

프로그램형 제어기의 기술현황

權 旭 鉉* · 金 元 哲**

■ 차 례 ■

- | | |
|--------------|---------------------|
| 1. 서 론 | 6. PC의규격 |
| 2. PC란무엇인가? | 7. 프로그램 및 동작 |
| 3. PC를사용하는이유 | 8. PC의 프로세스 제어에의 응용 |
| 4. PC의구성 | 9. 결 론 |
| 5. PC의분류 | 참고문헌 |

① 서 론

1960년대 후반에 릴레이의 대체를 목적으로 개발된 프로그램형 제어기(programmable Controller, 이하 PC라 칭함)는 그 이후 많은 성장을 거듭하여 현재 미국에서만 150종류 이상이 제품화되어 있으며 연간 2억불 가량의 거래가 이루어지고 있다.^{1)~7)}

개발 초창기에는 단지 시퀀스 제어만을 행할 수 있었으나 마이크로프로세서의 개발과 더불어 그 영역을 넓혀가기 시작하여 현재 많은 PC들이 시퀀스 제어외에 연산기능 및 PID 등의 제어 기능등도 포함하게 되었다^{8)~14)}. 또한 PC를 사용할 경우 고장 check가 용이하며^{15)~16)}, 프로그램 작성이 쉬워서 여러부분의 제어기에 대체되고 있다^{17)~28)}.

현재 국내에서도 PC를 개발하려는 노력이 여러군데에서 이루어지고 있다. 본 survey가 PC 개발의 방향을 다스리나마 제시할 수 있기를 바라면서, 될 수록 내용을 상세히 설명하였고 많은 참고문헌을 수록하였다. 본 survey에서는 PC를 사용하는 이유와 PC의 구조,^{8), 27)~30)} PC의 소프트웨어등에 대하여 설명하였으며 기존하는 PC들에 관하여도 설명하였다.³¹⁾

② PC란 무엇인가?

1978년 NEMA (National Electrical Manufacturers Association)은 PC를 다음과 같이 정의 하였다.^{1), 23)}

"A programmable controller is a digitally operating electronic apparatus which uses a programmable memory for the internal storage of instructions for implementing specific function such as logic, sequencing, timing, counting, and arithmetic to control, through digital or analog I/O modules, various type of machines or process.

A digital computer which is used to perform the function of PC is considered to be within this scope.

Excluded are drum and similar mechanical type sequencing controllers".

PC는 다음과 같은 조건을 최대한 만족하도록 제작되었다.

- 1) 제어기 설계를 쉽게할 수 있고 플랜트에 따라서 쉽게 변경하여 사용할 수 있을 것
- 2) 신뢰도가 높을 것
- 3) 보전성이 좋을 것
- 4) 주위환경에 강할 것

* 정회원 : 서울대 공대 제어측공학과 부교수 · 공학박

** 정회원 : 서울대 대학원 제어측공학과

- 5) 잡음에 강할 것
- 6) 값이 싸 것
- 7) 크기가 작을 것
- 8) 규격화되어 있을 것
- 9) 컴퓨터와 정보를 교환할 수 있을 것⁴⁰⁾

모든 PC는 입출력장치, 기억장치, 프로세서, 프로그래밍 언어 및 프로그래밍장치, 전력공급원, housing으로 구성되어 있다.

입력장치로 부터 들어온 데이터는 제어기를 거쳐서 적합한 신호로 변환된 후 출력장치를 통하여 나가게 된다. 이때 제어방법은 프로그래밍 장치에 의하여 기억소자에 기입된다. 각각에 대하여 살펴보면 다음과 같다.

- (1) 입출력장치 : 입력장치는 근접스위치, limit 스위치, thumbwheel, 아나로그 신호등을 controller에서 사용될 수 있는 신호(예컨대 0vdc, 5vdc)로 변화시키는 장치이며 출력장치는 이의 반대 기능을 행한다.
- (2) 기억장치 : 이것은 PC에 control plan 및 이의 수행에 필요한 변수를 기억시키는 곳이다.
- (3) 프로세서 : 프로세서는 기억소자를 스캔하여 이에 해당하는 출력을 출력장치에 내 보내는 기능을 한다.
- (4) 프로그래밍 언어와 장치 : 프로그래밍 언어는 사용자와 PC가 대화하는 방법으로 쉽게 대화할 수 있도록 만들어 주어야 한다.

③ PC를 사용하는 이유

1) PC의 복잡도와 이익과의 관계³²⁾

그림 1은 복잡도와 이익과의 관계를 표시하는 것이다. 하드 와이어드 로직 경우 복잡성이 높아질때 신

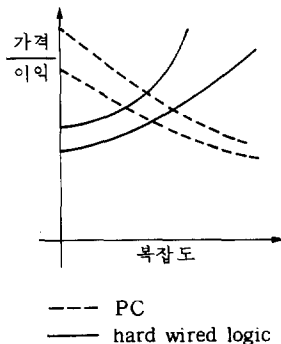


그림 1. 복잡도와 이익과의 관계

뢰도가 낮아지며 개발비, 제품비등이 지수 함수적으로 증가하게 된다. 속도의 경우 하드 와이어드 로직이 뛰어나나 복잡성이 높아지면 수 많은 하드웨어가 사용되어 서로 비슷해진다. 또한 PC는 재사용이 가능하나 하드와이어드 로직은 재 사용이 불가능하다. 이 모든 것을 고려할때 어느정도 이상의 복잡한 제어기를 구성할 경우 PC가 훨씬 뛰어난을 알 수 있다.

2) PC의 우수성

① 프로그래밍 방법

프로그래밍 방법이 쉽다는 것은 상당히 중요한 의미가 있다. 하드 와이어링에 의한 제어기의 구성은 상당한 지식을 가지고 있는 사람들 만이 할 수 있을 뿐 아니라 이를 정확히 구성하는 데에도 상당한 시간이 걸린다. 또한 이렇게 하여 구성한 제어기가 만족스럽지 못하여 변경하고 싶을 경우 거의 전체를 버리고 다시 제작해야 하는 비 경제적인 면도 있었다. PC는 이와 같은 문제를 깨끗이 해결하여 주었다. 먼저 제어기를 소프트웨어에 의하여 구성하므로 변경이 용이할 뿐만 아니라 하드웨어의 낭비가 없다.

프로그램은 릴레이 래더다이아 그램이나 Boolean 식으로 인가 할 수 있으므로 제어기의 설계가 쉽고 알아 보기도 편하다. 그림 2는 그중 한 예인 릴레이 래더 다이아 그램의 예를 표시한 것이다.

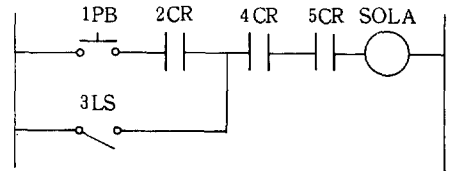


그림 2. 래더 다이어그램

② 고장점검

각 부분을 모듈화하여 고장시 교환이 쉽게 되어 있으며 어떤 모듈이 고장일 경우 그에 해당하는 에러 신호가 발생되어 고장의 발견이 쉽다. PC에 따서는 고장이 발생하면 이에 관한 처방을 알려 주는 것도 있다. 이와 같은 고장신호 및 처방으로 인하여 PC는 meantime between failure (MTBF)와 meantime to repair (MTTR)을 상당히 줄일 수 있다. 보통 사용되는 PC의 MTBF는 8000시간 이상이다.³³⁾

③ 컴퓨터와 인터페이스

복잡한 제어를 행할 경우 컴퓨터와 정보를 교환할 필요가 있다. 이때 적당한 Bus를 사용하여 컴퓨터

와 연결한다.

④ 가격, 면적

어느 정도 이상의 복잡한 제어기를 사용할 경우 값이나 부피를 다른 것들 보다 현격히 줄일 수 있다.

3) 비교

① PC와 컴퓨터와의 차이³⁴⁾

① PC와 컴퓨터는 여러면에서 같은 점이 있다. 이들은 모두 프로그램에 의하여 제어를 하며 가격도 비슷하다. 그러나 사용 언어에 있어서는 PC가 단연 우세하다. 또한 전기적 잡음에 대하여 미니 컴퓨터는 민감하다. 시 때문에 미니 컴퓨터를 전기적 잡음이 많은 플랜트에 사용할 경우 플랜트로 부터 멀리 떨어진 곳에 설치하여야 하므로 시설비도 많이 들고 속도도 늦게 된다. 그러나 PC는 shield가 되어 있어서 잡음에 둔감하다.

실제로 PC와 미니컴퓨터는 서로 Bus를 통하여 연결해서 사용하는 경우가 많다. 이때 미니컴퓨터는 보통 래더 다이어그램의 변환, 제어의 총 감독, PC의 모니터등을 한다.

② PC와 다른 제어기의 비교

표 1은 PC와 릴레이 로직, 솔리드 스테이트 제어 마이크로 프로세서, 미니컴퓨터를 서로 비교한 것이다. ^{8), 35)}

이 외에 마이크로 프로세서에 의한 제어기로 single loop controller라 불리는 것이 있다. PC가 보통 시퀀스 제어에 비중을 두는 반면 이 single loop controller는 산술계산과 아나로그 신호제어에 더

표 1. PC와 릴레이, 솔리드 스테이트 제어, 마이크로 프로세서, 미니컴퓨터의 비교

	릴레이	솔리드 스테이트 제어	마이크로 프로세서	미니 컴퓨터	PC
하드웨어의 가격	낮음	보통	낮음	높음	복잡성에 따라 좌우됨
다양성	낮음	낮음	좋음	좋음	좋음
보존성	좋음	낮음	낮음	낮음	좋음
컴퓨터와 연결	나쁨	나쁨	좋음	좋음	좋음
산술계산	나쁨	나쁨	좋음	좋음	좋음
정보수집	나쁨	나쁨	좋음	좋음	좋음
작업환경	좋음	나쁨	나쁨	나쁨	좋음
실제가격	높음	높음	매우높음	높음	낮음
재사용성	나쁨	나쁨	좋음	좋음	좋음
면적	큼	큼	작음	보통	작음

큰 비중을 두고 있다. 이에 대하여는 5절에서 더 자세히 다루겠다.

4 PC의 구성

PC는 전술한 바와 같이 입출력장치, 기억장치, 프로세서, 프로그래밍장치, 전력공급원, housing으로 구성되어 있다.

이에 덧붙여 BCD 연산 프로세서, 컴퓨터 연결회로, 프로그램 패널 프로세서, 로컬 입출력장치 스킴

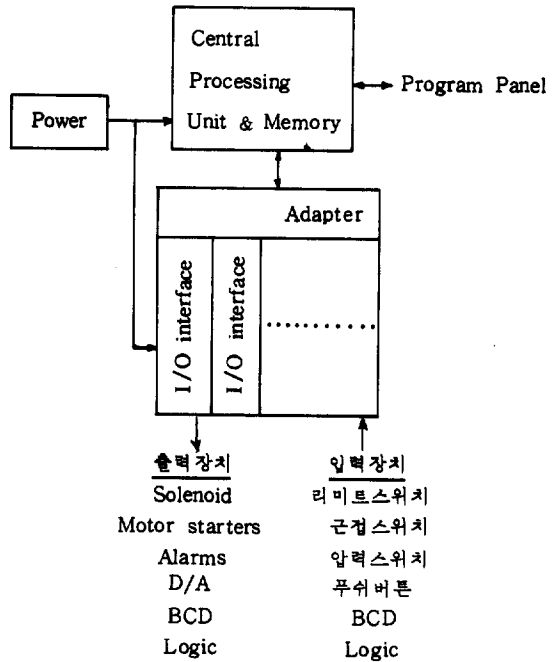


그림 3. PC의 윤곽

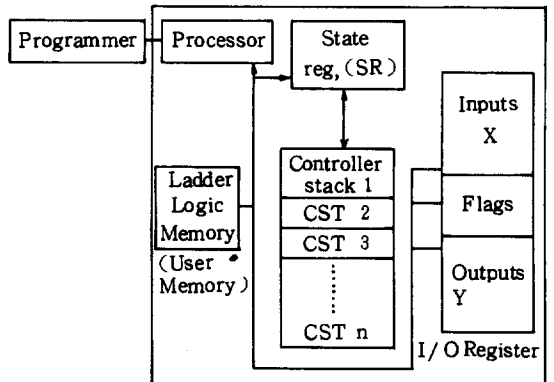


그림 4. PC의 CPU와 메모리 부분

너들이 붙어 있는 것도 있다. 전체적인 윤곽은 그림 3과 같다.³⁶⁾ 이중 CPU와 메모리부분을 자세히 그리면 그림 4와 같다.

각 부분에 관하여 설명하면 다음과 같다.

- ① User Program memory : 래더 로직 명령을 저장한다.
- ② State reg, Controller stack : 프로세서가 프로그램 수행도중 다수의 User 명령의 상태를 저장하는데 사용된다.
- ③ 프로세서 : 프로그램의 진행중 user program의 수행을 관장한다. 프로그램이 시작할때 I/O register (IR)의 input 을 스캔한 뒤 프로그램을 수행하여 출력 측(Y)으로 내보낸다.
- ④ I/O Register : IR은 RAM으로서 모든 입출력과 control relay의 상태를 저장한다. 프로그램 스캔이 시작할때 입력의 상태가 이곳에 저장되고 프로그램 수행 끝에는 새로운 출력이 이곳에 저장된다.
- ⑤ 입출력 부분²³⁾

입출력 부분은 플랜트에서의 신호를 제어기에 적합한 신호로 바꾸고 제어기의 신호를 플랜트의 신호로 바꾸는 곳으로 제어신호와 PC를 격리시키는 역할도 한다. 출력단은 대체로 optically isolation 시킨다.

각 부분별 배치에도 신경을 써야한다.²⁸⁾ PC를 설치할때 온도나 습도에 영향이 없을 경우에는 PC는 제어하려는 시스템 가까이 설치되는 것이 좋다.

보통 PC는 NEMA -12 또는 JIC enclosures 에 설치된다. 또한 다른 기기들과 떨어뜨려서 설치한다. 설치할때 power supply와 같이 열을 발생하는 기구는 따로 enclosure 시켜서 열을 발산시킨다.

프로세서와 입출력 부분은 낮은 곳에 설치하고 위아래로 충분한 공간을 두어서 열을 분산시킨다.

PC내에서 전기적 잡음을 발생시키는 장치는 따로 enclosure 시키도록 한다. 진동도 PC의 socket 등에 영향을 주므로 주의해야 한다.

5 PC의 분류

현재 미국에서 여러회사가 PC를 생산하고 있는데 이들은 서로 각각 특징있는 제품을 생산하고 있다.³⁷⁾

PC는 입출력갯수, 메모리 용량, PC 시스템의 형태 및 기능, 프로그램방법등에 의하여 나뉘어 질 수 있다.

① 입출력갯수

보통 입출력갯수가 16 - 256인 경우를 small size PC, 256 - 1024인 경우를 medium size PC라 부르며 그 이상의 입출력점을 갖는 PC를 large size PC라 한다. 대체로 256개 까지는 8bit 마이크로 프로세서로 구현하나 그 이상은 16bit 프로세서를 주로 사용한다.

② 메모리

메모리 용량은 PC의 성능을 좌우하는 요소이다. 0.5k 정도의 작은 용량으로 부터 128k 정도의 대형이 있다. 이것은 입출력의 갯수와도 밀접한 관계가 있는데 입출력 갯수가 small size인 경우는 0.5 - 1k 정도를 사용하고 medium size는 1 - 8k, Large size는 그 이상을 대체로 사용한다. 메모리의 종류에 의해서도 분류될 수 있다. RAM을 쓰는 경우와 PROM을 쓰는 경우로 대강 분류할 수 있는데 RAM을 쓰는 경우에는 Battery Back up이 필요하다. 이것은 예기치 않게 전원이 끊어졌을 경우 기입한 프로그램과 현재의 상태를 계속 기억시키기 위한 것이다. PROM은 한번 기입하면 지워지지 않기 때문에 Battery Back up이 필요없다. 하지만 변수를 바꾸고 싶을때 다시 PROM에 기입해야 하는 단점이 있다. 보통 경우 제어 프로그램은 PROM에 기입하고 변수는 RAM에 기입하여 양자의 잇점을 모두 살려서 사용한다.

③ 시스템의 형태¹²⁾

시스템이 작은 경우에는 one-board로 제작할 수 있으나 그 이상이 되면 rack형태로 제작하고 다시 이들을 합쳐서 몇몇가지 모듈을 따로따로 제작하여 캐비넷 형태를 이루게 된다. 캐비넷 형태일 경우 원하는 모듈만을 사면 시스템을 확장할 수 있게 된다. 이 경우 보통 입출력 모듈과 타이어모듈등이 이에 해당한다.

④ 기능

PC에는 논리 제어만 할 수 있는 것과 논리제어와 연산기능을 같이 할 수 있는것, 그 외에 특수한 제어 기능이 첨가된것등이 있다. 연산기능 및 제어기능은 프로세서와 메모리의 용량과 밀접한 관계를 갖는데 인텔 8080의 개발 이후 빠른 속도의 계산과 다양한 명령을 구사할 수 있게 되어서 대부분의 PC에 가능하게 되었다. 특히 Bit 제어에는 로직용의 마이크로 프로세서를 사용하고 아나로그 제어에는 16bit 마이크로 프로세서를 사용하는 제품도 생산되어 빠른 속도의 제어를 할 수 있게 되었다.

⑤ 프로그래밍 방법 및 기구

프로그래밍 방법으로는 래더 다이어 그램 방식, 타임 차트 방식, 로직 심볼방식, 플로우 차트 방식등

이 주로 사용된다. 각각 방법은 제어기 프로그램 작성을 편하게 하며 설계된 제어기가 이해되기 쉽도록 만들어진 것으로 어느 것이 우수한가 하는 것은 플랜트와 설계자에 의하여 결정된다. 그림 5는 각각의 예를 표시한 것이다.

프로그램의 기입은 on-line 으로 할 경우와 off-line 으로 할 경우가 있다.³⁸⁾ on-line 프로그램은 PC의 장점중 하나로서 프로세서의 사용으로 가능해졌다. on-line 으로 할 경우에는 제어기를 바꿀 경우 그 바로 이전까지는 현재의 제어를 계속할 수 있다는 장점이 있다.

프로그램을 기입하는 장치로는 특별한 키에 의한 방법과 thumbwheel 프로그래머 또는 CRT 에 의한 프로그램 방법이 있다.

표 2. PC의 분류 및 통계

ㄱ. Memory type

RAM	24.1 %
EPROM	14.2 %
RAM + EPROM	50 %
CORE	5.8 %
EAROM	4.9 %
PAM + EAROM	1 %

ㄴ. 메모리용량

1 K - 2 K	20 %
2 K - 12 K	48 %
12 K - 32 K	20 %
32 K - 48 K	5 %
64 K -	7 %

ㄷ. 최대입출력갯수

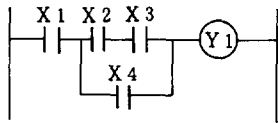
0 - 255	25 %
256 - 1023	49 %
1024 -	26 %

ㄹ. 프로그램 장치

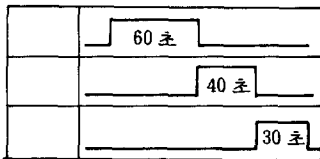
VDU (Visual Display Unit)	12 %
프로그래머	53.3 %
RS 232C 장치	20.8 %
휴대용프로그래머	3.4 %
패널	8.6 %
TTY	3.4 %
카세트	4.4 %
VDU와 TTY 겸용	9.5 %
VDU와 프로그래머겸용	5.1 %
기타	8.7 %

ㅁ. 커뮤니케이션장치

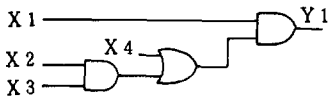
RS 232C	50.1 %
20 mA current loop	26 %
V 24	12.6 %
RS 422	1.5 %
RS 423 / 449	0.8 %
COMM interface module	1.5 %
RS 232C와 20 mA Current loop 겸용	17 %
기타	2.7 %
없음	22 %



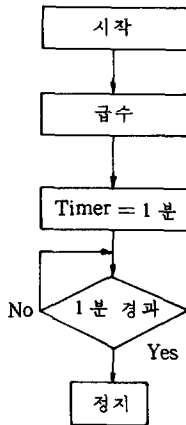
(a) 래더 다이어그램



(b) 타임 차아트



(c) 부울리안 로직



(d) 플로우 차아트

그림 5. 프로그램 방법

ㄱ. 특별한 키에 의한 방법

Function oriented key 를 사용하여 프로그램을 기입하는 방법이다. STR, STRNOT, AND, ANDNOT, OR, ORNOT 등이 기입된 키를 사용하여 타임차트 혹은 래더 다이어그램등에 입작하여 프로그램을 기입 또는 수정할 수 있다. 다른 방법으로는 각 명령에 해당하는 암호(주로 숫자)를 순서대로 기입하고 이를 PC 본체에 알맞게 변화시킨 뒤 PROM을 굽는 방법등이 있다.

나. 프로그래밍 언어

래더 다이어그램	38 %
로직타입	26 %
플로우차트	9.4 %
어셈블러	8.6 %
시퀀스언어	4.9 %
op - code	2.8 %
GEM 80 control	3.7 %
inscriber	3.7 %
STEP	4.8 %
래더다이어그램과 로직타입접용 기타	4.8 % 2.9 %

ㄴ. thumbwheel 프로그래머에 의한 방법

Data 가 기입되는 번지를 thumbwheel 로 지정하고 이에 해당하는 Date 를 기입하는 방법이다.

ㄷ. CRT 에 의한 방법

CRT를 통하여 직접 Date 를 기입하는 경우와 CRT에 래더 다이어그램을 그리고 이를 변화시켜서 기입하는 경우가 있다. PC와 미니컴퓨터를 연결하여 사용할 경우에는 래더 다이어그램의 변환은 주로 미니 컴퓨터에서 행한다.

위에서 설명한 바와 같이 PC는 주변기기 및 형태, 기능등에 따라 여러 종류가 있다. 이 외에도 커뮤니케이션 방법등도 생각할 수 있다.

현재 미국에는 약 150개의 PC가 제품화되어 있

는데 이들이 사용하는 주변장치 및 메모리 또는 프로그램 방법등에 따라 통계를 내며 표 2와 같다.^{1),3),40)}

이상에서 기술한 PC와 다른 형태로 생각되어 지는 것중에 single loop general purpose controller 가 있다.³⁹⁾ 이것은 플랜트의 한 루우프를 제어하는데 사용되는 것으로 대부분 마이크로 프로세서를 사용하며 1 - 4개의 아나로그 입력, 1 - 2개의 아나로그 출력, 2 - 8개의 디지털 입출력 등을 가지고 있다. 몇몇 회사에서 만든 제품들에 대한 자료는 표 3과 같다 이들은 디지털과 아나로그 신호를 모두 제어할 수 있으며 Manual mode 와 Automatic mode, Remote mode 등이 있다. 시스템의 구성을 블록 형태로 표시하면 대체로 그림 6과 같이 나타난다.

⑥ PC의 규격

PC의 대표적인 규격은 표 4와 같은 형식으로 주어진다.¹²⁾ 입출력에 관한 규격은 표 5와 같이 주어진다.¹⁴⁾

Single loop controller 의 경우에는 입출력 부분과 PC 본체 부분이 같이 있다.

PC에서 I/O 장치와 연결되는 Cable 로는 shielded twist pairs, coaxial cable, fiber optic cable 등이 있다.^{27),42)} 이들을 비교하면 표 6과 같다.

표 3. Single loop controller의 예

	입 출 력	제 어 기 능	비 고
Single loop Controller (Bailey Control Co.)	아나로그입력 : 4 아나로그출력 : 1	PID, RATIO 등 30 알고리즘	Network 90과 연결하여 사용가능 아나로그 입력을 2개까지 디지털 입출력을 7개까지 늘릴 수 있다.
Provox single loop controller (Fisher Control Co.)	디지털+아나로그	$\sqrt{\quad}$, PI, +, -, x, ÷ PH control	alarm 기능, cascade loop 제어
DCM- 1000 series (Esterline Angus)	디지털+아나로그	PID, PIDe ² PID with dead band	RS 232 C- interface K _p : 0.8 - 10,000 % K _i : 0.01 - 436.91 min K _D : 0 - 27.306 min
Midcon u- 100 (Process System Inc.)	아나로그입력 : 8 디지털 입력 : 8 아나로그출력 : 4 디지털 출력 : 8	PID, RATIO 적용이특제어	6800 시리즈사용 2K RAM 8K PROM optically isolated 출력

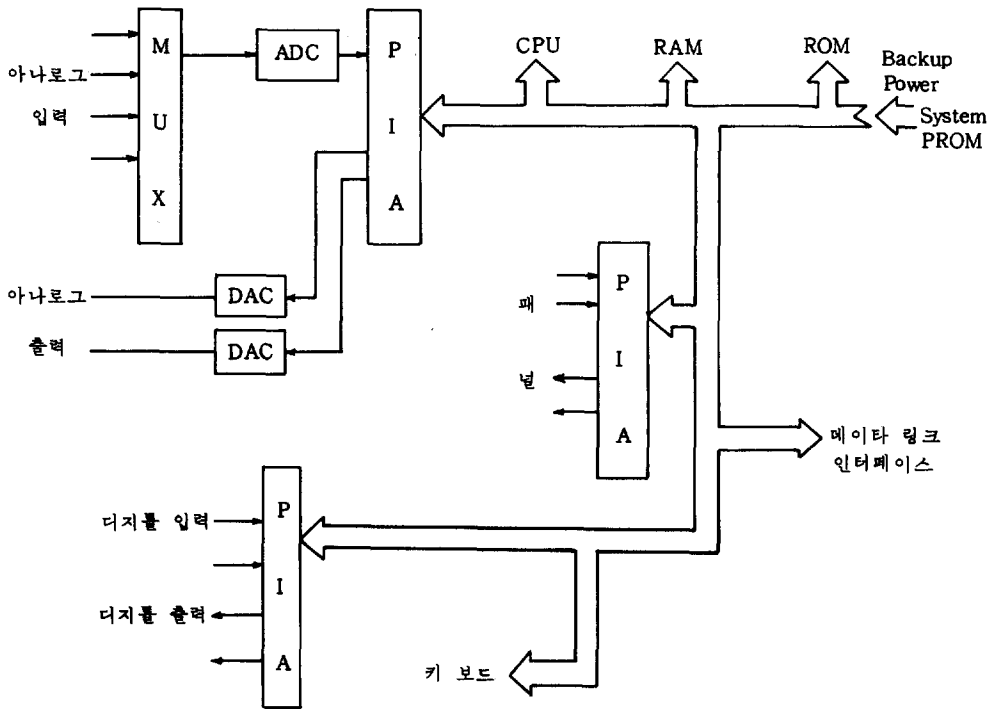


그림 6. Single loop controller의 block diagram

표 4. PC의 규격 예

전력원	115 Vac \pm 15 % 230 Vac \pm 15 % 47 - 63 Hz 24 Vdc \pm 2 V
주위온도	0 - 60 $^{\circ}$ C
상대습도	5 % - 95 %
최대입출력수	256 점
프로그램방법	래더다이아그램, 릴레이로직
제어기능	시퀀스제어 : AND, OR, EX - OR, 타이머, 카운터, 래치, EQU 아나로그제어 : +, -, \times , \div , PID, 진상지상제어
최소스캔시간	10 ms
입력과의견리	1500 vdc
메모리용량	1024 byte
메모리종류	EPROM, RAM(Battery backed)
컴퓨터와연결	RS - 232c or 20mA current loop
MTBF	10,000 시간

표 5. 입출력 규격

주위온도	0 - 50 $^{\circ}$ C
상대습도	5 - 95 %
resolution	12 bit
정확도	\pm 0.5 % of FSR
repeatability	\pm 0.4 %
변환속도	< 500 μ s
입 력	0 - 10V, 0 - 40 mA 0 - 5 V, 0 - 20 mA
CMRR	54 dB at 60Hz
입력임피던스	전류모드 : 25 Ω \pm 0.1 % 전압모드 : 200 K Ω - differential 100 K Ω - 입력단자와 접지사이
채널수	6
표준전력원	\pm 15 Vdc \pm 5 % 200 mV (P .P) ripple max . 75 mA

표 6. Cable의 비교

	shielded twist pair	coaxial cable	fiber optics cable
현재의케이블가격	저 가	중간가격	고 가
미래의케이블가격	저 가	중간가격	저 가
수리 용 이 성	우	양	양
설 치 용 이 성	우	양	양
장 음 면 역 성	가	우	수
매 여 록	양	우	수
안 정 성	가	가	수

㉑ 프로그램 및 동작^{43)~45)}

앞에서 언급한 바와 같이 PC에 사용되는 프로그램 방법은 여러가지가 있다. 그 중에서 많이 사용되는 것이 플로우 차드방식, 로직 심볼방식, 래더 다이어그램방식, 타임차드 방식등이다.

대체로 이들 프로그램은 PC 제조회사에서 나온 프로그램 종이에 원하는 제어기에 해당하는 프로그램을 기입하고 이를 프로그램 manual에 정해진 방법에 따라 변환시켜서 PC에 기입하는 방법을 사용한다.^{27)~33)} 프로그램 용지의 예는 그림 7과 같다.

위에서 예를 든 4가지 프로그램 방식중 플로우 차드 방식은 PC에 직접 사용하기는 거의 불가능하다. 이를 사용할 때에는 플로우 차드를 그리고 이것을 PC에 사용되기 적합하도록 변화시킨뒤 PC에 기입하여야 한다. 여러가지 형태의 타임 차드방식도 직접 사용하기 힘들다. 로직 심볼 방식과 릴레이 다이어그램방식은 직접 PC에 기입하기도 하는데 이때는 16 bit 프로세서를 쓰거나 미니 컴퓨터

터에서 해석하여 PC로 옮겨주는 방식을 많이 사용하고 있다. 프로그램을 PC에 기입하는 장치로는 프로그램 Loader를 사용하는데 special key에 의한 방법과 CRT에 의한 방법이 주종을 이루고 있다. Special key를 사용할 경우에는 사용자의 의하여 PC에 알맞게 변화된 프로그램을 기입한다. 이같은 Loader는 값이 싸지만 프로그램 작성과 변환의 두가지 작업을 해야하는 불편이 있다. CRT를 사용할 경우에는 두가지 방법이 있다. 첫번째는 CRT의 key를 이용하여 원하는 번지에 원하는 Data를 기입하는 것이다. 이 경우 기입한 Data를 한눈에 살펴볼 수 있다는 것과 기존의 CRT를 사용할 경우 프로그래머 구입비가 필요없다는 것 외에는 Special key에 의한 것보다 특별히 좋은 것도 없다. 두번째 방법은 해당하는 프로그램을 직접 CRT 화면에 기입하는 것이다. 즉 래더 다이어그램을 쓸 경우 CRT에 있는 몇몇 key와 PC의 프로그램에 의하여 래더 다이어그램을 CRT 화면에 그리게 된다. 이 작업이 끝나면 PC의 변환 프로그램에 의하여 이를 PC가 제어하는데 적합한 언어로 바꿔서 메모리에 기입시킨다. 이 방법은 가장 편하게 프로그램을 기입하는 방법이라 할 수 있다.

현재 PC에서 많이 사용되는 것이 래더 다이어그램방식과 로직방식이다.⁴⁶⁾ 로직 방식은 디지털 회로에서 흔히 볼 수 있는 AND, OR, NOT 등과 출력시키는 OUT 등을 조합하여 만드는 방식이다. 산술연산이 필요한 경우 고급 언어들 사용하는 PC도 있다.⁴⁷⁾ 이중 많이 사용되는 것이 래더 다이어그램이다.⁴⁸⁾ 래더 다이어그램에 사용되는 심볼은 완전히 통일되어 있지는 않으나 거의 같은 심볼을 사용하고 있다. 그림 8은 그중 한 예를 표시한 것이다.⁴⁹⁾

PROGRAM	Oil Filter Pump	PC CODING FORM	PAGE 1 of 1
PROGRAMMER	Y. R. Chun	DATE	

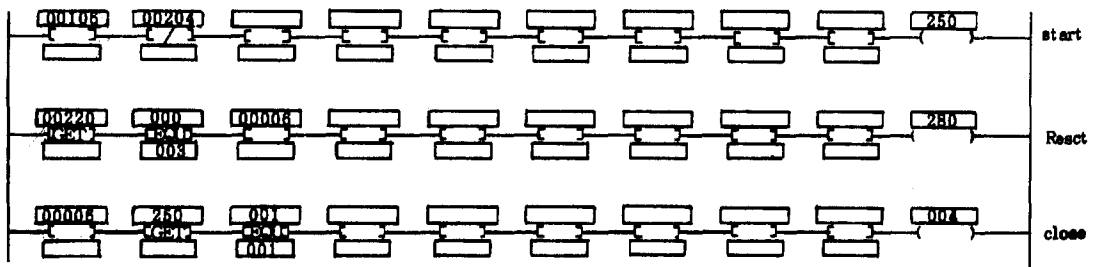


그림 7. 프로그램 용지의 예

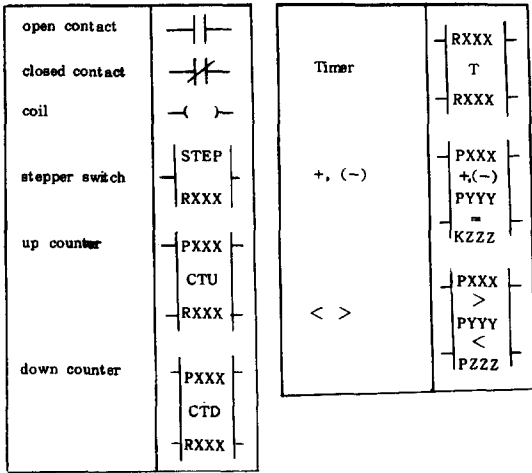


그림 8. 래더 다이어그램의 예

프로그램의 수행은 대부분의 PC가 sequential 스캐닝을 한다. 예로서 그림 9와 같은 래더 다이어그램에 의하여 제어를 수행한다 하자. 표 7은 이를 프로그램 기입 형태로 변환시킨 것과 입력의 상태를 표시한 것이다.

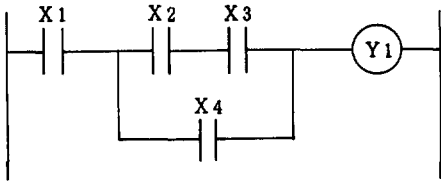


그림 9. 래더 다이어그램의 일예

표 7. 그림 9 예에서의 명령 및 상태

메모리장소	명 령	X 1 = 1
1	STR X 1	X 2 = 2
2	STR X 2	X 3 = 0
3	AND X 3	X 4 = 1
4	OR X 4	X 5 = 0
5	AND STR	X 6 = 0
6	OUT Y 1	X 7 = 0
(a) 명 령		(b) 상 태

프로그램 수행 시작에 프로세서는 입력을 입력 레지스터에 저장한다. (그림 4 참조) 래더 다이어그램을 가져와서 SP와 CST에 그 상태를 저장한다. 즉 프로세서는 STR X1 명령을 User 메모리 장

소에서 가져와서 X1 상태를 SR에 저장한다. SR의 이전 값은 CST1에 저장되고 CST는 하나씩 밀리게 된다. 프로세서는 다음 명령 STR X2를 가져와서 그 상태를 IR에서 찾아서 IR의 내용을 SR에 저장한다. 이와 동시에 X1의 상태를 CST1에 저장하고 CST1의 내용을 CST2로 옮긴다. 이와 같은 방법으로 각 상태와 명령을 기억한 후 그출력을 결정한다.

이상에서 설명한 바에 의하면 각 명령들을 모두 스캐닝 해야 함을 알 수 있다. 그런데 그림 11의 예에서 첫번째 릴레이가 0일 경우 뒤에 있는 것이 무엇이든지 출력은 off이다. 이 경우 뒤의 상태를 조사하는 것은 무의미하게 된다. 그뿐 아니라 쓸데 없이 스캐닝 시간을 길게 한다. 이 경우 SKIP 기능을 추가하면 이를 없앨 수 있다. SKIP이 없을 경우 스캐닝 시간은 식 1과 같다.⁶⁰⁾

$$\text{스캐닝시간} = (\text{입력 읽는 시간} \times \text{입력점수}) + (\text{연산속도} \times \text{스텝수}) + (\text{출력기입시간} \times \text{출력점수}) + \text{고장 진단 시간} \quad (\text{식 1})$$

그러나 SKIP 기능이 있을 경우 SKIP된 스텝수 \times 연산속도 만큼 시간이 덜 걸리게 된다.

그런데 SKIP이 꼭 필요한 것은 아니다. 입출력 점수가 작은 소규모 PC의 경우 SKIP으로 인한 시간 단축은 큰 잇점이 아니다. 또 SKIP이 있음으로 해서 프로그램 작성이 복잡해진다. 대형 PC에서도 PID 등 샘플링 주기가 일정해야 하는 제어기를 사용할 경우 SKIP은 무의미하게 된다. 이 경우 제어기는 일정한 샘플링 주기를 필요로 하는데 보통의 경우 타이머를 따로 부착하여 이를 수행한다.

㉔ PC의 프로세스 제어에의 응용^{33)~51)}

PC를 사용하면 electromechanical control (EMC)보다 더 낮은 자동화를 이룰 수 있다. 보통 초기투자는 EMC보다 더 많이 되나 시스템 유용성은 PC가 훨씬 뛰어나다. 작동시에는 몇몇 가지를 고려해야 한다. 먼저 스타아트 시킬때 대부분의 PC는 automatic mode가 부적당하게 되어 있다. 이것은 시퀀스 제어 회로에서는 별 문제가 없으나 아날로그 신호를 처리할 경우 설정치와 큰 차이가 있는 값이 들어오면 제어기능을 수행하는 도중 overflow가 발생하기 때문이다. 처음에는 보통 manual mode로 시작한다. 또한 장치의 신뢰도보다 시스템의 유용성에 더 많이 고려해야 하며 프로세

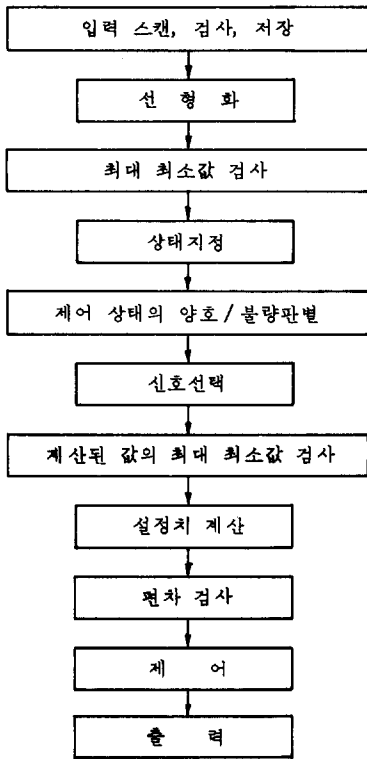


그림 10. PC의 프로세스 제어 순서

스 장치의 고장처방이 제어 장치의 고장처방보다 더 큰 의미를 지닌다는데 주목해야 한다.

프로세스 제어를 행하는 PC는 대체로 그림 10과 같은 순서로 프로그램을 수행한다.

사용자가 기입하는 프로그램은 선형화 상태지정, 신호선택, 설정치계산, 제어기 설계에 관한 사항이다. 이외에 최대 최소값 검사는 사용자가 원하는 최대 최소 극한값만을 기입하면 PC가 매 스캔마다 항상 검사를 하며 편차의 경우도 최대 허용 편차만 기입하여 주면 그 이상일때 에러가 발생한다. 출력단 뒤에 시뮬레이션을 시킬 수 있는 프로그램을 기입할 수 있도록 되어 있는 것도 있다.

㉑ 결론

현재 PC는 다양화 되어가는 한편 더욱 편리하고 정확하며 빠른 제어가 되도록 연구되고 있다. 편리하기 위하여는 프로그램을 쉽게 기입할 수 있도록 개발하며 정확하기 위하여는 더 나은 알고리즘과 더 좋은 소자가 개발되고 있다. 제어를 빨리 하려면 소자의 개발과 더불어 하드웨어 구성에도

신경을 써야 한다. 소프트웨어로 시간이 많이 걸리는 부분을 하드웨어로 대치시키는 문제도 가격과 면적, 이용도등 여러가지 문제에서 고려해 봐야 할 점이다.

입출력을 스캔하는 프로세서와 제어하는 프로세서를 각각 하나씩 사용하는 듀얼 프로세스 제어기도 속도를 빠르게 하는 방법중의 하나이다.

PC는 여러면에 있어서 대부분의 산업에서 중요한 역할을 할 수 있는 것으로 현재 로봇, 공작기계 및 프로세서 제어에 많이 사용되고 있다.

참고 문헌

- 1) J. Hickey; "Programmable controller roundup", instruments and control systems, pp.57-64, July, 1981
- 2) B.K. Ledgerwood; "The programmable controller makers take a look in the mirror", Control Engineering, pp.24-29, DEC., 1976
- 3) "Programmable controllers", Control and Instrumentation, pp.23-29, JUL., 1981
- 4) R. C. Lutz-Nagey; "The race towards programmable control", Automation, pp. 51-55, DEC., 1976
- 5) "PCs take control at EDS conference", Instruments and Control Systems, pp.79-80, MAR., 1974
- 6) "Japanese programmable logic controllers", Control Engineering, pp.50-51, MAR., 1974
- 7) G. W. Heumann, J. R. Skinner; "European programmable logic controllers", Control Engineering, pp.66-67, SEP., 1975
- 8) N. C. Persson; "Programmable controllers", Design News, pp.76-82, 1978
- 9) H. M. Morris; "Implementing PID in PCs", control engineering, pp.88-90, OCT., 1981
- 10) 김용수, 김영현, 최영규, 유준, 변중남; "Programmable controller의 개발에 관한 연구", 대한전자공학회 추계학술대회논문집 vol.5, pp. 278-281, NOV., 1982
- 11) "Programmable controller, PC란 무엇인가? (1)", 대한전기협회지, pp.89-95, NOV., 1982
- 12) "Programmable controller, PC의 구성과 분류 (2)", 대한전기협회지, pp.83-88, DEC., 1982
- 13) "Programmable controller, PC의 사양을 이해

- 한다(1)", 대한전기협회지, pp.75—81, JAN., 1983
- 14) "Programmable controller, PC의 사양을 이해 한다(2)", 대한전기협회지, pp.77—82, p 109, FEB., 1983
 - 15) M. Euringer; "A programmable controller for monitoring and safety functions", Process Automation pp. 31—36, 1982
 - 16) W. P. Kraemer; "Testing and start-up of programmable controller systems", IEEE Trans. on Industry Applications, vol. IA-16, pp.716—723, SEP/OCT, 1980
 - 17) H. Morris; "A Look at the new programmable temperature controllers", Control Engineering, pp.41—42, JAN. 1979
 - 18) R. K. Jurgen; "Industry's workhorse gets smarter", IEEE spectrum, pp.34—38, FEB., 1982
 - 19) N. Andreiev; "Special programmable controller runs data acquisition system", Control Engineering, pp.52—53, AuG., 1973
 - 20) S. J. Bailey; "The programmable controller is finding it's it-line niche", Control Engineering, pp.51—55, FEB., 1980
 - 21) "PC and adjustable speed motor drives help plywood veneer production", Instruments and Control Systems, pp.63—64, JUL., 1980
 - 22) E. J. Kompass; "Preprogrammed programmable controller I aimed at OEM machine builders", Control Engineering, p.35, JAN., 1979
 - 23) "PC course", Instruments and Control Systems, tems, FEB. -OCT., 1980
 - 24) R. A. Rufener; "Controlling motion with PCs", Machine Design, pp.95—99, JUN., 1982
 - 25) R. Merritt; "Some PC application ideas", Instruments and Control Systems, pp.63—65, JAN., 1982
 - 26) "PC computible encoders simplify assembly machine set-up", Instruments and Control Systems, p.61, FEB., 1982
 - 27) J. D. Coburn, K. B. Emrich; "Controlling robots", Machine design, pp.56—60, FEB., 1982
 - 28) J. D. Langhans; "The programmable controller in a continuous process", Control Engineering, pp.64—67, JUL., 1972
 - 29) Toshiba One loop Controller Technical Manual, Toshiba
 - 30) Program Master 550 Intelligent Programmable Controller System Manual, Texas Instruments Inc., 1979
 - 31) E. J. Kompass; "New programmable controller has dual microprocessors", Control Engineering, pp.55—56, OCT., 1978
 - 32) R. A. Grudowski, O. J. Struger; "The microprocessor in programmable logic/ computing controllers for the industrial environment", IEEE Trans. on Industrial Electronics and Control Instrumentation, vol. IECI-22, pp.318—326, AUG., 1975
 - 33) V. J. Maggioli; "Programmable controllers in process control applications", IEEE Trans. on Industry Application, vol. IA-15, pp.695—700, NOV., 1979
 - 34) L. Teschler; "Differences shrink between computer and PCs", Machine Design, pp.113—119, JUN., 1981
 - 35) D. A. Penz P. E. ; "Organizing PC software development part2", Instruments and Control Systems, pp.73—76, MAR., 1982
 - 36) D. A. Penz P. E. ; "Organizing PC software development", Instruments and Control Systems, pp. 53—57, FEB., 1982
 - 37) K. Pluhar; "Communications and data highways: PC's lead the way", Control Engineering, pp.65—68, SEP., 1979
 - 38) E. J. Kompass; "Programmable controller offers on-line reprogramming", Control Engineering, pp.53—54, MAY, 1974
 - 39) H. M. Morris; "A Microprocessor in every control loop", Control Engineering, pp.99—104, SEP., 1980
 - 40) R. H. Sheran; "Peer to peer communications distributes control among PCs", Control Engineering, pp.53—57, NOV., 1979
 - 41) "Programmable control system design for the control industry", Control and Instrumentation, pp.47—49, July, 1981
 - 42) G. Faust; "Programmable controller offers fiber optic data link for remote I/O", Control

- Engineering, pp.53—54, OCT., 1979
- 43) M. A. Flood, O. J. Struger; "Real-time back up systems for programmable controllers", IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol. IE-29, pp.256—268, NOV., 1982
- 44) W. H. Aldrich; "Hot backup for a programmable controller", IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol. IE-29, pp. pp.268—272, NOV., 1982
- 45) A. L. Hopkins; "Software issues in redundant sequential control", IEEE Trans. of Industrial Electronics, vol. IE-29, pp.272—278, NOV., 1982
- 46) J. A. Siebel, C. L. Aronsor; "Programmable controllers", Automation, pp.61—64, FEB., 1973
- 47) R. C. Ruhl, "The control language challenges high-level compilers and programmable controllers", Control Engineering, pp.30—33, NOV., 1976
- 48) D. E. Henry; "The programmable controller: answer to your process control problem?", Design News, pp.88—91, 1973
- 49) J. H. Wensley; "Programmable control of a chemical reactor using a fault tolerant computer", IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol. IE-29, NOV., 1982
- 50) D. L. Smith; "The problem with programmable controllers", Control Engineering, pp.39—40, AUG., 1973
- 51) K. H. Klostermeyer, C. W. Thurston; "PCs proved reliable in chemicals and plastics", Control Engineering, pp.39—42, APR., 1978

□ 會員欄(讀者欄) 新設案内 □

當學會編修委員會에서는 會員相互間에 緊密한 關係를 圖謀코자 特別히 學會誌 紙面(1/2面)을 割愛하여 오는 9月號부터 會員欄을 新設하기로 하였습니다.

따라서 學會 및 電氣係에 대해 平素느낀 일이나 高見, 助言 또는 改善 및 建議사항이나, 會員여러분의 주변에 있는 일들로서 學會誌를 통해 알리고 싶은 일, 動靜등등을 200자원고지 3매내외로 간결하게 作成하여 學會編輯部로 보내주시면 고맙겠습니다.

會員여러분의 많은 參與를 바랍니다.

編 修 委 員 長