

PLC와 컴퓨터를 이용한 식물생산공장의 환경제어 Environmental Control of Plant Production Factory Using Programmable Logic Controller and Computer

김동역* · 장유섭* · 김현환* · 김종구* · 이동현*

* 농촌진흥청 농업공학연구소

D. E. Kim, Y. S. Chang, H. H. Kim, C. G. Kim, D. H. Lee

서 론

시설재배의 궁극적인 목적은 작물의 생산을 자연 조건에 의존하는 수동적 단계에서 인공 생산이라는 능동적 단계로 전환함으로써 원하는 시기에 작물을 수확하는 데 있다. 식물공장과 같이 고도화된 시설에서는 빛을 비롯하여 작물 생육에 관련된 대부분의 환경요인이 인공적으로 조성되기 때문에 공장적 생산방식에서와 같은 연중 계획생산이 가능하게 된다. 식물공장을 운영 하기 위해서는 온·습도, 이산화탄소, 배양액뿐만 아니라 부족한 일사를 보광하는 등 환경요소를 인위적으로 조절할 온실제어장치가 구축되어 있어야 한다.

온실제어장치는 장치의 기능과 성능 그리고 형태가 생산회사마다 다르며, 운영하는 농가의 기술수준에 따라 온실제어장치의 활용도에 차이가 있다. 기술 수준이 낮은 농가에서는 장치운영이 미흡하여 환경조절장치의 기능을 충분히 살리지 못하는 경우가 많다.

김 등(1998)은 PLC를 이용한 온실의 환경자동제어시스템을 개발하였으며, Ameer 등(2001)은 마이크로컨트롤러를 이용한 모듈화된 계측장치를 개발하였고, 고 등(1995)은 다동 온실을 환경제어하기 위해 하나의 메인모듈에 여러 개의 서브모듈을 연결할 수 있도록 독립구조의 모듈화된 하드웨어와 그 운용 소프트웨어를 개발하였다.

환경조절장치는 현장제어반 그리고 마이크로컨트롤러, PLC 등의 제어장치로 구성되고 여기에 제어장치의 접근과 모니터링을 위한 컴퓨터가 부가되기도 한다. 현장제어반과 제어반은 직접 온실의 제어기기의 역할을 하기 때문에 우선 안정성이 확보가 되어야 한다. 또한 컴퓨터는 현재의 상황 체크가 용이하도록 감시와 모니터링 부분이 우수해야 하고 사용자가 쉽게 접근하여 사용할 수 있도록 하는데 주안점을 두어 프로그램을 구성하여야 한다.

따라서 본 연구에서는 식물공장온실의 환경을 제어하기 위하여 안정성이 높은 PLC를 컨트롤러로 하는 환경제어반을 구성하였으며, 각 작동기기의 가동시간과 설정값에 따라 제어동작을

수행하며 환기창이 목표치와의 편차에 따라 다단계로 개폐동작을 하는 환경제어알고리즘과 사용자가 쉽게 접근하여 사용할 수 있도록 그래픽유저인터페이스 방식으로 구현한 컴퓨터와 PLC로 구성된 환경제어장치를 개발하고 식물생산공장의 온실에 적용하여 성능시험을 하고자 하였다.

재료 및 방법

가. 환경제어반

환경제어반은 계측 및 PLC제어반과 On/Off 제어반 그리고 3상 정역제어반으로 구성하였다. 계측 및 PLC제어반은 80C196K 마이크로프로세서와 PLC 그리고 센서의 미세 아날로그 신호를 증폭하여 4~20mA의 출력으로 바꾸어 주는 트랜스미터로 구성하였다. On/Off 제어반은 단순 On/Off동작만 수행하며 차단기, 전자개폐기, 릴레이 그리고 스위치 등으로 구성하였고, 3상 정역제어반은 정·역회전 동작을 수행하며 차단기, 전자개폐기, 릴레이와 스위치 등으로 구성하였다.

온도센서로는 백금측온저항체(PT-100 Ω)를 사용하였으며, 트랜스미터는 Delta OHM사의 HD788TR1를 사용하였다. 습도센서로는 한생계기사의 RHU-21를 사용하였으며, CO₂센서로는 하니웰사의 GD7202A를 사용하였고 일사, 조도센서로는 Delta OHM사의 LP RAD01, LP PHOT01을 각각 사용하였다.

나. 제어장치

제어장치로 사용한 PLC는 계측보드로부터 받은 기상 데이터와 설정치를 비교연산하여 현장제어반에 온실제어를 위한 출력신호를 내보낸다. PLC는 LG산전의 MasterK 300S를 사용하였으며, Cnet I/F 모듈에 의해 계측보드와 RS-485통신을 하고 컴퓨터와 RS-232C 통신을 한다.

다. 컴퓨터제어시스템

컴퓨터 제어시스템은 컴퓨터와 PLC 등이 하나의 시스템으로 Fig. 1에서 보는 바와 같이 구성되는데, 컴퓨터는 디스플레이, 설정값 변경, 자료저장 그리고 모니터링 등의 이벤트 작업을 수행하고 PLC는 프로그램에 의한 연산으로 각종 기기의 제어를 수행한다. 여기에 온실 내부 상태를 감시하기 위해 mCam사의 Pan and Tilt 기능이 있는 저가형의 USB카메라로 시스템을 구성하였다.

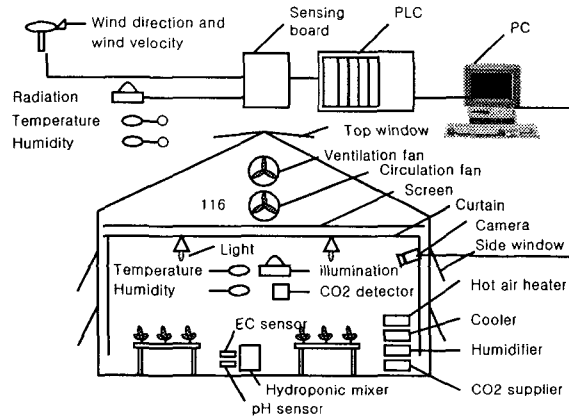


Fig. 1 Schematic diagram of greenhouse control system.

라. 제어프로그램

컴퓨터 제어시스템의 프로그램은 센서류로부터 PLC를 통해 컴퓨터에 측정된 데이터가 수신되면 측정된 데이터는 모니터와 컴퓨터의 하드디스크에 디스플레이 및 저장되며, 사용자가 컴퓨터에서 설정값을 변경하여 설정값 인터럽트가 발생되면 PLC에 설정값 송신을 하고, PLC의 연산부에서 설정값과 현재값 그리고 동작시간 범위를 고려하여 해당기기의 작동 혹은 정지신호를 출력채널을 통해 현장제어반으로 내보낸다.

마. 시험방법

환경제어장치의 작동성능은 목표온도와 설정치의 편차를 1°C 이내, $1\sim 3^{\circ}\text{C}$, 3°C 이상이 되게 설정한 다음, DC100 데이터로거를 이용하여 천, 측창의 개폐를 위한 릴레이 동작과 함께 작동부로 인가되는 전압과형을 측정하였다. 또한 시간경과에 따른 식물공장 온실내 설정 온·습도 유지여부를 조사하였다. 온습도는 HOBO센서를 사용하여 측정하였다.

결과 및 고찰

가. 제어화면

Fig. 2는 식물공장 환경제어장치의 컴퓨터 제어화면이다. 그림에서 보는 바와 같이 제어 화면은 온실의 모형에 부대장치와 작동기기를 라인화 및 아이콘화하여 동작상태를 표시하도록 하였으며, 작동기 명칭버튼 아이콘을 클릭하면 설정창이 팝업되도록 시스템을 구현하였다. 화면 하단에는 내부 온도, 습도, 일사의 현재상태와 과거의 변화추이를 그래프로 표시되도록 하였다.



Fig. 2 A view of control program of greenhouse control system.

나. 측창 개폐 작동

천·측창은 자연환기에 의해 온도조절을 하는 중요한 수단이다. 단순 On/Off동작으로 천·측창을 완전 개폐하여 온도를 조절하면 온실 내부의 급격한 온도변화가 생기게 된다. 이러한 급격한 온도변화를 줄이기 위하여 일정온도를 유지하기 위해 창을 열림과 닫힘 동작이 반복되는 것을 줄이기 위해 다단계 개폐가 가능하도록 하였다. Fig. 3은 측창의 개폐동작 파형이다. 그림에서 보는 바와 같이 현재온도와 목표온도와의 온도편차에 따라 3단계로 개폐동작이 이루어지는 것을 나타내고 있다.

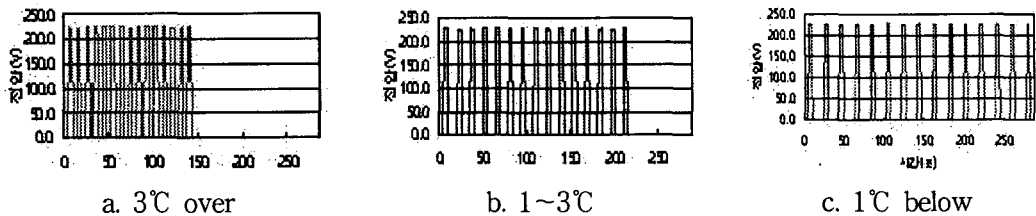


Fig. 3 An operation wave of side windows.

다. 광원과 난방기 작동

각 구동부의 응답성능을 보기위해 컴퓨터에서 광원과 난방기에 인위적으로 가동정지명령을 주었으며, 컴퓨터의 가동과 정지 신호에 의해 램프와 난방기 가동을 위해 투입되는 인가전압을 측정된 결과 Fig. 4에서 보는 바와 같이 가동정지 신호가 투입됨과 동시에 응답하는 것을 알 수 있었다.

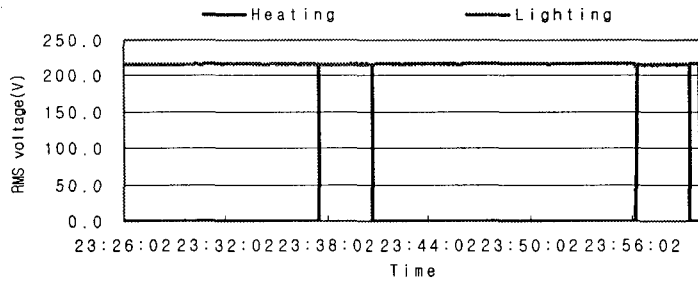


Fig. 4 An operation wave of a hot air heater and a light by computer signal.

라. 온도 제어 성능

제어시스템의 온도제어 성능은 Fig. 5와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 각 요소의 설정점 부근에서 제어동작이 이루어지다 제어능력범위를 벗어나면 다음 단계로 옮겨가 다음단계의 제어동작이 수행되는 것을 알 수 있다.

즉 실내 온도가 상승하게 되어 환기온도에 도달하면 팬과 환기창의 작동으로 환기에 의해 온도조절을 수행한다. 환기장치가 100%가동된 상태에서도 온도가 상승하게 되면 패드엔팬 냉방에 의해 온도조절 한다. 반대로 온도가 떨어지면 패드엔팬 가동이 중단된다. 온도가 떨어져 환기온도범위가 되면 환기장치에 의해 온도조절을 수행한다. 온도가 계속 떨어져 환기장치가 가동하지 않는 상태에서도 온도가 내려가면 난방기가 작동하여 온도조절을 한다.

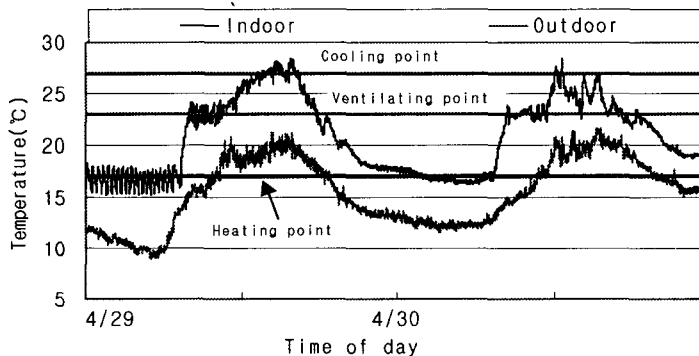


Fig. 5 Change of temperature in plant factory.

마. 습도 제어 성능

제어시스템의 습도제어 성능은 Fig. 6과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 각 요소의 설정점 부근에서 제어동작이 이루어진다. 4월 29일은 가습을 하지 않은 경우이고 4월 30일은 가습을

한 경우이다. 가습을 하지 않은 경우 실내 상대습도는 20% 가까이 떨어지는 것으로 나타났으며, 가습을 한 경우에는 40%의 습도를 유지하는 것으로 나타났다.

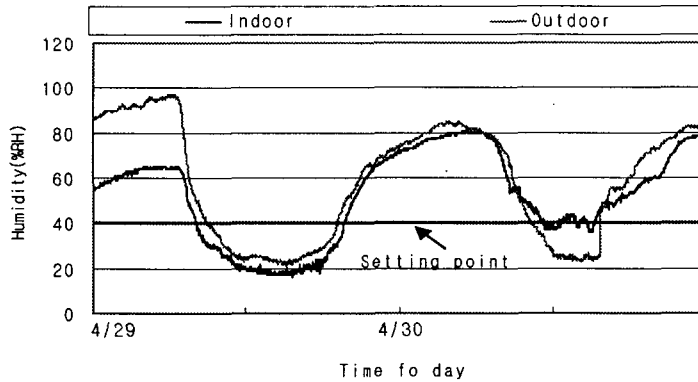


Fig. 6 Change of humidity in plant factory.

바. 온실 운영

Fig 7. 은 환경제어시스템에 의해 가동되고 있는 온실의 모습이다. 개발한 환경제어장치를 농업공학연구소 식물공장온실과 시설원예시험장의 식물공장에 설치하여 운영한 결과 컴퓨터제어시스템의 작동이상 등은 발생하지 않았으며, 환경제어성능이 양호하여 온실제어시스템으로 활용가능할 것으로 판단된다.



(a) 농업공학연구소



(b) 시설원예시험장

Fig. 7 A inner view of greenhouse controlled by environment control system.

요약 및 결론

본 연구는 식물생산공장의 환경을 제어하기 위하여 PLC를 제어장치로 하는 환경제어반을 제작하였으며, 각 작동기기의 가동시간과 설정값에 따라 제어동작을 수행하고, 환기창이 목표

치와의 편차에 따라 다단계로 개폐동작을 하는 환경제어알고리즘을 개발하였다. 현재의 온실 작동 상황을 그래픽으로 표현하고 데이터를 화면에 디스플레이하고 온실 내부를 카메라로 실시간으로 감시하며 사용자가 쉽게 접근하여 사용할 수 있도록 그래픽유저인터페이스 방식으로 구현한 컴퓨터와 PLC로 구성된 환경제어장치를 개발하고 개발한 환경제어장치의 성능을 평가하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 환경제어프로그램은 래더다이아그램 언어로 작성하였으며, 프로그램 기본 포맷은 가동시간과 설정범위에 의해 작동되도록 하였다. 창 개폐동작은 설정값과의 온도편차에 따라 3단계로 개폐되도록 하였으며, 스크린은 열림동작시 지연시간을 두었다. 실험결과 현재 온도와 목표온도와의 온도편차에 따라 3단계로 개폐동작이 이루어졌음을 확인하였다.
2. 컴퓨터 제어시스템은 PLC와 통신을 통해 측정된 데이터를 컴퓨터에서 수집, 모니터링 하며 설정값 변경이 가능하도록 구성하였다. 실험결과 데이터 수집 및 디스플레이 상태, 이벤트 출력, 화상모니터링 등 계측 및 환경제어성능은 양호하였다.
3. 온도조절 성능실험결과 실내온도가 상승하는 경우에는 환기에 의해 1단계 온도조절이 이루어지고 패드엔팬 냉방에 의해 2단계 온도조절이 수행되었으며, 반대로 온도가 떨어지면 패드엔팬 가동이 중단되고 그 다음 환기장치에 의해 온도조절을 수행 후 난방기가 가동되는 것을 확인하였다.
4. 가습을 하지 않은 경우 실내 상대습도는 20% 가까이 떨어지는 것으로 나타났으며, 가습을 한 경우에는 40%의 습도를 유지하는 것으로 나타났다.
5. 본 연구를 통하여 개발된 환경제어시스템과 제어알고리즘은 일반 온실과 식물공장의 제어 시스템으로 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

인 용 문 헌

1. 고훈균 등. 1997. 다동온실의 복합환경 제어를 위한 하드웨어 시스템 개발. 한국농업기계학회 동계학술대회논문집 2(1): 263-270.
2. 김동역, 조한근, 김형준. 1998. PLC를 이용한 온실환경제어. 한국농업기계학회지 23(6):599~606.
3. Ameer S., M. Laghrouche, A. Adane. 2001. Monitoring a greenhouse using a micro controller-based meteorological data acquisition system. Renewable energy Vol(24), pp 19-30.