

# 인터넷을 통한 스페이스 프레임 구조 해석에 관한 연구

## A Study of Structural Analysis for Space Frame on the World Wide Web

석창목\*\*      남상관\*      박상훈\*\*      정환목\*\*\*      권영환\*\*\*\*  
Suk, Chang-Mok,      Nam, Sang-Kwan,      Park, Snag-Hoon,      Jung, Hwan-Mok,      Kwon, Young-Hwan

### Abstract

This paper proposes structural analysis on the World Wide Web to form a part of the architectural design project. It purposes modeling space frames and a structural analysis program on the internet only by inputting basic data for forming a shape in the whole phase of space frame analysis. The analysis data is conducted by Oracle DBMS(DataBase Management System), GUI(Graphic User Internet) by Java Applet and connection with server and database by Java Servlet respectively. The result from modeling and analysis is provided as graphic and text file forms by web browsers. Programs can be executed irrespective of user's OS by using internet and highly-secured system is constructed taking advantage of Java. Of great efficiency is maintaining and recycling data as the whole is dealt by database from the beginning to the end of program.

*keywords : Space Frame, Structural Analysis, Internet, Java, Database, Object Oriented Programming*

## 1. 서론

컴퓨터가 발전함에 따라 구조 해석 및 수치해석 분야에서 컴퓨터가 차지하는 비중이 점점 커지고, 간단한 개인 연구용 프로그램에서부터 거대한 상업용 범용 패키지까지 컴퓨터의 활용 범위는 매우 방대하다. 특히 최근에는 개인 PC의 성능 향상으로 대형 슈퍼컴퓨터에서 가능하던 작업들이 개인 PC에서 활용되면서 그 범위는 점점 확대되고 있다.

또한, 컴퓨터 프로그래밍 분야에서도 예전의 Fortran을 이용한 절차적 프로그래밍 방법론에서, 최근에는 객체지향 프로그래밍(Object Oriented Programming) 방법론<sup>1)</sup>으로 바뀌어 가고 있는 실정이다.

객체지향 프로그래밍 방식으로 프로그램을 구축할 경우 재사용성이 뛰어나기 뿐만 아니라 프로그램의 수정, 확장 그리고 유지관리가 효과적인 장점이 있

다. 그러므로 객체지향 프로그래밍 방법론은 연구자들로 하여금 건축구조분야에서 통합 프로그램 개발<sup>2)</sup>을 가능하게 하였다.

그러나 아직 대부분의 통합 프로그래밍 방식은 여전히 절차적 프로그래밍 방법을 크게 벗어나지 못하고 있으며, 개발된 프로그램들 또한 C/C++ 언어로 제작되어 OS (Operating System)나 플랫폼에 종속된 형태로 제작되어 있으므로, 개발자측면에서는 개별 플랫폼마다 다른 프로그램을 개발해야 함으로서 다양한 분야에서 요구되어지는 응용 프로그램 개발이 늦어지고, 인적 및 물적 낭비가 많은 실정이다. 또한, 사용자측면에서는 프로그램에 따라 소프트웨어나 플랫폼을 선택해야 하거나, 저작권 문제로 필요한 수만큼의 프로그램을 구입할 수 없는 등 경제적인 문제로 인한 어려움을 야기 시키고 있다.

현재 컴퓨터의 이용은 개인 PC 사용 위주에서 업무 효율성 측면이나 자료 관리 측면에서 우수한 통합 서버(Server)-클라이언트(Client) 시스템의 형태로 전환되어 가고 있다.

컴퓨터를 이용한 건축분야 전반에 관한 업무도

\* 학생회원 · 경북대학교 대학원 석사과정

\*\* 학생회원 · 경북대학교 대학원 박사과정

\*\*\* 정회원 · 경동대학교 건축공학부 교수, 공학박사

\*\*\*\* 정회원 · 경북대학교 건축공학과 교수, 공학박사

계획, 설계, 구조설계, 설비뿐만 아니라 시공관련 업무까지 개인 PC에서 이루어지는 대신, 작업 관리가 통합적이고 효율적으로 이루어 질 수 있는 서버-클라이언트 시스템의 적용이 고려되고 있다.

본 논문에서는 건축 설계 통합 시스템 개발의 일환으로, 구조해석 분야의 업무를 인터넷을 이용하여 통합적으로 진행할 수 있는 방법론을 제시하고, 최근 월드컵 축구 경기장의 건설 등으로 관심이 높아지고 있는 스페이스 프레임(Space Frame) 구조물에 대한 구조 설계 통합 시스템을 인터넷상에서 구현하는 것을 목적으로 한다.

스페이스 프레임의 구조 해석을 위한 통합 설계 과정은 전처리 단계(구조물 형태자료 입력과 모델링 단계), 구조해석 단계(구조물의 응력 및 좌굴 해석 단계), 구조설계 단계(구조 해석 결과를 바탕으로 부재 및 접합부 설계 단계), 결과 및 계산서 작성 단계 등으로 나눌 수 있다.

스페이스 프레임 구조물은 기하학적 자료를 포함하는 대부분의 데이터를 사용자가 입력하여 해석하도록 되어있어 이는 상당한 시간과 노력이 필요하다. 그러므로 스페이스 프레임 해석을 위한 전처리 과정에서 형태 형성의 기초적인 자료 입력만으로 기하학적 자료와 구조해석자료를 자동으로 생성하여 모델링 및 해석까지 수행할 수 있는 프로그램의 개발이 요구되고 있다.

본 논문에서는 객체지향 프로그래밍 방법론 측면에서 구조 해석을 위한 통합 설계과정 중 전처리 단계의 모델링 자동화와 구조 해석 단계, 그리고 결과 출력 단계를 OS나 플랫폼에 관계없이 인터넷을 이용하여 웹 브라우저에서 수행하도록 함으로서 프로그램 개발의 효율성과 다수의 사용자가 동시에 구조 해석을 수행할 수 있도록 사용자 편의성과 경제성의 동시 효과를 기대할 수 있다

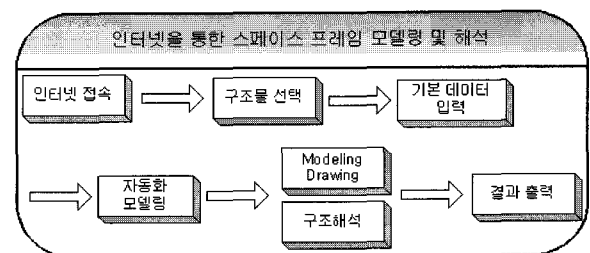
## 2. 인터넷을 통한 구조해석

인터넷을 통한 스페이스 프레임 구조물의 구조해석에 있어서 사용자는 웹 브라우저로 GUI(Graphic User Interface)를 이용하여 스페이스 프레임 구조물의 레이어 수, 단위 유닛 형태, 가로방향 길이(또는 저면 지름), 세로방향길이, 가로방향 분할 수(또는

원주방향 분할 수), 세로방향 분할 수(또는 경선방향 분할 수), 저면에서 상현재까지의 높이 등 형태 형성의 기초적인 자료만을 입력하면, 서버에서 자동으로 모델링 작업을 수행하여 절점번호와 절점좌표, 부재번호와 부재연결 절점, 하중부담면적 등을 계산하여 모델링 결과를 출력하도록 구성된다. 또한 결과를 Java3D를 이용하여 자바 애플릿(Java Applet)으로 구성된 그래픽 형태로 웹브라우저에 표시함으로써 사용자는 명확하게 모델링 결과를 확인할 수 있다.

구조 해석 부분은 서버에서 자동적으로 프로그램을 수행하여 결과를 다시 사용자에게 웹 브라우저 상에 표시를 하게 된다. 모델링 및 구조해석 결과는 사용자 필요에 의해 그래픽뿐만 아니라 텍스트, HTML 형태로 출력하여 사용자 컴퓨터에 전송 받아 사용자가 재사용 할 수 있도록 구성하였다.

본 논문에서는 Java언어의 사용과 객체지향 프로그래밍 방법론을 도입하여 프로그램의 효율성 뿐만 아니라 향후 업데이트 및 재사용성을 용이하게 하였으며, 구조해석 단계의 비중보다는 인터넷상에서 웹 브라우저를 통해 수행되는 방법론적인 측면과 구조해석을 위한 전처리 및 후처리의 개발에 중점을 두었다. <그림 1>은 인터넷을 통한 스페이스 프레임 구조물의 모델링 및 구조해석에 관한 일련의 과정을 나타낸다.

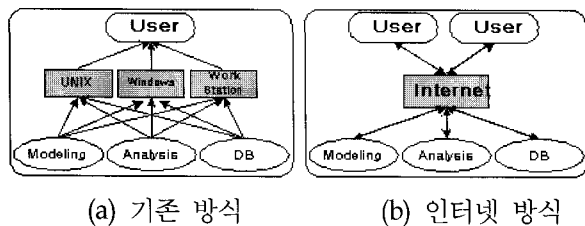


<그림 1> 인터넷을 통한 스페이스 프레임 모델링 및 해석

### 2.1. JAVA를 이용한 객체지향 프로그래밍

기존의 프로그래밍 방식은 사용자가 일일이 프로그램을 OS, 플랫폼 별로 구입한 다음 구조해석 업무를 수행하는 방식이다. 이렇게 할 경우 각각 프로그램별로 사용법이나, 혹은 OS 사용법 등을 따로 익힐 필요가 있었다. 이것은 시간적 인적 낭비를 초래한다. 특히 고가의 프로그램이나 장비를 일일이 구입함으로써 엄

청년 경제적 손실을 가져왔다. <그림 2>는 기존의 구조해석 프로그래밍 방식과 본 논문에서 제안한 인터넷을 이용한 구조해석 프로그래밍 방식의 차이점을 설명한 것이다. 인터넷을 이용할 경우에는 인터넷을 통해서 서버에 접속한 다음 구조 해석 및 모델링 업무를 수행함으로써 경제적 및 인적 손실을 줄일 수 있다. 인터넷은 전세계 공통으로 TCP/IP 프로토콜을 사용하기 때문에 사용자 OS나 플랫폼에 관계없이 인터넷만 연결된 곳이라면 어디서나 이용할 수 있는 장점이 있다.

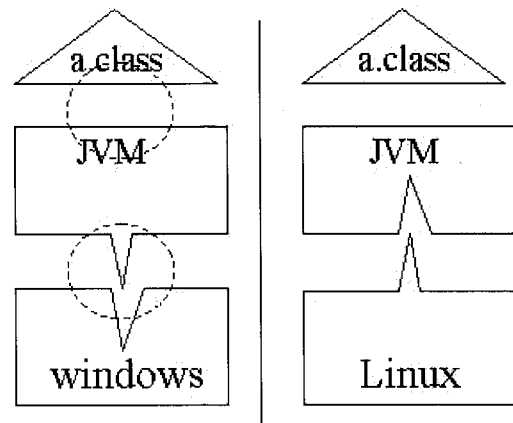


(a) 기존 방식 (b) 인터넷 방식  
 <그림 2> 기존 방식과 인터넷을 이용한 방식의 차이점

인터넷을 이용한 프로그래밍 방식으로의 전환이 요구되는 시점에서 1990년 미국의 Sun Microsystems사에서 발표된 Java 언어는 충분히 현재의 상황을 대처할 만한 언어(Programming Language)이다. 자바는 플랫폼 또는 OS 독립적인 언어이다. 즉 어떠한 플랫폼이나 어떠한 OS에도 하나의 프로그램으로 동일한 작업 수행이 가능하다.

<그림 3>은 자바 클래스 파일이 실행되는 원리를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 자바는 보통의 프로그램과 달리 OS상에서 작동하는 것이 아니라 자바 가상 기계 (Java Virtual Machine)에서 동작하는 프로그램이므로, 자바 가상 기계(Java Virtual Machine)만 설치되어 있다면 어떤 OS나 플랫폼이든 관계없이 자바 프로그램을 실행시킬 수 있다. 기존의 프로그램들이 윈도우즈용 또는 유닉스용처럼 OS나 플랫폼에 따라 다르게 제작되어 지는 현실을 고려했을 경우 획기적인 대안으로 충분하다.

인터넷이나 네트워크를 이용한 프로그램이나 정보교환의 경우 가장 중요하게 다루어 져야 할 부분이 바로 보안이다. 기존 프로그래밍 언어와는 달리 자바는 처음부터 보안을 염두에 두고 설계되었기 때문에 인터넷과 같은 익명성을 가진 시스템에서 사용되는 경우에도 안전하다.



<그림 3> 자바 클래스 파일이 실행되는 원리

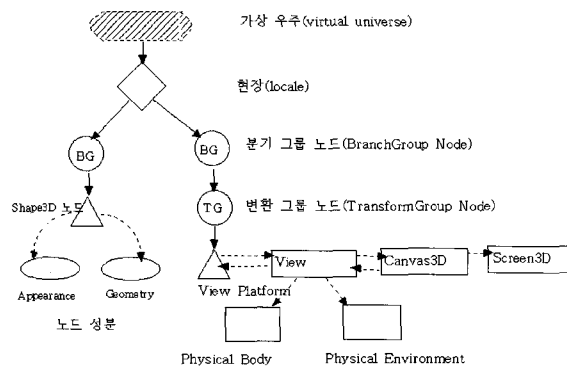
자바 이외에도 현재 많이 사용하고 있는 ActivX 같은 경우에는 개발자가 만든 별도의 프로그램을 사용자 컴퓨터에 설치를 해야 작동하는 방식이다. 이 경우 믿을 만한 곳에서 제작되지 않은 경우에는 사용할 수 없을 뿐만 아니라, 믿을만한 곳이라 하더라도 바이러스나 개인 컴퓨터 정보 유출의 걱정을 떨쳐버리기 힘들다. 하지만 자바의 경우 사용자 컴퓨터에 개발자가 만든 어떠한 프로그램도 설치하지 않기 때문에 보안성 면에서 탁월하다.

## 2.2. Java 3D를 이용한 그래픽 표현

현재 웹 브라우저에서 수행 할 수 있는 그래픽은 한정되어 있다. 특히 그것이 그림 파일로 만들어진 형태가 아니라 직접 액세스에 의해 유동적으로 변하는 형태의 그래픽이라면 더욱 어렵다. 현재 웹브라우저에서 사용할 수 있는 3D 그래픽용 프로그램은 크게 VRML, Java3D, X3D등으로 이들이 차세대 3차원 웹 환경을 이끌어갈 가능성 있는 언어로 제시되고 있다. 이 중에서 본 논문에서는 자바3D API를 사용하여 웹 브라우저에서 모델링 및 좌굴모드를 그래픽으로 확인할 수 있도록 한다.

자바 3D는 상호 작용을 지원하는 3D 개발을 위한 상위 레벨 응용 프로그래밍 인터페이스를 정의하는 자바 클래스들의 집합이며, 현재 가장 많이 사용하고 있는 3D 라이브러리인 OpenGL 라이브러리와 OpenInventor 라이브러리를 기반으로 1999년 썬 마이크로 시스템즈(Sun Microsystems)사에서 발표된 3D API<sup>4)</sup>이다.

Java 3D<sup>5)</sup>는 Open Inventor와 VRML에 비하여 발전된 특징을 가지는데, 가장 큰 특징은 가상 현실을 염두에 둔 설계라고 할 수 있다. <그림 4>에서 알 수 있듯이 자바3D 구성 원리는 가상 우주 아래에 표현하고자 하는 장면이 놓이고, 이 장면은 두개의 분기 그룹(Branch Group)으로 나뉜다. 이 분기 그룹 노드 아래에는 각각 Shape3D 노드와 변환 그룹 노드가 최종 노드로 붙어 있다. 점선으로 나타난 것은 참조(reference)에 해당하는 것으로 기타 노드들 사이의 참조 기능만 존재하게 된다.



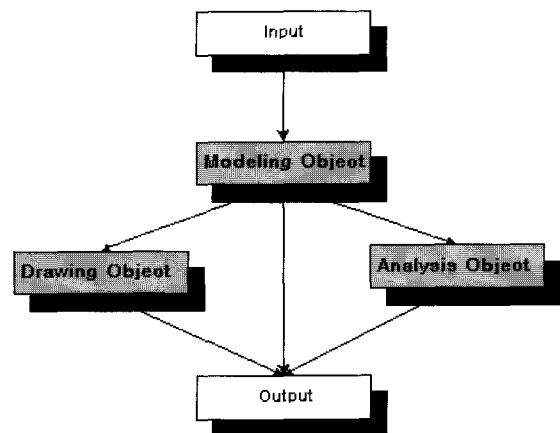
<그림 4> 자바 3D 장면 그래프

### 2.3. 구조 해석 객체 모델

본 논문에서는 구조 해석의 전체적인 단계를 사용자 데이터 입력 단계에서부터 자동화 모델링 과정까지를 전처리 과정으로 처리하고, 이때 생성된 해석용 데이터를 바탕으로 구조해석 수행, 구조물의 처짐 및 좌굴 고려, 부재내력 검토 등의 단계를 주해석 과정, 그리고 결과의 출력 부분을 후처리 과정으로 분류하였으며, 개발된 프로그램은 객체지향 프로그래밍 방법론을 바탕으로 작성되어 재사용성을 높이고, 향후 수정, 변경, 확장 그리고 유지관리가 용이하도록 하였다.

<그림 5>는 스페이스 프레임 구조해석에 대한 객체 모델을 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 구조해석 객체 모델은 Modeling 객체, Drawing 객체, Analysis 객체로 분류하였고, 주요 객체들의 특징은 다음과 같다.

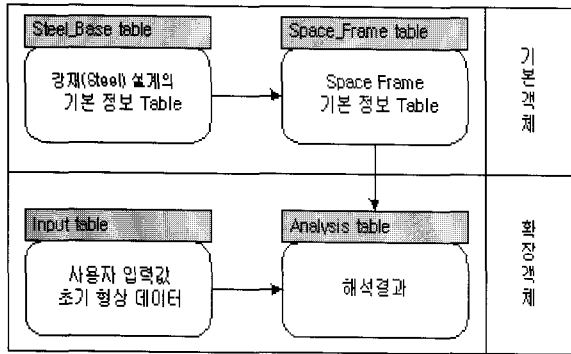
- Modeling 객체 : 초기 화면 GUI 입력창에서 사용자가 입력한 값들을 받아들인 다음 모델에 따라 자동화 모델링을 수행하는 객체이다. 이 부분에서 입력이 끝나고 프로그램이 수행되면 두 가지 형태의 데이터가 출력된다. 하나는 모델링 형태를 사용자에게 보여주기 위한 텍스트 및 그래픽 작성용 데이터이고, 또 하나는 주해석을 위한 데이터이다. 이 때 입력된 값과 모델링 결과는 데이터 베이스에 저장된다.
- Drawing 객체 : Modeling 객체로부터 출력된 모델링용 데이터를 이용하여, 모델링 형태를 화면에 텍스트 나 그래픽으로 작성하는 객체이다. 그래픽의 경우는 데이터 베이스에서 읽어들이는 절점 좌표를 Java Servlet과 Applet을 이용하여 배열로 작성한 다음 Java3D의 LineArray 메소드와 Point3d(x,y,z)를 사용하여 화면에 출력한다.
- Analysis 객체 : Modeling 객체에서 출력된 주해석용 데이터를 바탕으로 구조 해석을 수행하는 객체이다. 절점 번호와 절점 좌표, 부재 번호와 부재연결 절점, 절점 하중 등을 데이터 베이스로부터 입력받아 구조 해석을 수행한 뒤 절점 변위, 각 부재의 응력 값, 좌굴하중 값, 좌굴 모드 등을 계산하고 결과를 데이터 베이스로 저장한다. 해석결과는 Drawing 객체를 이용하여 변형후의 형상을 텍스트나 그래픽으로 표현할 수 있다.



<그림 5> 구조해석 객체 모델

### 2.4. 구조해석 데이터 모델

본 논문에서는 관계형 데이터베이스로 Oracle 8.1.5 버전을 사용하였고, 데이터 베이스를 두 부분으로 분류<sup>6)</sup>하였다.



<그림 6> 구조해석 데이터 모델

<그림 6>과 같이 구조 설계시 참조할 수 있는 기본설계정보를 담는 기본 객체와 구조설계 과정에서 내부적으로 발생, 사용되는 정보를 담는 확장 객체로 분류하고, 기본 객체에는 Steel\_Base 테이블과 Space\_Frame 테이블로 구분하여 Steel\_Base 테이블에는 강재(Steel) 구조 설계의 기본이 되는 사항을 저장하고, Space\_Frame 테이블에는 스페이스 프레임 설계에서 참조 가능한 스페이스 프레임 특징적 요소를 저장하는 테이블을 구성하였다. 기본 객체의 두 테이블은 구조 설계시 라이브러리 역할을 한다.

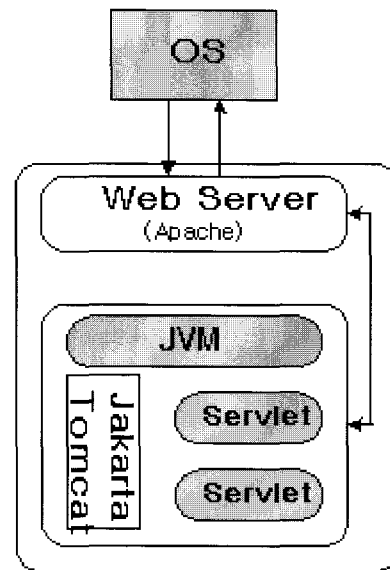
확장 객체는 Input 테이블과 Analysis 테이블의 두 개의 테이블로 구성하고 Input 테이블에는 사용자가 입력한 구조물 형태 정보와 모델링 작업 후 출력된 초기 형상 모델링 정보가 저장된다. 이 데이터들은 해석 과정에서는 변화가 없는 데이터들이다. Analysis 테이블은 해석 결과가 저장되는 테이블이다. Input 테이블의 기본키(Primary Key)로 사용자별 ID를 부과하여 다중 사용자 동시 해석을 가능하게 처리하였고, Analysis 테이블의 기본키를 Input 테이블의 외래키(Foreign Key)로 설정하여 상호 참조할 수 있도록 하였다.

확장 객체에서 Input 테이블과 Analysis 테이블을 분리함으로써 구조 해석 과정의 피이드 백 수행과 확장성을 고려한다.

### 2.5. 프로그램 구축을 위한 서버 구성

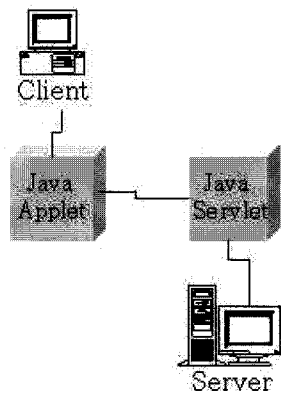
본 논문에서 사용된 서버는 Intel Pentium III-800 Dual Processor 컴퓨터에 OS는 윈도우2000 서버를 사용하였다. 그리고 웹 서버로는 아파치 웹서버(Apache Web Server) 1.3.19 윈도우즈용을 사용하였고, 자바는 선 마이크로 시스템즈사의 JSDK 1.3.0 버전을 사용하였다. 서버측 CGI(Common Gateway Interface) 프로그램은 Java Servlet을 사용하였고, Servlet 컨테이너로는 Jakarta Tomcat 3.2.1 버전을 사용하였다.

보통 Jakarta Tomcat 컨테이너에서 웹서버를 자체 지원하지만 성능 향상을 위해서 Apache 웹서버와 연동시켜 사용하였다. Servlet 컨테이너와 웹서버를 분리할 경우 <그림 7>과 같이 웹서비스의 요청은 Apache 웹서버가 담당을 하고 서버측 CGI는 Servlet 컨테이너인 Jakarta Tomcat이 처리함으로써 성능 향상을 기대할 수 있다.



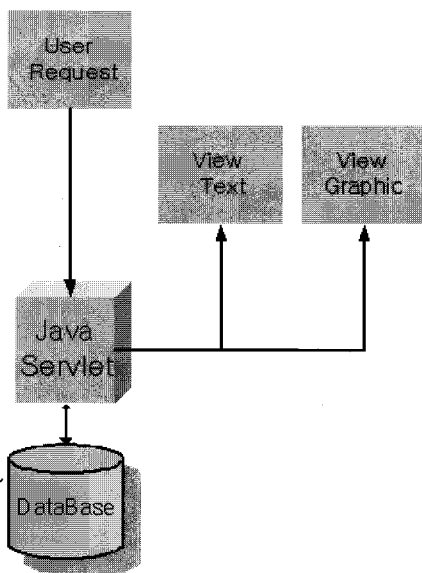
<그림 7> Apache와 Servlet 연동 관계도

데이터 베이스 관리 시스템(DataBase Management System)으로는 관계형 데이터 베이스인 Oracle 8.1.5 버전을 사용하였다. 웹과 데이터 베이스 연동을 위해서 JDBC(Java DataBase Connectivity)를 사용하였고, JDBC 드라이버는 오라클사에서 제공하는 JDBC/thin 드라이버를 사용하였다.



<그림 8> Client와 Server 사이의 데이터 입출력

JDBC는 ODBC(Open DataBase Connectivity)와 아주 유사해서, 조그만 연결 프로그램만 있으면, DBMS의 종류에 관계없이 프로그램을 작성할 수 있는 장점이 있다. <그림 8>과 <그림 9>의 경우와 같이 Client와 Server의 연결은 Servlet이 담당하게 된다. 자바 Applet의 경우 보안 문제 때문에 직접 액세스가 불가능하므로, 사용자와 서버의 연결 및 애플릿과 DataBase, 애플릿과 서버와의 통신은 모두 Servlet이 담당하게 된다.

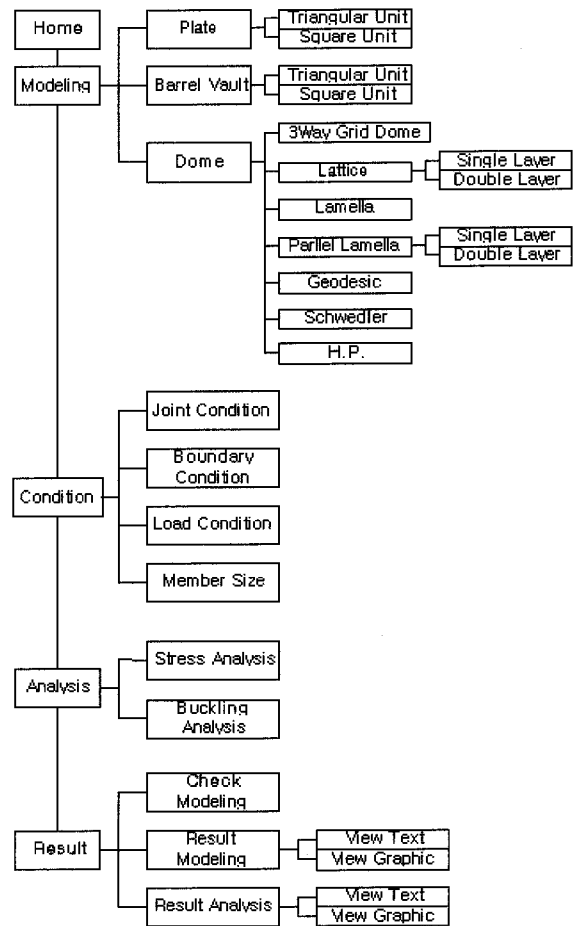


<그림 9> 데이터 베이스 연결

### 3. 프로그램 실행 및 예제 풀이

본 논문에서 제안한 인터넷을 통한 스페이스 프레임 구조 해석을 수행하기 위해서는 웹 브라우저를

통하여 서버에 접속하여야 한다. 서버의 접속이 이루어지면 초기화면의 왼쪽 메뉴 바에서 구조물의 종류를 선택하고, 기본 값을 입력한다. 기본 값으로는 단층/복층의 선택, 단위 유닛의 형태, 가로방향 길이(또는 저면 지름), 세로방향 길이, 가로방향 분할수(또는 원주방향 분할수), 세로방향 분할수(또는 경선방향 분할수), 저면에서 상현재까지의 높이, 상현재와 하현재 사이의 높이 등을 선택적으로 입력한다. 입력이 끝나면 모델링이 자동으로 생성되고, 그 결과는 사용자의 요구에 따라 텍스트 형태와 그래픽 화면으로 표시된다.



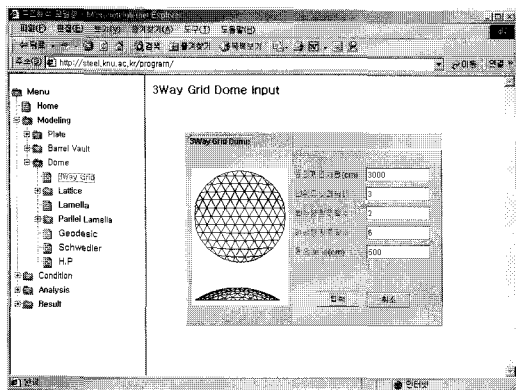
<그림 10> 프로그램 메뉴 구성도

<그림 10>은 프로그램의 메뉴를 나타내는데, 사용자가 해석 모델을 선택한 다음 기본 데이터만을 입력하면 나머지 해석과 모델링 등의 결과를 알아볼 수 있게 구성되어 있다. 여기서는 3방향 그리드 돔에 대한 예제를 수행하기 위하여 초기화면의 왼쪽

메뉴 바의 모델링 메뉴에서 3방향 그리드 돔을 선택한다. <그림 11>은 3방향 그리드 돔의 해석 수행을 위한 모델링 입력 폼이다. 돔의 저면 지름은 3000cm, 단위 유닛의 형태는 3, 원주방향 분할 수는 6, 경선방향 분할 수는 2 그리고 높이는 500cm를 입력한다.

데이터 입력이 끝나면 Modeling 객체는 자동으로 모델링 작업을 수행하고 그 결과를 그래픽과 텍스트 파일 형태로 확인할 수 있도록 데이터 베이스의 Input 테이블에 저장한다. 메뉴 바의 Result-Result Modeling- View Graphic을 선택하면 Drawing 객체에 의해 <그림 12>에 나타난 것처럼 3방향 그리드 돔의 모델링 결과를 그래픽 화면으로 확인할 수 있다.

<그림 12>는 Drawing 객체가 Modeling 객체로부터 모델링 데이터를 전송 받아 그래픽으로 출력한 것으로, Java3D를 이용하여 구성된 화면을 Java Applet 형태로 화면에 출력한 것이다. 사용자는 Microsoft Internet Explorer 5.0 버전으로 모델링 결과를 확인할 수 있다.



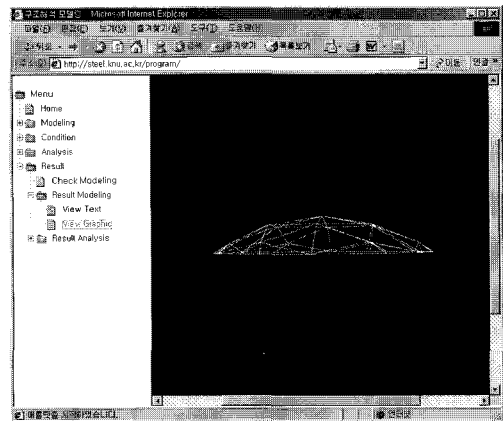
<그림 11> 3방향 그리드 돔의 입력 폼

또한 사용자는 간단한 키보드 컨트롤을 이용하여 모델링 화면을 회전 및 확대, 축소함으로써 해석 모델에 대한 정확한 형상을 쉽게 인지할 수 있다. <그림 13>은 키보드를 이용하여 화면을 회전시킨 형태이다.

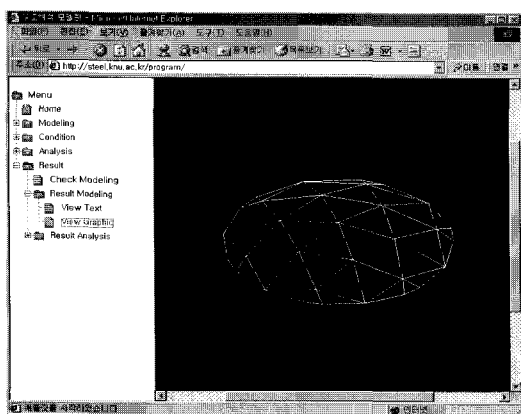
Modeling 객체에서 자동 생성된 주 해석용 데이터는 Analysis 객체에서 구조해석을 수행한다. 해석 결과는 데이터 베이스의 Analysis 테이블에 저장된다.

본 논문에서는 스페이스 프레임에 대한 기하학적 비선형성만을 고려하였으며, 주 해석 프로그램은 포트란으로 작성되어 있다.

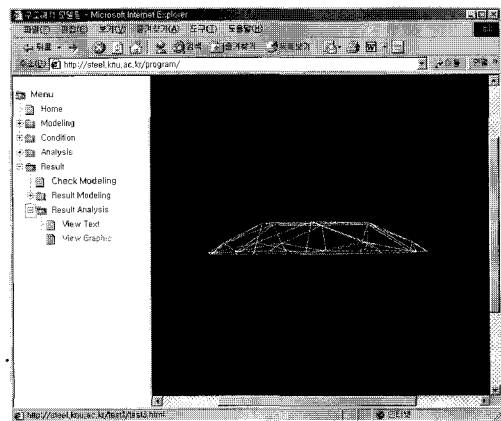
<그림 14>는 Analysis 객체에서 수행한 해석 결과 중 좌굴 모드를 Drawing 객체를 이용하여 그래픽으로 표현한 것이다. <그림 13>과 비교했을 때 상단 부분의 처짐을 확인할 수 있으며, <그림 15>와 같이 텍스트 파일로 해석 결과를 출력하여 기존 해석 결과<sup>7)</sup>와 비교한 결과 잘 일치함을 알 수 있었다.



<그림 13> 모델링 결과 출력 후 키보드를 이용한 회전

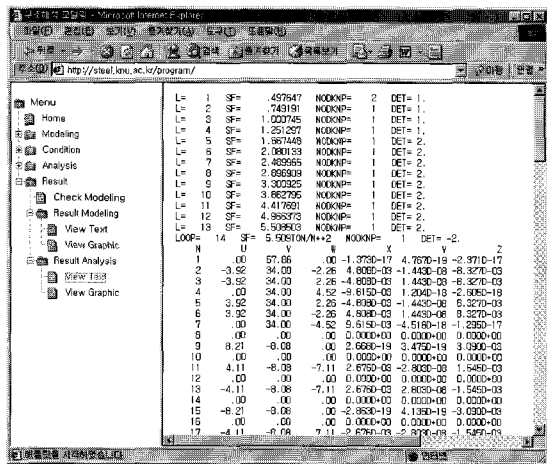


<그림 12> 모델링 결과 그래픽 출력



<그림 14> 해석결과 그래픽 출력

기존의 자동화 모델링 프로그램<sup>[3]</sup>에서는 수행 시간에 대한 고려가 있었지만 인터넷을 이용할 경우에는 해석 프로그램 자체가 서버에서 수행되고, 전송에 따른 Network의 Traffic과 Client 컴퓨터의 성능 등에 따라 시간 차이가 많이 나기 때문에 큰 의미가 없어 프로그램 수행 시간에 대한 고려는 배제하였다.



〈그림 15〉 해석결과 텍스트 파일 출력

#### 4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 스페이스 프레임의 자동화 모델링 및 구조해석을 인터넷을 이용하여 활용할 수 있는 방법론과 프로그램을 개발하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 인터넷을 이용함으로써 사용자의 OS나 플랫폼에 관계없이 인터넷만 연결된 곳이라면 어디서든 사용자의 웹 브라우저를 통해서 스페이스 프레임의 모델링 및 구조 해석을 수행할 수 있었다.
- 2) Java Applet을 이용하여 인터페이스 및 결과를 제공하므로 사용자들은 인터넷 보안으로부터 안전하게 프로그램을 수행할 수 있었다.
- 3) Java3D 라이브러리를 이용하여 모델링 뿐만 아니라 해석결과 까지 웹 브라우저를 통한 그래픽 화면으로 제공함으로써 사용자는 명확하게 결과를 인식할 수 있었다.
- 4) 구조 설계 초기단계에서부터 해석 결과까지의

데이터를 DBMS(DataBase Management System)를 이용하여 관리함으로써 효율적인 데이터 관리가 이루어지고, 데이터의 자료로서의 가치와 추후 구조 설계 단계에서도 자료의 재사용성을 높일 수 있었다.

본 논문은 건축 설계 분야의 통합 시스템 구축의 일환으로 구조해석 분야에서 인터넷을 이용하여 통합적으로 진행 할 수 있는 방법론을 제시하였다. 특히 스페이스 프레임 구조물의 전, 후처리 과정에 중점을 둔 만큼 향후 주 해석프로그램의 객체지향 프로그래밍으로의 전환이 요구되어 진다.

또한, 전문가 시스템(Expert System)이나 지식 기반 시스템(Knowledge Based System)을 도입하여 좀 더 유동적인 프로그램으로의 구성이 요구되어 지며, 분산객체 기술을 도입하여 다중 사용자 문제 해결과 서버의 과부하 문제 해결이 함께 요구되어진다.

#### 참 고 문 헌

- 1) 김홍국, 이주영, 김재준, 이병해(1995). 구조해석에서 객체지향 방법론의 도입, 한국전산구조공학회 논문집, 제8권 제3호, pp 123-133.
- 2) 김치경, 홍성목(1992). 객체지향 설계법을 이용한 건축구조설계 통합 시스템 개발에 관한 연구(1) - 개발 개념 및 기본 구성-, 대한건축학회논문집, 8권 1호, pp 171-179.
- 3) 김선희(1999). 스페이스 프레임의 구조해석 통합 시스템 구축을 위한 모델링 및 인터페이스 프로그램의 개발, 공학석사 학위논문, 경북대.
- 4) Sun Microsystems(1999). Java3D API, <http://www.java3d.co.kr/tutorial/j3dapi/index.html>.
- 5) 박동규(2001). 자바 3D 프로그래밍 Contact J, 도서출판 대림.
- 6) 김치경, 홍성목(2001). 객체-관계형 구조설계정보 데이터베이스의 모델링과 구현, 대한건축학회논문집, 구조계 17권 2호.
- 7) 權寧換(1993). 三角形 네트워크를 갖는 單層 래티스들의 座屈特性에 關한 研究, 工學博士學位論文, 釜山大學校.