# ATM 망에서 신호채널에 의한 ABR 트래픽 제어 방안 연구

# A Study on ABR Traffic Control using a Signalling Channel in an ATM Network

허 성*, 진 용 옥**
(Sung Heo*, Yong Ohk Chin**)

요 약

본 논문에서는 신호 채널에 의한 ABR 트래픽 제어 메카니즘을 제시하고, ABR 트래픽을 제어하기 위한 Bandwidth Request 메시지와 Bandwidth Allocated 메시지를 고안하였다. 또한 새로운 트래픽 파라메터 협상 메시지 흐름을 고안 하였으며, 성능 분석을 통하여 기존 방식에 비하여 호 처리시간과 가용 대역폭 이용 측면에서 본 논문에서 제안한 방안이 월등히 우수함을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper we propose an efficient ABR(Available Bit Rate) traffic control mechanism which using the signalling channel in the ATM network, and its performance is analyzed.

We define Bandwidth Request and Bandwidth Allocated Message for the ABR traffic control by signalling channel. Thereby make a new message flow diagram for ABR traffic parameter negotiation.

## I. 서 론

통신 이용자들의 다양한 요구에 부응하기 위해서 고속 전송모드로의 전환이 필요해짐에 따라 ITU-T등에서는 ATM에 의한 BISDN 관련 표준화 작업을 진행하고 있다.

ATM 통신방식은 정보 전달과 처리에 있어서 실시간성이 강한 회선교환방식과 다양한 통신속도의 변환이 가능한 패킷교환방식의 장점을 취합한 고속패킷교환방식으로서 다양한 통신속도를 요구하는 멀티미디어 서비스에 대해 경제적이고 효율적인 서비스 제공이 가능한 방식이다.

또한 전송 측면에서 보면 통계적 처리가 가능한 통계적 시분할 다중화 방식(STDM : Statistical Time Division Multiplexing)을 사용하므로 효율적인 망자원과 다양한 성능 요구 조건을 효과적으로 제공해 주는 B-ISDN(Broadband Integrated Service Digital Network)의 교환 및 다중화 기법이다.

ATM 서비스는 크게 세 범주로 나누어지는데, 먼저 호 설정 단계에서 QOS(Quality of Services)가 보장되는 CBR (Constant Bit Rate), nrt-VBR(non real-time Variable Bit Rate), rt-VBR(real-time Variable Bit Rate) 서비스와 이와 같은 대역폭 할당을 통한 품질 보장형 서비스가 사용하고 남은 링크의 가용 대역폭을 활용하여 전송하는 ABR(Available Bit Rate) 서비스, 그리고 망에 의하여 서비스 성능에 대한 보장이 되지않는 UBR(Unspecified Bit Rate)서비스로 나눌수 있다. [14][15]

ABR 서비스는 비실시간성 서비스 이므로 사용자는 싼 가격에 써비스를 제공받을 수 있다는 점에서 많은 이용이 예상되지만 현재 망에서 ABR 서비스를 제어하는 방안으로 Data channel에의한 RM(Resource Management)셀을 이용하여 가용대역폭을 할당하는 방식들이 제안되었는데[7][9][10] 이 방식들은 망을 점유하는 시간을 길이지게 하며, 이는 결국 망 자원 이용시간이 길어지는 결과가 된다. 또한 RM 셀을 전송 도중 유실한 경우에는 더욱더 심각한 문제가 발생 할 수 있다.

따라서 망 사업자 입장에서 보면 망 자원을 점유하고 있는 시간이 길어지면 상대적으로 서비스 원가주의(Cost of Service Principle)에 따라 요금은 비싸게 받아야 한다.[3] 그러나 ABR 서비스는 주로 비실시간성 서비스를 제공한다는점과 망에서 QOS를 보장 하지 않고 가용대역폭을 이용한다는 측면에서 요금은 비싸게 받을 수는 없을 것이다.

따라서 본 논문에서는 지금까지 연구되어온 ABR 서비스 제어방안에 대한 문제점을 분석하고, 신호 채널을 이용하여 효율적이고 동적으로 가용대역폭을 결정하는 방안을 제시하고, 이를 위한 Bandwidth Request, Bandwidth Allocated 메시지 구조와 ABR 서비스 제공이 가능한 새로운 트래픽 파라메터 협상 메시지 흐름을 고안하고, 시뮬

* 경희대학교 전자공학과
** 경희대학교 전파공학과
접수일자 : 1998년 8월 12일

레이션을 통하여 기존 방식에 비하여 호 처리시간과 가용 대역폭 이용 측면에서 본 논문에서 제안한 방안이 월등히 우수함을 보였다.

## II. ABR 서비스의 특성

ABR 서비스는 호 설정 과정에서 트래픽 파라메터에 대한 예측을 할 수 없으며, 단지 최저대역폭(MCR : Minimum Cell Rate)과 최고 대역폭(PCR : Peak Cell Rate)만 정의되어 있어 시간에 따라 대역폭이 바뀌는 Time-Varying Available Bandwidth를 가지며 셀 지연을 감수 할 수 있는 높은 군집성 데이터 서비스 제공에 목표를 두고있다. 따라서 입력 트래픽을 예측하기 어렵고 전송 지연에 민감하지 않으나 셀손실에는 민감한 특징이 있다.[8][9][10]

그러나 ABR 서비스는 CBR이나 VBR 연결의 QOS에 영향을 주지 않고 링크 이용률을 높일 수 있는 장점이 있다.

그러므로 ABR 서비스는 셀 손실에는 매우 민감한 반면 셀 지연에는 무관한 서비스로 Image나 문서 검색, Non-CBR 슈퍼 컴퓨터 통신, LAN Interconnection, Interactive 데이터 전송, 파일 전송, Critical한 데이터 전송, 망의 제어 정보에 따라 Coding Rate를 가변할 수 있는 VBR 비디오 서비스 등에 응용된다.

그림 1은 ABR 서비스의 가용 대역폭을 나타낸 것이다.

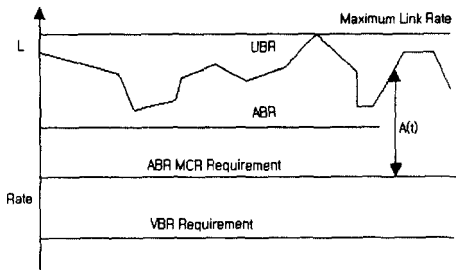


그림 1. ABR 서비스 가용 대역폭
Fig. 1 Available Bandwidth for ABR service.

링크에서 유용한 대역폭 A(t)는 0에서 총 링크 전송률 L 사이에서 임의대로 변한다.

송신원의 전송률 X(t)는 전송지연에 따른 A(t)값에 따라 조정된다. 즉 X(t) = A(t − D)이다.

여기서 D는 망에서 순환(Round-Trip) 지연을 의미한다. 버퍼는 X(t) > A(t)인 기간동안 트래픽을 흡수한다. X(t) < A(t)인 경우 버퍼에 쌓인 정보를 내보낸다.[15][16]

## III. ABR 트래픽 제어 알고리즘

ATM 망에서는 다양한 트래픽 특성을 가진 호를 각각의 서로 다른 요구 품질을 만족시키면서 망 자원의 사용 효율을 극대화 시키기 위해서는 적극적인 트래픽 제어가 필요하다. 이러한 트래픽 제어 기술은 크게 망의 폭주를 사전에 예방하는 예방 제어와 폭주가 예견될 때 제어를 하는 반응 제어로 나눌 수 있다.

예방 제어는 연결 수락제어, 사용 파라메터 제어 및 연결 설정 과정에서 협상된 파라메터들을 이용하여 폭주를 사전에 예방하는 방법으로 ABR 서비스와 같이 큰 군집성을 이루며 가변적이어서 입력 트래픽을 예측하기 힘든 서비스는 예방 제어를 사용할 수 없다.

따라서 반응 제어와 같이 망의 상태를 계속 감시하고 있다가 폭주가 예상되면 소스 피드백 정보를 주어 트래픽의 입력을 직접적으로 억제시키는 방법을 사용하여야 한다.

지금까지 제안된 반응 제어 방법으로는 closed-loop rate-based 방법이 있는데 이는 적용구간에 따라 source to destination ABR control loop 메카니즘과 segmented virtual connection 메카니즘이 제안되었으며,[7][10] 망에 폭주가 발생하면 피드백 정보에 의해 단말의 전송속도를 직접제어하는 흐름제어 방법으로 EFCI(Explicit Forward Congestion Indication)와 ER(Explicit Rate) 피드백 스위치 그리고 time-stamp based에 의한 warp제어 방법이 제안되었다.

### 1. Source to destination ABR control loop

이 방법은 ABR의 흐름 제어에서 송신원을 일정한 수의 셀을 전송한 때 마다 하나의 순방향 RM(Resource Management)셀을 망으로 전송한다. 그리고 수신원으로부터 되돌아오는 역방향 RM셀이 싣고 오는 정보에 따라 자신의 ACR(Allowed Cell Rate)를 조정 하는 알고리즘으로 그림 2와 같이 Source는 N개의 데이터 셀을 전송 후에 RM 셀을 전송하고 이 RM 셀을 역방향으로 받기전에는 매 데이터 셀 전송 후에 일정 비율로 전송속도를 감소 시킨다. Source에서 전송한 RM 셀이 Destination을 경유하여 CI (Congestion Indication) = 0인 상태로 다시 수신되었을 경우에는 지금까지 감소된 전송속도를 보상하고 그 이상으로 전송속도를 증가시킬 수 있다.[11]

한편 수신된 RM 셀이 CI = 1로 망의 폭주 상태가 지적되어 있을 경우에는 전송속도를 증가시키지 않고 계속 감소 시킨다. 이는 망이 폭주 상태일 때 망으로의 입력 트래픽을 줄임으로써 폭주 상태로부터 회복시키는 방법이다.

이 방식은 송신원의 전송률 변화시 링크의 가용 대역을 적응적으로 제어하기 보다는 가법적, 동적으로 일정량을 늘리고 줄이는 제어를 하기 때문에 가용 대역을 충분히 활용하지 못할 뿐만 아니라, Flow Control용으로 사용되는 RM 셀을 데이터 채널에 부가하여 처리 속도가 늦어지고, 되돌아온 RM 셀을 가지고 전송률을 결정하기 때문에 망에대한 변화된 상황을 실시간적으로 알 수 없으므로 정확한 전송률 계산을 하지 못해 자기 자신의 오류에 의하여 오히려 더 나쁜 결과를 초래하기 까지 한다.

### 2. Segmented Virtual Connection 메카니즘

Segmented Virtual Connection 메카니즘은 Segment 단위 루프에 의한 대역폭을 동적으로 할당하는 방안이다.

이는 VS/VD의 결정이 힘들고 Implementation이 힘들며, ATM 교환기가 ATM layer와 Physical layer 이외에 그 상위의 레이어까지 관장해야 하는등 부하가 늘어나는 결

과를 초래한다. 그림 3은 Segmented Virtual Connection의 예를 나타낸 것이다.

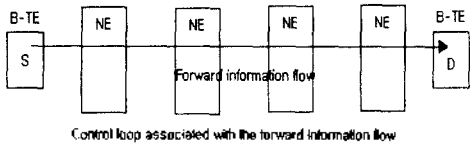


그림 2. Source to destination ABR control loop 메카니즘
Fig. 2 Source to destination ABR control loop mechanism.

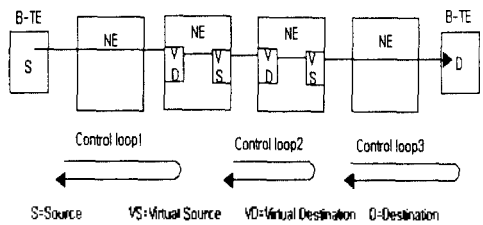


그림 3. Segmented Virtual Connection
Fig. 3 Segmented Virtual Connection.

### 3. 제안된 방법들의 문제점

#### 1) 폭주회피 방식

제안된 방식들은 대부분 폭주 회피 방식을 사용하고 있는데 이 방법은 폭주를 미연에 방지하기 위해 평형 상태에서 스위치를 약간 저부하 상태로 제어하여 버퍼에 셀이 거의 쌓이지 않게 조절한다.

지금까지 제안된 대부분의 폭주 회피형 스위치들은 폭주 회피를 위해 목표 이용률은 0.85~0.95 정도의 고정된 값으로 설정하여 평형 상태에서 버퍼에 셀이 거의 쌓이지 않기 때문에 VBR 트래픽의 순간적인 변화에 의해 발생하는 가용 대역폭을 채워 전송할 셀 이 버퍼에 충분히 없으므로 본래의 목표 이용율보다 링크 이용 효율이 저하되는 문제가 있다.

#### 2) Beat-Down Problem

RM 셀에 최고 전송율(PCR)과 최저 전송률(MCR)만 정의하고 이를 이용하여 가용 대역폭을 결정하므로 최대 전송률로 전송을 하다가 망의 상황에 따라 급격하게 최소 전송률로 전송하는, 시간에 따라 급격히 전송률이 바뀌게 되는데 이를 Beat-Down 문제라 하며, 여러 스위치 노드를 거치는 긴 패스의 ABR 서비스 연결이 짧은 패스의 연결보다 CI비트가 바뀌어질 확률이 높아 전송속도를 증가 시킬 수 있는 확률이 작아 ABR 서비스 연결들간에 공정한 대역 할당이 이루어지지 않는다.

#### 3) RM 셀 유실시의 문제

데이터 채널은 데이터 전송용으로 사용되어야 하는데 흐름 제어를 위해 사용함으로인하여 교환기에서 흐름제어 및 유지보수용으로 사용하고 있는 OAM셀에 의하여 RM셀을 유실할 수 있으며, 이 경우에 교환기에서 어떻게 처리해야하는지에 대한 권고안이나 기고서가 제출된 사례가 없다.

RM셀을 유실할 수 있는 경우를 그림 4에 나타내었다.

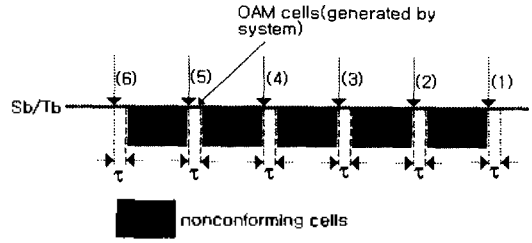


그림 4. RM 셀이 유실되는 경우
Fig. 4 RM cell discard.

그림 4에 나타낸 바와 같이 CDV(Cell Delay Variation) = τ이내에 셀이 들어와야한다.

그런데 그림 4에서 (5)번째 CDV 시간에 시스템에서 오류 관리를 위하여 OAM셀을 생성한 경우 이곳에 들어와야 할 셀이 유실이 된다.

이곳에 들어와야 할 셀이 데이터 셀인 경우에는 데이터의 유실이 발생하여 사비스 질이 나빠지지만, 이곳에 들어와야 한 셀이 되돌아오는 역방향 RM셀인 경우에는 RM 셀 유실이 발생한다.

RM 셀 유실이 발생한 경우, 교환기에서는 RM 셀을 받고 RM 셀이 싣고 오는 정보에 따라 전송율을 결정할 수 있는데 RM 셀이 들어오지 않으므로 정확한 전송률을 계산 할 수 없게 된다.

#### 4) Round Trip Time

되돌아온 RM 셀을 가지고 전송률을 결정하기 때문에 round trip delay, propagation delay, processing delay등에 의하여 망에 대한 변화된 상황을 실시간적으로 알 수 없으므로 정확한 전송률을 계산하지 못해 자기 자신의 오류에 의하여 오히려 더 나쁜 결과를 초래할 수 있으며, 링크 이용율이 떨어지며, low throughput, buffer overflow 문제등이 발생한다.

#### 5) 망 자원의 효율성 저하

연결설정 과정에서 협상한 트래픽 파라미터에 의해 제어를 받으므로 망에 여유 대역이 있어도 이를 사용할 수 없이 망 자원의 효율성이 저하된다.또한 버스트가 큰 소스 트래픽이 과중하게 전송될 경우 전송 지연과 셀 손실을 보상할 수 없게 되는 경우가 발생한다.

#### 6) 망의 폭주

Closed-Loop rate-based 방법은 반응제어이므로 망에 폭주가 예견되거나 폭주 상태가 발생하면 ABR 버퍼 상태에 따라 계산된 ER를 단말로 전달하여 전송 속도를 제어하도록 되어 있어 연결 수락 제어에 의한 망의 대역 변경 상

황이 자주 발생하면 심각한 폭주 상태가 발생할 수 있다.

7) 망의 Hierachy 문제

교환기에서는 PTI(Payload type identifier) 비트에 의하여 셀의 종류를 인식을 하게되는데, 교환기에서 PTI에 의하여 RM 셀이라고 구분이되면 교환기에서는 Application Layer까지 올라가서 ER값을 가지고 전송량을 계산해 주어야 하는데 교환기는 Physical Layer와 ATM Layer까지만 관여를 하게되어(단 SAAL은 제외) Hierachy 문제가 발생할 수 있으며 하드웨어 구현이 복잡하게 되는 단점이 있다.

## IV. 신호 채널에 의한 ABR 서비스 제어

### 1. 신호 채널에 의한 ABR 트래픽 대역 관리

ABR 서비스에 대한 연결 수락제어는 MCR을 기준으로 하여 망이 MCR에 대한 QOS 를 만족 시킬수 있으면 연결을 수용하며 MCR이 0일 경우에는 항상 연결 요구를 수용할 수 있어야 한다. 이때 MCR이 0이라는 의미는 망의 상태에 따라 단말의 전송속도가 0이 될 수있다는 의미이다. 한편, ATM 망에서 ABR 서비스를 수용하면 우선 순위가 높은 CBR이나 VBR 서비스의 QOS에 영향을 주지않고 CBR이나 VBR 서비스가 사용하고 남은 대역을 사용하여 링크 이용 효율을 높일 수 있다.

이를 위해 망은 ABR 서비스를 위한 대역은 최소 셀 률만을 보장하고 망의 폭주 상태에 따라 단말의 전송 속도를 MCR로부터 PCR 사이에서 제어 할 수 있다. 한편 ATM 망에서 ABR 서비스가 다른 서비스들이 사용하지 않는 대역을 이용한다는 것은 ABR 버퍼에 저장되어 있는 셀들을 전송 링크의 빈 슬럿에 채워 넣는다는 의미이다. 이를 위해 ATM 스위치 노드에는 ABR 트래픽을 위한 전용 버퍼가 필요하다. 또한 ABR 서비스의 흐름 제어는 VBR 서비스 트래픽의 버스트한 특성으로 인해 발생되는 셀 레벨의 전송률 변화에 따른 여유 대역도 적응적으로 사용할 수 있게 하여 전송 링크의 이용율을 높일 수 있다. 그러나 Connection 레벨에서 연결 유지 시간이 짧고 연결 요구가 빈번히 요청될 경우에는 기존의 ABR 서비스 흐름 제어로는 폭주가 자주 발생할 수 있다.

현재 ATM Forum에서 제안되어 있는 Source to destination ABR control loop 방법은 반응 제어 이므로 망에서 폭주가 예견되거나 폭주 상태가 발생하면 ABR 버퍼 상태에 따라 계산된 ER을 단말로 전달하여 전송 속도를 제어하도록 되어 있어 연결 수락 제어에 의한 망의 대역 변경 상황이 자주 발생하면 망내에서 심각한 폭주 상태가 발생 할 수 있다. 그림 5는 새로운 ABR 서비스 요구시에 망의 여유 대역폭에 따른 연결수락제어 절차를 나타낸 것이다. 그림 5에서 새로운 ABR 서비스 요구시 트래픽 관리기는 대역폭 관리기에게 현재 망에서 제공 가능한 여유 대역폭을 요구하고, 송신원에서 요구한 대역폭과 현재 망에서 제공 가능한 대역폭과 비교하여 여유 대역폭이 요구된 대역폭 보다 클 때에는 Call Proceeding 메시지로 서비스 접수 요구를 송신원에 주고, 망에서는 대역폭 관리기에게 여유 대역폭이 여유 대역에서 요구된 대역폭을 할당했음을 대역 관리기에 알려주어 여유 대역폭에 대한 변경 요구를 한다.

그러나 송신원에서 요구하는 대역폭이 여유 대역보다 큰 경우에는 호 수락 거절을 하고 Release 메시지를 송신원에게 보낸다.

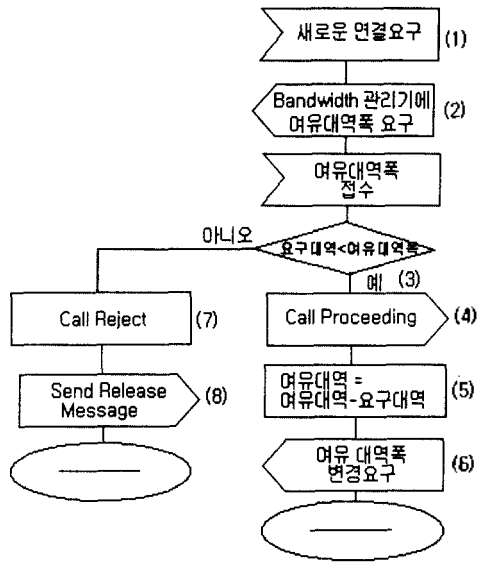


그림 5. 새로운 ABR 서비스 수락 절차
Fig. 5 Initial ABR service admission Procedure.

기존의 제안된 논문에서는 연결 수락이 이루어진 후 여유 대역에 대한 정보를 되돌아 오는 RM 셀을 통하여 얻게 됨으로써 RM 셀이 목적지를 되돌아오는 전송 지연 및 RM 셀 유실등에 의하여 정확한 여유 대역 산출에 어려움이 많았다.

따라서 본 논문에서는 ABR 서비스의 효율적인 대역 관리를 위하여 연결 수락 제어 후에 신호 채널을 이용하여 Bandwidth Request 메시지에 의하여 가용대역폭에 대한 요청을 하면 망에서 가능한 대역을 Bandwidth Allocated 메시지를 통하여 할당을 해주는 방안으로 그림 6에서 제안된 대역관리 절차를 수행시켜 망내에서 가능한 대역할당이 가능하도록 하였다.

그림 6에서 ABR 서비스 호가 망에서 수락이 된 후 송신원으로부터 망에 Bandwidth Request 메시지를 통하여 망의 가용 대역에 대한 요구가 접수 되면 트래픽 관리기는 대역폭 관리기에게 현재 가용한 여유 대역폭을 요구하고, 대역폭 관리기로부터 여유 대역폭이 접수되면, ABR 서비스의 개수에 따라 망에서는 할당 대역폭을 결정한다.

할당 대역폭에 대한 결정은 균등하게 배분할 수도 있고, Weight를 줄 수도 있다.

먼저 균등 배분하는 방법은 다음과 같다.

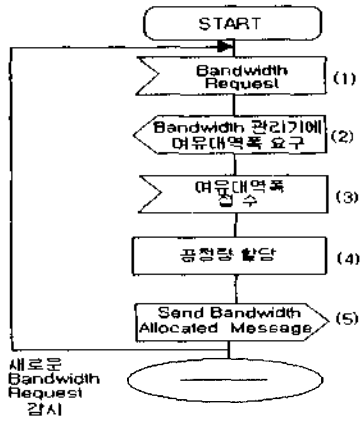


그림 6. 신호 채널에 의한 ABR 서비스 대역 관리 절차
Fig. 6 ABR Service bandwidth control procedure on signalling channel.

$$Allowed\ \ Bandwidth = \frac{\text{여유대역폭}}{\sum_{i=1}^{n} BW_i} \qquad (식1)$$

여기서 1~n은 ABR 서비스의 개수이다.
Weight를 두는 방법은 다음과 같다.

$$Allowed\ \ Bandwidth = \frac{\text{여유대역폭}}{\sum_{i=1}^{n} BW_i \cdot W_i} \qquad (식2)$$

여기서 1~n은 ABR 서비스의 개수이다.

(식1)과 (식2)에 따라 각 ABR 서비스에 대역폭 할당 알고리즘에 따라 대역폭을 계산하고 트래픽 관리기에게 망에서 현재 가용한 대역폭을 대역폭 관리기에게 알려주는 절차를 걸쳐 현재 접수된 Bandwidth Request 메시지를 보낸 ABR 서비스에게 현재 할당된 대역폭을 Bandwidth Allocated 메시지를 통해 송신원에게 알려주고 다음 Bandwidth Request 메시지를 처리하기 위하여 대기 상태에 놓인다.

### 2. 트래픽 파라메터 협상을 위한 메시지 흐름

신호채널에 의한 호 제어를 위해서는 데이터 채널을 통하여 RM 셀에 의하여 제어하던 방법과는 달리 ABR 서비스 제어를 위한 신호 메시지로 ABR Setup이 이루어지고 Connect Ack 신호를 전송한 후 발신측에서는 Bandwidth Request 메시지를 통하여 망측에 가용 대역폭을 요구하고, 망측에서는 Bandwidth Allocated 메시지를 통하여 발신측에 가용 대역폭을 할당하여 줄수 있다.

따라서 실시간에 의하여 VS/VD방법으로 가용 대역폭을 할당할 수 있으므로 효율적으로 ABR 서비스 제어가 가능하여 망 자원 이용 효율을 높일 수 있다. 그림 7에는 본 논문에서 제안한 신호 채널을 통하여 ABR 서비스를 제어하기 위한 메시지 흐름도를 나타낸 것이다.

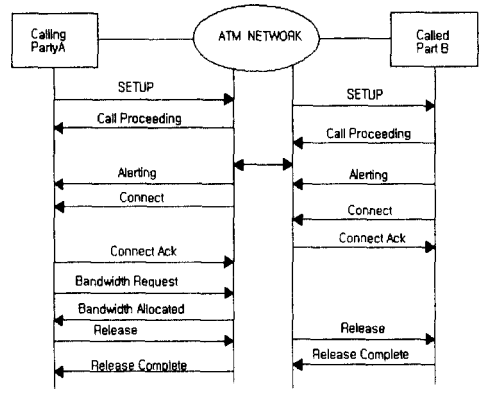


그림 7. 메시지 Flow diagram for traffic parameter negotiation
Fig. Message Flow diagram for traffic parameter negotiation.

### 3. ABR 서비스를 위한 메시지 구성

#### 1) Bandwidth Request/Allocated 메세지

발신측에서 호 접속후에 망 측에 가용 전송률을 할당받기 위하여 요청하는 메시지이다. 이 메시지는 기존의 제안된 방식들이 순방향 RM 셀을 사용하여 데이터 채널을 통하여 가용 대역폭을 설정하는 방법 대신에 발신측에서 망측으로 가용 대역폭을 요구하기 위해 사용 된다.

그림 8에 Bandwidth Request/Allocated 메시지의 구성 내용을 나타낸 것이다.

Message type : Bandwidth Request/Allocated
Significance : global
Direction : both

| Information Element | Direction | Type | Length |
|---|---|---|---|
| Protocol discriminator | Both | M | 1 |
| Call reference | Both | M | 2~5 |
| Message Type | Both | M | 6~7 |
| Message length | Both | M | 8~9 |
| Network state:BECN cell | Both | M | 10 |
| Network state:congestion indication | Both | M | 10 |
| Network state:No-increase | Both | M | 10 |
| Explicit cell rate(ECR) | Both | M | 11~12 |
| Current cell rate(CCR) | Both | M | 13~14 |
| Minimum cell rate(MCR) | Both | M | 15~16 |
| Queue length | Both | M | 17~20 |
| Sequence length | Both | M | 21~24 |
| Reserved | Both | M | 25~53 |

그림 8. Bandwidth Request/Allocated 메시지
Fig. 8 Bandwidth Request/Allocated Message.

(1) 프로토콜 구별자(Protocol Discriminator)

프로토콜 구별자의 목적은 이 규격이 있는 다른 메시지들과 사용자 망 호 제어를 위한 것이다.

(2) 호참조(Call reference)

특별한 메시지를 적용하는 지역 사용자 망 접면에서 호를 식별하기 위한 것이다.

(3) 메시지 형태(Message type)

메시지 형태의 목적은 보낼 메시지의 기능을 나타내기 위한 것이다.

(4) Network State

망의 상태를 나타낸다.

① BECN(Backward Explicit Congestion Notification)

이 비트는 Bandwidth request 메시지가 발신측에 의해 발생됐음을 구별하기 위한 것이다.

② 폭주 지시(CI : Congestion indication)

이 비트는 순방향 패스에 폭주가 임박했음을 알려주기 위한 것이다.

③ No-increase(NI)

CI비트와 조합으로 사용될 때 발신측에서 계속 현재의 전송율로 전송하도록 지시하기 위한 것이다. 이는 망이 안정된 상태에 있을 경우이다. 그러나 CI = 0이고 NI = 0인 경우 발신측에서는 전송속도를 증가시킬수 있고, CI = 0이고 NI = 1인 경우에는 허용 셀 레이트를 증가시키지 않는다.

(5) Explicit Cell Rate(ECR)

이 필드에는 협상된 최대 전송률의 값이 발신측에 의하여 기록된다. 이 값은 그 스위치에서 허용된 전송율에 대한 통지가 오면 줄여진다.

발신측에 의하여 수신된 ECR값은 발신측의 최대 셀 레이트를 명확하게 결정할 것이다.

ECR값은 다음과 같이 계산된다.

$$ECR = \left[2^m \cdot (1 + \frac{k}{512})\right] \cdot nz$$

$$0 \le m \le 31 \text{ and } 0 \le k \le 511 \quad nz = \{0, 1\} \quad (식3)$$

(6) 현재 전송률(CCR : Current cell rate)

CCR필드에는 발신측에 의하여 전송된 Bandwidth request cell에 의한 허용된 전송속도에 대한 정보를 가지고 있다. 이 필드의 정보는 ECR을 계산하는데 선택적으로 사용될수 있다. ECR 필드와 같은 포맷과 코딩이 CCR필드에서도 적용된다.

(7) 최소 전송률(MCR : Minimum cell rate)

이 필드에는 접속 설정에 필요한 최소 전송률을 가지고 있다. 이 필드의 정보는 ECR값을 계산하는데 선택적으로 사용될 수 있다. ECR 필드와 같은 포맷과 코딩이 MCR필드에서도 적용된다.

(8) 큐 길이(Queue length)

큐 길이 파라메터는 망 요소에 의하여 선택적으로 지원된다. 이 파라메터를 지원하는 망요소 간의 접속을 위해 대기된 현재 셀의 최대 수를 나타낸다. 배정된 망 요소는 그 필드의 현재 값을 이 필드의 최대값으로 기록하고 셀의 수는 이 망요소에서 접속 대기된 것으로 주어진다. 발신측에 의하여 0으로 지정된다.

만일 망 요소가 그 망요소에서 주어진 버퍼에 접속 대기된 셀의 수를 알지 못한다면그 망 요소는 필드 불변의 값으로 떠날 것이다.

(9) 연속 번호(Squence number)

이 필드는 발신측에서 연속적인 Bandwidth request를 보내게 되므로 소스/버츄얼 소스는 선택적으로 연속 번호 필드를 사용한다.

2) Bandwidth Allocated 메세지

망측에서 발신측에 허용 가능한 ACR (Allowed Cell Rate)를 할당해 주는 메시지이다.

이 메시지는 역방향 RM 셀 대신에 망측에서 발신측으로 허용 대역폭을 할당해주기 위한 메시지 이다. 메시지의 구성 및 내용은 Bandwidth Request 메시지와 같다.

## V. 성능 분석

지금까지 연구되었던 RM셀을 이용하여 전송률을 계산하던 방법과 본 논문에서 제안한 방법을 비교하기 위하여 RM 셀이 유실된 경우에 교환기에서 어떻게 처리를 할것인지를 세가지 시나리오를 가정하여 성능을 분석하였다. 시나리오 1은 이전의 전송속도를 그대로 유지하는 방법, 즉 ACR(t+1) = ACR(t)의 전송속도를 다음 RM 셀을 받을 때까지 그대로 유지하는 방법이고, 시나리오 2는 다음 RM 셀을 받을 때까지 MCR로 보내는 방법이다. 시나리오 3은 다음 RM 셀을 받을 때까지 PCR로 보내는 방법이다.

본 시뮬레이션을 위하여 몇가지 가정을 하였다.

○최대 전송률은 155Mbps로 가정하고 ABR을 위한 전송율을 40Mbps로 가정하면

- 단일 ABR 서비스를 처리하기 위해서 초당 약 9만 셀이 전송($40Mbps \div 8 \div 53 / 1 \fallingdotseq 9$만 셀)
- Unit of Time = 53 octets × 8bit / 40Mbps = 10.6$\mu s$
- RM 셀 전송 주기 = 10.6$\mu s$ × 32 cells =339.2 $\mu s$

○노드간 지연 : 1 $ms$

○노드의 수 : 5개

○트래픽의 연결수락 우선 순위는 CBR, VBR, ABR 순이다.

○VBR의 MBS(Maximum Burst Size) = 0~5까지의 합산

○VBR의 SCR(Sustainable Cell Rate)(Ti가 10ms인 경우) = 0~0.5Mbps

○VBR은 위의 조건을 만족하는 범위내에서 합성된 형태로 Single VBR Service만 입력되는 것으로 가정하였다.

○그림 9에 본 시뮬레이션에서 사용된 VBR의 특성을 나타낸 것이다.

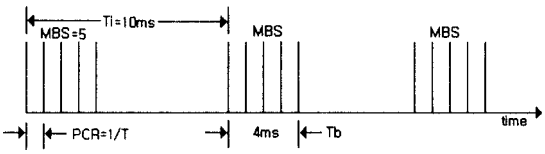


그림 9. 시뮬레이션에 사용된 VBR의 특성
Fig. 9 VBR characteristic for simulation.

○본 시뮬레이션에서는 ATM망에서 대역할당 메카니

즘중에서 MB(Movable Boundary)메카니즘을 사용하였다. MB 메카니즘은 높은 우선 순위를 갖는 CBR, VBR 서비스의 전대역을 사전에 할당하여 대역 사용량이 이 한계치이상이되면 ABR 서비스를 받아들이지 않으므로써 CBR이나 VBR 서비스의 Blocking을 막을수 있다.

또한 전체 전송 대역에서 CBR이나 VBR의 전용 대역을 뺀 나머지 대역은 ABR 서비스의 MCR을 보장 해줄 수 있는 대역이며, CBR이나 VBR의 전용 대역이라도 사용되지 않을 경우에는 ABR 서비스의 ACR로 사용될수 있는 메카니즘이다. [4]

따라서 본 논문에서는 MB 메카니즘에 의하여 CBR을 위해 40Mbps를 할당하고, VBR를 위해 70Mbps를 할당하며, 나머지 40Mbps는 ABR 서비스를 위해 할당하였으며, ABR의 PCR은 150Mbps까지 가능하며, 평균 ACR은 60Mbps로 가정 하였다. 그림 10은 본 논문에서 사용한 시뮬레이션 모델을 나타낸 것이다.

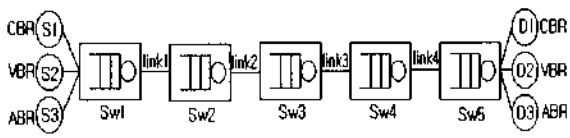


그림 10. 시뮬레이션 모델
Fig. 10 Simulation Model.

그림 11는 본 시뮬레이션에서 사용된 입력 트래픽을 나타낸 것이다.

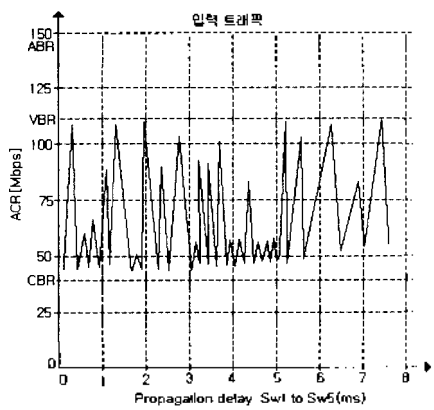


그림 11. 입력 트래픽
Fig. 11 Input Traffic.

### 1. 신호채널에 의한 전송률 할당

그림 12는 본 논문에서 제안한 신호채널에 의한 파라메터 협상을 메시지에 의하여 전송율을 결정한 결과 이다. 본 논문에서 제안한 방법에서는 RM 셀을 사용하지 않으므로 RM셀 유실과는 전혀 관계가 없으며, 가용 전송율에 대한 계산을 실시간으로 할 수 있어 망의 변화된 상황을 즉시 알 수 있어 망에서 허용 가능한 모든 대역을 사용할 수 있어 링크 이용 효율을 높일 수 있다.

신호채널에 의한 전송율 할당방법에서는 Round Trip Delay가 발생하지 않아 가용 대역폭을 전부 이용가능하여 100%의 링크 이용 효율이 있음을 알 수 있었다.

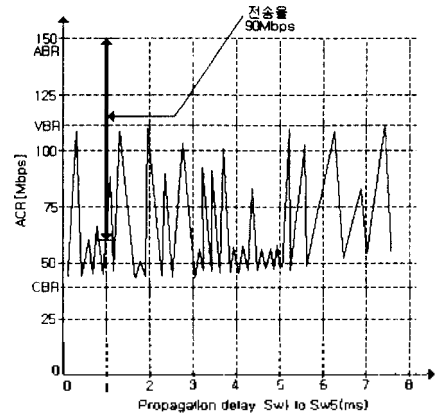


그림 12. 신호채널에 의한 전송률 할당
Fig. 12 Available cell rate allocated using signalling channel.

### 2. 시나리오 1에 의한 전송률 할당

RM 셀을 이용하는 경우에는 되돌아오는 RM 셀이 5개의 노드를 거치므로 5ms의 round time delay가 발생하고, 32개의 데이터 셀이 전송되고 다음 RM 셀이 도착할 때까지의 시간이 89.6 $\mu s$ 소요된다. 시나리오1은 되돌아오는 역방향 RM 셀이 시스템에서 유지보수를 위하여 OAM셀을 생성하거나 기타 원인에 의하여 RM 셀이 유실된 경우 다음 RM 셀을 받을때까지 이전의 전송속도를 그대로 유지하는 경우 이다. 그림 13은 ACR을 그대로 유지하는 경우를 나타낸것이다. 시나리오 1의 경우에는 실제 이용가능 링크 이용율에 비하여 40% 정도 효율이있음을 알 수 있다.

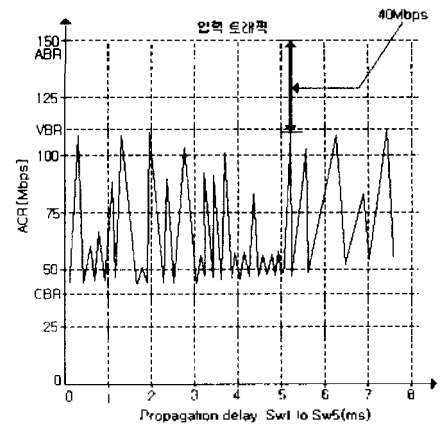


그림 13. 시나리오1에 의한 전송률 할당
Fig. 13 Available cell rate allocated using Scenario 1.

### 3. 시나리오 2에 의한 전송률 할당

시나리오 2는 되돌아오는 역방향 RM 셀이 시스템에서 기타 원인에 의하여 RM 셀이 유실된 경우 다음 RM 셀을 받을때까지 MCR로 전송하는 경우 이다. 그림 14는 MCR로 전송하는 경우를 나타낸 것이다.

시나리오 2의 경우에는 실제 이용 가능 링크 이용율에 비하여 20% 정도 효율이 있음을 알 수 있다.

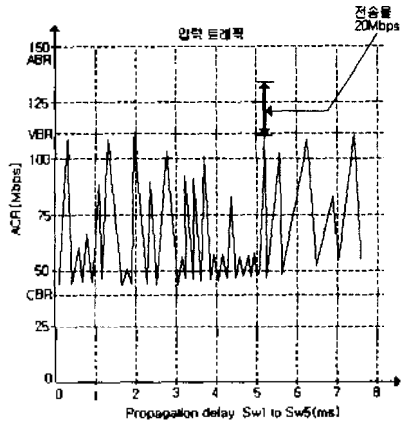


그림 14. 시나리오2에 의한 전송률 할당
Fig. 14 Available cell rate allocated using Scenario 2.

### 4. 시나리오 3에 의한 전송률 할당

시나리오3은 되돌아오는 역방향 RM 셀이 시스템에서 기타 원인에 의하여 RM 셀이 유실된 경우 다음 RM 셀을 받을때까지 PCR로 전송하는 경우이다. 그림 15는 PCR로 전송하는 경우를 나타낸 것이다.

시나리오 3의 경우에는 최대 전송률로 전송은 하지만 RM 셀의 Round trip time 때문에 실시간에 의한 전송률 계산이 되지않아 실제 이용 가능 링크 이용율에 비하여 40% 정도 효율이 있음을 알 수 있다. 그림 16은 각 시나리오별 비교를 하여 나타내었다.

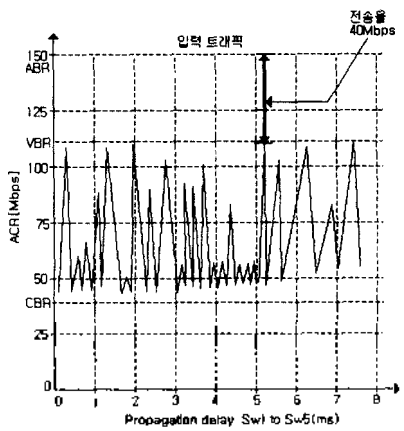


그림 15. 시나리오3에 의한 전송률 할당
Fig. 15 Available cell rate allocated using Scenario 3.

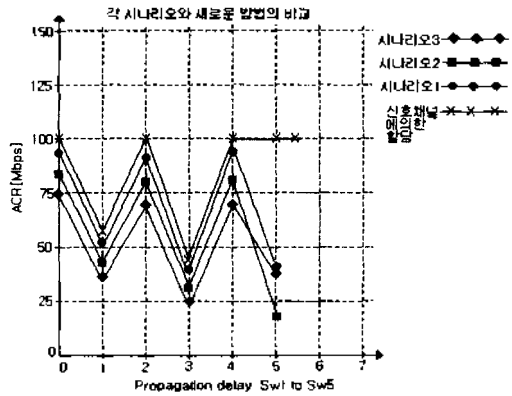


그림 16. 각 시나리오별 비교
Fig. 16 The Compare each scenario.

## VI. 결 론

지금까지 ABR 트래픽제어에 관련된 연구는 데이터 흐름 제어용으로 사용되는 데이터 채널의 데이터 전송 중간에 일정한 간격으로 RM 셀을 삽입하여 각 교환기에서 트래픽에 대한 전송률을 제어하는 방법이 연구되어 왔다.

그중에서 Source to destination ABR control loop 메카니즘(End-to-end)에서는 되돌아오는 역방향 RM 셀이 실고오는 정보에 따라 자신의 ACR을 조정하는 알고리즘으로써, 이 방법에서는 Round trip delay, propagation delay, processing delay, beat down 등의 문제가 발생하기 때문에 정확한 전송률 계산이 어려워져 링크 이용율이 떨어지고, low throughput, buffer overflow 등이 발생하였다.

따라서 이와같은 문제점을 어느정도 해결하기 위해 Segmented virtual connection 메카니즘이 연구가 되었는데, 이 방법에서는 end-to-end 방식에서 발생되었던 Round trip delay, propagation delay, processing delay 등의 문제는 해결 할 수 있었으나, 이 방법 역시 RM 셀을 사용하기 때문에 처리 시간이 많이 걸리고,데이터 채널을 이용하여 데이터의 흐름 제어 및 유지보수용으로 사용하기 위하여 교환기에서 만들어 내고 있는 OAM 셀에 의하여 트래픽 전송율에 대한 정보를 실고오는 RM셀을 유실하여 전송율에 대한 계산을 할 수 없어 대단한 혼란에 놓이게 되었다. RM 셀을 잃어버린 경우 교환기에서 어떻게 처리를 해주어야 하는지 권고안이나 기고서 등이 발표된 사례가 아직까지 없다.

또한 모든 교환기에서 RM 셀을 구분하고 처리하기 위한 하드웨어의 보완이 전제되어야 가능하며, 모든 교환기에서는 PTI(Payload Type Identifier) bit에 의하여 RM 셀을 구분하고, PTI에 의하여 RM 셀이라고 판별이 되면 교환기에서는 ER값에 의하여 전송 가능 용량을 계산하기 위하여 Application layer 까지 관여를 해야하나, 현재까지의 교환기는 Physical layer와 ATM layer까지만 관여하게 되어 있어 hierachy의 문제가 발생하며, RM 셀을 이용하여 전송 가능 용량을 계산한 후 다시 그 자리에 넣어 주어야 되는데 이것의 구현이 무척 복잡하다.

따라서 본 논문에서는 ABR 트래픽 제어를 신호 채널을 이용하여 가능하도록 ABR 트래픽 제이를 위한 Bandwidth Request 메시지와 Bandwidth Allocated 메시지를 고안하고, ABR 트래픽 제어를 위한 트래픽 파라메터 협상을 위한 메시지 흐름도를 재 구성하였다.

이렇게 함으로써 ABR 트래픽 제어를 위해 망을 통하여 되돌아오는 RM 셀을 이용할 필요가 없으므로 전송 지연 및 RM 셀 유실에 의하여 발생되는 문제점을 해결할 수 있어 망에 대한 변화된 상황을 실시간적으로 알 수 있고, 정확한 전송 가능 전송률을 계산할 수 있으며, 이에 따라 링크의 이용율을 높일 수 있으므로 효율적이고 경제적인 망 자원의 이용이 가능하며, 망 점유시간을 줄이면서, 데이터의 유실 염려가 없이 ABR 서비스 제공이 가능하여 망 사업자 입장에서는 싼 가격에 서비스 제공이 가능하다. 향후 본 논문에서 연구되었던 내용을 정리하여 1999년 초에 개최되는 ATM Forum에 기고서를 제출할 예정이다.

## 참 고 문 헌


1. ITU-T Recommendation, "Traffic Control and Congestion in B-ISDN", I.371, 1996.
2. ITU-TRecommendation, "Broadband Interated Services Digital Network Digital Subscriber Signalling NO.2(DSS2)", Q.2961, 1996.
3. ITU-T SG3 Recommendation D.atm 1998.5.
4. ITU-T Recommendation I.371, 1997.
5. 이우섭외 2명, "ATM 망에서 ABR 서비스를 위한트래픽제어 연구", 한국통신학회논문지, 1995.
6. Shirish S.Sathaye, "ATM Forum Traffic Management Specification Version 4.0", ATM Forum/95-0013, Burlingame, CA, Feb. 1995.
7. AmirAtai, "A Rate-Based Feedback Traffic Controller for ATM Networks", Proceedings of ICC'94, New Orleans, May. 1994.
8. Peter Newman, "Backward Explicit Notification for ATM Local Area Networks", Proceedings of GLOBECOM '93, pp.719-723, Huston, Nov.29-Dec.2. 1993.
9. A. Kolarov, G.Ramamurthy, "Comparison of congestion Control Schemes for ABR Service in ATM Local Area Networks", Proceedings of GLOBECOM '94, Nov. 1994.
10. Peter Newman, "Traffic Management for ATM Local Area Networks", IEEE Communication Magazine, pp.44-50, Aug. 1994.
11. Larry Roberts, "Enhanced PRCA (Proportional Rate-Control Algorithm)", ATM Forum/94-0735RI, Ottawa, Sep.25-30, 1994.
12. ITU-T SG13 Temporary Document 55, Q.8 Living List, pp. 16-21, geneva, Nov. 1, 1994.
13. Y.Chang, "Effects of Busty traffic on the Performance of EPRCA mechnism, ATM Forum/94-1083, Kyoto, Nov.29-Dec.2. 1994.
14. Flavio Bonomi, "A variant of EORCA and Corresponding UPC Algorithm", ATM Forum/94-0893, Ottawa, Sep.25-30, 1994.
15. Tom Worster, Herbert Heiss, "Use of ABR Conformance definition and Usage Parameter Control", ATM Forum/95-0102, 1995.
16. A.Iwata, N.Mori, C.Ikeda, H.Suzuki, M.Ott. "ATM Connection and Traffi Management Schemes for Multimaedia Interworking", Communication of the ACM, 1995.
17. Ray Jain, "congestion Control and Traffic Managementin ATM Networks : Recent Advances and A Survey", Submission to Computer Networks and ISDN System, 1995.

▲허 성(Sung Heo) 정회원

1959년 2월 14일생

1986년 2월 : 경희대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1992년 2월 : 경희대학교 산업정보대학원 정보통신학과 졸업(공학석사)

1995년 8월~현재 : 경희대학교 대학원 전자공학과 박사과정

1978년3월~현재 : 한국통신 인력개발본부 근무

※주관심분야 : 통신망, ATM 트래픽 제어

▲진 용 옥(Yong Ohk Chin) 정회원

현재 : 경희대학교 전파공학과 교수