

# ATM 망에서의 ER 스위치 알고리즘의 성능 분석

김탁근\* · 손준영\* · 최삼길\*

\*동의대학교 정보통신공학과

## Analysis for ER switch Algorithms on ATM Networks

Tak-geun Kim\* · June-young Son\* · Sam-gil Choi\*

\*Dong-eui University

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

### 요 약

ATM 망에서는 전송률 기반의 ABR 흐름제어를 위해 다수의 알고리즘들이 제안되고 있다. 이 알고리즘들의 주 목적은 셀 손실률을 회피하고 미사용중인 대역폭을 ABR 트래픽에 의해 사용되게 하는 것이다. 이러한 알고리즘들은 EFCI와 ER 스위치에서 동작하여 ABR 트래픽을 제어하는데 사용된다. 이전 논문에서 이러한 스위치 알고리즘들을 network에 적용하여 각 알고리즘들의 성능에 의한 대역 이용률을 도출하였다. 본 논문에서는 이의 보완을 위해 각 알고리즘들의 셀 손실률과 회선 이용률을 도출하여 그 성능을 비교, 분석하고자 한다.

### ABSTRACT

In ATM Network, many algorithms have been proposed for rate-based ABR flow control. The object of these Algorithms is to turn around from cell loss and to use the unused bandwidth by ABR Traffic. These Algorithms are applied to control ABR Traffic by EFCI and ER switches. In previous paper, we showed the using rate of bandwidth for the characteristic of each algorithm applied these algorithm network. In this paper, we will do that to apply these algorithms to a network and to make a graph of characteristic of each algorithm.

## 1. 서 론

ATM망은 B-ISDN에서 요구하는 음성, 데이터, 영상 등 다양한 QoS를 갖는 응용 서비스들의 모든 정보를 셀로 분할하여 통계적 다중화 방식에 의해 효율적으로 망을 통해 전송한다. 따라서 이런 다양한 QoS를 제공하기 위해서는 트래픽의 서비스의 종류도 다양성을 지니게 된다. ATM에서의 서비스 종류로는 CBR, VBR, UBR, ABR등이 있다. 이 중 ABR 서비스 클래스에 대해서는 다양한 연구들이 진행되는 추세이다. ATM 포럼에서는 ATM 망에서 ABR 서비스 클래스를 위한 표준 흐름제어로서 전송률 기반 scheme을 채택하고 있다. 전송률 기반 흐름제어는 원칙적으로 종단간으로 수행되며 망의 상황에 따라 송신원의 전송률을 직접 제어하는 방식이다. ABR 소스 단말은 망에 의해 정해지는 피드백 정보(BRM 셀)를 기초로 자신의 전송속도를 조절하게 된다. 지금까지 제안된 대표적인 전송률 기반의 ABR 스위치로는 크게 EFCI와 ER 스위치로 나눌 수 있다. 현재, Explicit Rate(ER) 계획안이 ATM 포럼에 의해

ABR을 제공하기 위해 선택되어져 있으며, 이 분야는 흥미 있는 연구분야 중의 하나이고 트래픽과 정체를 제어 할 수 있는 접근법에 대한 연구도 계속되는 추세이다[1].

## II. 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[2].

### 2.1 ABR 트래픽 제어 알고리즘

ABR 서비스를 지원하기 위해서는 ABR 스위치

가 폭주제어를 수행하고 동시에 모든 연결에 공정하게 자원을 할당해야 한다. 이 두 가지 기능을 수행하는 알고리즘으로 EFCI, CI, NI 비트들을 사용하는 Binary feedback 방식과 ER필드를 사용하는 Explicit Rate feedback 방식으로 나뉘어 진다.

2.2 여러 가지 ER 알고리즘

ATM포럼에서 다양한 트래픽 제어 알고리즘들이 제안 되었고, 이들은 폭주 감시 기준 및 채택된 피드백 알고리즘에 따라서 분류될 수 있다. 다음과 같이 대표적인 ER 알고리즘을 설명한다.

2.2.1 EPRCA (Enhanced Proportional Rate Control Algorithm)

이 알고리즘에서, 송신원은 매  $N_{rm}$  개의 사용자 셀 마다 하나의 RM셀을 만들어서 순방향으로 보낸다. 전송된 RM셀은 수신단말을 통해서 송신원에게로 피드백되고, 송신원은 RM셀을 받아 ER과 ACR 필드를 검사해서 ACR이 ER보다 크다면 ACR을 ER까지 감소시킨다. 스위치는 지수분포를 사용해서 MACR(Mean Allowed Cell Rate)을 계산한다. 다음에 보이는 식은 MACR을 계산한 식이다.

$$MACR = (1 - \alpha) \times MACR + \alpha \times CCR$$

여기서 CCR(Current cell rate)은 현재 셀율이며,  $\alpha$ 는 exponential average factor이고 일반적으로 1/16로 설정한다.

2.2.2 ERICA (Explicit Rate Indication for Congestion Avoidance)

ERICA 알고리즘은 효율성과 공정성을 보장하는 동시에 부하가 적은 가상채널은 망의 상태와 상관없이 fair share 비율만큼 송신원의 전송률을 증가시키며, 스위치의 오버로드 혹은 언더로드 상태를 나타내는 다음과 같은 load factor를 사용한다.

$$z = \frac{\text{Input Rate}}{\text{Target Rate}}$$

또한 송신원이 사용할 수 있는 여분의 용량은 다음과 같다.

$$VCshare = \frac{CCR}{\text{Load Factor } z}$$

이 계산된 값은 역방향 RM셀의 ER필드에 fair share와 VC share를 갱신하며, ERICA 알고리즘은 폭주회피 단계에서 사용된다. 이 알고리즘은 파라미터의 변화에 민감하지 않은 것으로 입증되고 있다.

2.2.3 NIST(National Institute of Standard

and Technology ER Algorithm)

NIST 알고리즘도 입력율과 Target Rate를 사용해서 load factor를 계산하고 각 순방향 RM셀에서 ACR값을 읽어서 각 VC의 ACR에 대해 지수 분포적인 가중치를 부여하며, 이는 MACR를 계산하기 위하여 쓰이며 MACR을 구하는 식은 다음과 같다.

$$MACR = (1 - AVF) \times MACR + AVF \times ACR$$

AVF는 가중치 값이고 1/16로 설정되었고, 이 수식은 단지 오버로드나 언더로드시 사용되고, 다 시 대역폭 할당은

$$MACR = MACR + MAIR$$

로 재조정되며, 여기서 MAIR은 Mean Additive Increase Rate 값이다. 스위치는 BRM셀에 ER값을 계산해서 되돌려 보내며, 폭주 상태일 때는  $ER = MACR \times MRF$  (MACR Reduction Factor = 0.95)로 계산되고 폭주가 발생되지 않았을 경우에는  $ER = MACR$ 로 계산되어진다.

III. 시뮬레이션 모델

본 논문에서는 다음의 (그림 1)과 같은 모델을 사용하였다. 송신원에서 수신원 사이에 스위치의 개수를 3개로 두고 단말기와 스위치 사이의 거리를 10km로, 스위치간의 거리는 500km로 설정하였다. 그리고 보다 동적인 망 환경에서의 성능분석을 위해 on-off 형태로 동작하는 VBR 소스를 ABR 소스와 동시에 적용하였다. on 주기와 off 주기는 동일하게 3ms로 주고, 최초 3번의 on 주기 동안은 60Mbps, 4번째에는 120Mbps의 트래픽이 발생하도록 구성하였다. 이 4번의 on-off 주기가 반복적으로 network에서 발생한다. 그리고 ABR 소스들의 파라미터는  $N_{rm}$ 은 32, ICR은 7.49Mbps, PCR은 150Mbps, MCR은 1.49Mbps, RIF와 RDP는 동일하게 0.0625로 설정하였다.

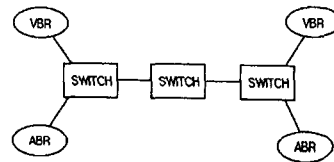


그림 1. Network model

스위치에 적용된 알고리즘으로는 NIST, EPRCA, ERICA를 모든 스위치에 동시에 적용하였다.

IV. 결과 분석 및 고찰

시뮬레이션 하여 아래와 같은 결과를 얻었다.

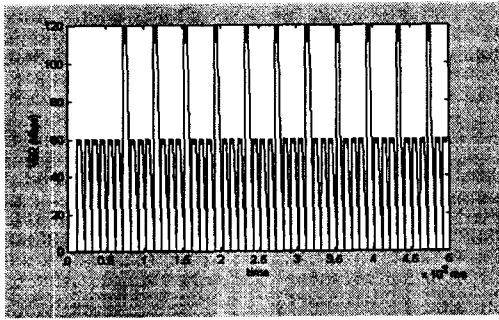


그림 2. VBR traffic

먼저 (그림 2)에서 VBR traffic은 정상상태에 이룬후 매 4번째 주기마다 link의 약 77%인 120Mbps인 traffic을 발생시키며, 나머지 on 주기에는 39% 정도인 60Mbps인 traffic이 발생됨을 알 수 있다.

(그림 3)는 network 상에서 각 스위치에서 NIST 알고리즘을 사용한 경우에 발생하는 ABR traffic 이다. 그리고 (그림 4)와 (그림 5)는 각각 스위치에서 EPRCA와 ERICA 알고리즘을 사용한 경우에 발생하는 ABR traffic의 형태이다.

각각의 그림을 비교해 보면, 버스트하게 발생하는 VBR traffic에 가장 적절히 반응하는 알고리즘이 ERICA 알고리즘임을 알 수 있다. NIST의 경우, 버스트한 특성으로 동작은 하지만 정확한 traffic 조절에는 근접하지 못함을 알 수 있다. EPRCA의 경우, 다분히 느린 반응에 의하여, 효율적인 traffic 조절에 적당하지 않음을 알 수 있다.

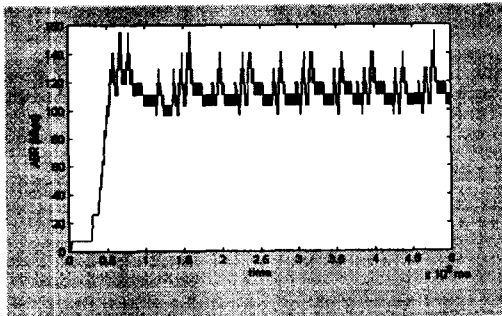


그림 3. NIST ABR traffic

회선 이용률 측면에서는 NIST 알고리즘이 가장 우수한 특성을 나타내기는 하나 VBR traffic이 ABR traffic 보다 우선적으로 스위치에서 처리되므로 회선용량을 초과하는 만큼의 많은 셀 drop을 보이게 된다. ERICA 알고리즘에서는 회선 이용률이 낮아 보이기는 하나 실제 VBR traffic 과 혼용되는 경우, VBR이 사용하지 않는 대역폭만을 사용하므로 셀 손실을 줄일 수 있다.

다음은 각각의 ER 스위치에 대한 전체 회선 이용률을 보여준다. 먼저 (그림 6)은 NIST 알고리즘

에 대한 결과를 보여주며, (그림 7)과 (그림 8)은 EPRCA와 ERICA 알고리즘의 전체 회선 이용률을 보여주고 있다.



그림 4. EPRCA ABR traffic

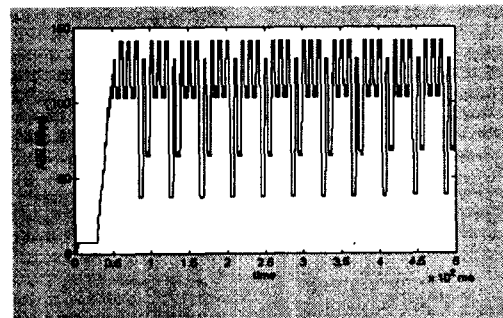


그림 5. ERICA ABR traffic

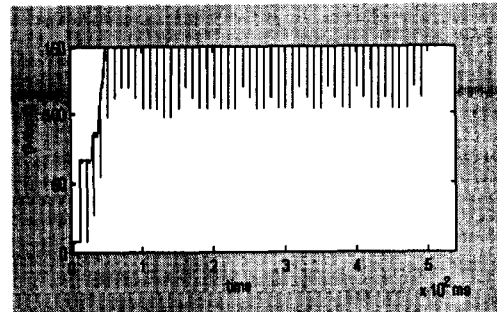


그림 6. NIST 회선 이용률

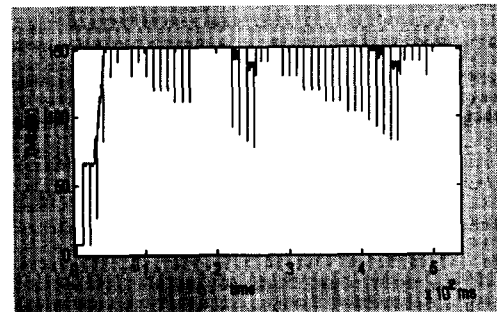


그림 7. EPRCA 회선 이용률

그림에서 보는 것과 같이 총회선 이용률은 NIST가 가장 좋음을 볼 수가 있고, 다음은

ERICA, 그리고 EPRCA가 가장 나쁨을 알 수 있다. 반면에 cell drop률은 NIST가 좋지 않음을 알 수 있다.

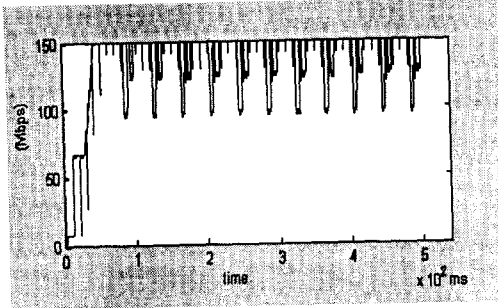


그림 8. ERICA 회선 이용률

다음은 회선 셀 drop률을 보여준다.

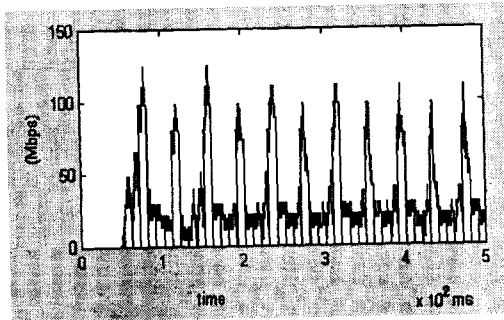


그림 9. NIST cell drop률

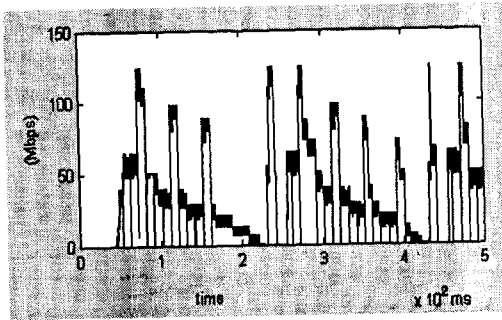


그림 10. EPRCA cell drop률

(그림 9)는 NIST cell drop률, (그림 10), (그림 11)은 각각 EPRCA, ERICA cell drop률을 보여준다. 측정된 바와 같이 NIST cell drop률이 가장 높고 VBR traffic에 가장 잘 적응하는 ERICA가 cell drop률이 가장 낮음을 확인 할 수 있다.

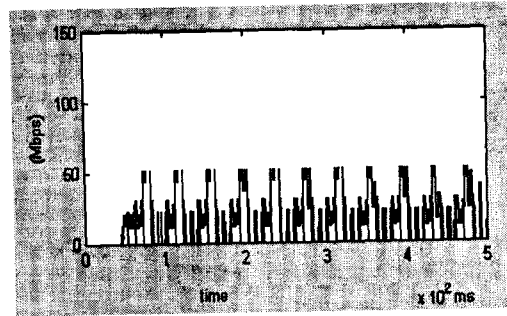


그림 11. ERICA cell drop률

### V. 결론

위의 연구에 따라 본 논문에서는 다양한 ER 스위치 알고리즘들을 network에 각각 적용하여 그 특성을 알아보았다. 먼저 각각의 알고리즘들의 traffic 특성을 살펴보았으며 여기에서 ERICA 알고리즘이 VBR traffic에 가장 잘 반응함을 알 수가 있었고, 좀 더 특성을 분석하기 위해서 총 회선 이용률과 cell drop률을 측정하였다. 총 회선 이용률은 NIST 알고리즘이 좋으나, 결국 cell drop률의 증가로 ERICA 알고리즘이 가장 좋은 특성을 나타냄을 다시 한번 확인하였다.

그 외에 본 논문에서 정확히 제시하지 못한 부분인 공평성에 대한 정확성 수치적 접근, 그리고 회선 이용률에 대한 연구는 차기 연구 과제가 될 것이다.

### 참고문헌

- [1] William Stallings, "High-speed networks", Prentice Hall, 1997.
- [2] 이 철효, 조 유제 "ATM망에서 ABR 서비스를 위한 EFCI 스위치와 ER 스위치 간의 상호 운용성 분석" 정보과학회 논문지 (A) 제24권, 제6호, 1997
- [3] N.Golmie, Y. Chang and D. Su, NIST ER switch mechanism(An example), ATM Forum/95-0695, June 1995.
- [4] N. Golmie, A Koenig, and D. Su, The NIST ATM network simulator, operation and programming, Version 1.0, NIST Internal Report, Mar, 1995.
- [5] S.Kamolphiwong, "Throughput Performance of the ER Switch Algorithms in Large Scale ATM Networks", IEEE ATM Workshop '99, 1999
- [6] B. Vandalore, R. Jain, "Design and Analysis of Queue Control Function for Switch Schemes", ATM Forum/1997.
- [7] R. Jain and et al, "ERICA Switch Algorithm: A Complete Description", ATM Forum, 1996.