

ATM망에서 버퍼의 임계값 예측을 위한 퍼지 제어 알고리즘에 관한 연구

정회원 정 동 성*, 이 용 학**

A Study on Fuzzy Control Algorithm for Prediction of Buffer threshold value in ATM networks

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

요 약

본 논문에서는 ATM 망에서의 접속된 트래픽에 대해 효율적인 버퍼제어를 위한 퍼지제어 알고리즘을 제안한다. 제안된 퍼지제어 알고리즘은 동적 임계값을 구하기 위해 두 개의 우선순위와 퍼지집합을 사용한다. 즉, 발생된 저, 고순위 트래픽 비율에 따라 퍼지집합 이론을 통하여 추론한 후 그 비퍼지화값으로 접속된 트래픽에 대해 버퍼에서의 임계값을 제어하도록 하였다. 성능분석 결과 기존의 부분버퍼공유기법에서보다 셀손실율 면에서 그 성능이 향상됨을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose the fuzzy control algorithm for effective buffer control to connected traffic in ATM networks. The proposed Fuzzy control algorithm has two priorities and uses Fuzzy sets to search for dynamic thresholds. In this words, the difuzzification value controls the threshold in the buffer to according to traffic priority (low or high) using fuzzy set theory for traffic connected after reasoning. Performance analysis result: it was confirmed that with the proposed scheme, performance improves at cell loss rate, when compared with the existing PBS 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 우선순위 제어 기법으로 시간 우선순위 제어와 손실 우선순위를 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 최소로 하여야 하고 데이터에서는 평균 통신망 지연시간을 최소로 하여야 한다.

이 두 기준은 상호간에 영향을 미치게 되어 최적의 값을 결정하는데 문제점이 발생된다. 이와 같이 통신분야에서 발생하는 많은 설계 및 제어 문제는 상호 모순을 내재하고 있는 복수 성능 기준을 만족시켜야 한다. 따라서 퍼지 집합을 이용한 해석(퍼지의사 결정)이 적합한 분야이기도 하다^{[2],[3]}.

ITU-T에서는 망의 과밀 현상으로 인해 발생하는 셀 손실이 서비스에 미치는 영향을 줄이기 위해 서비스의 종류별로 QoS를 지정하였는데 망 제어정보나 영상의 골격을 나타내는 정보 등에 대하여는 QoS가 높고, 음성 정보 등의 서비스는 상대적으로 셀 손실에 영향을 적게 받으므로 QoS를 낮은 등급

* 제주관광대학 관광컴퓨터정보계열 컴퓨터통신전공(chdsp@dol.cjtour.ac.kr)

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

논문번호 : 020078-0219, 접수일자 : 2002년 2월 19일

으로 지정하고 있다. 그리고 망의 과밀시에 저순위를 갖는 셀을 먼저 폐기시켜 전체적인 서비스의 QoS를 만족시키는 우선순위 제어방법을 권고하고 있다¹¹⁾.

우선순위 버퍼 제어기법에는 시간 우선순위 제어 기법과 손실 우선순위 제어기법으로 구분될 수 있다. 시간 우선순위 제어기법은 높은 우선순위 셀이 낮은 우선순위 셀에 비해서 적은 대기시간을 갖고 서비스되어 지는 H. Cobhan이 제안한 HOL (Head-of-Line) 방식이 있다⁴⁾.

이 방식은 저순위 셀의 품질 저하 및 하드웨어가 복잡하다는 단점이 있다. 그리고 손실 우선순위 제어기법은 공간 우선도 방식이라고도 하며 적절한 버퍼링을 통해 우선순위가 높은 셀의 버퍼 오버플로우에 의한 손실을 줄이는 방법이다. 이러한 손실 우선순위 버퍼 제어기법으로 현재 많이 연구되고 있는 버퍼링 기법에는 푸쉬-아웃 기법과 부분 버퍼 공유기법의 두 가지가 있다.

푸쉬-아웃 기법은 버퍼가 모두 채워질 때까지 셀을 받아들이다가 모두 채워지고 나면 높은 손실 우선 순위 셀이 도착했을 때 낮은 손실 우선 순위 셀을 폐기시키고 그 자리에 들어감으로써 높은 손실 우선 순위 셀을 보호하는 방식이다. 그러나 저순위 셀이 없을 경우에는 고순위 셀이 손실된다. 이 기법은 저순위 셀과 고순위 셀이 버퍼 전체를 공유하기 때문에 버퍼의 이용률을 높일 수 있는 장점이 있지만 고순위 셀들이 버퍼내의 어떤 곳에 위치한 저순위의 셀이라도 추출할 수 있어야 하므로 구현이 복잡하고 처리 시간이 길어져 고속망인 ATM 망에서는 적합하지 않다^{5),6)}. 부분 버퍼 공유기법은 주어진 임계값(TH: Threshold)까지는 도착율이 λL 을 가지는 저순위셀과 도착율이 λH 를 가지는 고순위 셀들이 버퍼를 공유하다가 임계값을 넘어서면 고순위 셀만을 받아들이고 저순위 셀은 폐기시키며 버퍼가 완전히 채워지면 고순위 셀도 폐기된다. 이 기법은 푸쉬-아웃 기법에 비해 효율은 떨어지지만 구현하기가 쉽고 하드웨어적으로 처리할 수 있어 ATM과 같은 고속 전송에 적합한 것으로 평가되고 있다^{5),7)}. 그러나 입력되는 저순위와 고순위 셀의 발생비율에 따라 임계값을 변화시키지 못하는 단점을 가지고 있으며, 다양한 응용 서비스를 수용하는데 있어서 버퍼의 상태변화에 적절히 대응하지 못하므로 이에 따른 셀 손실이 일어나 망의 처리율을 저하시키면서 자원을 낭비하는 결과를 초래한다.

본 논문에서는 고순위와 저순위의 트래픽 세기

비율에 따라 퍼지집합 이론을 통하여 추론하고 그 추론된 결과값을 버퍼에서의 임계값으로 적용하는 알고리즘을 제안한다.

II. 퍼지이론과 ATM 망에서의 퍼지 제어 응용 사례

1. 퍼지이론

퍼지이론이란 애매성을 다루는 이론으로서 1965년 미국 캘리포니아 버클리 대학의 L. A. Zadeh 교수가 학술전문지 Information & Control에 발표한 퍼지집합(Fuzzy Sets)이란 논문에서의 “아름다운 여성의 집합”, “큰 수의 집합” 등 경계가 애매한 집합을 퍼지집합이라고 명하였다^{2),18)}. 퍼지이론의 기본을 이루는 퍼지집합은 보통집합(Crisp Set)의 확장개념으로서 어떤 사실이 얼마나 정확한가를 사람이 느끼는 감각에 맞추어 확률로 나타낸다. 따라서 다루어지는 변수도 숫자가 아닌 언어변수(Linguistic Variable)를 사용하며, 이러한 개념을 이론화한 퍼지는 불확실한 집합을 그대로 표현하는데 효과적이다⁹⁾.

퍼지집합에서는 원소의 소속정도를 멤버함수(Membership Function)에 의해서 표현할 수 있다. 단, 보통집합에서 원소와 비원소간에 구분이 확실한 반면에, 퍼지집합에서는 집합의 경계가 애매하여 ‘0’, 또는 ‘1’이 아닌 구간 [0, 1]로 ‘0’과 ‘1’사이의 모든 실수로 매핑시킨다. 이로서 불확실한 집합의 경계를 표현할 수 있으며, 주어진 퍼지규칙과 사실의 모임으로부터 추론(Inference)과정을 거쳐 논리적으로 타당한 새로운 사실을 얻어낸다. 이렇게 하여 퍼지이론은 연산에 있어서 복잡한 수학적 모델을 필요로 하지 않고 단순한 방법의 연산과정만으로 가능하므로 하드웨어 구현이 쉬우며, 연산이 병렬 처리되므로 제어속도가 빠르다는 장점이 있다.

2. 퍼지 제어 응용사례

퍼지 이론의 응용 사례는 당초에는 퍼지 제어를 중심으로 한 공학적인 분야에 많았지만 의료진단이나 주식투자용 전문가 시스템 등에서도 나타나고 있는 것 같이 서서히 여타 분야에도 ATM 망에서의 퍼지 응용 사례를 보면, 첫 시도로 Tcha 등이 퍼지 집합 이론을 주파수 대역폭 할당에 적용한 것이 시초인 것으로 나타났으며⁷⁾, 그 이후 Miami 대학 전자, 컴퓨터공학과와 Yao-Ching Liu and Christos Douligeris에 의해 NTCD(Nested Threshold Cell Discarding)기법에서 단일버퍼에서의 다중 우선순위

를 적용하기 위해 기존의 부분 버퍼 공유기법에 여러개의 임계값을 설정하는데 퍼지이론을 적용하여 성능을 향상시켰다^[10]. Cameron Braun 등이 ATM 망에서 ABR 서비스 클래스에 대한 트래픽 제어 문제에서 전송률 제어방식을 개선한 것으로서 송신원의 전송률 제어값을 스위치단의 버퍼량과 버퍼변화률로 퍼지추론을 실시하여 얻는 방식을 적용하여 링크이용률을 향상시켰고^[11], 최근에 김주현 등이 ATM 망에서 퍼지 동적 이중 셰이핑 기법을 이용한 트래픽 제어로 네트워크 혼잡 정도의 고려없이 입력 셀들의 폐기의 수에 따라 일정한 비율의 셀처리율을 향상시키는 기존의 이중 셰이핑 방식에 퍼지이론에 의해 최적의 셀 처리율을 적용하여 이중 셰이핑 방법보다 더 나은 효율을 보이는 제어방법을 제시하였다^[12]. 이처럼 최근들어 ATM 망에서의 퍼지 제어 기법을 활용하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 논문에서는 기존의 고정된 임계값을 사용하던 부분 버퍼 공유기법에서 저, 고순위 트래픽 비율에 퍼지이론을 적용하여 동적 임계값을 갖도록 하고, 그 결과로 셀 손실율을 향상시켰다.

III. 퍼지 제어 알고리즘

퍼지 제어를 사용하는 목적은 고순위 트래픽 세기 비율과 저순위 트래픽 세기 비율에 따라 퍼지 추론 과정을 걸쳐, 그 결과로 버퍼의 임계값을 제어함으로써 발생하는 트래픽의 손실을 최소화하여 사용자의 욕구를 만족시키는데 있다.

1. 퍼지 입출력 변수와 이들의 소속함수

퍼지의 입력변수는 고순위 트래픽 세기 비율과 저순위 트래픽 세기 비율을 사용한다. 트래픽 세기는 버퍼에 매초단위로 진입하는 트래픽 수이므로 low, med(medium), high 등의 3가지 언어적 변수를 사용하고, 퍼지 논리에 의한 출력은 현 버퍼의 임계값으로 low, med(medium), high의 3단계로 표현하여 고순위 트래픽 세기 비율과 저순위 트래픽 세기 비율에 따라 버퍼의 임계값을 제어할 수 있도록 하였다. 각 입출력 변수의 퍼지화(fuzzification)를 위한 소속함수의 생성을 알고리즘적 표현으로 하면 다음과 같고, 그림 1에 나타나 있다.

% 퍼지 입출력 변수의 전체집합

x=0:0.1:1;

y=0:0.1:1;

z=0:20;

% 고순위 트래픽 세기 비율 멤버쉽

high_mf=trapmf(x,[0.6 0.8 1 1]);

medium_mf=trimf(x,[0.4 0.5 0.6]);

low_mf=trapmf(x,[0 0 0.2 0.4]);

antecedent1_mf=[high_mf;medium_mf;low_mf];

%저순위 트래픽 세기 비율 멤버쉽

high_mf=trapmf(y,[0.6 0.8 1 1]);

medium_mf=trimf(y,[0.4 0.5 0.6]);

low_mf=trapmf(y,[0 0 0.2 0.4]);

antecedent2_mf=[high_mf;medium_mf;low_mf];

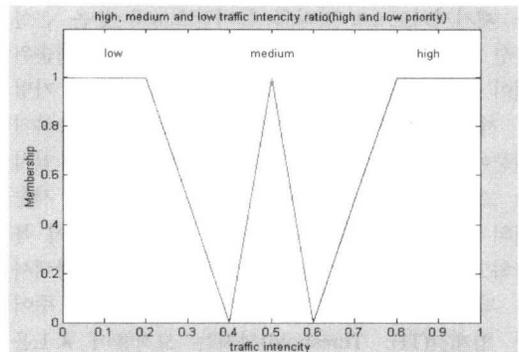
%출력함수(임계값) 멤버쉽

high_mf=trimf(z,[14 17 20]);

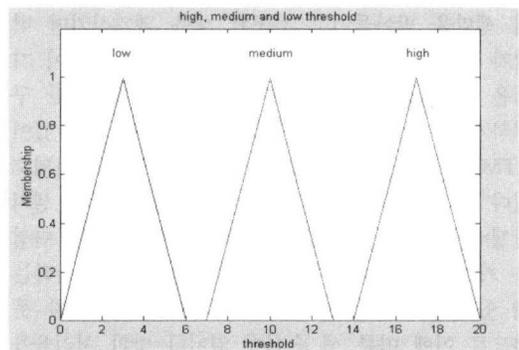
medium_mf=trimf(z,[7 10 13]);

low_mf=trimf(z,[0 3 6]);

threshold=[low_mf;medium_mf;high_mf];



(a) 입력변수의 소속함수



(b) 출력변수의 소속함수

그림 1. 퍼지 입출력 변수의 소속함수

2. DOF(적합도) 계산 및 퍼지관계 연산

고순위와 저순위 트래픽의 세기 비율에 따라 먼저 조건부 멤버십 함수들에 관한 적합도를 계산(퍼지화)하고 9개 퍼지 규칙에 수반된 퍼지관계 연산을 하기 위한 알고리즘은 다음과 같다.

```
%조건부 멤버십 함수들에 관한 DOF 계산
DOF1=interp1(x',antecedent1_mf,'high');
DOF2=interp1(y',antecedent2_mf,'low');
%다음으로 9개의 규칙에 수반된 퍼지관계 연산이 실행
```

```
antecedent_DOF=[min(DOF1(1),DOF2(1))
min(DOF1(1),DOF2(2))
min(DOF1(1),DOF2(3))
min(DOF1(2),DOF2(1))
min(DOF1(2),DOF2(2))
min(DOF1(2),DOF2(3))
min(DOF1(3),DOF2(1))
min(DOF1(3),DOF2(2))
min(DOF1(3),DOF2(3))]
```

```
consequent=[threshold(2,:);
threshold(2,:);
threshold(3,:);
threshold(1,:);
threshold(2,:);
threshold(3,:);
threshold(1,:);
threshold(2,:);
threshold(2,:);];
```

% 조건명제의 적용

```
Consequent=consequent*antecedent_DOF;
```

3. 비퍼지화(defuzzification)

퍼지 출력집합들을 하나의 출력집합으로 통합하고 통합된 퍼지집합은 무게 중심법을 사용하여 명확한 출력값을 얻을 수 있도록 비퍼지화 될 수 있다. 이 값을 실제의 제어값, 즉 버퍼의 임계값으로 사용한다. 이 절차에 관한 알고리즘은 다음과 같다.

%퍼지 출력집합들을 하나의 출력집합으로 통합하기 위한 절차

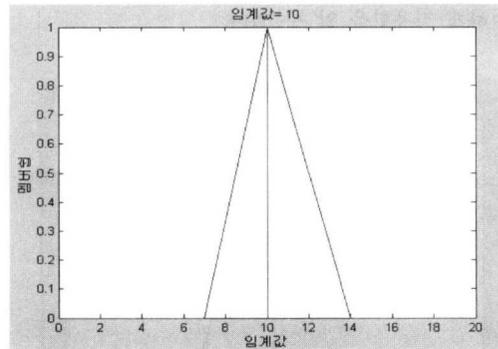
```
aggregation=max(Consequent);
```

%명확한 출력값=비퍼지화

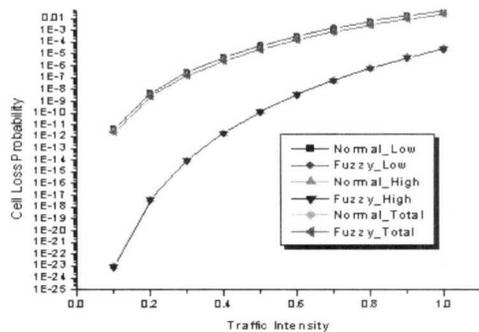
```
output=centroid(z,Consequent');
```

IV. 성능분석

본 논문에서 제안한 퍼지 추론에 의한 퍼지 제어 알고리즘의 성능분석은 단일 버퍼를 갖는다고 가정하고 전체 버퍼의 크기를 20으로 고정하였다. 또한 임계값을 10으로 고정한 기존의 부분 버퍼 공유기법과 퍼지 부분 버퍼 공유기법을 비교함에 있어서 ATM 특성상 셀 전송지연은 망 성능에 크게 영향을 끼치는 요소는 아니고 또 시뮬레이션 환경에 따라 많이 다를 수 있기 때문에 고려하지 않았다. 다만 트래픽 세기에서 고·저순위 셀 비율에 따른 셀 손실 확률만 가지고 성능을 분석하였다.



(a) 비퍼지화값(임계값)



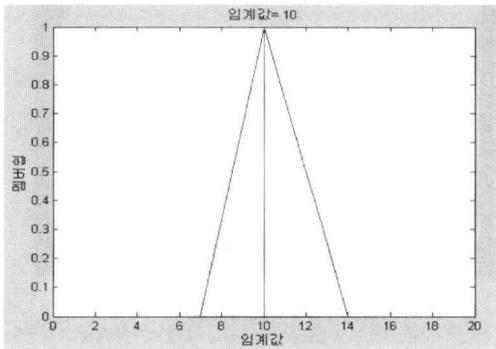
(b) 트래픽 세기에 따른 셀 손실 확률

그림 2. 고·저순위 트래픽 세기 비율에 따른 퍼지 추론 결과 및 셀 손실 확률(비율 3:7 일 때)

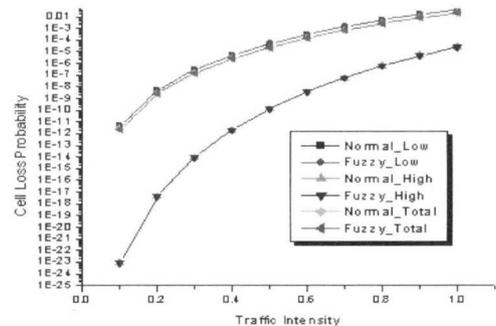
그림 2(a)는 트래픽 세기에 따른 우선순위 트래픽 비율(고:저)이 3:7 일때의 퍼지추론 후 비퍼지화 값(임계값)이 17로 나타난 결과이고, 그림 2(b)는 기존의 부분 버퍼 공유 기법(PBS)과 퍼지집합을 이용한 부분 버퍼 공유 기법의 셀 손실율을 비교한 결

파이다. 비교결과 고순위 셀 손실율은 약간 높게 나타났으나 저순위 셀과 전체 셀 손실은 퍼지추론을 적용한 부분 버퍼 공유기법에서 셀 손실이 적게 발생하여 그 성능이 향상됨을 알 수 있다.

그림 3(a)는 트래픽 세기에서 우선순위 트래픽 비율(고저)이 5:5 일때의 퍼지추론 후 비퍼지화 값(임계값)이 10으로 나타난 결과이고, 그림 3(b)는 기존의 부분 버퍼 공유 기법(PBS)과 퍼지집합을 이용한 부분 버퍼 공유 기법의 셀 손실율을 비교한 결과이다. 비교결과 트래픽 세기에서 고·저순위 셀 비율이 동일하게 적용이 되어, 기존의 부분 버퍼 공유 기법과 같은 손실율을 보임으로서 기존의 기법과 동일하게 작용함을 알 수 있다.



(a) 비퍼지화값(임계값)

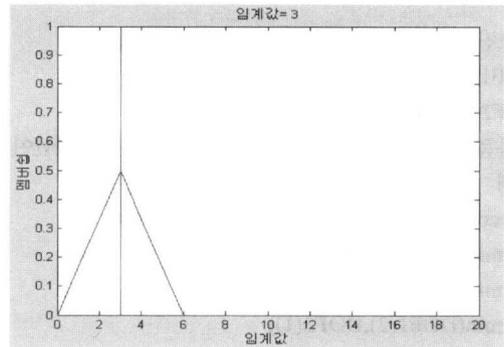


(b) 트래픽 세기에 따른 셀 손실 확률

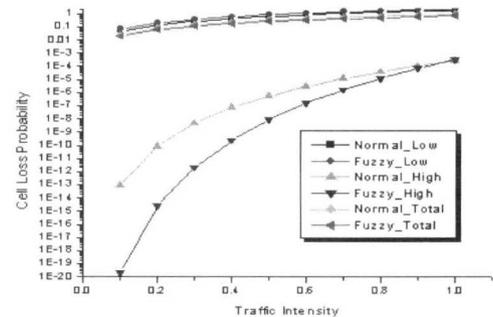
그림 3. 고·저순위 트래픽 세기 비율에 따른 퍼지 추론 결과 및 셀 손실 확률(비율 5:5 일 때)

그림 4(a)는 트래픽 세기에서 우선순위 트래픽 비율(고저)이 7:3 일때의 퍼지추론 후 비퍼지화 값(임계값)이 3으로 나타난 결과이고, 그림 4(b)는 기존의 부분 버퍼 공유 기법(PBS)과 퍼지집합을 이용한

부분 버퍼 공유 기법의 셀 손실율을 비교한 결과이다. 비교결과 저순위 셀과 전체 셀의 손실율은 유사하게 나타난 반면에 고순위 셀 손실율은 작게 나타나 그 성능이 향상되었음을 알 수 있다.



(a) 비퍼지화값(임계값)



(b) 트래픽 세기에 따른 셀 손실 확률

그림 4. 고·저순위 트래픽 세기 비율에 따른 퍼지 추론 결과 및 셀 손실 확률(비율 7:3 일 때)

V. 결론

ATM망에서의 다양한 응용 서비스의 이용은 버퍼를 얼마나 효율적으로 이용하여 발생된 트래픽을 공정하게 전송하며 서비스하느냐가 관건이 된다. 제공하는 서비스마다 요구 품질이 다르고 QoS도 연결 호마다 다르다. 본 논문에서는 망자원의 극대화 와 QoS 보장을 목적으로 하는 ATM 망에서의 버퍼를 좀더 효율적으로 이용하기 위하여 기존 부분 버퍼 공유 기법의 고정된 임계값 대신에 퍼지 추론에 의한 버퍼에서의 임계값을 제어하는 방식인 알고리즘을 제안하였고 성능분석을 통하여 그 성능이 향상됨을 확인하였다. 앞으로의 연구과제로는 좀 더

다양한 퍼지 조건을 적용하여 퍼지 추론에 의한 버퍼 제어 방식의 도입으로 더욱 성능을 향상시켜 실제 ATM 망에서의 적용 가능성을 타진하는 연구도 병행해야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] CCITT Draft Recommendation I.371, "Traffic control and congestion control in B-ISDN", *SG XVIII, Geneva, Switzerland*, June 1992.

[2] L. A. Zadeh, "Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes", *IEEE Trans. on Syst., Man, and Cyb.*, Vol. SMC-3, No.1, 1973

[3] 황승구, 오길록, "퍼지 기술의 통신에의 응용", *한국통신학회지 제9권 제6호*, pp.385-393, 1992.

[4] R. Chipalkatti, J.F. Kurose and D. Towsle, "Scheduling Policies for Real-Time and Nonreal-Time Traffic in a statistical Multiplexer", *Proceedings of INFOCOM '89*, pp. 774-783

[5] 박원기, 한치문, 최형진. "ATM 스위치 네트워크에서의 2-레벨 임계치를 갖는 셀 우선순위 제어방식", *한국통신학회논문지 제19권 제3호*, pp.479-491, 1994.

[6] 정동성, 이용학, "ATM 망에서의 버퍼 분할 공유 기법에 관한 연구", *한국통신학회 하계종합학술 발표회 논문집, 제 17권, 제 1호*, pp.532-535, July 1998.

[7] D. W. Tcha, C. Y. Jin, E. Lutz, "Link-by-Link Bandwidth Allocation in an Integrated Voice/Data Network Using The Fuzzy Set Approach", *Computer Network and ISDN System 16*, pp. 217-227, 1988/1989.

[8] L. A. Zadeh, "Fuzzy Sets", *Information and Control, Vol8*, pp.338-353, 1965.

[9] James C. Bezdek, Sankar K. Pal, "Fuzzy Models For Pattern Recognition", *IEEE Press*, 1991.

[10] Yao-Ching Liu and Christos Douligeris, "Nested Threshold Cell Discarding with Dedicated Buffers and Fuzzy Scheduling", *Submitted to IEEE GLOBECOM*, pp.429-432, 1996.

[11] Qingyang Hu, Davidw. Petr, Cameron Braun, "Self-tuning Fuzzy Traffic Rate Control for

ATM Networks", *IEEE*, pp. 424-428, 1996.

[12] 김주현, 김본일, 이동호, "ATM 망에서 퍼지 동적 이중 셰이핑 기법을 이용한 트래픽 제어", *한국통신학회논문지, Vol.25, No.2B*, pp. 256-264, 2000.

[13] M. Braae and D. A. Rutherford, "Fuzzy relations in a control setting", *Kybernetes, Vol. 7, No. 3*, pp.185-188, 1978.

[14] L. I. Larkin, "A fuzzy logic controller for aircraft flight control", in *Industrial Applications of Fuzzy Control*, M. Sugeno, Ed., Amsterdam, North-Holland, 1985.

[15] Mark H. Beale and Hpeard B. Demuth, "Fuzzy System Tool Box For Use with MATLAB", *PWS Publishing Company*, 1995.

[16] 정동성, 이용학, "ATM 망에서 트래픽 서비스율 예측을 위한 퍼지 제어 알고리즘에 관한 연구". *한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집, vol. 21, No.1*, pp.746-751,2000.

정 동 성(Seong-dong Jeong)

정회원



1986년 2월 : 제주대학교 통신 공학과 졸업
 1999년 2월 : 제주대학교 통신 공학과 석사
 2001년 2월 : 제주대학교 통신 공학과 박사수료
 1999년 3월~현재 제주관광대학 관광컴퓨터정보계열 컴퓨터통신전공 교수

<주관심분야> ATM, 트래픽제어, 영상신호처리

이 용 학(Yong-hak Lee)

정회원

한국통신학회 논문지, 제15권, 제16호 참조