

컴포넌트 모델을 이용한 인터넷 기반 구조해석 플랫폼 개발

Development of Structural Analysis Platform through Internet-based Technology Using Component Models

신 수 봉* 박 현 성*

Shin, Soo-Bong Park, Hun-Sung

(논문접수일 : 2005년 8월 28일 ; 심사종료일 : 2006년 5월 23일)

요 지

본 연구에서는 효과적인 인터넷 기반 구조해석 플랫폼을 개발하기 위하여 컴포넌트 모델을 제시하였다. 구조해석의 특성 상 복잡한 알고리즘을 수행해야 하므로 다수 사용자에게 대한 원활한 서비스를 위해 서버 연산 보다는 X-Internet을 이용한 클라이언트 연산을 실시하였다. 기존 상용 해석프로그램들의 사용자 편의적인 인터페이스에 부합되도록 Smart Client를 이용하여 윈도우 기반 인터페이스를 구축하였으며, 개발된 플랫폼의 재사용 및 확장성을 고려하여 컴포넌트 기반 프로그래밍을 함으로써 수정 및 변화에 능동적인 대처가 가능하게 하였다. 컴포넌트는 분할-단순화의 기법을 적용하여 전체 시스템을 표현하였고, 상위 컴포넌트와 하위 컴포넌트, 컴포넌트와 객체간의 관계에는 공통 인터페이스를 사용함으로써 라이브러리간의 연결을 명확히 구분하였다. 설계검토를 XML WebService를 사용하여 이기종 플랫폼과의 데이터 통신을 실시함으로써 차후의 통합 CAE에서의 데이터 교환의 기틀을 제시하였다. 2차원 트러스 구조물의 정적해석 및 설계검토를 수행하여 개발한 플랫폼의 효율성을 검증하였다.

핵심용어 : 컴포넌트 모델, 어셈블리, 인터넷 기반, 엑스-인터넷, 스마트 클라이언트, 웹서비스, 구조해석 및 설계

Abstract

The study proposes component models in developing an efficient platform for internet-based structural analysis. Since a structural analysis requires an operation of complicated algorithms, a client-side computation using X-Internet is preferred to a server-side computation to provide a flexible service for multi-users. To compete with the user-friendly interfaces of available commercial analysis programs, a window-based interface using Smart Client was applied. Also, component-based programming was performed with the considerations on reusability and expandability so that active preparation for future change or modification could be feasible. The components describe the whole system by subdivision and simplification. In the relationship between upper- and lower-level components and also in the relationship between components and objects, a unified interface was used to clearly classify the connection between the libraries. By performing data communication between different types of platforms using XML WebService, a conner-stone of data transfer is proposed for the future integrated CAE. The efficiency of the developed platform has been examined through a sample structural analysis and design on planar truss structures.

keywords : *component model, assembly, internet-based, X-Internet, Smart Client, XML WebService, structural analysis*

1. 서 론

인터넷의 양방향 통신성과 공간을 초월한 전 지구적인 네트워크의 구성은 인터넷 인프라의 비약적인 발전을 가져왔다

(한국전산원, 2004). 이제 인터넷은 단순히 흥미 유도 및 정보 습득의 차원을 넘어서 교육 및 공학 분야에 지대한 파급효과를 미치고 있다. 현재, CALS/EC(Continuous Acquisition & Life Cycle Support/Electronic Commerce)(한국건설 CALS

† 책임저자, 정회원 · 인하대학교 토목공학과 부교수
전화: 032-860-7552 ; Fax: 032-863-7560
E-mail: sbshin@inha.ac.kr

* 인하대학교 토목공학과 석사과정

• 이 논문에 대한 토론을 2006년 9월 30일까지 본 학회에 보내주시면 2006년 12월호에 그 결과를 게재하겠습니다.

협회)와 같은 표준화에 대한 연구, DACS for Web(도로교통 기술원, 2002)와 같은 구조해석 플랫폼 개발, 다양한 실험 및 과학적 이론을 시뮬레이션하는 가상실험실(A Virtual Engineering / Science Laboratory Course, 2000; Virtual Laboratory for Earthquake Engineering)들이 국내외적으로 개발되고 있거나 이미 상당수 활용되고 있다. 또한 십여년 동안 CAE(computer aided engineering) 통합에 대한 연구가 진행되어 왔고(유정훈, 2001), 이제는 그 통합의 중심에 네트워크가 존재하는 인터넷 기반 자동화 설계 시스템에 대한 연구가 진행 중이다. 여기에는 구조해석을 근간으로 모델링, 시뮬레이션, 시각화, 설계자동화, 정보모델링(김남희, 2001) 등이 포함된다.

구조해석은 복잡한 알고리즘(algorithm)을 포함하기 때문에 수많은 연산을 필요로 하고 그에 따른 연산시간과 메모리의 소비가 증가하므로 부적절한 인터넷 기반 소프트웨어 환경은 중앙서버에 연산이 집중되어 서버부하 및 네트워크 병목현상의 원인이 될 수 있다. 따라서 원활한 서비스를 위해서는 서비스 종류, 대상에 따른 알맞은 인터넷 기반 모델을 설정함으로써 이들 영향을 최소화 하여야 한다.

이러한 인터넷 기반 플랫폼은 기존의 상용화된 프로그램들의 stand alone 형식이 가지는 경제적, 관리적인 한계점에 대한 좋은 대안이 될 수 있지만 그러기 위해서는 응답 속도, 사용자 편의적인 GUI(Graphic User Interface)의 지원이 필수적이다. 따라서 구조공학적 접근방법으로써 해석 과정 측면, 전/후처리 측면으로 이분화 하여 가장 적합한 인터넷 기반 모델을 찾는 것이 선결과제이다.

소프트웨어 환경으로 대변되는 인터넷 기반 모델은 프리젠테이션 로직(presentation logic), 비즈니스 로직(business logic), 데이터 액세스 로직(data access logic)의 물리적 위치 설정에 따라 여러 가지로 구분 지을 수 있다(구진희, 2001). 구조해석은 그 특성상 복잡한 알고리즘을 수행해야 하므로 응답속도를 고려하여 이 중 비즈니스 로직을 클라이언트에 분산하는 X-Internet 모델을 사용하는 것이 적합하다. 특히 X-Internet 모델 중 .NET의 Smart Client는 Fat Client의 풍부한 UI와 Thin Client의 편리하고 빠른 배포를 지원하므로 전/후처리 측면을 고려한 적절한 클라이언트 배포 어플리케이션으로 사용에 적합하다(김유철, 2004).

인터넷 기반 모델로써 고려해야 할 또 하나의 중요사항은 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 시스템을 개발하는 것이다. 여기서 변화란 배포된 어플리케이션의 수정을 포함한 수행능력 향상을 의미한다. 재사용성 및 확장성이 높은 객체지향적 모델인 컴포넌트 기반 프로그래밍은 전체시스템을 그보

다 작은 여러 개의 시스템으로 분할한 후 상호작용을 통하여 전체 시스템을 구현하므로 이러한 변화에 효율적인 개발 방식이다(Mackie, 2001; Rumbaugh 등, 1991). Smart Client에서는 어셈블리(assembly)라는 새로운 개념으로 컴포넌트를 보다 확장된 개념으로 정의하고 있다.

본 연구에서는 인터넷 기반 구조해석 및 설계검토를 효과적으로 수행하고 빠른 변화에 능동적으로 대처하기 위하여 컴포넌트 모델을 제시하였다. 또한 제시한 컴포넌트 모델을 사용하여 2차원 트러스 구조물의 해석 및 설계검토가 가능한 인터넷 기반 플랫폼을 개발하고 그 효율성을 검증하였다.

2. 구조해석 플랫폼의 구성

2.1 컴포넌트 기반 프로그래밍

구조해석을 포함하는 CAE는 일반적으로 표현 및 구현이 상당히 복잡하고, CAE 통합을 위해서는 개체간의 연계가 확실해야 한다. 따라서 이들 간의 관계를 정립하고 부분 또는 전체적인 구성요소들의 변화에 능동적이고 즉각적인 대처를 하기 위해서는 재사용성과 확장성을 고려한 컴포넌트 기반 프로그래밍이 요구된다. 재사용성과 확장성의 효율은 컴포넌트 인터페이스의 설계, 비즈니스 로직의 구분, 논리 컴포넌트(logical component)와 물리 컴포넌트(physical component)의 범위 등을 어떻게 설계하느냐에 따라 결정된다(김상훈, 2004). 또한 컴포넌트 인터페이스를 공통 인터페이스로 사용하면 보다 효율적인 컴포넌트의 개발 및 수정이 가능하게 된다. 여기서 공통 인터페이스는 라이브러리(library)간의 수많은 호출관계를 단순화하여 서로간의 기능을 이용하는 것을 의미한다. 재사용성과 확장성이 고려된 컴포넌트 모델은 획기적인 개발 향상성과 시스템 진화의 발 빠른 진행을 유도할 수 있을 뿐만 아니라 다른 기능을 가지는 플랫폼들의 통합에도 유연함과 일관성을 가질 수 있다.

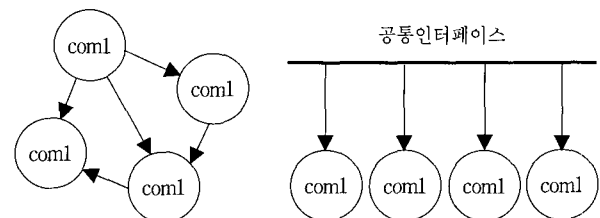


그림 1 라이브러리 기반과 컴포넌트 기반의 호출관계(구진희, 2001)

본 연구에서는 플랫폼을 각각의 역할을 가지는 컴포넌트로 구분하고, 구성된 컴포넌트의 세부적인 작업을 수행토록 결정하는 일련의 과정들인 분할과 정복의 원리(김상훈,

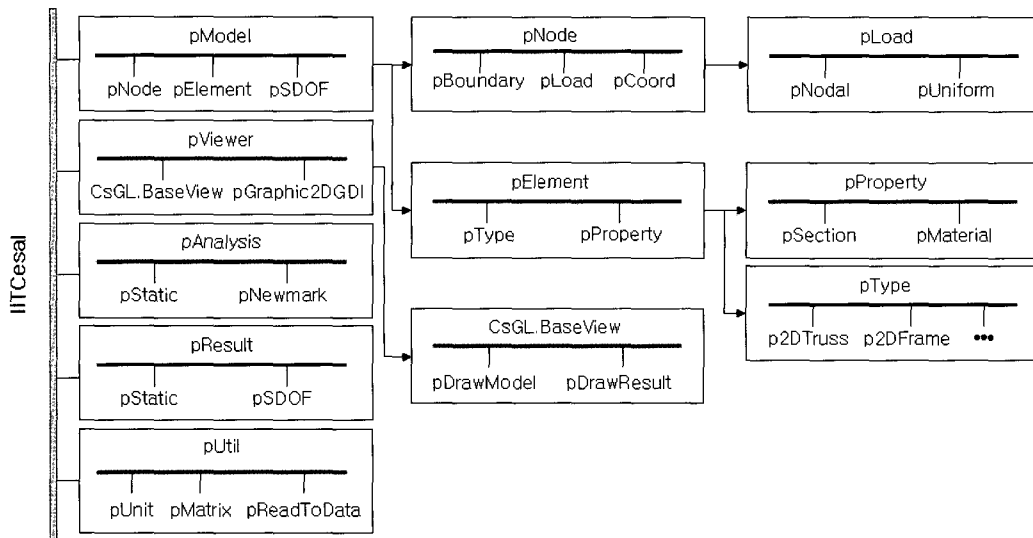


그림 2 개체군-개체로 구성된 구조해석 컴포넌트 모델

2004)와 해석적, 기하학적(geometry) 관계를 통해 컴포넌트의 조직을 개체군과 개체의 형태로 구성하여 컴포넌트 모델화 하였다(김남희, 1996). 이에 따라 구조해석 프로세스 개체군을 전/후처리과정과 해석과정의 각 개체로 분할하고, 다시 전/후처리 개체군을 모델링, 뷰어(viewer), 데이터 처리 등의 개체로 분할하였다. 이러한 분할-단순화의 기법을 반복하여 적용함으로써 정교한 솔루션을 구축하였다.

Smart Client에서는 컴포넌트를 어셈블리라는 새로운 용어로 정의하였다. 이 어셈블리는 실행에 필요한 여러 파일과 타입을 포함하거나 다른 파일에서 참조될 수 있는 형태로 버전관리, 배포, 보안관리, 공유, 재사용의 최소단위가 된다. 그림 2는 어셈블리로 구성된 본 연구의 플랫폼을 컴포넌트 모델화한 것이다. 그림 2의 컴포넌트 모델은 2차원 트러스의 해석 및 설계검토를 수행하기 위한 것이므로 형태가 단순하다. 그러나 차후 해석기법, 다른 요소로의 확장, 더욱 풍부한 인터페이스의 제공 등을 위해 플랫폼을 확장할 시에는

수직, 수평 레벨의 어셈블리 수를 증가시켜 대처할 수 있을 것이다. 그림 2에서 IITCesal은 본 연구에서 컴포넌트 모델을 이용하여 개발한 인터넷 기반 플랫폼의 명칭이다.

IITCesal의 공통 인터페이스는 pModel, pViewer, pAnalysis, pResult, pUtil의 컴포넌트로 구성하였고, 각 컴포넌트들을 또 하나의 공통 인터페이스와 하위 컴포넌트들로 구성하였다. 각각의 컴포넌트들은 각자의 역할을 수행하게 되며, 그 역할들이 공통인터페이스에 의해 규합되어 전체 시스템을 이루도록 하였다.

2.2 객체지향적 어셈블리의 생성

컴포넌트 기반의 확장 유용한 플랫폼을 개발하기 위해서는 객체지향적 프로그래밍이 요구된다. 객체지향적 프로그래밍에서는 그림 3과 같이 구조부재를 일반화, 상세화, 복잡화 등의 관계를 통해 객체로 표현한다(Rumbaugh 등, 1991).

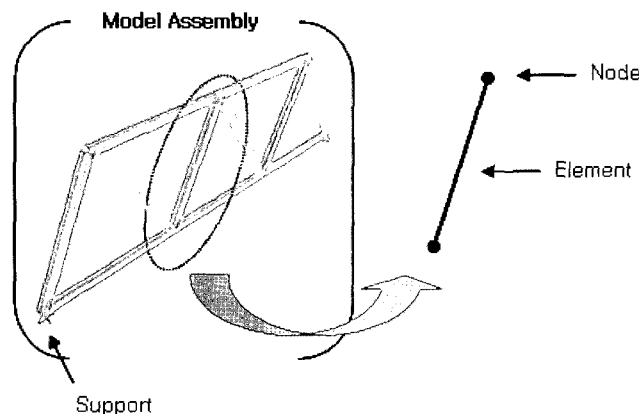


그림 3 실제 구조부재의 객체모델

구조물에서 하나의 부재를 설계하기 위해서는 구조부재의 형상, 구조시스템, 사용재료, 각 부재간의 상호 관계성, 하중 그리고 경계조건 등에 의한 응력계산 및 설계기준의 적절성을 판별하는 것이 주요한 문제이다(김홍국 등, 1995). 이러한 부재설계에 필요한 기본사항들은 모두 하나의 객체로 표현되며 긴밀한 연결성을 가짐으로써 하나의 어셈블리를 생성한다. 또한 생성된 어셈블리들은 그들의 긴밀한 연결성을 제시함으로써 전체 구조물을 표현하게 된다. 그림 2의 형이상학적 객체인 pModel 어셈블리에는 실제 구조부재의 pNode

와 pElement 객체를 포함시켰다. 여기서 pNode 어셈블리는 절점의 기본정보를 관할하는 객체, 좌표객체, 경계조건객체, 하중객체들로 분할하였고, pElement 어셈블리는 기본정보를 관할하는 객체, 부재객체, 단면객체, 재료객체 등으로 구성하였다. 이 각각의 객체들은 속성(attribute), 메소드(method)를 가지고 상속, 참조 등의 논리적 관계를 통해 전체 모델을 표현하게 된다. 그림 4~그림 7은 컴포넌트 내에서의 이러한 객체관계를 나타내며, 굵은 선의 객체는 해당 컴포넌트의 공통 인터페이스를 표시한다.

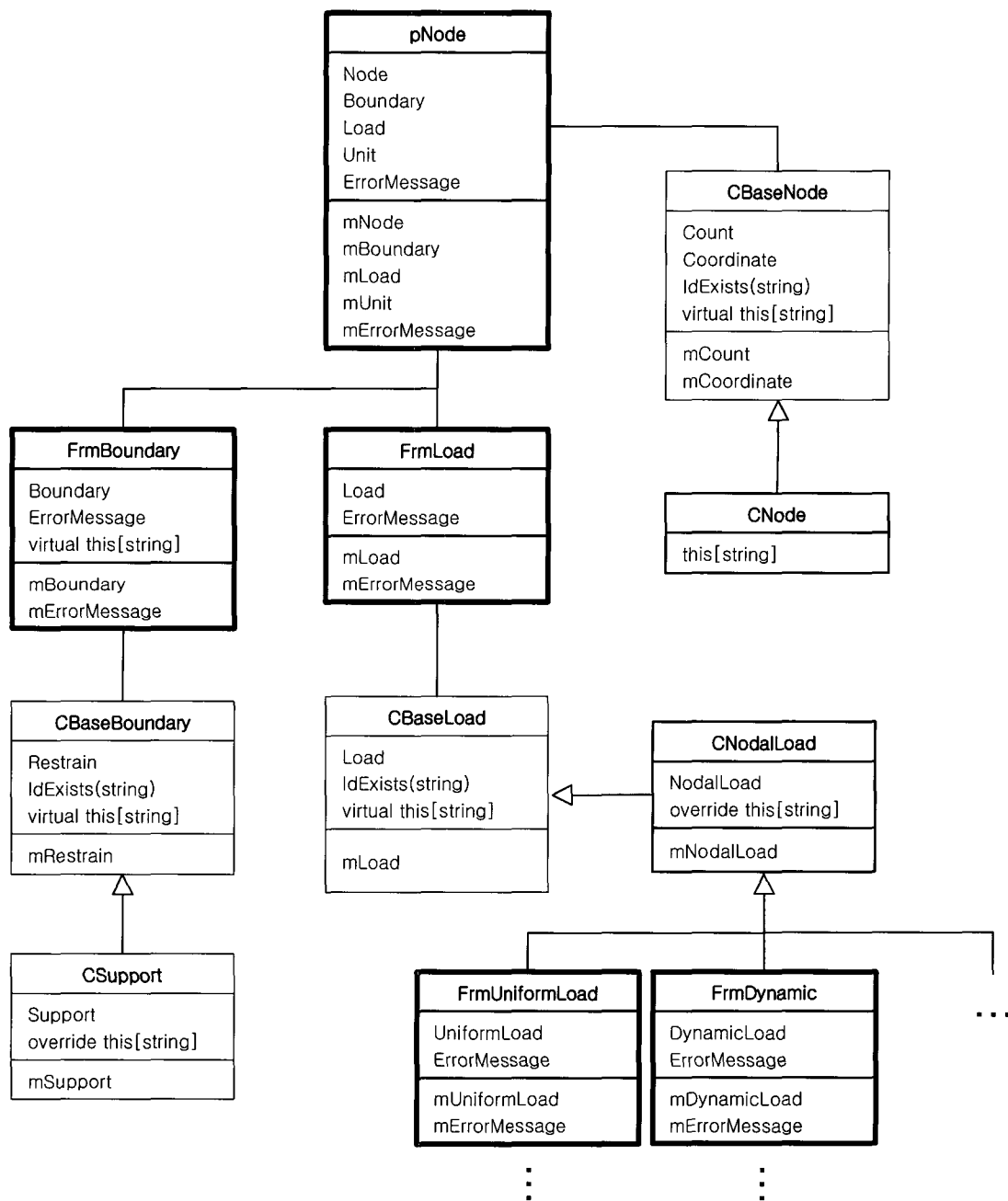


그림 4 pNode 컴포넌트 객체모델

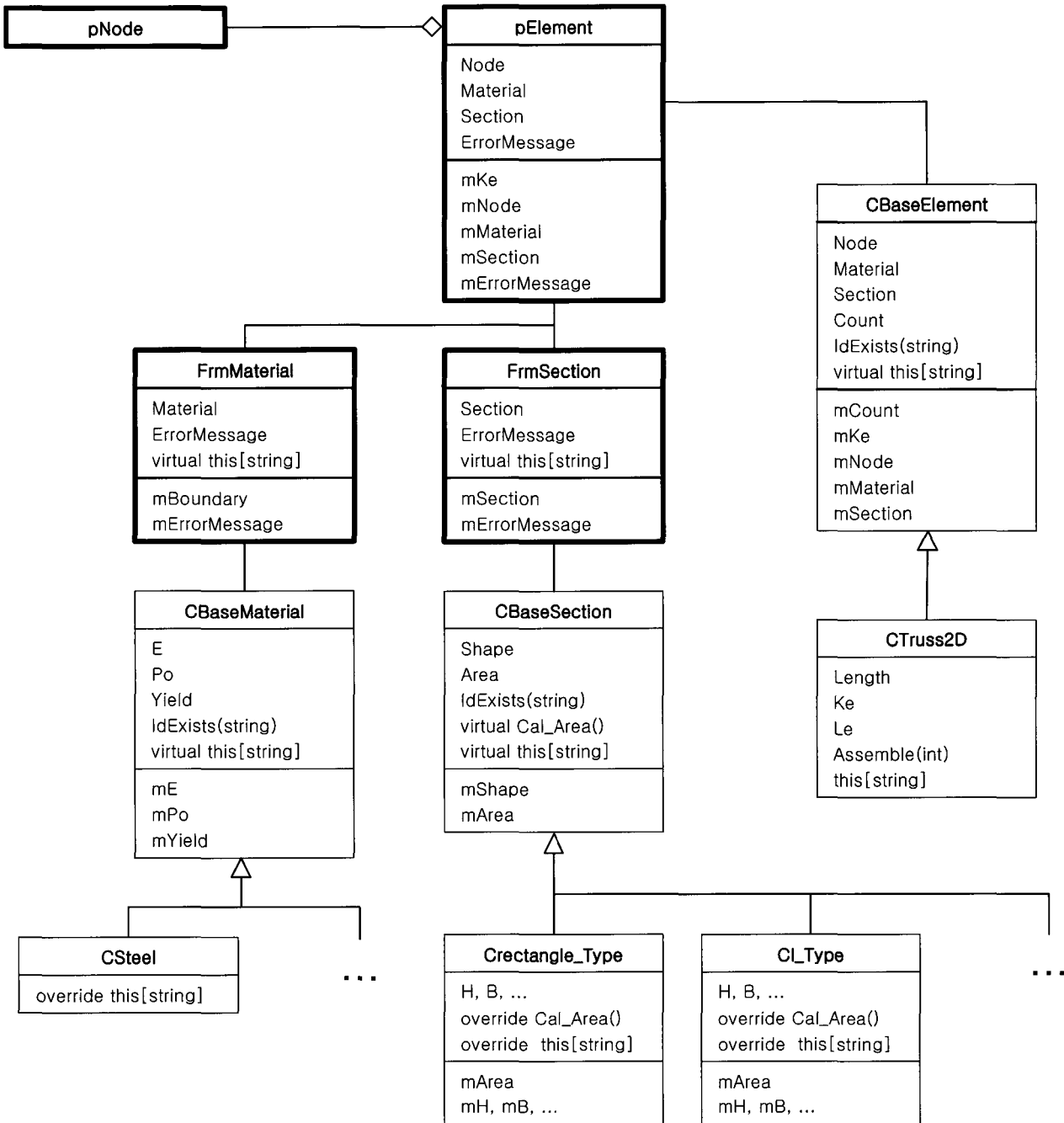


그림 5 pElement 컴포넌트 객체모델

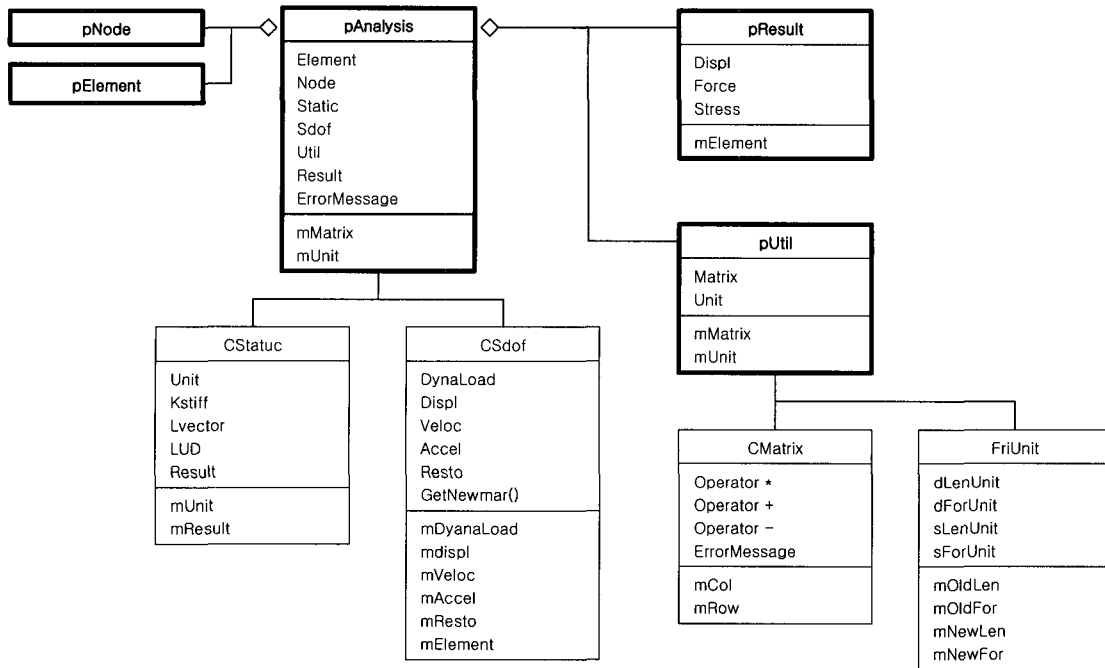


그림 6 pAnalysis, pResult, pUtil 컴포넌트 객체모델

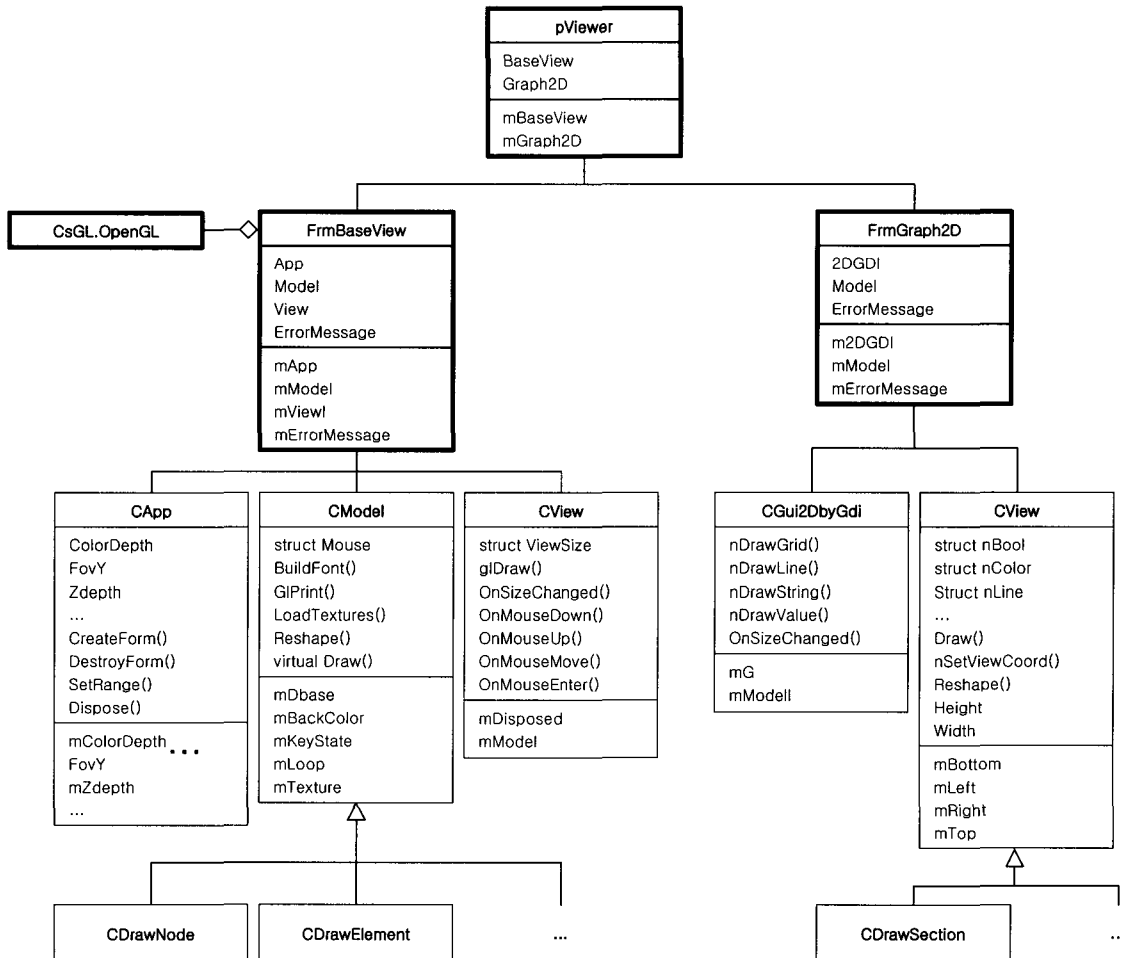


그림 7 pViewer 컴포넌트 객체모델

2.3 XML Webservice를 이용한 설계검토

XML Webservice는 인터넷상의 UDDI(Universal Description, Discovery and Integration)에 게시된 메소드를 호출하여 그 결과를 돌려받기 때문에 마치 로컬(local)에서 실행되는 것처럼 분산 컴퓨팅을 지원한다(김유철, 2004). XML Webservice는 비즈니스 로직을 포함하는 미들티어(middle tier)로 구성될 수 있다. 따라서 비즈니스 로직을 수행하기에 부적절한 PDA 등의 확장시 좋은 대안이 될 수 있는 등 그 활용은 상당히 광범위하다.

본 연구에서는 다음 사항들을 고려하여 XML Webservice를 사용하였다.

- 1) 다양한 인터넷 기반 모델의 개발 및 플랫폼 확장시 어셈블리 배포에 의한 확장 이외에 XML Webservice 방식을 통한 확장도 가능하다.
- 2) 동일한 결과를 얻기 위해 매우 다양한 방법과 변수들이 존재할 때, 그 모든 알고리즘을 포함하는 어셈블리의 배포는 비경제적, 비효율적이다. 그러나 XML Webservice는 필요시 결과만을 리턴받기 때문에 열거한 문제점에 대한 좋은 대안이 될 수 있다.
- 3) XML은 이기종 플랫폼간의 데이터 요구 및 전송이 가능하기 때문에 CALS/EC에서는 이미 데이터 표준으로 활용되고 있고, 미래의 통합 시스템에서도 표준으로 활용될 것으로 기대된다. 따라서 그 적용성을 검토해 본다는데 의의가 있다.

본 연구에서 수행한 설계검토에 적용된 식들은 도로교설계기준·해설(대한토목학회, 2003)중 강재의 국부좌굴을 고려하지 않은 허용 축방향 압축응력 및 허용 인장응력의 기준이다. 정확한 설계검토를 위해서는 고려해야 할 요소가 많았으나 XML Web -Service의 적용 차원에서 위에 예시한 사항들만을 고려대상으로 하였으며, 요구 또는 전송되는 정보

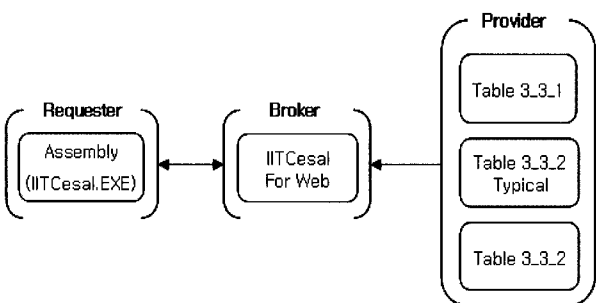


그림 8 설계검토 정보의 서비스 절차

의 절차는 그림 8과 같다. 그림 8에서 Requester는 이미 배포된 Smart Client를 의미하여 Broker는 본 연구실의 서버로 설정해 놓았다. 현재 서비스 가능한 함수들은 Provider 영역의 세 가지 식에 대한 결과값만을 리턴 받을 수 있도록 해두었다.

3. 구조해석 플랫폼의 구현

본 연구에서는 인터넷 기반 구조설계 및 설계검토를 수행하기 위해 .NET의 Smart Client를 사용하여 플랫폼 IITCesal을 개발하였다. Smart Client는 배포 시에 코드인증을 거쳐야 하는 과정을 통해 보안을 강화한다. 하지만 코드인증을 받기 위해서는 Active X를 이용하거나 사용자가 코드인증 어플리케이션을 설치하는 두 가지 방법이 있는데 본 연구에서는 후자의 방법을 통해 코드인증을 수행하였다.

권한집합 생성 후 온라인임이 확인되면, 그림 9와같은 과정으로 요구되는 어셈블리의 버전을 체크한 뒤 사용자의 로컬 컴퓨터에 필요한 어셈블리를 다운로드(download)한다. 여기서 다운로드되는 어셈블리는 전체 시스템을 구성하는 모든 컴포넌트 단위의 어셈블리가 아니라 동적 연결을 통해 필요한 어셈블리만을 다운로드하기 때문에 전송되는 정보의 양을 줄일 수 있다.

본 연구에서 개발한 인터넷 기반의 구조해석에 대한 효율성 검증을 위해 상용프로그램인 MIDAS의 결과 및 응답시간과 비교하였으며, 설계검토는 사용가능한 상용프로그램이 없어서 본 연구의 내용만을 기술하였다.

표 1과 같은 제원을 갖는 14-요소 트러스와 140-요소 트러스의 모델은 각각 그림10 및 그림 11과 같다. 총 응답시간은 IITCesal과 MIDAS에서 큰 차이를 보이지 않았으며(표 2), 결과 역시 동일하였다. 전/후처리 인터페이스를 윈도우 기반의 GUI로 나타낼 수 있기 때문에 다양한 표현이 가능하여 사용자 편의적인 인터페이스를 구축할 수 있었다.

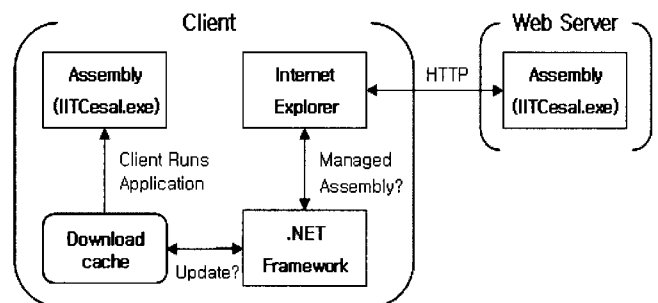


그림 9 NET Framework에 의한 어셈블리 배포과정

표 3은 14-요소 트러스에 대하여 도로교 설계기준·해설(대한토목학회, 2003)에 따른 설계검토의 결과로 부재의 단면

값을 증가시키면서 설계검토를 반복적으로 수행한 것을 나타낸 것이다.

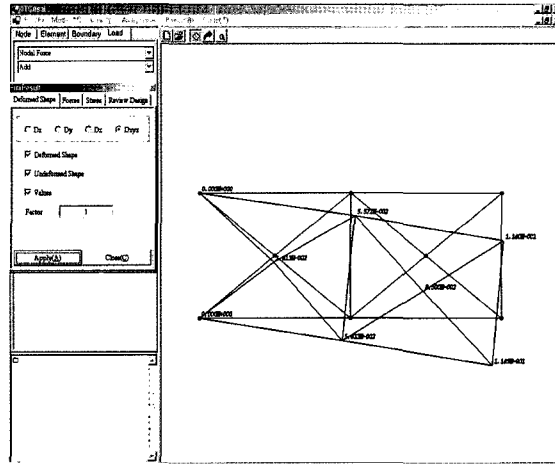
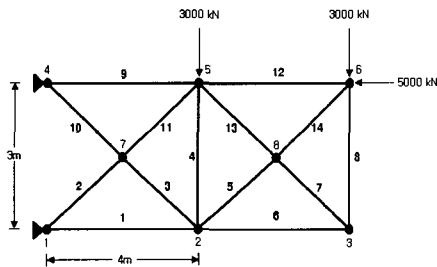


그림 10 14-요소 트러스의 모델과 변형형상

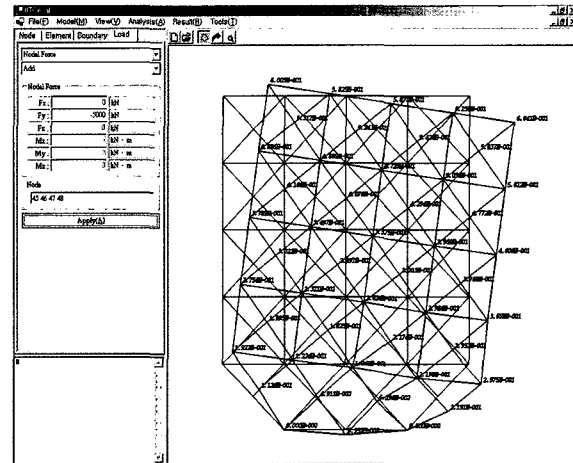
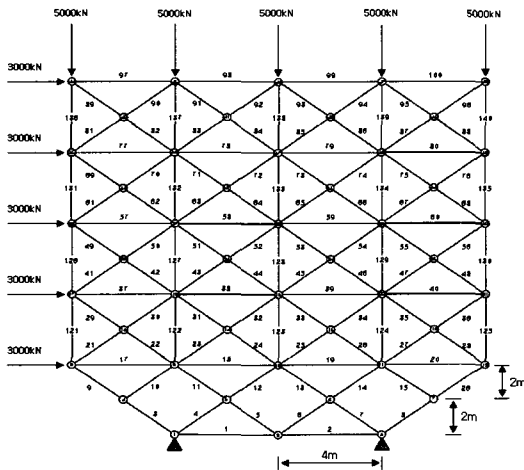


그림 11 140-요소 트러스의 모델과 변형형상

표 1 14-요소 트러스 입력치 (대한토목학회, 2003)

Material (SM520)	E :	2.1×10^6	kgf/cm ²
	σ_{ta} :	2100	kgf/cm ²
	σ_{ca} :	Table 3.3.2	kgf/cm ²
Section (200×200mm)	A :	63.53	cm ²
	r :	8.62	cm

표 3 14-요소 트러스의 부재별 설계검토 결과

Element	iter 1	iter 2	iter 3	최종설계치 (A: cm ²)
1	↓	↓	↓	451.06
2	↓	↓	↓	330.48
3	↑	↑	○	190.54
4	○	○	○	63.53
5	↓	↓	○	199.67
6	↓	○	○	67.17
7	↑	○	○	64.53
8	○	○	○	63.53
9	↑	↑	○	187.50
10	↑	↑	○	187.50
11	↓	↓	↓	438.40
12	↑	↑	○	130.35
13	↓	↓	○	64.53
14	↓	↓	○	199.67

↓ : 압축응력초과 ↑ : 인장응력초과 ○ 허용범위내

표 2 IITCesal과 MIDAS의 응답시간 비교

구 분	IITCesal	MIDAS
14-요소	2.78 sec	2.64 sec
140-요소	2.86 sec	2.65 sec

4. 결 론

본 연구에서는 확장성이 좋고 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 객체지향적 컴포넌트 모델을 제시하였다. 제시된 컴포넌트 모델을 이용하여 인터넷 기반 구조해석 및 설계검토를 위한 플랫폼을 개발하였으며, 개발된 플랫폼의 효율성을 2차원 트러스 예제를 통하여 검증하였다.

본 연구의 인터넷 기반 플랫폼의 개발을 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 기존의 해석프로그램은 사용자 입장에서 설치, 배포, 업데이트하는 등의 관리적 문제점을 가지고 있지만, 본 연구에서 개발된 플랫폼은 .NET Framework에 의해 자동 관리되므로 이러한 문제점을 해결해 준다.
- 2) 해석, 설계, 정보처리, 데이터베이스, 병렬처리 등 여러 단위의 복합체로 구성되는 자동화 통합설계 시스템의 구축을 위해서는 컴포넌트 기반 프로그래밍을 통한 재사용성 및 확장성이 고려되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 어셈블리의 설계시 분할과 정복, 개체군-개체의 관계 설정을 통하여 컴포넌트를 구성함으로써 능동적인 변화 및 손쉬운 확장이 가능하도록 하였다.
- 3) 모든 개체군마다 하나의 공통인터페이스를 사용함으로써 라이브러리간의 관계를 단순화할 수 있었다. 이는 상위 컴포넌트와 하위 컴포넌트, 컴포넌트와 객체간의 구조를 단순화시켜 보다 효율성 높은 컴포넌트 설계를 할 수 있었다.

그러나, 현재 개발된 플랫폼은 그 적용범위가 한정되어 있으므로 보다 광범위하고 실용적인 플랫폼의 개발이 차후 요구된다. 또한 국내외적으로 많은 연구가 진행되고 있는 통합설계 시스템은 독립적으로 개발된 플랫폼들의 정보교환을 위해 표준화된 데이터의 공유가 필수적이므로 본 연구의 플랫폼 역시 표준화된 자료구조를 통한 정보의 교환 및 공유가 가능하도록 자료처리 시스템을 개발하는 것이 필요하다.

감사의 글

이 논문은 2003년도 인하대학교 지원에 의하여 연구되었음 (INHA30380).

참 고 문 헌

구진희(2001) 분산객체기술을 이용한 ERP 모듈의 개발, 석사학위논문, 충남대학교 컴퓨터과학교육전공, p.47.

김남희(1996) 개체형 모델링(Entity-Based Approach)에 의한 통합설계시스템(Integrated Computer-Aided Design Systems) 개발, 한국강구조학회지, 8(4), pp.41~53.

김남희(2001) 구조공학에서의 컴퓨터의 이용, 전산구조공학회지, 14(1), pp.15~19.

김상훈(2004) 닷넷 기반 컴포넌트의 효과적인 개발과 재사용, 마이크로소프트웨어.

김유철(2004) Smart Client Programming with Windows Forms, MSDN Webcast.

김홍국, 이주영, 김재준, 이병해(1995) 구조해석에서 객체지향 방법론의 도입, 한국전산구조공학논문집, 8(3), pp.123~133.

대한토목학회(2003) 도로교설계기준·해설, 기문당.

도로교통기술원(2002) <http://research.freeway.co.kr> 한국도로공사.

유정훈(2001) CAE 개요, 전산구조공학, 14(1), pp.9~14.

한국건설 CALS 협회, <http://www.cals.or.kr>.

한국전산원(2004) 국가정보화백서, 진한도서.

A Virtual Engineering/Science Laboratory Course(2000) <http://www.jhu.edu>, Johns Hopkins University.

Mackie R.I.(2001) Object-oriented Methods and Finite Element Analysis, Saxe-Conburg Publications.

Rumbaugh, J., Blaga, M., Premerlani, W., Eddy, F., Lorenzen, W.(1991) Object-oriented Modeling and Design, Prentice-Hall.

Virtual Laboratory for Earthquake Engineering <http://cee.uiuc.edu>, University of Illinois at Urbana-Champaign.