

IoT 기반의 축산사료 측정 장치 및 사료 공급 시스템 구현

안원영*, 장윤희**

A Study on the Livestock Feed Measuring Sensor and Supply Management System Implementation based on the IoT

Wonyoung An*, YunHi Chang**

요약 우리나라 식품소비 패턴이 육류 위주로 증가함으로써 축산업이 크게 성장하였으나, 수입 축산물 시장의 개방으로 국내 축산 제품의 가격 경쟁력 확보 방안이 시급한 시점이다. 따라서 생산비의 가장 큰 부분을 차지하고 있는 사료 원가 절감의 문제는 축산업 생태계에서 해결해야 하는 중요한 과제이다. 본 연구의 목적은 축산업의 스마트 팜을 지원하기 위한 것이다. 이에 본 연구는 IoT에 기반 하여 축산 사료의 측정 장치를 개발하고, 자동 주문 및 배송 시스템을 구현하여 관련 영역의 효율성을 극대화할 수 있는 방안을 제안하였다. 구체적으로는 첫째, 초음파 센서와 온도/습도 측정 센서를 이용하여 사료 저장소인 피드빈 내 사료 잔량과 온/습도 정보를 수집하는 센서를 개발하였다. 둘째, 그 정보를 축산농가에 설치된 게이트웨이를 거쳐 SCM 서버에 전송할 수 있는 방법을 구현하였다. 셋째, 서버에 저장된 축산농가의 정보를 활용하여 사료의 자동 주문 및 배송이 가능한 서비스 방안을 구현하였다. 본 연구는 기존의 방법보다 용이하고 가격 경쟁력이 있는 방안으로서, 축산업의 다양한 영역에서 보다 다양한 IoT 활용 서비스와 경쟁력 강화 방안이 도출되는데 도움이 될 것이다.

Abstract As the demand for meat products has steadily increased in Korea, so the livestock industry has full grown. However, the opening of import meat products is taking a toll on the local industry. Cost reduction on livestock feed, which comprises the majority of costs involved in the industry is urgent to gain a competitive edge. As Internet of Things (IoT) technologies are being applied across a multiple of industries, so are the cases of applied Smart Farm technology for efficient production. The following research aims to utilize IoT technologies to measure, in real time, the rate of depletion of feed and remaining amount and to propose an effective automated reorder & delivery system. First, a method of utilization of ultrasonic and temperature/humidity sensors to obtain corresponding data of remaining feed in the Feedbin is proposed. In addition, a method of sending the obtained data via on-the-farm gateway to Supply Chain Management (SCM) servers is proposed. Finally, utilization of the stored data to construct an automated reorder & delivery service system is proposed. It is in the researcher's intention to contribute to and enable the local livestock industry with the application of various IoT services.

Key Words : Feedbin, IoT, Livestock Measurement Sensor, Livestock Smart Farm, SCM

1. 서론

농업 분야는 2004년부터 정부 지원에 의해 정보통신 기술과 농업의 융합화를 위한 다양한 사업들

이 진행되고 있는 바, 농가 단위의 개별적, 폐쇄적 구조로 인하여 어려움을 겪기도 하였으나[1], 최근에는 발전된 IoT 기반 기술의 등장으로 '스마트

This work was supported by the technology innovation development business program(S2306991) funded by the Ministry of SMEs and Startups (MSS), Korea.

*CEO of MITSOFT CO., LTD. (wyan@mitssoft.co.kr)

**Corresponding Author : Dept. of Business Administration, Dankook University (yhchang@dankook.ac.kr)

Received October 12, 2017

Revised October 14, 2017

Accepted October 14, 2017

팜 팩토리'라는 개념이 도입될 정도로 발전되었다. '스마트 팜 팩토리'란 생산 시설에서 발생하는 모든 장치와 환경 정보들을 종합적으로 분석하여, 표준화된 절차에 의해 모든 공정을 지능적으로 운영하는 것이다. 이제 스마트 팜 팩토리를 위한 서비스 모델은 기존의 식물공장, 스마트 팜과 같은 자동화 및 모니터링 위주의 기술을 통해 받을 수 있는 서비스의 한계를 극복하기 위해 수집된 환경정보와 생육관련 정보를 이용하여 최적의 작물 재배 의사결정을 위한 기술로 발전하고 있다[2].

최근 축산업에서도 무인화, 자동화에 대한 연구와 개발이 한창 진행되고 있으나, 인력 중심의 업무가 많기 때문에 스마트 팜 팩토리에 비해 발전 속도가 느린 편이다. 축산업에서 도입된 IoT(Internet of Things) 기술은 소의 목에 생체 정보를 수집하는 단말기를 삽입하여 질병을 예찰하고, 체온이나 활동량 등의 정보를 수집하고 활용하는 기술 등이 개발되었다[3]. 황성균은 군청 주관으로 축산 스마트팜 사업을 추진 중에 있으며 사료 자동 급이기, CCTV, 자동목걸이, 환풍기 등의 자동화 시설과 장비를 지원하고 있다[4]. 농촌진흥청은 총 3단계의 축산 스마트 팜 연구를 추진 중인데, 현재는 1단계로서 축종별 스마트 팜 모델 개발을 통하여 보급과 확산에 주력하고 있다. 2단계는 생산성 극대화, 3단계는 무인축사 구축을 위한 기반기술 개발을 목표로 삼고 있다[5].

축산업 무인화는 스마트 팜의 최종 목표이며 완성의 단계이다. 사람의 손을 거치지 않고 가축을 돌보는 일은 아직 많은 연구와 개발이 필요하다. 가축에 사료를 공급하거나 물을 공급하는 등의 업무는 24시간 내내 모니터링이 필요한 일로써 축산 관리자가 각별히 주의를 기울여야 하는 활동이다. 가축에 사료를 공급하기 위해서는 사료를 비축해 놓은 지상 6m 정도 높이의 피드빈(feed bin) 또는 사료통에 자동화 기계를 연결해 놓거나 인력에 의해 사료를 전달한다. 피드빈은 불투명한 합성 수지 소재로 내부를 들여다 볼 수 없는데, 사료의 원활한 공급을 위해서는 주기적으로 사료의 잔량을 사람이 직접 확인하여 주문 필요 여부를 결정하여

야 한다. 따라서 사료의 잔량을 신속, 편리, 정확하게 확인할 수 있는지가 가축 사육에 매우 중요하다. 또한, 사료는 온도와 습도에 따라 부패가 진행될 수 있기 때문에 부패를 방지할 수 있게 사료 탱크의 저장 환경을 유지하는 것도 중요한 요소이다. 더불어 일정하고 안정적으로 사료를 주문하는 일은 사료회사의 생산과 유통 측면 등, 축산업 전체 생태계에서 개선되어 경쟁력을 향상시켜야 할 주된 과제이다.

본 연구의 목적은 축산 무인화를 지향하는 스마트 팜을 목표로 다음과 같은 활동들을 수행하고 성과를 확인하였다. 첫째, 실시간 사료의 잔량과 사료의 상태를 측정할 수 있는 센서(sensor)를 개발하였으며, 둘째, 사료 잔량의 데이터를 관리하는 게이트웨이 장치를 개발하였다. 셋째, 사료의 잔량에 따라 사료를 자동으로 주문하는 사료 관리 시스템을 구현하였다. 이러한 장치 개발과 소프트웨어 구현으로 축산 농가의 IoT 서비스를 구축함으로써 관리의 효율성을 높일 수 있으며, 사료의 유통서비스를 개선하여 원가절감의 효과를 가져 올 수 있다.

본 연구는 중소기업청의 지원을 받아 축산 스마트 팜의 테스트베드를 마련하고 성과를 확인하는 실증연구로 수행되었다. 본 연구는 탐색적 성격의 실증연구이기에 농가와와의 의견교환과 아이디어를 반영하여 수행되었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 연구의 이론적 배경이 되는 선행연구를 살펴보고, 제3장에서는 사료의 잔량을 측정할 수 있는 센서의 설계와 개발 내용을 기술하였고 이를 바탕으로 측정된 센서의 데이터를 처리하는 게이트웨이 장치 개발과 그 기능을 설명하였다. 또한 이러한 장치를 통해 측정된 데이터를 활용하여 사료를 자동 주문할 수 있는 시스템을 구현하였다. 마지막으로 4장에서는 결론과 향후 연구방향을 제시하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 잔량 측정 모니터링 방법

본 연구를 통해 개발된 사료 측정 장치와 게이트

표 1. 피드빈 모니터링 방법 비교
Table 1. Comparison of feed bin monitoring methods

Author	Sensing Method	Characteristics	Problems
Choi (2014)	To check the residual amount by attaching weight sensors	Available to measure the detailed residual level and to use air circulation feature through the blower	High installation fee and difficult installation
Hong (2016)	To check the residual amount by attaching sensors to the gas discharge pipe	Keeping freshness of feed by discharging gas	Checking only whether the feed is below certain level
Oh (2015)	To check the residual amount by attaching a display to the lumped weight	Simple installation and low cost	Available to check the number only in short distance

웨이 장치를 설계 및 구현하기에 앞서 표 1과 같은 기존 선행연구의 기술을 분석하였다. 최선호 등이 발명한 ‘축사용 사료빈’은 사료 탱크에 중량 감지센서와 가스 감지센서를 이용하여 탱크의 중량 변화와 습도, 암모니아 농도 및 이산화탄소 농도를 센싱(sensing)하여 사료의 잔량과 내부 상태를 측정하는 특징을 가지고 있다. 또한 송풍펌프 및 구동모터를 통해 사료빈 내부의 공기 순환을 원활히 함으로써 사료의 변질을 효과적으로 예방하도록 만들었다[6]. 홍승영이 제안한 ‘가스배출관이 설치된 사료 잔량표시 저장탱크’는 사료저장용기 본체 내부에 가스 배출관을 삽입하여 측정하는 기술이다. 사료를 장시간 보관하더라도 사료의 변질 및 영김현상을 방지하여 사료의 신선도를 유지하면서 가스 배출관 하부에 감지센서를 이용하여 사료의 유무 여부를 측정할 수 있도록 하였다[7]. 오종경이 발명한 ‘사료 급이 탱크’는 사료 탱크의 내부에 설치된 중량체의 승하강과 이를 연결한 와이어를 이용하고, 탱크의 외면을 따라 노출된 와이어에 장착된 표시 부재를 통해 외부에서 사료의 저장량을 확인하는 기술이다. 중량체가 사료 배출에 따라 위치의 승강 및 하강 동작을 하면서, 와이어가 이동됨에 따라 표시 부재가 이동된 위치로 사료의 저장량을 표시하기 때문에 사료 탱크의 근거리에서만 사료의 잔량을 시각적으로 확인할 수 있다 [8]. 이와 같은 기존 선행연구의 기술을 분석하고 문제점을 보완하여 본 연구에서 개발된 초음파 측정 장치와

게이트웨이 장치 설계에 반영하여 구현되었다.

2.2 축사환경 관리 방법

곽동호 등은 무선 센서 노드를 이용하여 온도와 습도를 측정하고 안개 분무기를 조정하여 자동으로 환경을 관리하는 모듈을 고안하였다. 축사의 환경을 관리하고 수집된 데이터는 제어기에 부착된 모뎀을 통해 무선으로 서버에 전송되어 원격지에서 PC로 축사를 모니터링하고 관리할 수 있는 시스템을 제안하였다[9]. 황정환과 여현은 가축의 사육환경에 영향을 미칠 수 있는 온도, 습도, 온도, 가스 등의 정보를 수집하는 센서와 CCTV를 통해 축사의 환경정보를 영상과 함께 제공하여 상세한 모니터링이 가능한 시스템을 제안하였다. 이 시스템은 외부에서 원격으로 정보를 확인할 수 있어 편리할 뿐만 아니라, 장기간 수집된 데이터를 통하여 가축 사육에 최적화된 환경 조건을 도출할 수 있다고 하였다[10]. 박종준과 최병철은 축사 관리 자동화를 위해 우선되어야 하는 조건으로 열악한 축사 환경을 지적하고, 물리적 통신 방식이 서로 다른 장치들을 하나의 통합된 기기로 통제하여 인터넷을 통해 의미 있는 정보를 제공하는 것이 중요하다고 보았으며, 작고 낮은 전력으로 동작하는 장치를 IoT 프로토콜로 제공하는 Contiki OS, Tiny OS, NanoQplus 등의 OS를 활용하여 서비스 환경을 구현할 수 있다고 주장하였다[11].

2.3 사료 공급 방법 및 관리시스템

김중호와 이종일의 실증 조사에 의하면, 사료 거래방법은 직접거래 구조와 간접거래 구조로 구분된다. 가장 많이 행해지는 간접거래 구조는 사료 회사에서 대리점이나 도·소매점, 지역 농협 등을 통해 거래하는 형태이다. 공급가격은 일반 공산품과는 달리 소비자 가격이 없이 공장도 가격만 존재하며 현금, 여신의 규모, 사육 축종, 사육 규모에 따라 가격을 다르게 공급하고 있다. 물류 체계 역시 공장에서 직접 공급되는 경우와 대리점이나 물류기지 등을 통해 공급되는 경우로 구분되는데 조건에 따라 운임에도 차이가 있다[12]. 이강배 등은 IoT 자동화 시스템을 통하여 SCM에서 중요한 예측지표의 정확도가 향상될 것으로 전망하였으며, 예측지표의 향상으로 수요와 공급의 균형을 통해 전체 공급사슬 상의 체적효과(Bullwhip Effect)를 감소시킬 수 있다고 보았다. 특히 수·배송 영역과 고객서비스 영역에서 투자대비 짧은 시간에 IoT의 가시적인 도입효과가 클 것으로 예측하였다[13].

이명호는 자동배차를 지원하는 시스템 연구에서 기초 데이터 체계의 설계를 통한 휴리스틱 알고리즘을 제안하고, 이 알고리즘을 이용한 현실적인 다양한 조건을 수용하는 수리적 모형을 개발하는 연구와 다목적 차량 경로문제, 일정 문제에 대한 연구가 병행되어야 한다고 주장하였다[14]. 김양범과 최동운은 축사를 효율적으로 경영하기 위한 IoT 기반의 축사 경영관리시스템의 효율성을 주장하였다. 이 시스템은 클라우드 관리 서버를 통해 축사의 영업정보, 재고정보, 사육정보, 생산정보 및 원가정보를 저장하며, 인터넷에서 수집된 거래 정보를 분류 및 분석하여 적합한 거래 시기를 추천하는 방법을 제안하였다. 또한 가축의 질병 예찰을 위한 측정 단말기와 모니터링 모듈을 구현하고 수집된 데이터로 질병 예찰 알고리즘을 설계하였다[15].

3. 사료 잔량 측정 및 주문 관리 시스템 구현

본 연구에서는 다음의 방법과 프로세스를 통해

초음파 측정 장치를 설계 및 구현하였으며, 게이트웨이 장치 및 사료 주문관리시스템을 구현하였다.

3.1 초음파 측정 장치 설계 및 구현

현재 일반적으로 축산농가에서는 피드빈 내 사료의 잔량을 확인하는 방법으로 고무망치로 피드빈을 두드려 올리는 소리를 듣거나 피드빈에 부착된 투명한 투시창을 통해 육안으로 측정하고 있다. 본 연구의 초음파 측정 장치는 상부에 부착된 초음파 센서에서 피드빈 내의 사료가 빠져나가는 하부로 초음파를 발사하여 반사된 시간을 측정하고, 이를 센서와 남아있는 사료 간의 거리로 환산하는 방식이다. 측정된 데이터는 전력선 통신(PLC: Power Line Communication)을 통해 게이트웨이(Gateway)로 전송한다.

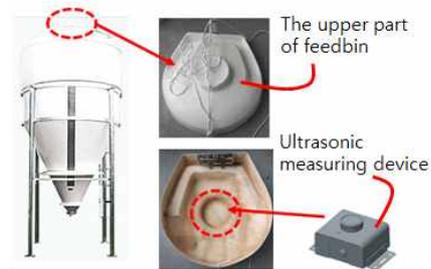


그림 1. 피드빈 상단에 측정 센서 부착
Fig. 1. Attaching a measuring sensor to the upper part of feedbin

그림 1은 축산농가에서 사용하는 피드빈 상단에 초음파 측정 장치를 부착한 모습이다. 피드빈은 상단 덮개에 해당되는 투입구를 통해 사료를 주입받고, 내부에 사료를 보관한다. 초음파 측정 장치는 덮개의 내측면에 설치되어 피드빈의 내부에서 사료 측정 장치와 사료 사이의 거리를 측정하고, 내부 사료 공간의 온도 및 습도를 측정할 수 있도록 구현되었다.

사료 잔량을 측정하기 전에 초음파 측정 장치의 센서는 피드빈 내부 상단에서 하단까지 거리를 측정한다. 이는 피드빈 크기가 용량에 따라 다르기 때문이다. 피드빈 크기를 측정하기 위해서는 피드빈 내에 사료가 없어야 정확한 측정을 할 수 있다.

초음파 측정 장치에 부착된 센서가 높이를 측정하고 얻어진 데이터 값은 게이트웨이에 전송된다. 그러나 이러한 번거로움을 해결하기 위해서 게이트웨이 장치에서 피드빈 크기를 관리자가 임의적으로 입력할 수 있는 인터페이스를 구현하였다. 즉 피드빈 내에 센서가 측정하지 않아도 피드빈 크기를 알 수 있다.

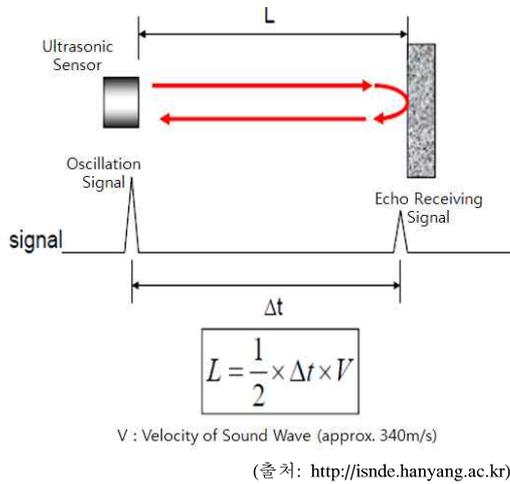


그림 2. 초음파 거리 측정 방식
Fig. 2. Measurement Methods of Ultrasonic Wave Velocity

피드빈 내에 사료 잔량을 측정하기 방법은 그림 2와 같은 수식으로 계산하여 데이터를 얻게 된다. 피드빈의 높이에서 센서와 사료의 표면 간의 거리를 차감하면, 사료의 잔량 높이가 계산된다. 피드빈에 부착된 센서는 거리 값만을 측정하여 게이트웨이에 전송하고 게이트웨이에서 사료의 측정값을 구하게 된다. 게이트웨이는 계산된 사료의 높이에 대한 사료의 잔량을 피드빈의 크기 규격 테이블을 참조한다. 사료의 잔량이 구해지면, 피드빈의 사료 소모량에 따라 사료의 부족 여부 및 남은 사료 공급일 수가 예측되며 예측을 기반으로 사료의 주문 처리가 자동으로 이루어진다.

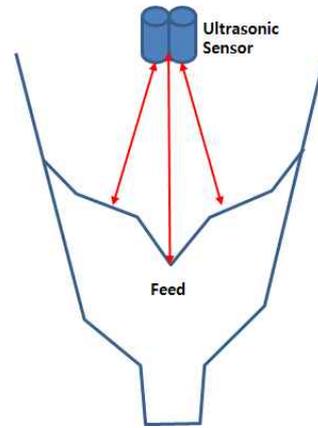


그림 3. 초음파 측정 장치의 센서 작동 방법
Fig. 3. Measurement Methods of Ultrasonic Measuring Device

그림 3은 초음파 측정 장치 앞부분에 설치된 초음파 센서를 통해 피드빈의 사료 잔량을 측정하는 방법을 나타낸 것이다. 센서는 피드빈 내부의 좌측과 우측 그리고 가운데를 포함한 총 3곳의 위치 거리를 측정하게 된다.

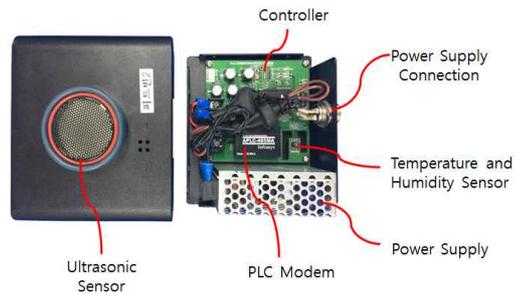


그림 4. 초음파 측정 장치 및 내부 구성도
Fig. 4. Ultrasonic Measuring Device and Internal Configuration

그림 4는 피드빈 상단에 부착하는 초음파 측정 장치를 구현한 내부 모습이다. 초음파 센서는 사료 잔량을 측정할 수 있으며, 또한 온/습도센서는 피드빈 내부 환경의 온도와 습도를 측정하여 이상 징후를 감지할 수 있다. PLC 모뎀은 전기를 공급하는 전력선을 이용해 사료 잔량 데이터와 온·습도 데이터를 전송하는 역할을 한다. PLC를 사용한 이

유는 축산 농가 대부분에 사료 자동 급이기가 설치되어있기 때문이다. 즉 전력선이 피드빈 하단까지 들어와 있으므로 간단하게 초음파 측정 장치에 전원 공급과 데이터를 전송할 수 있으므로 통신비 및 공사비용 부담이 줄어든다.

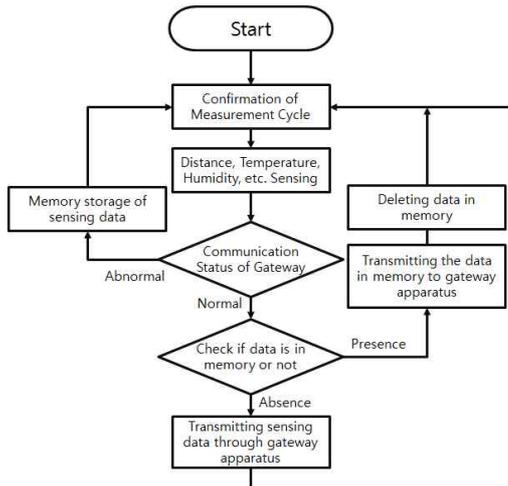


그림 5. 초음파 측정 장치의 기능 순서도
Fig. 5. Function Flow Diagram of ultrasonic measuring device

그림 5는 초음파 측정 장치의 기능을 설명한 순서도이다. 초음파 측정 센서 장치는 게이트웨이 장치에 의해 일정한 시간에 주기적으로 사료 잔량을 측정할 수도 있으며, 관리자에 의해 임의적으로 사료 잔량을 측정할 수 있도록 설계 되었다. 측정된 데이터를 게이트웨이로 송출하며, 통신이 불가능 상태인 경우 측정된 데이터를 EEPROM(electrically erasable programmable read-only memory) 메모리에 저장하고 통신이 재개되면 저장된 데이터를 게이트웨이로 전송한다. EEPROM 메모리는 전기 공급이 끊긴 상태에서 장기간 데이터를 기억할 수 있으므로 임시 데이터를 저장하는데 적합하다. 임시 데이터의 전송이 완료되면 EEPROM의 데이터를 삭제하고 측정된 데이터를 게이트웨이로 전송한다.



(a)High dust state (b)Dust state 6 months after operation

그림 6. 초음파 측정 장치의 이물질
Fig. 6. Foreign material on ultrasonic measuring device

그림 6은 초음파 측정 장치에 이물질이 발생한 경우를 실험해 보았다. (a)는 임의적으로 분진을 발생시켜 초음파 센서의 측정을 테스트 하였고 (b)는 6개월간 실제 축산 농가에 초음파 잔량 측정 장치를 설치하여 테스트 하였다. 분진이 발생하는 이유는 피드빈에 사료를 공급하는 과정에서 발생한다. 사료를 공급하는 과정이 반복 되면서 초음파 측정 장치 입구에 분진이 쌓이게 되므로 사료 잔량 측정 과정에 오류(error)가 발생 할 수 있다. 본 연구는 6개월간 축산 농가에 테스트 해 본 결과 (a)와 같이 다량의 분진이 발생하지 않았으며 (b)와 같이 소량의 이물질만 발생하여 사료 잔량을 측정하는데 문제가 없음을 확인하였다. 이는 피드빈 상단에 있는 덮개가 개방된 상태에서 사료가 공급되므로 다량의 분진을 회피할 수 있기 때문으로 판단된다.

3.2 게이트웨이 장치 설계 및 구현

게이트웨이는 축산 농가에 하나 또는 큰 규모의 농장인 경우 섹터(sector) 단위로 설치되어 초음파 측정 장치로부터 데이터를 수신하는 역할을 한다. 초음파 측정 장치에서 전송 받은 데이터를 기반으로 사료 잔량을 산출하고 온도 및 습도 정보를 변환하여 서버에 전송한다. 즉, 게이트웨이는 전송된 데이터를 전원 연결부를 통해 PLC 모뎀으로 수신한다. 또한 데이터는 게이트웨이에서 잔량 데이터로 변환되어 유선 인터넷을 통해 서버로 전송 된다. 농가에서는 게이트웨이의 LCD 화면으로 여러 정보를 모니터링 할 수 있는 UI(User Interface)를 구현하였다.

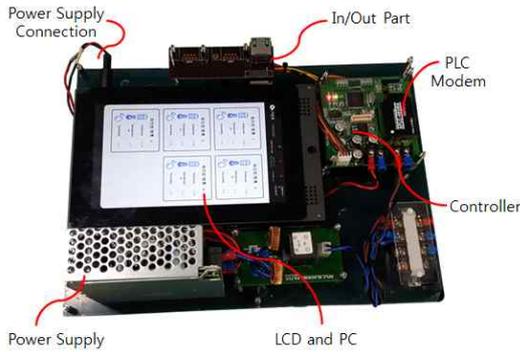


그림 7. 게이트웨이의 내부 구성도
Fig. 7. Internal Configuration of Gateway

그림 7은 초음파 측정 장치를 제어하고 전송된 데이터를 수집하여 발주 관리 시스템으로 피드빈의 정보를 전송하는 게이트웨이 장치의 내부 구성도이다. 게이트웨이는 서버와의 통신을 위한 RJ-45 규격의 유선 이더넷 통신포트와 외부 모니터로 데이터를 모니터링 할 수 있는 HDMI(High-Definition Multimedia Interface)를 지원하도록 설계되었다. 또한 펌웨어(Firmware)의 업데이트나 데이터의 백업을 위한 USB(Universal Serial Bus) 단자도 지원할 수 있도록 구현되었다.

초음파 측정 장치에서 전송된 데이터는 전력선을 통하여 게이트웨이 장치에 전달되는데 신호를 PLC 모뎀이 송신하여 게이트웨이 장치에 부착되어 있는 PC에 저장하게 된다. 이때 데이터는 전송된 초음파 측정 장치의 ID를 구분하여 피드빈 내부의 상태를 LCD 모니터에 보여주며, 미리 입력된 피드빈의 제원 데이터를 기반으로 잔량을 표시하게 된다.

그림 8은 게이트웨이 장치의 외부 구성도를 나타낸 것이다. 게이트웨이의 외부 케이스는 강화 플라스틱 소재를 사용하였으며 농가의 상황에 따라 벽면에도 설치가 가능하도록 설계 되었다. 게이트웨이는 마우스, 키보드 같은 입출력 장치의 연결 없이 제어할 수 있도록 안드로이드 OS 기반의 시스템과 터치 스크린(Touch Screen)을 제공할 수 있도록 구현되었다. LCD에 표시된 화면은 초음파 측정 장치가 피드빈으로부터 측정한 각각의 데이터를 수신 받아 보여주는 UI 화면이다. 상단에는

피드빈의 데이터 수신 상태를 보여주며, 하단에는 각 피드빈마다 최근에 수신된 데이터가 출력되며 잔량은 %로, 온도는 섭씨, 습도는 %의 수치로 치환하여 보여준다.

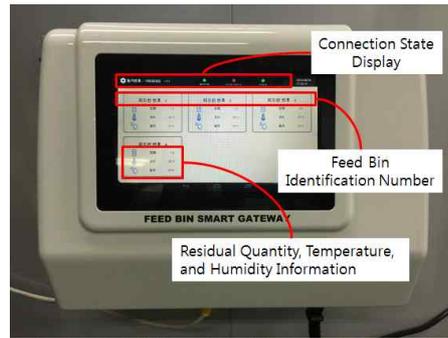


그림 8. 게이트웨이의 외부 구성도
Fig. 8. External Configuration of Gateway

그림 9는 게이트웨이 장치의 기능 순서도이다. 게이트웨이는 초음파 측정 장치로부터 전력선 통신을 이용하여 송신된 데이터를 수신한다. 수신된 데이터는 피드빈마다 설정되어 입력된 기본 제원 정보와 비교하여 높이를 측정, 사료의 잔량을 계산한다. 계산된 사료의 잔량과 함께 온도, 습도의 데이터를 수치화하게 되고 사료 발주 관리 시스템 서버로 전송한다. 최신 데이터는 게이트웨이 장치의 LCD 화면을 통하여 피드빈 별 모니터링 정보를 제공한다. 또한 게이트웨이 장치는 설정된 위험 수치에 데이터가 근접하는 경우 농가에 LCD 화면을 통해 경고 화면 및 모바일 APP을 통해 알림을 전송한다.

그림 10은 PLC 모뎀을 이용한 모니터링 시스템을 구성하는 방법을 나타낸 것이다. 농가에서 사용하고 있는 전력선을 이용하여 초음파 측정 장치에서 게이트웨이로 데이터 전송을 할 수 있게 설계되었다. 피드빈마다 부착되어 있는 초음파 측정 장치에서 PLC 모뎀을 거쳐 전력선을 통해 게이트웨이에 내장된 PLC 모뎀으로 측정 데이터 값이 전송이 되는데 이 때 발생할 수 있는 외부 네트워크의 간섭이나 불량 신호 발생을 방지하기 위해 블러킹 필터(Blocking Filter)를 장착할 수 있도록 설계 되었다.

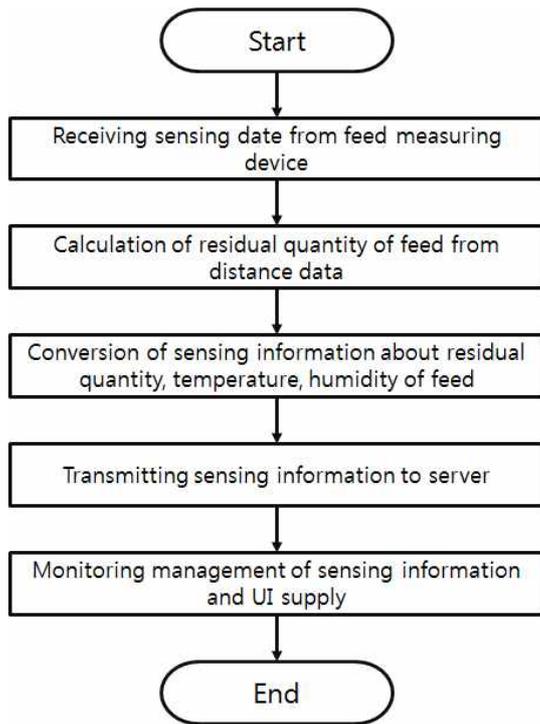


그림 9. 게이트웨이 기능 순서도
Fig. 9. Function Flow Diagram of Gateway

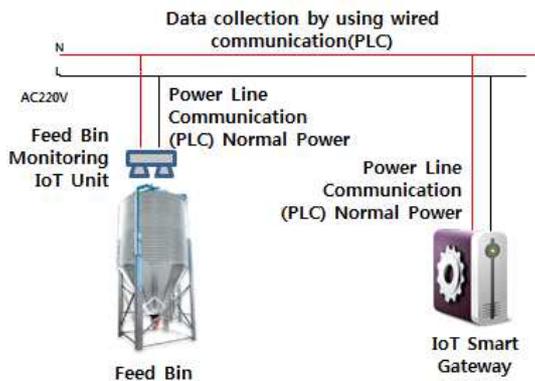


그림 10. PLC 통신을 이용한 모니터링 시스템 구성
Fig. 10. Monitoring system configuration through PLC communication

3.3 사료 주문 관리 시스템 구현

그림 11은 본 연구의 전체 시스템 구성도를 나타낸 것이다. ①에서 초음파 측정 장치로부터 측정된 데이터와 온도 및 습도 데이터가 전력선 통신 모델을 통해 연결된 게이트웨이 장치로 전송되고 ②는 게이트웨이 장치가 데이터를 변환하여 사료 발주 관리 시스템 서버로 송신한다. 서버는 게이트웨이에서 전송받은 데이터와 관리자에 의해 미리 설정되어 있는 재고량 기준과 비교하여 기준 이하일 경우 ③으로 축산 농가에 자동으로 주문 데이터를 전송하고 ④에서 농가 주인이 스마트기기를 통해 승인하는 경우 사료 회사로 주문이 접수된다. 주문이 접수되면 ⑤와 같이 사료의 발주 데이터를 사료회사에 전달하게 되고 ⑥의 사료회사에서는 주문 정보를 확인하고 배차 처리를 하게 된다. 배차 처리가 완료되면 배송 일정에 맞춰 출고를 하게 되고 출고된 사료가 농가에 입고 처리되면 주문에 대한 배송 완료 처리가 된다.

그림 12는 축산 농가 및 사료회사에서 사용할 수 있는 관리시스템을 나타낸 것이다. 고객인 농가는 서비스에 가입하여 취급 사료 제품에 맞게 주문을 하게 되며, 초음파 측정 장치 및 게이트웨이 장치에 대한 상태를 모니터링 하여 고장시 수리 요청 접수를 할 수 있다. 또한 배송 기사는 홈페이지를 통해 예정된 출고 지시 및 배송 완료 여부를 조회할 수 있다. 상기 언급된 기능들은 PC를 통한 홈페이지 화면에 접속하여 사용할 수 있으며 모바일 APP을 통하여도 사용 가능하다.

사료를 공급하는 제품 및 서비스 회원사는 취급하는 사료 제품에 대한 정보를 등록하고, 배송 차량에 대한 기본 정보를 등록하는 것으로 기초 정보를 관리하게 되며, 농가에서 주문된 건에 대한 발주서 접수, 배차 관리, 출고 처리 및 배송 확인을 할 수 있도록 구현되었다. 회원사는 일정관리를 통해 전체 배차 일정을 확인할 수 있다.

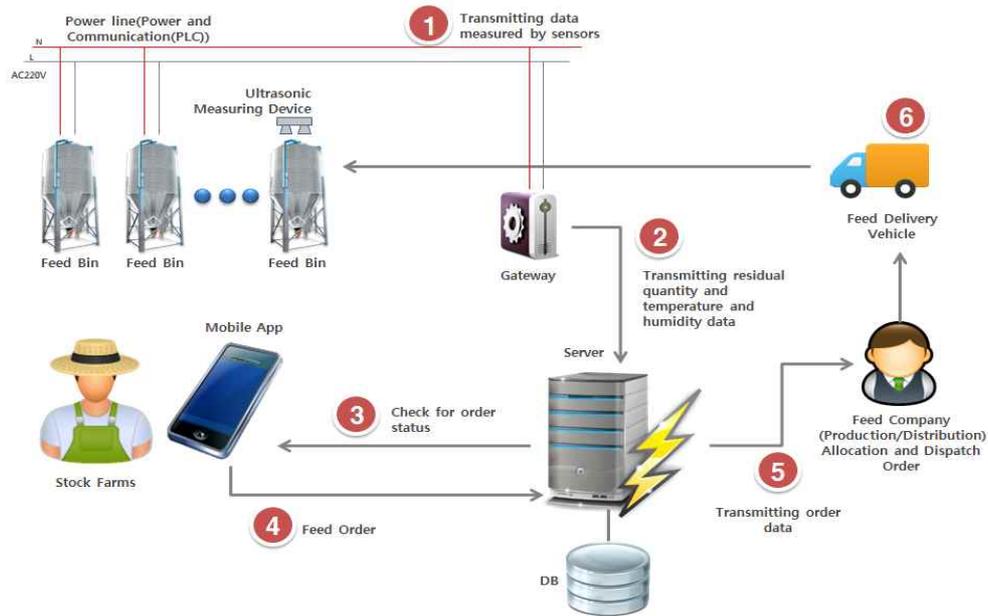


그림 11. 전체 시스템 구성도
Fig. 11. The Whole System Configuration



그림 12. 관리 시스템 구성도
Fig. 12. Management System Configuration

사료 발주 관리 시스템의 관리자 기능에는 시스템 기능 관리, 회원사 관리, 회원사의 서비스에 따른 사용료 정산 관리, 농가관리, 농가정산 관리, 발주 건에 대한 전체 관리 및 고객 지원 기능을 가진 서비스로 구성되었다. 사료 발주 관리 시스템은 총 24개의 테이블로 구성된 DB를 이용하여 관리하게 되는데, DB 테이블은 각각 사료 제품의 정보, 배송 차량의 정보, 회원사(사료회사) 정보, 농가(고객) 정보, 사료 재고 정보, 발주 정보, 초음파 측정 장치 정보, 배차 정보, 출고 지시 정보, 결산 정보, 결산 세부 내역 정보, 입금 내역 정보, 수금 관리 대장 정보, 고장 수리 민원 정보, 회원사 사용자 정보, 권한 등록 정보, 메뉴 관리 정보, 그룹별 사용자 정보, 시스템 환경 설정 정보, 게이트웨이 송수신 정보, 출장 일정관리 정보, 메시지 전송 로그, 서비스 이용 계약 정보, 서비스 요금 정산 정보로 구성된다.

3.4 시스템 적용 결과

구축된 시스템은 기능 구현에 대한 측정 결과를 실제 축산농가에 적용하였다. 그림 13은 피드빈에

서 전송된 데이터를 서버에서 수신하는 프로그램의 화면으로 우측에는 게이트웨이가 연결된 농가의 아이피를 표시하는 목록을 구현하였으며, 왼쪽에는 피드빈으로부터 수신된 데이터를 농가의 아이디, 피드빈의 번호, 기록 시간, 잔량의 높이, 온도, 습도, 피드빈 상태를 각각 표시할 수 있도록 구현되었다.

사료 잔량은 비율로 표시한다. 즉, 높이가 총 6m이고 비어있는 공간의 높이가 4.32m라면, 초음파 센서는 전체 높이에서 공간의 높이를 제외한 높이인 1.68m를 측정하여 송신한다. 송신된 값은 피드빈 별로 DB에 미리 입력된 전체 높이 대비 잔량 높이의 비율로 환산하는데 $1.68/6*100=28$ 로 28%의 잔량이 남아 있음을 알 수 있도록 구현되었다.

그림 14는 농가에서 피드빈의 잔량을 확인하는 화면으로 초음파 측정 장치가 설치된 피드빈 모양에 표시된 잔량 정보를 통해 직관적으로 상태를 파악할 수 있다. 또한 피드빈의 모양을 터치하면 잔량 및 온·습도 등의 상세한 상태도 확인이 가능하도록 구현되었다.

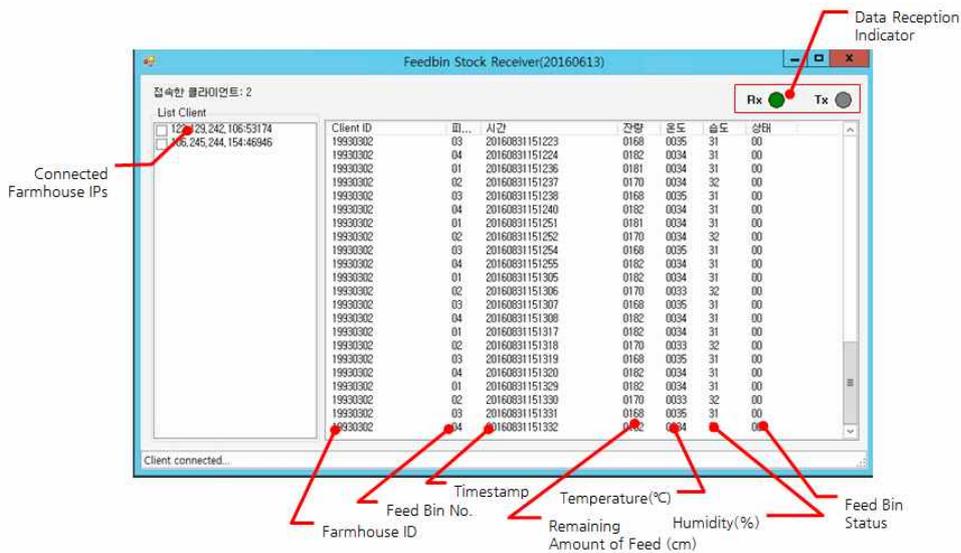


그림 13. 피드빈 재고 수신 프로그램
Fig. 13. FeedBin Stock Receiver Program

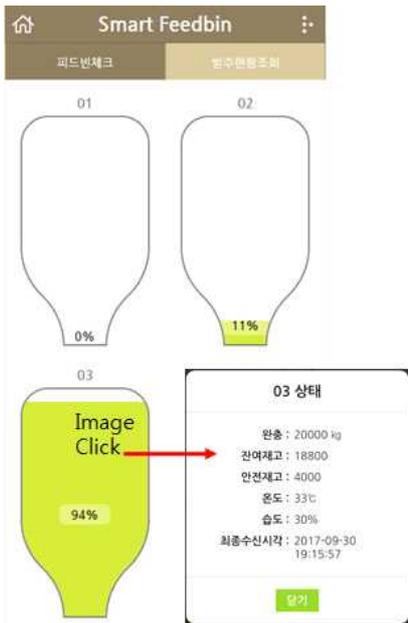


그림 14. 모바일 앱 화면 - 1
Fig. 14. Screenshot of Mobile App - 1

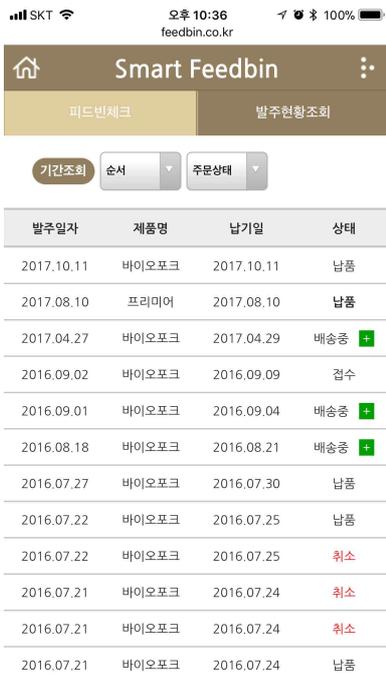


그림 15. 모바일 앱 화면 - 2
Fig. 15. Screenshot of Mobile App - 2

그림 15은 시스템을 통해 사료가 주문된 건에 대하여 모바일 APP을 통해 주문에 대한 처리 현황을 한눈에 파악할 수 있도록 UI를 제공한다. 또한 사료가 농가에 배송이 완료되면 배송 기사용 APP을 통해 배송완료가 처리되며, 농가에서는 배송 차량의 위치도 실시간 확인할 수 있다.

4. 결론

2016년에 조사된 통계청 자료에 의하면, 축산업에서 소의 경우 전체 생산비의 56%, 돼지 52.7%, 닭은 56.7%를 사료비가 차지한다. 사료산업은 축산업과 연관된 최대 기반산업인 동시에, 각종 축산물의 가격 경쟁력과 축산농가 소득에 절대적 영향을 미치는 산업이다[16]. 오래전부터 이어져온 사료업계의 복잡한 유통 경로는 사료비 상승의 큰 요인으로 작용하였다. 이러한 유통구조를 개선하여 효율적인 체제로 전환하고, 사료 회사마다 중복으로 운영되고 있는 각종 물류기지와 하부 대리점 등에 대한 공동 이용 방안을 통해 물류비용을 절감함으로써 합리적인 유통 구조를 구축해야 할 필요성이 지속적으로 제기되고 있다.

본 논문에서는 초음파 측정 장치가 피드빈 내부의 센싱 거리와 DB에 입력된 피드빈 내부의 거리를 계산하여 사료 잔량을 실시간으로 얻을 수 있었다. 또한 이러한 방법으로 여러 개의 피드빈의 잔량 데이터를 실시간 게이트웨이로 전송함으로써 농가 전체 피드빈의 사료 잔량을 파악 할 수 있었다.

본 논문에서는 축산 농가와 사료 공급자 간에 발생하는 절차를 간소화하고 자동화하기 위해 IoT 기술을 이용한 SCM 서비스망을 구축함으로써, 생산과 유통, 공급 비용을 절감하는 동시에 공급자와 소비자에게 모두 이익을 제공하고자 하였다. 구현된 시스템을 통해 기대되는 효과로는 첫째, 축산 농가에서 인력을 통해 행해지던 사료 및 피드빈 관리를 자동으로 처리할 수 있어 소모되는 시간과 인력을 절감할 수 있으며 둘째, 사료를 공급하는 유통 시스템의 구조를 단순하게 조정할 수 있어 사료

업체와 축산농가 모두 종래 복잡한 유통 구조에서 발생하는 비용을 추가로 부담하지 않아도 된다. 그리고 셋째, 장비의 구조가 단순하고 비용이 저렴하며 어떤 축사에도 쉽게 설치가 가능하여 활용성이 매우 높다.

구현된 장치는 현재 충남 홍성군에 위치한 연간 50,000두 이상의 축산물 생산 능력을 갖춘 양돈 농가에 게이트웨이 1기와 초음파 측정 장치 3기를 피드빈에 각각 설치하여 실제 축사 현장에서 시범적으로 운영하여 테스트와 모니터링을 지속적으로 유지하고 있으며 장치 테스트 결과를 토대로 시스템과 장치를 개선하여 추가 시범 농가를 확대하여 서비스 실용화를 진행하고 있다.

본 연구에서 개발된 시스템을 통해 농가에서 전통적으로 행해지고 있는 사료의 공급 사슬 체계를 개선하고 생산 원가 절감을 통해 이익을 기대할 수 있다. 또한 관리 편의적인 측면에서는 사료 관리 업무의 단순화로 농가 경영과 운영에 향상된 효과를 체감할 수 있을 것으로 기대된다.

향후 연구에서는 사료잔량 측정 장치를 좀 더 개선하고, 다양한 사료 공급 환경에 대한 정보를 수집하며, 데이터가 유선으로 전송되는 환경에서 무선으로 변경하여 복잡한 장비 가설 작업 없이 환경을 구축할 수 있는 연구가 필요하다. 또한 4차 산업 혁명에 부응하여 친환경 에너지 기술을 이용한 축산 스마트팜 모델 기반의 연구들이 지속적으로 수행될 필요가 있다.

REFERENCES

- [1] J. Y. Lee, S. H. Kim, S. B. Lee, H. J. Cho, J. J. Jung, "A Study on the Necessity and Construction Plan of the Internet of Things Platform for Smart Agriculture", *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol.17, No.11, pp.1313-1324, 2014.
- [2] S. I. Hwang, S. Y. Joo, J. M. Ju, "A Study of IoT platform for the smart farm factory," *Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences*, pp.520-521, 2016.
- [3] Y. B. Kim, J. K. Kim, D. O. Choi, "Development of Cattle Bio-Information Collection Terminal Based of IoT," *Journal of the Korea Entertainment Industry Association*, Vol.10, No.3, pp.319-327, 2016.
- [4] J. H. Kwon, "Hoengseong, "Livestock Smart Farm" strengthens competitiveness", *Kangwondominilbo*, 2017.
- [5] Hyundai Livestock News, "Promotion of Livestock Smart-Farm Technology development", 2017.
- [6] Republic of Korea, "Food storage tank for cattle shed", KR-Y1-20-0472177, 2014.
- [7] Dong Yang Silo Co., Ltd., "Feed Storage Tank", KR-B1-10-1632574, 2016.
- [8] J. K. Oh, "Feeding Tank", KR-B1-10-1547596, 2015.
- [9] D. H. Kwak, T. W. Kim, A. Kang, S. M. Park, M. S. Kim, K. J. Khi, J. N. Choi, S. I. Song, Y. S. Kwak, "Design of the Communication Protocol for a Stall Management System Based on IT," *Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol.9, No.7, pp.105-110, 2011.
- [10] J. H. Hwang, H. Yoe, "A Study on the Ubiquitous Livestock Farm Management System Based Wireless Sensor Networks Using Smart Phone", *Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences*, pp.91-92, 2011.
- [11] J. J. Park, B.C. Choi, "The IoT technology trend based on small and low power devices", *Korea Information Processing Society Review*, Vol.21, No.2, pp.39-47, 2014.
- [12] J. H. Kim, J. I. Lee, "Field Survey on Feed Marketing Situation", *Food distribution research*, pp.47-70, 2006.
- [13] K. B. Lee, D. H. Baek, D. H. Kim, "A

Study on the Effect of the IoT Technology on SCM”, *Journal of Information Technology Services*, pp.227-243, 2016.

[14] M. H. Lee, “Design of Heuristic Algorithm of Automatic Vehicle Delivery Support System”, *Journal of Digital Convergence*, Vol.11, No.3, pp.181-187, 2013.

[15] Y. B. Kim, D. O. Choi, “Design of Business Management System for Livestock Pens Based of IoT,” *Journal of the Korea Entertainment Industry Association*, Vol.8, No.1, pp.207-216, 2014.

[16] Statistics Korea, “Survey results of livestock production cost in 2016”, 2017, 13 26. Available at http://kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/2/7/7/in dex.board?bmode=download&bSeq=&aSeq=360832&ord=4 (Downloaded May 26, 2017).

저자약력

안 원 영(Wonyoung, An)

[정회원]



- 2000년 2월 : 선문대학교 정보통신대학원 (공학석사)
- 2006년 2월 : 호서대학교 경영대학원 (경영학석사)
- 2007년 2월 : 선문대학교 대학원 컴퓨터정보학과 (이학박사)
- 2016년 2월 : 단국대학교 대학원 경영학과 (경영학박사)
- 2004년~현재 : ㈜엠아이티소프트 대표이사

<관심분야>

Smart Farm, IoT, 빅데이터, Web 서비스, 융·복합서비스

장 윤 희(Yunhi, Chang)

[정회원]



- 1985년 2월 : 이화여자대학교 문학사
- 1994년 2월 : 서강대학교 경영정보시스템 전공 (경영학석사)
- 1997년 2월 : 서강대학교 경영정보시스템 전공 (경영학박사)
- 2001년~현재 : 단국대학교 경영학부 교수

<관심분야>

ISP, eBusiness 모델 수립, IS 인력관리, IS 프로젝트 변화관리, CSV 플랫폼