

# 모듈러 설계 기반의 물류분석 시뮬레이션

김병규

울산대학교 산업정보경영공학부, [kbk7649@naver.com](mailto:kbk7649@naver.com)

## 1. 서론

최근 다품종 소량 생산으로 인하여 부품 및 조립군의 표준화가 어려워지고, 제품 기능과 구조의 복잡성, 제품에 사용되는 부품 수의 증가, 제품의 수명주기의 단축 등으로 인하여 기업의 생존 환경은 갈수록 치열해지고 있다.[1] 특히 자동차 산업은 소비자의 기호 변화에 더하여 환경보호, 안전도 향상과 연비 향상에 대한 사회적 요구의 증가 등으로 모델의 수명주기단축 추세가 가속화되어 이에 대응할 수 있는 국제 수준의 기술력 향상이 시급히 요구되고 있으며, 신차 개발 기간, 소요되는 비용과 시간을 획기적으로 줄이기 위해서는 동시공학 체계의 실현이 필수적인 것으로 인식되고 있다. 국내 자동차 회사들이 설계에서 양산에 이르는 시간과 비용을 단축하여 경쟁력을 강화하기 위해서 많은 노력을 기울이고 있다.[2] 그리고 한정된 자원으로 다양한 고객의 욕구를 충족시키기 위해서 생산 조립 라인의 변경이 빈번해지곤 한다. 또한 조립라인의 재편성시 물류분석을 신속하고 체계적으로 할 필요가 있다. 이를 위해서는 부품의 모듈화 설계가 기반이 되어야 한다.

모듈 설계의 접근 방법에 대한 연구는 제품의 기능적 및 물리적 측면, 공정적 특성을 고려하여 부품 간 혹은 기계와 부품간의 모듈 군을 형성하는 연구 내용이 많이 수행되고 있고, 이러한 모듈군의 형성 문제는 가중치 기법과 비용 함수를 적용하여 그룹화 기법들이 많이 사용되고 있다.[6] 또한 이러한 모듈군의 형성에는 기업의 물류 네트워크가 뒷받침 되어야 한다. 기업에 있어서 물류 네트워크의 구축은 고비용과 많은 시간을 필요로 하기 때문에 쉽게 변동될 수 없으며, 한번 구축된 네트워크는 수년간 지속적으로 활용해야 하기 때문에 중장기적인 시각에서 구축되어야 한다. [7]

물류 거점의 위치와 수, 규모 결정방법에는 수리적 기법(최적화, 휴리스틱 등)과 시뮬레이션 기법이 있다. 수리적 기법을 이용할 경우 실제 물류 네트워크를 적용함에 있어서는 상당한 제약이 따른다. 우선 현실의 모습을 수리모형으로 표현하기가 어렵고, 최적 해를 찾는 데 많은 시간이 소요된다. 또한 해답을 찾는데 많은 시간의 흐름에 따른 변화를 모형에 담을 수 없기 때문에 현실에 적용하기가 어려울 수 있다. 이에 반해 시뮬레이션 기법은 최적해는 아니지만 시간의 흐름에 따른 변화를 보여주기 때문에 복잡한 물류 네트워크 구축에 있어서는 훨씬 현실적인 방법이라 할 수 있다.[3] 따라서 본

연구는 특정 물류 모델을 선정하여 모듈화 설계를 하고 물류 분석을 하고자 한다. 이를 위해 Automod 소프트웨어를 사용하였고 이를 기반으로 한 물류 분석은 excel interface로 구현하였다. 이를 'H'사에 적용하고 그 사례를 제시한다.

## 2. 모듈식 시뮬레이션 설계

### 2.1 모듈화 생산

모듈은 여러 가지 부품들이 부위별로 정리되어 조립된 부품의 집합체이고, 모듈화란 기존에 모든 부품을 개별 협력업체에서 별도로 생산 및 조립하여 완성차업체에 납품하는 것과 달리 연관성이 높은 여러 부품을 한 업체에서 모듈로 조립하여 납품함으로써 완성차업체에서 조립의 효율성과 생산성을 높일 수 있는 생산 방식이다. 모듈화는 모듈을 공급하는 업체에서 각 부위별 부품을 1차 조립하여, 그 서브 조립된 모듈을 자동차 업체에 공급하고, 완성차업체는 수십 개 정도의 모듈만으로 하나의 완성된 자동차를 만들게 한다는 개념이다.

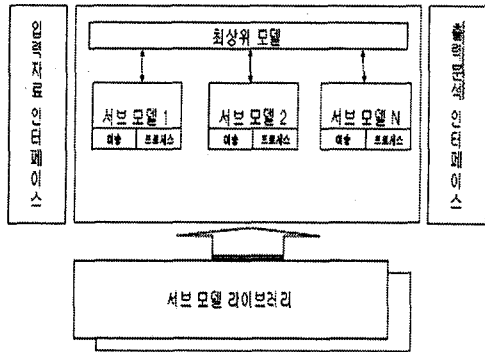
모듈화는 부품의 적시공급(JIT)방식과 함께 완성차업체의 비용을 절감할 수 있는 가장 효과적인 수단의 하나로 자리 잡아가고 있다. 뿐만 아니라 모듈화는 자동차 부품의 설계단계에서 모듈 단위로 단품을 설계하기 때문에 조립과정 상 문제를 최소화할 수 있고 부품 수와 조립공수를 크게 줄일 수 있는 장점을 지니고 있다.[4]

### 2.2 모듈식 시뮬레이션

모듈식 시뮬레이션이란 시뮬레이션의 대상이 되는 시스템을 주요 프로세스 별로 분해하고 각 프로세스를 모듈로 설계한 후 사용자가 필요한 모듈들을 불러와 통합하는 것을 의미한다. 주요 시스템 상황이 바뀌어서 시스템을 재설계 하는 경우 변경 부분의 모듈만을 교체하여 모델링을 할 수 있다. 따라서 모듈식 시뮬레이션 개념에 의해 설계를 함으로써 개별 모듈을 라이브러리화 하는 것이 가능하고 시뮬레이션에 대한 지식의 요구가 적은 이점이 있다.

우선 조립라인의 생산물류와 조달 물류 분석을 위해 모듈식 설계 개념에 따라 시뮬레이션 모듈로

설계한다. 그리고 조립라인의 주요 공정과 부품공정물류부분을 각각 모듈로 설계하고 submodel과 상위 모델의 통합모델로 구성한다. 물류분석 시물레이션을 위한 입력 조건과 출력 정보를 엑셀의 폼의 형태로 입출력하도록 엑셀 인터페이스를 설계한다. 엑셀 인터페이스와 모듈식 automod 모델을 통합한 모델을 설계함으로써 물류 분석 시물레이션을 할 수 있다. 따라서 사용자는 automod 모델링 언어를 모르더라도 automod 시물레이션이 가능한 시물레이션의 틀을 제공한다. 이러한 모듈화의 개념을 시물레이션 모델에 적용시킨 것이 모듈식 시물레이션의 개념이다. 모듈식 시물레이션의 구성 원리는 그림 1과 같다.



[그림 1] 모듈식 시물레이션의 구성

### 3. 물류분석 시물레이션

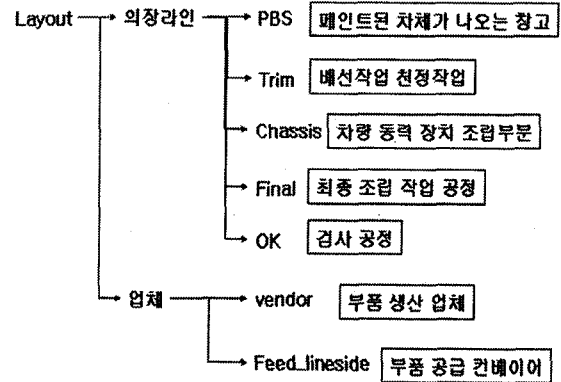
#### 3.1 시물레이션 개요

시물레이션이란 분석의 대상이 되는 실제 시스템을 컴퓨터를 이용하여 모델링하고, 시간의 경과에 따른 시스템의 상태변화와 추이를 실제상황과 유사하게 흉내 냄으로써, 대상 시스템의 예상형태를 사전에 간접적으로 예측하는 기법이다. 이는 최근에 생산, 유통, 의료 및 환경 등 다양한 분야에서 학문적 연구와 실제시스템이 병행됨으로써 뛰어난 의사결정 기법으로 주목받고 있다. 또한 시물레이션 기법은 최근 컴퓨터 기술의 발전과 더불어 응용분야가 날로 확대되어 왔으며, 다양한 시물레이션 응용프로그램의 개발로 인하여 모델링 시간과 실행시간을 단축시켰고, 작성이 용이한 그래픽 애니메이션은 시물레이션 모델에 대한 사용자의 확신을 증대시켜 시물레이션 기법을 이용한 의사결정의 범위를 확대시키게 되었다.[5]

본 논문에서는 시물레이션의 대상으로 국내 'H'사의 의장라인 생산물류 및 조달물류에 대하여 시물레이션을 하고 모듈식 시물레이션 설계 개념에 의하여 모듈화 하였다. 그리고 물류 모델 분석을 위해 조달 물류업체부분에 해당하는 모듈을 교체하는 방법으로 물류모델 분석을 하였다. 물류 분석 시물레이션을 위한 입력조건과 출력정보를 엑셀을 이용하여 입출력하도록 설계하였다. 사용된 소프트웨어는 AutoMod로 미국 Brooks Automation사가 자동화 시스템과 소프트웨어 개발 분야의 폭넓은 지식을 토대로 개발한 3D Simulation software이다.

#### 3.2 모듈화 구성 및 설계

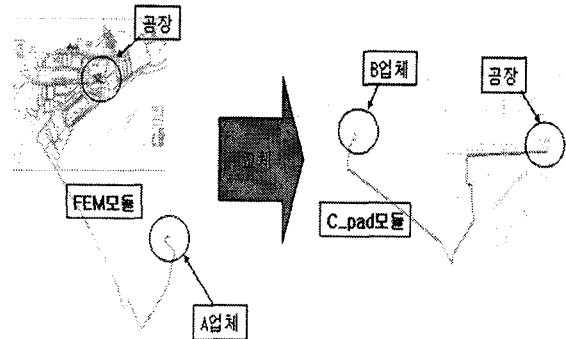
'H'사의 의장라인의 구성을 살펴보면 pbs, trim, chassis, final, ok, feed\_lineside, vendor의 공정으로 구성된다. 그림 2는 의장 물류 모델의 모듈구성을



[그림 2] 의장물류 모델의 모듈구성

나타내고 있다. pbs는 페인트된 차량이 나오는 부분으로 pbs out부터 trim in까지 표현되어 있다. trim은 차량의 배선작업이나 계기판 부착을 하는 부분이다. chassis는 차량의 동력 장치를 조립하는 의장 라인으로 엔진 등이 조립된다. final은 차량이 최종적으로 조립되는 의장라인으로 타이어나 범퍼 램프 등이 장착된다. ok는 조립된 차량의 검사공정이다. feed\_lineside는 부품공급 컨베이어로 조달물류가 공급되는 컨베이어로써 조달물류는 final 공정에서 조립된다. vendor 모듈은 vendor의 생산공정 및 vendor에서 'H'사의 의장라인 사이의 이동 경로를 포함한다. 이상의 7개 공정을 모듈화하여 모듈을 설계하였고 설계된 모듈들을 결합하여 전체 시물레이션 모델을 구축하게 된다.

결합방법은 최상위 모델의 Layout에 설계된 7개 모듈을 하나씩 Insert 시켜 완성시키는 과정으로 이루어진다. 그리고 모듈을 교체하기 위해서는 선택한 모듈을 제거하고 라이브러리에 있는 모듈을 선택하여 결합함으로써 모듈의 교체가 가능하게 된



[그림 3] 물류 모듈의 교체

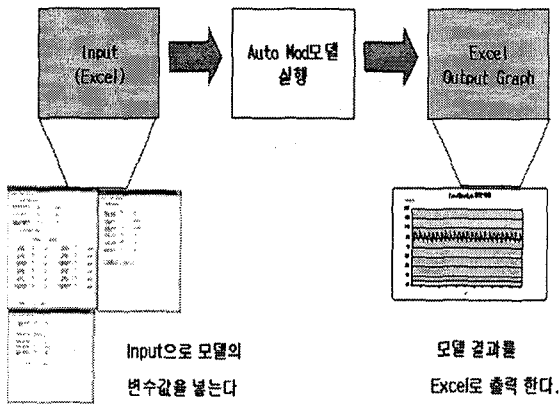
다. 그림 3은 모듈의 교체를 나타낸다. 교체된 각 모듈은 협력사를 의미하게 된다. 따라서 fem 생산업체인 'A'업체를 제거하고 c/pad 생산업체인 'B'업체를 결합하여 물류 모델을 분석하였다. 모듈을 교체하기 위해 업체를 교체하고 의장라인 내의 final 공정에 있는 fem 부품조립 컨베이어를 빼어내고

trim 공정에 c/pad 부품조립 컨베이어를 붙이는 방법으로 모듈을 교체하였다. 이는 fem 모듈의 'A'업체를 c/pad 모듈의 'B'업체로 교체하는 것을 의미한다. 그에 따른 물류 모델을 분석한다.

### 3.3 excel interface 구현

excel interface 구현은 automod 시뮬레이션 도구를 잘 모르더라도 원하는 시뮬레이션 입력값을 excel의 폼으로 입력하고 실행을 할 수 있으며, 시뮬레이션 후의 결과를 excel의 그래프나 표로 확인할 수 있다는 점에 사용 의의가 있다.

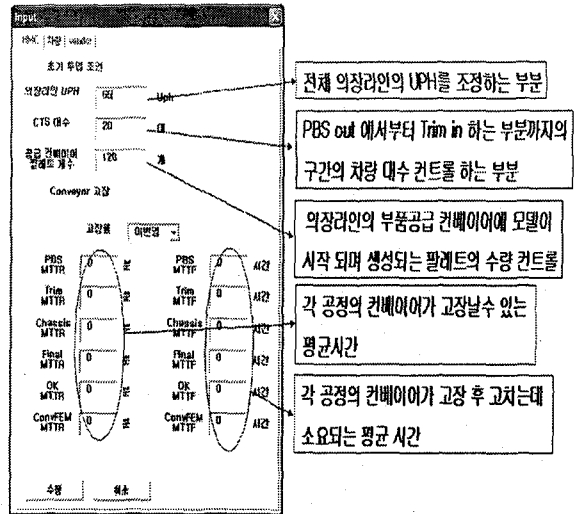
본 연구에서는 사용자에게 편리하게 excel VBA를 사용하여 인터페이스를 구성하였고 automod 시뮬레이션 모델과 통합되어 시뮬레이션 할 수 있다. 즉 시뮬레이션 모델에 필요한 파라미터와 변수값을 입력할 수 있는 입력 인터페이스와 출력값을 정리하여주는 출력 인터페이스를 말한다. 그림 4는 excel interface의 구성 원리에 대하여 보여주고 있다.



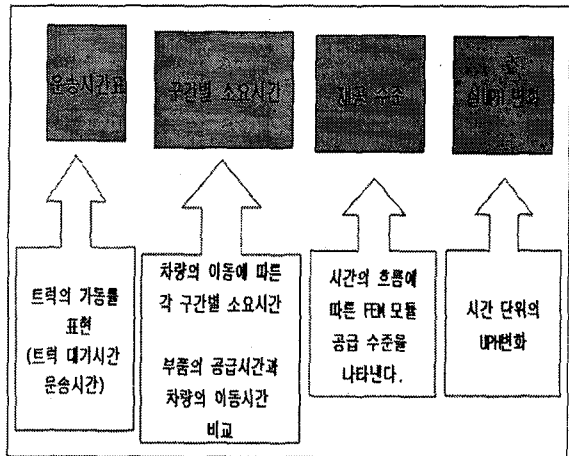
[그림 4] excel interface의 구성

장점으로는 전문가 도움 없이 쉽게 물류분석이 가능하고 다양한 물류조건을 사용자가 직접 정의하여 분석할 수 있다는 점이다. 물류조건의 설정값은 사용자 편의를 위하여 하나의 워크시트 상에서 입력된다.

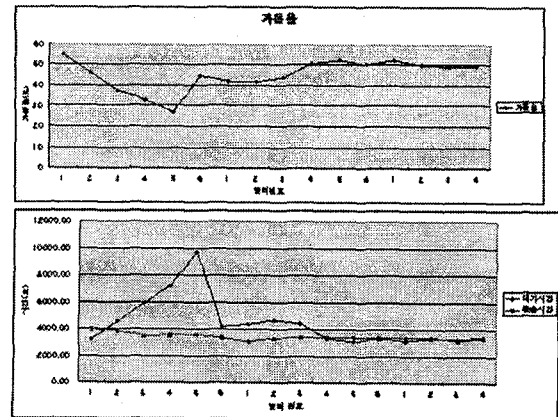
물류조건은 의장라인의 input 요소들, 부품을 납입하는 트럭의 input 요소들, 부품을 생산하는 업체의 input 요소들의 세가지 부분에 대하여 설정한다. 세부적인 input 요소들을 보면 의장라인인 uph 설정값 입력, cts 재공 최대허용대수를 설정, 업체의 부품조립시간을 입력, 부품을 이송하는 트럭 대수 입력, 1대의 트럭이 실어 나르는 부품의 개수 입력, 시뮬레이션 시작 시 생성되는 팔레트 개수 입력, 시뮬레이션 시작 시 생성되는 업체팔레트의 수량, hmc 외부의 경로에서의 차량 이동 속도 입력, 'H'사 내부 경로에서의 차량 속도 입력, 트럭의 이동 중 예상되는 평균지체시간 입력, 부품 1개의 트럭 상차 시 소요 시간 입력, 부품 1개의 트럭 하차 시 소요 시간 입력, 업체의 최종공정에서 상차위치까지의 이동시간, 'H'사 내 해당 공급컨베이어 상 부품 이동시간의 조건 설정이 가능하다. 그림 5는 의장라인의 input 요소들을 보여주고 있고 그림 6은 시뮬레이션 output의 요소들을 나타내고 있다. 시뮬레이션의 output은 운송차량 가동률, 부품 공급시간(부품의 공급시간과 차체의 이동시간



[그림 5] 시뮬레이션 input 요소



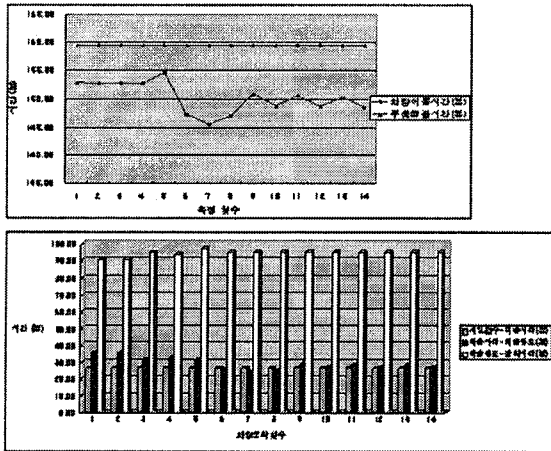
[그림 6] 시뮬레이션 output 요소



[그림 7] truck 가동률

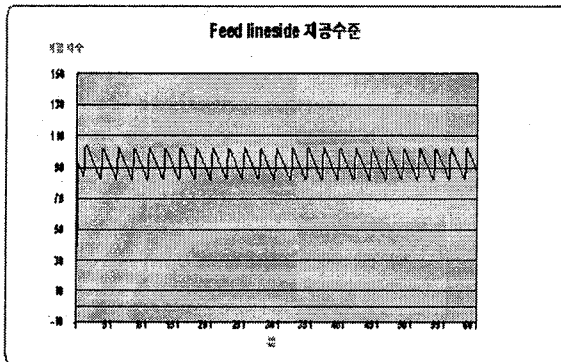
비교), 공급 컨베이어 재공 수준(시간의 흐름에 따른 부품 모듈 공급 수준), cts 재공대수(시간의 흐름에 따른 cts 재공수준)이 output으로 제공된다. 운송 차량별로 가동률을 보여준다. 그림 7에서는 운송되고 있는 5대의 트럭 각각의 가동률이 나타나 있다. 각 트럭의 가동률 = {운송시간 / (운송시간+대기시간)} 이고 대기 시간은 트럭이 부품을 실기 위해 기다리거나 하차를 하는 시간이고 운송시간은

트럭이 부품을 싣고 이동 중이거나 빈 팔레트를 이송 중인 시간을 말한다. 그림 8은 부품의 공급시간과 pbs out 후 차체가 이동시간을 비교하는 그래프이다. 이 예에서는 벤더로부터 부품이 해당 공정 사

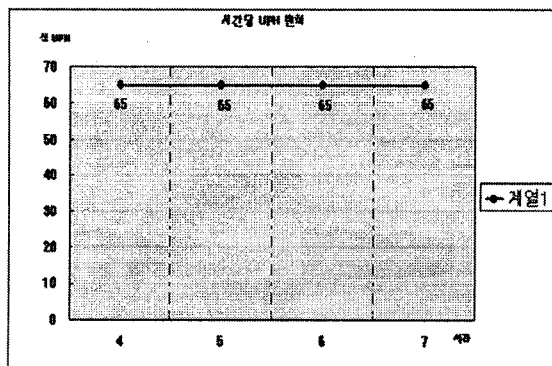


[그림 8] 구간별 소요시간

이드까지 공급되는 데 소요되는 시간(모델 부품 곡선)보다 차체가 pbs out 후 해당 공정까지 이동할 때까지 소요되는 시간(차량(바다)곡선)이 작은 것으로 나타나 부품 공급에는 문제가 없는 것으로 해석된다. 그림 9는 공급 컨베이어 내에 장착 전까지



[그림 9] 재공수준 chart



[그림 10] uph 변화

대기하고 있는 부품의 수 변화율을 시간단위로 나타낸 그래프이다. 이 예에서는 부품 컨베이어 상의 부품의 재공수가 20개 이상인 것으로 나타나 부품 공급에는 문제가 없는 것으로 해석되며 부품 재공수가 0으로 되는 구간이 있으면 부품부족으로 라인 정지가 초래된다.

그림 10은 생산되는 차량이 마지막 공정을 지나 완성되는 차량의 개수의 변화를 보여주고 있다.

### 3.4 물류분석 시뮬레이션의 응용

분석하고자 하는 물류 문제와 관련된 모듈들을 구축된 표준 모델의 모듈의 라이브러리에서 선택하고 조합하는 방법으로 시뮬레이션을 진행한다. 사용자는 필요한 모듈을 통합하여 시뮬레이션 모델을 구성하고 이를 엑셀 인터페이스를 통하여 시뮬레이션을 수행한다. 이는 시뮬레이션 모델링 지식이 많이 없어도 물류 시뮬레이션을 수행하고 결과를 해석할 수 있게 된다.

유사한 물류 분석 상황에서 새로운 모델을 구성하고 시뮬레이션을 수행하는 데에 소요되는 시간을 절약하고 분석의 정확도를 높일 수 있다.

## 4. 결론

본 연구는 국내 'H'사의 기존 의장라인의 생산성 향상을 위해 컴퓨터 시뮬레이션 기반의 모듈식 시뮬레이션의 설계 및 운영 방안을 제시하였다. 이를 위해 물류분석 시뮬레이션을 위한 입력 조건과 출력 정보를 엑셀에서 입출력하도록 설계하였다. 엑셀 인터페이스와 모듈식 모델을 통합 설계함으로써 사용자가 모델링 언어를 모르더라도 시뮬레이션이 가능한 틀을 제공하였다. 향후 'H'사의 모든 조달 물류 및 다른 모듈에 대해서도 반영할 수 있으며 시간과 물류비용 절감을 통한 제품의 경쟁력 제고에 기여할 수 있다.

## 참고 문헌

- [1] 목학수, 양태일, “제품의 모듈 설계의 체계화”, 대한산업공학회/한국경영과학회 춘계공동학술대회, 2002.
- [2] 박영진, 황인걸, 정경훈, 이강걸, 허준, 노상도, “자동차 조립공장을 위한 자재배치 및 정보관리 시스템”, 한국자동차공학회 추계학술대회는문집, 2003.
- [3] 이재준, 박영재, 정태원, “시뮬레이션을 활용한 신 물류체계 구축과 물류센터 규모 산정에 관한 연구”, 한국경영과학회/대한산업공학회 춘계공동학술대회, 2005.
- [4] 박창권, 한상덕, “시뮬레이션을 이용한 자동차 Front End Module 공급시스템 개선방안”, 한국경영과학회/대한산업공학회 춘계공동학술대회, 2003.
- [5] 김충규, 김원경, “생산성 향상을 위한 차량 도장 공정의 시뮬레이션”, 한국시뮬레이션학회 춘계학술대회 논문집, 1999.

- [6] Gu, P. and Sosale, S., "Production modularization for life cycle engineering", Robotics and Computer Integrated Manufacturing, Vol.15, No.3, pp.387-401, 1999
- [7] Salhien, S. M. and Kamrani, A. K., "Macro level product development using design for modularity", Robotics and Computer Integrated manufacturing, Vol.15, No.3,pp.319-329, 1999.