

토양 성분 측정 센서 구성 및 UI 구현에 관한 연구

박예은*, 정진형**, 조재현***, 장영윤****, 이상식***†

Research on soil composition measurement sensor configuration and UI implementation

Ye Eun Park*, Jin Hyoung Jeong**, Jae Hyun Jo***, Young Yoon Chang****,

Sang Sik Lee***

요약 최근 농업 방식이 경험 기반의 농업에서 데이터 기반의 농업으로 변화하고 있다. 4차 산업혁명으로 인한 농업 생산의 변화는 크게 세 가지 영역으로 전개되고 있으며, 스마트 센싱과 모니터링 영역, 스마트 분석 및 기획 영역, 스마트 제어 영역이 있다. 노지 스마트 농업 실현을 위해서는 특히 토양의 물리적, 화학적 특성에 대한 정보가 필수적이며, 관행적인 이화학성 측정은 샘플을 채취한 후 실험실에서 분석하고 있어 비용, 노동력, 시간이 많이 소요되어 현장에서 신속하게 측정할 수 있는 측정 기술이 시급하다. 또한 측정자가 인력으로 휴대하며 이동할 수 있고 한국의 논, 밭, 시설하우스에 이용할 수 있는 형태의 토양분석 시스템이 필요하다. 이러한 문제를 해결하기 위해 토양시료를 채취하여 정보 분석이 가능한 소프트웨어를 개발하여 상용화하는 것을 목표로 하고 있다. 본 연구에서는 토양 성분측정 센서를 경도 측정 및 전극 센서 등으로 구성되어 기본적인 토양 성분 측정을 진행하였으며, 추후 연구를 통해 CCD카메라, 초음파 센서, 샘플러를 이용한 토양 샘플링 등이 적용된 시스템을 개발할 예정이다. 따라서 로드셀을 이용한 경도 측정 표시, 전도도를 이용한 수분, PH, EC 측정 표시 등 실시간으로 토양의 상태를 측정하여 분석할 수 있는 센서 및 토양분석 UI를 구현하였다.

Abstract Recently, agricultural methods are changing from experience-based agriculture to data-based agriculture. Changes in agricultural production due to the 4th Industrial Revolution are largely occurring in three areas: smart sensing and monitoring, smart analysis and planning, and smart control. In order to realize open-field smart agriculture, information on the physical and chemical properties of soil is essential. Conventional physicochemical measurements are conducted in a laboratory after collecting samples, which consumes a lot of cost, labor, and time, so they are quickly measured in the field. Measurement technology that can do this is urgently needed. In addition, a soil analysis system that can be carried and moved by the measurer and used in Korea's rice fields, fields, and facility houses is needed. To solve this problem, our goal is to develop and commercialize software that can collect soil samples and analyze the information. In this study, basic soil composition measurement was conducted using soil composition measurement sensors consisting of hardness measurement and electrode sensors. Through future research, we plan to develop a system that applies soil sampling using a CCD camera, ultrasonic sensor, and sampler. Therefore, we implemented a sensor and soil analysis UI that can measure and analyze the soil condition in real time, such as hardness measurement display using a load cell and moisture, PH, and EC measurement display using conductivity.

Key Words : Multi-sensor fusion, Platform, Soil, Soil Analysis, SW design

This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry(IPET) through Open Field Smart Agriculture Technology Short-term Advancement Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA)(322042032HD040).

*Department of Electronic and Communication Engineering, Catholic Kwandong University

**Department of Biomedical IT, Catholic Kwandong University

***Department of Biomedical Engineering, Catholic Kwandong University

**** Sungboo Ind. Ltd.

†Corresponding Author : Department of Biomedical Engineering, Catholic Kwandong University (lsskyj@cku.ac.kr)

Received December 13, 2023

Revised January 18, 2024

Accepted February 28, 2024

1. 서론

국내외적으로 농산업에 대한 정책적, 경제적 지원은 국가의 산업경쟁력 확보라는 전략적 정책 수단으로 다양한 형태로 시행되고 있으며 더불어 정밀농업에 관한 연구도 농업, 컴퓨터, 통신, ICT 등 여러 분야에서 그리고 노지농업, 시설농업, 원예농업 등을 대상으로 매우 활발하게 수행, 발전되어 왔다[1]. 농업 분야의 4차 산업혁명과 함께 향후 10년간 세계 농업구조는 지난 반세기 동안의 변화보다 훨씬 더 큰 변화가 예상되며, 변화의 핵심은 빅데이터 혹은 데이터 농업이다. 우리 농업은 농가 소득의 정체, 곡물자급률 하락, 농촌 인구의 감소와 고령화 더 나아가 기후변화 심화 등으로 인해 작물 생산이 계획대로 이루어지지 못해 어려움을 겪어 왔다[2]. 이에 대한 해결책으로 스마트 농업의 전략적 적용을 검토해야 하며 정밀농업으로 적재적소에 핵심기술들을 사용하는 것이 핵심이다 [3,4]. 노지 스마트 농업 실현을 위해서는 위치별 농경지의 정보, 특히 토양의 물리적, 화학적 특성에 대한 정보가 필수적이며 측정 데이터의 수가 관행보다 크게 증가한다[5]. 관행적인 토양 이화학성 측정 방법으로는 pH는 pH미터기, 토양유기물 함량은 CN 원소분석기 등이 있으며 이러한 방법들은 샘플을 채취한 후, 실험실에서 분석하고 있어 비용, 노동력, 시간이 많이 소요되기 때문에 현장에서 신속하게 측정할 수 있는 측정 기술이 시급하다. 또한 관입저항과 마찰력을 이용한 방법이나 영상처리를 이용한 방법은 그 측정에 차량 또는 전동장치 등이 필요하여 우리나라와 같이 소규모 농경지에는 적합하지 않다[6]. 측정자가 인력으로 휴대하며 이동할 수 있고 한국의 논, 밭, 시설하우스에 이용할 수 있는 형태의 토양분석 시스템이 필요하다[7]. 또한, 토양 분석의 정확성과 효율성을 향상시키기 위해서는 현대화된 기술과 첨단 센서를 활용한 토양분석 시스템의 개발이 필요하다. 토양 분석평가는 농업이나 환경 등의 분야에서 핵심적인 역할을 수행하며, 토양의 품질 및 특성을 평가하고 토양의 물리적, 화학적 특성은 토양을 통한 영양분과 물의 이동과 식

물로 이동할 수 있는 영양분과 물의 양을 좌우한다. 따라서 본 연구에서는 토양 성분측정 센서는 경도 측정 및 전극 센서, NIR을 이용한 광센서 등의 센서로 구성되어 있으며, 로드셀을 이용한 경도 측정 표시, 전도도를 이용한 수분, PH, EC 측정 표시 등 환경요인 정보의 획득을 위한 다양한 센서(온도, 습도 등)를 활용하여 토양의 핵심 특성을 정밀하게 측정할 수 있는 센서를 개발하고 토양 분석 프로세스를 향상시키고 정확한 결과를 얻기 위한 사용자 친화적인 UI를 설계하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 토양 성분 측정 센서

연구를 위한 토양 성분측정 센서는 그림 1과 같다.

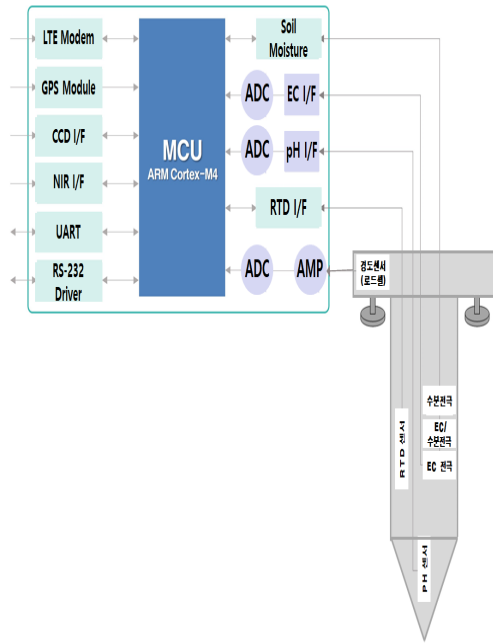


그림 1. 토양 성분 측정 센서 구성도
Fig. 1. Soil composition measurement sensor configuration diagram

탐침봉 형태의 EC(Electrical Conductivity),

수분, 지온 일체형 센서를 전극 센서 내장타입으로 구성하였다. 또한, PH 센서 및 경도 센서도 내장타입으로 구성하였다. 탐침봉에 전극을 내장하여 토양의 전기전도도, 주파수분석(Frequency Domain Reflectometry, FDR)방식을 통한 토양 내 수분량 및 토양의 산도 등을 측정하도록 개발하였다. FDR 방식의 토양수분 센서는 가격뿐 아니라 측정의 정확도, 유지 편의성 등의 다양한 장점을 가지고 있으나, 토양 분석을 위해 토성(Soil Texture)에 따라라도 분류해야 하므로 각 토성에 따라 관수/급액 기준점 선정과 올바른 수치 해석을 위하여 보정식을 개발하고 이에 따라 국내 토경 농가에서 사용하고 있는 토양을 채취하여 각 토성 분석 및 각 토성에 따른 보정식, 활용방안을 정립하여 토양분석 SW를 설계하였다.

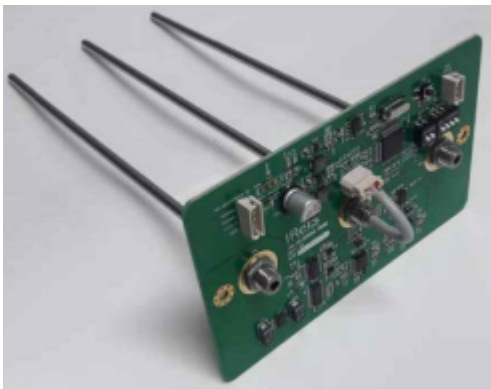


그림 2. 토양 성분 측정 센서 제작(탐침봉, PCB)
Fig. 2. Fabrication of soil composition measurement sensor (probe, PCB)

센서부는 토양 내부의 온도, 습도, EC, pH, 경도를 측정하기 위하여 탐침봉을 별도로 설계 및 제작하였으며, 탐침봉의 경우 항상 수분이 있기 때문에 스테인레스 재질의 원통형에 토경작물 뿌리 깊이를 고려하여 200mm 길이로 설계하여 제작하였다.

2.2 토양 성분 측정 데이터 표출 항목 및 알고리즘 설계

표 1은 그림 1에 나타난 토양 성분 측정 센서의

주요 사양으로서 각각의 측정 성분들의 측정범위를 나타내었다.

표 1. 토양 성분 측정 센서의 주요 사양 및 측정범위
Table 1. Main Specifications and measurement range of soil composition measurement sensor

항목	사양	비고
토양 측정 센서	·수분측정범위 : 0~99% 1%, ±5%	탐침봉 형태로 개발
	·온도측정범위 : -40 ~ +85°C, 0.5°C, ±5%	
	·EC범위 : 0~10dS/m, 0.1dS/m, ±5%	
	·pH측정범위 : 3.0 ~ 9.0pH, 0.1pH, ±5%	
	·경도측정범위 : 0.0 ~ 20.0Kg/cm ² , 0.1Kg/cm ² , ±5%	
	·재질/형태 : SUS304 / 사각불형	
	·크기 : 45x45x900mm	

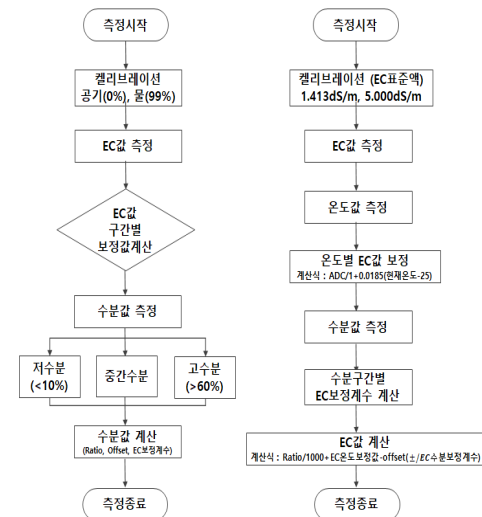


그림 3. 토양 습도, EC 측정 알고리즘
Fig. 3. Soil moisture, EC measurement algorithm

그림 3은 토양 습도와 EC(Electrical Conductivity)를 측정하는 알고리즘을 나타낸 흐름도(Flow Chart)이다. 토양 습도를 측정하는 알고리즘은 FDR(Frequency Domain Reflectometry) 방식을 통해 토양 내 수분량 측정을 위한 고주파 신호를 사용하는 기술로, 토양의 전기 특성과 수분량 간의 관계를 분석하여 수분량을 추정한다. 또한, EC 측

정 알고리즘은 토양에 전극을 삽입하고 전기 전도도를 측정하여 토양 내의 이온 농도에 따라 전기 전도도가 변화하며 이를 기반으로 토양의 EC를 측정한다.

2.3 토양 분석 UI 디스플레이 구성

사용자가 토양 데이터를 시각적으로 확인하고 해석할 수 있도록 그림 4와 같이 UI 디스플레이를 구성하였다.

Soil analysis UI display diagram	
Dashboard	Soil moisture & EC
<ul style="list-style-type: none"> - Date and time - Location information 	<ul style="list-style-type: none"> - Time of day and humidity(%) & EC - Determine fluctuations in soil humidity and electrical conductivity
Map display	Soil data table
<ul style="list-style-type: none"> - Show the location of soil samples on a map 	<ul style="list-style-type: none"> - List detailed data of soil samples in tabular form (humidity, EC, pH, etc.)

그림 4. 토양 분석 UI 디스플레이 구성도
Fig. 4. Soil analysis UI display diagram

로드셀(HBM社 - Z6 벤딩 빔 로드셀)을 이용하여 토양 경도를 측정 후 표시하고, EC-5, EC-02A(RS 485), RS-PH-TR-1(RS 485) 등의 센서를 이용해 수분, PH, EC 측정을 표시하도록 구성하였으며, 추후 연구를 통해 CCD 카메라를 추가하여 지표면 상태를 측정하여 표시할 수 있도록 하며, 또한 토양깊이를 측정할 수 있는 초음파 센서를 추가하여 2차 보완하여 디스플레이를 재구성하고자 한다.

3. 연구 결과

로그인 화면은 그림 5와 같이 디자인 하였고, 관리자와 사용자가 로그인하기 위한 페이지이다. 로그인 화면의 입력 항목에는 ID, Password가 있고, 확인(로그인) 버튼으로 구성되어 있으며 Password는 대칭키 암호 알고리즘에 의하여 암호화 되어 전송되도록 구현하였다.

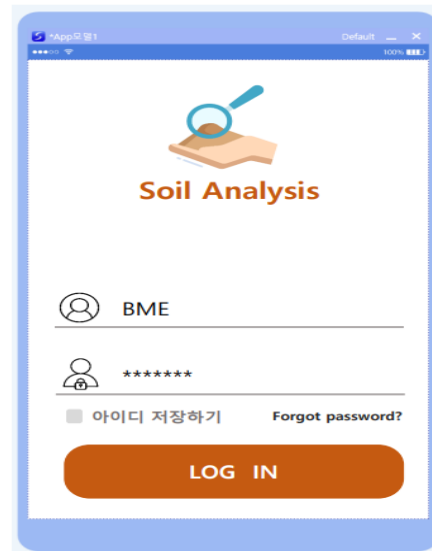


그림 5. 로그인 UI
Fig. 5. Login UI

토양 샘플 위치를 지도 위에 표시할 수 있도록 하였으며, GPS 좌표를 받기 위해 구글 지도 API키를 발급하고 MapsActivity 기본 코드 분석을 통해 GPS를 표시하고 사용자에게 토양 데이터가 어디에서 수집되었는지 나타내며 그림 6과 같이 지도를 확대 및 축소할 수 있는 조작도구를 제공하였다.

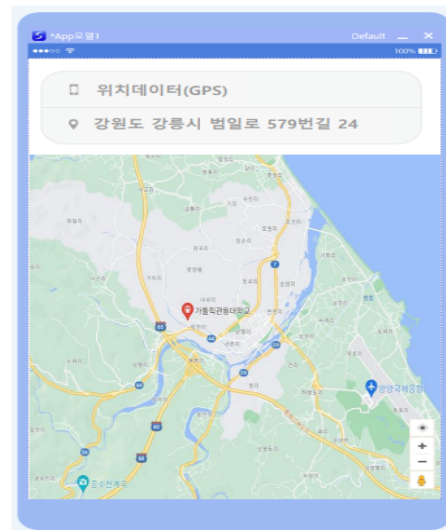


그림 6. 토양 샘플 위치(GPS) UI
Fig. 6. Soil sample location (GPS) UI

그림 7은 토양의 성분 측정 데이터를 표출한 UI이며, 각 항목별 일자별 통계를 기록하고 상세 정보를 출력하여 분석이 쉽도록 설계하였다.

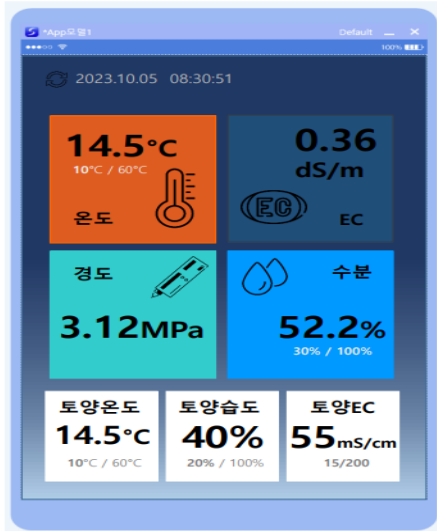


그림 7. 토양분석 UI
Fig. 7. Soil Analysis UI

본 연구에서는 탐침봉 형태의 토양 성분 측정 센서를 개발하였으며, 토양의 샘플 데이터 수집을 위한 기본적인 화학 성분을 측정하여 표 2와 같이 토양의 온·습도, EC, pH, 경도 등의 데이터를 수집하였고, 토양분석 UI를 통해서 실시간으로 확인할 수 있게 하였다.

표 2. 지역별 토양 측정 샘플 데이터
Table 2. Soil measurement sample data by region

지역명	토양 온도 (t)	토양 습도 (%)	토양 pH	토양 EC (dS/m)	토양 경도 (MPa)
전라북도 (원주)	12.9t	36.8%	5.7	0.8	2.22
전라북도 (익산)	21.2t	56.6%	5.6	0.7	1.48
전라북도 (장수)	19t	11%	5.8	0.5	1.75
경상도	10.7t	12.2%	6.3	1.0	1.65

4. 결론

본 연구에서 개발한 측정센서 및 토양분석 UI를 통해서 토양의 습도, EC, pH 등의 핵심 특성을 정확하게 측정하고, 실시간으로 데이터를 확인하며 모니터링을 할 수 있어 농업 생산성 향상을 기대할 수 있다. 또한 연구를 통해 개발된 UI는 사용자가 토양 데이터를 쉽게 시각화하고 해석할 수 있도록 설계되었으며 사용자들은 지도를 통해 토양 위치를 확인하고 실시간 데이터를 통해 토양 특성의 변화를 확인할 수 있다. 이를 기반으로 CCD 카메라와 같은 기능을 더 추가하여 보완할 계획이며, 추후 현장시험을 추가로 시행하고 사양 및 성능을 평가하여 유효성을 검증하는 연구를 진행할 예정이다. 따라서 이 연구를 통해 새로운 센서 기술 및 알고리즘 도입을 통한 농업 생산성 향상 및 모니터링 강화에 기여할 수 있으며 정확성, 효율성 및 사용자 편의성을 향상시킬 것으로 기대된다.

REFERENCES

- [1] Byungju Lee, Yoonsik Kwak "Implementation of the Smart IoT System for Analysis of Environment Factors for Open-Field Agriculture" Journal of KIIT. Vol. 20. No. 2. p 63-69.
- [2] Young-Koo Ko, Gyeong-gi Lee "Research on Strategy for Agriculture in Rural Areas in accordance with the 4th Industrial Revolution Era : Focusing on Chungbuk Region" Journal of KRE. Vol. 15. No. 3. p 31-57.
- [3] Seong, Je-Hun, and Gyeong-Hwan Lee. "The 4th Industrial Revolution and Agriculture." Korea Multimedia Society 21.3 (2017): 43-51.
- [4] Kim Yeon-jung, et al. "Smart agriculture development plan in response to the 4th industrial revolution." Han'guk Nongch'on Kyongje Yon'gwŏn, 2017.
- [5] Youngchan Choi, and Ikhoon Jang. "Smart Farm in the Era of the 4th Industrial Revolution." Journal of the Korean Society of Communications (Information and Communication) 36.3 (2019): 9-16.

- [6] Eunyoung Choi, et al. "Estimation of soil physicochemical properties using visible and near-infrared spectral spectra." Journal of the Korean Society of Soil Fertilizers 42.6 (2009): 522-528.
- [7] Myung-Hoon Lee, and Hyeon Yeo. "Smart farm step-by-step analysis using big data technology." Proceedings of the Korea Communications Society Conference (2015): 71-72.

저자약력

박 예 은 (Ye Eun Park) [학생회원]



- 2019년 2월 : 가톨릭관동대학교 의료공학과 졸업(학사)
- 2021년 2월 : 가톨릭관동대학교 일반대학원 졸업(공학석사)
- 2021년 3월 ~ 현재 : 가톨릭관동대학교 일반대학원 박사과정 수료

〈관심분야〉 의용전기전자, 데이터분석, 의용메카트로닉스

정 진 형 (Jin Hyoung Jeong) [정회원]



- 2012년 2월 : 가톨릭관동대학교 의료공학과 졸업(학사)
- 2014년 2월 : 가톨릭관동대학교 일반대학원 졸업(공학석사)
- 2017년 8월 : 가톨릭관동대학교 일반대학원 졸업(공학박사)
- 2017년 9월 ~ 2021년 2월 : 가톨릭관동대학교 초빙교수
- 2021년 3월 ~ 현재 : 가톨릭관동대학교 의료IT학과 조교수

〈관심분야〉 의료 시스템, 데이터 분석, 통신, 인공지능

조 재 현 (Jae Hyun Jo) [정회원]



- 2015년 2월 : 가톨릭관동대학교 의료공학과 졸업(학사)
- 2017년 2월 : 가톨릭관동대학교 일반대학원 졸업(공학석사)
- 2020년 8월 : 가톨릭관동대학교 일반대학원 졸업(공학박사)
- 2021년 9월 ~ 2022년 3월 : 가톨릭관동대학교 초빙교수
- 2022년 4월 ~ 현재 : 가톨릭관동대학교 의료공학과, 디지털헬스케어전공 조교수

〈관심분야〉 의용메카트로닉스, 디지털 신호처리, 영상처리

이 상 식 (Sang Sik Lee) [종신회원]



- 1993-2000년 : LG전선(주)
- 1996-2000년 : 성균관대학교 박사
- 2001-2004년 : (주)미도테크
- 2004-2010년 : 성균관대학교 연구교수
- 2011년-현재 : 가톨릭관동대학교 의료공학과, 디지털헬스케어 전공 교수

〈관심분야〉 의용메카트로닉스, u-Health, 생체역학, 의용전기전자