

동시공학적 선박설계를 위한 웹 기반의 협업설계 시스템

이경호*

*인하대학교 선박해양공학과

Web-Based Collaborative Design System for Concurrent Ship Design

KYUNG-HO LEE*

*Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Inha University, Incheon, Korea

KEY WORDS: Concurrent Collaborative Design 동시공학 협업설계, Virtual Engineering 가상공학, Agent-Based Design 에이전트 기반 설계, Remote Calculation 원격계산, Knowledge Management System 지식관리 시스템

ABSTRACT: Under the concept of the global economy, the enterprises are assigning design and production environments around the world in various areas. In shipbuilding companies, a serious problem of information exchange has emerged as companies use traditional hardware and very distinct softwares that is tailored to their field of expertise. To overcome the decreased productivity resulting from the interruption of information, the concepts of simultaneous engineering and concurrent design become very significant. In this article, the concept of collaborative design based on Internet environments is described. Specifically, the core technologies necessary to achieve collaborative design environments among shipbuilding companies, ship owners, ship classification societies, model basin, and consulting companies are adopted.

1. 서 론

전통적인 조선설계 환경은 순차적인 설계 프로세스와 설계부서 간의 상이한 시스템의 사용으로 인한 정보의 단절 및 이로 인한 정보공유에 한계를 가지고 있었다. 그러나 제품의 설계 및 제조환경의 변화에 따라 이를 지원하기 위한 설계시스템의 변화도 급격히 이루어지고 있다. 최근 들어, 이러한 변화 속에서 동시공학, 웹 기반 협업설계(Collaborative Design), 가상공학, 시뮬레이션 기반 설계, 등의 용어가 보편화되어 사용되고 있다. 조선 산업에서도 이러한 제조업의 환경변화에 발맞추어 글로벌 마켓에서 제조 경쟁력을 향상시키기 위한 설계 및 생산시스템에서의 새로운 패러다임을 도입하고 있다.

이러한 새로운 패러다임을 실제 현업에 적용하여 선박을 수주하기 위해서는 빠른 시간에 선박의 성능을 예측하고 이의 성능을 시뮬레이션을 수행할 수 있는 원격 협업설계 시스템이 요구되어진다. 아울러 지금까지 CAD, CAM, CAE 등을 통한 설계 및 생산단위업무의 자동화와 이들 간의 연결(일관화, 통합화)을 중심으로 한 공학설계의 전산화, 자동화를 위한 노력들은 인터넷을 기반으로 한 분산된 전문가 집단들의 협력작업(CSCW : Computer Supported Cooperative Work) 환경의 구축과 관련 기술의 개발로 전환되고 있다 (Schaffran et al., 1997; Billingsley et al., 1992). 따라서 여러 명이 공동으로 원격설계가 가능한 설계시스템을 인터넷 환경에 개발함으로써 선박 수주시 현장에서 제1저자 이경호 연락처: 인천광역시 남구 용현동 253

032-860-7343 kyungho@inha.ac.kr

설계를 병행할 수 있어 대외경쟁력이 강화되고, 조선소의 부서 간의 협업설계가 가능하여 설계의 생산성이 향상되며 후 공정에 서 에러가 감소되고 설계기간의 단축과 품질향상이 이루어진다 (김효철, 1994; 이경호와 이규열, 1999).

본 논문에서는 가상공학 환경에서 동시공학적 선박설계를 지원하기 위한 웹 기반의 협업설계 시스템에 대해 논술하고 있다.

2. 웹 기반의 협업적 선박설계 시스템 구성

본 연구에서 구현하고자 하는 협업적 선박설계 환경은 인터넷 기반의 환경, 모델기반의 환경, 그리고 분산시스템 환경에 기초하고 있다. 이러한 개념의 가상공학 환경을 구축하고 이를 바탕으로 동시공학적 설계시스템을 구축함으로써 분산된 전문가 집단 간의 협업을 통하여 제품개발 프로세스의 초기에 유용한 정보를 생성하여 이를 제품의 전 수명주기 동안에 원활하게 활용하기 위한 것이다.

이러한 웹 기반의 협업적 선박설계 시스템을 구성하기 위한 가상공학 환경은 크게 다음과 같은 다섯 개의 구성요소로 분류할 수 있다.

- (1) 가상공학 프레임워크 (Virtual Engineering Framework)
- (2) 가상 작업공간 (Virtual Workspace)
- (3) 가상 프로토타입 (Virtual Prototype)
- (4) 가상 실험 (Virtual Experiment)
- (5) 가상 생산 (Virtual Manufacturing)

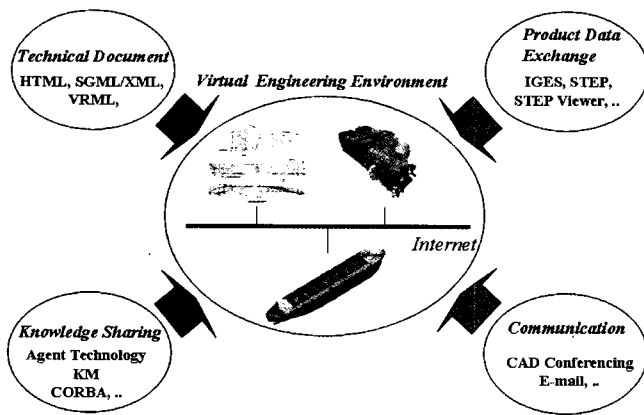


Fig.1 Core technologies for collaborative ship design

Fig.1은 협업적 선박설계 시스템을 구성하기 위한 가상공학 프레임워크에서의 핵심기술을 나타내고 있다. 이러한 핵심기술을 바탕으로 가상 작업공간 개념의 협업설계 시스템이 구축된다. 본 논문에서는 이러한 두 가지 요소의 구현에 초점을 맞추고 있으며, 가상 프로토타입(또는 디지털 모크업) 중심의 가상 실험, 생산 등의 시뮬레이션으로의 확장은 그 연구계획만을 소개하고 있다.

Fig. 1에서의 기술들을 바탕으로 구성되는 선박설계, 특히 선박 기본계획 지원시스템은 새로운 선박의 설계/개발을 위한 계약 이전의 제반활동, 즉 선박의 사양과 건조계획, 그리고 선가의 결정을 위한 성능해석, 형상 모델링 및 기본계산, 초기 건조계획, 건조비 계산 등을 지원하는 시스템으로, 조선소, 선주, 선급, 주요 기자재업체, 수조 및 설계사무소 등 관련기관과의 긴밀한 협력이 필요하다. 따라서 웹 기반의 설계지원 시스템 및 동시공학의 개념이 요구되어 지는 분야이다.

본 논문에서는 웹 기반의 통합시스템 환경에서 동시공학 및 협업설계의 개념을 선박의 기본계획 단계에 적용하여 그 가능성을 검증하기 위한 협업설계 시스템을 구성하였다.

Fig. 2는 웹 기반 원격설계 개념에 입각한 선박기본계획 지원시스템 구성을 나타낸 것이다. 여기서 구성된 시스템을 간략히 정리하면, 먼저 선주의 요구조건에 따라 에이전트 기반 기본계획 시스템(조선소 각 설계부서)에서 설계 에이전트 간의 지식/정보 교환을 통하여 설계하고자 하는 선박의 주요 치수를 결정하게 되고, 이를 바탕으로 선박 형상 모델링 시스템(조선소 설계부서)에서는 앞서 결정된 주요 치수를 바탕으로 선박의 선형(Hullform), 구획(Compartment),에 대한 모델링을 수행하게 된다. 이렇게 생성된 형상 모델은 STEP Physical 파일 형태로 설계정보 관리 도구인 EDM(Electronic Data Management) 데이터 저장소에 저장되어 이용된다.

구성된 선박의 모델 정보는 원격 기본계산(설계사무소)으로 넘겨져 선박의 유체 정역학적 계산 및 안정성 평가를 수행하게 된다. 이러한 평가를 거친 설계된 선형모델에 대한 유체 동역학적인 성능을 검증하기 위해 실제 Physical Mock-up을 만들어 그 성능을 평가하기 위해 수조시험(수조)을 수행한다. 이 단계는 추후 가상 모크업(Virtual Mock-up) 혹은 디지털 모

크업(Digital Mock-up)의 생성을 통한 가상실험, 시뮬레이션으로 대체될 것이다.

주어진 설계조건을 만족시키는 선박의 설계가 완성되면, 설계된 선박에 대한 설계승인을 받기 위해 선급에 설계서의 복원성능(비손상시, 손상시 복원성능 및 확률론적 손상복원력), 건현계산, 톤수계산 및 중앙 횡단면 형상 등과 같은 항목들에 대해서 설계승인을 의뢰한다. 설계승인 의뢰는 선급에서 제공되는 웹 페이지를 통해서 의뢰하게 되며, 승인된 계산서 및 도면 등은 웹 브라우저를 통해서 의뢰자에게 통보된다. 선소에서는 선급에서 승인된 계산서 및 도면들을 선주에게 제시하게 된다. 특히, 이러한 분산된 설계환경 내에서 생성된 모델을 중심으로 설계부서 간, 조선소와 선주, 선급협회, 수조 사이의 설계검토 회의가 가능하도록 하였다.

또한 협업설계 과정에서 생성되는 정보를 서로 공유/활용하기 위하여 웹 기반의 EDM 시스템을 구성하였으며, EDM 기능을 포함한 분산된 전문가 집단간의 지식공유 환경구축을 위하여 지식관리시스템(Knowledge Management System)으로 확장시켜 나갈 것이다.

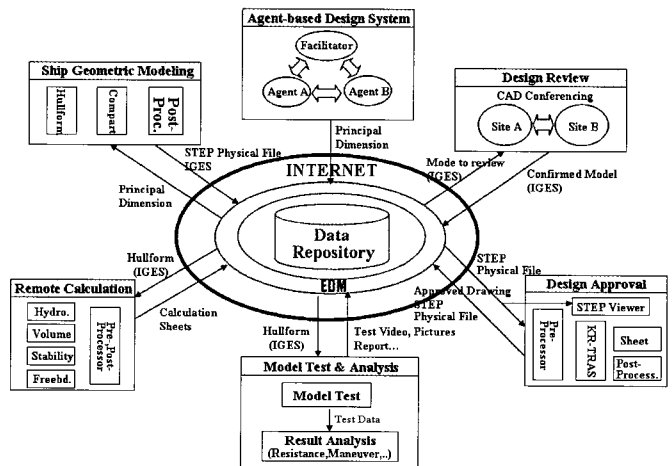


Fig. 2 System configuration for the web based collaborative ship design

3. 시스템 구현

본 논문에서는 급격히 발전되고 있는 정보통신기술을 토대로 선박의 전 수명주기에 걸쳐 다루어지는 기술정보의 공유화를 위한 수단으로서 웹 기반의 동시공학 체계 구축을 목표로 하였다. 이를 위해 웹 기반의 동시공학 체계 구축의 기반이 되는 협업설계 시스템을 중심으로 한 각종 표준 및 요소기술들을 정의/검증 및 통합화를 시도하였다.

여기서는 선박의 계약단계 이전에 조선소를 중심으로 선급, 주요 기자재 업체, 설계사무소 등 관련 기관과의 긴밀한 협력을 통해서 설계가 이루어지는 선박기본계획 단계를 지원하는 시스템을 대상으로 Fig. 2에서 보여준 구성을 기초로 하여 동시공학 개념을 도입한 웹 기반 협업 선박설계 시스템을 구현하였다.

3.1 협업적 에이전트 기반 기본계획 시스템

최근 들어 기업의 글로벌 경영의 개념에 따라 설계 및 생산 환경이 지역적으로 떨어져 있음으로 인한 정보공유의 문제와 이들이 그 분야에 적합한 고유의 하드웨어와 소프트웨어를 사용함으로써 발생하는 정보교환의 문제는 매우 심각한 문제로 나타나고 있다. 또한 하나의 기업 내에서도 설계기능의 세분화 및 전문화에 따른 설계부서간의 정보의 단절로 인해 생산성의 저하를 초래하고 있다. 이러한 정보의 단절로 인한 생산성 저하를 막기 위하여 동시공학, 공동설계의 개념이 공학분야에서 매우 중요한 문제로 대두되고 있다. 조선분야에서의 동시공학적 협업설계 시스템을 구성하기 위해서는 기존의 설계 시스템 환경을 그대로 활용할 수 있어야 한다. 에이전트 기반의 협업설계 시스템 구축은 인터넷을 이용한 분산환경의 손쉬운 통합뿐 아니라 상이한 시스템 간의 원활한 정보교환 수단을 제공하고, 기존 시스템들의 독립적 기능을 최대한 보장할 수 있다는 점에서 매우 유연한 방법이라 할 수 있다(김동현 외, 1999). 이러한 에이전트 시스템의 도입은 조선공학적 관점에서 각각의 설계시스템들의 독립성을 보장하면서 필요한 정보를 적시에 공유하는 개념으로, 조선소의 설계부서 간의 협업 및 의사 충돌시에 이를 해결하는 협업적 시스템으로 구축하는데 매우 유용하다. 에이전트 기반 동시공학적 협업설계 시스템 구축을 위한 필수적인 조건은 크게 두 가지 사항으로 나누어 볼 수 있다. 첫째, 일반적으로 분산설계 시스템을 구성하는 하위의 시스템들은 서로 원거리에 위치한 상이한 컴퓨팅 환경에서 작동한다. 따라서 네트워크 환경을 통한 시스템들간의 통합 및 원활한 정보교환을 위한 기반기술(infrastructure)의 구축이 선행되어야 한다. 둘째, 개개의 시스템들은 입출력을 위한 각기 고유한 규약(protocol)을 정의하여 사용하고 있으므로, 시스템 간의 유연하고 일관된 정보교환을 위한 방안이 강구되어야 한다.

이러한 에이전트 기반의 협업설계 시스템을 구현하기 위해서는 시스템간의 원활한 정보교환 수단의 확보뿐만 아니라 에이전트 간의 정보교환 과정에서 발생하는 의사충돌 해결(conflict resolution) 및 의사 결정 중의 협의(negotiation) 등의 방법론이 우선적으로 해결해야 할 과제라고 할 수 있다(이경호 외, 1999).

본 연구에서는 선박 기본계획 에이전트 시스템의 구성을 위하여 다음과 같은 기본 방향을 정하였다. 첫째, 에이전트의 기본 통신기능에는 JATLite 0.4의 기능을 활용한다. 둘째로는 표준적인 API를 제공하는 범용적인 KIF(Knowledge Interchange Format : 이하 KIF라 함) 인터프리터를 개발하여 독립된 모듈로서 이용한다(최제민 외, 1997). 셋째로 기본적인 KQML(Knowledge Query Manipulation Language : 이하 KQML이라 함) 수행자를 처리하기 위한 표준적인 알고리즘을 설계한다. 본 논문에서는 우선 interested, handles, tell, ask-one, reply 수행자 등 기본적인 KQML 만을 사용하였으며, JATLite 0.4에는 KQML 수행자를 토큰 단위로 분석하는 기능이 있을 뿐 그 의미를 구현해 주지는 않는다. 따라서 KIF 인터프리터와 연계해서 KQML의 의미대로 실행되는 KQML Message Handler가 필요하다. 특히 표준적인 KQML Message Handler

의 개발은 독립적인 KIF 인터프리터와 마찬가지로 에이전트 개발의 생산성을 크게 높여준다. 다음에서 퍼실리테이터, 에이전트간의 업무를 제어/통제하기 위한 수퍼 에이전트가 ask-one 수행자를 받았을 때 KIF 인터프리터를 통해 적당한 reply를 보내거나 CBR(Content-Based Routing) 기능을 이용해 다른 에이전트에게 라우팅 하는데 여기서는 기본계획 에이전트가 퍼실리테이터의 역할도 겸하게 하였다.

이상의 기본 방향에 따라 이상욱(1998)의 논문을 바탕으로 Fig. 3과 같이 에이전트의 기본 아키텍처를 개념적으로 설계하였다. 에이전트는 기본적으로 JATLite 0.4의 틀에서 동작하며, ACL(Agent CommunicationLanguage: 이하 ACL이라 함)은 JATLite 0.4의 통신 인터페이스를 통해 KQML Message Handler에 전달되고 다시 KIF 인터프리터에게 Content가 전달된다. 이때 KIF 인터프리터에서는 tell이나 reply 수행자의 Content는 자신의 지식베이스(Knowledge Base)에 저장하고 handles, interested 수행자는 특별히 관리한다. 또한 ask-one 수행자에 대해서는 reply를 보내고 만약 에이전트가 퍼실리테이터의 역할도 겸한다면 다른 에이전트에게 라우팅 할 수도 있다.

선박 기본계획 에이전트 시스템을 구현하기 위해서 본 연구에서는 Fig. 4와 같은 다중 에이전트 시스템(Multi-Agent System) 개념을 도입하였다. 에이전트 시스템에서 다수의 에이전트가 서로 통신하기 위해서는 각각의 에이전트가 다른 에이전트들의 주소를 관리해야 하고, 또한 각 에이전트에 대한 인터페이스를 알아야 하므로 에이전트 개발을 매우 어렵고 복잡하게 만들 수 있다. 따라서 그 대안으로 각 에이전트 간의 통신 문제에 대한 부담을 줄이고 인터페이스에 대한 중앙 집중식 관리를

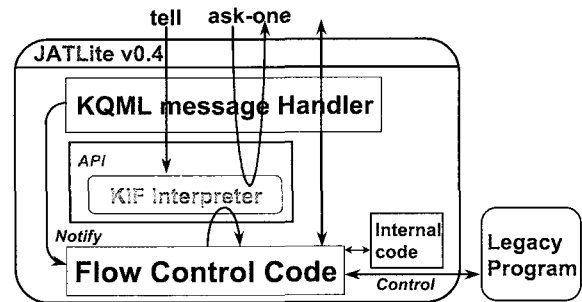


Fig. 3 Structure for the agentification

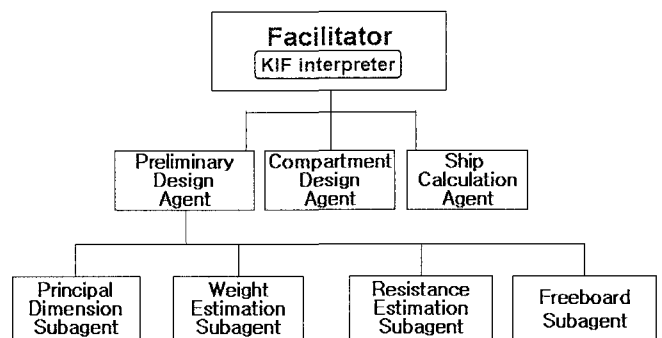


Fig. 4 Configuration of agent-based ship design System

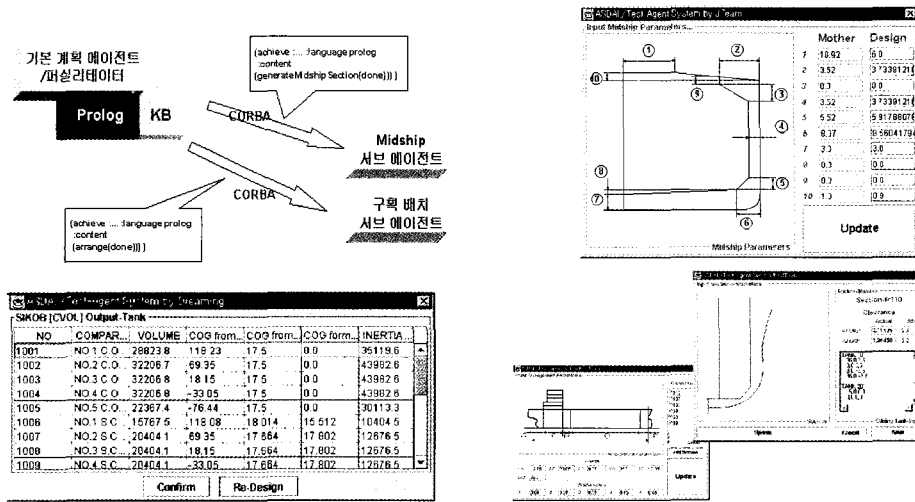


Fig. 5 Agent-based ship compartment design

위해서 연방체계(Federated Architecture) 개념을 채용한다. 이러한 연방체계에서는 에이전트들의 연결을 퍼실리테이터(Facilitator)가 담당하며 각 에이전트들은 초기화 단계에서 자신의 주소와 인터페이스를 퍼실리테이터에 등록함으로써 퍼실리테이터가 에이전트간의 통신을 중계하고 업무를 "Monitoring" 하고 "Coordination"하는 역할을 한다. 즉, 에이전트가 ACL을 퍼실리테이터에게 보내기만 하면 퍼실리테이터는 자신에게 전달된 ACL의 내용과 등록된 인터페이스를 보고 적당한 에이전트에게 그 메시지를 보내주고 응답되는 결과를 다시 발신자에게 중계해 준다.

이와 같은 퍼실리테이터의 역할 중에서 가장 중요한 개념이 Content-Based Routing 이라 할 수 있다.

Fig. 5는 기본계획 에이전트 시스템에서 구현된 구획배치 설계의 일부를 도식화한 것이다.

3.2 웹 기반 원격설계 시스템

(1) 원격 기본계산

선박설계 단계에서 조선소와 설계사무소 간에 교환되는 정보는 선박형상 모델링의 결과인 선도와 설계된 선박에 대한 유체정역학적 계산을 결과 정보 등이 있다. 이 중에서도 설계 기능이 없는 중소조선소에서는 설계과정에서 건조하고자하는 선박에 대한 유체정역학적 계산을 원격으로 처리할 수 있는 원격 선박기본계산 서비스가 필요하다.

원격 선박기본계산 서비스는 인터넷상에서 On-line으로 선박 기본계산을 수행할 수 있는 시스템이다. 선박기본계산용 프로그램을 인터넷상에서 사용 가능하도록 개발하여 중소 조선소의 선박 설계자가 인터넷을 통하여 직접 데이터를 입력하고 계산을 의뢰하면 웹 서버에 연결된 계산용 워크스테이션에서 프로그램을 구동하여 그 결과를 가시화한다. 이때 조선소에서 원할 경우에는 계산결과들이 선급승인을 위한 check 항목들로 이용되도록 하였다. Fig. 6은 원격 선박설계 및 기본계산을 구현하기 위한 기술적 개념도로서 ASP(Application Service

Providing) 개념을 이용하여 클라이언트(중소조선소 혹은 설계사무소)의 요청에 의해 서버(선급 혹은 설계지원센터)의 프로그램이 구동되어 클라이언트에서는 웹을 통하여 대화식으로 설계를 수행할 수 있게 된다.

Fig. 7은 각각 웹 환경에서의 원격설계 개념을 이용하여 선박의 형상을 정의하는 것으로서, 이를 가시화한 것이다. 본 논문에서는 선박기본계산 프로그램(SIKOB)을 대상으로 하고 있으며, 각각의 기본계산 모듈을 웹 환경에서 사용할 수 있도록 하고 있다.

(2) 설계 승인체계

설계승인 시스템은 조선소에서 설계된 내용들(도면, 기본계산, 건현계산, 중앙단면형상 결정 등)을 선급에 승인받는 절차를 인터넷상에서 On-line을 통해 이루어지도록 한 시스템이다. 이 시스템은 도면과 계산서와 같은 문서를 이용한 기존의 설계승인 시스템과는 달리 STEP 파일로 작성된 CAD 정보와 SGML로 작성된 기술문서들(계산서, 사양 등)을 이용하게 된다. 또한, 종이형태로 전달, 보관되어지고 있는 기존의 시스템이 입출력에 과다한 시간의 소요뿐만 아니라 중복작업, 작업과정에서의 오류와 같은 문제점들을 해결할 수 있다. Fig. 8은 STEP을 이용한 설계승인 체계를 나타낸 것으로서 조선소에서 설계한 선박의 중앙 횡단면 형상 데이터를 STEP 데이터로 선급에 송부한 파일을 STEP Viewer로 가시화한 것이다. 또한 STEP 데이터들은 중앙 횡단면 설계 승인용 데이터로 변환되어 자동적으로 선급승인을 받는 체계를 이루게 된다. 또 다른 그림은 웹 환경을 통해 설계 승인용 프로그램을 수행하는 예이다. 이는 앞서 언급한 원격계산과 마찬가지로 선급의 계산 서버에 조선소나 설계사무소가 접속하여 선급이 제공하는 스캔틀링이나 각종 프로그램의 수행을 통해 승인과정을 마칠 수 있게 된다. 이렇게 함으로써 사용자는 항상 최신 업데이트된 프로그램의 수행을 통해 모든 업무의 수행이 가능하여 효율적이고 신뢰성있는 승인과정을 마칠 수 있게 된다.

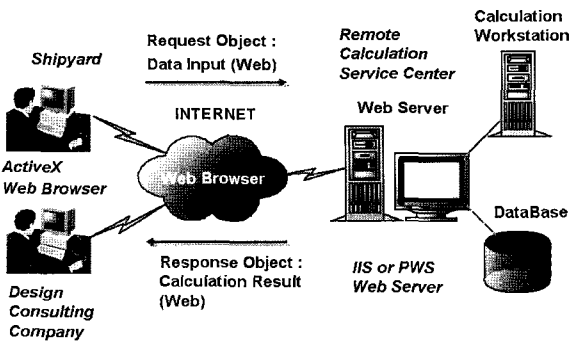


Fig. 6 Remote ship design based on ASP concept

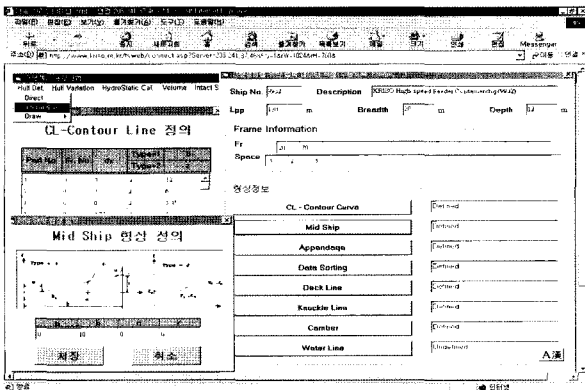


Fig. 7 Web based configuration design

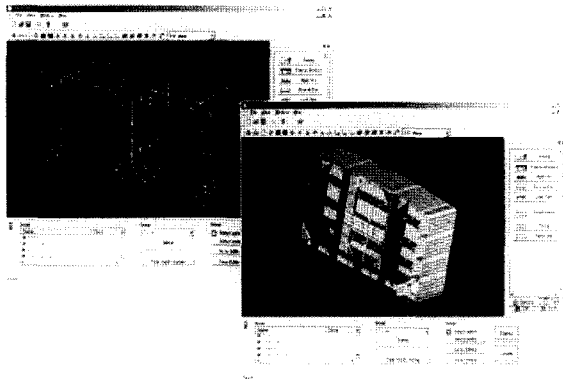


Fig. 8 web based design approval

3.3 가상공학 환경에서의 모델 중심의 협업

가상공학적 분산 환경에서 협업설계를 이루기 위해서는 이 기종 시스템에서 생성된 제품모델들을 STEP 데이터로 변환하여 서로 공유할 수 있는 CAD conference 기술이 근간이 되어야만 한다. 선박설계 단계에서의 CAD conference 기술은 설계 중인 선박의 불확실한 설계정보들에 대한 여러 부서간의 의견이 충돌할 경우에 화상회의, 채팅 및 이메일을 통해서 이를 해소하는데 많이 이용되어 진다. 즉, 설계단계에서 설계검토(design review)를 함께 수행할 수 있게 되어 설계기간이 매우

짧아 질 뿐만 아니라 설계상의 오류도 매우 줄어들 것으로 여겨진다. CAD conference를 통해서 절차형 설계가 아닌 협업설계가 이루어지게 된다.

본 웹 기반 협업 선박설계 시스템에서의 CAD conference를 구현하는 환경으로는 먼저, 하드웨어 시스템은 window 2000 서버와 클라이언트로 구축되었다. 화상회의를 위한 소프트웨어는 window 2000 시스템에서 기본적으로 제공하는 NetMeeting을 이용하였다.

Fig. 9는 선박의 구획 설계시 인간공학적 요소를 고려한 통로설계를 인적요소를 담당하는 전문가와 구획설계 담당자가 생성된 CAD 모델을 중심으로 화상회의 및 채팅을 통해서 설계검토를 수행하는 과정을 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 현재 설계되어 있는 통로는 통로문의 폭이 승무원이 통과하기에는 매우 좁은 것을 시뮬레이션 기술을 이용하여 알 수 있었다. 이에 대한 해결방안을 두 전문가가 화상회의 및 모델기반 시뮬레이션을 통해 수정해 가고 있다.



Fig. 9 Model based collaborative design by CAD conferencing

3.4 지식공유 체계 : 지식관리 시스템

웹 기반의 협업설계 시스템이 분산된 환경에서 효율적으로 수행되기 위해서는 설계 프로세스중에 생성된 수치정보뿐만 아니라 도면정보, 멀티미디어 정보들이 신속하게 공유되고 교환되어야 한다. 더 나아가 분산된 전문가 집단간의 지식공유 및 활용을 위해서는 이러한 지식을 공유할 수 있는 사이버 공간이 필요로 하게 된다. 따라서 본 논문에서는 이를 위한 EDM기반의 정보 교환/공유 체계를 구축하였다. 뿐만 아니라 최근 들어 기업의 경영혁신을 위해 가장 중요하게 이야기되고 있는 지식관리(Knowledge Management)에 대해 검토하였다 (이정호, 2003).

첫째로, 웹 기반의 정보공유 및 교환체계를 구축하기 위해서 먼저, 정보들을 특성에 맞게 분류하여야 한다. 이때 모든 정보들의 종류들(도면정보, 동화상 정보, 입출력 정보 및 text 정보 등)을 쉽게 인식하기 위해 파일명에 같은 종류의 정보들은 같은 extension명을 사용하도록 하였다. 분류된 정보들을 이용하여 정보 분류체계를 구축하게 된다. 이때 정보를 효율적으로

참고 문헌

- 김동현, 이규열, 이상욱 (1999). "ACL과 CORBA를 이용한 선박 초기설계 에이전트 시스템에 관한 연구", 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제4권, 제4호, pp 360-370.
- 김효철 (1994). 동시공학 개념의 선박설계 및 생산 과정에의 적용을 위한 조사 연구, 대한조선학회 연구보고서
- 이경호, 이규열 (1999). "원격협동설계 시스템 구축을 위한 에이전트 접근 및 사례기반 의사충돌 해결", 정보기술응용연구, 창간호, pp 99-127.
- 이경호 (2003). "조선·해양분야에서의 지식관리 스펙트럼 및 활용", 대한조선학회 춘계학술회의 논문집, pp 111-116.
- 이상욱 (1998). 시스템 통합을 위한 에이전트 기본 아키텍처에 관한 연구, 서울대학교, 조선해양공학과 석사논문.
- 최제민, 김봉재, 연운석, 양영순 (1997). "에이전트 기반의 선박 설계 시스템 구축을 위한 시험형 KIF 번역기 개발", 대한조선학회 추계학술회의 논문집, pp 71-74
- Schaffran, W. and Dallas, A(1997). "MARITECH Advanced Information Technology Projects for the U.S. Shipbuilding Industry", Proc. International Conference on a Computer Applications in Shipbuilding (ICCAS'97), Yokohama, Vol 1, pp 11-30.

2004년 7월 8일 원고 접수

2004년 11월 10일 최종 수정본 채택