

# ATM 망에서 ABR 서비스를 위한 개선된 전송률 기반의 폭주 제어 알고리즘

<sup>\*)</sup>김주영\*, 박준희\*, 송화선\*\*, 정영준\*  
<sup>\*</sup> 강원대학교 전자계산학과, <sup>\*\*</sup> 강원대학교 전기공학과

## An Enhancement of Explicit Rate Based Congestion Control Algorithm for ABR Service in the ATM network

Joo-Young Kim\*, Joon-Hee Park\*, Hwa-Sun Song\*\*, Young-Jun Chung\*  
<sup>\*</sup> Dept. of Computer Science, Kangwon National University  
<sup>\*\*</sup> Dept. of Electrical Engineering, Kangwon National University

### 요 약

ABR 서비스는 ATM 망의 이용률을 증대시키고, 매우 버스트한 트래픽 응용을 지원하기 위해 설계되었다. ATM 포럼에서는 망에서 소스의 셀 전송률을 조절하고 셀 손실을 최소화하기 위한 ABR 서비스 표준으로 폐쇄 루프와 전송률 기반의 폭주 제어 알고리즘을 채택하였다. 이러한 폭주 제어 알고리즘 중에서 대표적인 것이 ERICA(Explicit Rate Indication for Congestion Avoidance)이다<sup>[1]</sup>. 본 논문에서는 ERICA의 견고성, 공평성, LAN/WAN 환경에 대해서 성능을 시험하고 그 결과로 성능을 향상시키기 위해 개선된 최대-최소 구조를 제공한다. 또한 제안된 구조에 대한 시뮬레이션을 하여 기존 ERICA 알고리즘의 성능과 비교 분석한다.

### 1. 서론

ATM 포럼에서는 ATM 트래픽의 트래픽 흐름 제어에 관해서 5개의 범주로 분류하고 있는데, 그 중에서 ABR은 링크 이용률을 증대시키고 매우 버스트한 트래픽 응용을 지원하기 위한 것으로서 셀 손실에 민감하지만 지연에는 둔감한 트래픽 특성을 지닌다. ABR은 QoS가 보장되지 않는 최선형 트래픽이므로, 가상 연결 설정시에 지정된 셀 손실률을 유지하기 위해서 망의 가용 자원에 대해 동적으로 소스 전송률을 조절하도록 가상 연결에 적절한 폭주 제어가 이루어져야 한다.

이에 ATM 포럼에서는 폐쇄 루프와 전송률 기반의 폭주 제어 구조를 ABR 서비스에 대한 표준으로 채택하였다. 이 구조는 각 소스에서 셀이 발생하는 속도를 조절하기 위해 망으로부터 수신된 피드백 정보를 사용하는데, 이의 전달을 위해 소스에서 생성되는 특별한 제어 셀인 RM 셀이 사용된다. 또한 폭주 제어와 공평 용량 할당을 위한 교환기 알고리즘에는 EFCI, CI, NI 비트를 이용해 단순히 폭주 상황만 전달하는 이진 피드백 구조와 비록 구현은 복잡하지만 ER 필드를 이용해 더 좋은 성능을 제공하는 ER 피드백 구조가 있다.

ABR 전송률 제어 구조의 설계에서 주된 이슈는 링크

이용률을 최대화하고 큐 길이를 제어하면서 각 ABR 연결에 대해 가용 대역폭의 공평 분배값을 정확하게 계산하는 것이다. ABR 전송률 제어 알고리즘의 하나인 ERICA는 이러한 공평 분배값 계산을 위해서 정확한 전송률의 근사값을 사용하며 단순하고 안정적이다. 그러나 오차 범위내에서 일시적 반응으로 진동하기 때문에 망의 제어 파라미터와 함께 조정될 필요가 있다. 이러한 폭주 지시 메카니즘의 잘못된 사용은 특정 환경에서 불안정한 결과를 초래할 수도 있다. 그러므로 좋은 성능의 교환기 알고리즘은 어떠한 망 구성에서도 링크의 공평성을 유지하면서 가용 대역폭을 최대한 이용하는 최대-최소 구조를 만족시켜야 한다.

본 논문에서는 망 구성, 안정성, 단순성에 대해서 기존 ERICA의 약점을 개선하고 최대-최소 공평성을 만족하면서 뛰어난 망 성능을 제공하는 효율적이고 정확한 전송률 제어 구조를 제안한다. 이 구조는 안정된 일시적 반응으로 최대-최소 공평 분배값에 빠르게 수렴하는 공평 할당 계산 방법을 제공한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 ERICA 알고리즘과 최대-최소 구조에 대해서 알아보고 ERICA에 대해서 개선된 부분을 설명한다. 3장에서는 ERICA와 제안된 알고리즘에 대한 성능 이슈와 시뮬레이션 결과

를 보여준다. 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

## 2. ABR 폭주 제어 구조

### 2.1 ERICA 알고리즘 <sup>[2][3]</sup>

ERICA 알고리즘에서 교환기는 주기적으로 링크의 셀 전송률, RM 셀 등을 감시하고, 부하요소(LF), ABR 용량, 현재 활성 연결의 수, 공평 할당값, 각 연결에 대한 명시적 셀 전송률(ER<sub>i</sub>) 등을 일정한 간격으로 측정해서 기록한다. LF는 링크의 부하 상태를 표시하는 것으로, 교환기에서 측정된 입력 셀 전송률과 링크 용량의 비로써 계산되고 이 값이 1일 때 최적 상태가 된다.

ERICA 알고리즘에서 각 연결의 공평 할당값(FA)은 ABR 가용 용량과 현재 활성 연결 수의 비로써 계산된다. 각 연결은 교환기에서 공평하게 할당된 용량을 모두 사용하지 않기 때문에 남아있는 용량을 제한되지 않은 연결들에 재할당해야 한다. 재할당 과정에서 사용되는 각 연결의 현재 분배값(CS<sub>i</sub>)은 현재 셀 전송률과 LF의 비로써 정의된다. 시스템은 빠르게 최적 상태에 도달하기 위해서 이러한 FA와 CS<sub>i</sub>의 최대값을 ER 값으로 사용한다. 만약 CS<sub>i</sub>가 FA보다 크면 소스가 CS<sub>i</sub>로 전송하는 것을 허용하므로써, 링크 용량을 효율적으로 이용하게 된다. 교환기는 병목 지점의 ER을 확실하게 소스에 반영하기 위하여 계산된 ER 값과 RM 셀에 있는 ER 값 중에서 최소값을 계산한 뒤에 저장한다. 이러한 과정은 모든 소스가 최대-최소 전송률을 만족하면서 교환기를 통과하는 연결들간의 최소 공평성을 보증하기 위하여 최적 전송률로 전송하도록 한다.

그러나 ERICA 알고리즘은 성능 지수의 정확한 측정, 최대-최소 할당의 불만족 발생, 큐 지연에 의한 느린 반응 등의 단점이 있다. 하지만 이러한 문제점들은 정확한 공평 할당값의 사용과 적절한 큐의 제어를 통해서 해결될 수 있다.

### 2.2 최대-최소 구조 <sup>[4]</sup>

ERICA 알고리즘은 각 연결의 정확한 공평 할당값을 계산해야 한다. 그래서 폭주 제어 알고리즘의 하나인 MIT 구조는 제한되지 않은 연결들의 공평 대역폭 할당값인 FA<sub>0</sub>를 다음과 같이 정의하였다.

$$FA_0 = \frac{ABW - \sum_{i=1}^N CBW_i}{N - N_c} \quad - (1)$$

식(1)에서 ABW는 ABR 서비스의 가용 대역폭이고, CBW<sub>i</sub>는 i번째 제한된 연결의 현재 가용 대역폭이다. 그리고 N, N<sub>c</sub>는 각각 모든 연결, 제한된 연결의 수이다.

### 2.3 개선된 ERICA 알고리즘

앞서 논의된 것처럼 ERICA 알고리즘은 최대-최소 구조를 사용하지만 부정확한 공평 할당값으로 인하여 시스템이 불안정해지고 수평 속도가 느려진다. 따라서 본 논문에서는 각 연결에 더 정확한 공평 할당값을 제

공하는 개선된 ERICA 알고리즘을 제안하였다. 개선된 알고리즘은 ERICA와 빠른 최대-최소 구조<sup>[5]</sup>를 통합한 것으로서 몇 번의 왕복 주기내에 정확한 공평 할당값을 제공한다.

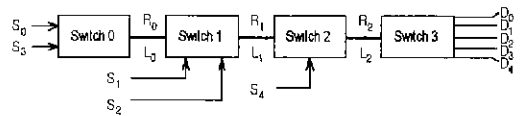
교환기는 각 연결에 대해 가상 연결 식별자(i), 순방향 공평 할당(FA<sub>i</sub>), 현재 분배(CS<sub>i</sub>), 제한 플래그(CF<sub>i</sub>) 등으로 정보 테이블을 유지한다. 또한 교환기는 제한되지 않은 연결들의 공평 할당(FA<sub>0</sub>), 모든 연결의 수(N), 제한된 연결들의 수(N<sub>c</sub>), 제한되지 않은 연결들의 수(N<sub>0</sub>)에 대한 정보를 포함한다.

교환기내에서의 동작은 다음과 같다. 새로운 연결이 추가되거나 제거될 때 교환기는 활성 연결의 수를 갱신하고 FA<sub>0</sub>를 계산한 다음에 정보 테이블에 저장한다. 그리고 교환기가 순방향 RM 셀을 수신하면 먼저 ER 값이 제한된 것인지 검사한다. 만약 그렇다면 현재 할당은 제한된 대역폭의 최소값으로 설정한다. 또한 교환기는 제한되지 않은 연결을 위해 FA<sub>0</sub>를 계산한 다음에 대역폭 할당 테이블과 플래그를 갱신하고 RM 셀의 ER 필드에 저장한다. 교환기가 역방향 RM 셀을 수신한 경우에, 현재 분배값을 계산하고 교환기들에서 계산된 ER 값들의 최소값을 설정한다.

ERICA 알고리즘의 또 다른 개선방안은 교환기 할당 테이블의 항목을 수정하기 위한 정보를 큐 버퍼의 앞부분에서 측정하는 것이다. 이미 언급했듯이 큐 길이가 길어지면 폭주 제어 메카니즘은 심각한 성능 감소가 발생한다. 이러한 상황을 피하기 위해서 각 교환기의 대역폭 할당 테이블은 RM 셀이 큐 버퍼에 들어가기 전에 수정될 수 있다.

## 3. 성능 평가

### 3.1 시뮬레이션 모델



(그림 1) 시뮬레이션 모델

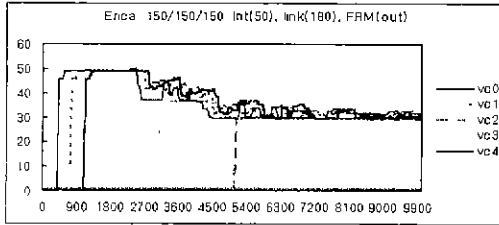
(그림 1)은 highway merge 모델로 소스 시스템(S<sub>0</sub>, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub>), 목적지 시스템(D<sub>0</sub>, D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, D<sub>4</sub>), 링크(L<sub>0</sub>, L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>), ER 교환기로 이루어져 있다. 큐 버퍼의 두 개의 다른 측정 지점인 입력 포트와 출력 포트는 성능 측정을 위해서 시뮬레이션에 사용되었다.

링크 L<sub>0</sub>, L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>는 LAN, WAN 환경을 위해서 각각 50μs(10km), 500μs(100km)의 동일한 전달 지연을 갖는다. 그리고 링크 L<sub>0</sub>, L<sub>2</sub>는 150Mbps 용량을 갖고 링크 L<sub>0</sub>, L<sub>1</sub>은 병목 링크를 만들기 위해 150Mbps, 50Mbps의 두 개의 다른 링크 용량을 사용한다. 공평한 대역폭 할당을 관찰하기 위해서 소스는 다른 시작점에서 활성화된다. 소스 S<sub>0</sub>, S<sub>1</sub>, S<sub>4</sub>는 t=0에서 시작하고 S<sub>3</sub>, S<sub>2</sub>는 LAN 환경에서 각각 t=500, 1000 cell time(약 1.4 ms, 2.8 ms)에서 활성화되며 WAN 환경에서는 t=2000, 4000

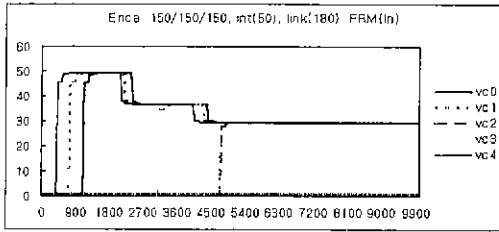
cell time(약 5.6 ms, 11.2 ms)에서 활성화된다.

### 3.2 성능 평가

이 시뮬레이션에서 주된 관심사항은 공평성, 수렴 속도, 측정 간격, LAN/WAN 환경에 대해 가상연결의 영향을 평가하는 것이다. 또한 큐 지연의 영향을 관찰하기 위하여 큐 버퍼의 입력 포트와 출력 포트에서 동작하는 알고리즘의 성능을 검사한다.



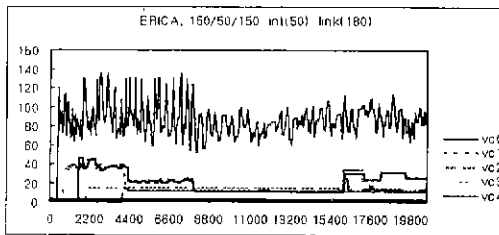
(a) ERICA



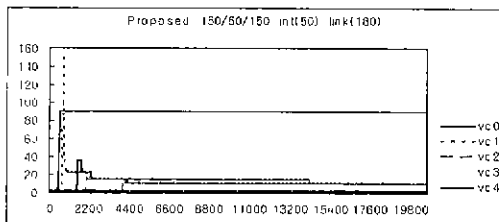
(b) 제안된 구조

(그림 2) 검사점에 의한 일시적 반응 변화

(그림 2)는 큐 버퍼의 출력 포트와 입력 포트에서 각각 측정할 것인데 (a)는 큐 지연의 증가로 공평성 값에 진동 수렴하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 문제는 (b)와 같이 검사점을 큐 버퍼의 앞 부분에 위치시킴으로써 개선할 수 있다.



(a) ERICA



(b) 제안된 구조

(그림 3) WAN 환경에서의 ACR 변화

(그림 3)은 WAN 환경에서 제안된 구조가 ERICA보다 더 안정적인 수렴을 하고 더 짧은 큐 지연을 갖는다는 것을 보여준다.

시뮬레이션에 대한 결과는 다음과 같이 요약될 수 있다.

- 모든 연결에 대한 공평 할당의 정확한 계산은 시스템이 안정된 공평 할당을 하기 위해 필요하다.
- 시스템 성능의 감소를 피하고 폭주 제어의 수렴 속도를 증가시키기 위해서 RM 셀의 큐 지연은 작아야 한다.
- 측정 간격은 폭주 제어에 매우 민감하기 때문에 그 값은 시스템 구성과 동작 파라미터에 따라서 조정되어야 한다. 그러므로 앞으로 망 구성에 무관한 측정 간격을 계산하는 방법에 대한 연구가 수행되어야 할 필요가 있다.

### 4. 결론

지금까지 ERICA와 최대-최소 구조와 같은 ABR 서비스에 대한 ER 폭주 제어 알고리즘에 대해서 논의하였고 견고성, 공평성, LAN/WAN 환경에 대한 ERICA의 성능 문제를 실험해 보았다.

이 논문에서는 ERICA 알고리즘의 단점을 개선하기 위하여 정확한 공평 할당과 큐 지연의 감소 등과 같은 개선 방안을 제안하고, 알고리즘을 평가하기 위하여 시뮬레이션을 하였다. 그 결과 제안된 알고리즘은 기존의 ERICA 알고리즘과 비교했을때 견고성, 효율성, 공평성, 큐 지연, 일시적 반응 등에서 더 좋은 성능을 얻을 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

### 참고 문헌

- [1] The ATM Forum, "The ATM Forum Traffic Management Specification, Version 4.0," ATM Forum Contribution, AF-TM 96-0056.000, April 1996.
- [2] R. Jain, S. Kalyanaraman, S. Fahmy, R. Goyal, and S. Kim, "Source Behavior for ATM ABR Traffic Management: An Explanation," IEEE Communications Magazine, November 1996.
- [3] A. Charny, D.D. Clark and R. Jain, "Congestion Control with Explicit Rate Indication," Proc. ICC 95, June 1995.
- [4] L. Kalampoukas, A. Varma, and K. K. Ramakrishnan, "An efficient rate allocation algorithm for ATM networks providing max-min fairness," In Proceedings of the 6th IFIP International Conference on High Performance Networking, September 1995.
- [5] D. Tsang and W. Wong, "A new rate-based switch algorithm for ABR traffic to achieve max-min fairness with analytical approximation and delay adjustment," In Proceedings of the 15th IEEE INFOCOMM, pages 1174-1181, March 1996