

CIM의 발전 방향 - VM(Virtual Manufacturing)

한관희*

New Directions in the CIM System Development - Virtual Manufacturing

Kwan-Hee Han

〈Abstract〉

Presented in this paper is a state-of-the-art review of VM(Virtual Manufacturing). To survive on a global competition, manufacturers must shorten the time to market for their products. To achieve this goal, many manufacturers have implemented CIM systems. VM is a new direction in the CIM system development having emphasis on enhancing the decision-making capability. VM can be defined an integrated, synthetic manufacturing environment exercised to enhance all levels of decision and control. Also, VM is the use of computer models and simulations of manufacturing processes to aid in the design and production of manufactured products.

Curently, VP(Virtual Prototyping) and VF(Virtual Factory) are main theme to develop a VM. In this paper, the concept and current status of VP and VF are explained.

1. 서 언

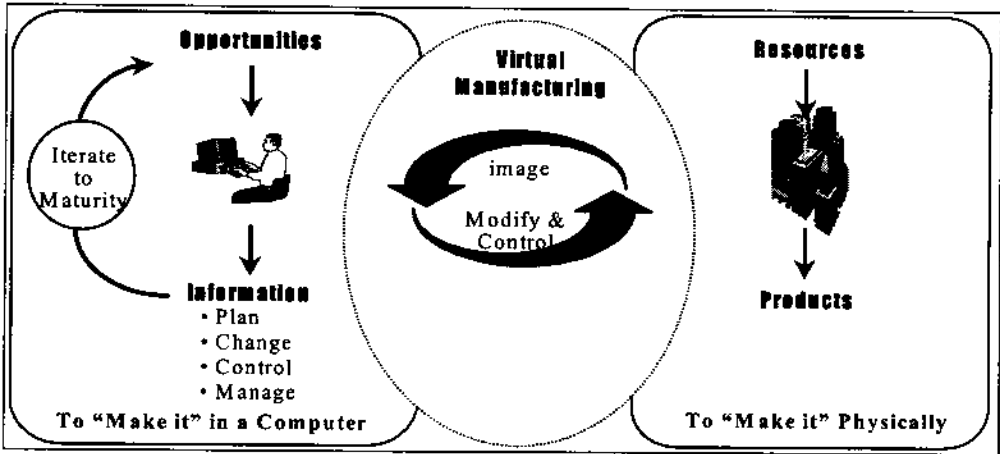
고객 요구의 다양화와 개성화, 제품 수명의 단축, 고품질화, 기업간 경쟁의 세계화 추세 등은 규모가 큰 기업이 경쟁력을 갖는 시대에서 기업 활동의 스피드가 빠른 기업이 상대적 우위를 점하는 시대로 변모하게 하고 있다. 이러한 상황에서 각 기업들은 생존 경쟁의 전략적 무기로서 CIM(Computer Integrated Manufacturing)시스템을 구축하려 노력하고 있으며, 특히 오늘날과 같은 시간 경쟁하에서는 시장에 얼마나 빨리 신제품을 출시하는가가 기업 생존의 관건이 된다는 점에서 모든 기업들이 제품 개발 기간 단축에 총력을 경주하고 있다.

국내의 CIM 구축 현황을 살펴보면, 국내에 CIM이라는 개념이 도입된지 십수년이 경과하여 이제는 단순한 개념이 아니라 실제 CIM을 지원하는 기술이 성숙되어 대기업을 중심으로 CIM을 실현하기위한 기반 구조가 정착되고 있다. 특히, 정보 유통의 기반이 되는 네트워크 분야와 이를 기반으로 생산 현

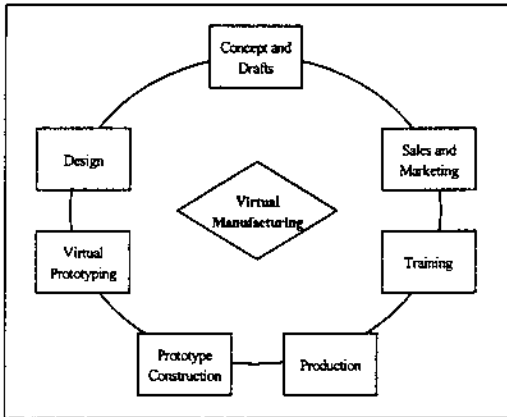
장에서 발생하는 각종 데이터를 집계 및 분석하여 관리에 활용하는 부분은 성숙 단계에 이르렀다. 그러나, 이에 비해 다가오는 미래의 생산 상황을 미리 예측하고, 예상되는 시나리오를 시뮬레이션하여 불확실성에 대처하기 위한 의사결정을 지원하는 형태의 발전은 아직 미약하다고 하겠다. 최근에 많이 논의되고 있는 VM(Virtual Manufacturing)은 제품의 설계 및 생산 전 과정에 걸쳐서 의사결정의 질을 향상시키기 위한 통합화된 모의 환경을 말하는 것으로 [1]. 실제 생산 환경과 흡사한 컴퓨터 모델을 구축하고, 이를 이용하여 실생산 환경을 수정하고 컨트롤함으로써 제품의 설계 및 생산 사이클 타임을 줄이기 위한 것이다. VM(Virtual Manufacturing) 이미지를 그림으로 표현하면 <그림 1>과 같다.

VM의 개념은 제품의 설계 및 생산의 특정 분야에만 국한된 것이 아니고, <그림 2>에서 보듯이 제품 및 공정의 전 라이프 사이클에 걸쳐 광범위하게 사용된다는 것을 알 수 있다 [2].

* 대우정보시스템(주) 기술연구부



<그림 1> VM 이미지



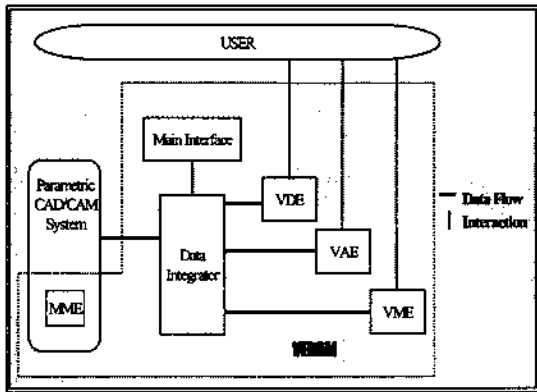
<그림 2> VM의 적용 분야

VM을 제품의 라이프 사이클에 따라 분류해보면 크게 세 부분으로 나눌 수 있는데, 첫째, '설계 중심의 VM'(design-centered VM)으로 이는 설계 단계에서 설계자에게 생산에 필요한 정보를 사전에 제공하려는 것으로 고품질, 유연성 및 조립성 등과 같은 목표를 달성하기 위해 시뮬레이션 기술을 사용하는 것이며 가상프로토타이핑 (virtual prototyping), 조립성 평가 등이 이에 속한다. 둘째, '생산 중심의 VM' (production-centered VM)으로, 이는 여러 가지 생산 대안들을 보다 쉽고 빠르게 평가하기 위해 생산 과정을 시뮬레이션하는 것으로, 레이아웃 계획 및 시각화, 생산 능력 평가, 버퍼(buffer)분석, 라인밸런싱 분석 등을 들 수 있다. 마지막으로, '제어 중심의 VM'(control-centered VM)으로, 이는 생산 실행 단계에서의 최적화를 위해 실생산과 밀접한 부분을 시뮬레이션하는 것으로

NC 가공 시뮬레이션, 로봇셀(robotic cell) 시뮬레이션, 작업 일정계획 시뮬레이션 등을 들 수 있다. 위에서 살펴본 바와 같이, VM 구축을 위해서는 시뮬레이션 기술이 주로 사용되는 데, 또 다른 주요 기술로는 실 생산 환경을 보다 투명하게 사용자에게 제시하기 위한 가상현실(Virtual Reality) 기술로서 사람-기계의 상호작용, 몰입감 등을 중요한 특징으로 하고 있다. 이러한 가상현실 기술을 사용하여 실제 공장에서 이루어지는 다양한 활동들을 사전/사후에 컴퓨터 모델을 통해 보다 투명하게 시각화하고, 상호 작용을 할 수 있는 환경을 만들 수 있다.

VM은 아직 초창기 발전 단계라서 정확한 개념 정의나 아키텍처들이 명확히 설정되어 있지는 않으나, 최근들어 VM을 구현하기 위한 도구를 발표하는 업체가 많이 늘고 있고 기존의 카드 업체나 시뮬레이션 업체에서도 몇몇 업체들이 VM을 지향하면서 제품 개발 및 판매를 하고 있다. 기업 입장에서는 이러한 도구를 사용하여 전체적인 VM을 구축한 예는 아직 없다고 생각되며 많은 기업이나 연구소에서 파일럿 프로젝트 수준으로 진행하고 있는데, 대표적인 예로는 미공군에서 행하는 SAVE (Simulation Assessment Validation Environment)로서 다음과 같은 것들을 구현 목표로 하고 있다[3]. 1) 공장 시스템 시뮬레이션 (factory simulation), 2) 가상 조립계획 (virtual assembly planning), 3) 비용/위험 분석 모델 (cost and risk analysis models), 4) 스케줄 시뮬레이션(schedule simulation), 5) 시스템 최적화모델(system optimization models). 또한, 워싱턴 대학에서 이루어지고 있는 VEDAM(Virtual Environment for Design and Manufacturing) [4]은 기존의 파라메트릭 카드

캠 시스템의 능력을 가상현실 기술을 이용하여 확장하려는 것으로 아래와 같이 크게 네 가지 모듈로 구성되어 있고, 현재 일부 모듈이 개발되어 시험 중에 있다. 1) MME (Machine Modeling Environment): 선반, 밀링기 등의 제조 설비에 대한 형상 및 기능을 모델링하여 라이브러리화 한다. 2) VDE (Virtual Design Environment): 캐드 시스템에서 완성된 설계 부품들에 대해 설계 분석과 리뷰를 가상현실 환경에서 행한다. 3) VAE (Virtual Assembly Environment): 각각의 설계 부품들이 가상현실 환경에서 직접적인 조작을 통하여 조립/분해 등 기능분석을 행한다. 4) VME (Virtual Manufacturing Environment): 공정계획 단계를 지원하기 위한 것으로 생성된 NC 코드를 가지고 가상현실 환경에서 절삭 과정을 직접 실험하며, <그림 3>은 VEDAM의 전체 구성도이다.



<그림 3> VEDAM 구성도

위에서 논의된 VM은 요약하면 크게 두 부분으로 분리 가능한데, 첫째는 제품 설계 과정을 지원하는 분야로 '설계중심의 VM'이 이에 대응되며, 둘째는 생산 시스템 설계 및 운영 과정을 지원하는 분야로서 위에서 언급한 '생산중심의 VM'과 '제어중심의 VM'이 이에 속한다. 여기서, 첫번째 분야는 가상 프로토타이핑(virtual prototyping)이라는 개념으로 대표되고, 두번째 분야는 가상공장(virtual factory)이라는 개념으로 대표되는데, 이하에서는 이 두 가지 개념에 대해 상세히 설명한다.

2. VP (Virtual Prototyping)

VP 시스템은 3차원 캐드 데이터를 이용하여 작성된 모델을 실제의 제작이나 조립 과정 없이 컴퓨터상에서 제품을 조립하거나 작동시키는 등의 작업을 설계 단계에서 수행하여, 이를

통해서 설계 품질을 검증하여 제품 개발 기간 단축, 원가 절감 및 품질 향상을 지원하는 시스템이다[5]. 기존에는 이러한 목적을 위해 캐드 시스템을 직접 활용해 보려고 했으나, 이는 적합지 않다는 인식을 하기 시작했다. 이에 대한 가장 큰 이유는 모델링 관점에서 개발되어온 캐드 시스템으로는 복잡한 조립체의 기능을 실시간에 인터랙티브(interactive)하게 검사하고, 그 결과를 시각화하기에는 속도 및 기능면에서 적합하지 않기 때문이다. 따라서, 최근에는 VP만을 전문적으로 지원하는 상업화된 소프트웨어가 출시되어 대기업을 중심으로 그 사용이 확대되고 있다. VP를 지원 하는 도구로는 디비전(Division)사의 dVISE, 이에이아이(EAI)사의 VisMockup, 테코플랜(Tecoplan)사의 CATVOX, 오브젝트로직(ObjectLogic)사의 EDS, 프로솔비아(Prosolvia)사의 Oxygen등이 각축을 벌이고 있는데, 아직까지 확실한 선두주자는 없는 것으로 보인다 [6][7].

여기서, VP를 지원하는 도구가 갖추어야 할 조건들을 살펴보면 다음과 같다.

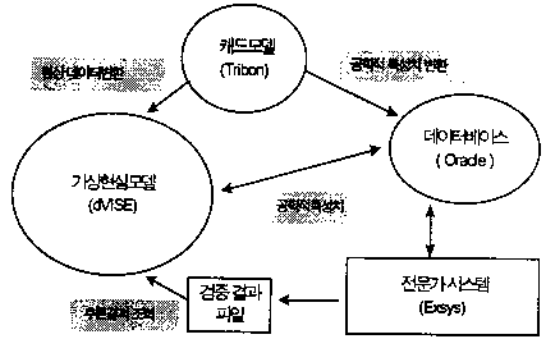
- 1) 대형 어셈블리의 실시간 시각화가 가능할 것.
- 2) 복잡도가 높은 부품간의 실시간 간섭 체크가 손쉬울 것.
- 3) 제품에 대한 조립성, 가공성 및 정비 보수 가능성등의 실시간 검증이 용이할 것.
- 4) 제품 구성요소들 간의 실시간 기능 분석이 가능할 것.
- 5) 공동 설계팀들 간의 실시간 의사소통이 용이할 것.

VP는 설계 단계에서뿐만 아니라 마케팅, 교육, 정비 보수 등의 제품 라이프 사이클의 전 범위에 걸쳐 사용될 수 있기 때문에 VP의 효과적인 활용은 엄청난 파급효과를 가져온다고 할 수 있다. 몇 가지 적용 사례를 살펴보면, 농기계 및 건설기계를 생산하는 존디어(John Deere)사에서는 트랙터나 포크레인과 같은 제품 설계시에 운전자의 가시성(visibility) 및 대상물체에 대한 접근성(reachability)을 확보하는 것이 매우 중요한 포인트인데, 이는 기존에 실제 프로토타입을 만들지 않고서는 해결하기 어려웠다. 그러나, 실제 프로토타입은 매우 비용이 많이 들고, 제작 시간이 많이 소요되기 때문에 존디어사에서는 디비전사의 dVISE라는 개발 도구를 사용하여 가상프로토타입(virtual prototype)을 생성함으로써, 실제 프로토타입을 만들어보지 않고도, 가시성 및 접근성 등 운전자의 인간공학적인 분석을 행할 수 있게 되었다. 예를 들면, 포크레인의 포크를 원하는 방향으로 이동시켜야 하는데, 포크가 운전자의 뒤

로 이동해도 운전자가 포크를 컨트롤할 수 있는 가시성을 확보할 수 있는지, 운전자가 컨트롤레버를 용이하게 조작할 수 있는지, 또는 포크의 대상 작업물에 대한 접근성을 확보할 수 있는지의 분석을 가상프로토타입으로 실험할 수 있게 되었다. 존디어사의 사례는 위에서 언급한 VP가 갖추어야 할 조건 중에서 공동 설계팀간의 의사소통 지원 기능을 제외한 4가지 조건을 갖추고 있다.

국내 사례로는 국책 과제인 '차세대 조선 생산 시스템 개발'의 일부 과제로 H중공업에서 진행중인 프로젝트인 '조선 설계 오류 검증 시스템 개발 과제'[8]로서, 조선 설계 과정에서 발생한 오류를 1) 규칙(rule) 기반의 지식 추론 검증 방법과, 2) 가상 현실 기반의 시각적 검증 방법을 활용하여 검증하고 피드백함으로써 설계 재작업 빈도의 감축, 설계 품질 향상, 납기 단축 등을 목표로 하는 프로젝트이며, 이 프로젝트에서는 VP의 조건 중에서 대형 어셈블리의 실시간 시각화, 복잡도가 높은 부품간의 실시간 간섭 체크 및 공동 설계팀간의 실시간 의사 소통 지원 조건을 만족시키는 기능을 구축하게 된다.

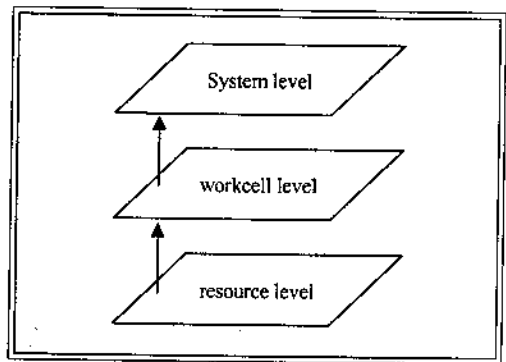
이 시스템은 전문가 시스템 모듈과 가상현실 모듈의 두 부분으로 나누어져 있는데, 첫번째는, 국내 조선 업계에서 다년간 설계 작업을 수행하면서 자체적으로 축적한 문서화된 검증 자료 및 경험 등의 지식을 전문가 시스템을 이용하여 정형화/자동화시킨 것이다. 이 모듈에서는 1)인접한 파이프 간의 재질 상이성/동질성 체크, 2) 배관 설비내 특정 파이프와 파이프 사이의 적정 거리 확보 여부 체크, 3) 설계자간 설계 분업 후 통합시의 연속성 체크 등을 지식 추론을 이용하여 오류를 검증하고, 이를 가상현실 시스템으로 시각화하게 된다. 두 번째는, 가상현실 기반의 시각 오류 검증 방법으로, 설계자가 직접 실시간으로 3차원 시각화된 설계 모델에 대한 이상 유무 검증을 수행하는 것으로, 캐드 모델로부터 변환된 3차원 가상현실 모델 내부를 3차원 가상인간(virtual human)이 자유롭게 돌아다니면서, 실제 선박 건조 후에 인간의 활동 환경에 무리가 없는지를 시각적으로 판단하여 설계 오류를 검증하며, 원격지에 떨어진 설계자들 간의 공동 설계 작업을 가능케 하는 협동 작업(collaboration) 서브모듈도 포함하고 있다. 즉, 이 시스템은 전문가 시스템의 추론 기능과 가상현실 시스템의 시각화 및 내비게이션(navigation) 기능을 적절히 조화하여, 설계 오류를 신속히 발견하여 피드백하고자 하는 것으로, <그림 4>에 조선 설계 오류 검증 시스템의 전체 구성도가 나타나 있다.



<그림 4> 조선 설계 오류 검증 시스템의 구성도

3. VF (Virtual Factory)

VF는 실제 제조 환경에서 이루어지는 일들을 컴퓨터 모델화하여 현황 파악 및 모의 실험을 통해 인간의 의사결정을 지원함으로써, 인간에게 보다 편하고 투명한 인터페이스 메카니즘을 제공하는 것이라 정의 할 수 있고[9], 이를 지원하기 위해서는 여러 계층에 걸쳐 다양한 기술이 요구되고 있다. VF는 생산 시스템의 설계 및 운영 단계에 따라 계층을 형성하고 있는데, <그림 5>에서 보논바와 같이 단위 설비 레벨, 워크셀(workcell)이나 라인 레벨, 전체 시스템 레벨의 3 계층으로 분류된다.



<그림 5> Virtual Factory의 계층

단위 설비 레벨에서는 가공 기계의 절삭 시뮬레이션이나 공구와 구조물과의 간섭 시뮬레이션 등이 행해지는데, 이 레벨에서는 단위 기계의 행태를 상세하게 에뮬레이션할 수 있어야 한다. 워크셀 레벨에서는 로봇과 보조 설비들이 한 단위를 이루는 로봇틱 셀 시뮬레이션, 조립라인에서의 조립 순서나 인간 공학적 분석 등의 시뮬레이션이 행해지는데, 로봇틱 셀

물레이션에서는 오프라인 프로그래밍(OLP:off-line programming)을 목적으로 많이 시행되고 있으며, 로봇과 보조설비 간의 협동화가 사실적으로 분석될 수 있어야 하고, 시물레이션의 결과가 해당 로봇의 콘트롤 코드로 직접 변환될 수 있어야 한다.

조립 분야에서는 제품의 조립성, 접근가능성(accessibility) 등이 제조 라인상에서 가상작업자(virtual human) 및 가상 제품, 치공구 등을 이용하여 시물레이션되는데, 가상작업자를 이용하여 작업자의 동작 분석 및 피로도 분석 등이 동시에 이루어질 수 있어야 한다. 시스템 레벨에서의 시물레이션은 기본적으로 이산사건 시물레이션 (discrete event simulation)으로 전체 생산 시스템을 모델링하여 레이아웃 계획 및 시각화, 생산 능력 분석, 버퍼 용량 분석, 라인밸런싱 등의 분석을 행하는데, 하위 2 계층에서 모델링된 결과가 시스템 레벨에서 통합화될 수 있어야 하고, 역으로 튼튼한 방식의 모델링도 가능하도록 충분한 유연성을 가져야 한다. 또, 추후 생산 라인의 개편이나 신규 시스템 설치시에도 재모델링이 극소화될 수 있도록 모델의 재사용성이 높아야 한다. VF를 지원하는 도구가 갖추어야 할 조건들은 아래와 같다.

- 1) 생산 시스템의 3 계층을 모두 지원 할 수 있어야 하고, 계층간 통합화가 가능할 것.
- 2) 각 계층에서 생성된 모델이 다른 계층의 한 부분으로 통합되는데 무리가 없을 것.
- 3) 생산 시스템에서 사용되는 설비의 동적 행태를 정확하게 묘사할 수 있을 것.
- 4) 상향식 접근 방법 (Bottom-up approach)뿐 아니라 하향식 접근 방법 (Top-down approach)도 가능할 수 있도록 충분한 모델링 유연성을 갖출 것.
- 5) 시물레이션의 결과가 실제 생산 시스템을 구동할 수 있는 콘트롤 코드로 생성될 수 있을 것.

VF를 지원하는 도구들의 최근 동향을 살펴보면 '97 AUTO-FACT 전시회에서도 볼 수 있듯이, VF를 표방하는 소프트웨어 업체들이 눈에 두드러지고 있는데, 현상에서는 데넵(Deneb)사와 테크노매트릭스(Tecnomatix)사가 선두주자인 것으로 보인다. 그리고, 몇몇 선두업체들이 VM에 필요한 요소기술들의 전체적인 통합을 위해 부족 부분을 인수 또는 합병하는 사례가 급증하고 있다. 예를 들면 테크노매트릭스는 전체적인 시스템 레벨의 시물레이션 부분을 보완하기 위해 AESOP

사(SIMPLE++)를 인수했고, VP분야의 이에이아이사는 캐드 기반의 SLP(Systematic Layout Planning)를 지원하는 Factory-CAD를 판매하는 CIMTechnologies사를 인수했다. 또, 가장 근저에는 다쏘(Dassult)사가 데넵사를 인수하면서, 자사의 CA-TIA와 연계하여 'Digital Enterprise'라는 통합 솔루션을 제시하고 나섰다.

적용 사례를 살펴보면, 국내 D중공업에서는 선박 블록 용접 시 기존의 온라인 프로그램 시스템상의 문제점인 프로그래밍 과다로 인한 작업시간 지연과 작업 프로그램 오류로 인한 충돌과 로봇 몸체의 손상 등의 문제점을 해결하기 위해 다양한 용접 부위에 대한 로봇 작업 프로그램의 OLP 시스템 구축 프로젝트를 수행하였다[10]. 이를 위하여 D중공업에서는 테크노매트릭스의 RobCAD를 이용하여 실제 로봇과 같은 형상과 동작 특성을 가지도록 로봇들을 모델링하였고, 작업물에 대해서는 새로운 작업물의 치수를 기입하면 자동으로 대상물이 생성될 수 있는 프로그램을 만들어 각 작업물들의 용접을 위한 표준 프로그램을 구축하였다. 현재 표준 프로그램의 수는 170 여 개에 달하며 이 프로그램을 활용한 시물레이션 정보를 현장의 PC에 적용하였으며, 프로젝트의 결과로 선박 블록 용접 공정에서 온라인 프로그램 작성 시간 단축, 프로그램 오작으로 인한 로봇 몸체의 손상 최소화 및 각 작업 대상물에 대한 로봇의 안전한 진입 동작 보장 등의 효과를 얻었다.

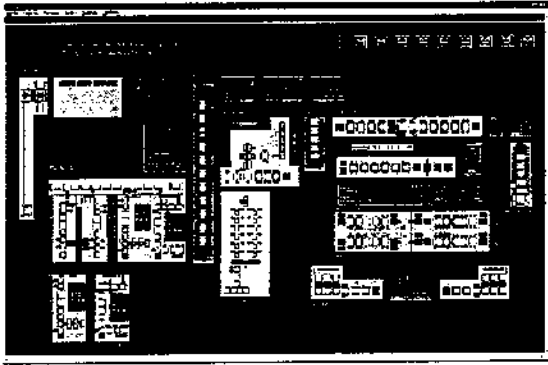
시스템 시물레이션의 예로는 국내 H타이어 회사가 신규 공장을 건설할 때 사상/검사라인의 레이아웃 분석 및 생산 능력에 적합한 물류 시스템 설계를 위해 AutoMod라는 시물레이션 도구를 사용하여 검사설비 앞에서 대기하는 셀버퍼 (cell buffer)의 적정 운영안과 적정 검사 로트 사이즈를 결정하였으며, 모델링된 물류 시물레이션 모델을 설계 단계에서만 사용하지 않고, 전용 시물레이터로 구성하여 생산량이나 규격의 변화, 기계 사이클 타임의 변화 및 고장율의 변화를 입력해 주면 생산 대안을 시물레이션하여 결과를 평가해 주기 때문에 매일 매일의 생산에서 변동을 예측하고 이에 대처하기 위한 도구로 활용하고 있다[11].

또, 국내 D자동차에서는 차체 조립 라인에서의 차체 운반 수단인 대차의 적정 대수와 적정 버퍼 용량을 결정하기 위해, AESOP사의 SIMPLE++[12]라는 도구를 이용하여 시물레이션 분석을 수행하였으며, 이의 결과로 생산 능력을 5-10% 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다[13]. 특히, 이 프로젝트에서는 객체지향 모델링[14]을 사용했기 때문에, 향후 라인의 증설이라든지 신규 라인 설치시에도 모델을 처음부터 구축하지 않고,

이미 만들어진 객체 라이브러리(object library)를 이용할 수 있기 때문에 모델 구축시의 효율성을 극대화 할 수 있게 되었다.

〈그림 6〉은 D자동차 회사의 차체 조립라인 분석을 위한 톱레벨(top-level) 시물레이션 모델을 나타낸다.

위의 사례들에서 사용된 VF 지원 도구들의 특성을 간단하게 살펴보면, RobCAD는 테크노매틱스사 제품으로 이 회사는 최근까지 시스템 레벨의 시물레이션 지원 도구가 없었으므로 해서, VF의 조건중에서 1),4) 기능을 지원하지 못하였는데 SIMPLE++를 보강함으로써, VF의 전체 조건을 지원할 수 있는 체계를 갖추게 되었다. 오토시물레이션스(AutoSimulations)사의 AutoMod는 전체 시스템 레벨, 특히 물류 시스템을 시물레이션하는데 유용한 도구이지만, 아직까지 VF 전체를 지원하는 도구로까지는 발전하지 못하고 있다.



〈그림 6〉 D자동차 회사의 top-level 시물레이션 모델

4. 결 언

지금까지 살펴본 바와 같이 VM은 CIM과 따로 떨어진 개념이 아니고, CIM을 더욱 발전적으로 보완하는 개념으로서, 기존의 CIM이 인간이 생산 시스템에서 차지하는 역할을 대신 시 했다고 보면, VM은 인간의 의사결정을 적극적으로 지원하고, 인간에게 자연스럽고 편한 생산 환경을 제공하려는 접근 방법이라고 할 수 있다.

VM은 아직 발전 초기 단계이기 때문에 국내외적으로 VM의 체계적인 정의 및 아키텍처에 관한 많은 연구와 활발한 논의가 이루어지리라 예상되고, 특히 VM을 지원하는 컴퓨터에 기반한 도구들이 많이 출현하리라 예측된다. 기존의 연구 결과나 성과에 더하여 VM이 발전해 가야 할 방향을 예측해보

면 아래와 같다. 첫째, 이미 만들어진 VM 모델이 설계/분석 단계에서만 사용되는 것이 아니라, 실제 실행 과정에서도 실행 상황을 모니터링하고 원격 제어하는 데에도 쓰여야 한다. 둘째, 지금까지는 시물레이션의 결과가 로봇 프로그램이나 NC로 만들어져 사용되고 있지만, 이것이 보다 확대되어 개별 설비를 통합하는데 사용되는 PLC의 로직을 생성할 수 있어야 한다. 셋째, 현재는 자동화 시스템을 주대상으로 하고 있지만 향후에는 3차원 가상인간에 기반한 인간공학적인 분석이 VM 구현에 필수 요소가 될 것이다.

【참 고 문 헌】

- [1] Institute for systems research, Virtual manufacturing: VR background project report, U. of Malyland, 1994.
- [2] DR.-Ing. P. Drews and Dipl.-Ing. M. Weyrich, "Virtual Manufacturing -An Overview," VR News, Vol.6, No.3, p18-22, April 1997.
- [3] Society of Manufacturing Engineers, "Virtually Everything," Manufacturing Engineering, Vol.118, No.5, p24-32, May 1997.
- [4] Dr. Scott Angster, "VDEAM: Vitual Environment for Design and Manufacturing," VR News, Vol.6, No.5, p16-19, June 1997.
- [5] 한관희, 오석찬, "효과적인 제품 설계를 위한 가상 프로토타이핑" 정보처리학회지, Vol.5, No.2, March 1998.
- [6] Amy A. Rowell, "PDM Supports a New Look," Computer Graphics World, Vol.21, No.2, p42-46, February 1998.
- [7] Amy A. Rowell, "Prototyping in a digital world," Computer Graphics World, Vol.20, No.9, p55-62, September 1997..
- [8] 대우중공업, 선박제품 모델링 기술 개발에 관한 연구-2차년도 보고서, 통상산업부, 1997.
- [9] 한관희, "CIM의 새로운 지평-Virtual Factory," 경영과 컴퓨터, March 1996.
- [10] 대우중공업, 로봇시스템 개발 완료보고서, 1996.
- [11] 대우정보시스템, H 타이어 사상입고 공정 시물레이터 개발 보고서, 1996.
- [12] AESOP GmbH, Optimization of Systems and Business Processes- User's Manual Version 4.1, 1997.
- [13] 대우정보시스템, D 자동차 차체조립라인 버퍼 최적화를 위한 시물레이션 분석 및 표준화 모델 구축 보고서, 1997.

[14] Dietmar E. Geuder, "Object-Oriented Modeling with SIMPLE++," Proceedings of the 1995 Winter Simulation Conference, p534-540, 1995.

[Web Page Lists]

- [1] AESOP, "<http://www.aesop.de>"
- [2] DASSAULT, "<http://www.catia.com>"
- [3] DENEBA, "<http://www.deneb.com>"
- [4] DIVISION, "<http://www.division.co.uk>"
- [5] EAI, "<http://www.eai.com>"
- [6] ObjectLogic, "<http://www.objectlogic.com>"
- [7] PROSOLVIA, "<http://www.prosolvia.se>"
- [8] TECNOMATIX, "<http://www.tecnomatix.com>"



한관희
 1982년 아주대학교 산업공학과
 학사
 1984년 한국과학기술원 산업공
 학과 석사
 1996년 한국과학기술원 자동차
 및 설계공학과 박사
 현 재 대우정보시스템(주) 기술
 연구부장
 관심분야 simulation modeling, vir-
 tual manufacturing, CIM

98년 1월 최초접수, 98년 4월 최종수정