

## 협업기반 설계 통합 시스템 개발 - 초대형 해상구조물에서의 적용

박성환\*, 이재경\*, 조귀목\*\*, 한순홍\*\*\*

### Development of an Integrated System for Cooperative Design - Application for Very Large Floating Structures

Seong-Whan Park\*, Jai-Kyung Lee\*, Gui-Mok Cho\*\*, and Soon-Hung Han\*\*\*

#### ABSTRACT

In order to design the large complex structures like VLFS (Very Large Floating Structures), it is essential the cooperation between the experts in various fields; structural engineering expert, fluid mechanics expert, mooring system engineer, and so on. This paper describes the development of an integrated system to support the cooperative design between various experts and project manager. This integrated system is designed to be operated in Web environment and it contains the support of design DB and 3D graphical tool, negotiation tool for task allocation, and various engineering supporting tools for each design step. The user group of this system can be classified as Project Manager, Engineering Expert, DB Builder, and System Administrator. All of the engineering data is saved after and during the process of the design projects and all participants can be connected by Internet without the limit of time or space constraints.

**Key words** : VLFS, design integration system, distributed cooperation, design workflow

#### 1. 서 론

현대 연안 주변의 산업도시는 고도의 산업화 및 도시 집중화에 따른 공간자원의 고갈을 겪고 있다. 이에 공간적 확장이 필요하게 되었으며 가까운 장래에 필요한 쾌적한 해양공간을 확보할 수 있는 새로운 기술 개발이 요구된다. 이에 초대형 부유식 해상구조물(VLFS: Very Large Floating Structures)은 경제성, 안정성, 환경 친화성 등의 장점을 보유한 장래 유망한 해양공간 개발기술로 평가 받고 있다<sup>1)</sup>.

친환경 해양공간 창출을 위한 초대형 부유식 해상구조물은 설치 수심과 해저지형의 영향을 받지 않으며, 건설공기가 짧고, 설비 확장 및 제거가 용이하다. 또한 지진 피해가 없고 환경영향 피해가 거의 없을뿐

더러, 건설 공해가 적은 것이 큰 장점이다.

이러한 VLFS를 설계하기 위해서는 본체/계류시스템 설계, 다양한 유탄성 해석, 구조안전성/피로/최종강도 해석, 방파제 성능 해석, 환경영향 평가, 계류시스템 성능 해석 등의 고도의 전문가적 지식 및 경험이 요구되며, 설계 초기부터 성능해석과 구조설계의 연구가 협업으로 진행되어야 한다.

다양한 분야의 전문가들이 동일한 대상에 대한 설계, 특히 성능해석에 기반한 설계를 수행하기 위해서는 각종 설계정보를 공유하여야 하며, 또한 주어진 기간 내에 설계를 완료하기 위해서는 정보 교류를 보다 효율적으로 지원할 수 있는 도구가 필요하다. 한편 설계에 참여하는 전문가는 지리적으로 분산될 수 있기 때문에 각 전문가에게 필요한 각종 엔지니어링 S/W은 분산 환경 하에서 사용될 수 있어야 한다. 본 연구에서는 다년간 축적해온 부유식 항만/공항/복합 물류 터미널 등에 관한 초기설계 경험을 바탕으로 VLFS설계를 위한 본체 및 계류시스템의 설계 워크플로우(Workflow)를 정립하였고, 이를 바탕으로 한 협업기반 설계 통합시스템(VADA: VLFS' Analysis based Design

\*한국기계연구원 시스템엔지니어링연구본부

\*\* (주)부풍너비

\*\*\* 한국과학기술원 기계공학과

- 논문투고일: 2008. 03. 21

- 논문수정일: 2008. 08. 23

- 심사완료일: 2008. 09. 11

Aid)을 개발하였다.

개발된 시스템은 공간적으로 떨어진 전문가간의 설계정보공유, 분산환경에 있는 다양한 엔지니어링 S/W의 효과적인 통합 활용, 설계 단계별 정보의 공유, 설계 정보의 그래픽 지원시스템 등을 지원함으로써 프로젝트 관리자와 설계 참여자 각 전문가간의 효과적인 협업이 이루어지도록 하였다. VADA 시스템은 초기설계에 요구되는 각종 정보의 효율적인 구축 및 관리를 지원하는 DB Manager 모듈, VLFS 설계 프로젝트의 일정 수립과 각 단계별 해석 및 설계 업무를 수행하는 전문가들의 일정관리와 진행상태 모니터링을 지원하는 Project Manger모듈, VLFS 설계Task 수행을 위한 Application Expert Manager 모듈, 분산된 엔지니어링 S/W를 통합 운용하기 위한 CAE Interface 모듈로 구성되었으며, 이를 통한 분산자원 통합관리, 웹 기반 분산환경 협업설계 기능, VLFS 설계 경험의 DB화 등이 가능하다.

## 2. 관련 연구

초대형 부유식 해상구조물에 관련한 연구는 국가차원의 필요에 따라 일본, 미국 등 선진국에서 활발히 진행되어 왔다.

일본에서는 '90년부터 마린프로트 추진기공에서 부채식 해양구조물의 경제성 및 안전성 확보기술에 대한 연구가 수행되었으나<sup>1)</sup>, 메가프로트 프로젝트(1996-2000)<sup>2)</sup>에서 실제 해상에서의 실증 검증을 통하여 VLFS의 활용 가능성을 성공적으로 입증하였다. 또한 미국에서도 미 해군의 해외기지를 위한 이동형 해상기지(MOB)와 설계개발 연구를<sup>3)</sup> 수행하고 있다.

국내에서는 초대형 해상구조물 전문 연구학회인 VLFS(Very Large Floating Structure) Workshop<sup>4)</sup>을 조직하는 한편, 초대형 부유식 해상구조물 기술개발에 필요한 파랑응답 해석, 하부구조 및 뜬된 계류시스템 설계 해석, 하부구조물 구조안전성해석, 유단성 응답해석 등에 관한 연구가 이루어져 왔으며, 초대형 부유식 해상구조물 계류시스템 설계, 하부구조 최적구조설계 등 설계에 관련된 연구를 통해 다년간 초대형 부유식 해상구조물을 위한 엔지니어링 기반기술을 축적해 왔다<sup>5-11)</sup>.

이러한 엔지니어링 기반기술의 적용 예로 길이 500 m, 폭 300 m 규모의 부유식 마리나 리조트 구조물을 시설계 대상으로 삼아 개념 설계를 수행하였으며<sup>12)</sup>, 해상 공항 및 불류 터미널에 대한 개념 및 기본 설계가 이루어졌다. 이처럼 VLFS에 관련한 연구는 앞으

로도 더욱 활발하게 진행될 것으로 예상된다.

한편 엔지니어링 협업을 지원하기 위한 노력은 미국의 Phoenix 사의 Model Center<sup>12)</sup>와 Engineous Software 사의 iSIGHT<sup>13)</sup> 등의 통합시스템 개발로 이어지고 있다. 국내에서도 통합설계 시스템을 제공하는 연구개발이 진행되고 있으며, 최적설계 신기술센터의 EMDIOS<sup>14)</sup>와 한국기계연구원의 멀티에이전트 기반 엔지니어링 통합 프레임워크<sup>15)</sup>를 들 수 있다. 본 연구에서는 기존의 멀티에이전트 기반 시스템을 기초로 하여 전문가간 협업을 지원하는 시스템으로 개발하였으며, 전문화된 일정관리모듈, 설계 DB 모듈, 3D CAE 지원 모듈 등을 추가하였다.

## 3. 설계 통합시스템 분석 및 설계

### 3.1 시스템 개요

VADA 시스템은 VLFS 설계를 위한 웹 기반 UI (User Interface) 제공, 엔지니어링 데이터 공유를 통한 분산환경 협업설계를 지원하는 것을 목적으로, 다음과 같은 목표 및 내용으로 개발되었다.

- (1) 다수의 VLFS 설계 프로젝트의 관리
- (2) 다수의 전문가간 가상 협업 공간 마련
- (3) VLFS 설계 가이드라인 제시
- (4) 분산된 설계/엔지니어링 자원 활용 (S/W, 데이터, 인적자원 등)
- (5) 통합된 엔지니어링 데이터 관리
- (6) 3D-그래픽 기반 설계결과 가시화

Fig. 1은 이미 다년간 선행된 VLFS 해석 및 설계 관련 연구를 바탕으로 본체 및 계류시스템 설계에 필요한 설계 Route Map을 정립한 것이다. 본 설계 프로세스는 정형화된 것으로 간주하며, 프로세스의 변화 가능성에 대한 시스템 유연성을 확보하기 위하여 각 엔지니어링 프로세스는 업무별 단위 Task로 정립하고 component화 하였다.

### 3.2 시스템 요구분석

첫째, VLFS 설계를 위한 분산 협업 시스템은 multi-project, multi-task/multi-user, 분산처리 기능이 요구된다. Multi-project란 설치지역별, 혹은 동일지역의 상이한 목적에 의해 설계되는 여러 VLFS 설계 대상에 대하여 VADA 시스템에 독립적인 프로젝트(project)로 생성하고 관리함을 의미하며, multi-task/multi-user란 VADA 시스템에 여러 사용자가 동시에 접속하여, 여

려 해석 및 설계 Task를 동시에 수행하는 것을 의미한다. 또한 분산처리는 시간 및 시스템 성능에 제한적인 해석 및 설계 업무를 분산 처리를 통해 시스템의 효율을 높이고, 시 공간적인 제약에서 벗어날 수 있게 해준다.

둘째, VLFS 설계를 위해 일련의 순서가 요구되는 Task에 대해 수행 전문가를 정하고, 진행 순서 및 진행 과정에 대한 모니터링 기능이 요구된다.

셋째, 협업기반 통합 설계를 위해 각 Task 수행 전문가들을 위한 공동된 웹 기반 사용자 인터페이스가 요구된다.

넷째, VLFS 해석 및 설계 데이터를 일원화된 저장소에 저장하기 위한 VLFS 설계 데이터 웨어하우스 구축이 요구된다. 이는 설계변경과 이에 대한 추적을 위해 필수적으로 요구된다.

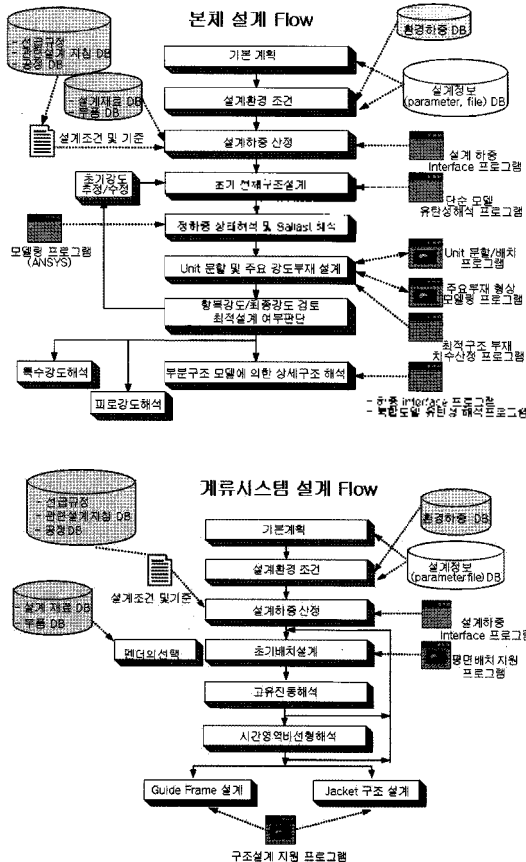


Fig. 1. The workflow of VLFS design.

3.3 시스템 설계

3.3.1 시스템 유스 케이스(Use Case) 모델링

Fig. 2는 VADA 시스템을 사용하는 사용자 (혹은

그룹) 관점에서 논리적인 시스템의 서비스 (혹은 기능)를 분석하여 정의한 유스 케이스 다이어그램이다. 시스템 관리자는 네트워크, DB, 서버 등 컴퓨팅 환경을 관리하며, VADA 시스템의 사용자 관리, 엔지니어링 S/W의 설정을 담당한다. Project Manager는 VLFS 설계 프로젝트를 생성 및 삭제, Task 수행 전문가간의 업무일정 협의 및 관리 등을 한다. Application Expert는 Project Manager가 할당한 Task를 수행하며, 웹 UI를 통해 해석 및 설계 업무를 수행한다. 마지막으로 DB Manager는 VLFS 설계에 필요한 데이터를 통합 관리 한다<sup>[16]</sup>.

3.3.2 시스템 개발 및 운영환경

Fig. 3은 VADA 시스템의 운영환경을 나타낸다. 네트워크를 통해 VADA 시스템에 접근하여 분산된 해석 및 설계 시스템에 접근해 여러 해석 및 설계 업무를 수행 할 수 있다. 또한 그래픽 기반 설계지원 시스템은 VADA 시스템의 웹 기반 UI를 통해 입력된 설계 정보를 바탕으로 3D형상 모델(예: Unit, 계류시스템, 계류시스템 배치)을 생성하고 뷰어(Viewer)를 통한 보다 직관적인 설계정보를 확인할 수 있도록 개발 되었다.

Fig. 4는 VADA 시스템의 개발환경 및 S/W 구성도를 나타낸다. 자바(Java) 기반의 시스템은 개방형 구조를 가지며 플랫폼 독립성을 보장하고, 확장 및 이식이 용이한 유연한 시스템을 구축할 수 있는 장점이 있다. 웹 기반 사용자 인터페이스는 JSP(Java Server Pages)와 Applet으로 구성하였으며, 웹 서비스를 위한 Apache, JSP/Servlet 엔진으로 Tomcat 을 사용하였다. 또한 엔지니어링 데이터 관리를 위한 EDM(Engineering Data Management)은 관계형 데이터베이스 시스템인 MySQL과 FTP를 활용한 파일 시스템으로 구성된다.

마지막으로 각각의 독립적인 환경에서의 설계/해석 S/W의 연동을 위하여 에이전트(Agent) 기반의 래핑(Wrapping) 프로그램인 PSWrapper를 사용하였으며<sup>[17]</sup>, 그래픽 기반 설계 지원 시스템은 Visual C++ 기반에 ACIS Kernel을 사용한 형상 모델러와 해석 도구인 ANSYS로 구성되어 있다.

4. 설계 해석 통합시스템 구현

4.1 DB Manager 모듈

Fig. 5에서 보는 바와 같이 DB Manager 모듈은 VLFS 초기설계에 기본이 되는 각종 엔지니어링 데이터를 효율적으로 생성/관리하고자 하는 목적으로 개

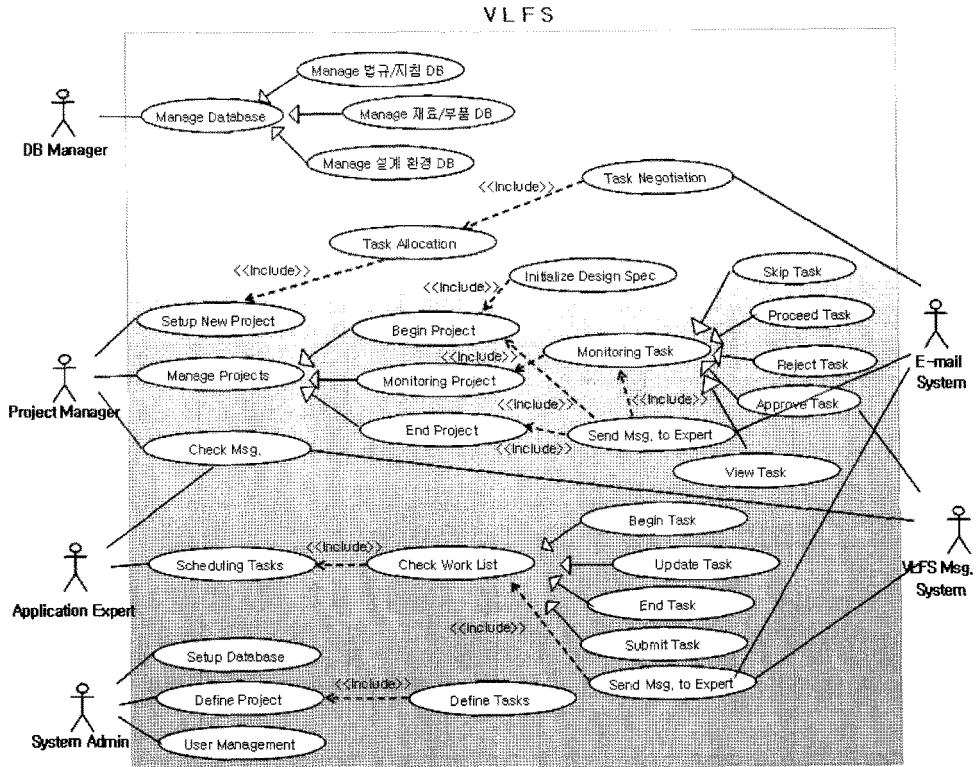


Fig. 2. Use Case Diagram of VADA System.

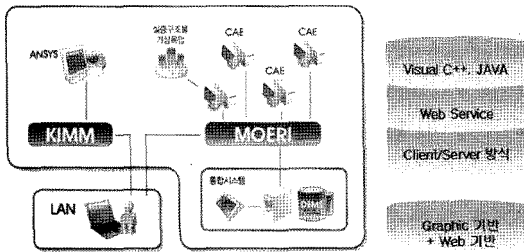


Fig. 3. The operating environment of the VADA system.

받되었으며, 구축된 정보(법규/지침DB, 재료/부품DB, 설계/환경DB)는 본체 및 계류시스템의 설계에 사용된다<sup>16)</sup>.

DB Manager의 정보 저장소는 VLFS 설계관련 정보를 담고 있는 데이터 웨어하우스의 개념이며, DB관련 전문가에게 정보의 효율적인 구축 및 통합 관리 업무를 지원하는 데이터 마트의 개념을 포함한다<sup>16)</sup>.

#### 4.1.1 엔지니어링 데이터의 통합 관리

DB Manager 모듈을 통하여 초기설계에 필요한 엔지니어링 데이터의 일관적이고 통합적인 관리가 가능하다. 데이터의 추가, 삭제, 확인, 수정 등이 가능하며, 입력 값의 유효성 검사를 통해 엔지니어링 데이터의 신뢰성을 높일 수 있도록 하였다.

#### 4.1.2 데이터베이스 생성 기능

데이터 사전 형식의 DB 스키마 설계 방법 적용으로 DB Manager 모듈의 재료/부품 DB - 본체재료 부분은 기존에 미리 정의된 기본적인 항목 외에도 추가적인 항목에 대해서 직접 추가 할 수 있도록 구현하였다. 또한 추가되는 본체 재료 항목에 대해서 항목의

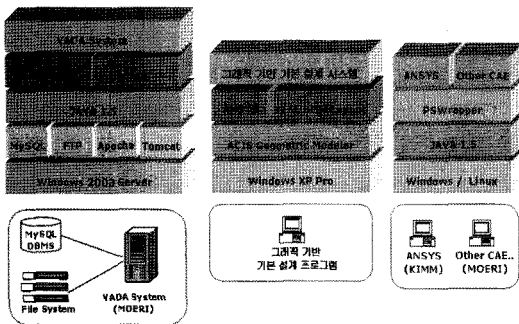


Fig. 4. The development environment of the system and S/W stack.

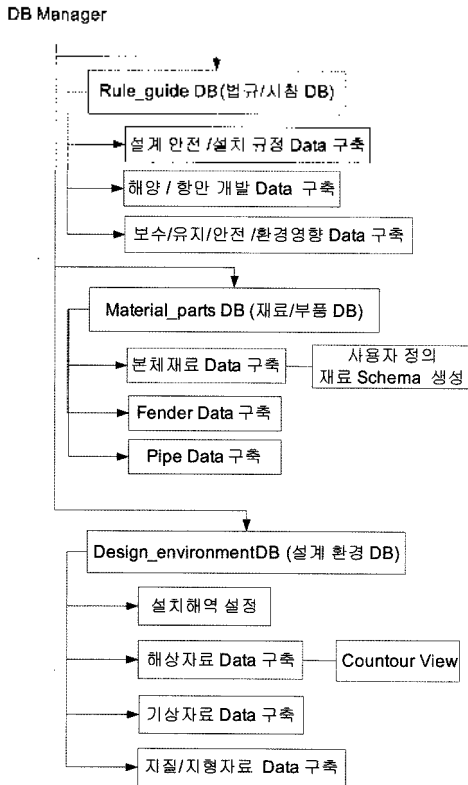


Fig. 5. The Flowchart of DB Manager.

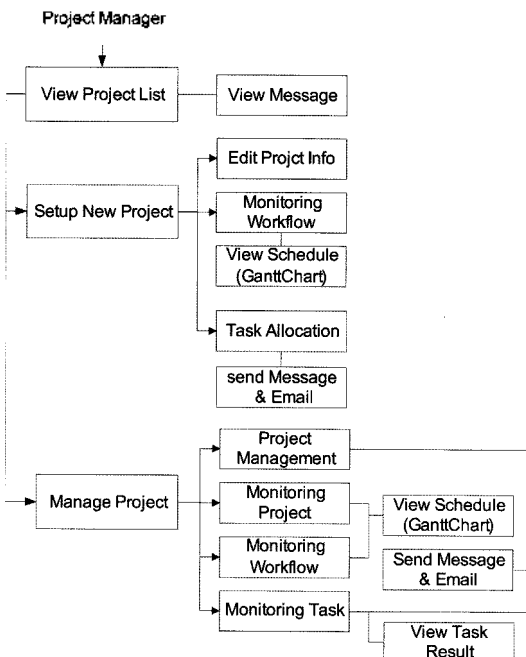


Fig. 6. The Flowchart of Project Manager.

속성까지 상세 설계 할 수 있다.

### 4.2 Project Manager 모듈

Project Manager 모듈은 프로젝트의 일정 수립과 각 단계별 해석 및 설계 Task의 일정관리 및 진행 상태 모니터링을 목적으로 개발하였다. 프로젝트 및 워크플로우에 속한 각 Task의 일정을 가시적으로 보여 주기 위해 간트차트(Ganttchart)를 사용하였다.

또한 VADA 시스템 내부에서 발생하는 의사소통(업무 및 일정 협의 등)은 시스템 내에서 Message Center 기능을 통해 의사교류를 할 수 있도록 하였다<sup>16)</sup>. Fig. 6은 Project Manager의 사용자 기능 관점에서의 Flowchart이다.

#### 4.2.1 Project 및 Task 일정 관리 기능

Project Manager 모듈은 VLFS 설계를 위한 새로운 프로젝트를 생성하고 일정을 수립할 수 있으며, 프로젝트 설정 정보를 수정 할 수 있는 기능을 제공한다. 또한 각 Task를 일정 협의 하에 수행 전문가에게 할당 할 수 있는 기능을 제공하는데, Task 할당 과정은 Message Center를 통하여 E-mail로 전송되며 시스템 내부의 메시지 로그를 통해 할당자와 피 할당자 간의 의사교류를 도울 수 있도록 하였다.

또한 Fig. 7에서 보는 바와 같이 Applet 기반의 스케줄 뷰어(Schedule Viewer)를 통하여 할당된 Task를 프로젝트 혹은 워크플로우 단위로 직관적으로 인지할 수 있도록 하였다. Project Manager는 스케줄 뷰어를 통하여 각 Task의 업무 진행 상황을 계획 대비 진행 일정 및 진행 상태를 모니터링 할 수 있다.

#### 4.2.2 Message Center 기능

Message Center 기능은 VADA 시스템 내부에서 발생하는 의사교류(업무 및 일정 협의 등)를 SMTP를 이용하여 다른 사용자(혹은 그룹)에게 E-mail을 전송하고 동일 내용을 DB에 기록하는 기능이다.

사용자는 VADA 시스템에 로그인 후 Message Center를 통해 보낸 메시지와 받은 메시지의 내용을 시스템 내부에서도 확인할 수 있으며, Task 할당, Project 시작과 종료, Task 시작과 종료 등의 각종 정보를 대상자에게 자동으로 전송하는 기능을 갖고 있다.

### 4.3 Application Expert Manager 모듈

Application Expert Manager(이하 AEM) 모듈은 VLFS 설계 Route Map에서 정립된 Task의 수행을 위해 웹 기반 사용자 인터페이스를 제공한다. VLFS

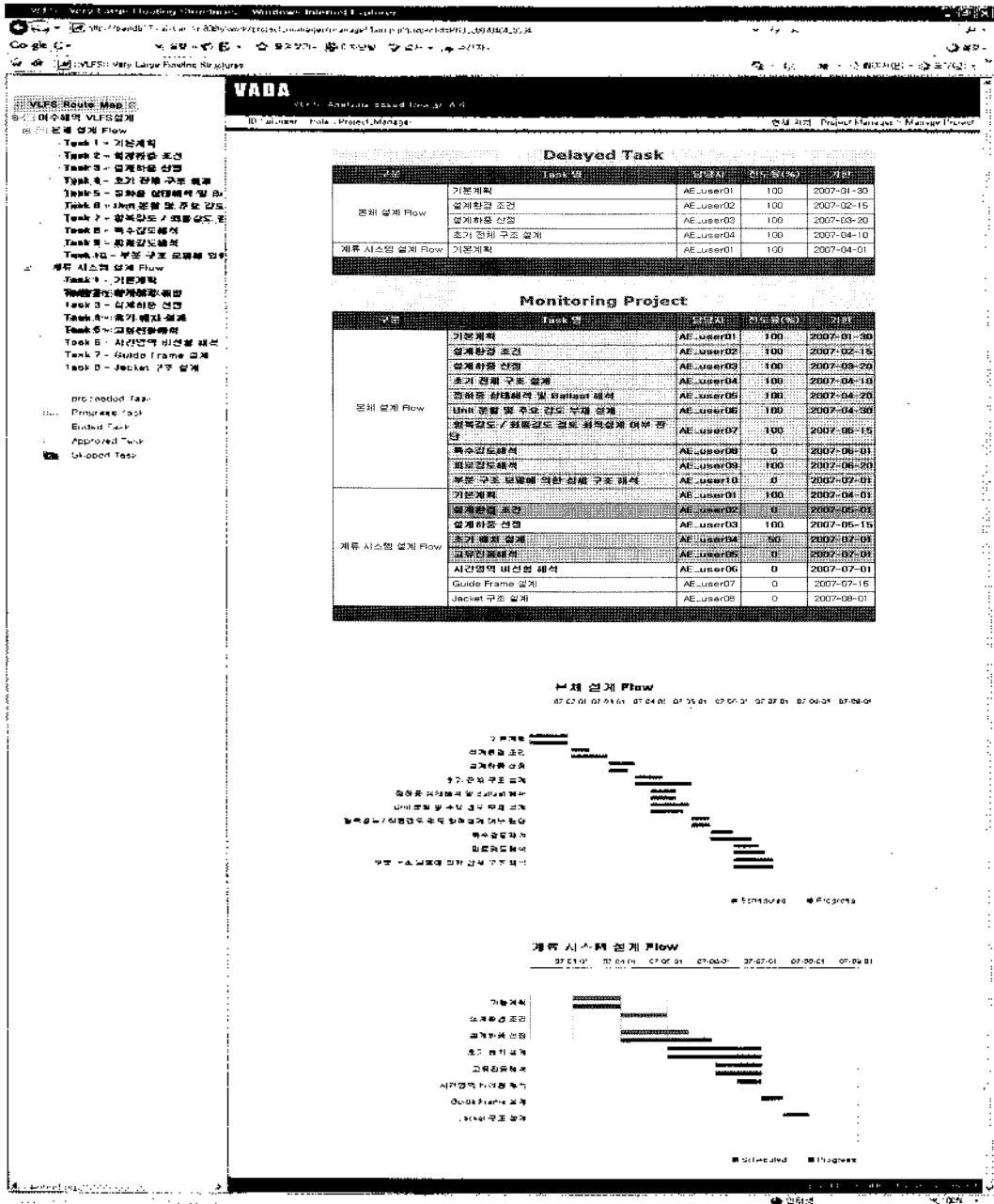


Fig. 7. The Screenshot of Project Monitoring.

설계 Task는 Fig. 8에서 보는 바와 같이 본체 설계 7개, 계류시스템 설계 3개, 성능평가 시스템 7개 등으로 총 17개의 Task가 구성되어 있다.

AEM 모듈은 해석/설계 전문가를 위한 모듈로서, 해 및 설계 업무를 위해 각 Task별 UI를 제공하며, VADA 시스템 내·외부에서 VFLS 설계를 위한 엔지니어링 S/W들이 연동되어 통합 운용된다. 엔지니어링

S/W는 실행시간(Running time) 제약 해결 및 시스템 성능의 효율성 향상을 위하여 웹 서비스(Web Service)를 이용한 분산 처리를 사용하여 운영된다.

AEM 모듈은 DB Manager 모듈과 연동되어 Task 수행에 필요한 데이터가 자동 연계되며, Task 수행 결과는 DB화되어 사용자가 언제 어디서든지 웹을 통해 해당 데이터에 접근 할 수 있다. Task 수행 결과는

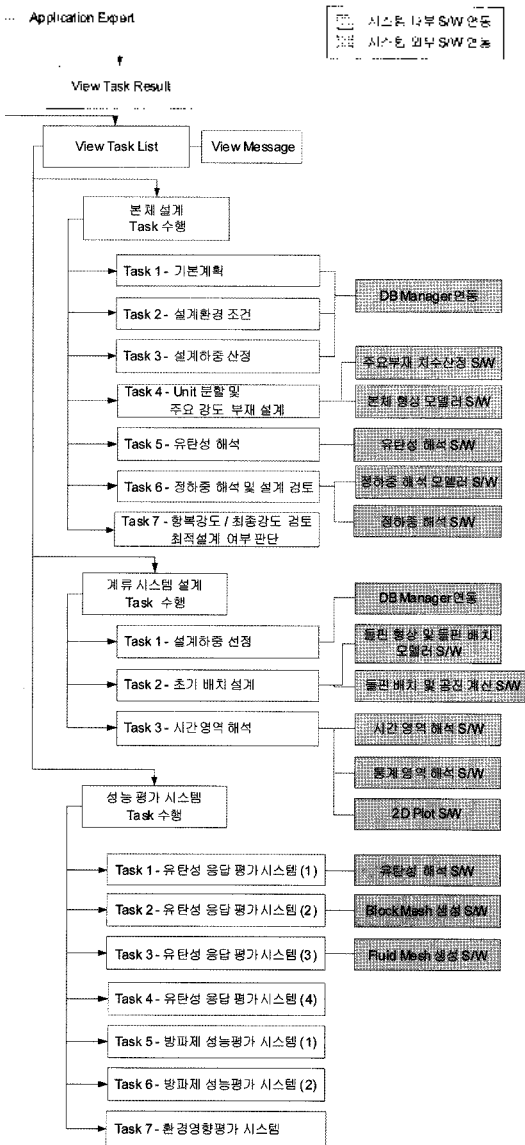


Fig. 8. The Flowchart of Application Expert Manager.

DB에 저장되는 것 이외에 이미지 파일로도 생성이 가능하다.

마지막으로 AEM 모듈은 해석/설계 수치 데이터의 2D Plot 기능을 갖고 있으며, 그래픽 기반 설계 지원 시스템의 3D 형상 모델러 S/W 연동을 통한 3D 형상 모델의 생성 및 전용 뷰어를 통해 가시적인 설계 형상의 확인이 가능하다.

#### 4.4 CAE Interface 모듈

CAE Interface 모듈은 VLFS 설계해석을 위한 여러 엔지니어링 S/W를 VADA 시스템과 연동하며, 해

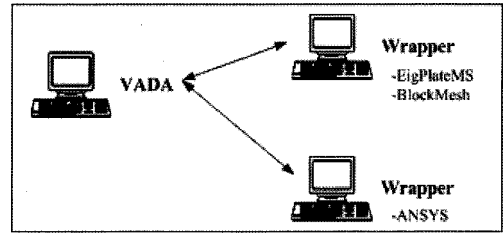


Fig. 9. The composition of Web Service Module.

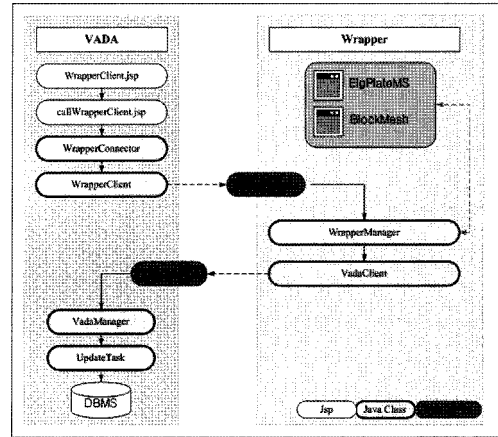


Fig. 10. The Logic of Web Service Module.

석 및 설계자는 VADA 시스템을 통해 입력데이터와 함께 내/외부의 엔지니어링 S/W를 실행시킬 수 있으며, 실행된 결과는 VADA 시스템에 자동 저장된다.

VADA 시스템에서 제공하는 CAE Interface 모듈은 크게 원격지의 엔지니어링 S/W를 연동하기 위해 웹 서비스 기술을 이용한 Web Service Module과 VADA 시스템 내부에 존재하는 엔지니어링 S/W를 연동하기 위한 Local Service Module로 구성된다.

Web Service Module은 VADA 시스템에서 원격지의 엔지니어링 S/W를 이용한 설계해석을 지원하기 위해 웹 서비스 기술을 이용하여 구현된 모듈이다. 이는 VADA 시스템이 존재하는 서버 엔지니어링 S/W가 존재하는 원격지의 서버 간의 데이터 통신에 관여하며, Fig. 9과 같이 VADA 시스템에 다수의 원격지간의 서버(이하 Wrapper 시스템)으로 구성될 수 있다. Fig. 10은 Web Service Module의 내부 로직을 표현한 그림으로 WrapperAdaptor와 VadaAdaptor부분이 Axis 1.2로 구현된 웹 서비스 항목이다. VADA 시스템에서 Wrapper 시스템에 존재하는 WrapperAdaptor를 호출(Call)하게 되면 Wrapper 시스템에서는 요청 받은 데이터를 이용하여 엔지니어링 S/W를 실행하고 그 결과를 VADA 시스템에 전송해주기 위해 다시 VADA

시스템의 VadaAdaptor를 호출하게 된다. VADA 시스템에서는 요청한 작업의 결과가 수신되면 그 결과를 DB에 반영함으로써 요청한 작업을 마무리한다.

Local Service Module은 VADA 시스템 내에 존재하는 엔지니어링 S/W를 연동하기 위한 모듈로서, VADA 시스템의 각 Task 사용자 UI를 통해 작업이 요청되면 VADA 시스템 내부의 엔지니어링 S/W를 실행시키고 그 결과를 DB에 저장함으로써 작업이 완료된다. CAE Interface 모듈을 이용하여 연동한 엔지니어링 S/W의 종류는 Fig. 8에서 볼 수 있다.

### 5. 결 론

본 논문에서는 VLFS 설계를 위한 협업 기반 통합 설계 시스템(VADA 시스템)에 대해 소개하였다.

앞서 설명한 것을 요약하여 정리하자면 VADA 시스템 설계를 위해 VLFS 본체 및 계류시스템 설계 Route Map을 정립하였고 이를 기반으로 유스 케이스 모델링을 수행하였으며, 도출된 유스 케이스 모델을 바탕으로 VADA 시스템을 세부 설계 하였다. 구현 결과로는 초기설계에 요구되는 각종 정보의 효율적인 구축 및 관리할 지원하는 DB Manager 모듈과 VLFS 설계 프로젝트 및 각 Task의 일정 협의 및 관리, 진행 상태를 모니터링 할 수 있는 Project Manger 모듈, 각 해석 및 설계 Task 수행을 위한 Application Expert Manager 모듈과 각종 엔지니어링 S/W를 연동하기 위한 CAE Interface 모듈을 개발하여 현재 부산 동편해상의 복합물류터미널을 설계 대상으로 삼아 운영 중에 있다.

본 연구를 통하여 VLFS 설계를 위한 분산자원의 통합 운용 및 협업설계의 기틀을 마련하였으며, VADA 시스템의 활용을 통해 VLFS 설계경험을 DB화하여 축적된 설계기술의 재 활용 극대화 및 VLFS 설계 기간단축, 설계 오류 방지 등의 직접적인 효과를 얻을 것으로 예상하고 있다. 더불어 DMU(Digital Mock-up), VR(Virtual Reality) 등의 연계를 통해 VLFS에 대한 인지도 증대 및 홍보효과 등의 간접적인 효과도 예상된다.

### 후 기

본 논문은 해양수산부 연구개발사업인 "초대형 부유식 해상구조물 기술개발" 및 한국기계연구원 기본연구사업 과제 "기계시스템 설계프로세스 혁신 핵심 기술 개발"의 일환으로 수행되었으며, 연구수행 및 시

스템 구현에 지원해 주신 관계자 여러분께 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 박성환, 이탁기, 홍사영, "본문서 VLFS의 초기구조설계에 관한 연구", *대한조선학회논문집*, 제42권, 제6호, pp.645, 2005.12.
2. 마린프로트 추진기구편, "부체식 해상공항-기대프로젝트예의 도전", 1997 (일본어).
3. Technological Research Association of Mega-Float (1996-2000), "The study report of Mega-Float in FY 1995-1999," (in Japanese).
4. Robert Zueck, Robert Taylo and Paul Palo, "Assessment of Technology for Mobile Offshore Bae", *Proc. Of the Tenth ISOPE*, Vol. 1, pp.17-22 (2000).
5. 홍사영 외, "초대형 부유식 해상구조물 기술개발 연구용역", 1차년도 최종보고서, 해양수산부, 1999.12.
6. 홍사영 외, "초대형 부유식 해상구조물 기술개발", 9차년도 최종 보고서, 해양수산부, 2007.12.
7. Shigeru Tozawa, Akinobu Kawamura and Hiroshi Shirakihara (1996), "Technical outline of structural design for Mega-Float," Inter. Workshop on VLFS, Hayama, Japan, pp.17-1~8.
8. 宝川直之助 1982, "초대형해양구조물의 technology, assessment의 일례 (부체공법에 의한 해상공항건설에 대한 기술감토) 제1호-제1보," *일본조선학회지*, 제638호-제652호(일본어).
9. 정태영 등 1999, "해양공간이용 대형복합 플랜트 개발 : 성과확산을 위한 보완 연구," 한국기계연구원 연구보고서.
10. 홍익대학교 해양시스템연구센터 1999, "부유식 초대형 해상구조물 기획연구," 해양수산부 보고서.
11. <http://www.phoenix-ini.com>
12. <http://www.engineous.com>
13. 주민식, 이세성, 최동훈, "나뉘야통합최적설계를 지원하는 분산환경 기반의 설계 프레임워크 개발," *한국CAD/CAM학회 논문집*, 제10권, 제2호, pp. 143-150, 2005.
14. 이재경, 박성환, 이종원, 한승호, 한형석, "멀티 에이전트 기반의 통합설계 시스템 개발," *한국정밀공학학회논문집*, 제22권, 제1호, pp.12-18, 2005.
15. 박성환, 이재경, 조국목, "VLFS 통합 M&S 시스템을 위한 DB Manager 구현," *2007 한국CAD/CAM학회 학술발표회 논문집*, pp.15-20, 2007.2.
16. 이재경, 박성환, 방계성, 이한민, 남소정, "에이전트 기반 엔지니어링 프레임워크를 활용한 엔지니어링 서비스 포털의 개발," *2006 한국CAD/CAM학회 학술발표회 논문집*, pp.582, 2006.2.
17. 이재경, 박성환, 방계성, 이한민, 남소정, "에이전트 기반 엔지니어링 프레임워크를 활용한 엔지니어링 서비스 포털의 개발," *2006 한국 CAD/CAM 학회 학술 발표회 논문집*, pp. 582, 2006.2.





### 박 성 환

1983년 서울대학교 조선공학과 야사  
 1985년 서울대학교 조선공학과 석사  
 1996년 일본 히로시마대학 구조공학전공 박사  
 1985년~현재 한국기계연구원 책임연구원  
 관심분야: 구조공학, 협업-동시공학 시스템 설계, 모델링&시뮬레이션, 가상 현실



### 이 재 경

1995년 아주대학교 컴퓨터공학과 학사  
 1997년 아주대학교 컴퓨터공학과 석사  
 2008년 충남대학교 컴퓨터공학전공 박사  
 1997년~현재 한국기계연구원 선임연구원  
 관심분야: 서비스 과학, 가상현실, 소프트웨어 공학, 엔지니어링 협업 프레임워크 및 통합 기술



### 조 귀 목

2006년 목원대학교 컴퓨터공학과 졸업  
 2007년~현재 정부공디비 개발팀장  
 2008년~현재 충남대학교 컴퓨터공학과 석사과정  
 관심분야: 가상현실, 엔지니어링 협업, 모델링&시뮬레이션



### 한 순 홍

1990년 미국 미시간 대학에서 박사학위 수여  
 2003년 STEP센터([www.kstep.or.kr](http://www.kstep.or.kr)) 회장과 전자거래학회([www.ealsec.or.kr](http://www.ealsec.or.kr)) 회장 역임  
 2004년 International Journal of CAD/CAM([www.ijcc.org](http://www.ijcc.org))의 편집장으로 활동함  
 현재 KAIST 기계공학과 정교수  
 관심분야: STEP, 가상현실 응용, 지능형 CAD