

# 생산공정 제어에서의 PC의 역할



조형석

한국과학기술원 생산공학과 교수

● 1944년생  
● 생산 자동화 및 제어, 로봇응용, 지능제어개발, AGV 등에 관심을 가지고 있다.

## 1. 머리말

생산공정 자동화기술은 1920년경 반송라인의 자동화에서 시작되어 산업발전의 추세에 따라 점진적으로 발전되어왔다. 그러므로 자동화의 기본과정이라 할 수 있는 수작업→기계의 일부 자동화→기계의 완전자동화→공정의 일부 자동화→공장전체의 자동화등의 단계를 거쳐 오면서, 오늘날 자동화의 주역이라 할 수 있는

NC공작기계, 머시닝센터, 산업용 로봇, CAD/CAM 시스템등을 출현시켰으며, 부품 자동이송장치, 이송라인 자동화 장치, 자재취급 자동화 장치, 자동검사 장치 등도 모듈화 시켜 제품에 따라 약간의 변경만으로 활용할 수 있는 기술에 이르고 있다.

이러한 자동화 기술의 발전 추이에서 자동화 개념의 뚜렷한 변혁을 읽을 수 있다. 즉 선진 제국은 종래의 전용자동화에서 적응형자동화로, 또한 단순자동화에서 지능형 자동화 단계

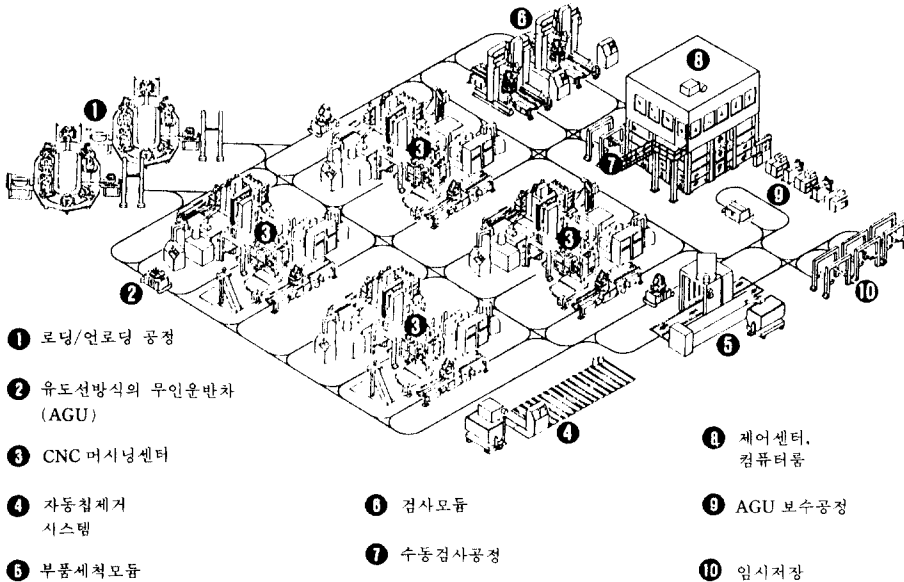


그림 1 FMS를 근간으로 한 컴퓨터 종합 생산 시스템

로 진입하고 있다는 것이다.

이러한 지능화의 경향은 기계의 지능화, 공정의 지능화에서 뚜렷이 엿볼 수 있고, 특히 산업용 로봇의 발전 단계에서 더욱 더 실감있게 느낄 수 있다.

선진외국은 이러한 자동화 기술을 바탕으로 최근 수년동안 기계가공의 지능화, 컴퓨터에 의한 공정자동화, 로봇화등을 이룩하였으며 지금은 생산시스템의 총아로 불리는 FMS (flexible manufacturing system)를 근간으로 한 컴퓨터 종합생산 시스템(computer integrated manufacturing)을 개발 실용화 하고 있다(그림 1참조). FMS가 이제까지는 주로 가공분야에 적용되어 왔지만 조립분야에도 확대될 전망이다, 적응조립 시스템이 그것이다.

이 시스템도 역시 각종 센서 컴퓨터와 로봇을 이용하여 제품의 형태나 종류의 변화에 적응성있게 대처해 가면서 유효적절하게 조립을 수행하는 시스템으로 앞으로 공장자동화에 없어서는 안될 시스템이다. 이외에도 자동용접시스템이 개발중에 있으며, 주조, 단조, 성형등의 공정도 FMS의 개념으로 자동화되어 실용화되고 있다.

## 2. 자동화 시스템의 구조와 구성요소

머리말에서 언급한 자동화 공장을 더 구체적으로 기능과 구성요소를 살펴보기로 한다. 공장자동화시스템을 운영하는 기능에는 제품의 흐름과 정보의 교환이 있으며 서로 상호관련을 가지면서 제어된다. 그림 2는 이 관계를 표시한 것이다. 그림의 아래쪽은 제품의 흐름을 보여주는데 좌측에서 소재 재료가 반입되어 보관, 가공, 조립, 검사, 포장등의 공정을 거친 후 제품으로서 반출된다. 또 이들 사이에 반제품(재공품)의 공정간의 이송, 각 공정에서 부품의 공급, 공구의 공급 및 교체를 위한 이송이 행하여진다. 이러한 작업의 제어를 실행하는 부분을 총칭하여 공정관리제어라고 부른다.

공정관리제어에는 상부로부터 제품의 설계

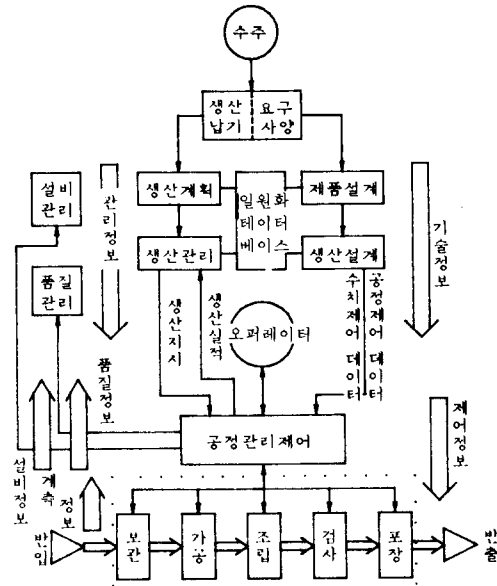


그림 2 공장자동화 시스템의 구성(제품 및 정보의 흐름에 따라)

및 제조에 관련된 기술정보(NC 데이터, 공정 제어 데이터 등) 및 생산지시 정보가 들어온다. 이 정보는 적당한 변환이 가해져서 제어정보로 되어 가공, 조립, 이송등의 각 공정에 전달되어 작업이 실행되며 전 공정의 제어를 행하게 된다. 아래쪽의 각 공정으로부터 측정정보가 공정관리제어로 전달되며 품질에 관한 정보, 설비에 관한 정보가 상위레벨로 전달된다. 이상의 구성을 하드웨어(hardware)적 면에서 계층적으로 보면 그림 3과 같다. 이 그림은 모든 시스템이 반드시 이렇게 구성되어야 한다는 것을 보여주는 것은 아니며 표준적인 실례이다. 최하위에 있는 공정유닛에는 NC공작기계, 산업용 ROBOT, 컨베이어, 무인반송차, 검사장치등의 기기들이 있다. 이러한 것들은 모두 각각의 제어장치를 가지고 있다. 어떤 작업을 수행할 때 이들 공정유닛에 제어지령을 주는 것이 공정제어유닛(NC 공작기계에 가공 데이터의 전달등)이다. 공정제어 유닛에는 PC, PLC, 제어용 컴퓨터 등이 있다. 또한 현장 담당 레

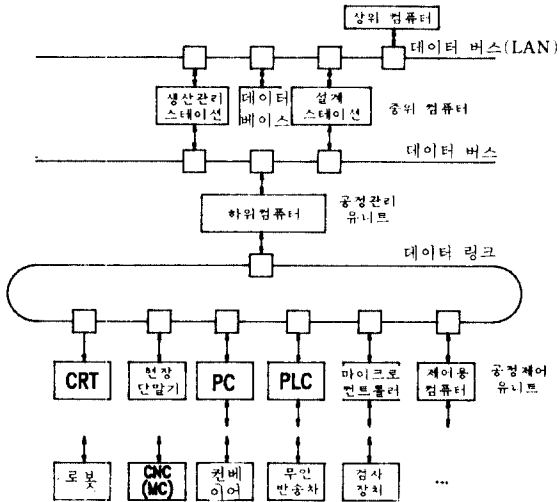


그림 3 공장자동화 시스템의 구성(하드웨어의 구성에 따라)

벨과 상의관리레벨의 담당자간의 정보교환을 하기 위한 현장 입출력 단말기, CRT, 미니컴퓨터등도 여기에 속한다.

공정 관리 유닛은 그림 2에서의 공정제어 데이터에 따라 제어지령을 공정제어 유닛에 보내어 공정의 진행을 관리한다. 공정관리 유닛은 제어용 컴퓨터로 구성된다. 또 이것과 하위에 있는 공정제어유닛은 데이터버스로 연결되어 있다.

이것의 상위에 있는 생산관리 스테이션은 보통 중형 컴퓨터로 구성되며 생산계획, 생산관리의 업무를 하며 생산지령을 하위로 전달해준다. 그리고 NC가공데이터, 공정 제어데이터는 제품설계 스테이션에서 생성된다. 이 부분이 CAD/CAM에 해당하는 부분이다.

### 2.1 자동화 시스템의 특징

공장자동화 시스템은 여러개의 서브 시스템으로 구성되어 있으므로 다음과 같은 시스템적 특징을 가지고 있어야 한다.

#### (1) Programmable 해야 한다.

다품종 소량생산에 대응할 수 있어야 하므로 소프트웨어는 물론 하드웨어의 동작도 가변성

이 있도록 프로그래밍 할 수 있어야(programmable) 한다.

#### (2) 기능 분산성

고장, 사고등의 경우 생길 수 있는 손실을 최소화하기 위해 관리, 제어기능은 중앙집중식이 아니고 계층적으로 분산시켜야 한다.

#### (3) 계층적 자율성

계층적으로 기능이 분산되었을 경우 각 레벨의 시스템은 주어지는 작업을 자율적으로 수행할 수 있는 능력을 갖추어야 한다.

#### (4) 확장성

시스템이 환경의 변화(수요의 변화, 기술의 변화등)에 대해 대응하기 위해서는 유연성이 요구되며 이를 위하여는 반드시 확장성이 확보되어 필요시 시스템의 확장, 축소가 가능해야 한다.

## 3. 자동화 시스템의 컴퓨터 구성

### 3.1 컴퓨터의 계층적 구성

생산공정에서 사용되는 컴퓨터와 자동기기(CNC machine, ROBOT)는 피라미드식 제어구조를 이루게 된다. 이런 피라미드 구조를 일반적으로 계층적 컴퓨터 시스템(hierarchical computer system)이라고 부른다. 이것의 일반적인 형태는 그림 4와 같다.

첫째 레벨의 컴퓨터는 공정과 직접 연결되어 있으며 공정을 모니터링하고 제어한다. 이 레벨에서는 전형적으로 PC(또는 마이크로 컴퓨터)가 사용된다.

이 컴퓨터 장치는 생산설비(CNC machine, 로봇등)에 내장되어 있는 경우도 많다.

또한 공장내의 데이터 수집 장치(bar code reader, 데이터 입력용 터미널)도 여기에 속한다.

둘째 레벨은 주로 미니컴퓨터(또는 슈퍼 마이크로 컴퓨터)로 구성되며 세털라이트(satellite)라고 부르기도 한다. 이것은 공장의 여러 부분에서 첫째 레벨의 컴퓨터와의 협조 및 제어 역할을 담당한다. 각각의 설비, 데이터 입력 터미널등에서 데이터를 전달 받아 처리하며

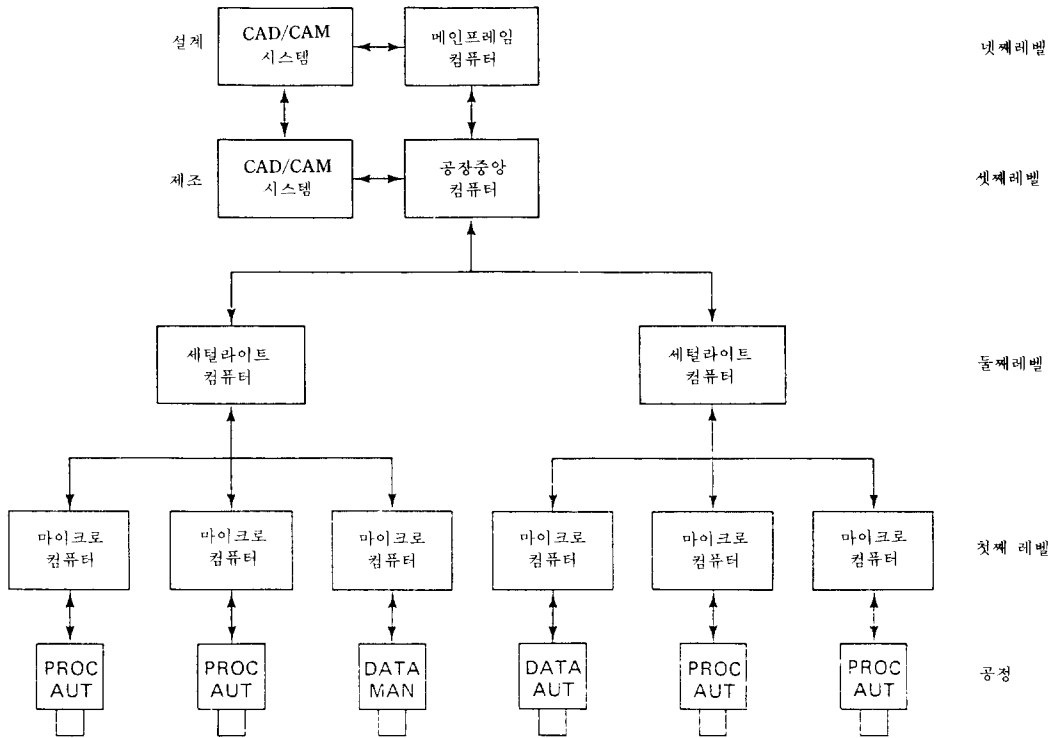


그림 4 컴퓨터의 계층적 구조  
 PROC AUT : 자동화된 공정 (Automated Process)  
 DATA AUT : 자동화된 데이터 수집장치  
 DATA MAN : 수동 데이터 수집장치

작업명령이 각각의 공정에 전달된다.

셋째 레벨은 공장의 중앙 컴퓨터이다. 공장 내의 여러개의 세탈라이트 컴퓨터로부터 작업의 데이터가 수집되어 공장관리를 위한 주기적인(매일, 매주, 매달)레포트로 요약된다. 제조공정을 지원하는 CAD/CAM은 대부분의 기능이 공장내에서 구현되기 때문에 이 레벨에서 접속된다. 이 컴퓨터는 제조 공정 뿐 아니라 공장 레벨에서 다른 업무도 할 수 있어야 한다(인사 관리, 급여 관리 등).

넷째 레벨은 회사의 메인 프레임 컴퓨터(main frame computer)이다. 회사내의 여러 공장에서의 데이터가 이 레벨에서 저장된다. 각 공장의 컴퓨터와의 통신은 전화선, 위성,

또는 다른 장거리 통신 방법을 이용하여 이루어진다. 이 컴퓨터의 목적은 각 공장의 생산관리를 제어하여 회사의 전체적인 효율을 높이는 것이다. 설계를 위한 CAD/CAM은 이 레벨에서 접속될 가능성이 많다. 그리고 이 컴퓨터는 회사 레벨의 다른부서(영업, 판매, 경리 등)과 함께 공유되어야 한다.

### 3.2 컴퓨터간의 통신

공장내의 컴퓨터는 지역통신망(local area network, LAN)에 의해 컴퓨터나 자동화 기기와 통신을 할 수 있어야 한다. LAN은 network에 접속된 여러가지 장치들이 몇 cm 또는 몇 km 떨어져 있더라도 서로 통신이 가

능하도록 하는 사실 통신망이다. LAN에 접속될 수 있는 장치들은 컴퓨터, PLC, CNC machine, 로봇, 데이터 수집 장치, bar code reader, vision 시스템등이다.

그리고 공장내의 LAN이 확장성, 호환성을 가지기 위해 통신 protocol의 표준으로 MAP (manufacturing automation protocol)이 제안되어 많이 응용되고 있다.

#### 4. 공정 자동화에서 PC 역할

공장자동화 시스템은 머리말에서 기술한 바와 같은 다수의 서브시스템으로 구성되는 대규모 구조를 갖기 때문에 빠른 처리속도, 대기억용량, 충실한 오퍼레이팅 시스템 (operating system)이 필요하며 일반적으로 범용대형 컴퓨터 또는 슈퍼미니컴퓨터로 관리되고 있는 것이 현재의 실정이다. 그러므로 PC는 처리속도, 기억용량등에서 많은 발전이 있었으나 공장자동화 시스템 전체를 관리하기에는 그 능력이 부족하며 목적이나 용도에 따라 어느 서브시스템의 일부로 사용하게 된다. PC는 다음과 같은 생산업무분야에서 주로 이용되고 있다.

CAD/CAM: PC 레벨의 CAD/CAM 시스템, 또는 대형 CAD/CAM 시스템의 단말기로 사용

생산관리: 전체 생산공정의 생산현황, 생산효율등의 관리

공정관리: 각 공정(조립공정, 가공공정등)의 생산량, 불량률 등의 관리

공정자동화 및 제어: 각 공정 및 공정내의 단위 작업의 자동화 및 제어

위에서 언급한 바와 같은 PC는 공장자동화 목적으로 매우 광범위하게 없어서는 안될 필수적인 요소장치로 활용되고 있는데 본 글에서는 공정단위 자동화 분야에 있어서 PC가 어떻게 활용되고 있는 가에 대해서만 기술해 보도록 한다.

PC의 활용 분야는 여러가지로 분류될 수 있으나 그 역할로 보아 분류하면 다음과 같다.

#### 4.1 생산 공정 기계제어

소재 절삭가공, 성형, 플라스틱 성형가공, 단조, 용접, 절단, 소성가공등 제공정의 생산작업에 쓰이고 있는 단위기계의 성능을 향상시키고 제품변화에 다른 적응성을 부여하기 위해서는 PC의 활용이 필수적이라고 볼 수 있다.

이러한 목적을 달성하기 위해서는 제어시스템을 고도의 기능과 유연성을 갖추어야 하기 때문에 현재 진행되고 있는 공정작업을 온 라인으로 측정할 수 있는 센서부, 센서에 의해 얻어지는 공정변수의 PC로의 시그널 전송부, 제어 알고리즘, 계산된 제어입력을 구동장치에 전달해서 구동하는 지령 시그널 발생부등의 모든 요소들이 원활히 작동해야 공정기계가 원하는 대로 제품을 생산해낼 수 있다. 여러 요소부위중 제어기(controller)는 공정기계의 두뇌 부분에 해당되는 요소로서 가장 핵심적인 일을 담당하고 있다. 종래에는 단순 비례제어기, 비례적분 미분제어기등을 사용해 왔으나 요즘 고도의 제품품질을 요하는 생산공정작업에서는 기계의 정밀 제어가 필수적이기 때문에 고등제어 및 지능제어(intelligent control)기법등이 앞으로 많이 활용될 전망이다.

PC를 이용한 제어기법은 방식면에서 다음의 세가지로 나눌 수 있다.

##### (1) 시퀀스 제어(sequence control)

어떤 공정이나 설비가 미리 결정된 동작순서를 순차적으로 행하도록 제어하는데 컴퓨터를 이용하는 것을 말한다.

제어순서(control sequence)는 동작중에 일어날 가능성이 있는 모든 경우를 포함하여야 한다. 이 제어기법은 다음 스텝이 실행되기 전에 그 스텝이 완료되었는지의 여부를 확인하기 위해 온-오프 센서를 사용해서 피이드 백 루프(feedback loop)로 구성되는 것이 일반적이다. 상대적으로 작업이 단순한 공정에는 PLC(programmable controller)가 많이 이용되나 공정작업이 복잡하거나, 여러 공정으로 이루어진 시스템 제어에는 PC가 많이 활용되고 있다.

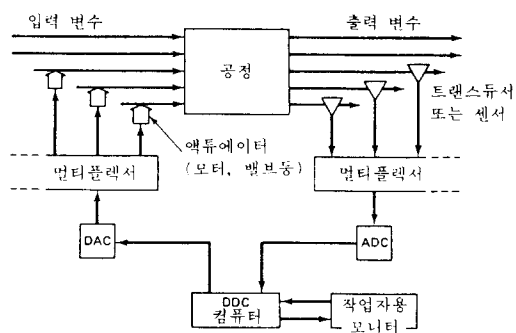


그림 5 디지털 제어의 구성

(2) 디지털 제어(direct digital control)

PC를 제어기(controller)로 이용하여 어떤 공정이나 설비가 원하는 상태의 값(desired output)을 유지하도록 제어하는 것을 말한다.

DDC에서는 공정의 변수상태를 센서등으로 측정하여 원하는 상태의 값(desired output)과 비교하여 그 차이를 계산한다. 컴퓨터내에 미리 프로그램된 제어 알고리즘을 이용하여 이 차이로부터 공정에 입력되어야 할 입력(input) 값을 계산하여 직접 공정내의 액츄에이터를 동작시킨다. DDC의 구성요소와 각각의 관계를 블록으로 나타내면 그림 5와 같다.

(3) 감시제어(supervisory computer control)

공정을 제어할 때 제어목표를 설정해두고 이 목표를 달성하기 위해 성능(performance)을 최적화하는 작업방법을 선정할 필요가 있는데, 이 경우 PC를 이용하여 자동적으로 선정할 수 있다. 예를 들면 최대 생산률(maximum production rate), 단위 생산량당 최소비용, 최대 생산량등의 목표를 달성할 수 있도록 각 공정이나 기계의 제어장치에 지령을 내릴 수 있다. 감시제어(supervisory control)는 시퀀스제어나 디지털제어보다 높은 레벨의 제어라고 할 수 있다. 앞의 두가지 제어형태는 공정에 직접 연결되어 동작되는데 비해 이 제어 방식은 공정이나 기계제어장치에 명령을 내리게 된다.

4.2 신호 모니터링 및 진단

PC가 중요한 역할을 담당하고 있는 분야가 신호 모니터링, 기계상태진단 및 고장 탐지의 일이라고 할 수 있다. 공정이나 기계의 특정부위에 센서들을 부착하여 동작중에 계속 신호를 받아들이고, 이를 토대로 신호 처리를 함으로써 대상부위의 동작상태를 분석할 수 있다. 이 분석결과를 사용하여 기계상태를 진단하거나 또는 이상 유무를 판단함으로써 고장상황을 작업자에게 알려주게된다. 센서로서는 가속도측정기, 마이크로폰, 변위측정기, acoustic emission 센서, 온도센서, 광학센서, 압력 및 힘측정기, 시각센서(vision sensor), 색깔 센서등을 많이 이용하고 있는데 이때 PC는 센서에서 받아들여지는 신호를 사용하여 신호처리 기법을 이용, 분석하여 진단하는 역할을 하고 있다.

기계상태 변화나 고장등은 수없이 많은 원인에 의해 여러 형태로 발생할 수 있기 때문에 아무리 훌륭한 신호처리기법으로 정확히 정보를 얻었다 하더라도 기계상태나 상황을 정확히 진단할 수 있는 능력이 필요하다. 이러한 능력은 경험이 많은 운전자의 경험이나 지식을 통해 얻어지는 것이 보통이다. 따라서 PC내에 전문가가 살고 있어야 하는데 이 역할을 담당하고 있는 소프트웨어가 이른바 전문가시스템(expert system)이다. 이는 현재 여러 생산공정에 많이 활용화 되어 있고 또 상품화된 소프트웨어 들이 많이 보급된다.

4.3 공정 검사

제품의 조립공정, 용접공정, 가공공정, 성형 공정등에서 소재의 위치 및 방향과각, 장탈착 상태, 가공상태, 성형상태, 제품 품질상태를 검사하는 것은 매우 중요한 작업이다. 이러한 검사공정을 위해 현재 카메라를 이용한 Vision 시스템이 많이 이용되고 있다. 예를 들면 Flat 반도체소자의 발사이의 간격, 발의 유무, 굽힘이 있는지 없는지를 점검하든가, 박판성형에서 주름살이 생겼는지의 유무판단, 균열이 생겼는

지의 유무, 용접비드의 상태점검등이 이러한 검사작업에 속한다고 볼 수 있다.

이러한 작업에서는 보통 수많은 영상 데이터로서 영상처리를 해야하기 때문에 PC의 계산 속도, 기억용량등이 문제가 되는 경우가 많다. 따라서 빠른 시간내에 실시간으로 처리가능하기 위해서는 영상처리 알고리즘(algorithm)의 성능(정밀성, 계산시간)을 향상시키고 빠른 시간내에 패턴인식을 하는 기법을 개발하는 것이 제일 중요한 과제로 되어있다. 근래에 와서는 neural 네트워크 기법이나, fuzzy algorithm을 이용한 영상처리 및 패턴인식 기법이 많이 소개되고 있다.

#### 4.4 공정 관리제어

생산공정라인이 다소 복잡한 공정인 경우에는 PC의 역할이 다양하게 되는데 (1) 각 제어 유닛 즉, 작업을 제어하는 PLC, 로봇, 컨베이어 부품이송장치 등의 상황을 모니터링하고 상황을 제어하는 주컴퓨터(host computer) 역할을 해야하며 (2) 생산지시, 작업지시, 전체의 진도관리를 담당하는 공정 관리 기능을 해야하며 (3) 생산정보에 관한 file 전송등 각 유닛 제어기와의 통신을 담당한다.

### 5. 공정 자동화의 적용예

PC를 이용한 공정 자동화 및 제어의 실제 예는 생산 현장의 여러공정에서 찾아볼 수 있으나 과학 기술원 생산공학과 자동화에서 연구하고 있는 링 롤링(ring rolling)공정, 성형 공정, 용접 공정, 하이드로포밍(hydro-forming) 공정, 조립 공정 중에서 그 일부를 대상으로 기술하기로 한다.

#### 5.1 용접 공정 자동화

그림 6과 같이 용접 공정을 FMS화 하는데 있어서 중요한 연구 분야는 용접 제품의 품질 고급화를 위해 용접 공정 제어, 용접선 추적, 용접 부위의 이음매 형상 인식등으로 대별할

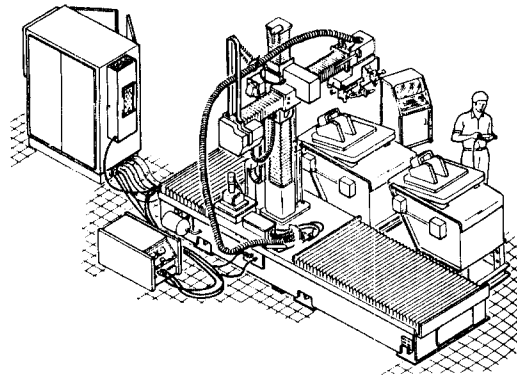


그림 6 FMS화된 아크 용접 공정

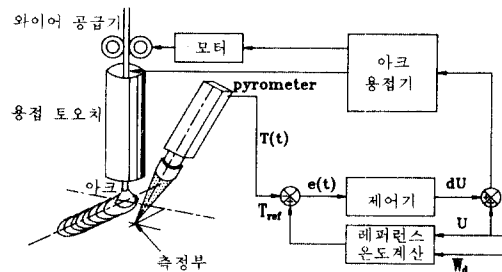


그림 7 적외선 온도 센서를 이용한 아크 용접공정의 제어를 위한 블록선도

수 있다.

(1) 온도 센서를 이용한 가스 금속아크 용접 공정의 제어

그림 7에서 보인바와 같이 적외선 온도 센서를 이용한 용접 공정제어 시스템은 표면 온도를 측정하기 위한 적외선 온도 센서, 아크 광의 간섭을 제거하기 위한 신호 잡음 처리 회로 및 신호 증폭기, 입력된 자료의 분석 및 제어 변수의 제어를 위한 퍼스널 컴퓨터, 그리고 주변 기기로 구성된다.

적외선 온도 센서는 용접부 표면의 용접부에서 방사되는 적외선광을 측정함으로써 용접부의 표면 온도를 측정하는 센서로서 PbSe형의 적외선 센서와 광학부로 구성되어 있다. 적외선 온도 센서를 용접부의 표면에 노출시켜 표면 온도를 측정할때 아크 광의 간섭을 받게되

며 이러한 아크광의 간섭은 저값 감지기 및 저주파 통과 필터를 이용해서 제거시킨다. 퍼스널 컴퓨터 및 주변기기에서는 표면온도에 해당하는 전압 신호를 A/D컨버터에서 수치 값으로 변환하여 저장하고 매순간 측정된 온도 신호 값을 이용하여 용접부의 진행 상태를 모니터링한다.

뿐만아니라, 퍼스널컴퓨터에는 정상 작업시의 용접부의 상태를 나타내는 표면 온도의 변화에 대한 수학적인 모델 및 여러 기준 용접변수 자료들이 입력되어 있어 공정중 외란에 의한 영향이 발생할때 그 이상 여부를 평가하고 그 영향의 보상을 위한 용접 입력 변수의 변화를 미리 설정된 공정 제어 알고리즘을 통해서 발생시켜준다.

이러한 표면 온도를 이용한 아아크 용접 공정 제어 시스템은 로봇 또는 자동 용접 장치를 이용한 정밀 용접 작업시 용접부의 진행 상태, 용접 변수의 변화 상태를 측정하여 균일한 용접부의 형성을 유지하게 한다.

(2) 실시간 용접선 추적 및 이음매 형상 인식을 위한 영상 시스템

로봇을 이용하여 용접작업을 수행할때 발생하는 가장 중요한 문제중의 하나는 용접중 지그의 부정확성 및 열 변형에 의한 용접선의 위치 변형을 보상하여 용접 토치를 용접선 상에 정확히 일치시키는 일이다.

이러한 용접 토치와 용접선과 위치 오차를 제거하기 위해서는 그 상대적 위치오차를 용접 작업중에 측정하여 보상해 주어야만 한다. 용접작업중에 용접선을 발견하고 용접선과 용접 토치간의 상대적 위치오차를 측정하는 한 방법으로서 용접선 상에 직사광선을 주사하고 용접선의 개선부의 모양에 따라 변형된 직선광을 카메라로 측정하여 처리하므로 용접선에 관련된 여러 정보 및 용접선의 위치를 측정하는 방법이 있다.

그림 8에서 보인바와 같이 이러한 영상정보 처리방법을 이용한 용접선 추적 시스템은 CCD카메라, 레이저 광원, 원통형 렌즈, 디지털

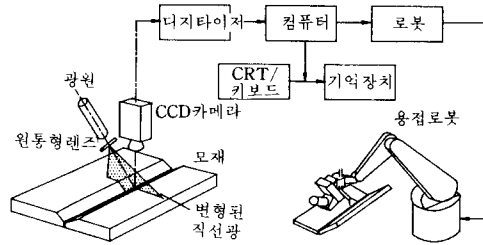


그림 8 영상시스템을 이용한 용접선 추적시스템

타이저 및 퍼스널 컴퓨터로 구성된다. 레이저 광원에서 나온 점광원은 원통형 렌즈를 통과하면서 직선광으로 변형되어 용접선에 주사된다. 용접선에 주사된 직선광은 용접선의 모양에 따라 변형되며 이를 CCD카메라에서 측정하여 디지털라이저를 이용하여 영상 정보로 바꾸어 퍼스널 컴퓨터에 입력한다. 퍼스널 컴퓨터에 입력된 영상 정보에는 개선부의 모양을 나타내는 직선광 뿐만 아니라 강한 아크광에 의한 잡음이 존재하게 되므로 소프트웨어에 의한 적절한 처리과정을 거쳐서 필요한 개선부에 대한 정보만 추출한다. 처리된 영상정보에는 개선부의 모양 및 개선부에 관련된 여러 변수들과 용접 토치에 대한 개선부 중심의 상대 위치에 대한 정보가 출력되며 이를 이용하여 용접선의 상대 오차를 보상하게 된다.

5.2 하이드로포밍 공정 제어

하이드로포밍 공정은 박판을 소재로 정교한 성형품을 가공하는 공정으로서, 비슷한 목적의 공장인 디프드로잉과 달리 다이 캐비티 없이 성형실에 유체압력을 가한 상태에서 펀치(punch)로 박판을 밀어 올려 성형을 진행한다. 디프드로잉과 비교해 볼 때 다음과 같은 장점이 있다.

- (1) 성형품의 두께가 균일하다.
- (2) 펀치 코너에 발생하는 결함이 없고 유체 내에서 성형되므로 표면에 굽힘이 없다.
- (3) 복잡한 성형도 단일 공정에 가능하다.
- (4) 금형(die)가공비가 적게 들고 공구의 수명



이 길다.

하이드로포밍 공정중 성형실의 압력은 최종 성형품의 품질에 커다란 영향을 미치는 인자이다. 만일 성형실의 압력이 과다할 경우 성형중에 찢어지거나, 너무 작으면 주름(wrinkling)이 생길 우려가 있다. 이러한 양쪽 결함을 없애기 위해, 소성역학적으로 어떤 형상의 성형품에 대한 최적 압력 곡선이 유도되었다. 그러므로, 이 주어진 성형 압력 곡선을 잘 추종하는 것이 하이드로포밍기의 성패를 좌우한다. 하이드로포밍기는 그림 9와 같이 크게 펀치 구

동부와 성형실 가압부로 나눌 수 있다. 펀치 구동은 정속구동으로서 유량제어밸브에 의해 제어되고, 성형실 가압은 비례 압력제어밸브(proportional relief valve)와 부스터(booster)에 의해 제어되고 있다. 그림 10에서 보인 바와 같이 하이드로포머기에 사용되는 IBM PC-XT는 성형실의 압력센서, 펀치 변위를 측정하는 포텐시오메터 및 각 구동부의 리미트 스위치의 정보를 받아서, 공정의 진행 순서에 따라 펀치와 성형실 상승, 하강을 결정하는 방향제어밸브(directional valve) 및 비례제어 밸브에 인가되는 제어입력을 결정한다. 특히, 성형품의 형상에 따라 최적성형 입력 경로가 제어입력을 결정한다. 특히, 성형품의 형상에 따라 최적성형 압력 경로가 달라지기 때문에 이 기준 압력 곡선을 계산하고 제어하는데 퍼스널 컴퓨터의 효용성이 크게 인정받고 있다.

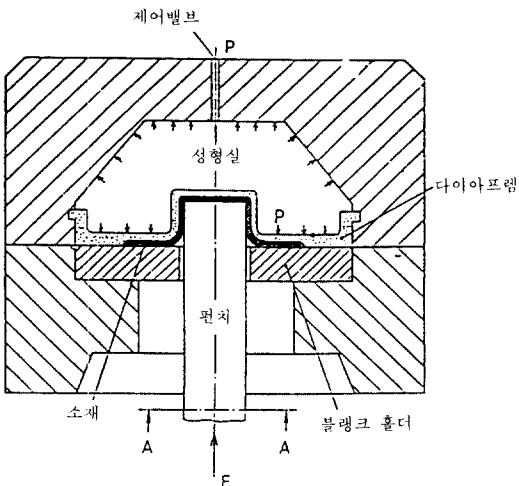


그림 9 하이드로 포밍기의 원리와 구조

### 5.3 시각 장치를 이용한 FIC 자동 탑재 시스템

PCB의 조립공정중 FIC(Flat IC)의 조립공정을 자동화 한 것이다. 전체 시스템의 구조는 그림 11과 같다. FIC는 매거진에 적재되어 공급되며 Pick-and-Place 장치를 이용하여 검사 스테이션으로 옮겨진다. 검사 스테이션(camera 1)에서는 시각장치를 이용하여 FIC의 위치와 불량여부를 검사한다.

PCB는 컨베이어를 통해 공급 된다. PCB가

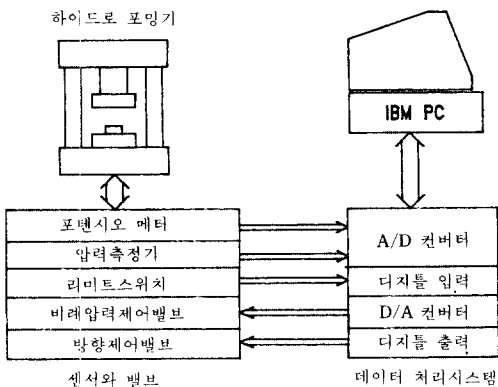


그림 10 하이드로 포밍 공정제어 시스템

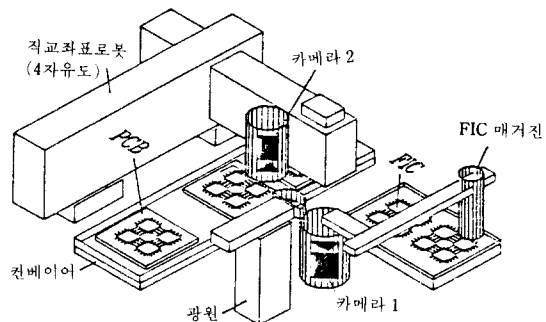


그림 11 FIC 자동 탑재 시스템

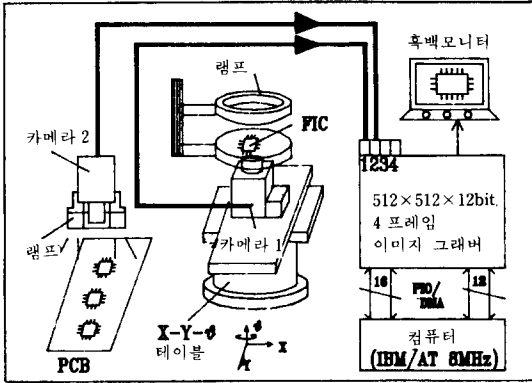


그림 12 시각 검사 장치의 블록 선도

정해진 위치로 공급되어 정지하면 로봇에 부착된 시각장치(camera 2)를 이용하여 PCB상의 FIC패턴의 위치를 검사한다. PC에서는 부품의 공급오차와 PCB상의 패턴의 오차를 인식하여 이것을 보상하여 탑재시 불량률이 발생하지 않도록 로봇에게 작업 명령을 내린다. 로봇은 PC로부터 작업 데이터를 받아 검사 스테이션에서 FIC를 흡착하여 PCB에 탑재한다. 이 때

요구되는 위치 정도는  $+0.05\text{mm}$ , 각도 정도는  $+0.25$ 이다. FIC의 위치, 방향 및 lead의 불량을 검사하기 위한 시각장치의 개요도가 그림 12에 나타나 있다.

#### 5.4 철판 절단 공정 자동화

그림 13은 철판 절단 공정의 FMS시스템을 보여 주고 있다. 이 시스템은 철판 저장고(그림의 오른쪽)에서 철판을 언로딩하여 펀치프레스 공정을 거쳐서 철판을 여러가지 크기로 절단한 다음 완성품을 치수에 따라 분리하는 시스템이다. 모든 작업은 컴퓨터의 제어하에 이루어진다. 자동화된 철판 저장고에서 철판이 공급되면, 진공흡착기를 이용한 로더 (vacuum loader carriage)가 펀치 프레스로 철판을 이동한다. 펀치 프레스에서 컴퓨터의 지시에 의해 철판을 여러가지 크기로 절단한다. 절단된 철판은 분류장치 (conveyor 및 sorter)에 의해 분류되어 각각 저장고(그림의 왼쪽 위)에 저장된다. 이 자동화 시스템에서의 PC의 역할은 크게 전체 시스템의 시퀀스 제어, 펀치

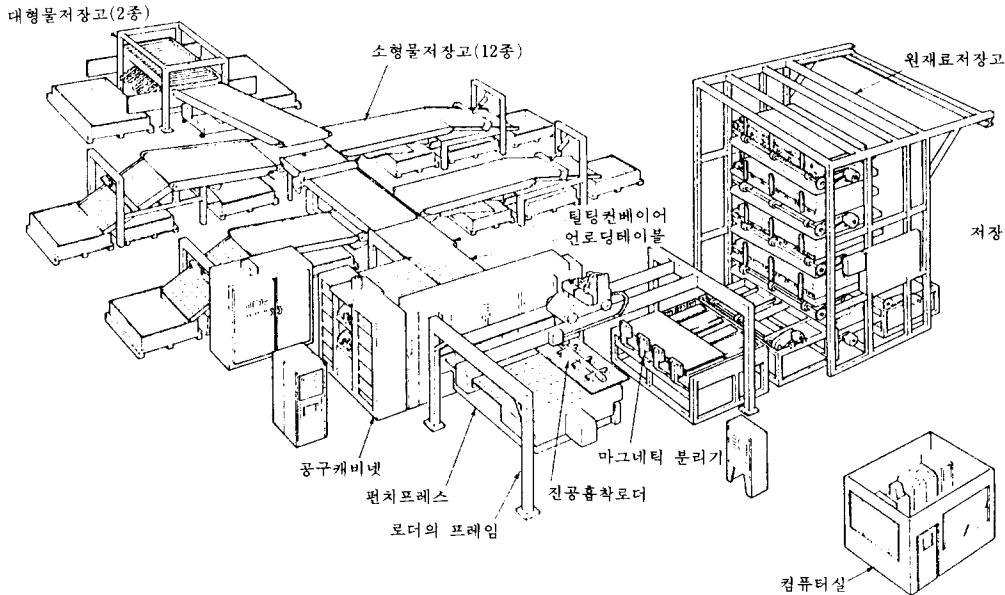


그림 13 FMS화된 철판 절단 공정

프레스에 절단물의 길이정보 전달 각 기기의 위치 동작 제어(철판 stocker, 펀치 프레스, 진공 로더등)로 분류 할 수 있다.

되어야 할 것으로 판단된다.

## 6. 맺음말

일본을 위시한 선진국의 자동화 기술은 컴퓨터 종합 생산 기술을 토대로 무인 자동화 공장을 점진적으로 실현해 나가는 고도의 기술로 빠르게 움직이고 있다. 이에 비해 우리나라의 자동화 기술수준은 간이 자동화 기술 수준을 막 벗어난 단위 기계 자동화 수준에 머무르고 있다고 해도 과언은 아닌것 같다. 이와 같은 기술수준의 격차를 빨리 극복하고 우리 나라 고유상표의 기술 모델을 개발하려면 로봇 응용 기술, 자동화 요소 기술, 마이크로 프로세서 활용 기술, 컴퓨터를 이용한 제어 기술, 계측 기술에 대한 꾸준한 연구가 이루어 져야한다. 이를 위해서는 우선 자동화의 필요성을 느껴 자동화를 달성하려는 의지가 무엇보다도 선행

## 참 고 문 헌

- (1) Groover, M.P., 1982, "Automation, Production System, and Computer Integrated Manufacturing", Prentice Hall.
- (2) 長谷健介, 1987, "FA總論", 計測と制御 Vol. 26 No. 7.
- (3) 강선희, 1987, "CO<sub>2</sub> 아크 용접에서의 용융부 실시간 추정을 위한 적외선 온도 측정 장치에 대한 연구", 한국과학기술원 석사학위 논문.
- (4) 이우호, 1990, "CMAC를 이용한 하이드로 포밍 공정의 압력제어기 설계", 한국과학기술원 석사학위 논문.
- (5) 조형석 외, 1989, "시각 인식 장치에 의한 사각 평면 반도체 IC의 자동 탑재 시스템의 개발", 한국과학기술원(프로젝트 보고서).

