

## ATM 망에서 ABR 서비스를 위한 트래픽 제어 연구

正會員 李愚變\*, 朴弘植\*, 黃致貞\*\*

### A Study on Traffic Control for the ABR Service in ATM Networks

Woo Seop Rhee\*, Hong Shik Park\*, Chi Jung Hwang\*\* Regular Members

#### 要 約

본 논문에서는 ABR 서비스의 트래픽 제어를 위해 ATM Forum에서 ABR 서비스 흐름 제어 방식으로 연구되고 있는 EPRCA 메카니즘의 성능을 향상시킬 수 있는 스위치 노드에서 생성되는 EBCN RM 셀과 State Dependent Rate Increase 방법을 조합한 새로운 메카니즘을 제안하고 on-off 입력 트래픽을 이용한 시뮬레이션을 수행하여 ABR 서비스 연결의 동적인 전송 속도 변화와 스위치 노드에서의 큐 길이 변화 및 throughput에 대한 성능 분석을 수행하였다. 또한 이 ABR 서비스에 대한 동적 사용 파라미터 제어(Dynamic Usage Parameter Control) 방법으로 UPC RM 셀과 Policing 파라미터 변경 시간을 이용한 새로운 메카니즘을 제안하고 시뮬레이션을 통하여 의도적으로 과도한 트래픽을 입력시키는 가입자 단말에 대해 감시 기능이 잘 수행되는 것을 보였다.

#### ABSTRACT

In this paper, We propose a new mechanism which can improve the EPRCA mechanism performance for traffic control of the ABR service in ATM networks. The proposed mechanism is based on the switch generated EBCN RM cell and State Dependent Rate Increase method. Through the simulation with on-off input traffics, We analyze the performance to the dynamic ACR behavior of the ABR service connection, Queue length of the switch node and Throughput. We also propose the dynamic usage parameter control mechanism using the UPC RM cell and Policing Parameter Change Time and shows the simulation results which can police excessive traffic flow of an intentional user.

\*한국전자통신연구소, ATM 정합연구실  
ATM Access Section, ETRI

\*\*충남대학교, 자연과학대학 컴퓨터과학과  
Dept. of Computer Science, ChungNam  
National University  
論文番號 : 95206-0607  
接受日字 : 1995年 6月 7日

## 1. 서 론

최근 근거리 통신망 (Local Area Network)에서는 사용자 단말 기술의 발달로 멀티미디어 워크스테이션 및 멀티미디어 PC가 출현하고 이를 이용한 화상 회의, 그룹 통신 등의 고급 정보 처리 서비스 요구의 증가로 다양한 통신 서비스 및 통신 속도를 수용할 수 있는 고속 디지털 통신망을 필요로 하게 되었다. 이로 인하여 근거리 통신망의 망 구성 형태가 분산 제어 구조인 공유 매체 기술(Shared medium technology)에서 중앙 집중 구조인 교환 기반 기술(Switch based technology)로 옮겨감에 따라 성형(star) 구조의 ATM (Asynchronous Transfer Mode) LAN으로 발전되어 가고 있다. 이와 같은 ATM 망은 회선 교환망이나 패킷 교환망 등의 개별적인 전용망의 개념에서 하나의 통합망 개념으로 서비스가 가능하게 되어 다양한 통신 속도를 요구하는 멀티미디어 서비스에 대해 경제적이고 효율적인 서비스 제공이 가능하게 되었다.

현재 멀티미디어 서비스에는 영상 회의 서비스뿐만 아니라 Telnet, Ftp, E-mail 등의 인터넷 서비스, 공공 데이터 베이스 접속 서비스 등의 데이터 전송 서비스도 많이 요구되고 있으며 영상 회의 서비스에서도 회의자들 사이에 문서 사진 배분, 회의중 문서 전송 등의 데이터 전송 서비스가 지원되어야 한다. 이와 같이 멀티미디어 시스템에서는 음성, 비디오 서비스 외에 데이터 전송 서비스도 중요한 서비스 요구 사항으로 대두되고 있는데 이와 같은 데이터 전송 서비스는 전송 지연에 민감한 음성이나 비디오 서비스와는 달리 셀 손실에 민감한 전송 특성을 갖고 있다. 지금까지 ATM 망에서는 전송 지연에 민감한 음성이나 비디오와 같은 서비스에 중점을 둔 트래픽 제어에 대한 연구들을 해왔으나 LAN과 같은 사설망이 ATM 망과 접속될 때 수용해야 할 데이터 서비스에 대한 사용자 요구가 커짐에 따라 이에 대한 트래픽 제어 연구가 필요하게 되었다.

현재 ATM 프로토콜 구조에는 기존의 DQDB(Distributed Queue Dual Bus)나 FDDI(Fiber Distributed Data Interface), Token Ring과 같은 LAN 프로토콜의 흐름 제어나 전송 에러 점검과 같은 메카니즘이 빠른 전송을 위해 제외되어 있어 LAN의 데이터 전송과 같이 버스트가 큰 데이터 처리시에는 망이 폭주 상태에 빠질 가능성이 있으

며 이 경우 셀 손실이 많이 발생할 수 있다. 따라서 ATM 스위치에서는 이와 같은 버스트가 큰 LAN 데이터 트래픽들에 대한 QoS (Quality of Service)를 만족시킬 수 있도록 기존의 LAN 프로토콜에서와 같은 트래픽 제어 메카니즘이 필요하게 되었고 이를 위해 최근 ATM Forum을 시작으로 ITU-T SG13에서도 새로운 ATM 계층 서비스로서 ABR (Available Bit Rate)이라는 데이터 전송 서비스를 새롭게 정의하고 이에 대한 트래픽 제어에 대하여 활발한 연구를 하고 있다<sup>[1]</sup>. ATM Forum에서는 이 ABR 서비스의 흐름 제어를 위해 크레딧 기반의 제어 방식과 전송률 기반의 제어 방식이 연구되어 많은 논란이 있어 왔으나 '94년 9월 ATM Forum 회의에서 전송률 기반의 제어 방식인 EPRCA 메카니즘이 규격안으로 채택되었고 현재까지 EPRCA 메카니즘을 근거로 하여 송신부, 스위치 노드 및 수신부의 상세 동작을 만들어 가고 있으며 '95년 10월 회의에서 ABR 서비스 흐름 제어에 대한 최종 표준 규격안이 확정될 예정이다.

본 논문에서는 새로운 연구 분야로 제시되고 있는 ABR 서비스의 트래픽 제어를 위해 ATM Forum에서 연구되고 있는 EPRCA 메카니즘의 성능을 향상시킬 수 있는 새로운 메카니즘을 제안하고 성능을 분석하였으며 망의 제어 정보에 따라 가변되는 소스 트래픽을 감시하기 위한 동적 사용 파라미터 제어(Dynamic Usage Parameter Control) 메카니즘을 제안하고 그 성능을 분석하였다. 본 논문의 구성은 2장에서 ATM Forum에서 제시하는 ATM 계층 서비스 분류와 이에 따른 ABR 서비스의 특징을 살펴보고 ATM 망에서 ABR 서비스를 수용할 경우에 고려해야 할 요구 사항들을 제시하였다. 3장에서는 EPRCA에 대한 흐름 제어 방법을 설명하였으며 4장에서는 EPRCA 메카니즘에 대한 성능 평가를 위해 on-off 입력 트래픽을 이용한 시뮬레이션을 수행하여 ABR 서비스 연결의 동적인 전송 속도 변화와 스위치 노드에서의 버퍼 크기 변화에 대한 성능 분석을 수행하였고 이 메카니즘의 성능 향상을 위해 스위치 노드에서 자체적으로 역방향(backward) RM (Resource Management) 셀을 발생시키는 방법과 State Dependent Rate Increase 방법을 조합한 새로운 메카니즘을 제안하고 성능을 분석하였다. 또한 ABR 서비스의 트래픽 제어를 위한 동적 사용 파라미터 제어 메카니즘을 제안하였다. 마지막으로 5장에서는 결

론과 함께 ABR 서비스에 대하여 앞으로 계속 연구되어야 할 분야들을 제시하였다.

## II. ABR 서비스

### 2.1 ATM 계층 서비스 분류

ATM Forum에서는 ATM 계층 서비스를 표1과 같이 CBR (Constant Bit Rate), VBR-RT (Variable Bit Rate-Real Time), VBR-NRT(Variable Bit Rate - Non-Real Time), ABR(Available Bit Rate), UBR(Unspecified Bit Rate)로 분류하였다<sup>(1)</sup>.

이들중에서 데이터 전송 서비스인 비실시간 서비스에 적용할 수 있는 ATM 계층 서비스로는 VBR-NRT, ABR, UBR이 있는데 이들은 망에서 사용자의 요구 사항을 어느 정도까지 보장해 줄 수 있는가로 구분된다. 즉 VBR-NRT는 연결 설정 과정에서 협상된 평균 셀 전송 지연 (Mean CTD) 및 셀 손실률 (CLR)을 보장해 줄 수 있으므로 응답 시간에 예민한 (Response time critical) 서비스들을 지원할 수 있고 ABR은 셀

손실률과 최소한의 셀 전송 속도 (MCR)를 보장해 줄 수 있으며 이를 위해 제어 정보(Control information)도 사용할 수 있으므로 손실없이 전달되어야 할 중요한 데이터 전송을 지원할 수 있다. 그러나 UBR의 경우에는 망이 아무런 보장을 해 주지 않으므로 셀 손실과 전송 지연에도 무관한 데이터 전송 서비스에 적합하다 이와같은 ATM 계층 서비스 분류에 따라 사용자 서비스들을 대응시켜 보면 그림1과 같이 분류할 수 있다. 또한 표2에는 각 ATM 계층 서비스들에 대해 실질적인 사용자의 QoS인 셀 손실률, 셀 전송 지연 및 셀 지연 변이 요구 사항들을 정리하였다<sup>(20)</sup>.

### 2.2 ABR 서비스 특징

ABR 서비스는 트래픽의 버스트가 크고 가변적이므로 입력 트래픽을 예측하기 어렵고 전송 지연에는 민감하지 않으나 셀 손실에는 매우 민감한 특성이 있다. 또한 CBR이나 VBR 서비스와 같이 연결 설정시에 할당된 대역을 고정적으로 사용하지 않고 ATM 망의 상황에 따라 흐름 제어를 수행하여 소스 트래픽의 사용 대역이 동적으로 가변(전송 속도의 가변)되는 특징이 있는데 이

표 1. ATM 계층 서비스 Class  
Table 1. ATM layer service class

Attribute	ATM Layer Service Categories				
	CBR	VBR (RT)	VBR (NRT)	ABR	UBR
CLR	specified				unspecified
CTD와 CDV	specified		specified2	unspecified	
PCR과 CDVT	specified				specified1
SCR과 BT	n/a	specified		n/a	
MCR	n/a			specified	n/a
Control Information	no			yer	no

CLR: Cell Loss Ratio, CTD: Cell Transfer Delay, CDV: Cell Delay Variation  
CDVT: CDV Tolerance, SCR: Sustainable Cell Rate, BT: Burst Tolerance  
MCR: Minimum Cell Rate

Notes:

1. PCR (Peak Cell Rate)이 정의는 되지만 트래픽 제어의 목표치는 아니다.
2. VBR-NRT에서 CDV는 정의되지 않는다.

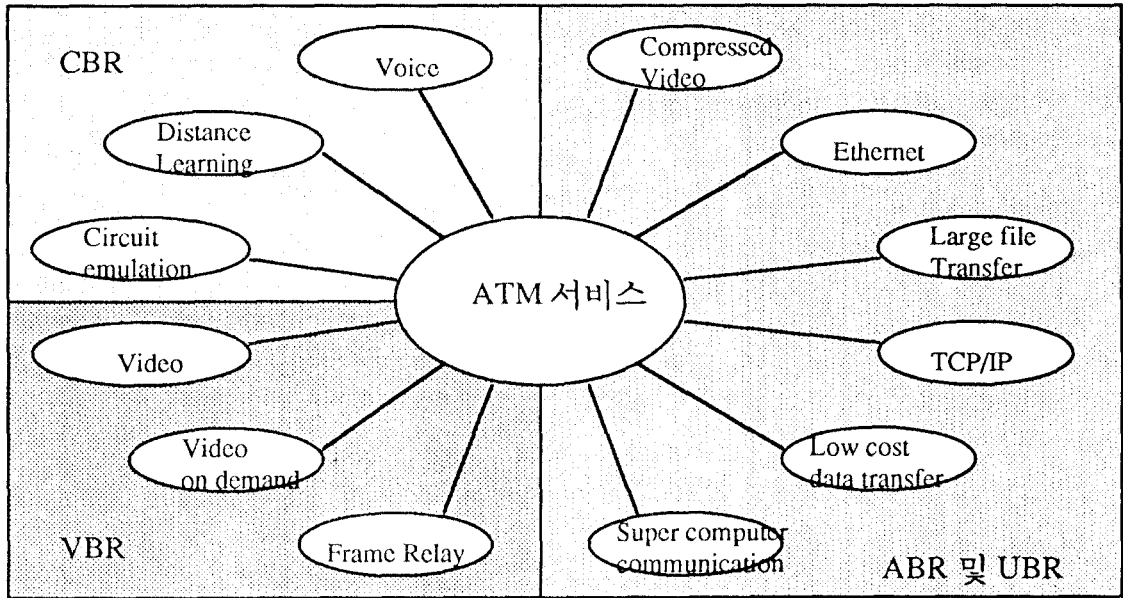


그림 1. ATM 계층 서비스 분류에 의한 ATM 서비스  
 Fig. 1. ATM service for ATM layer service category

표 2. ATM 계층 서비스의 QoS 요구 사항  
 Table 2. QoS requirements of ATM layer service

Service Category	CLR CLP=1	CLR CLP=0	CTD (Micro Sec)	CDV (Micro Sec)
CBR	unspecified	$10^{-10}$	150	250
VBR-NT	unspecified	$10^{-7}$	150	250
VBR-NRT	unspecified	$10^{-7}$	understudy	unspecified
ABR	unspecified	very low	understudy	unspecified
UBR	unspecified	unspecified	understudy	unspecified

는 망의 전송 링크에 CBR 및 VBR 서비스가 사용하고 남은 대역이 있을 경우 이 가용 전송 대역을 ABR 서비스가 사용하므로 전송 대역이 가변되는 것이다. 여기서 망의 상황이란 트래픽 흐름상에 있는 스위치 노드의 폭주 상태를 의미하는데 ABR 서비스에 대해서는 셀 손실이 발생되지 않도록 흐름 제어로서 망에 폭주 상태가 예견되면 피드백 RM 셀을 이용하여 소스의 전송 속도를 줄이는 Closed-loop Rate Control 방법이 연구되고

있다<sup>(2)-(6)</sup>.

이 전송 속도 제어를 위한 흐름 제어 알고리즘으로 ATM Forum에서는 최근 EPRCA 메카니즘을 기반으로 상세한 프로토콜 및 RM 셀 구조를 표준화 시키고 있으며<sup>(7)</sup> ITU-T SG13에서도 권고안 I.371에 ABR 서비스에 대한 정의, 기능, 요구사항, RM 셀 구조등을 권고하기 위한 작업을 진행중에 있다<sup>(8)</sup>.

ABR 서비스의 연결 설정에는 최대 전송 속도인

PCR과 최소한의 셀 전송 속도인 MCR이 사용되며 망은 이 MCR을 이용하여 연결 설정이 가능한지를 판단한다. 연결 설정이 수용된 ABR 서비스의 전송 속도는 망의 제어 정보에 의해 MCR과 PCR 사이에서 가변적으로 변화한다.

2.3 ABR 서비스를 위한 망 요구사항

ABR 서비스는 기존의 CBR이나 VBR과는 다른 특징을 갖고 있으며 셀 손실을 최소한으로 줄이기 위해 공유 매체 기술에서 사용되는 제어 메카니즘과 같은 흐름 제어도 수행하여야 한다. 따라서 공중망에서도 이러한 ABR 서비스를 수용하기 위해서는 다음과 같은 요구 사항들을 고려하여야 한다<sup>[9]</sup>.

- 연결 수락 제어

연결 수락 제어는 호 설정 과정에서 가상 채널 연결이나 가상 경로 연결을 수용할 것인지 거부할 것인지를 결정하기 위해 망에서 행하여지는 행위로 정의되어 있다. 그러나, ABR 서비스 연결을 위한 연결 수락 제어는 이러한 기존의 연결 수락 제어 기능과는 달리 ABR 서비스 연결 설정이 요구되었을 때 망은 ABR 서비스 연결이 요구하는 최소한의 대역만을 고려하여 연결 수락 제어를 수행할 수 있으며 이 최소한의 요구 대역이 0일 경우에는 연결 수락 제어를 수행하지 않고 ABR 서비스 연결을 수용할 수 있어야 한다.

- 공평성 보장 전략

ABR 서비스의 할당 대역은 QoS 를 만족시키기 위해 망의 폭주 상태에 따라 증가 될 수도 있고 감소될 수도 있다. 그러나 이 대역 변경은 모든 ABR 서비스 연

결들에 대해 공평하게 수행되어야 한다. 이를 위해 망과 사용자 사이에는 공평성 보장 전략이 신중하게 고려되어야 한다. 또한 이 공평성 보장 전략을 위해 망은 가중치를 사용할 수 있는데 이는 과금 정보로도 사용될 수 있다. 그러나 이 가중치의 사용은 망과 사용자 사이의 협상에 따라 사용될 수 있다.

- 동적 사용/망 파라미터 제어 메카니즘

ABR 서비스 연결의 사용/ 망 파라미터 제어에 사용되는 파라미터들은 ABR 서비스 단말의 전송 속도에 따라 동적으로 변경되어야 한다. 이와같이 파라미터 값이 변경되어야 ABR 서비스 연결에 대한 감시 기능이 정확하게 수행될 수 있고 ABR 서비스 단말의 악의적이거나 고의적인 과도한 입력 트래픽으로 부터 망을 보호할 수 있다.

- 점대다중점 연결 지원

ABR 서비스는 점대점 연결뿐만 아니라 점대다중점 연결일 수도 있다. 그림2와 같이 점대다중점 ABR 서비스 연결일 경우에는 공중망의 branch 노드에서 다음과 같은 사항이 고려되어야 한다.

- Filtering of RM cell : Branch 노드는 다중점 연결로 부터 많은 RM 셀들을 받는데 이때 branch 노드는 다중점 연결의 RM 셀들중에 최소한의 대역을 갖는 RM 셀의 대역을 대표값으로 하여 하나의 RM 셀을 upstream으로 전송하여야 한다.

- 가상 경로 연결 제어

공중망에서 가상 채널 기반의 ABR 서비스 망 능력은 가상 경로 기반의 ABR 서비스에도 똑같이 적용되어야

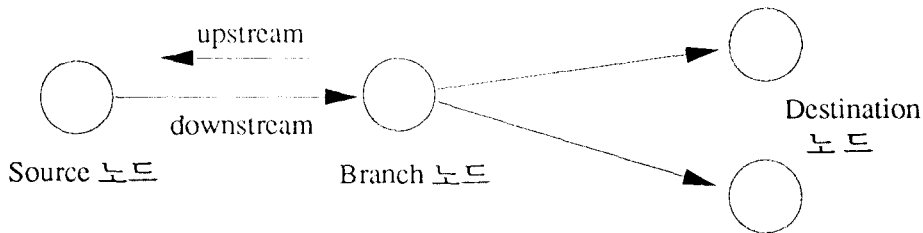


그림 2. 점대다중점 연결의 구성  
Fig. 2. Configuration of point-to-multipoint connection

한다.

### Ⅲ. EPRCA (Enhanced Proportional Rate Control Algorithm)

ATM 망에서는 소요 대역이나 서비스의 요구 품질이 다른 다양한 형태의 흐름이 망 자원을 공유하여야 하고 고속의 셀 전송 특성 때문에 망 차원에서의 폭주 상태가 발생할 수도 있으며 예측할 수 없는 트래픽의 변화로 인한 셀전송 지연 및 셀 손실이 발생할 수도 있다. 따라서 다양한 트래픽 특성을 가진 흐름 각각의 서로 다른 요구 품질을 만족시키면서 망 자원의 사용 효율을 극대화시키기 위해서는 적극적인 트래픽 제어가 필요하다<sup>10)</sup>. 이러한 트래픽 제어 기술은 크게 망의 폭주를 사전에 예방하는 예방 제어(Preventive Control)와 폭주가 예견될 때 제어 시그널을 보내는 반응 제어(Reactive Control)로 나눌 수 있다<sup>11)-(13)</sup>. 예방 제어는 연결 수락 제어, 사용 파라미터 제어 및 연결 설정 과정에서 협상된 파라미터들을 이용하여 폭주를 사전에 예방하는 방법이므로 ABR 서비스와 같이 버스트가 크고 가변적이어서 입력 트래픽을 예측하기 힘든 서비스는 예방 제어를 사용할 수 없다. 따라서 반응 제어와 같이 망의 상태를 계속 감시하고 있다가 폭주가 예상되면 소스에 피드백 정보를 주어 트래픽의 입력을 직접적으로 억제시키는 방법을 사용하여야 한다.

EPRCA는 ATM 망에서 ABR 서비스의 흐름 제어를 위해 반응 제어인 Closed-loop Rate Based 방식에 기반을 둔 제어 알고리즘으로서 다음 그림3과 같이 SES(Source End System)는 N개의 데이터 셀을 전

송 후에 RM 셀을 전송하고 이 RM 셀을 역방향으로 받기전에는 매 데이터 셀 전송 후에 일정 비율로 전송 속도를 감소시킨다. SES에서 전송한 RM 셀이 DES(Destination End System)을 경유하여 CI(Congestion Indicator) = 0 인 상태로 다시 수신되었을 경우에는 지금까지 감소된 전송 속도를 보상하고 그 이상으로 전송 속도를 증가시킬 수 있다. 한편 수신된 RM 셀이 CI=1로 망의 폭주 상태가 지적되어 있을 경우에는 전송 속도를 증가시키지 않고 계속 감소시킨다. 이는 망이 폭주 상태일 때 망으로의 입력 트래픽을 줄임으로써 폭주 상태로 부터 회복시키는 방법이다.

EPRCA 메커니즘을 스위치 노드에서 구현하는 방법으로는 다음과 같이 세가지 방식이 제안되어 있다<sup>17)</sup>.

- 1) EFCI(Explicit Forward Congestion Indication) Bit Setting
- 2) Binary Enhanced Switch
- 3) Explicit Down Switch

첫번째인 EFCI Bit Setting 방법은 앞에서 설명한 기본적인 EPRCA 메커니즘으로서 이 경우에는 SES에서 RM 셀을 보낼 필요가 없으며 데이터 셀 헤더의 CI 비트를 이용하여 각 스위치 노드에서 폭주 상태가 되면 CI 비트를 1로 바꾸는 방법이다. 그러나 이방법은 여러 스위치 노드를 거치는 긴 패스의 ABR 서비스 연결이 짧은 패스의 연결보다 CI 비트가 바뀌어질 확률이 높아 전송 속도를 증가시킬 수 있는 확률이 작아지는 'beat-down problem'으로 인하여 ABR 서비스 연결들 간에 공정한 대역 할당이 이루어지지 않는다고 알려

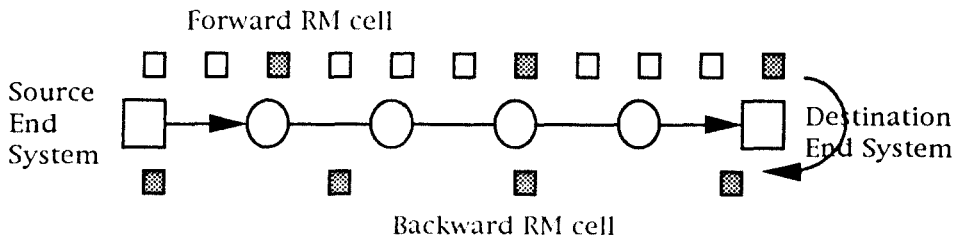


그림 3. EPRCA 메커니즘  
Fig. 3. EPRCA mechanism

져 있다<sup>[19]</sup>. 두번째 방법인 Binary Enhanced Switch 방법은 모든 ABR 서비스 연결들의 평균 전송 속도를 나타내는 MACR(Mean Allowed Cell Rate) 파라미터를 도입하여 이 MACR보다 높은 ACR로 전송되고 있는 ABR 서비스 연결에 대해서만 전송 속도를 감소시키는 선택적 피드백 방법에 의해 ABR 서비스 연결들간의 공평성을 유지시킬 수 있다. 이 MACR은 스위치 노드가 순방향(forward) RM 셀을 받으면 RM 셀의 파라미터인 ACR에 의해 계산된다. 세번째 방법인 Explicit Down Switch 방법은 각 스위치 노드에서 폭주 상태가 되면 MACR을 이용하여 계산된 ER(Explicit Rate)을 RM 셀을 이용하여 직접 SES로 전송하며 SES에서는 이 ER 값으로 다음 데이터 셀을 전송함으로써 전송 속도를 급격히 감소시켜 망이 폭주 상태에서 빠르게 복구될 수 있도록 하는 방법이다.

#### IV. ABR 서비스를 위한 트래픽 제어

지금까지 ATM 망에서는 실시간성이 요구되는 CBR이나 VBR 서비스의 트래픽 제어 기술인 예방 제어, 즉 Open-loop 제어 기술이 많이 연구되어져 왔다. 그러나 이 제어 기술은 연결 설정 과정에서 협상한 트래픽 파라미터에 의해 제어를 받으므로 망에 여유 대역이 있어도 이를 사용할 수 없어 망 자원의 효율성이 저하될 수도 있다. 또한 버스트가 큰 소스 트래픽이 과중하게 전송될 경우 전송 지연과 셀 손실을 보장할 수 없게 되는 경우

가 발생한다. 따라서 이러한 버스트가 큰 데이터 트래픽인 ABR 서비스를 위해서는 피드백 정보를 이용한 반응 제어 방법을 사용하여 소스 트래픽을 직접 제어하는 것이 효율적이다. 이 장에서는 먼저 ATM Forum에서 연구되고 있는 EPRCA 메카니즘에 대한 성능 분석을 하고 그 결과에 대한 성능 개선 메카니즘을 제안한다.

##### 4.1 EPRCA 성능 분석

EPRCA에 대한 성능은 전파 지연(propagation delay), RM 셀 전송 주기에 따라 크게 영향을 받으며 이 파라미터들을 이용하여 전송 속도의 변화, 버퍼 사용량 및 Throughput에 대해 성능 분석을 할 수 있다<sup>[16]</sup>. 본 논문에서는 on-off 입력 모델과 다음과 같은 파라미터들을 이용하여 EPRCA에 대한 성능을 평가하였다.

- 입력 트래픽은 버스트 길이가 2ms, 최대전송속도가 150Mbps, 평균전송속도가 75Mbps인 on-off 트래픽으로 발생된다.
- 각 노드간의 전파 지연은 1ms로 가정한다.
- RM 셀은 32 데이터 셀 마다 전송된다.

##### 4.1.1 시뮬레이션 모델<sup>[16]</sup>

그림4는 EPRCA 성능 평가를 위한 시뮬레이션 모델로서 각 소스들은 150Mbps 링크로 스위치에 연결되어 있고 링크1과 링크2도 150Mbps 전송 속도를 갖는 링크이다. 각 소스의 연결 지속 시간은 840ms이며 소스3

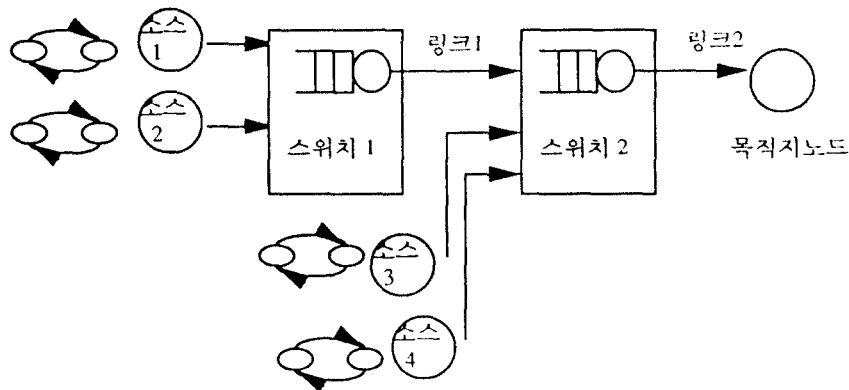


그림 4. EPRCA 시뮬레이션 모델  
Fig. 4. EPRCA simulation model

과 소스4는 280ms에서 시작하여 1120ms에서 종료된다. 또한 스위치 노드에서 폭주 상태를 인식하는 버퍼 문턱값(threshold)은 100으로 하고 심각한 폭주 상태는 250으로 한다. 또한 이 시뮬레이션 모델은 피드백 제어에 대한 전파 지연의 영향과 새로운 소스가 추가되

었을 경우의 대역 공유, 대역 할당 공평성 및 각 스위치에서의 버퍼 사용량과 throughput을 알아 볼수 있다.

4. 1. 2 시뮬레이션 결과

그림5는 EPRCA 수행시 모든 소스(1-4)를 수용했을

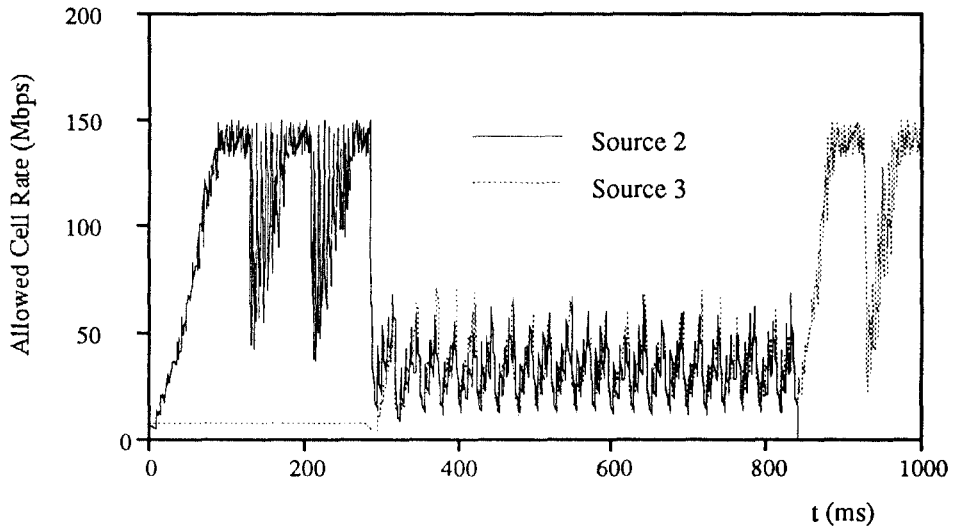


그림 5. EPRCA 메카니즘에 의한 ACR의 변화  
Fig. 5. Dynamic behavior of ACR for the EPRCA mechanism

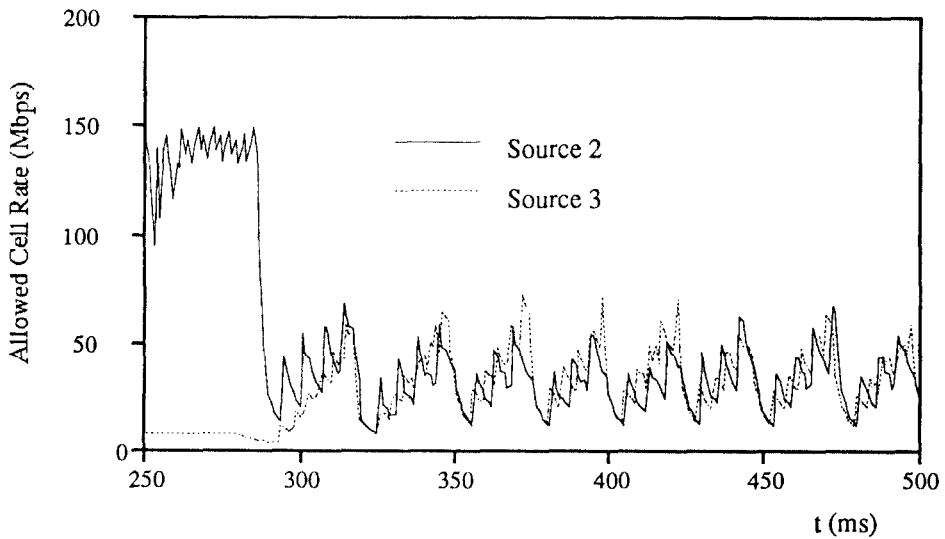


그림 6. EPRCA 메카니즘의 대역 할당 공평성  
Fig. 6. Fairness of the EPRCA mechanism



경우에 스위치1에 연결된 소스2와 스위치2에 연결된 소스3의 ACR 변화를 보여준다. 초기에는 소스1과 2가 링크의 전 대역을 점유하여 사용하다가 소스3과 4가 추가되는 시점(280ms)에서부터 모든 소스들이 대역을 공유함을 알 수 있다. 또한 소스1과 2가 해제되는(840ms) 시점부터는 소스3과 4가 전 대역을 점유하여 사용함을 알 수 있다.

모든 소스들이 대역을 공유할 경우에는 대역 할당의 공평성이 요구되는데 앞의 3절에서 설명하였듯이 Explicit Down Switch 방식은 MACR을 이용하여 계산된 explicit rate를 직접 소스에 전달하므로 대역 할당의 공평성을 유지할 수 있으며 이를 보여주는 시뮬레이션 결과가 그림6에 나타나 있다. 이 그림에서 보는 바와 같이 소스3이 연결된 후 약 30ms후부터 소스2와 소스3의 ACR이 거의 비슷한 추세로 변화함을 알 수 있다.

한편 스위치 노드의 버퍼 사용량에 대한 큐 길이의 변화는 그림7에 나타나 있는데 소스1,2만 연결되어 있을 경우에는 스위치2의 버퍼는 거의 채워지지 않으나 모든 소스들이 함께 점유하는 시점에서 부터 스위치2의 버퍼가 크게 증가하며 explicit rate에 의해 입력 트래픽을 감소시키지만 전파 지연에 따른 계속적인 버퍼 증가를

볼 수 있다.

#### 4.2 EPRCA 성능 향상 메카니즘

EPRCA 메카니즘에 대한 성능 분석 결과 그림6에서 소스3가 새로이 추가된 과도(transient) 상태에서 서로 공평성이 유지될 때까지 약 30ms정도가 소요되고 그림7의 버퍼 크기 변화에 있어서도 스위치 노드에서 폭주 상태가 발생한 후 Explicit rate를 이용하여 소스의 입력 트래픽 감소를 요구하지만 전파 지연에 따라 큐 길이가 계속적으로 증가하는 것을 알 수 있다. 따라서 본 논문에서는 EPRCA 메카니즘의 성능을 향상시키기 위해 다음의 두가지 방법을 조합한 새로운 메카니즘을 제안한다.

#### 1) EBCN (Explicit Backward Congestion Notification) RM 셀 전송

: 스위치 노드에서 순방향 RM 셀을 받으면 노드내 버퍼 상태를 조사하여 폭주 상태 발생시에 자체적으로 EBCN RM 셀을 발생시켜 소스로 직접 전달함으로써 전파 지연을 줄일 수 있는 방법으로 폭주 상태에 대한 제어를 신속하게 할 수 있다.

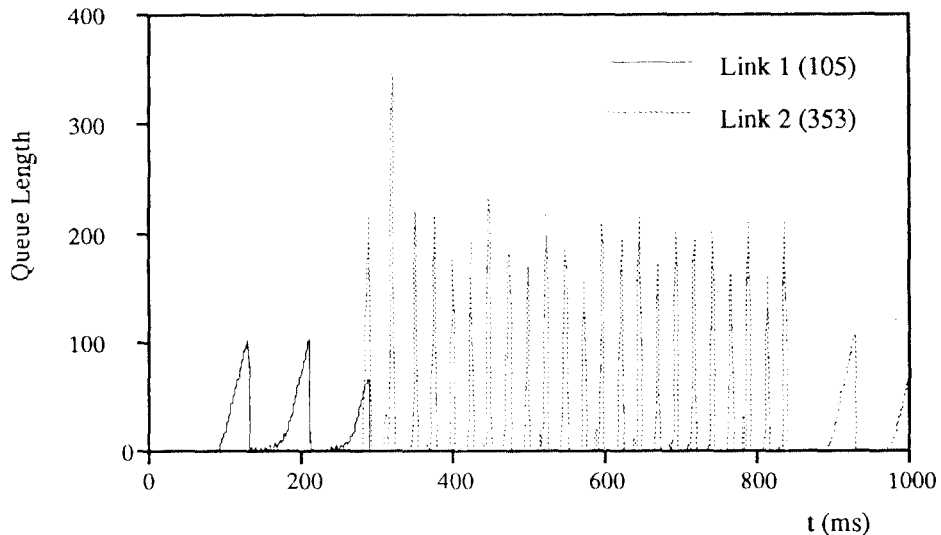


그림 7. EPRCA 메카니즘에 따른 큐 길이의 변화  
Fig. 7. Queue length of the EPRCA mechanism

2) State Dependent Rate Increase (SDRI)방법

: 스위치 노드에서 소스로 전송되는 역방향 RM 셀에 노드의 버퍼 상태를 파라미터로 추가하여 소스에서 전송 속도를 증가시킬 때 노드의 버퍼 상태에 따라 전송 속도 증가량을 가변시킬 수 있게 하는 방법이다. 즉 스위치 노드의 버퍼가 낮은 문턱값 미만 일 경우 소스의 전송 속도 증가를 n배로 상승시켜 초기 과도 상태나 폭주 상태 회복 후에 throughput을 신속하게 회복 할 수 있다. 이 SDRI 방법을 위해 스위치 노드의 버퍼 관리 메커니즘이 다음 그림8에 나타나 있다.

위와같이 본 논문에서 제안한 메커니즘을 사용한 결과

그림9에서와 같이 소스3이 새로이 추가된 후 약 20ms 후부터 소스2와 소스3이 공평성을 유지하였다. 이는 스위치 노드에서 EBCN RM 셀을 이용하여 직접 Explicit Rate를 전달하므로 기존의 방법보다 10ms 정도 빠르게 공평성을 유지할 수 있다.

또한 그림10에서와 같이 스위치2의 버퍼 크기에 있어서도 EBCN RM 셀에 의해 전파 지연을 단축시킬 수 있어 소스의 입력 트래픽을 빨리 감소시켜 최대 크기가 50정도 감소되었다.

Throughput 측면에서 두 메커니즘을 비교해 보면 그림11에서와 같이 초기 과도 상태와 망이 폭주 상태에서 회복된 후의 과도 상태에서 SDRI 방법에 의해 전송

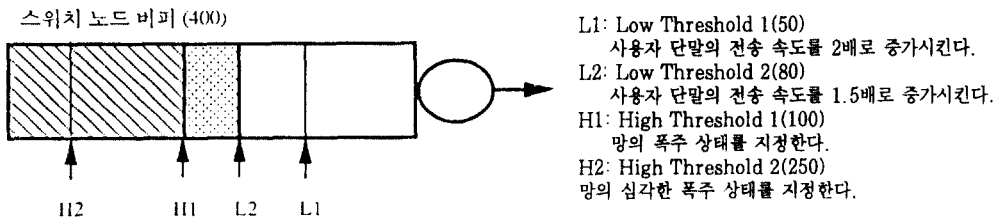


그림 8. SDRI 방법의 스위치 버퍼 관리 메커니즘  
Fig. 8. Buffer management mechanism of the SDRI method

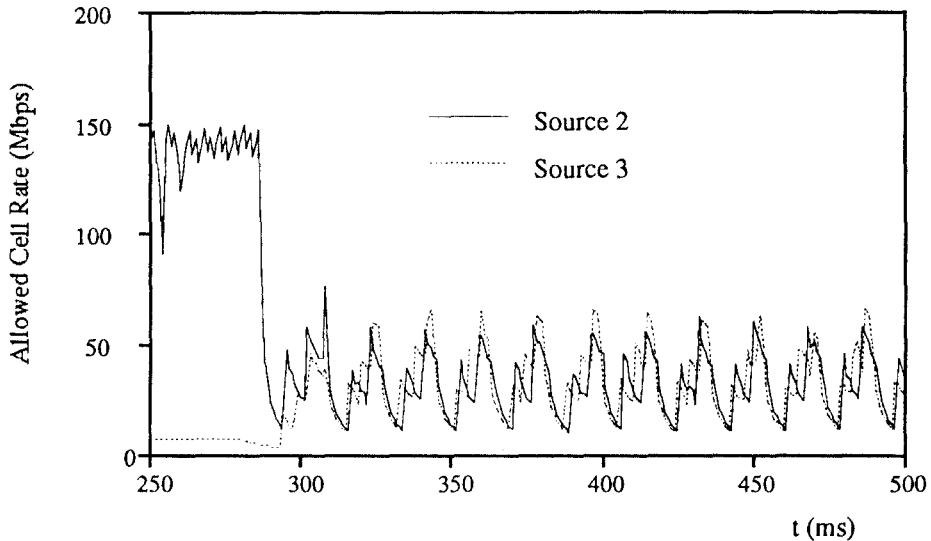


그림 9. 제안된 메커니즘의 대역 할당 공평성  
Fig. 9. Fairness of the proposed mechanism

속도를 빠르게 증가시킴으로써 기존의 EPRCA 메카니즘보다 약 20ms 정도 빨리 최대 throughput에 도달하였으며 최소 throughput도 기존의 메카니즘보다 높게 유지하였다.

4.3 동적 사용 파라미터 제어

EPRCA 메카니즘을 사용한 ABR 서비스에 대한 트래픽 제어는 본질적으로 반응 제어이지만 의도적으로 EPRCA 메카니즘을 위반하고 과도한 트래픽을 입력시키는 사용자들을 제어하기 위해 예방 제어인 사용 파라

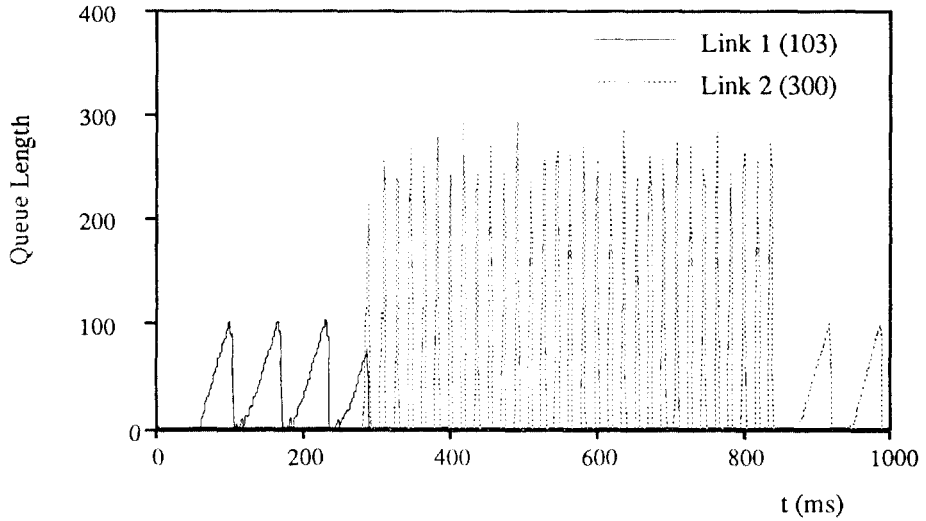


그림 10. 제안된 메카니즘에 의한 큐 길이의 변화 )  
Fig. 10. Queue length of the proposed mechanism

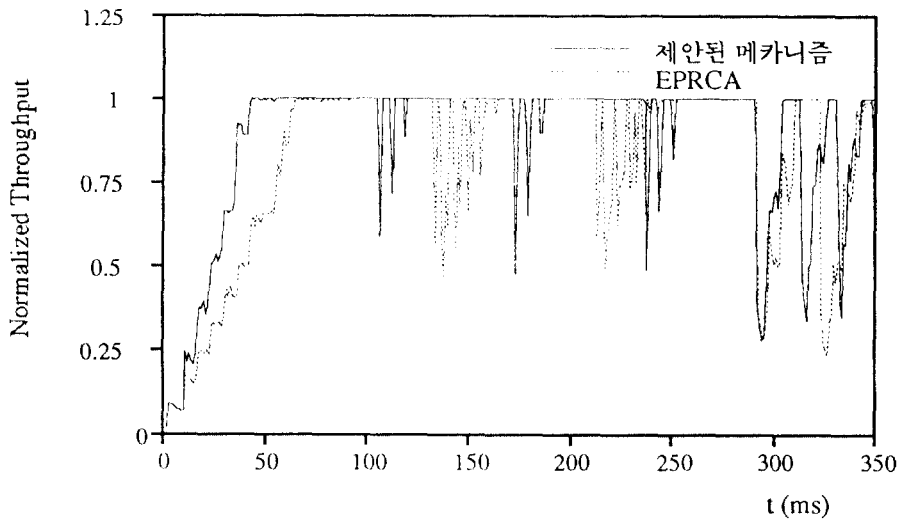


그림 11. 두 메카니즘에 대한 Normalized Throughput의 변화  
Fig. 11. Normalized Throughput behavior of two mechanisms

미터 제어가 필요하다. 기존의 사용 파라미터 제어는 ITU-T 권고안 I.371에 권고된 VSA(Virtual Scheduling Algorithm)이나 Leaky Bucket 알고리즘을 사용하여 연결 설정 과정에서 협상된 Peak Cell Rate나 Sustainable Cell Rate를 감시하지만 [14] ABR 서비스에 대한 사용 파라미터 제어는 제어 메카니즘 자체는 기존의 방법을 사용할 수 있으나 사용자 입력 트래픽이 망의 제어에 따라 동적으로 변하므로 제어 파라미터 값이 이에 따라 변하면서 감시되어야 한다<sup>(9)</sup>. 그러나 ABR 서비스에 대해 EPRCA 메카니즘을 사용할 경우 스위치 노드의 사용 파라미터 제어 메카니즘과 소스 사이에는 왕복 시간(round trip time)이 존재하므로 이를 해결하기 위해 다음과 같은 방법들이 연구되고 있다<sup>(16)</sup>.

1) 왕복 시간을 셀 지연 변이로 수용하는 방법.

이 방법은 소스와 스위치 노드 사이의 왕복 시간을 사용 파라미터 제어를 위한 파라미터 셀 지연 변이로 수용하는 방법으로 기존의 EPRCA 메카니즘을 수정할 필요 없이 구현이 간단하지만 왕복 시간 만큼의 큰 셀 지연 변이를 수용해야 하므로 사용 파라미터 제어가 신뢰성 있게 수행되지 않을 수도 있다.

2) 소스에서 전송 속도를 증가시키기 전에 순방향 RM 셀을 먼저 보내는 방법.

이 방법은 소스에서 역방향 RM 셀을 받으면 바로 전송 속도를 증가시키는 것이 아니라 다음 순방향 RM 셀에 증가될 전송 속도를 파라미터로 하여 망으로 전송한 후 소스의 전송 속도를 증가시키는 방법이다. 이 경우 망에서는 이 순방향 RM 셀에 따라 사용 파라미터 제어를 위한 파라미터 값을 변경시킬 수 있으므로 첫번째 방법과 같이 큰 셀 지연 변이를 수용할 필요가 없다. 그러나 이 방법은 기존의 EPRCA 메카니즘을 수정하여야 한다.

4.3.1 UPC RM 셀을 이용한 동적 사용 파라미터 제어

본 논문에서는 ABR 서비스의 사용 파라미터 제어를 위해 EPRCA 메카니즘을 수정하지 않고 제어 파라미터를 변경하면서 사용 파라미터 제어를 할 수 있는 방법으로 UPC RM 셀을 이용하는 방법을 제안한다. 이는 가

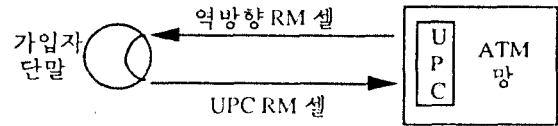


그림 12. UPC RM 셀을 이용한 동적 사용파라미터 제어  
Fig. 12. Dynamic UPC using UPC RM cell

입자 단말이 망으로 부터 받은 역방향 RM 셀에 따라 전송 속도를 가변시키게 되면 이때 UPC RM 셀을 이용하여 가변되는 전송 속도를 먼저 망으로 전송하는 방법이다. 이 UPC RM 셀은 사용 파라미터 제어만을 위해 UNI(User Network Interface)에서만 전송되며 망에서는 이 UPC RM 셀에서 제어 파라미터를 추출한 후 폐기한다.

제안된 방법에 따라 소스2의 입력 트래픽 변화에 따른 망내 UPC 파라미터 값의 변화가 그림13에 나타나 있다. 이 결과에서 가입자 단말의 전송 속도 변화에 따라 망의 UPC 파라미터가 잘 적용되고 있는 것을 볼 수 있는데 역방향 RM 셀의 수신 간격마다 전송 속도가 가변되므로 그 구간에서 기존의 Peak Cell Rate 감시와 같이 최대 전송속도만을 감시하고 있다.

그러나 이 UPC RM 셀을 이용한 동적 사용 파라미터 제어는 가입자 단말에서 의도적으로 RM 셀을 보내지 않을 경우를 고려하여야 한다. 즉, 망의 제어에 따라 단말에서 전송 속도를 낮추어야 할 경우에 의도적으로 전송 속도를 낮추지 않고 RM 셀도 보내지 않으면 망은 UPC 파라미터를 수정하지 못하므로 적절한 감시를 수행할 수 없게 된다. 따라서 이런 경우를 대비하여 Policing 파라미터 변경 시간을 고려한 다음의 알고리즘이 추가된다.

- 스위치 노드에서 단말로 전달되는 역방향 RM 셀내의 Explicit Rate가 현재의 Policing Rate보다 낮을 경우 망은 UPC 파라미터 변경 시간 동안 단말로 부터 UPC RM 셀이 오지 않으면 Explicit Rate로 감시를 수행한다. 이때 UPC 파라미터 변경 시간 (PPCT: Policing Parameter Change Time)은 MRTT (Maximum Round Trip Time)와 PT (Processing Time)의 합으로 나타낼 수 있다. 여기서 MRTT는 UNI에서 ABR 서비스 연결들 중에 최대 왕

복 시간을 나타내는데 이 값은 ATM Forum의 B-ISDN 시그널링 프로토콜중에 시그널링 메시지가 전달 될 때 사용되는 축적 셀 전송 지연(Accumulated Cell Transfer Delay)을 이용할 수 있으며 이 축적 셀 전송 지연 값을 두배한 값으로 계산할 수 있다. 또

한 PT는 단말에서 UPC RM 셀을 생성하여 전송하는 시간을 나타낸다.

위의 PPCT를 적용한 UPC RM 셀 전송 방법으로 동적 사용 파라미터 제어를 수행할 경우 가입자 단말에서 EPRCA 메카니즘을 따르지 않고 의도적으로 입력

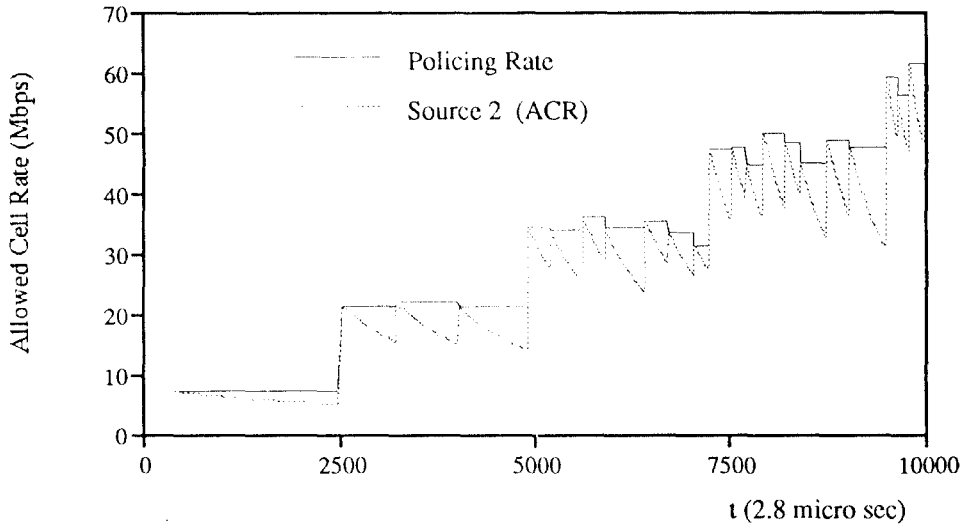


그림 13 제안된 메카니즘에 의한 policing 파라미터의 변화  
Fig. 13. Policing rate of the proposed mechanism

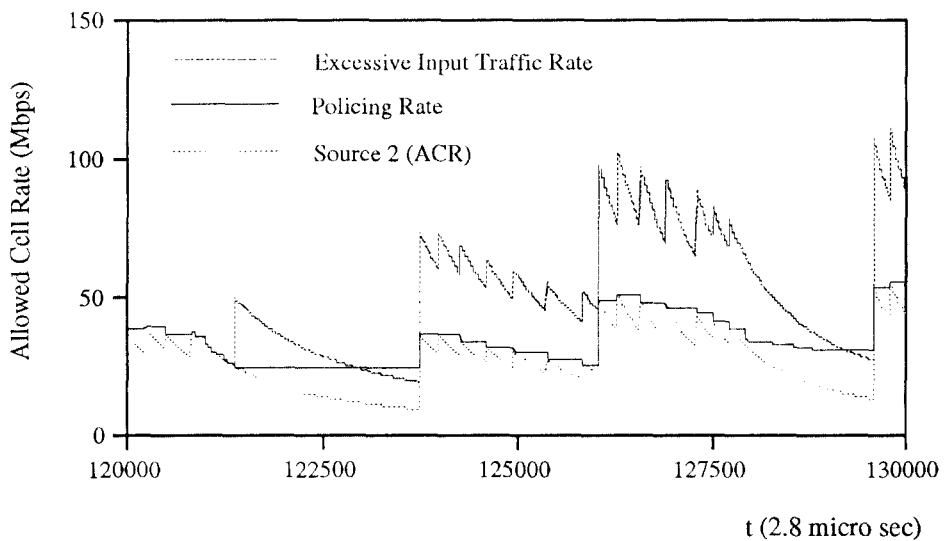


그림 14 과도한 입력 트래픽에 대한 제안된 메카니즘의 Policing  
Fig. 14. Policing behavior of the proposed mechanism to the excessive traffic flows

트래픽을 과도하게 전송한 ABR 연결에 대해 동적 사용 파라미터 제어를 수행하는 결과가 그림14에 나타나 있다. 이 그림에서 340ms 시점부터 소스에서 의도적으로 UPC RM 셀을 보내지 않고 ACR의 2배의 전송 속도로 과도하게 입력 트래픽을 보내는 경우 제안된 동적 사용 파라미터 제어 메커니즘을 사용하여 Policing Rate 보다 높은 전송 속도는 모두 탈락시켜 망을 보호할 수 있다.

### V. 결 론

본 논문에서는 ABR 서비스의 흐름 제어를 위해 ATM Forum에서 한 규격안으로 연구되고 있는 EPRCA 메커니즘의 성능 향상을 위해 스위치 노드에서 생성되는 EBCN RM 셀 방법과 스위치 노드의 버퍼 상태에 따라 가입자 단말의 전송 속도 증가를 가속시키는 SDRI 방법을 조합한 메커니즘을 제안하였다. 스위치 노드에서 생성되는 EBCN RM 셀 전송 방법은 스위치 노드에서 폭주 상태가 발생하였을 경우 자체적으로 EBCN RM 셀을 발생시켜 직접 가입자 단말로 Explicit Rate를 전달함으로써 일반적으로 반응 제어에서 나타나는 전파 지연을 줄일 수 있다. 이는 폭주 상태에 대한 제어를 신속하게 처리하여 ABR 서비스 연결들간의 공평성을 높게 유지할 수 있고 스위치 노드의 버퍼 크기를 줄일 수 있다. 한편 SDRI 방법은 스위치 노드의 버퍼에 낮은 문턱값을 다단계로 두어 이 상태에 따라 가입자 단말의 전송 속도 증가를 가속시킬 수 있는 방법으로 초기 과도 상태나 망이 폭주 상태에서 회복된 후 과도 상태에서 스위치 노드 링크의 throughput을 향상시킬 수 있다.

또한 본 논문에서는 ABR 서비스에 대한 동적 사용 파라미터 제어를 위해 제어 파라미터를 가입자 단말의 전송 속도에 따라 가변시킬 수 있는 UPC RM 셀 전송 방법을 제안하였다. 이 동적 사용 파라미터 제어 방법은 가입자 단말이 망으로 부터 역방향 RM 셀을 받아 전송 속도를 가변시킬 때 UPC RM 셀을 이용하여 가변되는 전송 속도를 먼저 망으로 전송하는 방법이다. 이 방법은 기존의 EPRCA 메커니즘을 수정하지 않아도 되고 큰 셀 지연 변이 값을 수용할 필요도 없는 장점이 있으며 UPC RM 셀은 UNI에서만 전송되고 스위치 노드에서 폐기되므로 전체 망에 부하를 주지 않는다. 또한 가입자

단말이 의도적으로 UPC RM 셀을 전송하지 않을 경우를 대비하여 Policing 파라미터 변경 시간을 정의하고 이 시간이 경과한 후에 UPC RM 셀이 도착하지 않으면 감시 파라미터를 바꾸는 알고리즘도 제안하였다.

앞으로의 연구 과제는 ABR 서비스들이 VBR이나 CBR 서비스들과 혼용되어 망으로 입력되는 경우 효과적인 연결 수락 제어를 위한 ATM 망의 대역 관리(Bandwidth Management) 메커니즘이 연구되어야 한다. 이는 효율적인 대역 관리 메커니즘이 서비스 연결 요구에 대한 Connection Blocking Probability를 낮추어 더 많은 연결 요구를 받아들일 수 있어 망 자원을 효율적으로 이용할 수 있기 때문이다.

### 참고문헌

1. Shirish S. Sathaye, "ATM Forum Traffic Management Specification Version 4.0", ATM Forum/95-0013, Burlingame, CA., Feb. 6-10, 1995.
2. Nanying Yin, Michael G. Gluchyj, "On Closed-Loop Rate Control for ATM Cell Relay Networks", Proceedings of INFOCOM '94, pp.99-108, Toronto, June. 12-16, 1994.
3. Amir Atai, "A Rate-Based Feedback Traffic Controller for ATM Networks", Proceedings of ICC' 94, pp.1605-1615, New Orleans, May. 1-5, 1994.
4. Peter Newman, "Backward Explicit Notification for ATM Local Area Networks", Proceedings of GLOBECOM '93, pp.719-723, Houston, Nov.29-Dec.2, 1993.
5. A. Kolarov, G. Ramamurthy, "Comparison of Congestion Control Schemes for ABR Service in ATM Local Area Networks", Proceedings of GLOBECOM '94, pp.913-918, San Francisco, Nov.28-Dec.2, 1994.
6. Peter Newman, "Traffic Management for ATM Local Area Networks", IEEE Commun. Magazine, pp.44-50, Aug. 1994.
7. Larry Roberts, "Enhanced PRCA(Proportional Rate-Control Algorithm)", ATM Forum/94-

- 0735R1, Ottawa, Sep. 25-30, 1994.
8. ITU-T SG13 Temporary Document 55, Q.8 Living List, pp.16-21, geneva, Nov. 14-25, 1994.
  9. Woo-Seop Rhee, "The Network Capabilities for ABR Service in the Public Networks", ITU-T SG13/8, Delayed Contribution No. D668, Geneva, Nov. 14-25, 1994.
  10. 이우섭, 광동용, 박홍식, "ATM망에서의 트래픽 제어 기술", 전자통신 제14권 1호, pp.87-107, 1992.4.
  11. J. Jungok Bae, T. Suda, "Survey of Traffic Control Scheme and Protocols in ATM Networks", Proceeding of the IEEE, Vol.79, No. 2, pp.170-189, Feb. 1991.
  12. Henry Gilbert, Osama Aboul-Magd, Van Phung, "Developing a Cohesive Traffic Management Strategy for ATM Networks", IEEE Commun. Magazine, pp.36-45, Oct. 1991.
  13. Setiadi Yazid, H.T. Mouftah, "Congestion Control Methods for BISDN", IEEE Commun. Magazine, pp.42-47, Jul. 1992.
  14. ITU-T Recommendation I.371, White book, 1992.
  15. Y.Chang, "Effects of Bursty traffic on the Performance of EPRCA mechanism", ATM Forum/94-1083, Kyoto, Nov. 29-Dec. 2, 1994.
  16. Flavio Bonomi, Kerry W. Fendick, Kathy Meier-Hellstern, "A variant of EPRCA and Corresponding UPC Algorithm", ATM Forum/94-0893, Ottawa, Sep. 25-30, 1994.
  17. Tom Worster, Herbert Heiss, "Use of ABR Conformance definition and Usage Parameter Control", ATM Forum/95-0102, Burlingame, Feb.6-10, 1995.
  18. A.Iwata, N.Mori, C.Ikeda, H.Suzuki, M.Ott, "ATM Connection and Traffic Management Schemes for Multimedia Interworking", Commun. of The ACM, Vol. 38, No. 2, pp.73-89, Feb. 1995.
  19. Ray Jain, "Congestion Control and Traffic Management in ATM Networks: Recent Advances and A Survey", Submission to Computer Networks and ISDN System, 1995.
  20. Natalie Giroux, "ATM Layer Traffic Management Functions and Procedures", Proceedings of NETWORLD+INTEROP95, E7.1, LasVegas, Mar. 27-31, 1995.



李 愚 瑩(Woo Seop Rhee) 정회원

1983년 2월 : 홍익대학교 전자계산  
학과 졸업(학사)

1995년 8월 : 충남대학교 대학원 전  
산학과 졸업(석사)

1983년 3월~현재 : 한국전자 통신연구소 근무 현 ATM정합  
연구실 선임연구원



朴 弘 權(Hong Shik Park) 정회원

1953년 8월 16일생  
1977년 2월 : 서울대학교 공과대학  
졸업(학사)

1986년 8월 : 한국과학기술원 전기  
및 전자공학과 졸업(석  
사)

1995년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(박사)  
1977년 12월~현재 : 한국전자통신연구소 근무 현 ATM정합  
연구실장



黃致真(Chi Jung Hwang) 정회원

1976년 6월 : 서강대학교 수학과(학사)

1979년 8월 : 서강대학교 대학원 수학과(석사)

1981년 5월 : 뉴욕 주립대학 수학과(석사)

1985년 5월 : Univ of Connecticut 전산과(석사)

1987년 8월 : Univ of Connecticut 전산과(박사)

1987년 8월~1988년 2월 : Univ of Connecticut 전산과 조교수

1988년 10월~1993년 3월 : 충남대학교 전산학과 조교수

1993년 4월~현재 : 충남대학교 컴퓨터과학과 부교수