

569 3/

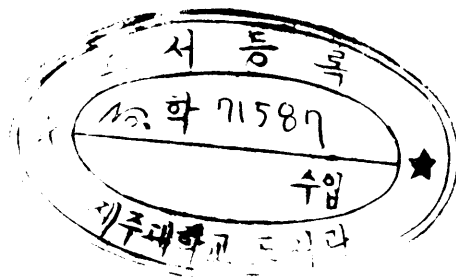
72209

碩士學位論文

ATM망에서의 전송률 기반 트래픽 제어 알고리즘의 시뮬레이션 모델과 성능평가



姜 京 昊



1999年 6月

ATM망에서의 전송률 기반 트래픽 제어 알고리즘의 시뮬레이션 모델과 성능평가

指導教授 安 基 中

姜 京 昊

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY


1999年 6月

姜京昊의 工學 碩士學位 論文을 認准함.

審査委員長

郭 鎬 榮 

委 員

안 기 중 

委 員

米 旺 燮 

濟州大學校 大學院

1999年 6月

**Simulation model and performance
evaluation of Rate-based traffic control
algorithms in ATM network**

KyoungHo Kang
(Supervised by professor KhiJung Ahn)

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING**

**DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY**

1999. 6.

목 차

SUMMARY	i
I. 서 론	1
II. ATM 망에서의 트래픽 특성과 제어	4
1. ATM 계층 서비스	4
2. ABR 파라미터	8
3. 혼잡제어	10
III. 시뮬레이션 모델	23
1. 시뮬레이션 모델	23
2. 시뮬레이션 파라미터	24
IV. 성능 평가 및 결과고찰	27
1. 비교 분석 방법	27
2. B-TE 버퍼 크기 변화에 따른 성능 비교	28
3. 스위치 버퍼 크기 변화에 따른 성능 비교	32
V. 결 론	37
참 고 문 헌	38

Summary

The design purpose of network these days is to transfer various types of traffic such as general data, voice, video, and so on, with the requirements of QoS. Such a variety of traffic and the QoS is the reason for development of the B-ISDN based on the ATM technology. The purpose of traffic control in the ATM network is to provide network and network users with the optimal use of network resources.

The congestion control method in the ATM network can be categorized into the credit-based control method and the rate-based control method. The credit-based congestion control method has a defect in that the hardware complexity is increased for the requirements of queue management on each VC. Therefore the rate-based congestion control method is generally adopted in the ATM network.

The rate-based congestion control method is completed by using a feedback control loop with RM cells between source and destination node. There are suggested various rate-based congestion control algorithms.

In this paper, the simulation model is suggested for the performance analysis between the EPRCA and ERICA algorithms, and the efficient use of ABR service based on the analyzed data in the simulation model is proposed.

I. 서 론

기존의 데이터 통신을 위한 네트워크는 대부분 사용자에게 단순한 서비스의 질(Quality of Service)을 제공할 수 있도록 설계되었다. 다양한 네트워크 서비스에 대한 요구가 증가함에 따라 광범위한 경제성을 이끌어내기 위한 네트워크 기술에서 특정 영역에 대한 경제성을 지닌 네트워크 기술로 점차 방향을 잡아 가고 있다. 앞으로의 통신 네트워크는 사용자의 다양하고 세련된 QoS 요구조건을 만족시킬 수 있어야 한다.

80년대 중반이후로 음성, 데이터, 동영상 등의 다양한 서비스를 통합된 방식으로 제공할 수 있는 광대역 종합정보통신망(Broadband ISDN)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 비동기식 전송모드(Asynchronous Transfer Mode)는 넓은 대역폭과 적은 시간지연 특성 때문에 ITU-T(구 CCITT)에 의해 이러한 광대역 종합정보통신망을 효율적으로 구현될 수 있는 기반기술로 채택되었다.

ATM은 다양한 특성의 트래픽을 통계적 다중화를 통해서 효과적으로 정보를 송수신할 수 있는 정보전달 방법이다. 그러나 일시적인 트래픽의 과부하로 셀 손실 및 셀 지연이 발생할 수 있다. 따라서 사용자 관점에서의 서비스 품질(QoS)보장과 망 관점에서의 이용 효율의 극대화라는 상충되는 조건을 위해서 효과적인 트래픽 제어와 망 관리가 요구된다.

ATM망에서의 트래픽 제어의 목적은 망과 사용자를 보호하고 망 자원 사용의 최적화를 이루는데 있다. ATM의 통신 링크는 가변 전송률(Variable Bit Rate), 고정 전송률(Constant Bit Rate)등 다양한 특성의 서비스가 통계적 다중화를 이루며 이용되고 있다. 그 중에서 전송지연시간에는 크게 영향을 받지 않고, 네트워크에서 가용 가능한 대역폭을 할당하여 전송할 수 있는 전자메일이나 파일전송과 같은 데이터의 전송을 위해 가용전송률(ABR) 서비스를 제공한다. 가용전송률 서비스는 최소한의 대역폭을 보장하면서, 네트워크 상황에 따라 동적으로 변하는 가용 가능한 대역폭을 전송노드에 제공하는 서비스이다. 가용전송률 서비스는 ATM 계층의 고정전송률(CBR)과 가변전송률(VBR)서비스와

는 달리 시간에 대한 요구사항이 없으며, 네트워크에서 제공하는 전송률에 맞게 전송할 때에는 최소한의 셀 손실을 보장한다.

ATM 망에서의 ABR서비스를 위한 여러 가지 혼잡제어 방법들이 ATM 포럼을 중심으로 제안되어 왔는데, 크게 크레딧기반(credit-based)기법과 전송률기반(rate-based)기법으로 분류할 수 있다. 크레딧기반 기법의 FCVC(Flow Controlled Virtual Channel)기법과(Kung and Chapman, 1994) 전송률기반 기법의 FECN(Forward Explicit Congestion Notification)(Makrucki, 1992)(Yin and Hulchyi, 1994), BECN(Backward Explicit Congestion Notification), PRCA(Proportional Rate Control Algorithm)(Berger and Bonomi, 1994)(Newman, 1993), ERICA(Explicit Rate Indication for Congestion Avoidance)(Shivkumar and B.Tech, 1997)등이 제안되어 왔으나 ABR과 같은 서비스 품질을 제공하기 위해서 ATM 포럼에서는 전송률 기반 혼잡제어(Rate-based congestion control)기법을 표준으로 채택했다. 전송률 기반 혼잡제어 기법은 전송노드와 목적지 노드사이에 이미 연결된 데이터 경로를 따라서 네트워크의 상황에 대한 정보를 담은 제어 셀을 주고받는 혼잡제어 피드백 루프를 구성함으로써 이루어진다(Bonomi and Fendick, 1995)(Chen 등, 1996).

이들 혼잡제어 방법들에 대한 평가의 기준으로는 제공되는 부하에 따른 링크의 부하, 시간에 따른 버퍼의 넘침, 링크의 부하에 따른 시간지연특성이 있다(Ikeda and Suzuki, 1994). 기존 연구들에 대한 문제점을 살펴보면 FECN은 심한 집중이 연결망에 부과될 경우에는 교착상태에 빠질 수 있고, PRCA는 이러한 교착상태는 방지하였지만, 비공정성과 낮은 부하에서 긴 지연시간을 가진다(Bennett and Jardins, 1994).

본 논문은 ATM망에서 전송률 기반 ABR 서비스의 한 종류인 EPRCA 알고리즘과 ERICA 알고리즘의 성능을 평가하기 위한 시뮬레이션 모델을 제시하고, 제시된 모델에 따른 시뮬레이터를 이용하여 EPRCA 알고리즘과 ERICA 알고리즘의 성능을 평가하고자 한다. 본 논문에서는 B-TE와 스위치(switch) 버퍼 사이즈 변화, 그리고 세그먼트(segment) 변화에 따른 재전송률과 처리율(throughput)을 성능평가의 기준으로 사용하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 네트워크 특성과 혼잡제어 알고리즘을 논의하기 위한 제반사항들을 기술하고 관련된 기존연구들을 살펴본다. III장에서는 성능평가를 위한 시뮬레이션 모델을 제시하였으며, IV장에서는 기존의 혼잡제어 알고리즘 중에서 EPRCA와 ERICA알고리즘을 본 논문에서 제시하는 시뮬레이션 모델을 통해 성능을 평가하였다. 마지막으로 V장에서는 결론과 향후 연구방향을 기술한다.



II. ATM 망에서의 트래픽 특성과 제어

본 장에서는 먼저 네트워크의 특성과 혼잡제어에 대한 기본 개념을 알아보고, ATM 네트워크의 가용전송률 서비스에서 사용하는 기법인 크레딧기반 혼잡제어 기법과 전송률기반 혼잡제어 기법에 대하여 살펴본다. 또한, 여러 가지 기존 전송률 기반 기법에 대한 연구를 살펴본다.

1. ATM 계층 서비스

ATM Forum TM 4.0에서는 ATM 계층 서비스를 CBR, VBR, ABR, UBR로 분류하였다(ATM Forum, 1996).

서비스의 등급은 Table 1과 같이 크게 네 가지 등급으로 나누며, ABR에 해당하는 데이터 전송과 같이 손실에 민감한 트래픽들은 높은 손실 우선 순위와 낮은 지연 우선 순위를 부여 받게되며 Class 3에 해당한다. 음성과 화상같이 지연에 민감한 트래픽들은 낮은 종단간 전송 지연을 요구하기 때문에 높은 지연 우선 순위를 부여받게 되고 셀 정보의 중요도에 따라 높은 손실우선순위나 낮은 손실우선순위를 부여받게 되는데 Class 1, 2에 해당한다. Class 1에 해당하는 서비스가 CBR이고 Class 2에 해당하는 것이 VBR이다. 또한 대역을 보장하지 않아도 되는 “best effect”트래픽인 UBR은 낮은 손실우선순위와 낮은 지연우선순위를 부여받게 되며 Class 4에 해당한다. 각각의 구체적인 설명은 다음과 같다.

Table 1. Kind of traffic with loss and delay

손실우선순위 지연우선순위	HIGH	LOW
HIGH	CLASS 1	CLASS 2
LOW	CLASS 3	CLASS 4

1) CBR

가장 간단한 형태로서 일정한 간격으로 셀이 발생하는 것이다. 이것은 큰 파일의 전송이나 기존 STM(Synchronous Transfer Mode)기반의 트래픽을 수용할 경우 생기는 형태이다. 이때 셀의 발생 간격의 확률 분포 함수 $F(t)$ 는

$$F(t) = U(t - T_c)$$

가 되는데 U 는 단위스텝함수를 나타낸다. 즉, T 가 T_c 인 경우만 발생하는 것이다. CBR 접속은 고정된 대역폭을 할당받고 가장 안정된 CTD(Cell Transfer Delay)와 CDV(Cell Delay Variation)를 보장받는다.

2) VBR

VBR 서비스는 시간에 따라 변하는 전송률로 셀을 전송하며 PCR(Peak Cell Rate), SCR(Sustained Cell Rate)에 의해 정의되는 전송률을 갖는다. 셀들은 PCR에 의해 제한되는 한도 내에서 임의의 시간 간격으로 전송된다. 또한 SCR, MBS(Maximum Burst Size), BT(Burst Tolerance)에 의해 평균 전송률이 강요되고 폭주의 길이가 제한된다. VBR서비스는 셀 지연 변이(CDV)에 민감한가에 따라 rt-VBR와 nrt-VBR로 나누어진다. rt-VBR은 주로 가변 부호화로 코딩된 동영상이나 오디오 전송에 응용되며, nrt-VBR은 멀티미디어 전자우편 서비스에 주로 응용된다. VBR 서비스는 통계적 다중화에 의해 링크를 효

울적으로 사용할 수 있는 장점이 있다.

3) ABR

ABR서비스는 최소 셀 전송률을 보장하면서 CBR 및 VBR 트래픽들이 사용하지 않는 링크의 가용 대역폭을 최대한 활용하여 데이터를 전송하기 위한 방식인데, 분산 컴퓨팅, 영상 정보검색, 고속파일전송 및 LAN간 접속 등에 널리 응용될 전망이다. 이러한 고속 데이터 서비스는 매우 버스티하며 버스트의 크기 또한 가변적이면서 예측이 불가능한 특성을 가지고 있다. 또한, 셀 지연에는 비교적 덜 민감하나 하나의 셀 손실이 수많은 셀의 재전송을 초래하게 되는 특징이 있다. 따라서 폭주가 발생하면 피드백에 의한 전송률 제어를 통하여 가능한 셀 손실을 방지하여야 한다. ABR서비스는 셀 지연에 대한 보장은 없으나 셀 손실률에 대한 보장이 필요하며, 요구하는 최소 셀 전송률을 알리기 위하여 새로운 트래픽 파라미터인 MCR(Minimum Cell Rate)이 사용된다. 그리고, ABR서비스는 전송률 제어를 위해서는 부가적인 제어 정보가 필요하다.

4) UBR

UBR서비스는 CBR, VBR 및 ABR 트래픽이 사용하고 남은 대역폭을 활용하여 데이터를 전송하기 위해 제안되었다. UBR은 연결 수락 제어를 통해 전송 대역폭이 할당되지 않으며 사용 파라미터 제어나 피드백 제어 등의 어떠한 트래픽 제어도 적용되지 않는다. UBR의 대표적인 응용 예로는 지연이나 지연 변이에 대한 엄격한 요구가 없는 전자 우편이나 파일 전송 서비스 등이 있는데 물론 이와 같은 응용들이 ABR서비스를 이용할 수 있다.

이들 서비스들의 가장 큰 특징은 실시간 혹은 비 실시간이나, 셀 손실률이 많고 적으냐에 따라서 달라지고, CBR이나 VBR서비스는 연결 설정에 할당된 대역을 고정적으로 사용하는데 반해 ABR, UBR은 망의 전송 링크에 CBR, VBR서비스가 사용하고 남은 대역이 있을 경우 이 가용 전송 대역을 ABR,

UBR이 사용하고, 특히 ABR서비스는 ATM망의 상황에 따라 흐름 제어를 수행하여 근원지 트래픽의 사용 대역이 동적으로 가변 되는 특징이 있다.

ATM Forum에서는 ATM계층 트래픽 특성을 Table 2와 같이 트래픽 파라미터, QoS 파라미터, 피드백 특성으로 정의하였다.

Table 2. ATM layer service class

attributes	CBR	rt-VBR	nrt-VBR	UBR	ABR
Traffic parameters					
PCR & CDVT	specified			specified	specified
SCR, MBS, BT	not applicable	specified		not applicable	
MCR	not applicable		not applicable		specified
QoS parameters					
peak-to-peak CDV	specified	specified	unspecified	unspecified	unspecified
maxCTD	specified	specified	unspecified	unspecified	unspecified
CLR	specified			unspecified	specified
Other attributes					
Feed back	unspecified			unspecified	specified

2. ABR 파라미터

ABR 서비스를 위해 요구하는 파라미터를 Table 3에 나타내었으며, 아래에서는 각 파라미터에 대해 간략히 설명한다.

- PCR(Peak Cell Rate) : 송신원이 망으로 초과하여 전송할 수 없는 최대 전송률을 의미한다. PCR은 연결설정시 단말기와 망 사이에서 협상되어지는데, 송신 단말기는 자신이 원하는 PCR을 요구하게 되며 망은 일반적으로 경로상의 최소 링크 속도로 PCR을 낮추게 된다.
- MCR(Minimum Cell Rate) : 송신원이 망으로 항상 전송할 수 있는 최소의 전송률을 의미한다. 만약 망에서 연결 설정시 송신원이 요구하는 MCR을 수용할 수 없으면 연결 설정을 거절한다.
- RIF(Rate Increment Factor) : 송신원이 CI 비트가 0인 역방향 RM 셀을 받은 경우 ACR을 증가시킬 때 증가분을 계산하는데 사용된다.
- Nrm(Maximum number of cells between RM cell generation) : 순방향 RM 셀 전송 사이에 전송할 수 있는 최대 셀 수를 나타낸다. 즉 송신원은 (Nrm-1)개의 in-rate 셀 다음에 반드시 하나의 순방향 RM 셀을 전송해야 한다. Nrm 값이 작을수록 신속한 흐름제어가 가능하지만 RM 셀에 의한 오버헤드가 커지게 된다.
- Mrm(Minimum number of cells between RM cells generation) : 순방향 RM 셀 사이에 전송하여야 할 최소의 셀 수를 나타낸다. 송신원은 순방향 RM 셀을 전송한 후 Mrm개 이상의 셀을 전송하여야 순방향 RM 셀을 다시 전송할 수 있다.
- RDF(Rate Decrease Factor) : 송신원이 CI 비트가 1인 역방향 RM 셀을 받는 경우 ACR을 감소시킬 때 감소분을 계산하는데 사용된다.
- ACR(Allowed Cell Rate) : 망에서 송신원에 허용한 전송률을 나타낸다.

Table 3. ABR service parameters

Name	Units	Range	Full Name	Name	Unit	Range	Full Name
PCR	Cell/Sec	Note1	Peak Cell Rate	CRM	Cells	Note2	Cutoff number of RM cells
MCR	Cell/Sec	Note1	Minimum Cell Rate	ADTF	seconds	0.01-10.23 sec : with granularity of 10 msec	ACR Decrease Time Factor
ICR	Cell/Sec	Note1	Initial Cell Rate				
RIF	None	1/32768-1	Rate Increase Factor	Trm	ms	$100 * 2^1 - 100 * 2^0$ ms	Time for RM cell generation
Nrm	Cells	2-256	Maximum number of cells between RM cell generation	FRTT	1 μ s	0-16.7 seconds	Fixed Round-Trip Time
Mrm	Cells	fixed at 2	Minimum number of cells between RM cell generation	TBE	Cells	0-16777215	Transient Buffer Exposure
RDF	None	1/32768-1	Rate Decrease Factor	CDF	None	0 or 1/64-1	Cutoff Decrease Factor
ACR	Cell/Sec	Note1	Allowed Cell Rate	TCR	Cell/Sec	fixed at 10 Cells/second	Tagged Cell Rate

Note 1 - 전송률은 협상과정에서 사용되는 경우에는 최소값은 0, 최대값은 16,777,215인 24비트 정수로 표현되며, RM 셀에서 사용되는 경우에는 최대 4,290,772,992를 가지는 16비트 부동소수점으로 표현된다.

Note 2 - CRM 파라미터는 정수로 표현되고 사용되는 비트 수는 구현에 따라 다를 수 있다.

- CRM(Cutoff number of RM cells) : 역방향 RM 셀이 중간 스위치에서 심하게 지연되거나 유실되면 송신원은 폭주를 미연에 방지하기 위해서 스스로 전송률을 감소시켜야 한다.
- CDF(Cutoff Decreases Factor) : 송신원이 역방향 RM 셀을 수신하지 않고 CRM개 이상의 순방향 RM 셀을 전송하게 되어 ACR을 감소시키기 위한 파

라미터이다.

- TCR(Tagged Cell Rate) : TCR 파라미터는 out-of-rate로 전송할 수 있는 순방향 RM 셀 수를 제한한다.
- Trm(Time for RM generation) : 순방향 RM 셀이 전송 간격을 제어하기 위해 사용되며, 송신원은 적어도 Trm 시간마다 하나의 순방향 RM 셀을 전송하여야 한다.
- FRTT(Fixed Round Trip Time) : 송신원에서 수신원까지 왕복시간을 의미하는데 경로상의 전파지연과 RM 셀의 처리에 걸리는 고정된 지연을 합한 시간이다.
- TBE(Transient Buffer Exposure) : 송신원이 새로 전송을 시작하여 첫 번째 역방향 RM 셀을 수신하기 전에 전송할 수 있는 셀 수를 제한한다. TBE 파라미터는 연결 설정시 망과 협상되어 CRM과 ICR을 설정하는데 사용된다.

3. 혼잡제어



ATM망은 다양한 속도의 트래픽을 효과적으로 수용하기 위해 통계적 다중화 방식이 사용되므로 STM망에서의 항상 최대 전송 대역폭이 고정적으로 각 트래픽에 할당되는 방식 보다 더 다양하고 복잡한 트래픽 관리 및 제어 기능이 제공되어야 한다. 즉, 기존의 망이 특정 형태의 서비스를 수용하기 위한 것인 반면, ATM은 하나의 망으로 여러 종류의 서비스를 수용하도록 하는 방식이다. 따라서, ATM은 기존의 LAN, MAN 등을 게이트웨이를 통하여 접속하거나, 비 ATM 단말을 TA(Terminal Adapter)를 통해 연결하고 ATM 단말들은 B-NT에 직접 또는 LAN 등의 망을 구성하여 연결할 수 있다. 이러한 각 단말들은 전화가 될 수도 있고, 컴퓨터 비디오 폰, TV 등이 될 수 있으므로 ATM 망에서의 트래픽의 형태는 매우 다양하다고 할 수 있다. 이러한 트래픽들은 그것들의 특성을 통해 여러 가지 형태로 모델링이 된다.

트래픽의 종류 중 ABR 트래픽은 주로 일반적인 트래픽에 사용되는 트래픽

이며, 이 경우에 하나의 셀을 놓치게 되면 전체의 패킷을 다시 전송해야 하는 일이 발생한다. 이런 이유로 셀의 손실이 일어나면 더욱 많은 셀이 전송되어야 하고 이는 네트워크를 무너지게 만들 수도 있다. 이를 방지하기 위해 셀의 손실이 일어나지 않도록 하는 방법들이 많이 제안되었으며, 이를 혼잡제어라고 한다. 혼잡제어는 크게 크레딧기반과 전송률기반 기법으로 나뉜다. ATM Forum에서도 셀 손실률의 보장을 요구하는 ABR 트래픽을 제어하기 위한 방식으로 크레딧기반 폭주제어 방식과 전송률기반 폭주제어 방식 사이에 많은 논란을 거듭한 끝에 '94년 9월에 EPRCA 메카니즘을 전송률기반 폭주제어 방식으로 채택하였다(Jain, 1995).

1) 크레딧기반 혼잡제어

크레딧기반 기법은 H. T. Kung에 의해 제시되었고, 링크와 링크사이에 윈도우 흐름제어 접근을 기반으로 한다(Jain, Feb 1995)(H. T. Kung, Sep 1994). 크레딧기반 기법들에서는 각 링크의 제어 정보는 목적지의 혼잡을 일으키지 않고 새로운 데이터를 받을 능력을 알리기 위해서 목적지에서 근원지까지 보내진다. 좀더 특별하게는 각 링크마다 점유하는 모든 가상경로에 대한 셀 버퍼를 두어 어느 정도의 크기를 미리 예약해두는 것이다. 이 셀 버퍼는 링크 끝의 데이터를 보내는 곳에서 셀을 보내게 될 때마다 감소시키고 셀이 받는 끝에 도착하게 되면 증가한다. 이 버퍼가 비어있게 되면 보내는 끝은 셀을 보내는 일을 멈추고 링크가 셀을 다 보낼 때까지 기다리게된다. Fig. 1은 크레딧기반 기법에서 크레딧이 관리되고 데이터가 전송되는 것에 대한 간단한 설명이다.

가상경로 마다의 링크와 링크사이의 흐름제어기법을 기반으로 하는 크레딧기반 기법들은 데이터가 중요한 트래픽에서 셀 손실을 막을 수 있다(Hunt and Jain, 1994). 링크사이의 최대화와 공정성과 같은 이점 외에도 가상경로마다의 흐름제어는 복수의 가상경로의 서로 다른 속도의 전송을 가능하게 한다. 그렇지만 가상경로마다의 흐름제어기법은 스위치에서 가상경로마다의 독립적인 큐의 관리를 필요로 하며, 그 결과 하드웨어의 복잡도가 상당히 증가하게 된다.

더욱이 크레딧기반 기법에서 요구되는 스위치의 구조는 구현의 유연성에 제약을 가한다. ATM Forum에서는 크레딧기반 기법 대신 전송률기반 기법을 ABR 혼잡제어를 위한 표준으로 채택하였지만, 비싼 가격에도 불구하고 작은 크기의 네트워크에서는 고려할 수 있는 선택이다.

(1) FCVC

FCVC 기법은 많은 하드웨어 비용을 필요로 하는 문제점을 갖는다 (Kalampoukas, May 1995). 하나의 링크가 많은 수의 VC에 의해 공유되는 반면, 발신노드는 각각의 VC에 대해 전체 순회 경로(round-trip)에 해당하는 버퍼를 가져야한다. 따라서 많은 버퍼가 불필요하게 낭비된다. H. T. Kung이 제시한 FCVC기법을 사용한 N23 시스템(Kung, Sep 1994)의 경우, 4096개의 VC를 하나의 1000km 622 Mbps 링크에서 서비스하는 것은 3.2 GB의 버퍼를 필요로 한다(Kalampoukas, May 1995). 많은 버퍼를 필요로 하는 문제는 변형된 (adaptive) FCVC 기법(Kung, Mar 1994)에 의해 부분적으로 해결된다. 변형된 FCVC 기법은 VC 들간에 버퍼를 공유하여 상당히 감소된 크기의 버퍼를 사용한다. 반면 동작 지연 시간(ramp-up time)을 필요로 하는 단점을 갖는다.

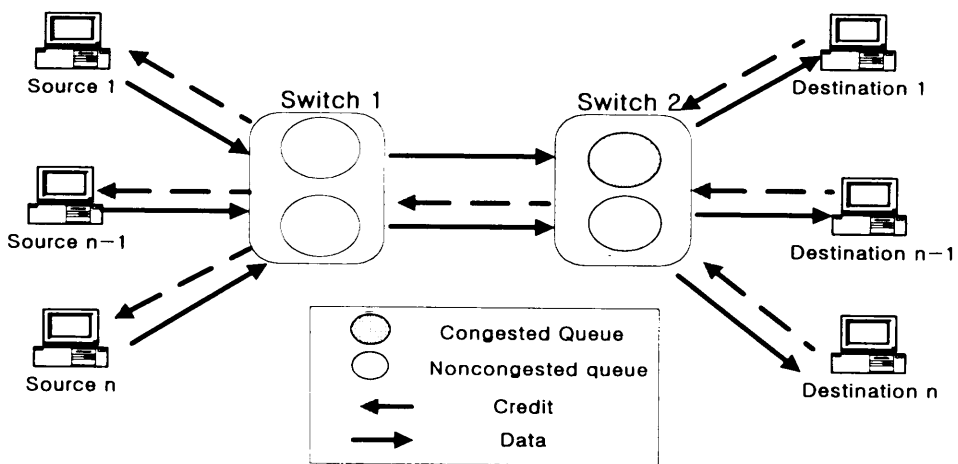


Fig. 1 Credit-based congestion control

2) 전송률기반 혼잡제어

전송률기반 방법은 Mike Hluchyj에 의해 제시되었으며(Hluchyj, Apr 1994), 근원지에서 보낼 수 있는 최대 전송률을 결정하기 위해 필요한 정보를 주고받는 방법이다. ATM Forum에서 많은 종류의 전송률기반 방법이 제안되고 향상되었다.

(1) FECN, BECN

FECN기법은 전송률 기반 방법 가운데 하나로 end-to-end 제어를 기초로 하며 대부분의 계산적 복잡도는 end system에 존재한다(Makrucki, 1992)(Yin and Hulchyi, 1994). 이 기법에서 혼잡 정보는 PTI(Payload Type Identifier) 필드의 EFCI 비트에 의해서 전방향으로 전송된다. 스위치가 혼잡해 지면 스위치는 자신을 통과하는 모든 가상 경로의 셀들의 EFCI 비트를 set해서 목적지로 전송하게 된다. EFCI 비트가 표시된 셀을 목적지에서 받게 되면 혼잡 알림 셀을 혼잡이 일어난 가상경로의 근원지로 보내서 혼잡이 일어났음을 알린다. 근원지에서는 이러한 되먹임 정보를 받으면 해당하는 가상경로의 셀 전송률을 조정한다.

Fig. 2는 혼잡이 일어난 경우의 FECN 기법의 데이터와 제어 셀의 행동을 나타낸다. 그림에서 스위치-2에는 혼잡을 겪는 큐가 있고, 그 큐를 지나가는 가상경로인 VC1의 모든 셀들은 EFCI 비트가 표시되어 혼잡을 알려게 된다. 목적지-1에서 EFCI 비트가 표시되어 있는 셀을 받으면 RM(Resource Management) 셀을 근원지-1로 보내어 혼잡이 일어났음을 알린다. 근원지에서 RM 셀을 받게 되면 전송률을 줄이기 시작한다.

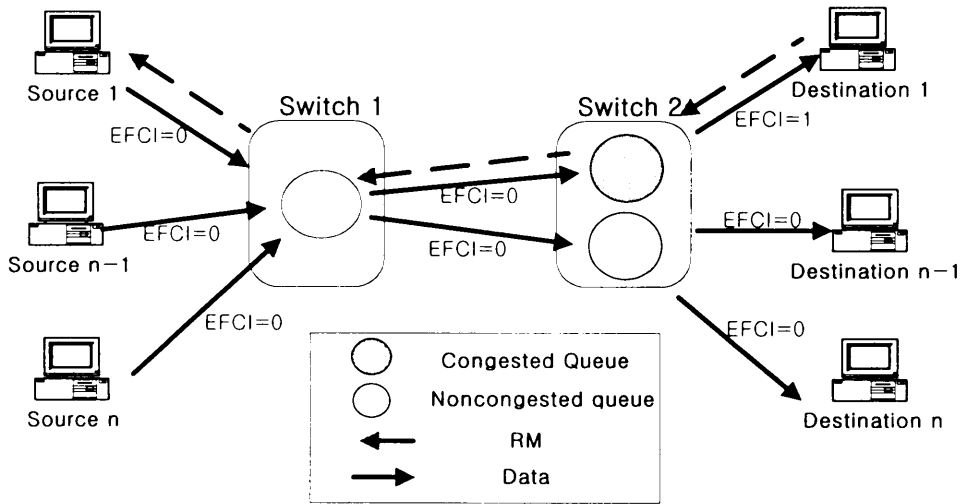


Fig. 2 FECN congestion control

다른 기법인 BECN(Backward Explicit Congestion Notification)은(Berger and Bonomi, 1994)(Newman, 1993) FECN과 비슷하지만 혼잡을 겪는 지점에서 직접 근원지에 혼잡을 알린다는 점이 다르다. BECN 기법이 FECN 기법에 대해 가지는 명백한 이점은 혼잡에 대한 더 빠른 반응이다. 더욱이 BECN 기법은 네트워크 자신이 알림 셀을 만들기 때문에 end system의 고장이나 이상에 대해 더 튼튼하다. 그러나 BECN 기법은 스위치에 RM 셀을 만드는 하드웨어와 함께 RM 셀을 걸러내는 하드웨어가 필요하다. 과도한 RM 셀 발생을 막기 위해서는 RM 셀을 걸러내는 하드웨어가 필요하기 때문이다. Fig. 3은 혼잡이 일어난 경우의 BECN 기법의 데이터와 제어 셀의 행동을 나타낸다.

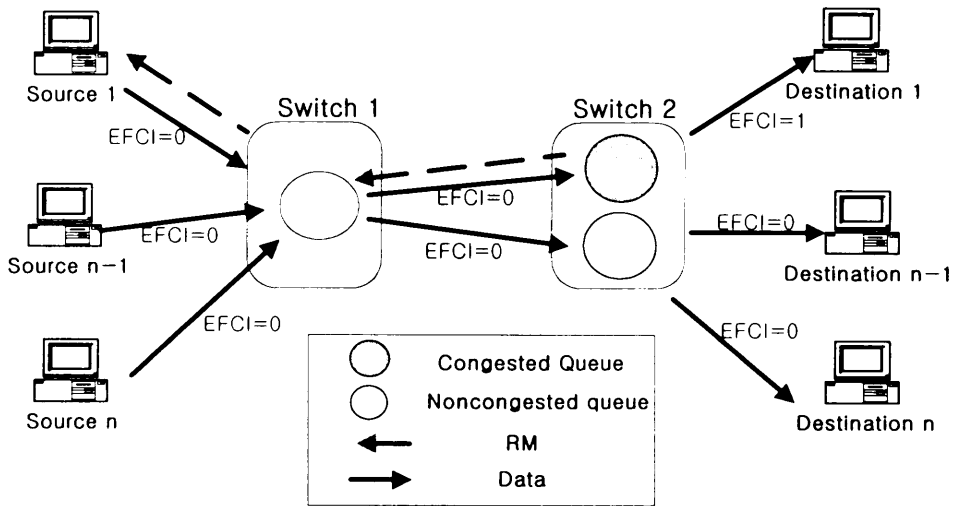


Fig. 3 BECN congestion control

FECN과 BECN 모두 스위치의 큐의 크기가 정해진 크기를 넘게되면 그 스위치는 혼잡한 것으로 간주한다. 근원지에서 혼잡알림 셀을 받게되면 해당하는 가상경로의 전송률을 줄인다. 가상경로의 전송률은 어떤 정해진 기간동안 혼잡알림 셀이 되돌아오지 않으면 최대전송률이 될 때까지 증가시킨다. 근원지로 되돌아가는 혼잡알림 셀이 심한 혼잡을 겪어 삭제된다면 각 가상경로는 전송률을 계속 증가시키고 그 결과 큐의 길이를 초과하게 된다. 이러한 과정이 계속된다면 전체 네트워크는 심각한 혼잡상태로 무너지게 된다. 이러한 FECN 기법과 BECN 기법의 잠재적인 위험을 극복하기 위해 ATM Forum에서는 좀더 튼튼한 방법인 PRCA(Proportional Rate Control Algorithm) 기법을 제안하였다(Siu and Tzeng, 1994a).

(2) PRCA

FECN기법과 BECN 기법의 부귀환 방법과는 반대로 PRCA 기법은 정귀환 방법을 기초로 한 전송률 기반 기법이다. 이러한 방법상의 변화는 앞 절에서 기술한 전체 네트워크의 심각한 혼잡상태를 방지하기 위한 것이다. PRCA 기

법에서 근원지는 목적지에서 보낸 비혼잡알림 셀을 받았을 경우에만 전송률을 증가시킨다. 그렇지 않은 경우에는 근원지는 계속 전송률을 감소시킨다. 전송률은 현재의 전송률에 비례해서 증가 또는 감소하기 때문에 PRCA 기법에서는 타이머가 필요 없다.

PRCA의 되먹임 과정도 데이터 셀의 EFCI 비트를 이용한다. 근원지에서는 처음 전송하는 셀과 N 번째마다 전송하는 셀만이 EFCI=0인 채로 전송되고 나머지는 EFCI=1인 채로 전송된다. N은 미리 정해진 매개변수로서 혼잡에 대한 응답시간과 후방향 링크 사용률에 영향을 미친다. 목적지까지 혼잡을 겪지 않고 EFCI=0인 셀이 도착했을 경우 목적지에서는 RM 셀을 생성하여 후방향으로 돌려보낸다. 근원지는 목적지에서 RM 셀을 받았을 경우에만 전송률을 높게 된다. 혼잡을 겪는 스위치는 해당하는 가상경로에서 온 셀들을 EFCI=1로 만들고 후방향에서 오는 RM 셀을 제거한다. 근원지는 셀이 보내질 때마다 전송률을 계속적으로 낮추기 때문에 스위치의 혼잡이 풀릴 때까지 전송률이 줄어들게 된다. Fig. 4는 혼잡이 일어난 경우의 PRCA 기법의 데이터와 제어 셀의 행동을 나타낸다.

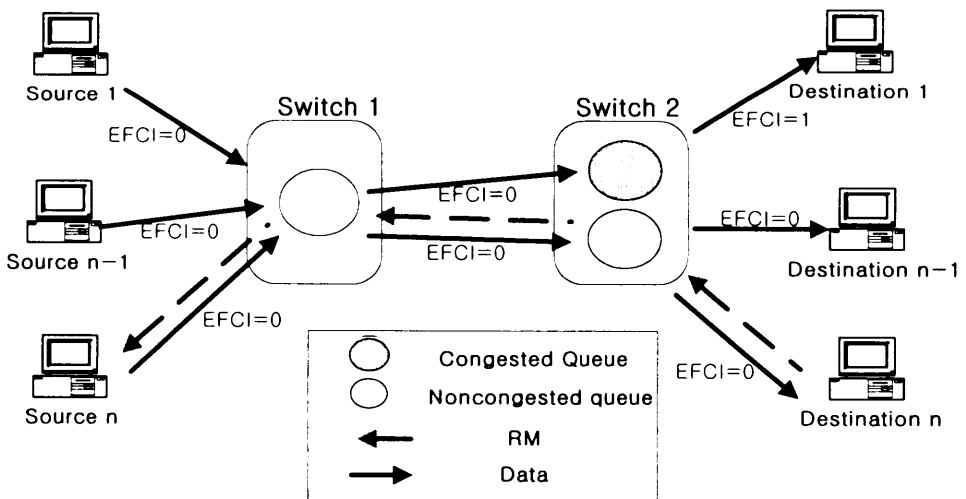


Fig. 4 PRCA congestion control

PRCA 기법의 정귀환은 부귀환을 기반으로 한 FECN, BECN 기법에 내재해 있던 전체 네트워크가 무너질 수 있는 문제점을 해결하였다. 그러나 PRCA 기법은 가상경로의 기아 위험을 가지고 있다. 즉 어떤 가상경로가 다른 가상경로들보다 더 많은 혼잡 링크를 경유하여 간다면 그러한 가상경로의 데이터 셀의 EFCI 비트가 표시될 확률은 더욱 높아진다. 이러한 가상경로는 모든 링크의 혼잡이 해결되기 전까지는 전송률을 계속 낮추어야하고 이는 그러한 가상경로의 전송률을 다른 가상경로에 비해 낮게 만든다. 이러한 가상경로 기아의 위험은 경유하는 혼잡 링크의 수에 비유하여 'beat down' 효과라고 한다(Bennett and Jardins, 1994).

Beat Down을 해결하기 위한 몇 가지 방법은 다음과 같다. 직접적인 방법으로는 모든 가상경로나 모든 스위치에 대해 독립적인 큐를 두는 대신 특정 가상경로 또는 특정 스위치에 대해 독립된 큐를 두는 방법이다. 그러나 이 방법은 하드웨어의 복잡도와 메모리 요구를 현저하게 증가시킨다. 다음은 이 문제를 해결하기 위해서 제안된 EPRCA 기법을 설명한다.

(3) EPRCA

EPRCA는 ATM System의 Roberts에 의해 1994년 9월 ATM포럼에 소개되었으며, 기존의 PRCA 방법에 fair share계산을 통한 ER 개념을 도입하여 VC간의 불공평성을 크게 개선한 방식이다. EPRCA 기법의 주안점은 가상경로마다 큐를 관리하지 않고도 각 가상경로의 적정한 전송률을 계산하는 것이다(Siu and Tzeng, 1994b). EPRCA 기법에서 각 가상경로는 주기적으로 근원지에서 목적지까지 현재의 허용된 전송률을 보낸다. 경유하게 되는 스위치에서는 주어진 전송률을 이용해 그 스위치를 통과하게 되는 가상경로들의 적정 전송률을 추정한다. 메모리 요구와 계산의 복잡도를 줄이기 위해 전송률 추정은 일차식으로 행해진다. 혼잡을 겪는 스위치에서는 추정된 전송률과 허용된 전송률을 사용하여 가상경로의 합당한 새로운 전송률을 결정한다. 기본적으로 전송률은 PRCA와 동일하게 정귀환 방법으로 증가한다. RM 셀을 받을 때까지 근원지에서는 각 셀을 보낼 때마다 전송률을 줄인다. 목적지에서 RM 셀을 받게되면 후

방향으로 RM 셀을 근원지로 되돌려 보낸다. 이 후방향 RM 셀의 목적은 경유하는 스위치에서 계산된 전송률 정보를 다시 돌려보내 근원지에 알려주는 것이다. 이 전송률 정보는 혼잡이 일어난 스위치들에서 계산된 전송률 가운데 가장 작은 것이다. 이 결과를 바탕으로 혼잡이 일어난 스위치의 예상 전송률보다 큰 전송률을 가진 가상경로는 전송률을 줄인다. Fig. 5는 EPRCA 기법에서 데이터 셀과 RM 셀의 전송에 관한 간단한 예이다.

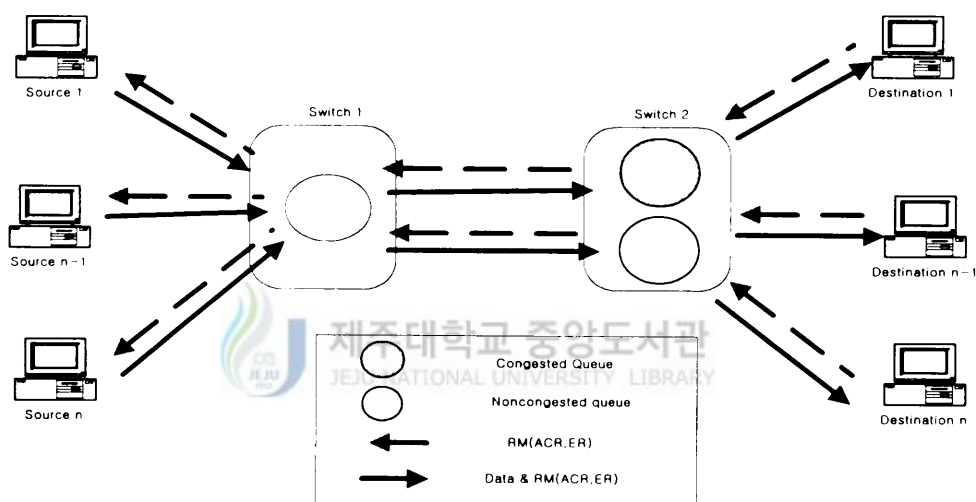


Fig. 5 EPRCA congestion control

EPRCA 알고리즘은 Fair Share를 계산하기 위해 먼저 RM 셀의 CCR 값에서 지수 가중 평균 계산 방법을 이용하여 MACR(Mean Allowed Cell Rate)를 구하고, Fair Share는 구해진 MACR를 이용하여 다음과 같이 구해진다.

$$\text{MACR} = (1 - \alpha)\text{MACR} + \alpha \cdot \text{CCR} \quad (1)$$

$$\text{Fair Share} = \text{SW_DPF} \times \text{MACR} \quad (2)$$

여기에서 α 는 지수 가중 평균치를 위한 계수로서 1/16이고 SW_DPF는 스

위치의 상황에 따라 1보다 작은 값으로 설정된다. EPRCA 알고리즘은 Fair Share의 계산을 위해 순방향 RM 셀의 CCR 필드 값을 사용하여, 스위치가 현재 폭주 상태이면 송신원 중 CCR이 MACR보다 낮은 VC에 대해 식 (1)을 사용해 MACR을 갱신하고, 스위치가 폭주 상태가 아니면 CCR이 $MACR * 7/8$ 보다 큰 VC에 대해 역시 식 (1)을 사용하여 MACR을 갱신한다.

스위치는 위와 같이 구해진 MACR을 이용하여 Fair Share를 계산하고 필요에 따라 역방향 RM 셀의 ER 필드 값을 Fair Share에 근거하여 줄인다. 이때 폭주 상태가 아니면 ER 필드 값은 제한되지 않고, 폭주 상태로 판달될 경우에만 ER 필드 값을 Fair Share로 제한하게 된다. EPRCA 스위치는 경미한 폭주 상태와 심각한 폭주 상태를 나타내는 두 개의 임계값을 가지고 있다. 먼저 심각한 폭주 상태이면 모든 VC에 대하여 ER을 $(1/4)*MACR$ 이하로 감소시키고, 경미한 폭주 상태이면 CCR이 MACR의 7/8 보다 큰 VC에 대해서만 선택적으로 ER을 $(15/16)*MACR$ 이하로 감소시킨다.

다음은 EPRCA 알고리즘에 대한 설명이다. 설명에서 RM 셀은 ACR과 ER이라는 변수를 전송하며 $RM(ACR,ER)$ 로 표현한다. 각 스위치의 큐에는 MACR이라는 변수가 존재하며 적정 전송률에 대한 추정값을 가지고 있다. ACR은 근원지가 허용하는 전송률이다.

1. 근원지는 N개의 데이터 셀을 전송할 때마다 $RM(ACR, ER)$ 셀을 전송한다.
ER은 근원지의 최대 허용 전송률이다.
2. 근원지는 ACR값을 계속적으로 줄인다.
3. $RM(ACR, ER)$ 셀을 받을 때마다 근원지는 ACR을 ER보다 크지 않은 값으로 증가시킨다.
4. 목적지는 $RM(ACR)$ 셀을 받을 때마다 $RM(ACR, ER)$ 셀을 근원지로 되돌려 보낸다.
5. 혼잡하지 않은 스위치가 $RM(ACR, ER)$ 셀을 근원지에서 받았다고 가정할 때, 이때 스위치는 MACR을 $MACR + \beta \times (ACR - MACR)$ 로 교체한다.
6. 혼잡한 스위치가 $RM(ACR, ER)$ 셀을 근원지에서 받았다고 가정할 때, 이때

ACR이 스위치의 MACR값보다 작다면 MACR을 $MACR + \beta \times (ACR - MACR)$ 로 줄인다.

7. 혼잡한 스위치가 RM(ACR, ER)셀을 목적지에서 받았다고 가정할 때, 현재의 큐의 길이가 DQT보다 크다면 RM 셀의 ER필드를 ER과 $\gamma \times MACR$ 중에 작은 값으로 교체한다. 그렇지 않다면 RM 셀의 ER필드를 ER과 MACR 중에 작은 값으로 교체한다.

EPRCA 기법은 MACR과 ER을 계산하는 방법사이에 여러 가지 변화된 방법이 존재하고, 그 방법들은 ATM Forum에서 추천되고 있다.

ATM Forum에서는 혼잡제어 기법으로 EPRCA 기법을 추천하고 있다. 그러나 EPRCA 알고리즘의 주된 문제점으로 지적된 것은 폭주 상태를 판단하는 방법이 단순히 버퍼 수위의 임계값 초과 여부만을 사용하는 것이다. 즉, 버퍼의 수위가 어떤 임계값을 초과하면 경미한 폭주 상태로 판단하고, 만약 더 높은 임계값을 초과하면 심각한 폭주 상태로 판단한다. 이러한 폭주 상태 판별 방법은 늦게 전송을 시작한 송신원이 일찍 전송을 개시한 송신원보다 낮은 처리율을 가지는 불공평성을 유발한다고 알려지고 있다.

(4) ERICA

ERICA 기법은 Ohio State University에서 제안하였고 1995년 ATM Forum에 소개되었다. 그 이후 많은 논문들에서 ERICA 알고리즘에 대한 성능을 평가하고 있다. ERICA 기법은 폭주 회피에 주안점을 두고 있으며, 가용대역폭을 공정하고 효과적으로 할당하고자 하는 알고리즘이다. 따라서 경쟁 중에 있는 모든 VC들을 가용대역폭에 어떻게 공정하고 효율적으로 배치할 것인가와 관계된다. 또한 큐잉의 대부분이 출력포트에서 발생하기 때문에 ERICA 기법 역시 스위치의 각 출력 단에 적용되며, 현재 동작 중인 VC들의 개수, ABR가용용량, 부하인수(load factor) z 의 결정 그리고 각 링크에서의 부하(load)를 정기적으로 모니터링 한다.

ERICA 기법은 일정간격(Averaging Interval)동안 모니터링된 스위치 입력 전송률을 나눈 값인 부하인수 z 를 사용하여 혼잡제어를 한다.

$$\text{Load Factor}(z) = \text{Input Rate} / \text{ABR Capacity} \quad (3)$$

목적 전송률은 일반적으로 가용 링크 대역폭의 85%에서 95%로 설정한다.

$$\text{ABR Capacity} = \text{Target Utilization} \times \text{Link Bandwidth} \quad (4)$$

ERICA 기법은 부하 인수의 값에 따라 ER 계산 방법을 다르게 적용하는 구분된 혼잡제어를 한다. 부하 인수의 값이 1과 큰 차이를 나타내는 과부하 상태나 저부하 상태의 경우, 스위치는 부하 인수를 RM 셀에 표시하여 근원지에 전달하는 역할만 한다. 근원지는 RM 셀이 되돌아온 경우 전송률을 전달된 부하 인수 z 로 나누게 된다. 즉, 목표 전송률을 일정간격 동안 실제 전송을 한 송신원 수로 나누어 Fair Share를 구한 뒤 Fair Share 보다 높은 전송률로 전송을 한 근원지에 대해서는 전송률을 줄이도록 요구하고, Fair Share보다 낮은 전송률로 보내는 근원지에 대해서는 전송률을 올리도록 한다. 이것은 스위치의 입력 전송률이 목적 전송률과 같아지도록 하기 위한 것이다.

다음 N 셀의 일정기간 동안 스위치는 위에서 구한 부하인수에 의거하여 모든 VC들에 대해 전송률을 수정하도록 요청한다. 즉, 현재 전송률이 CCR인 VC에 대해 스위치에 인가된 부하만을 고려한 ER 값은 다음과 같다.

$$\text{ER based on load} = \text{ERI} = \text{CCR} / \text{Load Factor} \quad (5)$$

이때 각 VC들 간의 공평성은 모든 VC가 최소한 Fair Share 만큼의 전송률을 보장받으면 되므로 각 VC들의 ABR 가용량 분배의 공평성을 나타내는 Fair Share는 다음과 같이 계산된다.

$$\text{Fair Share} = \text{ABR Capacity} / \text{Number of Active Sources} \quad (6)$$

근원지에서 Fair Share를 전부 사용하지 않으면, 스위치는 나머지 용량을 필요로 하는 다른 근원지에 할당한다. 할당 가능한 량의 계산은 다음과 같다.

$$\text{VCShare} = \text{CCR} / z \quad (7)$$

만약 모든 VC들의 가용율이 VCShare보다 작다면 다음 사이클에서 스위치는 과부하가 될 것이다. 따라서 VCShare의 목적은 회선을 효율적으로 사용하기 위해서, 그리고 Fair Share는 공정성을 보장하기 위한 목적으로 사용된다.

ERICA 기법은 과부하 상태나 저부하 상태에서는 VC에 따라 선택적인 피드백을 취하지 않으므로 공정성을 보장하지 않는다. 부하인수의 값이 작은 δ 에 대해 $[1 - \delta, 1 + \delta]$ 의 구간에 들면, 스위치는 과부하 VC와 저부하 VC에 대해 다른 피드백을 보낸다. 과부하 VC의 전송률은 $z / (1 + \delta)$ 로 나누어지며, 저부하 VC의 전송률은 $z / (1 - \delta)$ 로 나누어진다.

Fair Share와 VCshare의 조합을 통한 최적상태에 도달하기 위해 다음과 같은 식을 사용한다.

$$\text{ER Calculated} = \text{Max}(\text{Fair Share}, \text{VCshare}) \quad (8)$$

만약 VCShare의 값이 Fair Share의 값보다 크다면, 근원지는 VCShare를 보냄으로써 링크는 이용량 감소가 일어나지 않는다. 계산되어진 ER값은 ABR 가용량 보다 클 수 없기 때문에 위의 계산식을 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\text{ER in cell} = \text{Min}(\text{ER in cell}, \text{ABR Capacity}) \quad (9)$$

ERICA 기법은 다음과 같은 장점을 갖는다. 첫째, ERICA 기법은 혼잡 회피 기법으로서 목적 전송률을 정의하여 큐 길이를 낮게 유지하고 작은 셀 지연 변이를 갖는다. 둘째, 혼잡 제어를 위해 매우 작은 개수의 매개 변수를 사용한다. 셋째, 평형 상태에 이르는 속도가 EPRCA에 비해 10배~20배정도 빠르다. 한편 입력 전송률을 관측하기 위한 간격의 길이를 효과적으로 정하기 힘들며, 일관된 안정성을 제공하지 못하는 단점을 갖는다.

Ⅲ. 시뮬레이션 모델

본 논문의 목적은 ATM망에서 전송률 기반 ABR 서비스의 한 종류인 EPRCA 알고리즘과 ERICA 알고리즘의 성능을 비교분석하기 위한 시뮬레이션 모델을 제시하고, 제시된 모델에 따른 시뮬레이터를 이용하여 EPRCA 알고리즘과 ERICA 알고리즘의 성능을 평가하고자 한다. 본 논문에서 사용하고자 하는 알고리즘에 대한 재전송률과 처리율을 비교하기 위하여 조금은 간단한 토폴로지를 갖는 ATM 환경하에서 시뮬레이션을 수행하였다.

1. 시뮬레이션 모델

시뮬레이션 모델은 Fig. 6과 같이 5개 TCP Source, 5개 Destination, 2개의 B-TE 그리고 2개의 스위치로 구성하였다. 그리고 각 TCP Source는 한 개의 TCP Destination으로 400,000 bytes을 보낼 수 있도록 하였고, Source측은 단지 Ack 오퍼레이션을 하여 데이터를 받는 작용만 할 수 있도록 하였다. 그리고 Link 거리를 LAN환경에서는 1Km, WAN환경에서 1000Km로 설정하여 시뮬레이션과 성능 비교를 하였다. Source에서 TCP의 윈도우 크기를 조절하기 위한 방법을 사용할 경우 ATM 계층의 흐름제어가 EPRCA 또는 ERICA을 선택하여 일어난다고 가정하였다. 시뮬레이션 파라미터들 중 최대 세그먼트 크기, B-TE의 버퍼크기, 스위치의 버퍼크기 그리고 링크 길이를 변화시키면서 EPRCA와 ERICA의 성능 분석을 하고자한다. 본 논문에서 사용한 시뮬레이션을 수행하기 위해 NIST에서 개발한 ATM 네트워크 시뮬레이터를 이용하였다 (D. Martin, Sep 1998). 시뮬레이션 스테이션은 SUNEnterprise 450이고 OS는 Solaris 2.6하에서 시뮬레이션을 하였다.

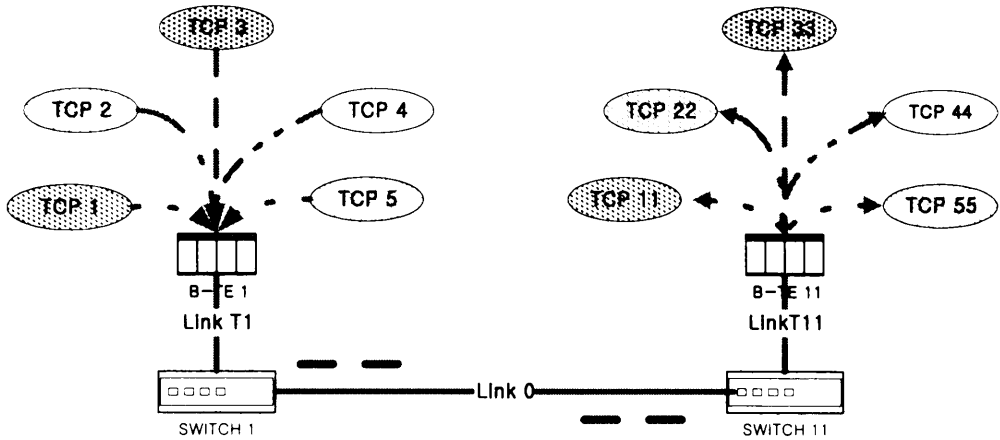


Fig. 6 Simulation model

2. 시뮬레이션 파라미터



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

시뮬레이션에 사용된 파라미터는 TCP의 시뮬레이션 파라미터, B-TE (Broadband Terminal Equipment) 시뮬레이션 파라미터, ATM 스위치 시뮬레이션 파라미터와 링크 파라미터로 나눌 수 있다.

1) TCP 시뮬레이션 파라미터

TCP에서 사용된 파라미터들은 네트워크의 혼잡을 유발시키는 정도가 다르게 하기 위해 주로 패킷 크기를 가변적으로 변화시켰다.

- ① 전송 바이트 수 : 400Kbytes
- ② 최대 윈도우 크기 : 64Kbytes
- ③ 패킷 처리 시간 : 500 μ s
- ④ 버퍼 크기 : 20Kbytes
- ⑤ 최대 세그먼트 크기(가변 파라미터) : 500, 1500, 4000, 8000bytes

2) B-TE 시뮬레이션 파라미터

B-TE는 상위계층의 프로토콜로부터 전송 받은 패킷을 ATM 통신망의 전송 단위인 셀로 나누어 전송하는 역할을 수행한다.

- ① 최대 전송률(PCR) : 150Mbps
- ② RM 셀간의 테이터 셀 수(Nrm) : 32cells
- ③ 최소 전송률(MCR) : 0.149
- ④ 유희상태이후 최초 전송률(ICR) : 7.49
- ⑤ 전송률 감소율(RDF) : 0.0625
- ⑥ 전송률 증가율(RIF) : 0.212
- ⑦ 버퍼 크기 : 85, 170, 340, 750, 1336 cells

3) 스위치 시뮬레이션 파라미터

스위치는 ATM 레벨에서 전송률 방식의 트래픽 제어를 지원하는 스위치를 가정하였다. 시뮬레이션에 있어서 가장 중요하게 사용된 파라미터는 스위치의 버퍼 크기이고, 이 파라미터는 가변적으로 변화시켰다.

- ① 스위치 처리 속도 : 141Mbps
- ② MACR (Mean allowed cell rate) Addicative Increase Rate : 0.5
- ③ ERF(Explicit Reduction Factor) : 0.9357
- ④ VC Separator : 0.875
- ⑤ Average Factor(AV) : 0.0625
- ⑥ MRF(Major Reduction Factor) : 0.95
- ⑦ DPF(Down Pressure Factor) : 0.875
- ⑧ 스위치 버퍼 크기 : 64, 128, 256, 512 cells
- ⑨ DQT : 60, 120, 250, 450 cells
- ⑩ 상위 문턱 값 : 버퍼의 68%
- ⑪ 하위 문턱 값 : 버퍼의 49%
- ⑫ EPD 문턱 값 : 버퍼의 80%

4) 링크 시뮬레이션 파라미터

링크 길이는 LAN에서는 1Km, WAN에서는 1000Km로 고정하였다.

- ① 전송 대역폭 : 155Mbps(STC-3C)
- ② 링크 길이 : LAN(1Km), WAN(1000Km)



IV. 성능 평가 및 결과고찰

1. 비교 분석 방법

기존 연구에서는 EPRCA가 WAN에서 수행될 경우의 성능비교 방법이 있다 (Shivkumar 등 1996). 본 논문에서의 시뮬레이션 방법은 Fig. 7과 같이 B-TE 버퍼 사이즈와 스위치 버퍼 크기 변화에 따른 LAN과 WAN 중 하나를 선택하고 세그먼트 크기를 변화를 주면서 성능분석을 한다.

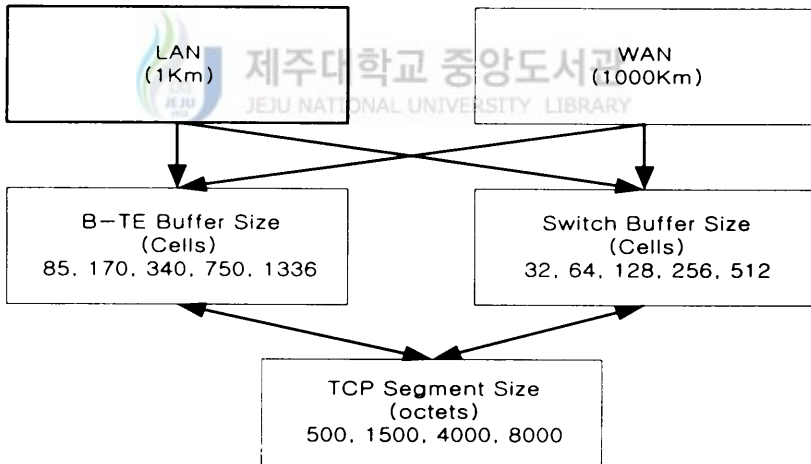


Fig. 7 Simulation Environment

2. B-TE 버퍼 크기 변화에 따른 성능 비교

Fig. 8과 Fig. 9는 링크길이를 1Km와 스위치 버퍼 크기를 고정시키고 B-TE의 버퍼 크기와 TCP 세그먼트의 크기 변경에 따른 재전송률과 처리율의 변화를 보여주는 그래프이다. B-TE에는 혼잡회피 알고리즘을 사용하고 있지만, 이 알고리즘을 사용하는 스위치의 처리량에 따라 B-TE에서도 영향을 받기 때문에 알고리즘에 따른 지연시간이나 처리량을 알 필요가 있다. 그리고, B-TE의 슬라이딩 윈도우의 크기도 TCP 세그먼트의 크기에 따라 영향을 미치게 될 것이다.

Fig. 8에서 보는바와 같이 재전송률에 대한 EPRCA와 ERICA 성능을 비교 분석해 보면, TCP 세그먼트 1500bytes까지는 약간의 차이는 있어도 B-TE 버퍼 크기에 큰 영향을 받지 않고, 세그먼트 4000bytes일 때 EPRCA 알고리즘에서는 B-TE 버퍼크기 170일 때 57%의 재전송률을 보여 가장 높게 나타나고 있다. B-TE 버퍼크기가 커질수록 10%이하의 낮은 재전송률을 보여, 버퍼크기 1336일 때는 ERICA보다 낮은 재전송률을 보이고 있다. ERICA에서는 B-TE 버퍼 크기 170일 때 EPRCA와는 반대로 10%이하의 낮은 재전송률을 나타냈다. 오히려 버퍼크기 1336일 때는 EPRCA보다 약간 높은 재전송률임을 알 수 있다. 그리고 세그먼트가 8000bytes일 때에는 EPRCA에서는 버퍼크기가 커질수록 낮은 재전송률을 보이고, ERICA는 버퍼크기 340일 때 낮은 재전송률을 보이나, 오히려 버퍼크기 340보다 클수록 재전송률이 높아짐을 알 수가 있다.

즉 세그먼트 1500까지는 EPRCA나 ERICA 모두가 버퍼크기에 큰 영향을 받지 않고 있으나, 세그먼트 1500이상일 때는 둘 다 버퍼크기에 영향을 받고 있고 세그먼트 4000이면서 버퍼 크기가 1336일 때는 약간의 차이지만 EPRCA가 ERICA 보다 낮은 재전송률을 보이고 있다.

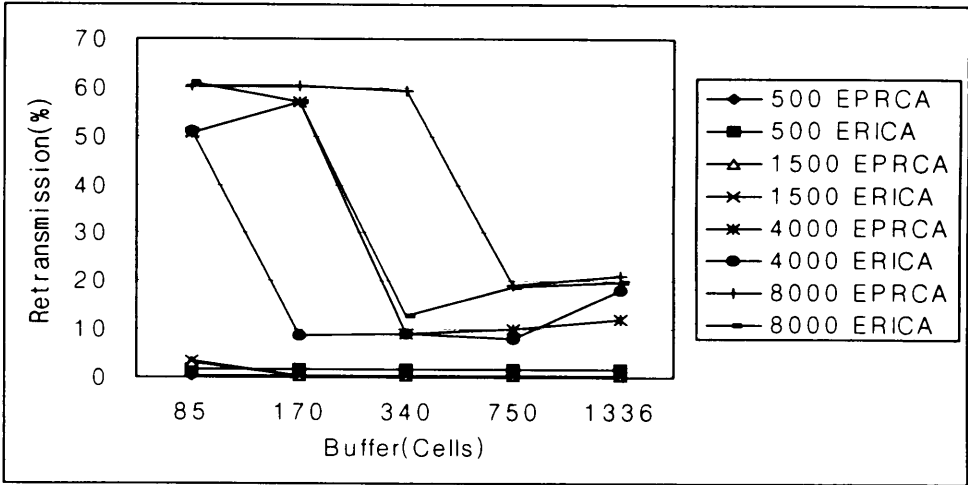


Fig. 8 Retransmission rate for the size of TCP segment and B-TE buffer over LAN

처리율에 대한 EPRCA와 ERICA 성능 분석을 해보면 Fig. 9에서 보는바와 같이 세그먼트가 4000까지는 EPRCA나 ERICA 모두 서로 비슷한 처리율을 보이고 있지만 세그먼트가 500이면서 B-TE 버퍼크기가 1336일때는 ERICA보다 높은 8.8%의 처리율을 보이고 있다.

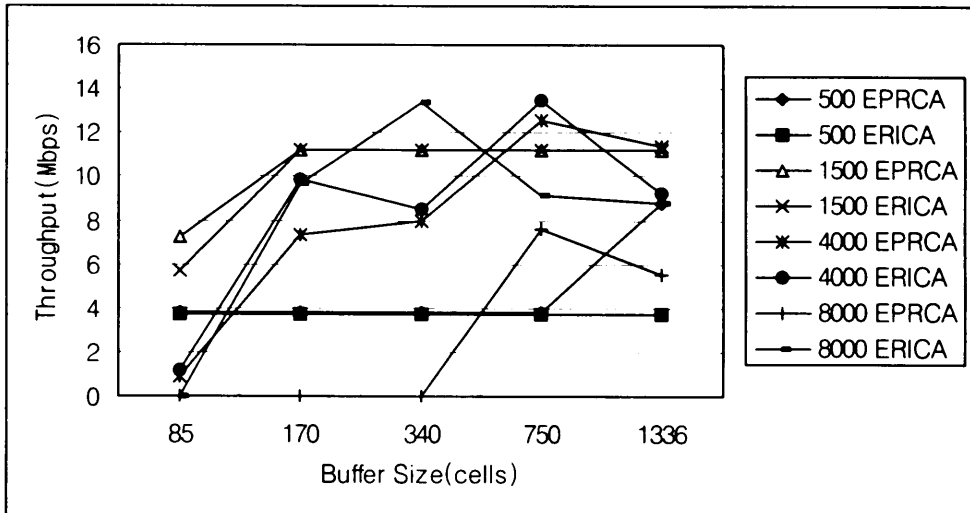


Fig. 9 Throughput for the size of TCP segment and B-TE buffer over LAN

특히 세그먼트 8000일때는 EPRCA는 버퍼크기가 340까지는 전혀 처리를 하지 못하는 반면 ERICA는 버퍼크기가 340일 때 13.4%의 높은 처리율을 보여 주고 있다. 그리고 세그먼트 크기에 따라 약간 다르지만 세그먼트 크기가 1500bytes이상 일때는 버퍼 크기 750이상에서는 처리율이 오히려 낮아지고 있다.

Fig. 10과 Fig. 11은 링크길이를 1000Km와 스위치 버퍼를 고정시키고 B-TE의 버퍼 크기와 TCP 세그먼트의 크기 변경에 따른 재전송률과 처리율의 변화를 보여주는 그래프이다.

재전송률에 대한 EPRCA와 ERICA 성능 분석을 해보면 Fig. 10에서 보는바와 같이 세그먼트가 1500bytes까지는 EPRCA와 ERICA 모두 B-TE 버퍼 크기와 관계없이 1%이하의 낮은 재전송률을 보이고 있고, 세그먼트 4000이상부터는 버퍼 크기에 영향을 받아 두 알고리즘 모두 세그먼트가 4000일때는 버퍼 크기가 340일 때, 세그먼트가 8000일때는 버퍼크기가 750일 때 가장 낮은 재전송률을 보여주고 있다. 즉 Fig. 10과 같이 EPRCA와 ERICA의 재전송률에 대한 성능은 차이가 적음을 알 수 있다.

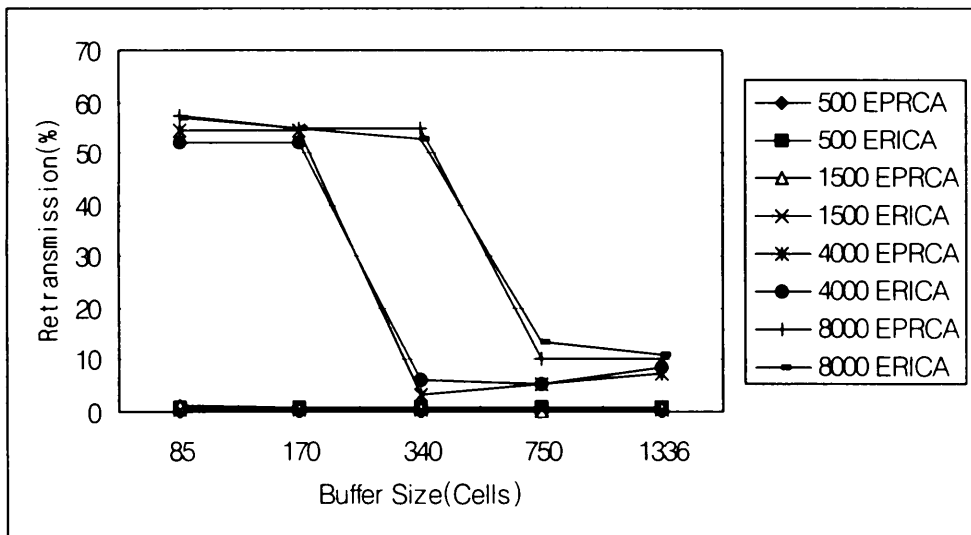


Fig. 10 Retransmission rate for the size of TCP segment and B-TE buffer over WAN

Fig. 11에서 보는바와 같이 처리율에 대한 EPRCA와 ERICA의 성능 분석을 해보면 TCP 세그먼트가 500일 때 B-TE 버퍼 크기에 관계없이 일정한 처리율을 보여주고, 약간의 차이지만 EPRCA가 나은 처리율을 보여주고 있다. 세그먼트가 1500일 때와 4000일 때에는 비슷한 처리율을 보이지만 B-TE 버퍼 크기가 340일 때는 EPRCA가 약간 높은 처리율을 보이고, 버퍼 크기가 1336일 때는 ERICA가 약간 높은 처리율을 보이고 있다. 그리고 TCP 세그먼트가 8000일 때에는 두 알고리즘에 대해 B-TE의 버퍼 크기가 커질수록 처리율이 증가됨을 알 수 있다.

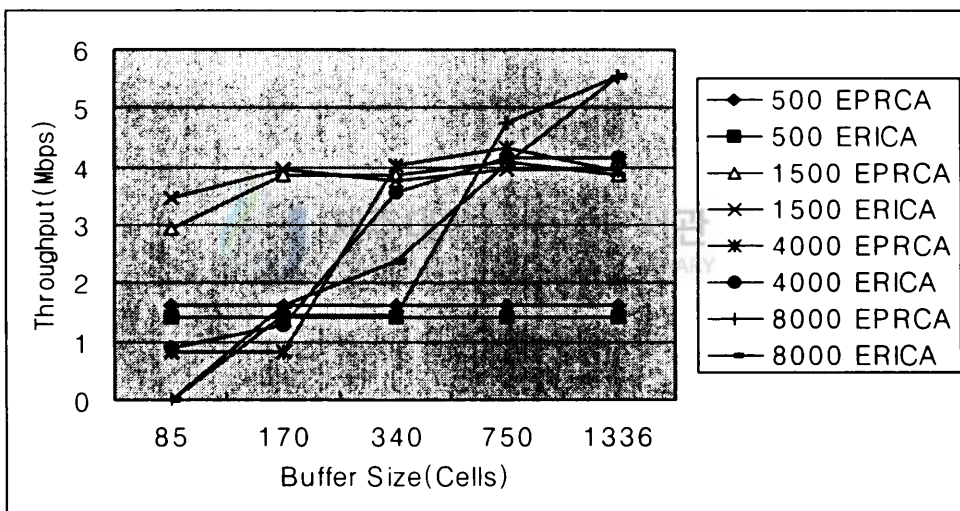


Fig. 11 Throughput for the size of TCP segment and B-TE buffer over WAN

링크 길이에 따른 재전송률에 대한 성능을 비교해 보면 LAN상의 B-TE에서는 ERICA인 경우 TCP 세그먼트 4000bytes, B-TE 버퍼가 170일 때 재전송률이 8.6%의 낮은 재전송률을 보이나 WAN상의 B-TE에서는 52%의 높은 재전송률로 EPRCA 54.4%와 별 차이 없다. 그리고 TCP 세그먼트 8000bytes, B-TE 버퍼 크기가 340일 때도 LAN에서는 12.6%의 낮은 재전송률이지만 WAN에서는 52.8%로 EPRCA 55%와 차이가 별로 없음을 보여 주었다. 즉 링

크 길이가 1Km일 때 ERICA는 세그먼트 4000인 경우 buffer 크기가 170일 때 8.6%, EPRCA는 buffer 크기가 340일 때 9%의 낮은 재전송률을 보이지만 1000Km일 때는 ERICA, EPRCA가 buffer 크기 340일 때 6%, 3.2%의 낮은 재전송률을 보이고 있다.

링크 길이에 따른 B-TE의 처리율에 대한 성능을 비교해 보면 세그먼트 4000bytes일 때 LAN에서는 버퍼 크기가 750일 때 EPRCA, ERICA 모두 12.5, 13.4%로 가장 높은 처리율을 보이지만 WAN에서는 세그먼트 8000bytes이고 buffer 크기가 1336일 때 각각 5.5%로 가장 높은 처리율을 보여 주었다. 그리고 세그먼트 8000일 때 LAN에서 EPRCA는 버퍼 크기가 750 이상일 때, ERICA는 버퍼 크기가 340이상일 때 처리율이 오히려 떨어지는 현상이 있지만, WAN에서는 버퍼 크기가 클수록 처리율이 점차 증가하였다.

3. 스위치 버퍼 크기 변화에 따른 성능 비교

Fig. 12와 Fig. 13은 링크길이를 1Km와 B-TE 버퍼 크기를 고정시키고 스위치의 버퍼 크기와 TCP 세그먼트의 크기 변경에 따른 재전송률과 처리율의 변화를 보여주는 그래프이다. Fig. 12에서 보는바와 같이 스위치 버퍼 크기 변화에 따른 재전송률에 대한 EPRCA와 ERICA의 성능 분석을 해보면, TCP 세그먼트가 1500일 때까지는 스위치 버퍼 크기와 세그먼트 크기에 관계없이 EPRCA와 ERICA 모두 아주 낮은 재전송률을 보이고, 세그먼트 4000일 때 스위치 버퍼 크기에 따라 재전송률이 큰 차이가 있다. EPRCA인 경우는 버퍼 사이즈가 64cells일 때 세그먼트 4000에서 44.2%의 재전송률을 보이고 다른 버퍼 크기에서는 57%의 높은 재전송률을 보이고, TCP 세그먼트가 클수록 더 높은 재전송률을 보이고 있다.

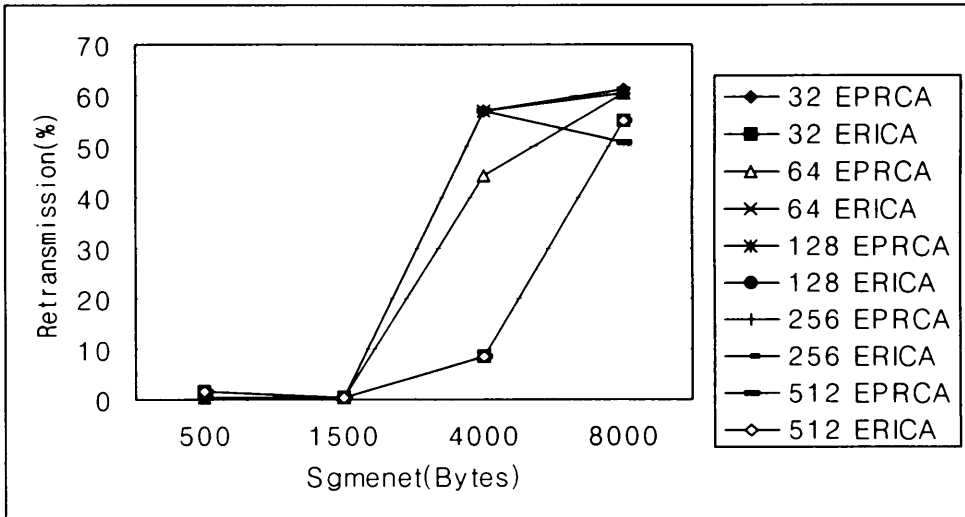


Fig. 12 Retransmission the size of TCP segment and switch buffer over LAN

ERICA인 경우도 같은 TCP 세그먼트에서는 버퍼크기에 영향을 받지 않는 것으로 나타났지만 세그먼트가 8000일 때는 버퍼 크기가 256일 때 보다 512인 경우가 재전송률이 57%에서 50%로 낮아지고 있다.

Fig. 13에서 보는바와 같이 스위치 버퍼 크기 변화에 따른 처리율에 대한 EPRCA와 ERICA의 성능 분석을 해보면 EPRCA와 ERICA 모두 버퍼 크기에 관계없이 TCP 세그먼트 1500일 때 가장 높은 처리율(약11%)을 보이고 있다. 그러나 EPRCA인 경우 세그먼트가 커질수록 아주 낮은 처리율을 보이는데 8000인 경우는 512인 때를 제외하고는 전혀 처리를 하지 못하는 것으로 나타났다. ERICA인 경우는 세그먼트가 크더라도 스위치 버퍼 크기에 큰 영향 없이 세그먼트가 4000일 때 9.86%, 8000일 때 9.66%의 처리율을 보이며 EPRCA는 TCP 세그먼트 크기와 버퍼 크기에 따라 처리율이 차이를 보이지만 ERICA는 같은 세그먼트 크기에서는 스위치 버퍼 크기에 관계없이 일정한 처리율을 갖고 있다. 세그먼트 크기가 작을 때(500bytes)는 약간의 차이가 있지만 EPRCA가 ERICA보다 나은 처리율을 보이나 세그먼트가 커질수록 ERICA가 좋은 처리율을 보인다.

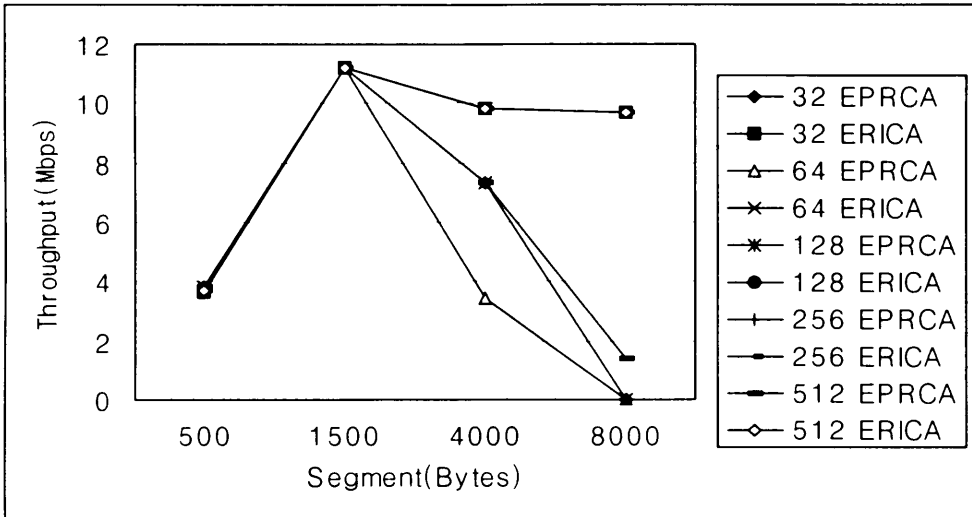


Fig. 13 Throughput for the size of TCP segment and switch buffer over LAN

Fig. 14와 Fig. 15는 링크길이를 1000Km와 B-TE 버퍼 크기를 고정시키고 스위치의 버퍼 크기와 TCP 세그먼트의 크기를 변경에 따른 재전송률과 처리율의 변화를 보여주는 그래프이다. Fig. 14에서 보는바와 같이 스위치 버퍼 크기 변화에 따른 재전송률에 대한 EPRCA와 ERICA의 성능 분석을 해보면, Fig. 14와 같이 재전송률은 EPRCA와 ERICA 모두 버퍼 크기에 큰 영향이 없는 것으로 나타내고 있으며 세그먼트가 500bytes일 때는 EPRCA가 약간의 차이지만 재전송률이 전혀없는 것으로 알 수 있다.

세그먼트가 4000일 때에는 EPRCA 55%보다 ERICA가 52.4%로 약간 낮은 재전송률을 보이다가 Segment 8000일 때는 모두 55%의 같은 재전송률을 보이고 있다.

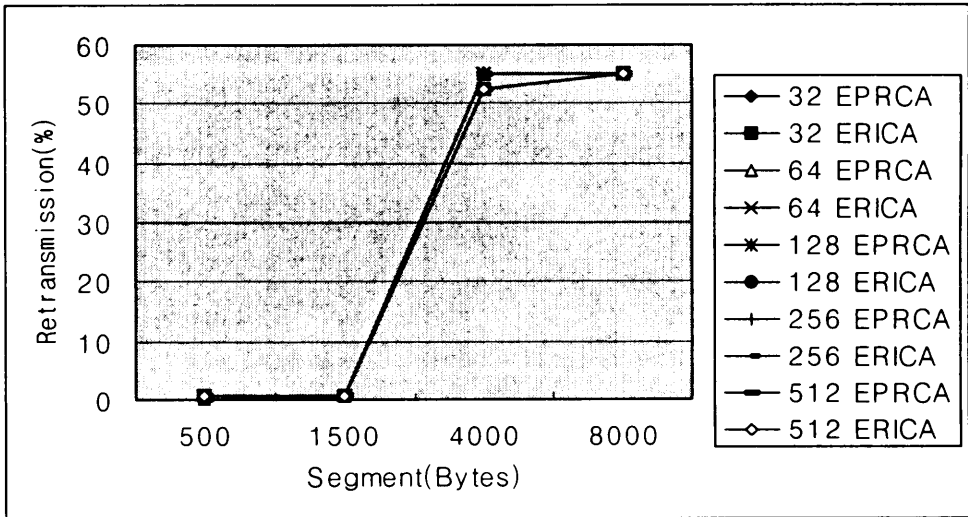


Fig. 14 Retransmission rate for the size of TCP segment and switch buffer over WAN

Fig. 15에서 보는바와 같이 스위치 버퍼 크기 변화에 따른 처리율에 대한 EPRCA와 ERICA의 성능 분석을 해보면, 같은 TCP 세그먼트 일 때는 스위치 버퍼 크기에 관계없이 일정한 처리율을 가지며 세그먼트 1500까지는 EPRCA와 ERICA가 비슷한 처리율이지만 4000일 때는 ERICA 1.3%보다 EPRCA가 8.2%로 높은 처리율을 보여 ERICA보다 EPRCA가 세그먼트가 4000일 때 좋은 성능을 보이고 있다. 그리고 세그먼트가 8000일 때는 약간의 차이가 있지만 EPRCA, ERICA 모두 비슷한 처리율을 갖고 있음을 알 수가 있다.

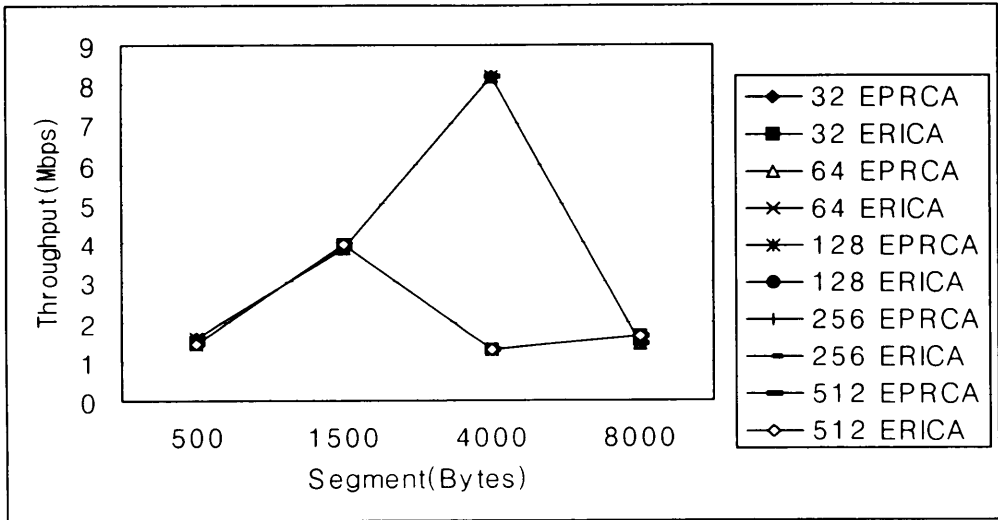


Fig. 15 Throughput for the size of TCP segment and switch buffer over WAN

링크 길이에 따른 재전송률을 비교해보면 TCP 세그먼트 4000일 때 LAN에서는 ERICA인 경우 버퍼 크기에 관계없이 8.6%의 낮은 재전송률을 보이지만, WAN에서는 52.4%의 높은 재전송률을 보이고 있다. 즉 LAN에서는 세그먼트 4000일 때 EPRCA 57%, ERICA 8.6%로 재전송률이 큰 차이를 보이지만 WAN에서는 EPRCA 55%, ERICA 52.4%로 재전송률이 큰 차이를 보이지 않음을 알 수가 있다.

링크 길이에 대한 처리율을 비교해 보면 TCP 세그먼트 1500까지는 LAN이나 WAN에서 EPRCA, ERICA가 비슷한 처리율을 보이고 있다. 세그먼트 4000일 때를 보면 LAN에서는 ERICA인 경우 9.82%의 처리율을 보이지만 WAN에서는 1.3%의 낮은 처리율을 보이고 있다. 또한 EPRCA인 경우도 세그먼트 4000일 때 LAN에서는 7.31%의 처리율로 세그먼트 1500일 때 11.18%보다 처리율이 떨어지지만 WAN에서는 세그먼트 1500일 때 3.85%보다 높은 8.2%의 처리율을 보여주고 있다. 즉 LAN에서는 세그먼트 4000일 때 ERICA가 높은 처리율을 보이지만 WAN에서는 EPRCA가 더 좋은 처리율을 보여 LAN과 WAN에서 상반되는 것을 알 수 있었다.

V. 결 론

본 논문에서의 목적은 ATM망에서의 전송률기반 트래픽 제어 방식에 대한 시뮬레이션 모델을 제안하고, 이를 통한 EPRCA 알고리즘과 ERICA 알고리즘의 성능평가를 위해 재전송률과 처리율을 비교 분석하였다.

B-TE의 버퍼 크기에 따라 EPRCA와 ERICA에 대해 재전송률은 같은 유형으로 변하지만 대체로 TCP 세그먼트가 클 수록 ERICA가 더 낮아졌다. 즉 ERICA가 TCP 세그먼트가 클수록 전송 효율이 더 좋다는 것을 의미한다. 그리고 스위치 버퍼 크기에 따른 재전송률과 처리율은 B-TE의 버퍼 크기에 따른 유형과 비슷하나 처리율에 대해서는 스위치 버퍼 크기에 관계없이 세그먼트 1500bytes일 때 둘 다 높은 처리율을 보였다. 또한 링크 길이에 따른 처리율은 LAN에서 세그먼트 1500bytes일 때는 ERICA가 높은 처리율을 보이지만 WAN에서는 세그먼트 4000bytes일 때 EPRCA가 더 높은 처리율을 보였다.

인터넷상에서의 데이터 크기는 가변적이어서 작은 크기의 데이터인 경우에는 EPRCA나 ERICA의 처리량은 비슷하지만, 커다란 데이터량을 처리하는 경우에는 EPRCA가 더 나은 성능을 보였다. 즉, ERICA가 데이터 처리에 있어서 EPRCA 보다 더 높은 강인성을 보여주고 있다. 이는 EPRCA는 비폭주 회피 방식이고 ERICA는 폭주 회피 방식의 차이로 일어난다고 볼 수 있는데, EPRCA는 폭주 발생시 전송량을 감소시키기 때문에 적은 버퍼에서는 폭주가 자주 발생하므로 처리량이 떨어지고 있고, ERICA는 폭주 발생 전에 트래픽을 조절하므로 처리량은 일정하게 유지되고 있다.

향후 연구과제로는 좀 더 다양한 트래픽 특성을 갖는 환경에서의 시뮬레이션을 통한 제안된 스위칭 알고리즘들의 성능분석이 필요하며, 다양한 망 상황에서의 스위치 파라미터가 성능에 미치는 영향을 분석하여 파라미터의 최적설정에 대한 연구가 요구된다.

참 고 문 헌

- A. W. Berger and F. Bonomi; "Proposal for backward congestion feedback at ATM UNI", ATM Forum Contribution 94-0682, 1994, pp.
- ATM Forum, 1996, ATM Forum Traffic Management Specification Version 4.0, AF-TM 0056.000, pp.
- C. Fang and H. Chen; "A Simulated Study of TCP Performance in ATM Network", ATM Forum Contribution 94-0119, 1994, pp.
- C. Ikeda and H. Suzuki; "Adaptive Congestion Control Schemes for ATM-LANs", IEEE Infocom'94, 1994, pp. 829-838.
- D. Hunt and R. Jain; "Credit-Based FCVC Proposal for ATM Traffic Management", ATM Forum Contribution 94-168R1, 1994, pp.
- D. Martin; "A Network Simulator User's Manual, ftp : //spice.ies.mit.edu : //pub/netsim, MIT, Sep 1998, pp.
- Flavio Bonomi and Jerry W. Fendick; "The Rate-Based Flow Control Framework for the Available Bit Rate ATM Service", IEEE Network magazine, Mar/April 1995, pp.
- H. T. Kung and A. Chapman; "Credit-Based FCVC Proposal for ATM Traffic Management", ATM Forum Contribution 94-168R1, 1994, pp.
- J. Bennett and G. T. D. Jardins; "Comments on the PRCA rate control baseline", ATM Forum Contribution 94-168R1, 1994, pp.
- K. Y. Siu and H. Y. Tzeng; "Adaptive Proportional Rate Control for ABR service in ATM networks", Technical Report UC Irvine, 1994b, pp.
- K. Y. Siu and H. Y. Tzeng; "APRC with Intelligent Congestion Indication", ATM Forum Contribution 94-0682, 1994a, pp.
- N. Yin and M. Hulchyi; "On Closed-Loop Rate Controls for ATM Cell Relay

- Networks", IEEE INFOCOM'94, 1994, pp.
- NIST; "ATN Network Simulator User's Manual", <http://nist.isdn.atm.gov>, 1995, pp.
- P. Newman; "Backward Explicit Congestion Notification for ATM Local Area Networks", IEEE GLOBECOM'93, 1993, pp.
- R. Jain; "Congestion Control and Traffic Management in ATM Networks : Recent Advances and A Survey", ATM Forum 95-0177, Jan 1995, pp. 1-20.
- Shivkumar Kalyanaraman, B.Tech; "Traffic Management for the Available Bit Rate(ABR) Service in Asynchronous Transfer Mode(ATM) Networks", The Ohio State University, 1997, pp.
- Shivkumar Kalyanaraman, Raj Jain, Sonia Fahmy, Rohit Goyal, Fang Lu, Saragur Srinidhi; "Performance of TCP/IP over ABR Service on ATM Networks", The Ohio State University, 1996, pp.
- Thomas. M. Chen, Steve S. Liu, and Vijay K. samalam; "The Available Bit Rate Service for Data in ATM Network", IEEE Communication Magazine, April 1996, pp.
- 김운하, 박성곤, 조용환; "ATM망에서 ABR 서비스를 위한 ER 스위치 폭주 제어 알고리즘의 성능 개선", 한국통신학회 논문지 '97-9 Vol.22 No.9, 1997, pp. 1890-1905.
- 유재택, 김용우, 김영환, 이광형; "ATM망에서 ABR 서비스의 공정 대역폭 할당을 위한 퍼지 전송률 제어 기법", 한국통신학회 논문지 '97-5 Vol.22 No.5, 1997, pp. 939-947.
- 유재택, 김용우, 이진이, 이광형; "ATM 서비스에서의 퍼지 트래픽 제어 방식", 한국정보처리학회 논문지 제3권 제7호, 1996, pp.

감사의 글

새로운 시작이 었그제 같은데 이제 결실을 맺는 시점에 와 있습니다. 짧은 시간이었지만 나에게는 많은 것을 생각하고 얻을 수 있었던 소중한 시간들이었습니다.

시작에서 결실을 맺을 때까지 항상 세심한 배려와 지도를 해 주시고, 늦은 나이에 시작한 공부에 힘들어 할 때 인간적인 충고를 해 주시며 이끌어 주신 안기중 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 또한 전자계산소장으로 재임하시면서 공부를 할 수 있도록 배려해 주신 김장형 교수님, 부족한 논문에 대한 세심한 지적과 조언으로 많은 가르침을 주신 박호영 교수님, 변상용 교수님, 이상준 교수님, 송왕철 교수님께 감사의 마음을 전합니다.

오늘의 결실이 있기까지 회노애락을 같이하며 많은 관심과 도움을 준 전자계산소의 모든 동료들께 고마움을 전합니다. 그리고 저를 아껴주시고 격려를 해주신 직장 선배님과 동료들에게도 감사의 마음을 전합니다.

논문을 쓰는 동안 자신들의 일처럼 며칠 밤을 함께 지새우며 도움을 준 강건호 선생과 김강석, 관심을 갖고 여러 가지 챙겨 준 박사과정의 이유경씨에게도 고마움을 전합니다. 그리고 같이 생활하는 동안 귀찮은 일을 도맡아 한 신영미, 오양훈에게 좋은 결실이 있었으면 합니다.

끝으로 늦각이 공부를 하는 아빠에게 파이팅하며 응원해 준 사랑하는 현택, 현정과 가정에 소홀한 남편에게 불평불만 없이 가정생활과 자기 할 일을 다 해 준 사랑하는 아내 영선, 늘 부족한 자식을 사랑으로 지켜보시며 힘이 되어 주신 어머니와 돌아가신 아버님 영전에 이 논문을 바칩니다.