DBpia



# ATM 망에서 효율적인 ABR 서비스를 위한 전송율 비율에 기반한 동적 대역폭 할당 방법

정회원 오 윤 탁*, 박 성 한*

# A Dynamic Bandwidth Allocation Method based on Transfer Rate Ratio for Efficient ABR Service in ATM Networks

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

요 약

본 논문에서는 ATM 망에서 효율적인 ABR 서비스를 제공하기 위해 전송율 비율에 기반한 동적 대역폭 할당 방법을 제안한다. 제안된 방법은 ATM 망에서 분산된 ER 대역폭 할당 방식이다. ABR 소스는 고정된 블록 크기 마다 소스 셀 평균 전송율을 계산하여 진행 RM셀을 통해 ATM 망에 전송한다. ATM 스위치는 진행 RM 셀을 수신할 때 마다 각 ABR 소스가 사용하는 전체 셀 전송율을 계산하고, 회귀 RM 셀을 수신하면 ABR 소스의 셀 전송율 비율에 기반하여 ATM 망의 가용 대역폭 내에서 각 ABR 소스에게 할당할 대역폭을 계산한다. ATM 스위치에서 처리되는 대역폭 계산 방법은 ABR 소스가 호설정 단계에서 협의한 최소 셀 전송율을 보장한다. 제안된 방법은 각 ABR 소스의 셀 전송율 비율에 기반하여 ATM 망의 가용 대역폭을 ABR 소스에게 할당하기 때문에 ATM 스위치는 ATM 망의 대역폭 변화와 ABR 소스의 전송율 변화에 빠르게 적응할 수 있고, 또한 ATM 망의 가용 대역폭을 최대한 활용할 수 있다. 본 논문에서 제안된 방법과 기존의 방법에 대한 시뮬레이션 결과는 제안된 방법이 기존의 방법보다 공정한 대역폭 할당과 링크 이용율 면에서 우수함을 보여준다.

ABSTRACT

In this paper, a dynamic bandwidth allocation based on transfer rate ratio is proposed to efficiently provide ABR service in ATM networks. The proposed method is based on the bandwidth allocation of a distributed Explicit Rate(ER) in ATM networks. The ABR source estimates a Segmental Average Source Cell Rate(SASCR) for every block size of Nrm cells and sends it to ATM networks using forward RM cell. When ATM switch receives the forward RM cell, it computes the sum of the cell rate that each ABR source uses. On receiving the backward RM cell, ATM switch computes the bandwidth to be allocated to each ABR source based on cell transfer rate ratio within the limits of the available bandwidth of ATM networks. The proposed method for bandwidth computation in ATM switch guarantees MCR which ABR source negotiates with ATM networks. Since the proposed method performs the bandwidth allocation based on cell transfer rate ratio of each ABR source, ATM switch can rapidly adapt to the bandwidth variation of ATM networks and the transfer rate variation of ABR source. Thus the method makes the best use of the available bandwidth in ATM networks. The simulation results demonstrate that the proposed method achieve the more fair bandwidth allocation and higher link utilization than those achieved by existing methods.

## I. 서 론

ATM 망에서 ABR 서비스는 CBR 및 VBR 서비스에 할당하고 남은 여분의 대역폭을 사용하기

* 한양대학교 전자계산학과(ytoh@cse.hanyang.ac.kr)
논문번호 : 98236-0525, 접수일자 : 1998년 5월 25일



www.dbpia.co.kr

때문에 호설정 단계에서 대역폭의 정적 할당은 비효율적이다. 따라서 ATM 망상태의 변화에따라 ATM 망자원의 이용 효율을 높이기 위해 호 설정 이후 데이터 전송 단계에서 ABR 트래픽에 대역폭을 동적으로 할당하는 폭주제어가 필요하다. ATM 포럼에서는 이를 위해 전송율 기반 폭주제어(Rate-based congestion control)을 표준으로 채택했다[1],[2]. 이 방식은 폐쇄 루프에 바탕을 두고 있으며 소스측이 스위치로 부터 망상태에 관한 궤환 정보를 받아 셀 전송율을 결정하는 폭주제어 방법이다. ATM 포럼은 궤환 정보를 위해 RM(Resource Management) 셀 이라는 특별한 제어 셀을 사용한다. RM 셀은 망 상태에 따라 소스측의 데이터 전송율을 제어하기 위해 CI(Congestion Indication)와 ER(Explicit Rate) 제어 필드를 포함한다. CI 제어 필드를 활용한 폭주 제어 방법은 ABR 소스에게 ATM 망의 폭주 발생 여부만 통보하기 때문에 ABR 소스는 ATM 망의 폭주 정도를 정확하게 파악하기 어려워 폭주에 대한 반응속도가 느리고 동적 대역폭 할당을 할 수가 없다. 한편 폭주제어를 위해 ER 제어 필드를 활용하면 CBR 및 VBR 트래픽에 할당하고 남은 여분의 가용 대역폭을 추적하여 각 ABR 소스에게 할당할 수 있다. 따라서 CI 제어 필드를 활용하는 것보다 ER 제어 필드를 활용한 폭주제어 방법이 ATM 망의 폭주발생에 신속하게 대응할 수 있고 망자원의 활용을 극대화 시킬 수 있다.

ATM 포럼에서는 ATM 스위치에서 구현되는 CI 및 ER 제어 필드를 활용한 폭주제어 방법을 표준화 하지 않고 ATM 스위치 제조업자에게 일임하고 있다. 일반적으로 ATM 망에서 ABR 트래픽 제어를 위한 ATM 스위치의 폭주제어 알고리즘이 효율적인 ABR 서비스를 제공하기 위해서는 첫째로 링크 이용율의 극대화, 둘째 가용 대역폭에 대한 빠른 접근, 셋째 각 ABR 연결에 대한 공정한 대역폭 할당, 마지막으로 망에 폭주 발생시 신속한 폭주제어 처리 조건을 만족시켜야 한다[3],[4]. 이러한 ABR 서비스 요구사항을 충족시키는 ABR 트래픽 제어를 위해 기존에 여러가지 방법들이 제안 되었다[6]-[16]. 기존의 방법들은 대부분 ATM 망에 ABR 트래픽을 위한 대역폭이 있을 경우 낮은 전송율을 갖는 ABR 소스들에게 우선적으로 대역폭을 할당하는 Max-Min 공정성을 제공한다. Max-Min 공정성은 ABR 소스가 요구하는 MCR 값은 보장하지만 모든 ABR 소스들의 MCR 값을 제외하고 남은 가용대역폭을 낮은 전송율을 갖는 ABR 소스들에게 우선적으로 분배하기 때문에 높은 MCR 값을 요구하는 ABR 소스는 가용대역폭을 이용할 기회와 이용하는 대역폭량이 적어진다. 따라서 모든 ABR 소스들에게 MCR 값을 할당하고 남은 가용대역폭의 활용측면에서 볼때 낮은 MCR 값을 요구하는 ABR 소스들이 높은 MCR 값을 요구하는 ABR 소스들보다 가용대역폭의 활용율이 상대적으로 높다.

본 논문에서는 이러한 기존 방법의 문제점을 해결하고 ABR 서비스 요구사항을 충족시켜 주기 위해 ABR 소스의 셀 전송율 비율에 기반한 대역폭 할당 방법을 제안한다. 제안된 방법은 ABR 소스에게 ATM 망의 가용대역폭을 전송율 비율에 기반하여 할당함으로써 링크 이용율을 높이고 공정한 대역폭 할당을 이룰 수 있다. 제안된 방법을 실현하기 위해 2장에서는 기존의 방법들을 고찰하고 문제점을 분석한다. 그리고 3장에서는 본 논문에서 제안한 셀 전송율 비율에 기반한 대역폭 할당 방법에 관하여 논하고, 4장에서는 제안된 방법에 대한 시뮬레이션을 통해 성능분석을 하고, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## Ⅱ. ABR 트래픽 제어

ATM 망에서 ABR 트래픽 제어를 위해 다양한 방법들이 제안 되었다[6]-[16]. 본 장에서는 본 논문에서 제안된 방법과 비교하기 위해 기존에 제안된 방법중 EPRCA (Enhanced Proportional Rate Control Algorithm) 방법과 DRBCA(Dynamic Rate-Based Control Algorithm)방법에 대해 분석하고 문제점들을 살펴본다.

EPRCA 방법은 ATM 포럼에서 제안한 방법으로 소스의 데이터 전송율을 조정하기 위해 ABR 소스에 대해 주로 지능적인 표시 방식을 사용한다. 즉, 스위치에 폭주상태가 발생하면 모든 소스에 대해 폭주를 통지하는 것이 아니라 선택적으로 선별하여 일부 소스에 대해서만 폭주를 통지하는 방식이다. 선택적인 폭주 통보를 위해 스위치는 ABR 소스의 ACR (Allowed Cell Rate) 값의 평균값인 MACR(Mean ACR) 값을 계산하게 되고, 만약 스위치의 버퍼가 저수준의 임계치 이상이 되면 ACR 값이 MACR 값보다 큰 ABR 소스에게 폭주를 통보한다. 이때 MACR에 상당히 근접한 연결들을 처리하기 위해 MACR 값에 DPF(Down Pressure Factor)라는 인자값을 곱하여 이를 ACR 값과 비교



www.dbpia.co.kr

한다. 만약 ABR 소스의 데이터 전송율이 MACR 값에 DPF 값을 곱한 것보다 크면 스위치는 ABR 소스에게 폭주를 통보하여 소스측의 데이터 전송율을 감소시키고, 작으면 호 설정시 망과 협의한 증가율로 데이터 전송율을 증가시키도록 한다. 이 방법은 ABR 각 연결에 대해 MACR 값을 정확하게 계산해 내는데 어려움이 있다. 그리고 MACR 값은 ABR 소스의 현재 데이터 셀 전송율을 반영하는 것이 아니라 서비스 받는 전구간의 평균 전송율을 나타내기 때문에 ABR 소스의 현재 셀 전송율에 기준을 둔 폭주제어에는 적합하지 않다. 또한 가용대역폭의 활용측면에서 볼때 ABR 소스의 MCR (Minimum Cell Rate)값을 고려하지 않고 폭주제어를 하기 때문에 MCR 값이 다른 ABR 소스들에 대한 공정한 대역폭 할당을 이루기 어렵다.

DRBCA 방법은 ABR 소스측의 알고리즘과 ATM 스위치측의 알고리즘으로 크게 나누어 진다. ABR 소스측의 알고리즘은 ATM 망에 소스의 상태 정보를 전달하기 위해 현재 소스의 데이터 전송율을 계산하여 RM 셀에 보낸다. 이때 계산된 전송율은 RM 셀 사이에 전송된 데이터 셀의 평균 전송율이다. ATM 스위치측의 알고리즘은 ABR 소스들을 데이터 셀의 평균 전송율에 따라 교착상태 소스와 비교착상태 소스로 나눈다. 그리고 ATM 망에 ABR 트래픽을 위한 여분의 대역폭이 있을 경우 모든 ABR 소스에게 MCR 값의 대역폭을 미리 할당하고 남은 가용 대역폭을 교착상태 소스의 갯수로 나누어 얻은 동일한 양의 대역폭을 각 ABR 소스에게 추가로 할당한다. 이 방법은 각 ABR 소스에게 MCR값은 보장하지만 ATM 망의 가용대역폭을 각 ABR 소스들에게 똑같이 할당하기 때문에 각 ABR 소스가 요구하는 서비스 요구사항을 MCR값에 기준하여 획일적으로 처리한다. 따라서 각 ABR 소스가 요구하는 전송율 비율에 따라 ATM 망의 가용대역폭을 활용하는 측면에서 볼 때 공정한 대역폭 할당이 어렵다. 또한 진행 RM 셀의 방향에 있는 정방향 ATM 스위치에서 ABR 소스에게 할당한 대역폭을 고려하지 않고 자신의 스위치 정보만을 이용하여 대역폭을 할당하기 때문에 링크 이용율이 낮다.

## Ⅲ. 전송율 비율에 기반한 동적 대역폭 할당 방법

본 장에서는 기존의 ABR 서비스를 위해 제안된 방법의[6-16] 문제점을 보완하여 ATM 망자원을 효율적으로 활용하고 ABR 소스에게 전송율 비율에 기반하여 대역폭을 공정하게 할당하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 각각의 ABR 소스가 자신의 현재 셀 전송율을 계산 하여 진행 RM 셀을 통해 ATM 스위치에 전송하고 ATM 스위치는 진행 RM 셀에 전달된 ABR 소스의 전송율을 사용하여 자신에 연결되어 있는 모든 ABR 트래픽의 전체 전송율을 추적한다. ABR 목적지는 진행 RM 셀을 받아 역방향으로 회귀 RM 셀을 전송하고 ATM 스위치는 회귀 RM 셀을 받아 ABR 소스의 현재 셀 전송율에 기반하여 대역폭을 계산한다. 그리고 계산된 대역폭을 회귀 RM 셀의 ER 필드에 넣어 ABR 소스측에 전송한다. ABR 소스는 회귀 RM 셀을 수신하여 자신의 현재 셀 전송율을 회귀 RM 셀의 ER 필드에 있는 값과 ABR 소스의 고정 증가값을 비교하여 적은 값으로 설정한다. 이러한 방법을 실현하기 위해 ATM 스위치에서 ABR 트래픽에 대한 처리 기능을 진행 RM 셀에 대한 전송율 계산과 회귀 RM 셀에 대한 대역폭 할당의 두 부분으로 나누어 논한다.

### 1. ABR 소스의 셀 전송율 계산

대부분의 ABR 서비스에서 MCR 값이 0일 경우 데이터 전송이 연속적이지 않기 때문에 소스의 셀 전송율의 변동에 따라 ATM 망에서 가용 대역폭의 활용을 극대화 시키기 위한 적절한 제어가 요구된다. 이를 위해 본 논문에서는 ABR 소스가 ATM 망에 자신의 현재 셀 전송율의 정보를 제공하기 위해 셀 전송율 계산을 위한 기능을 가진다. ABR 소스는 셀 전송의 $N_{rm}$ 블록 사이즈마다 자신의 구간 평균 셀 전송율 SASCR(Segment Average Source Cell Rate)을 다음과 같이 계산한다.

SASCR = (Nrm / (current_time - last_RM_time))

(1)

여기서 $N_{rm}$ 은 호 설정시 ATM 망이 ABR 소스에게 제공한 값으로 진행 RM 셀을 주기적으로 전송하기 위해 필요한 단위값을 의미하고, current_time은 ABR 소스 시스템의 현재 시간, 그리고 last_RM_time 은 진행 RM 셀의 최근 전송시간을 나타낸다. ABR 소스는 진행 RM 셀 전송사이에 자신의 데이터 셀 전송율을 계산하여 진행 RM 셀을 통해 ATM 망에 전송한다. ABR 소스가 자신의 셀 전송율을 계산하여 진행 RM 셀에 전송하기 위한 알고리즘은 그림 1에 보여주고 있다. ABR 소



www.dbpia.co.kr

스는 먼저 데이터 셀을 보내기 전에 RM 셀을 전송할 주기인가를 체크한다. 진행 RM 셀을 전송하기 위한 조건은 두가지 경우가 있다. 첫째 조건은 ABR 소스가 자신의 데이터 셀의 전송갯수를 추적하여 ($N_{rm}$ - 1)개 되면 진행 RM 셀을 전송한다. 이 경우 ABR 소스가 ($N_{rm}$ - 1) 개의 데이터 셀을 전송하는데 필요한 셀 전송율 SASCR을 식 1과 같이 계산하여 진행 RM 셀에 넣는다. 둘째 조건은 ABR 소스의 MCR 값이 0일 경우 전송할 데이터가 어느 기간 동안 발생하지 않으면 데이터 셀 전송 갯수가 ($N_{rm}$ - 1) 개에 도달되지 못해 RM_timeout 이 발생한다. RM_timeout 이 발생하면 ABR 소스는 SASCR 값을 0으로 할당하여 진행 RM 셀을 보낸다. 그리고 ABR 소스는 전송할 데이터가 발생하면 먼저 진행 RM 셀을 전송하고 나서 데이터 셀을 전송한다. ATM 망은 ABR 소스의 SASCR값이 0인 진행 RM 셀을 수신하면 그 소스에게 할당된 대역폭을 다른 ABR 소스에게 분배하기 때문에 망 대역폭의 이용율을 증가시킬 수 있다.

ABR 소스가 회귀 RM 셀을 수신하면 자신의 ACR 값을 다음 식과 같이 설정한다.

$$ACR=\min(ERset,\ ACR + Nrm * AIR) \qquad (2)$$

여기서 AIR(Additive Increase Rate)은 셀 전송율의 고정된 증가율을 의미하고, $ER_{set}$ 은ATM 망에서 할당된 사용 가능 대역폭으로써 회귀 RM 셀에 있는 값이다. 이 식은 ABR 소스의 셀 전송율의 급속한 증가는 $N_{rm}$ * AIR 비율로 제한 하지만 셀 전송율의 급속한 감소는 허용한다. 그리고 ATM 스위치에서 할당된 ER 값은 망에서 수용할 수 있는 값이기 때문에 자체적인 전송율 감소는 하지 않고 ER 값으로 제한한다.

본 논문에서 제안된 SASCR 값은 ABR 소스가 측정하여 스위치에 전송하는 값으로써 EPRCA 방법의 MACR 값과는 다르다. EPRCA 방법의 MACR 값은 ABR 소스가 서비스 받는 동안 할당된 평균 데이터 전송율을 의미하고 ATM 스위치에서 계산된다. 그리고 SASCR 값은 전송율 비율에 기반하여 대역폭을 할당하는데 사용되지만 MACR 값은 지능적인 표시를 하는데 사용됨으로 두 값의 사용방법에 차이가 있다.

### 2. ABR 소스들의 전체 셀 전송율 계산

기존에 제안된 방법들은 단지 진행 RM 셀만을 사용하거나 회귀 RM 셀만을 사용하여 ATM 망의

```
/* 전송할 데이터 셀이 있는 경우 */
 if(data cell to send)
 {
   /* RM 셀을 전송하기 위한 체크 */
   if(RM_count == Nrm)
   {
/* RM_timeout 이후 최소 RM 셀 전송 여부 체크 */
     if(RM_timeout_flag = 1)
     {
        SASCR^i  =  Nrm x AIR
        ACR^i  =  Nrm x AIR
        PSASCR^i = 0
        RM_timeout_flag = 0
     }
     else
     {
/* 데이터 셀 전송율 계산 */
        SASCR^i_cell = (Nrm /
          (current_time - last_RM_time))
        SASCR^i = min(SASCR^i_cell, ACR^i)
     }
    Send_Forward_RM_Cell(MCR^i,
      ACR^i, PCR^i, SASCR^i, PSASCR^i)
     PSASCR^i = SASCR^i
     RM_count = 1
     last_RM_time = current_time
   }
   else
   {
     Send_Data_Cell
     RM_count = RM_count + 1
   }
   Set countdown timer to RM_timeout
 }
/* RM_timeout 이 발생했을 경우 */
if(RM_timeout expired)
{
   RM_count = Nrm
   SASCR^i = 0
   Send_Forward_RM_Cell(MCR^i, ACR^i,
            PCR^i, SASCR^i, PSASCR^i)
   RM_timeout_flag = 1
}
/* 회귀 RM 셀을 수신한 경우 */
if(Backward RM Cell received)
{
  ACR^i = min(ER^i, ACR^i + Nrm
                          x AIR)
}
```

그림 1. ABR 소스의 셀 전송율 계산



www.dbpia.co.kr

가용 대역폭을 ABR 소스에게 할당하였다[9-11]. 그러나 제안된 방법은 진행 RM 셀의 수신에서 ABR 소스들의 전체 셀 전송율을 계산하고 회귀 RM 셀의 수신에서는 ATM 스위치의 가용 대역폭을 각 ABR 소스에게 할당한다. 이것은 진행 RM 셀을 통해 ABR 소스의 현재 셀 전송율을 ATM 망에 최대한 반영할 수 있고, 또한 ATM 스위치는 각 ABR 소스의 현재 셀 전송율에 기반하여 가용 대역폭을 각 ABR 소스에게 효율적으로 분배하여 회귀 RM 셀을 통해 전달할 수 있기 때문이다. 따라서 ATM 스위치는 진행 RM 셀을 수신하면 ABR 소스의 현재 셀 전송율을 더하고 이전 셀 전송율을 감소하여 ABR 소스의 전체 셀 전송율을 추적한다. 그리고 진행 RM 셀을 다음 스위치나 목적지로 전송한다. ATM 스위치에 연결된 ABR 소스의 전체 셀 전송율($SASCR_{total}$)을 계산하는 식은 다음과 같다

$$SASCRtotal=SASCRtotal+(SASCRi-PSASCRi) \quad (3)$$

여기서 $SASCR^i$ 은 ABR 소스 i의 현재 셀 전송율이고, $PSASCR^i$ 은 ABR 소스 i의 이전 RM 셀에 전송된 $SASCR^i$ 값이다. $SASCR_{total}$ 값은 ATM 스위치에 연결된 ABR 소스가 사용하는 전체 대역폭에 해당하며 ATM 스위치가 회귀 RM 셀을 수신하여 각 ABR 소스에게 대역폭을 할당할때 사용된다.

### 3. 회귀 RM 셀에 대한 ATM 스위치의 대역폭 할당

회귀 RM 셀은 ATM 스위치에서 ABR 소스에게 할당된 대역폭을 ER 필드에 포함하여 ABR 소스로 전달된다. 회귀 RM 셀의 ER 필드 값은 ABR 목적지와 소스 사이에 있는 ATM 스위치에서 할당하는 값으로 변하게 된다. 따라서 ATM 망의 가용 대역폭을 극대화 하기 위해 각 ATM 스위치에서 ABR 소스를 위한 대역폭 할당 방법이 중요하다. 이를 위해 본 논문에서 제안된 대역폭 할당 방법은 먼저 각 ABR 소스에게 MCR을 할당하고, 그리고 남은 여분의 대역폭을 ABR 소스의 전송율의 비율에 따라 분배하는 방식이다. 이것은 기본적으로 각 ABR 소스에게 MCR을 보장할 수 있고 여분의 대역폭을 전송율의 비율에 따라 공정하게 분배할 수 있다.

ABR 목적지와 소스 사이를 연결하는 모든 ATM 스위치에서 회귀 RM 셀을 수신할 경우 각 ABR 소스를 위해 본 논문에서 제안한 대역폭 할당 방법은 그림 2에 보여주고 있다. ATM 스위치는 먼저 다음 식과 같이 ABR 소스에게 할당 가능한 대역폭 $ER^i_{sw}$ 값을 구한다.

$$ERisw=MCRi+SASCRi \times (Cav/SASCRtotal) \quad (4)$$

```
/* ATM 스위치에서 회귀 RM 셀을
수신할 경우 처리 절차 */
if(Backward RM Cell received)
{
   Bandwidth_Allocation(i, ER^i_set)
}
/* 대역폭 할당 방법 */
procedure  Bandwidth_Allocation(i,
                        ER^i_forward)
{
   ER^i_sw = MCR^i + SASCR^i x
          (C_av / SASCR_total)
/* 정방향 ATM 스위치에서 할당된
   대역폭과 비교 */
 if (ER^i_sw 〉 ER^i_forward)
   {
     ER^i_set = ER^i_forward
     Send_Backward_RM_Cell(MCR^i,
          ACR^i, ER^i_set, SASCRi)
   }
   else
   {   /*  여분의 대역폭 계산  */
     C_reuse  = C_av -  Σ_{i=1}^{n} ER^i_set
     ER^i_reuse = ER^i_sw + SASCR^i
          x (C_reuse / SASCR_total)
     ER^i_set = min(ER^i_reuse ,
                        ER^i_forward)
     Send_Backward_RM_Cell(MCR^i,
          ACR^i, ER^i_set, SASCR^i)
   }
 }
```

그림 2. ABR 소스를 위한 대역폭 할당

여기서 $C_{av}$는 ATM 스위치에서 ABR 서비스를 위해 사용 가능한 대역폭이다. ATM 스위치는 각 ABR 소스에게 MCR 값을 보장하고, 자신에게 연결된 모든 ABR 소스의 전체 셀 전송율 $SASCR_{total}$에 대한 ABR 소스의 현재 셀 전송율 SASCR의 비율에 기반하여 $ER^i_{sw}$ 값을 결정한다. ATM 스위치가 $ER^i_{sw}$ 값을 ABR 소스 i 에게 할당할 대역폭 $ER^i_{set}$ 값으로 결정하기 위해서는 회귀 RM 셀을 수신하는 스위치의 입장에서 보면 목적지 방향에 존



www.dbpia.co.kr

재하는 정방향 ATM 스위치에서 할당된 $ER^i_{forward}$ 값과의 비교가 필요하다. 만약 $ER^i_{sw}$ 값이 $ER^i_{forward}$ 값 보다 클 경우 ATM 스위치는 $ER^i_{forward}$ 값을 $ER^i_{set}$ 값으로 할당한다. 이것은 ATM 스위치에서 ABR 소스 i를 위해 할당한 전송율이 정방향 ATM 스위치에서 ABR 소스 i의 전송율보다 크다면 정방향 ATM 스위치에 폭주가 발생되기 때문이다. 따라서 ATM 스위치에서 ABR 소스 i을 위해 할당된 대역폭은 정방향 ATM 스위치에서 할당된 대역폭보다 적어나 같아야 한다.

ATM 스위치에서 식 (4)의 $ER^i_{sw}$ 값이 $ER^i_{forward}$ 값 보다 큰 ABR 소스 i 가 존재한다면 ATM 스위치는 $ER^i_{set}$ 값에 $ER^i_{forward}$ 값을 할당하기 때문에 $(ER^i_{sw} - ER^i_{forward})$ 값 만큼의 대역폭은 다른 ABR 소스에게 할당 할 수 있다. 따라서 각 ABR 소스에게 할당하고 남은 대역폭을 재활용하기 위해 ATM 스위치는 다음 식과 같이 재활용 가능 대역폭 $C_{reuse}$ 을 계산한다.

$$Creuse = Cav - \sum_{i=1}^{n} ER^i_{set} \quad (5)$$

여기서 $\sum_{i=1}^{n} ER^i_{set}$ 은 ATM 스위치가 각 ABR 소스에게 할당한 대역폭의 합이다. 그리고 $C_{reuse}$ 값은 $ER^i_{sw}$ 값이 $ER^i_{forward}$ 값 보다 적을 경우에 활용되며, 이때 ATM 스위치는 ABR 소스에게 최대 $ER^i_{forward}$ 값까지 할당할 수 있다. 만약 식 (4)의 $ER^i_{sw}$ 값이 $ER^i_{forward}$ 값보다 작은 ABR 소스 i가 존재한다면 ATM 스위치는 $C_{reuse}$ 을 자신에게 연결된 모든 ABR 트래픽의 전체 셀 전송율에 대한 ABR 소스 i의 현재 셀 전송율의 비율에 반영하여 다음 식과 같이 ABR 소스 i 에게 할당 가능한 $ER^i_{reuse}$ 을 계산한다.

ERireuse =

$$ERisw + SASCRi \times (Creuse / SASCRtotal) \quad (6)$$

ATM 스위치는 ABR 소스 i에게 $ER^i_{forward}$ 값 이상으로는 할당할 수 없기 때문에 다음 식과 같이 $ER^i_{set}$ 값을 최종 결정한다.

$$ERiset = \min(ERireuse, ERiforward) \quad (7)$$

제안된 방법은 식(6), (7)에 의해 정방향 ATM 스위치에서 할당된 $ER^i_{forward}$ 의 제한 때문에 ATM 스위치가 ABR 소스 i 에게 할당하지 못한 여분의 대역폭을 다른 ABR 소스에게 할당 한다. 이로 인해 ATM 스위치는 ATM 망의 가용 대역폭을 최대한 활용하여 링크 이용율을 향상시킨다. 본 논문에서 제안된 대역폭 할당방법은 정방향 ATM 스위치에서 할당된 대역폭을 고려하여 ABR 소스에게 대역폭을 할당하기 때문에 단지 회귀 RM 셀을 수신하는 ATM 스위치에서만 대역폭을 고려하는 DRBCA 방법보다 링크 이용율을 향상시킨다. 또한 각 ABR 소스에게 MCR 값을 할당하고 남은 여분의 대역폭을 ABR 소스의 현재 데이터 전송율 비율에 따라 모든 ABR 소스들에게 배분하기 때문에 대역폭의 활용관점에서 볼 때 EPRCA 방법보다 공정한 대역폭 할당을 이룬다. 그러나 DRBCA 방법 및 EPRCA 방법과 마찬가지로 VC 당 제어를 처리하기 때문에 스위치 구조가 복잡하다.

## Ⅳ. 시뮬레이션 및 성능 분석

본 논문에서 제안한 ABR 소스의 전송율 비율에 기반한 대역폭 할당 방법에 대한 성능 분석 및 평가를 위해 시뮬레이션 모델을 설정하고 시뮬레이션에 필요한 가정과 파라메타 값을 정의한다. 그리고 시뮬레이션을 통해 얻은 결과 값을 제시하고 또한 결과 값을 토대로 각 ABR 소스에게 할당된 ACR 값과 대역폭 할당의 공정성의 관점에서 기존의 방법과 성능을 비교 분석한다.

### 1. 시뮬레이션 모델

본 논문에서 제안된 방법의 성능을 평가하기 위해 사용한 전체적인 시뮬레이션 모델은 기존 논문에서 적용한 모델을 참조하여 구성하였으며 그림 3에 보여주고 있다[6],[7],[16]. ATM망에는 소스당 한 개의 VC을 갖는 10개의 VBR 소스와 4개의 ABR 소스가 연결되어 있다. 소스 1에서 부터 4까지는 ABR 소스이고 소스 5에서부터 14 까지는 VBR 소스이다. VBR 소스를 사용한 것은 VBR 트래픽에 대한 ABR 트래픽의 대역폭 변화율을 비교하기 위해서다. ATM 스위치에는 VBR 소스를 위한 큐와 ABR 소스를 위한 큐가 분리되어 별도로 존재한다. ATM 스위치의 큐는 FIFO 서비스를 지원 하는 무한 버퍼로 가정하고 출력 링크는 다음 ATM 스위치나 목적지로 연결되어 있다. 그리고 ATM 망의 대역폭은 VBR 트래픽에 먼저 할당하고 남은 여분의 대역폭을 ABR 트래픽에 할당한다.

시뮬레이션 모델에 적용한 시뮬레이션 계수는 참



www.dbpia.co.kr

고문헌 및 권고안을 참조하여 시뮬레이션 환경에 적합하게 정한다[6],[7],[16]. 각각의 ABR 소스는 전송할 데이터를 충분히 가지고 있는 persistent 소스로 가정하고 VBR 소스는 데이터 발생이 On-Off 지수 분포를 갖는 포아송 분포로 가정한다. ABR 소스측과 ATM 스위치, 중간 ATM 스위치 사이, 그리고 ATM 스위치와 목적지 사이의 링크 속도는 ATM 망의 전송율인 155Mbps로 정의한다. 53 옥텟의 ATM 셀을 155Mbps로 전송하는데 소요되는 시간은 이론적인 계산에 의해 2.75us로 정한다. ABR 소스측 및 목적지와 ATM 스위치 사이, 그리고 중간 ATM 스위치 사이의 셀 전달지연은 ATM 스위치가 일정한 간격으로 연결되어 있는 것으로 가정하여 1ms로 정한다. RM 셀을 전송하는 단위인 $N_{rm}$은 32 셀로 한다. ABR 소스의 서비스 시작 전송율인 ICR(Initial Cell Rate)값은 각 ABR 소스의 MCR로 하고, 만약 MCR 이 0인 경우는 $N_{rm}$ x AIR 로 하고 AIR 값은 500cell/sec 로 가정한다. ATM 스위치에 연결된 ABR 소스의 개수와 전송율은 표 1에 보여주고 있다. ATM 스위치는 VBR 소스에 우선순위를 주어 대역폭을 할당하고 여분의 대역폭을 ABR 소스에 할당하는 것으로 가정한다.

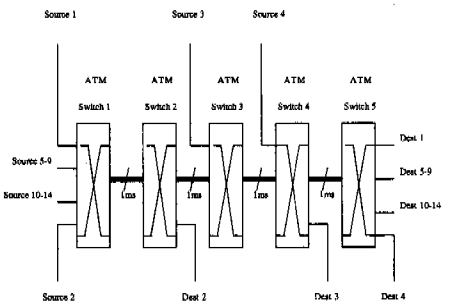



그림 3. 시뮬레이션 모델

## 2. 성능분석

ATM 망에서 ABR 트래픽 제어를 위해 기존에 제안된 EPRCA 방법 및 DRBCA 방법과 본 논문에서 제안된 방법에 대한 시뮬레이션 결과가 그림 4에 보여주고 있다. 그림 4는 셀 단위 시간의 변화에 따라 각 ABR 소스에게 할당되는 ACR 값을 EPRCA 방법 및 DRBCA 방법과 제안한 방법에 대해 비교하여 보여주고 있다. EPRCA 방법은 ABR 소스의 MCR 값에 관계없이 MACR 값을 기준으로 ABR 트래픽을 제어하기 때문에 그림 4의 (a)에서 보여 주고 있는 것처럼 소스 1, 2, 3, 4 가 MACR 값으로 수렴하게 된다. 즉, ABR 소스를 위한 여분의 대역폭을 MCR 서비스 요구사항에 관계없이 폭주제어를 하기 때문에 낮은 MCR 값을 요구하는 ABR 소스는 높은 MCR 값을 요구하는 ABR 소스 보다 상대적으로 모든 ABR 소스에게 할당하고 남은 가용대역폭을 이용할 기회와 이용량이 많아진다. 이러한 관점에서 볼 때 EPRCA 방법은 모든 ABR 소스들에게 공정한 대역폭 할당을 이루지 못하고 MCR 서비스 요구사항에 기준하여 차동적인 서비스를 제공할 수 없다. 그리고 DRBCA 방법은 MCR 값을 기준으로 ABR 서비스를 위한 대역폭을 이용하기 때문에 그림 4의 (b)에서 보여주고 있는 것처럼 각 ABR 소스들에게 MCR 값을 기준으로 공정한 대역폭 할당을 한다. 그러나 각 ABR 소스들에게 MCR 값을 할당하고 남은 여분의 대역폭을 모든 ABR 소스들에게 동일한 양으로 분배하기 때문에 현재의 셀 전송율은 고려하지 않는다. 또한 정방향 스위치에서 할당한 대역폭은 고려하지 않기 때문에 제안된 논문보다 대역폭 활용율이 낮다. 즉, DRBCA 방법과 제안된 방법에서 ABR 소스 4는 ATM 스위치 4의 출력 링크 대역폭에만 영향을 받아 대역폭을 할당받고,
ABR 소스 1은 정방향 ATM 스위치 4에서 할당된 $ER^1_{forward}$ 값의 제한 때문에 ATM 스위치 1에서 계산된 대역폭을 할당받지 못하고 정방향 ATM 스위치 4에서 할당된 대역폭을 할당받기 때문이다. 그러나 ABR 소스 2와 3은 제안된 방법이 DRBCA 보다 더 많은 대역폭을 할당 받는다. 이것은 정방향 ATM 스위치 4에서 ABR 소스 1에게 할당한 $ER^1_{forward}$ 값의 제한 때문이다. 즉, 제안한 방법에서 ATM 스위치 3은 ABR 소스 1에게 할당하기 위해 계산한 대역폭을 정방향 ATM 스위치 4에서 ABR 소스 1에게 할당한 $ER^1_{forward}$ 값의 제한 때문에 할당하지 못하고, 남은 여분의 대역폭 $C_{reuse}$ 을 전송율 비율에 기반하여 ABR 소스 3에게 할당한다. 그리고 ATM 스위치 1은 ABR 소스 1에게 정방향 ATM 스위치 4의 $ER^1_{forward}$ 값을 할당하고, 남은 여분의 대역폭을 ABR 소스 2에게 할당한다. 따라서 제안된 방법은 정방향 ATM 스위치에서 할당한 대역폭에 따라 남은 여분의 대역폭 $C_{reuse}$ 을 ABR 소스들에게 분배하기 때문에 ATM 망의 가용 대역폭을 최대한 활용하고 링크 이용을 높인다. 그리고 제안된 방법은 MCR 값을 기준으로 ABR 서비스를 위한 가용 대역폭을 활용하고 또한 각 ABR 소스에 MCR 값을 할당하고 남은 여분의 대역폭을 ABR



www.dbpia.co.kr

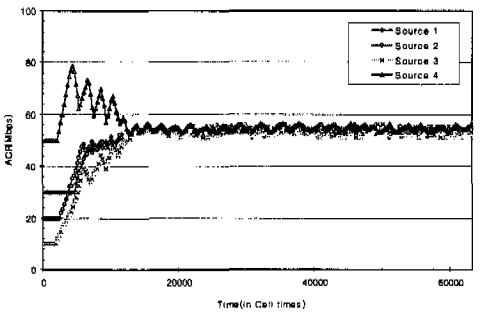
소스의 현재 셀 전송율 비율에 따라 모든 ABR 소스들에게 배분하기 때문에 대역폭 활용관점에서 볼 때 EPRCA 방법보다 공정한 대역폭 할당을 이루고 차등적인 ABR 서비스를 제공할 수 있다.

그림 5는 ATM 스위치 4에서 EPRCA 방법 및 DRBCA 방법과 본 논문에서 제안된 방법에 대한 큐길이를 시간에 따라 변동하는 모습을 보여 주고 있다. EPRCA 방법 및 DRBCA 방법의 큐길이가 제안된 방법 보다 높게 나타나는 것은 망의 폭주에 반응하는 속도가 느리기 때문이다. 그리고 제안된 방법이 현재 셀 전송율을 반영하여 폭주제어를 하기 때문에 망 상태의 변화에 빠르게 적응한다. 또한 제안된 방법은 정방향 스위치에서 할당한 대역폭을 고려하기 때문에 표 2에 보여 주고 있는 것처럼 평균 링크 이용율이 EPRCA 방법 및 DRBCA 방법보다 높다.

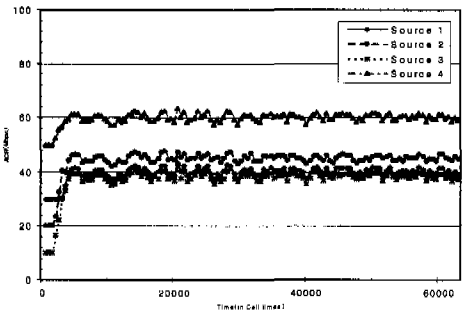
따라서 본 논문에서 제안된 전송율 비율에 기반한 폭주제어 알고리즘은 EPRCA 방법 및 DRBCA 방법 보다 공정한 대역폭할당을 이룰 수 있을 뿐만 아니라 망 상태의 변화에 빠르게 적응할 수 있고 또한 링크 이용율을 높일수 있다는 장점이 있다. 그러나 제안된 알고리즘을 ATM 스위치에 구현하기 위해서는 메모리 용량과 복잡도가 증가한다.

표 1. 시뮬레이션에 사용된 소스 트래픽의 속성값

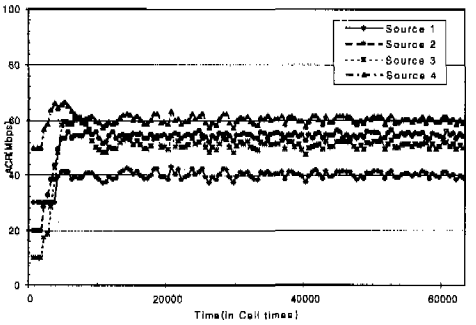
| 연 결 | 트래픽종류 | 트래픽 특성 | MCR/PCR |
|---|---|---|---|
| Source 1 | ABR | Persistent | 30/155 |
| Source 2 | ABR | Persistent | 20/155 |
| Source 3 | ABR | Persistent | 10/155 |
| Source 4 | ABR | Persistent | 50/155 |
| Source 5-9 | VBR | On-Off exp. 1ms 7Mbps Poisson on | / |
| Source 10-14 | VBR | On-Off exp. 1ms 9Mbps Poisson on | / |




(a) EPRCA 방법




(b) DRBCA 방법




(c) 제안된 방법

그림 4. ABR 소스에게 할당된 대역폭

## V. 결 론

본 논문에서는 ATM 망에서 효율적인 ABR 트래픽을 제어하기 위해 ABR 소스의 전송율 비율에 기반한 대역폭 할당 방법을 제안한다.

그리고 제안된 방법과 기존의 방법에 대해 동일한 시뮬레이션 모델을 적용하여 성능을 비교 분석하고 평가한다. 제안된 방법은 기존의 DRBCA 방법보다 다음과 같은 면에서 우수함을 확인한다. 첫째 ATM 스위치는 ABR 소스의 전송율 비율에 따라 할당할 대역폭을 계산하기 때문에 ABR 소스의 전송율 비율에 근거한 공정한 대역폭 할당이 이루어 진다. 둘째 ATM 스위치는 정방향 ATM 스위치에서 할당된 대역폭의 제한으로 남은 여분의 대역폭을 ABR 소스들에게 전송율 비율에 기반하여 분배하기 때문에 링크의 이용율을 높인다. 셋째 ABR 소스의 MCR 값을 보장하고 전송율 비율에 기반하여 대역폭을 할당하기 때문에 차등적인 ABR 서비스를 제공할 수 있다. 넷째 ABR 소스들의 전체 전송율을 추적하는 방법과 ABR 소스에게 대역폭을 할당하는 방법이 간단한 처리단계로 구성되어 있기



www.dbpia.co.kr

때문에 ATM 스위치에서 구현하기가 간단하다. 그러나 ATM 스위치에서 각 ABR 소스에게 할당한 대역폭 값을 저장하기 때문에 메모리 용량이 증가한다.

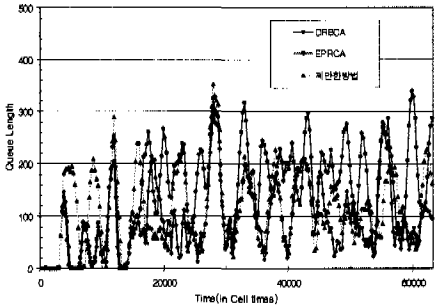



그림 5. ATM 스위치 4에서 큐길이의 변화

표 2. 링크 3-4에서 ABR 폭주 제어 방법의 링크 이용율

| ABR폭주 제어 | ABR트래픽에 할당된 평균대역폭 | ABR트래픽이 사용한 평균대역폭 | ABR트래픽의 평균 링크 이용율 |
|---|---|---|---|
| DRBCA | 111.56 Mbps | 101.36 Mbps | 90.80 % |
| EPRCA | 111.56 Mbps | 107.71 Mbps | 96.54 % |
| 제안된 방법 | 111.56 Mbps | 108.94 Mbps | 97.65 % |

## 참 고 문 헌


[1] ATM Forum, "Traffic Management Specification Version 4.0," *ATM Forum Contribution* 95-0013R10, Feb, 1996.

[2] ITU-T, "Traffic Control and Congestion Control in B-ISDN," *Recommendation I.371 Frozen Issue*, Geneva, July 1995.

[3] 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.

[4] Walter J.Goralski and Jay Ranade, "Introduction to ATM Networking," *McGrawHill*, 1995.

[5] Ram Krishnan, "Rate Based Control Schemes for ABR Traffic-Design Principles and Performance Comparison," *Proceeding of the IEEE GLOBECOM*, 1996.

[6] 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.

[7] Nasir Ghani and Jon W. Mark, "Dynamic Rate-Based Control Algorithm for ABR service in ATM networks," *Proceeding of the IEEE GLOBECOM*, 1996.

[8] A. Charney, D.D. Clark, "Congestion Control with Explicit Rate Indication," *Proceeding of the IEEE ICC'95*, 1995.

[9] 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*, 1996.

[10] Nanying Yin, "Max-Min Fairness vs MCR Guarantee on Bandwidth Allocation for ABR," *IEEE ATM'96 Workshop*, 1996

[11] Roberto Beraldi and Salvatore Marano, "Selective BECN schemes for congestion control of ABR traffic in ATM LAN," *Proceeding of the IEEE ICC'96*, 1996.

[12] X. Zhang, K.G. Shin and Q. Zheng, "Integrated Rate and Credit Feedback Control for ABR Service in ATM Networks," *Proceeding of the IEEE INFOCOM'97*, 1997.

[13] C. Fulton, S. Q. Li and C.S. Lim, "An ABR Feedback Control Scheme with Tracking," *Proceeding of the IEEE INFOCOM'97*, 1997.

[14] Fabio M. Chiussi, Y.T. Wang, "An ABR Rate-Based Control Algorithm for ATM Switches with Per-VC Queueing," *Proceeding of the IEEE GLOBECOM*, 1997

[15] Santosh P. Abraham and Anurag Kumar, "Max-Min Fair Rate Control of ABR Connections with Nonzero MCRs," *Proceeding of the IEEE GLOBECOM'97*, 1997

[16] 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.

[17] 조성구, 조성현, 오윤탁, 박성한, "ATM 망에서 ABR 서비스를 위한 전송율 기반 폭주제어 알




www.dbpia.co.kr

고리즘," *대한전자공학회 추계학술대회*, 1997.
[18] 오윤탁, 박성한, "ATM 망에서 효율적인 ABR 서비스를 위한 CCR 비율에 기반한 폭주제어 알고리즘," *한국통신학회 논문지 제24권 제2A호*

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 대학원전자계산학과 박사과정
1996년 3월~현재 : 안산1대학 전산정보처리과 조교수
<주관심 분야> 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(MS)
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
<주관심 분야> 멀티미디어 통신, 컴퓨터비전, Watermarking



www.dbpia.co.kr