

자동도면 치수표시 전문가시스템의 개발 (Development of Expert System for Automatic Dimension Marking on Drawing)

서희석(Hee-Sek Seo)¹⁾, 이근호(Kun-Ho Lee)²⁾, 김희완(Hee-Wan Kim)³⁾

요약

그레이팅이라는 금속 제품의 자동 설계 시스템인 GDS (Grating automatic Drawing System)는 기본 설계 도면 (Plan Drawing)의 정보들을 바탕으로 여러 세부 도면들을 자동 생성하는 시스템이다. 그러나 GDS를 통해 자동 생성된 도면은 설계자들의 일반적인 치수 기입 요령을 부분적으로 만족시키지 못하고 있으며 또 치수 표시 간의 겹침 현상이 발생하여 설계자가 도면을 수정해야 하는 번거로움이 있었다. 전문가 시스템은 컴퓨터 시스템에 입력된 특정분야에서의 전문가적 지식(knowledge)과 사실(fact)들을 이용하여 전문가의 지식이 요구되는 문제들을 해결하기 위해 만들어진 시스템이다. 본 논문은 이러한 문제점을 해결하기 위하여 설계 전문가들의 치수 표시법을 지식으로 하여 규칙 기반 전문가 시스템을 구성하였다.

Abstract

GDS(Grating automatic Drawing System), which is an automatic design system of metal products called grating, is a system that produces various detailed drawings on the basis of information within a Plan Drawing that represents layout of the gratings such as locations, shapes, directions, etc. However, automatically produced drawings by GDS do not fully satisfy the standard of the general dimension marking method used among the layout designers. The lack of this standard quality mainly results from the fact that overlapping among dimension markings appears frequently. To solve the overlapping problem we applied the rule-based expert system which uses the expert's knowledges and facts to solve the problems. The rules for the expert system are designed based on the expertise of skilled layout designers within the grating production lines.

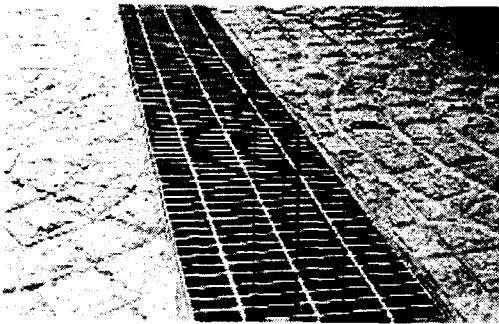
- 1) 정희원 : 성균관대학교 정보통신공학부 박사과정
- 2) 정희원 : 성균관대학교 정보통신공학부 석사과정
- 3) 정희원 : 삼육대학교 컴퓨터과학과 조교수

논문접수 : 2003. 12. 8.
심사완료 : 2003. 12. 15.

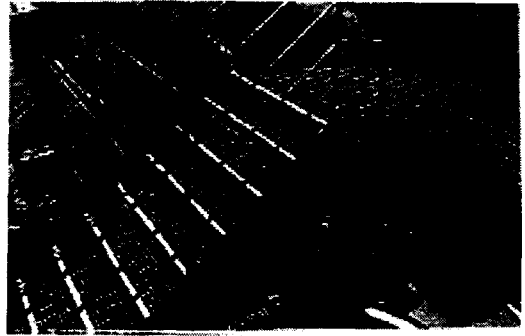
1. 서론

산업화가 고도로 진행되어 가고 있으며 그 구조가 복잡해짐에 따라 인간이 직접 수행해야 할 설계 작업도 점점 복잡해지고 있다. 설계 작업의 복잡도 증가는 설계 작업량의 증가, 설계 기간의 장기화, 설계 오차의 증가 등을 초래하여 전문가라 할지라도 설계 작업을 쉽게 수행할 수 없게 되었다. 이러한 설계의 어려움을 해결하기 위하여 설계 도구로서 컴퓨터가 보편화된 1970년대 초반부터 설계 시스템에 관한 연구가 미국, 일본을 중심으로 활발하게 진행되어 왔다 [1]. 이러한 연구는 오늘날까지 계속 지속되고 있고, 설계 및 제도용으로 가장 보편적으로 사용하고 있는 응용 소프트웨어가 AutoCAD 이다. 그러나 실제 여러 회사들은 각 회사의 작업 특성에 맞게 CAD 사용과 수작업을 병행하고 있는 실정이고 보다 효과적인 생산을 위한 자동화 시스템을 개발하고 있다 [2]. 상세 도면 재설계는 시간이 많이 들고 도면을 효과적으로 보관하고 관리하기 어려우므로 설계 시에 대응력 및 업무의 효율을 약화 시키고 비용을 높이는 단점이 존재한다. 결과적으로 설계 지연과 비싼 비용은 바로 시장 경쟁력에 영향을 미칠 것이다.

그레이팅이라는 금속제품을 생산하는 S업체에서의 작업은 건물 도면에 맞게 그레이팅을 설계 하고, 설계된 도면을 바탕으로 그레이팅을 제조, 공정하는 과정으로 이루어져 있다 [3].



<그림1> 그레이팅의 예 1



<그림 2> 그레이팅의 예 2

<그림 1,2>는 그레이팅과 그레이팅이 사용되는 분야를 나타낸 것이다. 본 논문은 S업체의 그레이팅 설계 과정에서 사용되는 그레이팅 자동설계 시스템에 초점을 맞추고 있다.

본 논문의 2장에서는 관련 연구에 대해서 설명한다. DEVS (Discrete Event system Specification) 이론 및 SES (System Entity Structure)를 설명하고, 전문가 시스템에 대해서 소개한다. 3장에서는 기존 도면 시스템의 문제점을 설명하고 본 연구진이 구성한 도면 치수표시 전문가 시스템의 설계에 대해서 설명한다. 4장에서는 도면 치수표시 전문가 시스템의 구현에 대해서 설명하고 마지막으로 5장에서는 결론을 설명한다.

2. 관련 연구

2.1 시뮬레이션 및 DEVS 이론

시뮬레이션은 문제 해결의 대상이 되는 시스템이 시간에 따라 어떻게 변화하는지를 예측 또는 평가하는 것을 말하며 시스템을 축소 및 추상화한 모델을 통해 이루어지는데 실제 시스템에서 문제 해결을 하기에는 불가능하거나 위험한 일 또는 경비가 많이 드는 일들을 비교적 쉽게 처리할 수 있으므로 그 중요성이 대두되고 있다. 네트워크의 속도가 급속하게 발전하는 상황에서 많은 양의 데이터를 처리해야 하는 보안 시스템을 직접 사용해 보안 시스템의 성능을 평

가하는 것은 많은 비용과 노력을 요구하므로 이를 효과적으로 해결하기 위한 대안이 시뮬레이션 모델을 통해 보안 시스템을 평가하는 것이다 [4]. 시뮬레이션 모델을 통해 구축된 시뮬레이션 환경은 다양한 환경을 조성하고, 시뮬레이션을 반복적으로 수행할 수 있으므로 변화하는 네트워크의 상황에 알맞은 보안 환경을 효과적으로 설정할 수 있다.

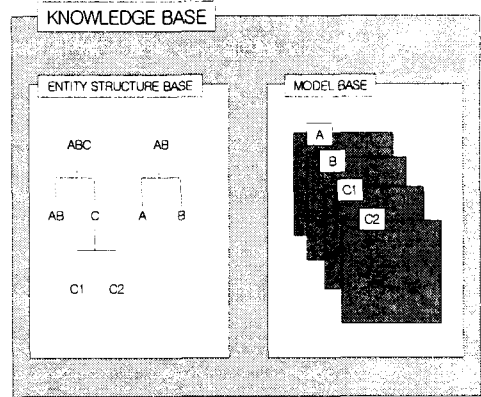
Zeigler에 의해 정립된 DEVS 방법론은 연속적인 시간상에서 발생하는 이산 사건을 처리하는 시스템을 시뮬레이션 하기 위해 이론적으로 정립된 모델링 방법론이다 [5]. 이는 모델의 구조와 행동을 시뮬레이션 수행으로부터 추상화시키기 위해 모델을 집합 이론적 방법으로 이용한 것으로, 시스템을 계층적(hierarchical)이고 모듈화(modular)된 형식으로 기술한다.

DEVS에서는 기본(Basic) 모델과 결합(Coupled) 모델을 정의한다. 기본 모델은 시스템의 동적인 특성을 표현하기 위한 모델이고, 결합 모델은 시스템의 구성 요소간의 상호작용을 표현하기 위한 모델이다. 이 모델들은 다음의 항들로 명세 할 수 있다.

- $$M = \langle X, S, Y, \delta_{int}, \delta_{ext}, \lambda, t_a \rangle$$
- X : 입력 사건의 집합
 - S : 상태들의 집합
 - Y : 출력 사건의 집합
 - δ_{int} : 내부 상태 변이 함수
 - δ_{ext} : 외부 상태 변이 함수
 - λ : 출력 함수
 - t_a : 시간 갱신 함수

- $$DN = \langle D, \{M_i\}, \{I_i\}, \{Z_{i,j}\}, select \rangle$$
- D : 구성 요소 이름의 집합
 - M_i : 구성 모델
 - I_i : 모델 i 와 연관된 모델의 집합
 - $Z_{i,j}$: 모델 i 와 j 모델간의 연결 함수
 - $select$: *tie-breaking selection* 함수

2.2 SES



<그림 3> SES와 모델 베이스

SES는 모델 베이스 내의 컴포넌트로부터 모델의 합성을 설명하는 도구이다. SES는 지식의 표현을 위해서 decomposition, taxonomic와 coupling relationships을 사용하게 된다. SES의 각 엔티티는 모델 베이스에 존재하는 모델들에 대해서 개념적인 관계를 나타낸다. <그림 3>에서와 같이 모델 베이스에 4개의 모델이 존재할 때 SES에서는 <그림 3>의 왼쪽과 같이 개념적인 구조로 모델들의 관계를 설명할 수 있다. SES를 사용하면 모델들의 계층적인 관계를 설명하기 유용하다는 특징이 존재한다.

2.3 전문가 시스템

전문가 시스템은 컴퓨터 시스템에 입력된 특정분야에서의 전문가적 지식(knowledge)과 사실(fact)들을 이용하여, 전문가의 지식이 요구되는 문제들을 해결하기 위해 만들어진 시스템이다. 전문가 시스템은 추론엔진과 지식베이스로 구성된다. 추론엔진(Inference Engine)은 전문가 시스템의 전체적인 운영을 담당하는 기관으로 전문가들의 지식을 이용하는 방법을 정의하고 있으며 지식베이스의 규칙(rule)들과 사실(fact)들을 일정한 추론방법을 통하여 문제를 해결하거나 의사를 결정한다. 추론 방법에는 세 종류가 있다 [5-7]. 어떤 가설에서 추론을 시작하여 이 가설을 지지하는 사실을 역으로 추적해 가는 역방향 추론과 새로운 사실의 생성이 규칙의 조

건부에서 결론부의 방향(정방향)으로 나아가면서 이루어지는 정방향 추론 그리고 정방향 추론과 역방향 추론을 혼합하여 사용하는 혼합형 추론 방법이 있다. 지식베이스는 전문가의 지식을 담고 있는 지식의 저장 장소로 사실과 규칙으로 구성된다. 규칙은 단편적인 전문가의 지식을 표현한 것으로 규칙 전체가 참인지 거짓인지를 판단하는 조건문 (condition statement)과 조건이 참일 경우에 수행되는 처리문 (action statement)으로 구성되어 있다.

IF조건(condition)THEN반응(action)

사실은 규칙을 적용하고자 하는 상태를 표현한 것이다. 어떤 규칙이 적용되었는지에 의해 사실들의 값이 바뀌고 또 다른 사실들이 첨가되기도 한다. 충돌해결기법 (conflict resolution scheme)으로는 다음과 같은 것들이 있다 [8-10].

- 1. rule ordering : 모든 규칙들을 우선순위가 부여된 하나의 리스트로 관리한다.
- 2. context limiting : 규칙들을 그룹화하여 분리함으로써 충돌가능성을 줄인다.
- 3. data ordering : 모든 가능한 사실들을 우선순위가 부여된 하나의 리스트에 관리한다.

3. 도면 치수표시 전문가 시스템의 설계

3.1 도면 치수 상의 문제점

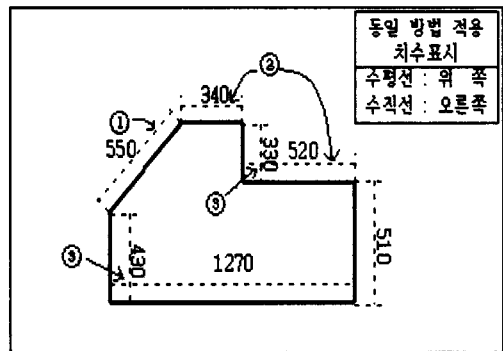
GDS는 2차원으로 그레이팅을 배치하는 기본 설계 도면 (Plan Drawing)을 생성하고 Plan Drawing에 그려진 그레이팅들의 정보를 바탕으로 다음의 3가지 도면을 자동 생성한다.

- 1. BM-List : 배치된 그레이팅 객체들에 대한 통계적인 정보 리스트를 그래픽 형태로 나타내는 도면.
- 2. 단품도(Item Drawing) : 개별적인 그레이팅 제작 시 필요한 것으로 각 그레이팅 마다 치수가 표시된 도면.

3. 검사도(Inspect Drawing) : 공정과정을 통해 생산, 완성된 그레이팅 제품을 검사하기 위한 도면.

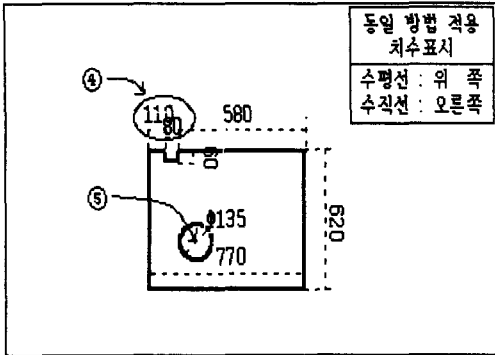
그러나 단품도와 검사도의 경우 그레이팅에 대해 자동으로 치수 표시를 하면서 여러 문제점들이 나타나게 되었다. GDS에서 적용하고 있는 치수표시 방법은 수평선에 대해서는 치수값이 수평선 위쪽에 표시 되도록 하고 수직선에 대해서는 치수값이 수직선 오른쪽에 표시 되도록 하는 방법으로 치수를 나타내야 하는 모든 곳에 동일한 방법을 적용하고 있다. 그림 2와 3은 GDS를 통해 그레이팅의 치수 표시를 자동으로 표시한 것으로 아래와 같은 여러 문제점들이 발생한다.

- ① 대각선에 대한 수평, 수직선의 치수가 나와야 한다.
- ② 치수선이 줄맞춤 되어 있지 않다.
- ③ <그림 4>에서와 같이 치수선의 겹침 현상이 많이 나타난다.



<그림 4> 동일 방법을 적용한 단품도1

④ <그림 5>에서와 같이 치수값 사이의 겹침 현상이 나타난다.



<그림 5> 동일 방법을 적용한 단품도2

⑤ 내부 circle에 대한 지름은 나왔지만 circle의 위치를 표시하는 중심점 치수표시가 누락되었다.

본 논문은 이러한 문제점들을 해결하기 위해, 추론기능과 유연성 있는 지식의 표현력을 갖는 전문가 시스템을 적용, 일반적인 치수 기입 명령을 만족 시키고, 또 치수표시의 위치를 개선함으로써 치수 표시간의 겹침 현상을 최소화 하고자 한다 [11-14].

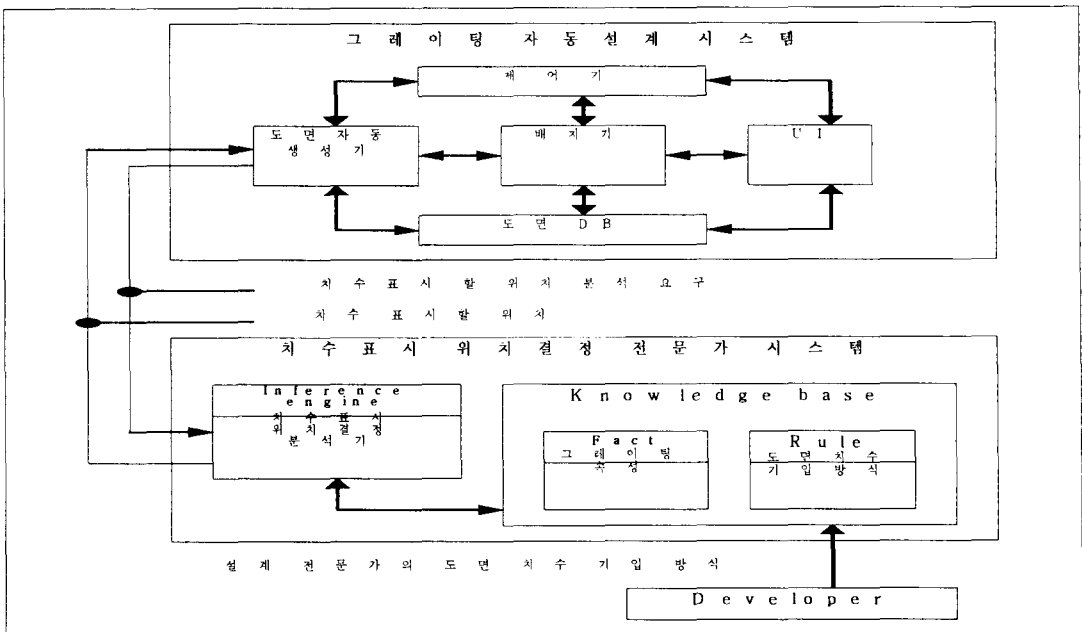
3.2 도면 치수 표시 전문가 시스템의 구조

<그림 6>은 GDS에 도면치수 표시 전문가 시스템을 적용한 설계도 이다. Developer는 설계전문가의 치수 기입 방식으로 Knowledge base를 구성한다. 도면자동 생성기에서 치수 표시 위치를 요구하면 Inference Engine은 Knowledge base를 이용하여 치수 위치를 결정해 준다.

4. 도면 치수표시 전문가 시스템의 구현

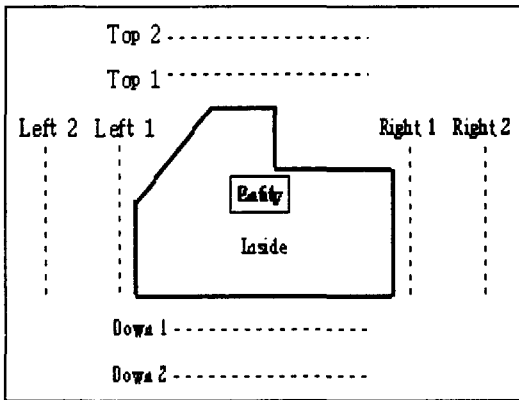
4.1 치수표시의 위치(Goal)

Goal은 <그림 7,8> 같이 Top1, Top2, Down1, Down2, Left1, Left2, Right1, Right2, Inside, Center1_area, Center2_area, Center3_area, Center4_area 이렇게 13가지의 경우로 나눌 수 있다. <그림 7>에서 sub-entity (그레이팅을 이루는 구성요소-line, arc, circle)가 line인 경우 Top과 Down은 수평선에 대한 Goal이고 Left와 Right는 수직선에 대한 Goal이

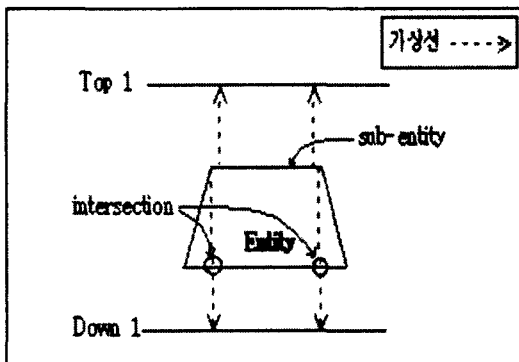


<그림 6> GDS와 도면 치수표시 전문가 시스템

다. 그리고 line이 대각선인 경우는 수직 (length)/수평(width) 길이에 대한 치수표시를 모두 나타내야 하므로 모든 Goal이 적용 된다. Inside는 모든 sub-entity의Goal이 될 수 있으며 Entity 내부에 치수표시가 위치하게 된다. 그리고 Goal을 1과 2로 나눈 것은 치수값을 나타낸 이미지간의 중복을 피하기 위한 것이다. sub-entity의 Goal 결정 방법은 sub-entity와 각 sub-entity의 Goal을 잇는 가상의 수직/수평 선을 그었을 때 가상선과 entity와의 교차점 발생 여부에 따라 결정하게 된다. 가상선에 교차점이 발생하지 않은 경우는 가상선과 이어진 Goal을 치수표시 위치로 정하고, 모든 가상선에 교차점이 발생한 경우는 Inside를 치수표시 위치로 정한다. <그림 8>과 같은 경우는 sub-entity의 치수 표시 위치가 Top1에 나타나게 되는 것이다.

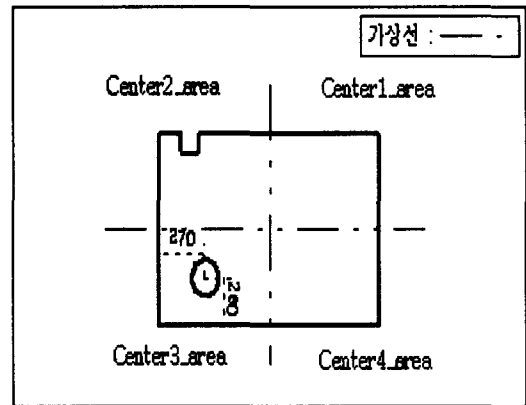


<그림 7> Sub-entity의 Goal 위치 표현



<그림 8> Sub-entity의 Goal 결정 방법

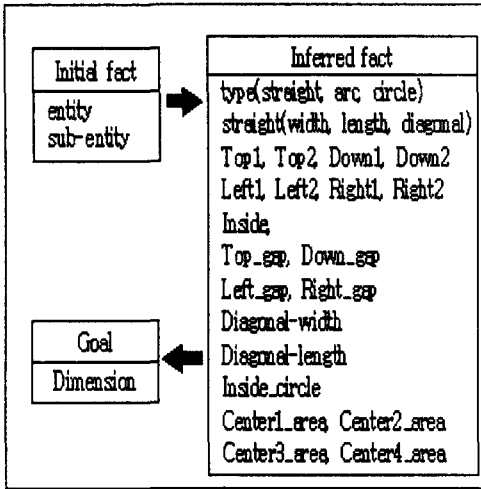
<그림 9>는 Entity 내부에 있는 circle의 중심점 위치를 표시하기 위한 Goal을 표현한 것이다. Entity의 중심점을 기준으로 가상의 4개 영역 (Center1_area ~ Center4_area)으로 분할하고, 내부 circle의 중심점이 속하는 영역에 circle의 중심점을 나타내는 치수표시가 위치하는 것이다.



<그림 9> 내부 circle 중심점 표시를 위한 Goal

4.2 그레이팅 속성(Fact)

<그림 10>은 사실(fact)들을 나타낸 것으로 Initial fact는 entity (그레이팅 객체)와 sub-entity (치수표시할 그레이팅의 구성요소)가 있고 추론과정을 통해 생성되는 Inferred fact로는 sub-entity의 속성을 나타내는 type (straight, arc, circle), straight를 수평, 수직, 대각선으로 구분하기 위한 width, length, diagonal이 있으며 sub-entity의 Goal(Top1, Top2, Down1, Down2, Left1, Left2, Right1, Right2, Inside)과 대각선의 수평, 수직선을 나타내는 Diagonal-width, Diagonal-length, 치수값 사이의 겹침 여부를 판단하는 Top_gap, Down_gap, Left_gap, Right_gap이 있다. 그리고 sub-entity의 타입이 circle인 경우, entity 내/외부에 위치하는 circle 인지를 판별하기 위한 inside_circle과 내부 circle인 경우 circle의 중심점 위치를 표시하기 위한 Center_1area, Center_2area, Center_3are, Center_4area가 있다.



<그림 10> 구성된 전문가 시스템의 사실(Fact)

4.3 도면 치수기입 방식(Rule)

각 rule의 조건부에는 sub-entity의 속성이 fact로서 표현, 비교되고 있으며 rule의 처리부에서는 sub-entity에 새로운 속성을 추론(inferred fact)함으로써 Goal을 얻게 된다. rule의 일부를 보면 다음과 같다.

rule27 : IF type = width ^ Top1 hasn't intersection = true

THEN dimension Goal is Top1

rule28 : IF Goal = Top1 ^ Top_gap hasn't gap = true.

THEN dimension Goal is Top2

rule29 : IF type = width ^ Down1 hasn't intersection = true

THEN dimension Goal is Down1

rule30 : IF Goal = Down1 ^ Down_gap hasn't gap = true

THEN dimension Goal is Down2

rule31 : IF type = width ^ all Goal has a intersection = true

THEN dimension Goal is Inside

rule72 : IF type = circle

THEN dimension Goal is Inside

rule73 : IF circle is inter circle

THEN inside_circle is true

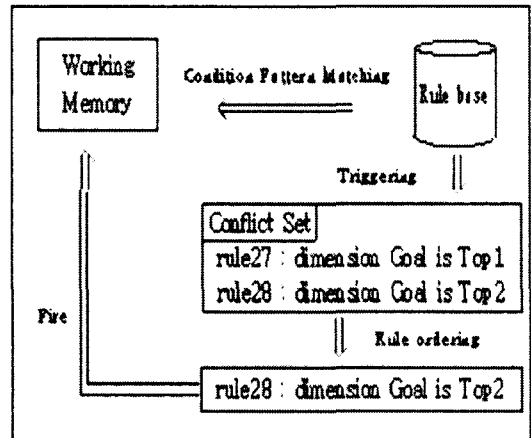
rule74 : IF inside_circle is true

Center_1area is true

THEN dimension Goal is Inside & Center_1area

4.4 Conflict Resolution

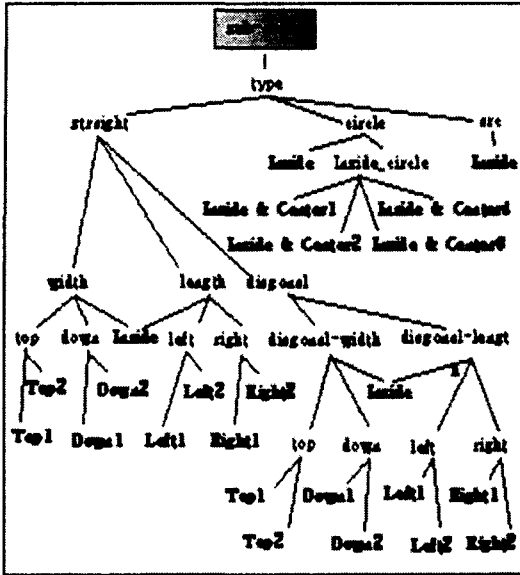
충돌해결 기법으로 rule ordering 방식을 사용하고 있으며 내림차순으로 우선순위를 부여 하였다. <그림 11>은 Conflict Resolution의 한 예를 보여준 것이다.



<그림 11> Conflict resolution

4.5 추론 과정

추론방법은 정방향 추론을 하고 있다. Initial fact로 할당된 entity, sub-entity의 조건부 매칭(matching)을 통해 조건부 만족여부를 판별하고, 수행(firing)을 거쳐 sub-entity의 타입(straight, arc, circle), Top1, Down1, Left1, Right1, Diagonal-width, Diagonal-length 등 Inferred facts가 생성, Goal에 이르게 된다. <그림 12>는 추론과정을 트리 구조로 표현한 것이다.

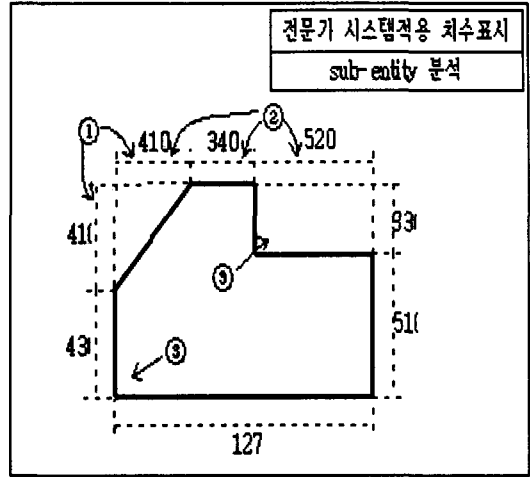


<그림 12> 추론 과정

4.6 적용 예

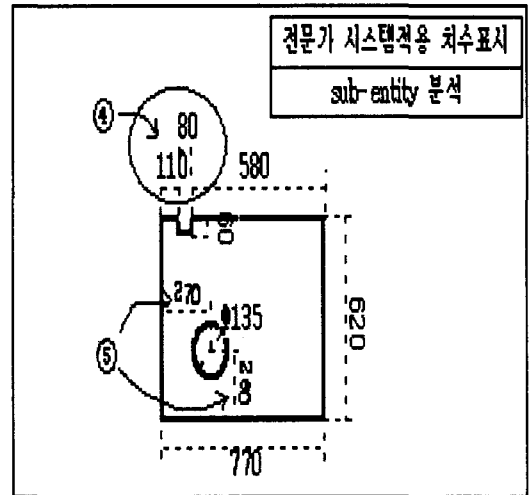
<그림 13,14>는 전문가 시스템을 적용하여 도면을 자동 생성했을 때의 결과로 동일 패턴을 적용한 그림 2와 3에서의 문제점이 개선되었음을 보여 주고 있다.

- ① 대각선의 수평, 수직선에 대한 치수값이 표시된다.
- ② 치수선 줄 맞춤이 되었다.
- ③ 치수선의 겹침 현상이 제거 되었다.



<그림 13> 전문가 시스템을 적용한 단품도1

- ④ 치수값을 Top1과 Top2에 구분 표시하여 치수값 겹침 문제를 제거했다.
- ⑤ 내부 circle 의 위치를 나타내는 중심점의 치수표시가 나타났다.



<그림 14> 전문가 시스템을 적용한 단품도2

5. 결론

그레이팅 자동설계 시스템을 통하여 생성된 도면은 치수표시에 따른 여러 가지 문제로 빈번

한 도면 수정 작업을 필요로 하였다. 본 연구에서는 이러한 도면수정 작업을 최소화시키기 위해 전문가 시스템을 그레이팅 자동설계 시스템에 적용함으로써 일반적인 치수 기입 요청의 부분적 불이행 및 치수 표시간의 겹침 문제 등을 지능적으로 해결할 수 있는 방법을 제시하였다. 그리고 새로운 설계전문가의 치수 기입방식 적용용이 및 기존 치수 기입방식의 변경 시 유연성 제공의 기대효과가 있다. 향후 연구과제로는 복잡한 형태의 그레이팅인 경우 다양하게 발생하게 되는 그레이팅과 치수표시 사이의 겹침 현상을 피할 수 있도록 rule을 세분화하고 실질적으로 설계 자동화 시스템에 전문가 시스템을 도입할 수 있도록 하는 연구가 이루어 져야 한다.

참 고 문 헌

[1] J. C. E. Ferreira, S. Hinduja, "Convex hill-based feature-recognition method for 2.5D components," Computer Aided Design, Vol. 22, No. 1, pp. 41-49, Jan/Feb. 1990.

[2] K. Kwawhara, K. Yoshizoka, H. Sasaki, "Construction of Automatic Drawing System for Power System Diagram by Using GA," PowerCon 2000, Vol 1, pp 497-502, 2000.

[3] S.H Lee and T.H Cho, "Application of rule based expert system to GDS(Grating automatic Drawing System)," ICCAS, October, 2002.

[4] Stonebraker, M., "Implementation of Rules in Relational Database System," Database Engineering, Vol.6, No.4, 1983.

[4] Zegler, B.P, Cho, T.H. and Rozenblit, J.W., "Knowledge Based System for Hierarchical Flexible Manufacturing System Modeling," IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics-PART A, vol 26, no.1, p.81-89, Jan., 1996.

[5] 김형중, 조대호, 이철기, 김훈모, 노용한, "반도체 생산라인에서의 이탈처리 추적 전문가 시스템의 지식베이스 구축," 제어 자동화 시스템 공학 논문지, 제5권, 제1호, 1999.

[6] M. S Kandil, S. M. J. Bollen and I. Y. H. Gu, "Expert system for classification and analysis of power system events," IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 17, pp. 423-428, 2002.

[7] Rich, Knight, "Artificial Intelligence : The Second Edition," McGrawHill, 1991.

[8] 김화수, 조용범, 최종욱, "전문가 시스템," 집문당, 1995.

[9] H. C. Howard, D. R. Rehak, "KADBASE : Interfacing Expert Systems with Databases," IEEE Expert, Vol. 4, Issue. 3, Fall, 1989.

[10] 이재규, 최형립, 김현수, 서민수, 주석진, 지원철, "전문가 시스템 - 원리와 개발," 법영사, 1996.

[11] J. Martin and S. Oxman, "Building expert systems : a tutorial," Prentice Hall, 1988.

[12] 이재규, 송용욱, 권순범, 김우주, 김민용, "UNIK를 이용한 전문가 시스템의 개발," 법영사, 1996.

[13] Patrick H. Winstone, "Artificial Intelligence," Addison-wesley, 1992.

[14] P. Jackon, Introduction to expert systems, Addison-Wesley, 1999

서희석



2000. 2. 성균관대학교 산업공학과 졸업 (공학사).

2002. 2. 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 졸업 (공학석사).

2002. 3. ~ 현재 성균관대학교 정보통신공학부 박사과정

재학 중.

관심분야 : 네트워크 보안 시뮬레이션, 지능형 시스템, 취약성 분석.

이근호



2002. 2. 협성대학교 컴퓨터공학과 졸업 (공학사).

2002. 3. ~ 현재 성균관대학교 정보통신공학부 석사과정 재학 중.

관심분야 : 지능형 ERP, 전문가 시스템, 모델링 및 시뮬레이션.

이선.

김희완



1987년 광운대학교 전자계산학과 졸업(이학사).

1988년 한국전력공사 정보처리처(DBA)

1995년 성균관대학교 정보공학과(공학석사)

1996년 정보처리 기술사(정보관리 부문) 취득

1999년 정보시스템 감리인(한국전산원) 자격 취득

2002년 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 (공학박사)

1996년 삼육의명대학 전산정보과 조교수

2001년 ~ 현재 삼육대학교 컴퓨터학과 조교수

관심분야 : 컴퓨터 및 네트워크 보안, 동시성 제어, 분산 DB, 보안 시뮬레이션