

Workflow를 이용한 웹 기반 협업설계 프레임워크

양영순^{†*}, 강형욱*, 박창규**

서울대학교 조선해양공학과*, 해양시스템공학연구소**

Web Based Collaborative Design Framework Via Workflow

Young-Soon Yang^{†*}, Hyung-Wook Kang* and Chang-Kue Park**

Naval Architecture & Ocean Engineering, Seoul National University*
RIMES**

Abstract

Integration of engineering information through the IT (Information Technology) is very important key during the collaboration design process. How can we realize the data efficiently in real-time at the early design stage? How can we manage to integrate the separate information made by each designer or department effectively in real time? IT global trend is the unique way of handling these complicated problems from the information inundation.

This paper suggests the design process management system deduced from the analytical results considering BPM (Business Process Management) solution workflow. Workflow based design process management system can help user share and integrate the needed information at the right time through Internet. It is found that the proposed tool works well for a beam design case, and this framework can be thus further expanded for an engineering design environment smoothly.

※Keywords: Information share(정보공유), Design collaboration(설계협업), Workflow(워크플로우)

1. 서론

생산 활동의 분업화와 기계화에 따른 소품종 대량생산 시스템단계에서, 과학기술의 발달과 더불어 분업 활동은 더욱 전문화 및 고도화 되어왔다.

전문성이 높아지면서 이전에 비해 생산성은 향상 되었으며 작업의 불량률은 떨어지고 기술의 숙련도가 향상됨에 따라 서비스의 질도 올라갔다. 이러한 방법은 과거 낮은 가격의 대량생산 제품에는 적절한 시스템이었으나, 근래의 다품종 소량생산 및 고부가가치 제품시장의 빠르게 변하는 소비자 요구에는 분업화로 인해 오히려 시스템이 둔하고 비대해져 국제시장에서 경쟁력을 잃어

접수일: 2006년 8월 3일, 승인일: 2007년 4월 4일

† 주저자: ysyang@snu.ac.kr, 02-880-7330

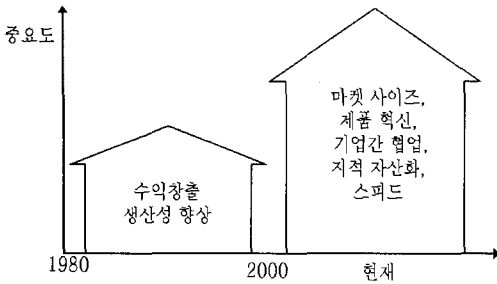


Fig. 1 Trends of competitiveness for product development

가고 있다.

또한, 1980년대부터 2000년대까지는 수익창출이나 생산성 향상이 중요한 키워드였으나, 현재는 마켓 사이즈, 제품혁신, 기업 간의 협업, 지적 자산화, 및 속도 경영이 더 중요한 시대가 도래하고 있다(Fig. 1). 따라서 R&D 조직도 사이버 마켓에서 공급업체 및 시장 확대의 기회를 포착하고, 파트너와 아웃소싱 및 전략적 제휴를 통해, 새로운 제품의 수익 증가와 확대의 기회를 포착할 수 있는, 빠르고 유연한 제품개발 조직으로의 전환이 필요한 시점에 이르게 되었다. 그중 특히 여러 분야의 전문가들이 모여 유기적이고 체계적으로 연구를 수행하여 효과적인 결과를 창출할 수 있는, 최적설계, 공학해석, CAD/CAE, 등의 전문가들 사이의 협동적인 체계 연구에 많은 관심이 모아지고 있다(김현 등 1998, 이창근 등 2002).

이를 위해 비즈니스 분야에서 검증된바 있는 IT(Information Technology : EAI¹⁾, EIP²⁾, etc)를 적용함으로써, 설계 초기단계에서 공학문제 해결에 필수적인 정보공유와 협업문제를 풀어 보도록 하였다. 그래서 본 연구에서는 'J2EE'(Java 2 Platform, Enterprise Edition)기반의 Work flow engine을 이용하여, 협업설계를 위한 Web based

1) EAI(Enterprise Application Integration) : 서로 다른 Application(Legacy, ERP, SCM, GW, DW등)들 간의 통합, 연계를 가능케 해주는 솔루션

2) EIP(Enterprise Information Portal) : 기업 내외부에 산재해 있는 정보를 단일 웹 인터페이스를 통해 결합, 관리 분석하고 배포할 수 있는 솔루션

Design process management system을 구축하여, 설계 및 해석문제에 사용되어질 수 있는 협업설계를 위한 분산설계의 프레임워크 개발 및 설계 프로세스를 구현하도록 하였다.

2. 관련기술 동향

공학 분야의 분산 및 협업에 관한 연구들로 MPI(Message Passing Interface), PVM(Parallel Virtual Machine), pPVM, JAVADC, 등 병렬컴퓨팅(Parallel computing) 분야가 있으며, CAD/CAE를 웹 환경, 즉 웹 브라우저(Web browser)에서 형상 모델링(Geometry modelling)이나 CAE 결과를 상호 공유하여 설계업무를 효과적으로 수행할 수 있는 가시화(Visualization) 연구가 있다.(Fig. 2 & 3)

2.1 분산설계

우선 지역적으로 분산되어 있는 전문가들이 함께 설계를 할 경우, 분산의 내용이 될 구성요소를 다음과 같이 공간(Location), 역할(Task), 도구(Tool), 자료(Data)로 나누어, Fig. 4와 같이 정의하였다.

분산설계를 위한 공유의 개념은 Fig. 5에서 보

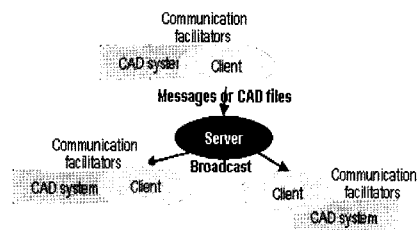


Fig. 2 Visualization tools

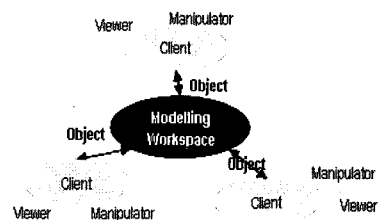


Fig. 3 Co-modelling tools

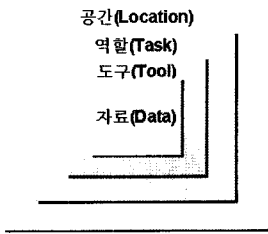


Fig. 4 Constituent of distributed design

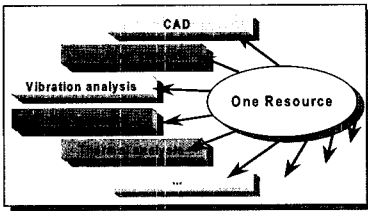


Fig. 5 Information sharing

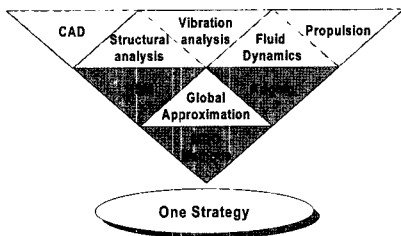


Fig. 6 Design collaboration

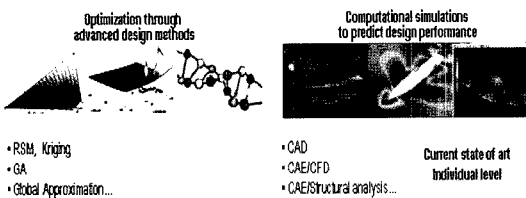


Fig. 7 Current state of art of CAE tools

이는 것처럼, 하나의 리소스를 다양한 설계 및 해석영역에서 사용하는 것을 의미하며, 협업개념은 Fig. 6처럼 설계 및 해석의 다양한 분야의 목표가 하나의 문제를 해결하기 위해 단합하는 것으로 정의하였다.

2.2 현재의 기술적 수준

현재 공학설계 및 해석 분야의 현재의 기술적 수준(state of art)는 컴퓨터와 공학의 발전에 힘입어 Fig. 7 같이 다양한 설계 및 해석 방법론들과 소프트웨어들이 있다. 이러한 요소기술 수준에서 사용되고 있는 기술들은 지역적으로 분리되어 있으며, 다른 종류의 소프트웨어의 사용에서 기인한 이중 데이터로 인한 설계 및 해석정보의 공유와 협업이 사실상 불가능하거나 비효율적으로 이루어지고 있다(Salas and Rogers 1997).

제품의 국제 경쟁력 제고를 위한 다양한 노력의 일환으로 설계과정에서 IT 기술의 접목을 시도한 결과, 현재 분산된 이기종 설계 및 해석의 도메인에서 대규모 시뮬레이션, 컴퓨팅 수행의 필요성이 점차 증가되게 되었다. 특히 이러한 개개의 독립적인 모듈로 구성된 분산 환경에서 실행 가능한 시스템과 분산된 Task를 디스플레이, 모니터, 그리고 컨트롤 할 수 있는 프로세스기반의 시스템이 구축될 때야, 비로소 요소기술 수준을 넘어서 분산 환경에서 정보공유 및 협업 설계프레임워크가 구현될 수 있다고 보아, 본 연구에서는 개개의 모듈이 전체 설계과정에서 효율적으로 협업하고 정보를 공유할 수 있는 시스템을 구축하고자 하였다.

2.3 Workflow(워크플로우)를 이용한 개발

Workflow의 정의는 사람과 기계와의 작업들 즉, IT 어플리케이션들과 툴들로 이루어지는 업무의 흐름(프로세스)을 자동화하는 것이다. “업무 흐름을 모델링 툴로 그린 후, 서버에 업로드 시키면 모델링 한 업무 흐름대로 개발 작업 없이 바로 수행시켜 주는 엔진”이라고 할 수 있다. 그래서 워크플로우는 일종의 큰 프로그래밍을 하는 개발 툴처럼 보이기도 한다.

워크플로우의 최초 출현배경은 주로 사무실내 직원들 간의 긴밀한 작업들, 보험, बैं킹, 법무 등과 같은 문서기반의 작업흐름을 자동적으로 분배, 컨트롤해 주는 것이었으나, 최근에는 산업기계와의 연동, 기업 간의 거래, 기업 어플리케이션과의 통합, 기업 내부와 인터넷 포털과의 연계, 등 IT, 사람, 비즈니스 파트너가 상호 협업하고 연계되는 지점에서 정착적 역할을 수행하는 광범위한 개념

으로 성장하고 있다.

Fig. 8의 워크플로우 기반 개발의 일반적인 순서는 빌드 타임(개발시간)과 런 타임(실행시간)으로 나뉘게 된다. 빌드 타임(Build Time)에서는 업무의 흐름을 분석, 정의하는 툴을 제공하는데 이것을 프로세스 정의 도구(Process definition tool)이라고 한다. 이 툴을 이용하여 어떤 역할의 사람이 어떤 툴을 이용해서 어떤 작업을 어떠한 순서로 하게 된다는 것을 그림 그리듯 정의하게 된다. 이렇게 정의한 업무의 흐름을 프로세스정의(Process definition)라고 한다.

런 타임(Run Time)에서 프로세스 정의(Process definition)을 실제로 동작시킬 수 있는 워크플로우 관리 서버(Workflow Enactment Server)에 구축시킨 후 실행시키게 된다. 그러면 Fig. 9와 같이 프로세스 정의를 해석하여 작업이 필요한 순간에 작업자나 응용프로그램(Application)에게 작업을 시키고 결과를 자동적으로 관리하게 된다. 그래서 기술을 전혀 모르는 업무 전문가도 그림을 그리듯

이 ‘프로세스 정의’라는 형식으로 업무를 정의하기만 하면 개발 작업 없이 시스템이 완성되는 것이다³⁾.

3. 웹 기반 협업설계 프레임워크

지리적으로 떨어져 있는 다양한 분야의 전문가들이 공통의 설계목표를 효율적으로 완수하기 위해선, 앞에서 정의한 설계 흐름의 구체적인 단계를 정의하는 것도 필요하겠지만, 지리적으로 떨어져 있는 문제점을 극복하기 위해선 Internet을 이용한 Web 시스템의 활용을 전제로 하여 분산된 설계시스템의 장점을 최대한 활용하면서 정보 공유에 의한 협업설계가 가능토록 할 필요가 있다. 아울러 공학설계과정을 워크플로우 개념으로 분해하여 체계적이며 합리적인 설계가 이루어지는 공학설계 프레임워크의 개발도 고려해야 한다(김영호 등 2000).

3.1 워크플로우 기반 설계 프레임워크

문서업무의 프로세스를 가진 비즈니스에 적합하게 개발된 Workflow를 공학 분야의 분산설계 시스템 구축에 응용하기 위해서는 Fig. 10 워크플로우 기반 설계 프레임워크(Workflow based design framework)와 같이 설계 프로세스 로직(Design process logic)의 결합이 필요하다. 워크 플로우 엔진은 순차적 업무(Task)를 가진 일련의 프로세스를 설계, 자동화, 가시화, 그리고 관리하는 프로세스 관리 시스템(Process management system)을 지원한다. 그리고 Design process logic은 공학 설계와 해석에 필요한 CAD 및 CAE(강원수 1997)와 같은 컴퓨팅 시뮬레이션 툴과 최적화나 근사기법, 등과 같은 설계 방법(Design method) 그리고 공학설계 프로세스 모델을 의미한다.

따라서 Process management system과 Design process logic을 결합하여 구체화한 것이 Fig. 11의 Workflow based design framework 이다. 여기서, BPM(Business Process Modeling)

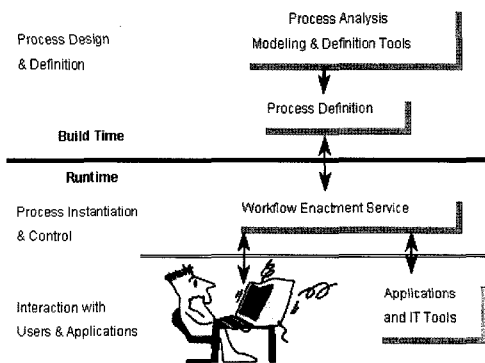


Fig. 8 Workflow based development procedure(WfMC 1995)

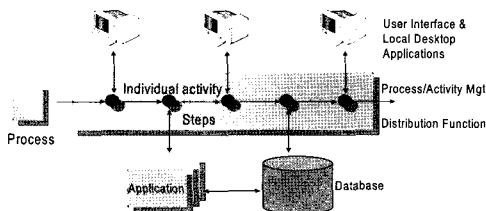


Fig. 9 Workflow automating the process between Users and IT resources(WfMC 1995)

3) 사용자가 작업할 어플리케이션들과 워크플로 엔진이 연동될 수 있도록 미리 등록되어있어야 한다.

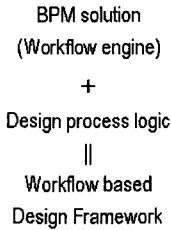


Fig. 10 Workflow based design framework

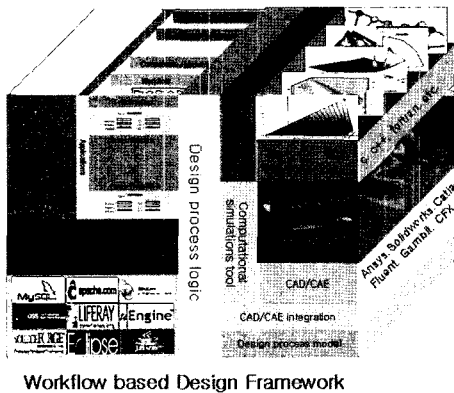


Fig. 11 Workflow based design framework architecture

(Smith and Fingar 2004)을 위한 정보기술로서는 MySQL, Apache, Tomcat, Liferay, uEngine, Eclipse, JBoss 등의 기술이 사용되며, 여기에 design process model, CAD, CAE와 같은 Computational simulation tool, 근사기법과 최적화 방법론과 같은 공학 설계 툴들을 결합하여, 실시간으로 설계 및 해석정보의 공유와 협업설계가 가능한 공학모델의 분산시스템이 구축되도록 하였다.

3.2 Workflow customization

BPM의 장점을 이용하고 단점을 보완함으로써, 보다 효율적이고 체계적인 공학 설계 및 해석문제에 적용하기 위해 CAE(ANSYS)와 최적화(노명일과 이규열 1999) 모듈을 BPM에 넣음으로서 공학 설계 및 해석이 가능한 프로세스의 설계 및 관리를 수행하게 했다. 따라서 본 연구에서는 Workflow(uEngine)(장진영 2004, 조영은 2004,

최정호 2004) 내부에서 CAE(ANSYS)를 이용하여 최적화를 수행 할 수 있는 프로세스를 설계하고 실행할 수 있는 환경을 구현하였다. 이것은 개발된 AnsysOptimizationActivity를 이용하여 구현이 가능하며 AnsysOptimizationActivity의 기본 구조는 ANSYS 해석 수행에 필요한 Geometry, Load condition, Material property, 등의 정보가 입력되어 있는 Ansys.inp 파일과 설계변수의 개수, 목적 함수, 제약조건, 등 최적화에 필요한 정보가 들어 있는 Opt.txt 파일을 입력받아 서버에 있는 Optimizer와 CAE(ANSYS)를 호출하여 최적화를 수행하고 Final.out 파일을 생성한다. 그리고 AnsysOptimizationActivity가 Final.out 값을 읽어 들여 result라는 변수형태로 저장하게 되며 그 변수값을 사용자에게 되돌려 주는 구조로 되어 있다. 그 내부구조는 Fig. 12와 같다.

이것은 해석업무를 담당한 유저가 웹 브라우저를 이용하여 포탈에 접속하여 로그인을 하고 uEngine을 통해 자신의 업무를 할당받아 해석업무에 해당하는 최적화 수행에 필요한 형상(geometry) 정보와 하중조건(Load condition), 제약조건(constraint condition) 등을 작성하여 Ansys.inp와 Opt.txt 파일형태로 웹 브라우저를 통해 업로드를 하면 자동으로 서버에서 최적화(Optimizer)가 수행된 후 해석결과인 Result를 이용해 다음 단계의 Task가 수행 된다.

따라서 위와 같은 구조는 웹 브라우저로 포탈에 접근하여 문서편집기로 Ansys.inp와 Opt.txt파일을 작성하여 입력한다면 인터넷이 가능한 어디에서나 공학설계업무를 수행 할 수 있다.

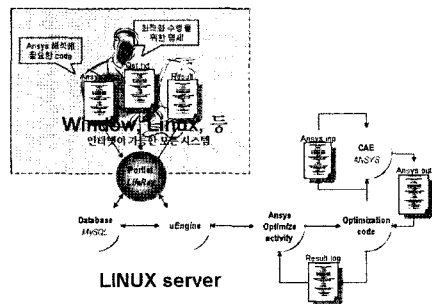


Fig. 12 AnsysOptimizationActivity architecture

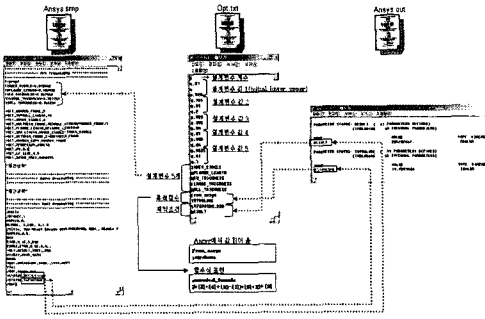


Fig. 13 Ansys.inp, Opt.txt, and Ansys.out

Fig. 13을 참고하면 사용자가 입력한 정보 Ansys.inp, Opt.txt 파일과 최적화 수행 시 발생하는 Ansys.out 파일 간에 서로 밀접한 관련이 있음을 알 수 있다.

Ansys.smp

최적화를 수행하기 위해서는 Ansys.smp파일에 서 형상정보를 매개변수화 해야 하며 매개변수화 된 변수는 Opt.txt의 변수의 이름과 같아야 한다. 그리고 Ansys.smp의 마지막부분에서 해석결과를 Ansys.out로 출력하는 부분에서는 Opt.txt의 목적 함수와 제약조건인 Parameter와 동일해야 한다.

Opt.txt

Opt.txt파일은 최적화를 수행하기 위한 명세로 서 설계변수의 개수, 그리고 설계변수의 개수만큼 초기 값, 하향바운드, 상향바운드를 설정한다. 그 다음 Ansys.smp와 동일한 Parameter로 설계 변수를 정의하고 목적함수 역시 Ansys.out에서 출력되는 이름과 같아야한다. 그리고 목적함수 정의 시 “From_ansys”를 인자로 사용할 때는 “totvolume”라는 변수를 사용함으로써 ANSYS에서 Volume계산을 수행해서 값을 받아오게 되며 “Numerical_formula”를 인자로 사용할 때는 수식의 형태로 표현할 수 있다. 예를 들어 다음 “2*[2]+3.14/[1]+[3]”과 같은 수식표현에서는 [] 안의 수는 윗줄에서 작성한 설계변수의 순서로서 설계변수를 의미하며 []가 없는 수는 상수로 표현 할 수 있다.

Ansys.out

Ansys.smp파일에 의해 최적화의 반복계산 수 행동안 자동으로 생성되는 파일로서 변수 형태로 Result와 totvolume의 규약을 잘 지켜야 한다.

그리고 BPM도구인 uEngine이 웹서버와 연계됨 으로서 TransactionTimeout을 다시 설정해야 한 다. 설정의 이유는 서버 측의 컴퓨터에서 각각의 태스크들에 메모리를 할당하고 있는데, 서버에 접 속한 웹 페이지나 서버에서 일어나는 태스크가 현 재 일을 하지 않고 있다고 판단하면 불필요한 메 모리를 잡아두지 않기 위해서 Timeout을 시키게 된다. 특히 인터넷 환경이라는 점에서 웹 서버는 어떤 사람들이든 접근할 수 있기 때문에 작업하지 않고 있는 메모리를 잡아두고 있을 수 없다. 그래 서 일반적으로 그림이나 텍스트가 로딩 되는데 걸 리는 시간 정도만을 제한하고 있기 때문에 일반적 인 설정으로는 계산 부하를 장시간 소비하는 공학 해석이 끝날 때 까지 기다리지 않는다.

따라서 일반적인 설정일 경우, 최적화 해석도중 에 설정된 시간을 초과하게 되면, Fig. 14의 마지 막 라인과 같은 Transaction timeout warning이 발생하며 프로세스가 중단되고 Garbage value를 리턴하게 된다.

따라서 Fig. 15과 같이 원래는 54000(sec)이 300(sec)으로 되어 있어서, 기본적으로 5분 설정 이 되어있었으나 54000(sec)으로 설정하여 15시

```

14:09:40.414 INFO [STDOUT] ReceiveActivity:waiting for message : onHumanActivityResult_1
14:09:42.101 INFO [STDOUT] SQL [SQL_L157]: select w.taskId, w.title, w.processInstance, w.
tool, w.endpoint, w.description, w.startDate, w.endDate, w.priority, w.status,
p.name as processinstancename from tom_worklist w, bpm_procinst pi where w.endpoint='rams2020@
snu.ac.kr' and w.processInstance = pi.id and pi.ISSELECTED = 0 and (w.status = 'NEW' or w.st
atus = 'CONFIRMED') order by w.startDate desc
14:09:43.458 INFO [STDOUT] --- ActivityInstance:set --- scope: key: /roleMapping_of_srvval: of
u.engine.kernel.RoleMapping@6a22instance id: 492
14:09:43.461 INFO [STDOUT] --- ActivityInstance:set --- scope: key: /roleMapping_of_srvval: of
u.engine.kernel.RoleMapping@6a22instance id: 492
14:09:43.514 INFO [STDOUT] --- ActivityInstance:set --- scope: key: /roleMapping_of_result_getv
al: of u.engine.kernel.RoleMapping@6a22instance id: 492
14:10:29.080 INFO [STDOUT] traceTo = _1
14:10:29.081 INFO [STDOUT] processInstance = 492
14:10:29.081 INFO [STDOUT] processDefinition = 245
14:10:29.084 INFO [STDOUT] initiate=null
14:10:29.178 INFO [STDOUT] ProcessDefinition::fireMessage:message = onHumanActivityResult_1
14:10:29.193 INFO [STDOUT] distribute message to _1
14:15:29.954 WARN [TransactionImpl] Transaction TransactionImpl[XidImpl {FormatId=957, GlobalId=
localhost.localdomain//10441, BranchQid=}] timed out. status=STATUS_ACTIVE
    
```

Fig. 14 Transaction timeout warning

```

<attribute name="TransactionTimeout">
54000</attribute>
    
```

Fig. 15 TransactionTimeout setting

간동안 Timeout이 발생하지 않도록 수정하였다.(Sec.)

3.3 AnsysOptimizationActivity의 의미와 한계
 프로세스를 자동화 해주고, 가시화 및 관리할 수 있는 BPM도 구인 uEngine에 Ansys Optimization Activity를 추가함으로써 공학설계 및 해석을 수행할 수 있는 프로세스로 모델링 도구로 업그레이드되었으며 Optimization code와 CAE(ANSYS)가 사용자의 컴퓨터에 설치되어 있지 않아도 최적화를 수행할 수 있게 되었다.

특히 CAE(ANSYS)를 이용한 최적화를 수행하기 위해 소스코드를 불가피하게 수정하고 컴파일 해야 했던 종래의 방법에서 벗어나 인터넷이 가능한 어디서든 사용자가 ANSYS Input 파일과 최적화 포물레이션만을 파일형태로 인터넷을 통해 서버에 전달하면 설계 프로세스에 연계된 최적화 업무를 수행 할 수 있다.

그러나 최적화 수행에 있어서 웹 서버에 많은 Computing load를 필요로 하는 최적화가 수행된다는 점은 이 시스템의 한계이며 현재 사용자가 업로드 하는 파일이 서버에 하나의 동일한 디렉토리에 저장되는 점에서 동시에 여러 개의 최적설계가 수행 될 수 없다. 그리고 CAE(ANSYS)의 직관적인 GUI를 제공하지 않기 때문에 사용자는 ANSYS의 Input 파일작성을 위해서 ANSYS APDL(ANSYS Parametric Design Language)에 대한 지식을 가지고 있어야만 사용이 가능하다.

4. 적용 예제

개발된 AnsysOptimizationActivity를 이용하여 Fig. 16과 같은 간단한 Beam design process를 모델링 하고 프로세스를 실행하여 Ansys Optimization Activity를 테스트를 하였다.

- 프로세스 내용 : 구조최적화 프로세스를 인터넷을 통해서 3명이 참여하는 시스템 구성
- 최적화 내용 : Beam design(체적 최적화)
- 업무참여자 : 3
 HY KANG : rams2020@snu.ac.kr
 KJ HONG : icebreaker_kr@hotmail.com

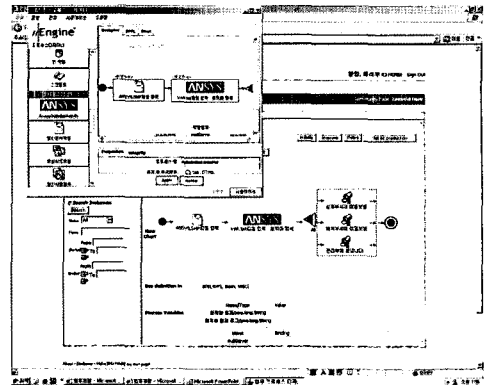


Fig. 16 Process design using Ansys OptimizationActivity

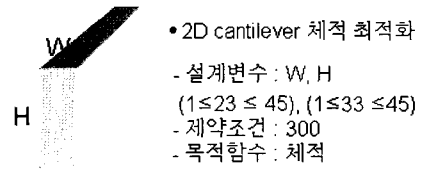


Fig. 17 Beam design model

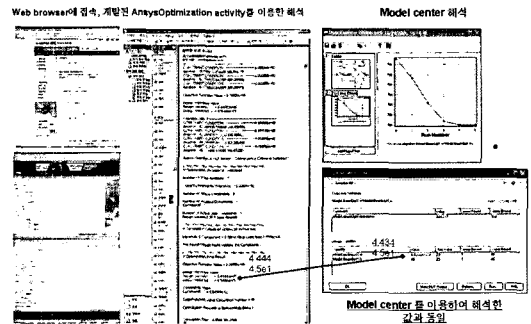


Fig. 18 Comparison of proposed tool Ansys (OptimizationActivity) with ModelCenter

LD JANG : sundayskipper@hanmir.com

- Application : 2
 Ansys optimization activity
 E-mail activity

Fig. 17과 같이 문제를 정식화를 하여 상용 패키지인 Phoenix사의 ModelCenter와 본 연구에서

개발된 AnsysOptimizationActivity를 이용하여 최적화를 수행했을 때 얻어진 결과가 같음을 확인할 수 있다. Fig. 18은 최적화 완료 후 결과를 3개의 E-mail을 통해 받은 그림과 ModelCenter의 결과와의 비교다(ModelCenter Basic Manual 2003).

5. 결론

최근 IT 기술과 인터넷의 발전으로 각 기업들의 비즈니스 환경은 이제 지역이라는 한계를 뛰어 넘어 웹을 통한 글로벌 환경을 구축하고 있다. 즉 e-business의 출현은 많은 전통기업들의 새로운 경쟁력 향상에 필수적 이라는 데에 공감하고 있는 실정이다. 인터넷을 기반으로 한 e-business 중에서 아주 중요한 컴포넌트 중의 하나는 워크플로우인데, 워크플로우의 개념은 e-business의 일종인 BPM(Business Process Management)에서 사용된 IT 기술로서, 프로세스를 통합화(Integration) 및 자동화(Automation) 할 수 있다는 장점을 가지고 있지만, 가장 큰 문제점 중의 하나는 배우기 어렵고 이해하기 힘들다는 것이었고, 또한 e-business 솔루션들의 경우 대개가 설계 정보만을 관리할 수 있는 기능을 띠고 있었다.

따라서 본 연구에서는 워크플로우의 개념을 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위해 실제 공학설계 문제 예를 통해 구현하였으며, 해석 및 최적화의 과정을 웹을 통해 실시간 정보공유를 할 수 있도록 구현하는데 초점을 맞추었다. 한편, 본 연구에서 제안한 방법은 인터넷이라는 대중 매체를 통해 실시간으로 정보공유 및 협업설계가 가능한 웹 기반 프레임워크의 기반을 마련할 수 있는 기반을 마련할 수 있는 하나의 방안으로 기대된다.

후 기

본 논문은 국방부/국방과학연구소가 지정한 수중운동체 특화연구센터 과제(SM-12)의 지원으로 수행된 것을 정리한 것으로, 위 기관의 후원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 강원수, 1997, "제품모델링과 CAE," 대한조선학회지, 제 34권, 제 4호, pp. 33-38.
- 김영호, 주경준, 김동수, 강석호, 2000, "설계 프로세스 관리를 위한 웹 기반 워크플로우 시스템," 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제 5권, 제 1호, pp. 61-70.
- 김현, 명재형, 목경태, 1998, "동시공학 구현을 위한 Web 기반의 공학 프로세스 지원 프레임워크," 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제 3권, 제 4호, pp. 283-292.
- 노명일, 이규열, 1999, "협동 최적화 방법에 의한 다분야 최적화 기법에 관한 연구," 대한조선학회 추계학술대회 논문집, pp. 159-164.
- 이창근, 이수홍, 방건동, 2002, "웹 기반 통합 설계 환경 구축에 관한 연구," 한국CAD/CAM 학회 논문집, 제 7권, 제 2호, pp. 110-120.
- 장진영, 2004, "uEngine 사용자 가이드 ver.1.1", uEngine 오픈소스 프로젝트.
- 조영운, 2004, "uEngine eclipse 연동 가이드", uEngine Open Source Project.
- 최정호, 2004, "uEngine BPM 빌드가이드", uEngine Open Source Project.
- Salas A.O. and Rogers J.L., 1997, "A Web-Based System for Monitoring and Controlling Multidisciplinary Design Projects," Langley Research Center.
- Smith H. and Finger P., 2004, "Business Process Management (BPM): The Third Wave," Meghan-Kiffer Press.
- ModelCenter Basics Manual, 2003, Phoenix Integration Inc. USA.



< 양 영 순 >



< 강 형 욱 >



< 박 창 규 >