

폭주 정도의 측정을 통한 효율적인 점대 다중점 ABR 흐름 제어

정혜련[†] · 정태명^{††}

요 약

ATM forum은 ABR, VBR, CBR, UBR과 같은 ATM 기반의 서비스들을 정의하고 있다. 이 중 ABR 서비스는 LAN 환경에 가장 적합한 서비스 중의 하나로 고려된다. ABR 서비스는 ATM forum 표준에 따라 RM 셀(cell)을 이용하여 망의 트래픽을 제어하는데 특히 점대 다중점 ABR 서비스는 분기점에서의 "피드백 부적시성"을 해결하기 위하여 취합 알고리즘을 사용한다. 취합 알고리즘은 전파 지연시간과 망내 폭주에 큰 영향을 미치므로 취합 알고리즘의 효율성은 망의 효율성과 밀접한 관련이 있다고 할 수 있다. 본 논문에서는 지금까지 제안된 취합 알고리즘을 비교, 분석하여 문제점을 제시하고 보다 개선된 알고리즘을 제안하고자 한다. 시뮬레이션에서 폭주 정도의 측정을 통한 셀율을 측정하고 이를 통하여 제안한 알고리즘의 효율성을 제시한다. 이러한 시뮬레이션 결과는 제안한 알고리즘이 망의 효율을 높이며 동시에 취합 잡음을 줄일 수 있음을 보인다.

Efficient Point-to-Multipoint ABR Flow Control Algorithm based on Congestion Depth

Hye Ryoung Chung[†] · Tai Myoung Chung^{††}

ABSTRACT

ATM forum defined several ATM oriented services such as ABR, VBR, CBR, UBR, and others. Among them, ABR service is considered as one of the most appropriate ones in the LAN environment. ABR controls network traffic by using RM cells according to ATM forum standard. In particular, the point-to-multipoint ABR service in general uses consolidation algorithms to solve feedback implosion at the branch point. Consolidation algorithms alleviate propagation delay and network congestion problem; thus, the efficiency of consolidation algorithm is closely related to the network performance. In this paper, we describe the limitation of existing consolidation algorithms based on thorough analysis, and then propose an algorithm that performs better than the existing algorithms. We show that the proposed algorithm improves network performance through a parametric simulation. In our simulation the performance measure is the cell rate which is controlled by exploiting the congestion depth. We also found that the proposed algorithm not only improves efficiency of network, but also eliminates the consolidation noise.

1. 서 론

비동기 전송 모드(Asynchronous Transfer Mode)는 서비스 질(QoS)을 보장하고 확장성있는 대역폭을 제공

하는 서비스 계층으로 특히 멀티미디어, VOD, 실시간 응용과 같은 응용 서비스를 위한 새로운 계층이다.

ATM 서비스는 음성, 화상과 같은 다양한 종류의 데이터 트래픽을 지원하도록 설계되었으며 사용자와 응용에 셀(cell)을 이용한 특별한 방법을 통하여 서비스를 지원하게 된다. 셀 기반의 데이터 전송 기법은

[†] 준 회원 : 성균관대학교 정보공학과 실시간시스템 연구실
^{††} 종신회원 : 성균관대학교 정보공학과 실시간시스템 연구실
논문접수 : 1999년 12월 17일, 심사완료 : 2000년 8월 31일

서로 다른 응용들을 위한 서비스 질의 보장 방법을 제공한다.

ATM이 제공하는 서비스 계층은 각각의 특징에 따라 크게 보장 서비스(guaranteed service)와 최적화 서비스(best effort service)의 2계층으로 나눌 수 있다. 이 중 보장 서비스는 데이터가 전송되는 동안 일정한 대역폭을 보장하는 서비스 계층으로 CBR과 VBR이 이 계층에 속한다. 이와는 반대로 최적화 서비스는 여분의 대역폭을 이용하여 데이터를 전송하며 UBR과 ABR이 이 계층에 속한다. 이 중 ABR은 엄격한 효율과 지연 시간을 요구하지 않는 응용에 적합한 서비스 계층으로[5] 송신원은 망의 상황에 따라 데이터 전송률을 적절히 조절한다. ABR 서비스는 가용 대역폭이나 폭주 정도와 같은 망 상태 정보를 RM 셀(자원 관리 셀-Resource Management cell)이라 불리는 특정 제어 셀을 이용하여 송신원으로 전송한다[1]. 해당 셀을 수신한 송신원은 역방향 RM 셀(Backward RM cell)의 CI 값이 0이라면 특정 가중치만큼 ACR(Allowed Cell Rate)을 증가시키고 그렇지 않다면 ACR/RDF(Rate Decrease Factor)의 비율로 ACR을 감소시킨다. ABR은 이러한 흐름제어를 이용하여 폭주로 인해 발생할 수 있는 셀 손실을 최소화시킨다[1,5].

점대 다중점 ABR 서비스는 LAN 환경과 같은 데이터 응용에 적합한 서비스로 ABR 송신원, 수신원, 스위치 그리고 분기점의 구성 요소를 갖는다. 이들 구성 요소는 트리 형태를 이루며 송신원은 루트 노드로 수신원은 잎 노드(leaf node)로 표현된다. 송신원으로부터 데이터 셀과 RM 셀을 수신한 분기점은 수신한 셀들을 복사하여 트리의 하위 레벨로 전송한다. 또한 분기점은 수신원으로부터 폭주 정보를 포함하는 역방향 RM 셀 수신시 이를 송신원으로 전송하는 역할을 담당한다. 이러한 역방향 RM 셀의 전송은 반드시 취합 과정을 필요로 하게 되며, 이를 위하여 취합 알고리즘이 요구된다.

취합 알고리즘의 목적은 하위 노드로부터 전송된 많은 역방향 RM 셀들의 최소 전송률을 산출하여 하위 노드들의 폭주를 막는데 있다. 이러한 과정은 "피드백 부적시성"을 피하고 송신원에서 셀을 조절의 심한 파동을 막도록 한다. 따라서 취합 알고리즘은 응답 시간 및 셀 손실율과 밀접한 관련이 있으며 어떠한 취합 알고리즘을 사용하느냐에 따라 ABR 서비스의 성능이 좌우된다[3, 4, 7].

본 논문에서는 망의 상황을 송신원에게 통보하여 용

답 시간과 취합 잡음을 감소시키며, 셀율의 조절에 최대한의 효율성을 추구하는 개선된 취합 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문의 이해를 위해 필요한 기본적인 용어 및 ATM forum에서 정의한 트래픽 제어의 요소와 파라미터들을 설명할 것이다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 알고리즘과의 비교를 위해 지금까지 제안된 ABR 점대 다중점 취합 알고리즘들을 비교, 분석하며, 문제점을 제시한다. 4장은 제시된 문제점을 해결할 수 있는 개선된 알고리즘을 제안하며 5장에서는 기존의 알고리즘과 제안된 알고리즘의 성능 비교를 위한 시뮬레이션 모델을 설명하고 그 결과를 분석한다. 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

2. ABR 서비스

본 장에서는 점대 다중점 ABR 서비스의 이해를 돕기 위한 ABR 서비스 파라미터와 ABR 서비스 전반에 대해 설명한다.

2.1 ABR 서비스 파라미터 및 RM 셀

〈표 1〉 ABR 서비스 파라미터

파라미터	설 명
PCR	Peak Cell Rate 송신원이 전송할 수 있는 최대 셀율
MCR	Minimum Cell Rate 송신원이 보낼 수 있는 최소 셀율
ICR	Initial Cell Rate 송신원이 셀 전송 초기와 휴지기간에 전송하는 셀율
RIF	Rate Increase Factor RM 셀에 의해 증가될 수 있는 셀 전송률 제어를 위해 사용하는 파라미터
Nrm	최초 역방향 RM 수신전까지 송신원이 전송할 수 있는 최대 셀수
Mrm	대역폭 할당을 제어
RDF	Rate Decrease Factor RM 셀에 의해 감소하는 셀 전송률을 제어하는 파라미터
ACR	Allowed Cell Rate 송신원에서 보낼 수 있는 셀율

〈표 1〉은 ABR 서비스를 위한 기본적인 서비스 파라미터들을 정의하고 있다. 해당 파라미터들은 연결 설정을 위하여 협상되고 표시된다[1].

이와 같은 파라미터를 이용하여 RM 셀은 송신원에서 수신원으로 다시 수신원에서 송신원으로 전송되며 해당 파라미터 값들을 설정함으로써 폭주를 제어한다. <표 2>는 RM 셀의 구조를 정의한다[1].

<표 2> RM 셀의 구조

필드	Octet	비트(s)	설명
Header	1~5	all	ATM 헤더
ID	6	all	프로토콜 구분자
DIR	7	8	흐름 방향
BN	7	7	BECN 셀 여부
CI	7	6	폭주 발생 여부 (Congestion Indication)
NI	7	5	증가 제어 (No Increase)
RA	7	4	Request/Ack
Reserved	7	3~1	예약 비트
ER	8~9	all	명시적 셀율 (Explicit Cell rate)
CCR	10~11	all	현재 전송 셀율 (Current cell rate)
MCR	12~13	all	최소 전송 셀율 (Minimum cell rate)
QL	14~17	all	큐의 길이 (Queue length)
SN	18~21	all	순서 제어번호 (Sequence number)
Reserved	22~51	all	예약 비트
Reserved	52	8~3	예약비트
CRC-10	52	2~1	체크섬 (CRC-10)
	53	all	

정의한 RM 셀의 각 필드에 대한 설명은 다음과 같다.

- Header : 처음 5 bit는 VCC를 위한 PTI(110)를 위해 사용되고 VPC를 위해 VCI(6)가 추가로 사용된다. 만약 RM 셀이 in-rate라면 CLP는 0으로 out-of-rate라면 CLP는 1로 표시된다.
- ID : 프로토콜 구분자는 RM 셀이 사용되는 서비스를 나타낸다.
- DIR : RM 셀과 관련하여 데이터의 흐름 방향을 명시한다. 전방향 RM 셀이라면 0으로 역방향 RM 셀이라면 1로 표시된다.
- BN : BN은 RM 셀이 송신원에서 생성된 셀인지 수신원 또는 스위치에서 생성된 셀인지 구별한다. BN이 0이라면 송신원에서 생성된 RM 셀이며 BN이 1이라면 수신원 또는 스위치에서 생성된 BECN(backward Explicit Congestion Notification)셀이라는 뜻

이 된다.

- CI : 망 내의 폭주 발생 여부를 알리기 위해 망의 각 요소에서 설정된다. 송신원은 CI의 값이 1로 설정된 역방향 RM 셀을 수신하면 폭주 발생으로 인식하고 ACR의 값을 감소시키게 된다.
- NI : ACR의 증가를 막기 위해 사용된다, NI의 값이 1로 설정되어 있으면 송신원은 ACR을 감소시키지도 증가시키지도 않는다.
- RA : 현재 ATM forum에서는 정의하지 않고 있다.
- ER : 송신원의 ACR을 특정 값으로 제한하기 위해 사용된다.
- CCR : 현재의 ACR을 명시하기 위해 송신원에서 설정된다.
- MCR : MCR은 해당 연결의 최소 셀 전송률을 표시한다.
- CRC-10 : 에러 체크를 위해 사용된다.

이 이외에 사용되는 용어로 전방향 RM 셀(Forward RM cell)과 역방향 RM 셀(Backward RM Cell)이 있다. 전방향 RM 셀은 송신원에서 수신원으로 전송하는 자원 관리(Resource Management) 셀로 망에 대한 정보를 포함하지 않는다. 역방향 RM 셀은 수신원 또는 망 내의 요소로부터 송신원으로 전송되는 자원 관리 셀로 RM 셀 내에 망의 상태 정보를 저장하며 송신원은 해당 정보를 이용하여 자원을 관리한다.

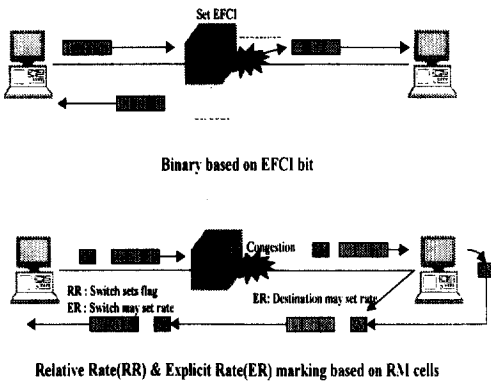
2.2 ABR 트래픽 제어

ABR 서비스는 망과의 연결 설정시 PCR(Peak Cell Rate), MCR(Minimum Cell Rate), ICR(Initial Cell Rate)의 세 가지 파라미터를 협상하며, 이 파라미터 내에서 서비스 질(QoS)을 보장한다[1,12,13].

ABR 서비스는 송신원과 수신원 양방향 연결을 통해 연결된다. ABR 서비스의 트래픽 제어는 (그림 1)에서 보이는 바와 같이 송신원과 수신원 사이에서 일어나며 전방향 RM 셀은 수신원을 거쳐 다시 역방향 RM 셀으로써 송신원에 보내진다[1, 13].

역방향 RM 셀은 망을 구성하는 요소나 수신원에 의해 설정된 피드백 정보를 송신원에 전달하는데 이때 역방향 RM 셀은 CI(Congestion Indication)와 ACR(Allowed Cell Rate)로 망상황을 나타내며 송신원은 이러한 정보를 바탕으로 최고 PCR 최소 MCR의 범위 내에서 셀율을 조절한다[1, 13].

(그림 1)에서 보이듯이 ABR 서비스는 이와 같은 기본적인 흐름제어를 바탕으로 스위치에서 다음 3가지 방법중 하나 이상의 방법을 선택하여 폭주를 제어한다.



(그림 1) ABR 흐름 제어

• Explicit Forward Congestion Indication (EFCI) marking mode

ATM 스위치는 폭주를 알리기 위해 전방향 데이터 셀의 헤더 내의 EFCI 플래그를 설정한다. 수신원의 중단점은 이러한 폭주 정보를 받으면 이 정보를 다음에 전송되는 역방향 RM 셀에 실어 다시 송신원으로 보낸다. EFCI는 ABR 서비스 뿐 아니라 CBR, rt-VBR, nrt-VBR, UBR 서비스 등에도 사용되는데, 이 방법은 구현이 쉽다는 장점이 있으나 지연 시간이 길어 망내 상황에 빠르게 대처하지 못한다는 단점이 있다.

• Relative Rate (RR) marking mode

발생한 노드에서 RM 셀의 CI 필드나 NI 필드를 설정하므로 EFCI mode에 비하여 망내 상황을 빠르게 전송할 수 있는 장점을 갖는다.

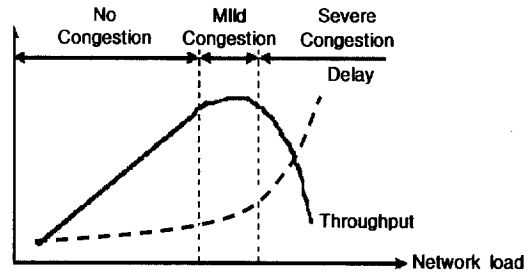
• Explicit Rate (ER) marking mode

ER marking mode는 폭주가 발생한 노드에서 CI, NI 필드를 설정함과 동시에 ER 필드를 설정하여 전송 가능한 셀을 송신원에 알린다[1,13]. 따라서 RR mode나 EFCI mode보다 보다 정확한 망 상황에 대한 정보를 얻을 수 있으며 지연 시간도 줄일 수 있다는 장점이 있으나 구현이 복잡하다는 단점을 가지고 있다.

2.3 셀율 증가/감소 정책

셀율 기반의 제어구조에서는 ACR 값의 설정이 망

의 상황과 밀접하게 관련을 맺고 있으므로 셀율을 어떠한 근거에 의하여 증가, 감소시킬 것인가가 전체 망의 효율을 결정하는 중요한 요소가 된다. (그림 2)는 일반적인 망 요소에서 트래픽 양과 관련된 처리량과 지연 시간을 나타내고 있다. (그림 2)에서 볼 수 있듯이, 트래픽의 처리량은 Mild congestion의 임계치까지는 완만한 증가를 보이다가 Severe congestion의 임계치까지는 처리량은 증가하지 않으며 그 이후에는 급격하게 감소한다. 지연 시간 역시 Mild congestion의 임계치까지는 거의 증가하지 않으나 Severe congestion의 임계치를 넘어서면 폭발적으로 증가하게 되는데 우리는 이러한 상황을 폭주라 부른다[1, 13].



(그림 2) 망 부하에 따른 처리량과 전파 지연시간

이러한 폭주 상황을 막기 위하여 폭주 회피 기법을 사용한다. 폭주 회피 기법은 망이 최소 지연 시간과 최대 처리량을 보장하는 최적화된 영역 내에서 동작하도록 한다. [6]은 최적의 성능을 보장하기 위해 가산적인 증가와 배수적인 감소가 가장 적합한 증가/가소 정책을 보이고 있다. 따라서 송신원은 역방향 RM 셀의 정보를 이용하여 다음과 같은 식으로 셀율의 증가 및 감소를 조절한다[6, 10].

$$\beta_d = \max(\beta_p - \beta_p * RDF, MCR)$$

$$\beta_i = \min(\beta_p + PCR * RIF, PCR)$$

위 식에서 β_d 는 감소되는 셀율이며 β_i 는 증가되는 셀율, β_p 는 변화 이전의 셀율을 나타낸다.

3. 관련 연구

스위치에서 수행되는 취합 알고리즘은 크게 두 가지의 중요한 논점을 가진다. 첫 번째는 언제 역방향 RM 셀을 생성할 것인가이며 두 번째는 생성된 역방향 RM

셀에 어떠한 정보를 설정할 것인가에 하는 문제이다. 이미 이러한 취합 알고리즘에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 제안된 알고리즘들은 각각의 장단점을 가지고 있다. 특정 알고리즘이 최적의 전파 지연 시간을 보장하는 반면, 높은 취합 잡음을 가진다면 다른 알고리즘들은 취합 잡음을 줄이는 대신 전파 지연 시간을 늘리게 된다. 이와 같은 취합 잡음과 전파 지연 시간은 망의 성능과 밀접한 관련이 있기 때문에 매우 중요하다[4].

대표적인 취합 알고리즘에는 Robert의 알고리즘, Tzeng과 Siu의 알고리즘 그리고 Fahmy의 알고리즘이 있다. 각각의 알고리즘을 간단히 요약하면 다음과 같다.

Robert의 알고리즘은 분기점에 전방향 RM 셀이 도착하면 즉시 그 순간까지 취합된 피드백 정보를 역방향 RM 셀에 실어 송신원으로 보낸다. 이러한 방식은 분기점이 하위 노드로부터 오는 모든 역방향 RM 셀을 기다리지 않고 전방향 RM 셀 도착 후 즉시 송신원으로 취합된 정보를 보냄으로써 짧은 응답 시간을 기대할 수 있다. 그러나 모든 잎(leaf) 노드들의 정보를 알지 못하는 상태에서 송신원으로 역방향 RM 셀을 전송하기 때문에 취합 잡음이 커지게 되며 이 방식은 분기점이 RM 셀을 생성해야 하기 때문에 그만큼 분기점의 부하가 크다는 문제점을 가지고 있다[2, 8, 10].

Tzeng와 Siu의 알고리즘 역시 분기점에 전방향 RM 셀이 도착하면 송신원으로 역방향 RM 셀을 보낸다. Robert 알고리즘이 전방향 RM 셀이 도착하기만 하면 언제든지 역방향 RM 셀을 생성하여 송신원으로 전송하는 반면, Tzeng와 Siu의 알고리즘은 적어도 하위 노드로부터 하나 이상의 역방향 RM 셀을 수신한 경우에만 송신원으로 역방향 RM 셀을 생성하여 전송한다. 이러한 방식은 Robert 알고리즘에 비해 응답 시간은 길지만 취합 잡음을 감소시킬 수 있다는 장점을 갖는다. Tzeng와 Siu는 첫 번째 알고리즘의 제안 후 취합 잡음을 더 감소시키기 위하여 모든 하위 노드로부터 역방향 RM 셀을 수신한 경우에만 역방향 RM 셀을 전송하는 개선된 두 번째 알고리즘을 제안하였다. 개선된 알고리즘은 모든 하위 노드로부터 역방향 RM 셀을 수신할 때까지 역방향 RM 셀을 전송하지 않고 기다리기 때문에 이전의 알고리즘들에 비해 취합 잡음은 확실히 감소시킬 수 있었으나 모든 하위 노드로부터 역방향 RM 셀이 전송되기를 기다려야 하기 때문에 응답 지연 시간은 더 길어지게 되었다. 이 알고리즘도

역시 분기점에서 RM 셀을 생성해야 하므로 분기점의 부하는 크다[2, 12].

Fahmy의 알고리즘은 하위 노드에서 모든 역방향 RM 셀이 도착할 때까지 송신원으로 역방향 RM 셀을 전송하지 않는다. 위에서도 언급했듯이 이러한 방식은 취합 잡음은 줄일 수 있으나 응답 지연 시간의 증가는 피할 수 없다. 이러한 단점을 해결하기 위해 Fahmy의 알고리즘은 과부하가 발견되면 모든 하위 노드로부터 역방향 RM 셀을 받지 않은 상태에서도 바로 송신원으로 역방향 RM 셀을 전송하는 방식을 채택했다. 이러한 방식은 취합 잡음을 줄임과 동시에 과부하시 송신원에 과부하 상황을 빨리 통보할 수 있다는 장점을 갖는다. 송신원은 현재 망의 상황에 대해 보다 빠르고 정확하게 대처할 수 있게 되었으며 분기점이 전방향 RM 셀의 도착시 RM 셀을 생성하여 송신원으로 보내는 것이 아니라 하위 노드에서 되돌아오는 역방향 RM 셀에 정보를 재설정하여 송신원으로 전송함으로써 분기점의 부하도 줄일 수 있다[2, 4, 6].

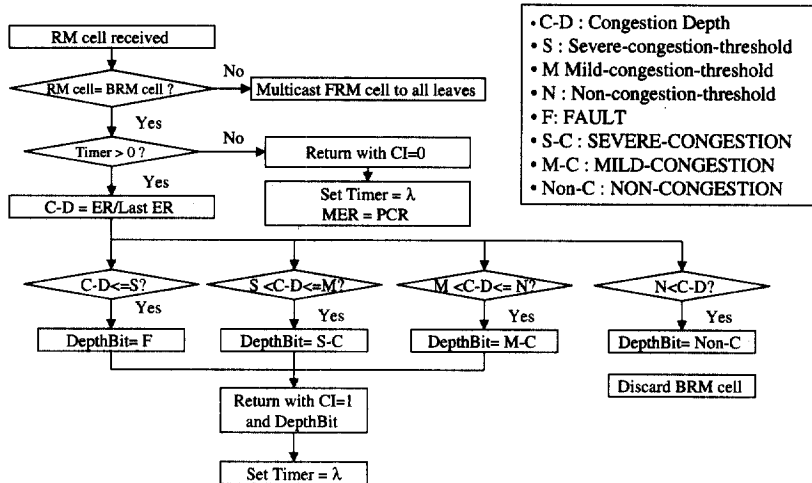
각각의 알고리즘은 해당하는 장단점을 가지고 있다. Robert의 알고리즘은 짧은 응답 시간을 보장하는 반면 취합 잡음이 크며 분기점의 부하도 크다. Tzeng와 Siu의 알고리즘은 Robert 알고리즘에 비하면 비교적 긴 응답 시간을 갖지만 취합 잡음은 줄일 수 있었다. Fahmy의 알고리즘은 낮은 취합 잡음을 보장하면서도 과부하시 빠르게 망의 상황을 송신원에 알릴 수 있다는 큰 장점을 가지고 있다[2-4, 8, 12].

그러나 기존에 제안된 알고리즘들은 단순히 폭주의 발생 여부에 따라 셀을 증가/감소시킴으로써 망의 상황에 민감하게 반응하기에는 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 논문은 망의 상황, 즉 폭주의 정도를 송신원에게 알림으로써 이 정보를 사용하여 송신원이 보다 효율적으로 흐름을 조절할 수 있도록 개선된 알고리즘을 제안한다.

4. 개선된 트래픽 제어 기법

폭주란 사용 가능한 자원보다 사용하고자 하는 자원이 더 많을 때 발생하는 정체 현상으로 본 논문에서 자원은 링크의 용량과 중간 노드들의 버퍼 크기만을 고려한다[1, 4].

전 장에서 기술한 알고리즘들의 가장 큰 문제점은



(그림 3) 제안한 알고리즘의 흐름도

단지 폭주의 발생 여부만을 송신원으로 전송하는데 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 보다 개선된 알고리즘을 제안한다. (그림 3)은 제안한 알고리즘의 흐름도를 보이고 있다.

제안한 알고리즘은 폭주 정도에 기반하여 망의 상황에 맞게 셀율을 조절한다. 폭주의 정도는 분기점에서 마지막 역방향 RM 셀의 ER 값과 현재 역방향 RM 셀의 ER값의 비교를 통해 산출된다. 폭주 정도는 이 두 값의 비율로 fault, severe congestion, mild congestion 그리고 non-congestion의 4가지 등급으로 나눌 수 있다. 좀 더 많은 등급으로 나눈다면 보다 정확하게 망의 상황을 알릴 수 있겠지만 그에 따른 과부하와 복잡도를 고려할 때 4등급이 가장 적절하다고 고려된다. 또한 RM 셀의 예약된 2비트를 이용하여 추가적인 과부하를 피하도록 하였다.

제안한 알고리즘에서 분기점의 동작은 다음과 같다. 분기점은 전방향 RM 셀 수신시 이를 모든 하위 노드로 멀티캐스트하며 역방향 RM 셀 수신시 타이머를 검사한다. 만일 타이머의 값이 0보다 작다면, 분기점은 역방향 RM 셀의 CI 값을 0으로 설정하여 송신원으로 전송하며 타이머의 값이 0보다 작지 않다면 분기점은 전 단락에서 기술한 방법으로 폭주의 정도를 측정한다. 만일 폭주의 정도가 non-congestion이라면 분기점은 해당 역방향 RM 셀을 폐기하며 그렇지 않다면 CI의 값을 1로 설정하고 DepthBit를 설정하여 송신원으로 역방향 RM 셀을 전송한다. 이와 같은 시간 파라미

터의 설정은 무응답 상태 노드(non-response state)로부터 영원히 역방향 RM 셀을 기다리는 상황을 방지할 수 있도록 한다. 일반적으로 시간 파라미터의 값은 가장 원거리 노드까지의 RTT로 설정된다.

분기점으로부터 망 상황에 대한 정보를 수신한 송신원은 수신한 정보를 이용하여 ACR의 값을 제어한다. 송신원은 수신한 역방향 RM 셀의 CI의 값이 1이고 DepthBit가 설정되어 있다면 ACR의 값을 감소시키고 그렇지 않다면 ACR의 값을 증가시킨다. 이 때 ACR의 값은 MCR보다 작을 수 없으며 PCR보다 클 수 없다.

언급한 방법을 이용하여 송신원에서 셀율을 조절하는 정책은 다음과 같다.

$$\beta_d = \max(\beta_p - \beta_p * RDFDepthBit, MCR)$$

$$\beta_i = \min(\beta_p + PCR * RIF, PCR)$$

5. 시뮬레이션 모델과 결과 분석

본 장은 시뮬레이션을 통하여 기존에 제안되었던 알고리즘과 본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능을 비교한다.

5.1 시뮬레이션 모델

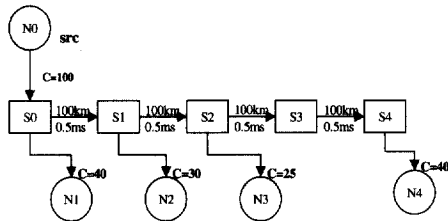
(그림 4)는 체인 구성을 이용한 시뮬레이션 모델을 보이고 있다. 이와 같은 체인 구성의 모델은 많은 망의 시뮬레이션을 위해 사용되고 있다[7].

본 논문에서 시뮬레이션을 위해 사용한 체인 구성은

하나의 송신원과 4개의 수신원을 갖는 멀티캐스트 연결을 갖는다. S0, S1, S2, S3과 S4는 ATM 스위치를 나타내며 N0은 송신원을 N1부터 N4는 수신원을 나타낸다. 병목 지점은 S2와 N3사이의 링크로 사용 가능한 용량은 25이다.

시뮬레이션을 위해 설정된 환경과 시스템의 요구 조건은 다음과 같다.

- ① 연결은 단방향이다. 수신원에서 송신원으로 전송 가능한 트래픽은 역방향 RM 셀뿐이며, 이를 제외한 모든 데이터 트래픽은 송신원으로부터 수신원의 방향으로만 전송된다.
- ② 사용 가능한 대역폭의 용량은 각 링크당 [1,100] 사이의 값이다. 특별한 명시가 없다면 링크의 용량은 100으로 설정된다.
- ③ 스위치에서 송신원이나 수신원까지의 전파 지연 시간은 없다. 단 스위치 사이의 전파 지연시간은 명시한다.
- ④ 송신원에서 전송하고자 하는 데이터는 무한하며 따라서 송신원은 가능한 한 높은 셀율로 셀을 전송하고자 한다.
- ⑤ 송신원에서 초기 셀율은 50으로 최대 셀율은 100으로 제한한다.
- ⑥ 각 수신원의 데이터 처리 시간은 일정하다.



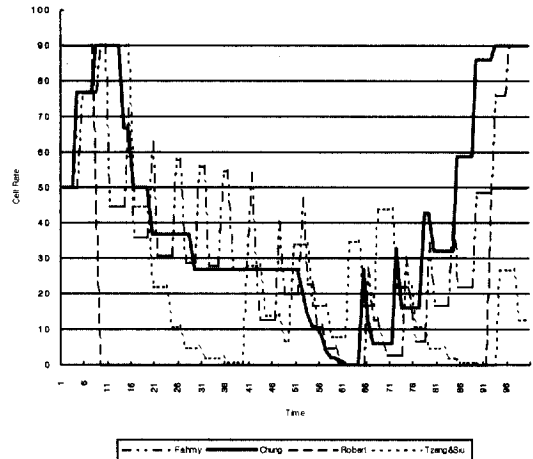
(그림 4) 시뮬레이션 모델

본 시뮬레이션을 위해 구현 언어는 Java를 사용하였으며 환경은 Solaris 2.5이다.

5.2 시뮬레이션 결과

일반적으로 기존의 취합 알고리즘의 명칭은 개발자의 이름을 따르고 있다. 따라서 제한한 알고리즘의 명칭은 편의상 Chung으로 하겠다. 제한한 알고리즘의 효율성을 알아보기 위해 송신원에서 보내진 셀율의 변화와 평균 셀 전송률을 기존의 알고리즘과 비교하였다.

(그림 5)는 각 알고리즘에 해당하는 셀율의 변화를 보이고 있다. (그림 5)에서 나타나는 굴곡은 송신원에서의 파동을 의미한다.



(그림 5) 셀율의 변화

(그림 5)에서 보이듯이, Robert의 알고리즘은 하위 노드에서 오는 정보를 취합하지 않고도 송신원으로 폭주 정보를 전송하기 때문에 취합 잡음이 크다. 다시 말해 Robert의 알고리즘은 수신된 역방향 RM 셀이 정확하지 않은 폭주 정보를 포함하는 경우가 많다고 할 수 있다. Tzeng과 Sui의 알고리즘은 모든 하위 노드부터 역방향 RM 셀을 수신하기 전까지 송신원으로 역방향 RM 셀을 전송하지 않음으로써 이와 같은 문제점을 해결하였다. 그러나 이미 언급했듯이 이와 같은 기법은 지연 시간의 증가를 피할 수 없다. Fahmy의 알고리즘은 다른 알고리즘에 비해 비교적 낮은 취합 잡음을 보장하는 동시에 하위 노드에서 폭주 발생시 이를 빠르게 인식할 수 있다는 장점을 가진다. 그러나 기존의 알고리즘들은 폭주의 발생 여부에만 의존하여 셀율을 조절함으로써 특정 상황에서 여전히 취합 잡음이 존재하게 된다.

제한한 알고리즘은 폭주의 정도를 이용하여 보다 낮은 취합 잡음을 보장한다. 이와 같은 폭주 정도의 사용은 송신원이 보다 적절히 셀율을 조절하도록 함으로써 망의 효율을 높인다.

<표 3>은 각 알고리즘에 해당하는 평균 셀 전송률을 보이고 있다. <표 3>에서 파라미터들은 임계치와 RDF값을 의미한다. 예를 들어 (1, 0.6, 0.4)에서 1은 Non-

congestion-threshold값이며 0.6은 Mild-congestion-threshold, 0.4는 Severe-congestion-threshold를 나타내며 0.5는 RDF 값을 표현한다. ATM forum에서 명시하고 있는 RDF의 기본값은 0.5이며 이를 기반으로 하여 RDF의 값을 선정하였다. 각 임계치 값은 폭주 정도를 판단할 수 있는 값으로 폭주 정도의 심각성에 따라 각 값을 명시하였다. 시뮬레이션은 임계치와 RDF 값을 변화시키며 진행함으로써 서로 다른 파라미터 적용시 셀율의 변화를 제시하였다. 이와 같은 파라미터의 변화는 시뮬레이션 결과의 정확성을 보장한다. <표 3>에서 볼 수 있듯이 송신원에서 망의 상황에 따라 민감하게 셀율을 조절함으로써 보다 많은 셀을 전송할 수 있음을 알 수 있다.

<표 3> 평균 셀 전송률

평균 셀 전송률	설명	파라미터	Robert	Tzeng & Siu	Fahmy	Chung
			임계치 (1,0.6,0.4)	11.25	25.26	35.19
RDF	0.5	18	25.48	32.54	44.52	
임계치 (1,0.75,0.5)	11.57	42.91	34.8	47.14		
RDF	0.5					
임계치 (1,0.6,0.4)						
RDF	0.6					

Chung의 알고리즘에서 망의 각 요소들은 폭주의 발생 여부뿐만 아니라 폭주에 대한 정보를 송신원으로 전송한다. 송신원은 이와 같은 정보를 이용하여 severe-congestion이라면 셀율을 급격히 감소시키고 그렇지 않다면 셀율을 완만히 감소시킴으로써 보다 효율적으로 셀율을 조절하게 된다. 이와 같이 망 상황에 따른 적절한 셀율의 조절은 망의 효율성을 증가시킨다.

지금까지 살펴본 각 알고리즘의 효율성을 비교는 <표 4>에 나타나 있다.

<표 4>에서 보이는 바와 같이 Robert의 알고리즘은 빠른 응답 시간을 보장하지만 높은 취합 잡음과 낮은 효율성을 갖는다. Tzeng과 Sui의 알고리즘은 낮은 취합 잡음을 갖지만 지연 시간이 길다. 해당 알고리즘의 효율성은 중간 정도라 할 수 있다. Fahmy의 알고리즘은 일반적인 상황에서는 비교적 긴 지연 시간을 갖지만 폭주 발생시 빠르게 반응하며 취합 잡음도 낮음을 알 수 있다. [14]는 해당 비교에 대한 근거를 제시하고 있다.

<표 4> 각 알고리즘의 효율성 비교

	Robert	Tzeng & Siu	Fahmy	Chung
응답 시간	빠름	느림	과부하 발생시 빠름	과부하 발생시 빠름
취합 잡음	높음	낮음	낮음	매우 낮음
효율성	낮음	중간	높음	매우 높음

제안한 Chung 알고리즘은 빠른 응답 시간과 낮은 취합 잡음을 보장한다. 이와 같은 결과는 제안한 알고리즘의 효율성을 증명해준다.

4. 결론 및 향후 계획

점대 다중점 ABR 서비스는 분기점에서 역방향 RM 셀의 정보를 취합하는 과정을 통하여 피드백 부적시성을 해결한다[1, 8]. 이러한 취합 과정에서 단순히 폭주 발생 여부에 의존하여 셀율을 증가/감소시키는 기존의 방법들과는 달리 본 논문에서 제안된 알고리즘은 RM 셀의 예약된 비트를 사용하여 송신원에게 폭주의 정도를 알림으로써 송신원이 보다 효과적이고 빠르게 망 상황에 따라 적절하게 셀율을 조절할 수 있도록 하였다. 시뮬레이션을 통해 확인된 바와 같이 이러한 방식은 망의 효율성을 증가시킬 수 있으며, 폭주 발생시 이를 빨리 그리고 정확하게 송신원에 알릴 수 있다.

이 알고리즘에서 폭주의 정도를 파악하는 임계치는 해당 응용 서비스마다 혹은 RDF값에 따라 달라질 수 있으며 절대적인 것은 아니다. 따라서 사전에 각 응용 서비스에 해당하는 트래픽 모델링을 통하여 각각의 임계치를 결정하여야 한다. 향후 연구 과제는 해당 응용 서비스의 모델링을 통해 가장 적절한 임계치 값을 산출하는 것이다. 또한 1차 연구에서 제안한 알고리즘을 다중점대 다중점 ABR 서비스로 확장하여 이에 대한 적합성 평가를 2차 연구에서 수행할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] ATM Forum Traffic Management Specification version 4.0, ATM forum/95-001R11, March 1996.
- [2] Y-z Cho and M-y Lee, "An efficient rate-based algorithm for point-to-multipoint ABR service,"

Proc. of IEEE GLOBECOM, November 1997.

[3] W. Melody Moh, "On multicasting ABR protocols for wireless ATM networks," Proc. of the IEEE Int. conference on Network Protocols (ICNP), pp 24-31, Atlanta, October 1997.

[4] S. Fahmy et al, "Feedback consolidation algorithm for ABR point-to-multipoint connections in ATM network," IEEE INFOCOM '98, San Francisco, March 1998.

[5] Flavor Bonhomie and Kerry W. Fendick, "The rate-based flow control framework for the available bit rate ATM service," IEEE Network, March/April 1995.

[6] Dah-Ming Chiy and Rai Jain, "Analysis of the increase and decrease algorithm for congestion avoidance in computer network," Computer Network and ISDN Systems, No.17, 1989.

[7] Tianji Jiang and Ellen W. Zegura and Mostafa Ammar, "Improved consolidation algorithm for point-to-multipoint ABR service," IEEE GLOBECOM, 1998.

[8] W. Melody Moh et al, "Branch-point algorithm for multipoint ATM ABR protocols," In Proceeding of IEEE Workshop on ATM, May, 1998.

[9] SooKyoung Lee, MeeJeong Lee, "A switch behavior effective ABR traffic control for remote destination in multiple connection," The transaction of the KIPS, Vol.4, No.6, July 1998.

[10] L. Roberts, "Rate based algorithm for point to multipoint ABR service," ATM Forum 94-0772R1, November 1994.

[11] K-Y Siu and H-Y Tseng, "Congestion control for multicast service in ATM networks," In proceedings of the IEEE GLOBECOM, volume 1, pp.310-314, 1995.

[12] Rudolf Egger, "Bernhard Hechenleitner, ATM QoS and traffic management," FH Salzburg, Telekommunikationstechnik undsystem, May 1997.

[13] David Ginsburg, "ATM solution for enterprise internetworking," Addison-Wesley Longman, 1996.

[14] Sonia Fahmy, Raj Jain, Rohit Goya, Bobby Vandalor, Shivkumar Kalyanaraman, "Design and Evaluation of Feedback Consolidation for ABR POINT-to-Multipoint Connections in ATM Networks," <http://www.cis.ohio-state.edu/~jain>.

[15] Sonia Fahmy, "Traffic Management for Point-to-Point and Multipoint Available Bit Rate (ABR) Service in Asynchronous Transfer Mode (ATM) Networks," PhD Dissertation, The Ohio State University, 1999, xx + 262, <http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/theses/sonia.htm>.



정혜련

e-mail : hrcchung@rtlab.skku.ac.kr
 1999년 성균관대학교 정보공학과 졸업(학사)
 1999년 성균관대학교 전기전자 컴퓨터 공학부(석사과정 재학중)

관심분야 : 망 관리, 시스템 보안



정태명

e-mail : tmchung@rtlab.skku.ac.kr
 1981년 연세대학교 전기공학과(학사)
 1984년 University of Illinois Chicago, 전자계산학과(학사)
 1987년 University of Illinois Chicago, 컴퓨터공학과(석사)

1995년 Purdue University, 컴퓨터공학(박사)
 1985~1987년 Waldner and Co., System Engineer
 1987~1990년 Bolt Bernek and Newman Labs., Staff Scientist
 1995~현재 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학부 부교수
 관심분야 : 실시간 시스템, 망 관리, 시스템 보안