

---

# Self-similar 패턴과 Poisson 패턴을 사용한 EFCI와 ER 스위치 알고리즘의 ABR 트래픽 분석

이동철\*\*, 박기식\*\*, 김탁근\*, 손준영\*, 김동일\*, 최삼길\*

\*동의대학교 정보통신공학과

\*\*한국전자통신연구원

Analysis of EFCI and ER Switches Algorithm for ABR Traffic,  
Using Self-similar pattern and Poisson pattern

Dong-chul Lee\*\* · Ki-shik Park\*\* · Tak-geun Kim\* · June-young Son\* · Dong-il Kim\* · Sam-gil Choi\*

\*Dong-eui University, \*\*ETRI

E-mail : tgkim@hyomin.dongueui.ac.kr

## 요 약

ATM 망에서 전송률 기반의 ABR(Available Bit Rate) 흐름제어를 위한 스위치는 크게 EFCI(Explicit Forward Congestion Indication)와 ER(Explicit Rate) 스위치로 구분하고 있다. 기존의 논문에서는 효율적인 ABR 트래픽 관리를 위해 EFCI와 ER 스위치 방식의 상호 혼용 운영의 타당성을 밝히고 ABR 트래픽을 poisson 패턴으로 간주하고 EFCI와 ER 스위치 알고리즘에 적용했었다.

그러나 최근 네트워크 환경에서는 트래픽 패턴이 poisson 패턴 보다는 self-similar 패턴에 더 가깝다는 것이 입증되어 왔다. 본 논문에서는 self-similar 트래픽 패턴을 적용시켜 기존의 poisson 패턴의 ATM 망 내에서의 EFCI와 ER 스위치 상의 ABR 트래픽 성능분석을 비교, 고찰 하고자 한다.

## ABSTRACT

In ATM network, switch mechanism for rate-based ABR flow control can be classified into EFCI and ER types. In previous papers, it proved relevant to using together with EFCI and ER switch for effective ABR traffic managements. It also applied to EFCI and ER switch algorithm, that consider ABR traffic as poisson pattern. However, in recently network environment, it has been proved about traffic pattern, that is similar to self-similar pattern than poisson pattern. In this paper, we will compare previous poisson pattern with self-similar pattern under ATM network.

## 1. 서 론

ATM 망은 광대역 중합 정보 통신망에서 요구하는 음성, 데이터, 영상 등, 트래픽 특성과 성능이 서로 다르고 상이한 QoS를 갖는 응용 서비스들의 모든 정보를 셀로 분할하여 통계적 다중화 방법에 의해 통일적이고 효율적으로 망을 통해 전송한다. 따라서 이런 다양한 QoS를 효율적으로 제공하기 위해 트래픽의 서비스는 품질 보장형 서비스인 CBR, rt-VBR과 best effort인 VBR, ABR로 나뉜다.

전송률 기반 흐름제어는 기본적으로 종단간으로 수행되며 망의 상황에 따라 송신원의 전송률을 직접 제어하는 방식이다. 지금까지 제안된 대표적인 전송률 기반의 ABR 스위치로는 크게 EFCI 스위치와 ER 스위치로 나눌 수 있다. 기존의 ATM망에서 ABR 서비스에 대한 EFCI와 ER 스위치의 연구동향은 ABR의 트래픽을 poisson 분포 패턴으로 추론한 것이다. 그러나 최근 네트워크 환경에서는 트래픽 패턴이 poisson 패턴 보다는 self-similar 패턴이 더 가깝다는 것이 입증되어 왔다[1][2].

본 논문에서는 기존 poisson 모델에 의해 측정되어진 Network Model에 self-similar 트래픽 패턴을 적용시켜 ATM 망 내에서의 EFCI와 ER 스위치 상의 ABR 트래픽의 성능을 분석하고, 이를 기존 poisson 패턴 적용 모델과 비교 분석하고자 한다.

## II. self-similar의 특징

self-similarity는 널리 알려진 서로 다른 이론인 fractal과 chaos에 기초한 개념이며, 모든 축척을 관통하는 대칭성을 말한다. 이것은 회귀, 즉 패턴 안의 패턴을 의미한다.

주어진 패턴이 정확하게 서로 다른 스케일에서 반복될 경우 정확한 self-similarity라 한다. 이러한 self-similarity는 결정론적인 시계열에 대해 구성되어진다. 그러나 데이터 트래픽은 확률적인 과정으로 가장 잘 고찰되어지고, 통계적인 방법만으로 self-similarity를 언급할 수 있다[3]. Ethernet traffic에서는 기존의 poisson 트래픽 가정을 사용하는 straightforward 큐잉분석이 모든 네트워크 트래픽을 모델링하는데 적합하지 않음이 밝혀졌고, Ethernet traffic에 대한 새로운 모델링과 분석의 접근법이 대두되었다[1].

(그림1)의 왼쪽 pattern은 실제의 Ethernet 트래픽을 여러 가지 해상도의 단계에 따라 나타낸 것이다. 여기에서 흥미로운 것은 모든 그림들의 분포적인 관점에서 볼 때, Ethernet 트래픽은 큰 스케일이나 작은 스케일에서도 그 버스트함이 잘 나타나 있다. 이와 대조적으로 (그림1)의 중간 pattern은 (그림1)의 왼쪽 pattern의 Ethernet 그림과 동일한 방식으로 생성되었지만 합성된 트래픽 데이터를 사용해서 그려진 것이고, 실제의 데이터와 거의 비슷한 평균 패킷 사이즈와 도착율을 구해 poisson 모델을 사용해서 생성되어진 것이다. 이것은 해상도가 점점 낮아짐에 따라 smooth out 해진다. (그림1)의 오른쪽 pattern은 실제 Ethernet 트래픽의 Hurst 파라미터를 추정 한 값인  $H=0.9$ 를 사용한 selfsimilar 트래픽 모델로 생성된 것으로, 실제의 Ethernet 트래픽과 일반적으로 동일한 특성을 보여준다. 즉, 모든 타임 스케일에서 Ethernet 트래픽의 버스트함을 아주 잘 보여주고 있다[4].

이를 예로 알수 있듯이 입력이 self-similar하다면, 증가되는 지연과 증가되는 버퍼 사이즈의 요구조건은 self-similar 스트림의 어떠한 멀티플렉싱으로 나타날 것이라는 결론이 나온다. 이것은 ATM, frame relay 와 100BASE-T 와 같은 스위치들과 WAN 라우터들, Ethernet과 같은 공유매

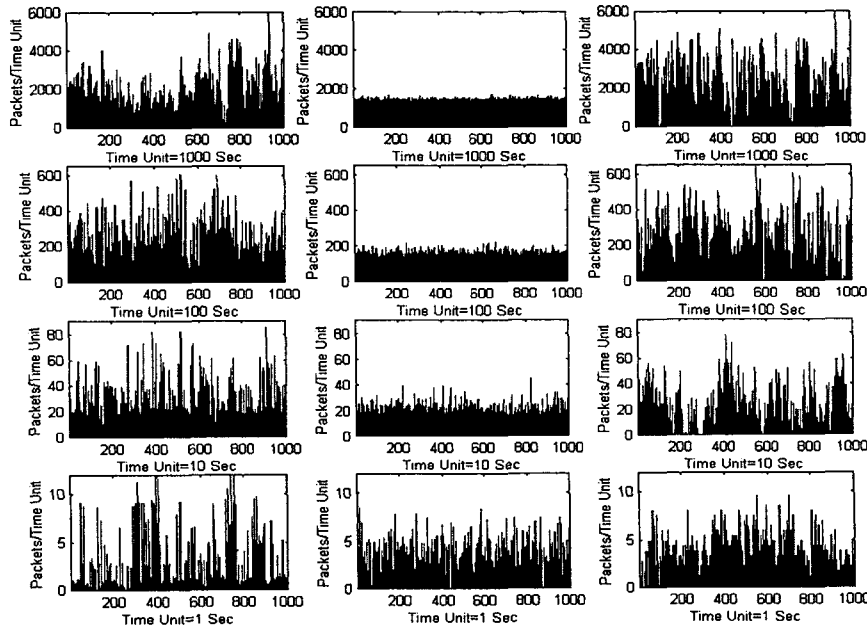


그림 1 aggregation레벨에 따른 실제 트래픽과 합성된 트래픽의 비교

(그림1)은 이러한 Ethernet 트래픽 특성과 poisson 모델링의 문제점을 단적으로 보여준다.

체 LANs 그리고 통계학적인 멀티플렉서들에게도 적용된다.

### III. EFCI와 ER 스위치 알고리즘의 동작

#### 3.1 EFCI 스위치 동작

EFCI 스위치는 데이터 셀의 헤더에 있는 EFCI 비트를 이용하여 스위치가 폭주인지 아닌지를 구분하는 두가지 상태만을 수신원에게 알리게 된다. 수신원은 도착하는 데이터 셀의 EFCI 비트를 조사하여 해당 VC의 EFCI 상태를 테이블에 저장한 후, 순방향 RM 셀을 수신하면 테이블의 상태에 따라 역방향 RM 셀의 CI 비트를 이용하여 송신원에게 폭주 발생과 해제를 알린다. 이러한 EFCI 스위치는 다음과 같은 문제점을 가지고 있다.

- 폭주 발생시 병목 링크를 지나가는 모든 VC들에 대한 데이터 셀의 EFCI 비트를 set하여 수신원에게 폭주를 알리므로 VC간의 공평성이 보장되지 못한다.

- 여러 흐름을 경유하는 VC의 데이터 셀들은 EFCI 필드에 폭주 상태로 표시될 가능성이 커져 throughput이 낮아지는 beatdown 문제가 발생한다.

#### 3.2 ER 스위치 동작

EFCI 스위치의 개선된 형태인 ER 스위치는 현재의 가용 대역폭에 대한 VC간의 fair share를 계산하여, 역방향 RM 셀의 ER 필드에 실어서 송신원에게 알리는 기능을 가지며, 그에 따른 여러 가지 알고리즘이 제안되고 있다. 대표적인 방식으로 크게 EPRCA와 폭주 회피(congestion avoidance) 스위치들이 있다. 폭주 회피 스위치는 평형 상태에서 링크를 약간 언더로드 시켜 큐 길이를 매우 짧게 유지함으로써 폭주를 사전에 예방하는 방식이다.

### IV. 시뮬레이션 모델

현 ATM 모델에서는 ABR 서비스를 위해 EFCI와 ER스위치를 혼용하여 사용할 수 있도록 하고 있다[5]. 본 논문에서는 기존에 발표된 형태와 동일한 다중 흐름과 단일 흐름 VC들로 구성된 (그림2)와 같은 망 구성 형태를 고려한다. 이는 객관적인 정확성을 위한 것으로 기존에 발표된 것과 동일한 결과치가 나타나도록 구성한 것이다. 모델에서 Switch 3은 EFCI와 ER 스위치를 상호 혼용하고 있으며, Congestion Switch가 된다. 이때 전체 Switch를 ER로 바꾸는 경우와 Congestion Switch만을 ER로 바꾸는 경우의 결과치가 유사하다는 것은 이미 발표된 내용이다.

망 구성을 살펴보면, 단말기와 스위치 사이의 링크 거리는 1km 이고, 스위치와 스위치 간의 링크 거리는 50km이다. 그리고 모든 링크용량은 150Mbps이다. 또한 고려된 ABR 서비스 파라미터

는 Nrm은 32, ICR은 7.49Mbps, PCR은 150Mbps, MCR은 1.49Mbps, RIF와 RDP는 동일하게 0.0625로 설정하였다.

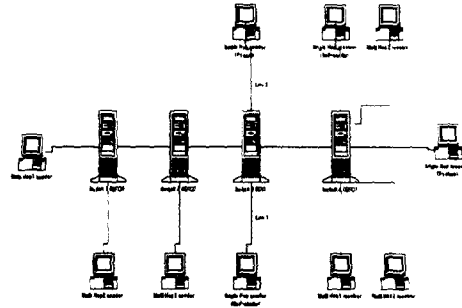


그림 2. 시뮬레이션 모델

망 구성에서 시뮬레이션은 위에서 고려한 망 구성 형태에 대하여 먼저 기존의 논문에서 다루었던 내용을 살펴보고, congestion이 일어나는 switch 3에 poisson traffic 패턴과 self-similar 패턴을 적용하고자 한다.

### V. 결과 분석 및 고찰

시뮬레이션 모델의 정확한 성능을 측정하기 위해서 기존의 논문에서 평가한 자료를 비교해보고, congestion이 일어나는 switch 3에 poisson 트래픽 패턴과 self-similar 트래픽 패턴을 적용시켜 비교, 분석하고자 한다.

시뮬레이션에 모든 스위치를 EFCI로 설정하고 MH1, MH2, SH(poisson)의 각 ACR을 비교하면 (그림3)과 같고, switch 3에 ER(NIST)를 적용하면 (그림4)의 결과를 얻게 된다.

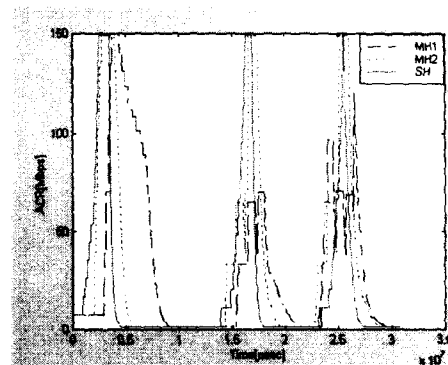


그림 3. ALL EFCI

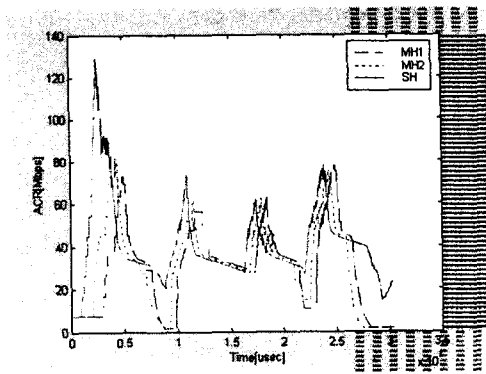


그림 4. SW3 = ER(NIST)

위 그림에서 보는 것과 같이 congestion이 일어나는 SW3에 비교적 간단한 알고리즘인 EFCI를 사용한 경우에는 ACR의 변화가 급격함을 알 수가 있고, 대신 SW3에 ER(NIST)를 사용한다면, 그림4에서 보는 바와같이 ACR의 변동이 비교적 안정되어 진다. 이것은 기존의 논문에서 제시한 결과와 동일하며 다른 측정치에도 같은 결과를 추정할 수 있다[6].

Link1과 Link2의 회선 이용률을 비교해보자. 각 Link에 self-similar와 poisson 분포를 갖는 트래픽을 생성 시켰다. Link1은 self-similar 트래픽을 적용한 단말기가 연결되어 있고, Link2는 poisson 트래픽을 적용한 단말기가 연결되어 있다. 이때 스위치는 ER(NIST)을 사용한다. (그림5)는 Link1의 (그림6)은 Link2의 회선 이용률을 보여준다. 두 그림을 비교해 보면, poisson 분포일 때 단 시간내에서는 일정한 버스티함을 나타내지만 장시간 측정을 하면 거의 일정한 상태로 smooth out 해짐을 예측 할 수 있다.

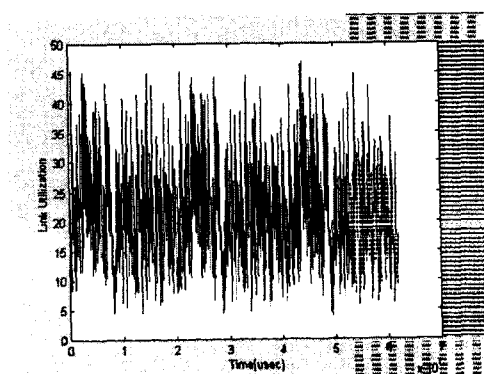


그림 5. Link1 (self-similar) 이용률

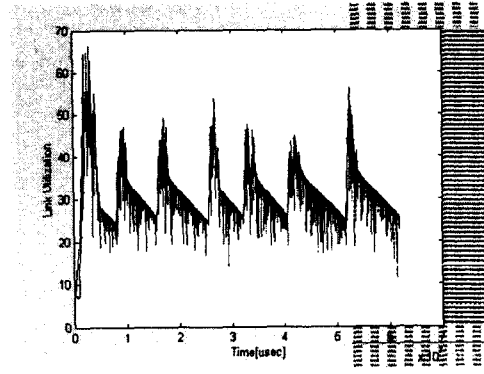


그림 6. Link2 (poisson) 이용률

반면 self-similar 분포일때는 아주 심한 버스티함을 나타냄을 알 수 있고, 이는 장시간 측정하더라도 계속 유사한 상태를 반복, 유지 할 것이 명백하다.

## VI. 결론

본 논문에서는 congestion이 발생하는 스위치에 EFCI와 ER(NIST) 스위치 알고리즘을 적용시켜 ABR의 분포를 측정한 결과 ER(NIST) 스위치 알고리즘을 선택하는 것이 구성 망을 효율적으로 운용되는 것을 다시 한번 살펴 보았고, 같은 위치상의 단말기에 각각 poisson 트래픽 분포와 self-similar 트래픽 분포를 비교하여 poisson 트래픽 분포 보다는 self-similar 트래픽 분포의 버스티함이 잘 나타남을 알 수 있었다. 즉 실제적인 네트워크에서는 장기적인 트래픽의 분석시에 LRD(Long-Range Dependence) 특성을 가지는 self-similar 트래픽을 고려함으로써 시계열에서의 통계적인 특성(평균, 분산, 자기상관) 등이 유지되고 그럼으로 인해 네트워크의 평균지연 및 경로상의 라우터의 큐 사이즈 선택에 대한 과소평가를 막을 수 있다.

본 논문에서는 poisson 트래픽과 self-similar 트래픽 특성을 가지는 혼제된 트래픽 패턴에 의해서 ATM node와 switch들의 특성을 살펴 보았고, 차 후 poisson 트래픽 과 self-similar 트래픽의 비교에 더 많은 분석이 필요하고, ER 스위치에 다양한 알고리즘을 적용시켜보며, 장 시간상에서의 트래픽 패턴 분석이 요구되어 진다.

## 참고문헌

- [1] W.Willinger, M.S.Taqqu, R.Sherman, "Self

- Similarity Through High-Variability",  
ACM/Sigcomm, 1995.
- [2] Leland, Taqqu, Willinger, Wilson. "On the Self-similar Nature of Ethernet Traffic", IEEE /ACM Transaction on Networking, Feb, 1994.
- [3] William Stallings, "High-speed networks", Prentice Hall, 1997.
- [4] Willinger, Wilson, Taqqu, "Self-similar Traffic Modeling for High-speed Networks", ConneXions, Nov, 1994.
- [5] S. Sathaye, ATM Forum Traffic Management Specification 4.0, ATM Forum/95-0013R11, 1996
- [6] 이 철효, 조 유제 "ATM망에서 ABR 서비스를 위한 EFCI 스위치와 ER 스위치 간의 상호 운용성 분석" 정보과학회 논문지(A) 제24권, 제6호, 1997