

Autoencoder를 활용한 스마트축사 센서 고장유무 판별 시스템 설계

임상민, 여 현*

*국립순천대학교

sangmin9642@gmail.com, *yhyun@scnu.ac.kr

Design of a smart livestock farm sensor malfunction detection system using autoencoder

Lim Sang Min, Yoe Hyun*

*Suncheon National Univ.

요약

본 논문에서는 스마트 축사 내 센서의 고장 유무를 판별하기 위해 Autoencoder 기반의 비지도 학습 시스템을 설계하였다. 이 시스템은 실시간 데이터 모니터링을 통해 축사의 운영 효율성을 높이고, 동물 복지를 개선하는 데 기여할 수 있다. 제안된 시스템은 센서 데이터를 자동으로 학습하여 정상적인 작동 패턴과 고장 상태를 구분하고, 재구성 오차를 분석하여 센서의 이상 상태를 신속하게 감지할 수 있다. 이를 통해 사용자에게 적절한 경고를 제공하며, 데이터 기반의 예측적 접근으로 축산업의 지속 가능성과 경쟁력을 향상시키는 데 기여하리라 판단된다. 시스템은 데이터 수집, 처리 및 전처리, 모델 훈련 및 예측, 그리고 사용자 인터페이스 모듈로 구성되어 있으며, 향후 연구에서는 이 시스템의 정확도와 신뢰성을 더욱 높이기 위해 추가적인 데이터 분석 기법과 학습 알고리즘의 적용을 모색할 계획이다.

I. 서론

본 논문은 머신러닝 기법을 활용하여 스마트 축사 내 센서의 고장 유무를 효과적으로 판별하는 시스템을 설계하는 것을 목표로 한다. 최근 스마트 축사는 축산업의 효율성을 극대화하고 동물 복지를 개선하기 위해 다양한 센서와 정보 통신 기술을 도입하고 있다. 이러한 스마트 축사 환경에서는 온도, 습도, 이산화탄소 농도 등 다양한 환경 변수를 모니터링하는 센서들이 중요한 역할을 한다[1-2]. 하지만, 센서의 고장이나 오류는 축사의 환경 관리에 큰 차질을 빚게 하며, 심각한 경우 동물의 건강에도 영향을 줄 수 있다. 따라서, 신속하고 정확한 센서 고장 판별 시스템은 스마트 축사 운영에 있어 필수적이다.

본 논문에서는 스마트 축사 내에 사용되는 센서들의 고장 유무를 비지도 학습 기반의 Autoencoder를 사용하여 판별하고 사용자에게 알림을 전달하여 사용자가 신속하게 의사결정을 내릴 수 있는 시스템을 설계하였다. 이 시스템은 기존의 수동적이고 지연된 반응에서 벗어나, 데이터 기반의 실시간 분석을 통해 센서 상태를 지속적으로 모니터링하고 예측하는 접근 방식을 제시한다[3-5].

축산업의 관리 효율성을 개선하는 것은 단순히 비용 절감을 넘어서 축산 동물의 건강과 복지를 직접적으로 향상시키며, 이는 다시 소비자에게 고품질의 축산물을 제공하는 것으로 이어진다. 또한, 환경 변화에 신속하게 대응할 수 있는 능력은 기후 변화와 같은 외부 요인에 대한 축산업의 적응력을 높이는 데 중요한 역할을 한다. 이러한 배경 하에, 본 논문에서 제안하는 시스템은 축산업의 지속 가능성을 강화하고, 농장 운영자의 부담을 줄이며, 동물 복지와 생산성의 균형을 개선하는 실질적인 기술적 솔루션을 제공한다.

본 논문에서 제안된 시스템의 구현은 우리나라의 스마트 축산업 발전과 축가의 빠른 의사결정에 도움이 될 것으로 기대된다. 효율적인 관리를 통해서 최적의 축사 환경을 유지하며, 동물 복지를 향상시키는 데 도움이 될 것이라 예상된다.

II. 본론

본 논문에서는 Autoencoder를 활용한 스마트 축사내의 센서 고장유무 판별시스템을 설계하였다. Autoencoder는 주로 이미지나 비디오와 같은 고차원 데이터의 차원 축소에 사용되지만, 본 논문에서는 시계열 센서 데이터의 패턴 인식과 이상 탐지에 사용한다. 본 논문에서는 AutoEncoder는 두 가지 주요 기능을 수행한다. 우선 데이터의 주요한 특징을 자동으로 학습하여 이 과정에서 비정상적인 패턴을 감지하는 데 필요한 정보를 추출하는 특징학습에 사용된다. 다음으로 훈련 과정에서 학습된 정상적인 데이터 패턴과 실제 운영 데이터 사이의 재구성 오차를 기반으로 센서의 고장 여부를 판단한다. 재구성 오차가 높다는 것은 입력 데이터가 학습된 정상 데이터 범위에서 벗어났음을 의미하고 이는 잠재적인 고장이나 이상 상태를 나타낸다고 판단하여 사용자에게 알림을 제공한다.

시스템의 구성은 크게 네 가지 주요 모듈인 데이터 수집 모듈, 데이터 처리 및 전처리 모듈, 모델 훈련 및 예측 모듈, 사용자 인터페이스 모듈로 구성하였다. 그림 1은 네 가지 모듈에서 데이터 수집 모듈과 데이터 처리 및 전처리 모듈의 구성을 나타낸다.

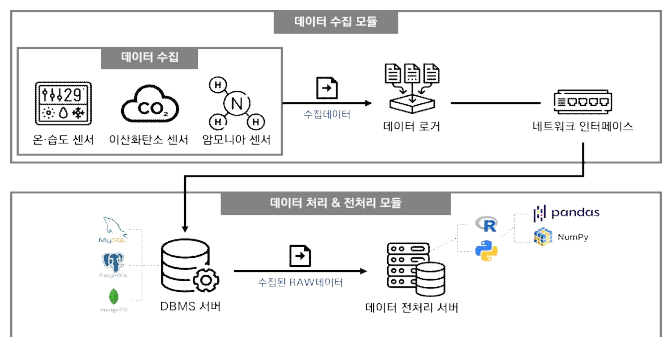


그림 1. 데이터 수집 모듈과 데이터 처리 모듈 구성도
Fig 1. Data collection module and data processing module configuration diagram

데이터 수집 모듈은 스마트 축사 내에 설치된 다양한 센서들로부터 실시간으로 데이터를 데이터로거를 통해서 수집한다. 수집된 데이터는 다양한 환경 변수를 포함하며 네트워크 인터페이스를 통해 데이터 처리 모듈로 전송된다. 데이터 처리 및 전처리 모듈은 데이터의 품질을 보장하고 모델 학습의 정확도를 높이기 위해서 수집된 데이터로부터 노이즈 제거, 결측치 처리, 정규화 등의 전처리 과정을 거쳐 학습에 적합한 형태로 변환한다. DBMS로 MySQL, PostgreSQL, MongoDB 등이 사용되며, 데이터 처리를 위해 Python과 R 같은 프로그래밍 언어와 함께 Pandas, Numpy 등의 라이브러리를 사용한다. 그림 2는 모델 훈련 및 예측 모듈과 사용자 인터페이스 모듈의 구성을 나타낸다.

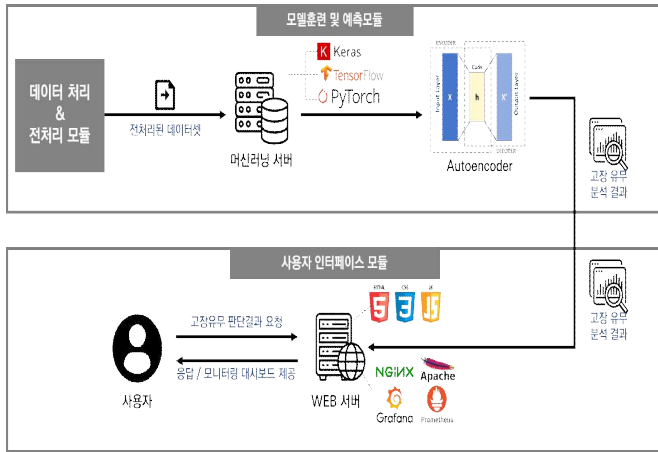


그림 2. 모델 훈련 및 예측 모듈과 사용자 인터페이스 모듈 구성도
Fig 2. Diagram of model training and prediction module and user interface module

모델 훈련 및 예측 모듈에서는 데이터 전처리 모듈에서 전달받은 전처리가 완료된 데이터셋을 머신러닝 서버에서 분석한다. 머신러닝 서버에서는 Autoencoder 모델을 활용하여 정상 상태에서의 센서 데이터 패턴을 학습한다. 입력 데이터를 압축한 후 다시 재구성하여 입력데이터와의 차이인 재구성 오차를 최소화 하도록 설계하였다. 훈련된 모델은 신규 데이터에 대해 재구성 오차를 계산하고, 이 오차를 설정한 임계값을 초과할 경우 센서 고장으로 판단하게 된다. 머신러닝 서버는 GPU를 갖춘 컴퓨팅 서버를 사용하고 프레임워크는 텐서플로, 파이토치, 케라스 등을 사용한다. 사용자 인터페이스 모듈에서는 분석된 데이터와 시스템의 판단 결과를 사용자에게 시각적으로 제공한다. 사용자는 인터페이스를 통해 신속하게 필요한 조치를 취할 수 있다. 사용자 인터페이스 모듈에서 웹 개발 스택은 HTML, CSS, JavaScript와 같은 기술을 사용한다. 또한, 웹 서버는 Nginx, Apache와 같은 웹서버 소프트웨어를 사용하여 사용자의 요청을 처리하고 응답을 관리하며 Grafana와 같은 대시보드 애플리케이션을 사용하여 분석결과를 모니터링할 수 있다.

본 시스템의 구현은 스마트 축사를 운영중인 농가에서 시설 내 센서의 상태를 더 효과적으로 모니터링하고 관리할 수 있게 함으로써, 스마트 축사의 전반적인 운영 효율성을 향상시키는 데 기여할 수 있다. 또한, 고장 감지의 정확성과 신속성을 향상시켜 예방적 유지보수를 가능하게 하여 장기적인 비용의 절감과 생산성 향상에 도움을 줄 수 있으리라 기대된다.

III. 결론

본 논문에서는 스마트 축사 내 센서의 고장 유무를 효과적으로 판별할 수 있는 Autoencoder기반의 비지도 학습 시스템을 제안하였다. 이 시스템은 데이터의 주요 특성을 학습하고, 이를 기반으로 정상적인 작동 상태와

고장 상태를 구분할 수 있도록 설계되었다. 재구성 오차를 분석함으로써 센서의 이상 상태를 신속하게 감지하고, 적절한 경고를 사용자에게 제공한다. 이와 같이 제안된 시스템은 센서 데이터의 실시간 모니터링과 분석을 통해 축사 관리의 효율성을 극대화하고 동물 복지를 향상시킬 수 있는 방안을 제공한다. 제안된 시스템은 기존의 수동적이고 반응적인 관리 방식에서 벗어나, 데이터 기반의 예측적 접근을 가능하게 함으로써 축산업의 지속 가능성과 경쟁력을 향상시키는데 기여할 것으로 기대된다.

또한, 본 논문에서 제안된 시스템은 다양한 센서와 통합될 수 있는 유연성을 가지며, 더 많은 종류의 센서와 데이터를 포함시킴으로써 그 적용 범위를 확장할 수 있다. 향후 연구에서는 시스템의 정확도와 신뢰성을 더욱 향상하기 위해 추가적인 데이터 분석 기법과 학습 알고리즘의 적용을 모색할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

“본 결과물은 농림축산식품부 및 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원과 재단법인 스마트팜연구개발사업단의 스마트팜다부처패키지혁신기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음 (421042-04)”

참고 문헌

- [1] Yang Kwang Ho, Yoe Hyun, An Yu Ra, and Lee Meong Hun, "Integrated Platform Design for Sensor Failure Prediction in Smart Livestock," Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences, pp. 1461-1462, 강원, 2023-02-08.
- [2] Kang Jeong-A, Bae Jae-Young, Kwak Young-Hoon, Shin Hak-jong, Mun Sun-Hye, and Huh Jung-Ho, "Suggestion of Sensor Specifications and Maintenance Standards for Effective Ammonia Monitoring in Smart Livestocks," Journal of the Korean Solar Energy Society, vol. 42, no. 6, pp. 65-74, 2022.
- [3] Joseph Ahn and Hyo-gun Yoon, "A Deep Learning Model for Fire Anomaly Detection in Underground Utility Tunnel based on ConvLSTM Variational AutoEncoder," Journal of KIISE, vol. 51, no. 4, pp. 333-344, 2024. (10.5626/JOK.2024.51.4.333)
- [4] Jonghyeon Lee, Hosook Kim, and In-Ok Song, "Implementing a real-time meteor detection system using autoencoder and feature extraction methods," 한국정보과학회 학술발표논문집, pp. 2016-2018, 제주, 2022-12-20.
- [5] Jeong-Ho Lee, Dong-Hyeok Im, Taehyun Kim, Man-Jung Kim, Seong Jin Park, Oh-Seok Yang, and Jeong-Hyun Beak, "Implementation of Smart Farm Data Anomaly Detection Using LSTM Autoencoder," 한국지식정보기술학회 논문지, vol. 18, no. 3, pp. 587-596, 2023.