

조선기술의 새로운 패러다임 시물레이션기반설계(SBD) 기술

1. 머리말

세계를 단일시장으로 하고 있는 조선산업 및 해양 분야에서 인터넷을 중심으로 한 정보통신기술은 관련 시장의 글로벌화는 물론 조직의 유연화, 일의 분산화, 외부용역의 확대 등을 촉진시키고 있다. 멀지 않은 장래에 CALS/EC의 개념과 함께 인터넷(internet)을 기반으로 한 전자상거래(Electronic Commerce) 및 동시공학(Concurrent Engineering) 환경이 정착될 것이며, 이를 토대로 지금까지 조선소 중심의 선박설계 및 생산은 분산된 전문화된 집단에 의한 협동작업체제(Computer Supported Cooperative Work)로 전환될 것이다. 이러한 기술 환경의 변화에 능동적으로 대응하기 위한 구체적인 수단으로서 새로운 개념의 엔지니어링 기술들이 출현하고 있다.

이 글에서는 미국방성의 DARPA(Defence Advanced Research Project Agency)가 최근 급격히 발전하고 있는 컴퓨터 및 관련기술을 바탕으로 선박의 설계, 건조 및 테스트에 걸친 전 과정을 혁신적으로 변화시켜 개발기간의 단축, 경비의 절감, 품질의 향상을 도모하기 위해 제안하고 추진하고 있는 시물레이션기반 설계(Simulation

Based Design, 이하 SBD)에 관한 개념과 조선 분야에서의 적용을 위한 검토결과 및 적용 사례에 대하여 소개한다.

2. SBD 기술의 개요

2.1 SBD 기본개념

선박의 수명주기는 크게 설계단계, 건조단계, 그리고 시험 및 운용단계로 구분한다. 선박 및 관련시스템의 개발의 관점에서 운용환경은 요구사항을 제시하며 설계단계에서는 이러한 요구사항들을 포함하여 건조단계에서의 제반 요건들을 고려하여 제품정보를 구체적으로 정의(product definition)한다. 건조단계를 거쳐 제품이 완성되면 실제 운용환경에서 시험 및 평가(test & evaluation)가 이루어지고 고객에게 인도되어 운용에 들어간다.

새로운 개념의 선박 및 해양구조물의 경우 개발기간은 7~10년이 소요되고, 이 기간 동안 개념적인 요구사항이 제품정보로 구체화되고 제품화되면서 요구사항의 변경과 함께 많은 문제점들이 노출된다. 그러나 시간이 경과할수록 새로운 요구를 수용하거나 문제점들을 수정하는 것이 어렵게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 일반적으로 사용하는 방법이 시제품



이 중 갑

- 1954년 9월 10일생
- 1977년 부산대학교 조선공학과
- 한국해양연구원 선박해양공학분소 책임연구원
- 관심분야 : SBD, CALS/EC
- 연락처 : 042-868-7226
- E-mail : jklee@kriso.re.kr



김 흥 태

- 1966년 7월 10일생
- 1991년 고려대학교 산업공학과
- 한국해양연구원 선박해양공학분소 책임연구원
- 관심분야 : SBD, Human Engineering
- 연락처 : 042-868-7236
- E-mail : kht@kriso.re.kr

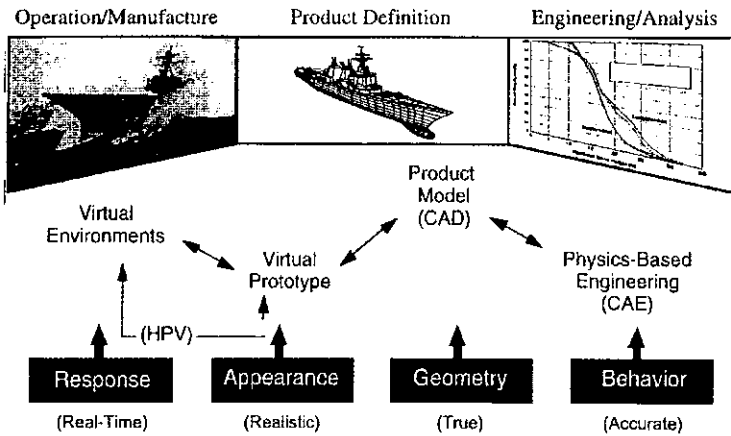


그림 1. DARPA에서 정의한 SBD 시스템의 이미지와 구성요소

(prototype)의 개발이다. 그러나 선박과 같은 복합대형제품의 경우 시제품의 개발은 불가능하다. 설령 가능하다고 하더라도 고려할 수 있는 여러 가지 대안(alternatives) 중 오직 한가지만이 실제 건조되고 시험되기 때문에 부분적인 오류들은 수정할 수 있으나 최적의 설계는 보장할 수 없다.

이러한 현실적인 제약조건을 해결하기 위한 수단으로 가상세계(virtual world)의 개념이 도입되었다. 컴퓨터기술을 이용한 가상세계는 일반적인 시제품 제작 과정에서 발생하는 하드웨어적인 제약 뿐만 아니라 시간적, 공간적 제약이 없는 4차원의 세계이며 설계환경, 건조환경, 운용환경 사이를 자연스럽게 연결할 수 있는 가상환경을 제공한다.

SBD란 가상환경에서 3차원 CAD 제품모델을 토대로 가상 프로토타이핑과 시뮬레이션 기술을 결합하여 선박의 설계, 건조, 시험, 운용 및 유지보수의 전 단계에 걸친 제

반 자원들을 통합하고 실시간 지원하기 위한 컴퓨터 기반 엔지니어링의 새로운 개념이자 기술이다.

<그림 1>은 DARPA에서 정의한 SBD시스템의 image와 구성요소이다. 그림에서 보는 바와 같이 SBD 스테이션은 세 개의 화면으로 구성된다. 가운데 스크린은 CAE 및 CAD 도구를 이용하여 생성된 제품모델의 형상을 디스플레이 한다. 왼쪽 스크린은 가상환경에서 가상 프로토타입을 통해 운용 혹은 건조 과정이 영상화되며, 오른쪽 스크린을 통해 운용과 관련된 부하, 운동, 동적인 상태의 변화에 대한 물리적인 반응을 실시간으로 볼 수 있다.

2.2 SBD 기술 요소

SBD을 위해서는 제품 및 공정 모델(Product and Process Model: PPM), 가상환경 및 가상프로토타입(Virtual Environment: VE/Virtual Prototype: VP), 그리고 이를 구현하기 위한 시스템 하부구조

(infrastructure)를 필요로 한다.

VE는 설계/개발자들이 제반 설계 자원들에 실시간으로 접근하고 협력할 수 있는 환경(medium)을 제공한다. VP는 VE내에 생성되는 제품모델의 subset으로 실제제품의 형상과 운용환경에서의 거동 뿐만 아니라 그 제품의 제작, 조립과정까지 표현한다. 따라서 설계/개발자로 하여금 물리적인 시제품이 없더라도 개발하고자 하는 제품을 이해할 수 있는 수단이 된다. VP를 통하여 그 제품을 정확히 표현하기 위해서는 잘 정의된 PPM을 통해서만 가능하다. PPM이란 SBD를 통해 설계/개발자들이 구체화해 가는 제품 및 공정 정보의 집합체이다. PPM에는 시뮬레이션 및 거동특성, 제품의 정의에 필요한 데이터와 이들을 처리하기 위한 단위 프로그램들이 내재되어 있다. VE와 PPM은 infrastructure를 통해 통합될 때만 충분히 유용하다. Infrastructure란 설계/개발에 참여하는 구성원들이 PPM에 실시간 접근하면서 관련 자원들을 공유, 협력할 수 있도록 하는 하드웨어 및 시스템 소프트웨어, 설계지원 응용프로그램, 고성능 네트워크 포함된다.

시뮬레이션은 제품모델을 토대로 가시화 기술과 물리적 거동 모델(behavior model)을 결합한 "virtual prototyping"을 통하여 구현된다. 이를 위해서는 성능 해석 및 평가를 위한 각종 CAE 프로그램들도 중요한 요소이다. 기존의 대부분의 CAE 프로그램들은 각각 독립적인 환경에서 개발, 사용되고 있으나 SBD

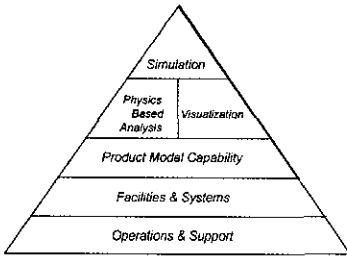


그림 2. SBD 기술요소 및 상관 관계

시스템을 위해서는 제품모델의 형상정보 및 속성정보와 밀접하게 연계된 'physics based analysis' 가 필요하다.

고성능 가상화기술도 공학 시뮬레이션의 필수요소이다. 기존의 3차원 CAD시스템들이 기본적으로 가상화 기능을 제공하고 있으며 설계/개발자에게는 충분히 유용하다. 그러나 관리자(manager), 생산관계자(production staff), 운용자(operator)들이 설계의 내용을 검토하고 평가하기 위해서는 보다 현실적인 가상화 기능이 요구된다. <그림 2>는 SBD를 구현하기 위한 기술요소들의 계층적 관계를 나타내고 있다.

2.3 관련 기술개발 현황

현재까지 SBD 기술과 관련하여 조선 및 해양분야에서 이루어지고 있는 연구들은 주로 미 해군과 대학을 중심으로 진행되고 있는데, 이와 같은 연구들의 내용을 정리하면 다음과 같다.

DARPA는 타당성 조사연구 및 후속 연구개발사업을 통하여 SBD개념의 적용을 위한 몇 가지 프로토타입의 개발을 시도하였다. 대표적인

사례로는 미해군의 차세대 수송시스템으로 개발하고 있는 LPD-17의 조종시뮬레이션, General Dynamics Electric Boat Division의 NSSN 잠수함 설계, GCRMTC(Gulf Coast Region Marine Technology Center)의 Mobile Offshore Base 등이 있으며 이 과정에서 개발되어 사용된 기술 및 도구들이 상품화되고 있다.

Bath Iron Works에서는 LPD17의 개발 과정에서의 결과들을 중심으로 Crane Usage, Floating Dry-Dock Usage, Dock and Pier Usage, Installation and Removal of Production Equipment, Emergency Vehicle Movement and Routes through Yard, Personnel Emergency Evacuation Routes from Ship 등에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. 또한 Bath Iron Works에서는 그 동안의 경험을 바탕으로 앞으로 건조하게 될 LDP19의 생산을 위해 Digital Manufacturing의 새로운 개념으로 조선소 환경을 바꾸고 있다. Bath Iron Works에서는 현재의 조선 설계 및 생산 프로세스에서는 생산계획 및 엔지니어링 관련 데이터를 조기에 확보하기 힘들기 때문에, 이의 해결을 위해 Electronic Facility Mockup을 이용하여 생산, 엔지니어링, 운용 등의 이해당사자가 가상의 환경에서 정보를 공유해 보는 개념을 도입하고 있다.

University of Michigan의 VR(Virtual Reality)연구실에서는 몰입형 가상현실(immersive virtual reality), 증강 현실(augmented reality)

등 가상현실의 산업응用に 중점을 두고 연구를 진행하고 있다. 이와 같은 연구에는 구조적 walk-through 모델, 사고 시뮬레이션, 훈련 시뮬레이터 등이 있으며, 가상 프로토타이핑 및 가상현실 기술과 관련하여 수행이 완료되었거나 진행 중인 프로젝트로는 ship motion simulation, virtual simulation of shipbuilding process 등이 있다.

University of Strathclyde의 선박해양공학과(Department of Ship and Marine Technology)에서는 급변하고 있는 조선분야의 시장 환경에 대응하기 위한 방안으로 고객의 요구, 선박의 경쟁력, 비용의 효율성, 안전성 등 조선소의 목표를 만족시킬 수 있는 컴퓨터 기술의 응용 및 인간요소의 고려에 대한 인터페이스에 관련된 연구를 진행하고 있다. 주요 프로젝트로는 "ROV(Remotely Operated Vehicle)의 sub-sea navigation"과 "여객선의 비상 구출 시뮬레이션" 과제 등이 있으며, "ROV의 sub-sea navigation" 과제의 연구 내용은 ROV에 장착된 수중음파 탐지기(sonar)를 이용하여 정보를 처리하고, 해저의 구조에 대한 CAD 모델정보에 따라 ROV의 정확한 고정 위치를 결정하는 것이다. 또, 가상의 해저 환경 하에서 ROV의 가상 원격입장감(virtual telepresence) 시뮬레이션도 가능하다.

2.4 실용화를 위한 과제들

Virtual Prototype과 SBD 개념의 실용화를 위해서는 기술적, 문화적

측면에서 해결해야 할 많은 과제들이 있다. 기술적인 측면에서 대표적인 과제로는 고성능 계산능력(High Performance Computing)과 고성능 가시화(High Performance Visualization), 그리고 고속 네트워킹이 있다. 이들은 데스크탑 환경에서 고도의 디스플레이 비율(초당 30프레임)로 아주 많은 그래픽 요소들을 가진 복잡한 영상들의 디스플레이를 도와줄 수 있는 기술로서 기술 자체의 개발 뿐만 아니라 설계 및 생산시스템의 한 부분으로서 통합되어야 한다.

HPC/HPV, 그리고 고속 네트워킹 같은 기술의 개발과 개선은 빠른 속도로 진행되고 있으며 멀지 않은 장래에 실용화 될 것이다. 그러나 현실적으로 가장 심각하고 처리하기 어려운 문제는 통합(integration)과 표준화(standardization)다.

CAD/CAM/CAE의 통합은 선박 설계공학의 전반적인 스펙트럼을 극복해야하는 SBD의 중요한 요소이다. 선박 설계과정에는 50개 이상의 서로 다른 기술분야가 통합되어야 한다. 기존의 CAE프로그램들은 제품모델과의 직접적인 연계를 위해 개선 혹은 확장되어야 하며, 제품모델도 기능이 보완되어야 한다.

소프트웨어 표준과 데이터교환 표준도 중요한 문제이다. 특히, 서로 다른 CAD시스템간의 정보교환을 위한 표준, 즉 STEP(Standard for the Exchange of Product Data)은 SBD를 위한 필수적인 요소이다. Standard-based System의 필요성과 장점들은 많은 다른 분야에서 증명되고 있고

표준언어의 사용, 개방형구조의 컴퓨터시스템, 네트워킹의 성장은 이미 많은 문제를 해결하고 있다. 그리고 더디기는 하지만 선박분야의 STEP 표준의 개발도 꾸준히 진행되고 있다.

3. 조선분야에서의 SBD 기술의 적용

이러한 문제점에도 불구하고 SBD의 개념과 관련 기술들이 공학분야에 본격적으로 활용되고 있다. <표 1>는 조선 및 해양분야에서 SBD 기술을 활용하기 위한 세부기술의 내용을 나타내고 있으며, <표 2>는 선박의 설계 및 건조과정에서 SBD기술의 적용이 가능한 분야를 정리한 것이다.

<표 2>에 정리된 응용 분야들에 대해 실질적 활용을 위해서는, <그

림 3>과 같이 3차원 제품모델을 기반으로 한 가상의 선박(virtual ship prototype)을 중심으로 선박의 기능에 관련된 설계 및 운용자원에 대한 기능 모델링(functional modeling)과 생산 공정에 관련된 계획 및 공정자원에 대한 공정 모델링(process modeling)이 이루어지게 된다. 이렇게 모델링된 결과와 가상의 선박에 대한 정보는, 궁극적으로 분산 네트워크 환경에서 조선소, 선급, 선주, 엔지니어링회사, 해운회사 등의 이해 당사자들이 모두 공유할 수 있어야 한다.

이러한 가상의 분산 네트워크 환경에서 기능 시뮬레이션(function simulation), 공정 시뮬레이션(pro-cess simulation) 및 안전 시뮬레이션(safety simulation) 등이 행해질 수 있다. 기능 시뮬레이션은 GA(General Arrangement)의 평가, 각종 장비의 평가,

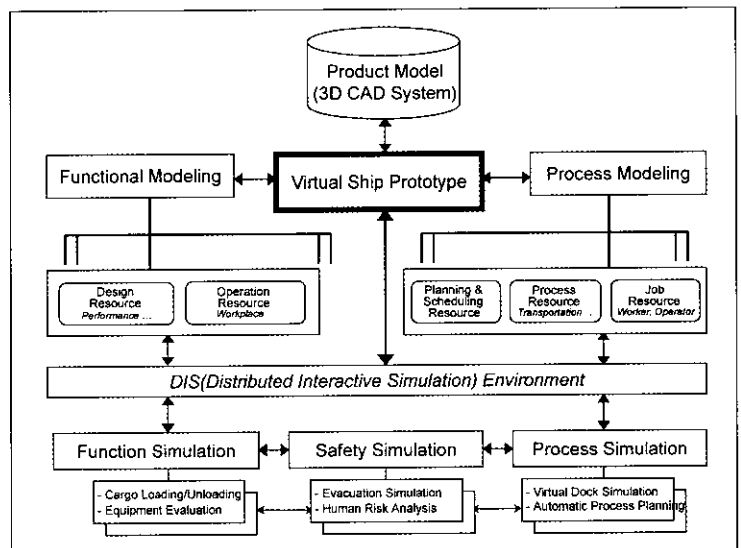


그림 3. 모델기반 공학 시뮬레이션의 개념도

조선기술의 새로운 패러다임 시뮬레이션기반설계(SBD) 기술

표 1. Simulation Based Design의 세부기술

기술구분	세부 기술	관련 기술(기법)
가상환경 구축기술	Product & Process Data	RDB, OODB, PDM
	Computer Graphics	3D Graphics, Visualization
	System Integration	CSCW, HCI
	Internet	XML/SGML/HTML, JAVA, CGI
가상 프로토타이핑 기술	Product Modeling	OO Modeling, STEP
	Physics-based Modeling	Kinematics, Dynamics
	Ergonomics Modeling	Artificial Life
	System Integration	CSCW, Distributed Computing
시뮬레이션 기술	Process Simulation	Queuing Theory, Statistics
	Process Modeling	IDEF, Functional Analysis
	Optimization	Neural Network, Genetic Algorithm

표 2. 조선 분야에서의 SBD 기술의 적용분야

분야	내용	분야	내용
협동설계	· 조선소, 선급, 선주간의 협동설계	생산공학	· 조립을 위한 설계 · 제조를 위한 설계 · 유지보수를 위한 설계
개념설계	· 3D CAD 시스템과의 Interface · 가시화 · 가상현실을 이용한 몰입감 · 오퍼레이션에 대한 효과 평가 · 작업별 투입시수 수준의 평가	건조	· 일정계획 및 자원계획 · Build Packages의 평가 · 작업환경에 따른 생산전략의 결정 · 로보틱 오프라인 프로그래밍 · NC 프로그램 검사
기본 및 상세설계	· GA의 평가 · 선실의 배치 대안 평가, 기관실의 배치 대안 평가	교육훈련 및 유지보수	· 선원교육 · 유지보수관련 문서화 및 교육 · 설비 및 장비 유지보수/교육 · 안전교육
공정계획	· 조립순서 결정 및 계획 · 사고 시뮬레이션 · 작업자 시뮬레이션 · 로봇 시뮬레이션 · 설비 및 장비 시뮬레이션 · NC 부품 및 공정 검사 · 설비의 산출물 분석	오퍼레이션	· 선박 거동 시뮬레이션 · Cargo 로딩/언로딩 시뮬레이션 · ROV 심해저 운영시뮬레이션

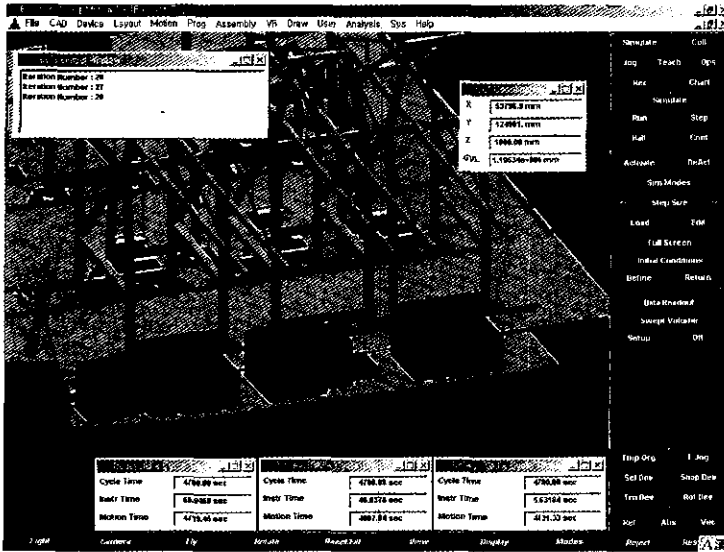


그림 4. 항만 하역을 위한 크레인의 운용성 시뮬레이션

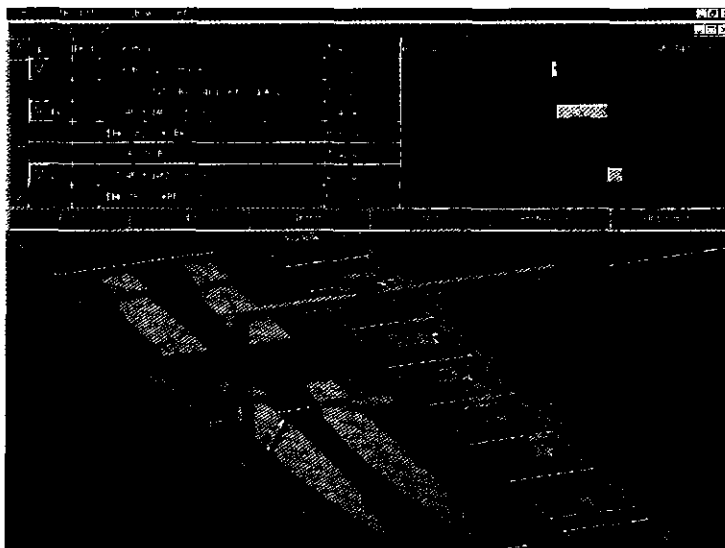


그림 5. 탑재순서의 평가 시뮬레이션

화물의 적하역 평가 등 선박의 주요 기능에 대한 검증이 주된 내용이다. 공정 시뮬레이션은 공정 및 자원 계획, 생산 자동화 장비의 평가 등 생산공정의 평가가 주된 내

용이다. 안전 시뮬레이션은 최근 들어 많은 관심이 집중되고 있는 분야로서, 탈출 분석이나 위험 분석과 같이 인간 및 선박의 안전에 관련된 내용이다.

한국해양연구원 선박해양공학분소에서는 선박의 설계 및 건조과정에서 SBD기술의 적용을 위해 <표 1>의 세부기술을 바탕으로 기능 모델링 기술과 공정 모델링 기술을 이용하여 시범 시스템인 “컨테이너 적·하역 시뮬레이션 시스템”과 “가상 도크 지원 시스템”의 개발을 수행한 바 있다.

컨테이너 적·하역 시뮬레이션 시스템은 설계단계에서 선박의 운용성에 대한 검증을 위해 시뮬레이션 기법들을 통해서 선박의 안정성, 선박의 거동상태, 하역과정의 가시화 및 크레인의 최적 위치들을 평가와 적·하역 방법 평가 및 적·하역 방법에 따른 크레인의 최적 위치 평가 등이 가능한 시스템이다 (<그림 4> 참조).

또, 가상 도크 지원 시뮬레이션 시스템은 도크를 중심으로 이루어지는 탑재공정에서 블록에 관련된 제품 데이터와 조선소 설비(goliath crane, equipment)를 고려하여 탑재순서를 평가할 수 있는 시스템이다 (<그림 5> 참조).

4. 맺음말

조선산업은 21세기 해양강국의 건설을 목표로 하는 우리나라의 기간산업이며 고도로 정보화 된 미래의 산업환경에서도 지속적으로 유지/발전해야 한다. 이를 위해서는 기존의 설계, 생산공정의 혁신적인 변화와 이를 뒷받침하기 위한 정보화/자동화 기술이 수반되어야 한다.

현재 국내 조선업계에서는 CAD/CAM시스템을 중심으로 한 소위 차세대조선시스템의 구축을 추진하고 있다. 물론 이들 시스템이 기존의 프로세스들을 자동화하고, 생산성 및 품질의 향상에 크게 기여할 것으로 기대하지만 기존의 프로세스들을 근본적으로 변화시키거나 급격히 발전하는 기술들을 효율적으로 수용하는 데는 한계가 있다고 보고 있다.

최근 제품 모델을 중심으로 설계를 포함하여 제품생산에 필요한 모든 대상의 정보와 활동에 관한 정보처리 기능을 컴퓨터 내에 모델링하여, 설계와 생산활동을 시뮬레이션 해 볼 수 있는 시뮬레이션 기반의 제조환경(Simulation Based Manufacturing)에 대한 관심이 고조되고 있다.

이러한 시뮬레이션 기반의 제조환경은 Virtual Manufacturing, Digital Manufacturing, Virtual

Factory 등의 용어로 불리고 있으며, 조선에서는 Virtual Shipyard, Digital Shipbuilding 등의 용어로 개념으로 구현되고 있다. 시뮬레이션 기반의 제조환경의 구축을 통하여, 가상 시뮬레이션 기술을 설계, 모델링, 해석, 시뮬레이션, 생산, 검사, 정보 시스템 등에 응용하여 제품과 생산공정을 개발함으로써, 미래의 동시공학적 시스템의 기반을 제공할 수 있으며, CALS/EC와 함께 미래 조선산업의 경쟁력을 좌우할 핵심 요소가 될 것으로 전망해 본다.

참고문헌

[1] Collaborative Virtual Prototyping Study, North American Technology & Industrial Base Organization (NATIBO), 1996.
 [2] G. Jones, Simulation Based Design, System Engineering Subcouncil, 1997.
 [3] G. Jones and T. Hankinson, "Simulation Based Design for Ship Design and Acquisition", Proceedings

of ICCAS, Germany, 1994.

[5] Chengi Kuo, "Interfacing Human /Technology in Competitive Shipbuilding", Proceedings of ICCAS, Japan, 1997.
 [6] Peter J. Werkhoven, "The Virtual Ship : A Powerful Tool for Human Factors Engineering", Proceedings of ICCAS, Japan, 1997.
 [7] F. Alonso, "Virtual Reality and Ship Design", Proceedings of ICCAS, Japan, 1997.
 [8] S. Angster, "VEDAM : Virtual Environments for Design and Manufacturing", VR News, Vol. 6, Issue 5, June, 1997
 [9] John Cardner, "Simulation of Mobile Offshore Base", Project Report, GCRMTC, 1998.
 [10] 김홍태 외, "공학 시뮬레이션을 위한 가상협동형 프로토타이핑 기술", 선박해양기술 제25호, 1999.
 [11] 이순섭 외, "SBD 기법을 이용한 컨테이너 적·하역 시뮬레이션", 선박해양기술 제31호, 2001
 [12] SBD 연구회 홈페이지 (<http://sbd.kriso.re.kr>)

50년의 조선 기술, 새 천년의 기술