

ATM 망에서 버퍼의 임계값 예측을 위한 퍼지 규칙 기능 검증에 관한 연구

정회원 정 동 성*, 이 용 학**

A Study on Fuzzy Rule Functional Verification for Threshold Value Prediction of Buffer in ATM Networks

Dong-seong Jeong*, Yong-hak Lee** *Regular Members*

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, 발생된 저, 고순위 트래픽 도착 비율에 따라 퍼지집합 이론을 통하여 추론한 후 그 비퍼지화값으로 접속된 트래픽에 대해 버퍼에서의 임계값을 제어하도록 하였다. 또한, 생성된 퍼지 규칙의 타당성을 검증하기 위하여 MATLAB6.5에서와 온라인 빌드업으로 규칙에 대한 실험결과를 보인다. 그 결과, 고, 저 트래픽 도착 비율에 따라 효율적으로 버퍼에서의 임계값이 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 difuzzification value controls the threshold in the buffer to arrival ratio to traffic priority (low or high) using fuzzy set theory for traffic connected after reasoning. Also, show experiment result about rule by MATLAB6.5 and on-line bulid-up to verify validity of created Fuzzy rule. As a result, we can verify that threshold value in buffer is efficiently controlled by the traffic arrival ratio.

1. 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[1]. 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 최소화 하여야

하고 데이터에서는 평균 통신망 지연시간을 최소화 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[2][3].

1965년 Zadeh[4]에 의해 학술전문지 "Information & Control"에 발표된 퍼지 논리(fuzzy logic)는 보 통집합의 확장 개념으로서 어떤 사실이 얼마나 정

* 제주대학교 공과대학첨단기술연구소 통신시스템연구실 연구실(chdsp@cheju.ac.kr)

** 제주대학교 통신컴퓨터공학부 통신공학전공(yhacker@cheju.ac.kr)

논문번호 : 040147-0412, 접수일자 : 2004년 4월 12일

확한가를 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 연산과 정만으로 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 지는데 셀 기반 제어 방식은 주로 버퍼의 오버플로우나 셀의 대기로 인한 지연, 손실을 통하여 평가된다[5]. 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[6].

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 제어방식을 그대로 손실 우선 순위 제어 방식으로 사용할 수가 없다. 그것은 버퍼에 오버플로우가 일어날 경우, 지연 우선 순위 제어에서는 요

구되는 패킷 손실률에 관계없이 비선택적으로 패킷을 버리기 때문이다. 따라서 손실 우선 순위 제어로 사용할 수 있는 방식은 패킷 손실률에 따라 선택적으로 패킷을 폐기하는 방식이라야 한다[7][12].

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 임계값에 의해 셀을 획일적으로 폐기함으로써 망 자원의 이용을 저하시키는 문제점을 가지고 있다[8][11]. 따라서 발생된 고, 저순위 트래픽 도착 세기에 따라 퍼지 집합 이론을 통하여 적합도 계산에 따른 퍼지 추론을 실시한다. 그리고 퍼지 추론후의 비퍼지화 값으로 접속된 트래픽에 대해 버퍼에서의 임계값을 제어하도록 하는 퍼지 제어 알고리즘을 적용하기 위하여 본 논문에서는 좀 더 정확한 규칙을 생성하고자 한다. 이를 위하여 제어 규칙과 변수의 각각의 집합을 구성하는 퍼지 지식 기반은 학습의 결과를 기초로 하는 MATLAB 6.5의 “fuzzy logic toolbox”[9]을 이용하여 적절한 수준의 성능이 관찰될 때까지 계속 파라미터의 값을 변화시키면서 측정된 실험 자료를 근거로 임계값 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[13]. 퍼지화기는 입력 데이터를 적당한 퍼지 집합으로 변환하는 기능을 갖고 있으며, 규칙기반 시스템은 전문가의 경험등을 “IF-THEN”형의 문장으로 구성한 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

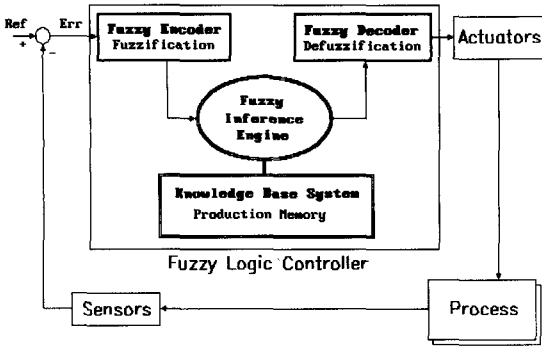


그림 1. 퍼지 제어 시스템의 기본구조

연속적 퍼지시스템, 정수에 대응되는 경우 이산적 퍼지시스템이라고 부른다. 퍼지 제어를 설계할 때는 크게 3단계로 나눌 수 있는데, 첫째단계에서는 대상시스템의 입출력상태 및 퍼지 제어기의 방식을 결정하고 성능지표결정과 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[10].

그림 2에서는 위에서 언급한 첫째단계에서 전진부를 위한 고순위 트래픽 도착 세기(h)과 저순위 트래픽 도착 세기(l)의 전진부 입력(상태)변수에 대한 퍼지 집합의 low, med (medium), high 등의 3가지 언어적 변수를 사용하고, 후진부 출력변수에 대한 현 버퍼의 임계값(y_1)으로 vs(very small), small, med(medium), big, vb(very big)의 5단계의 언어변수들로 표현하여 고순위 트래픽 도착 세기와 저순위 트래픽 도착 세기에 따라 버퍼의 임계값을 제어할 수 있도록 각 입출력 변수의 퍼지화를 위한 소속 함수를 보인 것이다. 임계값 추론을 위한 퍼지 추론 시스템의 입력으로 사용하는 트래픽 도착 세기의 최대값(1)과 최소값(0) 사이를 퍼지 분할 영역의 전체영역으로 하고, 그림 2(a)와 같은 방법으로 퍼지 분할을 실시한다[14][15]. 그림 2(a)에서 구간별 x_1, x_2, x_3 는 각각 0, 0.5, 1을 나타낸다.

$0 \leq x \leq 0.5$ 구간:

$$\mu_{low}(x) = \frac{(x_2 - x)}{(x_2 - x_1)} \tag{1}$$

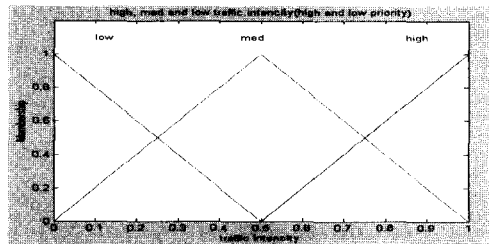
$$\mu_{med}(x) = \frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} \tag{2}$$

$0.5 \leq x \leq 1$ 구간 :

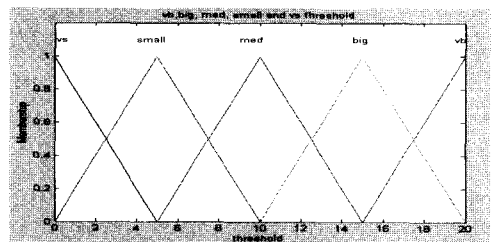
$$\mu_{med}(x) = \frac{(x_3 - x)}{(x_3 - x_2)} \tag{3}$$

$$\mu_{high}(x) = \frac{(x - x_2)}{(x_3 - x_2)} \tag{4}$$

임계값으로 사용되어질 퍼지 추론 시스템의 출력은 버퍼의 전체 크기 20을 퍼지 분할 영역의 전체영역으로 하고, 그림 2(b)에서 구간별 x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 를 각각 0, 5, 10, 15, 20으로 하여 그림 13(a)와 같은 방법으로 퍼지 분할을 실시한다.



(a) 퍼지 입력 변수에 대한 멤버십 함수 ($T(h), T(l)$)



(b) 퍼지 출력 변수의 멤버십 함수($T(y_1)$)

그림 2. 퍼지 입출력 변수의 멤버십 함수

III. 임계값 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 판가름할 수 있다. 퍼지 제어의 규칙을 유도하는 여러 가지 학습 기법들은 전문가 지식에 의한 학습, 인공 지능을 이용한 학습, 신경망을 사용한 학습, 유전 알고리즘을 적용한 학습등으로 나뉜다. 그리고 이러한 기법들의 규칙을 유도하는 방법, 그 장단점을 표 1에 나타내었다.

표 3. 퍼지 제어의 여러 가지 학습 기법

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 적응	실시간 학습	비교적 정확한 학습 자료가 필요함
유전 알고리즘	교차 및 돌연변이 연산자 사용	최적화 보장	많은 진화 연산자, 세대별 적합도 검색

전문가 지식에 의한 학습 기법은 전문가들의 경험 및 숙련된 조작을 바탕으로 규칙을 만드는 방법이며, 인공 지능에 의한 학습 기법은 상태 변화의 자료로부터 인공 지능의 탐색을 이용하여 원하는 목표점으로 상태를 천이시키며 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 유전 자료 규칙을 모델링하여 교차 및 돌연변이에 의해

변환하여 여러 세대중 최적의 규칙을 이루는 유전자 조합을 구하는 방법이다. 이처럼 퍼지 논리 제어기의 언어적 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 $|T(h)| \times |T(l)|$ 가 같이 2차원 배열로 형성된다. 여기서 $|T(x)|$ 는 $T(x)$ 의 언어 변수 항들의 수이다.

본 논문에서는 버퍼내로 진입하는 고, 저순위 트래픽 세기에 따라 퍼지 추론에 의하여 버퍼의 임계값을 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 가능하게 된다[9].

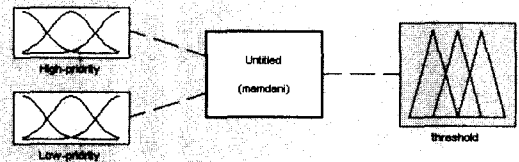


그림 3. 퍼지 규칙 생성을 위한 GUI 툴

그림 3과 같은 GUI 툴을 이용하여 세 단계로 구성된 두 개의 입력 파라미터와 다섯 단계로 구성된 하나의 출력 파라미터의 조합으로 임계값 추론을 위한 퍼지 규칙 알고리즘을 다음과 같이 설정하였고, 그 툴 베이스를 표 2에 나타내었다.

임계값 제어의 TC(threshold control) 규칙 생성 제어규칙에서 h 은 고순위 트래픽 도착 세기이고 l 은 저순위 트래픽 도착 세기를 나타내며, y_1 는 버퍼의 임계값을 표현한다.

A Fuzzy rule generation for a threshold value control:

If $h = low$ and $l = low$ then $y_1 = vs$

(만일 고순위 트래픽 도착 세기가 low이고 저순위 트래픽 도착 세기가 low이면 버퍼에서의 임계값변

화를 vs로 하라)

or

If $h = \text{low}$ and $l = \text{med}$ then $y_1 = \text{small}$

(만일 고순위 트래픽 도착 세기가 low이고 저순위 트래픽 도착 세기가 med이면 버퍼에서의 임계값변화를 small로 하라)

or

If $h = \text{low}$ and $l = \text{high}$ then $y_1 = \text{vb}$

(만일 고순위 트래픽 도착 세기가 low이고 저순위 트래픽 도착 세기가 high이면 버퍼에서의 임계값변화를 vb로 하라)

or

If $h = \text{med}$ and $l = \text{low}$ then $y_1 = \text{small}$

(만일 고순위 트래픽 도착 세기가 med이고 저순위 트래픽 도착 세기가 low이면 버퍼에서의 임계값변화를 small로 하라)

or

If $h = \text{med}$ and $l = \text{med}$ then $y_1 = \text{med}$

(만일 고순위 트래픽 도착 세기가 med이고 저순위 트래픽 도착 세기가 med이면 버퍼에서의 임계값변화를 med로 하라)

or

If $h = \text{med}$ and $l = \text{high}$ then $y_1 = \text{big}$

(만일 고순위 트래픽 도착 세기가 med이고 저순위 트래픽 도착 세기가 high이면 버퍼에서의 임계값변화를 big로 하라)

or

If $h = \text{high}$ and $l = \text{low}$ then $y_1 = \text{small}$

(만일 고순위 트래픽 도착 세기가 high이고 저순위 트래픽 도착 세기가 low이면 버퍼에서의 임계값변화를 small로 하라)

or

If $h = \text{high}$ and $l = \text{med}$ then $y_1 = \text{small}$

(만일 고순위 트래픽 도착 세기가 high이고 저순위 트래픽 도착 세기가 med이면 버퍼에서의 임계값변화를 small로 하라)

or

If $h = \text{high}$ and $l = \text{high}$ then $y_1 = \text{med}$

(만일 고순위 트래픽 도착 세기가 high이고 저순위 트래픽 도착 세기가 high이면 버퍼에서의 임계값변화를 med로 하라)

표 2. 임계값 제어를 위한 퍼지 제어 규칙

규칙	h	l	y_1
1	low	low	vs
2	low	med	small
3	low	high	vb
4	med	low	small
5	med	med	med
6	med	high	big
7	high	low	small
8	high	med	small
9	high	high	med

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 x_1, x_2, y_1 의 급수를 결정한다. 그림 2(a)에서 퍼지 추론 시스템의 입력 값으로 사용하는 x_1 을 "low" 부분에서의 멤버십 값의 하나를 취한다. 그리고 마찬가지로 x_2 도 "low" 부분에서의 멤버십 값을 결정한다. 그 다음은 규칙으로 사용한 퍼지 추론 시스템의 출력 값으로 사용하는 "vs" 부분의 멤버십 값을 결정하고, x_1, x_2, y_1 에 최대의 급수를 갖는 소속함수를 지정한다. 즉, x_1 과 x_2 을 "low"로 지정하고 y_1 을 "vs"로 지정한다. 마지막으로 입출력 데이터로부터 한 개의 규칙을 생성하고 각각의 규칙에 급수 지정을 다음과 같이 한다.

$$y_{10}(\text{rule}) = \mu_A(x_1) \cdot \mu_B(x_2) \cdot \mu_Y(y_1) \quad (5)$$

여기에서 생성된 규칙에 대하여 각각 급수를 계산할 때, 만약 2개 이상의 퍼지규칙이 같은 전반부를 갖는다면 최대급수를 가지는 규칙만을 사용한다. 이런 과정을 통하여 고, 저 트래픽 도착 세기가 둘 다 "low" 일 때 퍼지 규칙 생성 결과는 표 3과 같다. 여기에서 각 멤버십 값들은 그림 2에서 설정한 "low"와 "vs" 부분의 값으로 설정한다. 그리고 임계값은 식 (1)과 식 (2)에 의해 계산된다. 표 3의 결과에서 고, 저 트래픽 도착 세기가 둘 다 "low"인 규칙에 대하여 임계값 설정은 0~5 부분으로 소속함수가 "vs"에 해당된다.

다음은 고, 저 트래픽 도착 세기가 둘 다 “high” 일 때, 같은 방법으로 퍼지 규칙을 생성한 결과는 표 4와 같다. 여기에서 각 멤버십 값들은 그림 2에서 설정한 “high”와 “med” 부분의 값으로 설정한다. 그리고 임계값은 식 (3)과 식 (4)에 의해 계산된다. 표 4의 결과에서 고, 저 트래픽 도착 세기가 둘 다 “high”인 규칙에 대하여 임계값 설정은 5~15 부분으로 소속함수가 “med”에 해당된다.

이와 같은 직접 비교법에 의해 세 단계로 구성된 두 개의 입력 파라미터와 다섯 단계로 구성된 하나의 출력 파라미터의 조합으로 임계값 추론을 위한 퍼지 규칙을 검증한 결과 표 2와 같다.

IV. 성능 분석

기존의 부분 버퍼 공유 기법과 제한한 퍼지 기반 알고리즘을 적용한 기법의 성능을 비교하기 위하여 단일 버퍼를 갖는다고 가정하여 전체 버퍼의 크기를 20으로 하고 임계값을 10으로 하였다. 그리고 MATLAB 6.5의 Fuzzy Tool를 이용하여 퍼지추론을 행하고, 시뮬레이션 전용언어인 AweSim 2.0으로 작성된 모델을 이용하여 서버에서의 처리율을 0.2 단위시간으로 하여 임계값을 제어했을 때와 임계값을 고정하였을 때의 셀손실율을 비교한다.

1. 퍼지추론 결과 분석

기존의 PBS 기법에서의 고정된 임계값에 대하여 발생된 고, 저 우선순위 트래픽 도착 세기에 따라

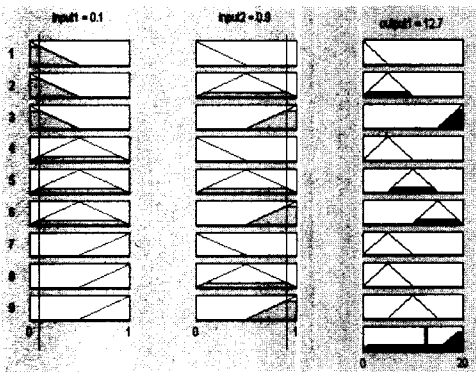


그림 4. 퍼지 추론후의 비퍼지화(임계)값 (h=0.1, l=0.9)

표 3. 각 멤버십 값에 의한 임계값 결과 (트래픽 도착 세기가 low, low 일때)

traffic rate membership		threshold membership	threshold value
h_low	l_low		
1	1	1	0
0.9	0.9	0.729	1.355
0.8	0.8	0.512	2.44
0.7	0.7	0.343	3.285
0.6	0.6	0.216	3.92
0.5	0.5	0.125	4.375

퍼지 추론을 통하여 버퍼에서의 임계값을 제어함으로써 ATM 망 자원을 효율적으로 이용하고 사용자의 서비스 품질을 만족시킬 수 있는지 분석한다. 전체 버퍼의 크기를 20, 단일 버퍼를 갖는다고 가정하고 생성된 퍼지 규칙에 의해 적절히 버퍼의 임계값 제어가 이루어지고 있는지 각 트래픽의 특성에 따른 퍼지 추론을 MATLAB 6.5에서 실시한다.

그림 4는 고, 저순위 트래픽 도착 세기가 1:9로 저순위 트래픽 도착 세기가 큰 경우에 따른 퍼지 추론 과정을 보인 것이다. “input1”에 0.1인 고순위 셀을 값과 “input2”에 0.9인 저순위 셀을 값으로 입력하여 퍼지 추론 후 비퍼지화 결과 12.7로 설정된다. 퍼지 추론 과정의 좌측의 숫자 1부터 9는 퍼지 제어규칙을 표시하는 것이며, “input1”과 “input2”에서의 음으로 표시된 부분은 퍼지 입력에 따른 규칙1부터 규칙9까지에서 입력에 따라 해당되는 적합도를 계산하여 나타낸 것이다. 그리고

표 4. 각 멤버십값에서의 임계값 결과 (트래픽 도착 세기가 high, high 일때)

traffic rate membership		threshold member_s	threshold	
h_high	l_high		5 ≤ x ≤ 10	10 ≤ x ≤ 15
1	1	1	10	10
0.9	0.9	0.729	8.645	11.355
0.8	0.8	0.512	7.560	12.440
0.7	0.7	0.343	6.715	13.285
0.6	0.6	0.216	6.080	13.920
0.5	0.5	0.125	5.625	14.375

“input1”과 “input2”의 퍼지 연산 및 함의(implication) 과정으로 두 입력에 대한 교집합인 “min”합성의 결과를 버퍼의 임계값으로 사용하기 위하여 “output1”의 음 부분으로 나타낸다. 또한 오른쪽 밑에 것은 버퍼의 전체 크기 20을 표시하며, 퍼지 연산 및 함의 과정 후 비퍼지화 과정을 보이는 것이다. 규칙1부터 규칙9까지의 퍼지 연산 및 함의 과정 결과에서 합집합인 “max”합성으로 계산하고, 그 결과에서 음으로 표시된 부분이 퍼지 집합에 대한 크리스프 숫자인 제어기 출력을 무게중심값 비퍼지화 방법으로 계산된 임계값을 나타낸다. 여기에서 저순위 트래픽 도착 세기가 커짐에 따라 버퍼에서의 임계값이 커짐으로서 저순위 트래픽의 손실률을 줄일 수 있다. 그것은 버퍼에서 임계값까지는 저순위 셀 손실이 발생하지 않고 임계값 이상이 되었을 때 비로써 저순위 셀의 손실이 발생하기 때문이다.

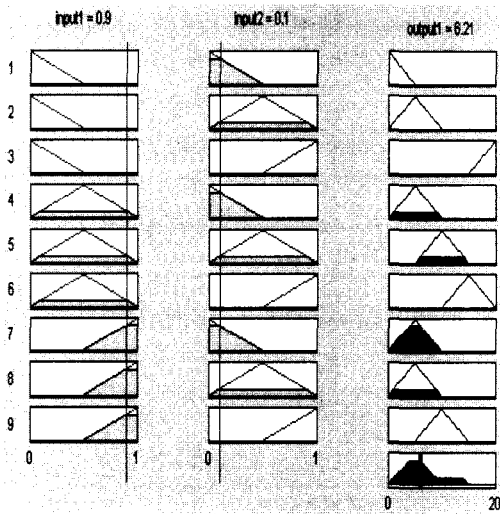


그림 5. 퍼지 추론후의 비퍼지화(임계)값 ($h=0.9, l=0.1$)

그림 5는 고·저순위 트래픽 비율이 9:1로 고순위 트래픽 도착 세기가 저순위 트래픽 도착 세기보다 크게 발생할 때의 퍼지 추론 과정을 보인 것이다. 퍼지 추론 후 비퍼지화값 6.21로 설정된다.

고순위 트래픽이 많이 발생하고 있고 저순위 트래픽이 적은 비율로 발생하므로 임계값을 줄임으로서 고순위 트래픽의 손실률을 줄일 수 있도록 한다. 이는 각 우선 순위 트래픽의 발생율에 따라 퍼지 추론의 결과를 적용하여 임계값이 효율적으로 제어

됨으로서 그에 따른 셀 손실율을 감소시킬 수 있도록 한다.

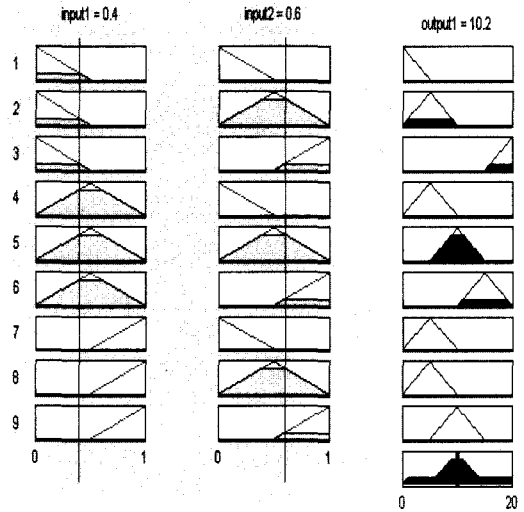


그림 6. 퍼지 추론후의 비퍼지화(임계)값 ($h=0.4, l=0.6$)

그림 6은 고·저순위 트래픽 도착 세기가 4:6으로 고순위 트래픽 도착 세기와 저순위 트래픽 도착 세기가 비슷하게 접근할 때의 퍼지 추론 과정을 보인 것이다. 퍼지 추론 후 비퍼지화값은 10.2로 설정된다.

고순위 트래픽과 저순위 트래픽이 비슷한 발생율로 접근함에 따라 임계값이 기존의 부분 버퍼 공유 기법과 같은 결과로 접근함을 알 수 있으며, 저순위 트래픽이 약간 많이 발생하므로 그에 따라 임계값을 약간 높게 하여 저순위 트래픽의 셀 손실율을 줄일 수 있다.

그림 7은 고·저순위 트래픽 도착 세기가 5:5로 저순위 트래픽 도착 세기와 고순위 트래픽 율이 같은 비율로 발생할 때의 퍼지 추론 과정을 보인 것이다. 퍼지 추론 후 비퍼지화값은 10으로 설정된다. 트래픽 도착 세기가 같음으로 기존의 부분 버퍼 공유 기법에서의 임계값과 같은 결과가 나왔다.

그림 5에서와 같은 방법으로 고순위와 저순위 트래픽 도착 세기에 따라 MATLAB 6.5에서 퍼지 추론 결과로 얻어진 임계값으로 설정되는 비퍼지화값을 다음의 표 5와 같다.

고순위 트래픽 도착 세기가 높고, 저순위 트래픽 도착 세기가 낮으면 임계값은 작게 설정하여 고순

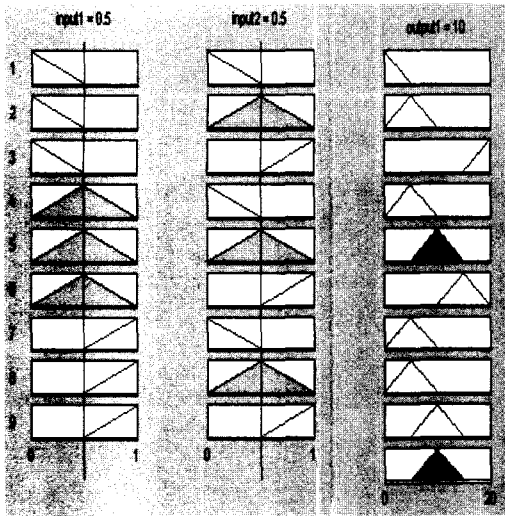


그림 7. 퍼지 추론후의 비퍼지화(임계값 $(k=0.5, l=0.5)$)

표 5. 트래픽 도착 세기에 따라 퍼지 추론 결과의 임계값

구 분	트래픽 도착 세기(고:저)								
비 율	1:9	2:8	3:7	4:6	5:5	6:4	7:3	8:2	9:1
임계값	12.7	11.1	10.5	10.2	10	8.79	7.90	7.10	6.21

위 셀 손실율을 감소시키고 있으며, 그 반대로 저순위 트래픽의 발생 빈도가 높아 그에 따른 비율이 높아지면 임계값을 크게 하여 그에 따라 저순위 셀 손실율을 감소시킬 수 있도록 제어하고 있음을 확인할 수 있다. 즉, 고순위와 저순위 트래픽 도착 세기에 따라 버퍼에서의 임계값을 적절하게 제어함으로써 망 자원의 효율적 이용과 사용자의 서비스 품질을 보장해줄 수 있음을 확인할 수 있다.

2. 시뮬레이션에 의한 결과 분석

AweSim 2.0은 사건 중심(event-oriented) 혹은 프로세스 중심(process-oriented)방식의 시뮬레이션 언어이다. 사용자들은 AweSim을 사용하여 사건이나 프로세스를 이용한 이산 사건 모델을 구성할 수 있으며, 미분 방정식을 포함하는 연속모델을 구성할 수 있다. 본 논문에서는 AweSim의 프로세스 중심 방식을 이용하였다. 프로세스 중심 방식에 있어 사용자는 노드(node)라 불리는 표준기호들과 가지

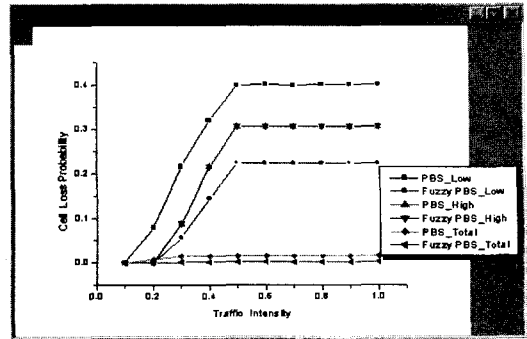


그림 8. 트래픽 세기에 따른 셀 손실 확률(비율 1:9)

(branch)들을 사용하여 시스템을 상호 연결된 네트워크 구조로 표현한다. 그러므로 고객이 시스템을 거쳐가는 과정(process)에 대한 도식적인 표현으로서 네트워크를 생각할 수 있다. 시스템에 대한 네트워크 모델이 만들어진 후, 컴퓨터 상에서 수행가능한 일련의 AweSim 프로그램 문장들로 번역된다. 본 논문에서 시뮬레이션하기 위해 트래픽을 400,000개를 발생시켜 그에 따른 고·저 트래픽 도착 비율이 각 1:9일 때와 9:1 일 때, 각 우선 순위의 셀 손실률을 비교 분석하였다.

그림 8은 전체 트래픽 세기에 따른 각 우선 순위 트래픽 도착 비율(고:저)이 1:9 일때, 부분 버퍼 공유 기법에서의 임계값 10, 퍼지 추론 후 비퍼지화 값(임계값)의 12.7을 적용하고 시뮬레이션한 결과이다. 비교결과, 고순위 셀은 같은 손실률을 보이나 저순위 셀의 손실률은 크게 개선되었음을 확인할 수 있고, 전체 셀 손실률도 퍼지 추론을 기반으로 한 부분 버퍼 공유기법에서가 손실률이 감소하여 그 성능이 향상되었음을 알 수 있다.

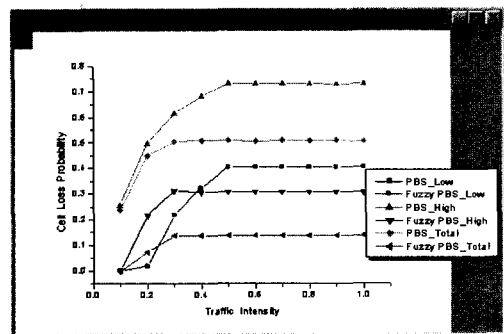


그림 9. 트래픽 세기에 따른 셀 손실 확률(비율 9:1)

그림 9는 전체 트래픽 세기에 따른 각 우선 순위 트래픽 도착 비율(고:저)이 9:1 일때, 부분 버퍼 공유 기법에서의 임계값 10, 퍼지 추론 후 비퍼지화 값(임계값)의 6.21을 적용하고 시뮬레이션한 결과이다. 비교결과, 고순위 셀의 도착 비율이 증가로 인하여 버퍼에서의 임계값이 기존의 부분 버퍼 공유 기법에서의 임계값 10보다도 작게 선정되어서 기존의 부분 버퍼 공유 기법에서는 고순위 셀 손실률이 Fig. 14에서보다 크게 증가하고 있으나 제안한 퍼지 추론을 적용한 부분 버퍼 공유 기법에서는 같은 손실률을 보인다. 따라서 고순위 셀에 대하여 트래픽 제어에 그 유연성을 볼 수 있다. 그리고 저순위 셀은 기존의 기법에서나 제안한 기법에서 같은 손실률을 보임으로서 퍼지 추론을 적용한 부분 버퍼 공유 기법이 효율적으로 트래픽 제어가 가능함을 알 수 있다. 또한 전체 셀 손실률도 퍼지 추론을 기반으로 한 부분 버퍼 공유기법에서 손실률이 감소하여 그 성능이 향상되었음을 알 수 있다.

트래픽 세기 비율을 각각 다르게 시뮬레이션에 적용한 결과에서도 퍼지 기반 알고리즘을 적용하여 임계값을 제어했을 때 셀손실률면에서 성능의 향상을 보였다.

V. 결론

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 극대화란 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 임계값을 제어할 수 있도록 하였다. 즉, 고, 저 우선순위 트래픽 도착 세기에 따라 동적 임계값을 가지고 ATM 망에서의 상충되는 목표에 부합되도록 하는 퍼지 추론을 위한 퍼지 규칙을 생성하였다. 그리고 생성된 퍼지 규칙에 대하여 직접 비교법으로 검증한 결

과, 같은 결과를 얻어 규칙의 적합함을 확인하였다. 또한 생성한 퍼지 규칙으로 임계값에 대하여 퍼지 추론을 고, 저 트래픽 도착 세기를 다르게 하여 분석한 결과에서도 트래픽 세기에 따라 적절한 임계값을 보임으로써 효과적인 트래픽 제어의 가능성을 확인하였고, 셀손실률 면에서 그 성능의 향상을 보였다. 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. Krunk 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,

