

# 셀 손실 QoS 향상을 위한 큐 구조에 관한 연구

## (A Study on the Queue Structure for the Enhancement of the Cell Loss QoS)

이 영 교\*      안 정 희\*\*  
(Young-Gyo Lee) (Jeong-Hee Ahn)

### 요 약

다양한 QoS를 갖는 트래픽을 위해, ATM 스위치의 출력버퍼에 저장되는 셀의 큐 구조를 제안하였다. 제안한 큐 구조는 기존의 고정길이 큐 구조의 문제점인 버스트 트래픽으로 인한 큐 넘침의 문제점을 개선하기 위해 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽을 묶어 큐를 공유하여 큐 이용률을 최대화시키는 구조를 기반으로 하고 있다. 즉, CBR 트래픽과 VBR-nrt를 묶고, VBR-rt와 ABR 트래픽을 묶어 버스트 트래픽 유입으로 인한 셀 손실률을 최소화시킬 수 있는 특성을 제공한다. 제안 큐 구조의 성능을 평가하기 위해 버스트 특성이 강한 트래픽 패턴을 이용하여 기존의 큐 구조와 셀 손실률 및 평균 지연률을 비교하였다.

### ABSTRACT

This paper propose the queue structure of cell buffering in the output buffer of ATM switch for the traffic with the different QoS. The proposed queue structure can minimize the cell loss ratio of bursty traffic, maximize the queue utilization through the sharing of real-time queue and non-real-time queue. To evaluate the proposed queue structure, we compare the CLP and cell average delay of the proposed queue and fixed queue using the bursty traffic patterns.

### 1. 서론

광대역종합통신망(B-ISDN)의 전송기술인 ATM (Asynchronous Transfer Mode:비동기전송방식)은 정보 전송의 기본 단위로 트래픽의 종류에 관계없이 고정된 53 바이트 크기의 셀을 전송한다. ATM 계층에서는 다양한 서비스 품질을 요구하는 트래픽 셀 전송을 담당하는데, 이런 특성을 만족시키기 위해서는 효율적인 트래픽 관리가 필요하다[1]. ATM망에서의 원활한 셀전송을 위해서 반드시 구현되어야 하는 트래픽 제어 기능으로 CAC(Call Admission Control), UPC (Usage Parameter Control), 우선 순위 제어 (Priority Control), 혼잡 제어(Congestion Control) 등과 같은 기능들을 ATM Forum에서 정의하고 있다[2].

일반적으로 전송 셀은 지연시간의 민감도에 따라, 실시간형 데이터와 비실시간형 데이터로 대별할 수 있다. 음성이나 영상 정보 등의 실시간형 데이터는 어느 정도의 셀 손실은 감수할 수 있지만 정해진 시간 내에 서비스를 받지 못하면 무의미해진다. 이러한 트래픽의 서비스 품질을 높이기 위해서는 시간 우선 순위의 서비스 방법을 필요로 하게 된다. 반면에, 비실시간형 데이터는 약간의 셀 지연은 허용되지만, 셀 손실에는 매우 민감하기 때문에 낮은 셀 손실률을 요구하는 손실 우선 순위의 서비스 방법이 필요하게 된다. 그러므로 실시간 데이터와 비실시간 데이터의 전송 처리는 전체 서비스 측면에서 trade-off 관계를 형성한다.

\* 정희원 : (주)에임텍 과장

논문접수 : 2001. 12. 27.

\*\* 정희원 : 두원공과대학 소프트웨어개발과 교수

심사완료 : 2001. 1. 15.

셀이 ATM 망을 통과할 때, 많은 사용자들의 과다한 트래픽 부하로 불가피한 전송지연과 망 노드에서의 처리지연으로 셀들을 잠시 저장할 수 있도록 하기 위해 큐를 내재한 스위치를 사용한다. 큐에 버퍼링된 셀은 처리될 때까지 대기하며, 이런 셀들은 각각의 QoS(Quality Of Service)에 따라 셀들의 우선순위를 부여하는 트래픽 제어가 필요하다. 셀레벨의 우선순위제어방법에는 시간과 공간 관점에서 나눌 수 있다. 먼저 공간 관점은 큐가 과잉상태일 경우 CLP(Cell Loss Priority)비트를 참조하여 폐기함으로써 손실에 민감한 트래픽의 QoS를 만족시켜 주는데 밀어내기(PUSHOUT), 부분버퍼공유(PBS), 경로분리(RS) 기법 등이 있다. 시간 관점은 큐의 과잉상태 전에 미리 정해진 우선순위기법에 따라 제어하는 방법이다. 미연에 과잉상태를 피하는 기법으로 고정과동적 우선순위기법으로 분류한다[3][4][5][6]. 고정우선순위제어기법은 항상 지연에 민감한 서비스에 높은 우선순위를 부여하며, 서비스에 있어서 지연에 민감한 트래픽이 손실에 민감한 트래픽보다 항상 먼저 서비스 받는다. 대표적인 기법으로 HOL(Head Of Line) 등이 있다. 동적우선순위제어기법은 고정 기법의 단점인 낮은 우선순위 셀들의 QoS 저하를 막는데 있다. MLT (Minimum Laxity Threshold)[7]기법은 실시간 트래픽의 최소 이완성을 이용하여 서비스 받는 우선순위를 정하며, QLT(Queue Length Threshold) 기법은 비실시간 트래픽에 들어 있는 셀의 개수가 큐의 임계값보다 크면 비실시간, 그렇지 않으면 실시간 트래픽에 우선순위를 부여하는 방식이다.

ATM망은 멀티미디어 트래픽들이 혼합되어 각각의 QoS를 유지하며 목적지까지 전송해야만 하는 책임을 지고 있다. 특히 버스티한 특성이 강한 영상 트래픽이 망을 통과할 때 순간 트래픽밀도의 증가로 셀손실률이 커질 확률이 높다. ATM 스위치 큐에서 버퍼링된 셀들의 우선순위제어도 중요하지만 수신되는 버스트 트래픽의 손실률을 최소화시키는 것도 중요한 문제이다. 자원은 한정되어 있으므로 이용률을 최대화시킬 수 있는 방법의 개발이 중요하다.

본 논문에서는 ATM과 같은 고속 환경 스위치에 적합한 가변큐공유방식(VQS4)을 제안하고 기존의 고정길이 큐와의 성능을 비교 시뮬레이션하였다.

2절에서는 가변큐공유(VQS4) 메카니즘에 대하여 기술하였고 3절에서는 VQS4 메카니즘에 FRR(고정

셀스케줄링), HOL 방식을 각각 적용한 시뮬레이션 모델을 Visual Slam 2.0(AweSim)을 이용하여 구현하여 시뮬레이션하였고 4절은 결과를 비교 분석하였다. 5절에서 결론 및 앞으로의 연구방향에 대하여 논하였다.

## 2. 셀 손실 QoS 향상을 위한 VQS 버퍼 제어

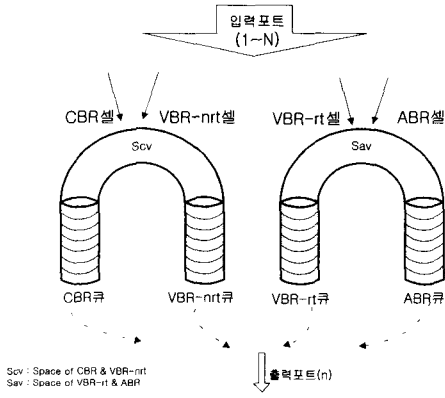
ATM 서비스 클래스는 CBR (Constant Bit Rate), VBR-rt(Variable Bit Rate-real time), VBR-nrt(VBR-non real time), ABR (Available Bit Rate) 서비스 등으로 분류되며 각 서비스에서 생성되는 트래픽들의 특성은 trade-off적인 차이점을 지니고 있다.

이 논문에서는 각 트래픽의 차이점을 이용한 ATM 서비스 클래스의 트래픽 QoS를 만족시킬 수 있는 VQS4(Variable Queue Sharing for 4 traffics:가변큐공유) 버퍼 구조를 제안한다. 그림 2.1은 제안된 VQS4 버퍼의 논리 구조인데 CBR 버퍼와 VBR-nrt 버퍼 사이, ABR 버퍼와 VBR-rt 버퍼 사이는 경계선 없이 셀 버퍼링이 가능한 가변공유 공간이다.

실제로, ATM 스위치 시스템을 개발할 때 고려되어야 하는 문제중의 하나는 VBR 트래픽의 버스트성에 의한 버퍼 오버플로우 발생으로 인한 셀손실 가능성이 높다는 것이다. CBR과 VBR-rt 클래스의 트래픽은 지연에 민감한 실시간 트래픽으로서 셀 당 스위치에서의 지연시간은 250 $\mu$ s이내를 보장할 수 있어야 한다. VBR-nrt와 같은 비실시간 데이터는 1000  $\mu$ s의 스위치 지연시간을 보장할 수 있도록 하면 된다. CBR 트래픽의 경우는 최고의 우선 순위를 가지고 서비스되며, 그 다음은 VBR-rt, VBR-nrt, ABR 트래픽 순이다. 특히, ABR 서비스는 네트워크의 상황에 따라 트래픽 양을 조절할 수 있는 특성을 갖고 있다. 클래스들간의 이러한 특성을 이용하여 CBR과 VBR-nrt 버퍼를, VBR-rt와 ABR 버퍼를 결합하여 VQS4를 구성하였다. 즉, 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽의 결합인 것이다.

CBR과 VBR-nrt 공유 버퍼의 경우, CBR 서비스는 CAC 단계에서 PCR을 보장할 수 있도록 대역폭을 할당받은 트래픽이므로 가장 높은 우선 순위를 가지고 셀 스케줄링 서비스를 받게되므로 거의 일정한 버퍼 길이를 유지하며 다른 버퍼에 비해 버퍼 길

이가 짧다. CBR과 VBR-nrt 공유 버퍼의 경우, CBR 서비스는 CAC 단계에서 PCR을 보장할 수 있도록 대역폭을 할당받은 트래픽이므로 가장 높은 우선 순위를 가지고 셀 스케줄링 서비스를 받게되므로 거의 일정한 버퍼 길이를 유지하며 다른 버퍼에 비해 버퍼 길이가 짧다.



[그림 1] VQS4 버퍼 구조  
[Fig. 1] VQS4 Buffer Structure

VBR-nrt 버퍼는 CBR 버퍼에 비해 우선 순위는 떨어지지만 어느 정도의 지연을 허용하므로 버스트 트래픽 발생으로 버퍼가 오버플로우되더라도 가변큐 특성을 이용하여 CBR의 영역을 공유할 수 있게 되어 VBR-nrt 트래픽의 손실민감성 QoS를 최대한 보장할 수 있다[8].

VBR-rt와 ABR 공유 버퍼의 경우, ABR 트래픽은 ABR 폭주 제어 알고리즘에 의해 트래픽 양이 조절되고 VBR-rt 트래픽은 두 번째 우선 순위로 서비스되는 실시간 트래픽으로서 가능한한 지연 QoS를 만족시킬 수 있도록 서비스를 해야한다. 그러나 일반 버퍼 구조에서는 VBR-rt 트래픽의 순간 버스트성 때문에 버퍼 오버플로우가 발생하지만 ABR 버퍼와의 가변큐공유를 통해 이러한 손실을 최소화할 수 있다. VBR 트래픽의 버스트 발생 기간 동안은 ABR 트래픽의 양을 줄이고 VBR 트래픽의 휴지 기간 또는 저속 전송 동안은 ABR의 양을 늘릴 수 있는 상호보완적인 트래픽 특성을 이용하기 위해 ABR과 VBR 버퍼 사이의 경계선을 제거한 것이다.

VQS4 구조를 갖는 버퍼에 CBR, VBR-rt, VBR-nrt, ABR 트래픽이 도착하여 버퍼링되는 방식은 [그림 1]과 같다.

```

Switch (arrivingCell from inputPort1~N)
{
  case CBR셀:
    if (Scv 버퍼링 공간 없다)
      if (CQL처리시간 ≥ RTcellSwitchDelay)
        CBR 셀 폐기;
      else
        VBR-nrt 셀 폐기, CBR 셀 버퍼링 성공;
    else
      CBR 셀 버퍼링 성공;

  case VBR-rt셀:
    if (Sav 버퍼링 공간 없다)
      if (VQL처리시간 ≥ RTcellSwitchDelay)
        VBR-rt 셀 폐기;
      else
        ABR 셀 폐기, VBR-rt 셀 버퍼링 성공;
    else
      VBR-rt 셀 버퍼링 성공;

  case VBR-nrt셀:
    if (Scv 버퍼링 공간 없다)
      if (CQL처리시간 > RTcellSwitchDelay)
        CBR 셀 폐기, VBR-nrt셀 버퍼링 성공;
      else
        VBR-nrt 셀 폐기;
    else
      VBR-nrt 셀 버퍼링 성공;

  case ABR셀:
    if (Sav 버퍼링 공간 없다)
      if (VQL처리시간 > RTcellSwitchDelay)
        VBR-rt 셀 폐기, ABR 셀 버퍼링 성공;
      else
        ABR 셀 폐기;
    else
      ABR 셀 버퍼링 성공;
}
    
```

[그림 2] VQS4 버퍼에서의 셀 버퍼링 방식  
[Fig. 2] Cell Buffering Method for VQS Buffer

[그림 2]의 버퍼링 방식에서 알 수 있듯이 VQS4 버퍼 구조는 버퍼에 여유 공간인 Scv, Sav를 두어 버퍼로 유입되는 셀들을 최대한 버퍼링하는데 목적이 있다. VQS4 버퍼 구조에서 오버플로우로인하여 셀 폐기를 할 경우에는 비실시간 셀의 손실 QoS 및 실시간 셀의 지연 QoS를 보장하기 위해 오버플로우 상태에서 폐기셀 선택기준으로 실시간 버퍼의 길이

를 참조하여 이미 버퍼링된 셀들의 스위치 처리 시간이 250 $\mu$ s를 넘을 경우, 추가 버퍼링되는 셀은 이미 처리 지연 QoS를 보장할 수 없으므로 실시간 셀을 폐기하는 것을 원칙으로 하고 있다.

### 3. 시뮬레이션

#### 3.1 시뮬레이션 환경

본 논문에서 제안하고 있는 VQS4 버퍼의 성능 분석을 위해 시뮬레이션 전용 언어인 AweSim2.0 (Visual Slam)과 Visual C++을 인터페이스로 하여 시뮬레이터를 작성하였다[9]. 제안 방식의 성능분석을 위해 고정 큐를 이용한 HOL(HOL\_FQ), 고정 큐를 이용한 고정 가중치 라운드로빈(FRR\_FQ), VQS4를 이용한 HOL(HOL\_VQS4), VQS4를 이용한 고정 가중치 라운드로빈(FRR\_VQS4) 시뮬레이터를 작성하였다.

시뮬레이터의 송신원인 DTE들이 생성하는 트래픽은 <표 1>과 같이 네가지로 분류하여 구현하였다.

<표 1> 시뮬레이션 트래픽 모델  
<Table 1> Simulation Traffic Model

서비스 클래스 속성	CBR	VBR-rt	VBR-nrt	ABR
실시간성	실시간		비실시간	
비트 속도	일정	가변적		
정보 형태	음성	비디오	고속 LAN 데이터	파일 전송
트래픽 모델	IPP	AR(1)	MMPP	PERSISTENT

#### 3.2 VQS4 성능비교를 위한 시뮬레이션 기준

성능 평가를 위해 시뮬레이션은 다음과 같이 수행하였다.

- ① 트래픽 밀도별 평균 셀 지연 시간과 셀 손실률을 비교 분석하였다. 이때 트래픽 액티비티는 0.3, 버퍼 크기는 500(셀 단위)으로 가정하였다.

시뮬레이션에 사용된 CBR, VBR-rt, VBR-nrt, ABR 트래픽의 혼합 비율은 1:1:1:1로 하여 3.1절에서 분석한 트래픽 모델을 이용하여 생성하였다. 특히, 시뮬레이션의 신뢰도를 높이기 위해 각 트래픽 모델의 생성 컴포넌트는 여러 개로 구성하여 스위치에 유입되도록 구성하였으며 동시 다발적인 트래픽 발생으로 버스트성이 강한 트래픽을 생성하였다.

- ② 버퍼 크기별 평균 셀 지연 시간과 셀 손실률을 비교 분석하였다. 이때 트래픽 밀도는 0.8, 트래픽 액티비티는 0.3으로 가정하였다. 버퍼 크기는 100, 300, 500, 1000(셀 단위) 각각의 경우를 수행하여 실험하였다.
- ③ VBR-rt와 VBR-nrt 트래픽의 액티비티별 평균 셀 지연 시간과 셀 손실률을 비교분석하였다. 이때 트래픽 밀도는 0.9, 버퍼크기는 500으로 하였다.

### 4. 시뮬레이션 결과 검토

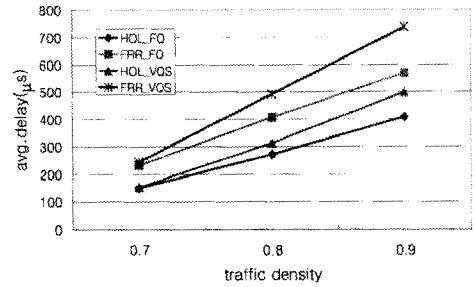
#### 4.1 트래픽 밀도별 성능 비교

[그림 3]의 (a),(b)의 그래프에서 보듯이, 실시간의 평균 셀 지연시간 QoS인 250 $\mu$ s를 모든 트래픽 밀도에서 만족시키고 있다. 실시간 트래픽인 CBR, VBR-rt 트래픽은 우선순위가 비실시간 트래픽에 비해 높으므로 셀 손실률 측면에서도 손실률이 거의 없는 우수한 결과를 [그림 3]에서 보여주고 있다. (a)의 그래프는 HOL 셀 스케줄링 특성에 의해 FRR 방식보다 더 좋은 성능을 보여주고 있다. (b) 역시 (a)와 같은 이유로 HOL 적용 방식이 더 우수한 지연 성능을 보여주고 있다. 트래픽 밀도 0.9에서 0.8보다 더 좋은 지연 성능을 보인 이유는 0.9에서 셀 손실량이 많았기 때문에 역으로 지연 성능이 좋아진 것이다. (c) 그래프도 (a), (b)와 성격이 같은 양상을 보여주는데 다른 점은 같은 셀 스케줄링 기법이 사용된 VQS4와 FQ의 경우 FQ가 더 좋은 지연 성능을 보여주는데 이는 셀 손실량이 많기 때문에 일어난 현상이다. (d) 그래프에서는 VQS4와 비교해서 FQ가 좋은 지연 성능을 보여주는데 마찬가지로 FQ의 셀 손실량이 많기 때문이다. 즉, 손실률과 평균

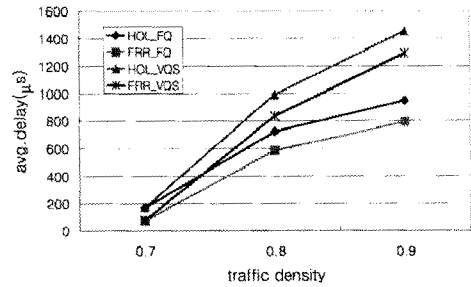
지연시간은 trade-off 관계에 있기 때문이다.

셀 손실률을 살펴보면 CBR과 VBR-rt는 HOL, FRR 기법 모두 높은 우선 순위로 처리되므로 셀 손실이 거의 발생되지 않는다. (e)는 VBR-rt의 셀 손실률을 보여주고 있다. VQS4의 가변 버퍼 용량 확장의 특성으로 버스트성이 강한 트래픽을 더 많이 저장시킬 수 있으므로 FQ와 비교해 월등히 좋은 CLP 성능을 보여주고 있다. (f)의 ABR 셀 손실률 그래프 역시 VQS4가 FQ에 비교하여 좋은 CLP 성능을 보여주고 있다. 밀도 0.9에서 FRR\_FQ의 경우, HOL\_VQS4와 비슷한 성능을 보인 이유는 VBR-rt 버퍼에서의 큰 셀 손실률에 의한 trade-off적인 결과이다. 그림 (g)는 총 셀 손실률 측면에서 VQS4대 FQ를 비교한 그래프로, VQS4의 셀 손실 QoS 향상 성능을 입증해 주고 있다.

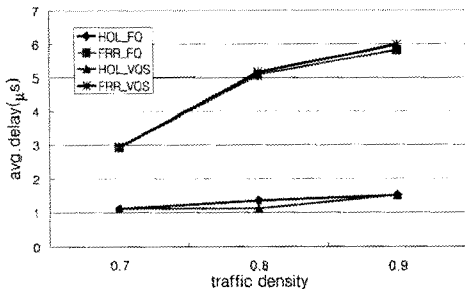
시뮬레이션에서는 의도적으로 폭주 트래픽을 발생하여 손실이 발생하였지만 ABR 트래픽 제어의 주요 특성인 폭주 제어 알고리즘이 적용된다면 셀 손실이 발생하지 않는다.



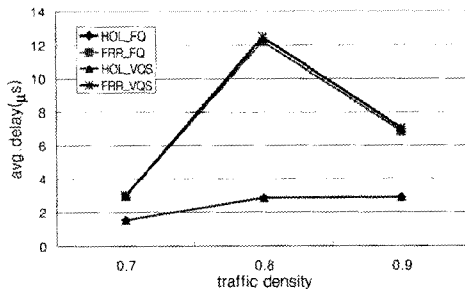
(c) VBR-rt 평균 셀 지연시간



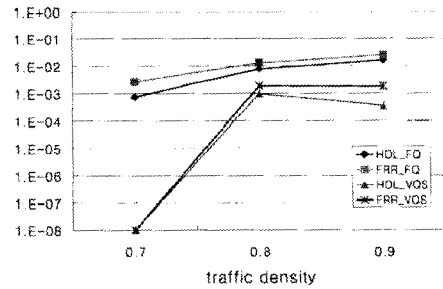
(d) ABR 평균 셀 지연시간



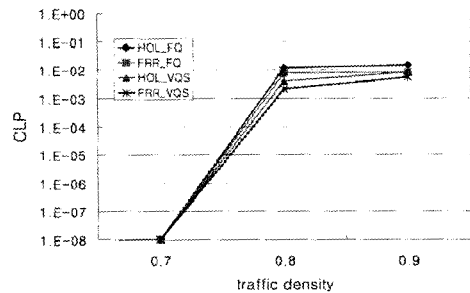
(a) CBR 평균 셀 지연시간



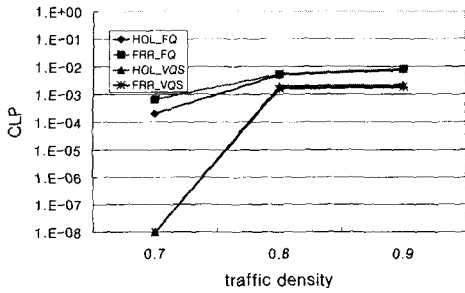
(b) VBR-rt 평균 셀 지연시간



(e) VBR-rt 셀 손실률



(f) ABR 셀 손실률



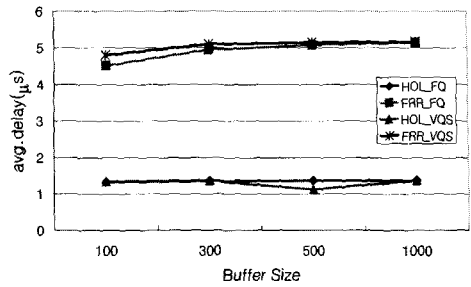
(g) 총 셀 손실률

[그림 3] 트래픽 밀도별 성능 비교(VQS4대 FQ)  
 [Fig. 3] Performance Comparison by Traffic Density(VQS4:FQ)

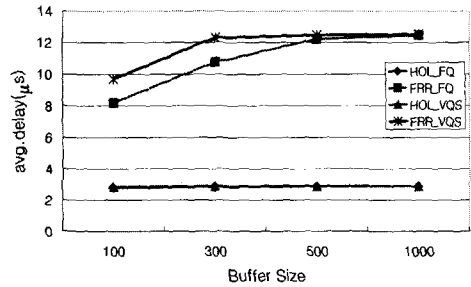
4.2 버퍼 크기별 성능 비교

[그림 4]는 버퍼 크기별 성능 분석 결과를 보여주고 있다. 트래픽 밀도는 0.8, 트래픽 액티비티는 0.3으로 가정하고 버퍼 크기 100, 300, 500, 1000인 환경에서의 시뮬레이션을 수행한 결과이다.

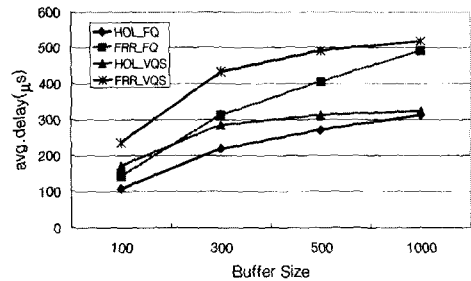
평균 셀 지연시간 성능의 경우 버퍼 구조보다는 셀 스케줄링 방식에 더 많은 영향을 받는다. (a), (b), (c)에서 보면 FRR 방식보다는 HOL 방식이 좋은 성능을 보이고 있는데, HOL 기법은 우선 순위가 높은 트래픽을 다 처리한 후 그 다음 우선 순위의 트래픽을 처리하기 때문이다. (d)의 경우는 버퍼 구조의 차이에 의한 결과로 FQ는 셀 손실량이 많기 때문에 지연 성능이 좋게 나온 것이다. 전체적으로 버퍼 크기가 작을수록 지연 성능이 좋은 이유는 셀 손실량이 증가하기 때문이다. (e)는 VBR-rt의 손실률을 보여주고 있는데 HOL 스케줄링의 특성상 다른 버퍼의 상황과는 무관하게 무조건 우선 순위가 높은 버퍼를 처리하므로 HOL 스케줄링을 적용한 경우 가장 좋은 성능을 보여주고 있다. 반면에 우선 순위가 떨어지는 VBR-nrt나 ABR 버퍼의 경우는 VQS4의 가변큐 공유 특성에 의해 FQ 보다 우수한 CLP 성능을 보여주고 있다. (h)는 총 셀 손실률을 보여주고 있는데 버퍼 크기가 작아지면서 CLP 성능은 떨어지지만 VQS4대 FQ 관점에서 비교하면 VQS4가 월등히 우수한 셀 손실률 성능을 보여주고 있다.



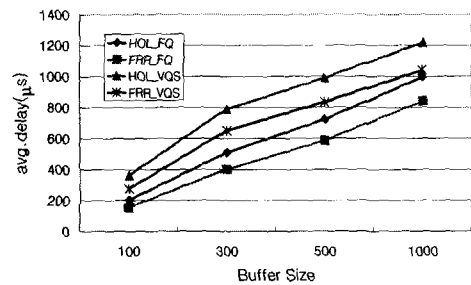
(a) CBR 평균 셀 지연시간



(b) VBR-rt 평균 셀 지연시간



(c) VBR-nrt 평균 셀 지연시간

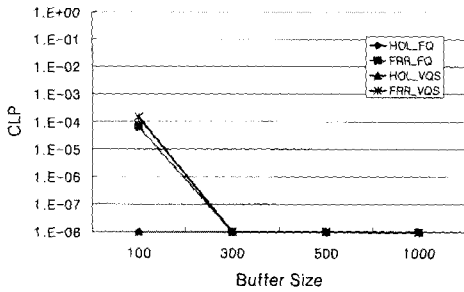


(d) ABR 평균 셀 지연시간

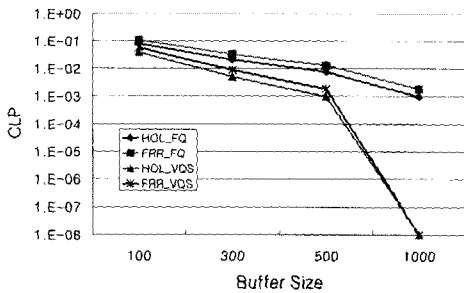
5. 결론

ATM 네트워크에서 트래픽 제어는 중요한 의미를 갖는다. 본 논문에서는 ATM 트래픽의 셀 손실 QoS를 향상시킬 수 있는 VQS4(가변큐공유) 버퍼 구조를 제안하였다. 제안한 VQS4 버퍼 구조와 기존의 고정 버퍼 구조에 동일한 셀 스케줄링 기법(HOL, FRR)을 적용하여 성능을 비교한 결과, 트래픽 밀도 0.9, 버퍼 크기 500, FRR 적용의 경우, 고정 버퍼는 0.008149, VQS4 버퍼는 0.001835의 CLP 성능을 나타내었다. VQS4 버퍼 적용만으로 4.44배의 성능차이를 확인할 수 있었다. HOL의 경우, 고정 버퍼는 0.007712, VQS4는 0.002125로서, 3.633배의 성능차이를 확인하였다. 평균 셀 지연시간 성능의 경우, 고정 버퍼가 더 좋은 성능을 보이고 있지만 VQS4의 경우 버퍼에 대기 중인 셀들이 많기 때문이고 또한 실시간 트래픽이 원하는 지연시간 QoS를 모두 만족시키는 범위에서 셀 손실 QoS 측면에서 우수한 성능을 보여 주고 있음을 확인하였다. 물론 고정 버퍼 구조와 비교하여 VQS4 버퍼 구조가 약간의 구현 오버헤드를 갖고 있지만 셀 손실 QoS 향상에서 큰 장점을 얻을 수 있다.

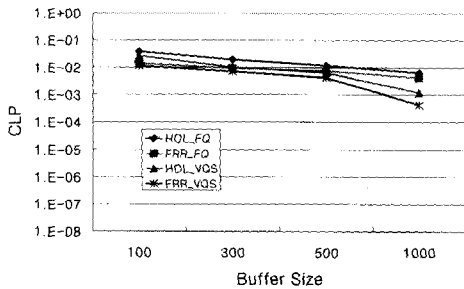
향후, 고속 ATM 네트워크는 버스트 트래픽의 집중이 심하므로 링크 효율성이 중요한 변수가 되며, 트래픽 처리 및 제어는 큰 의미를 가지므로 본 논문에서 제안하고 있는 VQS4에 대한 구현 관점의 연구가 요구되어진다. 또한, 제안 큐 구조를 이용한 트래픽 혼잡 제어 알고리즘을 연구중이다.



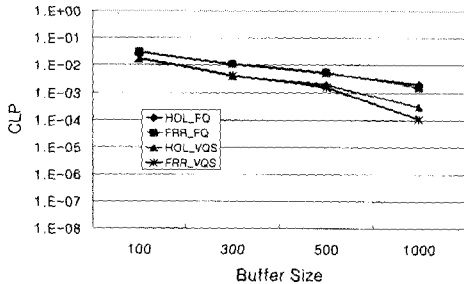
(e) VBR-rt 셀 손실률



(f) VBR-nrt 셀 손실률



(g) ABR 셀 손실률



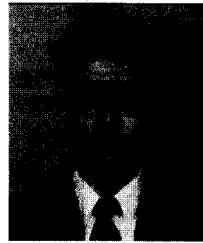
(h) 총 셀 손실률

[그림 4] 버퍼 크기별 성능 비교(VQS4대 FQ)  
 [Fig. 4] Performance Comparison by Buffer Size(VQS4:FQ)

※ 참고문헌

- [1] 곽민곤, 성수란, 김종권, "ATM전송망에서의 PBS를 이용한 셀 우선순위제어방식의 연구", 94-12, Vol.19, No.12.
- [2] The ATM Forum TechnicalCommittee, "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, pp. 418-427.
- [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] 안정희, 정선이, 정진욱, "ATM 트래픽 성능향상을 위한 대기행렬 구조의 제안 및 성능평가", 98'추계 시뮬레이션학회발표 논문집, Nov.1998, pp.147-150.
- [9] A.Alan B.Pritsker, Jean J. O'Reilly, David K. LaVal, "Simulation with Visual SLAM and AweSim", Wiley, New York, 1997.

이 영 교



1986년 한양대학교 전자공학과 (공학사)  
 1991.6 한양대학교 전자공학과 대학원(공학석사)  
 1993.8~1998.9 대우통신 종합연구소 선임연구원  
 1999.2~2001.6 LG 전자 중앙연구소 선임연구원

안 정 희



1988.2 성균관대학 정보공학과 (공학사)  
 1993.2 성균관대학 정보공학과 대학원(공학석사)  
 2000.2 성균관대학 정보공학과 대학원(공학박사)  
 1996~현재 두원공과대학 소프트웨어개발과 조교수