

ATM망에서 위반 셀을 이용한 트래픽 제어에 관한 연구

김 대 영* · 김 장 형** · 이 유 경**

A Study of Traffic Control in ATM Networks using Tagged Cell

Dae-Young Kim*, Jang-Hyung Kim** and Yu-Kyung Lee**

ABSTRACT

In this paper, we proposed priority scheduling and buffer assignment algorithm using two finite buffers and multiple threshold values as a priority cell scheduling mechanism to serve efficiently multimedia traffic in ATM networks. Multimedia traffics can be categorized into four classes based on their real time properties and loss tolerance. we analysed priority control mechanisms to achieve the cell loss rate requirements and the delay requirements of each service class using an ATM switch with output buffer.

Basic concept of proposed priority control scheme is flexible to serve the four classes service using double buffers in ATM Adaptation Layer(AAL)

The service classes of our concern are satisfied with the CBR(Constant Bit Rate) class and VBR(Variable Bit Rate) class. The CBR is applied to Push Out cell loss priority method and the VBR is applied PBS to method with two thresholds.

The performance of the proposed method is to firstly discard the tagged cell from the UPC parameter using two threshold is better than the VBR with one threshold.

Key words : ATM, Priority Control, VBR, CBR

1. 서 론

최근의 정보통신의 기술은 기존 음성 위주의 아날로그 통신에서 문자, 화상, 동영상 서비스를 제공하는 디지털 통신으로 발전하고 있다.

통신 기술의 발달과 정보화 사회로의 진전에 따라

다양한 멀티미디어 서비스를 효율적으로 제공하는 광대역 종합정보통신망(B-ISDN :Broadband Integrated Service Digital Network)에 대한 요구가 급증하고 있다.

B-ISDN은 ISDN의 협대역 서비스에 고속 데이터 전송, 영상 전화, 영상 회의, 비디오 전송 등 서로 다른 품질 요구 사항을 지닌 다양한 트래픽을 수용하는 광대역 서비스를 제공한다. 이런 다양한 서비스들은 비트율, 도착 형태 등에 있어서 제각기 다른 트래픽 특성을 가지고 있다. 따라서 이러한 서로 다른 트래

* 제주산업정보대학 전자계산과
Dept. of Computer Science, Cheju College of Technology & Information
** 제주대학교 정보공학과
Dept. of Information Eng., Cheju Nat'l Univ.

픽 특성을 가진 서비스를 통합하는 것은 쉬운 문제가 아니다.

ATM 방식이 장점은 망의 자원을 효율적으로 사용하고 다양한 서비스를 유연하게 지원할 수 있다는데 있다. 그러나 이러한 장점이 충분히 살리려면 트래픽 제어 및 체증 제어의 문제가 해결되어야 한다.

많은 트래픽 제어 방법들이 기존의 패킷망을 중심으로 발전되어 왔으나 이들은 다음과 같은 이유들로 인해 ATM 망에는 적합하지 않은 것으로 알려져 있다.¹¹⁾

- ATM 망에는 셀들이 크게 다른 다양한 서비스들이 공존하게 된다.
- 하나의 연결에도 서로 다른 통계적 특성을 갖고 상이한 서비스 품질을 요구하는 트래픽이 여러개 존재할 수도 있다.
- 전파 속도는 일정한 데 비하여 전송 속도는 계속 높아지므로 윈도우 방식의 흐름 제어가 큰 효과를 내기 어렵다.
- 현존하는 서비스들은 질적, 양적으로 다른 서비스 품질을 요구하고 있으며, 앞으로 또 새로운 형태의 QoS를 요구하는 서비스들이 출현할 것이다.
- 실시간 서비스가 B-ISDN의 주된 서비스로 부각됨에 따라 최대 지연, 셀 지연 변이 등 지연과 관련된 성능 지수의 중요성이 증대하였다.

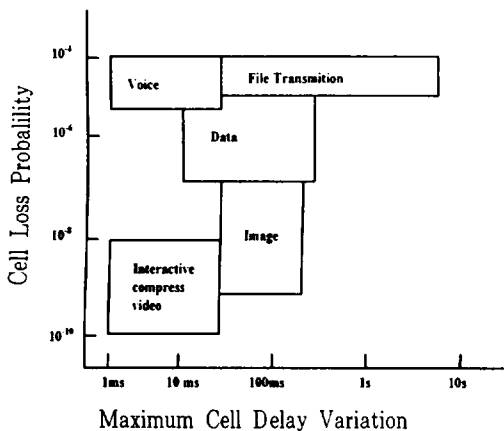


Fig. 1 ATM Traffic Performance Requirements.

ATM 망에서는 Fig. 1과 같은 다양한 트래픽 특성,

멀티미디어 소스와 같은 매우 강인한 트래픽 소스 그리고 고속의 전송율로 인하여 트래픽 제어에 많은 어려움이 있다²⁾.

ATM망에서의 트래픽 모델링은 기존의 패킷교환망에서의 모델링과 유사하나 몇 가지 차이점이 있다.

첫째, 기존의 패킷교환망은 단일 매체 서비스 망인데 비하여 ATM망은 다중 매체 서비스 망이다. 따라서, ATM망에서는 데이터, 음성, 비디오 등의 다양한 정보원에 대한 모델링 뿐만 아니라 통합 트래픽원에 대한 모델링이 요구된다.

둘째, 패킷교환망에서 패킷은 임의의 시간에 발생될 수 있으나 ATM망에서는 셀이 이산적인 시간에 발생한다. 따라서, 기존의 패킷교환망에서의 트래픽 모델링은 이러한 셀 발생 형태를 표현하는 데는 부적합한 면이 있다.

특히, 비디오와 같은 멀티미디어 소스는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 10⁻⁸에서 10⁻¹¹의 아주 적은 손실율과 실시간의 전송을 가능케 하는 트래픽 제어 알고리즘이 필요하다. 각각의 서비스 품질(QoS)은 여러 종류로 분류하고 각 클래스에 대해서 고유의 트래픽 특성을 부여한다. 이 서비스의 특성을 만족하는 트래픽은 지연에 민감한 것과 손실에 민감한 것으로 구분된다. 그러므로 트래픽 특성을 만족시키기 위해서 우선순위 제어가 필요하다³⁾. ATM 서비스에 다중 등급을 제공하기 위해 서비스 종류 사이와 종류 안에서 우선순위를 사용한다. 여러 서비스의 우선순위 레벨을 결정하기 위해 셀제기와 스케줄링 동안 적절한 방법으로 우선순위화된 셀들을 처리해야 한다. 폐기 우선순위는 버퍼 오버플로우가 발생할 때 버리는 셀들을 결정하게 된다³⁾.

기존의 우선순위 제어 기법의 문제점은 ATM 망에서 지원하는 서비스는 트래픽의 종류를 동영상 및 실시간 데이터와 같이 정보 전달이 지연되면 서비스 질이 저하되는 지연 민감 트래픽과 파일전송 및 일반 데이터와 같이 정보 전달 지연보다는 데이터 손실이 서비스에 질에 영향을 미치는 손실 민감 트래픽으로만 양분하기 힘들고, 또한 통신망 측면에서 볼 때 64kbps PCM 음성 신호와 같이 비트율이 일정한 항등비트율(CBR : Constant Bit Rate)과 데이터와 같이 비트율이 가변적인 가변비트율(VBR : Variable Bit

Rate)으로 나눌수 있는데, 지연에 민감한 CBR 트래픽 중에서도 실시간 처리의 임박성이 다르거나, 손실에 민감한 VBR 트래픽 중에서도 지연 민감도의 정도가 차이가 발생하므로 우선순위가 달라져야 한다⁶⁾.

본 논문에서는 기존의 방법을 개선하여 서비스 품질을 보다 유연하게 제공할 수 있는 우선순위 스케줄링과 버퍼 할당 기법을 혼합한 알고리즘으로서 셀 전송시 태그된 셀을 이용하여 크기가 다른 2개의 유한 버퍼에 임제치를 1개 이상 사용하면서, 셀 전송 지연도 고려하여 ATM 베어러 서비스(Bearer Service)에 따라 QoS를 유연하게 제공해 주는 스케줄링과 셀 폐기 기법이 혼합된 기법인 이중 버퍼와 다중 임제치를 이용한 셀 우선순위 제어방법을 제안한다. 또한 실험적 시스템을 구축하여 모델링하고 해석함으로써 그 유용성을 밝히고자 한다.

II. ATM 트래픽 제어 기법

ATM 망에서는 트래픽 제어를 통해 효율적이고 품질 좋은 네트워크를 실현하고 있다. Fig. 2 ATM교환기에서 필요한 제어를 나타내고 있다.

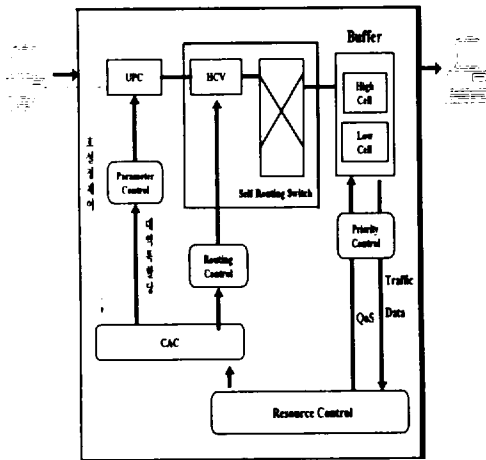


Fig. 2 Control Scheme in ATM Network.

ATM은 전송하고자 하는 정보를 셀(Cell)이라는 고정 길이의 정보 단위로 분할 또는 조합하여 여러

정보원으로부터 발생하는 셀을 보낼 필요가 있을 때에만 통계적으로 다중화하여 전송하기 때문에 대역 사용에 있어 효율성을 기할 수 있게 된다. 반면에 이러한 통계적 다중화 및 ATM 망에서의 불확실한 트래픽 발생 형태로 인해 망이 폭주 상태에 빠질 수가 있으며, 따라서 ATM 망에서는 폭주 상태를 사전에 예방하거나 폭주 상태에서 신속하게 회복하기 위한 새로운 형태의 트래픽 제어 기능이 요구된다³⁾.

ATM 트래픽 제어 기능은 망이 폭주 상태에 빠지는 것을 사전에 예방하기 위한 폭주 예방 기능과 망이 폭주 상태에 빠진 경우 폭주 상태에서부터 신속히 회복하기 위한 폭주 회복 기능으로 분류할 수 있다.

ITU-TS의 권고안 I.371에는 폭주 예방 기능으로 연결 수락 제어, 사용 파라미터 제어, 자원관리, 우선제어 및 트래픽 셰이핑 기능을 정의하였으며, 폭주 회복 기능으로는 선택적 셀 폐기 및 Explicit Forward Congestion Indication(EFCI)을 정의하고 있다³⁾.

여기서 우선순위 제어기법에 대해서 지금까지 연구 결과를 토대로 살펴보면 다음과 같다.

ATM 교환기에서는 어떤 양 이상의 트래픽이 동시에 발생하면 버퍼에 들어 갈 수 없기 때문에 셀폐기가 생긴다. 그런데 멀티미디어 통신에 있어서는 중요한 셀과 덜 중요한 셀이란 구별이 트래픽 클래스로부터 구별이 가능하여 사실상 셀폐기는 어느 것을 셀 손실로 할 것인가 하는 확률적인 문제로 되고 만다. 즉 우선순위 제어 기법은 통신상 중요한 셀과 중요하지 않은 셀을 구별해서 제어하는 방법이다⁷⁾.

ATM망에서는 우선순위 제어 기법에 관한 연구는 현재까지 세 가지의 종류의 우선순위 제어 방식이 있다.

첫 번째, 짧은 지연시간을 요구하는 서비스에 높은 우선순위를 두는 즉, 큐에 대기중인 트래픽의 전송 순서를 제어하는 시간 우선순위(time priority, 지연 우선순위) 제어 방식이다.

둘째, 적은 셀 손실을 요구하는 서비스에 높은 우선순위를 두는 즉, 큐에 도착한 트래픽의 우선순위에 따라 그 큐에 대한 접근을 제어하는 공간 우선순위(space priority, 손실 우선순위) 제어 방식이다.

세 번째, 시간 우선순위 제어 방식과 손실 우선순위 제어 방식을 복합적으로 적용한 복합 우선순위 제어 방식이 있다.

2.1 시간 우선순위 기법

시간 우선순위 제어 방법은 멀티미디어 트래픽을 그 특성에 따라 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽 등과 같이 두 개 이상의 클래스로 분류하고, 각 클래스별로 서로 다른 큐에 저장하여 최적의 전송 스케줄링을 개발하는데 주안점을 두고 있다. 시간 우선순위 제어기법은 과잉 밀집이 발생하기 전에 미리 정해진 우선순위 기법에 따라 제어하는 방법이다. 따라서 미연에 과잉 밀집 상태를 회피하는데 그 목적이 있다. 이에 는 정적 우선순위 기법과 동적 우선순위 기법으로 분류된다⁸⁾.

먼저 멀티미디어 트래픽을 실시간과 비실시간으로 분류하고, 이를 스케줄링 하는 정적 스케줄링(SPS : Static Priority Scheduling)기법이 있다⁹⁾. 이 기법은 실시간 트래픽을 우선적으로 전송하고, 실시간 트래픽 큐가 비었을 경우에만 비실시간 트래픽을 전송하는 방법으로서, 스케줄링은 간단하지만 비실시간 트래픽에 대해서는 너무 많은 희생이 뒤따르는 문제점이 있다⁸⁾.

동적 우선순위 제어기법은 정적 우선순위 기법의 단점인 낮은 우선순위 셀(비실시간 트래픽)들의 QoS 저하를 막기 위해 유연한 제어방법을 고려하였다^{7) 9) 10)}.

시간 우선순위 제어는 전송지연에 민감한 트래픽에 높은 우선순위를 두어 이를 원칙적으로 처리해주는 방법이다. 여기에는 고정 우선순위를 갖는 HOL(Head Of Line)우선순위 제어와 이의 단점을 보완한 유연우선순위 제어로서의 HOL-PJ(Head Of Line with Priority Jump), 그 외에 MLT(Minimum Laxity Threshold)와 QLT(Queue Length Threshold), MLF(Minimum Laxity First), EDF(Earliest Deadline First)등이 있다.

2.2 손실 우선 순위 기법

체증이 발생하지 않더라도 시행되어야 하는 손실 우선순위 제어는 체증시에 체증 상황을 벗어나기 위한 방법으로서 체증시에 낮은 우선순위의 셀을 선택적으로 폐기시킨다. 버퍼 액세스를 위해 제한된 버퍼 사용에 대한 우선권 결정과 망 폭주시 이를 해결하기 위해 위반 셀이나 낮은 우선순위 셀을 선택적으로 폐

기시키는 방법이다¹¹⁾. 즉, 셀 헤더의 CLP(Cell Loss Priority)비트에 의해 결정되며, 이러한 기법으로는 PO(Push-Out)기법, RS(Route Separation)기법, PBS(Partial Buffer Sharing)기법 등이 있다^{9) 10)}. ATM 망과 같은 고속망에서 셀의 손실은 성능의 중요한 영향을 끼치며 특히 QoS문제의 중요한 요소가 된다.

III 제안하는 우선순위 기법

3.1 우선순위 제어의 문제점

우선순위 기법은 음성과 화상 코딩에서 더 중요하거나 덜 중요한 셀들을 활용하는 것이다. 비디오의 경우에 광대역망에서 특별히 중요한 것은 서브밴드나 이산 코사인 변환(Discrete Cosine Transform) 코딩과 같은 Layered 코딩 기법이 인식의 중요성이 높거나 낮은 데이터를 만든다. 이것들은 다른 순위의 셀들로 운반된다.

우선순위 제어 기법은 크게 두 가지 방법으로 사용될 수 있다. 한가지는 스케줄링 방법 즉, 큐잉 방식으로서 우선순위 기법을 사용하는 것인데, 이를 우선순위 스케줄링(Priority Scheduling)이라 부른다. 또 다른 한가지는 폭주제어 방법으로서 사용하는데 이를 우선순위 폐기(Priority Discarding)이라 부른다¹²⁾.

우선순위 스케줄링은 각 입력 트래픽의 QoS에 따라 각각 동일한 크기의 유한버퍼(Finite Buffer)를 사용하여 각 버퍼들의 셀 전송 순서를 결정하는 것이므로 이는 지연 요구 사항을 만족시키는 데 초점을 둔 방식이다. 우선순위 폐기는 각 버퍼 내에서 버퍼 오버플로우(Buffer Overflow)가 발생하거나 버퍼의 크기가 어느 임계치를 초과할 경우에 어느 셀을 폐기시킬 것인지를 결정하는 것이므로 이는 손실 요구사항을 만족시키는 데 초점을 둔 방식이라 할 수 있다. 기존의 대부분 기법들은 이들 한 면만을 고려하여 제어하는 방식을 채택하고 있다.

광섬유(Optical Fiber)를 기본적인 전송매체로 하는 B-ISDN에서는 셀 지연보다는 셀 손실을 보다 중요하게 고려한다. 따라서 기존의 우선순위 기법들의 대부분은 우선순위 폐기 측면에서 주로 다루어져 왔

다. 특히 셀 레벨에서 셀 손실을 고려한 손실 우선순위 기법이 셀의 흐름을 제어하는데 효과적인 것으로 알려져 있으며, 그 중에서도 PBS 기법이 가장 효율적인 것으로 결론 짓고 있다^{9) 10)}.

그러나 ATM망이 지원하는 서비스 환경에서는 트래픽의 종류를 지연 민감 트래픽(Delay-Sensitive Traffic)과 손실 민감 트래픽(Loss-Sensitive Traffic)으로만 양분하기는 어렵다¹³⁾. 지연에 민감한 CBR 트래픽 중에서도 실시간 처리의 임박성이 다르거나 손실에 민감한 정도가 다른 클래스가 있고, 손실에 민감한 VBR 트래픽 중에서도 지연 민감도의 정도 차이가 있고 그에 따라 우선순위가 달라져야 한다⁶⁾.

만약 기존의 PBS 기법처럼 1개의 임계치 값으로만 우선 순위를 결정한다면 다음 두 가지 문제점이 발생한다.

첫째, 임계치가 크게 설정될 경우, 지연 민감 트래픽의 우선순위 서비스 부여 기회가 많아지므로 지연 민감 트래픽 중에서도 실시간 임박성이 강하지 않거나, 손실에 덜 민감한 트래픽도 함께 처리되어, 상대적으로 손실 민감 트래픽이 희생이 따르고 많은 지연을 감수해야 한다.

둘째, 임계치가 작게 설정될 경우, 손실 민감 트래픽이 처리될 기회가 확률적으로 많아지므로 상대적으로 지연 민감 트래픽은 지연 만료점 내에 처리되지 못하고 손실로 간주되어 지연 민감 트래픽의 셀 손실율이 증가하게 된다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 크기가 다른 2개의 유한 버퍼에 임계치를 1개 이상 사용하면, 셀 전송 지연도 고려하여 ATM 베어러 서비스(Bearer Service)에 따라 QoS를 유연하게 제공해 주는 스케줄링과 셀 폐기 기법이 혼합된 기법을 제안한다.

이러한 지연 우선순위와 손실우선순위가 혼합된 우선순위 기법의 도입은 다음과 같은 필요성 때문이다.

- 제어 셀의 빠른 전송을 요구하는 서비스들을 위해 단대단(end-to-end) 셀 지연변이(Cell Delay Variation : CDV)가 감소되어야 한다.
- 손실 민감 셀들은 지연 우선순위 기법의 구현만으로 만족할 수 없는 엄격한 손실 요구사항들을 가진다.
- 셀 순서의 정확성(Integrity)을 유지하기 위해 지연 우선순위는 호 레벨상, 손실 우선순위는 셀

레벨 상에서 할당될 수 있다.

전형적으로 B-ISDN에서 QoS 요구는 단대단 지연(end-to-end delay)과 단대단 셀 손실율(end-to-end cell loss rate)에 의해 표현될 수 있다. 근본적인 문제는 이 단대단 요구사항을 어떻게 해서 노드간(node-to-node)의 요구사항으로 나누냐에 있다. 본 논문에서는 단지 하나의 교환 노드의 경우에 대해서만 고려하는 것으로 한다.

3.2 제안한 우선순위 기법

먼저 입력 트래픽의 파라미터들 중에서 최대셀을(PBR)과 평균셀율(ABR)을 통해서 트래픽을 CBR 트래픽과 VBR 트래픽으로 분류한다.

CBR 트래픽인 경우, Push-Out을 적용하여 버퍼내의 큐 길이가 버퍼크기 N_1 을 넘어설 때 낮은 우선순위 셀을 대체한다. VBR 트래픽의 경우, 2개의 임계치를 가지는 PBS기법을 적용하는데, 이때 셀이 버퍼 점유는 첫 번째 임계치 $n1$ 까지는 높은 우선순위 셀(High Priority Cell), 낮은 우선순위 셀(Low Priority Cell), 위반 셀(Tagged Cell) 모두가 공유할 수 있으며, 첫 번째 임계치를 넘어서 두 번째 임계치 $n2$ 까지는 높은 우선순위 셀과 낮은 우선순위 셀이 버퍼를 점유하고 두 번째 임계치 이상에서는 높은 우선순위 셀만 버퍼를 점유한다.

우선순위 스케줄링 측면에서는 CBR 트래픽의 지연 요구사항을 우선적으로 처리하기 위해 CBR 버퍼가 빌 경우에만 VBR 버퍼를 서비스하는 HOL기법을 적용한다.

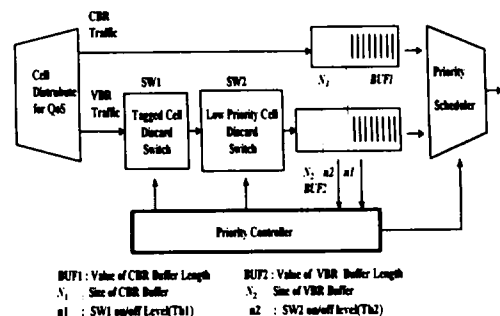


Fig. 3 Proposed Priority Control Model.

Fig. 3에서 제안한 시스템의 모델을 제시하고, Fig.

4는 이러한 이중 버퍼의 셀 할당을 제어하는 알고리즘의 흐름도를 기술하였다.

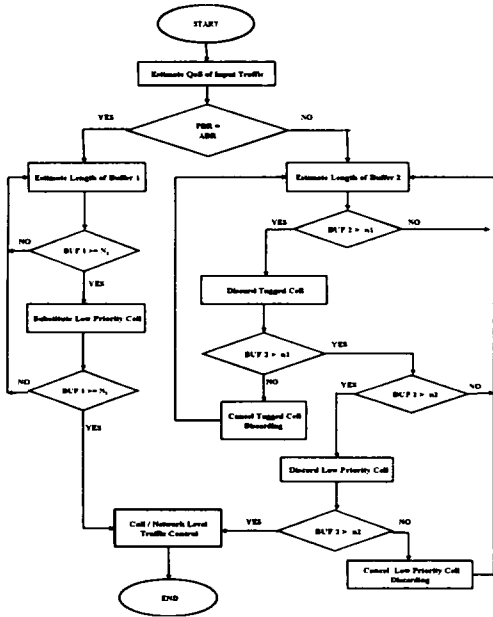


Fig. 4 Control Flow of Proposed Priority Algorithm.

IV. 시스템 모델링과 해석

우선순위에 대한 성능 분석은 G.L.Fultz가 고정 우선순위 방식을 해석한 이래 C.McCoy, A.Live등¹⁴⁾이 우선순위가 망에 끼치는 영향 등을 해석하였다. 최근에는 B-ISDN의 전송 방식으로 사용되어지는 ATM에서 Kroner, Hebuterne 등이 우선순위 기법을 해석하였다^{9), 10)}.

기존의 우선순위 기법의 해석 방법에는 변환(Transform), 행렬(Matrix)등을 이용하기 때문에 계산하는 시간이 길어지고 결과를 구하는 과정 등이 복잡하고 어려워서 사용자 파라미터를 직접 이용하는데 어려운 점이 따르고, 시스템의 해석 방법을 다른 환경에 응용하는 데에도 어려움이 도출되었다.

본 논문에서는 기존의 복잡한 방법을 지양하는 새로운 해석 방법으로 고전적인 접근 방법인 마코프체인(Markov chain)을 이용하여, 제안된 시스템의 기

본이 되는 PO 기법과 PBS 기법을 해석하는 방법을 제안한다.

시스템 모델링을 위하여 다음과 같이 가정하여 M/d/1/N큐잉 모델로 해석하였다.

1. 도착 셀들은 QoS에 따라 각각 독립적인 버퍼를 가지며 CBR 트래픽의 버퍼 크기는 N1, VBR의 크기는 N2로 제한한다(N1 < N2).
2. 입력 트래픽은 독립적으로 분산된 포아송 분포를 따르며, 서비스 원칙은 CBR을 서비스하는 VBR 서비스는 하지 않은 것으로 한다.
3. ATM 셀들은 고정 길이이므로 셀 처리 시간은 상수 시간으로 간주한다.
4. 하나의 버퍼에서 다른 버퍼로 이동하는데 걸리는 시간(Switch_Over Time)은 0으로 간주한다. 각 우선 셀들의 도착률 관계는 다음 식(1)과 같이 한다.

$$\lambda_t = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 \quad (1)$$

여기서 λ_t : 전체 셀 도착률

λ_1 : CBR 트래픽의 셀 도착률

λ_2 : 높은 우선순위 셀 도착률

λ_3 : 낮은 우선순위 셀 도착률

λ_4 : 위반 셀 도착률

VBR 트래픽의 세 가지 우선순위 도착률 및 높은 우선순위 셀 및 낮은 우선순위 셀의 도착률은 각각 식(2), 식(3)과 같이 정의한다.

$$\lambda_{234} = \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 \quad (2)$$

$$\lambda_{23} = \lambda_2 + \lambda_3 \quad (3)$$

식(1), (2), (3)에서 정의한 네 가지 우선순위 셀들이 버퍼에 도착해서 점유하는 부분으로 버퍼를 도식하기 위해서 Fig. 5과 같이 버퍼를 모델링 한다.

Fig. 5에서 고려한 버퍼모델을 마코프 체인을 이용하여 해석하기 위해서 Fig. 6와 같은 상태 천이도(Status Transition Diagram)을 그릴 수 있다.

Fig. 6의 상태 천이도로부터 각 상태에 대한 균형 방정식(Balance Equation)을 세워서 각 상태에서 천

이 확률(State Transition Probability)을 구하고, 이를 통해서 셀 손실 확률(Cell Loss Probability)을 구할 수 있다.

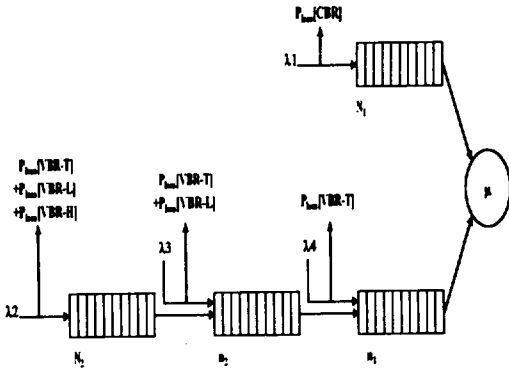
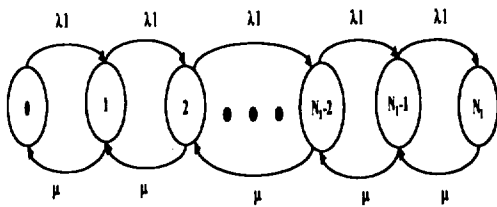
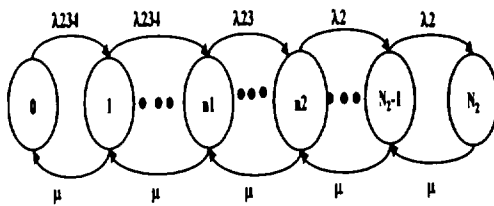


Fig. 5 Proposed Double Buffer and Multiple Threshold Queuing Model.



a) State Transition Diagram of CBR Traffic



b) State Transition Diagram of VBR Traffic

Fig. 6 State Transition Diagram of Proposed Priority.

Fig. 6 상태천이도로부터 각 상태에 대한 균형 방정식(Balance Equation)을 세워서 각 상태에서의 천이 확률(State Transition Probability)을 구하고, 이를 통해서 셀 손실 확률(Cell Loss Probability)을 구

할 수 있는데, 먼저 Fig. 6 a)로부터 CBR 트래픽에 대해서 분석해 본다. CBR 트래픽의 균형 방정식은 (4)와 같다.

상태

$$0 : \mu P_1 = \lambda_1 P_0$$

$$1 : \lambda_1 P_0 + \mu P_2 = (\lambda_1 + \mu) P_1$$

$$2 : \lambda_1 P_1 + \mu P_3 = (\lambda_1 + \mu) P_2$$

⋮

$$N_1 - 1 : \lambda_1 P_{N_1 - 2} + \mu P_{N_1} = (\lambda_1 + \mu) P_{N_1 - 1}$$

$$N_1 : \lambda_1 P_{N_1} = \mu P_{N_1} \quad (4)$$

여기서 N_1 : CBR 버퍼 전체의 크기

이 균형 방정식들을 푸는 절차는 다른 변수를 소거하여 각 미지 변수를 P_0 로 표시하는 것이다. 이 절차를 이용하여 각 상태에서의 천이 확률을 구하고 모든 확률의 합은 1이라는 사실을 이용하면 식(5)와 같이 초기확률 P_0 을 구할 수 있다.

$$P_0 + P_1 + P_2 + \dots + P_{N_1} = 1$$

$$P_0 + \left(\frac{\lambda_1}{\mu}\right)P_0 + \left(\frac{\lambda_1}{\mu}\right)^2 P_0 + \dots + \left(\frac{\lambda_1}{\mu}\right)^{N_1} P_0 = 1$$

$$\left[1 + \sum_{k=1}^{N_1} \left(\frac{\lambda_1}{\mu}\right)^k\right] P_0 = 1$$

$$P_0 = \left[1 + \sum_{k=1}^{N_1} \left(\frac{\lambda_1}{\mu}\right)^k\right]^{-1} \quad (5)$$

CBR 트래픽의 셀 손실은 셀이 버퍼의 크기 N_1 을 넘어서 도착할 때 발생하게 된다. 따라서 셀 손실 확률은 다음과 같이 구할 수 있다

$$P_{loss[CBR]} = \left(\frac{\lambda_1}{\mu}\right)^{N_1 + 1} P_0 \quad (6)$$

VBR 트래픽 버퍼에 대해서도 이와 유사한 방법으로 분석한다.

VBR 트래픽 버퍼의 초기 확률 P_0 를 구하기 위해서 임계치에서의 확률을 확률 보존의 법칙(Probability

Conservation Law)을 적용하여 균형 방정식을 풀면 다음과 같이 초기 확률 P_0 을 구할 수 있다.

$$P_0 = [1 + \sum_{k=1}^{n_1} \left(\frac{\lambda_{234}}{\mu}\right)^k + \left(\frac{\lambda_{234}}{\mu}\right)^{n_1} \sum_{k=n_1+1}^{n_2} \left(\frac{\lambda_{23}}{\mu}\right)^{(k-n_1)} + \left(\frac{\lambda_{234}}{\mu}\right)^{n_1} \left(\frac{\lambda_{23}}{\mu}\right)^{n_2-n_1} \sum_{k=n_2+1}^{n_2} \left(\frac{\lambda_2}{\mu}\right)^{k-n_2}]^{-1} \quad (7)$$

VBR 트래픽에서는 3가지 우선순위의 셀이 제한된 버퍼를 공유하고 각 우선순위 셀에 대한 임계치가 다르므로 각 우선순위 셀에 대한 손실 확률이 각각의 임계치에서 발생할 수 있다. 위반 셀은 첫 번째 임계치까지는 손실이 없지만 첫 번째 임계치를 넘어서 도착할 때는 셀 손실이 발생하게 된다. 따라서 위반 셀의 손실 확률은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{\text{loss}}[VBR-T] = \sum_{i=n_1+1}^{N_1} P_i = \left(\frac{\lambda_{234}}{\mu}\right)^{n_1} + \sum_{i=n_1+1}^{n_2} \left(\frac{\lambda_{23}}{\mu}\right)^{i-n_1} P_0 + \left(\frac{\lambda_{234}}{\mu}\right)^{n_1} \left(\frac{\lambda_{23}}{\mu}\right)^{n_2-n_1} \cdot \sum_{k=n_2+1}^{n_2} \left(\frac{\lambda_2}{\mu}\right)^{k-n_2} P_0 \quad (8)$$

낮은 우선순위 셀은 두 번째 임계치까지는 손실이 발생하지 않지만 그 이상에서는 낮은 우선 순위 셀에 대한 버퍼의 점유권이 제한되므로 손실이 발생한다. 그러므로 낮은 우선순위 셀의 손실 확률은 위반 셀의 손실 확률을 구할 때와 마찬가지로 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{\text{loss}}[VBR-L] = \sum_{i=n_2+1}^{N_1} P_i = \left(\frac{\lambda_{234}}{\mu}\right)^{n_1} \left(\frac{\lambda_{23}}{\mu}\right)^{n_2-n_1} \sum_{k=n_2+1}^{N_1} \left(\frac{\lambda_2}{\mu}\right)^{k-n_2} P_0 \quad (9)$$

높은 우선순위 셀의 손실은 제한된 버퍼 전체가 점

유된 이후에 도착하는 셀에 대해서 발생 할 것이다. 따라서 높은 우선순위 셀의 손실 확률은 다음과 같이 전체 버퍼 점유 확률로서 나타낼 수 있다.

$$P_{\text{loss}}[VBR-H] = \left(\frac{\lambda_{234}}{\mu}\right)^{n_1} \left(\frac{\lambda_{23}}{\mu}\right)^{n_2-n_1} \left(\frac{\lambda_2}{\mu}\right)^{N_1+1-n_2} P_0 \quad (10)$$

그러므로 세가지 우선순위를 가지는 제한한 우선순위 기법의 전체 셀 손실 확률은 각 우선 순위 셀의 손실 확률의 합으로 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{\text{loss}}[TOTAL] = \frac{\lambda_1}{\lambda_1} P_{\text{loss}}[CBR] + \frac{\lambda_2}{\lambda_1} P_{\text{loss}}[VBR-H] + \frac{\lambda_3}{\lambda_1} P_{\text{loss}}[VBR-L] + \frac{\lambda_4}{\lambda_1} P_{\text{loss}}[VBR-T] \quad (11)$$

V. 시뮬레이션 결과 및 고찰

5.1 시뮬레이션 환경

시뮬레이션을 위하여 다음과 같이 가정하였다.

1. ATM 교환 노드에 도착하는 트래픽들은 두 가지 형태 즉, CBR 트래픽과 VBR 트래픽으로 이루어져 있다.
2. 각 우선순위 셀의 도착 과정은 서로 독립이며 포아송 분포를 이룬다.
3. 서비스 측면에서는 Non-Preemptive 우선순위를 고려한다.
4. 버퍼 내에서의 서비스 순서는 FIFO(First-In First-Out) 방식을 따른다.
5. 버퍼 관리의 복잡도를 최소화하기 위하여 모든 버퍼에서 셀 대체 전략은 LIFO(Last-In First-Out)를 따른다.

버퍼의 길이와 임계값의 설정은 되도록 적은 값을 사용하여 보다 신뢰성 있는 서비스 환경을 조성하였다. 또한 ATM베어러 서비스의 QoS 요구조건을 만족

하도록 시뮬레이션을 하기에는 너무 많은 제약사항이 따르기 때문에 제안한 시스템의 성능을 동일한 조건 하에서 기존의 기법들과 상대적인 비교를 하는 것으로 하였다.

5.2 트래픽 발생

시뮬레이션은 C 언어를 사용하여 수행하였다. 트래픽을 각 클래스당 약 10^7 개 이상 발생시켜서 시스템의 정상 상태(Steady State)에서 결과를 구하였다.

시뮬레이션에 소요된 시간은 적용한 트래픽 세기(Traffic Intensity)에 따라 약간의 차이가 있었다.

VBR 트래픽의 경우 2개의 도착율을 가지는 포아송 분포를 따르면서 버스트 길이와 버스트 기간은 지수분포를 갖는 2-상태 MMPP모델로 발생시켰다.

이때 발생한 트래픽의 종류는 ITU-TS(International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector)에서 보고된 실험 부하(Test Loads)를 사용하였는데 Table 1과 같다. 표에서 괄호 안의 숫자는 CLP(Cell Loss Priority)를 의미한다.

5.3 시뮬레이션 결과 및 고찰

제안한 우선순위 기법의 성능 평가를 위한 비교 대상으로 기존의 손실 우선순위 기법들을 고려하였다. 이에 앞서 해석방법의 타당성을 우선 검증하였다. 또한, 각 기법들의 성능을 비교함에 있어서 셀 손실 확률만 가지고 평가하였다.

Table 1 Test Load Traffic

CBR	VBL-L	VBR-H
45M(1)	700M(1)	700M(0)
34M(1)	25M(1)	25M(0)
2M(0)	20M(1)	20M(0)
1.5M(0)	6M(1)	6M(0)
64K(0)	1.4M(1)	2M(0)
	1M(1)	1.4M(0)

ATM 특성상 셀 전송 지연은 망 성능에 크게 영향을 끼치는 요소는 아니고, 또 시뮬레이션 환경에 따라 많이 다를 수 있기 때문에 본 논문에는 고려하지

않았다.

Fig. 7은 CBR 버퍼의 크기 N_1 이 3, VBR 버퍼의 크기 N_2 가 7, VBR 버퍼의 첫 번째 임계치 n_1 이 2, 두 번째 임계치 n_2 가 5일 때, 제안한 해석 방법에 따른 결과와 시뮬레이션의 결과를 각 트래픽 세기에 따라 구한 것이다.

CBR셀, 위반 셀, 낮은 우선순위 셀의 손실 확률은 시뮬레이션 결과와 수학적 해석 방법의 결과가 거의 일치함을 알 수 있다. 그러나 높은 우선순위 셀의 손실 확률은 트래픽 세기가 작을수록 오차가 커짐을 알 수 있었다.

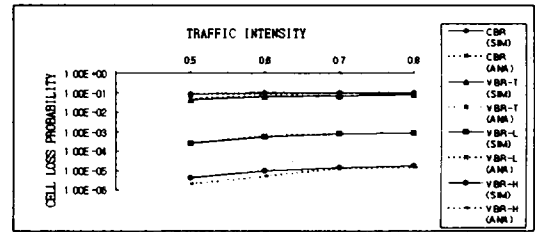


Fig. 7 Comparison CLP of simulation and proposed method.

Fig. 8는 CBR 트래픽과 VBR 트래픽을 기존의 PBS 기법인 임계치가 3이고 크기가 10인 단일 버퍼 상에서 구현할 경우와 제안한 시스템에서 사용하는 CBR 버퍼 크기 3, VBR 버퍼 크기 7인 이중 버퍼를 사용할 경우의 결과를 각 트래픽 세기에 따라 구한 것이다.

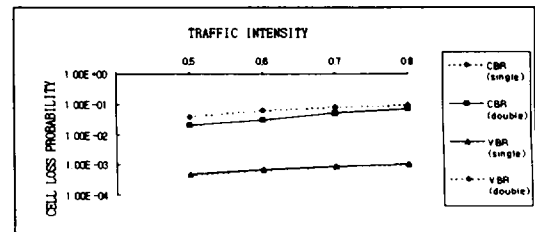


Fig. 8 Comparison of single buffer and double buffer.

VBR 셀의 경우 별 차이가 없지만 상대적으로 손실 확률이 높은 CBR 셀을 별도의 버퍼를 사용하여 우선적으로 처리해주는 것이 보다 서비스 품질을 제

공함을 보여주었다.

Fig. 7과 Fig. 8에서 트래픽 세기를 0.5 이상으로 제한한 것은 시뮬레이션 특성상 0.5 이하에서의 셀 손실 확률을 구하는 것이 매우 어렵기 때문에 제한하였다.

Fig. 9은 CBR 버퍼 크기 3, VBR 버퍼 크기 7인 이종 버퍼 기법에서 전체 트래픽 세기 $\rho(\lambda/\mu)=0.7$, CBR 트래픽 세기 $p_1=0.3$ 일 때, VBR 버퍼의 임계치가 1개($n_1=2, n_2=5$)인 경우에 있어서, 다양하게 제공되는 VBR 셀의 부하에 따른 셀 손실률을 나타내고 있다.

사용 파라미터 제어로부터 감시된 위반 셀을 고려하는 제안한 모델의 경우, CBR셀에 대해서는 일반적인 이종 버퍼를 갖는 시스템과 거의 유사한 성능을 나타내지만, VBR 셀에 대해서는 2개의 임계치를 가짐으로써 뚜렷한 3단계의 우선순위를 나타냄을 알 수 있었다.

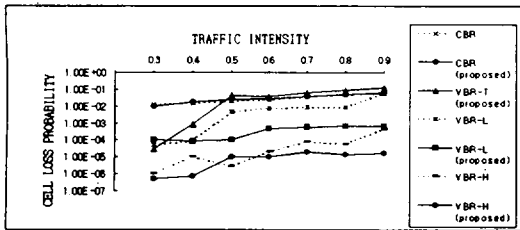


Fig. 9 Comparison of CBR and VBR cell loss probability.

Fig. 10는 제안한 모델에서 VBR 버퍼의 크기가 7일 때, 임계치를 어떻게 설정했을 때 가장 만족할 만한 성능을 나타내지를 보여주는 것인데, $n_1=2, n_2=5$ 일 때 가장 만족하는 성능을 얻을 수 있었다.

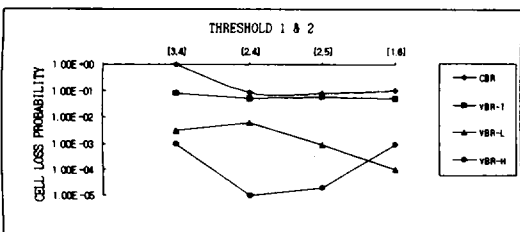


Fig. 10 Comparison of cell loss probability or threshold.

VI. 결론

본 논문은 다중 클래스 트래픽의 효율적 처리를 위한 지연 우선순위와 손실 우선순위가 혼합된 알고리즘을 제안하고, 제안된 알고리즘의 성능을 컴퓨터 시뮬레이션뿐만 아니라 기존의 복잡한 변환이나 행렬을 지양하는 마코프 체인 방법을 통하여 분석하였다.

단일 버퍼 상에서 CBR 트래픽과 VBR 트래픽을 같이 수용할 경우보다는 이종 버퍼를 사용하여 CBR 트래픽과 VBR 트래픽을 분리한 경우가 보다 나은 서비스 품질을 제공할 수 있다.

제안한 기법인 사용 파라미터 제어로부터 감시된 위반 셀의 우선적 폐기를 위한 별도의 임계치만을 사용하는 것이 VBR 버퍼를 1개의 임계치만을 구현한 것보다 정교한 QoS를 보여주었고, 이때 임계치는 $[n_1, n_2] = [2, 5]$ 에서 가장 만족하는 성능을 보여주었다.

이상과 같이 실시간 임박성이 강한 트래픽을 위한 버퍼를 별도로 설정하고 VBR 트래픽 중에서도 위반 셀의 우선적 폐기를 고려하는 제안한 우선순위 제어 기법이 기존의 제안된 기법들 보다 우수한 성능을 보였다. 또한 기존의 손실 우선순위 기법의 가장 큰 문제점이었던 셀 순서 유지 문제를 이종 버퍼를 사용하여 셀 레벨에서 처리하지 않고 호 레벨에서 처리함으로써 망의 성능을 향상시켰다.

이러한 다단계 우선순위 제어 기법은 서로 다른 QoS를 만족시키는 데 있어서, 보다 나은 유연성을 제공할 수 있을 뿐만 아니라 미래에 새로운 서비스들을 수용하는데 있어 바람직한 결과를 가져다 줄 것으로 기대된다.

참고 문헌

- 1) 이병기, 강민호, 이종희, 1996. "광대역 정보통신", (주)교학사.
- 2) Berger A. W. and Eckberg, A. E. "A B-ISDN/ATM Traffic Descriptor and Its Use In Traffic and Congestion Controls", *IEEE GLOBECOM '91*.

- 3) ITU-T. Rec. I.371, 1992. "Traffic control and congestion control in B-ISDN". SG XVIII. Geneva, Switzerland.
- 4) Rothermel, K. 1990. "Priority Mechanisms in ATM Networks". *IEEE GLOBECOM '90*. pp. 847-851.
- 5) 강인곤, 이해정, 노선식, 이동근, 김영천, 1995. "ATM 망에서 QoS 향상을 위한 적응적 부분 버퍼 공유 기법". 한국통신학회 논문지 제 20 권 제 8 호. pp 2037-2049.
- 6) Woodruff G. M. and R. Kositpaiboon. 1990. "Multimedia Traffic Principles for Guaranteed ATM network Performance". *IEEE J_SAC*. Vol. 8. No. 3. pp. 437-446.
- 7) Chippalkatti, R. J. F.Kurose. and D. Towsley. 1989. "Scheduling Police for Real-Time and Non_Real time Traffic In Statisal Multiplexer". *IEEE INFOCOM '89*. pp. 774-793.
- 8) 정재호, 정태일, 김성조, 1996. "ATM 망에서 다중 임계치를 이용한 멀티미디어 트래픽의 효율적 스케줄링 기법". 정보과학회 논문지(A) 제 23 권 제 5 호. pp. 498-507.
- 9) Kroner. H. Hebutrene Gerard. Boyer Pierre. and Gravey Annie. 1991. "Priority Management in ATM Switching Nodes.". *IEEE J-SAC*. Vol. 9. No. 3. pp. 418-427.
- 10) Kroner. H. 1991. "Comparitive Performance Study of Loss Priority Mechanism for ATM Networks.". *Proc INFOCOM '90*. pp. 1136-1143.
- 11) S. G. Jong and Y. O. Chin. 1994. "Congestion Control with double and Hystersis Threshold in ATM Networks". *IEEE GLOBECOM '94*. pp. 595-599.
- 12) Bae J. J. and Tatsuya Suda. 1990. "Survey of Tracffic Control Schems and Protocols in ATM Networks." *Proc. of the IEEE*. Vol. 79. No. 2 pp. 2131-2136.
- 13) Yasushi Takagi, Shigeki Hino and Tatsro Takahashi, 1991. "Priority Assignment Control of ATM Line Buffers with Multiple Q.S Classes", *IEEE J-SAC*. Vol. 9. No. 7.
- 14) Craig Partridge, 1994, "Gabit Networking". Addison-Wesley Publishing Company.