

碩士學位論文

ATM망에서 ABR 트래픽 제어방법에 관한 연구



濟州大學校 大學院

제주대학교 중앙도서관
情報工學科
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

姜 京 淑

1999年 12月

ATM망에서 ABR 트래픽 제어방법에 관한 연구




指導教授 安基中

姜京淑

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함



姜京淑의 工學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長	곽 호 영	
委 員	안 기 중	
委 員	송 와 철	

濟州大學校 大學院

1999年 12月

ABR Traffic Control in ATM Networks

Kyoung-Suk Kang

(Supervised by professor Khi-Jung 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. 12.

목 차

Summary	1
I. 서론	2
II. ABR 트래픽 특성과 제어	4
1. ABR 트래픽 특성 및 ABR 파라미터	4
2. ABR 트래픽 제어 메커니즘	8
3. 스위치 알고리즘	10
III. 트래픽 제어 제안 알고리즘	20
1. 기본 메커니즘	20
2. 스위치 알고리즘	22
IV. 시뮬레이션 및 결과분석	24
1. 시뮬레이션 환경 및 모델	24
2. 시뮬레이션 파라미터	25
3. 결과 및 분석	26
V. 결론	36
참고문헌	37

Summary

The ABR services are very sensitive to cell loss but can tolerate variation in delay. The major issue in the design of ABR traffic control schemes is to compute accurately the fair share of available bandwidth for each ABR connection, while maximizing link utilization and optimizing the common queue length.

This paper proposes an enhanced ERICA+ Algorithm, which calculates FS based on MCR, to provide accurate fair allocation. It provides MCR guarantees and fairly divides the remained available bandwidth.

The proposed method is to calculate FS based on MCR for each VC according to the available bandwidth of networks and to get ER value based on the FS. Simulation is used to evaluate the performance of the proposed method, and simulation results are compared with the ERICA+. The ERICA+ is a further modification of ERICA, which is an ER-based traffic control algorithm.

Simulation results show that the proposed algorithm achieves a better performance in link utilization, fairness, and transient response. Therefore, this proposed algorithm seems to be suitable for various ABR services properly with raising the fairness in ATM Networks.

I. 서론

ATM은 다양한 특성의 트래픽을 통계적으로 다중화하여 효과적으로 정보를 송수신하는 정보전달 방식이다. ATM기술을 이용한 ATM망은 서비스 객체의 미디어들을 트래픽 특성과 요구사항에 따라 CBR(Constant Bit Rate), rt-VBR(real time-Variable Bit Rate), nrt-VBR(non real time-Variable Bit Rate), ABR(Available Bit Rate) 및 UBR(Unspecified Bit Rate) 트래픽으로 나누어 서비스를 제공한다(ATM Forum, 1996). 이런 다양한 트래픽들을 ATM망에서 투명하게 수용하기 위해서는 각 미디어의 트래픽 특성에 맞게 망 자원을 적절히 할당해야 한다.

분산 컴퓨팅, 멀티미디어 응용서비스, 고속 파일 전송 등 고속 서비스 트래픽은 최대 전송률이 높고 매우 버스티한 특성을 가지고 있다. 따라서 링크효율을 높이기 위해서는 지연시간에 대한 엄격한 제한이 요구되지 않는 고속 데이터 서비스인 경우 ABR 서비스를 사용하여 CBR 이나 VBR 서비스가 사용하고 남은 가용 대역폭을 이용하여 전송하는 것이 바람직하다. ABR 서비스는 최소셀 전송률에 대한 보장만하고 링크의 상태에 따라 최대 셀 전송률까지 동적으로 가용 대역폭을 활용하여 트래픽을 전송하는 방식이므로, 셀 손실률을 줄이기 위해서는 피드백에 의한 흐름제어가 필수적이다.

ATM포럼에서는 그 동안 ABR 트래픽 폭주제어 방식에 대한 많은 논의를 거쳐 최종표준안으로 전송률 기법의 폭주제어 방식을 채택, ABR 폭주 제어에 대한 성능을 개선한 TM(Traffic Management) 4.0 규격을 발표하였다. 이 규격에서 ABR 서비스 파라미터, RM(Resource Management)셀 구조, 교환기, 소스단말 시스템(Source End System), 목적지 단말시스템(Destination End System) 동작 등에 관련된 내용을 확정하였다(ATM Forum, 1996). 그러나 스위치에서 구현되는 ABR 트래픽제어 알고리즘은 표준화하지 않고 구체적인 구현방법을 개발자가 선택하도록 하고 있다. ABR 트래픽 폭주제어를 위한 교환기는 크게 이진 피드백(Binary Feedback) 교환기와 ER피드백(Explicit Rate Feed Back) 교환기로 나

늘 수 있고, 필요에 따라 다양한 형태로 구현이 가능하다.

ATM망에서 ABR 트래픽 제어를 효율적으로 하기 위해서는 링크 이용률 극대화, 가용대역폭에 대한 빠른 접근, 각 ABR 연결에 대한 공정한 대역폭 할당, 망에 폭주 발생시 신속한 폭주제어가 필요하다(Prycker, 1995). 따라서 구현의 복잡도를 줄이면서 우수한 성능을 가진 효율적인 스위치 알고리즘의 개발은 중요한 문제이며 ABR 트래픽 제어를 위해 기존에 여러 가지 방법이 제안되었다(Kalyanaraman, 1997)

본 논문에서는 ERICA+ 스위치 알고리즘을 이용하여 ATM망에서 ABR 트래픽을 위한 여분의 대역폭이 있는 경우 모든 ABR 소스에게 MCR 값의 대역폭을 미리 할당하고 남은 가용대역폭을 활성중인 소스의 개수로 나누어 재 할당함으로써 최대 최소 공평성을 만족하면서 뛰어난 망 성능을 제공하는 효율적이고 정확한 전송률 기반의 폭주제어 알고리즘을 제안하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 ABR트래픽 특성과 제어 방법을 기술하고 III장에서는 본 논문에서 제안한 알고리즘에 대해서 설명하고 IV장에서는 시뮬레이션을 위해 제안된 모델 및 환경에 대해 설명한 뒤 시뮬레이션 결과를 분석하고 V장에서는 결론 및 향후 연구과제에 대해서 기술한다.

II. ABR트래픽 특성과 제어

본 장에서는 ABR트래픽 특성과 트래픽 제어를 위해 기존에 제안된 스위치 알고리즘에 대해서 살펴본다.

1. ABR 트래픽 특성 및 ABR 파라미터

ABR 트래픽은 소스와 망과의 호 설정 이후에 망이 제공하는 ATM계층의 전송 특성을 변경할 수 있는 ATM 계층 서비스로써 처리율과 지연에 낮은 요구사항을 갖는 데이터 트래픽이다. ABR 서비스는 CBR와 VBR 트래픽이 할당되고 남은 여분의 대역폭을 활용해서 ABR 소스에게 최소전송률을 보장해 주는 서비스이다. ABR 서비스는 최소전송률을 보장하기 때문에 망 상태에 따라 적절한 대역폭 지원이 요구된다. 따라서 ATM망 자원의 이용효율을 높이고 망상태의 변화에 능동적으로 대처하기 위해 호설정 이후 데이터 전송단계에서 ABR 트래픽에 대역폭을 동적으로 할당하는 전송률제어가 요구된다. ABR 서비스는 연결 설정만으로 망으로부터의 제어가 끝나는 것이 아니라 지속적인 트래픽 제어를 통해 망의 상태에 따라 전송률을 변경하게 된다. ATM계층은 상위계층의 다양한 서비스 종류를 수용할 수 있도록 AAL(ATM Adaption Layer) 계층의 서비스 전송률을 제어하기 위한 몇 가지 흐름제어 메커니즘이 있다. ABR 소스는 이 메커니즘에 따라 망으로부터 전달되는 제어 정보에 의해 자신의 전송률을 망의 상태에 따라 적절하게 조절해야 한다. 이때 ABR 트래픽은 서비스 요구사항인 셀 손실률(Cell Loss Rate : CLR)에 대해서만 민감한 반응을 보이는 반면 셀 전송 지연(Cell Transfer Delay)이나 셀 지연 변동(Cell Delay Variation)에 대해서는 큰 제약을 받지 않는다. 이러한 ABR 서비스 요구사항을 만족시키는 ABR 트래픽 제어 메커니즘은 망으로부터 받는 현재 사용 가능한 대역폭자원의 상태를 나

타내는 제어 정보에 따라 ABR 소스의 셀 전송률을 동적으로 조절해야 한다. 이러한 제어 정보는 Table 1 에서 보여 주고 있는 것처럼 RM셀을 통해 망의 상태를 파악하여 소스에 전달된다

Table 1. RM Cell Format and Contents

Field	Byte(s)	Bit(s)	Discription
Header	1-5	All	ATM Cell Header PTI=110 for VC VCI=6 for VP
ID	6	All	RM Protocol Identifier
DIR	7	8	Direction
CI	7	7	Congestion Indicator
BN	7	6	BECN Indicator
Reserved	7	1-5	Reserved for Future Use
Reserved	8-9	All	Reserved for Future Use
CCR	10-11	All	Current Cell Rate
MCR	12-13	All	Minium Cell Rate
ER	14-15	All	Explicit Rate
Reserved	52	All	Reserved for Future Use
Reserved	52	3-8	1.371 Reserved
Error Detection Code	52	1-2	10-bit CRC
	53	All	

스위치에서 구현된 기능에 따라 처리되는 대역폭할당은 각 소스간 공정하게 이루어져야 한다. ABR 호 설정 단계에서 ABR 소스는 최대 요구 대역폭과 최소 사용 가능 대역폭 값을 망으로부터 결정 받아야 한다. 최대 요구 대역폭인 PCR 과 최소 사용 가능 대역폭인 MCR은 ABR 소스가 데이터를 전송할 수 있는 전송률에 해당한다. 이러한 제한을 두는 이유는 하나의 ABR 연결이 망 자원을

독점하는 것을 방지하기 위해서이다. 그리고 MCR 값은 0으로 지정할 수 있다. ABR 서비스는 데이터 전송 지연이나 지연 변동에는 큰 영향을 받지 않는다. 그러나 아무리 망의 자원이 부족하더라도 데이터 전송률은 최소한 MCR만큼은 보장되어야 한다. 즉 각 ABR 연결은 망으로부터 사용 가능한 대역폭을 받아 데이터 전송률을 가변적으로 사용하지만 전송할 데이터가 있다면 ABR의 데이터 전송률이 MCR 이하로 낮아질 수는 없다.

ABR 서비스를 위해 요구하는 파라미터는 Table 2 에서 보여주며 각 파라미터에 대한 설명은 다음과 같다.

- 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 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 받는 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 cell generation) : 순방향 RM 셀 사이에 전송하여야 할 최소의 셀 수를 나타낸다. 송신원은 순방향 RM 셀을 전송한 후 M개 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 2. ABR Traffic 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	Cell/Sec	2-256	Maximum number of cells between RM cell generation	FRTT	1 μ s	0-167 seconds	Fixed Round-Trip Time
Mrm	Cell/Sec	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 비트수는 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 되면 ACR을 감소시키기 위한 파라미터이다.
- TCR(Tagged Cell Rate) : TCR 파라미터는 out-of-rate로 전송 할 수 있는 순방향 RM 셀 수를 제한한다.
- Trm(Time for RM generation) : 순방향 RM 셀의 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 셀 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.

2. ABR 트래픽 제어 메커니즘

ABR 트래픽은 셀 지연에는 민감하지 않지만 낮은 셀 손실률이 보장되어야 하는 트래픽으로써 QoS 만족과 망자원의 활용을 극대화하기 위해서 피드백 폭주 제어 메커니즘을 적용하여야 한다.

1) 피드백 메커니즘

ABR 연결에서 소스의 셀 전송률은 ACR, MCR, PCR, ICR과 같은 파라미터에 의해서 결정된다. 소스는 ACR을 ICR로 초기화하고 셀을 전송하며, 망으로부터 피드백 정보를 수신해서 ACR을 동적으로 제어한다. 피드백 정보는 주기적으로 RM 셀에 의해서 제공되며, 이를 위해 각 셀은 CI(Congestion Indication), NI(No Increase), ER(Explicit Cell Rate) 등의 필드를 포함한다.

2) 피드백 메커니즘의 종류

ATM교환기는 폭주제어를 위해서 다음과 같은 방법을 제공한다.

- EFCI marking : 교환기는 순방향으로 통과하는 ATM 데이터 셀 헤더에 EFCI(Explicit Forward Congestion Indication) 상태를 설정한다. 그러면 목적지 단말시스템(이하 '목적지'로 약칭)에서는 BRM 셀의 CI비트를 '1'로 설정하게 된다.
- Relative rate marking : 교환기는 통과하는 RM 셀의 CI,NI 비트를 직접 설정한다. 만약 FRM 셀의 CI,NI 비트가 '1'로 설정되었다면 목적지에서 반환되는 BRM셀에서도 동일한 설정을 유지할 것이다. 더 빠른 결과를 위해서 통과하는 BRM 셀의 CI 혹은 NI 비트를 설정할 수 있고, 교환기에서 이들 비트가 '1'로 설정된 BRM 셀을 발생시킬 수도 있다.
- Explicit rate marking : 교환기는 FRM 셀 또는 BRM 셀의 ER 값을 감소시킬 수 있다.

ATM 교환기는 이와 같은 동작을 통해서 소스에 폭주상황을 알림으로써 전송률을 감소시킬 수 있다. 목적지는 정상적인 상태에서 FRM 셀의 NI, CI, ER 필드값을 변경하지 않고 BRM 셀로 변환하지만, 이전에 수신된 데이터 셀에 EFCI가 표시되었다면 RM셀의 CI비트를 '1'로 설정해서 BRM 셀로 변환한다. 또한 목적지에서 폭주를 경험할 경우에는 FRM 셀을 BRM 셀로 변환할 때 CI, NI 비트를 설정하거나 ER 값을 감소시킬 수 있다.

3. 스위치 알고리즘

ABR 서비스를 지원하기 위한 스위치는 크게 폭주의 유무만을 송신원에 전달하는 이진 피드백 스위치와 실제 전송할 수 있는 전송률을 송신원에 전달하는 ER 피드백 스위치로 구분할 수 있다. 본 절에서는 대표적인 ABR 스위치 알고리즘들에 대해 살펴본다.

1) 이진 피드백 스위치

이진 피드백 스위치에서는 데이터 셀의 EFCI 비트를 이용해서 폭주 발생 유무를 수신원에게 알리게 되고, 수신원은 되돌아가는 RM 셀을 통하여 송신원에게 이 사실을 전달하게 된다. 이진 피드백 정보를 사용하는 가장 간단한 예가 종단간 전송률 기반 방식으로 제안된 DECbit 방식이다. DECbit 방식은 각 VC가 공통의 FIFO(First In First Out) 버퍼를 공유하여 버퍼 수위가 임계값을 초과하면 폭주 상태로 판단하고 데이터 셀들의 EFCI 비트에 폭주 사실을 표시하여 전달한다. 그리고, 버퍼의 수위가 다시 임계값 아래로 내려가면 폭주가 해제되었다고 판단하고 EFCI 비트에 표시 없이 셀들을 전송한다.

현재 제안되고 있는 대부분의 이진 피드백 스위치들은 폭주 판단을 위해 두 개의 임계값을 사용하고 있는데, 큐 길이가 임계치 Q_H 를 넘으면 폭주로 판단하고, 큐 길이가 줄어 임계치 Q_L 보다 낮게 되면 폭주 해제로 판단한다.

일반적으로 이진 피드백 방식은 모든 VC가 하나의 FIFO 버퍼를 공유하기 때문에 VC간의 불공평성의 문제가 발생할 수 있다. 즉, 여러 흐름을 경유할수록 VC가 폭주를 경험할 확률이 높아지기 때문에 데이터 셀들이 EFCI 비트에 폭주 표시를 당할 가능성이 크다. 따라서, 여러 흐름을 경유하는 VC는 전송률을 증가시킬 기회가 상대적으로 작게 되고 짧은 흐름의 VC

에 비해 전송률이 매우 낮아지는 문제가 발생한다.

모든 VC가 공통의 FIFO 버퍼를 공유하기 때문에 발생하는 이진 피드백 방법의 불공평성 문제점은 몇 가지 개선책에 의해 해소될 수 있다. 먼저 각 VC나 VC 그룹들에 대해 분리된 FIFO 버퍼를 제공하여 공평성을 보장하는 방법을 들 수 있다. 다른 개선책으로는 선택적인 피드백을 통한 보다 지능적인 흐름제어 방법이 있다. 선택적인 피드백 방법은 먼저 스위치가 FS를 계산하고 만약 폭주 상태이면 현재 전송률이 FS보다 큰 VC에 대해서만 폭주를 표시하는 방법이다. 그러나 분리된 FIFO 버퍼나 FS 계산을 위해서는 스위치에 부가적인 기능이 필요하여 이진 피드백 스위치가 ER 피드백 스위치에 비해 가지는 구현상의 용이함과 같은 이점을 얻기가 어렵게 된다.

2) ER 피드백 스위치

ER 피드백 스위치는 VC간의 공평한 몫인 FS와 입력 부하의 정도에 따라 망에서 허용할 수 있는 전송률인 ER 값을 결정하여 역방향 RM 셀의 ER 필드에 실어 송신원에 알려준다. ER 피드백 스위치는 FS와 이를 이용한 ER 계산 알고리즘에 따라 다양하게 구현될 수 있다. 최근에 ATM 포럼에서는 목표 전송률을 가용 링크 대역폭의 85%에서 95% 정도로 설정하여 스위치의 폭주 가능성을 미리 줄이는 폭주 회피 스위치들이 많이 제안되고 있다.

현재까지 ATM 포럼을 통해 제안된 대표적인 ER 기반의 스위치의 예에는 EPRCA 스위치와 폭주 회피 기술을 사용하는 ERICA(Explicit Rate Indication for Congestion Avoidance) 스위치, CAPC(Congestion Avoidance using Proportional Control) 스위치, 그리고 최근에 제안된 NIST 스위치 알고리즘 등이 있다(ATM Forum, 1996).

(1) EPRCA 스위치 알고리즘

ATM System의 Roberts가 중심이 되어 1994년 9월 ATM 포럼에 소개된 전송률 기반 흐름제어 방법으로, 소스의 데이터 전송률을 조정하기 위해 ABR 소스에 대한 지능적인 표시를 한다. 즉, 스위치에 폭주 상태가 발생하면 모든 소스에 대해 폭주를 통지하는 것이 아니라 선택적으로 선별하여 일부 소스에 대해서만 폭주를 통지하는 방식이다. 기존의 PRCA 방법에 FS 계산을 통한 ER 개념을 도입하여 VC간의 불공평성을 크게 개선한 방식이다.

EPRCA 스위치는 FS를 계산하기 위해 먼저 RM 셀의 CCR 값에서 지수 가중 평균(Exponential Weighted Averging) 계산 방법을 이용하여 MACR(Mean Allowed Cell Rate)를 구하고, FS는 구해진 MACR를 이용하여 다음과 같이 구해진다.

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


제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

$$\text{FS} = \text{SW_DPF} * \text{MACR} \quad (2)$$

여기서 α 는 지수 가중 평균치를 위한 계수로서 1/16이고 SW_DPF는 스위치의 상황에 따라 1보다 작은 값으로 설정된다. EPRCA 스위치 알고리즘은 FS의 계산을 위해 순방향 RM 셀의 CCR 필드 값을 사용하여, 스위치가 현재 폭주 상태이면 송신원 중 CCR이 MACR보다 낮은 VC에 대해서 (1)를 사용하여 MACR을 갱신한다. 스위치는 위와 같이 구해진 MACR을 이용하여 FS를 계산하고 필요에 따라 역방향 RM 셀의 ER 필드값을 FS에 근거하여 줄인다. 이때 폭주 상태가 아니면 ER 필드값은 제한되지 않고, 폭주 상태로 판단될 경우에만 ER 필드 값을 FS로 제한하게 된다. ER 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 폭주상태이면 CCR

이 MACR의 7/8보다 큰 VC에 대해서만 선택적으로 ER을 $(15/16) \cdot \text{MACR}$ 이하로 감소시킨다.

EPRCA 스위치의 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 더 높은 임계값을 초과하면 심각한 폭주 상태로 판단한다. 이러한 폭주 상태 판별 방법은 늦게 전송을 시작한 송신원이 일찍 전송을 개시한 송신원보다 낮은 수율을 가지는 불공평성을 유발한다고 알려지고 있다 (Chang 등, 1994).

(2) ERICA 스위치 알고리즘

ERICA 스위치는 원래 OSU(Ohio State University)의 Jain 등에 의해 제안된 전송률 기반 흐름제어 방식의 하나인 OSU 스위치에서 발전한 폭주 회피형 스위치 알고리즘이다. (Jain 등, 1994)

OSU 스위치 알고리즘은 일정한 측정기간 동안 입력률을 측정하고, 측정된 입력률을 스위치가 목표로 하는 목표 전송률로 나누어 부하 지수 (load factor) z 를 계산한다. 일반적으로 목표 전송률은 가용 링크 대역폭의 85%에서 95% 정도로 설정되는데, 계산된 부하 지수 z 의 범위에 따라서 ER 계산 방법을 다르게 적용한다. 먼저 z 의 범위가 1에서 매우 벗어난 값이면 모든 송신원들은 자신의 현재 전송률을 z 로 나눈 값을 RM 셀의 ER 필드를 통해 받게 된다. 이렇게 해서 만약 스위치가 저부하 상태이면 모든 송신원들은 전송률을 올리게 되고 스위치가 과부하 상태이면 모든 송신원은 전송률을 내리게 된다. 만약 z 가 1에 매우 가까운 값이면 스위치는 과부하 송신원과 저부하 송신원에 대해 각각 다른 ER 값을 돌려보낸다. 이 때는 먼저 목표 전송률을 측정기간 동안 실제 전송을 한 송신원 수로 나누어 FS를 구한 뒤 FS보다 높은 전송률로 전송을 한 송신원에 대해서는 전송률을 올리도록 한다.

OSU 전송률 제어 방식은 그 후 스위치 알고리즘을 개선하여 ERICA란

이름으로 ATM 포럼에서 ER 스위치의 예로 제안되었다. ERICA 스위치 알고리즘은 정해진 측정기간 동안 스위치 각 링크의 부하를 감시하여 부하 지수를 계산하고 전송을 하고 있는 VC의 수를 헤아리는 기본적인 두 가지 기능으로 구성된다. 측정기간 동안에 구해진 부하지수는 다음과 같이 구해질 수 있다.

$$\text{Load Factor} = \frac{\text{Input Rate}}{\text{Target Cell Rate}} \quad (3)$$

다음 N 셀의 측정기간동안 스위치는 위에서 구한 부하지수에 의거하여 모든 VC들에 대해 전송률을 수정하도록 요청한다. 즉, 현재 전송률이 CCR인 VC에 대해 스위치에 인가된 부하만을 고려한 ER값은 다음과 같다.

$$\text{ER based on load} = \text{ER1} = \frac{\text{CCR}}{\text{Load Factor}} \quad (4)$$

이 때 각 VC들 간의 공평성은 모든 VC가 최소한 FS 만큼의 전송률을 보장받으면 되므로 다음과 같은 FS 계산이 필요하다

$$\text{FS} = \frac{\text{Target Cell Rate}}{\text{Number of Active VCs}} \quad (5)$$

FS와 스위치에 인가된 부하에 근거하여 계산한 ER을 함께 고려하면 새로운 ER 값은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{ER2} = \text{Max}(\text{FS}, \text{ER1}) \quad (6)$$

만약 계산된 ER2 값이 RM 셀의 ER 필드의 값보다 작으면 스위치는 ER2 값을 RM 셀의 ER 값으로 대체한다. 이것은 다음과 같이 나타낼 수

있다.

$$ER \text{ in cell} = \text{Min}*(ER \text{ in Cell}, ER2) \quad (7)$$

ERICA 스위치 알고리즘은 폭주의 회피성, max-min 최적성, 빠른 응답성, 파라미터 설정의 용이성 등의 특징을 만족하게 설계되었다.

(3) ERICA+ 스위치 알고리즘

ERICA는 안정된 상태에서는 높은 이용률을 보이는데 반해서, 목표이용율이 고정되어 있다는 단점이 있다. 그렇기 때문에 목표 이용률이 높은 값으로 설정된 상태에서 트래픽이 폭주한다면, 큐 길이는 무한히 커지면서 큐를 신속하게 비울 수 없는 상태가 되고 목표 이용률이 낮게 설정되면 망 이용율이 저하되어 망자원에 낭비를 초래한다.

이를 해결하기 위해서는 식(8)과 같이 교환기에서 큐의 경계를 관찰하여 유입되는 트래픽의 정도에 따라 큐 제어함수 $f(Q)$ 를 전체 가용 용량에 곱해서 ABR 가상연결이 이용할 수 있는 용량을 계산해야 한다.

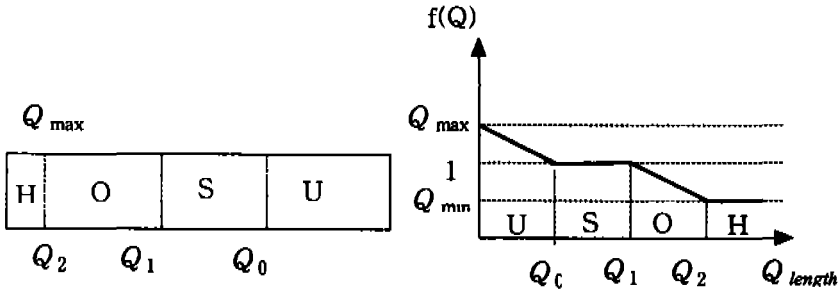
$$\text{목표 ABR 용량} = f(Q) \times \text{전체 ABR 용량} \quad (8)$$

여기서, 전체 ABR 용량은 링크 용량에서 CBR이나 VBR 등의 보장형 서비스 용량을 제외한 값을 말한다. 식(8)에서 $f(Q)$ 를 높게 설정한 경우에는 링크 이용 효율을 향상시킬 수 있고, 낮게 설정한 경우에는 교환기에 새로운 ABR 연결이 추가되거나 혹은 순간적인 트래픽이 유입될 때 발생하는 과도 현상을 빠르게 제어할 수 있다. 따라서, 목표 용량의 계산은 $f(Q)$ 를 고정시키는 것보다 큐의 경계에 따라 동적으로 계산하는 것이 바람직하다.

Fig. 1 은 교환기 큐에서의 임계치에 따른 $f(Q)$ 값의 범위를 나타낸 것이다. 임계치는 다양한 상황에 맞게 큐를 제어하기 위하여 Q_0 , Q_1 , Q_2 로 설정하였고,

큐 전체 길이 (Q_{max})는 현재 출력 링크의 용량에 따라서 동적으로 계산하였다.

$f(Q)$ 는 각 임계치 범위에 따라 함수적으로 계산된다. 만약에 큐 길이가 안정된 상태(S)에 있으면 $f(Q)$ 를 1로 설정하고, 과다 폭주(H) 상태일 때는 최소값(QDLF: Queue Drain Limit Factor)으로 설정한다. 그러므로 큐 길이가 커지게 되더라도 그만큼 용량을 적게 할당해서 큐를 신속하게 비울 수 있게 된다.



- $0 \leq Q_{length} \leq Q_0 \quad f(Q) > 1$ U : 저부하
- $Q_0 < Q_{length} \leq Q_1 \quad f(Q) = 1$ S : 안정상태
- $Q_1 < Q_{length} \leq Q_2 \quad f(Q) < 1$ O : 안정상태
- $Q_2 < Q_{length} < \infty \quad f(Q) = QDLF$ H : 과다폭주

Fig.1. Range of $f(Q)$ for queue threshold

(4) CAPC 스위치 알고리즘

CAPC(Congestion Avoidance using Proportional Cotrol) 스위치 알고리즘은 Hughes System의 Barnhart 등이 제안한 방법으로 ERICA와 마찬가지로 실측에 의한 입력률과 목표 링크 이용률을 사용하여 부하지수를 계산한다. 이때 목표 링크 이용률을 1보다 작게 설정하여 스위치의 버퍼

수위를 낮게 유지하게 한다. 또 망내에 여러 곳에서 폭주 현상이 발생할 때 각 VC간의 대역폭 할당의 공평성 보장을 위해 지능적인 폭주 표시 방법을 사용한다.

먼저 실제 측정된 스위치의 입력률과 링크의 목표 전송률을 가지고 부하 지수 z 를 구한 후 z 를 이용하여 스위치의 FS를 구하는데 z 값의 범위에 따라 FS를 계산하는 방법을 달리한다. 먼저 z 가 1보다 작은 저부하 조건일 때 FS는 다음과 같이 구해진다.

$$FS = FS * \text{Min}(ERU, 1 + (1 - z) * Rup) \quad (9)$$

여기서 Rup 은 0.025에서 0.1사이의 값이고 ERU 는 FS의 최대 증가치를 결정하는 값으로 1.5로 설정된다. 만약 z 가 1보다 큰 과부하 조건이면 FS는 아래와 같이 결정된다.

$$FS = FS * \text{Max}(ERF, 1 - (1 - z) * Rdn) \quad (10)$$

여기서 Rdn 은 0.2에서 0.8사이의 값을 가지고 ERF 는 FS의 최소 감소량을 결정하는 값으로 0.5로 설정되어 있다. 이렇게 계산된 FS는 스위치가 각 VC에 허용할 수 있는 최대 전송률로서 모든 송신원들이 이 FS값으로 전송하면 스위치의 이용률은 목표 이용률에 접근하지만 폭주는 발생하지 않는다.

CAPC 스위치 알고리즘은 평형 상태에서 송신원의 ACR 진동이 없는 특징이 있다(Tsang 등, 1996). 즉, ACR의 진동 주파수는 $(1-z)$ 의 함수로 표시되는데 일단 망이 평형 상태에 도달하면 z 값은 1이 되기 때문에 진동 주파수가 0이 되어 전송률의 진동이 없게 된다.

전송률은 스위치가 일정한 측정기간마다 계산한 FS값에 의해 제어되지만, 스위치에 트래픽의 과도한 입력이 있을 때 MACR을 이용하여 빠른 폭주 해소룰 수행한다.

(5) NIST 스위치 알고리즘

NIST 스위치 알고리즘은 NIST의 Chang 등이 제안한 폭주 회피 기술을 사용하는 스위치 알고리즘으로(Golmie 등, 1995) 다양한 망환경에서 시뮬레이션을 통해 NIST 스위치 알고리즘의 성능을 검증하여 제시하였다. NIST 스위치 알고리즘에서는 측정기간 동안 큐길이의 변화율을 이용한 조기 폭주 감지(early congestion detection)방법을 사용한다. 즉, 큐길이의 변화율이 양이면 폭주상태로 판단하고, 큐길이가 정해진 임계치보다 낮게 되면 폭주해제로 판단한다(ATM Forum, 1996),(Golmie 등, 1995). 또 스위치는 측정한 실제 입력률과 목표 전송률의 비인 부하지수(load factor)를 계산한다. 그리고, 각 VC에 대한 ACR의 평균을 나타내는 MACR은 순방향 RM셀의 CCR 필드를 이용하여 가중치를 주어서 다음과 같이 계산한다.

$$MACR = MACR + (ACR - MACR) * AVF \quad (11)$$



이때 AVF는 지수 가중치이고 1/16으로 설정된다. 만약 load factor가 1보다 작으면 스위치는 저부하 상태이므로 잉여 대역폭을 아래와 같이 재할당하게 된다.

$$MACR = MACR + MAIR \quad (12)$$

MAIR은 MACR 가산 증가률로 0.5Mbps로 설정된다. 만약 스위치의 큐 길이가 임계치를 넘고 변화율이 양이면 폭주 상태를 의미하므로, 이때는 ER 값이 다음과 같이 설정된다.

$$ER = MACR * MRF \quad (13)$$

여기서, MRF는 MACR을 감소시키는데 사용되는 1보다 작은 상수이다.
스위치가 폭주 상태가 아니면 ER 값은 아래와 같다.

$$ER = MACR \quad (14)$$



III. 트래픽 제어 제안 알고리즘

본 장에서는 서비스 우선순위를 고려하여 공정성을 부여하기 위해 MCR에 기반한 트래픽 제어 알고리즘을 제안하였다. 기존의 ERICA나 ERICA+ 스위치 알고리즘은 ABR 소스가 호설정단계에서 망과 협의하는 MCR이나 PCR에 관계없이 FS값을 구함으로써 ABR 소스의 서비스 요구사항의 관점에서 볼 때는 공정한 대역폭 할당을 이루지 못한다. 즉, ABR 연결이 요구하는 MCR이나 PCR 같은 대역폭량의 서비스 요구사항이 다양하게 변할 경우 각 ABR 소스에 대한 공정한 대역폭 할당을 해 줄 수 없다. 여기서는 MCR값을 토대로 남은 대역을 공평하게 나누는 방식을 취함으로써, 공정한 대역폭 할당 및 남은 대역을 효율적으로 이용 할 수 있게 제안하였다.

1. 기본 메커니즘



ERICA 스위치 알고리즘은 일정한 측정기간 동안 입력률을 측정하고, 측정된 입력률을 스위치가 목표로 하는 목표 전송률로 나누어 부하 지수 (load factor) z 를 계산한다. 일반적으로 목표 전송률은 가용 링크 대역폭의 85%에서 95% 정도로 설정된다. 측정기간 동안에 구해진 부하지수를 구하고, 다음 N 셀의 측정기간동안 스위치는 위에서 구한 부하지수에 의거하여 모든 VC들에 대해 전송률을 수정하도록 요청한다. 즉, 현재 전송률이 CCR인 VC에 대해 스위치에 인가된 부하만을 고려한 ER값을 구한다.

이 때 각 VC들 간의 공정성은 모든 VC가 최소한 FS 만큼의 전송률을 보장받으면 되므로 다음과 같은 FS 계산이 필요하다

FS와 스위치에 인가된 부하에 근거하여 ER을 계산한다.

$$FS = \frac{\text{Available Bandwidth}}{\text{Number of Active Connections}} \quad (15)$$

ERICA는 안정된 상태에서는 높은 이용률을 보이는데 반해서, 목표이용률이 고정되어 있다는 단점이 있다. 그렇기 때문에 목표 이용률이 높은 값으로 설정된 상태에서 트래픽이 폭주한다면, 큐 길이는 무한히 커지면서 큐를 신속하게 비울 수 없는 상태가 되고 목표 이용률이 낮게 설정되면 망 이용률이 저하되어 망자원에 낭비를 초래한다. 해결 방안으로써 ERICA+ 스위치 알고리즘이 제안되었는데 이는 큐의 상태를 관찰하여 유입되는 트래픽의 정도에 따라 목표대역을 동적으로 설정하는 방식이다.

그러나 ERICA와 ERICA+ 스위치 알고리즘은 각 가상연결에 대해서 식(15)와 같이 일정한 FS값을 갖는다. 이는 모든 VC들에게 공평성을 부여하기 위해 제안된 방식이었으나 각 VC들의 서비스 요구대역이 다른 만큼 똑같은 대역할당은 서비스 요구대역이 적은 VC에 대해서는 대역의 낭비를, 서비스 요구대역이 많은 VC에 대해서는 기본적인 MCR 보장도 받기 어려운 상황을 초래할 수 있다.

본 논문에서는 ERICA+ 스위치 알고리즘을 이용하여 FS 계산에 가중치를 부여한 알고리즘을 제안하였다. FS를 구하는 기본적인 발상은 ABR트래픽이 지연한계의 보장이나 지터 보장을 요구하지는 않으나 MCR이상의 최소전송율은 보장해야 하므로 대역할당시 MCR을 기본적으로 할당하고 남은 대역을 공평하게 나누는 방식을 취함으로써, 공정한 대역폭 할당 및 남은 대역을 효율적으로 이용하면서 서비스 요구사항에 맞게 서비스 하고자 함이다.

$$FS_i = MCR_i + \frac{\left\{ \text{ABR Capacity} - \sum_{i=1}^N MCR_i \right\}}{\text{Number of Active Connections}} \quad (16)$$

2. 스위치 알고리즘

Fig. 2 는 순방향에서의 스위치 알고리즘로 일정한 측정간격마다 측정되어진다. 매 측정간격마다 ABR 입력 셀 수를 측정하여 입력률을 계산하고 목표대역 전송률을 구한다. 이때 목표대역 전송률은 ERICA+ 알고리즘에서 설명한 큐 임계치에 따른 함수를 사용하여 동적으로 계산한다. 이렇게 해서 ABR 가용대역이 구해지면 가용대역에 대한 입력률의 비로써 부하지수를 구한다.(이렇게 구한 부하지수는 역방향에서 VS를 구하는데 사용된다.) ABR 가용대역은 FS값을 구하는데 이용되어진다. FS에 대한 계산식은 식(16)에 나타나 있다. 즉, 모든 VC마다 MCR값을 기본적으로 할당하고 가용대역에서 할당하고 남은 대역을 활성중인 VC 개수로 나누어 공평하게 나누어 주는 방식이다.

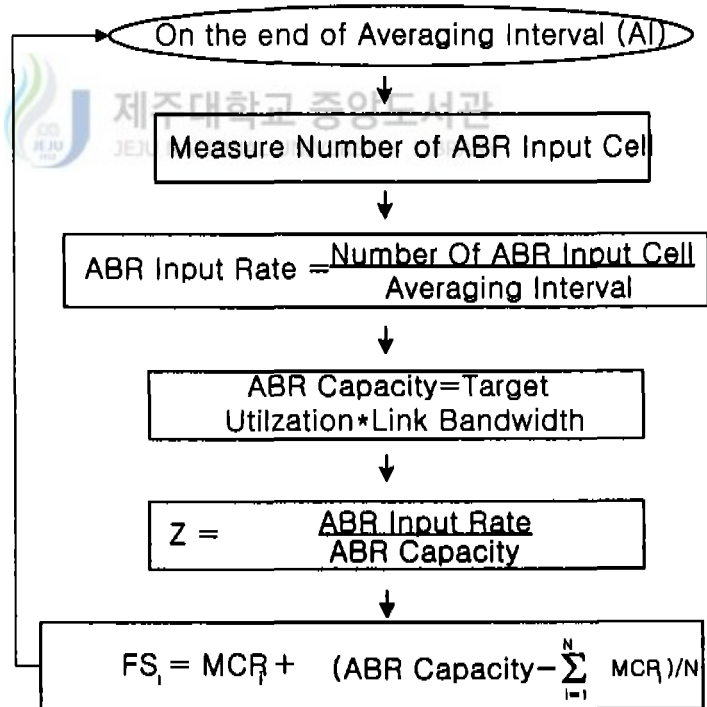


Fig.2. Switch Algorithm (End of Averaging Interval)

Fig. 3 은 역방향에서의 스위치 알고리즘을 보여준다.

순방향에서 구한 부하지수로부터 VS를 구한다. 이 VS와 순방향에서 구한 FS로부터 ER값을 계산하고, 계산된 ER값과 ABR 가용대역으로부터 재계산된 ER값을 역방향 RM 셀에 실어 송신원측으로 보내는 메커니즘이다.

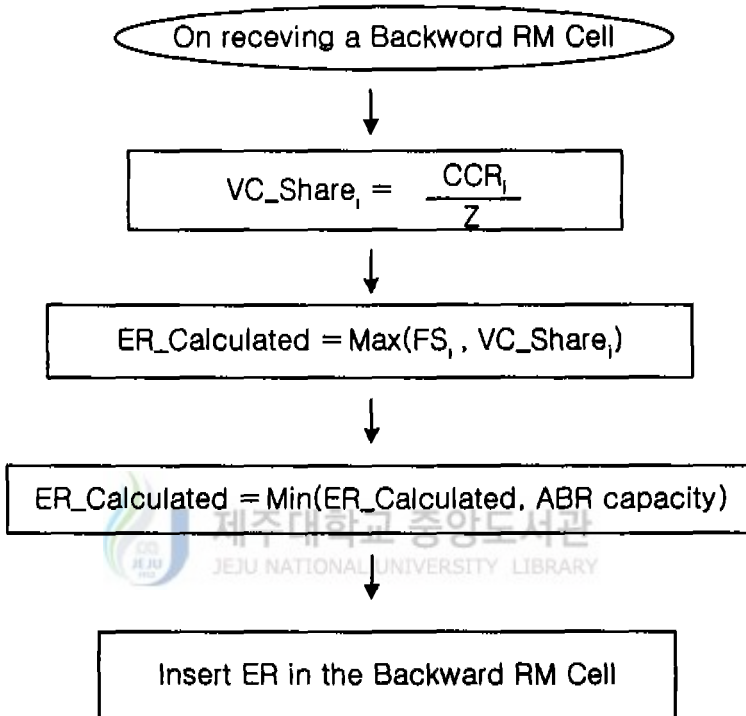


Fig.3. Switch Algorithm (Backward RM Cell)

IV. 시뮬레이션 및 결과분석

본 장에서는 시뮬레이션 모델 및 시뮬레이션 파라미터에 대해 살펴보고 시뮬레이션 결과를 분석해 보고자 한다.

1. 시뮬레이션 환경 및 모델

본 논문에서는 National Institute of Standards and Technology (NIST) 가 ATM과 HFC 망의 성능 평가와 연구를 위한 실험장비를 제공할 목적으로 개발한 “The NIST ATM/HFC Network Simulator” 를 이용하여 시뮬레이션 하였다.

시뮬레이션을 위해 구성된 망은 Fig. 4와 같다. 여기에서 B-TE(Broadband Terminal Equipment)는 ATM 호스트와 애플리케이션의 역할을 하고 스위치와 B-TE 구성요소는 물리적 링크로 상호 연결된다. ATM 애플리케이션은 B-TE 호스트상에서 동작하는 논리적인 단위라고 말할 수 있고, 가변적인 혹은 동일한 트래픽을 생성할 수 있는 트래픽 생성자이다.

시뮬레이션을 실행하기 위해 2개의 ATM 스위치와 호스트들을 만들고 다양한 속도의 링크에 의해 상호 연결되는 망을 구성하였다.

왼쪽에 있는 ATM 스위치는 ABR 소스와 오른쪽에 있는 ATM 스위치는 ABR 목적지와 연결된다. 모든 ABR 입력 소스는 같은 ATM 스위치에 연결되어 있고 또한 목적지도 같은 ATM 스위치에 연결되어 있다.

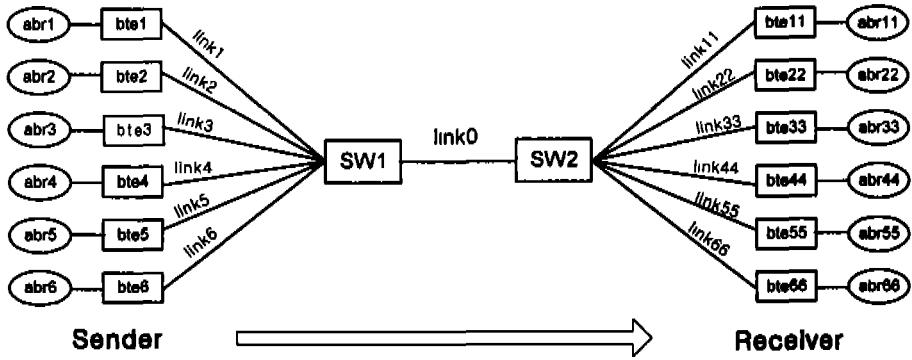


Fig.4. Simulation Model

시뮬레이션 트래픽 특성은 Table 3 에 보여주고 있다.

Table 3. Source Traffic used in the Simulation

소스	트래픽종류	PCR	MCR	ICR
1	ABR	10	0	3
2	ABR	20	0	7.49
3	ABR	30	5	7.49
4	ABR	150	10	20
5	ABR	150	30	35
6	ABR	150	40	50

2. 시뮬레이션 파라미터

시뮬레이션 하는데 필요한 파라미터는 NIST Simulator에서 제공하는 값 및 권고안을 참조하여 시뮬레이션 환경에 따라 정하고 ATM망에 연결된 ABR소스

는 전송할 데이터를 충분히 가지고 있는 지속적인 소스로 가정한다.

BTE는 상위계층의 프로토콜로부터 전송받은 트래픽을 ATM통신망의 전송단 위인 셀로 나누어 전송하는 역할을 수행한다.

- ① ATM 스위치간 링크속도는 155Mbps로 정의한다.
- ② ATM소스측과 ATM 스위치간 거리는 0.2Km
- ③ ATM 스위치간 거리는 LAN인 경우 2Km
WAN인 경우 1000Km
- ④ 측정 간격은 알고리즘 성능에 직접적인 영향을 끼칠수 있는 값으로 5ms, 1ms로 관찰하였다.
- ⑤ 그외 시뮬레이션에 사용된 계수 설정값은 Table 4 와 같다.

Table 4. Simulation Parameter

파라미터	설정값
RDF(Rate Decrease Factor)	0.0625
RIF(Rate Increase Factor)	0.0625
Nrm	32
스위치 버퍼 크기	512,1024 (Cell)

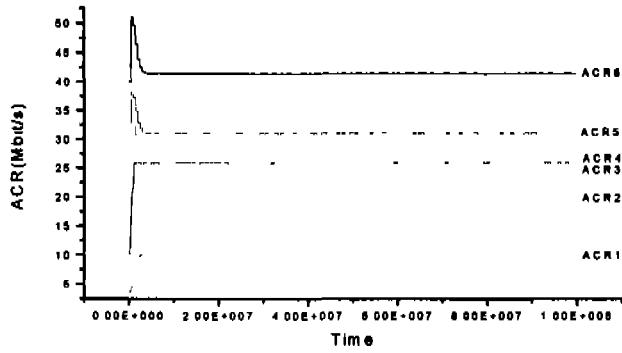
3. 결과 및 분석

시뮬레이션에 대한 성능 평가는 송신원의 ACR의 변화, 스위치의 큐지연, 목적원의 링크이용을 중심으로 평가하였다. 시뮬레이션에서 ATM 스위치에 연결된 입력소스가 각각 다르기 때문에 소스별 ACR의 변화를 살펴보았다. ACR1 ~ ACR6 은 각각 BTE1 ~ BTE6 까지의 ACR을 나타낸다.

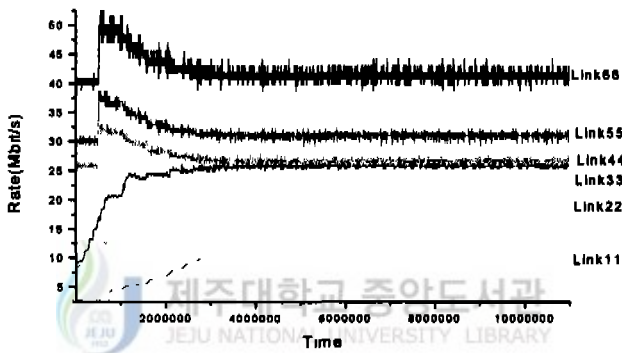
Fig. 5는 ERICA+ 방법하에서 (a) ACR의 변화, (b) 링크 Rate, (c) 수신된 셀 수를 Fig. 6은 제안된 방법하에서 (a) ACR의 변화, (b) 링크 Rate, (c) 수신된 셀

수를 나타낸다. ERICA+(Fig. 5(a))와 제안된 방법(Fig. 6(a))에서의 ACR의 변화를 비교해 보면 ACR1 ~ ACR4까지는 ERICA+에서가 할당대역이 높고 ACR5 ~ ACR6은 제안방법이 할당대역이 높다. 이것은 제안한 방법이 MCR에 따라 대역폭을 할당하기 때문에 MCR과 PCR이 큰 소스 5와 6에서 상대적으로 할당 대역폭이 높고 ERICA+에서는 서비스 요구사항에 상관없이 대역이 할당됨을 알 수 있다. 또한 MCR에 따라 ACR값이 반영되었기 때문에 ACR값이 안정적이고 망 상황에 따른 적용이 빨라 큐길어도 낮아졌음을 알 수 있다. Fig. 5의 (a)는 ERICA+ 방법하에서 ACR의 변화를 보여준다. 대역폭 요구량이 적은 ACR1과 ACR2는 PCR값인 10Mbps, 20Mbps로 대역할당이 되고, 대역폭 요구량이 많은 ACR6은 MCR값인 40Mbps에서 안정상태를 이루고 있다. ACR3에서 ACR5까지는 30Mbps에서 대역경쟁이 이루어짐을 볼 수 있다. Fig. 5의 (b)는 ERICA+ 방법하에서 목적원의 링크이용을 보여준다. 송신원측의 ACR대역과 비슷한 분포를 이루며 link11과 link22는 일정한 분포를 나타내고 link33에서 link66까지는 변동폭이 큼을 알 수 있다. 이는 link11과 link22는 상대적으로 많은 대역을 할당 받는데 반해 link55와 link66은 적은 대역을 할당받음으로써 대역이용효율 측면에서 볼 때 낭비가 있음을 볼 수 있다. Fig. 5의 (c)는 ERICA+ 방법하에서 목적원에서 수신된 셀 수를 보여준다. 일단 연결이 설정되고 난 후에 추가로 유입되는 트래픽이 없어 시간에 따라 수신된 셀 수가 선형적으로 증가함을 보여준다. Fig. 6은 LAN환경하에서 제안한 알고리즘의 시뮬레이션 결과이다. Fig. 6의 (a)는 제안한 방법에서 송신원의 ACR 변화를 보여준다. MCR값이 높은 ACR5와 ACR6인 경우는 다른 트래픽에 비해 높은 우선순위를 부여받아 상대적으로 많은 대역을 할당받고 있다. ACR5인 경우 42Mbps를 ACR6인 경우는 50Mbps이상의 대역을 할당받음으로써 ERICA+과 비교해볼 때 높은 대역을 할당받았음을 알 수 있다. Fig. 5의 (a)의 ACR 변화와 비교해 볼 때 ACR이 안정상태에 이르는 시간이 짧고 대역폭 변화도 적음을 알 수 있다.

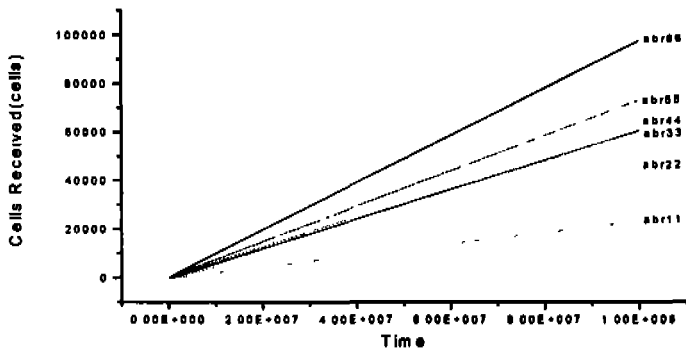
Fig. 6의 (b)는 제안한 방법하에서의 목적원의 링크이용을 보여준다. Fig. 6의 (c)는 제안한 방법하에서의 목적원의 수신된 셀 수를 나타낸다. Fig. 5의 (c)와 비교해 볼 때 abr55와 abr66이 상대적으로 많은 셀을 수신 했음을 알 수 있다.



(a) Allowed Cell Rate

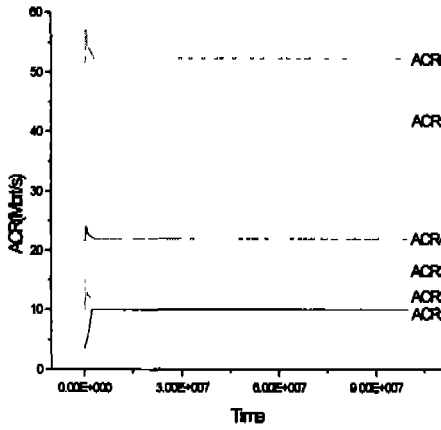


(b) Link Rate

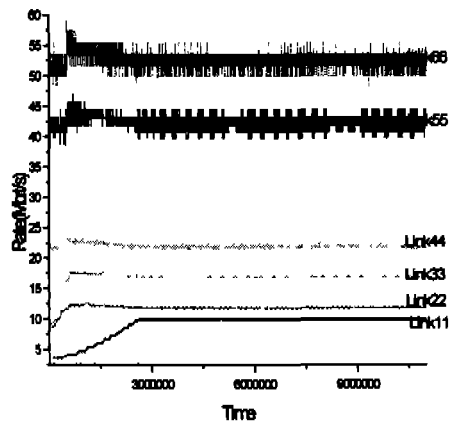


(c) Cells Received

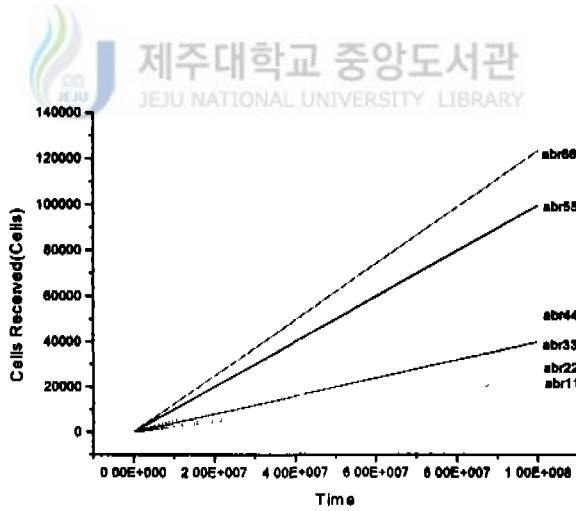
Fig. 5. Results for a simulation model in a LAN (ERICA+)



(a) Allowed Cell Rate



(b) Link Rate

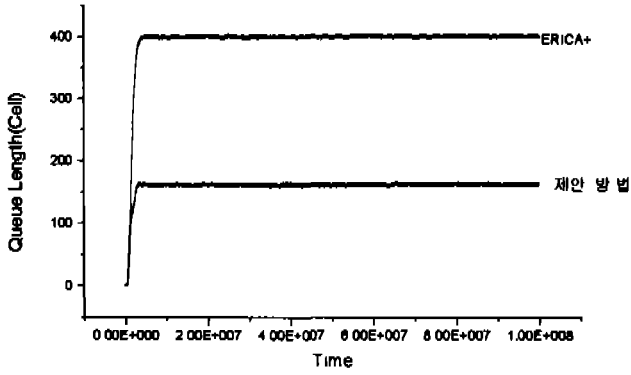


(c) Cells Received

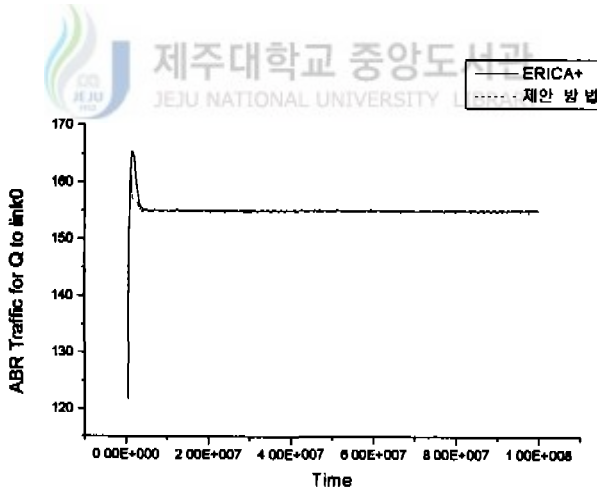
Fig.6. Results of the Proposed Algorithm in a LAN Environment

Fig. 7은 LAN에서 ERICA+ 스위치 알고리즘과 제안 알고리즘의 성능을 비교해 본 것이다. Fig. 7의 (a)는 LAN에서 ERICA+ 스위치 알고리즘과 제안 알고리즘의 큐길이 변화를 나타낸다. ERICA+ 에 비해 제안방법이 큐에 쌓인 셀 수가 적음을 알 수 있다. 이는 트래픽 요구조건을 빨리 반영하여 서비스 해주기 때문에 빠르게 안정상태에 도달하게 됨으로써 대역울 효율적으로 사용한 결과라 볼 수 있다. Fig. 7의 (b)은 link0 를 이용하려는 ABR 트래픽을 나타낸다. 초기에는 저부하상태여서 큐제어함수가 1보다 높은 값으로 설정되어 가용대역이 155Mbps 이상이 되다가 안정상태로 되면서 155Mbps로 일정하게 유지됨을 알 수 있다. 링크이용은 ERICA+ 이나 제안알고리즘이나 모두 155Mbps로 일정하다.

Fig. 8은 WAN환경(거리가 1000Km)에서 ERICA+과 제안방법에서 송신원의 ACR 변화 및 큐길이 및 link0 를 이용하려는 ABR Traffic에 대한 시뮬레이션 결과를 보여준다. Fig. 8의 (a)는 ERICA+ 방법하에서의 ACR의 변화를 보여준다. 송신원에서 RM 셀을 받는데 걸리는 시간 지연이 LAN보다 더 크기 때문에 LAN보다 안정상태에 이르는 시간이 길고 대역 변화폭도 크다. Fig. 8의 (b)는 제안방법에서의 ACR 변화를 보여준다. LAN에서 보다는 대역변동폭이 크나 WAN 환경하에서의 ERICA+와 비교해 보면 대역변동폭이 작음을 알 수 있다. Fig. 8의 (c)은 WAN환경에서 ERICA+ 방법과 제안방법에 대한 큐길이 변화를 보여준다. LAN 환경과 비교해 보면 ERICA+ 나 제안방법 모두 큐길이가 증가했음을 알 수 있다. 이는 RM 셀 정보를 얻는데 따른 전파지연이 커짐으로 인해 망상황을 빨리 반영해 주지 못함으로써 큐길이가 커졌기 때문이다. 제안방법에서 보다 ERICA+ 에서가 큐증가치가 더 커졌음을 알 수 있다. Fig. 8의 (d)는 ERICA와 제안방법에서의 링크이용을 비교해 본 것이다. ERICA+와 제안방법에서 링크이용은 LAN과 WAN 환경 모두 비슷한데 ERICA 알고리즘은 목표대역을 가용대역의 95%로 정해 놓았기 때문에 제안방법에 비해 링크이용이 낮음을 알 수 있다.

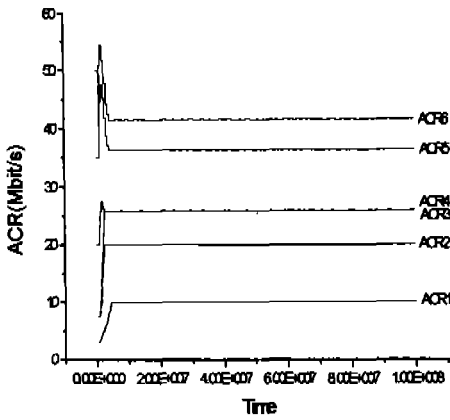


(a) Queue Length

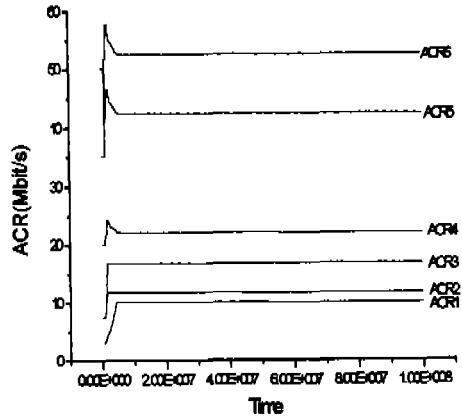


(b) ABR Traffic for Q to link0

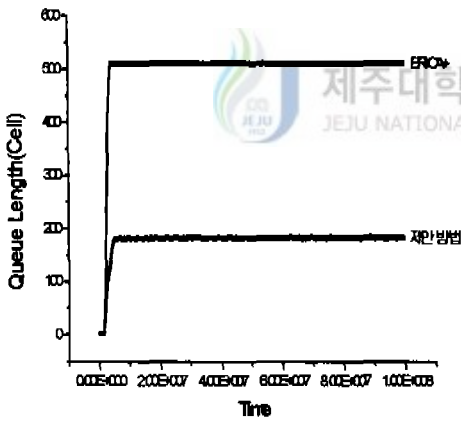
Fig.7. Results of the Proposed Algorithm in a LAN Environment



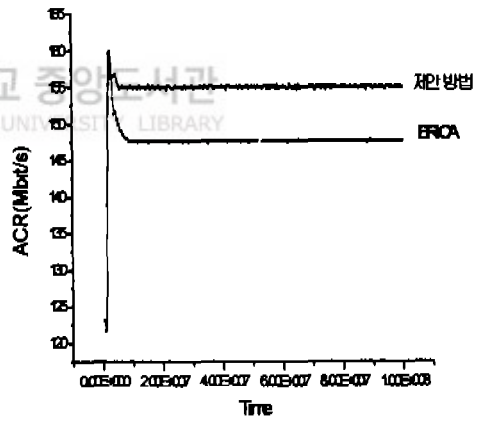
(a) Allowed Cell Rate (ERICA+)



(b) Allowed Cell Rate (Proposed)



(c) Queue Length



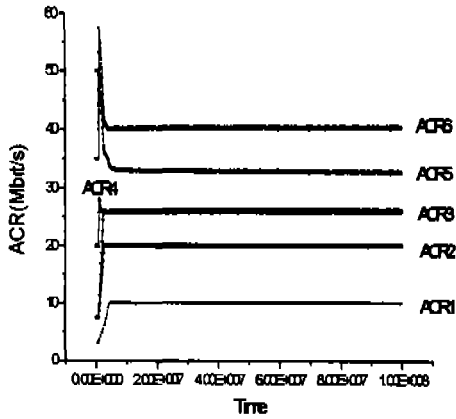
(d) ABR Traffic for Q to link0

Fig.8 Results of the Proposed Algorithm in a LAN Environment

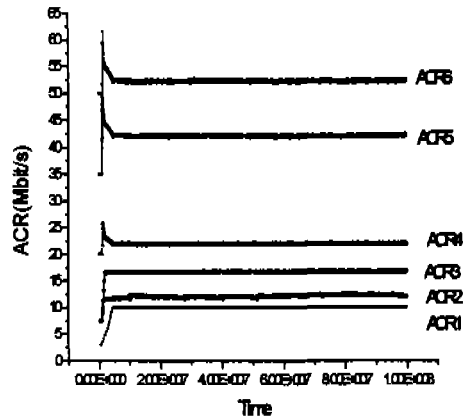
Fig. 9는 측정간격이 1msec 일때의 시뮬레이션 결과를 보여준다. Fig. 9의 (a)는 측정간격을 1msec로 했을 때 ERICA+ 스위치 알고리즘의 ACR 변화를 보여준 것이다. 측정간격을 5msec로 했을 때와 비교해 볼 때 ACR 값이 빨리 안정상태에 도달함을 알 수 있다. Fig. 9의 (b)는 제안한 방법에서의 ACR의 변화를 보여준다. Fig. 9의 (c)는 측정간격이 1msec 일 때 ERICA+과 제안방법의 큐길이의 변화를 살펴본 것이다. 측정간격이 5msec와 비교해 보면 큐길이가 감소했음을 알 수 있다. 측정간격을 짧게함으로써 망상태를 좀 더 정확히 파악해 ACR을 반영해 주기 때문에 불필요한 지연을 막고 큐길이를 감소시켰음을 알 수 있다. Fig. 9의 (d)는 측정간격이 1msec인 경우 ERICA+ 과 제안방법의 링크이용을 보여준 것이다.

Fig. 10 은 스위치 버퍼크기가 1024 셀 일때의 시뮬레이션 결과를 보여준다. Fig. 10의 (a)는 스위치 버퍼크기가 1024 셀 일때 ERICA+에서의 ACR의 변화를 보여준다. Fig. 10의 (b)는 스위치 버퍼크기가 1024 셀 일때 제안방법에서의 ACR의 변화를 보여준다. Fig. 10의 (c)은 ERICA+ 과 제안방법에서의 큐길이 변화를 살펴본 것이다. 스위치 버퍼크기가 524셀일때와 유사한 결과값을 가지며 큐길이가 증가했음을 알 수 있다.

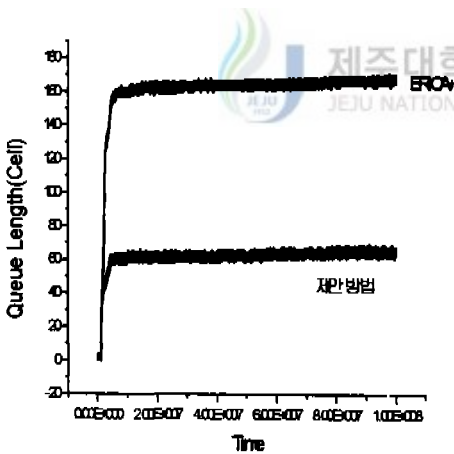
지금까지 여러 가지 조건하에서의 시뮬레이션 결과를 살펴 보았다. 제안한 알고리즘의 ACR 변화는 MCR값에 따라 달라지므로, ACR값이 한 값으로 수렴하지 않고 서비스 요구대역에 따라 비례하여 할당되어 ACR 변화의 폭이 서비스 요구사항을 고려 하지 않았을때보다 안정적임을 알 수 있었다. 또한 측정간격이 짧을수록 안정상태에 이르는 시간이 짧고 대역폭 변화도 적음을 알 수 있었다. 큐길이는 제안 알고리즘에서 적게 나타남을 알 수 있는데, 이는 제안방법이 트래픽 요구조건을 빨리 반영하여 서비스 해 주기 때문에 빠르게 안정상태에 도달함으로써 대역을 효율적으로 사용한 결과라 볼 수 있다.



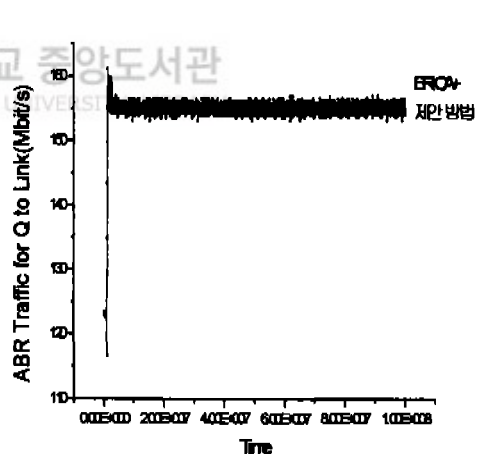
(a) Allowed Cell Rate (ERICA+)



(b) Allowed Cell Rate (proposed)

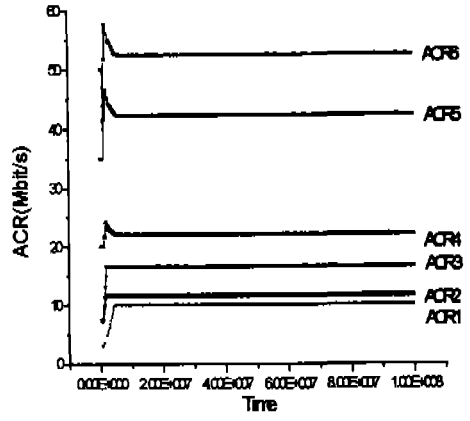
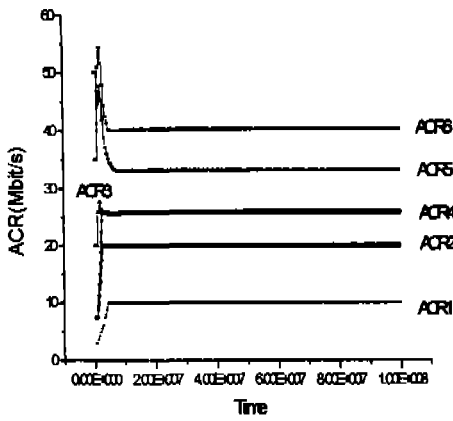


(c) Queue Length



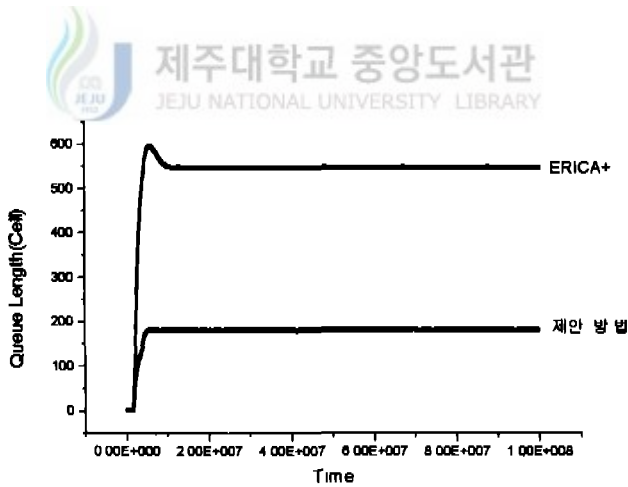
(d) ABR Traffic for Q to link0

Fig.9. Results of the Proposed Algorithm in a WAN Environment at Averaging Interval 1msec



(a) Allowed Cell Rate (ERICA+)

(b) Allowed Cell Rate (proposed)



(c) Queue Length

Fig.10. Results of the Proposed Algorithm with Buffer Size 1024 Cells

V. 결론

ATM망에서 ABR 서비스는 최소 셀 전송률에 대한 보장만 하고 링크의 상태에 따라 최대 셀 전송률까지 동적으로 가용대역폭을 활용하여 트래픽을 전송하는 방식이므로 많은 ABR 트래픽들이 동시에 망 자원을 사용하려고 할 때 폭주가 발생할 수 있다. 그러므로 ABR 트래픽은 망 자원을 최대한으로 활용하며 각 가상연결에 대한 공평한 자원할당과 셀 손실과 같은 ABR 서비스의 요구사항을 충족시키기 위해서는 구현이 용이하며 우수한 성능을 가진 폭주제어 메커니즘이 필요하다. ATM망은 고속망으로 연결수락제어과정에서 생긴 QoS 인자를 가지고 이에 맞는 대역폭과 버퍼공간을 이용하여 공평하고 효율적인 제어가 이루어져야 한다.

본 논문에서는 각 트래픽들의 우선순위를 고려하기 위해 MCR값에 기반하여 VC단위로 FS를 구하는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘의 성능평가를 위해 Peer-to-Peer 망 모델을 사용하여 ACR의 변화, 링크이용, 큐길이 등을 중점적으로 살펴보았다. 제안된 방법은 호 설정과정에서 요구하는 각 소스의 MCR값을 VC마다 기본적으로 할당하고 남은 대역을 공평하게 나누어 줌으로써 각 소스들에게 서비스 요구사항에 따라 대역폭을 할당하도록 하는 방식이다. 그렇게 함으로써 ABR 트래픽의 MCR값을 보장하며 서비스 요구사항의 관점에서 볼 때 기존 방법보다 각 소스들에게 공정한 대역폭을 할당하도록 해 준다. 또한 MCR에 기준하여 대역이 할당되므로 ACR값은 한 값으로 수렴하지 않고 MCR값에 비례하여 할당되며 ACR의 변화가 ERICA+에 비해 안정적임을 알 수 있다. 큐길이 또한 ERICA+에 비해 적게 나타남을 볼 수 있는데 이는 각각의 VC에 맞게 대역폭을 효율적으로 분배함으로써 스위치에서 큐가 빨리 빠져 나간 결과라 볼 수 있다. 이는 구현이 간단하고 망의 대역폭 변화에도 빠르게 적응했음을 보여준다.

향후 연구과제로 좀 더 다양한 환경에서 시뮬레이션이 필요하며, MCR값이 결정되는 연결수락제어과정과 연동시켜 트래픽제어를 함이 필요하다고 본다.

참고문헌

ATM Forum Technical Committee, 1996, April. ATM Forum Traffic Management Specification Version 4.0 ATM Forum/af-tm-0056.000,

Chang, Y., N.Golmie, L.Benmhamed and D.Siu, 1994, Simulation study of the new rate based EPRCA traffic management mechanism, ATM Forum.

Golmie, N., Y.Chang and D.Siu NIST ER Switch Mechanism, 1995, ATM Forum/95-0695.

Jain, R., S. Kalyanaraman, S. Fahmy and R. Goyal, 1996, Oct., Tutorial Paper on ABR Source Behavior, ATM Forum/96-1270.

Jain, R., S. Kalyanaraman and R. Viswanathan, 1994, Sept., The OSU scheme for congestion avoidance using explicit rate indication, ATM Forum/94-0883.

Jain, R., S. Kalyanaraman, R. Goyal, S. Fahmy, and R. Viswanathan, 1997, Jan., The ERICA Switch Algorithm for ABR Traffic Management in ATM Networks, Part I: Description, IEEE/ACM Transactions on Networking.

Jain, R., S. Kalyanaraman, R. Goyal, S. Fahmy and R. Viswanathan, 1997, Jan., The ERICA Switch Algorithm for ABR Traffic Management in ATM Networks, Part II: Requirements and

Performance Evaluation, IEEE/ACM Transactions on Networking.

Kalyanaraman, S., B.Tech, M.S., 1997, Traffic Management for the Available Bit Rate(ABR) Service in Asynchronous Transfer Mode(ATM) Networks, The Ohio State University.

김병철, 김동호, 조유제, 1999, ABR 흐름 제어를 위한 효율적인 명시율 피드백 스위치 알고리즘, 한국통신학회논문지, 제 24권 제 9A호, pp.1359-1371.

NIST, 1995, ATM Network Simulator User's Manual, (available by <http://nist.isdn.atm.gov>), NIST.

유재택, 김용우, 김영한, 이광형, 1997, ATM망에서 ABR 서비스의 공정 대역폭 할당을 위한 퍼지 전송률 제어 기법, 한국통신학회논문지, 제 22권 제 5호, pp.939-948.



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Prycker, M. D., 1995, Asynchronous Transfer Mode, Prentice Hall.

Tsang, D. H. K. and W. K. F. Wong, 1996, A New Rate-Based Switch Algorithm for ABR Traffic to Achieve Max-Min Fairness with Analytical Approximation and Delay Adjustment, IEEE.

감사의 글

살아가면서 시작과 끝을 분명히 매듭짓도록 하는 뭔가를 한다는 건 참으로 부
듯한 일임을 느낍니다. 비록 잘 하지는 못했지만 무사히 과정을 끝마칠 수 있도
록 도와주신 주위의 모든 분께 감사드립니다.

무엇보다도 오랜 세월 동안 부족한 저를 지도해 주시고 이해해 주신 안 기중
교수님께 존경심과 아울러 깊이 감사드립니다. 논문에 대한 세심한 지적과 조언
으로 많은 가르침을 주신 김 장형 교수님, 곽 호영 교수님, 이 상준 교수님, 변
상용 교수님, 송 왕철 교수님, 이 동희 교수님께도 감사의 마음을 전합니다.

본 논문이 나오기까지 열심히 후원해 준 강경호 선생님, 강 건호 선생님, 유경,
정철, 양훈, 경복, 성민, 영대, 세근이와 늦은 밤까지 자신의 일처럼 도와주고 유
쾌한 말벗이 되어준 영미, 유정에게 고마움을 전합니다.

집안 일에 거의 신경을 못 써도 불평 없이 나보다 나를 더 챙겨주고 아껴주는
사랑하는 내 남편과 엄마 품이 그리웠을 내 딸 예지, 애써준 가족들, 생각이 날
때면 보고픔에 가슴 저머오는 어머니께 보잘것없지만 이 논문을 바칩니다.