

버퍼 관리 기법을 이용한 개선된 ERICA 스위치 알고리즘

Enhanced ERICA Switch Algorithm using Buffer Management Scheme

양기원
 (주)팬택 중앙연구소 연구2실
 오창석
 충북대학교 전기전자및컴퓨터공학부

Ki-Won Yang
 R&D Center Lab. 2, PANTECH CO., LTD.
 Chang-Suk Oh
 Professor, School of Electrical & Computer Engineering,
 Chungbuk National Univ.

중심어 : ATM트래픽관리, ATM스위치, ATM네트워크

요약

이 논문에서는 큐의 점유량을 줄이고 링크 효율성과 공정성을 제공하며 버퍼관리기법을 사용하는 뛰어난 ERICA 스위치 알고리즘을 제안한다. 제안된 버퍼관리기법은 서로 다른 3개의 하위 임계치, 폭주 통보 임계치, 상위 임계치인 버퍼 임계치를 가지고 있다. 각각의 버퍼 임계치는 상황에 따라 송신원에게 임의의 폭주 상태를 다르게 보고한다. 따라서, 송신원은 보다 빠르게 망의 폭주 상태를 알 수 있고 폭주로 부터 빨리 회복할 수 있다.

실험 결과들에 따라, 제안된 알고리즘은 기존의 ERICA 보다 효율적으로 보여 주고 있다. 특히, 제안된 스위치 알고리즘은 큐의 점유량도 줄이고 공정성 유지를 최적화하여 폭주 제안 기법을 제공한다.

Abstract

In this paper, we propose a enhanced ERICA switch algorithm using the buffer management scheme which can reduce the queue length, support the efficiency link utilization and the fair share. It has three different buffer thresholds which are low threshold, congestion notification threshold and high threshold. According to the each buffer threshold status, switch announced congestion notification to the source differently. So, sources could know the congestion more quickly and fast recover from network congestion.

As a experimental results, it is proved that proposed algorithm is the more efficient than ERICA. Especially, proposed switch algorithm provides congestion control mechanism to make the best use of with keeping fairness and reduce queue length.

1. 서론

미래의 통신은 사용자들에게 다양한 종류의 광대역 멀티미디어 서비스를 제공함을 그 목적으로 한다. 이러한 목적에 부응하기 위한 방안중의 하나가 ATM(Asynchronous Transfer Mode)과 같은 전송 방식이다.

ATM은 다양한 응용의 QoS를 지원하기 위한 다양한 서비스 계층들이 정의되어 있으며 이들은 몇 가지 특정한 파라미터로 정의된다[1],[2]. ABR 트래픽은 망 자원을 최대로 활용하면서 각 가상 연결에 대한 공평한 자원 할당과 셀 손실과 같은 ABR 서비스의 요구사항을 충족 시키기 위해 적절한 폭주 제어 메커니즘이 필요하다. 또한 IMT-2000과 같은 차세대 이동통신 서비스 및 초고속 통신망 서비스 트래픽 제어를 위해서는 효율적인 스위치 알고리즘이 필요하다.

ABR 트래픽 제어를 위한 스위치 메커니즘의 하나인 ERICA(Explicit Rate Indication for Congestion Avoidance)는 공정성을 제공하기 위해서 단순하면서도 안정적인 최적 전송율의 근사값을 제공한다. 그러나 이 근사값은 오차 범위내에서 과도한 현상으로 진동하기 때문에 이를 방지하기 위해서 망의 제어 파라미터와 함께 최적화 되어야 한다[3]. 또한 ERICA는 교환기 내에서 큐 지연으로 인해 반응이 느리기 때문에 교환기에서 대역폭 할당 정보를 측정하려할 때, 교환기 내의 큐가 과부하이면 스스로 피드백을 전달하기 위한 RM 셀의 지연이 발생할 수 있다. 따라서 효율적인 스위치 알고리즘은 어떠한 구성에서도 대역의 공정성과 안정성을 유지하면서 가용 대역폭을 최대로 이용할 수 있는 폭주 제어 메커니즘을 제공해야 한다.

본 논문에서는 대표적인 폭주 회피형 스위치 알고리즘인

ERICA에 대해 각 ABR 송신원에 대해 기존 ERICA 스위치 알고리즘에 비해 관리 기법을 사용하여 뛰어난 망 성능을 제공하면서 대역할당의 공정성과 링크 효율성을 제공하고 스위치 내의 큐 점유량을 줄일 수 있는 알고리즘을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 ABR 서비스의 특징, 제어 파라미터와 다양한 ABR 트래픽 제어 알고리즘에 대해 분석하였고, ERICA 스위치 알고리즘에 대해 살펴 보았다. 3장에서는 ERICA 스위치의 문제점을 분석하고 이러한 문제점을 개선하기 위해서 버퍼 관리 기법을 도입한 제안 알고리즘에 대해 기술하였다. 4장에서는 망 모델 및 트래픽 모델을 이용한 방법에 대하여 기술하였고, 효율적인 트래픽 제어를 위한 ABR 서비스 파라미터를 제시하였으며, 허용 전송율과 스위치 내의 큐 점유량 등에 대해 기존의 방식과 버퍼 관리 기법을 도입한 제안 방식의 성능을 비교 분석하였다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구 과제에 대해서 기술하였다.

II. ABR 서비스 및 트래픽 제어 방식 분석

1. ABR 서비스 및 트래픽 파라미터

1.1. ABR 서비스

ABR 서비스는 망에서 각각 활성화된 송신원에게 가용 대역폭을 공평하고 효율적으로 분배해서 사용할 수 있게 한다. ABR 서비스 트래픽은 버스트한 특징을 가지며, 또한 버스트의 크기 역시 가변적이며 예측하기 어려운 특징을 가지고 있다. 또한 ABR의 다른 특징 중의 하나는 셀 지연에 덜 민감하나 셀 손실없이 서비스를 제공해야 하며, 미리 대역폭을 예약하지 않고 망이 가지고 있는 여분의 대역폭을 사용하여 전송하는 것이다. ABR 트래픽 제어는 다음과 같은 특성을 가진다.

- Rate-based : 지정된 전송율을 기반으로 송신원이 전송
- Closed-loop : CBR과 VBR과 달리 연결이 설정된 동안 지속적으로 제어 정보를 피드백 받음
- End-to-end : 제어 셀이 송신원과 수신원 사이에 전달

ABR 트래픽 제어 프레임워크는 그림 2-1와 같다. 망의 상황을 알기 위해 송신원은 RM(Resource Management) 셀을 매 N_{rm}-1 번째마다 보내야 한다. 수신원은 단순하게 이를 다시 송신원에게 피드백하면 된다. RM 셀은 송신원의 CCR (Current Cell Rate) 이외에 추가적인 항목들을 포함하고 있다. 표 2-1은 RM 셀의 형식을 나타내고 있다.

표 2-1. RM 셀의 형식과 내용

Field	Byte	Bit	Name
Header	1-5	all	ATM Header
ID	6	all	Protocol ID
DIR	7	8	Direction
BN	7	7	BECN Cell
CI	7	6	Congestion Indicator
NI	7	5	No Increase
RA	7	4	Request/Acknowledge
ER	8-9	all	Explicit Cell Rate
CCR	10-11	all	Current Cell Rate
MCR	12-13	all	Minimum Cell Rate
QL	14-17	all	Queue Length
SN	18-21	all	Sequence Number
Reserved	22-51	all	Reserved
Reserved	52	8-3	Reserved
CRC-10	52	2-1	CRC-10
	53	all	

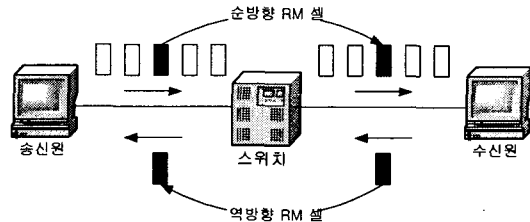


그림 2-1. 송신원에게 피드백되는 순방향과 역방향 RM Cell 정보

1.2. ABR 트래픽 파라미터

ABR 서비스를 위해 사용되는 트래픽 파라미터는 표 2-2와 같다[1].

표 2-2. ABR 서비스 파라미터

파라미터	단위	명칭	설명
PCR	셀/초	Peak Cell Rate	사용 가능한 최대 전송율
MCR	셀/초	Minimum Cell Rate	망에 의해 보장되는 최소 전송율
ICR	셀/초	Initial Cell Rate	송신원이 휴지 상태에서 다시 전송할 때의 초기 전송율
RIF	없음	Rate Increase Factor	증가 전송율
N _{rm}	셀	Maximum Number of Cells	순방향 RM 셀 사이의 최대 셀 수
M _{rm}	셀	Minimum Number of Cells	순방향 RM 셀 사이의 최소 셀 수
RDF	없음	Rate Decrease Factor	CI비트가 설정될 때 사용
ACR	셀/초	Allowed Cell Rate	현재 허용된 전송율
C _{rm}	셀	Cutoff Number for RM Cells	RM 셀의 반송 실패 방지용
TOF	없음	Time Out Factor	전송율을 줄이기 전에 전송되는 전방향 RM 셀 사이에서 허용된 최대 시간
T _{rm}	100 ms	Intra-RM Time Interval	순방향 RM 셀 사이의 최대 간격
FRTT	10 μ s	Fixed Round Trip Time	반송시의 송수신측의 전달지연
TBE	셀	Transient Buffer Exposure	송신원이 보낼 셀 수의 제한할 현상
CDF	없음	Cutoff Decrease Factor	C _{rm} 과 관련된 ACR 감소율 조절
TDF	1/초	Time-out Decrease Factor	TOF와 관련된 ACR 감소율 조절
PNI	없음	Permit Next Increase	ACR 증가 허용 여부 제어
TCR	셀/초	Tagged Cell Rate	out-of-rate로 전송할 수 있는 순방향 RM 셀 수를 제한

2. ABR 트래픽 제어 알고리즘 비교

ATM에서는 빠른 전송 속도 때문에 폭주를 미연에 방지하는 예방적 제어가 주된 제어 수단으로 대두되고 있다. 이러한 예방적 제어에는 통계적 방식, 신경망을 이용하는 방식 등이 있다[4]. 그러나 ABR 서비스 트래픽에서는 폭주가 발생할 경우에 망이 그 상태를 감시하여 제어하는 반응적 제어가 우수한 성능을 낸다. ABR 서비스 트래픽은 가용 대역폭을 최대한 사용하는 것과 최소 셀 손실율을 보장하기 위해서는 효율적이고 공정한 폭주 제어 기법이 요구된다. 이러한 제어 기법은 다음과 같은 기능을 수행하여야 한다[5].

- 각각의 송신원에 대해 연결 설정시 협상된 QoS를 만족시켜야 한다.
- 현재 사용하지 않고 남아 있는 대역폭은 활성화된 연결에 공평하게 분배되어야 한다.
- 폭주가 발생하는 동안 연결 설정시 협상한 대역보다 많이 사용하는 연결은 망이 초과 트래픽을 폐기하기 이전에 전송율을 줄여야 한다.

본 절에서는 반응적 제어를 기본으로 하는 ABR 서비스를 지원하기 위해서 특성을 갖는 대표적인 트래픽 제어 기법인 크레딧 기반 제어 기법을 살펴본다[6]. 또한 전송을 기반 제어 기법에 대해 살펴보기로 한다[7].

2.1. 크레딧 기반 트래픽 제어

크레딧 기반 트래픽 제어는 링크 단위의 윈도우 흐름 제어 또는 각 VC에 대한 링크 대 링크 흐름 제어라고도 하며, 그림 2-2과 같이 구성된다.

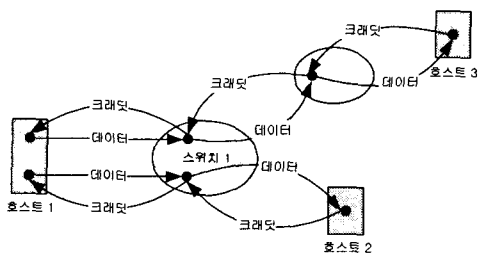


그림 2-2. 크레딧 기반 트래픽 제어 기법

송신측은 링크를 통해서 데이터 셀을 전송하기 전에 수신측으로부터 각 VC에 대한 큐 길이에 해당되는 크레딧 값을 받기를 원하고 수신측은 항상 이 값을 감시한다.

크레딧 값을 수신한 후, 수신된 크레딧 정보에 따라서 그 양에 해당하는 데이터 셀을 보낼 수 있다. 이러한 VC에 대한 제어는 두 가지 측면으로 볼 수 있다. 첫 번째는 버퍼 할당 측면으로 VC는 수신측에서 기억 장소를 할당 받는다. 두 번째는 크레딧 제어 측면으로 송신측은 수신측에 할당된 버퍼의 범람을 방지하기 위해 크레딧 잔고를 유지하여야 한다[8].

활성화된 VC가 단지 하나이면 크레딧은 링크가 허용할 수 있는 충분한 값을 가진다. 송신측은 전송을 조절 메시지로 BECI를 피드백 방식으로 사용하나 BECI가 조절 셀을 송신자 까지 보내는데 반해 이 방법은 조절 셀의 전송 폭주가 발생한 네트워크의 영역 경계로 제한하였다. 수신자는 현재 수신자 쪽의 가용 버퍼 크기를 송신자에게 알려주고, 버퍼 크기에 따라 송신자는 데이터 셀들을 수신자에게 전송한다. 이 방식은 가상 채널 흐름 제어의 하나로서 하나의 연결은 하나의 VC를 점유하게 되고, 그 VC를 통해 데이터 셀과 크레딧 셀들이 전송된다.

2.2. 전송을 기반 트래픽 제어

크레딧 기반 방식에 대해 다소 늦게 연구가 시작된 전송을 기반 제어 기법은 단 대 단 흐름제어라고도 하며, 폭주에 대한 정보가 각 VC 단위로 모여져서 송신원으로 전달된다. 이러한 폭주 정보를 기반으로 송신원은 폭주를 피하기 위해 보낼 전송율을 결정하게 된다.

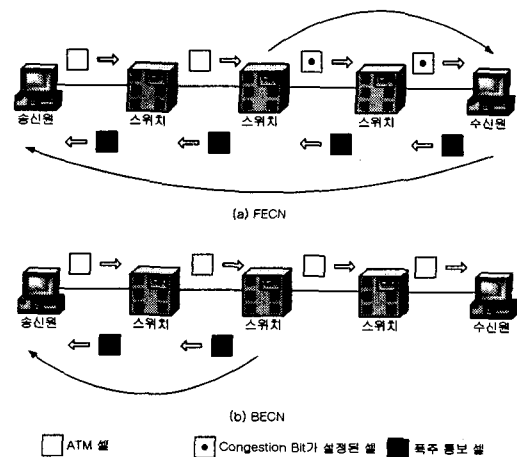


그림 2-3. 전송을 기반 트래픽 제어 기법의 폭주 통보

전송을 기반 트래픽 제어 기법에서는 그림 2-3에 도시한 바와 같이 FECN(Forward Explicit Congestion Notification) 또는 BECN 형태로 폭주를 통지한다. 전송을 기반 트래픽 제어 기

법은 송신원이 주기적으로 망에 RM 셀을 전송하고, 되돌아오는 RM 셀을 가지고 송신측의 전송율을 제어하는 기법이며[9], RM 셀의 형식과 내용은 위에서 언급한 표 2-1와 같다.

3. ERICA 스위치 알고리즘 분석

본 장에서는 먼저 현재까지 ATM 포럼을 통해 제안된 대표적인 ABR 스위치 알고리즘인 ERICA 스위치에 대해 특징 및 처리과정 등을 분석하고자 한다.

3.1. ERICA

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

ERICA 스위치 알고리즘은 일정한 측정기간 동안 입력율을 측정하고, 측정된 입력율을 스위치가 목표로 하는 목표 전송율로 나누어 부하지수 z 를 계산한다[3]. 부하 지수 z 는 링크의 폭주 레벨을 나타낸다. 높은 부하지수 값은 링크의 혼잡을 나타내기 때문에 바람직하지 않으며 낮은 부하지수 값은 낮은 링크 이용율을 나타낸다.

일반적으로 목표 전송율은 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 전송율을 z 로 나눈 값을 RM 셀의 ER 필드를 통해 받게 된다. 이렇게 해서 만약 스위치가 저부하 상태이면 모든 송신원들은 전송율을 늘리게 되고 스위치가 과부하 상태이면 모든 송신원은 전송율을 내리게 된다. 만약 z 가 1에 가까운 값이면 스위치는 과부하 송신원과 저부하 송신원에 대해 각각 ER 값을 돌려보낸다. 이 때는 먼저 목표 전송율을 측정기간 동안 실제 전송을 한 송신원 수로 나누어 Fair Share를 구한 뒤 Fair Share보다 높은 전송율로 전송을 한 송신원에 대해서는 전송율을 줄이도록 요구하고, Fair Share보다 낮은 전송율로 보내는 송신원에 대해서는 전송율을 올리도록 한다.

OSU 전송을 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 부하지수를 계산하고 전송을 하고 있는 VC의 수를 헤아리는 기본적인 두 가지 기능으로 구성된다. 측정기간 동안에 구해진 부하지수는 다음 식 (2-1)과 같이 구해질 수 있다.

$$\text{Load Factor} = \text{Input Rate} / \text{Target Cell Rate} \quad (2-1)$$

다음 N 셀의 측정기간 동안 스위치는 위에서 구한 부하지수에 의거하여 모든 VC들에 대해 전송율을 수정하도록 요청한다. 즉, 현재 전송율이 CCR인 VC에 대해 스위치에 인가된 부하만을 고려한 ER1 값은 다음 식(2-2)과 같다.

$$\text{ER based on load} = \text{ER1} = \text{CCR} / \text{Load Factor} \quad (2-2)$$

이 때 각 VC들 간의 공평성은 모든 VC가 최소한 Fair Share 만큼의 전송율을 보장받으면 되므로 다음 식 (2-3)와 같은 Fair Share 계산이 필요하다.

$$\text{Fair Share} = \text{Target Cell Rate} / \text{Number of Active VCs} \quad (2-3)$$

Fair share와 스위치에 인가된 부하에 근거하여 계산한 ER을 함께 고려하면 새로운 ER2 값은 다음 식 (2-4)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{ER2} = \text{Max}(\text{Fair Share}, \text{ER1}) \quad (2-4)$$

만약 계산된 ER2 값이 RM 셀의 ER 필드의 값보다 작으면 스위치는 ER2 값을 RM 셀의 ER 값으로 대체한다. 이것은 다음 식 (2-5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{ER in cell} = \text{Min}(\text{ER in Cell}, \text{ER2}) \quad (2-5)$$

ERICA 스위치 알고리즘은 폭주의 회피성, 공평성, 빠른 응답성, 파라미터 설정의 용이성 등의 특징을 만족하게 설계되었다. ERICA의 주요 절차는 다음 그림 2-4와 같다.

ERICA의 특징을 요약해보면 다음과 같다. 첫째, ERICA 이전의 스킴들은 스위치에서 측정된 피드백 정보를 FRM 셀에 제공하였지만 FRM 셀이 송신원까지 되돌아오는데 걸리는 시간이 길기 때문에 시스템의 응답속도를 저하시키는 결과를 초래하였다. 하지만 ERICA는 순방향에서 가장 최근의 CCR 값으로 ER 값을 계산한 다음에 곧바로 BRM 셀에 제공함으로써 시스템이 망의 부하 변화에 민감하게 반응할 수 있다. 둘째, ERICA는 일정한 측정기간 동안에 많아야 하나의 피드백 정보를 송신원으로 전송한다.

즉, 스위치는 수신된 RM 셀 수에 상관없이 측정기간 동안에 계산된 ER을 이 기간에 도착하는 모든 RM 셀에 동일하게 기록함으로써, 다수의 충돌할 여지가 있는 정보를 송신원에 제공하지 않는 것이다.

셋째, ERICA는 모든 경우에 있어서 효과적으로 동작하고 대부분의 경우에 최대-최소 공평성 할당이 만족하지만, 다음

의 세가지 경우에 모두 해당되면 만족하지 못하는 경우가 발생할 수 있다.

- 부하지수가 10이다.
- 수신원까지의 경로가 병목되는 일부 소스가 존재한다.
- 나머지 모든 소스에 대한 CCR이 Fair Share 보다 더 크다.

만약에 이러한 상황이 발생하면 병목에 걸리지 않은 연결들의 VC Share가 Faire Share 보다 더 크기 때문에 시스템은 공평하지 않을 수도 있는 현재 상태를 유지하게 된다. 그러므로 ERICA는 최대-최소 공평성을 만족시키기 위해서 가능성 있는 모든 소스가 가장 높은 할당을 받을 수 있도록 이전에 할당했던 가장 큰 값을 저장하는 변수 MaxAllocPrevious와 MaxAllocCurrent를 사용한다.

```

Initialization :
    MaxAllocPrevious <- MaxAllocCurrent <- FairShare

End of Averaging Interval :
    Total ABR Capacity <- Link Capacity
    Target ABR Capacity <- Fraction X Total ABR Capacity
    z <- ABR Input Rate / Target ABR Capacity
    FairShare <- Target ABR Capacity
    MaxAllocPrevious <- MaxAllocCurrent
    MaxAllocCurrent <- FairShare

When an FRM is Reveiced :
    CCR[VC] <- CCR in RM Cell

When an BRM is Reveiced :
    VCShare <- CCR[VC] / z
    IF ( z > 1 + δ )
        THEN ER <- Max(FairShare, VCShare)
    ELSE ER <- Max(MaxAllocPrevious, VCShare)

    MaxAllocCurent <- Max(MaxAllocCurrent, ER)

    IF(ER > FairShare AND CCR[VC] < FairShare)
        THEN ER <- FairShare
    ER in RM Cell <- Min(ER in RM Cell, ER, Target ABR Capacity)
    
```

그림 2-4. ERICA 알고리즘 처리과정

III. 버퍼 관리 기법을 이용한 ERICA 스위치 알고리즘 제안

1. 기존 ERICA의 문제점

ERICA는 대표적인 전송률 기반의 교환기 알고리즘으로서 공평 할당을 위한 Fair Share와 현재 동적 할당을 위한 현재 셀 전송률 등을 전송률 계산에 이용해서 최적의 대역폭을 할당한다. 여기서 공평 할당은 모든 활성화된 가상연결에 최소한의 대역폭을 공평하게 할당하는 것이고, 현재 동적 할당은

공평 할당 대역폭을 모두 활용하지 못하는 가상 연결에 대해 여분의 대역폭을 재할당하는 것이다. 하지만 ERICA는 가상연결간의 공평성을 유지하면서 망 내의 폭주 제어를 신속하고 효율적으로 처리하기 위해 몇 가지 문제점이 해결되어야 한다.

첫째, ERICA는 ABR 가상 연결에 대해서 동적으로 변하는 부하를 반영시키지 않고 가용 용량을 결정한다. 따라서 각 가상연결에 대해 부정확한 FA를 할당하게 되므로 수렴 속도가 느려지고 시스템이 불안정해지는 경우가 발생한다. 둘째, ERICA는 고정된 목표 이용률을 사용하기 때문에 큐의 크기가 커지더라도 이를 효율적으로 제어할 수 없다. 셋째, ERICA에서 피드백 계산에 이용되는 부하지수, 가용 용량, 활성 가상연결의 수 등은 측정 간격에 의존하는 임의 변수들이다. 그러므로 측정간격의 길이는 좋은 성능을 유지하기 위하여 LAN, WAN 환경과 같은 망의 물리적 조건에 적합하게 조정되어야 한다. 넷째, ERICA는 나중에 추가된 연결에 대해서는 공평성이 보장되지 않는다. 다섯째 교환기 내에서 큐 지연으로 인해 반응이 느려진다. ERICA는 교환기에서 대역폭 할당 정보를 측정하기 위해 큐의 출력포트에서 동작하기 때문에 교환기 내의 큐가 과부하일 때 소스로 피드백을 전달하기 위한 RM 셀의 지연이 발생할 수 있다.

2. 버퍼 관리 기법을 통한 폭주 통보 방안

ERICA는 스위치에서 송신원의 셀 전송율을 측정하기 위해서 스위치 큐로부터 수신원 링크로 빠져나가는 RM 셀 정보를 이용한다. 이러한 방식은 RM 셀이 스위치 내부에 위치한 큐의 폭주로 인해서 지연되거나 손실될 수 있기 때문에 폭주가 발생한 송신원의 CCR 정보를 적시에 얻지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 이러한 경우 스위치에서는 폭주에 대한 올바른 전송률 정보를 계산할 수 없게 되어 성능이 저하 될 수 있다. 따라서 본 논문에서는 셀 지연에 주안점을 두어 버퍼 관리 기법을 이용하여 대역을 보다 빠르고 안정적으로 할당하면서 스위치내의 큐를 적게 점유량을 감소시키는 개선된 스위치 알고리즘을 제안한다.

버퍼 관리 기법을 이용한 제안 방식은 그림 3-1과 같은 버퍼 구조를 가진다. 버퍼는 세 개의 임계치를 사용하게 되는데, 각각은 하위 임계치, 폭주 통보 임계치 그리고 상위 임계치이다. 하위 임계치는 현재 망 내에 전송되는 트래픽의 부하가 낮은 경우로 RM 셀 내의 Ci 비트를 0으로 설정하도록 하는 임계치이다. 폭주 통보 임계치는 현재 망 내에 전송되는 트래픽의 부하가 높은 경우로 폭주가 발생했음을 최초로 알리는

임계치이다. 스위치에서 송신원까지의 최대 전파 지연 시간 동안 전송되는 셀의 수 만큼 상위 임계치에 차이를 갖는 지점이고, RM 셀 내의 CI 비트를 1로 설정하는 임계치이다. 폭주 통보 임계치와 같이 상위 임계치도 RM 셀 내의 CI 비트를 1로 설정하는 임계치이다.

폭주 통보 임계치와 상위 임계치의 차이점은 폭주 통보 임계치가 현재 망 내의 폭주 상태를 알리기 위하여 RM 셀의 CI 비트를 처음 1로 설정하는 임계치인 것과는 달리 상위 임계치는 망 내의 폭주 상태가 지속될 경우 RM 셀의 CI 비트를 1로 설정한다는 것이다. 이러한 상위 임계치와 별도로 폭주 통보 임계치를 두어 송신원에게 현재 망의 폭주 상태를 빠르게 알림으로써 송신원의 전송을 빠르게 조절하여 폭주로부터 빠른 회복을 이룰 수 있고 전송을 조절에 의한 스위치 내의 큐 길이를 줄일 수 있다.

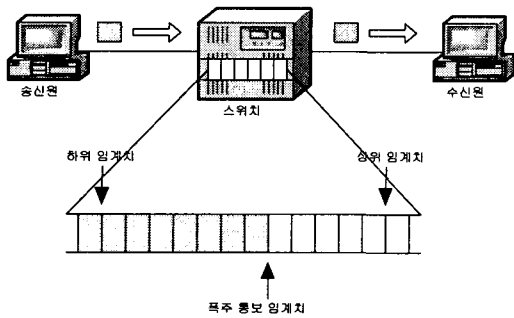


그림 3-1. 버퍼 관리를 위한 구조

3. 버퍼 관리 기법을 이용한 알고리즘 제안

버퍼 관리 기법을 이용한 스위치 내부의 동작 알고리즘은 다음과 같고, 그림 3-2는 이러한 알고리즘에 대한 흐름도를 나타내고 있다.

- 파라미터 초기화
- 스위치는 CI 비트가 0으로 설정된 RM 셀을 전송시작 시간에 각 송신원에 전송한다.
- 버퍼 임계치에 따른 스위치 내의 동작은 다음과 같다.

- 스위치 내의 버퍼의 길이가 하위 임계치보다 작거나 같으면, RM 셀 내의 CI 비트를 0으로 설정하여 현재 망의 상태를 각 송신원에 전송한다.
- 스위치 내의 버퍼의 길이가 하위 임계치보다 크고 폭주 통보 임계치보다 작거나 같으면, RM 셀 내의 CI 비트를 1로 설

정하여 각 송신원에게 전송하여 현재 망의 폭주 발생을 알린다.

- 스위치 내의 버퍼의 길이가 폭주 통보 임계치보다 크고 상위 임계치 보다 작거나 같으면, RM 셀 내의 CI 비트를 1로 설정하여 각 송신원에 RM 셀을 재 전송하여 현재 망의 폭주가 지속되고 있음을 알린다.

- CI 비트가 1로 설정된 RM 셀을 전송한 후 일정한 시간(전파 지연 시간)이 경과된 후에도 버퍼의 길이가 감소되지 않을 경우에는 CI 비트를 1로 설정한 RM 셀을 재 전송한다.

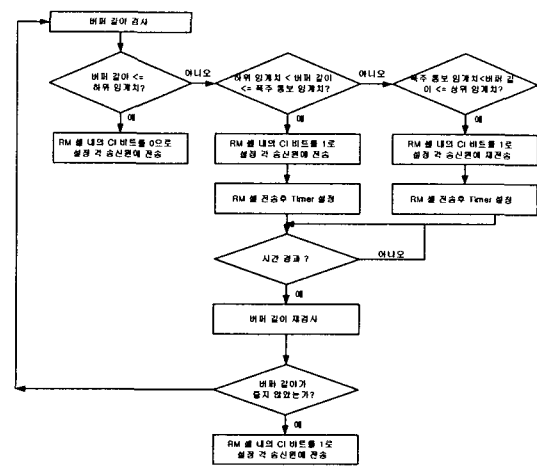


그림 3-2. 버퍼 관리 기법에 의한 flow chart

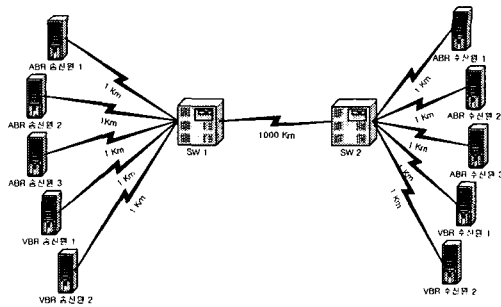
IV. 실험 및 결과 고찰

ABR 서비스는 망이 가지고 있는 대역폭 중 현재 사용되지 않고 있는 유휴 대역폭을 최대한으로 서비스 받고자 하는 사용자에게 분배하는 방식이다.

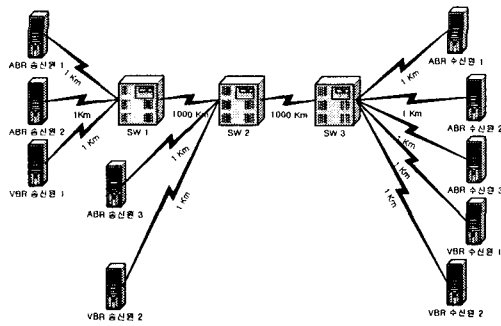
본 논문에서는 이와 같은 요구사항을 ERICA 제어 알고리즘이 만족시키기를 알아보기 위해서 모의 실험을 통해 분석하고 이를 위한 최적의 파라미터를 제시한다. 또한 버퍼 관리 기법을 도입한 제안된 스위칭 방법의 성능을 평가한다.

1. 모의 실험 모델

본 논문에서는 그림 4-1과 같이 대칭형 모델과 주차장 모델로 망을 구성한 다음 NIST에서 제공하는 ATM Network Simulator를 이용하여 ERICA 스위치의 모의 실험을 하였다. 각 망 모델에서 송신원과 수신원의 연결은 점대점 연결을 지원한다.



(a) 대칭형 모델



(b) 주차장 모델

그림 4-1. 모의실험을 위한 망 모델

그림 4-1 (a)와 같이 대칭형 모델은 두 개의 스위치가 하나의 링크로 연결되어 있고 스위치 1에 다수의 송신원이 연결되고 스위치 2에 다수의 수신원이 연결되어 있는 구조이다. 이 망 모델은 다수의 송신원과 하나의 수신원으로 구성하여 클라이언트/서버 모델로 생각할 수 있다. 그림 4-1 (b)의 주차장 모델은 공평성을 검증하는데 많이 사용되는 가장 일반적인 망 모델이다[10]. 각 망 모델의 구성은 스위치와 스위치간의 링크 거리는 1000Km로 설정하고, 송수신원과 스위치간의 링크 거리는 1Km로 설정 또한 각각의 링크 속도는 155Mbps를 지원한다[11].

트래픽 송신원은 총 5개를 사용하였다. 각각은 ON-OFF 방식으로 트래픽을 생성한다. 3개의 ABR 송신원과 2개의 VBR 송신원으로 구성되어 있다. 2개의 VBR 송신원은 유휴 대역을 ABR 송신원이 공평하게 나누어 사용하는가를 확인하기 위해서 사용된다. 각 VBR 송신원은 25Mbps씩 전송하며 하나의 VBR 송신원은 모의 실험 시작 시점과 동시에 동작하며, 다른 하나의 ABR 송신원은 모의 실험 시작 후 500msec 경과된 다음 동작하게 하였다. 이러한 설정은 새로운 VBR 송신원이 추가되어 유휴 대역이 감소되었을 때에도 각각의 ABR 송신원이 대역을 공평하게 사용하는가를 확인하기 위해 설정하였

다. 그림 4-1 (b)는 세 개의 스위치로 구성된 3단 주차장 모델이다.

트래픽 발생을 위한 모델은 가장 일반적으로 사용되고 있는 ON-OFF 모델을 사용하였다. ON-OFF 모델은 그림 4-2에 도시한 바와 같이 ON 상태에 있을 때 PCR로 셀을 생성하고, OFF 상태에 있을 때는 셀을 생성하지 않으며 두 상태의 주기가 반복되는 모델이다.

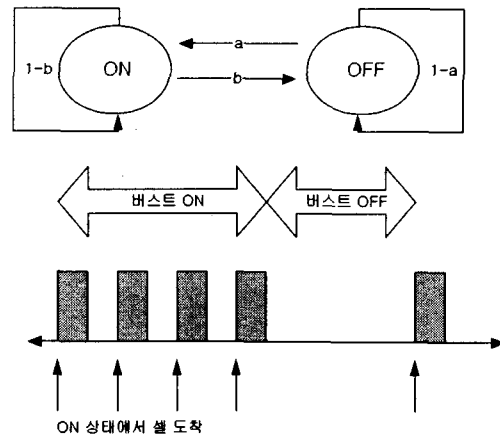


그림 4-2. ON-OFF 트래픽 모델

2. 실험 결과

위의 1.1절에서 모의 실험을 위한 망 모델과 ON-OFF 트래픽 모델에 대한 특성을 알아보았다.

4.1절의 망 모델과 트래픽 모델을 적용하고 다음 표 4-1의 ABR 서비스 파라미터 값을 이용하여 성능을 측정하였다. 망 부하의 판단에 사용되는 가중치 값은 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 그리고 0.9를 사용하였다. 또한 폭주 통보 임계치 값을 이용하는 버퍼 관리 기법을 도입한 방식과 기존의 ERICA 방식에 대하여 성능을 비교 분석하였다.

표 4-1. 모의 실험에 사용되는 ABR 서비스 파라미터

파라미터	적용 값
PCR	155 Mbps
ICR	7.5 Mbps
MCR	1.5 Mbps
Nrm	32
Mrm	2
Trm	100 msec
RDF	0.0625

그림 4-3 ABR 송신원 1에 대해서 값의 변화에 따른 ACR 값의 변화를 보여 주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 값이 감소되므로써 공평하게 대역을 나누는 수렴속도의 성능이 향상되어 안정한 모습을 보이고 있다. 그림 4-4는 첫 번째 위치한 스위치 노드에 유입되는 ABR 트래픽 양을 나타내고 있다. 이는 3개의 ABR 송신원이 스위치 노드로 보내는 트래픽의 총합계이다. 그림에서 보는 바와 같이 가중치 δ 값이 적을 수록 그림 4-3과 같이 스위치 노드에 입력되는 트래픽의 변화가 안정됨을 알 수 있다. 따라서 입력되는 트래픽의 량은 스위치 내의 큐 길이에 영향을 주기 때문에 스위치 노드의 큐 길이에 서도 변동폭이 가중치 δ 값이 적을수록 현저하게 감소되고 점유되는 양도 적음을 알 수 있다. 그림 4-5은 첫 번째에 위치한 스위치내의 큐 길이의 변화를 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 가중치 δ 값이 작을 수록 큐의 점유량이 적고 변동 폭도 작아 안정됨을 알 수 있다.

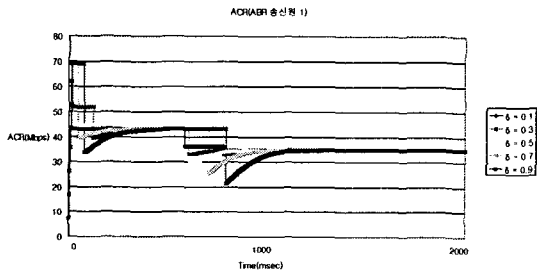


그림 4-3. 대칭형 모델에서 에 따른 ABR 송신원 1의 ACR

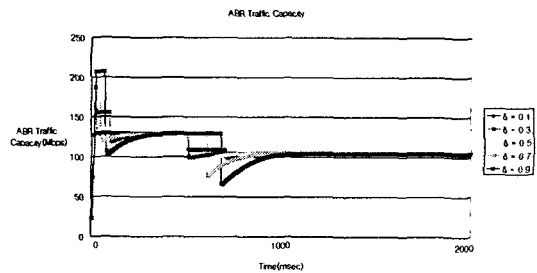


그림 4-4. 대칭형 모델에서 SW1에 유입되는 ABR Traffic

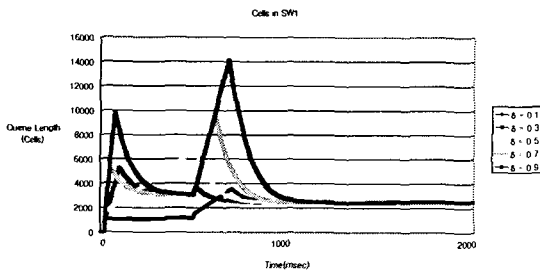


그림 4-5. 대칭형 모델에서 에 따른 SW1의 큐 길이

그림 4-6는 대칭형 모델 상에서 가중치 δ 값이 0.1로 설정하였을 때 기존의 방식과 버퍼 관리 기법을 도입한 제안 방식의 ABR 송신원 1의 ACR 변화를 나타낸 것이다. 기존의 방식에 비해 버퍼 관리 기법을 도입한 제안 방식이 안정되고 수렴 속도가 빨라 성능이 개선됨을 알 수 있다. 표 4-2는 두가지 방식에 대한 통계적 비교를 표로 나타낸 것이다.

그림 4-7은 대칭형 모델을 이용해서 가중치 δ 값을 0.1로 설정하였을 때 기존의 방식과 버퍼 관리 기법을 도입한 제안 방식의 첫 번째 스위치의 큐 길이 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 기존의 방식과 비교하여 버퍼 관리 기법을 도입한 제안 방식이 큐를 점유하는 양이 적고 또한 변화도 심하지 않는 특징을 나타내고 있다. 따라서 버퍼 관리 기법에 의해서 스위치 내의 자원을 절약하면서 안정되고 성능이 개선됨을 알 수 있다. 표 4-3은 기존의 방식과 제안한 방식에 대한 통계적 비교를 표로 나타낸 것이다.

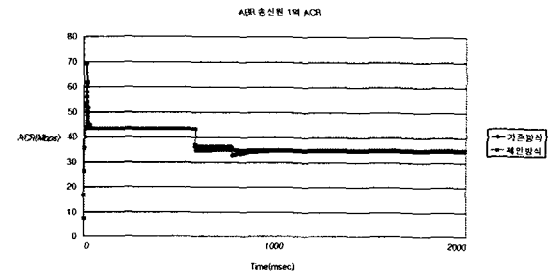


그림 4-6. 대칭형 모델에서 ABR 송신원 1의 ACR ($\delta=0.1$)

표 4-2. 대칭형 모델에서 ABR 송신원 1의 ACR($\delta=0.1$)

	기존방식	제안방식
평균	37.29	37.24
분산	18.476	17.461
표준편차	4.279	4.159

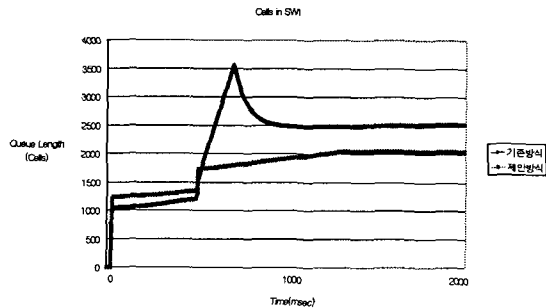


그림 4-7. 대칭형 모델에서 SW1의 큐 길이($\delta=0.1$)

표 4-3. 대칭형 모델에서 SW1의 큐 길이($\delta=0.1$)

	기존방식	제안방식
평균	2173.11	1767.49
분산	489555	129410
표준편차	699.37	359.31

그림 4-8은 주차장 모델을 이용해서 가중치 δ 값에 따른 ABR 송신원 1의 ACR 변화를 나타내고 있고, 그림 4-9은 가중치 δ 값에 따른 ABR 송신원 3의 ACR 변화를 나타내고 있다. 주차장 모델에서 ABR 송신원 1은 3개의 스위치 노드를 사용하고 있고 ABR 송신원 3은 두 개의 스위치 노드를 사용하고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 가중치 δ 값에 따른 ACR의 변화 특징은 값이 작으면 작을수록 대역을 나누어 사용하는 과정에서의 수렴 속도도 빠르고 변동폭이 적어 안정한 모습을 보이고 있다.

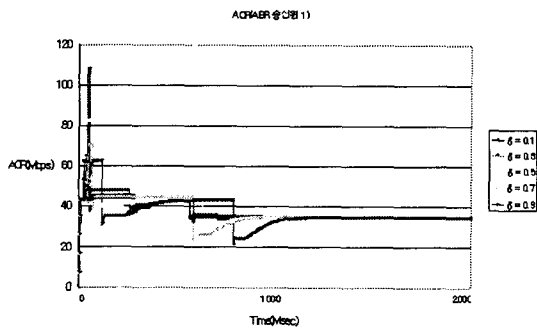


그림 4-8. 주차장 모델에서 δ 에 따른 ABR 송신원 1의 ACR

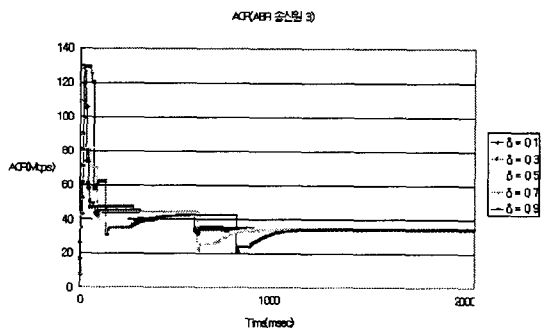


그림 4-9. 주차장 모델에서 δ 에 따른 ABR 송신원 3의 ACR

그림 4-10은 주차장 모델의 첫 번째 스위치 노드에 유입되는 ABR 트래픽 양에 대한 변화를 나타내고 있다. 첫 번째 스

위치 노드에는 2개의 ABR 송신원과 1개의 VBR 송신원이 연결되어 있다. 따라서 첫 번째 스위치 노드에 유입되는 ABR 트래픽은 두 개의 ABR 송신원에서 보내지는 것이다. 그림에서와 같이 하나의 VBR 송신원이 활성화된 기간에는 약 86Mbps의 값으로 스위치 노드에 트래픽이 유입되고 이 후 두 번째 VBR 송신원이 활성화되면서 약 70Mbps의 트래픽이 유입되고 있다. 각각에 대해서 가중치 값이 작으면 작을수록 안정된 모습을 보이고 있음을 알 수 있다.

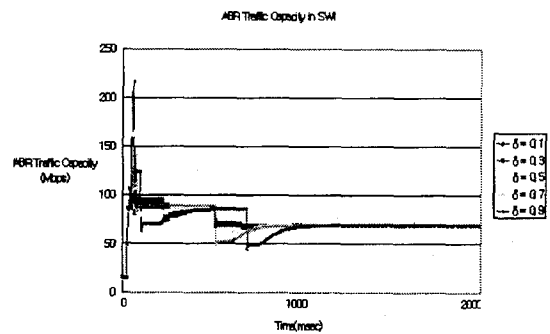


그림 4-10. 주차장 모델에서 SW1에 유입되는 ABR Traffic

그림 4-11은 주차장 모델의 두 번째 스위치 노드에 유입되는 ABR 트래픽 양에 대한 변화를 나타내고 있다. 두 번째 스위치 노드는 병목 현상이 일어나는 노드로 활성화된 모든 ABR 트래픽이 유입되고 있다. 하나의 VBR 송신원이 활성화된 기간에는 약 130Mbps의 값으로 스위치 노드에 트래픽이 유입되고 이 후 두 번째 VBR 송신원이 활성화되면서 약 105Mbps의 트래픽이 유입되고 있다. 두 번째 스위치 노드에서도 첫 번째 스위치 노드에서와 같이 가중치 값이 작으면 작을수록 안정된 모습을 보이고 있음을 알 수 있다.

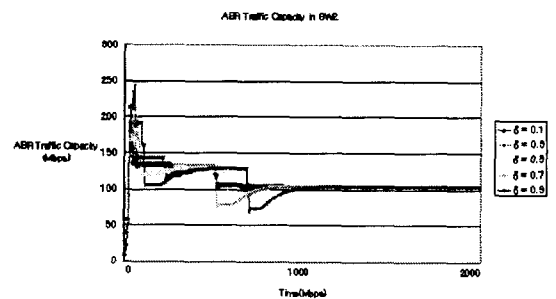


그림 4-11. 주차장 모델에서 SW2에 유입되는 ABR Traffic

그림 4-12은 병목 현상이 일어나는 두 번째 스위치 노드의 큐 길이 변화를 나타내고 있다. 그림 4-13는 주차장 모델을 이용하여 가중치 δ 값을 0.1로 설정하였을 때 기존의 방식과 버퍼 관리 기법을 도입한 제안 방식의 ABR 송신원 1의 ACR 변화를 나타낸 것이다. 기존의 방식에 비해 버퍼 관리 기법을 도입한 제안 방식이 안정되고 수렴 속도가 빨라 성능이 개선됨을 알 수 있다. 표 4-4은 두 가지 방식에 대한 통계적 비교를 표로 나타낸 것이다. 대칭형 모델에 비해 다소 차이는 있지만 기존의 방식과 비교하여 성능이 개선됨을 확인할 수 있다.

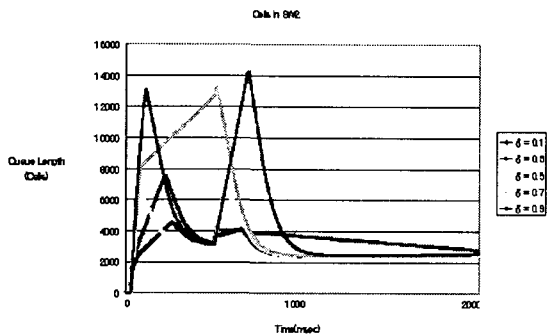


그림 4-12. 주차장 모델에서 SW2의 큐 길이

표 4-4. 주차장 모델에서 ABR 송신원 1의 ACR($\delta=0.1$)

	기존방식	제안방식
평균	37.14	37.02
분산	19.23	18.92
편차	4.38	4.35

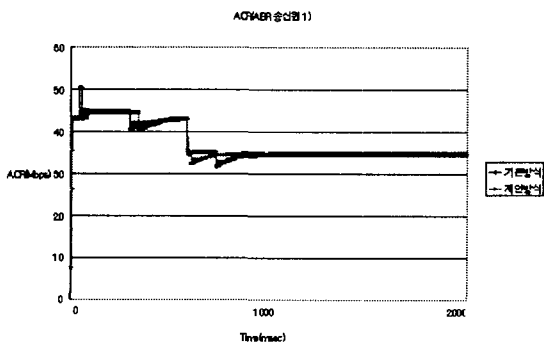


그림 4-13. 주차장 모델에서 ABR 송신원 1의 ACR($\delta=0.1$)

그림 4-14는 주차장 모델을 이용하여 가중치 값을 0.1로 설정하였을 때 기존의 방식과 버퍼 관리 기법을 도입한 제안 방식의 ABR 송신원 3의 ACR 변화를 나타낸 것이다. ABR 송신원 3은 기존의 방식과 같이 경유하는 노드가 다른 ABR 송신원에 비해 적다. 따라서 전송이 시작되는 시점에서는 점유하는 대역이 크고 이후 대역을 공평하게 분배하여 사용하게 된다. 그림에서와 같이 기존의 방식에 비해 버퍼 관리 기법을 도입한 제안 방식이 안정되고 수렴 속도가 빨라 성능이 개선됨을 알 수 있다. 표 4-5은 두 가지 방식에 대한 통계적 비교를 표로 나타낸 것이다. 대칭형 모델에 비해 다소 차이는 있지만 기존의 방식과 비교하여 성능이 개선됨을 확인할 수 있다.

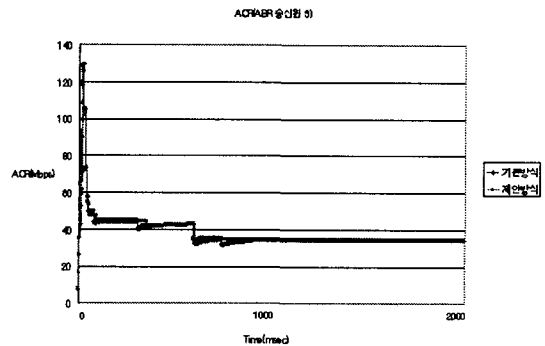


그림 4-14. 주차장 모델에서 ABR 송신원 3의 ACR($\delta=0.1$)

표 4-5. 주차장 모델에서 ABR 송신원 3의 ACR 비교($\delta=0.1$)

	기존방식	제안방식
평균	38.16	38.01
분산	88.12	73.78
표준편차	9.39	8.59

그림 4-15는 기존의 방식과 버퍼 관리 기법을 도입한 방식에 대한 두 번째 위치한 스위치 노드의 큐 길이 변화를 나타내고 있다. 제안 방식이 기존의 방식에 비해 큐 점유량이 적고 또한 그 변화 정도가 적어 안정적임을 알 수 있다. 대칭형 모델을 적용했을 때보다는 차이는 적지만 제안 방식의 성능이 개선됨을 알 수 있다. 표 4-6은 기존 방식과 제안 방식간의 큐 점유량에 대한 통계치를 나타내고 있다.

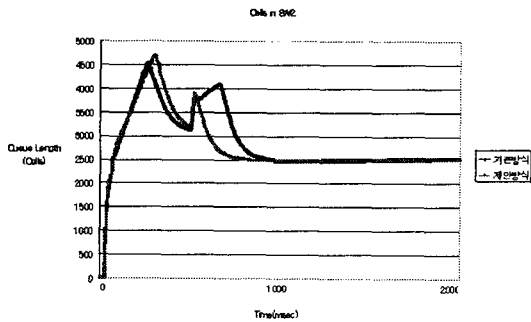


그림 4-15. 주차장 모델에서 SW2의 큐 길이($\delta=0.1$)

표 4-6. 주차장 모델에서 SW2의 큐 길이($\delta=0.1$)

	기존방식	제안방식
평균	2848.32	2764.35
분산	485219	461529
표준편차	696.02	678.82

V. 결 론

본 논문에서는 ERICA의 효율적인 제어를 위해 가중치 값에 따른 스위치의 제어 성능을 분석하였다. 그리고 ERICA는 RM 셀이 스위치 내부에 위치한 큐의 폭주로 인해서 지연되거나 손실 될 수 있기 때문에 폭주가 발생한 송신원의 OCR 정보를 적시에 얻지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 이러한 경우 스위치에서는 폭주에 대한 올바른 전송율 정보를 계산할 수 없게되어 성능이 저하 될 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 셀 지연에 주안점을 두고 버퍼 관리 기법을 이용하여 대역을 보다 빠르고 안정적으로 할당하면서 스위치내의 큐의 점유량을 적게 감소시키는 개선된 스위치 알고리즘을 제안하고 그 성능을 분석하였다.

모의 실험을 통해서 알 수 있듯이 대칭형 모델의 경우 가중치 값이 적으면 적을수록 대역 분배에 대한 수렴 속도와 변동폭에 대해 안정됨을 확인할 수 있었다. 또한 스위치 내의 큐 길이에서도 점유량이 적고, 변동폭이 작음을 알 수 있었다. 주차장 모델의 경우 전송초기에 경유되는 스위치 노드의 수가 적은 ABR 송신원이 대역을 좀더 차지하고 경유되는 스위치 노드의 수가 큰 ABR 송신원이 좀더 대역을 적게 차지하고 있지만 이후 안정되게 대역을 나누어 사용하고 있음을 확인하였다. 주차장 모델도 대칭형 모델에서와 같이 가중치 값이 적

을수록 대역 분배에 대한 수렴 속도와 변동폭에 대해 안정된 것을 확인할 수 있었다. 다만 대칭형 모델에 비해 스위치 노드 내의 큐 길이의 점유량이 많고 변동폭도 다소 증가됨을 알 수 있었다. 대역할당을 결정하는 가중치값은 적은 값일수록 전반적으로 공평 대역 할당에 있어서 빠른 수렴 속도를 나타내고 안정적임을 알 수 있었다.

버퍼 관리 기법을 도입한 방식에서 대칭형 모델의 경우 기존의 방식에 비해서 잉여 대역을 분배에 있어서 안정적이고, 수렴 속도가 빠른 것을 확인하였고, 스위치 내의 큐 점유량도 적어 성능이 개선됨을 확인하였다. 주차장 모델의 경우도 대칭형 모델의 경우와 같이 성능이 개선됨을 확인하였다.

버퍼 관리 기법을 이용한 개선된 ERICA 스위치 알고리즘은 IMT-2000 서비스와 같은 차세대 이동통신 시스템 구성에 활용될 수 있으며, 향후 ERICA 스위치 알고리즘과 EPRCA, NIST 등 다른 스위치 알고리즘과의 성능을 비교 분석하고 이들 스위치와의 연동에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] ITU-T Recommendation I.371, White Book, 1992.
- [2] S. Sathya, ATM Forum Traffic Management Specification Version 4.0, ATM Forum/95-0013R9, Dec. 1995.
- [3] Shivkumar Kalyanaraman, Raj Jain, Sonia Fahmy, Rohit Goyal, and Bobby Vandalore, The ERICA Switch Algorithm for ABR Traffic Management in ATM Networks, IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 8, No. 1, pp.87~98, Feb. 2000.
- [4] 김달문, 역전파 학습 알고리즘을 이용한 ATM망의 연결 수락 제어에 관한 연구, 충북대학교 컴퓨터공학과 석사학위논문, 1995.
- [5] D. Sisalem, H. Schulinne, End-to-End Rate Control in ABR, Proc. of WATM'95, pp.305~311, 1995.
- [6] E. Letourneau, L. G. Mason, Computer Study of Credit-Based and Rate-Based ABR Control Scheme, Proc. of WATM '95, pp.213~330, 1995.
- [7] K. K. Ramakrishnan, et al, Integration of Rate and Credit Schemes for ATM Flow Control, IEEE Networks, pp.49~56, 1995.
- [8] J. Scott et al, Link by Link per VC Credit Based Flow

- Control, ATM Forum-TM 94-0168, 1994.
- [9] F. Bonomi, K. W. Frendick, The Rate-Based Flow Control Framework for the Available Bit Rate ATM Service, IEEE networks, pp.24~49, 1995.
- [10] Lou Wojnaroski, "Baseline Text For Traffic Management Sub-Working Group," ATM Forum /94-0394R3, Sep. 1994.
- [11] 양기원, 망 구성에 따른 ABR 서비스 트래픽 제어 알고리즘의 공정성 분석, 충북대학교 컴퓨터공학과 석사학위논문, 1997.

양기원(Ki-Won Yang)

종신회원



1995년 2월 : 충북대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
1997년 2월 : 충북대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)
2002년 2월 : 충북대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학박사)

1996년 ~ 현재 : ㈜팬택 중앙연구소 전임연구원
<관심분야> : ATM Traffic Management, 차세대 인터넷, GSM 단말기술, IMT-2000 단말기술

오창석(Chang-Suk Oh)

종신회원



1978년 2월 : 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1980년 2월 : 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
1988년 8월 : 연세대학교 전자공학과 (공학박사)

1985년 ~ 현재 : 충북대학교 전기전자및컴퓨터공학부 교수
1982년 ~ 1984년 : 한국전자통신연구원 연구원
1990년 ~ 1991년 : 미국 Stanford대학교 객원교수
<관심분야> : 컴퓨터 네트워크, 뉴로 컴퓨터, 차세대 인터넷, 정보 보호