

ATM 스위치를 위한 대기행렬의 셀 스케줄링 방식 제안 및 성능평가

Performance Evaluation and Proposal of Cell Scheduling Method of Queue for the ATM Switch

안정희* · 정진욱**

Jeong-Hee Ahn, Jin-Wook Chung

Abstract

A cell scheduling method of Queue for the ATM switch is proposed and simulated. In this paper, we present the cell scheduling method proper to the proposed queue and the improved queue with Queue Sharing(QS) structure for CBR, VBR, ABR traffic. The proposed QS structure minimizes the CLR(Cell Loss Ratio) of ABR traffic and decreases the CLR of bursty VBR traffic. Also we propose a cell scheduling method using VRR(Variable Round Robin) scheme proper to the high-speed(ATM) switch. The VRR scheme provides a fairness in terms of service chance for the queues in the ATM switch as well as QOS of their cell delay characteristic of CBR and VBR traffic, QOS of ABR CLR. The simulation results show the proposed method achieves excellent CLR and average cell delay performance for the various ATM traffic services in the Queue Sharing structure.

* 두원공과대학 소프트웨어개발과

** 성균관대학교 전기, 전자 및 컴퓨터공학부

1. 서론

ATM 통신망은 CBR, VBR, ABR 등 여러 트래픽 특성에 대한 다양한 서비스 품질을 제공하는 고속 멀티미디어 통신망이다. 따라서 ATM 환경하에서는 이들의 다양한 트래픽 특성을 만족시키기 위한 효율적인 트래픽 관리가 요구된다[1]. ATM망을 위한 트래픽 제어 기능으로 CAC(Call Admission Control), UPC(Usage Parameter Control), 우선순위 제어(Priority Control), 혼잡제어(Congestion Control) 등과 같은 기능[2] 등을 들 수 있다. 이 가운데 셀 레벨의 우선순위 제어기법에 의한 트래픽제어기능은 ATM 스위치에 탑재된 대기행렬 구조하에서 다양한 특성의 QOS(Quality Of Service)를 지원하기 위해 널리 채용되고 있다. 현재까지 개발된 대기행렬에서의 우선순위제어 기법은 다음과 같이 몇가지 관점에서 분류할 수 있다. 먼저 대기행렬이 과잉상태일 경우 CLP(Cell Loss Priority)비트 참조에 의해 셀을 폐기하여 셀손실에 민감한 트래픽의 QOS를 만족시킴으로써, 대기행렬의 공간적 관리를 수행하는 밀어내기(PUSHOUT), 부분버퍼공유(PBS), 경로분리(RS) 기법 등이 있다. 또한 대기행렬이 과잉상태가 되기 전에 미리 정해진 우선순위 기법에 따라 트래픽을 제어하는 방법인 대기행렬의 시간적 관리 기법이 있다. 사전에 과잉상태를 피하는 기법으로는 고정 및 동적 우선순위기법이 있다[3][4][5][6]. 고정 우선순위제어 기법은 항상 셀손실 보다는 전송지연에 민감한 트래픽에게 높은 우선순위를 부여하며, 대표적인 기법으로 HOL(Head Of Line) 등이 있다. 동적 우선순위제어 기법은 고정 기법의 단점인 우선순위가 낮은 셀에 대한 서비스품질 저하를 해결하기 위한 것으로, 대표적으로 MLT(Minimum Laxity Threshold) [7]기법과 QLT(Queue Length Threshold) [6]기법을 들 수 있다.

ATM망은 멀티미디어 트래픽들이 혼합되어 각자의 QOS를 유지하며 목적지까지 전송해야만 하는 책임을 지고 있다. 특히 버스티한 특성이 강한 영상 트래픽이 망을 통과할 때 순간 트래픽밀도의 증가로 인해 셀손실이 커질 확률이 높게 된다. 이 경우에는 ATM 스위치 대기행렬에서 버퍼링된 셀에 대한

우선순위제어도 중요하지만 수신되는 버스트 트래픽의 손실률을 최소화시키는 것도 중요한 문제이다. 또한 망자원은 한정되어 있으므로 이의 이용률을 최대화시킬 수 있는 기법에 대한 연구가 꾸준히 진행되어 왔다.

본 논문에서는 ATM과 같은 고속망 스위치에서의 다양한 트래픽 서비스를 지원하는 대기행렬공유(QS) 구조를 설계하고, 이 구조에 적합한 셀 스케줄링 기법을 제안하였다. ABR의 손실률을 최소화하고 VBR의 순간 버스트 트래픽에 의한 셀손실률을 줄일 수 있는 대기행렬 구조를 설계하였으며, 동 구조하에서 CBR과 VBR의 셀지연특성을 만족시키면서 치중된 우선순위제어로 인해 발생할 수 있는 서비스 고갈 대기행렬의 발생을 막을 수 있는 즉, 서비스별 우선순위에 의한 공평한 대기행렬 서비스를 받을 수 있는 가변라운드로빈(Variable Round Robin)방식의 셀 스케줄링 알고리즘을 제안하였다. 또한 제안된 알고리즘은 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 성능평가를 통해 기존의 고정라운드로빈(FRR), 대기행렬 길이 임계치(QLT)를 이용한 셀 스케줄링 기법과 비교하여, 제안 대기행렬구조하에서 각 ATM 트래픽에 대한 셀손실률과 평균셀지연시간이 개선됨을 입증하였다.

2절에서는 설계된 대기행렬구조에 대하여 기술하였고 3절에서는 동 구조에 적합한 셀 스케줄링 기법에 대하여 제안하였다. 4절에서는 제안 대기행렬 구조에 FRR(고정셀스케줄링), QLT와 같은 기존 우선순위제어 기법과 본 논문이 제안한 가변라운드로빈 기법을 각각 적용한 시뮬레이션 모델을 Visual Slam 2.0(AweSim)을 이용하여 개발하고, 시뮬레이션을 통해 각 기법에서의 셀손실률과 평균 셀 지연시간을 비교 분석하였고 성능 비교를 위해 고정 길이의 분리된 대기행렬 구조를 갖는 HOL 기법과의 성능 비교도 수행하였다. 5절에서는 결론 및 앞으로의 연구방향에 대하여 논하였다.

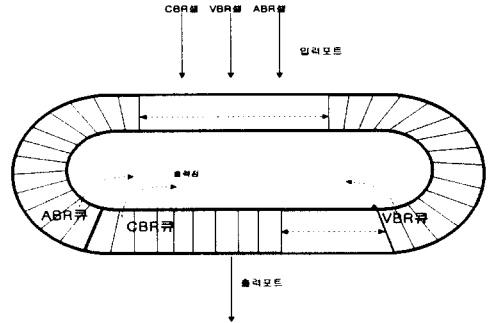
2. 대기행렬 구조 제안

ATM 서비스 클래스는 CBR(Constant Bit Rate), VBR(Variable Bit Rate), ABR(Available Bit Rate) 서비스 등으로 분류할 수 있는데, 각 서비스에서 생성되는 트래픽 특성들은 셀손실률과 대기행렬내에서의 셀지연시간의 관점에서 상호 trade-off적인 관계를 갖고 있다.

본 절에서는 각 트래픽별 서로 다른 요구 특성을 이용하여 CBR, VBR, ABR의 세가지 트래픽의 QOS를 만족시킬 수 있는 대기행렬 구조에 대하여 설명한다.

<그림 1>은 제안된 대기행렬의 논리구조이다. 타원형 큐에서 보는 바와 같이 ABR과 VBR 큐 사이는 경계선 없이 셀 버퍼링이 가능하다. 실제 ATM 스위치 시스템을 개발할 때 발생하는 문제중의 하나는 VBR 트래픽의 버스트성에 의한 큐 오버플로 우때문에 셀손실 가능성이 높다는 것이다. ABR 서비스는 망의 상황에 따라 트래픽 양을 조절할 수 있는 특성을 갖고 있다. VBR 트래픽의 버스트 발생 기간 동안은 ABR 트래픽의 양을 줄이고 VBR 트래픽의 휴지 기간 또는 저속 전송 동안은 ABR의 양을 늘릴 수 있는 상호 보완적인 트래픽 특성을 이용하기 위해 ABR과 VBR 큐 사이의 경계선을 제거하였다. CBR과 VBR 큐 경계선은 가변 가능성을 지니고 있다. 만약 ABR과 VBR 큐가 가득찬 상태에서 셀들이 더 들어올 때 CBR 큐가 임계값 이상의 여유가 있으면 VBR은 CBR 큐 방향으로 확장될 수 있다. CBR 큐도 과잉 상태인 최악의 경우, 입력 셀을 폐기시킨다. ABR 셀은 손실민감의 특성을 갖고 있으므로 최대한의 손실보장을 지원한다.

제안 대기행렬은 <그림 1>에서와 같이 CBR, ABR과 VBR셀이 대기행렬을 공유하므로 대기행렬 공유(QS : Queue Sharing) 구조라고 칭한다. 대기행렬공유 구조에서의 각 서비스 클래스별 트래픽의 버퍼링 방식은 다음과 같다.



<그림 1> 제안된 대기행렬의 구조

① CBR 셀 버퍼링:

```

if (CBR과VBR사이의 버퍼링 공간 없다)
    if (VBR큐가 CBR큐로 확장된 상태이다)
        VBR 셀 폐기,CBR 셀 버퍼링 성공;
    else CBR 셀 폐기;
else CBR 셀 버퍼링 성공;
    
```

② VBR 셀 버퍼링:

```

if (VBR과 ABR사이의 버퍼링 공간 없다)
    if (CBR과 VBR사이의 버퍼링 공간 없다)
        VBR 셀 폐기;
    else CBR큐로 확장, VBR 셀 버퍼링 성공;
else VBR 셀 버퍼링 성공;
    
```

③ ABR 셀 버퍼링:

```

if (ABR과 VBR사이의 버퍼링 공간 없다)
    if (CBR과 VBR사이의 버퍼링 공간 없다)
        if (큐에 VBR셀이 있으면)
            VBR셀 폐기, ABR셀 버퍼링;
        else ABR셀 폐기;
    else CBR 큐로 확장;
else ABR셀 버퍼링;
    
```

VBR서비스의 경우 버스트 특성이 강한 트래픽을 발생시키며 CAC(Connection Admission Control)에 의해 커넥션이 이루어질 때 SCR(Sustainable Cell Rate)로 대역폭을 보장받으므로 연속적인 PCR(Peak Cell Rate) 속도의 셀 도착시 대기행렬 오버플로우로 인한 셀 손실 발생 가능성이 높기때문에 ABR, CBR 대기행렬과 공유하는 구조로 설계하였다. VBR이나

ABR 셀은 <그림 2>의 (b)와 (c)에서 보듯이 두 대기행렬사이의 공유 공간을 점검하여 셀을 버퍼링한다. 만약 버퍼링 공간이 없을 경우 VBR 셀은 폐기하는 것을 원칙으로 하고 ABR 셀은 손실민감성의 셀 특성을 반영하여 버퍼링된 VBR 셀을 폐기하고 ABR 셀을 버퍼링하는 것을 원칙으로 한다. 하지만 이런 경우는 ABR 혼잡제어 알고리즘의 적용에 의해 거의 발생하지 않게 된다. 그러므로 대기행렬공유 구조를 갖는 ATM 스위치라면 버스트 성이 강한 VBR, ABR 셀들의 손실을 최소화시킬 수 있다.

3. 대기행렬공유(QS) 구조를 위한 셀 스케줄링 방식

본 절에서는 앞에서 기술된 대기행렬공유 구조를 위한 셀 스케줄링 방식으로서, 기존의 대표적인 셀 스케줄링 방식인 고정 셀 스케줄링, 두 개의 임계값을 갖는 셀 우선순위제어 알고리즘과 본 논문에서 제안된 가변셀스케줄링 알고리즘에 대하여 기술하였다.

3.1 고정 셀 스케줄링(FRR) 알고리즘

FRR(Fixed Round Robin)방식은 우선순위를 갖는 각 서비스 대기행렬의 트래픽에 대한 QOS 보장을 위해 미리 결정된 스케줄링에 의해 대기행렬을 서비스한다. 스위치의 스케줄러는 주기적으로 모든 대기행렬에 고정적인 서비스 시간을 보장해주는 주기적인 라운드로빈(Periodic Round Robin) 서비스를 제공한다. 이 방식은 서비스 대상의 대기행렬이 비어있을 경우에도 고정적으로 할당된 시간을 그 대기행렬에 제공하여 셀 서비스 기회를 낭비하는 문제점을 갖고 있다. 따라서 본 논문에서는 FRR방식을 대기행렬공유 구조와 결합할 때, 서비스 대상 대기행렬이 비어 있을 경우 다음 대기행렬에게 서비스 기회를 넘기도록 수정하여 적용하였다. 고정 셀 스케줄링 알고리즘은 매우 단순하여, 스위치 구현에 상당히 유리한 반면 대기행렬의 상황을 반영하지 못하므로 각 셀들의 QOS를 만족시킬 수 없게 된다.

3.2 대기행렬임계값을 이용한 셀 스케줄링

기존의 QLT는 비실시간 대기행렬에 대기중인 비실시간 셀의 수가 정해진 임계값을 넘을 경우에만 비실시간 트래픽을 전송하고, 그렇지 않으면 실시간 트래픽을 전송하는 기법이다. 반면에 MLT는 대기행렬에 대기하고 있는 실시간 셀의 최소 이완시간이 정해진 임계값보다 작거나 같을 경우에 실시간 트래픽을 우선적으로 전송하고, 그렇지 않으면 비실시간 트래픽을 전송하는 기법이다. 두 방식 모두 적절한 임계값을 선택하면 각각의 클래스에 대해 바람직한 성능을 얻을 수 있으나, 실제 구현 상의 단순성으로 볼 때, QLT가 더 현실적이라고 평가되어 QLT를 선택, 적용하였다[8]. VBR 대기행렬이 임계값 이하가 될 때까지 VBR 대기행렬만 서비스한다. ABR 대기행렬이 임계값 이상이면 임계값 이하가 될 때까지 ABR 대기행렬만 서비스한다. VBR과 ABR 대기행렬이 임계값 이하가 되었을 때 CBR 대기행렬을 서비스한다. 모든 대기행렬이 임계값 이하인 경우 우선순위에 따라 CBR 대기행렬부터 서비스가 되는데 다른 대기행렬이 임계값을 넘거나 또는 CBR 대기행렬의 대기 셀이 고갈되면 다음 우선순위인 VBR, ABR 대기행렬 순으로 서비스하게 된다.

3.3 제안된 가변라운드로빈 셀 스케줄링 방식

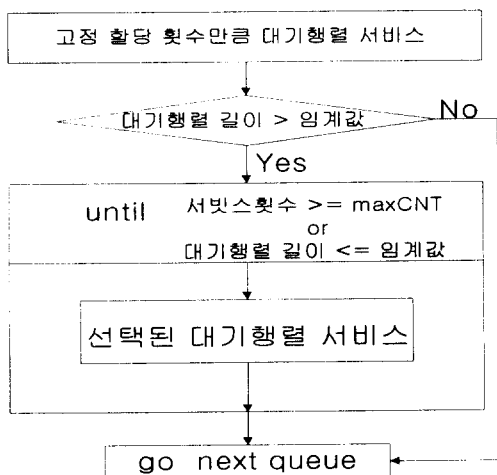
본 논문에서 제안한 VRR(Variable Round Robin) 셀 스케줄링 방식은 FRR과 QLT 방식을 결합한 가변라운드로빈 셀 스케줄링 방식이다.

VRR 알고리즘은 다음과 같다. 먼저 QLT와 같이 대기행렬별로 각각의 QOS를 반영한 적절한 임계값을 설정한다. 그리고 FRR과 같이 고정 셀 스케줄링 서비스를 원칙으로 대기행렬을 서비스한다. VRR은 한번의 주기가 시작될 때마다 대기행렬별 최대 연장 가능한 서비스 횟수(maxCNT)를 결정한다. 이 횟수의 결정 기준은 VBR 대기행렬 상태에 따라 달라진다. 즉, VBR 대기행렬의 셀 길이가 기본 대기행렬 길이를 초과했거나 VBR과 ABR 대기행렬 사이의 공간이 임계값 미만인 경우 VBR 대기행렬의 maxCNT_{vbr} 값이 가장 클 것이다. 셀간의 최대지연

시간변이를 고려하여 한 사이클시간은 1ms 이하이어야 한다. 그러므로 대기행렬별로 할당되는 maxCNT의 합은 1ms 이하이어야 한다. 만약 155Mbps 출력 링크 속도(OC-3로 가정, 149.76 Mbps)를 고려한다면 한 사이클동안 최대 서비스 가능한 셀 개수는 353 셀이다[10]. 각 대기행렬의 maxCNT를 더한 합은 다음과 같다.

$$353 \geq \max CNT_{tot} = \max CNT_{cbr} + \max CNT_{ubr} + \max CNT_{abr}$$

VRR 알고리즘은 매 사이클마다 대기행렬별 maxCNT를 결정하고 서비스를 실행한다. 대기행렬별 서비스 방식은 <그림 2>와 같다. 서비스 상태에 있는 대기행렬은 빈 상태가 아니면 자신에게 고정 할당된 횟수만큼 서비스를 받는다. 서비스 완료 후 현재 대기행렬 길이가 임계값을 넘었다면 싸이클이 시작될 때 할당된 현재 대기행렬의 maxCNT까지 계속 서비스를 받을 수 있다. 만약 서비스 중에 대기행렬 길이가 임계값 이하가 되면 다음 우선순위 대기행렬로 넘어간다. 모든 대기행렬에 같은 알고리즘이 적용된다. 이렇게 한 사이클이 끝나면 다시 대기행렬별 maxCNT를 결정하고 다시 서비스가 시작된다.



<그림 2> 각 대기행렬별로 적용되는 VRR 방식

제안 방식은 ATM과 같이 멀티미디어 환경에서의 다양한 트래픽 특성을 서비스하기 위해 QLT,

FRR 방식의 특징을 이용하였으며, 동시에 대기행렬 상태에 따른 임계값 검사를 통한 가변 서비스 횟수 조절은 대기 셀들의 QOS를 만족시킬 수 있다.

알고리즘의 복잡도 측면에서 보면 FRR 방식이 가장 좋고 그 다음 VRR이고, 그 다음 QLT 순이다. QLT는 대기행렬의 상태에 따라 서비스 고갈 현상이 발생할 수 있다.

4. 시뮬레이션

본 절에서는 제안된 셀 스케줄링 기법의 성능평가를 위해 FRR, QLT, HOL 기법과 제안된 기법을 적용한 VRR 대기행렬 메카니즘의 모델을 AweSim 2.0을 이용하여 구현하고, 이들 세가지 모델에서의 각 트래픽별 셀 손실률 및 평균 셀 지연 시간을 비교 분석하였다.

4.1 시뮬레이션 환경

시뮬레이션의 단위 시간은 1μs로 가정하고, 수행시간은 10⁸ 단위시간 동안 수행하였다. ATM 스위치 노드의 출력링크 속도는 155Mbps의 OC-3 전송 링크로, 스위치의 한 슬롯시간 즉, 각 셀(53바이트) 처리시간은 2.83 μsec로 가정하였다[9].

시뮬레이션할 기법들은 AweSim(Visual Slam) 2.0으로 구현하고 대기행렬구조 알고리즘이나 각 기법의 대기행렬 서비스 방식은 Visual C++을 이용하여 시뮬레이터와 인터페이스시켰다. 시뮬레이터는 트래픽 생성 모델, 대기행렬공유 모델, 각 셀 스케줄링 기법인 FRRQS 모델, QLT 모델, VRR 모델, HOL 모델 컴포넌트 등으로 구성된다.

시뮬레이션의 트래픽 모델은 다음과 같다. 대기행렬공유 메카니즘 자체가 버스티한 트래픽의 손실률을 최소화할 수 있게 해주는데 있다면 여기에 적합한 셀 스케줄링을 수행함으로써 셀들 특유의 QOS를 최대로 만족시킬 수 있게 될 것이다. 제안 방식의 성능을 분석하기 위해 트래픽은 버스티성이 강한 트래픽으로 집중적으로 생성시켰다. CBR 트래픽(오디오, 음성)은 MMPP의 변형인 IPP(Interrupted Poisson Process)로 가정하였고, ABR 트래픽(LAN 데이터,

파일 전송)은 포아송 분포(Poisson Distribution)로 가정, VBR 트래픽은 버스트 특성이 강한 트래픽으로 모델링하기 위해 MMPP(Markov Modulated Poisson Process)로 가정한 세 개의 소스를 발생 시간을 달리하여 생성하였다. 본 논문에서는 대기행렬의 스케줄링 성능을 평가하기 위하여 실제 망에서 발생하는 데이터 보다 강한 버스트성을 갖는 트래픽으로 모델링하여 실험하였다.

본 논문에서는 대기행렬의 스케줄링 성능을 평가하기 위하여 실제 망에서 발생하는 데이터 보다 강한 버스트성을 갖는 트래픽으로 모델링하여 실험하였다.

먼저 버퍼크기를 300으로 고정하여 각 트래픽 밀도별 성능을 평가하였다. HOL과 FRRQS방식은 CBR, VBR, ABR 대기행렬 순으로 셀 스케줄링 비율을 6 : 4 : 1로 하여 셀 서비스를 실행하였다. QLT에서는 VBR, ABR 대기행렬 순으로 임계값을 250, 300으로 하여 실행하였다. VRR에서는 기본 셀 스케줄링 비율을 6 : 4 : 1로 하고 대기행렬들의 임계값은 200 : 250 : 300으로 가정하고 최대 확장 가능 셀의 각 대기행렬별 기본 값은 100 : 50 : 20으로 하지만 VBR과 ABR 대기행렬 사이의 공간이 100 이하일 경우에는 최대 확장 가능 셀 서비스 개수(maxCNT)를 80 : 100 : 30으로 하여 시뮬레이션하였다. 트래픽 밀도 1.0을 기준으로 버퍼크기(BS:Buffer Size)를 300, 500, 1000으로 하여 기법별 성능을 비교하였다. BS=500인 경우, QLT 임계값은 250, 350으로, maxCNT는 200 : 100 : 10, 100 : 200 : 10이며 VRR의 임계값은 200 : 250 : 300으로 가정하였고, BS=1000인 경우, QLT 임계값은 500, 700, maxCNT는 200 : 100 : 50, 100 : 200 : 70으로 가정하여 시뮬레이션하였다.

4.2 시뮬레이션 결과 및 분석

<그림 3>은 버퍼크기 300을 기준으로 실험한 결과로 (a),(b),(c)는 각 트래픽 밀도에 따른 기법별 평균셀지연시간 성능 비교로서 단위는 μsec 이고 (d),(e),(f)는 셀손실률 성능 비교 차트이다. <그림 4>는 트래픽 밀도 1.0을 기준으로 버퍼크기 변화에

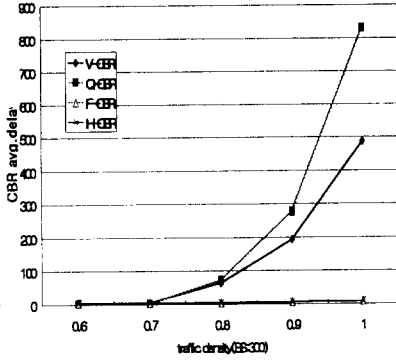
따른 각 기법의 성능비교를 수행한 결과로 (a),(b), (c)는 평균셀지연시간 성능, (d),(e),(f)는 셀손실률 성능 비교 차트를 보여주고 있다.

먼저, HOL 기법의 경우 CBR 트래픽에게 가장 높은 우선순위를 부여하여 서비스하므로 <그림 3>의 (a)(d)에서와 같이 CBR 트래픽의 평균셀지연시간과 셀손실률 성능에서 당연히 우수한 성능을 보여주고 있지만 트래픽별 특성을 고려하지 않는 고정 셀 스케줄링이므로 버스트성이 강한 VBR 셀의 성능이나 ABR의 성능은 상당히 떨어진다. 특히, ABR 트래픽은 가장 낮은 우선순위를 가지므로 (f)에서 보듯이 셀손실률 성능이 좋지 않음을 볼 수 있다. 반면에 (c)의 차트를 보면 HOL의 ABR 평균셀지연시간 성능은 비교적 좋은 결과를 보여주고 있는데 이는 ABR 셀 손실이 컸기 때문이다.

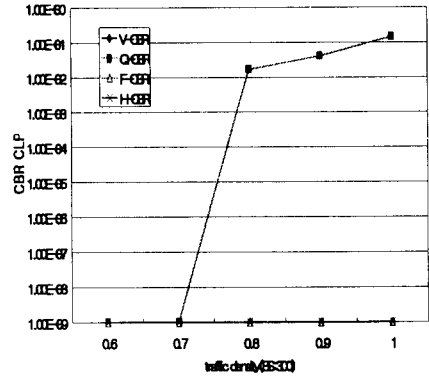
대기행렬공유 구조에 적용된 셀 스케줄링 기법인 FRR, QLT, VRR의 경우 전체적으로 좋은 셀손실률 성능을 볼 수 있다. FRR의 경우, 셀 스케줄링 방식은 HOL과 같고 차이점은 대기행렬공유 구조를 사용한다는 점이다. HOL에서는 ABR 셀 손실률 성능이 낮았는데 FRR에서는 향상이되었다. 이는 대기행렬공유 구조의 장점에 의해 얻어진 결과이다.

QLT를 적용한 경우, ABR 셀 손실률 성능이 우수하였고 CBR 셀 손실률이 상당히 낮았다. 이는 QLT 방식의 특성에 기인한 결과이다.

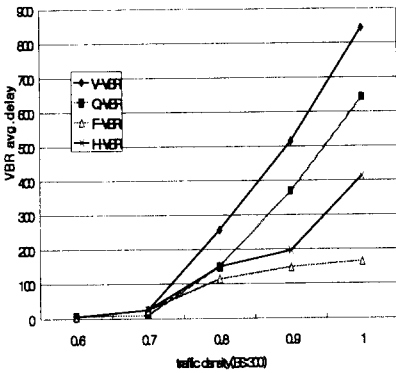
마지막으로 제안 방식인 VRR의 경우, CBR, ABR 셀 손실률 성능에서 우수한 결과를 얻었고 VBR의 경우, QS구조하에서의 다른 방식보다는 좋은 성능을 얻었다. 평균셀지연시간 성능은 실시간을 요구하는 CBR과 VBR의 경우 최대지연시간변이를 고려했을 때 $1000\mu\text{sec}$ 이하이면 되므로 (a)(b)에서 보듯이 $1000\mu\text{sec}$ 이하를 만족하므로 QOS 저하에 영향을 주지않는다. VRR은 세가지 서비스 클래스의 셀들의 QOS를 유지하면서 셀 서비스에 공평성을 제공하는 것을 원칙으로 하므로 균등한 성능을 얻을 수 있다.



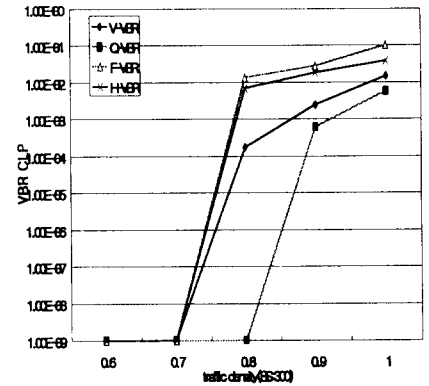
(a) CBR 평균셀지연시간 성능 비교



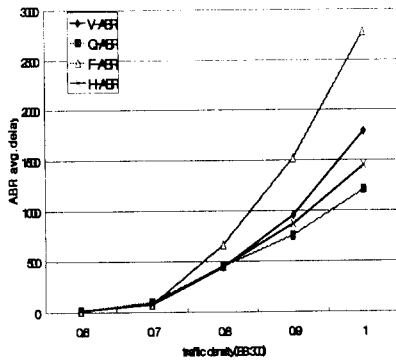
(d) CBR 셀손실률 성능 비교



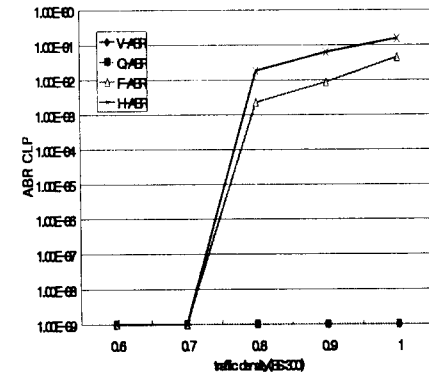
(b) VBR 평균셀지연시간 성능 비교



(e) VBR 셀손실률 성능 비교



(c) ABR 평균셀지연시간 성능 비교



(f) ABR 셀손실률 성능 비교

<그림 3> 대기행렬공유 구조를 위한 셀 스케줄링 기법별 성능 비교

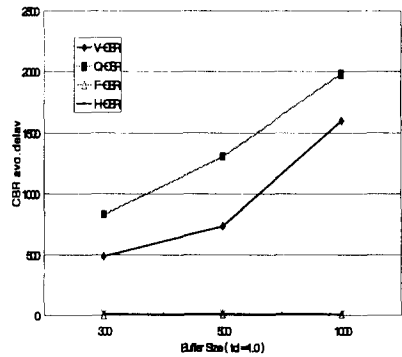
<그림 3>의 차트 (e)를 보면 특정 기법과는 상관없이 셀 손실을 성능이 전체적으로 떨어지는데 이는 VBR 트래픽 발생에서 버스트성이 강한 MMPP로 모델링했을 뿐 아니라 세 개의 소스로부터 시작시간에 차이를 두어 연속적으로 발생시켜 의도적으로 셀 손실량이 많게 모델링하였다. 동시에 대기행렬공유의 특성을 갖고 있으므로 버퍼가 가득찬 상태에서 셀을 폐기해야만 하는 상황에서는 VBR 셀을 우선적으로 폐기하는 방식을 택했으므로 당연히 성능이 악화되고 있다. 그러나 실제 망 환경에서는 ABR 혼잡제어가 동시에 실행되므로 VBR과 ABR 큐의 여유공간에 따라 ABR의 트래픽 양을 조절할 수 있으므로 VBR의 셀손실 성능은 향상될 것이다. 본 논문에서는 ABR 혼잡제어를 배제하고 대기행렬공유 구조의 성능을 분석하기 위해 과도한 버스트 트래픽을 발생시키고 셀 폐기시 VBR을 우선적으로 하여 시뮬레이션 하였으므로 이러한 결과를 얻었을 뿐이다

<그림 4>는 트래픽 밀도 1.0인 상황에서, 각각의 버퍼크기를 300, 500, 1000으로 하여 시뮬레이션한 결과이다. 차트에서 알 수 있듯이 버퍼크기가 커질수록 셀 손실률 성능이 향상되는 반면에 평균셀지연 시간은 길어짐을 알 수 있다.

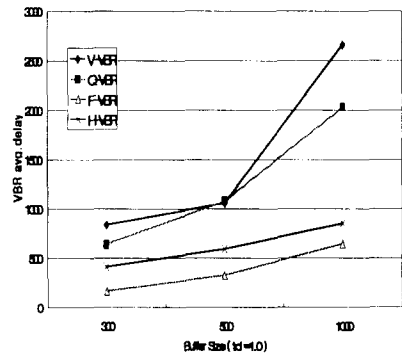
지금까지 살펴보았듯이 기법별로 특정 서비스 클래스에 치중된 성능을 보여주고 있다. 고정 대기행렬 구조에서 고정 셀 스케줄링으로 서비스하는 HOL의 경우, 항상 고우선순위인 CBR에 치중된 성능을 보여주고, 대기행렬공유 구조에 QLT 우선순위 제어를 적용한 경우 VBR과 ABR의 임계값을 기준으로 셀을 서비스하므로 CBR 성능이 떨어지게 되고, FRR 방식 역시 HOL과 마찬가지로 CBR에 치중되고 있다. 그러나 제안기법인 VRR은 각 서비스 클래스의 QOS를 만족시킬 수 있는 범위에서 다른 서비스 클래스에게 최대한 공평한 셀 서비스를 할 수 있는 방식으로 전체적으로 안정된 성능을 보여주고 있다. VRR은 알고리즘의 단순성으로 ATM과 같은 고속 환경의 스위치 큐 구조에 적합한 방식이라고 본다.

VBR 트래픽의 버스트 트래픽을 의도적으로 강하게 발생시켰으므로 VBR 대기행렬에서의 셀 손실

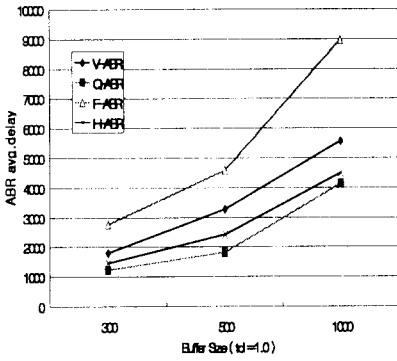
률이 CBR이나 ABR 트래픽에서 보다 높다. 그러나 제안 기법의 시뮬레이션 환경은 ABR 혼잡제어 없이 유입되는 셀들을 서비스했으므로 트래픽 특성에 의해 발생하는 기본적인 셀 손실률이다. 그러므로 제안 기법이 ABR 혼잡제어와 결합된다면 VBR에서도 좋은 CLR 성능을 얻을 뿐 아니라 ABR의 셀 지연 시간도 개선될 것이다. QS 메카니즘 자체가 순간 발생하는 트래픽 패턴의 손실률을 기존 기법들에 비해 좀 더 최소화 할 수 있는 환경을 제공하므로 적합한 셀 스케줄링만 결합되면 다양한 셀들의 QOS 만족도를 최대화시킬 수 있을 것이다. 시뮬레이션 결과, 성능이나 구현의 단순성 관점에서 고려할 때 VRR 기법이 바람직하다는 결론을 얻었다.



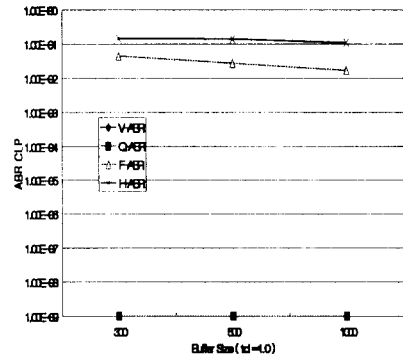
(a) CBR 평균셀지연시간 성능 비교



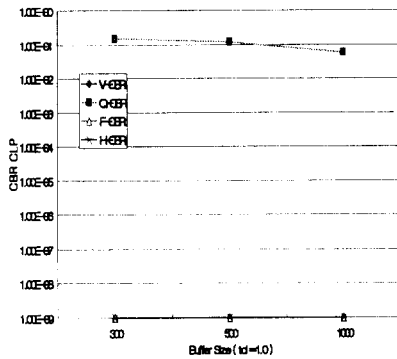
(b) VBR 평균셀지연시간 성능 비교



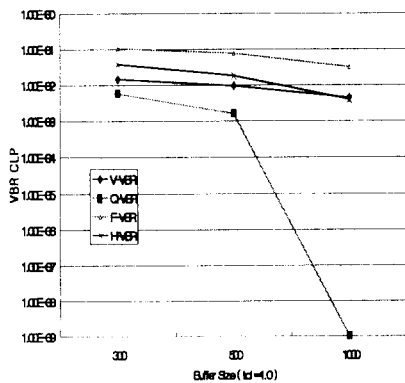
(c) ABR 평균셀지연시간 성능비교



(f) ABR 셀손실률 성능 비교



(d) CBR 셀손실률 성능비교



(e) VBR 셀손실률 성능 비교

<그림 4 > 대기행렬공유 구조를 위한 버퍼크기별 성능 비교

5. 결론

멀티미디어 트래픽이 혼재되어 있는 ATM 망에서의 트래픽 제어는 상당히 중요한 의미를 지니고 있다. 특히, 멀티미디어 트래픽의 각 클래스별 QOS를 만족시키기 위해서는 셀 레벨에서의 셀 스케줄링이 필수적으로 수행되어야 한다[10]. 본 논문에서는 ATM과 같은 고속환경의 스위치에 적합한 트래픽 우선순위제어를 위해 도착하는 셀들의 버퍼링 방식인 대기행렬공유 구조에 적합한 셀 스케줄링 방식에 대하여 제안하고 대기행렬공유 구조에 기존 기법(고정라운드로빈, QLT)을 적용한 방식과 전형적인 HOL 방식과 성능을 비교 평가하였다.

본 논문에서 제안한 VRR 방식은 고정라운드로빈 방식과 QLT 방식의 장점을 결합한 방식으로, 고정라운드로빈 방식처럼, CBR, VBR, ABR 대기행렬의 우선순위로 각 대기행렬을 서비스하는 것을 원칙으로 한다. 또한 각 대기행렬은 임계값을 갖고 현재 서비스중인 대기행렬이 할당된 횟수만큼 서비스를 받고도 임계값을 초과할 경우 maxCNT(최대 확장 가능 서비스 횟수)까지 서비스를 받을 수 있고 동시에 임계값 이하가 되거나 횟수가 차면 다음 대기행렬로 서비스 기회가 넘어가므로 서비스 고갈 대기행렬 발생 가능성은 없다. 각 대기행렬별 maxCNT는

한번의 라운드로빈 사이클이 시작될 때마다 VBR과 ABR 대기행렬의 여유공간 상태에 따라 결정된다. 기존 QLT 기법의 경우 서비스 우선순위를 결정할 때마다 대기행렬 개수만큼 대기하고 있는 셀의 수와 임계값을 매년 비교해야 하기 때문에, 이로 인한 처리 오버헤드가 발생되고 저순위 대기행렬의 경우 서비스 고갈 상태가 발생할 수 있다.

제안 방식은 사이클 시작때 결정된 대기행렬별 maxCNT 값에 의해 해당 대기행렬 서비스에 전념하고 조건이 끝나면 다음 대기행렬로 넘어가는 방식으로서 서비스 우선순위 결정시 오버헤드가 작으므로 고속 스위치에 적용시 구현이 용이하다.

컴퓨터 시뮬레이션에 의한 성능평가 결과, 고정 라운드로빈방식의 성능이 가장 저하되었고, QLT는 ABR의 경우 셀지연시간에서 좋은 성능을 보이지만 CBR의 경우 성능이 상당히 악화됨을 볼 수 있었다. VRR은 적절한 임계값 조정으로 각 대기행렬의 QOS를 만족시키는 범위에서 공평한 셀 서비스를 수행하여 CBR, VBR의 실시간 특성을 만족시키면서 ABR의 지연시간을 다른 방식에 비해 줄일 수 있었다.

특히 제안 방식은 ABR 혼잡제어 알고리즘과 결합되면 모든 대기행렬에 대하여 셀 손실률은 거의 발생하지 않을 것으로 예측된다. 향후 ABR 혼잡제어 알고리즘과의 결합을 통한 VRR 메카니즘의 성능 분석에 대하여 더 연구가 진행될 예정이다.

참고문헌

- [1] 이우섭, 박홍식, 황치정, "ATM망에서 ABR 서비스를 위한 트래픽 제어 연구", 한국통신학회논문지, Vol. 20, No.8 95-8.
- [2] The ATM Forum Technical Committee, "Traffic Management Specification Version 4.0", ATM Forum., April, 1996.
- [3] Hans Kroner, "Comparative Performance study of space priority mechanisms for ATM networks", IEEE INFOCOM'90, San Francisco, USA, pp1136-1143, Jun3-7,1990
- [4] Hans Kroner, "Priority Management in ATM Switching Node", IEEE J. Selected Areas in Communications, vol.9, no.3, Apr.1991, pp418-427.
- [5] ITU-T Recommendation I.371, "Traffic Control and Congestion Control in B-ISDN", Mar. 1994.
- [6] Renu Chipalkatti, James F.Kurose, Don Towsley, "Scheduling Policies for Real-Time and Non-Real-Time Traffic in Statistical Multiplexer", IEEE INFOCOM'89, Ottawa, Canada, pp774-793, Apr.23-27, 1989.
- [7] J.M.Hyman, et al., "Real-Time Scheduling with Quality Of Service Constraints", IEEE JSAC, Vol.9,No.7, pp.1052-1063, Sep.1991.
- [8] 정상국,진용욱, "이중 문턱값 설정에 의한 ATM 망의 트래픽 제어기법", 한국통신학회논문지, Vol.19 No.8, pp.1475-1484, 94-8.
- [9] H.Jonathan Chao, et al, "Design of a Generalized Priority Queue Manager for ATM Switches", IEEE Journal on selected areas in COMM. vol.15,No.5, pp.867-880, 97-6.
- [10] 구창희,이재호, "ABR 트래픽 제어를 위한 버퍼 Readout 스케줄링", 전자공학학회논문지, 제34권11호, pp.25-33, 97-11.

● 저자소개 ●



안정희

1988년 성균관대학교 정보공학과(공학사)
 1993년 성균관대학교 정보공학과(공학석사)
 1996년 성균관대학교 정보공학과(박사과정수료)
 1996년~현재 두원공과대학 소프트웨어개발과 조교수
 관심 분야 : ATM 트래픽 관리, 네트워크 관리



정진욱

1974년 성균관대학교 전기공학과(공학사)
 1979년 성균관대학교 전자공학과(공학석사)
 1991년 서울대학교 계산통계학과(이학박사)
 1981년~82년 Racal Milgo Co. 객원연구원
 1982년~85년 한국과학기술연구소 실장
 1985년~현재 성균관대학교 전기,전자 및 컴퓨터공학부 정교수
 관심 분야 : ATM 트래픽 관리, 네트워크 관리, 네트워크 보안,
 고속 및 무선통신 프로토콜