

## UG/KF를 이용한 지능형 CAD 시스템의 지식 확장 및 지식 관리에 관한 연구

배일주\*, 이수홍\*\*, 전흥재\*\*\*

### A Study on an Extended Knowledge Model and a Management System of an Intelligent CAD System using UG/KF

Bae, I.-J.\*, Lee, S.-H.\*\* and Chun, H.-J.\*\*\*

#### ABSTRACT

Existing CAD systems have configured geometry data and it is necessary to extend the configured geometry into a knowledge-based system. An intelligent CAD system emerged to provide such a knowledge-based system. However the intelligent CAD system has a limited product model to represent various knowledge models. This paper presents a model, called extended intelligent CAD model, which can extend the product model of the intelligent CAD system into further detailed knowledge model. The extended intelligent CAD model includes a whole design process knowledge and an efficiency of the model has been verified via a knowledge based wiper design system. The model can improve the functionality and efficiency of the existing CAD systems.

**Key words** : Intelligent CAD, Knowledge based System, Wiper System

#### 1. 서 론

1960년대 이후로 컴퓨터를 응용한 설계(CAD, Computer Aided Design) 기술은 그래픽 하드웨어와 시간 분배 및 메모리 관리, 기하학적 모델링, 수치 해석, 데이터베이스의 발전과 더불어 급속도의 성장을 이루었다<sup>[1]</sup>. CAD 기술의 발전은 정확한 3차원 모델링을 가능하게 하였고, 해석 모듈과의 유연한 연동을 통하여 CAE(Computer Aided Engineering)까지의 작업을 빠르고, 정확하게 진행할 수 있게 하였다. 또한 특징형상 기반 설계, 변수 설계 기술은 객체 지향적인 설계, 자동화 설계를 가능하게 하였다.

그러나 이러한 설계 기술은 전 제품 개발 과정을 지원하지 않는다. 한 제품은 기획 단계에서부터 시작하여, 개념 설계, 구체 설계, 시제품 제작, 생산, 출하 및 관리에 이르기까지 다양한 작업 속에서 발생하는 지식이 축적된 결과물이라고 할 수 있다. 현재의 설계

시스템은 도면화 및 해석에 국한된 지원을 하고 있고, 여기서 생성된 제품 모델은 전 제품 개발 과정의 일부만에 해당하는 정보만을 포함하고 있다.

이러한 문제점을 개선하기 위하여 1990년대 초반, “도면이나 기하 정보를 생성하는 작업”이 아닌 “설계 작업”이라는 CAD 본래의 의미를 충분히 발휘할 수 있는 시스템 개발을 위하여 Fumihiko Kimura 등을 비롯한 많은 연구자들이 지능형 CAD에 대한 연구를 활발히 진행하기 시작하였다<sup>[2-4]</sup>.

지식을 기반으로 한 설계를 지원하는 지능형 CAD 시스템으로는 초기에는 ICAD<sup>[5]</sup>와 AutoCAD 내의 모듈로 들어간 Intent<sup>[6]</sup> 시스템만이 있었으나 현재 주요 기계관련 CAD 시스템(CATIA, UG, Pro Engineer)에서 지식 기반 설계를 가능하게 하는 설계 모듈을 포함하고 있다. 지능형 CAD 시스템은 기존의 CAD 모델 보다 지능적인 처리가 가능하고, 설계 과정에서 발생하는 지식을 축적할 수 있는 형태의 모델 언어를 지원한다.

그러나 현재 지능형 CAD 시스템들은 제품 개발 과정에서 발생하는 다양한 종류의 지식을 축적하고 재 활용 할 수 있도록 하는 역할을 충실히 수행하지 못하고 있다. 현재 지능형 CAD 시스템은 다음과 같은 문

\*연세대학교 기계공학과

\*\*중신회원, 연세대학교 기계공학부

\*\*\*연세대학교 기계공학부

- 논문투고일: 2003. 09. 01

- 심사완료일: 2004. 08. 27

제점을 가지고 있다.

첫째, 객체지향적인 프로그램 언어를 사용하는 지능형 CAD 시스템은 전 제품 개발 과정의 지식을 축적하는 것이 어렵다. 제품 개발 과정에서 발생하는 지식은 대부분 서술적인 일반 언어를 사용하여 기술된다고 볼 수 있다. 이러한 서술적인 표현이 지능형 CAD 시스템에서 사용되는 언어의 형식과 부합하지 않기 때문에 주석과 같은 어색한 형태로 존재하거나, 모델 외부의 문서 형태로 존재하게 된다. 혹은 저장, 관리되지 못하고 소멸되는 문제가 발생한다.

둘째, 지식 관리가 어렵다. 지식은 모델을 제작할 때만 필요한 것이 아니라 생성, 유지, 소멸하는 라이프사이클을 가지고 관리될 때 그 가치가 보다 증가하게 된다. 그러나 현재 지능형 CAD 시스템은 한 번 모델을 만든 후에는 지식을 관리하거나 추가, 삭제하는 것이 매우 어렵다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법론을 제시하고, 방법론에 기초하여 와이퍼를 설계하는 지식 기반 설계 환경을 구축하였다. 지능형 CAD 시스템 모델의 한계점을 보완하기 위하여 서술적인 형태의 지식을 포함할 수 있는 확장된 모델을 설계하고, 이 모델을 웹 기반의 환경에서 체계적으로 관리하는 방법을 제안하였다. 또한 웹 기반 지식관리시스템에서는 협업 설계 과정에서 발생하는 지식의 체계적인 관리도 지원하였다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 지능형 CAD 시스템

지능형 CAD 시스템은 다음과 같은 4가지의 기능 요소에 의해 구성된다<sup>2,3,7)</sup>.

목표 대상의 인공적 표현과 제품 정보 그리고 목표 대상 설계에 관련된 다양한 정보를 하나의 제품 모델로 패키징한 설계대상(Design Object) 요소와, 일반

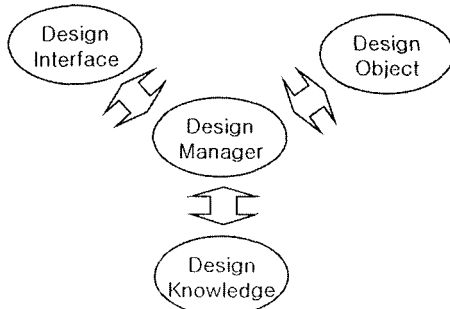


Fig. 1. 지능형 CAD 시스템의 구성요소도.

지식, 특정 분야 지식, 특정 제품/프로세스 지식 등을 포함하는 설계지식(Design Knowledge) 요소, 설계자와의 상호응답적인 대화를 그래픽적으로 제공하는 사용자 인터페이스(Design Interface) 요소, 그리고 제품 정보를 관리하고 설계과정을 제어하며 설계이력 등을 관리하는 설계관리(Design Management) 요소로 구성된다<sup>2,3,7)</sup>.

지능형 CAD의 제품 모델이 갖추어야 할 요건에 대해서 Pan Yunhe 등은 다음과 같이 정리하였다<sup>8)</sup>.

- 모델은 다양한 단계-추상적인 개념설계에서 상세 설계에 이르기까지의 정보를 표현할 수 있도록 지원해야 한다.
- 모델은 다양한 개체들이 존재하게 된 이유를 보관함으로 설계 의도를 표현할 수 있어야 한다.
- 모델은 완료되지 않은 부분적인 설계의 추상적 형상을 지원해야 한다.

지능형 CAD는 이전의 CAD와 달리 제품 개발의 전 프로세스의 정보를 축적하는 것을 목표로 한다. 따라서 제품 모델은 다양한 설계 단계, 초기의 기획에서부터 재설계에 이르기까지의 모든 단계의 정보를 표현할 수 있어야 한다. 초기 설계 단계에 있어서 정보는 매우 추상적인 형태이다. 시스템에서 이러한 초기 설계를 지원하기 위해서는 시스템에서 다루는 제품 모델이 추상적인 정보를 다룰 수 있는 형태가 되어야 한다.

또한 지능형 CAD는 설계 형상 정보 이상의 정보를 다루는 것을 목표로 한다. 설계 모델 속의 각 개체가 어떤 의도를 가지고 만들어지게 되었는지에 대한 정보를 보관하는 것이 필요하다. 또한, 완전히 종료되지 않은 불완전한 정보를 표현할 수 있는 모델이어야지만 다양한 설계 과정에서 활용될 수 있다.

지능형 CAD 시스템에서의 설계 대상과 지식 베이스에 보관되는 설계 지식 간의 긴밀한 연관성을 가지게 하는 방법 역시 중요한 과제이다. Zuo Bing Chen 등은 세라믹 가마를 위한 객체지향 DB를 중심으로 하는 통합적인 지능형 CAD 시스템에 대해 기술하였다<sup>9)</sup>. 이 논문에서는 객체지향 DB와 지식기반 시스템의 시로 다른 모델 구조를 어떻게 통합할 것인가에 대한 방안에 대하여 논의하였다.

설계 지식이 지식 베이스에 축적 되는 경우 다양한 지식 간의 상충 문제가 발생하게 된다. 강제중은 지식을 기반으로 한 시스템에서 여러가지 지식이 추가되는 경우, 지식 간의 충돌이 일어나는 문제를 퍼지 알고리즘을 이용하여 해결하는 방법에 대해 제안하였다<sup>13)</sup>. 또한 그의 연구에서 “기존의 전문가 시스템에서

의 규칙으로 표현되는 지식들은 정적이기 때문에 지식을 추가하는데 상당한 어려움이 있고, 이를 해결하기 위하여 규칙 자체에 나름대로의 우선 순위를 두는 방법이 제안되기도 하였지만, 지식의 양적 팽창 및 기존 지식의 재사용을 고려할 때 적절한 방법이라고 볼 수 없다.”라고 주장하며 우선 순위가 아닌 퍼지 알고리즘을 이용한 지식 상층 해결방법을 제안하였다.

**2.2 와이퍼 시스템 설계**

와이퍼 기구는 두 개의 RSSR(Revolute, Spherical, Spherical, Revolute) 공간기구로 이루어져 그 해석 및 설계가 용이하지 않을 뿐 아니라 상당히 제한된 공간 내에서 운동을 하기 때문에 와이퍼에 요구되는 성능을 만족시키기 위한 기구를 결정하는 문제는 어려운 문제이다. 실제로 와이퍼기구 설계는 작도에 의존한 초보적인 단계에 머물고 있어 경험을 바탕으로 한 시행착오적인 비효율적 설계방식에 의해 이루어지고 있는 실정이다. 이와 같은 방식에 의한 와이퍼기구 설계 과정은 많은 시행오차를 거쳐야 하므로 새로운 차종의 와이퍼를 설계하는데 많은 시간이 걸릴 뿐 아니라 최적의 성능을 낼 수 있는 와이퍼 기구를 설계할 수 없는 단점을 가지고 있다<sup>10)</sup>.

최진호 등은 와이퍼 시스템 설계에서 어려운 문제

인 와이퍼기구 결정단계를 체계적이고 효율적으로 수행하기 위하여 와이퍼 기구를 위한 운동학적 해석 및 힘/토크 해석을 자동적으로 수행하기 위한 해석프로그램을 개발하고, 개발된 해석 프로그램을 바탕으로, 제한된 공간 내에서 요구 되는 성능을 모두 만족시키며 가장 원활한 운동을 하는 최적의 기구를 결정할 수 있는 시스템을 개발하였다<sup>11)</sup>.

이경원은 RSSR 공간 사절 기구 해석을 위한 수학적 기반을 마련하였다<sup>12)</sup>. 이 수학적 기반은 4절 기구로 구성된 와이퍼 기구의 관계를 수학적 형태로 표현하는데 참고하게 된다.

최진호 등은 초보적인 단계에 머무르고 있는 와이퍼 시스템 설계를 효율적으로 수행하기 위한 시스템을 개발하였으나, 이는 최적설계에 기반을 둔 자동화 설계 프로그램이다. 정해진 변수들의 값을 적절한 범위로 제한시키고, 최적의 값을 제안할 수 있으나 그 설계 의도 및 관련 지식에 대한 관리가 부족하다. 따라서 와이퍼 설계에 있어서 지식을 기반으로 하는 지능형 CAD 시스템의 구현이 필요하다.

**3. 방법론 및 시스템 아키텍처**

**3.1 확장된 지식기반 모델의 제작**

**3.1.1 현 지능형 CAD 시스템 언어**

본 논문에서는 Unigraphics NX에 포함된 모듈인 Knowledge Fusion(이후 UG/KF)을 지능형 CAD 시스템으로 사용한다. UG/KF은 Intent, ICAD 시스템에서 사용되는 지능형 CAD를 위한 언어와 유사한 언어를 사용하고 있다. Intent, ICAD 시스템은 지능형 CAD 분야에 있어 중요한 축을 이루어 왔으므로 이 계통의 언어를 사용하는 UG/KF를 대표적인 지능형 CAD 시스템 언어로 다루고자 한다.

지능형 CAD 시스템의 모델은 변수와 수식으로 표현되는 규칙, 특정형상을 나타내는 하위 객체, 그리고 특정 기능을 반복적으로 수행하는 함수 부분으로 이루어져 있다. 이러한 모델링 언어는 정해진 조건에 의해 지능적으로 형상이 변화하는 지능형 CAD 모델을 구현할 수 있게 한다. 입력 사항에 따라 제품 모델 내의 각 변수와 객체는 긴밀한 연관관계를 가지고 변화한다.

그러나 이와 같은 언어로 표현되는 지능형 CAD 모델에서는 풍부한 지식의 표현과 지식 관리가 어렵다. CAD 모델을 기반으로 하고 있고, 변수 설계에서 발전된 형태의 모델을 가지고 있기 때문에 문법적인 제약이 많다. 그렇기 때문에 다양한 지식을 포함하는 보

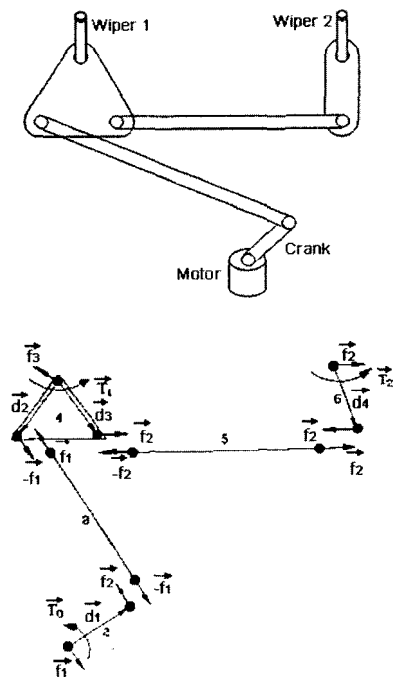


Fig. 2. 와이퍼 시스템의 기구학적 해석<sup>10)</sup>.

델을 표현할 수 없다. 또한 이 모델 안에 있는 지식은 설계자에게 쉽게 전달될 수 없고, 지식의 배경, 의도까지 체계적으로 관리할 수 없다.

실제 지식은 지능형 CAD 시스템에서 다루어질 수 있는 정형적인 지식과 그렇지 않은 비정형적인 지식으로 구분되어 다루어질 필요가 있다. 이 두 지식은 각기 다른 특성을 가지고 있고, 다른 형태의 관리를 필요로 한다. 하나의 시스템에서 두 가지 지식이 모두 다루어질 수 있겠지만, 각각에 대해 최적의 서비스를 제공하기 위해서는 관리 시스템 역시 양분화 되어 있는 것이 적합하다고 볼 수 있다. 정형적인 지식은 CAD 모델과 연관되어 CAD 모델을 지능적으로 변화시키게 된다. 비정형적인 형태의 지식은 지식관리시스템에서 다루어지며 보다 광범위한 설계 과정의 지식을 축적하게 된다.

지식의 관리를 위해서는 데이터의 형태가 다루기 쉬운 형태이어야 한다. 근래의 설계 환경에서도 시간적, 공간적 제약을 넘어서게 하는 인터넷이 중요한 역할을 차지하고 있다. 이러한 인터넷 환경에서 적합한 형태의 데이터 모델을 제작하기 위해서 데이터를 XML(Extensible Markup Language) 언어를 이용하여 정의한다. XML 형태의 데이터는 시스템에 독립적이고 데이터와 데이터의 의미를 포함하고 있다는 장점을 가지고 있다. 그러므로 기존의 언어를 XML 기반의 언어로 번역하는 작업이 필요하고, 관리 시스템은 번역 작업을 지원하는 기능을 갖추어야 한다.

### 3.1.2 PPO 모델에 기반한 지식확장 모델

전통적으로 제품 개발과 관련된 정보는 제품, 프로세스, 조직을 요소로 하는 PPO 모델(Product, Process, Organization)의 관점으로 다루어졌다<sup>[12,13]</sup>.

#### • 제품(Product)

제품은 프로세스와 조직의 산출물이다. 제품에 대한 정보는 도면이나 분서의 형태로 표현된다. 이러한 제품 정보의 일관성을 유지하고 모듈화하여 제품 정보의 의존도를 정의하여 의사 결정의 의도를 확립한다.

#### • 프로세스(Process)

전체 프로세스는 제품의 기획에서부터 폐기시킬 때까지의 과정으로 생산될 제품에 대한 예측과 생산된 제품에 대한 역추적도 가능하게 해준다. 프로세스는 제품 정보를 생산하는 프로세스와 관리 측면의 프로세스로 나눌 수 있다.

#### • 조직(Organization)

조직 구조는 기업의 내부 구조를 의미한다. 조직의

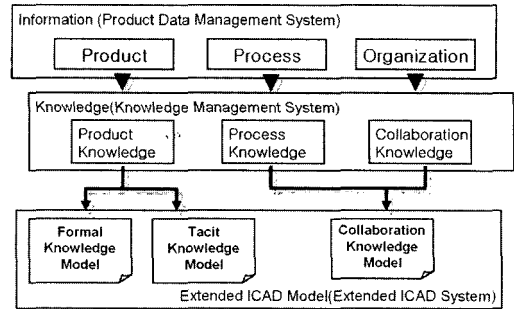


Fig. 3. 지식 분류 및 지식 모델.

범위에서 동시공학의 대상이 되는 분야는 프로젝트 관리와 팀워크이다. 프로젝트 관리는 프로젝트 팀 구성원에게 일을 할당하고 관리하는 것을 말한다.

제품 설계에서의 지식은 PPO 관점에서 제품지식, 공정지식, 협업지식으로 세분화할 수 있다. 조직에 대한 지식을 협업으로 정의하는 이유는 조직의 목적이 궁극적으로 한 사람의 엔지니어가 할 수 없는 광범위한 업무를 협업적인 환경에서 분업화된 형태로 진행하기 위한 것이기 때문이다<sup>[14,15]</sup>.

#### • 제품 지식(Product Knowledge)

제품지식은 특정제품 또는 특정 전문분야와 관련된 지식을 의미한다. 예를 들어, 에어컨 개발에 있어서는 운전조건에 따른 냉방성능의 변화, 배스설계의 변경에 따른 열교환기의 성능변화 등 사이클성능에 대한 다양한 지식이 있겠고, PDP(Plasma Display Panel) 설계에 있어서는 가스의 조성에 따른 휘도의 영향이나 격벽의 높이에 의한 효율의 변화등을 생각해 볼 수 있다.

#### • 공정 지식(Process Knowledge)

공정지식을 단순하게 표현하자면 업무요령이라 할 수 있다. 업무를 효과적으로 수행하기 위해서는 업무 프로세스가 정의가 되어 유사한 업무에는 재활용될 수 있는 형태의 지식을 체계화하고 시스템화하는 것이 중요하다. 예를 들면, CAD 소프트웨어를 통하여 도면이나 3D 모델을 작성하는 노하우나 CAE 소프트웨어를 통하여 설계된 제품을 분석하는 기술 등이 있을 수 있다. 또한 특정한 데이터베이스 또는 시스템에 있는 정보를 접근하여 사용을 하는 업무에도 공정지식이 필요하다. 중요한 것은 이러한 개별적인 공정지식을 연계하고 통합함으로써 좀더 효율적인 업무 수행이 가능해 질 수 있다는 사실이다.

#### • 협업 지식(Collaboration Knowledge)

협업지식은 설계업무에 참여하는 다양한 조직원, 팀, 부서의 역할과 서로 주고받는 데이터와 정보를 체

계화함으로써 효율적인 커뮤니케이션과 협업을 가능하게 한다. 이를 위해서는 설계한 제품을 다양한 관점에서 평가하는 것도 매우 중요하다. 왜냐하면, 특정개발자의 제품지식과 공정지식으로는 부분적인 설계품질만을 만족하는 설계가 되기 때문이다. 이러한 관점에서 동시공학에서 의미하는 병렬적인 설계는 협업지식을 바탕으로 한다고 할 수 있다.

제품 지식은 입력 방식에 따라 형식지식(Formal Knowledge)와 암묵지식(Tacit Knowledge)로 구분된다. 형식지식은 지능형 CAD 시스템에서 사용되는 문법으로 표현되는 규칙, 제약 조건, 수식적인 형태의 지식을 의미한다. 암묵지식은 그렇지 않은 자유로운 서술형의 지식을 의미한다. 형식지식은 지능형 CAD 시스템 모델에 포함되게 되고, 암묵지식은 지식관리시스템에서 다루어지게 된다.

지식의 명확한 표현은 아직 많은 연구가 필요한 상태이다. 또한 암묵적인 형태로 존재하는 대부분의 지식은 명확한 표현을 가지고 있지 않고, 지식을 소유한 주제, 개인에 따라 다양하게 기술된다. 형식지식의 경우는 지능형 CAD 시스템의 문법을 따라 표현하면 되지만, 암묵지식의 경우는 표현에 대한 명확한 정의가 어렵다. 본 논문에서는 암묵지식을 육하원칙에 따라 표현하는 방법을 제안한다.

Fig. 4에서와 같이 암묵지식은 지식의 고유 ID와 다른 지식과의 관계를 표현하는 Relation 객체 부분과 내용에 해당하는 육하원칙으로 이루어진다. 지식의 내용은 '누가, 언제, 어디서, 무엇을, 왜, 어떻게'란 항목으로 표현된다. 이는 '설계자, 시간, 장소, 대상, 의도, 방법'을 의미한다.

협업지식(Collaboration Knowledge) 모델은 협업과정에서 발생하는 지식을 나타낸다. 이 지식은 작성자와 시간, 내용으로 구성되어 있다.

3.1.3 지식 간의 연관성 표현

앞서 기술한 형식지식 모델과 암묵지식 모델, 협업지식 모델 간의 지식 연관성을 나타내면 Fig. 5와 같다.

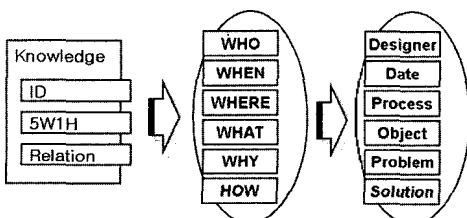


Fig. 4. 육하원칙 전술 방법에 의한 암묵지식 모델.

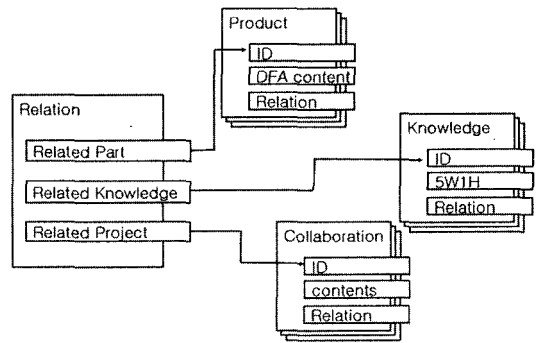


Fig. 5. 연관성을 표현한 세가지 모델.

여기서 각각의 모델은 다룰 수 있는 지식을 표현하고, 이들 지식간의 관계는 각 모델에 포함되어 있는 Relation 객체를 이용하여 표현된다. Relation 객체를 독립적으로 두지 않고 각 모델 속에 포함시킨 것은 각 모델의 효율적인 활용을 위하여 독립성이 유지되게 하기 위하여 각각 독립적으로 Relation 정보를 유지관리하도록 하기 위함이다. 즉, 형식지식 모델을 이용한 설계에 있어 다른 모델에 의존적이지 않게 수정, 보완을 할 수 있게 하기 위해서는 정보가 분리될 수 있도록 하여야 한다. 그러나 분리되면서도 각자 정보의 연관성을 표현하여야 한다. 그러므로 Relation 객체는 각각의 모델 속에 포함되는 방식을 선택한다.

3.2 확장된 지식기반 모델 관리를 위한 시스템 설계

앞에서 기술한 확장된 지능형 CAD 모델을 관리하기 위한 시스템 아키텍처는 Fig. 6과 같다.

전체 시스템은 지능형 CAD 시스템과 지식관리시스템(KMS)을 두 축으로 지식을 처리하고, 설계자와 상호작용을 하는 중요한 역할을 수행한다. 지식관리시스템에서는 이전 설계 지식을 Knowledge Base에 보관하고, 이를 관리한다. 이 지식은 XML 형태로 보

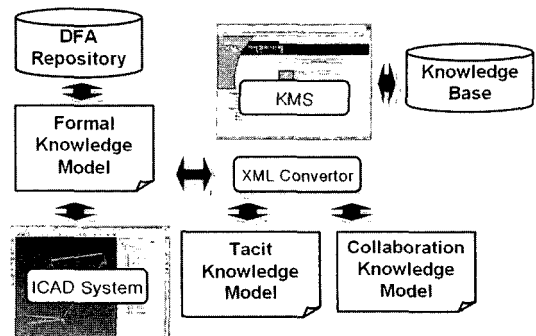


Fig. 6. 시스템 아키텍처.

관되어 있는데 XML Converter를 통해 형식지식으로 변환된다. 형식지식은 지능형 CAD 시스템에서 설계 작업에 이용된다. 또한 설계자는 지식관리시스템을 통해 설계 지식을 참조하여 설계 작업을 수행하게 된다. 그 과정에서 협업지식이 발생하게 되고 이 지식은 지식관리시스템에 축적된다. 새가지 지식은 각각 독립적으로 존재하다가 각각 XML 기반의 모델로 표현되고, 확장된 지식기반 모델 생성 기능을 통해 하나의 제품 모델로 생성되게 된다. 여기서 DFA Repository 는 UG/KF의 파일 보관소를 의미한다.

### 4. 와이퍼 설계 시스템 구현

4상에서는 3장에서 정의한 방법론과 시스템 구조를 이용하여 지식을 기반으로 한 와이퍼 설계 환경을 구축함으로 와이퍼 설계에 있어 효율적인 방법을 제시한다. 여기서 구축되는 시스템은 와이퍼 설계 지식을 지능형 CAD 시스템과 지식관리시스템을 통하여 수집하고 재활용할 수 있는 틀을 제공함으로, 설계자에게 와이퍼 설계에서 발생하는 복잡한 문제를 효율적으로 처리하고, 최적의 와이퍼를 설계할 수 있도록 지원하게 된다.

#### 4.1 와이퍼 설계 시스템의 개발 과정

Fig. 7은 와이퍼 설계 시스템의 개발 과정을 나타낸다. 와이퍼는 장착되는 차량의 특징에 따라 몇 가지 다른 요구사항을 가지게 된다. 차량의 폭의 변화와 전면 윈도우의 크기 변화는 와이핑 면적의 변화의 원인이 되고, 결과적으로 와이퍼의 형상에 영향을 미치게 된다. 또한 와이퍼가 장착되는 전면 내부의 부품 구성

은 와이퍼의 위치와 움직임에 영향을 미치게 되고 설계 제약 조건으로 작용하게 된다.

다음 단계로 요구조건을 만족시키는 와이퍼 시스템을 제작하기 위한 중요한 설계 변수를 선택하고, 설계와 관련된 지식을 수집한다. 와이퍼의 특징을 결정 짓는 주요 설계 변수는 다음과 같다(Fig. 2).

- 7개 링크의 길이
- 고정점의 좌표(양쪽 블레이드 끝점 2개)
- 크랭크 링크의 입력각
- 두 블레이드 암의 각도

지식은 3장에서 본 바와 같이 형식지식과 암묵지식으로 구분된다. 형식지식은 와이퍼 시스템의 설계 변수, 형상 정보와 함께 지능형 CAD 모델을 제작하는데 사용 된다. 암묵지식은 지식관리시스템에 입력된다.

와이퍼 시스템의 설계 지식은 네 가지 - 운동학적 조건, 토크 조건, 가동성 조건, 폐키징 조건으로 구분된다<sup>10)</sup>. 이것은 단지 조건 식이 아니라 그 조건의 의도, 배경까지 포함하는 포괄적인 지식이다.

#### • 운동학적 조건

1. 각 와이퍼가 운동을 하는 동안 원하는 면적을 충분히 닦지 못하거나 두 와이퍼 사이의 위상차가 심하게 되면 운전자의 시야를 방해하게 된다.

2. 승객 쪽과 운전자 쪽에서의 와이핑 면적을 결정하는 요소는 각각의 와이퍼에서 발생하는 최대 와이핑 각이다.

3. 설계자는 각 와이퍼에서 발생하는 최대 와이핑 각이 원하는 값들로부터 적절한 오차 범위 내에서 결정되도록 기구를 구성하여야 한다.

$$4. B_{11} \leq \max B_1 \leq B_{11}$$

$$B_{12} \leq \max B_2 \leq B_{12}$$

$B_1, B_2$ : 블레이드 암 1,2의 각도.

$B_{11}, B_{12}, B_{U1}, B_{U2}$ : 블레이드 암의 최소 허용각, 최대 허용각.

5. 두 와이퍼 사이의 큰 위상차를 막고 원활한 운동을 위하여 크랭크 각 180도 근처에서 각 와이퍼의 운동방향이 전환될 수 있도록 하는 구속하여야 한다.

$$6. a_{11} \leq a_1 \leq a_{U1}$$

$$a_{12} \leq a_2 \leq a_{U2}$$

$a_1, a_2$ : 블레이드 암 1,2의 각 운동 전환각.

$a_{U1}, a_{U2}, a_{U1}, a_{U2}$ : 블레이드 암 운동 전환각의 최소, 최대 허용각.

7. 각 와이퍼에서 발생하는 각속도의 크기가 어느 한계치 이상이 되면 모터에 높은 부하가 걸릴 수 있

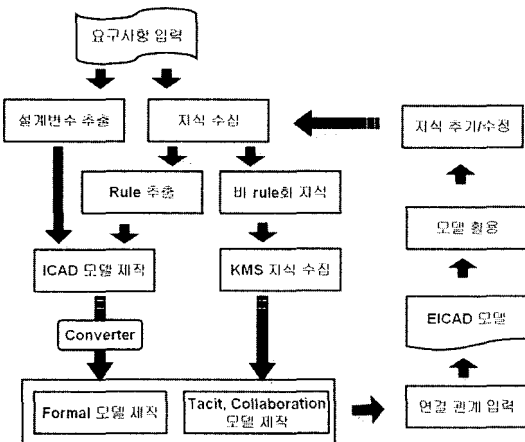


Fig. 7. 와이퍼 설계 시스템 개발 과정.

으며, 각 와이퍼에서 발생하는 각속도의 크기가 어느 한계치 이상이 되면 모터에 높은 동적 부하가 걸리게 된다.

8. 각 와이퍼에서 발생하는 각저크의 크기가 어느 한계치 이상이 되면 각 와이퍼가 저키 운동을 하게 되어 와이퍼의 진동이나 소음 등의 원인으로 작용한다.

9. 각 와이퍼에서 발생하는 각속도, 각가속도, 그리고 각저크의 크기가 적절한 한계치 이하에서 발생할 수 있도록 기구를 구성하여야 한다.

$$10. \max|V_i| \leq V_{0i}$$

$$\max|A_i| \leq A_{0i}$$

$V_i$  : 와이퍼의 각속도

$V_{0i}$  : 와이퍼 각속도의 한계치

$A_i$  : 와이퍼의 각가속도

$V_{0i}$  : 와이퍼 각가속도의 한계치.

• 토크 조건

1. 모터에 걸리는 부하가 모터용량을 초과하게 되면 기구가 운동을 하지 못하고 정지할 수 있으며, 또한 모터 부하 변동이 심하면 진동 및 소음을 일으켜 기구가 불안정하게 된다.

2. 설계자는 모터에 걸리는 최대 부하가 어느 한계치를 초과하지 않도록 하며, 각 스트로크에서 모터에 발생하는 최대 부하의 차이가 어느 한계치 내에 있도록 기구를 구성하여야 한다.

$$3. \max|\Gamma_i| \leq \Gamma_m$$

$$|\max|\Gamma_{of}| - \max|\Gamma_{or}|| \leq \Gamma_{m1}$$

$\Gamma_m$  : 모터 부하의 한계치.

$\Gamma_{of}$  : 전진 스트로크에서의 모터 부하.

$\Gamma_{or}$  : 후진 스트로크에서의 모터 부하.

$\Gamma_{m1}$  : 각 스트로크에서 모터에 발생하는 최대부하 사이의 한계치.

4. 두 개의 와이퍼 기구에서 발생하는 토크가 너무 작거나, 두 와이퍼 기구 사이나 두 스트로크 사이에서 발생된 최대토크의 차이가 어느 한계치를 넘어서면 기구가 원활한 운동을 하지 못하고 정지하는 경우가 발생하게 된다.

5. 설계자는 이와 같은 경우를 방지하기 위하여, 각 와이퍼에서 적절한 토크를 발생시킬 수 있도록 기구를 구성하여야 한다.

$$6. \min|\Gamma_i| \geq \Gamma_{s1}$$

$$\min|\Gamma_j| \geq \Gamma_{s2}$$

$$|\min|\Gamma_i| - \min|\Gamma_j|| \leq \Gamma_{d2}$$

$$|\min|\Gamma_{if}| - \min|\Gamma_{if}|| \leq \Gamma_{d3}$$

$$|\min|\Gamma_{jr}| - \min|\Gamma_{jr}|| \leq \Gamma_{d4}$$

$T_1, T_2$  : 와이퍼 1,2에서 발생하는 토크.

$T_{s1}, T_{s2}, T_{d2}, T_{d3}, T_{d4}$  : 각각의 한계치. (참자  $r$ 는 전진,  $r$ 은 후진)

• 가동성 조건

1. 와이퍼 기구에서 크랭크는 반드시 360도 회전하도록 설계되어야 하며 구성된 기구는 실제 조립 가능한 기구가 되어야 한다.

2. 4절 링크가 실제 조립이 가능한 기구가 되기 위해서는 Grashof 조건을 만족시켜야 한다. 즉, 최소 링크와 최대 링크의 길이의 합은 나머지 두 링크 길이의 합보다 작아야 한다.

$$3. \max[L_{\min}(a)] \leq l_c \leq \min[L_{\max}(a)]$$

$$0 \leq a \leq 360$$

$$\max[L_{\min}(b)] \leq l_c \leq \min[L_{\max}(b)]$$

$$0 \leq b \leq 360$$

$l_c$  : 모터와 연결된 4절링크의 커플러 링크의 길이.  
 $L_{\min}(a), L_{\max}(a)$  : 크랭크가 a만큼 회전하였을 때의 상태에서 기구의 구성을 가능하게 하는 커플러 링크의 최소길이 및 최대 길이.

$l_c$  : 두 와이퍼와 연결된 4절 링크의 커플러 링크의 길이.

$L_{\min}(a), L_{\max}(b)$  : b만큼 회전하였을 때 기구의 구성을 가능하게 하는 커플러 링크의 최소길이 및 최대 길이.

4. 크랭크의 360도 회전이 보장되기 위해서 크랭크의 길이는 다른 링크보다 짧아야 한다.

• 패키징 조건

1. 와이퍼는 자동차의 한정된 공간에 조립되어 저야 하는 자동차 부품으로서 상당한 공간적 제약을 받고 있다.

2. 따라서 설계자는 설계 변수로 선택된 모터의 위치나 링크의 길이 및 방향을 임의로 선택할 수 없다.

$$3. x_{iL} \leq x_i \leq x_{iU}, i = 1, \dots, n$$

$x_i$  : 설계변수

$x_{iL}, x_{iU}$  : 설계변수의 상한과 하한치

운동학적 조건 10개, 토크 조건 6개, 가동성 조건 4개, 패키징 조건 3개 - 총 23개의 지식은 먼저 암묵 지식으로서 지식관리시스템에 입력된다. 이 지식은 설계자에게 경험, 설계 의도 등을 전달한다. 위 지식 중 수치적으로 표현된 7개의 지식을 형식지식으로서 지능형 CAD 모델을 제작하는데 활용할 수 있다.

각각 입력된 지식은 웹 기반 시스템에서 활용하기 위하여 지식관리시스템 내의 번역 기능을 이용하여

XML 언어로 번역된다. 각 지식 간의 연결관계를 입력한 후, 각 모델을 통합하여 하나의 확장된 지능형 CAD 모델을 제작한다.

**4.2 확장된 지능형 CAD 모델 및 지식관리시스템 구현**

**4.2.1 확장된 지능형 CAD 모델 제작**

4.1절에서 정의한 설계 변수와 형식지식을 바탕으로 UG/KF를 이용하여 지능형 CAD 모델을 제작하였다(Fig. 8).

UG/KF를 이용하여 지능형 CAD 모델을 제작하는 설계자에게 지식을 제공하기 위한 인터페이스(Fig. 9)는 UG Open Styler를 이용하여 구현하였다. 이 모듈의 주요 기능을 설명하면 다음과 같다.

1. 변수 입력창  
설계와 관련된 주요 변수를 입력한다.
2. 메시지 창  
입력된 설계 변수에 대하여 제약조건을 만족시키는 지를 검사한 후, 적절한 메시지를 설계자에게

전달한다. 즉, 충족되지 않은 조건을 알려 주거나, 모든 조건을 만족하는지를 알려주게 된다.

**3. 애니메이션 바**

설계된 와이어 시스템을 동작하여 볼 수 있는 기능을 제공한다. 시각적으로 완전한 동작 여부를 확인하며 설계 조건을 충족하는지를 보게 된다.

즉, 설계 변수를 입력하고 애니메이션 바를 움직여 와이어 시스템 구동 테스트를 하는 경우, 내장된 조건에 맞지 않는 문제점이 발생하는 경우 메시지 창을 통해 설계자에게 알려주게 된다. 또한 에러 값에 들어가는 경우 적절한 값으로 자동적으로 와이어 시스템의 설계 변수가 변경된다.

**4.2.2 지식관리시스템 구현**

지식관리시스템에서 다루어야 하는 지식은 형식지식, 암묵지식, 협업지식이다. 각각의 지식을 관리하기 위하여 필요한 기능은 크게 형식지식 모델 관리 기능, 암묵지식 모델 관리 기능, 협업지식 관리 기능이다. 지식관리시스템은 Window 기반 환경에서 제공되는 웹 서버IIS(Internet Information Server) 5.0와 ASP(Active Server Page), HTML(Hyper Text Markup Language)를 이용하여 구현되었다.

형식지식 모델 관리 기능은 UG/KF에서 작업된 형식지식을 관리하는 기능을 수행한다. 이 기능에서 수행하는 작업은 다음과 같다(Fig. 10).

1. UG/KF에서 작업된 지능형 CAD 모델의 업로드 및 수정
2. 지능형 CAD 모델을 XML 기반의 형식지식 모델로 번역
3. 암묵지식과의 관계를 부가
4. 형식지식 모델의 수정 및 관리
5. 형식지식 모델을 dfa 파일로 역변환하는 기능

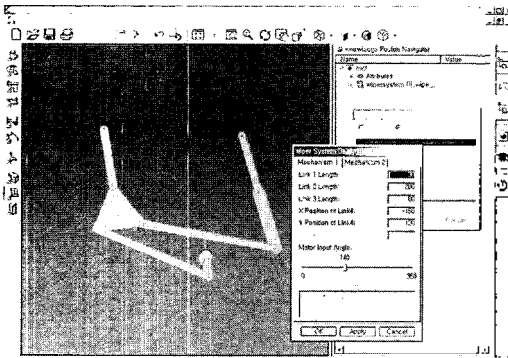


Fig. 8. 와이어 시스템 모델링.

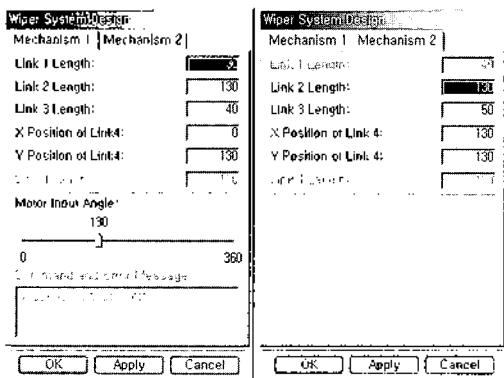


Fig. 9. UI Styler 인터페이스.

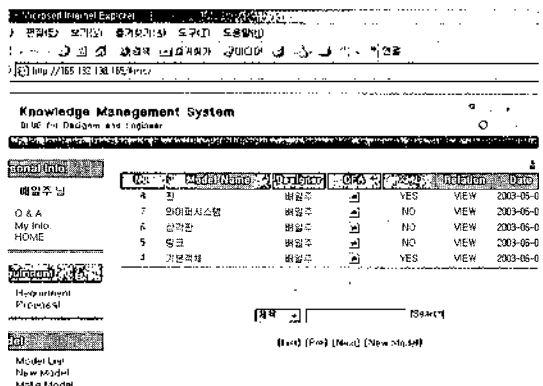


Fig. 10. 형식지식 모델 관리 기능.



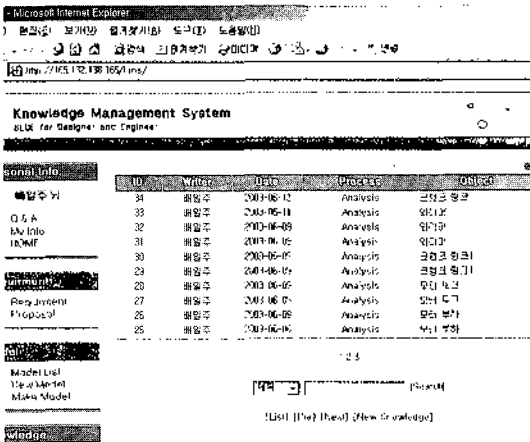


Fig. 11. 암묵지식 모델 관리 기능.

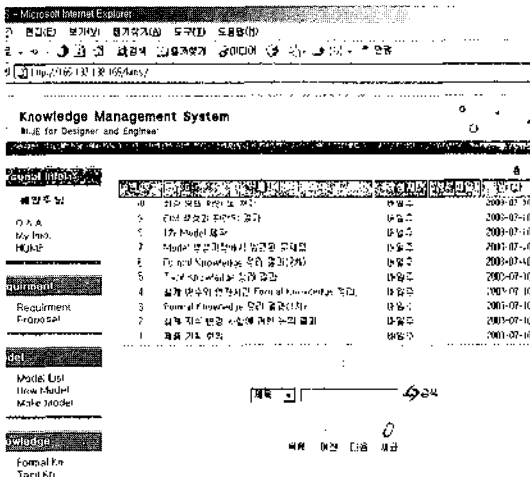


Fig. 12. 협업지식 모델 관리 기능.

암묵지식 모델 관리 기능에서는 서술적인 형태의 지식을 입력하고, 검색하고, 수정 및 삭제하는 작업을 수행한다. 여기서 수행하는 기능은 다음과 같다(Fig. 11).

1. 서술적 형태의 지식 입력, 수정, 삭제, 검색.
2. 서술적 형태의 지식을 암묵지식 모델로 번역.
3. 암묵지식과 형식지식 간의 관계를 부과.
4. 암묵지식 관계 뷰.

협업지식 관리 기능에서는 협업과 관련된 지식들을 관리하는 기능을 수행한다. 여기서는 협업 관련된 정보를 등록하고, 설계 작업자 간의 정보 공유를 지원하는 기능을 수행한다(Fig. 12).

4.3 구현 시스템을 이용한 제품 설계 과정

앞서 기술한 시스템을 이용한 설계 과정을 단계적

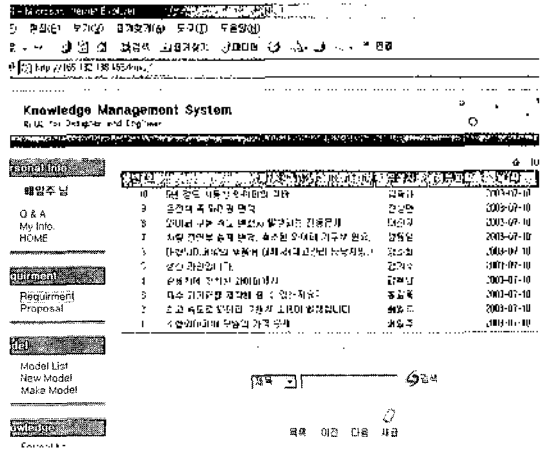


Fig. 13. 요구조건 입력 화면.

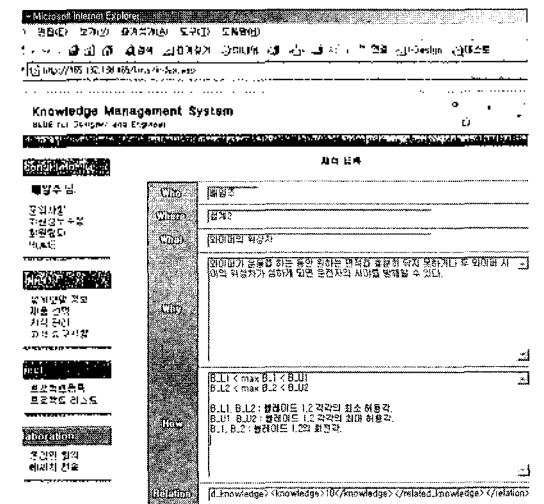


Fig. 14. 암묵지식 입력.

으로 기술하면 다음과 같다.

첫째, 지식관리시스템의 요구조건 기능에서 설계 요구조건을 입력한다(Fig. 13). 즉, 자동차 유리 면적, 프런트의 베치에 따른 제약, 기타 자동차의 특수성 등을 요구조건으로 입력한다. 이 요구조건 만족을 목표로 설계 작업을 수행하게 된다.

둘째, 지능형 CAD 시스템의 사용자 인터페이스를 이용하여 기본적인 설계 사양을 입력하면 그 전에 입력된 지식들이 제약 조건으로 작용하여 모든 지식을 만족하는 설계를 하게 된다(Fig. 8). 설계 제약 조건에 새로운 문제가 발생하는 경우는 지식관리시스템을 통하여 이와 관련된 모든 지식을 확인할 수 있다. 확인 결과 새로운 지식이 추가되거나, 지식 수정이 일어나고, 이는 다시 지능형 CAD 모델에 반영된다(Fig. 14).

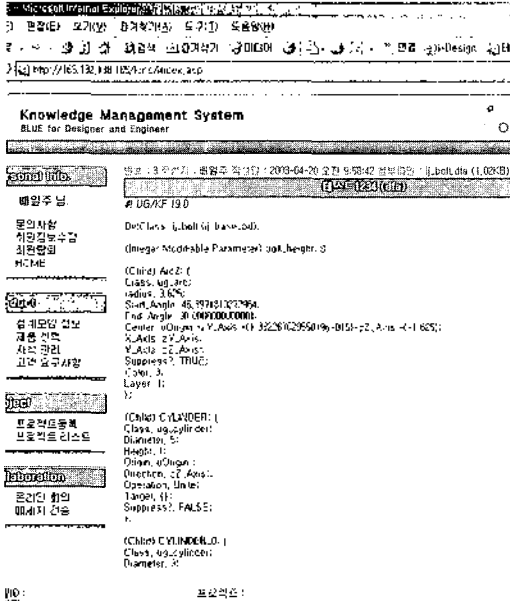


Fig. 15. 지식관리시스템에 모델 업로드.

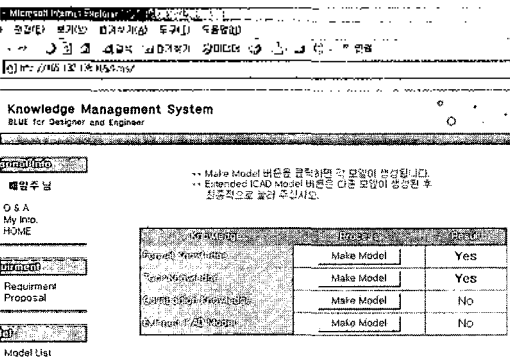


Fig. 16. Knowledge 모델 생성 화면.

셋째, 일차적으로 완성된 지능형 CAD 모델은 지식관리시스템에 업로드 되게 된다(Fig. 15). 그 후 다양한 설계 단계에서 문제점을 발견하는 경우, 지식관리시스템을 통하여 지식이 입력된다. 그리고 문제점에 대한 해결 방안을 지식으로 입력함으로써 지식 모델은 계속 수정되게 된다.

넷째, 이러한 제품 개발 과정에서 협업 내용을 협업 지식 관리 기능에 지속적으로 지식으로 입력한다. 이 지식 역시 최종적으로 XML 기반의 협업지식 모델로 만들어져, 제품 모델에 포함되게 된다(Fig. 16).

다섯째, 세가지 지식 모델을 각각 XML 기반의 모델로 번역하고 이를 통합하는 확장된 지능형 CAD 모델을 제작한다. 이 모델은 모델 리스트 기능에서 관리되고 다른 설계 작업에 활용된다(Fig. 17).

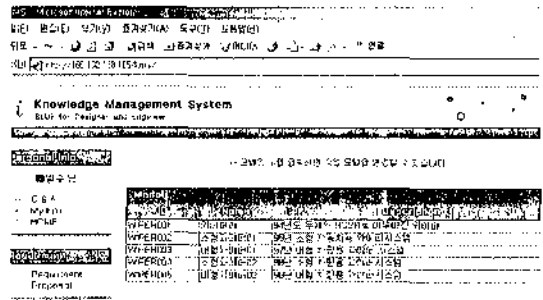


Fig. 17. 지식 모델 리스트 화면.

### 5. 결론 및 향후 연구과제

지능형 CAD 시스템은 기존의 CAD 시스템이 가지고 있는 형상 위주의 설계 작업 지원이라는 한계점을 뛰어넘기 위해 등장하였다. 그러나 이러한 지능형 CAD 시스템의 목적과는 달리 현재의 지능형 CAD 시스템은 설계 전 과정의 지식을 수집하고, 이를 활용하기에는 부적합한 제품 모델과 관리 시스템을 가지고 있다. 현재 지능형 CAD 시스템에서 사용하는 언어는 다양한 지식을 표현하기 어려운 제한적인 형태를 가지고 있다. 따라서 설계 과정에서 발생하는 다양한 지식을 축적하고 활용하는 본래의 목적을 충족시키지 못한다.

본 논문에서는 이러한 한계점을 개선하기 위하여 지능형 CAD 시스템의 모델을 확장하여, 전 설계 과정에서 발생하는 다양한 지식을 포함할 수 있는 제품 모델을 개발하였다. 기존의 정보 시스템에서의 정보를 다루는 PPO 관점의 정보 모델을 기반으로 형식지식, 암묵지식, 경험지식으로 지식 모델을 구분하였다. 각각의 모델은 지능형 CAD 시스템과 지식관리시스템에서 지식을 수집하여 축적하게 되고, 번역과정을 통하여 하나의 '확장된 지능형 CAD 모델'로 변환된다. 기존의 지능형 CAD 시스템이 형식지식만 지원함으로써 지식 표현과 수집에 한계적이었던 문제를 개선하였다. 또한 XML 기반의 제품 모델은 웹 기반 환경에서 효율적으로 관리되고, 활용될 수 있다.

이 '확장된 지능형 CAD 모델'과 '지능형 CAD 지원 시스템'을 와이퍼 시스템 설계에 적용하였고, 이를 통해 작도에 의존한 초보적인 단계에 머물고 있는 시행착오적인 비효율적 설계방식에 의해 이루어지고 있는 와이퍼 시스템 설계의 시행오차를 줄이고, 새로운 차종의 와이퍼를 설계하는데 걸리는 시간을 단축하고, 최적의 성능을 내는 와이퍼 시스템 설계를 지원하게 되었다.

본 논문에서는 지능형 CAD 시스템의 모델을 확장하여 다양한 지식을 포함할 수 있는 모델을 개발하였고, 지원 시스템을 구현하였으나 다음과 같은 개선점을 가지고 있다.

- 보다 정교한 지식 모델 개발을 위한 체계적인 지식 분류 방법의 활용
- 지능형 CAD 시스템과 지식관리시스템 간의 지능적인 정보 교환
- 완전한 웹 기반 지능형 CAD 모델로의 형식지식 모델 개발

설계 작업 및 설계 지원 시스템에서 다양한 경우를 맞게 되는 지식 모델이 이런 상황에 유연하게 적응하는 형태의 모델이 되기 위해서는 기존의 정보 시스템의 모델을 참고하여 모델을 개발하는 연구가 필요하다. 이러한 연구를 수행하기 위해서는 기존의 정보 시스템의 모델과는 다른 지식 모델의 내용을 개념적으로 정의하고, 분류하는 작업을 필요로 한다.

지능형 CAD 시스템과 지식관리시스템은 현재 데이터를 변환하여 공통된 모델을 제작함으로써 서로 간의 정보를 주고 받는다. 그러나 보다 효율적인 설계 작업을 위해 각각 독립적으로 작업을 처리하면서도 긴밀한 협력 기능을 갖는 것이 필요하다. 이를 위해 에이전트에 기반한 시스템에 관한 연구가 수행될 수 있다.

또한 지능형 CAD 시스템의 모델을 XML 형태로 전환한 형식지식 모델은 표현력의 확장을 통해 완전한 웹 기반 지능형 CAD 모델로 발전되는 경우, 웹 환경에서 더 다양한 설계 지원을 가능하게 할 수 있다.

## 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(과제번호: R01-2002-000-00289-0) 지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. MacCallum, K. J., "Does Intelligent CAD Exist?";

- Artificial Intelligence in Engineering*, Vol. 5, No. 2, pp. 55-64, 1990.
2. Fumihiko Kimura, "Architecture and Implementation Subgroup : Summary of the Workshop Discussion", *Intelligent CAD*, Vol. 3, No. 1, pp. 43-49, 1991.
3. 김재중, "지능형 제품설계 시스템의 Framework 개발과 지식추가에 관한 연구", 연세대학교 석사학위논문, 1999.
4. 이강수, 이건우, "설계 정보를 수용하는 새로운 CAD 시스템의 프레임워크", 한국CAD/CAM학회, 제4권, 제4호, pp. 327-338, 1999.
5. Knowledge Technology International, <http://www.ktiworld.com/>
6. Engineering Intent, <http://www.engineeringintent.com/>
7. 한국과학기술연구원 외, "공작기계 상세설계 해석 및 지식기반 기술 개발", 과학기술부 연구과제, 2000.
8. Pan Yunhe, Geng Weidong, and Tong Xin, "An Intelligent Multi-blackboard CAD System", *Artificial Intelligence in Engineering*, Vol. 10, No. 4, pp. 351-356, 1996.
9. Zuo Bing Chen and Li D Xu, "An Object-oriented Intelligent CAD System for Ceramic Kiln", *Knowledge-Based System*, Vol. 14, No. 5/6, pp. 263-270, 2001.
10. 최진호, 최동훈, 서명원, 서진원, "두개의 RSSR 기구로 이루어진 와이퍼기구의 최적설계", 대한기계학회논문집, 제19권, 제7호, pp. 1573-1580, 1995.
11. 이정원, "RSSR-공간 사절 기구의 기구학적 합성에 관한 연구", 한국과학기술원 박사학위논문, 1992.
12. 장현권, "동시공학적 설계프로세스를 지원하는 ROPP 정보 모델에 관한 연구", 연세대학교 석사학위논문, 1997.
13. Hyowon Suh, Hecjung Lee, and Scungchul Ha, "A Semantic Network Approach to PPO(Products, Processes, Organization/Rcsource) Modeling for PDM Systems", 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제4권, 제3호, pp. 238-246, 1999.
14. 김영돈, "지식기반공학과 T3Design CO 기반의 솔루션 구현 접근방법", CAD&Graphics 2003년 4월호, pp. 52-55, 2003.
15. 김영호, 강석호, 이수홍, 유상봉, "분산, 개방, 지능형 제품정보관리시스템", 한국CAD/CAM 학회, 제4권, 제3호, pp. 210-223, 1999.



**배 일 주**

2001년 연세대학교 기계전자공학부 학사  
2003년 연세대학교 기계공학과 석사  
2003년~현재 연세대학교 기계공학과 박사과정  
관심분야: 동시공학, 지식기반시스템



**이 수 홍**

1981년 서울대 기계공학과 학사  
1983년 서울대 기계설계학과 석사  
1991년 Stanford대학 Design Division  
Concurrent Engineering 전공, 박사  
1991년~1992년 Lockheed Missile and  
Space Co. Cable Harness Design  
System개발 Post-Doc.  
1983년~1994년 KIMM CAD/CAM실,  
선임 연구원  
1994년~현재 연세대학교 기계공학부 정  
교수  
관심분야: 동시공학설계, 지식기반시스템  
설계, DFM



**전 홍 재**

1986년 연세대학교 기계공학과 학사  
1988년 연세대학교 기계공학과 석사  
1994년 Northwestern 대학, 기계공학과  
박사  
1997년~2001년 연세대학교 기계전자공  
학부 조교수  
2001년~현재 연세대학교 기계공학부 부  
교수  
관심분야: 복합재료, 생체역학