

질병예방 및 살균·소독을 위한 ICT 융복합형 플라즈마 출입관리 시스템

김응곤* · 김진하**

ICT Fusion Type Plasma Access Control System for Disease Prevention and Sterilization and Disinfection

Eung-Kon Kim* · Jin-Ha Kim**

요약

구제역과 AI로 인한 피해는 해마다 반복되고 있으며 그 피해는 농가에서 그대로 떠안고 있는 실정이다. 현재 국내 축산농가의 외국인 노동력 수요가 급증하고 있으나 외국인 관리체계는 매우 미흡하며 자율적인 소독 의식이 부족하고, 계절적으로는 동절기 소독 문제가 심각한 상황이다. 오염물질로 피해를 보고 있는 중소 규모 농가와 경제적인 여건상 가격이 비싼 소독기를 설치할 여력이 없는 소규모 농가에서도 구매 설치 할 수 있는 출입관리 시스템이 필요하다. 본 논문에서는 저온 플라즈마 램프 원리를 이용하여 살균시스템을 도입하고 통합제어가 가능한 편리성 및 안전성 확보를 할 수 있는 ICT 융복합형 플라즈마 출입관리 시스템을 제안한다.

ABSTRACT

The damage caused by foot-and-mouth disease and AI has been repeated in year by year, and the actual damage is held by farmers. Currently, domestic livestock farmers' demand for foreign labor force is rapidly increasing, but the foreign management system is very inadequate, autonomous disinfection consciousness is poor and seasonally disinfest of winter is a serious situation. Thus, the exit management system, where small and medium scale farmers can purchase and install, is necessary for medium and small scaled farmer who is suffering from the pollutants and who does not have capacity to install expensive sterilization. In this paper, we propose ICT fusion combined plasma access control system which can utilize the principle of low temperature plasma lamp, to introduce disinfection system, to ensure convenience and safety that enables integrated control.

키워드

Access Control, Disinfection, ICT, Plasma, Sterilization
출입 관리, 소독, ICT 플라즈마, 살균

* 순천대학교 컴퓨터공학과(kek@scnu.ac.kr)

** 교신저자 : 순천대학교 컴퓨터공학과

• 접수일 : 2018. 11. 23

• 수정완료일 : 2018. 12. 04

• 게재확정일 : 2018. 12. 15

• Received : Nov. 23, 2018, Revised : Dec. 04, 2018, Accepted : Dec. 15, 2018

• Corresponding Author : Jin-Ha Kim

Dept. of Computer Engineering, Suncheon National University.

Email : jinha1914@naver.com

1. 서 론

우리나라의 농업에서 축산이 차지하는 중요성은 매우 크다. 지난 10년간 경제성장과 함께 수요증가에 힘입어 축산업은 평균적으로 약4%씩 성장하여 2008년 가축 생산금액은 10조원 대이었으며 2010년에는 13조원 대에 이르고 있다. 이는 총 농업생산액의 약 33%가 넘는 비율을 차지하고 있다. 축산업은 사료와 약품 등 중간재투입 비율이 높고 축사나 양축에 관련된 자동화시설과 방역시설에 투자비용이 높은 장치산업이 되었으며 총 농업부가가치의 16%를 국내 총부가가치의 0.45%를 차지하고, 총 취업자의 1.5%, 농림부문에 취업자의 15%를 고용하고 있는 한국 농업 성장의 중요한 분야가 되고 있다[1].

최근 한·칠레 FTA 체결을 계기로 한·미 FTA, 한·영연방 FTA 등 체결로 인한 농산물 시장개방 확대에 대응하고, 농업인 피해보전과 농업 경쟁력 제고 달성을 목적으로 FTA 국내보완대책을 수립하여 시행하고 있다. 2008~2015년까지 FTA에 따른 농업분야 국내보완대책의 세부사업들에 배정된 예산은 22조 2,682억 원이었으며, 이 중 “축산경쟁력 제고”에 전체 지원액의 38.9%인 7조 5,317억 원이 투입되어 가장 높은 비중을 차지하고 있다. 이런 투자에 힘입어 시설 투자 및 사육 기술의 발전을 이루어 젖이나 소독시설 및 가축 위생, 약취 등의 환경적인 요소에 대한 투자는 상대적으로 소홀하여 최근 몇 년 사이에 가축 질병이 국내 축산 농가의 소득 안정을 위협하는 가장 큰 요인으로 대두 되었다.

경북 안동지역을 시작으로 소와 돼지에서 발생 및 확산된 구제역의 발생 현황은 신고 216건 중 양성 153건, 음성 63건으로 국내 축산업계자들에게 막심한 경제적인 피해와 충격을 가져다주었다[2].

또한 축산연구소의 약취에 대한 설문조사결과에 따르면 성장단계별 약취발생은 비육성우가 45%, 육성우가 32%로 약취가 심한 것으로 조사되었으며, 약취발생장소는 퇴비장에서 38%, 우사에서 23%로 약취가 심한 것으로 조사되었고, 작업별로 보면 분뇨제거중이 64%로 가장 높게 나타났다. 젖소의 경우 성장단계별 약취발생은 착유우가 42%, 송아지가 40%, 약취발생장소는 퇴비장에서 31%, 저장악비에서 31%로 약취가 가장 심한 것으로 조사되었고, 돼지의 경우 성장단계

별 약취발생은 분만 돈이 31%, 모 돈이 23%, 작업별로는 분뇨 제거 중에서 84%로 높게 나타났다. 육계의 경우 성장단계별 약취발생은 6주령 이후가 45%, 4주령이 42%로 약취가 심한 것으로 조사되었다. 산란계의 경우 성장단계별 약취발생은 말기가 65%로 산란 초기 보다 가장 심한 것으로 조사되었다. 계절적으로 보면 전 축종에서 여름철에 약취가 가장 심한 것으로 조사되었다. 약취에 대한 민원은 한육우와 젖소보다는 돼지, 산란계 및 육계에서 민원이 더 발생했던 것으로 조사됐으며, 한육우와 젖소는 약 50%, 그 외 축종에서는 20%이상의 사육농가에서 앞으로 민원이 발생할 것으로 판단하고 있는 것으로 조사되었다.

축사를 방문하는 수의사 및 사료운반 차량 운전자 등 축산 관계자는 다른 축사를 방문하고 오거나 방문 예정이기 때문에 질병을 예방하기 위해서는 의복 및 몸매 붙어 있는 균을 살균해야 할 필요가 있으며 기존 제품의 경우 대인소독기, 발판소독기, 방제설비 등은 특정한 목적에 대한 설비이다. 축사, 돈사, 계사 등의 출입에서부터 축사시설 내부까지 살균효과를 기대할 수 있는 제품이 필요하며 중소 규모 농가는 경제적인 여건 상 가격이 비싼 소독기를 설치할 여력이 없어 차단 방역에 구멍이 뚫릴 가능성이 있는 실정이다. 소규모 농가에서도 구매 설치할 수 있는 저렴한 소독설비 보급이 절실하다[3].

본 논문에서는 공기 질 살균 및 정화를 위한 플라즈마 발생 부 최적 설계, 내외 부 Frame, 에어샤워부, 대인소독 부, 공기질정화부를 제어하는 ICT 통합 제어 시스템을 개발한다.

II. ICT 융복합형 출입관리 시스템 개발

2.1 저온 플라즈마 발생부 개발

태양광에 대한 ISO 분류 기준 ISO-DIS-21348에 따른 분류법을 소개하면 UVA (400~315nm), UVB (315~280nm), UVC(280~100nm)로 나눌 수 있다[4].

저온 플라즈마 램프 원리를 이용한 살균 방식은 100~200nm 파장 대에서 발생하는 플라즈마 영역의 진공자외선으로서 공기 중의 산소분자와 물 분자를 분해하여 산소양이온과 음이온 그리고 수산화기라 불리는 강력한 정화 이온인 프리라디칼을 생성하여 각종

오염물질을 제거 및 분해한다. 이 저온 플라즈마 공정은 OH 라디칼 뿐 만 아니라 각종 라디칼을 발생시켜 유기물을 효과적으로 산화하는 공법이다[5]. 이는 오염물질이 저온 플라즈마 램프와 최초 접촉하게 되면 1차적으로 살균정화가 일어나지만 프리라디칼에 의한 2차 살균 및 3차 연쇄반응을 일으켜 내부 공간 전체적으로 확산시켜 오염물질을 분해 및 살균을 진행하며 전자를 방출하는 라디칼이 악취물질을 산화 분해해 고농도 악취제거에도 탁월하다[6]. 또한 저온 플라즈마 공정에서 오염물질이 효과적으로 제거되는 최적의 온도조건은 40~60℃ 이며 접촉시간은 6시간 일 때 효과적으로 오염물질이 제거 된다[7]. 그림 1은 저온 플라즈마 램프의 살균 경로이다.

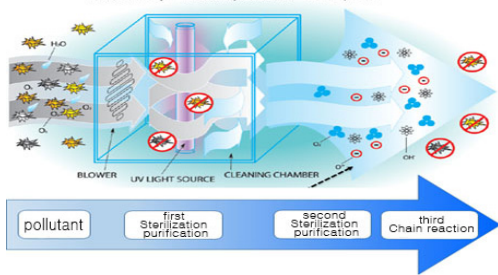


그림 1. 저온 플라즈마 램프의 살균 경로
Fig. 1 Sterilization process of low temperature plasma lamp

제작된 Pilot-scale 규모의 플라즈마 발생장치의 살균력 및 실내공기 질 테스트 자료를 토대로 프로토타입의 플라즈마 발생 부를 제작한다. 저온 플라즈마 발생 부는 크게 플라즈마 램프와 이를 조절하는 벨라스터로 나누어진다. 플라즈마 램프는 석영관 제조 시 유리 물질 이외의 특수물질을 혼합하여 제조하고 석영관 내부안쪽에는 금속물질인 티타늄과 광촉매물질인 이산화티탄(TiO₂), 백금(Pt), 은(Ag) 등을 도포하고 195~215℃의 온도로 열처리하여 형성되도록 구성한다. 초고진공상태에서 불순물을 제거한 후 램프의 용량에 따라 특수가스의 양을 조절하여 혼입한 후 제작한다. 그리고 이를 조절할 수 있는 벨라스터는 자외선 파장(100~200nm)에서 방전을 일으키도록 설계하여 제작한다. 그림 2는 플라즈마 램프에 대한 개략도 이며 그림 3은 플라즈마를 조절하는 벨라스터의 도면이다.

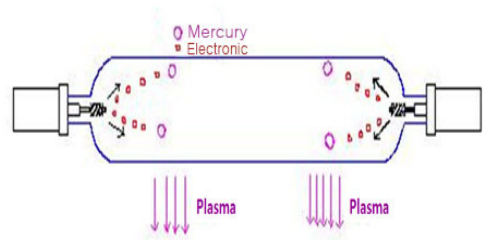


그림 2. 플라즈마 램프 개략도
Fig. 2 Plasma lamp schematic diagram

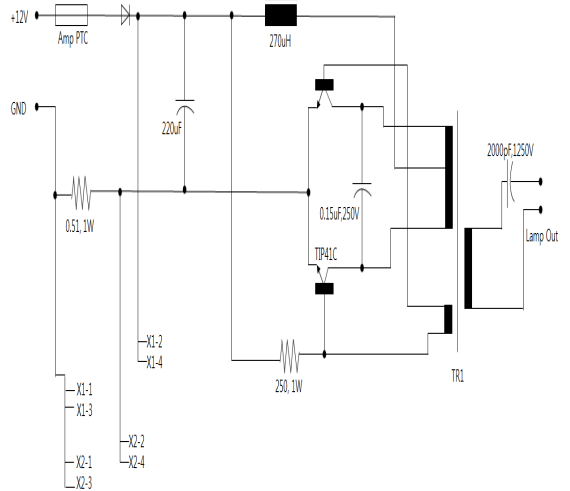


그림 3. 벨라스터 도면
Fig. 3 Belaster drawing

2.2 PCB 모듈 및 모니터링 모듈 제작

모니터링 프로세스는 대인 소독 부 사람 출입상황, 대인소독 부 내 온/습도 센서, 대인 소독 부 내 공기 질 센서, 플라즈마 발생부의 가동시간을 Display에 실시간으로 표기하며 또한 사용자에게 많은 정보를 주기위하여 다채널 Display를 사용하였다[8].

설계된 PCB, 모니터링 Process의 정보를 토대로 하드웨어 회로를 설계하고 PCB를 제작한다. PCB 회로 설계 시 제품 운영 및 유지 보수의 편의성을 위하여 핵심부품 등을 탈착이 편리한 모듈 방법으로 설계 및 제작한다. 제작된 PCB는 설계된 프로그램을 탑재하여 테스트를 수행하고, 수행결과에 따라 PCB를 수정 및 보완하여 완성도 높은 최종 PCB를 제작한다. 그림 4는 제작한 PCB모듈의 블록도 이며 그림 5는 모니터링 모듈의 개략도 이다.

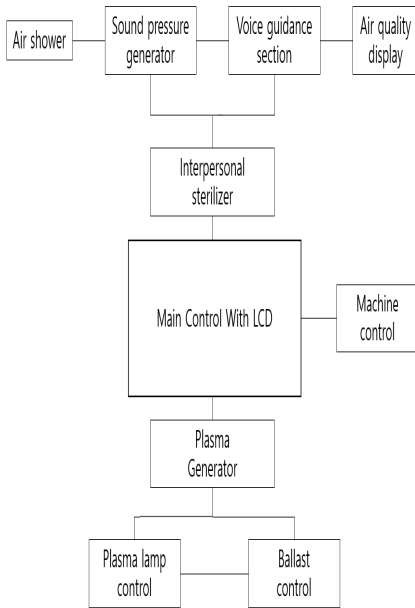


그림 4. PCB 모듈 블록도
Fig. 4 PCB module block diagram

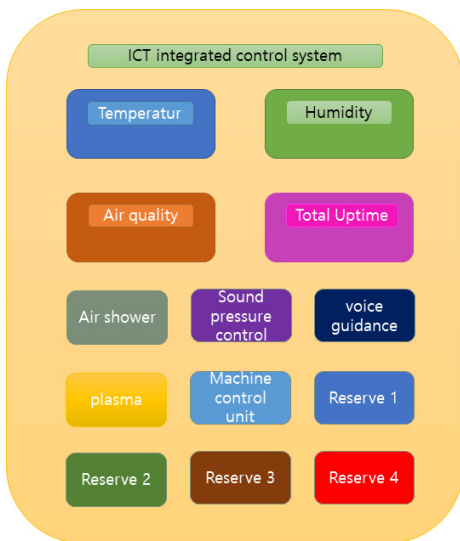


그림 5. 모니터링 모듈 개략도
Fig. 5 Monitoring module schematic diagram

온/습도의 센서는 시제품의 기본적인 제어 요소이므로 정밀도가 높고, 외부환경으로부터 안전한 제품으로 선정한다. 사용된 온/습도 센서의 스펙은 표 1과 같다. 그림 6은 온/습도 센서를 연결한 모습이다. VOC센서는 측사 내부의 유해물질을 모니터링 하기 위한 요소이므로 정밀도가 높고, 외부 환경으로부터 안전한 제품으로 선정한다. 오존 센서는 플라즈마 발생부로부터 과하게 발생하는지를 모니터링 하기 위한 센서이다. 사용된 오존 센서의 선정 스펙은 표 2와 같다. 그림 7은 오존 센서들을 연결한 모습이다.

표 1. 온/습도 센서의 스펙

Table 1. Specification of temperature / humidity sensor

| Category | Content |
|----------------------|--------------------------------|
| Voltage | 3.3~5V |
| Communication method | Digital one wire communication |
| Temperature range | -40 ~ 80°C |
| Humidity range | 0 ~ 100%RH |

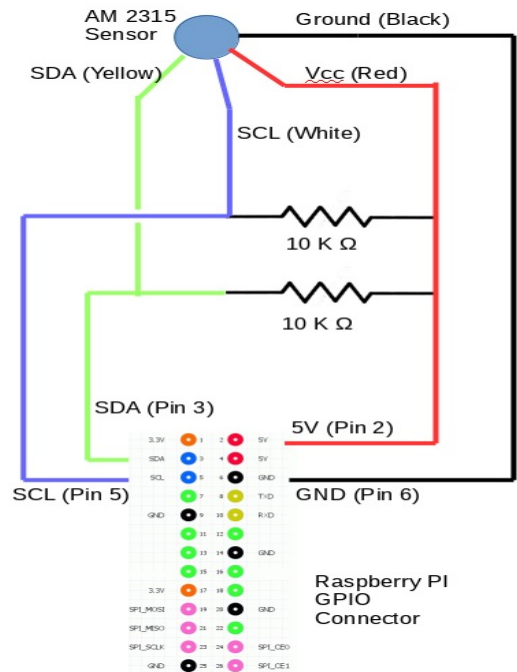


그림 6. 온/습도 센서의 연결계통도
Fig. 6 Schematic diagram temperature / humidity sensor

표 2. 오존센서의 스펙
Table 2. Ozone sensor specification

| Category | Content |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| Measurement Range | 0 ~ 20 ppm |
| Max detecting concentration | 100 ppm |
| Sensitivity | (0.60±0.15)μA/ppm |
| Resolution ratio | 0.02 ppm |
| Response time (T90) | ≤120s |
| Bias voltage | 0mV |
| Load resistance | 10Ω (recommended) |
| Repeatability | <5% output value |
| Stability (/month) | < 2% |
| Output Linearity | linear |
| Zero drift (-20℃ ~ 40℃) | 0.2 ppm |
| Storage temperature | -20℃ - 50℃ |
| Storage Humidity | 15% ~ 90%RH |
| Pressure range | Standard atmosphere pressure ±10% |
| Anticipated using life | 2 years (in air) |

에어 샤워 부는 사람, 옷 등의 표면에 부착되어 있는 먼지나 기타 오염물질의 입자를 털어내기 위해 고속제트제어(25m/sec이상)의 Air를 분사하여 털어내고 발판 하단부측으로 내보는 구조로 제작한다. 하단부에는 1차적으로 사이즈가 큰 먼지 등을 제거하기 위해 HEPA필터 등을 장착한다.

공기 순환 팬에 쓰이는 모터는 습기로부터 보호하여 문제발생을 최소화 하도록 방진방습형 모터를 설계하여 제작한다. 다음 그림 8은 방진 방습 모터 설계 개략도 이다.

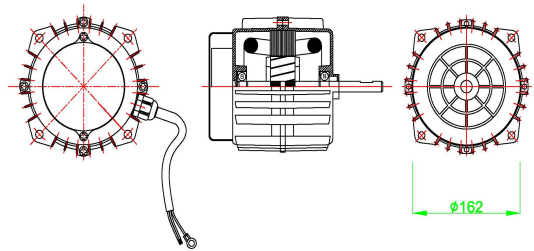


그림 8. 방진방습모터 설계 개략도
Fig. 8 Dust-proof moisture-proof motor design schematic diagram

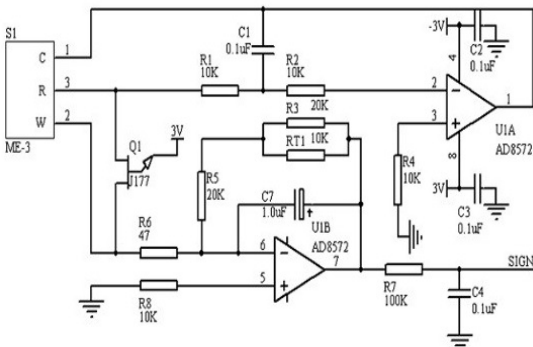


그림 7. 오존센서의 연결계통도
Fig. 7 Ozone sensor connection system

2.3 대인 소독부의 내부 개발

대인 소독 부는 인체감응 부, 음압발생 부, 에어샤워 부, 공기조화 부, 플라즈마발생 부로 이루어진다. 공기조화 부는 에어샤워 부에서 인체에 붙어있는 오염물질을 하단으로 보내지고 다시 플라즈마발생 부로 보내어 살균과정을 거친 후 외부로 배출한다.

2.4 프로토타입 시제품 제작 및 성능 테스트

제작된 각 부위별 부품을 토대로 결합하여 시제품을 제작한다. 또한, 제작된 시제품의 자체테스트를 진행하여 각 부위의 작동 이상여부, 인체 감응 센서와 각종 환경 센서들과의 연동여부, Display의 이상 여부를 충분히 진단하여 문제점이 없는지 확인하며 추가로 개선할 부분에 대해서 충분히 검토 후 보완한다.

시제품의 실제 항곰팡이 시험을 위해 마네킹에 옷에 곰팡이(검은곰팡이, 푸른곰팡이, 토양곰팡이, 진균, 흑효모균의 혼합포자균)가 접종된 배지를 상단, 중단, 하단 등에 설치 후 시제품을 가동 후 배지를 밀봉 채취하여 5일간 배양하여 곰팡이 배양되는지 여부를 확인한다. 이 때 실험 결과에 따라 플라즈마 처리용량 및 가동 시간을 반영한다. 그림 9는 성능 테스트에 사용될 프로토타입 개략도이다. 표 3은 성능 테스트 결과이다.

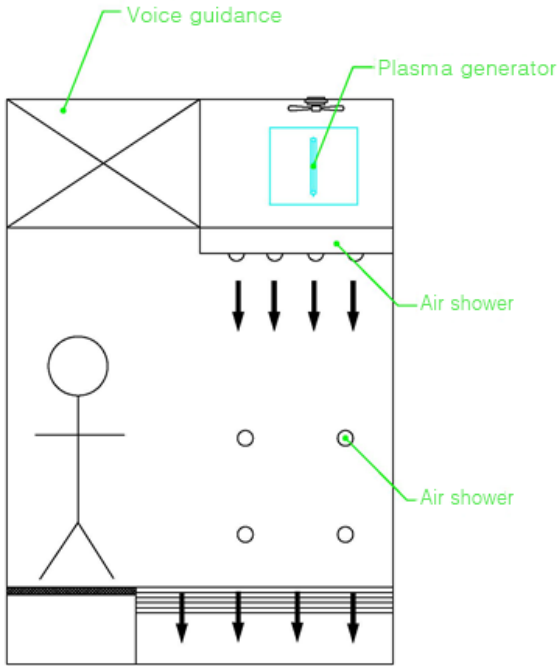


그림 9. 프로토타입 개략도
Fig. 9 Prototype schematic diagram

표 3. 시제품 성능 테스트 결과
Table 3. Prototype performance test results

| Category | Result |
|--|--------------------------------|
| Antifungal test | Not growing |
| Performance test of airborne bacteria | More than 80% |
| Flotation virus abatement performance test | More than 60% |
| Indoor Air Quality Test | More than 60% |
| Ozone emission test | 0.1ppm or less |
| Temperature measurement error range | $\pm 1^\circ \text{C}$ or less |
| Humidity measurement error range | $\pm 10\% \text{RH}$ or less |

III. 결 론

본 논문에서는 공기 질 살균 및 정화를 위한 플라즈마 발생 부 최적 설계, 내/외 부 Frame, 에어 샤워 부 대인소독 부, 공기 질 정화 부를 제어하는 ICT 통합제어 시스템을 개발하였다.

기존의 방역설비는 질병이 발생하고 다양한 전파원에 의해 확산되는데 사람의 옷가지나 신발 등에 묻어서 사람의 이동경로에 따라 질병이 확산되기도 한다. 이를 방지하기 위해 대인소독기나 소독 방제차량, 차량소독기에 대해 소독용액방식, 오존방식 등의 방식이 이용되고 있다. 대표적인 소독제는 염소가 있다. 염소는 소독하는 과정에서 부산물이 생성되기 배출된 부산물을 처리하기 위해 여러 시설물이 필요로 한다. 또한 염소는 오존의 반감기가 짧다는 단점을 가지고 있다[9].

본 논문에서 제안하는 시스템은 램프 방식의 플라즈마 방전 형태로서 소비전력이 최대 75W이하이며 제품 또한 소형화가 가능하고 24시간 장시간 사용여도 부산물이 전혀 생성되지 않으며 유지보수에 필요한 사항이 램프수명이 9,000시간이므로 플라즈마 기준 1년에 1회, 일반적으로 2~3년 1회 정도의 램프를 단순 교체하면 되는 시스템을 구축하였다.

본 논문에서 제안하는 ICT 융복합형 플라즈마 출입관리 시스템은 대인 소독 부 내 진입 후 인체 감응을 제어하고 인체 감응 후 음성 안내 멘트가 진행되도록 제어하고 음성 안내 멘트의 순서대로 각 부위를 시간에 따라 제어하며 대인소독기 내 공기 질 센서로부터 일정 PPM 이하에서의 작동시작 및 정지를 제어하는 시스템을 개발하였다.

향후 연구과제는 실제 측사에 설치하여 대인소독부와 측사 공기 질 정화부의 플라즈마 발생 부를 1개의 플라즈마 발생 부를 가지고 겸용할 수 있는 구조로 제작하고 대인 소독부에서 살균기능을 작동할 때는 측사 공기질정화부의 팬의 동작을 정지시켜 측사 쪽으로 공기의 유동이 없도록 하며, 반대로 측사 공기 질 정화부에서 정화기능을 작동할 때는 대인 소독부의 팬의 동작을 정지시켜 대인 소독 부 방향으로 공기의 유동이 없도록 연구할 계획이다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 지역특화산업육성(R&D) 기술개발사업으로 수행된 연구결과입니다.

한국전자통신학회 2018년도 가을철 학술대회 우수 논문임

References

- [1] D. Kim and W. Lee, "Pilot Design of Pigsty Preventing the Spread of Foot and Mouth Disease," *J. of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, vol. 28, no. 12, 2012, pp. 183-190.
- [2] I. Ryu, "Outline of foot and mouth disease and importance of disinfection with domestic animal infectious diseases," *J. of the Korean Veterinary Medical Association* vol. 47 no. 10, 2011, pp. 949-959.
- [3] J. Hwang, J. Hui, and H. Kang, "Implementation of Swinery Integrated Management System in Ubiquitous Agricultural Environments," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences* vol. 35, no. 2, 2017, pp. 715-724.
- [4] C. Kim, J. Lee, and Y. Goh, "The UV LED Bar Optimal Design with Human Detection and Control Function," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 6, 2017, pp. 1219-1226.
- [5] D. Lee, D. Kim, Y. Hong, I. Lee, and H Lee, "Comparison of OH-radical Generation Mechanism in AOP Process Using Non-Thermal Plasma," *J. of Korean Society on Water Environment*, vol. 2017, no. 0, 2017, pp. 713-714.
- [6] J. Yu and C. Park, "A Study on Reduction of Hydrogen Sulfide by Low Temperature Plasma Technology," *Korean Institute of Industrial Engineers Spring Joint Conference, Yeosu EXPO Convention Center, Yeosu EXPO Convention Center, Korea, 2017, pp. 4564-4583.*
- [7] H. Kim and C. Won, "Temperature and Contact Time of Glow-discharge Non-thermal Plasma for An Advanced Oxidation of Wastewater," *J. of the Korean Society for Environmental Technology*, vol. 19, no. 2, 2018, pp. 108-115.
- [8] S. Jung, C. Sim, K. You, and W. Soo, "A Implementation of Smart Band and Data Monitoring System available of Measuring Skin Moisture and UV based on ICT," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 4, 2017, pp. 715-724.
- [9] Y. Park, D. Kim "Characteristics of plasma discharge and disinfection performance," *Proc. of the Korean Environmental Sciences Society Conference, Hanyang University, Korea, vol 20, 2011, pp. 183~185*

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

김진하(Jin-Ha Kim)



2015년 3월 ~ 현재 순천대학교
 컴퓨터공학과 재학

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스

