

---

# 웹 기반 협동CAD시스템의 솔리드 모델러 개발

김응곤\* · 윤보열\*\*

Development of a Solid Modeler for Web-based Collaborative CAD System

Eung-kon Kim\* · Bo-yul Yoon\*\*

## 요 약

본 논문은 인터넷 웹 상에서 협동작업으로 이루어지는 CAD시스템의 3차원 솔리드 모델러를 보여준다. 협동CAD시스템의 클라이언트는 자바 애플릿을 통해 웹 상에서 접근하고 솔리드 모델러 서버는 접속을 통제하는 접속관리자, 작업 그룹의 동기화를 유지하며 공유작업공간을 확보하는 작업관리자, 그리고 3차원 도형 객체를 생성하고 변형시키는 솔리드 모델러로 이루어져 있다. 솔리드 모델러의 시스템 라이브러리는 위크스페이스 클래스, 뷰 클래스, 평행투영 뷰 클래스, 원근투영 뷰 클래스, 솔리드 클래스 등으로 되어 있다. 기본도형을 생성하여 이동, 회전, 확대·축소하고, 다른 톨을 이용하여 제작한 오브젝트를 불러올 수 있다. 트리 형태의 장면그래프를 사용하므로 전체 구조를 쉽게 알 수 있고, 부분적 결합이 가능하며, 오브젝트의 선택이나 조작에 있어서 하위계층을 쉽게 제어할 수 있다. Java 3D를 이용하여 개발함으로써 많은 그래픽 라이브러리들의 특징을 편리하게 이용할 수 있으며, 다른 라이브러리에서 사용하지 않는 뷰, 렌더링, 애니메이션 등과 같은 새로운 기술들을 포함시킬 수 있다.

## ABSTRACT

We propose a Web-based collaborative CAD system which is independent from any platforms, and develop a 3D solid modeler in the system. We developed a new prototype of 3D solid modeler based on the web using Java 3D API, which could be executed without any 3D graphics software and worked collaboratively interacting with each user. The modeler can create primitive objects and get various 3D objects by using loader. The interactive control is available to manipulate objects such as picking, translating, rotating, zooming. Users connect to this solid modeler and they can create 3D objects and modify them as they want. When this solid modeler is imported to collaborative design system, it will be proved its real worth in today's CAD system. Moreover, if we improve this solid modeler adding to the 3D graphic features such as rendering and animation, it will be able to support more detail design and effect view.

## 키워드

CAD, 협동설계, 솔리드, 모델러

## I. 서 론

컴퓨터를 이용한 설계가 보편화되면서 다양한 CAD 시스템이 등장하게 되었다. 하지만 상용 CAD 시스템은 가격이 비싸고, 플랫폼에 의존하여 디스플레이 해야 하므로 프로그램을 포팅하기가 쉽지 않다.

자바언어를 이용하여 웹 상에서 수행되는 CAD 프로그램을 개발하면 이러한 문제들을 해결할 수 있다 [1]. 자바코드는 기계어로 컴파일되지 않고 플랫폼에 독립적인 바이트코드가 쉽다. 자바언어를 이용

---

\*순천대학교 컴퓨터학과  
접수일자 2002. 5. 15

\*\* 순천대학교 컴퓨터그래픽스 실험실

하여 웹 상에서 수행되는 CAD 프로그램을 개발하면 이러한 문제들을 해결할 수 있다[1]. 자바코드는 기계어로 컴파일되지 않고 플랫폼에 독립적인 바이트코드로 컴파일되므로 SGI 워크스테이션이나 SPARC 스테이션에서 동작하는 것처럼 PC에서도 잘 동작한다.

인터넷 서비스 중에서 웹은 사용하기 편리한 사용자 인터페이스와 멀티미디어 환경을 제공하여 주기 때문에 웹을 기반으로 한 다양한 서비스가 등장하고 있다. 이러한 일련의 변화는 CAD 엔지니어링 환경에도 큰 변화를 불러 일으켰다. 일례로 인터넷을 통한 각종 설계 정보 공유가 가능해졌으며, 더불어 CAD 데이터를 공유함으로써 공동의 프로젝트를 전개해 나갈 수도 있다[2][3].

상업용 솔리드 모델링 시스템은 여러 해 동안 사용되어 왔지만 아직까지 사용하기가 어려우며, 기능이 상대적으로 제한되어 있으며 다른 응용 시스템들과 통합하기가 어려웠다. 또한 웹 상에서 솔리드 모델의 디스플레이와 변경을 용이하게 해주는 도구는 개발되어 있지 않다. 최근 VRML(Virtual Reality Modeling Language)언어를 이용하여 웹 상의 가상세계에서 3차원 형상을 표현하는 도구가 개발되고 있으나 상호작용의 기능이 제한되어 있는 실정이다[2].

Java 3D를 이용하여 솔리드 모델러를 개발하면 여러 가지 장점이 있다. 첫째, Java 3D는 Java 확장 API이므로 시스템의 제약 없이 언제나 동일한 결과를 얻을 수 있어서 개발자들이 여러 플랫폼에 맞추어 개발하는 시간과 노력을 줄일 수 있다. 둘째, Java 3D는 기존의 많은 그래픽 라이브러리와 새로운 기술들을 포함하고 있다. 셋째로 Java 3D는 웹 상에서 구현이 가능하며, Java와 완벽하게 호환된다. 지금까지의 솔리드 모델러는 특정 플랫폼에서만 실행이 되거나, Java로 구현하였더라도 Java 3D를 사용하지 않아 모든 기능들을 만들어야 하므로 개발 시간과 기능 면에서 한계가 따랐다[4].

본 논문의 CAD시스템은 별도의 전용 시스템 없이 인터넷 망과 웹브라우저를 통해 원격 공동설계시스템 서버에 접속하여 각 클라이언트에서 공동작업이 이루어지도록 한다. 이 시스템은 Java3D API를 이용하여 웹 상에서 쉽게 오브젝트를 생성하고 조작하여 전송하거나 출력·저장할 수 있으며, 채팅을 통하여 설계자들이 인터랙티브한 작업을 가능하게 하고 있다.

## II. 관련 기술 및 연구

### 2.1 그래픽 애플리케이션을 위한 Java 3D

인터넷 상에서 하드웨어나 소프트웨어에 크게 구속되지 않고 쓸 수 있는 Java를 사용하여 개발한다. "Write Once, Run Anywhere"라는 표현처럼 중간 단계로 컴파일된 바이트코드를 사용하기 때문에 플랫폼에 영향을 받지 않는다. Java 3D는 Java의 확장 API로서 완벽한 호환을 갖고 3D그래픽의 고급 기능들을 포함하고 있다.

### 2.2 컴퓨터지원 협동작업

전통적인 협동작업은 일정한 시간에 일정한 장소에서 만나 자료를 보고 서로 말하면서 진행되었다. 오늘날에는 컴퓨터와 통신 기술의 발달로 시간과 공간의 제약 없이 공유된 가상 공간에서 상호작용을 하면서 효율적인 작업을 하는 새로운 시스템이 대두되고 있다[6].

컴퓨터 지원 협동 작업(CSCW : Computer Supported Cooperative Work)은 컴퓨터를 기반으로 공동작업을 지원하고 공동작업 그룹 사이의 상호작용이 이루어지도록 하고 있다. CSCW의 기반이 되는 컴퓨터 기술로는 컴퓨터, 사용자 인터페이스, 네트워크, 멀티미디어, 객체지향 개념, 가상현실, 인공지능 등이다. 지금까지 개발되어 이용해온 CSCW는 전자우편을 비롯하여 화상회의, 공동프로그래밍, 전자결재, 원격교육, 원격 진료 등이 있다[7]. 하지만 특정한 플랫폼을 요구하거나 특정 네트워크와 그룹소프트웨어를 사용하여 폐쇄적으로 공동작업이 이루어지는 경우가 대부분이며 점차 웹 상에서 이루어지도록 하고 있다.

### 2.3 관련 연구

웹 상에서 간단하게 디자인할 수 있는 Web CAD는 웹 상에서 간단하게 설계하여 밀링머신 등 NC가공 기계와 연계하여 사용할 수 있다. 그러나 여러 명이 동시에 상호작용을 하면서 협동작업을 할 수는 없다[8].

VRML 형식으로 동적인 3차원 데이터를 공유하는 공동설계/조립 평가 시스템이 있다. 부품 라이브러리를 구축하고, 이를 이용하여 제품개발자와 부품 공급

자가 각자의 부품형상을 가지고 웹 상에서 가상조립을 하고 동영상으로 저장이 가능한 시스템을 구현하였다. 채팅을 하면서 3차원 객체를 공유하나 이미 만들어진 2개의 형상을 단순히 이동시키거나 회전시킨다[9].

가상 가구 조립 시스템은 웹 상에서 가구 부품들을 선택하여 배열하고 크기를 조정할 수 있다. 협동작업이 이루어지지는 않지만 가구 판의 크기와 각도 등을 임의로 조정할 수 있으며 조립 완성 후 사용부품 리스트가 작성된다[10].

### III. 협동 CAD시스템의 구조

#### 3.1 시스템의 전체 구조

컴퓨터 지원 협동작업이 이루어지려면 공간적으로 떨어진 사용자들의 정보를 공유하기 위하여 컴퓨터 통신을 이용하여 정보를 주고받는 네트워킹이 되어야 하고, 이 통신망을 통하여 서로 협동작업을 수행하는 대상 물체를 공유 공간에서 볼 수 있도록 효과적인 파일 포맷이 요구되고 뷰 유지가 되어야 한다.

시스템은 클라이언트/서버 구조로 클라이언트는 자바 애플릿을 통해 웹 상에서 접근하고 서버는 자바 애플리케이션으로 접속을 통제하는 접속관리자, 작업 그룹의 동기화를 유지하며 공유된 작업 공간을 확보하는 작업관리자, 그리고 3차원 도형을 그릴 수 있는 솔리드 모델러로 이루어져 있다. 아래 그림1은 협동 CAD시스템 전체 구조를 보여주고 있다.

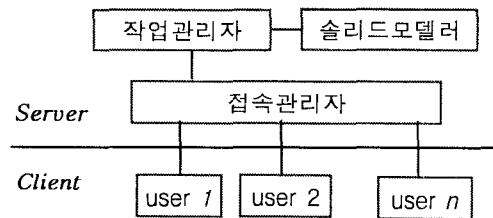


그림 1. 시스템의 구조  
Fig 1 Entire System Architecture

#### 3.2 서버의 구성

접속관리자는 웹서버를 통하여 들어온 클라이언트의 서비스 요청을 받아 분석하여 메시지로 세션관리

자에게 보내고, 처리된 결과를 웹 문서의 형태로 클라이언트에 전송한다. 사용자의 ID에 따라 접속을 설정하거나 해제할 수 있고, 작업하는 동안 클라이언트의 접속을 계속 유지시키는 역할을 한다. 포트 번호를 이용해서 서버 소켓을 생성하고 포트에 접근하는 클라이언트를 기다린다. 공동작업을 위해 각 노드들의 세션 연결에 관한 정보를 가지고 있으면서 공동작업시 작업 그룹을 생성하거나 삭제하는 기능을 담당한다. 작업 그룹에 클라이언트가 입장하거나 퇴장할 때 세션 정보를 관리하며 동기화 되도록 세션을 유지시킨다. 그림2는 접속관리자의 구조를 보여준다.

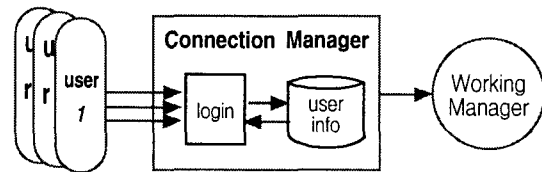


그림 2. 접속관리자 구조  
Fig. 2 Connection Manager

작업관리자는 클라이언트의 작업 요청에 따라 실제적인 작업을 처리한다. 개인작업공간과 공유작업공간을 확보하도록 하고 도형 객체를 생성하거나 저장된 파일을 불러와 변형시킨다. 공유작업공간에서는 공동작업의 일관된 상태를 유지하면서, 그룹의 클라이언트들이 WYSIWIS(What You See Is What I See) 상태에서 작업을 수행할 수 있도록 뷰 동기화(View Synchronization)한다. 그림3은 접속관리자의 구조를 보여준다.

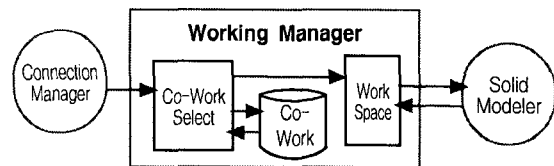


그림 3. 작업관리자 구조  
Fig. 3 Working Manager

솔리드 모델러의 시스템 라이브러리는 여러 가지 Java 클래스들로 구성된다. 워크스페이스는 워크스페이스

이스에 솔리드를 추가하거나 삭제하는 일을 수행하며 뷰는 워크스페이스에 솔리드 객체들을 디스플레이하는 추상클래스로서 평행투영 뷰 클래스와 원근투영 뷰 클래스는 뷰 클래스로부터 상속받으며, 워크스페이스에 여러 방향의 뷰를 나타낸다. 그림4는 솔리드 모델러의 개략적인 구조를 나타낸다.

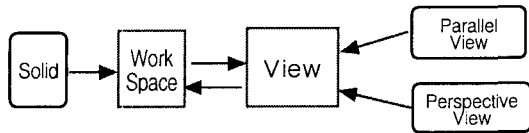


그림 4. 솔리드 모델러의 구조  
Fig. 4 Solid Modeler

### 3.3 클라이언트 구성

클라이언트에서는 일반적인 HTML문서와 Java 애플릿을 사용한다. 기본적인 통신프로토콜은 HTTP를 사용하며 설계데이터의 교환은 소켓을 이용한다. 솔리드 모델의 X-Y평면, Y-Z평면, X-Z평면에 대한 투영도, 3차원 모델에 대한 평행투영도와 원근투영도를 4 개의 창에 표시한다. 툴박스를 통해 기본 도형을 만들 수 있고, 정밀한 객체를 생성하기 위해 수치 입력으로 객체를 만들 수 있다. 원만한 상호작용을 위해 채팅 창을 별도로 두고 대화를 나눌 수 있다. 그림5는 본 시스템의 공유작업 공간의 클라이언트 인터페이스를 보여주고 있다.

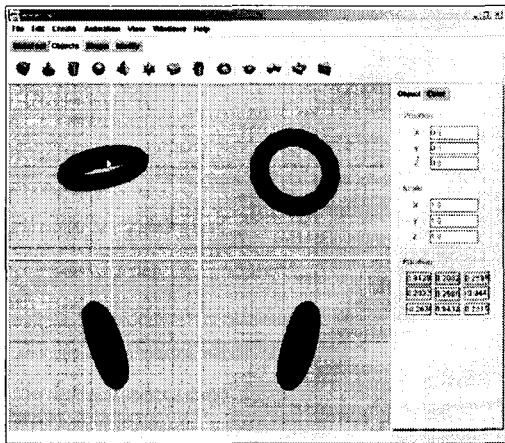


그림 5. 클라이언트의 인터페이스  
Fig. 5 Interface of Client

## IV. 솔리드 모델러

### 4.1 솔리드의 데이터 구조

솔리드 모델은 그림6과 같이 솔리드(Solid), 면(Face), 루프(Loop), 반모서리(HalfEdge)와 꼭지점(Vertex)으로 구성되며, Mantyla가 제안한 반모서리(Half Edge) 데이터구조를 이용한다[5]. 그림 6은 피라미드 모델을 반모서리 데이터구조로 표현한 것이다[11].

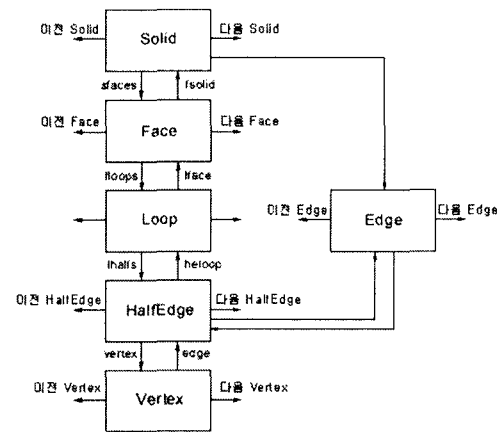


그림 6. 반모서리 데이터구조  
Fig. 6 HalfEdge data structure

### 4.2 시스템 라이브러리

솔리드 모델러는 Java 3D를 이용하여 개발하며, 시스템 라이브러리는 여러 가지 Java 클래스들로 구성된다. 시스템 레벨의 클래스는 워크스페이스 클래스(Workspace class), 뷰 클래스(View class), 평행투영 뷰 클래스(ParallelView class), 원근투영 뷰 클래스(PerspectView class), 솔리드 클래스(Solid class)로 구성하였다[12].

워크스페이스 클래스는 워크스페이스에 솔리드를 추가하거나 삭제하는 일을 수행하는 클래스이다. 뷰 클래스는 워크스페이스에 솔리드 객체들을 디스플레이하는 추상클래스로서 평행투영 뷰 클래스와 원근투영 뷰 클래스는 뷰 클래스로부터 상속받으며, 워크스페이스에 여러 방향의 뷰를 나타낸다.

솔리드의 기본입체로는 육면체, 원기둥, 원뿔, 토러스, 피라미드, 구 등이 있다. 이들 기본입체에 대하여

INTERSECT, DIFFERENCE, UNION과 같은 부울리안 연산을 수행하여 솔리드 모델을 만들 수 있게 된다. 솔리드 객체에 대하여 TRANSLATION, SCALING, REFLECTION, ROTATION과 같은 변환을 수행할 수 있다. 뷰 제어와 렌더링 및 애니메이션은 Java 3D에서 제공하는 풍부한 3차원 그래픽스 라이브러리를 이용한다.

#### 4.3 장면 그래프를 통한 오브젝트의 생성

장면그래프(Scene Graph)를 사용하여 오브젝트를 생성함으로써 부분적인 오브젝트를 만들어 쉽게 결합할 수 있으며, 오브젝트를 계층적으로 제어하여 조작할 수 있는 장점을 지니고 있다. 그림 7은 Java 3D의 Scene Graph를 보여 주는데 visual object는 도형의 요소 Geometry와 색깔, 재질 등의 외형 속성을 나타내는 Appearance로 나타낼 수 있고 여기에 카메라, 조명 등 view branch group과 결합된다[13].

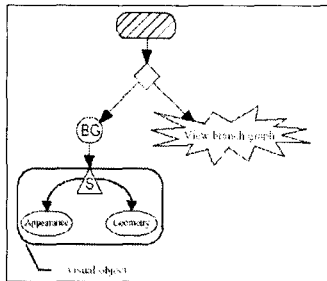


그림 7. 장면 그래프  
Fig. 7 Scene Graph

#### 4.4 오브젝트의 변형

Scene Graph 내에서의 오브젝트 변형은 TransformGroup 내에 기하도형을 생성한 후 이동, 확대, 축소를 위한 Transform3D 클래스의 추가로 이루어진다[13].

오브젝트의 이동은 기본적으로 평행이동으로 이루어진다. Transform3D의 메소드 내에서 부동소숫점 형식의 x, y, z 좌표의 입력으로 수행된다. 오브젝트의 확대와 축소는 Scale 메소드에 의해 이루어지는데, 주어진 벡터의 값만큼 x, y, z 축으로 균일하지 않은 크기로 수행된다. 회전변환은 회전축의 명시에

의해 원점에 대해 z축을 기준으로  $\theta$  만큼 회전변환을 수행하게 된다.

#### 4.5 Picking

Picking이란 화면 내부의 물체 혹은 물체의 일부분을 구성하는 메쉬 등을 선택하는 것이다. 이는 포인팅 디바이스 등으로 어떤 오브젝트를 선택하여 인터랙션이 이루어지도록 하기 위한 것으로 마우스 포인터 위치에서 내부 가상 세계에 광선을 쏘아 오브젝트와의 겹치는 부분(intersection)을 찾아내는 것이다[14].

마우스 포인터(x,y)와 오브젝트(x1,y1)와의 거리(D)를 구해 일정한 범위(APERTURE) 내에 들어있는지를 확인한다. 그림8의 왼쪽은 점(x1,y1)이 i)의 경우로 picking이 안되고, 오른쪽 그림은 ii)의 경우로 점(x1,y1)이 picking이 된다[15].

$$D^2 = (x-x_1)^2 + (y-y_1)^2$$

$$i) (x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 > APERTURE^2$$

$$ii) (x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 < APERTURE^2$$

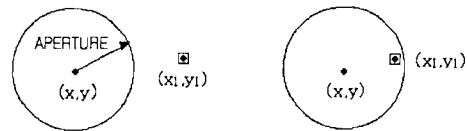


그림 8. 오브젝트가 점인 경우의 picking  
Fig. 8 Picking point

마우스포인터에서의 광선이 오브젝트와 겹치는 것을 찾는 방법은 컴퓨터 내부적으로 많은 산술연산을 요구하고 있다. Java 3D에서는 scene graph를 사용하므로 어떤 노드에 picking을 할 수 있다. 노드를 picking하는 경우에는 많은 계산을 필요로 하지 않으며 하위 오브젝트도 따라서 picking되는 효과를 가져오게 된다. Java 3D를 이용하여 3차원 가상 공간에서 효과적으로 오브젝트를 picking하기 위해 다음과 같은 방법을 사용한다[13].

첫째 방법은 scene graph node의 attribute와 capability를 이용하는 것으로, 노드에 setPickable() 메소드를 사용하여 true와 false값에 따라 선택한 노드의 하위구조까지도 intersection연산을 하지 않도록 한다.

```

Node Method
extends: SceneGraphObject
subclasses: Group, Leaf
void setBounds(Bounds bounds)
//노드의 geometric bounds를 설정한다
void setBoundsAutoCompute(boolean autoCompute)
//노드on/off의 geometric bounds를 자동계산하게 한다
setPickable(boolean pickable)
//true로 설정하면 이 노드는 picking이 되고,
false면 이 노드와 하위노드는 모두 picking되지 않는다
    
```

또한 특정 Group Node에만 적용하는 capability 설정이 있다.

```

Node Capabilities
ENABLE_PICK_REPORTING
//디폴트 값으로는 false를 가지며, group노드에서
//사용되고 leaf노드에서는 쓸 수 없다
ALLOW_BOUNDS_READ | WRITE
//bounds information을 read(write)할 수 있게 한다
ALLOW_PICKABLE_READ | WRITE
//pickability state를 read(write)할 수 있게 한다
    
```

둘째는 bounds를 설정하는 것으로 복잡한 도형에 대해 일정한 영역을 설정하여 연산을 빠르고 간단하게 하도록 한다.

```

PickBounds
PickBounds()
// PickBounds 생성
PickBounds(Bounds boundsObject)
// 특정한 파라미터를 주어 PickBounds 생성
Bounds get()
// PickBounds로부터 boundsObject를 얻는다
void set(Bounds boundsObject)
// boundsObject를 이 PickBounds 안으로 설정한다
    
```

셋째는 pick testing의 scope를 한정하여 intersection을 찾기 위해 모든 부분에 대해 연산하는 것을 줄일 수 있다.

#### 4.6 Concurrency

공유작업공간에서는 협동작업의 일관된 상태를 유지하면서 그룹의 참여자들이 작업을 수행할 수 있도록 지원해야 한다. 이런 협동 작업의 일관성을 유지하기 위해서는 동기화기법이 필요하다. 멀티 뷰를 통한 협력시스템에서의 뷰 동기화(View Synchronization) 유지를 위해 참여자의 조작은 서버로 전달되고 서버는 그룹의 각 참여자들에게 브로드캐스팅하므로 WYSIWIS 를 유지하도록 한다[14].

협동 작업의 동시성 제어를 위해 ordering과 locking을 이용하는 방법이 일반적이다. ordering방법은 여러 참여자의 작업을 일정한 순서대로 계속 적용시켜 나간다. locking방법은 공유객체의 작업을 권한을 한 참여자에게 줌으로써 일관성을 유지하는 방법

이다. 본 시스템에서는 협동 작업의 객체를 순서대로 제어하는 것이 아니라 동시에 제어해야 하므로 후자인 locking방법을 사용한다. 오브젝트의 action에 따른 lock table은 표1과 같다.

표 1. Object의 Action에 따른 Lock Table  
Table 1. Lock table for action

ACTION \ LOCK	Lock-S	Lock-X
create	○	×
open	○	×
delete	×	○
translation	○	×
zooming	○	×
rotation	○	×
save	×	○

## V. 결론

우리는 플랫폼에 구애받지 않으며 특정한 3차원 그래픽스 소프트웨어 없이 웹 상에서 설계할 수 있는 웹 기반 협동CAD시스템의 솔리드 모델러 개발하였다. Java 3D를 이용하여 개발함으로써 많은 그래픽 라이브러리들의 특징과 편리함, 그리고 다른 라이브러리에서 사용하지 않는 뷰, 렌더링, 애니메이션 등과 같은 새로운 기술들을 포함하고 있다.

클라이언트는 자바 애플릿을 통해 웹 상에서 접근하고 서버는 자바 애플리케이션으로 접속을 통제하는 접속관리자, 작업 그룹의 동기화를 유지하며 공유작업공간을 확보하는 작업관리자, 그리고 3차원 도형 객체를 만드는 솔리드 모델러로 이루어져 있다. VRML과 Java3D를 사용해 웹 상에서 쉽게 3D도형 객체를 생성하고 수정하고 전송하거나 저장할 수 있으며, 채팅을 통해 인터랙티브한 작업을 가능하게 하고 있다.

Java 3D를 이용해 오브젝트의 picking을 scene graph의 노드에 picking 속성을 주는 방법, bounds를 설정하는 방법, picking test의 범위를 한정하는 방법을 사용하여 computation의 부담을 줄이고 효과적인 picking이 이루어지도록 했다. 이는 계층구조를 가진 3D 도형에서 하위 계층의 모든 노드를 제어할 수 있는 큰 장점을 보여준다. 그리고 picking된 오브젝트

에 대해 어떤 조작을 가할 때 협동작업에 참여한 사람의 action에 따라 오브젝트에 Shared lock과 Exclusive lock을 적절하게 사용하도록 하였다. 이는 참여자들이 여러 오브젝트를 서로 공유하면서 방해받지 않고 효과적인 협동설계가 가능하게 해준다.

기존의 상용 CAD시스템은 웹에서의 사용이 불가능하며 협동작업이 이루어질 수 없는 반면에 본 솔리드 모델러는 모두 가능하다. 협동작업시스템은 대개 공유객체가 문자 중심이나 본 솔리드 모델러는 3D오브젝트를 생성하고 변형시킬 수 있다. 그리고 가격이나 업그레이드 면에서도 다른 시스템과 비교해서 매우 우수한 것임을 알 수 있다.

앞으로 네트워크의 속도와 안정성이 확보된다면 웹기반 CAD시스템은 CAD분야에 있어서 획기적인 변화를 가져오게 할 것이다. 여기에 렌더링이나 애니메이션 기능을 추가한다면 더 큰 진가를 발휘하게 되리라고 본다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부, 한국과학재단지정 여수대학교 "설비자동화 및 정보시스템연구개발센터"의 지원에 의해 연구되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

[1] 윤보열, 김응곤, "웹 기반 협동CAD시스템에 관한 연구", 한국해양정보통신학회 논문지 4권4호, 2000.12.  
 [2] 윤보열, 김응곤, "Design of a Solid Modeler Based on the Web", '99 International Symposium on FAIS Nov. 26, 1999  
 [3] 김관연, "WWW의 확장과 엔지니어링 환경의 변화", CAD&그래픽스, '1997. 4., pp.114.  
 [4] 윤보열, 김응곤, "Design of Web Based Solid Modeler", 한국해양정보통신학회 논문지4권1호,2000.2  
 [5] Subra Mohan, "The Fourth Generation of 3D Graphics APIs has arrived",  
<http://java.sun.com/products/java-media/3D/>

wp\_mktg/j3d\_wp.pdf, 1998  
 [6] Icgiro Hagiwara and Shinsuke Noda, "Homotopical Modeling as the Basis of New CAD Standard Homotopy CAD for Collaboration Engineering", IEEE p231-237, 1999  
 [7] 신승현, "컴퓨터지원 협동작업 연구",  
<http://www.mococo.co.kr/press/press02.html>  
 [8] WebCAD, "WebCAD", <http://cad.berkeley.edu/>  
 [9] 서울대 공학연구소, "네트워크와 가상현실을 이용한 공동설계/조립평가 시스템 개발", 정보통신부, 1998.  
 [10] Mathias Nousch, Bernhard Jung, "CAD on the World Wide Web : Virtual Assembly of Furniture", Faculty of Technology, Univ. of Bielefeld, 1998  
 [11] M. Mantyla, "An Introduction to Solid Modeling", Computer Science Press, Rockville, MD, 1988.  
 [12] Stephan C.F. Chan, Vicent T.Y. Ng, Albert S.F. Au, "A Solid modeling library for the WWW", Computer Networks and ISDN Systems 30, 1998.  
 [13] Bouvier(00) Dennis J. Bouvier, "Getting started with the Java 3D API", Sun microsystems, 2000,  
<http://java.sun.com/product/java-media/3D/collateral>  
 [14] 윤보열, 송승현, 김응곤, "협동설계시스템을 위한 오브젝트의 Picking과 Concurrency", 한국정보과학회 학술발표회 논문집, 2001.04.  
 [15] 심재홍, "컴퓨터그래픽스", 이한출판사, 1996

저 자 소 개



김응곤(Eung-kon Kim)

1980년 조선대학교 공학사  
1987년 한양대학교 공학석사  
1992년 조선대학교 공학박사

1984년~1986년 금성반도체(주) 연구원  
1987년~1991년 국방과학연구소 선임연구원  
1991년~1993년 여수수산대학교 전임강사  
1997년~1998년 UCSC Post Doc.  
1993년~현재 순천대학교 컴퓨터과학과 부교수  
※관심분야 : 컴퓨터그래픽스, 영상처리



윤보열(Bo-yul Yoon)

1984년 전남대학교 문학사  
1988년 조선대학교 공학석사  
2002년 순천대학교 이학박사

1984년~현재 순천메산고등학교 교사  
※관심분야 : 컴퓨터그래픽스, 멀티미디어, WBI