

ATM 망에서 효율적인 ABR 서비스를 위한 CCR 비율에 기반한 폭주 제어 알고리즘

정희원 오윤탁*, 박성한*

A Congestion Control Algorithm Based on CCR Ratio for Efficient ABR Service in ATM Networks

Yoon-Tak Oh*, Sung-Han Park* *Regular Member*

요약

본 논문에서는 ATM 망에서 ABR 소스의 서비스 요구사항에 따라 효율적인 ABR 서비스를 제공하기 위해 CCR 비율에 기반한 폭주제어 알고리즘을 제안한다. 제안된 방법은 ABR 소스가 호설정 단계에서 망과 협의한 서비스 요구사항 인자인 MCR 및 PCR 값을 활용하고, 또한 ABR 소스의 CCR과 PCCR 값을 사용한다. 스위치는 소스로부터 진행 RM 셀을 수신하면 CCR 비율에 따라 소스를 분류하고, 또한 목적지로 부터 회귀 RM셀을 수신하면 버퍼의 큐길이에 따라 지능적인 표시를 하여 소스측에 폭주여부를 알린다. 망이 잠재적인 폭주상태에 있을때 ABR 소스에 대한 지능적인 표시는 CCR 비율에 따라 결정된다. 본 논문에서 제안된 CCR 비율에 기반한 폭주 제어 알고리즘과 기존의 방법인 EPRCA와 GMM 방법에 대해 동일한 시뮬레이션 모델을 설정하고 시뮬레이션 한다. 시뮬레이션 결과는 제안된 방법이 기존의 방법보다 공정한 대역폭 할당과 링크 이용률 면에서 우수함을 보여준다.

ABSTRACT

In this paper, a congestion control algorithm based on Current Cell Rate is proposed to efficiently provide ABR service in ATM networks. The proposed method uses Minimum Cell Rate and Peak Cell Rate among service requirements parameter which ABR sources negotiate with ATM network at connection establishment, both CCR and Previous CCR of ABR sources are also used. If switch receives forward RM cell from ABR sources, it classifies ABR sources according to CCR ratio. On receiving backward RM cell from ABR destination, switch performs intelligent marking in consideration of the queue length of buffer, and informs ABR sources of the congestion or not. While ATM network is in potential congestion, intelligent marking on ABR sources is decided in accordance with CCR ratio. The CCR ratio-based congestion control algorithm proposed in this paper and the existing Enhanced Proportional Rate Control Algorithm and Generalized Max-Min methods are simulated using the same model. The simulation results demonstrate that the proposed method achieves the more fair bandwidth allocation and higher link utilization than the existing methods.

I. 서론

ATM 망은 텍스트, 음성, 화상, 동영상 등의 멀티미디어 데이터를 CBR 트래픽, VBR 트래픽, ABR 트래픽, UBR 트래픽으로 분류하여 서비스를 제공한다^{[1][2]}. 이러한 다양한 트래픽들을 ATM 망에

서 투명하게 수용하기 위해서는 각 미디어의 트래픽 특성에 따라 망자원을 적절히 할당해야 한다. CBR 및 VBR 서비스는 호설정 단계에서 전송 대역폭이 정의 되지만 ABR 서비스는 CBR 및 VBR 트래픽이 사용하고 남은 여분의 대역폭을 사용해

* 한양대학교 전자계산학과 (ytoh@cse.hanyang.ad.kr)
논문번호: 98081-0223, 접수일자: 1998년 2월 23일

버스티 데이터를 전송하기 때문에 호설정 단계에서 대역폭의 정적할당은 비효율적이다. 따라서 ATM 망자원의 이용 효율을 높이고 망상태의 변화에 대처하기 위해 호 설정 이후 데이터 전송단계에서 ABR 트래픽에 대역폭을 동적으로 할당하는 전송율 제어가 요구되고 이를 통한 ATM 망의 폭주제어가 필요하다. ATM 포럼에서는 이를 위해 전송율 기반 폭주제어를 표준으로 채택했다³⁾. 이 방식은 폐쇄 루프에 바탕을 두고 있으며 소스측이 스위치로 부터 망상태에 관한 제한 정보를 받아 셀 전송율을 결정하는 폭주제어 방법이다. ATM 포럼은 제한 정보를 위해 RM셀이라는 특별한 제어 셀을 사용한다. RM 셀은 망 상태에 따라 소스측의 데이터 전송율을 제어하기 위해 제어 필드를 포함한다. CI 제어 필드는 한개의 비트로 구성되며 폐쇄 루프를 통해 목적지를 경유해 오는 동안 중간의 스위치에서 폭주가 있었는가를 점검하기 위한 비트이다. 망의 폭주가 발생하면 스위치는 CI 비트를 1로 세트하여 소스측에 전송하고, 소스측은 호 설정시 주어진 데이터 전송율 감소 인자 값에 따라 자신의 데이터 전송율을 감소 시킴으로써 망의 폭주를 제어한다. ATM 포럼에서는 스위치에서 구현되는 이러한 알고리즘을 표준화 하지 않고 스위치 제조업자에게 일임하고 있다. 일반적으로 ABR 트래픽 제어를 위한 스위치의 폭주제어 알고리즘은 첫째 링크 이용율의 극대화, 둘째 망의 가용 대역폭에 대한 빠른 접근, 셋째 각 ABR 연결에 대한 공정한 대역폭 할당, 넷째 망 폭주시 각 ABR 연결에 CI 비트의 지능적인 표시의 조건을 만족시켜야 효율적인 ABR 서비스를 제공할 수 있다⁴⁾.

ABR 트래픽에 대한 스위치의 기능을 정의하기 위해 Enhanced Proportional Rate Control Algorithm(EPRCA)와 Generalized Max-Min(GMM) 같은 방법들이 제안되었다⁵⁻¹⁷⁾. EPRCA 는 ATM 포럼에서 제안한 방법으로 소스의 데이터 전송율을 조정하기 위해 ABR 소스에 대한 지능적인 표시를 한다. 즉, 스위치에 폭주 상태가 발생하면 모든 소스에 대해 폭주를 통지 하는 것이 아니라 선택적으로 선별하여 일부 소스에 대해서만 폭주를 통지 하는 방식이다. 이 방식은 ABR 서비스 요구사항이 서로 다른 소스들에게 망 상태의 변화에도 불구하고 ABR 각 연결에 대해 할당된 평균 전송율 Mean Allowed Cell Rate(MACR)에 의존하여 지능적인 표시를 하기 때문에 각 ABR 연결에 대한 서비스 요구사항을 만족시켜 주지 못한다. 그리고 GMM

방법은 최소 전송율을 갖는 세션의 전송율을 최대화 하는 개념을 사용한다. 이 방법은 각 연결에 대해 최소 전송율 요구사항과 최대 전송율 제한을 지원하는 것으로써 망에 여분의 대역폭이 존재할 경우 현재 셀 전송율이 가장 낮은 세션에 대역폭을 할당하는 기법이다. 만약 ABR 소스들이 다양한 MCR 서비스 요구사항을 요청할 경우 GMM 방법은 망의 여분의 대역폭을 낮은 MCR 서비스 요구사항을 갖는 ABR 소스들에게 우선적으로 할당하기 때문에 높은 MCR 서비스 요구사항을 갖는 ABR 소스들은 여분의 대역폭을 사용할 기회가 적어진다. 따라서 GMM 방법은 ABR 소스들의 다양한 서비스 요구사항을 충족시켜 주지 못할 뿐만 아니라 차등적인 서비스를 제공할 수 없다.

따라서 본 논문에서는 이러한 기존 방법의 문제점을 해결하고 차등적인 ABR 서비스 요구사항을 갖는 ABR 소스에 망자원을 효율적으로 제공하기 위해 ABR 소스의 현재 셀 전송율인 Current Cell Rate(CCR) 비율에 기반한 폭주제어 알고리즘을 제안한다. 제안된 방법은 ATM 망에 여분의 대역폭이 있을 경우 낮은 전송율을 갖는 ABR 소스들에게만 대역폭을 할당하지 않고 모든 ABR 소스들에게 CCR 비율에 따라 공정하게 분배하는 개념이다. 이를 위해 2장에서는 본 논문에서 제안한 CCR 비율에 기반한 폭주제어 알고리즘에 대해 논하고, 3장에서는 제안된 방법에 대한 시뮬레이션 모델 설정과 시뮬레이션을 통해 성능분석 및 평가를 하고, 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

II. CCR 비율에 기반한 폭주제어 알고리즘

본 장에서는 ATM 스위치에서 ABR 트래픽을 효율적으로 처리하기 위해 CCR 비율에 기반한 폭주제어 알고리즘을 제안한다. 제안된 방법은 각 ABR 소스가 호 설정 단계에서 협의하는 서비스 요구사항 인자인 MCR과 PCR를 사용한다. 그리고 ABR 소스의 현재 셀 전송율인 CCR과 바로 이전 RM 셀에 포함된 CCR 을 나타내는 PCCR(Previous Current Cell Rate) 값을 이용한다. 따라서 각 ABR 소스가 폭주제어를 위해 전송하는 RM 셀에는 MCR, PCR, CCR 그리고 PCCR 값이 포함된다. 스위치는 이러한 전송율 정보를 사용해 진행(Forward) RM 셀을 수신하면 CCR 비율에 따라 ABR 소스를 분류하고, 회귀(Backward) RM 셀을 수신하면 망 상태에 따라 진행 RM 셀에 대한

ABR 소스 분류의 결과에 대해 지능적인 표시를 하여 폭주제어를 수행한다. 스위치에서 진행 RM 셀에 대한 ABR 소스 분류 알고리즘과 회귀 RM 셀에 대한 지능적인 표시 알고리즘으로 분리한 것은 소스의 현재 셀 전송율을 망에 최대한 적용하여 효율적인 ABR 트래픽 제어를 하는데 있다.

1. 진행 RM 셀에 대한 ABR 소스 분류 알고리즘

스위치는 ABR 소스측에서 전송된 진행 RM 셀을 수신하면 각 ABR 소스의 MCR과 PCR 값을 기준으로 현재 셀 전송율인 CCR 비율에 따라 ABR 소스를 분류한다. 진행 RM 셀에 대한 ABR 소스 분류 알고리즘이 각각의 ABR 소스를 CCR 비율에 따라 분류하는 기본 개념은 다음과 같다.

- ▶ 각 ABR 소스의 MCR과 PCR 사이를 같은 갯수를 갖는 일정한 크기의 영역으로 분할한다.
- ▶ 각 ABR 소스의 현재 셀 전송율인 CCR 값이 일정한 크기로 분할된 자신의 MCR과 PCR 사이에서 어느 영역에 포함되는 가를 계산한다.
- ▶ 각 ABR 소스중 MCR과 PCR 사이에서 같은 영역에 포함되는 ABR 소스들을 하나의 집합으로 분류하여 집합에 속하는 ABR 소스의 갯수를 추적한다.

위와 같이 ABR 소스를 분류하기 위해 CCR 비율에 대한 분류 기준점을 정한다. ABR 소스를 CCR 비율에 대한 분류 기준점을 정하기 위해 ABR 연결 i 에 대해 MCR^i 값에서 부터 PCR^i 값 사이를 n 영역으로 등분하여 각 영역을 $step_unit^i$ 크기로 정의한다. 그리고 ABR 소스의 분류 시작점을 0으로 정하기 위하여 MCR^i 위치값을 0, PCR^i 위치값을 $(PCR^i - MCR^i)$ 로 정규화 한다. ABR 연결 i 에 대한 정규화된 k 번째 영역을 $step_unit^i_k$ ($0 \leq k \leq n$)로 표시하면 다음과 같다.

$$step_unit^i_0 = 0 \quad \text{for } k = 0$$

$$(k-1) * step_unit^i < step_unit^i_k \leq k * step_unit^i \quad \text{for } 1 \leq k \leq n \quad (1)$$

여기서 $step_unit^i_0$ 은 ABR 연결 i 의 현재 셀 전송율인 CCR^i 이 MCR^i 값과 같다는 의미이다. 그리고 ABR 연결의 갯수가 m 개인 경우 각 ABR 연결에서 k 번째 영역에 속하는 원소들의 집합을

$step_unit^i_k$ 로 정의 하면 다음과 같다.

$$step_unit^i_k = \{ i \mid (CCR^i - MCR^i) \in step_unit^i_k, 0 \leq i \leq m \} \quad (2)$$

ABR 연결 i 의 CCR^i 이 집합 $step_unit^i_k$ 의 원소에 해당하는 가를 결정하는 방법과 집합 $step_unit^i_k$ 에 속하는 ABR 소스의 갯수를 추적하는 세부절차는 다음과 같으며, 그림 1에 유사 코드로 설명되어 있다.

- ① ABR 연결 i 소스의 MCR^i 과 PCR^i 사이를 n 으로 나누어 분할 단위 값인 $step_unit^i$ 을 계산한다.
- ② MCR^i 을 기준점으로한 $(CCR^i - MCR^i)$ 이 $\{step_unit^i_k, 0 \leq k \leq n\}$ 영역 중에서 어느 영역에 속하는 가를 결정하기 위해 $step_element^i$ 값을 계산한다. 이 값은 ABR 연결 i 의 CCR^i 가 해당하는 $step_unit^i_k$ 에서 k 값을 의미한다.
- ③ k 에 해당하는 $step_element^i$ 값을 사용해 집합 $step_unit^i_k$ 에 포함되는 ABR 연결의 갯수를 추적한다. 이것은 MCR^i 을 기준점으로한 $(CCR^i - MCR^i)$ 에 해당하는 CCR^i 의 ABR 소스를 ABR 연결의 갯수에 추가하는 단계이다.
- ④ ABR 연결의 갯수에서 이전 CCR^i 이 포함된 것을 제거하기 위해 CCR^i 값 대신 $PCCR^i$ 을 사용해 ①부터 ②단계까지의 절차를 수행한다. 그리고 ③단계에서 MCR^i 을 기준점으로한 $(PCCR^i - MCR^i)$ 에 해당하는 $PCCR^i$ 의 ABR 소스를 ABR 연결의 갯수에서 감소하여 ABR 연결의 갯수에 해당하는 ABR 연결의 총 갯수를 추적한다.

위의 절차에서 추적된 ABR 연결의 갯수는 스위치가 회귀 RM 셀을 수신할 경우 망에 잠재적인 폭주가 발생했을 때 각 소스에 대해 지능적인 표시를 하기 위해 사용되는 중요한 인자이다. 스위치는 망의 상태에 따라 ABR 소스에 대한 지능적인 표시를 통해 ABR 연결의 갯수를 조정하여 망의 폭주를 제어한다.

진행 RM 셀을 위해 제안된 알고리즘은 집합 $step_unit^i_k$ 에 해당하는 ABR 소스를 직접적인 방법으로 계산하여 수행 시간이 단축 된다. 제안된 방

법은 CCR 값을 ATM 스위치가 저장하는 방법과 PCCR 값을 RM 셀에 추가하는 방법을 통해 구현이 가능하다. 본 논문에서는 RM 셀의 reserved 필드를 사용하여 PCCR 값을 추가하여 ATM 스위치에 요구되는 버퍼의 양을 줄였다. 그러나 집합 {*step_unit_k*, 0 ≤ *k* ≤ *n*}에 해당하는 ABR 소스의 갯수를 저장하기 위한 기억장소가 요구된다.

```

/* ABR 연결 i에 대한 진행 RM 셀을 수신할 때 수행
되는 ABR 소스 분류 알고리즘 */
{
    CCR_Ratio_Computation
        (i, MCRi, PCRi, CCRi, PCCRi)
    Send Forward RM Cell
        (MCRi, PCRi, CCRi, PCCRi)
}
/* ABR 연결 i에 대한 CCR 비율 계산하고 ABR 소
스를 분류 */
Procedure CCR_Ratio_Computation
(i, MCRi, PCRi, CCRi, PCCRi)
{
    step_uniti =  $\frac{PCR^i - MCR^i}{N}$ 
    step_elementi =  $\lfloor \frac{CCR^i - MCR^i}{step\_unit^i} \rfloor$ 
    CCR_Ratio[step_elementi] =
        CCR_Ratio[step_elementi] + 1
    step_elementi =  $\lfloor \frac{PCCR^i - MCR^i}{step\_unit^i} \rfloor$ 
    CCR_Ratio[step_elementi] =
        CCR_Ratio[step_elementi] - 1
}
/* RM 셀을 Forward 방향의 스위치로 전송 */
Procedure Send Forward RM Cell
(MCRi, PCRi, CCRi, PCCRi)
{
    Send Forward RM Cell to Next Switch of the
    Forward Direction;
}
    
```

그림 1. ABR 소스 분류 알고리즘
Fig. 1 ABR source classification algorithm

2. 회귀 RM 셀에 대한 지능적인 표시 알고리즘

스위치는 목적지에서 전달된 회귀 RM 셀을 수신하면 현재 망 상태와 진행 RM 셀에 대한 ABR 소스 분류 알고리즘에서 분류한 ABR 소스들을 토대

로 지능적인 표시를 통해 폭주제어를 한다. 그림 2에 제안된 알고리즘은 망의 폭주상태를 감지하기 위해 셀 버퍼의 큐 길이를 사용한다. 망의 폭주상태는 현재 셀 버퍼의 큐길이 값을 제한하는 문턱값 Queue Threshold(QT)와 Deadline of Queue Threshold(DQT)에 따라 결정된다. 스위치는 셀 버퍼의 큐길이가 QT 이하이면 망을 비폭주 상태로 간주하고, QT 이상이고 DQT 이하이면 잠재적인 폭주, DQT 이상이면 심각한 폭주로 간주한다. 따라서 스위치의 큐길이가 QT보다 적으면 망이 비폭주 상태이기 때문에 모든 ABR 연결에 대해 전송율을 증가시킨다. 그러나 스위치의 큐길이가 DQT 보다 길면 망이 심각한 폭주상태에 빠져 있으므로 회귀 RM 셀의 CI 비트를 세트시켜 ABR 소스에 폭주를 알리고 전송율을 낮추게 한다. 그리고 큐 길이가 QT을 넘어서게 되면 망이 잠재적인 폭주상태에 빠지기 때문에 회귀 RM 셀을 수신할 때 마다 지능적인 표시를 통해 소스측에 폭주를 통보한다.

망이 잠재적인 폭주상태에 빠졌을 때 회귀 RM 셀에 대한 지능적인 표시는 진행 RM셀에 대한 ABR 소스 분류 알고리즘에서 계산된 *step_unit_k*에 해당하는 ABR 연결의 갯수를 사용한다. ABR 연결 *i*의 회귀 RM 셀에 대한 지능적인 표시의 기준은 *step_unit₀*에서 부터 ABR 연결 *i*가 포함되는 *step_unit_k*까지의 ABR 연결의 갯수를 총 ABR 연결의 갯수로 나눈 비율의 값이 문턱값 ρ보다 적다면 지능적인 표시를 하지 않고, 그 값이 ρ보다 크다면 ABR 소스의 회귀 RM 셀에 지능적인 표시를 하여 ABR 소스에게 망의 폭주상태를 알린다. 그리고 ABR 소스는 회귀 RM 셀을 수신하면 CI 비트를 체크하여 망의 폭주상태에 따라 CCR 전송율을 낮추어 망의 폭주제어를 수행한다. ρ는 지능적인 표시를 결정하는데 사용되는 계수로써 [0..1] 값의 범위를 갖는다. 스위치는 ρ 값이 적으면 적을수록 망의 폭주에 민감하게 반응하지만 링크 활용율은 상대적으로 낮아진다. 그리고 ρ 값이 너무 크게 설정되면 스위치는 망의 폭주에 신속하게 대처하지 못하게 되어 망은 심각한 폭주상태에 빠지게 된다. 따라서 ρ 값을 망의 폭주상태에 따라 적절하게 할당해야 한다.

제안된 지능적인 표시 방법은 ABR 소스의 CCR 비율에 따라 망의 폭주상태를 ABR 소스에게 통보하기 때문에 각 ABR 소스의 MCR과 PCR값에 따라 차별적인 서비스를 제공하고 망자원의 이용율을 향상시킨다.

```

/* ABR 연결 i에 대한 최대 RM 셀을 수신할 때 수
행되는 지능적인 표시 알고리즘 */
{
  CCR_Ratio_Intelligent_Marking
    (i, MCRi, PCRi, CCRi)
  Send Backward RM Cell (MCRi, PCRi)
}
/* ABR 연결 i에 대해 큐길이와 CCR 비율에 따라
지능적인 표시를 통해 폭주제어 */
Procedure CCR_Ratio_Intelligent_Marking
  (i, MCRi, PCRi, CCRi)
{
  if( Queue_Length ≥ DQT )
  {
    Set CI bit in RM Cell of Connection i
  }
  else if( Queue_Length ≥ QT )
  {
    step_uniti =  $\frac{PCR^i - MCR^i}{N}$ 
    step_valuei =  $\frac{CCR^i - MCR^i}{step\_unit^i}$ 
    step_elementi = ⌊ step_valuei ⌋
    for(j=0; j<= step_elementi; j++)
    {
      Number_of_Until_Linki_CCR_Ratio =
        Number_of_Until_Linki_CCR_Ratio
        + CCR_Ratio[j]
    }
    Ratio_of_Linki =
       $\frac{Number\_of\_Until\_Link^i\_CCR\_Ratio}{Total\_Number\_of\_Link}$ 
    if( Ratio_of_Linki >= ρ )
    {
      Set CI bit in RM Cell of Connection i
    }
    else
    {
      No Touch CI bit in RM Cell of Connection i
    }
  }
  else
  {
    No Touch CI bit in RM Cell of Connection i
  }
}
/* RM 셀을 Backward 방향의 스위치로 전송 */
Procedure Send Backward RM Cell (MCRi, PCRi)
{
  Send Backward RM Cell to Next Switch of the
  Backward Direction;
}

```

그림 2. 지능적인 표시 알고리즘
Fig. 2 Intelligent marking algorithm

III. 시뮬레이션 및 성능 분석

본 논문에서 제안한 폭주제어 방법에 대해 성능 분석 및 평가를 위하여 먼저 시뮬레이션 모델을 설정하고 시뮬레이션에 필요한 가정보고 계수의 값을 정의한다. 그리고 시뮬레이션을 통해 얻은 결과값을 토대로 각 ABR 소스에서 전송하는 CCR 값, 큐지연, 대역폭 할당의 공정성의 관점에서 기존의 방법들과 성능을 비교 분석하고 평가한다.

1. 시뮬레이션 모델

본 논문에서 제안한 방법의 성능을 평가하기 위해 망 토폴로지로 사용한 전체적인 시뮬레이션 모델은 그림 3에 보여주고 있다. ATM망에는 소스당 한 개의 VC를 갖는 4개의 ABR 소스와 3개의 VBR 소스가 연결되어 있다. ATM 스위치에는 ABR 소스를 위한 큐와 VBR 소스를 위한 큐가 분리되어 별도로 존재한다. 큐는 FIFO 서비스를 지원하는 무한 버퍼로 가정하고 출력 링크는 스위치나 목적지로 연결되어 있다.

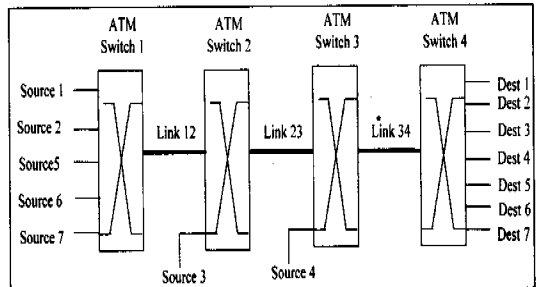


그림 3. 시뮬레이션 모델
Fig. 3. Simulation model

2. 시뮬레이션 계수

시뮬레이션 하기에 필요한 계수는 참고문헌 및 권고안을 참조하여 시뮬레이션 환경에 적합하게 정한다. 각각의 ABR 소스는 전송할 데이터를 충분히 가지고 있는 persistent 소스로 가정하고 VBR 소스는 데이터 발생이 On-Off 지수 분포를 갖는 포아송 분포로 가정한다. 소스측과 ATM 스위치, ATM 스위치와 ATM 스위치, ATM 스위치와 목적지 사이의 링크 속도는 각각 155Mbps로 정의한다. 53 옥텟의 ATM 셀을 155Mbps로 전송하는데 소요되는 시간은 2.75us로 가정한다. 소스측과 ATM 스위치 사이의 거리는 1km로 하고 셀 전달지연 시간은 3.11us로 가정한다. 그리고 ATM 스위치간의 거리와 ATM 스위치와 목적지 사이의 거리는 50km로

하고 셀 전달지연 시간은 0.15ms로 가정한다. RM 셀을 전송하는 단위인 N_{m} 은 32 셀로 한다. ABR 소스의 서비스 시작 전송율인 ICR(Initial Cell Rate)값은 각 ABR 소스의 MCR로 가정한다. 그밖의 시뮬레이션에서 사용한 파라메타는 표 1에 보여주고 있다. ATM 스위치와 소스측은 4개의 ABR 소스와 3개의 VBR 소스의 연결로 가정하고 각 소스의 전송율은 표 2에 보여주고 있다. ATM 스위치는 VBR 소스에 우선순위를 주어 대역폭을 할당하고 여분의 대역폭을 ABR 소스에 할당하는 것으로 가정한다. 그리고 1 단계 폭주제어를 위해 사용하는 ρ 값은 0.8로 설정하고 시뮬레이션 단위시간은 링크 전송율의 독립적인 결과를 얻기 위하여 한 개의 ATM 셀 전송시간으로 한다. 본 논문에서 제안된 CCR 비율에 기반한 폭주제어 알고리즘은 step_size 값에 따라 ABR 서비스 성능에 영향을 미친다. step_size 값이 너무 적으면 ATM 망에 폭주가 발생했을 경우 모든 ABR 소스에 폭주정보가 통보되기 때문에 대역폭의 활용이 낮게 된다. 그리고 step_size 값이 너무 크게 되면 ATM 스위치에서 지능적 표지를 위한 알고리즘 처리시간이 길어지게 된다. 따라서 이와 같은 문제점을 절충할 수 있는 적절한 step_size의 값이 필요하다. 이를 위해 시뮬레이션 단계에서 여러 가지 step_size 값을 적용하여 시뮬레이션 한다.

표 1. 시뮬레이션에 사용된 계수 설정값
Table 1. Parameter values used in the simulation

파라메타	설정값
RDF(Rate Decrease Factor)	1/16
RIF(Rate Increase Factor)	1%
DPF(Down Pressure Factor)	7/8
IPF(Increase Pressure Factor)	9/8
QT(1단계 폭주제어 큐값)	50
DQT(2단계 폭주제어 큐값)	200

표 2. 시뮬레이션에 사용된 소스 트래픽의 전송율
Table 2. Source traffic rate used in the simulation

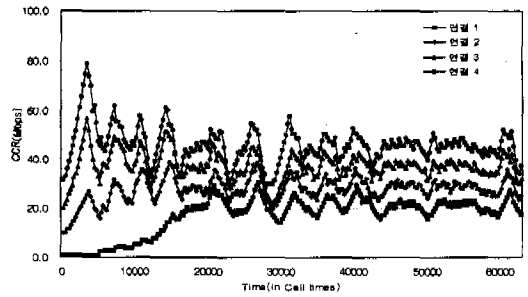
연결	트래픽 종류	트래픽 특성	MCR	PCR
1	ABR	Persistent	1	155
2	ABR	Persistent	10	155
3	ABR	Persistent	20	155
4	ABR	Persistent	30	155
5	VBR	On-Off exp. 1ms 20Mbps Poisson on	/	/
6	VBR	On-Off exp. 1ms 20Mbps Poisson on	/	/
7	VBR	On-Off exp. 1ms 10Mbps Poisson on	/	/

3. 성능 분석

본 논문에서 제안한 성능을 분석하기 위해 ABR 서비스에 영향을 미치는 step_size 값을 변화시키면서 시뮬레이션 한 결과 본 논문에서 사용한 시뮬레이션 모델에서는 45 값에서 최대의 성능을 보여 이 값을 step_size 값으로 사용한다. 기존의 ABR 트래픽 제어를 위해 제안된 EPRCA 및 GMM 방법과 본 논문에서 제안된 CCR 비율에 기반한 폭주제어 알고리즘에 대한 시뮬레이션 결과가 그림 4, 5와 표 3에 보여주고 있다. 그림 4는 셀 단위시간의 변화에 따라 각 ABR 소스에서 전송하는 CCR 값을 EPRCA, GMM, 그리고 CCR 비율에 기반한 폭주제어 알고리즘에 대해 보여주고 있다. EPRCA 방식은 ABR 소스의 MCR과 PCR의 범위내에서 MACR 값을 가지고 ABR 트래픽을 제어하기 때문에 그림 4의 (a)에서 보여 주고 있는 것처럼 ABR 트래픽을 위한 여분의 대역폭이 충분히 있을 경우 연결 1, 2, 3 및 4가 전송하는 CCR 값은 MACR 값으로 수렴하게 된다. 그런데 망에 폭주가 발생할 경우 연결 4의 CCR 값은 MACR 값에 수렴하지 않고 MCR 값으로 고정된다. 이것은 ABR 트래픽의 서비스 요구사항인 최소 셀 전송율을 보장하기 위해서다. 그리고 GMM 방식은 MCR 값과 PCR 값의 범위내에서 망의 여분의 대역폭을 낮은 MCR 서비스 요구사항을 갖는 ABR 소스들에게 우선적으로 할당한다. 따라서 그림 4의 (b)에 보여주고 있는 것처럼 이 방법은 VBR 트래픽에 할당하고 남은 여분의 대역폭을 낮은 MCR 서비스 요구사항을 갖는 ABR 연결 1, 2 및 3에 우선적으로 할당하기 때문에 연결 4는 MCR 서비스 요구사항 이외의 대역폭 활용의 기회가 적고 또한 사용할 수 있는 대역폭의 양도 적다. 그러나 연결 4의 MCR 값은 30Mbps로 정의되어 있음으로 망에 폭주가 발생할 때에도 CCR 값의 그래프는 30Mbps 이하로는 떨어지지 않는다. EPRCA와 GMM 방식은 ABR 연결 1, 2, 3 및 4가 요구하는 MCR의 보장 범위내에서 낮은 전송율을 갖는 ABR 소스에게 우선적으로 여분의 대역폭을 할당하기 때문에 높은 MCR 서비스 요구사항을 갖는 ABR 소스에게는 대역폭을 거의 할당하지 못한다. 즉, 망에 여분의 대역폭이 있을 경우 모든 ABR 소스들에게 적절하게 분배하는 것을 공정한 대역폭 할당으로 볼 때 EPRCA와 GMM 방식은 ABR 연결이 요구하는 MCR, PCR 같은 대역폭량의 서비스 요구사항이 다양하게 변동할 경우 각 ABR 소스에 대한 공정한 대역폭을 할당해 줄 수

없다. 그러나 본 논문에서 제안된 CCR 비율에 기반한 폭주제어 알고리즘은 MCR과 PCR 값을 토대로 현재 CCR 값에 따라 각 ABR 연결의 다음 CCR 값이 결정되기 때문에 그림 4의 (c)에 보여주고 있는 것처럼 연결 1, 2, 3 및 4가 전송하는 CCR 값은 어떤 한 값으로 수렴하지 않고 MCR과 PCR값에 비례한다. 따라서 제안된 방법은 ABR 연결이 요구하는 MCR, PCR의 대역폭량에 비례하여 다음 CCR 값을 결정하기 때문에 각 ABR 연결에 대한 공정한 대역폭 할당을 지원한다.

그림 5는 EPRCA, GMM, 그리고 CCR 비율에 기반한 폭주제어 알고리즘의 큐길이를 시간 변화에 따라 변동하는 모습을 보여 주고 있다. CCR 비율에 기반한 폭주제어 알고리즘 보다 EPRCA와 GMM 방식의 큐길이가 높게 나타나는 것은 망의 폭주에 반응하는 속도가 느리기 때문이다. 또한 CCR 비율에 기반한 폭주제어 알고리즘의 큐길이의 변화폭이 적은 것을 볼 수 있는데 이것은 CCR 비율에 기반한 폭주제어 알고리즘이 망의 대역폭 변화에 빠르게 적응한다는 것을 알 수 있다. CCR 비율에 기반한 폭주제어 알고리즘이 망 상태의 변화에 빠르게 적응하기 때문에 표 3에 보여 주고 있는 것처럼 평균 링크 이용률이 EPRCA 및 GMM 방식 보다 높다.



(c) CCR 비율에 기반한 폭주제어 알고리즘

그림 4. ABR 소스에 할당된 대역폭
Fig. 4. The CCR bandwidth for ABR source

따라서 본 논문에서 제안된 CCR 비율에 기반한 폭주제어 알고리즘은 EPRCA, GMM 방식 보다 공정한 대역폭할당을 이룰 수 있을 뿐만 아니라 망 상태의 변화에 빠르게 적응할 수 있고 또한 링크 이용률을 높일수 있다는 장점이 있다. 그러나 제안된 알고리즘을 ATM 스위치에 구현하기 위해서는 메모리 용량과 반복 수행문이 증가한다.

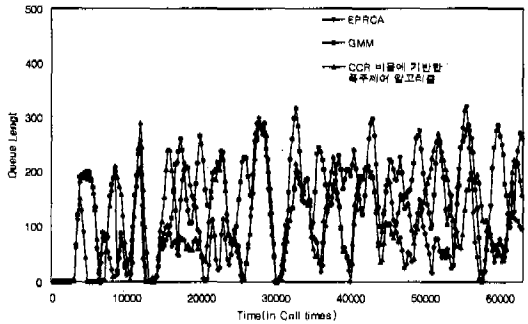


그림 5. ATM 스위치 3에서 큐길이의 변화
Fig 5. The variation of queue length in the ATM switch 3

표 3. ABR 폭주 제어 방법의 링크 이용률
Table 3. The link utilization of ABR congestion control

ABR 폭주 제어	ABR 트래픽에 할당된 평균 대역폭	ABR 트래픽이 사용한 평균 대역폭	ABR 트래픽의 평균 링크 이용률
EPRCA	128.561 Mbps	123.772 Mbps	96.27 %
GMM	128.561 Mbps	124.715 Mbps	97.00 %
CCR 비율에 기반한 폭주제어 알고리즘	128.561 Mbps	124.903 Mbps	97.15 %

IV. 결론

본 논문에서는 ATM 망에서 효율적인 ABR 트래픽을 제어하기 위해 ABR 서비스의 MCR, PCR 값을 토대로 CCR 비율에 기반한 폭주제어 알고리즘을 제안한다. 그리고 제안된 방법과 기존 방법에 대해 시뮬레이션을 통해 성능을 비교 분석하고 평가한다. 제안된 방법은 기존의 EPRCA 및 GMM 방법보다 다음과 같은 면에서 우수함을 확인한다. 첫째 ABR 트래픽의 MCR, PCR 값을 토대로 현재 CCR 값에 따라 각 ABR 연결에 다음 CCR 값을 결정하기 때문에 공정한 대역폭 할당을 이룬다. 둘째 폭주가 발생하면 CCR 비율에 따라 ABR 연결에 대해 지능적인 표시를 신속하게 수행하여 망 상태의 변화에 빠르게 적응하고 망을 안정한 상태로 유지 시킨다. 마지막으로 망 대역폭 변화에 따라 지능적인 표시를 신속하게 하여 CCR 값을 제어함으로써 링크 이용율을 높인다. 그러나 제안된 방법은 ATM 스위치에 구현하기 위해서는 메모리 용량과 반복 수행문이 증가하지만 구현하기에는 간단하다. 향후에는 ATM 망에서 다양한 ABR 서비스를 투명하게 수용하기 위해 가변적인 발생율을 갖는 ABR 트래픽 제어에 대한 연구가 필요하다.

참고 문헌

[1] Walter J.Goralski and Jay Ranade, "Introduction to ATM Networking," McGrawHill, 1995.
 [2] ITU-T, "Traffic Control and Congestion Control in B-ISDN," Recommendation I.371 Frozen Issue, Geneva, July 1995.
 [3] ATM Forum, "Traffic Management Specification Version 4.0," ATM Forum Contribution 95-0013R10, Feb, 1996.
 [4] F. Bonomi, K. Fendic, "The Rate-Based Flow Control Framework for the Available Bit Rate ATM Service," IEEE Network Magazine, Vol. 9, No. 2, 1995.
 [5] Hiroyuki Ohsaki, Masayuki Murata, Hideo Miyahara, "Robustness of Rate-based Congestion Control Algorithm for ABR Service Class in ATM networks," Proceeding of the IEEE GLOBECOM'96, 1996..
 [6] D Cavendish, S Mascolo, M Gerla, "Rate

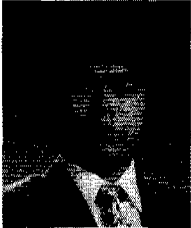
Based Congestion Control for Multicast ABR Traffic," Proceeding of the IEEE GLOBECOM'96, 1996.

[7] Ram Krishnan, "Rate Based Control Schemes for ABR Traffic-Design Principles and Performance Comparison," Proceeding of the IEEE GLOBECOM'96, 1996.
 [8] M. Ritter, "Network Buffer Requirements of the Rate-Based Control Mechanism for ABR Services," Proceeding of the IEEE INFOCOM'96, 1996.
 [9] A. Charney, D.D. Clark, "Congestion Control with Explicit Rate Indication," Proceeding of the IEEE ICC'95, 1995.
 [10] Sudhakar Muddu, Fabio M. Chiussi, "Max-Min Rate Control Algorithm for Available Bit Rate Service in ATM networks," Proceeding of the IEEE ICC'96, 1996.
 [11] D.H.K Tsang and W.K.F Wong, "A New Rate-Based Switch Algorithm for ABR Traffic to Achieve Max-Min fairness with Analytical Approximation Delay Adjustment," Proceeding of the IEEE INFOCOM '96, 1996.
 [12] H. Ohsaki, M. Murata, H. Suzuki, C. Ikeda, H. Miyahara, "Performance Evaluation of Rate-Based Congestion Control Algorithms in Multimedia ATM Networks," Proceeding of the IEEE GLOBECOM'95, 1995.
 [13] Roberto Beraldi and Salvatore Marano, "Selective BECN schemes for congestion control of ABR traffic in ATM LAN," Proceeding of the IEEE ICC'96, 1996.
 [14] Nasir Ghani and Jon W. Mark, "Dynamic Rate-Based Control Algorithm for ABR service in ATM networks," Proceeding of the IEEE GLOBECOM'96, 1996.
 [15] Nanying Yin, "Max-Min Fairness vs MCR Guarantee on Bandwidth Allocation for ABR," IEEE ATM'96 Workshop, 1996
 [16] Santosh P. Abraham and Anurag Kumar, "Max-Min Fair Rate Control of ABR Connections with Nonzero MCRs," Proceeding of the IEEE GLOBECOM'97, 1997
 [17] Yiwei Thomas Hou, Henry H. Y. Tzeng,

and Shivendra S. Panwar, "A Generalized Max-Min Network Capacity Assignment Policy with a Simple ABR Implementation for an ATM LAN," Proceeding of the IEEE GLOBECOM'97, 1997

오 윤 탁(Yoon-Tak Oh)

정회원



1965년 12월 25일생

1992년 2월 : 한양대학교 전자계산학과 졸업 (공학사)

1994년 2월 : 한양대학교 대학원 전자계산학과 졸업 (공학석사)

1994년 3월 현재 : 한양대학교 대학원 전자계산학과 박사과정

1996년 3월 현재 : 안산1대학 전산정보처리과 전임강사

<관심분야> B-ISDN, 멀티미디어 통신, 통신망 성능분석 등.

박 성 한(Sung-Han Park)

정회원

1947년 6월 2일생

1970년 : 한양대학교 전자공학과 졸업 (B.S.)

1973년 : 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업 (M.S.)

1984년 : 텍사스 주립대학 전기 및 컴퓨터공학과 졸업(Ph.D.)

1974년 3월 : 1978년 8월 경북대학교 전자공학과 전임강사

1984년 5월 : 1984년 8월 텍사스 주립대학 Instructor

1984년 9월 : 1986년 2월 금성사 중앙연구소 수석연구원

1986년 3월 현재 : 한양대학교 전자계산학과 교수

<주관심분야> 멀티미디어 통신, 컴퓨터비전, Watermarking