

IoT 기반의 이표를 통한 가축 온도 변화 감지 및 모니터링 시스템

박영수[†], 박경용^{**}, 김민선^{***}, 박준규^{****}, 권성근^{*****}

Temperature Detection and Monitoring System of Livestock Through Ear-Tag Based on IoT

Young-Soo Park[†], Kyoung-Yong Park^{**}, Min-Sun Kim^{***},
Jun-Kyu Park^{****}, Seong-Geun Kwon^{*****}

ABSTRACT

In Korea, foot-and-mouth disease has not been reported for several decades, but it began to develop again in 2000. For 2010~2011, when the worst occurred, 3.5 million animals were disposed of resulting in a loss of 2.8 trillion won. In order to prevent the harmful effects of foot-and-mouth disease, vaccination and housing management are being implemented. Despite these measures, foot-and-mouth disease is infected with air through the respiratory tract and accompanies fever after latency. Therefore, it is recognized that measuring and managing the body temperature of livestock at the early stage is the first step of managing this disease. In this paper, we propose a temperature monitoring system that can measure the body temperature by incorporating temperature sensor mounted in ear-tag of cattle and collect body temperature data of each individual cattle through BLE into the control server. The proposed body temperature monitoring system has various advantages such as easy installation without the help of livestock specialists and not damaging the organs of the livestock. So, it is possible to manage the abnormal symptom of cattle in real time and it is believed that the proposed monitoring system will revolutionize the prevention of foot-and-mouth disease.

Key words: Foot and Mouth Disease, Ear-tag, Temperature Detection, IoT

1. 서 론

최근 매년 겨울이면 축산 농가에서 구제역(foot and mouth disease)이 발병했다는 뉴스를 자주 접하게 된다. 구제역의 발병이 확인되면 일시 이동중지

명령(standstill)이 내려지게 되고, 이에 따라 대상 지역 내 우제류 가축과 축산 관련 종사자의 이동과 축산 농장 출입이 금지되며, 축산 농가 혹은 축산 종사자가 소유한 차량은 운행을 중지하고 차량 세척과 소독을 해야 한다[1].

※ Corresponding Author : Seong-Geun Kwon, Address: 50, Gamasil-gil, Buho-ri, Hayang-eup, Gyeongsan-si, Gyeongsangbuk-do, Republic of Korea, TEL : +82-10-3006-5659, FAX : +82-53-600-5559, E-mail : sgkwon@kiu.ac.kr

Receipt date : Feb. 27 2017, Approval date : Mar. 10, 2017

[†] Korea Institute of Industrial Technology
(E-mail : pys@kitech.re.kr)

^{**} Korea Institute of Industrial Technology
(E-mail : kypark@kitech.re.kr)

^{***} Korea Institute of Industrial Technology
(E-mail : kimms620@kitech.re.kr)

^{****} KWORKS Co., Ltd.
(E-mail : pjg3002@kworks.co.kr)

^{*****} Department of Electronics Engineering, KyungIl University

※ This study has been provided with assistance and support of the MOTIE (Ministry of Trade, Industry and Energy, Grant NO. 10041570); KITECH (Korea Institute of Industrial Technology).

구제역은 소, 돼지, 염소, 사슴, 낙타, 및 양 등과 같이 발굽이 2개인 동물 즉 우제류에 감염되는 가축 전염병으로서 가축 전염병 중에서도 전파가 빠르고 가장 위험한 A급 바이러스로 분류된다. 우리나라에서는 1934년 구제역이 처음 발생한 후 66년 후인 2000년에 다시 나타났고, 2010년과 2011년 사이에 전국적으로 크게 확산되어 당시 약 300만 마리의 가축이 매장되었다[1].

이와 같은 구제역은 공기를 통해 호흡기로 감염되기 때문에 무리 중 한 개체만 감염되어도 축사의 모든 가축에게 급속히 전파된다. 또한 구제역이 발생한 농장에 출입한 사람이나 차량을 통해서도 쉽게 전파된다고 보고되고 있다. 일반적으로 우제류 중에서 소가 구제역 바이러스에 가장 취약하다고 알려져 있다[1].

구제역에 감염된 소는 3~8일의 잠복기를 거쳐 감염 증상이 나타나기 시작하여 40℃ 이상의 고열과 함께 거품 섞인 침을 흘리게 되고, 이후에는 병명에서 알 수 있듯이 입과 발굽 주변에 수포가 생기게 되는데, 입안에 생긴 통증으로 인해 사료를 먹지 않게 되고 발굽 통증으로 인해 활동이 부자연스럽고 심지어 일어설 수도 못하게 된다. 이런 증상이 지속되어 악화되면 입과 발굽 주위의 수포가 터져 궤양으로 발전하여 생명을 잃게 되는데, 그 치사율이 5~55% 정도에 달하는 것으로 보고되고 있다[1].

지금까지 살펴본 바와 같이 구제역 발병의 초기 증상은 고열을 동반하므로, 소의 건강관리를 위해 체온 측정은 가장 중요한 수단이다. 하지만 일반적으로 사용되는 직장 (rectum) 내의 온도 측정으로는 개체별로 체온을 지속적으로 측정하기 어렵기 때문에, 최근에는 ICT 기술을 활용한 제품들의 개발이 활발히 진행되고 있다[2,3]. 그 대표적인 기술로서 내장형 체온계가 있는데, 이는 원통형 체온계를 소의 목구멍을 통해 위로 발사하여 위 벽에 고정시켜 소의 내장 온도를 실시간으로 스마트폰으로 전송한다[4-6].

하지만 이와 같은 내장형 체온계는 소의 도축 전까지 위 내부에 존재하기 때문에 제품의 고장에 대응할 수 없어 사후 관리에 문제가 있고, 체온계가 장착된 소의 위장은 식용으로 불가하다. 또한 체온계를 소의 식도를 통해 위에 장착하기 위해서는 전문 인력이 필요하며, 성체가 되지 않은 어린 송아지에는 장착이 불가하다는 문제가 있다[7].

따라서 이러한 문제점을 개선하기 위하여, 본 논문에서는 이표 (ear-tag)를 활용하여 전문 인력의 지원 없이 송아지를 포함한 모든 소 개체에 온도 센서를 부착하여 소의 체온을 효과적으로 측정하고 모니터링할 수 있는 시스템을 제안한다[8]. 본 논문에서는 일반적인 체온 측정 방법을 2장에서 기술하고, 제안한 이표를 활용한 체온 측정 시스템을 3장에서 기술하며, 실험을 통해 획득한 데이터의 분석 결과를 4장에서 살펴보고자 한다.

2. 일반적인 체온 측정 방법

건강한 소의 체온은 약 39℃로 측정되는데, 소의 컨디션에 따라 체온의 변화가 발생하므로 체온 측정은 소의 건강 관리에 매우 중요하다. 일반적으로 소의 체온은 Fig. 1 (a)에서와 같이 체내의 온도를 측정하기 위해 항문으로 체온계를 삽입하여 직장의 체온이 측정된다[2].

이와 같은 전통적인 체온 측정 방법 이외에 최근에는 IoT 기술에 기반한 소의 체온 측정 및 모니터링 시스템이 개발되고 있다. 대표적인 방법으로는 Fig. 1 (b)에서와 같이 경구 투여 방식의 캡슐형 체온계를 투여하는 방식들이 출시되고 있다. 이와 같은 제품은 온도 센서가 내장된 경구 투여 방식의 바이오캡슐을 소의 반추에 위치시키고 체내에서 체온을 측정해서 체온 변화를 실시간으로 모니터링한다[3].

하지만 이와 같은 경구 투여 방식은 온도 센서를 내장한 바이오캡슐이 소의 반추에 위치하게 되어 소가 도축될 때 까지 반추에 위치하게 되므로, 삽입된 바이오캡슐에 문제가 발생하여 오동작하거나 수리가 필요할 경우에는 대응이 불가능하게 된다. 그리고 소와 돼지 같은 동물들의 모든 부위들은 식용으로

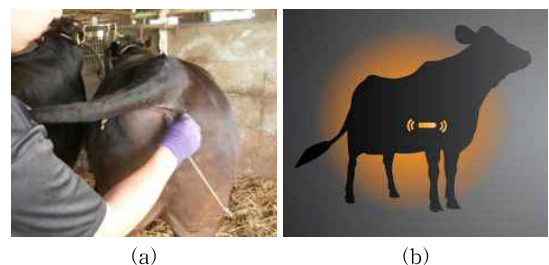


Fig. 1. Methods of measuring body temperature of cattle; (a) the rectal temperature measurement and (b) the oral administration of thermometer.

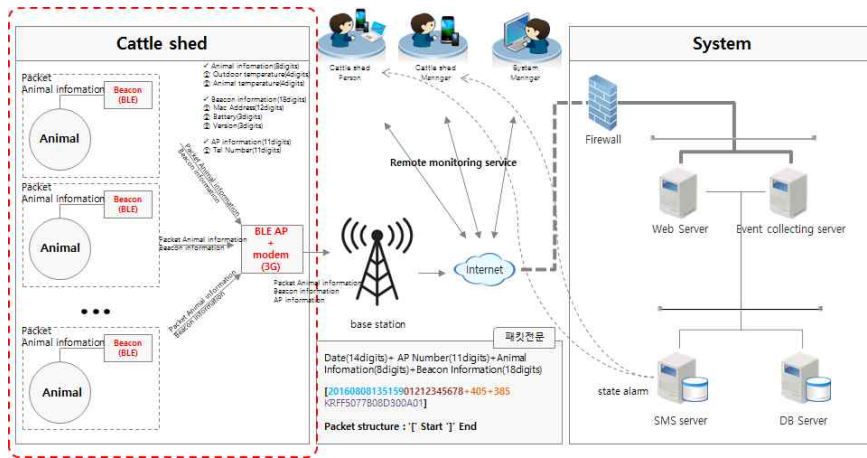


Fig. 2. Diagram of the proposed temperature detection and monitoring system.

사용되기 때문에 몇 년에 걸쳐 바이오캡슐을 내장하고 있는 소의 반추를 식용으로 이용하기에는 거부감이 있어 축산 농가에서도 꺼려할 수 있다. 또한 소의 경구로 바이오캡슐을 삽입하기 위해서는 의사 등의 전문 인력이 동원되어야 하므로 일반 축산 농가에서 활용성 또한 떨어질 수 있고, 성인 소에게 적합한 크기인 바이오캡슐은 면역력이 약해 구제역에 노출이 심한 송아지에게는 사용될 수 없는 단점을 갖고 있다.

3. 제안한 이표를 이용한 체온 측정 및 모니터링 시스템

일반적인 체온 측정 방법의 단점들을 해결하기 위하여, 본 논문에서는 Fig. 2에서와 같이 소의 이표에 온도 측정 센서를 내장하여 소의 체온을 측정하고, 이 측정값을 BLE (Bluetooth Low Energy)를 통해 AP (access point)에 주기적으로 전송하고, 이를 통신망을 통해 축사 관리 담당자에게 전달하여 소의 체온을 실시간으로 모니터링할 수 있는 시스템을 제안한다[8]. 제안한 체온 측정 및 모니터링 시스템은 기존의 경구 삽입용 캡슐 타입의 단점을 보완할 수 있고, 가축이 성장한 후에도 부착된 대상 동물의 몸체에 부착된 감지 센서의 교환이나 교체할 필요 없이 온도 정보를 측정할 수 있다.

가축의 이표에 내장된 온도 센서를 통해 귀의 온도를 측정하고 이를 BLE 통신 모듈을 통해 각각의 측정 데이터를 축사에 설치된 BLE AP로 전달한 후

통신 네트워크 망을 통해 서버 시스템으로 전달되어 데이터의 저장 및 분석이 이루어진다. 서버 시스템에서 분석된 데이터는 인터넷과 모바일 서비스를 통해 축사 관리자 및 방역 담당자들에게 전달되어 축사 내의 가축에 대한 온도 변화를 실시간 모니터링이 가능하다.

3.1 온도 측정 센서 모듈 및 기구물

현재 국내에서 사용되고 있는 이표의 형태는 Fig. 3(a)에서와 같고, 이표에 내장되는 제안한 체온 모니터링 시스템의 이표는 Fig. 3(b)와 같은 구조이다. BLE를 이용한 온도 센서 모듈은 이표의 구조에 따라 전면부에 배터리, 회로, 안테나 및 적외선 센서로 설계되고, 기존의 이표와 같이 우레탄 성형을 통해 방수 및 방진을 고려하였다.

3.2 센서 데이터 프로토콜

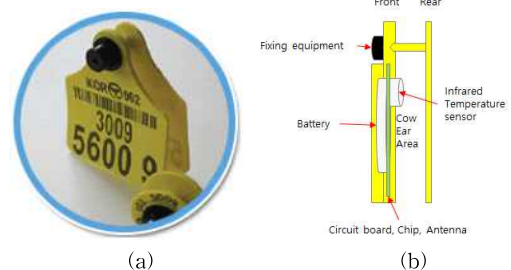


Fig. 3. (a) Form of Ear-Tag and (b) internal sensor and communication module in the proposed system.

이표에 탑재된 온도 센서 데이터를 전송하기 위하여 Fig. 4와 같은 Eddystone Beacon의 packet 구조를 활용하여 TLM (telemetry) 프레임의 구조를 Table 1에서와 같이 설계하였다. TLM 프레임에서는 배터리 전압, 센서의 주변 온도, 센서 측정 온도 및 이표의 고유 번호가 주기적으로 전송되는데, 이때 브로드캐

스팅 및 온도 측정 주기는 BLE Eddystone 규격에 따라 10초에서 10분 사이의 값으로 설정될 수 있다.

3.3 AP 장치

이표의 온도 센서가 측정한 값을 수집하고 이를 3G 통신 모듈을 통해 관제 서버로 보내는 BLE AP의 구조는 Fig. 5에서와 같이 구성된다. BLE 4.0 규격의

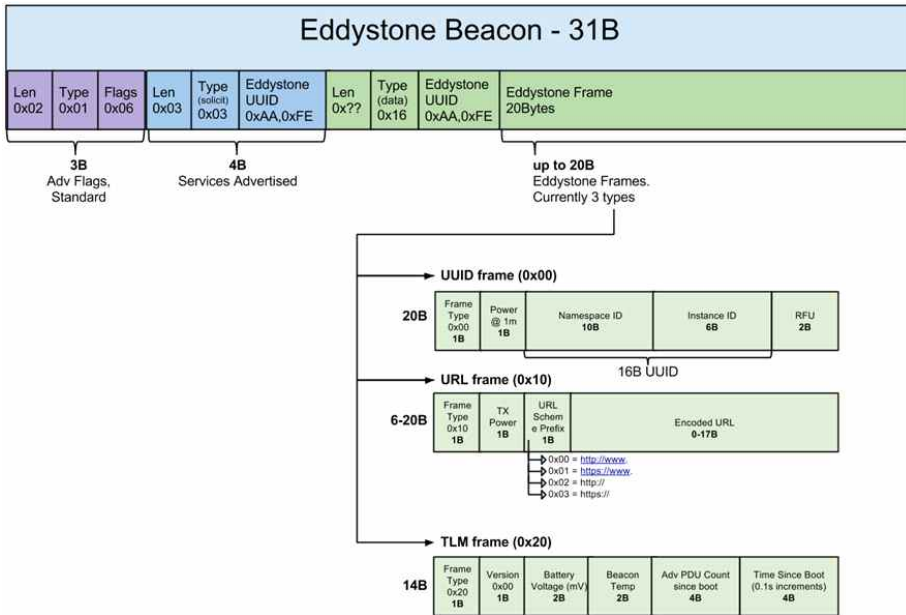


Fig. 4. Structure of Eddystone Beacon packet.

Table 1. Syntax of TLM frame

Byte Offset	Field	Description
0	Frame Type	Value = 0x91
1	Version	TLM version, value = 0x01
2	VBATT[0]	Battery voltage, 1 mV/bit
3	VBATT[1]	
4	TA[0]	Beacon temperature
5	TA[1]	
6	T1 [0]	IR 1 Sensor Measured Temperature
7	T1[1]	
8	T2 [0]	IR 2 Sensor Measured Temperature
9	T2[1]	
10	SERIAL[0]	SERIAL Number
11	SERIAL[1]	
12	SERIAL[2]	
13	SERIAL[3]	
14	SERIAL[4]	
15	SERIAL[5]	

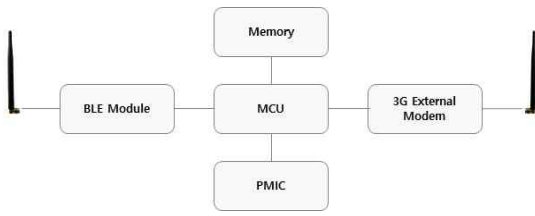


Fig. 5. Structure of BLE AP.

리시버가 탑재되어 있고, BLE를 통해 수집된 온도 데이터는 3G 혹은 4G 네트워크를 통해 서버로 전달되어 이표의 고유번호에 따른 측정 온도의 데이터를 관리하게 된다. BLE 모듈과 이동 통신망을 위한 안테나는 SMA 타입을 탑재하였다.

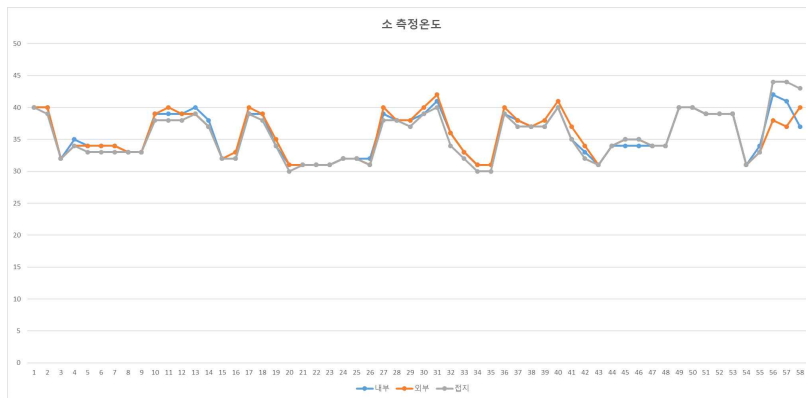
4. 실험 결과

본 논문에서 제안한 온도 측정 및 모니터링 시스

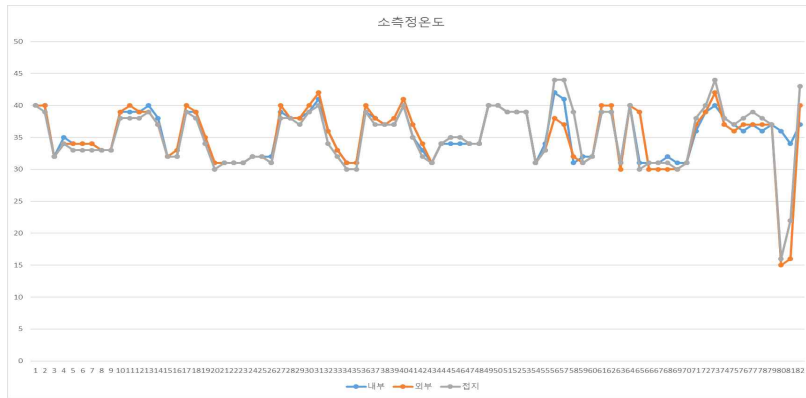
템을 구현하기 위하여 다음과 같은 실험 환경을 구축하였다. BLE 모듈로는 TI (Texas Instruments)사의 CC2541 칩을 사용하였고, 적외선 센서로는 0.02℃의 해상도 (resolution)와 ±0.3℃의 정확도 (accuracy)를 갖는 Melexis사의 MLX90614를 사용하여 대상체 및 주변 온도를 측정하였다. 배터리는 소의 출생과 도축 기간 동안 활용하기 위해 목표 수명 3년 이상이고 620 mAh인 Panasonic사의 CR2450을 사용하였다.

4.1 온도 측정 결과

소의 체온을 측정하기 위하여 온도 센서, 배터리, 및 비콘 모듈을 소의 이표에 장착하고, 각 이표에서 측정된 온도 데이터를 수집하기 위한 BLE AP를 축사에 설치하였다. BLE AP에는 Fig. 2에서와 같이 3G 모뎀을 장착하여 축사에서 사육하고 있는 소의 개체별 체온 데이터를 이동통신망으로 전송하고, 이



(a)



(b)

Fig. 6. Temperature measurement for two individual livestock of (a) normal and (b) abnormal body temperature.



Fig. 7. Web services of temperature monitoring system.

러한 데이터는 축사 담당자 및 시스템 관리자들에게 제공되며 서버 시스템에 저장되어 질병 예측에 사용된다.

이와 같이 서버 시스템에 저장된 2개체에서 측정된 체온의 변화는 Fig. 6에서와 같다. Fig. 6(a)에 해당하는 소의 체온 변화는 그 변화폭이 작은 것으로 파악되고, 반대로 Fig. 6(b)에서는 마지막 부분에서 급격한 온도 변화가 감지되었다. 따라서 이와 같이 체온 데이터의 급격한 변화가 서버에서 감지된다면 매뉴얼에 따른 조치가 필요할 것으로 판단된다.

4.2 온도 측정 모니터링 서비스

본 논문에서 제안한 온도 측정 및 모니터링 시스템에서는 측정된 소의 체온을 효율적으로 관리하기 위하여 웹 및 App 서비스를 구현하였다. 소의 각 개체별로 BLE 비콘 아이디를 할당하고 해당 개체의 온도를 DB화하여 실시간으로 모니터링하여 Fig. 7 및 Fig 8에서와 같이 UI를 구성하였다. 축사의 모든 소 개체를 한 화면에서 모니터링할 수 있도록 인터페

이스를 구성하였고, 정상 체온의 소와 정상 체온 범위를 벗어난 소들을 서로 다른 색으로 표시하였다.

본 논문에서는 이표 (ear-tag)를 활용하여 전문 인력의 지원 없이 송아지를 포함한 모든 소 개체에 온도 센서를 부착하여 소의 체온을 효과적으로 측정하고 모니터링할 수 있는 시스템을 제안하였고 지금까지 설명한 실험 결과로부터 그 성능을 확인하였다.

5. 결 론

우리나라에서 구제역은 수십년간 보고되지 않다가 2000년에 다시 발병하기 시작하여 당해년에 2700여 억원의 재정이 긴급 투입되었고, 사상 최악의 사태가 벌어진 2010~2011년에는 350만 마리가 살처분되어 2조 8천억원의 손실을 끼쳤다. 이와 같은 구제역의 폐해를 막기 위해서는 백신접종 및 축사 관리 등의 조치가 실시되고 있는데, 이러한 조치에도 불구하고 구제역은 공기를 통해 호흡기로 감염되어 잠복기 이후 고열을 동반한다. 따라서 발병 초기에 가축의 체온을 측정하여 관리하는 것이 구제역 관리의 첫 단계라고 인식되고 있다. 온도계를 직접 가축의 직장에 삽입하여 체온을 측정하는 전통적인 방법으로는 효율적으로 관리가 불가능하므로, 최근에는 ICT 기술들을 활용한 체온 측정 및 모니터링 시스템이 개발되고 있는데, 대표적인 방법이 소의 반추에 캡슐을 삽입하는 기술인데, 이는 많은 문제점을 갖고 있다. 따라서 본 논문에서는 소의 이표에 온도 센서를 내장하여 실시간으로 체온을 측정하고 각 개체의 체온 데이터를 BLE를 통해 수집하고 서버에서 관리하여 소의 이상 징후를 실시간으로 관리할 수 있는 시스템을 제안하였다. 제안한 체온 모니터링 시스템은 축산 전문가의 도움 없이도 설치가 용이하고 가축의 장기를 손상시키지 않는 등 다양한 장점을 갖고 있



Fig. 8. App. services of temperature monitoring system for smart device.

어, 향후 구제역 예방에 혁신적인 성과를 낼 것으로 판단된다.

REFERENCE

- [1] Animal and Plant Quarantine Agency, http://www.qia.go.kr/animal/prevent/ani_protect.jsp#this (accessed Feb., 10, 2017)
- [2] A.R. Frost, C.P. Schofield, S.A. Beulah, T.T. Mottram, J.A. Lines, and C.M. Wathes, "A Review of Livestock Monitoring and the Need for Integrated Systems," *Computer and Electronics in Agriculture*, Vol. 17, pp. 139-159, 1997.
- [3] V. Poikalainen, J. Praks, I. Veermae, and E. Kokkin, "Infrared Temperature Patterns of Cow's Body as an Indicator for Health Control at Precision Cattle Farming," *Agronomy Research Biosystem Engineering*, Special Issue 1, pp. 187-194, 2012.
- [4] H.T. Jang and B.M. Lee, "Temperature Monitoring System for the Livestock Over Sensor Network," *Proceeding of Conference of Korea Society for Internet Information*, Vol. 2011, No. 6, pp. 279-280, 2011.
- [5] Y.J. Won, Y.H. Kim, Y.S. Lim, Y.K. Moon, and S.O. Lim, "Development of Livestock Traceability System Based on Implantable RFID Sensor Tag with MFAN," *The Journal of the Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Vol. 37, No. 12, pp. 1318-1327, 2012.
- [6] S.J. Lee and D.H. Kim, "Development of Sensor Node for Temperature Monitoring of Livestock Based on IEEE 802.15.4," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 17, No. 7, pp. 886-894, 2014.
- [7] C.J. Yu and J.J. Kim, "FMD Response Cow Hooves and Temperature Detection Algorithm Using a Thermal Imaging Camera," *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, Vol. 17, No. 9, pp. 292-301, 2016.
- [8] C.H. Bae, *The livestock body temperature sensing device and the remote diagnosis system of their disease and the method using thereof*, 10-1213252, Korea, 2012.



박 영 수

2012년 한양대학교 산업경영공학과 공학석사
 2011년~현재 한국생산기술연구원 국가산업융합지원센터 팀장
 관심분야: 산업융합, 데이터분석



박 준 규

2005년 충남대학교 화학과 학사
 2017년 충남대학교 경영대학원 과정
 2006년~2013년 해군장교 (2007년~2008년 해군기술연구소 무장연구원)

2013년~현재 케이웍스 마케팅기획팀 과장
 관심분야: IoT 플랫폼, 모바일 통신



박 경 응

2010년 성균관대학교 기계공학과(공학박사)
 1997년~2011년, 한국산업기술진흥원 책임연구원
 2013년~현재 한국생산기술연구원 국가산업융합지원센터 선임연구원

관심분야: 산업융합, 계측제어, 데이터분석



권 성 근

1996년 경북대학교 전자공학과 학사
 1998년 경북대학교 전자공학과 석사
 2002년 경북대학교 전자공학과 박사

2002년~2011년 삼성전자 무선사업부 책임연구원
 2011년~현재 경일대학교 전자공학과 교수
 관심분야: 모바일 시스템, 모바일 방송, 디지털 신호처리



김 민 선

2000년 서울대학교 재료공학부 공학박사
 2000년~2001년 서울대학교 BK 재료연구인력양성사업단, Post Doc.
 2001년~2003년 Univ. of Connecticut, IMS, Post Doc.

2003년~현재 한국생산기술연구원 국가산업융합지원센터 소장
 관심분야: 산업융합, 웰니스, 스마트 안전, 제조서비스융합