

디지털 선박생산화를 위한 생산정보기술

이경호* · 장운석**

*인하대학교 기계공학부

**한국과학기술원 산업공학과

The State-of-the-Art Review on the Information Technologies for Manufacturing Toward Digital Shipbuilding

KYUNG-HO LEE* AND YOON-SEOK CHANG**

*Inha University, Incheon, Korea

**KAIST, Daejeon, Korea

KEY WORDS: Supply Chain, Design for Production, Information Technology, Shipbuilding, Virtual Enterprise

ABSTRACT: The industry has undergone a significant change over the last decade: digital business has become a strategy to survive; the extended enterprise is being implemented; parts are made where conditions are most favourable; non-core activities are out-sourced; advanced manufacturing systems and information technologies are introduced to improve manufacturing performance. Suppliers and distributors become part of the supply chain and they all comprise an integrated international co-operative network to provide manufactured goods and support services for a world market just in time, at low prices and with quality surpassing customers' expectations. In this paper, we review various state-of-the-art information technologies for the shipbuilding industry. The successful introduction and implementation of those technologies will be the key enabler for e-transformation in the shipbuilding industry

1. 서 론

최근 10년간 인터넷 및 정보기술의 비약적 발전과 확산에 따라 이를 활용하여 전통 제조업의 제품개발 및 설계, 생산 및 제조, 물류, 유통, 구매 등의 전 업무과정과 방식을 혁신하는 e-Manufacturing, e-Transformation에 대한 요구가 증대되고 있는 것이 세계적인 추세이다.

한국의 조선공업은 수주 및 건조 량에 있어서 세계 1위의 위치를 달성하였음에도 불구하고, 하이테크 조선 기술에 있어서는 외국에 많이 뒤떨어져 있거나 외국기술에 의존적이라고 할 수 있다(신종계 등, 2001). 본 고에서는 전반적인 생산 정보화 기술을 살펴보고, 이러한 기술의 조선 산업에 있어서의 응용과 조선 산업의 정보화를 위한 대학교육의 역할을 제시해 보고자 한다.

2. 생산을 위한 정보기술 및 생산기술

2.1 생산정보 기술

정보기술 (Information Technology)은 기업들이 생산에 있어 다음과 같은 중요한 목표를 달성하는 데, 필요한 도구를 제공할 수 있다.

- 한 제품에서 다른 제품으로의 생산에서의 신속한 전환
- 제품에 새로운 개념을 빠르게 적용

- 고객에게 제품의 빠른 배달
- 고객과의 친밀하고 세밀한 접촉
- 자본과 인력의 활용
- 사업적 필요에 따라 집중된 지속적인 운영
- 불필요하고, 과다하고, 낭비적인 활동의 제거

미국의 연구자문회 산하 정보기술 및 생산 위원회 (National Research Council, 1995)는, 생산을 위한 정보기술에 있어 21세기를 위한 2가지 연구 분야에 대한 안건을 내어 놓았는데, 하나는 기술적인 연구 분야(technology research agenda) 이고, 하나는 비 기술적인 연구 분야(non-technology research agenda)이다.

기술적인 분야에서 구체적인 연구 분야들을 보면 다음과 같다.

- Integrated Product and Process Design
- Shop Floor Production
- Factory Modeling and Simulation
- Information Infrastructure to Support Enterprise Integration

또 비 기술적인 분야의 내용을 보면 다음과 같다.

- 사람, 조직, 사회적 요인을 정보기술의 이점을 최대화 할 수 있도록 결합시키는 방법에 대한 연구
- 또 생산자로 하여금 증가하는 중대한 지적 자산 및 정보 자산을 분석, 설명할 수 있는 회계와 재무계획을 개발
- 상호운용성과 개방형구조와 시스템을 지원하는 데 필요한 표준과 생산의 다양한 차원에 미치는 정보기술의 영향을 결정하는 데 필요한 매트릭스

제1저자 이경호 연락처: 인천광역시 남구 용현동 253

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

결론적으로 보면 정보기술은 미래에 있어 생산 환경에 중요한 역할을 하게 될 것 이라는 점, 또 현재의 정보기술이 21세기에 필요한 생산방식을 지원하기에는 비 적합하다는 점, 생산을 향상시키기 위해 정보기술의 모든 가능성을 다 활용하려면, 기술적인 분야와 비 기술적인 분야의 연구를 다 다루어야 한다는 점이 제기 되었는데, 이러한 점들은 조선생산업계에서도 차츰 강조되고 있는 실정이다.

중국의 경우 선박생산기술에 있어서의 격차를 해소하기 위해 2가지의 프로젝트를 진행하고 있다 (Cheng et al., 2001). 그 첫 번째는 선박생산 통합기술(Shipbuilding integration technology)인데 통합생산에 필요한 공정로 기술 (Process Lanes technology)과 관리기술에 중점을 둔 프로젝트이다. 구체적인 기술의 예로는, 선박 제품 구조 최적화, 선박생산 공정코딩, 선박생산 정보 구획기술, 선박 생산기술, 선박생산 제조정보 모델 기술 등이며, 두 번째는 생산정보기술통합시스템 (Shipbuilding information integration system)의 구축인데, 이는 선박생산의 모든 정보를 통합 인터넷/인트라넷시스템을 구축하는 것을 목표로 하고 있다.

미국의 경우도 조선업계의 경쟁력제고를 위해 선박생산정보 인프라를 구축을 위해 막대한 노력을 하고 있다 (Rando and Fernholz, 2001; Rando, 2001). ISE (Integrated Shipbuilding Environment) 프로젝트는 미국의 Electronic Boat Corporation 가 주도하고 있으며 ISE consortium의 프로젝트 중하나이다. ISE 프로젝트는 OSEB (Object Serialization Early Binding) 접근을 사용해서 조직 간의 부품 목록정보관리에서의 상호운용 (Interoperability), 조직 간의 선박생산 Product Data Management (PDM) 데이터의 상호운용 (Interoperability), 조직 간의 PDM과 CAD데이터의 상호운용(Interoperability)등을 가능하게 하는 것을 목적으로 한다. ISE는 미국의 선박생산업계에서, STEP 정보와 XML tool이 A2A (Application to Application)에서의 상호운용(Interoperability)의 기본적인 기술이 될 것이라고 예측하고 있다.

2.2 공급사슬관리(Supply Chain Management)와 가상기업 (Virtual Enterprise) 개념

공급사슬은 직간접적으로 고객의 요구를 충족시키는 데 필요한 모든 단계로 구성되어있다(Chopra and Meidl, 2001). 공급사슬의 의사결정단계는 전략 및 설계, 계획, 운영의 세단계로 나눌 수 있다. 세 가지 단계를 간단히 살펴보면 다음과 같다.

- 공급사슬전략 및 설계: 이 단계에선 공급사슬의 구조를 결정한다. 생산능력과 창고설비능력, 이용되는 정보시스템의 종류, 여러 장소에서 제조되거나 보관될 제품, 제품의 운송 수단 등에 대한 결정 등
- 공급사슬계획: 단기적인 운영을 위한 운영정책, 재고 계획수립, 생산 하청, 보충 및 재고 정책, 재고 부족 시 보충공급자와 관련된 정책, 마케팅 판촉의 규모와 시점등과 관련된 의사결정들
- 공급사슬운영: 이 단계에서의 기간은 주 단위 혹은 일단위이고, 이 단계 동안 기업은 고객의 주문과 관련된 의사결정을 해야 한다. 이미 공급사슬의 설계를 통해 공급사슬의 형태는 고

정되어 있고, 공급사슬의 계획도 정의 되어있기 때문에, 이단계의 목적은 가능한 한 최적으로 운영정책을 실행하는 것이라 할 수 있다. 이 단계동안 기업은 개별주문을 재고 및 생산량에 할당하고, 주문이 충족되는 날짜를 정하고, 창고에서 꺼낼 품목의 리스트를 만들고, 주문을 개개의 운송과 수송수단에 할당하고 트럭 배송 스케줄을 정하고 보충주문을 하게 된다.

공급사슬관리 (SCM)는 고객만족을 위해 정확한 양의 제품을 적시에 생산 배달하기위해, 배송, 부품제조업자, 생산자(공장), 창고, 소매상 등을 통합하는 과정이며, SCM의 목적은 제품 생산과정에서 발생하는 전체의 가치를 극대화 하는 데 있다. 이러한 공급사슬의 목적을 만족하기위해서 다양한 영역의 노력이 필요한데, 이는 Table 1과 같다.

Table 1 Area of SCM and descriptions (Chang et al., 2002)

Areas of supply chain	Description
Demand planning	Demand planning aims to reduce forecast error and to suggest buffers considering demand variability. In order to improve accuracy of forecasting, collaborative forecasting is essential.
Master planning	Provide multi-site planning. Master planning based on the material, capacity, transportation and other constraints, simultaneously.
Procurement	Constraints such as vendor capacities, costs and lead times can be modeled as part of supply chain resulting in superior plans.
Transportation	Consider dynamic transportation requirement and generate optimizing transportation plan.
Manufacturing	Plan considering material, capacity and other constraints which impact on manufacturing.

SCM의 구현을 통해 제조업계에서 얻게 되는 일반적인 이점은 다음과 같다.

- 생산성 향상: 자재와 생산능력의 상태를 동시에 고려해서 스케줄 함으로 생산성을 향상 시킬 수 있다 (예, 제약조건을 고려한 스케줄로 자재대기 시간을 줄이고, 장비 전환의 최적화 시킬 수 있다)
 - 생산시간 단축: 대체 장비, 대체 routing, 대체 부품공급업자, Vendor Management Inventory (VMI)등을 통해 다양한 대체방안을 통해 생산시간을 단축시킬 수 있다.
 - 자재 재고 감소: 공급과 수요에 대한 가시성으로 자재에 대한 재고를 줄일 수 있다.
 - 수송수단의 최적화: 차량의 적재 최적화 등
 - 주문 완수를 향상: 공급망 전반에 대한 가시성 향상으로 다양한 방법 (예, 대체 장비 등)에 의한 주문 완수를 향상.
 - 영업이익의 극대화: 지능적 스케줄방법으로 이익을 극대화
 - 반응성의 향상: 주문의 수행과정동안 발생 될 수 있는 방해요소를 예측하고 그러한 요소들의 하위공정으로의 전파를 예측함으로 빨리 대응할 수 있도록 함
- 조선분야도 이와 같은 이점을 고려 다양한 연구가 이루어지고 있는 실정인데, 미국 선박생산업계에 의한 다른 선박생산국

과의 벤치마킹에 의하면, 향상된 SCM이 생산 성능(Performance)에 중요한 방법의 하나로 나타났다. 특히 1996년에 발표된 21세기 Agile Shipbuilding Strategies 보고서에 의하면, 조선소와 부품 제조업자간의 관계의 향상이 가장 중요한 것으로 나타났다. 이는 조선 산업에서 완제품 비용의 50% 이상이 재료와 장비에 들어가기 때문인 것으로 나타났다(Fleischer, et al. 1999).

위의 논문에서, 미국 조선생산 업계의 SCM현황에 대해 내린 결론은 다음과 같다.

- 선박생산에서의 SCM은 다른 산업계에 비해 늦다는 점
- 대부분의 SCM접근법이 선박생산에 적용될 수 있다는 점
- 선박생산에서의 SCM은 구조(structure), 기능(function), 그리고, 선박제조와 SCM간의 통합에 대한 의견의 일치 결여.
- 전자상거래 기술에서의 후진성
- 유럽에 비해 scheduling 방법에서 후진성
- 유럽에 비해 supplier relation이 부족한점

한편 SCM과 함께 자주 등장하는 개념이 있는데, 가상기업(Virtual Enterprise)이라는 개념이다. 미국의 경우 Shipbuilding Partners and Suppliers (SPARS) consortium이 선박생산 SCM을 위한 가상기업을 제안하였다. 선박생산에서의 가상 기업은, 전자상거래기술과 공유된 정보를 통한 생산이익증대를 목표로 하는 데, 다음의 세 가지를 통해 혁신을 꾀한다. (Bolton et al., 2000; Bolton, 2001):

- 조선소를 near-turnkey 선박생산 공정을 공급하는 가상기업의 관문화(gateway)
- 정보 검색과 정보교환을 위한 인터넷 시스템을 공급
- Maritech 과 ISEC가 지원하는 부품표현 (Part representation), 해석(translation) 및 교체 (exchange)를 이용하여 정확하고, 저렴한 디자인 정보를 공유

한편 가상기업을 통한 경영상의 효과는 다음과 같이 예상하고 있다.

- 생산시간 단축, 작업자 비용단축 및 자재 구매비용 단축
- 미국조선소과와 외국과의 전략적인 제휴 및 합작회사 지원
- 조선소로 하여금 High mix와 소규모 선박 생산에 적응하기 위한 관리공정의 재구성(reconfigure) 부분 지원

2.3 Enterprise Resource Planning (ERP)

ERP는 회사의 생산 및 경영목표를 만족시키기 위해 회사의 모든 자원을 통합화 하기위한 소프트웨어를 말한다(Chang et al., 2002). 일반적으로 ERP 시스템은 생산, 구매, 창고, 재무, 판매등의 모듈로 구성되어 있다. ERP 의 장점은 다음과 같다.

- 정보의 통합: ERP를 통해 분산된 데이터들의 통합유지 관리가 가능해 짐
- 조절 (Control)의 용의: ERP를 통해 회사내 의 모든 조직을 통합함으로 회사의 업무 프로세스의 통합과 조절이 가능해짐

- 데이터 에러의 감소: 업무의 전산화 (예, EDI나 자동 fax)등의 기능으로 데이터 입력시 에러의 감소를 가져 올수 있게 됨
- 재고비용절감: 재고에 대한 추적과 검토를 통해 재고 비용을 절감할 수 있게 됨
- 회사내 의 모든 활동의 공유와 통합이 가능해짐: 전사적인 ERP 사용으로 회사내 의 모든 직원이 같은 정보와 표준화된 업무 프로세스를 사용하게 됨

현재 한국에서는 대우조선에서 독일의 SAP 사의 ERP 도입을 결정 현재 ERP 프로젝트를 추진 중이다 (www.sap.co.kr).

2.4 Simulation 기반의 생산 시스템(Manufacturing System)

시뮬레이션(Simulation)은 일반적으로 실제 시스템을 방해하지 않고, 다양한 대안을 비교할 수 있는데, 일반적으로 다음의 3가지 문제들에 대한 분석 및 의사결정 도구로 사용된다.

- 설계문제 (Design problems): 여러 가지 설계안들을 비교, 평가 할 때
- 계획문제 (Planning problems): 현재의 시스템을 어떻게 사용할 것인가에 대한 문제(다양한 가상적인 전략이나 시나리오를 비교, 평가)
- 작동문제 (Operational problems): 실제 시스템의 동작을 검토

시뮬레이션의 이점은 다음과 같다.

- 그래픽과 애니메이션으로 공정을 쉽게 이해 할 수 있다.
- 시스템의 역동성을 포착할 수 있다. 다양한 통계분포 기능을 이용해 예측치 못한 이벤트 (장비의 고장 등)들을 모델링 할 수 있다.
- 계획이나 데이터를 바꾸기 전에 What-if 시뮬레이션을 통해 다양한 테스트를 해봄으로 위험(risk)을 줄일 수 있다.

일반적으로 대부분의 시뮬레이션 도구(tool)들은 실시간에 의 사결정을 내릴 수 있는 것이 아니라, 의사결정을 내리는 사람의 입력을 필요로 한다. 즉, 시뮬레이션은 의사결정을 내리는 사람이 바른 결정을 내릴 수 있도록 정보를 제공해 주는 역할을 한다.

최근에는 시뮬레이션 기반의 실시간 스케줄링 시스템의 개발을 위한 많은 연구가 이루어지고 있다. 미래의 시뮬레이션 도구들은 시스템의 현재상태를 이용해 시스템의 미래의 성능을 시뮬레이션 하는 예지 능력을 갖추게 될 것으로 보인다.

현재까지 선박생산에 있어 시뮬레이션을 적용한 예는 그리 많지 않은데, 최근 Automated fabrication workshop의 디자인에 있어서 시뮬레이션 기술을 도입한 사례가 있다(Shin and Sohn, 2000). 제안된 시스템은 실제공장의 초기화와 운용을 위한 지침을 제공할 수 있는 제품 플로우 시뮬레이션 (Product flow simulation)을 지원하며, 시간절약 및 위험요소를 줄일 수 있었다. 위의 연구는 객체지향 모델링 (Object-oriented modeling)과 네트워킹기술, 시뮬레이션 기법 및 데이터베이스(database) 기술

을 이용해서 진행되었다.

2.5 제조를 고려한 디자인(Design for Production) 및 시뮬레이션 기반 생산(Simulation based Manufacturing)

선박에서 또 중요한 생산 기술의 하나는 Design for production 이라 할 수 있다. 이의 목적은 안전성, 신뢰성 및 효율성 등의 운용기능을 가진 선박의 요구조건들을 만족하면서 최소비용으로 생산할 수 있도록 디자인하는 것이다. Design for production에서 중요한 점은 초기 디자인부터, 생산, 그리고 동시작업을 가능케 하는 모든 정보를 통합하는 데 있다 (Storch et al., 2000).

객체지향 프로그래밍과 정보기술을 응용한 컴퓨터 조선소 모델이 개발되었는데, 몇몇 조선소를 위한 선박생산 방침(Shipbuilding policy)이 개발되었고, 제조에 있어서의 production attribute (예, work-station, equipment, man-hour) 및 Interim Product Catalog가 개발되었다 (Chung et al., 2000).

한편 시뮬레이션 기반 설계(Simulation Based Design)는 선박이나 항공 산업과 같이 시제품의 개발이 불가능한 경우 가상환경에서 3차원 CAD 제품모델을 토대로 가상 프로토타이핑(Virtual prototyping)과 시뮬레이션 기술을 결합하여 항공, 선박의 설계, 건조, 시험, 운영 및 유지 보수의 전 단계에 걸친 제반 자원들을 통합하고 실시간 지원을 위한 컴퓨터 기반 엔지니어링 기술이다. SBD를 위해서는 제품 및 공정 모델(Product and Process Model), 가상환경(Virtual Environment) 및 가상 프로토타입(Virtual Prototype), 그리고 이를 구현하기 위한 시스템 인프라가 필요하다 (이종갑 등, 2001; 이경호, 2003).

2.6 STEP

조선 산업은 많은 부품을 조립하여 제품을 만드는 산업으로 여러 가지 기술이 설계초기단계부터 복합적으로 고려되어 생산을 하게 된다. 따라서 각 단계 및 분야에서 전문화된 소프트웨어가 사용되어지며, 서로 다른 소프트웨어간의 제품에 대한 정보교환이 빈번히 이루어지게 되는데, 이 과정에서 문제가 발생하는 경우가 있다. 이러한 문제점을 해소하기 위해 서로 다른 시스템에서 공통적으로 사용할 수 있도록 개발된 표준이 STEP (Standard for the Exchange of Product Model)이다. 미국의 경우 e-STEP이라는 프로젝트를 통해 조선기자재의 전자 거래를 모색하고 있으며 일본에서는 Zohaku Web 프로젝트를 통해 조선기자재의 인터넷 거래를 추진 중이다 (한순홍, 2001).

한국의 경우 KS-STEP이 과기부의 특정연구과제로 수행되어 선급과 조선사사이의 선체 중앙단면 설계승인을 위한 업무절차를 도면 전달체계로부터 STEP기술을 적용해 온라인 처리 절차로 개선하는 시범시스템을 개발하였다 (김용대, 2001).

2.7 제조 산업 관련학과의 교과과 시대적 추세

최근 우리나라에서도 주요기업들이 주도하거나 정부주도의

사업으로 제조업의 e-Business, e-Transform이 확산되고 있으나, 전문인력 부족으로 많은 시행착오를 겪고 있으며, 외국 컨설팅 업체와 솔루션 업체에 의존, 중속화 되는 경향이 높아지고 있다. 더욱이, 자동차, 전자, 조선, 기계, 화공 등의 주력 제조 산업에서는 전문 인력의 확보가 갈수록 어려워지고 있고, 특히, 최근의 이공계 기피 현상과 맞물려 주력 제조 산업 관련 학과에 지원하는 학생이 줄고 있는 추세에 있다 (최병규 등 2003). 우리나라의 조선 산업은 70년대 중반이후 공업입국을 이끌어 온 선도 산업이고, 짧은 역사에도 불구하고, 세계시장 점유율 40% 이상의 경쟁력을 보유한 세계 1위의 산업이다. 하지만, 저렴한 생산비 및 인건비 등을 앞세운 중국의 추격과 다양한 생산 기술을 확보하고 있는 일본의 추격은 간과 할 수 없는 상태이다. 이러한 주변 경쟁국들의 도전에 능동적으로 대처하고, 경쟁력을 확보하기 위해서는 산업체의 요구를 반영한 교육 및 교과 과정의 현실적인 개편을 통한 우수한 인력 양산, 첨단 생산 기술 및 생산 정보 기술에 대한 과감한 투자가 필요하다 하겠다.

선박의 생산성 향상은 단순히 조선소 내부의 생산성 향상으로만 이루어지는 것이 아니다. 한 척의 선박을 생산하기 위해서는 그 선박을 이루는 수천, 수만 개의 부품의 생산 및 공급과 관련해 업체간의 일정관리 및 기술적 제휴, 또 조립에 관련된 일정관리, 설계 및 생산기술의 통합, 생산기술 및 생산 관련정보의 통합 및 다양한 경영기법이 필요하다. 하지만, 현재 국내의 대부분의 조선관련 학과에서의 교과를 보면 이러한 선박 생산, Supply chain전 영역에 대한 생산기술 및 정보기술 분야보다는 전통적인 조선분야 및 단위 생산 기술 분야의 교과가 대부분이라고 해도 과언이 아니다.

경쟁국보다 기술적 우위를 확보하고, 첨단의 생산 정보기술을 이해, 응용하고, 산업체의 최근 추세 및 수요를 만족시키기 위해서는 이러한 첨단 기술의 근간이 되는 교육, 즉 인터넷, 정보처리 및 활용기술을 활용한 분야, 정보의 표준, 생산을 위한 설계 및 CAD, Simulation 기법 및 이론에 대한 교육, 또 최근 많은 선박 제조 국가에서 화두가 되고 있는 분야인 SCM 및 전사적인 통합시스템인 ERP에 대한 기본적인 교육 등이 필요하다 하겠다 하겠다.

3. 결 론

본고에서는 생산성향상을 위한 첨단의 생산기술들을 검토하고 한국과 외국의 조선업계에서의 이러한 기술들의 적용현황을 살펴보았다. 조선 산업은 한국의 주력산업의 하나이며, 한국은 양질의 기술인력, 생산인력의 보유로 세계 1위의 조선 생산국의 자리를 지키고 있다. 하지만, 21세기에 1위로서의 한국의 위상을 계속 지키려면, 첨단기술개발과 새로운 정보기술에 대한 과감한 투자 및 새로운 기술을 고려한 대학의 교과과정의 개편, 교육과정의 개발 및 기존 산업체 인력에 대한 재교육이 시급한 것으로 사료된다.

참고 문헌

- 김용대 (2001). "선박제품 정보 표준: Ship STEP", 대한조선학회지, 제38권 제1호, pp 62-72.
- 신종계, 이장현, 우종훈 (2001). "디지털 선박생산 개념", 대한조선학회지, 제38권, 제1호, pp 54-61.
- 이경호 (2003). "동시공학적 선박설계를 위한 웹기반의 협업설계 시스템", 한국해양공학회 2003년도 춘계학술대회 논문집, pp 10-16.
- 이종갑, 김홍태 (2001). "조선기술의 새로운 패러다임: 시뮬레이션 기반설계 (SBD) 기술", 대한조선학회지 제38권 제1호, pp 47~53.
- 최병규, 이태억, 신하용, 정연찬, 장운석 (2003), "e-Manufacturing 대학원 교과과정 개발", Proceedings of the 3rd Seoul International IMS Forum, pp 228-234.
- 한순홍 (2001). "모델링 커널을 이용한 조선전용 CAD의 개발 방안", 대한조선학회지, 제38권, 제1호, pp 94-99.
- Bolton, R.W., Horstmann, P., Peruzzotti, D. and Rando, T. (2000). "Enabling the Shipbuilding Virtual Enterprise", Journal of Ship Production, Vol 16, No 1, pp 1-11.
- Bolton, R.W. (2001). "Enabling Shipbuilding Supply Chain Virtual Enterprises", Journal of Ship Production, Vol 17, No 2, pp 76-86.
- Chang, Y., McFarlane, D. and Shaw, A. (2001). The State-of-the-Art IT Systems Review, Technical Report, CUED/E-MANUF/TR.17, University of Cambridge
- Cheng, J, Lu, B. and Zhang, S. (2001). "Information Technology Challenge to the Chinese Shipbuilding Industry: A State-of-the-art Survey", Journal of Ship Production, Vol 17, No 3, pp 169-173.
- Chopra, S. and Meindl, P. (2001). Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation, Prentice Hall, New Jersey.
- Chung, H., Lamb, T. and Shin J.G. (2000). "A Generic Shipyard Computer Model-A Tool for Design for Production", Journal of Ship Production, Vol 16, No 3, pp 160-172.
- Fleischer, M., Kohler R., Lamb, T. and Bongiorno, H.B. (1999). "Marine Supply Chain Management", Journal of Ship Production, Vol 15, No 4, pp 233-252.
- National Research Council, (1995). Information Technology for Manufacturing, National Academic Press.
- Rando, T. and Fernholz, D. (2000). "Maritech's Shipbuilding Information Infrastructure", Journal of Ship Production, Vol 16, No 2, pp 110-120.
- Rando, T. (2001). "XML-Based Interoperability in the Integrated Shipbuilding Environment (ISE)", Journal of Ship Production, Vol 17, No 2, pp 69-75.
- SAP, <http://www.sap.co.kr>
- Shin, J.G. and Sohn, S.J. (2000). "Simulation-Based Evaluation of Productivity for the Design of an Automated Fabrication Workshop in Shipbuilding", Journal of Ship Production, Vol 16, No 1, pp 46-59.
- Storch, R.L., Sukapantharam, S., Hills, B., Bruce, G. and Bell, M. (2000). "Design for Production: Principles and Implementation", Journal of Ship Production, Vol 16, No 1, pp 27-39.

2003년 5월 12일 원고 접수

2003년 7월 3일 최종 수정본 채택