

일사량 감응 및 관수공급이 가능한 연소형 CO_2 발생기 통합 제어시스템의 설계

김응곤*

Design of Integrated Control System for Combustion Type CO_2 Generator with Solar Radiation Sensitiveness and Irrigation Supply

Eung-Kon Kim*

요 약

시설원에 하우스 내부의 공기 밀폐나 유동상태에 직접적인 영향을 주는 송풍기, 측창 개폐기의 동시제어는 CO_2 농도 관리에 필수적이다. 현재 농업인구 감소에 따른 개인당 경작면적 증가로 자동화 시스템과 통합제어의 요구가 꾸준히 증가하고 있는 실정이다. 본 논문에서는 CO_2 발생기의 연료 및 연소공기 혼합비(공연비), 내외부 환경에 따른 CO_2 공급량의 제어와 CO_2 공급에 있어 중요한 변수인 측정 개폐기와 같은 기존 설치기기를 동시에 제어할 수 있는 통합 제어시스템을 제안한다.

ABSTRACT

Simultaneous control of blowers and heat exchangers affecting the air sealing and flow conditions inside the green house is essential to the management of CO_2 concentration. Currently, the demand for automation systems and integrated control is steadily increasing according to increasing of farm areas per person due to the reduction of agricultural population. This paper proposes the integrated control system that can control simultaneously the existing devices such as measurement switching devices which are important variables in the supply of CO_2 , CO_2 generator fuel and combustion air mixture ratio(air-to-fuel ratio), and CO_2 supply control under internal and external conditions.

키워드

Carbon-Oxide, Complete Combustion, Activity of Photosynthesis, Solar Radiation, Integrated Control
이산화탄소, 완전 연소, 광합성 작용, 일사량, 통합 제어

1. 서론

국내외 CO_2 발생기 취급업체는 대부분 농업용 시설분야에 관련된 중소기업이며 일본, 네덜란드 등의 시설원에 분야 선진국들은 재배 환경에 있어 CO_2 공급을 필수요소로 인식하고 있고 기후 변화로 시설원에 확대가 증가되고

있는 실정이다[1]. 국내 CO_2 발생기 관련 시장은 사실상 비활성화 되어 있고 이는 CO_2 발생기를 위험시설로 인식하는 수요가 적지 않다.

현재 보급되어 있는 CO_2 발생기는 적용공간의 온도, 습도, CO_2 ppm에 대해서만 분석하고 이에 따라

* 교신저자 : 순천대학교 컴퓨터공학과
• 접수일 : 2018. 04. 11
• 수정완료일 : 2018. 05. 13
• 게재확정일 : 2018. 06. 15

• Received : Apr. 11, 2018, Revised : May. 13, 2018, Accepted : Jun. 15, 2018
• Corresponding Author : Eung-Kon Kim
Dept. of Computer Engineering, Suncheon National University.
Email : kek@scnu.ac.kr

작동되고 있어 CO_2 공급의 주체인 작물의 CO_2 요구량은 성장정도, 일사량 등에 따라서도 달라지므로 과잉, 결핍공급의 가능성이 있다. 관수공급은 주로 개수로를 통하여 농업용수가 공급되어 비효율적이다[2].

대부분의 연소성 CO_2 발생기는 일종의 건 타입으로 불완전 연소 발생에도 불구하고 일방적 공급을 함으로서 유해 배기가스의 확산으로 인한 피해가 일어나고 있다. 시설원에 하우스의 양액시설은 재배면적과 격리된 작업장에 설치되며 겨울철의 경우 외부에서 저온의 물을 공급하게 되어 작물에 냉해 등의 악영향을 불러온다.

주요 시설작물인 채소나 과일, 화훼 등을 재배하는 시설하우스에서 시설 내부의 온도와 습도, 광량 그리고 CO_2 레벨은 생산량과 생산물의 질을 결정하는 중요한 요소이기 때문에 적정 값의 유지가 필수적이다[3]. 겨울철과 같은 시설하우스 외부온도가 상대적으로 낮은 계절에는 난방장치가 필수적이며, 환기가 어려워 시설하우스 내부 CO_2 량이 시설작물의 요구량에 미치지 못한다.

작물은 수분을 제외하면 70~80%가 탄산가스의 혼합물로 구성되어 있으며, 모든 작물은 공기 중에 탄산가스를 원료로 하여 광합성을 하게 된다. 시설하우스에 밀집되어있는 시설작물들을 공기 중의 CO_2 로 공급하기에는 많이 부족하며, 작물마다 CO_2 요구량이 다르다. 공기 중의 CO_2 함량은 대략 350ppm 정도이지만 식물광합성 능력에 따라 적정 CO_2 농도에는 절대적으로 부족한 실정이다. 많은 연구 결과에 의하면 식물 광합성에 필요한 CO_2 요구량은 공기 중의 CO_2 양보다 3~5배 정도 더 필요한 1,000~1,500ppm이다.

특히, 밀폐된 온실 내 작물은 밀식재배 및 외기와 격리되어 재배되므로 대기 중 CO_2 마저도 공급받지 못하여 식물 성장을 지연시키고 품질저하 및 수확량 감소의 원인이 된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 시설재배환경의 전문지식과 경험을 바탕으로 CO_2 발생기를 개발하려고 한다. CO_2 발생기를 통하여 시설재배 작물의 생산, 증산, 재배기간 단축 등 효과를 볼 수 있다. 이는 농가의 소득 및 농업 발전에 큰 도움을 줄 것이며, 대부분 수입에 의존하고 있는 시설작물의 수입량 대비 수출량을 증가시킬 수 있을 것이다. 또한 안정성이 미흡한

저효율 CO_2 발생기 사용으로 인한 피해가 빈번히 발생하고 있어 안정하고 신뢰할 수 있는 CO_2 발생기가 시설농업의 필수품으로 반드시 필요하다.

CO_2 공급을 위한 발생기의 효과적인 운영을 위해서는 여러 환경요인 및 변수를 파악하고 이에 맞춰 발생기의 동작을 제어하는 제어시스템이 필수적이다[4-5]. 통합 제어시스템은 식별과 관리를 용이하게 하고 IoT에 연결된 모든 것들을 외부 환경으로 부터 데이터 취득을 위한 센서와 고유의 IP 주소를 가지고 인터넷에 연결되어 사용되며 다양한 분야에서 접목되고 있다[6-10].

더불어 시설원에 하우스 내부의 공기 밀폐나 유동 상태에 직접적인 영향을 주는 송풍기, 측정 개폐기의 동시제어는 CO_2 농도 관리에 필수적이며 현재 농업 인구 감소로 개인당 경작면적 증가 등으로 인해 자동화 시스템을 선호하며, 통합화 요구는 늘어나는 실정이다.

본 논문에서는 CO_2 발생기의 연료 및 연소공기 혼합비(공연비), 내 외부 환경에 따른 CO_2 공급량 등의 제어와 CO_2 공급에 있어 중요한 변수인 측정 개폐기 등의 기존 설치기기를 동시에 제어할 수 있는 통합 제어시스템을 설계한다.

II. CO_2 발생기 통합 제어 시스템

2.1 외부기기 통합제어 프로세스

원예시설에 설치되어 있는 외부기기 통합제어를 위한 온도, 습도, 일사량, 빗물 계측 프로세스 개발하였다. 일사량센서, 온도, 날씨, 습도 등을 통한 CO_2 공급량을 설정하였으며 우천 시 자동 개폐장치를 작동하고 실내 CO_2 공급시 유동팬을 가동하여 적정시간 내 CO_2 공급을 위해 확산시킨다.

다음 표 1은 일사량센서의 요구 사양을 나타낸 것이다.

표 1. 일사량센서의 요구 사양
Table 1. Requirements for insolation sensors

Response time(63%)	< 1.5 sec
Response time(95%)	< 12 sec
Operating temperature	-40℃ to +80℃
Temperature dependence of sensitivity	<3%(-20℃ to +50℃) <5%(-40℃ to +70℃)

2.2 자동제어 임베디드 시스템

소프트웨어 상시 업그레이드로 완전연소 유도 설정 값 등을 자유롭게 설정할 수 있고 데이터 이력을 통해 고장원인을 파악하여 유지보수에 필요한 정보를 제공한다. 완전 연소를 위한 흡기온도, 흡기공기량, 연소실 온도, 배출온도 계측 기술을 적용한다.

다음 그림 1은 시스템 동작 프로세스이다.

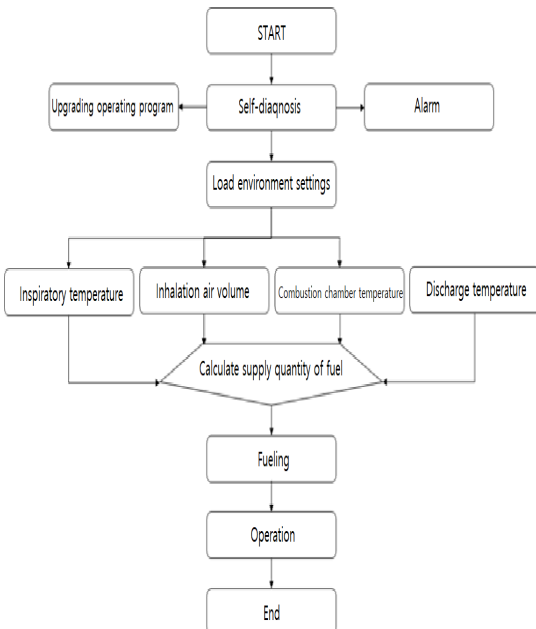


그림 1. 시스템 동작 프로세스
Fig. 1 System operating process

2.3 모니터링 시스템

인체에 유해한 CO₂, CO 가스 모니터링으로 안정성을 확보하기 위한 원예 시설 내부 공기 질 모니터링 시스템을 설계하였다.

다음 그림 2는 원예 시설 내부 공기 질 모니터링 장치 구성 블록도이다. CO₂는 무색·무미의 기체로서 공기보다 무거우며 가스 자체는 독성이 거의 없으나 다량이 존재할 때 사람의 호흡 속도를 증가시키고 혼합된 유해 가스의 흡입을 증가시켜 위험을 가중시키기 때문에 공기 질의 모니터링은 중요하다.

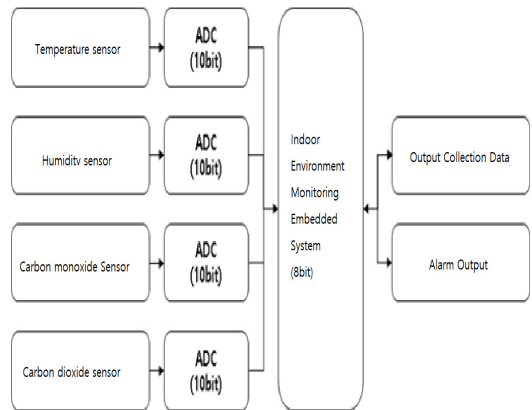


그림 2. 공기 질 모니터링 장치 구성 블록도
Fig 2. Component block diagram of air quality monitoring device

2.4 원예 시설 내부 공기 질 요구 사양

다음 표 2~5는 공기 질 요구사항을 나타낸 표이다. 시설원예 하우스 내 온도, 습도, CO₂ 농도 등에 따라 주변기기들의 제어를 위해 시설 내부 공기 질의 파악이 중요하다.

표 2. 온도센서의 요구 사양
Table 2. Requirements of temperature sensor

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
Resolution	0.04	0.01	0.01	℃
Repeatability		±0.1		℃
Range	-40		120	℃
Response time	5		30	S

표 3. 습도센서의 요구 사양
Table 3. Requirements of humidity sensor

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
Resolution	0.5	0.03	0.03	%RH
Repeatability		±0.1		%RH
Range	0		100	%RH
Response time		4		S
Long term stability		< 0.5		%RH/yr

표 4. 일산화탄소 센서의 요구 사양
Table 4. Requirement for carbon monoxide sensors

Measurement Range	0~500ppm / 0.1ppm
Operating	-10℃~55℃, 15%RH-90%RH
Storage Range	-10℃~55℃

표 5. CO₂ 센서의 요구 사양
Table 5. Carbon dioxide sensor requirements

Measurement Range	0~3,000ppm / 0.3%
Operating	0~50℃ (0-95% RH, non-condensing. Beyond this temperature ,the accuracy is not guaranteed.
Storage Range	-20~60

2.5 모니터링 장치 동작 프로세스

출입문, 실내에 인체감지 센서를 이용하여 사람 유무를 판별하고, 실내에 사람이 있을 경우 CO, CO₂ 센서로 계측된 데이터를 기반으로 실내 가스 농도가 위험 수준에 도달하면 사용자에게 경고음을 발생하여 시설 원에 작업자의 안전성 확보가 가능한 작업자 유무 판별 및 유해 가스 안전 시스템을 설계하였다. 그림 3은 모니터링 장치 동작 프로세스 블록도이다.

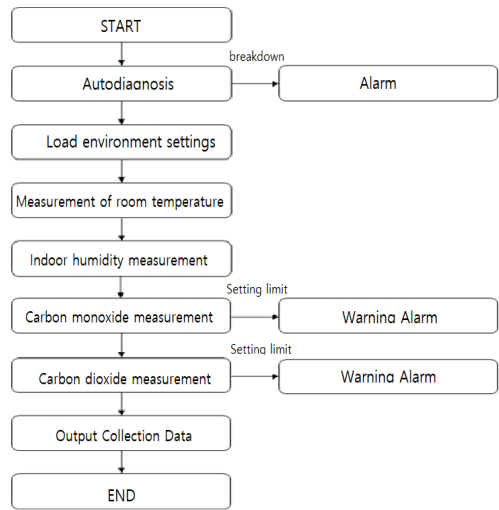


그림 3. 모니터링 장치 동작 프로세스
Fig 3. Behavior process of monitoring device

다음 그림 4와 5는 작업자 유무 판별 및 유해 가스 안전장치 구성과 동작을 나타내는 블록도이다. 경고음 발생 이후 일정 시간이 지난이후 시스템과 연동되어 있는 CO₂ 발생 연소기, 난방장치 등을 정지하고 신속하게 실내 공기를 환기하여 작업자의 안전을 향상시킨다.

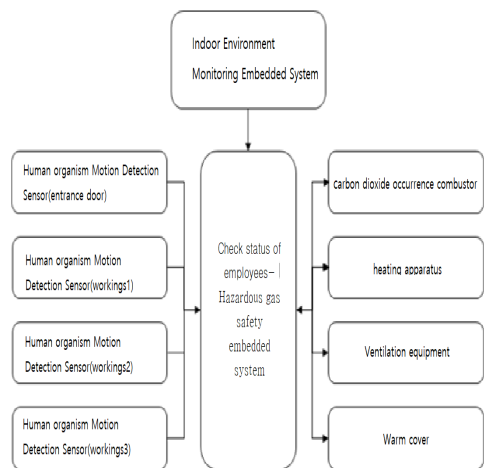


그림 4. 작업자 유무 판별 및 유해 가스 안전장치 구성 블록도
Fig 4. Check status of employees - Hazardous gas safety device composition blocks

III. 결 론

본 논문에서는 열 교환 카트리지를 통한 완전연소 유도형 CO₂발생기의 통합제어시스템을 설계하였다. 제안하는 통합 제어시스템은 CO₂발생기의 적용 장소 환경조건에 맞는 작동을 위해 시설 맞춤형 계측장비의 입력 데이터를 분석하고 프로세스에 맞는 출력 신호를 발생시킬 수 있는 제어모듈로 기존 설치기기에 대한 제어가 가능한 Multi-control 시스템이다.

원예시설 내부의 공기 밀폐나 유동상태에 직접적인 영향을 주는 송풍기, 측정 개폐기의 동시제어는 CO₂ 농도 관리에 필수적이며 현재 농업인구 감소에 따른 개인당 경작면적 증가로 인한 자동화 시스템과 통합 화제어의 요구는 증가하고 있는 실정이다.

본 논문은 이러한 내용을 만족시키는 CO₂ 발생기 뿐 아니라 시설원에 하우스의 난방, 환기, 송풍, 제습 등 시스템의 체계적인 관리를 가능케 하고 소프트웨어 업그레이드를 통해 향후 성능향상이 가능한 제어 시스템을 설계하였으며, 수시로 변화하는 환경 및 재배작물 변경에 대한 필요환경 변화에도 유연하게 대처할 수 있는 기술력을 확보할 것이다.

향후 연구개발성과를 통해 통합이 가능한 제어시스템으로 복잡한 내부 시설 간소화를 통해 재배면적 증가와 사용자의 시스템에 대한 이해도 증시키고 안전성 확보를 통해 수요처의 인식을 개선하여 농가 생산성 증대를 기대할 수 있을 뿐 아니라 CO₂ 공급 기능과 난방시스템으로 활용가능하기 때문에 이중설치비용을 절감할 수 있다.

감사의 글

이 논문은 2017년 전라남도와 전남테크노파크의 지역수요맞춤형 연구개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임

References

[1] N. Hoo, "Development of Smart Farm System for Minimizing Carbon Emissions," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication*

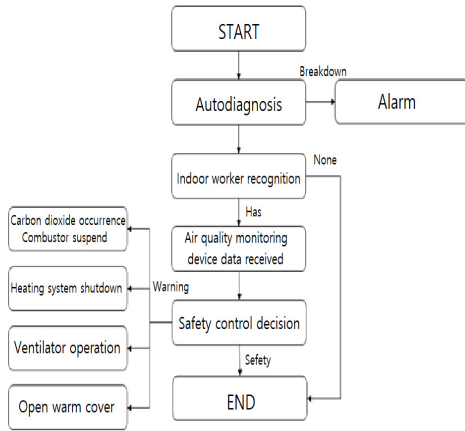


그림 5. 작업자 유무 판별 및 유해 가스 안전장치 동작 프로세스
Fig 5. Check status of employees - Hazardous gas safety system operating process

2.6 스마트 통합 제어 시스템

안전한 제어 환경을 위한 사용자 인증 모듈, 사용자 편의성을 위한 직관적인 인터페이스, 스마트 통합 제어 시스템의 인터넷 등을 위한 인터페이스를 개발하였다. 장비 운용 환경을 고려하여 설계하였으며 제어 시스템 고장 시 비상 운전이 가능한 회로를 추가하였다. 그림 6은 원예 시설 스마트 통합 제어 시스템의 구성 블록도를 나타낸 것이다.

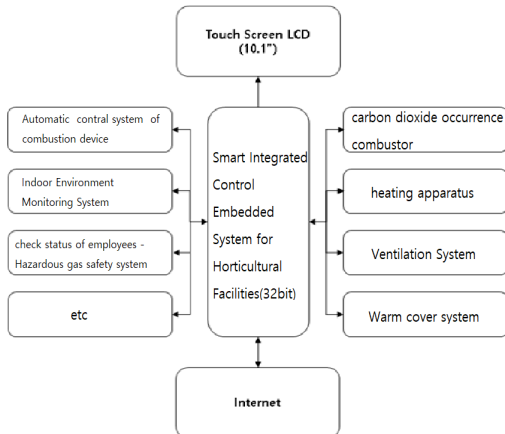


그림 6. 원예 시설 스마트 통합 제어 시스템 구성 블록도
Fig 6. Block diagram of smart integrated control system for horticultural facilities

- Sciences*, vol. 11, no. 12, 2016, pp. 1231~1236.
- [2] K. Kim, Y. Lee, D. Kang, and Y. Kim, "Improved Approach for Optimal Design of Agricultural Irrigation System," *J. of Korean Soc. Hazard Miting*, vol. 13, no. 6, 2013, pp. 359~365.
- [3] J. Bae, W. Kim, Y. Hohn, and A. Moon, "Data Dissemination Algorithm for Greenhouse Environment Data Monitoring based on Grey System Theory," *Journal of Advanced Information Technology and Convergence*, Vol. 11, No. 10, pp. 89~95
- [4] J. Lee, H. Gi, G. Kim, D. Lee, D. Im, and S. Han, "A Study on Development of Cloud System for the Smart Greenhouse Automatic Control," *The Korean Institute of Communication and Information Sciences, Jungang University Seoul Ccampus 310 view*, Nov. 2016, pp. 559~560.
- [5] M. Lee and H. Yoe, "Operational Requirements of Carbon Dioxide Generator for Smart Greenhouse," *The Korean Institute of Communication and Information Sciences, Jungang University Seoul Ccampus 310 view*, Nov. 2016, pp. 543.
- [6] Y. Lee and P. Moon, "Comparison and Analysis Functional Features of IoT Operating System," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 2, 2017, pp. 337~343.
- [7] K. Kim, D. Wang, and S. Han, "Home Security System Based on IoT", *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 1, 2017, pp. 147~154.
- [8] S. KIM and Y. Choi, "Implementation of an Automated In-line Water Quality Measurement System of Recirculation Fish Farm with IoT," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 3, 2017, pp. 477~483.
- [9] S. Rue, "Survey on the Platform of IoT and Big Data," *Journal of Information Technology*, vol. 13, no 2, 2018, pp. 19~25.
- [10] E. Kim, "High-efficiency Heat pipe and Smart Control System Utilizing Heat Pipe," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 6, 2017, pp. 1151~1157.

저자 소개



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