

공정 제어용 프로그램식 제어기 (Programmable Controller) 에 관한 고찰

金正鎬, 河正炫, 蔡榮都, 趙三鉉

韓國電子通信研究所 電子機器 開發部

일반적으로 사용되고 있는 제어를 대별하면 feedback control과 sequence control의 두가지가 있는데 sequence 제어는 제어 대상의 움직임을 미리 정해놓고, 이에따라 일방적으로 명령을 내려나가는 순서 제어와 조건 제어로 분류되어 산업계의 현장의 요구를 실현시켜 왔다. 이러한 요구에 의해 등장한 sequence는 sequence 제어를 위해 사용된 relay 회로에 공정 변화에 따른 유용성을 향상시켰으며 초기에는 rotary cam method에 의한 것과 pin board method에 의한 것으로 구현되었으며 이는 설계상의 문제, 시운전 조정상의 문제, 설치 보수면의 문제, 기능상의 문제등이 대두되어 sequence 제어를 software로 처리하여 고도의 기능을 추가하는 필요성을 고려하게 되었다. 즉 relay 회로의 logic을 조립하고 있던 "배선"을 program으로 대체하여 memory가 필요하게 되었다.

또한 μP , μC 의 발달과 더불어 수행 속도가 빨라지고, 수행 기능이 다양화 되어 이른바 stored program method에 의한 sequencer로 발전 programmable controller (프로그램식 제어기: 이하 PC로 표기) 로서 명명하게 되었다.

이 PC는 1978년 NEMA standard 1-28에 의해 정식으로 "PC"라는 이름을 채택하게 되었으며, 다음과 같이 정의되었다.

"디지털 또는 아날로그 입·출력 장치를 통하여 논리 연산, 순서 제어, timer/counter, 산술 연산등을 특정한 명령어로 memory에 program하고 기계나 process를 제어하는 digital 동작의 전자 장치 또한 이것과 같은 목적으로 사용되는 digital 계산기도 PC의 범위내에 간주한다. 단 drum형의 기계적인 sequencer는 제외한다."

이러한 PC는 General Motor사의 자동차 조립 line의 relay반 대신에 적용을 위해 여러 규격을 제시하

여 Gould사에서 Micro-84PC를 개발한 것이 표시였으며, 차후 analog 신호 처리, PID 제어 기능뿐만 아니라 다수의 PC와 main computer와의 interface를 통한 큰 규모의 plant controller까지 확장되었으며, 반도체의 급속한 발전으로 소형화, 고기능화, 다기능화, 저가격화 방향으로 계속 발전해 가고 있다.

I. PC의 구성과 동작

PC는 구체적으로 6개의 module로 나눌 수 있으며 어떤 module은 option으로 제공되기도 한다.

① User의 program이 용이하도록 programming 장치 (field programming device와 CRT programming device로 나뉨)

② 센서 및 제어 대상과의 interface를 위한 입·출력 module

③ CPU, memory 및 timer/counter등의 PC의 중심 module

④ 상용 전원을 공급받아 PC내부에서 사용하는 전원으로 변환해 주는 전원부 및 이상시와 정전 복구 기능을 위한 power module

⑤ PC주변의 주변 장치 module 및 network module

⑥ PC에 내장되어 있는 monitor (load/run program) 및 control software module

이 module들을 포함한 구체적인 PC의 모형은 다음 그림 I과 같으며 이 module들의 실제 구현은 일반적으로 board type과 block type으로 나뉘어진다.

1. PC의 Hardware

1) The Central Processing Unit

이 부분은 processor와 system memory로 나뉘어지며 μP 의 발달로 communication기능, multi-function 기능등의 높은 level의 수행이 가능한 system으로 되

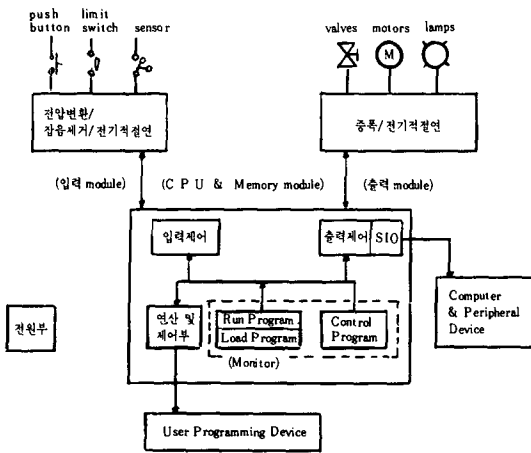


그림 1 Programmable Controller의 Block Diagram

있으며 timers/counters 등의 기능을 software 적으로 처리하고 있다. 이들은 programming device 혹은 주변 장치와의 communications, field들간의 monitoring, system diagnostics, process control, multi-processing 등의 기능을 수행한다. PC에서의 CPU기능을 다음과 같이 3 부분으로 수행된다.

-CPU의 scan

공정상의 한 cycle (loop) time으로서 입력부로부터 처리 data를 읽고, 프로그램을 수행하고 그리고 출력부에 내주는 일련의 과정으로 cycle method step 방식이다. 이의 수행을 그림 2와 같이 나타낼 수 있다.

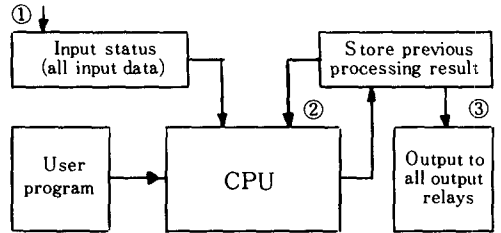
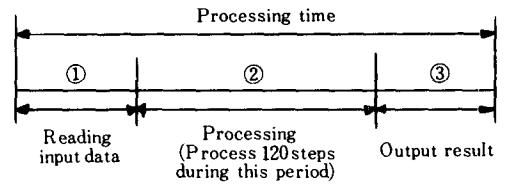
이 scan time은 다음의 식으로 표현할 수 있다.

scan time = (입력 기입 시간 × 입력점수) + (연산 속도 × 프로그램 step수) + (출력 전송 시간 × 출력점수) + 고장 진단 시간

이 식에 의해 scan time을 계산할 수 있으나 실제로 예기치 못한 지연을 20% 정도를 고려하여 통상 PC의 동작 속도는 거의 내장된 μP의 동작 속도에 의해서 결정되므로 10~100msec 정도이다. 최근에 scan time의 고속화가 많이 연구되고 있다.

-Subsystem Communication

CPU와 I/O subsystem과의 연결에서는 거리와 전송 속도가 고려되며 실질적으로는 communication media의 문제점도 고려된다. CPU에서의 필요 사항은 error checking technique이며 일반적인 format 형태로서 data bits, start/stop bits, error detection codes로서 이루어진다. Error checking의 방법은 다음의 종류로 이루어진다.



I/O Update

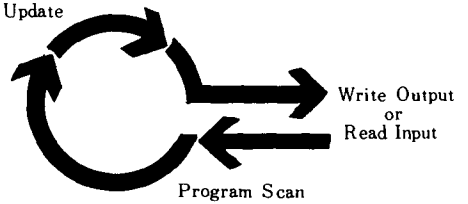


그림 2. CPU Process 과정과 Scan time

- parity check (vertical reduncance check:VRC)
 - even parity, odd parity
- check sum (block check character: BCC)
 - CRC (cycle redundancy check)
 - LRC (longitudinal redundancy check)
 - CPU diagnostics & reset

이상적인 diagnostics로서는 memory, processor, battery power supply OK를 자체 진단하며, software 적으로는 power 초기화, 주변 chip 초기화, parameter 초기화로 이루어진다. 또한 시스템 이상시 보호, 감시 회로에 의해 이상 발생시 CPU에 그 상태를 알려거나 강제로 CPU를 reset시킨다. 그 예로는 battery 또는 condensor 이상시 CPU에 경고, CPU 및 전원 전압 이상시 CPU 강제 reset 등으로 오동작에 의한 사고를 사전에 예방할 수 있다.

2) Memory Unit

PC에서의 일반적인 memory system은 (1) Executive (2) Scratch pad (3) Application memory (4) Data table로 분류되며 executive program은 시스템 자체를 수행하는 system monitor와 주변 장치와의 communication program이 들어 있다. Scratch pad는 CPU의 monitor 수행이나 control program 수행중 생기는 일시

적인 data를 보관하며 application memory는 user에 의해서 program instruction이 저장되는 영역과 control program이 들어 있는 영역이다. Data table은 control program과 관련된 data를 저장하며 즉 timer/counter값, control program의 상수, 변수값등이 저장된다. 이를 memory map으로 나누면 system memory와 application memory로 나눌 수 있는데 그림 3과 같이 표현된다.

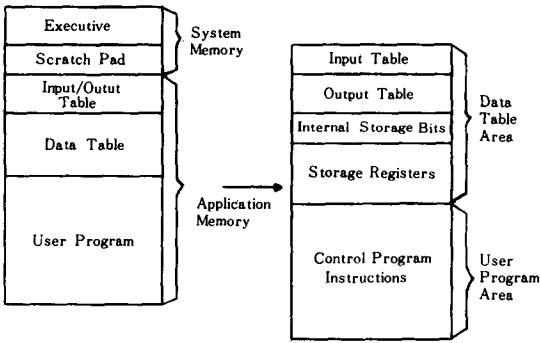


그림 3. 일반적인 PC의 Memory Map

3) The Input/Output Unit

입·출력부는 주로 현장에서의 공정 test, sensor 등의 입력들과 valve, moter등의 actuators로서의 출력을 의미한다. 실질적으로 이러한 입·출력의 연결로서 PC를 “현장용 computer”라고도 부르고 있으며, 이들 입·출력은 크게 넷으로 분류 된다.

- (1) Analog Input/Output (2) Digital/Input/Output
- (3) Special Input/Output(4) Remote Input/Output

이의 입출력부의 각각의 module에서는 특히 입·출력 점수를 구하는 것이 중요하며 실질적으로 analog점수와 digital점수를 최대 16점, 128점들로서 구성되고 있다. 또한 이 입·출력부에서는 각각의 점수, 입출력 type 및 rating resolution등이 고려되고 있으며, 입출력부의 signal conditioning 회로 및 입출력 상태를 점검하는 표시 장치 및 입출력 점수의 증설을 고려하여 여유점수를 두고 있다. 일반적인 PC용으로서의 analog 입출력부와 digital 입출력부를 의미하며 이의 device들과 표준 rating은 표1, 2와 같다.

이외 PC의 주변 장치로서 programming device (program loader, programmer등) power fail등의 power부, network을 위한 port들로서 구성되어 있다.

표 1. Analog Input/Output Devices & Standard Rating

Devices		Standard Rating	
Inputs	Outputs	Input	Output
Temperature transducer	Analog valves & actuators	4 - 20mA 0 - + 1volts DC	4 - 20mA 10 - 50mA
Pressure transducer	Chart Recorders	0 - + 5volts DC	0 - + 5volts DC
Load cell transducer	Electric Motor Devices	0 - + 10volts DC 1 - + 5volts DC	0 - + 10volts DC ± 2.5 vol. DC
Humidity transducer	Analog Meters	± 5volts DC ± 10volts DC	± 5volts DC ± 10volts DC
Flow transducer			
Potentiometers			

표 2. Discrete Input/Output Devices & Standard Rating

Devices		Standard Rating	
Inputs	Outputs	Input	Output
Selector Switches	Alarms	24volts AC/DC	12-48volts AC
Push buttons	Control Relays	48volts AC/DC	120 volts AC
Photoelectric Eyes	Fans	120volts AC/DC	230 volts AC
Limit Switches	Lights	230volts AC/DC	12-48volts DC
Circuit Breakers	Horns	TTL levels	120 volts DC
Proximity Switches	Valves	Non-Voltage	contact (Relay)
Motor Starter Contacts	Motor Starter	Isolated Input	Isolated Output
Relay Contact	Solenoid		TTL level

이들은 interfacing의 경우에 외부적으로 standard에 맞추어 제공하는 단자로서 EIA RS232C, RS422, 4~20mA current loop가 사용되도록 되어 있다.

2. PC의 software

PC에서의 system software라고 할 때 일반적인 운영체제 또는 monitor program에서 특수 용도의 운영체제를 의미하며 즉 PC에서 적합한 제어분야의 software를 의미하며 micro-51, iRMX, VRTX등이 있으며 이러한 운영 체제를 ROM에 내장시켜 μP 와 함께 제공하고 있다. 이로서 자체적으로 개발할 필요없이 응용 program의 개발에 전념하게 할 수 있도록 해줌으로서 ROM에 내장된 운영 체제를 사용함으로써 얻을 수 있는 software의 신뢰성 제고 및 system 실행속도를 단축시킬 수 있는 장점을 제공받기도 한다. 또한 각각의 control program도 option으로 제공하고 있으며 PC용 프로그램으로 APS (automatic pro-

gramming system for sequence control) 등도 고려되어 편리한 user-friendly system으로 개발되고 있다.

1) PC의 일반적인 flow chart

Software의 전체적인 구조는 PC를 초기화 한 후 monitor program에서 user program을 user-program 영역에 입력하는 일과 user가 원하는 내용을 display하도록 하는 일 및 새로운 user-program 입력을 용이하게 하는 일을 해주며 user가 원할때 입력부의 신호를 받아들임으로서 execution program(control program)을 수행하도록 해준다.

또한 부수적으로 갑작스런 정전에 대해 system을 정전전의 상태로 복구시키는데 필요한 정전 복구 프로그램이 있다. 이의 일반적인 프로그램 내용을 세부적으로 나누고 있다.

- Initialization program

사용되는 여러 주변 chip의 초기화, power initialization, 또한 sensor등의 비선형 보상을 위한 선형화 program 초기화, control program에 필요한 parameter 초기화등의 프로그램을 수행한다. 또한 정전 복구 프로그램등이 제공된다.

- Monitor program

Programming device로부터 들어온 key의 분류 및 해당 operation 상태를 수행하며, system의 여러 상태등을 점검, 보관한다. 이는 loading program과 run program으로 나뉜다.

- Execution program(control program)

User program을 1block씩 fetch하며 해당하는 algorithm에 따라 반복하게 되며, 일반적으로 PID algorithm에 의한 program이 option으로 제공되고 있다. 이는 필요한 상수 P값, I값, D값을 user의 규격에 따라 제공한다.

2) PC의 program 언어

PC에서 주로 사용되는 프로그램 언어는 다음과 같이 네가지 형태로 나눌 수 있다.

- 계전기 래더 도형 (relay ladder diagram) } 기본 언어
- Boolean mnemonics } 언어
- 기능 블럭 (function block) 언어 } 고급언어
- 컴퓨터식 (english statement) 언어 } 언어

실질적으로는 위 네가지 언어를 복합적으로 사용되고 있으며, 기본 언어는 계전기식 순차 제어에 필요한 순차 제어, 계시 및 계수(timing and counting) 제어와 논리 회로 구성등을 program하는데 주로 쓰이며, 고급 언어는 analog 제어, data 처리 및 보고등 기본 언어로

는 수행하기 힘든 복잡한 기능을 program하는데 사용되고 있다.

또한 PC에 사용되는 instruction set는 다음 6 group으로 나뉜다.

- Relay logic
 - Arithmetic
 - Timing and counting
 - Data manipulation
 - Data transfer
 - Flow of control
- 각각의 program 언어 특징은 다음과 같다.

(1) Relay ladder diagram

계전기의 coil이나 접점의 상태를 알기 쉬운 기호로 표기하는 프로그램 언어이며 비교적 초기 PC는 이 언어를 주로 사용하였으며 그후 μ P의 도입으로 data 처리, 연산 및 프로그램 수행을 제어하는 언어구사가 가능해졌다. 이의 명령어로서 relay ladder logic, timing & counting, 연산, data 처리, program 제어등의 기능을 가진다.

일반적인 format은 그림 4 와 같다.

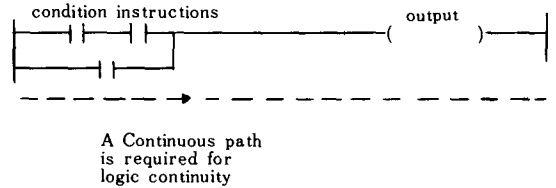


그림 4. Relay ladder diagram의 format

(2) Boolean Mnemonics 언어

기본적인 boolean 연산자인 AND, OR, NOT가 그 주요구성 요소이며 그림 5와 같이 몇개의 mnemonics 언어가 ladder 도형을 나타내기 위해 정의되어 있으며 기본지시 명령어는 ladder 도형의 경우와 유사하다.

(3) Function Block 언어

기능 블럭 언어는 고급 언어의 일종으로서 그림 6과 같이 특정 기능을 블럭으로 표시하고 입출력 제어 조건을 표기하는 방식이다. 이는 기본적인 기능외에 data

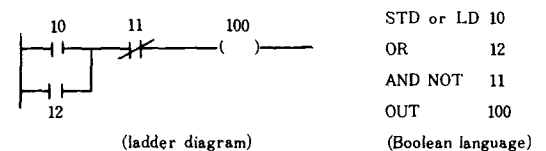


그림 5. PC의 ladder diagram과 Boolean언어의 비교

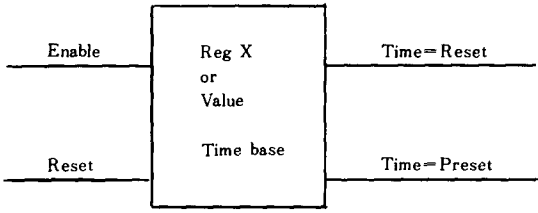


그림 6. Function Block언어의 예

변환, parameter 설정, block data 이동, ASCII 변환 등의 기능이 추가되며, 특수한 경우 PID block drum timer의 등가인 순차 제어 block기능도 가진다.

(4) 컴퓨터식(English statement)언어

이는 일반 컴퓨터가 사용하는 BASIC, FORTRAN 과 같은 언어를 말하며, PC에 적용된 경우 조작자가 익히기에 더 간편하게 되어 있다. 이 언어를 사용하면 PC의 입·출력이 수치 data를 직접 register에 옮길 수 있고 주변 기기와 정보 교환이 용이 할 뿐 아니라 주로 대형(입·출력 점수 1000이상)의 PC언어로 이용되고 있다.

이상의 네가지 언어를 살펴보면 각각의 장단점이 있으나 이 보다는 PC본체의 선택을 고려하여, 또한 제어 대상 공정에 대한 충분한 지식과 PC의 비용을 검토한 후 언어를 결정할 필요가 있다. 이에 따른 고려 사항으로 사용의 편리성, 언어의 기본 특성, 해결해야 할 문제점의 분석, program 수행 속도등을 검토하여야 한다.

3. PC의 Network 기능

공정 제어 시스템의 구현으로 분산 제어등 범위가 넓어짐으로서 PC에도 network개념으로 data highway기능이 부여되고 있다. PC에서의 data-highway의 일반적인 응용으로서 data acquisition과 분산 제어를 가지며 다음의 기능을 가져야 한다.

- PC들간, 그리고 다른 host들간의 communication
- 다른 PC로부터 programmer나 host computer에 로 upload
- Programmer나 host computer로부터의 down load
- PC의 I/O 및 register 값들의 read/write
- PC의 status의 monitoring 그리고 PC동작의 제어 위의 기능을 가진 data highway를 설계할 시 throughput, implementation cost, reliability등을 고려하여 star, common bus, ring type으로 구성하게 된

다. 또한 access방법으로서 polling, collision detection, token passing방법을 사용하며 전송 매체로서 twisted-pair, coaxial-cable, optical fibers들을 이용하고 있다.

표 3은 대표적인 PC 업체로부터 data-highway 기능을 비교하여 나타낸 것이다.

이러한 기능을 가진 network의 설계시 고려하여야 할 점은 다음과 같다.

(1) Device의 maximum수

설계할 시에 network상에 얼마나 많은 node점을 요구하게 되며 각각의 node에 대한 device의 type을 조사한다. 이러한 device는 PC, vendor-supplied programmer, host computer, intelligent terminal이며 이들의 수를 조사한다. 또한 device 각 type에 따라서 장애 확장을 위한 여유점의 수를 가져야 한다.

(2) Maximum length

Data highway의 거리는 두 분류로 main cable의 최대 거리와 device와 main cable간의 각 drop의 최대 거리를 설정하여야 한다. 일반적으로 PC에서는 drop거리는 30~100feet이며 또한 중요한 점은 최대 거리에 따른 cable의 적당한 type이 요구되며 cable상의 설계시의 ground점 설정등 감소에 유의하여야 한다.

(3) Response Time

Response time이란 한 device(한 node)의 출력에서 다른 device(다른 node)의 입력까지의 시간을 의미하며 이는 다음 식으로 표현된다.

$$RT = IT + (2 \times ST1) + PT1 + AT + TT + PT2 + (2 \times ST2) + OT$$

여기서 IT : input delay time

ST1 : scan time for sending node

ST2 : scan time for receiving node

PT1 : processing time for sending node

PT2 : processing time for receiving node

AT : access time

TT : transmission time

OT : output delay time을 의미한다.

4. PC의 동작

1) Programming the controller

어떤 공정 제어 과정을 program할때에 제어해야 할 대상의 특성을 이해하여야 한다. 즉 제어 목적, 운전 방법, 동작순서, 각종 전기적인 조건을 알아야 한다. 또한 제어 장치에 대한 sequence를 작성키 위한 공정 상호간의 관계, 제어loop, 제어parameter를 결정하여야 한다.

표 3. 대표적인 PC의 data highway 특성 비교표

Manufacturer	Highway Name	Max. Nodes	Max. Length (ft.) Max. Baud Rate	Baud Rate (max)	Access Method	Comments
Allen-Bradley	Data Highway	64	10,000	56K	Token	
GTE Sylvania	Control Net	254	5,000	1 M	Token	X.25 Compatible Gateway
General Electric	GENet	999	15,000	5 M	Collision Detection	IEEE 802.3 Compatible
Gould-Modicon	Modbus	247	15,000	19.2K	Master-Slave	Uses 2 Twisted Pairs. Shielded
Gould-Modicon	Modway	250	15,000	1.544M	Token	
Industrial Solid State Controls	Copnet	254	32,000	115.2K	Master-Slave	Includes interfaces to Allen-Bradley, Gould-Modicon and Texas instruments PC's. HDLC Protocol.
Measurex	Data-Freeway	63	10,000	1 M	Collision Detection	
Reliance Electric	R-Net	255	12,000	800K	Token	ASCII/X3.28/HDLC Gateway Uses HDLC Framing
Square D	SX/Net	200	2,000	500K	Timed Token	Worst case access=500 msec with 50 PC's.
Texas Instruments	TIWAYI	254	10,000	115.2K	Master-Slave	HDLC Protocol
Texas Instruments	TIWAYII	2 ^x	32,000	5 M	Token	Broadband IEEE 802.4 compatible
Westinghouse	WDPF	254	18,000	2 M	Token	100 msec Fixed Access Time. 10,000 Points/Sec Throughput
Westinghouse	Westnet	50	10,000	1 M	Master-Slave	Gateway Interface to Westnet
Comments			Broadband networks cover unlimited distances using CATV repeaters.	Lower baud rates allow greater lengths		

일반적인 공정의 단계를 나타내보면

(1) 초기 설계

- 공정 제어 대상의 control loop의 분류 및 과정 정리
- 사용되고 있는 입출력 점수 파악
- 공정의 제어 parameter 조사

(2) 제어 공정 단계

- 각 공정의 state diagram 및 control level 형성
- PC가 어떤 동작의 순서로 움직여야 할지 제어 대상의 순서를 결정하는 것으로 command level, algorithm control level, dynamic control

level등으로 나눈다.

- 각 공정의 operating mode분류
- 각 공정상의 loop를 결정지으며, 새롭게 결정할 수 있는 loop도 결정하고 필요한 입·출력을 loop상에 기록한다.
- 각 operating mode의 state transition diagram작성
- Operating mode에 따라서 most common state, normal state, purposeless state, system-ignored state 등의 transition diagram을 분류한다.
- Mode processing table작성
- 공정의 입·출력점을 table로 작성하여 scheduling을 정한다.

2) PC의 control algorithm에 의한 예

일반적으로 PC의 module에 PID제어를 option으로 제공하는데 이는 proportional-integral-derivative interface 혹은 three mode closed-loop feedback control을 뜻한다. 이는 제어 대상의 전달함수, set point (SP), process variable (PV) 및 error를 구하여 P 값, I 값, D 값이라 불리는 3 가지 parameter를 적당히 정함으로써 설정 온도를 최적 제어하는 기법으로 일반적인 PID공정을 그림 7에 나타내었다.

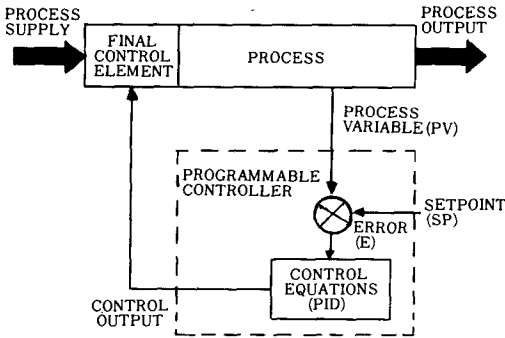


그림 7. PID algorithm의 diagram

이때 출력 V_{out} 은 다음 식처럼 표시된다.

$$V_{out} = K_p E + K_i E dt + K_d \frac{dE}{dt}$$

여기서 K_p : (proportional gain)

K_i : K_p/T_i (integral gain T_i : reset time)

K_d : $K_p T_d$ (derivative gain T_d : rate time)

$E = PV - SP$ (error)를 의미한다.

실질적으로 PID제어에 따른 제어 공정 block diagram과 이에 따른 프로그램 예를 그림 8에 나타내었다. (본 program은 Gould의 Modicon884를 이용한 것임)

3) PC의 제어용 언어와 공정 적용 분류

PC의 실제 많은 공정의 적용에 있어 프로그램을 사용할 다양한 제어용 언어가 요구된다. 특히 많은 공정에서 실시간 처리와 multitasking이 요구되는데 실제 공정을 분류하면 다음과 같다.

- loop control
- bath control
- sequence control
- data acquisition and monitoring
- supervisory control and plant management
- human interfacing

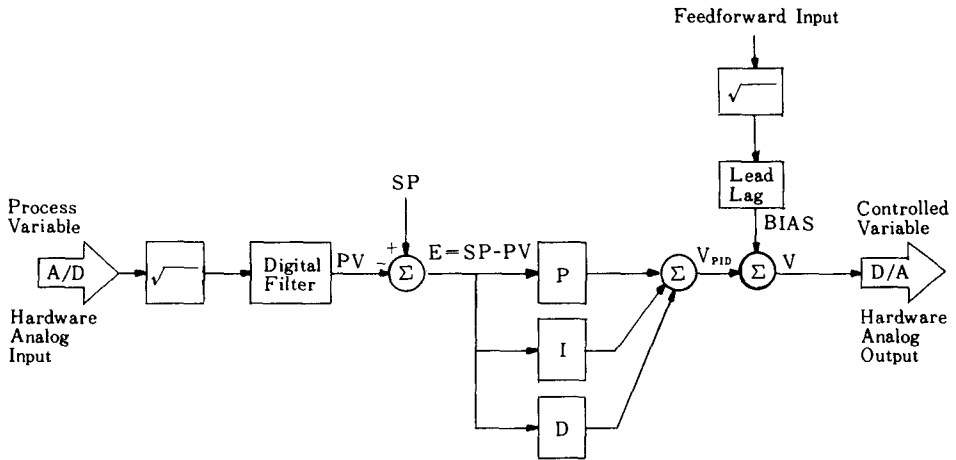
연속 제어면에서 어떤 주어진 시간에 대해 특정한 값에 따라 공정 조건을 유지해감이 요구되며 이에 대해 제어 변수에 따라 PID loop 제어, cascade 제어, 비울 제어, feedforward 제어, 비선형 제어, 적응 제어 등의 복잡한 알고리즘이 도입된다. 이에 따라 PC용 언어를 사용언어/제어 방식의 분류에 따라 symbolic language, specification language, high-level language로 나눌 수 있다. Symbolic language는 relay ladder logic으로서 대부분의 PC에 도입되어 빠른 logic 제어와 특별한 기계 제어에 가장 적합하며, specific language는 boolean logic과 flow chart language로서 VDU-based programming 장치를 활용하여 ladder format의 CRT상에서 flow상황과 debugging에 유리하다. 이는 I/O data base구조, 간단한 algorithm의 구현, loop control의 구현에 유용하다. High-level language는 computer-based control system으로서 BASIC, FORTRAN, C 등이 사용되며 data acquisition, manipulation of process I/O, 복잡한 supervisory control이 가능하다. 이에 따라서 표 4, 5에 PC의 제어용 언어와 공정 적용 분류를 나타내었다.

II. PC의 선정 방법 및 규격

1. PC의 선정 방법

PC의 선정시 두가지 고려 사항을 두게 된다. 첫째로 기종의 선정시의 조건이며, 두번째는 가격면에서의 조건이다. 가격면에서의 선정으로는 initial cost, 설비 변경비, running cost 등으로 고려된다. 여기에서는 기종 선정상의 고려사항을 정리하여 본다.

- 1) 제품 기종의 series화



- 0001-OFF Time Base TB
- 0002-OFF Sign of Error DN-SP>PV SOFER
- 0003-ON Old Sign of Error OSOFER
- 0004-OFF Error Getting Bigger ERRBIG
- 0005-OFF Add Differential Term ADDT

- 4001-0100 DECIMAL Time Base TBR
- 4002-0084 DECIMAL Actual Time ATR
- 4003-0051 DECIMAL Set Point SP
- 4004-0050 DECIMAL Process Variable (Feed Back) PV
- 4005-0001 DECIMAL Err ERR
- 4006-0001 DECIMAL Oerr Old Err OERR
- 4007-5000 DECIMAL Gain for Integral GFI
- 4008-0000 DECIMAL Work Space WS1
- 4009-0000 DECIMAL Work Space WS2
- 4010-3368 DECIMAL Integral MS IMS
- 4011-3100 DECIMAL Integral LS ILS
- 4012-1000 DECIMAL Gain Portional
- 4013-3368 DECIMAL Output
- 4014-5000 DECIMAL Range for Portional RFP
- 4015-0000 DECIMAL Differential Change DIFF
- 4016-0000 DECIMAL Gain Differential
- 4017-0000 DECIMAL Range Differential
- 4018-0000 DECIMAL

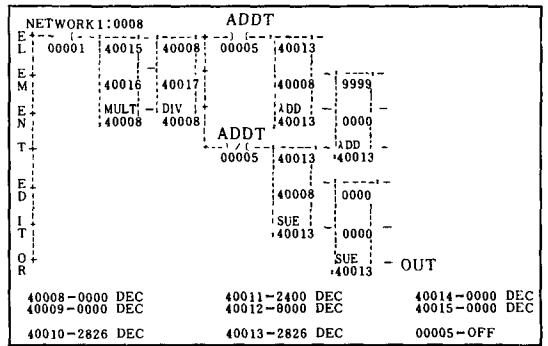


그림 8. Modicon 884에 적용위한 PID기능 모델

표 4. 제어용 언어와 PC기능 조사표

	small PC	large PC	hybrid PC	μP-based process controllers	computer-based process control systems
relay ladder	○	○	○	△	×
boolean	×	△	×	×	×
flow charting	×	△	×	×	×
softwiring	×	△	○	○	○
mask editing	×	×	×	×	△
high-level language	×	×	×	△	○

(○ : 적용 △ : 적용가능 × : 적용불가능)

표 5. 제어용 언어와 공정 적용 조사표

	sequence	loop	batch	arithmetic	data acquisition	supervi- sory control	human inter- facing
relay ladder	○	×	△	△	×	×	×
boolean	△	×	×	×	×	×	×
flow charting	△	×	×	×	×	×	×
softwiring	×	○	△	△	○	×	×
mask editing	×	×	×	×	×	×	○
high-level language	○	△	○	○	○	○	○

(○ : 적용 △ : 적용가능 × : 적용불가능;)

PC의 여러 기종들 중에서 series화된 기종(family)을 선택하는 것은 PC의 주변 장치 및 차후 고급 기능의 추가시 등으로 기기의 공용성이 높고 프로그래밍의 숙달면에서도 유리하다.

2) 용량상의 문제

메모리의 용량, 입·출력 점수, 내부 출력이나 timer/counter의 용량 및 그것의 확장의 용이성을 의미한다. 입·출력 점수의 선정시는 제어할 대상을 전체로서의 제어 시스템으로 용량을 검토하여야 하는데 이때 limit switch, push button 등의 입력 점수와 전자반, lamp 등의 출력 점수를 가급적 정확하게 파악한다. 모든 입·출력을 PC로 직접 제어하는 사고하에 모든 제어를 가능한 프로그램으로 처리할 수 있도록 하여 신뢰성을 높이며, 비상 정지 회로, 긴급 수동식의 최저한의 interlock을 제외하고는 PC에 맡길 수 있어야 한다. 또한 내부 출력으로서 간주되는 보조 relay, timer/counter 등은 PC의 기능에 대체하여 장치의 개조나 증설의 필요성도 고려하여 여유분 20%을 가지고 있어야 한다. 가급적 모든 접점을 입·출력 점수로 할당시 가격이고가가 되어 지시 lamp 등의 경우 PC의 입력점과 병렬로 접속한다든지 혹은 한번 relay로 받는 경우마다 공유line을 사용하는 것으로 matrix 회로 방식을 구성하여 입·출력 점수의 효율화(입·출력 점수의 감소 가능성)도 기대되기도 한다. 메모리 용량상의 선정은 relay 반의 relay갯수는 memory의 word수에 상당하므로 하나의 접점이 프로그램의 1word에 해당되어 접점의 수를 합하면 대략의 메모리 용량의 크기가 된다. 또한 확장할 경우를 고려하여 20%의 여유분으로 추가분을 두어서 복잡한 제어를 하는 경우에 유용하여야 한다.

3) 기능상의 문제

제어 대상이 되는 기계나 plant process에 충분한 기능(remote 제어, computer link, 고속pulse 입력처리, 산술 연산의 명령어, 고장 진단의 기능등)을 보유하고 있는지, 또한 소프트 웨어 방식의 이상 처리시 troubleshooting, 제어 알고리즘의 제공(PID기능 등)은 충분한지를 검토한다.

4) 접속되는 외부 회로의 문제

기기를 직접 제어할 수 있는지 중계 역할의 회로가 필요한지의 여부, 전원회로, 보호회로등의 주변 회로를 어떻게 구성하고 있는지를 검토하는 것으로 일반적으로 다음의 점검 사항을 고려한다.

- 전원 회로의 구성은? (PC본체용, 입·출력기기용, 접지 방법 등)

- Noise대책의 필요성은? (전원 및 입·출력 배선)
- 누설 전류 대책 및 각종 보호 회로의 필요성
- 비상정지, 냉각장치, 퓨즈등의 필요성
- 순시 정전의 대책

5) 설치상의 문제

내환경이 충분히 배려되었는지를 점검하는 것으로 냉각방법, 규격, size등 주변 환경에 대한 검토(온도, 습도, 진동, 내noise 성등) 및 또한 이에 따른 NEMA 규격등의 합당성을 고려한다.

6) 프로그래밍 방법과 주변 기기상의 문제

프로그램 언어가 설비 및 보수하는 user에게 수용되는지 또는 프로그램을 위한 주변 기기는 갖추어지는지 등을 검토하여야 한다. 즉 PC의 프로그램 방식은 각각의 특징이 있어서 어느 방식이 좋다고 할 수 없으며 PC도입시 어떤 방식의 system인지, 사용의 용이성, 교육, 보급의 용이성도 함께 고려되어야 한다.

또한 주변기기의 선정시 점검사항은 다음과 같다.

- 조작의 용이성 및 display 장치
- 접속 방법 및 기종간의 공용성
- 현장에서 사용할 수 있는 구조
- 프로그램의 보존 변경 방법
- 상위 computer와의 연결

7) Support 체제

Maker로부터의 warrent time, after service, training schedule 등의 기간 그리고 장치의 확장이나 기능 향상의 가능성, 예비품의 확실한 공급등도 고려한다.

최근에는 RAS system이라하여 reliability (신뢰성), availability (효율성), serviceability(보수성)으로 신뢰성이 높고, 고장율이 낮고, 만일 고장시 곧 판명 즉시 복구대는 software처리 maintenance 등으로 maker등이 선전하고 있다.

2. PC의 product range 분류, 규격 및 예들
대표적인 PC의 products들은 다음과 같다(Alphabet 순)

Allen-Bradley, Barber-Coleman, Cincinnati Milacron, Control Technology, Eagle-Signal, Electronic Processors, General Electric, Gidding & Lewis, Gould Modicon, Klockner-Mceller, Omron Electronics, Reliance Electric, Square D, Texas Instruments, Westinghouse Electric 등.

이들 products들을 대상으로 PC는 입·출력점수에 의한 분류, 사용 언어의 조합에 의한 분류등으로 분류

하고 있으며 일반적으로 다음과 같이 입·출력 점수대 고급 기능에 따른 분류를 한다.

- 소형 PC(기본 unit의 입출력이 64전후)
- 중형 PC(기본 unit의 입출력이 128 전후)
- 대형 PC(기본 unit의 입·출력이 1K 전후)
- 초대형 PC(기본 unit의 입·출력이 4K 전후)

또한 relay 대체로서의 기능으로 볼 때 다음과 같이 분류되기도 한다.

- 소형 PC(relay 20~50개 대체)
- 중형 PC(relay 50~100개 대체)
- 대형 PC(relay 100~200개 대체)

이들에 따른 기능상대 입·출력 점수의 분류는 다음 그림 9와 같다.

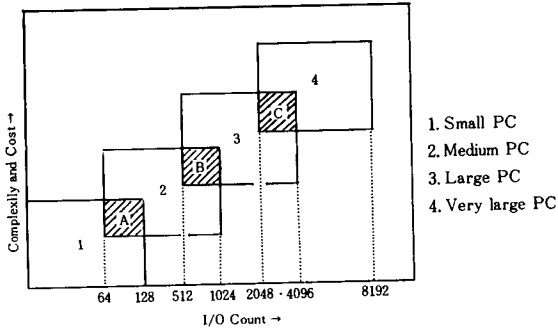


그림 9. PC의 I/O점에 따른 분류

PC의 입·출력 점수대 기능으로서의 분류된 소형, 중형, 대형, 초대형 PC로서의 각각의 H/W, S/W로서의 기능 규격을 분류하면 다음과 같다.

1) 소형 PC : segment 1

Micro PC를 포함하여 on/off에 요구되는 간단한 sequence logic, timing 기능을 가진 작은 system으로 Klockner-Moeller사의 Sucosp21이 대표적인 예이다. (표 6 참조)

또한 64~128 입·출력 점수를 가지고 중형 PC와 overlap되며 analog control, 기초 연산, remote기능 등의 간단한 제어 기능을 가진 (Area A) 것으로 Gould사의 Modicon 84PC를 예로 들 수 있다.

2) 중형 PC : segment 2

128 입·출력 점수 analog control, data 관리, LANs, 연산 기능등을 가지며 약간의 복잡한 H/W, S/W기능을 가지며 이의 대표적인 예로서는 Westing house사의 NUMA-logic PC700을 들 수 있다. 또한 보다 확

표 6. 소형 PC의 특성 목록

- Up to 128 I/O
- 4 or 8 bit processor
- Relay replacing only
- Memory up to 2K words
- Digital I/O
- Local I/O only
- Ladder or Boolean language only
- Timers/Counters/Shift registers(TCS)
- Master Control Relays (MCR)
- Drum Timers or Sequencers
- Generally programmed with hand-held programmer

장된 메모리 영역, table-handling, PID 적용제어, sub-routine 기능, 복잡한 연산, data-handling을 가지는 PC(Area B)로서 Allen-Bradley사의 PLC2-30 series를 들 수 있다(표 7 참조).

3) 대형 PC : segment 3

보다 복잡한 data처리, data highway등의 제어 기능을 가지며 다양한 제어 알고리즘, 연산 subroutine을 가진다. 이의 대표적인 예로서 General Electric사의 PC series-6을 들 수 있다. 응용 메모리의 큰 영역, 확장된 I/O기능, 보다 복잡한 data handling기능을 가

표 7. 중형 PC의 특성 목록

- Up to 1024 I/O
- 8 bit processor
- Relay replacing and analog control
- Typical memory up to 4K words. Expandable to 8K.
- Digital I/O
- Analog I/O
- Local and remote I/O
- Ladder or Boolean language
- Functional block/high level language
- TCSs
- MCRs
- Jump
- Drum Timers or Sequencers
- Math Capabilities
 - Addition
 - Subtraction
 - Multiplication
 - Division
- Limited data handling
 - Compare
 - Data conversion
 - Move register/file
 - Matrix functions
- Special function I/O modules
- RS 232 communication port
- Local Area Networks(LANs)
- CRT programmer

진 PC(Area C)를 고려해 볼 수 있으며 Giddings & Lewis의 PC409가 대표적인 예이다(표 8 참조).

4) 초대형 PC : segment 4

복잡한 제어 기능, data highway, 방대한 메모리양, I/O기능을 가지며 remote I/O, special I/O도 기본적으로 요구되며 특히 큰 분산 제어 분야의 supervisory로서의 역할을 가진다. 이의 대표적인 예는 Gould사의 Modicon 584L을 들 수 있다(표 9 참조).

※PC maker들의 catalog상의 점검 항목

일반적으로 PC maker에서의 제공되는 catalog상에서의 선정시의 비교 항목으로 다음 사항들을 고려하여야 한다.

- Types of CPU(μP , μC , bit-slice μP)
- Numbers of bits
- Clock speed(KHz), Scan time(msec)
- System I/O (Total I/O)
- Number of Instructions
- PID Control capability
- Motion Control
- Dimensions
- Data Highway
- Operating Environment
- Power Requirement
- Serial Port
- User Memory
- Relay Ladder Language
- Documentations

III. PC의 전망

PC는 미국에서 Blue-Color-Computer라는 별명을 얻을 정도로 더 복잡하고 다양한 제어 영역에 응용되고 특히 컴퓨터의 주변 장치를 활용하여 분산 제어로서의 기능등에 적용되고 있다.

최근에 PC는 보다 빠른 speed로 real time처리 문제, PC의 network 문제등 다음의 영역에서 연구가 계속되고 있다.

1) Scan time의 개선과 O·S의 도입

공정 제어계에서의 최대 변수가 정보의 빠른 응답과 이에 대한 제어 예측이 필요한데 이에따라 real time이 요구된다. 이에 따른 특수 용도의 운영 체제로서 micro51, iRMX등이 있으며 이러한 운영체제를 ROM에 내장시켜 μP 와 함께 제공하여 system의 실행속도를 단축시켜 user program으로 control program

영역의 S/W작성으로 가능한 PC의 특수 운영 체제를 이루어 가고 있다. 또한 scan time의 개선을 위해서

- 고속 처리를 필요로 하는 부분의 H/W실현
- 고속 μ Controller의 적용
- 입·출력 처리용 μP , 논리 연산용 processor 등의 co-processor 활용
- 1 scan pulse 발생회로의 활용
- Reverse flow programming 방법등이 연구중이다.

2) Message Communication (MAP 적용)

모든 scan과 task사이의 통신 service를 요구하는 것이 message communication이다. 이에 따라서 queue, route, prioritized가 요구되며 경우에 따라서 message들은 MMFS(manufacturing message format standard)로서 규준화가 요구되며 최근 GM사에서

표 8. 대형 PC의 특성목록

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Up to 2048 I/O • 8 or 16 bit processor • Relay replacing and analog control • Typical memory up to 12K words. Expandable to 32K. • Digital I/O • Analog I/O • Local and remote I/O • Ladder or Blooan language • Functional block/high level language • TCSs • MCRs • Jump • Subroutines, interrupts • Drum Timers or Sequencers • Math Capabilities <ul style="list-style-type: none"> - Addition - Subtraction - Multiplication - Division - Square root - Double precision • Extended Data Handling <ul style="list-style-type: none"> - Compare - Data conversion - Move register/file - Matrix functions - Block transfer - Binary tables - ASCII tables • Special function I/O modules • PID modules or system software PID • One or more RS 232 communication ports • Local Area Networks (LANs) • Host computer communication modules • CRT programmer |
|--|

표 9. 초대형 PC의 특성목록

- Up to 8192 I/O
- 16 bit processor or multi-processors
- Relay replacing and analog control
- Typical memory up to 64K words. Expandable to 128K.
- Digital I/O
- Analog I/O
- Remote analog I/O
- Remote special modules
- Local and remote I/O
- Ladder or Boolean language
- Functional block/high level language
- TCSs
- MCRs
- Jump
- Subroutines, interrupts
- Drum Timers or Sequencers
- Math Capabilities
 - Addition
 - Subtraction
 - Multiplication
 - Division
 - Square root
 - Double precision
 - Floating point
 - Cosine functions
- Powerful Data Handling
 - Compare
 - Data conversion
 - Move register/file
 - Matrix functions
 - Block transfer
 - Binary tables
 - ASCII tables
 - LIFO
 - FIFO
- Special function I/O modules
- PID modules or system software PID
- Two or more RS 232 communication ports
- Local Area Networks (LANs)
- Host computer communication modules
- Machine diagnostics
- CRT programmer

MAP (manufacturing automation protocol)이 제안되어 memory management를 언급하고 있다. 이는 program to program 변환이 가능해지며 이에 따라 ladder diagram으로 SEND 혹은 RECEIVE 기능이 첨가되어 message의 전송이 가능하다. 차후 real time 개선과 performance향상을 위해 protocol S/W, hardware moduler, cable, interrupt schedule의 적용이 요구되고 있다(그림10참조).

3) 제어 language의 개선

PC에서 사용하고 있는 ladder의 경우는 수학적 연

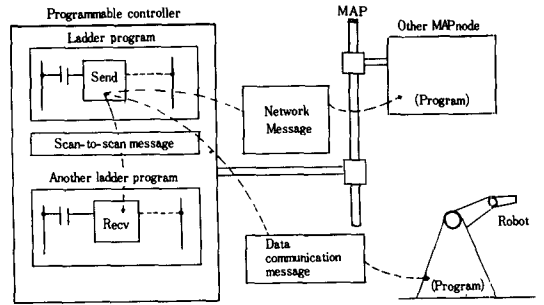


그림10. PC에서의 MAP적용

산, data movement, program looping 혹은 algorithm에 있어서 복잡한 단계를 거쳐야 한다. Program language는 string 방법에 의해서 작성되도록 ladder에서도 요구된다. 예를들어 Boolean 방식으로 표현되는 contacts와 coil에서

$(A \text{ OR } B) (C \text{ OR } D) = E$ 를 statement식의 language로 작성해 보면

IF(A OR B) (C OR D) THEN

SET E

ELSE RESET E; 이 된다.

Function block과 같은 경우도 예를들면 time T6에 의해 start될 때 START T6 대신에

IF T6, DONE THEN 혹은

IF T6, RUN THEN으로 할 수 있다.

또한 program looping에서도 while문을 사용할 수 있다. 즉 순서문 적용이 용이한 string language의 적용이 요구된다.

최근에 C언어가 PC에 도입되고 있으며 PID algorithm과 communication protocol에서 적용되고 있다. 즉 high-level language의 도입이 필연적이 된다. 여기에 따른 전반적인 H/W의 구조의 개선이 요구될 것이고 또한 programming center로서의 분산 처리 방식에서도 변화가 요청된다.

결론적으로 PC는 재고관리, 유지 보수 진단, 보고서 작성등과 같은 더 복잡한 기능을 보유하여 산업 환경하에 Mini-computer와 효과적인 결합을 벌일 수 있게 될 것이고, 또한 PC는 PC간의 LAN, Host간의 data highway망은 분산 제어 system의 가능성을 예상케하고 각종 data의 수수, 저장은 용이하게, PC 자체의 고장 방지, 공정 정보를 쉽게 operator에 전달을 위한 graphics의 도입 및 PC의 확산 보급에 중대한 요소인 user-friendly system화 하는 경향이 있다. 이러한 기술의 추세로 보면 PC는 새로운 산업체

의 적용에 computer 응용 제어 시스템으로서의 기여가 클 것으로 고려된다.

参 考 文 献

- [1] C.T. Jones, L.A. Bryan, *Programmable Controllers*, IPC/ASTEC pp. 130-248, 1983.
- [2] Andrew, *Programming Microprocessor Interface for Control and Instrument*, Prentice Hall New York, pp. 112-132, 1981.
- [3] 한국전자통신연구소, 공정정보 처리시스템 개발에 관한연구, pp. 215-258, 1985.
- [4] *Gould Modicon 884 Programmable Controllers Programming Guide*, Gould Boston, 1985.
- [5] *Gould Modicon 884 Programmable Controller Product Description*, Gould Boston, 1985.
- [6] Victor J. Maggioli, "Programmable Controllers in Process Control Applications", *IEEE Trans on I.A.* no. 8 pp. 568-575, Nov., 1979.
- [7] David A Penz, "Organizing PC Software Development", *I & CS pp. 45-52*, Feb., 1985. *

◆ 用 語 解 說 ◆

cybernetice

통신을 이해하고 개량시키기 위해서 동물이나 사람의 신경계와 정보 처리 기계에 의한 내적 통신 관계와 제어를 연구하는 분야.

data communication

한 지점에서 다른 지점으로 정보를 전달하는 것을 말함.

data file

특정 용도의 자료 집합의 묶음을 말하며, 화일은 하나 이상의 서로 다른 자료 집합을 포함할 수 있다. 영구 자료 화일은 이름, 주소 화일처럼 자료가 지속적으로 보관되는 화일이다. 작업용 자료 화일은 자료가 다른 형태로 바뀐 후에 파괴되는 자료 집합들의 일시적인 저장이다.

debugging

프로그램이나 장비에서 나타나는 모든 비정상 동작 혹은 잘못을 옳게 수정하는 작업.

dump

컴퓨터의 모든 전력을 우연히 또는 고의로 끊는 것. 또는 프로그램의 잘못이나 실수를 찾을 목적으로 주어진 순간에 내부 기억 장소의 내용을 리스팅하는 것을 말함.

electromechanical printer

전기적 신호를 기계적 동작(모터, 캠, 조정간, 연결자 등을 통하여)으로 바꾸어 인쇄 용지에 문자를 찍을 수 있는 장치.

game theory

독자적인 정책을 갖고 있는 상대방과 대항할 수 있는 최적의 정책을 결정하는 확률적 이론.

hybrid computer

아날로그의 디지털 컴퓨터 기능을 조합한 컴퓨터.