

□ 특집 □

# 효과적인 제품 설계를 위한 가상프로토타이핑

한 관 희<sup>†</sup> 오 석 찬<sup>††</sup>

◆ 목 차 ◆

- |                 |          |
|-----------------|----------|
| 1 서 언           | 3 VP의 활용 |
| 2 VP의 정의 및 요구사항 | 4 결 언    |

## 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 Integrayed 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 있는 실정이다.

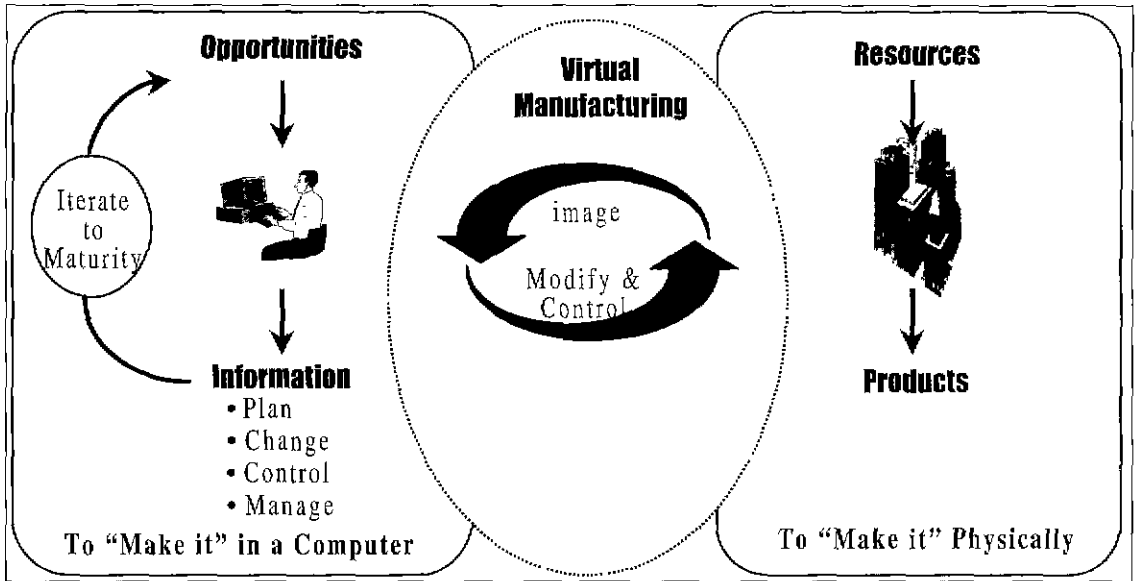
국내의 CIM 구축 현황을 살펴보면, 국내에 CIM이라는 개념이 도입된지 십수년이 경과하여 이제는 단순한 개념이 아니라 실제 CIM을 지원하는 기술이 성숙되어 대기업을 중심으로 CIM을

실현하기위한 기반 구조가 정착되고 있다. 특히, 정보 유통의 기반이 되는 네트워크 분야와 이를 기반으로 생산 현장에서 발생하는 각종 데이터를 집계 및 분석하여 관리에 활용하는 부분은 거의 성숙 단계에 이르렀다. 그러나, 이에 비해 다가오는 미래의 생산 상황을 미리 예측하고 예상되는 시나리오를 시뮬레이션하여 불확실성에 대처하기 위한 의사결정을 지원하는 형태로의 발전은 아직 미약하다고 하겠다. 최근에 많이 논의되고 있는 VM(Virtual Manufacturing)은 제품의 설계 및 생산 전 과정에 걸쳐서 의사결정의 질을 향상시키기위한 통합화된 모의 환경을 말하는 것으로 [1], 실제 생산 환경과 흡사한 컴퓨터 모델을 구축하여, 이를 이용하여 실생산 환경을 수정하고 컨트롤함으로써 제품의 설계 및 생산 사이클 타임을 줄이기위한 것이다. VM의 개념을 그림으로 표현하면 (그림 1)과 같다.

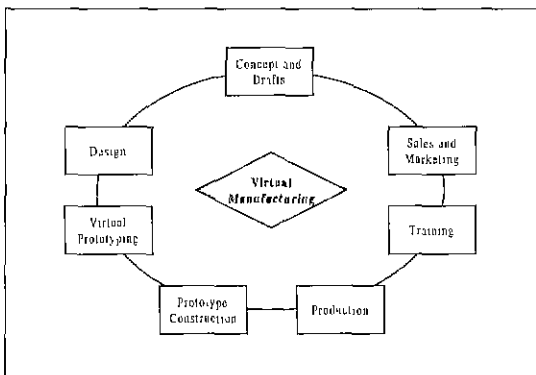
VM의 개념은 제품의 설계 및 생산의 특정 분야에만 국한된 것이 아니고, [그림2]에서 보듯이 제품 및 공정의 전 라이프 사이클에 걸쳐 광범위하게 사용된다는 것을 알 수 있다[2].

† 정회원 : 대우정보시스템 CIM사업부 부장

†† 정회원 : 대우정보시스템 CIM사업부



(그림 1) VM 이미지



(그림 2) VM의 적용 분야

VM을 제품의 라이프 사이클에 따라 분류해보면, 크게 세가지로 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, 생산능력 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(Numerical Control) 가공 시뮬레이션, 로봇셀(robotic cell) 시뮬레이션, 작업 일정계획 시뮬레이션 등을 들 수 있다. 위에서 살펴본 바와 같이, VM 구축을 위해서는 시뮬레이션 기술이 주로 사용되는데, 또 다른 주요 기술로는 실생산 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.

위에서 논의된 VM은 크게 두 부분으로 분리 가능한데, 첫째는 제품 설계 과정을 지원하는 분야로 '설계 중심의 VM'이 이에 대응되며, 둘째는 생산 시스템 설계 및 운영 과정을 지원하는 분야로서 위에서 언급한 '생산 중심의 VM'과 '제어 중심의 VM'이 이에 속한다. 여기서, 첫째 분야는 가상프로토타이핑(VP: virtual prototyping)이라는 개념으로 대표되고, 두번째 분야는 가상공장(VF: virtual factory) [3]이라는 개념으로 대표되는데, 본고에서는 제품 개발 기간 단축을 위한 도구로서의 가상프로토타이핑에 대해 상술하고자 한다.

## 2. 가상프로토타이핑(VP:Virtual Prototyping)의 정의 및 요구사항

VP 시스템은 3차원 캐드 시스템에서 작성된 모델을 이용하여, 실제의 조립 과정 없이 컴퓨터 상에서 제품을 조립하거나 작동시키는 등의 작업을 설계 단계에서 수행하여, 이를 통해 설계 품질을 검증하여 제품 개발 기간 단축, 원가 절감 및 품질 향상 등을 지원하는 시스템이다.

기존에는 이러한 목적을 위해 캐드 시스템을 직접 활용해 보려고 했으나, 이는 적합지 않다는 인식을 하기 시작했다. 이에 대한 가장 큰 이유는 모델링 관점에서 개발되어 온 캐드 시스템으로는 복잡한 조립체의 구조를 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 있으며, VP를 지원하는 도구가 갖추어야 할 조건들은 다음과 같다.

### 1) 대형 조립체의 실시간 시각화

자동차, 선박, 항공기와 같이 부품 수가 많은 대형 조립체의 가장 큰 특징은 개발 기간이 길고, 다수의 설계자가 동시에 설계를 진행하여야 하며, 방대한 양의 설계 정보가 생성된다는 것이다. 이러한 설계 정보는 서로 유기적으로 연관되어 있기 때문에 많은 설계 변경을 야기하게 되는데, 설계 변경 횟수를 줄이고 보다 효율적으로 작업을 수행하기 위해서는 대형 조립체의 실시간 시각화(real time visualization)가 이루어져야만 한다. 즉, 선택된 영역내의 조립 구조를 파악할 수 있어야 하며, 한 부품만 선택해도 그 부품과 연결되는 부품이 어떠한 것들이 있는지를 알 수 있어야 한다. 또한 제품의 특정 기능을 선택하였을 때, 그와 관련이 있는 부품의 어셈블리 영역을 시각화할 수도 있어야 한다. 그리고, 구축된 VP 모델을 공통 데이터베이스에서 관리하여, 각 관련 부서에서 이 모델의 타당성을 검증할 수 있도록 해야 한다. 결국, 모델의 수정이 필요할 때, 그 수정 내용이 각 부서에 실시간으로 전달되어 관련된 사람들의 검토를 거치게 되므로 재작업의 수를 줄일 수 있게 된다.

### 2) 복잡도가 높은 부품간의 실시간 간섭 체크

지금까지의 전형적인 제품 개발에서는 설계자의 아이디어를 2차원 설계도에 표현하고, 이 설계를 생산 현장에서 검토한 후, 3차원 실물을 만들어 간섭 및 제작상의 여러 문제를 파악하였다. 이 과정에서 시간과 비용은 물론이고, 설계변경이 발생하더라도 설계자가 원하는 만큼 빨리 그리고 제작 가능하도록 변경하기가 쉽지 않았다. 사실, 설계변경의 주요한 원인은 부품간의 간섭 및 조립상의 문제 때문에 발생하는데, 이러한 재작업의 증가는 개발 비용 상승 및 일정 지연에 직접적인 영향을 미치고 있다. 결국, 재작업의 양을 감소시키기 위해서는 복잡한 조립체에 대한 선명성을

높여야 하는데, 종래의 물리적인 프로토타입으로는 한계에 부딪히게 된다. VP 시스템은 이러한 간섭 문제를 해결하기 위해 부품간의 여유공간 또는 동력을 전달하는 부품이 움직일 경우, 그 부품이 영향을 미치는 범위 정보를 VP 모델 자체에 추가하여 부품간의 간섭을 발견해 낼 수 있다. 또한 VP 시스템은 문제가 발생한 부분의 배치를 수정하고 평가하는데 신속히 대처할 수 있다. 이런 여러 가지 장점으로 VP 시스템은 비용이 많이 발생하는 물리적 프로토타입에 대한 의존성을 줄이고 재작업의 양을 대폭 감소시킬 수가 있다.

### 3) 제품에 대한 조립성, 가공성 및 정비가능성의 실시간 검증

자동차를 설계하는 과정에서 자동차 배기 시스템 설계를 담당하는 엔지니어들은 자기가 설계한 부품이 자동차의 다른 부분들과 조립이 불가능하다는 사실을 모르고 설계를 할 수 있다. 그리고, 비록 조립은 가능하더라도 정비가 불가능한 설계를 할 경우도 발생할 수 있다. 이러한 문제가 발생할 경우, 모든 설계 작업은 일단 멈춰지고 문제의 발단이 된 한 부서에서만 도면을 갱신하게 된다. 물론 이 기간 동안 모든 다른 설계 활동들은 새로운 기본 설계 데이터가 승인될 때까지 기다려야 한다. 이와 같이 서로 다른 설계 부서들간의 간섭 문제를 풀기 위해서는 많은 비용과 시간이 소요된다. VP 시스템은 각 부품간의 조립성 검증 뿐만 아니라 최근에는 조립 및 분해 경로와 그 순서까지도 정의할 수 있다. 결국 공동설계팀에 참여하는 각 부서는 설계 작업 진행과 병렬로 조립 순서에 의거해 부품을 VP 모델안에 추가해 봄으로써, 잠재적인 문제점을 초기에 식별해 낼 수 있다.

### 4) 제품 구성 요소들에 대한 실시간 기능 분석

가상현실 기술이 다른 기술들에 비해 독특한 가장 큰 특징은 실시간 상호 작용이 가능하다는

점이다. 이는 가상현실 소프트웨어들이 대개 강력한 사건 기반 구동 엔진(event-driven engine)을 기초로 하여 개발되었기 때문에 가능한 것으로, 이 가상현실의 실시간 상호 작용 특징은 VP에도 그대로 적용된다. VP를 이용하면 제품 설계자는 사전에 정해진 동작 시나리오를 행동(behavior)이라는 형태로 VP 모델의 특정 부품에 정의해 놓고 나중에 이 부품에 특정 사건(event)이 발생했을 때, 사전에 정의된 ‘행동’으로서 반응하게 된다. 특히, 최근에는 정해진 시나리오에 따른 단순 반응으로서의 ‘행동’이 아니라, 부품 자체에서 공학적인 분석을 수행한 후 반응을 나타내는 “smart part”라는 개념이 선보이고 있다. 이외에도 비록 한 부품에만 사건이 발생했어도, 그 부품과 연결이 되어있는 모든 부품 및 모듈이 실제와 같이 반응하도록 하는 “joint”라는 개념도 선보이고 있다.

### 5) 공동 설계 팀들 간의 실시간 의사소통 지원

대형 조립품의 설계에 참여하는 설계자들은 전형적으로 설계 업무를 분야별로 나누어서 수행하게 된다. 즉, 초기 개념 설계를 맡은 디자인 그룹이 있고 제품 구조나 공정 설계는 다른 그룹의 전문 엔지니어들이 맡게 된다. 이외에도 가공, 조립, 검사, 구매 분야의 다양한 전문가들이 설계에 관여하게 된다. 복잡한 조립품의 경우에는 수십, 수백 개의 설계에 관련된 그룹들이 모여 전체 설계 시스템을 이루기 때문에 의사소통과 관련해서 많은 문제가 야기될 수 있다. 더우기, 기업 내에는 다양한 컴퓨터 플랫폼과 특정의 자료 형태만을 사용할 수 있는 여러 가지 응용 소프트웨어가 존재하고 있고, 최근에는 기업의 영역이 확대되어 부서들이 서로 다른 국가에 위치하는 경우마저 흔히 발생 하고 있다. 그러므로, 이러한 이기종 플랫폼과 서로 다른 형태의 데이터 포맷(data format)을 지원하며, 지리적인 한계를 해결하

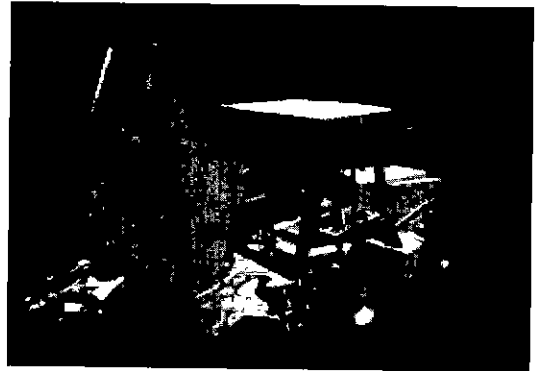
여 이들 설계 부서간의 정보 공유를 지원하는 것이 VP 시스템이 갖추어야 할 필수적인 기능으로 요구되고 있다.

### 3. VP의 활용

VP는 설계 단계에서뿐만 아니라 마케팅, 교육, 정비 보수 등의 제품 라이프 사이클의 전 범위에 걸쳐 사용될 수 있기 때문에 VP의 효과적인 활용은 엄청난 파급 효과를 가져온다고 할 수 있다.

몇 가지 적용 사례를 살펴보면, 볼스로이스사는 1980년대를 지나면서 전통적인 항공 엔진 개발 방식인 순차적인 작업 프로세스로는 변화하는 시장 수요를 따라 잡을 수 없음을 점차적으로 인식하게되어, 컴퓨터비전사가 제시한 EPD (Electronic Product Definition) 시스템을 받아들여 물리적인 프로토타입을 배제하고 VP 솔루션을 도입하게 되었다. 이를 이용함으로써, 볼스로이스사는 결국 새로운 엔진을 개발하는데 걸리는 시간을 1년이나 단축할 수 있었고, 물리적 프로토타입 제작에 소요되는 수백만 달러를 절감할 수 있었다. 또 다른 사례로 농기계 및 건설기계를 생산하는 존디어(John Deere)사에서는 트랙터나 포크레인과 같은 제품 설계시에 운전자의 가시성(visibility) 및 대상 물체에 대한 접근성(reachability)을 확보하는 것이 매우 중요한 포인트인데, 이는 기존에 실제 프로토타입을 만들지 않고서는 해결하기 어려웠다. 그러나, 실제 프로토타입은 매우 비싸고, 제작 시간이 많이 걸리기 때문에 존디어사에서는 디비전(Division)사의 dVISE[4]라는 개발 도구를 사용하여 가상프로토타입(virtual prototype)을 생성함으로써, 실제 프로토타입을 만들어보지 않고도, 가시성 및 접근성등 운전자의 인간공학적 분석을 행할 수 있게되었다. 예를 들면, 포크레인의 포크를 원하는 방향으로 이동시켜야하는데, 포크가

운전자의 뒤로 이동해도 운전자가 포크를 콘트롤할 수 있는 가시성을 확보할 수 있는지, 운전자가 콘트롤레버를 용이하게 조작할 수 있는지, 또는 포크의 대상 작업물에 대한 접근성을 확보할 수 있는지의 분석을 가상프로토타입으로 실험할 수 있게 되었으며, (그림 3)에 존디어사의 가상프로토타입이 나타나 있다.

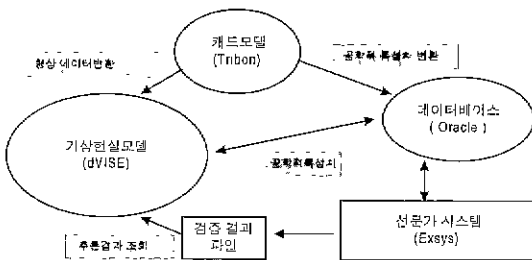


(그림 3) 존디어사의 가상프로토타입

국내 사례로는 국책 과제인 ‘차세대 조선 생산 시스템 개발’의 일부 과제로 H 중공업에서 진행 중인 프로젝트인 ‘조선 설계 오류 검증 시스템 개발 과제’[5]로서, 이는 조선 설계 과정에서 발생한 오류를 1) 규칙(rule) 기반의 지식 추론 검증 방법과, 2) 가상현실 기반의 시각적 검증 방법을 활용하여 검증하고 피드백함으로써 설계 재작업 빈도의 감축, 설계 품질 향상, 납기 단축 등을 목표로 하는 프로젝트이다.

이 시스템은 크게 전문가 시스템 모듈과 가상현실 모듈의 두 부분으로 나누어져 있는데, 첫번째는, 국내 조선 업계에서 다년간 설계 작업을 수행하면서 자체적으로 축적한 문서화된 검증자료 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 지식추론을 이용하여 오류를 검증하고, 이를 가상현실 시스템으로 시각화하게 된다. 두 번째는, 가상현실 기반의 시각 오류 검증 방법으로, 설계자가 직접 실시간으로 3차원 시각화된 설계 모델에 대한 이상유무 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 네비게이션(navigation) 기능을 적절히 조화하여 설계 오류를 신속히 발견하여 피드백하고자 하는 것으로, [그림4]에서 조선 설계 오류 검증 시스템의 전체 구성도가 나타나 있다.



(그림 4) 조선 설계 오류 검증 시스템의 구성도

#### 4. 결 언

급변하는 시장 환경에서는 신속한 제품 개발로 대응할 수 있는 기업만이 살아남게 된다. 본고에서는 이러한 신속한 제품 개발이 절실히 요구되는 상황에서, 최근 부상하고 있는 가상프로토타이

핑이 제품 개발 과정에서 차지하는 위치에 대해 살펴보았다.

VP 시스템 도입은 불필요한 프로토타입 제작을 줄이고 제품 개발기간 단축, 설계 단계에서의 원가 절감 및 품질 향상등 제품의 전 라이프 사이클에서 큰 파급 효과를 갖게되리라 예상된다. 현재 국내 VP의 활용은 조선, 건설, 자동차, 전자 등 제품 특성상 많은 부품의 조립이 필요한 대규모 제조업체에서 선택적으로 사용되고 있고, 최근 들어 점차 여러 산업 분야에서 그 활용에 관한 논의가 활발하게 이루어지고 있는 형편이다.

위에서 살펴본 바와 같이 VP는 VM을 구현하는 양대 축의 하나로 VF와 마찬가지로 아직 발전 초기 단계이기 때문에 국내외적으로 VP의 체계적인 정의 및 아키텍처에 관한 많은 연구와 활발한 논의가 이루어지리라 예상되고, 특히 VP를 지원하는 컴퓨터에 기반한 도구들이 많이 출현하리라 생각된다.

#### 참고문헌

- [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, pp18-22, April 1997.
- [3] 仲町英治, Virtual Factory, pp1-24, 일본공업조사회, 1994
- [4] Division Inc., "Building and Interacting with Universal Virtual Products :White Paper", Bristol, UK, 1997.
- [5] 대우중공업, 선박제품 모델링 기술 개발에 관한 연구-2차년도 보고서, 통상산업부, 1997.



**한 관 희**

- 1982년 아주대학교 산업공학과 (학사)
- 1984년 한국과학기술원 산업공학과 (석사)
- 1996년 한국과학기술원 지동화 및 설계 공학과 (박사)

1984-현재 대우정보시스템(주) CIM사업부장  
관심분야 : CIM, Virtual Manufacturing, Virtual Reality, 시뮬레이션



**오 석 찬**

- 1993년 동국대학교 산업공학과 (학사)
- 1996년 동국대학교 산업공학과 (석사)
- 1996년-현재 대우정보시스템(주) CIM사업부 근무

관심분야 : CIM, Virtual Reality, 인공지능