

글 ■ 신 중 계 / 서울대 조선해양공학과, 교수 e-mail ■ jgshin@snu.ac.kr
글 ■ 우 중 훈 / 서울대 조선해양공학과, 박사과정
글 ■ 최 양 렬 / (주) 지노스, 이사 글 ■ 이 장 현 / (주) 지노스, 본부장

이 글에서는 새로운 제조 패러다임으로서 디지털 생산을 소개하고, 현재 서울대와 삼성중공업이 주축이 되어 개발하고 있는 디지털 생산을 조선 산업에 적용하는 과정에 대하여 소개하고자 한다.

최근 제조업의 생산시스템은 새로운 국면을 맞이하고 있다. Group technology, JIT(Just In Time), 컴퓨터 기술을 활용한 3차원 CAD(Computer Aided Design), CIM(Computer Integrated Manufacturing System), FMS(Flexible Manufacturing System), 셀(Cell) 방식의 생산기법 등이 생산 시스템에 이미 실현되었으며, 인터넷 기반에서 운용되는 정보 분산/협업형 생산 시스템이 활발하게 요구되고 있다. 특히, 생산시스템이 신속하게 제품을 생산할 수 있도록 개방된 정보시스템을 요구할 뿐만 아니라 생산활동에 관여하는 모든 구성 요소들을 정보화해야 할 필요가 생겼다. 전사적 기업관리(ERP : Enterprise Resource Planning) 시스템 등을 중심으로 기업의 활동을 유기적으로 통합하려는 시도가 그 예라고 할 수 있다.

최근 들어 제품 설계 및 제조를 위한 방법으로 가상생산(virtual manufacturing) 또는 디지털생산(digital manufacturing)이 대두되고 있다. 이는 시뮬레이션을 기반으로 한 설계 및 제조 패러다임의 하나이다. 특히 자동차, 반도체 산업 등에서 이 새로운 제조 패러다임을 도입하기 시작하였거나 활용하고 있다. 이 글에서는 새로운 제조 패러다임으로서 디지털생산을 소개하고, 현재 서울대와 삼성중공업이 주축이 되어 개발하고 있는 디지털 생산을 조선 산업에 적용하는 과정에 대하여 소개하고자 한다.

디지털 생산

디지털 생산의 정의

디지털 생산¹⁾이란 제조업의 전 과정에 포함된 설계·생산·엔지니어링 정보와 노하우 등 생산 시스템의 물리적 논리적 구성요소와 거동을 엄밀하게 모델링하여 통합된 디지털 모델을 구성하고 가상 현실(virtual reality) 기술과 네트워크 기술을 활용하여 생산의 전 과정에 걸쳐 관련된 여러 부문에서의 의사결정과 제어를 수행하는 기술을 말하며, 디지털생산 기술을 사용하여 실제 작업 전에 생산 공정을 미리 시뮬레이션 해 봄으로써 실제 작업에서 발생할 수 있는 현상을 미리 분석하고 예측할 수 있는 특징을 지니고 있다. 따라서 디지털생산을 적용함으로써 실제 생산에 적용하는 단계에서 발생할 수 있는 설계 오류나 제작상의 문제점을 미리 파악하여 비용과 시간의 낭비를 최소화할 수 있다. 또한 새로운 제조 방법 및 생산 설비의 변화를 가상생산 환경에서 미리 적용해 볼 수 있으므로 실제 제조 시스템 적용에 필연적으로 발생하는 재계획 및 수정에 따른 비용과 시간을 절감할 수 있는 기술이다.

이 기술은 3D CAD 및 PDM(Product Data Management)을 통하여 구축된 제품의 Digital Mockup과 가상현실(VR : Virtual Reality) 기술을 이용하여 구축된 가상공장(digital/virtual factory)을 필요로 한다. 그리고 CAE 등 다른 엔지니어링 프로그램 및 모든 정보 시스템간의 통합을 바탕으로 이루어진다.

1) 디지털 생산과 동일한 의미를 가지는 용어로 가상생산 또는 가상제조를 사용한 Digital/Virtual Manufacturing, 또는 Digital/Virtual Production도 동일한 의미로 사용한다.



디지털 생산 적용 사례

1) 자동차 산업 분야

이미 1980년대부터 기계화에 의존한 자동화 공정을 근간으로 여겼던 자동차 업체는 이러한 디지털생산 기술을 도입하여 뚜렷한 생산성 향상을 가져온 예가 이미 보고되고 있다. Daimler Chrysler 자동차는 1989년부터 DMAPS(Digital Manufacturing Process System)을 개발하여 설계와 제조 공정을 연결하는 가상 제조 시스템을 구축하여 왔다. 3차원 CAD 및 가상생산 기술을 활용하여 금형 시간을 35~40% 감소시키고, 자동차 제조 공정(layout) 구축에 필요했던 6~8개월의 기간을 약 4~8주로 감소시켰으며 하나의 조립라인에서 연간 약 2,000만 달러의 절감효과를 가져왔다고 보고하고 있다. Toyota 자동차는 V-COMM(Visual and Virtual Communication), CASE 프로젝트를 통하여 디지털 목업과 디지털 조립(digital assembly) 기술을 활용하고 있다. Mazda 자동차

도 가상 생산 모델을 이용함으로써 제품 개발 기간을 약 1/3 감소시키는 막대한 경제적 효과를 창출하였다. 또한 GM, FORD, Volvo 등 대부분 자동차 회사가 이와 동일한 개념의 Digital Manufacturing 기법의 개발을 도입하고자 노력하고 있다. 그림 1은 자동차 산업에서의 디지털 생산을 적용한 사례를 보이고 있다.

2) 조선 분야

세계적인 자동차, 기계분야 제조사들이 가상 생산 개념을 적용하여 시뮬레이션을 통해 엄청난 생산성 향상과 경쟁력 향상을 가져오고 있으나 국내 조선 산업은 가상 생산의 개념을 도입하기 시작하는 단계이다.

외국의 경우 미국의 NIDDESC, MARITECH 등의 프로젝트, 유럽의 NEURTABAS, MARITIME 등의 프로젝트 등을 통해서 국가적 차원에서 자본을 투자해서 새로운 조선 산업의 정보 인프라 구축을

위해 십 수년 전부터 노력하고 있다. 미국 해군은 프랑스의 다쏘 시스템(Dassault Systemes)과 공동으로 가상 생산 시스템 구축에 필요한 3차원 선체 설계 시스템의 개발에 나섰고, 미국조선연구센터인 NSRP(National Ship Research Program)를 통해 Michigan 대학 등에 디지털 조선소(digital shipyard) 구축을 지원하고 있다. 이를 통하여 군함 개발 및 건조에 소요된 시간을 단축시키고 검증된 디지털 선박 생산 기술을 상선의 건조에 적용하여 조선 산업에

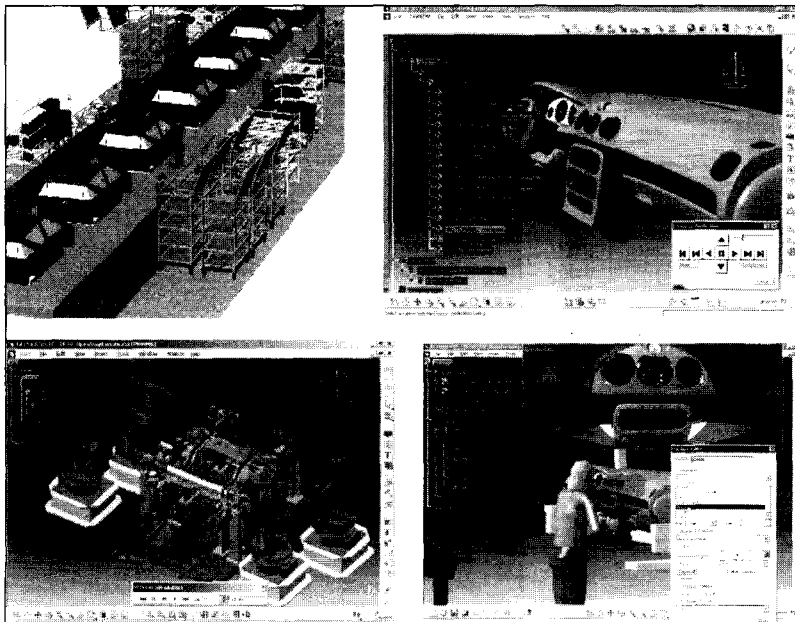


그림 1 자동화된 디지털 생산

서 새로운 기술의 리더로 부각하고자 노력하고 있다.

국내에서는 서울대학교의 디지털선박 신 기술 센터 (Digital Shipbuilding Innovation Center)를 중심으로 현재 조선 분야의 디지털 생산 기술을 연구하고 있다. 특히, 2001년 12월부터 산업자원부 및 정보통신부의 지원을 받아 서울대학교와 삼성중공업을 중심으로 디지털 생산기술을 조선공정에 활용한 디지털 통합 선박 건조 공법 개발을 연구해 오고 있다.

조선산업에서 디지털 생산 적용

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

선박 건조의 디지털생산 모델 개발에는 생산 정보 소프트웨어 및 자동화 장치의 개발, 건조 과정의 철저한 객체지향적 생산공정 분석, 이를 통한 디지털 선박 건조 모델 개발을 통해 조선소 생산성 향상을 위한 최적의 조선소 모델 개발을 필요로 한다.

자동차산업과 같은 대량 생산 및 부품 조립 산업은 이미 생산 정보 소프트웨어 및 자동화 장치가 거의 전 공정에서 활용되고 있으므로 Digital Manufacturing 기법을 다소 용이하게 적용할 수 있다. 그러나 선박의 건조 공정은 자동차 산업과 같은 대량생산 제조업과 달리 3차원 CAD, 생산 및 공정 정보 소프트웨어 및 자동화 장치의 개발이 우선적으로 필요하며, 이러한 정보 및 자동화 장치를 통합한 Digital Shipbuilding 모델이 동시에 개발되어야 한다.

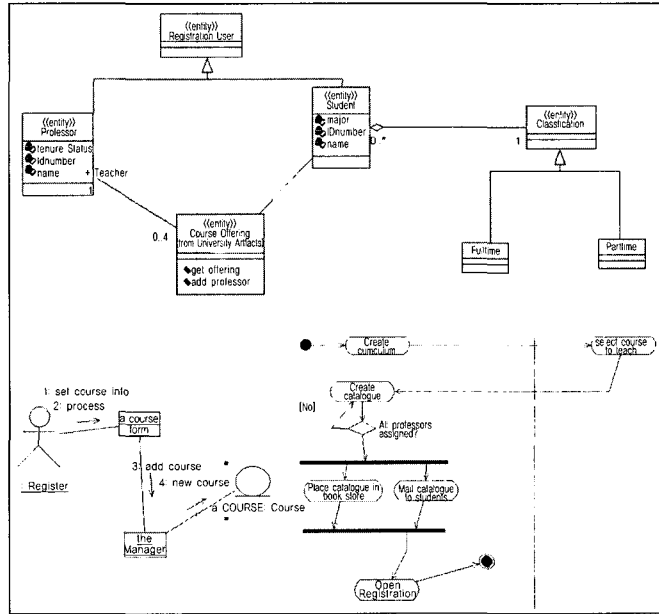


그림 2 UML 모델링 사례(Class/ Usecase/ Activity diagram)

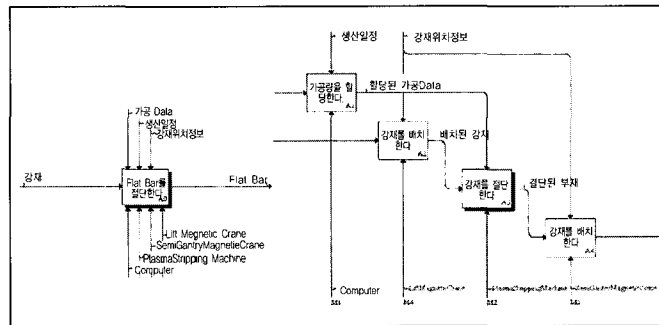
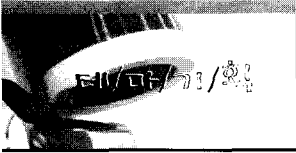


그림 3 IDEF 모델링 사례(top-level & sub-level diagram)

이 글에서는 선박 제조업에 디지털 생산의 개념을 적용시키는 초기 연구 단계의 예로써 생산의 디지털 모델을 구축하는 기본적인 전략을 소개하고 이에 대한 구축 사례를 보이고자 한다.

제조시스템 분석

가상 선박 건조의 디지털 건조 모델 구축을 위해서는 우선적으로 As-Is 모델에 대한 객관적이고



엄밀한 분석이 요구된다. 이를 위해 표준공정과 제조시스템을 UML(Unified Modeling Language)과 IDEF(Integration DEfinition)로 분석 및 모델링하여 조선소 내의 객체인 Product(선박 및 부품), Process(부품 가공/조립 및 건조 공정 정보), Resource(조선소 내 주요 설비 및 기계/인적 자원)의 디지털 정보 모델을 구축하고 한다. 그림 2에서는 UML 및 IDEF를 이용한 선박 건조 모델 분석의 예를 보이고 있다.

제품 및 설비 모델링

제품 모델링은 광범위한 관점에서는 설계의 초기 단계에서부터 3차원 형상 모델링을 시발점으로 하는 PDM으로 체계화 시켜야 한다. 제조 또는 건조하고자 하는 선박 및 부품의 초기 설계에서부터 3차원 CAD를 통한 제품 정보가 구축되어야만 가상생산 모델을 이용하여 생산공정을 쉽게 시뮬레이션 할 수 있다. 현재 제품 모델링은 구축 사이트에서 개발 및 적용 중인 CAD/PDM 시스템이 아직은 적용성 검토의 단계에 있기 때문에 현재 단계에서는 단품에 대한 제품 데이터를 자체적으로 가공한 3차원 제품 모델을 이용하는 단계에 머무르고 있다. 그림 4에서 선박 건조를 위한 단계 중 가공 공장에 대한 설비 모델링에 3차원 CAD 시스템을 이용한 사례를 보이고 있다.

설비 Kinematic 모델링

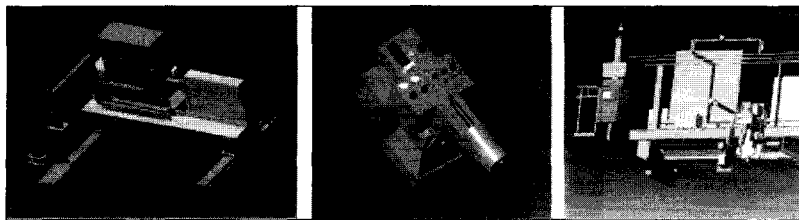


그림 4 3차원 CAD 시스템을 이용한 설비 모델링 사례

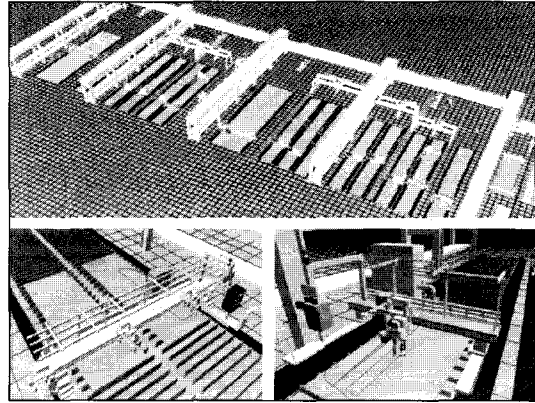


그림 5 선박 건조 설비 동역학적 모델링 사례

제품을 생산하기 위하여 필요한 설비는 각각의 단위 공장과 내부의 단위 작업 기계, 그리고 운송 수단, 작업자 등을 포함하는 객체이다. 제품은 이러한 자원을 통해서 생산된다. 이러한 각각의 설비를 3차원 가상 시뮬레이션 기술을 이용하여 가상 제조 시스템 모델을 만든다. 앞선 객체 분석 단계에서 자원의 속성과 기능을 분석하고 모델링 한 정보를 이용하여 자원들의 객체 특징을 가상 제조 시스템 모델로써 구축한다. 설비 모델링의 목적은 실제 데이터에 근거한 가상 설비의 구현, 단위 공정의 작업 검증 그리고 공장 배치의 타당성 검증이다.

앞서 모델링 한 가공 공장 설비의 요소들은 범용 시뮬레이션 응용 프로그램인 DELMIA사의 IGRIP을 이용하여 시뮬레이션 모델을 구축하였다.

이를 위해서 3차원 설비 모델링 요소들은 조립을 한 후 설비의 거동에 적합한 운동학적인 특성을 부여한다. 이렇게 구성된 설비 시뮬레이션 모델을 통해서 공정의 유효성을 검증한다. 설비의 위치,

동작과 시스템의 운용 시간을 최적화 하고, 설비와 부품, 도구, 치구 및 주변 설비와의 충돌도 미연에 방지할 수 있기 때문에 설비 비용과 공정 시간을 줄일 수 있다. 또한 설비 시뮬레이션을 통해 실제 가공 정보의 정도를 높이고 이를 통한 결과는 OLP(Off Line Pro-gramming)등과 연계되어 설계에서 생산에 이르는 제품의 라이프 사이클을 단축시키는데 기여할 수 있다. 그림 5에서는 이러한 과정을 통해 구축된 가공 공장의 모델링 사례를 보이고 있다.

공정 모델링 및 시뮬레이션

공정 모델링을 이용한 시뮬레이션은 설비 모델링을 이용한 시뮬레이션과는 차이가 있다. 시뮬레이션의 목적이 설비 모델링의 경우에는 주로 물리적, 기구학적인 관점에서의 유효성 검증에 있다면 공정 모델링의 경우에는 일련의 변화가 시스템에 어떠한 변화를 줄 것인지를 예측하고, 임의의 결과를 체계적/논리적으로 예측하기 위함에 있다. 여기서 시스템이란 어떠한 목적을 달성하기 위해 상호 연관된 객체들의 그룹이라고 할 수 있다.

공정 모델링 시스템으로서의 접근 관점은 이산 시스템(discrete system), 동적 시스템(dynamic system), PDM + 확률 시스템(product defined + stochastic system)으로 요약될 수 있다. 물류 시뮬레이션을 위해서 이산 사건 기반의 범용 시뮬레이션 프로그램인 QUEST를 이용하고 이러한 공정 모델링 및 시뮬레이션을 통한 최종 목적은 물류 흐름의 최적화를 위한 공정의 유효성 검증과 시스템 성능 검증이라고 할 수 있다.

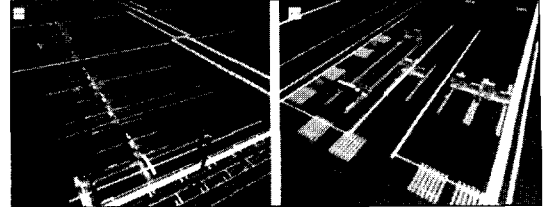


그림 6 선박 건조 공정 & 시뮬레이션 모델링 사례

공정 모델링을 위한 단계는 다음과 같다. 모델링하고자 하는 대상의 배치를 결정하고 그에 대한 물류 흐름을 분석하는 작업을 한다. 그 다음 단계로 기본적인 규칙을 가지는 기본 논리 모델을 구성하는데 요구 사항의 범위/만족도에 따라 적절한 가정을 통해서 기본 논리 모델이 최종 모델이 될 수 있다. 그렇지 않은 경우에는 이를 기본으로 해서 모델의 구체화 작업에 들어간다. 구체화 작업의 일환으로 각 설비에 대한 요소 모델을 구성하게 된다. 요소 모델들이 구성되어 라인

의 최적화를 위한 공정의 유효성 검증과 시스템 성능 검증이라고 할 수 있다.

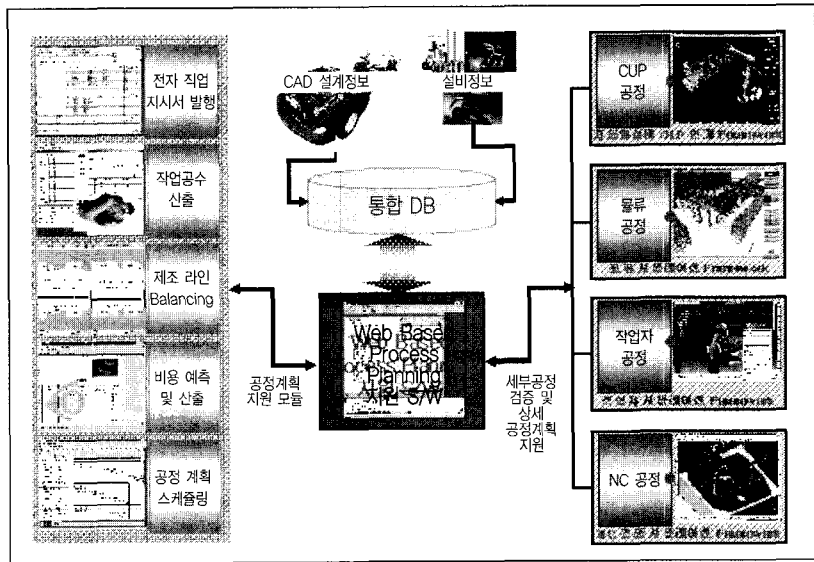


그림 7 디지털 공장 활용 방안에 대한 통합 아키텍처 사례



업을 완성하게 되면 이들을 적절히 배치하여 최종적인 통합 공정 모델을 구축하게 된다.

디지털 공장 통합 및 활용 방안

현재 앞서 언급한 과정 및 단계를 통한 적용 및 연구가 활발하게 진행 중에 있다. 실제 적용되어 사용되지 못하는 시스템은 사장될 수밖에 없다. 현재 디지털 생산 모델은 현업의 검증 및 보완, 새로운 공법 적용을 위한 가능성 검증 등에 실제 부가가치를 창출하며 사용되고 있고 앞으로는 이러한 단계를 넘어서 선박 건조를 위한 전사적 의사 결정, 선박 건조 스케줄링 및 플래닝 등에 실제 활용 될 수 있는 효용성을 가지는 모델을 향해 나아가고 있다. 이를 위해 기존의 시뮬레이션 기술 외에도 PDM, ERP 등 타 시스템과의 인터페이스 구축, 최적화 기술, 동기화 기술, 분산 기술 등에 대한 기초 연구 및 적용성 테스트가 활발하게 진행되고 있다. 그림 7은 현재 진행 중인 디지털 생산 응용 시스템 아키텍처의 예를 보이고 있다.

맺음말

디지털생산은 생산시스템의 물리적, 논리적 구성요소와 거동을 디지털 환경에서 모델을 구축하여 가상 공간에서 미리 생산과정을 시뮬레이션함으로써 신속하고 효율적인 제품개발 및 생산을 하고자 하는 기술이다. 디지털생산 기술은 자동차, 항공, 반도체 산업 등에 활용되기 시작하였다. 디지털 생산은 가상적으로 구축되는 디지털

공장에서 실제 생산과정을 시뮬레이션하는 방법이며, 이를 구축하기 위해서는 체계적이며 일관된 방법론이 적용되어야 한다.

이 글에서는 선박 제조업에 디지털 생산의 개념을 적용시키는 초기 연구 단계의 예로써 선박 생산의 디지털 모델을 구축하는 기본적인 전략을 소개하고 이에 대한 구축 사례를 보였다. 연구중인 디지털 조선소는 서울대학교 해양시스템공학 연구소에서 가상현실로 볼 수 있게 전시되어 있으며, 디지털 공장을 통하여 다양한 조선 공정을 시뮬레이션함으로써 실용성 검증은 물론 교육 자료로도 활용하고 있다.

[참 고 문 헌]

(1) 노상도, 홍성원, 김덕영, 이창호, 손창영, 한형상, “자동차 가상생산 기술 적용 - 차체공장 가상플래트 구축 및 운영,” 2001 한국 CAD/CAM 학회 Workshop 자료집, 한국 CAD/CAM 학회, pp. 342-362.

(2) 신중계, “Introduction to Digital Shipbuilding,” 2001 한국 CAD/CAM 학회 Workshop 자료집, 한국 CAD/CAM 학회, pp. 299-340.

(3) 신중계, 이장현, 우종훈, 김용균, 이종무 “디지털생산을 위한 초기 모델 개발 소개 (조선소 성형공장을 중심으로),” 대한용접학회지, 제20권 제1호

기계용어해설

와이어 방전가공(WEDM : Wire Electric Discharge Machining)

원리 : 직경 0.25 mm 정도의 황동, 구리, 텅스텐 wire를 computer로 제어되는 경로를 따라 2.5~150 mm/s로 떠돌아다니면서 최대 두께 150 mm 방전가공