

# 자동화추론의 성능개선을 위한 퍼지관계요구의 응용 및 구현

조 재 희<sup>†</sup> · 진 정 애<sup>†</sup> · 김 용 기<sup>††</sup>

## 요 약

가중치전략(weighting strategy)은 인공지능의 한 분야인 자동화추론(automated reasoning) 분야에서, 허용 가능한 시간과 기억공간내에서 해를 구하기 위해서 필수적으로 사용되는 방법이다. 그러나 가중치전략의 적용은 문제에 대한 사용자의 지식이나 경험에 주로 의존할 뿐 아니라, 각각의 단계에서 프로그래밍화 되지 못하여 수작업으로 인한 시간의 소모가 많다. 수작업을 필요로 하던 기존의 시스템을 자동화하여, 관계계층구조(thesaurus)를 시스템이 자동으로 구축하는 도구를 개발하고, 이를 기존의 자동정리증명기에 통합하여, 그 성능을 개선하는 시스템을 제안한다.

## Application and Implementation of Fuzzy Relational Request for Improving the Performance of Automated Reasoning

Jae-Hee Cho<sup>†</sup> · Jeong-Ae Jin<sup>†</sup> · Yong-Gi Kim<sup>††</sup>

## ABSTRACT

Weighting strategy is one of the necessary control strategies in automated reasoning to solve problems within allowable time and computer memory. But, the strategy still consumes too much time since it depends solely on the user's experience and needs much of the user's manual work at each stage. This research suggests a tool which automates the weighting system to generate the weighting thesaurus and merges it to the mechanical theorem prover.

### 1. 서 론

#### 1.1 연구 배경

레졸루션(resolution)에 근거한 자동정리증명기(automated theorem prover)는 효율적인 결론의 유도를 위하여 중복되고 불필요한 정보의 생성을 최소화하기 위한 기법을 채택하고 있다. 이러한 추론을 조절할

적당한 기법이 없으면, 너무 많은 불필요한 절들이 생성되고, 그러한 절들은 쉽게 컴퓨터의 메모리를 잠식하게 된다. 이를 조절하기 위한 대표적인 기법이 지원집합전략(set of support strategy)[17] 및 가중치전략(weighting strategy)[14]이다. 가중치전략은 레졸루션에 근거한 자동화추론에서, 제한된 시간내에 결론을 추출하기 위한 필수적인 기법중의 하나이다. 그러나, 기존의 가중치전략은 주어진 문제에 관하여 사용자의 지식이나 경험에 의하여 결정된 가중치를 적용하므로써, 새로운 상황이나 경험이 부족한 사용자의 경우 제한된 시간과 공간내에서 결론에 도달할수 없었다. Kim 과 Kohout에 의하여 제안된 새로운 가중치전략[7,13]

\* 본 논문은 1997년도 한국과학재단의 핵심과제(과제번호 971-09-01-011-1)연구비에 의하여 연구되었음.

† 준 회 원 : 경상대학교 컴퓨터과학과 및 정보통신연구소

†† 종신회원 : 경상대학교 컴퓨터과학과 부교수 및 정보통신연구소  
논문접수 : 1997년 8월 13일, 심사완료 : 1998년 6월 24일



다)라고 할 때,

D)와 D)의 삼각논리규 및 자기 논리규는 아래와 같은 의미를 갖게된다.

$(D^+ \cap D)_k =$  항목  $t_i$ 가 항목  $t_k$ 보다 empty clause에 더 관련된 정도

$(D^- \cap D)_k =$  항목  $t_i$ 가 항목  $t_k$ 보다 empty clause에 더 관련된 정도

$(D^+ \cup D)_k =$  항목  $t_i$ 와 항목  $t_k$ 가 유사한 정도.

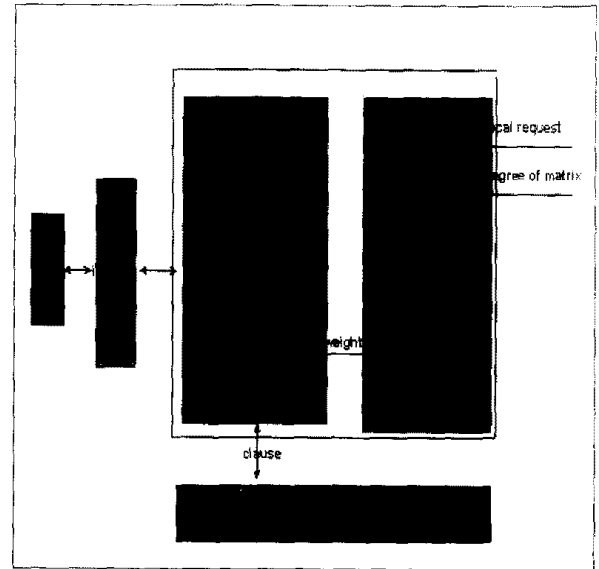
즉, 위의 퍼지 삼각논리규를 이용한, 행렬  $D^+$ 와  $D^-$ 의 합성행렬은 항과 항 사이의 포함 관계를 의미하게 된다. 이 합성행렬로부터 항들 사이의 종속 관계를 쉽게 알아 볼 수 있는 Hasse Diagram을 추출하며, 이 Hasse Diagram을 우리는 관계정도구조(thesaurus)라 부른다. 추출된 관계정도 구조에서 가장 낮은 계층으로부터 가장 높은 계층으로, 순차적으로 낮은 값으로부터 높은 값의 가중치를 부여함으로써, 자동 정리 증명기로 하여금 주어진 절데이터베이스로부터 "given clause"를 선택하게 한다[15].

### 3. 가중치 선정의 자동화

본 시스템은 위에서 제시된 퍼지기법을 이용한 자동화된 추론의 가중치 부여기법을 바탕으로한다. 위 모델은 레졸루션에 근거한 자동화된 추론의 도구인 정리증명기 OTTER[15]를 이용한다. 본 연구는, 정리 증명기의 가중치 전략에 사용될 가중치를 입력 파일로부터 받아들여, 자동적으로 분석한 후, 그 가중치를 결정하기 위한 계층구조의 추출을 자동화 구현한다. 시스템은 자동 정리증명기의 입력공리와 지원(support)집합을 입력행렬로 받아들여, 퍼지 기법을 이용하여 사용된 항목들 사이의, 결론을 추출하기에 필수적인 정도의 우선관계, 또는 종속관계를 출력한다. 본 연구는 이러한 관계구조를 자동적으로 추출하여 결정하는 시스템을 위한 도구(tool)를 구현하여, 자동정리증명기에 장착하는 시스템을 제안한다.

제안하는 시스템은 자동정리증명기와 FIR(fuzzy information retrieval), TGT (thesaurus graphic tool), 절데이터베이스 그리고 사용자 인터페이스로 구

성된다. (그림 1)은 시스템의 전체적인 구성도이다.



(그림 1) 시스템의 구성도  
(Fig. 1) Architecture of the system

#### 3.1 사용자

자동 정리 증명기의 사용자는 절(clause)의 형태로 변환된 정리를 자동 정리 증명기에 입력한다. 절은 그 형식에 따라서 공리리스트(axiom list), 지원집합(SOS), have-been-given 리스트, demodulator 리스트로 구분된다. 그리고, 사용자는 추론에 사용될 추론규칙 및 사용자 제어옵션을 선택한다.

#### 3.2 자동정리증명기(OTTER)

자동정리증명기의 목적은 주어진 절이나, 주어진 절로부터 추론된 절로부터 모순으로써 결론을 이끌어내는 것이다. 반복되는 추론으로 많은 불필요한 절들이 생성되기 때문에 "생성된 절로부터 결론을 산출하기 위하여 가장 필요한 절을 어떻게 선택할 것인가?"가 중요한 문제이다. 그렇지 않으면 생성된 불필요한 절들이 시스템의 메모리를 잠식시켜 추론이 더 이상 이루어지지 못하게 된다. 결론의 추출에 필수적인 절을 선택하기 위하여 새로운 구조에서는 퍼지정보검색부(Fuzzy Information Retrieval)와 그래픽구조도구(Thesaurus Graphic Tool)가 필요하다.

자동 정리 증명기의 동작은 FIR과 TGT에 의해 선택된 절들과 함께 추론될 수 있는 절들을 절데이터베이스로부터 찾아내는 것이다. 그런후 생성된 절을 다시

절데이터베이스에 적용된다. 지능 정리 증명기 OTTER는 사용자가 선택할수 있는 추론규칙(hyper resolution, UR-resolution, binary resolution, factoring)을 포함하고 있다. 추론은 모순으로써 결론에 도달하면 종료한다.

### 3.3 퍼지정보검색부(Fuzzy Information Retrieval: FIR)

새로운 구조에서의 FIR은 OTTER의 처리 과정의 한 부분이다. FIR은 가중치전략에서 사용할 가중치를 자동적으로 결정하는 부분이다. 가중치의 결정을 위해서 먼저 절과 항목 사이의 관계 등급을 표시하는 입력 행렬이 만들어져야 하는데, 항목은 사용자에게 의해서 입력된 절의 항과 literal 일 수도 있고, 입력 절에는 나타나지 않을 수도 있다. 이 행렬에 퍼지관계요구를 이용하여 항목간의 행렬을 출력한다. 이 행렬은 다시 TGT구조의 입력으로 사용된다.

입력행렬의 행을 선택하기 위해 우선, 주어진 추론 규칙에 의하여 입력공리(axiom)로부터 너비우선탐색을 이용하여, 입력행렬의 행의 구성에 참여한 첫번째 레벨 절을 생성한다. 첫번째 레벨 절의 부모절(ancestor)들은 반드시 입력공리중에 포함되어 있어야 한다. 자동정리증명기 OTTER를 이용할 경우, set(sos\_queue)를 설정하므로써 첫번째 레벨 절을 생성할 수 있다. 첫번째 레벨 절을 생성하기 위하여 사용된 입력 공리는 서포트집합(set of support)의 요소와 함께 단순화(unification)된다. 첫 번째 레벨절을 생성시킨 부모절의 적어도 하나는 서포트 집합의 요소이다. 입력행렬의 열은 입력공리와 서포트집합에 나타나는 요소이다.

입력 퍼지 행렬의 하나의 절( $d_i$ ) 이 어떤 항목( $t_j$ ) 사이의 관계되는 정도를 결정하기위하여 다음의 규칙을 적용한다.

1. 항목(j)이 절(i)의 직접적인 요소인 경우 : 1
2. 항목(j)이 절(i)의 아래 항목의 요소인 경우 : 0.5
3. 항목(j)이 절(i)의 아래항목의 아래항목의 요소인 경우 :  $0.5 * 0.5$
4. 항목(j)이 절(i)의 요소로서 여러번 쓰인 경우 : 위의 계산한 값을 더한 값(반약 1이 넘으면 그 값을 1로 한다.)
5. 항목(j)이 절(i)의 요소가 아닌 경우 : 0

1항에 대해서는, 만약 절제의 경우, 절의 1에서 23까지는 입력 공리의 요소이고, 공리 24부터 30까지는 서포트 집합의 요소이다. 입력 공리와 서포트집합으로부터 생성된 첫 번째 레벨절은 다음과 같다.

31)  $T(\text{Clear}(A), \text{Do}(\perp, S1))$  : ancestors 24, 11

32)  $T(\text{Clear}(A), \text{Do}(\text{Noop}, S1))$  : ancestors 24, 10

67)  $\neg T(\text{On}(C, x), S1)$  : ancestors 29, 13

68)  $T(\text{On}(C, B), \text{Dot}(S(C, B)S1))$  : ancestors 29, 3, 26, 25, 23

69)  $T(\text{On}(C, A), \text{Dot}(S(C, A)S1))$  : ancestors 29, 3, 26, 24, 22

위의 첫번째 레벨 절 및 퍼지관계요구를 이용한 항목간의 관계정도를 의미하는 관계정도구조는 4장에서 자세히 보인다.

### 3.4 그라픽구조도구(Thesauruse Grapic Tool: TGT)

FIR에서 받은 출력행렬을 바탕으로 하여 각 항목들간의 계층적 구조인 관계정도구조(thesaurus)를 출력하는 부분이다. 출력행렬은 입력행렬에 퍼지관계요구를 적용하여 얻어진 항목과 항목사이의 종속관계를 의미하는  $m$ 행  $m$ 열의 행렬이다. 여기서  $m$ 은 입력행렬에서 항목의 개수를 나타낸다. 관계정도구조는 항목(term 혹은 literal)의 계층이다. 이 관계정도구조가 절데이터베이스로부터 "given clause"를 선택하는 데 사용될 가중치(weight)를 결정한다. 절데이터베이스로부터 "given clause"를 선택하는데 관계정도구조를 사용하는 기본 개념은, 그 구조에서 얕은 레벨에 위치한 항목에 가벼운 가중치를 부여하는 것이다. 관계정도구조로부터의 웨이트를 이용하여 절데이터베이스로부터 given clause가 선택된다. 특별한 지시가 없으면, 정리증명기는 가장 낮은 웨이트를 가진 절을 "given clause"로 선택한다.

관계정도구조를 구성하는 알고리즘은 아래와 같다.

#### 관계정도구조의 구성 알고리즘

```

1.  $R = T^T \cdot T$  행렬구출. /* 출력행렬 */
   T1, T2, ..., Tk, ..., Tm = T

2.  $\alpha$ -cut 의 값 조정.

3. for i := 1 to m /* k번째 행과 열의 1의 수 */
   begin
       compute indegree(k) = Tk 행의 1의 수
       outdegree(k) = Tk 열의 1의 수.
   end

4. if there does not exist k such that indegree
   (k) = m
   or there exists k such that  $R(k,k) = 1$ 
   /* 관계정도구조가 구성되지 않는 경우 */
   then go to 2 /*  $\alpha$ -cut 의 값 재조정 */

5. if there exist k such that indegree(k)=0
   and outdegree = 0
   /* 관계정도구조에서 분리된 구조가 존재하는 경우 */
   then go to 2 /*  $\alpha$ -cut 의 값 재조정 */

6. indegree(k)가 큰 순으로 Tk값 나열.
   if indegree(k) 값이 같으면 outdegree(k) 작은
   순으로 나열.
   /* 관계정도구조의 구성 */

```

행렬  $D^T$ 와  $D$ 의 합성행렬을  $R_T$ 라 하면 이는 항목에서 항목으로의 행렬이고, 각 항목을 T1, T2, ..., Tk, ... 라 한다. 우선  $\alpha$ -cut값을 초기화 하고 모든 항목들에 대해 indegree의 값과 outdegree의 값을 계산한다. 행렬에서 열의 1의 개수가 그 항목의 outdegree의 값이고 행의 1의 개수가 그 항목의 indegree의 값이 된다. 만약 행렬에서 대각 행렬의 값이 1이 아니거나, 모두 1로 채워진 어떠한 열이 존재하지 않는다면 이는 관계정도구조(thesaurus)를 구성할 수 없으므로 다시  $\alpha$ -cut값을 조정한다. 또한 어떤 항목에서 indegree의 값과 outdegree의 값이 1이라 함은 다른 항목을 참조하지 않은 독립된 항목이므로 이 또한  $\alpha$ -cut값을 조정해야 한다. 이와 같이,  $\alpha$ -cut값을 재조정후 적당한

행렬  $R_T$ 가 구성되면 이들의 항목중 indegree의 값이 큰 순으로 관계정도구조를 구성하고, 이때 만약 같은 값이 존재한다면 outdegree의 값이 작은 순으로 관계정도구조를 구성한다.

### 3.5 절데이터베이스(clause Database)

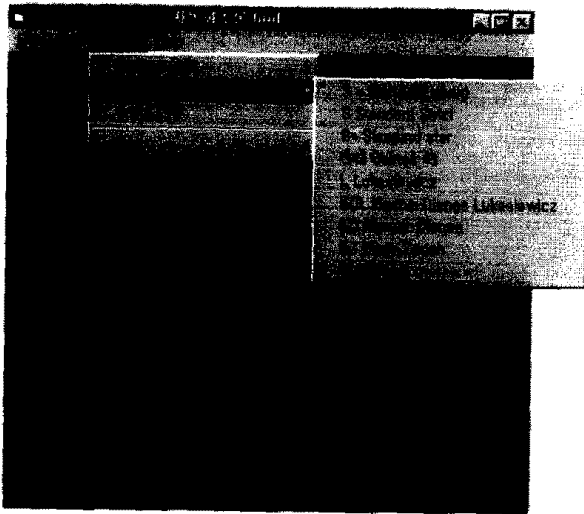
절데이터베이스는 OTTER로 부터 생성된 모든 절들과 사용자에게 의해 입력된 모든 절들을 저장한다. 추론에 의해서 생성되는 절들을 저장하는 절데이터베이스는 쉽게 잠식되기 때문에 시스템은 절데이터베이스를 정제해야 할 필요가 있다. 중복되고 논리적으로 같은 절은 절데이터베이스로부터 제거되어야 할 것이다. FIR과 TGT에 의해 선택된 절은 OTTER로 옮겨져 결론을 유도하거나, 추론에 이용되어 결론을 유도할 수 있는 절을 생성하게 된다.

### 3.6 사용자 인터페이스

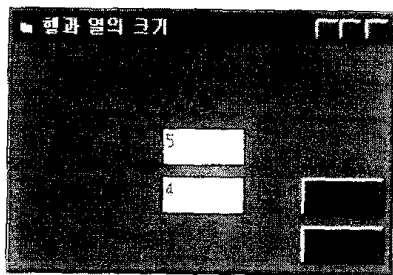
본 시스템은 사용자 인터페이스를 위해서 메뉴 기반 윈도우 시스템으로써, 메뉴를 화면에 팝업(pop up)윈도우 방식으로 제공하며, Visual Basic 4.0을 이용하여 구현한다. 수시로 선택화면과 마우스를 통하여 사용자와 대화함으로써, 퍼지관계곱(product)과 퍼지조건연산자(fuzzy implication operator) 및  $\alpha$ -cut을 선택할 수 있으며,  $\alpha$ -cut을 너무 높게 책정하여 관계정도구조(thesaurus)가 제대로 구성되지 못할 경우  $\alpha$ -cut을 선택화면을 통하여 재조정할 수 있다. 여기서, product는 퍼지관계요구(fuzzy relational request)의 적용을 위한 퍼지관계곱(fuzzy relational product)인  $\langle, \triangleright, \square$ 의 선택을 의미한다.

(그림 2)는 본 시스템의 사용자 인터페이스의 화면이다.

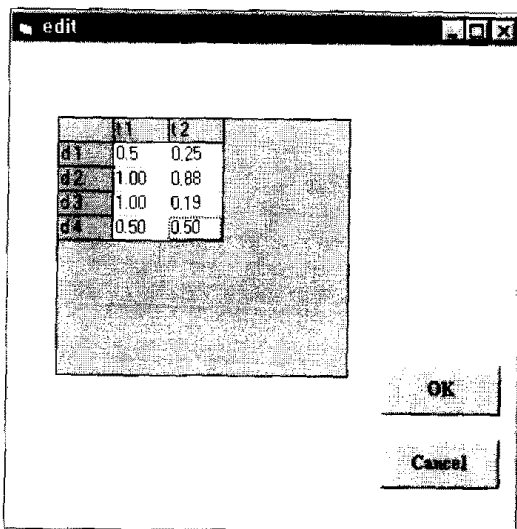
- ① File : 이미 만들어진 행렬(OTTER 입력화일)을 불러들이거나 새로 만들어진 file을 저장한다.
- ② Edit : 입력행렬을 편집한다. 먼저 사용자로부터 행과 열의 수를 받아들이고 이를 이용하여 행렬을 구성한 후 실제 입력값을 입력한다. (그림 3)에서 사용자는 5행 4열을 입력하고 (그림 4)에서 각 행렬의 요소값을 입력한다. 요소값은 절( $d_i$ )과 항목( $t_i$ )간의 관련된 정도이다.



(그림 2) 사용자 인터페이스 화면  
(Fig. 2) User interface screen



(그림 3) 입력행렬의 크기 결정  
(Fig. 3) Size of the input matrix



(그림 4) 입력행렬의 구성  
(Fig. 4) Input of the values of the matrix

3 Trisys : FIR에서는 입력으로 행렬을 받아들이는데

이 행과 열의 연결(operand와 literal)으로 구성된다. 사용자가 문제에 적당한 퍼지관계곱(product)과 조건연산자를 선택한 후  $\alpha$ -cut값을 입력한다. 만약 사용자가 이 세값을 입력하지 않으면 super product(4)와 KDL(kleene-Dienes Lukasiewicz) 조건연산자 그리고  $\alpha$ -cut은 0.8값이 초기값으로 주어진다. 퍼지 조건연산자(fuzzy implication operator)는 주어진 문제의 영역에 따라 아래의 연산자중 적합한 것을 선택한다.

for  $a, b \in [0,1]$ :

(1)  $S^\#$  Standard Sharp

$$a \rightarrow b = 1, \text{ if } a=1 \text{ or } b=1, \\ 0, \text{ otherwise.}$$

(2)  $S$  Standard Strict

$$a \rightarrow b = 1, \text{ if } a \leq b, \\ 0, \text{ otherwise.}$$

(3)  $S^*$  Standard Star

$$a \rightarrow b = 1, \text{ if } a \leq b, \\ b, \text{ otherwise.}$$

(4)  $G43$  Gaines 43

$$a \rightarrow b = \min(1, b/a).$$

(5)  $L$  Lukasiewicz

$$a \rightarrow b = \min(1, 1-a+b).$$

(6)  $KD$  Kleene-Dienes

$$a \rightarrow b = (1-a) \vee b = (\max(1-a, b)).$$

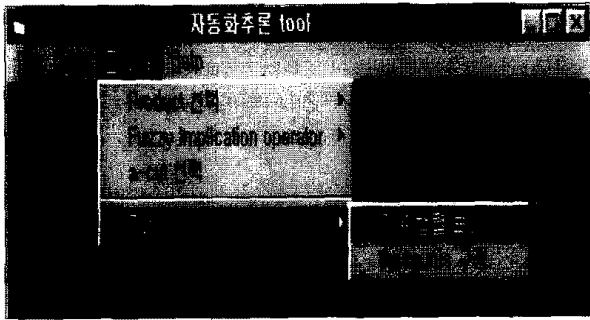
(7)  $EZ$  Early Zadeh

$$a \rightarrow b = (a \wedge b) \vee \alpha a.$$

(8)  $W$  Willmott

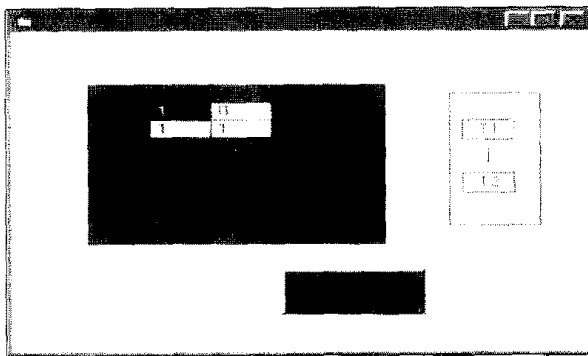
$$a \rightarrow b = ((1-a) \vee b) \wedge (a \vee (1-b) \vee (b \wedge (1-a)))$$

FIR는 항과 항 사이의 포함 관계를 의미하는 행렬을 출력하여 이 값을 TGT에 넘긴다. TGT는 이 값과 사용자가 선택한 세가지 값을 이용하여 항들 사이의 관계 구조도를 출력한다. 추출된 관계정도구조에서 가장 낮은 레벨로 부터 높은 레벨로 순차적으로 낮은 값으로부터 높은 값의 가중치를 부여한다. (그림 5)는 Trisys 선택화면이다.



(그림 5) Trysis 선택화면  
(Fig. 5) Trysis menu screen

(그림 4)의 입력행렬을 이용하여 실행 시킨 후의 결과 값인 관계정도구조는 (그림 6)과 같다.



(그림 6) 관계정도구조  
(Fig. 6) Thesaurus

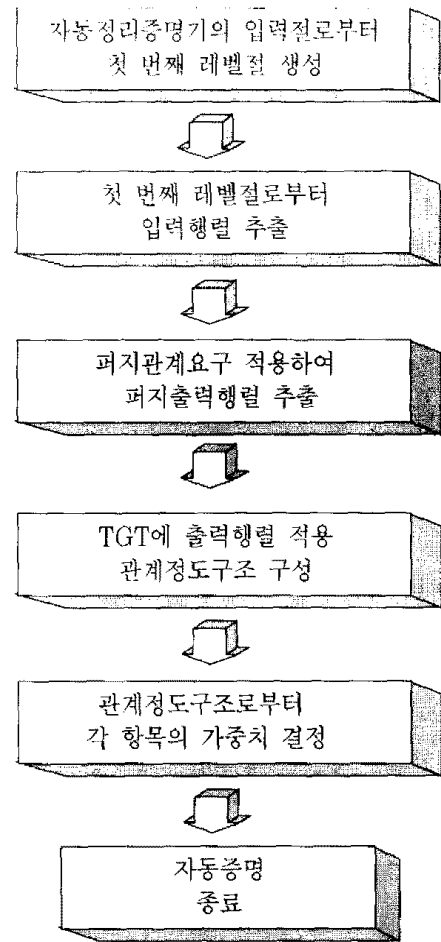
④ Help : 각 메뉴에 대한 기본적인 설명을 보여준다.

### 3.7 퍼지 가중치 선정의 흐름도

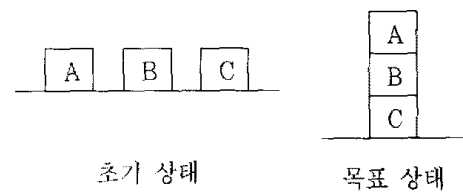
자동화추론에서의 가중치 선정의 자동화를 위한 시스템의 실행과정은 (그림 7)과 같이 그 흐름을 표현할 수 있다.

## 4. 사례적용 및 효율성 비교

본 장에서는 제안된 가중치 선정의 자동화 기법을 블럭 문제에 실제 적용하여, 그 효율성을 증명한다. 주어진 블럭 문제는 초기 상태가 블럭 A와 블럭 B, 블럭 C가 테이블 위에 있고, 목표 상태는 블럭 C위에 블럭 B가 있고 블럭 B 위에 블럭 A가 있는 상태이다(그림 8).



(그림 7) 퍼지가중치선정의 흐름도  
(Fig. 7) Flowchart of the fuzzy weighting strategy



(그림 8) 블럭 이동 문제  
(Fig. 8) A block world problem

이 블럭 문제는 다음과 같이 절(clause)의 형태로 표현된다.[4]

- (1)  $\neg T(\text{On}(x,y),z) \mid \neg T(\text{Clear}(x),z) \mid T(\text{Table}(x), \text{Do}(U(x,y),z))$ .
- (2)  $\neg T(\text{On}(x,y),z) \mid \neg T(\text{Clear}(x),z) \mid T(\text{Clear}(y), \text{Do}(U(x,y),z))$ .

		S1	A	B	C	Noop	U
d1	T(Clear(A),S1)	0.5	0.25				
d2	T(Clear(A),Do(U),S1))	0.25	0.25				0.25
d3	T(Clear(A),Do(Noop),S1))	0.25	0.25			0.25	
d4	T(Clear(A),Do(U(x,y),S1))	0.25	0.25				
d5	T(On(x,A),S1)	0.5	0.25				
	.						
	.						
d24	A != C		1		1		
	.						
d49	T(On(C,x),S1)	0.5			0.25		
d50	T(On(C,B),Do(S(C,B),S1))	0.25		0.25	0.25		
d51	T(On(C,A),Do(S(C,A),S1))	0.25	0.25	0.25			

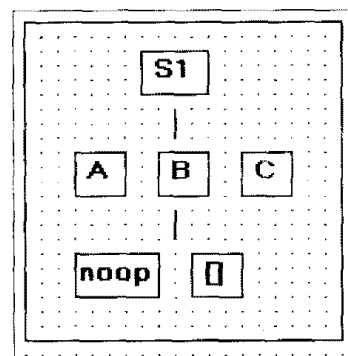
(그림 9) 블럭 문제의 입력행렬  
(Fig. 9) Input matrix for the block problem

- (3)  $\neg T(\text{Table}(x),z) \mid \neg T(\text{Clear}(x),z) \mid \neg T(\text{Clear}(y),z) \mid (x = y) \mid T(\text{On}(x,y),\text{Do}(S(x,y),z))$ .
- (4)  $\neg T(\text{Table}(u),z) \mid T(\text{Table}(u), \text{Do}(U(x,y),z))$ .
- (5)  $\neg T(\text{Clear}(u),z) \mid T(\text{Clear}(u), \text{Do}(U(x,y),z))$ .
- (6)  $\neg T(\text{On}(u,v),z) \mid (u \neq x) \mid T(\text{On}(u,v), \text{Do}(U(x,y),z))$ .
- (7)  $\neg T(\text{Table}(u),z) \mid (u \neq x) \mid T(\text{Table}(u), \text{Do}(S(x,y),z))$ .
- (8)  $\neg T(\text{clear}(u),z) \mid (u \neq y) \mid T(\text{Clear}(u), \text{Do}(S(x,y),z))$ .
- (9)  $\neg T(\text{On}(u,v),z) \mid T(\text{On}(u,v),\text{Do}(S(x,y),z))$ .
- (10)  $\neg T(x,z) \mid T(x,\text{Do}(\text{Noop},z))$ .
- (11)  $\neg T(x,z) \mid T(x,\text{Do}(\square,z))$ .
- (12)  $\neg T(x,\text{Do}(w,\text{Do}(y,z))) \mid T(x,\text{Do}((y|w),z))$ .
- (13)  $\neg T(\text{Table}(x),z) \mid \neg T(\text{On}(x,y),z)$ .
- (14)  $\neg T(\text{Clear}(y),z) \mid \neg T(\text{On}(x,y),z)$ .
- (15)  $\neg T(\text{On}(x,y),z) \mid \neg(y \neq w) \mid \neg T(\text{On}(x,w),z)$ .
- (16)  $\neg T(\text{On}(A,C),x) \mid \neg T(\text{On}(B,C),x) \mid \text{Goal}(x)$ .
- (17)  $\neg \text{Goal}(\text{Do}(x,y)) \mid \text{Ans}(x)$ .
- (18)  $\neg(A = B)$ .
- (19)  $\neg(B = C)$ .
- (20)  $\neg(A = C)$ .
- (21)  $\neg(B = A)$ .
- (22)  $\neg(C = A)$ .
- (23)  $\neg(C = B)$ .
- (24)  $T(\text{Clear}(A),S1)$ .
- (25)  $T(\text{Clear}(B),S1)$ .

- (26)  $T(\text{Clear}(C),S1)$ .
- (27)  $T(\text{Table}(A),S1)$ .
- (28)  $T(\text{Table}(B),S1)$ .
- (29)  $T(\text{Table}(C),S1)$ .
- (30)  $\neg \text{Ans}((S(B,C) \mid S(A,B)))$ .

위의 절들을 3.3장에서 언급한 바와 같이, 퍼지 가중치들을 결정하기 위한 입력행렬을 구성하면 (그림 9)와 같다.

위의 입력행렬을 4장에서의 퍼지 가중치선정 기법을 적용하여 구성된 결과인 관계정도구조가 (그림 10)에 보인다. 사용된 퍼지조건연산자  $a \rightarrow b = \min(1, 1-a+b)$ 이며,  $\alpha$ -cut은 0.8을 적용하였다



(그림 10) 블럭문제의 관계정도구조  
(Fig. 10) Thesaurus for the block problem



위의 관계구조로부터, 가중치  $S1=0, A=B=C=1, Noop=1=5$ 을 부여하였다.

관계구조로부터 얻어진 가중치를 사용한 방법을 가중치를 사용하지 않은 방법과 비교하면 아래와 같다.

	수행 시간	결론까지 생성된 절의 수
가중치전략을 사용하지 않은 경우	0.71 초	137
퍼지가중치전략을 사용한 경우	0.55 초	102

사용된 OTTER 는 DOS상에서 실행되었으며, 실험에 사용된 컴퓨터는 pentium/100 MHz 이었다.

위의 실험으로 본 시스템을 이용한 관계구조로부터 얻어진 가중치를 사용하였을 경우 수행시간은 물론 결론까지 도달하기 위해 생성된 절의 수를 단축 시킬 수 있다.

### 5. 결 론

인공지능의 한 분야로서의 자동화추론은 프로그램의 검증, 논리 프로그래밍 언어, 논리 회로의 설계 및 검증, 전문가 시스템에의 응용 등 많은 분야로 그 연구 범위가 확대 되고 있다. 그러나 레졸루션에 근거한 이 자동화추론의 방법들은 쉽게 컴퓨터의 주기억 공간이 잠식되어 버리거나, 문제의 해결에 너무 많은 시간을 허비하는 등의 문제점을 안고 있다. 이 문제점의 해결을 위해 지원집합전략 또는 가중치전략등의 방법들이 개발되어 문제점들의 많은 부분들이 해결되었으며, 이 조절 방법들은 현재의 자동화추론에 필수 불가결한 요소이다. 그러나 이 같은 가중치전략의 중요성에도 불구하고, 한가지 결점은 문제를 해결하는 과정인 추론의 우선순위를 결정하는 웨이팅을 자동적으로 결정하지 못하고, 사용자의 그 문제에 대한 지식이나 경험에만 전적으로 의존하는 것이다. 이 같은 가중치 전략의 경험적인 면을 제거하기 위한 방법으로 퍼지 정보검색 기법을 이용한 새로운 방법이 제안되고 있다. 그러나 이 단계에서도 완전히 자동화가 이루어지지 못하고 수작업이 여러 단계에서 필요로 하여 시간의 소모가 많다. 수작

업으로 행하던 관계정도구조(thesaurus)의 구성을 자동화하고 윈도우 선택화면을 제공하여 편집과 수정이 용이하도록 하여, 자동화추론의 성능과 시간면에서 더 효율적이 될 것으로 기대된다.

### 참 고 문 헌

- [1] Bandler, W., and Kohout, L.J., "Semantics of implication operators and fuzzy relational products", in International Journal of Man-Machine Studies, 12:89-116, 1980.
- [2] Bandler, Wyllis and Kohout, Ladislav J. "A survey of fuzzy relational products in their applicability to medicine and clinical psychology". In Kohout, L.J. and Bandler, W., editors, *Knowledge Representation in Medicine and Clinical Behavioural Science*, Abacus Press, Cambridge MA, USA, and Tunbridge Wells, UK., 1986.
- [3] Ben-Ahmeida, B., Kohout, L.J., and Bandler, W., "The use of fuzzy relational products in comparison and verification of correctness of knowledge structures", in Kohout, L.J., Anderson, J., and Bandler, W., editors, *Knowledge-Based Systems for Multiple Environments*, Ashgate Publ., Aldershot, U.K., 1992.
- [4] Genesereth, M. and Nilsson, N. *Logical Foundations of Artificial intelligence*, Morgan Kaufmann Publishers, Inc., Los Altos, CA, 1987.
- [5] Keravnou, E., and Kohout, L.J., "A system for experimental verification of deviance of fuzzy connectives in information retrieval applications", in Ballester, A., Cardus, D., and Trillas, E., editors, Proc. of the Second International Conference on Mathematics at the Service of Man, Las Palmas, 1982.
- [6] Kerre, E.E., "A Walk through fuzzy relations and their application to information retrieval, medical diagnosis and expert systems" in Ayyub, M.M., and Kanal, L.N., editors, *Analysys and Management of Uncertainty:*

Theory and Applications, Elsevier Science Publishers, 1992.

[7] Kim, Yong-Gi and Kohout, L.J. "Use of Fuzzy Relational Products and Algorithms for generating Control strategies in resolution-based Automated Reasoning". In *IFSA '91 Proceedings*, The International Fuzzy Systems Association, 1991.

[8] Kohout, L.J. and Bandler, W., "The use of fuzzy information retrieval techniques in construction of multi-centre knowledge-based systems", in Bouchon, B., and Yager, R.R., editors, *Uncertainty in Knowledge-Based Systems*, pages 257-264, Springer Verlag, Berlin, 1987.

[9] Kohout, L.J., and Kallala, M., "Evaluator of neurological patient's dexterity based on relational fuzzy products" in *Proc. of Second Expert Systems International Conference*, Learned Information Inc., 1986.

[10] Kohout, L.J., Keravnou, E., and Bandler, W., "Design of an information retrieval system using triangle and square products of fuzzy relations for thesaurus construction", in *Proc. IFAC International Symposium on Fuzzy Information, Knowledge Representation and Decision Analysis*, Pergamon Press, 1983.

[11] Kohout, L.J., Keravnou E. and Bandler, W., "Automatic documentary information retrieval by means of fuzzy relational products". In Gaines, B.R., Zadeh L.A. and Zimmermann, H.-J., editors, *Fuzzy sets in Decision Analysis*, pages 308-404, North-Holland, Amsterdam, 1984.

[12] Kohout, L.J., Keravnou, E., Bandler, W., Trayner, C., and Anderson, J., "Costruction of an expert therapy advisor as a special case of a general system protection design" in Trappie, R., editor, *Cybernetics and Systems Research 2*, pages 97-104, North-Holland, 1984.

[13] Kohout, L.J. and Kim, Yong-Gi, "Generating Control Strategies for Resoution-Based Theorem Provers by Means of Fuzzy Triangle Products and Relational Closures" in Lowen, R. and Roubens, M., editors, *Fuzzy Logic: State of the Art*, pages 181-192, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1993.

[14] McCharen, J., Overbeek R. and Wos, L., "Complexity and related enhancements for automated theorem proving programs". In *computers and Mathematics with Applications 2*, pages 1-16, 1976.

[15] McCune, W.W. OTTER 2.0 Users Guide In *Technical Report ANL-90/9*, Argonne National Laboratory, Argonne, IL, March 1990.

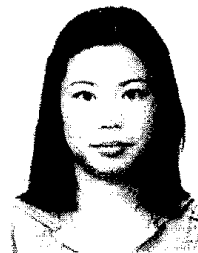
[16] Shirai, Y. and Tsukii, J. *Artificial Intelligence: concepts, techniques, and applications*, John Wiley and Sons, 1984

[17] Wos, L., Overbeek R. Lusk E. and Boyle, J. *Automated Reasoning: Introduction and Applications*, McGraw Hill, New York, 1992.

[18] 백병기, 진정애, 김용기, "퍼지 정보 검색 기법 - 입력 정제를 통한 mechanical theorem prover 개선", 한국 퍼지 시스템학회 춘계 학술 발표 논문집, 1994.

[19] 진정애, 김용기, "퍼지 교통 제어 전문가 시스템", 한국 전문가 시스템 학회 논문지, 제2호, 1995.

### 조 재 희



1994년 경상대학교 컴퓨터학과 (학사)  
 1998년 경상대학교 대학원 전자계산학과(공학석사)  
 관심분야 : 퍼지시스템, 전문가시스템



### 진 정 애

- 1993년 경상대학교 컴퓨터학과 (학사)
- 1995년 경상대학교 대학원 전자계산학과(공학석사)
- 1998년 경상대학교 대학원 전자계산학과 박사과정

관심분야 : 퍼지시스템, 전문가시스템



### 김 용 기

- 1978년 서울대학교 공과대학 (공학사)
- 1987년 University of Montana (전산학석사)
- 1992년 Florida State University (전산학박사)

1982년~1984년 KIST시스템공학연구소 연구원  
1992년~현재 경상대학교 컴퓨터학과 부교수  
관심분야 : 인공지능, 전문가시스템, 퍼지시스템, 자동화  
추론