

# ATM 망에서 ABR/UBR 서비스상의 TCP 성능 향상에 관한 연구

## A Study on Improving TCP Performance over ABR/UBR Services in ATM Network

김 명 회\*  
Myong-Hee Kim

박 승 섭\*\*  
Seung-Seob Park

### 요 약

초고속 인터넷의 멀티미디어 서비스 통합에 대한 해결책으로 ATM 네트워크 기술이 널리 사용되고 있다. ATM 서비스를 기반으로 하는 인터넷 프로토콜에서는 ATM 층에서 하나의 셀 손실은 전체 패킷 손실을 초래하여 TCP의 성능이 저하된다. 따라서 혼잡 시 패킷의 손실을 줄이기 위해 UBR 서비스에서는 UBR+EPD 방식이, ABR 서비스에서는 ER 방식이 제안되었다.

본 논문에서는, 빠른 재전송과 회복 (FRR)을 사용한 UBR+EPD와 EPD 알고리즘의 임계치 파라미터(R)의 조절과 TCP 파라미터인 MTU 크기의 변화가 성능향상에 미치는 영향을 분석하였으며, 이러한 성능분석을 통해 제안한 방안이 향상된 처리율과 공정성을 보임을 확인하였다.

### Abstract

ATM network technology is generally used for the solution of integrating multimedia service in high-speed Internet. In Internet protocol based on ATM services, if single cell is lost in ATM layer, the entire TCP packet will be lost. Therefore, TCP performance will be degraded. In order to reduce cell loss, when congestion occur, UBR+EPD mechanism is proposed to improve the throughput in TCP over UBR, and ER scheme is suggested in TCP over ABR.

In this paper, we analyzed the performance improvement effect of UBR+EPD with FRR (Fast Retransmission and Recovery), the adjusting EPD threshold parameter ( $R$ ), and variation of MTU (Maximum Transport Unit) size. As a result, through the analysis of performance, we know that the improved throughput and fairness are shown by the proposed scheme.

## 1. 서 론

초고속의 전송매체를 기반으로 한 ATM (Asynchronous Transfer Mode)은 데이터, 음성, 그리고 비디오 전송 등을 가능하게 하는 고속 광대역 통신망인 B-ISDN을 실현하기 위한 기본 정보전달 방식으로 탄생한 것이다. 이 방식은 멀티미디어 서비스의 다양한 QoS를 제공한다. ATM Forum TM

(Traffic Management) 4.0에서는 ATM 트래픽을 CBR (Constant Bit Rate), rt-VBR (real-time Variable Bit Rate), nrt-VBR (non real-time Variable Bit Rate), ABR (Available Bit Rate), UBR (Unspecified Bit Rate)의 5가지 종류의 서비스로 정의하고 있다[1]. UBR 서비스는 CBR, VBR, ABR 서비스가 사용하고 남은 대역폭을 사용하는 셀 지연에 민감하지 않는 트래픽을 전송하는데 유리하며, 특히 ATM 망에서 제공하는 UBR 서비스는 명백한 혼잡 제어 메커니즘이 없다. 이러한 단점을 보완한 셀 폐기 정책 중 하나인 EPD (Early Packet Discard)를 이용해 망에서 불필요한 대역폭 낭비를 줄일 수 있다. ABR 서비스는 고속의 데이터 전송을 위한

본 연구는 부경대학교 기성희 연구비로 수행되었음.

\* 학생회원 : 부경대학교 대학원 전자계산학전공  
mh02@unicom.pknu.ac.kr

\*\* 종신회원 : 부경대학교 전자계산학과 교수  
parkss@dolphin.pknu.ac.kr

서비스로 적은 셀 손실과 시간에 따라 변하는 망의 자원을 효율적으로 사용할 수 있는 능력 때문에 데이터 트래픽을 전송하기에 적합한 서비스이다. 이것은 RM (Resource Management) 셀을 이용하여 폭주제어(congestion control)를 하고 제어 변수들을 적절하게 설정함으로써 셀 손실 없는 데이터 전송을 가능하도록 송신측의 전송속도를 조절한다[1].

TCP (Transmission Control Protocol)는 현재 데이터를 전송하기 위한 전송 프로토콜로 가장 많이 사용된다. 기본적으로 데이터를 신뢰성 있게 전송하기 위하여 윈도우를 이용하며 Slow Start, 혼잡 회피 (Congestion Avoidance), 그리고 재전송 단계로 구성된 흐름제어와 혼잡제어를 수행한다[2].

TCP의 윈도우 기반 제어와 ABR 서비스와 UBR 서비스는 전송률 기반 제어가 독립적으로 동작한다. TCP는 하위계층의 망 정보를 이용하지 않고 응답 메시지를 이용하여 망의 상태를 예측하기 때문에 갑작스런 트래픽 양의 증가는 망에서의 지연 변이를 급격히 증가시키고, TCP에서 잘못된 재전송을 유발할 가능성이 커진다. 이로 인해 대역폭의 낭비와 처리율의 저하를 가져온다. 이러한 문제로 ATM 하부구조하에서 효과적인 TCP 동작의 연구가 진행 중에 있다[4][7]. 본 논문에서는 효율적인 처리율과 공정성의 관점에서 ATM 상에서 TCP의 성능분석에 초점을 두고 시뮬레이션 통한 성능 평가를 하였다. UBR 상에서 TCP, 또는 UBR+EPD 상에서 TCP는 거리가 멀어 질수록 성능이 저하되었다. 한편, ABR 상에서 ER 방식은 TCP 흐름제어와 ABR 전송률 제어 사이에서의 패킷 손실을 억제하는 성능향상을 제공한다.

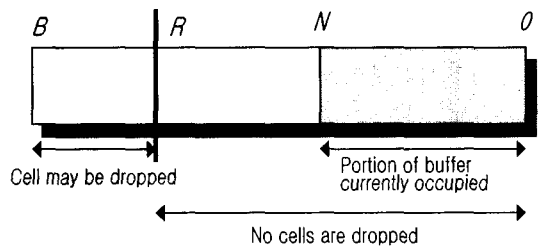
본 논문의 구성은 서론에 이어, 2장에서는 ATM 서비스 중에서 UBR과 ABR 상에서의 성능 및 스위치 알고리즘에 대해 간단히 서술하였고, 3장에서는 TCP 흐름제어 방식을 기술하며, 4장에서는 시뮬레이션 환경을 설명하고, 5장에는 개선방안을 제시하였으며, 마지막으로 6장에서는 본 논문의 결론을 나타내었다.

## 2. ATM 층의 서비스

ATM Forum TM (Traffic Management) 4.0에서는 ATM 트래픽을 CBR, rt-VBR, nrt-VBR, ABR, UBR의 5가지 종류의 서비스로 정의하고 있다. 먼저 CBR 서비스의 예로 64 Kbps PCM 음성신호를 들 수 있으며, 영상신호나 데이터 신호도 CBR 서비스 형태로 제공될 수 있다. VBR 서비스의 예로는 영상이나 음성신호 등이 있다. 또한 비 실시간 서비스의 예로는 데이터 전송이 있는데, ABR 서비스와 UBR 서비스가 여기에 속한다.

### 2.1 UBR 상에서의 성능

UBR 서비스는 여러 가지 서비스에서 가장 경제적인 반면에 우선 순위가 가장 낮은 서비스이며 CBR, VBR, ABR 서비스가 사용하고 남은 대역폭을 사용하는 지연에 민감하지 않는 트래픽을 전송하는데 유리한 서비스이다. 이러한 이유로 상위 계층인 TCP 제어방식에 의존한다. 만약 ATM 스위치의 버퍼에서 하나의 셀 손실은 TCP 층의 하나의 패킷 손실로 이어진다. 이는 망에서 낮은 처리율과 공정성으로 이어져 확실한 QoS의 보장이 어렵다. 이러한 단점을 보완한 셀 폐기 정책인 EPD나 PPD (Partial Packet Discard), RED (Random Early Detection)[10] 등을 사용해 망에 불필요한 대역폭 낭비를 줄일 수 있다. 그림 1에서처럼 EPD는 버퍼에 임계치를 두어 이 임계치를 넘는 패킷의 첫 번째 셀이 있으면 그 첫 번째 셀과 같은 가상채널 식별자를 가지는 패킷 전부를 폐기



(그림 1) EPD를 적용한 ATM 스위치 버퍼

하는 방법이다. 버퍼 오버플로우로 야기되는 패킷의 손실을 방지하여 불필요한 재전송과 대역폭 낭비를 막는다. 그러나 버퍼 오버플로우가 발생되면 미처 폐기되지 않은 손상된 패킷의 앞부분이 중단 사용자에게 전송됨으로서 대역폭과 버퍼측면에서 자원의 낭비를 초래할 수 있다[6]. 이러한 문제점을 해결하기 위해 EPD 임계치  $R$ 을 적절히 조절하여 상당부분 성능향상을 가져올 수 있다.

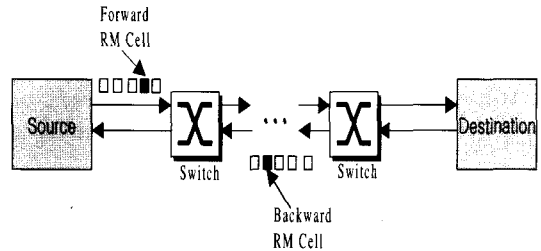
여기서  $N$ 은 현재 버퍼에 저장된 셀의 수를 나타내고,  $R$ 은 스위치 버퍼의 용량  $B$ 의 임계치이다.

본 연구는 UBR 서비스에서 좋은 성능을 가지는 EPD 알고리즘과 기본적인 UBR 서비스를 비교하고 EPD 임계치  $R$ 에 따른 성능을 평가하였다.

## 2.2 ABR 상에서의 성능

ABR 트래픽에서는 망의 상태에 따라 송신측의 전송률을 조절할 수 있고, 이용 가능한 네트워크 자원을 공평하고 효율적으로 사용할 수 있다. RM 셀은 제어 정보에 대한 자세한 사항을 기술하여 송신측으로 전달하고 송신측은 이 정보 셀을 이용하여 현재의 네트워크에서 적합한 셀 전송률을 조정하게 된다. 즉, 송신측은 수신응답이 타임아웃 기간 동안 도달되지 않은 경우와 같은 이진 피드백 방법 (EFCI)이나 RM 셀에 의한 명시적인 방법 (ER)으로 네트워크의 폭주상태에 대한 정보를 얻는다. 송신측이 셀을 전송하기 전에 사용자는 전송량의 특성과 서비스의 요구품질을 명시하고 연결이 설정되었을 때 네트워크는 피드백 정보를 활용하여 셀 손실을 최소로 하면서도 해당 송신측에 대한 원하는 서비스 품질을 보장하도록 한다.

ABR 트래픽 관리 모델을 전송률 기반 종단간 폐쇄 루프(rate-based end-to-end closed loop)라 부른다. 그림 2와 같이 전송률 기반이라 함은 TCP 처럼 크레딧 기반이 아니라 송신측이 정해진 전송률로 데이터를 보낸다는 의미이다. 또한 네트



(그림 2) RM 셀의 경로

워크와 송신측간의 끊임없는 제어 정보 피드백으로 전송률을 관리하며, 송신측으로부터 수신측으로 제어 정보를 보내고 다시 수신측으로부터 송신측으로 보내는 종단간 관리기법이다[5].

지금까지 제안된 대표적인 전송률 기반의 ABR 스위치로는 크게 EFCI (Explicit Forward Congestion Indication)스위치와 ER (Explicit Rate) 스위치로 나눌 수 있다. ER 스위치는 VC (Virtual Channel)간의 링크 전송률의 공평한 몫인 공정성(fairness)을 계산하여 역방향 RM 셀의 ER 필드에 실어 송신측에 알리게 된다. 이렇게 함으로써 송신측은 경로상의 모든 스위치의 허가된 MCR (Minimum Cell Rate) 값을 받게 되고 병목현상을 고려할 수 있게 된다. 이러한 ER 스위치의 구조는 EPRCA (Enhanced Proportional Rate Congestion Avoidance), ERICA (Explicit Rate Indication for congestion Avoidance), CAPC (Congestion Avoidance using Proportional) 등의 구조가 있다[7].

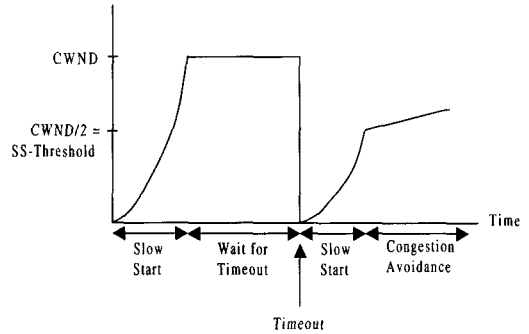
ERICA는 VCshare와 Fair Share를 계산하고 스위치의 로드상태를 나타내는 load factor( $z$ )를 사용한다. 먼저  $z$ 는 Input Rate를 Target Rate로 나눈 값으로 정의되며, 스위치의 Target Rate는 전체 대역폭의 90-95%정도로 높게 설정한다. 스위치가 계산하는 Fair Share는 Target Rate를 활성화된 VC의 수로 나눈다. 마지막으로 VCshare는 현재 셀 전송률 (CCR)을 load factor( $z$ )로 나눈 값으로 표현된다[11]. 이렇게 계산된 값을 역방향 RM셀의 ER 필드에 실어서 송신측에 전달해 폭주를 회피하게 된다.

### 3. TCP 혼잡 제어 방식

TCP 프로토콜은 슬라이딩 윈도우 흐름제어 기법과 재전송 기법을 사용하여 TCP 사용자 사이에서 에러 없이 종단간 데이터를 보증한다. 윈도우 크기는 버퍼 오버플로우로 인한 대역폭 낭비를 제한하는 몇몇 TCP 세션들 사이에서 대역폭을 나누도록 보증하기 때문에 적응적이다. 일반적으로 송신측은 세그먼트를 송신한 후에 수신측으로부터 ACK 없이 연속적인 세그먼트 송신이 가능하다. 그러나 수신측 버퍼용량이 부족할 때 송신측에서는 세그먼트 흐름을 제어하는 흐름제어가 필요하다. 가장 많이 쓰이는 방법은 슬라이딩 윈도우 제어이다. TCP에서는 타이머가 만료될 때까지 양의 ACK가 수신되지 않으면 전송한 세그먼트를 다시 전송하는 재전송방법을 사용한다. TCP 송신측은 최대윈도우 크기만큼의 세그먼트를 ACK 없이 송신할 수 있다. 송신된 세그먼트에는 데이터 세그먼트의 순서번호를 가지고 있다고 가정한다. ACK를 수신한 송신측은 할당받은 크레딧에 따라 ACK 없이 송신할 수 있는 자신의 윈도우를 증가시킨다.

이러한 기본적인 기법을 바탕으로 TCP의 혼잡 제어로서는 Slow Start, 혼잡회피, 빠른 재전송과 회복 (FRR : Fast Retransmission and Recovery) 등의 알고리즘을 사용하고 있다[8].

Slow Start는 그림 3에서처럼 송신측에서 수신측에 연결 요청 수락 후, 초기 데이터를 전송하고 수신측 TCP 컨넥션은 송신측에 ACK를 보내서 수신 성공을 알린다. 이때 송신측은 RTT (Round Trip Time)를 계산하고, RTT를 기본으로 RTO (Retransmission Timeout)를 계산한다. 타이머가 만료 될 때까지 ACK 신호를 받지 않으면 세그먼트 손실로 간주하고 전송한 세그먼트부터 다시 전송하는 재전송 방법을 사용한다. 또한 에러가 발생되지 않을 경우에는 최대 윈도우 크기만큼의 세그먼트를 ACK 없이 송신할 수 있다. Slow



(그림 3) 시간변화에 따른 TCP CWND

Start 동안에는 매 ACK에 대해서 폭주 윈도우 (CWND : Congestion Window)의 크기를 하나씩 증가시키며, 폭주 윈도우의 크기 증가는 SS-threshold (Slow Start-threshold)에 이르거나 세그먼트의 손실이 감지될 때까지 계속된다. 이러한 방식으로 망에서 윈도우의 크기를 동적으로 조정하여 혼잡을 회피하는데, 혼잡 시나 전송한 세그먼트에 대한 타이머가 만료되면 현재 윈도우 크기의 반(CWND/2)을 SS-threshold로 설정하고 CWND의 크기를 1로 설정하고 Slow Start 과정을 CWND가 SS-threshold 이거나 세그먼트의 손실이 감지될 때까지 계속 증가하게 된다. 또한 폭주윈도우의 크기가 SS-threshold와 같아지거나 커지면 혼잡회피 단계로 들어가는 데, 현재의 폭주 윈도우의 크기를  $a$ 로 가정하면 매 ACK마다  $1/a$  만큼의 폭주 윈도우가 증가하게 된다. 이는 폭주윈도우크기에 도달하거나 세그먼트의 손실이 감지될 때까지 진행시킨다[2].

빠른 재전송은 수신측에 순차번호에 맞지 않는 세그먼트가 수신되면 잘못 수신된 세그먼트 순차번호를 ACK에 실어 송신하여 올바른 순차번호를 갖는 세그먼트가 수신될 때까지 계속 보낸다.

그러면 송신측은 중복된 ACK가  $n$ 개 이상 수신되면 손실로 간주하여 재전송 한다. 이것은 재전송 타이머가 만료될 때까지 기다려야 하는 시간을 줄이는 방법이다. 빠른 회복은 세그먼트의 손실 시 폭주윈도우의  $1/2$ 을 SS-threshold로 설정하고 곧바로 혼잡회피 단계로 들어가는 방법으로써

Slow Start 단계를 제거하는 방법이다[9].

#### 4. 시뮬레이션 환경

본 장은 시뮬레이션 망 모델과 파라미터에 대해 설명한다. C++로 작성된 YATS ATM 네트워크 시뮬레이션 도구[3]를 사용하여 시뮬레이션 하였다.

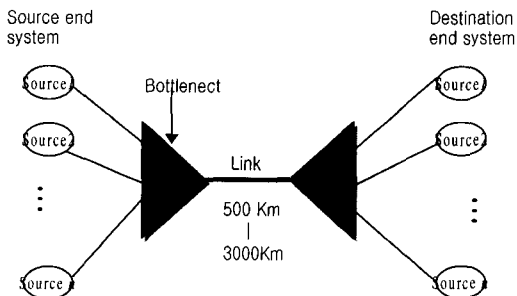
##### 4.1 시뮬레이션 모델

UBR과 ABR 서비스 상에서 TCP의 성능 분석을 위해 그림 4와 같은 하나의 병목 구간을 가지는 peer-to-peer 모델을 설정하였다. 전송방향은 단방향 트래픽으로만 데이터를 전송하게 하는 모델이다[11][12].

링크 속도는 155 Mbps이고, 스위치간 거리는 500 Km에서 3000 Km까지 변화시켜서 시뮬레이션 하였다. TCP 컨넥션의 수는 1에서 최대  $n$ 까지로 하였고, 각 TCP 컨넥션과 스위치 사이의 전송 거리는  $n \times 0.56$  Km로 설정하였다.

표 1에서와 같이 컨넥션 수가 50에서 높은 처리율과 공정성을 보여주기 때문에 이후 실험부터는 TCP 컨넥션 수를 50로 제한하였다.

스위치 방식으로는 ER을 적용해서 ABR 상에서의 TCP 성능을 MTU 크기를 변화시켜 분석하였고, UBR 상에서의 TCP 성능 분석을 위해서는 UBR 그 자체와 UBR+EPD 알고리즘을 사용하여



(그림 4) 시뮬레이션 모델

(표 1) VC 수에 따른 처리율과 공정성

VC수	UBR		UBR+EPD		ERICA	
	처리율	공정성	처리율	공정성	처리율	공정성
10	66.9	87.8	86.5	86.3	119.2	100.0
20	88.1	65.0	106.9	81.8	119.4	100.0
30	98.4	63.2	106.9	74.4	119.5	100.0
40	96.5	64.9	126.2	71.0	119.7	100.0
50	97.6	68.7	127.2	67.4	119.9	100.0
60	91.1	69.0	116.3	61.0	120.1	100.0
70	94.3	68.2	129.3	61.5	120.1	100.0

\* 처리율; Mbps, 공정성; 백분율

빠른 재전송과 회복을 적용하고, UBR+EPD의 스위치 파라미터인  $R$ 값의 변화에 따른 성능을 나타내었다. 또한 송신측의 TCP 애플리케이션은 고정 프레임 길이를 가지면서 지속적으로 프레임을 전송하였다.

##### 4.2 시뮬레이션 파라미터

각 ABR, UBR, TCP 컨넥션, 스위치, 링크의 기본 파라미터 설정은 그림 5와 같이 나타내었다.

본 논문에서 TCP의 파라미터를 조정하여 ATM 상에서의 TCP 성능개선을 도모하였다. 다시 말해

**TCP**  
 평균 패킷 처리 = 300  $\mu$ s  
 송신/수신 버퍼 크기 = 64000 바이트  
 최소 RTO = 100 msec

**Link**  
 속도 = 155Mbps  
 스위치와 종단시스템 거리 =  $n \times 0.56$  Km  
 ( $n$ : VC의 수)

**ABR end system**  
 PCR(Peak Cell rate) = 150 Mbps  
 Nrm = 32, MCR = 0  
 MCR(minimum cell rate) = 0 Mbps

**UBR Switch**  
 출력 버퍼 크기 = 4096 cells  
 EPD Threshold = 3500 cells

(그림 5) 시뮬레이션 파라미터

서, 정의된 파라미터 값으로써 성능 개선을 위해 MTU 크기의 조정 및 빠른 재전송과 회복을 사용하였다. 또한 UBR 서비스 상의 성능 개선을 위해서 UBR+EPD 스위치의 파라미터인  $R$ 을 조절함으로써 성능의 변화를 고찰하였다.

링크 대역폭이 155 Mbps이고, 세그먼트 크기가 2000 바이트 일 때의 처리율은 다음과 같다.

- + 20 bytes of TCP header
- + 20 bytes of IP header
- + 8 bytes of LLC header
- + 8 bytes of AAL5 trailer

따라서  $42 \times 48 < 2000 < 43 \times 48$ 로 43개의 cell 이 만들어지고, ATM 층에서는 헤더 5바이트가 더해져 53 바이트의 셀이 43개로 2279 바이트가 된다. 결과적으로, 최대 이용 가능한 처리율은 2000 바이트가 실제 전송을 위해서는 2279 바이트가 되므로 0.87 퍼센트만이 전송 가능하게 된다. 마지막으로 공정성은 서로 다른 VC 간 대역폭 할당에 있어서 공평하게 할당받았는가를 평가하는 기준으로 다음 식과 같이 주어진다.

$$Fairness = \frac{(\sum x_i)^2}{n \times (\sum x_i^2)}$$

여기서,  $x_i = T_i / O_i$ 로  $T_i$  ( $i=1 \dots n$ )는 각 VC마다 성공적으로 도착된 패킷의 측정된 처리값으로 단위 시간당 전송 받은 양을 바이트로 계산하였고,  $O_i$  ( $i=1 \dots n$ )는 최대-최소의 최적 처리율이고,  $n$ 은 전체 VC의 수이다. 공정성의 기준값을 1로 설정하였는데, 공정성의 의미는 각 TCP 컨텍션 간의 대역폭을 공평하게 할당받았는가를 평가한다[4].

표 2는 거리의 변화에 따른 처리율과 공정성의 변화를 보여 주고 있고, 특히 UBR+EPD는 표 1에서 VC 수가 증가함에 따라 높은 처리율을 보였지만, 거리가 멀어짐에 따라서는 낮은 처리율을

(표 2) 거리에 따른 처리율과 공정성

거리(Km)	UBR		UBR+EPD		ERICA	
	처리율	공정성	처리율	공정성	처리율	공정성
500	92.0	65.0	118.8	67.7	120.3	100.0
1000	88.7	70.7	108.9	73.8	119.3	100.0
1500	85.3	57.2	107.3	74.4	118.9	100.0
2000	83.9	57.2	105.1	81.3	118.5	100.0
2500	83.2	62.6	104.9	81.1	118.1	100.0
3000	65.0	56.5	102.4	78.6	117.7	100.0

\* 처리율; Mbps, 공정성; 백분율

나타냈었다. 이는 UBR+EPD가 노드 수 보다 거리의 변화에 더 민감한 것을 알 수 있다.

UBR은 스위치의 버퍼 크기와 TCP 혼잡 제어 방식에 의존하기 때문에 거리가 멀수록 망에 잘 대처하지 못해 낮은 처리율을 보이고 있다.

ER은 피드백 되어온 정보에 의해 전송률을 조정한다. RM 셀 필드의 계산된 ER 값에 의한 각 대역폭을 할당받기 때문에 거리가 멀어도 일정하게 높은 처리율을 나타낸다.

처리율이 높다고 해서 거리마다 충분히 자기 전송량 만큼 전송했다고 볼 수는 없다. 표 2에서 거리의 변화에 따른 공정성 평가를 나타내고 있는데, 공정성 평가에서 ER이 거리에 따라서도 대역폭을 공평하게 할당받음을 알 수 있다. UBR이 매우 낮은 결과가 나온 이유로는 UBR은 버퍼 크기의 오버플로우와 TCP 흐름 제어방식에 의존하기 때문이다.

그리고, UBR+EPD는 비교적 높은 처리율을 가지는 반면 낮은 공정성을 보여주고 있다.

## 5. 개선 방안

본 장에서는 4장의 결과 분석에 나타난 문제점과 비교 분석 결과를 가지고, ER 방식에서의 성능 개선 방안으로 TCP 파라미터인 MTU에 따른 영향을 관찰하고 높은 성능을 가져오는 MTU 크기를 결정 할 수 있다. 그리고 UBR과 UBR+EPD

는 버퍼 크기와 EPD 임계치에 영향을 받으므로, 본 연구에서는 TCP의 여러 파라미터 중 빠른 재전송과 회복을 ON시켜 TCP 계층의 효율적인 제어에 따른 개선을 도모하고, UBR+EPD 스위치의 임계치 파라미터인  $R$ 을 변화시켜 처리율과 공정성이 향상됨을 알 수 있었다. 모든 거리의 변화 상태에서가 아니라 표 2에서와 같이 처리율과 공정성이 최상인 경우를 모델로 설정하여 거리와 MTU에 따른 개선 방안을 나타내었다.

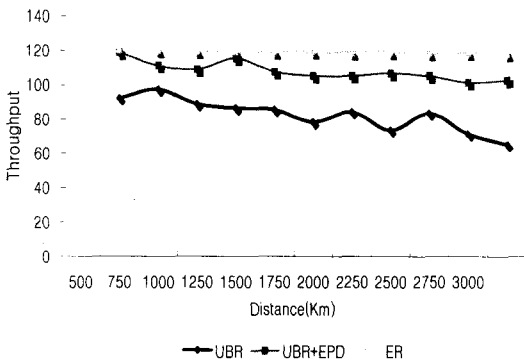
### 5.1 UBR 상에서의 개선 방안

그림 6과 그림 7은 FRR의 ON/OFF에 따른 처리율을 나타낸 것으로 FRR을 ON 했을 때 처리율이 높은 것을 볼 수 있다. 특히 UBR+EPD가 2000 Km 이하의 구간에서 ER 스위치 보다 높은

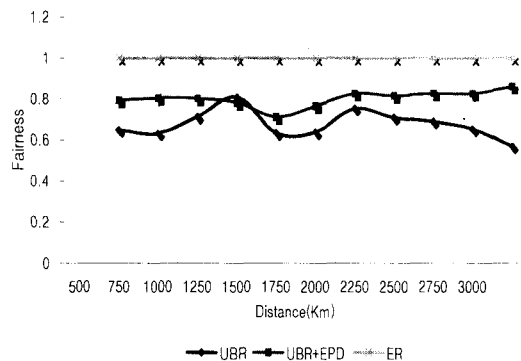
처리율을 보인다. 이는 TCP층에서 혼잡 발생 시 타임아웃 때까지 기다리지 않고 잘못된 패킷을 재전송하는 기법이 UBR의 셀 손실을 막는데 도움이 되는 것을 알 수 있다.

그림 8과 그림 9에서는 FRR을 ON/OFF 했을 때의 공정성을 나타낸 것으로 ON 경우와 OFF 경우를 비교해서 처리율의 값이 크게 다르지 않지만 거리에 따라 비교적 안정적임을 확인 할 수 있었다.

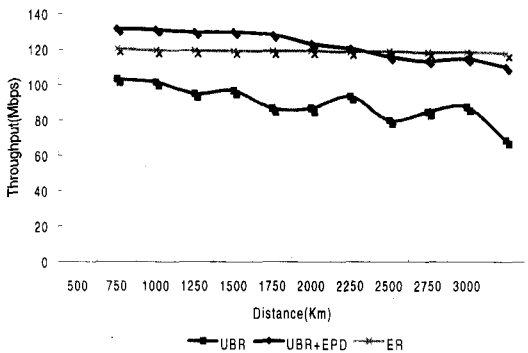
UBR+EPD 스위치의 임계치 파라미터인  $R$ 은 UBR 서비스에서의 TCP 성능에 큰 영향을 미침을 그림 10과 그림 11에서 확인 할 수 있다. 다시 말해 UBR 스위치 버퍼 크기가 4096 바이트 일 때 EPD 임계치 파라미터인  $R$ 의 변화에 따른 성능을 처리율과 공정성으로 나타내었다. 여기서,  $R$ 이 0.8과 0.9에서 처리율과 공정성이 가장 좋게



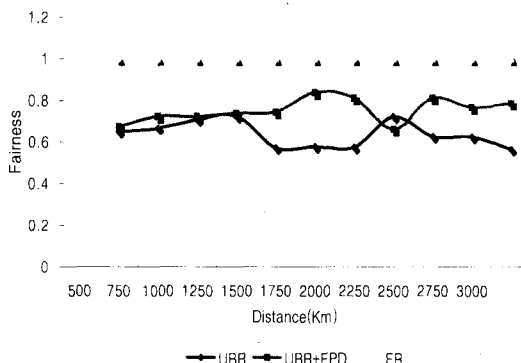
(그림 6) 거리에 따른 처리율(FRR : OFF)



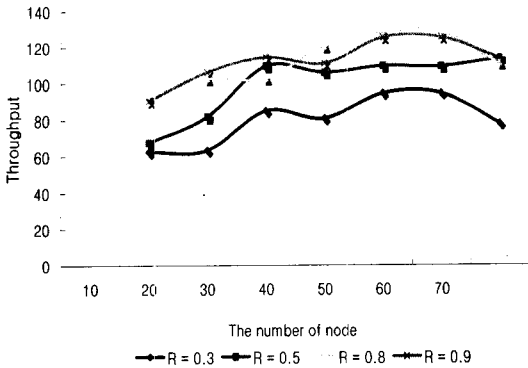
(그림 8) 거리에 따른 공정성(FRR : ON)



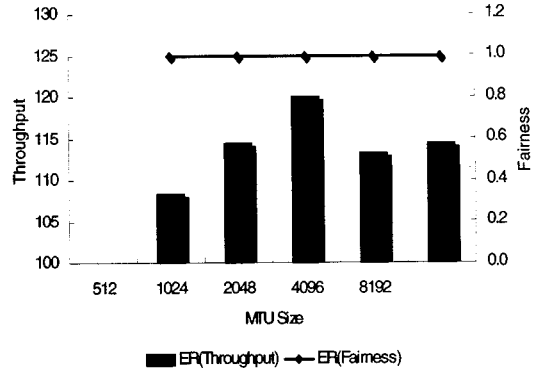
(그림 7) 거리에 따른 처리율(FRR : ON)



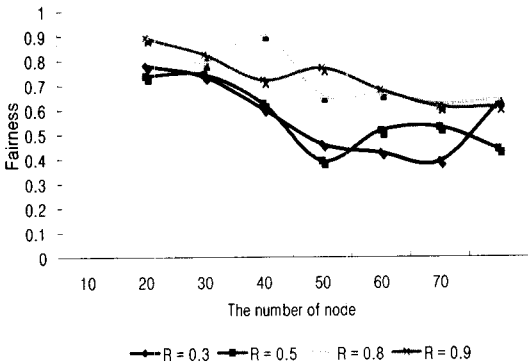
(그림 9) 거리에 따른 공정성(FRR : OFF)



(그림 10) EPD 임계치 R의 변화에 따른 처리율



(그림 12) MTU에 따른 ER 스위치 방식의 처리율



(그림 11) EPD 임계치 R의 변화에 따른 공정성

나타남을 볼 수 있다. 이는 EPD 임계치를 높게 설정한다는 것은 급변하는 네트워크 상황에 보다 빨리 반응할 수 있어 전체적인 성능향상을 가져올 수 있음을 의미한다.

## 5.2 ABR 상에서의 개선 방안

TCP의 주요 파라미터인 MTU 크기를 조절함으로써 ABR 상에서의 TCP의 성능개선에 도움이 된다. 그림 12와 같이 ER 방식에서는 MTU의 크기가 2048 바이트에서 가장 높은 처리율을 보이고, 공정성에는 영향을 미치지 못함을 알 수 있다. 일반적으로 ABR 전송률기반 흐름제어에 의한 ER은 전송량을 할당받아 ACR을 조절하는 것으로 알려져 있지만, TCP 층의 MTU 크기 조절이

ABR의 성능향상에 영향을 미침을 알 수 있다.

## 6. 결 론

ATM 네트워크를 기반으로 하는 인터넷 프로토콜에서는 ATM 층에서 하나의 셀 손실이 전체 패킷 손실을 초래하여 TCP의 성능이 저하된다.

따라서, TCP의 성능 향상을 위해 본 논문에서는, 시뮬레이션의 결과를 통해, 제안한 방안이 ATM 상에서의 TCP 성능이 노드 수뿐만 아니라 거리에 도 영향을 미침을 알 수 있었으며, UBR 상에서는 TCP 층의 파라미터인 빠른 재전송과 회복 (FRR) 및 EPD 스위치 파라미터인 R의 조절이 UBR 상의 TCP 성능을 개선하는 데 중요한 요인이 되며, ABR 상에서는 TCP 파라미터인 MTU 크기의 조절에 따라 성능이 향상됨을 확인하였다. 또한 ABR/UBR 서비스 상에서 TCP 성능은 TCP 파라미터의 효과적인 설정과 UBR+EPD 스위치 파라미터의 설정 또한 성능향상을 가져옴을 알 수 있었다.

향후 연구방향은 본 논문의 결과를 바탕으로 다른 TCP 흐름제어 메커니즘을 시뮬레이터에 적용하여 ATM 네트워크 상에 있어서 보다 나은 TCP 성능 향상을 도모하는 연구가 수행되어야 할 것이다.



## 감사의 글

저자는 그간 이 논문이 완성되기까지 여러 참고 문헌 수집과 도움되는 의견을 주신 한국통신 통신망 연구소의 정기태 실장님과 이훈 박사님의 호의에 심심한 감사의 뜻을 포함한다.

## 참고 문헌

- [1] ATM Forum, ATM Traffic Management Specification Version 4.0, Apr. 1996.
- [2] V. Jacobson, "Congestion Avoidance and Control," Proceedings of the SIGCOMM'88 Symposium, pp. 314~332, August. 1988.
- [3] YATS simulation for ATM Networks, Dresden University Technology, 1997.
- [4] Rohit Goyal, Raj Jain, Shiv Kalyanarman, Sonia Fahmy, Bobby Vandalore, "Improving the performance of TCP over the ATM-UBR service," Computer Communications 21, pp. 898~911, 1998.
- [5] Sufian YOUSEF and Caroline STRANGE "TCP/IP over Challenges in Enterprise Network integration," IEEE International Conference on ATM, ICATM '98, pp. 447~453, 1998.
- [6] Hong-Yi Tzeng, KaiYeung Siu, "Performance of TCP over UBR in ATM with EPD and virtual queuing techniques," Computer Communications 21, pp. 1070~1079, 1998.
- [7] D.B. Hong, Z. Wang, "Performance of TCP application over ATM networks with ABR and UBR services a simulation analysis," Computer Communications 23, pp. 802~815, 2000.
- [8] Miguel A, Labrador, and Sujata Banerjee, "Packet Dropping polices for ATM and IP networks," IEEE Communications, Vo. 1, 2 No. 3, 1999.
- [9] Masatoshi Kawarasaki, Mika Ishizuka and Arata Koike, "Dynamics of TCP flow control over High-Speed ATM Networks," IEEE, Vol. 1, pp. 606~611, 1998.
- [10] O. Elloumi, H. Afifi, "RED Algorithm in ATM Networks," IEEE ATM '97 Workshop, pp. 312~319, July 1997.
- [11] S. Kalyanaraman, Raj Jain, Sonia Fahmy, Rohit Goyal, "Performance and Buffering Requirements of Internet Protocols over ATM ABR and UBR Services," IEEE Communications Magazine, pp. 152~157, June 1998.
- [12] Myong-Hee Kim, Dong-Cheol Yuk, Dong-Ryel Ryu, Seung-Seob Park, "The performance evaluation of Internet protocol with data traffic over ATM network," EALIT2000, pp. 262~268, August 2000.
- [13] 김명희, 오정순, 박봉주, 박승섭, "ATM 망에서 ABR/UBR 서비스상의 TCP 성능에 대한 평가," 제 13회 한국 정보처리 학회 춘계 학술대회, No. 37, 2000년 4월.

◎ 저자 소개 ◎



**김 명 회**

1999년 동서대학교 정보통신공학전공(공학사)  
1999년~현재 부경대학교 대학원 전자계산학전공 재학중  
관심분야 : 초고속통신망, 멀티미디어통신, ATM교환시스템  
E-mail : mh02@unicorn.pknu.ac.kr



**박 승 섭**

1975년~1982년 경북대학교 공과대학 전자계산전공(공학사)  
1984년 일본 일본대학 이공학연구과(공학석사)  
1993년 일본 동북대학(Tohoku Univ.)(공학박사)  
1984년~1986년 한국통신 연구원  
1989년~1990년 일본동북대학 객원 교수  
1988년 Philippine Ateneo de davao university, visiting prof  
1986년~현재 부경대학교 컴퓨터멀티미디어 공학부 교수  
1999년~2000년 2월 부경대학교 컴퓨터멀티미디어 공학부장  
관심분야 : 초고속통신망, 멀티미디어통신, ATM교환시스템, 무선 ATM망  
E-mail : parkss@dolphin.pknu.ac.kr