

스마트 축사 환경을 위한 IoT 기반 윈치 커튼 자동 제어 시스템 설계에 관한 연구

곽표성¹, 박의준^{2*}, 송제호²
¹금성아이티, ²전북대학교 IT응용시스템공학과

A Study on the design of an IoT-based winch curtain automatic control system for a smart livestock barn environment

Pyo-Sung Gwak¹, Eui-Jun Park^{2*}, Je-Ho Song²

¹GOLDSTAR IT Inc

²Dept. of IT Applied System Engineering, Chonbuk National University

요약 본 논문에서는 축사 내 가축의 환경 개선을 위한 IoT 기반 윈치 커튼 자동 제어 시스템의 설계에 관한 연구를 제안한다. 윈치 커튼 자동 제어 시스템은 실시간으로 축사 내부의 환경 데이터를 수집하여 온도, 습도, 강수 여부 등을 모니터링하고, 이를 기반으로 축사의 윈치 커튼을 자동으로 개폐하여 가축의 생산성을 증대하고 건강 상태를 개선하고자 하였다. 또한, 모터의 과부하와 같은 위험 상황 시 이를 감지하여 시스템을 자동으로 정지하고 경보를 울려 사용자가 신속하게 대응이 가능하도록 하였다. 윈치 커튼 자동 제어 시스템의 구현을 위해 모터 제어, 통신, 디스플레이, 키보드 회로를 설계하고 PCB를 제작하였다. 이후, 윈치 커튼 자동 제어 시스템의 성능 검증을 위하여 시험을 실시하였으며 과부하 상황에서의 정지 동작 시간은 0.096 sec, 퓨즈 단선 검출 시간은 3.39 sec로 목표치를 달성하였다. 또한, 키패드를 통해 시스템을 조작하고 디스플레이가 안정적으로 작동하는 것을 확인하였다. 이를 통하여 윈치 커튼 자동 제어 시스템의 안전성과 기능성을 검증하였으며, 이러한 IoT 기반 윈치 커튼 자동 제어 시스템이 축사 내 가축의 생산성 향상과 건강 유지에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract In this paper, we propose a study on the design of an IoT-based automatic winch curtain control system for improving the environment of a livestock barn. The w automatic inch curtain control system collects environmental data inside the livestock barn in real time to monitor temperature, humidity, and precipitation status. Based on this, it automatically opens and closes the winch curtain of the livestock barn to enhance livestock productivity and improve their health. In addition, it detects dangerous situations such as motor overload, automatically stops the system, and sounds an alarm, allowing users to respond quickly. To implement the automatic winch curtain control system, motor control, communication, display, and keyboard circuits were designed, and a PCB was manufactured. Afterwards, tests were conducted to verify the performance of the automatic winch curtain control system. The stop operation time in overload situations was 0.096 s, and the fuse blowing detection time was 3.39 s, achieving the target values. Additionally, the system was operated using a keypad, and the display was confirmed to operate stably. Through these tests, the safety and functionality of the automatic winch curtain control system were verified. It is expected that this IoT-based automatic winch curtain control system will help improve the productivity and maintain the health of livestock in livestock barns.

Keywords : Smart, IoT-based, Winch Curtain, Automatic, Control System, Livestock Barn

*Corresponding Author : Eui-Jun Park(Chonbuk National University)

email: legookok@naver.com

Received September 1, 2023

Accepted October 6, 2023

Revised October 5, 2023

Published October 31, 2023

1. 서론

축사 환기란 축사 내부의 먼지나 습도, 열기, 유해 가스 등이 포함된 나쁜 공기를 외부로 내보내고, 축사 내부 공기를 신선한 바깥의 공기로 교환시켜 축사 내부의 환경을 청결한 상태로 유지하는 것이다.

축사의 환기가 제대로 이루어지지 않으면 높은 습도로 인하여 각종 균들이 번식하기 쉬워지고 이로 인하여 축사 내 가축들에게 염증을 유발하기도 하며, 가축들에게 적절한 온도를 제공할 수 없게 된다. 이러한 축사의 환경은 결국, 가축들의 면역력을 저하시켜 질병에 걸릴 확률이 높아지고 가축들의 스트레스 증가 등 가축들의 건강 상태에 악영향을 미치게 된다[1].

축사 내 가축들의 사육에 영향을 미치는 환경 요인들은 온도, 습도, 분진량, 유해가스 농도 등이 존재한다. 축사 내 온도가 높아질 경우에는 가축들의 먹이 섭취량이 급격히 감소하고, 번식에도 영향을 미칠 수 있다. 또한, 축사 내 습도가 높아져 고온다습해질 경우에는 체온 상승으로 인해 가축들의 스트레스가 증가하고, 열사병이 걸릴 확률이 증가한다[1-3].

가축들의 적정 온도와 상한 임계온도는 축종별로 차이가 있지만 일반적으로 27℃ 이상에서는 가축들이 더위 스트레스를 받기 시작하며 심할 경우 생산성이 줄어드는 것으로 알려져 있다[4].

반대로, 기온이 내려갈 경우에는 열손실이 증가되어 가축들의 영양 유지에 해를 끼칠 수 있다. 또한, 축사 내에서 가축들의 배설물 등 다양한 이유로 발생하는 분진과 유해가스 또한 일정 농도를 넘어서게 되면 가축들에게 호흡기 질병을 포함한 각종 질병을 유발하게 된다.

이처럼, 축사 내 동물들의 위생과 사육 환경을 위하여 축사에 적절한 환기 시스템을 구축하는 것은 필수적이다. 축사의 환기 방식의 효과는 축사의 위치나 방향, 내부 배치, 축사 내의 온도, 사육 밀도 등 다양한 요인에 따라 다르게 나타난다.

이러한 축사의 환기 방식은 크게 자연 환기와 기계적 환기인 강제 환기로 구별할 수 있다. 자연 환기 방식에서는 윈치 커튼과 모니터창, 지붕 개폐 등에 의해 환기가 이루어지게 되고, 기계적 강제 환기 방식은 공기의 이동 방향에 따라 음압방식, 양압방식, 절충방식 등으로 다시 나누어진다.

윈치 커튼은 아래에서 위로 여는 상향식과 위에서 아래로 여는 하향식이 있으며 일반적으로 상향식이 구조가 간단하여 많이 사용된다. 현재 축사 농가는 단순한 릴레

이 형식의 축사 윈치 커튼 시스템을 주로 사용하고 있다.

축사 윈치 커튼 시스템을 IoT 디바이스와 연동하여 축사의 시간, 온도, 습도, 강수 여부 등의 요인에 따라 자동적으로 제어가 이루어질 수 있도록 한다면, 축사에 적절한 환기가 이루어져 축사의 환경 개선에 도움을 주고 에너지 효율성이 향상될 것으로 기대된다. 또한 제안된 축사 윈치 커튼 자동 제어 시스템은 기존에 이미 설치된 윈치 커튼 시스템과 호환이 가능하여 높은 범용성을 가진다는 장점이 있다. 따라서, 본 논문에서는 IoT 기반 축사 윈치 커튼 자동 제어 시스템 설계에 관한 연구를 제안한다[5].

축사 윈치 커튼 자동 제어 시스템은 온도, 습도, 강수 여부 등의 환경 데이터에 따라 자동으로 윈치 커튼을 개폐하고, 시스템의 과부하 시 모터를 정지하고 사용자에게 이를 알릴 수 있도록 하는 것을 목표로 하였고, 이를 달성할 수 있도록 축사 윈치 커튼 제어기의 회로와 PCB를 설계 및 제작하였다. 이후, 전체 시스템의 성능 시험을 통해 축사 윈치 커튼 자동 제어 시스템의 기능성과 안전성을 검증하였다.

2. 본론

2.1 연구 목표

IoT 기반 윈치 커튼 자동 제어 시스템은 축사의 시간과 온도, 습도, 강수 여부에 따라 윈치 커튼이 자동적으로 개폐가 이루어질 수 있게 하고자 하였다. 축사의 온도나 습도가 상승하면 윈치 커튼이 열리고, 반대로 축사의 온도가 떨어지거나, 비가 내릴 경우는 윈치 커튼이 닫히게 된다. 따라서, 윈치 커튼 자동 제어 시스템은 센서부를 통하여 가축들에게 영향을 미칠 수 있는 축사 환경 데이터를 입력받고자 하였다[6-8]. 자연 환경 요소를 이용하여 축사 환경을 최적화함으로써 불필요한 에너지 소비를 줄여 에너지 효율성을 높이고자 하였다.

시스템의 통신부는 전력 소모를 낮추고, 시스템의 확장이 용이하도록 Zigbee 통신을 이용하여 구현하고자 하였으며 설정된 정보와 시스템의 현재 상태는 디스플레이를 통하여 확인이 가능하도록 하고자 하였다.

윈치 커튼을 개폐시키는 모터가 과부하될 경우 화재와 같은 사고로 이어질 수 있기 때문에 과부하 시 모터가 정지하도록 설계하고자 하였다. 일반적으로 모터의 과부하 시 모터를 보호하기 위한 누전 차단 시간은 0.1 sec에서 5 sec 사이로 설정된다. 짧은 차단 시간은 모터를 더욱

잘 보호하지만 너무 짧은 차단 시간은 모터의 정상적인 기동 및 운영을 방해할 수 있다. 따라서, 이를 고려하였을 때 과부하 시 모터 정지 동작 시간은 목표치 1 sec, 퓨즈 단선 검출 시간은 목표치를 5 sec로 하였다. 또한, 모터의 정지와 함께 경보가 이루어져 사용자가 이를 인지하여 이후 신속하게 대응이 가능하도록 하였다.

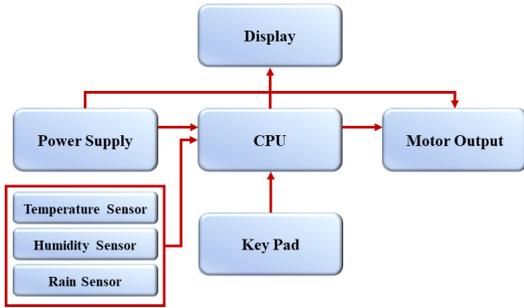


Fig. 1. Winch curtain automatic control system configuration diagram

Fig. 1은 윈치 커튼 자동 제어 시스템의 구성도이다. 전체 시스템의 전력 공급을 위한 전원부가 있으며 온도 센서, 습도 센서, 우기 센서로 이루어진 센서부와 키패드를 통하여 데이터의 입력이 이루어진다.

센서부와 키패드를 통하여 입력된 데이터는 제어부에서 처리하게 되고 이에 따라 모터를 구동하여 축사의 윈치 커튼을 개폐한다. 디스플레이는 시스템의 설정과 키패드를 통하여 조작이 이루어질 때 수치를 나타낸다.

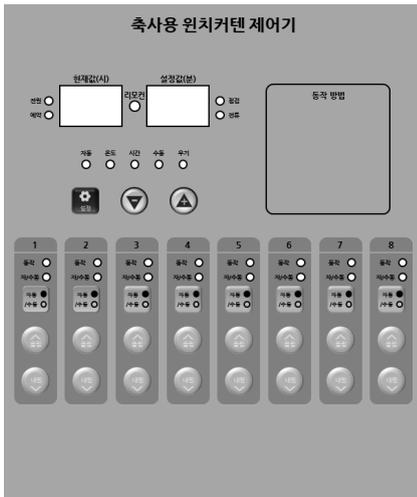


Fig. 2. Winch curtain controller interface pad

Fig. 2는 기존의 윈치 커튼 자동 제어 시스템의 인터페이스 패드의 예시이다. Fig. 1에서 나타난 디스플레이와 키패드가 위치해 있다. 미리 입력한 설정에 맞추어 자동적으로 윈치 커튼의 제어가 이루어지지만, 키패드를 이용하여 수동으로도 조작할 수 있도록 하였다[9,10].

2.2 윈치 커튼 자동 제어 시스템 설계

Fig. 3은 윈치 커튼 자동 제어 시스템의 환경 데이터 입력에 따른 자동 제어 알고리즘 시스템 흐름도이고, Fig. 4는 윈치 커튼 자동 제어 시스템을 키패드를 이용하여 수동으로 조작할 때 알고리즘을 나타낸 시스템 흐름도이다.

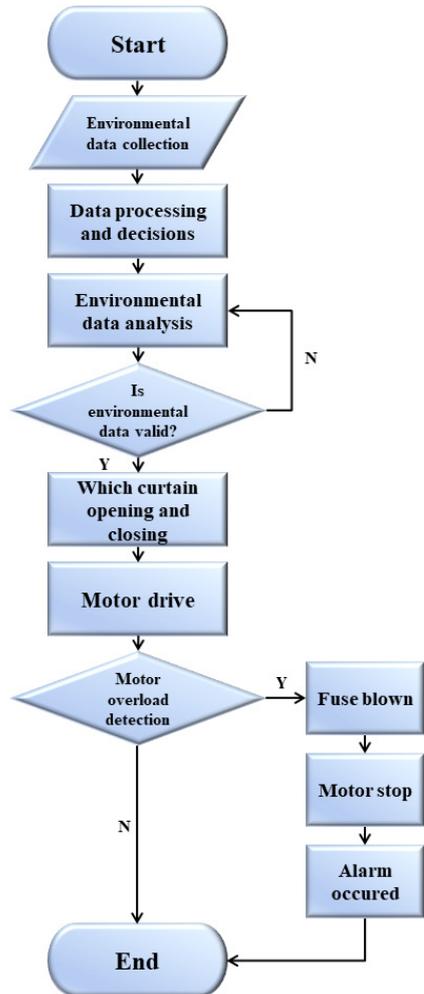


Fig. 3. Winch curtain automatic control system flow chart

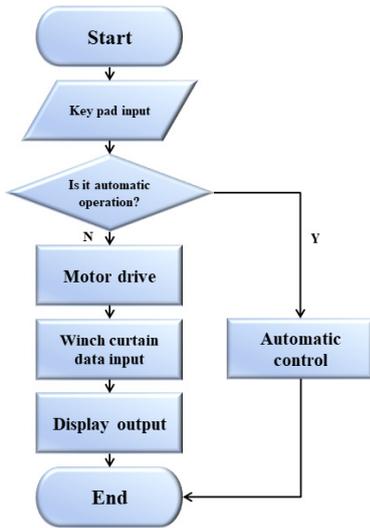


Fig. 4. Winch curtain automatic control system manual operation flow chart

이를 기반으로 윈치 커튼 자동 제어 시스템의 각 구성부의 회로 설계를 하였으며, Fig. 5와 Fig. 6은 축사 윈치 커튼 자동 제어 시스템의 각 구성부의 회로도 중 일부이다. Fig. 5는 윈치 커튼 자동 제어 시스템의 메인 회로도이다. 윈치 커튼을 개폐시키는 모터를 구동하기 위해 릴레이 회로를 이용하여 리모컨으로 조작할 수 있도록 리모컨 수신기와 시계 회로를 구성하였다.

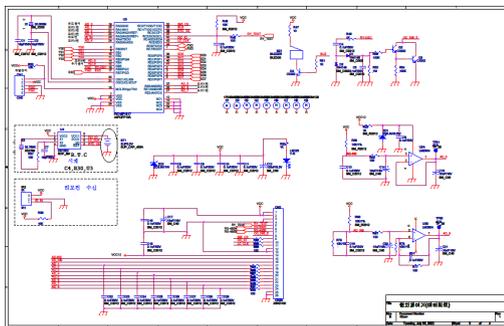


Fig. 5. Winch controller main circuit diagram

Fig. 6은 윈치 커튼 자동 제어 시스템의 통신부 회로도이다. RS 485(MAX485) 통신 포트를 이용하여 통신부를 구성하였으며 온도, 습도, 강수에 대한 센서부의 데이터를 Zigbee 통신을 이용하여 제어하도록 하였다.

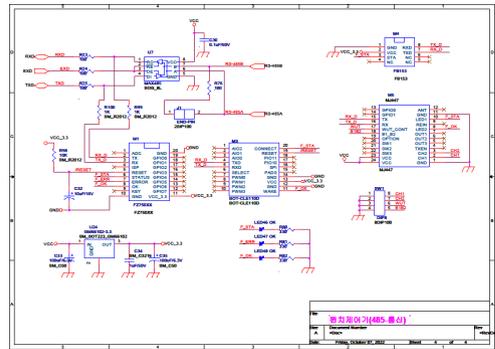


Fig. 6. Winch controller 485 - communication circuit diagram

또한, 윈치 커튼 자동 제어 시스템의 디스플레이, 키보드, 모터제어, 전류검출 회로를 설계하였다. 디스플레이 회로는 4 bit 데이터를 10진수로 표시하도록 설계하였고, 키보드를 통해 데이터 입력을 받고 시스템을 수동으로 조작할 수 있도록 키보드 회로를 설계하였다.

모터제어 회로를 통해 동작중인 모터가 표시되도록 하였고, 전류 검출회로에서 과전류가 흐르는 것을 감지하면 모터제어 회로의 퓨즈를 통해 과부하 시 시스템이 정지하도록 설계하였다.

윈치 커튼 자동 제어 시스템의 전원 공급부 회로는 AC/DC 변환 회로를 구성하였고 과전압이 유도되었을 경우 퓨즈를 통해서 안정화할 수 있도록 하였다.

Fig. 7은 회로 설계를 바탕으로 제작한 축사 윈치 커튼 제어부의 PCB이다.

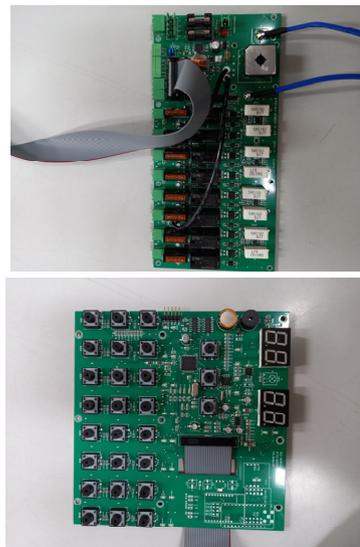


Fig. 7. Winch curtain main control unit PCB

2.3 윈치 커튼 자동 제어 시스템 시험 결과

축사 윈치 커튼 자동 제어 시스템이 연구 목표치를 충족하는지 확인하기 위하여 성능 시험을 하였다. 시험은 실험실 환경에서 진행되었으며 시험 장비는 Digital Oscilloscope DS05034A를 사용하였다. 과부하 시 정지 동작 시간과 퓨즈 단선 검출 시간, 디스플레이 동작 여부를 시험하였으며, 임의로 과부하를 주었을 때 정지 동작 시간과 퓨즈를 임의로 단선시킨 뒤 검출되는 시간을 측정하는 방식으로 시험하였다.

모터의 과부하 시 정지 동작 시간은 측정 결과 96 ms로 목표치였던 1 sec 이내의 값을 구현하였고, 시험 결과를 Fig. 8에 나타내었다.

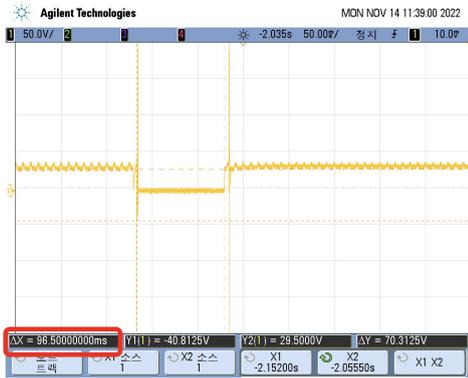


Fig. 8. Measurement of stopping operation time in case of overload

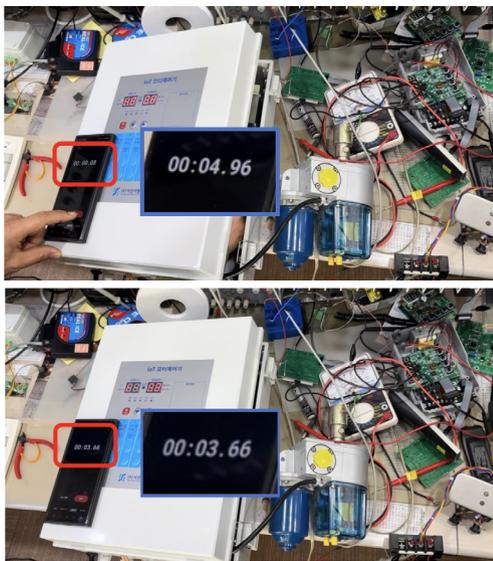


Fig. 9. Measurement of fuse blow detection time

퓨즈 단선 검출 시간은 퓨즈를 임의로 단선시킨 후 검출 시간을 측정하였으며 이에 따른 결과는 평균 시간 3.39 sec로, 연구 목표치였던 5 sec 이내의 결과값을 구현하였다. 퓨즈 단선 검출 시간에 대한 시험 결과는 Fig. 9에 나타내었다.

또한, 키패드를 조작할 때 디스플레이가 안정적으로 동작하는지 시험을 10회 실시하여 모두 정상적으로 작동하는 것을 확인하였으며 디스플레이 동작 시험을 Fig. 10에 나타내었다.

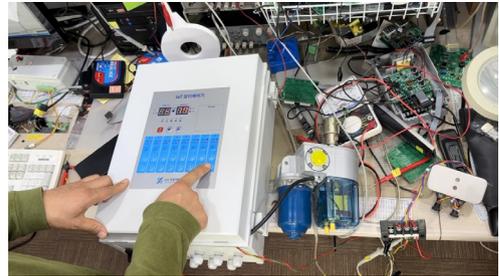


Fig. 10. Display operation test

시험 결과를 확인하였을 때, 연구 대비 목표치를 모두 구현하였으며 이를 통해 윈치 커튼 자동 제어 시스템의 안전성과 신뢰성을 검증하였다. 또한, 과부하에 대한 대처가 없는 단순한 릴레이 형식을 사용하는 축사 윈치 커튼 시스템과 비교하였을 때 본 논문에서 제안한 시스템은 전자식 자동화 시스템으로 개선되어 과부하 시 정지 동작 시간 96 ms, 퓨즈 단선 검출 시간 3.39 sec의 결과값을 얻었고 이로 인해 과부하 상황에 신속한 대응이 가능하고, 디스플레이를 이용하여 시스템의 편의성도 함께 향상되었다.

3. 결론

본 논문에서는 축사 내 가축의 사육 환경을 개선하기 위해 IoT 기반 윈치 커튼 자동 제어 시스템을 제안하였다. 윈치 커튼 자동 제어 시스템은 축사의 온도, 습도, 강수 여부 등의 환경 데이터를 실시간으로 수집하여 윈치 커튼을 자동으로 개폐함으로써 축사 내부 환경을 최적화하고 가축의 건강 및 생산성을 향상시키는데 목표를 두었다.

제안된 시스템은 센서부에서 수집한 환경 데이터를 기반으로 축사 내부 환경을 모니터링하고, 이를 제어부에

서 실시간으로 처리하여 윈치 커튼을 적절하게 조작한다. 이를 통해 가축이 최적의 온도와 습도 조건에서 사육될 수 있도록 알맞은 축사 환경을 제공하고 에너지 효율성을 향상시켰다.

기존의 시스템과 비교하였을 때 본 논문에서 제안한 시스템은 Zigbee 통신을 이용하여 시스템의 전력 소모를 줄이고, 시스템의 확장이 용이하며 기존에 축사에 설치된 윈치 커튼과도 호환이 가능한 장점이 있다. 또한, 과부하 상황을 감지하여 모터를 정지시키고 이후, 경보를 발생시켜 사용자가 빠르게 대응할 수 있도록 하였다. 이를 통해 화재와 같은 잠재적인 사고를 예방하며, 시스템의 안전성과 신뢰성을 높여 차별성을 가진다.

전체 시스템의 구성 후 성능 검증을 위해 다양한 시험을 실시하였다. 과부하 상황에서의 정지 동작 시간은 96 ms, 퓨즈 단선 검출 시간은 평균치 3.39 sec의 결과값을 얻었다. 또한, 키패드와 디스플레이 조작 시 안정적으로 동작하는 것이 확인되어 IoT 기반 윈치 커튼 자동 제어 시스템의 안전성과 기능성을 검증하였다.

이와 같은 IoT 기반 윈치 커튼 자동 제어 시스템은 축사의 환경 요인에 따라 윈치 커튼의 구동을 제어하고 잠재적인 위험 상황을 예방함으로써 축사 관리의 자동화와 안전성 향상에 기여할 것으로 기대된다. 또한, 축사의 환경 개선을 통해 가축의 건강 상태를 향상시키고 질병 발생 확률을 낮출 수 있어 가축들의 건강 유지에도 긍정적인 영향을 미칠 것으로 전망된다. 결과적으로, 본 논문에서 제안한 축사 윈치 커튼 자동 제어 시스템은 축사 관리의 효율성과 안전성 향상, 가축의 사육 환경을 최적화하여 생산성 증대에 기여한다는 점에서 의의가 있다.

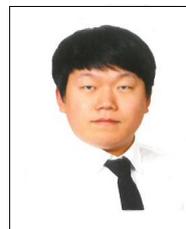
References

- [1] W. M. Jo, "Livestock productivity according to environmental conditions of livestock farms", National Institute of Animal Science, Sep. 2015.
- [2] J. S. Lee, J. M. Cheon, K. L. Kim, S. Y. Lee, H. S. Jeong, "Building a thermal stress prediction model inside a livestock barn and case study", *Proceedings of Korean Meteorological Society*, Korean Meteorological Society, pp.548-549, 2013.
- [3] Y. D. You, K. H. Yang, K. H. Kim, M. H. Lee, "A study on the system for creating an optimal livestock growth environment based on smart livestock environment data", *Proceedings of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Korean Institute of Communications and Information Sciences, Jeju, Republic of Korea, pp.402-403, 2022.

- [4] National Institute of Animal Science. Alleviating and managing livestock stress during high temperature periods, <https://www.nias.go.kr/front/main.do> (accessed Sep. 7, 2023)
- [5] J. H. Song, E. J. Park, T. O. Kim, "A Study on the winch curtain control system for a livestock house linked with IoT devices", *Proceedings of Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Korea Academia-Industrial cooperation Society, Daecheon, Republic of Korea, pp.510-511, Dec. 2022.
- [6] S. K. Jeong, H. S. Jeong, Y. Hyun, "Design of Smart Ventilation Facility Control System based on Wireless Sensor Network", *Proceedings of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Korean Institute of Communications and Information Sciences, pp.665-666, 2012.
- [7] D. H. Kwak, T. H. Kim, A. N. Kang, S. M. Park, M. S. Kim, K. J. Khil, J. N. Choi, S. I. Song, Y. S. Kwak "Design of the Communication Protocol for a Stall Management System Based on IT", *Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol.9, No.7, pp.105-110, 2011.
- [8] H. K. Kim, S. J. Moon, J. D. Lee, S. O. Choi, "Cattle Shed Management System Based on Wireless Sensor Network with Bio and Environmental Sensors", *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Vol. 38, No.7, pp.573-586, 2013.
- [9] Norman S. Nise, Control System Engineering, Hongreung Publishing, 2015.
- [10] J. H. Song, E. J. Park, T. O. Kim, Y. Y. Lee, "A Study on the design of electronic automation winch curtain control system according to livestock house environment", *Proceedings of Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Korea Academia-Industrial cooperation Society, Jeju, Republic of Korea, pp.1033-1035, May 2023.

박 표 성(Pyo-Sung Gwak)

[정회원]



- 2014년 1월 ~ 2014년 12월 : LG Display PO 연구원
- 2016년 12월 ~ 2018년 1월 : (주) 위에너지 선임연구원
- 2018년 4월 ~ 현재 : 금성아이티 대표이사

• 2021년 9월 ~ 현재 : 전북대학교 대학원 IT응용시스템공학과 석사과정

<관심분야>

전기·전자공학, IoT, 인공지능, 빅데이터, 통신 네트워크 시스템 설계

박 의 준(Eui-Jun Park)

[준회원]



- 2021년 8월 : 전북대학교 융합기술공학부 (IT응용시스템공학 전공) 학사
- 2023년 2월 : 전북대학교 대학원 IT응용시스템공학과 석사
- 2023년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 대학원 IT응용시스템공학과 박사 과정

<관심분야>

전기·전자공학, IT융합, 전자정보통신 기술, 통신 네트워크 시스템 설계

송 제 호(Je-Ho Song)

[정회원]



- 1996년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 융합기술공학부 (IT응용시스템공학전공) 교수
- 2011년 1월 ~ 현재 : (사)한국산학기술학회 호남지부장
- 2019년 9월 ~ 2022년 12월 : 전북 산학연합회회장
- 2020년 12월 ~ 2022년 12월 : 전북대학교 산학협력중점사업단장

<관심분야>

전자 및 통신 시스템 설계, 암호학, DSP 설계, 인공지능, 통신 네트워크 시스템 설계