

초고속 정보 통신망을 이용한 민첩 생산 시스템의 시제품 개발

이성룡* · 조현보** · 정무영** · 왕지남***

Development of a Prototype for Agile Manufacturing System on Information Superhighway

Soung Ryong Yee · Hyunbo Cho · Mooyoung Jung · Gi-nam Wang

1. 서론

나날이 치열해지는 산업사회에서의 경쟁은 세계 경제의 개방화에 따른 각국의 글로벌 정책에 의해 더욱 가속화 되어가고 있다. 제한된 공급자로부터의 제품이 시장을 지배하던 시대는 지나가고 무수히 많은 공급자가 다양한 수요를 충족시키기 위해 무한경쟁을 벌이는 시대가 오고 있다. 이에 따라 각 기업의 생산 전략도 이제까지 제품의 고품질화와 생산비의 절감을 기본으로 하는 단순 전략에 더하여 극도의 고객 만족을 아울러 지향하는 새로운 전략으로 변화되어 가고 있다.

민첩 생산(agile manufacturing)은 이러한 환경의 변화로부터 자연스럽게 도출된 새로운 형태의 생산 패러다임으로 고객의 수요를 충족시키는 제품을 가장 신속하게 그리고 가장 효율적인 방법으로 개발하고 공급함을 목적으로 한다. 즉, 민첩 생산에서는 기존의 생산 패러다임에 신속함(agility)이란 시간의 개념을 중요한 요소로 부가하게 된다[1].

이러한 민첩 생산 시스템을 탄생시킨 생산 환경의 변화를 기업 측면에서 관찰한 내용이 <표 1>에 요약되어 있다. 표에서 알 수 있듯이 새로운 생산 환경은 제품의 수명 주기가 짧아짐에 따라 제조과정의 신속함을 위주로 하고 있을 뿐만 아니라 지리적으로 분산

되어 있는 조직이나 타 기업간의 긴밀한 협력 체계를 강조하고 있음을 안다. 동시에 시너지(synergy) 효과를 위한 협력체계 구축에 있어 기존의 수직적인 명령 체계보다는 구성 기업 또는 구성원 각각의 능력을 충분히 소화 흡수 할 수 있는 분산적이고 수평적인 체계를 지향하고 있다는 것이 발견된다.

따라서 이러한 민첩 생산의 개념을 현실적으로 구현하기 위해서는 새로운 패러다임을 반영할 수 있는 제조 및 생산 시스템을 구축해야 하는데 기존의 컴퓨터 통합 생산(CIM)에서의 필수 기술인 CAD/CAM 등의 자동화 기술은 물론 이에 더하여 여러 다른 요소 기술들의 뒷받침이 있어야 한다. 이러한 기술들로는 제품 모델의 표준화 기술, 동시 공학 기술, 바이오닉(bionic) 제조 시스템 기술 등이 있고, 이외에도 기업의 제품 개발 과정에서 민첩성을 결정하는 중요 요소로써 인간-기계 인터페이스 기술, 컴퓨터를 이용한 협력(computer supported collaborative work) 기술 등 기업 내부 혹은 기업간의 협력과 정보 공유 기술 등을 들 수 있다[2].

특히 무엇보다도 중요한 것은 이상에서 열거된 각 요소 기술들을 하나의 시스템으로 묶어 줄 수 있는 통신 기술과 컴퓨팅 기술이다. 근래의 통신 기술과 컴퓨팅 기술의 발달은 원거리에 분산되어 있는 기업 내 혹은 기업간 구성요소들 사이의 정보 공유를 신속하

* 한국의국어대학교 산업공학과

** 포항공과대학교 산업공학과

*** 아주대학교 산업공학과

〈표 1〉 기업 측면에서 관찰한 생산 환경의 변화

구 분		기존의 생산 환경	변화된 환경
경 영	가치의 기준	기업의 이윤	+ 고객 우선 주의
	경쟁의 초점	비용, 품질	+ 시간
	벤치 마킹	다 방면	경쟁력이 있는 부분
기 업	기업의 형태	모기업, 자회사	협력기업, 가상기업
	지리적 위치	근거리, 국지적	원거리 분산 가능
	타기업과의 관계	모든 부문 경쟁	필요 부문 이양/협력
조 직	조직 체계	단순 계층적, 고정적	복합 분산적, 변화 가능
	업무 분위기	명령 복종 선호	창의력, 개성 존중
	상호 관계	개인의 능력 의존	협력을 통한 시너지 효과
인 력	구조	노동 집약	자동화로 인력 대체
	구성원의 권한	권한 이양이 한정됨	많은 부분 권한 이양
	구성원의 자질	단순 구성원	전문인
제 품	수명 주기	수 년, 수 개월	수 개월, 수 주
	구조 및 기능	비교적 단순	복잡
	사용 인터페이스	복잡	단순, 부가 가치화
정 보	정보의 흐름	편중, 기업 내 한정	분산, 외부에 개방
	인프라	local net	internetworking, 초고속
	매체	문자, 음성, 데이터	멀티미디어
	전달 수단	서류, 전화, 팩시밀리	+ 컴퓨터, 복합단말기 등
	정보량/속도	Kbps 급	Mbps 급 이상

고도 원활하게 할 수 있게 하는 근간이 된다.

본 논문에서는 지역적으로 원거리에 분산된 생산의 구성요소들을 통신 인프라(infrastructure) 상에서 하나의 생산 단위로 묶어 민첩 생산 시스템을 구현해 보고자 하는 내용에 대하여 소개한다. 논문의 내용은 현재 정보통신부에서 추진하고 있는 초고속 정보통신망 응용기술 개발사업의 하나로서 그 시제품이 현재 개발 중에 있으며, 개발 완료된 시제품은 초고속 선도 시험 망에서 시연될 예정이다.

2. 연구 개발의 목적 및 내용

연구의 목적은 민첩 생산 시스템의 개념을 초고속 정보 통신망에서 구현하는데 있다. 즉, 구체적인 목표로는 초고속 정보 통신망에서 고객이 원하는 제품을 고객이 직접 설계 및 주문하고, 관련 제조업체에서는 해당 공장(또는 공정)에 신속한 생산활동을 지시하고 통제하며, 이의 진행 상황을 원격 및 실시간으로 감시 및 제어 할 수 있는 통합된 시스템의 시제품 개발

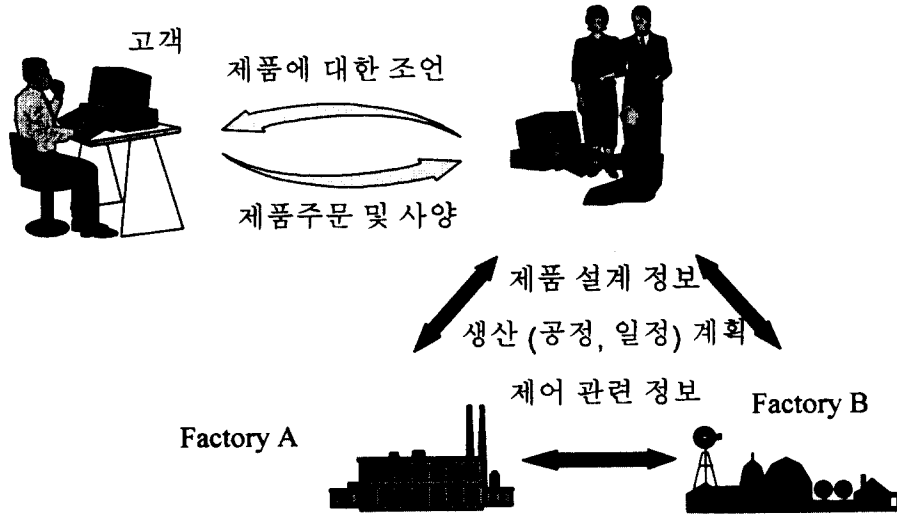
에 초점을 둔다. 따라서 본 논문에서 다루는 민첩 생산 시스템의 개발은 다음과 같은 개념을 구현하고자 한다.

첫째, 고객은 자신이 원하는 제품을 생산자와 협의를 통해 직접 설계하고, 생산 가능한 제품에 대해 온라인 상으로 주문할 수 있어야 한다. 즉, 기존에는 생산자만이 관여했던 제품의 설계 기능을 고객의 측면으로 끌어와 생산과정에 고객을 포함하는 동시공학적 요소를 갖는 등 고객이 좀더 용이하게 생산자에게 접근할 수 있는 수단을 제공한다. 이때 고객은 자신이 설계한 제품이 기술상의 문제 등으로 인하여 생산이 불가능한 경우, 생산자로부터 온라인 상에서 조언을 얻어 바로 수정 할 수 있어야 한다. 이러한 과정은 고객과 생산자간의 빠르고 끊임없는 정보의 교환에 의해서만 가능하다.

둘째, 생산자의 입장에서는 고객으로부터 설계되고 주문된 제품을 신속하고 그리고 효율적으로 생산할 수 있는 협력 체계와 정보전달 체계를 갖추어야 한다. 서론에서 설명된 새로운 생산 환경에서는 하나의 제

품 생산을 위한 생산자의 구성이 매우 복잡하게 될 수 있으므로 이들 간의 긴밀한 정보 교환이 필수적이 된다. 이러한 환경에서의 생산 시스템은 생산을 관리하는 관리자가 자신의 실제적인 지리적 위치에는 무관하게 원거리에서도 실시간으로 생산을 감시하고 통제할 수 있는 기능을 갖추어야 한다. 즉, 생산 일정의 수

따라서 제조와 생산에 관련된 요소기술의 구현뿐만 아니라 고객과 각 생산현장 사이에 흐르는 방대한 양의 멀티미디어 정보를 처리할 수 있는 통신 환경이 필요하게 된다. 또한 이러한 멀티미디어 정보의 교환이 다수의 시스템 사용자간 원격으로 또한 실시간으로 이루어져야 하므로 이러한 환경의 구현에는 초고속



(그림 1) 민첩 생산 시스템에서의 정보 교환

립에서 공정의 제어에 이르는 일련의 과정이 많은 부분 바이오닉 제조의 개념 등에 의해 자동으로 처리되어야 하며, 두 개 이상의 생산과 관련된 시설이 지역적으로 멀리 떨어져 있는 경우에는 가상 생산 시스템의 개념으로 접근된다.

셋째, 이상의 시스템 설계 요구조건 들이 시스템의 각 부분 사용자들에게 편리하게 제공되어야 한다. 이러한 개념은 인간-기계 인터페이스나 컴퓨터를 이용한 협력 등의 기술을 구현함으로써 접근된다.

이상에서 논의된 통합된 형태로서의 민첩 생산 시스템의 설계 요구조건을 구현하기 위해서는 <그림 1>에 나타난 바와 같이 제품의 설계에서 생산 그리고 고객에게 제품이 출하되는 전 과정에서 많은 정보가 교환되어야 함을 알 수 있다. 특히, 생산 환경의 변화는 이러한 정보가 기존의 단순한 형태의 자료로부터 멀티미디어를 이용한 정보로 바뀌고 있음을 말해 준다.

정보 통신망이 필수적인 것을 알 수 있다. 정부의 초고속 정보 통신망에 대한 계획과 초고속망의 성능에 대한 구체적인 내용은 [3]과 [4]에서 찾을 수 있다.

3. 시스템의 개요

개발 중인 민첩 생산 시스템은 2절에서 논의된 설계 개념을 반영한 기능을 갖는데 다음의 사항으로 요약될 수 있다.

- 원격 설계 및 평가 기능
 - 원격 설계 기능
 - 제조 가능성, 조립 가능성 등의 평가 기능
- 원격 생산 계획 및 제조 정보 교환 기능
 - 독립된 설계 및 제조 관련 모듈간의 통신 기능
 - 총체적 생산 계획 기능
 - 타협(negotiation)을 기반으로 한 충돌(conflict) 해

결 기능

- 제조 현장 원격 및 실시간 감시/제어 기능
 - 시스템 구성 모듈간 협력에 의한 통제 기능
 - 지적 분산 제어 기능
 - 실시간 최적 제어정책 수립 기능

따라서 시스템은 위의 기능을 실현하기 위한 제품 설계 모듈, 생산 계획 모듈, 제조 현장 제어 모듈, 그리고 현장 감시 모듈 등의 4가지 모듈로 구성된다. 다음은 각각의 모듈에 대한 설명이다.

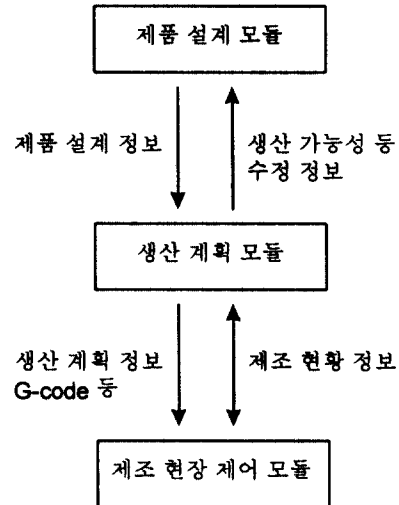
3.1. 제품 설계(CAD) 모듈

이 모듈에서는 고객이 원하는 제품을 설계하고 설계되어진 제품에 대한 설계의 타당성, 기능, 및 비용 등을 검토할 수 있다. 고객에게는 개념 설계로부터 재료 선정에 이르기까지 요구에 맞는 설계를 하기 위한 최선의 정보가 제공되어야 하고 이는 현재의 부품공급업체나 공장의 상황이 충분히 검토된 후 제공되어진다. 따라서 이 모듈은 설계에 필요한 설계사양의 제공 및 검토, 설계 데이터베이스로부터의 필요 정보 추출, 기존 설계와의 비교 등 기존의 다양한 제품 설계 시스템과 비슷한 기능을 갖고 있을 뿐만 아니라 설계 모듈이 분산되어 있거나 실제로 존재하지 않는 장소에서도 효과적으로 수행하기 위해 원격으로 설계 정보를 취합하고 처리하는 기능을 갖고 있다. 즉, <그림 2>에서와 같이 원격리에 위치한 원격 생산 계획 모듈과 상호 정보 교환을 통하여 설계를 보정하는 기능과 제품 생산을 요청하는 기능이 추가됨으로써 기존의 시스템과 구별된다.

3.2. 생산 계획(Production Planning) 모듈

이 모듈에서는 고객이 설계하고 요청한 제품의 사양을 분석한 후 생산하고자 하는 제품이 결정되면 분산되어 있는 생산 현장에 각각 필요한 부품의 생산에 대한 지시를 내리고 최종 조립 공장으로서의 부품 배달에 대한 스케줄을 생성한다. 즉 이 모듈은 총체적인(global) 생산 계획 기능을 갖음으로써 분산된 각 공장간의 생산량, 생산 시기, 및 납품 시기 등을 조정하

고 결정한다. <그림 2>에 이 모듈과 제조 현장 제어 모듈간의 정보의 흐름이 나타나 있다.



<그림 2> 모듈간 정보의 흐름

3.3. 제조 현장 제어(Shop Floor Control) 모듈

이 모듈은 각 지역에 분산되어 있는 생산 현장에 내려진 다양한 주문을 유연하게 처리하기 위해 필요하다. 이 모듈에서는 미리 정해진 납품일자를 지키기 위해 부품의 생산 공정을 스케줄링하고 생산 자원을 모니터링하게 된다.

이러한 기능을 수행하기 위한 시스템 개발에 적용되는 일반적인 기존의 모델은 집중 구조적이다. 그러나 기존의 모델은 불확실한 상황에 적절히 대처하는 능력이 부족하고, 실시간 대처하는 데에 한계가 있으며, 그리고 실제 생산 현장의 복잡성을 반영하는 데에 미흡함을 나타내는 등의 만족스럽지 못한 점이 있어 본 연구에서는 이를 보완하기 위한 새로운 모델을 개발하였다[5][6][7]. 새로운 모델은 생산 현장의 극부적인 문제에 대해 발생 현장에서 처리하도록 함으로써 시스템에 신속한 응답이 가능하도록 하며 새롭게 발생하는 문제에 대해서도 유연하게 대처하도록 한다. 또한 각각의 요소들이 독립적으로 운영되므로 다른 생산 환경이나 변화된 시스템에의 이식이 쉽다. 새로운 모델이 적용된 환경에서는 부품이나 제품의 흐름

이 각 생산 자원에 연결된 지적인 컨트롤러간의 타협(negotiation)에 의해 제어되며 계층적인 제어 시스템과 분산 제어 시스템을 활용한다.

3.4. 제조 현장 감시(SFC & Equipment Monitoring) 모듈

이 모듈에서는 현장의 상태를 실시간으로 감시할 수 있도록 함으로써 원거리에서도 현장관리가 가능하도록 하여주며 또한 필요에 따라 원격으로 생산시스템의 파라미터들을 변화시킨다. 이 모듈을 이용하여 고객의 주문에 따라 설계 데이터가 생산자에게 제대로 전달되었는지를 관찰할 수 있으며 실제의 생산에 들어갔을 때 제품의 생산 과정을 자세하게 모니터링할 수 있다. 생산현장은 현장에 가설된 카메라 등의 시각 센서를 통해 멀티미디어 형태로 디스플레이 되므로 현장의 각종 상황을 실시간 비디오로 관찰할 수 있을 뿐만 아니라 각 장비에 부착된 각종 센서들로부터는 장비에 관련된 데이터가 취합되어 장비제어에 사용된다.

즉, 이 모듈은 크게 현장의 상황을 파악하기 위한 현장 제어 감시 모듈과 장비 제어기(device controller)로부터의 장비의 상태나 제품의 흐름에 관한 각종 데이터를 받아 감시하는 장비 감시 모듈로 구성된다. 감시와 아울러 적절한 제어를 위해 실시간 비디오 화면을 직접 제어함으로써 원격으로 현장에 제어 명령을 보내는 기능에 대한 연구가 진행되고 있고[8][9], 장비의 원격 제어를 위해 인공신경망을 이용하는 등의 연구가 아울러 진행되고 있다[10][11].

3.5. 실시간 제어 기능

이상에서 설명된 4가지의 기본 모듈 외에 개발되는 민첩 생산 시스템은 현장의 컴퓨터 시스템, 기계설비 및 제어기들을 원거리에서 실시간으로 제어하는 기능을 갖고 있다. 즉, 제품의 제조 공정을 전체 모델링(global modeling)과 국지 모델링(local modeling)을 통하여 최적의 제조 조건을 찾아내는 기능을 포함한다. 전체 모델링은 원자재로부터 완제품에 이르는 전체의

제조 생산 과정 중에서 제품의 전체 품질과 제어 변수(control variable)와의 관계를 모델링하는 것이고 국지 모델링은 주어진 작업장 혹은 주어진 공장 내에서의 제품 품질과 제어 변수와의 관계를 모델링하는 것이다. 이러한 두 단계 모델링을 통하여 최적의 실시간 원격 제어 정책(control policy)을 정하는 것이 이 기능의 주요 목적이다.

민첩 생산을 구현하기 위해서는 많은 경우 사람의 도움을 필요로 하지 않는 장비의 직접 제어가 이루어져야 한다. 그러나 일반적으로 생산 현장에 존재하는 대부분의 장비는 이러한 제어 방법을 지원하고 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 기존의 장비를 직접 제어 형태로 재구성함으로써 실시간 제어를 소프트웨어적으로 가능하게 한다[12]. 이러한 방법으로써 장비를 제어하는 소프트웨어적 제어기를 executor라 정의하면 이들은 제조 현장 제어 모듈에 의해 제어된다. 제조 현장 제어 모듈은 공장 내에 존재하는 각 장비들의 executor에 어떤 제품을 어떤 원자재를 이용하여 어떻게 가공할 지를 알리게 된다. 일단 이러한 정보가 들어오면 각 executor들은 상호간에 연결되는 작업등을 서로의 타협에 의해 자동적으로 해결하면서 제품을 생산하게 된다.

4. 시스템의 구현

본 연구에서 개발되는 민첩 생산 시스템의 시제품은 초고속 정보통신망에서 시연될 예정으로 궁극적으로는 3 절에서 설명된 각각의 모듈들이 서울, 대전, 수원(용인), 포항 등 지리적으로 분산되어 있는 위치에서 선도 시험망과 인터넷을 통한 인터넷워킹의 개념으로 연결된다. 제품설계 모듈과 현장 감시 모듈의 일부는 클라이언트로 되고 나머지 모듈은 제조 현장 또는 제 3의 장소에 서버의 형태로 있게 되는데 이들의 관계가 <그림 3>에 도시되어 있다. <그림 3>에 나타난 바와 같이 각 모듈은 특성에 맞는 통신 방법으로 네트워킹 되어있고 이러한 통신 환경에 대한 자세한 내용은 다음 소절에서 설명된다.

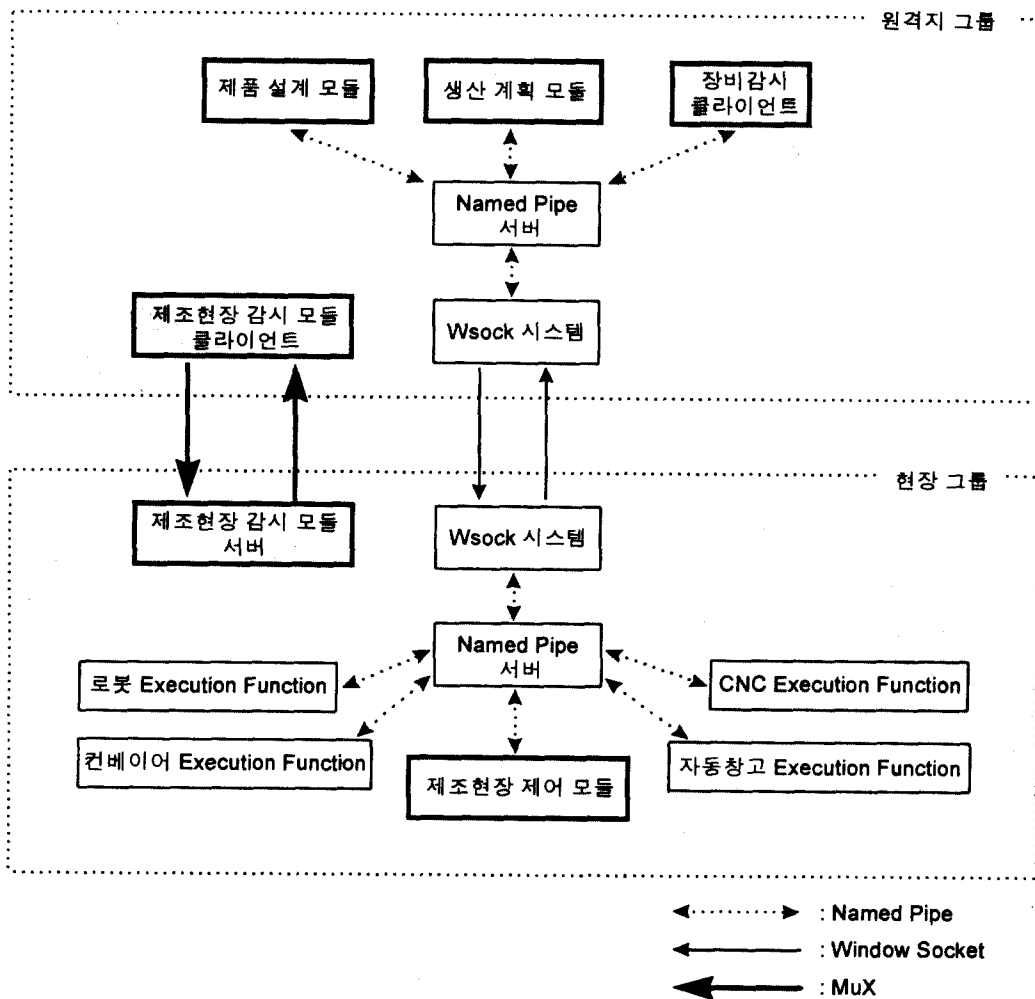
4.1. 컴퓨팅 및 통신 환경

본 연구에서의 모든 모듈은 Windows NT 3.5 한글 버전의 환경 하에서 구축되고, 또한 각 모듈을 위한 소프트웨어의 개발에는 Microsoft Visual C++ 2.0이 사용된다.

전체 시스템의 통합은 클라이언트-서버의 개념 하에서 구성되는데, 클라이언트와 서버 간의 통신은 동일한 그룹 내에서는 named pipe 을 이용하여 처리하고, 서로 다른 그룹간은 Wsock (Windows sockets) 통

신으로 정보를 교환한다. 즉, 어느 클라이언트에서 서비스를 요청하는 경우 일단 그 요청은 named pipe 서버가 접수하여 해당 서비스를 제공하는 서버를 찾게 된다. 만약 해당 서버가 같은 그룹 내에 존재하지 않는 경우, 원거리에 위치한 다른 그룹을 Wsock 통신을 통해 찾아 연결해 주게 된다.

또한 교환되는 정보가 멀티미디어인 경우를 고려하여 MuX 라고 하는 분산 멀티미디어 처리기가 사용되는데, MuX 는 분산 환경에서 멀티미디어 회의, 원격 프리젠테이션, 하이퍼미디어 정보의 검색 등의 멀티



〈그림 3〉 민첩 생산 시스템 시제품의 전체 구성도

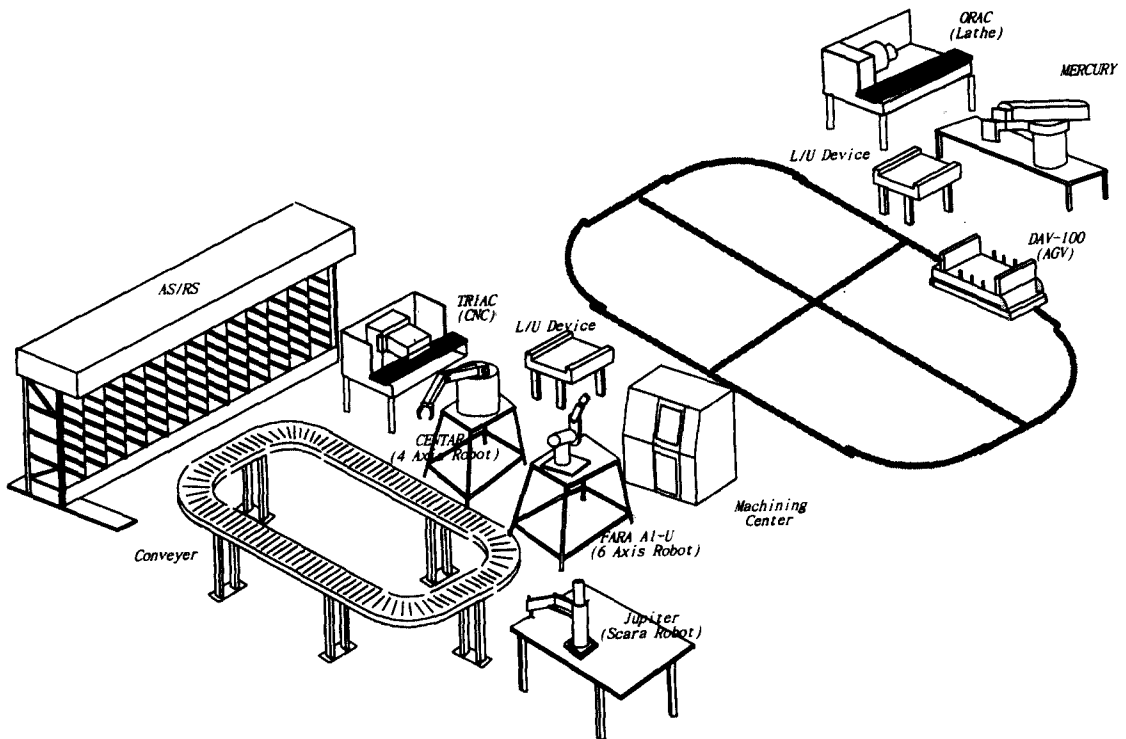
미디어 통신 서비스를 위하여 사용자가 소유한 각 단말기나 서비스 서버 상에서 멀티미디어 입출력을 관리하고 멀티미디어 정보를 실시간에 처리하는 소프트웨어이다[13][14].

민첩 생산 시스템의 시제품은 <그림 3>에서 보듯이 원거리에 있는 두 서브시스템(sub-system)을 가정하여 각각은 서로 다른 그룹으로 구성한다. 전술한 바와 같이 그룹간의 통신은 Wsock 시스템을 이용하고, 각각의 그룹 내에는 named pipe server 가 위치하여 모듈간의 통신을 관리한다. 이때 감시 모듈을 위한 화상 전송은 MuX를 통해 이루어진다. 제조 현장에는 Executor를 위해서 멀티미디어 PC가 이용되고, named pipe 서버 및 제조 현장을 제어하기 위한 모듈은 펜티엄 NT 워크스테이션 에 장착된다. 또한 제조 현장을 감시하기 위해서는 화상 전송을 위한 MuX가 운영될 수 있도록 Combi-station 을 이용한다. 한편 클라이언트 그룹에는 두 대의 펜티엄 PC 와 Combi-

station 이 사용되는데, 펜티엄 PC 에는 설계 모듈, 생산 계획 모듈, named pipe 서버, 제조 현장 클라이언트, 그리고 장비 감시 모듈이 설치되고, Combi-station 에는 제조 현장의 감시 및 통제를 위한 클라이언트가 설치된다.

4.2 제조 현장의 환경

제조 현장은 <그림 4>에 나타난 바와 같이 자동 선반, 자동 밀링, 스카라 로봇, 4축 다관절 로봇, 이송 로봇, 6축 다관절 로봇, 무인 자동 주행기, 컨베이어, 및 자동 창고 등으로 구성되며 각 장비는 기능에 따라 부품의 가공, 이송, 이동, 저장, 조립 등으로 구분된다. <표 2>는 장비의 기능에 따라 분류된 제조 현장 장비의 자세한 내역이다.



<그림 4> 제조 현장 배치도

〈표 2〉 제조 현장의 장비 내역

기능	장비 내역
가공	Orac(lathe), Triac(CNC Milling)
이송	Centari(4축), FARA A1-U(6축), Mercury
이동	DAV-100(AGV), 컨베이어
저장	자동 창고(AS/RS)
조립	Jupiter(Scara robot)

4.3 모듈별 구현 예

• 제품 설계 모듈

제품 설계 모듈의 사용자 인터페이스는 원칙적으로 일반적인 설계 패키지에서 볼 수 있는 설계기능을 갖는다. 시제품에서는 그러한 기능 중 극히 일부를 구현하였는데, 사용자가 원과 사각형을 마우스를 이용하여 그릴 수 있고 자유롭게 문자열을 입력할 수 있다. 설계된 결과는 파일로 저장될 수 있으며, 설계 도중에 생산 계획을 위한 G-code 등의 정보를 추출할 수도 있다. 설계를 마치고 생산 계획 정보가 추출되면, 결과가 생산 계획 모듈에 전송되어 진다.

• 생산 계획 모듈

고객의 주문을 받게 되면 원격 생산 계획 모듈은 주문된 제품의 설계 정보와 G-code 정보 등을 설계 모듈로부터 전송 받고 제조 현장 제어 모듈과의 상호 정보 교환에 의한 협상에 의해 적절한 생산 계획 명령을 제조 현장 모듈에 하달하게 된다. 따라서 이 모듈은 각종 설계 관련 정보를 받아들이는(loading) 기능, 제조 현장 제어 모듈과의 협상을 통해 정보를 전송(sending)하는 기능, 제조 현장 제어 모듈과의 협상 현황을 사용자에게 알려주는 모니터링 기능, 그리고 제조 현장 제어 모듈에 가공(processing)을 지시하는 기능을 갖고 있으며 각각에 해당하는 사용자 인터페이스가 마련되어 있다.

• 제조 현장 제어 모듈

제조 현장 제어 모듈은 생산 계획 모듈로부터 전송된 제품 설계 정보와 G-code, 서로의 협상에 의해 추가된 공정 및 일정 계획 정보 등을 이용하여 제품의 제조 지시를 한다. 이때 각 제조 지시는 해당 executor에 명령을 전달하는 것으로 수행된다.

제조 현장 제어 모듈은 이와 같이 생산 계획 모듈로부터 생산을 지시 받지만 자체적으로 생산을 지시할 수 있는 기능도 갖는다. 이는 공장의 시험 작동 혹은 다른 생산 일정이 없는 경우 조속한 단일 제조 등을 위해 사용된다. 이러한 기능은 원격 생산 계획 모듈에 문제가 발생하였을 경우 비록 효율성은 떨어지지만 무조건적인 생산을 위해서도 필요하다.

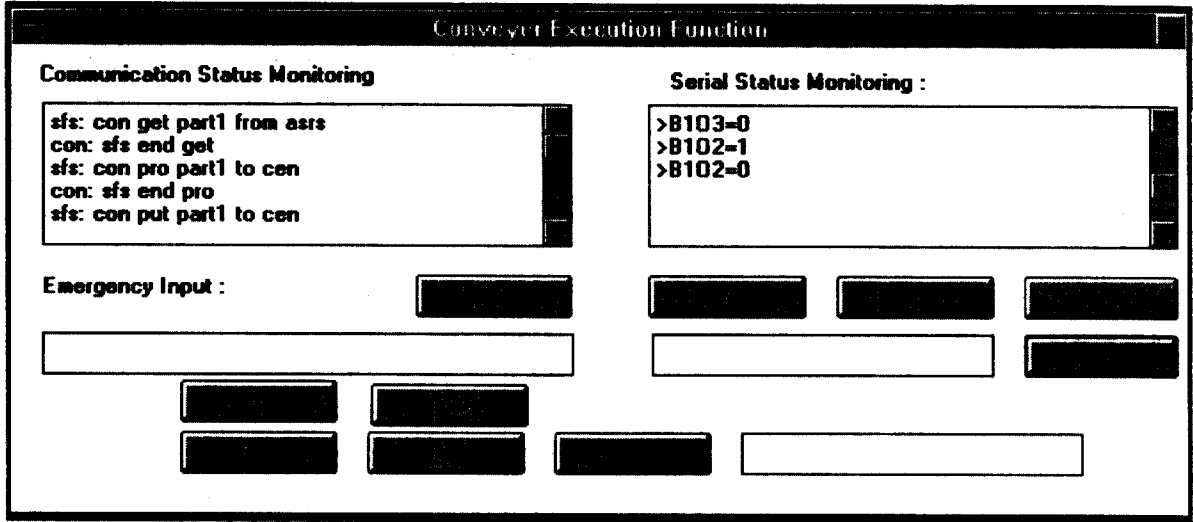
따라서 제조 현장 제어 모듈의 사용자 인터페이스는 현재 생산 준비중인 제품을 나타내는 창(window) 부분과 현장에서 직접 생산 지시를 내릴 때 사용되는 load 및 start 단추(button)로 구성된다. Load는 제품의 설계 정보와 G-code 정보를 입력시킬 때, start는 해당 제품의 생산시작을 알릴 때 사용된다. 또한 현장에서의 장비 고장이나 생산 중인 제품에 이상이 발생하였을 때를 대비한 emergency 단추도 마련되어 있다. 제조 현장 제어 모듈은 동일한 현장에 있는 설비나 원거리에 위치한 다양한 장비의 executor와 협상을 하는데 이때 교환되는 메시지들은 두 개의 문서 창에 출력되어져 사용자가 진행 과정을 상세히 알 수 있게 되어 있다.

• 현장 감시 모듈

현장 감시 모듈은 현장의 executor와 지속적으로 정보를 교환하면서 장비 현황(equipment status) 창과 제품 현황(part status) 창을 통해 현재 장비의 상황이나 제품의 상태를 알린다.

• 실시간 제어 기능

실시간 제어 기능에 대한 사용자 인터페이스는 〈그림 5〉와 같으며, 위에서 설명한 각 모듈의 사용자 인터페이스도 이와 유사하다. 그림은 컨베이어 executor의 실행 예인데, 통신 현황 감시(communication status monitoring) 창은 named pipe 을 이용한 협상의 상태를, 직렬 현황 감시(serial status monitoring) 창은 실제 장비의 제어를 위해 executor가 컨베이어에 보내는 정보를 보여주고 있다. 실시간 제어 기능을 위한 사용자 인터페이스에서 serial setting 단추는 제어하는 장비의 직렬포트의 모드 세팅을 위해 필요하고, 연결(connect)과 연결 해지(disconnect)는 직렬통신의 시작과 마침을 위해 필요하다. 이 밖의 단추들은 사용자가 장비의 상태를 검사하



〈그림 5〉 실시간 제어 기능의 사용자 인터페이스

기 위해 마련된 것이다.

5. 결론

본 논문에서는 현재 정보통신부의 초고속 정보통신 응용기술 개발사업 중 하나로서 저자들이 개발 중에 있는 민첩 생산 시스템의 시제품 개발에 대해 기술하였다. 민첩 생산 시스템은 고객의 수요를 충족시키는 제품을 신속하게 그리고 효율적으로 설계 및 생산하여 고객이 원하는 시간과 장소에 공급하기 위한 고객 지향형의 새로운 생산 패러다임이다. 이러한 생산 시스템의 구축을 위해서는 지역적으로 분산되어 있는 생산 요소들을 하나의 통신 환경 하에서 구축함으로써 이들 요소간의 원활한 정보의 교환은 물론 각 요소들의 실시간 통제가 이루어져야 한다. 초고속 통신망은 방대한 양의 정보를 실시간으로 전송 가능하게 하는 통신 인프라로 사용되므로 이러한 민첩 생산 시스템의 구현에 가장 중요한 요소라 할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 생산 시스템을 구축하기 위한 초기 형태로서의 모델을 제시하였다. 즉, 생산 요소를 나타내는 제품 설계 모듈, 생산 계획 모듈, 제조 현장 제어 모듈, 현장 감시 모듈 등 네 가지의 모듈과 더불어 실시간 제어 기능을 개발하였다. 또한 각

모듈간의 정보교환을 위한 통신 모델을 개발하였으며, 원활한 생산을 위한 각 모듈간의 협상(negotiation) 방법을 개발하였고, 최종적으로 이러한 모델들을 간단한 시제품의 형태로 구현하였다.

개발된 시제품은 포항공과대학 산업공학과에 마련되어 있는 제조 현장 모델(〈그림 4〉)에 LAN의 형태로 구성되어 구동에 대한 시험을 끝마쳤다. 시제품의 실제적인 구현을 위해서는 동화상의 전송 등 멀티미디어 데이터의 실시간 제어가 가능하여야 하므로 대역폭이 큰 통신망과 초고속 전송이 가능한 ATM 스위칭 기능을 갖추고 있어야 한다. 정부가 추진 중인 초고속 정보통신망은 이러한 요구를 만족시킬 수 있으며, 개발된 시제품은 서울과 대전에 마련된 초고속 선도 시험망 공동 이용 센터의 ATM을 기반으로 한 통신망에서 모듈간의 원활한 정보교환이 시험된 상태이다. 현재 공동 이용 센터와 제조 현장 모델을 직접 연결하는 작업이 진행 중에 있으며 초고속 정보통신망 응용 기술 개발 사업이 완료되는 '97년 4월 경 시연을 가질 예정이다.

급변하는 생산 환경과 컴퓨팅 및 통신 기술의 변화는 민첩 생산 패러다임에서와 같이 분산된 여러 요소 기능들을 하나의 시스템으로 통합하는 추세를 가속화할 것으로 전망된다. 본 연구는 하나의 제조 단위 내

에서뿐만 아니라 원거리에 분산되어 있는 제조 단위의 실시간 정보교환을 초고속 통신망을 이용한 컴퓨터 네트워킹을 통해 구현함으로써 향후 유사한 연구에 기초가 될 수 있는 모델을 제시하였다는 점에서 의미가 있다 하겠다. 또한 본 연구에서 제시한 민첩 생산 시스템의 실제적인 구현은 사무실이나 공장을 지역적인 제약에 의해 한 곳에 갖추지 못하거나, 기술력은 있어도 대단위 공장을 소유할 만한 경제력이 부족한 중소기업들을 하나의 협력체계로 유도함으로써 글로벌(global)한 생산이 가능함을 시사한다. 따라서 기간 통신망을 이용한 이러한 시스템의 조기 정착은 국내의 제조산업이 국제적으로 경쟁력을 갖는데 커다란 역할을 할 것으로 기대된다.

【참고문헌】

- [1] Cho, H., Jung, M., and Kim, M., "Enabling Technologies of agile manufacturing and Its Related Activities in Korea," Computers and Industrial Engineering, Vol.30, No.3, pp.323-334, 1996.
- [2] 정무영, 조현보, 왕지남, 이성룡, "초고속 정보통신망을 이용한 민첩생산시스템의 구현," IE 매거진, 제2권 제3호, pp.79-85, 1995.
- [3] Lee, H., Yee, Soung R., Kim, S., "IE/OR and Telecommunication Networks in Korea," Computers and Industrial Engineering, Vol.30, No.3, pp. 335-346, 1996.
- [4] 한국전산원, 1995 국가정보화백서, pp.380-393, 1995.
- [5] Cha, S., Cho, H., and Jung, M., "Identification of Scheduling Problems for CSCW-based Shop Floor Control in Agile Manufacturing," '95 춘계 IE/MS 공동학술대회 논문집, 전남대학교, pp.193-200, 1995.
- [6] Hong, S., Cho, H., and Jung, M., "A Petri-Net Based Execution Model of Processing Equipment for CSCW-based Shop Floor Control in Agile Manufacturing," '95 춘계 IE/MS 공동학술대회 논문집, 전남대학교, pp.208-215, 1995.
- [7] Kim, H., Cho, H., and Jung, M., "An Intelligent Planner of Processing Equipment for CSCW-based Shop Floor Control in Agile Manufacturing," '95 춘계 IE/MS 공동학술대회 논문집, 전남대학교, pp. 185-192, 1995.
- [8] 이성룡, "대화형 멀티미디어 통신 환경에서의 동영상 제어," '95 추계 IE 학술대회 논문집, pp. 453-455, 1995.
- [9] 조영기, 이성룡, "멀티미디어 통신 인터페이스를 위한 동영상 내의 물체 추적 방법," '96 춘계 IE/MS 공동학술대회 논문집, 공군사관학교, pp. 593-596, 1996.
- [10] 정운성, 왕지남, 김광섭, "홈필드 네트워크에 의한 진동분석과 결합진단," '95 춘계 IE/MS 공동학술대회 논문집, 전남대학교, p.571, 1995.
- [11] Wang, G., "An Adaptive Hybrid Neural Network Approach to Prediction of Nonstationary Processes," Hybrid Intelligent System Applications, Edited by J. Liebowitz, IOS Press, 1995.
- [12] Hong, S., Cho, H., and Jung, M., "Development of an Execution Function of Material Handler for Agile Manufacturing," '95 추계 IE 학술대회 논문집, pp.365-372, 1995.
- [13] 멀티미디어 연구부(분산멀티미디어 연구실), MuX V1R2 Tutorial, 한국전자통신연구소, 1995.
- [14] 한국전자통신연구소, '95 MuX 사용자 그룹 워크샵 자료, 1995.



이성룡

현재 한국외국어대학교 산업공학과 조교수로 재직중이다. 서울대학교 산업공학과에서 학사(1982), 한국과학기술원 산업공학과에서 석사학위(1984)를 취득하였으며, 미국 Georgia Institute of Technology에서 산업공학 박사학위(1993)를 취득하였다. 주요관심분야는 정보통신응용, 컴퓨터비전 등이다.

조현보

현재 포항공과대학교 산업공학과 조교수로 재직중이다. 서울대학교 산업공학과에서 학사(1986) 및 석사(1988)를 마쳤으며, 미국 Texas A&M University에서 산업공학 박사학위(1993)를 취득하였다. 주요관심분야는 shop floor control, CAPP, CIM system modeling 등이다.

정무영

현재 포항공과대학교 산업공학과 정교수로 재직중이다. 서울대학교 항공공학과에서 학사(1972), 미국 Kansas State University 산업공학과에서 공학 석사(1981) 및 공학박사(1984)를 취득하였다. 주요관심분야는 생산공학, CIM, 조립계획등이다.

왕지남

현재 아주대학교 산업공학과 조교수로 재직중이다. 아주대학교 산업공학과에서 학사(1982), 한국과학기술원 산업공학과에서 석사(1984), 미국 Texas A&M University 산업공학과에서 박사학위(1993)를 취득하였다. 주요관심분야는 Neural Network 설계 및 동적제어, 자동감시제어, 초고속망 응용기술 등이다.