

〈논 문〉

공작기계 기본설계를 위한 지능형 설계시스템 개발 (1) - 지능형 설계시스템의 제안 -

차주헌* · 박면웅* · 박지형* · 김종호*

(1997년 6월 12일 접수)

Development of Intelligent Design System for Embodiment Design of Machine Tools(I) - Suggestion of Intelligent Design System -

Joo-Heon Cha, Myon-Woong Park, Ji-Hyung Park and Jong-Ho Kim

Key Words : Intelligent CAD(지능형 컴퓨터이용 설계), Machine Tool Design(공작기계 설계), Design Knowledge(설계지식), Knowledge Base(지식베이스), Hybrid Knowledge Representation(하이브리드 지식표현), Object-oriented Modeling(객체지향 모델링)

Abstract

We present a framework of an intelligent design system for embodiment design of machine tools which can support efficiently and systematically the machine design by utilizing design knowledge such as objects(part), know-how, public, evaluation, and procedures. The design knowledge of machining center has been accumulated through interview with design experts of machine tool companies. The processes of embodiment design of machining center are established and represented by the IDEF0 model from the field surveys. We also introduce a hybrid knowledge representation so that the system can easily deal with various and complicated design knowledge. The intelligent design system is being developed on the basis of object-oriented programming, and all parts of a design object, machining center, are also classified by the object-oriented modeling.

1. 서 론

일반적으로 설계는 크게 창의적 설계와 정형적 설계로 구분할 수 있다. 먼저 전자인 창의적 설계는 인간만이 할 수 있는 고유한 영역으로서 인간 이외에 그 역할을 대신할 수 있는 대상은 현재까지 존재하지 않는다. 그러나 후자의 정형적 설계에는 지금까지 실험과 시뮬레이션을 통해 축적되어 온 그레프나 테이블데이터, 설계에 이용되는 설계공식,

표준부품의 카탈로그 데이터, 설계자의 판단이나 경험 등과 같이 매우 다양하고 복잡한 설계정보(설계지식)가 포함되어 있다. 설계작업의 대부분은 이와 같은 정형화된 설계지식으로 구성되며, 실제로 설계작업의 80% 정도가 이를 이용·반복하는 무뮌한(routine) 작업으로 이루어져 있다. 반면에 창의적(creative) 작업은 단지 약 20% 정도를 차지하고 있을 뿐이다.

이러한 설계지식들이 컴퓨터 내부의 데이터구조인 지식베이스에 저장되어 계통적으로 설계에 활용될 수 있다면, 설계작업의 합리화 및 효율화는 불

*회원, 한국과학기술연구원 CAD/CAM 연구센터

론 설계작업의 획기적인 단축이 가능할 것이다. 또한 설계자가 설계의 본 작업과 부분적 설계변경에 따르는 반복적인 계산과정이나 데이터 참조와 같은 단순한 설계작업에서 벗어나 좀더 창의적인 설계에 몰두할 수 있는 환경을 제공해 줄 수 있다.

그러나 최근까지도 컴퓨터이용 설계는 고작 설계 대상의 일부분에 대한 단순한 계산과정이나 기하형상에 대한 표현과 그 정의에 불과하였다. 즉 현재의 컴퓨터이용 설계인 CAD의 적용범위는 단순히 설계대상의 도면이나 기하학 정보의 표현에만 머물러 있는 상태이다. 최근 이와 같이 형상정보가 생성되기 이전에 이용되는 설계대상이나 설계과정에 관한 수많은 설계지식을 체계적으로 환용함으로써 설계작업을 효율적으로 지원해 주는 지능형 설계 시스템 개발에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.^(1~9)

공작기계 설계는 매우 다양하고 복잡한 전문적 설계지식을 필요로 하며, 특히 설계자의 경험적 지식을 많이 필요로 하는 고도의 지적인 설계작업이다. 더구나 공작기계의 설계과정이 명확하게 규명되어 있지 않아 전체 설계과정을 체계적으로 지원해주는 설계 시스템의 구축이 곤란하다.

지금까지 공작기계 설계에 관한 연구는 주로 공작기계의 일부 모듈이나 주요 부품의 설계 해석을 위한 전용 소프트웨어 개발과 공작기계의 고정도화, 고능률화, 고속화 등 성능향상을 위한 부분별 설계 자동화 및 특정 부품의 요소기술개발에 관한 연구에 집중되어 있다. 또한 유행그래프 이론이나 모듈화수법을 이용하여 공작물 형상으로부터 동력 전달 및 형상창성 운동구조를 해석적으로 생성하는 연구^(10~12)가 있다. 그러나 이러한 연구들은 기계구조의 타입 결정시 고려되어야 할 타입별 정도, 절삭능력, 가공능률, 가격 등과 같은 설계 전문가의 경험적 지식을 배제하고 있어, 실제 현장에서 이를 공작기계 설계에 활용하는 데에는 여러 가지 문제가 있다. 한편 이러한 설계지식을 이용하여 공작기계 기본설계를 지원해 주는 시스템 개발에 관한 연구^(13,14) 등도 포함되어 있으나, 이러한 연구들은 하나의 개발사례로 그치고 있어 공작기계 설계 전반을 체계적으로 지원하는 지능형 설계시스템 개발에는 아직 이르지 못하고 있다.

최근 이와 같은 요소기술을 기반으로 새로운 타입의 공작기계가 잇달아 개발, 제품화되는 등 국내외의 공작기계 개발 환경이 매우 빠르게 변화하고 있을 뿐만 아니라, 공작기계에 대한 제품모델의 다

양화 요구와 사용자의 주문생산 요구가 점점 확대되고 있어, 이러한 상황에 충분히 대처하기 위한 보다 효율적인 신개념의 설계방식 도입이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 대표적인 공작기계의 하나인 머시닝센터를 예로 들어, 머시닝센터의 설계 전반을 체계적이고도 효율적으로 지원해 주는 지능형 설계시스템 개발을 목표로 하고 있다. 지능형 설계시스템은 설계대상 모델과 설계과정에 관한 모든 지식을 패키지형태로 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.

본 논문에서는 그 첫번째 논문으로서 현재 개발 중인 공작기계 기본설계 지원을 위한 지능형 설계시스템의 전체 구성에 대하여 보고하고자 한다.

2. 설계과정의 분석 및 모델링

2.1 설계과정의 분석

지금까지 공작기계 및 머시닝센터의 설계과정이 비교적 활발히 연구되어 온 국가는 대표적으로 일본, 독일 등을 들 수 있다. 그 중에서도 고객의 요구로부터 타입과 사양 및 기본구조를 결정하는 기본설계에 대한 일련의 연구는 1980년대부터 일본에서 특히 활발히 진행되어 왔다. 그러나 이러한 연구들은 공작기계 설계에 필요한 다양한 전문적 설계지식과 설계자의 경험적 지식의 일부분만을 참조하고 있을 뿐만 아니라 공작기계 설계과정에 대한 명확한 분석이 이루어지지 않아 공작기계 설계 전반을 일관성있게 지원해 주는 설계시스템 개발이 곤란하였다.

이러한 이유로 최근 정보처리 기술의 발전과 더불어 축적된 설계자의 경험적 지식을 전산정보로 활용하여 설계과정 중에 발생하는 정보를 처리함으로써, 고객의 요구로부터 공작기계의 구조형태 및 기본구조를 결정하는 연구가 제안되기도 하였다.⁽¹³⁾ 이 연구에서는 기본설계의 결과물로서 단지 기계의 사양이나 구조형태 및 기본골격만을 제시하였다. 그러나 실제로 전체 구조의 타입이나 기본형상뿐만 아니라, 설계사양에 부합되는 주축부, 이송부, 구

동부, 컬럼과 베드 등과 같은 핵심 구성모듈의 기본형상과 구성부품의 타입과 형상 및 배치 등이 결정되도록 하는 것이 현장의 설계자들에게 컴퓨터를 이용한 기본설계로서 보다 의미있는 결과물이 될 것이다.

따라서 본 연구에서는 머시닝센터의 기본설계를 고객의 요구사항으로부터 기계의 기종 및 타입, 사양, 기본구조 형상 및 각 구성모듈, 그리고 구성 핵심부품의 타입, 기본형상 및 배치까지 결정하는 것을 기본설계로 정의하고, 설계자의 경험지식을 설계규칙으로 최대한 활용할 수 있도록 함으로써 현장의 설계자가 이를 유용하게 사용할 수 있도록 배려하였다.

이와 같은 연구 취지에 따라 본 저자들은 지금까지 연구한 결과를 토대로 다음과 같은 머시닝센터의 기본설계과정을 확립하였다.

Fig. 1에서 보여지는 것과 같이, 정도등급, 강성, 절삭능력, 가공하고자 하는 대상물의 형태 및 가격 등과 같은 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 선정하게 된다. 전체 구조의 타입과 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 다시 재설계를 행하도록 하는데 이상의 과정을 거치는 동안에 단계마다 설계 경험자의 경험지식과 기술 혹은 정보자료 등을 지식베이스로 충분히 활용하도록 함으로써 설계의 신뢰성과 효율성을 높이도록 한다. 구조설계가 만족스럽게 끝나면 다음으로 각 주요 구성모듈의 설계가 이루어 지는데, 보편적으로 주축 → 컬럼 → 가이드웨이 → 구동부 → 베드 등의 순서로 각 모듈별 설계가 이루어지고 있고 각각의 설계결과가 서로 영향을 끼치게 됨으로써 실제로 현장에서는 각 모듈설계 담당자들이 설계가 진행되어짐에 따라 상호 지속적으로 정보를 교환하며 설계가 끝날 때까지 거의 동시적으로 설계를 수행하고 있다.

그런데 각 모듈별로 설계의 내용은 다르더라도 설계과정은 공히 동일하고 Fig. 1에 보여지는 것 같이 모듈타입의 결정 → 주요 구성부품의 배치 결

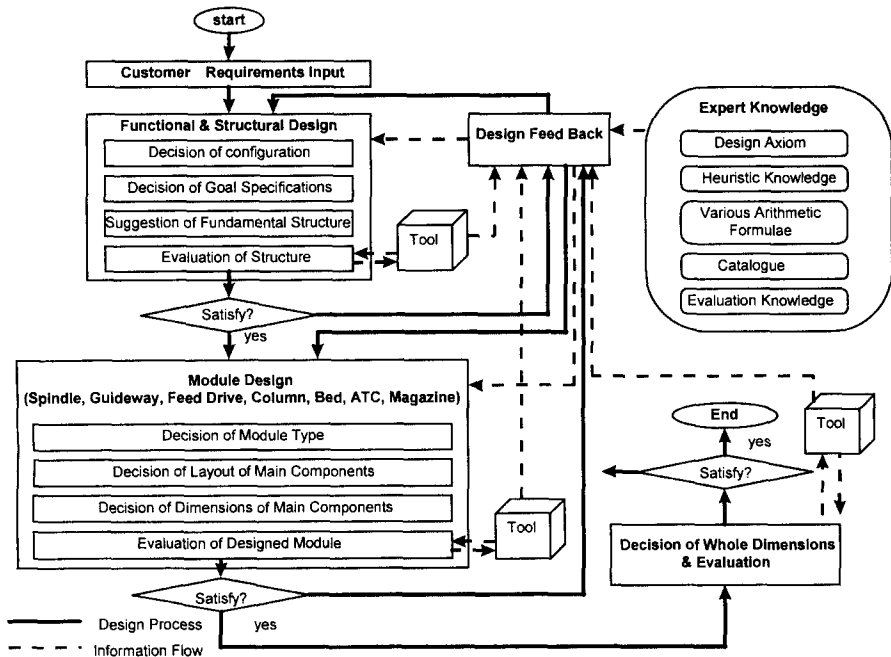


Fig. 1 Design process of machining center

정 → 구성 부품의 기본형상 결정 → 설계의 평가 순으로 진행되어진다. 모듈설계에서도 경험지식이나 설계정보, 카타로그 데이터 등이 단계별로 활용되어지고 설계의 평가가 만족스럽지 못한 경우는 전문가의 조언에 의해 해당 모듈의 설계변경이 이루어진다. 전 구성모듈의 설계가 완료되면 설계하고자 하는 머시닝센터의 전체 구조 및 각 모듈 구성 부품의 배치와 형상이 확정되고 기본설계가 완료되지만 모듈설계에 앞서서 결정했던 전체 기본구조의 형상이 모듈설계가 진행됨에 따라 실제로는 약간의 변화가 생기게 된다.

따라서 좀더 완벽한 설계를 수행하기 위한 수단으로서 각 모듈설계의 종료시 이들을 전체 구조를 재평가 함으로서 설계의 최종 검증을 수행한다. 만일 처음의 구조설계 단계에서 제안되었던 전체형상이 각 모듈설계 단계에서 설계변경의 결과로 많은 형상변경이 생기게 된다거나 하계되면 거기에 따라 질량이 변화하게 됨으로써 진동특성이 달라지게 된다. 이와 같은 변화를 설계의 최종단계에서 검토함으로써 전체 구조의 안정된 설계가 지속적으로 유지될 수 있도록 하였다. 이상으로 본 연구에서 확립한 머시닝센터의 기본설계과정 전반에 대해 기술하였다.

2.2 설계과정의 IDEF0 모델링

앞절의 Fig. 1과 같은 설계 흐름도는 설계과정 전반에 관한 이해를 돕는데 매우 유익한 것이지만 실제로 시스템을 개발하고자 할 때에는 각 설계단계를 각각 하나의 활동으로 정의하고 해당 입출력, 각 활동의 제어, 각 활동에 필요한 도구들에 대한 상세한 모델링이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 Fig. 2와 같은 IDEF0라는 프로세스 모델링기법을 도입하여 설계과정을 활동들의 계층구조로 분리하고 각 활동들에 대한 입출력과 제어, 도구들을 명확히 모델링 하였다. 여기에서 활동은(action) 설

계의 한 단위과정을 나타내고 제어(control)는 설계규칙을, 도구(tool)는 해석모듈과 같은 설계 평가도구나 설계에 필요한 표준규격집 혹은 카타로그 등의 공적인 지식을 나타낸다.

Fig. 3(a)는 머시닝센터의 기본설계 전과정을 최상위 활동상자 A0로 표현한 것이며, Fig. 3(b)는 기본설계의 전과정을 기능 및 구조설계, 각 모듈설계, 구조설계 평가라는 3단계의 설계활동으로 분리한 것이다. Fig. 3(c)는 (b)의 A1활동, 즉 기능 및 구조설계의 단계를 다시 4단계의 설계활동으로 상세히 분리한 것이다.

3. 설계대상의 분석 및 모델링

3.1 설계대상의 분석

지금까지 연구되어온 머시닝센터의 설계대상에 관한 연구중 대표할 만한 것으로는 森脇俊道⁽¹⁴⁾의 객체지향 설계지원 시스템에 관한 연구가 있다. 여기에서는 머시닝센터를 구성하기 위한 필수적인 구성유닛 및 부품을 Part_of 관계로 규정하고, 각 필수구성요소들의 여러가지 타입을 Is_a 관계로 규정하였으며, 설계 파라미터의 결정이 다음 단계의 설계대상에 설계제약으로 작용함을 고려한 설계대상의 계층구조를 제시하였다. 예를 들면, 테이블, 주축, 컬럼, 베드등과 같이 필수적으로 있어야 할 머시닝센터의 구성유닛은 Part_of 관계가 되고 그 중에서 로타리(Rotary)형, 인덱스(index)형등과 같은 테이블의 타입들은 각각 테이블과 Is_a 관계가 된다. 본 연구에서도 이와 마찬가지로 머시닝센터를 구성하는 핵심모듈 및 구성부품을 분석하여 그 관계를 설정하고 앞절에서 기술한 설계과정을 중심으로 설계대상의 계층구조를 제안하기로 한다.

일반적으로 머시닝센터를 구성하는데 필수적인 주요 구성모듈과 핵심부품은 Fig. 4와 같이 분류될 수 있다. Fig. 4과 같은 분류는 개념적인 구성에 의한 분류이며, 실제로는 각 모듈마다 여러 타입으로 나뉘어지며 핵심부품 또한 각 부품에 대해 여러 타입이 존재하게 된다. 예를 들면, 안내면(guideway)와 같은 경우 실제로 스텝동식(slide), 직선운동방식(linear motion), 구름(rolling)방식 등의 타입이 있으며, 설계자는 그것들 중에서 설계하고자 하는 머시닝센터가 목표사양에 도달할 수 있도록 타입을 선정하게 된다. 마찬가지로 테이블(table) 또한 인덱스(index), 로타리(rotary), 틸팅(tilting) 등의

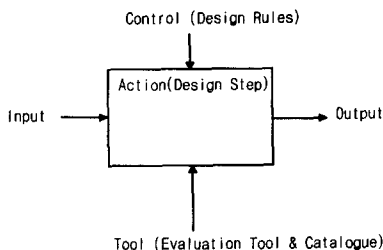


Fig. 2 IDEF0 model for design process

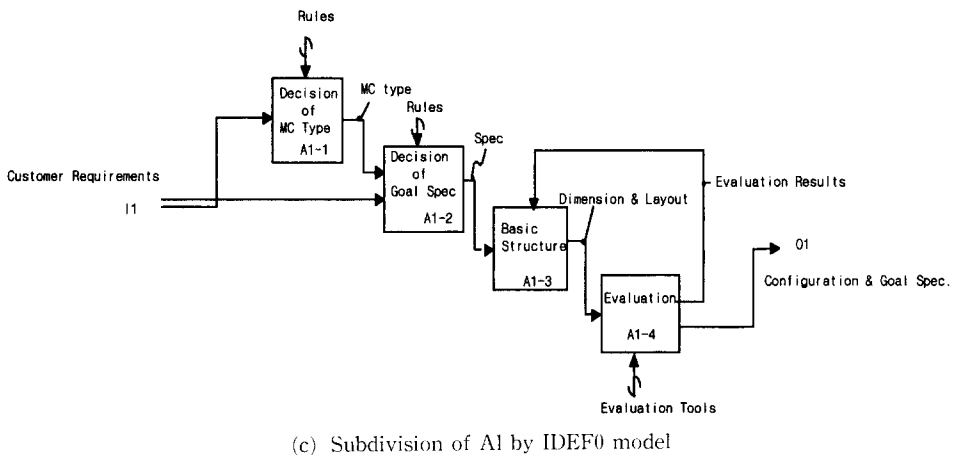
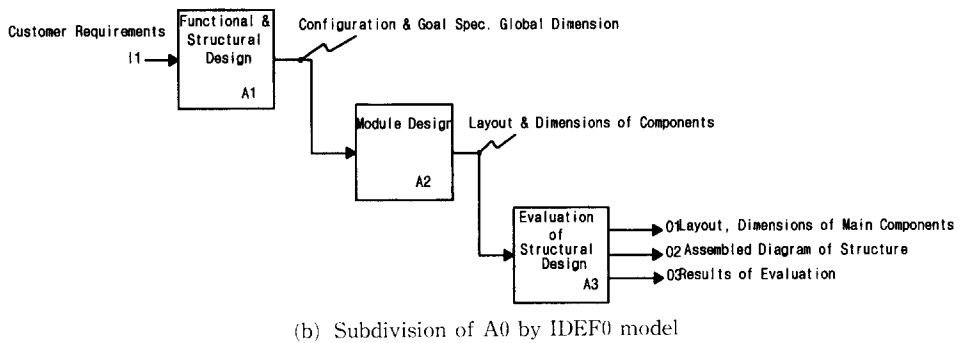
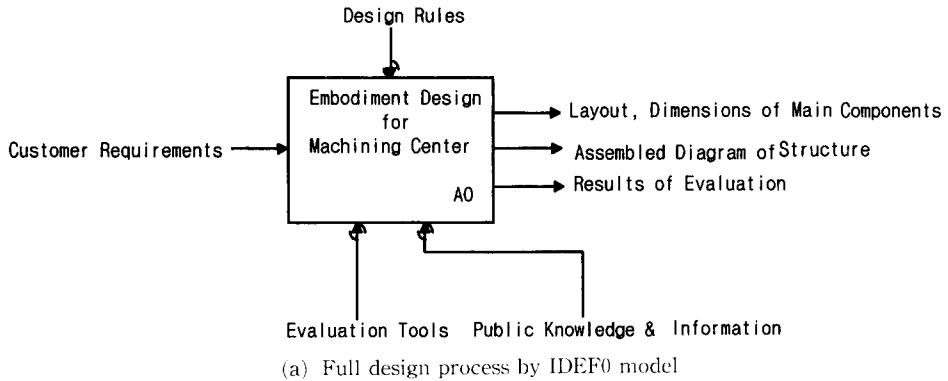


Fig. 3 Examples of design process by IDEF0 model

방식에 의한 타입으로 나누어지며 설계자는 설계북 표에 부합되는 적절한 타입을 선정하게 된다. 이와 같이 머시닝센터는 Fig. 4와 같은 필수 구성요소에 대한 설계자의 선택에 의한 적절한 타입의 조합으로 이루어진다고 볼 수 있다.

3.2 설계대상의 객체지향 모델링

위에서 행한 분석작업을 기초로 여기에서는 머시

닝 센터의 객체지향 모델링을 제시해본다. Fig. 5에서와 같이 머시닝센터의 필수 구성요소를 Part_of 관계 그리고 구성요소별 타입들을 Is_a 관계로 도시하였다. 실제로 본 시스템의 구현은 객체지향 언어인 C++로 구현되며, 각각의 구성요소는 하나의 클래스로 표현된다. 여기에서 Part_of 관계는 구성요소의 객체(object)로 생성되며 포함관계가 성립되도록 하며, Is_a 관계는 상위 클래스의 속성

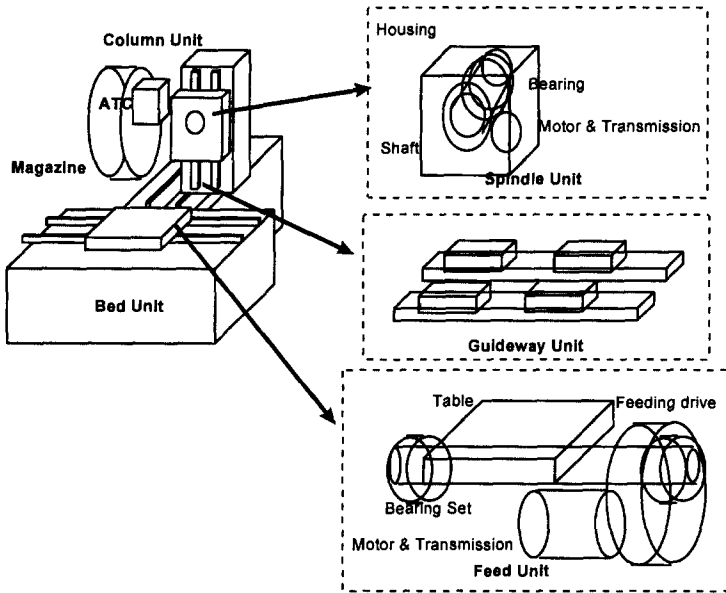


Fig. 4 Main components of machining center

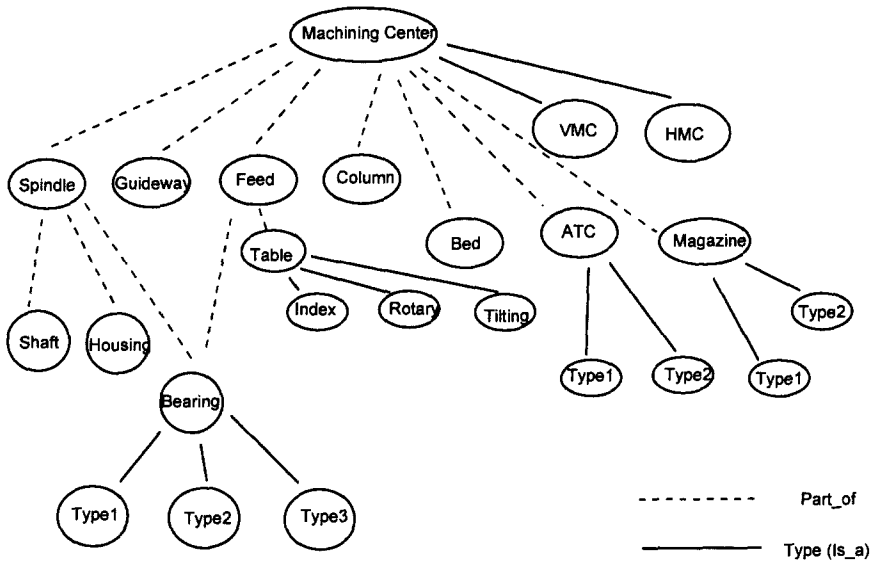


Fig. 5 Hierarchy of machining center classes

을 그대로 상속받는 계승관계로 설정된다.

예를 들면 Fig. 5에서 테이블요소와 같은 경우 테이블이라는 추상화된 머시닝센터의 필수 공통요소는 머시닝센터 클래스내에 생성되며, 테이블의 실제 여러가지 타입들은 테이블 클래스와 계승관계로 연결시켜 설계시 그것들 중에서 하나가 선정되어 생성된다. 마찬가지로 베어링의 경우는, 스핀들

을 구성하는 필수요소이므로 스핀들 클래스내에 생성되고, 설계시 선택되는 베어링의 여러 가지 타입들은 베어링 클래스의 계승관계로 연결된다.

이와 같은 계승관계는 森脇俊道⁽¹⁴⁾이 제시한 바와 같이 상위레벨 객체의 설계내용이 하위레벨 객체의 설계시 하나의 설계제약으로 작용할 수 있도록 한다. 즉, 추상화된 필수 구성요소 클래스에 정

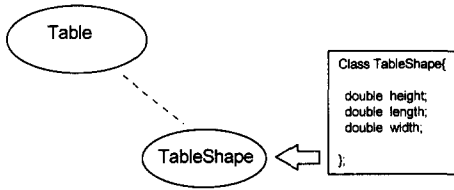


Fig. 6 Example of table shape class

의된 각 타입별 공통적인 설계변수치를 그대로 상속받도록 하여 타입 객체의 설계시 자동적으로 반영될 수 있도록 한 것이다.

또한 Fig. 5에서 머시닝센터의 각 부품 클래스들은 자신의 기본형상이 정의되어 있는 형상 클래스를 갖는다. 예를 들어 Fig. 6은 테이블의 기본형상을 정의한 형상클래스를 나타내고 있다.

이상과 같이 설계대상인 머시닝센터를 그 구성관계 및 설계과정의 특성에 따라 분류함으로써 각 구성모듈 및 핵심부품을 객체지향으로 모델링하였다.

4. 설계지식의 분류 및 표현

4.1 설계지식의 분류

설계를 지원하는 지능형 시스템을 구현하기 위하여서는 설계에 관한 많은 지식을 필요로 한다. 설계에 있어서 지식은 크게 설계대상에 관한 것과 설계과정에 관한 것으로 분류할 수 있다. 설계대상에 관한 지식으로는 설계대상을 표준 및 기존 부품의 카타로그 지식, 설계 및 제조에 관계된 지식, 산업 표준 등을 들 수 있으며, 설계과정에 관한 지식으로는 이전 설계지식, 평가 및 선정지식, 설계자의 경험지식 등이 있다.⁽¹⁵⁾

본 연구에서는 먼저 머시닝센터에 있어 각 설계 단계별로 필요한 지식들을 나열해본 다음, 그것들을 특성별로 분류하여 실제로 지식베이스를 구현하기 위한 기초단계로 활용한다. 머시닝센터의 설계에 필요한 설계지식을 2장에서 기술한 설계과정에 따라 단계별로 서술해 보면 다음과 같다.

기능 및 구조설계(**functional & configuration design**) 단계 : 고객의 요구를 분석하고 그 요구에 적합한 머시닝센터의 타입을 선택하기 위한 각 타입별 기능 및 성능에 관한 분류지식, 목표사양을 결정하기 위한 설계자의 경험지식, 선택된 타입과 사양을 기초로 조립체 형상을 제시하기 위한 요소별 조립 제약에 관한 지식, 제안된 조립체의 평가

결과를 피드백하여 재설계 방향을 제안하기 위한 설계자의 경험지식

모듈설계(module design) 단계 : 설계사양에 부합되는 각 모듈별 타입을 결정하기 위한 설계자의 경험지식, 각 구성 부품의 타입 및 배치를 결정하기 위한 설계지식, 카타로그 지식 및 설계공식, 서로 제약관계 있는 모듈별 설계변수들의 관계지식, 설계된 모듈의 성능을 평가하기 위한 평가지식

전체구조 설계평가의 단계 : 머시닝센터의 전체구조의 성능평가지식, 각 모듈들의 성능 평가지식 및 경험지식.

이상과 같은 단계별 설계지식을 각 특성별로 분류하여 보면 다음과 같다.

- 설계대상지식(object knowledge) : 설계대상에 관한 지식, (예) 스핀들, 가이드웨이, 베어링 등
- 경험지식(knowhow knowledge) : 설계 전문가가 지니고 있는 경험과 설계규칙
- 공적지식(public knowledge) : 카타로그, 표준 규격집 등에 들어 있는 공적인 지식
- 평가지식(evaluation knowledge) : 설계평가에 관한 지식 및 규칙
- 순차지식(procedural knowledge) : 설계에 필요한 순서적인 계산 서브루틴

4.2 조합형 지식표현

전술한 바와 같이 머시닝센터 설계에 필요한 설계지식들은 그 구성이 복잡하고 다양하기 때문에 기존의 전문가시스템에서 흔히 사용되는 단순한 지식표현기법으로는 충분하게 표현할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 이와 같이 복잡 다양한 머시닝센터의 설계지식을 정확하게 표현할 수 있는 조합형(hybrid) 지식표현을 도입함으로써 설계지식을 효율적으로 활용할 수 있도록 한다. 그 조합형(hybrid) 지식표현은 다음과 같이 구성된다.

프로덕션 시스템(production system) : IF~THEN 형식으로 표현되는 규칙베이스로 주로 설계자의 경험적 지식을 표현한다. 예를 들면 머시닝센터 베드의 고정점 위치를 선정할 때, 설계하고자 하는 머시닝센터가 문형타입인 경우, 주 고정점은 컬런의 양측과 바닥면이 만나는 두 점으로 결정될 수 있다. 이를 IF~THEN 형식으로 표현하면 다음과 같이 된다

IF MC_Type="Gantry" THEN Main_Support_Positions are two positions intersected by two

column axis lines on the floor

제약 네트워크(**constraint network**) : 등식과 부등식 등과 같이 정형화된 설계제약을 설계변수와 설계제약으로 구성되는 네트워크(network) 형태로 표현하는 지식표현방법이다.⁽⁹⁾ 예를 들어 Fig. 7은 치차설계의 예를 제약 네트워크(constraint network)로 표현한 것이다. 여기에서 사각형노드는 설계제약노드를 나타내며, 원형노드는 설계제약에 포함되는 설계변수 노드를 나타낸다. 각 노드간의 관계는 쌍방향의 성질을 가지며, 설계변수 노드는 동일한 레벨(level)로 표현되기 때문에 설계과정의 순서에 관계없이 어느 설계변수의 노드로도 입출력이 가능한 선언적 표현의 특징을 지닌다. 선언적 기술은 설계지식이 제어 프로그램과 분리되어 처리되기 때문에 설계지식의 관리가 용이하고 시스템 구현이 용이한 장점을 가지고 있다.

객체지향 모델링 및 데이터베이스(**object-oriented modeling & DB**) : 지능형 설계시스템 전체의 유연성, 확장성, 독립성을 위해 객체지향 모델링을 도입하고, 머시닝센터의 모든 구성모듈 및 구성부품을 완전하게 객체지향 모델링하기 위해 객체지향 데이터베이스(object-oriented database)와 연계하여 기존 데이터베이스에서 수용하기 곤란한 기계설계 및 공학에 포함되는 다양하고 복잡한 데이터 수용이 가능하도록 한다. 이를 위해 본 연구에서는 UniSQL사의 UniSQL을 채용하였다. Fig. 8은 머

시닝센터의 객체지향 모델링을 위한 클래스의 예를 나타낸 것이며, 클래스 내부에 속성과 함수뿐만 아니라 설계제약도 함께 포함하고 있음을 알 수 있다.

순차 프로그램(**procedural program**) : 응력계산이나 변형계산 등과 같이 설계과정상에 있어서 입력에서 출력까지 순차적으로 계산되는 서브루틴이나 단순한 절차를 포함하는 지식 표현이다.

본 연구에서는 이상과 같이 제시된 지식표현 기법들을 Fig. 9에 도시한 것과 같이 하나의 총체적인 Hybrid형 지식베이스로 구축함으로써 머시닝센터의 전 설계과정을 일관되게 지원할 수 있도록 하고 있다.

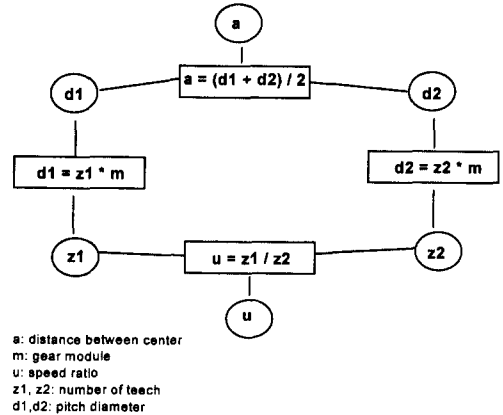


Fig. 7 Example of design constraint network

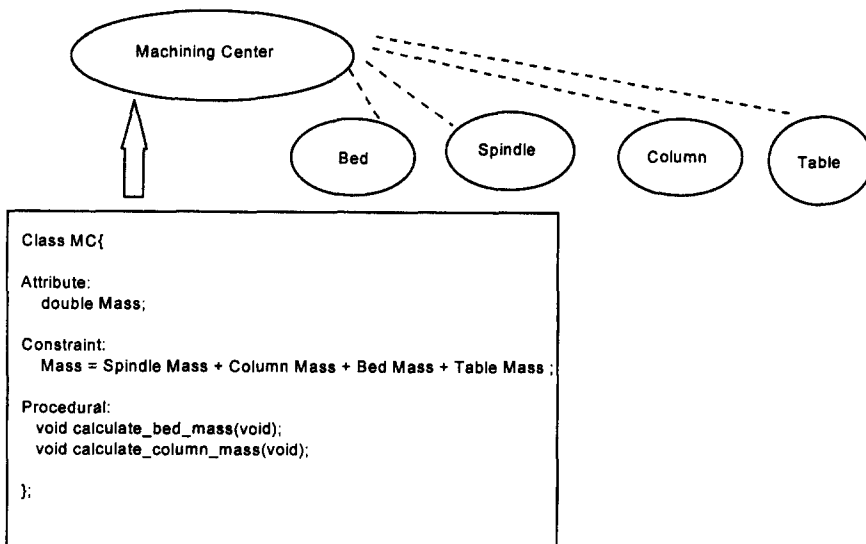


Fig. 8 Example of object oriented model

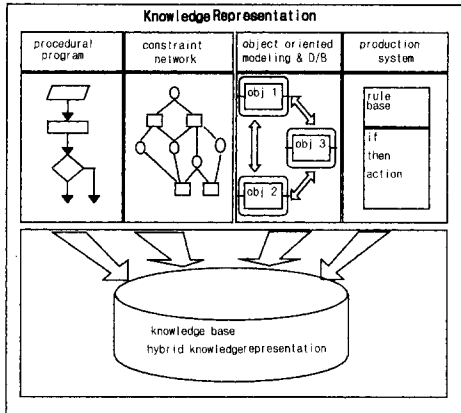


Fig. 9 Hybrid knowledge representation

5. 지능형 설계시스템의 개요 및 구성

5.1 지능형 설계시스템의 개요

지능형 설계시스템은 다음과 같은 4가지의 기능 요소에 의해 구성된다. 즉 목표대상의 인공적 표현과 제품정보 그리고 목표대상 설계에 관련된 다양한 제품관련 정보를 하나의 제품모델로 패키징(Packaging)한 설계대상 요소와, 공통지식(generic knowledge), 특정지식(domain specific knowledge), 생산 및 공정 관련지식(product/process specific knowledge) 등을 포함하는 설계지식요소, 설계자와의 상호대화(interactive)를 그래픽적으로 제공하는 사용자 인터페이스요소, 그리고 제품정보를 관리하고 설계과정을 제어하며 설계이력 등을 관리하는 설계관리요소로 구성된다.⁽¹⁵⁾

이와 같은 기능요소에 의해 구현되는 지능형 설계시스템은 기존의 설계시스템에 비해 다음과 같은 장점을 갖고 있다. 우선 Fig. 10에 나타낸 것과 같이 기존 설계시스템은 설계자가 설계에 관한 모든 루틴한 작업을 일일이 담당해야 하며, 또한 부분적 설계변경에도 설계파라미터의 파급영향이 전체 설계에 미치기 때문에 이를 수정하기 위해서 같은 작업을 몇 번이고 반복하지 않으면 안된다. 더욱이 설계에 참여했던 설계자가 회사를 그만두거나 다른 부서로 이동하였을 경우, 그가 지니고 있던 설계경험 및 그 지식은 영원히 사라지고 만다. 이와 같이 설계자 의존형 시스템은 설계지식의 분산화 및 경제적, 시간적 손실면에 있어 많은 문제를 포함하고 있다.

반면에 컴퓨터 중심의 지능형 설계시스템은 Fig.

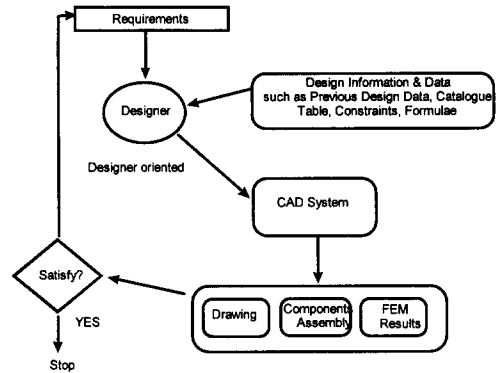


Fig. 10 Traditional design process

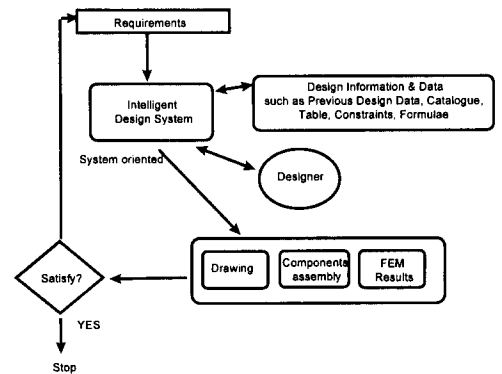


Fig. 11 Intelligent design process

11에 나타낸 바와 같이 설계에 필요한 모든 설계자료 및 설계지식, 설계경험, 설계과정 등이 그대로 컴퓨터 시스템 내부에 축적되어 있어 설계변경이나 반복작업뿐만 아니라 설계 담당자의 교체에 따른 많은 문제들을 해결할 수 있다. 또한 고려해야 할 모든 항목들이 설계과정에 그대로 반영되어 시스템화되어 있기 때문에 경험이 많지 않은 엔지니어일 지라도 합리적인 설계작업을 수행할 수 있다. 또한 경험이 많은 설계자의 노하우를 수용할 수 있는 틀을 제공하여 지속적으로 설계지식을 획득, 축적함으로써 고유설계 능력을 보유하게 한다.

한편, 지능형 설계시스템의 장점을 요약, 정리해보면 다음과 같다.

(1) 반복된 설계작업을 자동화함으로써 제품의 설계 및 생산기간을 단축할 수 있다.

(2) 설계에 관한 전문적인 노하우나 경험지식을 축적, 저장함으로써 소수의 설계 전문가에 대한 의존도를 줄일 수 있어 합리적인 설계체제의 구축이 가능하다.

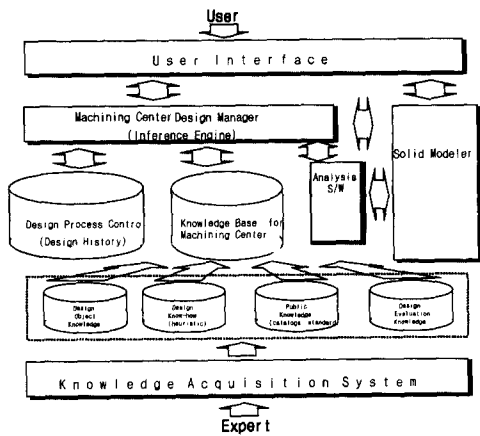


Fig. 12 Configuration of intelligent design system for machining center

(3) 개념설계단계에서 설계 및 생산에 관한 모든 사항을 사전에 고려하여 반영시키는 동시공학 개념 구현을 위한 공통의 설계시스템으로서 활용이 가능하다.

(4) 과거설계의 지식을 축적하고 있어 새로운 대상설계에 대한 신속한 대응이 가능하다.

(5) 설계자들이 필요로 하는 제품에 관련된 카타로그나 설계규약데이터를 자동으로 탐색할 수 있어 설계시간을 절약할 수 있다.

(6) 일관된 설계지식에 의해 설계단계에서 발생하는 시행착오를 줄일 수 있어 결과적으로 짧은 시간에 질 좋은 제품을 설계, 생산할 수 있다.

(7) 설계변경에 대한 신속한 대응이 가능하여 결과적으로 제품의 단가를 줄일 수 있다.

5.2 지능형 설계시스템의 구성

본 연구에서는 전술한 바와 같은 지능형 설계시스템을 머시닝센터 설계에 적용하기 위해, Fig. 12과 같은 시스템 구조를 제안한다. 그림에 보여지는 것과 같이 본 시스템은 7개의 서브시스템으로 구성되며, 각각 다음과 같은 기능을 갖추고 있다.

지식베이스 : 머시닝센터 설계에 필요한 모든 설계정보 및 설계데이터가 저장되어 있다. 예를 들어 기계공학 편람, 설계 핸드북 등에 게재되어 있는 그래프 및 테이블데이터, 설계공식, 설계노하우, 설계평가 지식, 카타로그 데이터, 표준부품에 관한 데이터 등의 설계지식이 저장되어 있으며, 이러한 설계지식은 지식획득 시스템에 의해 생성되어 지식베이스에 저장된다.

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

설계관리자(추론엔진) : 전술한 바와 같이 본 시스템은 조합형(hybrid) 지식베이스로 구성되며, 설계관리자 모듈은 각 설계지식의 타입에 적합한 추론엔진을 내장하고 있다. 예를 들어 설계경험의 규칙(rules)들은 프로덕션 시스템(production system)에 의해 처리되며, 설계공식과 같은 정형화된 설계지식은 설계변수와 설계제약으로 구성되는 제약 네트워크에 의해 처리된다. 이러한 추론엔진은 지식베이스에 저장되어 있는 설계지식을 활용하여 모든 설계제약이 항상 만족되도록 추론과정을 수행함으로써 설계자의 설계작업을 지원해준다.

솔리드모델러 : 머시닝센터를 구성하는 각 구성모듈이나 구성부품의 설계가 완료되면, 형상 클래스에 정의된 기하학 속성치에 의해 각 부품별로 솔리드 형상을 생성시켜 조립된 형태의 머시닝센터 형상모델을 생성시킨다. 또한 생성된 형상모델을 통하여 화면 상에서 변경할 수 있는 작업환경을 제공하며, 형상모델의 기하학 정보를 해석모듈의 입력으로 사용함으로써 해석모듈과의 연계를 자동으로 수행해준다.

사용자 인터페이스 : 설계자는 인터페이스를 통하여 시스템과 상호대화하면서 설계과정 및 추론기능, 이벤트 조작을 제어하는 기능을 수행한다. 예를 들면 설계사양의 입력이나 설계결과의 출력, 설계이력의 조작, 그리고 에러체크 기능을 수행한다.

디자인 프로세스 콘트롤(design process control) : 설계변경의 이력을 보관하고 관리하여 설계자가 이전의 잘못된 설계를 재설계 과정에서 또다시 반복하는 실수를 방지하는 기능을 부여하는 것으로 설계단계별로 많은 의사결정들의 이력과 설계결과들을 같이 묶어서 각각 객체단위로 데이터베이스화하고, 이러한 객체들을 설계순서에 따라 연결하면 하나의 설계이력 트리(tree)구조로 표현될 수 있다. 설계자는 설계이력 트리를 이용하여 설계변경을 용이하게 수정할 수 있고 변경된 설계를 곧바로 확인하거나 이미 설계되었던 결과를 검색할 수 있다.

이와 같이 객체화된 설계이력과 정보들을 저장하고 관리하기 위해서는 테이블형태로 데이터들을 저

장하거나 관리하는 것이 아닌 클래스와 같이 객체로 데이터를 관리하며 계승관계를 부여할 수 있는 객체지향 데이터베이스(OODB) 등의 활용이 효율적이다.

해석모듈(analysis software) : 설계된 머시닝센터의 구조와 각 모듈별 성능을 해석하기 위한 수단으로서, 구조의 진동특성과 에너지분포 해석을 위한 프로그램, 주축의 동특성 및 정도해석을 위한 주축용 해석프로그램, 가이드웨이 및 구동모듈의 동특성 해석을 위한 프로그램으로 구성되며, 솔리드모델러와의 인터페이스를 통하여 해석결과를 그래픽으로 도시하고 추론엔진과의 정보교환을 통하여 설계변경시 평가기준으로 활용한다.

6. 결 론

본 연구는 대표적인 공작기계의 하나인 머시닝센터를 예로 들어, 머시닝센터의 설계 전반을 체계적이고도 효율적으로 지원해 주는 지능형 설계시스템 개발을 목표로 하고 있다.

이를 위해, 본 연구에서는 먼저 현장의 설계 전문가와의 인터뷰를 통하여 획득한 머시닝센터 전체의 설계과정을 분석·정리함으로써, IDEF0 모델링 기법에 의해 머시닝센터의 전 설계과정을 체계화하였으며, 동시에 머시닝센터 설계에 필요한 설계지식을 분석·분류함으로써, 설계지식의 조합형 지식 표현의 필요성과 그 구축을 위한 시스템구조를 제안하였다. 한편 머시닝센터를 구성하는 모든 부품요소 및 그 형상요소를 객체지향 기법에 의해 모델링하였다.

끝으로 이러한 방식들을 이용함으로써, 공작기계 기본설계를 체계적으로 지원할 수 있는 새로운 형태의 지능형 설계시스템을 제안하였으며, 이를 구성하는 서브시스템의 기능 및 그 구현방법에 대하여 논하였다.

후 기

본 연구는 핵심 산업기계 기본설계 시스템 개발 과제의 수행을 위한 것으로, 참여기업으로 연구에 협조하여 주신 (주)현대정공, (주)삼성항공 그리고 (주)화천기공 관계자 여러분들께 진심으로 감사드립니다.

참고문헌

- (1) 長澤勳, 古川由美子, 1986, “拘束條件リグクシオン法を用いた機械設計支援システム,” 日本情報處理學會論文集, Vol. 27, No. 1, pp. 112.
- (2) 赤木新介, 藤田喜久雄, 1988, “オブジェクトに基づくエキスパートシステムの研究,” 日本機械學會論文集(C編), Vol. 54, No. 500, pp. 1017.
- (3) Young, R. E., Greef, A. and O'Grady, P., 1991, “SPARK-An Artificial Intelligence Constraint Network System for Concurrent Engineering,” in Gero, J. S. (ed.), *Artificial Intelligence in Design'91*.
- (4) Serrano, D. and Gossard, D. C., 1992, *Tools and Techniques for Conceptual Design*, in Tong, C. and Sriram, D. (ed.), *Artificial Intelligence in Engineering Design*, Academic Press Inc.
- (5) Cha, J. H., Yokoyama, M. and Itaru, O., 1993, “A Knowledge-Based System for Mechanical CAD,” *ICED'93*, pp. 1335.
- (6) 車周憲, 横山正明, 1994, “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. 3623.
- (7) Cha, J. H. and Yokoyama, M., 1995, “A Knowledge-Based System for Mechanical CAD,” *ICED'95*, pp. 1382.
- (8) 차주헌, 1997, “형상 패턴 인식을 이용한 설계 자료의 자동 탐색,” 대한기계학회논문집(A), 제21권, 제4호, pp. 634.
- (9) 차주헌, 이인호, 김재정, “Simulated Annealing을 이용한 제약 네트워크에서의 제약충족 방식에 관한 연구,” 한국정밀공학회지, 제14권, 제9호, pp.116.
- (10) 新野秀憲, 伊東諒, 1984, “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.
- (11) 新野秀憲, 伊東諒, 1986, “工作機械の構造創成方法 (第3報, 結合パター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.
- (12) 朴來卿, 横山正明, 新野秀憲, 1989, “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.
- (13) 森脇俊道, 布引雅之, 西村勝廣, 吉澤廣昭, 坂尾健司, 1991, “工作機械の基本設計における知識利用に関する研究,” 日本機械學會論文集(C編), Vol. 57, No. 536, pp. 1371.
- (14) 森脇俊道, 布引雅之, 1992, “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発,” 日本機械學會論文集(C編), Vol. 58, No. 546, pp. 655.
- (15) Kimura, F., 1991, *Architecture and Implementation Subgroup: Summary of the Workshop Discussion*, in Yoshikawa, H., Arbab, F. and Tomiyama, T. (ed.), *Intelligent CAD (III)*, North-Holland, pp. 43.