

# 지능형 공작기계 설계 지원 시스템

차주현\*, 박면웅\*

## Intelligent Design Support System for Machine Tool Design

Joo-Heon Cha\*, Myon-Woong Park\*



### Abstract

An intelligent software system which can support efficiently and systematically machine tool design by utilizing design knowledge is described in this paper. The process of embodiment design of a machining center was modelled, represented by IDEF0, and embedded in the system. A hybrid type inference engine has been introduced so that the system can effectively deal with knowledge represented in diversified forms. The design system was developed on the basis of object-oriented programming, and has been coded into one software system which can be ported on Windows NT.

**Key Words :** Intelligent CAD (지능형 CAD), Machine Tool Design (공작기계설계), Knowledge Base (지식 베이스), Object-Oriented Modeling (객체지향 모델링)

### 1. 서론

공작기계 설계는 매우 복잡하고 다양한 전문적 설계지식을 필요로 하며, 특히 설계자의 경험적 지식을 많이 필요로 하는 고도의 지적인 설계작업이다. 또한 이러한 공작

기계 설계과정은 아직 명확하게 규명되어 있지 않다. 또한 공작기계의 모델 다양화 요구와 사용자의 주문생산 요구 등 최근의 국내외 공작기계 산업의 급속한 환경변화는 공작기계의 개발기간을 획기적으로 단축하기 위한 보다 효율적인 신개념의 설계방식 도입을 필요로 하고 있다.

\* 한국과학기술연구원 CAD/CAM 연구센터

이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 컴퓨터를 이용한 설계 방식이 연구되어왔다. 그러나 기존의 단순한 CAD시스템이나 전문가 시스템으로는 복잡한 동작기계 설계전반을 효율적으로 지원하는 데에는 그 한계가 있다. 지금까지 컴퓨터를 이용한 기계설계는 기껏해야 설계대상의 일부분에 대한 단순한 계산과정이나 기하형상에 대한 표현과 그 정의를 위해 사용되는데 불과하였다.<sup>(1)~(3)</sup>

최근 설계작업시 기하형상이 결정되기 전에 이용되는 설계대상 및 설계과정에 관한 설계지식을 체계적으로 활용함으로써, 설계작업 전반을 효율적으로 지원하는 지능형 설계지원 시스템 개발에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.<sup>(4)~(16)</sup>

본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 대표적인 동작기계의 하나인 머시닝 센터를 예로 들어, 머시닝 센터의 설계 전반을 체계적이고도 효율적으로 지원해주는 지능형 설계 시스템 개발을 목표로 하고 있다. 지능형 설계 시스템은 설계대상 모델과 설계과정에 관한 모든 지식을 패키징 형태로 시스템 내부에 저장하고 있어, 설계작업에서 빈번하게 일어나는 재설계나 설계변경에 따른 반복적인 공학적 계산을 시스템 자체가 자동으로 수행해줄 뿐만 아니라, 설계 전문가 교체에 따른 설계지식 및 설계경험의 분산화에 따른 설계의 효율성 및 일관성 문제 등을 해결할 수 있다.

그리고 현업에서 행해지는 설계작업을 명확히 분석, 정형화하지 않고는 동작기계 설계과정 전반을 체계적으로 지원하는 설계 시스템의 구축은 곤란하므로, 설계과정과 설계대상을 분석하고 모델링하여 설계지식을 정형화했으며 그 효용성을 검증하기 위하여 실제 동작기계 설계에 적용해보았다.

## 2. 동작기계 설계과정 분석 및 모델링

본 연구는 머시닝 센터의 기본설계 지원하는 지능형 설계 시스템을 구축하였다. 기본설계는 고객의 요구사항으로부터 기계의 기종 및 타입, 사양, 기본구조 형상 및 각 구성모듈, 그리고 구성 핵심부품의 타입, 기본형상 및 배치까지 결정하는 것으로 정의한다. 머시닝 센터의 기본설계과정을 확립하기 위해서 설계 담당자들과의 인터뷰를 통하여 동작기계 설계과정 전반을 분석 및 체계화하였다.

Fig. 1은 머시닝 센터의 설계 과정을 나타낸다. Fig.1과 같이, 고객의 요구사항을 초기입력으로 하고 이것으로부터 기종 및 타입 등의 전체 구조적인 형태를 결정하게 된다. 그 다음 고객이 요구한 기능적인 특성과 작업조건을 만족시키기 위한 주축의 회전속력, 이송부의 이송속력 등과 같은 설계시 필히 도달하여야 할 주요 유닛의 목표성능 등을 목표사양으로 설정하게 된다. 전체 구조의 타입과

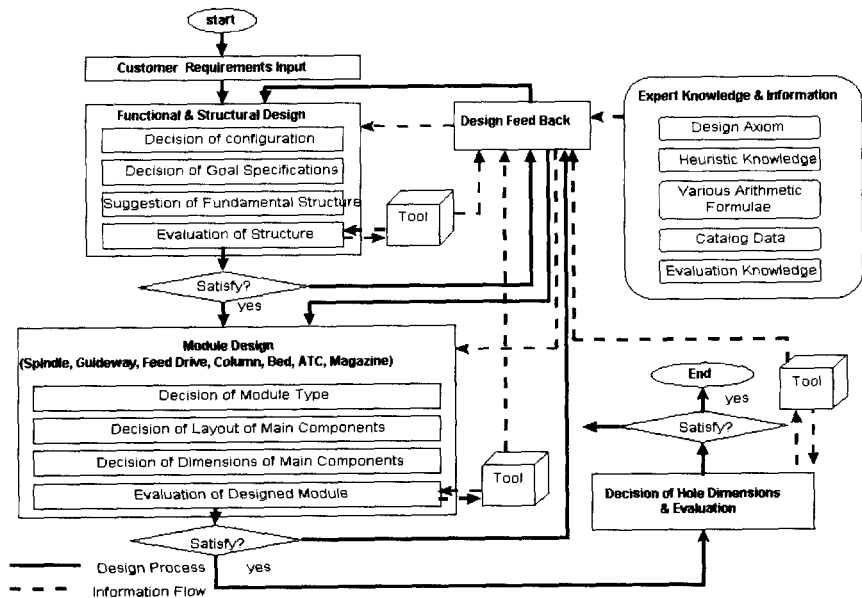


Fig. 1 머시닝 센터의 설계과정

목표사양 등이 결정되면 이를 토대로 구조의 골격배치와 주요 구성모듈의 형상을 선결정하게 되고 그 후 전용 해석 소프트웨어 등의 평가도구를 이용하여 설계평가를 실시한다. 평가의 결과가 만족스럽지 않을 때는 재설계를 행하도록 하는데 이상의 과정을 거치는 동안 단계 마다 설계 경험자의 경험지식과 기술 혹은 정보자료 등을 지식베이스로 충분히 활용하도록 함으로써 설계의 신뢰성과 효율성을 높이도록 한다.

구조설계가 만족스럽게 끝나면 다음으로 각 주요 구성모듈의 설계가 이루어지는데, 보편적으로 주축, 컬럼, 가이드웨이, 구동부 베드 등의 순서로 각 모듈별 설계가 이루어진다. 각각의 설계결과는 서로 영향을 끼쳐서 실제로 현장에서는 각 모듈 설계 담당자들이 지속적으로 정보를 교환하며 설계가 끝날 때까지 거의 동시에 설계를 수행한다.

각 모듈별로 설계의 내용은 다르지만 설계과정은 Fig. 1에 보여지는 것 같이 모듈 타입의 결정, 주요 구성부품의 배치 결정, 구성 부품의 기본형상 결정, 설계 평가 순으로 진행되어진다. 모듈설계에서도 경험지식이나 설계정보, 카타로그 데이터 등이 단계별로 활용되어지고 설계평가가 만족스럽지 못한 경우에는 전문가의 조언에 의해 해당 모듈의 설계변경이 이루어진다. 전 구성모듈의 설계가 완료되면 좀더 완벽한 설계를 수행하기 위한 수단으로서 각 모듈설계의 종료 시 이들을 전체 구조를 재평가함으로써,

설계의 최종 검증을 수행한다.

### 3. 설계대상 분석 및 모델링

설계대상인 머시닝 센터를 구성하는데 필수적인 주요 구성모듈과 핵심부품은 일반적으로 Fig. 2와 같이 분류될 수 있다. Fig. 2는 개념적인 구성에 의한 분류이며 실제로는 각 모듈마다 여러 타입으로 나뉘어지며 핵심부품 또한 각 부품에 대해 여러 타입이 존재하게 된다. 예를 들면, 가이드웨이와 같은 경우 실제로 슬라이드, LM, Rolling 방식 등의 타입이 있으며, 설계자는 그것들 중에서 설계하고자 하는 머시닝 센터가 목표사양에 도달할 수 있도록 타입을 선정하게 된다. 마찬가지로 Table 또한 Index, Rotary, Tilting 등의 방식에 의한 타입으로 나누어지며 설계자는 설계목표에 부합되는 적절한 타입을 선정하게 된다. 이와 같이 머시닝 센터는 Fig. 2와 같은 필수 구성요소에 대한 설계자의 선택에 의한 적절한 타입의 조합으로 이루어진다고 볼 수 있다.

위에서 행한 분석작업을 기초로 여기에서는 머시닝 센터의 객체지향 모델링을 제시해본다. 본 연구에서는 森脇俊道<sup>45)</sup>의 객체지향 설계지원 시스템에 관한 연구를 바탕으로 머시닝 센터를 구성하는 핵심모듈 및 구성부품을 분석하여 그 관계를 설정하고 앞 절에서 기술한 설계과정을 중심으로 설계대상의 계층구조를 제안한다.

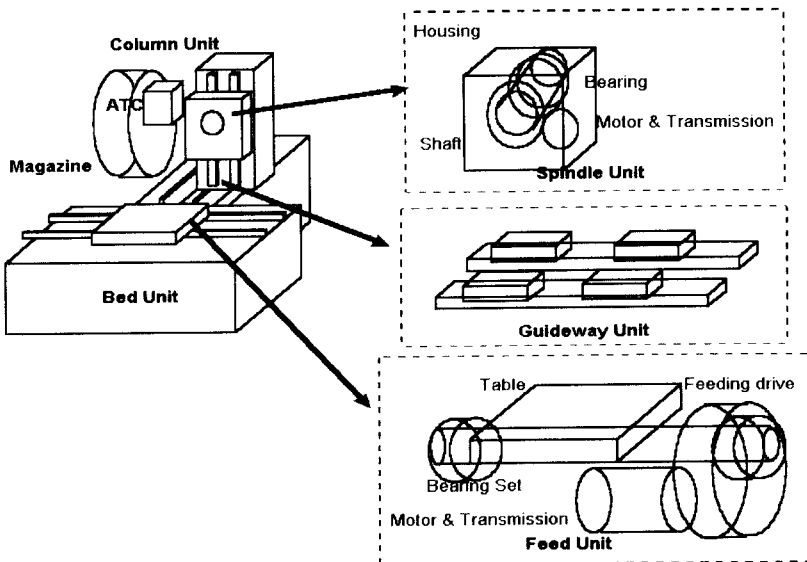


Fig. 2 머시닝 센터의 주요 구성모듈

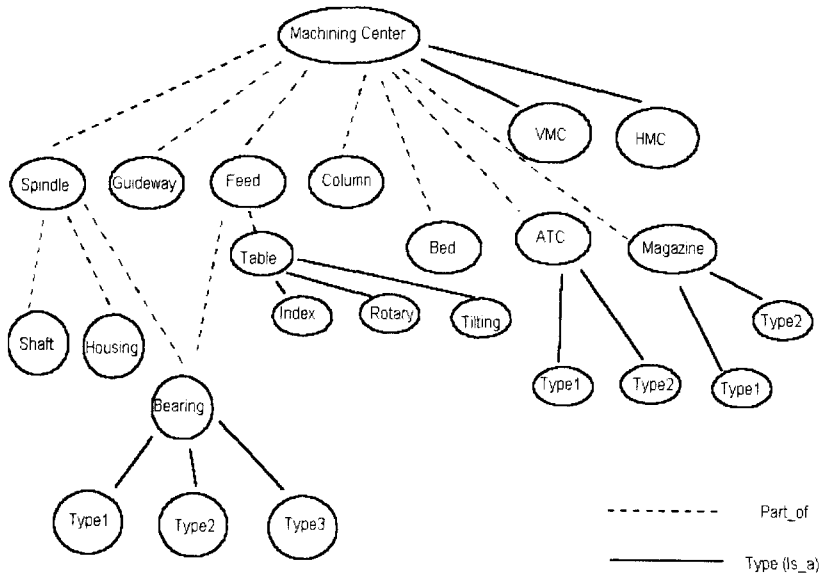


Fig. 1 머시닝 센터의 설계과정

설계 대상은 Fig. 3 에서와 같이 머시닝 센터의 필수 구성요소는 Part\_of 관계 그리고 구성요소별 타입이 Is\_a 관계로 도시된다. 본 시스템의 구현은 객체지향 언어인 C++로 구현되며 각각의 구성요소는 하나의 클래스로 표현된다. 여기에서 Part\_of 관계는 구성요소의 Object로 생성되며 포함관계가 성립되도록 하며 Is\_a 관계는 상위 클래스의 속성을 그대로 상속받는 계승관계로 설정된다.

#### 4. 설계 해석 프로그램

기본설계의 단계를 크게 구조형태계 설계, 주축계설계, 이송계 설계, 지지계 설계로 구분하였고, 각 모듈의 초기 설계에서 메카니즘과 그들을 구성하는 요소들의 Key Parameter가 결정되면, 설계 결과의 정적, 동적 거동과 성능을 예측하기 위한 해석 평가를 모듈별 전용 CAE 기능을 사용하여 시행한다.

CAE 해석 시스템의 기능은 설계과정 중, 하나의 설계 옵션에 대한 성능 예측을 수행하는 것으로, 구조형태의 진동 특성과 수평형, 수직형, 겐트리형 등 구조형태에 따라 진동해석에 의한 최선의 구조 배열과 지지계 형태 결정, 시뮬레이션에 의한 이송계의 정적 특성 및 동적 특성을 분석하고, 평가기능은 상기 해석 결과를 토대로, 지식기반 시스템에 의하여 설계 개선 방안을 제시하였다.

#### 4.1 구조형태계 해석

구조형태계 설계 모듈은 사용자 요구 혹은 목적 사양에 가장 적합한 기종 및 타입, 그리고 주요 구성 유닛들의 배열과 외형 치수를 결정하기 위한 모듈이다. 최선의 구조를 선택하기 위하여 전용 CAE 기능에 의해 정적, 동적 특성 평가를 수행하고 상이한 구조들의 평가 결과를 비교하며, 각 특성에 영향을 가장 크게 미치는 구조 파라미터들을 평가하고 설계개선의 효과적 방향 설정을 위한 해석자료로 사용한다. 특성 평가 항목으로는, 고유진동수에서의 진동 모드, 지정한 절삭면상에서의 동적 특성, 동특성 계수, 고유진동수 영역에서 요소간의 Potential, Kinetic Energy 분포, 중량 등이다.

해석의 결과로서 10개의 고유진동수, 각 고유진동수에서 모든 노드들의 변위, 각 고유진동 주파수에서, 절삭력이 가해진 노드의 진폭 값, 각 고유진동 주파수에서 모든 Element 들 사이의 Energy 분포, 절삭력이 가해지는 노드의 정적 변위(x, y, z 각 방향, 합벡터 방향, A-vector(절삭면에 수직방향))와 고유진동수에서의 동적 Compliance 들을 계산하여 보여 줌으로써 절삭 상태에서 변위와 동적 안정성을 예측할 수 있다. 해석 대상 공작기계를 구성하는 Element 들 중 전체 강성 및 동특성에 영향을 크게 미치는 요소들을 선별할 수 가 있으므로, 이들의 설계 파라미터들을 변경함으로써, 최선의 평가 결과를 얻을 수 있다.

여러 구조물에 상기 과정을 되풀이하여 그 결과를 비교하여 최상의 구조형태를 결정한다.

## 4.2 이송계 해석

### 4.2.1 이송 구동계 해석

서보계의 정적·동적 특성을 평가하여, 적합한 구동 요소들을 선택하는 초기 단계에 사용할 수 있는 해석 기능이다. 서보 모터를 선택하는데 필요한 정적·동적 토크와 Feed Drive의 특성을 평가한다.

이송구동계 해석을 위해 피구동부의 무게(N), 각 방향의 절삭력(N), 최대 및 최소 이송속도(mm/min), 직각가공 이송속도, 원호가공 이송속도 및 기준 원호 반경, 구동 기계 시스템의 구조, 서보 모터 사양 및 특성(최대 토크, 저항, 회전자의 관성모멘트 등), Ball Screw 사양(피치, 길이, 직경, 예압, 수평면에 대한 각도 등)과 Coupling, 감속기어 등 전동기구에 관한 사항들을 입력한다.

### 4.2.2 안내면 해석

안내면의 구조, 절삭면의 수직방향으로 탄성변형을 일으키는 접촉변형은 공작기계의 정적, 동적 특성에 결정적인 영향을 미친다. 이 해석 모듈은 미끄럼과 구름 안내면의 특성을 평가하기 위해 개발되었다.

이송부의 정적평형상태의 평가는, 최소 포텐셜 에너지 원칙(안정상태에서는 기계계의 포텐셜 에너지가 최소임)에 의해 이루어진다. 이 원칙에 의해 외력을 받는 이송부가 평형상태가 되는 위치의 좌표를 구할 수 있다. 총 변형 에너지는 접촉면의 탄성변형 에너지, 이송구동부 변형 에너지, 외부 부하로 이루어진다. 이송부 위치에서 포텐셜 에너지를 부분미분하여 0으로 놓으면 6 system 비선형 방정식을 얻게되고 Newton-Rapson 방식으로 해를 구할 수 있다. 해석의 결과로 접촉 압력 분포, 이송면의 최대압력, 마찰력, 절삭면의 수직방향에서의 변위 및 강성, Movable Unit의 강성을 출력한다.

## 4.3 주축계 해석

선반, 밀링, 머시닝센터, 연삭기 등 베어링에 의해 지지되는 주축의 정적, 동적 특성을 해석하기 위한 기능으로 볼 베어링 강성평가 해석 프로그램, 스프링 베어링의 강성 해석 프로그램, 회전축 진동해석 프로그램, 열해석 프로그램 등으로 이루어져 있다.

가공력 계산을 위한 가공 대상물의 특성치, 가공조건, 설계 기본요구사항 (속도, 요구강성, 가격정도, 유지보수성,

요구정밀도), NT 척번호, 운전속도, 구동 방식, 전체 크기 정도 등이 입력되면, 스프링들의 형상과 치수, 베어링 상세 및 배열, 하우징 형상이 결정되고 이를 전처리하여 전용 해석 모듈의 입력으로 제공한다.

가공력, 베어링강성, 정적처짐, 강제진동해석, 발열량, 열 전달, 열변위, 윤활 및 밀봉해석 등이 출력된다. 다른 형태의 구조를 가진 주축 유닛의 구동 특성을 비교하거나, 한 형태에서 외력, 예압, 회전수를 변화시킴으로써 달라지는 구동영역의 평가를 하는 목적으로 사용한다. 후자의 경우 여러 평가결과가 허용범위 안에 드는 구동영역을 선택하게 된다.

## 4.4 지지계 해석

지지계 모듈의 해석 프로그램은 베드와 칼럼에 대한 정강성 해석 및 진동 해석을 수행한다. 이러한 해석은 유한 요소법에 의해 수행되었으며 이를 위하여 구조형태에서 정의된 공작기계 형상으로부터 격자 요소를 생성하고 생성된 격자 요소는 K Matrix와 M Matrix로 변환되어 정적 변형 해석과 진동 해석이 이루어진다.

전체 요소(베드 또는 칼럼)에 대해 메인 프레임과 리브들이 교차하는 선을 Edge로, 그 선들의 교점을 노드로 둬으로써 초기 격자 요소를 생성시킨다. 생성된 기본 격자 요소들을 필요에 따라 전체적으로 세분하는 절차가 필요한데 수평형 공작기계의 칼럼은 중앙에 공동부가 있으므로 격자 요소가 단순한 삼각형이나 사각형이 되지 않으며 사각형 요소로 이루어진 초기 격자 요소를 생성시켜 주어야 한다. 이상의 과정을 거쳐 생성된 요소는 격자 요소 클래스인 Mesh에 저장된다. Class Mesh는 다음과 같이 정의된다. Mesh는 하위 클래스인 Node, Link, Shell을 가지며 Node는 점의 위치 정보와 등가 질량 정보를 가진다. Link는 보 요소로서 길이와 단면적, 강성률, 방향 코사인 등을 가지며 Shell은 평판 요소로서 면적, 두께, 강성률과 포아송비 등을 가진다.

해석 결과에 대한 평가는 다음과 같은 기준에 의해 이루어진다. "Tool/Table 상대 변위는 허용오차 이내에 있어야 한다." "역학적 에너지가 균등하게 분포되어야 한다." "항복이나 좌굴이 일어나서는 안된다." "공진이 일어나서는 안된다." 그러나 여기에 대한 허용 수준이나 가이드라인 등은 설계 업체 고유 노하우로서 공개된 자료를 구하기가 용이하지 않으므로 지지계 해석 모듈에서는 평가기준의 설정을 설계자에게 일임하고 있다. 따라서 지지계의 향후 연구과정에서 생산 현장에서 적합성이 검증된 제품의 도

면을 근거로 한 해석과 실험을 통하여 위에 열거한 평가 기준들에 대한 가이드라인을 설정하는 연구가 필요하다.

## 5. 시스템

본 연구에서는 전술한 바와 같은 지능형 설계 시스템을 머시닝 센터 설계에 적용하기 위해, Fig. 4와 같은 시스템 구조를 제안한다. 그림에 보여지는 것과 같이 본 시스템은 7개의 서브 시스템으로 구성되며 각각 다음과 같은 기능을 갖추고 있다.

### 5.1 지식 베이스

본 시스템은 지식들을 하나의 총체적인 Hybrid형 지식 베이스로 구축함으로써 머시닝 센터의 전 설계과정을 일관되게 지원할 수 있도록 하고 있다. 머시닝 센터 설계에 필요한 모든 설계정보 및 설계 데이터가 저장되어 있다. 예를 들어 기계공학 편람, 설계 핸드북 등에 게재되어 있는 그래프 및 테이블 데이터, 설계공식, 설계 노하우, 설계 평가 지식, 카타로그 데이터, 표준 부품에 관한 데이터 등의 설계지식이 저장되어 있으며, 이러한 설계지식은 지식 획득 시스템에 의해 생성되어 지식 베이스에 저장된다.

### 5.2 지식 관리자

지식획득 시스템은 지식 베이스의 설계지식을 증가시키거나 기존의 설계지식에 대한 수정 및 보수를 수행함으로써, 끊임없이 변화하는 지식 베이스의 설계지식이 항상 모순이 없도록 유지, 관리하는 기능을 수행한다.

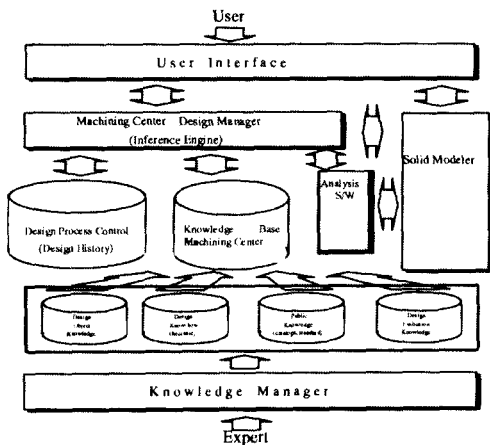


Fig. 4 머시닝 센터의 지능형 설계 시스템의 구성

### 5.3 설계 관리자 (추론엔진)<sup>(12, 15)</sup>

본 연구에서는 이와 같이 복잡 다양한 머시닝 센터의 설계지식을 정확하게 표현할 수 있는 Hybrid형 지식표현을 도입함으로써 설계지식을 효율적으로 활용할 수 있도록 한다. Hybrid형 지식표현은 3가지 형태의 추론엔진으로 구성되며, Hybrid형 설계지식 표현들과 직접적으로 연동되어 지능형 설계 시스템의 설계 관리자 모듈을 구성하게 된다.

본 시스템은 Hybrid형 지식표현에 적합한 추론엔진들을 내장하고 있다. 복잡한 선결정 변수들은 다중변수추론으로 결정되고, 설계경험의 규칙(Rules)들은 Production System에 의해 처리되며, 설계공식과 같은 정형화된 설계 지식은 설계변수와 설계제약으로 구성되는 제약 네트워크에 의해 처리된다. 이러한 추론엔진은 지식 베이스에 저장되어 있는 설계지식을 활용하여 모든 설계제약이 항상 만족되도록 추론과정을 수행함으로써 설계자의 설계작업을 지원해준다. 추론엔진의 구성은 다음의 Fig. 5와 같다.

### 5.4 솔리드 모델러

머시닝 센터를 구성하는 각 구성모듈이나 구성부품의 설계가 완료되면, 형상 클래스에 정의된 기하학 속성치에 의해 각 부품별로 솔리드 형상을 생성시켜 조립된 형태의 머시닝 센터 형상모델을 생성시킨다. 또한 생성된 형상모델을 통하여 화면상에서 변경할 수 있는 작업환경을 제공하며, 형상모델의 기하학 정보를 해석모듈의 입력으로 사용함으로써 해석모듈과의 연계를 자동으로 수행해준다.

### 5.5 사용자 인터페이스

설계자는 인터페이스를 통하여 시스템과 상호 대화하면서 설계과정 및 추론기능, 이벤트 조작을 제어하는 기능을 수행한다. 예를 들면 설계사양의 입력이나 설계결과의 출력, 설계이력의 조작, 그리고 여러 체크 기능을 수행한다.

### 5.6 디자인 프로세스 컨트롤 (설계이력 관리자)

본 설계 시스템은 설계작업에서의 따른 설계자의 의사결정 이력을 효율적으로 보관, 관리함으로써 재설계 및 설계변경의 효율성을 극대화하고 설계오류를 방지하기 위한 설계이력 관리 모듈을 내장하고 있다. 즉 시스템은 설계이력과 설계결과를 객체단위로 객체지향 데이터 베이스에 저장하고 있으며, 이러한 객체들을 설계 순서에 따라 연결하여 설계이력 트리(Tree) 구조를 자동으로 생성한다. 설계자는 이러한 그래픽 트리 구조를 통하여 용이한 설계

변경을 수행할 수 있어, 설계 시행착오에 따른 비효율적인 설계작업을 줄일 수 있다.

### 5.7 해석 모듈 (Analysis Software)

설계된 머시닝 센터의 구조와 각 모듈별 성능을 해석하기 위한 수단으로서, 구조의 진동특성과 에너지분포 해석을 위한 프로그램, 주축의 동특성 및 정도 해석을 위한 주축용 해석 프로그램, 가이드웨이 및 구동모듈의 동특성 해석을 위한 프로그램으로 구성되며, 솔리드 모델러와의 인터페이스를 통하여 해석 결과를 그래픽으로 도시하고 추론엔진과의 정보교환을 통하여 설계변경 시 평가기준으로 활용한다.

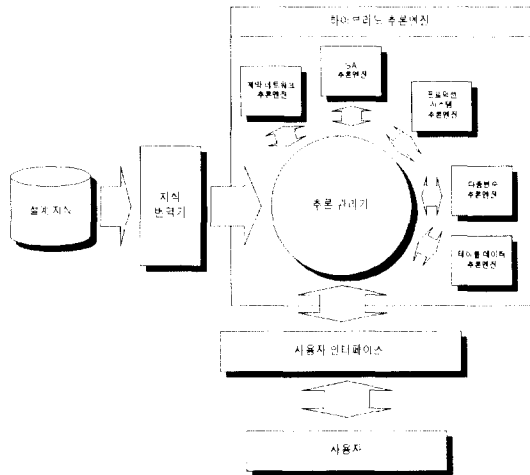


Fig. 5 추론엔진의 구성

## 6. 적용사례

여기에서는 본 연구의 개발 사례로서 시스템의 실제 작동화면을 중심으로 구현된 구조형태계 설계 시스템의 전체 기능을 설명하고자 한다.

먼저 Fig. 6에서 설계하고자 하는 머시닝 센터의 정밀도, 가격, 확장성, 자동화 적합도, 칩 배출량 등과 같은 정성적인 설계 요구사항을 입력하면, 시스템은 다중변수 추론엔진<sup>(15)</sup>을 이용하여 입력된 설계 요구사항에 가장 가까운 머시닝 센터의 기종 및 타입의 우선순위 1, 2위를 선정해준다.

이와 같이 적합한 타입이 선정되면 시스템은 Fig. 7에서와 같이 테이블 그레이드와 설치 공간과의 상관관계에 의

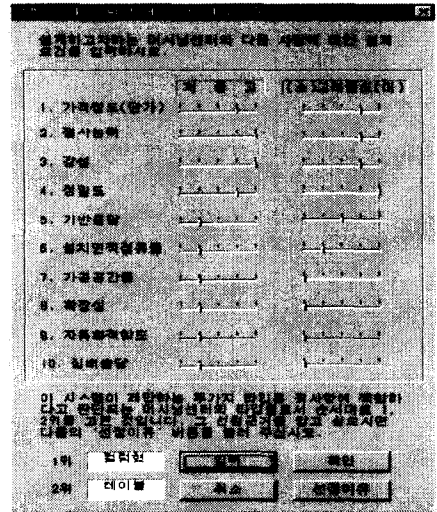
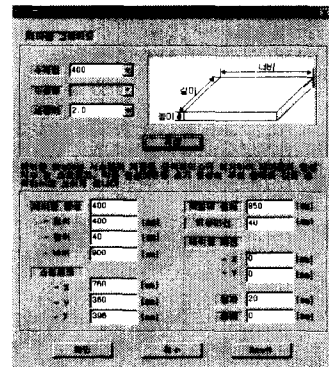
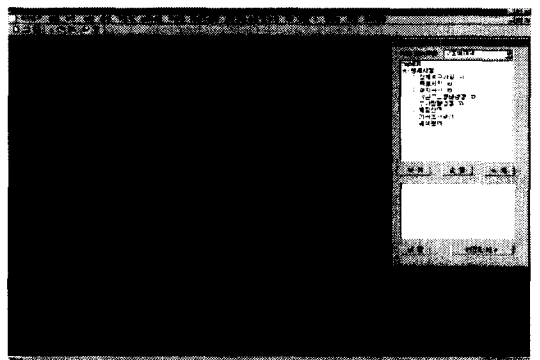


Fig. 6 설계요구사항 입력화면



(a)



(b)

Fig. 6 설계요구사항 입력화면

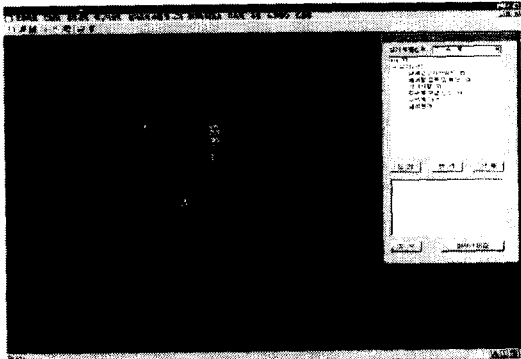


Fig. 8 부가질량과 주축을 설계한 화면

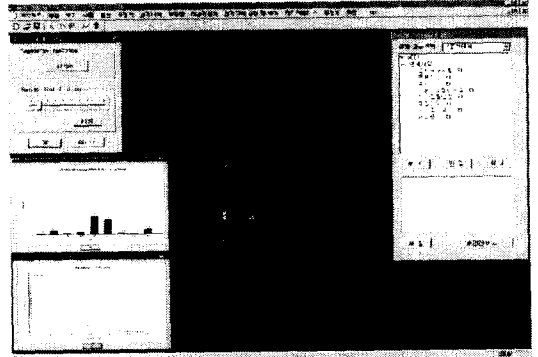


Fig. 10 톨팁의 고유진동수와 진폭

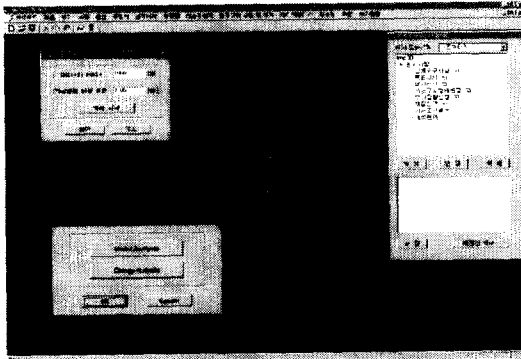


Fig. 9 설계 평가 해석 다이어그램

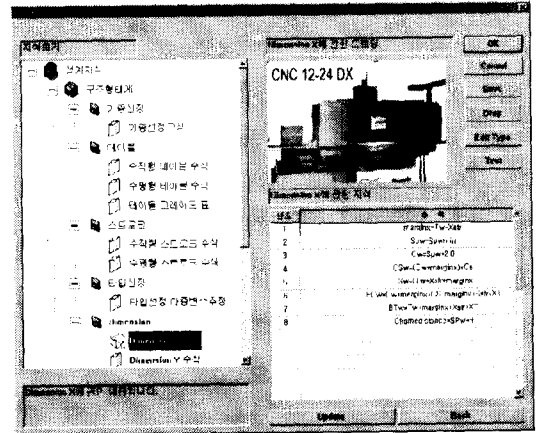


Fig. 11 설계지식을 위한 지식관리자 GUI

해 X, Y, Z축의 스트로크 길이 및 주요 구성 유닛 및 작업 대 높이, 허용여유 등과 같은 주요 형상정보를 결정해준다. 형상정보가 정해지면 필요한 경우 설계자는 Fig. 8과 같이 자동공구 교환 장치(ATC), 매거진(Magazine), 컨트롤러(Controller)와 같이 머시닝 센터의 설계정도에 영향을 미치는 부가질량 요소를 상호대화방식으로 부가할 수 있으며, 또한 화면상에서 조립체 형상을 직접 수정할 수 있다.

본 연구에서는 다음과 같은 2가지 해석을 수행하여 설계평가를 수행한다. 본 연구의 해석방법과 소프트웨어는 본 시스템 전용 공작기계 구조해석 소프트웨어를 이용하였다. 먼저 진동해석에서는 Fig. 9와 같이 해석 다이어그램이 시스템에 의해 자동적으로 생성되고, Fig. 10과 같이 고유 진동수와 진폭, 진동모드에서의 각 유닛별 진동변위가 표시된다.

이와 같은 해석결과를 참조하여 설계변경이 필요한 경우, 설계자는 설계이력 관리 모듈을 이용하여 재설계를 수

행하게 된다. 이때 설계에 필요한 모든 설계정보와 설계이력 등이 데이터 베이스에 이미 저장되어 있으므로, 설계작업의 체계성과 그 일관성은 지속적으로 유지될 수 있어 설계기간의 단축과 설계작업의 효율화가 극대화될 수 있다.

설계 지식의 종류 및 형식에 따라 프로덕션 룰, 수식, 표, 다중변수 추론의 네 가지 설계지식을 위한 설계 지식 관리자를 구축하고 설계과정에 쓰이는 지식을 저장하며 변경되는 설계 지식을 관리한다. 아래의 그림 Fig. 11은 설계지식 관리자의 화면이다.

시스템은 모든 설계를 마친 후 그 결과를 3차원으로 모델링해서 사용자에게 제시한다. 아래의 그림 Fig. 12는 설계를 마친 머시닝 센터의 모델링 화면이다. 본 예에서는 수직형 머시닝 센터의 하나인 라인타입이 결정되어 설계되었다.



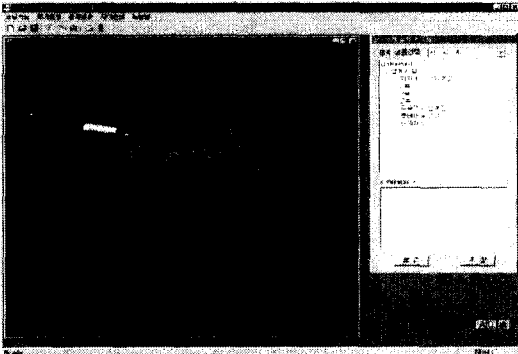


Fig. 12 설계된 공작기계의 솔리드 모델링 화면

## 6. 결 론

본 연구는 대표적인 공작기계의 하나인 머시닝 센터를 예로 들어, 머시닝 센터의 설계 전반을 체계적이고도 효율적으로 지원해주는 지능형 설계 시스템 개발을 목표로 하고 있다.

이를 위해, 본 연구에서는 현장의 설계 전문가와의 인터뷰를 통하여 획득한 머시닝 센터 전체의 설계과정을 면밀히 분석, 정리함으로써, IDEFO 모델링 기법에 의해 머시닝 센터의 전설계과정을 체계화하였으며, 동시에 머시닝 센터 설계에 필요한 설계지식을 분석, 정형화하여, 설계지식의 Hybrid형 지식표현의 필요성과 그 구축을 위한 시스템 구조를 제안하고, 실제로 그 시스템을 구현하였다.

프로덕션 시스템과 제약 네트워크, 다중변수 추론을 혼용한 조합형 추론엔진(Hybrid Inference Engine)을 개발하여, 복잡 다양한 머시닝 센터의 설계지식을 효율적으로 추론할 수 있도록 하였으며, 설계작업 수행시 필요한 설계이력 관리와 설계지식의 유지관리 기능을 구현하여, 이들과 함께 해석기능, 솔리드 모델러 기능을 하나로 통합함으로써, 지식기반의 설계지원 시스템을 개발하였다.

끝으로 개발사례를 통하여 본 지능형 설계 시스템이 머시닝 센터의 기본설계 전반을 효율적으로 지원할 수 있음을 확인하였다.

## 참 고 문 헌

(1) 新野秀憲, 伊東諄, 工作機械の構造創成方法 (第2報, フリーデザイン方式による創成), 日本機械學會論文集(C編), Vol.50, No.459, pp.2192, 1984.

(2) 新野秀憲, 伊東諄, 工作機械の構造創成方法 (第3報, 結合ボタンを用いたバリエーションデザイン方式による創成), 日本機械學會論文集(C編), Vol.52, No.474, pp.788, 1986.

(3) 朴來卿, 橫山正明, 新野秀憲, 機械構造の自動生成に關する基礎的研究 (第4報), Vol.55, No.514, pp.1556, 1989.

(4) 森脇俊道, 布引雅之, 西村勝廣, 吉澤廣昭, 坂尾健司, 工作機械の基本設計における知識利用に關する研究, 日本機械學會論文集(C編), Vol.57, No.536, pp.1371, 1991.

(5) 森脇俊道, 布引雅之, オブジェクト指向に基づく工作機械設計支援システムの開發, 日本機械學會論文集(C編), Vol.58, No.546, pp.655, 1992.

(6) Young, R.E., Greef, A. and O'Grady, P., "SPARK - An Artificial Intelligence Constraint Network System for Concurrent Engineering", in Gero, J.S.(ed.), *Artificial Intelligence in Design'91*, 1991.

(7) Serrano, D. and Gossard, D.C., "Tools and Techniques for Conceptual Design", in Tong, C. and Sri-ram, D. (ed.), *Artificial Intelligence in Engineering Design*, Academic Press Inc., 1992.

(8) Cha, J.H., Yokoyama, M. and Itaru, O., "A Knowledge-Based System for Mechanical CAD", *ICED'93*, pp.1335, 1993.

(9) 車周憲, 橫山正明, 機械系CAD支援のための一つの知識ベースシステム, 日本機械學會論文集(C編), Vol.60, No.579, pp.3625, 1994.

(10) Cha, J.H. and Yokoyama, M., "A Knowledge-Based System for Mechanical CAD", *ICED'95*, pp.1382, 1995.

(11) 차주현, "형상 패턴 인식을 이용한 설계자료의 자동 탐색", *대한기계학회 논문집(A편)*, 제21권, 제4호, pp.634, 1997.

(12) 차주현, 이인호, 김재정, Simulated Annealing을 이용한 제약 네트워크에서의 제약충족 방식에 관한 연구, *한국정밀공학학회지*, 제14권, 제9호, pp.116, 1997.

(13) 차주현, 박면웅, 박지형, 김종호, 공작기계 기본설계를 위한 지능형 설계 시스템 개발 (1): 지능형 설계 시스템의 제안, *대한기계학회 논문집(A편)*, 제21권, 제12호, pp.2134, 1997.

- (14) 차주현, 김종호, 박면웅, 박지형, 공작기계 기본설계를 위한 지능형 설계 시스템 개발 (2) : 구조형태계 설계 시스템의 개발, 대한기계학회 논문집(A편), 제22권, 제9호, 1998, pp.1748.
- (15) 박지형, 강민형, 차주현, 박면웅, “공작기계 구조형태계 설계전문가 시스템을 위한 추론 메카니즘”, 한국정밀공학지, 제15권, 제5호, pp161, 1998.
- (16) Myon-Woong Park, Joo-Heon Cha, Ji-Hyung Park, and Mujin Kang, Development of an Intelligent Design System for Embodiment Design of Machine Tools, Annals of the CIRP, 48/1, 1999, pp.329-332.