

## 네트워크 기반 CAD/CAE 기술동향



최 영\*

### 1. 서 론

인터넷과 웹 기술의 보급은 데이터의 공유와 글로벌 협력을 위한 새로운 소프트웨어 도구의 출현을 가능하게 하고 있다. 이러한 기술을 적절한 시기에 빠르게 채택하여 이용하는 것이 미래 기업의 사활을 결정하는 중요한 한가지 요소가 될 것임은 분명하다. 이러한 관점에서 엔지니어링 특히 CAD/CAE 분야에서의 인터넷의 사용 목적은 크게 두가지로 나누어 볼 수 있다. 그중 하나는 정보, 즉 데이터에 대한 접근을 용이하게 하기 위한 도구로서 사용하는 것이고, 두 번째는 소프트웨어 도구와 협력자를 찾아 이용하기 위한 것이다. 정보의 접근을 위한 방법으로는 크게 두가지 방법이 채택되고 있다. 그중 하나는 표준데이터의 디스플레이를 위한 CAD 브라우저이다. 현재는 STEP AP203, IGES, 오토데스크의 .dxf, .dwg, ACIS의 .sat, Pro/Engineer의 .neu, Parasolid의 .xmt 형식의 데이터에 대한 지원이 이루

어지고 있다. 정보의 접근을 위한 두 번째 방법은 인터넷의 정보 및 서비스를 CAD 데이터 내에 포함시키는 것이다. 즉 CAD 데이터 내에 인터넷상의 데이터에 대한 하이퍼링크를 포함하는 방법이다. Bentley System사의 MicroStation Link 등이 이러한 기능을 제공하고 있으며 여러 PDM 벤더들이 이와 유사한 접근방법을 채택하여 구현 중에 있다.

인터넷상의 소프트웨어 도구 및 협력자(collaborators)를 찾아 서로 연결하는 기능으로서의 인터넷 활용은 데이터의 단순 접근 보다 훨씬 중요한 위치를 차지한다. 여기에서 중요한 점은 네트워크 상에서 운용 가능한 소프트웨어를 지원하는 중간 레벨의 네트워크 서비스이다. 사용자 인터페이스, 그래픽 렌더링, 인터넷 서비스에 대한 접근, 디버깅 환경, 불균일한 소프트웨어 및 하드웨어 환경에서의 소프트웨어 개발 등이 이에 필요한 요소 기술들이다. 네트워크 서비스를 위한 방안으로 CORBA와 COM 등이 표준으로 개

\* 중앙대학교 기계공학부, 교수

발되어 사용 중에 있다. 이러한 표준 이외에도 상용 CAD 시스템들은 나름대로의 네트워크 지원 환경을 제공하고 있다. 그림 1은 인터넷과 CORBA/Java를 기반으로 하는 엔지니어링 환경의 일반적인 아키텍처를 보여준다.

## 2. 인터넷을 통한 데이터의 ACCESS

인터넷을 이용하여 CAD 데이터의 접근을 가능하게 하는 방법은 크게 두가지로 구분할 수 있다. 하나는 일반 브라우저의 플러그인 기능을 이용한 CAD 브라우저이고 다른 하나는 CAD 데이터 내에 하이퍼링크를 제공하여 인터넷을 통한 다른 데이터와의 연계를 추구하는 것이다.

### 2.1 CAD 브라우저

CAD 브라우저는 인터넷 기술을 CAD 분야에 적용시키기 위한 첫번째 시도라고 할 수 있다. CAD 브라우저의 목적은 소비자, 설계자 등이 인터넷을 통하여 쉽게 최근의 CAD 데이터에 접근할 수 있게 하는데 있다. CAD 브라우저가 가져야하는 특징으로는 다양한 CAD 데이터 형식을 디스플레이, 프린트하고 데이터를 검색할 수 있어야 한다. 이때 데이터의 형식은 IGES, STEP 등 표준형식을 포함하여야 한다. 각 CAD 벤더들이 자사의 데이터형식을 지원하는 CAD 브라우저를 내놓고 있는데, 오토데스크의 .dxf, .dwg, ACIS의 .sat, ProEngineer의 .neu, Parasolid의 .xmt 등의 형식이 지원되고 있다. 또한 VRML 형

식 등으로의 변환 기능 및 데이터 필터 기능을 제공하기도 한다. 이러한 소프트웨어들은 표준 인터넷 프로토콜들을 지원하고 있다.

최근 CAD 도면에 대한 red-lining 이나 마크업을 지원하는 저가 혹은 무상의 플러그인들이 출시되고 있는데 CAD 브라우저의 기능을 일부 가지는 소프트웨어라고 할 수 있다. VRML 데이터로 변환하여 가시화하는 어프로치도 있는데 이는 데이터의 더 이상 수정이 없는 정적인 데이터에는 적합할지 모르지만 데이터가 계속 수정되어 가는 동적인 데이터에는 적절치 못하다. 2차원 CAD 데이터를 위한 플러그인 모듈의 대표적인 예로는 오토데스크의 Whip plug-in이 있다. 이 플러그인은 .dwg의 변형인 .dwf 형식을 지원하는데 높은 비율의 압축을 사용한다. 그 외에도 InterCap Graphics Systems는 CAD 데이터를 2차원으로 디스플레이하고 red-lining, 줌, 팬 등을 가능하게 하는 CGM 플러그인을 무상으로 제공한다. 3차원 솔리드데이터를 디스플레이하는 뷰어로는 STEP Tools사의 STEP AP203 뷰어와 Spatial Technology사의 .sat 뷰어를 들 수 있다.

### 2.2 인터넷 지원 CAD 데이터

CAD 시스템을 인터넷과 통합한다는 것은 CAD 데이터나 엔지니어링 활동이 인터넷 상에서 서로 연결될 수 있다는 것을 의미한다. 인터넷 지원 CAD 데이터는 하이퍼링크를 이용하여 CAD 데이터의 geometry와 외부 자원을 연결시키는 것을 의미한다. 이는 복잡한 구조의 CAD 데이터를 관리할 수 있다는 것을 의미하며 단순히 CAD 데이터와 문서를 연결할 수 있다는 것만 해도 geometry 데이터만을 다루는 CAD 시스템과는 큰 차이를 가진다. Bentley Systems 사의 브라우저인 MicroStation Link는 CAD 데이터와 일반 html 문서를 동시에 다룰 수 있게 한다. 오토데스크 사도 Internet Toolkit을 이용하여 유사한 작업을 가능하게 한다. 이미 PDM 시스템들이 유사한 기능을 제공하지만 웹을 기반으로 하는 접근방식이 다른점은 PDM의 프레임워크에서

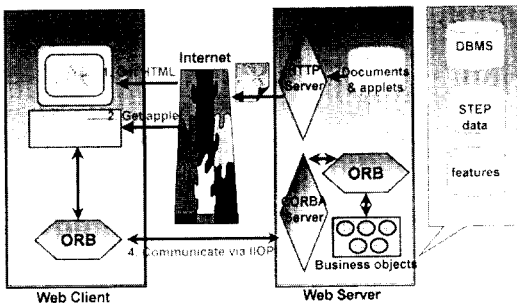


그림 1 CORBA 기반 엔지니어링 아키텍처

정의하지 않는 정보의 연결이 용이하다는 것이다. 그런데 PDM 시스템들도 이미 웹을 기반으로 하는 플랫폼에서 개발되고 있는 경향을 보이고 있다. 따라서 인터넷 지원 CAD 데이터는 PDM 소프트웨어에서 통합적으로 지원되는 것이 효과적이라고 볼 수 있다.

### 3. 소프트웨어 도구의 ACCESS

CAD 데이터가 네트워크 상에서 접근 가능하게 되는 것과 동시에 네트워크를 기반으로 하는 응용소프트웨어의 필요성도 증가하고 있다. 네트워크 기반 엔지니어링 어플리케이션의 개발에는 사용자 인터페이스의 개발, 렌더링, 인터넷 서비스의 접근, 디버깅 환경, 이중 시스템의 하드웨어, 소프트웨어 환경에서의 interoperation 등이 요구된다. OMG의 CORBA, Microsoft사의 COM, DCOM 등의 미들웨어가 이러한 interoperation을 위해 사용된다. 이를 위해서는 새로운 엔지니어링 환경의 infrastructure가 필요하게 된다. 즉 독립된 단위의 어플리케이션이 아니고 설계, 해석, 생산 단계에서의 어플리케이션이 분산환경 하에서 통합되어 있고 관련 데이터가 공유되는 새로운 엔지니어링 infrastructure가 요구된다. 새로운 엔지니어링 infrastructure를 위해서는 CORBA 오브젝트, Java 에이전트 등을 이용한 기능적 interoperation이 필요하게 된다. 여기에 더해 STEP과 같은 라이프사이클 제품 데이터의 표준이 요구된다.

#### 3.1 인터넷 기반 어플리케이션

앞에서 개략적으로 설명된 CAD와 관련되는 인터넷 기반 어플리케이션의 예를 살펴보자. 이러한 어플리케이션의 일부는 현재 제공되고 있으며 발전 속도가 매우 빠르다.

#### 3.2 온라인 documentation, training, support

지금까지는 프린트된 문서의 보조 수단으로 사용되었던 온라인 문서가 이제는 프린트를 대체

하는 경향으로 움직이고 있다. 로컬머신에 존재하는 온라인 문서가 아니고 인터넷을 통하여 지원되는 매뉴얼 등은 관리비용 등에 있어서 매우 유리하다.

#### 3.3 온라인 제품정보

실제로 엔지니어는 필요로 설계 혹은 제품정보를 찾는데 많은 시간을 소비한다. 프린트된 도면, 설계노트, 카탈로그 등으로부터 필요한 정보를 얻는 것이 여기에 해당되는데 네트워크를 통한 정보의 입수는 많은 시간을 절약시켜준다. 온라인 정보는 제조, 소프트웨어 서비스, 제품정보, 카탈로그 등을 포함한다. 물론 설계정보도 여기에 포함될 수 있다. 현재 이미 InPart 사 등에서는 웹을 통하여 3차원 설계 데이터를 여러 CAD 데이터 형식으로 온라인 판매하고 있다.

#### 3.4 데이터 변환

다양한 CAD 시스템들의 존재로 인하여 동일한 개수의 native CAD 데이터 포맷이 존재하게 된다. 따라서 다른 기업과의 협력이나 심지어는 동일 기업내의 타부서와의 협력에도 데이터 형식의 불일치가 발생하게 되어 데이터 변환의 필요성이 생기게 된다. 각 CAD 시스템들이 일부 변환 기능을 제공하고는 있지만 완벽하지는 못한 것이 현실이다. 이러한 변환서비스를 인터넷을 통해서 제공하는 방법이 효과적이다. IGES, STEP 등의 표준 형식과 주요 CAD 벤더의 데이터 형식이 주로 지원되는데 현재 STEP Tools사의 변환 서비스가 여기에 속한다.

#### 3.5 에이전트 기술

소위 에이전트를 이용한 응용 서비스이다. 일반적으로 에이전트란 인텔리전트한 기능을 가지는 소프트웨어 요소로서 클라이언트에게 필요한 서비스를 찾아서 연결해주는 기술을 의미한다. 엔지니어링 에이전트에 대해서 현재는 대부분 연구단계에 있다.

3.6 제조 서비스

인터넷을 기반으로 하는 제조 자동화(Manufacturing Automation)는 상당히 큰 잠재력을 가지고 있다. 제조에 필요한 다양한 서비스를 인터넷을 이용해 연결한다는 것은 비용의 절감 및 자원 효율의 극대화라는 점에서 큰 의미를 가진다. 인터넷을 통한 가공장비의 공유 및 제조 관련 소프트웨어 서비스의 연결이 이에 속한다. 현재 패속시작기의 네트워크를 이용한 공유 기술이 이용되고 있으며 ARPA에서 지원하는 Acorn 프로젝트나 Madefast 프로젝트 등이 이러한 기술의 구현을 목표로 하고 있다.

4. 앞으로의 연구주제 및 방향

네트워크를 기반으로 하는 CAD/CAE 응용은 몇 년 전까지만 해도 초보적인 연구단계에 있었으나 지금은 매우 확산 단계에 있다. 현재까지의 연구 동향과 관련기술의 발전을 종합해 볼 때 다음과 같은 분야에서의 연구개발이 필요한 것으로 생각되고 있다.

● access to engineering information

다양한 방법으로 엔지니어링 정보를 제공하고 접근하는 방법이 시도되고는 있지만 다양한 정보를 효과적으로 통합하고 제공하는 방법에 대한 시도는 그렇게 많지 않았다. CAD 브라우저나 html 문서에 의한 단편적인 정보 보다는 보다 효과적인 정보의 통합, 구성 및 제공방안에 대한 연구가 수행되어야 한다. SGML/XML의 사용에 대한 연구가 이러한 연구의 일환이라고 할 수 있다.

● roles for intelligent agents

필요한 정보 및 응용 서비스를 찾는데 사용되는 지능 에이전트를 엔지니어링 분야에 적용하기 위한 기반 연구가 수행되어야 한다. 에이전트 기술과 방대하고 다양한 이질적인 엔지니어링 환경과 자원을 결합시키는 기술에 대한 연구가 필요하다. 기본적인 엔지니어링 응용분야를 지원할 수 있는 일반적인 에

이전트 아키텍처를 개발하고 필요에 의해서 특수한 에이전트를 개발하여 플러그인 할 수 있는 환경이 개발되어야 한다.

● information filtering

에이전트의 응용분야의 하나로 스마트한 정보 필터링 기능을 가지는 에이전트에 대한 연구가 필요하다. 이러한 연구에는 AI, 지식 표현, CAD, 네트워크 컴퓨팅 등에 대한 광범위한 기반이 필요하다.

● computer-interpretable information models

라이프사이클 제품정보 데이터를 기반으로 하고 컴퓨터가 이해할 수 있는 프로세스 정보의 표현이 필요하다. 특징형상을 기반으로 하는 프로세스정보의 자동 추출 및 이러한 기능의 네트워크 기반 구현에 대한 연구가 일부 수행되고는 있으나 정보의 표현이나 교환방법에 대한 일반적인 규약에 대한 연구는 미진한 상태이다.

● subscription-based information services

에이전트 기술, Java 등의 출현으로 인해 software-on-demand가 현실이 되고 있다. 엔지니어링 분야에서의 software-on-demand 경향은 단지 소프트웨어 혹은 데이터를 필요에 의해 사용한다는 의미 외에 전문가의 경험을 쉽게 사용할 수 있다는 측면도 있다. 이미 검증된 대형 상용 소프트웨어의 사용에 치우친 현재의 경향은 소수 전문가에 의해 개발된 서비스를 적은 리스크로 테스트해보고 사용할 수 있는 환경으로 바뀔 수도 있다.

● new standards

현재 STEP, CORBA 등이 기반 표준 기술로 사용되고 있는데 앞으로는 분산된 네트워크 환경에서 사용되는 응용 프로토콜에 대한 표준이 요구된다. 대표적인 예로는 OMG에서 추진중인 PDM Enabler를 들 수 있는데 이는 CORBA를 기반으로 하는 제조환경에서 이종의 PDM 시스템간의 서비스 통합을 위한 시도이다.

● internet performance

대부분의 인터넷 기반 응용 서비스가 데이터

의 공유 및 협동 작업에 초점을 맞추고 있지만 이 과정에서 많은 양의 CAD 데이터의 이동을 예측 할 수 있다. 데이터의 필터링이나 압축기술, 응용 서버에서의 데이터 가공 등이 물론 필요하지만 네트워크의 속도를 높이는 것도 중요한 측면이라 하겠다.

● economic and cultural issues

인터넷을 기반으로 하는 엔지니어링 환경의 구축에는 문화적인 관습, 비즈니스 혹은 엔지니어링 관습의 혁신이 필수적이다. 따라서 새로운 엔지니어링 프로세스의 확립에 대한 연구가 필요하다.

5. 인터넷 기반 CAD 응용 예 : 3D CAD CONFERENCE

본 절에서는 협력 CAD/엔지니어링을 위한 기반 기술로, CORBA와 Java 기술을 응용하여 WWW상에서 STEP 데이터를 다수의 사용자가 공유하고, 공통의 뷰를 가지고 컨퍼런스를 가능하게 하는 필자의 연구에 대한 소개를 하고자 한다. 본 연구 과정에서 개발된 시스템은 client/server 구조를 가지며, 클라이언트 부분은 Java로 작성되어 Web 상에서 실행되며 그 과정은 그림 2와 같으며, 그림 3은 공유된 모델에 대해 토의하는 화면이다.

5.1 Client와 Server의 구성

클라이언트와 서버는 CORBA에 의해 통합된다. 서버의 구현부분은 여러 개의 세션을 가지며

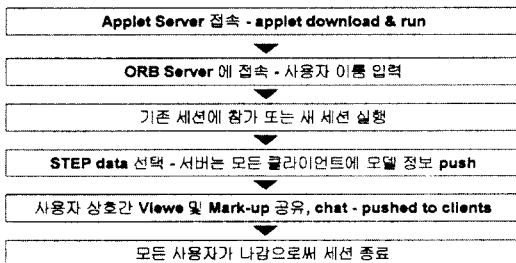


그림 2 원격 컨퍼런스 시스템의 작업 시나리오

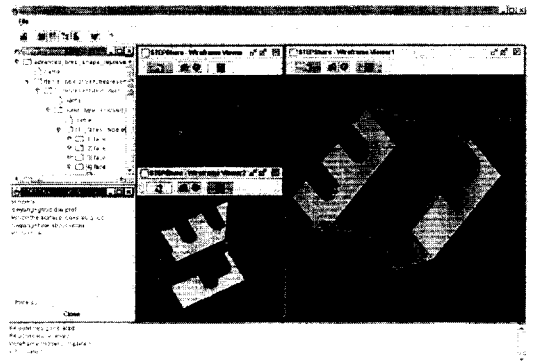


그림 3 선택된 CAD 데이터에 대한 토의 화면

클라이언트 측에서 볼 때, 하나의 세션은 컨퍼런스를 위한 완전한 기능을 제공하며 세션에 연결된 사용자들은 모두 같은 데이터와, 뷰, 마크업 정보 등을 공유하게 되고, 세션은 연결된 클라이언트들의 레퍼런스를 가지고 있어 사용자간 발생하는 이벤트를 중계한다. 또한 각각의 세션들은 서로 독립적이므로 하나의 서버에는 동시에 여러 개의 세션이 존재할 수 있다.

클라이언트는 기본적인 GUI를 제공하며, 사용자가 뷰 변경, 마크업, 챗(chat) 메시지를 발생시킬 때, 이를 서버 사이트의 세션 객체에 전달함으로써 다른 사용자들과 정보를 공유할 수 있게 한다. 마찬가지로, 서버 측에서 전달되는 다른 사용자들이 발생시킨 이벤트에 대해 반응한다. 그림 4는 클라이언트와 서버 컴포넌트간의 연결을 보여준다.

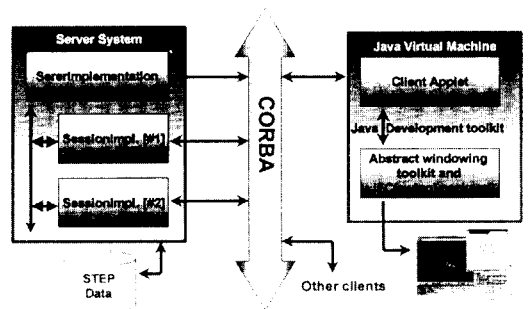


그림 4 Client/Server 모듈 구성

5.2 개발 환경 및 구현 방법

본 시스템의 개발에 사용된 환경은 다음과 같다.

표 1에서 OrbixWeb은 개발과정에서 CORBA의 IDL (Interface Definition Language)-to-Java 컴파일러와 실행 과정에서 ORB (Object Request Broker)를 제공하기 위한 도구이며, ST-Developer는 서버 쪽에서 STEP part 21로 기술된 물리 파일을 해석하고 영속적 객체로 만들기 위한 도구와 라이브러리로 사용된다. GUI를 위한 API로써 사용한 JFC (Java Foundation Classes)는 현재 swing이라는 프로젝트명으로 Sun과 Netscape에 의해 개발중이며 추후 Java 1.2에 포함될 예정이다. 이들 도구를 이용하여 서버와 클라이언트 모듈들의 개발은 WindowsNT 4.0에서 이루어지고, 서버 쪽에서 사용되는 바이너리는 x86 계열의 NT 워크스테이션이나 서버에서 동작하게 컴파일 되었으나, 클라이언트 부분은 순수 자바로 작성되어 AWT (Abstract Windowing Toolkit) 1.1을 지원하는 웹브라우저라면 플랫폼에 무관하게 작동된다. 컴파일된 서버 부분은 ORB가 액세스 할 수 있는 저장소 (repository)에 설치되고, 클라이언트 부분은 웹 문서와 함께 클라이언트 컴퓨터로 이동될 수 있도록 웹 서버에 설치된다.

5.3 CORBA Application의 개발

CORBA를 이용하는 응용프로그램에서 첫 번째 단계는 클라이언트와 서버 객체간의 데이터 및 이벤트를 정의하는 IDL을 정의하는 것이다. 본 연구에서는 3차원 형상을 포함하는 STEP 데이

터를 엔티티 레벨에서 공유하고, 뷰와 마크업을 공유하기 위하여 그림 5와 같은 인터페이스를 정의한다.

일반적인 CORBA의 서버 객체들은 서버에 인스턴싱되며, 클라이언트 측의 요구에 의해 원격 호출 (remote invocation)된다. 그러나 컨퍼런싱 시스템에서는 서버 쪽에서 클라이언트 쪽에 능동적으로 데이터나 이벤트를 보내야 하는 일이 빈번하게 발생하므로 callback 메카니즘을 이용하게 된다. callback 객체는 클라이언트에 인스턴싱되며 서버가 클라이언트에 요청하여 원격 호출된다. 그림 6은 본 시스템에서 callback 메카니즘의 이용을 나타낸다.

서버는 사용자의 요청에 의해 세션을 생성, 소멸하게 하고 STEP 물리 파일을 읽어들이어 엔티티와 그속성 레벨에서 다수의 사용자간 공유를 가능하게 하는 기능과, 컨퍼런스 관련 이벤트를 받아들여 세션에 참가한 사용자들에게 전달하는 역할을 한다. 이러한 기능은 IDL로 정의되어 있으며 서버의 구현은 IDL-to-Java에 의해 자바로

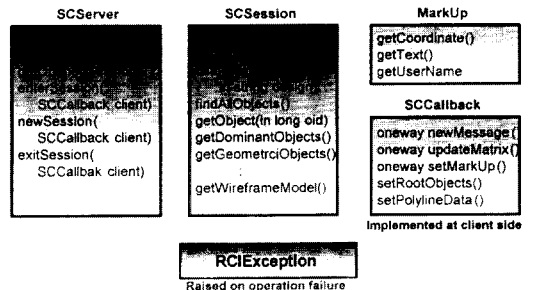


그림 5 컨퍼런싱을 위한 IDL 정의 예

표 1 개발 환경

용도	제품명
CORBA Tool	Iona OrbixWeb 2.0.1
STEP Tool	STEPTools ST-Developer 1.5
Java Compiler	Sun Microsystems JDK 1.1.6
GUI Tool	Sun Microsystems JFC 1.1.0 beta2
C++ Compiler	Microsoft VisualC++ 5.0
Operating System	Microsoft WindowsNT 4.0

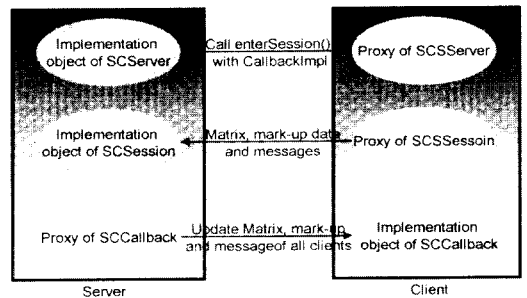


그림 6 callback mechanism의 이용

매핑된 객체의 구현부를 작성함으로써 이루어진다. 본 시스템에서 객체 구현은 그림 7과 같이 계층 구조를 가진다.

클라이언트 부분의 구현은 IDL 정의 객체의 스텝 (stub) 을 이용하여 서버 객체가 클라이언트에 있는 것처럼 작성된다. 이는 프로그래머의 입장에서 네트워크에 투명하게 이루어지므로 소켓 (socket) 프로그래밍과 같이 복잡한 저수준의 프로그래밍 작업을 덜게 해준다. 그림 8은 클라이언트쪽의 엔터티 브라우저에서 선택된 객체를 형상으로 보여주는 예인데, 이는 서버 데이터를 객체 레벨에서 공유함으로써 구현된다.

그림 9는 그림 8에 나타난 엔터티 브라우저를 구현하기 위한 GUI 객체가 CORBA 객체와 연결되는 관계를 보여준다. 이들 UI 객체들은 각각 클래스 단위로 표시되어 있으며 트리 컨트롤

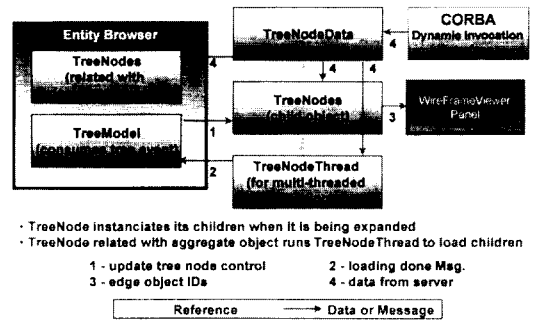


그림 9 Entity browser에서의 이벤트 전달

(tree control) 을 구현하기 위한 JFC 클래스들로부터 상속받고 있다. 이와 같은 구조는 사용자 이벤트가 발생할 때 실제로 ORB를 통해 서버와 통신하며 동작하지만 클라이언트에 쪽에서만 실행되는 것처럼 투명한 동작을 가능하게 한다.

### 6. 결 론

본고에서는 인터넷 기술의 발달과 더불어 대두되고 있는 인터넷 기반 CAD/CAE, 조금 더 넓게는 인터넷 기반 엔지니어링의 현재와 미래에 대해 살펴보았다. 본문에서 보듯이 아직 많은 미개척 연구분야가 있으며 실제적인 연구에 대한 산업계의 수요가 늘고 있는 추세에 있다. 후반부에서는 관련 기술 및 소프트웨어 도구의 사용에 대한 아이디어를 제공하기 위하여 이와 관련한 필자의 연구를 간략하게 소개하였다.

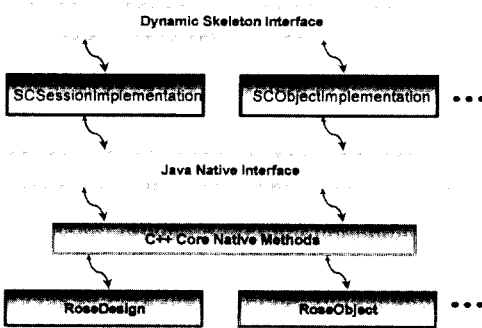


그림 7 Java와 C++로 쓰여진 객체 구현

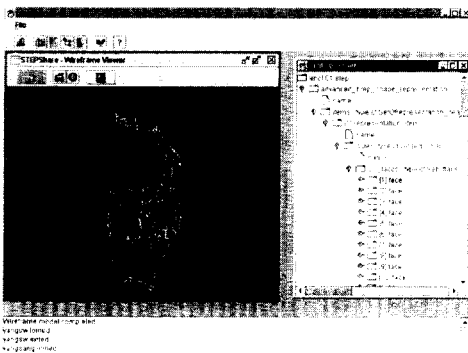


그림 8 서버객체와 연결된 GUI 객체

### URLs for INTERNET-ENABLED CAD

AMP Connect Electronic Catalog  
[connect.ampincorporated.com](http://connect.ampincorporated.com)

ARPA Acorn Project  
[acorn.eit.com](http://acorn.eit.com)

Autodesk ARX  
[www.autodesk.com/products/spapps/arx/arx.htm](http://www.autodesk.com/products/spapps/arx/arx.htm)

Autodesk Whip Plug-in

[www.autodesk.com/products/autocad/whip/whip.htm](http://www.autodesk.com/products/autocad/whip/whip.htm)

Bentley MicroStation Development Language

[www.bentley.com/tools/mdl.html](http://www.bentley.com/tools/mdl.html)

Common Object Request Broker Architecture

[www.omg.org/teckie.htm](http://www.omg.org/teckie.htm)

GE Concurrent Engineering Toolkit  
[ce-toolkit.crd.ge.com](http://ce-toolkit.crd.ge.com)

IndustryNET

[www.industry.net](http://www.industry.net)

InterCAP InLine and Active CGM

[www.ingr.com/icap/activCGM.htm](http://www.ingr.com/icap/activCGM.htm)

Intergraph Jupiter Technology

[www.intergraph.com/iss/technologies/jupiter/](http://www.intergraph.com/iss/technologies/jupiter/)

Java

[java.sun.com](http://java.sun.com)

Microsoft COM/DCOM/OLE

[www.microsoft.com/oledev/](http://www.microsoft.com/oledev/)

Netscape's Open Network Environment and the Internet Inter-ORB Protocol (IIOP)

[developer.netscape.com/library/one/index.html](http://developer.netscape.com/library/one/index.html)  
[home.netscape.com/comprod/one/white-paper.html](http://home.netscape.com/comprod/one/white-paper.html)

Object Management Group

[www.omg.org](http://www.omg.org)

OLE for Design and Modeling

[www.dmac.org](http://www.dmac.org)

PartNet Parts Information Network

[www.part.net](http://www.part.net)

PartsNow Online Fabrication Service

[www.partsnow.com](http://www.partsnow.com)

Spatial Technology's 3D Building Block

[www.spatial.com/spatial/3dblox.htm](http://www.spatial.com/spatial/3dblox.htm)

STEP Tools ST-Visualizer

[www.steptools.com/st-viz/](http://www.steptools.com/st-viz/)

Structural Dynamics Research Corporation

[www.sdrc.com](http://www.sdrc.com)

## 참 고 문 헌

1. Regli, W.C., "INTERNET-ENABLED Computer-Aided Design", IEEE Internet Computing, pp.39~50, Jan./Feb. 1997.
2. Hardwick, M. et al, "Sharing Manufacturing Information in Virtual Enterprises," Communications of ACM, pp.46~54, Feb. 1996.
3. Erkes, J.W. et al, "Implementing Shared Manufacturing Services on the World Wide Web," Communications of ACM, pp.34~46, Feb. 1996.
4. Cutkosky, M.R., Tenenbaum, J.M., and Glicksman, J., "Madefast: Collaborative Engineering over Internet," Communications of ACM, pp.78~87, Sep. 1996. 