

# μ-processor를 이용한 중소기업형 공장 감시 시스템 개발 Development of μ-processor based Monitoring system

김선오(삼성전자), 최동엽(대림전문대), 김문경(한국기계연구원), 김두형(한국기계연구원)  
S.O.Kim(Samsung Electronics), D.Y.Choi(Daelim College),  
M.K.Kim(KIMM). D.H.Kim(KIMM)

## ABSTRACT

This paper presents the automatic monitoring system for the small and medium sized manufacturing system. The monitoring system was composed of main controller, network card and monitoring sub controller for the unit machine. PC was used for the main controller and monitoring controller, which has the same hardware with the network card, was developed using Intel 80196 microprocessor.

Key Words : monitoring system(감시 시스템), microprocessor(마이크로프로세서)  
field bus(필드 버스), RS422/485

### 1. 서론

최근 들어서 공장 자동화의 효용성에 대한 인식이 높아짐에 따라 많은 생산 시스템들이 자동화되고 있다. 경우에 따라서는 특정 제품을 생산하기 위한 자동화된 생산 line을 완성된 형태로 도입하기도 하지만, 경우에 따라서는 이미 자동화된 단위기계를 통합하여 공장 자동화를 추진하기도 한다. 개별적으로 자동화된 단위기계를 보면 대체적으로 그림 1과 같은 구성을 보이게 되는데, 이와 같은 단위기계를 통합하여 자동화를 추진하는 경우에는 다음과 같은 문제점이 발생하게 된다.

- 단위기계만을 위해 제어계를 설계한 관계로 외부 통신에 대한 수단이 없다.

- 제어기(PLC)의 입출력부가 거의 여유분이 없이 제작되어 추가 기능을 부가하기가 불가능하다.

- 각 단위기계마다 PLC의 기종이 달라 software 개발에 큰 어려움이 따른다.

- 통합컴퓨터와 단위제어기 간의 통신 수단이 없어서 상태정보 입수 및 제어명령 전달 불가능하다.

이와 같은 상황에서 중소 기업 형태의 생산 공정 전체에 대한 monitoring system을 구축하고 통합 제어에 의한 생산 system을 구현하기 위해서는 이미 설치되어 있는 단위기계 제어기의 기종에 관계없이 사용할 수 있는 network system 및 통합 제어를 위한 주제어기를 필요로 하게 된다.

본 연구에서는 개별적으로 자동화된 단위기계를 통합 제어 및 감시하기 위한 1차 단계로서, 단위기계 감시용 제어기, system 주제어기, network card 등으로 구성되는 공장 monitoring system을 개발하였다.

현재 프랑스 독일 등에서 위의 목적에 사용할 수 있는 여러가지 field bus들이 개발되고, 상용화 되고, 표준화 되었다. 지금 표준화 된 몇개의 field bus중 본 연구와 비슷한 유형을

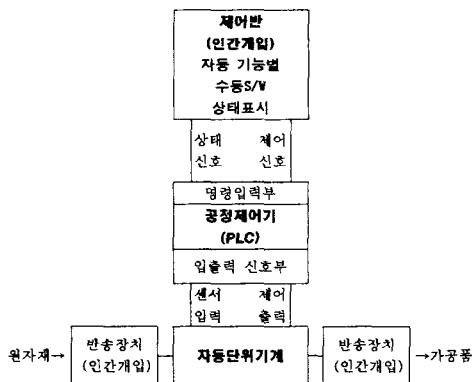


그림 1. 자동화된 단위기계의 구성도

비교하면 아래의 표와 같다[1].

표1. 대표적인 Field Bus 비교

Field명	FIP	Profi Bus	본연구
제안국	프랑스	독일	한국
속도	최대 2.5Mbps	최대 500Kbps	최대 200Kbps
전송매질	동축 cable	동축 cable	RS422
최대 Node 수	64/32768	32/8128	32
통신 방법	Token Pass	Token Bus	Interrupt Drive

위의 표를 보면 본 연구는 기존의 field bus와 속도 및 최대 node 수에서 취약하나 통신매질로서, 시중에서 쉽게 구할수 있는 상용의 선을 사용하여, 구성가격 및 설치 비용이 저렴하여 전면적인 LAN 구성을 하지 못하는 우리나라의 중소기업의 실정에 적합하다고 할 수 있다.

## 2. 시스템 구성

독립적으로 개발된 자동화된 단위기계는 그림 1에서와 같이 제어반 및 반송 장치에 수동작업이 되어야만 한다. 본 연구에서는 그림2와 같이, 제어반에 단위 기계를 감시할 수 있는 supervisor를 설치하여 주제어기에서 network을 이용하여 단위 기계에 대한 제어 및 감시가 가능하도록 하였다.

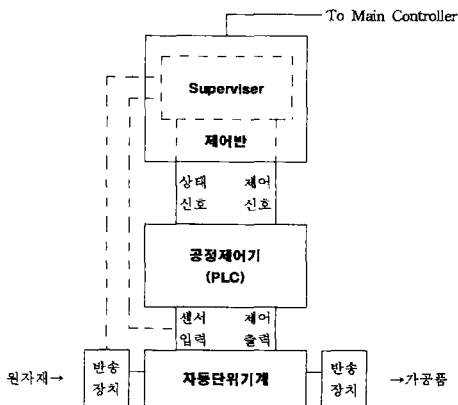


그림 2. 단위 기계 제어기의 통합 제어

## 2.1 시스템 주제어기

시스템 주제어기는 감시, 통제, 경보의 기능을 갖도록 하였다. 감시 기능은 각 단위 기계의 programming과 운전 상황의 표기 기능을 포함하고, 통제 기능은 단위 기계 제어기의 작업 개시 및 정지 기능을 의미하며, 경보 기능은 단위 기계에서 발생하는 비정상 상태에 대한 경보 기능을 의미한다.

이와 같은 기능과 man-machine interface를 담당하는 주제어기는 PC를 사용하여 구성하였으며, 그 주요 제원은 다음과 같다.

- CPU : Pentium 90MHz
- Main memory : 16Mbyte
- 사용 OS : win95

## 2.2 단위 기계의 감시용 제어기

80196KC 16비트 마이크로 프로세서를 기반으로 하는 마이크로 컴퓨터로서 단위 기계의 PLC에 대해서는 Supervisor가 된다. 통합용 컴퓨터와는 RS422로 Network을 구성하여 PLC의 입출력 단자에 연결하여 작동 상태를 감시하게 되고, 제어반 수동 조작 스위치에 전환 장치를 하여 통합 컴퓨터의 명령을 supervisor를 통해 PLC를 조작할 수 있게 된다. 전후 공정과의 연결을 위하여 전단의 작업 완료 신호를 받아 이송 기구를 조작하여 가공물을 기계에 옮기고,작업이 끝나면 완료 신호를 후단에 전하게 된다.

단위 기계 감시용 제어기의 제원은 다음과 같다.

- CPU : 80196KC, 16MHz
- Memory : 512Kbit ROM,256Kbit SRAM \*2, 2Kbit Dual port memory
- 주변 port : RS422/RS485 serial port
- I/O 제어용 8bit BUS
- 80196 CPU port

## 2.3 통합 컴퓨터의 Network card

단위 기계 감시 제어기와 주제어기의 통신을 위하여 사용되며 단위 기계 감시 제어기와 동일한 hardware를 사용하며, 통신을 위한 program이 내장되어 있다.

## 3. 감시 제어기 hardware

감시 제어기는 통신 card와 외부장치(공장의 장비를 운용하는 PLC등)를 연결하기 위한 I/F board로 이루어져 있다. 통신 card는 PC에 장착할수 있도록 하기 위하여, ISA BUS의 card edge형태의 connector를 가지도록 구성

하였으며, stand alone으로도 사용할 수 있도록 하기 위해, 별도로 외부 전원connector를 설치 할수도 있도록 하였다.

통신 card는 intel 의 one-chip controller 80196KC를 CPU로 하고, 프로그램의 대부분은 200Kbps등의 고속 통신을 담당하기 위해 assembler로 작성하였다. CPU의 clock은 16MHz 속도를 가진 수정발진자를 사용하였고, zero-wait 구조의 하드웨어를 이용하여 80196KC의 최대 속도를 내도록 하였다. 80196KC는 고성능의 CPU로서 일반적으로 servo motor제어에 사용되며, instruction의 수행속도는  $1\mu\text{sec}$  정도이다. 또, Intel 80196의 통신 mode 2와 3을 사용하여 고속통신을 구현하였다[2].

Zero-wait의 하드웨어를 구현하기 위하여 PLD를 사용하였으며, I/F board를 위한 8bit I/O BUS를 제외한 부분에 대해서는 buffer를 사용하지 않는 설계로 회로를 최소화 하였으며, 80196KC의 CPU와 EPROM(120n-sec), SRAM(70n-sec), 그리고, 통신 port 만으로도 본 연구에서 필요한 대부분의 기능이 구현되었다.

통신 card에는 64Kbyte의 OS ROM(8bit)과 32Kbyte SRAM 2개(64Kbyte,16bit)가 장착되어 있다. 80196KC의 물리적인 memory 영역이 64Kbyte이기 때문에 ROM과 RAM의 영역 중 일부는 사용을 제한 하였다.

통신 card의 memory map은 00H 에서 1FFH 까지는 80196KC내부 RAM의 영역이고, 200H는 외부I/O (8bit I/O port)의 address 영역이다. 300H는 외부 I/O port를 활성화 하는 port이다. CPU가 reset되고나서 이address를 access 하지 않으면 외부 I/O는 가동되지 않는다. 이는 CPU의 reset기간중 외부 I/O의 오동작을 예방하기 위한 것이다. 400H에서 7FFH 까지는 dualport RAM영역으로서 PC와의 통신에 사용되는 영역이다. 2000H번지에서 7FFFH 까지는 OS가 들어 있는 ROM이다. 마지막으로 8000H 에서 BFFFH 는 프로그램과 data 및stack이 존재하는 RAM 의 영역이다.

통신 card는 PC에 내장시 ISA slot BUS를 통해서 전원을 공급 받으며, stand alone으로 사용할 경우는 power 코넥터를 통해서 전원을 전달 받는다. PC에 내장하여 사용할때는

dualport RAM을 통하여 data를 PC와 주고 받으며, 통신 방식은 기본적으로 interrupt를 사용하는 handshaking을 행한다(PC 의 D-segment 사용). dualport RAM은 RAM의 제일 상위 번지에 data를 써넣으면 PC에서 80196KC로 interrupt를 보내고, 다음 번지에 data를 써넣으면 80196KC에서 PC로 interrupt가 전달된다.

통신 card는 변형된 RS422/485 port로 80196KC의 특성을 이용하여 200Kbps의 통신을 한다. 통신 port의 입,출력 회로에 보호 회로를 부착하여 신뢰성 향상시켰다.

장비에 장착되는 통신 card는 8bit I/O bus를 가지고 있어서, 장비에서 나오는 digital / analog 신호를 받을수 있도록 되어 있다. 이 8bit I/O bus의 구조는 8bit의 어드레스 버스와 8bit의 데이터 버스, read, write, 하나의 인터럽트 그리고 외부 강제 reset 의 간단한 구조로 되어 있다. 이 8bit I/O bus는 통신 card에서 I/F board로 26pin의 flat cable로 연결하여 최대 2048 I/O 접점을 access 할수 있다.

#### 4. 통신 환경의 구현

본 연구에서는 전송 매질로서 shield된 twist pair선을 사용하였다. 이것은 동축 cable 및 통신용 UTP(unshield twist pair) 그리고 광 cable에 비해 가격이 싸고, 구하기도 쉽다. 그러나, 통신에서 필수적으로 요구되는 cable의 특성 impedance를 만족하지 못한다. 원칙적으로 통신 line은 종단저항으로서 동축 cable의 경우 50 ohm, UTP의 경우 75-150 ohm 등을 사용 하고, 종단이 일어나는 경우에 한해서 설치 해야 한다. 본 연구에서는 각 통신 board 상에 종단 저항을 설치 하여 전파의 반사를 막고 있다. 종단저항은 220 ohm을 사용하였고, balance line이 공통적으로 가지고 있는 floating시 noise입력 문제를 막기 위해 board별로 4.7K ohm의 pull up 및 pull down 저항을 사용하였다. 또, 출력쪽에는 device의 보호를 위해 직렬로 33 ohm을 삽입하였으며, 입력쪽에는 device의 보호를 위해 10K ohm 저항을 삽입하였다. 또, 신호선의 양단간에 역방향으로 zener diode를 삽입하여 만약에 있을지도 모르는 AC 전원의 입력에

대비했다.

본 연구에서 사용한 topology는 비교적 가격이 저렴하고 간단한 구조인 bus구조를 채택하였다[3]. 보통, 간단한 통신에서 bus구조를 채택한 system을 보면 multidrop을 많이 사용한다. 본 연구에서도 역시 multi drop을 사용하였다. 그러나, 보통 multi drop을 사용하는 system에서는 하나의 bus선에 여러개의 장비들이 입 출력이 맞물려 연결되어 있는데 반해, 본 연구에서는 master의 출력이 각 device의 입력으로 연결되고, 각 device의 출력들이 한데모여 master의 입력으로 들어가는 구조를 택하고 있다. 이 구조를 사용하면, master / slave 구조가 확실하며, 통신장애시 master에서 통제할수 있고 broadcast 기능을 쉽게 구현할수 있다.

그림 3은 본 연구에서 사용한 방법이다.

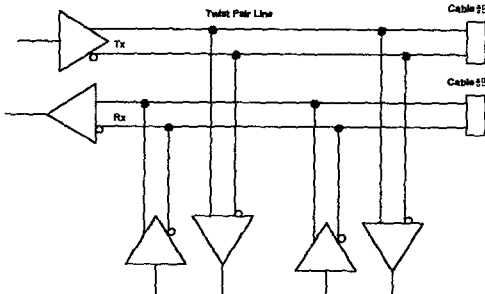


그림 3 변형된 RS422 통신방법

본 연구에서 사용된 network의 통신제원은 아래와 같다.

- 통신 속도 : 200K bps
- Frame 형태 : 1 start bit, 8 data bit, 1 stop bit, 1 control bit
- topology : bus 형태
- 최대 연결 node 수 : 32
- 최대 network 길이 : 2000m
- 통신 방식 : master의 requst에 의한 각 node의 response전송 방식, RS485 변형, multi drop

통신 protocol은 기본적인 protocol과 마찬가지로 통신 header, 통신 body(data), 통신 tail을 가진다. 통신의 header는 제일 간단한 구조를 채택하여 대상 address, body data 길이 및 header check sum 으로 구성하였다. header에 check sum을 넣은 이유는 본 통신이 완벽한 packet 통신을 지원하지 않는 간이

형 통신 이기 때문이다. 만일 정상적인 packet을 지원하는 통신 방식을 사용한다면, 상용의 LAN card 를 사용하여 network를 구성하는 것이 훨씬 유리하다. 그러나, 저가격, 신뢰성, 간단성을 모두 만족하는 조건을 가진 network를 구성하기 위해서 본 방법을 사용하였다.

Address field의 구성은 Address field중 MSB 3 bit로 명령의 종류를 구분하고, 나머지 5bit로 대상 address를 결정했다. 본 연구에서 사용한 예는 아래 표 2과 같다.

표 2. Address field 구성

MSB	나머지 bit	설 명
000	Address field	상위 3 bit가 000일 경우는 일반적인 통신을 수행한다.
101	Command	상위 3 bit가 101일 경우는 broadcast로서 모든 system에 command가 전달된다. 특히 command가 '01010' 일 경우는 모든 system을 reset 한다는 의미이다. 보통의 경우 command가 '00000' 이다.
111	Address field	상위 3 bit가 111일 경우는 해당 address에 해당하는 system이 reset cycle을 수행한다.

PC는 목적 address를 보낸후 항상 1u-sec의 delay를 갖는다. 이것은 목적 address로 지정한 system이 통신 routine( interrupt service)을 종료하고, 다음부터 PC에서 보내오는 data를 빼먹지 않고 받기 위한 준비를 하는 시간을 계산한 것이다. 실제 이 시간의 정당성은 검증되지 않았으나, no-delay로 동작시켰을 경우 통신에 실패하는 사례도 발견되었다. Master측에서 통신을 시작할때, 목적 address를 보내게 되는데, 이때 각 장비에는 interrupt가 걸리게 된다. 각 장비에 설치된 monitor용 micro-processor는 통신 이외에 장비의 실시간 monitoring이 필요 하므로 항상 통신을 쳐다보고 있을수 없다. 따라서, 자신이 통신할때에만 통신을 쳐다보고, 자신이 통신할 때가 아니면, 실시간 모니터링만 하도록 하였다. (80196KC에서 200Kbps의 통신 속도를 내기위해 필요한 조치임)

Body data 길이는 0byte에서 부터 255byte 까지 허용된다. 더이상의 data 교환을 원할때는 한번의 scan을 종료한 후, 다음번 scan에서 처리해야 한다. data길이는 통신의 속도및 유용성에 상당히 영향을 미치는 요소로서 이것을 너무 많이 설정할 경우, 하나의 장비에 통신하는 시간이 많이 걸리고, 너무 작을 경

우 하나의 통신을 끝내는데, 여러번의 scan을 거쳐야 하므로, 시간이 많이 걸린다. 본 연구에서는 data가 대부분 현재 장비의 상태이며, 이 상태는 대부분이 digital bit이다. 실제로 평상시 10byte를 넘지 않았다. 따라서, data 길이는 1byte가 지정할수 있는 최대길이인 255byte로 하였다.

Header LRC는 목적 address, data 길이를 exclusive-or 한 값이다. PC에서 보내는 목적 address 및 data 길이는 상태 monitoring을 하는 micro computer로서는 상당히 중요한 값이다. 따라서, 최소한의 processor 사용으로 최대의 통신을 보증하는 방법으로 header에 대한 LRC check를 실시 하였다. 실제 시험에서는 통신 line의 noise나 기타 원인으로 인한 통신 장애는 거의 없었다.

통신의 제일 마지막에는 항상 check sum이 따른다. check sum은 body data 값을 모두 더하여 16bit 값을 만드는 것으로, 간단하면서도 error의 검증에는 최고의 성능을 가지고 있다고 알려져 있다[4].

장비측의 reply(response)는 master측에서 보내는 통신보다 간단하다. 목적 address가 PC하나 뿐이므로 목적 address는 고정된다. 따라서, data 길이는 변하지만 header의 CRC 검사는 하지 않는다. 하나의 char가 줄어 들므로 해서 그만큼 통신 시간 및 processor의 프로그램 수행을 줄여 준다. 나머지 통신 처리는 master의 통신 방법과 같다.

모든 통신의 시작은 master측에서 시작되며, 각 장비들은 reply로 통신을 마감한다. master는 time out을 가지고 있고, 장비에 요구한 통신이 일정시간(2m-sec)내에 응답이 돌아오지 않으면 그 장비에 대한 통신은 포기하고 다음 장비에 대해 통신을 개시한다. 이와 같은 방법으로 10개의 장비에 대해 20m-sec 단위의 실시간 모니터링을 실현 하였다.

## 제 6 장 결론

본 연구에서는 기존의 자동화 line에 간이형 LAN개념을 도입하여 우리나라 자동화 수준을 한차원 향상 시켰다. 본 과제에서 개발된 방법을 사용하여 자동화 line을 구성하면 아래의 장점이 있다.

- 기존 자동화 설비의 완벽한 사용
- 기존 자동화 설비의 실시간 상태 점검
- 자동화 작업 공정 개선 back data 수집
- 적은 비용으로 중앙 제어식 완전 자동화 공장 가능

본 연구에서 개발된 system은 profi-bus, FIP 등 기존의 규격화된 field bus를 사용하는 방법에 대해 호환성은 떨어지나, 현 중소기업에서 기존에 설치되어 있는 개별 장비 통합제어의 첫번째 시도로서 의미가 깊다. 특히, 정보통신이 새로운 기술로 떠오르고 있는 현대에 있어서, 상용의 LAN제품을 사용하지 않고 통신기술의 기초적인 접근을 시도 함으로써, FA기반 기술의 확보에 중요한 역할을 하였다고 본다. 또한, 통신 기술이 상대적으로 낙후된 우리나라의 중소기업에서 이미 완성된 기술을 도입 함으로서, 중소기업 자체적인 관리가 불가능한 LAN을 구축 하기 보다는, microprocessor 수준의 기본적이고 간단한 방법을 사용하여 간이 LAN을 구축함으로써, 중소기업의 기술을 향상 시켰을 뿐 아니라 장차 복잡한 본격적인 LAN 구축시 중소기업 자체로 관리가 가능하도록 하였다.

### 참고문헌

1. "생산 정보 통신망", 통상산업부, 1995
2. "16bit Embedded Controllers", Intel, 1990
3. Matthew Naugle, "Network Protocol Handbook", McGrawHill, 1993, pp8-16
4. David F. Stout and Miltor Kaufman, "Handbook of Operational Amplifier circuit Design", McGrawHill, 1976