

제조업 생산시스템의 현재



이 동 길

한국생산기술연구원
동력부품센터
opentest@kitech, re, kr



정 민 관

한국생산기술연구원
동력부품센터
mkjung@kitech, re, kr



김 명 호

한국생산기술연구원
동력부품센터
mhtoyou@kitech, re, kr



장 경 천

한국생산기술연구원
동력부품센터
kcjang@kitech, re, kr

1. 서론

공장자동화가 보편화되어 소품종대량생산이 가능한 생산시스템이 구축되었고 단순 대량생산에 의한 소비자의 Needs를 부합하기 힘들어져가는 상황에서 다품종대량생산, 중품종중량생산 및 다품종소량 등, 다품종변량생산 시스템이 요구되어지게 된다. 이에 따라 유연생산시스템이라는 개념이 도입되어 제조시스템의 변화가 일어나게 되었으며 상당수의 소비재 제조업을 영위하는 기업의 생산시스템이 변화하게 되었다.

유연생산시스템이 시장에 널리 확산되고 보다 더 효율적인 생산과 관리와 유지보수 등이 정확하고 유연하게 하기 위해 컴퓨터집적제조시스템(CIM)의 개념이 ERP와 함께 보급되기 시작하였다. 최근 들어서는 eERP와 인공지능 등이 부여된 지능형생산시스템(IMS)이 확대되고 있는 실정

이다.

이에 맞추어 각 세부영역간의 발전과 다양한 보완기술들이 나타나게 되었으며 대표적으로 제품정보관리(PDM)을 확장시킨 제품수명관리(PLM)개념과 가상제조시스템(VMS)에 의한 가상현실의 접목, 디지털목업, 디지털시뮬레이션, 인간공학 등을 갖추어 나가고 있다.

2. 차세대 생산시스템

2.1 PLM

혁신에 근거를 둔 효율화 및 초고속화의 배경을 둔 경쟁의 심화 속에서 기업환경은 급속도로 변화해가고 있다. 특히 제품개발 및 생산의 분산화, 판매 및 거래 선의 다변화 추세에 따른 세계화(Globalization)로 대표되는 이러한 변

화의 가속화는 웹에 기반을 둔 인터넷 기술의 발달로 그 속도는 더욱 더 빨라질 것으로 예측되고 있다. 이에 우리의 기업은 환경변화에 보다 효율적으로 대응하기 위한 방안을 강구하고 있다.

최근까지 기업은 기술개발과 제품개발에 있어서의 각 단계별 비용절감 및 개발기간 단축에 초점을 두어 CAx(CAD/CAM/CAE)의 통합설계에 큰 관심과 노력을 경주하였다. 또한 제품설계정보의 생성 및 관리 등을 위하여 제품정보관리(PDM) 등을 경쟁적으로 검토하고 도입하고자 하였다. 하지만 각 기업은 기존에 구축하여 사용하던 ERP, CRM, SCM 등과 설계부문의 CAx 그리고 PDM간의 연계 및 통합에 커다란 어려움과 문제점을 인식 하게 되었다. 이는 각 주체가 기존에 사용하던 시스템만을 고수하고 서로간의 정보를 공유하고 재창출하는 방법 등에 익숙지 않아서 야기된 문제였다. 이는 제품개발 계획 및 개념 도입단계부터 고객의 요구와 파트너사의 역량 그리고 마케팅 또는 생산 등의 요구 (Requirement) 와 지식 (Knowledge)등이 반영되기 어려워 당초 기대와는 달리 각 부문 간의 시너지효과를 창출하는데 커다란 어려움을 경험하였고 이에 대한 단계별 솔루션에 대한 필요가 대두 되었다.

PLM은 CRM(Customer Relationship management),

SCM(Supply Chain Management), ERP(Enterprised Resource Planning)등의 주요 가치사슬을 지원하는 시스템들과 연계하거나 협업하는 시스템으로서 제품개발 영역 및 제품주기 관리를 주요 지원 대상범위로 하며, 제품개발에 있어서 외부 참여자, 즉 고객 및 협력업체 등을 연계하는 엔터프라이즈 레벨의 시스템 통합기술 등을 포함하며, 크게 다음의 세부기술을 포함한다.

- 부품·소재 → 모듈 → 완성품 업체를 포함하는 생산시스템 내 전주기 프로세스 및 세부 액티비티를 효율적으로 관리·운영하기 위한 프로세스 표준화 및 상호 연동기술
- 이와 연관된 모든 제조정보를 관리·활용하기 위한 표준화, 공유, 교환 및 통합관리키 위한 제반기술로 협업 또는 동시공학 기반의 제품개발지원(CAx)
- 지식기반 정보화 및 의사결정 지원도구
- 엔터프라이즈 레벨의 시스템 통합을 위한 가상기업, 확장기업 등 기업간 실시간 연동기술

특히 아래 그림. 1에서 볼 수 있듯이 제품기획→설계→생산→구매·조달→서비스→재활용 등 제품개발 전 주기 상에서 기업 내외의 협업을 지원하는 제반기술이라 할 수 있다.

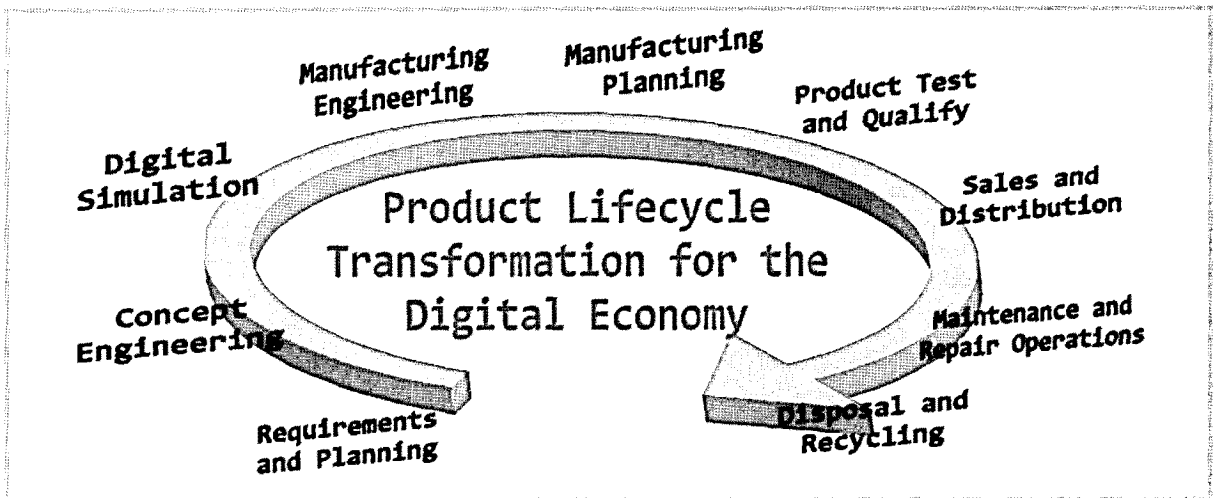


그림. 1 PLM의 구성

- 기업 내부간의 협업 및 상호작용을 위한 프로세스인 주로 상품기획, 마케팅, 영업, 구매, 생산, 등 기업 내 협업을 지원하는 프로세스를 포함하며 이는 통상적인 협업이 이루어지는 영역임.
- 기업 외부와의 협업을 지원하는 프로세스로서 외부의 서비스 영역, 부품 협력업체 및 고객과의 협업이 요구되는 프로세스를 포함, '기획적인 협업 영역'으로 본다.

이에 PLM공급사는 디자인, 제품설계, 생산설계, 생산 및 영업 등 각 부문 간 협업(Collaboration)의 중요성에 중점을 두어 그 효율성을 극대화하기 위한 솔루션을 새로이 내놓았다. 이를 통하여 제조 산업의 핵심역량에 해당하는 제품기획, 개념설계, 상세설계, 가공, 생산, 시험, A/S, 재생 등 제품의 라이프사이클 전반에 걸친 과정에 있어서 디지털화된 정보를 각 부문 간 연계(Integration) 및 협업이 가능하게 할 수 있다. 이는 디지털 기업(Digital Company)을 통하여 전체의 효율성을 극대화함으로써 궁극적으로 기업의 실패요인을 최소화하고 성공요인을 배가하여 이득을 극대화하고자 하는 목적이 있다.

2.2 MES

MES(제조 실행 시스템, Manufacturing Execution Systems)는 '제조 실행 시스템'으로 직역될 수 있지만 '제조 현장 관리 시스템' 또는 '제조 실시 시스템'으로 불리기도 한다. 정확한 한글 명칭이 무엇인가 하는 것은 MES의 정의에는 영향을 미치지 않는다. MES는 "생산을 수행하기 위해 사용되는 방법과 도구를 포함하는 온라인 통합 생산 시스템"으로 정의된다. 즉 MES는 제품의 주문 단계에서부터 완성 단계에 걸친 모든 생산 활동의 최적화를 가능하게 하는 정보시스템으로 이해할 수 있다.

국제 MES 협회(Manufacturing Enterprise Solutions Association International, MESA)은 MES를 다음과 같이 정의하고 있다.

"MES는 주문 받은 제품을 최종제품이 될 때까지 생산 활동을 최적화할 수 있는 정보를 제공하며 정확한 실시간 데

이터로 공장 활동을 지시하고, 대응하고, 보고 한다. 이에 따라, 공장에서 가치를 제공하지 못하는 활동을 줄이는 것과 함께 변화에 빨리 대응할 수 있게 함으로써 공장 운영 및 공정의 효과를 높인다. MES는 납기, 재고회전율, 총수익, 현금 흐름 등을 개선 할 뿐 만 아니라 운영 자산에 대한 회수율도 좋게 한다. MES는 양방향 통신으로 기업 전체 및 공급망(Supply Chain)에 걸쳐 생산 활동에 대한 중요한 정보들을 제공한다."

MES의 개념은 자동차, 반도체, 전자, 식품 처리, 약학, 항공, 의료 기기, 직물 제조 등의 제조업 부문에서 폭넓게 활용될 수 있다. 일정 관리(Scheduling), 정비 관리(Maintenance Management), 품질, 시간과 근태(Attendance) 같은 요소들은 MES의 범위 안에 들어오며, 모든 공업 분야에서 사용되어진다.

MES의 등장배경은 1990년 초 미국의 메사추세츠 주의 보스턴 시에 소재한 컨설팅 회사인 AMR (Advanced Manufacturing Research)사에서 최초로 소개된 제조업에서 시스템 계층 구조가 기능 경영 중심의 계획 - 실행 - 제어와 같이 3 계층으로 구분하여 실행의 기능을 MES라 정의하고 있다. 본 MES는 그림. 2에 보인 것과 같이 분산 데이터 베이스의 정보 기술을 핵심으로 시스템이 구축되고 있으며 MES는 아래와 같은 4가지의 기본으로 구성되어 있다.

- 공장 관리 기능
- 공장 품질 기능
- 공장 기술 기능
- 제어 계측 기능

이와 같은 각 기능은 핵심 정보 기술인 데이터베이스와 실무기술 사이에 실시간 지원의 API (Application Program Interface)를 지원하고 있으며 각 기능을 위하여 프로그램의 재사용으로 완성 응용 소프트웨어의 유지 보수 업무를 극소화할 수 있는 객체 지향 기술(OOT : Object Oriented Technology) 과 SQL (System Query Language)등과 같은 정보 기술 부분에서 사용자가 메뉴 선택으로 완성 시스템을 구성할 수 있는 구성기를 포함하고 있다.

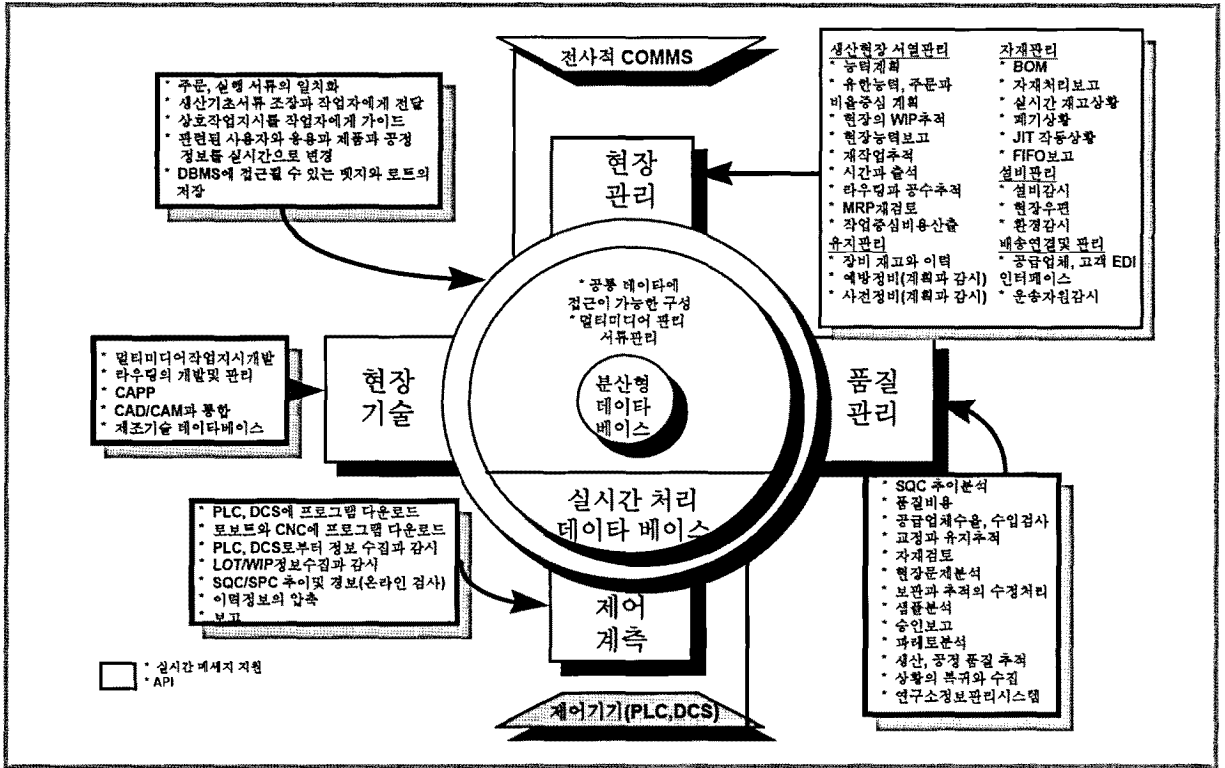


그림. 2 AMR사의 MES모형

제어 계측 기능에는 고속의 분산 처리 시스템인 DCS나 PLC등과의 고속 처리를 위하여서는 실시간 통신 기능을 넘어 실시간으로 현장의 정보를 데이터베이스화 하여 시스템을 구성하여 방대한 현장 정보를 고속과 효율적으로 관리하기 위한 실시간 데이터베이스 기능을 기본으로 하고 있다. 가까운 미래에는 Microsoft사의 타 시스템과 객체 지향 방식의 인터페이스 지원 Tool인 OLE (Object Link Embedded) 를 실시간 통신으로 지원을 하고 있고 MES 기본 기능에 적용을 추진하고 있어 확대 사용이 기대 되고 있다.

전 세계 약 200여 업체에서 MES용 소프트웨어를 개발하고 있으며 시장 규모는 약 10억 불 정도 형성되어 있다고 보고되고 있다. 국내의 경우에는 아직도 POP등과 같은 국부적으로 활용이 되고 있으며 전사적으로 ERP등과 같이 통합적으로 구성되는 경우는 아직 시장 형성 단계에 있다.

2.3 IMS

생산시스템의 자동화과정을 살펴볼 때(그림. 1), 초기자동화 시대는 산업용 로봇이나 NC/CNC 공작기계를 중심으로 조립공정의 자동화를 추구하여 대량생산을 목표로 했던 시대라 할 수 있다. 즉, 이 시기는 생산흐름의 부분적인 효율화를 계속 진전시키며 생산성의 향상을 꾀한 공장 자동화(FA: Factory Automation) 시기 이다. 그러나 이 시기에는 개별적으로 자동화가 진전되었기 때문에 작업 전체의 관점에서 효율화가 떨어지는 “자동화의 섬”이라는 역현상을 초래하게 되었다. 따라서 이러한 문제점들을 해결하고자 '90년대부터는 부분적으로 자동화된 기계 및 라인을 네트워크를 이용해 통합하고, 설계·제조 및 생산관리에 대한 데이터베이스를 공유함으로써 수주에서 출하까지 종합적으로 관리하는 통합생산시스템(CIM: Computer Integrated

Manufacturing)을 추진하기 시작하였다

그러나 이러한 FA와 CIM 개념의 자동화는

- 1) 사전에 작성된 프로그램에 따라서 장시간 무인 가공하는 기능만을 보유하고,
- 2) 장치에 이상이 발생할 경우 그 내용을 기계가 스스로 판단하거나 이상을 복구할 수 없으며,
- 3) 프로그램의 내용도 가공방법과 관련된 내용을 기재하여 판단 능력을 보유하지 못하는 문제점들이 있다.

따라서 21세기 첨단생산시스템 시대를 맞이하여 국내·외 관련기관들은 생산현장의 자동화 방식에 지능화의 개념을 도입하여 변화해가는 제조환경에 유연하게 대응하고자 하였다. 이에 기업전체의 생산 활동을 최적화할 수 있는 방향으로 글로벌화·통합화를 추진하여 보다 신속하게 다양한 고품질의 제품을 제조하기 위해 노력하고 있다.

즉 생산현장의 자동화·고품위화·지능화·최적화를 추구하고자 하며, 이러한 개념 실현이 바로 IMS(지능형생산시스템, Intelligent Manufacturing Systems)의 범위이며 목표이다.

21세기 첨단생산시스템 시대를 맞이하여 최근 「국제IMS 프로그램」은 급변하는 제조환경에 유연하게 대처하기 위하여 제조업계 관련 기술자와 경영자·경제학자들과 함께 토론의 장을 마련하였다.

그들은 '전통적인 제조'가 '신제조(New Manufacturing)'의 등장으로 도전을 받고 있다고 진단하면서, '신제조'의 특성을 다음과 같이 규정하였다.

- 제품과 제조과정의 신속하고 지속적인 혁신
- 제품의 설계·생산·조립·배분(유통)·서비스의 전 분야에 걸친 집약적인 지식과 기술
- 국제적 '가치사슬'(Value Chain)을 가지는 제품의 다국적인 지식공유
- 시장기회 조사의 목적에 따라 설치·해체할 수 있는 파트너쉽(예, 가상기업 구조)
- 환경 친화적 제조공정 및 제품에 관한 인식 증대

- 정보통신기술을 이용한 제품의 정보기반 서비스 통합과 폐품의 원료를 회수하는 '확장제품'(Extended Products)의 등장
- 나노기술(마이크로 머신, 생체의료기기 및 관련 전자부품) 생물공학(바이오센서, MEMS) 이동통신과 이동전자상거래 지능형시스템과 같은 신기술의 활용

현재 한국이 의장국으로 진행 중인 국제IMS프로그램은 IMS개념을 바탕으로 지능형 생산시스템 및 공정기술의 연구개발을 위하여 조직된 국제적 산·학·연·관 공동협력체이다. 국제IMS프로그램은 5가지 기술테마의 범주에 해당하는 프로젝트를 수행하고 있으며 다음과 같이 요약하였다.

- Total Product Life Cycle (총 제품 라이프사이클 관련)
 - 제조시스템의 향후 일반모델
 - 정보처리를 위한 지적통신네트워크 시스템
 - 환경보호·에너지와 자원소비의 최소화
 - 자원의 재생
 - 경제성 평가방법
- Process (제조 프로세스관련)
 - 환경오염을 최소화 할 수 있게 하는 깨끗한 제조처리
 - 에너지소비를 최소화 할 수 있게 하는 에너지효율화처리
 - 제조처리 기술혁신
 - 제조시스템의 유연성증가와 프로세스 모듈의 자율화
 - 다양한 제조구성요소와 기능간의 상호작용 및 조화증진
- Strategy·Planning·Design Tools (전략적 기획설계 도구)
 - 프로세스 리엔지니어링을 지원하는 방법과 툴
 - 제조전략의 개발과 분석을 지원하기 위한 모델링 툴
- Human·Organization·Social (인간·조직·사회적 측면)
 - 제조이미지 개선을 위한 프로젝트 선정 및 개발
 - 제조노동력·교육·훈련 기회의 증대

- 새로운 패러다임을 위한 적절한 평가측정방법
- 기술정보의 통합
- 유지·개발·접근

■ Virtual · Extended Enterprise (가상기업 및 글로벌 기업 관련)

- 가치체인에 따른 정보처리 및 유통
- 엔지니어링 협력을 지원하는 사업적·기능적·기술적 구조
- 확장기업(Extended Enterprise)을 포함한 동시공학
- 비용과 리스크 분배 및 확장기업 팀의 구성원에 대한 보상

지능형 생산 시스템(IMS)은 21세기 제조환경의 지능화, 고품위화, 통합화, 최적화 및 국제화에 대응하기 위해 인간과 기계, 정보통신기술 및 환경기술이 통합되는 차세대 첨단 생산 시스템으로 수주설계에서부터 생산 및 판매에 이르는 기업의 모든 활동이 인간과 기계 사이에서 최적의 관

계를 유지할 수 있도록 유연하게 통합하는 시스템이다. 다시 말해 제품의 수주, 개발, 설계, 생산, 물류, 경영 등 생산 시스템의 각 부문에서 발생하는 문제와 발생 가능한 문제를 지능적으로 해결하고, 또한 국제적으로 호환성 있는 형태로 이들을 네트워크에 의해 탄력적으로 통합하여 제조업의 전체적인 입장에서 가장 효율적인 생산 시스템을 구축하는 것이다. 이러한 지능형 생산 시스템(IMS)에 활용되는 중요한 지능적 기법에는 인공지능(Artificial Intelligence :AI), 전문가 시스템(Expert Systems), 신경망(Neural Network), 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm)이 있다. IMS에 의해 기존의 FMS나 CIM에 의한 자동화가 일방적인 공급환경이 피드백이 가능한 생산시스템으로 발전이 되어 효율의 극대화를 이루어 낼 수 있다.

2.4 VMS

20세기말인 1990년대 초반부터 VR(가상현실, Virtual Reality)기술이 발전되면서 영화, 디자인, 방송, 광고 산업 분야에 지대한 영향을 끼쳤으며 이는 곧 엔지니어링 산업으로의 접목까지 시도되는 계기가 되었다. 더불어 VR기술에 CAD/CAM/CAE등의 CAX기술과 미래 산업의 코드를 같이 하면서 엔지니어링 측면의 발전이 급속하게 진행되었다. 2차원적인 접근과 사용이 주를 이루던 엔지니어링분야, 제

표 1 지능형 생산시스템 핵심기술 개발동향 (KISTI, 2004)

기술영역	개발동향
제품정보시스템	- 지식기반 시스템 구축 - 3D모델의 완성 및 호환시스템 - 실시간 최적관리 시스템 - XML 기반의 표준화를 통한 자원 통합 - 웹 지원을 통한 접근성 강화
모델링 및 시뮬레이션	- CAX의 발전 - 통합소프트웨어 개발 - 통합 공정시뮬레이션 개발 - 확장 ERP개발
제조공정	- 암묵적 지식의 전산화 - 라이프사이클 고려한 제조 - 환경 친화적 생산 시스템 - 고속, 고정밀, 신소재, 최적 공정기술의 고도화
제조설비	- 지식기반형 생산자동화 - 생산시스템의 네트워크화 - 조립, 시험, 검사의 자동화
통합관리	- 인공지능 관리 시스템 - 기업 관리의 지능화 - 인프라 구조의 지능화

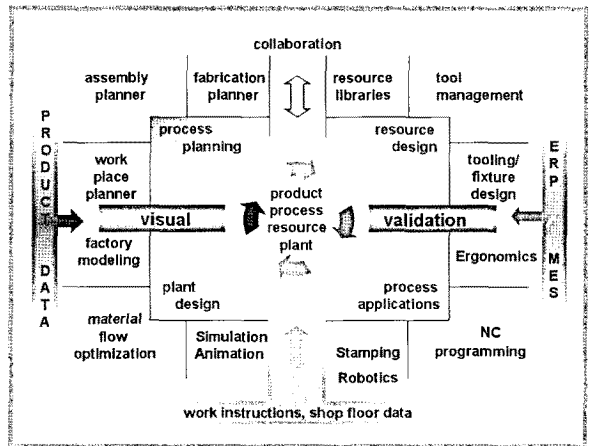


그림. 3 e-Factory scope, EDS UGS PLM, 2002

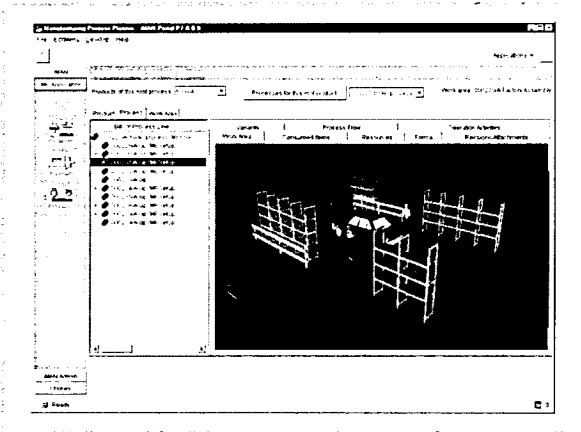


그림. 4 Fabrication Planning

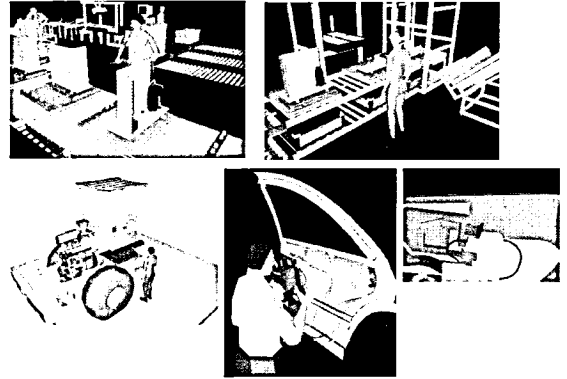


그림. 6 Ergonomics

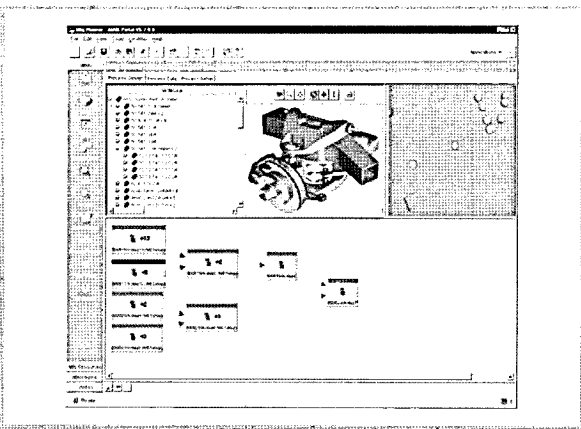


그림. 5 Assembly Planning

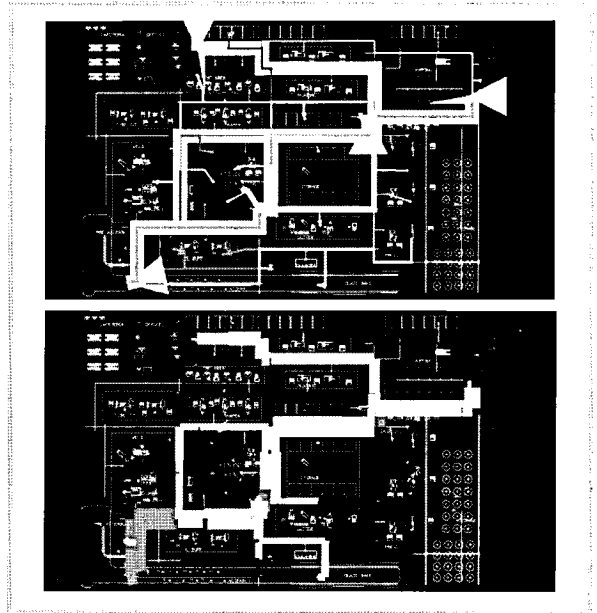


그림. 7 Factory Layout

조 산업 분야에 3차원 그 이상의 개념에 의한 공학적 소프트웨어들의 개발과 발전에 의해 e-Factory, e-Manufacturing, Virtual Factory 등의 시대가 도래하게 된다.

VMS(가상제조시스템, Virtual Manufacturing System)는 실제 제조시스템 또는 시험시스템 등의 모든 구성요소를 컴퓨터에 의해 시스템모델링을 하여 발생가능한 모든 요소들을 모니터링과 시뮬레이션을 하게 된다.

그림. 4,5에서도 볼 수 있듯이 각 업무별, 공정별로 효율적인 분석/설계가 판단이 가능하게 되며, 그림. 6,7에서와 같이 인간공학적 검토를 위한 시뮬레이션이 가능하여 동선

설계 근골격계 질환 방지 설계가 가능하다.

VMS가 지원하는 의사결정영역은 크게 제조용이성을 고려한 제품설계, 새로운 제품의 생산을 위한 제조시스템의 설계/구축 그리고 기존 제조시스템의 효율적 운용으로 구분한다. VMS기술은 크게 제품분야의 기술과 시설분야의 기술로 분류가 되며 세분화하면 다음과 같은 기술적 구현

이 가능하다.

- 공장운영 VM기술
 - 설비부하에 따른 일정수립
 - 작업우선순위결정
 - 생산능력 및 효율성 분석
 - 설비/작업자 관리
- 라인운영 VM기술
 - 레이아웃 설계
 - 물류흐름 분석
 - 운영제어 로직분석
 - 성능분석
- 설비운영 VM기술
 - 설비 설계
 - 셋업 계획
 - 오프라인 프로그래밍
 - 싸이클 타임 분석
- 제품공정 VM기술
 - 절삭가공 시뮬레이션
 - FEM 시뮬레이션
 - 성형시뮬레이션

이러한 VMS는 최근 웹기술의 발달과 관련 IT기기의 발달에 힘입어서 web-VMS에 의한 원격모니터링, 스마트폰에 의한 u-VMS도 충분히 구현 가능할 것으로 전망한다.

3. 결 언

이번 편에서는 제조업 생산시스템의 현재에 대하여 살펴 보았다. 다양한 이론과 실험에 의한 기법들이 난무하고 있으며 이를 명쾌하게 분리하여 설명할 수 없는 실정에서 본 편에서 다루었던 구분역시 얼마 지나지 않아 경계가 없어 지리라 예측된다. 중요한 점은 이러한 생산시스템의 도입과 실제의 접목이 이루고자 하는 목표를 통해서 알 수 있듯이 무한경쟁에서 살아남고 수많은 위협요인들 속에서 제조업 기반의 많은 기업들의 경쟁력 확보 방안이라 할 수 있다. 당분간 컴퓨터에 의한 인터넷망과 연동한 시뮬레이션등의 가상공간의 활용 등이 많은 분야의 확장을 도모하고 지배적으로 시장을 점유하리라 예측한다. 이에 제조 기업들도 시대의 흐름 방향에 앞서 위협요인을 예측하고 준비할 수 있는 단계를 지나치지 않기를 기대한다.

참 고 문 헌

- (1) KISTI., 지능형 생산시스템의 기술 동향, 2004.6
- (2) 안상훈, EDS PLM Solution Korea., EDS PLM Solution Product Strategy, 2002
- (3) 정만태, KIET, 지능형 유연생산시스템 분야의 2020 비전과 전략, 2007.8
- (4) 차석근, ACS, 생산시점관리 및 제조실행시스템, 2007
- (5) <http://blog.naver.com/cbk0907/80021110723>
- (6) 최병규, 가상제조(Virtual Manufacturing)기술의 현황과 전망, 한국CAD/CAM학회지 제9권 제2호
- (7) 최병규, VMS 기술과 산업공학의 역할, ie매거진, 1994
- (8) Alain lung, EDS PLM Solution Asia Pacific, Introducing efactory, 2002