

선박 조립공정의 모델링과 시뮬레이션

박 주 용 · 박 현 철 · 차 태 인

Modelling and Simulation of Assembly Process in Shipbuilding

Ju-Yong Park, Hyun-Chul Park and Tae-In Cha

1. 서 론

오늘날의 조선 산업은 거대하고 복잡한 구조물로 이루어져 있으며 많은 자원으로 인해 효율적 관리에 어려움이 있다. 선박의 건조는 막대한 물량 및 시간, 비용이 소요되어 시제품을 만드는 것이 불가능하다¹⁾. 따라서 작업중 요구사항의 변경에 따른 문제점의 수정, 만들고자 하는 선박에 대한 설계·생산 및 일정 계획 등에 대한 검증이 불가능할 뿐 아니라 선박건조를 위한 각각의 기술이 단편적이고 분리되어 있어 각 공정에서 많은 작업이 필요하며 이는 조선생산성 향상에 걸림돌이 된다.

선박생산 효율의 향상을 위해서는 정확한 물류 흐름을 파악하여야 하고 설계와 연관된 정보의 흐름에 막힘이 없어야 하며, 시설 가동률을 높이는 등 새로운 혁신 기술로 지금의 기술을 극복할 수 있는 방안이 강구되어야 한다²⁾. 즉 정밀한 설계 정보·생산 정보의 추출과 추출된 정보들의 상호 교환 및 통합과 시뮬레이션 기반의 생산이 필요하다. 모델링 및 시뮬레이션 기술의 실현을 위해서는 설계 및 생산공정의 변화와 전산 기술, 정보 기술, 자동화 기술, 시스템 통합 기술 등이 필요하며, 이를 적용하기 위해서는 객체 지향 모델링 기법에 근거한 컴퓨터상의 가상 프로토타이핑과 시뮬레이션 기술을 결합하여 선박의 설계, 건조, 유지 보수의 전 단계에 걸친 자원들을 통합하고 분석 및 평가를 실시간 처리해야 한다³⁾.

객체 지향 모델링 기법은 실세계에서 일어나는 문제들을 새로운 개념의 모델링과 디자인을 이용한 접근법으로 해결하는 기법으로, 현상이나 사물에 대하여 객체라는 개념을 도입하여 시스템 설계에서 결정된 모델에 대해 필요한 객체 및 클래스, 속성, 기능 및 객체들의 상관관계에 대해서 모델링한다. 이러한 객체 지향 모델링 기법은 문제를 이해하는데 유용할 뿐만 아니라, 문

제를 해결해 가는 과정중 전문가들간의 정보 교환, 문제 해결을 위한 프로그램의 디자인 그리고 데이터베이스의 설계에도 기존의 모델링 기법에 비해 더욱 유용하게 사용되며, 본 연구의 모델링 단계에서 객체 모델, 동적 모델, 기능 모델을 활용하였다¹⁾.

본 연구에서는 객체지향 정보모델 및 시뮬레이션 기반 생산 개념과 관련 기술을 정리하였으며, 이를 이용한 디지털 선박생산과 관련한 선박조립공정의 소규모 블록의 조립공정의 시뮬레이션 및 최적화의 효과를 검증하였다. 시뮬레이션을 위한 툴로서 카티아와 델미아를 사용하였으며, 객체지향 모델을 기반으로 기존의 분산되어 있던 시스템 개념 기술 및 정보들을 통합함으로써 실제화하였다.

2. 공정분석 및 모델링

공정 및 객체를 효율적으로 모델링하기 위해서는 대상으로 하는 객체 내에서 각 일들이 가지는 특징과 다른 일들과의 연관성을 정확히 파악하고 정의해야만 한다. 실세계의 문제를 분석하여 이해하고 실제 문제를 해결하는 시스템 구현의 방법 및 가능성 등에 대한 판단을 하는 단계로서 모델링 하고자 하는 시스템의 행위를 추상적으로 기술하고 작업경로 전체를 처리되는 순서에 따라 각 공정을 기술한다⁶⁾. 부재의 종류 및 가공 특성, 물류 흐름 및 가공능력 등을 분석하고 시나리오를 작성한다. Fig. 1은 선박조립공정의 3차원 시뮬레이션 시스템의 구성도⁷⁾를 나타낸 것이다.

고품질의 시스템을 개발하기 위해서는 요구사항을 정확히 분석하고 목표로 하는 시스템을 설계하는 분석·설계작업이 매우 중요하며 분석을 바탕으로 설계가 진행되고 설계모델을 기반으로 구현이 된다²⁻³⁾. 또한, 분석과 설계 단계에서 생성되는 다이어그램 및 모델링이 동일하며 객체 모델링 단계에서 생성하는 모델은 선정

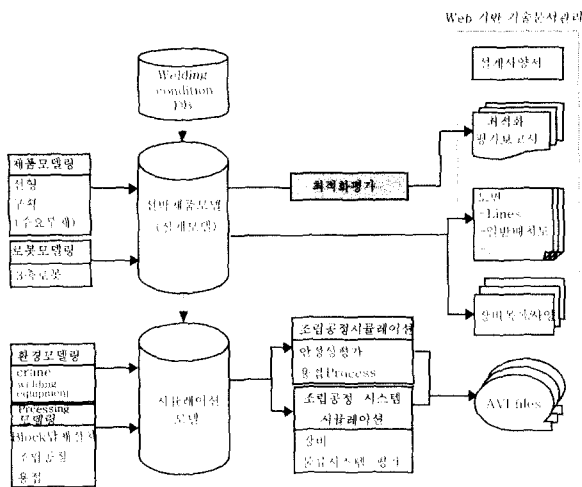


Fig. 1 System configuration of assembly process of shipbuilding

된 객체지향 언어로 체계적으로 번역되어 코드가 생성될 수 있기 때문에 충분한 분석과 정확한 설계가 요구된다.

객체의 정의, 정의된 객체 사이의 관계, 속성 및 기능을 기술하는데 사용되는 모델이 객체 모델이며, 이러한 객체 모델은 객체 혹은 클래스들을 포함하는 그래픽 다이어그램으로 표기된다. 시스템에 요구되는 객체들의 관계(relationship)들을 보여줌으로써 시스템의 정적인 구조(Static Structure)를 포착하는 데 사용된다. 즉, 실세계에 가장 근접된 표현을 가능하게 하는 모델링이다⁴⁾. Fig. 3은 조립공정의 클래스 다이어그램이다. 다이어그램 내의 객체들은 3차원 모델링 또는 시뮬레이션 구현시에 CAD툴에서 모델링되며, 각각의 속성과 객

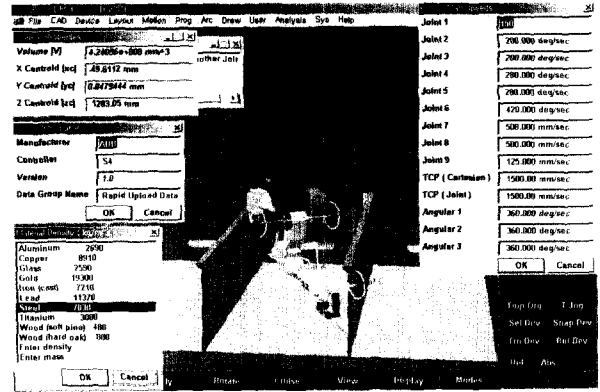


Fig. 2 Definition for kinematics of robot

체 간 관계가 정의된다. 용접로봇의 경우 로봇의 관절은 각각 모델링 되고 조립된 후 객체모델에서 생성된 속성 정보 (제조사, 무게, 밀도, 속도 등)가 Fig. 2의 좌·우측에 보여지는 정보들로 구체화된다.

시간의 흐름을 고려한 시스템의 흐름과 기능들의 동작 순서를 기술하기 위한 모델이다. 전형적인 일련의 상호행동에 대한 시나리오를 준비하고, 객체들 사이의 이벤트를 규명하며, 시나리오에 대한 사건 추적(Event Trace)을 실시한다. 시나리오를 상태로로서 접목한 상태도(State Diagram)를 구성하고 객체들 사이의 사건을 대응시켜 시스템 계층간의 완결성과 일치성을 확인한다. Fig. 4은 용접로봇의 상태로 용접로봇의 입장에서 바라본 각각의 상태와 상태사이의 관계를 보이고 있다. 또한, 시나리오는 상호작용(Interaction) 다이어그램으로 표현된다. 시퀀스 다이어그램은 바로 시나리오의 그래픽적 뷰이며 시간적인 순서로 정렬된 객체들

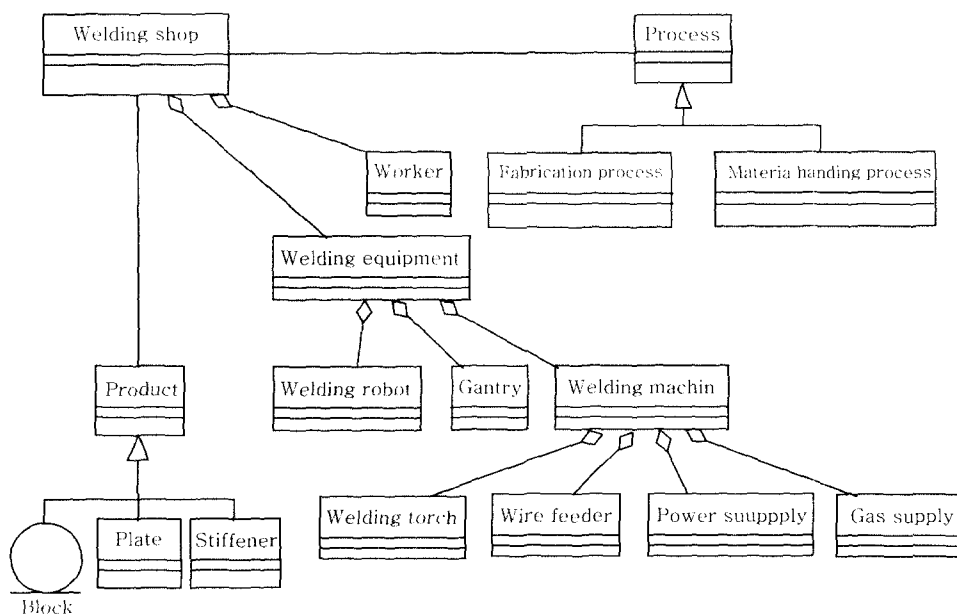


Fig. 3 Class diagram of subassembly

의 상호작용을 보여준다. 이것은 시나리오의 기능을 수행하기 위해 필요한 객체, 클래스와 그들 사이에 존재하는 메시지를 갖는다는 특징을 가진다. 각 사건들은 객체 모델에서 규명된 객체들 사이의 정보 흐름을 나타낸다. 사건의 순서와 사건을 주고받는 객체들은 Fig. 5와 같이 사건 추적도에 나타나게 되며 객체간의 사건의 흐름을 화살표로 나타내고 있다.

이러한 동적 다이어그램은 시뮬레이션 구현시에 프로그램 코드의 프로시저 형태로 반영된다. Fig. 6⁶⁾은 두 객체사이의 신호를 주고 받는 상황의 프로그래밍의 예를 보여주고 있다.

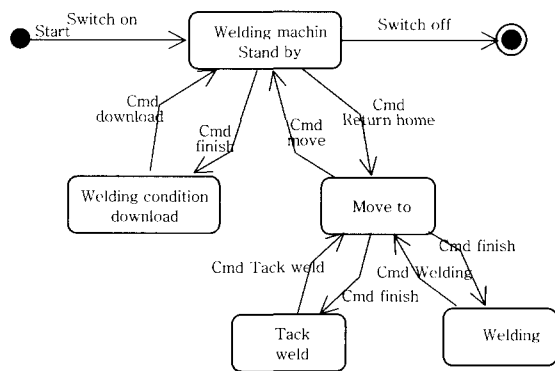


Fig. 4 Welding machine state diagram

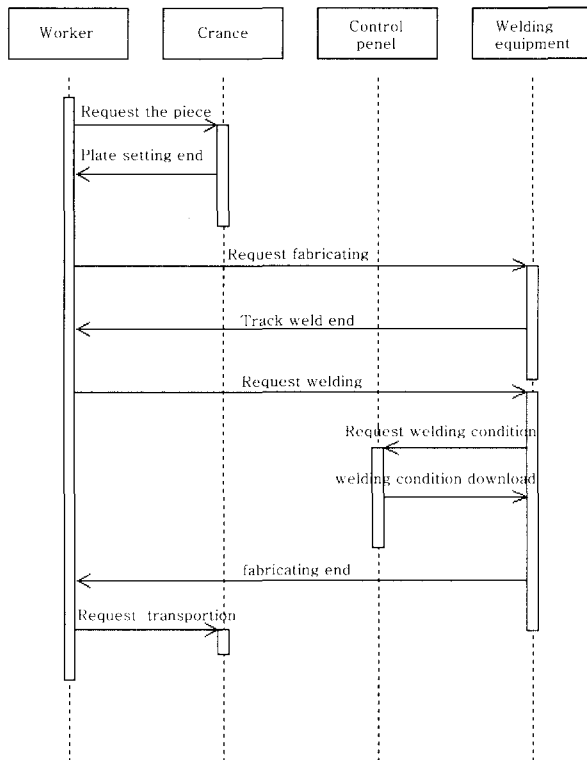


Fig. 5 Event tracing

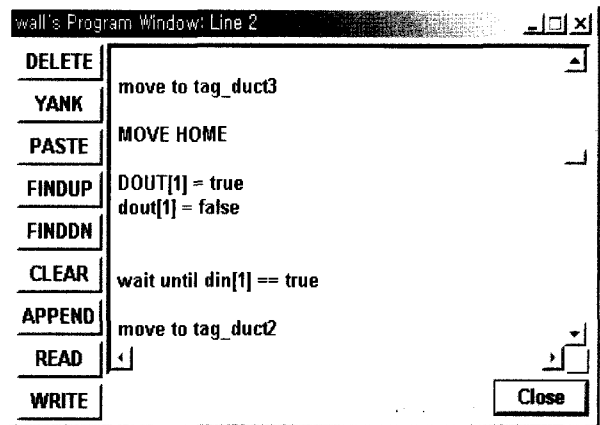


Fig. 6 I/O programming

3. 3차원 시뮬레이션 구현

분석과 설계를 거쳐 정의 및 모델링된 객체에 대해서 클래스의 속성, 기능, 상관관계를 실세계의 문제를 해결할 수 있는 적절한 툴을 사용하여 구현하게 된다⁵⁻⁸⁾. 본 연구에서는 조선소의 성형공장 내 소조립 공정을 대상으로 구현하였다. 선박 조립공정의 블록 및 로봇형상은 조립공정 시뮬레이션을 보다 효율적으로 수행하기 위해서 상용 CAD 시스템을 이용하여 3차원 곡면으로 모델링 하였으며, 로봇 모델은 갠트리에 붙어 블록에 용접을 하는 용접로봇에 대한 정보를 모델링하는 것으로 부착되는 로봇의 개수는 2기이며 모두 갠트리하단에 부착되도록 객체를 모델링 한 후 시뮬레이션 툴에서 불러 들여 각 모델들을 Fig. 7 과 같이 결합한다.

그리고 Fig. 8⁶⁾ 에서와 같이 갠트리와 로봇의 자유도 및 각 관절의 특성치를 정의하고, 결합된 모델들 간의 간섭을 확인한다. 로봇의 경우, 이 과정에서 로봇관절의 회전 범위 또는 한계 이동범위를 정의하고, 조그 (Jog) 모드에서 로봇 관절간의 간섭을 확인할 수 있다. 관절이 정의된 범위를 벗어나면, 이는 로봇관절의 파손

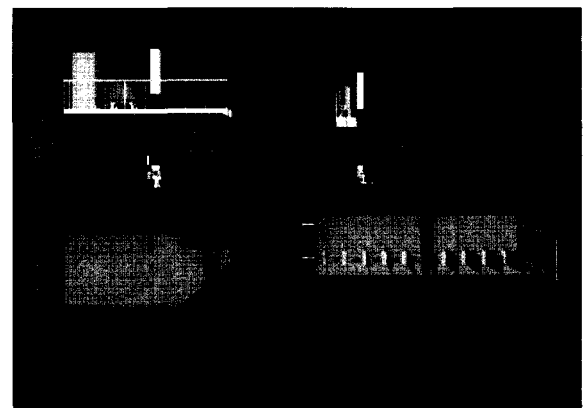


Fig. 7 Visualization of assembly

이라 판단할 수 있으며 Fig. 9⁶⁾과 같이 해당 관절의 컬러가 변함으로 인해 사용자에게 가시화 시켜준다. 또한, 로봇과 부재간의 충돌확인(Collision check)이 가능하고, 그 결과에 따라 해당 객체를 수정하는 것이 가능하다.

이러한 조건 설정이 끝나면 Fig. 10과 같이 구체적인 행위를 구현하기 위해 프로그래밍을 하며, 기술되는

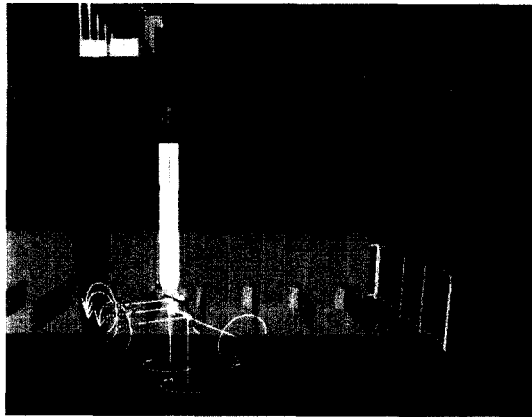


Fig. 8 Product synthesis and analysis

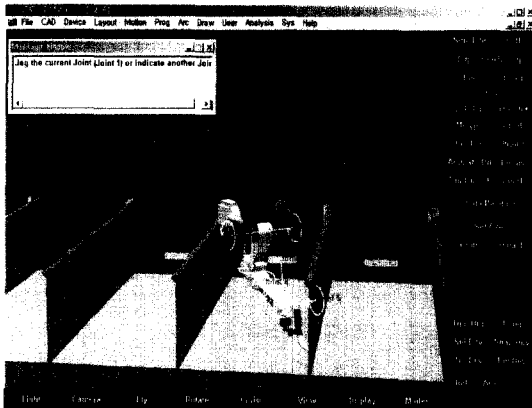


Fig. 9 Joint setting

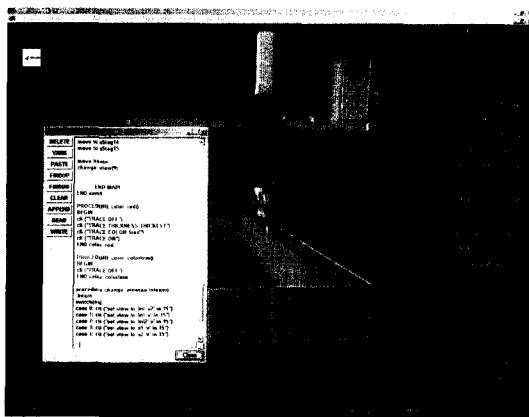


Fig. 10 Programming

코드(code)는 선택된 언어((비주얼)C++, GSL, CLI 등)로 구현 될 것이다.

Fig. 11⁶⁾ 는 수평용접에서 수직용접으로의 전환, 다 시말해 용접자세의 변화에 대한 용접로봇과 부재의 충돌 및 용접로봇의 거동을 확인하는 과정이며, Fig. 12 는 모델링 결과 및 선박조립과정 과정을 시뮬레이션 한 결과를 나타내고 있다. Fig. 12에서 알 수 있듯이 로봇의 싸이클 타임을 측정하고 비교할 수 있으며, 용접선 하나에 대한 경과 시간도 체크가 가능하다. Fig. 12 는 두가지의 경우에 대해서 시뮬레이션 한 예이다. 하나는 수직용접의 방향을 상향으로 한 경우이고, 또 다른 하나는 수직용접의 방향을 하향으로 한 경우이다. 본 시뮬레이션에서는 수직용접의 경우 상향대비 하향의 속도를 1:3의 비율로, 또 같은 상황에서 하향의 경우를 멀티패스한 조건 등의 경우로 시뮬레이션 하였다.

이러한 시뮬레이션을 통해 Fig. 11에서와 같이 로봇의 거동과 부재와의 충돌 그리고 최적화된 용접선 등은 알 수 있지만 용접을 함에 따른 부재의 변화에 대한 용접자세의 변화와 그때의 최적화 등에 대해서는 그러한 경우에 대한 데이터베이스 구축이 부족한 때문에 구현

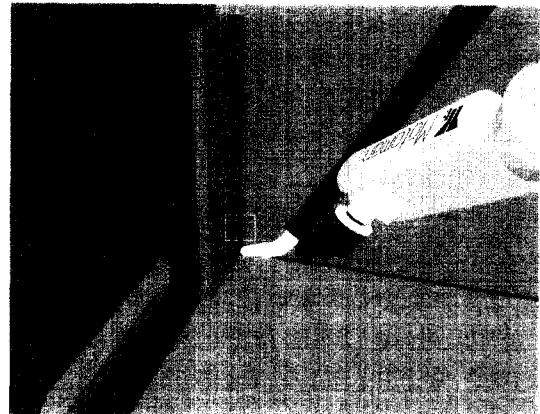


Fig. 11 Collision check

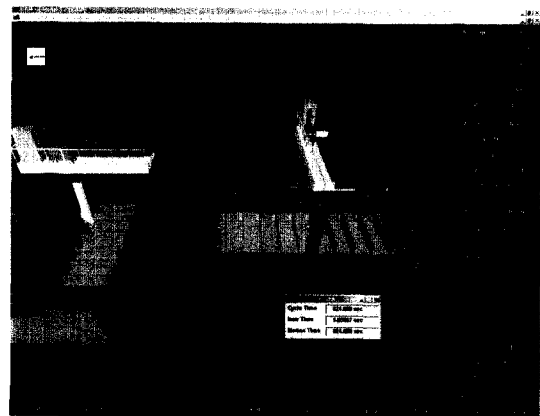


Fig. 12 Simulation for assembly process of ship

함에 어려움이 있었다. 하지만 본 연구를 통해 조립공정의 최적화 및 시뮬레이션의 효과는 충분히 확인하였다.

4. 맺는 말

본 연구에서는 객체지향 정보모델 및 시뮬레이션 기반 생산 개념과 관련 기술을 이용한 디지털 선박생산과 그와 관련한 선박조립공정의 소규모 블록의 조립공정의 시뮬레이션 및 최적화의 효과를 검증하였다. 그리고, 객체지향 모델을 기반으로 기존의 분산되어 있던 시스템 개념 기술 및 정보들을 통합함으로써 실제화 할 수 있었으며 객체 모델링을 통하여 구축된 조선소의 주요 제조 설비의 객체 정보를 가상 제조(Digital Manufacturing) 기술을 이용하여 구현하였다. 공정분석의 순차도(Sequence Diagram)를 이용하여 자재 물류 흐름의 가상 생산 및 디지털 시뮬레이션을 수행함으로써 선박 건조 공정(Process)의 디지털 시뮬레이션이 가능함을 확인 하였으며 시뮬레이션을 통해 생산성 측정, 간섭 확인, 실시간 성능분석, 물류 흐름 분석과 제어를 통하여 획기적인 생산성 향상을 기대할 수 있게 되었다. 또한, 가상현실 환경에서 동작 포착이 가능하기 때문에 장비와 작업자 동작간의 상관 관계를 빠르게 전개하고 분석할 수 있게 되었고, 공정계획 모델, 공정흐름 분석 등과 연결됨으로써 보다 진보한 디지털 매뉴팩처링이 가능하게 되었다.

선박 생산은 시제품의 제작이 현실적으로 불가능하기 때문에 공정의 시뮬레이션이 실제 공정에 선행될 수 있다면 생산 효율성의 증대에 큰 기여를 할 수 있을 것이다. 하지만 이러한 공정과 공장의 시뮬레이션을 위해서는 막대한 작업량이 필요할 뿐 아니라 정확한 시뮬레이션을 위해서는 전산화된 고 정도의 생산 정보가 필요하고, 본 연구를 통해서 발생된 문제점 및 아직 개발이 미진한 선박조립공정 방법 평가 및 블록 탑재에 따른 크레인/갠트리의 최적위치 평가 등과 같은 부분들은 향후 계속적으로 보완할 것이다. 또한, 선박조립 공정 시뮬레이션 시스템에는 외부환경에 대한영향을 고려하지 않고 있지만 추후 확장되는 시스템에는 이러한 기능을 반영할 계획이며, 좀더 실제적인 선박 생산 공정을 구현할 예정이다.

참고 문헌

1. 임장곤, 박주용 : 객체지향 모델을 활용한 웹기반 조선용접정보시스템, 대한조선학회 추계 학술대회 논문집, (2000), 21-24
2. 신종계, 이장현, 우종훈 : 디지털 선박 생산, 대한조선학회 춘계 학술대회 논문집, (2001), 8-13
3. 신종계 : 디지털생산의 개념과 조선산업 응용, 제2회 용접공정연구위원회 기술세미나, (2001), 1-13
4. James Rumbaugh, Michael Blaha, William Premerlani, Frederick Eddy, William Lorenson. : Object-Oriented Modeling and Design, Prentice-Hall, Inc., (1991), 1-83, 278-295
5. Andrea Favretto, Fincantieri S.p.A., : Automatic Robot Programming for Welding of Ship Structures: Weld Data Generation and Usage for Collision Free Robot Paths, ICCAS'99, Trieste Italy
6. 박주용, 박현철, 차태인 : 객체지향 정보모델에 기반한 선박 조립공정의 3차원 시뮬레이션에 관한 연구, 대한조선학회 추계 학술대회 논문집, (2001)
7. 이순섭, 이종갑, 김홍태 : SBD 기법을 이용한 컨테이너 적·하역 시뮬레이션, Journal of Ships & Ocean Engineering Vol31 February (2001), 167-175
8. 이종갑, 강원수 : 시뮬레이션 기반 선박 설계기술, Journal of Ships & Ocean Engineering Vol.21 December (1995)



- 박주용(朴珠用)
- 1956년생
- 한국해양대학교 해양시스템공학부
- 용접 및 생산자동화
- e-mail : jypark@hanara.kmaritime.ac.kr



- 박현철(朴顯哲)
- 1969년생
- 한국해양대학교 해양시스템공학부
- 용접 및 생산자동화
- e-mail : jamesphc@hanmail.net



- 1974년생
- 차태인(車泰仁)
- 한국해양대학교 해양시스템공학부
- 용접 및 생산자동화
- e-mail : cti10@netian.com