

〈主 題〉

퍼지기술의 통신에의 응용

황 승 구 · 오 길 록
(한국전자통신연구소)

■ 차 례 ■

- | | |
|------------------------|-----------------|
| I. 서 론 | IV. 트래픽 관리에의 응용 |
| II. 통신망 대역폭 할당에의 응용 | V. 결 론 |
| III. 통신망 운용보전 시스템에의 응용 | |

I. 서 론

퍼지이론이란 애매성을 다루는 이론으로서 1965년 미국 버클리 대학의 L.A. Zadeh 교수가 학술전문지 Information & Control에 발표한 퍼지집합(Fuzzy Sets)이란 논문에서부터 출발된 것이다. 이 이론은 그 후 여러 공학분야에서 응용과 관련 이론 연구가 진행되어오다가 1980년대에 제어 분야와 전문가 시스템 분야에서 성공한 응용사례가 나타나면서 많은 주목을 받게 되었으며, 특히 가전제품에의 성공적 응용은 일반인에게까지 퍼지(Fuzzy)란 단어가 널리 퍼지게 만들었다.

퍼지이론의 응용 사례는 당초에는 퍼지제어를 중심으로한 공학적인 분야에 많았지만 의료진단이나 주식투자용 전문가 시스템 등에서도 나타나고 있는 것 같이 서서히 여타 분야에도 확산되고 있다. 퍼지이론의 주요 응용분야를 살펴보면 다음과 같다.

- 인공지능 분야 : 퍼지 전문가 시스템
- 제 어 분야 : 퍼지제어(시멘트 킬른 퍼지제어, 지하철/엘리베이터의 퍼지 제어, 용광로의 온도 제어, 로보트의 팔 제어, 자동차 정속 주행 제어, ...)
- 사회과학 분야 : 퍼지 앙케이트 조사, 퍼지 데이터베이스, 퍼지 의사 결정, ...

- 컴 퓨 터 분야 : 퍼지 컴퓨터
- 가 전 분야 : 냉장고 퍼지 제어, 세탁기 퍼지제어, 마이크로웨이브 오븐 퍼지 제어

본 고에서는 통신분야에서의 응용 사례와 응용 가능 분야를 살펴보기로 한다. 통신분야는 퍼지 응용 사례를 거의 찾아보기 힘들 정도로 아직까지는 응용이 활발한 분야가 아니나 그 적용 가능성은 많은 분야이다. 저자가 조사한바로는 Tcha^[1] 등이 퍼지집합 이론을 주파수 대역폭 할당에 적용한 것이 시초인 것으로 나타났으며, 그 이후의 다른 응용은 거의 없었다. 따라서, Tcha^[1] 등이 적용한 방법을 여기에 요약하여 소개하므로써 퍼지집합 이론이 통신에서 어떻게 응용이 가능한지 확인한 후, 앞으로 퍼지집합 이론의 적용이 충분히 가능한 교환기 집중감시 시스템과 네트워크 트래픽 관리 시스템의 특성을 소개하고 어떻게 그 응용이 가능한지를 간략히 확인하기로 한다. 단, 이러한 적용 가능성의 타진은 충분한 연구이후 문제설정과 해결법 제시를 하는 것이 아니기 때문에 설득력있는 적용결과를 보이지는 못하나, 앞으로의 연구내용을 제시한다는 측면에 그 의의가 있다고 하겠다.

II. 통신망 대역폭 할당에의 응용^[1]

음성과 데이터가 혼합되어 있는 통신망에서는 이

두 트래픽의 서로 다른 특성때문에 각각 다른 성능 기준을 만족시키도록 시간 슬롯을 할당하는 문제가 어려운 점으로 나타나고 있다. 즉, 음성에서는 차단 확률을 최소로 하여야 하고 데이터에서는 평균 통신망 지연시간을 최소로 하여야 하는데 이 두 기준은 상호간에 영향을 미치게되어 최적의 값을 결정하는데 문제점이 나타나고 있다. 이와같이 통신 분야에서 발생하는 많은 설계 및 제어문제는 상호 모순을 내재하고 있는 복수 성능 기준을 만족시켜야 하므로 퍼지 집합을 이용한 해석(퍼지 의사결정)이 적합한 분야이기도 하다.

링크의 갯수가 L개이면서 프레임 길이가 고정되어 있고 고정된 경계 멀티플렉싱 방법을 사용하는 디지털 음성/데이터 복합 네트워크를 고려하기로 한다. 각 프레임은 N개의 슬롯을 가지며 이중 D_i 는 i 링크의 데이터용으로 $V_i = N - D_i$ 는 음성용으로 각각 할당된다고 하자. 각 링크에서의 큐는 M/M/1 시스템으로 가정하면 평균 네트워크 지연은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$T(V) = \sum_{i=1}^L \frac{\lambda_i T_i(V_i)}{\gamma} \tag{1}$$

여기서, λ_i 는 링크 i를 통과하는 평균 메세지 갯수, γ 는 네트워크에 입력되는 전체 메세지의 평균, $T_i(V_i) = m_i / [(D_i/N)C - \lambda m_i]$, $i=1, \dots, L$, 는 음성에 V_i 슬롯이 할당된 i 링크상의 평균 메세지 지연, m_i 는 슬롯들의 메세지 평균 길이, C는 각 링크의 용량(슬롯/초)를 각각 나타낸다.

또한, 전체 네트워크의 음성트래픽에 대한 평균 차단 확률은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$P(V) = \sum_{i=1}^L \frac{\beta P_i(V_i)}{\alpha} \tag{2}$$

여기서, α 는 네트워크에 입력되는 음성호의 평균 갯수, β_i 는 링크 i의 평균 호 갯수, $P_i(V_i) = (\rho_i^{V_i} / V_i! [\sum_{j=0}^{V_i} (\rho_i^j / j!)]^{-1})$ 는 Erlang B 공식에 의해 주어지는 링크 i의 차단 확률, ρ_i 는 링크 i의 부하 ($\beta_i \times$ 평균 호 길이)를 각각 나타낸다.

이상을 이용하여 해결하고자 하는 문제는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\text{Minimize } \begin{bmatrix} T(V) \\ P(V) \end{bmatrix} \tag{3}$$

$$\text{Subject to } m_i \leq V_i \leq M_i, \quad i = 1, \dots, L$$

여기서, m_i 는 음성에 할당되는 슬롯의 최소치이고 $(N - M_i)$ 는 데이터에 할당되는 슬롯의 최소치이며, 고정된 라우팅을 가정하므로써 m_i 와 M_i 는 어느정도 추정이 가능하다. 위 모델은 정수 변수값을 갖는 다수 목적함수의 최적화 모델이다. 그러나 여기에서는 V_i 가 증가함에 따라 P는 감소하나 T는 증가하는 특성을 가지고 있다.

위의 모델을 퍼지집합 방법을 이용하여 다시 표현하려면 우선 멤버십 함수와 퍼지집합을 정의하여야 한다. 여기서는 2개의 퍼지집합을 정의할 수 있는데 평균 지연 시간에 대한 퍼지집합과 차단확률에 대한 퍼지집합이 그것이다. $\mu_T(T)$ 와 $\mu_P(P)$ 를 각각 데이터와 음성에 대한 퍼지집합의 멤버십함수라고 정의하면 이들은 각각 측정된 T와 P에 대한 제어의 만족도를 나타낸다. 각 목적을 위해 판단의 다른선택에 대해 정의되는 또다른 퍼지집합이 존재한다. $\mu_D(V)$ 와 $\mu_V(V)$ 를 각각 데이터와 음성에 관련된 퍼지집합에 대한 멤버십함수라고 정의하면 이들은 제어가 V라는 값을 할당하는 결정에 대해 성능 목적에 따른 허용정도를 의미한다. 이들 멤버십 함수간의 관계는 다음의 식과 같다.

$$\mu_D(V) = \mu_T(T(V)), \quad \mu_V(V) = \mu_P(P(V)) \text{ for all } V \tag{4}$$

전체적인 목적을 위한 결정의 퍼지집합은 각 퍼지집합의 교집합으로 정의될 수 있으며 이를 할당문제의 멤버십 함수, $\mu_A(V)$,로 정의하면 다음과 같다.

$$\mu_A(V) = \min(\mu_D(V), \mu_V(V)) \tag{5}$$

따라서, 최적의 결정은 멤버십 함수 μ_A 값들의 최고치가 되는 것이다. 여기서 각 멤버십 함수 μ_D, μ_V 를 그림 1과 같이 설정하기로 한다. 이는 각 성능치에 대한 허용정도를 표시한다.

이상을 이용하여 식(3)으로 표현된 문제는 다음과 같이 퍼지 모델화할 수 있다. 우선, V^D 와 V^P 를 각각 개별적으로 T(V)와 P(V)를 최소화시키는 해라고 하면 단순증가와 단순 감소의 성질에 따라 다음과 같이 정의할 수 있다.

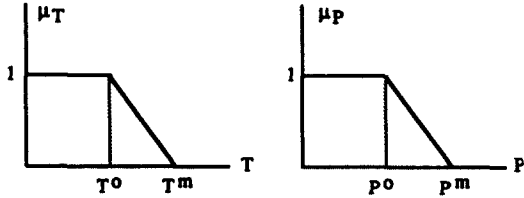


그림 1. 멤버십 함수 μ_T 와 μ_P

$$V^i = (m_i, \dots, m_i)$$

$$V^p = (M_i, \dots, M_i)$$

$$T^o = T(V^i), \quad P^o = P(V^p)$$

$$T^m = T(V^p), \quad P^m = P(V^i)$$

$$d^i = T^m - T^o (> 0)$$

$$d^p = P^m - P^o (> 0)$$

따라서 기존에 정의된 멤버십 함수를 이용하여 식 (3)의 퍼지 모델을 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\begin{aligned} & \text{Maximize } \{ \min(\mu_D(V), \mu_V(V)) \} & (6) \\ & \text{Subject to } m_i \leq V_i \leq M_i, \quad i = 1, \dots, L \\ & \text{where} \end{aligned}$$

$$\mu_D(V) = 1 + \frac{T^o}{d^i} - \frac{1}{d^i} \left(\sum_{i=1}^L \frac{\lambda_i T_i(V_i)}{\gamma} \right)$$

$$\mu_V(V) = 1 + \frac{P^o}{d^p} - \frac{1}{d^p} \left(\sum_{i=1}^L \frac{\beta_i P_i(V_i)}{\alpha} \right)$$

위 모델은 이산 변수 V_i 를 갖는 비선형 정수 프로그래밍 문제이며, 기존의 알고리즘을 약간 변형하여 적용하면 그 해를 찾을 수 있다.

이상에서는 통신 시스템의 해석에서 많이 발생하는 문제의 유형인 복수의 성능기준을 동시에 만족시키는 최적의 해를 퍼지집합 이론에 의해 구하는 사례를 살펴보았다. 따라서, Fuzzy Multi-Criteria Analysis [7]는 통신망의 성능 평가 혹은 성능 파라미터설정 등의 여러 관련 분야에 적용이 가능하며, 특히 여러 종류의 트래픽(멀티미디어)이 혼합되어 있는 네트워크에서의 대역폭 결정과 같은 문제에 위 사례가 직접적으로 활용될 수 있을 것이다. 다음은 통신망 운용보전 시스템에의 적용 가능성을 살펴보기로 한다.

III. 통신망 운용보전 시스템에의 응용^[2]

통신망에서의 운용보전 시스템은 전자교환기 집중 운용보전 시스템, 가입자시설 집중운용보전 시스템, 트래픽 집중관리 시스템, 장거리회선 감시제어 및 운용관리 시스템 등이 있다. 이들중 전자교환기 집중운용보전 시스템은 다수의 전자교환기로부터 데이터를 수집하여 교환 시스템의 각 부분에 대한 상태를 파악하고 정상동작 여부를 점검하여 상황에 맞게 처리하는 유지보수 가능과 필요시 원격으로 제어를 할 수 있는 기능을 보유한 원격 감시제어 시스템이다.(그림 2 참조)

이 시스템은 통신망 운용자들을 지원하기 위하여 개발된 것으로 다수의 교환기로부터 발생하는 메시지를 원격지에 설치되어 있는 센터에서 저장하고 분류하는 데이터 수집및 데이터베이스 기능이 주요 기능으로서 통신망 보전요원들은 이들 기능의 도움을 받아 복잡한 고장 분석과 제어작업을 수행하게 된다. 그러나, 숙련된 보전 요원이 많지않은 상태이며, 점차 새로운 통신 설비들이 등장함에 따라 경험많은 요원들이 신규설비의 보전작업에 투입되므로써 이들이 갖고있는 경험지식의 유실을 초래, 현장에 사용중인 기존의 설비 운용에 충분한 지원을 할 수 없게된다. 또한, 신규 통신망 설비들은 복잡한 구조를 갖고있기 때문에 운용보전 작업에 참여하는 요원들의 고급화가 요구되고 있어 이에따른 장기간의 교육과 실전 경험 축적이 수반되어야 한다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 전문가 시스템 기술을 이용한 운용보전 시스템이 등장하게 되었다.

이 전문가시스템은 고장이 발생시 출력되는 여러 메시지를 종합하여 고장진단과 보수작업의 지시 등을 하는 역할을 담당한다. 우선 교환기에서 출력되는 메시지의 특성을 살펴보면 다음과 같다.

- 여러개의 메시지가 하나의 고장에 연결되어 있다.
- 출력된 메시지 양식에 메시지가 출력하게된 모든 상황을 나타내지 못한다.
- 교환기에서 출력되는 메시지의 위치정보는 동일한 메시지 번호를 지닌 경우에도 불구하고 서로 다른 서브시스템을 표현하는 경우가 있다.
- 고장의 원인이 한가지라 하더라도 그에따른 여러 메시지가 발생할 수 있다.

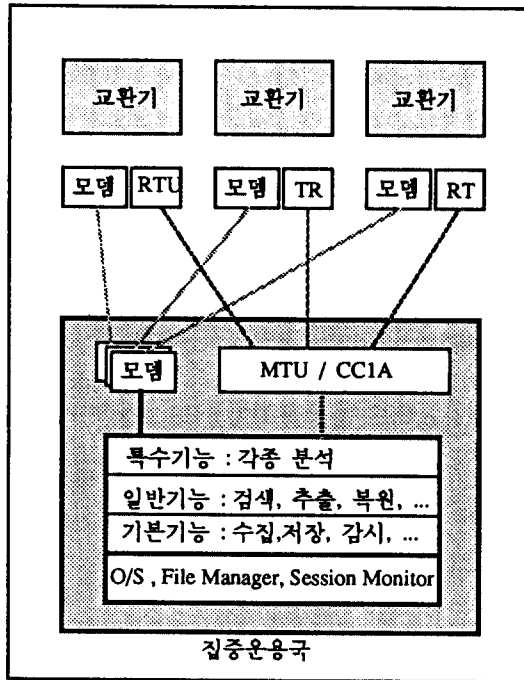


그림 2. 전자교환기 집중운용보전 시스템

○ 일련의 메세지 출력을 보면, 고장 유형을 결정하기 위한 관련 메세지의 모임은 대략 2분이내로 고정되어 있다.

이상과 같은 메세지 특성에 따라 그림 3과 같은 추론 모델을 구성하여 고장진단을 하게된다.

위에서 간략히 언급한 전문가시스템의 지식베이스에 있는 많은 정보는 부정확하고 모호하기 때문에 이러한 불확실함을 다룰 수 있는 전문가 시스템을 구성하여 운용보전업무의 효율을 높일 필요가 있다. 따라서, 불확실성을 다룰 수 있는 퍼지 전문가 시스템이 전자교환기 집중운용보전 시스템에 응용될 수 있다. 간략히 예를들면, 고장진단에 있어서 “메세지 A가 일정한 시간내에 많이 발생하면 보드 X가 고장일 가능성이 높다”, “메세지 A와 메세지 B가 일정시간내에 동시에 어느정도 발생하면 보드 Y가 고장일 가능성이 높다” 등과 같은 전문가의 지식은 “일정한”, “많이”, “어느정도”, “높다” 등과 같이 애매한 언어로 이루어지는 경우가 많다. 따라서, 이러한 불확실한 언어를 퍼지집합을 이용하여 표현하고 이에따라 추론의 과정을 설정하여 고장진단 및 해결방법을 찾아나가는 것이 교환기 집중 운용보전 시스템을 위한 퍼지 전문가 시스템이다.

IV. 트래픽 관리에의 응용³⁾

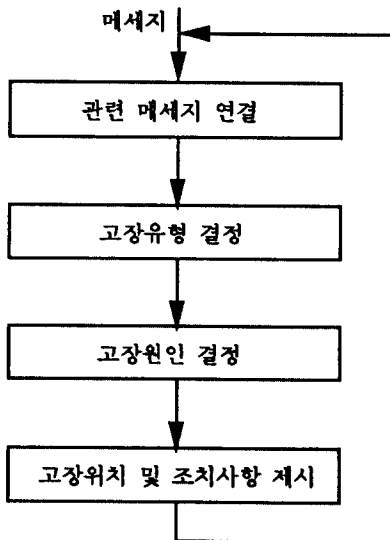


그림 3. 고장진단을 위한 추론 모델

트래픽 관리는 주로 비정상적인 트래픽 패턴과 네트워크 구성원의 고장을 찾아내어 단시간내에 조치를 하므로써 전체 네트워크의 성능을 최적으로 유지하는 것을 주요 임부로 하고 있다. 트래픽 관리 센터에서 네트워크의 예외상태는 네트워크 트래픽 관리자의 워크스테이션에 그래픽 인터페이스를 통하여 표시된다. 이러한 예외상태는 측정치로 부터 계산되는 파라미터 값이 미리 설정된 기준치(Threshold)를 벗어날때 우선순위에 따라 표시된다. 그러나, 일반적으로 기준치는 트래픽 관리자에 의해 설정되므로 예외상태가 반드시 이상상태를 나타내지는 않으며, 또한 모든 문제점이나 이상상태를 표시하여 주지는 않는다. 따라서, 관리자는 항상 표시된 상태를 경험에 의해 세밀히 분석 검토하여 이상 유무를 확인하여야 한다. 이러한 과정을 거쳐 이상이 있다고 판단되면 각 이상상태별로 분류하여 다른 트래픽 경로를 설정한다든지, 혹은 특정지역에 대한 호 시도를 차단 또는 제한 한다든지의 제어를 하게되며, 이때 다른 부분에

문제가 발생하지 않도록 유의하면서 조치를 취하게 된다.

위에서 언급한 것 중에서 가장 중요한 것은 네트워크 파라미터를 어떻게 잘 설정하는 것이다. 즉 네트워크 파라미터를 설정하고 이 파라미터의 값들과 이상 상태와의 상관 관계를 잘 설정하여야만이 네트워크의 성능을 최적으로 유지시킬 수 있는 트래픽 관리가 이루어진다. 결국 이러한 파라미터의 설정은 많은 경험과 노하우를 가진 사람이 설정하여야 하고 많은 경험을 통하여 효율적인 분석이 이루어질 수 있다. 다음은 이와 관련된 주요 파라미터들의 예이다.

- BCH(bids per circuit per hour) : 루트상의 회선을 점유하기 위해 시도하는 bids의 평균수
- SCH(seizures per circuit per hour) : 루트상의 각 회선이 성공적으로 점유된 횟수의 평균 수
- ASR(answer seizure ratio) : 전체 점유 횟수 대 응답신호를 발생한 점유 횟수
- OFL(percentage overflow) : 한 루트예의 전체 bids 대 비점유 회선을 찾지못한 bids의 수
- OCC(percentage occupancy) : 사용치

네트워크 트래픽 관리 시스템을 각 기능별 모듈로 구성하고 그 관계를 나타내 보면 그림 4와 같다. 여기서 rule-based-filter(RBF)는 네트워크에서 발생하는 이상을 찾아내고 유형별로 분류하는 기능을 담당하

는 모듈로서 네트워크 관리자가 이상유무를 판별시 사용하는 휴리스틱이나 'rules of thumb'을 기반으로 구성된다. 이러한 rule의 한 예는 다음과 같다.

if for all routes into trunk exchange X
 where $SCH > 30$ and $ASR < 40$
 and no control of type A in force at X
 and $\%OCC > 95\%$ on local route
 then focused overload through X

위의 rule을 퍼지집합을 이용하여 표현하면 다음과 같다.

if for all routes into trunk exchange X
 where SCH is high and ASR is low
 and no control of type A in force at X
 and %OCC is very high on local route
 then focused overload through X

이때의 각 퍼지집합은 그림 5로 표시될 수 있다. 이 룰의 적용결과 이상(focused overload)이 검출되면 control manager에 결과를 보내고 자체적으로 제어루틴을 가동시키거나 네트워크 관리자의 지시에 의해 제어하게 된다. 자체적인 제어 동작은 퍼지전문가 시스템으로 구성하여 추론 결과에 따른 조치를 취하게

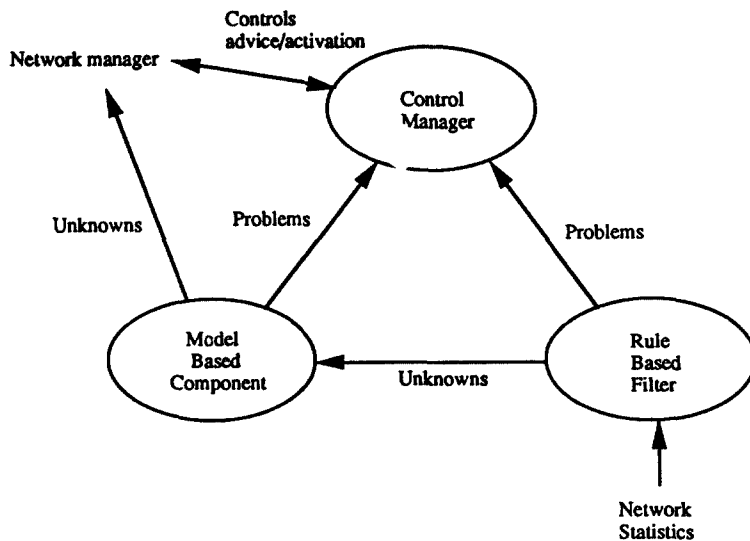


그림 4. 트래픽 관리 기능도

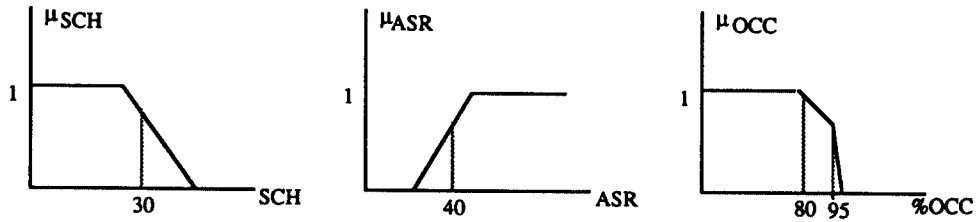


그림 5. 퍼지 집합의 예

나, 룰에 의한 제어를 결정하는 방법 등을 취할 수 있다.

트래픽 관리에서 중요한 작업은 이상이 발생시에 네트워크의 부하를 판단하여 적절한 경로를 통하여 트래픽이 원활히 소통되도록 하는 것이다. 이러한 관점에서 퍼지 숫자를 이용하여 네트워크의 경로를 찾는 라우팅문제를 간략히 살펴보기로 한다.

우선 퍼지 숫자의 정의를 살펴보면 이는 실수들의 퍼지 집합으로서 멤버십 함수의 한 특정한 형태이다. 그리고, 퍼지 숫자는 다음의 세가지 특성을 만족한다.

- ①convexity : $w \in [u,v]$
 $\Rightarrow \mu_M(w) \geq \min(\mu_M(u), \mu_M(v)) \quad \forall u,v,w$
- ②piecewise continuity of μ_M
- ③normalization : $\exists m : \mu_M(m) = 1$

이러한 퍼지 숫자의 한 특정 형태는 삼각형을 이루는 세 숫자 (a_1, a_2, a_3) 이며, 이를 triangular fuzzy number 혹은 TFN이라 한다. 이 TFN에 대한 연산을 정의하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} (a_1, a_2, a_3) (+) (b_1, b_2, b_3) &= (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3) \\ (a_1, a_2, a_3) (-) (b_1, b_2, b_3) &= (a_1 - b_1, a_2 - b_2, a_3 - b_3) \\ (a_1, a_2, a_3) (\vee) (b_1, b_2, b_3) &= (\max(a_1, b_1), \max(a_2, b_2), \max(a_3, b_3)) \end{aligned}$$

이제 이러한 정의를 이용하여 그림 6과 같은 네트워크의 라우팅 문제에 퍼지 숫자를 적용하여 보자. 멤버십 함수는 각 노드간의 트래픽 양을 표시하는 정도를 나타내는 것으로 그예는 그림 7에 나타나있다. A 노드에서 K노드까지의 경로를 찾기 위해서는 퍼지 최대치를 찾아야 하며 이는 다음과 같은 절차에 의해 구할 수 있다.

- Node B : (1,1,2)
- Node C : (3,4,6)
- Node D : (7,10,11)
- Node E : (1,1,2) (+) (7,8,10) = (8,9,12) from B
 (3,4,5) (+) (4,7,8) = (7,11,14) from C
 (7,10,11) (+) (3,4,6) = (10,14,17) from D
 (8,9,12) (\vee) (7,11,14) (\vee) (10,14,17) = (10,14,17)
- Node F : (3,4,6) (+) (5,6,7) = (8,10,13) from C
 (7,10,11) (+) (3,5,8) = (10,15,19) from D
 (8,10,13) (\vee) (10,15,19) = (10,15,19)
- Node G : (10,14,17) (+) (2,3,5) = (12,17,22)
- Node H : (10,14,17) (+) (1,2,3) = (11,16,20) from E
 (10,15,19) (+) (10,11,11) = (20,26,30) from F
 (11,16,20) (\vee) (20,26,30) = (20,26,30)
- Node I : (10,15,19) (+) (8,9,10) = (18,24,29)
- Node J : (10,14,17) (+) (5,6,7) = (15,20,24) from E
 (10,15,19) (+) (3,4,6) = (13,19,25) from F
 (15,20,24) (\vee) (13,19,25) = (15,20,25)
- Node K : (12,17,22) (+) (8,9,10) = (20,26,32) from G
 (20,26,30) (+) (7,8,10) = (27,34,40) from H
 (18,24,29) (+) (3,5,8) = (21,29,37) from I
 (15,20,25) (+) (4,7,8) = (19,27,33) from J
 (20,26,32) (\vee) (27,34,40) (\vee) (21,29,37) (\vee) (19,27,37) = (27,34,40)

따라서, 퍼지 최대값은 (27,34,40)이다. 이제, 이 결과를 이용하여 3가지의 경로를 설정할 수 있다.

- (a) a_1 을 이용한 optimistic maximal path
 - (b) a_2 을 이용한 higher presumption maximal path
 - (c) a_3 을 이용한 pessimistic maximal path
- 위의 각경우는 K에서 부터 A로 거꾸로 계산하면 쉽게 얻을 수 있으며, 이 결과에 대한 것은 그림 8에 나타나있다.

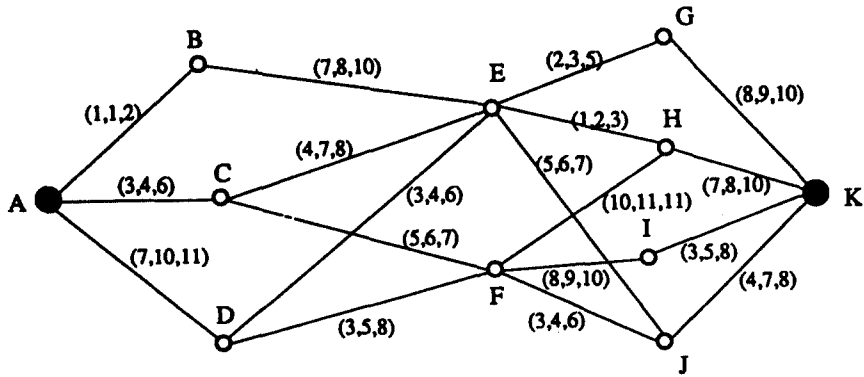


그림 6. 네트워크의 구성 사례

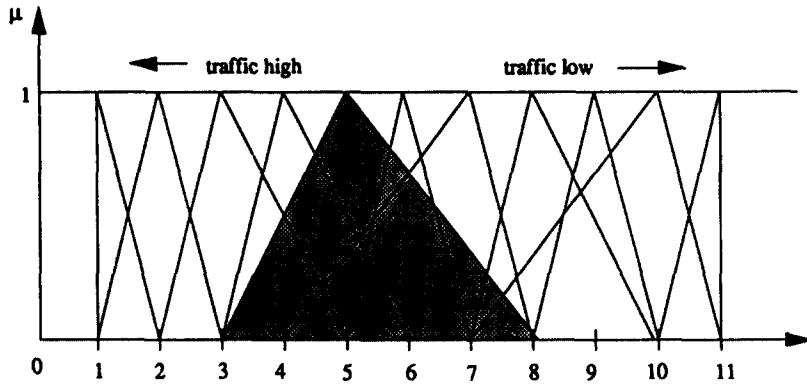
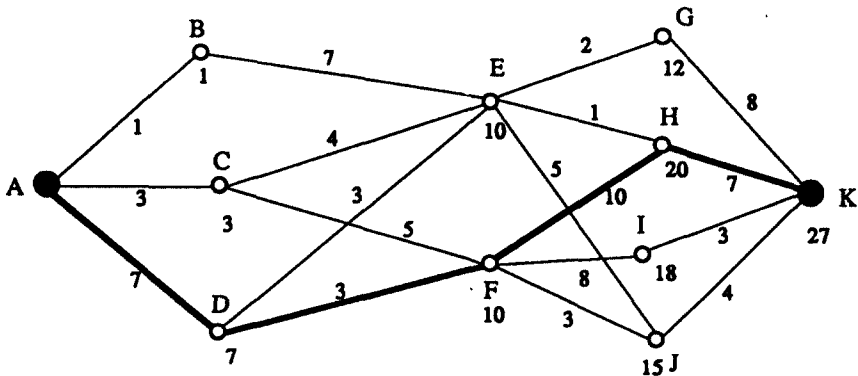
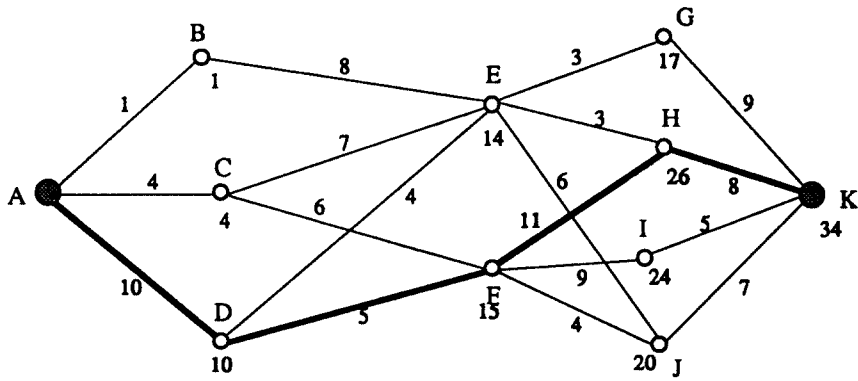


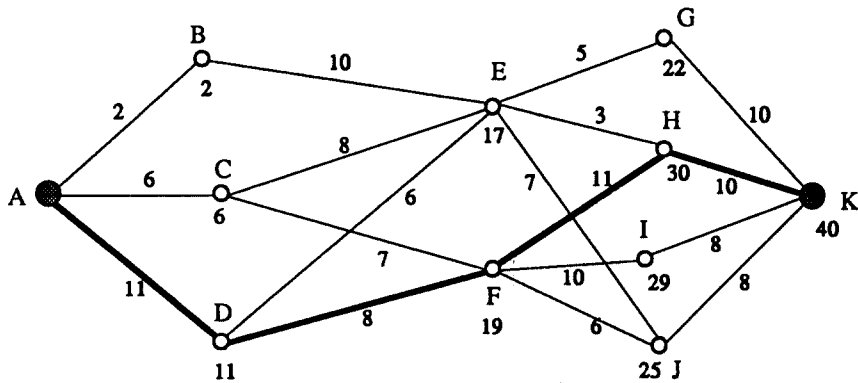
그림 7. 멤버십 함수의 예



a) Optimistic maximal path



b) higher presumption maximal path



c) pessimistic maximal path

그림 8. 3가지 maximal path

표 1. 통신분야에의 퍼지이론 적용 내용

적용분야	퍼지이론	주요내용
대역폭 할당	- Fuzzy Multi-Criteria Analysis	- 음성, 데이터 혼합네트워크에서의 주파수 대역폭 할당 - 실시간 네트워크의 실시간 메세지 채널 할당 - Sync 및 Async 트래픽 량의 조절 - Multi-ring 네트워크의 path 할당 - Gigabit 네트워크의 스위칭 - 무선전화기의 최적채널 할당 - 네트워크의 성능 평가
네트워크 라우팅 트래픽 관리	- 상동 - 퍼지전문가시스템	- 네트워크의 부하를 조절하여 최적의 성능을 나타내도록 트래픽 라우팅 - 네트워크 이상유무 탐지 및 조치
원격 감시제어	- 퍼지전문가시스템	- 교환기 집중운용 보전 - 회선 감시제어
신뢰도 해석	- 퍼지신뢰도 해석	- 네트워크의 신뢰도 해석 - 통신시스템 및 운용의 신뢰도 해석 - Fault-tolerant 시스템 구성 - 신뢰도 해석 도구 구축

V. 결 론

지금까지 퍼지집합 이론의 통신에의 응용에 관한 실제 사례와 적용 가능성이 있는 통신분야의 내용을 살펴보았다. 통신분야에서 퍼지이론의 적용은 그리 활발하게 일어나고 있지는 않으나, 본 고의 내용과 같이 그 응용 잠재력은 매우 크다고 하겠다. 앞으로 이 분야에서의 많은 연구가 이루어지기를 기대하면서 표 1에 응용 가능한 분야를 종합하여 제시한다.

참 고 문 헌

1. 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 Networks and ISDN Systems 16, 1988/1989 pp. 217-227.
2. 윤병흠 외, "전자교환기 집중운용보전 시스템," 텔레콤 제4권 제1호, 1988.6. pp.13-23.
3. I.B. Crabtree, B.C. Tester, "Advanced Information Processing in Traffic management," Br. Telecom Technol. J. July 1991 pp.34-42.
4. T. Onisawa, "An Application of Fuzzy Concepts to Modeling of Reliability Analysis," Fuzzy Sets and Systems 37, 1990 pp.267-286.
5. 오경환, "퍼지 전문가 시스템," 월간 제어계측 1991.1 pp.9-13.
6. 向殿政男, 알기쉬운 퍼지이론, 전자신문사 1991.
7. H.J.Zimmermann, Fuzzy Set Theory-and Its Application, KNP 1984.
8. M.G.Singh, Systems & Control Encyclopedia, Pergamon Press, 1987, vol.3, pp.1829-1835.
9. 이광형, 오길록, 퍼지이론 및 응용 I, II, 홍릉과학출판사, 1991.



오길록



황승구

- 1945년 6월 18일생
- 1968년 3월 : 서울대 졸업(학사)
- 1975년 8월 : 한국과학원 졸업(석사)
- 1981년 10월 : INSA de LYON 졸업(박사)
- 1969년 7월~1978년 7월 : 시스템 공학연구소 선임연구원
- 1978년 7월~현재 : 한국전자통신연구소 책임연구원

- 1957년 4월 9일생
- 1979년 2월 : 서울공대 졸업(학사)
- 1981년 2월 : 서울대 대학원 졸업(석사)
- 1986년 12월 : 미국U. of Florida 졸업(박사)
- 1982년 7월~현재 : 한국전자통신연구소 선임연구원