

IoT 기반 축사 분뇨 수집 자동화 제어 시스템 설계에 관한 연구

송제호*, 이유엽**, 박의준***, 김은찬***

*전북대학교 융합기술공학부(IT응용시스템공학)

**호원대학교 자동차기계공학과

***전북대학교 IT응용시스템공학과

e-mail:songjh@jbnu.ac.kr

A Study on the design of an IoT-Based Automated Manure Collection System for Livestock Housing

Je-Ho Song*, You-Yub Lee**, Eui-Jun Park***, Eun-Chan Kim***

*Dept. of Convergence Technology Engineering(IT Applied System Engineering),
Chonbuk National University

**Dept. of Automotive & Mechanical Engineering, Howon University

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

요약

본 논문에서는 축사 환경의 변화에 능동적으로 대응하고, 분뇨 수집 및 처리 과정을 보다 효율적으로 수행 할 수 있는 IoT 기반 제어 시스템을 제안한다. 스크레퍼와 분뇨 처리기를 연동 함으로써 기존의 독립적 운영 구조에서 발생하던 비효율을 개선 하였으며, 모터 과부하 방지 회로, 리미트 감지 센서, 온도 기반 주기 조절 알고리즘을 적용하여 계절적 환경 변화에도 안정적인 작동을 유지할 수 있도록 하였다. 또한, RS-485 기반의 IoT 통신 기능과 직관적인 사용자 인터페이스 패드를 도입하여 시스템의 사용성과 확장성을 향상시켰다. IoT 기반 축사 분뇨 수집 자동화 제어 시스템은 축사 내 분뇨 처리 과정의 효율을 높이고, 분뇨 수집 및 제어 과정의 자동화를 통해 비용과 노동력을 절감하며, 위생 환경을 개선하는 데 의의가 있다.

1. 서론

축사 내에서 발생하는 가축 분뇨는 위생적인 사육 환경 조성 과 축산 폐수 및 악취 저감을 위해 적절하게 처리되어야 한다. 분뇨 처리가 제때 이루어지지 않을 경우, 축사 위생 상태가 악화되어 가축의 건강에 부정적인 영향을 미치고, 외부로 방출되는 악취로 인해 민원이 발생할 가능성이 존재한다.[1] 따라서, 가축 분뇨는 퇴비화 또는 액비화 등의 자원화 과정을 거치거나 정화 설비를 통해 처리된다.[2-4]

분뇨 처리 과정의 첫 단계는 분뇨 수집이며, 이를 수작업으로 수행할 경우 많은 노동력과 비용이 소요된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 축사 환경에서는 스크레퍼(scraper) 장치를 활용한 자동 수집 방식이 도입되고 있다. 수집된 분뇨는 저장조로 이동된 후, 수분 제거 및 가공을 통해 퇴비나 축사 바닥재 등으로 재 활용된다.

현재 대부분의 축사에서는 스크레퍼와 분뇨 처리기가 각각 독립적으로 운용되고 있다. 수집 장치와 처리 장치 간의 통합 제어가 불가능하여 작업이 단절적으로 이루어지고, 이로 인해 운용

효율과 시스템 제어의 일관성이 저하되고 있다. 또한, 기온이 낮아지는 겨울철에는 분뇨가 동결되면서 스크레퍼의 오작동을 초래해 장비 고장이나 누락과 같은 문제로 이어질 수 있다.

본 논문에서는 축사의 환경 변화에 능동적으로 대응하고, 스크레퍼와 분뇨 처리기를 연동하여 안정적인 작동과 효율적인 수집이 가능하도록 제어하는 IoT 기반 분뇨 수집 및 처리 연동 제어 시스템을 구현하였다. 본 연구에서는 온도 감지 센서, 모터 과부하 방지 회로, 자동 구동 알고리즘 등을 기반으로 구성된 제어 장치를 통해, 축사 내 분뇨의 안정적인 수집과 자동화를 실현할 수 있는 IoT 기반 축사 분뇨 수집 자동화 제어 시스템을 제안한다.

2. 본론

축사에서는 바닥에 쌓이는 가축 분뇨를 자동으로 수거하기 위해 스크레퍼(scraper)를 사용한다. 스크레퍼는 레일을 따라 왕복하며 분뇨를 일정한 경로로 밀어내어 저장조로 이동시키는 장치로, 반복적인 수작업을 대체하고 축사의 위생 상태를 유지하는데 핵심적인 역할을 한다. 그림 1은 축사 분뇨 스크레퍼를 나타내었다.

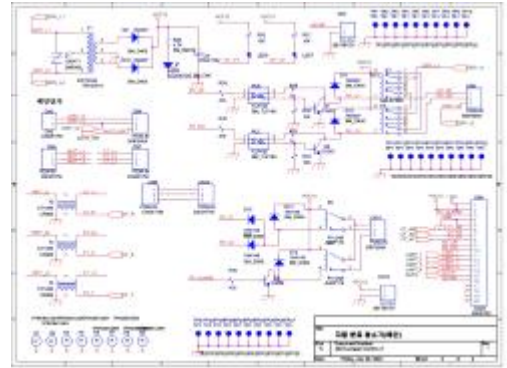


[그림 1] 축사 분뇨 스크레퍼

스크레퍼는 고정적 작동 주기와 단순한 제어 방식으로 운용되기 때문에, 축사 환경 변화에 따라 유연하게 대응하기 어렵다. 특히 겨울철에는 기온 하강으로 인해 바닥의 분뇨가 빠르게 고체화되며, 스크레퍼가 이를 밀어내지 못해 구동 모터에 과부하가 발생하거나 장비가 정지되는 상황이 자주 발생한다. 고정된 작동 주기와 단순 반복 방식으로는 축사 환경 변화에 효과적으로 대응하기 어려우며, 시스템의 안정성과 수집 효율성을 동시에 확보하기 위해서는 작동 조건을 실시간으로 인식하고 조절할 수 있는 센서 기반의 제어 시스템이 필요하다.[5,6] 본 논문에서는 축사 내 환경 조건을 실시간으로 감지하고, 스크레퍼의 작동 주기를 자동으로 조절할 수 있는 IoT 기반 분뇨 수집 제어 시스템을 설계하였다. 제안된 시스템은 온도센서, 전류 센서, 리미트 감지 센서를 통해 수집된 데이터를 바탕으로 구동 조건을 판단하고, 제어 알고리즘에 따라 모터의 작동을 자동으로 조절할 수 있도록 구현하였다. 그림 2는 가축 분뇨 수집 장치용 제어 시스템 블록도를 나타내었고, 그림 3은 가축 분뇨 수집 장치 제어기 메인 회로도를 나타내었다.



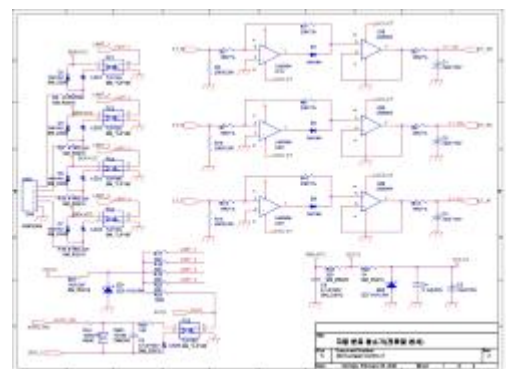
[그림 2] 가축 분뇨 수집 장치용 제어 시스템 블록도



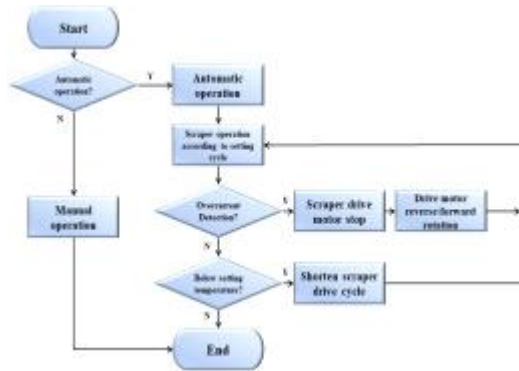
[그림 3] 분뇨 수집 장치 제어기 메인 회로도

IoT 기반 축사 분뇨 수집 자동화 제어 시스템은, 축사 환경의 변화를 자동으로 인식하고, 주요 감지 센서 모듈로부터 수집된 실시간 데이터를 분석하여 구동 조건에 맞게 모터 작동을 제어하는 알고리즘을 설계하였다.

스크레퍼의 안정적인 작동을 위해서는 축사 내부의 온도 변화에 능동적으로 대응할 수 있는 제어 방식이 필요하다. 본 연구에서는 NTS 온도센서와 SCVC(Switched-Capacitor Voltage Converter)로 구성된 전류 검출 회로를 설계하였다. NTS 센서는 실내 온도 변화를 감지하고, SCVC는 해당 정보를 전압 변화로 변환한다. 이때 두 구성 요소간의 전압 차(differential voltage)를 기반으로 전류값(V_{out})을 출력하며, 출력된 전류는 축사 내부의 온도 상태를 정량적으로 판단하는 기준 값으로 활용되도록 구현 하였다. 온도가 일정 기준 이하로 하강하여 출력 전류가 감소할 경우, 스크레퍼의 작동 주기를 자동으로 단축하여 분뇨가 고체화되기 전에 수거가 이루어지도록 구현하였고, 상온 상태에서는 일반 주기로 운용되어 에너지 효율성과 시스템의 안정성을 유지할 수 있도록 설계하였다. 그림 4는 가축 분뇨 수집 장치용 제어 시스템 전류검출 및 센서 회로도를 나타내었고, 그림 5는 분뇨 수집 장치 제어시스템 구동 알고리즘을 나타내었다.



[그림 4] 가축 분뇨 수집 장치용 제어 시스템 전류검출 및 센서 회로



[그림 5] 분뇨 수집 제어시스템 구동 알고리즘

또한, 가축 분뇨 수집 장치용 제어기의 입력부는 조작의 단순화와 시인성을 고려하여 인터페이스 패드를 구성하였다. 디스플레이와 키패드의 조합을 통해 사용자는 복잡한 과정 없이 원하는 작동 조건을 설정하고, 자동 및 수동 모드를 간편하게 선택할 수 있도록 인터페이스를 구현하였다. 그림 6은 가축 분뇨 수집 장치용 제어기 인터페이스 패드를 나타내었다.



[그림 6] 가축 분뇨 수집 장치용 제어기 인터페이스 패드

가축 분뇨 수집 장치용 제어기 인터페이스 패드는 자동 모드에서는 사용자가 사전에 설정한 주기에 따라 스크레퍼가 작동하여 분뇨를 주기적으로 수집하며, 두 개의 디스플레이는 각각 설정값과 실시간 상태 정보를 구분하여 표시 함으로써 정보 전달의 명확성을 높이도록 설계하였다. 또한, 인터페이스의 안정적 동작을 위해 디스플레이 회로와 키보드 입력 회로를 함께 설계하였으며, 연령에 관계 없이 누구나 쉽게 사용할 수 있는 사용자 친화적 구조를 갖추도록 구현하였다.

3. 결론

축사 내에서 발생하는 가축 분뇨는 위생 환경 유지와 악취 저감, 가축 건강 관리를 위해 신속하고 효율적인 처리가 요구되며, 기존의 고정 주기 기반 수집 방식은 계절 변화나 환경 조건에 따라 유연하게 대응하기 어렵다는 한계를 지닌다. 이에 본 논문

서는 축사 환경 변화에 실시간으로 반응하고, 스크레퍼의 작동 조건을 자동으로 제어할 수 있는 IoT 기반 분뇨 수집 자동화 시스템을 설계하였다.

제안된 시스템은 온도, 전류, 위치 감지를 기반으로 작동 조건을 판단하는 센서 기반 알고리즘, 기온 하강 시 작동 주기를 조정하는 전류 검출 회로, 디스플레이-키패드 기반의 사용자 인터페이스를 통합하여 분뇨 수집의 안정성과 작동 유연성을 동시에 확보하였다.

제안된 시스템은 축사 분뇨 수집 과정의 자동화 수준을 향상시키고, 에너지 효율성, 위생 개선, 운용 편의성을 동시에 확보함으로써, 축사 운영의 효율성과 위생 환경 개선에 기여하는 데 의의가 있다.

참고문헌

- [1] 농림축산식품부, “가축분뇨 문제? 맞춤형 처방으로 해결 나선다”, 보도자료, 농림축산식품부
- [2] 광정훈, 가축분뇨의 효율적 처리 방법, 농촌진흥청 국립축산과학원
- [3] 유용희, 가축분뇨 처리 현황과 개선방안, 농촌진흥청 국립축산과학원
- [4] 정광화, 김중곤, 한덕우, 광정훈, “국내 가축분뇨 처리시설 형태별 특성조사 분석”, *유기물자원화*, 22.4 (2014):28-44
- [5] 김상진, 송병근, 오세준, “최신 자동제어”, 북스힐, 2012
- [6] 김대성, “생생 자동제어 기초”, 성안당, 2010

본 논문은 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 3단계 산학협력 선도대학 육성사업(LINC3.0)의 연구결과입니다.