

# Self-Similar 트래픽 환경에서 공유 메모리를 갖는 ATM 스위치의 성능분석

김기완 김두용

순천향대학교 정보기술공학부

kkw@sch.ac.kr, dooykim@sch.ac.kr

## Performance Analysis of Shared-Memory ATM switches in Self-Similar Traffic Environment

Ki-Wan Kim Doo Yong Kim

Div. of Information Technology Engineering, Soonchunhyang Univ.

### 요 약

멀티미디어 데이터 전송이 가능한 초고속 통신망의 발달로 음성을 위주로 서비스하던 과거와는 다른 self-similar 특성을 갖는 데이터 트래픽이 발생된다는 것이 알려지고 있다. 이러한 트래픽은 전통적인 네트워크 해석 방법인 포와송 트래픽 모델과는 상당히 차이가 난다는 것이 여러 트래픽의 측정 결과 나타나고 있다. 본 논문에서는 공유 메모리를 갖는 CS(Complete Sharing), DT(Dynamic Threshold), PO(Push-Out) 그리고, SMXQ(Sharing with Maximum Queue)와 같은 다양한 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 스위치의 버퍼 관리 기법을 이용하여 입력포트에 self-similar 성질을 갖는 트래픽이 들어올 때 출력포트에서의 self-similarity와 셀 손실률 그리고, 이용률 등을 분석한다.

### 1. 서 론

동영상과 같은 멀티미디어 데이터 전송이 가능한 초고속 통신망의 발달로 음성을 위주로 서비스하던 과거와는 다른 데이터 트래픽이 발생된다는 것이 알려지고 있다. 이러한 멀티미디어 환경의 패킷 스위치 네트워크로부터 발생되는 트래픽은 burstiness 성질이 시간축상에 넓게 퍼져 나타남으로써 전통적인 해석적 방법인 포와송 트래픽 모델과는 상당히 차이가 난다는 것이 여러 트래픽의 측정 결과 나타나고 있다[1]. 또한, ON/OFF period 상태로 가정하여 발생시킨 트래픽이 무한대의 분산값과 유한의 평균값을 가질 때 이러한 ON/OFF 소스들의 superposition은 self-similar 현상을 갖는 네트워크 트래픽을 발생시킨다는 것을 보여주고 있다[2].

본 논문에서는 공유 메모리를 갖는 CS(Complete Sharing), DT(Dynamic Threshold), PO(Push-Out) 그리고, SMXQ(Sharing with Maximum Queue)와 같은 다양한 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 스위치의 버퍼 관리 기법을 이용하여 입력포트에 self-similar 성질을 갖는 트래픽이 들어올 때 출력포트의 self-similarity가

어떻게 변화되는가를 분석하고 셀 손실률과 이용률 등이 self-similar 트래픽과 어떤 관계를 가지고 있는지를 분석할 것이다.

### 2. 시뮬레이션 모델

#### 1) 트래픽 모델링

Self-Similar 트래픽을 발생시키기 위하여 ON/OFF 기간의 변화는 Pareto 분포를 따르고, ON 기간일 때 지수 분포를 갖는 트래픽이 발생하고, OFF 기간중에는 트래픽의 발생이 없는 ON/OFF 소스 모델로 가정한다.

Pareto 분포는 아래와 같은 식(1)로 나타낼 수 있다.

$$P[X \geq x] = x^{-a} \quad a > 0, x > 1 \quad (1)$$

식(1)에서  $a$ 는 self-similarity 정도를 나타내는 파라미터이며, Pareto분포를 결정하는 중요한 인자이다. 만약

$1 < \alpha < 2$  이라면 Pareto 분포는 무한의 분산값과 유한한 평균값을 갖는다.

2) ATM 스위치 모델링

공유 메모리 구조를 갖는 ATM 스위치 모델을 시뮬레이션하기 위하여 그림 1과 같은 2x2 네트워크 모델로 가정한다. 네트워크 시스템에 도착하는 트래픽( $\lambda_i, i=1,2$ )은 Self-Similar 성질을 갖는다고 가정하고, 각 포트의 스위치는 고정된 상수의 프로세스 시간  $p_{time}(=1/\mu_{ij}, \mu_{ij}$ :스위치의 서비스율,  $i,j=1,2$ )을 갖는다고 가정한다. 또한 각각의 공유 메모리의 개수  $M$ 은 300개라고 가정하고 포트  $i$ 를 위해 할당된 버퍼 개수를  $k_i$ 라고 가정한다.

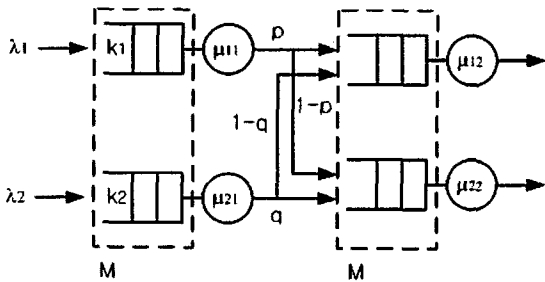


그림 1. Self-Similar 특성을 갖는 트래픽  $\lambda_1, \lambda_2$ 를 갖는 공유 메모리 ATM 스위치 모델

CS(Complete Sharing)방식은 각 포트에서 서버가 모든 버퍼를 공동으로 사용하는 방식으로 포트  $i$ 를 위해 할당된 FIFO 버퍼 개수  $k_i$ 는 식(2)과 같이 나타낼 수 있다[3].

$$k_i = M, \quad i=1,2 \quad (2)$$

DT(Dynamic Threshold)방식은 트래픽 변화에 따라서 변하는 다이내믹한 버퍼관리 방식으로 각 포트를 위한 버퍼 한계  $T(t)$ 는 식(3)과 같이 나타낼 수 있다[4].

$$T(t) = \beta(M - Q(t)) \quad (3)$$

여기서  $\beta$ 는 0.5에서 2.0까지의 상수값을 갖고,  $Q(t)$ 는 모든 큐 길이의 합을 나타낸다.

PO(Push-Out)방식은 셀이 새롭게 도착할 때 공유하고 있는 버퍼가 이미 모두 사용 중 이어서 받아 들일 수 없을 경우 새로운 셀을 받아들이고 기존에 가장 긴 길이의 큐를 점유하고 있는 셀 중에 하나를 블록킹 시키는 방식이다[5].

SMXQ(Sharing with Maximum Queue)방식은 각 서버사이에 버퍼를 공유하는 정도를 나타내는 파라미터를 설정하여 버퍼의 일부는 각 서버가 독립적으로 사용할 수 있으며 나머지 버퍼에 대해 서로 공유하는 방식으로

$k_i$ 와  $M$ 과의 관계는 식(4)와 같이 나타낼 수 있다[3].

$$\sum_{i=1}^N k_i \geq M \quad (4)$$

여기서 버퍼를 공유하는 정도를 나타내는 한계값을  $\nu$ 라 하면

$$k_i = \nu M, \quad i=1, \dots, N, \quad 1/N < \nu < 1 \quad (5)$$

와 같이 나타낼 수 있다.

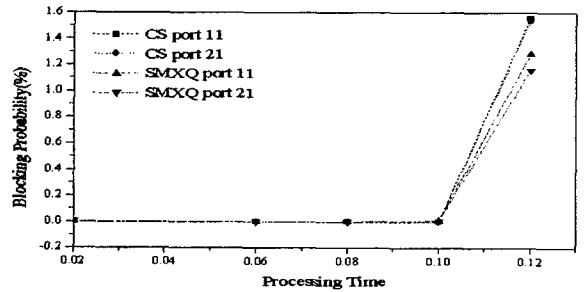


그림 2. CS와 SMXQ의 셀 손실률

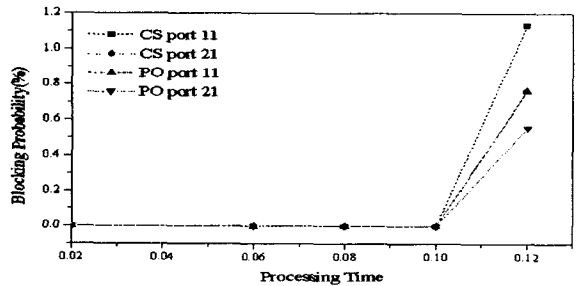


그림 3. CS와 PO의 셀 손실률

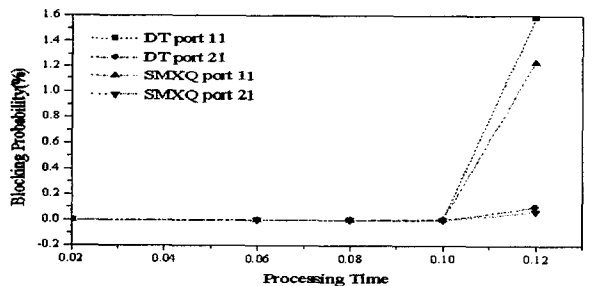


그림 5. DT와 SMXQ의 셀 손실률

각 버퍼관리 방식의 성능을 비교하기 위하여 그림 1에서  $\lambda_1$ 의  $\alpha$  값을 1.5674로 고정시키고  $\lambda_2$ 의  $\alpha$  값을

1.6785, 1.6999, 1.7669로 각 각 변화시키면서 각 버퍼관리 기법의 셀 손실률을 비교하였다. 식(6)에서 SMXQ의  $\nu$  은 0.75를 사용하였고, 식(4)의  $\beta$  값은 1로 가정하여 시뮬레이션을 실행하고, 사용된 각각의 데이터 트래픽의  $\alpha$  값은 이백만개의 트래픽을 발생시킨 후 variance-time plot 차트를 이용하여 구한 값을 나타낸다.

그림 2에서  $\lambda_2$ 의  $\alpha$  값이 1.6785일 때 CS 방식의 셀 손실률은 약 1.55%로 두 포트에서 비슷한 손실률을 나타내고 있고 SMXQ방식은 셀 손실률이 각각 1.28%, 1.16%로 CS보다 상대적으로 작은 셀 손실률을 나타내고 있다.  $\lambda_2$ 를  $\alpha=1.6999$ 인 트래픽을 사용한 그림 3에서는 PO가 CS보다 더 작은 손실률을 보이고 있고,  $\lambda_2$ 를  $\alpha=1.7669$ 인 트래픽을 사용한 그림 4에서는 SMXQ가 DT보다 나은 셀 손실률을 보여주고 있다.

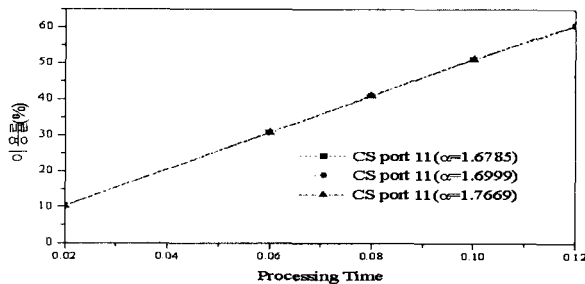


그림 6. CS의 이용률(Utilization)의 변화

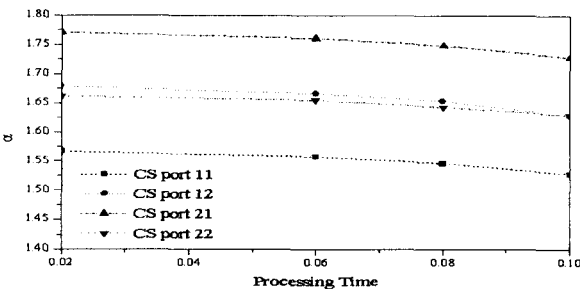


그림 7. CS의 각 포트에서의 알파값의 변화

그림 6을 보면  $\lambda_2$ 의  $\alpha$  값이 변해도 포트 11에서의 이용도는 거의 변화가 없음을 알 수 있다. 그림 7은 그림 1에서 포트11과 포트 21에서 다음 포트 로 라우팅 될 확률  $p=0.5, q=0.5$ 이고,  $\lambda_2 = 1.7669$ 일 때 각 포트에서의 Self-Similarity 정도인  $\alpha$  을 나타내고 있다. 두 개의 다른  $\alpha$  값을 갖는 트래픽이 합쳐질 때 포트12, 포트22에서 출력되는 트래픽의 self-similarity를 나타내는 파라메타  $\alpha = \min(\alpha_1, \alpha_2)$  임을 알 수 있다.

그림 8에서 프로세싱 시간에 따른 알파값의 변화를 보면 PO와 SMXQ의 알파값은 비슷한 값을 보이고, CS의 알파값은 프로세싱 시간이 길어질수록 PO, SMXQ 보다 상대적으로 작은값이 나타나는 것을 알 수 있고 이와같은 현상은 CS의 출력단에서 Self-Similarity가 커지므로

다른 버퍼관리 방식에 비해 시스템의 성능을 감소시킨다는 것을 알 수 있다.

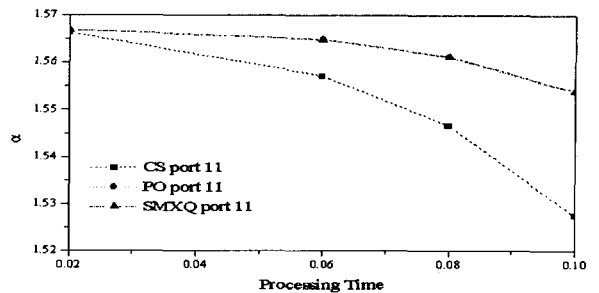


그림 8. CS, PO, SMXQ의 포트11에서의 알파값의 변화

#### 4. 결 론

본 논문에서는 2x2 ATM 스위치의 다양한 버퍼관리 방법에 의한 셀손실률과 이용률 그리고, 입력단에 self-similar 트래픽이 들어올 때 출력단에서의 self-similarity 정도를 분석하였다. Self-Similar 트래픽 환경하에서도 CS보다 SMXQ와 PO가 상대적으로 작은 셀 손실률을 보이는 것을 알 수 있고, 두 개의 Self-Similar 트래픽이 더해질 때 출력단에서의  $\alpha$  값은 두 트래픽중에 Self-Similarity 정도가 큰 쪽으로 나타난다는 것도 알 수가 있다. DT의  $\beta$  값과 SMXQ의  $\nu$  값과 같은 ATM 스위치의 성능에 영향을 미치는 파라미터를 다양하게 변화시켜 각각의 버퍼관리 방법을 비교 분석하는 것과 같은 연구가 필요할 것이다.

#### 5. 참고문헌

- [1] W. Willinger, M. S. Taqqu, W. E. Leland, and D. V. Wilson, "Self-similarity in High-speed Packet Traffic: Analysis and Modeling of Ethernet Traffic Measurements," *Statistical Science*, 10: 67-85, 1995
- [2] J. Beran, R. Sherman, M. S. Taqqu, and W. Willinger, "Long-Range Dependent in Variable-bit-rate Video Traffic," *IEEE Transactions on Comm.* 43: 1566-1579, 1995.
- [3] F. Kamoun and L. Kleinrock, "Analysis of Shared Finite Storage in a Computer Network Node Environment under General Traffic Conditions," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-28, no. 7. July 1980, pp. 992-1003.
- [4] A. K. Choudhury and E. L. Hahne, "Dynamic Queue Length Thresholds for Shared-Memory Packet Switches," *IEEE/ACM Trans. Commun.*, vol. 6, no. 2, Apr. 1998, pp. 130-140.
- [5] X. Cheng and I. F. Akyildiz, "A Finite Buffer Two Class Queue with Different Scheduling and Push-Out Schemes," *Proc. IEEE INFOCOM '92*, May 1992, pp. 231-241.