

환기창 자동제어용 제어 알고리즘 개발

박규식 · 이기명

경북대학교 농과대학 농업기계공학과

Development of a Control Algorithm for Automatic Ventilation

Park, Kyu-Sik · Lee, Ki-Myung

Dept. of Agricultural Machinery, College of Agriculture, Kyungpook National University

Abstract

Environmental control operations have been considerably contributed to the reduction of labor cost in both plastic film and glass greenhouses since government supported projects were begun. However, some problems are still remaining on the optimal environmental control and excessive operation due to an inflexible software regulating ventilation gear-reducers. The unadjustable software caused the damage of ventilation system, resulting in heat stresses of crops.

This study was performed to develop a ventilation software controlling the vent opening level, opening sequence, based on the wind direction, and control interval according to the difference between ambient and set-up temperatures. The software included a beeper system alarming urgent cases, while a manager was remote from the greenhouse. A compatible hardware with the software was also developed by using a low-cost diffused DSP controller.

주 제 어 : 파이프비닐온실, 천창, 측창, 권취식 창개폐기

Key Words : plastic greenhouse, ceiling vent, side vent, roll-up ventilator

서 언

1992년부터 실시된 시설원예자동화사업으로 온실에 설치된 자동화장치의 제어 시스템의 발전은, 노동력절감에 많은 공헌을 하였다. 환기용개폐기와 보온 및 차광용 커텐의 전동모터에 의한 자동화는 자동화된 난방시스템과 함께 온실관리에서 노동력을 대체하는 자동화의 대부분을 차지하고 있다.^{1, 2, 9)} 개발 보급 초기에는 타이머에 의해서 온 오프로 제어된 자

동화장치가 최근에는 각종 기상측정용 센서 및 PLC를 사용한 자동화 뿐만 아니라 개인용 컴퓨터에 의한 원격재택제어에 이르기까지 많은 발전을 보이고 있다.⁴⁾ 그러나 환기제어에 있어서 제어알고리즘은 온실내 온도와 설정온도를 비교하여 단순 온 오프제어하거나 환기창의 열림제어를 3~4단계로 구분하여 제어하는 정도로서¹⁾ 온실환기에 중요한 영향을 미치는 풍향을 고려하거나 외기온과 설정온도와의 차이를 감안한 알고리즘은 개발보급되지 않고

있다.^{6,7)} 또한 현재 보급된 자동화 설비는 최첨단의 마이크로프로세서를 사용하므로 가격이 비싸고 이상작동 또는 고장시 대처 능력이 부족하여 막연히 A/S를 기다려야 하는 등의 불편함과 항상 온실을 관리할 수 있는 사람이 있어야 하는 등의 부족함을 갖고 있다.⁵⁾

본 연구에서는 개발한 평기어 기어열의 차동링기어 유성기어방식을 이용하는 1단의 고비율 감속기를 사용하여 환기창을 개폐하고 온실길이를 기준으로 좌측 또는 우측으로 불어오는 풍향에 따라 환기창의 개폐순서를 결정하고, 온실내외의 온도차를 기준으로 환기창의 개도를 조절하는 제어프로그램을 개발하였다.⁷⁾ 야간 또는 온실내에 관리자가 없을 경우에 발생하는 온실환경관리장치의 이상작동이나 고장 등의 상황을 온실에 설치된 전화망을 통해 관리자에게 무선호출할 수 있는 기능을 추가하였다. 또한 본 제어 알고리즘을 사용하여 1 chip DSP controller를 이용하여 사용이 간편한 온실용 복합환경제어장치를 저가로 보급할 수 있도록 개발하였다.

재료 및 방법

1. 실험장치

온실용 창환기제어 시스템을 개발하기 위하여 프로그램의 수정이 간단한 PLC를 이용한 제어 콘트롤러를 제작하였다. 그림 1의 하드웨어 구성도에서와 같이 콘트롤러에 사용한 PLC는 SPC-300(삼성)이고, 기상측정용 센서는 백금측온저항체 PT100Ω의 온도센서이며 광센서를 사용하여 개발한 2방향 풍향계 등이 사용되었다. 제어되는 전동기는 천창개폐기(220v 80w) 4대, 측창개폐기(220v 80w) 4대, 2중 개폐기(220v 80w) 4대, 커튼개폐기(220v 0.4kw) 2대, 환풍기(220v 0.75kw) 3대이며, 전류계, 전압계 등으로 구성되어 있다. 콘트롤러는 온실내에서 각 작동기의 동작상태를 가시적으로 확인할 수 있는 온실의 입구측 중앙에 설치 하였다.

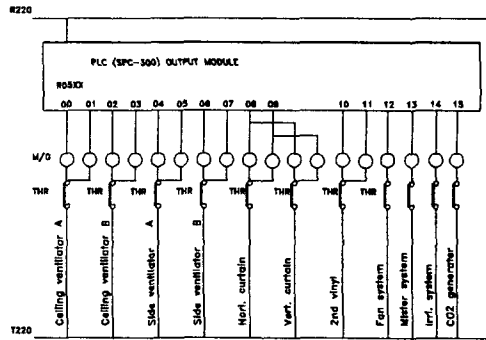


Fig. 1. The schematic diagram of greenhouse controller using PLC.

그림 2는 PLC를 이용하여 제작한 실험용 온실의 콘트롤러이다. 사진에서와 같이 메인 스위치와 전류계 그리고 PLC가 장착되어 있고, 각 모터에 연결되는 마그네트스위치가 설치되어 있다.

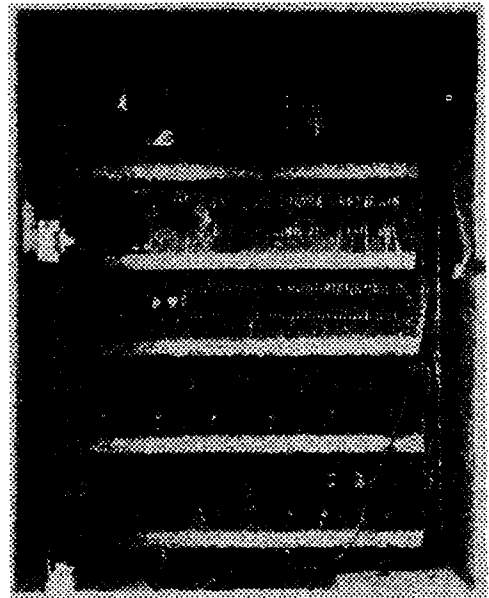


Fig. 2. Greenhouse controller using PLC.

2. 실험방법

고온관리를 위한 창환기제어 소프트웨어를 개발하고 수정하기 위하여 온실의 환기창을 풍상(A)과 풍하(B)측으로 구분하여 천창과 측창을 각각 같이 배선하였다. 온실에서의 자연대류방식을 이용하는 환기에서는 온실길이 방향을 기준으로 하는 좌 또는 우의 풍향에 의한 환기효과가 크게 다르므로 풍상과 풍하의 창의 개도를 조절하였다. 개발한 2방향 풍향계를 이용하여 온실길이방향을 기준으로 풍향을 2가지로 구분하여 제어하였다. 온실의 환기에 영향을 주지않는 수평커튼, 측면 수직 커튼, 2중비닐, 관수 펌프, 탄산가스발생기는 예약시간에 의해 시퀀스제어하도록 하였다.

결과 및 고찰

1. 제어 알고리즘 개발

현재 대부분 온실의 창개폐를 위한 제어용의 소프트웨어는 설정온도와 온실내온도를 기준으로 단순비교 개폐제어를 하고 있으며, 외기온은 전혀 고려하지 않고 있다. 특히 비례 제어 개념을 도입한 온실에도 산업용 공조시스템의 설정온도와 실내온도 기준의 비례제어 개념을 도입함으로써, 계절별로 온도의 변화 폭이 크고, 수시로 기상상태가 변화하는 외기를 유입하여 온도를 제어하는 창환기에 있어서 급격한 온도변화에 따른 온실내 작물이 저온스트레스를 받기 쉽고, 개폐기의 작동회수가 많아지는 등의 문제가 있다. 따라서 온실내외의 온도차이가 큰 계절에는 외부의 찬공기를 한꺼번에 많이 유입하면 작물이 저온스트레스를 받게 된다. 그러므로 환기창의 개도를 적게하여 작물의 저온스트레스를 줄여야 할 필요성이 있으며, 온실길이방향을 기준으로 좌우측 풍향을 고려하여 환기창의 개폐순서를 결정함으로써 환기효과를 최대한 높여야 한다. 본 연구에서는 창환기에 있어서 설정온도와 외기온을 함수로 제어주기, 1회 개폐 동작 폭, 개폐순서 등을 결정하는 알고리즘을 표 1과 같이 개발하였다.

Table 1. Control algorithms for the roll-up vent system.

Control objective	Control step and ranges	Control instruction
Direction	$(IT^* - ST^*) > 1^\circ\text{C}$	「open」
	$(IT - ST) < -1^\circ\text{C}$	「shut-down」
Control interval	$(ST - OT^*) < 0^\circ\text{C}$	5 minute
	$(ST - OT) = 0 \sim 5^\circ\text{C}$	6 minute
	$(ST - OT) = 5 \sim 10^\circ\text{C}$	7 minute
	$(ST - OT) = 10 \sim 20^\circ\text{C}$	8 minute
	$(ST - OT) > 20^\circ\text{C}$	9 minute
Duration width (DW)	$(ST - OT) < 0^\circ\text{C}$	fully open(100cm)
	$(ST - OT) = 0 \sim 5^\circ\text{C}$	DW=50cm
	$(ST - OT) = 5 \sim 10^\circ\text{C}$	DW=30cm
	$(ST - OT) = 10 \sim 20^\circ\text{C}$	DW=10cm
	$(ST - OT) > 20^\circ\text{C}$	fully close and fan ventilation
Sequence of control	$(ST - OT) < 0^\circ\text{C}$	open
	$(ST - OT) = 0 \sim 5^\circ\text{C}$	$C^*dw^* \rightarrow Cuw^*$
	$(ST - OT) = 5 \sim 10^\circ\text{C}$	$\rightarrow S^*dw \rightarrow Suw$
	$(ST - OT) = 10 \sim 20^\circ\text{C}$	shut-down
	$(ST - OT) > 20^\circ\text{C}$	
Storm & gust	15m/sec	shut-down

*IT:greenhouse temperature, *ST:set-up temperature, *OT:ambient temperature, *C:ceiling vent, *S:side vent, *dw:downwind, *uw:upwind

1.1 개폐방향 명령(「개」, 「폐」명령)

권취형 창개폐기를 여느냐(「개」명령), 닫느냐(「폐」명령)를 정하는 것은 설정온도(ST)와 현재의 온실내부 온도(T)를 비교하여 $\pm 1^\circ\text{C}$ 를 기준으로 제어되도록 하였다. 현재의 대부분 창개폐기는 이 기능만을 가진 것이 많다.

1.2 계측제어주기 결정

실내온도 및 외기온을 측정하여 창의 「개」 「폐」판별이나 명령을 제어하는 주기를 년중

일정하게 하지 않고 계절별, 시간대별로 차이를 두는 것이 바람직하다. 즉 설정온도와 외기온과의 차이가 큰 겨울에는 개도를 작게 하면 안정온도(평형상태)가 되는 시간이 길어지므로 계측제어 주기를 길게하였고, 설정온도와 외기온과의 차이가 적은 여름에는 개도를 크게하면 안정온도(평형상태)가 되는 시간이 짧기 때문에 계측제어 주기를 짧게 하도록 하였다. 여기서 창을 쏘개하였을 때 온실내 온도가 안정되는 시간은 5분, 창의 개도가 20cm 일때는 9분정도 소요되는 실험결과를 이용하여 시간별로 배분하여 제어주기를 결정하였다.^{3,4)}

1.3 1회개폐동작폭(DW) 결정

「개」, 「폐」명령에 의하여 창이 개폐되지만 설정온도와 외기온과의 차이에 따라 적정 개도(개폐폭)로 창을 열어 주기 위하여는 1회 개폐 동작폭을 달리하여야 한다. 즉 설정온도(ST)와 외기온(OT)과의 차가 큰 겨울에는 1회 개폐 동작폭을 작게 하여 온도의 급변화에 따른 작물의 피해를 최소화 해야 하며, 설정온도(ST)와 외기온(OT)과의 차가 작은 여름에는 1회 개폐 동작폭을 크게하여 환기효율을 높여야 한다.

이 때 설정온도와 외기온과의 차(ST-OT)를 기준으로 하는 단계적 비례제어를 적용하였으며 경제성에서 유리하도록 본 알고리즘에서는 5단계를 취하였다. 이 부분은 앞으로 실용화 측면에서의 많은 연구가 추진되어야 할 것으로 사료된다. 여기서 (ST-OT)의 값이 20℃ (ST=20℃, OT=0℃이하) 이상이면 추운 겨울로서 창환기는 작물에 피해를 줄 수 있기 때문에 창은 완전히 닫고 팬환기를 하도록 하며, (ST - OT)의 값이 0℃(ST=20℃, OT=20℃이상) 이하이면 외기가 설정온도보다 높은 상태이므로 전창을 최대폭으로 열도록 하였으며, 그 사이에는 3단계의 비례제어를 적용하였다.

1.4 개폐순서

창의 개폐순서는 4개 그룹 즉 천창풍하(Cdw), 천창풍상(Cuw), 측창풍하(Sdw), 측창

풍상(Suw)으로 구분하여 ①천창풍하(Cdw)→②천창풍상(Cuw)→③측창풍하(Sdw)→④측창풍상(Suw)의 순으로 「개」명령 순서를 적용하며, 「폐」명령 순서는 이의 역순으로 하였다.

1.5 강우, 강풍의 대비

강우시에 천창이 열려 있을 때는 시설내에 비가 들어와 작물에 피해를 줄 수 있기 때문에 일시적으로 천창을 전폐에 가깝게 닫고, 비가 그치면 천창을 열도록 하였으며, 또한 강풍(풍속 15m/s 이상)시에는 바람에 의하여 천창이 파손되거나 작물이 피해를 입기 때문에 일시적으로 창을 닫도록 구성하였다. 여기서 강우 및 강풍을 판별할 수 있으며, 구조적으로 간단한 센서의 개발이 요구되었다.

2. 프로그램 작성

온실 자동화를 위한 프로그램은 온실내 온도가 설정온도 이상으로 되는 고온시 창개폐에 의해 온도를 제어할 수 있는 프로그램 개발이 아주 중요하다. 그림 3은 본 연구에서 개발한 창개폐 프로그램의 주흐름도이다.

그림에서 보는 바와 같이 ①실내온도(IT), 외기온(OT), 15m/s기준 풍속(WS), 지붕선기준 2방향풍향(WD) 등을 측정하고 설정온도(ST)를 읽는다. ②풍속(WS)이 15m/s 이상일 때는 전창을 닫는다. ③실내온도(IT)가 설정온도(ST)와 비교하여 ±1℃ 범위 내에 있으면 현재 상태를 유지하고 실내온도가 설정온도보다 ±1℃ 범위 외에 있으면 다음 단계의 창개폐 제어를 하도록 되어있다. 창개폐 제어는 ④(ST-OT) < -5℃의 상태 즉 외기온이 설정온도보다 5℃이상 높을 때는 전창을 완전히 열고 측창에 설치한 미스트 시스템을 가동하여 증발냉각에 의한 냉방을 하도록 한다.

⑤ -5℃ < (ST-OT) < 0℃일 때 즉 외기온이 설정온도와 같거나 5℃이내일 때는 미스트 시스템은 정지시키고 전창을 열고 제어주기를 5분 간격으로 한다. ⑥(IT-ST) > 1℃인 경우 창의 1회개폐폭, 제어주기 등은 표 1과 같이 설정온도(ST)와 외기온(OT)과의 차를 기준으로 하여 결정된다. 그림 4와 같이 리미트스위

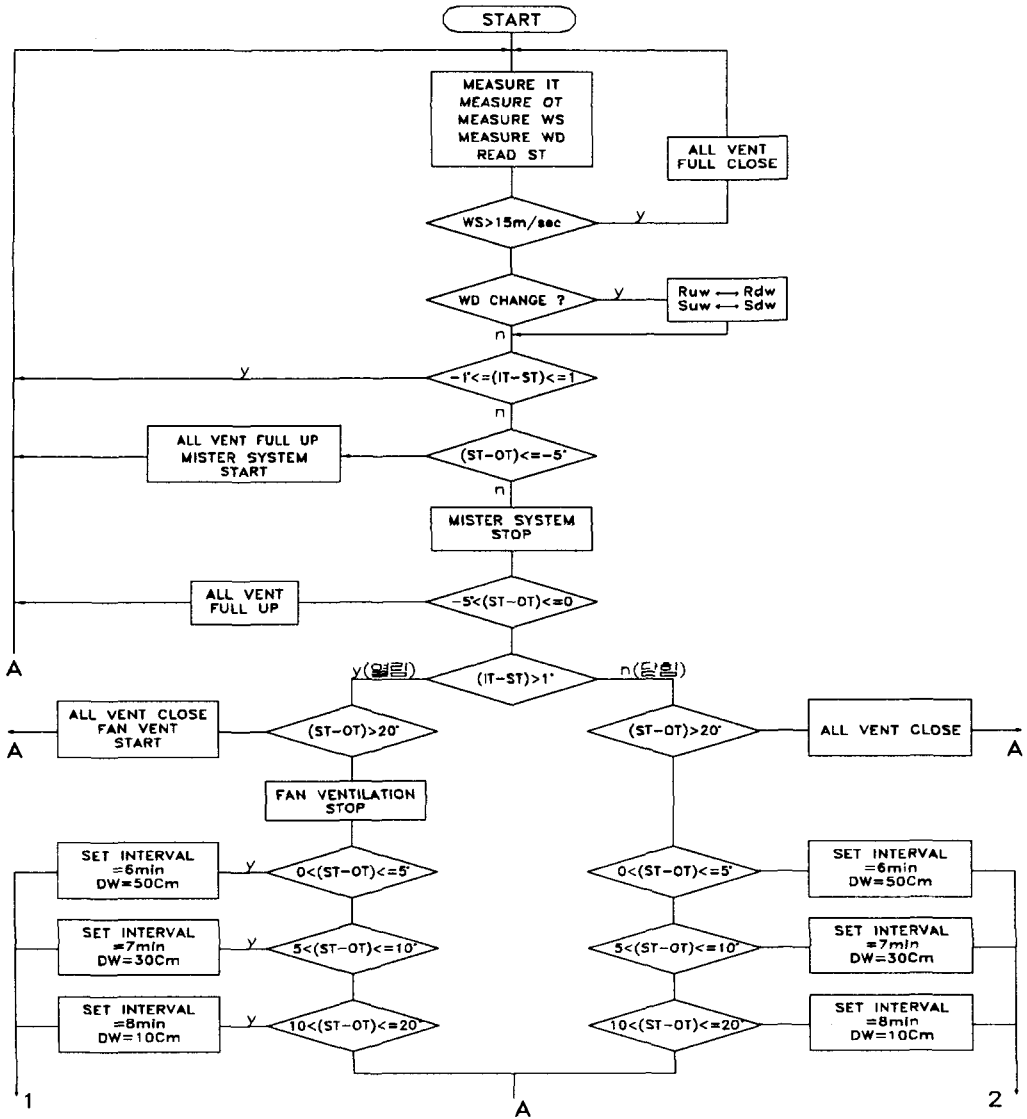


Fig. 3. Main flow chart for ventilating.

치의 신호에 따라 1개의 창이 완전히 열리면 다음 순서의 창이 열리도록 알고리즘을 구성하였다. ⑦ $(ST-OT) > 20^{\circ}\text{C}$ 인 경우 즉 설정온도가 외기온보다 20°C 높은 경우는 아주 추운 겨울이며 이 때는 모든 창을 닫고 환기 팬으로 환기를 제어한다. ⑧ 설정온도와 외기온과

의 차가 20°C 이내인 경우는 팬을 정지시키고 $(ST-OT)$ 의 크기에 따라 제어주기, 1회개폐 폭 등을 정하여 창을 열어가도록 한다. ⑨ $(IT-ST) < -1^{\circ}\text{C}$ 인 경우는 창을 닫는 경우는 그림 5와 같이 여는 알고리즘의 역순으로 구성하였다.

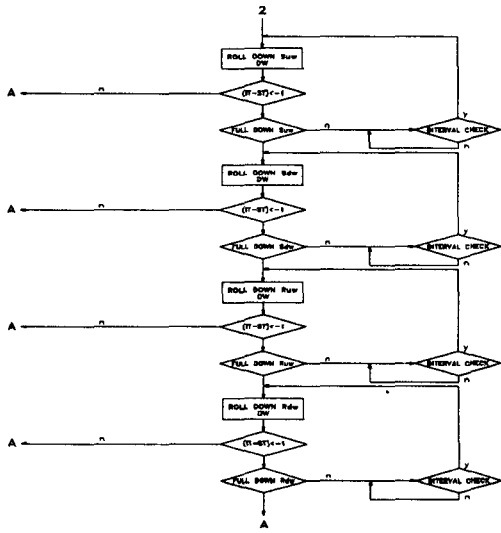


Fig. 4. Flow chart for opening ventilation.

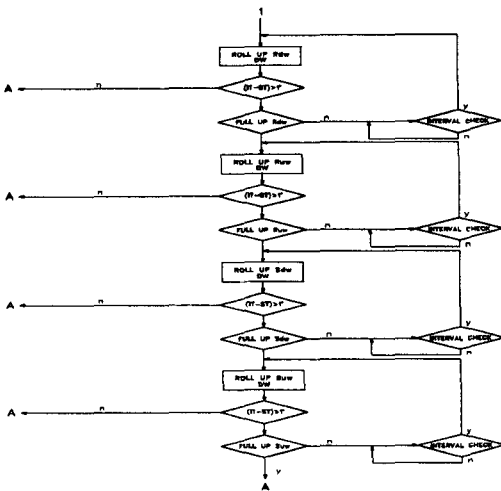


Fig. 5. Flow chart for closing ventilation.

3. DSP를 사용한 온실 자동제어 시스템 실용화

위와 같이 개발된 온실자동제어 시스템을 DSP(Digital Signal Processor)를 사용하여 실

용화하였으며 시스템 구성은 그림 6과 같다.

또한 실용화 제어시스템에서는 표 2에서와 같은 온실내 비상발생시 온실관리자에게 무선 호출을 할 수 있는 기능을 추가하여 온실관리

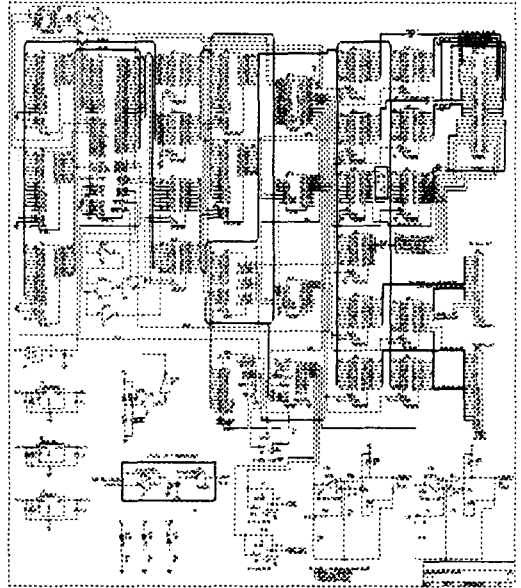


Fig. 6. The schematic diagram of PCB for greenhouse management.

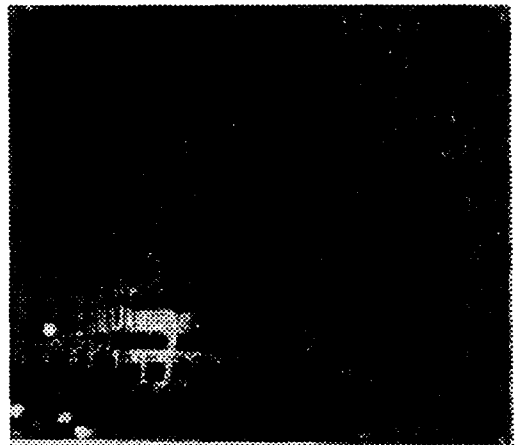


Fig. 7. PCB of greenhouse management controller.

Table 2. Wireless calling signal of beeper at urgent case.

content	signal
limit of the lowest air temp.	1111 1111
limit of the highest air temp.	2222 2222
power failure	9999 9999
heater accident	8888 8888
irrigation accident	4444 4444
etc	3333 3333

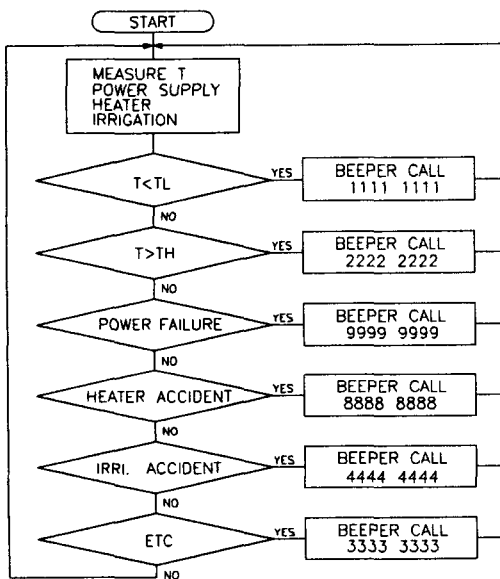


Fig. 8. Flow chart for wireless beeper system for urgent case.

자가 원거리에서 온실을 관리할 수 없을 때에도 온실의 상황을 감지할 수 있도록 하였으며 그림 8은 그 순서도이다.

적 요

현대화 온실이 농가에 보급된지 5년째를 맞고 있지만 환경조절을 위한 자동화 설비의 이

용현황은 외국으로부터 수입된 일부 유리온실을 제외하고는 당초 목적인 성능과 기술에 이르지 못하고 있어 그 이용율이 아주 저조하다. 이것은 농민의 자동화 장치 이용기술 부족 때문이기도 하지만 자동화 장치의 하드웨어 및 소프트웨어가 농민에 의한 수동스위치 조작보다 제어 성능이 따르지 못한 것이 주된 이유라고 생각된다. 이에 본 연구는 지금까지 외국기술에 의존하거나 이용율이 낮은 원예시설의 환경조절자동제어 시스템을 국내 기술에 의해 생산 보급할 수 있도록 성능이 우수하고 적용성이 높은 시스템 개발을 위하여 수행한 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 온실의 고온관리를 위한 온실내외의 온도차를 함수로하여 창개폐순서, 1회 개폐폭, 제어주기 등을 결정하는 알고리즘을 개발하여, 제어프로그램을 작성하였으며 시스템을 운전하여 본 결과 제어성능이 우수하였다
2. 파이프비닐온실에는 시스템의 설치 및 A/S의 편리성 등을 감안하여 각 환경요인별로 개별제어 할 수 있도록 시스템화하는 것이 바람직하다고 판단되었다.
3. 시스템의 실용화를 위하여 제어항목 중 관수, 탄산가스 농도, 커튼개폐는 타이머를 이용한 시퀀스제어로 하였다.
4. DSP칩을 이용하여 고온제어를 위한 창개폐제어 시스템을 실용화할 수 있도록 개발하였다.
5. 온실의 자동제어시스템과 연결되어 있는 전화를 통하여 관리자가 부재 중 온실의 과고온, 정전, 고장 등 비상발생시 관리자에게 무선호출을 할 수 있는 정보시스템을 개발하였다.

인 용 문 헌

1. 古在豊樹. 1985. 施設園藝環境調節新技術. pp. 59-99. 日本施設園藝協會.
2. 古在豊樹. 1985. 園藝におけるコンピュータ利用. 農耕と園藝別冊. 野菜の新技術と新資材. pp. 248-254. 誠文堂新光社.

3. 구건효. 1993. 施設園藝의 환경제어 시스템 개발을 위한 기초연구. 경북대학교 박사학위논문.
4. 김진현, 김철수, 구건효, 이기명. 1995. 마이크로컴퓨터에 의한 시설재배의 자동화에 관한 기초연구(Ⅲ). 한국농업기계학회지 20(2) : 162-172.
5. 이기명, 이석건, 장익주. 1992. 시설원예에 있어서 구조의 표준화 및 환경제어·재배관리 자동화에 관한 연구. 과학기술처 특장개발연구 최종보고서.
6. 이기명. 1992. 시설농업의 자동화 기술. SIEMSTA'92 농림축산과학기술 심포지움 자료. pp. 71-148.
7. 이기명. 1991. 시설원예용 온실의 규격화 및 자동화 방향. 한국농업기계학회 '91세미나 발표문. pp. 81-109.
8. 이기명, 박규식, 김유일, 김태홍. 1995. 파이프 비닐온실용 권취식 창폐기의 개발. 한국생물생산시설환경학회지 4(2) : 232-239.
9. 민영봉, 박중춘, 이상욱, 정태상. 1994. 온실의 복합환경제어시스템의 구성. 경상대학교 시설 원예연구 1 : 151-165.