

마이크로 컴퓨터를 이용한 食品加工 工程中的 온도 및 무게
測定用 Analog-digital 變換 및 接續 시스템의 製作

崔 扶 亨 · 全 在 根

서울대학교 農科大學 食品工學科

Microcomputer-based Data Acquisition System for the Measurements of
Temperature and Weight in Food Processing

Boo Dol Choi and Jae Kun Chun

Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Seoul National University, Seoul

Abstract

To develop a microcomputer-based data acquisition system for measurement of variables such as temperature and weight in food process, a low-cost data acquisition system was developed using an Apple II microcomputer. The system consisted of a microcomputer, a temperature sensor made of pt-100, a strain gauge load cell for weighing, a preamplifier for signal conditionings and an interface device. Interface device was built with programmable interface chip MC 6821, tristate buffer 74244 and analog-to-digital converter ADC 0809. The analog signals of temperature and weight were serially acquired upon the program. The BASIC language was used for operating the data acquisition and data handling programs. The system successfully measured the variables such as temperature and weight with various sampling intervals in food dehydration process.

序 論

食品産業은 많은 人力이 要求되며 엄격한 品質管理·貯藏·流通을 包含한 各段階에서 自動制御가 필요한 公정이 상당히 많으며, 公정의 제어는 우선 公정에 關여하는 變수의 계측에 의해서 可能하게 된다.

자료의 수집과 公정의 제어는 고가의 計測裝備와 제어장치를 설치하는 경제적 부담으로 인하여 食品加工 公정에는 보급이 일반화되고 있지 못하다. 최근 컴퓨터의 보급은 食品의 각 분야에서 이의 활용방안에 關한 연구가 세계적으로 관심을 집중시키고 있으며 食品 분석에서 분석자료의 수집기능과 食品公정을 關리하는 方面에 다수의 報文이 보고 되고 있다.⁽¹⁻¹⁹⁾

公정의 자료수집은 analog방식과 digital방식으로 구분할 수 있다. 이제까지는 단순한 자료수집 기능을 수행하는 아날로그 방식이 주종을 이루어 왔으나 최근에는 컴퓨터를 이용한 디지털 방식이 널리 이용되고 있다. 후자는 전자에 비하여 많은 장점을 갖고 있으며 그 대표적인 예를 들면 다음과 같다. 공간적으로 또는 시간적으로 여러 지점에 대한 실험자료를 받아 기록하거나 저장시키는 작업(data logging)이 용이하고, 측정된 자료 값을 관심이 되는 다른값의 신호나 숫자화하는 자료의 처리 작업(data processing)이 가능하다. 또

한 측정된 자료의 통계분석 결과에 따라 公정 방정식에 의한 제어신호를 만들어 보내므로써 多重變數制御를 할 수 있고, 비선형적 또는 비정상적 반응이 재재하는 실험대상을 해석하는데 on-line컴퓨터 측정장치의 사용으로 문제의 해결이 상당히 간편해진다.

이상과 같은 컴퓨터에 의한 디지털 자료수집 장치를 이용함으로써 食品公정의 제어 자동화에는 물론 食品 연구 분야에서도 많은 도움을 얻을 수 있다.

기존의 마이크로컴퓨터 시스템을 食品 公정의 자료 수집 및 제어장치로 활용하기 위해서는 각종 變수의 측정센서와 측정자료를 컴퓨터에 入力할 수 있는 接續裝置(interface device)와 이를 운용할 수 있는 프로그램이 요구된다.

本 研究은 여러 食品加工 工程의 變數 中에서 가장 널리 關여하는 溫度와 무게를 마이크로컴퓨터로 自動測定 하기 위해 필요한 測定센서를 製作하고, 센서에서 얻어진 아날로그 信號를 디지털 信號로 變換하여 Apple II 컴퓨터에 入力할 수 있는 一連의 接續裝置를 製作하고, 이 hardware를 食品公업적으로 활용할 수 있는 software의 개발에 목적을 두었다.

材料 및 方法

마이크로컴퓨터

본 연구에 사용된 마이크로컴퓨터는 Apple II 컴퓨터이며 main board, key board, CRT 와 floppy disk driver, printer 등으로 구성되어 있다. CPU로 6502를 쓰고 있으며 48kbyte의 RAM과 12kbyte의 ROM을 지니고 있다. main board 가장자리에는 외부장치와 접속 가능한 8개의 I/O slot이 설치되어 있다.

接續裝置의 設計 製作

접속장치(interface device)는 CPU6502와 호환성이 있는 MC6821 IC를 PIA로 사용하여 Fig. 1의 회로도를 작성 제작하였으며 여기에 사용된 IC칩들은 Table 1과 같다.

센서의 제작 및 標定

1) 온도 측정 센서

본 실험에 사용한 계측용 센서는 pt-100Ω core와 이것에 직경이 5cm 10cm의 stainless tube를 씌운 thermister를 연결하고 100Ω의 가변저항으로 off set 전압을 조정하였다. 브리지 출력전압을 A/D 變換器의 정격전압 범위로 증폭하기 위하여 差等形增幅 回路로 gain을 조정하였다. 이 장치에 사용된 부품과 회로도는 Fig. 2와 같다.

2) 무게 측정 센서

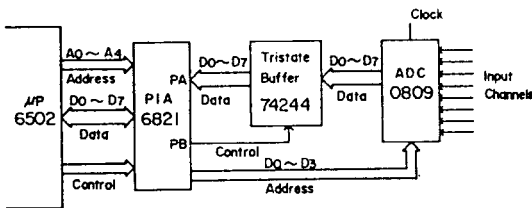


Fig. 1. Data acquisition interface circuit

Table 1. Specification of the data acquisition interface system

Part	Specification	Remarks
Peripheral interface adapter	MC 6821, 2 port, 8 bit	
Analog to digital converter	ADC 0809, 8 channel, 8 bit	conversion time; 100μs input voltage range; 0-5V
Clock divider	SN 7474	1200 nsec.
Buffer	SN 74244, 8 bit, tristate output	output enable; Low

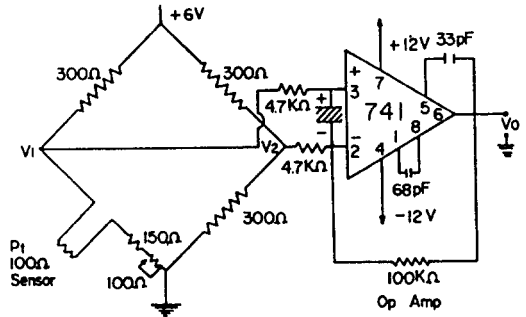


Fig. 2. Circuit of temperature sensing device

무게 측정을 위하여 링(ring)형 하중변환기(load cell)를 제작하였는데, 링에 4개의 strain gauge를 附着하여 게이지 G_1, G_2 는 각각 引張 스트레인을, 게이지 G_3, G_4 는 壓縮 스트레인을 받도록하고 이들로 휘이트스톤 브리지를 구성하여 높은 bridge출력을 얻고 온도에 의한 영향을 제거하고자 하였다.⁽²⁰⁾ 브리지 회로의 출력은 741 Op.Amp를 사용하여 증폭하였으며 사용된 부품은 Table 2와 같고 회로도 는 Fig. 3과 같다. 이 장치는 분동무게로써 표정하여 사용하였다.

資料收集 프로그램

Apple II 마이크로컴퓨터는 BASIC interpreter를 ROM에 內藏하고 있어 전원을 통하는 순간부터 BASIC언어를 사용하게 되어있다. Apple에서 사용되는 memory에 직접 접근할 수 있는 특유한 BASIC명령어로 poke X, Y와 peek(X)가 있는데 poke X, Y는 X번지의 메모리에서 Y값을 貯藏시킬 때 사용되어지며 peek(X)는 X번지의 메모리 내용을 알아볼 수 있게 한다.⁽²¹⁾

그림1의 접속장치를 Apple II의 6번 I/O슬롯에서 접속하여 사용할 경우 Table 3과 같이 PIA6821의 내부 register는 번지가 지정된다.⁽²²⁾

Table 2. Specification of the load cell

Park	Specification	Remark
Strain gauge	KFC-5-D17-11L30 (G ₁ , G ₂ , G ₃ , G ₄) (KYOWA)	120Ω
Voltage follower	μA 747 (IC1)	
Op. Amp. (IC2)	μA 741	
Ring	carbon steel	width 10mm thickness 1mm diameter 70mm
Tray	wire mesh	rectangular 3×20×15cm (H×L×W) hooked at load cell

온도와 무게의 자동측정을 위한 프로그램의 흐름도는 Fig. 4와 같다. 初期化過程에서 PIA6821의 각 포트(port)를 입출력으로 설정하고 출력포트의 출력값에 따라 A/D變換器의 8개의 선택 channel중 하나가 선택되고, 입력되는 전압값은 A/D변환기에 의해 디지털

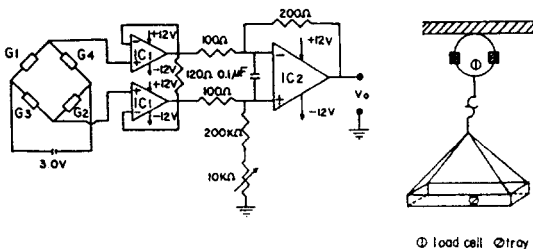


Fig. 3. Circuit of weighing device

신호로 變換된다. 이 값은 74244 latch buffer에 일시 저장되었다가 PIA6821의 입력포트에 8bit並列 데이터로 저장되고, peek(X)명령에 의하여 측정값을 읽어 내게 된다. 데이터 수집 週期는 시간지연 루프(FOR……NEXT) 명령문에 의해 조정하였고, 測定回數와 回歸式을 挿入하였다.

結果 및 考察

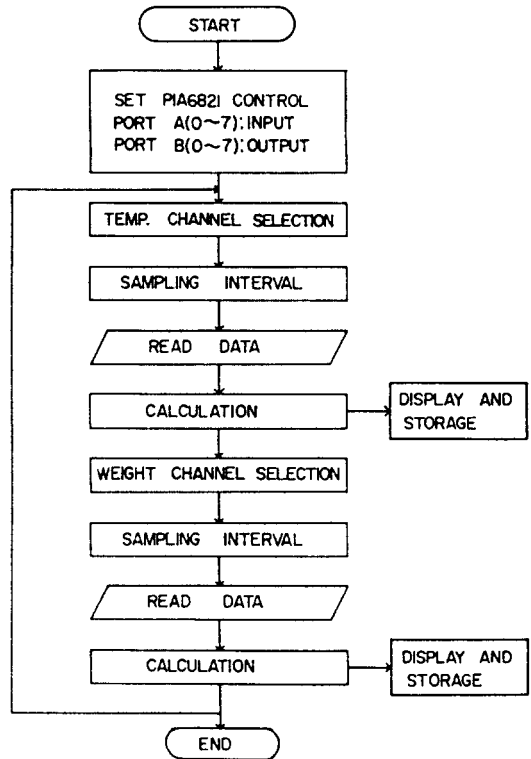


Fig. 4. Temperature and weight data acquisition flow chart

Table 3. System addresses of Apple II when interfaced at the 6th slot

Address (decimal)	Port of 6821	Condition for DDR and OR
\$C0E0(-16148)	A	IF CRA BIT 2=0, DDRA
\$C0E1(-16147)		IF CRA BIT 2=1, ORB CRA
\$C0E0(-16148)	B	IF CRA BIT 2=0, DDRB
\$C0E3(-16145)		IF CRB BIT 2=1, ORB CRB

* DDRA, DDRB: Data direction register A and B
ORA, ORB : Output register A and B

CRA, CRB : Control register A and B

온도 센서의 感應速度 및 계측치의 컴퓨터 입력

Table 2의 회로를 이용하여 온도변화에 따른 출력 전압을 Table 4의 프로그램으로 遂行하여 출력시킨 결과 0~100°C의 온도와 컴퓨터 출력값과는 식 1과 같이 높은 직선적인 相關關係(R=0.99967)를 보였다.

$$t(°C) = \frac{D}{2.7243} + 1.247 \dots (1)$$

여기서 t는 換算한 온도이고 D는 digital 출력값으로 0~255이다. 이때의 LSB(Least significant bit)는 0.4°C에 해당한다. 그림2의 증폭회로에서 증폭율(Rf/Ri)을 높이면 측정 온도의 범위는 줄어들거나, 측정 誤差를 감소시킴으로 더욱 정확한 온도 측정값을 얻을 수 있었다. 그리고 공정의 온도변화가 급격할 경우 온도 센서의 感應速度가 문제된다. 이는 자료수집 간격을 결정하는데 고려하여야 하는데 측정 시간간격이 센서의 感應時間보다는 충분히 커야한다. 따라서 사용된 센서의 감응시간을 측정하고 여기에 附合되는 센서를 선택 사용하여야 한다. 3개의 thermister들을 70°C의 열풍에서 갑자기 20°C로 변경했을때 센서의 感應時間은 Fig. 5와 같았다. 센서가 Core인것과 피복체튜브의 직경이 5, 10mm인 것은 平衡에 이르는데 각각 60, 90 sec, 4min이 소요되었다. 센서 피복체의 직경이 10mm는 감응시간이 너무 길어 빠른 온도변화를 감지하기에는 적합하지 않았다. 또한 Core상태의 것은 가장 감응속도가 빠르지만 습도에 의한 영향으로 건조실의 출구와 같은 습도가 높은 곳의 온도측정에는 부적합 하였다.

한편 센서의 리드선으로는 실드선을 사용하였는데 10m이내의 길이에서는 영향이 없었다.

무게 計測值의 컴퓨터入力

Fig. 3의 무게측정 장치에 10~100g까지의 표준분동

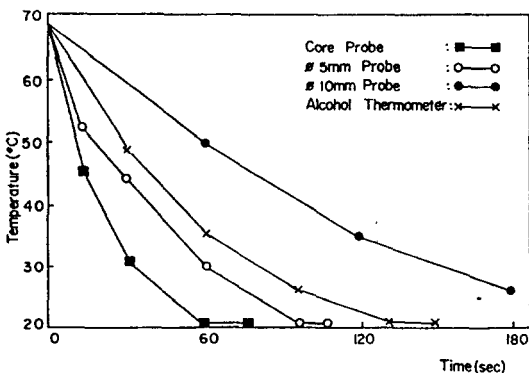


Fig. 5. Temperature response profile of temperature probes in air

으로 얻어지는 출력전압을 접속장치에 연결한 후 프로그램을 수행하여 컴퓨터에 입력한 결과 식 2와 같이 높은 직선적인 相關關係(R=0.9994)를 보였다.

$$W = \frac{D}{1.571} - 13.66 \dots (2)$$

여기서 W는 무게값(g)이며 D는 컴퓨터 출력 digital 값이다. 이때 LSB값이 0.62g에 해당되며 0~148g까지의 무게 측정범위에서 이 무게 측정장치의 정도는 0.62g이었다. 무게의 정도는 측정범위에 따라 달라지는데 측정범위를 좁히거나 bit數가 큰 A/D變換器를 사용하면 정도를 높일 수 있을 것이다.

荷重變換機의 출력 전압은 게이지를 부착한 금속재료의 탄성과 荷重에 의해 결정되는데, 측정하고자 하는 적정 荷重범위에서 출력값이 정하여지도록 링의 직경, 金屬片의 두께 및 幅 등을 조절해야만 하였다.

식품가공 장치에서의 컴퓨터 자료 수집 장치에 의한 공정변수의 수집

마이크로컴퓨터 자료수집 장치를 식품 가공 장치의 한 종류인 식품건조 장치에 활용하여 건조 공정변수인 건조실의 온도 및 건조 試料의 무게 변화를 측정하였다. 건조과정 중에 건조실내의 여러 지점의 온도상태와 시료의 무게변화를 자동으로 측정하여 text file 프로그램으로 floppy disk에 수집 저장하거나 프린터에 자료를 출력할 수 있었다. 측정지점 수와 측정회수, 기록시간 간격 등은 프로그램에 의해 필요에 따라 조정할 수 있었다. 또한 기록된 무게감량 자료를 분석하여 Fig. 6과 같은 무우 건조속도곡선을 얻을 수 있었다.

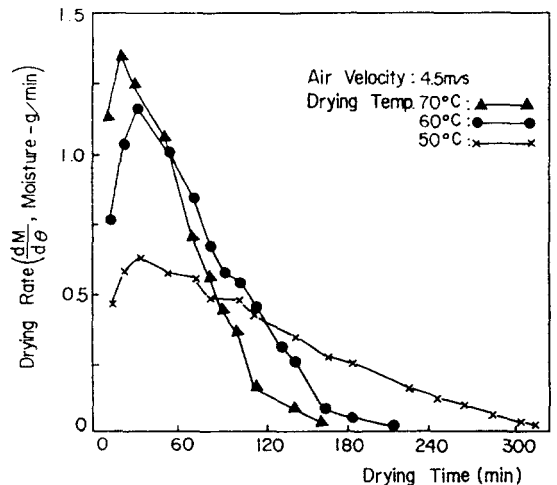


Fig. 6. Radish drying rate curve obtained through computer data acquisition system

要 約

마이크로컴퓨터를 식품가공 공정 및 연구에서 자료 수집 및 제어에 응용하기 위하여 Apple II 컴퓨터에 접속 가능한 接續裝置를 설계 제작하였다. 또한 식품의 여러 공정에 주요한 변수가 되는 온도 및 무게값을 전기적 신호로 감지하는 센서와 A/D變換器의 적정 입력 전압범위 전환을 위한 증폭회로를 구성하였다. 이들을 연결시켜 필요한 BASIC語 프로그램을 작성하여 식품 건조 장치의 온도 및 무게값의 측정장치로 활용 가능성을 보였다. 컴퓨터를 응용함으로써 공정자료의 정확성과 신뢰성을 향상시키고 여러가지 공정변수를 다량 수집할 수 있게 되고 수집된 많은 자료를 용이하게 저장, 분석할 수 있었다. 본 실험장치에 여러가지 목적에 따라 필요한 측정 센서를 개발하여 附屬함으로써 비단 온도와 무게 측정뿐 아니라 諸般 食品제조 공정과 실험의 자동화에 활용할 수 있는 기초적인 자료를 얻었다.

감사의 말

본 연구는 1985년 한국과학재단차관 연구비의 지원으로 이루어졌습니다.

文 獻

1. Steele, D.J.: Food Eng. INT'L., 5(12): 28 (1980)
2. Morrison, D.L., Snow, R.H. and Lamoureux, J.P.: Science 215(12): 813 (1982)
3. 전재근: 식품과학, 한국식품과학회 18(3): 4(1985)
4. MacFarlane, L.: Automatic control of food manufacturing processes, Applied Science Pub., NY (1983)
5. Israel Saguy: Computer-aided techniques in food technology, Marcel Dekker, Inc. (1983)
6. McLellan, M.R.: Food Technol., 39(4): 64 (1985)
7. Brown, G.: Technical Bulletin, Campen Food Preservation Research Association No. 50 (1982)
8. Mulvaney, S.J., Houghton, G.E. and Rizvi, S.S.H.: Food Technol., 39(4): 98 (1985)
9. Fortis, T., Tauzer, C. and Rumsey, T.: Summer Meet, ASAE. Paper No. 84-3023 (1984)
10. Cassel, D.A.: Microcomputer and modern control engineering, Reston Pub. Co., Inc. (1983)
11. Mitchell, B.W. and L.N. Drury: Trans. ASAE, 24(5): 1363 (1981)
12. Stuart Thorne: Developments in food preservation, Applied Science Pub. LTD. (1983)
13. Werner, A. Hampel: Application of microcomputer in the study of microbial processes (1984)
14. Mitchell, B.W.: Trans. ASAE, 26(2): 570 (1983)
15. Lee, Y.H.: Biotechnol. Bioeng., 22, 478 (1980)
16. Richard, A.R. and Badenhop, A.F.: J. of Food Process Eng., 2, 323 (1978)
17. M.A. Tung and T.D. Garland: J. of Food Science, 43, 365 (1978)
18. Tamura, M.S., Shoemaker, C.F. and Henderson, J.M.: J. of Food Sci., 50, 808 (1985)
19. Enke, C.G.: Science 215(12): 785 (1982)
20. Sheingold, D.H.: Transducer interfacing handbook, Analog Devices, Inc. Norwood (1980)
21. Apple II Reference manual, Apple Computer Inc. (1982)
22. Michael Andrews: Programming microprocessor interfaces for control and instrumentation, Prentice-Hall, Inc., (1982)

(1986년 12월 19일 접수)