

ATM망에서 ABR 서비스의 공정 대역폭 할당을 위한 퍼지 전송률 제어 기법

正會員 유 재 택*, 김 용 우**, 김 영 한***, 이 광 형****

The Fuzzy Transmission Rate Control Method for the Fairness Bandwidth Allocation of ABR Service in ATM Networks

Jae-Taek Yoo*, Yong-Woo Kim**, Young-Han Kim***,
Kwang-Hyung Lee**** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 ATM 네트워크에서의 접속된 ABR 서비스에 대해 공정한 대역폭을 할당하는 새로운 비율 기반 전송률 제어 알고리즘을 제안한다. 기존 ABR 서비스에서는 일정률로 전송률을 증가, 감소를 하면서 대역폭을 할당하나 제안된 알고리즘에서는 이용 가능한 대역폭을 퍼지 추론을 하여 접속된 호에 대해 전송률을 공평하게 분할하는 기법이다. 퍼지 추론은 입력 변수로 버퍼 상태, 버퍼 변화율을 사용하고 출력 변수로 전체 전송률을 사용한다. 이 추론된 결과값은 동작 중에 있는 ABR 서비스 호에 공평하게 분배되어 진다. 모의 실험 결과 기존의 EPRCA 방식보다 제안된 방식이 링크 효율면에서 RIF, RDF가 1일 경우 0.17%, 1/4 경우 6%, 1/16 경우 38.6%, 1/32 경우 82.4%의 향상을 보였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose the new rate-based transmission rates control algorithm that allocates the fair bandwidth for ABR service in ATM network. In the traditional ABR service, bandwidth is allocated with constant rate increment or decrement, but in the proposed algorithm, it is allocated fairly to the connected calls by the fuzzy inference of the available bandwidth. The fuzzy inference uses buffer state and the buffer variant rate as the input variables, and uses the total transmission rate as a output variable. This inference a bandwidth is fairly distributed

*멀티미디어교육지원센터 책임전문원

**핸디소프트 연구원

***승실대학교 정보통신공학과 조교수

****승실대학교 전자공학과 교수

論文番號:97089-0306

接受日字:1997年 3月 6日

over all ABR calls in service. By simulation, we showed that the proposed method improved 0.17% in link effectiveness when RIF, RDF is 1, 6% when RIF, RDF is 1/4, 38.6% when RIF, RDF 1/16, and 82.4% when RIF, RDF 1/32 than that of the traditional EPRCA.

I. 서 론

ATM(asynchronous transfer mode) 서비스는 크게 CBR(constant bit rate), rt-VBR(real time-variable bit rate), nrt-VBR(non real time-VBR), ABR(available bit rate), UBR(unspecified bit rate)의 5가지 서비스로 분류된다. 그 중 CBR과 rt-VBR은 주로 오디오나 비디오 등의 실시간 서비스에 응용되어 지며 nrt-VBR, ABR, UBR 서비스는 비 실시간성 서비스에 응용되어진다. VBR은 통계적 다중화를 통해 링크를 효율적으로 이용할 수 있는 장점을 가지지만 VBR 서비스의 전송 품질을 보장하면서 링크 이용도를 극대화할 수 있는 효율적인 대역폭 할당이 중요 문제로 대두되고 있다. 특히 rt-VBR의 대표적인 응용 예가 되는 MPEG(moving picture experts group)에 의한 압축 동영상은 최대 셀 전송률이 높고 군집성(bursty)이 있으며 안정적인지 못한 특성을 갖는다. 이로 인해 호 설정 시 높은 PCR(peak cell rate) 값과 낮은 MCR(minimum cell rate) 값을 가져 넓은 범위의 대역을 차지하게 되고 실제 여러 호가 다중화되기 때문에 링크는 상당 부분 가용 대역이 생겨나게 된다. 이와 같은 VBR 서비스에서 발생하는 가용 대역을 ABR이나 UBR 트래픽으로 채워 보내게 되면 경제적인 링크 이용이 가능하다[1][2].

ATM 포럼에서는 ATM 통신 링크의 효율적인 이용을 위해 ABR과 UBR 서비스에 관한 표준화를 추진 중에 있다[1]. ABR 서비스는 접속 호의 최소 셀(세포로도 사용) 전송률에 대한 보장을 하여 링크의 가용 대역을 활용하는 전송 방식이다. 이 때 셀 손실률을 줄이기 위한 폭주 제어가 필수적이다. ATM 포럼에서는 ABR 서비스의 트래픽 제어 방법으로 향상된 비례 제어 방식(EPRCA: Enhanced Proportional Rate Control Algorithm)을 표준으로 채택하였다. EPRCA 방식[2]은 VBR 서비스의 통계적 다중화에 의해 생기는 가용 대역을 이용한다는 측면에서는 장점을 가진다. 그러나 이 방식은 송신원의 전송률 변화시 링크의 가용 대역을 적응적으로 제어하기 보다는 가법적,

승적으로 일정량을 늘리고 줄이는 제어를 하기 때문에 가용대역을 충분히 활용하지 못하는 단점을 가진다. 이는 송신원에서 가용 대역을 적응적으로 제어하면 좀더 전송 효율을 높힐 수 있음을 의미한다.

기존의 퍼지 이론이 전송률 제어에 적용되어 온 방식은 퍼지 추론을 전송률 제어에 적용은 하였으나 구체적인 송신원, 수신원, 스위치의 역할 없이 스위치수에 따른 셀 지연과 성능 등에 관한 연구를 하였다[9]. 본 논문에서는 접속 호에 대해 공정 대역폭 제어를 위해 송신원, 수신원, 스위치의 역할을 규정하였고 소속 함수 모양을 ATM 특성에 맞게 설계하였으며 접속 호에 대한 공정한 전송률을 제어하는 방식을 제안하였다. 본 논문은 퍼지 전송률 제어 기법을 비연결성 서비스인 ABR 서비스에 대해 적용한다. 퍼지 추론을 통해 링크의 가용 대역 발생분을 접속 호에 공정하게 분배하여 전송 효율을 높일 수 있음을 보인다. 제안된 방식은 스위치단의 버퍼량과 버퍼 변화율로 퍼지 추론을 실시하여 송신원의 전송률을 제어하고 이를 접속된 호에 공정하게 나누는 기법이다. 제안된 방식은 ATM 포럼의 ABR 제어 방식인 EPRCA 방식과 비교한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 ABR 서비스에서 표준 방식으로 채택된 EPRCA 방식의 전송률 제어 방법과 기존 ABR 서비스 공정 대역폭 제어 방법을 알아 본다. 그리고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 퍼지 추론에 의한 공정 대역폭 제어 시스템을 설계하고 4장에서는 시뮬레이션을 통해 기존 방식보다 제안된 방식이 링크 이용 면에서 우수함을 보인다. 5장에서는 결론과 향후 연구 방향에 관하여 논한다.

II. ABR 서비스의 대역폭 제어

ABR 서비스는 CBR 및 VBR 서비스들이 사용하지 않는 링크의 여분 대역폭을 활용하여 링크를 효율적으로 사용하고자 하는 서비스이다. ABR 서비스는 비실시간적인 영상자료 검색, 고속 파일 전송 및 LAN

간의 서비스 등에 사용된다. 이러한 서비스는 어느 정도의 지연은 상관없으나 하나의 셀 손실은 많은 셀의 재 전송을 실시하여야 하므로 폭주가 발생하면 피드백 제어를 통해 셀 손실을 방지하여야 한다. ATM 포럼에서는 이러한 폭주 제어를 위해 비율 기반의 제어 방식인 EPRCA를 채택하여 표준화를 진행하고 있다. EPRCA는 피드백 기반 비율(rate) 제어으로써 송신원에서 데이터 전송시 RM(resource management)셀을 일정 구간에 삽입·전송시켜 망의 상태 정보를 RM 셀에 저장하도록 한 후 이 정보에 의해 송신원의 전송률을 제어하는 방식이다. 이 방식에서 송신원은 n개의 데이터 셀을 전송할 때마다 하나의 RM 셀을 보내며, 수신원에서는 스위치를 거쳐 온 RM 셀을 받아서 폭주 상태 여하에 따라서 RM 셀의 내부 파라미터를 바꾸어 송신원으로 역방향 RM 셀을 보낸다. ABR 서비스 연결 상의 중간 노드 스위치에서는 폭주 상태를 판단하여 순방향/역방향 RM 셀의 혼잡 표시기(CI: congestion indication), NI(no increase), ER(explicit rate) 값을 바꾸어 주거나 스위치 노드 자체에서 역방향 RM 셀을 만들어 송신원으로 보낼 수 있다. RM 셀은 전송 방향에 따라 순방향 RM 셀과 역방향 RM 셀로 구분되어 진다. 송신원은 셀 전송 시마다 계속 ACR(Allowed Cell Rate)을 감소시켜 나가며, CI=0인 RM 셀을 받을 경우만 ACR을 증가시키게 된다. EPRCA 증감 알고리즘 수식은 아래의 식 (1)~(3)과 같다[1].

$$CI=0, NI=0 \text{ 이면, } ACR = ACR + RIF * PCR \quad (1)$$

$$CI=1 \text{ 이면, } ACR = ACR - ACR * RDF \quad (2)$$

$$NI=1 \text{ 이면, } ACR \text{ 유지} \quad (3)$$

여기에서 RIF(rate increase factor)는 레이트 증가 인자이고 RDF(rate decrease factor)는 레이트 감소 인자이다. 송신원은 매 Nrm 셀을 보낸 후 마지막 수신한 RM셀이 CI=0이면 식 (1)에 의해 현재의 전송률 ACR을 증가하고 CI=1이면 식 (2)에 의해 현재의 전송률 ACR을 감소시킨다. 전송률 변경은 RM 셀 발생 주기에 이뤄지게 된다.

ABR 서비스가 네트워크에서 공정성(fairness)을 유지하는 것은 효율적인 자원 관리 및 분배 측면에서 중요하다. 공정성은 접속된 ABR서비스 호에 대해 네

트워크 상황에 따라 정해진 방법에 의해 해당 비율로 전송률을 조정하는 것이다. 이를 위해 ATM 포럼에는 송신원의 공정한 대역 공유를 위해 여러 방법이 발표되고 있다. 대역폭 공정 할당 방법의 대표적인 것으로는 이용할 수 있는 대역을 접속 호에게 공평하게 제공하는 Max-Min 공유 방법, 접속 호마다의 MCR (minimum cell rate)을 우선 할당하고 남은 대역을 공유하는 MCR 부가 동등 공유 방법, 접속 호의 MCR과 Max-Min 공유 방법 중 큰 값을 선택하는 방법, 접속된 호의 MCR에 따라 하중을 두는 방법, 접속 호에 미리 결정된 하중을 고려 하는 방법 등이 있다[2].

이 외에 ERICA(Explicit Rate Indication for Congestion Avoidance) 방식과 CAPC(Congestion Avoidance using Propotional Control) 방식이 있다[3][4][5]. ERICA는 링크의 모니터 링을 통해 현재의 가용 용량을 알고 요구되어지는 호의 자원의 크기를 요구한다. 이 알고리즘은 주기적으로 각 링크의 부하를 모니터 링하고 부하 인자(load factor) Z와 링크 용량, 현재 동작 중인 가상 채널 수를 사용한다. 이 알고리즘은 가상 채널 공유(virtual channel share)와 공정 공유 중 큰 값을 채택한다[3]. CAPC는 버퍼에 두 개의 문턱값을 갖고 부하인자 Z에 의해 공정성이 제어된다. 부하 인자는 $Z > 1$ 또는 $Z < 1$ 에 의해 공정성이 계산되고 부하 인자가 $Z > 1$ (언더 로드)일 경우 알고리즘에 의해 속도를 증가시키고, $Z < 1$ (오버 로드)일 경우 속도를 감소 시킨다[4]. 이 둘 두 방식은 우선 많은 파라미터 설정을 요구한다. 파라미터의 부적절한 설정은 성능 저하를 야기할 수 있고 제어 시점의 버퍼 양을 정확히 알지 못하기 때문에 공정 대역폭 제어가 비효율적이고 많은 파라미터로 인한 공정한 대역 할당에 어려움이 있다.

Ⅲ. 퍼지 추론에 의한 공정 대역폭 제어

퍼지 추론에 의한 공정 대역폭 제어 모형은 그림 1과 같다. 송신원과 수신원 사이에 페 루프가 형성되어 RM 셀에 의해 제어를 받는 모형이다. 이 때의 송신원과 수신원은 여러 노드를 거치는 경우 가상의 송신원과 수신원이 될 수 있다. ATM망의 교환기에서는 버퍼 상태를 관찰하여 수신원으로 전달하고 수신원에서는 버퍼 상태값을 RM 셀에 설정하여 송신원으로

로 전송한다. 송신원은 셀을 저장하는 버퍼, 퍼지 규칙에 의해 추론이 실행되는 퍼지 추론기, 버퍼 상태 검출기, 접속된 호의 셀 율을 조정하는 대역폭 조정기로 구성된다. 수신원은 셀을 저장하는 버퍼, 데이터 셀과 RM 셀을 분리하는 수신 셀 처리기로 구성된다. 퍼지 추론기는 버퍼 상태 검출기로부터 버퍼 적재 셀 수(n), 도착 셀 변화율(Δn)을 입력 받아 max-min 퍼지 추론을 실시한다. 퍼지 결과는 곧바로 대역폭 조정기로 보내져 접속된 호의 셀 전송률을 조정하여 ABR 서비스의 접속된 호가 대역폭을 효율적으로 이용하도록 한다.

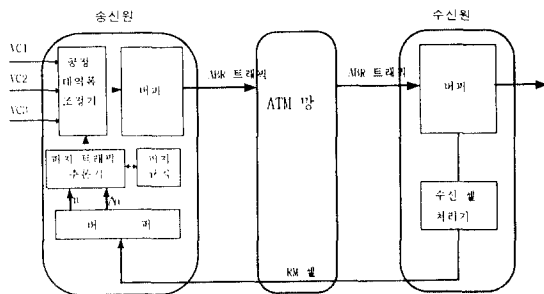


그림 1. ABR 서비스의 퍼지 공정 대역폭 제어 모형
Fig. 1 The model of the fuzzy fairness bandwidth control of the ABR service

3.1 퍼지 제어 알고리즘 및 제어 모형 기능

퍼지 추론에 의한 공정 대역폭 제어 알고리즘의 목적은 네트워크 상태가 변화할 때 접속된 호에 대해 빠르게 공정성을 얻도록 하는 것이다. 그 알고리즘 절차는 다음과 같다.

- RM 셀에 의해 수신원의 버퍼 상태(버퍼 셀 수: n)를 전달 받는다.
- 송신원에서 RM 셀 주기 동안의 버퍼 변화율(Δn)을 계산한다.
- 퍼지 규칙에 의해 ABR 서비스의 전체 가용 전송률을 추론한다.
- 가용 대역이 양이면 전체 가용 대역폭을 동작 중인 접속 호에 공정하게 분배한다
- 동작 중인 접속 호에 분배하고도 남는 대역이 있으면 새로운 호를 접속 시킨다.

- 가용 대역이 음이면 동작 중인 접속 호의 전송률을 공정하게 줄인다.
- 다음 RM 셀을 받을 준비를 한다(현재 버퍼 셀수 저장).

퍼지 추론에 의한 공정 대역폭 제어 방식은 퍼지 추론기의 값에 의해 곧바로 전송율이 제어되므로 알고리즘이 간단하다. 또한 이 방식은 기존의 EPRCA를 기반으로 하고 있어 Nrm(number of rm) 주기로 RM 셀을 전송시키거나 일정 시간이 경과되었을 경우 RM 셀을 전송시키는 방식을 준용 하였다. 여기에서 일정 시간은 100ms를 설정하였는데 제어 정보를 장시간 제공하지 않을 경우 제어값의 급격한 변화가 발생할 수 있으므로 전반적인 통신 시스템에 비효율성이 생기게 된다. ATM에서도 이를 위해 Trm(RM 시간 간격)을 100으로 표준을 정하여 사용하고 있다[1].

이 방식의 제안 부분은 ACR을 계산해 내는데 있어서 EPRCA의 계단적인 계산량을 산출하는 것이 아니라 퍼지 추론에 의해 전송률을 적응적으로 출력해 내는 것이다. 각 노드(송신원, 교환기, 수신원)별로의 동작 상태를 정리하면 다음과 같다.

(송신원)

- 송신원은 데이터 셀이 Nrm 개씩 전송될 때 마다 RM 셀을 보내고 낮은 전송 속도의 데이터 셀 전송 중에는 적어도 100ms에 한번씩 RM 셀을 보낸다.
- 초기의 ACR은 PCR(peak cell rate)로 한다.
- 수신원으로부터 역방향 RM 셀을 받으면 수신원 버퍼 적재 상태를 얻어내며 다음 차례의 추론을 위해 그 값을 보관한다.
- 수신원 버퍼의 변화율은 (4) 식에 의해 구해진다.

$$\Delta n = (\text{현재 셀수}(n) - \text{과거 셀수}) / \text{버퍼 크기} * 100 \quad (4)$$

현재 셀 수(n): 현재의 RM 셀로부터 받은 수신원 버퍼의 적재량

과거 셀 수 : 이전의 RM 셀로부터 받아 보관하였던 버퍼의 적재량

- n과 Δn 을 퍼지 추론기의 입력 변수로 하고 출력 변수로 전체 전송률을 얻어 낸다.

▣ 퍼지 출력 변수 값은 다음의 관계식에 의해 최종적으로 동작 중인 호의 ACR을 결정 한다.

$$ACR = \text{MIN}(PCR, ACR/\text{동작 중인 호 수})$$

$$ACR = \text{MAX}(MCR, ACR/\text{동작 중인 호 수})$$

<교환기>

▣ 하나의 공통 버퍼를 사용한다

▣ 버퍼의 셀 적재량을 관찰하여 순방향 RM 셀에 그 관찰 값을 실어 보낸다.

<수신원>

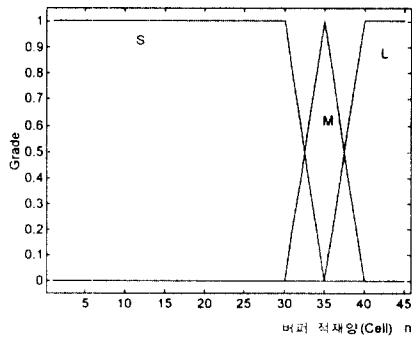
▣ 수신원에서 순방향 RM 셀을 받으면 송신원으로 역방향 RM 셀을 전송한다. 이 때 RM 셀 내의 전송 방향을 나타내는 DIR(direction)비트를 순방향에서 역방향으로 바꾸어 준다.

▣ 교환기 단에서 관측된 교환기 버퍼 상태 값을 RM 셀의 예약 필드에 실어 송신원으로 전송한다.

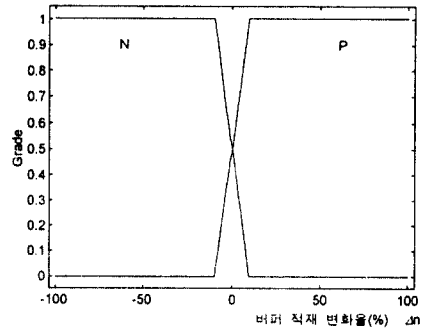
3.2 송신원의 퍼지 추론기

송신원의 퍼지 추론기는 수신원으로 부터 버퍼의 셀 수를 전송받아 버퍼 변화율을 계산하여 퍼지 추론을 통해 송신원에 접속된 호의 전송률을 조정한다. 버퍼 관찰은 수신원에서 하며 퍼지 추론기는 퍼지 입력 변수로 $n, \Delta n$ 을 사용하여 퍼지 추론을 실시한다. 퍼지 추론은 MAX-MIN 연산을 하게 된다. 여기에서 나온 추론 결과는 대역폭 조정기로 보내져 접속된 호의 ACR을 조정하게 된다. 퍼지 추론기는 전송량을 추론하는 퍼지 제어 논리기이다. 제어 조작 y 는 전송률 조정값으로써 언어 변수 집합($n, \Delta n$), 퍼지 제어 규칙에 따라 추론에 의해 결정된다.

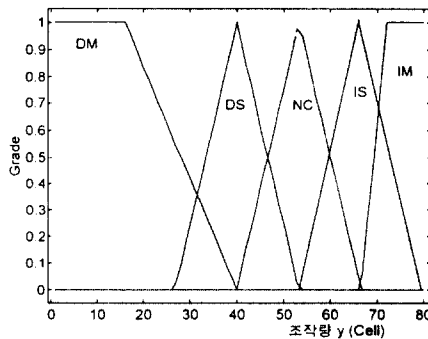
퍼지 추론기에서 사용하는 언어 변수의 용어 집합은 제어되는 시스템의 요구 성능에 따라 결정한다. 용어 집합의 언어 변수 수는 자세한 성능을 필요로 할 때에는 많게 된다. 퍼지 추론기에서 버퍼 적재량 n 이 Δn 보다 더 많은 정보를 갖기 때문에 더 많은 언어



(a)



(b)



(c)

- S : Small
- M : Medium
- L : Large
- N : Negative
- P : Positive
- DM : Decrease Medium
- DS : Decrease Small
- NC : No Control
- IS : Increase Small
- IM : Increase Medium

(a) T(n), (b) T(Δn), (c) T(y)

그림 2. 용어 집합들의 소속 함수 명제

Fig. 2 The labels of the membership function of the term sets

변수를 할당하였다. n과 Δn의 용어 집합은 다음과 같다. T(n)={적은, 중간, 많은}={S, M, L}, T(Δn)={음, 양}={N, P}로 한다. 각 용어집합에 대한 소속 함수 모양은 대부분의 응용 시스템에서 삼각형과 사다리꼴 함수 모양이 많이 사용되므로 본 논문에서도 이를 사용하였다[6]. 그림 2는 용어 집합 들의 소속 함수 모양, 위치를 나타낸다.

입력 변수의 언어적인 표현으로 퍼지 제어 규칙을 생성한다. 퍼지 논리 제어기의 언어적 규칙을 얻는 방법은 여러 가지가 있다. 이 규칙들은 인간의 전문성에 의해 표현될 수 있거나 시스템의 식별 기술에 의하여 결정될 수 있다. 이 언어적 규칙의 집합은 퍼지 논리 제어기의 규칙에 기반을 이룬다. 퍼지 집합 이론에 의하여, 퍼지 입력 변수는 |T(n)|×|T(Δn)|과 같이 2차원의 배열로 형성된다(T(x)는 T(x)의 언어 변수 항들의 수이다). 따라서 퍼지 추론기의 퍼지 입력 변수를 사용하여 총 6개의 규칙을 만들 수 있다. 퍼지 제어 규칙은 표 1과 같다.

표 1. 퍼지 제어 규칙
Table 1. The rule of the fuzzy control

규칙	n	Δn	y
1	S	N	IM
2	S	P	IS
3	M	N	IS
4	M	P	DS
5	L	N	NC
6	L	P	DM

- 규칙 1: 버퍼 적재량이 적고 셀 변화율이 음 방향이면 전송률을 중간 정도 늘려라
- 규칙 2: 버퍼 적재량이 적고 셀 변화율이 양 방향이면 전송률을 약간 늘려라
- 규칙 3: 버퍼 적재량이 중간이고 셀 변화율이 음 방향이면 전송률을 약간 늘려라
- 규칙 4: 버퍼 적재량이 중간이고 셀 변화율이 양 방향이면 전송률을 약간 줄여라
- 규칙 5: 버퍼 적재량이 많고 셀 변화율이 음 방향이면 전송률을 유지하라
- 규칙 6: 버퍼 적재량이 많고 셀 변화율이 양 방향이면 전송률을 중간 정도 줄여라

3.3 퍼지 추론 방법의 예

퍼지 추론방법의 한 예를 그림 3에 보였다. 규칙 2는 “많이 늘려라”라는 출력 조작량을 갖는다. $\mu_{IM}(y)$ 에 대한 출력 소속 함수의 높이는 각각의 $\mu_n(n_0)$, $\mu_{\Delta n}(\Delta n_0)$ 에 대해 최대-최소 방법을 이용하여 구한다. 비퍼지화 계산은 무게 중심법을 이용한다. 그림 3에서와 같은 과정으로 산출된 사전 부분의 퍼지 소속 함수는 crisp 값으로 비퍼지화하여 그 값으로 전송률을 제어하게 된다. 즉 (5)식에 의해 crisp 값이 계산되고 이 값은 공정 태워폭 조정기로 보내져 전송률을 조정하게 된다.

$$y' = \frac{\int \mu w(y) y dy}{\int \mu w(y) dy} \tag{5}$$

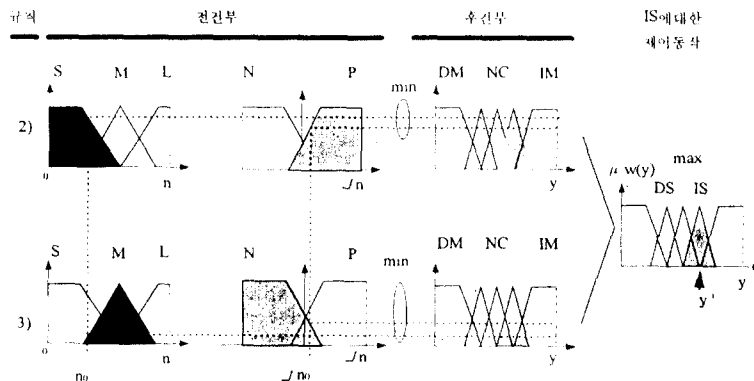


그림 3. 최대-최소(MAX-MIN) 추론 방법
Fig. 3 The max-min inference method

IV. 모의실험

본 논문에서 제안한 퍼지 추론에 의한 공정 대역폭 제어 방식의 성능 검증을 위해 모의 실험을 실시하였다. 본 모의 실험에서 트래픽 발생은 CBR은 일정한 대역을 할당하고 VBR은 2상태 MMPP(Markov-Modulated Poisson Process)모델을 사용하였다. MMPP의 파라미터는 도착율(λ)과 천이율(γ)을 나타내는 4개의 파라미터를 사용하였다[7]. 도착율은 폭주 구간에서 λ_1 , 비 폭주 구간에서 λ_2 의 포아송 프로세스에 의해 발생하고 상태 천이율은 폭주 구간에서 γ_1 , 비 폭주 구간에서 γ_2 의 지수 분포를 갖는다. 본 논문에 사용된 MMPP의 파라미터값은 표 2와 같고 이를 적용한 입력 트래픽 발생 상태는 그림 4와 같다.

표 2. 모의 실험 사용 파라미터 값
Table 2. The usage parameter values in simulation

γ_1	γ_2	λ_1	λ_2
0.5	1.0	0.1	0.35

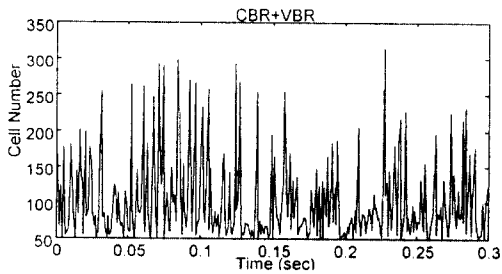


그림 4. 입력 트래픽 발생 상태
Fig. 4 The generation trace of the input traffic

본 모의실험의 퍼지 추론은 MATLAB 상에서 운영되는 퍼지 시스템 TOOL BOX를 사용하였다[8]. 통신 링크의 대역 이용율은 윈도우 환경에서 C++를 이용하여 실험하였다. 통신 링크의 실험에 사용한 각 서비스의 대역폭 설정값은 다음과 같다.

- 링크 전체 대역폭: 155 Mbps
- CBR + VBR 서비스: CBR은 정규 분포, VBR은 MMPP로 모델링 하였다.

- ABR 서비스: 접속 호가 동등한 PCR과 MCR을 갖는다고 가정 하였다.

PCR: 11.3 Mbps
MCR: 1.4 Mbps

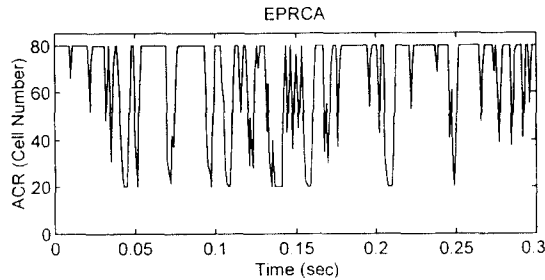
또한 모의 실험을 위해서는 ABR의 각 파라미터 값을 설정해야 하는데 본 모의 실험의 파라미터 설정값은 다음과 같다[2].

- TOF: 2
- Trm: 100 ms
- TCR: 10 셀/sec
- Mrm: 2
- Nrm: 32
- RIF: 1/4, 1/16, 1/32
- RDF: 1/4, 1/16, 1/32
- ICR: PCR

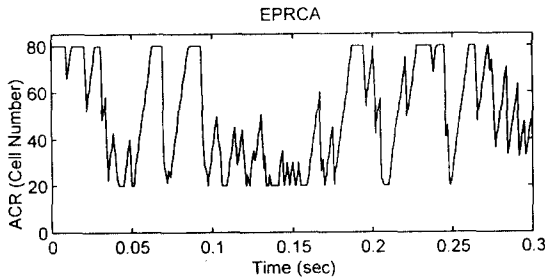
시뮬레이션 결과 퍼지 추론에 의한 공정 대역폭 제어 방식이 EPRCA 방식보다 가용 대역을 좀더 효율적으로 사용함을 알 수 있었다. 그림 5는 RIF, RDF 값에 따른 EPRCA의 링크 이용 상태를 보인다. RIF, RDF 값이 1/4의 큰 값일 경우 링크의 대역 조정이 급격하게 변화를 했으며 1/16, 1/32과 같이 상대적으로 작은 값으로 갈 수록 대역 조정이 완만하게 변화를 보이고 있다. 이는 EPRCA의 증감 알고리즘과 일치하는 결과로 보여 진다. 그림 6은 퍼지 추론에 의한 공정 대역폭 제어 방식의 링크 이용 상태를 보인다. 기존 EPRCA 방식과는 달리 교환기 버퍼의 셀(70개)을 기준으로 셀 적재가 이 값을 접근하면 폭주 비트를 설정하도록 하였다. 이 때의 퍼지 추론은 버퍼의 셀 수와 적재 변화율을 입력 변수로 사용하기 때문에 일정 대역에서 조정이 됨을 알 수 있다. 표 3은 두 방식의 시간대별 셀 수와 이 때의 링크 이용율을 정리한 표이다. EPRCA는 300ms 당 RIF, RDF 값이 1 일 경우 7,008셀, RIF, RDF 값이 1/4 일 경우 6,619셀, RIF, RDF 값이 1/16 일 경우 5,065셀, RIF, RDF 값이 1/32 일 경우 3,910셀을 이용하여 RIF, RDF 값이 적을수록 링크 이용률이 낮았다. 이는 MMPP 모델이 급격한 변화를 보이기 때문에 RIF, RDF가 큰 것은 좋은 성능이 나와 입력 트래픽의 특성에 따라 증감 인자의 적정값이 있음을 알 수 있었다.

퍼지 추론에 의한 공정 대역폭 제어 방식의 경우는 300 ms 당 평균 7,020 셀을 이용하여 가장 높은 이용률을 보였다.

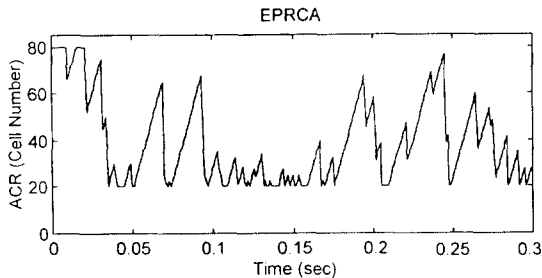
그림 6에서 40 ms 경과 후 ACR이 급격히 떨어진 것은 비퍼 적재량(n)을 분류할 때 적은 영역 S를 크게 잡았기 때문으로 생각된다.



(a) RIF, RDF 값이 1/4인 경우



(b) RIF, RDF 값이 1/16인 경우



(c) RIF, RDF 값이 1/32인 경우

그림 5. EPRCA 방식의 링크 이용 상태
Fig. 5 The link usage of the EPRCA method

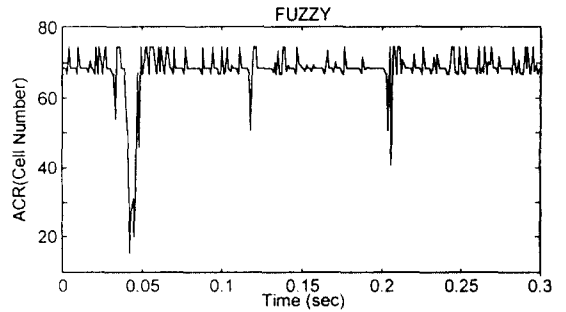


그림 6. 퍼지 추론에 의한 공정 대역폭 제어 방식의 링크 이용 상태

Fig. 6 The link usage of the fairness bandwidth control method by the fuzzy inference

표 3. EPRCA 방식과 퍼지 추론에 의한 공정 대역폭 제어 방식의 시간대별 셀 수 비교

Table 3. The comparison of the cell number by time of the fairness bandwidth control method by the fuzzy inference and the EPRCA method

시간 (msec)	퍼지 추론에 의한 공정 대역 제어 방식 (셀수)	RIF, RDF 변화에 따른 EPRCA 방식(셀수)				셀수 비교 (%)
		1	1/4	1/16	1/32	
1-50	1,189	1,207	1,156	1,010	948	79.7
51-100	1,161	1,178	1,102	894	647	55.7
101-150	1,146	1,029	909	503	405	35.3
151-200	1,147	1,187	1,108	763	578	50.4
201-250	1,172	1,134	1,128	976	735	62.7
251-300	1,205	1,273	1,216	919	597	49.5
1-300	7,020	7,008	6,619	5,065	3,910	54.8

V. 결 론

ATM의 다양한 서비스 전송에서는 얼마나 링크를 효율적으로 이용하며 공정하게 대역폭을 할당하며 서비스 하느냐가 관건이 된다. 제공하는 ABR 서비스마다 요구 품질이 다르고 QoS도 연결 호마다 다르다. 본 논문에서는 링크의 가용 대역을 좀더 효율적으로 이용하기 위해 퍼지 추론에 의한 공정 대역폭

제어 방식을 제안하였고 이를 실험을 통하여 개선점을 검증하였다. 시뮬레이션 결과 퍼지 추론에 의한 공정 대역폭 제어 방식이 EPRCA 방식보다 가용 대역을 좀더 효율적으로 사용함을 알 수 있었다. 퍼지 추론에 의한 공정 대역폭 제어 방식이 RIF, RDF가 1일 경우 0.17%, 1/4경우 6%, 1/16일 경우 38.6%, 1/32 경우 82.4%의 링크 이용률 개선 결과를 얻었다. RIF, RDF가 적어짐에 따라 퍼지 공정 대역폭 제어 방식이 현저히 좋은 링크 이용률을 보였다. 따라서 완만한 변화가 있는 서비스보다는 균집성 있는 서비스에 퍼지가 보다 효율적임을 알 수 있다. 향후 퍼지 공정 대역폭 제어 방식에 관한 하드웨어 및 소프트웨어 설계, 트래픽 예측을 통한 연결 수락 제어 등과의 관련 연구도 요망된다.

참고 문헌

1. ATM Forum, ATM Forum Traffic Management Specification Version 4.0, AF-TM 0056.000, Apr. 1996.
2. ATM Forum, ATM Forum Traffic Management Specification Version 3.0, AF-TM 95-0013R4, Jun. 1995.
3. Raj Jain, S. Kalyanaraman, R. Viswanathan and R. Goyal, A Sample Switch Algorithm, AF 95-0178R1.
4. A. W. Barnhart, Explicit Rate Performance Evaluation, AF94-0983R1.
5. Nanying Yin, Analysis of a Rate-Based Traffic Management Mechanism for ABR Service, IEEE 1995 Global Telecommunications Conference, vol. 2, pp. 1076-1082, Nov. 1995.
6. S. Yansunobu and S. Miyamoto, Automatic Train Operation by Predictive Fuzzy Control, Industrial Applications of Fuzzy Control, North-Holland, Amsterdam, pp. 1-18, 1985.
7. Hehhes H. and Lucantoni D. M., A Markov Modulated Characterization of Packetized Voice and Data Traffic and Related Statistical Multiplexer Performance, IEEE Trans. Communications, SAC-4.6, pp. 856-868, 1986.
8. Mark H. Beale and Hpeard B. Demuth, Fuzzy Sys-

tem Tool Box For Use With MATLAB, PWS Publishing Company, 1995.

9. Y. Ahmet Sekercioglu, Andreas Pitsillides, Fuzzy Congestion Control in ATM Networks, International Conference on Telecommunications 1995, pp. 299-302, 1995. PWS Publishing Company, Apr. 1995.



유 재택(Jae-Taek Yoo) 정회원
1986년: 숭실대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1988년: 숭실대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
1989년~1993년: 숭실대학교 전자공학과 박사수료
1986년~1989년: 동아컴퓨터(주)

시스템 엔지니어

1989년~1997년: 한국교육개발원 전산운영팀장

1997년~현재: 멀티미디어교육지원센터 책임전문원

※주관심분야: ATM 트래픽 관리, 통신 프로토콜, 퍼지-신경망 신호처리, 멀티미디어 DB임.



김 용우(Yong-Woo Kim) 정회원
1995년: 숭실대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1997년: 숭실대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
1991년~1994년: 헨디소프트 연구원

1997년~현재: 헨디소프트 연구원
※주관심분야: 퍼지 신경망, 멀티미디어 통신, 프로그램 언어임.



김 영한(Young-Han Kim) 정회원
1984년: 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1986년: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사)
1990년 8월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업

(공학박사)

1987년 1월~1994년 8월: 디지털정보통신연구소 데이터 통신연구부장

1994년 9월~현재: 숭실대 정보통신공학과 조교수

※주관심분야: ATM 네트워크 및 멀티미디어 통신 프로토콜임.



이 광 형(Kwang-Hyung Lee) 정회원

1968년: 서울대학교 공과대학 전
자공학과 졸업(공학사)

1972년: 서울대학교 전자공학과
졸업(공학석사)

1987년: 중앙대학교 전자공학과
졸업(공학박사)

1973년~1982년: 일본 동경대학 전

자공학과 연구원

1993년~1995년: 대한전자공학회 인공지능, 신경망,
퍼지시스템 연구회 위원장

1994년~1995년: 대한 퍼지 및 지능 시스템 학회 국제
담당이사

1994년~현재: 국제 전기전자학회(IEEE Korea Coun-
cil) 학술이사(Conference Committee)

1982년~현재: 숭실대학교 전자공학과 교수로 재직 중
※주관심분야: 지능 신호처리, 퍼지 신경망 음성인식
및 합성, 웨이브렛, 프랙탈 영상 부호화,
멀티미디어 통신처리, ATM 네트워크임.