

설계 및 해석정보를 연계한 웹 기반 다분야통합설계 프레임워크 개발

박창규^{†*}, 양영순^{**}

서울대학교 해양시스템공학연구소*
서울대학교 조선해양공학과 및 해양시스템 공학연구소**

Development of Web-based MDO Framework for Design and Analysis Integration

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

RIMSE(Research Institute of Marine Systems Engineering), Seoul National University*
Naval Architecture & Ocean Engineering and RIMSE, Seoul National University**

Abstract

Recently, the rapid progress of Internet and Network affects engineering design environment as well as Business fields to utilize Web technologies to enhance it's competitively in the world. In product development, experts and organizations actually taking part in the design process are often geographically dispersed. Furthermore, different divisions and businesses often have heterogeneous CAD/CAE systems and methods for expressing product data, and addressing this heterogeneity creates additional costs and causes longer development periods. To ensure successful collaboration in the design process, it is therefore imperative that distributed CAD, CAE, and other related systems be managed in an organic and integrated manner from the initial stages of product development. Therefore, this study suggests Web-based MDO(Multidisciplinary Design Optimization) framework to support interfacing and the collective use of design and analysis tools.

※Keywords: Web technology(웹 기술), MDO(다분야통합최적설계), Design process(설계 프로세스), CAE process(CAE 프로세스)

1. 서론

최적화의 연구가 설계분야에 도입된 이래 최적

접수일: 2007년 11월 8일, 승인일: 2008년 4월 21일

†교신저자: chkpark1@snu.ac.kr, 02-880-7338

설계(Lee and Kim 1996)연구는 많은 발전을 이루었으나, 현실적으로 연구결과가 갖는 실용성의 한계로 인해 국내·외를 불문하고 산업체에서는 부분적으로만 활용되는 실정이었다. 전통적인 최적화방법은 목적함수, 설계변수 및 구속조건 등을 정의하는 최적화의 수학적 표현을 하나의 단위(all-in-one)로 묶어 해석용 소프트웨어와 연결하

여 최적화를 수행한다. 다분야 통합 최적설계(Multidisciplinary Design Optimization, MDO)는 대규모 시스템 및 다기능이 요구되는 설계물 들을 효율적으로 설계하기 위한 방안의 하나로 미국의 항공분야 중심으로 개발된 설계기법이며, 1990년대 초부터 단일 최적화 알고리즘을 토대로 최근 그 유용성이 입증되고 있다. 다분야 통합 최적설계는 통합설계기술, 최적화기술, CAD/CAE 연계기술 등을 복합하여 여러 분야의 전문가들이 모여서 유기적이며 체계적으로 연구를 수행해야만 효과적인 결과를 창출할 수 있는 그룹 지향형 기술이다. 즉, MDO에서는 단일분야에 대한 최적화와는 달리 다양한 분야의 해석이 복잡하게 연계되어 있으므로 MDO 기술의 효율성 제고를 위해서는 최적설계, 공학해석, CAD/CAE 연계기술 및 컴퓨팅 기반 구조 분야의 전문가들 간의 협동적인 체계를 구축해야 한다. 이러한 공학설계에서 효율적인 최적화 문제의 구성 및 결과의 산출을 위해서는 정보기술, 즉 문제의 해결공간이 되는 컴퓨팅 인프라의 구축이 필수적이다. 그러나 기존의 MDO는 알고리즘과 해석분야에 주로 치우친 연구가 대부분이었고, 그 알고리즘조차 여러 가지 문제점을 가지고 있었다.

제품개발 측면을 살펴보면, 현실적으로 설계에 참여하는 전문가와 기관들은 지리적으로 분산되어 있다. 이와 더불어 부서나 기업간의 CAD(Lim et al. 1995) 또는 CAE 시스템의 이질성이나 제품 데이터 표현 방법의 차이로 인해 이를 통합하기 위한 부가적인 비용과 개발기간이 발생하기도 한다. 따라서 설계과정에서의 협업을 성공적으로 수행하기 위해서는 제품 개발 초기 단계에서부터 분산된 CAD와 CAE 등의 관련 시스템을 유기적으로 통합 관리할 수 있어야 하며 각 사이트 간 의사교환이 원활하게 이루어져야 한다.

따라서 본 연구에서는 MDO를 보다 효과적으로 통합관리하고 설계 및 해석도구들의 연계사용을 지원하기 위해 MDO를 위한 설계 및 해석정보의 통합화를 구축하였다. 제품개발 프로세스를 통합화, 자동화 및 관리하기 위한 방안으로는 최근 e-비즈니스에서 가장 중요한 요소 중의 하나인 워크플로우(Workflow)(Lee et al. 2007)의 개념을 이

용하여 공학설계 예를 통해 시스템의 유효성을 검증하였다. 또한, 현실적으로 대부분의 산업분야에서 제품의 설계 및 개발이 단일 부서나 기업 내에서 완성되기보다는 부서 간 또는 기업간의 협력 또는 분업을 통해서 이루어지는 것이 현실이라고 보았을 때, 개별적인 부서나 기업의 자율성을 최대화시키면서 동시에 전체 설계 성능의 향상에 기여할 수 있다면 발전된 최적화 기법의 현실적인 활용과 함께, 웹 서비스를 통한 표준 통신 프로토콜과 전 세계 개방형 프로토콜인 웹 브라우저를 이용해, 언제 어디서나, 장소에 구애받지 않고 설계, 해석 및 최적화 프로세스를 수행할 수 있는 웹 환경을 구축하였다.

2. 관련기술

2.1 워크플로우 및 워크플로우 관리 시스템

최근의 기업 환경은 네트워크와 컴퓨팅 환경의 비약적인 발달로 많은 변화를 초래하였다. 특히, 네트워크의 발달과 함께 폭발적인 대중화가 이루어진 인터넷은 e-비즈니스라는 용어의 확산과 더불어 기업 내·외부 및 고객을 인터넷이라는 매체를 통해 상호작용을 활발히 전개하고 있다. 특히, e-비즈니스의 기술에서 핵심정보기술인 워크플로우는 최근 점점 더 관심이 고조 되고 있다. 1993년 비영리 단체로 워크플로우에 관한 표준을 제정하기 위해 설립된 WfMC(Workflow Management Coalition, <http://www.wfmc.org>)의 정의에 의하면, 워크플로우는 컴퓨터에 의해 자동으로 실행 및 관리되는 업무 프로세스를 말하며, 워크플로우 관리 시스템(Workflow Management System, WfMS)은 이 워크플로우는 정의하고 그에 따라 업무 프로세스를 정의, 실행, 관리해주는 소프트웨어 시스템 이라고 정의하고 있다(Hollinsworth 1994). 즉, 워크플로우의 개념적인 정의는 결국 조직 구성의 3 요소인 사람, 자원, 프로세스와 이들의 변화를 관리하고 지속적인 프로세스 개선을 가능하게 해주는 기업의 비즈니스 운영체제로써 기업 및 기업간 업무 프로세스의 자동화 및 통합화를 가능하게 해주는 최신 정보기술이라 할 수 있다.

2.2 분산설계

컴퓨터 측면에서 정의하는 분산시스템은 네트워크로 연결되었으나, 공간적, 논리적으로 분산되어 있는 일련의 하드웨어, 소프트웨어, 데이터, 사용자가 특정 목적을 달성하기 위하여 모인 집합체를 총칭한다(Bishr 1997). 일반적인 공학 분야에서 정의하고 있는 분산설계에 관해서는 주로 조지아 공대를 중심으로 많은 연구자료를 발표하고 있는데, Choi et al.은 다른 목적, 지식, 경험, 도구 및 자원을 갖는 지리적으로 분산된 엔지니어에게 협업적이고, 동시적인 의사결정을 하는데 도움을 주기 위한 프레임워크라고 정의하고 있다(Choi et al. 2003). Zhiquiang et al.은 설계자는 정보, 데이터 및 모델이 네트워크를 통해 분산되어 있으며 그림으로써 회사는 로컬에 위치하건 원격지에 있든지 간에 모든 이용 가능한 자원(Resource)을 최대한 활용하기 위한 도구라 정의했으며(Chen and Zahed 2003), Panchal은 지리적으로 분산된 설계자와 본질적으로 이질적인(heterogeneous) 소프트웨어의 특성을 지닌 자산(Asset)을 설계과정에서 통합하고 사용하기 위한 도구라고 정의하고 있다(Panchal et al. 2002). 결국 분산설계란 엔지니어링 관점에서 물리적/지리적으로 분산된 설계에 참여하는 각 기업/부서의 모든 엔지니어와 관리자들이 정보와 지식을 공유함으로써 신속하고 효율적인 의사결정을 할 수 있도록 지원하기 위한 설계 패러다임이라고 정의할 수 있다.

2.3 웹 서비스(Web Services)

웹 서비스는 플랫폼, 개발 언어, 통신 프로토콜에 상관없이 방화벽을 통과해 애플리케이션 간의 데이터공유와 통신을 가능하게 해 주는 차세대 웹 애플리케이션 표준기술이다. 웹 서비스는 W3C(World Wide Web Consortium)에서 제안하고 HTTP, XML, SOAP, WSDL등의 표준화 기술을 사용하여 분산서비스를 제공하게 된다. 기존의 웹이 제공하는 서비스는 웹 브라우저와 사용자가 상호 작용하여 웹에서 정보를 찾아 사용자에게 제공하지만, 웹 서비스는 애플리케이션 간에 서비스를 제공하고 데이터를 공유하기 위한 기술이다. 기존의 분산 시스템이 플랫폼, 개발 언어, 서로 다른

통신 프로토콜을 사용하여 상호 운용성이 떨어지는데, 웹 서비스는 플랫폼, 개발 언어에 독립적으로 개발 및 실행 가능하여 시스템 간의 상호 운영성을 제공한다.

3. 시스템 개요

본 연구에서 개발한 시스템은 전사적인 관점에서 회사내부 및 회사 간 혹은 서버에 접근하는 모든 사람이 웹을 기반으로 실시간 분산된 설계 정보 공유 및 협업 관리를 중앙에 있는 WDF(Web-based Distributed Design Framework)실행서버가 인터넷을 통해, 기업의 다양한 프로세스를 공유할 수 있도록 개발하였다 [Fig. 1].

본 시스템은 우선, 관리자가 프로젝트의 프로세스를 정의 한 후 프로세스를 구성하게 되는 CAD, CAE 및 최적화의 각 작업의 흐름을 구성하고, 각 작업자를 선정하는 프로세스 모델링을 하면서 시작된다. 프로세스는 일련의 작업의 흐름을 도식화하여 자동화하기 위한 개념인데 작업의 흐름이란 각 작업의 단계 및 작업자 작업 내용을 화면에 알기 쉽게 표시해 놓은 것을 의미한다. 프로세스 모델러(Process modeler)는 이런 프로세스를 표현해 주기 위한 양식 이다. 프로세스는 크게 프로세스 전체를 담고 있는 프로세스 맵(Process map) 과 프로세스 맵 에 작업을 정의한 각각의 작업(Task) 또는 액티비티(Activity), 작업 또는 액티비티 간의 연결 흐름을 나타내는 전이(Transition), 작업 또는 액티비티 간의 결합 / 분기관계를 나타내는 오퍼레이터(Operator), 프로세스 내의 하부 프로세스 인 하부 프로세스(Sub Process)로 구성되어 있다. 즉, 프로세스 모델러는 이들의 구성을 종합하고 프로세스를 유기적으로 작성할 수 있도록 해 주는 도구 이다. 프로세스 모델링 후엔 관리자가 프로젝트의 시작을 한 후, 정의된 프로세스의 처음 작업자에게 프로젝트가 시작되었음을 알리게 된다. 각 작업자는 자신의 작업을 수행한 후 관리자에 의해 프로세스 모델링 된 바와 같이 작업흐름에 따라 다음 작업자가 순차적으로 작업을 수행하게 된다[Fig. 2].

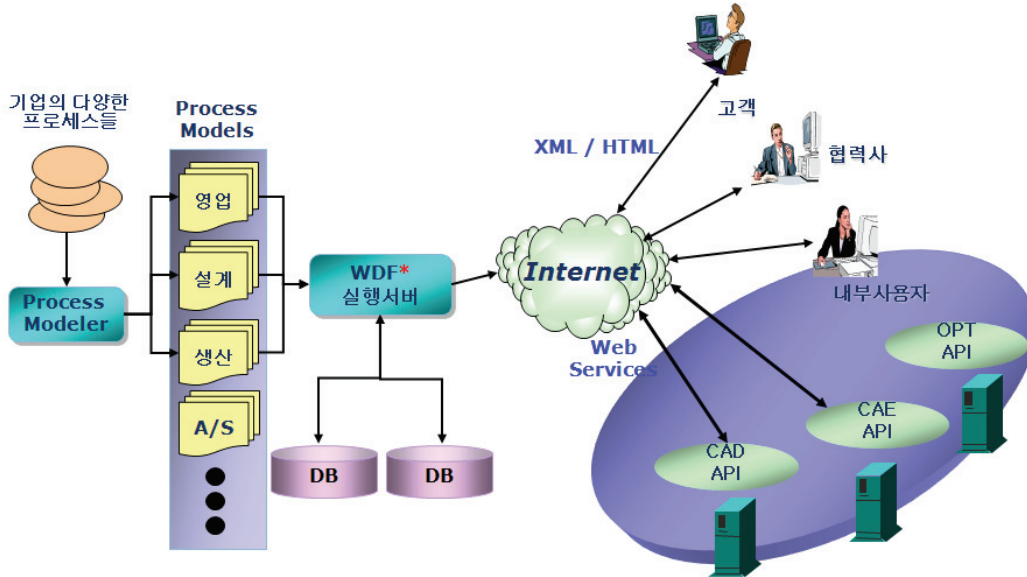


Fig. 1 WDF(Web-based Distributed Design Framework)

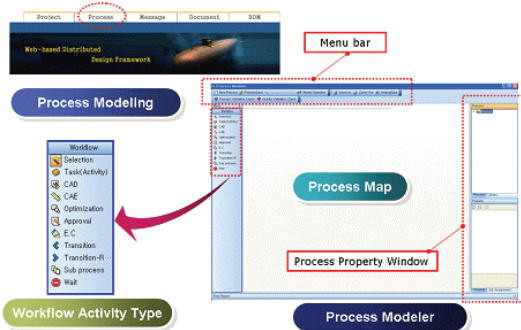


Fig. 2 Process modeling

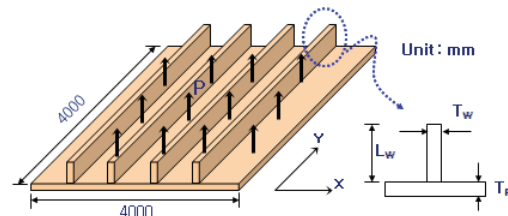


Fig. 3 Stiffened plate example

L_w 와 T_w 그리고 평판 두께인 T_p 이며 최적화를 위한 정식화는 아래 식 (1)-(3)과 같다.

4. 보강판 적용 예

4.1 문제구성

본 예제는 Fig. 3에 나타낸 바와 같이 가로, 세로가 각각 4000mm인 보강판의 Volume을 최소화 하는 설계 최적화 예제이다.

보강판의 경계조건은 모두 단순 지지된 조건이며, 작용하중은 판에 수직인 0.09 MPa의 법선 분포하중 (p)이 작용한다. 설계변수는 보강재 치수인

$$\text{minimize } Volume(L_w, T_w, T_p) \quad (1)$$

$$\text{find } L_w, T_w, T_p \quad (2)$$

$$\text{subject to } g = \sigma - \sigma_a \leq 0; \text{ Stress} \quad (3)$$

$$\text{where } 350 \leq L_w \leq 550, 10 \leq T_w \leq 20, \\ 10 \leq T_p \leq 20$$

4.2 프로세스 모델링

본 예제를 수행하기 전에 우선 프로세스 모델링, 프로젝트(프로세스) 시작, CAD, CAE, 및 최적화(OPT) 작업을 수행하게 된다. 가장 먼저 프로세스를 정의하기 위한 프로세스 모델링을 관리자가 Fig. 4에 나타낸바와 같이 프로세스 정의 및 모델링 작업을 수행하게 된다. 이렇게 프로세스 모델링 후에 각 담당자를 선정해주는 작업자선정하게 된다. 이후 프로세스 모델링 된 바와 같이 CAD, CAE 및 최적설계의 각 작업을 수행하게 된다[Fig. 5].

4.3 CAD, CAE 및 최적화 작업

앞 절에서 정의된 프로세스 모델링에 따라 CAD, CAE 및 최적화의 각 작업은 웹 브라우저를 이용해 본 WDF의 메인 프레임 주소를 입력 후

(http://147.46.234.216/Web_Distribution) 접속하면서 시작된다.

각 담당자가 접속하게 되면 자신이 수행할 작업에 대한 시작을 위한 메시지가 도착되어있고, Fig. 6, Fig. 7 및 Fig. 8에 나타낸 바와 같이 각각의 작업을 수행하게 된다. 우선 CAD 작업은 CAD작업을 위한 CATIA V5 모델을 열어서 작업을 수행하게 되는데, 최적설계를 수행하기 위해 설계 변수를 정의 하고, CATIA V5 모델의 형상과 최적화과정의 설계변수를 연결하기 위한 속성을 설계 변수값과 연결하기 위한 속성정의(Attribute definition), 설계 변수의 초기값을 지정해주고 설계 변수의 타입과 스케일을 지정할 수 있게 된다.

해석 작업은 설계 작업 담당자가 작업 후 DB에 저장한 CAD파일을 선택한 후 ANSYS 해석을 위한 입력 작업을 수행하게 된다. 즉,

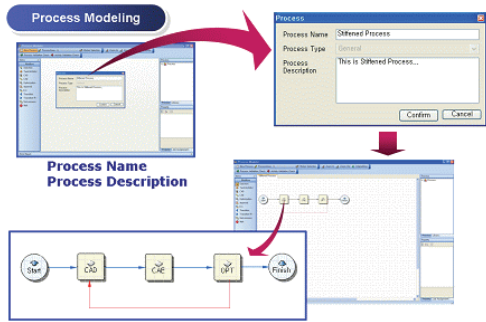


Fig. 4 Process modeling for stiffened palte

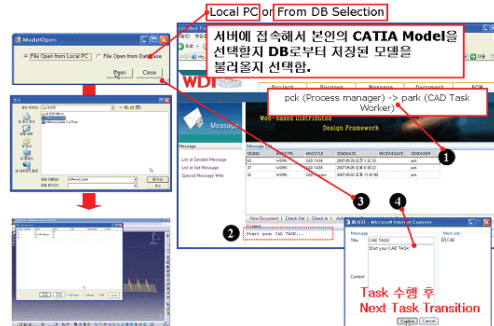


Fig. 6 CAD Process for stiffened plate

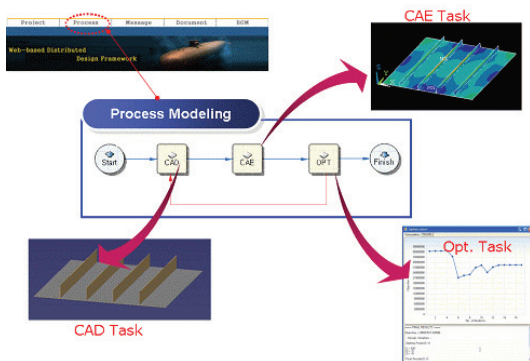


Fig. 5 Overall process for stiffened plate

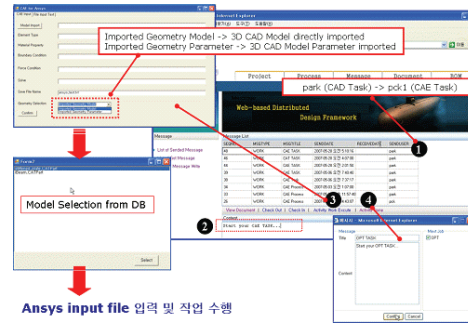


Fig. 7 CAE Process for stiffened plate

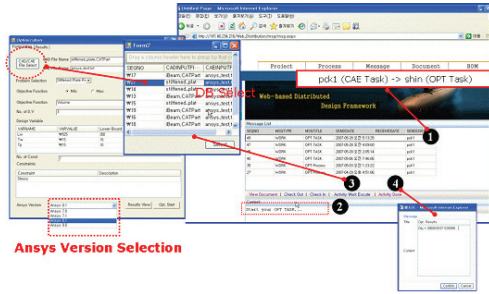


Fig. 8 Optimization process for stiffened plate

요소타입(Element Type), 물성치(Material Property), 경계조건(Boundary Condition) 및 메시 등을 입력하게 된다. 해석을 위한 입력 방식은 수많은 경우의 수가 발생하기 때문에, 사용자 편의를 위해서 UI방식과 텍스트(Text) 방식의 2가지로 입력할 수 있도록 구성하였다.

최적화작업자도 이전 작업에서와 동일하게 자신의 작업을 수행하기 위해서는 먼저 웹 포탈 서버에 접속한 후에, 최적화 구성을 위한 작업을 수행하게 된다. 먼저 이전 설계 및 해석 작업 담당자가 작업 후 DB에 저장된 파일을 선택 한 후, 최적화를 수행하기 위한 문제를 선택하게 된다. 즉, 목적함수, 설계 변수 및 제약조건을 입력하는 과정이 수행하게 된다. 해석을 위한 ANSYS버전을 선택할 수 있도록 구성하였는데, ANSYS 7.0, ANSYS 7.1, ANSYS 8.1, ANSYS 9.0을 선택할 수 있도록 하였다. 최적화의 결과는 크게 그래픽 뷰(Graphic View) 및 텍스트 뷰(Text View)로 나누어 최종결과를 확인할 수 있도록 하였다.

5. 결론

다기능, 고성능, 다목적, 고부가가치의 제품의 설계를 위해서는 다수의 공학적 현상이 연관된 다분야 해석 및 설계기술이 필요하다. 즉, 다양한 공학적 원리, 지식, 기술 등을 동시에 고려하여 균형 있고 유기적인 방법으로 최적의 설계를 결정하는 체계적인 설계자동화기술인 MDO기술이 요구되며 1990년대 초반 이후 상당히 발전되어 왔다. 그러

나 현재까지 MDO 기술은 주로 알고리즘을 중심으로 해석분야에 편중된 기술이 주류를 이루고 있으며 제품 개발과정에서 필연적으로 발생하는 다분야의 해석 및 설계 기술을 제대로 반영하지 못하는 게 현실이었다. 따라서 본 연구에서는 최근 e-비즈니스의 핵심기술인 워크플로우 기술을 기반으로 제품 개발의 전 과정 중에서 설계, 해석 및 최적화 프로세스의 통합을 위한 MDO 기법을 제시하였다. CAD, CAE 및 최적화 과정은 웹 서비스를 기반으로 구축하여 플랫폼, 개발 언어 및 통신 프로토콜에 상관없이 방화벽을 통과해 애플리케이션 간의 데이터공유와 통신을 가능하도록 구축하였으며 관계된 모든 전 과정의 산출물들을 데이터베이스에 저장할 수 있도록 하였다. 본 연구에서 제안한 기법의 타당성을 위해서, 보강판의 예를 통해, CATIA를 이용한 CAD와 CAE간의 데이터 전환의 문제점을 극복할 수 있었다. 이와 아울러 최적화 과정을 수행함에 있어서 CAE 프로세스는 구조 최적화 과정에 있어서 하나의 필수적인 부분임을 확인할 수 있었다. 본 연구를 통해 제품 개발 및 설계를 수행함에 있어서 워크플로우를 기반 한 프로세스의 자동화기법은 정보기술을 현존하는 구조설계 기법에 실제 적용하고 향상시킬 수 있는 하나의 방안임을 확인할 수 있었다.

후 기

본 논문의 내용은 한국과학재단의 첨단조선공학 연구센터 지원과제(R11-2002-008-04001-0) 및 국방부/방위사업청/국방과학연구소가 공모, 지정한 수중운동체 특화 연구센터(Underwater Vehicle Research Center) 과제(SM-12)의 일부로 수행된 것을 함께 정리한 것으로, 위 기관의 후원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Bishr, Y., 1997, Semantic Aspects of Interoperable GIS, ITC Publication.
- Chen, Z. and Zahed, S., 2003, "Elements and Techniques to Develop a Distributed Design

- Framework," Proceedings of DETC'03 (ASME Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information Engineering Conference), Chicago, Illinois, USA, September 2-6.
- Choi, H.J., Panchal, J.H., Allen, J.K., Rosen, D. and Mistree, F., 2003, "Towards a Standardized Engineering Framework for Distributed, Collaborative Product Realization," Proceedings of DETC'03 (ASME Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information Engineering Conference), Chicago, Illinois, USA, September 2-6.
 - Hollinsworth, D., 1994, "The Workflow Reference Model," Workflow Management Coalition, TC00-1003, December.
 - Lee, D.K. and Kim, S.Y., 1996, "Preliminary Design of a Ship by the Knowledge-Based Optimum Design System," Transactions of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 33, No. 1, pp. 161-172.
 - Lim, H.K., Suh, H.Y. and Yoon, D.Y., 1995, "Automation of Detail Structural Design Process using a General-Purpose CAD Systems," Transactions of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 32, No. 1, pp. 17-24.
 - Panchal, J.H., Chamberlain M.K., Rosen, D.W., Allen, J.K. and Mistree, F., 2002, "A Service Based Architecture for Information and Asset Utilization in Distributed Product Realization," AIAA Paper No. 2002-5480.



< 박 창 규 > < 양 영 순 >