

상충 해결을 위한 결합지수 연구

고희병*, 이수홍**, 이만호*

A Study of Combinative Index for Conflict Resolution

Koh, H. B. *, Lee, S. H. ** and Lee, M. H. *

ABSTRACT

Expert systems using uncertain and ambiguous knowledge are not of the recent interests about uncertainty problem for performing inference similar to the decision making of a human expert. Human factors on rule-based systems often involve uncertain information. Expert systems had been used the methods of conflict resolution in a rule conflict situation, but this methods not properly solved the rule conflict. If a human expert appends a new rule to an original rule base, the rule base rightly causes a rule conflict. In this paper, the problem of rule conflict is regarded as one in which uncertainty of information is fundamentally involved. In the reduction of problem with uncertainty, we propose an enhanced rule ordering method, which improve the rule ordering method using Dempster-Shafer theory. We also propose a combinative index, which involve human factors of experts decision making.

Key words : Probabilistic reasoning, Combinative index, Dempster-shafer inference, Knowledge-based system

1. 서 론

20세기에 들어 생산시스템이 비약적으로 발전하게 되었고, 이에 따라 전문가들이 알고 있는 정보의 양도 비례하여 늘어났다. 이러한 기술 정보를 처리하기 위해 전문가 시스템(Expert system)이 나오게 되었는데, 이러한 전문가 시스템에서 가장 큰 비중을 차지하는 것이 바로 지식베이스의 구축이라 할 수 있다^[1].

지식베이스는 전문가의 어떤 특수 영역 지식들의 모임으로 나타내어진다. 전문가 시스템내의 지식베이스는 사실(fact)과 의사결정을 위한 기초로서 사실(fact)들을 사용하는 Rule들을 포함하게 된다.

시스템이 방대해지고 전문가의 경험도 축적되어 지식베이스가 커져 있을 때 서로 비슷한 지식베이스 구조를 갖는 두 개의 지식 베이스가 어떠한 목적으로 하나의 지식베이스로 통합되어야 할 때 Rule 상

충(Rule Conflict)이 일어나는데, 이러한 Rule상충을 해결해 보려는 접근방식은 크게 6가지로 나뉘게 되는데^[2], 이 모든 방법은 전문가의 주관적인 견해나 주관적인 경험을 기본으로 하고 있어서 전문가의 경험을 객관화 할 필요가 있다.

Dempster-Shafer이론^[3]은 불확실한 정보에 의해 얻어진 측도를 또 다른 증거에 의해 얻어진 측도로 갱신하는 이론으로 불확실성(uncertainty)이라는 정보를 이용할 수 있는 장점을 가지게 된다. 이러한 성질은 불확실성이 존재하는 여러 응용분야에서 기존 확률이론의 여러 성질과 장점을 적용할 수 있는 가능성을 제기하는 것이다.

본 논문에서는 Rule의 충돌해결을 위해 6가지 접근 방식 중에서 한 방법인 Rule ordering 방법을 이용하였다. 하지만 이 방법도 전문가의 노하우나 주관적인 결정이 많이 필요한 방법이므로, 전문가의 주관적인 결정을 배제할 수 있는 결합지수(CI: Combinative Index)를 제시하였다. 여기서 제시한 CI의 신뢰도를 측정하기 위해 Dempster-Shafer이론을 사용하였다.

Fig. 1을 보면 본 논문의 자세한 개념을 알 수 있

*학생회원, 연세대학교 기계공학과
**정회원, 연세대학교 기계전자공학부
- 논문투고일: 2000. 8. 11
- 심사완료일: 2000. 10. 17

- 공집합일 경우 m은 "0"
 - m의 합이 U의 모든 부분집합 일 경우는 "1"
- 주어진 기본 있음 직한 할당 m에서, U의 부분집합 A의 Belief는 A의 모든 부분집합 B의 m(B)의 합과 같다. U의 부분집합 A의 plausibility는 1-BELIEF(A')이다.

2.2 신뢰성 결합을 위한 Dempster 규칙

만일 가능한 기본 설정, m_1 과 m_2 가 있다면 이들은 다른 가능한 기본 설정인 $m_1 \oplus m_2$ 로 다음과 같이 정의 될 수 있다.

$$m_1 \oplus m_2(\emptyset) = 0 \tag{1}$$

$$\forall x \neq \emptyset, m_1 \oplus m_2(x) = \frac{\sum_{y \cap z = x} m_1(y) \cdot m_2(z)}{\sum_{y \cap z \neq \emptyset} m_1(y) \cdot m_2(z)} \tag{2}$$

이러한 식으로, 두 가지 증거가 결합되어 새로운 신뢰도를 부여하는 함수가 정의되는데, 이러한 결합과정은 3개 이상의 증거가 존재하더라도 계속적으로 반복될 수 있다. 따라서, Dempster의 결합규칙을 통하여 증거가 많아지면 많아질수록 정보의 불확실성이 점차 감소함으로써 가설을 확인하거나 불신할 수 있게 되며, 그 과정에서 판단의 정확성이 향상될 수 있다.

2.3 기본확률할당의 설계

기본확률할당은 주어진 가설들에 대하여 확신의 정도를 부여하는 함수로서, 각각의 정보(또는 증거)들에 대하여 설계한다. 조립설계에 이용할 수 있는 정보는 각각의 파트에 대한 연관관계를 나타내는 Combinative Index(CI)이다. 이러한 증거 이외에도 다른 증거들이 더 포함하여 성능의 개선을 보일 수 있겠지만, 본 논문에서 제시하는 CI만을 조립설계에서 사용할 수 있는 증거로 사용하였다.

첫번째 제시되는 조립트리와 두번째 제시되는 조립트리에서 각각의 파트가 상이한 결합관계를 갖는 두 파트를 가려내어 이것을 각기 두개의 집합으로 삼는다. 첫 번째 집합은 처음 제시된 조립트리의 파트들을 포함하게 되고, 두 번째 집합은 두 번째 제시된 조립트리의 파트를 포함하게 된다.

이와 같이 설계된 기본확률할당에 대하여, Dempster 결합규칙에 적용한 식은 다음과 같다.

$$m_1 \oplus m_2 = \frac{\sum_{y \cap z = x} m_1(y) \cdot m_2(z)}{\sum_{y \cap z \neq \emptyset} m_1(y) \cdot m_2(z)} \tag{3}$$

식 (3)에서 총 불일치량 부분인 분모의 $\sum_{y \cap z \neq \emptyset} m_1(y) \cdot m_2(z)$ 는 영이 되므로 무시한다.

Belief함수가 singleton에 대해서만 정의 되었으므로 $m_1=Bel_1$ 이고 $m_2=Bel_2$ 가 된다.

그러므로,

$$Bel_1 \oplus Bel_2(x) = m_1 \oplus m_2(x) \tag{4}$$

이다.

3. 충돌과 충돌해결

3.1 충돌

생산시스템의 물베이스에, 제품 A를 생산하기 위한 Rule이 저장되어 있다. 다른 부서에서도 제품 A를 설계하는 지식베이스가 존재할 때, 생산을 위해 두 지식베이스를 통합하게 될때, 여기에서 서로 유사한 지식베이스가 충돌하게 된다.

Table 1은 조립 시스템에서 유사한 지식베이스의 충돌을 보여주고 있다. Table 1은 조립의 상관관계만을 Rule로 표현한 것이고 조립에 관련되는 기구학적 제약조건이나 기하학적 조건은 Table 1에서 제외하였다. 첫 번째 조립시스템에서 사용된 조립 상관관계 Rule은 1, 3, 5, 7, ...등의 홀수로 표1에서 나타내었고 두 번째 생산시스템에서의 사용된 조립 상관관계 Rule은 2, 4, 6, 8, ...등의 짝수로 Table 1에서 나타내었다. 기본적으로 Rule은 IF-THEN의 표기 방법을 사용하였다. Table 1에서 보면 같은 조립품이라고 생산라인의 변경과 설계상의 차이점에 의해 기업 A 생산 플랜트에서의 조립과 기업 B 생산 플랜트에서의 조립트리가 Table 1에서와 같이 다를 수 있는데, 이것을 외부적인 요인(합병, 인수로 인해 하나의 Rule 베이스로 통합되어 질 때의 충돌을 예로 든 것이다.

Table 1. Examples of rule conflict

RULE 1	if part A is a single part THEN single part A is combined with part B, C, D
RULE 2	part A is a part THEN part A is combined with single part B
RULE 3	if part B is a single part THEN single part B is combined with part A, C, D
RULE 4	if part B is a single part THEN single part B is combined with part F, G
RULE 5	if C is a single part THEN single part C is combined S,part A, B, D
RULE 6	if C is a single part THEN part C is combined with AE, H, BFG, D
RULE 7	if part D is a single part THEN part D is combined with part BGF, H, AE, C
FACT:	Part A, B, C, D is a single part.

3.2 충돌해결

본 논문에서는 상충을 해결하기 위한 방법들 중에 Rule ordering 방법을 선택하고 전문가의 주관적인 논리 개입을 막기 위하여 CI(Combinative Index)를 제안하였다. 여기서 제안된 CI를 이용하여, 기본할당 확률 함수를 만들었다. 이러한 방법으로 만들어진 기본 신뢰도를 가지고 Dempster 결합규칙을 사용하여, 각 Rule의 부분적인 신뢰도를 결합한다. 이것을 가지고 각 Rule에 대한 신뢰도를 구하여 충돌이 일어나는 Rule간의 신뢰도 비교를 통하여 신뢰도가 높은 Rule을 선택하게 된다.

주어지는 동시적 상황에 대해 일치과정에 의해 일치되는 Rule이 다수일 때는 의사결정을 일치과정과 상호작용을 하여 효율적이고 정확한 일치를 시도하게 된다. 이렇게 의사결정과 결부한 일치과정 기법을 '상충해결(Conflict Resolution)'이라 한다. 상충을 해결하기 위한 방법에는 여러 가지가 있으나 대표적인 6가지 방법으로 다음과 같은 것이 존재한다^[6].

■ Specificity ordering

Triggering된 Rule의 조건부분이 다른 Triggering된 Rule의 부분집합이면, 후자의 Rule이 다중적 상황에 대해 더 많은 조건을 만족되는 경우이므로, 이 Rule을 Firing시키는 방법.

■ Rule ordering

모든 Rule에 우선 순위를 정리해 두어 Triggering된 Rule들 중 우선 순위가 가장 높은 Rule을 선택하여 Firing하고 나머지는 무시한다. 단 여기서 우선 순위 논리는 설계자 및 전문가의 목적에 따른다.

■ Data ordering

우선 순위 리스트를 만들고 Triggering된 Rule들 중에서 가장 높은 우선 순위를 포함한 조건을 소유한 Rule을 Firing 시킨다.

■ Size ordering

Triggering된 여러 Rule들 중에 IF 부분에 속해있는 조건의 수가 가장 긴 리스트를 갖는 Rule에 우선 순위를 주어 그 Rule을 Firing 시킨다.

■ Recency ordering

설계자의 목적에 따라 가장 최근에 Triggering된 Rule이나 혹은 가장 일찍 Triggering된 Rule을 선택하여 Firing 한다.

■ Context limiting

Rule들간에 그룹을 나누어 상충의 가능성을 줄이기 위해 일부의 Rule이 작동하면 나머지는 다른 그룹의 Rule을 Firing 한다.

위의 대표적인 6가지 방법이 제시되었으나, 이 방

법 모두 상충을 해결하는데 한계점이 노출되었다. 각각의 방법들은 각 연구사례 등에 제한적인 성과를 얻었으며, 설계자가 설계하려는 의도에 맞는 방법을 선택하여 적용하여왔다. 본 논문에서는 실제 생산 작업에서 오차 영향이 크게 미치는 중요 요소들을 선택하여 해결하는 것이 전문가의 중요한 역할이므로 실제 인간적 요소가 일을 처리하는 방법인 Rule ordering을 사용하였다.

4. 결합지수(CI: Combinative Index)

4.1 결합지수

$$CI = \frac{\sum_{i=1}^n R_i P_i}{\sum_{i=1}^n R_i}, \quad CI_N = \frac{\sum_{i=1}^n R_i P_i C_i}{\sum_{i=1}^n R_i P_i} \quad (5)$$

- R_i =현재 레벨 i 에서, 연관된 Rule의 수
- P_i =현재 레벨 i 에서, 연관된 파트의 수
- P_i =전체 rule의 수
- CI_N =하부 조립구조를 갖는 새로운 CI 값

Rule ordering 방법에서 전문가의 주관적 개입을 배제하기 위하여 본 논문에서는 결합지수(CI)를 제안하였다. CI의 정의는 전체 Rule에서 현재 Rule을 바꿀 때 미치는 영향으로 하였다. 식 (3)은 CI를 수식화 한 것이다.

CI의 역할은 Rule에서의 가중치 선정의 객관성을 주기 위해 도입한 지수(Index)이다. Rule을 평가하기 위해서는 평가할만한 가치 기준이 필요하게 된다. 하지만 Rule은 다채로워서 어떠한 특정 가치기준을 가지고 평가하기가 힘들다. 본 논문에서는 Rule의 평가 기준을 각각의 Rule이 나타내는 전체 Rule에서 현재 Rule을 바꿀 때 미치는 영향으로 정하였다. 그래서, 본 논문에서는 적용사례에서 보는 것과 같이 신뢰성을 평가하기 위해 CI자체를 생산공정에 국한하여 적용하는 것을 제안한다.

4.2 결합지수의 적용

일반적으로 자동차 차체의 전체 조립공정은 150-200개 부품이 200-300개의 스테이션을 통해 조립되는 복잡한 공정이다^[7,8]. 몇 개의 부품들을 용접해 조립품을 만들어 내는 조립스테이션이 순차적 연결된 형태로 이루어진다. 부품들은 한 조립 스테이션에서 조립되어 조립품을 이루게 되고, 다음 조립 스테이

선에서 부 조립품이 되어, 다른 부품이나 또 다른 조립스테이션에서 조립된 조립품과 조립되어 더 큰 단위의 조립품을 이루게 된다. 또한 부조립품으로 이루어진 조립스테이션이 존재한다.

본 논문에서는 자동차의 Front End의 조립공정을 스테이션(Station)노드와 부품(Part)노드로 구성된 계층적 구조(Tree 구조)의 형태로 정의하였다. 조립스테이션은 로봇에 의한 접 용접에 의해 부품이나 부조립품을 조립하여 상위조립품을 만드는 작업이 이루어진다.

부품노드는 조립 스테이션에서 조립될 부품이나 부조립품과 측정 스테이션이 될 조립품을 나타낸다. 이와 같이 스테이션 노드와 부품노드의 연결관계를 통해 자동차 차체의 조립 공정을 정의하는 것을 조립공정도(Assembly Process Tree)라고 정의한다.

본 논문에서는 결합지수(Combinative Index: CI)를 자동차 조립설계에 직접 이용하여, 실제 조립설계에 이용해 보았다. 해석의 목적은 Front End가 설계되는 과정에서, 각 설계 부서와 치구/검구설계 부서간의 조립공정에서 발생할 수 있는 충돌을 찾아내어, 각 부서의 조립공정트리의 신뢰성을 판단하고, 각 부분에서의 신뢰성 있는 부분의 조립트리를 재구성할 수 있게, 새로운 조립트리를 제안해 주는 것이다.

5. 적용사례

5.1 Front End에서의 적용

Front End를 설계하는 회사에서 조립트리를 만든 후, 제품의 안전도 검사에서 보강재를 넣어야 할 필요가 있다고 판단되어 해석 부서에서 다시 설계부서로 조립트리를 보냈다. 조립부서에서는 새로운 조립트리만 만들어서 치구/검구설계부서로 보냈다. 그러나 치구/검구설계부서에서는 조립부서에서 만든 조립트리가 치구/검구설치에 맞지 않다고 판단, 치구/검구설치에 맞는 조립트리를 제시 하였다. 치구/검구설계부서에서 제시한 조립트리는, 조립부서가 제시한 조립트리는 치구/검구설치에 부적합하다고 판단하여 조립의 순서를 바꾸었다. 조립부서에서는 조립을 원활하고, 생산에 드는 비용을 줄이기 위해 순차적인 조립순서를 제시한 반면 치구/검구설계부서에서는, 기존의 장비를 가지고서는 치구/검구의 위치를 확보할 수 없다고 판단하고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해, 양쪽의 제약조건을 거의 만족하면서, 절충된 해결방안을 제시할 수 있어야만 한다.

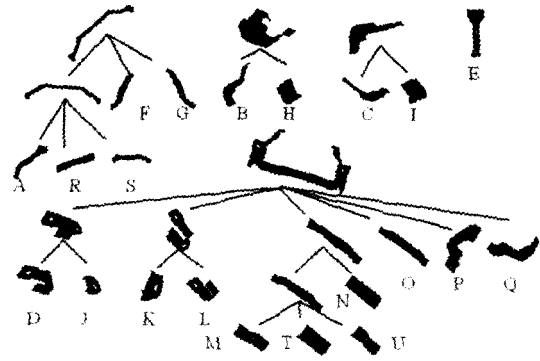


Fig. 2. Assembly tree of design team.

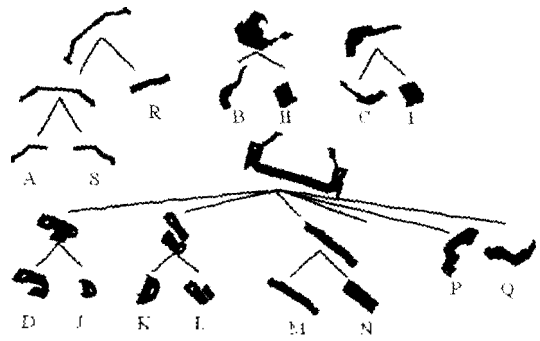


Fig. 3. Assembly tree of locator/measurement team.

이렇게 각기 만든 조립트리를 가지고, 생산부서에서 룰베이스를 통합할 때 충돌이 생긴다. 이런 충돌을 해결하기 위해 '결합지수를 이용한 충돌해결방법'을 사용하였다. 결합지수를 이용한 상충해결 방법을 사용하여 문제를 해결하게 된다.

- STEP 1: 집합에 대한 기본확률할당을 구한다. 앞에서 확증집합과 불확증집합으로 나눈 것을 참고로 하여 각각에 대한 기본확률할당 m 을 구한다.
- STEP 2: 앞의 수식 2인 Dempster-Shafer 결합법칙을 이용하여 각각의 확증 값과 불확증 값을 결합한다.
- STEP 3: m 에서 모든 중요요소의 집합을 m 의 core라 하고, k 라 한다. 여기서 k 값을 구한다. 그리고 각각에 대한 신뢰도 값을 구한다.

Dempster-Shafer 이론에서 나온 결과를 기준으로 Rule ordering 방법을 이용해 우선 순위가 높은 Rule을 선택하고, 다른 Rule을 무시하게 되면, 앞에서 문제되던 충돌문제를 해결하게 된다.

Table 2에서 보면 A와 A'등의 표기로 나와 있는데

Table 2. A result of conflict resolution

조립설계			치구/검구설계		
Rule	CI	Rel	Rule	CI	Rel
A	0.0065	0.9265	A'	0.005	0.092
R	0.013	0.0325	R'	0.0113	0.0723
M	0.0039	0.325	M'	0.0018	0.0128
N	0.0039	0.325	N'	0.0018	0.0128
P	0.0167	0.032	P'	0.0176	0.150
Q	0.0167	0.032	Q'	0.0176	0.150
S	0.0065	0.9265	S'	0.005	0.092

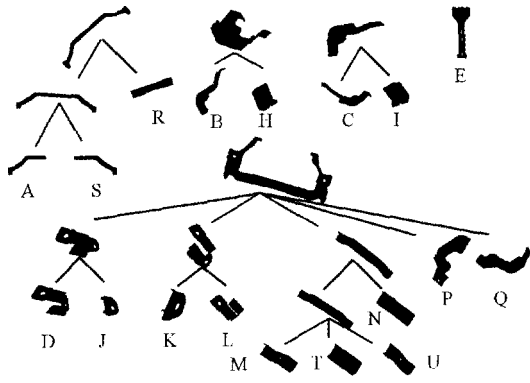


Fig. 4. Enhanced assembly tree.

여기서 A는 파트의 이름을 나타낸 것이고 A와 A'의 구분은 A는 설계팀의 조립트리의 파트 A를 의미하고 A'는 치구/검구팀의 조립트리의 파트 A를 의미한다. 해석결과 파트 A가 파트 A' 보다 신뢰성이 좋았기 때문에 파트 A를 선택한 것이다.

Fig. 4에서 보는 것과 같이 초기의 설계팀에서 조립트리와 치구/검구팀에서 제안한 조립트리의 결충된 모습이다. 물론 한번 결정된 조립트리에서 파트의 가감은 쉬운 일이 아니다 하지만 구조상의 문제로 보강재를 덧붙이는 프로세스가 하나 증가하였고 치구/검구팀에서는 보강재를 고려하지 않은 치구/검구의 결합위치만을 고려한 것이다. Fig. 2와 Fig. 3에서 파트의 차이가 있어 보이는 것은 보강재의 유무의 차이이다.

이러한 이유로 하여 각각의 파트가 전체 조립과정에서 어느 정도의 중요도를 갖는지를 알아보고 이 파트의 가공이나 조립의 유효성 기하학적 형상에 의한 치구 검구의 위치를 고려하여 서로간의 상충을 해결하는 것이다. Fig. 2와 Fig. 3에서 보면 파트 R은 파트 A, B의 보강재이다. Fig. 2에서 파트 A, B가 결합하는 단계에서 동시에 보강재 R이 결합하

D-J-KL-MTUN O P Q	0.0176	DJ->KL-MTUN O P Q	0.0176
G->AS	0.015	ARF&B H E	0.0254
H->B	0.013	F->AR&G	0.013
I->C	0.013	AR&F	0.013
J->D	0.0083	M	0.0127
K->L	0.0083	N	0.0127
L->M	0.0167	O	0.0083
M->N	0.0083	P	0.0083
N->O	0.0083	KL->D J M T U N O P Q	0.0176
O->P	0.0167	L-K	0.0083

Fig. 5. Table of conflict resolution.

도록 되어 있으나 검구/치구팀에서는 치구의 물리는 위치를 고려하여 파트 A, B가 결합한 후 보강재 R을 조립하기를 원하고 있다. 이러한 상충을 다음의 Fig. 5에서 보이는 상충 Rule 표를 이용하여 상충되는 Rule을 제거한다.

Fig. 5을 보면, 조립트리에서 결합에 사용되는 결합 Rule을 표로 나타낸 것이다. 이 표에서 양쪽의 결합 Rule이 모두 기입되어 있다. 이 표를 통하여 결합 시 상충을 일으키는 지를 알아보아서 상충을 일으키면 다음의 방법으로 해결한다.

- 같은 트리구조를 갖는 것은 신뢰성 검사에 서 제외한다.
- 같은 트리구조를 갖는 것은 검은색 실선으로 표기
- 상충을 일으키는 것은 파란색 일점쇄선으로 표기
- 상충에 의해 파트가 지워져서 의미가 없는 Rule을 지우는 것은 빨간색 점선으로 표기

- 결합지수를 이용한 상충해결 시스템개발

시스템 개발을 위하여, 결합지수를 만들어 내는 과정을 만들어 낼 필요가 있었다. 각각의 Rule을 찾아내고 거기에 결합지수의 정의에 맞게 계산하여 Rule에 넣어 주는 모듈이다. 이 모듈은 다음의 식으로 이루어져 있다.

- 해석 1단계: CI값을 구한다.
- 해석 2단계: 확신도 계산.

- 해석 1단계에서 계산한 각각의 CI값을 D-S이론에 각각파트의 확신도로 사용.

- 해석 3단계: 각각의 확신도 결합
- 해석 4단계: 신뢰성 해석

$$K^{-1} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_i \times \left(1 + \sum_{t=1}^n \frac{P_t}{d_t} \right) - \sum_{i=1}^n c_i$$

$$Bell(i) = K(p_i \prod d_i + r_i P c_i)$$

5.2 Dummy Rule 제거모듈

이 모듈은 파트의 신뢰성 판단과 상관없는 Dummy Rule을 지우는 모듈로서, 충돌을 해결하는 과정에서,

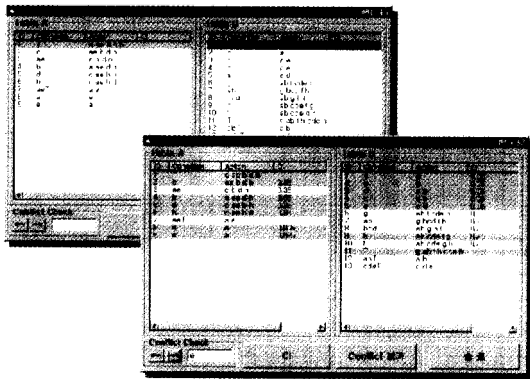


Fig. 6. A system of conflict resolution using Combinative Index.

Rule이 지워져서 상위 부결합체를 이루지 못할 때, 그 파트는 더 이상 파트에서 그 역할을 다하지 못하게 된다. 이때 Dummy Rule을 지워 주어서 각 파트의 결합관계를 재 정의해 주는 모듈이다.

6. 결 론

기존의 충돌 해결방법은 전문가의 주관을 필요 이상으로 필요로 하기 때문에 순간적인 전문가의 판단에 의해 시스템이 잘못된 판단을 하여 생산 시스템 및 기업에 큰 손실을 가져올 수 있다. 본 논문에서 제시된 '결합지수를 이용한 충돌 해결방법'은 Rule 간의 우선 순위 선정시, 전문가의 주관적 판단을 배제하여, Rule 자체가 전체 Rule에 미치는 영향을 나타내는 결합지수(Combinative index: CI) 방법을 제시하였다. 이렇게 제시된 결합지수를 사용하여 전문가의 주관적 개입을 적극 배제하였다. 이렇게 제시된 결합지수의 신뢰도를 평가하기 위하여, Dempster-Shafer 이론을 이용하여 Rule의 신뢰도를 측정하였다. 이렇게 측정된 신뢰도를 바탕으로 하여 Rule ordering방법을 통해 Rule의 충돌을 해결하였다.

본 논문에서 제시한 결합지수를 이용한 충돌해결 방법의 큰 장점은.

- 전문가 시스템에서의 인간적 요소가 갖고있는 불확실하고 모호한 정보를 수식화 하여 객관화 할 수 있다.

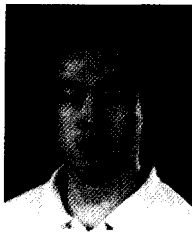
- 결합지수를 이용하여 Rule 충돌문제를 기존의 방법들이 아주 제한적인 곳에 사용되었던 것에 비해, 보다 폭넓게 적용할 수 있다.

- Rule 충돌문제에서 신뢰성 요소를 도입하여, 조립트리의 신뢰성을 평가하고, 개선된 트리를 제안하였다.

향후 연구과제로는 조립설계에 국한되지 않는 결합지수(Combinative Index: CI)의 일반화에도 연구노력이 더 필요하다. 마지막으로, 다양한 적용 모델에서도 본 논문에서 제시하고 있는 방법론이 적당한지 연구가 필요하다.

참고문헌

1. Coyne, R.D., *Knowledge-Based Design Systems*, Addison Wesley, pp. 68-72, 1992.
2. Rich, E., *Artificial Intelligence*, McGraw-Hill Book Co., pp. 235-236, 1991.
3. Shafer, G., *Readings on Uncertain Reasoning*, pp. 529-530, 1990.
4. Lim, Ec-Peng, "An Evidential Reasoning Approach to attribute Value Conflict Re-solution in Database Integration", *IEEE Transactions on knowledge and data engineering*, Vol. 8, No. 5, pp. 707-708, October 1998.
5. Hogg, R. V. and Tanis, E. A., *Probability and statistical inference*, pp. 137-138, 1992.
6. Winston, P. H., *Artificial Intelligence*, Addison Wesley 3rd Edition, pp. 212-213, 1992
7. Martin, M. V. and Ishii, K., "Design for Variety: Development of complexity indices and design charts", *proceeding of DETC '97, 1997 ASME Design Engineering Technical Conferences September 14-17, 1997*.
8. 김주호, "자동차 차체의 광차 설계를 위한 조립시뮬레이션 시스템 개발", 연세대학교, pp. 16-20, 1998.



고 희 병

2000년 연세대 기계공학과 석사
 2000년~현재 연세대 기계공학과 박사과정
 관심분야: 분산협동설계, 지식기반시스템,
 인공지능, 전문가 시스템



이 만 호

1999년 연세대 기계공학과 학사
 1999년~현재 연세대 기계공학과 석사 과정
 관심분야: Workflow Management, PDM,
 동시공학설계



이 수 홍

1981년 서울대 기계공학과 학사
 1983년 서울대 기계공학과 석사
 1991년 Stanford대학 Design Division Con-
 current Engineering 전공, 박사
 1991년~1992년 Lockheed Missile and Space
 Cp. Cable Harness Design System
 개발 Post-Doc.
 1983년~1994년 KIMM CAD/CAM실 선임
 연구원
 1994년~현재 연세대학교 기계공학과 부교수
 관심분야: 동시공학설계, 지식기반시스템설
 계, DFM