

## ATM LAN에서 적응적 폭주제어 방식에 관한 연구

이우승\*, 문규춘\*, 김 훈\*, 박광채\*\*

\* 조선대학교 대학원 전자공학과

\*\* 조선대학교 전자정보통신공학부

광주광역시 동구 서석동 375번지

### A Study on the Adaptive Congestion Control Schemes in ATM LANs

Woo Seung Lee\*, Kyu Choon Moon\*, Hoon Kim\*, Kwang Chae Park\*\*

\* Dept. of Electronics Eng., Graduate School of Chosun Univ.

\*\* School of Electronics, Information and Communications Eng. Chosun Univ.

375 Seoseck-dong, Dong-gu, Kwangju 501-759, Korea

E-mail : kh@candclab.chosun.ac.kr

#### Abstract

In this paper, new congestion control schemes using the adaptive rate control for ATM LANs are presented. If is preferable for hosts in LANs to be able to send bursts at the same speed as the interface link speed in a lightly loaded condition, and as the network load increases, to reduce their traffic rate adaptively in order to avoid network congestion. We propose to apply such a rate control concept for two different traffic classed in the ATM LANs. For the first traffic class requiring no bandwidth reservation, i.e, a best effort service class, a combination of the end-to-end adaptive peak rate control with the link-by-link backpressure control is proposed. For the second traffic class, requiring the bandwidth reservation for the burst transmission, i.e, a guaranteed burst service class, a combination of the adaptive peak rate control with the fast bandwidth reservation is proposed.

#### I. 서 론

LAN상에서 고속 멀티미디어 응용이 빠른 속도로 증가함에 따라 대용량 대역폭과 다양한 QoS 제어에 대한 제공때문에 ATM LAN에 대한 관심이 증가하게 되었다. 기존에 존재하는 이더넷이나 FDDI 등 공유매체형 LAN들과 비교하여 ATM LAN은 각 개인의 터미널에 대하여 커다란 대역폭을 제공하는데 적합한 스

타형(star)이나 메쉬형(mesh) 토폴로지로 구성되어 있다. 그림 1은 ATM LAN 구성을 보여주고 있다. 터미널들은 스타 토폴로지에서 로컬 스위치에 연결되어 있으며, 로컬 스위치들은 백본 스위치들로 메쉬형 토폴로지나 이중 스타형 토폴로지로 상호 연결되어 있다. 이러한 네트워크 토폴로지에서 네트워크 용량은 스위치의 용량에 의하여 결정되어지며, 스위치의 용량은 각 터미널들이 100 Mbps로 링크 접속속도를 요구할 경우, 현재 ATM 스위치에서 수행되어지는 수 Gbps의 용량을 가질 수 있다.

많은 소스 트래픽 파라미터들을 필요로 하지 않는 ATM 네트워크를 위해 제안된 반응적 폭주제어 방식은 ECN(Explicit Congestion Notification) 방식과 링크간 BP 제어 방식이 있다.<sup>[1-4]</sup> 적응적 전송률 제어와 결합된 ECN은 네트워크의 상태에 따라서 허용될 수 있는 트래픽의 양을 조절하는 피드백 제어의 종류이다. 이러한 제어 방법들이 폭주상태가 심하지 않은 경우에 효율적이라도 두 방식은 네트워크가 과부하 상태일 경우 처리율 감소나 불공정성 문제가 남아 있다. BP 제어와 FRP같은 폭주제어 방식들을 결합한 적응적 전송률 제어 개념을 적용하는 것을 제안한다.<sup>[5-6]</sup>

그림 1에서와 같이 혼잡이 발생하면 각각의 소스 터미널들이 인지하게 되고, 최대 전송률을 감소시킨다. 소스가 인지할 때 폭주상태는 해결되고, 최대 전송률은 점차적으로 증가하게 된다. best-effort 서비스 클래스에 대하여는 ECN 방법에 기반을 둔 중단간 적응적 최대 전송률 제어와 링크간 BP 제어 방법이 결합된 형태가 제안된다. 셀 손실은 BP 방법에 의해서 해결되는데, 그 과정에서 과부하 상태에서 BP 방법에 의해

발생되는 불공정성 문제들은 적응적 전송률 제어 방법을 사용하여 해결할 수 있다. 반면에 Guaranteed 버스트 서비스 클래스에 대하여는 적응적 전송률 제어와 FRP의 조합이 제안되었다. FRP에 대한 대역폭 예약 블록킹 확률을 적응적 전송률 제어에 의해서 감소시킬 수 있고, 네트워크 처리율 특성들은 과부하 상태에서 개선되어진다.

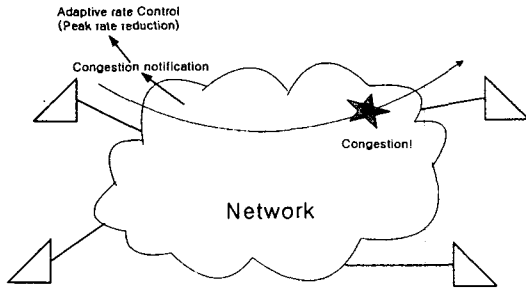


그림 1. 적응적 폭주제어 방식

본 논문은 다음과 같이 구성되어진다. 각 트래픽 클래스에 대한 적응적 폭주제어 방식들은 2장에서 제안하였고, 처리율과 지연 등의 관점에서 제안된 방법들의 성능분석은 3장에서 시뮬레이션에 의하여 계산되었고, 4장에서는 결론을 언급하였다.

## II. 제안한 적응적 폭주제어 방식

### 2.1 best-effort 서비스 클래스에 대한 폭주제어

ECN 방식으로 BECN보다 FECN이 이용되는데 BECN은 제어 셀을 발생시키기 위한 각 스위치 노드가 요구되고, 각 소스로 되돌리기 위한 네트워크로 노드들을 삽입하지만 FECN에서는 각 노드를 총해 통과하는 셀 헤더에서 하나의 비트를 간단하게 마크한다. 그러나 증가제어의 복잡성에도 불구하고, BECN은 LAN 환경에서 FECN보다 예외적으로 더욱더 좋은 성능을 제공한다.

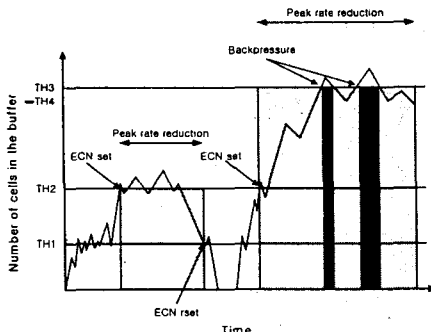


그림 2. best-effort 플래스에 대한 ECN과 BP 제어

그림 2는 이러한 조합 방법에 대한 흐름제어이다. 폭주는 각 스위치에서 큐의 크기를 감시하므로 발생한다. 4개의 임계치가 특성화되는데, TH1과 TH2(TH1 ≤ TH2)는 FECN 제어에 대한 것이고, TH3와 TH4는 (TH3 ≤ TH4)는 BP 제어이다.

제안된 FECN 방법은 패킷/프레임 레벨 윈도우 제어보다 셀 레벨을 제어 메카니즘으로 사용하는 점에서 원래의 FECN과는 다르다.[12] 소스는 제어 셀에서 폭주위치에 따라 평균전송률이 변한다. 각 스위치에서 큐의 길이가 BP 임계치(TH4)에 도달하면 이전 스위치로는 전송이 멈추게 되는데, 버퍼 오버플로우를 막기 위해서이다. 전송은 큐의 길이가 TH3에 도달하게 될 때 재시작하게 되고, 셀 헤더에서 GFC 비트나 제어 셀은 BP 신호를 전송하게 된다. BP 제어는 best-effort 서비스 연결에 대해만 전송해야 한다. 그림 3에서 보여준 것처럼 EFCN 임계치(TH1, TH2)는 BP 임계치(TH3, TH4)보다 다 작게 선택되어야 하고, 활동도 시작된다. 다른 조합과 비교해서 효과성(efficiency), 공정성(fairness)의 견지에서 보면 최고의 성능을 가져온다. 평균전송률 변화는 다음과 같다.

- 소스가 폭주 지시를 받을 때(multiplicative decrease):

$$P_{new} = P_{old} \times \gamma_{ABR1} (\gamma_{ABR1} < 1)$$

- 소스가 폭주 제어를 받을 때(additive increase):

$$P_{new} = P_{old} + \gamma_{ABR2} \times P_{max} (\gamma_{ABR2} < 1)$$

여기서  $P_{old}$ 는 변화하기 전의 비율이고  $P_{new}$ 는 변화후의 비율을 의미한다.  $P_{new}$ 는  $P_{min} \leq P_{new} \leq P_{max}$  이고, 여기서  $P_{max}$ 는 최대 평균전송률이고, 접속 링크 속도와 같고,  $P_{min}$ 는 최소의 평균전송률이다.

### 2.2 Guaranteed 버스트 클래스에 대한 폭주제어

Guaranteed 버스트 클래스에 대해서 FRP는 이동하게 된다. 그림 3은 FRP 방법 절차를 보여준다.

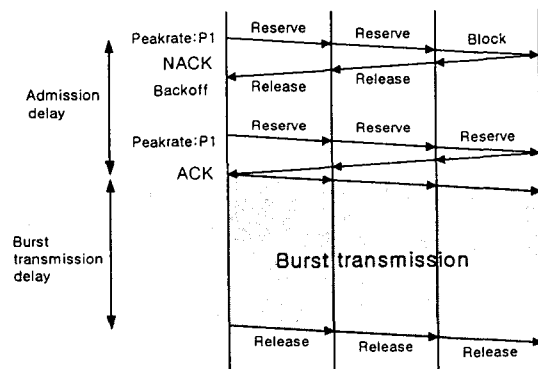


그림 3. guaranteed 버스트 트래픽을 위한 적응적 고속 대역폭 예약

제안된 적응 제어 방법에서 소스는 감소하고, ECN 방법과 동일하게 대역폭 제어 셀 (ACK/NACK)의 수

신에 대한 각각의 버스트에 대해 예약을 위해서 평균 전송률을 증가한다. best-effort 서비스에 대해 제안한 방법으로서 비율 변화 방법은 배로 감소하고, 선형적으로 증가한다. 최고율이 다음 방법에서 변화한다. 여기서  $P_{old}$ 는 변화이전의 비율이고,  $P_{new}$ 는 변화후의 비율이다.

- 소스가 NACK를 받았을 때(multiplicative decrease):

$$P_{new} = P_{old} \times \gamma_{FRP1}$$

- 소스가 ACK를 받았을 때(additive increase):

$$P_{new} = P_{old} + \gamma_{FRP2} \times P_{max}$$

$P_{new}$ 은  $P_{min} \leq P_{new} \leq P_{max}$  여기서  $P_{max}$ 는 최대 평균 전송률이고,  $P_{min}$ 는 최소의 평균 전송률이다.

### III. 성능분석 및 결과

그림 4에서는 시뮬레이션에서 사용된 네트워크 모델을 보여준다.

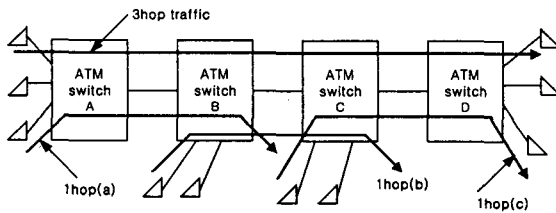


그림 4. 네트워크 모델

각 스위치는 입력 출력에서 스위치 구조를 갖는다. 시뮬레이션의 간단성 때문에 단일큐 모델이 고려되고, 그림 5에서 보여주고 있다. 여기서는 터미널 큐의 2종류가 있다. 버퍼크기는 터미널 큐에 대해 무한정하고, 노드에 대한 것은 B이다. 셋팅되는 ECN, 재 셋팅 ECN, backpressure와 BP의 마지막에 대한 노드 큐에서 임계치는 TH2, TH1, TH3, TH4이다. 시뮬레이션에서 버퍼크기 B값은 1024 셀이 될 것으로 가정한다. ATM 전반에 걸쳐 기본 IP MTU에 대해 기반이 되는 각 임계치에 대한 값은 TH1=0, TH2 =256, TH3=TH4=800이다. 평균 버스트 길이 b는 9188byte이다. ECN 제어 셀의 발생에 대한 필터 주기 T는 192 셀 전송시간이다. 스위치 사이의 링크는 10Km로 가정하고, 접속링크는 1Km로 가정한다. 전송지연 50μsec, 5μsec를 포함한다.

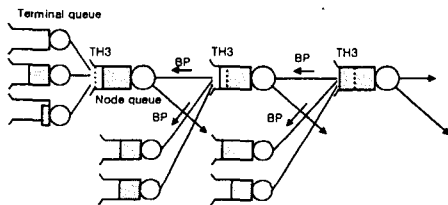


그림 5. best-effort 플래스에 대한 큐잉 모델

그림 4에서 보여준 것처럼 4개 트래픽 흐름을 사용하였다. 3개는 1홉 트래픽이고, 나머지는 3홉 트래픽이다. 각각은 10개의 연결을 가지고, 상호 버스트 도착 시간과 각 소스에 의해 버스트간 분배는 독립적이다. 송신 버스트의 초기 평균전송률  $P_{max}$ 는 접속링크 속도와 같다.

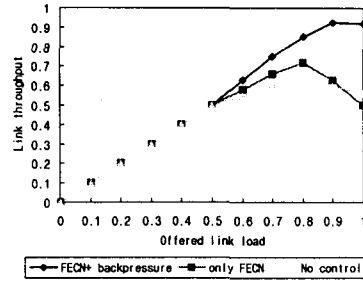


그림 6. 처리량 성능분석

그림 6은 전혀 제어가 없는 경우 전송률 제어 기반을 둔 FECN과 제안된 FECN+BP 방법의 처리량 비교를 보여준다. 시뮬레이션에서 셀 손실이 발생하더라도 재전송이 이루어지지 않고, 처리량은 어떤 셀 손실도 없이 네트워크를 통해 얻어진 전체 패킷량을 가리킨다. 모든 연결에 대한 도착률은 같다. 전송률 제어에 기반을 둔 FECN을 가지고, 더 좋은 처리량은 제어가 없는 경우와 비교해서 얻어지게 된다.

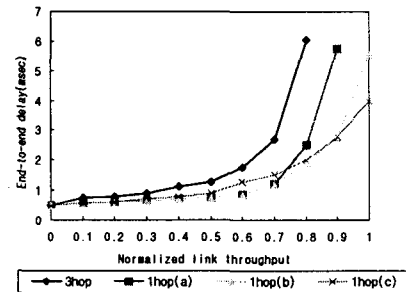


그림 7. BP 방법을 사용한 지연 성능

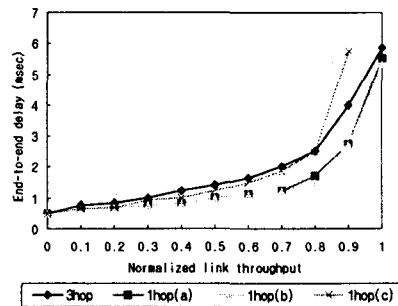


그림 8. FECN+BP 방법을 사용한 지연의 성능분석

그림 7은 BP 방법인 각 트래픽 3홉에 대해(1홉(c)) 처리량 평균 지연 특성을 나타낸다. 그림 8은 FECN+BP 방법인 처리량 특성을 보여주는데, 세번째 노드(1hop(c))를 통과하는 1홉 연결에 대한 도착률은 다른 연결에 비해 2배이다. 이러한 경우 각 1홉(c)와 3홉에 대한 지연성능은 악화되는데 폭주된 링크를 통해서 패스되기 때문이다.

그림 9, 10, 11은 각각 3개의 홉 연결들, 하나의 홉 연결들 그리고 전체 연결들의 평균에 대한 평균 지연 특성들은 나타낸 것이다. 모델과 같이 허용된 지연이 커졌을 경우 제안한 방법의 효과성을 확인하였고, 고정된 전송률의 FRP 방법과 비교하였다.<sup>[7]</sup>

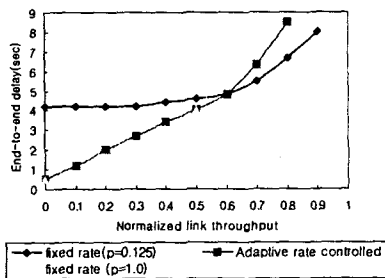


그림 9. 적응제어기법을 사용한 것과 사용하지 않은 것의 FRP 지연성능분석(3홉 트래픽)

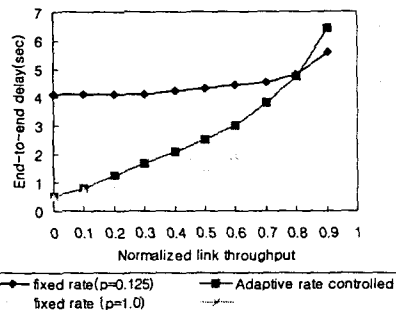


그림 10. 적응제어기법을 사용한 것과 사용하지 않은 것의 FRP 지연 성능분석(1홉 트래픽)

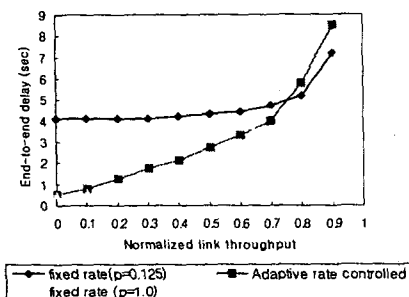


그림 11. 적응제어기법을 사용한 것과 사용하지 않은 것의 FRP 지연 성능분석(전체)

시뮬레이션 결과에 근거를 두어 FRP에 대한 적응적 폭주제어 방법이 ATM LAN에서는 guaranteed 버스트 클래스에 대하여 효율적임을 알 수 있었다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 ATM LAN에서 best-effort 클래스와 Guaranteed 버스트 클래스에 대하여 적응적 폭주제어 방식을 제안하였다. 제안된 방식에서 셀 전송률은 네트워크의 상태에 따라서 감소하거나 증가하였다. 제어의 간결성에 대해서 네트워크는 단지 중단 터미널에 대한 폭주만 나타내고, 전송률 제어는 일반적인 LAN에서와 같이 각각의 소스-목적지 터미널에서 수행된다. 이 방법에서, 네트워크가 저부하일 경우에 터미널들은 링크 접속 속도와 같은 속도로 버스트를 전송하고, 과부하일 경우에는 적응적 전송률 제어는 네트워크의 혼잡을 피하기 위하여 최대 전송률을 감소시킨다. best-effort 클래스에서는 적응적 전송률 제어와 BP 방법이 결합된 형태가 제안되었다. 이 방법에서 짧은 기간동안의 과부하에 대하여는 BP 방법이 수행되며 셀 손실에 대한 보장은 없다. 긴 기간 동안의 폭주에 대하여 전송률은 네트워크의 상태에 따라서 적응적으로 감소하게 되고, 그 결과 BP에 의해 발생하는 HOL 블로킹이 감소하게 된다. 또한 guaranteed 버스트 클래스에서는 FRP와 적응적 전송률 제어 방법이 결합된 형태가 제안되었다. 이 방법에서는 과부하 상태에서 FRP에 대한 대역폭 예약 블로킹 확률이 감소하므로서 지연-처리율 특징을 개선할 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

- [1] O.Aboul-Magd et al.m "Incorporating congestion feedback in B-ISDN Traffic Management Strategy," *ISS'92*, October 1992.
- [2] M. Wernik et al., "Traffic Management for B-ISDN Services," *IEEE Network Mag*, Sep. 1992
- [3] N.Yin et al., "Performance of End-to-end Closed Loop Rate Control for Traffic Management," *ATM Forum/93-1014*, November 1994.
- [4] J.L. Boudec, et. al., "Flight of FALCON", *IEEE Network Mag*, Feb 1993.
- [5] C.Ikeda, et al., "Congestion Control Scheme for the Best Effort Services", *ATM Forum93-962*, November 1993.
- [6] A.Kolarov et al., "Evaluation of Congestion Control Schemes for ABR Services", *ATM Forum94-0095*, January 1994.
- [7] M.Yoshida et al., "An Evaluation of Burst-level Bandwidth Reservation Methods in WAN Environments" *Broadband Communications*, '94, March 1994.