중소기업을 위한 실시간 생산정보시스템(M-PRIS) 구축방법과 사례

최후곤* · 이호우* · 정태진** · 서준성*** · 김주필*** · 윤승현*** · 이해문****

The Development of the Real Time Production Information System for Small and Medium-Siged Enterprises

H.G. Choi · H.W. Lee · T.J.Chung · J.S.Seo · J.P.Kim · S.H.Yoon · H.M.Lee

1. 서 론

컴퓨터의 소형화와 용량 및 속도의 급증, 센서등 제어관련 전자기술의 발전에 힘입어 제품의 설계, 공정계획, 가공, 조립, 검사, 생산관리등의 생산관련 제반기능들을 자동화 · 전산화함은 물론 이들의 총괄적인 제어를 위한 정보체계의 시스템화 기술이 적극 개발중이다. 특히 이들 기능들을 통합하는 통합 생산시스템(computer integrated manufacturing system-CIMS)의 성공적인 구축은 기업들이 생산성을 향상시키고 품질혁신을 이루며 제품개발 기간을 단축시키고 저가의 제품을 공급하여 시장성을 확대시키고자 하는 목표를 달성시키는데 핵심적인 기여를 하는 것으로 알려져 있다.[1] 그러나 CIMS 구축기술은 고난이도 기술이면서도 고가의 투자비, 질 좋은 인력확보 문제 등을 수반하기때문에 아직도 다른 기술에 비하여 발전속도가 늦다. 특히 중소규모 기업들은 자금력에서 뒤지고 의사결정이 합목적적으로 이뤄지지 않고 당면한 생존문제에 다급하여 더더욱 시스템구축이 용이하지 않다. 이런 현상에서도 국내의 많은 하드웨어 업체, 소프트웨어 업체들은 CIMS 구축관련 기기와 범용 소프트웨어들을 소개하고 있는데 이들은 주로 CIMS을 구성하는 독립적인 기능의 향상을 위한 기술들이다. 즉 전체 시스템을 통합하는 기기, 소프트웨어 개발노력들은 아직도 시작단계라고 해야한다.

CIMS을 기업전반에 구축하고자 하는 기업들은 조직, 행정, 생산라인에서 그들만의 고유한 성격 또는 특색을 가지고 있기 때문에 범용 기기 또는 소프트웨어를 가지고는 효과적인 통합을 기대할 수가 없다. 조직의 구성, 각 부서의 역할과 활동내역, 생산라인의 구조 등등 그들만의 독특한 성격을 반영하는 하드웨어 및 소프트웨어가 개발되고 일관된 기준으로 통합시켜야 하며 CIMS을 구성하는 각 기능들의 설계에서 GT 개념, 최적화 개념등이 반영되어야 한다.

본 논문은 자체 기술력이 부족한 중소규모 기업이 향후 통합 생산 시스템을 단계적으로 구축할 수 있도록 우선적으로 개발한 생산정보 시스템을 소개하는 것인데 개발과정, 개발방법, 구축사례, 구축시에 나타난 문제점, 현재에도 진행되고 있는 구축노력을 설명하는 것이다. 생산공정을 분석하여 주요 생산정보를 데이타 수집시스템에 의해 실시간으로 수집하여 데이타베이스화하고 정보처리를 위한 모델과 프로그램을 개발하여 실제공정에 적용하는 기술인 것이다. 이를 위해서는 무리한 추진보다는 합리적인 기간내에 실시간 생산정보 시스템을 구축한다는 목표아래 각 부문의 전문가들로 구성된 팀의 구성, 저렴한 기술이전료, 기업과의 잦은 회합 및 토론, 현재의 생산 및 관리습관을 최소로 수정하는 것등의 전략이 필요하다.

* 성균관대학교 산업공학과 부교수
** 한국전자통신연구소 산업기술지도실 실장
*** 성균관대학교 산업공학과 박사과정
**** 한국전자통신연구소 산업기술지도실 연구원

2. 연구배경

중소기업을 위하여 생산에 관련된 활동과 정보를 전산화하는 작업은 자질구레한 일이며, 상당기간을 소요하는 과제이다. 하지만 근래의 ISO 9000 시리즈 인증획득 과정에서 전산화의 필요성, 국내외적 경쟁력 강화 등의 목표를 달성하기 위해서는 생산정보의 전산화 또는 CIMS 구축의 당위성이 대두되어 반드시 추진해야할 과제인 점을 폭넓게 인식하기 시작하였다. 또 최근 중소기업을 대상으로 한 조사를 보면 [2], 중소기업의 컴퓨터 활용정도가 워드프로세싱, AUTO-CAD 이용, 행정 또는 영업에 국한되어 있고 소프트웨어에 대한 불만으로써 기능부족, 회사요구에 맞지않은 기능, 메뉴얼의 불편들을 지적하였고, 사용자의 자질부족으로 활용정도가 낮은 점을 지적하였다. 앞으로 소프트웨어 개발에 고려해야 할 사항으로써는 편리성, 다양성, 도움말 기능등 사용자 위주의 프로그램 개발을 지적하였으며 아울러 교육기능의 강화도 원하고 있다. 아직까지 전산실이나 전산화 개념이 없는 기업들은 예산부족, 인력부족을 이유로 들었으며 만약에 개념이 도입되면 생산관련 모든 부문에 도입할 의욕과 데이타베이스 구축과 네트워크 구축에 관심을 보이고 있다. 이러한 결과는 실시간 생산정보 시스템의 개발의 당위성을 제공하고 있으며, 개발방법 또는 전략의 수립에 합리적인 기준을 제공하였다.

성균관대학교 산업공학과와 한국전자통신연구소 산업기술지도실은 지난 3년간 실시간 생산정보 시스템을 단계적으로 개발하여 왔으며 이 시스템을 중소기업에 이전하고자 하는 노력을 계속하고 있다. 이 연구는 결국 소프트웨어의 개발과 이를 지원하는 하드웨어의 개발로 압축된다. 실시간 생산정보 시스템은 초기화 모듈을 비롯하여, 계획수립, 실적 파악, 모니터링을 할 수 있는 모듈로써 구성되어 있으며 이들 모듈의 구체적인 실행을 위하여 산업용 네트워크 시스템을 개발한 것이다. 정보의 수집, 저장, 표현등이 네트워크를 통하여 가능하게 되는 것이다. 그리고 여전히 실험실 내지는 연구소내에서 숙성된 이 기술을 보완·수정하여 현재 두개의 중소기업에 기술이전을 하고 있다.

3. 연구내용

중소기업은 주로 흐름공정 또는 연속공정의 구조를 유지하며 제품의 재질, 금형들을 수시로 교환하면서 다품종 소량생산개념을 현장에 적용하고 있으며 주라인의 생산능력을 증대시키기 위하여 동종의 기계(또는 라인)를 복수로 소유하고 있다. 또 여러가지 직·간접 작업과 각종 생산정보의 기록, 정리, 보고등의 절차를 작업자들이 담당하고 있다. 이러한 시스템을 위하여 수주관리에서 부터 출하관리까지 다양한 기능을 수행할 수 있는 실시간 생산정보 시스템의 개발을 목표로 한다.

전체적인 시스템은 M-PRIS(Production Information System for Small- and Medium Industries)로 명명되었으며 생산정보시스템의 기능과 모니터링 기능으로 대별되면서 다음의 6개의 모듈들이 1단계로 개발되었다. [3] 나머지 주요 모듈들도 현재 개발중 이다.

① 초기화 모듈
② 일일생산계획 모듈
③ 일일생산계획 인쇄 모듈
④ 모니터링 모듈
⑤ 실적파악 모듈
⑥ 불량원인 분석모듈

이들 모듈들의 연결을 그림 1에 나타내었는데 개개의 모듈은 공통의 데이타베이스를 공유하며 모듈의 실행결과에 따라 새로운 데이타를 산출· 저장한다.

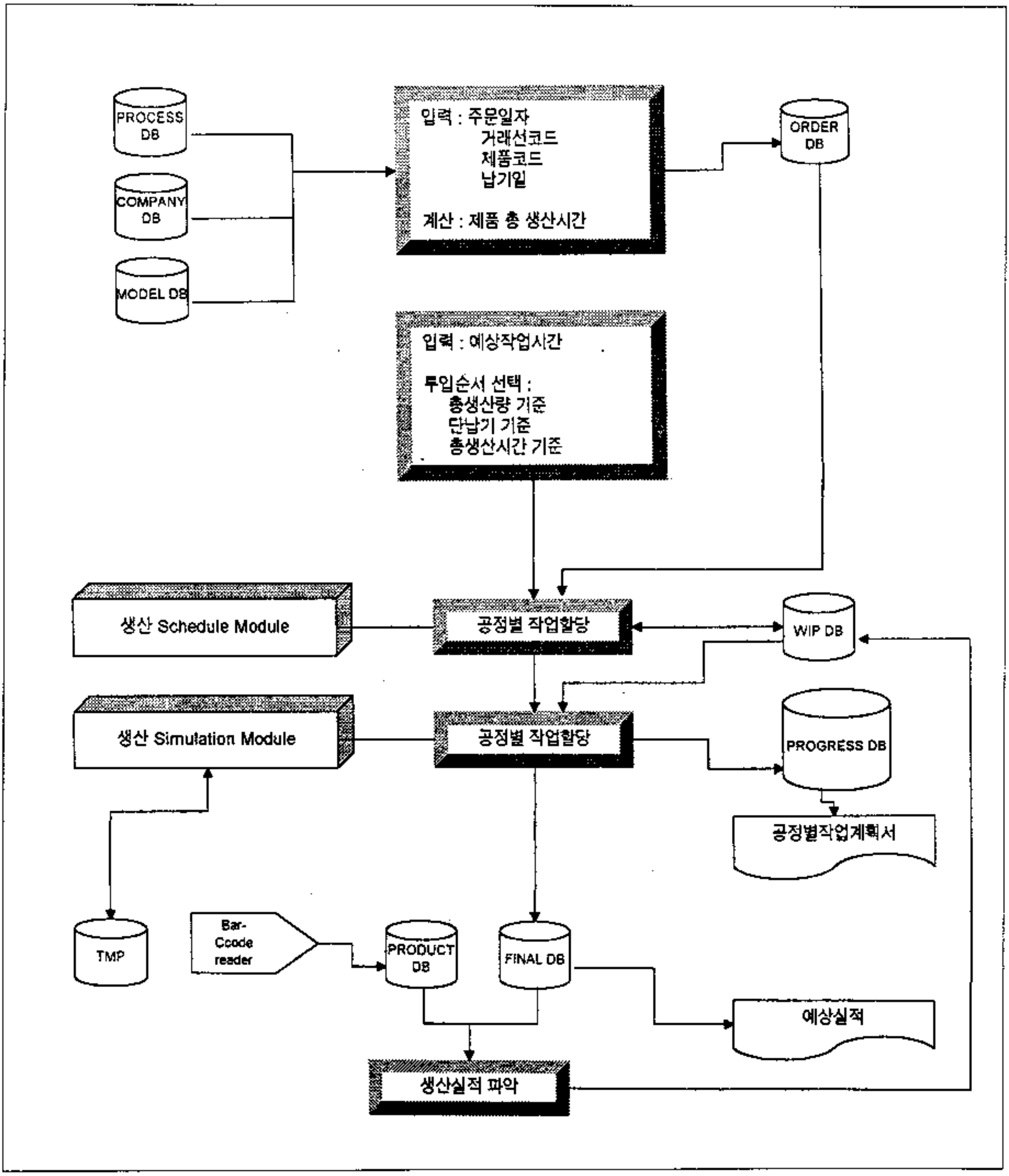
각 모듈의 역할을 설명하면 다음과 같다.

A.모듈의 역할

각 모듈의 역할은 다음과 같다.

1) 초기화 모듈

이 모듈은 생산라인의 기본구조, 공정명, 기계대수, 공정별 평균 불량률, 제품명, 로트크기, 거래처명, 주문량, 납기 등 초기 정보를 입력받고 저장하는 기능을 가지고 있으며 여타 모듈에서 필요한 데이타를 제공한다.



〈그림 1〉 M-PRIS의 기본구조

2) 일일 생산계획 모듈

이 모듈은 경험을 바탕으로 매일 생산지시를 내리는 과정을 지양하고 보다 합리적인 방법으로 일일 생산지시를 내리는 모듈이다. 이 모듈은 개개공정의 생

산능력에 맞추어 총 생산량 기준, 납기 기준, 총 생산시간 기준으로 물량을 결정한다. 흐름공정이거나 연속공정에서는 선행공정의 작업결과에 따라 후속공정의 물량이 결정되기 때문에 일일 생산계획 수립은 시작공정을 대상으로 이루어진다. 시작공정에 물량이 할당되면 기업이 원하는 기준에 따라 모의실험을 수행하여 합리적인 일일 생산지시가 결정되며, 개개 공정에 부하되는 예상 부하량, 예상실적을 Gantt Chart로 파악할 수 있기 때문에 해당일에 예상되는 애로공정을 쉽게 파악하여 동종 기계의 대수를 늘릴 때, 잔업을 할 때, 혹은 외주를 줄 때에 시간과 물량을 예측할 수 있게 한다.

총 생산량 기준이란 계획 수립시에 첫 공정에 배당된 제품별 물량을 토대로 가장 적은 물량의 제품부터 투입하는 기준이며, 전량을 모두 가공한다. 납기 기준이란 납기가 가장 빠른 제품부터 전량 투입하는 것이며, 총 생산시간 기준이란 총 생산시간이 짧은 제품부터 전량 투입하는 것을 뜻한다. 어떤 기준을 적용하더라도 전날로 부터 이월된 제품물량은 최우선적으로 처리한다. 이들 기준들은 생산계획 수립을 위한 전통적인 규칙들로서 총 생산시간(Lead Time) 또는 지체시간(Lateness)을 최소화시킬 수 있다.[4]

일일 생산계획을 수립하기 위해서 필요한 입력정보는 다음과 같다.

- 제품명, 주문자명, 주문량, 납기, 현재일
- 생산라인의 각 공정별 구성형태(흐름, 연속, 집단(batch))
- 첫 공정의 기계종류별 기계대수
- 제품별, 기계별 작업준비시간
- 제품별, 기계별 단위가공시간
- 공정과 공정간의 이동시간(컨베이어 속도등)
- 공정별 평균 불량율
- 공정별 평균 기계고장율, 평균 고장 수리시간
- 순수 여유율

이들 입력값들은 필요시 쉽게 수정될 수 있으며 각 공정별로 이론적 평균 생산능력을 결정하는 수식에 대입된다. M-PRIS내에서 이론적 생산능력을 결정하는 수식의 일부를 예로 들면 다음과 같다.

<u>흐름공정에서 컨베이어가 사용되는 경우:</u>

$$T_p = \frac{S}{V} * Q \qquad R_p = \frac{1-a}{T_p * N}(1-q)$$

T_p = 단위 생산시간 R_p = 생산율
S = 제품간 이격거리 a = 여유율
V = 컨베이어 속도 q = 완전불량율
Q = 가공집단의 크기 N = 기계대수

<u>연속공정에서 순차적으로 가공(조립)되는 경우:</u>

T_p = (최장가공시간 + 다음 공정으로의 이동시간)

$$R_p = \frac{1-a}{T_p * N}(1-q)$$

3) 일일 생산계획 인쇄모듈

일일 생산계획 수립모듈에서 수립된 생산계획을 생산지시로 출력하여 공정으로 하달하기 위한 모듈이며, 날짜별, 제품별, 주문자별, 납기별 생산지시 사항을 출력할 수 있다. 이 모듈에서 지적할 수 있는 점은 현장에서 필요한 서류양식을 규격화시킬 수 있다는 점이다.

4) 모니터링 모듈

생산공정의 작업상황, 즉 공정의 흐름, 이동, 기계가동 현황 등을 공정내의 FA 요소기기들로 부터 자동으로 신호를 수신받거나, 수동으로 수신을 받아 컴퓨터의 화면에 나타내어 주는 모듈이다. 다음 절에서 언급할 주스테이션과 부스테이션이 호스트 컴퓨터와 연결되면 자동으로 송수신이 가능하게 되며, 만약 전진전표에 의한 수동입력 방법이 채택되면 입력된 정보에 따라 모니터링이 가능하다. 단 이 경우에는 다음에 설명할 산업용 네트워크을 사용하기 보다는 근거리 통신망(Local Area Network-LAN)의 구축이 필수적이다. 일반적으로 이러한 모듈은 화학공장, 식품가공 공장등에서 활용되어 왔으나 다품종 소량 생산체제인 다른 형태의 중소기업에서도 활용될 수 있다.

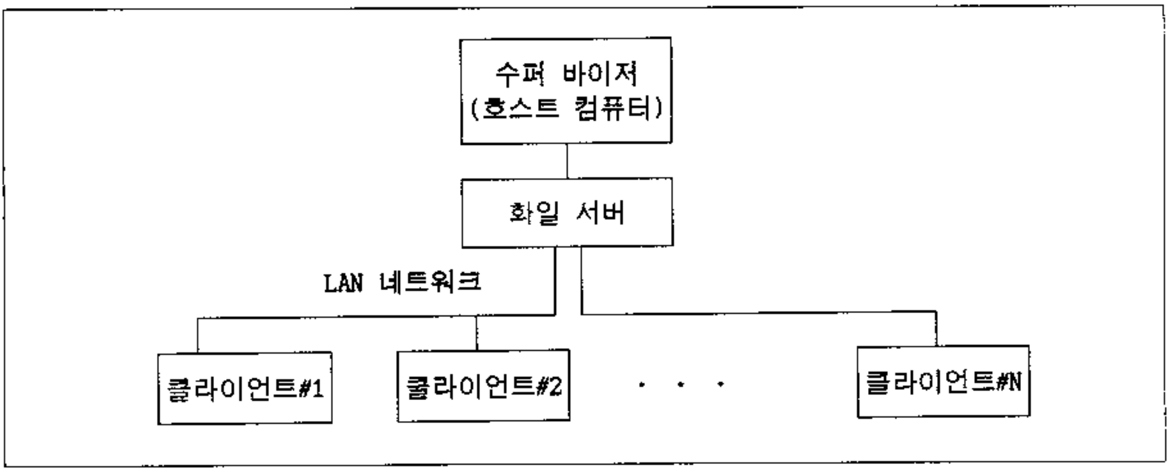
5) 실적파악 모듈

완제품 창고, 원부자재 창고를 포함한 각각의 공정에 대하여 계획 대비 실적을 파악하고자 할 때 이 모듈이 사용된다. 이 모듈에서 가장 중요한 부분은 각각 공정에서 사용하는 생산지시서, 작업지시서, 또는 전진전표의 활용이다. 중소기업에서 각 공정의 기계화, 자동화는 어느 정도 추진되고 있으나 현재 생산관리 부서 등에서 매일 실적보고를 수동으로, batch로 하고 있다는 점을 감안할 때 당분간은 각 공정의 적절한 담당자가 자주 실시간으로 전진전표등을 참조하여 실적을 보고하는 방법이 효과적이다. 물론 계수기(counter), 옵티칼 인코더, 프레스 스위치, 토글 스위치, 한계 스위치, 센서, 릴레이등 FA 요소기술을 이용하여 자동으로 컴퓨터에 입력시킬 수 있는 경우도 있다. 하지만 경제성, 잡음 또는 진동에 의한 부정확한 데이타입력, 설치/운영기간을 참조한다면 여전히 비합리적인 대안인 경우가 흔하다.

이상 6개의 모듈은 실시간 생산정보시스템(M-PRIS) 내에 탑재되어 있으며, 각 모듈의 기능의 다양화, 각 기능의 치밀성 제고등을 고려하여 보강 중이며, 완전한 CIMS의 구축을 위한 나머지 주요 모듈들도 개발이 완료되었거나 현재 개발 중이다. 당장 M-PRIS에 첨가될 수 있는 모듈은 수주관리, 영업계획, 완제품 재고관리, 출하관리, 자재관리, 인적관리/급료계산 등이며 이밖에 금형관리, 회계관리 등이 추가로 개발되고 있다.

B. 실시간 생산정보시스템을 위한 산업용 네트워크 [5]

실시간 생산정보 시스템이 실행되어 각종 생산정보를 수집하고, 일일 생산계획을 수립/하달하고, 계획 대비 실적파악을 공정별로 수행하고, 라인의 현황을 모니터링하기 위해서는 컴퓨터간의 네트워크 구성이



〈그림 2〉 LAN 접속(수퍼 바이저는 클라이언트중 어떤 것도 될 수 있다.)

6) 불량원인 분석모듈

제품별, 공정별, 가계별 불량데이타가 수집되면 이에 대한 원인을 통계적으로 규명할 수 있는 모듈이다. 분산분석법중 3개의 인자에 대한 분산분석을 할 수 있는 일반적인 기법이 현재 채택되어 있으며 현재 보다 세밀한 분석이 가능하도록 보강이 되고 있는 중이다.

필수적이다.

본 연구에서는 네트워크 설치의 두가지 방법을 고려하여 생산정보의 송수신을 구현하였다. 우선 각 공정에서 전진전표(또는 작업지시서)에 따라 수동으로 입력하는 경우로써 하나의 공정에서 다음 공정으로 반제품이 전달되는 지점에 저렴한 컴퓨터를 설치하고 실적을 입력받을 수 있는 프로그램을 개발하였다. 각

컴퓨터에는 터치 스크린을 장착하여 키보드의 사용없이 입력이 가능하도록 하고 근거리 통신망(LAN)으로 접속시킨다. 통신망의 구조는 그림 2에 나타내었다. 그림 2에 의하면 통신망은 수퍼 바이저, 서버, 클라이언트로 구성되었으며 일종의 링형태의 접속을 한다. M-PRIS는 서버에 탑재되었다.

또하나의 방법은 셀 레벨의 규약인 Mini-MAP 프로토콜(MAP에서 3층부터 6층까지 생략된 형태)에 기초한 산업용 네트워크를 설치하는 방식이다. 이 방식은 한국전자통신연구소 산업기술지도실이 저렴한 CIMS 구축을 위하여 개인용 컴퓨터내의 슬롯에 장착될 수 있고, 공정내의 주요 FA 요소기기와 쉽게 접속될 수 있도록 두개의 기판으로 개발한 것이다. 즉 주스테이션과 부스테이션을 주컴퓨터에 장착을 하여 부스테이션을 통하여 데이타를 입력시키는 방법이다. 즉 LAN이 컴퓨터 또는 터미날과 접속되는 송수신 방식이라면 산업용 네트워크 방식은 공정내의 FA 요소기기와 직접 송수신하는 방식이다. 여기서 언급하는 산업용 네트워크의 모형은 Mini-Map사양을 토대로 하여 물리층, 데이터링크층, 응용층의 3계층으로 구성되는 구조를 채택한 것을 의미한다.

1) 산업용 네트워크의 통신구조

산업용 네트워크는 다음과 같은 내용을 실현하는 것을 목적으로 한다. 그림 3에 그 구조를 나타내었다.

- 컴퓨터, 워크스테이션, PLC, 로보트, NC 공작기계 등의 상호 운용을 가능하게 하는 셀 레벨의 통신시스템을 실현한다.
- 메이커가 다른 여러 기기들을 상호접속하여 운용함으로써 Multi-Vendor 네트워크 환경을 제공한다.
- FA영역에서 가장 필요로 하는 실시간성을 실현한다.
- 경제성이 높은 시스템을 구축한다.

(1) 응용층

응용층은 구체적으로 FA기기간의 메세지통신을 실현하는 통신규약으로 통신 아키텍처상의 최상위 계층이며 통신지점에 있는 AP(Application Process)들 사이의 정보교환에 대한 메카니즘을 정의한다. 이때 응용계층에서는 다음의 세가지 서비스요소가 필요하게 된다.

- 동기화 프리미티브를 포함하는 Cyclic Operation 서비스 요소
- 파라미터 세팅과 Reading을 위한 메세지 통신 서비스 요소
- 네트워크 구성 및 제어와 Resource의 감독을 위한 네트워크 관리 서비스요소

이러한 서비스 요소를 구성하기 위해서는 응용계층에 MMS(Manufacturing Message Specification) 서비스를 구현하는 것이 바람직 하다. 그러나 스테이션의 크기 및 경제성 문제로 산업용 네트워크에 MMS를 완전히 구현한다는 것은 현실적이 못하며 통신 Resource들의 리모트 명령을 위한 상위계층의 사용자 인터페이스를 정의하고 이를 구현하도록 한다.

(2) NM(Network Management)

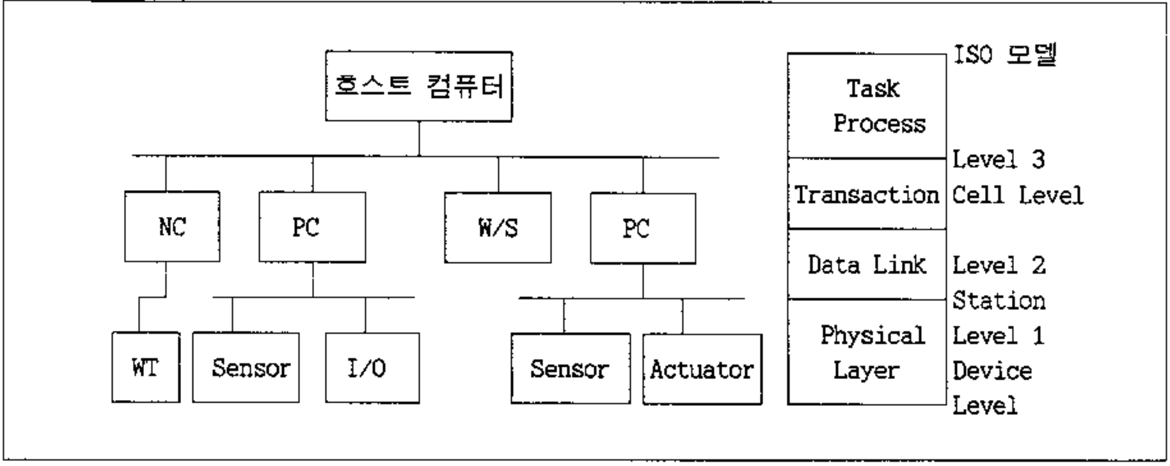
NM은 산업용 네트워크의 응용층에 속하는 통신규약으로 네트워크의 운용 및 유지에 필요한 관리기능을 수행한다. 네트워크의 장애에 대한 복원과 노드의 증개설에 있어 유연한 대응을 할 수 있도록 관리대상의 상태를 제어하는 네트워크의 구성관리, 장애를 검출하고 회복시키는 장애관리, 성능데이타를 수집, 분석, 평가하는 성능관리를 지원한다.

(3) 데이타링크층

데이타링크층은 산업용 네트워크의 제 2계층을 구성하는 프로토콜로써 스테이션간의 신뢰성이 있고 효율적인 데이타의 전송을 목적으로 하는 HDLC 프로토콜을 채택하였다. HDLC 데이타링크의 구성은 네트워크 토폴로지에 따라 점대점 방식, 루프방식 등으로 구성할 수 있으나 본 구성에서는 네트워크에 연결되는 노드수가 많지 않음을 가정하여 멀티포인트 방식을 채택하였다. HDLC 프로토콜에서 사용되는 스테이션의 유형은 다음과 같다.

① 주스테이션(Primary Station)

데이타링크를 제어하며 마스터로써 부스테이션에 명령을 전송하고 부스테이션으로 부터 응답프레임을 받는다. 즉 데이타 링크에 연결되어 있는 모든 부스



(그림 3) 산업용 네트워크 구조

테이션들의 링크액서스, 링크레벨의 에러회복, 흐름제어등 데이타 송수신을 관리, 제어 한다.

HDLC의 프레임의 구조:

1바이트	1바이트	1바이트	N바이트	2바이트	1바이트
FLAG	ADDRESS	CONTROL	DATA	CRC	FLAG

② 부스테이션(Secondary Station)

마스터에 대한 슬레이브의 역할을 하며, 부스테이션은 서로 다른 부스테이션과 통신을 할 수 없고 먼저 주스테이션으로 프레임을 보내어 주스테이션의 명령에 따라 응답을 하게 된다.

(4) 물리층

물리층은 산업용 네트워크의 전기적인 인터페이스를 규정하며 경제성을 고려하여 산업현장에서 널리 사용되는 꼬은 전선(Twisted Pair Cable) RS485 규격을 채택하였다. 다음은 EIA규격의 RS485 특성을 나타낸다.

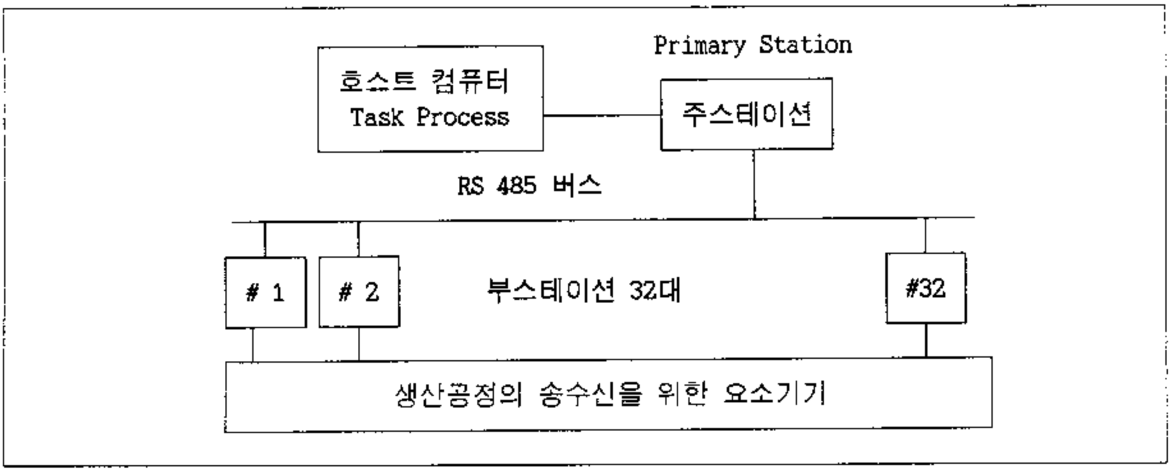
- 동작모드: differential
- 최대접속 노드수: 32 노드
- 버스 방식: multi-drop
- 전송매체: shielded Twisted Pair Cable
- 최대전송속도: 거리에 따라 다르나 120M일 때 1 Mbps
- 최대 Common Mode 전압: +12V--7V
- 드라이버 출력전압(부하시): +1.5V--1.5V
- 드라이버 최소 부하저항: 60 Ohm
- 리시버 입력전압 범위: -12V-+12V
- 리시버 입력감도(Sensitivity): 200 mV
- 리시버 입력저항: 12 KOhm 이상

2) 산업용 네트워크 시스템 구성

산업용 네트워크의 적용 시스템 구조를 그림 4에 나타내었다. 이 시스템은 국내 중소기업들이 저렴하게 구입할 수 있는 개인용 컴퓨터를 대상으로 하였으며 호스트 컴퓨터, 주스테이션, 부스테이션, 생산공정 등으로 구성된다.

(1) 호스트 컴퓨터

호스트 컴퓨터는 실시간 생산정보 시스템인 M-PRIS를 탑재하고 있으며 주스테이션에서 얻어진 각 공정의 생산정보를 실시간으로 취합하여 계획수립, 데이타관리, 생산관리, 네트워크 운영관리 프로그램 등에 관련된 업무, 즉 응용계층의 Task Program이 운영된다. 특히 네트워크 운영관리 프로그램은 주스테이션이 관리하는 부스테이션들의 운영상태와 생산공정의 기기들의 고장유무를 모니터링하여 사용자에게 보고한다. 공정내의 기기들은 리모트작동이 가능토록 하여 기기의 고장상태가 발견되면 사용자의 명령에 따라 장애기기를 공정으로 부터 분리하며 고장원인이 해소된 후 공정으로 복귀시킨다.



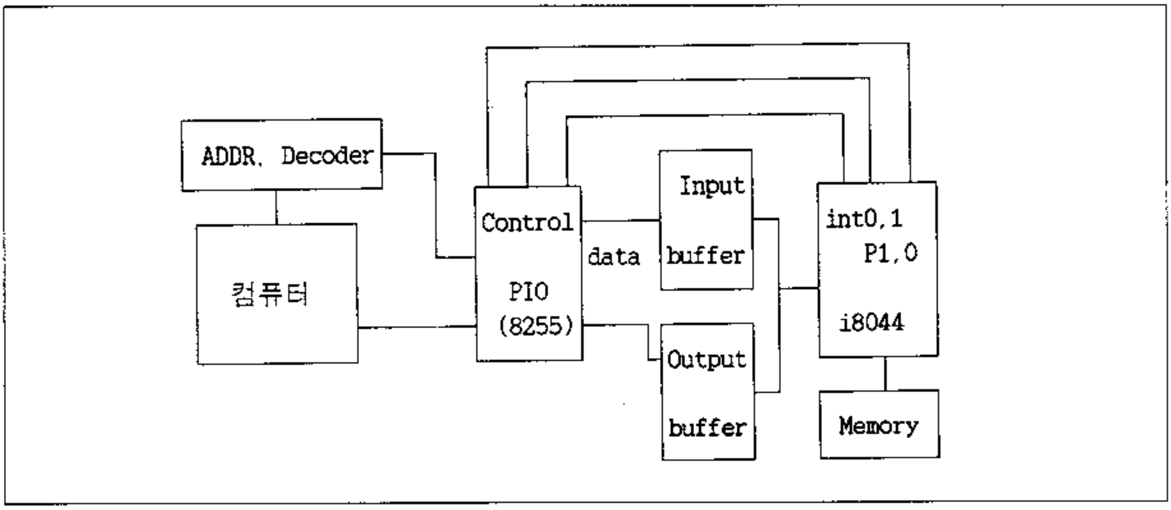
〈그림 4〉 산업용 네트워크 적용 시스템 구조

(2) 주스테이션

주스테이션은 산업용 네트워크를 관리하는 마스터 스테이션으로 RS 485 버스를 통하여 연결된 32대의 부스테이션의 링크제어를 관리하며 이들로 부터 생산공정의 정보를 실시간으로 수집하여 호스트 컴퓨터에 전송한다. 주스테이션은 호스트 컴퓨터의 확장슬롯에 장착될 수 있도록 보드형태로 구현되었으며 호스트 컴퓨터의 메인버스를 통해 대량의 정보를 빠르게 전송할 수 있도록 하였다. 주스테이션은 모든 부스테이션에 관한 정보를 배열구조의 RSD(Remote Station Database) 데이타베이스에 저장하는데 32개의 스테이션 어드레스를 지정하여 순차적으로 폴링(polling)하며, 부스테이션의 상태를 단절상태, 전송상태, 단절요구 상태로 나누어 관리하고, 송수신을 위한 번호를 부여하며, 버퍼상태를 준비상태 또는 미준비상태로 정의한다. 아울러 주스테이션은 64바이트 배열구조의 데이타 버퍼를 가지고 부스테이션 어드레스에 따라 데이타를 저장한다. 또 주스테이션은 한 프레임이 전송될 때마다 수신타이머를 작동시켜 응답이 정해진 시간내에 도착하는지를 확인하여 만약 도착하지 않으면 통신을 포기하고 다른 부스테이션에 대한 폴링을 시도한다.

주스테이션 인터페이스의 하드웨어 구조는 그림 5에 나타내었다. 주스테이션의 확장 I/O어드레스는 임의로 선택하여 설정할 수 있도록 DIP스위치를 사용하여 구성하였으며, 8255의 포트 a는 출력데이타를 위하여 사용하고 포트 b는 입력에 사용되며, 포트 c는 제어용 신호로 사용된다. 또한 양방향의 버퍼를 사용하여 별다른 회로의 변경없이 DMA로 사용할 수 있도록 하였다. I8044의 주스테이션이 인터럽트를 요구할 수 있도록 포트 1의 여러 핀들을 남겨 두었으며, 또한 8255의 포트 c를 통해서도 다양한 제어를 할 수 있도록 확장단자들을 고려하여 설계하였다. 이런 하드웨어의 구성에 따라 소프트웨어의 융통성이 구현될 수 있다.

호스트 컴퓨터와 주스테이션간의 데이타 전송절차는 호스트 컴퓨터가 외부인터럽트 0번(EX0)을 사용하여 데이타의 송수신을 주스테이션에 요구하면 주스테이션은 송수신 준비를 확인한 후 자신의 포트 P1의 0번의 비트로써 응답한다. 만약 주스테이션이 일정시간동안 응답하지 않으면 호스트 컴퓨터는 사용자의 명령을 기다린다. 호스트 컴퓨터는 인터럽트에 대한 주스테이션측의 응답을 확인한 다음, 송신 데이타의 한 바이트를 전송포트로 옮기고 주스테이션의 외부인터럽트 1번(EX1)을 핸드쉐이킹(Hand Shaking) 단자로 사용하여 바이트의 전송을 알린다. 주스테이션은 EX1 인터럽트에 의해 수신바이트를 수신버퍼에 저장하고 포트 P1의 0번 비트로써 바이트의 수신완료 응답을 호스트 컴퓨터에 보낸다. 호스트 컴퓨타는 핸드쉐이킹에 대한 주스테이션의 응답을 확인한 후 다음



〈그림 5〉 주스테이션 인터페이스 구조

바이트의 전송을 시작한다. 주스테이션으로 부터 호스트 컴퓨터로의 데이타 전송은 위에서 설명한 것과 유사한 방식으로 전송된다.

(3) 부스테이션

부스테이션은 생산공정의 각종 FA 요소기기로 부터 생산정보를 수집하여 주스테이션의 폴링에 의해 산업용 네트워크의 데이타 링크를 점유하여 수집된 생산정보를 전송하는 기능을 가지며, 또한 생산공정의 FA 기기들과 연결되어 기기들의 운용을 제어하여 고장유무를 감시한다.

C. 모니터링 모듈의 구조[6]

M-PRIS내의 모니터링 모듈은 여타 모듈과 데이타의 공유, LAN 접속상태에서 생산정보의 컴퓨터 수동입력 또는 산업용 네트워크의 주스테이션과 부스테이션과의 연결로 작동한다. 이 모듈의 구조와 각 기능에 대한 설명은 다음과 같으며 설명된 기능들은 산업용 네트워크가 M-PRIS의 모듈과 접속되었을 때를 가정한 것이다.

1) 도움말

이 기능은 모니터링 모듈의 사용에 대한 전반적인 설명을 사용자에게 보여준다. 모듈내의 어떤 메뉴상에서의 작업도중이라도 F1키를 누르면 도움말 기능을 이용할 수 있다.

2) 초기화

이 기능은 모니터링 모듈을 운용하기 위하여 필요한 각종 데이타를 포함하고 있는 화일을 불러오는 기능을 담당한다. 데이타 화일에는 스테이션과 각 데이타의 수 및 모니터링할 각 공정명과 해당 pcx 화일의 좌표값등을 포함하고 있다. 반드시 초기화 메뉴를 실행시켜야만 송신, 수신, 모니터, 통계 등의 메뉴를 실행시킬 수 있다.

3) 송신

데이타를 호스트 컴퓨터에서 주스테이션을 통해서 부스테이션으로 보내는 기능을 수행한다. 이렇게 데이타를 전송함으로써 원하는 상태로 부스테이션이 공정들을 제어할 수 있다.

4) 수신

송신과 반대로 부스테이션에서 수집한 각 공정상의 데이타를 호스트 컴퓨터에서 수신받아 모니터 상에 표현하는 기능을 수행한다. 이 수신메뉴에서는 수신받은 값을 통해 각 공정의 작동여부와 양·불량품의 갯수를 보여준다.

5) 모니터

각 공정상의 데이타를 바탕으로 공정의 작동 및 정지상태를 그래픽을 통해 모니터에 나타내어 준다. 그래픽을 통해 공정상황을 표현해주는 방법은 여러가지 있을 수 있는데 비교적 선명한 화질을 구사할 수 있는 16color(640*480)를 이용하였으며, 먼저 각 공정들이 정지해 있는 바탕 pcx 화일을 화면상에 나타낸 후 각 공정의 동작여부를 네트워크를 통해 계속해서 확인하면서 동작중인 공정의 모습을 담은 pcx 화일을 해당 위치에 overlap시킨다.

6) 통계

모니터링된 정보를 바탕으로 모니터링 시간과 각 공정의 효율, 양품과 불량품의 갯수 및 비율등을 그래픽으로 표현하고, 사용자의 요구시에 획득된 정보의 분석결과 등을 화일로 저장하여 이후의 계획시 참조가 가능하도록 한다.

7) 외출

이 기능을 통해 모듈을 종료하지 않고 각 데이타 및 pcx 화일 등을 수정하는 등의 DOS명령어를 수행시킬 수 있다. DOS 상태에서 다시 모듈로 복귀할 수 있다.

8) 종료

모듈실행을 종료하고 DOS 상태로 돌아간다.

4. 적용사례

지금까지 설명한 내용의 근간은 M-PRIS와 산업용 네트워크이다. M-PRIS의 각 모듈이 실행되기 위한 입력 정보, M-PRIS의 실행결과의 전송을 위해서 산업용 네트워크가 필요한 것이다. 하지만 M-PRIS의 운용을 어떻게 하는가에 따라 산업용 네트워크가 필요한가 또는 LAN과 같은 통신방식이 필요한가가 결정된다. 산업용 네트워크는 FA 기기와의 직접 교신을 의미하고 LAN접속은 컴퓨터간의 접속을 뜻한다. 이러한 통합기술들이 각각 구체적으로 적용된 사례로는 두가지를 들 수 있다. 하나는 LAN방식을 이용하여 M-PRIS를 설치하는 것인데 현재의 두개의 기업에 적용중이며, 또하나는 산업용 네트워크를 이용하여 실험실의 가상공정을 대상으로 적용한 것이다. 두 경우 모두 1 - 2년 동안 추진되고 있는 사례들이다.

A. LAN에 의한 실시간 생산정보 시스템(M-PRIS) 구축사례

1) 적용 대상업체의 성격

두개의 업체에 적용중인데 이들 업체는 모두 중소기업으로써 전자부품 제조 및 신발창을 생산하고 있다. 각 업체의 라인의 중심유형은 흐름라인이며 공정의 수는 6개이하이고 개별적인 관리가 필요한 품종의 수는 2000 - 10,000종류 정도이다. 내수물량이 수출물량보다 많고 수주량에는 문제가 없다. 출하가 빈번하고 납기맞춤을 최우선 과제로 삼고 있으며 모든 생산계획의 수립은 경험이 많은 관리자가 담당하고 있다. 또 작업자들의 교육수준이 상당히 낮으며 이직율이 높다.

2) 대상업체들에서 나타난 시스템 구축을 어렵게 하는 요인들

궁극적으로 해당 업체에 걸맞는 CIM 시스템을 구축하는데 어려움을 주는 요인들을 정리하면 다음과 같다.

① 중간관리층 이상들의 보수적인 인식

- 투자효과에 대한 의심으로 확실한 효과가 있음을 보여주지 않는 한 작은 투자일지라도 의욕을 보이지 않음.
- 영업계획, 생산계획을 수립하고 데이타를 수집하고, 분석하고, 이상발견시 수정하는 관리자들의 보수적인 인식과 경험으로 변화를 꺼려하고 현재 상태에 만족하고 있음.
- 구축을 위한 업체측의 counterpart가 필수적이나 이들과 구축팀간의 의사결정을 위한 합의도출의 기간이 상당기간 필요함.

② 모듈내용의 잦은 변화

- 일단 모듈이 개발되어 업체에 전수되면 업체측도 몰랐던 사실이 자주 드러나 개발된 모듈의 내용이 수시로 수정되고 첨가됨.

–외주업체인 경우가 많아 모기업의 요구를 모듈에 반영해야 함.

③ 컴퓨터와 주변기기 가능상의 문제점

–컴퓨터, 주변기기, 바코드 시스템 등 핵심기기들이 구입될 때 저렴한 기종을 선택하게 되어 신뢰성이 낮아져 정보처리 작업이 지연되는 경우가 많음. 예를 들면 현장에 설치되는 컴퓨터의 키보드가 전자식이면 고장율이 높아 기계식을 선호하고 있다.

–하드웨어의 이상이 발견되면 하드웨어 공급자가 단시간내에 서비스를 해 주어야 함.

④ 구축된 CIM 시스템의 업체측 관리자 선정

–일반적으로 전문적인 전산요원이 없는 실정에서 CIM 관리자를 선정하여 교육시켜야 하는데 그 대상을 찾기가 용이하지 않음.

–CIM 시스템이 구축된 후의 운영상 이상이 발견되는 경우 보수, 유지해야 할 인력을 확보해야 함.

이밖에 표준화, 합리화, 단순화 등의 개선작업이 필요한 점들도 언급하여야 하나 시스템 구축이 진행되면서 해소할 부분이 많다는 점을 감안하면 위와 같은 장애요소들보다는 비교적 덜 심각한 문제이다.

3) 실시간 생산정보 시스템 구축

수주부터 출하까지 생산에 관련된 핵심 모듈을 모두 개발한다. 기개발된 일일 생산계획 수립, 계획하달, 실적 파악, 불량원인분석을 위한 모듈이외에 수주관리, 고객관리, 영업계획, 자재관리, 재고관리, 출하관리, 품질관리, 금형관리 등의 모듈이 첨가되거나 보강되고 있다. LAN의 도입으로 관리층과 공정별로 486 컴퓨터가 클라이언트로 설치되었으며, 전산실에는 수퍼 바이저, 서버기능을 담당하는 두대의 486 컴퓨터가 설치, 운영중이다. 컴퓨터간 LAN의 접속은 허브(hub)형태로 이루어졌으며, 네트워크의 운영은 Novell 사의 NetWare Version 3.11을 사용하고 있다. 특히 재고관리와 출하관리를 위해서는 바코드 시스템(서멀 바코드 프린터, 윈드형 리더 및 펜형 리더)이 도입되어 현재 시험 운영중이다. 공정별 실적파악과 모니터링을 위해서는 공정별로 사용되는 전진전표의 내용, 즉 각 공정의 생산량, 현재 날짜, 제품코드, 로트번호, 사용한 금형번호등을 공정과 공정사이에 설치되어 있는 컴퓨터에 등록토록 한다. 실적파악을 위한 공정내의 컴퓨터는 키보드 대신에 터치 스크린을 이용하여 타이핑 오류를 줄이도록 한다.

97년 중반까지 모든 모듈이 M-PRIS에 탑재되고, 회계 및 인사관리 모듈을 포함하는 전체적인 CIM 시스템이 운영될 것이다.

4) 구축효과

업체의 중간관리층 이상들이 항상 개발팀에게 호소하는 것중 하나가 수주부터 출하까지의 제반 현상을 정확하게 파악하자는 점이다. 이것은 각종 생산정보의 정확한 수집의 다름아니며, 이미 개발된 모듈들에 의해서 효과가 나타나기 시작하였다. 중소기업의 자금력, 인력수준등을 감안할 때 CIM 시스템을 구축한다는 것은 지극히 어려운 작업이며 자질구레한 많은 노력을 필요로 한다. 하지만 반드시 필요한 작업이라는 점 또한 중요한 사실인 것이다.

B. 산업용 네트워크에 의한 실시간 생산정보 시스템 구축 사례[7]

산업용 네트워크의 개발 목적은 각 공정내의 FA 요소기기들과 직접 연결하여 수집하고자 하는 데이타와 필요로 하는 데이타를 자동으로 송수신하고자 하는 것이다. FA 요소기기란 센서, 계수기, 모터, 릴레이, 액튜에이터, 매니퓰레이터 등을 의미하는데 이들이 각 기계에 필요한 기능에 따라 부착되어 있으므로 이들을 부스테이션에 연결하는 것이다. 이러한 기술은 장래에 자동화율이 높은 시스템, 예를 들면 유연생산시스템(FMS) 등을 위한 CIM 시스템 구축을 위하여 반드시 필요한 것이다. 하지만 현재의 한국 중소기업들이 기술개발에 의한 품질의 향상, 제품단가의 하향조정, 간접비의 증가 등으로 당장 극복해야 할 어려움에 처해 있다고 할 때 당장은 작업준비, 제품운반, 장착/탈착 등 간접작업에 대한 인건비 지출이 불가피하고 특히 CIM 시스템의 효과적인 운용에 인간요소가 필수적이라는 사실을 감안하면 산업용 네트워크에 의한 송수신 방식은 조금 더 숙성되어야 한다고 판단된

다. 그러나 이 기술은 여전히 제한된 여건하에서는 적용이 가능하고 이를 토대로 성숙한 기술로 발전할 수 있다. 이 논문에서는 산업용 네트워크 적용을 다음에 설명하는 가상공정에 국한시켰다.

1) 적용대상

중소기업들이 신기술, 신관리 개념을 도입하고자 할 때, 또 전술한 바와 같은 CIM 시스템 구축을 어렵게 하는 요인들 때문에, 기대되는 효과에 대하여 항상 시각적인 확인을 하고자 한다. 실시간 생산정보 시스템의 구축에서도 이러한 요구를 받게 되는데 만약 해당 업체가 운영하고 있는 라인을 실험실내에서 거의 모방하여 작동시키고 시스템이 실행되는 장면을 보여줄 수 있다면 구축될 시스템에 대하여 보다 큰 확신을 가지게 될 것이다. 이러한 점을 염두에 두고 중소기업형 가상공정 〈그림 6〉을 개발하였다. 가상공정은 실제 중소기업의 라인을 모방한 흐름방식이며, 제품의 기계 로딩/언로딩과 운반은 로보트가 담당하게 함으로써 로보트 중심 FMS로 간주될 수 있다.

(1) 구조

가상공정은 두 부분으로 나누어지는데 하나는 기계부분이며 또하나는 제어부분이다. 기계부분은 이미 다양성, 정밀성, 조립용이성, 실습 기자재로써의 기능성을 인정받은 독일제 Fischertechnik 부품[8]을 사용하여 컨베이어, 선반, 밀링기, inking 및 건조기, 검사기, 액투에이터 등을 조립하였고 로보트는 이스라엘제 Esched 다관절 로보트를 사용하였다. 기계부분들의 단방향 운동, 양방향 운동, 정지, 재작동을 시차적으로 제어하기 위하여 위치센서, 프레스 스위치, 토글 스위치가 기계부분에 연결되었고, 이들 FA 요소기기들이 Op Amp, 헥스 인버터, SPST 릴레이, 비교기(comparator)와 회로를 구성하고, 다시 PLC (Programmable Logic Controller), 로보트 컨트롤러, 8255 PPI와 인터페이스가 되어 전체적인 제어를 받는다. 이러한 연결을 통하여 가상공정의 작동은 실제 라인의 작동을 거의 그대로 모방하게 된다. 이들 요소기기들은 산업용 네트워크의 부스테이션과의 연결이 이루어져 호스트 컴퓨터의 주스테이션과 송수신을 하도록 연결되었다. 호스트 컴퓨터 (486급)를 위한 제어언어는 PLC 언어, 로보트 제어언어, Basic 언어, C 언어가 사용되었으며 호스트 컴퓨터에는 M-PRIS가 탑재되어 있다. 그림 7은 제어용 인터페이스, 산업용 네트워크와의 송수신, M-PRIS와의 연결을 나타낸다.

(2) 작동

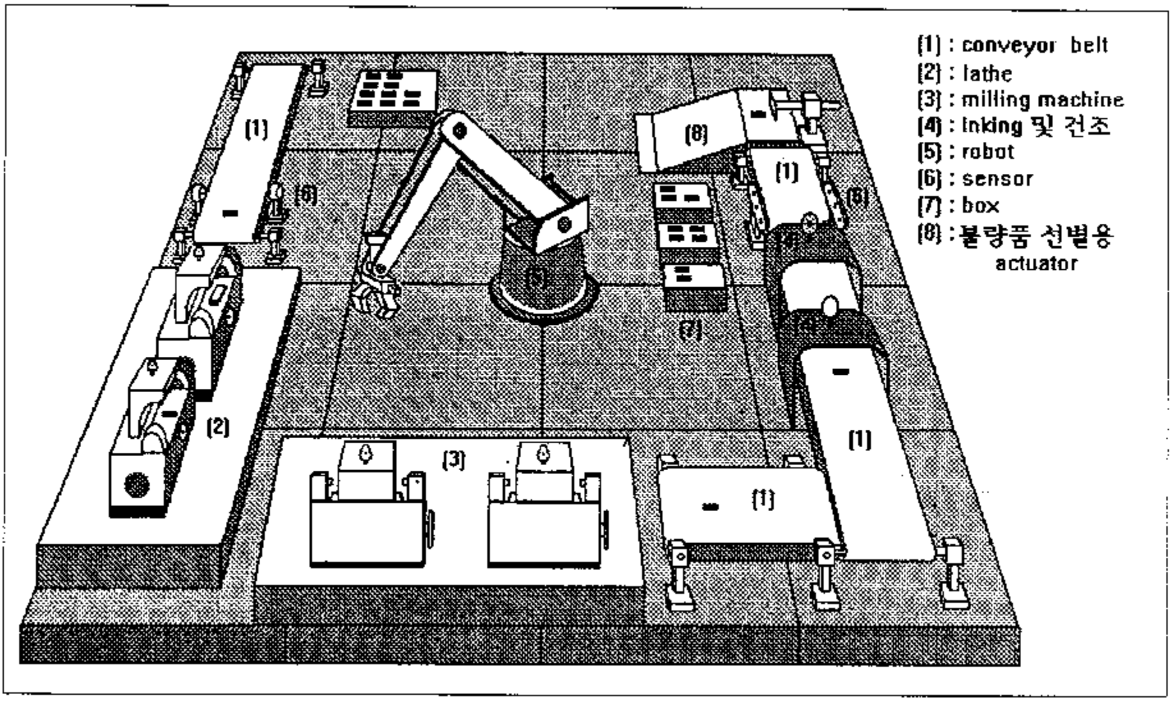
일반적인 중소기업의 흐름라인과 같이 모든 제품의 가공순서는 동일하며 제품별, 공정별 가공시간은 다른 것으로 가정하고 M-PRIS 작동에 필요한 입력정보는 이미 데이타베이스에 저장되어 있다고 가정한다. M-PRIS내의 일일 생산계획 수립에 의한 작업지시가 하달되고 원자재가 투입되면 로보트는 두대의 선반중 비어 있는 선반의 작업대에 로딩한다. 가공이 끝나면 두대의 밀링기중 비어 있는 밀링기에 로보트가 로딩하고 가공이 끝나면 제품은 컨베이어를 타고 inking과 건조기로 간다. 컨베이어상에서 inking과 건조가 이루어진 후 검사기로 가서 검사를 받고 불량품이 있으면 액투에이터로 밀어낸다. 불량판정은 평균 불량율에 의한 난수발생으로 처리하였다. 로보트는 다음 단계에 수행해야 할 작업때까지 작동상태에 있지 않으면 항상 다른 작업을 찾아 수행한다. 모든 작업들은 산업용 네트워크의 부스테이션를 사용하여 주스테이션에 보고된다.

(3) M-PRIS내 모듈의 실행

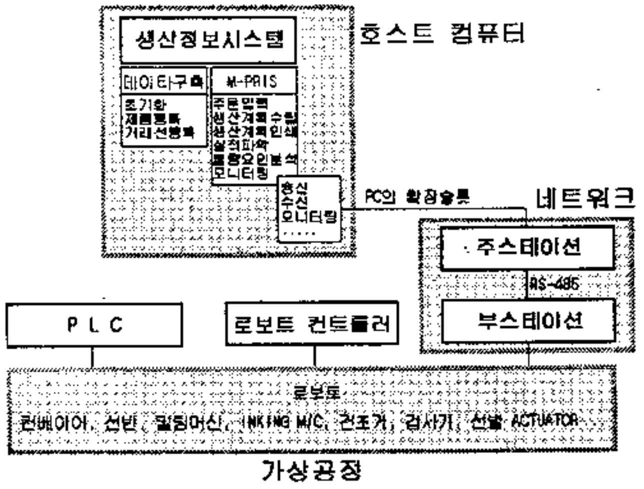
가상공정과 M-PRIS의 연결은 부스테이션과 주스테이션, 제어용 인터페이스를 통하여 이루어 진다. M-PRIS내의 모듈중 초기화 모듈, 일일 생산계획 수립 모듈, 모니터링 모듈, 실적파악 모듈이 실행되며, 불량원인 분석 모듈은 성격상 실행되지 않는다. 그림 8은 가상공정을 대상으로 임의의 시간에 모니터링 모듈을 실행했을 때 컴퓨터 화면의 모습이다.

(4) 구축효과

가상공정과 M-PRIS의 연결을 통하여 중소기업을 위한 CIM 시스템 구축이 가능하다는 점을 시각적으로 확인시킬 수 있으며, 실제 라인에서도 사용되는 FA 요소기기 또는 범용 컨트롤러와의 직접적인 연결이 가능함을 보여 주어 가상공정을 위한 제어용 프로그램, M-PRIS프로그램이 실제라인에서도 무리없이 적용될 수 있다는 점을 알릴 수 있다. 또하나 지적될 수 있는 점은 가상공정의 기계부분 및 제어부분이 모두

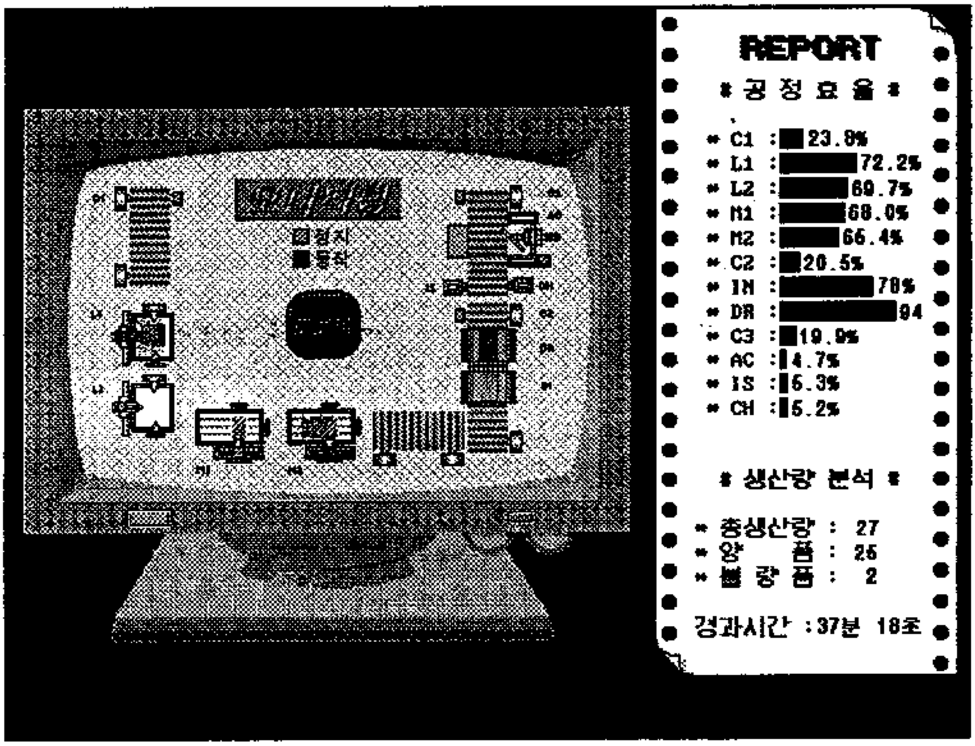


〈그림 6〉 가상공정



〈그림 7〉 M-PRIS와 산업용 네트워크의 연결

해체되어 다른 유형의 라인의 재구성될 수 있다는 점인데 기술을 이전받고 싶은 업체에 라인에 적합하게 가상공정을 재조립하여 업체가 지향하는 최적의 CIM 시스템을 구축하여 그 개념을 그대로 실제 라인으로 전이시킬 수 있다는 것이다.



〈그림 8〉 모니터링 모듈이 실행된 예

5. 결 론

중소기업들의 자본력, 인적자원, 설비, 연구개발 능력, 경영철학 등을 고려할 때 저렴하고 고유한 CIM 시스템을 구축한다는 것은 대단히 어려운 작업이다. 이미 지적하였듯이 그들이 가지고 있는 불신감, 의구심, 보수성등이 장애물이기도 하지만 무엇보다도 그러한 기업들이 가지고 있는 좋은 기술들이 제품생산에 연결되어 보다 합리적으로 좋은 품질의 제품을 창출해 낼 수 있도록 연구소, 학계, 정부에서 지원해야 한다는 점이다. 이 논문에서는 CIM 시스템의 핵심부분 중 하나인 실시간 생산정보 시스템의 구조, 구축의 효과, 방법을 소개하였는데 중소기업을 위한 저렴하고 합리적인 CIMS 구축이 가능하다는 사례를 통하여 중소기업들의 혁신노력을 지원하고자 한다.

후 기

이 논문은 성균관대학교 산업공학과와 한국전자통신연구소 산업기술지도실이 지난 3년간 수행해온 연구결과를 요약한 것이지만, 두 기관이 본래의 연구내용에 포함하지 않은 새로운 내용들은 "중소기업을 위한 생산 및 자동화관련 기술이전 연구회(PATT)"가 현재 업체에 이전하고 있는 "실시간 생산정보 시스템 및 모니터링체제 구축" 기술에 관련된 내용들이다. 앞으로 성균관대학교, 전자통신연구소, 연구회가 공동으로 협력하여 중소기업을 위한 CIM 시스템 구축의 저변을 넓혀 나갈 것이다.

【참고문헌】

[1] NATO Advanced Study Institute, "Computer Integrated Manufacturing Current Status and Challenges", Edited by I. B. Turksen, *Proceedings of*

the NATO ASI on CIM, Istanbul, Turkey, 1988 pp.4-35.

[2] 중소기업을 위한 생산 및 자동화관련 기술이전 연구회, 중소기업의 생산 및 자동화관련 기술 지원을 위한 설문서, 설문결과 보고서, 1994

[3] 성균관대학교, 한국전자통신연구소, 중소규모 기업을 위한 실시간 생산정보시스템 구축, 최종 보고서, 1992.

[4] Conway, R. W., W. L. Maxwell and L, W. Miller, *Theory of Scheduling*, Addison-Wesley, Cambridge, Massachusetts, 1967 chapter 11.

[5] 한국전자통신연구소, 공장자동화 응용을 위한 산업용 통신 네트워크 구축, 1992.

[6] 성균관대학교, 한국전자통신연구소, 중소업체의 자동화·정보화를 위한 실시간 모니터링 시스템 개발, 최종 보고서, 1994.

[7] 성균관대학교, 한국전자통신연구소, 중소기업을 위한 통합 생산시스템 모델 구축, 최종 보고서, 1993.

[8] Leigh, D. J. and J. W. Nazemetz, "Laboratory Projects in Flexible Manufacturing and Robotics Education", *The 1985 Annual International Industrial Engineering Conference Proceedings*, 1985, pp.214-222.

최후곤
성균관대학교 산업공학과 부교수이며 관심분야는 CIM, CAPP, Microcomputer Applications 등이다.

이호우
성균관대학교 산업공학과 부교수이며, 관심분야는 Queueing Theory, 확률모형론, Simulation 등이다.

정태진
한국전자통신연구소 산업기술지도실 실장이며 관심분야는 자기동조제어, 기업통신시스템, 공정자동화, POP 단말기 개발, 시각 검사시스템 등이다.

서준성
성균관대학교 산업공학과 박사과정 이수중이며 관심분야는 CAD/CAM, 로보틱스, Microcomputer Applications 등이다.

김주필
성균관대학교 산업공학과 박사과정 이수중이며 관심분야는 CAD/CAM, 로보틱스, CAPP 등이다.

윤승현
성균관대학교 산업공학과 박사과정 이수중이며 관심분야는 Queueing Theory, 확률모형론 등이다.

이해운
한국전자통신연구소 산업기술지도실 연구원이며 관심분야는 자기동조제어, 기업통신시스템, 공정자동화 등이다.