

## 마이크로프로세서를 이용한 과채류 자동 저장 제어장치의 제작과 온도 자동계측 관리 시스템

박재균 · 전재근 · 이승구 · 김공환\*  
서울대학교 농과대학, 아주대학교 공과대학\*

### Development of Microprocessor-based Automatic Storage Controller and Temperature Auto-measurement System for Horticultural Crops

Je-Kyun Park, Jae-Kun Chun, Seung-Koo Lee and Kong-Hwan Kim\*

*College of Agriculture, Seoul National University, Suwon*  
*\*College of Engineering, Ajou University, Suwon*

#### Abstract

A laboratory scale storage facility consisting of a cold room, sample jars and a ventilation device was designed and built. Storing sample jars (1.7l) for fruit were fabricated with transparent acryl and provided with a constant air flow. For the supplying of air to sample jars, the air distributing system was built with solenoid valves, an air precooling coil and a pressure equalizing tank. To provide the programmable storing environment of the facility a microprocessor-based controller was designed and installed. The controller was built with the 8 bit microprocessor (Z-80), EPROM, RAM, programmable peripheral interface(8255 PPI), and A/D converter. Softwares for the auto-temperature measurement and control of the storage system were developed and systemized in ROM. The automated storage system was applied to citrus storage, and the temperature of the storage facilities was successfully acquired to the computer and controlled. Key words: fruit storage, microprocessor, automation of storage

#### 서 론

과채류와 같은 원예작물의 저장시설은 작물의 호흡과 같은 독특한 저장생리에 부합되는 환경조건을 제어하여 주어야 한다. 저장은 장시간에 걸쳐 이루어지므로 저장환경의 제어는 자동화의 필요성이 있으며 이는 제어 알고리즘(algorithm)의 확립을 요구하게 된다.

이와 같은 시도는 Dilley 등에 의하여 이루어졌으나<sup>(1-3)</sup> 국내에서는 저장시스템의 자동화에 관한 연구가 전혀 이루어지고 있지 못하다.

저장환경 제어는 저장시설의 구조와 시스템에 따라 제어방식이 결정되므로<sup>(4,5)</sup> 본 연구는 공기순환식 저온저장 시스템을 제작하여 동 시스템을 사용할 수 있는 알고리즘을 도출하고, 저장실내 온도의 자동수집과 제어에 적합한 제어장치를 마이크로프로세서(microprocessor)를 사용하여 설계 제작하였다.

마이크로프로세서 제어시스템은 다양한 저장환경 변수의 계측과 제어기능을 갖출 수 있도록 설계하고 여러개의 저장 상자로부터 개별 저장환경의 계측을 선택적으로 수행할 수 있도록 하였다. 그리고 저장환경의 주요 변수인 저장실과 저장 상자내의 온도를 자동 계측하고 제어할 수 있는 하드웨어(hardware) 및 소프트웨어(software) 기술을 개발하고 그 운영실험을 수행하였다.

#### 재료 및 방법

##### 재료

저장시험용 작물로는 밀감을 시중에서 구입 사용하였다.

##### 방법

저장시설, 저장제어 마이크로프로세서 시스템은 다음과 같이 설계, 제작 사용하였다.

Corresponding author: Jae-Kun Chun, Department of Food Science and Technology, Seoul National University, Suwon 440-744

과채류 저온저장 시설의 설계와 제작

저장시설은 저장 상자와 저장실 그리고 분석시스템으로 구성하였으며 저장 상자는 아크릴원통(1.7l)으로 제작하였고 저장상자 내로 포화습도에 도달한 공기를 1l/min의 유속으로 순환시키도록 하였다. 유입공기는 8개의 저장상자에 균일하게 분배될 수 있도록 그림 1과 같이 공기분배 장치를 통하여 예냉, 공기압의 균일화가 이루어지도록 하였다.

저장상자로부터 배출되는 저장공기는 튜브(φ6mm)를 통해 하나의 분석기기에 병렬로 연결되도록 하였고, 3-way solenoid valve를 사용하여 저장상자를 선택할 수 있도록 하였다. 저장실은 냉동기를 사용하여 냉각시켰으며 냉동기는 저장실과 분리하여 냉동펌프의 진동이 저장실로 전달되지 않도록 하였고, 냉각시설의 증발관은 저장실의 한쪽 벽면에 설치하였다. 저장실의 구조 및 규격은 그림 2와 같다.

마이크로프로세서 제어장치의 제작

그림 3과 같은 과실 저장환경의 제어와 계측을 전담할 수 있는 제어장치를 Z-80 microprocessor, EPROM (16K), RAM(16K), clock, buffer, 8255 PPI 등의 IC를 이용 I/O mapped address decoding 방식으로 설계 제작하였다(10). 제어장치의 구성도는 그림 4와 같으며 입출력 장치로는 8255 PPI를 두개 사용하여 하나는 그림 4에서와 같이 계측과 제어에 다른 하나는 주컴퓨터(host computer)와의 접속을 위해 사용할 수 있게 하였다. 계측신호의 입력을 위한 가공 및 A/D 변환부와 냉동기 및 solenoid valve의 작동에 필요한 relay 동작부는 각각 모듈(module)로 제작하여 8255 PPI에 접속할 수 있게 구성하였다.

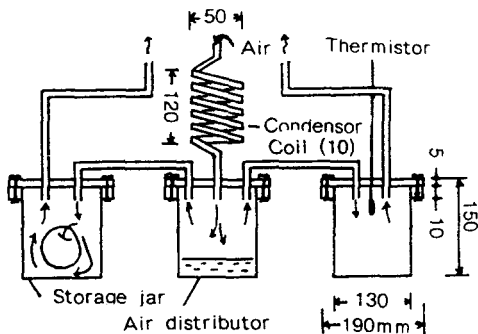
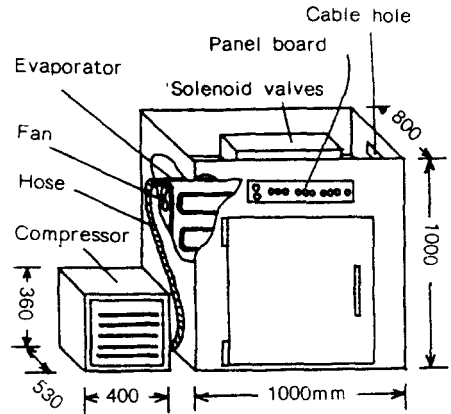
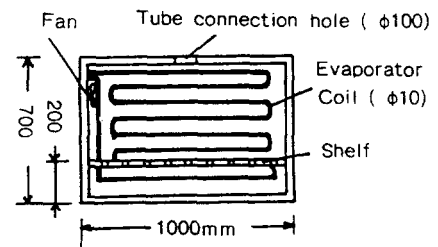


Fig. 1. Structure of the air distributor for the storage jars.



(a) Structure of the storage room



(b) Inside view

Fig. 2. Structure and dimension of the storage room.

자동 온도계측장치의 제작

저장상자와 저장실내 온도의 계측은 thermistor (2KΩ, 25°C) 센서를 제작 설치 사용하였다. 계측신호는 Wheatstone bridge 회로, Op. Amp 및 A/D 변환기로 구성된 신호가공 모듈을 거쳐 마이크로프로세서 제어 장치에 접속할 수 있는 입력전압범위(0~5V)가 되도록 가공하였다(6~9).

결과 및 고찰

과채류 자동저장 시설의 운영프로그램

제어장치를 작동시키기 위해서는 운영프로그램의 ROM 화가 필요하다. ROM 화는 EPROM을 사용하여 제어프로그램을 영구 저장토록 하였다(10).

본 저장 연구시설 제어장치의 소프트웨어는 Pascal/MT+ 언어, Macro-80 Assembly, ALDS (assembly language development system) 등의 소프트웨어를 이용하여 Z-80 기계어로 작성하였다. 그림 5

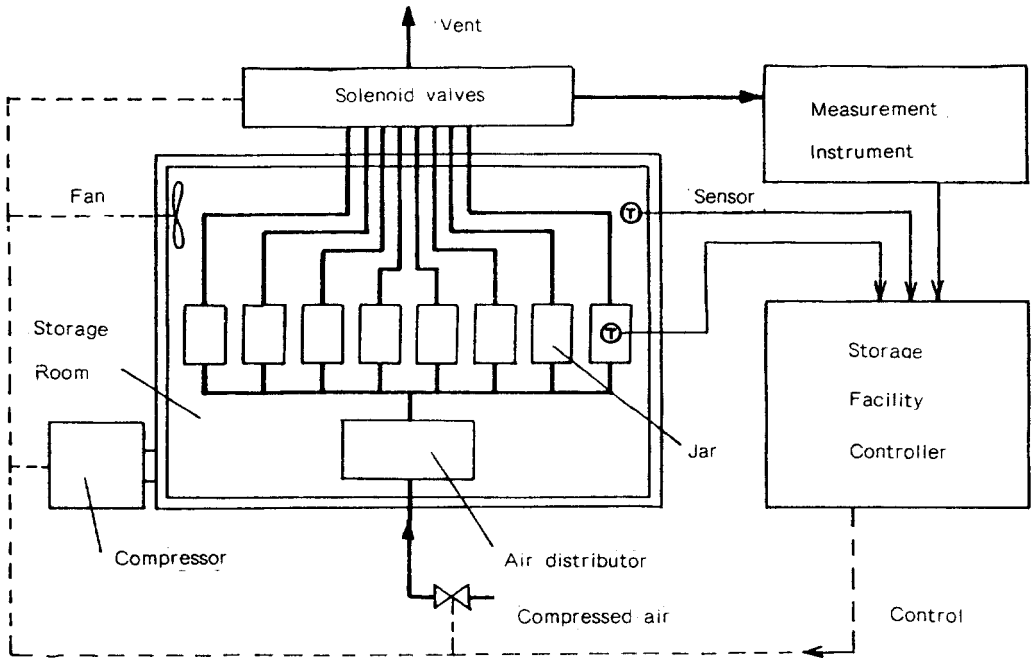


Fig. 3. Structure of the horticultural crops storage system with control and measurement devices.

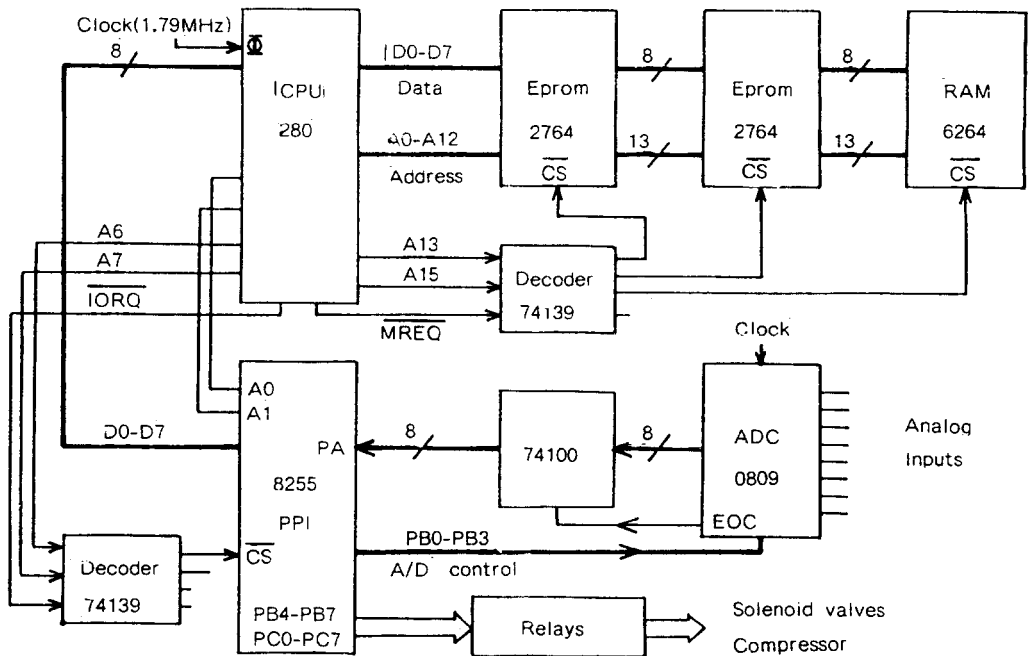


Fig. 4. Block diagram of the microprocessor-based storage environmental controller.

는 시스템 소프트웨어의 개발도이며 제어기 동작에 필요한 프로그램은 각각 subroutine으로 처리하여 운영프로그램에서 해당 procedure를 호출할 수 있게 하였다<sup>(11)</sup>.

**과채류 저장시설의 운영결과**

저장실내 온도를 측정하고 그에 따라 제어동작을 하는 공기순환식 저온저장 시스템을 관리하기 위한 제어기의 운영프로그램은 그림 6과 같은 순서도에 따라 작성하여 ROM화 하였다. 저장상자의 선택과정은 저장실 전면 panel 상의 램프에 의해 확인할 수 있고 저장실내 온도 조절은  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  범위내에서 이루어졌다. 밀감을 저장 시료로 일주일간 실험한 결과 그림 7에서와 같이 저장실내 및 저장상자 내의 온도변화를 비교할 수 있었다. 저장상자 내의 온도변화가 다소 크게 나타난 것은 유입되는 공기의 기온 차이에 의한 것으로 생각된다.

본 실험결과 저장시험을 장기간 계속하여도 제어에 작동 및 제속에 이상없이 저장시험의 자동화를 이룰 수 있었다.

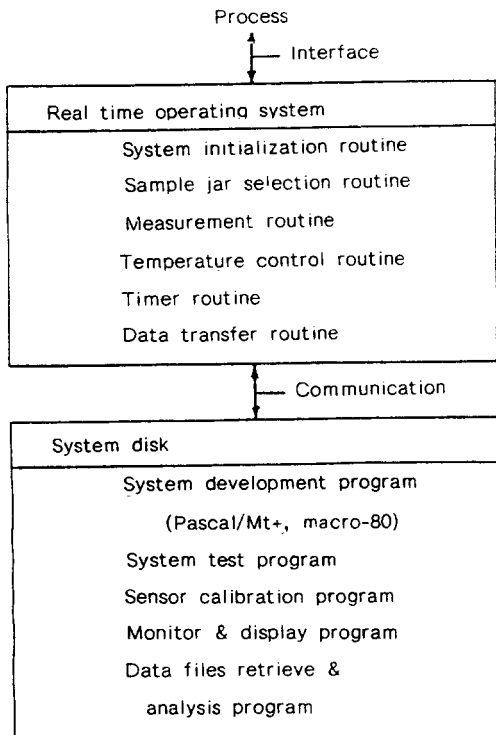


Fig. 5. Overview of the system software.

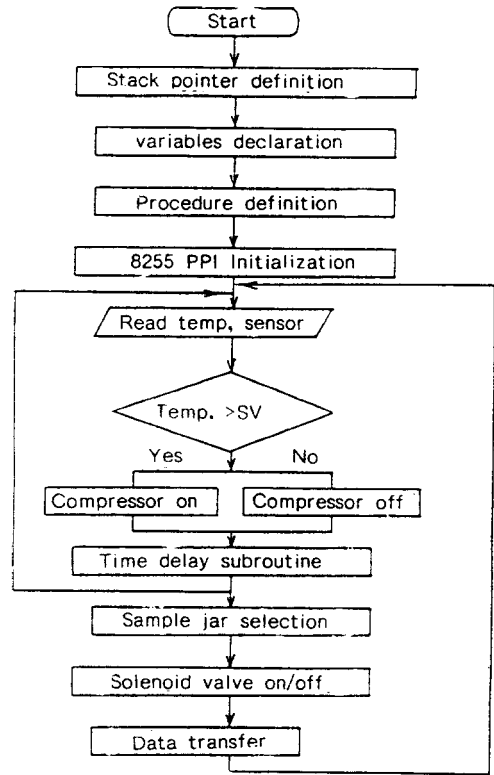


Fig. 6. Flow chart of the controller operating program.

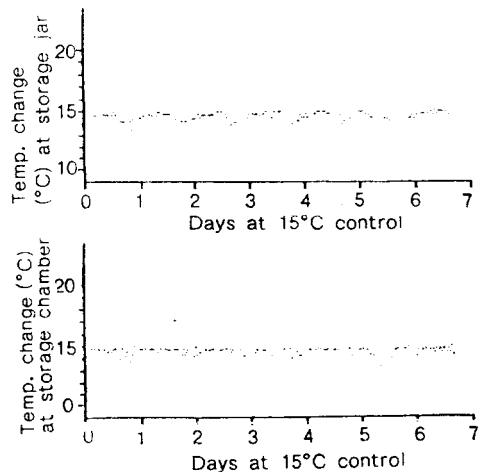


Fig. 7. Change of temperature of the storage chamber and storage jar.

## 요 약

저장실, 저장상자, 공기분배장치 등을 포함한 실험실 규모의 저장실을 설계, 제작하였다. 과실류를 수용할 수 있는 저장상자(1, 7l)는 투명아크릴을 재질로 일정 공기가 계속해서 순환되도록 하고 저장실은 0~30°C 범위내에서  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 의 정확도로 온도제어가 가능하였다. 저장상자로 유입되는 공기는 공기분배 장치를 통하여 예냉과 공기압의 균일화가 이루어지도록 하였고 solenoid valve를 사용한 저장상자 선택장치를 제작하였다. 이와 같은 저장시설의 환경제어와 계측을 전담할 수 있는 마이크로프로세서 시스템을 8 bit 마이크로프로세서와 기억장치, 그리고 입출력장치 등의 IC chip을 이용하여 설계 제작하였다. 동 시스템을 활용하기 위하여 저장환경의 제어를 위한 소프트웨어를 개발하고 운영프로그램을 ROM화 할 수 있었다.

제작된 저장 자동제어장치 시스템을 이용 밀감류 저장에 적용하여 저장시설의 운영 및 온도의 자료수집을 성공적으로 수행할 수 있었다.

## 감사의 말

본 연구는 1986년도 문교부 자유과제 학술연구조성비에 의하여 이루어진 연구의 일부입니다<sup>(12)</sup>.

## 문 헌

1. Dilley, D.R., D.H. Dewey, and R.R. Dedolph : Automated system for determining respiratory gas exchange of plant materials. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **94**, 138(1969)
2. Lougheed, E.C. and E.W. Franklin : Automated system for measuring respiration. *Can. J. Plant Sci.*, **48**, 435(1968)
3. Watada, A.E. and D.R. Massie : A compact automatic system for measuring CO<sub>2</sub> and C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> evolution by harvested horticultural crops. *Hort Science*, **16**(1), 39(1981)
4. Lee, S.K. : Development of an automated continuous flow system for measuring respiration and ethylene production of horticultural crops. *Agric. Res. Seoul Nat'l Univ.*, **12**(1), 21(1987)
5. Parsons, J.E., J.L. Dunlap, J.M. McKinion, C.J. Phene, and D.N. Baker : Microprocessor-based data acquisition and control software for plant growth chambers(Spar system). *Trans. of the ASAE*, **23**(3), 589(1980)
6. 최부돌·전재근 : 마이크로컴퓨터를 이용한 식품가공 공정중의 온도 및 무게측정용 Analog-digital 변환 및 접속 시스템의 제작, *한국식품과학회지*, **19**(2), 129(1987)
7. 최부돌·전재근 : 마이크로컴퓨터 계측 및 제어 시스템을 활용한 식품건조중 자료의 수집과 제어, *한국식품과학회지*, **19**(3), 200(1987)
8. 전재근·강준수 : 마이크로컴퓨터 감압 건조시스템의 제작운영과 풋고추의 감압건조 특성, *한국농화학회지*, **30**(1), 65(1987)
9. 권영안, 전재근 : 마이크로컴퓨터 제어 종국배양 장치와 보리 코오지의 자동화, *한국식품과학회지*, **20**(3), 326(1988)
10. James W. Coffron : *Z80 Applications*, Sybex, CA (1983)
11. *Pascal/MT+ language reference manual & programmer's guide*, Digital research, CA (1983)
12. 전재근·이승구·김공환 : 마이크로프로세서 시스템을 활용한 원예작물 저장환경의 제어와 저장생리의 자동분석시스템의 개발, 문교부 자유과제 학술연구보고서(1987) (1988년 8월 11일 접수)