

Fuzzy이론의 현황과 전망

“應用분야가 擴大되고 있다”



애매이론(fuzzy theory)의 출현

오늘날 우리 인간이 접하는 모든 자연, 사회 현상은 갈수록 복잡해지고 있다. 컴퓨터 기술의 발달에 힘입어 이 복잡한 환경에서 발생하는 많은 문제를 해결하고 있지만, 이는 아직도 매우 제한되어 있다. 따라서 복잡한 현상의 문제를 인간이 해결한다는 것은 대부분이 복잡한 문제를 단순화시켜, 우리가 이해할 수 있는 정도의 간단한 문제로 만든 다음 그 문제를 해결하는 것이다.

이와같이 단순화하는 과정에서 필연적으로 문제에 관련된 정보가 손실(information loss)되기 마련이다. 예를 들어서 일기 예보를 할때, “내일 비가 올 것이다.”라고 했다고 하자. 이러

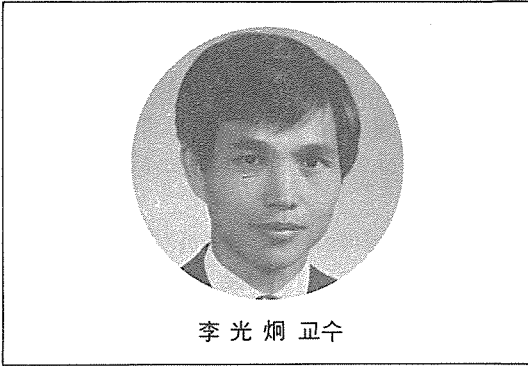
한 예보에도 불구하고, 비가 오지 않을 경우도 있을 수 있다. 즉, 비가 오지 않을 가능성을 완전히 배제하고, 비가 올 것이라고 단정해서 표현한 것이다. 따라서 정보의 손실이 생긴 셈이다. 그러나 “내일 비가 올 가능성이 많다.”라고 예보했다하자. 이 예보는 비가 올 가능성이 많이 있지만, 오지 않을 가능성도 있음을 보여주고 있다. 따라서 앞의 예보보다 더 많은 정보를 전달해 주고 있다. 즉 문제를 단순화 시키는 과정에서(첫번째 예보에 비해서) 두번째 예보의 정보 손실이 적다는 것을 알 수 있다.

현대에는 컴퓨터 기술의 발달에 힘입어, 종전에 우리가 처리할 수 있는 정보보다 훨씬 더 복잡한 문제를 해결할 수 있게 되었다. 따라서 복잡한 현상을 단순화시켜 문제로 만들때 가능한 정보의 손실을 줄이는 방향으로 연구가 진행되었으며, 이 노력의 결실 중의 하나가 애매이론이다.

불확실성(Uncertainty)과 애매이론

애매이론은 현상을 표현할 때 불확실한 상태를

이 글은 한국전자통신연구소 오길록책임연구원과 한국과학기술원 이광형교수가 공동집필한 것이다. (편집자註)



李光炯 교수

그대로 표현해 주는 방법으로서, 1965년 버클리 캘리포니아대의 Lofti A. Zadeh 교수에 의해서 처음 소개되었다. 이 이론은 일반적으로 애매집합(fuzzy set), 애매논리(fuzzy logic), 애매숫자(fuzzy number)등의 개념을 포함하고 있으며, 기본적인 수학적인 연산방법도 잘 개발되어 있다.

불확실성(uncertainty)을 표현하는 방법으로 전통적으로는 확률(probability)을 사용하였다. 예를들어 일기 예보를 할때, “내일 비가 올 확률이 70%이다.”라고하는 경우이다. 그러나 이 경우에는 비가 올 확률이 70%가 아닐 수 있기 때문에, 가능성을 70%라고 단정하는 것도 정보의 손실(예, 75%가 될 수 있는 가능성)을 초래한다. 따라서 앞에서처럼 애매이론에 바탕을 두어, “내일 비가 올 가능성이 많다.”라고 표현하면, 일기 예보자의 느낌 그대로 전달할 수 있다. 이때 물론 애매 문구인 “많다”의 의미가 미리 정의되어 있어야 한다.

애매 집합(fuzzy set)

애매이론에서는 불확실한 상황을 표현할 때 숫자보다는 자연어의 구문식 표현을 많이 사용한다. 예를 들어 “철수는 젊다.”라고 했다하자. 이때 애매상태를 나타내는 구문식 표현은 “젊다”이다. 이 구문식 표현이 나타내는 것은 과연 몇살 정도인가 하는 의문이 생길것이다. 이를 위해서 미리 “젊다.”는 의미를 <그림-1>과 같이 정의해 놓을 필요가 있다. 우리가 “젊다.”는 말을

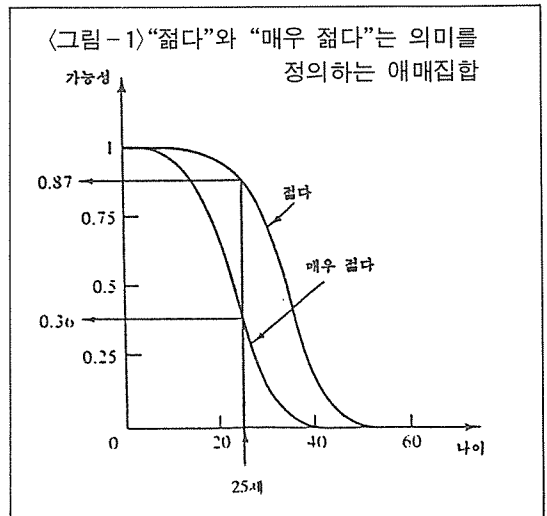
할때 이 범위에 드는 나이가 있을 것이고, 이 범위에 속하는 “젊은 나이”들을 집합으로 표현할 수 있다. 이 경우의 집합을 애매집합(fuzzy set)이라고 한다.

<그림-1>에서 횡축은 나이를 가리키고, 종축은 멤버함수 값을 나타낸다. 또한 곡선은 애매집합에 포함될 가능성(멤버함수 값)을 나타낸다. 이때, 멤버함수 값이란 “젊은 나이”라는 애매집합에 포함될 수 있는 정도를 말한다. 바꾸어 말하면 어느 특정한 나이가 “젊은 나이”에 속할 수 있는 가능성을 나타낸다.

그림에서 정의해 놓은 “젊다”는 의미대로 한다면, 예를 들어서 10세인 사람은 당연히 젊다고 할 수 있을 것이다. 따라서, 10세가 애매집합 “젊은 나이”에 포함될 가능성은 1이다. 또한 25세인 사람의 경우에 “젊다”고 할 수 있는 가능성이 0.87이다. 반면에 50세 이상인 사람을 젊다고 할 수 없을 것이며, 이 애매집합에 포함될 가능성은 0이다.

이제 구문식 표현을 바꾸어서 다음과 같이 말해보자.

“철수는 매우 젊다.” 이제 구문식 표현 “매우 젊다.”는 범위(집합)에 들기 위해서는 나이가 더 적어야 할 것이고, 따라서 그림과 같이 왼쪽으로 이동된 곡선으로 나타낸다고 하자. 이렇게 애매집합을 정의하면 40세 이하되는 사람만이



애매집합 “매우 젊다.”에 정도에 따라 포함될 수 있다. 이제 25세 되는 사람이 이 집합에 포함될 가능성은 0.36으로 바뀌게 된다.

애매이론의 연산

이상과 같이 표현된 구문식 표현으로부터 애매논리 연산방법인 교집합(Intersection), 합집합(Union), 보수(Complementation) 또는 덧셈, 뺄셈, 곱셈, 나눗셈 등을 통하여 우리가 원하는 정보를 만들어 낼 수 있다.

〈그림-2〉는 두개의 애매집합에 속하는 애매숫자 사이의 곱셈을 보여주고있다. 집합A에 속하는 숫자가 1과 3 범위내에 있을 수 있고, B가 2와 5 내에 있다고 하자. 예를 들어서 숫자 2는 A에 속할 가능성은 1이며, B에 속할 가능성은 0이다. 또한 1.5는 A에 속할 가능성이 0.5이고 B에 속할 가능성이 0이다. A,B에 속하는 두 숫자를 곱하면 그 곱이 $A \times B$ 에 포함될 가능성이 곡선으로 나타나 있다. 즉, 두 숫자를 곱한 값이 2일때 이것이 집합 $A \times B$ 에 속할 가능성은 0이다. 곱한 값이 8일때 그 가능성은 1이다. 또한 12일 가능성은 0.5이다. 바꾸어 말하면 곱한 값이 12가 되었을때, 이것이 A,B에 각각 속하는 두 숫자를 곱한 결과라고 할 수 있는 가능성이 0.5이라는 것이다.

애매이론의 응용

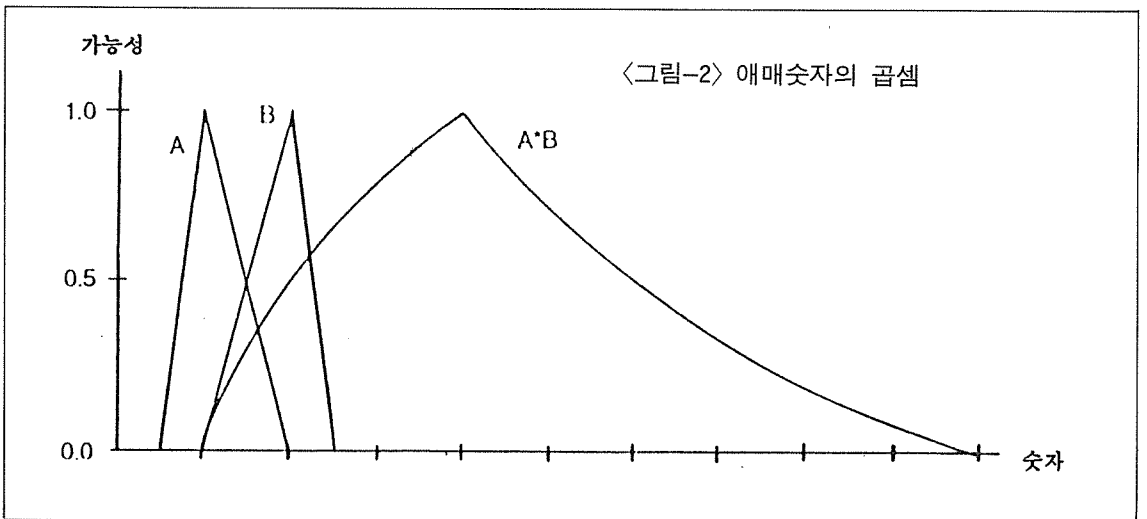
이와같은 필요성에 의해서 개발된 애매이론의 응용분야는 매우 다양하다. 이의 응용을 위하여 연구가 중점적으로 진행중인 중요 분야만 살펴보자.

첫째, 데이터베이스에 적용하기 위하여 많은 연구가 있어왔다. 그 결과로 관계형 데이터베이스를 발전시켜 “애매관계형 데이터베이스”의 개념을 개발할 수 있었다. 예를 들어서 데이터베이스에서 종래의 방법이 “나이가 40세이하인 사람”을 찾지 않고 “젊은 사람”을 찾는다면 이에 대응하는 답을 줄수있는 처리가 필요하게 된다.

둘째, 로봇 개발 연구에 응용이 가능하다. 산업용 로봇가 물체를 본후에 이를 판단하여, 정해진 행동을 취할 필요가 있을 경우에 애매이론이 적용될 수 있다.

셋째, 전문가 시스템(expert system)에서도 적용 가능하다. 전문가의 지식을 수집할 때 이 지식에 관한 확신을 100% 가질 수는 없다. 각 지식들의 불확실한 정도를 표현하여 처리할 필요가 있다. 이러한 분야를 애매추론(fuzzy reasoning)이라 한다.

넷째, 여러가지 공학문제에 적용 가능하다. 일반적인 제어(control)분야에서 인간은 애매한 구문식 표현을 사용할 수 있기 때문이다. 예를



들어 “온도가 낮으면 밸브를 열어라”는 명령을 한다 할때, 이때 사용하는 구문식 표현 “낮으면”을 처리할 수 있어야 한다.

다섯째는 수학분야에도 적용 가능하다. 애매이론이 수학에 바탕을 두고 있듯이, 애매 행렬 이론(fuzzy matrix theory), 애매 엔트로피(fuzzy entropy), 애매 숫자(fuzzy number) 등의 이론이 있다.

여섯째로는 산업공학이나 경영과학 분야에도 적용되고 있다. 애매 의사 결정(fuzzy decision making)개념이 그 하나이며, 수학적인 모델인 선형 계획법, 동적 계획법등에도 이용되고 있다.

일곱번째로는 애매논리(fuzzy logic)를 이용한 컴퓨터의 개발을 들 수 있다. 일반적인 논리는 어떤 사실이 참이면 1, 거짓이면 0의 값을 가진다. 그러나 애매논리에서는 값이 $[0, 1]$ 사이의 값을 가질 수 있다. 예를들어 “철수는 25세이다.”라는 말이 있다고 할때, 이 사실이 참 또는 거짓임에 따라 1 또는 0의 값을 가진다. 그러나, “철수는 25세인것 같다”와 같이 말한다면 “철수가 25세”라는 사실이 0또는 1의 값 이외에 “인것 같다”는 중간값도 가질 수 있다. 최근 일본에서는 이 애매논리에 의거한 컴퓨터를 개발하기까지 하였다.

실용화 되고 있는 애매이론

1965년에 소개된 애매이론은 최근 일본에서는 컴퓨터를 비롯한 전자제품 등 여러 분야에서 응용하고 있다. 예를 들어 어느 전자제품 회사에서는 애매이론을 이용하여 세탁액의 오염도가 세탁물의 질을 판별하여 가장 알맞는 세탁시간을 결정하는 “애매센서(fuzzy sensor)”를 가진 세탁기를 선보이기 시작했다. 이 애매센서는 세탁물의 양, 종류, 세제의 종류에 따라, 세탁시간, 수량을 결정하여 에너지 절약효과를 가져오고 있다.

요즈음 우리나라에서도 카메라 입체형 VTR이 빠른 속도로 보급되고 있다. 최근 일본의 어느 전기회사는 애매이론을 이용한 자동조리개

를 개발하여 역광에서도 선명하게 촬영할 수 있는 카메라입체형 8mm비디오를 내놓았다. 종래의 자동 조리개는 렌즈를 통해 들어온 화상의 평균적인 밝기를 바탕으로 하거나 화면의 중앙의 밝기를 기준으로 결정하였다. 애매이론을 사용한 조리개는 피사체를 여러 영역으로 나누어 각 영역의 밝기를 비교 측광하여 조리개의 우선순위를 결정하기 때문에, 역광을 받아 종래에는 촬영이 어려웠던 피사체도 깨끗하게 찍을 수 있게 된다.

일본 과학 기술자들은 애매이론을 발전시켜 컴퓨터 시스템, 지하철 자동 운영 시스템, 자동차 주행 시스템, 엘리베이터 운행 시스템에서 골프 클럽의 선택방법에 이르기까지 새로운 응용의 길을 찾고 있다.

전망 및 국내동향

여기에서 소개한 애매이론의 응용이 현재까지의 모든 응용분야를 나열한 것은 아니다. 단지 응용범위를 설명하기 위하여 일부를 나열한데 불과하며, 이외에도 신뢰도 공학, PERT/CPM, 투자이론, 수송문제, 그래프 이론, 게임이론 등 매우 다양하게 분포되어 있다.

앞으로 애매이론에 대한 연구는 전 세계적으로 더욱더 가열될 것이고, 그 응용분야 또한 매우 넓게 전개될 것이다. 이 분야로 수많은 연구논문이 쏟아져 나오고 많은 저서가 발간되고 있다. 특히 미국, 프랑스, 일본, 중국 등지에서는 연구전문잡지가 발행되고 있다. 그러나 국내에서는 이 분야의 연구가 아직 제대로 이루어지고 있다고 할 수 없다.

이제 몇 대학에서 박사과정 학생들이 세미나를 통하여 애매이론을 도입하고 있다. 과학기술원에서는 지난 겨울에 산학 협동 강좌를 통하여 산업체에 보급하려는 노력을 기울였으며, 이번 학기에는 필자에 의해서 석사과정 학생을 위한 강좌가 개설되고 있다. 우리나라에서도 전세계적인 추세에 발맞추어 가까운 장래에 이 분야의 연구가 활성화 될것이라 예상된다.