

논문 2004-41TC-10-9

# ATM 망에서 서버의 서비스율 예측을 위한 퍼지 규칙 기능 검증에 관한 연구

(A Study on Fuzzy Rule Functional Verification for Service ratio  
Prediction of Server in ATM Networks)

정 동 성\*, 이 용 학\*\*

(Dong-Seong Jeong and Yong-Hak Lee)

## 요 약

본 논문에서는 ATM 망에서의 효율적인 트래픽 제어를 위하여 언어적인 규칙과 퍼지 추론부로 구성되는 퍼지 로직에서 퍼지 규칙을 생성하였다. 퍼지 규칙 내부에 포함된 제어 파라미터들은 주어진 성능 함수를 최소화하도록 학습된다. 즉, 전체 트래픽 도착율과 버퍼의 점유율에 따라 퍼지집합 이론을 통하여 추론한 후 그 비퍼지화값으로 접속된 트래픽에 대해 서버에서의 서비스율을 제어하도록 하였다. 또한, 생성된 퍼지 규칙의 타당성을 검증하기 위하여 MATLAB6.5에서와 온라인 빌드업으로 규칙에 대한 실험결과를 보인다. 그 결과, 전체 트래픽 도착율과 버퍼의 점유율에 따라 효율적으로 서버에서의 서비스율이 제어됨을 확인하였다.

## Abstract

In this thesis, we created a Fuzzy rule in a Fuzzy logic that are Fuzzy logic which is composed of linguistic rules and Fuzzy inference engine for effective traffic control in ATM networks. The parameters of the Fuzzy rules are adapted to minimize the given performance index in both cases. In other words, the defuzzification value controls the service rate in the server to total traffic arrival ratio and buffer occupancy ratio using fuzzy set theory for traffic connected after reasoning. Also, show experiment result about rule by MATLAB6.5 and on-line build-up to verify validity of created Fuzzy rule. As a result, we can verify that service ratio in server is efficiently controlled by the total traffic arrival ratio and buffer occupancy ratio.

**Keywords** : ATM, Fuzzy, PBS, Priority Control Scheme

## I. 서 론

ATM 서비스들의 특징은 정보의 전송지연과 손실에 따라 각기 다른 QoS를 가진다. 따라서 ATM 망은 트래픽이 요구하는 지연시간과 손실의 정도에 따라 트래픽을 제어하는 우선 순위 제어 기법으로 시간 우선 순위

제어와 손실 우선 순위 제어를 사용한다<sup>[1]</sup>. 이처럼 다양한 트래픽을 효과적으로 처리해야 하는 ATM 망의 서로 다른 특성 때문에 각기 다른 성능 기준을 만족시킬 수 있도록 해야 한다. 그 예로 음성에서는 차단확률을 최소로 하여야 하고 데이터에서는 평균 통신망 지연시간을 최소로 하여야 한다. 이 두 기준은 상호간에 영향을 미치게 되어 최적의 값을 결정하는데 문제점이 나타나고 있다. 이와 같이 통신분야에서 발생하는 많은 설계 및 제어 문제는 상호 모순을 내재하고 있는 복수 성능 기준을 만족시켜야 한다. 따라서 퍼지 집합을 이용한 해석(퍼지 의사 결정)이 적합한 분야이기도 하다<sup>[2][3]</sup>.

1965년 Zadeh<sup>[4]</sup>에 의해 학술전문지 "Information &

\* 정회원, 제주대학교 공과대학 첨단기술연구소  
(Research Institute of Advanced Technology,  
College of Eng. Cheju National University)

\*\* 정회원, 제주대학교 공과대학 통신컴퓨터공학부  
(Faculty of Telecomm. and Computer Eng. Major  
of Telecomm. Eng., College of Eng. Cheju National  
University)

접수일자: 2004년4월15일, 수정완료일: 2004년10월13일

Control"에 발표된 퍼지 논리(fuzzy logic)는 보통집합의 확장 개념으로서 어떤 사실이 얼마나 정확한가를 사람이 느끼는 감각에 맞추어 확률로 나타냄으로 애매한 정보를 효과적으로 처리할 수 있어 최근에 그 응용 범위가 확대되고 있다. 특히 퍼지 논리를 이용한 퍼지 논리 제어기(fuzzy logic controller)는 제어 대상의 연산에 있어서 정확한 수학적 모델링이 불필요 하고 단순한 방법의 연산과정만으로 가능하므로 하드웨어 구현이 쉬우며, 연산은 병렬처리 계산을 가능케 하여 제어속도가 빠르다는 잇점을 갖는다.

ATM 망은 사용자와 망이 요구하는 성능을 만족시키기 위하여 호 수락 제어(CAC : call admission control), 사용자 파라미터 제어(UPC : usage parameter control), 우선 순위 제어(PC : priority control), 폭주 제어(CC : congestion control) 등의 트래픽 제어를 제공하고 있다. 이들은 셀 기반의 방안과 호 기반의 방안으로 나뉘어 있는데 셀 기반 제어 방식은 주로 버퍼의 오버플로우나 셀의 대기로 인한 지연, 손실을 통하여 평가된다<sup>[5]</sup>. 반면에 호 기반 제어 방식의 성능은 가상 채널(VC : virtual channel)연결 설정 실패 확률에 의하여 평가된다. 즉 VC의 연결 설정에 대하여 완화된 정책을 사용하는 경우는 셀 기반의 성능에서 손실이나 버퍼의 오버플로우로 인한 성능 저하를 예상할 수 있다. 따라서 망을 보호하고 망 자원을 최적으로 사용하기 위해서는 서로 상호 보완 관계를 가지면서 제어되어야 한다<sup>[6]</sup>.

망 내에서 과잉 밀집이 발생하면 셀 손실률이 커지고 전송 지연도 커지게 된다. 그런데 B-ISDN에서는 각 서비스마다 요구되는 서비스 품질이 다르므로 이를 만족시키기 위해 과잉 밀집 발생시 셀 손실률 요구치가 낮은 서비스에 속한 셀들을 우선적으로 폐기시키고 전송 지연 요구 조건이 엄격한 서비스의 셀을 먼저 처리 할 필요가 있다. 따라서 우선 순위 제어가 필요하다. 우선 순위 제어는 크게 두 가지로 나눌 수가 있는데 스케줄링에 의한 지연 우선 순위 제어와 선택적 셀 폐기에 의한 손실 우선 순위 제어가 있다. 지연 우선 순위 제어는 지연 시간에 민감한 트래픽에 높은 우선 순위를 부여하여 버퍼의 상태와 각 패킷의 우선 순위에 따라 서비스하는 순서를 제어하는 것이며, 손실 우선 순위 제어는 각 트래픽의 손실 확률 요구 정도에 따라 서비스하는 순서를 제어하는 것이다. 그런데 지연 우선 순위 제어 방식을 그대로 손실 우선 순위 제어 방식으로 사용할 수가 없다. 그것은 버퍼에 오버플로우가 일어날 경우,

지연 우선 순위 제어에서는 요구되는 패킷 손실률에 관계없이 비선택적으로 패킷을 버리기 때문이다. 따라서 손실 우선 순위 제어로 사용할 수 있는 방식은 패킷 손실률에 따라 선택적으로 패킷을 폐기하는 방식이어야 한다<sup>[7]</sup>.

따라서 ATM 망 자원의 극대화와 QoS 보장을 목적으로 다양한 서비스 속성들을 셀 기반 제어에 속하는 우선 순위 제어 방식으로 부분 버퍼 공유(PBS : partial buffer sharing)기법이 있다. 이 기법은 트래픽 우선 순위를 고, 저순위 2개의 우선 순위 레벨로 정하여 구현하기가 쉽고 하드웨어적으로 처리할 수 있는 장점이 있는 반면에, 고정된 서비스율에 의해 셀을 확률적으로 폐기함으로써 망 자원의 이용을 저하시키는 문제점을 가지고 있다. 따라서 발생된 전체 트래픽 도착 세기와 현재 버퍼의 점유율에 따라 퍼지 집합 이론을 통하여 적합도 계산에 따른 퍼지 추론을 실시한다. 그리고 퍼지 추론후의 비퍼지화 값으로 접속된 트래픽에 대해 서버에서의 서비스율을 제어하도록 하는 퍼지 제어 알고리즘을 적용하기 위하여 본 논문에서는 좀 더 정확한 규칙을 생성하고자 한다. 이를 위하여 제어 규칙과 변수의 각 항의 집합을 구성하는 퍼지 지식 기반은 학습의 결과를 기초로 하는 MATLAB 6.5의 "fuzzy logic toolbox"을 이용하여 적절한 수준의 성능이 관찰될 때까지 계속 파라미터의 값을 변화시키면서 측정한 실험 자료를 근거로 서비스율 추론을 위한 퍼지 규칙을 생성시킨다. 그리고 생성된 규칙에 대하여 시간이 많이 소모되는 학습을 지양한 온라인 빌드업(on-line bulid-up) 과정인 직접 비교법을 이용하여 검증한다.

## II. 퍼지 제어 시스템의 이론

기본적으로 퍼지 제어기는 퍼지화기(fuzzification), 퍼지 추론기(fuzzy inference) 및 규칙기반 시스템(Knowledge Base System), 그리고 비퍼지화기(defuzzification)로 구성되어 있다. 퍼지화기는 입력 데이터를 적당한 퍼지 집합으로 변환하는 기능을 갖고 있으며, 규칙기반 시스템은 전문가의 경험등을 "IF-THEN"형의 문장으로 구성된 지식 베이스다. 그리고 퍼지 추론기는 규칙 베이스의 규칙을 이용 퍼지 입력에 대한 퍼지 출력을 추론하는 기능을 가지며 비퍼지화기는 추론기에서 출력한 값을 crisp한 제어값으로 변환시키는 기능을 갖는다. 이러한 퍼지 제어 시스템은 그림 1과 같다.

퍼지 시스템은 변수의 자료유형이 실수일 경우 연속

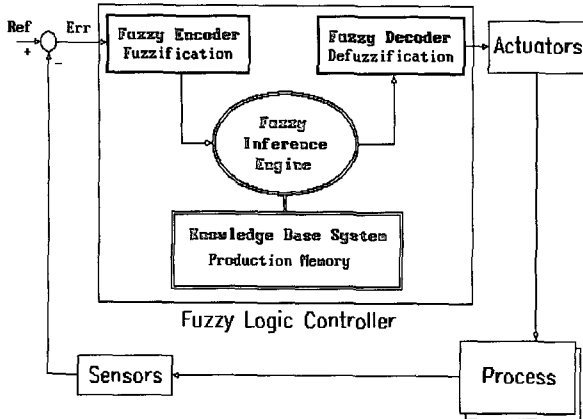
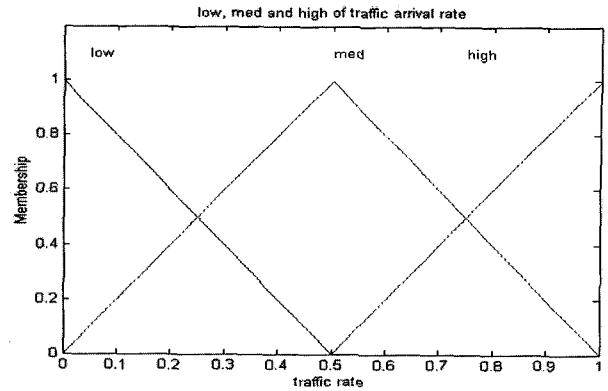
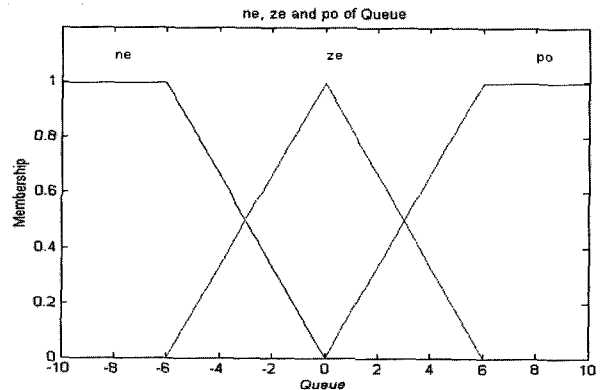


그림 1. 퍼지 제어 시스템의 기본 구조  
Fig. 1. Basis structure of Fuzzy control system.

적 퍼지시스템, 정수에 대응되는 경우 이산적 퍼지시스템이라고 부른다. 퍼지 제어를 설계할 때는 크게 3단계로 나눌 수 있는데, 첫째단계에서는 대상시스템의 입출력상태 및 퍼지 제어기의 방식을 결정하고 성능지표 결정과 퍼지 제어규칙의 생성 및 수정보완작업 그리고 강인성과 안정성에 대한 분석이 필요하며, 둘째단계에서는 코딩작업과 실시간 제어를 위한 효율최적화 및 사용메모리 최소화작업등을 하고, 마지막으로 세째단계에서는 퍼지 제어시스템을 하드웨어와 소프트웨어로 만드는 과정이 수행된다. 그림 2에서는 위에서 언급한 첫째 단계에서 전건부를 위한 전체 트래픽 도착 세기 ( $t$ )의 전건부 입력(상태)변수에 대한 퍼지 집합을 low, med (medium), high 등의 3가지 언어적 변수를 사용하였고, 현재 버퍼의 점유율 ( $b$ )의 전건부 입력(상태)변수에 대한 퍼지 집합은 임계 값 10을 기준으로 하여 *ne*(negative), *ze*(zero), *po*(positive) 등과 같이 3가지 언어적 변수로 표현하였다. 또한 후건부 출력변수에 대한 현 서버의 서비스율( $y_2$ )로 *vs*(very slow), *slow*, *mid*(middle), *fast*, *vf*(very fast)의 5단계로 표현한다. 그리고 퍼지 시스템의 입력값으로 사용하기 위하여 전체 트래픽 도착률의 입력 변수에 대한 소속함수는 트래픽 도착률의 최대값과 최소값 사이를 퍼지 분할 영역의 전체영역으로 하여 그림 2(a)와 같이 삼각 퍼지수로 분할한다. 또한 현재 버퍼 점유율의 입력 변수에 대한 소속함수는 임계값 10을 0으로 기준 하여 -10과 +10을 퍼지 분할 영역의 전체영역으로 하고, 다음의 식을 이용하며 그림 2(b)와 같이 구간별  $x_1$ ,  $x_2, x_3$  을 각각 -6, 0, +6으로 하여 삼각 퍼지수로 분할을 실시한다.



(a) 입력 변수에 대한 멤버십함수  
(전체 트래픽 도착율)( $T(t)$ )  
(a) Membership functions of input variable.  
(total traffic arrival ratio)( $T(t)$ )



(b) 입력변수에 대한 멤버십 함수  
(버퍼 점유율)( $T(b)$ )  
(b) Membership functions of input variable.  
(buffer occupancy ratio)( $T(b)$ )

그림 2. 퍼지 입력변수에 대한 멤버십 함수  
Fig. 2. The membership functions of Fuzzy input variable.

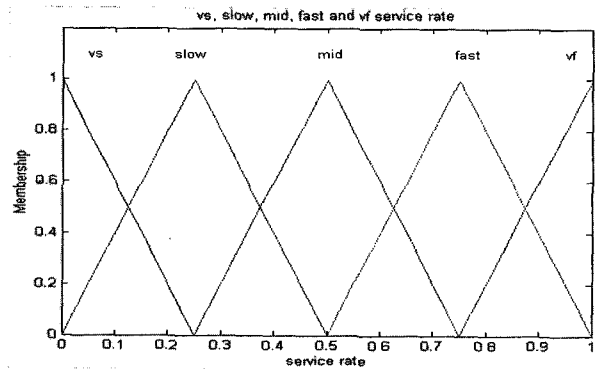


그림 3. 퍼지 출력변수에 대한 멤버십 함수  
(서버의 서비스율)( $T(y_2)$ )  
Fig. 3. The membership functions of Fuzzy output variable.  
(server service ratio)( $T(y_2)$ )

$$-10 \leq x \leq -6 \text{ 구간: } \mu_n(x) = 1 \quad (1)$$

$$-6 \leq x \leq 0 \text{ 구간: } \mu_n(x) = \frac{(x_2 - x)}{(x_2 - x_1)} \quad (2)$$

$$\mu_{ze}(x) = \frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} \quad (3)$$

$$0 \leq x \leq 6 \text{ 구간: } \mu_{ze}(x) = \frac{(x_3 - x)}{(x_3 - x_2)} \quad (4)$$

$$\mu_p(x) = \frac{(x - x_2)}{(x_3 - x_2)} \quad (5)$$

$$6 \leq x \leq 10 \text{ 구간: } \mu_p(x) = 1 \quad (6)$$

서버에서의 서비스 시간의 출력 변수에 대한 소속함수는 위와 마찬가지로 방법을 이용한 삼각 퍼지수를 사용하여 전체 트래픽의 도착률( $t$ )와 버퍼의 점유율( $b$ )에 따라 서버의 서비스율( $y_2$ )을 제어할 수 있도록 한다. 출력 변수의 퍼지화를 위한 소속 함수는 그림 3과 같이 설정한다.

### III. 서비스율 결정을 위한 퍼지 규칙 생성

입력 변수의 언어적인 표현으로 퍼지 제어 규칙을 생성한다. 퍼지 제어 시스템을 설계할 때는 개발 도구를 이용하여 제어하고자 하는 대상의 제어 목적에 따라 시스템의 입출력을 정의하고, 추론 방식을 결정하며, 메모리 내부의 규칙을 구한다. 따라서, 퍼지 제어에서 규칙을 유도하는 여러 가지 학습 방법이 연구되어 왔으며 이에 따라 성능이 얼마나 좋은가를 평가할 수 있다. 퍼지 제어의 규칙을 유도하는 여러 가지 학습 기법들은 전문가 지식에 의한 학습, 인공지능을 이용한 학습, 신경망을 사용한 학습, 유전 알고리즘을 적용한 학습 등으로 나뉜다. 그리고, 이러한 기법들의 규칙을 유도하는 방법, 그 장단점을 표 1에 나타내었다.

전문가 지식에 의한 학습 기법은 전문가들의 경험 및 숙련된 조작을 바탕으로 규칙을 만드는 방법이며, 인공지능에 의한 학습 기법은 상태 변화의 자료로부터 인공지능의 탐색을 이용하여 원하는 목표점으로 상태를 천이 시키며 규칙을 찾아내는 방법이다. 또한 신경망에 의한 학습 기법은 역전파 알고리즘등을 적용하여 신경망의 하중치를 학습하고 규칙을 나타내는 소속함수의 파라미터를 찾아내는 방법이며, 유전 알고리즘에 의한 학습 기법은 유전자로 규칙을 모델링하여 교차 및 돌연변이에 의해 변환하여 여러 세대중 최적의 규칙을 이루는 유전자 조합을 구하는 방법이다. 이처럼 퍼지 논리 제어기의 언

표 1. 퍼지 제어의 여러 가지 학습 기법

Table 1. Various learning scheme of a Fuzzy control.

퍼지 제어 학습 기법	규칙 유도 방법	장점	단점
전문가 지식	직관적인 관찰	간단하고 편리함	오차에 대한 분석이 임의적임
인공 지능	자료에 대한 상태변화 탐색	최적화 가능	많은 자료에 대한 탐색이 필요함
신경망 학습	벡터 양자화 및 파라미터 적용	실시간 학습	비교적 정확한 학습 자료가 필요함
유전 알고리즘	교차 및 돌연변이 연산자 사용	최적화 보장	많은 진화 연산자, 세대별 적합도 검색

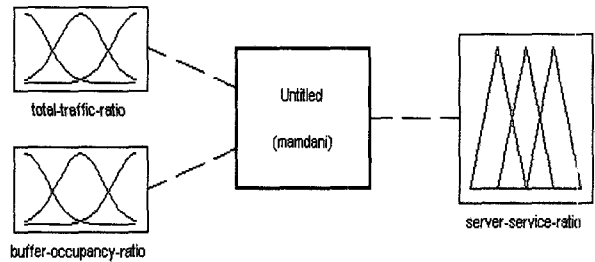


그림 4. 퍼지 규칙 생성을 위한 GUI 툴

Fig. 4. GUI tool for a Fuzzy rule generation.

어적 규칙을 얻는 방법은 여러 가지가 있으나 본 논문에서는 이 규칙들을 수학적이고 정량적이기보다는 정성적이고 언어적인 방법으로 제어규칙을 기술한다. 이 언어적 규칙의 집합은 퍼지 논리 제어기의 규칙에 기반을 이룬다. 퍼지 집합 이론에 의하여 퍼지 입력 변수는  $|T(h)| \times |T(l)|$ 과 같이 2차원 배열로 형성된다. 여기서  $|T(x)|$ 는  $T(x)$ 의 언어 변수 항들의 수이다.

본 논문에서는 버퍼내로 진입하는 전체 트래픽 세기와 버퍼의 현재 점유율에 따라 퍼지 추론에 의하여 서버의 서비스율을 설정하고자 한다. 이를 위해 퍼지 규칙 생성은 MATLAB 6.5 상에서의 "Fuzzy logic Toolbox"를 이용하여 단일 버퍼를 갖는다고 가정하고 적절한 수준의 성능이 관찰될 때까지 계속 파라미터의 값을 변화시키는 모의 실험을 통하여 결정하였다. 퍼지 논리 툴박스는 시뮬레이션 소프트웨어인 SIMULINK와 호환성을 가지며 일단 GUI 툴 또는 다른 방법을 사용하여 퍼지 시스템을 생성하면, 직접 시뮬레이션이 가능

하게 된다.

그림 4와 같은 GUI 틀을 이용하여 세 단계로 구성된 두 개의 입력 파라미터와 다섯 단계로 구성된 하나의 출력 파라미터의 조합으로 서비스율 추론을 위한 퍼지 규칙 알고리즘을 다음과 같이 설정하였고, 그 룰 베이스를 표 2에 나타내었다.

서비스율 제어의 SC(service\_ratio control) 규칙 생성 제어규칙에서  $t$ 는 전체 트래픽 도착률이고  $b$ 는 현재 버퍼의 점유율을 나타내며,  $y_2$ 는 서버에서의 서비스율 변화를 나타낸다.

A Fuzzy rule generation for a service ratio control:

If  $t = \text{low}$  and  $b = \text{ne}$  then  $y_2 = \text{vs}$

(만일 전체 트래픽 도착률이 low이고 현재 버퍼의 점유율이 ne이면 서버에서의 서비스율 변화를 vs로 하라)

or

If  $t = \text{low}$  and  $b = \text{ze}$  then  $y_2 = \text{slow}$

(만일 전체 트래픽 도착률이 nb이고 현재 버퍼의 점유율이 ze이면 서버에서의 서비스율 변화를 slow로 하라)

or

If  $t = \text{low}$  and  $b = \text{po}$  then  $y_2 = \text{mid}$

(만일 전체 트래픽 도착률이 low이고 현재 버퍼의 점유율이 po이면 서버에서의 서비스율 변화를 mid로 하라)

or

If  $t = \text{med}$  and  $b = \text{ne}$  then  $y_2 = \text{slow}$

(만일 전체 트래픽 도착률이 med이고 현재 버퍼의 점유율이 ne이면 서버에서의 서비스율 변화를 slow로 하라)

or

If  $t = \text{med}$  and  $b = \text{ze}$  then  $y_2 = \text{mid}$

(만일 전체 트래픽 도착률이 med이고 현재 버퍼의 점유율이 ze이면 서버에서의 서비스율 변화를 mid로 하라)

or

If  $t = \text{med}$  and  $b = \text{po}$  then  $y_2 = \text{fast}$

(만일 전체 트래픽 도착률이 med이고 현재 버퍼의 점유율이 po이면 서버에서의 서비스율 변화를 fast로 하라)

or

표 2. 서비스율 제어를 위한 퍼지 제어 규칙

Table 2. The Fuzzy control rule for service ratio control.

규칙	$t$	$b$	$y_2$
1	low	ne	vs
2	low	ze	slow
3	low	po	mid
4	med	ne	slow
5	med	ze	mid
6	med	po	fast
7	high	ne	mid
8	high	ze	fast
9	high	po	vf

If  $t = \text{high}$  and  $b = \text{ne}$  then  $y_2 = \text{mid}$

(만일 전체 트래픽 도착률이 high이고 현재 버퍼의 점유율이 ne이면 서버에서의 서비스율 변화를 mid로 하라)

or

If  $t = \text{high}$  and  $b = \text{ze}$  then  $y_2 = \text{fast}$

(만일 전체 트래픽 도착률이 high이고 현재 버퍼의 점유율이 ze이면 서버에서의 서비스율 변화를 fast로 하라)

or

If  $t = \text{high}$  and  $b = \text{po}$  then  $y_2 = \text{vf}$

(만일 전체 트래픽 도착률이 high이고 현재 버퍼의 점유율이 po이면 서버에서의 서비스율 변화를 vf로 하라)

이와 같이 반복 모의 실험을 통하여 얻어진 퍼지 규칙을 검증하기 위하여 시간이 많이 소모되는 학습을 지양한 온라인 빌드업 (on-line bulid-up)과정인 직접 비교법을 다음과 같은 과정으로 사용한다.

생성한 퍼지 규칙을 검증하기 위하여 먼저 주어진 데이터로부터  $t, b, y_2$ 의 급수를 결정한다. 그림 2(a)에서 퍼지 추론 시스템의 입력 값으로 사용하는 전체 트래픽 도착률( $t$ )을 “low” 부분에서의 멤버십 값의 하나를 취한다. 그리고 마찬가지로 현재 버퍼의 점유율( $b$ )이 “ne” 부분에서의 멤버십 값을 결정한다. 그 다음은 규칙으로 사용한 퍼지 추론 시스템의 출력 값( $y_2$ )으로 사용하는 “vs” 부분의 멤버십 값을 결정하고,  $t, b, y_2$ 에 최대의 급수를 갖는 소속함수를 지정한다. 즉,  $t$ 를 “low”로 결정하여  $b$ 을 “ne”로 지정하고  $y_2$ 을 “vs”로 지정한다. 마지막으로 입출력 데이터로부

표 3. 각 멤버십 값에 의한 서비스율 결과  
(트래픽 도착 세기가 low, 버퍼점유율 ne 일때)  
Table 3. Result of service ratio by each membership value. (traffic intensity is low, buffer occupancy is ne)

total traffic membership	buffer occupancy membership	service	
		rate	membership
1	1	0	1
0.9	0.9	0.067	0.729
0.8	0.8	0.1220	0.512
0.7	0.7	0.1643	0.343
0.6	0.6	0.1960	0.216
0.5	0.5	0.2188	0.125

터 한 개의 규칙을 생성하고 각각의 규칙에 급수 지정을 다음과 같이 한다.

$$y_{10}(rule) = \mu_A(t) \cdot \mu_B(b) \cdot \mu_Y(y_2) \quad (7)$$

여기에서 생성된 규칙에 대하여 각각 급수를 계산할 때, 만약 2개 이상의 퍼지규칙이 같은 전반부를 갖는다면 최대급수를 가지는 규칙만을 사용한다. 이런 과정을 통하여 전체 트래픽 도착 세기가 "low"이고, 현재 버퍼 점유율이 "ne" 일 때 퍼지 규칙 생성 결과는 표 3과 같다. 표 3의 결과에서 전체 트래픽 도착 세기가 "low"이고, 현재 버퍼 점유율이 "ne"일 때 규칙에 대하여 서비스율 설정은 0~5 부분으로 소속함수가 "vs"에 해당된다. 같은 방법을 이용하여 생성한 퍼지규칙을 검증한 결과 표 2와 같았다.

#### IV. 퍼지 추론 결과 분석

기존의 부분 버퍼 공유 기법(PBS)은 고정된 서비스율로 입력되는 전체 트래픽 도착 비율과 현재 버퍼의 점유 상태를 고려하지 않고 서비스하고 있어 트래픽 변화에 따른 망에서의 적절한 대응을 못하는 단점을 가지고 있다. 그러므로 다양한 응용 서비스를 수용해야 하는 ATM 망의 특성을 감안할 때, 버퍼에서의 상태 변화에 적절히 대응하지 못한다. 따라서 전체 트래픽 도착 비율과 현재 버퍼의 점유율에 따라 서버에서의 서비스율을 적절히 제어함으로써 ATM 망 자원을 효율적으로 이용하고 사용자의 서비스 품질을 만족시킬 수 있는지에 대한 퍼지 규칙을 검증한다. 전체 버퍼의 크기를 20, 단일 버퍼를 갖는다고 가정하고 생성된 퍼지 규칙

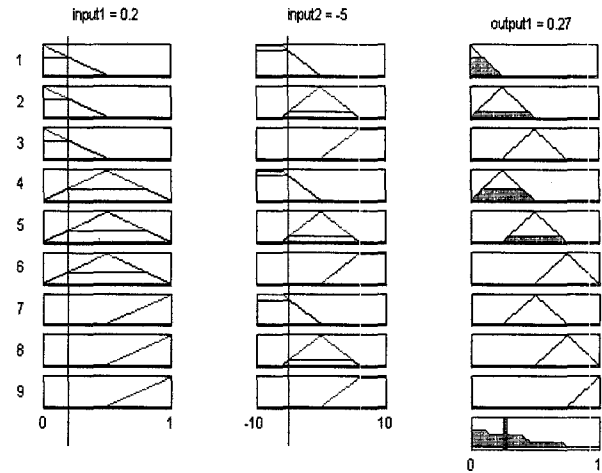


그림 5. 퍼지 추론후의 비퍼지화(서비스율) 값(  $t=0.2$ ,  $b=-5$ )

Fig. 5. The defuzzification(service rate) value after Fuzzy reasoning.(  $t=0.2$ ,  $b=-5$ )

에 의해 적절히 서버에서의 서비스율 제어가 이루어지고 있는지 각 트래픽의 특성에 따른 퍼지 추론을 MATLAB 6.5에서 실시한다. 여기에서 버퍼의 점유율은 임계값 10을 기준으로 점유율이 10보다 적을 때 "negative"로, 점유율이 10보다 클 때를 "positive"로 한다. 그리고 서버의 서비스율은 클수록 빠른 서비스 시간임을 나타내고 있다.

그림 5는 전체 트래픽 도착률(  $t$ )=0.2, 현재 버퍼의 점유율(  $b$ )=-5로 버퍼의 점유율이 음의 방향일 때의 퍼지 추론 후 비퍼지화값(서비스율)이 0.27로 나타난 결과이다. 여기에서 "input1"에 0.2인 전체 트래픽 도착율을 입력하고, "input2"에 버퍼의 전체 크기 20에서 10을 기준으로 "ze(zero)"로 하고 점유율이 10보다 적을 때 "ne(negative)", 점유율이 10보다 클 때 "po(positive)"로 사용하여 현재 -5의 점유율로 입력하여 퍼지 추론 후 비퍼지화 결과 12.7로 설정된 결과이다. 퍼지 추론 과정의 좌측의 숫자 1부터 9는 퍼지 제어규칙을 표시한 것이며, 어두운 부분의 의미는 퍼지 입력에 따른 규칙1부터 규칙9까지에서 입력에 따라 해당되는 적합도를 계산하여 나타난 것이다. 그리고 "input1"과 "input2"의 퍼지 연산 및 함의(implication) 과정으로 두 입력에 대한 교집합인 "min"합성의 결과를 서버에서의 서비스율로 사용하기 위하여 "output1"의 어두운 부분으로 나타내었다. 또한 오른쪽 밑에 것은 서버의 서비스율 최대 1을 표시하며, 퍼지 연산 및 함의 과정 후 비퍼지화 과정을 보이는 것이다. 규칙1부터 규칙9까지의 퍼지 연산 및 함의 과정 결과에서 합집합인 "max"합성으로 계산하고,

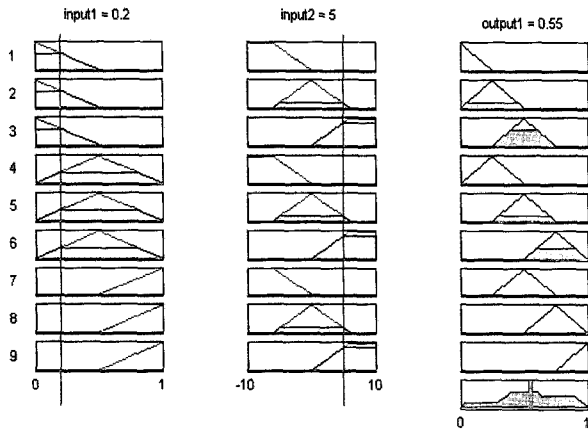


그림 6. 퍼지 추론후의 비퍼지화(서비스율) 값  
( $t=0.2, b=5$ )

Fig. 6. The defuzzification(service rate) value after Fuzzy reasoning.( $t=0.2, b=5$ )

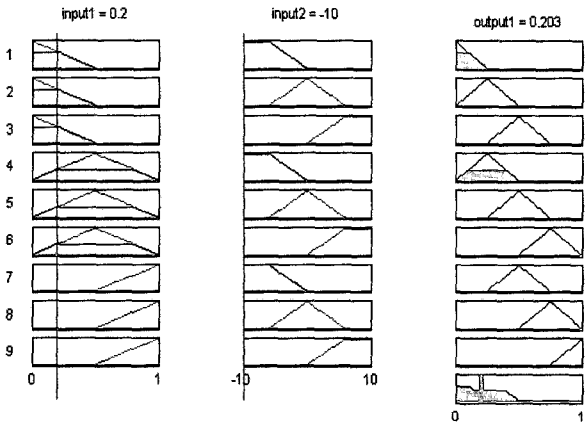


그림 7. 퍼지 추론후의 비퍼지화(서비스율) 값  
( $t=0.2, b=-10$ )

Fig. 7. The defuzzification(service rate) value after Fuzzy reasoning.( $t=0.2, b=-10$ )

그 결과에서 우측 맨 밑은 퍼지 집합에 대한 크리스프 숫자인 제어기 출력을 식(8)의 무게중심값 비퍼지화 방법으로 계산된 서버에서의 서비스율을 나타낸다. 전체 트래픽이 적은 도착률을 보이고 있고, 현재 버퍼를 점유한 트래픽율이 낮아 그에 따른 서버에서의 서비스율을 보이고 있다. 따라서 트래픽 도착 비율과 버퍼에서의 점유율에 따라 적절하게 서비스율을 제어한다면, 과잉 밀집 현상이 발생했을 때는 빠른 서비스율로 경로를 선택하여 연결된 트래픽에 대하여 서비스한다. 이러한 효과적인 트래픽 제어를 통하여 망에서의 과잉 밀집을 미리 방지함으로써 망 자원을 보호하고 사용자의 서비스 품질을 만족시킬 수 있다.

$$y_0 = \frac{\int \mu_c(x) \cdot x \, dx}{\int \mu_c(x) \, dx} \quad (8)$$

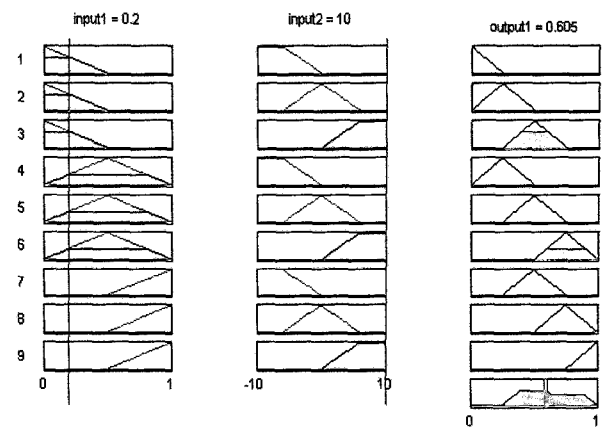


그림 8. 퍼지 추론후의 비퍼지화(서비스율) 값  
( $t=0.2, b=10$ )

Fig. 8. The defuzzification(service rate) value after Fuzzy reasoning.( $t=0.2, b=10$ )

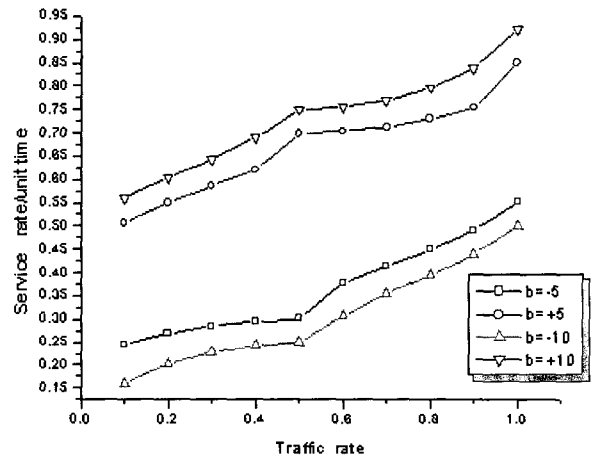


그림 9. 트래픽율에 의한 서버에서의 서비스율  
Fig. 9. The service ratio in server by traffic ratio.

그림 6은 전체 트래픽 도착률( $t$ )=0.2, 현재 버퍼의 점유율( $b$ )=5로 버퍼 점유율이 양의 방향으로 늘어날 때의 퍼지 추론 후 비퍼지화값(서비스율)이 0.55로 나타난 결과이다. 그림 23에서의 버퍼 점유율 -5에서 보다 현재 버퍼를 점유한 셀이 많아 그에 따라 서버에서의 서비스율을 증가시켜 한가한 경로로 선택하여 연결된 트래픽을 서비스해야 함을 알 수 있다.

그림 7은 전체 트래픽 도착률( $t$ )=0.2, 현재 버퍼의 점유율( $b$ )=-10으로 버퍼 점유율이 음의 방향으로 감소할 때의 퍼지 추론 후 비퍼지화값(서비스율)이 0.203으로 나타난 결과이다. 그림 23에서의 버퍼 점유율 -5에서 보다 현재 버퍼를 점유한 셀이 감소함에 따라 서버에서의 서비스율을 감소시켜 연결된 트래픽에 대하여 서비스할 수 있음을 알 수 있다.

그림 8은 전체 트래픽 도착률( $t$ )=0.2, 현재 버퍼의

점유율( $b$ )=10으로 버퍼 점유율이 양의 방향으로 늘어날 때의 퍼지 추론 후 비퍼지화값(서비스율)이 0.605로 나타난 결과이다. 그림 24에서의 버퍼 점유율 5보다 현재 버퍼를 점유한 셀이 더욱 많아짐에 따라 그에 따라 서버에서의 서비스율을 증가시켜 연결된 트래픽을 서비스해야 함을 알 수 있다.

그림 9는 버퍼 점유율이 -5, 5, -10, 10 일 때, 트래픽 세기에 따른 퍼지추론 결과로 서버에서의 서비스율을 나타낸 것이다. 현재 버퍼의 점유율이 높으면 서버에서의 서비스를 빠르게 처리하여 버퍼의 점유율을 감소시킴으로서 도착하는 셀에 대한 손실률을 감소시킬 수 있도록 하고, 현재 버퍼의 점유율이 낮으면 서버에서의 서비스를 서서히 처리하도록 함으로서 다른 통신 사용자가 망을 효율적으로 이용할 수 있도록 한다. 따라서 퍼지 집합에서의 규칙을 적절히 적용함으로써 효율적인 버퍼 제어를 하고 있음을 알 수 있고, 전체 트래픽 도착 세기와 현재 버퍼의 점유율 상태에 따라 서버에서의 서비스율을 적절하게 제어함으로써 망 자원의 효율적 이용과 사용자의 서비스 품질을 보장해줄 수 있음을 확인할 수 있다.

## V. 결 론

ATM 망은 다양한 서비스 트래픽을 통계적 다중화 방식으로 전송하므로 망 자원의 이용율을 극대화할 수 있는 장점을 가지고 있지만 효과적인 트래픽 제어를 하지 못하면 과밀이 발생하여 트래픽의 QoS를 보장하지 못하게 된다. 제공하는 서비스마다 요구 품질이 다르고 QoS도 연결 호마다 다르다. 그러므로 ATM 망에서는 망의 과밀에 의한 셀 손실의 최소화와 망 자원 이용의 극대화를 서로 상충되는 목표를 달성해야 한다.

퍼지 제어는 불확실성에 대처할 수 있는 강인한 추론 기능을 가지고, 소프트웨어와 하드웨어의 범용성이 높으며, 복잡한 모델의 설정이 필요없는 장점을 가지고 있으므로, 본 논문에서는 ATM 망에서의 효율적인 서비스를 위하여 우선순위 제어 기법인 부분 버퍼 공유 기법이 갖고 있는 고정된 서비스율을 제어할 수 있도록 하고자 하였다. 즉 전체 트래픽 도착 세기와 현재 버퍼 점유율에 따라 동적 서비스율을 가지고 ATM 망에서의 상충되는 목표에 부합되도록 하는 퍼지 추론을 위한 퍼지 규칙을 생성하였다. 그리고 생성된 퍼지 규칙에 대하여 직접 비교법으로 검증한 결과, 같은 결과를 얻어 규칙의 적합함을 확인하였다. 또한 생성한 퍼지 규칙으

로 서버의 서비스율에 대하여 퍼지 추론을 전체 트래픽 도착 세기와 버퍼 점유율을 다르게 하여 분석한 결과에서도 트래픽 세기와 버퍼 점유율에 따라 적절한 서비스율을 보임으로써 효과적인 트래픽 제어의 가능성을 확인하였다. 앞으로의 연구과제로는 안정성이나 최적성을 보장해주는 퍼지 제어 규칙을 유도하는 데 다소 어려움이 있기에 퍼지 규칙을 유도하는 여러 가지 학습 기법들과 연계하여 개발한다면 보다 유연하고 안정되며 강인한 퍼지 제어 규칙을 자동적으로 구할 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] R. Handel, M. N. Huber and S. Schroder, "ATM Networks concepts, protocols, applications", Addison-Wesley, 1994.
- [2] CCITT Draft Recommendation I.371, "Traffic control and congestion control in B-ISDN", SG XVIII, Geneva, Switzerland, June 1992.
- [3] S. E. Minzer, "Broadband ISDN and Asynchronous Transfer Mode(ATM)", IEEE Comm. magazine, pp.17-24, sep. 1989.
- [4] J. C. Bezdek, S. K. Pal, Fuzzy Models For Pattern Recognition, IEEE Press., 1991.
- [5] Walter, J. Goralski, Introduction to ATM Networking, by McGraw-Hill, 1995.
- [6] P. Yegari, M. Krunz and H. Hughes, Congestion Control Schemes in Prioritized ATM Networks, IEEE ICC, pp.1169~1173, 1994.
- [7] J. S. C. Cheng, and R. Guerin, Performance Study of an Input Queueing Packet Switch with Two Priority Classes, IEEE Trans. Commun., Vol.39, No.1, pp.117~126, 1991.
- [8] T. Kitami, Tokizawa, I., Cell Loss Compensation Schemes in an Asynchronous Broadband ISDN, IEEE INFOCOM'90, pp.116~123, 1990.
- [9] Mark H. Beale and Hpeard B. Demuth, "Fuzzy System Tool Box For Use with MATLAB", PWS Publishing Company, 1995.
- [10] Qingyang Hu, Davidw. Petr, Cameron Braun, 1996, Self-tuning Fuzzy Traffic Rate Control for ATM Networks, IEEE, pp. 424-428.
- [11] 정현숙, 신호영, 박호균, 류황빈, 1994, ATM 망에서 두 개의 임계값을 갖는 PBS 기법에 관한 연구, 한국통신학회 논문지, Vol.19, No.1, pp.56~65.
- [12] 임주환, 성단근, 한치문, 김영선, 1998, ATM 교환, 한국통신학회 정보통신기술 총서 2, 한국통신학회·홍릉과학출판사.
- [13] 김주현, 김본일, 이동호, 2000, ATM 망에서 퍼지



동적 이중 웨이핑 기법을 이용한 트래픽 제어, 한국통신학회논문지, Vol.25, No.2B, pp. 256-264.

[14] 정동성, 이용학, 2000, ATM 망에서 트래픽 서비스율 예측을 위한 퍼지 제어 알고리즘에 관한 연구. 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집, 제 21권, 제 1 호, pp.746-751.

[15] 정동성, 이용학, 2002, ATM 망에서 버퍼의 임계값 예측을 위한 퍼지 제어 알고리즘에 관한 연구, 한국통신학회논문지, 제27권,제7C호, pp.664-669.

저 자 소 개



**정 동 성(정회원)**  
 1986년 제주대학교 통신공학과 학사 졸업.  
 1999년 제주대학교 통신공학과 석사 졸업.  
 2004년 제주대학교 전자공학과 박사 졸업.

1996년 3월~2004년 2월 제주관광대학 관광컴퓨터정보계열 전임강사  
 2004년 3월~현재 제주대학교 공과대학 첨단기술연구소 특별연구원  
 <주관심분야: ATM 트래픽 제어, 퍼지 제어, 통신신호처리>



**이 용 학(정회원)**  
 1970년 2월 한국항공대학교 통신공학과 학사 졸업.  
 1990년 2월 동국대학교 대학원 전자공학과 공학박사 졸업  
 1986년~1988년 독일 보쿰대학교 통신공학과 객원연구원.

1980년~현재 제주대학교 공과대학 통신컴퓨터공학부 교수  
 <주관심분야: 신호처리, 통신시스템>