

# 히트파이프를 활용한 농업용 고효율난방기 및 스마트 제어시스템

김응곤\* · 임창균\*\*

High-efficiency Agricultural Heater and Smart Control System Utilizing Heat Pipe

Eung-Kon Kim\* · Chang-Gyoon Lim\*\*

## 요약

히트파이프 일체형 고효율 난방기는 겨울철 시설원에 내 작물생육에 필수인 난방장치와 배기열 회수기를 일체화하여 배기열이 외부로 배출되기 전 미사용 에너지를 재이용하는 장치이다. 시설원에, 유리온실 등 점검을 통해 우리나라 농업용 난방기의 문제점을 파악하였고, 개선방향을 찾아 시설원에 및 하우스에 맞는 최적화된 농업용 고효율난방기 및 스마트 제어시스템을 제안하였다.

## ABSTRACT

The Effluent Heat Pipe integral with the heater is a device that recycles unused thermal energy from the plant in winter, and thus reuses unused energy before releasing the exhaust heat. Through the establishment of facility horticulture and glass greenhouses, we identified the problems of our agricultural heaters, and we proposed efficient agricultural efficiency and smart control systems for optimum agricultural efficiency and smart house.

## 키워드

Agricultural Heater, Steam Heat Recovery, Heat Pipe, Smart Control  
농업용 난방기, 배기열 회수기, 히트 파이프, 스마트 제어

## 1. 서론

가온 온실의 87.5%는 유류 온풍 난방기에 의존하여 높은 난방비 비중(경영비의 30~40%)을 차지하는데 이는 시설농가 경영난의 주요인이다.

기존의 난방기는 난방기와 배기 열 회수기가 이원화 되어있어, 구매 및 이중 설치에 따른 고비용 문제

점과 난방기 부하의 최적제어가 어려워 운영의 위험성이 존재한다.

농업용 시설원에 난방에 사용되는 온풍난방기 보급대수는 2010년 20만대를 넘어서고 있으며, 이러한 난방기의 열효율은 80~90% 수준으로 비교적 높은 수준이나 연도를 통하여 온실 밖으로 버려지는 배기열이 10~20%에 달하고 있어 이를 재활용할 수 있는 기

\* 순천대학교 김응곤(kek@sctu.ac.kr)

\*\* 교신저자 : 전남대학교

• 접수일 : 2017. 09. 25

• 수정완료일 : 2017. 11. 04

• 게재확정일 : 2017. 12. 15

• Received : Sep 25, 2017, Revised : Nov 04, 2017, Accepted : Dec 15, 2017

• Corresponding Author : ChangGyoon Lim

Major in Computer Engineering, Chonnam National University

Email : cglim@jnu.ac.kr

술개발이 필요한 상황이다[1-2].

이에 따라 농업난방기용 배기 열 회수기가 몇몇 기업에 의해 제작되어 있으며, 이러한 배기 열 회수장치의 작동원리는 증발부측을 250~300℃의 뜨거운 배기 가스가 통과할 때 열 회수 장치에 의해 배기 열이 흡수되고 이열은 다시 반대쪽의 응축 부 쪽으로 전달, 송풍 팬에 의해 흡입된 차가운 공기가 열 회수 장치의 응축 부 쪽을 통과하면서 열 교환이 이루어지고, 이때 회수된 따뜻한 공기가 온실의 공간난방에 이용하는 방식이다.

그러나 기존의 시설원예용 난방기는 배기열 회수기의 적용으로 인해 난방기 가격 외에 배기열 회수기 가격을 추가 부담해야하고 난방기의 부하를 고려하지 않은 배기 열 회수기의 적용은 난방기의 배기 가스 압에 의한 폭발 및 고장의 위험성이 존재하고, 배기 열 회수기를 추가 설치함으로써 시설내의 공간이 협소해지는 문제점들이 있다.

시설원에 제어시스템의 효율적 개발 또한 필요한데, 기존의 난방기에 사용되고 있는 시설원에 제어시스템은 난방기의 운전과 온도 조절 기능이 주를 이루고 있으며, 사용자가 직접 작동해야 하는 방식이다.

이에 본 논문은 제작 단계부터 난방기의 용량을 고려한 배기 열 회수기의 적용으로 제품의 기술적 완성도를 높이며, 설치면적을 최소화한 일체형 난방기의 개발과 난방기 및 배기 열 회수기 일체형 시스템의 운전은 물론 자동화시스템을 제어할 수 있는 기능 외에 스마트폰으로 제어가 가능한 S/W 기능을 추가하여 시설원예의 상태확인과 다양한 제어 기능을 통해서 농가의 효율적 운영이 가능한 스마트 제어시스템을 제안하여 가격 측면에서 시설원에 농가의 경제적 부담을 덜고 원격 접속을 통한 제어를 가능 하게 함으로서 관리의 편리성을 향진시킨다.

## II. 히트파이프를 활용한 농업용 고효율 난방기

### 2.1 난방기 내부 구조 설계

그림 1은 최적화한 농업용 난방기의 설계도이다.

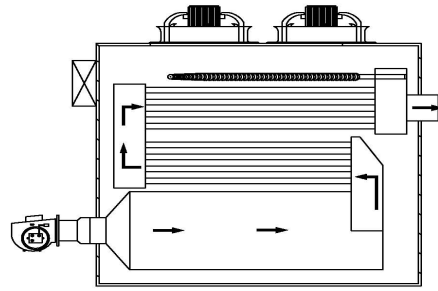


그림 1. 개발 난방기 최종 설계  
Fig. 1 Final design of development heater

난방면적에 따른 난방기 용량 설정 및 설계를 하였으며 바닥면적을 최소화하는 슬림형 난방기를 설계하였다. 열교환관의 내부로부터 연장되어 외주 면에 밀착되는 스트립 상 히트파이프 구조로 설계하였으며 송풍기와 공기 유입 부 사이에 설치되고, 배출부와 공기 유입부에서 열 교환이 이루어질 수 있는 폐열회수 유닛 구조를 설계하였고, 외보 공기 흡기용 덕트를 설치하고 이중 필터 구조 여과장치를 설계하여 불완전 연소 해소를 할 수 있는 연소실을 설계 하였다[3].

### 2.2 난방기 열 교환 시스템 개발

배기 열전달 효율화를 위한 히트파이프 구조를 그림 2와 같이 개발하였다.

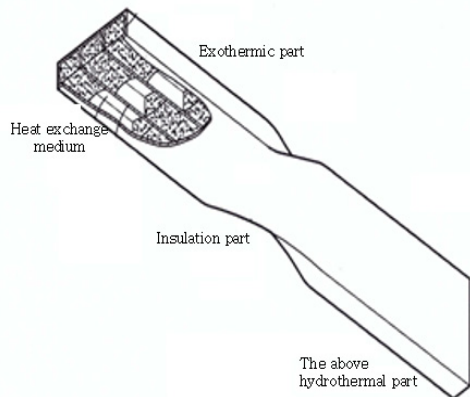


그림 2. 히트파이프 구조  
Fig. 2 Heat Pipe Structure

히트파이프 사용 매체는 단위 용적 당 증기 발생량이 많고, 열용량이 크고, 잠열이 크며, 동점성계수가 작고 포화 증기압이 큰 매체를 사용하였다. 튜브 본체의 수열 부 측의 열 교환 매체 통로의 내면에는 진동 에너지원이 크도록 다수의 캐비티를 형성하였다. 통로 내주 면에는 열 교환 매체의 표면적을 넓히기 위한 돌기 부를 형성 하였고 상기 수열 부는 공기의 흐름 방향과의 저항을 줄일 수 있도록 상대적으로 넓은 폭 방향이 공기의 흐름과 나란하게 수평방향으로 설치하였다. 발열부는 공기 유입이 공기 흐름방향과 상대적으로 폭이 넓은 폭 방향으로 나란하게 설치하였다. 가이드 깃을 설치하여 배기가스가 수열부로 가이드 되도록 제작하였다[4].

### 2.3 일체형 난방기의 슬림 구조 하우징 설계

열 소실, 열 교환 시스템, 외부하우징 모두 내구성이 강하며, 부식염려가 없도록 SUS 강판을 이용해서 난방기 하우징을 제작하였다[5]. 흡기 및 배기 구조의 시설원에 하우징 설치를 고려해서 연도의 부하 발생을 최소화하는 구조를 설계하였다. 또한, 안정성과 효율성을 고려하였고 난방기 청소의 편의성을 위한 부분 분해 및 청소 구를 설치하였다. 가이드 깃을 설치하여 내부 흐름을 형성하고 1차 2차 연료 여과를 통한 불순물을 제거한다.

### 2.4 송풍시스템

송풍시스템의 구성은 크게 송풍 팬, 송풍 모터, 브라켓(하우징)으로 볼 수 있다. 또한, 송풍기의 풍량은 송풍모터의 회전속도(RPM)과 송풍 팬 모양, 팬 수에 영향을 미치며, 난방효율과도 밀접한 관계가 있다[6]. 송풍기 도면은 다음 그림 3과 같다.

난방용량(84,000kcal/h)에 적합한 모터 용량을 설정하였으며, 유압식 송풍모터를 제작하였다.

재배시설에 사용되는 제품인 만큼 겨울철과 새벽에는 많은 습기가 발생하는데, 이로 인해 시설 내 제품들의 부식 및 고장이 발생한다.

이에 따라, 방진 방습 형 모터를 제작하고, 모터 내에 습기가 스며들지 못하도록 고무 패킹을 통하여 습기로부터 보호하여 문제발생을 최소화 하도록 제작하였다. 또한, 후에 서술할 스마트 통합 제어 시스템을 통해 원격으로 송풍 시스템을 제어할 수 있다.

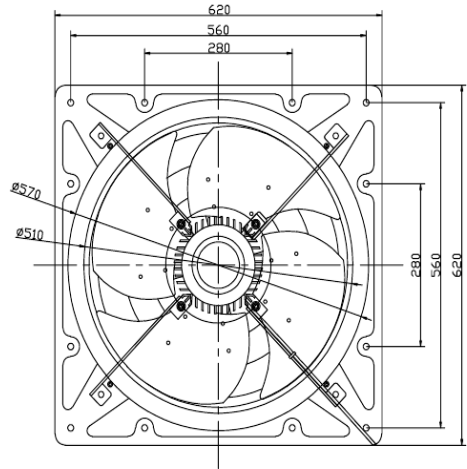


그림 3. 송풍기 도면  
Fig. 3 Blower drawing

송풍모터의 스펙은 다음 표 1과 같다.

표 1. 송풍모터 스펙  
Table 1. Blowing motor specifications

Classification	Standard
Form	Axial flow type
Revolutions per minute	1,640 r/min
Rated voltage	220V
Frequency	60Hz
Power Consumption	720W
Electric current	3A

## III. 스마트 통합 제어 시스템 개발

### 3.1 폐열회수장치가 구비된 고효율난방기의 스마트 제어

폐열회수장치의 소비 전류 센싱으로 난방기를 제어하며, 배출 온도 감지에 따른 송풍장치(팬)를 정밀 제어한다. 일사(UV) 센서를 이용해서 난방기를 제어하며 습도 센서를 이용하여 습도(안개분무)를 제어하

고 농어업 및 산업용 상용 전압을 고려해서 안전한 제어를 할 수 있도록 하였다.

### 3.2 시설물 제어 모듈 개발

일광 감시 기능이 있으며, 송풍장치, 배기장치, 차광장치, 보온장치, 실내조명장치 등의 시설물 제어 및 모니터링 기능이 있으며 사용자 요구에 따른 시설물 제어 및 모니터링 모듈 확장 기능이 있고 농어업 및 산업용 상용 전압을 고려해서 안전한 연동이 가능하게 개발 하였다.

다음 그림 4는 시설물 제어 프로세스이다.

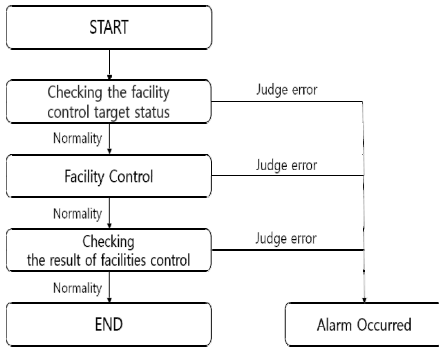


그림 4. 시설물 제어 프로세스  
Fig. 4 Facility control process

### 3.3 6단 변온 제어 모듈 개발

연료비 절감 및 식물의 성장리듬에 맞춰서 주야 시간대별 변온 관리, 열 손실 최소화 및 운전효율 극대화를 위한 온도 제어, 실내온도에 비례한 토출 온풍 온도를 적정 조절, 설치 현장의 특성과 작물의 생장을 고려한 PID 제어를 선택하는 기능이 있다[6-7].

다음 그림 5는 6단 변온 제어 프로세스다.

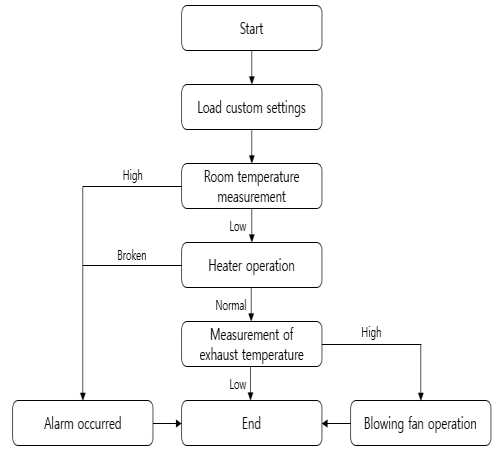


그림 5. 6단 변온 제어 프로세스  
Fig 5. 6-speed variable temperature control process

다음 그림 6은 모바일 단말 원격 제어 프로세스이다.

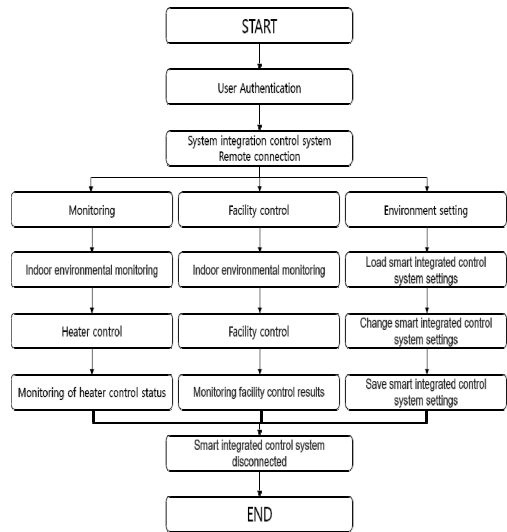


그림 6. 모바일 단말 원격 제어 프로세스  
Fig. 6 Mobile terminal remote control process

### 3.5 스마트 제어시스템 통신 환경 개발

난방기는 시설 하우스 내부에 설치되며, 스마트 제어 시스템은 난방기가 설치된 위치로부터 제어 통신이 가능한 최대거리 범위 내에 설치할 수 있으며, 사

용자로부터 제어가 편리하도록 시설 하우스 입구에 주로 설치된다.

난방기, 실내센서 및 실외 센서는 스마트 제어시스템과 통신 연결 시 외부 잡음에 강하고, 인터페이스가 규격화된 유선 직렬 통신 인터페이스(RS-232 또는 RS-422)로 구성하여 저속 환경에서 장거리 통신이 가능하도록 구성하였다.

WIFI AP, WIFI Router는 상용 통신망(SKT, KT, LG)에서 제공하는 무선 통신 장비를 이용하여 통신 환경을 구축함으로써 스마트폰과 안정적인 통신이 가능하도록 구성하였다.

무선통신 도달 가능 방법은 스마트 제어 시스템에 내장된 무선 인터넷(WI-FI) 통신 모듈을 이용함으로써 상용통신망과 무선 접속이 가능하다.

### 3.6 스마트 통합 제어 시스템, 6단 변온 모듈 PCB 제작

설계된 제어 모듈 설계 정보를 기초로 하드웨어 회로를 설계하고 PCB를 제작하였다. PCB 회로 설계 시 제품 운영 및 유지 보수의 편의성을 위하여 핵심 부품(CPU, RAM, NAND 등)을 탈착이 편리한 모듈 식으로 설계하였다.

다음 그림 7은 완성된 PCB 시설물 제어 및 6단 제어 모듈 PCB 제작이다.

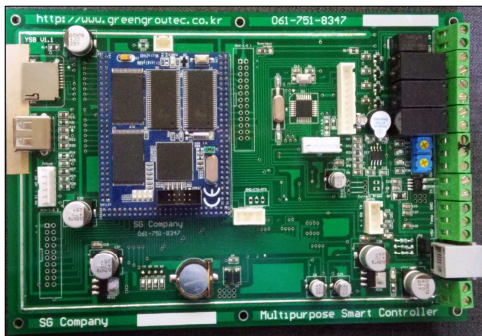


그림 7. 6단 변온 모듈 회로도, PCB  
Fig. 7 6-speed variable temperature circuit diagram, PCB

## IV. 구현 및 테스트

### 4.1 스마트 제어 시스템

다음 그림 8은 완성된 스마트 제어 시스템 및 6단 변온 통합 제어 시스템이다.



그림 8. 스마트 제어 시스템 및 6단 변온 통합 제어 시스템

Fig. 8 Smart control system and 6-speed variable temperature control system

완성된 스마트 시설물 자동 제어 및 6단 변온 통합 제어 시스템의 스펙은 표 2와 같다.

표 2. 스마트 시설물 자동 제어 및 6단 변온 통합 제어 시스템의 스펙

Table 2. Specifications for smart facility auto control and control of 6 - speed transition control system

Part	Scale
CPU	ARM9 Samsung S3C2440A, 400Mhz, RISC Atmega8, 16MIPS
RAM	64MByte
NAND	256MBytes
In / Out	UART-3, ADC-8, 130 General Purpose
Display	7" Touch Color LCD
PCB	CPU Core PCB - 8 Layered, Main PCB - Two layered
OS	Embedded Wince 6.0
Size	200(H) X 300(W) X 150(D)
Power	220V/ 1A

### 4.2 원격제어 테스트

테스트 방법은 자동테스트를 위해 프로그램을 PC에 설치한 후 공유기를 PC와 무선으로 연결시킨 후 제품과 무선 통신 상태로 설정한다. 그 다음 프로그램에 IP를 입력하고 ‘Connect’ 버튼을 클릭하여 접속이 되면 프로그램 ‘원격제어테스트’ 항목의 ‘Start’ 버튼을 클릭하여 실행한다. 총 테스트를 5회 반복하여서 얻은 결과는 다음 표 3과 같다.

표 3. 원격 제어 테스트 결과  
Table 3. Results of remote control testing

Count	Result
1	100%
2	100%
3	100%
4	100%
5	100%

다음 그림 9는 원격 제어 테스트 프로그램의 실행 결과이다.

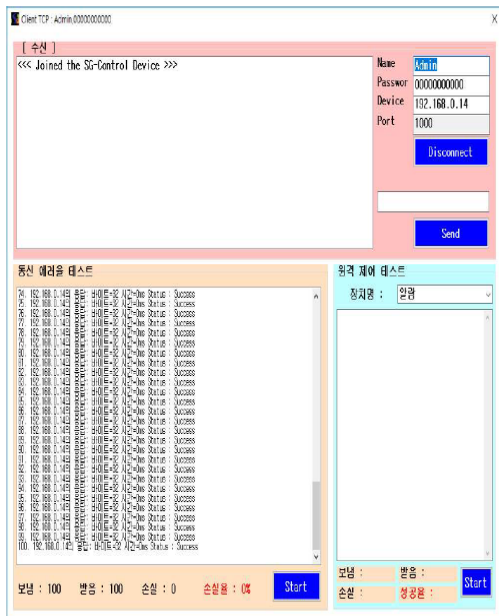


그림 9. 원격 제어 테스트 프로그램 실행 결과  
Fig. 9 Results of running a remote control test program

## V. 결론

본 논문의 제안하는 히트파이프를 활용한 농업용 고효율난방기 및 스마트 제어시스템은 획기적인 접근을 통한 열 교환 시스템 구조 설계를 하여 기존 난방기 대비 뛰어난 열효율을 제공하며, 난방기가 차지하는 바닥 면적을 감소하여 재배면적 증가로 인한 생산량 증가, 난방기의 배기 열 회수기, 추가설치비용등 경제적 부담 절감, 뛰어난 열 효율성으로 유류사용량 감소 및 유류비 절약, 환경유해요인(일산화탄소, 이산화질소, 아황산가스 등)개선효과, 스마트폰, PC등을 이용한 환경제어기능으로 노동력절감 효과가 발생한다.

제안하는 난방기는 난방기내 열 교환 시스템이 구축되어있어 배기 열 회수기 추가 설치가 불필요에 따른 생산량이 증가한다. 또한, 기존 난방기는 대부분 연료부족, 기기내부온도, 버너 불 착화, 과열방지 정로만 적용하는 반면에, 제안한 난방기는 문제가 발생할

스마트 제어시스템을 통해 얻어지는 농업용 난방기는 사용하지 않고 버려지는 미활용 에너지를 활용하는 방법으로, 시설원에 뿐만 아니라, 축사, 공장 등에 사용될 수 있다.

히트파이프를 활용한 방법은 많이 있으나 난방기에 내장된 방법으로 미활용 에너지가 아닌 실사용 에너지로 인식되어질 것이며, 적용분야를 점차 넓힐 수 있다. 매출증대, 고용창출, 수출 등 여러 방면에서 큰 기여를 할 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 지역특화산업육성(R&D) 기술개발사업(과제번호 R0005659)으로 수행된 연구결과입니다.

## References

- [1] W. Suh, Y. Yoon, and J. Kang "Heat Exchanging Performance as Affected by Arrangement of Heat Exchanging Pipe," *The Korean Society for Bio-Environment Control*, vol. 11, no. 3, 2002, pp. 101-107.
- [2] N. Yoo, "Development of Smart Farm System for minimizing Carbon Emissions," *Korean*

*Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 12, 2016, pp. 1231-1236.

- [3] G. Kang, "Performance Test of Hot Air Heater Exhaust Gas Heat Recovery System Using Heat Pipe," *The Korean Society for Bio-Environment Control*, vol. 33, no. 2, 2000, pp. 57-66.
- [4] Y. Lee, "Design and applications of the heat pipe," *Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, vol. 16, no. 1, 1997, pp. 34-45.
- [5] I. Park, S. Kang and S. Oh, "A Study on the Creep Rupture Life of SUS 304 Stainless Steel Subjected to Hot Corrosion," *The Corrosion Science Society of Korea*, vol. 17, no 17, 1998, pp. 247-254.
- [6] G. Song, "Improvement of heat utilization efficiency of radiator," *The Korean Society for Bio-Environment Control*, vol. 10, no. 1, 1997, pp. 19-37.
- [7] K. Ryu, K. Kim, H. Kim, and H. Chae, "Development of an Algorithm for Searching Optimal Temperature Setpoint for Lettuce in Greenhouse Using Crop Growth Model," *The Korean Society of the Agricultural machinery*, vol. 24, no. 5, 1999, pp. 445-452.
- [8] Y. Lee, "Development of Smart Garden Control System Using Probabilistic Filter Algorithm Based on SLAM," *Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 3, 2017, pp. 465-470.
- [9] H. Lee, "The New Role of UX Design and Its' Framework for Mobile App Design-Focusing on the Agile UX framework," *Korea Digital Design Society*, vol. 12, no. 4, 2012, pp. 109-118.



**임창균 (CHhangGyoon Lim)**

1990년 조선대학교 대학원 전산 통계학과(이학석사)

1997년 Wayne State University, Computer Engineering(공학박사)

2011년~2014 광주테크노파크 가전 로봇지원센터 센터장

1997년~현재 전남대학교 공학대학 전기전자통신컴퓨터공학부 교수

※ 관심분야 : 인공지능, 지능형로봇, 기계학습, 패턴 인식, 클라우드 컴퓨팅



**김응곤 (Eung-Kon Kim)**

1980년 2월 : 조선대학교 공학사

1986년 2월 : 한양대학교 공학석사

1992년 2월 : 조선대학교 공학박사

1993년 3월 ~ 현재 : 순천대학교 컴퓨터공학과 교수

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 멀티미디어, HCI

