

Personal Computer를 이용한 環境因子の 計測 및 制御 System에 關한 研究

李炯春 · 金泰植*

서울保健專門大學 · 서울大學校 保健大學院*

Personal Computer Based System for the Measurement and Control of Environmental Factors

Hyeong Choon Lee · Tae Sik Kim

*Seoul Health Junior College · School of Public Health,
Seoul National University*

Abstract

Personal computer based measurement and control system was constructed and tested in order to flexibly apply it to laboratoy experiments in which environmental factors such as temperature, humidity, pH, DO and gases should be measured and controlled.

Personal computer FC-80 was successively interfaced to the input-output system made up of PPI, A/D converter, D/A converter, programmable timer and USART boards.

To test the system, pH control experiment was executed and the pH of the solution could be measured, expressed on the monitor and controlled at constant value.

I. 서 론

환경인자의 계측과 제어는 종래 주로 analogue devices에 의해 이루어졌다. 그러나, 한번에 여러가지 인자를 동시에 계측하며, 계측한 data를 이용하여 복잡한 연산을 행하고, 연산결과 얻어진 제어변수를 이용하여 제어를 행하는 복잡한 계측·제어계에서는 computer를 이용함이 바람직하다.¹⁾

Computer를 이용할 경우, 종래에는 주로 minicomputer 이상의 용량을 갖는 것을 사용하였

으나, 요즘은 용량이 비교적 큰 microcomputer 또는 personal computer를 값싸게 구입할 수 있으며, 여러가지 주변장치를 부착하여 사용할 수 있으므로 실험실등에서 널리 이용되고 있다.

Microcomputer 또는 personal computer를 이용한 환경인자의 계측·제어 시스템에 관한 연구중 미생물배양조의 온도, pH, DO 및 기타 개스등의 환경인자를 계측·제어하는 시스템에 대한 연구로써는 Cordonnier 등²⁾, Jefferis 등³⁾ 및 Merrill과 Bauer⁴⁾의 보고가 있으며, Yano⁵⁾는 SAMIC 6800 microcomputer를 이용하여

DO-stat 를 구성하였다. 또한, Burrage 와 Varley⁶⁾는 온실의 각종 환경인자의 계측 및 제어 시스템에 대하여 기술하였다.

국내의 연구로써는 최⁷⁾가 Apple II computer 를 이용하여 식품의 건조공정중의 온도를 계측·제어하는 시스템을 구성하였으며, 권⁸⁾은 역시 Apple II를 이용하여 보리 Koji의 제조를 자동화하는 실험에서 온도 및 습도를 자동으로 계측·제어하는 시스템을 구성하였다.

본 연구에서는 현재 그 이용이 날로 증가하고 있는 personal computer를 실험실에서의 환경인자의 계측·제어용으로 융통성있게 활용하기 위하여 시스템구성을 행하였으며, 그 구체적인 목적은 다음과 같다.

1. 국내에서 값싸게 구입할 수 있으며, 계측·제어에 적합한 personal computer를 이용하여 시스템을 구성한다.

2. Personal computer에 A/D변환, D/A변환, 타이머, 대형컴퓨터와의 data 송수신 등 여러가지 기능을 부가하여 다목적으로 실험에 활용할 수 있도록 한다.

II. System의 구성

Fig. 1에 시스템의 전체구성을 블록도로 나타

내었다. 그림에서와 같이 전체 시스템은 computer, 입출력 시스템 및 인터페이스의 세부분으로 구성되어 있다.

1. Computer

본 시스템에서 사용한 computer는 금성제 MXS 방식의 8비트 computer인 FC-80이었다. FC-80은 Z-80A를 cpu로 채택하고 있으며, 40 KB의 ROM과 80 KB의 RAM을 내장하고 있다.

Printer는 금성제 plotter printer 방식의 PRT-5를 FC-80에 연결하여 사용하였다.

2. 입출력 System

입출력 system은 三菱(株)株式會社の MTK-8501 사용 매뉴얼⁹⁾의 회로도에 근거하여 제작하였는데, Fig. 1에서와 같이 전체기능을 각각의 기능으로 분할하고, 각 기능을 한개씩의 board에 구성하여 제작후 사용시에는 connector로 연결하였다.

Buffer board는 신호가 flat cable을 통하여 입출력시 노이즈가 혼입되는 것을 방지하기 위하여 제작하였는데, buffering IC인 74LS244 와 74LS255를 사용하여 구성하였다.

PPI board는 programmable peripheral inter-

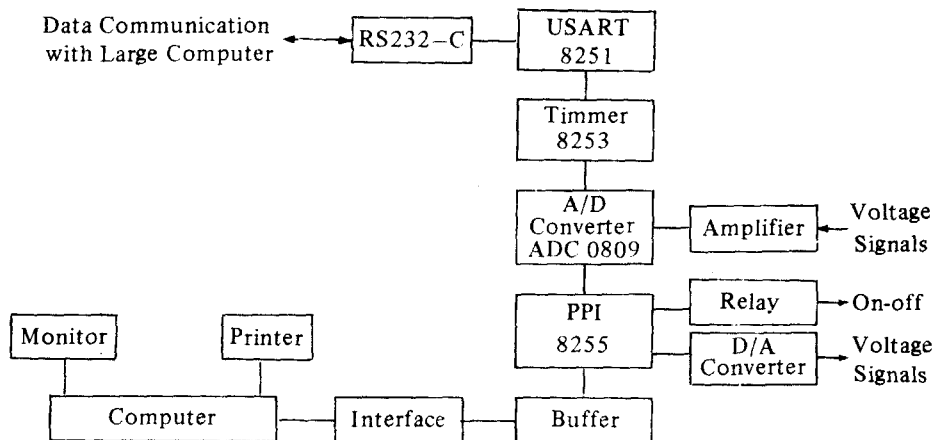


Fig. 1. Block diagram of personal computer based measurement and control system

face IC 인 8255를 사용하여 구성하였으며, 8255의 port 에는 D/A converter board 및 relay board를 동시에 연결하여 사용할 수 있게 하였다.

D/A converter board는 16개의 ladder 저항을 사용하여 8255의 출력port로부터 나오는 8비트의 2진코드로 표현되는 디지털신호를 0~5V의 analogue 신호로 변환할 수 있게 하였다. Relay board는 4개의 relay를 relay drive IC인 54532p와 연결하여 구성하였으며, relay의 on-off 동작에 의한 8255의 오동작을 방지하기 위하여 photocoupler인 PC 847을 relay와 연결하였다.

A/D converter board는 8 channel multiplexer를 내장한 8 bit A/D converter인 ADC 0809를 사용하여 외부로부터 입력되는 8개의 analogue 신호를 chip select에 의해 임의로 선택할 수 있게 하였다. ADC 0809에 입력되는 신호는 0~5V 범위이어야 하므로 미약한 신호일 경우에는 증폭시킬 목적으로 amplifier board를 구성하여 A/D converter board에 연결하였다. Amplifier는 범용의 증폭용 IC인 741C를 사용하여 구성하였다.

Timer board는 3개의 counter를 내장한 programmable IC인 8253을 사용하여 구성하였으며, counter 0은 USART의 송수신용 clock으로써, counter 1은 cpu에 연결하여 시계작성용으로써, counter 2는 사용자용으로 각각 설정하였다.

또한, 다른 computer와의 data 송수신이 가능하도록 하기 위하여 programmable serial interface IC인 8251을 사용하여 USART board를 구성하였으며, USART board에는 serial interface 용으로 가장 널리 이용되고 있는 RS 232 C board를 구성하여 연결하였다.

3. Computer와 입출력 System의 Interface

FC-80과 입출력 board와의 interface는 decoder IC인 74LS138을 사용하여 회로를 직접

설계하였으며, 만능기판에 제작하여 FC-80과는 림 카트리지 삽입구에 삽입함으로써 연결하였고, 입출력 system과는 flat cable을 통하여 연결하였다.

74LS138을 사용하여 Z-80A의 I/O map address를 decoding할 경우의 상세를 Table 1에 나타내었다. FC-80에서는 cpu의 address 중 00~FF까지를 I/O map address로 설정하고 있기 때문에 본 system에서는 Table 1과 같이 00~7F까지의 address를 7분할하여 address decoding하였으며, 이 중 00~4F까지는 입출력 system의 각 IC에 할당하였고, 50~7F의 범위는 미사용으로 남겨 두었다. 이때, ADC 0809의 EOC에는 20H번지만을 할당하였다.

III. System의 작동

System을 테스트하기 위하여 환경인자중 pH를 선택하여 간단한 on-off 제어실험을 행하였다.

1. pH Control System의 구성

Fig. 2에 제어실험의 구성을 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 증류수를 담은 비이커를 magnetic stirrer 위에 올려 놓고 산액(0.1N HCl)을 뷰렛으로 연속적으로 가하면서 혼합하고, 용액의 pH가 설정치인 4.4 이하로 떨어지면 peristaltic pump를 작동시켜 알칼리액(0.1N NaOH)을 주입하고 다시 용액의 pH가 설정치

Table 1. I/O map address decoding by 74LS138

Output of 74LS138	Allocation of Address of CPU	Selected IC
Y0	00-0F	8255
Y1	10-1F	ADC 0809
Y2	20-2F	EOC of ADC 0809
Y3	30-3F	8251
Y4	40-4F	8253
Y5	50-5F	NC*
Y6	60-6F	NC
Y7	70-7F	NC

* NO Connection

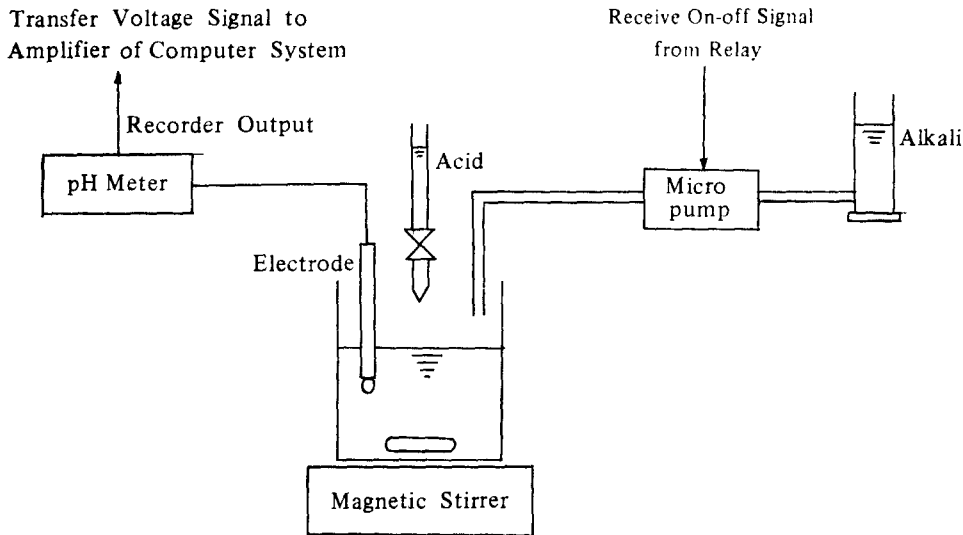


Fig. 2. Block diagram of pH control system

이상으로 상승하면 pump를 정지시켜 산액에 의해 pH가 하강하도록 하는 조작을 반복함으로써 용액의 pH를 일정하게 유지시키는 system으로 구성하였다.

실험에 사용한 pH미터는 Toyo seisakusho 제 (Model PT-60F)로써 analogue type 이었으며, pH 전극은 Ingold 제 (Model U 457)를 사용하였다. Peristaltic pump는 Atto 사제 (Model SJ-1211)를 사용하였다.

Computer system과의 연결에 있어서는 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 pH미터의 recorder output 단자를 amplifier에 연결함으로써 A/D converter에 증폭된 신호가 입력되도록 하였으며, pump의 전원은 relay 단자에 연결하여 8255로부터 출력되는 on-off 신호에 따라 pump가 작동되도록 하였다.

pH미터의 출력신호를 측정된 결과, $-0.51V$ (pH 8.5) ~ $+0.40V$ (pH 2.2)의 범위였으므로 10배 증폭을 하여 ADC 0809에 입력시켰는데, 이때 제어의 감도를 높이기 위하여 $0V$ (pH 6.1) ~ $0.4V$ (pH 2.2)의 산성범위만을 택하여 증폭시켰다. 측정의 정확을 기하기 위하여 증폭된 신호에 대하여 전압을 측정하였는 바, $0V$ (pH 6.14) ~ 3.6

V (pH 3.0)의 범위에서 pH와 전압이 직선적인 관계를 보였으며, 직선의 회귀식을 산출한 결과 $pH = 6.14 - 0.876 V$ (상관계수: -0.9994)였다.

2. pH Control System의 작동

Fig. 3에 용액의 pH를 4.4로 유지하기 위한 제어프로그램의 흐름도를 나타내었다. 프로그램은 BASIC으로 작성하여 FC-80에 입력시켰다. Fig. 3에 나타낸 바와 같이 8255의 port는 전부 출력으로 설정하였으며, ADC 0809의 channel 6를 선택하여 증폭된 신호를 A/D 변환하였다. A/D 변환결과 (A)는 입력전압에 대응하는 16진수이므로 $V = A/51$ 식으로 전압으로 변환하였으며, pH로의 변환식은 $pH = 6.14 - 0.876 V$ 를 사용하였다. 전압치와 pH치는 1초간격으로 monitor에 표시함과 동시에 printer에 인자하였으며, 측정된 pH값을 program 상에서 설정치와 비교한 후, 8255의 port를 통하여 on-off 신호를 출력하여 relay의 작동을 제어하였다.

Fig. 4에 pH control을 행하면서 1분동안의 용액의 pH를 측정된 결과를 1초간격으로 나타내었다. 그림에서 보는 바와같이 용액의 pH는 초기치 5.0으로부터 단기간에 하강하여 4.4 ± 0.2

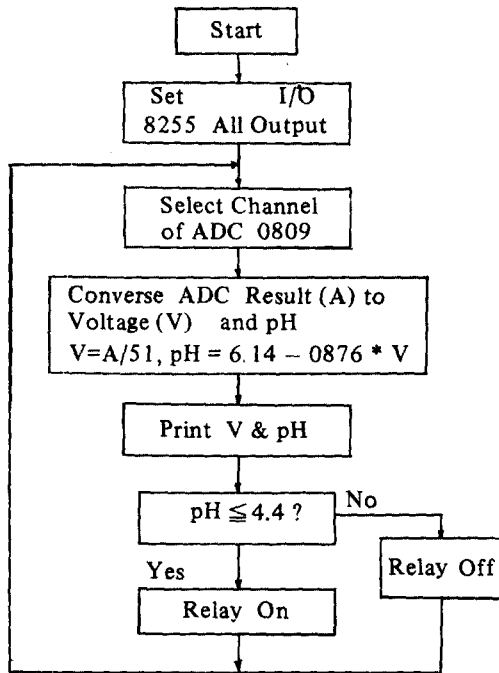


Fig. 3. Flowchart of pH control program

의 범위에서 일정하게 유지되었다. 오차범위가 ± 0.2 로 나타난 것은 본 실험이 단순한 on-off control 인 때문으로 생각되며, 비례제어등의 방법을 사용하면, 오차범위를 줄일 수 있다고 생각된다. 예를 들어 stepping motor를 내장한 pump를 이용할 경우, 설정치와 측정치와의 차이에 비례한 frequency를 pump에 가할 경우 비례제어의 목적을 달성할 수 있을 것이다.

IV. 결 론

구입이 용이하고 측정제어용으로 적합한 국산 personal computer인 FC-80을 사용하여 환경 인자의 측정·제어 system을 구성한 결과는 다음과 같다.

1. FC-80 computer에 PPI, A/D 변환, D/A 변환, timer, USART 등의 기능을 망라한 입출력 system을 interface를 통하여 성공적으로 연결시켰다.

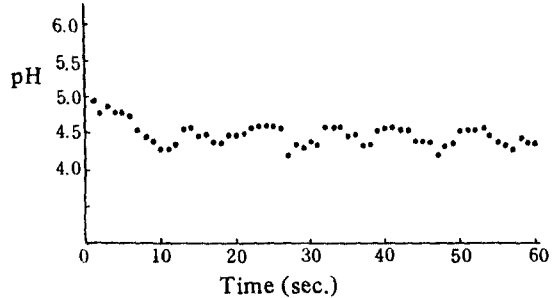


Fig. 4. pH control of neutralization reaction (Controlled at pH 4.4)

2. 구성된 system을 사용하여 pH control을 행한 결과, pH의 측정 및 제어가 무리없이 수행되었으며, pH값은 ± 0.2 의 오차범위내에서 설정치로 유지되었다.

參 考 文 獻

- Hampel, W.A. : "Application of Microcomputers in the Study of Microbial Processes" in *Advances in Biochemical Engineering*, Vol.13, Edited by Fiechter, A., Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1979.
- Cordonnier, M., Kernevez, J.P., and Lebeault J.M. : "Microprocessor in Fermentation Control" in *Computer Applications in Fermentation Technology, Biotechnology and Bioengineering Symposium No. 9*, John Wiley & Sons, New York, 1979.
- Jefferis III, R.P., Klein, S.S., and Drakeford, J. : "Single-Board Microcomputer for Fermentation Control" in *Computer Applications in Fermentation Technology, Biotechnology and Bioengineering Symposium No. 9*, John Wiley & Sons, New York, 1979.
- Merrill, R.D. and Bauer, K. : *An Integrated Microprocessor-Based Fermentor Control System*, *Biotechnology and Bioengineering*, Vol. XXVIII, p. 494-503, 1986.

5. Yano, T., Kobayashi, T., and Shimizu, S.: Control System of Dissolved Oxygen Concentration Employing a Microcomputer, *J. Ferment. Technol.*, Vol. 59, No.4, p. 295-301, 1981.
6. Burrage, S. W., and Varley, M.J. : "Microcomputers in Environmental Control" in *Microcomputers in Biology*, Edited by Ireland, C.R., and Long, S.P., IRL Press, Oxford. Washington DC, 1986.
7. 최부돌 : 컴퓨터를 이용한 식품공정변수의 자동수집 및 제어, 서울대학교 박사학위 논문, 1986.
8. 권영안 : Microcomputer 제어 종균배양장치와 보리코오지제조 자동화, 서울대학교 석사학위논문, 1986.
9. 三菱電機株式會社 : MTK 8501 の 使用マニュアル
10. Persaud, K.C., and Virden, R. : "Data-logging with Microcomputers" in *Microcomputers in Biology*, Edited by Ireland, C.R., and Long, S.P., IRL Press, Oxford-Washington DC, 1986.