

# ATM 트래픽 성능향상을 위한 대기행렬구조의 제안 및 평가

\*안정희 · \*정선이 · \*정진욱

\*성균관대학교 컴퓨터공학부

## VQS4 Mechanism for the Priority Control in ATM Traffic

\*Jeong-Hee Ahn · \*Sunny Jung · \*Jin-Wook Chung

\*Dept. of Computer Engineering, Sung-Kyun-Kwan Univ.

### 요 약

ATM 환경의 다양한 QOS를 갖는 트래픽의 우선순위제어를 위해, ATM 스위치의 출력 버퍼에 저장되는 셀의 큐 메카니즘을 제안하였다. 제안한 큐 방식은 가변큐공유(VQS4 : Variable Queue Sharing with 4 queue)방식으로서 기존의 고정 큐 방식의 문제점인 버스트 트래픽으로 인한 큐 오버플로우의 문제점을 개선하기 위해 CBR 큐, VBR-rt 큐, VBR\_nrt 큐, ABR 큐의 영역을 가변적으로 공유하여 큐 자원의 이용율을 최대화시킴으로써 순간 버스트 트래픽 유입으로 인한 셀손실율을 최소화시킬 수 있는 특성을 제공한다. VQS4 방식의 성능을 평가하기 위해 버스트 특성이 강한 트래픽 패턴을 이용하여 고정 큐를 이용한 HOL과 제안 방식인 VQS4의 셀손실률 및 평균 지연률을 비교하였으며 시뮬레이터는 Visual Slam 2.0(AweSim)을 이용하여 작성했다.

## WDM

### 1. 서 론

ATM(Asynchronous Transfer Mode:비동기전송방식)망의 전송 단위인 셀은 트래픽 종류에 관계없이 고정된 53바이트 크기를 갖는다. ATM 계층에서는 다양한 서비스 품질을 요구하는 트래픽 셀의 전송을 담당하는데, 이런 특성을 만족시키기 위해서는 효율적인 트래픽 관리가 필요하다[1]. ATM 망에서의 원활한 셀 전송을 위해서는 모든 ATM 망의 트래픽 제어를 수행하기 위해 구현해야만 하는 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]. 셀이 ATM 망을 통과할 때, 많은 사용자들의 과도한 트래픽 부하로 인한 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 만족시켜주며 밀어내기(PUSHOUT), 부분버퍼공유(PBS), 경로분리(RS) 기법 등이 있다[3]. 시간 관점은 큐의 과잉상태 전에 미리 정해진 우선순위기법에 따라 제어하

는 방법이다. 미연에 과잉상태를 피하는 기법으로 고정과 동적 우선순위기법으로 분류한다[4][5]. 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. 동적우선순위 제어기법은 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)[6]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 데이터와 같은 트래픽이 망을 통과할 때 순간 트래픽밀도의 증가로 셀손실률이 커질 확률이 높다. ATM 스위치 큐에서 버퍼링된 셀들의 우선순위제어도 중요하지만 우선되는 버스트 트래픽의 손실률을 최소화시키는 것도 중요한 문제이다.

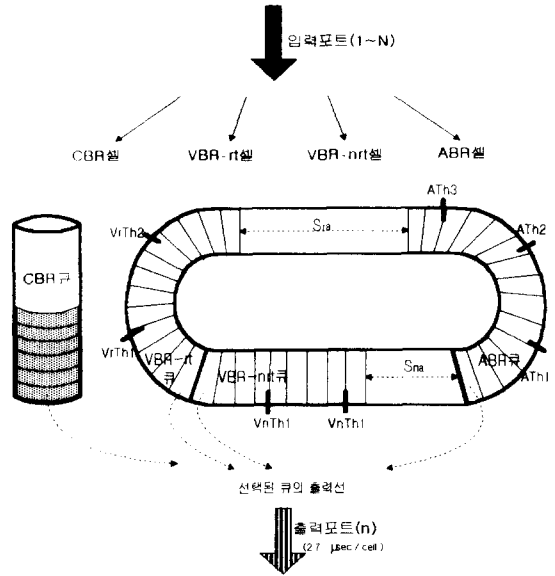
따라서, 본 논문에서는 ATM과 같은 고속 환경 전송방식에 적합한 가변큐공유방식을 제안하고 있다[8]. 이 방식은 우선순위제어를 단순화시켜도 셀 성능을 충분히 보장해줄 수 있기 때문에 고속 스위치에 적합하다.

### 2. ATM 트래픽 특성

ATM Forum에서는 ATM 계층 서비스를 CBR (Constant Bit Rate), VBR-rt(real time Variable Bit Rate), VBR-nrt(non-real time Variable Bit Rate), ABR(Available Bit Rate), UBR(Unspecified Bit Rate) 로 분류하였다.[2] CBR과 VBR-rt서비스는 실시간 서비스를 위한 것이다. CBR 서비스는 언제나 PCR로 보낼 수 있는 대역폭을 확보받은 컨넥션으로서 트래픽 우선순위 제어에서 최고의 우선순위로 서비스를 받는다. 고화질 비디오, 회선 애플리케이션, 음성과 같은 서비스에 응용한다. VBR-rt 서비스의 경우 PCR, SCR, MBS로 특징지워지며 CAC 알고리즘에 따라 다소 차이가 있지만 교과서적인 관점에서는 SCR의 대역폭을 확보받고 계약한 파라미터 값 범위에서 소스가 트래픽 전송을 수행하는데 MBS 값의 범위에서 버스트 트래픽을 발생하는데 전체적인 트래픽 패턴은 버스트와 인터버스트가 반복되는 특성을 갖고 있다. 비디오, 오디오, 음성과 같은 서비스에 응용가능하며 약간의 셀 손실(10-7)을 허용하지만 지연에는 아주 민감한 특성을 갖고 있다. 비실시간 서비스에 적용할 수 있는 VBR-nrt, ABR, UBR 서비스는 망에서 사용자의 요구 사항을 어느 정도까지 보장해 줄 수 있는가를 기준으로 분류할 수 있다. VBR-nrt 역시 VBR-rt와 같이 PCR, SCR, MBS로 특징지워지며 SCR의 대역폭을 확보받고 트래픽 패턴도 버스트와 인터버스트를 반복하는 유사한 트래픽을 발생하지만 지연에 덜 민감하다. 망으로부터 CAC 과정에서 계약한 평균 셀 전송 지연(Mean CTD)과 셀 손실률(CLR)을 보장받을 수 있으므로 응답시간에 예민한 작업공정제어, 은행거래업무, 항공예약과 같은 서비스에 응용한다. ABR 서비스는 망이 셀 손실률과 최소한의 셀 전송 속도(MCR)를 보장해 줄 수 있으며 이를 위해 제어 정보도 사용할 수 있으므로 손실없이 전달되어야 하는 파일 전송과 같은 중요한 데이터 전송 서비스에 응용할 수 있다. UBR의 경우에는 망이 아무런 보장을 해주지 않으므로 셀 손실과 전송 지연에도 무관한 데이터 전송 서비스에 적합하다.[통신학회논문]

### 3. ATM 트래픽 성능 향상을 위한 가변큐 공유 방식 (VQS4:Variable Queue Sharing)

앞절에서 기술한 서비스들의 QOS를 만족시키기 위한 스위치 큐에서의 우선순위제어를 위해 특정한 QOS가 없는 UBR 서비스를 제외한 CBR, VBR-rt, VBR-nrt, ABR 서비스들을 위한 큐 구조를 제안한다. (그림 1)는 제안 큐 구조의 구성도이다. 그림 1에서 보듯이 CBR 큐는 독립시켰다. VBR의 트래픽 특성과 ABR 서비스의 혼잡제어를 이용하여 융통성있는 대역폭 활용의 특성을 이용하여 이 트래픽들을 위한 큐를 그림 1과 같이 결합하였다. 각 서비스의 QOS인 셀 손실률, 셀 전송 지연, 셀 지연 변이를 만족시키기 위해 제안 큐에서의 버퍼링과 큐 선택 알고리즘을 제안하였다. VBR-rt와 ABR 큐 사이에는 경계선이 없으며 VBR-nrt와 ABR 큐와의 경계선은 큐 상황에 따라 가변 가능하다.



(그림 1) VQS4 구조 서비스 별 버퍼링 방식은 다음과 같다.

<p>- VBR-rt 셀 도착 :</p> <p>if (Sra 사이의 공간이 있으면) 버퍼링 성공</p> <p>else if (Sna 사이의 공간이 있으면) VBR-nrt 큐로 확장, 버퍼링 성공</p> <p>else VBR-rt 셀 폐기</p>
<p>- VBR-nrt 셀 도착 :</p> <p>if (Sna 사이의 공간이 있으면) 버퍼링 성공</p> <p>else if (Sra 사이의 공간이 있으면) ABR 큐로 확장, 버퍼링 성공</p> <p>else VBR-rt 셀 폐기, ABR 큐로 확장, 버퍼링 성공</p>
<p>- ABR 셀 도착 :</p> <p>if (Sna 사이의 공간이 있으면) 버퍼링 성공</p> <p>else if (Sra 사이의 공간이 있으면) VBR-nrt 큐로 확장, 버퍼링 성공</p> <p>else VBR-rt 셀 폐기, 버퍼링 성공</p>

(그림 2) 서비스별 버퍼링 방식

서비스별 버퍼링 방식에서 알수 있듯이 손실에 민감한 ABR, VBR-nrt 서비스는 VBR-rt 보다 높은 우선순위로 서비스되므로 최악의 경우 이미 버퍼링된 VBR-rt 셀을 폐기하여 손실에 민감한 셀을 버퍼링시킨다. 하지만 이러한 경우는 실제 시스템에서는 거의 발생하지 않는다. 최악의 상황이 발생되기 전에 ABR의 혼잡제어 알고리즘에 의해 ABR 소스의 전송속도를 조절하여 큐 상태의 안정을 유지할 수 있다. 본 논문에서는 네가지 서비스 클래스의 QOS를 만족시킬 수 있는 셀 버퍼링 관점에서의 가변큐의 성능을 비교하기 위해

ABR혼잡제어와의 결합 테스트는 배제하였다. 지연에 민감한 CBR, VBR-rt 서비스는 셀 우선순위 서비스에서 높은 우선순위로 선택되어 서비스된다.

4. 시뮬레이션 실험 및 성능 분석

지금까지 살펴본 VQS4 기법과 성능 비교를 위한 HOL 기법의 시뮬레이터는 AweSim 2.0 (Visual Slam)으로 구현하였다. 모델은 크게 ATM 셀 발생 장치, VQS4 버퍼링, 셀 스케줄링 서비스 컴포넌트 등으로 구성되어 있다.

4.1 시뮬레이션 환경

본 논문은 VQS4 메카니즘의 성능을 확인하는데 목적이 있다. 그러므로 ABR 소스 트래픽의 속도를 조절하기 위한 VBR 큐길이 변화에 따른 ABR 큐의 임계값 변화를 이용한 ABR 혼잡제어는 시뮬레이션에서 배제한다. 큐에 유입되는 모든 셀을 무조건 버퍼링하여 처리할 경우 가변큐공유(VQS4)방식만을 통한 성능을 분석할 것이다. 그리고 버스트한 트래픽이 많은 망에서의 큐 성능을 비교해야 하므로 CBR과 ABR 트래픽(LAN데이터, 화일전송)은 포아송 분포(Poisson Distribution)로 가정하고 VBR 트래픽을 버스트 특성이 강한 트래픽으로 모델링하였다. VBR 트래픽(비디오, 영상회의)은 프레임 생성 주기 동안 한번의 활성화 상태를 가지며, 셀 생성은 포아송 분포(Poisson Distribution)를 따르고, 활성화 지속 시간은 일양 분포(Uniformly Distribution)를 따르고 해당 프레임 주기가 끝날 때까지 비활성화 상태를 유지한다. 시뮬레이션에서 프레임 생성 속도는 30frame/sec, 활성화 상태 지속 시간은 5ms에서 21ms의 일양 분포, 활성화 상태의 셀 전송 속도는 50Mbps(고속), 20Mbps(저속)로 하였다.

VBR 트래픽의 발생은 모든 트래픽 밀도에서 공통적으로 다섯 개의 노드(세개의 VBR-rt 노드와 두 개의 VBR-nrt 노드)를 통해 생성하고 이들의 시작 시간을 조정하여 실제 트래픽 환경에서 발생 가능한 최대 버스트 환경을 가정하여 모델링하였다. 트래픽밀도는 VBR-rt(3개)와 VBR-nrt(2개) 트래픽 생성은 고정시키고 CBR과 ABR 트래픽의 생성을 조절하여 가정하였다. VBR-rt와 VBR-nrt 트래픽의 밀도별 비율은 0.6일 때 각각 45%, 30%, 0.7일 때 38.4%, 25.6%, 0.8일 때 33.6%, 22.4%, 0.9일 때 30%, 20%, 1.0일 때 27%, 18%를 차지한다. 전체적으로 VQS4 모델은 AweSim 2.0으로 구현하고 VQS4 알고리즘이나 큐 서비스 방식은 Visual C++

를 이용하여 시뮬레이터와 인터페이스시켰다.

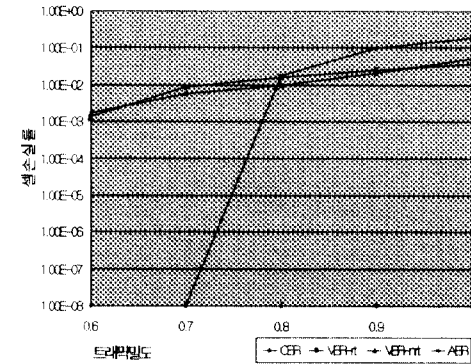
시뮬레이션의 단위 시간은 1μs로 가정하고, 수행시간은 100,000,000 단위시간 동안 수행하였다. ATM 스위치 노드의 출력링크 속도는 155Mbps, 각 셀의 서비스 시간은 2.7μs로 하였다. VQS4 방식의 성능을 확인하기 위해 고정 큐 길이를 갖는 HOL 기법과 비교 시뮬레이션을 하였다. 이들 방식에 고정 셀 서비스 방식의 우선순위제어를 적용한 결과를 비교하였다. 직관적으로도 VQS4 성능이 우수하리라는 것을 알 수 있지만 성능 비교 차원에서 시뮬레이션을 수행하였다.

시뮬레이션 수행시 각 트래픽 큐 크기는 300셀인 경우를 가정하여 비교하였다. HOL과 VQS4 기법에

똑같이 8:6:4:1의 셀 서비스 비율을 적용한 우선순위 제어를 수행하여 트래픽 밀도별 두가지 기법의 각 큐에서의 평균 지연률 및 손실률을 비교하였다.

4.2 시뮬레이션 결과 및 분석

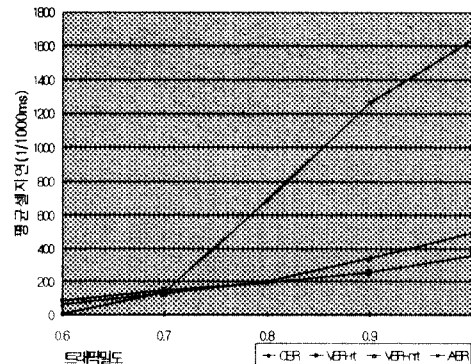
그림 3과 그림 4는 HOL기법의 트래픽 밀도에 따른 셀 손실률과 평균 지연을 측정해서 CBR, VBRrt, VBR-nrt, ABR 서비스별로 비교한 결과이고 그림 5와 그림 6은 VQS4기법의 트래픽 밀도에 따른 셀 손실률과 평균 지연을 측정해서 CBR, VBRrt, VBR-nrt, ABR 서비스별로 비교한 결과이다.



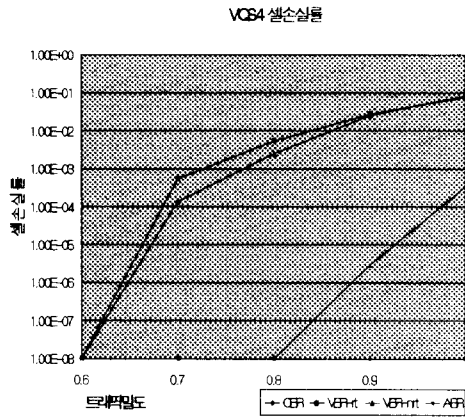
(그림 3) 트래픽별 HOL기법의 셀손실률

본 논문의 시뮬레이션에서 이용한 트래픽 모델은 상당한 버스트 특성을 가지고 있으므로 실제 환경보다 손실률이 더 높다. 이때 고정큐를 사용하는 HOL과 가변큐를 사용하는 VQS4의 셀 손실률은 그림 3과 그림5에서와 같은 차이를 보여주고 있다. 기본적으로 CBR은 본 실험에서 사용한 고정 셀 스케줄링에서 최고의 우선순위로 서비스되므로 손실률이 거의 없었다. 손실에 민감한 ABR, VBR-nrt의 경우 VQS4가 HOL 기법에 비해 우수한 성능을 보여주고 있다. 반면에 셀들의 평균지연시간을 보여주고 있는 그림 4와 그림 6을 보면 전체적으로 HOL이 좋은 성능을 보여주고 있는데 이것은 많은 양의 셀손실로 인하여 큐에 대기중인 셀개수가 적으므로 당연히 큐에서의 대기시간이 작이므로 좋은 성능을 보여줄뿐이다.

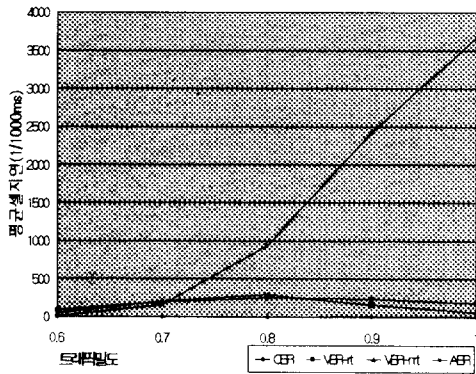
HOL 평균셀지연시간



(그림 4) 트래픽별 HOL기법의 평균셀지연시간



(그림 5) 트래픽별 VQS4기법의 셀손실률



(그림 6) 트래픽별 VQS4기법의 평균셀지연시간

본 논문의 VQS4의 가변큐 성능을 입증하기 위해 극단적으로 강한 버스트 트래픽의 발생과 각각 300셀의 큐길이를 사용하는 환경으로 가정하였고 셀 스케줄링도 고정스케줄링으로 하였다.

5. 결론

ATM 망과 같은 고속 통신망에 위치하는 스위치는 통계적 다중화에 의한 대역폭 할당과 셀의 고속 전송으로 버스트성이 강한 트래픽 유입의 경우 트래픽의 QoS가 저하될 가능성이 높다. 서비스 클래스 큐별 QoS를 만족시키기 위해 큐 우선순위제어를 수행한다. 그러나 한정된 큐 크기에 순간 버스트 데이터가 유입될 경우, 발생하는 셀손실률은 우선순위제어만으로는 해결이 안된다. 그러므로 본 논문에서는 셀들이 큐에 도착하여 버퍼링되는 시점에서의 셀손실률을 최소화시키기 위해 가변큐공유방식을 제안하여 모델링하였다. 본 논문에서 제안하고 있는 VQS4 메카니즘은 단순 우선순위제어를 적용하더라도 셀이 큐에 저장되는 시점에서 각 셀의 손실률을 최소화할 수 있다. VQS4 메카니즘의 성능을 확인하기 위해 각 서비스 클래스별 고정 길이 큐를 갖고 고정 셀 서비스를 수행하는 HOL과의 비교 시뮬레이션을 실행하였다. 두가지 기법 모두 같은 우선순위제어 방식을 적용하였다.

VQS4 메카니즘은 셀손실률면에서 탁월한 성능을 보여주었다. 평균셀지연에서 HOL 기법이 좋은 성능을 얻은 것은 셀손실률이 컸기 때문에 상대적으로 서비스할 셀이 적었고 서비스된 셀들의 큐 대기시간은 당연히 작을 수밖에 없다. VQS4 메카니즘에 적합한 동시에 고속 통신에 적합한 우선순위제어 방식을 적용한다면 탁월한 성능을 얻을 수 있을 것이다. 현재, ABR 혼잡제어 알고리즘과의 결합 시뮬레이션을 통한 성능분석을 계획하고 있다.

참고문헌

- [1] 광민곤, 성수란, 김중권, "ATM 전송망에서의 PBS를 이용한 셀 우선순위제어방식의 연구", 94-12, Vol.19, No.12.
- [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] 안정희, 정진욱, "가변큐공유방식을 기반으로 하는 ATM 스위치에서의 셀 우선순위제어", 97추계 정보처리학회발표논문집, 제4권 2호, pp951-954. 97-10