

論文2002-39TC-8-2

VS/VD 구조의 퍼지 기반 ABR 트래픽 제어에 관한 연구 (Fuzzy-based ABR Traffic Control Algorithm in VS/VD Switch)

朴 玄 *, 丁 光 日 *, 鄭 銘 秀 *, 鄭 旻 澤 **, 田 炳 實 *

(Hyun Park, Kwang-Il Jeong, Myung-Soo Cheong, Kyung-Taek Chung, and Byoung-Sil Chon)

요 약

본 논문에서는 퍼지이론을 기반으로하여 ATM망에서 ABR 서비스를 하는데 있어서 효과적으로 링크를 이용하기 위한 트래픽 제어 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 스위치의 버퍼 사이즈에 따라서 소스 전송률을 제어하고 퍼지율을 이용하여 입력 셀 율을 제어하는 알고리즘이다. 우리는 위의 방법들로 퍼지 트래픽 제어 알고리즘과 VS/VD의 ER값을 기본으로 한 퍼지 트래픽 제어를 개발하였다. 또한 퍼지 제어 규칙, max-min inferencing 방법으로 하나의 집합적인 기능을 설계하였다.

Abstract

In this paper, we propose an traffic control algorithm for efficient link utilization of ATM-ABR service based on fuzzy logic. The proposed algorithm, controls transmission rates of source according to switch buffer size and input cell rate by using the fuzzy rate. For this method we developed a model and algorithm of fuzzy traffic control method and fuzzy traffic controller which based on ER of VS/VD. For the fuzzy traffic controller, we also designed a membership function, fuzzy control rules, and a max-min inferencing method.

Keywords : ABR, ATM, Fuzzy, VS/VD

I. 서 론

ATM(Asynchronous Transfer Mode)은 다양한 형태

* 學生會員, 全北大學校 電子情報工學部
(School of Electronic and Information Engineering, Chonbuk National Univ.)

** 正會員, 群山大學校 電子情報工學部
(School of Electronic and Information Engineering, Kunsan National Univ.)

接受日字:2002年4月19日, 수정완료일:2002年7月30日

의 서비스 트래픽을 통계적 다중화를 통해서 효과적으로 정보를 송수신할 수 있는 정보 전달 방법이다. ATM 네트워크의 트래픽 제어는 근본적으로 네트워크 어플리케이션들에게 서로 다른 적절한 QoS(Quality of Service)를 제공하는 네트워크의 능력과 관계가 있고 ATM에서 중요한 특징 중의 하나는 서로 다른 서비스 품질 요구 조건을 갖는 서비스들을 유연하게 수용하고 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있도록 연결이 이루어질 때에 송신측과 수신측 사이에 QoS 파라미터를 지원하고 서비스 품질을 보장하기 위해 이들을 관리하는데 있다.^[1] 최근 WWW(World Wide Web)와 같은 인터넷 서비스를 포함한 다양한 망 이용자 트래픽이 폭발적

로 증가하고 있다. 또한 전화망, CATV, LAN, 셀룰러 및 위성통신 등 많은 트래픽이 증가하고 있다. 이러한 망 트래픽은 매우 동적이고 복잡해지고 있으며, 이를 수용하기 위한 전송대역과 버퍼와 같은 망 자원의 효율적인 분배 및 관리는 점점 어려운 기술이 되어가고 있다. 이러한 데이터를 기존의 CBR, VBR로 전송하게 되면 링크 효율성이 매우 떨어지는 문제점이 있다. 따라서 지연에 대해 민감하지 않는 데이터 서비스의 경우 ABR 서비스를 사용하는 것이 바람직하다. ABR 서비스는 비실시간적인 영상자료 검색, 고속파일 전송 및 LAN간 서비스 등에 사용된다. 이런 서비스는 어느 정도의 지연은 상관없으나 하나의 셀 손실은 셀의 재전송을 실시해야 하는 단점이 있으므로 퍼드백 제어를 통하여 셀 손실을 방지하여야 한다. ATM Forum에서 관심을 보이는 곳은 CBR, VBR이 사용하고 남은 대역을 이용하는 ABR이다. 퍼지 추론을 이용한 트래픽 제어는 스위치에 셀 손실이 일어나지 않도록 트래픽을 제어하고 ATM 네트워크의 처리율이 저하되지 않도록 패킷 재전송 시간의 소비를 줄이는 부분에 관한 연구가 제안되었다.^[2-3]

기존 EPRCA 방식을 사용하면 링크의 상당량이 잔여 대역으로 남는 문제가 발생하였는데 대역폭의 낭비를 최소화 하기 위하여 퍼지 기반 알고리즘을 제안한다. 기존 퍼지 기반 알고리즘 방식은 CI(Congestion Indication)과 NI(No Increase)의 값을 조정하여 송신측 전송률을 조정하는 방식이었다^[3]. 본 논문은 CBR, VBR이 사용하고 남은 대역을 좀더 효율적으로 셀손실을 줄이고자 제안한다.

본 논문에서는 EPRCA 방식^[1]의 단점을 보완한 FMMRA 알고리즘^[4]방식과 비교하였고, 기존 FMMRA 방식 보다 안정적인 대역폭 관리와 메모리 사용량을 줄이기 위하여 퍼지 기반 알고리즘을 제안하고 시뮬레이션을 통하여 비교 분석한다.

II. FMMRA(Fast Max-Min Rate Allocation Algorithm)

다른 알고리즘보다 비교적 계산 복잡도가 적고 메모리 사용량이 적은 FMMRA 알고리즘이 VS/VD에 적합하다. FMMRA에서 사용되는 공평 할당량의 계산식은 다음과 같이 max-min 공평 할당량으로 알려진 공식에서 유도한다.^[6]

$$\text{Advertised rate, } r = \frac{\text{Fairshare of link } l}{N_i - \bar{N}_i} = \frac{C - C_b}{N_i - \bar{N}_i} = \frac{C_{nb}}{N_{nb}} \quad (2.1)$$

여기에서

C : 링크 l 을 통하여 ABR 서비스를 위해 사용되어질 수 있는 전체 가용대역폭

C_b : 링크 l 을 지나가는 병목이 일어난 VC의 전체 대역폭

C_{nb} : 병목이 일어나지 않은 VC가 사용할 수 있는 사용되지 않은 가용대역폭

N_i : 링크 l 에서 활성상태에 있는 VC의 수

\bar{N}_i : 병목이 일어난 VC의 수

N_{nb} : 병목이 일어나지 않은 VC의 수를 나타낸다.

공평 할당율이 γ_{old} 일 때 병목 상태는 $\beta_{i,old}$ 이고 대역폭은 $\lambda_{i,old}$ 인 VC에서 VC i 가 병목 상태이면 $\beta_{i,old}$ 는 1이고 병목 상태가 아니라면 0이다. 이때 VC의 상태가 새롭게 바뀌어 $\beta_{i,new}$ 가 되고 대역폭은 $\lambda_{i,new}$ 가 된다면, 새로운 공평 할당율 γ_{new} 는 다음식과 같이 VC의 상태가 변할 때마다 명시율을 계산한다.^[6]

$$\begin{aligned} \gamma_{new} &= \frac{C_{nb,new}}{N_{nb,new}} = \frac{C_{nb,old} + \lambda_{i,old} - \lambda_{i,new}}{N_{nb,old} + \beta_{i,old} - \beta_{i,new}} \\ &= \frac{C_{nb,old} - (\lambda_{i,new} - \lambda_{i,old})}{(N_{i,old} - \bar{N}_{i,old}) - (\beta_{i,new} - \beta_{i,old})} \quad (2.2) \\ &= \frac{C_{nb,old} - \Delta\lambda}{N_{i,old} - (\bar{N}_{i,old} + \Delta\beta)} \end{aligned}$$

VC상태는 각 VC마다 다음 두 가지 변수 β_i 와 λ_i 에 기록된다.

$$\beta_i = \begin{cases} \beta_{i,new} & \\ 1, & \text{if BRM_cell_ER} < \gamma \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.3)$$

$$\lambda_i = \begin{cases} \lambda_{i,new} & \\ \text{BRM_cell_ER}, & \text{if BRM_ER} < \gamma \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.4)$$

$N_{i,old} - (\bar{N}_{i,old} + \Delta\beta) = 0$ 일 때, 모든 연결은 병목 연결이 되고, 이 때의 명시율은 사용하지 않는 대역폭 $C_{nb,old} - \Delta\lambda$ 로 정한다.

명시율의 초기 조건은,

$$\gamma_{new} = \begin{cases} C, & \text{if } N_{l,new} = 0, \\ \frac{C_{nb,old} - \Delta\lambda}{N_{l,new} - \bar{N}_{l,new}}, & \text{if } N_{l,new} > \bar{N}_{l,new}, \\ C_{nb,old} - \Delta\lambda, & \text{if } N_{l,new} = \bar{N}_{l,new}. \end{cases} \quad (2.5)$$

이고 링크 l 의 활성 연결(active connection) 수가 변하지 않았다면, $\bar{N}_{l,new} = \bar{N}_{l,old} + \Delta\beta$ 이고 $N_{l,new} = N_{l,old}$ 가 된다.

사용하지 않은 대역폭 $C_{nb,old}$ 는 이전 명시율 (γ_{old})을 사용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C_{nb,old} = \begin{cases} \gamma_{old}(N_{l,old} - \bar{N}_{l,old}), & \text{if } N_{l,old} > \bar{N}_{l,old}, \\ \gamma_{old}, & \text{if } N_{l,old} = \bar{N}_{l,old}. \end{cases} \quad (2.6)$$

ER 마킹을 한 후에 명시율을 갱신하는 업데이트 명시율, γ_U 와 ER 마킹을 위해 사용된 명시율로서 제공된 명시율(Offered Advertised Rate), γ_O 는 다음 값들을 사용하여 계산한다.

$$\gamma_U \begin{cases} \Delta\beta = \beta_{i,new} - \beta_{i,old} \\ \Delta\lambda = \lambda_{i,new} - \lambda_{i,old} \\ N_{l,new} = N_{l,old} \\ \bar{N}_{l,new} = \bar{N}_{l,old} + \Delta\beta \end{cases} \quad (2.7)$$

$$\gamma_O \begin{cases} \Delta\beta = 0 - \beta_{i,old} \\ \Delta\lambda = 0 - \lambda_{i,old} \\ N_{l,new} = N_{l,old} \\ \bar{N}_{l,new} = \bar{N}_{l,old} - \beta_{i,old} \end{cases} \quad (2.8)$$

III. 제안된 알고리즘

전송망의 링크에는 CBR, rt-VBR, nrt-VBR 서비스들이 다중적으로 사용되고 남은 대역폭은 ABR서비스로 이용된다. ABR 서비스는 셀 손실율(CLR)을 줄이기 위해 피드백 제어에 의해 송신원의 전송률을 제어한다. 퍼지이론은 개념적으로 이해가 쉽고 유연성이 있어서 여러 응용분야에 사용되고 있다.

이와 같이 여러 응용 분야에 사용되는 퍼지 이론을 더욱더 체계적인 논리로 정의를 할 수 있는데 다음과 같이 정의를 할 수가 있다.

<퍼지 논리의 정의>

- 불확실한 인간의 근사적 추론 방법을 모델링 하기 위한 논리적 체계.
- 한계가 명확하지 않은 퍼지 집합이론에 등급을 줌으로서 집합론의 일반화된 형태를 현실 세계에 적용하려는 논리체계.
- 퍼지집합은 귀속도, 귀속함수로 집합을 표현하는 형태이다. 귀속도는 퍼지 부분집합의 각 원소가 전체집합에 속하는 정도를 $[0, 1]$ 사이의 실수 값으로 표현. 이와 같이 정의된 퍼지 논리를 제어를 해야하는데 이러한 퍼지 제어의 기본적 구조는 다음과 같이 4단계로 구성된다.^[7]

1. 퍼지화 단계
2. 지식 베이스 구축 단계
3. 의사 결정 단계
4. 비퍼지화 단계

퍼지 트래픽 제어 모형은 그림 3.1과 같이 송신원(VS)과 수신원(VD) 사이에 폐 루프가 형성되어 RM 셀에 의해 제어를 받는 모형이다.

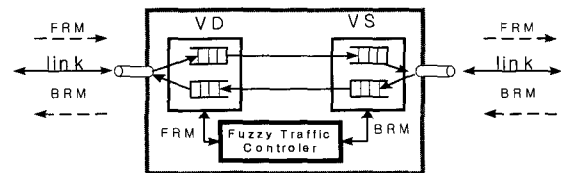


그림 3.1 퍼지 트래픽 제어 구조
Fig. 3.1 Fuzzy traffic model.

퍼지 트래픽 추론기에서는 퍼지입력변수로 버퍼의 변화량($\Delta\lambda$)과 ER변화량($\Delta\beta$)을 입력 받아 퍼지추론을 실시하고 ACR값을 조정해 주는 역할을 한다. 두 가지 ($\Delta\lambda, \Delta\beta$)변화량을 가지고 퍼지 용어 집합을 만들 수 있는데 다음과 같다.

<퍼지 용어 집합>

$\Delta\lambda$ (ER 변화량)=(음, 양) =(N, P)

$\Delta\beta$ (버퍼 변화량)=(적음, 중간, 많음)=(L, M, H)

$\Delta\lambda + \Delta\beta$ =(유지, 약간줄임, 중간정도줄임, 많이줄임)

위에서 규정한 용어 집합을 기반으로 표 1과 같이 퍼지 제어 규칙을 만들 수 있다.

표 1. 퍼지 제어 규칙
Table 1. Rule of fuzzy control.

	$\Delta\lambda$	$\Delta\beta$	ACR 변화
1	P	L	유지
2	P	M	유지
3	P	H	약간 줄임
4	N	L	약간 줄임
5	N	M	중간정도 줄임
6	N	H	많이 줄임

퍼지 제어 규칙에 맞게 ACR의 변화를 주기 위해 ER 값을 계산해야 한다. 아래와 같은 식(3.1)으로 계산이 된다.

$$BRM \text{의 } ER = \max(\lambda_i - \alpha \cdot \Delta\lambda_i, \lambda_{i_MCR}) \quad (3.1)$$

$$\alpha : \begin{cases} \text{weight factor} & 0 < \alpha < 1 \\ \rightarrow \text{많이 줄임, 중간정도 줄임, 약간 줄임} \\ \text{state에 따라 결정} \end{cases}$$

$$\hat{\lambda}_i = \Delta\beta \cdot \text{cellsize} / T$$

$$\Delta\lambda_i = (\lambda_i - \hat{\lambda}_i)T + \hat{\lambda}_i$$

λ_i : ith FMMRA의 ER 값

$\hat{\lambda}_i$: 이전 ER 값

$\Delta\lambda_i$: BRM 셀이 도착할 때 까지 초과될 예상 buffer Rate

Rate

$\hat{\lambda}_i$: $\Delta\beta$ 의 Rate

$\Delta\beta$: ith VC의 buffer size와 last FRM의 buffer size의 차

λ_{i_MCR} : ith FMMRA의 ER값의 MCR값

T : link delay

$\hat{\lambda}_i$ 는 RM셀이 도착할 동안 변화하는 buffer의 변화량이다. $(\lambda_i - \hat{\lambda}_i)T$ 는 ER의 변화량에 따라서 변화하는 buffer의 변화량이다. BRM의 ER 값 계산식에서 ER값을 조정하는 가장 중요한 값은 α 값이다. 식(3.1)에 있는 α 값을 조정함으로써 ER값을 계산하게 된다. α 값은 0 과 1사이의 값으로 조정하게 되는데 이 부분이 앞에서 제안한 퍼지 집합과 퍼지 제어규칙을 가지고 알고리즘에 퍼지 이론이 적용된 부분이다.

IV. 시뮬레이션 및 성능 평가

1. 모의실험 트래픽

모의실험의 트래픽은 4개의 ABR 트래픽과 1개의 VBR 트래픽으로 이루어져있다. ABR 트래픽 파라미터는 표 2와 같다.

표 2. ABR 트래픽 파라미터
Table 2. ABR traffic parameter.

VC#	PCR	MCR	ICR	NRM
1	155 Mbps	10 Mbps	40 Mbps	32
2	155 Mbps	10 Mbps	60 Mbps	32
3	155 Mbps	10 Mbps	80 Mbps	32
4	155 Mbps	15 Mbps	100 Mbps	32

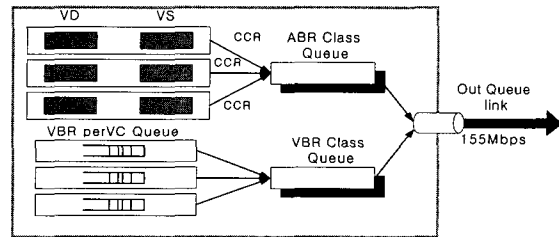


그림 4.1 스위치 내부 구조

Fig. 4.1 Internal switch. structure.

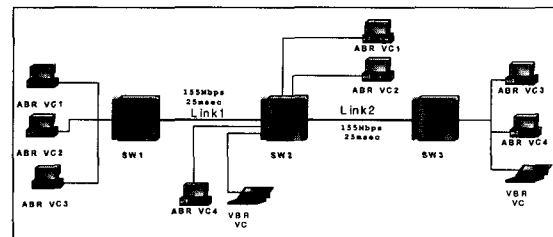


그림 4.2 모의실험 네트워크 모델

Fig. 4.2 Simulation Network Model.

그림 4.1는 실제 시뮬레이션에 사용된 스위치의 내부 구조를 보여주고 있다. VBR은 On-off 트래픽으로 평균 On 주기는 20msec이고, Off 주기는 80msec이다. On 상태일 때 전송속도는 50-80Mbps로 균등분포로 발생하고, Off때 데이터는 발생하지 않는다. 그림 4.2는 모의실험에 사용된 네트워크모델이다. 스위치간의 링크지연시간

은 25msec로 WAN환경을 모델링하였다. 백본네트워크의 대역폭은 155.5Mbps이다.

2. 시뮬레이션 결과 및 분석

그림 4.3, 4.4는 ABR VC 송신원의 ABR 트래픽 분포이다. ABR VC3는 링크 1에서 약 52 Mbps로 bottleneck 되어 있고, VC4는 VBR VC 트래픽에 영향을 크게 받는다. VBR이 Off 상태일 때, VC4는 약 100Mbps로 전송할 수 있고, VBR이 On 상태일 때, VC3, 4는 43Mbps로 공평하게 할당받는다.

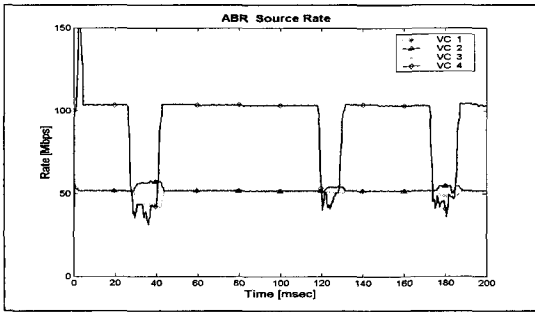


그림 4.3 ABR 소스 트래픽율(FMMRA)
Fig. 4.3 ABR source traffic rate (FMMRA).

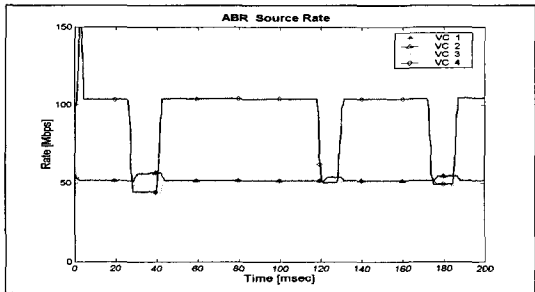


그림 4.4 ABR 소스 트래픽율(제안된 알고리즘)
Fig. 4.4 ABR source traffic rate(Proposed Algorithm).

그림 4.5, 4.6은 각각 FMMRA와 제안된 알고리즘의 SW2에서 per-VC큐의 셀 수를 보여준다. FMMRA의 경우, VBR VC가 On-off 상태전환이 발생할 때마다, 큐에 셀이 계속해서 쌓이는데, VBR이 on될 때 SW2에서 VC4의 버퍼가 140셀 만큼 증가하는데 VC4와 SW2사이의 링크 지연이 1msec이어서, VC4가 100Mbps에서 42Mbps로 변화되는데 변화량이 1msec동안 반영이 안되어서 1msec동안 58Mbps의 잉여속도로 140셀이 쌓인다. 그 이유는 On-off 상태전환이 있을 때 앞단에서 reate 조정값이 들어간 BRM셀을 보내서 뒷단에 도착하

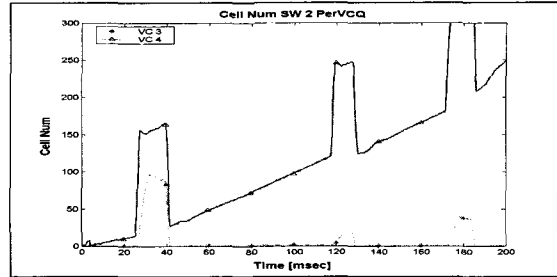


그림 4.5 SW2에서 per-VC큐의셀수 (FMMRA)
Fig. 4.5 Cell-num. of per-VC queue at SW2(FMMRA).

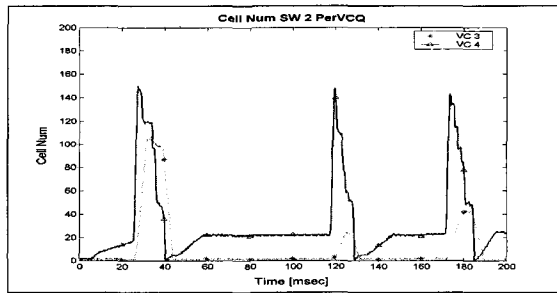


그림 4.6 SW2에서 per-VC큐의 셀수(제안된 알고리즘)
Fig. 4.6 Cell-num. of per-VC queue at SW2 (proposed algorithm).

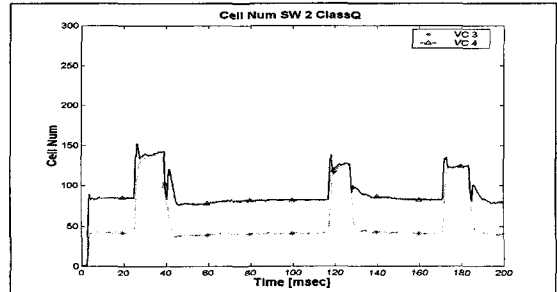


그림 4.7 SW2에서 class큐의 셀수(FMMRA)
Fig. 4.7 Cell-num. of class queue at SW2(FMMRA).

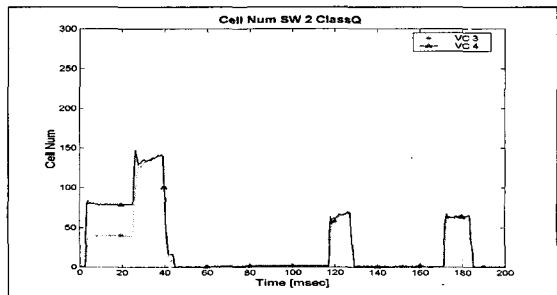


그림 4.8 SW2에서 class큐의 셀수(제안된 알고리즘)
Fig. 4.8 Cell-num. of class queue at SW2(proposed algorithm).

기전에 새로운 셀을 보내기 때문에 줄어들지 못하고 계속해서 증가한다. 제안된 알고리즘의 경우, VBR이 on될 때 변화만 보이고, off일 때는 일정한 모습을 보여준다.

그림 4.7, 4.8은 SW2에서 클래스 큐의 셀 수를 보여준다. FMMRA의 경우 셀이 완전히 줄어들지 않고 계속 남아 있고, 제안된 방식은 VBR이 On 상태일 때를 제외하고는 셀이 쌓이지 않고 바로 바로 전송하는 것을 보여준다.

V. 결 론

ABR 흐름제어 알고리즘의 중요한 요구 조건은 ABR 버퍼의 안정성, 높은 수율, 낮은 셀 손실, 대역폭의 공정한 할당, 변동하는 망 환경변화에 빠른 적응, 빠른 응답 특성, 적은 계산 복잡도와 알고리즘 구현의 용이성 등을 들 수 있다.

본 논문에서는 링크의 가용 대역을 좀더 효율적으로 사용하기 위한 퍼지 기반 트래픽 제어 방식을 제안하였다. 이로 인해 결과에서도 알 수 있듯이 그림 4.3, 4.4에서는 VBR이 Off 상태일 때, VC4는 약 100Mbps로 전송할 수 있고, VBR이 On 상태일 때, VC3, 4는 43Mbps로 공평하게 할당하므로써 공평성을 만족하였고, 그림 4.5, 4.6에서는 FMMRA의 경우, VBR VC가 On-off 상태전환이 발생할 때마다, 큐에 셀이 계속해서 쌓이는데, 제안된 알고리즘의 경우, VBR이 on될 때 변화만 보이고, off일 때는 일정한 모습을 보여준다. 그림 4.7, 4.8에서는 매우 낮은 버퍼 점유율을 보여주고 있다. FMMRA의 경우 셀이 완전히 줄어들지 않고 계속 남아 있고, 제안된 방식은 VBR이 On 상태일 때를 제외하고는 셀이 쌓이지 않는 것을 보여준다. 따라서 VS/VD 구조에는 FMMRA 방식보다 퍼지기반 트래픽 제어방식이 링크와 메모리의 이용률이 안정적이고 링크의 이용을 효율적으로 사용함을 알 수 있었고, 구현 복잡도 면에서는 기존

의 FMMRA 방식과 큰 차이는 없었다. 따라서 복잡도 면에서 큰 차이를 보이지 않는 반면 성능면에서는 효율적임을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] ATM Forum, ATM Forum Traffic Management Specification Version 4.1.
- [2] Ambalavanar Arulambalam, Xiaoqiang Chen, "An Intelligent Explicit Rate Control Algorithm for ABR Service on ATM Networks", IEEE, 1997.
- [3] 유재택, 김용우, 이진이, 이광형 "ABR 서비스에서의 퍼지 트래픽 제어방식, 한국 정보처리학회, 1996. 12
- [4] 정명수, 김남희, 김변근, 전병실, "ATM 망에서 효율적인 ABR 트래픽 전송률제어에 관한 연구", 한국통신학회, 2000. 5.
- [5] 조유제, "ABR 서비스를 위한 폭주제어 기술 동향", 텔레콤 제 11권 제 1호, 1995, 6
- [6] W. K. Lai, J. Y. Tsai, "A flow control scheme on ATM networks with max-min fairness," Computer Communications, vol. 22 no. 6, Apr. 1999.
- [7] Y. Ahmet Sekercioglu, Andreas Pitsillides, "Fuzzy Congestion Control in Asynchronous Transfer Mode(ATM) Network," International Conference on Telecommunication, Apr. 1995.
- [8] H. T. Kung et al, "Flow Controlled Virtual Connections Proposal for ATM Traffic Management," ATMF 94-0632R2, Sep. 1994.
- [9] 강훈, 이승희, "ATM망에서 ABR 서비스 제공을 위한 흐름 제어 기능 설계", 한국통신학회논문집, vol. 23, no. 5, pp. 1208-1221, May. 1998

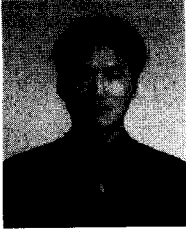
저 자 소 개

朴 玄(學生會員) 第39卷 TC編 第4號 參照



丁 光 日(學生會員)

1997년 2월 : 전북대학교 전자공학과(공학사). 1999년 2월 : 전북대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 2001년 2월 : 전북대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료 <주관심 분야 : ATM 트래픽 흐름제어, 라우팅알고리즘, 초고속 인터넷>



鄭 銘 秀(學生會員)

1997년 2월 : 원광대학교 전자공학과(공학사). 2000년 2월 : 전북대학교 전자공학과(공학석사). 2000년 3월~현재 : 전북대학교 전자공학과 박사과정. <주관심분야 : ATM 트래픽제어>

鄭 昞 澤(正會員) 第39卷 TC編 第4號 參照

田 炳 實(正會員) 第39卷 TC編 第4號 參照