

ABR 서비스에서 동적인 측정 간격을 고려한 ERICA+ 알고리즘의 성능 개선

류제영*, 황명상*, 박두영*
*배재대학교 정보통신공학과
e-mail : jryru22@hanmail.net

Performance Improvement of ERICA+ for Dynamic Measurement Interval in ABR Service

Je-Young Ryu*, Myung-Sang Hwang*, Doo-Yeong Park*
*Dept. of Information Communication Engineering, Pai-Chai University

요 약

본 논문에서는 기존 폭주 회피형 ERICA+ 알고리즘에서 ER 피드백 계산에 이용되는 부하지수, 가용용량, 활성 가상회선 수 등에 영향을 미치는 측정간격을 기존의 Cell 단위나 Time 단위가 아닌, 목적 큐 길이를 기준으로 현재 스위치의 큐 길이의 변화에 따라 파라미터를 측정 함으로써, 큐 지연은 물론이고 ACR과 Fair Share의 진동을 줄일 수 있고, 일시적인 트래픽 폭주에 동적으로 반응할 수 없거나 빈번한 측정으로 인한 시스템의 복잡도와 고속화 문제를 해결한 안정적인 알고리즘을 제안하고 시뮬레이션 수행을 통하여 기존의 방법과 비교 분석한다.

1. 서 론

CBR(Constant Bit Rate), VBR(Variable Bit Rate)과 같은 대역폭 예약형 서비스가 사용하고 남은 링크의 가용 대역폭을 최대한 활용하여 고속 데이터를 효율적으로 전송하기 위한 ABR(Available Bit Rate)서비스에 대한 연구가 ATM 포럼을 중심으로 활발히 연구되고 있다^{[1][2]}.

ABR 서비스는 피드백에 의한 흐름 제어를 사용하여 최소 셀 전송률만을 보장하고, 링크의 상태에 따라서 최대 셀 전송률까지 동적으로 가용 대역폭을 활용한다. 또한 ABR 트래픽은 셀 손실에는 매우 민감하지만 지연에는 둔감한 트래픽 특성을 지닌다.

ATM 망에서 ABR 서비스를 위한 전송률 기반의 흐름제어 스위치는 크게 명시율 피백(Explicit Rate feedback) 스위치와 이진 피드백(binary feedback) 스위치로 나눌 수 있으며, 필요에 따라 다양한 형태로의 구현이 가능하다. ABR 서비스를 제공하기 위한 전송률 제어 메커니즘의 설계에서 주요 관심사는 링크 이용률을 최대화하고 큐 길이를 제어하면서 각 ABR 연결에 대해 가용 대역폭을 공평하게 할당하고, 구현의 복잡도를 줄이면서 우수한 성능을 가진 효율적인 교환기 메커니즘을 개발하는 것이 중요하다.

그러나 현재까지 ATM 포럼을 통하여 제안된 폭주 회피형 ERICA, ERICA+ 알고리즘에서 측정 간격(Measurement Interval) 설정은 LAN 과 같은 환경에서 긴 측정 간격이 폭주 제어를 할 수 없거나 느리게 수렴 하고, WAN 환경에서는 측정 간격이 길어질수록 전송률의 좋은 평균치를 얻을 수 있지만 갑작스런 트래픽 폭주에 동적으로 반응 할 수 없는 문제점이 발생하여 안정성이나 복잡성에 영향을 미치게 된다^[5].

따라서, 본 논문에서는 측정 시간을 현재 버퍼의 수위가 목표 queue 를 기준으로 구간이 변화 할 때 마다 파라미터를 측정함으로써 측정 구간 파라미터에 의존 하지 않고 현재 버퍼수위를 고려 함으로써 성능을 향상 시키는 방법을 제안한다. 그리고, 시뮬레이션을 통하여 측정 간격 파라미터를 기존의 cell 개수와 시간에 따라 변화 시켰을 때와 제안된 방법의 성능을 비교하고 목표 큐 길이가 미치는 영향에 대하여 성능 분석한다.

본 논문의 구성은 서론에 이어 2 장에서는 ABR 서비스를

위한 폭주 회피 방식인 ERICA, ERICA+ 알고리즘의 동작을 살펴 본다. 그리고, 3 장에서는 본 논문에서 제안한 방법의 동작을 살펴 보고 4 장에서는 기존의 방법과 제안한 방법을 시뮬레이션을 통하여 성능을 비교 분석 하여 5 장에서 결론을 맺는다.

2. ERICA, ERICA+ 스위치 알고리즘

ERICA 스위치 알고리즘은 원래 OSU(Ohio State University)의 Jain 등에 의해 제안된 전송률 기반 흐름제어 방식의 하나로 폭주 회피형 스위치 알고리즘으로 출력포트에서 동작 한다^[3].

이 스위치 알고리즘은 효율성과 공정성을 보장하는 동시에 부하가 적은 가상채널은 망의 상태와 상관없이 Fair Share 비율만큼 송신원의 전송률을 증가시킨다. 그리고 송신원의 전송률이 Fair Share 비율까지 접근하거나 이를 능가한 송신원은 링크가 전부 사용 중이 아니면 자신의 전송률을 증가시킨다. 그리고 스위치의 목표 용량은 전체 대역폭의 90~95% 정도로 높게 설정한다. 스위치는 목표 ABR 용량을 활성 VC 수로 나누어 Fair Share 를 계산한다. 그리고 BRM 셀이 도착하면 남아 있는 용량을 제한되지 않은 가상연결에 재할당하기 위하여 VC 단위로 CCR 을 측정하여 Load Factor 로 나눠 VC share 를 계산하고 Fair Share 와 비교하여 최대값을 ER 값으로 계산한다.

이 알고리즘은 공평 분배량을 계산하기 위해서 단순하면서도 안정적인 최적 전송률의 근사값을 제공한다. 그러나 망에 과도한 트래픽의 유입으로 급격하게 버퍼의 수위가 높아지는 경우, 버퍼 수위를 신속하게 낮추지 못하여 셀 손실이 발생하여 특정 환경에서 불안정한 결과를 초래하게 된다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 입력되는 셀의 큐잉 지연을 고려하여 큐잉 지연이 일정하게 유지되도록 목표 이용률을 조정하는 ERICA+ 스위치 알고리즘이 제안 되었다^{[3][4]}.

여기서 이용되는 목표 ABR 용량은 총 ABR 용량에 Queue Control Function 을 곱하여 계산하고 Queue control function 은 그림 1 에서 보여진다. 그리고, 이전까지 지적되던 RM 셀 내의 CCR 필드의 부정확성으로 나타날 수 있는 전송률 계산의 오류를 개선하기 위해 VC 단위로 CCR 을 측정하여 사용하도록 하였다. 또한, 망 상황의 변화에 너무 민감하게 전송률을 변화시키는 특성을 개선하기 위해 부하

지수 및 VC 수의 지수 가중 평균 및 측정기간을 셀 수와 시간의 두 가지 방식을 사용하는 등의 구현 사양이 추가되었다.

그러나, ERICA+ 알고리즘에서 피드백 계산에 이용되는 부하지수, 가용 용량, 활성 가상연결의 수 등은 측정 간격에 의존하는 임의의 변수들이다. 그러므로 측정 간격의 적절한 설정은 망의 물리적 조건에 적합하게 조정되어야 좋은 성능을 유지할 수 있다¹⁵⁾.

3. 제안된 동적인 측정 간격 알고리즘

본 논문에서는 ERICA+ 알고리즘 성능에 중요한 영향을 끼치는 측정 간격 파라미터를 Cell 단위나 Time 단위가 아닌 현재 Buffer의 수위가 스위치의 목표 큐 길이를 기준으로 구간이 변화될 때 마다 Feedback 계산에 이용되는 파라미터를 측정 함으로써 ACR과 Fair Share의 진동을 줄이고 빈번한 파라미터 측정의 갱신으로 시스템의 복잡도와 고속화를 해결할 수 있는 매우 안정적인 알고리즘을 제안 한다.

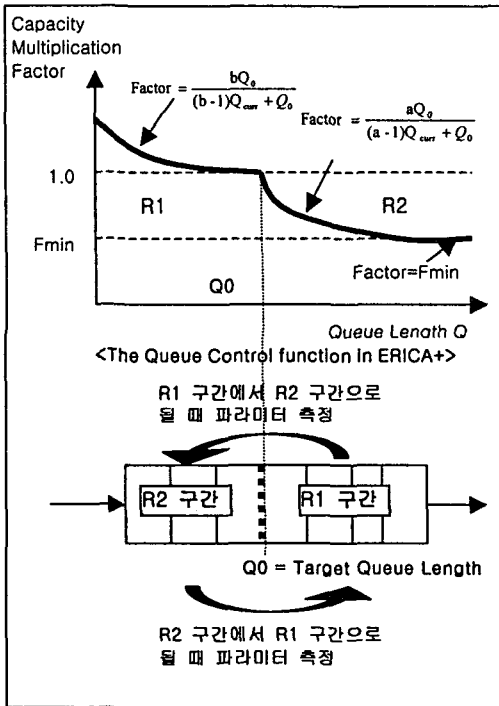


그림 1. Queue Control Function과 Target Queue Length를 이용한 동적인 측정 간격

그림 1은 ERICA+ 알고리즘에서 사용되는 큐 제어 함수(Queue Control Function)를 이용한 동적인 측정 간격을 설명한 그림이다. 그림 1에서 보여 지듯이 현재 큐 길이가 목표 큐 길이를 기준으로 R1, R2 구간으로 변화 할 때 마다 Feedback을 계산하기 위해 필요한 파라미터를 측정 한다. 이 방법은 현재 버퍼 상태를 고려해서 부하지수, 가용 용량, 활성 가상연결 수 등의 파라미터를 피드백 계산에 이용하기 때문에 보다 정확한 스위치 상태를 반영할 수 있고, 기존의 측정 간격을 Cell 단위나 Time 단위로 설정 할 때, LAN 환경에서 긴 측정 간격으로 인한 폭주제어를 할 수 없거나 느리게 수렴하는 문제나 WAN 환경에서의 일시적인 트래픽 폭주에 동적으로 반응 할 수 없었던 문제를 해결하고자 한다. 또한, 측정 간격을 지나치게 작게 했을 때, 필요 이상으로 너무 자주 파라미터를 측정 함으로써 스위치를 복잡하게 하거나 고속화에 있어서 문제가 될 수 있고, 측정 간격을 너

무 크게 함으로써 일시적인 폭주에 동적으로 반응 할 수 없거나 Feedback Rate을 낮추는 문제를 해결함으로써 기존의 측정 간격에 비해 좋은 성능을 기대 할 수 있었다.

4. 시뮬레이션 결과 및 성능 분석

4.1 시뮬레이션 모델

본 논문에서는 제안된 동적인 측정 간격에 따른 성능을 분석하기 위하여 그림 2와 같이 5쌍의 ABR 소스/목적지 시스템, 1개의 ER 교환기로 구성 하였고, 송신원과 스위치 사이의 거리는 LAN 환경을 고려하여 1km로 하였고 WAN 환경을 고려하여 1000km로 가정 하였다. 그리고 링크의 전송 속도는 150Mbps로 설정하였으며 시뮬레이션에 사용된 송/수신원 동작은 ATM 포럼의 TM 규격을 따랐다¹¹⁾.

시뮬레이션 시에 폭주를 가칭 하기 위해서 S1, S2는 처음부터 전송을 시작하여 0.05sec까지 전송을 하고, S3, S4, S5는 0.01sec에서 전송을 시작하여 시뮬레이션 끝까지 전송을 하는 것으로 가정하였다. 5개의 ABR 송신원은 항상 전송할 데이터 셀을 가지는 greedy source로 가정 하였고, ABR 서비스를 위한 파라미터와 ERICA+를 위한 파라미터를 표 1, 표 2과 같이 설정 하였다.

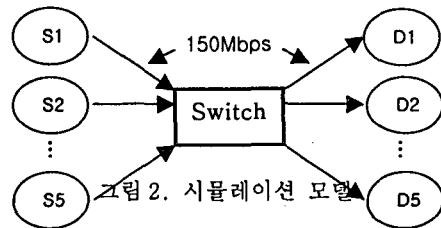


표 1. ABR 서비스 파라미터

Target Utilization	0.9
δ	0.1
a	0.8
a	1.15
b	1.05
QDLF	0.5

표 2. ERICA+ parameters

4.2 시뮬레이션 결과 및 성능 비교/분석

본 장에서는 기존 ERICA+ 알고리즘에서 사용되었던 측정 간격을 기존의 cell 단위로 설정 했을 경우와 time 단위로 설정 했을 경우를 LAN과 WAN 환경에서 측정 간격의 변화에 따른 ACR, Queue Length, Fair Share, cells Received의 변화를 관찰하였으며, 제안된 알고리즘과 비교 분석하였다. 또한, 목표 큐 길이의 변화에 따른 성능을 분석 하였다.

1) 측정 간격을 Cell 단위로 했을 때 측정 간격의 변화(Q0=10일 때)

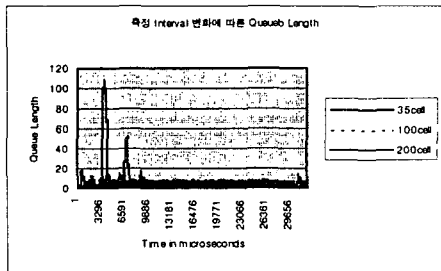


그림 3-a. Queue Length

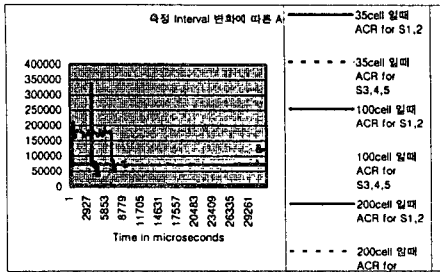


그림 3-b. ACR

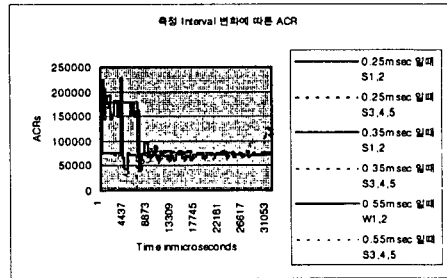


그림 4-b. ACR

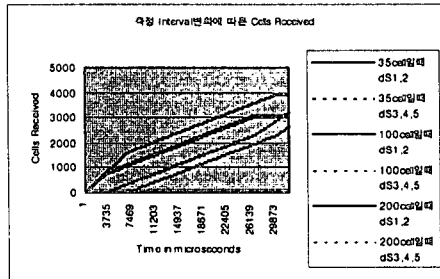


그림 3-c. Cells Received

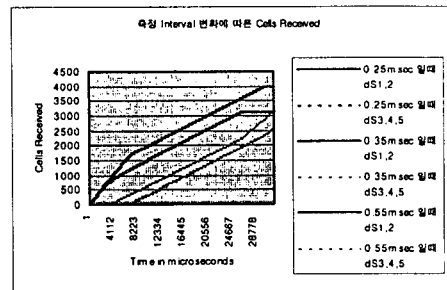


그림 4-c. Cells Received

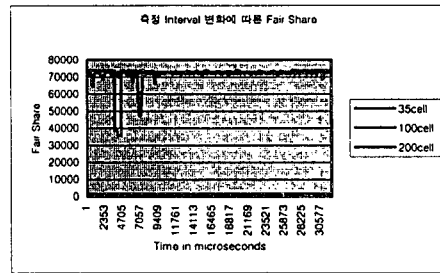


그림 3-d. Fair Share

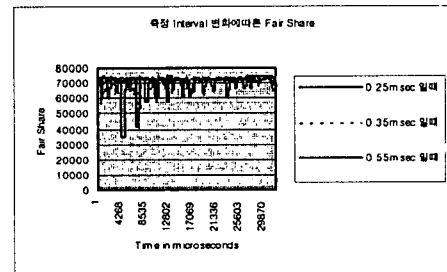


그림 4-d. Fair Share

그림 3에서 보여 지듯이 측정 간격의 변화에 따라서 Queue Length, ACR, Cells Received, Fair Share 가 다른 성능을 보이며, 측정 간격을 100cell로 했을 때 가장 안정적인 성능을 보였다. 그림 3-c에서는 측정 간격이 35cell일 때 Source 1,2의 수신셀이 1000개 더 많았고 반면 Source 3,4,5은 더 적은 셀을 수신했다. 그러나 측정 간격이 100cell일 때와 200cell일 때는 거의 같은 수의 셀을 수신했다.

측정 간격 파라미터를 Time으로 했을 때 Cells Received는 거의 비슷하나 Queue Length, ACR, Fair Share는 측정 간격의 변화에 따라 진동이 심했다.

2) 측정 간격을 time 단위로 했을 때 측정 간격의 변화 (Q0=10일때)

3) 제안된 알고리즘에 의한 파라미터 측정.

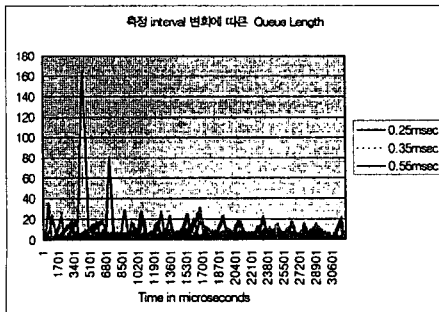


그림 4-a. Queue Length

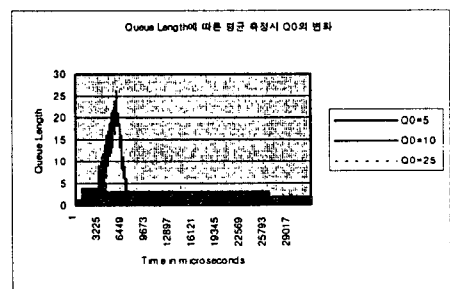


그림 5-a. Queue Length

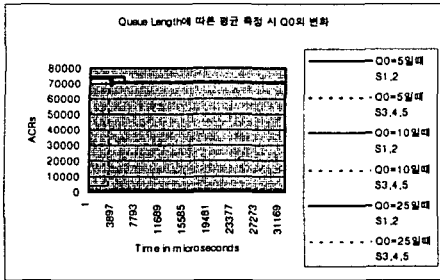


그림 5-b. ACR

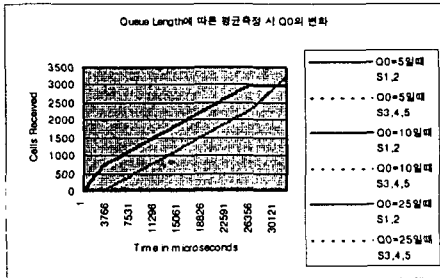


그림 5-c. Cells Received

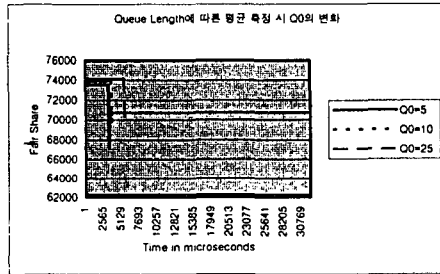


그림 5-d. Fair Share

제안된 알고리즘의 성능이 그림 5와 같이 나타났으며 Q0가 10일 때의 그림 5-a와 그림 3-a, 그림 4-a를 비교할 때 큐의 수위가 현저하게 줄어들었으며 진동이 거의 없이 일정한 수준을 보여 주었다. 반면에 수신된 셀 수는 Source 1,2가 3000이고 Source 3,4,5는 약 2400에서 증가하는 것을 볼 수 있으며 측정 간격을 Cell 단위나 Time 단위로 했을 때와 비교할 때 거의 동일한 수의 셀을 수신했다. 또한 ACR와 Fair Share는 기존 방법에 비해서 진동이 현저하게 줄었고 매우 안정적인 성능을 보였다.

또한, 제안 알고리즘에서 목적 큐 길이의 변화에 따른 성능을 보면 목적 큐 길이가 길어 질수록 Queue 점유율이 늘어났다. 그러나 수신된 셀 수는 동일했으며 ACR과 Fair Share는 아주 약간의 차가 있을 뿐 비슷한 성능을 보였다. 이는 목적 큐 길이의 변화가 시스템의 성능에 크게 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.

4) WAN 환경에서 ERICA+와 제안된 알고리즘 비교

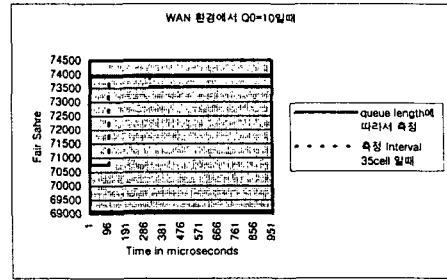


그림 6. Fair Share

WAN 환경에서 측정 Interval 파라미터를 35cell로 했을 때와 제안 방법에 의한 평균 측정을 비교해 보면 Queue Length, ACR, Cells Received는 같은 결과를 얻었다. 그러나 Fair Share는 그림 6에서 나타나듯이 제안된 알고리즘은 일정한 값을 보였으며 이는 공평하게 할당되고 있음을 알 수 있다.

5) 파라미터 측정 횟수 (Q0=10일때)

Cell 단위 (cell)		Time 단위 (msec)		동적 측정	
35	1888	0.25	783	Q0=5	37
100	445	0.35	566	Q0=10	9
200	224	0.55	356	Q0=25	5

표 3. 측정 단위에 따른 파라미터 측정 횟수

표 3은 평균 측정 횟수를 비교한 것으로 Cell 단위로 측정할 때 가장 안정적인 성능을 보인 100cells 측정 간격은 445번 평균 측정을 하였고 0.35msec일때 566번을 측정하였다. 그러나 현재 버퍼를 고려한 동적인 파라미터 측정은 불과 9번의 측정만으로도 비슷한 셀을 수신하였으며 또한 진동 없이 일정한 안정적인 성능을 보였다. 이는 스위치 버퍼의 부담을 줄이면서 불필요한 파라미터 측정으로 인한 시스템의 복잡도를 줄여 고속화를 해결할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서 제안된 알고리즘은 스위치의 현재 Queue 길이가 목표 큐 길이를 기준으로 하여 두 구간으로 변화할 때 마다 Feedback 계산에 필요한 파라미터를 측정하기 때문에 임의의 측정 구간 파라미터 값에 의한 빈번한 평균 측정 갱신으로부터 시스템의 복잡도를 줄여 고속화를 해결하였고, 일시적인 트래픽 폭주에서도 동적으로 반응할 수 있었다. 또한, 일정한 수신률을 유지 하면서 큐의 부담을 줄이고 ACR과 Fair Share의 변동폭을 줄임으로써 매우 안정적인 동작 특성을 보였다. 목표 큐 길이의 변동에도 덜 민감한 우수한 성능을 보였다.

참고 문헌

[1] The ATM Forum Technical Committee, "Traffic Management Specification Version 4.1," AF-TM-0121.000, Mar. 1999
 [2] R. Jain, "Congestion Control and Traffic Management in ATM Networks: Recent Advances and Survey," Computer Networks and ISDN Systems, Oct. 1996.
 [3] R. Jain, S. Kalyanaraman, R. Goyal and R. Viswanathan, "ERICA Switch Algorithm: A Complete Description," ATM Forum/96-1172, Aug. 1996.
 [4] R. Jain, S. Fahmy, S. Kalyanaraman and R. Goyal, "ABR Switch Algorithm Testing: A Case Study with ERICA," ATM Forum/96-1267, Oct. 1996
 [5] S. Fahmy, R. Jain, S. Kalyanaraman, R. Goyal and B. Vandalore, "On Determining the Fair Bandwidth share for ABR Connections in ATM Networks," IEEE ICC'98, June 1998.