

# 마이크로 컴퓨터를 이용한 食品製造工程의 計測과 自動制御 시스템

全 在 根

〈서울大 農大 食品工學科 教授〉

## 1. 食品製造工程의 自動化 必 要性

우리나라의 식품산업은 量과 質의인 면에서 많은 성장을 이룩하였지만 그에 따른 어려움이 적지 않다. 원료와 중요 제조시설의 대부분을 외국에서 수입하여야 한다든가, 제조기술의 평준화에 따른 경쟁업체의 끊임없는 등장에서 받는 압박은 工程과 기술개발보다는 판매경쟁에서 출혈에 가까운 투자를 해야 하는 실정에 처하고 있다.

제조공정을 자동화하여 생산성을 높이는 길이 활로를 개척하는 하나의 길이 될 수 있다는 것은 잘 알고 있지만 여기에는 막대한 투자가 따르기 때문에 몇몇 대기업을 제외하고는 그 실현이 어렵다. 물론 중소기업의 식품공장에서도 포장기계와 같은 자동화된 시설을 사용하고는 있지만 모든 공정에 적용하기란 어려운 실정이다.

자동화 시설을 갖추었다손 치더라도 시설을 수입하여 설치하고 이를 운영하는 기술마저 외국에 의존한다면 제조원가면에서 이들 시설을 수출한 국가와는 경쟁할 수 없다.

市場을 國內에 국한된 경우라 하더라도 외국으로 부터의 시장개방 압력이 점증하는 추

세에 있기 때문에 그 대책을 하루속히 강구하지 않으면 안된다.

따라서 시설과 공정을 하루 속히 개선할 필요가 있으며 가능한한 첨단기술을 과감히 수용하고 이것을 식품산업에 활용하는 길을 産業界와 學界는 노력하여야 할 것이다. 컴퓨터라고 하는 첨단기술을 식품산업에 활용할 수 있는 방법을 제시하고자 여기서는 국내에 널리 보급되고 있는 마이크로 컴퓨터를 식품제조공정의 자동화에 활용하는 방법과 기술적인 요소를 저자가 연구하고 있는 내용을 실례로 하여 간단히 소개하고자 한다.

## 2. Microcomputer는 어떤 일 들을 할 수 있는가?

마이크로컴퓨터는 컴퓨터의 일종으로 퍼스컴(personal computer) 또는 마이콤으로 불려지기도 하며 국내시장에도 널리 보급되고 있으며 여러 국내회사가 생산하고 있다.

퍼스컴하면 월급계산, 원가계산, 인력관리와 같은 계산과 자료처리를 빠른속도로 처리할 수 있다는 것은 잘 알고 있을 것이므로 이에 대한 언급은 피하겠다.

퍼스컴은 이외에도 식품제조공정에서 유용하게 활용할 수 있는 중요한 기능을 발휘할

수 있는데 제측기능, 제측자료의 수집기능, 공정의 제어기능을 수행할 수 있다.

마이크로 프로세서만으로도 자동제어기능을 발휘한다는 것은 이미 상식에 가까운 일인데 마이크로 프로세서를 내장하고 있을 뿐 아니라 풍부한 자료저장 소자(RAM)와 다양한 명령과 프로그램을 갖춘 ROM을 갖고 있는 마이크로컴퓨터는 마이크로 프로세서를 훨씬 능가하는 기능을 갖고 있다. 따라서 마이크로컴퓨터는 그 자체가 훌륭한 공정제어기로 사용할 수 있는 것이다.

마이크로컴퓨터 중에는 제어 전용인 것도 있으나 어떤 면에서는 일반 마이콤이 이미 개발된 소프트웨어(software)를 이용할 수 있다는 점에서 더 편리할 수도 있다.

### 3. Microcomputer의 연구실례

다음에 소개하는 몇가지 공정은 저자의 연구실에서 시스템 개발에 성공한 것들이다.

#### (1) 식품의 열풍건조의 컴퓨터 자동화

식품의 열풍건조는 열풍을 식품에 접촉시켜 수분을 제거하는 공정으로써 각종 농산물이나 식품제조시설에서 자주 쓰이는 공정이다. 건조기로는 그 종류가 다양하나 건조실, 열풍공급장치, 온도제어장치, 송풍기 등을 기본적으로 갖추고 있으며 건조과정에서 온도와 풍량을 적절히 제어할 수 있을 때 에너지와 노동력

을 절약할 수 있고 품질을 향상시킬 수 있다.

다음 그림 1은 드럼형 고추건조기로써 열원으로 태양열 집열판(5m<sup>2</sup>)과 보조히타(3~10kw)를 써서 가열공기를 얻고 이것을 송풍팬(1/2Hp)으로 건조실(고추 40kg)에 보내어 건조하도록 구성하였다. 한편 드럼은 모터에 의해서(5~12rpm)으로 회전토록 하였다.

드럼형 고추건조기는 半切된 고추가 드럼(多孔철망드럼)에서 회전하도록 하여 고추씨를 제거함과 동시에 건조시간별로 건조온도를 일정한 값으로 조절토록 함으로써 건조속도를 높이고 良質의 건조고추를 생산하는 건조기이다.

건조에 필요한 주열원은 태양열 집열판에서 얻고 미리 설정한 건조실의 온도보다 낮게 열이 공급될 때에 한해서 보조히타를 작동시키며 일정한 건조속도를 유지하도록 열풍송입량을 제어한다. 그리고 드럼의 회전속도를 제어하여 품질의 손상을 최소화 한다.

여기서 사용된 마이크로컴퓨터는 Apple(48K)이었으며 온도센서는 pt-100 서미스터를, 접속(peripheral interface)시스템은 자체제작하여 사용하였다. 제측된 온도, 습도, 드럼의 회전속도는 Multiplex(順次 開閉) IC 칩을 써서 수초내에 디스크 드라이브(disk drive, 자료 저장 시스템)에 저장하고 필요에 따라 확인(display), 분석(Analysis)하도록 하였다.

송풍량의 제어는 비례 제어하도록 하였으며 컴퓨터 출력신호값에 전류가 비례하여 팬에 공급하도록 하였고 여기에는 TRIAC(Thyrister)

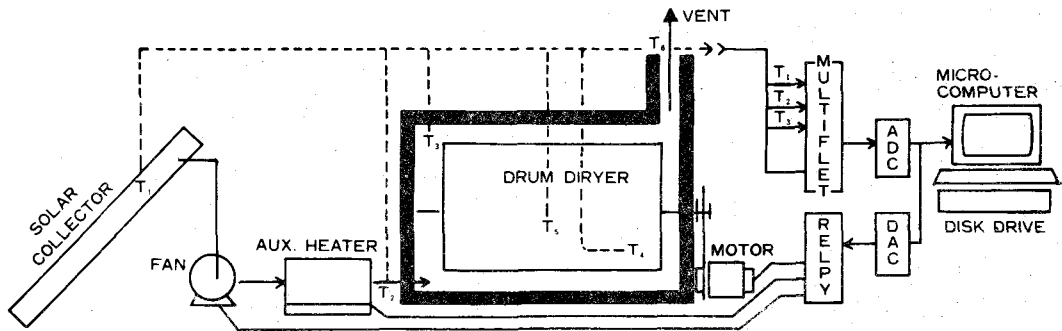


그림 1. 식품건조의 마이크로컴퓨터 자동화시스템

이 사용되었다. 본 시스템 구성에 필요한 각종 IC칩은 국내 市中에서 모두 구입가능하였다. 전조기와 이것을 제어하는 마이크로컴퓨터 사이의 거리는 10m에서 수행하였던 바 자료의 전송과 동력제어에 어려움 없이 모든 시스템이 8개월째 가동하고 있다.

(2) 장유용 고지 제조 공정의 컴퓨터 자동화

종국은 온도, 습도가 잘 제어되는 상태에서 제조될 수 있으며 잡균에 의한 오염을 방지하여야 한다. 따라서 오염원이 될 수 있는 곡자실 문의 개폐, 작업인 출입이 엄격히 제한되어야 하는 특징을 갖고 있기 때문에 無人管理 시스템은 필요하며 컴퓨터 자동제국시스템은 각종 발효 및 이와 유사한 공정들에서 널리 활용될 수 있을 것이다.

다음 그림 2는 현재 연구중인 자동제국 시설로서 곡자실의 온도, 습도를 최적화할 수 있도록 프로그램(software)를 작성하고 곡자의 무게계측기, 무균공기 송입용 컴프레서 습윤공기 발생기, 가열히터 등에 마이크로컴퓨터를 접속시키는 하드웨어(hardware)시스템을 제작 설치하였다. 본 시스템은 곡자상자내에 thermocouple을 장착하여 품온을 계측하고

동시에 곡자상자의 중량을 계측하므로써 보다 정확한 제국과정을 이해할 수 있도록 하였다. 무게의 계측에는 스트레인 게이지(strain gauge 120ohm)을 사용하여 제작하였다. 여기에는 Apple II, 64K 퍼스컴과 디스크드라이브, 모니터, PRINTER 등이 접속되어 제국상황을 항상 관찰하고 그 결과를 수록, 분석, 제어할 수 있도록 하였다. 사용된 균주는 Asp. oryzae 이며 보리를 제국 원료로 사용하고 있다.

(3) 마이크로컴퓨터를 이용한 감압공정의 자동제어

감압공정은 식품산업에서 감압건조, 감압농축, 냉동건조시설 등에서 많이 이용되고 있다 이들 공정들은 공정조건을 그대로 유지한 상태에서 시료의 채취 등이 불가능하거나 극히 어려운 공정들이다. 또한 압력의 계측 이외에 신호전달시스템(Transducer)들이 요구된다. 그러나 몇개의 IC칩을 압력계기에 부가설치하면 별도의 압력 transducer 없이도 압력의 기록과 제어를 수행할 수 있다.

그림 3은 감압건조기에 온도, 압력, 무게 계측용 센서를 개발, 제작설치하여 이를 마이크로컴퓨터의 접속시스템에 연결시킨 상태를 나타내고 있다.

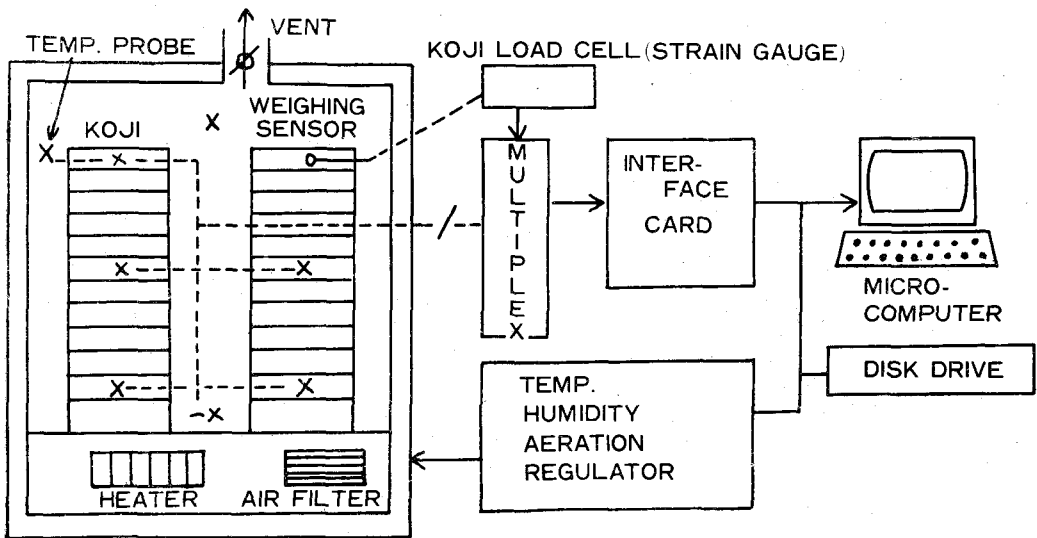


그림 2. 제국공정의 컴퓨터자동화 시스템.

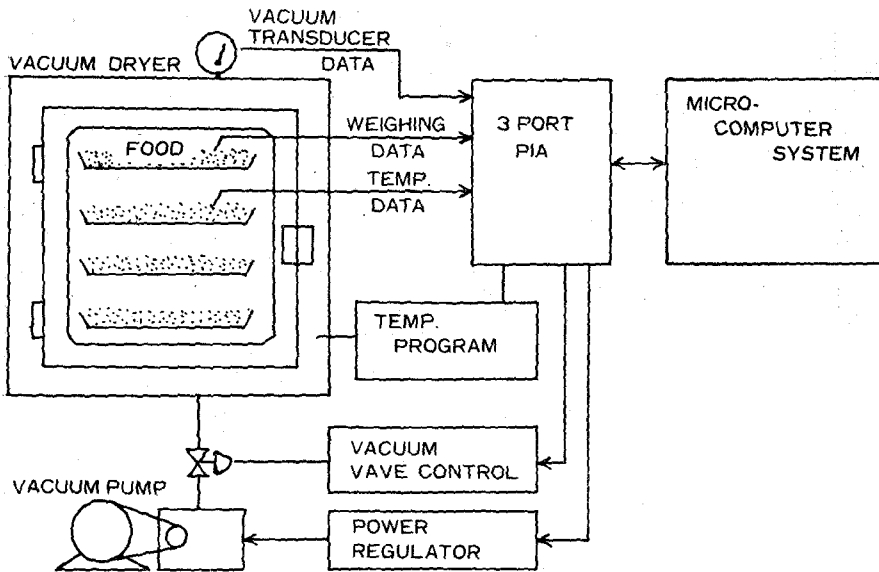


그림 3. 감압건조 공정의 마이크로컴퓨터화

접속시스템은 programable 접속전용 chip, 0808 DAC, 1458p Op. Amp. strain gauge 등이 사용되었고, 6502 cpu를 내장한 Apple 기종을 사용하였다.

#### 4. Microcomputer 자동화가 가능한 식품제조 공정들

앞에서 마이크로컴퓨터는 중앙처리장치인 마이크로 프로세서와 여러가지 유용한 프로그램을 풍부하게 실어 놓는 RAM과 ROM을 갖고 있다. 그리고 이것을 몇개의 식품제조공정에 성공적으로 응용되고 있는 실례를 소개하였는데 이 밖에도 식품제조분야에 응용할 수 있는 공정들은 상당히 많다.

단지 식품이란 특수한 物性과 관련, 공정의 기구를 파악하고 여기에 적합한 접속(interface)시스템을 마련한다는 조건이 선행된다. 이는 마치 식빵을 절단하는데 철판을 절단하는 선반기를 사용하여서는 곤란하다는 것과 비유할 수 있다.

따라서 Microcomputer 자동화의 연구방향은 식품물성의 정확한 계측용 sensor와 여기

서 얻어지는 전기적 신호를 컴퓨터에 맞도록 조절하는 일이다. 이와 같은 연구는 첨단과학의 총아인 컴퓨터를 식품제조공정에 적극 도입할 수 있는 중요한 발판을 마련할 것이다.

식품관련 공정이나 시설에서 마이크로컴퓨터를 활용할 수 있는 경우들을 들어보면 다음과 같은 것들이다.

- ① 식품건조공정의 자동화 : 온도, 풍량, 건조속도의 조절 및 자동화
- ② 배양공정의 자동화 : 목자 및 액체배양의 환경제어의 자동화
- ③ 製茶 공정에서 커피의 배초 및 추출공정의 제어 및 자동화
- ④ 저장시설의 관리 : 저장고 내 온·습도 및 物質變化의 감지 및 제어, 저온창고 및 싸이로 관리
- ⑤ 원료 및 제품운반 시스템의 제어 : 원료 및 제품 이동량의 자동제어
- ⑥ 포장 : 포장기의 자동화 및 포장상태의 감지 및 제어
- ⑦ 원료의 배합 및 분쇄 : 제과 및 제빵 공정 중 원료배합 공정의 제어 및 자동화
- ⑧ 원료 및 제품선별 : 원료나 제품의 물리

적 성질(밀도, 크기, 중량, 선택)의 감지결과에 따른 선별기능의 자동화

⑨ 제측기의 디지털(digital)화 및 데이터 수집의 자동화 : 제측에서 얻어지는 신호를 디지털 신호화하여 컴퓨터에 입력하므로써 별도의 기록계를 사용하지 않고 자료를 수집한다.

⑩ 식품연구에의 활용 : 번잡한 측정 방법들을 자동화하고 그 결과를 분석하는 역할을 감당할 수 있고, 각종 Simulation을 수행할 수 있다.

⑪ 공정의 원격제 : 전화 또는 무선통신 및 선국방식을 응용하면 공정의 원격제어, 관리에 활용할 수 있다.

### 5. 마이크로 컴퓨터의 구조

마이크로 컴퓨터는 그림 4와 같이 마이크로 프로세서(Mpu)를 중심으로 RAM(random access memory)와 ROM(read only memory)를 전선으로 연결해 놓은 장치이다. 그리고 의

부와 대화할 수 있는 장치인 INPUT(외부에서 MPU에게)와 Output(MPU에서 외부에게) 장치(I/O-Device)를 설치해 놓은 것이다.

① MPU: MPU는 가감산과 같은 연산을 하거나 크기를 비교하든가 자료를 받아드리고 내보내라는 등의 각종 명령을 총괄하는 중앙처리장치(Cpu)의 역할을 한다.

② ROM과 RAM: RAM은 자료를 저장할 수 있는 노트북(note Book) 또는 공장의 창고에서 해당하는 부분이다.

ROM은 RAM과 같이 자료의 저장기능은 같으나 읽을 수만 있고 써 넣을 수 없다는 점이 다르다. 이는 RAM이 노트북에 해당된다면 ROM은 인쇄된 교과서에 해당된다. ROM에는 마이크로컴퓨터를 작동할 수 있는 다양한 명령들이나 중요 프로그램(program)이 들어 있다. 공장에 비유한다면 식품의 배합비율, 공정도, 제법, 제조원가, 산출법 등이 들어 있다고 볼 수 있다.

③ I/O DEVICE(入出力 장치) : 사람이 마

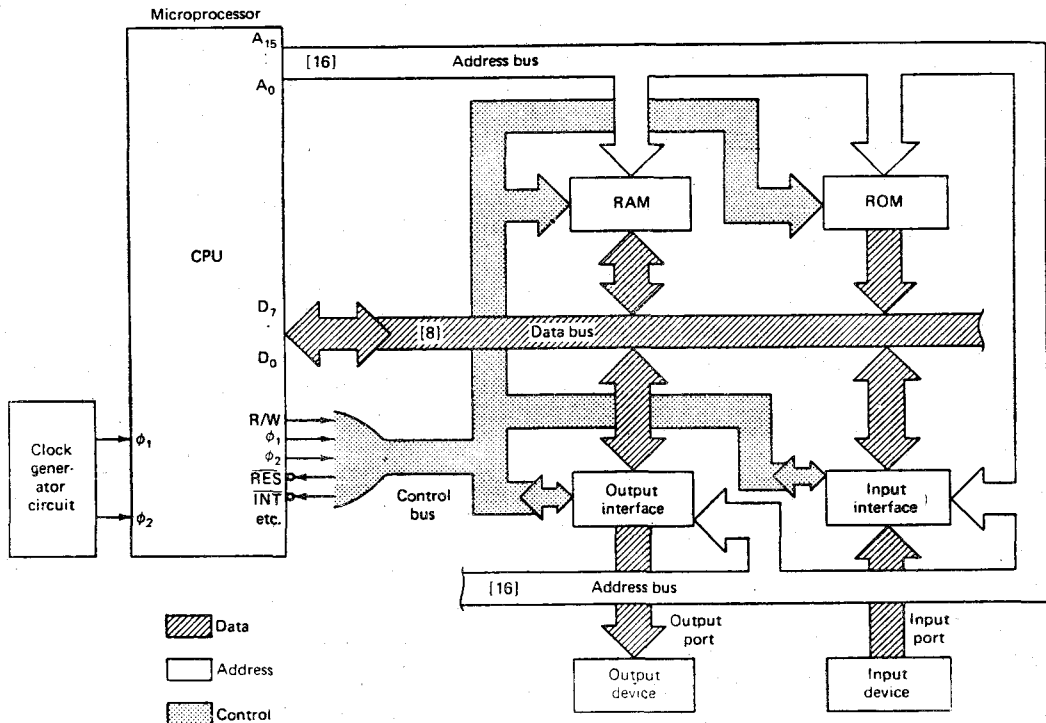


그림 4. 마이크로컴퓨터의 기본구조(b)

이크로컴퓨터를 다룰 때 MPU에게 지시를 내리거나 지시한 결과가 사람이 볼 수 있도록 하는 Keyboard(字版)이나 프린터, CRT(모니터 스크린)과 같은 장치들이다.

④ CLOCK(시계) : MPU 자체 또는 RAM 및 ROM들간의 명령의 발동, 수행, 자료의 교환 등에 필수적으로 따라야 하는 순서, 질서, 시간, 배당 등을 지켜야 하는데 이 경우는 기준이 되는 시계가 필요하다. 마이크로컴퓨터는 자료의 처리속도가 빠른 것이 특징인데 보통  $\mu s$ (micro second)단위를 쓰기 때문에 6502 Z-80, 8080, 6800, 8085같은 MPU는 수 MHZ의 Clock Signal에 의하여 작동된다.

⑤ Address Bus, Data Bus: 마이크로컴퓨터에서 MPU, RAM, ROM, I/O DEVICE 사이에 자료(명령, 자료 등) 교환은 전선으로 연결된 선(bus라고함)을 따라 이루어진다.

⑥ 정보의 교환 : 사람과 사람 사이의 정보의 교환은 언어라는 수단을 통하여 이루어지는 것 처럼 컴퓨터와 사람, 컴퓨터와 工程간의 정보교환은 컴퓨터가 이해하는 특수한 언어를 사용한다. 컴퓨터가 이해하는 언어는 0과 1이라는 2개의 숫자만으로 이루어진 2진법으로 이루어졌다. 0과 1의 여러가지 조합은 약속어하에 따라 어떤 것은 "A" 그리고 어떤 것은 "B"라고 정해 놓을 수 있는데 이런 언어 코드를 ASCII code라고 하며 컴퓨터와의 대화는 일련의 ASCII code의 조합으로 이루어진다.

따라서 if temperature over  $100^{\circ}C$ , off power라는 대화를 할려면 0과 1을 얼마나 많이 반복사용하여야 할 것인지 쉽게 짐작할 수 있을 것이다. 그러나 microcomputer는 1bit의 정보를 처리하는데 수  $\mu s$ (마이크로 sec) 밖에 소요되지 않으므로 순식간에 대화를 완료할 수 있다.

2진법으로된 언어는 8진수, 10진수 및 16진수 언어로도 표현될 수 있는데 마이크로컴퓨터의 CPU인 microprocessor는 이들 언어(기계어라고함)를 이해할 뿐이다. 그러나 기계어는 어디까지나 우리에게는 또 다른 외국어에

해당하므로 최소한 영어만으로도 일을 시킬 수 있는 언어를 개발할 필요가 있다. 이와 같은 언어가 고급어인데 BASIC, FORTRAN, PASCAL 등이 이에 속한다. microcomputer는 기종에 따라서 이들 언어도 해독할 수 있는 명령해독시스템(instruction decoder system)을 갖고 있다. 즉 마이크로컴퓨터의 작동에 필요한 이들 명령어들은 ROM에 내장되어 있기 때문에 기본적인 기능면에서 대형 또는 소형 컴퓨터와 같은 요령으로 사용할 수 있다.

## 6. 마이크로컴퓨터 인터페이스 시스템

마이크로컴퓨터는 디지털(digital)시스템이나 공정의 계측신호나 동력 등은 아날로그(analog)시스템이다. 그리고 마이크로컴퓨터는 일정한 전압과 전류만을 허용한다. 그리고 clock이란 신호주기에 의하여 작동한다. 따라서 공정의 어떤 신호를 컴퓨터와 접속시켜 대화 또는 정보를 주고 받을려면 알맞는 접속시스템 회로가 요구된다.

그림 5는 공정의 계측자료의 수집과 제어를 위하여 설계 제작된 접속시스템(interface system)의 구성을 보여주고 있다. 여기서 주요 구성요소를 간략히 설명하면 다음과 같다.

① SENSOR: 공정계측에 사용되는 SENSOR는 온도, 압력, 무게, 성분농도 등을 전기적 신호(electrical signal)로 변환할 수 있는 것이면 된다. 주로 전압, 전류, 저항신호로 얻어진다.

② Multiplex: 多點 계측시 순서(sequence)를 설정함으로써 여러 공정 또는 여러개의 변수를 순차적으로 컴퓨터와 접속시켜주는 역할을 한다.

③ A/D converter: 공정으로부터 계측되는 신호는 analog 신호인데 컴퓨터는 digital시스템이므로 analog를 digital로 바꾸는 역할을 한다.

④ interface chip: 마이크로 컴퓨터의 신호는 0~5V의 직류전원으로 작동되며 address

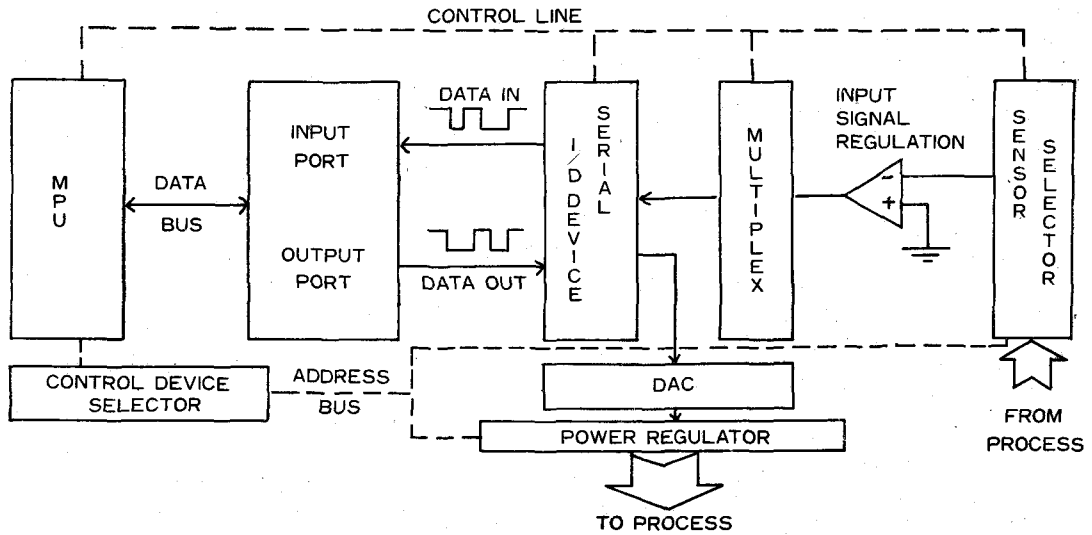


그림 5. Microcomputer와 工程간의 interface system

data bus는 이전압을 갖는 수  $\mu A \sim mA$ 의 전류만을 허용한다. 뿐만 아니라 I/O는 MPU가 설정한 clock cycle에 의하여 지배되기 때문에 마이크로 컴퓨터에 외부신호를 入, 出力시킬 수 있는 접속시스템(interface system)이 필요하다.

각종 MPU에 알맞은 interface chip이 시판되고 있으며 入力 port, 出力 port로 구성되어 있으며 Mc6850, 6821 등을 들 수 있다.

⑤ DAC: digital analog converter로 A/D converter와 반대의 기능을 갖고 있으며 실제로 공정을 제어하기 위해서는 필요한 소자이다.

⑥ Relay: 工程의 조작단(스위치, 밸브)을 작동하는데는 상당히 큰 힘이나 동력이 요구된다. 따라서 공정에 따라서 몇단계의 relay들을 사용하지 않으면 안될 때가 많다. 특히 비례제어를 필요로 할 경우는 SCR(TRIAC등)과 같은 無接點 relay들이 사용된다.

## 7. 結 言

우리나라 식품산업은 국가경제에서 큰 비중

을 차지하고 있으나 수출전략산업이 되지 못한 관계로 자연발생적 성장과 발전만을 기대할 뿐이며 좁은 국내시장을 상대로 지나친 판매경쟁에 심혈을 쏟고 있는 실정이다.

TV화면에 전근대적 생산시설이 불량식품과 같이 등장할 때마다 민망한 느낌이 들며 식품산업체와 소비자에게 이익을 줄 수 있는 컴퓨터화된 공정이 하루 속히 널리 보급되기를 식품관련 연구자의 한사람으로서 바램이다.

자동화 시설이 설치된 공장을 보면 관련공정이 자동화 되지 않은 관계로 생산성을 제대로 높이지 못하고 있는 경우가 많다. 게다가 대부분의 자동화 시스템은 외국수입품이며 각종 전시회에 출품된 제품도 외국 것이며 국내 업체는 기술제휴로 신제품을 개발하기보다 기술제휴 회사의 대리점역할 밖에 못하고 있다는 것은 안타까운 일이다.

식품산업에 활용되는 첨단기술이란 국내기술로도 충분히 해결할 수 있는 부분이 많기 때문에 우리나라도 산·학협동적 정신에서 약간의 노력만 경주한다면 공정의 기술개선에 많은 효과를 거둘 수 있다고 본다.