

조선 형강 디지털 가상공장 구축 및 활용

한상동*, 신종계**, 김유석***, 윤태혁***, 김건연****, 노상도*****

Constructions and Applications of Digital Virtual Factory for Section-steel Shop in Shipbuilding Company

Sang Dong Han*, Jong Gye Shin**, Yu Suk Kim***, Tae Hyuk Yoon***,
Gun Yeon Kim**** and Sang Do Noh*****

ABSTRACT

Digital Virtual Manufacturing is a technology facilitating effective product developments and agile productions via digital models representing the physical and logical schema and the behavior of real manufacturing systems. A digital virtual factory as a well-designed and integrated environment is essential for successful applications of this technology. In this research, we construct a sophisticated digital virtual factory for the section steel shop in a Korean shipbuilding company by 3-D CAD and virtual manufacturing simulation. The NIST-AMRF CIM hierarchical model and workflow analysis using IDEF methodology are also applied. This digital virtual factory can be applied for diverse engineering activities in design, manufacturing and control of the real factory, and improvements in quality of engineering and savings in time from design to production in shipbuilding are possible.

Key words : Shipbuilding, Section-steel Shop, Digital Virtual Factory

1. 서 론

한정된 시장에 많은 기업들이 새롭게 진입하고, 글로벌 경쟁이 치열해짐에 따라, 제품 개발 및 제조 비용과 기간 단축, 품질 향상, 신속한 시장 요구 대응, 다품종 소량 생산과 대량맞춤 등이 제조업의 해결과제로 대두되고 있으며, 시장 환경에서 경쟁 우위를 지키고, 다양한 제품을 신속하게 생산할 수 있는 새로운 생산 패러다임이 요구되고 있다. CASA/SME의 “Next Generation Manufacturing”에 의하면, 향후 10년 간의 생산 기술 발전은 생산시스템으로 하여금 적응력과 민감성을 갖춘 정보시스템을 보유하여 지식기반 관리를 수행하고, 시뮬레이션, 디지털 가상생산 등 체계적인 방법들을 활용하여 신속하게 제품, 공정들을

현실화하며, 효율과 유연성이 탁월한 신개념의 각종 장비, 공정들을 개발, 활용하고, 부품 공급자까지 확대된 글로벌 한 협동을 실현하게 할 것으로 전망된다^[1]. 특히, 기업의 다양한 업무와 정보 통합을 위한 페러다임으로 PLM(Product Life-cycle Management) 개념이 대두되기 시작하였는데, PLM은 제품의 개발, 기획부터 시제품, 생산, 판매, 폐기까지의 모든 제품 라이프사이클에 걸친 기업 내/외부 업무들의 정보 통합과 협업(engineering collaboration), 그리고 지식기반 구축과 활용을 목표로 한다^[2].

PLM의 구축과 적용을 위한 핵심적인 과제로 대두된 것이 디지털 가상생산(digital virtual manufacturing)이다. 디지털 가상생산은 생산시스템의 물리적, 논리적 구성 요소들과 거동을 엄밀하게 모델링하여 통합된 컴퓨터 모델을 구성하고, 3차원 CAD, 시뮬레이션 등 다양한 정보기술(IT)들을 활용하여 제품, 공정, 제조자원, 공장에 대한 각종 오류의 사전 검증과 효율적인 의사 결정을 수행함으로써 신속하고 효율적인 제품 개발 및 생산을 실현하고자 하는 기술이다. 이를 통하여 기존 또는 신규의 생산, 관리 계획이나 정책, 기술 등을 디지털 환경에서 가상적으로 도입하여 사

*정회원, 삼성중공업(주) 및 창원대학교
**중신회원, 서울대학교 조선해양공학과
***성균관대학교 대학원 산업공학과
****학생회원, 성균관대학교 대학원 산업공학과
*****교신저자, 중신회원, 성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과
- 논문투고일: 2007. 05. 21
- 심사완료일: 2007. 10. 04

전에 적용해 볼 수 있으므로, 신규 라인을 계획, 설계하거나, 빈번한 상황 변화에 따라 불가피하게 발생하는 계획 수정으로 인한 비용과 시간의 낭비를 최소화할 수 있다^[2].

일반적으로 디지털 가상생산 기술을 적용하면 장비, 시설과 각종 치/공구 등의 설계, 공정과 일정계획의 수립, 공장과 각종 설비들의 배치(layout), 물류 정책 수립과 저장 면적 분석, 각종 장비들의 OLP(Off-Line Programming) 수행, 조립 순서 및 방법 결정, 작업자 교육, 각종 작업 오류 방지와 개선안 도출 등 다양한 업무에 대한 사전 검증과 최적화를 수행할 수 있으며, 이를 통하여 제품 개발과 생산에 소요되는 시간과 비용을 크게 절감할 수 있다^[2-4]. 실제로 항공산업의 경우 각종 치/공구 설계에서 약 75%의 시간과 공수 절감, 중공업의 경우 금형 제작에서 발생하는 오류의 50% 감소, 그리고 자동차 산업의 경우 공장 라인 설계 분야에서 약 20% 정도의 기간 단축 효과가 보고되고 있으며, 특히 조선산업의 경우 주요한 고객들이 계약의 선결조건으로 다양한 생산 시뮬레이션 결과를 요구하고 있기 때문에 필수적인 기술로 대두되고 있다^[6].

조선산업에 대한 디지털 가상생산의 적용에 대한 연구로는 이광국 등^[5]이 조선 소조립 용접공정에 대해 생산성 평가에 활용한 것과 이규열 등^[7]이 선체 블록의 물량 생성과 탑재 시뮬레이션에 적용한 것이 있으며, 우중훈 등^[8]은 선박 건조 시뮬레이션 모델링 방법론과 시스템 아키텍처를 제안하였다. 조선산업의 경우도 다른 제조업들과 마찬가지로 DMU(Digital Mock-up) 적용, 가상공장(virtual factory)의 구축과 운용, 가상작업(virtual operation) 수행과 가상시제품(virtual prototyping)의 구현 등 다양한 디지털 가상생산 기술을 적용, 활용하여 큰 효과를 볼 수 있을 것으로 기대되며, 이를 위하여는 조선 업무 프로세스에 대한 이해와 체계적인 분석, 이에 기반한 효율적인 전략 수립과 효과 예측이 필수적이다^[6,8].

본 논문에서는 NIST-AMRF CIM계층 모델에 따른 디지털 가상공장의 체계적 구축 방법과 결과를 설명하며, 이를 국내의 한 조선소 형강공장을 대상으로 적용하여 디지털 가상공장을 구축, 활용한 사례를 소개한다. 즉, CIM 모델의 하나인 NIST-AMRF 계층 모델을 적용하여 디지털 가상공장의 구축 절차를 체계적으로 정리하였으며, IDEF(Integration DEFINition) 방법론인 IDEF0, IDEF3 방법을 이용하여 해당 공장의 제조 프로세스를 정의, 분석하였고, 3차원 CAD와 가상생산 시뮬레이션 모델링을 통하여 디지털 가상공

장을 구축하였다. 구축된 디지털 가상공장을 활용하여 기존 공정 중 수작업으로 수행되는 부분을 자동화 설비로 대체할 경우, 생산 가능성과 사이클타임, 물량에 대한 검증을 포함한 투자 타당성에 대한 신뢰성있는 사전 검토를 수행하는 것이 가능하였다. 본 논문에서는 이를 위하여 KBSI사의 A0WIN과 ProSim, 그리고 IBM/Dassault System사의 CATIA와 Delmia IGRIP 소프트웨어를 이용하였다.

2. NIST-AMRF CIM 계층 모델

NIST-AMRF 모델은 NIST(National Institute of Standard and Technology)에 의해 제안되었으며, AMRF(Advanced Manufacturing Research Facility) 즉, 주로 컴퓨터로 통제되는 제조 시스템에 대한 하드웨어와 소프트웨어의 표준을 대상으로 하고 있다. Fig. 1은 NIST-AMRF에서 제안하고 있는 CIM(Computer-Integrated Manufacturing) 계층 모델을 보여준다.^[9] 이 모델은 모듈러(modular) 개념을 적용하여 동적으로 통제되는 제조 환경을 지원하며, 컴퓨터와 센서시스템을 활용하여 제조 작업을 계층적으로 계획하고 통제한다. 데이터는 하위 단계에서 실시간으로 처리되며, 데이터 처리의 투명성을 위해 모든 컴퓨터와 관련 장비가 통신 네트워크를 사용, 상호 연결된다. 각각의 활동을 통해 발생하는 정보는 전자우편함(mailbox) 기능을 이용하여 전달되며, 발생된 정보는 가상메모리 영역에 저장된다.

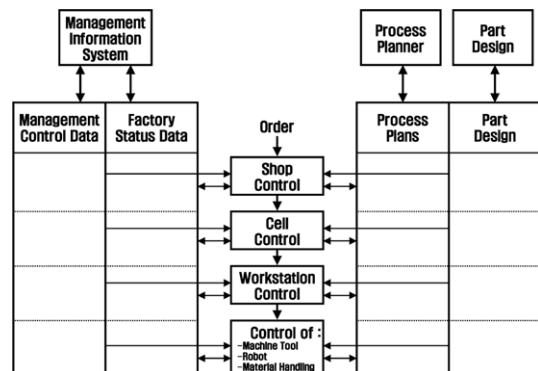


Fig. 1. The NIST-AMRF CIM architecture.

NIST 모델을 통하여 제조업의 통제 시스템 구성을 용이하게 수행할 수 있으며, 특히 소규모와 중간 크기의 배치(batch) 작업의 경우 매우 유용하다^[8]. NIST 모델은 Fig. 1에서 알 수 있듯이, 경영 정보시스템, 통제 시스템, 설계와 계획시스템으로 구성되는데, 경영

정보시스템은 전체 제조 공장을 조율하고 통제하며, 설계와 공정 계획 시스템은 제조 지시서를 준비하며, 통제 관련 정보는 시스템의 계층 중 최상위 단계로 수집, 정리되어 기업의 궁극적 목표와 장기적 전략 수립을 지원할 수 있게 된다. 예를 들어, 공정 계획이 셀(cell) 레벨, 작업장(workstation) 레벨, 장비(machine) 레벨에서 작성되면, 해당 작업이 제어(control) 레벨을 통해 순차적으로 할당되고, 자재 선정, 가공 방법 및 순서의 결정, 가공 조건의 계산, 부품의 일정계획 등과 같은 제품 생산에 필요한 모든 정보들이 시스템에 의해 산출된다. 이러한 과정에서 경영 정보 시스템은 통제 사항의 우선 순위, 장비들의 상태와 가용 자재현황, 품질 등을 관리한다. 공장(shop) 레벨의 센서들은 실시간으로 제조 공정의 정보를 수집하고, 이 정보는 전 레벨에 피드백 되게 된다. 전체 시스템은 모듈러 개념으로 설계되어 하드웨어와 소프트웨어 요소를 쉽게 추가하고 제거할 수 있으며, 중앙의 통합 데이터베이스는 언제나 공장의 실시간 데이터를 유지하고 있어서 제품 변경이나 고장에 즉시 대응할 수 있도록 구성된다⁸⁾.

3. 디지털 가상공장 구축 절차와 조선 형강공장 공정 분석

3.1 디지털 가상공장 구축 절차

본 논문에서 제안하는 디지털 가상공장의 구축 절차는 Fig. 2와 같다. 초기 단계에서 디지털 가상생산을 적용할 대상과 범위를 선정하고, 선정된 대상에 대해서 수행 목적과 계획, 상세 활용 계획, 그리고 3차원 CAD 모델링의 상세수준 등에 대한 계획을 수립한 후, 디지털 가상공장 구축과 프로세스를 구현하기 위한 기초 데이터를 수집한다. 이때 기초 데이터는 각 설비 정보와 도면 데이터, 장비의 실측 데이터, 공장 레이아웃, 공정과 작업 내용 등을 말한다. 기초 데이터 수집 후 현행(as-is) 공정을 분석하며, 현행 공정 분석이 완료되면, 이를 바탕으로 개선(to-be) 공정을 결정한다. 개선 공정이 작성되면, NIST-AMRF CIM 계층모델을 기반으로 공장(shop), 셀(cell), 작업장(workstation), 제어(control) 레벨에 대한 분석을 실시하며, 실제 공장을 구성하는 요소에 대한 계층적 정의를 수행한다. 계층 분석 완료 후에는 기초 데이터로 수집한 장비와 설비에 대한 도면 정보와 도면이 없는 경우 실측을 통해서 수집한 정보를 사용하여 공장의 설비와 레이아웃에 대한 3차원 CAD 모델링 작업을 수행한다.

3차원 CAD 모델링이 완료되면, 장비와 설비에 대한 정보에 따라 적절한 기구학적 연관 관계(kinematics)를 부여하는 등 가상생산 시뮬레이션 모델링을 수행, 최종적으로 현행 공정에 대한 디지털 가상공장을 완성하게 된다. 개선(to-be) 공정은 향후 도입될 새로운 장비, 설비나 공정 등을 구축된 현행 디지털 가상공장에 적용하는 것으로, 이를 통해 개선 디지털 가상공장이 구축되어 다양한 사전 검증에 활용되게 된다. 즉, 개선 공정이 적용된 디지털 가상공장을 운영하여 발생 가능한 문제점들을 사전에 찾아내고 해결하며, 실제 생산 현장에 적용이 가능한 데이터를 생성해낸다.

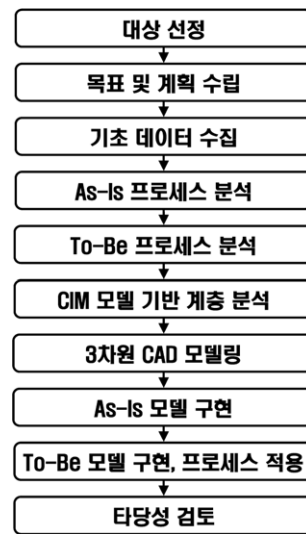


Fig. 2. Construction procedure of digital virtual factory.

3.2 형강 공장

본 논문에서는 웹(web), 앵글바(angle bar) 등 형강을 제조하는 국내 한 조선소의 형강공장을 대상으로 연구를 진행하였다. 형강공장에서는 선박 건조에 필요한 각종 단면 형상을 가진 강재를 생산하는 공정을 수행하며, 강재를 저장소에서 크레인으로 운반한 후, 운반된 강재를 절단하고, 용접을 통해 원하는 형태의 부재를 생산한다. Fig. 3은 대상 공장의 설비들을 보여준다.

대상 형강공장의 경우, 현행 공정의 대부분이 작업자에 의해 수작업으로 진행되고 있다. 본 논문에서는 디지털 가상공장을 활용하여 새롭게 자동화 설비를 설치, 운영할 경우에 대한 전반적인 타당성과 신규 장비 도입 시 예상되는 문제점들을 사전에 검증하였다.

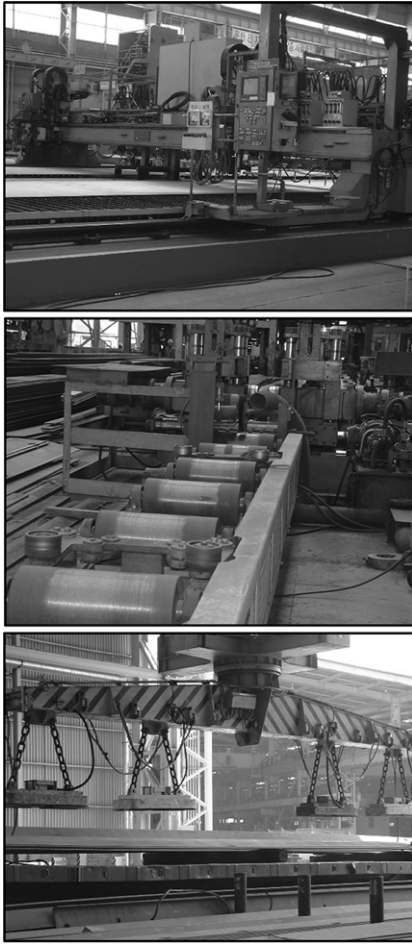


Fig. 3. Machines and facilities of the section-steel Shop.

3.3 형강공장 공정 분석

본 논문에서는 IDEF0와 IDEF3 방법을 이용하여 형강공장의 공정분석을 수행하였다. Fig. 4는 IDEF3 방법을 이용한 현행 공정 분석의 결과를 보여준다. 강재가 입고 되면 작업순서에 맞게 이를 배열하여 앵글바와 빌드업(build-up)재를 제작하고, 이를 출고하는 배재 작업까지의 업무 프로세스를 상세하게 분석하였다.

현행 공정을 분석한 후, 디지털 가상공장을 활용하여 검토하고자 하는 새로운 공정에 대한 분석을 진행하였다. 본 논문에서는 부재의 마킹(marking)과 라벨링(labeling), 그리고 부재 절단(cutting) 공정을 모두 자동으로 수행할 수 있는 자동화 설비 도입의 경우에 대해 분석을 수행하였다. Fig. 5는 현행 공정과 자동화 설비 도입 후의 개선 공정의 차이를 간략하게 보여준다. 현행 공정에서는 작업자가 고정된 위치에서 가

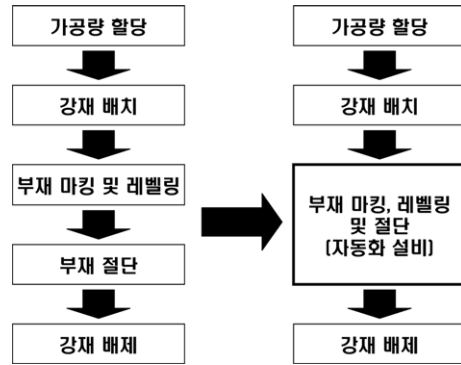


Fig. 5. Concepts of as-is and to-be process.

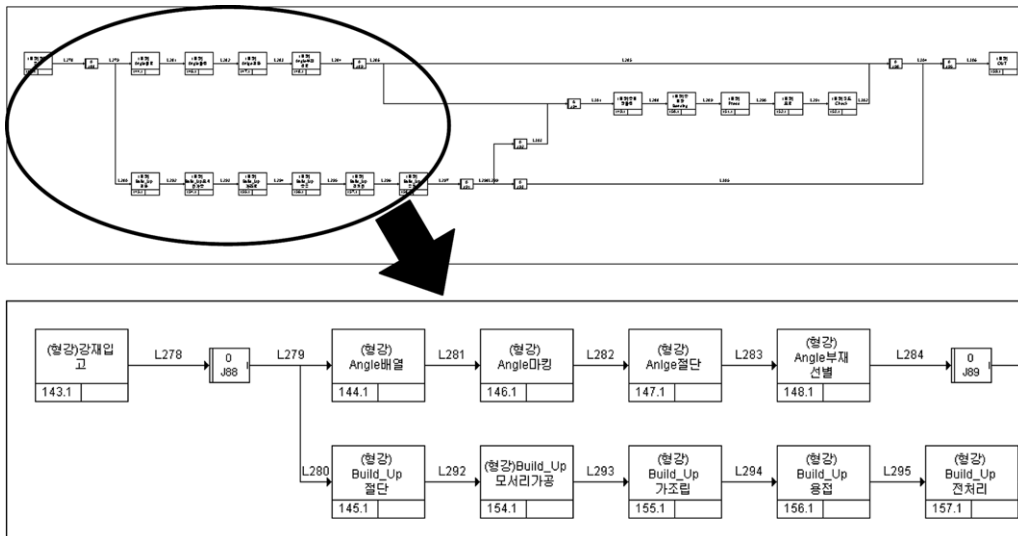


Fig. 4. As-is process of section-steel shop.

공데이터를 참고하여 작업을 수행하나, 자동화 설비가 도입 되면, 가공도와 가공 데이터 등이 컴퓨터로 전송 되고, 컴퓨터 처리와 제어를 통해 부재의 이송, 측정, 마킹, 라벨링, 그리고 절단의 작업이 자동으로 수행된다.

4. 형강공장 계층 분석

본 논문에서는 형강공장의 계층 분석을 NIST-AMRF CIM 모델을 바탕으로 수행하였다. NIST-AMRF CIM 모델은 전술된 바와 같이 소규모와 배치 생산에 적합한 모델이며, 특히 자동화 설비를 제어하는 셀 제어 코드에 대한 분석이 용이하여 적용하기 적합하다. 형강 공장의 주요 요소, 제조자원과 공정을 공장 레벨, 셀 레벨, 작업장 레벨, 제어레벨의 네 가지 계층으로 나누었으며, 각 계층별 구성 요소에 대한 정보를 분석하여, 이를 디지털 가상공장 구축의 기본 자료로 활용하였다.

4.1 공장 레벨

공장 레벨은 최상위 계층으로 모든 구성 요소들을 포함한다. 즉, 공장 레벨은 형강공장을 이루는 모든 제조자원, 레이아웃과 전체 공정으로 정의하였다.

4.2 셀 레벨

형강공장에서 수행되는 공정을 Fig. 4와 같이 IDEF3 방법에 의해 분석하여 절단 셀(cutting cell), 벤딩 셀(bending cell), 전처리 셀로 분류하였으며, Fig. 6~8과 같이 IDEF3 방법을 이용하여 각 셀의 세부 작업 내용을 분석하였다. 셀의 공정을 제어하는 것은 상위 단계인 공장 레벨에서 정의한 생산 일정에 따라 각 셀에 할당된 작업 명령을 실행하는 것이다.

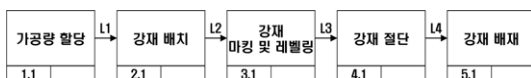


Fig. 6. Process flow of cutting cell.

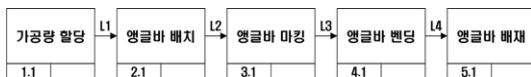


Fig. 7. Process flow of bending cell.



Fig. 8. Process flow of Pre-processing cell.

4.3 작업장 레벨

작업장 레벨은 컨베이어 등의 물류 장비를 포함한 장비 레벨을 포함하도록 정의하였다. 이 레벨에서는 셀의 하위 구성 요소인 장비에 대한 분석, 각 장비에 대한 용도와 사양에 대한 정보 수집을 수행하였다. Table 1과 Table 2는 그 예를 보여준다.

Table 1. Machines and their function of workstation level

Machine	용도
Feed cross conveyor	Measuring device로 이송
Feed in disk roller	절단로봇까지 이송
Measuring device	부재의 위치 인식, 이송
Labeling device	부재에 대한 라벨링 작업
Cutting robot	부재의 절단
Discharging device	절단된 부재 이송
Discharging disk roller	절단부재 이송
Discharging cross conveyor	부재 적재
Control room	Cell 관리

Table 2. Information of cutting robot

항목	사양	
본체중량	190 KG	
Arm 길이	600 mm~750 mm	
제어축수	6축	
동작 범위	1축	±170°
	2축	+150°, -80°
	3축	+125°, -140°
	4축	±180°
	5축	±135°
6축	±200°	

4.4 제어 레벨

제어 레벨은 장비들의 공정 수행에 대한 제어, 부품이나 자재의 이송에 대한 제어를 다룬다. 각 장비와

```

ABSI 350 100 12 17 13900 }-형강 size(Ww Fw Wt Ft Plen)
MDAC }-Measuring Machine 제어 부분
MDPM -752
MARK
MDPM 20
MDAP 0
SENS 1 }-형강 단면 Laser Sensing
EC1C
:-SETTING }- Robot Setting
SIG -1, -11
WORK 1 = @F18, 0, @F19, 0, @F20, 0 }- Robot 표표계
WORK/S 1
LSET RDY=-350,0,-36,90,85,90
LSET PIN=-340,-58,0,90,85,90
..... 중간 생략 .....
LSET P07=0,-4,06,103,-15,45,0
LSET POUT=100,0,103,0,0,0

:- CUTTING W12----- Robot Cutting
SPEEDC 100
SPEED/O 100 }- Robot Speed Setting
MOVES RDY
SPEED/C 30
SPEED/O 100
MOVES PIN }- PIN 까지 Robot 이동
SIG 1
WAIT(O) 2
CONT 30
MOVES IN P01
MOVE/C IN P02, P03
MOVES IN P031
..... 중간 생략 .....
MOVES POUT
:- FINISHING
SIG -1
SPEED/C 300
SPEED/O 100
GOSUB SMP99
@B001 = 0
END
    
```

Fig. 9. Example of cell control code.

```

DB100's Program Window: Line 16
DELETE  PROGRAM DB100
YANK    VAR
PASTE   ----- Main Declaration Section
FINDUP  BEGIN MAIN
FINDDN  $SPEED = 0.01
CLEAR
APPEND  MOVE JOINT 1 BY 50 NOSIMUL
        MOVE JOINT 2 BY 50 NOSIMUL
        MOVE JOINT 3 BY 30 NOSIMUL
READ
WRITE  MOVE TO tag2
        MOVE HOME
        MOVE ALONG path1 FROM 2 TO 11
        ----- END MAIN -----
        END DB100
    
```

Fig. 10. Example of Robot kinematics code.

설비에 대한 제어 영역으로 본 논문에서는 공정 구현 코드, 셀 제어 코드, 로봇 기구학 구현 코드의 영역으로 분류, 정의를 하였다. Fig. 9는 셀 제어코드, Fig. 10은 로봇 기구학 구현 코드의 예를 보여준다.

5. 디지털 가상공장 구축

계층 모델에 의한 분석을 통해서 공장 레벨, 셀 레벨, 작업장 레벨, 제어 레벨로 구분된 형강공장의 각 요소들에 대해 도면 정보와 측정 등을 통하여 3차원 CAD와 가상생산 시뮬레이션 모델링을 수행한다. 3차원 CAD와 가상생산 시뮬레이션 모델링은 분류된 계층을 고려하여 여러 개의 작업장들의 결합체인 셀 레벨을 구축하고, 여기에 셀 제어 코드, 기구학과 수행

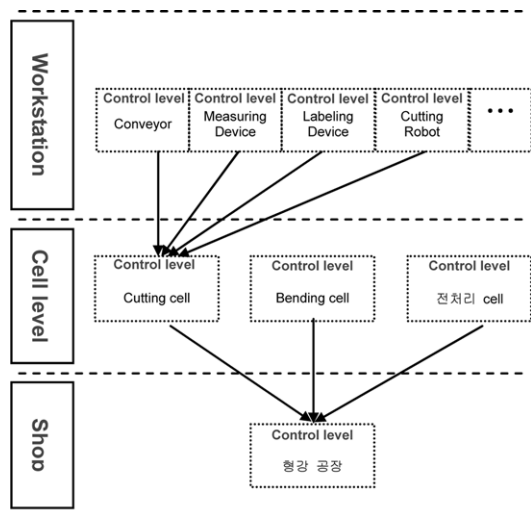


Fig. 11. Construct 3-D CAD and simulation model.

공정을 정의하는 제어 레벨을 추가한다. 또한 각각의 셀 레벨 간의 관계를 정의하는 제어 레벨을 추가하여 최종적으로 공장 레벨을 완성하게 된다. Fig. 11은 본 논문의 3차원 CAD와 가상생산 시뮬레이션 모델의 구축 절차를 나타낸 것이다.

5.1 작업장 레벨

작업장 레벨에서는 각각의 셀을 구성하는 컨베이어, 로봇과 장비들에 대한 모델을 구축하였다. Fig. 12는 본 논문에서 구현된 작업장 레벨의 3차원 CAD, 가상생산 시뮬레이션 모델의 일부이다.

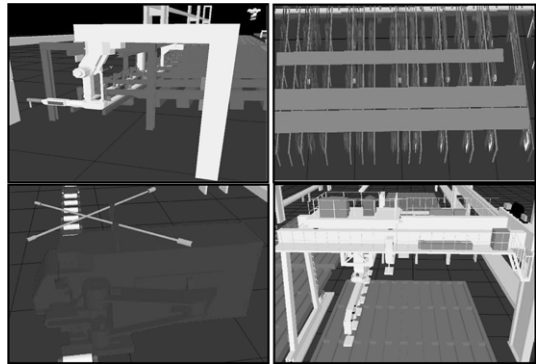


Fig. 12. 3-D CAD and simulation model of workstation level.

5.2 제어 레벨

제어 레벨의 모델링은 기구학 구현 코드와 공정 수행 코드를 작성하는 것으로, 완성된 코드들에 따라 각각의 작업장, 셀과 공장의 모든 레벨에 걸쳐 모든 공정과 작업이 제어된다. Fig. 13은 형강공장의 공정 수행과 기구학을 구현한 모습의 예를 보여준다.

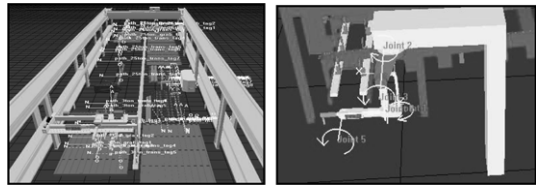


Fig. 13. 3-D CAD and simulation model of control level.

5.3 셀 레벨

셀 레벨의 모델링은 절단, 벤딩, 전처리의 각 셀에 작업장 레벨에서 구현한 모델들을 배치하고 제어 레벨에서 정의한 공정 수행과 기구학 구현 코드를 부여하는 방법으로 진행하였다. Fig. 14는 절단과 벤딩 셀에 대한 구현 결과를 보여준다.

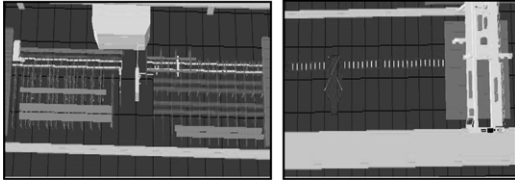


Fig. 14. 3-D CAD and simulation model of Cell level.

5.4 공장 레벨

공장 레벨의 모델은 각각의 셀 레벨 모델과 공정수행 코드가 통합되어 완성되는 최상위 모델로 최종적인 디지털 가상공장이며, 완성된 모델은 다양한 엔지니어링에 활용된다. Fig. 15는 완성된 형강공장 모델을 보여준다.

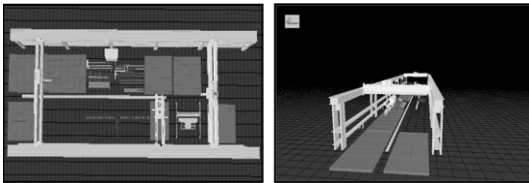


Fig. 15. 3-D CAD and simulation model of Shop level.

5.5 디지털 가상공장과 셀 제어기 연계

완성된 디지털 가상공장을 활용하여 신규로 도입될 자동화 설비에 대한 엄밀하고 신뢰성있는 사전 검토를 수행하려면 디지털 가상공장의 운영 모델이 다양한 부재의 크기, 절단 형상 등 실제로 발생할 수 있는 다양한 조건들을 고려할 수 있어야 한다. 그렇지 못한 경우 검토하고자 하는 상황(신규 형강, 생산 조건 변경 등)에 맞추어 셀 제어 레벨에서 모델과 코드를 수정하여야 상당한 시간과 노력이 요구되며, 결과의 신뢰성도 좋지 않게 된다.

본 논문에서는 셀 레벨과 실제 공장 제어기의 셀 제어 파일의 직접적인 인터페이스를 Delmia API와 MS Visual BASIC을 이용하여 개발하였다. 개발된 인터페이스 프로그램은 Delmia IGRIP 소프트웨어에 삽입되어 메뉴를 통해 직접 구동할 수 있으며, 셀 제어를 위한 mrc 파일을 직접 입력받아 적합한 좌표 값을 해석함으로써 기구학 시뮬레이션에 필요한 tag point 들을 자동 생성한다. 이를 통해 다양한 경우에 대해 별도의 모델과 제어코드 수정작업 없이 바로 디지털 가상공장에 반영, 운영 검토가 가능한 효율적인 엔지니어링 환경을 구축할 수 있었다. Fig. 16은 구현된 셀 제어기 직접 인터페이스 기능을 보여주며, Fig. 17은 셀 레벨의 하위 레벨인 장비 레벨의 공정이 자동으로 생성된 결과를 보여준다.

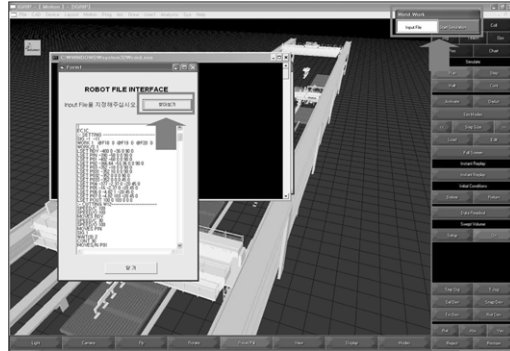


Fig. 16. Direct interface between digital virtual factory and cell controller.

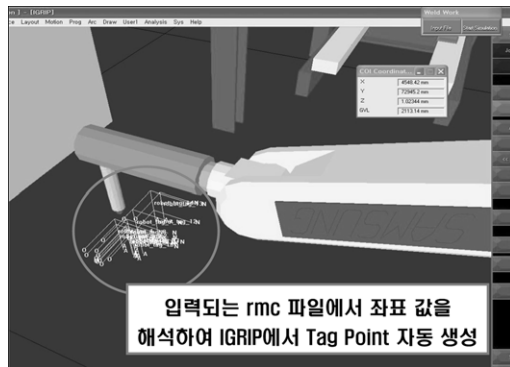


Fig. 17. Automatic generation of robot operations.

6. 조선 형강 디지털 가상공장 활용 효과

본 논문에서는 이상과 같이 구축된 디지털 가상공장을 활용하여, 대상 형강공장의 기존 공정 중 부재마킹, 라벨링, 부재절단 등 수작업으로 수행되는 부분을 자동 수행할 수 있는 자동화 설비를 신규로 도입, 운영하는 경우 생산 가능성과 사이클타임, 물량에 대한 검증 등을 포함한 투자 타당성에 대한 신뢰성있는 사전 검토를 수행하였다. 구축된 디지털 가상공장을 활용한 결과는 다음과 같다.

6.1 시각화, 디지털 모델 구축

형강 디지털 가상공장 구축으로 실제 공장과 장비 등에 대하여 3차원 CAD와 가상생산 시뮬레이션을 통한 시각화가 가능하였다. 이를 통하여 신규 자동화 설비 도입과 이에 따른 공장 레이아웃 변경, 기타 설비 배치 등에 대한 신뢰성 있는 사전 검토가 컴퓨터상에서 이루어질 수 있었다.

6.2 디지털 엔지니어링 수행과 협업 지원

일반적으로 로봇이나 자동화 시스템의 경우 프로그램을 완성시킨 후 실제 장비에 적용하는 과정에서 오류나 수정사항, 개선점 등을 찾아내고 수정작업을 수행하지만, 본 논문에서는 구축된 디지털 가상공장을 활용하여 컴퓨터에서 가상으로 절단 경로와 운영 로직을 생성하고, 이 과정에서 간섭 발생이나 최적 경로 산정, 새로운 싸이클타임과 물량 예측 등을 사전 수행, 검증하였다. 또한 구축된 모델은 여러 엔지니어가 협업을 수행할 수 있는 토대가 되며, 다양한 분야의 여러 엔지니어들 사이의 협업을 통해서 다각적인 검토와 대안수립이 가능하다. 이 과정에서 물리적인 제약이 없이 실제 상황에서 요구되는 높은 수준의 엔지니어링 수행이 가능하므로, 의사결정에 소요되는 시간과 노력을 크게 절감할 수 있다.

6.3 셀 제어기 구축과 디지털 가상공장 연계

일반적으로 디지털 가상공장의 목적은 제한된 생산품, 공정에 대한 검증을 목적으로 구축되나, 본 논문에서 구축된 디지털 가상공장은 좀 더 유연하고 다양한 프로세스에 대한 검증이 가능하도록 구축되었다. 즉, 형강공장에서 생산하는 다양한 형강을 기존의 방식으로 검증하려면, 각 경우마다 장비 프로그램에 대한 수정이 필요했으나, CIM 계층모델에 따른 구축과 셀 라벨에서의 제어기와의 인터페이스 구축으로, 실제 현장에서 발생하는 상황 그대로를 바로 디지털 가상공장에 적용, 확인하는 것이 가능하여, 보다 정확하고 신뢰성있는 예측을 수행하였다.

6.4 데이터베이스 구축 및 타 부문의 모델 활용

CIM 계층 모델에 기초한 분류 정보를 데이터베이스 구성 시에 활용하여, 공장, 장비, 설비 및 공정에 대한 통합 데이터베이스를 구축함으로써 제품, 장비, 부품, 공정 정보를 설비 검토, 라인 시뮬레이션, 동선 분석 등의 기초 데이터로 바로 활용할 수 있게 되었다. 이를 통하여 추후에도 다양한 부문에서 다양한 목적으로 신뢰도 높은 사전 엔지니어링 수행이 가능하게 되었다.

7. 결 론

본 연구에서는 조선 산업을 대상으로 한 디지털 가상 생산 기술을 적용한 사례를 소개하며, NIST-AMRF CIM 계층 모델과 IDEF0, IDEF3 방법론을 이용한 공정, 공장에 대한 정보 수집, 정리와 분석을

통해 효과적으로 디지털 가상 공장을 구축하는 방법을 제시하였다. 또한 구축된 디지털 가상공장을 활용하여 신규로 자동화 설비를 도입할 경우, 생산 가능성과 싸이클타임, 물량에 대한 검증을 포함한 투자 타당성에 대한 신뢰성있는 사전 검토를 수행하였으며, 이를 위하여 확정적으로 정해진 하나의 시나리오에 대한 검증이 아닌, 다양한 상황에 대한 검토가 가능하도록 셀 레벨에서의 디지털 가상공장과 제어기의 인터페이스를 구축, 적용하였다.

조선을 비롯한 제조 기업에 디지털 가상공장의 적용을 확대하기 위해서는, 상당한 시간과 노력을 요하는 디지털 가상공장 구축 작업의 효율성을 높일 수 있는 체계적이고 구체적인 방법에 대한 보다 많은 연구와 기술 개발이 필요할 것으로 생각되며, 활용에 있어서는 현업의 실제적인 요구에 대한 파악을 바탕으로, 명확한 목적 수립과 단계적인 접근이 바람직한 것으로 생각된다. 이를 위해서는 디지털 가상공장의 구축과 활용 결과에 대한 다양한 사례연구들이 필요할 것이다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 ‘전통산업의 IT접목 기술 개발 사업’ 과제인 ‘고부가가치 선박 개발용 디지털 통합 건조공법’의 지원으로 수행되었습니다. 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. Jordan, J. and Michel, F., Next Generation Manufacturing (NGM), CASA/SME Blue Book, 1999.
2. 노상도, 신종계, 지해성, 임현준, “CAD, 디지털 가상생산과 PLM”, 시그마프레스, 2006.
3. 이광국, 강현진, 김세환, 박주용, 신종계, “조선 소조립 용접로봇도치 변경에 따른 디지털 생산 기반 생산성 향상방안 평가”, 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제10권, 제3호, pp. 210-216, 2005.
4. 노상도, 이창호, 한형상, “자동차 가상생산기술 적용 (I) - 생산준비 업무분석 및 적용 전략 수립”, IE Interface, 제14권, 제2호, pp. 120-126, 2001
5. 노상도, 박영진, “차체공장 디지털생산 기술 적용을 통한 신차 개발 생산준비 업무 수행”, 한국자동차공학회논문집, 제11권, 제6호, pp. 118-126, 2003.
6. Brown, D. H. Associates, Inc., 1999, Providing its Worth ; Digital Manufacturing's ROI, <http://www.dhbrown.com>
7. 노명일, 이규열, “선체 블록의 물량 정보 생성 및 블록 탑재 시뮬레이션에 관한 연구”, 한국 CAD/

CAM 학회 논문집, 제11권, 제2호, pp. 115-127, 2006.

- 8. 우중훈, 오대균, 이춘재, 최양렬, 신종계, “선박 건조 공정 시뮬레이션을 위한 모델링 방법론 및 시스템 아키텍처”, 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제11

권, 제1호, pp. 11-19, 2006.

- 9. Rembold, U., Nnaji, B. O. and Storr, A., “Computer Integrated Manufacturing and Engineering”, Addison-Wiley, pp. 50-53, 1993.



한 상 동

1998년 한국방송통신대학교 전자계산학과 학사
 2001년 창원대학교 전자계산학과 석사
 2003년 창원대학교 컴퓨터공학과 박사과정 수료
 1987년~현재 삼성중공업(주) 산업기술연구소 책임연구원
 관심분야: 생산시스템 모델링 및 분석, CAD/CAM/CAPP



신 종 계

1977년 서울대학교 조선해양공학과 학사
 1979년 서울대학교 조선해양공학과 석사
 1989년 Massachusetts Institute of Technology, Department of Ocean Engineering 박사
 1993년~현재 서울대학교 조선해양공학과 교수
 관심분야: 구조역학, 선상가열, 곡면전개, PLM, 디지털 생산, APS, PDM



김 유 석

1998년~2005년 성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과 학사
 2005년~2006년 성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과 석사
 2006년~현재 (주)LG Philips LCD 종합공정 45팀 사원
 관심분야: Virtual Manufacturing, e-Manufacturing, 6시그마



윤 태 혁

2001년~2005년 성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과 학사
 2005년~2007년 성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과 석사
 2007년~현재 (주)대우조선해양 생산시스템 연구팀
 관심분야: Digital Virtual Manufacturing, Simulation, PLM, XML



김 건 연

1997년~2004년 성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과 학사
 2004년~2006년 성균관대학교 대학원 산업공학과 석사
 2006년~현재 성균관대학교 대학원 산업공학과 박사과정
 관심분야: Concurrent & Collaborative Engineering, 디지털 가상생산, CAD/CAPP/CAM/PLM



노 상 도

1988년~1992년 한국과학기술원 기계공학과 학사
 1992년~1994년 서울대학교 기계설계학과 석사
 1994년~1999년 서울대학교 기계설계학과 박사
 1999년~2002년 고등기술연구원 생산기술센터 선임연구원
 2002년~현재 성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과 조교수, 부교수
 관심분야: 생산시스템 모델링 및 분석, 동시협업, 디지털 가상생산, CAD/CAPP/CAM/PLM