 우선 순위 제어

우선 순위 도입은 하드웨어 구조를 더욱 복잡하게 한다. 따라서, 우선 순위가 있는 ATM 망과 없는 ATM 망 중 어느것이 더 나은 해결안인지 고려되어야 하며, 이는 두가지 관점에서 기술될 수 있다.

- 주어진 버퍼 크기내에서 우선 순위를 사용함으로써 허용 로드를 어느정도 증가시킬 수 있는가.
- 주어진 허용 로드상에서 우선 순위를 사용함으로써 버퍼 크기를 어느정도 줄일 수 있는가.

우선 순위는 서로 다른 QOS 요구조건을 적용하는데 있어 보다 나은 유연성을 제공한다. QOS는 여러가지 파라미터에 의해 기술되는데, 본 논문에서는 가장 중요한 두가지 파라미터에 대해서만 고려한다.

### (1) 셀 전달 지연(Cell transfer delay)

셀 전달 지연은 전송(transmission) 지연, 셀 처리(processing) 지연, 큐잉(queueing) 지연 등으로 구성되며, 전송 지연과 셀 처리 지연은 임의의 가상 연결에 있어서 망 부하에 의해 영향을 받지 않으므로 이러한 파라미터의 값은 각각의 셀에 대해 고정된 값을 갖는다. 버퍼내 셀의 큐잉 지연은 고정된 값이 아니라 관련된 파이프상에 적재되어 있는 다른 셀들의 상태에 의해 변화한다.

### (2) 셀 손실 확률(Cell loss probability)

셀 손실에 대한 많은 요인들 중 여기서는 버퍼 오

버플로우(overflow)로 인한 손실 요인만을 고려하며, 셀 손실 확률은 망 부하와 버퍼 크기에 의존한다.

셀 손실 확률은 망이 통계적 다중화 효과를 얻기 위해 최대 셀 전송 속도보다 낮은 대역을 할당함으로써 필연적으로 발생하는 셀 손실의 정도를 나타낸다. 따라서, 음성이나 화상은 셀의 전송 지연에 매우 민감한(delay sensitive) 특성을 나타내는 반면에, 데이터의 경우에는 셀 손실에 민감한(loss sensitive) 특성을 나타낸다.

ATM 서비스에 있어서 성능 저하는 음성 서비스와 같이 손실에 덜 민감한 서비스에 대해서는 감지할 수 있는 정도가 낮아지지만 데이터와 같이 손실에 민감한 서비스의 경우에 있어서는 심각한 문제를 초래할 수 있다. 손실에 민감한 서비스와 덜 민감한 서비스 모두를 ATM 망에 의해 전달하기 위해서는 다양한 우선 순위 메커니즘이 수행되어야 한다.

ATM 망에서 우선 순위를 부여하는 데에는 2가지 방법, 즉 높은 우선 순위를 갖는 셀들의 큐잉 지연 시간을 줄이기 위한 시간 우선 순위와 높은 우선 순위를 갖는 셀들의 손실 확률을 줄이기 위한 손실 우선 순위가 있다.

### 2.2.1 시간 우선 순위 제어

버퍼내에서 하나 이상의 셀이 적재되어 있는 경우, 우선 순위가 높은 셀을 먼저 전송함으로써 우선 순위가 높은 셀의 큐잉 지연 시간을 줄이는 방법이다. 여

기에는 고정 우선 순위를 갖는 HOL(Head of Line) 우선 순위 제어와 이의 단점을 보완한 유연 우선 순위로서의 HOL-PJ(Head of Line Priority Jumps) 기법 등이 있다.[12,13]

시간 우선 순위 제어에서 큐잉 지연 시간은 전체 시간에 미치는 영향이 셀 처리 지연 시간, 전파 지연 시간, 전송 지연 시간 등에 비해 작기 때문에 큰 의미가 없으며, 셀들의 순서 유지가 보장되지 않으므로 고속의 ATM 망 환경에서 유용하게 적용되기에는 많은 문제점이 있다.[6,8]

### 2.2.2 손실 우선 순위 제어

우선 순위가 높은 셀의 손실율을 줄이기 위한 방법이다. 버퍼내에 과밀이 발생하지 않더라도 시행되는 시간 우선 순위 제어에 반해, 손실 우선 순위 제어는 과밀시에 과밀 현상을 벗어나기 위한 방법으로 낮은 우선 순위의 셀을 선택적으로 폐기시키는 제어 방식이다. 선택적 셀 폐기의 주 대상은 덜 엄격한 셀 손실율 조건을 갖는 셀(즉, 음성 셀과 계층적 부호화(layered coding)를 한 비디오 트래픽에서의 덜 중요한 셀, 그리고 감시 제어에서 위반 셀로 지적된 셀 등)이 된다.

트래픽원에서 음성 셀에 우선 순위를 정하는 방법으로는 embedded coding 방법, even/odd sampling 방법 등이 있다.[4,10] 이러한 방법으로 낮은 우선 순위의 셀은 과밀시에 우선적으로 폐기되며, 폐기시키는 방법으로는 푸쉬 아웃(push-out) 기법, PBS(partial buffer sharing) 기법, RS(route separation) 기법 등이 있다.[6,7,8]

#### (1) 푸쉬 아웃 기법

푸쉬 아웃 기법은 버퍼가 찼 때까지 셀을 받아들이다가 버퍼가 차고 난 뒤에는 우선 순위가 낮은 셀을 폐기되고, 우선 순위가 높은 셀은 우선 순위가 낮은 셀이 있을 경우 낮은 우선 순위를 폐기시키고 그 위치에 저장시키는 기법이다. 이 기법은 효율은 좋으나, 셀 순서 유지를 위해 복잡한 버퍼 관리 절차가 요구되므로 ATM과 같은 고속 전송에는 부적합하다는 단점이 있다.[6,7,8]

#### (2) PBS 기법

그림 2 (b)의 PBS 기법은 버퍼내에 임계값을 갖도록 하는 기법으로서 정해진 임계값까지는 버퍼를 공유하다가 큐의 길이가 임계값을 넘어서면 우선 순위

가 높은 셀만을 받아들이는 기법이다. 이 기법은 이상적인 푸쉬 아웃 기법보다 효율은 낮지만 훨씬 간단하게 구현할 수 있고, 하드웨어적으로 쉽게 처리할 수 있다는 장점이 있다. 이 기법의 단점은 높은 우선 순위 트래픽의 성능을 떨어뜨리는 낮은 우선 순위 트래픽으로 부터의 과부하이다. 사실상 이것은 버퍼 공간과 망 대역폭에 의해서 망 자원을 공유하는 대부분의 시스템에서도 갖게 되는 일반적인 특성이다. 또한, 임계값이 적절하게 조절되지 않는다면 불안정한 시스템을 유도할 수 있다.

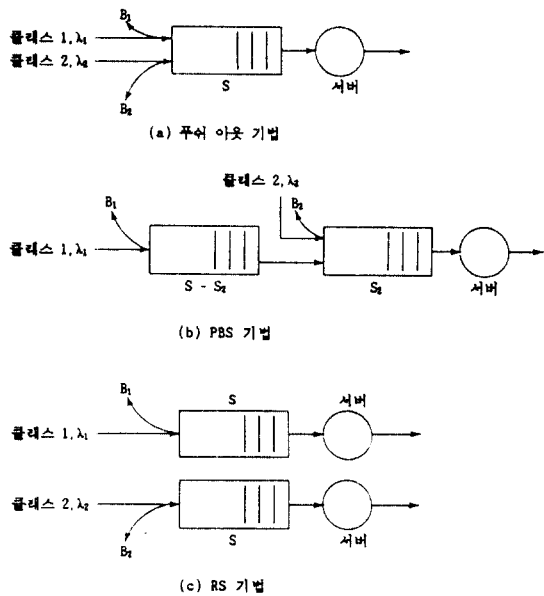


그림 2. 손실 우선 순위 기법  
Fig 2. Space priority mechanisms

#### (3) RS 기법

그림 2 (c)의 RS 기법은 경로를 분리하여 손실에 민감한 서비스와 덜 민감한 서비스로 버퍼를 분리, 처리하는 기법이다. 그러므로 하나의 트래픽 클래스의 성능은 다른 트래픽 클래스의 과부하에 의해 전혀 영향을 받지 않는다. 이 기법은 쉽게 수행되는 반면 ATM의 통계적 다중화 이득을 충분히 활용할 수 없다는 것과 각 서비스 클래스에 대해 사용되지 않는 망자원이 낭비되는 단점이 있다.

### 2.3 ATM 서비스 분류

ATM 서비스를 주어진 셀 손실에 대한 서비스의 민감성 여부에 따라 두개의 클래스로 분류할 수 있다.

(1) 클래스 1: 손실에 민감한 서비스

이 클래스는 데이터와 신호 서비스들과 같이 셀 손실에 민감한 모든 ATM 서비스들을 포함한다. 이러한 서비스내의 모든 정보는 동등하게 중요하고, 높은 우선 순위 셀로써 전달된다. 셀 손실의 효과가 치명적이기 때문에 임의의 손실된 셀은 일반적으로 재전송을 통해 복구되어야 한다.

그러나 매체를 통한 제어 신호들의 긴 전달 지연으로 인해, 기존의 과밀 제어 기법은 ATM 망을 위해 바람직하지 않을 뿐 아니라 재전송을 위해서도 적당치 않다. ATM 망내의 고속의 전송 속도는 전송시 많은 셀을 잃게 되는 요인이 된다. 전송 셀을 처리하기 위한 기존의 기법은 손실된 셀을 갖는 동일한 패킷으로부터의 셀들을 폐기하고, 정확하게 도착된 패킷으로부터의 셀들만을 버퍼에 저장한다. 그러나 이러한 기법은 망 대역폭의 낭비를 조래할 뿐만 아니라 기본적인 패킷 크기가 패 크기 때문에 수신측에서 많은 용량의 버퍼가 요구된다. ATM 망이 실제적인 패킷들에 관계없이 셀을 폐기함으로써 셀 손실 확률은 하나의 패킷으로 집중되어지는 대신 여러개의 패킷을 통해 분산됨으로써 실제적인 손실 확률은 몇배로 증가될 것이다. 이러한 이유로 인해 낮은 우선 순위로 표시된 셀보다 이러한 클래스 1 트래픽으로 부터 조과된 셀을 버퍼에 저장하는 것이 더욱 바람직하다.

(2) 클래스 2: 손실에 덜 민감한 서비스

이 클래스는 음성(voice), 이미지(image), 비디오(video) 서비스와 같이 손실에 덜 민감한 모든 ATM 서비스들을 포함한다. 서비스들의 고유한 구조는 코드화된 정보를 서로 다른 중요도를 갖는 정보 계층으로 분류하는 것이 가능하며, 높은 우선 순위와 낮은 우선 순위를 갖는 셀로의 전송을 허용한다.

코드화된 정보를 분석하기 위한 알고리즘의 하나로 계층적 코드화 알고리즘(hierarchical coding algorithm)이 있다. 계층적 코드화 알고리즘은 폐기된 셀을 보상하기 위한 수신측에서의 FEC(forward error correction)와 더불어 음성, 이미지, 비디오 트래픽에 대한 시스템 성능의 개선을 가능하게 한다.[9] 트래픽원으로부터의 낮은 우선 순위 셀과 더불어 트래픽 클래스로 부터의 임의의 조과 셀이 망 정책에 의해 낮은 우선 순위로 표시된다.[10] 망으로 들어오

는 표시된 셀들을 제어하기 위해, 서비스가 지연에 민감하지 않다면(즉, 음성 메일 서비스 등) 망은 버퍼링 기법을 사용하고, 만약 서비스가 지연에 민감하면 망은 기법을 이용한다.

III. 두개의 임계값을 갖는 PBS 기법

CCITT에서는 그림 3과 같이 5바이트의 헤더 필드 중 1비트를 CLP(Cell Loss Priority)비트로 한쌍하여 셀 레벨(Cell Level)에서 두개의 우선 순위를 표시한다. CLP 비트가 0인 셀은 우선 순위가 높은 셀을 나타내며, CLP 비트가 1인 셀은 우선 순위가 낮은 셀로서 과밀 상태인 임의의 망노드에서 그 셀은 손실될 수 있다는 것을 의미한다.

이때, 낮은 우선 순위의 셀에 있어서 CLP는 이원적인 목적을 제공하는데, 하나는 송신 단말기에 의해 셀의 CLP 비트가 1로 된 경우로 이 셀은 중요하지 않은 정보를 제공하므로 과밀 상태시 폐기시켜도 된다는 것을 의미하고, 다른 하나는 사용 파라미터 제어에서 우선 순위가 높은 셀의 CLP 비트가 1로된 경우로 협상된 트래픽 양을 위반하였다는 것을 의미한다.

일반 CLP 비트가 1로 된 셀은 망노드에서 구분 없이 똑같이 다루는데, CLP 비트가 0인 셀의 서비스 품질은 CLP 비트가 1인 셀에 의해 영향을 받지 않아야 한다.

다양한 트래픽 특성의 멀티미디어 서비스들(데이터, 음성 및 영상등)을 수용하는 ATM 망에 있어서 서로 다른 서비스 품질에 관한 요구사항을 충족시키기 위하여 세단계 이상의 우선 순위를 부여하도록 함으로써 더 많은 유연성을 제공하여야 한다. 이를 위하여 본 논문에서는 CLP 비트와 Res. 비트를 합한 2비트를 이용하여 세단계의 우선 순위를 제공하는 우선 순위 제어에 관한 연구를 수행하고자 한다.

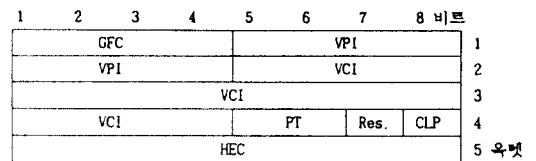


그림 3. ATM 셀 헤더의 형식  
Fig 3. Format of ATM cell header

### 3.1 시스템 모델

본 논문에서 제안하는 두개의 임계값을 가짐으로써 세단계의 우선 순위를 나타내는 PBS 기법에 대한 시스템 모델은 그림 4와 같다.

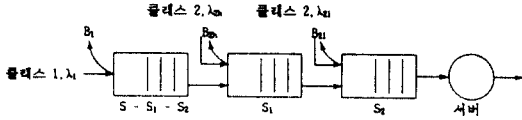


그림 4. 두개의 임계값을 갖는 PBS 기법  
Fig 4. PBS scheme with two-threshold

이 시스템의 모델은 하나의 큐와 단일 서버로 구성된다. 큐는 버퍼크기  $S$ 와 임계값  $S_1$ 과  $S_2$ 를 갖는 세단계의 제한 큐이다. 클래스 1과 2 트래픽의 도착율은 각각  $\lambda_1, \lambda_2$ (높은 우선 순위의 셀 도착율은  $\lambda_{2h}$ , 낮은 우선 순위의 셀 도착율은  $\lambda_{2l}$ )이다.

큐의 길이를  $L$ 이라고 할 때,  $L \geq S_1$ 이면 우선 순위가 가장 높은 클래스 1 트래픽의 셀만을 받아들이고,  $S_2 \leq L < S_1$ 이면 클래스 1의 셀과 클래스 2 트래픽중 높은 우선 순위의 셀을 받아들이고,  $L < S_2$ 이면 모든 트래픽의 셀을 받아들인다.

모델링을 위하여 다음과 같이 가정한다.

- (1) 클래스 1의 셀들은 최상위의 우선 순위를 가지며, 낮은 우선 순위를 갖는 클래스 2 셀들도 두단계의 우선 순위를 갖는다.
- (2) 두가지의 트래픽 클래스를 위해 도착 프로세스들은 독립적으로 분산된 포아송 프로세스들을 따른다.
- (3) ATM 셀 길이(one unit)의 상수 서비스 시간은 0이다.

### 3.2 수학적 분석

Kroner, H [6]에서는 출력 버퍼와 임계값을 갖는 ATM 스위치에 대한 손실 확률을 계산하였으며, Rothermel, K [8]에서는 공유 버퍼와 임계값을 갖는 ATM 스위치에 대한 손실 확률을 계산하였다. 본 절에서는 단일 큐를 갖는 출력 버퍼 상에서의 세가지 우선 순위 트래픽에 대한 손실 확률을 구하고자 한다.

$X(n)$ 는  $n$ 번째 사이클 끝에서 서버를 출발함으로써 큐  $Q$ 에 남아 있는 셀들의 수로서 안정 상태 확률  $\pi_k$ 은 아래와 같이 정의된다.

$$\pi_k = \lim_{n \rightarrow \infty} \Pr\{X(n) = k\} \quad (k = 0, 1, 2, \dots, S) \quad (1)$$

$(n+1)$ 번째 사이클의 끝에서 상태  $X(n+1)$ 의 확률을 갖는 마코브 체인을 이루는  $X(n)$ 의 확장은 다음과 같이 주어진다.

$$\Pr\{X(n+1) = k\} = \sum_{j=0}^{k+1} \Pr\{X(n+1) = k | X(n) = j\} \cdot \Pr\{X(n) = j\} \quad (2)$$

안정 상태 조건  $\pi_k = \Pr\{X(n+1)\} = \Pr\{X(n)\}$ 을 만족하는 안정 상태 확률  $\pi_k(k=0, 1, 2, \dots, S)$ 은 다음과 같다.

$$\pi_k = \begin{cases} \frac{p_k}{1 - \frac{\lambda_1}{\lambda} p_N - \frac{\lambda_{2h}}{\lambda} \sum_{j=S_1+1}^N p_j - \frac{\lambda_{2l}}{\lambda} \sum_{j=S_2+1}^N p_j} & (k \leq S_2) \\ \frac{p_k \frac{\lambda_1}{\lambda}}{1 - \frac{\lambda_1}{\lambda} p_N - \frac{\lambda_{2h}}{\lambda} \sum_{j=S_1+1}^N p_j - \frac{\lambda_{2l}}{\lambda} \sum_{j=S_2+1}^N p_j} & (S_2 < k \leq S_1) \\ \frac{p_k \frac{\lambda_2}{\lambda}}{1 - \frac{\lambda_1}{\lambda} p_N - \frac{\lambda_{2h}}{\lambda} \sum_{j=S_1+1}^N p_j - \frac{\lambda_{2l}}{\lambda} \sum_{j=S_2+1}^N p_j} & (S_1 < k \leq S) \end{cases} \quad (3)$$

셀 손실 확률을 구하기 위해 확률  $p_k$ 를 구한다. 상태 확률에 있어서의 전형적인 조건식(식 (4))과 입력이 가능한 시스템에 있어서의 셀의 도착율과 효율적인 출발율이 동등하다는 조건(식 (5))식을 나타내면 다음과 같다.

$$\sum_{k=0}^S \pi_k = 1 \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \lambda_1(1 - p_N) + \lambda_{2h}(1 - \sum_{k=S_1+1}^N p_k) + \lambda_{2l}(1 - \sum_{k=S_2+1}^N p_k) \\ = \frac{(1 - p_0)}{h} \end{aligned} \quad (5)$$

식 (4), (5)로 부터 상태 공간이  $N=S+1$ 로 확장

된 확률  $p_k$ 은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 p_k = & \left[ \begin{array}{ll} \frac{\pi_k}{\pi_0 + \lambda h} & (0 \leq k \leq S_0) \\ \frac{\lambda}{\lambda_1} \frac{\pi_k}{\pi_0 + \lambda h} & (S_0 < k \leq S_1) \\ \frac{\lambda}{\lambda_{2k}} \frac{\pi_k}{\lambda_0 + \lambda h} & (S_1 \leq k \leq S) \end{array} \right. \quad (6) \\
 & \left. 1 - \frac{1}{\pi_0 + \lambda h} \left[ 1 + \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \sum_{j=1}^{S_1} \frac{S_1}{S_2+1} + \frac{\lambda_1 + \lambda_{2j}}{\lambda_2} \sum_{j=1}^S \frac{S}{S_2+1} \pi_j \right] \right. \\
 & \left. \quad (k = S+1) \right]
 \end{aligned}$$

위의 식으로 부터 클래스 1, 2의 트래픽에 대한 셀 손실 확률을 다음과 같이 구할 수 있다.

$$B_1 = p_N \quad (\text{클래스 1 트래픽}) \quad (7)$$

$$B_{2h} = \sum_{k=S_1+1}^N p_k \quad (\text{클래스 2 트래픽 중 높은 우선 순위}) \quad (8)$$

$$B_{2l} = \sum_{k=S_2+1}^N p_k \quad (\text{클래스 2 트래픽 중 낮은 우선 순위}) \quad (9)$$

클래스 1, 2의 트래픽에 대한 평균 지연을 다음과 같이 Little의 공식으로 부터 유도할 수 있다.

$$W_1 = \frac{N_1}{\lambda_1(1-B_1)} \quad (\text{클래스 1 트래픽}) \quad (10)$$

$$\begin{aligned}
 W_{2h} = & \frac{N_2}{\lambda_{2h}(1-B_{2h})} \\
 & (\text{클래스 2 트래픽 중 높은 우선 순위}) \quad (11)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{2l} = & \frac{N_2}{\lambda_{2l}(1-B_{2l})} \\
 & (\text{클래스 2 트래픽 중 낮은 우선 순위}) \quad (12)
 \end{aligned}$$

이때,  $N_1$ 과  $N_2$ 는 각각 클래스 1, 2 트래픽에 대한 평균 큐 길이이며 다음과 같다.

$$N_1 = \sum_{i=1}^{S_1+1} iB_{1i} \quad (13)$$

$$N_2 = \sum_{i=1}^{S_2+1} iB_{2i} \quad (14)$$

### 3.3 성능 분석 결과

주어진 도착 프로세스들을 포함하는 큐잉 모델들에 대한 정확한 큐잉 분석이 용이하지 않으므로 성능 평가는 주로 시뮬레이션이나 근사치 기법(approximation)에 의해 행해 지는데, 본 논문에서는 SLAM II 시뮬레이션 언어로 주어진 기법에 대해 성능 분석을 실시한다.

일반적으로, ATM 망을 위한 트래픽 모델은 아래와 같은 세 계층으로 나누어진다.

- 셀 계층(cell layer)
- 버스트 계층(burst layer)
- 호 계층(call layer)

과밀은 이러한 세개의 계층 각각에서 발생한다. 호 계층에서의 과밀 현상은 호 블락킹(call blocking)을 유발하는데 반해, 보다 낮은 계층에서의 과밀은 셀의 손실을 유발한다.

ATM 망에 있어서 버퍼는 동시에 도착한 셀들에 의해 발생된 셀 계층에 있어서의 과밀을 해결하기 위해 설계된 것인데, 셀 계층에서는 망의 임계치에서 트래픽이 호 설정시에 신고한 규정치 이내에서 운용되는 것을 관장하는 감시 기능을 가지고 규정치 위반시 망의 트래픽 상황에 따라 요구되는 품질을 만족시키기 위해 셀을 탈락시키는 제어 기능을 수행한다.

제한된 단계의 임계값을 갖는 PBS 기법의 성능을 분석하는데 있어 기존의 한개의 임계값을 갖는 PBS 기법을 비교 대상으로서 고려한다.

한개의 임계값을 갖는 PBS 기법에 있어서 두 배이라 치마스의 셀 손실 요구 조건은  $10^{-6}$ (클래스 1 트래픽),  $10^{-8}$ (클래스 2 트래픽) 이하를 만족하도록 하고, 두개의 임계값을 갖는 PBS 기법에 있어서의 셀 손실 요구 조건은 각각  $10^{-6}$ (클래스 1 트래픽),  $10^{-8}$ (클래스 2 트래픽 중 높은 우선 순위),  $10^{-10}$ (클래스 2 트래픽 중 낮은 우선 순위) 이하를 만족하도록 한다.

이러한 기법들에 대한 성능은 클래스 1에 대한 도착률  $\lambda_1$ 이 0.4인 시스템을 고려하고 클래스 2 트래픽으로 부터 다양하게 제공되는 부하에 대해 셀 손실 확률과 평균 셀 지연의 관점에서 비교되어진다. 이때, 시스템의 서비스 시간은 결정적이고 ATM 셀의 고정 길이와 일치한다.

그림 5은 클래스 1과 2에 대한 셀 손실 요구 조건이 각각  $10^{-6}$ 과  $10^{-8}$ 을 만족하는 한개의 임계값을 갖는 PBS 기법과 모든 셀에 대한 최대 셀 손실 확률이  $10^{-10}$ 이하로 동등한 우선 순위가 없는 경우에서의 다

양하게 변화하는 버퍼 크기에 대한 전체적인 허용 부하를 나타낸 것으로 우선 순위를 갖는 시스템이 우선 순위가 없는 시스템에 비해 성능이 향상됨을 보인다. 또한, 버퍼 크기가 큰 경우에 대해서 조차도 우선 순위를 갖는 시스템이 더 나은 부하 이득(load gain)을 제공함을 알 수 있다.

0.5이하의 허용 부하를 만족하는 버퍼 크기 15(그림 5의 결과)를 갖는 시스템을 고려하여, 한개의 임계값을 갖는 PBS 기법에 있어서 요구되는 셀 손실 확률을 만족하는 최적의 임계값을 구하기 위해, 그림 6에서 처음 임계값을 다양하게 변화시켜 보았다. 이때 하위 곡선은 클래스 1 트래픽을, 상위 곡선은 클래스 2 트래픽을 나타낸다. 클래스 1 트래픽에 대한 도착률  $\lambda_1$ 은 0.4인 시스템을 가정하고 임계값을 7부터 15까지 변화시켰다. 더불어 다양하게 제공되는 부하 ( $\rho=0.5, 0.6$ , 그리고 0.7)에 대해서도 반복적으로 수행하였다.

각각의 그래프는 직선에 근사한 값을 가짐을 알 수 있으며, 버퍼 크기와 임계값이 일치하는 지점은 전통적인 M/D/1/N 시스템의 손실 확률을 나타낸다. 또한, 다양하게 제공되는 부하  $\rho$ 에 대해 각각의 셀 손실 확률 그래프는 거의 병렬적임을 알 수 있다.

그림 6의 결과로부터 허용 부하 0.5를 만족하는 버퍼 크기 15인 시스템의 경우에 있어서 임계값이 10일 때 주어진 셀 손실 확률을 만족함을 알 수 있다. 따라서 두 기법의 성능을 분석하는데 있어, 표 1에 제시되어 있는 버퍼 크기와 임계값을 갖는 시스템을 고려한다.

표 1. 각 기법에 대해 요구되는 버퍼 크기와 임계값  
Table 1. Buffer requirements and threshold for various schemes

	버퍼 크기	임계값
한개의 임계값을 갖는 PBS	15	10
두개의 임계값을 갖는 PBS	15	12, 8

그림 7은 표 1에 나타난 버퍼 크기와 임계값을 갖는 PBS 기법에 있어서의 클래스 2 트래픽(두 기법에 있어서 클래스 1 트래픽의 성능은 거의 유사함)에 대한 셀 손실 확률을 보인 것이다. 클래스 1 트래픽의 도착률  $\lambda_1$ 이 0.4인 경우를 가정한다.

그림의 결과로 알 수 있듯이 두개의 임계값을 갖는 PBS 기법이 한개의 임계값을 갖는 PBS 기법에 비

해 유연성과 더불어 더 많은 허용 부하를 만족함을 알 수 있다.

그림 8은  $\lambda_1$ 이 0.4일 때 제공되는 클래스 2 부하의 함수로서 두 기법에 대한 클래스의 평균 셀 지연을 나타낸 것이다. 평균 셀 지연에 있어서도 두개의 임계값을 갖는 PBS 기법이 더 나은 성능을 나타냄을 알 수 있다.

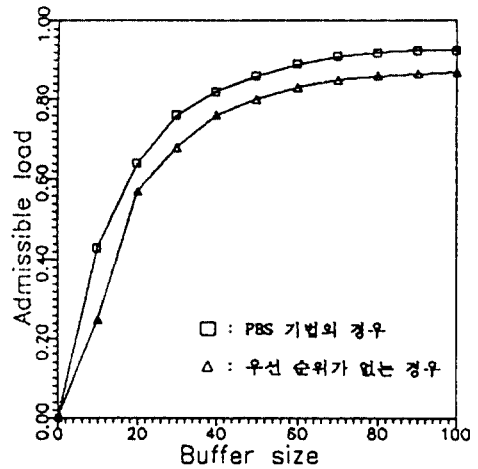


그림 5. 전체적인 허용 부하 대 버퍼 크기  
Fig 5. Admissible overall load versus buffer size

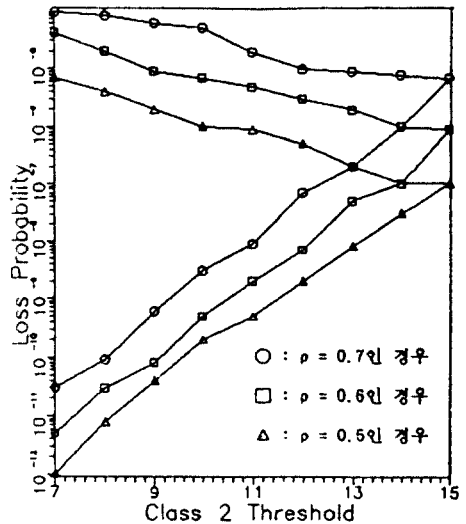


그림 6. 손실 확률 대 클래스 2의 임계값  
(하위 곡선=클래스 1; 상위 곡선=클래스 2)  
Fig 6. Loss probability versus threshold of Class 2  
(lower curve = Class 1; upper curve = Class 2)



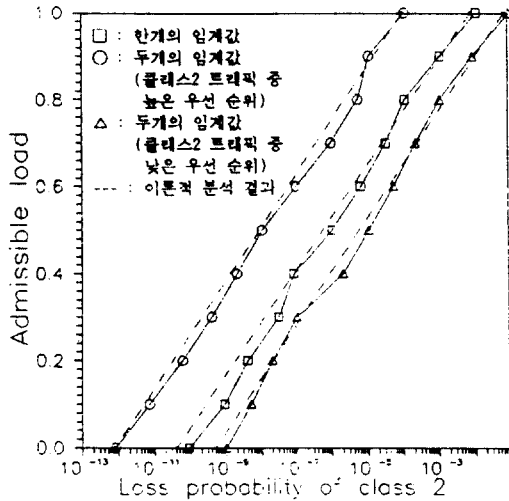


그림 7.  $\lambda_1 = 0.4$ 일 때 허용 부하 대 클래스 2의 허용 손실 확률

Fig 7. Admissible load versus allowed loss probability at  $\lambda_1 = 0.4$

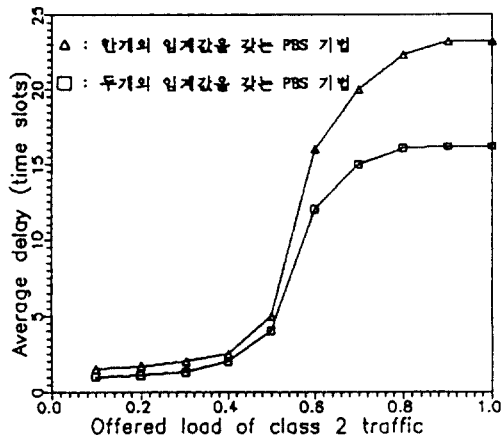


그림 8.  $\lambda_1 = 0.4$ 일 때 두 기법에 대한 큐내의 평균 셀 지연  
Fig 8. Average cell delay for two mechanisms at  $\lambda_1 = 0.4$

#### IV. 결 론

본 논문에서는 기존의 하나의 임계값을 갖는 PBS 기법에 임계값을 추가함으로써 세단계의 우선 순위를 나타내는 과밀 제어에 대해 연구하였다.

두단계의 우선 순위를 갖는 경우와 세단계의 우선 순위를 갖는 경우에 대해 버퍼 크기와 임계값 그리고

트래픽 양을 변화시킴으로서 셀 손실 확률과 평균 셀 지연의 관점에서 성능을 비교 분석하였으며, 분석 결과 세단계의 우선 순위를 제공하는 경우에 있어 더 많은 허용 부하와 유연성을 제공할 수 있었다.

앞으로의 연구 과제로는 근사치 기법에 의한 해석적인 분석을 수행함으로써 시뮬레이션 결과와 비교 분석을 하는 것이며, 또한, 본 논문에서는 세단계의 우선 순위를 제공하는 경우만을 고려하였으나 네단계의 우선 순위까지도 확장이 가능하다. 이러한 우선 순위 제어 방법은 실제 ATM 스위치에 쉽게 구현할 수가 있으며, ATM 망이 아닌 망에서의 다양한 트래픽 혼합 전송에서도 구현이 가능하다.

#### 참 고 문 헌

1. 이우섭, 박동용, 박홍식, "ATM 망에서의 트래픽 제어 기술," 전자통신 제 14권 1호, 1992. 4.
2. Anil K.Gupta, N.D.Georganas, "Priority Performance of ATM Packet Switches," IEEE INFOCOM '92, pp.727-733.
3. C.Komukai-Toshiba, "Call Admission Control Method in ATM Networks," ICC '92, pp. 1628-1633.
4. D.J.Goodman, "Embedded DPCM for Variable Bit Rate Transmission," IEEE Trans. Commun., Vol.COM-28, pp.1040-1046, July 1980.
5. G.Gallassi, G.Rigolio and L.Fratta, "Bandwidth Assignment in Prioritized ATM Networks," GLOBECOM '90, pp.852-856.
6. H.Kroner, "Comparative Performance Study of Space Priority Mechanisms for networks," IEEE INFOCOM '90, pp.1136-1143.
7. H.Kroner, G.Hebuterne, P.Boyer and A. Gravey, "Priority Management in ATM Switching Node," IEEE J-SAC '91, pp.418-427.
8. K.Rothermel, "Priority Mechanisms in ATM Networks," GLOBECOM '90, pp.847-851.
9. M.Sidi, W.Z.Lin, I.Cidon, I.Gopal, "Congestion Control Through Input Rate Regulation," GLOBECOM '89, pp.1764-1768.
10. N.S.Jayant, S.W.Christensen, "Effects of Packet Losses in Waveform Coded Speech and Improvements Due to an Odd-Even Sample-Interpolation Procedure," IEEE Trans.

- Commun., Vol.COM-29, pp.101-109, Feb. 1981.
11. P.L.Chas Alonso, F.H.Glaves and A.A. Herson, "On the Use of Priorities in ATM Switching Structures," ICC '89, pp.718-721.
  12. T.Kitami, I.Tokizawa, "Cell Loss Compensation Schemes in an Asynchronous Broadband ISDN," IEEE INFOCOM '90, pp.116-123.
  13. Y.Lim, J.Kobza, "Analysis of a Delay-Dependent Priority Discipline in an Multiclass Traffic Packet Switching Node," IEEE INFOCOM '88, pp.888-898.
  14. CCITT RECOMMENDATION I.211, B-ISDN SERVICE ASPECT, 1992.
  15. CCITT RECOMMENDATION I.150, B-ISDN ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE CHARACTERISTICS, 1992.
  16. CCITT RECOMMENDATION I.371, TRAFFIC CONTROL AND CONGESTION CONTROL IN B-ISDN, 1992.



鄭賢淑(Hyun Suk Jeong) 正會員  
1969年 9月 10日生  
1991年 2月: 順天大學校 電子計算學科(理學士)  
1993年 8月: 光云大學校 大學院 電子計算學科(理學碩士)  
1993年 12月~現在: 大宇通信 綜合研究所 交換研究副 시스팀研究室 勤務



申孝泳(Hyo Young Shin) 正會員  
1963年 11月 10日生  
1986年 2月: 光云大學校 電子計算學科(理學士)  
1988年 2月: 光云大學校 大學院 電子計算學科(理學碩士)  
1993年 9月~現在: 光云大學校 大學院 電子計算學科 博士課程

1988年 1月~1993年 8月: 金星소프트웨어(株) 勤務



朴昊均(Ho Kyun Park) 正會員  
1964年 1月 2日生  
1987年 2月: 光云大學校 電子計算學科(理學士)  
1989年 8月: 光云大學校 大學院 電子計算學科(理學碩士)  
1993年 8月: 光云大學校 大學院 電子計算學科 博士課程 修了

1992年 3月~現在: 信興專門大學 電子計算科 專任講師



柳煌彬(Hwang Bin Ryou) 正會員  
1949年 8月 15日生  
1975年 2月: 仁荷大學校 電子工學科(工學士)  
1977年 7月: 延世大學校 產業學院 電氣電子工學科(工學碩士)  
1989年 2月: 慶熙大學校 大學院 電子工學科(工學博士)

1975年~1980年: 金星半導體(株) 課長

1981年~現在: 光云大學校 電子計算學科 教授