

## 자동차 가상생산 기술 적용(Ⅱ) — 차체공장 가상플랜트 구축 및 운영†

노상도 · 홍성원 · 김덕영 · 손창영 · 한형상

고등기술연구원 생산기술센터

### Virtual Manufacturing for an Automotive Company(Ⅱ) — Constuction and Operation of a Virtual Body Shop

Sang Do Noh · Sung Won Hong · Duck Young Kim · Chang Young Sohn · Hyung Sang Hahn

Virtual Manufacturing is a technology facilitating effective development and agile production of products via computer models representing physical and logical schema and the behavior of the real manufacturing systems. For the successful application of this technology, a virtual plant as a well-designed and integrated environment is essential. We propose a series of systematic approaches and effective methods for construction and operation of a virtual plant in this paper, such as a 3-D CAD modeling, cell and line simulations and databases. We developed key technologies for measuring and 3-D CAD modeling of many equipments, facilities and structures of the buildings. In order to study the benefit of virtual manufacturing, we constructed a sophisticated virtual plant model of a Korean automotive company's body shop, and conducted precise simulations of unit cell, lines and the whole plant. We could obtain the benefit of savings in time and cost in many manufacturing preparation activities in the new car development processes.

#### 1. 서론

가상생산(virtual manufacturing)은 “생산시스템의 물리적, 논리적 구성요소들과 거동을 엄밀하게 모델링하여 통합된 컴퓨터 모델을 구성하고, 3차원 CAD, 시뮬레이션 등 다양한 컴퓨터 기술들을 활용하여 생산의 전과정에 걸쳐 각종 오류의 사전 검증과 효율적 의사결정을 수행함으로써 신속하고 효율적인 제품 개발 및 제조를 실현하려는 기술”이다. 이를 적용하면 다양한 생산 및 관리 계획이나 각종 정책, 기술 등을 가상 생산환경에 도입하여 그 효과를 사전에 검증해 볼 수 있으므로, 신규 라인의 설계, 신제품 생산에 따른 공정계획 수립, 생산준비와 생산계획 수립 등 여러 부문에서 재계획과 의사결정에 소요되는 비용과 시간을 최소화할 수 있다(Lee, Noh, 1997; Iwata *et al.*,

1997). 최근 가상생산 기술의 효과에 대한 한 보고서에 따르면, 항공산업의 경우 각종 차공구 설계에서 시간과 공수 절감 약 75%, 중공업의 경우 주물 제작에서 발생하는 오류 감소 50%, 그리고 자동차 산업의 경우 특히 공장 라인 설계 분야에서 기간 단축 효과가 약 20% 정도 있다고 한다(Brown Associates, 1999).

가상플랜트(virtual plant)는 통상 플랜트 단위로 구분되는 하나의 공장을 대상으로 제품, 설비, 공정 등을 가상생산의 관점에서 모델링하여 통합적으로 구성하는 컴퓨터 모델로서 공장에서 발생하는 일체의 제조 활동에 가상생산 기술을 적용하는데 기본이 되는 핵심 기반이 된다. 보통 모델의 적용 범위, 상세화 정도에 따라 작업, 셀, 라인으로 구분할 수 있는 공정과 작업, 그리고 이에 관련된 각종 정보를 통합적으로 포함하게 된다(Iwata *et al.*, 1995; Kimura, 1993).

† 본 논문은 과학기술부 국가지정연구실 사업(과제명: 분산 생산 시스템의 인터넷기반 신속 구축 및 최적 운영기술 개발)의 지원으로 수행되었습니다.

자동차 산업의 경우, 신차 개발에서 양산까지 상당히 오랜 기간이 소요되고, 금형과 엔진의 가공 및 조립, 프레스, 차체, 도장과 조립 공정을 거치는 양산 과정도 매우 복잡하고 다양하여 생산준비 과정에서 수립되는 각종 설계와 계획의 사전 검증과 최적화가 매우 중요하다. 이에 따라 국내외 유수의 자동차 제조기업들은 신차 개발시간의 단축과 비용 절감 및 양산 품질 향상을 통한 경쟁력 향상을 목적으로 전사적으로 가상플랜트의 구축과 활용을 위한 관련기술의 연구와 투자를 진행하고 있다(Ellison et al., 1996; 일본 자동차기술회 1998). Daimler Chrysler사의 경우, 가상생산 기술을 전사적으로 도입, 적용하여 신차 제조 라인의 설계와 검증기간이 6~8 개월 소요되던 것을 4~8주로 감소시켰으며, 금형 개발에서 3차원설계 도입과 활용으로 설계 기간을 약 35~40% 감소시키고, 차체공장 등에서 필요한 각종 로봇 제어 코드를 OLP 방법을 이용함으로써 신차 생산 준비시간을 2~4 개월 단축하고 라인당 약 2천만불에 달하는 비용을 절감할 수 있었다고 한다(Delmia, 2001). <그림 1>은 미국의 Ford사와 Daimler Chrysler사에서 1998년에 구축한 가상플랜트의 예이다.

본 논문에서는 국내의 한 자동차 생산기업의 차체 공장을 대상으로 자동차 생산준비 업무에 가상생산기술을 적용하기 위하여 가상플랜트를 구축, 운영하고 적용한 사례를 소개하고, 자동차 생산에 가상생산 기술을 적용하기 위한 가상플랜트의 구축과 활용의 실제적인 방법을 제시하고자 한다.



— Ford사의 가상플랜트



— Daimler Chrysler사의 가상플랜트

그림 1. 외국 자동차 회사들의 가상플랜트.

## 2. 가상플랜트 구축절차 및 적용

### 2.1 가상플랜트의 적용분야 및 효과

가상플랜트는 생산 전 분야에 걸쳐 생산되는 제품(product), 적용되는 공정(process), 사용되는 자원(resource)의 각종 정보와 연관관계, 그리고 거동을 포함하는 통합된 환경이다. 가상플랜트를 구축, 활용하게 되면 제품개발 부문에서는 새로운 아이디어의 개발과 관리과정에서 생산가능성을 바로 검증할 수 있고, 제품설계 부문에서는 가상시제품(virtual prototype)의 제작을 통한 제품 시각화, 성능 분석, 가상시험, 그리고 생산용어성 및 효율의 평가가 가능해진다. 제품제조 부문에서는 제조설비의 사양 결정, 공정 및 설비배치(layout) 최적화, 최적화된 공정계획 및 생산계획의 효율적인 작성, 그리고 생산성 향상 및 비용 절감이 가능하다. 또한 정보공유 및 관리 측면에서는 제품설계와 제조과정의 통합을 통한 협조적 엔지니어링(collaborative engineering)의 실현과 제품, 공정 및 생산시스템에 대한 정보 기반(information infrastructure)을 구축함으로써, 제품의 전체 라이프사이클(life cycle)에 걸친 업무의 정립과 관리, 그리고 엔지니어들 사이의 용이한 의사소통과 협력 달성이 가능해진다(Lee, Noh, 1997; Iwata et al., 1997; Noh 1999).

특히 자동차 생산에서 가상플랜트를 적용할 수 있는 생산부문의 분야별 문제와 효과를 구체적으로 정리해 보면 다음과 같다.

#### ① 가상엔지니어링 환경 구축

- CAD 시스템과의 연계, 건축물, 설비, 기계와 치공구 등 각종 부속물들에 대한 통합적인 모델링, 검증 환경 제공
- 차량과 부품 모델, DMU(Digital Mock-Up) 구성을 통한 설계 해석 및 평가가 가능한 환경 구성

#### ② 플랜트 설계 및 운영

- 건축, 시설과 장비의 모델링 및 관련 정보 저장, 검색, 관리
- 공정계획과 일성계획 작성, 운영 시뮬레이션을 통한 최적화 수행 가능
- 금형, 엔진, 프레스, 차체, 도장, 조립 공장의 각종 설비 결정 및 장비와 시설 보수 지원
- 작업자 교육, 멀티미디어 사용/정비 설명서로 활용

#### ③ 공정 검증 및 평가

- 금형, 엔진 가공시 가공 시뮬레이션을 통한 NC 프로그램 작성, 검증 및 최적화
- 각종 치공구 설계 및 결정, 검증 수행
- 특히, 차체와 도장 공장에 대한 로봇 시뮬레이션과 OLP 방법을 통한 로봇 프로그램 작성 및 검증
- 조립공장에서 조립 시뮬레이션을 통한 조립품 시각화, 부품, 치공구들간의 간섭 확인 및 조립 작업 최적화
- 인간 모델 고려를 통한 조립 작업자의 작업성 평가, 안전도 검증

- ④ 공장 시뮬레이션
  - 특히 차체, 조립공장에서 직업공정 시뮬레이션 수행을 통한 자재 흐름 분석, 병목현상 식별, 내체수단 평가 등
- ⑤ 검사/품질관리
  - 측정장비(3차원측정기 등) OLP 수행, 허용한계 분석
  - 도장 품질 예측, 불량 요인 도출 및 검토
- ⑥ 제품/설비/공정 시각화
  - 제품/설비/공정의 시각화에 따른 작업자의 이해 증진
  - 멀티미디어 작업 매뉴얼 및 사양서
  - 작업 오류 방지와 개선안 도출 용이

2.2 가상플랜트의 구축 절차

가상플랜트의 구축절차와 단계별로 수행되는 개별 상세 업무는 다음의 <그림 2>와 같다.

가상플랜트의 구축에는 상당한 시간, 비용과 자원이 요구되므로, 초기에는 상세한 활용계획과 정량적인 목표를 수립하고, 구축 및 적용 후에는 결과를 정리, 분석하여 그 의의를 입증하고 적용분야를 확대하는 단계적인 접근 전략이 필요하다. 이에는 시스템 공학적인 접근방법과 워크플로우(workflow) 업무 분석, BPR(business process re-engineering)의 수행이 효과적이다(노상도 외, 2000; 홍성원 외, 2000).

실제로 가상플랜트를 구성하는 작업은 크게 3차원 CAD 모델의 구성, 시뮬레이션 구현을 통한 운영모델의 구축 등으로 이루어진다. 누 직업 모두 상당한 시간과 노력이 요구되는 힘든 작업이므로, 각종 형상, 치수의 효율적인 측정 및 이를 기반으로 한 CAD 모델링 작업 수행, 대상 플랜트에 적합한 표준 라이브러리의 구축 및 활용, 시뮬레이션까지 포함하는 통합적인 모델링 환경의 구축과 작업된 모델의 재사용을 통하여 작업의 생산성을 높이는 연구가 필수적으로 요구된다. 적용 결과의 확대 적용을 위해서는 높은 신뢰성의 확보가 필수적이거나 투입할 수 있는 시간과 자원에 한계가 있으므로 적용 범위, 목적에 따라 부분적으로는 모델의 상세도 조정이나 추상화가 필요하다. 또한 가상플랜트 구축 후에는 구성된 CAD 모델과 시뮬레이션 모델에 대한 엄밀한 검증을 통하여 모델의 적합성을 보장하여야 하고 추후 변경이나 현장 맞춤 등을 적절히 반영하여 그 신뢰성을 계속 유지하는 것이 필요하다.

2.3 플랜트 3D 모델 구축방법

가상플랜트의 원활한 구축과 운영을 위해서는 플랜트에서 생산하는 제품, 제조에 사용되는 각종 설비와 자원, 생산순서와 방법들을 나타내는 공정, 그리고 작업에 대한 각종 정보들을 통합하여 체계적으로 관리해야 한다. 이때 특히 설비 및 자원과 관련된 정보는 설비의 사양, 위치, 특성 등 각종 데이터, CAD 파일, 그리고 기타 관련 파일 등 매우 다양하며, 이러한 정보들은 제품설계 부서, 공정설계 부서, 설비업체, 협력/외주업

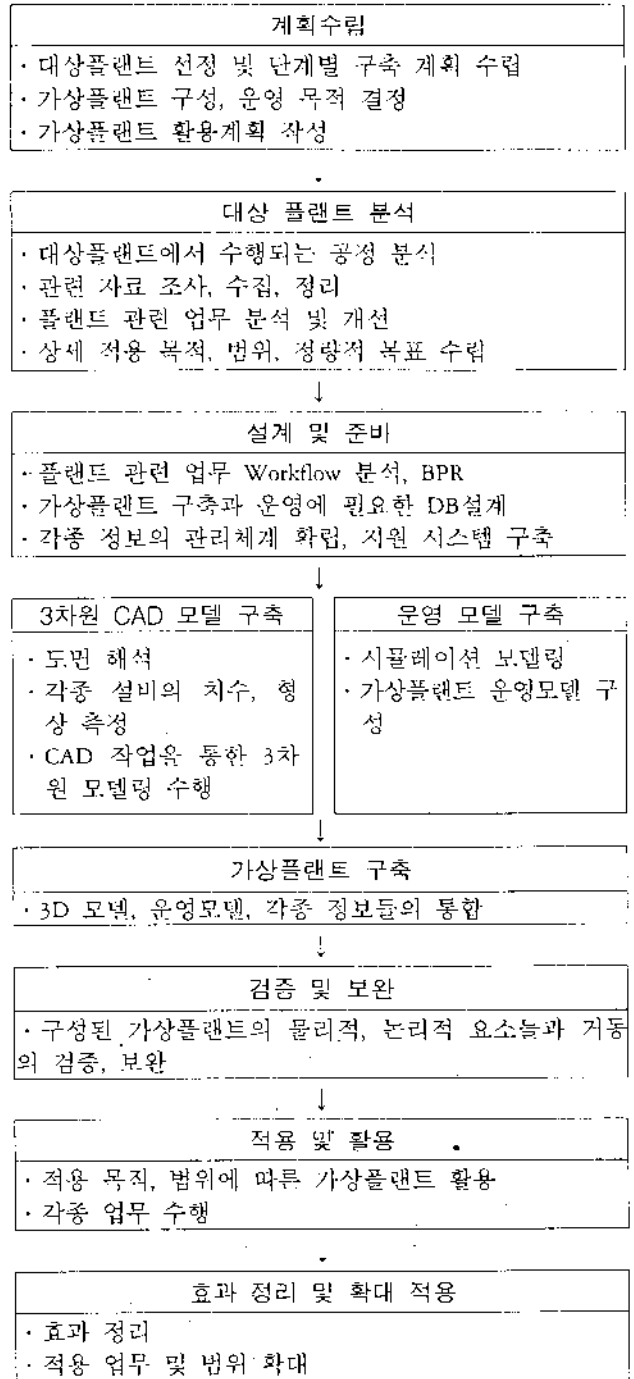


그림 2. 가상플랜트 구축 절차.

체 등 여러 곳에 분산되어 있는 엔지니어들에 의하여 입력, 조회, 수정될 수 있어야 한다. 이를 위해서는 업무분석, 각종 문서들에 대한 표준 수립, 자료 입출력 전자 확립과 이를 기반으로 한 유연한 구조의 통합 데이터베이스 설계가 선행되어야 하며, CAD 등 각종 파인의 인터페이스 방법에 대한 면밀한 검토와 사용하기 편리하고 신뢰성이 있는 제품/설비/공정 정보관리 체계의 구축이 필수적이다(노상도 외, 2000).

가상플랜트의 구성을 위해서는 다양한 종류의 3차원 CAD 모델들이 필요하다. 종류에 따라 ① 생산제품(부품, 제품 등), ② 건축부(건축물의 기초, 기둥, 상·하부 구조물 등), ③ 시설

부(파이프, 덕트, 배관 등), ④ 설비류(platform, fence, ramp, mezzanine 등), ⑤ 장비류(가공기, 물류장비, 로봇 등), 그리고 ⑥ 기타 부속물류(pallet, rack, gun, 광구 등)로 분류할 수 있으며, 또한 모델링 작업의 준비도에 따라 ① 도면이 없는 경우, ② 도면은 있으나 등록되지 않은 설계변경이나 잦은 현장맞춤으로 실제와 다른 경우, ③ 도면으로 신뢰성 있는 모델링 작업 수행이 가능한 경우, ④ 도면과 함께 CAD 모델이 준비되어 있는 경우, 그리고 ⑤ 3차원 CAD 모델링 작업이 이미 진행되어 있는 경우로 나눌 수 있고 각각의 경우에 대한 적합한 모델링 방법이 필요하다.

실제 많은 설비들이 도면이 없거나 도면이 있더라도 실제와 다른 경우에 속하므로, 모델링 작업은 단순한 CAD 모델링 작업뿐만 아니라 형상, 치수의 측정과 이에 기반한 모델링 과정이 필수적으로 요구된다. 또한 가상플랜트를 활용하여 의미있는 결과를 얻기 위해서는 종류에 따라 차이는 있으나 대체로 3D 솔리드(solid) 모델이 필요하다. 작성된 모델들이 단일 환경에서 통합되어야 하므로 동일한 CAD 모델러를 사용하거나 최소한 모델 데이터의 호환에 대한 철저한 대비가 요구된다. 구성된 가상플랜트가 시뮬레이션을 통하여 운영모델로 구성되기 위해서는 CAD 작업에서 사용한 모델러와 호환되는 3차원 모델 기반의 시뮬레이션 엔진을 선정하는 것이 바람직하다(김덕영 외, 2000).

### 3. 자동차 차체 가상플랜트

#### 3.1 차체 가상플랜트의 목적

본 논문에서는 국내의 한 자동차 회사를 대상으로 프레스 작업으로 생산된 차체 패널들을 주로 로봇을 이용한 자동 용접작업으로 조립하여 BIW(body in white)를 제조하는 차체공장(body shop)을 대상으로 가상플랜트를 구축하였다. 본 논문에서 구성, 운영된 가상 차체플랜트의 목표는 다음과 같다.

- 신차 개발시 새로운 설계, 설계 변경에 따라 차체공장에서 발생할 수 있는 기존 설비들의 각종 문제점, 변경사항 사전 검토
- 새로 작성된 설비와 용접 공정의 사전 검증 및 개선. 특히, jig, 설비 등의 간섭 확인을 통한 공정과 설비들의 검증
- 여러 차종 혼류 생산에 따른 물류 운영 정책 검토와 저장면적의 타당성 사전 검증 및 최적화
- 로봇 OLP 수행을 통한 로봇 프로그램 시간 단축 및 비용 절감
- 공장의 건축, 설비 등의 가시화를 통한 작업자의 이해 증진
- 플랜트, 생산에 관련된 각종 정보 통합 관리 및 지식기반(knowledge base) 구축
- PLC, 하드웨어, 데이터베이스 인터페이스 구축을 통한 공

#### 정 제어 및 모니터링 시스템의 구성

#### 3.2 차체 가상플랜트 CAD 모델의 구성

전술한 바와 같이 가상플랜트의 구축은 모델의 종류와 준비 상태에 따라 사안별로 그 방법을 달리하여 진행하여야 하며, 작성된 모델이 CAD 모델로서 뿐만 아니라 시뮬레이션, 가상현실(virtual reality) 시스템 등 다른 응용분야에 통합적으로 이용될 수 있도록 하여야 한다.

본 논문에서 제안, 사용한 3차원 CAD 모델링 방법은 <그림 3>과 같다. 대상 자동차 회사에서 표준으로 사용하고 있는 프랑스 Dassault Systems사의 상용 CAD 시스템인 CATIA를 기본으로 사용하고, 건축 구조부, 시설부, 설비별로 CATIA에서 제공하는 다양한 개발도구를 사용함으로써 단일 환경에서 다양한 종류의 대상들에 대한 모델링 작업 수행과 활용이 가능하도록 하였다. 또한 시뮬레이션 엔진으로는 Dassault Systems사의 자회사인 Delmia사의 IGRIP과 QUEST를 사용함으로써 모델의 호환 및 변환에 따른 문제없이 CAD 모델링 작업에서 시뮬레이션 모델의 구성과 가상플랜트의 운영이 통합적으로 수행되도록 하였다.

도면이 없거나 실제와 많이 다른 부분의 모델링 작업은 인력에 의한 실측 방법과 함께 사진 촬영을 통하여 주요 치수와 형상을 얻는 근거리 사진측량(close range photogrammetry) 방법을 적용하였고 이를 위하여 Sony사의 디지털 카메라와 독일 RolleiMetric사의 CDW 소프트웨어를 사용하였다. 또한 다양한 설비정보의 원활한 관리를 위하여 객체지향(object-oriented) 방법론을 적용, 모델링 대상을 총 67개의 객체 클래스(object class)로 분류, 정의하였으며 이를 기반으로 데이터베이스를 설계, 구축하였다.

<그림 4>는 대상 차체 공장의 설비를 사진으로 촬영, 소프트웨어적으로 처리하여 모델링 작업을 진행하는 사진측량 방법의 수행화면이며, <그림 5>, <그림 6>과 <그림 7>은 셀, 라인, 플랜트로 구분되는 구현된 가상플랜트 3차원 모델의 일부이다. 구성된 3D CAD 모델만을 가지고도 설비 배치와 설치시의 간섭 발생 등의 문제들을 사전에 확인하는 것이 가능하였으며, 운영모델 구축을 통하여 다양한 조건과 정책하에서

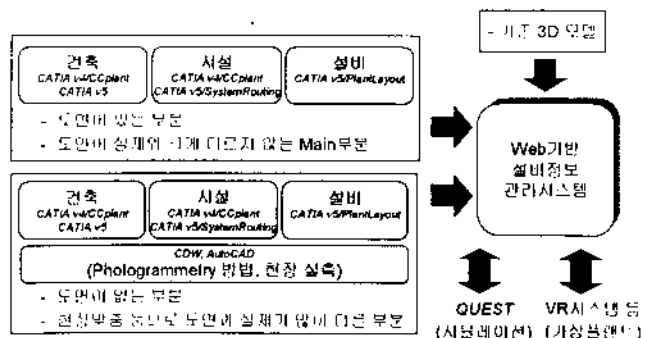


그림 3. 차체공장 가상플랜트의 CAD 모델링 전략 및 방법.

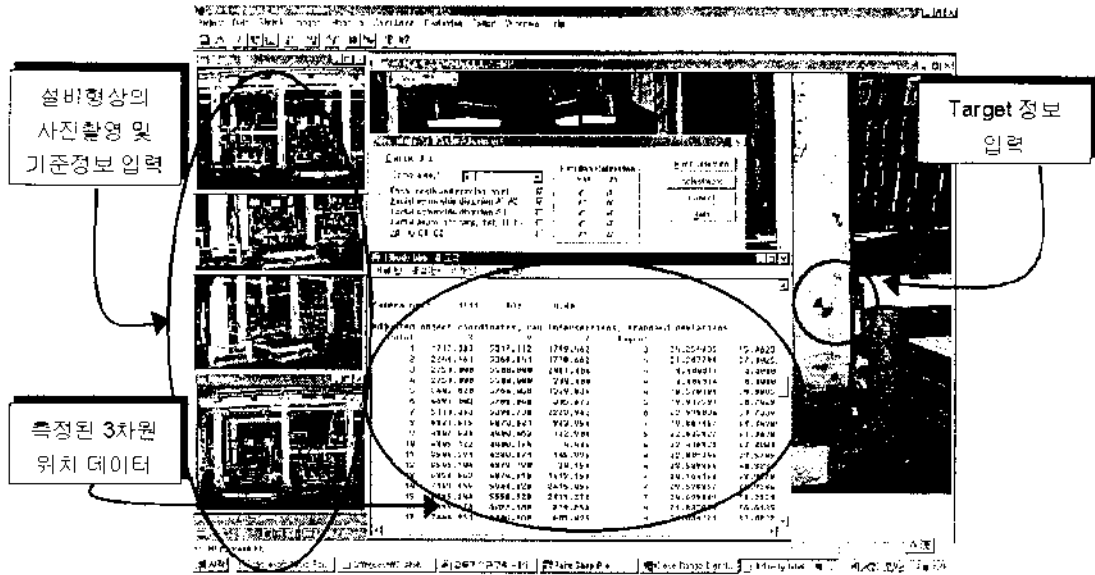


그림 4. 사진측량 방법에 의한 측정.

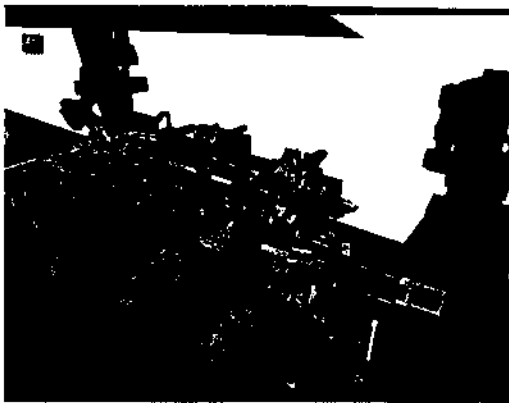


그림 5. 차체공장 가상플랜트 - Cell.

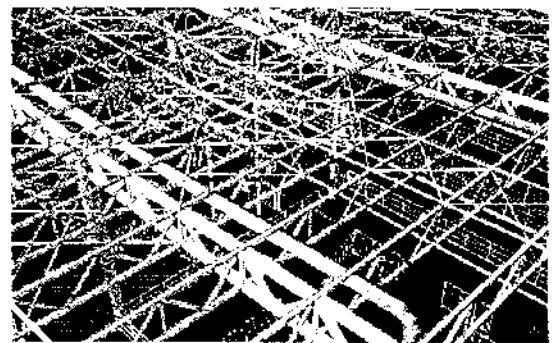


그림 7. 차체공장 가상플랜트 - Plant.

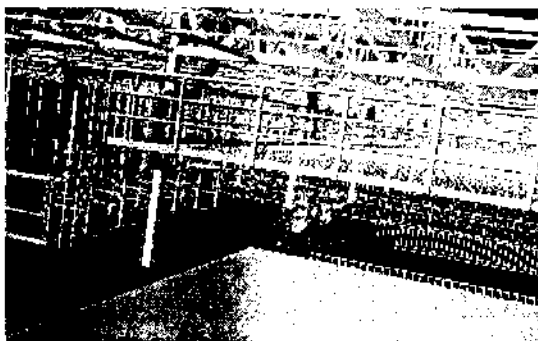


그림 6. 차체공장 가상플랜트 - Line.

발생할 수 있는 여러 가지 문제점들에 대한 신뢰성 있는 검토가 가능하였다.

### 3.3 차체 가상플랜트 운영 모델

구성된 3차원 CAD 모델들을 이용하여 시뮬레이션을 위한

가상플랜트 운영모델을 구성하였다. 가상플랜트 운영모델의 개발로 셀 단계(cell level)에서는 제품-설비간 간섭 확인, 공정 검토, OLP 등의 수행이 가능하고, 라인 단계(line level)에서는 전체 라인의 운영 효율, 대차 배수 검토, 불류 분석 등의 수행이 가능하다. 운영 모델의 구축을 위하여 셀 단계는 IGRIP, 라인 단계는 QUEST를 이용하였다. 구성된 셀 및 라인 시뮬레이션 모델은 단일한 환경에서 연계되어 운영됨으로써 통합된 가상플랜트 운영모델을 구성한다. <그림 8>은 구성된 가상플랜트 운영모델의 실행 모습이다.

QUEST를 이용하여 구성된 underbody complete line의 경우를 자세히 살펴보면, <그림 9>와 같이 underbody를 형성하는 부품들이 각 sub-line으로부터 underbody line까지 EMS를 통해 운반되어 동시에 이체(unloading) 되는 공정에서 시작된다. 이체로직은 QUEST script인 SCL을 이용하여 구현되었다. 그리고 EMS에서의 이체 외에도, 전방의 캐리어가 이체를 완료할 때까지 후방에 위치한 캐리어의 대기, EMS 라인의 분기와 교차에 대한 로직들도 SCL을 이용하여 구현하였다.

underbody를 형성하는 파트들은 이체된 후 몇 개의 SPOT 용접 공정을 거치고 나서 다시 추가로 파트를 적체하여 용접하

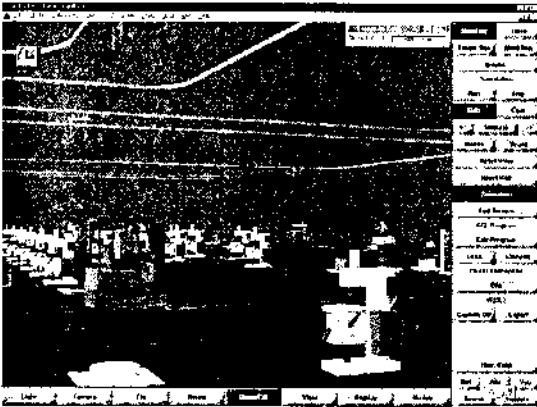
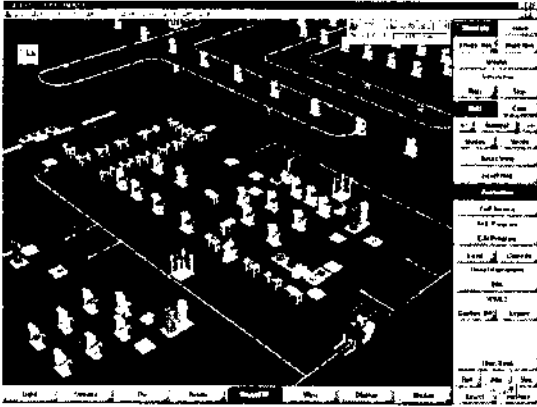


그림 8. 차체공장 가상플랜트—Operation.

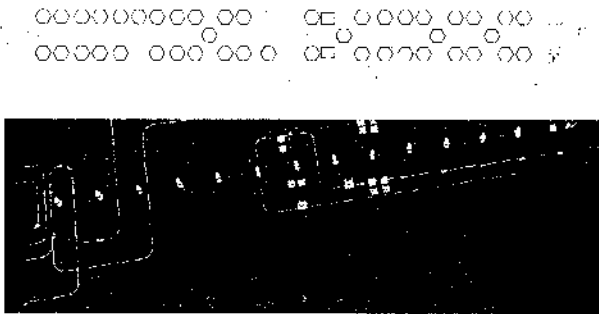


그림 9. underbody complete line의 모델링.

계 된다. 이 때는 이전 공정에서 흘러온 부품의 종류에 따라 추가로 필요한 부품은 선택하여 적재한다. 이러한 로직은 SCL을 이용하여 비퍼에서의 부품 route를 재한하는 방법으로 구현하였다. 공장 내의 여러 sub-line들을 보면 여러 종류의 부품들이 한 sub-line 내에서 생산 일정에 맞춰 순서대로 생산되는 것이 많다. 이러한 내용들은 생산 일정을 적용해야 하는 공정의 기계에 필요한 만큼의 cycle process를 정의하고, 이러한 cycle process의 schedule 과일을 이용하는 방법으로 구현하였다.

3.4 차체 가상플랜트 구축 및 운영 성과

본 논문에서 구축, 운영된 차체 가상플랜트의 성과 및 효과는 다음과 같다.

3.4.1 CAD 모델의 적합성

구성된 3D CAD 모델에 대한 검증작업 결과 도면을 기반으로 모델링된 건축 구조물의 경우는  $\pm 5 \sim 24 \text{ mm}$ , 사진측량 방법으로 모델링된 설비들의 경우는  $\pm 0.3 \sim 10 \text{ mm}$  정도의 오차를 나타냈다. 덕트의 개구부 위치와 일부 치구들은 현장 맞춤되어 실제와 약간의 차이를 보였으나 구성된 가상플랜트의 CAD 모델들만을 가지고도 부품-설비, 설비-설비간의 간섭 확인과 공장의 DMU 활용이 가능하였다. 본 연구에서는 간섭 확인을 위해서는  $\pm 10 \text{ mm}$ , 로봇 OLP 수행을 위하여는  $\pm 1 \text{ mm}$  정도의 범위에서 오차를 관리하였으며, 이를 통하여 다수의 간섭 발생의 사전 검토, OLP 수행 등이 가능하였다.

3.4.2 운영 모델의 적합성

총 13개의 작업 셀과 부품 운송을 위한 EMS 라인들로 이루어지는 공정운영은 운영 로직(logic)과 싸이클타임 등이 실제와 일치하였으나, 물류운영의 경우는 운영정책과 저장면적에 실제와 차이가 있었다. 이 부분은 시뮬레이션 모델의 구성 오류라기 보다는 주로 작업자로 이루어지는 작업을 정확히 표현하지 못한 데에 주로 기인한 것으로 생각된다. 그러나 신차 양산시 부품의 공급 경로, 보급 정책, 적재 방법, 그리고 패널의 저장 면적 검토 등 물류 분석 수행시 구성된 가상플랜트 운영 모델을 활용할 수 있었다.

3.4.3 작업 셀 구성과 OLP 수행

주로 로봇으로 구성된 작업공정에 대한 신뢰성있는 작업 셀 구성이 가능하였으며, 이를 기반으로 차체공장에서 운영되는 모든 로봇들에 대한 OLP 수행이 가능하였다. 이를 통하여 로봇 프로그래밍 생산준비에 소요되는 상당한 비용의 절감과 준비기간 단축 효과를 거두었다. 예를 들어 근래에 생산 준비를 완료한 한 소형 차종의 경우 차체 공장에서 사용되는 로봇들의 준비 작업에서 로봇 OLP를 전면적으로 적용한 결과 제어 코드 준비기간을 약 60% 단축하고 약 4억원에 이르는 프로그램 비용을 절감할 수 있었다.

3.4.4 가시화

차체플랜트 내의 각종 건축 구조와 설비들의 실감나는 가시화로 신차종 생산을 위한 건축, 배관, 설비와 그 배치안 등의 초기 설계와 사전 검증을 용이하게 할 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 자동차 공장의 생산준비 업무에 가상 생산기술을 적용하기 위하여 기반이 되는 가상플랜트의 체계적인 구축 방법, 고려사항과 기대효과를 제시하였고, 국내의 한 자동차 회사를 대상으로 차체공장 가상플랜트를 구축, 운영한 사례와 관련된 연구 내용들을 소개하였다.

가상플랜트의 구축 관점에서 각종 설비, 구조물의 치수 및 형상을 측정하여 모델링하고, 건축, 시설, 설비 등 다양한 개체를 3D CAD 모델링하는 작업을 체계적으로 수행하는 방법을 정립하였고, 구성된 가상플랜트의 CAD 모델을 가급적 추가적인 변경없이 이용하여 시뮬레이션을 수행하여 가상플랜트 운영에 사용할 수 있도록 통합된 환경과 정책으로 가상플랜트를 구성하였다.

개발된 차체 가상플랜트를 여러 엔지니어링 문제들의 해결에 적극 활용하였고, 향후에는 주요 생산 광경인 프레스, 도장, 조립 플랜트에도 본 연구결과를 바탕으로 가상플랜트를 구축하고 활용함으로써 가상생산 기술의 적용 범위를 확대할 예정이다.

참고문헌

김덕영, 손창영, 노상도 (2000), 자동차 차체공장 가상플랜트 구축을 위한 3차원 모델링, 고등기술연구원.  
 노상도, 홍성원, 김덕영, 손창영, 한형상, 박영진, 신현식, 정경훈 (2000), 가상생산기술 적용을 위한 자동차 가상플랜트 구축에 관한 연구, 2000년 대한기계학회 추계학술대회 논문집, 718~723.  
 자동차기술회 (1998), 자동차 생산기술의 예측조사-2025년의 자동차 생산기술 자동차제조에서의 꿈을 추구하고(사)일본 자동차기술회.  
 정원중 (2000), 대우자동차 생기연구소 Virtual Manufacturing 추진 사례, 2000 Korea Denb User Meeting.

홍성원, 김덕영, 이창호, 손창영, 노상도 (2000), 자동차 차체공장 가상플랜트 구축 및 활용, 고등기술연구원.  
 홍성원, 노상도 (2000), 자동차 차체공장 가상플랜트 운영모델 구축, 고등기술연구원.  
 Anthony Mills (1998), Collaborative Engineering and the Internet - Linking product development partners via the web, SME.  
 Brown Associates, D. H. Inc.(1999), Providing its Worth ; Digital Manufacturing's ROI, <http://www.dhbrown.com>.  
 Delmia (2001), Case Studies - Daimler Chrysler, <http://www.delmia.com>.  
 Ellison, D. J., Clark, K. B., Fujimoto, T., Hyun, Y. S. (1996), Development Performance in the Auto Industry : 1990's Update, Harvard Business School.  
 Fumihiko Kimura (1993), Product and Process Modeling as a Kernel for Virtual Manufacturing Environment, Annals of the CIRP, 42 (1), 147 ~ 150.  
 Howard C. Crabb (1998), The Virtual Engineer, ASME Press.  
 Iwata, K., Onosato, M., Teramoto, K., Osaki, S. (1995), A modeling and Simulation Architecture for Virtual Manufacturing Systems, Annals of the CIRP, 44(1), 379 ~ 383.  
 Iwata, K., Onosato, M., Teramoto, K., Osaki, S. (1997), Virtual Manufacturing Systems as Advanced Information Infrastructure for Integrating Manufacturing Resources and Activities, Annals of the CIRP, 46(1), 335 ~ 338.  
 Jablonski, S. and Bussler, C. (1996), Workflow Management, ITP.  
 Jordan, J. and Michel, Fed (1999), Next Generation Manufacturing (NGM), CASA/SME Blue Book.  
 Lee, Kyo Il, Noh Sang Do (1997), Virtual Manufacturing System - a Test-bed of Engineering Activities, Annals of the CIRP, 46(1), 347 ~ 350.  
 Noh Sangdo (1999), Networked Virtual Manufacturing System for Collaborative Engineering, Ph.D. Thesis of Seoul National University.  
 Peihau Gu and Andrew Kusiak(1993), Concurrent Engineering, Methodology and Applications, Elsevier.



**노상도**  
 한국과학기술원 정밀공학과 학사  
 서울대학교 기계설계학과 석사  
 서울대학교 기계설계학과 박사  
 현재: 고등기술연구원 생산기술센터 선임연구원  
 관심분야: 생산시스템, 가상생산, CAPP/CAM, FMS/CIM



**손창영**  
 서울대학교 조선해양공학과 학사  
 서울대학교 조선해양공학과 석사  
 서울대학교 조선해양공학과 박사  
 현재: 고등기술연구원 생산기술센터 선임연구원  
 관심분야: 가상생산, 분산생산시스템



**홍성원**  
 거제대학교 전자계산학과 학사  
 현재: 고등기술연구원 생산기술센터 연구원  
 관심분야: 시뮬레이션



**한형상**  
 서울대학교 산업공학과 학사  
 한국과학기술원 경영과학과 석사  
 Univ. of Wisconsin, Madison 산업공학과 박사  
 현재: 고등기술연구원 생산기술센터장  
 관심분야: 생산시스템공학, 시뮬레이션



**김덕영**  
 포항공과대학교 산업공학과 학사  
 포항공과대학교 산업공학과 석사  
 현재: 고등기술연구원 생산기술센터 주임연구원  
 관심분야: Shop Floor Control, 가상생산