

□ 사례 발표 □

# 고무부품 자동화설비 컴퓨터 통합 엔지니어링 기술개발

신 보 성<sup>†</sup> 황 경 현<sup>\*\*</sup> 최 두 선<sup>\*\*\*</sup>

◆ 목 차 ◆

1. 서 론	3. 컴퓨터 통합설계 시스템
2. 연구대상 공정	4. 결론 및 향후과제

## 1. 서 론

최근들어 자동차의 고급화와 수요자의 급변하는 요구에 따라 이에 소요되는 방진, 방음용 고무부품의 생산방식도 다양화 되고 있다. 이에 따라 제품설계 단계에서부터 시장조사는 물론 생산계획, 설비계획, 공정관리, 자재관리, 창고관리등 생산공정에 관련된 모든 요소들의 최적화가 이루어질 수 있도록 제반 개념과 방법을 컴퓨터 통합 환경하에서의 엔지니어링 기술 개발이 요구되고 있다. 엔지니어링 기술이란 각종 설비의 생산에 필요한 요소기술은 물론 그 설비들을 이용하여 최적 생산공정 설계하고, 이를 바탕으로 설비효율을 극대화 시켜서 생산성 향상을 이룰 수 있는 각종 정보화, 통합화 기술로 정의 된다. 오히려 기술의 부가가치 측면에서 본다면 요소기술보다는 정보화, 통합화의 부가가치가 높다고 할 수 있다.

현재까지 개발되어온 자동화기술은 1970년대부터 시작된 자동화요소기술의 혁신으로 인하여 가공공정을 중심으로한 자동화, 효율화로 어느 정도 안정된 단계에 도달하고 있다. 그러나 설계, 조립 및 관리등 간접부분으로의 확장과 이의 체계적인 통합기술도 아직 미흡한 실정이다. Rembold등은 컴퓨터 통합생산 시스템 구축을 위해서는 다음과 같은 통합화 기능이 필수적으로 포함되어야 한다고 제시하였다[1].

- ① 표준화, 통합화된 데이터베이스(Database, DB)
- ② 레이아웃(Layout)을 포함한 각종물류정보의 제시
- ③ 표준화되고 효율적인 정보의 흐름
- ④ 표준화된 인터페이스(Interface) 와 통신 프로토콜
- ⑤ 계층적으로 수행되는 계획과 통제
- ⑥ 시간관리기능

이러한 개념을 바탕으로 시스템 통합설계를 하기 위한 엔지니어링 기술들으로써는 시스템 설계기술, 경험 축적 공용 데이터베이스(Common DB) 구축기술, 자동화설비 지원 CAD 기술, 설비 레이아웃 계획기술, 제조 공정 최적화/합리화기술 및 자동화 설비 진단/모니터링 기술 등이 요구된다. 즉, 시스템 설계기술은 정적인

† 정회원 : 한국기계연구원 자동화연구부 선임연구원  
 \*\* 정회원 : 한국기계연구원 자동화연구부 책임연구원  
 \*\*\* 정회원 : 한국기계연구원 자동화연구부 선임연구원

데이터 분석뿐만 아니라 동적인 데이터 분석을 위하여 S/W, H/W 적인 통합과 함께 통신/프로토콜 및 사용자 인터페이스에 적합한 구조로 설계되어져야 하며 공용 데이터베이스는 실제 고무부품 생산공정을 대상으로 획득되는 자동화설비 정보와 경험 데이터를 표준화된 데이터베이스로 구축한다. 또한 자동화설비 지원 CAD 기술은 소비자 요구사항과 시장조사에 의한 생산 계획에 따라 최적의 자동화 설비 레이아웃 대안을 산출하고 이의 결과를 2차원 또는 3차원의 CAD 도면으로 최적대안을 출력하며 설비 레이아웃 계획 기술은 대부분의 경우 공간제약을 비롯한 많은 기술적 제약 조건들을 비롯한 많은 기술적 제약조건들을 반영하여야 하기 때문에 설비선정과 레이아웃 결정은 물론 시뮬레이션(Simulation) 기법도 지원 가능해야 한다. 그리고 제조공정 최적화/합리와 기술은 주요 생산공정을 대상으로 네트워크(Network)을 기반으로 한 공정의 관리, 모니터링 시스템 구축, 제어장치와 시스템간의 인터페이스 기술 개발 등이 필요하며 설비 운전, 이상 진단 상태에 따라 제품의 품질 및 불량률의 정도가

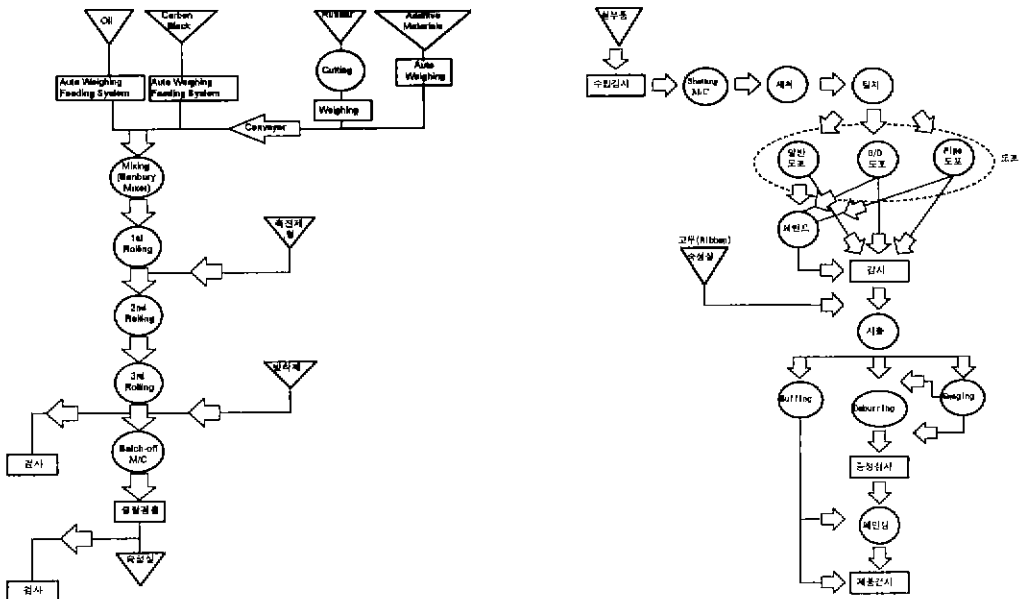
결정되기 때문에 생산공정 감시/진단 시스템은 자동화 설비의 운전정보를 공정 흐름상에서 이상상태를 검출하기 위한 PLC(Process Logic Controller)을 통한 하위정보간의 인터페이스와 설비에 부착된 센서정보와 신호 정보 전문가 시스템 설계가 요구된다.

## 2. 연구대상 공정

본 연구의 대상은 자동차용 방진고무제품의 생산공정이다.

### 2.1 자동차용 방진고무 제조공정 분석

자동차용 방진고무 제조공정 흐름은 아래 (그림 1)과 같다. 그림에서 오일(Oil)과 카본 블랙, 생고무 또는 합성고무와 함께 필요한 고무의 성질을 얻기 위해 혼합되는 약품인 스테아린 산, 보강제, 충전제, 연화제, 노방제, 가류제, 촉진제 등이 첨가되어 벤버리 믹서(Banbury Mixer)에 투입된다. 투입물의 양은 자동 또는 수동으로 측정된다.



(그림 1) 자동차용 방진고무 제조공정도

이 과정을 거쳐 나오는 연속적인 판 형태의 고무 온도는 약 140도로 1차 롤(Roll)을 거쳐 2차 롤로 투입됨에 따라 90도 정도로 떨어지게 된다. 2차 롤에서는 황과 촉진제가 첨가되어 3차 롤로 투입된다. 3차 롤에서의 고무의 온도는 70도 정도로 다시 감소되며 두께와 폭이 필요한 양으로 조절된다. 3차 롤을 거친 연속 판 형태의 고무는 방착계가 첨가되어 냉각, 건조기능을 하는 배치-오프 머신(Batch-Off Machine)을 거쳐 리본 형태로 절단된 후 중량검출 장치에서 중량이 측정된 후 숙성실에서 숙성된 후 필요에 따라 고무 제품 가공 공정으로 투입된다. 이 과정에서 고무의 물성을 검사하기 위한 공정이 3차 롤링 공정 후와 중량검출 공정 후에 삽입되어 불량인 경우는 불량인 성질과 정도에 따라서 2차 롤 공정으로 투입되거나 불합격 처리되어 폐기 또는 다른 용도의 고무제품 제조에 사용되게 된다[2].

방진용 고무 제품은 크게 형상별로 파이프가 관통되는 구멍이 있는 부시(bush)형 제품과 관통 구멍이 없는 회전형상 제품, 비회전 형상의 부품으로 분류할 수 있다. 또한 철부품이 삽입되지 않는 제품도 있으나 그 종류는 많지 않다. 방진 고무제품에 사용되는 철부품의 시방이 수입검사에 의해 측정된 후 철부품에 붙어 있는 이물질 제거하고 표면 면적을 증가시키기 위해 쇼팅(Shotting) 공정을 거친다. 쇼팅 공정에서 남아있는 이물질과 기름류를 제거하기 위해 세척과 탈지 공정을 거친후 고무와의 결합성을 높이기 위해 접착제 도포 공정을 거치게 되는데 제품의 성격에 따라 일반 도포, G/D 도포, 파이프 도포로 분할된다. 도포가 끝난 후 철부품이 외부에 노출되는 경우는 부식을 방지하기 위해 페인팅 공정이 추가되는 경우가 있으며 이 공정이 끝난 후 검사 공정을 거친다. 검사를 마친 철부품은

금형에 사출기에 장착된 금형에 삽입되며 숙성실에서 끝난 긴 리본 형상의 고무가 사출기에 투입된 후 사출되어 결합된다. 사출이 완료된 부품에 붙어 있는 고무를 디버핑하거나 외부에 철 제품에 대해 버핑이 필요한 경우는 버핑 공정을 거치게 된다. 또한 파이프 형상의 철 부품이 사용되는 경우는 스웨이징 공정이 추가되는 경우도 있다. 이러한 공정에 대해 공정 검사가 행해진 후 페인팅 공정을 거친 후 최종적으로 제품 검사가 행해진 후 출하된다. (그림 2)는 자동차에 소요되는 방진 고무부품을 보여준다[3,4,5,6].



(그림 2) 자동차용 방진고무 부품

## 2.2 시스템 설계 표준화와 데이터 객체

컴퓨터 통합설계에서 중요한 사항중의 하나가 주문에서 납품까지의 전과정을 설계하는데 필요한 데이터 객체를 식별하고 분석하는 것이다. 이때 통일된 관점에서 데이터의 논리구조를 정하고 필요에 따라 가감이 가능해야 한다. 식별된 데이터 객체와 식별된 객체들의 관계를 설정하여 통합된 몇가지 자료구조와 이에 대한 설명은 다음과 같다[7].

(1) 부품(Part)

이는 제품, 부품 객체를 기술하기 위한 것으로 다음과 같은 속성그룹과 세부 속성을 갖는다.

식별부-부품번호, 도면번호, 상품 코드, 품명  
분류부-부품종류, 단가, 저급 코드(Low Level Code,

LLC), 소요량 원천, 예측 관련 속성  
현황부-제품 수명주기상의 위치, 사용현황  
기술자료-측정단위, 치수, 면적소요량, 색상등  
재고량-현재고량, 재고 공간 소요량  
계획 기준-소비량기준, 수요량 기준  
원가자료-원가변경일, 셋업 비용, 재고유지비용,  
단위원가

상품-가격, 할인정책, 최소 포장 단위  
구매품-로트 편성 규칙, 로트 상/하한값, 평균  
리드시간(Lead Time), 안전재고량  
제조품-로트 편성 규칙, 평균 리드시간, 소요공  
정, 소요장비

(2) BOM(Bill of Materials)

제품을 생산하기 위해 소요되는 부품, 부품이 사용되는 조립품(제품) 즉 부품과 부품사이의 계층적인 다수-대-다수(Many-to-Many) 관계를 나타내기 위한 것으로 다음과 같은 속성을 가진다.

친부품 번호(HPNO), 자부품번호(LPNO), 소요량, 불량율, 리드시간(친부품의 제조지시 시점으로 부터 자부품이 소요되는 시점사이의 시간으로 즉시 사용되는 경우는 0가 된다), 할당 공정 번호(후에 설명하는 친부품의 공정순서내의 공정 번호), 설변 개시일, 설변 종료일, CEM (Common, Engineering, Manufacturing), 가변(Variant) 정보(이 관계가 성립하는 제품 가변 식별번호)

(3) 시간(Time)

계획/통제의 시간단위를 표시하기 위한 것으로 날짜(Date) 또는 계획의 시간단위(Period)를 표시한다.

(4) 고객 및 고객속성

식별용 고객번호(CNO)와 고객명, 이름, 주소, 담당자, 지난해 구매액, 올해 구매액, 미수금, 신용한도, 합의 사항등이 기록된다.

(5) 고객 주문

고객의 주문(CNO)과 납품되어야 하는 날짜(Date)를 서로 관련지은 것으로 시각과 고객의 관계로 표시할 수 있다.

(6) 고객 주문내역

앞의 고객 주문(CNO,Date)은 여러 가지의 제품(PNO)이 포함되는 경우가 있으며 이들을 표시하기 위한 것으로 각 제품별 주문량, 가격이 추가된다.

(7) 창고

여러곳에 분산되어 제품, 원자재, 부품이 재고되는 경우 위치를 식별하기 위한 코드(SRNO)와 담당자 등을 속성으로 갖는다.

(8) 창고내 위치

창고(SRNO)내의 위치(SLNO)를 나타내기 위한 것이다.

(9) 부품 위치

부품(제품, 원자재 PNO)가 위치하고 있는 창고(SRNO)내의 위치(SLNO)와 수량을 나타내기 위한 것이다.

(10) 제조(구매) 지시

소요량 계산결과 현장에 부품(PNO)의 제조지시나 구매지시 시점(Date)과 양(Quantity)을 계획/관리하기 위한 객체이다.

(11) 계획단계(Planning Level)

부품이 BOM 상에서 사용되는 최종단계를 나타낸다. 즉 부품 객체의 저급코드와 동일하나 이를 분리시키는 경우 구매품의 식별에 편리할 수도 있다.

(12) 로트편성 소요량(Requirement)

MRP(Material Requirements Planning)을 사용하여 계산된 로트편성후의 부품(PNO)의 기간별(Date) 소요량을 나타내기 위한 객체이다.

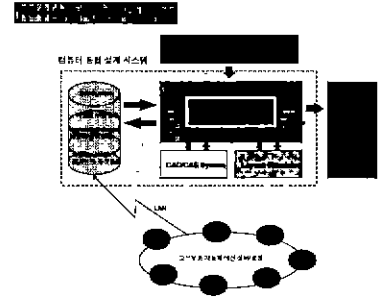
(13) 자부품 소요량(Derived Requirement)

친부품(OPNO)이 제조지시되었을 때(Odate) 소요되는 자부품(RPNO)의 기간별(RDate) 소요량을 나타내기 위한 것이다.

(14) 로트편성 소요량 원천(Requirement Cover)

자부품(RPNO)이 완성되었을 때(RDate) 사용되는 친부품(OPNO)의 기간별(ODate) 소요량을 나타내기 위한 것이다.

이외에도 현재고 할당, 재고할당 원천, 공정순서, 부품-공정순서 할당, 공정, 공정순서-공정, 설비 그룹, 공정할당, 설비, 공구, 공구-사용설비, 공구할당, 작업-부품할당, 작업자, 작업자할당, 제조지시-공정순서, 제조지시-공정, 제조지시-공정할당, 부하, 현장 관리단위(Sequence), 기계고장 유형, 기간, 기계부하, 기계고장, 작업자 작업할당, 공구-작업할당등의 데이터 객체와 식별된 객체들의 관계의 자료구조가 요구된다.



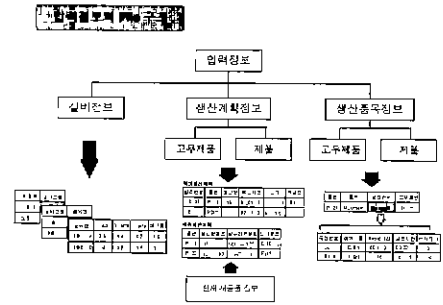
(그림 3) 자동화설비 컴퓨터 통합설계 시스템

3.1 경험축적 데이터베이스 시스템

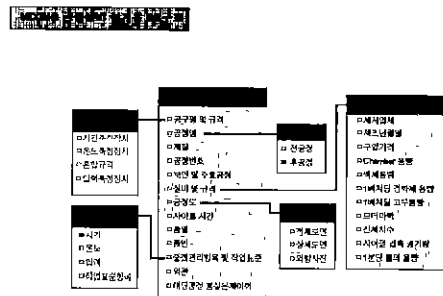
고무부품, 생산계획, 설비정보와 같은 입력정보와 레이아웃, 생산결과,재고품, 설비가동 정보와 같은 출력정보 및 실시간 모니터링을 통한 설비의 이상 진단 정보가 공용 DB로 구축되고 이는 각 모듈에서 필요시 즉시 제공하고 새로운 정보에 대해서는 추가/새로 수정된다. (그림 4)는 이에 대한 구조를 보여준다. (그림 5)는 설비 정보 DB를 보여준다.

3. 컴퓨터 통합 설계시스템

통합설계 시스템은 사용자의 입력에 따라 기존의 공정으로부터 구축한 생산 정보, 설비 정보 및 진단/모니터링 DB로부터 생산계획과 주문에 따라 최적의 설계방법과 자동화설비의 레이아웃을 자동으로도출 하되 이들 대안에 대한 최종결과는 사용자의 결정에 따른다. 또한 실제 생산되는 제품과 생산정보에 기초로한 실시간 모니터링과 진단 및 레이아웃 시뮬레이션 이 가능하다[8]. (그림3)은 이에 대한개념도를 보여준다. 그림에서와 같이 사용자의 설계 사양과 생산계획에 따라 시스템은 실제 공정을 운영하면서 얻어진 설비 정보, 경험축적 진단/모니터링 정보를 바탕으로 레이아웃을 분석하고 또한 설비의 최적 배치도면을 동적으로 출력한다.따라서 통합시스템의 핵심요소인 경험축적 데이터베이스 시스템, CAD 지원 시스템 및 레이아웃 시뮬레이션 시스템을 중심으로 설명한다.



(그림 4) 입력 정보의 구조

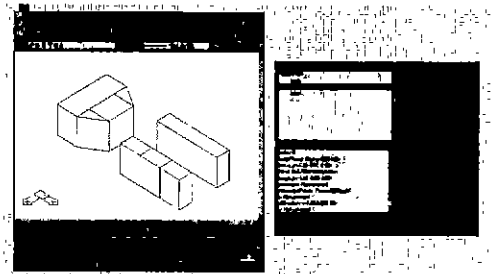


(그림 5) 혼합 공정 설비 정보의 구조

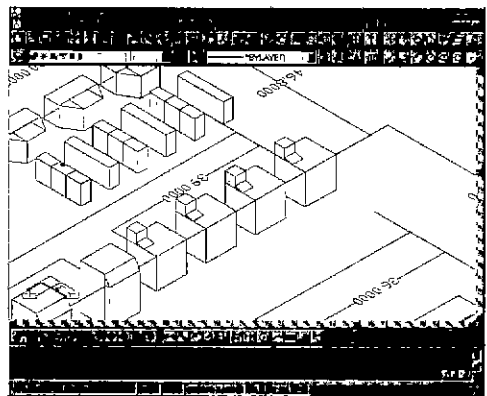
### 3.2 CAD 지원 시스템

공정 설비 배치 시뮬레이터의 결과를 2차원 혹은 3차원 CAD 도면화한다. 객체지향형 프로그램 기술을 이용하여 제품사양에 따른 레이아웃 결과를 신속히 제시하며 설계 변경에 따른 레이아웃 내의 설치제약조건들을 자동검색하도록 한다. 또한 설계자의 설계 노하우(Know-How)를 코드화하여 기술 축적 및 검색이 효율적으로 이루어 지도록 객체간의 상호연관관계를 구축한다. 본 연구에서 사용한 시스템은 AutoCAD R13과 이를 전문가 설계 시스템화 시켜주는 도구인 Intent 2.40을 사용하였다[9]. 본 시스템의 특징은 첫째 객체 지향적인 설계가 가능한 전문가 시스템이란 것, 둘째 설계 배치 시뮬레이션 후 곧 바로 이와 관련된 자료를 도면화 할 수 있는 것, 셋째 각 배치 모듈(Module)에 대한 세부 정보의 추출이 용이하다는 것, 넷째 각 모듈이나 전체 시스템의 설계 변경을 즉시 반영 할 수 있다는 것, 다섯째 AutoCAD는 고급 사용자가 타 시스템에 비해 널리 분포하고 있어 교육 및 적용이 용이하다는 것, 여섯째 타 CAD 나 DBMS와 호환성이 우수하며 설계의 추가나 확장된 적용이 용이하다 것 등이 있다. 그림 6는 배치할 각 설비에 대한 정보를 입력하는 것을 보여준다. 이 과정은 실제 설비의 도면을 기본으로 한다. 기본 도면의 입력이 끝나면 이것은 즉시 설계 배치 전문가 시스템의 하나의 객체의 모델로서의 역할이 주어지게 된다. 각 도면의 치수는 언제든지 수정이 가능하며 이러한 수정은 대표적인 하나의 파라메타(Parameter)의 수정만으로도 연쇄적인 수정이 가능하다. 이 결과 각 설비의 수정이 매우 원활하게 이루어 지게 되며 일단 입력된 설비를 대표하는 값은 세부적인 치수보다는 이 설비를 대표하는 하나의 설계 파라메타가 된다. 입력되는 정보는 치수 이외에 배치 제약 정보나 주변에 위치할 타 모듈간의 관계

가 될 수도 있다. 입력은 인터랙티브(Interactive)한 형태의 GUI(Graphic User Interface)를 배경으로 진행되며 이렇게 입력된 정보는 차후의 전체 시스템의 배치에 반영되어 시스템의 각 요소의 배치를 제한하거나 유도하는 역할을 수행하게 된다. 각 객체는 하위 객체에 대하여 자신의 속성을 전이할 수도 있고 하위의 객체로부터 그 정보를 추출할 수도 있다. 그림 7는 제시된 설비 배치를 어떻게 검토하는가를 보여준다. 설비의 배치는 세부적인 배치 치수 정보를 포함하고 있으며 이는 주어진 공장의 치수와 설비의 치수 및 설비간의 위치제약이 반영된 결과라 할 수 있다. 제시된 정보는 각각의 뷰(view)로도 검토가 가능하며 각 뷰에 대해서도 위와 동일한 방법으로 수정이 가능하다.



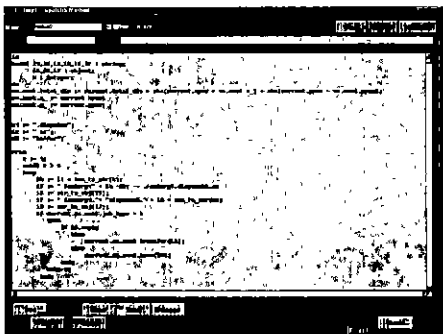
(그림 6) 객체의 정의



(그림 7) 제시된 설비 배치의 검토

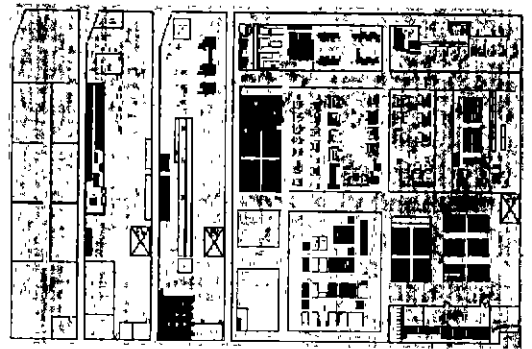
### 3.3 레이아웃 시뮬레이션 시스템

설비 레이아웃 계획기술은 대부분의 경우 공간제약을 비롯한 많은 기술적 제약 조건들을 비롯한 많은 기술적 제약조건들을 반영하여야 하기 때문에 설비선정과 레이아웃 결정은 물론 시뮬레이션 기법도 지원 가능해야 한다. 또한 사용자에 친숙(user friendly)하고 CAD-그래픽 지원이 용이해야 한다. 본 논문에서는 시뮬레이션 모델링을 하기 위한 툴(Tool)은 SIMPLE++로 선정하였다[10]. SIMPLE++의 특성은 다음과 같다. 첫째 객체 지향적인 범용 시뮬레이션 S/W이고, 둘째 시뮬레이션 모델의 계층적 설계가 가능하며 셋째 각종 CAD, DBMS S/W와 호환성이 우수하고 넷째 각종 제조공정의 특성에 맞는 응용 모듈(Application Module)을 제공하고, 다섯째 시뮬레이션 도중에 설비의 종류, 생산계획, 설비의 위치 등 관련정보를 변화해도 특성 비교를 하기가 용이한 특성이 있다. 그림 9은 현재 가동 중인 레이아웃을 바탕으로 모델링한 것이다. 화면상에 현재 레이아웃과 똑같은 축척으로 모델링을 하였다. 본 연구에서 개발된 시뮬레이션 모델은 원하는 부분을 자유자재로 확대할 수 있는 장점을 지니고 있다. 그림 9은 생산품목 자료를 이용하여 필요한 공정으로 보내는데 필요한 프로그램의 예이다. 이 내용은 품목 정보의 route 테이블에서 다음 공정을 읽어들이어서 해당 공정으로 작업물을 보내는 기능을 수행하고 있다. 이러한 로직(logic)들은 SIMPLE++에 내장된 SimTalk 라는 언어를 이용하여 작성된다.(그림 8)은 이에 대한 프로그래밍 하는 화면을 보여준다.



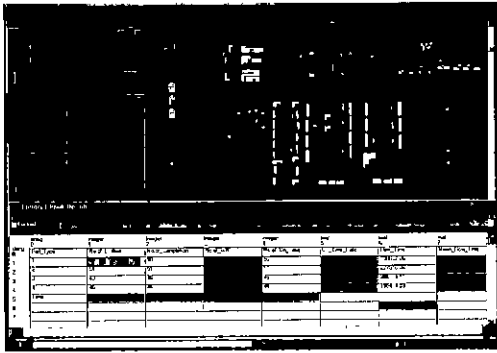
(그림 8) 로직 프로그램의 예

(그림 9)은 일정기간 동안 시뮬레이션을 수행한 결과 화면이다. 이 화면으로부터 현재 재공품들이 공장내의 어느 위치에 머무르고 있는가를 쉽게 알 수가 있다. 이 모델을 이용하면 애니메이션(animation) 기능을 이용하여 시뮬레이션이 진행되는 도중에도 화면상에 각 생산품목들의 공정이 진행되는 상황을 한 눈에 파악할 수도 있다. 이 외에도 각 부분별로 시뮬레이션 결과를 보기 위해서는 출력정보에 대한 다이얼로그 박스(Dialog Box)를 이용하면 된다.



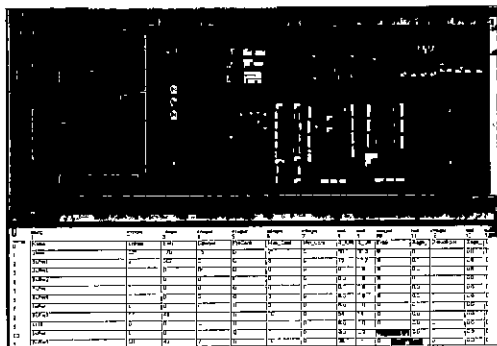
(그림 9) 시뮬레이션 결과 화면

(그림 10)은 시뮬레이션 기간 동안 발생한 총 물동량의 이동거리와 이동비용에 대한 결과이다. 결과는 각 품목별로 출력되며 아울러 전 품목에 대한 결과도 제시하고 있다. 현재 비용결과는 모든 제품의 단위운반비용을 똑같이 입력하였기 때문에 거리와 같은 결과를 보여주고 있다. 여기에서 사용한 거리계산방식은 직각거리(Rectilinear Distance)이다. 물론 필요에 따라서는 직선거리(Euclidean Distance)를 이용하여 거리계산을 할 수 있다. 이렇듯 각 품목별로 이동거리를 따로 계산함으로써 차후에 Layout을 변경하였을 경우에 각 품목별로 이동거리 및 비용의 변화를 변경전과 쉽게 비교할 수 있으며, 전체적인 비교도 가능하게 된다. 본 연구에서는 각 설비별 작업투입순서규칙은 FCFS(First Come First Service) 규칙을 사용하였다.



(그림 10) 출력정보-생산결과 선택화면

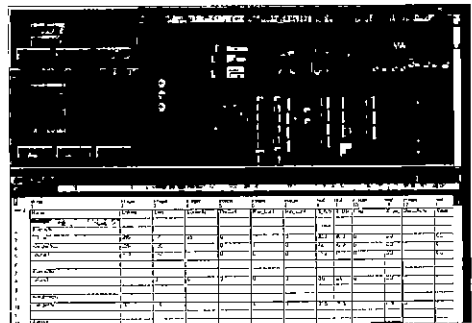
(그림 11)은 출력정보 중에서 ‘재공품’을 선택했을 때 나타나는 화면이다. 재공품은 고무의 경우 숙성실에, 철부품의 경우 전용창고에, 재공품의 경우 각 라인별로 설치된 재공품 저장소에 보관되고 있다. 테이블의 첫 번째 행에 대한 자료를 해석하면 다음과 같다. ‘Store’ 라고 명명된 저장소에 들어온 총 제품(부품)수는 395개인데 이 중에서 370개는 후속공정으로 빠져나갔고 현재 25개가 재공품으로 남아 있다. 시뮬레이션이 시작되는 시점에서의 초기재고량은 없으며, 시뮬레이션 기간 중에 최고 재공품 재고수량은 25개이고 최저 재고 수량은 0 이다. 또한 저장소에 대한 설비가동율은 90.3%이다.



(그림 11) 출력정보-재공품 선택화면

(그림 12)는 출력정보에서 ‘설비가동정보’를 선택할 경우에 나타나는 각 생산설비에 대한 시뮬레이션

결과자료이다. 이 자료는 전체 설비에 대한 자료를 볼 수도 있고, 특정 설비들에 대해서만 볼 수도 있다. 후자의 경우에는 마우스를 이용하여 원하는 설비들을 선택하기만 하면 된다. 이 테이블은 고무 제조라인에서 측량기(Weighing Machine), 밴버리 믹서기(Banbury Machine), 오픈 밀(Open Mill, Roller1,2,3) 등을 선택한 경우이다. 이 라인은 앞서 설명하였듯이 연속 라인(Flow Line)이기 때문에 자재가 연속적으로 흘러가고 있다. 자료에 대하여 설명을 하면 다음과 같다. 밴버리 믹서기에 투입된 총 작업 수는 199개이고 이 중에서 198개가 후속공정인 롤러 1으로 넘어갔다. 롤러 1에서는 198개가 모두 롤러 2로 이송 완료되었으며, 롤러 2에서는 이들 중 197개만 롤러 3로 이송되었고 현재 1개는 공정 중에 있다. 또한 각 설비에 대한 가동율은 8번째 열에서 보여주고 있다. 8번째 열과 9번째 열의 차이는 전자는 고장시간 등을 포함하는 전체시간에 대한 가동율이고 9번째 열은 고장시간 등을 제외한 순수 가동시간에 대한 가동율이다. 이 모델에서는 입력자료에서 설비에 대한 고장을 고려하지 않았기 때문에 두 열의 값이 같게 나왔다. 이러한 방법으로 각 설비의 가동율을 분석함으로써 병목 현상(Bottle Neck) 공정을 찾을 수도 있고, 라인 밸런싱(Line Balancing) 기법 등을 이용함으로써 생산성을 높이는 등 개선을 위한 자료로 이용할 수 있다.



(그림 12) 출력정보-설비가동정보 선택화면



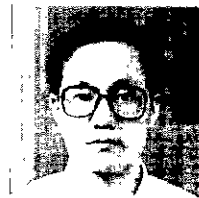
#### 4. 결론 및 향후 과제

자동차에 소요되는 방진용 고무부품의 제품설계 단계에서부터 시장조사는 물론 생산계획, 설비계획, 공정관리, 자재관리, 창고관리등 생산공정에 관련된 모든 요소들의 최적화가 이루어질 수 있도록 제반개념과 방법을 컴퓨터 통합 환경하에서의 엔지니어링기술을 개발하였다. 기존의 설비 라인과 이에 대한 정보를 컴퓨터로 모델링하고 자동화 설비의 진단/모니터링 정보를 공유함으로써 최적의 공정 설비의 배치를 시뮬레이션하여 정리된 레이아웃을 얻어내고 이를 참고로 자동화 설비 설계를 수행을 위한 AutoCAD 시스템을 사용함으로써 호환성 및 조작이 용이한 객체 지향적인 전문가 시스템 환경에서의 작업이 가능하도록 하였다. 따라서 공정 설비 배치에 따른 제반 제약 조건들을 수정하면서 설계의 변경에 따른 여러 가지 객체의 변화를 빠르고 적절하게 수용할 수 있었고 전체적인 작업 시간을 대폭 절약할 수 있었다. 또한 자동차용 방진고무제품 공정을 대상으로 레이아웃을 설계하고 평가할 수 있는 시뮬레이션 모델을 개발하였다. 모델 개발은 SIMPLE++ 라는 객체 지향적 시뮬레이션 도구를 사용하였다. 이 과정에서 방진고무제품의 종류 및 생산공정분석을 수행하였다. 또한 시뮬레이션 기법의 장점을 최대한으로 이용하여 레이아웃평가는 물론, 생산활동에 대한 분석, 재공품 재고에 대한 분석, 설비 가동율에 관련된 분석 등을 추가로 할 수 있도록 모델링을 하였다. 비록 개발된 모델이 특정 공장을 대상으로 하고 있지만 이 모델을 다른 공장에도 쉽게 이용할 수 있으며, 시뮬레이션 기법을 이용함으로써 레이아웃 설계 및 평가과정의 가장 큰 문제점인 시간과 비용을 해결할 수 있을 것으로 확신한다. 레이아웃 기술은 시스템 통합을 위한

가장 기초적인 기술로서 국내 기술수준이 매우 취약하다는 점을 감안할 때 본 연구개발 과정에서 축적된 노하우는 향후 엔지니어링 기술개발에 훌륭한 역할을 할 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

- [1] Rembold, U. Nnaji, B.O. and Storr, A. "Computer Integrated Manufacturing and Engineering", Addison-Wesley, U. K., 1993
- [2] 이 봉 훈 역, 고무공업편람, 일본 고무공업 협회편, 1994.
- [3] ゴム技術 ガイドブック, 古谷正之編, 昭和 55 年, 日刊工業新聞社
- [4] 防振 ゴム 研究所: 防振 ゴム 昭和 38 年 12 月, 日本鐵道車兩工業協會
- [5] 久保亮五: ゴム彈性, 昭和 27 年 4 月, 河出書房
- [6] 日本ゴム協會編: 新ゴム技術入門, 日本ゴム協會, 1967
- [7] CIMOSA: Open System Architecture for CIM, Springer-Verlag, 1993
- [8] PCMS Process control language, Reference Manual ver 1.0
- [9] INTENT Training/User's Manual, 1996
- [10] SIMPLE++, Reference Manual Ver.3.1



#### 신 보 성

1985년 부산대학교 정밀기계공학과 졸업(공학학사)  
 1987년 부산대학교 기계공학과 졸업(공학석사)  
 1995년 산업기계기술사 취득  
 1987년-1990년 육군사관학교 교수  
 부 병기공학과 전임  
 강사

1990년-현재 한국기계연구원 동화연구부CAD/CAM그룹  
 선임연구원

관심분야: CAD/CAM, 공장자동화, 동시공학

**황경현**



1976년 서울대학교 기계공학과 졸업(공학학사)  
1978년 한국과학기술원 기계공학과 졸업(공학석사)  
1986년 Ohio 주립대학교 기계공학과 졸업(공학박사)

1982년-1983년 North Carolina 주립대 조교  
1983년-1986년: Ohio 주립대 조교  
1990년-현재 한국기계연구원 자동화연구부 가공기술그룹 책임연구원  
관심분야 : 초정밀가공, 기계지능화

**최두선**



1985년 부산대학교 정밀기계공학과 졸업(공학학사)  
1987년 부산대학교 기계공학과 졸업(공학석사)  
1987년-1990년 육군사관학교 교수  
부 병기공학과 전임 강사

1990년-현재 한국기계연구원 자동화연구부 CAD/CAM 그룹 선임연구원  
관심분야 : CAD/CAM, 공장자동화, 동시공학

**바로잡습니다.**

정보처리논문지 제3권 7호 pp.1803에 게재된 논문 「분산 멀티에이전트 시스템의 상호협력 제어」의 저자를 백순철<sup>+</sup> · 최중민<sup>++</sup> · 임영환<sup>+++</sup> · 장명욱<sup>+</sup> · 박상규<sup>+</sup> · 이광로<sup>+</sup>에서 장명욱<sup>+</sup> · 최중민<sup>++</sup> · 박상규<sup>+</sup> · 백순철<sup>+</sup> · 이광로<sup>+</sup> · 임영환<sup>+++</sup> 순으로 바로잡습니다.