

# 디지털 선박 생산



**신 종 계**  
( 서울대 조선해양공학과 )

- '77 서울대 조선공학과 (학사)
- '79 서울대 조선공학과 (석사)
- '88 MIT Ocean Engineering (박사)
- '79 - '93 한국기계연구원 책임연구원
- '88 - '90 MIT 해양공학과 Post Doc.
- '99 미시간 대학교 교환교수
- '93 - 현재 서울대 조선해양공학과 교수

**이 장 현**  
( (주)XINNOS 대표이사 )



- '93 서울대 조선해양공학과 (학사)
- '95 서울대 조선해양공학과 (석사)
- '99 서울대 조선해양공학과 (박사)
- '99 - 현재 서울대 공학연구소 특별연구원
- '02 - 현재 (주)XINNOS 대표이사

## 1. 서론

오늘날 세계적인 자동차, 항공 등 기계분야 제조사들이 PLM 개념을 적극 도입하여 생산성 향상과 경쟁력 향상을 가져오고 있으나 국내의 조선 산업은 아직까지는 PLM 또는 가상 생산의 개념을 실제 설계, 생산에 도입한 예가 거의 없다. 그러나 외국의 경우 미국의 NIDDESC, MARITECH 등의 프로젝트, 유럽의 NEURTA-BAS, MARITIME 등의 프로젝트를 통해서 볼 수 있듯이 국가적 차원에서, 특히 국방 산업의 막대한 자본을 등에 업고 하이테크의 조선 공학에 기반한 새로운 조선 산업 인프라 구축을 위해 십 수년 전부터 개발을 해오고 있다. 일례로 미국 해군은 가상 건조 시스템의 필요성을 절실하게 느끼고 프랑스의 Dassault Systems와 공동으로 가상 건조 시스템 구축에 필요한 선체 설계 시스템의 개발에 나섰다. NSRP (National Ship Research Program)을 통해 Michigan 대학 등에 디지털 조선소(Digital Shipyard) 구축을 크게 지원하고 있다. 이를 통하여 선박 건조에 소요되는 시간을 단축시키고 검증된 디지털 건조 기술을 상선의 건조에 적용하여 군함 및 상선 건조 분야에서 새로운 기술의 리더로 부각하고자 노력하고 있다.

80년대까지의 조선 산업은 규모의 산업이었다. 대규모의 자본을 투자해서 조선소를 건설하고 많은 인력을 투입해서 거대한 선박 구조물을 공업적인 관점에서 얼마나 빨리, 얼마나 저렴한

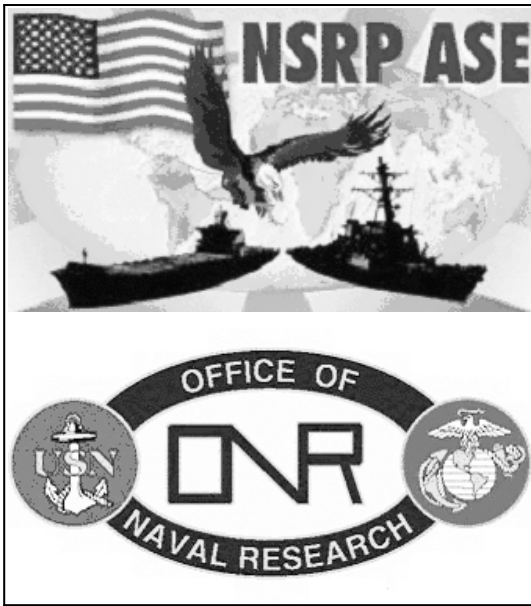


그림 1. Several Projects undergoing in America

비용으로 만들어 내는가 하는 것이 경쟁의 핵심이었다. 오늘날도 대부분의 산업이 그렇듯이 시간과 비용의 절감이 기술 개발의 목적인 것은 변함이 없지만, 조선 산업은 그 자체의 보수성 때문에 他 기계/제조업 분야에 비해서 새로운 기술 개발과 인프라 구축에 게을리 해 왔던 것이 사실이다.

그러나, 조선 산업은 세계가 단일 시장이며, 국제 경쟁력을 갖추지 않으면 안될 중요한 시점에 있다. 따라서, 우리나라의 조선 산업도 기존의 시스템을 대체해서 새로운 기술로 무장한 인프라의 구축이 필요하다고 할 수 있다. 새로운 성장 원천 확보는 무엇보다 먼저 기존 산업의 혁신능력을 강화하는 것에서부터 비롯돼야 한다. 이를 위해 선박 건조의 PLM 개념에 기반한 디지털 선박 건조 기술의 강화가 필수적이다. 연구 개발에서 설계, 건조 그리고 마케팅에 이르는 조선 산업의 가치 사슬별로 정보화를 촉진하여 단계별 혁신능력을 제고하고 e-비즈니스 도입이 선행되어야 한다.

본고에서는 제조 기술 분야에서의 PLM 개념에 대하여 알아 보고 PLM 개념을 이용한 선박

의 선체 건조 관점에서 정보화, 자동화, 고정도화를 위해서 디지털 건조 개념과 활용 예를 소개하고자 한다.

## 2. PLM

PLM이란 Product Life-Cycle Management의 약자로 제품의 개발, 기획부터 시제품, 생산, 소멸까지의 제품 생명주기와 그것을 조율하고 조합하는 업무 프로세스를 포함하는 제품 개발 관리를 의미한다. PLM의 목표는 모든 제조업이 추구하는 바가 그러하듯 제품을 만드는 과정에 있어서 또는 어떠한 서비스를 제공하는 일에 있어서 가장 빠른 시간에 가장 적은 비용을 이용하여 가장 정밀/정확한 제품/서비스를 제공하는 데 있다고 할 수 있다.

PLM은 다음과 같은 영역에 대한 전반적인 관리를 수행한다.

- CAD(Computer Aided Design): 3차원 설계 기법을 이용한 디자인/설계/조립
- CAM(Computer Aided Manufacturing): 전산 시스템과 가공 장비의 통합을 이용한 가공 생산
- CAE(Computer Aided Engineering): 전산기를 이용한 제품의 성능 및 기능의 해석과 시뮬레이션 및 분석
- PDM(Product Data Management): 설계로부터 가공 및 조립 공정 전반에 관련된 제품의 설계 정보 및 설계 도면 관리
- Layout Design & Manufacturing Line Design: 공정 및 제품 정보에 따라 가공 및 조립 등의 기계 자원 등의 배치
- CAPP(Computer Aided Process Planning): 설계된 제품의 가공 및 조립 생산을 위한 공정 계획
- Scheduling: 설계된 제품 및 Layout의 시점(time)에 따른 운영 및 생산 계획

CAD는 제품의 효율적이고 정확한 설계를 위해서 요구되는 기술이다. 앞으로 개발되는 제품들은 제품의 구조는 제품을 구성하는 부품들이 더욱 복잡해지고 정교해지기 때문에 컴퓨터를 이용한 고도화된 설계 기술은 필수적이라고 할 수 있다.

컴퓨터를 이용하여 설계된 제품은 성능 보장을 위해서 다양한 엔지니어링 해석 기술(CAE)을 통해 제품의 유체, 구조, 진동, 소음 해석 등이 요구된다.

또한 실제 생산을 위하여 일정 계획, 공정 계획, 공장 레이아웃, 자동화 설비 등에 대한 계획과 실행이 필요하다. CAM 기술을 이용하여 컴퓨터 상에서 미리 계획하고 계획에 대한 시뮬레이션을 수행함으로써 제품을 보다 신속한, 높은 정도(Accuracy)의 그리고 저렴한 비용의 생산을 가능하게 할 수 있다.

설계로부터 생산 그리고 관리에 이르기까지 제품의 정보는 수시로 변화하고 각 단계를 지날 때 마다 많은 양의 새로운 정보가 추가되고 수정된다. 따라서 이러한 제품 정보에 대한 효율적인 관리를 위해서는 제품의 라이프사이클 전반에 대하여 관리할 수 있는 PDM과 같은 방법론 및 시스템이 요구된다. 그리고 이러한 시스템은 엔터프라이즈 규모에서의 ERP, MRP와 같은 전사적 시스템과의 상호 인터페이스를 통해서 원활한 정보 교환이 이루어져야 한다.

이처럼 PLM은 개별적인 시스템, 또는 병렬적인 시스템의 조합이 아닌 제품의 라이프 사이클에 관련되는 모든 시스템들의 유기적인 결합을 통하여 가능하다. 특히 오늘날 컴퓨터 기술이 발달함에 따라서 과거의 2차원이 아닌 3차원 기술을 이용한 제품의 설계, 생산 시뮬레이션이 가능해지고 있고 또한 사람의 경험적 지식까지 활용할 수 있게 되고 있다.

세계의 제조업계에서 이러한 PLM 개념, 디지털 생산 개념은 이미 새로운 이론이 아니다. AIRBUS의 경우 3D PLM Digital Manufac-

turing solution을 전사적으로 도입하여 독일의 Hanburg에서 Airbus 공장을 위해 가상 공장 모델을 만드는데 적용하였고 차세대 항공기 개발에서도 3D CAD 시스템, 3D PDM 시스템, 3D simulation 시스템의 라인업을 구성하여 사용 중에 있다. 일본의 대표적인 자동차 회사인 토요타에서는 기존의 3D CAD의 성공에 탄력을 받아 3D PLM solution 도입에 확신을 가지고 IBM, Dassault systems와의 컨소시움을 구성하여 전사적인 3D PDM 시스템을 적용하여 세계적 자동차의 표준으로서 3D PLM solution 을 구축하였다.

선박 생산 분야에서는 일본의 NKK는 개념 설계에서 3D CAD의 적용을 시작하였다. NKK, IBM, Dassault systems는 선박의 상세 설계 분야에서 세계적 선두가 되기 위하여 3D CAD 시스템의 성능 향상을 위해 함께 연구하고 있다. NKK는 이러한 3D PLM solution으로 현재의 평균lead time을 9개월에서 6-7개월로 줄이는 것을 예상하고 있다.

또한 일본의 IHI는 현재의 선박 건조 산업을 개혁하고 21세기를 위해 새로운 무언가를 발전시키기 위해 정보공유와 기술교류를 성취하는 것이 결정적이며 과도한 비용 증가 없이 고객을 만족시키는 것이 필요 하다고 느꼈다. 이를 위해 IHI의 오랜 경험과 know-how을 바탕으로 Dassault systems와 IBM과의 공동 프로젝트를 결정하였으며 보다 큰 범위와 보다 훌륭한 시스템 건설을 희망하고 있다.

이밖에도 독일의 Benz, BMW, Audi, 미국의 Daimler-Chrysler, Ford 등 세계 유수의 자동차 회사들은 이미 디지털, PLM 전략을 실행에 옮겼고 기술의 성숙기에 접어들고 있다.

### 3. 선박 건조

#### 3.1 선박 건조(Shipbuilding)

선박 건조 또는 조선이란 배를 실제로 만들기

위한 모든 과정과 행위를 총칭한다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 하나의 선박을 건조하기 위해서는 전처리(pretreatment)로부터 시작해서 최종적으로 탑재(erection)에 이르기까지 대단히 복잡한 공정을 거쳐서 완성된다. 또한 선박에 대한 설계 정보, 조선소 설비에 따른 건조 정보, 또한 고정밀 선박 설계와 건조를 위한 역학 기반의 엔지니어링 정보가 필요하다.

### 3.2 선박 건조의 특성

선박 건조는 기존의 여러 다른 제조업들과는 차별화 되는 특성을 가지고 있다. 대부분의 다른 제조업의 경우를 보면 제품을 출시하기 전에 제품의 유효성 및 품질을 검증하기 위해서 이른바 시제품(prototype)이라는 것을 제작해서 테스트 과정을 거친다. 그러한 검증 과정이 끝나면 생산

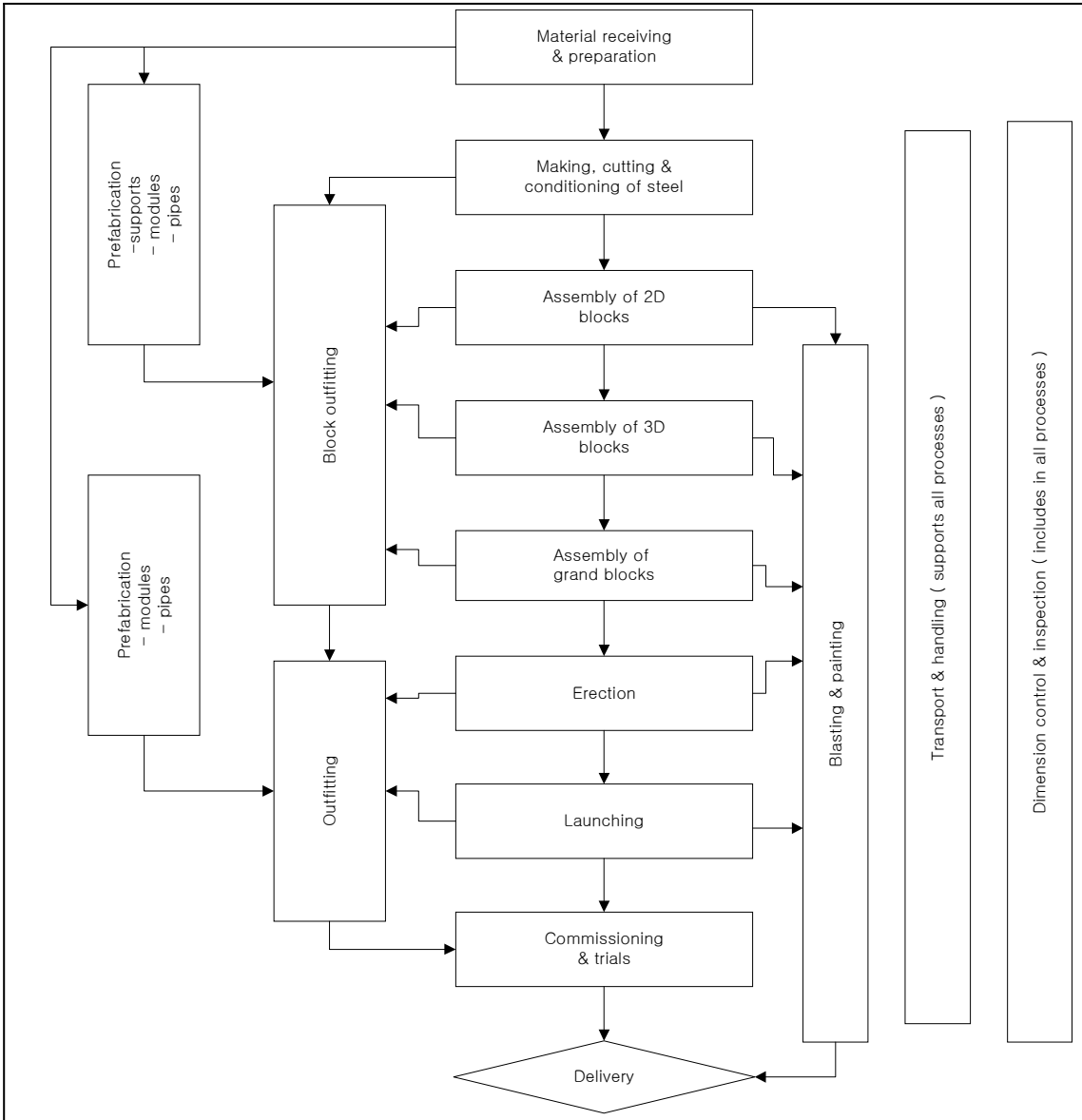


그림 2. Process flow of the shipbuilding

라인을 구축하고 동일한 수천 수만 개의 제품을 생산해내게 된다. 하지만 조선은 항상 다른 선박을 건조한다. 극단적으로 본다면 전 세계에서 동일한 선박은 한 척도 없다. 또한 하나의 선박을 건조하기 위해서는 막대한 물량 및 시간, 비용이 소요되기 때문에 시제품을 생산한다는 것은 막대한 비용 손실을 초래할 수 있다. 따라서 목적하는 선박에 대한 설계, 건조 계획, 일정 계획 등에 대한 검증이 사실상 불가능하다고 할 수 있다. 따라서 효율적인 선박 건조를 위해서는 정밀한 설계 정보, 건조 정보의 추출과 추출된 정보들의 상호 교환 및 통합, 그리고 시뮬레이션에 기반을 둔 건조가 필요하다고 할 수 있다.

### 3.3 現 선박 건조 기술의 현황 및 문제점

#### 3.3.1 정보의 이분화

선박 건조는 수주로부터 설계, 건조 그리고 인도에 이르는 과정이 필요하다. 과거에는 이러한 과정들이 순차적으로 이루어졌지만 최근에 와서는 생산의 효율성 향상을 위하여 각 과정들이 동시적(concurrent)으로 진행된다. 이런 특성 하에 최적의 선박 건조를 위해서는, 설계에서 건조에 이르는 모든 과정에서의 효율적인 정보의 공유-전달-송환 과정이 필수적으로 수반되어야 한다. 현 선박 건조 기술은 설계 과정과의 원활한 정보 공유-전달-송환이 이루어지고 있지 않다. 정보의 공유화는 어느 정도 행해지고 있지만, 의미적으로 관련이 없이 기호화 된 형태로 존재하고 있다. 설계의 과정은 본질적으로는 시뮬레이션의 연속이고 모델의 설계 변경이 불가피하지만 현재의 CAD 시스템의 정보는 공정 계획 및 생산 시스템과의 연계가 잘 이루어지고 있지 않기 때문에 설계의 수정 사항이 계획이나 생산 단계에서 발생할 경우 부가적인 불필요한 비용 손실을 초래하는 일들이 빈번하다.

또한 현재의 설계 도면 작성을 주 목적으로 하는 2차원 모델이 대부분이기 때문에 3차원 형상을 정의하는데 어려움이 있다. 3차원 모델의

경우도 대부분이 wire frame으로 되어 있어 직접 평면이나 곡면을 정의하거나 그것들은 분할, 접합하는 기능을 가진 것은 찾아볼 수 없다. 또 접합 관계에 관한 처리가 엄밀하게 되어 있지 않기 때문에 부품 또는 부재 사이의 관계도 표현하기 어렵다.

#### 3.3.2 건조 정보 도출의 어려움과 정보 흐름의 단절

현재 선박 건조 과정에서는, 건조에 필요한 정보가 많은 부분 작업자의 경험에 의해 결정이 되고 수행이 되는 실정이다. 경험이 풍부한 작업자가 작업 지시서를 작성하고 그를 토대로 원하는 정보를 확보하며 작업을 수행하고 있다. 조선이라는 특수한 건조환경 하에서는 이러한 과정이 불가피 하며, 또한 작업자의 경험과 직능이야말로 현 우리나라 조선의 위치를 획득하게 해준 원동력이라 할 수 있다. 그러나, 일부 분야에 있어서는 설계로부터 넘어온 정보로는 기본적인 건조 정보를 도출하기에도 어려움이 많으며 작업자의 능력과 경험에 의존할 수 밖에 없는 실정이다.

### 3.4 미래의 과제

그렇다면 선박 건조 시스템의 진보된 인프라 구축을 위해서는 앞으로 무엇을 어떻게 해야 할 것인가? 이에 대한 답은 선박 건조, 설계-건조-엔지니어링 정보의 통합, 시뮬레이션 기반의 건조로 요약될 수 있을 것이다. 또한 이들은 PLM 개념에 기반한 시스템을 기반으로 하고, 가상 현실 기술 사용을 가시화하여 그 효율을 극대화할 수 있겠다.

## 4. 디지털 선박 건조

서론에서 언급했듯이 오늘날 선박 건조 분야의 새로운 인프라 구축 및 선박 건조의 미래 지향을 위해서는 과학적인 건조, 설계-건조-엔지

니어링 정보의 통합, 시뮬레이션 기반의 건조가 필요하다. 이러한 개념 외에도 기계화, 자동화, 객체 지향, 정도 관리 등의 기술적 개념 또한 선박 건조의 미래 지향을 위해서 반드시 필요한 것들이다. 이러한 개념들은 서로 독립적인 의미를 가지는 동시에 또한 서로의 개념을 포함하기도 한다.

PLM 개념의 실현을 위한 디지털 선박 건조는 기존의 분산되어 있던 시스템, 개념, 기술, 정보들의 통합이자 기존의 시스템의 대안이 될 수 있는 동시에 기존 시스템의 국부적 수정 만으로도 가능할 수 있다. 즉 디지털 선박 건조는 미래 지향의 선박 건조를 위한 진보된 건조 과학 기술이라고 할 수 있다.

#### 4.1 미래 지향의 선박 건조

##### 4.1.1 과학적인 선박 건조

선박 건조에 있어 과학적이라는 것은 반복적(repeatable)으로 일관된(consistent) 작업에 의한 결과물에 대한 정확성을 확보하는 것을 의미한다. 즉 같은 정보 시스템과 같은 작업 공정에 의한 산출물이 일관된 정확도를 확보해야 한다. 이것은 일반적인 기계 제조업의 경우에는 소 품종 다량 생산이기 때문에 하나의 제조 라인이 만들어지면 연속적이고 일관된 생산이 선박 건조에 비해 상대적으로 용이하다. 하지만 선박의 경우는 다 품종 소량 생산 중에서도 특이한 일품(one-of-kind) 생산이기 때문에 절단, 용접 등의 건조 과정에 있어 일관성을 유지하기가 어렵다. 따라서 선박 건조에 있어 이를 가능하게 하기 위해서는 설계-건조-엔지니어링 정보의 유연한 정보 교환과 통합 및 정밀한 건조 정보 추출을 위한 요소 기반 기술이 반드시 필요하다.

##### 4.1.2 설계-건조-엔지니어링 정보의 통합

선박은 수십만 개의 부품으로 이루어져 있고, 건조 기간도 짧게는 수개월에서 길게는 수년이

걸리기도 한다. 시제품이 없으므로, 유체역학, 구조 역학 등 다양한 엔지니어링 해석이 선박의 성능과 안전을 예측하여 준다. 따라서, 선박의 설계와 건조, 엔지니어링에는 정보의 양이 엄청나게 많다. 또한 설계, 건조, 엔지니어링이 순차적으로 진행되지 않고, 동시적으로 진행되므로 데이터의 효율적 처리, 추출, 운용이 극대화되기 위해서는 제품의 라이프사이클 전 과정에서 공유될 수 있는 체계화된 정보의 통합이 절실하다.

##### 4.1.3 시뮬레이션 기반의 건조

앞서 언급했듯이 선박 건조에는 시제품(prototype)의 제작이 현실적으로 불가능하다. 또한 다품종 소량생산이기 때문에 시제품을 제작하더라도 많은 비용의 손실이 초래된다. 선박 건조와 같은 산업에서는 실 시간적으로 작업 과정의 가상 구현(real-time process simulation)이 필요하다. 이러한 검증 작업 및 작업 과정 최적화를 가능하게 하는 것이 시뮬레이션을 기반으로 한 건조 방식이다.

#### 4.2 디지털 선박 건조의 정의

앞장에서 미래 지향의 선박 건조를 위해 필요한 개념들을 살펴보았다. 이제 이를 기반으로 디지털 선박 건조에 대한 개념을 정의하고자 한다. 넓은 개념에서의 디지털 선박 건조는 다음과 같이 정의할 수 있다.

“선박의 개념 설계에서부터 운용 유지까지 전 과정을 컴퓨터 속에서 만들고 시뮬레이션 하는 과정”

하지만 여기서 개념적 디자인 이라든가 사후의 보수 유지 그리고 경영 분야(sales & marketing)에 관련된 분야는 건조(production) 관점에서의 배를 만드는 행위와는 거리가 있다. 제품 지향(product-oriented)의 관점에서 정의를 하자면 다음과 같다.

“디지털 선박 건조란 선박 건조 과정을 구현하는 컴퓨터 모델을 만들고, 이 모델을 이용하여 전체 건조과정을 하나의 통합 데이터를 통해 구현하는 시스템이다.”

즉 디지털 선박 건조란 과학적인 선박 건조, 즉 연속적이고 일관된 선박 건조를 위한 디지털(또는 컴퓨터) 기반의 건조 통합 시스템의 개념이라고 할 수 있다. 따라서 디지털 선박 건조에는 설계, 건조, 공학에 관련된 요소 기술들과 더불어 각 분야들의 통합/관리 등이 포함된다. 또한 여기에는 기존 작업자의 개인적 기술과 경험에 의존하던 작업들에 대해 컴퓨터를 이용한 새로운 작업 대안(substitution)들도 포함되게 된다. 역으로 이러한 전산적 기술 개발이 선행되어야 과학적인 선박 건조가 가능할 수 있다.

### 4.3 왜 디지털 선박 건조를 해야 하는가?

#### 4.3.1 미래의 선박 건조 기술은 정보 기술이다.

선박 설계와 건조에 사용되는 전산프로그램, 기계 등은 대부분 외국제품으로서, 이를 통한 외국 기술에 대한 의존과 외화 유출이 심각한 상황이다. 미국과 유럽의 대부분 국가들은 역사적으로 압축된 기술력과 적극적인 기술 지향적 경영으로 세계 선박 건조 기술 시장을 주도하고 있다. 미래의 선박 건조 기술은 이러한 통합화된 선박 건조에 관한 정보 기술을 누가 선점하느냐에 좌우된다. 디지털 선박 건조 시스템은 선박 건조 전반에 걸친 가공 정보들을 관리하고, 통합하여 체계화 할 수 있는 방안으로서 세계 선박 건조 기술 시장을 주도할 만한 새로운 통합 기술이다.

#### 4.3.2 연구 개발을 위한 디지털 조선소를 보유할 수 있다.

조선 관련 신기술은 현장의 규모로 인하여 바

로 연구결과를 검증하거나 실용화하는 데에 어려움이 많다. 디지털 조선소는 여러 상황을 시뮬레이션하고 그 결과를 예상해 볼 수 있으며, 각 가공 정보들 간의 연관 관계와 결과에 미치는 영향을 예상할 수 있다. 이러한 활동은 조선 산업 특유의 거대 규모, 인간-시스템 복합 성격에 안전하고 빠르게 대응하게 할 효과적인 대안으로서 작용한다.

### 4.4 디지털 선박 건조를 위한 기술 개발

#### 4.4.1 객체 지향 방법론의 활용

현재의 선박 건조 공정은 경험 의존적이고 정보-흐름(information-flow)의 관점에서 각 공정은 고립화되어 있다. 이것은 작업 효율을 저하시키고 공정 자동화에 걸림돌이 되고 있다. 정도와 효율성을 향상시키기 위해서는 공정 자동화에 앞서 공정의 전산화, 합리화, 통합화가 필요하다. 이러한 관점에서 정보 모델 구축의 필요성은 명확하다. 그리고 이러한 정보 모델의 구축을 위해서 객체 지향 방법론을 도입해야 한다.

#### 4.4.2 정도 관리 (Accuracy control)

선박 건조의 시스템화 및 자동화의 가장 큰 걸림돌이 건조 정보에 대한 체계적인 정도화가 되어 있지 않다는 것이다. 아직도 선체 이중 곡면의 경우는 100% 수작업에 의해서 제작이 이루어지고 있고 용접 변형에 의해 발생하는 조립, 탑재 시의 문제점 또한 예측이 어려운 실정이다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 공학이론을 통한 정밀한 공학적 요소 기술과 그에 대한 전산화가 반드시 요구된다. 아래에 그러한 개발의 예를 보이고 있다. 고 정도화 된 요소 기술을 통해서 건조 정보가 산출 되고 그 결과가 건조 공정에 전해 지고 그것이 다시 설계 정보에 송환되는 과정이 시스템화 될 수 있어야 효율적이고 과학적인 선박 건조가 가능할 것이다. 그림 3에서 건조 자동화를 위해서 현재 개발되어 있

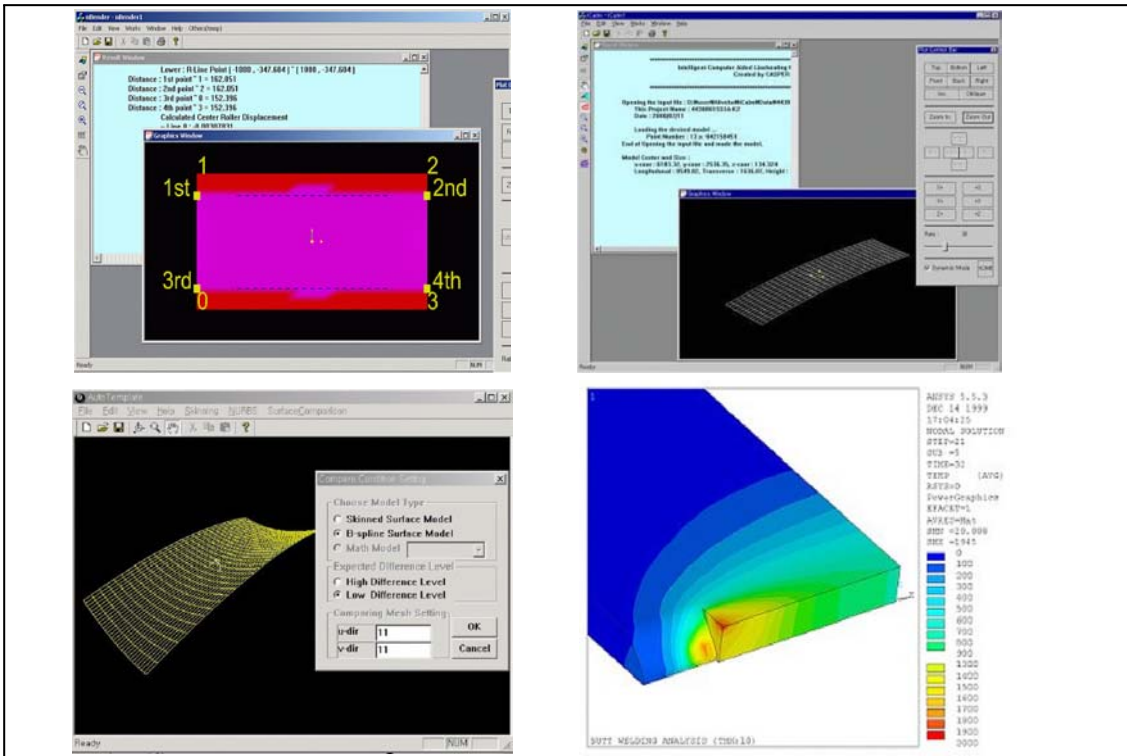


그림 3. Developed program(Left Top: Process Information Program for the Singly Curved Shell, Right Top: Process Information Program for the Doubly Curved Shell, Left Bottom: Program for the surface measuring and the surface comparison, Right Bottom : Welding Deformation Prediction)

는 프로그램들을 보이고 있다. (1)번은 선체 외관의 1차곡 가공을 위한 건조 정보를 산출해주는 프로그램이다. 이 프로그램은 roll bending machine을 이용한 강관의 가공 방향, 가공량, 가공 범위 등을 계산해준다. (2)번은 선체 외관의 2 차곡 가공을 위한 건조 정보를 산출해준다. 이 프로그램은 NC machine을 이용한 강관의 가공에서 가열량, 가공 위치, 가공 속도 등의 정보를 계산해준다. (3)번은 대형 부재의 3차원 형상을 측정하고 목적하는 형상과 비교해 주는 프로그램이다. 레이저 센서를 이용해서 부재의 형상을 3차원 좌표로 계산해주고 pseudo-inverse 기법을 사용해서 임의의 목적 형상과의 비교를 수행해준다. (4)번은 용접에 의한 부재의 열변형 및 잔류 응력을 유한 요소법을 사용해서

계산한 결과이다. 유한 요소법에 의한 결과를 이용해서 대형 블록의 용접 변형을 예측하게 된다.

#### 4.4.3 시뮬레이션 기반 건조 (Simulation based manufacturing)

디지털 선박 건조를 위한 기술로서 빠질 수 없는 것이 시뮬레이션 기술의 이용이다. 오늘날 시뮬레이션 기반의 건조가 가능할 수 있는 것은 컴퓨터와 프로그램의 발달에 기인한다고 할 수 있다. 그림 4에서 CAD/CAM 프로그램의 추세를 보이고 있다. 초기의 CAD 프로그램은 주로 2차원 도면을 전산화 한 것에 국한되어 있었다. 그 후에 3차원 형상을 모델링 하는 것으로 발전이 되었고 3차원으로 디자인 된 모델을 전산 환경에서 가상적으로 조립할 수 있는 기능(Digital



.Mockup)을 추가한 프로그램들도 개발이 되어 왔다. 그리고 최근에는 단순한 3차원 캐드 정보와 조립 기능을 넘어서 전산 환경에서 건조 과정 전체를 구현할 수 있는 가상 현실 프로그램들이 개발되고 있다. 오늘날 이러한 가상 현실 프로그램이 가공된 건조 정보의 공조를 통해서 시물레이션 기반의 건조를 가능하게 하고 있다.

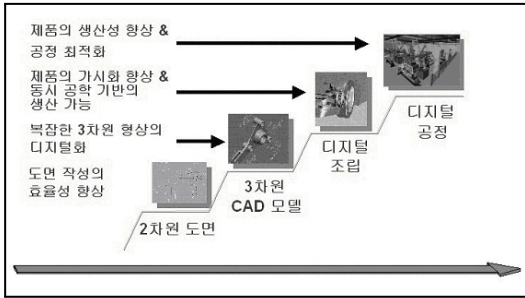


그림 4. CAD/CAM 프로그램의 동향

시물레이션을 기반으로 한 건조의 목표는 “Validate & Optimize the process”라는 말로 압축이 될 수 있을 것 같다. 즉, 시물레이션을 기반 건조를 통해서 작업 공정의 유효성 판단과 최적화가 가능하다는 것이다. 앞서 언급했듯이 선박 건조는 시제품의 제작이 현실적으로 불가능하기 때문에 공정의 시물레이션이 실제 공정에 선행될 수 있다면 건조 효율성의 증대에 큰 기여를 할 수 있을 것이다. 또한 전 건조 공정을 시물레이션 함으로써 최적화 된 공정 라인의 설계도 가능하다. 하지만 이러한 공정과 공장의 시물레이션을 위해서는 막대한 작업량이 필요하다. 또한 정확한 시물레이션을 위해서는 전산화된 고 정도의 건조 정보가 필요하다.

### 5. 선박 건조를 위한 디지털 건조 기술 적용

본고에서는 선박 건조에 디지털 건조의 개념을 적용시키는 초기 연구 단계의 예로써 선박 건조의 디지털 모델을 구축하는 기본적인 전략을 소개하고 구축 사례를 보이고자 한다.

### 5.1 적용 전략

디지털 모델 구축을 위해서 개발 단계를 객체지향 방법론을 통한 시스템의 분석과 이를 통한 디지털 모델 구축으로 한다. 시스템 분석의 관점에 있어서 분석 대상을 제품(Product), 공정(Process), 설비(Resource)로 체계화 시킨다. 디지털 모델 구축을 위해서는 가상화를 위해서 CAD 응용 프로그램을 이용하여 제품 및 설비의 3차원 모델링을 수행하고 범용 시물레이션 응용 프로그램을 이용하여 제조 설비 및 공정의 시물레이션 모델을 구축한다.

### 5.2 PPR (Product, Process, Resource)

선박 건조와 같은 거대 시스템의 효율적인 분석을 위해서는 선박 건조 설비와 더불어 건조하는 선박과 설비 또는 중간 단계의 제품이 가지는 공정 정보가 동시적으로 고려되어야 한다. 따라서 효율적인 시스템 분석을 위해서는 선박 건조 시스템에 대한 분석의 관점을 제품, 공정 그리고 설비로 체계화 시키고 이들을 일관되고 연속적으로 연계 시켜야 한다. 그림 5에서는 선박 건조를 위한 요소들을 PPR 개념으로 분석한 객체 모델링을 보이고 있다.

### 5.3 객체 지향 방법론

선박 건조 시스템은 그 구성 요소들이 복잡하게 얽혀있기 때문에 시스템 설계를 위해서는 논리적인 방법을 통해 모델을 분석하는 것이 가장 중요하다고 할 수 있다. 시스템 특성을 묘사하는 여러 모델링 도구들은 이미 많이 개발되어 사용되고 있다. 시스템 분석에 있어서 ROOM, PetriNet, OMT과 방법 등이 사용되고 있다. 이 방법론들 중에서 객체지향 분석 방법(Object Modeling Technology)은 시스템을 체계적으로 분석하고 개발함으로써 시스템의 복잡함에 대한 이해를 도와주며, 거대 시스템 개

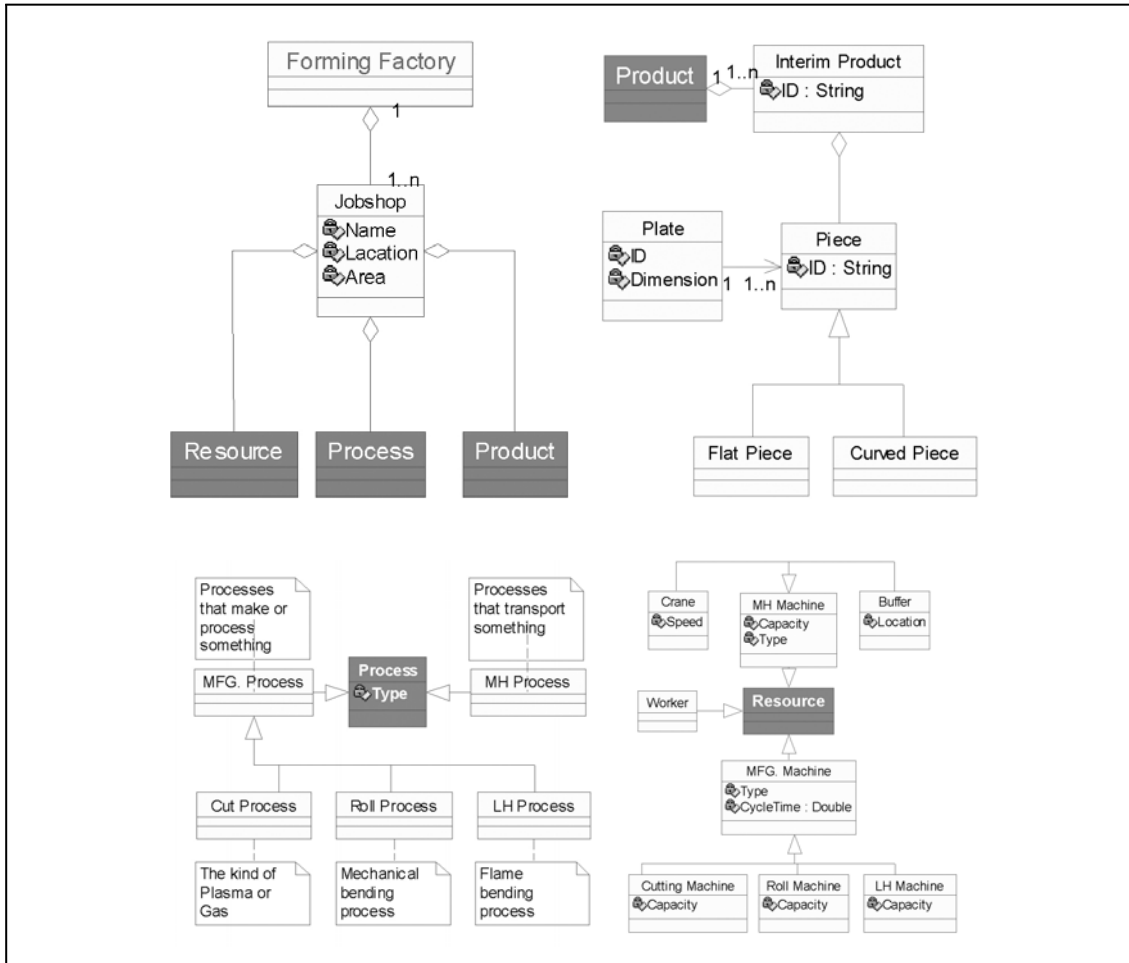


그림 5. PPR(Product-Process-Resource) Diagram of shipyard

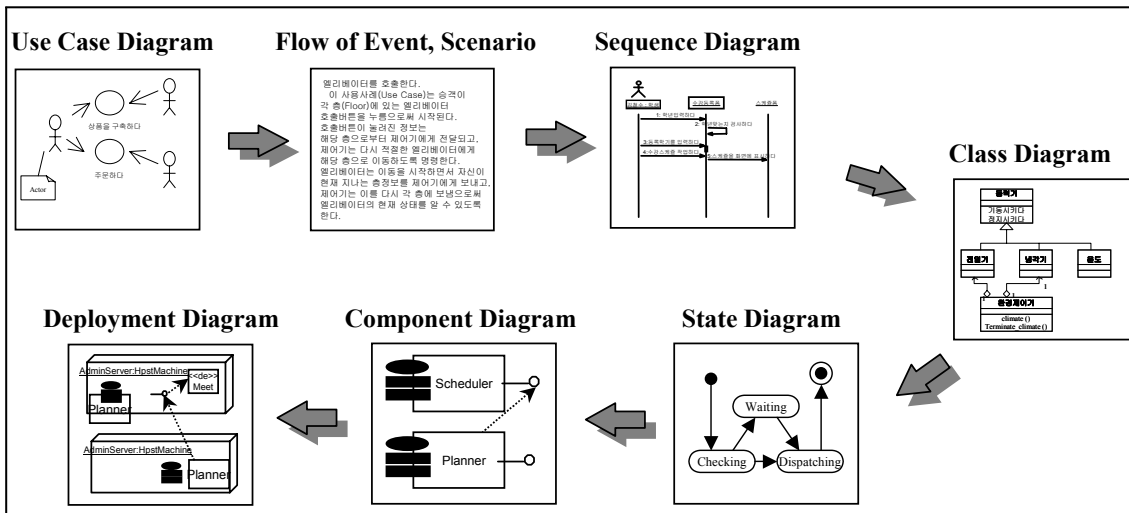


그림 6. Procedure of the general UML development

발에 있어서 시스템의 적응성을 확보할 수 있는 방법이다. 객체 중심의 분석 및 모델링 방법은 최근 들어 UML(Unified Modeling Language)로 통합되었으며, 그 표기법 및 개념이 가장 효과적인 객체 지향 모델링 및 분석 방법으로 알려져 있다. 이러한 다이어그램을 이용한 일반적인 UML 개발 과정을 그림 6에 보이고 있다.

5.4 선박 모델링 및 시뮬레이션

선박 모델링의 디지털화를 위해서는 3차원 CAD라는 반드시 필요한 선행 단계가 있다. 제조 또는 건조하고자 하는 선박의 초기 설계에서부터 3차원 CAD를 통한 선박 정보가 구축이 되어야만 후행 하는 건조 단계에서 실제 선박의

정보를 이용하여 건조의 적법 여부를 판단할 수 있다. 그림 7에서는 3차원 CAD system을 이용한 3차원 CAD모델링을 보이고 있다.

그림 8에서는 선박 건조 과정에서 각각 소조,

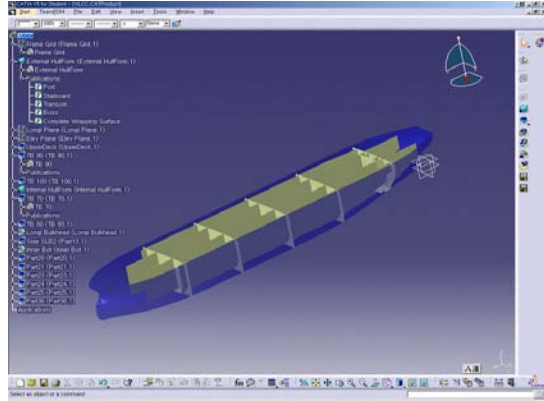


그림 7. 3-D CAD modeling by CAT

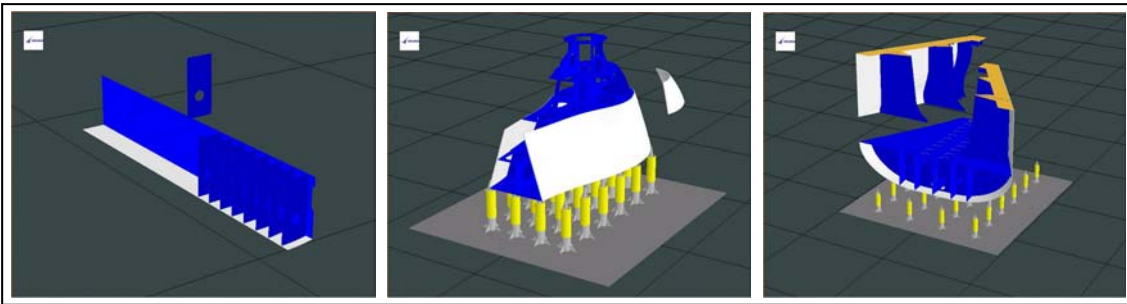


그림 8. Product model development

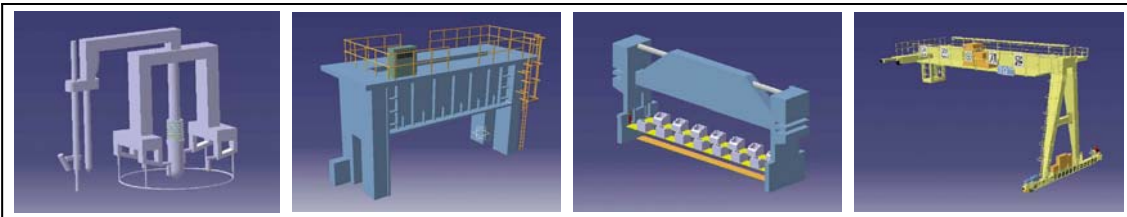


그림 9. CAD modeling of Resource

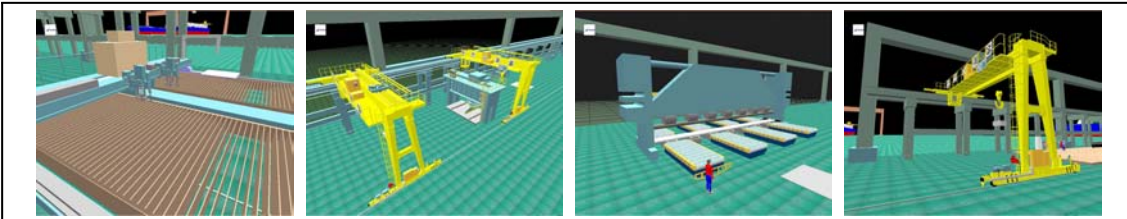


그림 10. Resource modeling

중조, 대조의 단계를 거치는 사례를 보이고 있다. 본 사례는 Dassault Systems의 PLM Pipeline을 구성하고 있는CATIA로 3차원 모델링을 수행하고 이를 이용해서 DELMIA의 Assembly로 조립의 적법 여부를 시뮬레이션 한 것이다.

### 5.5 설비 모델링 및 시뮬레이션

선박을 건조하기 위하여 필요한 설비는 각각의 단위 공장과 내부의 단위 작업 기계, 그리고 AUV와 같은 운송 수단, 작업자 등을 포함하는

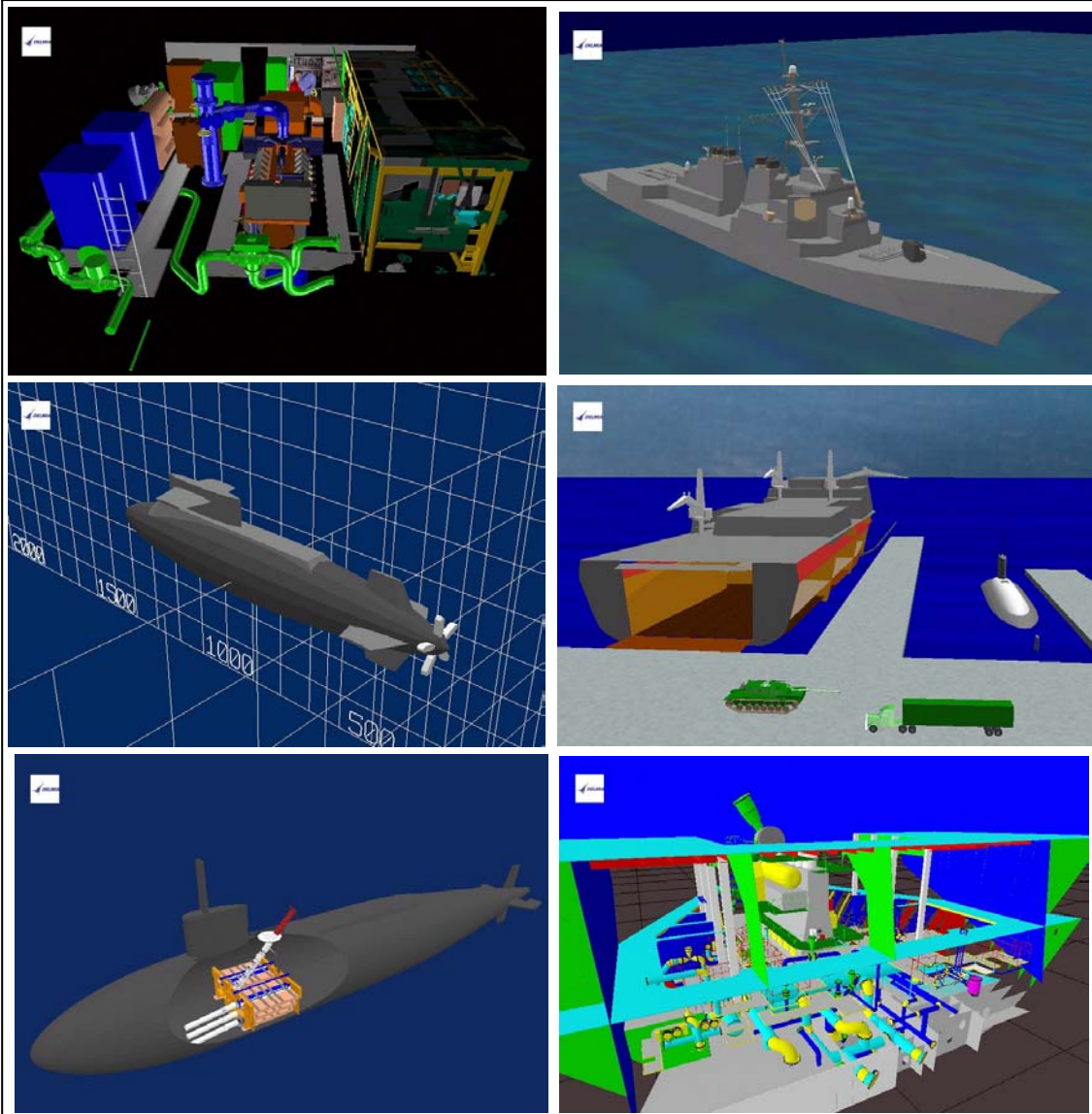


그림 11. Test by Simulation / Virtual Reality (Left Top: Ergonomic simulation in engine room, Right Top: Maneuvering test of the war ship in the harsh environment, Left Middle : Turning radius test of the submarine, Right Middle: Loading test of the cargo and tank on the ship, Left Bottom: Charging test of the torpedo on the submarine, Right Bottom: Assembly of the pipe and equipment at the engine block of the ship)

객체이다. 선박은 이러한 설비를 통해서 건조된다. 이러한 각각의 설비를 3차원 가상현실 기술을 이용하여 디지털 선박 건조 시스템 모델을 만든다. 앞선 객체 분석 단계에서 자원의 속성과 기능을 분석하고 모델링 한 정보를 이용하여 설비들의 객체 특징을 가상 선박 건조 시스템 모델로써 구축한다. 설비 모델링의 목적은 실제 데이터에 근거한 가상 설비의 구현, 단위 공정의 작업 검증 그리고 공장 배치의 타당성 검증이다. 대표적인 3차원 CAD 시스템인 CATIA를 이용해서 모델링 한 공장 설비의 요소들을 그림 9에 보이고 있다. 3차원으로 모델링 한 설비들은 범용 시뮬레이션 응용 프로그램을 이용하여 시뮬레이션을 수행한다. 이를 위해서 3차원 설비 모델링 요소들은 조립을 한 후 설비의 거동에 적합한 운동학적인 특성을 부여한다. 각 설비의 모델링을 그림 10에 보이고 있다. 이렇게 구성된 설비 시뮬레이션 모델을 통해서 공정의 유효성을

검증한다. 설비의 위치, 동작과 시스템의 운용 시간을 최적화 하고, 설비와 부품, 공구, 치구 및 주변 설비와의 충돌도 미연에 방지할 수 있기 때문에 설비 비용과 공정 시간을 줄일 수 있다.

### 5.6 시뮬레이션/가상현실(Virtual Reality) 기술의 적용

디지털 선박 생산을 이용하여 선박의 설계, 생산 뿐 아니라 사후 관리로써 선박의 성능을 시뮬레이션을 통해 미리 테스트 해 봄으로써 동작 시 발생할 수 있는 시행 착오를 줄일 수 있으며 원하는 제원과 원하는 성능을 얻을 수 있다.

## 6. 결론

디지털 선박 건조는 기존의 대표적인 제조업

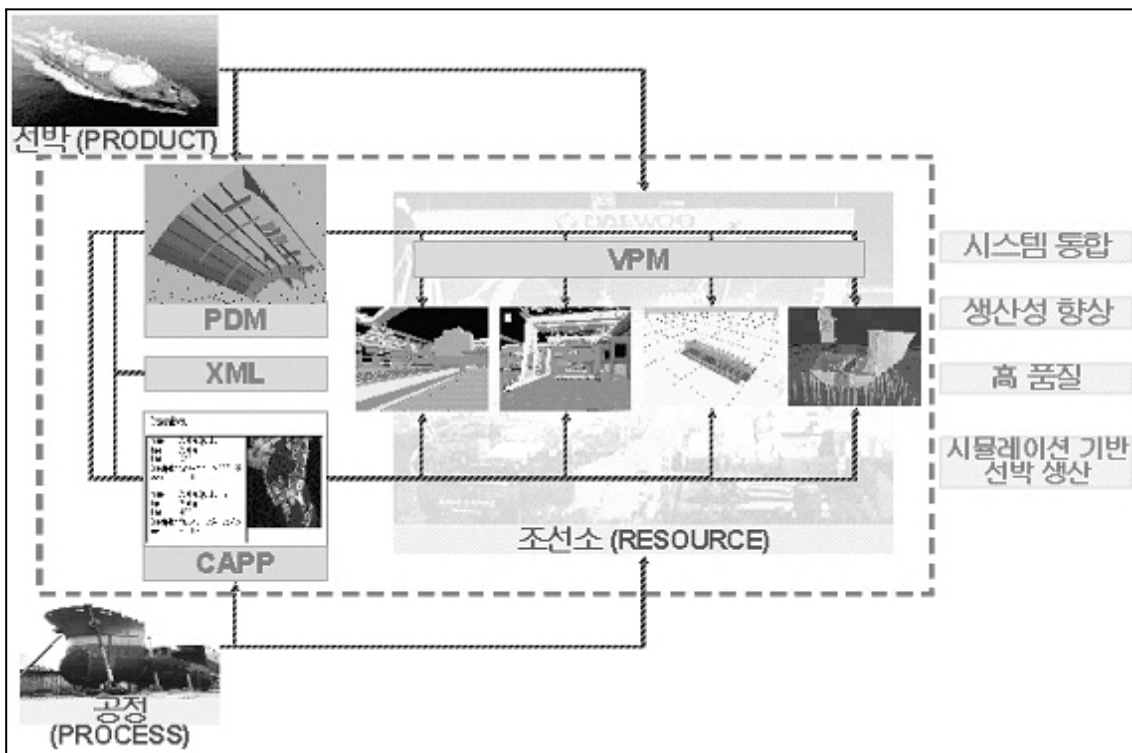


그림 12. Process of the digital shipbuilding

인 조선 산업기술과 새로운 정보기술(Information Technology), 특히 PLM(Product Lifecycle Management)의 개념의 이행에 충실한 결합으로 탄생되는 신개념의 선박 건조 시스템이다. 특히, 우리 나라와 같이 세계 조선경쟁력을 갖추고 있는 경우 미래의 기술확보를 위하여 디지털 선박 건조 기술은 신속히 구현되어야 하며 이러한 우리의 기술에 바탕을 둔 선박 건조에 신기술의 적용은 방위산업에 있어서도 기대치 이상의 효과를 얻을 수 있는 것이다.

서울대학교 조선해양공학과는 이러한 현실적인 인식 속에서 디지털 선박건조 개념을 교육하고 연구하기 위하여 프랑스 Dassault Systemes, 한국 IBM과 공동으로 서울대내에 디지털 선박 신기술센터(Digital Shipbuilding Innovation Center)를 설립하였다. 조선 산업을 바탕으로 한 과학적인 연구 결과를 다양한 소프트웨어에 연계하여 가시적이고, 실제적인 선박 건조 공정을 구현할 예정이다.