

# 공작기계 설계를 위한 지식 관리 시스템

정승환<sup>1</sup> · 강무진<sup>2</sup>

<sup>1</sup>성균관대학교 대학원 / <sup>2</sup>성균관대학교 기계공학부

## Knowledge Management System for Machine Tools Design

Seung-Hwan Jung<sup>1</sup> · Mu-Jin Kang<sup>2</sup>

Faced with increasing competitive pressures to reduce time-to-market, many business organizations have recognized that shortening the design cycle by taking full advantage of their intellectual property is inevitable in maintaining their market share. This paper describes a knowledge management system for machine tool design. Product structuring, change management, and complex design knowledge management are possible through the developed system. The system can speed up the design process by making necessary data instantly available as it is needed and keeping track of all the relevant design information and knowledge including individual decisions, design intentions, documents, and drawings.

### 1. 서론

공작기계의 설계는 수많은 반복 작업에 의해 이루어지는데, 설계 결과는 평가되어 이전 단계로 피드백(feedback)되면서 설계 변경이나 재설계가 발생한다. 설계의 과정에 발생하는 의사결정의 배경이나 이용된 지식, 설계 변경의 이력 등 관련 정보들을 체계적으로 분류하여 보관함으로써 기존의 정보와 지식을 다시 활용할 수 있는 시스템을 구축하는 것은 설계의 품질을 향상시키고 설계 시간을 단축하는 데 크게 기여할 수 있다 (McIntosh, 1995). 이를 위해서는, 제품을 구성하는 각 구성요소들의 형상을 정의하는 수치 정보(CAD data)와 제품의 구조를 나타내는 제품 구성표(BOM: Bill Of Materials)와 같이 CAD 시스템에서 생성되는 기본적인 정보뿐만 아니라 설계에 사용된 공학적인 지식, 설계자의 경험적인 지식, 핸드북, 카달로그 등의 다양한 기술 정보도 함께 관리되어야 한다 (강선구, 강무진, 1997). 즉, CAD 시스템으로부터 생성되는 정보와 설계자의 기억 속에 남아 있는 정보를 통합적으로 관리할 수 있는 시스템이 요구된다. 그러나, 상용의 CAD 시스템이나 PDM(Product Data Management) 시스템, 그리고 기타 지식 관리(knowledge management) 시스템들은 이러한 요구사항을 만족시키지 못하고 있는 실정이며, 설계 지식의 관리에 대하여는 개념 설계를 위한 활성 문서 시스템(active document system)이 연구되고 있는 정도이다 (Ha, S., Pahng, G., Chang, J., Park, S., Rho, H.M., 1999). 본 논문에서는 공작기계의 설계 과정에서 소요되고 발생되는

여러 가지 기술 정보와 설계 변경의 이력, 설계시 이용된 공학적 지식 등을 통합적으로 관리하는 공작기계 기술 정보 관리(MTEDM: Machine Tool Engineering Data Management) 시스템을 소개하고, 특별히 설계 지식 관리 기능을 설명하고자 한다.

### 2. 머시닝 센터의 구조

머시닝 센터는 구조에 따라 수평형(horizontal type), 수직형(vertical type), 문형(gantry type)으로 분류되며, 기종에 따라서 강성, 작업성, 절삭 능력, 점유 면적, 대상 가공물의 형상, 작업 공간 등 여러 가지 면에서 서로 다른 특성을 보인다. 수평형 머시닝 센터의 경우, 주축의 방향이 수평이고, 공작물이 장착되는 테이블은 수평면 내에서 자유롭게 운동할 수 있다. 기본적인 직선 이동축을 X, Y, Z의 3축 중에서 어느 축을 선택하느냐에 따라서 크게 BX/ZYC, BXZ/YC, B/XZYV, BZ/YXC의 네 가지 타입이 존재한다. B와 C는 각각 테이블과 컬럼을 나타내며, 나머지 알파벳은 해당 구조물의 운동 가능한 축을 나타낸다. 따라서, BX/ZYC 타입의 경우는 테이블이 X축 방향의 운동이 가능한 반면에, 컬럼이 Z, Y축의 방향으로 운동이 가능한 구조이다. 테이블의 자유로운 운동이 가능하기 때문에 가공물을 한번 고정하여 모든 가공을 완료할 수 있고, 구조상 대부분의 칩(chip)이 공구 바로 밑에 떨어지기 때문에 칩의 회수와 배출이 용이하다. 수직형 머시닝 센터에 있어서는 주축의 방향이 수

직이고, 가공물은 수평 테이블 위에 부착하게 되어 있으므로 가공물의 뒷면만 가공이 가능하다. 테이블을 전후, 좌우로 이동시키는 구조(BXYZ/ZC), 칼럼이 전후로 이동하는 구조(BX/YZC), 테이블이 고정된 구조(XYZC) 등의 다양한 타입이 존재한다. 문형 머시닝 센터의 경우는 두 개의 칼럼으로 지지되는 횡단 빔(cross beam)에 부착된 주축 헤드가 상하·좌우로 이동하고, 테이블이 전후로 이동한다. 공작물은 두 칼럼 사이의 테이블을 따라 이동하며, 수직 또는 수평 방향의 공구에 의해서 가공이 된다. 문형 머시닝 센터는 기계의 강성이 좋고, 중량물의 취급에 적합하여 대형 공작물의 가공에 많이 사용되고 있다.

일반적으로 머시닝 센터는 주축계(spindle module), 이송계(feed module), 지지계(support module), 부가 모듈 등으로 구성된다. 주축계를 구성하는 요소에는 스피들, 트랜스미션 요소, 척, 베어링과 모터 등이 있고 이 모듈의 기능은 주축의 회전 구동에 의한 가공에 필요한 토크를 생성하는 데 있다. 이송계를 구성하는 요소에는 테이블, 안내면, 이송장치(블스크루, 선형 모터 등)가 있고 이송력 발생 및 이송운동 안내를 수행한다. 지지계는 구조물의 지지를 담당하는 모듈로 칼럼과 베드가 있다. 기타 모듈로는 ATC(Automatic Tool Changer), APC(Automatic Pallet Changer), 공구 매거진, CNC 콘트롤러 등이 있다.

### 3. 머시닝 센터의 설계 프로세스

다수의 모듈로 구성되는 공작기계의 설계에서는 일반적으로 고객의 요구와 제조업체의 마케팅 전략으로부터 공작기계의 기종 및 타입, 기본 사양 그리고 전체 구조의 타입을 결정한다. 이때, 각 구성 모듈 및 구성 핵심 부품의 타입, 기본 형상 및 배치도 함께 결정된다. 구조 형태의 설계는 그 결과가 공작 기계 해석 프로그램에 의해 평가되고, 공학적으로 만족할 만한 결과에 이를 때까지 반복된다. 구조 형태의 설계가 끝나면, 각 주요 구성 모듈에 대한 상세 설계가 진행된다. 각 모듈의 설계 결과는 서로 밀접한 관계가 있으므로 설계가 끝날 때까지 상호 참조하면서 설계 개선이 반복하여 이루어진다.

<그림 1>은 머시닝 센터의 구조 형태 설계 프로세스를 보여 준다. 설계하고자 하는 머시닝 센터의 정밀도, 강성, 가공물의 용량 및 대략적 형태, 자동화 적합도, 가격, 확장성, 칩 배출량 등에 대한 정성적인 설계 요구 사항으로부터 머시닝 센터의 기종과 타입을 결정한다. 이와 같은 정성적인 성격의 특성들로부터 의사결정을 하기 위해서는 이를 정량화하여 지식 베이스를 구축하는 것이 필요하다. 이러한 지식의 경우 설계자의 경험적 판단에 근거한 경우가 많기 때문에 환경의 변화에 따라 지식 베이스도 같이 진화해 나갈 수 있어야 한다. 머시닝 센터의 기종 선정 및 타입 선정 과정에서는 의사결정표(decision table)의 일종인 다중 변수 추론 기법을 사용할 수 있는데, <표 1>은 머시닝 센터의 수직형 기종 타입 선정을 위한 기본 지식의 예를 보여 준다.

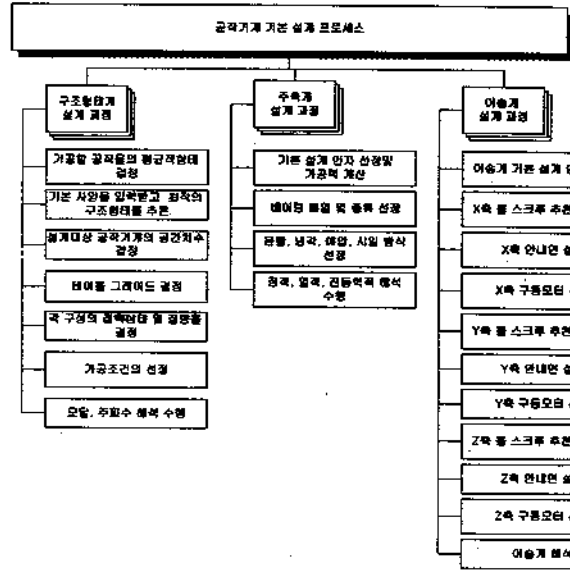


그림 1. Typical design process of machining center.

표 1. Requirements for different horizontal machining center types

요구사항 \ 타입	Gantry	Column	Line	Table
강성	5	3	1	3
가격	1	3	5	3
자동화적합도	4	3	5	4
가공물의 크기	1	3	5	3
절삭 능력	4	5	1	5
부하용량	4	3	5	4
칩 처리	3	3	5	3
확장성	3	3	5	3
점유면적	3	3	5	3

\* 숫자가 클수록 요구 정도가 강한 것임.

테이블의 크기와 설치 공간과의 상관 관계를 고려하여 X, Y, Z축 방향의 테이블 스트로크와 주요 설계 변수의 값들이 결정되면, 머시닝 센터의 형상과 주요 구성 요소들의 위치가 결정되고, 여기에 ATC, 공구 매거진, CNC 제어기와 같은 주요 부가 질량 요소들의 위치를 결정한다. 결정된 구조 형태에 대해서 이론적인 모달 해석(modal analysis)을 통한 진동수 특성 평가를 실시한다. 이 해석 결과를 바탕으로 전체 구조물의 강성 및 동특성에 영향을 크게 미치는 요소들을 선별, 조정하는 과정을 통해 설계를 최적화할 수 있다.

구성 모듈별 기본 설계 단계에서는 결정된 구조 형태를 바탕으로 각 모듈의 상세 설계를 한다. 상세 설계는 주축계, 이송계, 지지계의 순서로 진행된다. ATC, APC, 공구 매거진, CNC 제어기 등 각 모듈의 상세 설계 과정에서, 중요한 부분의 설계는 다음 구성 요소에 대한 설계가 진행되기 전에 항상 평가되고 그 결과가 피드백된다. 지능형 공작기계 설계 시스템은 주



그림 2. A screen shot of an intelligent machine tool design system.

이전 프로세스에서의 해를 구함에 있어서 대개 지식 베이스를 참조하게 되는데, 각 구성 모듈별 상세 설계의 결과에 대하여 다시 머시닝 센터 전체 구조에 대한 적합성 평가를 수행한다. <그림 2>는 설계 프로세스가 함께 표현된 지능형 공작기계 설계 시스템의 작업 화면 예를 보여 준다.

#### 4. 공작기계 설계 지식 관리 사례

공작기계의 기본 설계가 완료되면 설계자는 개발된 설계 지식 관리 시스템을 이용하여 각 구성에 관련된 도면 정보와 문서 정보 및 설계 지식 등 기술 정보를 종합적으로 관리할 수 있다. 공작기계 기술 정보 관리(MTEDM: Machine Tool Engineering Data Management)시스템은

- 공작기계 전체 구조를 관리하는 구성 관리자(Product Configuration Manager),
- 공작기계 설계에 빈번하게 사용되는 표준 부품 관리를 위한 표준 부품 관리자(Standard Parts Manager),
- 공작기계 설계시 이용되는 전문가의 경험적 지식이나 공학적 지식을 관리하는 지식 관리자(Knowledge Manager)

등으로 이루어져 있다.

설계(CAD) 시스템에 의해 생성된 도면의 형상 정보는 구성 관리자(강선구, 강무진, 1997)에서 공유되며, BOM에 기초한 제품 구성 정보의 구조 위에서 특정 구성 요소를 선택하면 그 부품에 대한 여러 기술 정보를 제공한다. 이는 문자나 선 위주로 된 GUI(Graphical User Interface)를 바탕으로 하는 문서 관리 시스템에 비해 효과적이다. 또한, 원격지에서도 TCP/IP를 이용하여 데이터베이스에 접근하면 다른 사용자가 다른 곳에서 작성한 모델에 대한 정보도 쉽게 얻을 수 있다. 개발된 구성 관리자 모듈에는 형상 정보에 마킹(marking)할 수 있는 기능이 포함되어 있는데, 이 기능을 이용해 관심 대상인 모델의 특정 부위를 표시할 수 있다. 이렇게 표시된 도면은 VRML(Virtual Reality

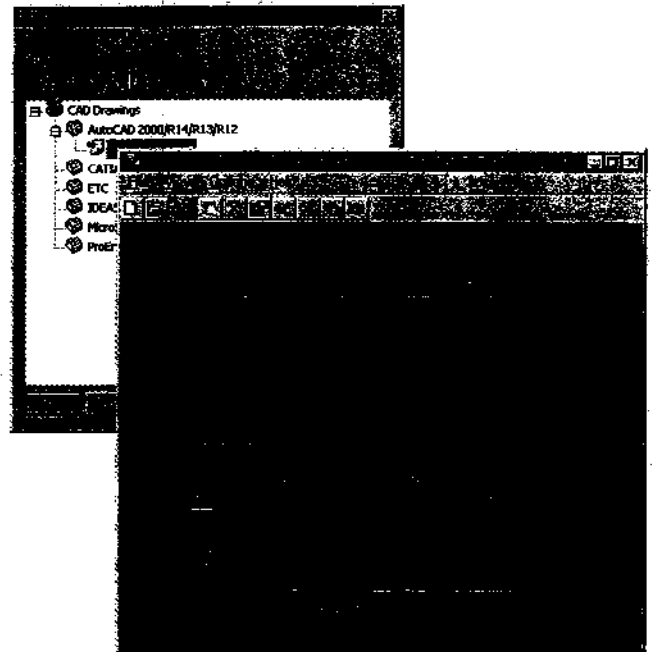


그림 3. DWG/DXF viewing in the configuration manager.

Markup Language) 포맷으로 출력되어 설계 보고서와 함께 전자 우편을 통하여 외부로 전송될 수 있다. 이는 산업 현장에서의 복잡한 설계 작업이 많은 설계자에 의한 협동 작업으로 이루어지는 것을 고려하면 설계 기간 단축에 크게 기여할 수 있는 것이다.

실제 산업 현장에서는 프로젝트나 설계 대상물의 특성에 따라 다른 종류의 CAD 시스템을 사용하는 예가 많으므로, 구현된 구성 관리자는 여러 종류의 CAD 혹은 도면 표시기들과의 연결을 설정할 수 있게 되어 있고, DWG/DXF 포맷에 대하여는 자체 뷰잉 기능을 가지고 있으며(그림 3), 또한 데이터베이스 내의 메타 데이터를 자체적으로 가시화하여 터치 앤드 텔(touch and tell) 방식으로 사용자에게 도면 및 문서 정보를 제시하고 연결해 주는 기능도 제공한다(그림 4). 이를 통하여 정보 이용자는 보다 직관적이고 자연스럽게 각 구성을 참조할 수

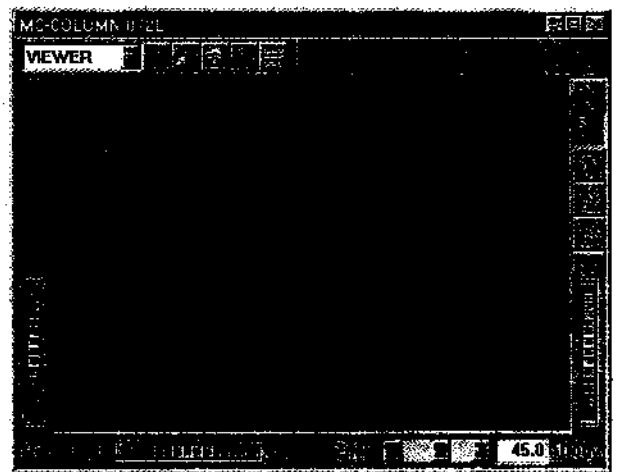


그림 4. Interactive three dimensional model viewer.

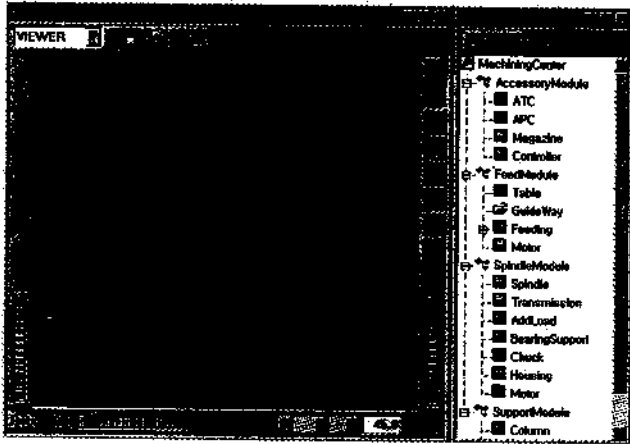


그림 5. Digital markup applied to a 3D model.

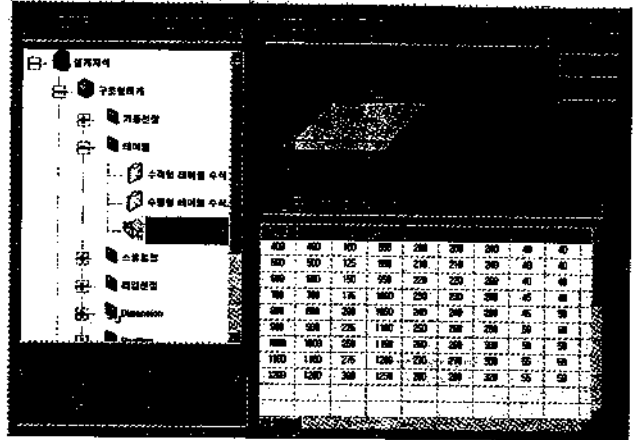


그림 7. Management of multi-variable type knowledge.

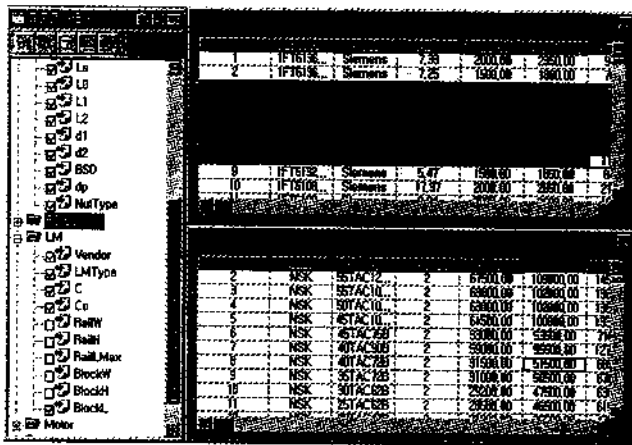


그림 6. Standard part manager.

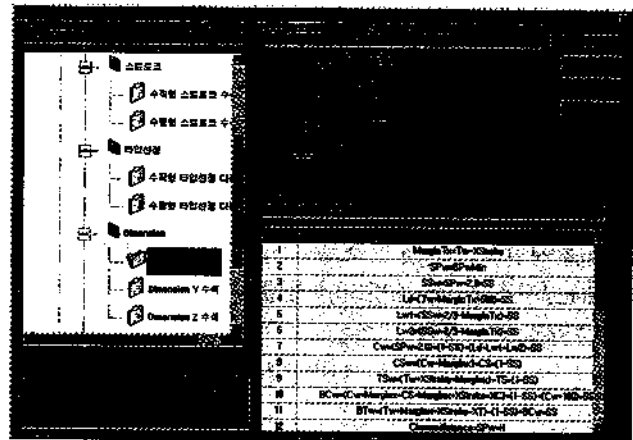


그림 8. Management of engineering equation type knowledge.

있고, 업무 수행의 편리성이 증대되어 정보 입력을 보다 적극적으로 행하게 하는 동기 부여 효과도 기대할 수 있다.

설계자는 또한 모델의 특정 부위에 관심이 있을 때 구성 관리자 도면 표시기를 이용하여 마킹 기능을 수행할 수 있다. 구현된 마킹 기능은 3차원 도면상에 설계자가 바로 마우스로 해당 부위에 표시할 수 있도록 구현되어 있다(그림 5). 마우스의 궤적은 2차원이므로 이를 3차원으로 변환하여 모델의 선택된 면의 노말 벡터 방향으로 해당면 보다 조금 높게 표시하는 방법을 쓰고 있다. 마킹된 부분은 데이터베이스에 보관되고 적절한 권한을 갖는 다른 설계자에 의해 참조될 수 있으며, 또한 데이터베이스에 접근할 수 없는 설계자에게도 같은 질의 형상 정보를 VRML 포맷으로 제공할 수 있다.

지능형 공작기계 설계 시스템 (Park, M., Park, J., Cha, J., Kang, M., 1999)은 사용자에게 과거에 설계된 내용을 기반으로 가장 적합한 표준 부품을 설계자에게 추천한다. 예를 들어 이송계 모듈을 설계하는 데 있어서 볼스크류를 선정해야 할 경우에, 설계 시스템은 사용자가 지정한 리드를 갖는 볼스크류를 표준품 데이터베이스에서 조회하고 설계 시스템이 제안한 허용 오차에 적합한 볼스크류 리드 정도를 갖는 목록을 추려낸다. 그 후 나사부 길이가 스트로크를 초과하지 않는 리스트를 가려내고 그 중에서 좌굴 하중이 기준치를 넘지 않고 기본 정격 하중

이 축 방향 부하보다 충분히 큰 리스트를 추천하게 된다. 표준품 관리자는 이러한 복잡하고 빈번한 질의를 지원하고, 또한 지속적인 갱신이 용이하도록 구현되었다. 설계자는 표준품 관리자를 통하여 새로운 부품과 그 사양을 입력할 수 있고 다양한 검색 조건을 주어 데이터베이스를 탐색할 수 있다(그림 6).

지식관리자는 공작기계 설계 과정에서 필요한 추론 및 의사결정의 기반이 되는 지식을 관리하며 공급한다. 구조 형태계의 설계 단계에서는 기종 선정에 관한 지식, 테이블 선정에 관한 지식, 스트로크 결정에 관한 지식, 머시닝 센터 타입 선정에 관한 지식, 각 구성의 치수와 위치에 관한 지식들이 요구되는데, 이러한 지식은 생성규칙(production rule), 다중 변수 의사결정표, 공학적 수식의 세 가지 유형으로 분류된다. 구현된 지식 관리자는 이러한 세 가지 타입의 지식의 형태를 지원하며 설계자는 자신의 경험식이나 핸드북의 정보를 지식 관리자를 통하여 입력, 수정 및 조회하면서 설계를 진행하게 된다. <그림 7>과 <그림 8>은 각각 다중 변수 의사결정표와 공학적 수식 지식을 관리하는 예를 보여 준다.

<그림 9>는 구현된 지능형 공작기계 설계 시스템과 공작기계 기술 정보 관리 시스템(MTEDM)으로 이루어진 통합 설계 시스템의 구조를 나타낸다. 이 구조도에서와 같이 공작기계 기술 정보 관리 시스템은 설계 시스템의 기술 정보 및 설계 지

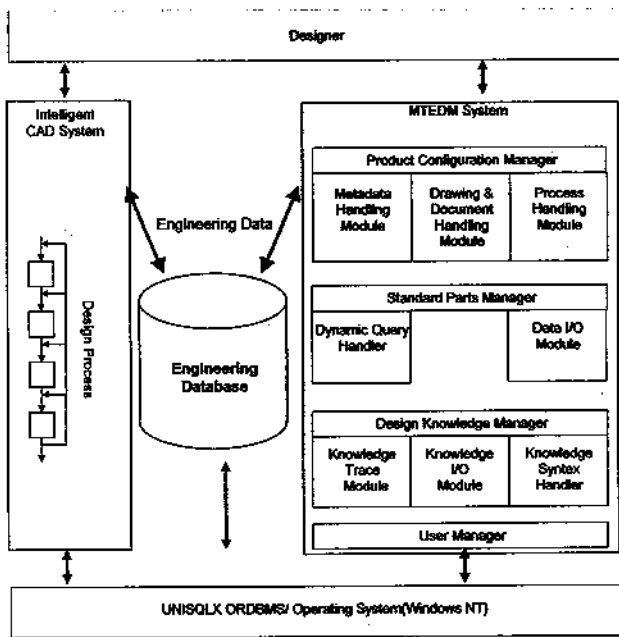


그림 9. MTEDM as an element of integrated design system.

식 관리를 지원하는 연계 요소로서 사용될 수도 있고, 독립된 (stand-alone) 시스템으로 개별적인 설계 지식 및 제품 구성 관리 시스템으로도 사용될 수 있다.

### 5. 결론

설계 단계에서 생성되고 사용되는 많은 기술 정보들을 통합적으로 관리할 수 있는 공작기계 기술 정보 관리 시스템의 한 모

듈로서 지식 관리 시스템을 기술하였다. 지식 관리의 기본 자료구조는 객체 지향 모델링 기법을 이용하여 정의하였고, 생성 규칙과 다중 변수 방식, 그리고 공학적 수식 형태의 새 가지 종류의 지식을 수용할 수 있는 프레임워크를 개발하였다. 공작기계 설계가 갖는 특성상 많은 횡수의 설계 변경 및 검증, 그리고 재설계가 반복되기 때문에 설계의 결과물을 프로젝트 (project)와 버전(version) 두개의 클래스로 분류하여 관리하였고, 재설계시 이전의 버전들을 참조하여 기존 설계 결과를 효과적으로 분석할 수 있었다. 설계자의 경험적 지식을 전산화하여 데이터베이스에 보관하고 이를 설계에 반영하여 기업의 무형적 자산을 보존할 수 있음을 검증하였다. 개발된 시스템은 정보의 이용자와 제공자 모두가 편리하게 시스템을 이용할 수 있도록 향상된 GUI로 구현되었고, 공작기계 제품 정보 및 구성 관리를 위해 독립적으로 사용될 수 있다.

### 참고문헌

강선구, 강무진(1997), 객체 지향 데이터베이스를 이용한 공작기계 설계 기술 정보 관리에 관한 연구, 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, 342-346.  
 강선구, 강무진(1997), 공작기계 설계 지원 기술정보 시스템의 구성 관리자 개발, 한국정밀공학회 추계학술대회논문집, 716-719.  
 Ha, S., Pahng, G., Chang, M., Park, S., Rho, H. M. (1999), Managing design knowledge, *CIRP Annals*, 48(1), 89-92.  
 McIntosh, K. M. (1995), *Engineering Data Management*, McGraw-Hill Book Co.  
 Park, M., Park, J., Cha, J., Kang, M. (1999), Development of an intelligent design system for embodiment design of machine tools, *CIRP Annals*, 48(1), 329-332.



**정승환**  
 성균관대학교 기계공학과 공학사  
 현재: 성균관대학교 기계공학부 석사과정  
 관심분야: CIM, PDM, 지식공학



**강무진**  
 서울대학교 기계공학과 공학사  
 KAIST 기계공학과 공학석사  
 독일 BERLIN공대 생산공학 공학박사  
 현재: 성균관대학교 기계공학부 부교수  
 관심분야: 생산시스템, CIM, 가상생산, PDM, 동시공학, 지식공학