

디지털생산을 위한 초기 모델 개발 소개

- 조선소 성형공장을 중심으로 -

신종계 · 이장현 · 우종훈 · 김용균 · 이종무

A Digital Manufacturing Model of Shipyard Forming-Shop

Jong Gye Shin, Jang Hyun Lee, Jong Hun Woo, Yong Kyun Kim and Jong Moo Lee

1. 서 론

최근 제조업의 생산시스템은 새로운 국면을 맞이하고 있다. 컴퓨터 기술을 활용한 3차원 CAD (Computer Aided Design), CIMS (Computer Integrated Manufacturing System), FMS (Flexible Manufacturing System), 셀 (Cell) 방식의 생산기법 등이 생산 시스템에 이미 실현되었으며, 인터넷 기반에서 운용되는 정보 통합형 생산 시스템이 활발하게 요구되고 있다. 특히, 생산시스템이 신속하게 제품을 생산할 수 있도록 개방된 정보시스템을 요구할 뿐만 아니라 생산 활동에 관여하는 모든 구성 요소들을 정보화해야 할 필요가 생겼다. 전사적 기업관리(ERP: Enterprise Resource Planning)시스템 등을 중심으로 기업의 활동을 유지적으로 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. 본 고에서는 새로운 제조 패러다임으로써 디지털생산을 소개하고 디지털 생산을 조선 산업에 적용하는 과정에 대하여 소개하고자 한다.

2. 디지털생산(Digital Manufacturing)

2.1 디지털생산 기술

디지털생산¹⁾과 동일한 의미를 가지는 용어로 가상생산 또는 가상제조를 사용한다. Digital/ Virtual

Manufacturing, 또는 Digital/Virtual Production 이란 제조업의 전 과정에 포함된 설계·생산·엔지니어링 정보와 노하우 등 생산시스템의 물리적 논리적 구성 요소와 거동을 엄밀하게 모델링 하여 전산화하고, 가상현실(virtual reality) 기술로 가시화 하여 컴퓨터 내에서 제조 과정을 미리 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 디지털생산은 실제 생산에서 발생할 수 있는 문제점을 방지하여 비용과 시간의 낭비를 최소화할 수 있다. 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 PDM을 통하여 구축된 제품의 Digital Mockup과 가상현실(VR: Virtual reality) 기술을 이용하여 구축된 가상공장 (Virtual Factory)을 필요로 한다. 그리고 CAX(CAD, CAM, CAD, CAPP, etc.) 프로그램 및 모든 정보 시스템간의 통합을 바탕으로 이루어진다. 상용화된 가상생산 지원 도구로는 다쏘시스템 社 (Dassault Systems)의 DELMIA 제품군이 널리 사용되고 있으며 테크노매틱스 테크놀러지 社 (Tecnomatix Technologies)의 RoboCAD 제품군도 활용되고 있다.

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

2.2 디지털생산 적용 사례

2.2.1 자동차 산업 분야

이미 1980년대부터 기계화에 의존한 자동화 공정을 근간으로 여겼던 자동차 업체는 이러한 가상생산(Digital Manufacturing) 기술을 도입하여 뚜렷한 생산성 향상을 가져온 예가 이미 보고되고 있다. Daimler Chrysler는 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 2천만 불의 절감효과를 가져왔다고 보고하고 있다. Toyota 자동차는 V-COMM(Visual and Virtual Communication), CASE 프로젝트를 통하여 디지털 목업과 가상조립(Digital Assembly) 기술을 활용하고 있다. Mazda 자동차도 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.

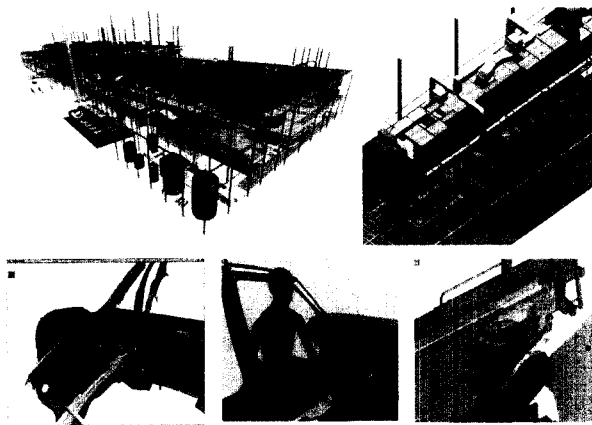


Fig. 1 Presentation of virtual manufacturing

2.2.2 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 도입한 예는 없으나, 대형 조선소를 중심으로 선박 설계를 위한 3차원 CAD 프로그램을 개발하고 그에 따른 PDM 구축을 시도하고 있는 중이다. 가상생산 시스템을 활용하기 위해서는 3차원 CAD

시스템이 반드시 필요한 기술적 특성을 감안한다면 국내의 일부 대형조선소는 가상생산 기술을 활용하기 위한 토대를 갖추고 있다고 판단된다.

국내의 대학으로는 서울대학교의 디지털선박신기술센터(Digital Shipbuilding Innovation Center)를 중심으로 현재 조선 분야의 가상생산 기술을 연구하고 있다. 특히, 2001년 12월부터 산업자원부 및 정보통신부의 지원을 받아 서울대학교와 삼성중공업을 중심으로 가상생산기술을 활용한 디지털 통합건조 공법 개발을 시작하고 있다.

외국의 경우 미국의 NIDDESC, MARITECH 등의 프로젝트, 유럽의 NEURTABAS, MARITIME 등의 프로젝트 등을 통해서 국가적 차원에서 자금을 투자해서 새로운 조선 산업의 정보 인프라 구축을 위해 십 수 년 전부터 노력하고 있다. 미국 해군은 프랑스의 다쏘 시스템과 공동으로 가상 생산 시스템 구축에 필요한 3차원 선체 설계 시스템의 개발에 나섰고 NSRP(National Ship Research Program)을 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 산업에서 새로운 기술의 리더로 부각하고자 노력하고 있다.

3. 조선 산업에서 디지털생산 적용

조선소의 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.

자동차 산업과 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.

본 고에서는 선박 제조업에 디지털 생산의 개념을 적용시키는 초기 연구 단계의 예로써 선박 생산의 디지털 모델을 구축하는 기본적인 전략을 소개하고 구축 예를 보이고자 한다. 구축한 예는 A조선소의 외판 성형 공장을 대상으로 하였다.

3.1 적용 전략

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

3.1.1 제품, 공정, 설비의 객체 모델

제조업의 목적은 설비(Resource)를 사용해서 주어진 공정(Process)을 통해 제품(Product)을 경제적, 효율적으로 생산하는 것이다. 기존의 제조업에 대한 분석은 주로 설비의 기능에 중심을 두고 순차적인 방법으로 제조 시스템에 대한 분석이 수행되어 왔다. 하지만 자원의 기능에 중심을 가지는 순차적인 방법으로는 점점 복잡해지는 시스템을 효과적으로 분석하는데 어려움이 따른다. 조선업과 같이 거대 시스템의 효율적인 분석을 위해서는 자원과 더불어 자원이 생산하는 제품과 자원 또는 중간 단계의 제품이 가지는 공정 정보가 동시에 고려되어야 한다. 따라서 디지털생산 시스템에서는 효율적인 시스템 분석 및 구축을 위하여 제조 시스템에 관여하는 구성 요소를 제품, 공정 그리고 설비 객체로 구별하고 이들의 일관되고 통합된 모델을 구축한다. Fig. 2에서는 조선소의 구성을 PPR(Product, Process, Resource) 개념으로 분석한 객체 모델링을 보이고 있다.

3.1.2 객체 지향 방법론

제조 시스템은 그 구성 요소들이 복잡하게 얽혀 있기 때문에 시스템 설계를 위해서는 논리적인 방법을 통해

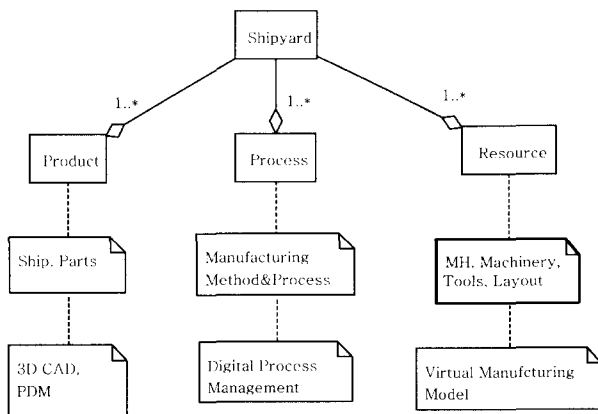


Fig. 2 PPR(Product-Process-Resource) diagram of shipyard

모델을 분석하는 것이 가장 중요하다고 할 수 있다. 시스템 특성을 묘사하는 여러 모델링 도구들은 이미 많이 개발되어 사용되고 있다. 시스템 분석에 있어서 IDEF, ROOM, PetriNet, OMT방법 등이 사용되고 있다. 이 방법론들 중에서 객체지향 분석 방법(Object Modeling Technology)은 시스템을 체계적으로 분석하고 개발함으로써 시스템의 복잡함에 대한 이해를 도와주며, 거대 시스템 개발에 있어서 시스템의 적응성을 확보할 수 있는 방법이다. 객체 지향 방법론에서는 객체 모델(Object Model), 동적 모델(Dynamic Model), 기능 모델(Functional Model)의 세가지 측면에서 시스템을 모델링 한다. 이들은 서로 독립적이고 서로의 구조와 목적하는 바가 다르지만 시스템을 기술하는데 반드시 필요한 모델들이다. 이 세 모델들은 개발이 진행됨에 따라 발전적으로 진화하게 된다. 객체 모델링은 분석 단계(Analysis), 설계 단계(Design), 구현 단계(Implementation)를 거쳐서 진행 된다. 분석 단계에서는 응용 영역에 대한 모델이 구현과는 무관하게 구성 된다. 설계 단계에서는 모델에 해결 영역의 요소들이 첨가되고 구현 단계에서는 응용 영역과 해결 영역의 요소들이 실제로 만들어진다.

객체 중심의 분석 및 모델링 방법은 최근 들어 UML(Unified Modeling Language)로 통합되었으며, 그 표기법 및 개념이 가장 효과적인 객체 지향 모델링 및 분석방법으로 알려져 있다. UML은 8가지 다이어그램으로 나타난다. 시스템의 정적인 면을 나타내는 객체 다이어그램(Class Diagram)이 있고 동적인 면을 나타내는 협동 다이어그램(Collaboration Diagram), 순차 다이어그램(Sequence Diagram), 상태 다이어그램(State Chart Diagram), 행위 다이어그램(Activity Diagram), 배치 다이어그램(Deployment Diagram), 요소 다이어그램(Component Diagram)으로 구성되어 있다. 이와는 별도로 용례 다이어그램(Usecase

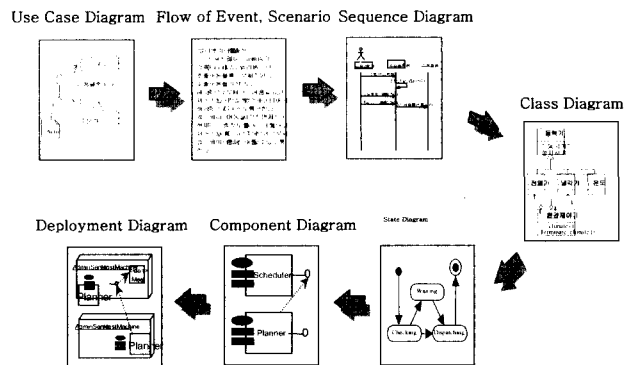


Fig. 3 Procedure of the general UML development

Diagram)이 존재한다. 이러한 다이어그램을 이용한 일반적인 UML 개발 과정을 Fig. 3에 보이고 있다.

3.2 가상 성형 공장 구축 사례

3.2.1 제조시스템 분석 분석

조선소의 성형 공장에 대한 디지털 모델을 구축하기 위한 초기 단계로 앞서 언급한 객체 지향 방법론에 기반하는 UML을 사용하여 성형 공장에 대한 분석을 수행한다.

용례 다이어그램(Usecase Diagram)의 목적은 구축하고자 하는 시스템에 대한 요구사항을 구체화/객체화시키는 과정이다. 외판 성형 공장은 절단, 냉간 굽힘, 열간 굽힘, 운송이라는 구체적인 기능을 한다. 각각의 기능이 용례(Usecase)로 표현이 된다. 이에 대한 다이어그램을 Fig. 4에 보이고 있다.

시스템의 요구사항을 규명한 다음 단계로서 시스템의 객체를 규명하고 객체 사이의 관계를 정의하게 된다. Fig. 5에서는 상세 분석에 앞서 외판 성형 공장을 PPR의 패키지(Package)로 구분하는 다이어그램을 나타내고 있다. 이에 따라 외판 성형 공장의 객체와 그 관계들을 Fig. 6에 보이고 있다. Fig. 6의 객체 다이어그램을 보면 성형 공장을 물리적으로 표현하는 셀이라는 객체가 성형 공장 객체의 조합으로 정의를 하고 이 셀이라는 객체가 제품(Product), 공정(Process), 자원(Resource)으로 구성되도록 객체간의 구조를 정의했다.

3.2.2 제품 모델링 및 시뮬레이션

제품 모델링은 광범위한 관점에서는 설계의 초기 단계에서부터 3차원 형상 모델링을 시발점으로 하는 PDM(Product Data Management)으로 체계화 시켜야 한다. 제조 또는 건조하고자 하는 선박 및 부품의

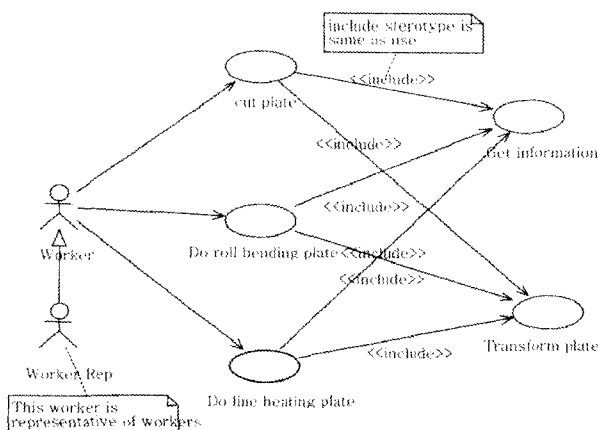


Fig. 4 Use-case diagram for the fabrication shop

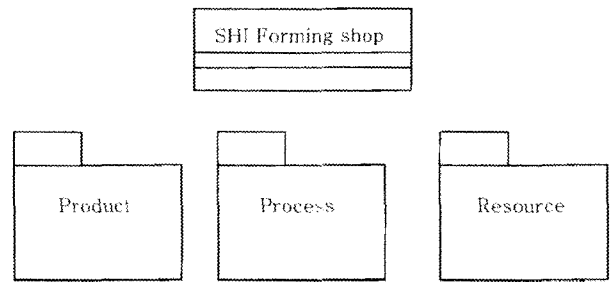


Fig. 5 PPR grouping of Class & Package

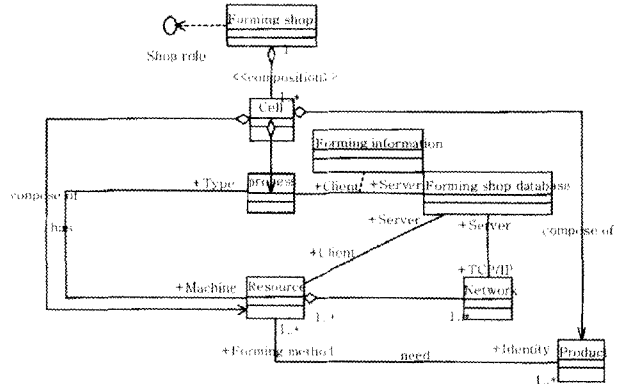


Fig. 6 Class diagram of the fabrication shop

초기 설계에서부터 3차원 CAD를 통한 제품 정보가 구축이 되어야만 가상생산 모델을 이용하여 생산공정을 쉽게 시뮬레이션 할 수 있다.

Fig. 7에서는 선박 건조 과정에서 각각 소조립, 중조립, 대조립의 단계를 거치는 블록의 조립 시뮬레이션의 사례를 보이고 있다. 본 사례는 Dassault Systems社의 CATIA로 3차원 모델링을 수행하고 이를 이용해서 DELMIA社의 IGRIP/Assembly으로 조립의 적법 여부를 시뮬레이션 한 것이다.

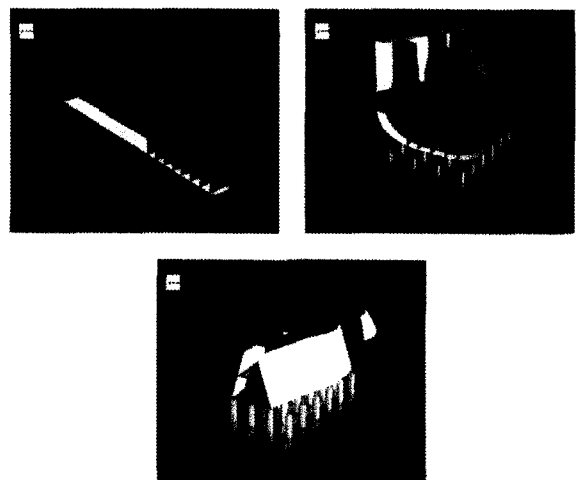


Fig. 7 An example of assembly model

3.2.3 자원 모델링 및 시물레이션

제품을 생산하기 위하여 필요한 자원은 각각의 단위 공장과 내부의 단위 작업 기계, 그리고 AUV와 같은 운송 수단, 작업자 등을 포함하는 객체이다. 제품은 이러한 자원을 통해서 생산된다. 이러한 각각의 자원을 3차원 가상현실 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 구축하고자 한다. 자원 모델링의 목적은 실제 데이터에 근거한 가상 설비의 구현, 단위 공정의 작업 검증 그리고 공장 배치의 타당성 검증이다.

조선소 성형 공장의 시물레이션을 위해 가시적인 효과를 위해서는 3차원 모델링이 필요하다. CATIA를 이용해서 모델링 한 성형 공장 설비의 요소들을 Fig. 8에 보이고 있다. 3차원으로 모델링 한 설비들은 범용 시물레이션 응용 프로그램인 DELMIA社의 IGRIP을 이용하여 시물레이션을 수행하였다. 이를 위해서 3차원 설비 모델링 요소들은 조립을 한 후 설비의 거동에 적합한 운동학적인 특성을 부여한다. 각 설비의 모델링을 Fig. 9에 보이고 있다.

이렇게 구성된 설비 시물레이션 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.

3.2.4 공정 모델링 및 시물레이션

공정 모델링을 이용한 시물레이션은 설비 모델링을 이용한 시물레이션과는 차이가 있다. 시물레이션의 목적이 자원 모델링의 경우에는 주로 물리적, 기구학적인

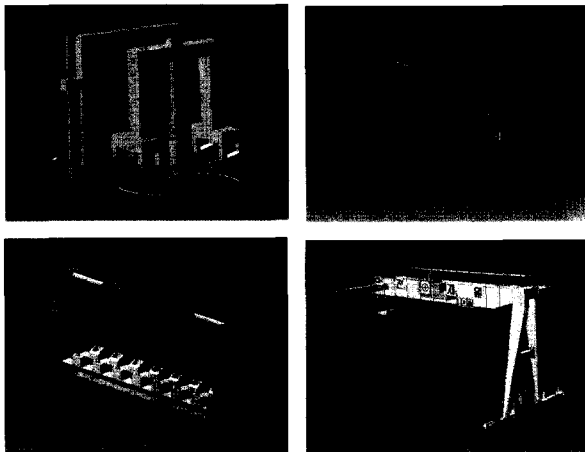


Fig. 8 Geometric model of resources in the forming shop

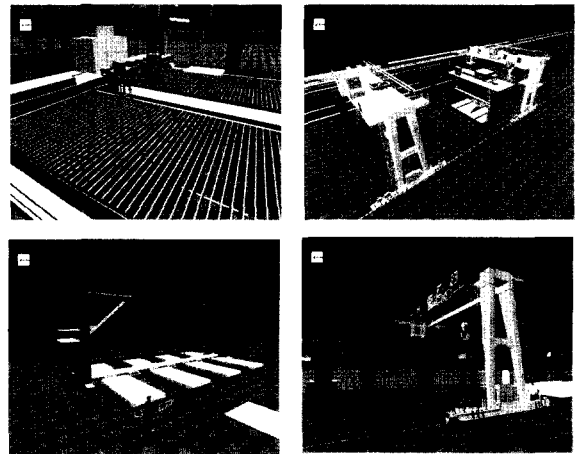


Fig. 9 Virtual manufacturing model of resources

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.

외관 성형 공장의 시스템으로서의 접근 관점은 이산 시스템 (Discrete system), 동적 시스템 (Dynamic system), PDM + 확률 시스템 (Product defined + Stochastic system)으로 요약될 수 있다. 물류 시물레이션을 위해서 이산 사건 기반의 범용 시물레이션 프로그램인 QUEST를 이용했다. QUEST를 이용한 조선소 성형 공장의 물류 흐름 시물레이션을 통해서 시스템의 효율(Utilization/Inventory)과 생산량(Throughput)을 알아보하고자 한다. 이를 통한 최종 목적은 물류 흐름의 최적화를 위한 공정의 유효성 검증과 시스템 성능 검증이라고 할 수 있다.

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 라인업을 완성하게 되면 이들을 적절히 배치하여 최종적인 통합 공정 모델을 구축하게 된다. 이에 대한 과정을 Fig. 10에 보이고 있다.

레이아웃 (Layout)

외관 성형 공장은 절단 공정, 프레스 공정, 롤 프레

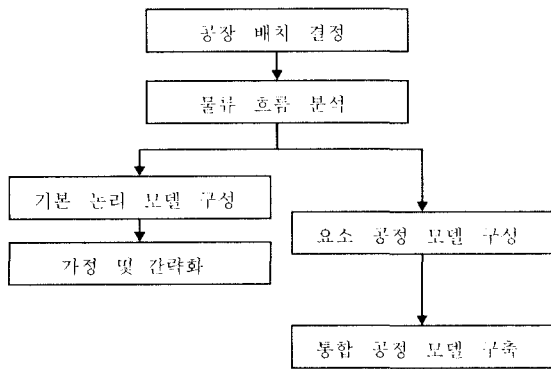


Fig. 10 Procedure of the process modeling

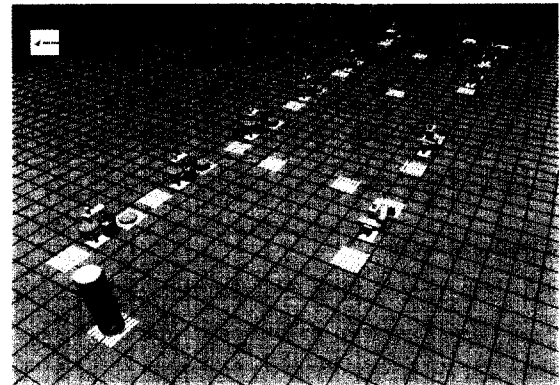


Fig. 12 Logical model of process modeling

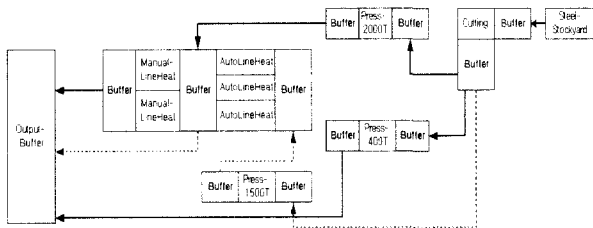


Fig. 11 Layout

스 공정, 자동 곡면가공 공정, 수동 곡면가공 공정, 프로파일 굽힘 공정을 포함한다. 구축하고자 하는 물류 시뮬레이션 모델은 Fig. 11과 같은 layout으로 구성되어 있다.

물류 흐름 분석 (Material flow)

공정 시뮬레이션을 엄밀하게 분석하기 위해서는 정밀한 입고, 출고에 대한 정보가 필요하다. 물류 흐름에 대한 검토 및 가정을 통해 공정 시뮬레이션에 대한 물류 흐름 정보로 이용한다.

기본 논리 모델 (Logical model) 구성

주어진 레이아웃을 토대로 물류 정보를 사용해서 기본적인 논리 모델을 구성한다. 기본 논리 모델은 주어진 레이아웃의 특성과 가정이 포함된 설비들의 시간에 대한 정보를 고려해서 구성하게 된다. 기본 논리 모델은 공정 물류 시뮬레이션에 대한 기본적인 틀을 마련해준다. 기본 논리 모델을 이용한 시뮬레이션 장면을 Fig. 12에 보이고 있다.

요소 공정 모델 (Component process model) 구성

기본 논리 모델에 대한 공정 모델의 현실성 및 실제성을 위해서 각 자원의 공정을 엄밀하게 고려한 요소 공정 모델을 구축한다. 요소 공정 모델은 각 자원이 작업을 하게 되는 공정에 대한 엄밀한 분석을 통해서 구축되게 된다. Fig. 13에서 롤프레스 설비에 대한 요소

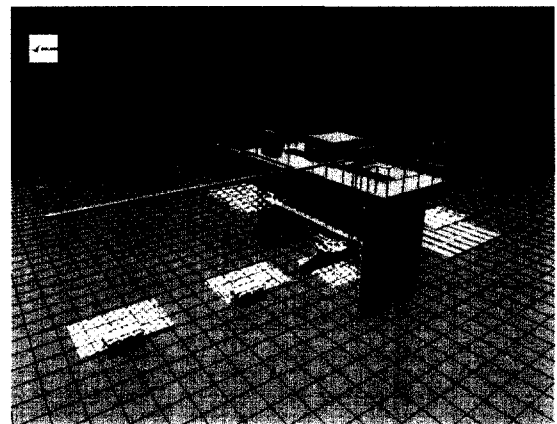


Fig. 13 Component process model of roll press machine

공정 모델의 구현에 대한 일례를 보이고 있다.

통합 공정 모델 (Integrated process model)

앞선 일련의 과정을 통해서 공정의 정보와 기하학, 운동학적 정보가 반영된 통합 공정 모델이 구축된다. 통합 공정 모델은 공정 시뮬레이션 모델로써 실제 공장에서 공정과 관련된 정보를 최대한 반영해준다. 통합

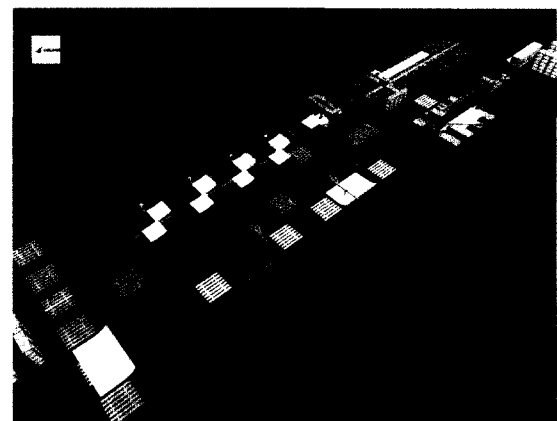


Fig. 14 Integrated process model

공정 모델을 이용해서 현재 운용되고 있는 공정의 생산성 및 효율성을 판단할 수 있고 이를 바탕으로 문제점에 대한 대안 및 새로운 공정에 대한 제안을 할 수 있다. 조선소 외판 성형 공장에 대한 통합 공정 모델을 Fig. 14에 보이고 있다.

시뮬레이션 결과

외판 성형 공장의 물류 시뮬레이션을 통해서 다음과 같이 각 설비의 가동률 (Table 1), 생산된 제품의 수 (Table 2), 대기중인 제품의 수 (Table 3) 등을 체계적으로 예측할 수 가 있다.

Table 1 Utilization of the resource

Cutting	99.70%
Roll Press(1500ton)	64.34%
Roll Press(400ton)	18.85%
Roll Press(2200ton)	72.57%
Lineheating A1	71.53%
Lineheating A2	44.69%
Lineheating B1	90.39%
Lineheating B2	87.73%
Lineheating B3	86.42%
Lineheating B4	82.65%
평균 가동률	71.88%

Table 2 Throughput

Product	Quantity
Part 1	56IP3
Part 2	39
Part 3	40
Part 40	8
Part 5	4
Part 60	120

4. 결 론

디지털생산 또는 가상생산 기술은 생산제조에 관여하는 물리적, 논리적 구성요소를 컴퓨터 모델로 구축하여 가상 공간에서 미리 생산함으로써 신속하고 효율적인 제품개발 및 생산을 하고자 하는 기술이다. 디지털생산 기술은 대량생산 제조업인 자동차, 반도체 산업등에 활용되기 시작하였다.

디지털 선박생산 기술은 대표적인 주문형 소량 제조업인 조선 산업기술과 가상생산 기술 결합으로 탄생되

Table 3 Interim Product

	IP1	IP2	IP3	IP4
Buffer1	0	0	0	1
Buffer2	1	0	1	0
Buffer3	126	0	0	0
Buffer4	0	3	0	0
Buffer5	0	0	0	5
Buffer6	0	0	0	4
Buffer7	0	0	0	1
Buffer8	0	0	0	1
Buffer9	0	0	0	1
Buffer10	0	0	0	4
Buffer11	0	0	0	4
Total	128	4	1	21

는 신개념의 선박 생산 시스템이다. 디지털생산 시스템을 구축하기 위하여 생산 시스템을 객체지향 분석법으로 모델링하는 과정을 소개하였고, 조선소의 외판 성형 공장을 대상으로 시스템 분석법을 적용한 예를 보였다. 시스템 분석을 구현하는 방법으로 가상생산 기법과 공정 시뮬레이션 기법을 사용하여 공정의 변화에 따른 생산성 분석이 가능하도록 일련의 분석법을 소개하였다.

참 고 문 헌

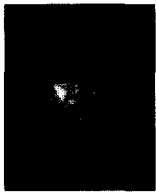
1. 노상도, 홍성원, 김덕영, 이창호, 손창영, 한형상 : “자동차 가상생산 기술 적용 - 차체공장 가상플랜트 구축 및 운영.” 2001 한국 CAD/CAM 학회 Workshop 자료집, 한국 CAD/CAM 학회, 342-362.
2. 신종계 : “Introduction to Digital Shipbuilding.” 2001 한국 CAD/CAM 학회 Workshop 자료집, 한국 CAD/CAM 학회, 299-340. the fabrication shop



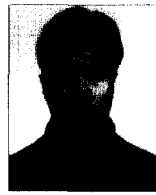
• 신종계(辛鐘桂)
 • 1955년생
 • 서울대 조선해양공학과, 디지털선박신기술센터
 • 선박 생산 시스템 공학, 디지털생산, 충돌 역학, 용접해석
 • e-mail: jgshin@snu.ac.kr



• 이장현(李長鉉)
 • 1969년생
 • 서울대 공학연구소, 디지털선박신기술센터
 • 선박 생산 시스템 공학, 디지털생산, 용접해석
 • e-mail: jhlsk@gong.snu.ac.kr



- 우종훈(禹宗熏)
- 1975년생
- 서울대 대학원, 디지털선박신기술 센터
- 선박 생산 시스템 공학, 디지털 생산
- e-mail: whdgnssl@casper.snu.ac.kr



- 이종무(李宗茂)
- 1976년생
- 서울대 대학원, 디지털선박신 기술 센터
- 선박 생산 시스템 공학, 디지털 생산
- e-mail: x909@snu.ac.kr



- 김용균(金勇均)
- 1976년생
- 서울대 대학원, 디지털선박신기술 센터
- 선박 생산 시스템 공학, 디지털 생산
- e-mail: kygl@snu.ac.kr