

시설하우스 온도 조절을 위한 수직형 교반 히터 자동제어 시스템

곽연아* · 박경욱** · 김응곤***

Automatic Control System of Vertical Agitation Heater for Controlling Temperature of Greenhouse

Yun-Ah Kwak* · Kyoung-Wook Park** · Eung-Kon Kim***

요 약

현재의 시설하우스에서의 난방 방식은 한 곳에 고정되어져서 위치에 따른 온도 편차가 심해 질 수밖에 없는 실정이다. 채소나 과일 작물 등을 재배하는 시설하우스는 적정 온도의 유지가 필수적인데 하우스 내부의 상하 온도 차이로 인해 적정 난방 또는 냉방을 위한 에너지 소모가 많다.

본 논문에서는 하우스 내부의 공기 순환을 효율적으로 할 수 있는 새로운 형태의 난방 방식인 수직형 교반 히터 자동 제어 시스템을 제안한다. 시설하우스 상·하부의 온도를 이용하여 수직형 교반 히터의 공기 순환 팬과 히팅을 상황에 맞게 독립적으로 제어함으로써 최소한의 전기 소비로 난방의 효율을 극대화 시켜 계획 가능한 작물 생산과 난방비 절감이 가능하다.

ABSTRACT

As the current heating control of the greenhouse is located in specifically designed place, there is an inevitable difference in degrees depending on the latitude in it. Even though it is necessary to maintain the proper temperature in the greenhouse producing vegetables and fruit plants, the difference between ups and downs in the facilities results in the increasing energy consumption to both warm and cool down the facilities.

The newest heating method, automatic control system of vertical agitation heater, which manipulates the inner air circulation efficiently, is suggested in this paper. The proposed system utilizes both the upper temperature and the lower temperature, and controls the air circulation fan and heating independently, so that maximizes the efficiency of heating with the minimum energy and implements predictable planning of farm products.

키워드

USN, Green House, Automation System, Embedded System, Temperature Control
USN, 시설하우스, 자동제어 시스템, 임베디드 시스템, 온도 제어

1. 서 론

기존의 온도 조절용 난방기는 수평형으로 제작되어

시설하우스 내의 상부의 따뜻한 공기만 계속 덥히는 현상이 발생하여 하부의 공기를 덥히는 데는 비효율적이다. 대부분 시설하우스 난방은 온풍기로 공기를

* 순천대학교 컴퓨터학과(glara@hanmail.net)

** 전남대학교 문화콘텐츠학부(zergadiss73@chonnam.ac.kr)

*** 교신저자(corresponding author) : 순천대학교 컴퓨터학과 교수(kek@sunchon.ac.kr)

접수일자 : 2015. 04. 15

심사(수정)일자 : 2015. 05. 13

게재확정일자 : 2015. 05. 23

가열하고, 시설하우스 바닥에 길게 설치된 긴 배기관으로 따뜻한 공기를 배출시키게 된다. 그러나 가열된 따뜻한 공기는 밀도가 낮아 가볍고, 가벼운 공기는 위로 상승하여 다시 내려오지 않고, 항상 상부 공간에만 머무르게 되므로 동절기 시설하우스 작물의 생육공간인 하우스 하부 공간의 작물은 항상 상부 공간 온도보다 낮은 온도의 공기에 노출되어 난방 에너지가 효율적으로 사용되지 못하는 문제점으로 발생하게 된다. 시설하우스의 높이는 적게는 2m에서 작물에 따라 높게는 4m까지 다양하게 설치됨에 따라 기존의 공기 교반기로는 상부와 하부의 공기 순환이 원활하지 않다. 그래서 난방 장치의 가동으로 하층에 적정 온도를 유지하기 위해서는 많은 에너지를 사용해야 하는 단점이 있어서 하층만을 대상으로 하는 시설하우스 난방 장치의 필요성이 제기되는 상태이다. 또한 사람이 직접 수동으로 난방기를 가동시키거나 타이머를 두어 가동하는 단순한 제어를 수행하여 난방효율에 비해 에너지 소비가 높은 단점을 지니고 있다.

본 논문에서 제안한 수직형 교반 히터 시스템은 수직형 교반 히터를 20m 간격으로 설치하여 이를 독립적으로 제어하기 위해 상부와 하부에 온도 센서를 설치하고, 이 센서들은 ZigBee 기반의 센서 네트워크를 통해 온도 값을 주기적으로 자동 제어 임베디드 시스템으로 전송한다.

효율적으로 난방을 극대화 시키는 제어기를 개발하여 설정된 온도에 맞게 공기 순환 팬과 히팅을 자동으로 가동시킨다.

수직형 교반 히터 시스템은 시설하우스의 공기 교환을 통한 환기와 하우스 상부의 고온을 이용하여 기존히터보다 작은 용량으로도 온도상승의 효과를 느낄 수 있고, 상하좌우 온도 편차를 해소함으로써 균일한 작물 생장에 도움을 줄 수 있는 새로운 시스템이다.

II. 관련 연구

2.1 USN

RFID/USN은 대한민국의 IT 경쟁력 및 세계 시장의 선도를 위한 인프라 중 하나로 유비쿼터스 사회 실현을 위한 핵심이다. 이는 필요한 위치에 부착된 센서를 이용해 사물 및 환경정보를 수집, 가공, 저장 및 전달해서 인간 생활에 폭넓게 활용하는 네트워크를

의미한다. 이것은 센서노드, 싱크노드, 미들웨어, 응용 플랫폼의 형태로 구성되며, 센서노드는 환경정보 센싱 및 전송을 담당하고, 싱크노드는 외부 네트워크 통신을 위한 중계노드이며, 미들웨어는 대량의 센서 데이터를 수집 및 필터링하고 응용플랫폼은 다양한 산업 분야에 응용서비스를 제공한다[1-2].

USN은 인식 정보를 제공하는 전자 태그를 중심으로 발전하고, 이에 센싱 기능이 추가되어 이들 간의 네트워크가 구축되는 형태로 발전하고 있다[1].

USN을 구성하는 가장 기본적인 요소인 센서노드에는 센서, 센서제어회로, CPU, 무선통신모듈, 안테나, 전원장치 등이 내장되며, 또한 주변 센서들과 협업하여 특정한 AP나 기지국의 중계기가 없는 상황에서도 각 노드들이 서로 자유롭게 네트워크를 구성하는 ad-hoc 통신기법으로 데이터를 전송한다. 최근에는 USN과 스마트미디어 기기의 연동을 통해 실시간 정보 확인 및 처리 등이 가능해져서 더욱 폭 넓은 활용이 가능하다[3].

2.2 ZigBee

1970년대 후반 통신의 발전으로 표준을 정하기 위한 회의를 개최하여 IEEE 802 위원회를 제정하였다. IEEE 802 위원회의 다양한 분과 중 IEEE 802.15는 WPAN(Wireless Personal Area Network)이며 ZigBee 기술의 표준은 2003년 12월에 IEEE 802.15.4에 채택하였다[4].

ZigBee는 PHY와 MAC 계층을 사용한 통신 프로토콜로 소형, 저속 전송, 저전력, 저가격을 목표로 무선 통신을 지원하는 차세대 무선 네트워크를 위한 국제 표준 프로토콜이다. 네트워크 구성은 스타, 클러스터-트리 및 메시 토폴로지를 지원한다[5].

ZigBee의 모듈은 크게 FFD(Full Function Device)와 RFD(Reduced Function Device)로 구성되며, FFD는 코디네이터, 라우터, 엔드 디바이스의 세 가지 모드로 분류되고 RFD는 엔드 디바이스로만 동작한다. 코디네이터는 ZigBee 네트워크를 형성하는 근간으로 다른 ZigBee 네트워크와 연결되기 위한 통로로 사용할 수 있다. 각각의 ZigBee 네트워크에는 하나의 코디네이터만 존재하며 이는 해당 ZigBee 네트워크에 관한 정보를 저장하고, 보안키 저장소 역할도 수행한다. 라우터는 ZigBee 노드들 간의 데이터를 전달하는

역할 및 어플리케이션 기능을 한다. 코디네이터는 라우터 기능을 가지고 있어서 별도의 라우터가 생략되기도 한다. 엔드 디바이스는 ZigBee 네트워크의 마지막에 위치하여 부모노드인 코디네이터 또는 라우터와 통신을 한다[6-7].

III. 수직형 교반 히터 자동 제어 시스템

본 논문에서 제안하는 수직형 교반 히터 제어 시스템의 개념도는 그림 1과 같다.

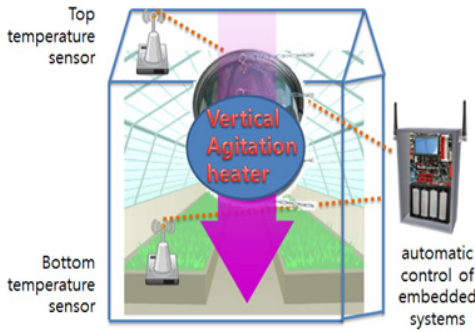


그림 1. 수직형 교반 히터 자동제어 시스템 개념도
Fig. 1 The schematic diagram of vertical agitation heater automation system

시설하우스의 상부와 하부에서 수집된 온도를 기준으로 수직형 교반기를 자동으로 제어하는 시스템이다.

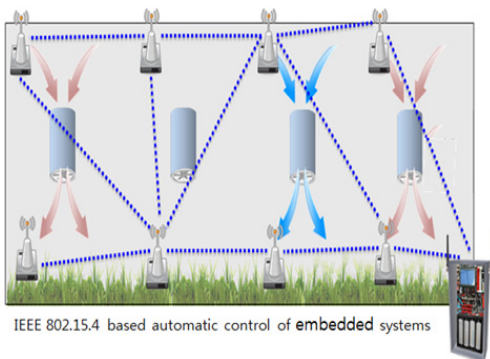


그림 2. 수직형 교반 히터 자동제어 시스템 구성도
Fig. 2 The structure diagram of vertical agitation heater automation system

수직형 교반 히터 제어 시스템의 구성도는 그림 2와 같다. 터널형 시설하우스에 20m 간격으로 수직형 교반 히터를 설치하고 이를 각각 독립적으로 제어하기 위해 상부와 하부에 온도 센서를 설치한다.

전체 8개의 온도 센서들은 ZigBee 기반의 센서 네트워크를 통해 온도 값을 자동 제어 임베디드 시스템으로 전송한다. 자동 제어 임베디드 시스템은 온도 센서들로부터 주기적으로 온도 값을 전송 받아 수직형 교반 히터의 순환 팬과 히터 가동을 제어한다.

3.1 온도 수집을 위한 USN 센서 노드

시설하우스 상부와 하부의 온도를 측정하고 이를 무선으로 전송할 USN 센서 노드를 개발하고 터널형 시설하우스에 ZigBee를 활용한 센서 네트워크를 구축하고, 시설하우스 내에 설치되는 USN 센서 노드들은 상하 4m, 앞뒤 20m 간격의 그리드 형태로 센서 네트워크를 구축한다.

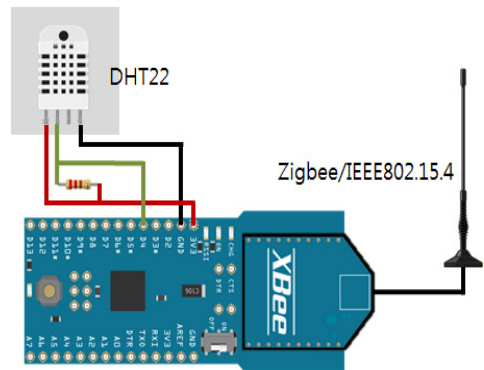


그림 3. 온도 수집을 위한 USN 센서 노드 하드웨어 구성도
Fig. 3 The structure diagram of USN sensor node hardware for collecting temperature

온도 수집을 위한 USN 센서 노드의 하드웨어 구성은 그림 3과 같다. 온도 수집을 위한 온도 센서 (DHT22)와 무선 통신을 위한 XBee 모듈과 데이터 처리를 위한 아두이노 보드로 구성된다.

개발된 USN 센서 노드의 동작 과정을 UML의 액티비티 다이어그램으로 표현하면 그림 4와 같다.

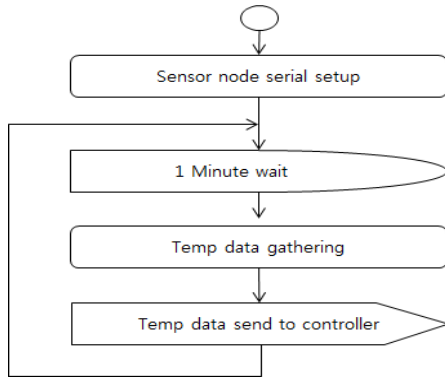


그림 4. 온도 수집을 위한 USN 센서 노드 액티비티 다이어그램

Fig. 4 The activity diagram of temperature collection USN sensor nodes

온실 내 각 위치별로 설치된 센서 노드의 동작 과정은 전원 투입 시 센서 노드의 초기화 과정을 거치고, 1분 간격으로 온도 데이터를 수집해서 시리얼로 전송하는 기능을 ZigBee 통신으로 변환하여 수직형 교반 히터 자동 제어기에 전송한다.

3.2 수직형 교반 히터 제어기 개발

USN 센서 노드로부터 전송받은 온도 값들을 이용하여 수직형 교반 히터의 공기 순환 팬과 히팅을 상황에 맞게 독립적으로 가동 시켜 최소한의 전기 소비로 난방의 효율을 극대화 시키는 수직형 교반 히터 제어기를 개발하고 총 8개의 USN 센서 노드들로부터 온도 값을 주기적으로 전송받아 설정된 온도에 맞게 공기 순환 팬과 히팅을 자동으로 가동시킨다.

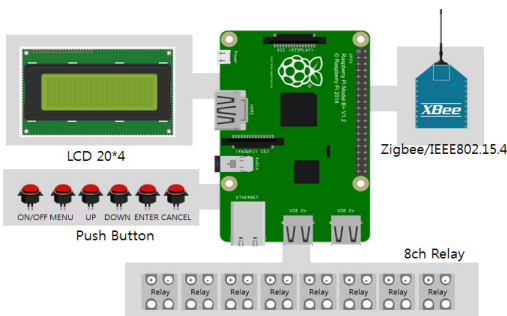


그림 5. 수직형 교반 히터 제어기 하드웨어 구성도
Fig. 5 The structure diagram of vertical agitation heater controller hardware

수직형 교반 히터 제어기 하드웨어 구성은 그림 5와 같이 USN 센서 노드와 무선 통신을 위한 XBee 모듈, 제어기의 상태 및 설정 값을 나타내는 LCD 디스플레이, 사용자로부터 설정 값을 입력받는 푸시 버튼들, 수직형 교반 히터의 순환 팬과 히팅의 가동을 제어하는 릴레이모듈, 그리고 데이터 처리를 위한 라즈베리파이 보드로 구성된다.

개발된 수직형 교반 히터 제어기의 동작 과정으로 UML의 액티비티 다이어그램은 다음 그림 6과 같다.

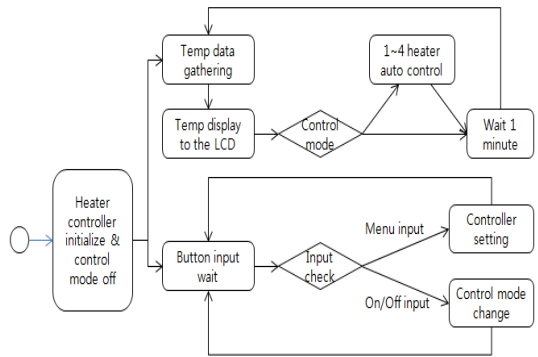


그림 6. 수직형 교반 히터 제어기 전체 동작 과정
Fig. 6 The entire operation of the vertical agitation heater controller

제어기의 전체 동작 과정으로 전원을 투입 시 히터 제어기를 초기화하고 제어 모드를 default인 OFF로 설정한다. 온도센서 데이터 수집 기능은 센서 노드들에서 송신한 데이터를 ZigBee 기반의 통신으로 수신하여, 변환된 시리얼 데이터를 해당 데이터별로 LCD에 온도 값을 표시하고, 자동제어 모드이면 해당 온도 설정 값에 따라서 히터를 ON/OFF하고, 자동제어 모드가 아니면 해당 동작을 수행하지 않고 1분간 대기한다.

버튼의 입력 대기 기능은 두 가지로 나뉘는데, MENU 버튼 입력 시에는 히터 제어기 설정 기능을 수행하고, ON/OFF 버튼 입력 시에는 해당 제어 모드를 변경하는 기능을 수행한다.

그림 7과 같이, 설정된 온도 값이 센서 노드의 상하부 온도보다 높은 경우는 히터 릴레이와 팬 릴레이를 모두 가동시켜 상부의 공기를 담혀 하부로 보내 난방을 수행한다.

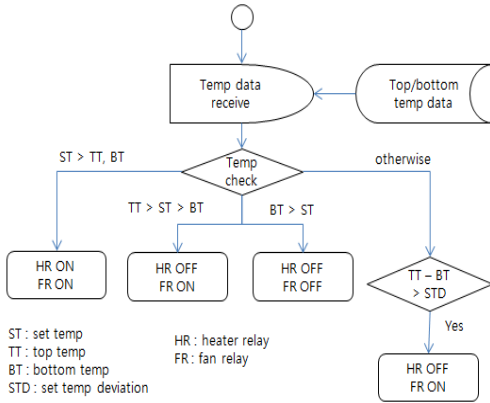


그림 7. 제어기의 자동 제어 과정
Fig. 7 The automation process of the controller

설정된 온도 값이 상부 온도보다 낮고 하부 온도보다 높은 경우에는 팬 릴레이만 가동시켜 따뜻한 상부의 공기를 하부로 순환시킨다. 설정 온도 값이 하부 온도보다 낮은 경우는 히터와 팬 릴레이 가동을 모두 중단 시킨다. 위의 경우가 아니고, 상·하부 온도 편차가 설정 온도 편차보다 큰 경우 팬 릴레이를 가동하여 공기를 순환시켜 온도 편차를 줄인다.

수직형 교반 히터의 작동에 대한 수동모드, 자동모드, 가동 중단에 대한 제어 모드 변경은 그림 8과 같이 ON/OFF 버튼을 누를 때 마다 차례로 수동 ON, 자동 ON, OFF의 세 가지 제어모드로 변경된다.

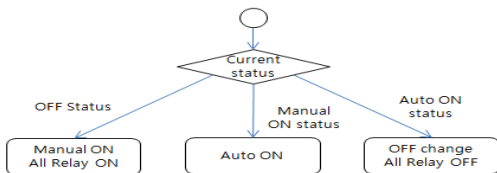


그림 8. 제어기의 제어 모드 변경 과정
Fig. 8 The process of changing the control mode of the controller

푸시 버튼과 LCD 화면을 통한 사용자의 온도 설정 및 온도 편차 설정 과정은 다음 그림 9와 같다. 제어기 설정을 위한 푸시 버튼은 MENU, UP, DOWN, ENTER, ESC의 5개로 구성되며, 설정 과정과 결과를 출력하기 위해 20×4 LCD Character 디스플레이를 활용한다.

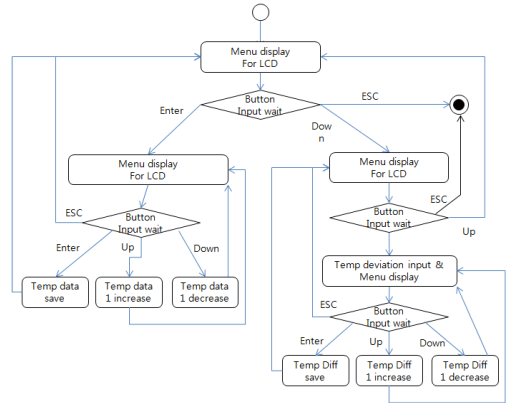


그림 9. 푸시버튼을 통한 제어기 설정 과정
Fig. 9 The controller setup via push buttons

IV. 구현 및 결과

본 논문에서는 아두이노에 온도센서를 연결해서 ZigBee 통신으로 라즈베리파이 기반의 자동제어 임베디드 시스템으로 데이터를 전송해서 해당 위치별 상·하부의 온도 편차를 기준으로 수직형 교반기를 동작시켜 효율적인 온도 제어를 하도록 구현하였다.

개발된 기능은 그림 10과 같이 아두이노 기반의 온도 수집 및 데이터 전송과, 그림 11과 같이 라즈베리파이의 온도 설정 및 메뉴를 구성하는 버튼 조작과 온도 편차에 따른 수직형 교반기 동작을 위한 릴레이 ON/OFF 및 관련 정보를 표시하는 디스플레이로 구성되어 있다. 본 논문에서 구현한 시스템은 ZigBee 통신을 이용한 라즈베리파이와 아두이노 간 해당 노드의 데이터 전송과 동시에 여러 개의 릴레이가 문제 없이 작동되었음을 확인하였다.



그림 10. 온도 센서 구현 결과
Fig. 10 Implementation results of temperature sensor

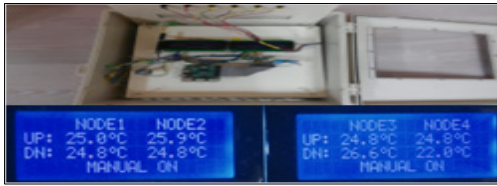


그림 11. 제어기 구현 결과
Fig. 11 Implementation results of controller

V. 결론

현재 개발되는 시설하우스들은 고품질 작물들을 생산하기 위한 최적의 환경이 갖추어 지고 있다. 이러한 시설에서 품질적인 요소와 함께 에너지 절감 또한 중요한 요인이다.

본 논문은 자동제어 임베디드 시스템을 이용한 온실내 상·하부의 온도 편차를 이용해 최적의 온도를 유지토록 해서 기존 기능대비 설치비 및 에너지 절감이 가능한 통합 시스템으로 각 부품별로 다양한 제품군에 구성이 가능함으로 농업 및 산업 다양한 시스템에 응용하여 사용이 가능하다. 각종 공장 시설에서의 활용과 창고 건조장, 가정 및 사무실 등 여러 시설에서 공기순환 및 온도제어를 할 수 있다.

References

[1] S. Roh and S. Park, "A Monitoring System for Telecommunication Tower Using Wireless Sensor Network," *J. of Korean Institute of Electromagnetic Engineering And Science*, vol. 24, no. 2, 2013, pp. 136-143.

[2] Y. Park and K. Lim, "An Analysis of USN_based Essential Application Service and Its Promotion Strategies," *J. of Korean Institute of Communications and Information Science*, vol. 43, no. 2, 2007, pp. 414-417.

[3] H. Lee, G. Jin, and M. Kim, "Context Aware using Reasoning in USN environment," *IEEE Trans. Aerospace and Electronic Systems*, vol. 42, no. 2, 2006, pp. 489-502.

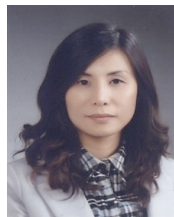
[4] S. Wang, "ZigBee technology and Application," *J. Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 30, no. 6, 2013, pp. 47-53.

[5] S. An, B. Kim, and J. Kim, "Analysis of Real-Time Streaming in ZigBee Networks," *Korea computer congress*, vol. 36, no. 1, 2009, pp. 362-365.

[6] K. Lee, S. Kim, and H. Park, "Cluster Label-based ZigBee Mesh Routing Protocol," *J. Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 32, no. 11, 2007, pp. 1164-1172.

[7] J. Jeon, "A study on the street security light management system using ZigBee network," *Korean Society of Marine Engineering*, vol. 38, no. 4, 2014, pp. 430-436.

저자 소개

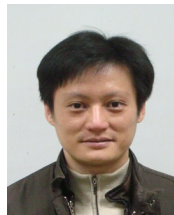


박연아(Yun-Ah Kwak)

1994년 8월 : 광주대학교 가정관리학과 (가정학사)

2015년 현재 : 순천대학교 컴퓨터과 학과 석사 재학 중

※ 관심분야 : 컴퓨터 그래픽스, USN, 자동제어



박경욱(Kyoung-Wook Park)

1996년 8월 : 순천대학교 전자계산학과 (이학사)

1999년 8월 : 전남대학교 전산통계학과 (이학석사)

2004년 8월 : 전남대학교 전산학과 (이학박사)

※ 관심분야 : 병렬 및 분산처리, 알고리즘



김응곤(Eung-Kon Kim)

1980년 2월 : 조선대학교 전자공학과 (공학사)

1986년 2월 : 한양대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)

1992년 2월 : 조선대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)

1993년 3월~현재 : 순천대학교 컴퓨터과학과 교수

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 멀티미디어, HCI