

ATM망에서 ABR 서비스를 위한 혼잡회피 알고리즘의 성능 분석 및 평가

하 창 승* 조 익 성**

A Performance Analysis and Evaluation of Congestion Avoidance Algorithm for ABR service over ATM Networks

Chang-seung Ha* Ik-sung Cho**

요 약

ATM 네트워크의 목적은 다양한 네트워크의 접속을 지원하는 것이다. ATM 망에서 ABR 서비스는 CBR, VBR에 할당된 전송률을 제외한 나머지를 이용해서 데이터를 전송한다. 오디오 또는 비디오 데이터와 같이 실시간 전송이 필요한 서비스들은 전송지연이 제한되는 CBR이나 VBR 트래픽을 이용하여 제공할 수 있지만, 이런 경우에는 전체 전송률을 효과적으로 사용하지 못하는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 ABR 스위치의 스위치 알고리즘인 ERICA(Explicit Rate Indicate Avoidance) 스위치 방식과 EPRCA(Enhanced Proportional Rate Control Algorithm) 스위치 방식의 성능을 평가하기 위하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션의 평가 기준으로 과도상태와 정상상태에서 각 송신원에서의 전송률(ACR: Allowed Cell Rate)의 변화, 큐 길이, 링크 대역폭 이용률과 전송률의 공평성 여부를 사용하였다. 실험결과 EPRCA 스위치 방식은 ERICA 방식보다 뛰어난 반응 특성을 나타내는 결과를 얻을 수 있었으며, 안정성과 패어웨어 특성은 ERICA 스위치 방식이 EPRCA 스위치 방식보다 우수한 결과를 얻을 수 있었다.

Abstract

A general goal of the ATM(Asynchronous Transfer Mode) network is to support connec across various network. On ATM networks, ABR services are provied using the remained ban

본 연구는 2002년도 동명대학 학술 연구비로 조성되었습니다.

* 동명대학 정보통신 계열 조교수

** 동명대학 정보통신계열 전임강사

논문접수 : 2002. 6. 8

심사완료 : 2002. 9. 16

after allocation CBR and VBR traffic. Realtime services such as transmitting audio or video data may be provided using CBR and VBR which have a constrained transmission delay, but in these cases, the communications bandwidth may be wasted. In this paper a simulation has been performed to compare and evaluate the performance between the ERICA(Explicit Rate Indicate Avoidance) and ERPCA(Enhanced Proportional Rate Control Algorithm) switches which use Explicit Rate switch algorithm for ABR switch. The variation of the ACR at the source end system, the queue length, the utilization rate of the link bandwidth and the share fairness at the transient and steady states are used as the evaluation criteria for the simulation. As a result of simulation, ERICA algorithm switch was ten times long compared to ERPCA switch to achieve assigned fair share. so ERPCA switch is superior to ERICA about load response. For Fair share and stability, ERICA switch is excellent to ERPCA switch.

I. 서론

기존의 전용망과 같은 패킷 교환망은 실시간 통신을 요하지 않는 데이터 통신에는 적합하나 패킷 크기의 유동성 때문에 실시간을 요하는 음성 통신이나 화상 통신에는 적합하지 않다. 또한 실시간 통신이 가능한 회선 교환망은 각 응용계층에 일정한 대역폭을 할당하고 할당된 대역폭을 계속 유지해야 하므로 실시간 통신을 지원할 수 있으나 대역폭을 낭비하게 되므로 대량의 데이터의 전송에는 적합하지 않다[1]. 패킷 통신의 장점을 유지하면서 실시간 통신을 제공할 수 있는 방법은 비동기식 전송 모드(ATM:Asynchronous Transfer Mode)의 데이터 전송 방법이다. 음성과 같은 실시간 통신은 전송 지연에 민감하며, 데이터 통신과 같은 실시간을 요하지 않는 통신은 데이터의 손상에 민감하기 때문에 혼잡 제어를 위해서는 각 서비스의 형태에 따라 다양한 트래픽 제어방식이 필요하다. ATM 포럼에서는 이와 같은 다양하고 통합된 트래픽 특성을 갖는 광대역 종합 정보 통신망에서 트래픽의 특성 및 QOS(Quality of Service)의 요구 사항에 따라 트래픽을 CBR(Constant Bit Rate), VBR(Variable Bit Rate), ABR(Available Bit Rate), UBR(Unspecified Rate)등으로 분류하여 특성에 따른 서비스를 제시하고 있다[2]. ABR 서비스는 실시간 통신 서비스를 위한 CBR과 VBR 서비스가 할당하고 남은 나머지 부분을 이용해 데이터를 전송한다. ABR 서비스를 제공하기 위해서는 자원의 효과적인 관리, 혼잡 제어, 모든 ABR 소스에 공평하게 대역폭을 할당하는 것이 가장 중요하다. ATM 스위치에서 ABR 소스에 페어셰어(fair share)를 분배하고 트래픽을 제어하는 여러가지 방식이 제안되었는데, 본 논문에서는 ER(Explicit Rate) 제어기법을 사용한다. ER 제어기법의 종류에는 ERICA(Explicit Rate Indicate Avoidance) 알고리즘과 EPRCA(Enhanced Proportional Rate Control Algorithm) 알고리즘이 있는데, 본 논문에서는 각 제어기법의 특성에 관하여 연구하였으며 시뮬레이션 모델을 이용하여 네트워크에 정체 현상이 발생하였을 경우 각 알고리즘의 반응성을 실험하

고 그 결과를 제시하여 타당성을 확인하였다. 실험 결과 네트워크의 부하 변화가 있을 때 EPRCA 알고리즘이 뛰어난 반응 특성을 나타내는 결과를 얻을 수 있었으며, 안정성과 페어셰어 특성은 ERICA 알고리즘이 EPRCA 알고리즘 보다 우수한 결과가 나온다는 것을 확인할 수 있었다.

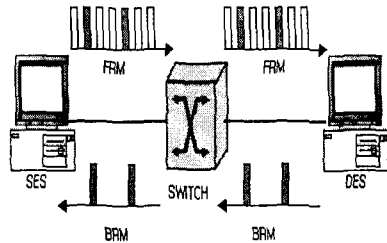
본 논문의 2장에서는 ABR 혼잡 제어에 대하여 논하고, 3장에서는 ER 트래픽 제어기법에 대하여, 4장에서는 시뮬레이션 모델 및 결과를 제시한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 서술한다.

II. ABR 혼잡 제어

1. ABR 서비스

ATM 포럼에서는 다양한 응용 계층의 트래픽을 제공하기 위해 ATM 서비스 형태를 CBR, 실시간 VBR, 비실시간 VBR, ABR, UBR 등으로 서비스를 정의하고 있다. CBR과 VBR 서비스는 네트워크에 접속을 시도할 때 네트워크로부터 필요한 대역폭을 할당받고 할당받은 대역폭은 네트워크로부터 보장을 받는다. 따라서 네트워크에 정체 현상이 생기면 ABR과 UBR 서비스보다 높은 우선순위를 보장받는다. ABR 서비스는 낮은 셀 손실율을 제공하면서 대역폭을 최대한 사용하기 위한 서비스로 UBR 서비스와 함께 최선노력(best-effort) 트래픽을 제공한다. ABR 서비스와 UBR 서비스의 차이는 UBR 서비스는 네트워크에 접속할 시점에 대역폭을 네트워크로부터 할당받고 최대 셀 전송율(PCR : Peak Cell Rate)로 셀을 전송한다. 이 경우 네트워크에서 체증 현상이 발생하면 일반적인 인터넷의 IP(Internet Protocol) 통신에 사용되는 best-effort 트래픽처럼 셀의 손실을 보장할 수 없게 된다. 하지만 ABR 서비스는 대역폭 사용율을 최대화하면서 셀 손실율을 최소화하기 위해 네트워크로부터의 제한 정보를 이용해 소스의 셀 전송율을 조정하면서 셀을 전송한다. 따라서 네트워크의 환경 변화에 효율적으로 적응하면서 데이터를 전송할 수 있다[3]. ABR 서비스는 페루프 제한을 사용하는 유일한 서비스로 네트워크는 제한을 통해 소스가 전송할 수 있는 셀 전송율을 제어한다.

ABR 서비스의 소스는 궤환을 위해 셀 중간에 그림 1 과 같이 자원관리셀(RM : Resource Management Cell)을 전송한다. 자원관리셀은 소스에서 전송되어 네트워크의 중간의 노드를 거쳐 목적지 전송되며, 목적지는 수신한 자원관리셀을 소스로 되돌려 보낸다. 소스에서 목적지로 향하는 자원관리셀을 순방향 자원관리셀(FRM : Forward RM cell)이라 하고, 목적지에서 소스로 향하는 자원관리셀을 역방향 자원관리셀(BRM : Backward RM cell)이라 하며 셀 헤더의 페이로드 타입(PT : Payload Type)이 110이면 자원관리셀을 나타낸다. 자원관리셀에는 소스 측에 궤환을 제공하기 위해 현재의 셀 전송율(CCR : Current Cell Rate), ER(Explicit Rate) 필드와 정체 정보(CI : Congestion Indicator), NI(No Increase) 플래그를 포함하고 있다.



1. ABR 자원관리 셀
Fig. 1 ABR RM cell

2. ABR 스위치의 트래픽 제어기법

ABR 트래픽 제어 방식으로는 TCP(Transmission Control Protocol)의 흐름 제어 방식인 윈도우 기반 흐름 제어방식을 이용하는 신용 기반(credit-based) 접근 방식과 전송율 기반(rate-based) 접근 방식이 있는데 ATM 포럼에서는 전송율 기반 접근 방식을 표준으로 채택하였다(4). 전송율 기반 접근 방식에는 소스 측의 셀 전송율을 제어하기 위한 표시 방식에 따라 전방 명시적 표시기법(EFCI : Explicit Forward Congestion Indication), RR(Relative Rate) 표시기법, ER(Explicit Rate) 표시기법으로 나뉜다(5). 전방 명시적 표시기법은 정체 현상이 발생한 노드에서 데이터 셀 내의 EFCI 필드에 표시하여 네트워크의 정체 여부를 목적지로 전송한다. 목적지에서는 역방향 자원관리셀의 정체 정보 플래그에 표시하여 소스로 되돌려 보낸다. 역방향 자원관리셀을 수신한 소스는 정체 정보 플래그의 비트를 분석하여 소스의 셀 전송율을 조정하게 된다(6). 이 제어기법은 네트워크

중간에 몇 개의 노드를 거쳐야 할 경우 중간의 어느 한 노드에서 정체 현상이 발생하면 역방향 자원관리셀을 수신할 때까지 소스 측은 현재의 전송 속도로 계속해서 셀을 전송하기 때문에 네트워크의 변화에 효과적으로 대응하지 못한다.

RR 표시 제어기법은 각 노드에서 순방향 자원관리셀 헤더의 EFCI 비트에 표시를 하는 것이 아니라 역방향 자원관리셀의 정체 정보, NI 플래그에 직접 표시하는 기법으로 전방 명시적 표시기법 보다 네트워크의 변화에 빠르게 동작하지만 전방 명시적 표시기법, RR 기법 모두 소스의 셀 전송율을 소스 측에 직접적으로 알리는 것이 아니라 네트워크의 정체 여부만 알려주는 것이므로 동적으로 소스의 셀 전송율을 제어하지 못한다. ER 제어기법은 네트워크에서 소스가 전송할 수 있는 셀 전송율을 ER 필드에 기록하여 소스 측으로 통보한다. 소스는 ER 필드의 값에 따라 적당하게 셀 전송율을 제어할 수 있으므로 다양하게 네트워크의 변화에 대처할 수 있다(7).

III. ER 트래픽 제어 기법

전송율 기반 제어기법에는 ERICA 알고리즘과 EPRCA 알고리즘이 있으며 두 제어기법의 차이는 페이웨이의 계산 유·무와 네트워크의 상태파악 방법이다.

1. ERICA 알고리즘

ERICA 알고리즘은 주기적으로 각 링크의 부하를 감시하여 부하요소 (LF : Load Factor), ABR 서비스가 이용할 수 있는 대역 폭, 그리고 현재의 ABR 소스의 가상채널의 수를 계산하고 이러한 변수 및 요소를 이용하여 각 가상채널에 유용한 대역폭을 계산하여 ER 필드의 값을 갱신하는 방식이다. 그림 2는 ERICA 알고리즘에서의 ER 값 갱신 의사 코드를 나타내고 있으며, 부하요소는 네트워크의 정체성 여부와 정체성 정도를 나타내는 요소로 식 (1)을 사용하여 구할 수 있다.

input rate는 switch average interval 동안 측정된 것으로 포트(port)에 입력되는 셀의 도착율을 나타내고, target rate는 ABR 서비스가 이용할 수 있는 잉여 대역

폭을 나타내며, 부하요소의 값에 따라 네트워크에 정체 현상이 발생하였는지 판단할 수 있다. 즉 $LF > 1$ 이면 정체 현상이 발생한 경우이고, $LF < 1$ 이면 정체 현상이 발생하지 않은 경우를 나타낸다. ABR 서비스가 사용할 수 있는 대역폭이 결정되었다면 링크의 각 VCC(Virtual Channel Connection)가 사용할 수 있는 페어셰어를 결정해야 한다. 페어셰어의 결정은 식 (2)에서와 같이 target rate를 현재 네트워크에 연결되어 데이터를 전송하고 있는 ABR 가상채널 수로 나누어 결정하며, NABR은 ABR 서비스를 사용하고 있는 가상채널의 수를 나타낸다.

소스에 할당된 페어셰어 대역폭을 모두 사용하지 않는 소스가 있다면 스위치는 소스에서 사용하지 않는 자원을 다른 ABR 소스에 할당하기 위해 식 (3)에서와 같이 부하요소에 의하여 VCshare 값을 계산하여 가상채널의 현재 셀 전송율(CCR : Current Cell Rate)을 증가시킨다. VCshare는 각 소스에서 전송할 수 있는 대역폭까지 전송속도를 높이는데 사용되며, 부하요소에 의해서 결정된 정체성 여부에 따라서 자원관리 셀의 ER 값을 갱신해야 한다. ER 값의 변경은 식 (1), (2)를 이용하여 결정한다. ATM 포럼은 ABR 서비스에 대하여 최소 대역폭을 보장하기 위해 최소 셀 전송율(MCR : Minimum Cell Rate)을 정의하고 있는데 최소 셀 전송율은 CBR, VBR과 같이 높은 우선 순위가 보장되며, ACR(Allowed Cell Rate)은 최소 셀 전송율과 최대 셀 전송율 사이에 존재한다. 따라서 ATM 스위치는 ABR 서비스에 대하여 최소 셀 전송율을 먼저 확보한 후 각 가상채널에 잉여 대역폭을 분배한다(8).

그림 1의 의사 코드에서 *MaxAllocPrevious*는 앞의 switch average interval 동안 측정된 ER 값의 최대 값을 나타낸다.

네트워크의 환경(소스, 목적지, 스위치, 링크)에 n개의 ABR 소스가 접속되어 있다면

i번째 소스의 페어셰어는 아래와 같이 계산된다.

$$f_i = \mu_i + \frac{w_i \times (target\ rate - \sum_{j=1}^n \mu_j)}{\sum_{j=1}^n w_j} \quad (4)$$

여기서 μ_i 는 i번째 가용 셀 전송율 소스의 최소 셀 전송율, w_i 는 미리 설정된 접속 i의 weight factor를 나타내고 과금 문제와 관련있는 요소를 나타낸다(9).

최소 셀 전송율의 값은 최소값이 0이고, 소스에 따라 다양하게 설정 될 수 있다. $MCR=0$ 이면 모든 ABR 소스에는 똑같은 페어셰어 값이 할당되고 소스에 따라 최소 셀 전송율 값이 다를 경우는 할당되는 페어셰어도 다르게 할당된다. 최소 셀 전송율과 페어셰어의 관계를 나타내면 아래와 같다.

$MCR=0$, weight factor 값이 상수이면

$$f_i = \frac{target\ rate}{N_{ABR}} \quad (5)$$

$MCR \neq 0$ 이면

$$f_i = \mu_i + \frac{(A - \mu)}{N_{ABR}} \quad (6)$$

여기서 μ 는 전체 MCR의 합($\mu = \sum_{i=1}^n \mu_i$)을 나타낸다.

MCR의 비율에 따른 i번째 접속에서 페어셰어와의 관계를 알아보면 아래와 같이 표시된다.

$$f_i = A \times \frac{\mu_i}{\mu} = \frac{(\mu + A - \mu)\mu_i}{\mu} = \mu_i + \frac{(A - \mu)\mu_i}{\mu} \quad (7)$$

위의 식들에서 적당한 페어셰어의 선택은 과금 관계 등을 고려하여 네트워크의 환경에 따라 선택하여 사용할 수 있다. ERICA에서 부하 요소를 계산하기 위해서는 먼저 ABR 서비스에 유용한 잉여 대역폭을 결정해야 한다.

잉여 대역폭을 찾는 방법은 switch average interval 동안 각 버퍼에서 스케줄러(scheduler)에 의해 서비스되기 위해 대기 중인 셀의 수를 파악해 계산할 수 있다.

ABR에 유용한 대역폭은 전체 대역폭과 보장된 대역폭을 사용하는 CBR과 VBR 같은 서비스가 사용하는 대역폭과의 차로 계산할 수 있다. 식 (8)은 ABR 서비스에 사용할 수 있는 대역폭을 계산하는 식을 나타내고 있다 [10].

$$target\ rate = (total\ link\ bandwidth - B_w)(cell/s) \quad (8)$$

B_w 는 높은 우선 순위를 가진 가상채널이 사용하는 대역폭을 나타낸다. 식 (9)는 높은 우선 순위를 가진 가상채널이 사용하고 있는 대역폭 B_w 를 계산하는 식을 나타내고 있다.

$$B_w = \frac{Cell_{Nm}}{T} (cell/s) \quad (9)$$

$Cell_{Nm}$ 는 버퍼에 저장되어 스케줄러에서 처리되기를 기다리고 있는 CBR, VBR같은 우선 순위를 가진 셀의 수를 나타내며 T는 switch average interval을 나타낸다.

식 (8), (9)를 정리하면 ABR 서비스에 유용한 대역

폭을 계산 할 수 있다.

$$target\ rate = (1 - \frac{Cell_{Nm}}{T}) \times total\ link\ bandwidth(cell/s) \quad (10)$$

```

Initialization
/* ABR에 유용한 대역폭 계산 */
target rate ← (1 -  $\frac{Cell_{Nm}}{T}$ ) × total Link bandwidth
/* 부하 요소 계산 */
LF =  $\frac{input\ rate}{target\ rate}$  (1)
/* 페어셰어 계산 */
FairShare ←  $\frac{target\ rate - \sum_{i=1}^N \mu_i}{N_{ABR}}$  (2)
MaxAllocPrevious ← MaxAllocCurrent
MaxAllocCurrent ← FairShare
End of averaging interval
When an FRM is received
/* FRM에 계산된 Fair Share 값 기록 */
CCR_in_RM_Cell
When a BRM is received
/* BRM 수신 */
VCShare ←  $\frac{CCR[VC]}{LF}$  (3)
/* 네트워크 상태 파악 및 ER 값 갱신 */
if ( LF > 1 )
    ER ← Max (FairShare, VCshare)
else ER ← Max(MaxAllocPrevious, FairShare, VCShare)
    MaxAllocCurrent ← Max(MaxAllocCurrent, ER)
    if (ER > FairShare and CCR[VC] < FairShare)
        ER ← FairShare
    CCR_in_RM_Cell ← Min(ER_in_RM_Cell, ER)
    
```

그림 2. ERICA 알고리즘의 의사코드
Fig. 2 Pseudo code of ERICA algorithm

우선 순위를 가진 셀의 전송율을 알기 위해서 또는 네트워크에서 정체 현상이 발생하였을 때 우선 순위를 제어해야 한다. 우선 순위 제어기법에는 시간 우선 순위 제어기법, 셀 손실 우선 순위 제어기법, 복합 우선 순위 제어기법이 있는데 복합 우선 순위 제어기법이 가장 효율성이 뛰어나다. 일반적으로 복합 우선 순위 제어기법 중 MLT(Minimum Laxity Threshold) 제어기법을 사용한다[11]. 전방 명시적 표시기법과 같이 순방향 자원관리 셀의 ER 값에 셀 전송율을 표시하면 네트워크의 환경 변화에 효과적으로 대처할 수가 없으므로 역방향 자원관

리셀의 ER 필드에 정보를 표시하여 소스에서의 셀 전송율을 제어하는 것이 효과적이다. ERICA 제어기법은 순방향 자원관리셀을 수신하였을 때 페어셰어를 계산하고 그 값을 저장한 후 역방향 자원관리셀을 수신하였을 때 ER 필드의 값을 갱신한다. 이와 같이 ERICA 알고리즘은 순방향 자원관리셀을 ATM 스위치에서 수신하면 계산된 페어셰어의 값을 CCR 필드에 표시하고, 역방향 자원관리셀을 수신하면 VCshare를 계산하고 부하 요소를 이용하여 네트워크의 상태를 파악한다. 네트워크의 상태가 정체현상을 나타내면 페어셰어 값과 VCshare 값을 이용하여 역방향 자원관리셀의 ER 값을 갱신하고, 네트워크의 상태가 정체 현상이 없는 상태이면 이전의 순방향 자원관리셀의 CCR 값과 페어셰어 VCshare 값을 이용하여 ER 값을 갱신하고 소스에서의 셀 전송율을 높인다.

2. EPRCA 알고리즘

EPRCA 알고리즘은 네트워크의 혼잡 정도에 따라 정체가 없는 상태, 낮은 정체상태, 높은 정체상태로 분류한다. 정체상태는 버퍼에 상한값(high threshold)과 하한값(low threshold)을 두어서 판단한다. 즉 버퍼에서 데이터의 용량이 상한값 이상이면 심각한 정체 현상이 발생한 것이고, 하한값 이하이면 낮은 정체 현상이 없는 상태이다[12].

스위치는 가상채널의 순방향 자원관리셀로부터 CCR의 평균값을 산출하는데 이것을 MACR(Mean Allowed Cell Rate)라 한다. 아래식은 MACR을 계산하는 식을 나타내고 있다.

$$MACR = (1 - \alpha) \times MACR + \alpha \times CCR \quad (11)$$

α 값은 ATM Forum TM 4.0에서 1/16로 정의되어 있다. 역방향 자원관리셀을 수신했을 때 스위치의 상태가 낮은 정체 현상이거나 높은 정체 현상을 일으키는 상태이면 스위치는 MACR을 이용하여 ER 값을 계산한다[18]. 스위치에서는 역방향 자원관리셀을 수신하였을 때 ER 값을 갱신하는데 높은 정체 상태와 낮은 정체 상태로 나누어 ER 값을 계산한다.

높은 정체 현상이 발생하였을 경우 MRF(Major Reduction Factor)와 MACR을 이용하여 ER 값을 계산하고, 버퍼에서 셀의 공간의 상한 값 이하가 될 때까지 셀 전송율을 줄인 후, CI 플래그에 표시한다. 낮은 정체 현상이 발생했을 경우는 현재의 ER 값과 MCR × ERF 값 중 최소 값을 이용해 버퍼의 셀 크기가 하한값

이하로 줄 때까지 낮춘다. MRF의 값은 ATM Forum TM 4.0에서 1/4로 정의하고 있다. 네트워크가 낮은 정체 현상을 나타내면 ERF(Explicit Reduction Factor)를 이용하여 ER 값을 계산한다. ERF의 값은 15/16로 정의되어 있다.

EPRCA 스위치 알고리즘은 네트워크에 정체 현상이 없을 때 네트워크의 반응에 대해서 나타내지 않고 단지 정체 현상이 발생했을 때 정체 현상의 정도에 따라 소스에서 셀 전송율을 줄이는 값만 나타내고 있다.

네트워크에 정체 현상이 없을 때 네트워크의 반응은 소스에 의해 수행된다. 스위치 알고리즘에서 정체 현상이 발생했을 때 역방향 자원관리셀의 ER 필드 값을 갱신하고 CI 플래그에 표시한다. CI=0이면 네트워크에 정체 현상이 없는 상태를 나타낸다. 소스는 역방향 자원관리셀의 CI 플래그를 검사하여 CI 값이 0이면 PCR×RIF 값을 이용하여 ACR값을 증가시킨다. RIF(Rate Increase Factor) 값은 ATM Forum TM 4.0에서 1/16로 정의하고 있다.

CI=1이면 네트워크에 정체 현상이 발생 한 것이고 소스는 식 (10)을 이용하여 ACR 값을 조정할 수 있다.

$$ACR = \min(ACR \times RDF, ACR, ER) \quad (10)$$

ATM 포럼에서는 RDF(Rate Decrease Factor) 값을 1/16로 정의하고 있다. 그림 3은 EPRCA 알고리즘에서 ER 값 갱신 의사 코드를 나타내고 있다.

의사 코드에서 스위치는 입력 버퍼의 셀 크기와 출력 버퍼의 셀 크기를 비교하여 네트워크의 상태를 파악한다. 입력 버퍼의 셀 크기가 출력 버퍼의 셀 크기보다 작으면 네트워크에 정체 현상이 없는 상태이고 스위치는 입력 버퍼에 있는 셀을 출력 버퍼를 통해 네트워크로 전송한다. 만약 입력 버퍼의 셀 크기가 출력 버퍼의 셀 크기보다 크면 출력 버퍼의 설정 한계 값에 따라 네트워크의 정체 등급을 결정한다.

결정된 네트워크의 정체 등급에 따라 스위치는 BRM을 수신했을 때 CCR 값과 ER 값, MRF, ERF 값을 이용해 소스 쪽으로 향하는 BRM의 ER 값을 갱신하여 소스의 셀 전송율을 조정한다.

```

if cell enters ABR Q
/* 버퍼의 상태 파악 */
{ if Q_length < Output_Q_size
/* 정체 현상이 없으면 셀 전송 */
add cell to output Q
/* 매우 높은 정체 상태 */
if Q_length > DQT
very_congested = True
if Q_length > High_threshold
congested= True
}
if schedule ABR cell to link
{
if Q_length < Low_threshold
congested = False
if Q_length < DQT
very_congested = False
if cell is FRM
if ((congestion and MACR > CCR) or
(no congestion and MACR×VCS < CCR))
MACR = MACR + (CCR-MACR)×AVF
if cell is BRM
if congested
if very_congested
ER = min(ER, MACR×MRF)
else if CCR > MACR×DFF
ER = min (ER, MACR×ERF)
}
}
    
```

그림 3. EPRCA 알고리즘의 의사코드
Fig. 3 Pseudo code of EPRCA algorithm

IV. 시뮬레이션 및 결과 고찰

1. 3-스위치 네트워크 모델링

네트워크 모델에서 B-TE(Broadband Terminal Equipment)는 ATM의 사용자 망 인터페이스(user network interface)로서 네트워크의 각 소스로부터 수신한 셀을 물리적 매체를 통해 전송하는 기능을 한다. 또한 전송을 기반 제어기법에서 네트워크의 중단 역할을 하며 소스로부터 수신한 데이터를 네트워크를 통해 전송하

기 전에 버퍼에 저장하는 역할을 한다[13]. 저장된 데이터는 스위치에 의해 허용된 ACR로 셀을 네트워크로 전송한다.

그림 4는 링크의 거리에 따른 ABR 트래픽 제어 알고리즘의 특성과 ABR 소스의 셀 전송율을 다르게 설정하였을 때 트래픽 특성을 비교하기 위해 모델링 하였다. SW1과 SW2의 거리는 1000 km, SW2과 SW3의 거리는 1 km, 각 링크의 대역폭은 OC-3급(155 Mbps)으로 설정하였다. ABR1, 3 소스의 셀 전송율은 100 Mbps, ABR 2, 3 소스의 셀 전송율은 80 Mbps, CBR 소스의 셀 전송율은 50 Mbps로 설정하였다. 각 소스의 셀 전송 시간은 ABR1, 2는 0~375 msec, ABR3, 4는 0~500 msec, CBR은 125~375 msec 동안 셀을 전송하도록 설정하였다.

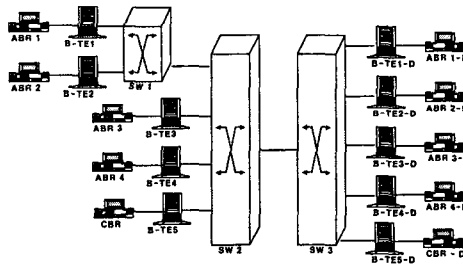


그림 4. 3-스위치 네트워크 모델
Fig. 4 Three switch network model

2. 결과 및 고찰

그림 5는 EPRCA 알고리즘에서 링크1, 2의 링크 사용률 및 각 ABR 소스의 ACR, 링크 사용율을 나타내고 있다. 링크2의 링크 사용률은 500 msec동안 155.5 Mbps를 유지하고 있다. 링크1의 링크 사용률은 네트워크로부터 역방향 자원관리셀을 수신하기 전까지 ABR1, 2의 셀 전송율을 제어 할 수 없으므로 최고 110 Mbps까지의 대역폭을 사용한다. 네트워크로부터 역방향 자원관리셀을 수신한 후 ABR1, 2의 ACR을 제어하여 링크의 사용률이 감소한다. SW1~2의 거리가 1000 km로 설정했는데 스위치에서의 셀 지연 시간을 무시하면 RTT(Round Trip Time)는 10 msec 정도가 된다. 네트워크로부터 역방향 자원관리셀을 수신하기 전까지 ABR1, 2의 ACR은 증가한다. 역방향 자원관리셀을 수신한 후 125 msec까지 ABR1, 2의 ACR은 이상적인 경우 38.87 Mbps의 전송율로 셀을 전송하고 CBR이 셀

을 전송하는 125~375 msec 동안은 25 Mbps로 셀을 전송한다.

ABR3, 4의 셀 전송율은 0~125 msec 동안은 38.5 Mbps, 125~375 msec 동안은 25 Mbps, 375~500 msec 동안은 77.75 Mbps로 셀을 전송한다. 소스에서 전송되는 자원관리셀은 소스의 셀 전송율에는 포함되지 않지만 네트워크의 부하로 작용하게 된다. 따라서 링크의 사용 처리율에 영향을 주게 된다.

그림 6은 각 ABR 소스의 처리율을 나타내고 있다.

시뮬레이션 결과 링크의 사용률이 이상적인 값에 가까운 전송율을 나타내었고, 모든 ABR 소스가 링크의 대역폭을 고르게 사용하는 결과를 얻을 수 있었다.

ACR과 처리율이 이상적인 경우와 차이가 나는 것은 EPRCA 알고리즘의 특성 때문이다. 따라서 버퍼를 차지하고 있는 셀의 수가 하한값 이하가 되면 각 소스는 셀 전송율을 최대한 확보하기 위해 셀 전송율을 증가시키므로 ACR과 처리율이 일정하게 유지되지 않는다. 그림 7, 8은 ERICA 알고리즘의 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다. 시뮬레이션 결과 각 ABR 소스의 ACR, 처리율, 링크의 사용률이 평이하게 유지되고 있는 것을 알 수 있다. 이것은 EPRCA 알고리즘과 다르게 부하 요소를 이용하여 네트워크의 정체 여부를 판단하고 페어셰어와 VCShare를 이용하여 ER 값을 계산하기 때문이다. 그림 9는 네트워크의 부하가 변화할 때 EPRCA 트래픽 제어 기법과 ERICA 트래픽 제어기법의 반응성을 나타내고 있다. CBR 소스가 셀을 전송하기 시작하는 125 msec에서의 전송 속도의 감소율을 보면 ERICA 트래픽 제어기법의 전송율의 감소가 EPRCA 알고리즘 보다 효과적이다. ERICA 트래픽 제어기법은 전송율의 감소가 민감하게 일어나지만 EPRCA 트래픽 제어기법은 25 Mbps 까지 감소하는데 많은 시간이 소요되는 결과를 얻을 수 있었다. CBR 소스의 셀 전송을 멈추는 375 msec 이후는 ACR이 77.75 Mbps로 증가한다. 시뮬레이션 결과 EPRCA 트래픽 제어기법의 경우 77.75 Mbps 까지 상승하는데 5 msec 정도 소요되고 안정된 상태가 되는 시간은 10 msec 소요된다. ERICA 알고리즘의 경우 전송율이 상승하여 안정된 상태가 되는 시간이 100 msec가 소요되었다.

네트워크에 부하 증가시, ERICA 트래픽 제어기법이 EPRCA 트래픽 제어기법보다 효과적이고 페어셰어의 경우 ERICA 알고리즘이 우수한 것으로 나타났다. 네트워크의 부하가 감소하면 EPRCA 트래픽 제어기법이 ERICA 알고리즘보다 양호한 특성을 나타내었다.

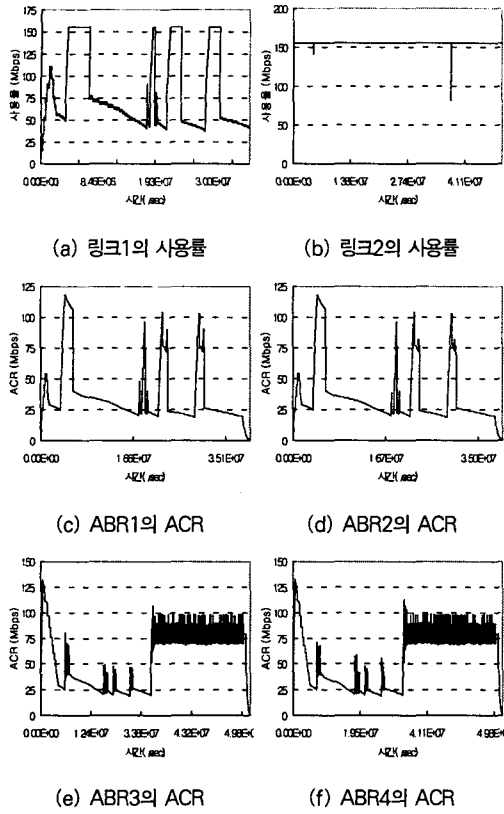


그림 5. EPRCA에서의 링크 사용률 및 ACR
Fig. 5 Link utilization and ACR for EPRCA

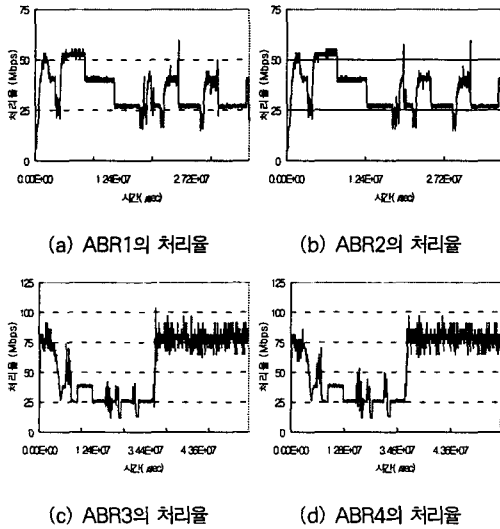


그림 6. EPRCA에서 ABR의 처리율
Fig. 6 Throughput of ABR with EPRCA

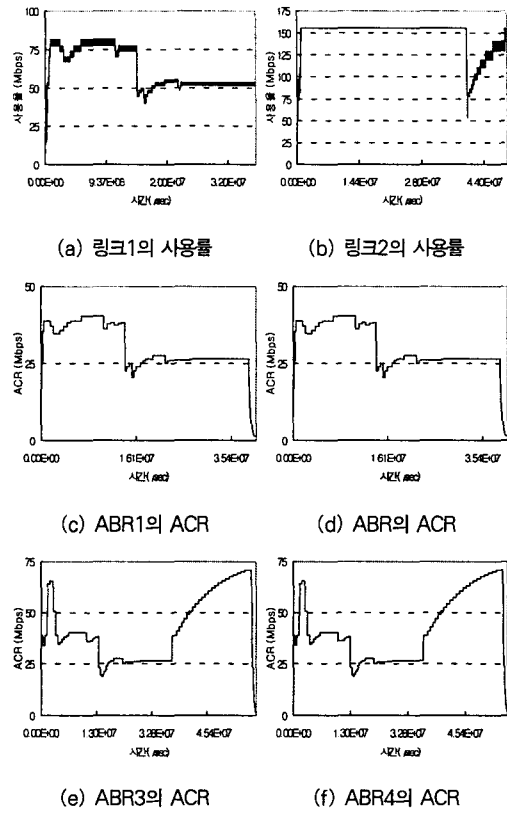


그림 7. ERICA에서의 링크 사용률 및 ACR
Fig. 7 Link utilization and ACR for ERICA

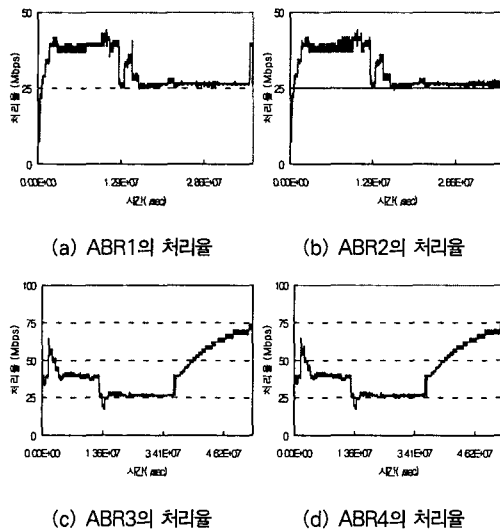


그림 8. EPRCA에서 ABR의 처리율
Fig. 8 Throughput of ABR with EPRCA

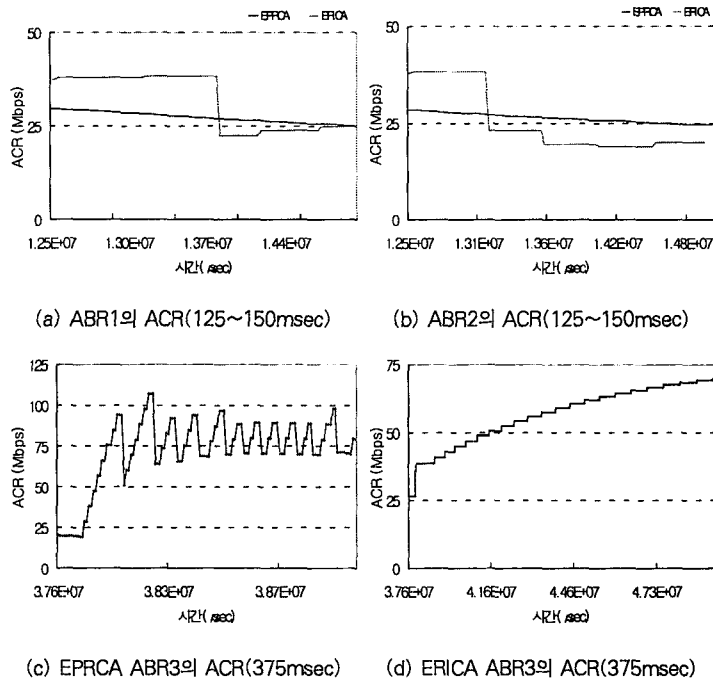


그림 9. EPRCA, ERICA 알고리즘의 민감성 비교
 Fig. 9 Compare Sensitivity for EPRCA, ERICA algorithm

IV. 결론

인터넷의 급속한 확대는 사용자에게 다양한 응용 프로그램 사용하도록 만들었으며 데이터의 양도 급격하게 증가하고 있다. 다량의 데이터를 빠른 속도로 전송하기 위해 전송 매체의 고속화가 이루어지고 있다. 네트워크의 광역화는 끊임 없는 데이터의 전송과 보안 문제가 중요한 쟁점으로 대두되고 있다.

고속으로 데이터를 전송하면서 보안 문제를 해결할 수 있는 방안이 VC와 VP를 이용해 데이터를 전송하는 ATM이다. 현재 국가 기간망이 ATM으로 구성되고 있으며 회선 교환 방식을 사용하는 동기식 전송 방식도 ATM으로 교체 될 것으로 예상된다. ATM이 동기식 전송 방식을 대체하면서 일반화되기 위해서는 동기를 필요로 하

는 트래픽과 동기가 필요 없는 트래픽을 동시에 지원할 수 있어야 한다. 따라서 다양한 트래픽을 지원하기 위해서는 트래픽 제어가 필수적이라 하겠다. 본 논문에서는 전송 매체의 사용율을 최대화하면서 다양한 트래픽을 동시에 제공할 수 있는 ATM의 ABR 서비스 트래픽 제어 알고리즘인 전송율 기반 제어기법에 대하여 연구하였다. 이를 위해 네트워크 시뮬레이션 모델을 구성하고, CBR 특성을 가지는 트래픽을 부가하여 ERICA 알고리즘과 EPRCA 알고리즘의 반응특성 및 안정성, 페어웨어를 비교하였다.

네트워크의 부하가 증가하여 ABR 서비스에 할당되는 대역폭이 감소하면 ERICA 알고리즘이 EPRCA 알고리즘보다 소스에서 셀 전송율을 줄이는데 우수한 특성을 나타내었다. 네트워크에 가해진 부하가 감소하여 VBR 서비스에 할당된 대역폭이 증가한 경우 각 소스에서 할당된 대역폭까지 도달하는데 소요되는 시간이 EPRCA 알고리즘이 10배정도 우수한 특성을 나타내었다. 즉 네트워크 상태 변화에 따른 반응성은 네트워크에 정체 현상을 일으킬 위험성이 조금 있지만 EPRCA 알고리즘은 ERICA 알고리즘 보다 우수한 특성을 나타내었다. 페어웨어의 경

우 EPRCA 알고리즘에서 패어웨어의 계산이 없으므로 ERICA 알고리즘이 우수한 특성을 나타내었으며 안정성도 ERICA 알고리즘이 우수한 특성을 나타내는 결과를 얻었다.

본 논문의 실험 결과 EPRCA 알고리즘은 다양한 트래픽이 부과되고 많은 소스가 데이터를 전송하기 위해 경쟁하는 ATM WAN 네트워크에 적당하고 안정적인 네트워크가 필요로 하는 망에서는 ERICA 알고리즘이 적당한 것을 알 수 있었으며, 향후 네트워크 부하의 대부분을 버스터한 특성을 가지는 데이터가 증가 될 것이므로 EPRCA 알고리즘이 ERICA 알고리즘보다 효율적이라는 결과를 얻었다. IP는 비 연결 지향 프로토콜이고 ATM은 연결 지향 프로토콜이므로 IP를 ATM을 통해서 효과적으로 전송하는데 어려움이 있다. 향후 연구 과제는 IP를 ATM을 통해서 효과적으로 전송할 수 있는 방안인 MPLS(Multi Protocol Line Switch)방식의 성능 비 위한 지속적인 연구가 요구된다.

참고문헌

- [1] Gary C. Kessler, "ISDN Concepts, Facilities, and Services", McGraw-Hill, 1996.
- [2] The ATM Forum Technical Commitee, "Traffic Management Specification Version 4.0", ATM Forum Contribuion 96-0013RI, 1996.
- [3] William Stallings, High-Speed Networks : TCP/IP and ATM Design Priciples, Prentice-Hall Inc, pp.75~99, 1998
- [4] ATM Forum, "ATM Forum Traffic Management Specif- ication, Version 4.0." atm-0056.000, April, 1996.
- [5] Anna Hac, Yingjui Ma, "A Rate-based Congestion Control Scheme for ABR Service in ATM Networks," Int.J. Network Mgmt, 8, 1998.
- [6] MacDysan, David E, ATM Theory and Application, The McGraw-Hill Companies, pp.609~638, 1998.
- [7] Sonia Fahmy, Raj Jain, Bobby Vandalore, Rohit Goyal, "ATM Forum Technical Group Working Group," July, 1999.
- [8] Bobby Vandalore, Sonia Fahmy, Raj Jain, Rohit Goyal, Mukul Goyal, "General Weight Fiarness and its Support in Explicit Rate Switch Algorithms," The Ohio State University Department of Computer and Information Science, Feb, 1999.
- [9] Raj Jain, Shivkumar Kalyanaraman, Rohit Goyal, Sonia Fahmy, Viswanathan, "The ERICA Switch Algorithm for ABR Traffic Management in ATM Networks, Part 1 : Description," The Ohio State University, Department of CIS 1999.
- [10] D.Hong, T.Suda, "Congestion Control and Prevention in ATM Networks," IEEE Network, July, 1996.
- [11] Sonia Fahmy, Raj Jain, Rohit Goyal, Bobby Vandalore, "ABR Engineering : Roles and Guidelines for Setting ABR Parameters," The Ohio State University Department of Computer & Information Science, 1999.
- [12] Y.Chang, N.Golmie, L.Benmohamed, "Simulation study of the new rate based EPRCA traffic management mechanism," ATM Forum Contribution, September, 1994.
- [13] Manzoor HASHMANI, Kenji KAWAHARA, Hideki SUNAHARA, "ABR Congestion Control in ATM Ntworks and proposal EPRCAM", IEICE TRANS. COMMUN. 11,

저자 소개



하 창 승

1984년 2월 한국해양대학교 항
해학과 졸업(공학사)
1992년 2월 한국해양대학교 전
자통신공학과(공학석사)
2001년 2월 한국해양대학교 전자
통신공학과(공학박사수료)
1996년 9월 - 현재 동명대학
정보통신계열 조교수



조 익 성

1997년 2월 한국해양대학교 전
자통신공학과 졸업(공학사)
1999년 2월 한국해양대학교 전자
통신공학과 졸업(공학석사)
2001년 한국해양대학교 전자통
신공학과 졸업(박사수료)
2001년 3월 - 현재 동명대학
정보통신계열 전임강사