

# ATM에서 공정한 QoS 제공을 위한 문턱값 기반 버퍼 관리 알고리즘

고 유 신\*, 강 은 성\*, 고 성 태\*\*

\* 제주대학교 전기전자공학과 대학원

\*\* 제주대학교 전기전자공학부, 제주대학교 첨단기술연구소

## Threshold Based Buffer Management Algorithm for Fair QoS in ATM

You-Shin Koh\*, Eun-Sung Kang\*, Sung-Taek Ko\*\*

\* Graduate School

\*\* Faculty of Electric and Electronic engineering, Cheju Nat'l Univ., FTERI

### 요 약

ATM 트래픽 관리의 목적은 호 설정시 요구하는 QoS를 충족시키는 것과 최소한의 망 자원을 이용하면서 망을 보호하는 것이다. 또한, 서로 다른 채널간 QoS를 공정하게 보장하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 채널들간에 공정한 QoS 제공과 링크 이용률을 높이기 위하여 입력 버퍼에 문턱값을 기반으로 출력 셀율을 동적으로 조정하는 새로운 TBBM(threshold based buffer management) 알고리즘을 제안하였으며 문턱값 변화에 따른 성능을 분석하였다.

### I. 서 론

ATM은 연결과 대역할당의 독립성을 특징으로 하는 전송방식으로 호 연결에 대한 요청이 있을 때 가상 채널을 설정하여 정보를 전달하며, 가상채널이 설정될 때마다 사용자의 요구에 따라 전송용량을 할당하므로 기존의 동기식 전송방식보다 전송자원 활용 면에서 장점을 가지게 된다. 그리고, 특성이 다른 다양한 응용서비스를 ATM 망에서는 통계적 다중화 방식으로 전송하므로 다른 전송 기법에 비해 전송효율이 높다. 반면에 효과적인 트래픽 제어를 수행하지 못할 경우 다중화기 버퍼에서의 셀 전송 지연 및 오버플로우에 의한 셀 손실이 발생할 수 있는 문제점을 지니고 있어[1], 스위치 내부 링크의 대역 사용량을 측정하여 폭주 및 트래픽 제어를 수행하고 링크 이용률을 높이기 위한 대역 재할당 알고리즘[2], 신경회로망을 이용한 대역 관리[3], 퍼지 이론을 이용한 대역 관리[4] 등 다양한 방법으로 제안되고 있으며, 대역폭 할당에 대한 이론적인 등가 용량은 항상 overestimation 되어 있

어 실제로 요구되는 대역폭보다 훨씬 높다[5].

변동이 심한 실시간 음성과 영상 서비스들에 대해서 이론적으로 계산되어지는 등가 용량보다 높은 이용율을 제공하고, 통계적 다중화에서 제공하기 어려운 채널들의 공정한 QoS를 보장하기 위해 본 논문에서는 문턱값에 기반을 둔 버퍼 관리 알고리즘(TBBM : threshold based buffer management)을 제안하였다. 이 알고리즘의 목표는 각 채널에서 요구하는 다양한 QoS를 공정하게 제공하고, 동시에 적은 링크 대역폭을 사용하면서도 요구하는 QoS를 충분히 보장하는 것이다. 구현 방법은 문턱값을 기준으로 채널들의 버퍼 점유율에 따라 출력되는 셀율을 차등하게 처리하며, 이때의 출력 셀율은 각 트래픽이 지니는 순간 최대 셀율(PCR : peak cell rate), 평균 셀율(ACR : average cell rate), 상수  $\alpha$ 에 의해 정하여진다. 이렇게 함으로써, 예측이 어려운 입력 트래픽에 대하여 다중화 출력 셀율을 일정하게 유지 즉, 링크 대역폭을 일정하게 사용할 수 있다. 컴퓨터 모의 실험을 통하여 제안된 방법의 효율성을 평가하였다.

### II. 본 론

#### 1. 제안된 알고리즘

본 논문에서는 각 채널에 할당된 버퍼로 입력되는 트래픽에서 요구하는 QoS를 최대한 공정하게 보장할 뿐만 아니라 대역폭 사용율도 줄이기 위해 문턱값을 기반으로 하는 TBBM 알고리즘을 제안하였다. TBBM 알고리즘의 기본 동작은 입력 버퍼에 문턱값(TH : through)을 두어서 입력 버퍼로 들어오는 트래픽에 대해 버퍼 점유율에 따라 입력 버퍼에서 출력되는 셀율(OCR : output cell

rate)을 조절하는 일종의 가중치 공정 큐잉(WFQ : weight fair queuing)의 변형이다. 다중화 출력 셀을 일정하게 유지하기 위해 버퍼 점유율이 문턱값을 초과하는 경우의 OCR은 문턱값을 초과하지 않는 경우의 OCR보다 더 많이 처리하며 반대로, 버퍼 점유율이 문턱값을 초과하지 않는 경우의 OCR은 문턱값을 초과하는 경우의 OCR보다 더 적게 처리한다. 채널에서의 출력 셀을  $OCR_{ch}$ 로 설정하는 경우 버퍼 점유율이 문턱값을 초과하는 채널에서의 출력 셀을  $OCR_i$ 는  $OCR_{ch}$  보다  $\beta$ 만큼 더 많이 처리하며, 버퍼 점유율이 문턱값을 초과하지 않는 채널에서의 출력 셀을  $OCR_i$ 는  $OCR_{ch}$  보다  $\gamma$ 만큼 덜 처리한다. 식 (2)와 (3)에서와 같이  $\beta$ 와  $\gamma$ 는 PCR과 ACR의 차에 0과 1사이의 상수  $\alpha$ 배를 한 것이다. 채널 수가  $n$ 개이고, 문턱값을 초과하지 않는 채널 수가  $m$ 이라고 하면  $[(n-m) \times \beta]$  와  $(m \times \gamma)$ 의 합이 "0"이 되도록  $\beta$ 와  $\gamma$ 를 결정한다. 즉, 입력되는 트래픽들에 대해 채널에서는 다양한 출력 셀을 보이지만,  $N$ 개 소스에서 다중화되는 출력 셀은 일정하게 유지할 수 있다. 식 (1)은  $n$ 개의 채널을 다중화하는 경우에 출력 셀을  $OCR_{Total}$ 을 구한 식이다.

$$OCR_{Total} = \sum_{i=1}^n OCR_i \quad (1)$$

$$= (n - m) \times (OCR_{ch} + \beta) + m \times (OCR_{ch} - \gamma)$$

$$= n \times OCR_{ch}$$

• 버퍼 점유율이 문턱값 이상인 경우

$$OCR_i = OCR_{ch} + \beta \quad (2)$$

$$\beta = \frac{((PCR - ACR) \times \alpha)}{m}$$

• 버퍼 점유율이 문턱값 이하인 경우

$$OCR_i = OCR_{ch} - \gamma \quad (3)$$

$$\gamma = \frac{((PCR - ACR) \times \alpha)}{n - m}$$

여기서,  $OCR_i$ 은 버퍼 점유율에 따른 채널의 출력 셀을,

$OCR_{ch}$ 은 채널 출력 셀을,

PCR은 순간 최대 셀을,

ACR은 평균 셀을,

$n$ 은 채널 수,

$m$ 은 문턱값을 이하인 버퍼 수,

$\alpha$ 는 0과 1 사이의 값을 갖는 상수이다.

만약,  $\alpha$ 가 0이라면 문턱값에 상관없이 모든 채널에서의 출력 셀은  $OCR_{ch}$ 일 것이며,  $\alpha$ 가 1이면  $\beta$ 와  $\gamma$ 값이 최대가 되는 경우로 버퍼 점유율의 문턱값 초과 여부에 따라 채널간 출력되는 셀을  $OCR_i$ 의 차가 가장 크다. 그러나, 다중화가 이루어진  $OCR_{Total}$ 은 일정 기간동안 채널수배만큼의  $OCR_{ch}$ 로 일정한 값을 유지한다. 즉, 이 알고리즘의 목적인 다중화가 이루어지는  $n$ 개의 채널에 대해 QoS를 개별적으로 공정하게 제공함과 동시에 다중화 출력 셀을 일정하게 유지하는 것으로, 시간에 대해 변동이 심한 특성을 지니는 rt-VBR 트래픽들의 대역폭 사용에

대한 예측이 가능하므로 간단한 연결 수락 제어(CAC : call admission control) 구현 등 효과적인 트래픽 관리가 가능하게 될 것이다.

TBBM 알고리즘에 대한 일련의 절차는 그림 2에서 보여주고 있다. 이 논문에서는 실시간 오디오와 비디오 트래픽에 대한 모델[6]로부터 트래픽을 생성하여 실험하였다. 여기서,  $n\_Buffer$ 은 버퍼 수, GC는 생성된 트래픽, BC는 버퍼내의 셀 수, TH는 문턱값, BS는 버퍼 크기, LC는 손실되는 셀 수,  $overTH$ 는 버퍼 점유율이 문턱값을 초과하는 경우의 버퍼 수,  $underTH$ 는 버퍼 점유율이 문턱값을 초과하지 않는 경우의 버퍼 수이다.

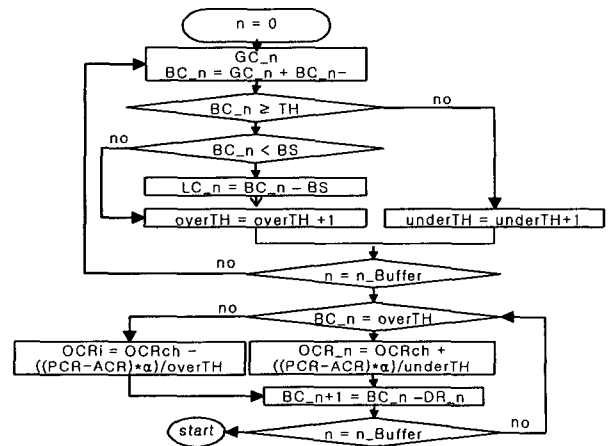


그림 2. TBBM 알고리즘 순서도  
Fig. 2. Flowchart of TBBM algorithm.

## 2. 성능평가

### 2.2. 성능평가 요소

제안한 알고리즘의 성능평가를 위하여 ATM-LAN 환경에서 실시간으로 측정하여 모델링한 누적 분포 함수(CDF : cumulative distribution function)[6]를 이용하여 오디오, 비디오 트래픽을 랜덤하게 생성하였다. 셀 생성 간격은 0.01s로 하였다. VBR 트래픽들의 버퍼 크기와 CLR 관계[7]은 식 (4)와 같이 기술되며, 본 논문에서 사용될 트래픽들에 대한 버퍼 크기와 CLR의 관계를 부하 식 (5)에 따라 그림 3에서와 같이 보여 주고 있다.

$$\log(CLR) \approx \alpha B^{-\beta} \quad (4)$$

여기서, B는 버퍼 크기,  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 양의 상수이다.

$$L = \frac{\frac{1}{T} \int_0^T I dt}{\frac{1}{T} \int_0^T O dt} \quad (5)$$

여기서, L은 부하, T는 단위 시간, I는 입력 트래픽이며, O는 출력 트래픽이다.

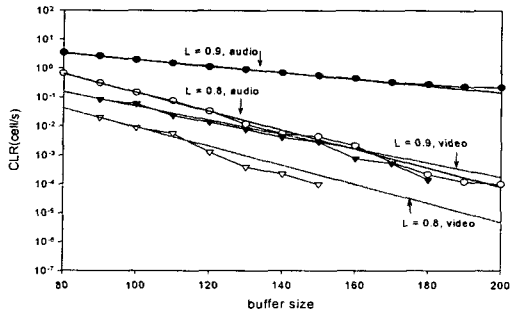


그림 3. CLR과 버퍼 크기의 관계

Fig. 3. The relationship between CLR and buffer size

이론적 등가용량[5]은 식 (6)와 같이 기술되며, 이는 항상 overestimation되어 있어 링크 이용률이 낮다. 생성된 트래픽에 N개의 채널을 하나의 소스로 다중화하는 과정에 필요한 대역폭인 다중화 출력 셀율과 CLR의 관계를 그림 4.에서 보여주고 있으며, 최소자승추정 방식에 의해 식 (7)을 구하였다.

$$c = R \frac{y - B + \sqrt{(y - B)^2 + 4B\rho y}}{2y} \quad (6)$$

여기서, C는 등가용량, R은 피크율, B는 버퍼 크기, ρ는 부하,  $y = (1 - \rho)R \ln(\frac{1}{\rho\beta})$  이다.

$$CLR \approx \frac{a}{1 + e^{-\frac{OCR - c}{b}}} \quad (7)$$

여기서, a와 B, c는 상수, OCR은 출력 셀율이다.

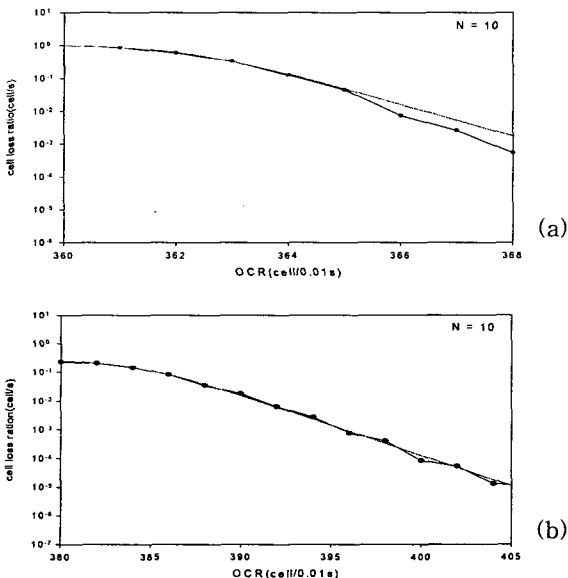


그림 4. CLR과 다중화 출력 셀율의 관계 (a)오디오, (b) 비디오 트래픽

Fig. 4. The relationship between CLR and OCR in the multiplexed (a)audio, (b)video traffic

## 2.2. 문턱값의 변화에 따른 성능분석

채널의 출력 셀율 OCRch를 부하가 0.8인 경우로 설정하였을 때 문턱값과 α의 변화에 따른 오디오와 비디오 트래픽의 CLR 특성을 그림 5에서 보여주고 있으며, 채널간 CLR 편차 특성은 그림 6에서 보여주고 있다. 여기서, 오디오 트래픽은 문턱값이 버퍼 크기의 0.8배인 경우, 비디오 트래픽에서는 문턱값이 버퍼 크기의 0.5배인 경우에 CLR과 채널간 CLR 편차에서 가장 좋은 특성을 보이고 있다. 오디오 트래픽은 문턱값이 버퍼 크기의 0.8배이고, α = 0인 경우에는 채널간 CLR 편차는 0.0215이나, α > 0인 경우에 채널간 CLR 평균 편차는 0.0006로 줄어들어 채널간 QoS를 공정하게 제공함을 알 수 있다. 비디오 트래픽은 문턱값이 버퍼 크기의 0.5배이고, α = 0인 경우에는 채널간 CLR 편차는 0.0023이나, α > 0인 경우에 채널간 CLR 평균 편차는 0.0001로 나타나 오디오 트래픽에서와 마찬가지로 채널들에게 QoS를 공정하게 제공하고 있음을 보여주고 있다. 여기서, L은 부하, ch는 채널 수, B는 버퍼 크기, TH는 문턱값이다.

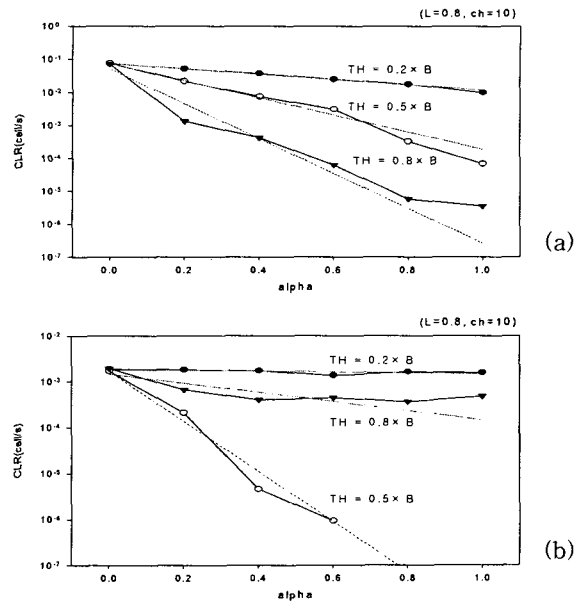
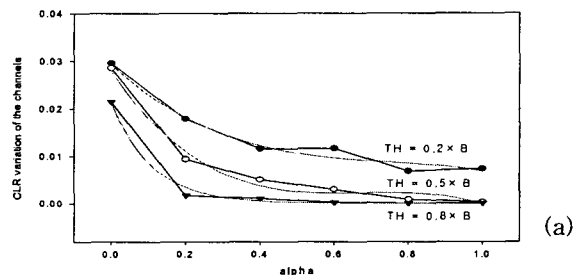


그림 5. 문턱값에 따른 CLR과 α의 관계 (a)오디오, (b) 비디오 트래픽

Fig. 5. The relationship between CLR and α based on threshold in the multiplexed (a)audio, (b)video traffic



(a)

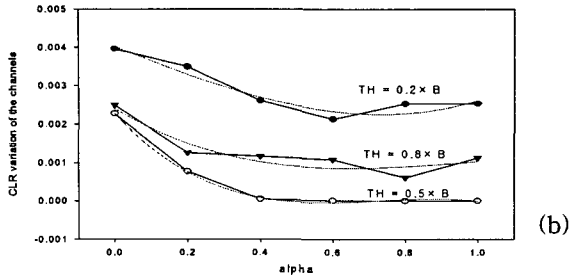


그림 6. 문턱값에 따른 채널간 CLR 편차와  $\alpha$ 의 관계 (a) 오디오, (b)비디오 트래픽

Fig. 6. The relationship between CLR variation of the input channels and  $\alpha$  based on threshold in the multiplexed (a)audio, (b)video traffic

그림 7은 요구하는 CLR이  $10^{-5}$  cell/s, 부하가 0.8, 채널 수가 10개인 조건하에서 서비스 트래픽들의 채널 수만큼의 PCR을 링크 대역폭 사용율에 대하여 100%로 설정한 경우, 오디오 트래픽인 경우에는 이론적으로 구한 등가용량 사용율 EQC는 91%, 다중화에서 요구하는 대역폭 MUX\_a는 78%, TBBM 알고리즘에서 요구하는 대역 사용율 TBBM\_a는 69%로 나타났으며, 비디오 트래픽인 경우에는 이론적으로 구한 등가용량 사용율 EQC가 91%, 다중화에서 요구하는 대역폭 사용율 MUX\_v가 53%, TBBM 알고리즘에서는 대역 사용율 TBBM\_v는 44%로 나타나, 오디오 트래픽보다 변동이 심한 비디오에서 더 좋은 특성을 보였다.

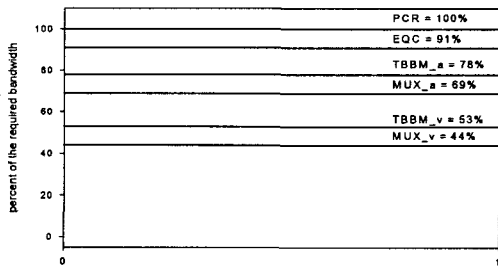


그림 7. 문턱값에 따른 채널간 CLR 편차와  $\alpha$ 의 관계  
Fig. 7. The relationship between CLR variation of the input channels and  $\alpha$  based on threshold in

### III. 결론

본 논문에서 제안한 문턱값에 기반을 둔 버퍼 관리 알고리즘인 TBBM 알고리즘은 요구되는 QoS에 대하여 최대한 공정하게 보장함과 동시에 변동이 많은 트래픽에 대하여 효과적인 대역폭 배정으로 링크 이용율을 높일 수 있는 방법을 제시하였다. TBBM 알고리즘은 입력 채널마다 문턱값을 둔 버퍼를 할당하고, 버퍼 점유율에 따라 동일 서비스내의 다른 채널과 비교하여 출력 셀을 상대적으로 조정함으로써 각 채널마다 출력 셀이 동적

으로 처리되어 요구되는 QoS를 최대한 보장하고, 다중화 출력 셀이 일정함으로써 대역폭 사용율을 줄일 수 있다. N개의 입력을 하나의 소스로 다중화하여 출력 셀을 정하는 경우가 N개의 입력 버퍼들에 TBBM 알고리즘을 적용하여 출력 셀을 조정하는 경우보다 대역폭 이용율은 낮으나, 후자인 경우가 입력 채널들간의 QoS를 공정하게 보장할 수 있으며,  $\alpha$ 에 따라 입력 채널들간의 낮은 CLR 편차를 보였다.

실험 결과 링크 대역폭 사용율에 대해 서비스 트래픽 별로 채널 수만큼의 PCR을 100%로 설정한 경우 오디오 트래픽은 이론적으로 계산된 등가용량 사용율에 비해 TBBM 알고리즘을 사용한 요구 대역폭 사용율이 14.3%, 비디오 트래픽인 경우는 41.8% 대역폭 사용율이 줄어들고 있음을 확인할 수 있었다. 공정성 면에서는 오디오 트래픽은 문턱값이 버퍼 크기의 0.8배, 비디오 트래픽은 문턱값이 버퍼 크기의 0.5배가 될 때 CLR 값과 채널간 CLR 편차들이 최소가 됨을 알 수 있었다. 따라서, 링크 이용율을 높이고 채널간 CLR 편차를 줄여 QoS를 공정하게 제공하기 위해서는 출력 셀을 정적으로 설정하는 것보다 문턱값을 지닌 버퍼를 이용하여 문턱값과  $\alpha$ 을 중심으로 채널마다 출력 셀을 동적으로 처리함으로써 가능하리라 사료된다.

### 참고문헌

- [1] Othmar Kyas, ATM networks second edition, 홍릉 과학출판사, 1997.
- [2] Ricardo Citro, Seong-Soon Joo, Sumit Ghosh, "An Adaptive, Dynamic Buffer Management (ADBMM) Approach for Input Buffers in ATM Networks", IEEE, pp2860-2864, 2001.
- [3] 고성택, 김경연, 김경식, 최영복, "신경회로망을 이용한 ATM 신호의 동적 대역폭 할당", 정보통신분야 우수학교 지원사업 연차보고서 1차, 1998.
- [4] Qiang Ren, G. Ramamurthy, "A Real-Time Dynamic Connection Admission Controller Based on Traffic Modeling, Measurement, and Fuzzy Logic Control", pp.184-196, 2000.
- [5] Raif O. Onvural, Asynchronous transfer mode networks : Performance Issues second edition, Artech House, 1995.
- [6] Lily Cheng, Herman, D.Hughes, "An ATM Traffic Model Based on Empirical Traffic Measurements", Int. Jol. of Modeling & Simulation, Vol. 20, No. 3, pp. 200-212, 2000.
- [7] Jan Beran, Robert Sherman, Murad S. Taqqu, "Long-Range Dependence in Variable-Bit-Rate Video Traffic", IEEE transactions on communications, vol43, no.2/3/4, pp1566-1579, 1995.