

# 가상생산기술 적용을 위한 자동차 가상플랜트 구축에 관한 연구

노상도\* · 홍성원\* · 김덕영\* · 손창영\* · 한형상\* · 박영진\*\* · 신현식\*\* · 정경훈\*\*

## A Study on the Virtual Automotive Plant for a Virtual Manufacturing

Sangdo Noh\*, Sungwon Hong\*, Duckyoung Kim\*, Changyoung Sohn\*,  
Hyung Sang Hahn\*, Young-jin Park\*\*, Hyun-shik Shin\*\*, Kyung Hoon Chung\*\*

**Key Words:** Virtual Plant(가상플랜트), Virtual Manufacturing(가상생산), Automotive Plant(자동차 플랜트), Simulation(시뮬레이션), WWW(월드와이드웹)

### Abstract

Nowadays, one of the major technical issues in manufacturing is how to implement an virtual plant as an well-designed, integrated environment for sharing information and engineering collaboration among diverse engineering activities. The systematic approaches to make a virtual plant based on a 3-dimensional CAD, cell and line simulation, database and internet technologies are proposed in this paper. To do that, measuring and 3D CAD modeling technologies of many equipments, facilities and structures of the building are developed, effective management of information including models and related files in WWW environment is implemented, and precise simulations of unit cell and whole structured plant are performed. For the beginning of implementing a Virtual Automotive Plant, the Virtual Plant for the Body Shop of a Korean automotive company is constructed and implemented. Using this Virtual Plant, shorten car development time and cost saving are possible.

### 1. 서 론

근래에 들어 극도로 다양한 소비자의 요구와 글로벌 기업간의 경쟁이 치열하게 펼쳐지는 시장 환경은 다양한 제품을 신속하게 생산할 수 있는 새로운 생산 패러다임을 요구하고 있다. 1999년 CASA/SME에서 발간된 "Next Generation Manufacturing"에 의하면, 향후 10년간 발전해 나아갈 생산시스템에서는, 적응력과 민감성을 갖춘

정보시스템을 보유하여 지식기반 관리를 수행하고, 시뮬레이션, 가상생산 등 체계적인 방법들을 활용하여 신속하게 제품, 공정들을 현실화하며, 효율과 유연성이 탁월한 신개념의 각종 장비, 공정들을 개발, 활용하고, 부품 공급자까지 확대된 글로벌한 협동이 달성될 것으로 보인다.<sup>(8)</sup>

가상생산(Virtual Manufacturing)은 "생산시스템의 물리적, 논리적 구성요소들과 거동을 엄밀하게 모델링하여 통합된 컴퓨터 모델을 구성하고, 3차원 CAD, 시뮬레이션 등 다양한 새로운 컴퓨터 기술들을 활용하여 생산의 전과정에 걸쳐 각종 오류의 사전 검증, 효율적 의사결정을 수행함으로써 신속하고 효율적인 제품 개발 및 생산을 실현하고자하는 기술로, 기존 또는 새로운 여러

\* 고등기술연구원 생산기술연구소

\*\* 대우자동차 생산기술연구소 선행기술팀

가지 제조, 관리 계획이나 정책, 기술 등을 미리 도입하여 가상적으로 생산활동을 사전에 수행해 볼 수 있으므로, 신규라인의 설계, 계획수립이나 빈번하게 발생하는 여러 상황변경에 따른 재계획, 의사결정시에 추가되는 비용과 시간의 낭비를 최소화할 수 있다.<sup>(1)(2)</sup>

가상플랜트(Virtual Plant)는 공장에서 발생하는 일체의 제조행위들에 대하여 가상생산 기술을 적용하는데 기본이 되는 핵심 기반으로, 모델의 적용 범위, 상세 정도에 따라 작업, 셀, 라인으로 구분할 수 있는 공정/작업과 이에 관련된 각종 정보를 통합적으로 포함하게 된다.<sup>(1)(3)</sup>

가상플랜트의 효율적인 구축과 활용을 위하여는 관련 업무의 분석을 통한 적용 업무, 범위와 목표의 결정 및 효과 분석이 선행되어야 하며, 각종 CAD 모델과 관련 정보를 통합적으로 관리하기 위하여 이기종 CAD간의 인터페이스, 정보관리 시스템 등이 필요하다. 가상플랜트를 구성하는 작업은 크게 CAD를 이용한 3차원 모델의 구성, 시뮬레이션을 통한 운영모델의 구성으로 이루어지는데, 두 작업 모두 상당한 시간과 노력이 요구되는 힘든 작업이므로, 각종 형상, 치수의 측정 및 이를 기반으로 한 모델링, 라이브러리의 구축 및 활용, 통합적인 모델링 환경의 구축과 작업된 모델의 재사용을 통하여 작업의 생산성을 높이는 작업이 필수적이다.

가상플랜트를 구성하여 활용하게 되면 장비/시설, 각종 치공구 등의 설계 및 검증, 공정/일정계획의 수립, 검증 및 최적화, 공장/셀 Layout의 결정, 물류 및 저장면적 검토, 로봇 시뮬레이션 및 OLP(Off-Line Programming) 수행, 조립 시뮬레이션을 통한 조립순서 및 방법 검증, 작업에 대한 작업자 교육 및 작업에 대한 이해 증진, 작업 오류 방지와 개선안 도출 등의 여러 가지 업무에 대한 사전검증과 최적화를 수행할 수 있다. 이에 따라 국내외의 자동차 회사들이 모두 자동차 개발시간의 단축과 비용 절감을 통한 경쟁력 향상에 이바지하고자 가상플랜트의 구축과 활용분야에 집중적인 연구와 투자를 진행하고 있다.<sup>(6)(6)</sup>

<Fig. 1>은 Ford사와 Daimler Chrysler사에서 1998년에 구축한 가상플랜트의 예이다.

본 논문에서는 특히 국내의 한 자동차 차체 공장을 대상으로 가상플랜트를 구축, 운영한 사례를 소개하고, 이 과정에서 개발된 각종 기술과

구체적인 구현 방법 등을 소개함으로써 가상플랜트의 구축과 활용과정의 실제적인 방법을 제시하고자한다.



- Ford



- Daimler Chrysler

<Fig. 1> Virtual Plants of Automotive Companies

## 2. 가상플랜트 구축절차 및 적용

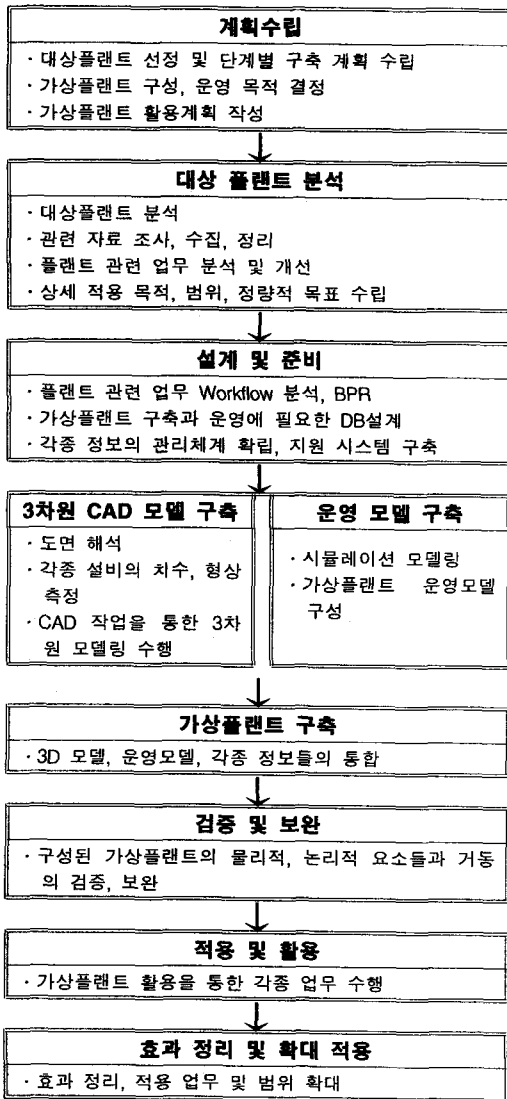
### 2.1 가상플랜트의 구축 절차

본 논문에서 제시하는 가상플랜트의 구축절차와 각각의 상세 업무는 <Fig. 2>와 같다.

### 2.2 가상플랜트의 적용분야 및 효과

가상플랜트는 생산 전 분야에 걸쳐 적용되는 통합된 환경으로, 가상플랜트를 구축, 활용하게 되면, 제품개발 부문에서는 새로운 아이디어의 개발과 관리과정에서 생산가능성을 바로 검증할 수 있게 되고, 제품설계 부문에서는 가상시제품(Virtual Prototype)의 제작을 통한 제품 시각화, 성능 분석, 가상시험, 그리고 생산 용이성 및 효율 평가가 가능하게된다. 제품제조 부문에서는 제조설비의 사양 결정, 공정 및 Layout 배치 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 전 Life Cycle에 걸친 업무의 정립, 관리와 엔지니어들 사

이의 용이한 의사소통 및 협의의 달성이 가능해진다.<sup>(1)(4)</sup>



<Fig. 2> Construction Procedure of a Virtual Plant

생산부문의 여러 분야별로 가상플랜트를 적용할 수 있는 문제들을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

(1) 가상엔지니어링 환경 구축

- CAD 시스템과의 연계, 건축물, 설비, 기계와 각종 부속물 등에 대한 통합적인 모델링, 검증 환경 제공
- 제품/부품 모델, DMU(Digital Mock-Up) 구

성을 통한 설계 해석 및 평가가 가능한 환경 구성

(2) 플랜트 설계 및 운영

- 건축/시설/장비 모델링 및 관련 정보 저장, 검색, 관리
- 공정계획과 일정계획 작성, 운영 시뮬레이션을 통한 최적화 수행 가능
- 공장 Layout 결정 및 장비, 시설 보수 지원
- 작업자 교육, 멀티미디어 사용/정비 설명서로 활용

(3) 공정 검증 및 평가

- 가공 시뮬레이션을 통한 NC 프로그램 작성, 검증 및 최적화
- 각종 치공구 설계 및 결정, 검증 수행
- 로봇 시뮬레이션과 Off-Line 프로그래밍 방법을 통한 로봇 프로그램 작성 및 검증
- 조립 시뮬레이션을 통한 조립품 시각화, 부품, 치공구들간의 간섭 확인 및 조립 작업 최적화
- 인간 모델 고려를 통한 작업자의 작업성 평가, 안전도 검증

(4) 공장 시뮬레이션

- 작업공정 시뮬레이션 수행을 통한 자재 흐름 분석, 병목현상 식별, 대체수단 평가 등

(5) 검사/품질관리

- 측정장비 Off-Line 프로그램 작성(CMM), 허용한계 분석
- 품질 예측, 불량 요인 도출 및 대안 검토

(6) 제품/설비/공정 시각화

- 제품/설비/공정의 시각화에 따른 작업자의 이해 증진
- 작업 오류 방지와 개선안 도출

2.3 제품/설비/공정 정보 관리시스템

가상플랜트의 구축과 운영을 위하여는 생산하는 제품들과 생산에 사용되는 각종 설비/자원들, 그리고 생산순서와 방법들을 나타내는 공정, 작업에 대한 여러 가지 정보를 통합하여 체계적으로 관리하여야 하며, 다루어야 하는 정보의 형태는 설비의 사양, 위치, 특성 등 각종 데이터, CAD 파일, 그리고 기타 관련 파일들 등 다양하다. 또한 이러한 정보들은 제품설계, 공정설계, 설비업체, 협력/외주업체 등 다양한 장소에서 분산되어 있는 여러 엔지니어들에 의하여 입력, 조회, 수정

될 수 있어야 한다. 이를 위하여는 업무분석, 각종 장표류에 대한 표준 수립, 각종 자료 입출력 절차 확립과 이를 기반으로 한 유연한 구조의 통합 데이터베이스 설계가 선행되어야 하며, CAD 등 각종 파일의 인터페이스방법에 대한 검토와 사용하기 편리한 정보관리 시스템의 구축이 필수적이다.

#### 2.4 플랜트 3D 모델 구축방법

가상플랜트를 구성하기 위하여는 3차원 CAD 모델들이 필요한데, 구성되는 CAD 모델들은 그 종류에 따라 ① 생산제품(부품, 제품 등), ② 건축부(건축물의 기초, 기둥, 상·하부 구조물 등), ③ 시설부(파이프, 덕트, 배관 등), ④ 설비류(Platform, Fence, Ramp, Mezzanine 등), ⑤ 장비류(가공기, 물류장비, 로봇 등), 그리고 ⑥ 기타 부속물류(Pallet, Rack, 건, 공구 등)로 나누어질 수 있으며, 모델링 작업의 준비도에 따라 ① 도면이 없는 경우, ② 도면은 있으나 등록되지 않은 설계변경이나 잦은 현장맞춤으로 실제와 다른 경우, ③ 도면으로 신뢰성있는 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 있다. 실제 많은 설비들이 도면이 없거나 도면이 있더라도 실제와 다른 경우에 속하므로, 모델링 작업은 단순한 CAD 작업뿐만 아니라 형상, 치수의 측정과 이에 기반한 모델링 작업이 필수적으로 요구된다.

또한 가상플랜트를 활용하여 의미있는 결과를 얻기 위하여는 종류에 따라 차이는 있으나 대체로 3D Solid 모델이 필요하며, 작성된 모델들이 단일 환경에서 통합되어야하므로, 하나의 단일한

CAD 모델러를 사용하거나 최소한 데이터의 호환에 대한 철저한 대비를 하여야하며, 구성된 가상플랜트가 시물레이션을 통하여 운영모델로 구성되어야하므로, CAD 작업에서 사용한 모델러와 호환되는 3차원 모델 기반의 시물레이션 엔진을 선정하여야 한다.

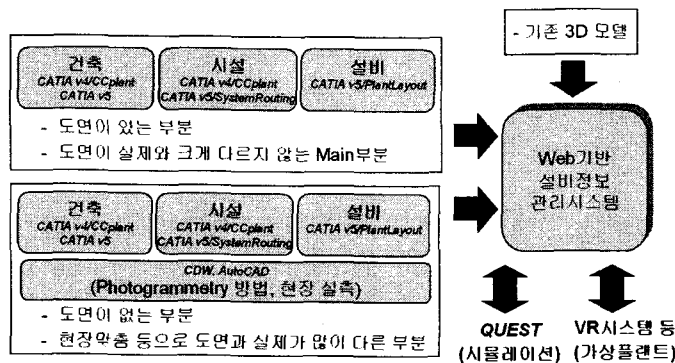
#### 2.5 가상플랜트 구성시 고려사항

<Fig. 2>와 같이 가상플랜트를 구성, 활용하는 절차는 대체로 계획→분석→설계→구축(3D 모델, 운영모델, 통합)→검증 및 보완→적용으로 정리할 수 있다.

가상플랜트의 구축에는 비교적 많은 시간, 비용과 자원이 요구되므로 초기에 상세한 활용계획과 정량적인 목표를 수립하고, 구축, 적용후에는 이를 정리, 분석하여 그 의의를 입증하고 적용분야를 확대하는 단계적인 접근 전략이 필요하며, 이를 위하여는 시스템 공학적인 접근과 Workflow 업무 분석, BRP(Business Process Re-engineering)의 수행이 필요하다.

또한 가능한 높은 가상플랜트의 신뢰성이 확보되어야 올바른 결과가 여러 분야에 폭넓은 확대 적용이 가능하겠으나, 투입할 수 있는 시간과 자원에 한계가 있으므로 적용 범위, 목적에 따라 모델의 일부, 부분적인 상세도 조정이나 추상화를 진행하여야 한다.

마지막으로 가상플랜트 구축후에 그 CAD 모델과 시물레이션 모델에 대하여는 엄밀한 검증을 통하여 모델의 적합성을 보장하여야하고 추후 변경사항이나 현장맞춤 등을 적절히 반영하여 그 신뢰성을 유지하여야 한다.



<Fig. 3> Modeling Strategy and Method for a Virtual Plant

### 3. 자동차 차체 가상플랜트

#### 3.1 차체 가상플랜트의 목적

본 연구에서는 국내의 한 자동차 회사를 대상으로 프레스 작업을 통하여 만들어진 패널들을 주로 로봇을 이용하여 자동화된 용접작업으로 차체를 구성하는 차체공장(Body Shop)을 대상으로 가상플랜트를 구축하였다. 본 연구에서 구성, 운영된 가상 차체플랜트의 목표는 다음과 같다.

- 신차 개발시 새로운 설계에 따른 기존 설비

문제점, 변경사항 검토

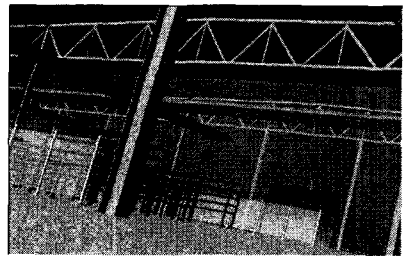
- 새로 작성된 설비와 공정의 사전 검증 및 개선. 특히, Jig, 설비 등의 간섭 확인을 통한 공정/설비 검증
- 여러 차종 혼류생산에 따른 물류방안 검토 및 저장 면적 등의 타당성 사전 검토 및 최적화
- Robot Off-line Programming 수행을 통한 로봇 프로그램 시간 단축 및 비용 절감
- 공장의 건축, 설비 등의 가시화를 통한 작업자의 이해 증진
- 플랜트, 생산에 관련된 각종 정보 통합 관리 및 Knowledge Base 구축
- PLC, 하드웨어, DB 인터페이스 구축을 통한 공장 제어, 모니터링 시스템의 구성

#### 3.2 차체 가상플랜트의 구성

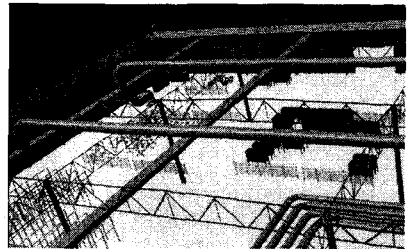
##### 3.2.1 3차원 CAD 모델의 구성

전술된 바와 같이 가상플랜트의 구축은 모델의 종류와 준비상태에 따라 사안별로 그 방법을 달리하여 진행하여야 하며, 작성된 모델이 CAD 모델로써 뿐만 아니라 시뮬레이션, VR 시스템 등 다른 응용분야에 통합적으로 이용될 수 있도록 하여야한다. 본 연구에서 사용한 3차원 CAD 모델링 방법은 <Fig. 3>과 같다. 대상 자동차 회사에서 표준으로 사용하고 있는 Dassault System사의 상용 CAD인 CATIA를 이용하고, 건축 구조부, 시설부, 설비별로 CATIA에서 제공하는 Solution을 사용함으로써 단일한 환경에서 다양한 설비들에 대한 모델링 작업 수행과 활용이 가능하도록 하였으며, 특히 공장의 주요 설비들은 Macro와 Design Table의 개념을 이용하여 라이브러리화하여 Parametric하게 모델링을 수행할 수 있도록 하였다.

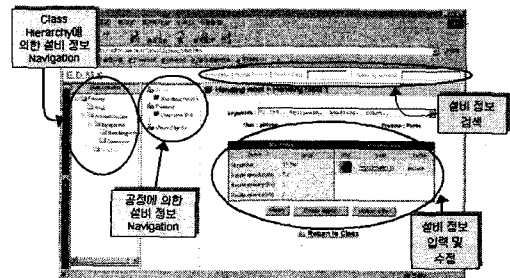
시뮬레이션 엔진으로는 같은 회사의 IGRIP, QUEST를 사용함으로써 모델의 호환, 변환 문제 없이 모델링작업에서 시뮬레이션 모델의 구성, 가상플랜트의 운영까지 통합적으로 수행되도록 하였다. 또한 도면이 없거나 실제와 많이 다른 부분의 모델링 작업은 사진 촬영을 통하여 주요 치수와 형상을 얻는 Photogrammetry 방법을 적용하였고 이를 위하여 Sony F505 디지털 카메라와 RolleiMetric사의 CDW 소프트웨어를 사용하였다. 다음의 <Fig. 4>와 <Fig. 5>는 구현된 가상플랜트의 3차원 모델이다.



<Fig. 4> The Virtual Automotive Plant - Structures



<Fig. 5> The Virtual Automotive Plant - Equipments



<Fig. 6> Web-based EDMS

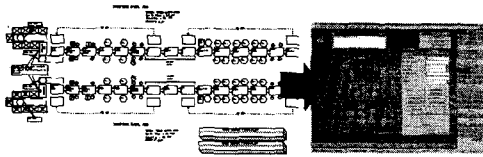
##### 3.2.2 설비정보관리

모델링 작업과정에서 기존 모델의 효율적인 사용과 작성된 모델의 재사용을 통한 모델링 생

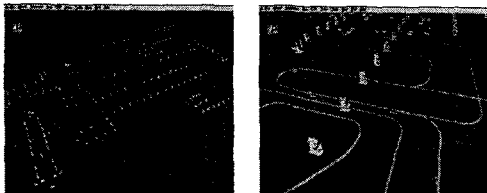
산성의 향상을 위하여 Web기반으로 설비에 관련된 각종 정보를 다룰 수 있는 Web기반 설비정보 관리시스템(Equipment Data Management System)을 개발, 사용하였다. 이를 위하여 객체지향적인 설계를 적용하여 모델링 대상을 총 67개의 Object Class로 분류, 정의하였으며, 각종 데이터들을 Class Hierarchy와 관련된 공정 관점에서 직관적으로 바로 검색하고, 수정 삭제 등을 할 수 있도록 구성하였다. <Fig. 6>은 개발된 설비정보관리 시스템의 실행화면이다.

### 3.3 차체 가상플랜트 운영모델

구성된 3차원 CAD 모델들을 이용하여 시뮬레이션을 통한 가상플랜트 운영모델을 구성하였다. 본 논문에서는 가상플랜트의 운영 목적을 크게 제품, 설비간섭 확인, 공정검토, OLP 등을 수행하는 Cell Level과 전체 라인의 운영 효율, 대차 대수 검토, 물류분석 등을 수행하는 Line Level로 나누었으며, Cell Level은 IGRIP 소프트웨어, Line Level은 QUEST 소프트웨어를 이용하여 구축하였다. 구성된 Cell, Line 시뮬레이션 모델은 단일한 환경에서 연계되어 운영됨으로써 통합된 가상플랜트 운영모델을 구성한다. <Fig. 7>은 본 논문에서 사용한 가상 차체플랜트 운영모델 구축방법을 그림으로 나타낸 것이고, <Fig. 8>은 구성된 가상플랜트 운영모델의 실행 모습이다.



<Fig. 7> Methods of Simulation Modeling



<Fig. 8> Simulation Models of the Virtual Automotive Plant

## 4. 결론

본 논문에서는 특히 자동차 공장을 대상으로,

가상플랜트를 구축, 적용하기 위한 체계적인 구축 방법, 고려사항과 효과 등을 제시하고, 국내의 한 자동차 회사를 대상으로 차체공장 가상플랜트를 구축한 사례를 소개하였다. 이를 위하여 각종 설비, 구조물의 치수 및 형상을 측정, 모델링하고, 건축, 시설, 설비 등 다양한 3차원 CAD작업을 가상플랜트 구축관점에서 체계적으로 수행하는 방법을 정립하였고, 각종 정보를 체계적으로 관리하고 재사용할 수 있도록 공정, 설비, 부품에 관련한 각종 정보들을 Web환경에서 관리하는 설비정보관리시스템을 구축하였다. 가상플랜트의 CAD 모델들은 가급적 추가 변경작업 없이 이용하여 시뮬레이션을 수행, 가상플랜트 운영에 사용될 수 있도록 통합된 환경과 정책으로 가상플랜트를 구성하였다.

## 참고문헌

- (1) Kyo Il Lee, Sang Do Noh, 1997, Virtual Manufacturing System - a Test-bed of Engineering Activities, *Annals of the CIRP*, Vol. 46, No. 1, pp. 347~350
- (2) K. Iwata, M. Onosato, K. Teranoto, S. Osaki, 1995, A modeling and Simulation Architecture for Virtual Manufacturing Systems, *Annals of the CIRP*, Vol. 44, No. 1, pp. 379~383
- (3) Fumihiko Kimura, , 1993, Product and Process Modeling as a Kernel for Virtual Manufacturing Environment, *Annals of the CIRP*, Vol. 42, No. 1, pp. 147~150
- (4) Peihau Gu and Andrew Kusiak, 1993, *Concurrent Engineering, Methodology and Applications*, Elsevier
- (5) 신현식, 1999, 대우자동차 VM(Virtual Manufacturing) 사례, 99' Deneb User Meeting
- (6) 정원중, 2000, 대우자동차 생기연구소 Virtual Manufacturing 추진 사례, 2000 Korea Deneb User Meeting
- (7) Sangdo Noh, 1999, *Networked Virtual Manufacturing System for Collaborative Engineering*, Phd. Thesis of Seoul National University
- (8) Jim Jordan and Fred Michel, 1999, *Next Generation Manufacturing(NGM)*, CASA/SME