

객체지향 모델을 이용한 디지털 가상공장의 파라메트릭 모델링에 관한 연구

윤태혁*(성균관대학교 대학원 산업공학과), 노상도(성균관대학교 시스템경영공학과)

Parametric Modeling of the Digital Virtual Factory using Object-Oriented Methods

Tae Hyuck Yoon (Department of Industrial Engineering, SungKyunKwan University)
Sang Do Noh (Department of systems management Engineering., SungKyunKwan University)

ABSTRACT

Digital Manufacturing is a technology to facilitate effective product developments and agile productions by digital environments representing the physical and logical schema and the behavior of real manufacturing system including manufacturing resources, processes and products. A digital virtual factory as a well-designed and integrated environment is essential for successful applications of this technology. In this research, we constructed a sophisticated digital virtual factory by measuring and 3-D CAD modeling using parametric methods. Specific parameters of each objects were decided by object-oriented schema of the digital factory. It is expected that this method is very useful for constructions of a digital factory, and helps to manage diverse information and re-use 3D models.

Key Words : 디지털가상공장(Digital Virtual Factory), 객체지향모델(Object-Oriented Model), 파라메트릭 모델링 (Parametric Modeling)

1. 서론

근래의 제조회사들은 점차 격화되는 글로벌 경쟁과 극도로 다양한 고객들의 요구 하에서 정확한 예측이 불가능할 정도로 급변하는 환경에 처해있다. 이에 따라 소비자가 원하는 기능과 성능을 보유한 우수한 품질의 저렴한 제품을 얼마나 신속하게, 적기에 시장에 출시할 수 있느냐 하는 것이 경쟁력 확보와 기업 생존을 위한 필수적인 문제가 되었다. 이러한 문제의 해결을 위해 제품기획 및 개발과 제조의 두 분야를 중심으로 공급망(supply chain) 전체에 걸친 협업(engineering collaboration)과 신속성(agility)의 달성이 요구되고 있으며, 대량생산방식(mass production)에서 적시/적량생산방식(lean production)으로 발전해 온 제조시스템도 최소의 리드타임(lead time)을 갖는 민첩한 시스템으로의 전환을 요구받고 있다.¹⁾ 제조기업들은 협업적 제품 개발과 신속 제조를 위하여 e-Manufacturing 체제의 구축을 위해 다양한 노력을 경주하고 있으며, 이의 실현을 위해서 제품, 공정, 제조시스템에 대한

디지털화 기술인 디지털 가상생산(digital virtual manufacturing)에 대한 다양한 연구를 활발히 진행하고 있다.²⁾

디지털 가상생산(digital virtual manufacturing)은 “생산시스템의 물리적, 논리적 구성요소들과 거동을 엄밀하게 모델링하여 통합된 디지털 모델을 구성하고, 3차원 CAD, 시뮬레이션 등 다양한 컴퓨터 기술들을 활용하여 생산의 전 과정에 걸쳐 각종 오류의 사전 검증과 효율적 의사결정을 수행함으로써 신속하고 효율적인 제품 개발 및 제조를 실현하려는 기술”이다.³⁾ 디지털가상공장(digital virtual factory)은 설계 초기 단계부터 제품(product), 공정(process), 자원(resource), 툴링(tooling), 조립(assembly), 레이아웃(layout) 등을 가상생산의 관점에서 보고 3차원 CAD로 모델링하여 제품개발, 생산준비, 제조 프로세스를 바탕으로 필요한 모든 자원을 통합하여 제공하는 디지털 모델이며, 공장에서 일어나는 모든 제조활동에 대해 전 라이프 사이클(life cycle)에 걸쳐 가상생산 기술을 적용하는데 핵심 기반이 된다.

일반적으로 디지털가상공장의 구축 효과는 첫째, 제품개발에 있어서 새로운 아이디어의 개발과 관리 과정에서의 생산가능성을 바로 검증할 수 있으며, 둘째, 제품설계 부문에서는 가상 시제품(virtual prototype)의 제작으로 제품의 시각화, 성능 분석, 가상 시험, 그리고 생산 용이성 및 효율의 평가가 가능해지고, 셋째, 제조 부분에서는 제조설비의 사양 결정, 공정 및 레이아웃 최적화, 최적화된 공정 계획 및 생산계획의 효율적인 작성, 그리고 생산성 향상 및 비용 절감이 가능하며, 넷째, 정보공유 및 관리 측면에서 제품설계와 제조과정의 통합을 통한 협업의 실현과 생산시스템 전반에 대한 정보 기반(information infrastructure)의 구축, 제품의 전 수명주기에 걸친 업무의 정립과 관리, 그리고 엔지니어들 사이의 용이한 의사소통과 협의의 달성이 가능해진다는 것을 들 수 있다.^{3),4)}

본 논문은 디지털가상공장을 효과적으로 구축, 운영하기 위한 것으로, 객체지향 방법론(Object-Oriented model)을 적용한 각종 설비들의 분석 및 정보 모델 수립과 이를 기반으로 수행되는 측정 및 파라메트릭 모델링 과정, 그리고 구성된 디지털공장의 활용 사례에 대해 소개하고자 한다.

2. 객체지향 모델과 파라메트릭 모델링

객체지향 모델은 자료와 절차를 그룹화한 객체(object)와 슈퍼 클래스(super-class) 및 서브 클래스(sub-class)의 관계로 정의되며, 모든 객체들은 다른 객체들과 구분이 되는 하나의 고유한 속성(attribute)을 가지고 있다. '객체'는 '1공장 건물 동쪽 외벽' 등과 같이 공장에 있는 실물을 대표하는 하나의 개념으로서 모든 객체들은 다른 객체들과 구분되는 자기만의 고유한 속성을 가지게 된다. 클래스란 비슷한 속성을 가지는 객체들의 집합을 나타내는 추상적인 개념이며, 각각의 클래스는 소속 객체의 공통 특성을 구체적으로 기술할 수 있는 속성들을 가지고 있다. 예를 들면, 컨베이어(conveyor), 매자닌(mezzanine), 랙(rack) 등은 클래스이며, 길이, 높이, 두께 등은 각각의 클래스 속성이다.⁵⁾ 본 논문에서는 객체와 클래스, 상속(inheritance)의 개념을 적용하여 디지털공장의 여러 설비들을 분류, 각각의 특성을 정의하였으며, 이를 통하여 각종 설비들의 정의, 형상과 치수의 측정, 그리고 파라메트릭 모델링 방법 구현을 위한 파라미터 정의가 가능하도록 하였다.

또한 본 논문에서는 디지털공장의 신속하고 효율적인 모델링과 모델 유지보수를 위해서 객체지향 모델에 기반한 파라메트릭(parametric) 모델링을 수행 하였다. 파라메트릭 모델링은 실제 모델과 정

의된 클래스를 바탕으로 생성된 객체 사이의 일대일 대응이 가능하도록 하며, 이를 바탕으로 높은 모듈성(modularity), 유지보수성(maintainability), 재사용성(reusability)을 얻을 수 있다. 우선 각각의 설비들에 대해 상위 클래스, 서브 클래스 그리고 서브 클래스의 하위 항목으로 속성들을 정의하고 이를 바탕으로 디지털공장의 구축에 필요한 각 설비들에 대한 주요 파라미터들을 결정, 모델링을 위한 라이브러리 구축에 사용함으로써, 디지털가상공장의 구축에 파라메트릭 모델링 방법의 적용이 가능하도록 하였다.

3. 디지털가상공장 구축

3.1 디지털가상공장 구축 절차

디지털가상공장은 설계 최초 단계부터 제품(product), 공정(process), 자원(resource), 툴링(tooling), 조립(assembly), 플랜트 레이아웃(plant layout) 등을 디지털 가상생산의 관점에서 보고 3차원 CAD를 기반으로 모델링하여 제품의 개발, 제품 개발 프로세스 및 필요한 자원과 통합 환경을 제공하는 컴퓨터 모델이며, 일반적으로 <Fig. 1>과 같은 구축절차를 단계별로 수행하게 된다.

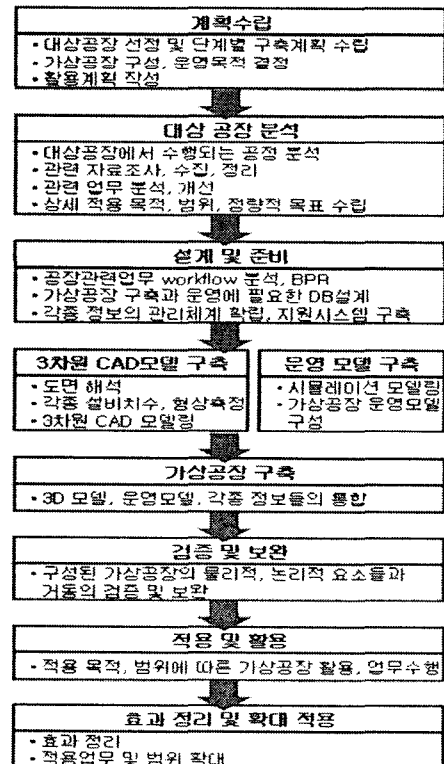


Fig. 1 The process of building digital virtual factory

디지털가상공장의 구축에는 많은 수행시간과 비용 및 인력의 투입과 여러 부서들 간의 협업이 필요하다. 이를 위해서는 먼저 구축하게 될 디지털공장에 관련되어 있는 여러 부서들 간의 업무 분석, BPR(Business Process Reengineering) 등 시스템공학적 접근 방법을 통해서 구체적인 단계별 적용계획을 수립해야 하며, 각 업무의 효율적 수행을 통해 비용 절감, 기간 단축, 신뢰성 향상 등을 달성해야 한다.

특히, 디지털공장의 구축에는 <Fig. 1>에서 진하게 표시된 부분과 같이 도면 해석, 각종 설비의 치수 및 형상 측정을 통한 3차원 CAD의 모델 구축이 핵심 사항이며, 본 논문에서는 디지털공장의 구축을 효과적으로 수행하기 위해 객체지향 방법에 기초한 정보 분석, 모델 수립과 측정 및 파라메트릭 CAD 모델링 기법을 사용하였다.

3.1.1 객체지향 방법에 의한 분석과 모델 수립

본 논문에서는 객체 지향 모델링의 정의에 따른 객체와 클래스의 개념을 디지털가상공장의 모든 물리적인 요소, 즉, 설비, 장비, 구조물 등에 적용하였으며, 클래스간의 관계 설정으로서 '상속' 개념을 적용하였다. <Fig. 2>은 일반적인 공장의 설비와 생산 환경을 정의한 객체지향 모델 스키마(schema)이다.

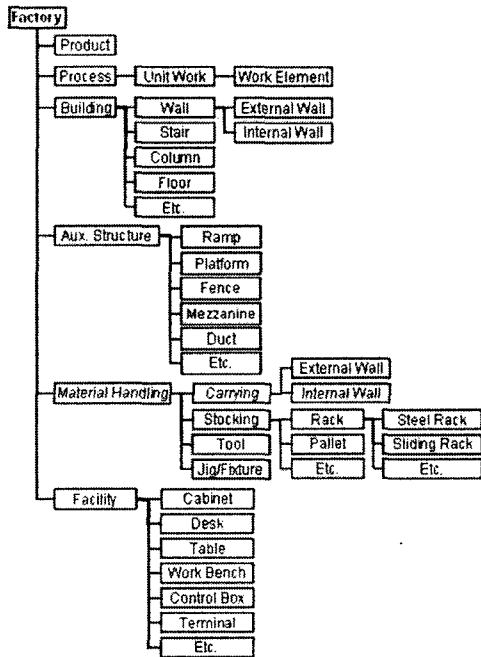


Fig. 2 Object-Oriented model of digital virtual factory

공장의 객체지향 스키마는 크게 제품(product), 공정(process), 건물(building), 기타 구조물(aux. structure), 물류장비(material handling), 그리고 각종 장비류(facility) 클래스로 나뉘며, 공정 클래스는 단위작업(unit work)과 요소작업(work element)으로, 기타 구조물 클래스는 경사면(ramp), 플랫폼(platform), 안정망(fence), 메자닌(mezzanine), 덕트(duct) 등으로 구분된다. 물류장비 클래스에는 운반용(carrying), 저장용(stocking), 각종 공구류(tool)와 치공구(jig/fixture) 클래스가 포함되며, 장비류 클래스에는 캐비닛(cabinet), 책상(desk), 컴퓨터(terminal) 등 다양한 서브 클래스가 속하게 된다.

3.1.2 객체지향방법에 의한 설비의 파라메트릭 모델링

1) 메자닌(mezzanine)

메자닌은 공장에서 흔히 볼 수 있는 형태의 구조물이며, 4개의 I, H, 또는 사각 빔 위에 지붕이 덮혀있는 형태를 가지고 있다. 메자닌을 모델링하기 위해서는 메자닌이 설치되는 기준 높이가 필요하며, 그림과 같이 메자닌의 두께, 메자닌에 존재하는 레일의 높이, 그리고 사다리과 계단의 위치 및 형상에 관계된 파라메터들이 필요하다. <Fig. 3>은 메자닌의 파라메트릭 모델링 결과를 보여준다.

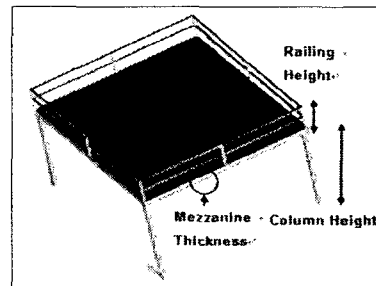


Fig. 3 The parametric model of mezzanine

2) 랙(rack)

공장에서 조립할 대부분의 부품은 박스에 담겨서 랙에 위치하여 저장, 운반되며, 작업자들에 의해 사용된다. 하지만 랙은 그 형태가 다양해서 공장 모델링 소프트웨어만으로 모델링 하는 것은 어려움이 있다. 이 문제를 해결하기 위하여 별도로 파라메트릭 모델링 기능을 가지는 외부 프로그램을 개발하였다. 개발된 프로그램은 입력된 파라메터에 따라 모델을 구성하고, 그 결과를 VRML 파일로 생성하며, 자동으로 VRML 파일을 변환하는 기능을 갖는다. <Fig. 4>는 슬라이딩 랙의 주요 특징 파라메터

값을 보여주고 있고, <Fig. 5>은 파라메트릭 모델링 결과이다.

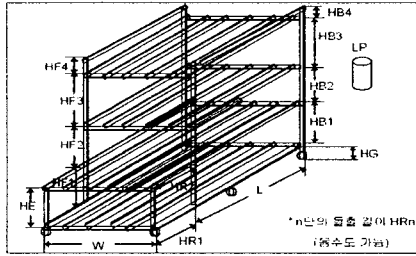


Fig. 4 Definition parameters of the sliding rack

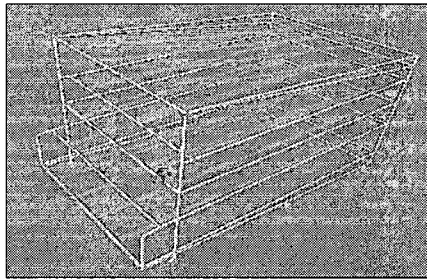


Fig. 5 The parametric model of sliding rack

위에서 보여준 메자닌이나 랙 외에도 클래스로 정의했던 공장의 각 설비, 구조물에 대해서 필요한 파라미터를 측정하고 파라메트릭 모델링을 수행하여 디지털가상공장을 구축하게 된다.

3.2 디지털가상공장의 활용

디지털가상공장을 구축함으로써 <Fig. 6>과 같이 각종 설비와 시설 등 디지털가상공장의 3차원 CAD 모델 상에서 간섭 확인, 자재배치, 작업성 검토 등 디지털 환경에서 다양한 엔지니어링 수행에 활용이 가능해진다. 또한 작업자, 치공구, 설비, 로봇 등이 포함된 작업장 시뮬레이션 모델을 통합하여 공장전체의 시뮬레이션 모델을 구성할 수 있다. 즉, 구축한 디지털 가상공장을 이용하여 생산흐름, 물류 시뮬레이션을 수행함으로써 물류 흐름 파악, 문제 도출 및 대안 검토를 3차원 모델을 기반으로 시각적으로 수행하는 것이 가능하고, 생산능력, 병목작업 등을 사전에 정확하게 평가해 생산시스템의 최적화를 기할 수 있다. 이러한 결과는 추후 공급망이나 조달 등에 대한 고도로 계층화된 시뮬레이션 모델로 발전시켜 생산계획의 초기 단계에서 정확한 판단을 내릴 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 추후 시뮬레이션의 결과를 디지털공장의 3차원 모델에 반영시키면, 자재 저장량, 저장 공간 문제를 엄밀하게 검토하고, 이를 바탕으로 저장면적, 저장

정책 등 물류방안을 수립할 수 있을 것이다. <Fig. 7>은 가상공장을 이용해서 물류분석을 수행한 예이다.

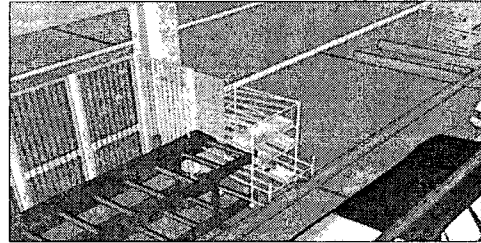


Fig. 6 Check interference using Digital virtual factory

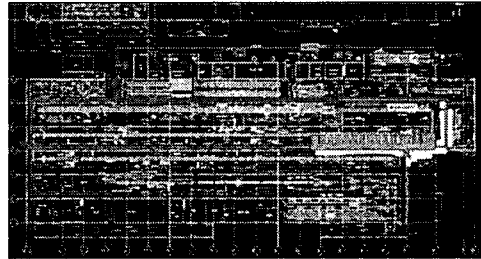


Fig. 7 Material flow analysis

4. 사례연구

본 논문에서 제시한 디지털가상공장 구축기술을 자동차회사의 조립공장에 적용해 보았다. 논문에서 제시한 파라메트릭 모델링 기법을 적용함으로써 비교적 짧은 기간에 신속하고 효율적으로 측정과 모델링 작업을 수행할 수 있었는데, 일반적인 방법으로 최소 2달 이상 소요되는 작업을 14일이라는 짧은 기간에 모두 완료할 수 있었다(1일 8시간, 1인 작업 기준). <Fig. 8>은 대상 조립공장에 대해 수립된 객체지향 스키마를 보여주고 있으며, <Fig. 9>는 구축된 최종 디지털 조립공장 모델이다.

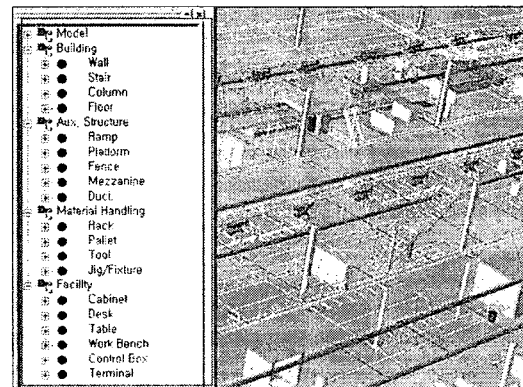


Fig. 8 Object-oriented Schema of Digital virtual factory

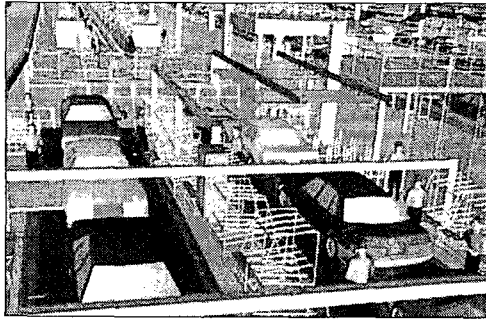


Fig. 9 The final model of Digital virtual factory

조립공장에서 존재하는 각종 설비와 자원에 대한 디지털 공장 모델을 확보함에 따라, 신차 개발 시 다양한 업무의 검토 시점을 앞당기고, 그 신뢰성을 높일 수 있게 되었으며, 특히 시각화를 통하여 다수의 설계자, 작업자, 엔지니어들 사이 협업의 기반이 되는 디지털 환경이 구축되었다. 구축된 조립공장 전체의 3차원디지털 모델로 시각화하여 확인하면서 계획을 수립할 수 있으므로 우수한 자재계획의 작성이 가능하게 되었으며, 이를 통하여 분산되어 있는 다수의 작업자가 동시에 협력할 수 있게 되어 소요되는 공수와 시간이 50%이상 크게 절감되었다.

5. 결론

본 논문에서는 디지털 가상생산 기술을 적용하기 위한 핵심 기반인 디지털가상공장을 구축에 관한 전반적인 과정과 방법을 소개하였다. 객체지향 방법을 적용, 정보 모델 분석과 수립을 수행하였으며, 이를 기반으로 형상, 치수를 측정하고, 파라메트릭 모델링을 수행함으로써 신속하고 효율적인 디지털 조립공장 구축이 가능하였다.

객체지향 방법과 파라메트릭 모델링 구축 기법을 통해 디지털공장의 분석, 구축과 유지보수 과정에서 소요되는 시간과 노력을 크게 절감할 수 있었으며, 생산 설비/라인을 개조하거나 신설할 경우 다양한 목적에 대한 신뢰성 있는 사전 점검과 분석이 가능하게 되었다. 또한, 각종 공정 및 작업간의 정보를 디지털공장을 통하여 통합하고, 이를 기반으로 한 협업 수행이 가능한 환경 구축을 위한 기반이 구축되었다.

참고문헌

1. Muammer Koc, Jun Ni, Jay Lee, Pulak Bandyopadhyay, "Introduction of e-Manufacturing", Proceedings of the NAMRC 2003 e-Manufacturing panel, 1~12, 2003.
2. Sangdo Noh, "Digital Manufacturing - A Strategy for Engineering Collaboration", Proceedings of the International Workshop on Frontier Technology in Ship and Ocean Engineering, 292~401, 2003.
3. Lee, Kyo Il, Noh, Sang Do, "Virtual Manufacturing System - a Test-bed of Engineering Activities", Annals of the CIRP, Vol. 46, No. 1, 347~ 50, 1997.
4. Iwata, K., Onosato, M., Teranoto, K., Osaki, S., "Virtual Manufacturing Systems as Advanced Information Infrastructure for Integrating Manufacturing Resources and Activities", Annals of the CIRP, Vol. 46, No. 1, 33 5~ 38, 1997.
5. E. Yourdon, Object-Oriented Systems Design : An Integrated Approach, Prentice Hall, 1994.
6. 노상도, 홍성원, 김덕영, 손창영, 한형상, "자동차 가상생산기술 적용(II)-차체 공장 가상플랜트 구축 및 운영", IE Interface, Vol. 14, No. 2, 127~133, 2001.