

## 농업환경정보 수집을 위한 아두이노 기반 멀티 센서 시스템 개발 및 적용 - 경기 여주시 소재 양돈농가를 사례로 -

한정헌 · 박종준\*

제주대학교 산학협력단 · \*제주대학교 관광개발학과

## Development and Application of Arduino Based Multi-sensors System for Agricultural Environmental Information Collection - A Case of Hog Farm in Yeosu, Gyeonggi -

Han, Jung-Heon · Park, Jong-Jun\*

Researcher, Industrial-Academy Cooperation Foundation, Jeju National University

\*Postdoctoral Research Fellow, Dept. of Tourism Development, Jeju National University

**ABSTRACT** : The agricultural environment is changing and becoming more advanced due to the influence of the 4th Industrial Revolution. From the basic plan of Rural Informatics to the current level of 2nd generation smart farms aimed at improving productivity using Big data, cloud network and more IoT technology. We are continuing to provide support and research and development. However, many problems remain to be solved in order to supply and settle smart farms in Korea. The purpose of this study is to provide a method of collecting and sharing data on farming environment and to help improve the income and productivity of farmers based on collected data. In the case of hog farm, the multiple sensors for environmental data like temperature, humidity and gases and the network environment for connecting the internet were established. The environment sensor was made using the ESP8266 Node MCU board as micro-controller, DHT22 sensor for temperature and humidity, and MQ series sensors for various gases in the hog pens. The network sensor was applied experimentally for one month and the environmental data of the hog farm was stored on a web database. This study is expected to raise the importance of collecting and managing the agricultural and environmental data, for the next generation farmers to understand the smart farm more easily and to try it by themselves.

**Key words** : Internet Of Things, Ubiquitous Sensor Network, Arduino, ESP8266

### 1. 서 론

국내 농업 환경은 식량 안보, 농업 경쟁력, 농업환경 변화 그리고 농업 인구의 고령화 및 감소이라는 4가지 큰 문제점을 직면하고 있다(서운정, 2016). 당면한 농업 환경과 함께 정보통신기술을 기반으로 한 4차 산업혁명의 영향으로 농업 환경은 더욱 급속도로 변화하고 있다. 이러한 시대 환경의 변화에 대응하기 위해 정부는 2000

년대 초반 농업·농촌 정보화 기본계획부터 원격 모니터링과 원격 제어를 통한 영농 활동의 편의성 향상을 위한 1세대 스마트 팜을 추진하였으며, 현재 빅 데이터 및 클라우드 서비스를 이용하여 생산성을 향상하는 2세대 스마트 팜에 이르기까지 지속적인 연구개발과 지원 사업을 추진해오고 있다.

그러나 이러한 정부 차원의 적극적인 지원에도 불구하고 국내 스마트 팜 보급 및 정착에는 아직 풀어야 할 과제가 많이 남아있다. 초기에 보급된 스마트 팜은 다수가 해외에서 수입된 고가의 제품으로 운영·관리를 위한 지식과 노하우의 부족, 장비에 문제가 발생했을 때 사후 처리

Corresponding author : Park, Jong-Jun  
Tel : 064-754-3170  
E-mail : proj2505@nate.com

의 지연과 추가 비용에 대한 부담이 컸다(김관중과 허재두, 2015). 이후 국내에서도 스마트 팜에 대한 연구 개발을 진행하고 있으나 대형 통신사를 중심으로 스마트 팜의 개발에 초점이 맞춰져 있어 기존 농업시설에서 활용할 수 있는 기술 개발과 보급은 상대적으로 소외되어 있다.

본 연구는 기존의 농업 시설에 저렴한 비용과 간단한 방법으로 영농인 스스로 스마트 팜을 구축할 수 있도록 지원하는데 목적이 있다. 이를 위해 아두이노(arduino)와 같은 저가의 보급형 마이크로컨트롤러를 활용하여 자체적인 농업환경 데이터 수집·공유 할 수 있는 방법을 제시하고 향후 수집된 데이터를 기반으로 농업 생산과 관리의 효율을 제고하여 궁극적으로 농업 생산성 향상과 농가 소득 증대에 기여하고자 한다.

## II. 연구 및 기술동향

### 1. 농업환경정보

농업환경정보를 포함하여 환경 정보를 수집을 위한 센서 네트워크 활용 연구는 지속적으로 시도되었다. 국내의 경우 농림축산식품부와 농촌진흥청 등 정부 주도로 농업의 생산·유통·소비 분야에 적용할 수 있는 ICT 융합 기술 개발을 위한 연구개발 사업을 진행하고 있다(이지웅 등 2014; 서윤정, 2016).

농업환경정보와 관련한 연구는 USN(ubiquitous sensor network)을 기초로 한 모니터링 시스템과 통합 관리 시스템 개발에 관한 연구가 다수 수행되었으며, 최근에는 오픈 소스(open source) 소프트웨어 및 하드웨어를 활용하거나 클라우드 컴퓨팅과 같은 저비용 모니터링 센서 네트워크 시스템을 활용한 환경정보 수집 기법들이 연구되고 있다. 2000년대 초반 원격으로 온실의 생육환경을 감시하는 시스템을 개발한 연구(류관희, 2001) 이후 센서 네트워크를 이용하여 농업환경정보를 수집 및 관리하는 다수의 연구가 진행되어다. 축산 분야에서는 (박창홍 등, 2009)이 지도를 기반으로 양돈 산업의 실시간 환경 데이터를 시각화하는 시스템 구조와 알고리즘을 설계하였으나 실제로 시스템을 구현했는지 여부는 확인할 수 없다.

다양한 환경 센서를 결합한 통합 센서를 이용하여 농업 환경을 모니터링 하는 연구(이은진 등, 2010)는 스마트 팜의 가장 일반적인 모형을 제시하였으며, 이후 도시를 대상으로 USN 환경 센서와 CCTV로 구성된 도시 통합관리 시스템(황정환 등, 2010), 클라우드 기반 스마트 팜(이세용, 2016), 아두이노와 센서를 활용한 실시간 가축분뇨 모니터링 시스템(이준형 외, 2016), 아두이노를

이용하여 생육 환경을 모니터링하고 이를 제어하는 IoT(Internet of Things) 플랫폼(연인원과 이원철, 2016) 등의 적용 대상이 확대되고 최신 기술을 접목하는 연구들이 진행되었다.

이러한 연구의 결과들은 주로 기업체를 통해 스마트 팜으로 개발되고 보급될 수 있으나, 중소 규모 농가 비중이 높은 국내 농업에서는 스마트 팜 도입에 따른 비용 부담과 운영·유지에서의 한계가 있다(이세용, 2016). 따라서 사용자가 직접 개발하여 운영할 수 있는 수준이면서 적은 비용으로 기존 농업시설에 적용할 수 있는 스마트 팜에 관한 연구와 개발이 필요하다.

### 2. 아두이노

아두이노는 사용하기 편한 하드웨어와 소프트웨어에 기반한 오픈 소스 전자 플랫폼이다(www.arduino.cc). 일반적으로 아두이노는 하드웨어인 마이크로 컨트롤러 보드로 인식되지만 소프트웨어와 개발 환경 등을 모두 포함하는 개념이다.

아두이노는 2005년 이탈리아의 Massimo Banzi가 하드웨어에 익숙하지 않는 학생들이 자신의 작품을 제어할 수 있는 오픈 소스 하드웨어로 고안하여, 회로도나 관련 소프트웨어를 무료로 공개하고 저작권 없이 누구나 아두이노 복제품을 제작하고 사용할 수 있도록 하였다.현재 아두이노는 다양한 대화형 작품을 구현하는데 사용되고 있으며, 최근 4차 산업혁명으로 대두된 사물인터넷을 구현하는 핵심적인 부품이자 기술로서 널리 활용되면서 아두이노가 특정 브랜드가 아닌 오픈 하드웨어를 통칭하는 용어로 사용되고 있다.

국내에서 아두이노는 2010년부터 예술과 패션 등의 작품에서 활용되기 시작했으며, 최근에는 다양한 센서 및 액추에이터, 개발 소스 및 활용 사례 등의 보급으로 로봇 제어, 스마트 팜, 스마트 팩토리, 스마트 시티 등 다양한 분야에서 활용되고 있다.

해외 농업 분야에서는 최근 아두이노를 활용한 스마트 팜 개발과 연구를 활발히 진행하고 있으나(Culibrina & Dadios, 2015; Jindarat & Wuttidittachotti, 2015; Mahale & Sonavane, 2016; Memon et al, 2016; Caria et al., 2017), 국내 농업 분야에서의 아두이노 활용 연구는 류대현(2013), 이준형 등(2016)의 연구 정도이다. 반면 농업 종사자가 직접 자신의 농장에 스마트 팜을 적용하거나 관련학과 학생들의 과제 및 졸업 작품으로 아두이노를 활용한 스마트 팜 개발을 시도하고 있다.

아두이노는 구성과 형태, 기능 등에 따라 다양하게 구분할 수 있는데, 최근 아두이노가 사물 인터넷을 구현하

기 위한 수단으로 주로 사용됨에 따라 RF, Bluetooth, WiFi, Zigbee, LoRa와 같은 통신 기능을 탑재한 제품이 생산되고 있다.

ESP8266은 중국 Espressif Systems에서 생산하는 WiFi 통신이 가능한 저비용의 프로세스 칩으로(공동환, 2017). 독자적으로 사용은 물론 아두이노와 같은 다른 보드와 호환이 가능하다는 장점이 있다(정창식, 2019). Node MCU ESP8266 WiFi 개발 보드는 WiFi 통신이 가능한 ESP8266 칩을 탑재한 마이크로 컨트롤러로 범용 입출력 (GPIO), 펄스 폭 변조(PWM), 아날로그-디지털 변환 (ADC), 1-Wire 및 I2C 등의 통신 기능이 보드에 하나로 통합되어 있어 쉽게 개발할 수 있고 저렴한 가격에 구매할 수 있기 때문에 저비용의 사물 인터넷 어플리케이션을 개발하는 데 적합하다.

### III. 연구대상

#### 1. 연구 대상지

본 연구는 경기도 여주시 점동면에 위치한 양돈 농가를 대상으로 하고 있다. 여주 지역은 광주산맥과 차령산맥 사이의 평야지대로 남한강이 관통하고 있는 수도권 근교의 농업지역이다. 2016년을 기준으로 여주시의 농가 수는 7,481가구(15.6%)이며, 농업 인구는 20,003명(17.5%)이다. 이중 축산 농가는 1,626 가구이나 지속적으로 농업 인구는 감소하고 있다(여주시, 2017).

농업 분야 중 축산(양돈) 환경을 대상으로 진행하였다. 국내 양돈업은 규모화가 빠르게 진행되고 있지만 2017년 말을 기준으로 중·소규모의 농가가 전체의 60% 차지하고 있으며(통계청, 2018), 다른 사육 품종에 비하여 사육으로 인한 주변 환경에 미치는 영향이 크기 때문이다. 중·소규모의 양돈 농가의 경우 규모화에 대한 경제적,

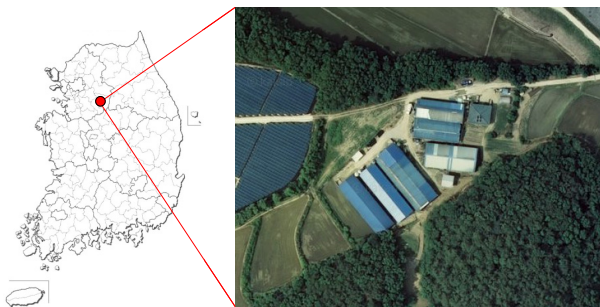


Figure 1. Location of the study site: Jeomdong, Yeosu, Gyeonggi, South Korea

환경적 여유가 부족하기 때문에 저비용의 스마트 팜 시스템의 보급과 사육 환경 모니터링과 통제를 시험하기에 적합하다.

#### 2. 농장 구조 및 현황

여주시 소재의 양돈 농장은 전체 사육 규모 900두의 규모로 2개 동을 운영 하고 있으며, 아날로그 방식의 급이 컨트롤러와 양압 환기 방식의 원치 돈사와 유창 돈사를 운영 중이다.

대상 농장은 2000년대 초반까지 일괄 농장으로 운영되던 시설을 2015년 매입하여 비육사로 리모델링하여, 비육돈 위주의 위탁장으로 운영하고 있다. 2015년 이후 2018년 상반기까지 1등급 이상 품질이 약 80%로 유지되어 왔으나, 환절기 호흡기 질환으로 인한 품질 저하 및 폐사의 문제가 대두되고 있으며, 사육 환경을 제어할 수 있는 시설 및 장치가 부족한 실정이다.

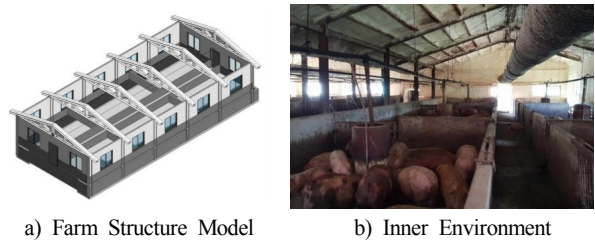


Figure 2. Farm structure model and inner environment

또한 농장 운영과 사육에 관한 자료가 있으나 전산화가 필요하며, 향후 사육 환경 통제를 위한 자동 제어 시스템의 도입을 고려하고 있다. 그러나 소규모 농가로 자금 조달 및 운영에 어려움이 있어 현실적 투자가 가능한 부분에 대한 우선순위를 상정하고 있어 환경정보 수집과 통제에 대한 투자는 지연되고 있다.

국내 중·소규모 축산 환경은 대상 농장과 유사한 상황에 직면해있다고 판단되며, 본 연구에서의 시험 적용을 통해 향후 일반 축산 농가에서의 비용효율적인 축사 모니터링 시스템을 구축할 수 있을 것으로 기대한다.

### IV. 개발 및 적용

#### 1. 설계

멀티 센서 시스템은 크게 센서 영역, 저장 영역, 사용 영역으로 구분된다. 센서 영역은 온도, 습도, 공기질 등

의 농업 환경을 탐지하여 이를 전기적 신호로 변형하여 센서로부터 전달하면 마이크로 컨트롤러가 신호 값을 연산하여 그 결과를 와이어리스 무선통신을 통해 인터넷으로 전송한다. 저장 영역은 인터넷을 통해 전송된 농업환경 정보를 수신하여 인터넷 서버에 탑재된 데이터베이스에 저장한다. 사용 영역은 사용자가 인터넷에 접속하여 웹 DB에 저장된 정보를 확인하거나 이들 정보를 토대로 농장에 설치된 액추에이터를 통해 농업 환경을 제어하는 영역이다(Figure 3).

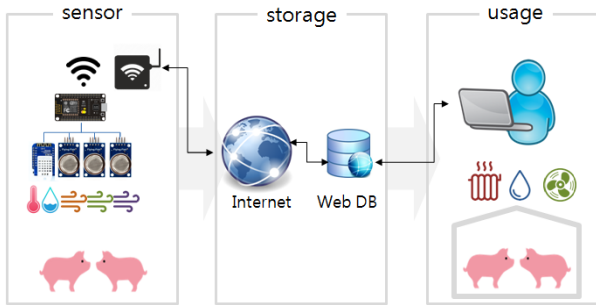


Figure 3. Design of the system domain

이러한 설계는 이은진 등(2010)의 연구에서 제시한 다양한 농업환경정보를 인터넷을 통해 저장하고, 사용하는 구조와 절차를 따르고 있다. 다만, 최근 대두되고 있는 사물 인터넷과 관련한 다양하고 저렴한 센서 모듈과 마이크로 컨트롤러, 액추에이터 등을 적용하였다. 또한 축사의 극한 환경에서 안정적이고 지속적인 정보 수집이 가능하며, 가정용 인터넷 통신망과 무료 웹 호스팅 등을 활용하여 극히 저렴한 비용으로 비교적 정확한 환경정보를 수집할 수 있는 시스템이다.

센서 영역은 WiFi 통신이 가능한 ESP8266이 탑재된

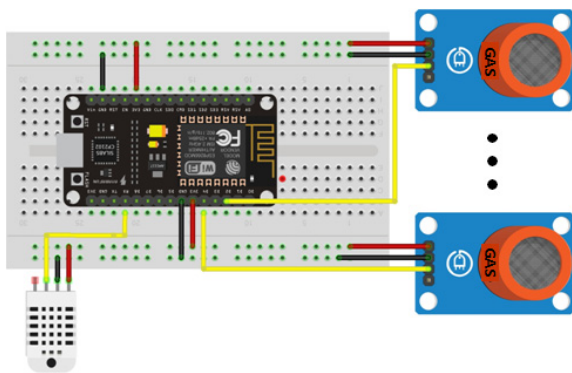


Figure 4. Hardware design of sensor module

아두이노와 다양한 환경정보를 측정할 수 있는 센서로 구성된다. 본 연구에서 사용한 센서는 가장 기본적인 환경 정보인 온도와 습도, 축사에서 발생할 수 있는 가스를 측정할 수 있도록 3개의 가스 모듈로 구성하였다. 센서는 조도, 소음, 진동, 기압, 동작 등 측정하려는 환경 정보에 따라 해당 센서를 추가하여 구성할 수 있다.

## 2. 개발

멀티 센서 개발을 위해 사용한 재료로 마이크로 컨트롤러는 ESP8266 CH340 WiFi Node MCU를 사용하였으며, 온습도 센서는 DHT22, 가스 센서로 MQ-2, MQ-4, MQ-7을 사용하였다. 무선통신이 가능한 마이크로 컨트롤러는 WiFi를 포함하여 Bluetooth, NRF24L01, LoRa 등 다양한 방식을 선택할 수 있다. 통신 방법의 선택은 통신 거리, 외부 통신망 연결 환경, 사용 비용 등 전반적인 통신 환경에 따라 결정한다. 본 연구에서는 농가와 축사의 거리가 가깝기 때문에 농가에서 사용하고 있는 WiFi가 축사까지 도달하기 때문에 WiFi를 사용하였다.

온습도 센서는 DHT11과 DHT22, AM2301과 AM2302, DS18B20 등이 있으나 DHT11과 DHT22가 가장 많이 사용되고 있다. 본 연구에서 사용한 DHT22는 온도와 습도를 동시에 측정할 수 있는 센서로 온도는  $-40\sim 80^{\circ}\text{C}$  범위에서  $\pm 0.5\%$ 의 오차를 가지며, 습도는  $0\sim 100\%$  범위에서  $\pm 2\sim 5\%$ 의 오차를 가진다.

가스 센서는 MQ 계열의 센서로 MQ-2 ~ MQ-9가 일반적으로 사용되고 있으며, 센서의 종류에 따라 측정할 수 있는 가스의 종류가 다르다. 본 연구에서 사용된 가스 센서는 MQ-2, MQ-4, MQ-7으로 MQ-2는 메탄, 부탄, LPG, 연기, MQ-4는 메탄, 압축천연가스, MQ-7는 일산화탄소를 측정할 수 있다(Table 2).

웹 호스팅은 무료로 사용할 수 있는 000webhost를 이용하였으며, 데이터베이스는 웹 호스팅 서버에서 제공하는 MySQL을 통해 구축하였다. 서버는 수신된 정보를 PHP로 작성된 문서의 SQL문을 통해 MySQL DB에 저장한다. 데이터베이스는 환경 정보 필드와 마이크로 컨트롤러 모듈의 고유번호, 저장 시간 등의 필드로 구성하였다.

MySQL에 저장된 정보는 PHP 언어로 구현된 웹 페이지를 통해 사용자가 확인할 수 있다. 입력되는 환경정보값으로 사용자가 축사 관리를 위한 결정을 할 수 있으며, 또는 환경 조건에 따라 액추에이터가 일정한 동작을 하도록 프로그램을 설정할 수 있다.

Table 2. Hardware components

Domain	Module	Description	Manufacture
Controller	ESP8266	WiFi Node MCU	Ai-thinker/China
Sensor	DHT22	Temperature, Humidity	Ardufruit/US
	MQ-2	Methane, Butane, LPG, smoke.	Winsen/China
	MQ-4	Methane, CNG Gas	Winsen/China
	MQ-7	Carbon Monoxide	Winsen/China

### 3. 적용

멀티 센서 모듈로 측정된 환경정보는 아두이노에서 전기 신호를 디지털 값으로 변환되어 WiFi 라우터를 통해 인터넷으로 전송된다. 전송된 환경정보 자료는 무료 웹 호스팅 서버에 탑재된 MySQL DB에 저장된다.

조립된 멀티 센서 모듈은 축사까지 연장한 WiFi 라우터와 함께 플라스틱 보관함에 넣었다. 농가에 설치된 WiFi 라우터로 축사의 멀티 센서가 연결된 아두이노와 연결이 가능하지만 실험 초기에 안정적인 결과값을 얻기 위해 농가에 설치된 인터넷 라우터에서 CAT.5 LAN선을 축사까지 연결하여 WiFi 라우터를 추가로 설치하였다. WiFi 라우터는 돈사의 극한 환경으로 인한 고장을 최소화하기 위해 플라스틱 보관함에 설치하였다.

돈사 시설의 내부 환경은 건축 시설에서부터 환기, 입기, 사육 두수, 외부 기상조건에 따라 영향을 받는다. 이러한 요인들은 사육환경에 다양한 영향을 미치게 되는데 특히 온도와 습도의 변화는 돼지에게 직접적 영향을 주는 요인 중에 하나이다. 대상 농가의 경우 아날로그 방식의 온도 계측만 가능한 상황으로 온도와 습도의 모니터링과 상시 온습도 데이터의 수집이 필요하였다. 이에 농장 내부의 환경 모니터링의 기본적인 데이터를 수집하

기 위하여 멀티 센서 모듈을 설치하였다.

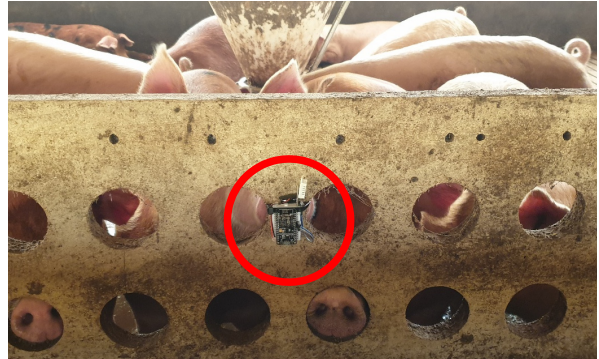


Figure 6. Set-up multi-sensor in hog farm

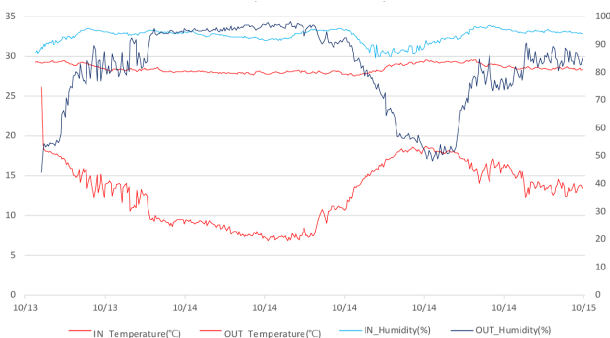
양돈 시설에서 일정 주기별로 수집된 환경정보는 웹 DB에 저장되며, 웹 페이지를 통해 시설의 온습도 정보를 확인하였다. 대상 양돈 시설의 10월 한 달간의 온습도 데이터를 수집하였다(Figure 7).

시설 내부의 온도와 습도는 일정하게 유지되는 반면, 돈사 외부의 온도와 습도는 서로 반비례하며, 돈사 내부와 비교하여 일교차가 나타났다. 돈사 외부의 온도가 약 15°C의 변화에도 돈사 내부에는 5°C 이내의 변화를 보여 돈사의 단열 기능이 유지되고 있다는 것을 확인할 수 있다.

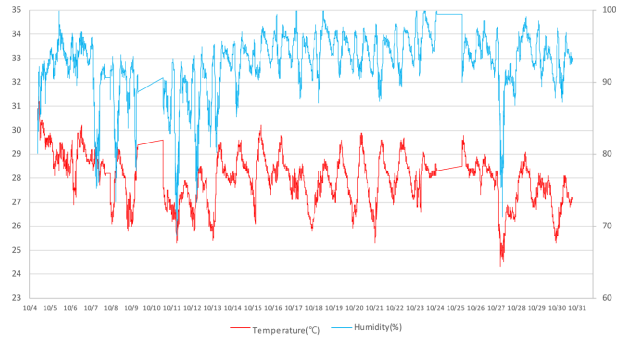
2018년 10월 1달 동안의 시설 내부의 온도와 습도는 약 5°C와 10%의 범위 안에서 시간에 따라 상승과 하락이 반복되는 변화 패턴을 보였다. 다만 일부 비정상적인 값은 온습도 센서가 일시적으로 오작동한 것으로 판단된다.

## V. 결론

본 연구는 농업환경정보를 수집하기 위해 다양한 센



a) Comparison between inside and outside value



b) Inside temperature and humidity data on Oct. 2018

Figure 7. Output of multi-sensor agricultural environmental information system

서와 WiFi 무선 통신이 가능한 ESP8266 WiFi Node MCU를 이용하여 멀티 센서 모듈을 제작 및 설치하였고, 이를 통해 수집된 정보는 인터넷을 통해 웹 DB에 저장하여 사용자가 웹 페이지를 통해 확인 및 공유할 수 있도록 하였다. 대상지인 양돈 농장의 경우 농가에서 사용하는 인터넷 라우터에서 유선을 축사까지 확장하여 네트워크 환경 보안을 하였으며, 축사 내부의 온도, 습도, 가스 등의 환경정보를 수집하였다.

농업환경정보를 실시간으로 수집, 분석하여 농업 시설 및 환경 조성에 필요한 기초적인 정보와 생산 효율성을 향상하는 기준을 마련하는 기반을 다졌다. 향후 농가의 인력, 장비와 시설, 시간과 에너지 투입 등에 대한 결정을 할 수 있는 정보와 생산 등급 및 기간, 출하 시기, 매출액 등 경영 관련 자료를 연계하고 통합하는 시스템이 필요할 것으로 보인다.

본 연구에서는 다양한 농업 환경 정보 중에서 온도, 습도, 공기질의 영향을 고려하여 개발하였으나 가스의 측정의 경우 측정 결과 값의 신뢰성과 타당성에 대한 검증에 제한이 있었다. 향후 연구에서는 냄새, 미세먼지, 수질, 활동량 등 다양한 환경정보를 추가적으로 수집하고, 액추에이터를 통해 급이, 급수, 환기 등을 제어할 수 있도록 한다. 이를 위해서는 농업환경 정보와 생산등급 및 매출액 등의 분석을 통해 최적의 조건을 설정할 수 있는 연구가 필요하다.

스마트 팜과 같이 농업환경 및 체질 개선을 위한 국가의 지원 사업과 연구 개발이 이루어짐에도 불구하고 여전히 중·소규모의 농가에 적용할 수 있는 사업과 연구 개발은 충분하지 않다. 특히 스마트 팜의 도입 사례를 보면 센서를 통한 정보 수집부터 생산 및 관리에 이르는 전 과정을 포함하는 고가의 시스템을 소개하는 경우가 많아 초기 투자비용이 부담되는 영세 농가에서는 엄두를 내지 못하는 경우가 많다.

이 연구에서 사용한 센서와 아두이노 등을 모두 포함하여 1만원 전후로 구매할 수 있으며, 웹 DB는 무료 호스팅을 이용하였기 때문에 저렴한 비용으로 누구나 만들 수 있는 시스템이다. 현재 스마트 팜 참여기업으로 등록되어 있는 업체들을 대상으로 조사 본 연구에서 실험적으로 구축한 시스템의 도입 비용으로 약 150,000~600,000원이 소요되며, 농장에 설치된 장치들을 제어하는 컨트롤러까지 추가한다면 최소 4천만 원부터 3억 원에 이르기까지 다양하게 요구하였다. 반면 아두이노는 오픈 소스 하드웨어이면서 소프트웨어이기 때문에 누구나 쉽게 자신의 대화형 작품을 만들 수 있으며, 특히 스마트 팜을 만들고 싶지만 비용이 부담되는 중·소규모의 농가에 유용할 것으로 기대한다.

지금까지 정부는 농가가 새로운 시스템이나 장비의 도입하여 생산성과 삶의 질을 높이는데 많은 지원을 해왔다. 그럼에도 불구하고 도입 이후에 고장이나 사용 방법의 어려움 등으로 인해 방치되어오곤 했다. 이는 지원 후, 관련 기관과 기업이 사후 관리와 유지 보수에 대해 무관심하거나 적절하게 대응하지 않았으며, 지원을 받은 농가에서도 지원 장비와 시스템 등에 대한 기본적인 지식 습득과 이해를 등한시켰기 때문이라고 보인다. 따라서 농민 스스로가 자신의 영농 조건과 필요에 따라 새로운 영농 지식의 습득과 적용을 통해 자신의 농업 시스템을 개선하고 삶의 질을 향상하는 노력을 해야 한다.

이 성과는 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2018R1C1B6003374).

## References

1. Caria, M., Schudrowitz, J. Jukan, A. and Kemper, N., 2017. Smart Farm Computing Systems for Animal Welfare Monitoring. 2017 40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO): 152-157. DOI: 10.23919/MIPRO.2017.7973408.
2. Culibrina, F.B. and Dadios, E.P., 2015. Smart farm using wireless sensor network for data acquisition and power control distribution. International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management(HNICEM). Cebu City, Philippines. DOI: 10.1109/HNICEM.2015.7393215.
3. Jindarat, S. and Wuttidittachotti, P., 2015. Smart Farm Monitoring Using Raspberry Pi and Arduino, 2015 International Conference on Computer, Communications, and Control Technology (I4CT): 284-288. DOI: 10.1109/I4CT.2015.7219582.
4. Mahale, R.B and Sonavane, S.S., 2016. Smart Poultry Farm: An Integrated Solution Using WSN and GPRS Based Network. International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET), 5(6): 1984-1988.

5. Memon, M. H., Kumar, W., Memon A., Chowdhry, B.S., Aamir, M. and Kumar. P., 2016. Internet of Things (IoT) Enabled Smart Animal Farm. 2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom): 2067-2072.
  6. Gong, D, H., 2017. A Study on Open Source Hardware Performanc for IoT Devices. ph.D. thesis, Hansei University, Gunpo, Republic of Korea
  7. Jung, C, S., 2019. A Study on the Application of IoT using LoRa. Master's theis, Hansei University, Gunpo, Republic of Korea
  8. Kim, G, J. and Huh, J. D., 2015. Trends and Prospects of Smart Farm Technology. Electronics and Telecommunications Trends: 30(5):
  9. Kim, S., Lee, S., Lee, G. and Im, K., 2014. An Intelligent Ventilation System in an Enclosed Nursery Pig House. Proceeding of the Korean Society of Computer Information Conference 22(2). 429-430.
  10. Kim, Y., Park, J. and Park, Y., 2016. Analysis of Smart Farm Status and Success Factors. Korea Rural Economic Institute 2016.6 M141.
  11. Korea Statistics, 2018. Available at: <http://www.kostat.go.kr>.
  12. Lee, E., Lee, K., Kim, H. and Kang, B., 2010. Development of Agriculture Environment Monitoring System Using Integrated Sensor Module. Journal of the Korea Contents Association. 10(2): 63-71.
  13. Lee, J., Hwang, J. and Yeo, H., 2014. Agriculture ICT Convergence Technology Trend and Direction of Development. The Journal of the Korean Institute of Communication Sciences, 31(5): 54-60.
  14. Lee, J. H., Hong, Y. S., Kang, T. W., Lee, M. K., Lim, S. C., Oh, S. M. and Park, S. H., 2016. Smart Farm System Based on Arduino Sensor. Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference 22(2): 461-462
  15. Lee, S., 2016. Cloud-based Smart Farm Technology. The Journal of the Korean Institute of Communication Sciences. 34(1): 51-57.
  16. Park, C., Ko, M., Kim, D. and Bae, J., 2009. Real-time Monitoring Application of Pig farm Environment Based on Map. Proceeding of Korea Academy Industrial Cooperation Society Conference. 2009. 5: 813-816.
  17. Park, H. Jeong, S. and Yeo, H., 2013. A Study on the Pig breeding management system based MVC framework. Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences, 2013.11: 157-158.
  18. Rye, D. H., 2013. A Development of Urban Farm Management System based on USN. The Journal of the Korea institute of electronic communication sciences, 8(12): 1917-1922.
  19. Ryu, K. H., 2001. Development of a Remote Environment Monitoring System for State of the Art Greenhouse. Annual Report of Research in Agriculture and Life Sciences, 5: 77-81.
  20. Seo. Y. J., 2016. Current Status and Future Tasks of Korean Smart Agriculture. World Agriculture, 185: 1-21.
  21. Yeon, I. and Lee, W., 2016. An IoT Platform Technique for Monitoring and Controlling the Growth Environment of a Smart Farm. Proceedings of Symposium of the Korea Institute Of Communications and Information Sciences: 995-996.
  22. Yun, D. Y., Song, J. and Lee, S. M., 2014. Studying for Agriculture Informationization using Big Data. Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference, 22(2): 461-462.
  23. Yeosu-si, [Website]. (2019. Jan 2). <http://www.yeosu.go.kr/cms/content/view/527>
  24. mushn.modoo[Website]. (2018. Nov 21). <https://goob.blog.me/221424147234>
  25. Happybug[Website]. (2018. Nov 26). <https://ukj5647.blog.me/221409687014>
  26. Arduino[Website]. (2018. Dec 28). <https://https://www.arduino.cc>
  27. Smartfarmkorea[website]. (2019 Jan 13). <https://www.smartfarmkorea.net/company/list.do>.
  28. Korea Statistics, 2018. Available at: <http://www.kostat.go.kr>.
- 
- Received 14 January 2019
  - First Revised 12 February 2019
  - Finally Revised 17 March 2019
  - Accepted 18 March 2019