논문 2021-2-13 http://dx.doi.org/10.29056/jsav.2021.12.13

가축의 행동 분석을 위한 농장 수준의 데이터 수집 시스템 설계와 구현

박기철*, 한수영**†

Design and Implementation of the Farm-level Data Acquisition System for the Behavior Analysis of Livestocks

Gi-Cheol Park*, Su-Young Han**†

요 약

가축의 행동 분석은 가축 건강관리와 농업 생산성 증대에 큰 영향을 미치는 요소이다. 그러나 가축의 행동 분석을 위해 도입되는 대부분의 디지털 기기들은 원시 데이터를 제공하지 않으며 분석 결과 또한 제한적으로 제공한다. 이러한 폐쇄적인 시스템은 첨단 IT 기술의 도입에 필수불가결한 데이터 통합과 빅데이터 구축을 더욱 어렵게 한다. 이에 저비용으로 손쉽게 사용할 수 있는 농장 규모의 데이터 수집 장치 보급이 필요하다.

본 연구는 가축의 행동 분석을 위한 데이터 수집 시스템을 제시한다. 이 시스템은 무선으로 동작하는 다수의 초소형 컴퓨팅 유닛으로 구성되어 있으며 이를 통해 가축의 체온과 가속도 데이터, 위치 정보, 축사 환경 데이터를 수집한다. 또한 본 연구에서는 수집된 가속도 데이터를 바탕으로 가축의 행동을 추정하는 알고리즘을 제시한다. 실험을 위해 경기도 이천의 한우 농가에 시스템을 구축하고 20두의 한우에 대해 데이터를 수집하였으며 이를 토대로 실증 및 분석 결과를 제시하였다.

Abstract

Livestock behavioral analysis is a factor that has a great influence on livestock health management and agricultural productivity increase. However, most digital devices introduced for behavioral analysis of livestock do not provide raw data and also provide limited analysis results. Such a closed system makes it more difficult to integrate data and build big data, which are essential for the introduction of advanced IT technologies. Therefore, it is necessary to supply farm-scale data collection devices that can be easily used at low cost.

This study presents a data collection system for analyzing the behavior of livestock. The system consists of a number of miniature computing units that operate wirelessly, and collects livestock body temperature and acceleration data, location information, and livestock environment data. In addition, this study presents an algorithm for estimating the behavior of livestock based on the collected acceleration data. For the experiment, a system was built in a Korean cattle farm in Icheon, Gyeonggi-do, and data were collected for 20 Korean cattle, and based on this, the empirical and analysis results were presented.

한글키워드 : 데이터 수집, 시스템 설계, 행동 분석, 스마트팜, 지속가능한 낙농

keywords : data collection, system design, behavior analysis, smart farm, sustainable dairy

* 중앙대학교 컴퓨터공학부
** 안양대학교 융합소프트웨어 전공
† 교신저자: 한수영(email: syhan@anyang.ac.kr)

접수일자: 2021.12.05. 심사완료: 2021.12.18.
게재확정: 2021.12.20.

1. 서 론

스마트팜이 주목받기 시작한 지난 십 년간 정보통신기술과 1차 산업을 접목하려는 다양한 시도가 넓은 영역에서 이루어졌다[1]. 이는 단순히 설비 제어 측면에서의 단순한 접목을 넘어서 상태 진단이나 상황 예측에까지 이르러 농가 생산성에 직접적인 영향을 미치는 수준에 이르렀다[2]. 특히 축산업에서는 다양한 첨단 센서 장비와 설비를 적극적으로 도입해왔으며 그 결과 한국은 지난 몇 년간 국제가축기록위원회(ICAR, The International Committee for Animal Recording) 회원 46개국 중 최상위 수준을 유지하였으며 더 나아가 2001년 대비 2019년 국가별 305일 검정유량 생산량 변화에서 1위를 하기에 이르렀다[3].

한편 스마트 축산으로 대두되는 이러한 기술 발전은 단순히 농가의 농업 경제성만을 제고하는 데 그치지 않고 가축들의 상태를 실시간으로 확인하고 적절한 조처를 한다는 점에서 안정적으로 가축들의 상태를 유지할 수 있다는 장점이 있다[4].

스마트 축산은 가축의 사육방식 개선을 위한 효과적인 방법이다[5]. 목장주가 일일이 가축들의 상태를 확인해야 하는 기존의 방식과는 다르게, 실시간 상태 모니터링을 통한 질병 탐지 혹은 예측, 행태 분석 등을 통해 비정상적인 활동이나 상태를 확인했을 때만 적절한 조치를 하면 되는 것이다.

행태 분석을 통한 가축 상태 추정은 농가의 농업 경제성뿐만 아니라 환경 개선에도 큰 영향을 미친다. 가축 사육 과정에서 발생하는 메탄은 전 세계 온실가스 발생량의 14.5%에 달하며 이들 중 절반 이상이 소로부터 발생한다[6]. 실제로 농림축산식품부는 탄소중립 이행을 위해 2022년 중소 사육방식 개선과 축산환경 실태조사를 위한 예산을 확보한 바 있다[7].

그러나 이러한 상황에도 불구하고 스마트 축산을 위한 디지털 기기로 대부분 외산 제품이 사용되고 있으며 이를 통해 수집되는 데이터마저도 목장주가 자유로이 활용할 수 없는 상태이다[8]. 그 결과 목장에서는 제조사에서 제공하는 웹 인터페이스를 통해 정보를 제한적으로 얻을 수밖에 없으며 데이터의 통합관리나 원시 데이터를 통한 추가적인 데이터 분석은 시도하지 못하고 있다.

이 논문에서 제시하는 데이터 수집 시스템은 농장 규모에서 가축과 축사 환경 데이터를 수집하고 이를 토대로 가축의 행태를 분석할 수 있는 토대를 제공한다. 이 시스템은 종래의 시스템들과 달리 오픈소스로 제공되며 쉽게 변형/발전시킬 수 있도록 설계되었으며 수집되는 데이터를 원시 상태로 활용할 수 있다. 제안된 시스템은 가축의 행태를 분석하기 위해 목걸이형 센서로부터 가축의 체온과 움직임, 위치 정보를 수집한다. 또한 위치 정보의 검증을 위해 목걸이형 센서와 연동되는 카메라 장치를 이용하여 카메라 인근에 있는 가축의 위치를 촬영한다. 모든 데이터는 무선으로 송수신되어 서버에 최종적으로 저장되며, 목장 내 시스템은 무선 AP와 초소형 컴퓨팅 모듈(ESP32 및 라즈베리파이)만을 이용하여 운용된다. 시스템 실증을 위해 경기도 이천의 한 한우 농가에 시스템을 구현하였으며 7일간 20두에 대해 젖소 데이터를 수집하였다.

이 논문에서는 데이터 수집 시스템과 더불어 수집된 데이터를 바탕으로 가축의 행태를 분석하는 방안을 제시한다. 실험을 위해 한우를 분석 대상으로 설정하였으며 분석에 앞서 한우의 보편적인 행동을 4가지로 정의하였다. 그 결과 목걸이형 센서로부터 수집된 가축의 가속도 데이터는 이 논문에서 제안하는 알고리즘을 통해 네 가지 행동으로 분류된다.

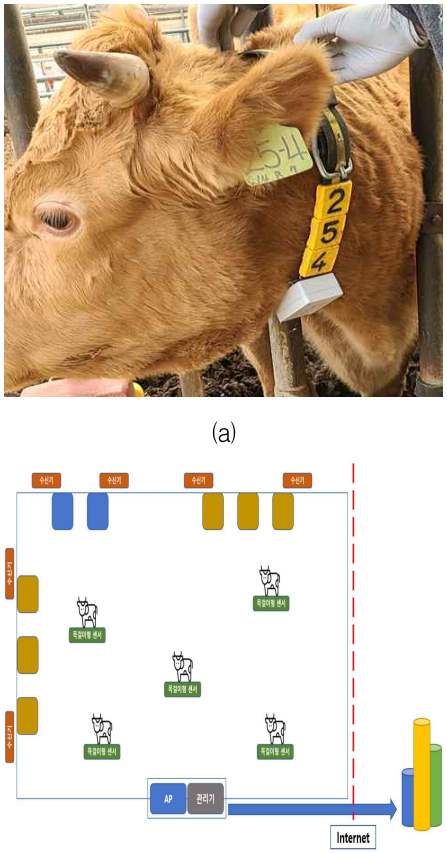
2. 설 계

2.1 시스템 구조

시스템은 서버와 관리기, 수신기, 목걸이형 센서로 구성된다.

2.1.1 목걸이형 센서

가축들의 목에 부착하여 정보를 수집하는 장치이다. 가축들의 생체 상태를 확인하기 위한 자이로 및 온도 센서 데이터를 수집한다. 배터리로 동작하는 목걸이형 센서의 특성을 고려하여 강한 움직임이 발생했을 때만 기기를 깨워 자이로 데이터를 수집하고 그 외의 시간에는 잠자기 상태에 들어가 배터리 효율을 높일 수 있다. 위치 데이터 수집을 위해 블루투스(BLE, Bluetooth Low Enegy) 신호를 발생시킨다. 수집된 데이터는 데이터 수집에 영향을 주지 않기 위해 활동이 적은 새벽에 관리기로 전송한다. 그림 1은 데이터 수집 시스템 디자인을 나타낸 것이다.



(a)

(b)

그림 1. 데이터 수집 시스템 디자인
Fig. 1. Data Acquisition System Design

2.1.2 수신기

수신기는 목걸이형 센서에서 발생시킨 블루투스 신호를 스캔하여 위치 데이터를 수집하고, 위치 데이터의 검증을 위한 사진 이미지를 촬영하는 장치이다. 신호를 발생시킨 기기의 정보와 신호의 강도(RSSI, Received Signal Strength Indicator)를 통해 기기와 수신기 사이의 거리는 식 (1)과 같이 측정할 수 있다. n은 거리 보정 상수로 2이다. 수집된 데이터는 수신기의 고유 ID를 추가해 관리기로 전송한다.

$$Distance = 10^{((T_xPower - RSSI)/10^n)} \quad (1)$$

2.1.3 관리기

목장과 외부의 서버 간의 데이터 전송을 매개하고 환경 데이터를 수집하는 장치이다. 관리기는 목장에서 수집된 모든 데이터를 내부 네트워크를 통해 수신하고 인터넷을 통해 서버의 데이터베이스로 전송한다.

2.2 데이터 구조

시스템에서 수집되는 데이터는 표 1과 같다. 수집 데이터는 크게 주기적 데이터와 비주기적 데이터로 구분할 수 있다. 가속도 데이터와 블루투스 RSSI 데이터는 행동을 분석하기 위한 데이터이므로 일정 세기 이상의 움직임이 발생했을

때만 데이터를 수집한다. 이를 통해 목걸이형 센서의 가동 시간을 크게 늘릴 수 있다. 이외에 센서의 배터리 전압을 주기적으로 측정하고 일정 수준 이하로 전압이 떨어졌을 때 경고 알림을 보내 사용자가 미리 기기의 배터리를 교체할 수 있다.

표 1. 수집 데이터
Table 1. Collected Data

데이터명	수집 간격
가속도	강한 움직임 발생
체온	30분
블루투스 RSSI	강한 움직임 발생
배터리 전압	30분
외기 온도	30분
외기 습도	30분
외기 압력	30분
고도	30분

2.3 분석 알고리즘

목걸이형 센서의 가속도 데이터와 수신기에서 수집하는 위치 데이터를 도태도 가축의 행동 정보를 추정하는 Rule-Based 분류 알고리즘을 제안한다.

그림 2는 Rule-Based 분류 과정이고 그림 3은 분석 알고리즘의 다이어그램을 나타낸 것이다. 이를 통해 가축들의 행동 정보를 5가지로 구분하고자 한다. 분석하고자 하는 행동 정보는 걷기 혹은 뛰기, 먹이 섭취, 반추 활동, 앉기 혹은 일어서기, 그리고 그 외의 강한 행동이다.

반추 활동과 먹이 섭취는 움직임 형태가 거의 비슷하여 가속도 데이터만으로는 이를 구분하기가 쉽지 않다. 따라서 해당 목장의 먹이 급여 시간을 미리 파악하거나 수신기에서 수집하는 사진 데이터를 활용해야 한다. 이를 통해 실제로 먹이를 먹고 있는지 아니면 먹이 섭취 이후에 반추 활동을 하고 있는지를 구별할 수 있다.

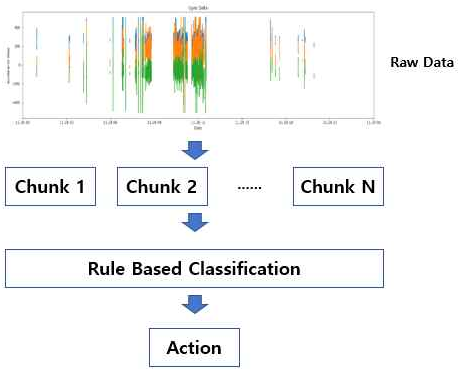


그림 2. 데이터 분류 과정
Fig 2. Data Classification

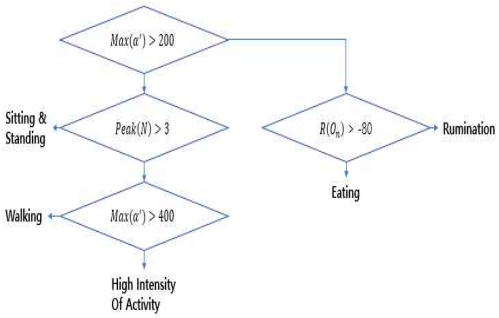


그림 3. 분류 알고리즘 다이어그램
Fig 3. Classification Diagram

3. 실험 및 결과

3.1 시스템 설치

시스템은 경기도 이천의 한 한우 농가에 설치되었으며 2021년 11월 22일부터 29일까지 총 7일간 20두의 한우에 대해 데이터를 수집하였다. 그림 4는 해당 목장의 구조도를 나타낸 것이다.

목장은 총 3개의 구역으로 구성되어 있다. 각각의 구역은 여물을 섭취하기 위해 목을 내밀 수

있는 5개의 여물통과 음수대로 구성된다. 구역별로 여물통과 음수대 근처 기둥에 수신기를 설치한다. 이를 통해 가축들의 위치 정보와 사진 데이터를 얻을 수 있다.

구역별로 6~7마리의 한우를 임의로 선정하여 목걸이형 센서를 부착한다. 개체 식별 번호와 센서의 기기 ID를 결합하여 개체를 특정할 수 있다.

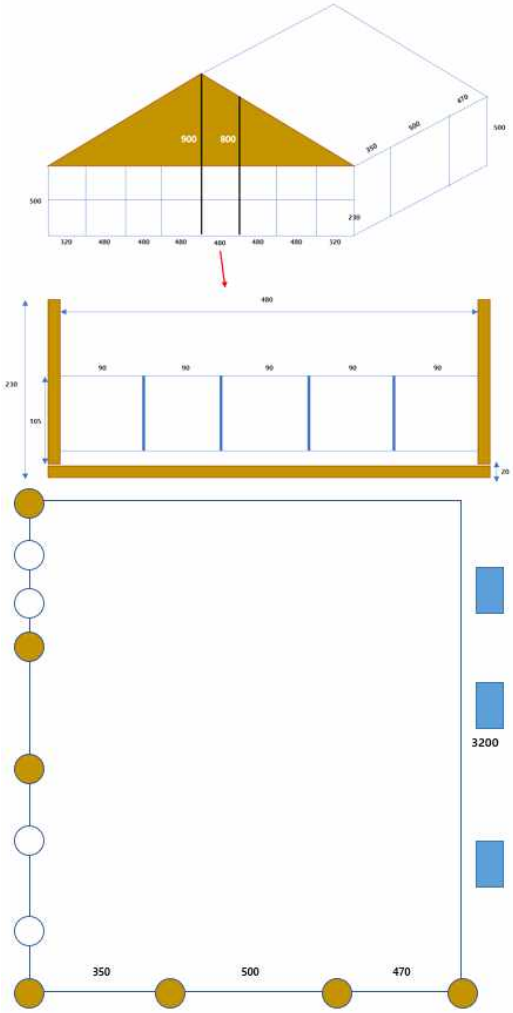


그림 4. 목장 구조도
Fig. 4. Pasture Structure

3.2 수집 데이터

수집 데이터는 크게 관리기에서 수집하는 외부 환경 센서 데이터, 수신기에서 수집하는 블루투스 위치 데이터, 그리고 목걸이형 센서에서 수집하는 움직임 및 생체 데이터로 나눌 수 있다.

그림 5는 하루 동안 목걸이형 센서에서 수집한 생체 데이터 및 기기의 배터리 전압을 나타낸 것이다. 그림 6은 하나의 목걸이형 센서에서 발생시킨 블루투스 신호의 강도가 강한 수신기를 나타낸 그래프이다. 그림 7은 하루 동안 수집한 외부 환경 센서 데이터(온도, 습도, 압력, 고도)를 나타낸 것이다.

(a) : 온도 (b) : 배터리 전압 (c) : 정전용량 값
그림 5. 목걸이형 센서 수집 데이터
Fig. 5. Necklace Type Sensor Collection Data

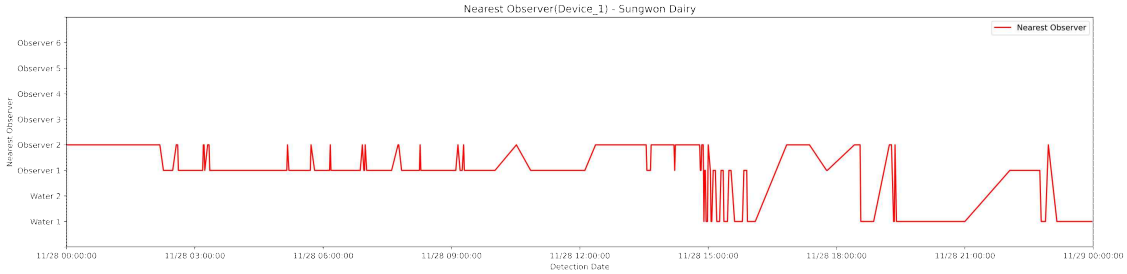
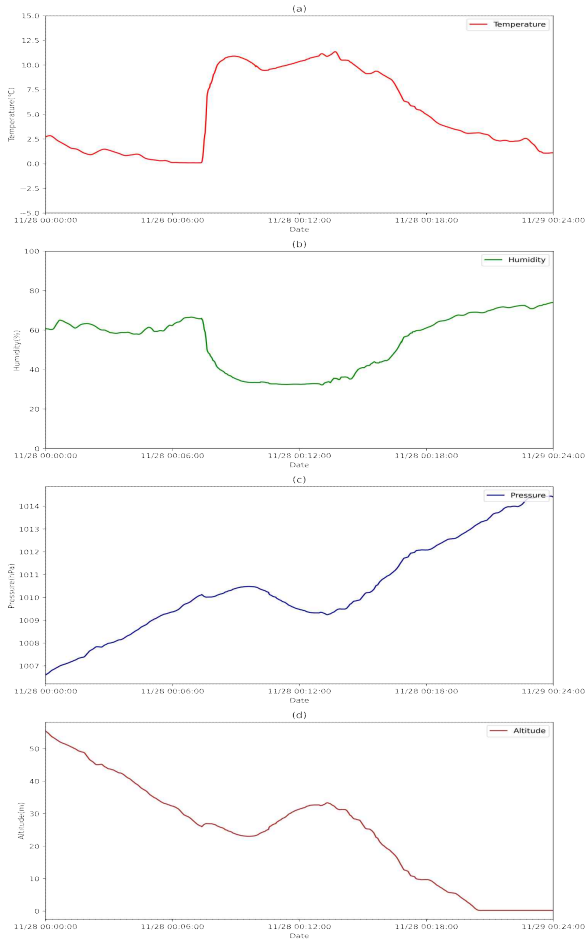


그림 6. 가장 가까운 수신기 정보 데이터
Fig. 6. Nearest Receiver Data



(a) 온도 (b) 습도 (c) 압력 (d) 고도
그림 7. 환경 센서 데이터
Fig. 7. Environment Sensor Data

3.3 행동 정보 시각화

그림 8은 추정된 가축 행동 정보에 기초하여 수집 데이터를 시각화한 것이다.

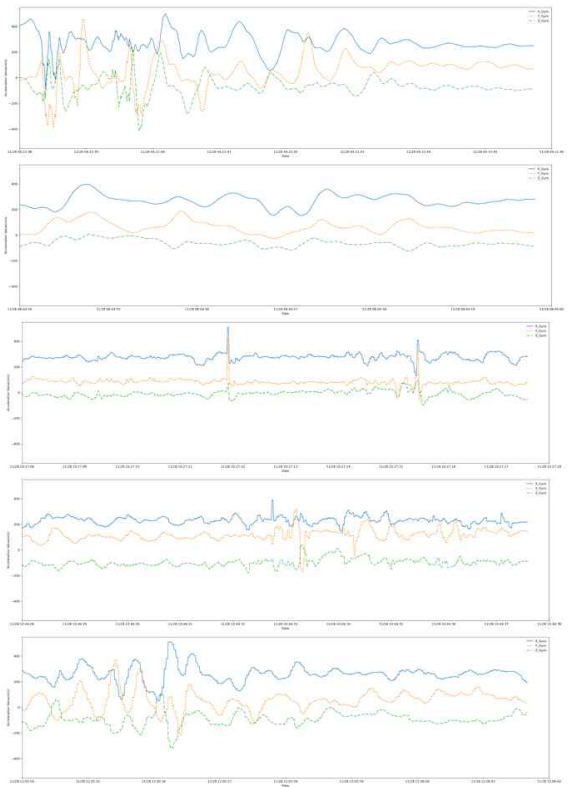


그림 8. 가축 행동 데이터
Fig. 8. Livestock Behavioral Data

맨 위 그래프부터 높은 활동성의 움직임, 먹이 섭취, 앉았다 일어서기, 반추 활동, 걷기를 대표하는 가속도 그래프이다. 다른 활동과 쉽게 구분되는 걷기, 앉았다 일어서기와 다르게 반추 활동과 먹이 섭취의 가속도 그래프는 패턴이 거의 비슷해 가속도 데이터만으로는 구분하기 힘든 것을 볼 수 있다.

따라서 두 그래프를 비교할 때는 해당 시간의 가축 위치를 수신기로부터 수집한 위치 데이터를 통해 활동을 구분할 수 있다.

4. 결론 및 고찰

가축들의 행동 분석을 위해 생체 데이터 및 위치 데이터를 수집하는 시스템을 고안하였다. 이를 위해 20마리의 한우에 목걸이형 센서를 부착하고 가속도 및 체온 데이터, 블루투스 신호를 사용한 위치 데이터를 수집하였다.

한 종류의 데이터를 사용하여 행동을 분석하였던 기존 방식들과 다르게, 본 논문에서는 생체 데이터와 위치 데이터를 함께 고려하여 분류의 신뢰성을 높이고자 하였다. 또한 블루투스를 사용한 위치 수집 방식의 정확성을 확인하기 위한 이미지 촬영을 시스템에 추가, 실증하였다.

그 결과 비교적 구분이 힘든 먹이 활동과 반추 활동을 위치를 기반으로 구분하였으며, 하루 동안의 활동을 5개의 활동으로 분류하였다.

참 고 문 헌

[1] Danielle Galliano, Tiago T.S Siqueira, “Organizational design and environmental performance: The case of French dairy farms”, Journal of Environmental Management, Vol. 278, part1, 15 Jan. 2021. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111408

[2] Alejandro Belanche, A.Lgnacio Martin-Garcia, Javier Fernandex-Alvarez, Javier Pleguezuelos, Angel R.Mantecon, David R. Yanex-Ruiz, “Optimizing management of dairy goat farms through individual animal data interpretation: A case study of smart farming in Spain”, Agriculture Systems, Vol. 173, pp.27-38, July 2019. DOI: 10.1016/j.agsy.2019.02.002

[3] 조주현, “젖소 검정사업 현황과 비전”, 월간 낙농, Vol. 212, pp.45-53, Oct. 2020. https://dairy.or.kr/ezs_data/e_book/pdf/month_202010.pdf

[4] I.C. Tsai, L.M. Mayo, B.W. Jones, A.E Stone, S.A. Janse, J.M. Bewely, “Precision dairy monitoring technologies use in disease detection: Differences in behavioral and physiological variables measured with precision dairy monitoring technologies between cows with or without metritis, hyperketonemia, and hypocalcemia”, Livestock Science, Vol. 244, Feb. 2021. DOI:10.1016/j.livsci.2020.104334

[5] Cheolho Yoon, Dongsup Lim, Changhee Park, “Factors affecting adoption of smart farm : The case of Korea”, Computers in Human Behavior, Vol. 108, July 2020. https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106309

[6] Food and Agriculture Organization of united nations, “Tackling climate change through livestock : A Global assessment of emissions and mitigation opportunities”, FAO; 2013, pp. 15, 2013. http://www.fao.org/docrep/018/i3437e/i3437e.pdf

[7] 농림축산식품부, “농식품부, 2022년 예산 및 기금 16조 8,767억 원 확정”, 농림축산식품부 보도자료, 2021.12.03. https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156484211

[8] 농림축산식품부, “소 건강 지키는 생체 정보 수집 장치 개발”, 농림축산식품부 보도자료, 2018.07.18.. https://www.korea.kr/news/policyBriefingView.do?newsId=156281887

저 자 소 개

박기철(Gicheol Park)

2020.2 중앙대학교 컴퓨터공학부 졸업
2020.3-현재 : 중앙대학교 컴퓨터공학과 석사과정
<주관심분야> 패턴인식, 인공지능

한수영(Suyoung Han)

2004.2 한양대학교 전자공학과 박사
2004.3-현재 : 안양대학교 교수
<주관심분야> 컴퓨터 비전, 영상처리, 패터인식