

UBR 서비스 상에서의 TCP 트래픽 성능평가

오정순^{*}, 김명희^{*}, 박승섭^{*}

^{*}부경대학교 전자계산학과

^{**}부경대학교 전산교육학과

The Evaluation performance of TCP over UBR service

Jung-Sun Oh^{*}, Myong-Hee Kim^{*}, Seung-Seob Park^{*}

^{*}Dept of Computer Science, PuKyong University

^{**}Dept of Computer Science Education, PuKyong University

요 약

ATM 네트워크 기술은 초고속 인터넷의 멀티미디어 서비스의 통합을 해결하기 위한 기술로 널리 사용되고 있다. ATM 망에서 UBR 서비스는 데이터 트래픽 어플리케이션을 지원하기 위해 설계되었다. 그러나 UBR 서비스는 명백한 제어 메커니즘이 없어 셀 폐기와 재전송의 위협이 크다.

본 논문에서는 UBR 스위치 버퍼 정책으로 EPD를 효과적으로 적용시키기 위해 UBR 스위치 파라미터를 조정하고, TCP 종단 시스템 정책으로 빠른 재전송과 회복(FRR)을 도입하여 LAN과 WAN 환경에서 시뮬레이션을 통해 성능평가 하였다.

1. 서론

차세대 종합정보통신망의 핵심기술로서 활발히 연구되고 있는 ATM (Asynchronous Transfer Mode) 전송방식은 고속 광 대역 정보를 효과적으로 전송할 수 있으며 화상회의 서비스 등과 같은 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있다.

ATM Forum TM(Traffic Management) 4.0에서는 ATM 트래픽을 CBR(Constant Bit Rate), rt-VBR (real-time Variable Bit Rate), nrt-VBR (not real-time Variable Bit Rate), ABR (Available Bit Rate), UBR (Unspecified Bit Rate)의 5가지 종류의 서비스로 정의하고 있다[1].

TCP 프로토콜은 오늘날의 인터넷과 사설망에 널리 사용되고 있으며 UBR 서비스 범주를 이용하여 또한 쉽게 적용시킬 수도 있다. UBR 서비스는 CBR, VBR, ABR 서비스가 사용하고 남은 대역폭을 사용하는 셀 지연에 민감하지 않는 데이터 트래픽을 전송하는데 유리하며 특히 ATM 망에서 제공하는 UBR 서비스는 명백한 혼잡 제어 메커니즘이 없다. 그러나 UBR 서

비스는 상위 레벨에서의 데이터 손실회복과 재전송 기법을 가지고 있는 TCP 프로토콜의 흐름제어 기법에 의존한다. ATM 망에서 UBR 스위치는 버퍼가 차면 셀을 폐기시켜 혼잡에 반응하므로 UBR 서비스 상에서 운영되는 TCP 컨넥션은 낮은 처리율과 공정성을 경험할 수 있다. 그러나 스위치 폐기 정책과 종단 시스템 정책으로 제한된 버퍼를 갖는 UBR 상에서의 TCP 성능을 향상시킬 수 있다.

본 논문에서는 셀 폐기 정책에서 EPD (Early Packet Discard)의 효과와 LAN, WAN 환경에서 TCP 종단 시스템의 혼잡 제어 정책에 대한 영향을 성능 평가 하였다.

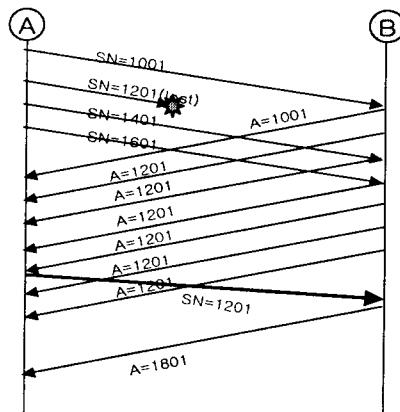
본 논문은 1장 서론에 이어 2장에서는 TCP 흐름제어 기법과 3장은 ATM 망의 UBR 서비스에 대해 기술하고, 4장은 시뮬레이션 환경 및 분석에 대해 설명하며, 마지막으로 5장에서는 결론을 나타내었다.

2. TCP 혼잡제어 방식

TCP 프로토콜은 슬라이딩 윈도우 흐름제어 기법과

재전송 기법을 사용하여 TCP 사용자 사이에서 에러 없이 종단간 데이터를 보증한다. 송신측은 세그먼트를 송신한 후에 수신측으로부터 ACK 없이 연속적인 세그먼트 송신이 가능하다. 그러나 수신측 버퍼용량이 부족할 때는 송신측에서의 세그먼트 흐름을 제어하는 흐름제어가 필요하다. TCP에서는 타이머가 만료될 때까지 양의 ACK가 수신되지 않으면 전송한 세그먼트를 다시 전송하는 재전송방법을 사용한다. TCP 송신측은 최대로 윈도우 크기만큼의 세그먼트를 ACK 없이 송신할 수 있다. 송신된 세그먼트에는 데이터 세그먼트의 순서번호를 가지고 있다고 가정한다. ACK를 수신한 송신측은 할당받은 크레딧에 따라서 ACK 없이 송신할 수 있는 자신의 윈도우를 증가시킨다[2].

이러한 기본적인 기법을 바탕으로 TCP의 혼잡제어로서는 slow start, 혼잡회피 (congestion avoidance), 빠른 재전송(fast retransmission), 그리고 빠른 복구(fast recovery) 등의 4가지 알고리즘을 사용한다[7].



(그림 1) Fast Retransmission 동작

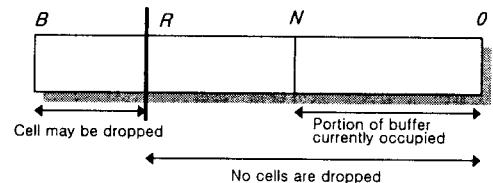
이중에서 빠른 재전송은 (그림 1)에서처럼 수신원에 순차번호에 맞지 않는 세그먼트가 수신되면 잘못 수신된 세그먼트 순차번호를 ACK에 실어 송신하여 올바른 순차번호를 갖는 세그먼트가 수신될 때까지 계속 보낸다. 그러면 송신원은 중복된 ACK가 n개 이상 수신되면 손실로 간주하여 재전송 한다. 이것은 재전송 타이머가 만료될 때까지 기다려야 하는 시간을 줄이는 방법이다[6].

3. ATM 층의 UBR 서비스

UBR 서비스는 여러 가지 서비스에서 경제적인 반면에 우선 순위가 낮은 서비스이며 CBR, VBR, ABR 서비스가 사용하고 남은 대역폭을 사용하는 지역에 민감하지 않는 트래픽을 전송하는데 유리한 서비스이다. 이 제어를 위해 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[4][8].

EPD는 버퍼에 임계치를 두어 이 임계치를 넘는 패킷의 첫 번째 셀이 있으면 그 첫 번째 셀과 같은 가상채널 식별자를 가지는 패킷 전부를 폐기하는 방법이다. 버퍼 오버플로우로 야기되는 패킷의 손실을 방지하여 불필요한 재전송과 대역폭 낭비를 막는다. 그러나 버퍼 오버플로우가 발생되면 미처 폐기되지 않은 손상된 패킷의 앞부분이 종단 사용자에게 전송됨으로서 대역폭과 버퍼측면에서 자원의 낭비를 초래 할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 EPD 임계치 R 을 적절히 조절하여 상당부분 성능향상을 가져올 수 있다[4].

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



(그림 2) EPD를 적용한 ATM 스위치 버퍼

4. 시뮬레이션 환경 및 분석

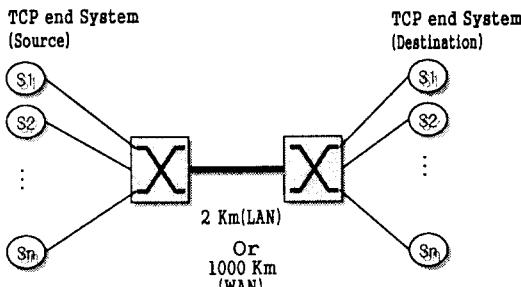
본 장에서는 시뮬레이션 모델과 성능평가를 정의하고, 시뮬레이션 파라미터 설정값을 기술한다. 그리고 시뮬레이션 도구로써는 C++로 작성되어진 YATS ATM 시뮬레이션 도구[3]를 사용해서 시뮬레이션 하였다.

4.1. 시뮬레이션 환경

UBR 서비스 상에서 TCP의 성능 분석을 위해 (그림 3)와 같은 하나의 병목 구간을 가지는 peer-to-peer이며 전송방향은 단방향 트래픽으로만 데이터를 전송하게 하는 모델이다. 링크 속도는 155 Mbps이고,

스위치간 링크 길이는 LAN(2 Km)과 WAN(1000 Km) 환경에서 시뮬레이션 하였다.

TCP 커넥션의 수도 가변적으로 최대 n 만큼 가변적으로 설정하였다.



(그림 3) 시뮬레이션 모델

스위치 방식으로는 EPD 알고리즘의 효과적인 스위치 버퍼 관리 정책을 성능평가하고 TCP 종단 시스템 정책인 FRR을 적용하여 TCP 성능 개선을 도모하였다. (그림 4)에서 시뮬레이션 파라미터 설정값을 나타내었다.

ATM 상에서의 TCP 성능평가는 처리율, 공정성에 의해 정의된다. 여기서 TCP 처리율은 목적지 TCP 층에서 측정되고, 목적지 애플리케이션으로 전달된 총 바이트 수로 정의되며, 이 값은 전체 시뮬레이션 시간(300 ms)으로 나눈 값이다.

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

그래서 $42*48 < 2000 < 43*48$ 로 43개의 cell이 만들어지고, ATM 층에서는 헤더 5 바이트가 더해져 $43*53 = 2279$ 바이트가 생긴다. 결과적으로, 최대 이용 가능한 처리율은 $2000 \div 2279 = 0.87$ 로 130.5 Mbps가 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 VC

마다 성공적으로 도착된 패킷의 측정된 처리값으로 단위시간당 전송받은 양을 바이트로 계산하였고, O_i ($i = 1, \dots, n$)는 최대-최소의 최적 처리율이고, n 은 전체 VC의 수이다[4].

여기에서 공정성의 기준값을 1로 설정하였는데, 공정성의 의미는 각 TCP 커넥션 간의 대역폭을 공평하게 할당받았는가를 평가한다.

Component	Parameter	Value
TCP application	Data Frame	4 Kbytes
TCP	Mean Packet Processing	300 us
	Maximum segment size	2 Kbytes
	Default timeout	500 msec
	Minimum RTO	100 msec
	Maximum receiver window size	64 Kbyte
Link	speed	150 Mbps
	between Switch and end system	$n * 0.56$ km (n: no. of VC)
UBR switch	Output Buffer Size	4096 cells
	linear scale factor Z	0.8

(그림 4) 시뮬레이션 파라미터 설정값

4.2 성능 평가

<표 1>에서는 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 나타났다. 다시 말해, EPD 임계치를 높게 설정한다는 것은 급변하는 네트워크에 상황에 보다 빨리 반응할 수 있어 전체적인 성능향상을 가져 올 수 있다.

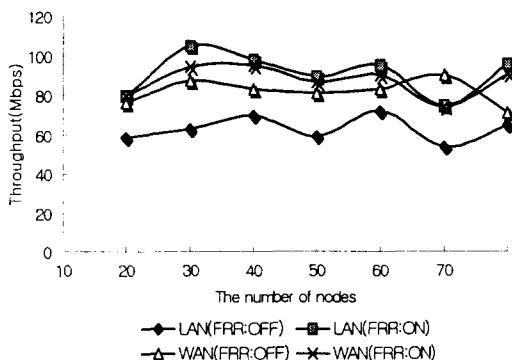
<표 1> VC 수에 따른 처리율과 공정성

임계치	$R=0.3$		$R=0.5$		$R=0.8$		$R=0.9$	
	VC 수	처리율	공정성	처리율	공정성	처리율	공정성	처리율
10	62.5	77.9	67.5	73.7	93.1	90.0	90.6	89.2
20	63.4	73.5	81.8	74.3	102.7	79.2	106.3	82.4
30	85.0	60.4	109.6	62.5	102.8	71.1	114.4	72.0
40	80.8	46.1	106.1	13.2	120.3	65.9	111.0	77.0
50	94.5	42.6	109.6	51.5	127.7	66.6	125.1	68.1
60	94.5	39.0	109.2	52.9	127.7	62.3	125.1	61.1
70	77.8	62.3	113.6	44.0	110.7	64.3	113.7	61.1

* 처리율: Mbps, 공정성: 백분율

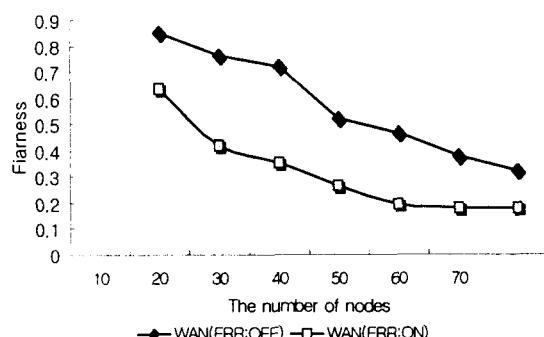
TCP 종단 시스템의 파라미터 중 빠른 재전송과 회

복(FRR)의 영향을 받는다. (그림 5)는 LAN과 WAN 환경에서 FRR을 ON/OFF 했을 때 처리율을 나타내었다. 다시 말해 LAN 환경에서 FRR은 성능향상을 가져오지만 WAN 환경에서 FRR은 약간의 성능향상 만을 보였다. 이는 TCP 층에서 혼잡 발생 시 타임아웃 때까지 기다리지 않고 잘못된 패킷을 재전송 하는 기법이 거리가 스위치간 거리가 가까운 LAN 환경에서 UBR의 셀 손실을 막는데 도움이 되지만 상대적으로 거리가 먼 WAN 환경에서는 성능 향상을 기대하기 어렵다.



(그림 5) LAN과 WAN 환경에서 노드 수에 따른 처리율

공정성 면에서도 WAN 환경에서 FRR을 ON 했을 때 공정성이 급격히 감소하는 것을 (그림 6)을 통해 확인 할 수 있다. 이는 스위치간 거리가 멀수록 손상된 패킷의 빠른 재전송이 네트워크의 혼잡을 더욱 가중시키는 결과를 낳을 수 있다는 것을 알 수 있다.



(그림 6) WAN에서 노드 수에 따른 공정성

5. 결론

본 논문에서는 시뮬레이션의 결과를 통해 UBR 상

에서의 TCP 성능이 노드 수에 따라서도 좌우됨을 확인하였고, UBR 서비스 상에서의 개선된 성능을 위해 버퍼관리 정책으로 EPD 알고리즘은 임계치 파라미터인 R 의 조정이 중요한 요소인 것을 알 수 있었다.

또한 TCP 종단 시스템 정책으로는 빠른 재전송과 회복(FRR)을 사용할 수 있는데 LAN 환경에서 효과적인 성능을 나타내지만 WAN 환경에서는 공정성 면에서 성능저하를 가져온다 것을 확인 할 수 있었다.

참고문헌

- [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. 1998.
- [3] YATS simulation for ATM Networks, Dresden University Technology, 1997.
- [4] R. Goyal, et al., "UBR+: Improving Performance and modelling and analysis volume 3", 1st ED., Chapman & Hall, 1997.
- [5] Sufian YOUSEF and Caroline STRANGE "TCP/IP over Challenges in Enterprise Network integration", IEEE International Conference on ATM , ICATM'98, 1998, pp. 447-453.
- [6] Rohit Goyal, Raj Jain, Shiv Kalyanaraman, Sonia Fahmy, Bobby Vandalore, "Improving the performance of TCP over the ATM-UBR service", Computer Communications, V.21 N.10, 1998.
- [7] Masatoshi Kawarasaki, Mika Ishizuka and Arata Koike, "Dynamics of TCP flow control over High-Speed ATM Networks", IEEE, 1998.
- [8] 전홍진 외 3인, "ATM의 UBR과 ABR상에서 TCP 성능 개선에 관한 연구", '99 한국 정보처리 학회 춘계 학술논문집, 6권 2호, pp. COMM 242-249, 1999년 11월