

UGV와 AI 기반 영상 인식을 활용한 자연 방사 산란계 달걀 수거 시스템 제안

이신우, 박재한, 신수용*

국립금오공과대학교

nakgongs@kumoh.ac.kr, qkrwogks7094@kumoh.ac.kr, *wdragon@kumoh.ac.kr

Proposed Egg Collection System for Free-Range Poultry Using UGV and AI-Based Vision Recognition

Shin Woo Lee, Soo Young Shin*

Kumoh National Institute of Technology

요 약

자연 방사 사육 방식은 동물복지와 고품질 식품 생산 측면에서 주목받고 있으나, 산란 위치의 불확실성과 수작업 수거의 비효율성으로 인해 운영상의 어려움이 존재한다. 본 연구에서는 UGV(Unmanned Ground Vehicle)와 AI 기반 영상 인식 기술을 융합한 달걀 수거 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 고해상도 카메라와 센서를 활용하여 산란 위치를 자동 탐지하며, GPS 및 SLAM 기반 자율 주행 기능을 통해 복잡한 지형에서도 장애물을 회피하고 이동이 가능하다. 또한 냉장 보관함과 태양광 자가 충전 기능을 탑재하여 지속적이고 신선한 수거 작업을 구현한다. 본 시스템은 농장 노동력 절감, 생산성 향상, 스마트 농업 플랫폼 확장성 측면에서 높은 활용 가능성을 가진다.

I. 서 론

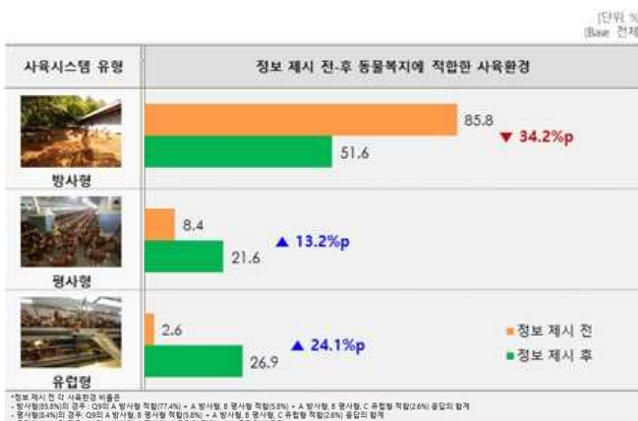


그림 1 동물 복지에 적합한 사육 방식에 대한 응답(자료: 농촌진흥청)

사육시스템 유형	사료, 물 섭취 용이성	질병 예방, 치료 용이성	개란 수거, 관리 용이성	개란 가격
방사형	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	고가
평사형	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	중·고가
유압형	★★★★★	★★★★☆	★★★★★	중·고가

그림 2 사육시스템 유형 별 난이도(자료: 농촌진흥청)

최근 친환경 먹거리와 동물복지에 대한 사회적 관심이 높아지면서, 토

종닭을 자연 방사 방식으로 사육하는 농가가 증가하고 있다. 자연 방사 방식은 닭에게 스트레스를 줄이고, 보다 건강한 고기와 고품질 달걀을 생산할 수 있다는 점에서 소비자와 생산자 모두에게 긍정적인 반응을 얻고 있다. 그러나 이러한 방식은 넓은 공간에 닭이 자유롭게 활동하는 환경을 제공하기 때문에, 산란 위치의 예측이 어렵고, 수작업으로 달걀을 수거하는 과정에서 노동 강도와 인건비가 급격히 상승한다는 문제가 존재한다. 특히 산간이나 숲속에서의 수거 작업은 날씨나 지형 조건에 따라 효율성이 현저히 저하되며, 장기적으로는 농장의 생산성과 지속 가능성에 부정적인 영향을 줄 수 있다.[1]

본 논문에서는 무인 이동 로봇(UGV, Unmanned Ground Vehicle)을 활용한 자연 방사 산란계 달걀 수거 시스템인 'Egg Collector'를 제안한다. 본 시스템은 AI 기반의 영상 인식 기술과 GPS, SLAM 기반 자율주행 기술을 융합하여, 자연 방사 환경에서도 달걀을 효율적으로 탐지하고 수거할 수 있도록 설계되었다. 또한 태양광 기반 에너지 시스템과 냉장 보관함을 탑재하여 장시간 작동과 신선도 유지가 가능하며, 수집된 데이터를 기반으로 농장 운영을 최적화하는 스마트 농업 플랫폼으로 확장 가능하다.

본 연구는 자연 방사형 축산의 효율성 향상, 농업 노동력 감소, 자동화를 통한 품질 관리 체계의 구축이라는 세 가지 핵심 목표를 통해, 지속 가능한 미래형 농업 모델 구현에 기여하고자 한다.

II. 본론

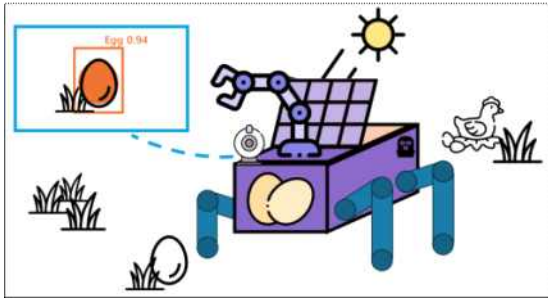


그림 3 제안 시스템 예시

본 시스템은 자연 방사 환경에서 토종닭이 낳은 달걀을 자동으로 수거하기 위한 자율 주행 로봇으로, 총 다섯 가지 핵심 기능을 중심으로 설계되었다.

1. 이동 및 수거 구조 설계

로봇의 하부 구동부는 4개의 다리와 바퀴로 구성되어 있어 평지에서는 빠른 이동이 가능하며, 경사진 지형이나 수풀이 많은 환경에서도 관절형 다리를 통해 안정적인 주행이 가능하다. 또한, 로봇 전면에는 다관절 로봇 팔이 탑재되어 탐지된 달걀을 정밀하게 수거한다. 로봇팔은 수거 시 달걀의 파손을 방지할 수 있도록 힘 제어 알고리즘이 적용되어 있으며, 다양한 위치와 자세의 달걀에도 대응할 수 있다.



그림 4 YOLOv5 학습 결과 예시

2. 달걀 탐지 및 상태 모니터링

탑재된 고해상도 카메라와 AI 기반 영상 인식 모델을 통해 로봇은 닭이 낳은 달걀의 위치를 실시간으로 탐지한다. 이 과정에서 수작업 탐색에 비해 효율성이 크게 향상된다. 적색 바운딩 박스는 학습 데이터에 대한 객체 탐지 결과를 나타내며, EGG 객체가 비교적 정확하게 탐지되었음을 보여 준다. 바운딩 박스 옆의 숫자는 탐지 신뢰도(confidence)를 의미한다. 오 탐률은 AI 모델의 학습을 통해 점차 감소시킬 수 있다. 추가적으로 설치된 온도 센서와 움직임 감지 센서는 닭의 활동 패턴과 달걀의 상태(온도 변화 등)를 실시간으로 감지하여, 적절한 수거 시점을 판단하는 데 도움을 준다.

3. 자율 주행 및 경로 계획

로봇은 GPS와 SLAM(Simultaneous Localization and Mapping) 기술을 기반으로 자연 방사 환경 내에서 자율적으로 주행한다. 숲속의 복잡한 지형이나 장애물을 인식하고 회피하면서 목표 지점까지 효율적으로 이동할 수 있도록 경로를 계획한다. 특히 장애물 밀도가 높은 구역에서는 Lidar 기반 거리 센서를 함께 활용하여 RRT(Rapidly-exploring Random Tree) 알고리즘으로 실시간 경로를 재설정한다. 이를 통해 농부가 직접 수거에 나서야 하는 노동 강도를 크게 줄인다.

4. 달걀 보관 및 자동 복귀 시스템

수거된 달걀은 로봇 내부의 냉장 보관함에 저장된다. 이 보관함은 2~3℃의 저온을 유지하도록 설계되어 달걀의 신선도를 최대한 보장하며, 외부 온도 변화에 따라 자동 제어되는 시스템을 적용하였다. 일정 수량 이상의 달걀이 보관되면, 로봇은 자동으로 농장 본부로 복귀하여 달걀을 지정된 위치에 안전하게 인계한다. 이를 통해 수거-운반-복귀의 전 과정을 자동화할 수 있다.

5. 에너지 자립형 친환경 전력 시스템

로봇은 태양광 패널을 탑재하여 자체적으로 전력을 생산할 수 있으며, 이로 인해 전력 공급이 어려운 농장 환경에서도 장시간 무인 운용이 가능하다. 태양광 발전 시스템은 충전 효율과 에너지 저장 용량을 고려하여 설계되었으며, 일사량이 부족한 날에는 보조 배터리 시스템을 통해 안정적인 작동이 유지된다. 이러한 자립형 에너지 구조는 지속 가능한 농업 모델 구현에 기여한다.

III. 결론

본 논문에서는 자연 방사 방식으로 사육되는 토종닭의 달걀을 효율적으로 수거하기 위한 자율주행형 무인 이동 로봇 시스템 ‘Egg Collector’를 제안하였다. 제안된 시스템은 AI 기반 영상 인식 기술을 통해 산란 위치를 정확히 탐지하고, GPS 및 SLAM 기반 자율 주행을 활용하여 숲속 지형에서도 안정적으로 이동하며 달걀을 수거할 수 있도록 설계되었다. 또한 로봇팔을 이용한 수거, 냉장 보관을 통한 신선도 유지, 일정 수량 수거 시 자동 귀환 기능, 태양광 기반 자가 충전 시스템 등 다양한 기술이 통합되어 있어 실질적인 농업 자동화를 실현할 수 있다.

이 시스템은 수작업 수거의 비효율성과 인건비 증가 문제를 해결함으로써 농업 생산성 향상에 기여할 것으로 기대된다. 특히, 중소형 자연 방사 농가에 적합한 솔루션으로서 고령화된 농촌 인력 구조에 대안이 될 수 있으며, 친환경적이고 지속 가능한 축산 운영 모델을 구현하는 데 중요한 역할을 할 수 있다.

향후 연구에서는 실증 실험을 통해 탐지 정확도, 자율 주행 성공률, 신선도 유지 성능 등의 정량적 평가를 진행하고, 다양한 환경 조건에서의 적용 가능성을 확대하는 것이 필요하다. 더 나아가 수거 데이터 기반의 분석 및 예측 시스템, 클라우드 기반 농장 관리 플랫폼 등과의 연계를 통해 스마트 농업 생태계로 확장하는 방안도 검토할 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the ITRC(Information Technology Research Center) support program(IITP-2025-RS-2024-00437190) supervised by the IITP(Institute for Information & Communications Technology Planning & Evaluation, 50%) This research was supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the ICAN(ICT Challenge and Advanced Network of HRD) program(IITP-2025-RS-2022-00156394) supervised by the IITP(Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation, 50%)

참 고 문 헌

- [1] “동물복지 달걀 안다’ 응답 46.5%, 1년전보다 20%p 상승’, 데일리벳, 윤상준, 2018.11.09.
(<https://www.dailyvet.co.kr/news/animalwelfare/103197>)