한국 CAD/CAM 학회 논문집
제5권 제1호 2000년 3월 pp. 1-11

학술논문

분산 지식베이스에 기반한 렌즈 경통 설계

복기소*, 명세현**, 한순흥***

Lens Barrel Design Based on Distributed Knowledge-Base

Bok, K.*, Myung, S.** and Han, S.-H.***

ABSTRACT

The purpose of Computer Aided Design is to design good products as quickly as possible. To do this, it is important to reuse the old designs and build on them. Most engineering designers, therefore, have studied methods for reusing old designs, and the results of their study have been applied to new designs. Unfortunately, this only involves reuse of geometric data without design knowledge. If they can design products with the geometric data, including design knowledge, of the old designs and share them through the Internet, design efficiency will be improved. In other words, one way to improve designer's productivity is to share design information that includes knowledge and scattered data across design offices. This paper introduces a shared design environment with distributed knowledge-base. A product design environment based on distributed knowledge-base is proposed, which integrates the CORBA, OLE and WWW as the network architecture, a 3D CAD system, and an expert system shell. A design example of the lens barrel of a projection television is implemented to verify the idea.

Key words : Distributed knowledge-base, CAD, CORBA, Design expert system

1. 서 론

1.1 연구의 배경

1980년대 이후 CAD시스템은 산업계에서 설계에 필수적인 도구로 이용 되고있으며, 최근의 설계 주변 환경은 다음과 같은 측면에서 변화해 가고 있다. 첫째, 컴퓨터 네트워크의 도입을 들 수 있는데, 최근 설계 현장에는 인터넷을 기반으로 한 네트워크 환경이 갖추어져 있다. 둘째, 동시공학으로 설계 파라다임의 변화를 들 수 있다. 끊임없이 신제품을 개발하여 수요를 창출해야 하는 현재의 시장 환경에서는 수직적이며 절차식인 설계는 효율적이지 못하므로, 엔지니어들은 모든 설계 업무가 수평적으로 동시에 진행하는 동시공학적 설계를 하도록 요구 받고 있다. 동시공학의 궁극적인 목표는 제품 개발 전반에 있어서의 경제성 제고에 있으며, 경제적으로 제품을 개발하는 효과적인 방법은 개발 기간을 단축하는 것이다.

일부 산업계의 설계 현장에서는 설계 결과를 공유하고 재사용함으로써 개발 기간을 단축하고 있으며, 이를 위해 컴퓨터 네트워크 환경을 이용한 편집설계 시스템을 운영하고 있다. 기존의 편집설계 시스템은 설계된 부품을 재이용하는 것으로, 부품 형상은 특정 네트워크 서버에 저장되어 정보가 단일 서버에 집중되어 있다.

이들은 이미 생산 실적이 있는, 즉 금형이 있거나 기타 생산 툴이 확보된, 단순 부품들에 대한 데이터 베이스인 경우가 대부분이며, 제품 정보는 기하 정보만을 포함하고 있다.

설계 정보를 공유하는 두 가지 측면은 데이터의 공유와 지식의 공유로 분류할 수 있는데, 기존의 편집설계 시스템은 데이터 공유의 측면이 강조된 형태이다. 그러나 설계 정보의 공유는 설계 데이터와 더불어 관련 지식 또한 공유되어야 한다.

한편, 특정 분야의 전문지식은 그와 유사한 분야에서만 필요한 경우가 대부분이며, 경험적인 지식은

*LG전자(주) 디스플레이 연구소
**정회원, 한국과학기술원 기계공학과
***종신회원, 한국과학기술원 기계공학과

새로운 기술발전에 따라 자주 변화한다. 따라서 지식베이스는 해당 분야의 전문가가 관리하는 것이 효율적이며, 설계 정보는 분산 공유될 필요가 있다.

최근의 설계 현장에는 인터넷을 기반으로 한 분산 네트워크 환경이 갖추어지고 있으므로, 컴퓨터 네트워크를 이용하여 지식이 포함된 설계 정보를 효율적으로 분산하고 이를 네트워크 상에서 공유하는 연구가 필요하다. 궁극적으로는 서로 다른 컴퓨팅 환경, CAD시스템 환경과 지식베이스를 연동하여 운영하는 프레임워크에 대한 연구가 필요하다.

1.2 관련 연구의 현황

설계 지식 공유의 한 방법은 설계 지식을 규칙기반의 지식베이스로 표현한 전문가시스템을 이용하는 것이다. 전문가시스템의 효율적인 활용을 위한 방법 중의 하나는 전문가시스템을 원격제어가 가능하게 하는 것으로, 다음과 같은 관련된 연구들이 진행되어 왔다.

그 중, WWW(World Wide Web)와 전문가시스템의 통합에 관한 기초적인 연구를 포르투갈의 Orlando Belo가 1995년 XpertWeb이라는 프로젝트를 통해 수행하였다[1]. XpertWeb은 인터넷 상에서 WWW브라우저를 이용하여 원격지의 전문가시스템을 제어하며, 이를 위해 RPC(Remote Procedure Call)라는 통신기술을 사용한다. 시스템의 기본 구성은 클라이언트/서버이며, 서버는 지식베이스와 이를 제어하는 전문가시스템 쉘을 보유하고 있다. 서버의 전문가시스템 쉘은 클라이언트의 요청에 대해서 추론과 동시에 추론 결과를 클라이언트에게 보여주기 위한 적절한 HTML(Hyper Text Markup Language) 문서를 생성해내는 기능을 가지고 있다. 여기서 서버는 RPC 서버가 된다. 클라이언트는 웹 브라우저이며, RPC 클라이언트이다. 클라이언트에서는 서버와 통신할 때 문법의 타당성 등을 검사(validation)하는 CGI (Common Gateway Interface)를 운영하고 있다.

JESS(Java Expert System Shell)는 1996년 미국 산디아(Sandia) 연구소의 Friedman-Hill이 개발한 자바(JAVA) 언어로 만들어진 전문가시스템 쉘이다[2]. 내부적으로 JESS는 NASA에서 개발한 전문가시스템 쉘인 Clips의 JAVA버전이다. JAVA언어의 특성은 그 바이트 코드를 해석할 수 있는 인터프리터(interpreter)만 설치되어 있으면, 다시 컴파일하지 않고도 기종에 관계없이 수행되는 이식성과, 프로그램을 클라이언트에 전송하여 클라이언트의 웹 브라우저가 보유한 인터프리터(가상 머신)를 통해 실행되게 하는 애플릿(applet) 기술이다. 전송된 프로그램은 클라이언트의 CPU를 사용하여 동작하게 되므로 서버에 부하가 걸리지 않으며, 서버는 단지 필요한 프로그램과 데이터를 제공한다. 이는 종래의 서버/클라이언트 개념에 비해 향상된 분산 환경을 제공하는 기술이다. 따라서 JESS를 사용하여 구성한 전문가시스템을 애플릿으로 만들면, 컴퓨터의 기종에 무관하게 인터넷 상의 웹 브라우저를 통해 제어가 가능하며, 큰 지식베이스에 기반한 추론의 경우에도 서버에 부담을 주지 않는다.

한편, 인터넷에 기반한 컴퓨터 이용 협력설계(collaborative CAD)에 관한 연구가 인터넷이 가진 편리성과 기술적인 잠재성 때문에 활발히 이루어지고 있다[3]. ACORN(Adaptive, Collaborative, Open Research Network)[4] 프로젝트는 이와 관련된 연구 중의 하나로서, 그 목표는 인터넷을 사용하여 설계와 생산 전반에 걸친 체제를 구축하는 것이며, 인터페이스의 기반으로 WWW를 사용하였다.

국내에서의 연구는 주로 전문가시스템의 구성과 설계 에이전트에 초점이 맞추어져 있다. 구성 설계에 전문가시스템을 활용하여 상용 CAD시스템의 한계를 극복하는 연구[5]와 조립체(assembly)에 전문가시스템을 활용하는 연구[6], 배치 및 구성에 대한 전문가시스템에 대한 연구[7,8] 등 여러 분야에서 설계전문가시스템에 대한 연구는 활발히 이루어져 왔다. 최근에는 소프트웨어에 능동적인 통신을 할 수 있는 기능을 부가한 에이전트(agent)에 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다[9]. 에이전트 연구는 주로 JAVA와 KQML기반에서 이루어지고 있으며, 이를 WWW와 연계한 공동설계시스템에 관한 연구[10]와, 에이전트를 CALS와 연관한 모델에 대한 연구[11] 등이 있다. 에이전트가 지식베이스에 기반한 전문가시스템이고, 이 시스템이 다른 전문가시스템과 능동적인 통신을 할 수 있다면 이는 멀티에이전트시스템이며 전자 상거래 분야에서 이와 관련된 연구가 진행되고 있다[12,13].

설계 분야에서는 설계전문가시스템을 네트워크 상에서 제어하고, CAD시스템과 연계하여 인터넷 상에서 가시화하는 연구[14]가 수행되었다. 이 연구에서는 Concept-Modeler라는 CAD기능을 가진 전문가시스템 쉘(ICAD)을 사용하여, 선박의 선체 구조를 생산과 관련된 블록으로 분할하는 전문가시스템과 연동한 CAD모듈을 만들고, 클라이언트가 이를 웹을 통해 사용할 수 있게 하는 방안을 구상하였다. 이때 전문가시스템 쉘과 웹과의 인터페이스는 Perl[15]을 이용한 CGI 스크립트(script)를 사용하였으며, CAD모듈

에서 제공되는 형상 정보는 VRML(Virtual Reality Modeling Language)[16]로 변환하고, 기타 제품 정보는 HTML로 변환하여 이를 연결시켜 사용자에게 제공하게 된다. 웹을 기반으로 하여 전문가시스템을 원격으로 제어하고 결과를 가시화하여 사용자에게 제공한다는 측면에서 효율적으로 설계정보를 공유 할 수 있다고 할 수 있다. 그러나 VRML파일은 모델의 가시화를 위한 정보만을 가지고 있으며, 모델을 수정, 생성하는데 필요한 기하학적 엔티티(점, 선, 면)의 위상(topology) 정보는 포함하고 있지 않다. 따라서 설계를 위한 CAD정보로 사용하기에는 문제점이 있는 정보의 형태이며, 클라이언트가 설계 결과를 직접 활용하기 위해서는 다른 수단을 사용하여야 한다.

국내외 관련 연구 현황을 정리해 보면, 전문가시스템을 효율적으로 활용하기 위한 분산 설계전문가시스템에 관한 연구와, 인터넷을 이용하여 설계와 생산에 관련된 정보를 제공하는 연구, 그리고 멀티에이전트에 관련된 연구 등으로 분류할 수 있다. 그러나, 분산 전문가시스템에 대한 연구들은 설계지식 공유의 측면에 대한 연구에는 미치지 못하고, 다만 인터넷에서 작동되는 전문가시스템 쉘이라는 요소 기술의 연구에 국한되어 있다.

JAVA와 KQML을 이용한 멀티 에이전트 연구들은 소프트웨어들 간의 통신을 통한 협동에 관한 연구에 초점이 주어져 있다. 이러한 연구가 설계 정보 공유의 측면에 효율적으로 적용되기 위해서는, 설계 현장에서 사용 가능한 완성도가 높은 JAVA로 된 CAD 시스템 및 기타 어플리케이션이, KQML이라는 통신 아키텍처(architecture)를 기반으로 운영되어야 한다.

1.3 연구의 내용

본 연구의 목표는 설계 정보 공유 시스템에서 기하 정보의 공유뿐만 아니라 지식을 공유하여, 보다 유용한 공유 환경을 구축하고 재 활용성을 향상시키며, 설계 정보는 네트워크 상에 분산시켜 효율적인 설계 정보 공유 시스템을 구축하는 것이다[17].

Fig. 1은 네트워크 상에 분산된 설계 정보 공유 시스템을 보여주며, 이 시스템은 3계층의 영역으로 나뉘어 진다. 그것은 설계자들 자신의 설계 결과를 저장하는 지역(local) 저장소(서버)와, 특정 설계 분야에서 공유 실적이 높아 표준화 할 가치가 있는 설계 정보를 저장하는 영역(domain) 저장소(서버), 그리고 동일한 사업 분야에서 표준화된 설계 정보를 저장하는 중앙(central) 저장소(서버)로 나뉘어 진다. 지역 서버를 통해 설계자들은 초기 단계의 설계 정보들을

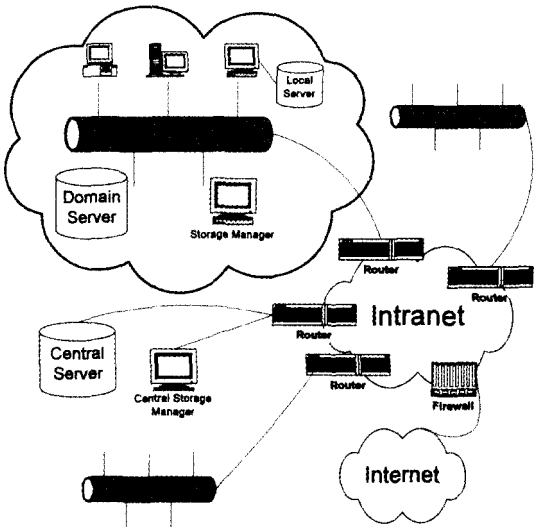

Fig. 1. Distributed design information sharing system.

서로 공유하며, 영역 서버는 특정분야에서 빈번히 사용되는 설계 정보를, 중앙서버는 표준화 단계의 설계 정보를 공유 하는데 사용된다.

이러한 설계 정보 공유 시스템이 다른 기종 간에 서로 연동 가능한 프레임워크를 제공하기 위하여 다음과 같은 내용이 연구되었다. 첫째, 설계전문가시스템을 네트워크 상에 분산시키는 연구이다. 이를 위해 원격지의 지식베이스와 전문가시스템을 네트워크 상에서 컨트롤할 수 있는 방안에 대해 연구한다. 둘째, 클라이언트의 구성 방안에 대한 연구이다. 클라이언트는 사용자의CAD시스템과 원격지의CAD데이터, 이를 제어하는 원격지의 전문가시스템과 지식베이스를 제어하도록 구성한다.

즉, 본 연구에서는 분산된 설계전문가시스템에 기반한 설계 환경을 연구하여, Fig.1의 설계 정보 공유 시스템에서 영역(domain) 서버 수준의 설계 정보 공유 환경에서 지식베이스와 CAD 데이터를 가진 서버와 CAD시스템을 가진 클라이언트를 구성해 보았다.

2. 분산 환경 구성을 위한 요소 기술

설계 정보를 담은 지식베이스를 네트워크에 분산시키려면 통신 수단이 필요하게 된다. 하지만 낮은 수준의 통신 인터페이스를 구성하는 일은 어려운 일이며, 낮은 수준의 통신 인터페이스의 규격이 변경되면 이 부분의 프로그래밍을 다시 해야 하며, 이것은 시스템의 지속성과 적응성에서 문제를 일으키게

된다. 이를 방지하기 위해서는 데이터와 지식을 공유하는데 바탕이 되는 프로그램 간의 통신에 관한 높은 수준의 인터페이스를 제공하는 표준 기술이 필요하며, 이에 관련된 연구 중의 대표적인 결과들로 KQML, CORBA, DCOM 등이 있다.

KQML(Knowledge Query and Manipulation Language)은 소프트웨어 에이전트 간의 통신을 위해 고안된 언어로, 지식베이스의 공유와 재 사용, 이에 관련된 기반(infrastructure)에 관해 연구하는 ARPA Knowledge Sharing Effort의 External Interface Working Group에서 고안하였다[18].

2.1 CORBA

CORBA(Common Object Request Broker Architecture)는 비영리 단체인 OMG(Object Management Group)에서, 객체 지향 기술을 기반으로 다른 기종의 분산된 환경하에서 응용 프로그램들이 서로 통합될 수 있도록 만든 표준 기술인 OMA(Object Management Architecture)의 일부이며, 서로 다른 프로그램들 사이의 버스 역할을 하는 모듈이다. CORBA에서는 클라이언트가 원격지 구현 객체(Object Implementation)의 메소드를 호출함으로써 서비스가 이루어진다. CORBA에서는 클라이언트와 구현 객체 간의 통신 문제 해결을 위해 IDL(Interface Definition Language)이라는 표준 언어를 제공한다[19].

CORBA는 소프트웨어 객체들에게 다른 객체와의 통신에 관련된 일관된 규격을 제공한다. 따라서 서로 다른 환경에 있는 객체라 하더라도 CORBA를 이용하여 통신에 관련된 호환성을 유지할 수 있으며, 각 모듈 또는 프로세스들 간의 통신 및 동기화에 관련된 낮은 수준의 통신 인터페이스를 CORBA가 지원하기 때문에 분산 시스템 개발 시 발생하는 오류를 줄일 수 있고, 사용자는 CORBA에서 제공하는 높은 수준의 인터페이스를 바탕으로 시스템을 개발할 수 있다. CORBA객체는 소프트웨어 객체에 CORBA의 규격에 근거한 통신 모듈이 포장(wrapping)되어진 객체이다.

2.2 OLE/COM과 DCOM

객체를 소프트웨어 컴퍼넌트라고 하고, CORBA가 분산 컴퍼넌트 분야에서의 업계 표준이라고 한다면, Microsoft Windows운영 체계에서는 이와 유사한 OLE(Object Linking Embedding)/COM(Component Object Model)이 있다[20]. OLE/COM은 윈도우 환경에서만 동작하지만, CORBA에서와 마찬가지로 OLE 객체는 COM이라는 아키텍처를 기반으로 통합 운영되어진다.

OLE는 마이크로소프트의 윈도우 환경에서 다른 객체나 어플리케이션에게 서비스를 제공할 객체 기반의 컴퍼넌트를 생성하고, 관리하고, 접근(access)하는 표준 프레임워크를 제공한다. 다시 말해서, COM은 객체 간의 통신을 위한 프로토콜이라고 말할 수 있으며 OLE는 COM객체라고 할 수 있다. COM은 CORBA와 같은 표준 기술은 아니지만, 마이크로소프트 윈도우 운영체계의 사용자가 많은 점을 감안하면, 개인용 컴퓨터에서는 실질적인 표준이라고 해도 과언이 아니다.

COM객체도 일반적인 객체와 마찬가지로 여러 개의 데이터(member)와 그 데이터를 관리하고 접근(access)할 수 있는 여러 개의 함수들로 이루어져 있다. COM에서는 이러한 함수들의 집합을 인터페이스라고 하며, 객체 지향에서의 메소드는 이 인터페이스에 포함되어 있으며, COM에서는 이러한 메소드를 호출하기 위한 인터페이스 포인터를 제공하게 된다.

DCOM은 COM의 네트워크(network) 버전이다. COM이 단일 기계에서 동작하는 반면 DCOM은 서로 다른 시스템 프로세스 간의 통신을 지원한다. COM과 DCOM의 구조는 CORBA와 유사하다. 그러나 COM은 CORBA와는 달리 객체의 상속이 이루어지지 않으며, 이와 유사한 효과를 얻기 위해서는 다중 인터페이스를 이용해야 하는 불편이 따르며, 마이크로소프트의 운영체계에서만 운영이 가능하다는 불편함이 있다.

2.3 제품 설계 환경과 CORBA

제품 설계 과정은 다음과 같은 객체의 특성을 가지고 있다. 설계 현장에서는 설계의 종료와 동시에 객체가 만들어진다. 이 객체는 제품을 구성하는 각각의 부품이 될 수도 있으며, 그 제품 자체가 될 수도 있다. 부품을 객체로 놓고 볼 때 객체를 구성하는 멤버(속성, attribute)는 부품의 형상을 결정짓는 치수, 부품의 재질 등이며, 이러한 각 멤버의 값은, 그것이 수학적인 이론이든 설계자의 경험이든 간에, 설계자의 지식에 의해서 결정되며, 설계자의 지식이 멤버의 값을 결정하는 메소드의 역할을 한다.

제품 전체를 객체로 놓고 볼 때는 각 부품과 그들의 위상 관계 등이 객체의 멤버가 되며, 그 값은 마찬가지로 설계자의 지식에 의해서 결정된다. 공학적인 시스템과 같은 인공물(artifacts)이 객체 지향 방법

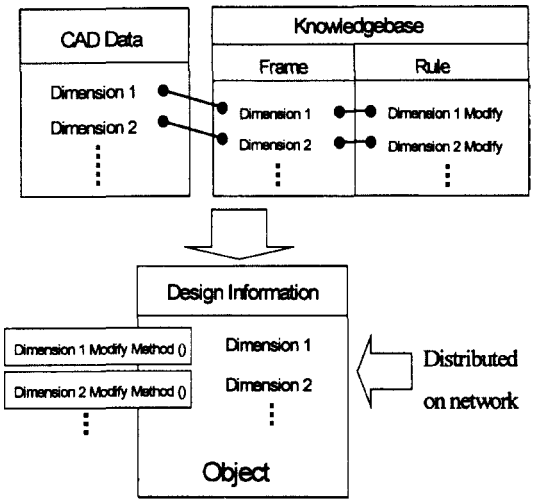

Fig. 2. Object modeling of a product.

론에 의해 잘 표현될 수 있음은 공지된 사실이며, Fig. 2는 제품을 객체화하여 표현한 것을 보여준다. 그림에서 "CAD Data"는 객체화 하고자 하는 부품의 CAD 모델을 의미한다. "Dimension 1, 2는 이 CAD 모델의 치수이다. 이 치수들은 지식베이스(Knowledge base) Frame의 Dimension 1, 2와 논리적으로 연결되어 있으며, 지식베이스는 이 Dimension 1, 2를 변경하는 규칙(Rule)을 가지고 있으므로 Dimension 1, 2는 객체 멤버가 되며 지식베이스의 규칙은 멤버 함수의 구현이 된다. 이러한 관계를 이용하여 Fig. 2에서와 같이 특정 부품 또는 제품을 객체화 한 설계정보로 표시할 수 있다. 각 객체들은 설계 시 참조할 수 있는 사용자 정의 특징 형상(design feature)[21]이 된다. 이 사용자 정의 특징 형상(feature)이 유사 제품을 설계하는 영역 안에 분산되어 있고, 각 설계자가 이를 참조할 수 있다면 설계 효율이 향상될 것이다.

CORBA를 이용하여 설계 특징 형상 또는 설계 유니트(design unit)를 CORBA객체화 함으로써 분산형 특징 형상을 구성하고, 이를 바탕으로 한 이론적인 설계 환경을 구상해 보면, Fig. 3와 같은 분산 설계 시스템 환경을 구성해 볼 수 있다. Fig. 3에서 "Object Implementation"은 Fig. 2의 개념에 의해 구현된 CORBA의 구현 객체(object implementation)이며 "Client"는 이를 사용하는 클라이언트를 의미한다. 구현 객체는 CAD 데이터와 전문가시스템을 연동한 형태로 구성될 수 있으며, 나사 등의 규격화된 기계요소인 경우는 기본 치수를 제공하는 전문가시스템

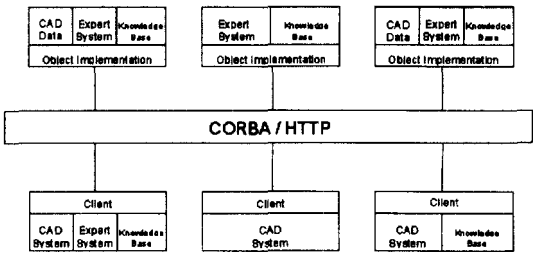

Fig. 3. Object architecture of distributed design environment.

만으로 구현 가능하다. Fig. 3에서 각 설계자들은 각각 설계정보와 이를 제어하는 설계전문가시스템를 지역서버에 보유한다. 여기서 설계전문가시스템을 CORBA서버화 하면 이 정보는 CORBA객체가 된다. 이러한 각각의 객체들을 네트워크 상에서 참조하는 상위 레벨의 CORBA객체로 구현할 수 있으며, 클라이언트는 이들 CORBA서버들을 이용하여 각각이 지닌 지식이 포함된 설계정보를 공유할 수가 있게 된다.

3. 분산 설계전문가 시스템

제품 설계는 일반적으로 그 제품을 구성하는 부품의 형상과 이들의 구성(configuration)을 결정하는 일을 말한다. 따라서 설계전문가시스템, 특히 제품을 설계하는 전문가시스템은 제품 설계에 관련된 인간 전문가의 지식을 갖추고 이를 대행하여 주는 소프트웨어라고 말할 수 있다.

설계전문가시스템은 그 적용 분야에 따라 여러 가지 형태가 있을 수 있다. 사용자의 요구에 따라서 특정 부품 또는 제품을 선정해 주는 설계전문가시스템[22,23]과, 특정 규격을 도출해 주는 시스템[24], 시스템의 구성을 결정하는데 도움을 주는 전문가시스템[25] 등이 그것이다.

제품의 설계는 시스템의 구성을 결정하는 작업으로 볼 수 있으며, 시스템을 구성하는 부품과 그 구성 자체는 일반적으로 형상을 지니고 있다. 따라서 이러한 분야의 전문가시스템은 그 형상을 결정하는 지식을 가진 시스템이며, 따라서 사용자에게 그 형상을 보여줄 필요가 있다. 또한 설계 공유의 측면에서 본다면 그 형상 정보는 사용자에게 효율적인 방법으로 제공되어야 한다. 일반적인 제품 설계가 CAD시스템을 이용하여 이루어짐을 감안하면, 설계정보에 지식이 부가된 설계전문가시스템은, CAD시스템을 제어하여 추론결과에 대한 형상을 사용자에게 제시

하는 기능이 필요하다.

CAD시스템과 전문가시스템 쉘, 그리고 네트워크(CORBA)를 통합하는 연구와, 구성된 설계전문가시스템의 클라이언트와 설계데이터를 사용자에게 효율적으로 배포하는 문제에 관련된 연구가 필요하다. 설계자들은 동일한 CAD시스템을 사용한다고 가정하며, 설계자들은 CAD 시스템으로 작업한 설계 결과를 제어하는 전문가시스템을 구성하여 CORBA서버화 하고 클라이언트를 제작하여 네트워크 상에 공개한다. 다른 설계자는 제공된 클라이언트를 이용하여 CAD데이터를 자신의 지역서버에 가져오고, 원래의 설계자가 제공하는 전문가시스템을 원격 제어하여, 파라메트릭 디자인 등의 방법을 통해 설계정보의 적용 여부를 결정하고 활용하게 된다.

4. 시스템의 골격과 실험

분산 설계전문가시스템의 구성을 위한 효율적인 방법 중의 하나는 웹을 이용하는 것이다. 웹을 이용하면 CAD데이터의 전송과 클라이언트의 전송 문제를 HTTP를 이용하여 해결할 수 있다. Fig. 3과 같은 설계 공유 환경은 시스템 통합에 관한 연구를 통하여 구성할 수 있으며, 이 환경이 특정 인트라넷에 구성된다면, "영역서버 수준의 설계 정보 공유 환경"을 구성하는 것이 된다.

4.1 실험 대상

이 글에서 제안한 설계정보 공유 환경의 검증을 위해서 프로젝션 TV용 3매 렌즈 경통 설계를 대상으로 하여 소프트웨어적인 실험을 실시하였다. 실험 대상은 3매로 구성되어 있는 프로젝션 TV용 렌즈의 시제작용 경통을 설계하는 전문가시스템이다. 여기서 광학계의 핵심 부품은 CRT와 냉각계, 렌즈를 구성 부품으로 하는 Lens-CRT assembly라고 부르는 조립체이며, 렌즈는 그 중에서 핵심 부품이며, 렌즈 경통은 렌즈를 고정하고 그 위치를 제어하는 구조물이다.

Fig. 4는 2차원 CAD로 설계된 경통의 구조 구성도이다. 설계전문가시스템은 주어진 렌즈 데이터에 대해서 경통을 구성하는 각 부품의 형상과 치수를 결정하고, 부품 간의 위상 관계를 결정해 주는 자동 설계 프로그램의 형태를 가진다. Fig. 4의 1번에서 4번까지의 부품에 대해 설계전문가시스템을 이용하여 설계변경이 수행된다. 3번 부품은 Inner barrel(내경통)로, 11번 렌즈와 12번 렌즈의 광축이 일치되도록

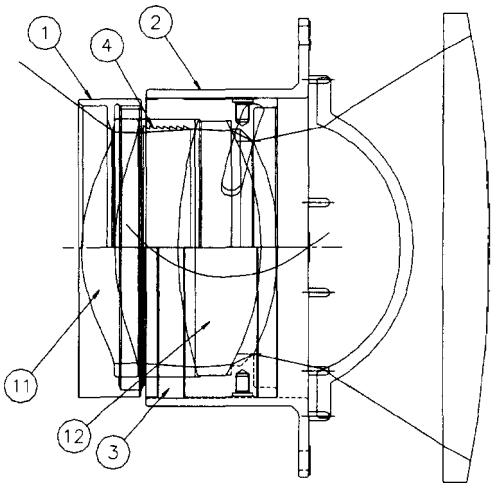

Fig. 4. Assembly of lens barrel.

고정하는 역할을 한다. 조립 시 내경통에 12번 렌즈를 삽입하고 11번 렌즈와의 간격을 주기 위해, 4번 부품인 Spacer를 삽입하고, 11번 렌즈를 삽입한 다음, 1번 부품인 F-clamp로 두개의 렌즈와 Spacer를 내경통에 고정하게 된다. 2번 부품은 Outer barrel(외경통)로, 렌즈계 전체를 광학계에 고정시킴과 동시에 내경통을 고정한다. 이와 같이 4개의 부품을 주요 구성으로 하는 경통은 렌즈의 구성에 종속되어 그 시스템이 결정된다.

이러한 형상 설계에 있어서 기본 형상은 각 엔지니어의 경험에 따라 달라질 수 있으며, 경험에 의한 지식은 변하기도 한다. 설계전문가시스템은 기계 가공용 경통 설계 경험이 없는 설계자가, 렌즈 데이터를 받아서 경통을 설계하여야 할 때, 기본 형상과 구성을 제시하고 렌즈 데이터에 적합한 기계 가공용 경통 모델을 제시한다. 제시된 모델은 그대로 사용되거나, 사용자가 임의로 변경이 가능하다.

Fig. 5에는 프로젝션 TV의 계층 구성도를 도시하

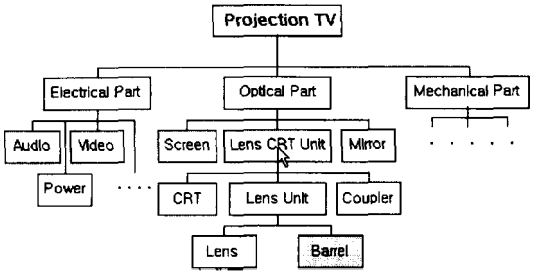

Fig. 5. Hierarchical structure of projection TV.

였는데, 프로젝션 TV는 크게 회로부, 광학부 그리고 기구부로 분류된다. 회로부는 오디오부, 비디오부, 파워부 등으로 세분되며, 광학부는 스크린 렌즈 CRT 유니트, 미러 등으로 세분되며, 기구부는 케이스, 스크린 프레임, 후면 커버 등으로 세분된다. 광학부의 렌즈 CRT 유니트는 CRT, 렌즈 유니트, 커플러 등으로 세분되고, 렌즈 유니트는 렌즈와 경통(barrel)으로 세분된다.

4.2 시스템의 통합

분산 설계전문가시스템을 구현하기위해 본 연구에서는 몇 가지 요소 기술들을 통합하여 하나의 시스템을 구성하였다. 구현된 시스템은 다음과 같은 요소들로 구성되어 있다.

- 전문가시스템 쉘(Intelligent Rules Element)과 API, 지식베이스.
- CAD 시스템(Solid Edge)과 모델링 데이터.
- CORBA(Orbix), CORBA/OLE object broker (서버 및 클라이언트 측 인터페이스).
- MFC 라이브러리, OLE automation server, Microsoft COM.
- Web server(Microsoft Personal Web Server)와 Web browser(Microsoft Internet Explorer).
- 설계전문가시스템 클라이언트(ActiveX document server).

설계용 지식베이스와 이를 제어하는 기능을 구현하기 위해 Neuron Data사의 상용 전문가시스템 쉘인 Intelligent Rules Element을 사용하였다[26]. CAD 시스템은 Unigraphics Solutions사의 Windows 95/NT 기반 3차원 CAD시스템인 Solid Edge[27]를 사용하였다. Solid Edge는 OLE for DM(OLE for Design and Modeling, Manufacturing)[28]이라는 마이크로소프트의 CAD/CAM인터페이스 기술에 기반한 C++ API와 비주얼 베이직(Visual Basic)용 객체들을 제공한다[29]. CORBA 구현 제품은 OLE통합을 지원하는 Iona사의 Orbix를 사용하였다[30].

설계자의 편리함을 위해 클라이언트는 웹 브라우저에서 실행되어질 필요가 있다. 웹 브라우저 안에서 어플리케이션을 실행하는 것과 관련된 기술은 마이크로소프트의 ActiveX기술이다[31]. ActiveX는 마이크로소프트의 컴퍼넌트 기술과 관련된 인터페이스 기술을 통칭하는 이름이다. 상술한 OLE Automation, COM 등도 ActiveX기술의 한 분야가 된다. ActiveX 기술 중에 ActiveX Document기술은 특정 어플리케이션이 다른 어플리케이션의 도큐먼트를 탑재하도록 하는 기술이다. 도큐먼트를 탑재(contain)하는 어플리케이션은 ActiveX Document Container이며, 탑재되는 도큐먼트는 ActiveX Document Server가 된다[32].

마이크로소프트의 웹 브라우저인 인터넷 익스플로러(Internet Explorer)는 대표적인 ActiveX Document Container이다. 따라서, 이 기술을 이용하여 설계전문가시스템의 클라이언트를 ActiveX Document Server로 구성하면, 사용자가 웹브라우저를 통해 설계전문가시스템을 자신의 웹 브라우저에서 바로 제어할 수 있도록 클라이언트를 구성할 수 있다. 본 연구에서는 이를 위해 마이크로소프트의 ActiveX Interface와 인터넷 익스플로러 웹브라우저를 사용하였다.

설계정보를 제공하는 서버는 지식베이스와 전문가시스템 쉘을 포함하는 전문가시스템 구동 부분을 OLE Automation Server화 하여, 시스템의 레지스터리(Registry)에 등록하고 이에 대한 CORBA 인터페이스, 즉 CORBA 스켈톤(skeleton)을 제공하는 CORBA/OLE 오브젝트 브로커(object broker)를 CORBA ORB에 등록한다. 한편, 제공되어야 할 설계 정보인 CAD 데이터와 OLE Automation화 한 전문가시스템 모듈을 제어하기 위한 설계전문가시스템 클라이언트, 그리고 이에 대한 CORBA stub을 제공하는 클라이언트 측의 CORBA/OLE object broker를 웹 서버가 관리하는 특정 디렉토리에 ActiveX Document의 형태로 저장을 한다. 그리고 사용자가 CAD 데이터와 클라이언트 프로그램을 전송 받는 방법과 시스템에 대한 안내를 해 주는 HTML 문서를 준비한다. 다시 말해서, 서버는 3매 렌즈 경통의 기본 설계안, 즉 경통을 구성하는 각 부품의 Solid Edge CAD 모델과 이 모델을 제어하도록 짜여진 IRE(Intelligent rules element) 지식베이스와 추론 엔진 그리고 전문가시스템 사용자(클라이언트)에게 넘겨줄 클라이언트 프로그램(ActiveX Document)을 보유하며, 시스템 안내와 CAD 모델과 클라이언트 프로그램을 사용자에게 전달하기 위해 Web 서버를 운영한다.

이 상태에서 클라이언트의 상태는 웹 브라우저와 CAD시스템 그리고 서버로부터 클라이언트 프로그램과 함께 넘어 올 CORBA의 클라이언트 모듈, 즉 CORBA stub이 동작하기 위한 Orbix의 런타임(run-time) 모듈을 갖추고 있다. 본 연구의 시스템이 구성하는 환경에서는 클라이언트도 정보를 제공하는 서버가 될 수 있기 때문에, 본 연구의 시스템이 운영되는 설계 환경은 CORBA 환경이 모두 조성되어 있다

고 가정한다.

렌즈 설계자로부터 렌즈 데이터를 받은 사용자(클라이언트)는 HTTP프로토콜을 사용하여 웹 서버를 통해 서버에 접속하게 된다. 사용자는 서버에서 제공하는 HTML문서의 안내에 따라 서버의 CAD 데이터(경통의 기본 설계안)를 사용자의 지역 디렉토리에 다운로드 받게 된다. 이때의 통신 기반은 CORBA가 아니라 HTTP 프로토콜을 사용하게 된다.

사용자는 ActiveX Document Server로 만들어진 설계전문가시스템 클라이언트를 자신의 웹 브라우저로 적재한다. 이때 웹 브라우저는 설계전문가시스템 작동에 필수적인 클라이언트 측의 CORBA인터페이스를 제공해 줄 CORBA/OLE object broker (CORBA stub)와 클라이언트 프로그램의 실행에 필요한 GUI모듈 등 기타 요소들이 사용자의 시스템에 설치되어 있는지 확인하고, 설치가 되어 있지 않은 경우에는 이들을 다운로드하여 사용자의 시스템에 설치한다.

본 연구의 시스템은 서버와 클라이언트가 접속된 상태에서만 그 구성이 이루어지며, 동작을 하도록 설계되었다. 구성은 서버 측 구성 요소와 클라이언트 측 구성 요소 그리고 공통 구성 요소로 나누어진다. 시스템이 동작되는 상태의 서버와 클라이언트의 구성 요소는 Fig. 6과 같다.

서버측 구성요소는 CORBA서버(CORBA skeleton)화 한 전문가시스템 추론 엔진이 된다. 클라이언트 측 구성요소는 서버에서 제공한 설계전문가시스템의 GUI에 해당하는 클라이언트 프로그램과, 설계 정보인 CAD 데이터와 CORBA클라이언트(CORBA stub), 그리고 클라이언트에 설치되어 있던 CAD시스템(Solid Edge)과 웹 브라우저가 된다. 공통 구성요소는 Windows운영 체계에서 제공하는 Microsoft COM 환경과 CORBA의 실행(run-time) 환경이 된다.

사용자가 웹 브라우저에서 클라이언트 프로그램을 작동하면, Fig. 6에서와 같이 모든 요소들 간에 컨트롤이 발생하게 되며, 이때 다운로드 설치된 CORBA/OLE object broker를 통해 CORBA를 이용한 서버와의 통신이 시작된다. 사용자가 클라이언트 프로그램에서 렌즈 데이터를 입력하고 이 데이터에 적합한 경통 설계안을 얻기 위해 추론을 지시하면, 입력된 렌즈 데이터는 CORBA를 이용하여 서버에 전송되며, 서버에서는 전문가시스템 요소가 동작하게 되어, 클라이언트의 렌즈 데이터에 적합한 설계안을 찾기 위한 추론이 이루어지고, 서버의 전문가시스템은 추론 결과인 경통을 구성하는 각 부품의 치수를 CORBA를 이용하여 클라이언트에 전송한다. 사용자 기계의 클라이언트 프로그램은 CAD시스템을 호출하고 CAD 시스템은 HTTP를 통해 전송 받은 경통 기본 설계안을 적재하고, 서버의 전문가시스템 조언 결과에 따라 클라이언트 프로그램에서 받은 변경된 경통 치수 정보를 이용하여 설계 변경(geometric modeling)을 하게 된다.

각 모듈간의 제어 관계는 다음과 같다. 웹 브라우저(Fig. 6, ①)에 적재된 설계전문가시스템의 클라이언트 프로그램은 서버의 전문가시스템을 제어하는 한편, 클라이언트의 CAD시스템을 제어한다.

클라이언트 프로그램(Fig. 6, ②)은 추론을 하기 위해 Microsoft COM(Fig. 6, ③)에 기반한 기계 내부의 통신 환경을 통해, CORBA의 OLE Automation proxy 객체(Fig. 6, ⑤)를 호출한다. OLE Automation proxy 객체는 CORBA환경(Fig. 6, ⑦)을 통해 CORBA 서버로서 ORB에 등록되어 있는 CORBA/OLE object broker(Fig. 6, ⑥)를 원격 호출하게 되며, 이때 CORBA/OLE object broker가 서버에서 실행되게 된다.

한편, CORBA/OLE object broker의 속성(properties)과 메소드(methods)는 OLE Automation server(Fig. 6, ⑨)의 그것에 Microsoft COM(Fig. 6, ⑧)을 기반으로 바인딩(binding) 되어 있다. 따라서 실제적으로

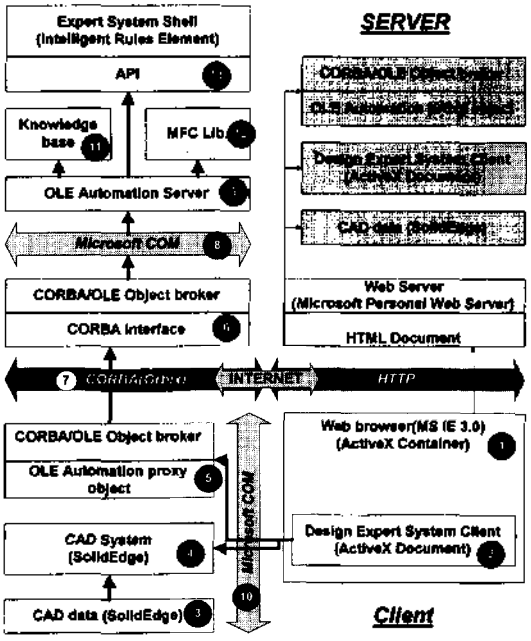

Fig. 6. Control flows between components after connection.

Expert System Shell and API	Intelligent Rules Element (Neuron Data)
MFC Library	Microsoft
[illegible]	Implemented [illegible]
[illegible]	Implemented [illegible]
[illegible]	Implemented [illegible]
[illegible]	Implemented [illegible]
COM	Microsoft
CORBA	Orbix (Iona Technologies)
Web Server	Personal Web Server (Microsoft)
[illegible]	Implemented (Microsoft Visual Basic)
[illegible]	Implemented (Microsoft Visual Basic)
CAD System	Solid Edge (Unigraphics Solutions)
Web Browser (ActiveX Document Client)	Internet Explorer (Microsoft)
[illegible]	Implemented

Fig. 7. Components of the system.

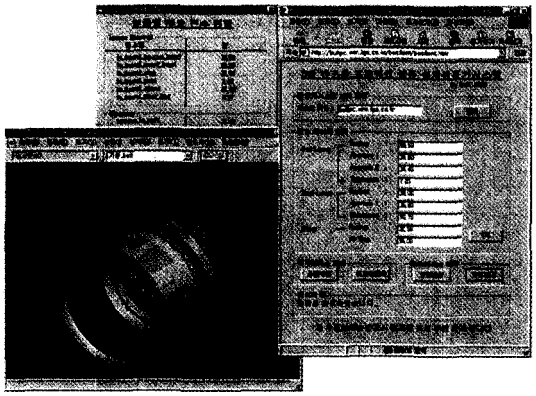

Fig. 8. Modified model based on inferencing results.

는 OLE Automation server가 동작을 하게 되며, OLE Automation server가 전문가시스템 추론 엔진이 된다.

OLE Automation server는 전문가시스템 쉘의 API(Fig. 6, ⑬)와 MFC 라이브러리(Fig. 6, ⑫)를 통합하여 구성하였으므로 실행과 함께, 전문가시스템 쉘의 실행 시간(run-time) 모듈을 기동하고, 이것이 지식베이스(Fig. 6, ⑪)를 적재하여 추론을 실시하게 된다. 즉, 지식베이스를 이용한 추론은 서버에서 이루어진다.

추론 결과를 넘겨 받은 클라이언트 프로그램은 결과 값을 내부 메모리에 저장하고 이를 이용하여 CAD 시스템(Fig. 6, ④)을 호출하여 CAD 데이터(Fig. 6, ③)를 제어(geometric modeling)하게 된다. 이때, 지식베이스는 서버에 위치하게 되어 사용자는 내용을 볼 수 없으며, CAD 데이터는 사용자의 기계에 다운로드 되었으므로 서버의 데이터와는 무관하다.

Fig. 6의 시스템은 가능성 검토를 위한 실험 시스템이므로 서버와 클라이언트 1개씩 만 구성하였다. 클라이언트에 서버 모듈(Web Server와 Fig. 6, ⑥ ~ ⑩)을 설치하고 서버에 클라이언트 모듈(Fig. 6, ① ~ ⑦) 을 설치할 경우 클라이언트는 서버로, 서버는 클라이언트로 작동된다.

Fig. 7은 실험 시스템에 사용된 각 콤포넌트를 도표로 간략화 한 것이다.

4.3 실험 결과

각 요소 기술들의 통합을 통해 설계 정보 공유 시스템을 구성하였다. 사용자는 웹 브라우저를 통하여 설계정보가 위치한 서버에 접속하여, 서버가 제공하는 HTML문서를 통해 부품 및 어셈블리에 대한 정보와 관련된 설계전문가시스템의 사용법을 안내 받는다.

클라이언트가 사용자의 웹 브라우저에 적재되고, 클라이언트가 서버의 전문가시스템 모듈에 접속하여, 지식베이스에 저장된 기초 데이터를 로딩한 상태와 주요 변수의 변화 상태를 보여주는 '부품별 주요변수 현황표'를 도시하였으며, Solid Edge에서 이 기초데이터를 기반으로 경통의 조립체 모델을 구성한 화면을 도시하였다. Fig. 8은 사용자가 렌즈 데이터를 변경하여, 서버에 있는 전문가시스템 서버에 전송하고 추론을 지시한 후, 그 추론결과에 따라 변경된 설계 모델의 모습을 보여준다.

설계변경의 내용을 살펴보면 다음과 같다. 본 연구의 설계전문가시스템은 모든 규칙을 순차적으로 조사하여 렌즈데이터의 변경 여부를 검사하고, 렌즈 데이터에 따라 경통의 각 치수를 조사하고 변경한다. 이때 경통 각 치수의 초기값은 무시한다. 설계변경을 수행하기 위하여 Air Gap의 수치를 16.9에서 35.0으로 변경하였다. 이 수치변경으로 전문가시스템은 다음과 같은 일을 수행한다. "2nd Lens"의 두께(Thickness)를 조사하여 이 값에서 1.73을 빼고 "in_barrel.thick_2nd"에 대입한다. 여기서 1.73은 경험값이다. 입력값 35.0에 0.96을 더하여 "in_barrel.ofront"를 35.96으로 변경하며, "spacer.tot_length", "out_barrel.tot_length"를 변경한다. "fclamp.stop"와 "spacer.in_rad1"를 변경한다. 상기와 같이 변경된 경통의 각 치수들은 설계전문가시스템 클라이언트에 전달되며, 클라이언트는 이를 이용하여 CAD시스템을 제어하여 변경된 치수에 따라 모델을 재구성 하게 되며, 이때 클라이언트는 변경된 치수를 '부품별 주요변수 현황표'를 이용하여 보여준다.

5. 결 론

5.1 연구의 결과

본 연구의 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 형상정보와 지식을 함께 공유하는 설계 정보 공유 환경에 대한 기본 아이디어를 제시하였으며, 이를 구체화하는 과정에서, 대부분의 윈도우기반의 CAD시스템이 제공하는 OLE객체 기술과, 분산 객체 기술의 업계 표준인 CORBA기술과, 전문가시스템, 그리고 웹을 통합하는 방법을 연구하였다.

2) 상기 연구를 바탕으로 실용적인 분산 설계전문가시스템의 구축 방안이 제시되었다.

3) 분산 설계전문가시스템을 바탕으로 설계지식이 포함된 설계 정보 공유 구조에 대한 프로토타입을 제시하였다. 본 연구에서는 Solid Edge를 사용하여 실험하였으나, 제시된 프로토타입은 마이크로소프트의 윈도우와, COM, 그리고 CORBA기반을 사용하는 모든 CAD어플리케이션에 적용이 가능하다.

4) 웹을 기반으로 하는 원격 설계에 있어서 기존의 CAD시스템을 활용함으로써, 이 분야의 문제점 중의 하나인 "기존 CAD시스템 활용 문제"[33]에 대한 해결 방안을 제시하였다.

5.2 향후 과제

전문가시스템은 전문가의 지식을 효과적으로 표현할 수 있는 기술이다. 그러나 규칙기반 전문가시스템에 있어서 규칙 작성의 어려움은 현장의 엔지니어들이 전문가시스템을 적용하는데 있어서 걸림돌이 되고 있다. 전문가의 지식은 해당 전문가가 전문 지식을 기술하는 방법을 잘 이해하고 스스로 지식베이스를 작성할 때, 가장 효과적으로 신뢰성이 있는 지식베이스를 작성할 수 있으며 효과적인 유지 보수가 가능하다. 이와 관련하여 다음과 같은 연구가 필요하다.

1) 손 쉽게 지식베이스를 작성할 수 있게 하는 방안이 연구되어야 할 것이다.

2) 따라서 인트라넷을 기반으로 한 설계정보 공유 시스템에서는 지식베이스를 작성하는 표준화된 방법이 제시되고, 엔지니어들이 쉽게 습득할 수 있는 방법이 연구되어야 한다.

3) 본 연구의 결과를 확장하여 분산되어 있는 설계 정보를 객체화 하고 이를 활용하는 방안에 대한 연구가 필요하다.

4) 이 연구는 멀티에이전트 시스템과 연관하여 연구할 필요가 있다.

5) 설계 객체들을 데이터베이스에 저장하여 활용하는 방안에 대한 연구와, 설계전문가시스템 제작에 대한 표준화 연구가 필요하다. 즉 지식베이스와 설계전문가시스템의 표준화에 관한 연구가 필요하다.

참고문헌

1. Orlando Belo, Antonio Ribero, "A Web-based framework for distributed expert systems", 1st Portuguese WWW Conference (CNW3), http://www.di.uminho.pt/~anr/PAPERS/WWW95/www95.html, html, Jul. 1995.
2. Sandia National Laboratories, "Jess: the Java Expert System Shell", http://herzberg.ca.sandia.gov/jess/, html, 1998.
3. William C. Regli, "Internet-Enabled Computer-Aided Design", *IEEE Internet Computing*, Vol. 1, No.1, pp. 39-51, Jan.- Feb. 1997.
4. Michael Terk, "Changing Priorities of Research on WWW-Based Engineering Services", *Workshop Proceedings of Network-Centric CAD:A Research Planning Workshop*, pp. 169-185, Dec. 1996.
5. 강춘식, "구성설계 방법을 이용한 차량용 오디오의 파라메트릭 설계", CAD/CAM학회 논문집, Vol. 2, No. 4, pp.276-285, 1997년 12월.
6. 김광수, "A Knowledge-based Approach Design for Assembly", 산업공학, 4권 2호, pp. 81-29, 1991.
7. Sang-Seob Kang , Sehyun Myung and Soon-Hung Han, "A Design Expert System for Auto-Routing of Ship Pipes", *Journal of Ship Production*, Vol. 15, No. 1, pp. 1-9, Feb. 1999.
8. 김상호, 명세현, 한순홍, "냉방기 설계를 위한 전문가시스템", 한국전문가시스템학회지, 3(1): 83-99, 1997년 6월.
9. 백순철, 최중민, 임영환, 장명욱, 박상규, 이광로, "분산 멀티에이전트 시스템의 상호 협력 제어", 정보처리논문지, 3권 7호, pp. 1803-1811, 1996.
10. 안상준, 이수홍, "WWW를 이용한 에이전트 기반 공동 설계 환경 개발", 한국 CAD/CAM학회 논문집, 3권 1호, pp. 31-39, 1998년 2월.
11. 이규열, 연윤석, 김수영, 윤영덕, "CALS지향 선박설계 에이전트 시스템 개발을 위한 기준 모델", '96 대한조선학회 추계 학술대회 논문집, pp. 75-78, 1996년 11월.
12. S. K. Lee, Jae Kyu Lee, K. J. Lee, "Customized Purchase Supporting Expert System: UNIK-SES", *Expert Systems with Applications*, Vol.11, No.4, pp. 431-441, 1997.
13. 이웅규, 이재규, "Intelligent Agent Based Electronic Marketing: UNIK-AGENT", 한국전문가시스템학회 '95 춘계학술대회 논문집, pp. 179-180, 1995년 6월.
14. 최해진, 이수홍, "WWW와 연계된 선박의 블록 분할 CAD모듈 개발", '97 한국 CAD/CAD학회 학

술발표회 논문집, pp. 16-25, 1997년 2월.
15. Tom Christiansen, "What is Perl?", http://language.perl.com/info/synopsis.html, html, 1996.
16. VRML Consortium, "What is VRML?", http://www.vrml.org/consort/FAQ.html, html, Mar. 1998.
17. 복기소,, "분산 지식베이스에 기반한 제품 설계 환경", 석사학위 논문, 한국과학기술원 기계공학과, 1998.
18. DARPA Knowledge Sharing Initiative External Interfaces Working Group, "Specification of the KQML Agent - Communication Language (draft)", 1993.
19. 김준환, 한순홍, "CORBA를 통한 STEP 데이터베이스의 인터넷 검색", CAD/CAM학회 학술발표회 논문집, pp.24-29, 1998년 2월.
20. Kraig Brockschmidt, "Inside OLE, second edition", Microsoft Press, 1995.
21. Jami J. Shah, Martti Mantyla, *Parametric and Feature - Based CAD/CAM*, John Wiley & Son Inc., New York, pp. 259-266, 1995.
22. Siang Kok Sim, Yiu Wing Chan, "A Knowledge-based expert system for rolling-element bearing selection in mechanical engineering design", *Artificial Intelligence in Engineering*, Vol.6 No.3, pp. 125-134, May 1991.
23. Nagarjun V. Yetukuri, Ranko Vujosevic, "Knowledge-based hand tool selection in concurrent design of mechanical systems", *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol.6, pp. 203-214, 1995.
24. 이효섭, 한순홍, "가전제품의 설계 지원을 위한 안전 규격 지식베이스의 구축", 정밀공학회지, 11권 4호, pp.106-113, 1994년 8월.
25. Do Yun Koo, Soon-Hung Han, Soo-Hong Lee, "An Object-Oriented Configuration Design Method for Paper Feeding Mechanisms", *International Journal of Expert Systems with Applications*, Vol. 14, No. 3, pp. 283-289, June 1998.
26. Neuron Data Inc, "Neuron Data Elements Environment: Intelligent Rules Element V4.0 - User's Guide", 1996.
27. Unigraphics Solutions, "Solid Edge", http://134.244.209.21/Default.htm, html, 1998.
28. Design and Modeling Applications Council association, "What is OLE for Design and Modeling?", http://www.dmac.org/whatis/whatis.htm, html, 1998.
29. Intergraph Corporation, "Solid Edge programming users guide", 1997.
30. Iona Technologies Ltd., "Orbix2, Desktop programming guide", pp. 4-9, 1996.
31. Microsoft Corporation, "ActiveX Controls", http://www.microsoft.com/com/activex.asp, html, 1998.
32. Jerry Anderson, "ActiveX programming with Visual C++5.0", Que Corporation, 1997.
33. Michael Terk, Presentation Summary of "Changing Properties of Research on WWW-Based Engineering Services", Workshop Proceedings of "Network-Centric CAD: A Research Planning Workshop", pp.49~51, National Institute of Science and Technology, Gaithersburg, Maryland, USA, Dec. 3-4, 1996.

복 기 소

1992년 성균관대학교 기계설계공학과 학사
1998년 한국과학기술원 기계공학과 석사
현재 LG전자(주) 디스플레이 연구소
관심분야: Design Expert System, Intelligent CAD, CFD.

명 세 현

1991년 한양대학교 기계설계학과 학사
1995년 KAIST 자동차 및 설계공학과 석사
1995년~현재 KAIST 기계공학과 박사과정
1999년~현재 Dassault Systems Korea, Application Specialist
관심분야: Solid Modeling, Design Expert System, Intelligent CAD, Simulation Based DEsign, Virtual Manufacturing.
E-mail 주소: sh_myung@ds-kr.com

한 순 홍

1977년 서울대학교 조선공학과 학사
1979년 서울대학교 조선공학과 석사
1990년 The University of Michigan 박사
1979년~1993년 한국해사기술연구소 CSDP 사업단
1993년~현재 한국과학기술원 기계공학과 교수
관심분야: 설계 전문가 시스템, 시스템 통합 (STEP), 형상 모델링