

발간등록번호

11-1543000-002874-01

LoRa통신을이용한스마트 무선토양(pH온도수분) 측정시스템 최종보고서

2019. 4 .25.

주관연구기관 / (주)어니언커뮤니케이션즈

농 립 축 산 식 품 부
농림식품기술기획평가원

<제출문>

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “농림축산식품 연구개발사업” (개발기간 : 2018 . 04. 26 ~ 2019. 04. 25)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2019 . 04 . 25 .

주관연구기관명 : (주)어니언커뮤니케이션즈 (대표자)권 준 성 (인)
협동연구기관명 : (대표자) (인)
참여기관명 : (대표자) (인)



주관연구책임자 : 권 준 성
협동연구책임자 :
참여기관책임자 :

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	118071-1	해 당 단 계 연 구 기 간	2018.04.26.~ 2019.04.25	단 계 구 분	응용연구/ (총 단 계)
연구사업명	단 위 사 업	농림축산식품연구개발사업			
	사 업 명	침단생산기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	LoRa통신을 이용한 스마트무선토양(pH온도수분)측정시스템			
	세부 과제명	LoRa통신을 이용한 스마트무선토양(pH온도수분)측정시스템			
연구책임자	해당단계 참여연구원 수	총: 6명 내부: 6명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부: 80,000천원 민간: 26,680천원 계:106,680천원	
	총 연구기간 참여연구원 수	총: 6명 내부: 6명 외부: 명	총 연구개발비	정부: 78,479천원 민간: 26,680천원 계:105,159천원	
연구기관명 및 소속부서명	(주)어니언커뮤니케이션즈			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
연구개발성과 의 보안등급 및 사유	보안등급 : 보안/일반				

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

○ 전기, 인터넷이 없는 농지 환경에서도 원격으로 토양의 상태(pH값 , 온도, 수분 등)를 실시간 측정 가능한 장치를 개발함

○ 기존 해외 센서 대비 저렴하고 고품질의 제품을 개발함

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설·장비	기술요약 정보	소프트웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명정보	생물자원	정보	실물
등록·기탁 번호		출원 1건									

국가과학기술중합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월 일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)

보고서 면수

- 농업기술센터와의 협의를 통해서 현재의 문제점을 파악하여 ISFET pH센서, LoRa망을 통한 무선통신으로 개발하는 연구내용 22쪽
- ISFET pH 반도체 소자를 테스트보드를 제작하여 재현성 테스트를 거쳐서 선정 23쪽
- 온도, 수분센서도 테스트보드를 제작하여 검증을 수행 28쪽
- LoRa망을 이용하여 모듈을 개발하여 SKT에서 시험을 위한 테스트를 거쳐서 모든 항목을 통과 33쪽
- 시제품을 위한 H/W와 Probe와 케이스를 제작 34쪽~
- 데이터를 모으는 서버개발과 모니터링을 하는 PC, 앱 프로그램을 개발 39쪽~
- 개발 평가지표는 토양 pH측정은 용액, 공시토양 측정순으로 테스트를 하여 타사제품과 비교하여 검증 51쪽~
- 수분측정은 공시토양으로, 온도측정은 수온으로 테스트하여 타사제품과 비교하여 검증을 하였으며, 배터리는 멀티미터로 전류측정을 하여 109일 사용가능한 것으로 확인 55쪽~
- 연차별 성과목표는 특허출원 1건 달성하였으며, 시제품 개발을 완료하였으며, 4명의 신규인원을 채용하여 고용창출 63쪽~
- 정량적 목표는 시제품 제작과 신규인력 채용 4명을 하여 달성 69쪽~
- 연구결과의 사업화계획은 스마트팜 토양 최적화 시스템에 활용하며, 전국적인 작목별 토양관련 pH, 온도, 수분, 관수, 관비 등 빅데이터 구축 76쪽

〈요 약 문〉

연구의 목적 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전기, 인터넷이 없는 농지 환경에서도 원격으로 토양의 상태 (pH값, 온도, 수분 등)를 실시간 측정 가능한 장치를 개발 ○ 기존 해외 센서 대비 저렴하고 고품질의 제품을 개발 				
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> ○ LoRa통신을 이용한 스마트무선토양(pH, 온도, 수분) 측정 시스템 개발 ○ ISFET 반도체 소자를 활용한 토양 pH 측정 기술 개발 ○ NTC-10K(온도 센서 소자)를 활용한 토양 온도 측정 장치 개발 ○ FDR방식의 정전용량식 토양 수분 측정 장치 개발 ○ pH, 온도, 수분 센서 소자를 하나로 모듈화한 토양 측정 장치 개발 ○ 무선 데이터 전송(LoRa망 활용)이 가능한 토양 측정 장치 개발 ○ 충전용 배터리(리튬이온 LG 18650)를 활용한 저전력 회로 설계 ○ 스마트무선토양 측정 장치용 APP 개발 ○ pH, 온도, 수분 센서 데이터 모니터링 프로그램 개발 ○ pH, 온도, 수분 센서 소자를 하나로 모듈화한 Probe 설계 ○ LoRa 통신모듈 및 배터리 탑재 케이스 설계 ○ 스마트무선토양 측정 장치 탑재를 위한 스마트트리 설계 				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트 관수 시스템과 결합한 중소규모 밭작물 노지 스마트팜 시스템에 활용 ○ 대규모 과수, 벼농사 등 노지 스마트팜 최적화 시스템에 활용 ○ 중국, 미국 등 해외의 대단위 농작물 재배 농업기업을 위한 정밀농업 스마트팜 시스템 수출 ○ 스마트 양액기와 결합한 시설하우스 토경 스마트팜 시스템에 활용 ○ 전국적인 작목별 토양관련 pH, 온도, 수분, 관비, 관수 등 빅데이터 수집 측정장치로 활용 ○ 농작물의 재배기술 데이터 확보에 활용 ○ 그린테리아용 스마트트리, 스마트화분에 활용 				
국문핵심어 (5개 이내)	무선토양측정 장치	무선 토양 pH, 온도, 수분 측정장치	LoRa통신망을 활용한 토양측정장치	토양모니터링	사물인터넷
영문핵심어 (5개 이내)					

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

<본문목차>

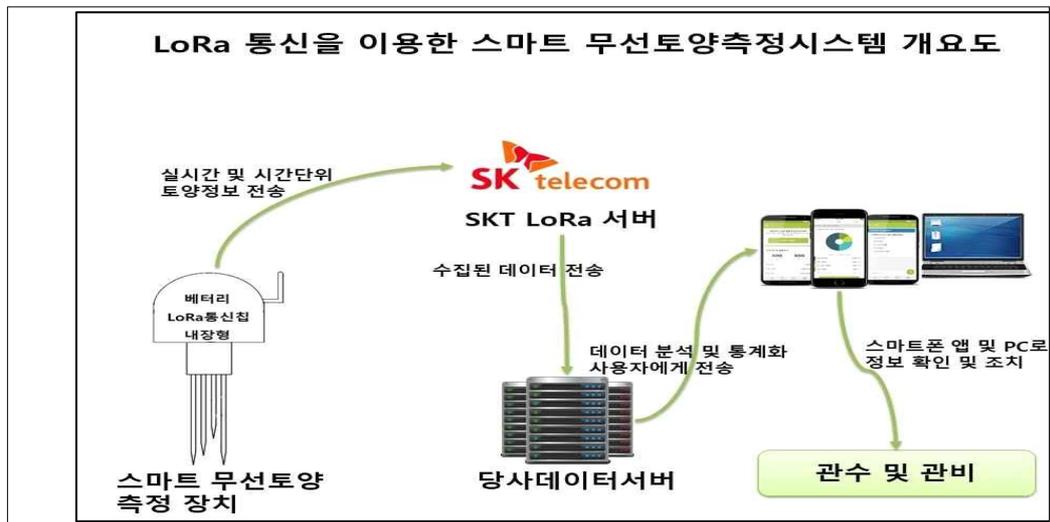
< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	9
가. 연구개발 목적	9
나. 연구개발의 필요성	9
다. 연구개발 범위	17
라. 국내외 기술개발 현황	17
2. 연구수행 내용 및 결과	22
가. 이론적 접근 방법	22
나. 실험적 접근 방법	26
다. 연구수행 내용	26
라. 연구수행 테스트 및 결과	51
마. 연구개발 추진체계	61
바. 연구개발 일정	62
사. 연구개발 성과	63
아. 사업화 계획	64
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	67
가. 연구 개발 목표	67
나. 목표 달성여부	68
다. 목표 미달성시 원인 및 차후대책	74
라. 후속연구의 필요성	75
마. 향후계획	75
4. 연구결과의 활용 계획	76
가. 사업과 연계한 방안	76
나. 기술활용 방안	76
다. 기업화 추진방안	76
라. 기술 이전	76
붙임. 참고문헌	77
가. 국내	77
나. 해외	77
참고자료1 : 특허 출원서류	78
참고자료2 : HANNA Soil pH 소개서	90

1. 연구개발과제의 개요

가. 연구개발 목적

- 저렴한 가격으로 부담 없이 설치하여 pH수분 측정까지 원격으로 가능한 장치
- 전기, 인터넷이 없는 농지 환경에서도 원격으로 토양의 상태를 원격 실시간 측정 가능한 기존 센서 대비 저렴한 제품



<그림 1> LoRa통신을 이용한 스마트 무선토양측정시스템

나. 연구개발의 필요성

(1) 토양 pH란 ?

토양산도는 토양용액 중의 수소이온(H⁺)과 수산이온(OH⁻)의 농도 또는 비율에 의하여 결정되며 보통 pH로 표시한다. 토양의 pH는 무기성분의 용해도를 크게 지배하며, 여러 가지 양분 유해도에도 많은 영향을 미치고 있으며, pH는 수소이온의 활동도를 간편하게 표시하기 위한 일종의 기호와 같은 것으로 식 (1)과 같이 표현된다.

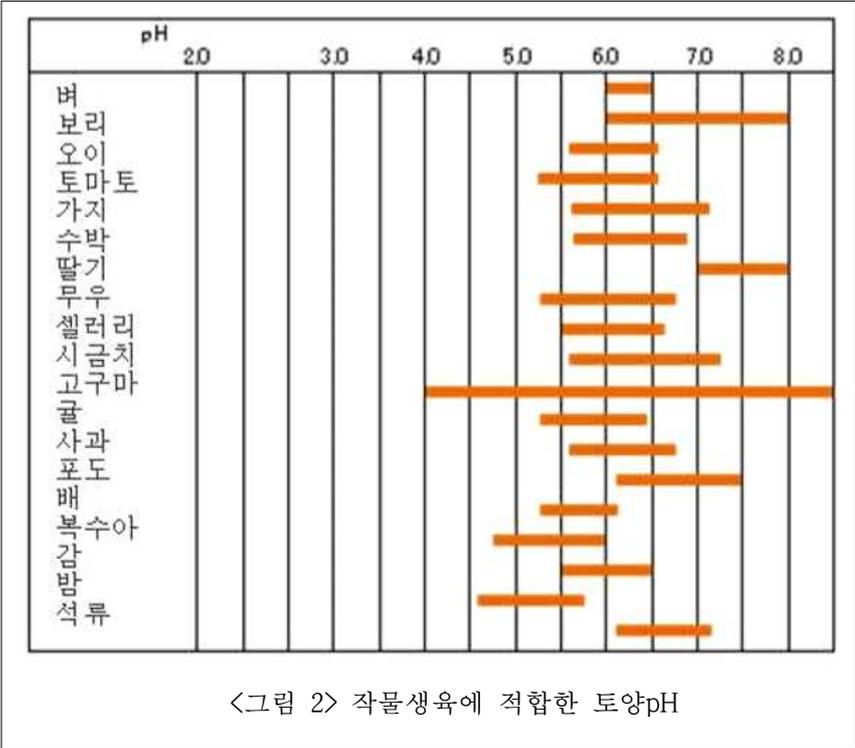
$$-\log(H^+) = \log \frac{1}{(H^+)} = pH \quad (1)$$

여기서 $-\log$ 대신 p 라는 기호를 사용하고 H^+ 는 H 로 대신하여, $-\log(H^+) = pH$ 로 표시하며, 일반적으로 말할 때 pH 는 수소이온(H^+) 활동도의 역대수 값이라고 한다. 예를 들어 식 (2)와 같이 pH 가 7인 경우, 이 용액의 수소이온 농도(H^+)는 0.0000001 mole/l 이고, 이는 다시 $1.0 \times 10^{-7} \text{ mole/l}$ 로 표기된다.)

$$-\log(H^+) = \log \frac{1}{(H^+)} = pH \quad (2)$$

이러한 표기는 복잡하므로 간단히 하기 위하여 1.0×10^{-7} 의 대수값을 취하면, $\log 1.0 \times 10^{-7} = -7$ 로 되어 간단하지만, -부호가 있어 불편하여, 이러한 불편함을 없애기 위하여 다시 역대수 값을 취하며 pH 는 7이다.

토양의 산성 혹은 알칼리성의 정도를 토양의 반응, 즉 pH 라고 하며, 토양의 반응은 위에서 말했듯이 각종 양분의 유효도, 유해물질의 용해도, 식물뿌리와 미생물체내의 생리화학 반응 등을 좌우하는 매우 중요한 토양의 화학적 성질인데, 작물재배에 적당한 토양 pH 는 작물의 종류에 따라서 차이가 있으나, 그림 2와 같이 일반적으로 약산성 내지 중성이 토양 pH 에서 생육이 양호하다.



토양이 산성화되면 칼슘, 인산 등의 양분유효도가 낮아지고 유용미생물의 활성이 저하되며, 알루미늄 등 중금속의 용해도가 증가되어 작물생육이 피해를 입기 쉽다. 또한 강산성이

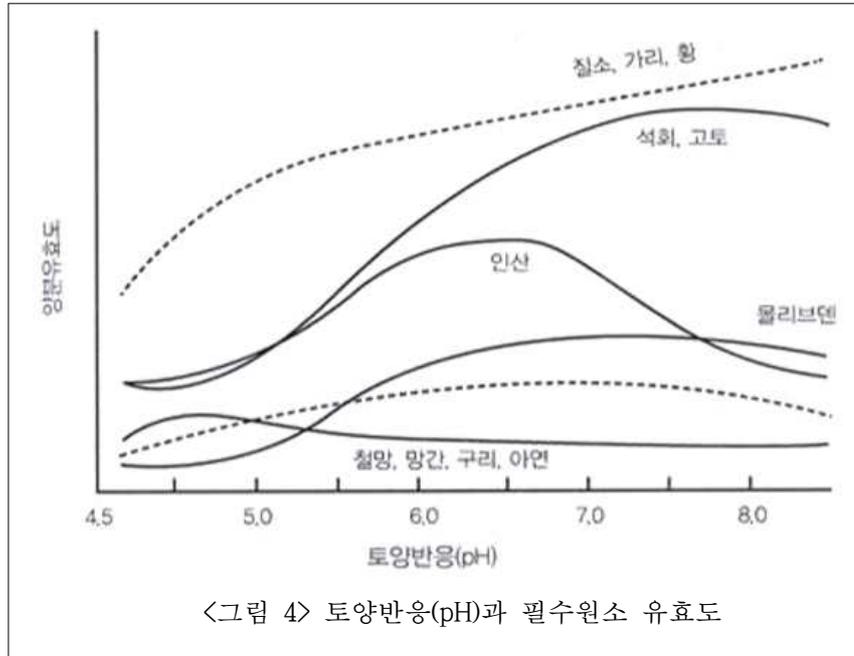
1) 참조 : “토양 pH측정 기술 연구” 국립농업과학원 홍영기 박사

되면 망간이 과잉 흡수되어 망간과잉 장애가 발생하며, 산성토양에서는 시용한 비료의 효과가 떨어진다. 3 요소비료 중에서 인산이 가장 크게 영향을 받는 성분으로 pH 7.0에서 6.0으로 낮아지면, 인산질 비료의 유효도는 48% 감소하기 때문에 토양의 pH가 중성보다 높아져도 식물의 생육에는 이롭지 못하다. 강우량이 낮은 지역이나, 시설재배지에서는 염류의 집적으로 토양의 pH가 높아지며, 석회의 집적이 많으면 pH는 8.5까지 올라간다. 대개의 식물은 토양의 pH가 9이상으로 되면 생장이 멈추고나 죽게 되며, 알카리성 pH로 되면 미량원소의 용해도가 떨어지게 되며 특히 철, 망간, 아연, 구리 등이 결핍되기 쉽지만, 몰리브덴은 다른 미량원소와는 달리 오히려 낮은 pH에서 유효도가 떨어진다. <그림 3>은 시설 오이 재배 시 토양 pH가 맞지 않아서 영양 불균형이 생겨 발생하는 황화현상의 작물 상태를 나타낸다.

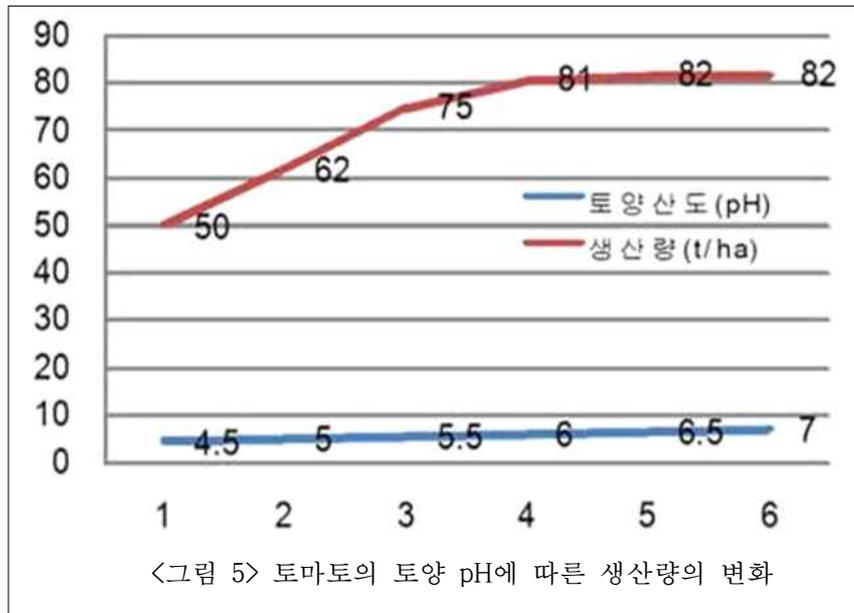


<그림 3> 오이의 황화현상

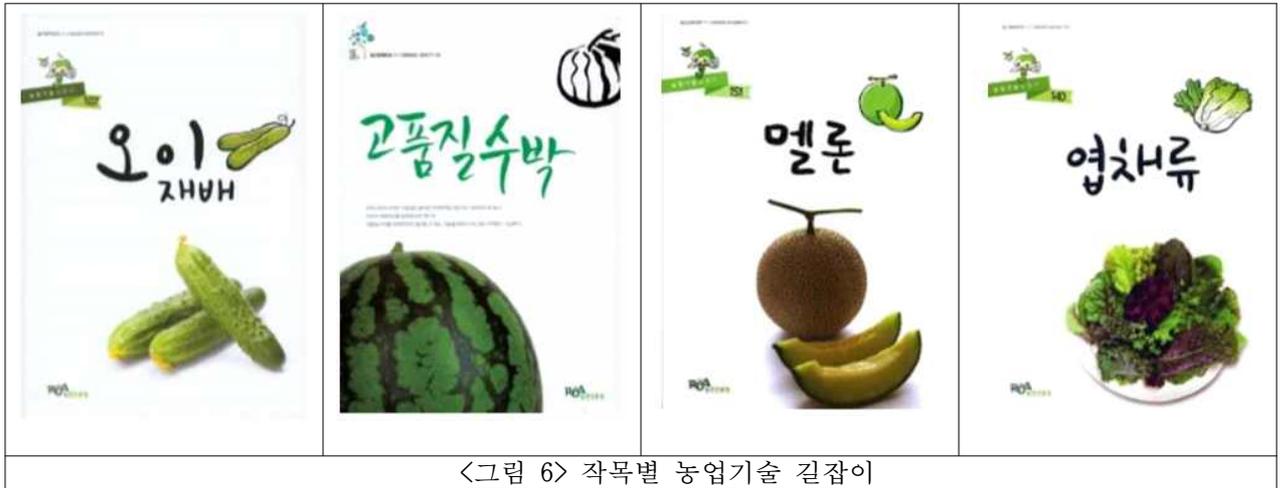
<그림 4>는 토양의 산도에 따른 토양의 각종 양분들에 대한 유효도를 나타내고 있으며, 토양이 너무 산성화되거나 알카리성이 되면 양분의 불용화로 인한 결핍 또는 양분의 과잉 용출로 인한 독성으로 여러 가지 생리장애를 나타내고 있다.



토마토의 경우, 토양 pH와 생산량의 관계를 <그림 5>에 나타냈으며, 토마토의 적정 pH는 6.5으로 이보다 낮아지면 생산량이 줄어드는 것을 알 수 있다.



<그림 6>에 농촌진흥청에서 제공하고 있는 농업기술길잡이를 나타냈다. 농업기술길잡이에 서 여러 가지 작목의 토양환경 조성 부분을 보더라도 물과 양분관리가 매우 중요하다고 기술되어 있다. 물과 양분관리에서도 수분, EC pH는 빠지지 않고 기술되어 있는 항목으로, 토양관리에서 pH를 포함한 3가지 항목은 매우 중요한 것을 알 수 있다.



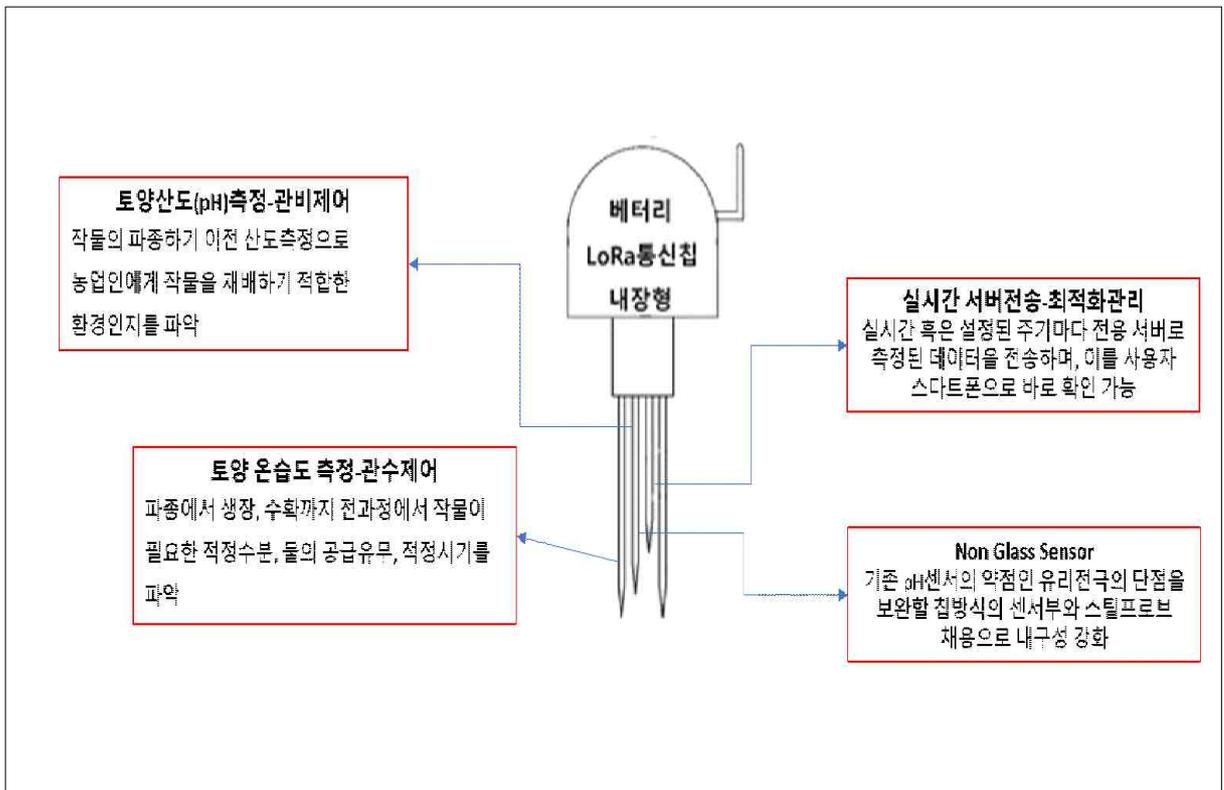
<그림 6> 작목별 농업기술 길잡이

이와 같은 토양 pH를 측정하기 위해서는 많은 시간과 비용이 들지만, 토양 검정 즉 토양 분석을 통해서 하는 것이 가장 정확하게 측정할 수 있는 방법이다. 하지만, 현장평가회 등을 통한 농업인들의 의견 중에 현장에서 즉시 측정이 가능한 토양 pH 센서 개발이 필요하다는 요구가 대단히 높았다. 작물의 양분흡수에 중요한 영향을 미치는 현재의 토양 pH 측정은 많은 시간과 비용이 소요되어, 현장에서 즉시 측정 가능한 토양 pH 센서 개발이 필요하다.

(2) 토양 pH의 중요성

작물의 생육에 필요한 조건 중에 토양에 관해 3가지 필수지표를 뽑는다면 수분, EC, pH라 할 수 있다. 수분은 기본이고, 나머지 뿌리가 흡수할 수 있는 양분에 영향을 주는 EC와 pH가 있다. EC(염도)는 토양에 부족한 영양분이 무엇인지를 가늠할 수 있는 수치이며, pH(산도)는 “작물이 영양분을 흡수할 수 있는 상태의 토양인가?” 를 알 수 있는 수치이다. 즉 EC(염도)를 측정하여 부족한 영양분을 비료나 양액으로 주더라도 토양의 pH(산도)가 맞지 않으면 영양분을 흡수하지 못한다. 비유하자면 이는 먹지도 못하는 밥을 주어서 그냥 버리게 되는 일이 생기는 것이다. 비료나 양액이 허투루 사용될 수도 있는 상황이 생기게 된다.

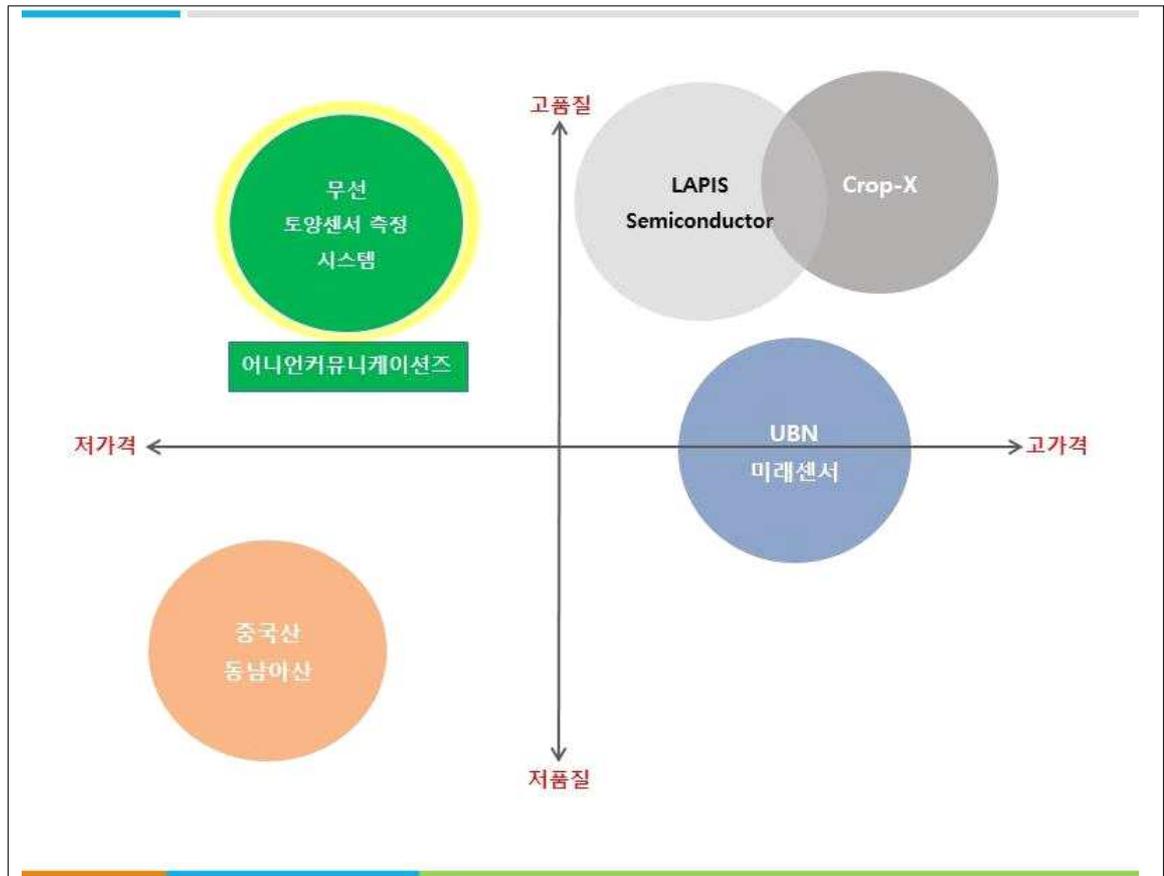
- 토양 pH - 작물농업의 핵심 - 작물농업의 전 과정에서 필요한 필수장비로 토양을 분석해 파종, 재배관리, 인력절감, 관수비용절감, 비료비용절감, 생산성향상이 가능
- pH센서의 토양 측정시스템 - 토양의 산도와 함수율 분석이 동시에 가능. 유리관 형식의 pH센서 단점을 대체하여 칩방식의 센서부 채용으로 내구성과 정확성 향상



<그림 7> pH 토양측정 시스템 구성도

1) 시장 측면

- pH를 측정하는 무선토양센서 센서는 국내에 아직 없으며, 국내 토양센서는 유선 EC, 수분 센서 중심임 대부분의 농민은 토양을 채취하여 농업기술센터에 의뢰하여 측정
- 세계시장에서는 HANNA Instruments, LAPIS Semiconductor 등이 무선토양센서 시장의 경쟁기업이지만 가격이 높음
- 무선토양센서 및 pH센서 시스템은 국내업체에서는 상용화되지 않는 상태
- 국내 토양센서는 EC센서 중심



<그림 8> 경쟁제품과의 비교표

- 유선 센서의 한계와 pH센서의 부재 그리고 농업용수 수질악화
 - 현재 개발된 국내 토양센서들은 대부분 EC, 수분 위주의 유선형태이거나 무선이라도 전기가 필요한 와이파이 혹은 LTE통신으로 구성되어 있음
 - 농업용 저수지와 지하수 등이 오염되는 현상이 종종 발생하여 주기적으로 작물에 관수할 경우, 토양에 스며들어 토양의 산도가 변하기도 하여 작물의 생육에 해가되는 경우도 있음으로 토양의 pH 측정이 이전보다 주기적으로 관리되어야 함
- 토경 시설원예하우스 및 노지작물 재배에 효율적인 장치
 - 저전력 LoRa통신칩과 배터리 내장형으로 인터넷, 전기 사용이 불가능한 산간지역이나 오

지에서도 사용이 가능함

- 무선제품으로 이동설치가 용이하여 작목별 재배지의 종합적 토양관리에 필요한 데이터를 실시간 효율적으로 제공, 관수, 관비 비용 절감에 효과적임

○ 기존 시설하우스에도 바로 적용 가능

- 케이블이나 컨트롤러 등 별도의 설치/시공이 필요 없는 무선제품으로 기존 시설하우스에도 즉각 적용이 가능한 장치임
- 유선 시공 대비 설치비용이 감소, 이동설치도 가능해 유지보수 측면에서도 효율적임
- 모듈형 제품설계로 부분품 교환만으로 사용이 가능한 경제적 제품임

(4) 유사/중복성 확인

- 당사는 국유특허인 [토양 pH측정장치(등록번호10-1651919)] 기술이전계약 후 pH측정센서부 제작과 테스트 분석 방법 등 발명 연구원과 논의하여 관련 기술 연구개발 진행 중 기술 이전 시 원발명자와 협의 결과 축적된 측정데이터 확인방법이나 검증방법 만을 이전받으며, 센서부 설계나 장치 제작 부분은 당사 자체 기술력으로 진행하고 있음

No	특허	특허내용	차이점
1	한국등록특허(1681891, 농장운영 스마트 시스템, 박기선)	비닐하우스 내에 설치되어 내부의 토양환경 센서모듈, 양액의 pH, 용존산소량, 전기전도도(EC), 수질 환경 센서모듈, 대기환경 센서모듈, 도어 개폐 모듈, 난방기 조작모듈, 스프링쿨러 조작모듈 등을 연동하여 제어하는 복합환경 제어 시스템	당사 개발예정 제품은 노지에 특화된 시스템이며 pH센서의 사용면에서 양액의 산도를 특정하는 것이지만 당사는 토양 자체의 산도를 측정하며 전기, 인터넷환경이 필요없이, 배터리와 LoRa통신망으로 구성됨
2	한국등록특허(1766913, 배양토 및 배양실에 대한 ICT 제어를 통한 천마 연중생산시스템, 전북농업기술원)	천마 재배에 특화된 배양실용 복합환경 제어시스템 배양토의 pH 및 온수분을 측정하는 센서부	기존 특허는 배양실이라는 내부 환경에서 동작하는 토양측정센서이며, 토양센서도 균일한 스펙의 배양토에 사용함. 또한,당사는 전기, 인터넷환경이 필요없이, 배터리와 LoRa통신망으로 구성됨
3	한국공개특허(실내텃밭 및 홈케어 환경제어 시스템 및 그 방법 (2017-0093282 경북대학교 산학협력단)	실내 배란다에 설치된 텃밭의 온도와 토양 수분량, 조도량을 감지하여 이를 사용자에게 제공하고, 사용자의 요구에 따라 배란다 및 텃밭 주변에 설치된 기기와 연동하여 원격으로 제어	기존 특허는 배란다 등의 특정 실내공간에 국한되며 토양센서는 수분특정만을 위한 센서임 또한 당사 개발품은 전기, 인터넷환경이 필요없이, 배터리와 LoRa통신망으로 구성됨

No	특허	특허내용	차이점
4	일본공개특허 (2008-0096287, 무선식 토양 수분계측장치 및 식물용 자동급수장치)	토양의 수분을 특정하여 전송하는 시스템	기존 특허는 토양의 수분측정에 국한됨
5	한국공개특허(101651919 토양 pH 측정 장치 대한민국(농촌진흥청장))	모니터링부와 센서부로 구분되는 장치로 토양의 pH의 측정에 특화	국유특허측정방법과 데이터 처리 방법등은 기술이전 계약

다. 연구개발 범위

- ISFET*2) pH 반도체, 온도 소자를 이용해 제품의 개발.
- 정전용량 방식 수분 센서 개발.
- 측정 데이터 무선 통신(저전력 LoRa) 통해서 데이터를 서버에 전송하는 모듈개발
- LoRa망으로부터 실 데이터를 받아서 서버에 저장
- 분석된 정보를 사용자에게 스마트폰 앱에서 pH, 온도, 수분 최종결과 확인

라. 국내외 기술개발 현황

(1) pH 측정 기술 및 방법

- pH(power of hydrogen)는 수중에 수소이온(H+)이 얼마나 존재하는지를 나타내는 지수를 의미하며, 일반적으로 산성과 알칼리성의 정도를 나타냄
- pH의 측정은 화학, 환경, 의학 분야 등에서 중요하기 때문에 다양한 계측기들이 개발 연구되어지고 있는데, 측정 방법은 pH 지시약(indicator)을 이용한 방법, 유리전극(glass electrode)을 이용한 방법, 수소 전극법, 안티몬(antimony) 전극법, 퀴히드론(quinhydrone) 전극법 등 다양하다. 또한, 유리전극을 이용한 방법이 있는데 일반적으로 가장 많이 사용되고 있는 pH측정 방법임
- 유리 전극법으로 pH를 측정하기 위해서는 유리전극과 비교전극(reference electrode)이 필요하고 두 전극사이에서 발생하는 전위차(potential)를 계측하여 증폭 및 변환함으로써 pH를 측정함
- 또한, pH는 온도에 영향을 받으므로 이에 따른 온도보상(temperature compensation)을 위해 온도 감지부 를 이용하여 온도에 의한 pH 오차를 보정해야 한다. 하지만, 유리전극은 감지부의 크기가 다른 계측기에 비해 크고, 외부의 충격에 약한 단점이 있으며, 또한, 대부분의 유리전극은 유리관 또는 전극막이 마르지 않게 pH전극 보관용액(pH electrode fill

2) ISFET : Ion Sensitive Field Effect Transistor (감응성 전계 효과 트랜지스터), 이온 감응 막을 갖는 FET에서 이온 활동도에 의해 발생하는 측정 샘플과 이온 감응 막의 표면 전위를 검출한다. 실리콘 반도체 제조 기술로 제작

solution)을 보충해야하고, 100℃ 이상의 고온 및 고압 환경에서는 사용 불가하다. 그렇기 때문에 일반적으로 보급되고 있는 pH 측정기는 용액을 대상으로 함.

(2) 국내 제품 현황

해당 사항이 없음

(3) 국외 제품 현황

(가) HANNA Instruments - 미국

○ HI99121 직접 토양 pH 휴대용 측정기는 토양의 pH 시험을 간단하게하기 위해 특별히 토양 분석을 위해 설계되었으며, 특수 Probe는 견고한 원추형 팁, 개방형 접합 설계 및 유리 바디를 갖추고 있어 토양의 pH를 직접 또는 탈 이온수로 토양 슬러리를 준비한 후 측정하는데 이상적임

<p>○ 제품특징</p> <ul style="list-style-type: none"> - 특수 센서 사용해 토양 pH를 빠르고 편리하게 측정 - 자동 온도 보정 센서 탑재 Probe - 간편한 보정 - 기기 자동 보정 위해, 메모리된 6개 버퍼 용액 중 2-point 선택 보정 - 대형 디스플레이에 표시되는 상태 메시지 - 제공 스틱으로 직접 측정하거나, 정확도 확보 위해 제공 비커 및 토양용 용액 사용 - 토양 pH를 현장에서 바로 측정할 수 있어서, 농업, 임업, 원예 등 다양한 용도로 활용 가능 - 온도와 pH 전극이 하나로 되어 있어서 야외 휴대 및 측정 용이 <p>○ 측정방법</p> <ul style="list-style-type: none"> - 탈 이온수로 토양 슬러리를 준비 후 측정 - 센서 전극의 수명이 짧다. - ±0.02 pH accuracy - 측정 후 세척용액으로 세척 	
---	---

<그림 9> 출처 [HANNA] HI-99121 pH 메타 pH meter pH 측정기 (토양산도) HI99121

pH Range	-2.00 to 16.00 pH
pH Resolution	0.01 pH
pH Accuracy (@25°C/77°F)	±0.02 pH
pH Calibration	automatic, at one or two points with two sets of standard buffers (pH 4.01 / 7.01 / 10.01 or pH 4.01 / 6.86 / 9.18)
pH-mV Range	±825 mV (pH-mV)
pH-mV Resolution	1 mV
pH-mV Accuracy	±1 mV
Temperature Range	-5.0 to 105.0°C / 23.0 to 221.0°F
Temperature Resolution	0.1°C / 0.1°F
Temperature Accuracy (@25°C/77°F)	±0.5°C (up to 60°C); ±1.0°C (outside) / ±1°F (up to 140°F); ±2.0°F (outside)
Temperature Compensation	automatic from -5.0 to 105.0°C (23 to 221°F)
Electrode/Probe	HI12923 glass body, pre-amplified pH electrode for soil measurement with internal temperature sensor, DIN connector and 1 m (3.3') cable (included)
Battery Type / Life	1.5V AAA (3 pcs.) approx. 1400 hours of continuous use
Environment	0 to 50°C (32 to 122°F); RH max 100%
Dimensions	154 x 63 x 30 mm (6.1 x 2.5 x 1.2")
Weight	196 g (6.91 oz.)
Ordering Information	Each meter is supplied complete with: • HI12923 pH/temperature probe • pH 4.01 & 7.01 Buffer sachet • HI700663 electrode cleaning solution for soil deposits (1 sachet) • HI700664 electrode cleaning solution for humus deposits (1 sachet) • HI7051M soil preparation solution • HI721319 ground auger • 100 mL beaker (1 pc.) • Alkaline batteries: 1.5V AAA (3 pcs.) • Rugged carrying case • Calibration certificate of meter • Calibration certificate of probe • Instruction manual
Warranty	2 years (probe 6 months)

〈그림 10〉 HANNA HomePage(HI99121 - Specification)

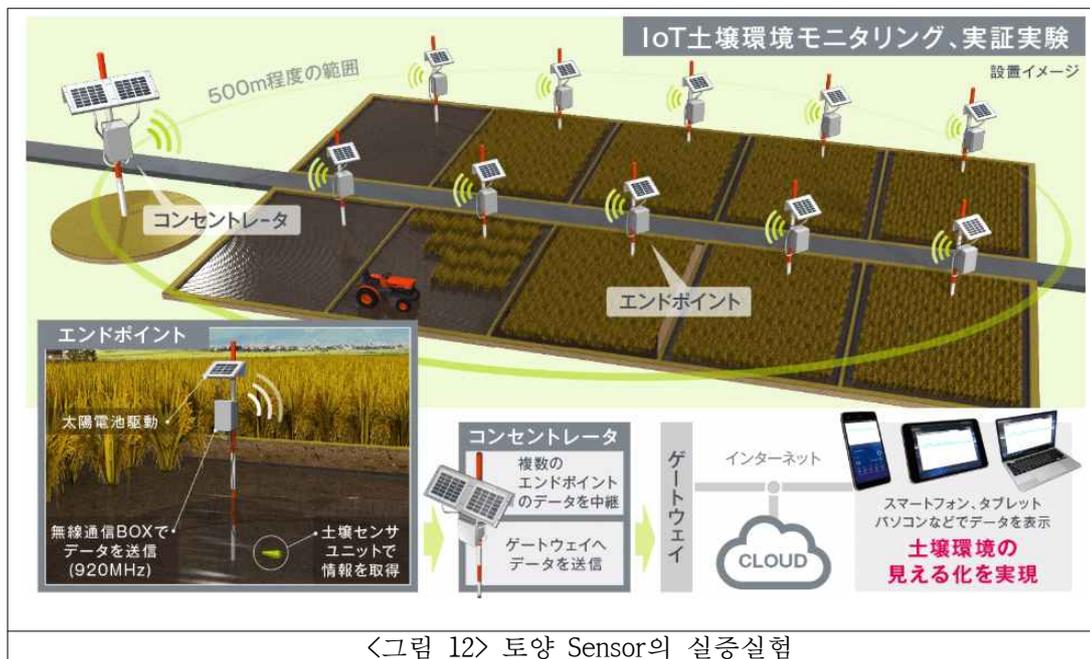
(나) LAPIS Semiconductor - 일본



① 특징

- 토양 환경 지표 4 개 항목 (EC, pH, 지중 온도, 함수율)을 동시에 측정 가능한 통신 시스템과 연결하여 실시간 측정을 실현
- 업계 최고 수준의 제어 기술로 초 저전력을 실현 태양 전지에서 장시간 구동도 가능
- 어디서나 사용할 수 있는 소형 방수 모듈로 IP67*을 지원함
- 범용 I / F는 기존의 IoT 시스템에 쉽게 연결

② 실증실험



- 토양 센서를 엔드 포인트라고 부르는 무선 통신 기기에 연결된 여러 장소에 설치. 측정된 데이터를 집중(중계기)을 통해, 게이트웨이까지 보내며, 이것을 Cloud 서버를 통해 가시화함으로써 환경 모니터링 및 포장 관리함
- 920MHz 대역 무선 통신의 채용으로 전망이 좋다면 500m 정도 ※ 무선 통신이 가능하기 때문에 여러 포장을 커버하는 것을 확인

③ 특이사항

- 본격 생산하여 판매는 아직 하지 않고 있으며, 일부 양산하여 검증 단계 중임
- 스마트 농업, 수질 모니터링, 사회 인프라 등에 활용
- LAPIS Semiconductor는 반도체 기술을 기반으로 한 토양 센서를 개발 하고 전문으로 하는 무선 통신 및 저전력 마이크로 컨트롤러 기술 등과 함께 농업 IoT 솔루션 분야에서의 실증 실험을 하고 있음

- pH 측정은 ISFET*3) 방식을 채용. 토양이나 수중 등 측정 대상에 매설하고 선단에 배치된 센서부에서 지중 및 수중 EC (전기 전도도), pH (산도), 지중 온도, 수분 함량 등 환경 정보의 측정이 가능함

(다) TAKEMURA - 일본

- 대지 기전식으로 토양에 직접 접촉하는 것으로 토양 중의 pH 측정이 가능하며, 전원이 불필요하며, 토양의 조건이나 금속 탐침과 토양과의 밀착도, 토양의 수분함량에 따라 측정값의 차이를 보일 수 있음



<그림 13> 일본 TAKEMURA 측정기

3) ISFET : Ion Sensitive Field Effect Transistor (감응성 전계 효과 트랜지스터)

2. 연구수행 내용 및 결과

가. 이론적 접근 방법

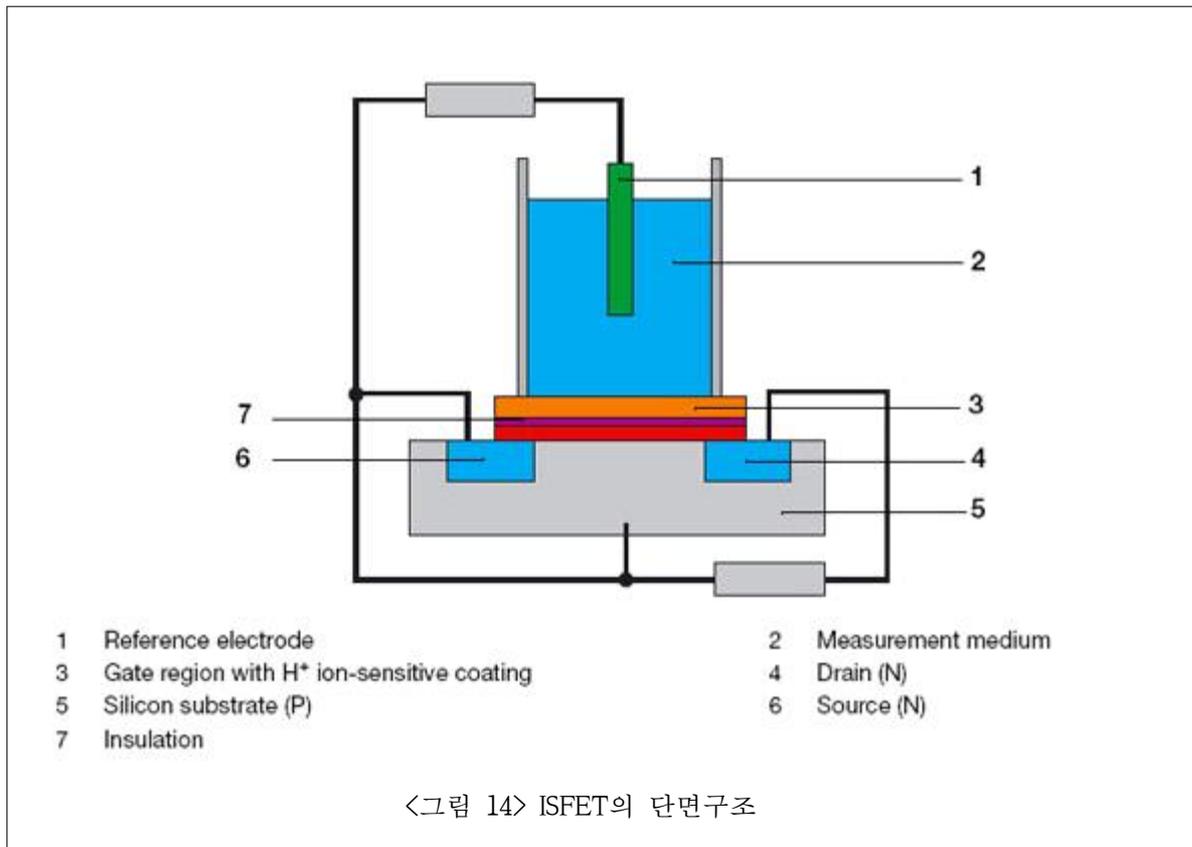
(1) FET형 센서의 개요

- FET*4)형 마이크로 센서란 반도체집적회로공정과 같은 미세가공기술에 의하여 제조되는 초소형으로서 FET)와 같은 원리에 의하여 동작하는 센서를 총칭
- FET형 센서는 신소재기술, 정교한 미세가공기술, 전자회로집적기술, 인공지능기술 등과 같은 첨단기술과 접목되어 제조되는 것으로서 센서의 초소형화, 다차원화, 다기능화, 지능화, 시스템화 등에 많은 장점이 있음
- 이 FET형 마이크로센서는 단일칩 상에 많은 센서소자를 집적할 수 있고, 여러 개의 같은 종류의 센서를 배열함으로써 다차원화하고, 여러 가지 종류의 센서를 함께 집적함으로써 다기능화 하며, 지능회로와 함께 집적함으로써 지능화하고, 관련회로나 장치들을 함께 집적함으로써 시스템화 할 수 있어서 최첨단센서로서 크게 각광 받고 있음
- 이 FET형 센서는 1970년대에 들어와서 발아되기 시작하여, FET형 센서 중에서 가장 대표적인 것이 ISFET(ion sensitive field-effect transistor)인데 이는 ISE(ion selective electrode)와 MISFET*5)를 교묘하게 결합시킨 반도체 마이크로센서로서 종래의 ISE에 비하여 월등한 장점(빠른 반응, 초소형 초경량, in-vivo 및 in-situ 측정가능, 단일칩 스마트화 등)을 가지고 있다. 수소이온센서인 H-ISFET는 최초의 FET형 센서로서 이미 pH미터용으로 실용화되어 있음
- 하단의 그림은 ISFET의 단면 구조를 나타낸 것인데, MOSFET*6)의 게이트 전극이 이온감지막과 기준전극 그리고 피측정용액으로 대체된 것 외에는 MOSFET와 같으며 실제 ISFET와 MOSFET의 동작원리가 아주 흡사함

4) FET : Field effect transistor : (트랜지스터)

5) MISFET : metal-insulator (electrical)-semiconductor field-effect transistor.

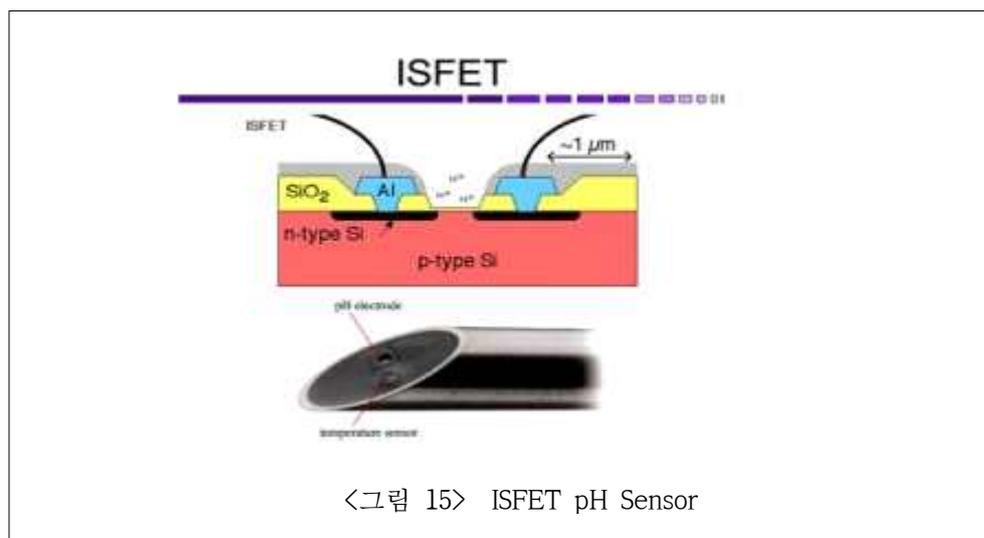
6) MOSFET : metal-oxide-semiconductor field effect transistor(저항층 게이트 전계효과 트랜지스터)



- 용액과 감지막 계면의 전기화학적전위차가 용액 중의 이온농도에 따라서 변하는데, 이 전위차의 변화가 문턱전압(threshold voltage, V_t)의 변화를 낳고 즉 유효게이트 전압(effective gate voltage, $V_g - V_t$)의 변화를 유발하고, 이는 전장효과에 의하여 채널 컨덕턴스를 변화시킴으로써 드레인 전류의 변화를 일으킨다. 이 드레인 전류의 변화분을 측정함으로써 용액 중의 특정이온농도의 변화를 감지하게 됨
- 특정이온에 선택적으로 민감한 이온 감지막을 교체 형성함으로써 각종 ISFET를 개발할 수 있으며, 화학센서나 바이오센서의 경우 센서는 초소형으로 제조할 수 있다고 해도 마이크로센서로 활용하기 위해서는 동시에 마이크로기준전극이 개발되어야 함
- 또 센서를 어느 정도라도 스마트화하기 위해서는 FET센서 신호처리 회로가 단일칩으로 집적되어야 하며, 여러 가지 센서, 기준전극, 신호처리회로 등을 단일칩에 집적하기 위해서는 해당 집적회로의 설계 및 공정기술이 개발되어야 함
- 마이크로 기준전극, FET센서 인터페이스회로, 웨이퍼단위 제조공정관련 기술이 상당한 수준으로 확보 또는 개발되고 있으며, FET형 센서기술에 대한 연구는 그 높은 기술적 가능성과 잠재력 때문에 전세계가 엄청난 투자와 정열을 쏟아 붓고 있음
- 그래서, 머지않은 장래에 높은 수준의 연구결과들이 쏟아져 나올 것이고 FET형 마이크로센서 기술이 찬란한 고도 센서기술을 선도하게 될 것임

(2) ISFET형 pH Sensor의 측정원리

- 반도체 소자의 소스와 드레인 사이의 전류는 게이트 부의 전하, 즉 pH 값에 의해 결정되며, pH 값은 유리 막을 사용하는 것 외에, 이온 선택성 전계 효과 트랜지스터(ISFET)를 사용하여 측정할 수 있음
- ISFET pH Sensor는 간단한 트랜지스터에서 소스와 드레인은 절연체에 의해 게이트에서 분리되어 있으며, 유리재질의 멤브레인 막에서는 H⁺ 이온이 유리 막에 축적된 결과, 막 외부 양전하를 반영하여 막 내부에 음전하가 발생함
- 이 현상이 ISFET에서는 게이트에 유리 막처럼 H⁺ 이온이 축적하여 반도체 채널이 전기 전도체가 되고 전도성 정도에 따른 “전해 효과”가 발생함
- 액체의 pH가 낮을수록 게이트에 쌓이는 H⁺이온이 증가하여 소스와 드레인 사이에 흐르는 전류도 증가하며, 유리 멤브레인 전극과 달리 이 경우에는 액체와 센서 사이에 실제 이온의 이동 등은 없고, 화학과 전기 측정이 완전히 별개로 진행되어, 결과적으로 센서의 재질은 변하지 않고 유리 전극의 교정과정처럼 자주 교정을 할 필요는 없음
- ISFET pH Sensor는 , 유리 막 + KCl 이온층처럼 계층이 아니므로, 물의 비율이 낮은 매체에서 pH를 측정하는 데 적합하다. 최근 ISFET pH Sensor는 안정적이고 견고한 다양한 재질로 공급되고 있음



(3) ISFET형 pH Sensor의 장점

- 유리멤브레인 재질의 센서에 비해 파손의 위험성이 적음
- 유리멤브레인 재질의 센서에 비해 센서 표면의 곤저의 영향이 없음
- 유리멤브레인 재질의 센서 사용이 어려운 낮은 온도에서도 사용이 가능함
(예, -10~110℃)
- 유리멤브레인 재질의 센서에 비해 보관기간이 길음
- 매우 소량의 샘플도 측정이 가능함
- 센서의 반응성 및 안정성이 우수함

(4) ISFET형 pH Sensor의 단점

- 내화학성이 떨어짐 (pH 14근처, 45℃ 이상의 온도 조건에서는 사용이 어렵다)
- 고온, 고압의 조건에서 사용이 어려움(-10~110℃ < 10bar)
- 유리 멤브레인 재질의 센서에 비해 높은 염분농도, 불소함유, 강산화제 등이 포함된 샘플에는 사용이 어려움
- 전도도 값이 낮은 샘플(순수, 초순수 등)에는 사용이 어려움

(5) ISFET형 pH Sensor의 단점

pH Measuring Range	4~10
Resolution	0.1
Accuracy	±0.3

나. 실험적 접근 방법

- 농업기술실용화재단, 농업기술센터로부터 pH센서의 중요성에 대하여 인식
- 농업기술실용화재단으로부터 국유특허(제10-1651919호 : 토양 pH측정장치)에 대한 통상실시권을 계약체결
- pH센서에 대한 국내제품은 없으며, 해외 제품도 통신이 가능한 토양센서는 없음
- 농림식품기술기획평가원에 개발과제로 추진 및 협약
- 기존 농업기술센터에서 해외 제품을 이용한 유선방식의 pH분석방법 협의
(예, 농민이 흙을 담아서 가져오면, 측정용액과 섞어서 Off-Line방식으로 측정)
- 농업기술센터가 원하는 pH측정기기에 대한 요구사항 분석
- 기존 네덜란드의 Sentron에 대한 제품의 장단점 분석
- 국내의 요구사항을 만족하는 HW 및 SW 규격 조사 및 완성
- 실제의 HW, FW를 개발, 무선망인 LoRa을 이용한 인증 및 테스트
- 시제품 개발하여 농업기술실용화재단, 농업기술센터와 검증방법 논의
- 시제품을 활용하여 검증방법대로 테스트를 수행

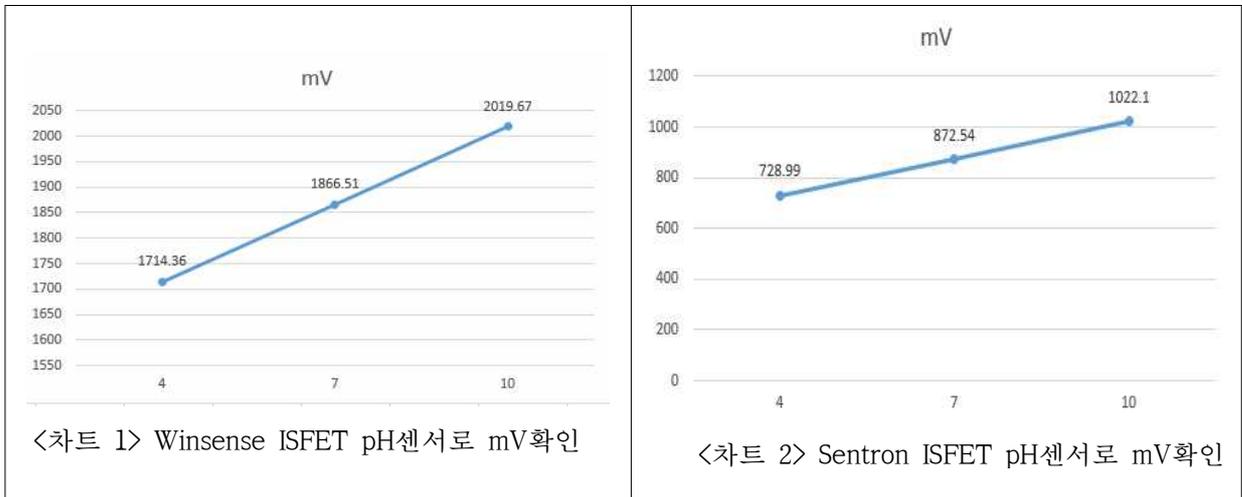
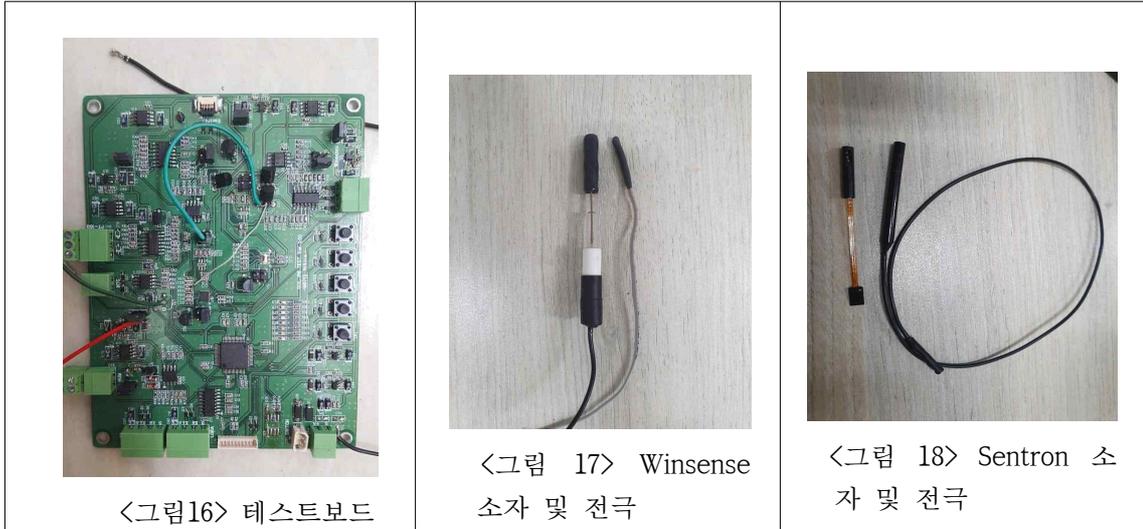
다. 연구수행 내용

연구범위	연구수행방법	구체적인 내용
ISFET pH 반도체 소자를 이용해 제품개발	-Winsense, Sentron 소자를 검토하여 테스트 보드로 수행 후, Winsense를 활용하여 제품개발을 수행함	- Winsense의 테스트보드로 성능확인 - Sentron의 테스트보드로 성능확인 - 테스트보드의 회로를 참고하여 저전력MCU, 측정값의 정확성을 높이기 위하여 24Bit ADC를 활용하여 Winsense, Sentron보드개발 - mV를 참고하여 pH값의 수식을 개발 후 보정프로그램 개발
pH 센서소자의 재현성 테스트	- 4, 7, 10 pH Buffer 용액으로 테스트	- 4, 7, 10 pH Buffer용액을 각각 테스트 수행하여 mV가 일정한지 확인
온도센서 개발	- 온도는 NTC소자를 이용하여 개발	- 회로도 제작 - 테스트보드에 연동하여 테스트 수행 - 저전력 MCU에 있는 12 Bit ADC로 측정 - 보정 프로그램 추가
정전 용량 방식 토양수분 센서개발	- Aduino에 사용되는 토양수분 센서를 이용하여 개발	- Aduino에 사용되는 토양수분센서의 회로를 분석하여 회로도 제작 - 저전력 MCU에 있는 12 Bit ADC로 측정 - 보정 프로그램 추가
무선 통신 (저전력 LoRa)	- SK LoRa 모듈과 매뉴얼을 이용하여 개	- LoRa모듈, 저전력MCU로 UART통신을하여 동작여부 확인

연구범위	연구수행방법	구체적인 내용
모듈개발	발	- 인증을 받기 위한 프로그램 개발 - 실제 사용할 보드를 개발 - 개발된 보드로 SK IoT기술원과 OTB인증. - 전국의 LoRa테스트망과 연동하여 동작확인
시제품을 위한 HW최적화	- 최적화용 보드 모듈화 - 센서 Probe와 Case 개발	- 메인보드와 LoRa보드, 센서보드의 모듈화 - 센서 Probe에 센서보드를 장착하여 측정이 가능한 모듈개발 - Case안에 메인보드와 LoRa보드를 장착하여 데이터 수집가능한 프로토타입 개발
시제품 성능 테스트	- 점질토를 만들어, 다양한 경우의 테스트 수행	- pH Buffer용액으로 테스트 수행 및 보정 - 점질토를 만들어, pH Buffer용액을 이용하여 토양의 pH농도 측정을 수행
토양상태 모니터링 시스템 개발	- 테스트 데이터를 확인	- 시제품에서 각종 데이터를 PC에서 직접 받아서 저장 및 확인
앱 개발	- LoRa망으로 부터의 데이터 받아서 테스트 확인	- LoRa망으로 부터의 pH, 온도, 수분데이터를 받아서 서버에서 저장 후 앱에서 결과보기

(1) pH전극 선정을 위한 ISFET pH 요인 시험장치 제작 및 결과

- 토양 pH 측정 장치 개발에 있어 pH 변화에 따른 ISFET pH 전극의 특성을 파악하기 위해 pH 전극 요인시험 장치를 제작함
- 소자는 총 2가지로 pH는 태국(Winsense), 네덜란드(Sentron)소자를 검토하여 선정하였고, 전극 소자의 선정은 안정성, 재현성, 비용 등에서 적합하다고 알려진 소자를 우선적으로 하였음
- 전극 구성은 그림 14, 15와 같이 레퍼런스 전극과 ISFET pH 소자로 구성하였으며, 토양 pH 전극 요인 시험 장치는 Winsense, Sentron 소자의 조합으로 제작하였음
(반도체를 생산하는 업체 중 극소수만 ISFET pH 소자를 판매)



- 차트 1, 2에서처럼 pH가 감소할수록 기전력이 감소하고, pH가 증가할수록 기전력이 증가하는 유형이다. 기전력 증가 폭도 서로 비슷하게 표준 버퍼 4~7사이의 기전력 150mV정도이며, 표준 버퍼 7~10사이의 기전력도 150mV정도 차이가 나는 것을 확인할 수 있음
- 반복 실험 결과 측정된 기전력 값의 차이가 적게 나타나므로 재현성이 높을 것으로 판단하고 pH 센서소자로서 활용 가능성을 확인하였음

(2) 온도, 수분 선정을 위한 시험장치 제작 및 결과

- 토양 온도 측정 장치 개발에 있어 온도 변화에 따른 소자에 따른 특성을 파악하기 위해 센서 요인시험 장치를 제작하였다. 소자는 총 2가지 PT-100, NTC-10K로 선정하였다. 온도 소자의 선정은 안정성, 재현성, 비용 등에서 적합하다고 알려진 소자를 우선 적으로 하였음



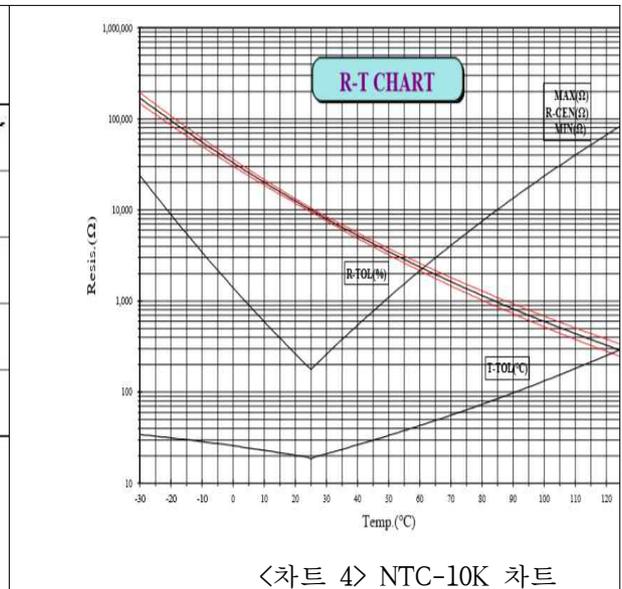
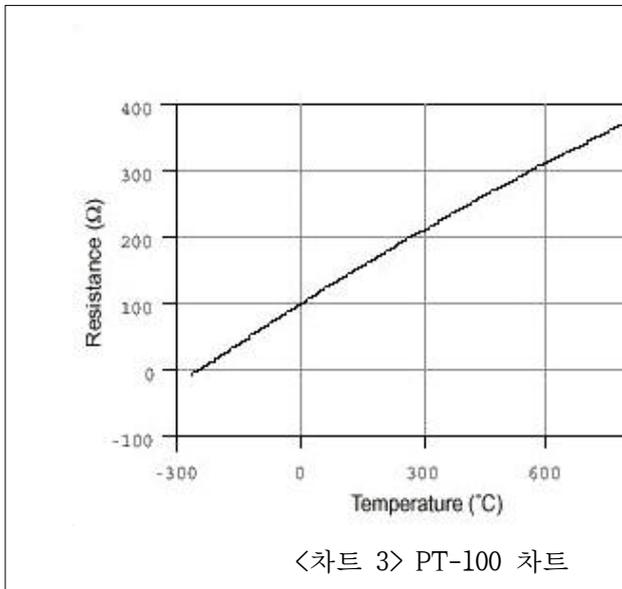
<그림 19> PT-100



<그림 20> NTC-10K



<그림 21> 테스트보드



- PT-100은 순 금속의 전기 저항 변화 법칙에 따라 작동하며, 온도에 따른 저항의 선형적인 변화에 의해 특성화된다. PT-100은 안정성으로 인해 대중적으로 사용되는 전기 온도 센서의 온도와 관련하여 선형적인 신호를 나타낸다. 그러나, 구축 시 주의가 요구되며 백금을 사용해야 한다는 이유로 비용이 많이 소요되고, PT-100은 느린 반응 시간 및 낮은 민감도의 특징을 지니고 있으며, 전류 공급을 필요로하기 때문에 자기 발열의 경향이 있음
- NTC (Negative Temperature Coefficient of Resistance)는 온도상승과 함께 저항 값이 감소되는 성질을 이용한 것으로 일반적인 금속과는 달리 온도가 높아지면, 저항 값이 감소하는 부저항 온도계수의 특성을 가지고 있는데, 이것을 NTC라고 함
- 온도에 대한 저항온도계수가 커서 미소온도 및 정밀측정이 양호하고 구조가 간단하여 소형화가 가능함. 또한, 압력, 자기, 기타 FACTOR에 대해 둔감하나, 양산성이 우수하여 안정된 가격으로 대량공급이 가능함
- 위 특성을 활용한 온도계수 및 제어용, 특성보상 및 회로용, 온도 이외의 계측 및 제어용으

로 널리 이용되고 있는 NTC 소자로 선정하였음

가) 온도센서 상세스펙

NTC : Negative Temperature Coefficient of Resistance

R-T Characteristics & Tolerance

Part Name	NTC THERMISTOR
Part No.	DSC 103J5 D20K
Center-Temp/R-Value	25.0°C / 10000.00 Ω
R-Tolerance of Center-Temp	5.00%
Test Conditon	Zero Power
β -Range	(25/85)°C
β -Value	4150.0K
β -Tolerance	3.00%

Temperature Measuring Range	0~60°C
Resolution	0.1°C
Accuracy	±0.1°C

○ 개요

- 음의 온도계수를 갖는 써미스터, 즉 주변 온도의 상승에 따라 전기 저항이 감소.
- Mn3O4, NiO, Co3O4, Fe2O3 등의 금속 산화물을 혼합, 소성하여 제조되는 반도체 소자.

○ 역할

- 전자 기기 및 제품의 온도 보상, 회로 보호, 온도 계측 등을 정밀
- 제어하기 위한 필수 불가결한 소자임

○ 특성

- 온도에 대한 저항온도계수가 커서 미소온도 및 정밀측정이 양호하다.
- 구조가 간단하여 소형화가 가능하다.
- 무접점이므로 신뢰성이 높고 경시변화가 적다.
- 압력, 자기, 기타 factor에 대해 둔감하다.
- 양산성이 우수하여 안정한 가격으로 대량공급이 가능하다.
- 기계적 강도와 가공성이 우수한 것이어야 한다.

○ 주요응용분야

- 온도 보상 : 트랜지스터, IC, TCXO, LCD 등
- 과잉 충전 및 과열 방지를 통한 회로 보호 : 휴대폰 배터리, 배터리 충전기 등
- 온도 계측 : 휴대폰 온도 표시용, 체온 측정용 등
- 기타 : 온도계수 및 제어용, 특성보상 및 회로용, 온도이외의 계측 및 제어용으로 가전 제품, OA 기기, 자동차 및 산업용 기기, 컴퓨터 CPU 온도 제어용 센서 등에 이용

나) 수분센서 상세스펙

Analog Capacitive Soil Moisture Sensor

아날로그 용량성 토양 수분 센서 - 내식성

Moisture Measuring Range	0~45%RH
Resolution	1%RH
Accuracy	±3%RH

작동 전압 : 3.3 VDC

출력 전압 : 1.4 ~ 2.8VDC

동작 전류 : 5mA

인터페이스 : PH2.0-3P

○ FDR 센서(Frequency Domain Reflectometry)

- 고주파(0.1~5.0MHz)를 이용
- 측정원리 : 토양내 수분변화에 따른 유전율 변화는 측정회로 내에 걸리는 주파수(전파) 세기 변화에 따라 콘덴서에서 정전용량변화값을 전압차로 읽음. 정전용량식이라고도 함.

○ 개요

- 당사의 토양 수분 센서는 타사의 저항 감지보다는 정전 용량 감지를 통해 토양 수분을 측정함.
- 내부식성 재질로 되어 있어 우수한 서비스 수명을 제공하며, 실시간 토양 습도 데이터 제공되는 모듈에는 3.3V온보드 전압 레귤레이터가 포함되어 있으며, 3.3V 저전압 MCU에 적합함.

○ 특성

- TDR센서보다는 불안정하나, 가격이 저렴, 비교적 오차없이 토양수분 측정이 가능하여 최근에 널리 사용하고 있음.
- 수분함량의 범위가 작은 토양에서 사용됨.
- 사토 및 염도가 높은 토양에서 보정이 필요함.

(3) 무선통신 모듈 제작 및 결과

- LoRa⁷⁾는 사물 인터넷이 발전하면서 기존에 있던 통신장비로는 IoT분야에 적용하기에는 힘들다 생각하여 고안한 방법으로 보안성과 저전력 고효율에 장거리 통신이 가능한 것이 특징임
- LoRa는 Low Energy 저전력으로 배터리 하나로 최대 10년 정도를 사용할 수 있도록 만들었으며, 또한 16마일 이상 Long Range 장거리 10마일 이상, 약 16KM 이상 통신범위가 가능함. IoT에서 보안성은 재산과 생명과도 관련이 있을 수 있는데, LoRa는 기본적으로 AES128 보안기능을 제공하고 있음
- 요금제가 무척 저렴하여 월 이용료가 최소 350원에서 최대 2000원(VAT 포함 380원~2,200원) 수준임. 1시간 1회 소량의 데이터를 전송하는 가스 검침기의 경우 월 350원(VAT 포함

7) LoRa : Long Range 약자로 Long의 Lo와 Range의 Ra를 합쳐서 만든 단어

380원)으로 이용할 수 있으며, 월 100MB의 용량을 사용한다면 월 2000원(VAT 포함 2200)만 지급하면 됨. 이런 요금제를 출시할 수 있었던 이유는 LoRa 구축비용이 낮기 때문임

데이터 제공량	월기본료 (VAT별도)	서비스 예시	비고
100KB (1시간1회)	350원	가스/수도 AMI 환경 모니터링(온습도)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기간 약정 할인 - 2년(5%)~5년(20%) ○ 다회선 할인 - 500회선(2%)~1만회선 (10%) ○ 추가 요금 : 0.005원/0.5KB
500KB (10분1회)	500원	시설물 모니터링 (태양광발전, 누수 등), 환경 모니터링 (미세먼지), 가로 등/보안등 관제	
3MB (1분1회)	700원	자산관리 (공용 자전거 등 공용시설)	
10MB	1,000원	대인관제(Safe Watch)	
50MB	1,500원	이동형 자산관리	
100MB	2,000원	작업장 안전관리, 차량관제, 전력AMI	

○ SK LoRa 모듈 특성을 파악하기 위해서 통신 송수신 내용을 확인하기 위해 테스트 키트로 먼저 확인함



<그림 22> 와이슬 LOM102A 테스트 키트

```

Wisol LoRa 170316
RX2CH Open: freq 921900000, SF 12, BW 0, TO 25, RXC 1
SKT : provisioning State 3 = Enable 1
PrepareFrame: MType: FRAME_TYPE_JOIN_REQ / Ver: 0
PrepareFrame: ADR ON, ADRAckReq 0, ACK 0 Fpending 0 FoptsLen 0 FCnt 1 P 0
SEND : Freq: 922300000 DR: 0 PWR: 0
*2nd Join*
RX2CH Open: freq 921900000, SF 12, BW 0, TO 25, RXC 1
RX1CH Open: freq 921900000, SF 12, BW 0, TO 25, RXC 0
RX2CH Open: freq 921900000, SF 12, BW 0, TO 25, RXC 1
hWdL_Get::0
PrepareFrame: MType: FRAME_TYPE_JOIN_REQ / Ver: 0
PrepareFrame: ADR ON, ADRAckReq 0, ACK 0 Fpending 0 FoptsLen 0 FCnt 2 P 0
SEND : Freq: 922100000 DR: 0 PWR: 0
*2nd Join*
Enhanced Provisioning status : None
Reset for config
OK
Wisol LoRa 170316
RX2CH Open: freq 921900000, SF 12, BW 0, TO 25, RXC 1
SKT : provisioning State 0 = Enable 1
PrepareFrame: MType: FRAME_TYPE_JOIN_REQ / Ver: 0
PrepareFrame: ADR ON, ADRAckReq 0, ACK 0 Fpending 0 FoptsLen 0 FCnt 1 P 0
SEND : Freq: 922300000 DR: 0 PWR: 0
*1st Join*
RX2CH Open: freq 921900000, SF 12, BW 0, TO 25, RXC 1
hWdL_Get::0
7. Start
    
```



<그림 23> LoRa모듈제작

○ LoRa 키트로 확인이 완료한 상태에서 LoRa 모듈을 제작하여, SK망에 단말 인증 시험용 개통을 위해서 SK본사 IoT OpenTB에서 개통관련 시험을 보았고 시험관련 모든 항목을 통과함



IoT Open Testbed 시험 성적서

시험 날짜: 2018년 11월 30일
 시험 담당자: 박재호

◆ 개발사 시험 정보

개발사	Device 정보		모듈 정보			OpenTB 시험번호 등록 정보		
	Device 모델명	Device FW 버전	모듈사	모듈명	모듈 FW 버전	최초 등록일	시험번호 등록 수	시험번호 식제일
에니언커뮤니케이션즈	TBD	ver 1.00	와이솔	LOM102A	112PLUS	2018년 11월 12일	1	2018년 11월 30일

※ 단말 인증 의뢰(또는 상용망 시험 번호 발급)를 위한 사전 시험 인증서로 IoT OpenTB에서 작성하고, 단말 인증 부서(SKT 사업Infra운영팀) 및 단말 개발사에서 관리한다.
 ※ 및 연동 입고 전 무선성능 시험 인증 후 및 연동 의뢰 가능함. (OpenTB 진행)

◆ SKT OpenTB 시험 항목

시험 항목	항목 수	결과	비고
Pseudo/Real Join 동작확인	12 항목	PASS	Pseudo / Real Join 관련 NW 서버 로그 개발사 전달
Device - ThingPlug 연동확인	11 항목	PASS	extDevMgmt 가능 미구현
MAC Command 동작확인	17 항목	PASS	
Downlink Fcmt 동작확인	6 항목	PASS	

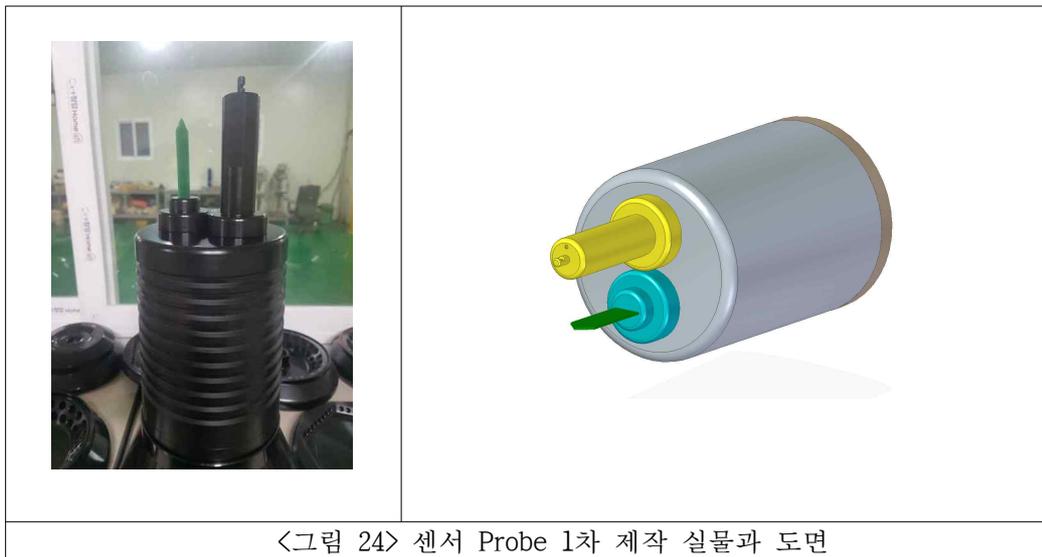
No.	Test Procedure	Expected Result	시험결과	비고
1	Join 이후 DevAddr, AppEUI 를 단말기에 저장하는지 확인	[Value Check] Join 이후 DevAddr, AppEUI, NwkSKey, AppSKey를 저장하는지 확인 - 망연동 입고 시료 중 1대는 Key 값들이 암호화 되어 저장이 되는지 확인이 가능하도록 되어 있어야 하며(i.e. 망연동 검증 개발확인용 별도 Firmware) - 망연동 입고 시료의 나머지에 대해서는 조화가 불가능해야 함(i.e. 고객 배포 Firmware) 이름 식별은 주어진 이름 기준	PASS	
2	[SKT] Real AppKey 할당 요청 (RealAppKeyAllocReq)	[SKT Protocol] RealAppKeyAllocReq 메시지를 지정된 N/W서버로 전송하는지 확인	PASS	
3	[SKT] Real AppKey 할당 요청 (RealAppKeyAllocAns)	[SKT Protocol] RealAppKeyAllocAns 메시지를 받았는지 확인	PASS	
4	[SKT] Real AppKey 수신 보고 (RealAppKeyRxReportReq)	[SKT Protocol] RealAppKeyRxReportReq 메시지를 지정된 N/W서버로 전송하는지 확인	PASS	
5	[SKT] Real AppKey 수신 보고 (RealAppKeyRxReportAns)	[SKT Protocol] RealAppKeyRxReportAns 메시지를 받았는지 확인	PASS	
6	Real Join 처리 (Join Accept 내 DevAddr 값 확인)	[Value Check] Join Accept 내, DevAddr 할당 확인하며 DevAddr의 상위(MSB) 7bits 값이 10진수(Decimal) '13' 인지 확인	PASS	
7	Real Join 처리 (Join Accept 내 DR Offset 0 및 RX2 DR0 확인)	[Value Check] Join Accept 메시지 내, DLsetting 항목의 RX1 Data Rate Offset '0', RX2 'DR0' 인지 확인 - Chapter 6.2.5 - 7(REU) 6.4(RX1DRoffset) 30(RX2Data rate)	PASS	
8	Unconfirmed Tx 정상 전송	[Unconfirmed] Unconfirmed Data 송신을 정상적으로 수행	PASS	
9	Unconfirmed-Data-Up 처리 (DevAddr, Fport)	[Unconfirmed] DevAddr, Fport 포함하여 데이터 전송	PASS	
10	Confirmed-Data-Up 처리 (DevAddr, Fport)	[Confirmed] DevAddr, Fport 포함하여 데이터 전송	PASS	
11	Confirmed-Data-Up 처리 (ACK 수신 확인)	[Confirmed] N/W서버로부터 Ack 수신 확인	PASS	
12	Confirmed-Data-Up 처리 (Retransmission 가능 동작 여부) 와 제조사 기본 Scheme 문서 제출	[Confirmed] Confirmed Data 송신을 정상적으로 수행하고, ACK 을 수신하지 못한 경우 재전송을 수행	PASS	
13	LoRa Payload 최대 Bytes 수 확인	[Payload] LoRa 단말 동작 시나리오상 최대 전송 Byte 수 확인 (Max. 65Bytes) - 최대 전송 초과 발송 시도시 미발송 확인 자료 첨부	PASS	
14	Downlink 최대 사이즈 전송시험	[ThingPlug +Customized] App 서버에서 최대 사이즈 전송 및 이상 동작 유무	PASS	
15	Thing Plug 0x00 MgmtCmd 처리 (ExtDevMgmt) - 사용 시 구현	[ThingPlug 0x00] ExtDevMgmt 기능 검증 및 사용여부 확인	NA	기능 미적용
16	Thing Plug 0x80 MgmtCmd 처리 (RESET) - 필수 구현	[ThingPlug 0x80] MgmtCmd RESET 메시지 수신 확인	PASS	

No.	Test Procedure	Expected Result	시험결과	비고
46	[Confirmed downlink Fcmt 값에 의한 동작 확인] 기존 Fcmt와 동일한 Fcmt 값을 수신한 경우	NW 서버에서 Frame Count를 기존과 동일한 값으로 설정 및 Mgmt cmd 설정 후 단말에서 수신 할 경우 해당 메시지를 Drop하고 아래 두가지 case 중 하나로 동작되어야 한다. Case1. 해당 메시지를 Drop하고 Uplink 재전송 시도하는지 확인한다. Case2. 해당 메시지를 drop 하고 서버로 Confirmed down에 대한 Ack만 전송	PASS	

No.	Test Procedure	Expected Result	시험결과	비고
32	[MAC] 단말에서 ADR 을 강제토 변경하면 안됨	[MAC] 기능 동작 확인 - Unconfirmed Message에 대해 단말 자체에서 DR 변경되면 안 됨, 많은 전송을 통해 DR 변경 유도 확인	PASS	
33	[MAC] LinkADRReq 메시지 내의 NbTrans Field 동작 확인	[Unconfirmed 재전송] [MAC] + Feature: LinkADRReq. 메시지 내의 NbTrans Field 동작 확인 - 0 : 단말 설정 동작 (Default)	PASS	
34	[MAC] LinkCheckReq 단말 전송 및 LinkCheckAns 수신 확인	[MAC] LinkCheckReq 를 단말이 보내고(Payload 없음) LinkCheckAns 를 NW 서버로부터 수신(dB 마진 표시, 기지국 수 표시)	PASS	
35	[MAC] DutyCycleReq 를 수신하여 DutyCycle Ans를 정상 송신	[MAC] 수신된 Duty Cycle 설정이 정상적으로 디바이스에 반영됨을 확인 (채널 점유 시간 = 1/(2^Cycle)) 수신된 Duty Cycle 설정에 대해 단말이 보내는 ACK Payload는 없음	NoTest	
36	[MAC] RXParamSetupReq를 수신하여 RXParamSetupAns를 정상 송신	[MAC] 수신된 RX Channel 및 Data Rate 설정이 정상적으로 디바이스에 반영됨을 확인 - RX1DROffset, RX2DRrate, RX2Channel	PASS	
37	[MAC] DevStatusReq 수신하여 DevStatusAns 를 송신	[MAC] NW 서버의 배터리 정보 요청 메시지는 Payload 없음, 단말은 Battery Level과 SNR 정보를 정상적으로 서버에 송신 0:Power source 1~254:Level 255:N/A	PASS	
38	[MAC] NewChannelReq 수신하여 NewChannelAns 를 송신	[MAC] 수신된 메시지에 Index, Channel Frequency와 Data Rate 설정이 정상적으로 디바이스에 반영됨을 확인	PASS	
39	[MAC] RXTimingSetupReq 를 수신하여 RXTimingSetupAns를 송신	[MAC] 수신된 RX1 Delay 설정이 정상적으로 디바이스에 반영됨을 확인	PASS	
40	[MAC] DeviceTimeReq 단말 전송 및 DeviceTimeAns 수신 확인	[MAC] DeviceTimeReq 를 단말이 보내고(Payload 없음) DeviceTimeAns 를 NW 서버로부터 수신(시간정보 표시)	PASS	
41	[Unconfirmed downlink Fcnt 값에 의한 동작 확인] 기존 Fcnt 값보다 크 Fcnt 값을 수신한 경우	NW 서버에서 Frame Count를 기존 값보다 큰 값으로 설정 후 단말에서 수신 할 경우 해당 메시지를 정상적으로 처리하는지 확인	PASS	
42	[Unconfirmed downlink Fcnt 값에 의한 동작 확인] Fcnt 값보다 작은 Fcnt 값을 수신한 경우	NW 서버에서 Frame Count를 기존 값보다 작은 값으로 설정 후 단말에서 수신 할 경우 해당 메시지를 정상적으로 처리하는지 확인	PASS	
43	[Unconfirmed downlink Fcnt 값에 의한 동작 확인] 기존 Fcnt와 동일한 Fcnt 값을 수신한 경우	NW 서버에서 Frame Count를 기존 값과 동일한 값으로 설정 후 단말에서 수신 할 경우 해당 메시지를 Drop하고 Uplink 재전송 시도하는지 확인한다.	PASS	
44	[Confirmed downlink Fcnt 값에 의한 동작 확인] 기존 Fcnt 값보다 크 Fcnt 값을 수신한 경우	NW 서버에서 Frame Count를 기존 값보다 큰 값으로 설정 및 Mgmt cmd 설정 후 단말에서 수신 할 경우 해당 메시지를 정상적으로 처리하는지 확인	PASS	
45	[Confirmed downlink Fcnt 값에 의한 동작 확인] Fcnt 값보다 작은 Fcnt 값을 수신한 경우	NW 서버에서 Frame Count를 기존 값보다 작은 값으로 설정 및 Mgmt cmd 설정 후 단말에서 수신 할 경우 해당 메시지를 정상적으로 처리하는지 확인	PASS	

(4) 센서 Probe 제작 및 결과

- 센서 Probe에 있어 온도 변화에 따른 재질, 조립성, 간단한 설치, 강도, 방수, 설치시 센서 파손대비 등을 감안 하였고 ISFET pH센서와 기준 전극사이 간격에 따른 측정값의 영향에 대한 설계 제작함
- 센서 Probe 1차 설계 내용은 센서 모듈화, 조립성, 고정화, 방수 등에 중점을 둠



<그림 24> 센서 Probe 1차 제작 실물과 도면

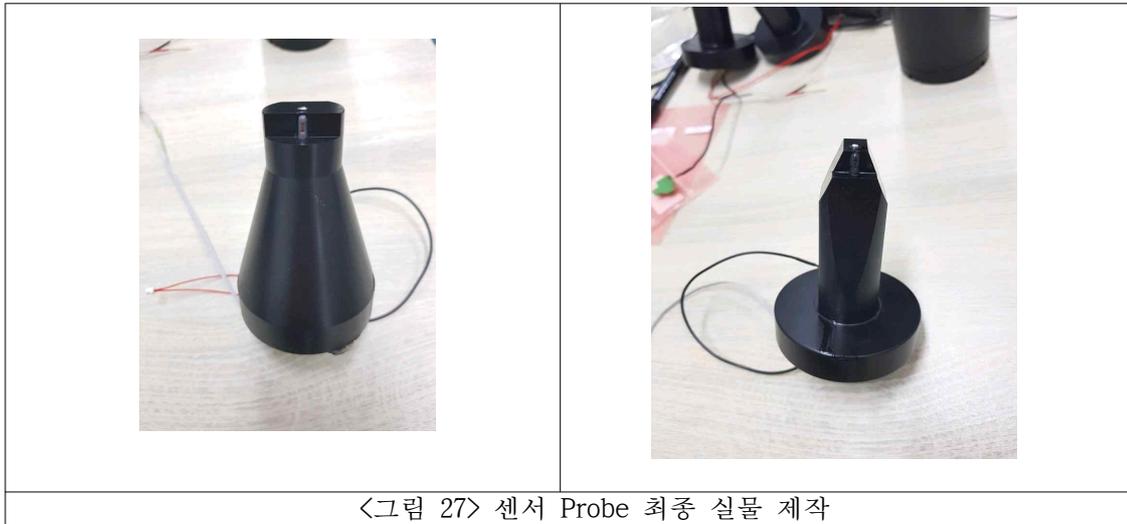
- 센서 Probe 2차 설계 내용은 센서 Probe 1차 샘플을 테스트한 내용에서 Probe 크기, 조립성, 땅속에 설치하는 과정의 어려움, 모듈 구조변경 등을 보완했다. Probe 크기는 경량화했고, 수분과 ISFET pH센서부를 합치는 방향으로 설계함



- 센서 Probe 3차 설계 내용은 센서 Probe 2차 샘플을 테스트한 내용에서 조립성, 기구 구조상 센싱이 안되는 현상이 생겨서 구조변경으로 보완함

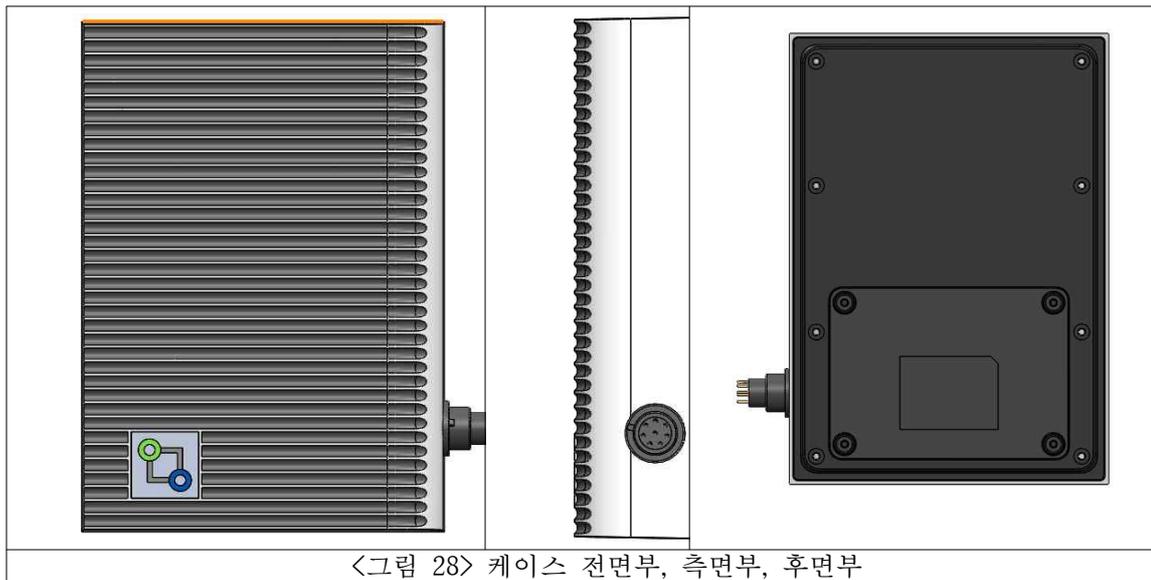


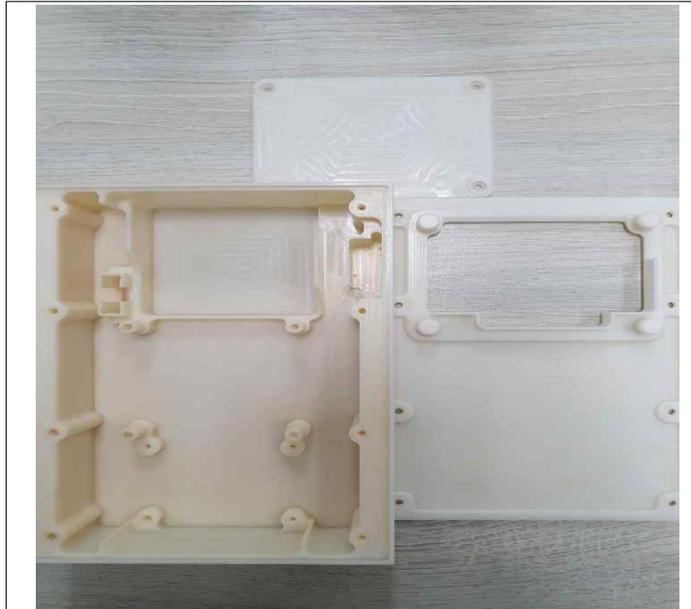
- 센서 Probe 최종 설계 내용은 센서 Probe 3차 샘플을 테스트한 내용에서 센서의 흔들림으로 센싱값이 틀어지는 현상이 생겨서 구조변경으로 보완함



(5) 외부 케이스 제작 및 결과

- 외부 측정 장치 케이스에 있어 온도 변화에 따른 재질, 조립성, 간단한 설치, 강도, 생활 방수 등을 감안해서 제품을 설계 제작함





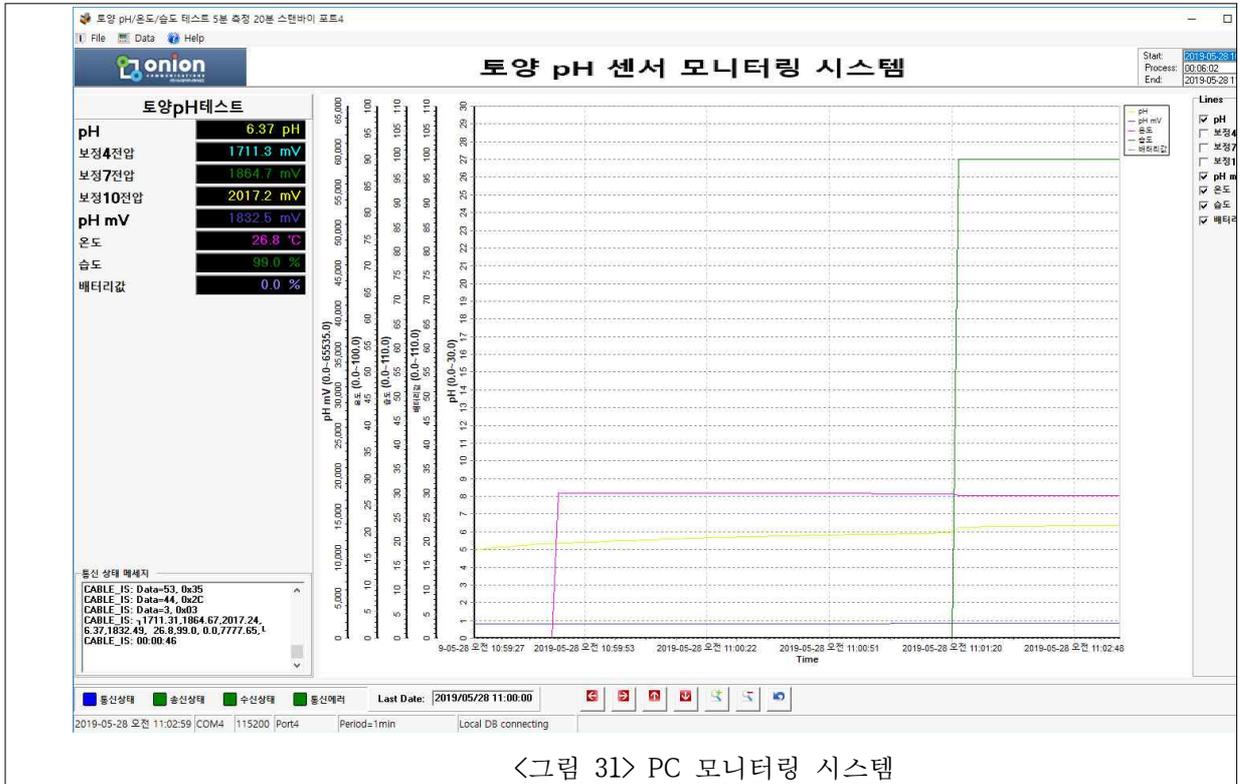
<그림 29> 케이스 속면



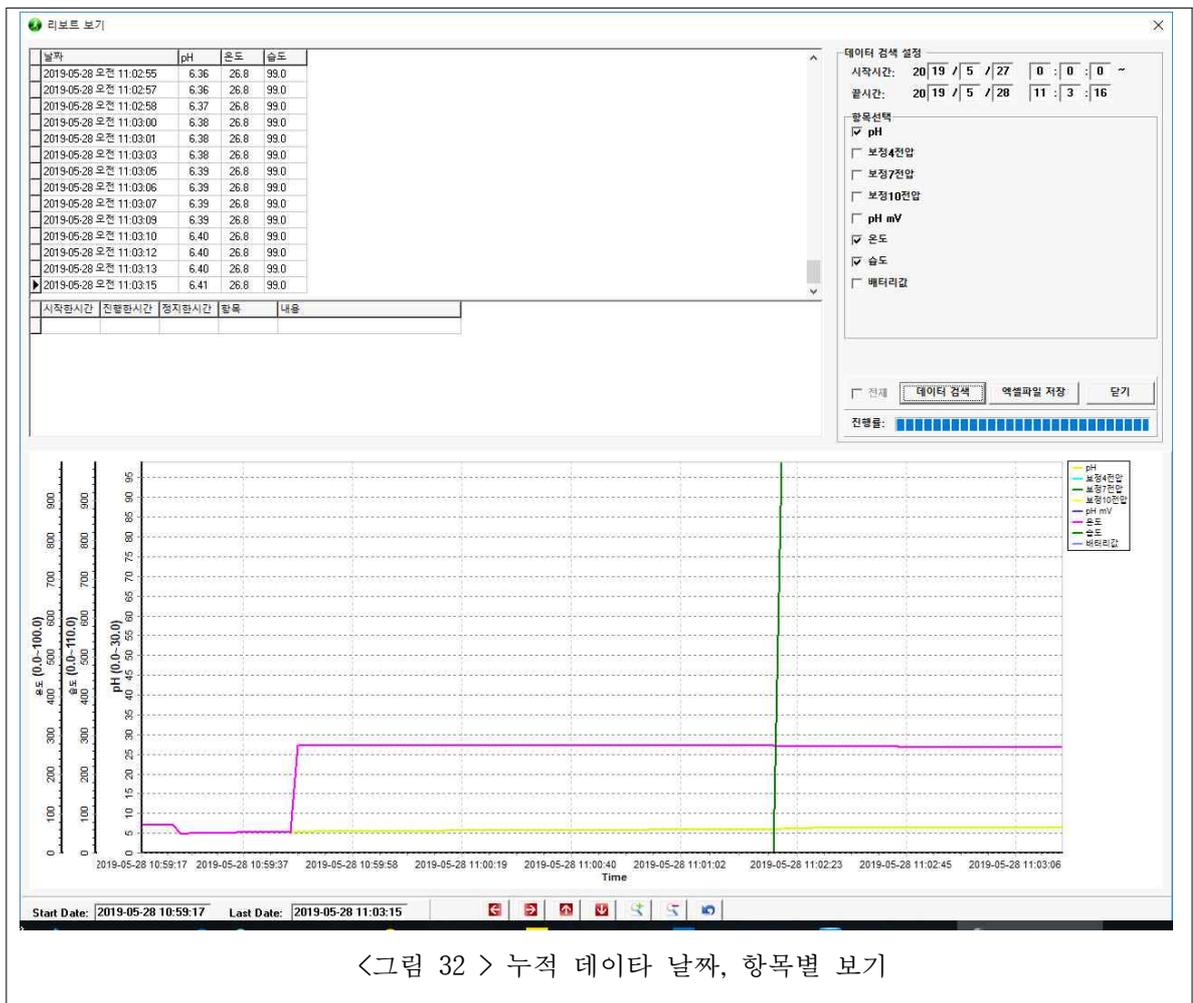
<그림 30> 케이스 실물

(6) 모니터링 시스템 제작 및 결과

- 실시간으로 Flow 데이터를 수집/분석하여 성능 정보를 제공하며, 차트 그래프를 통하여 전체 데이터 현황을 직관적으로 파악할 수 있는 시스템임.



<그림 31> PC 모니터링 시스템



<그림 32 > 누적 데이터 날짜, 항목별 보기

- 토양 pH 측정 장치의 데이터를 확인용, 누적용, 분석용 등으로 사용하기 위해 개발하였으며, 각각의 측정 데이터 날짜, 온도, 수분, ISFET pH보정값, mV, 배터리 mV값 등을 실시간 모니터링 및 데이터를 저장하고 누적한 데이터는 날짜, 측정항목을 기준으로 분석함

(7) 앱 제작 및 결과

- 서버에 수집된 데이터 정보를 사용자 스마트폰 앱에서 실시간 모니터링 할 수 있으며, 토양정보를 토대로 하우스 자동화 시설, 관수 및 액비, 양액 공급제어에 연동.
- 화면 구성은 Login화면, 모니터링 화면으로 구성됨



- 한 개의 농장에 Login은 한 개이며, pH센서측정기는 여러 개가 가능
- 한개의 농장에 설치된 세서는 햄버거 메뉴를 선택하면 표시

<그림 33> 앱의 Login화면

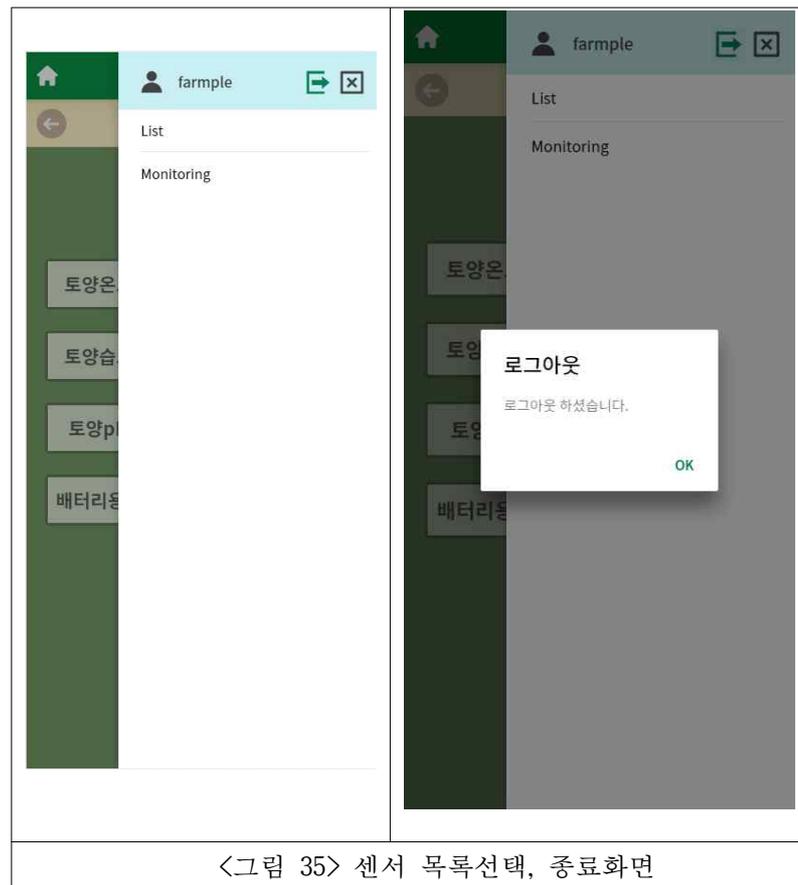


No	회원 ID	토양 pH측정장치
1	farmple	Test측정장치1



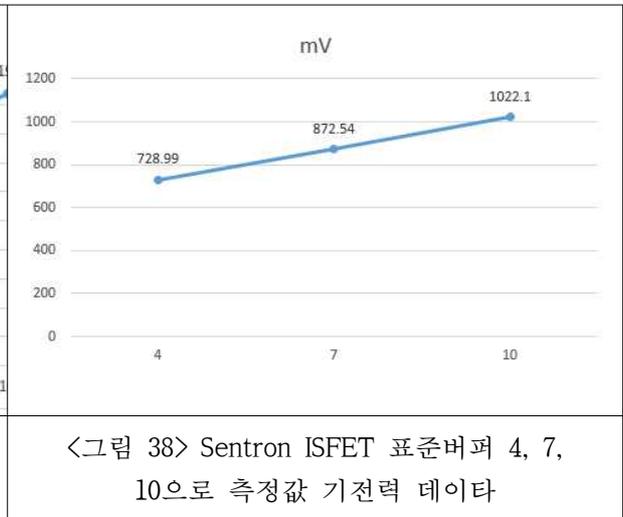
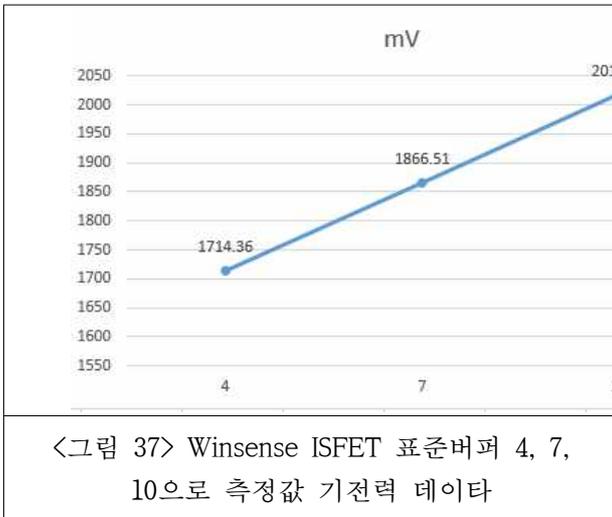
<그림 34> 모니터링 화면

- 모니터링 화면은 원하는 센서를 선택하면, 해당 센서 정보를 서버에 등록된 온도, 수분, pH 수치를 가져다가 모니터링 화면에 표시함
- 햄버거 메뉴를 선택하면 센서 리스트 선택메뉴가 나타나며, Logout메뉴고 표시됨



(8) pH 요인시험 장치를 이용한 기초실험 및 결과

- <그림 36>과 같이 제작한 pH전극 요인시험 장치를 이용하여 전극 특성을 파악하기 위하여 기초실험을 수행하였으며, 실험 방법은 기지의 pH 용액을 대상으로 pH 전극 요인시험장치의 전극 간에 발생하는 전위차를 측정하여 기지의 pH값과 기전력을 비교 분석함
- 이때, 공시 용질은 그림 36에 나타낸 pH 표준 버퍼 용액(Deajung chemical co., LTD., korea)을 사용하였고, pH 용액의 범위는 pH4.0 ~ pH10.0, 수준으로 하였다. pH 전극 간에 발생하는 전위차를 측정 하여 기지의 pH 용액에 따른 기전력의 변화를 비교한 결과를 그림 35에 나타냄



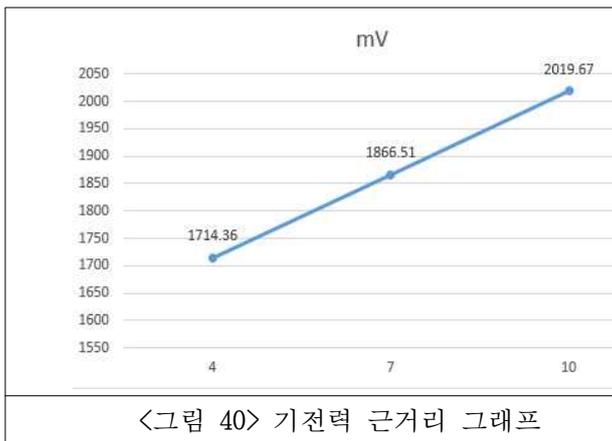
- 〈그림 37〉, 〈그림 38〉에서처럼 pH가 감소할수록 기전력이 감소하고, pH가 증가할수록 기전력이 증가하는 유형으로 기전력 증가 폭도 서로 비슷하게 표준 버퍼 4~7사이의 기전력 150mV 정도이며, 표준 버퍼 7~10사이의 기전력도 150mV정도 차이가 나는 것을 확인함
- 반복 실험 결과 측정된 기전력 값의 차이가 적게 나타나므로 재현성이 높을 것으로 판단하였으며, pH 센서소자로서 활용 가능성을 확인함

(9) pH 전극의 전극간 거리 변화에 따른 기초실험 및 결과

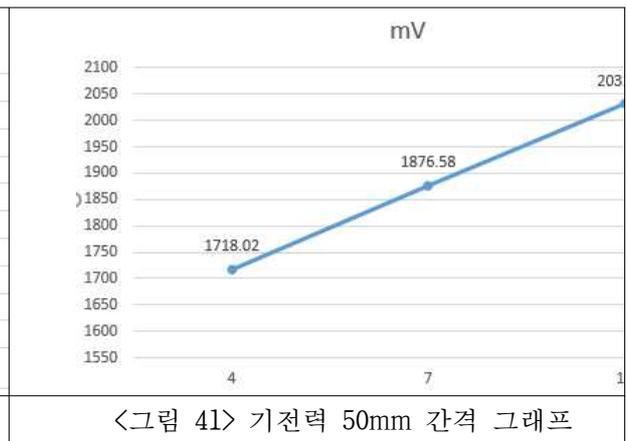
- 〈그림 39〉와 같이 제작한 비커의 pH 버퍼 용액을 대상으로 ISFET pH 소자와 전극 간에 발생하는 전위차를 측정하여 pH 버퍼 용액의 pH값과 기전력을 비교 분석함



<그림 39> ISFET pH센서와 Reference 전극사이
간격에 따른 기전력 비교



<그림 40> 기전력 근거리 그래프

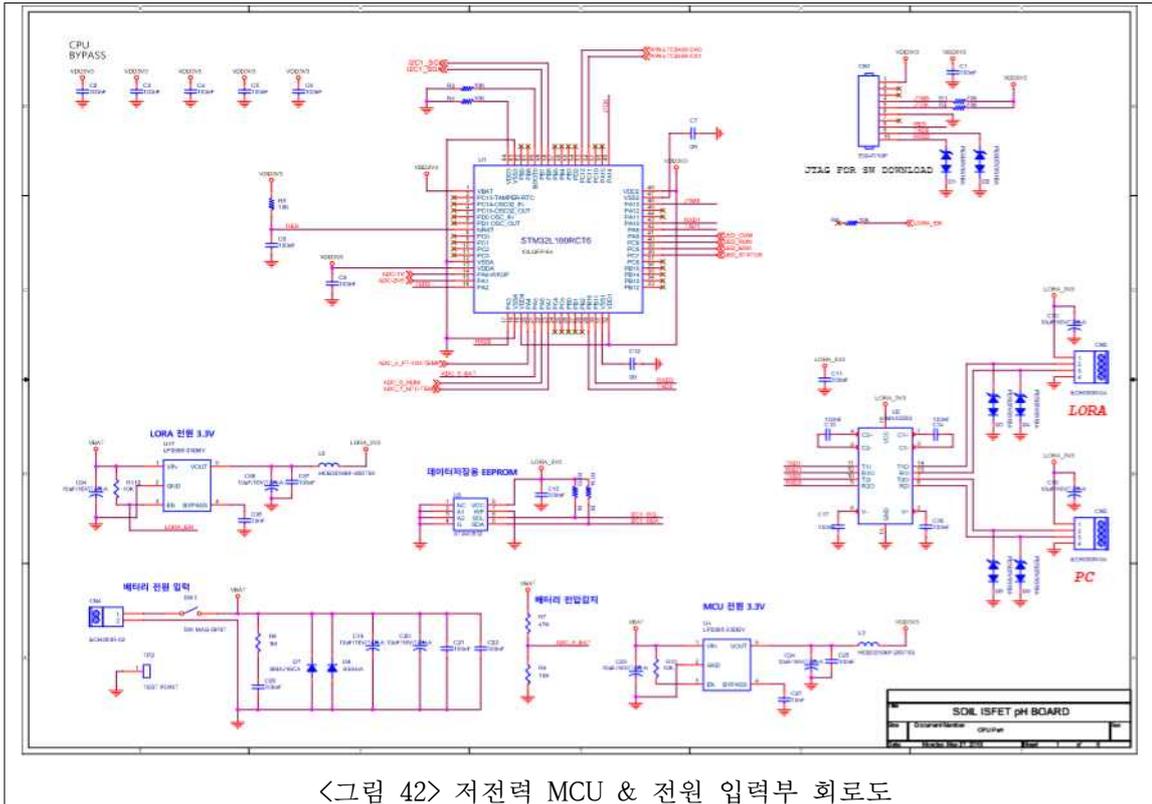


<그림 41> 기전력 50mm 간격 그래프

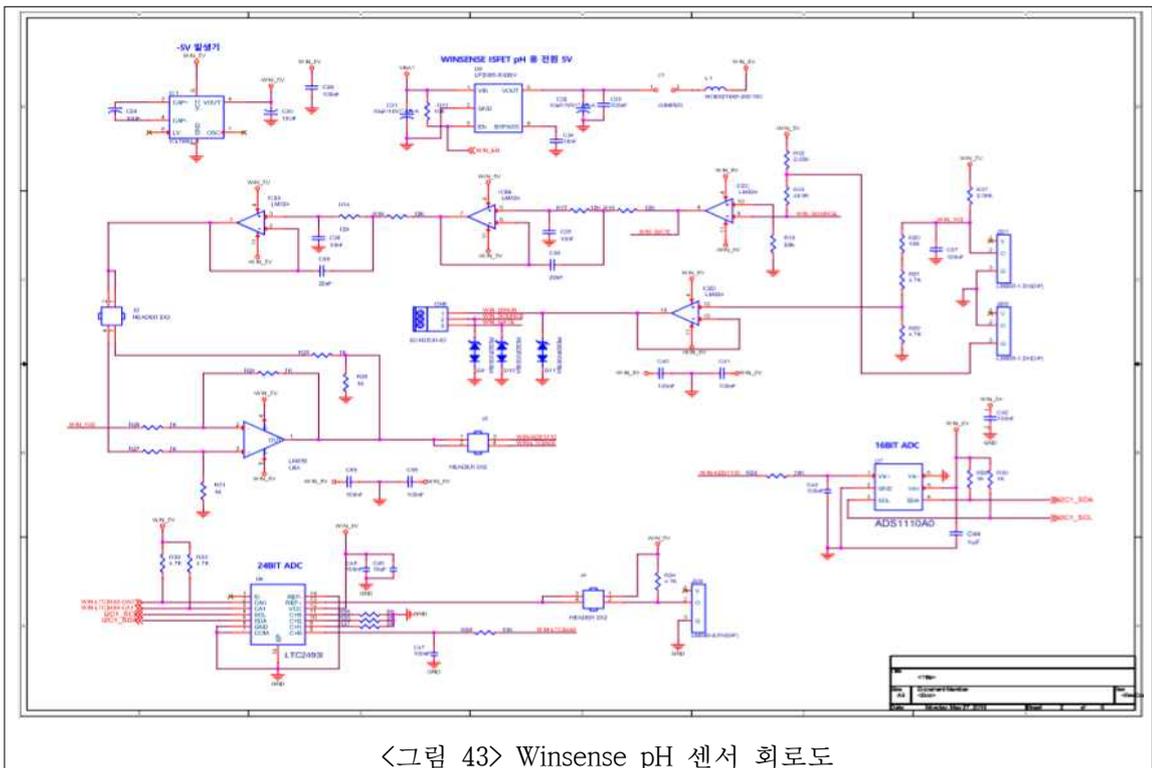
- <그림 37>, <그림 38>에서처럼 pH표준 버퍼에서 ISFET pH소자와 전극간의 간격에 따른 변화는 적었으며, pH가 감소할수록 기전력이 감소하고, pH가 증가할수록 기전력이 증가하며 표준 버퍼 4, 7, 10에 대한 기전력 차이는 4일 때 3.66mV, 7일 때 10.07mV, 10일 때 11.77mV로 오차값이 증가하는 것을 확인함
- ISFET pH소자와 전극사이의 간격이 근거리일 경우 표준버퍼 4~7사이는 152.15mV, 7~10사이는 153.16mV이며, ISFET pH소자와 전극사이의 간격이 50mm일 경우 표준 버퍼 4~7사이는 158.56mV, 7~10사이는 154.86mV임. ISFET pH소자와 전극간 간격에 따른 변화는 적음.
- pH센서 소자와 전극의 간격에 따라 측정값이 다르고, 토양에서 수분량이 적고, 기구 제작 시 구조적인 영향 때문에, 정확도를 위하여 소자와 전극의 간격을 줄이기 위해 센서 Probe 설계에 참고를 하였음

(10) 토양 pH 측정 장치 프로토타입 PCB 제작 및 결과

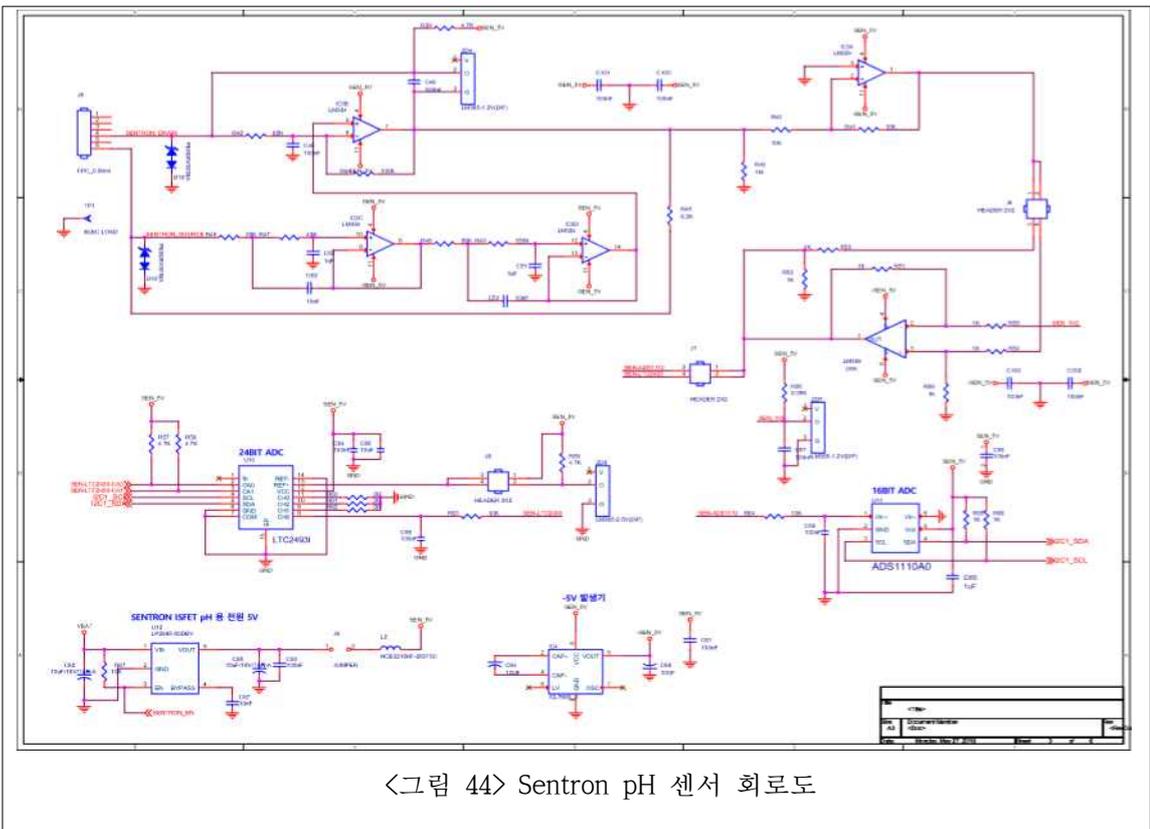
가) 1차 테스트 보드



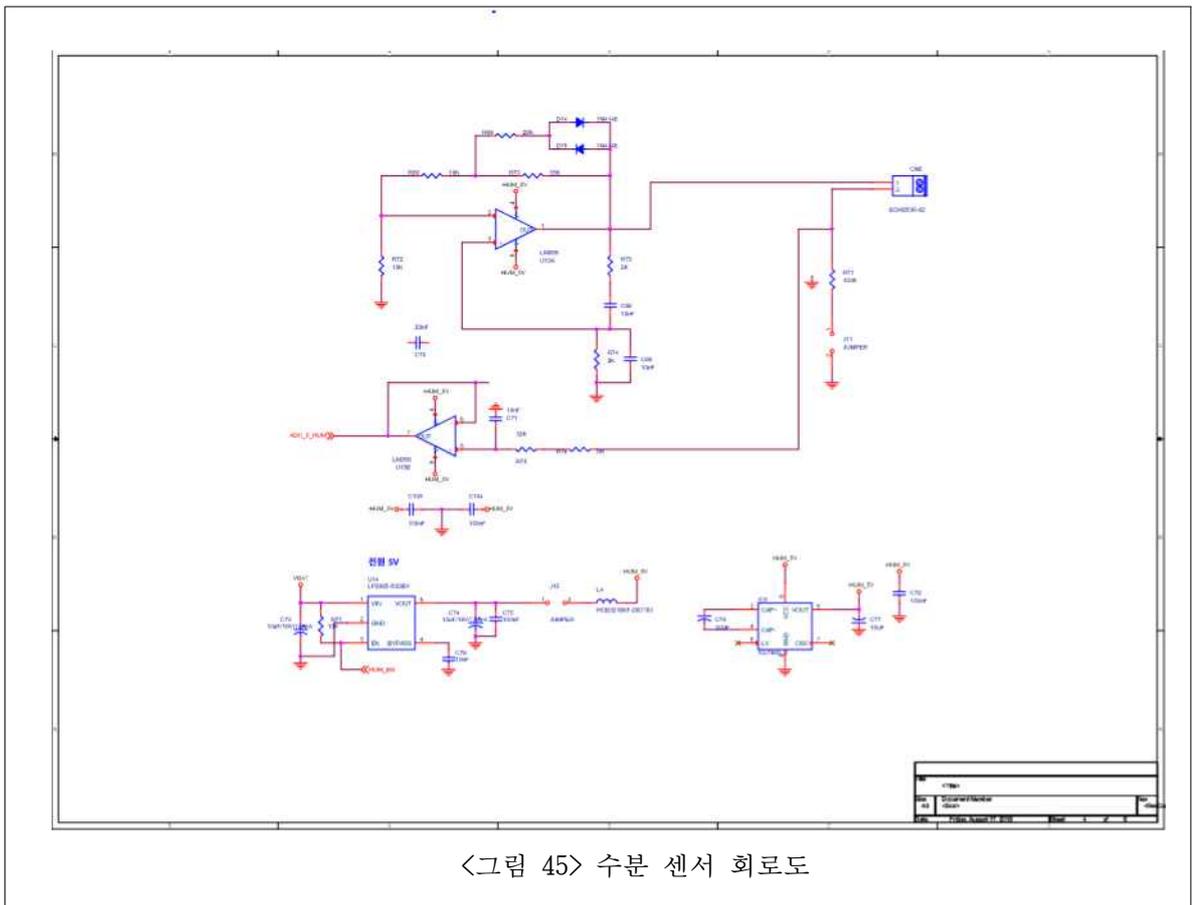
<그림 42> 저전력 MCU & 전원 입력부 회로도



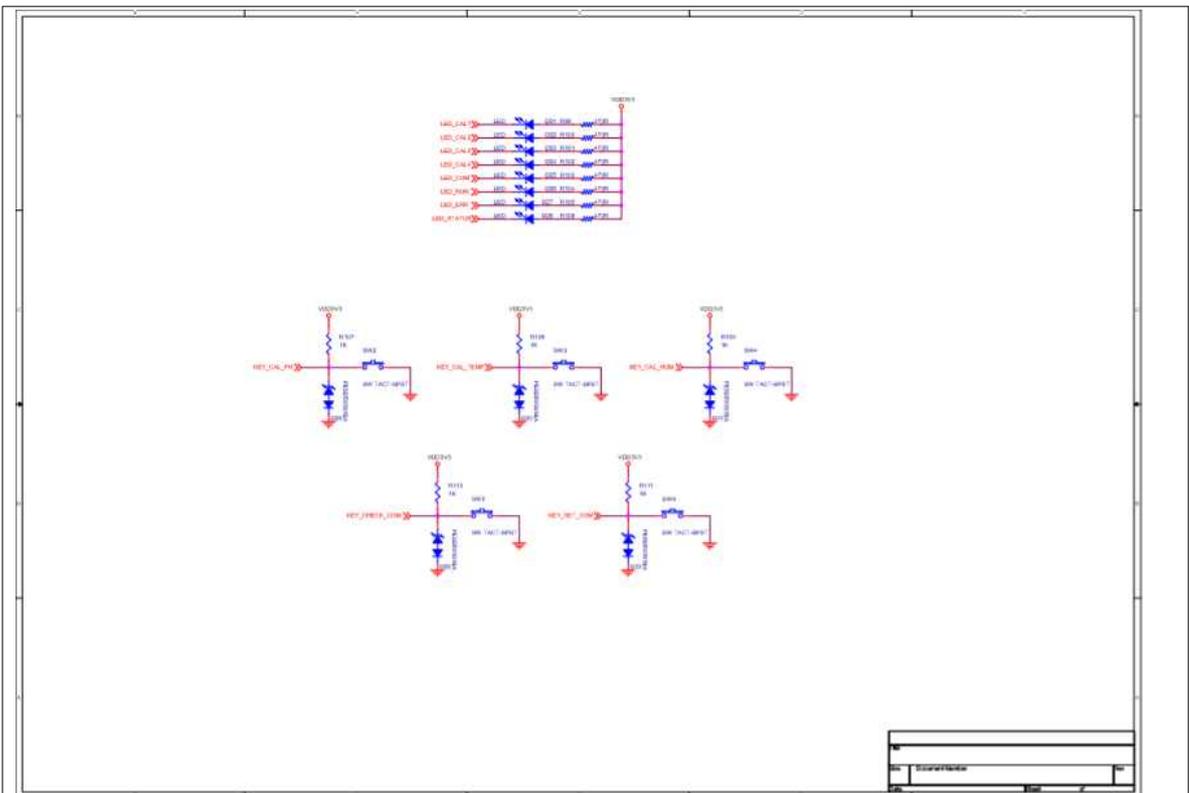
<그림 43> Winsense pH 센서 회로도



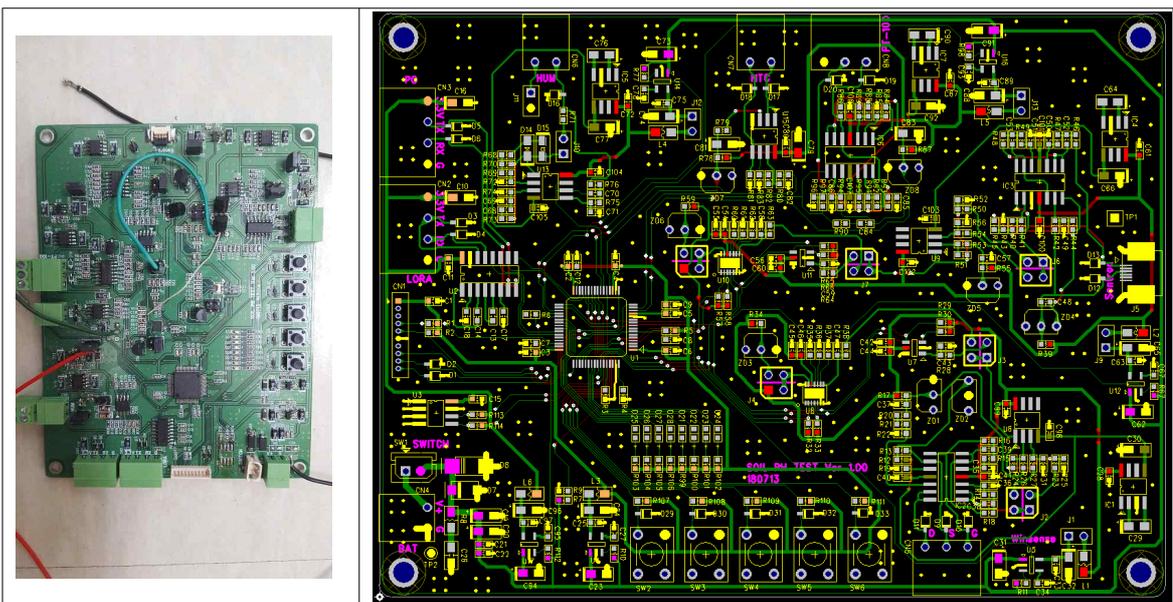
<그림 44> Sentron pH 센서 회로도



<그림 45> 수분 센서 회로도



<그림 48> LED, 스위치 회로도

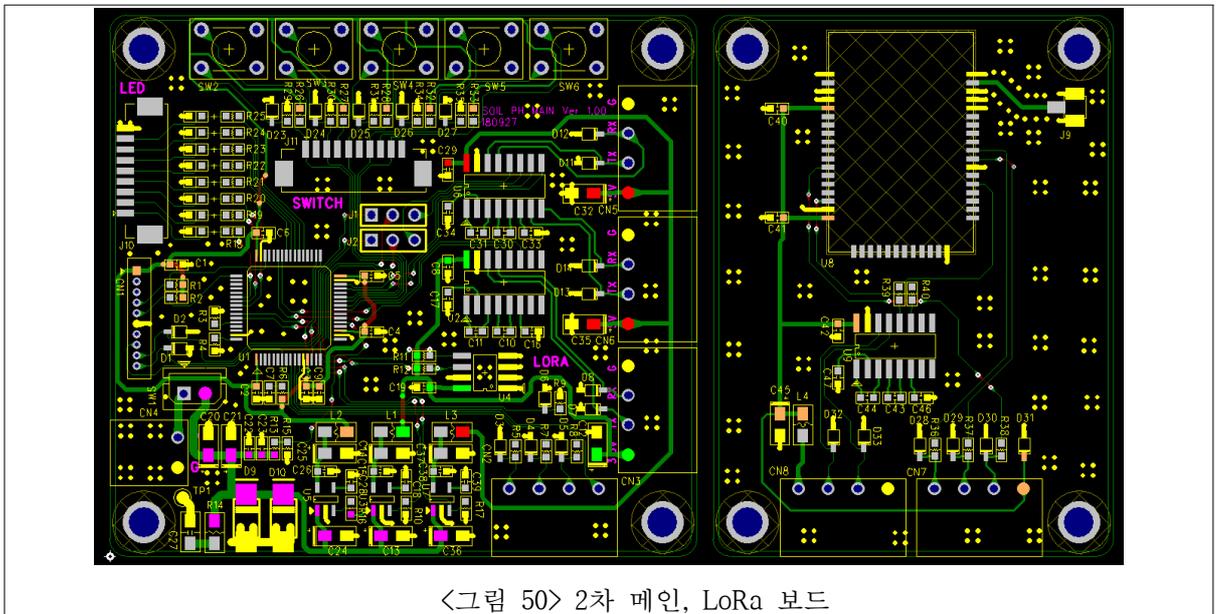


<그림 49> 각종 센서들 테스트를 위한 1차 테스트 보드 실물

- ISFET pH Winsense, Sentron 키트 제품을 구매해서 동작 테스트했으며, 동작 내용은 표준 버퍼에 따른 mV값이 일정하게 동작되는 것을 확인하였음. 테스트한 키트의 회로를 분석하고 분석한 내용을 테스트 보드에 반영하여 측정값의 정확성을 높이기 위하여 16Bit/24Bit ADC를 활용하여 테스트 보드를 개발하였음

- 온도 PT100, NTC*8) 10K 센서는 소자업체에서 제공하는 온도센서 변화에 따른 저항 테이블을 프로그램에 반영하여 회로 구현은 이 저항 값을 측정하기 위한 내용으로 설계하였음. 측정값의 정확성을 높이기 위하여 PT100소자는 16Bit/24Bit ADC를 활용하고 NTC-10K는 MCU내부의 12Bit ADC로 테스트 보드를 개발함
- 토양의 전기저항이 수분함량에 따라 변하는 원리를 이용하여, 한 쌍의 전극이 내장된 다공성의 전기저항피를 토양에 묻은 후 저항피와 토양 사이에 수분평형이 이루어졌을 때 적극 사이의 전기 저항을 측정함
- 물은 전기가 잘 통하는 전도체이므로 토양속에 수분이 많이 포함되어 있으면 저항치가 낮을 것이고 수분이 없으면 저항값이 높게 측정될 것이라는 것을 이용해서 수분의 양을 추정해 보는 방식으로 센서를 만들었음. 측정하기 위해서 MCU내부의 12Bit ADC로 테스트 보드를 개발함

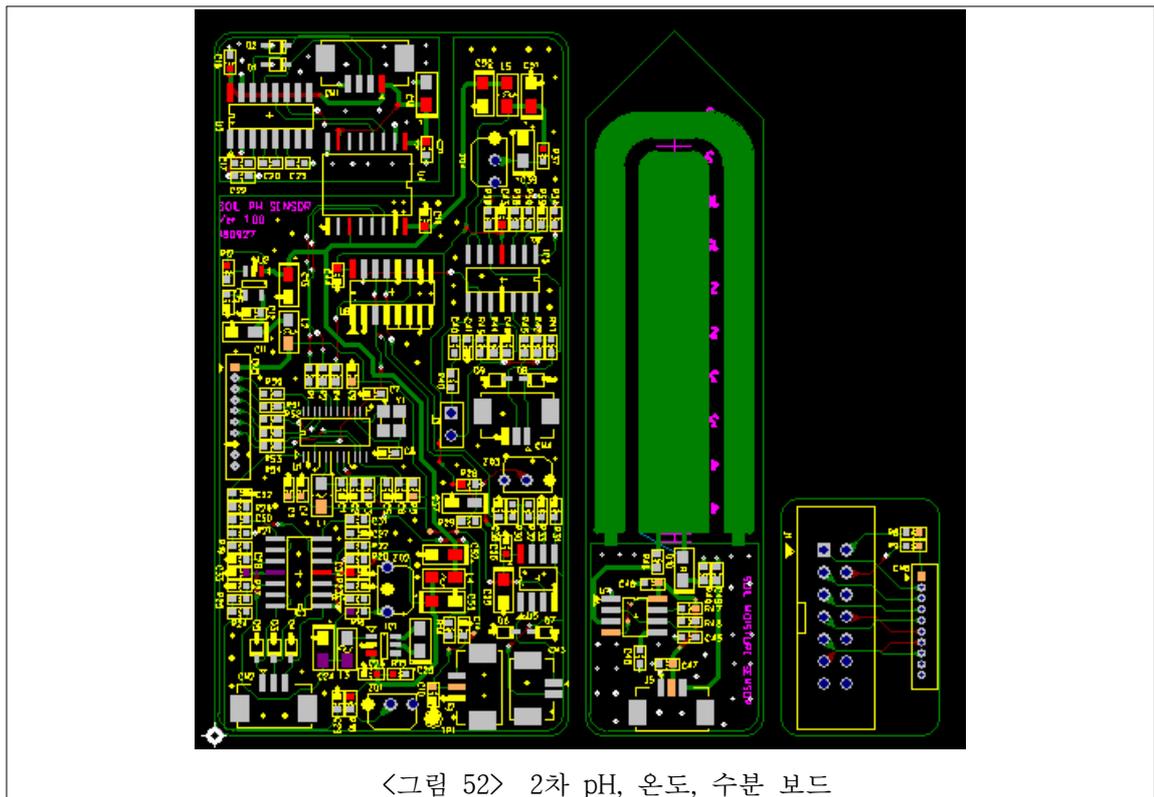
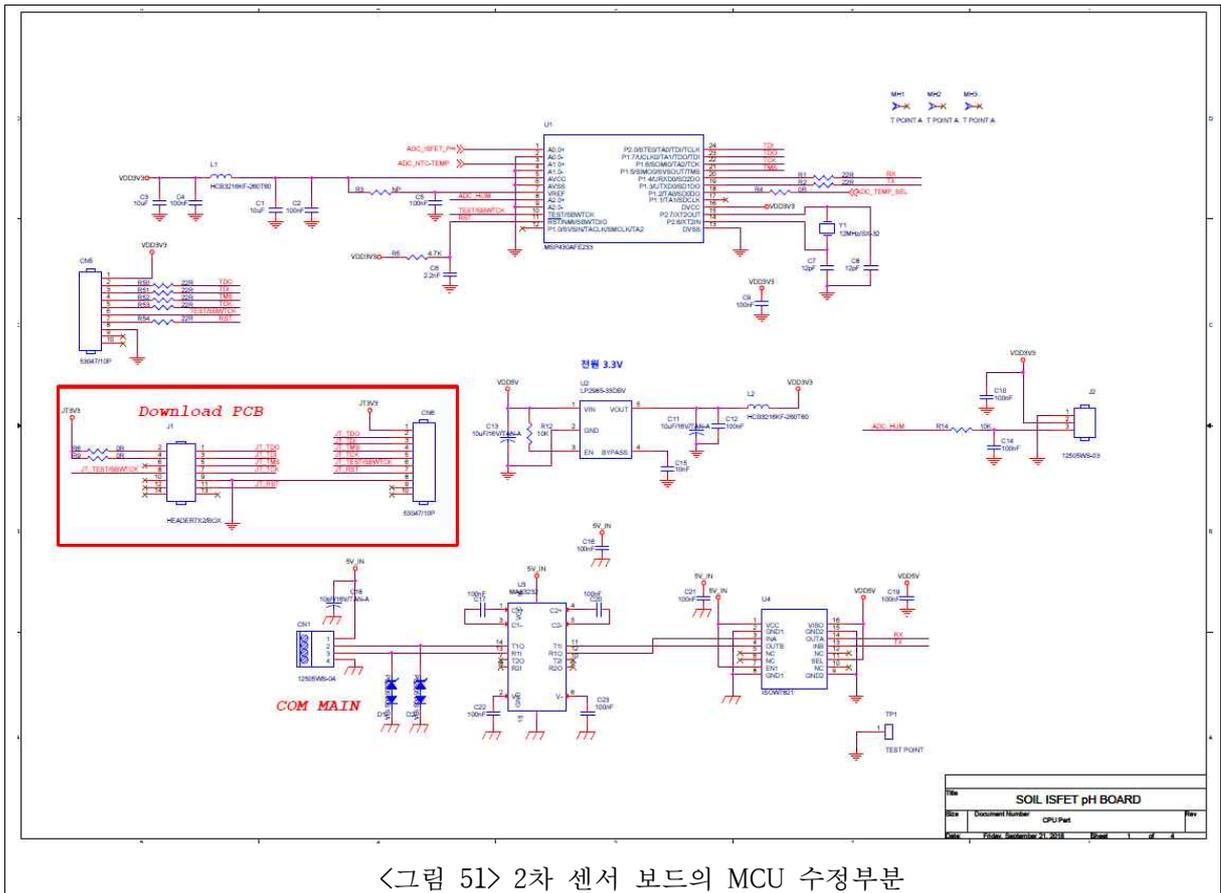
나) 2차 보드



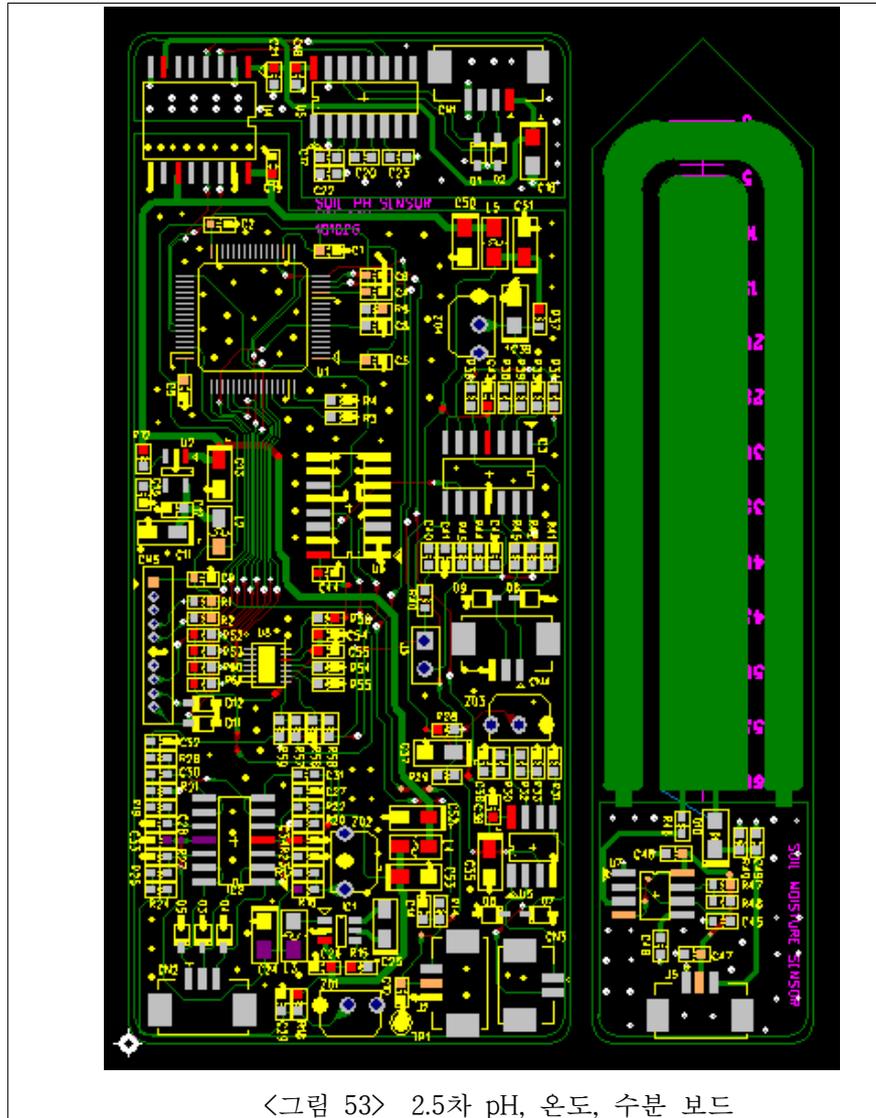
- 1차 테스트 보드로 테스트 결과 ISFET pH소자는 성능면에서 네덜란드 Sentron소자가 좋지만 가격면에 너무 비싼 관계로 태국의 Winsense를 선택함
- 토양에서 사용하는 온도 소자는 NTC 10K로 선택하였으며, 가격, 정밀도 면에서 사용하는데 무리가 없어서 선택함
- 1차 보드로 테스트 결과 수분 센서가 저항 방식으로 같은 용기에 측정시 ISFET pH센서에 영향을 미치는 것을 확인하여 FDR(Frequency Domin Reflectometry)센서 방식으로 변경함. 주파수는 520KHz 대역을 이용하였으며, 토양내 수분 변화에 따른 유전율 변화는 측정회로 내에 걸리는 주파수(전파)세기 변화에 따라 콘텐서에서 정전용량 변화값을 전압차로 읽으며, 이것을 정전용량식이라고도 함. 특징은 가격이 저렴하고 비교적 오차없이 토양수분 측정이 가능하여 최근에 널리 사용하고 있음

8) NTC : Negative Temperature Coefficient of Resistance

- 센서 보드에 전용 저전력 MCU MSP430를 추가 설계하여 MCU 내부에 24Bit ADC가 내장되어 있어서 외부 ADC사용하지 않아서 비용을 절감할 수 있었음



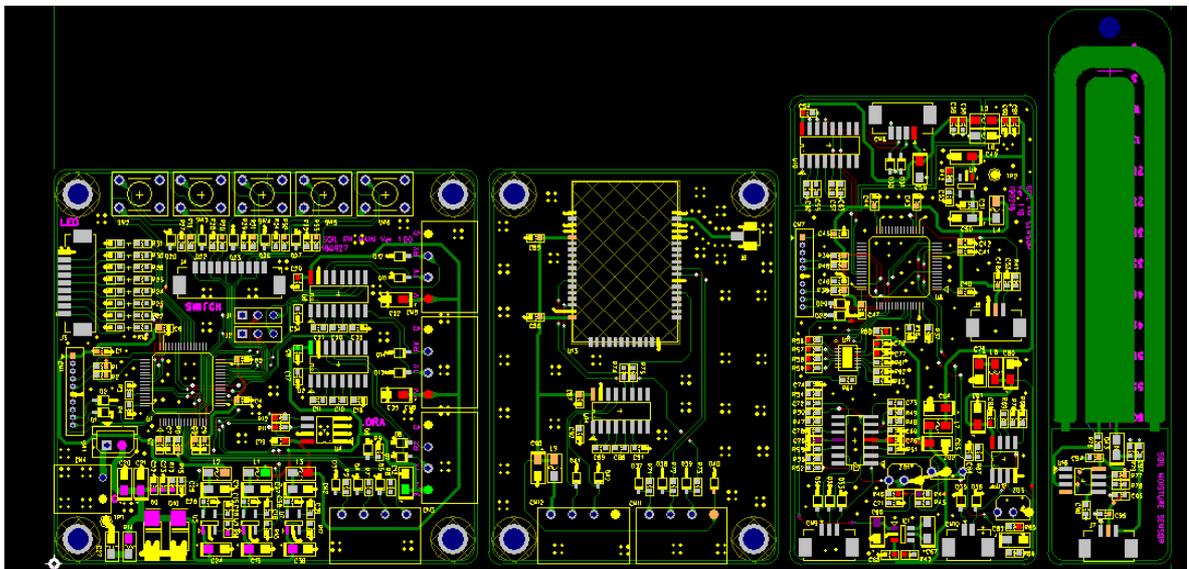
다) 2.5차 센서보드



- 2차 센서 보드를 테스트한 결과 MCU MSP430의 ADC*9)문제와 프로그램 구현 내용에 따른 메모리 부족 문제로 MCU를 교체하였으며, 교체한 MCU는 가격이 비교적 저렴한 MCU STM32L100RC로 교체함

9) ADC : Analog digital Converter

라) 3차 최종보드



<그림 54> 3차 최종보드

- 2.5차 보드로 2차보드를 테스트 결과 전력 소비를 줄이기 위해서 일부 부품들을 저전력 부품으로 교체, 불필요한 PT-100과 전력소비가 심한 전원분리 부품을 회로 내용에서 제거함
- 배터리, 외부출력 커넥터, 케이스 내부 보드 구성, LoRa 안테나 모양/체결방식, 시스템 구성 등을 반영하여 설계함
- 3차 보드로 테스트 결과 저전력으로 ISFET pH, 온도 NTC-10K, 수분 FDR 정전용량방식, 배터리 리튬이온(18650/6셀), SK LoRa 통신 관련 하드웨어 테스트 및 프로그램을 구현함
- 저전력 IC 스펙(MCU- STM32L100RC)
 - Ultra-low-power platform
 - 1.65 V to 3.6 V power supply
 - -40 ° C to 105 ° C temperature range
 - 1.15 μ A Standby mode + RTC
 - 8.6 μ A Low-power run mode
 - 대기모드시 1.15 μ A 와 동작시 저전력 동작시 8.6 μ A Low-power run MCU 사용
- Regulator(전원관리) - LP2985
 - 150-mA Low-noise Low-dropout Regulator With Shutdown
 - Shutdown Current: 0.01 μ A Typ
 - Wide V IN Range: 16 V Max
 - Output Tolerance of 1.5%
 - 대기 모드시 0.01 μ A에 전류가 거의 소모되지 않고 효율이 98%이상되는 고효율의 레귤레이터 사용
- 24bit ADC - LTC2493
 - Single Supply 2.7V to 5.5V Operation (0.8mW)
 - Directly Digitizes High Impedance Sensors with Full Accuracy
 - 저전력 0.8mW의 높은 임피던스 센서에서 정확도가 높은 ADC 사용

라. 연구수행 테스트 및 결과

(1) 토양 pH 측정 장치의 실내 성능평가 및 결과

(가) pH 용액 테스트

○ 테스트 방법

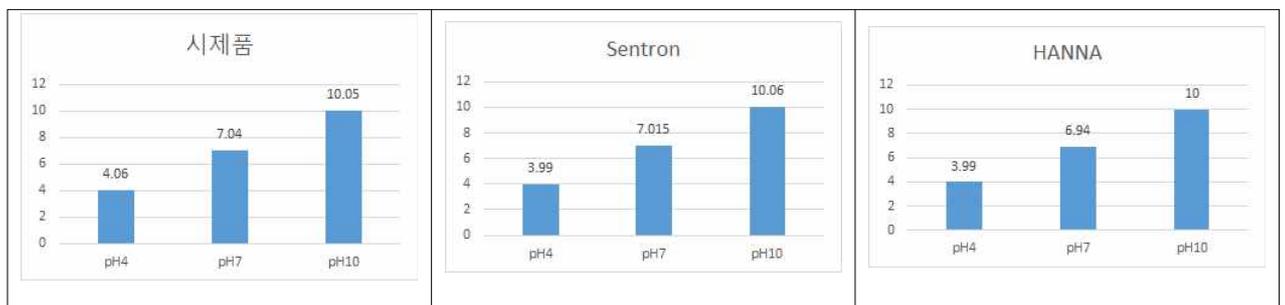
- 준비물 : pH 표준 버퍼 용액, 비커 200ml, SI600(Sentron), HI99121(HANNA)
- 비커에 pH 표준 버퍼 용액을 각각 4, 7, 10 을 100ml 씩 담아줌
- 각 제품들을 먼저 pH 표준 버퍼 용액 4, 7, 10을 이용하여 보정함
- 보정 후 각 제품별로 하나씩 pH 표준 버퍼 용액을 측정함

○ 측정장치

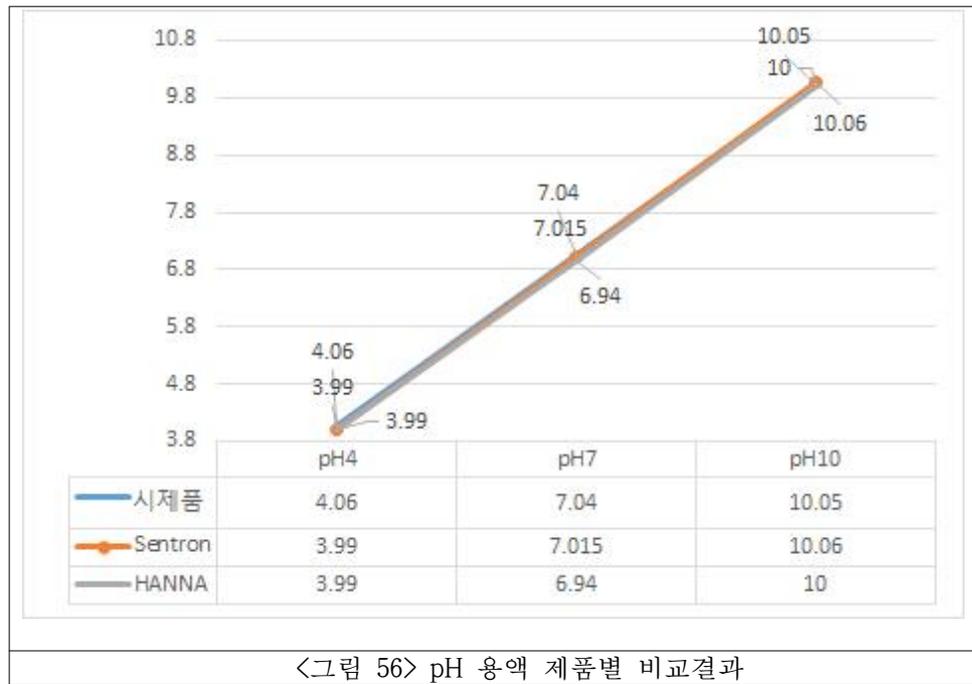


<그림 55> Sentron, HANNA로 pH용액 측정

○ 개별 테스트 결과



○ 비교 결과



- ISFET pH소자로 측정한 값 변화를 나타내고 있으며, 각각의 공시재료인 표준버퍼 용액의 측정결과이며, pH가 높아질수록 값이 높아지는 경향을 보이고 있음.
- 자사에서 개발한 시제품과 타사의 제품간 측정값의 차이가 매우 적었음

(나) 토양(비커) 테스트

○ 테스트 방법

- 준비물 : 토양 배합통, 화분, 점토, 사질토(표준사 건설용 콘크리트 시험용)모래, pH 표준버퍼 용액, 비커 200ml, SI600(Sentron), HI99121(HANNA)
- 점토와 사질토를 배합통에서 50:50으로 혼합하여 공시토양를 만듦
- 화분에서 점질토를 증류수로 이용하여 토성의 성질을 일부 제거하기 위해서 일주일 동안 증류수를 넣음.(농촌진흥청 홍영기 박사 조언 참고)
- 수분이 빠진 점질토를 비커에 100ml씩 담아줌
- 각 비커에 담겨 있는 점질토에 pH 표준 버퍼 용액 4, 7, 10을 25ml씩 각각 부어줌
- 각 제품별로 하나씩 토양에서 조성한 표준버퍼 4, 7, 10을 측정함

○ 측정장치

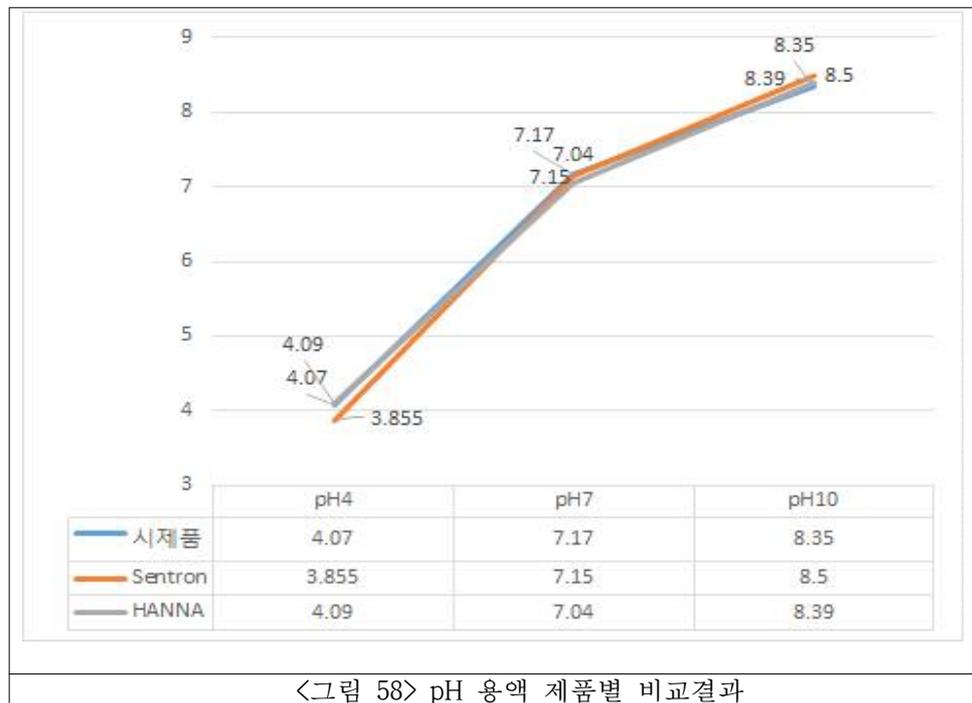


<그림 57> Sentron, HANNA로 토양(비커) 측정

○ 개별 테스트 결과



○ 비교 결과



<그림 58> pH 용액 제품별 비교결과

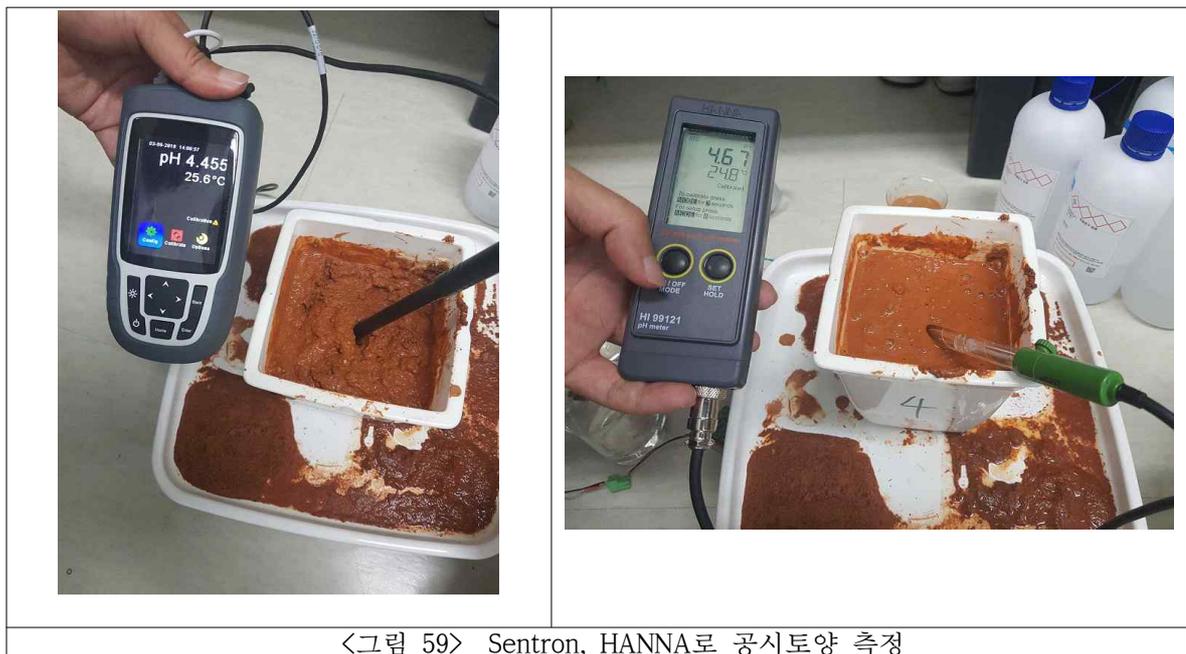
- 비커 토양에 표준버퍼 4, 7, 10으로 측정환경을 조성하여 토양은 농촌진흥청 홍영기 박사의 조언으로 사질토(표준사 건설용 콘크리트 시험용)와 점토(0.12um이하)를 50대 50으로 섞어서 만들었으며, 일정량의 토양과 표준버퍼용액으로 ISFET pH소자로 측정한 값 변화를 나타내고 있음
- 토양에서 조성한 표준버퍼 4, 7, 10에서 제품별 차이는 적었으나, 토양에서 조성한 표준버퍼 10에서는 제품별 값이 10보다 낮은 값으로 측정되었으며, 자사에 만든 시제품과 타사의 제품들 간의 차이가 적음

(다) 토양(공시토양*10) 테스트

○ 테스트 방법

- 준비물 : 토양 배합통, 화분, 점토, 사질토(표준사 건설용 콘크리트 시험용)모래, pH 표준버퍼 용액, SI600(Sentron), HI99121(HANNA)
- 점토와 사질토를 배합통에서 50:50으로 혼합하여 공시토양를 만듦
- 화분에서 점질토를 증류수로 이용하여 토성의 성질을 일부 제거하기 위해서 일주일 동안 증류수를 넣음.(농촌진흥청 홍영기 박사 조언 참고)
- 각 화분에 담겨 있는 점질토에 수분이 빠지기 전에 pH 표준 버퍼 용액 4, 7, 10을 각각 부여하였음.
- 각 제품별로 하나씩 조성한 토양에서 4, 7, 10을 측정함

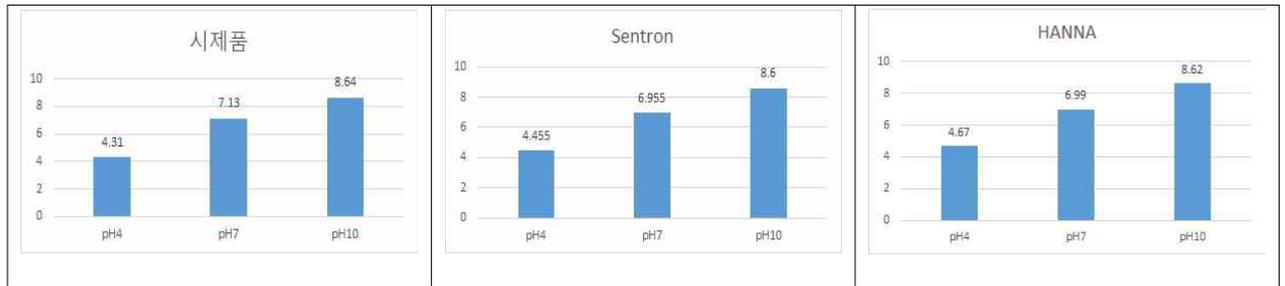
○ 측정장치



<그림 59> Sentron, HANNA로 공시토양 측정

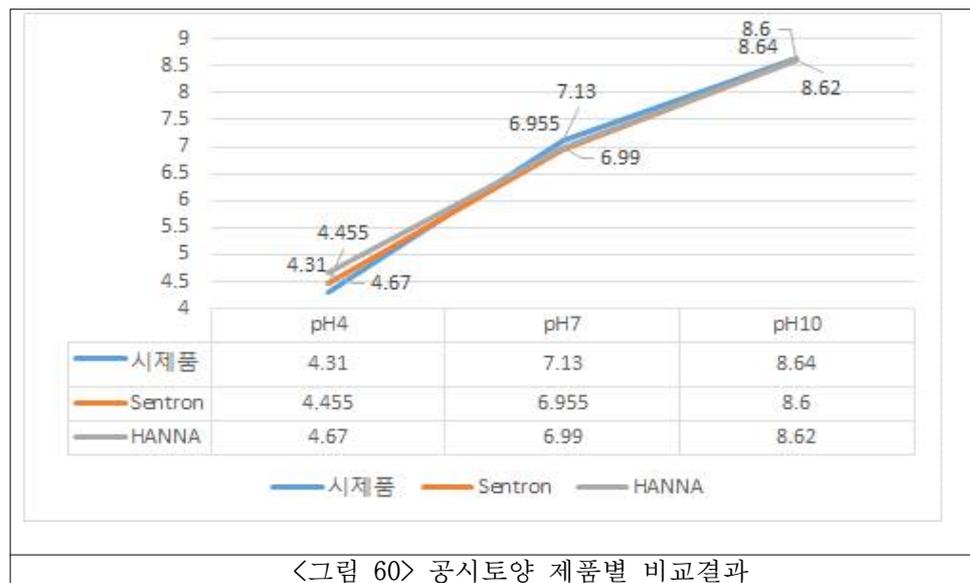
10) : 점토와 사질토를 배합통에서 50:50으로 혼합한 점질토

○ 개별 테스트 결과



○ 비교 결과

- 화분 토양에 표준버퍼 4, 7, 10으로 측정환경을 조성하여 토양은 농촌진흥청 홍영기 박사의 조언으로 사질토(표준사 건설용 콘크리트 시험용)와 점토(0.12um이하)를 5대 50으로 섞어서 만들었음
- 일정량의 토양과 표준버퍼용액으로 ISFET pH소자로 측정한 값 변화를 나타내고 있으며, 토양에서 조성한 표준버퍼 4, 7, 10에서 제품별 차이는 적었으나, 토양에서 조성한 표준버퍼 4에서는 기존의 비커 토양 환경과는 다르게 값이 조금 높게 측정됨
- 토양에서 조성한 표준버퍼 10에서는 제품별 값이 10보다 낮은 값으로 측정되는 것은 비커 토양과 일치했고, 자사에 만든 시제품과 타사의 제품들 간의 차이가 적음



(라) 수분 테스트

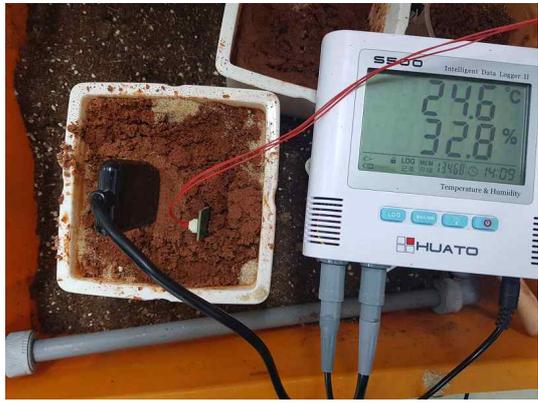
○ 테스트 방법

- 준비물 : 토양 배합통, 화분, 점토, 사질토(표준사 건설용 콘크리트 시험용)모래, S500(HUATO), 분무기 등

- 점토에서 테스트를 하는 경우는 한나절동안 수분의 변화가 적음
- 사질토에서 테스트를 하는 경우는 수분의 변화가 있었으나, 실제 토양과의 거리가 있어서 데이터를 제외하였음
- 점토와 사질토를 배합통에서 50:50으로 혼합하여 공시토양을 만들어 줌
- 공시토양에서 수분이 낮은 상태에서 테스트를 하고, 1시간 단위로 분무기로 물을 조금씩 뿌리고 1시간 동안의 변화를 체크함
- 공시토양에서 수분이 높은 상태에서 상온에서 수분 변화량을 체크를 함.

○ 테스트 값 표시 및 방식

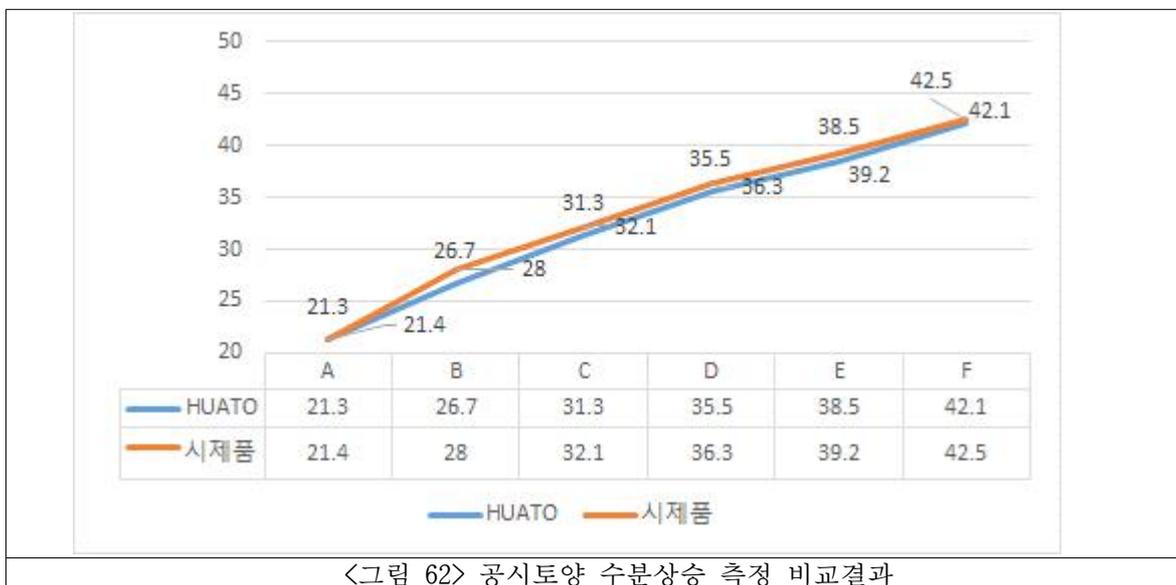
	HUATO	시제품		HUATO	시제품
A	21.3	21.4	A	44.6	45.3
B	26.7	28	B	43.8	44.5
C	31.3	32.1	C	41.1	42.2
D	35.5	36.3	D	37.9	39.1
E	38.5	39.2	E	32.8	33.5
F	42.1	42.5	F	29.9	31.1
수분 상승 테스트			수분 하강 테스트		



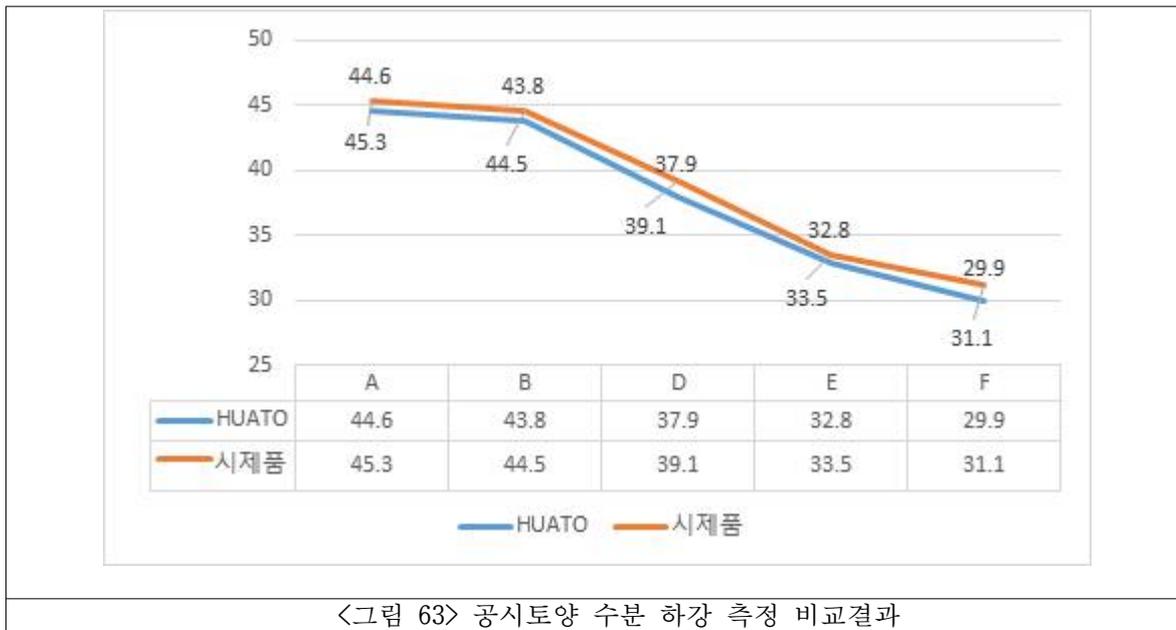
〈그림 61〉 공시토양 수분 측정

○ 개별 테스트 결과

- 수분 상승 구간 테스트 결과



- 수분 하강 구간 테스트 결과



<그림 63> 공시토양 수분 하강 측정 비교결과

- 화분 토양에서 수분 측정환경을 조성하였으며 토양은 pH를 측정하는 동일한 환경인 사질 토(표준사 건설용 콘크리트 시험용)와 점토(0.12um이하)를 50대 50으로 섞어서 만듦. 일정량의 토양과 분무기를 이용한 수분 측정값 변화를 나타내고 있으며 토양에서 조성한 수분 변화량은 시제품과 타사 제품의 측정값 차이는 적음

(마) 온도 테스트

- 테스트 방법
 - 준비물 : 물, 비커 200ml, S500(HUATO), SI600(Sentron)
 - 물에서 동시측정
- 테스트 값 표시 및 방식

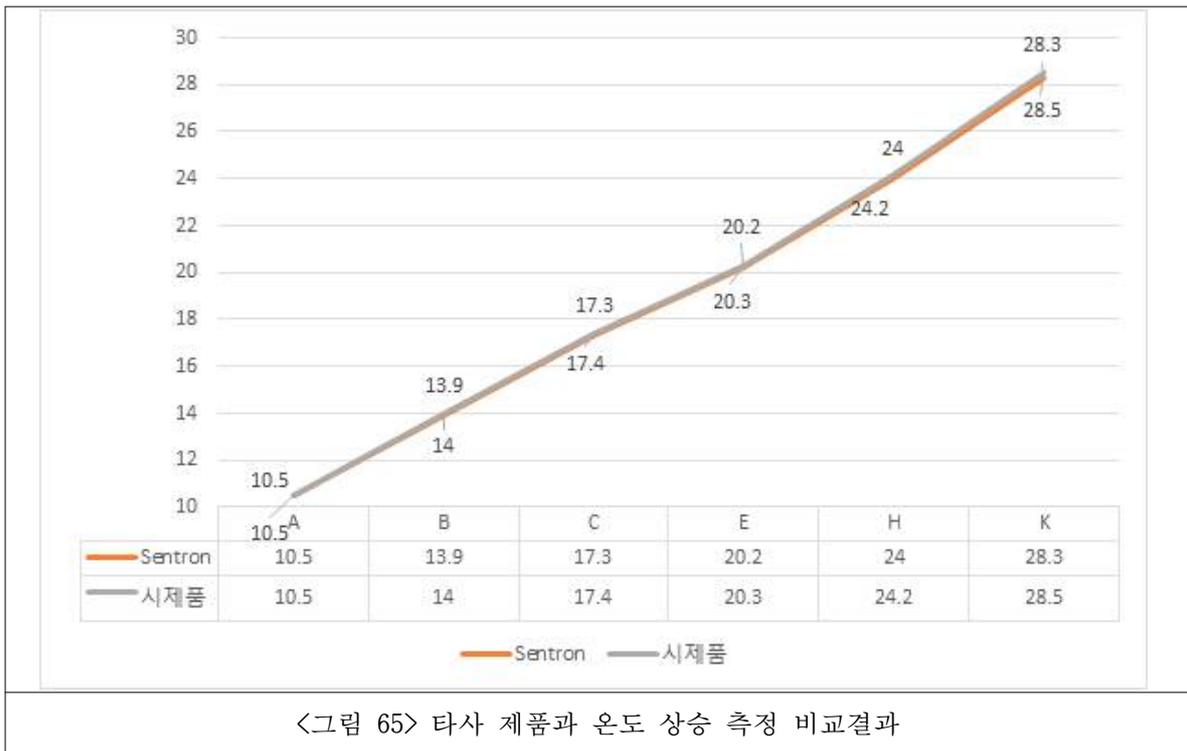
	Sentron	시제품		Sentron	시제품
A	10.5	10.5	A	34.5	34.6
B	13.9	14	B	34.2	34.3
C	17.3	17.4	C	34	34
D	19	19.2	D	33.6	33.6
E	20.2	20.3	E	33.2	33.2
F	22	22.3	F	32.9	33
G	23.5	23.7	G	32.6	32.7
H	24	24.2	H	32	32
I	27.9	28.2	I	31.4	31.5
J	28.2	28.5	J	30.6	30.7
K	28.3	28.5	K	29.8	29.8
L	28.3	28.5	L	29.6	29.7
온도 상승 테스트			온도 하강 테스트		



<그림 64> 물 온도 상승 하강 측정

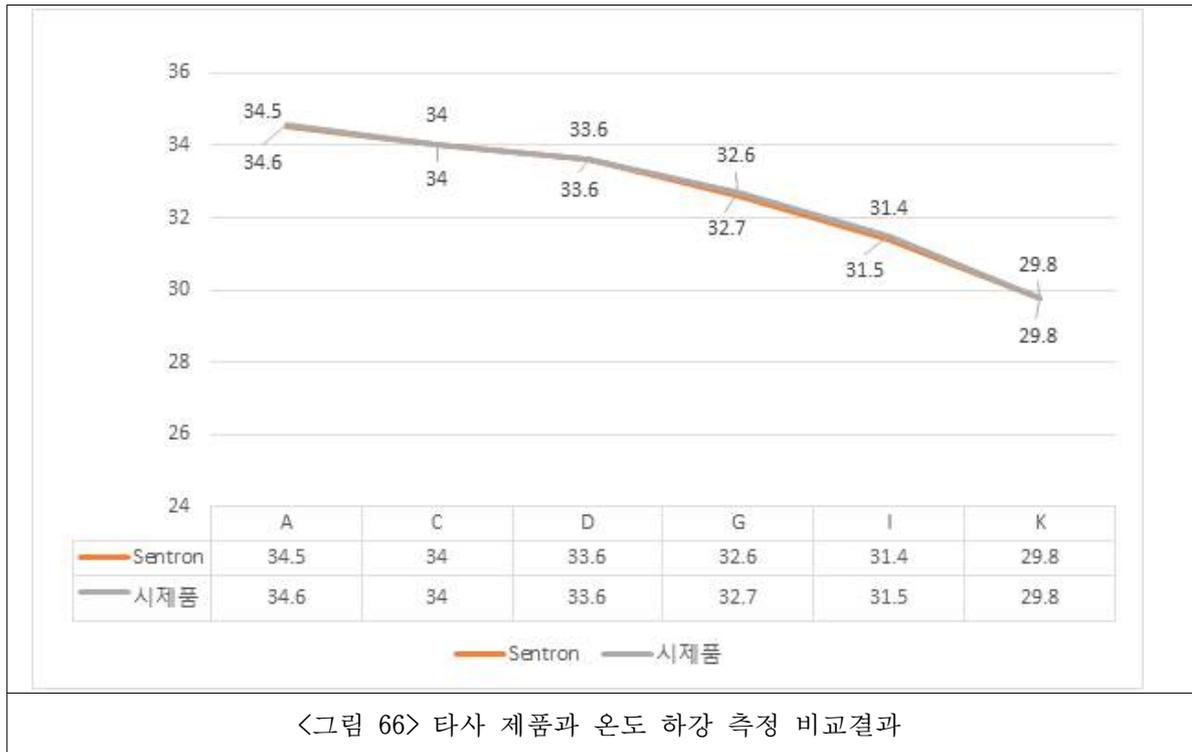
○ 개별 테스트 결과

- 온도 상승 구간 테스트 결과



<그림 65> 타사 제품과 온도 상승 측정 비교결과

- 온도 하강 구간 테스트 결과



<그림 66> 타사 제품과 온도 하강 측정 비교결과

- 시제품과 타사 제품과 측정한 값 변화를 나타내고 있으며 온도 변화에 의한 값의 변화가 비슷하게 변화하는 것을 확인할 수 있음.

(마) 배터리 테스트

○ 테스트 방법

- 준비물 : 멀티미터, 시제품, 배터리
- 센서측정시 전류량을 측정
- LoRa 통신 중 전류량을 측정
- 대기모드시 전류량을 측정
- 상온에서 10일동안 측정하며 하루에 한번씩 배터리 전압 및 용량 확인

○ 항목별 측정전력

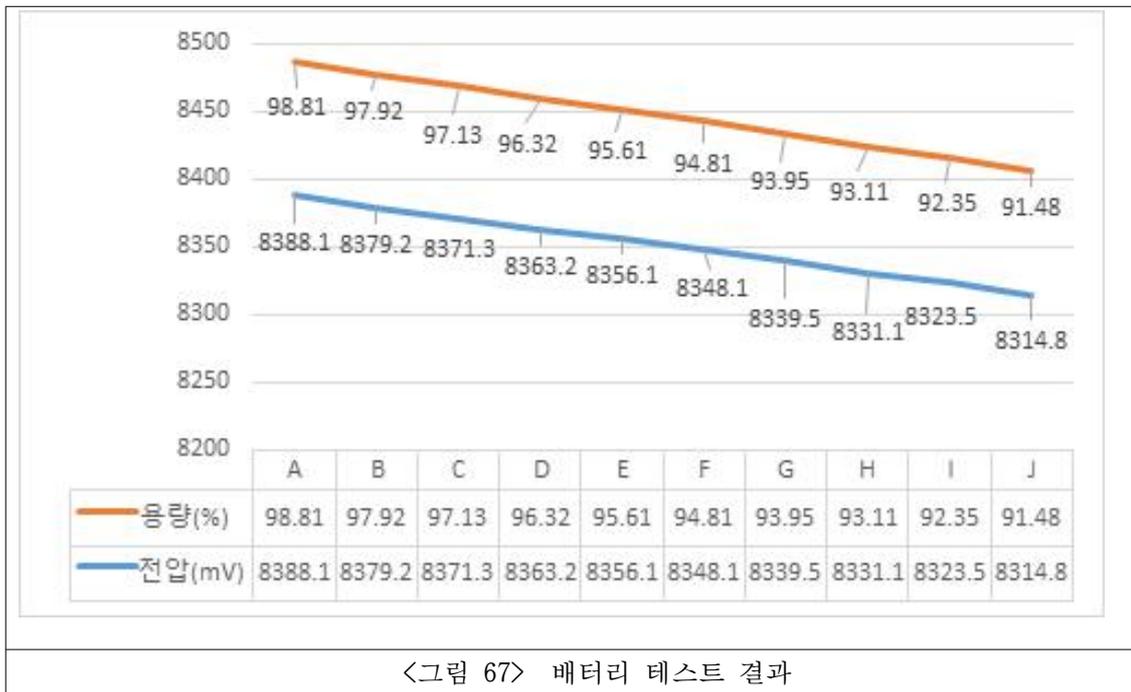
항목	센서측정시	LoRa통신중	대기모드
전류(mA/hour)	42.1	32.59	0.51

- 1시간 Cycle 측정시 센서측정시간 2분, LoRa망을 통해 보내는 시간 2분, 대기시간은 56분을 소요

○ 1일 배터리 소모전류

항목	1일 센서측정	1일 LoRa통신	1일 대기전력	1일 소모전류
전류(mA/Day)	33.68	26.072	11.424	71.176

○ 배터리 테스트 결과



- 배터리 총용량 : 7,800mA
- 배터리 총 기간 : 109.6일 (7,800mA / 71.176mA)
- 시제품 2.5차 보드로 테스트 과정에서 전력소비 문제가 발생되었음. 이때 선정한 배터리 4셀(5,200mA) 용량으로 계산했을 때 73일정도 예상되어 센서부, LoRa 통신부에서 소비하는 전력량이 많아서 일부 회로 내용 변경과 배터리 용량을 변경하기로 결정하여 배터리는 6셀(7,800mA)로 변경하였으며, 회로 내용도 일부 수정함
- 최종 시제품으로 테스트한 결과 우리가 목표로 한 3개월 이상을 충족시키는 것을 확인함

마. 연구개발 추진체계



(1) HW, FW

구성한 시스템에 적용할 각종 센서들 분석 작업 및 회로 설계, 제작, 테스트 작업. ISFET pH, 온도, 수분 측정, 보정관련 시스템 동작 구현 프로그램 작업. 제품 케이스, Probe 등 디자인, 설계, 제작, 조립, 설치 작업

(2) SW

센서들 측정값 모니터링 프로그램 작업. 서버에 수집된 데이터를 분석, 통계해서 토양정보 만드는 프로그램 작업. 분석된 정보를 사용자 스마트폰 앱이나 PC에서 실시간 확인할 수 있는 프로그램 작업

(3) 관리/구매

기자재 구매, 회계처리, 각종 비용처리, 보고서 및 회의록 확인, 비용 확인

바. 연구개발 일정

(1) 개발 일정

세부 사업내용	개발기간 (월)												비고	
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4		
1. 계획수립 및 자료조사	■													
2. 시설 /장비 구축 , 원재료 구입		■												
3. 통합 HW보드 제작 및 테스트			■	■	■									
4. 센서 모듈화 HW개발 및 테스트						■	■							
5. HW테스를 위한 통신모듈개발							■							
6. LoRa통신 인증 및 테스트								■	■					
7. LoRa통신을 데이터 저장 서버개발									■	■				
8. 시제품 제작										■	■			
9. 앱 개발												■		
10. 최종 테스트													■	■

(2) 개발 프로세스

구분	항목	세부내용	비고
1. 시스템 구성	1) 센싱	pH 센서 테스트 및 데이터 검증	완료
		온도 센서 테스트 및 데이터 검증	완료
		수분 센서 테스트 및 데이터 검증	완료
	2) 통신	SK 텔레콤 LoRa통신 테스트 및 검증	완료
		RS232C 통신 테스트	완료
	3) MCU	STM32L100RC	완료
2. H/W 개발	1) H/W 설계	칩방식 센서 및 센싱부 설계	완료
		배터리 설계	완료
		LoRa칩 구동회로 설계	완료
		저전력 구동회로 설계	완료
		PCB 설계	완료
	2) PCB 제작	PCB 조립	완료
		부품구매	완료
			완료
	3) H/W 프로그램 작업		완료
	4) LoRa망 등록	시제품 LoRa망 칩연동	완료
측정 데이터 LoRa망 서버에 등록확인		완료	

구분	항목	세부내용	비고
	5) 기구제작	서버 전달데이터 제품에서 확인	완료
		케이스 제작	완료
		센서Probe 제작	완료
		케이블	완료
		배터리부	완료
		LoRa안테나부	완료
3. S/W 개발	1) 클라우드 플랫폼		완료
	2) 스마트폰 앱 (APP)개발		완료
	3) DB 구축		완료
4. 통합테스트 확인 - 진행중			

사. 연구개발 성과

(1) 특허 출원

- 특허출원 : 출원번호(10-2019-0053193)
- 출원일자 : 2019. 5. 7
- 발명의 명칭 : 무선 네트워크 통신을 이용한 스마트 무선 토양정보 측정시스템{Smart Wireless measuring system for soil information using wireless network communication}
- 출원인 : (주)어니언커뮤니케이션즈
- 출원국 : 한국

(2) 기술요약 정보

(가) 기술명 : 무선 네트워크 통신을 이용한 스마트 무선 토양정보 측정시스템

(나) 출원서류 요약서

본원 발명은 스마트 무선 토양정보 측정시스템에 사용되도록 제공되는 토양정보(EC, pH, 온도, 수분) 측정센서를 새롭게 제공하고자 하는 기술로서, 토양측정센서 단말기(100)가 토양정보 측정모듈(110)과 통신장비(120)로 구분되어 제공된다. 상기 토양정보 측정모듈은 일단에 염도, 산도, 온도 및 수분을 측정할 수 있는 측정센서가 설치되고, 통신장비에는 상기 토양정보 측정모듈(110) 및 LoRa 통신모듈(170)에 전력을 공급하는 배터리부(150)와 측정된 정보를 외부의 무선 네트워크망에 전송하는 RoLa 통신모듈(170)로 구성되도록 적용되는 토양측정센서 단말기를 제공한다. 상기 토양측정센서 단말기(100)로부터 측정된 정보를 단말기의 고유값과 시간 정보를 포함하여 데이터서버로 전달하면, 상기 데이터서버(300)에서는 해당 경작지에 위치한 다수 개의 토양측정센서 단말기(100)의 모든 전송받은 토양정보를 토대로 토양의 상태를 분석하고, 경작지 전체 또는 일부에 필요한 관수 및 관비가 있는지를 계산하여 계산된 정보를 사용자(400)에게 전달한다. 이를 통하여 토지를 경작하는 사용자가 언제

어떤 장소에 관수 및 관비를 실행할 것인지를 알 수 있도록 함으로써, 본 발명인 스마트 무선 토양정보 측정시스템을 이용하여 경작지의 관수 및 관비를 수행할 수 있도록 제공될 수 있게 되는 것이다.

(다) 기술완성도 : 기술개발 완료단계

아. 사업화 계획

(1) 사업화 전략

(가) 검증단계 : 농업기술센터, 농업기술실용화재단과 테스트를 연계하여 검증(12개월)

(나) 국내 판매방안

- 유통망 구축 - 농협중앙회 자재판매상을 통한 렌탈 서비스 판매
- 컨설팅 판매 - 농업기술센터와 연계한 토양관리, 생산성증대, 교육 및 시연을 통한 판매 및 시장확대
- 정책자금과 연계 - 정부, 지자체 지원하는 스마트팜 설치 사업에 참여, 또는 업체에 납품하여 판매
- 지역별 스마트팜 클러스터 판매 - 지역별 클러스터 업체 및 기관과 연계한 판매

(다) 해외 판매방안

- KOTRA, 대한무역공사의 해외진출프로그램과 연계하여 해외 농업기업에 판매
- K-StartUp 글로벌 로드쇼, 스마트팜관련 전시회 참가
- 국가별 인증기관 또는 검증기관과 테스트를 통한 신뢰도 확보

(2) 사업화 성과 및 매출실적

(가) 사업화 성과

항목	세부항목			성 과	
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	0 억원	
			향후 3년간 매출	12.7 억원	
		관련제품	개발후 현재까지	0 억원	
			향후 3년간 매출	0 억원	
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : % 국외 : %	
			향후 3년간 매출	국내 : 97.5 % 국외 : 2.5 %	
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : % 국외 : %	
			향후 3년간 매출	국내 : % 국외 : %	
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위			위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위			5 위

(나) 사업화 계획 및 매출계획

항 목	세부 항목		성 과		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		검증 10개월 과 양산 포함 (총 12개월 소요)		
	소요예산(백만원)		150		
	예상 매출규모 (억원)		현재까지	3년후	5년후
				12.7억	30.5억
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내		25%	40%
국외					
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		검증 기간동안 현재제품(pH센서, 온도, 습도)에 추가 를 하여 EC 센서를 추가한 모델을 개발예정.			
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)		현재	3년후	5년후
	수입대체(내수)			12.7억	30.5억
	수 출				

(다) 생산계획

구분		2019년 (사업종료1년)	2020년 (사업종료2년)	2022년 (사업종료3년)
국내	판매량(대)	검증기간	400	500
	판매단가(천원)		1,000	1,200
	국내매출액(천원)		400,000	840,000
	시장점유율(%)		30%	40%
해외	판매량(대)		10	20
	판매단가(\$)		\$600	\$800
	해외 매출액(\$)		\$6,000	\$16,000

- 2019년에는 테스트 및 검증기간과 병행하여 판매 필요
- 2020년에는 pH센서, 온도, 수분센서가 가능한 제품을 판매
- 제품만은 60만원이나, 설치지원과 컨설팅을 포함한 금액은 100만원임
- 2021년에는 EC센서가 포함된 제품을 판매함 (단가 상승)

(라) 투자계획

항목		2019년 (사업종료1년)	2020년 (사업종료2년)	2022년 (사업종료3년)
투자금	제품원가(천원)	검증	200/1대	200/1대
	판매관리비(백만)	150	230	250
	추가개발비(백만)	100	50	50

- 판매관리비는 인건비+ 제조단가
- 추가개발비는 2019년은 EC센서 추가개발, 2020년은 편리성 개선, 2021년은 디자인 변경
- 자금조달은 판매관리비는 추가개발비는 R&D로 조달, 검증비용은 자체조달예정
나머지는 투자를 받아서 진행예정

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

가. 연구 개발 목표

(1) 정성적 목표

(1) 전기, 인터넷이 없는 농지 환경에서도 원격으로 토양의 상태를 실시간 측정함

(2) 기존 센서 대비 저렴하고 고품질의 제품 완성

(2) 정량적 목표

가) 시제품 제작 : 사업가능한 시제품 제작 1건

나) 고용창출 : 신규인력 4명 (연구개발생산 2명, 기획마케팅 2명)

(3) 평가지표

성과지표명	측정방법	목표	가중치
토양 pH	비교pH측정계 측정	정밀도 ± 0.3	40%
수분	비교수분계 측정	정밀도 $\pm 3\%$	20%
온도	비교온도계 측정	정밀도 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$	20%
배터리	수명 테스트	3개월 이상	20%
계			100%

(4) 연차별 성과목표

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성 과 목 표											연구기반지표								
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화 ²⁷					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용· 홍보		기 타
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SC I	비 SC I						
단위	건	건	건	건	백 만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치	10					40		50											
최종목표	1					1		4											
1차연도	1					1		4											
2차연도																			
소 계	1					1		4											
종료 1 차연도						=													
종료 2 차연도						40		7											
종료 3 차연도						84		20											
소 계						1,240		27											
합 계																			

나. 목표 달성여부

(1) 정성적 목표(완료)

- (가) 전기, 인터넷이 없는 농지 환경에서도 원격으로 토양의 상태를 실시간 측정함
결과 : 저전력 LoRa 무선망을 이용하여 원격에서도 토양의 상태를 측정함

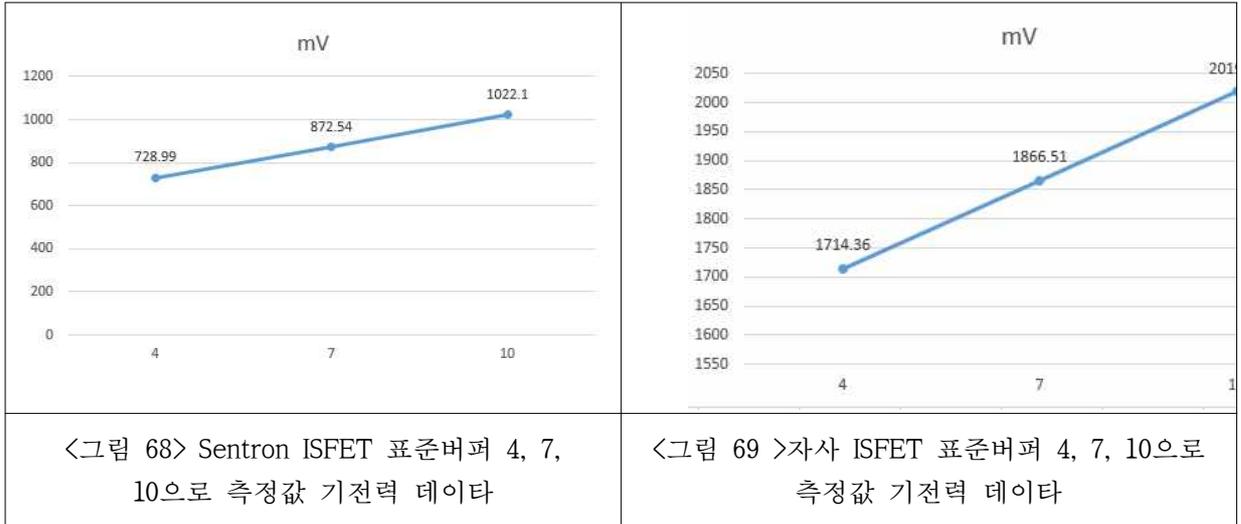
(나) 기존 센서 대비 저렴하고 고품질의 제품 완성

성능 : 네덜란드의 Sentron대비로 pH버퍼 테스트 결과 동일 결과 나옴

가격 : Sentron pH Meter(885EU)+Sensor Probe(455EU) : 원화로 환산시 180만원

자사는 전체금액은 100만원(HW-70만원, SW-30만원 Dataq운영, App 등)

방식 : Sentron은 Off-Line방식, 자사는 On-Line방식(데이터 추적 및 보고서 제공)



(2) 정량적 목표(완료)

(가) 시제품 제작 1건



<그림 70> 완성시제품

(나) 신규인력 4명 채용

개발 2명 : 박대호 (2018.5 입사), 송대연 (2018.9 입사)

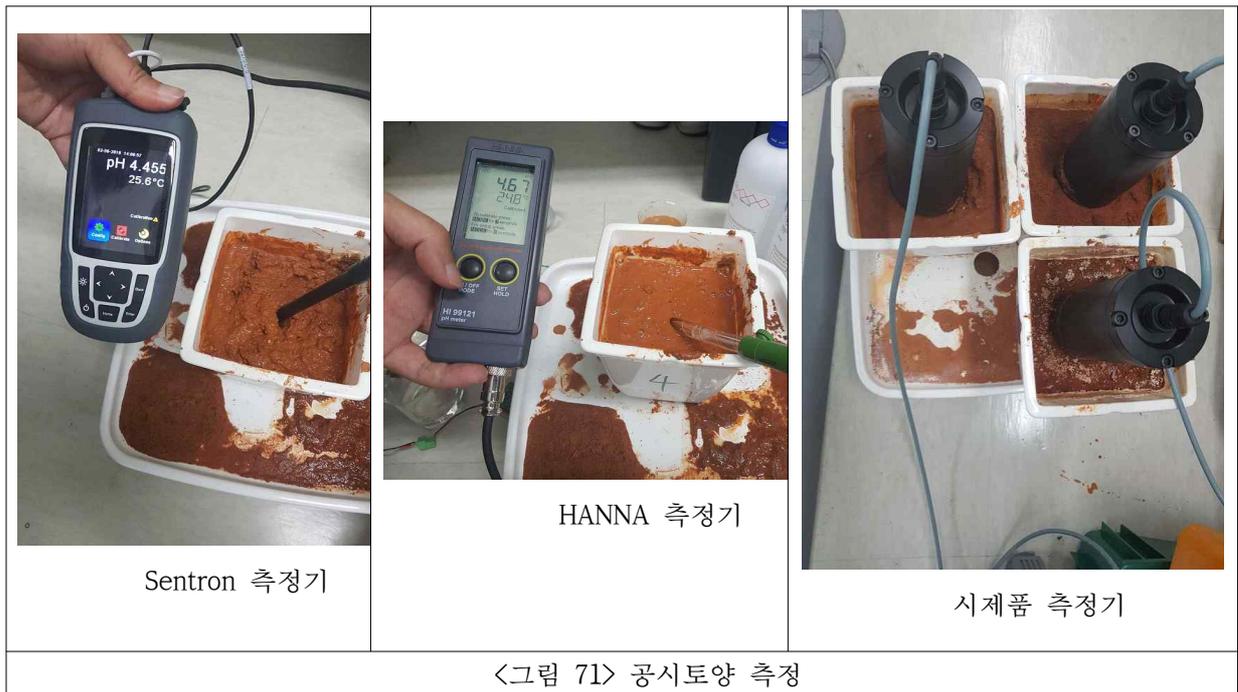
기획마케팅 2명 : 이승영 (2018.10 입사), 이경희 (2018.11 입사)

(3) 평가지표(완료)

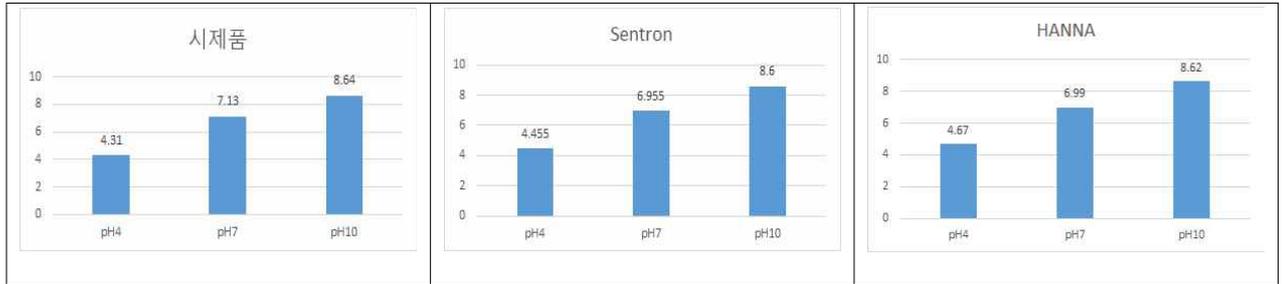
성과지표명	측정방법	목표	가중치	달성도
토양 pH	비교pH측정계 측정	정밀도 ± 0.3	40%	100%
수분	비교수분계 측정	정밀도 $\pm 3\%$	20%	100%
온도	비교온도계 측정	정밀도 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$	20%	100%
배터리	수명 테스트	3개월 이상	20%	100%
계			100%	

(가) 토양 pH 측정

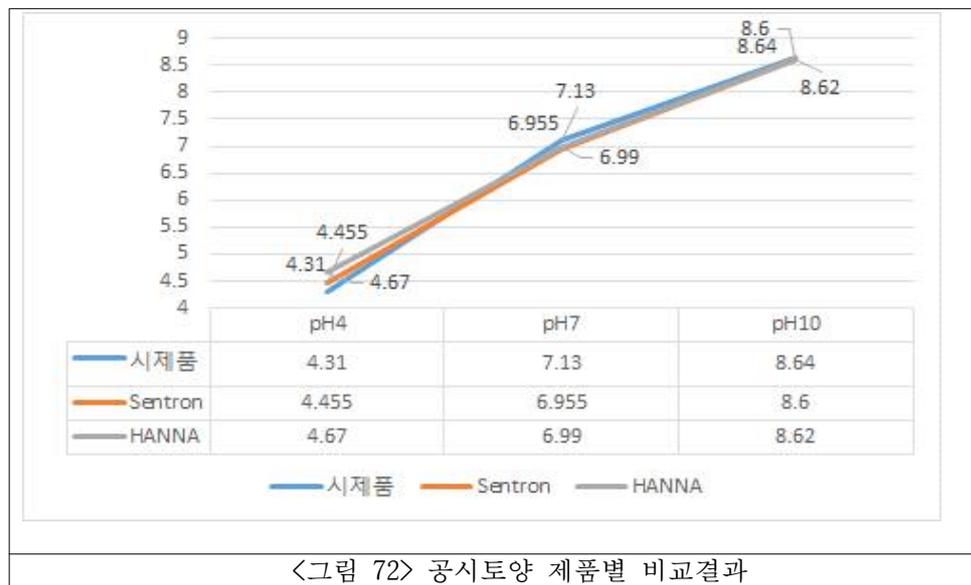
○ 측정장치



○ 개별 테스트 결과



○ 비교 결과



<그림 72> 공시토양 제품별 비교결과

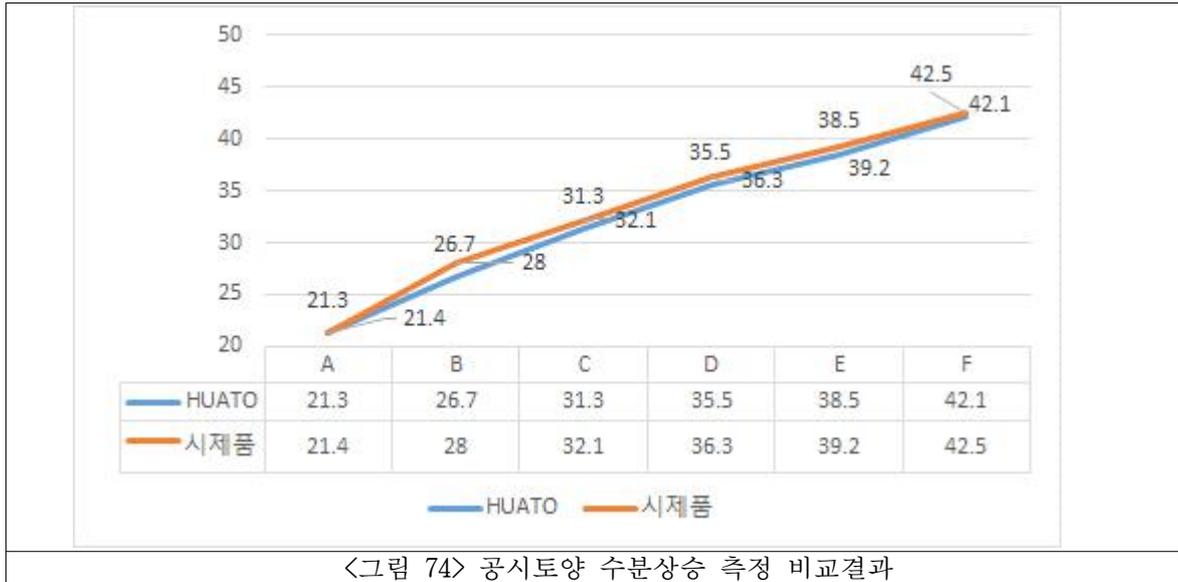
(나) 수분 측정 (테스트 값 표시 및 방식)

	HUATO	시제품		HUATO	시제품
A	21.3	21.4	A	44.6	45.3
B	26.7	28	B	43.8	44.5
C	31.3	32.1	C	41.1	42.2
D	35.5	36.3	D	37.9	39.1
E	38.5	39.2	E	32.8	33.5
F	42.1	42.5	F	29.9	31.1
수분 상승 테스트			수분 하강 테스트		

<그림 73> 공시토양 수분 측정

○ 개별 테스트 결과

- 수분 상승 구간 테스트 결과



<그림 74> 공시토양 수분상승 측정 비교결과

(다) 온도 측정

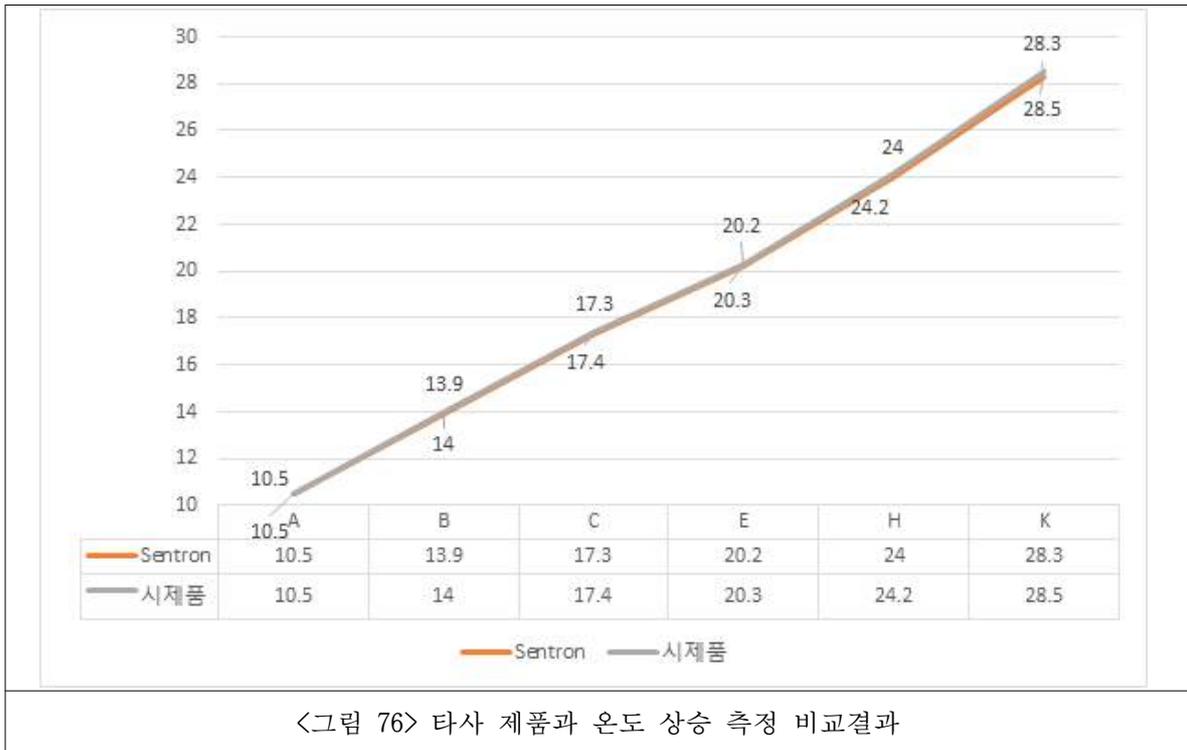
○ 테스트 값 표시 및 방식

	Sentron	시제품		Sentron	시제품
A	10.5	10.5	A	34.5	34.6
B	13.9	14	B	34.2	34.3
C	17.3	17.4	C	34	34
D	19	19.2	D	33.6	33.6
E	20.2	20.3	E	33.2	33.2
F	22	22.3	F	32.9	33
G	23.5	23.7	G	32.6	32.7
H	24	24.2	H	32	32
I	27.9	28.2	I	31.4	31.5
J	28.2	28.5	J	30.6	30.7
K	28.3	28.5	K	29.8	29.8
L	28.3	28.5	L	29.6	29.7
온도 상승 테스트			온도 하강 테스트		

<그림 75> 물 온도 상승 하강 측정

○ 개별 테스트 결과

- 온도 상승 구간 테스트 결과



<그림 76> 타사 제품과 온도 상승 측정 비교결과

(라) 배터리 측정

○ 항목별 측정전력

항목	센서측정시	LoRa통신중	대기모드
전류(mA/hour)	42.1	32.59	0.51

○ 1시간 Cycle 측정시 센서측정시간 2분, LoRa망을 통해 보내는 시간 2분, 대기시간은 56분을 소요가 됨.

○ 1일 배터리 소모전류

항목	1일 센서측정	1일 LoRa통신	1일 대기전력	1일 소모전류
전류(mA/Day)	33.68	26.072	11.424	71.176

○ 배터리 총용량 : 7,800mA

○ 배터리 총 기간 : 109.6일 (7,800mA / 71.176mA)

(4) 연차별 성과목표(88%달성)

항목		계획	가중치	달성	달성방법	달성률
지식 재산권	특허 출원	1건	10%	출원번호(10- 2019--0053193)	출원명 : 무선 네트워크 통 신을 이용한 스마트 무선 토양정보 측정시스템	100%
사업화	제품화	1건	40%	시제품 개발완료	시제품 개발완료 후 시험검증중(사내), 이후는 KC인증과 병행하여 검증과 정 1년이 필요하여 매출계 획이 1년 지연되었으며, 매 출계획도 조사를 해보니, 약간감소할 것으로 예상됨.	70%
	고용 창출	4명	50%	4명	박대호 (2018.5 입사) 송대연 (2018.9 입사) 이승영 (2018.10 입사) 이경희 (2018.11 입사)	100%
	매출액	과제 종료 후	-	1차년: 1,032백만 2차년: 2,177백만 3차년: 3,320백만	제품의 검증이 필요하여 1 년이 지연예상, KC인증과 검증기간 1년 소요예상	
합계			100%			

다. 목표 미달성시 원인 및 차후대책

(1) 정성적 목표 달성완료

(2) 정량적 목표 달성완료

(3) 평가지표 목표 달성완료

(4) 연도별 성과지표(88%달성)

(가) 2019년 매출액 미달성

○ 매출달성의 경우는 최초 계획대비로 제품의 검증기간이 필요.(1년)

○ 실제로 다양한 토양에 대한 자체 테스트 시간이 절대적으로 필요.

○ 농업기술센터와 농업기술실용화재단에서 테스트를 통한 검증기간이 소요

(나) 차후대책

- 현장에서는 토양에서 필요한 pH센서, 온도, 수분에 추가로 EC센서도 추가 개발
- 농업기술센터와 농업기술실용화재단과의 테스트 결과, 자체 테스트 결과를 근거로 사업화 전략에 따라 사업화를 진행 예정
- 제품 판매를 위하여는 KC인증도 필요하여 받을 예정임.
- 금번 과제로 쌓은 스마트팜에 대한 개념과 Know-How를 이용하여 관련 SI Project를 수주할 예정이며, 현재의 기술을 응용하여 스마트팜 관련 과제를 추가로 진행할 예정임.

라. 후속연구의 필요성

(1) EC센서의 추가 모듈

- 현재 개발한 센서의 경우는 필요한 비료의 종류 및 양과 시기에 적합한 반면, EC센서의 경우는 양액이나 물을 제공해야 하는 시기를 판별할 때 필요하므로 한꺼번에 체크를 하는 것을 원하고 있음
- 해외업체와의 차별화 및 국내 사용기관과의 협의내용에 따라 현재의 pH센서, 온도, 수분에 추가를 하여 EC센서의 추가를 원하고 있음

(2) 검증을 위한 시제품 양산

- 많은 농업기술센터와 검증을 위한 시제품의 양산이 필요

마. 향후계획

- 시제품을 사업하기 위하여 농업기술센터와 검증이 중요하며, 다양한 토양(마사토, 비닐하우스, 논 등)에서 필드테스트를 통하여 제품의 신뢰성 높일 계획임
- 제품의 KC인증을 추진예정임.
- 배터리 부분의 신뢰도 테스트를 위하여 전문기관에(예, 송도 IOT기술지원센터 등)에 의뢰를 하여 검증을 받을 계획임.

4. 연구결과의 활용 계획

가. 사업과 연계한 방안

- 시설재배 하우스를 대상으로 한 스마트팜 시스템에 활용
- 스마트 관수시스템과 결합한 중소규모 밭작물 노지 스마트팜 시스템에 활용
- 대규모 과수, 벼농사 등 노지 스마트팜 토양 최적화 시스템에 활용
- 중국, 미국 등 해외 중대규모 농업기업에 스마트팜 토양최적화 시스템 수출
- 스마트 양액기와 결합한 시설하우스 토경 스마트팜 시스템에 활용.
- 전국적인 작목별 토양관련 pH, 온도, 수분, 관비, 관수 등 빅데이터 구축

나. 기술활용 방안

- pH값, 온도, 수분 등에 적합한 식물 자료, 온도, 수분자료를 수집
- 해당 작물의 pH값, 온도, 수분에 따라 식물의 파종, 비료시기, 수확시기 등을 컨설팅을 통한 농작물 수확증대에 기여하고자 함.
- 현재의 토양 측정을 위하여 개발된 제품의 기술을 활용하여 다양한 분야로 확대
예, 식품, 의료, 식물공장의 양액

다. 기업화 추진방안

- 검증완료와 EC센서 추가개발이 종료, 양산 후 판매를 하는 경우는 별도의 스마트팜관련 전문기업의 설립을 하여 다양한 기업과 협업을 통하여 전문 스마트팜 기업으로 추진예정
- 스마트팜 전문기업인 경우는 스마트팜 시설관련 사업도 추진예정

라. 기술 이전

- KOTRA, KOICA를 통한 지역의 농업관련 전문기업에 기술이전을 통하여 수출 및 사업의 확대를 꾀하려 함.

붙임. 참고문헌

가. 국내

- 기관명 : 국립농업과학원, 논문명 : 토양 pH측정 및 보정기술 연구,
연구 책임자 : 홍 영기 박사
- 뉴텍계기 : <http://gonewtech.co.kr>

나. 해외

- Sentron - 네덜란드(<https://www.sentron.nl/pH-meters/pH-meter-line/>)
- Winsense- 태국 (<http://www.winsense.co.th/>)
- HANNA Instruments -
미국 (<https://hannainst.com/hi99121-pH-meter-for-direct-soil-measurement.html>)
- LAPIS Semiconductor
일본 (<http://www.lapis-semi.com/jp/>)

참고자료1 : 특허 출원서류

【발명의 설명】

【발명의 명칭】

무선 네트워크 통신을 이용한 스마트 무선 토양정보 측정시스템{Smart Wireless measuring system for soil information using wireless network communication}

【기술분야】

본 발명은 네트워크 접근성이 뛰어나고 저전력 저비용으로 내구성과 활용도가 높은 스마트 무선 토양정보 측정 시스템에 관한 것으로, 더욱 구체적으로는 농촌 지역에서 작물을 재배하는 경작지(논, 밭, 과수원 등)의 토양 정보를 측정하고, 경작지의 분산 특성으로 인해 인터넷 망이나 전기 공급이 어렵거나 불가능한 지역에서도 전력을 적게 소모하면서 측정된 토양 정보를 무선 네트워크 통신으로 외부의 데이터 서버로 전송할 수 있도록 하며, 데이터 서버에서는 취득한 정보를 수집, 분석하여 이를 토지 사용자의 핸드폰이나 개인용 컴퓨터로 전달함으로써, 토지를 경작하는 사용자가 토지의 정보를 확인하고 물이나 비료를 공급할 지 여부를 결정할 수 있도록 하는 스마트 무선 토양정보 측정시스템 관련분야의 발명이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

모든 작물농업에서 가장 중요하고 핵심적인 일은 작물에 맞는 토양의 성질을 제대로 아는 정보를 획득하는 일이라 할 수 있는 바, 토양, 흙에 대한 핵심정보는 양분과 물인데 이 2가지 정보를 알아내는 장비가 바로 토양측정 센서이다.

어떤 작물이 그 토양에서 잘 자랄 수 있는지를 알려주는 정보가 바로 양분에 해당하는 염도(EC)와 산도(pH) 및 물에 해당하는 수분정보로서, 토양의 수분은 흙이 품고 있는 물기의 정도로 농업인이 이러한 정보를 정확히 알면 물을 언제, 얼마만큼 보충해줘야 하는지를 결정할 수 있고, 양분은 염도(EC)와 산도(pH) 값으로 알 수 있는데, 염도(EC)는 토양에 부족한 양분(비료성분)이 무엇인지를 가늠할 수 있는 수치이며, 산도(pH)는 작물이 양분을 흡수할 수 있는 상태의 토양인지를 확인할 수 있는 수치로써 염분의 과부족 수치만 가지고 비료를 주더라도 토양부의 산도가 작물과 맞지 않으면 양분을 흡수하지 못하게 된다.

농사는 비료 값이 절반이라는 말의 의미는 비료가 그만큼 중요하고 더욱 비료를 주는 양과 시기가 매우 중요하다는 의미가 된다.

따라서 농업에서 토양측정센서를 통해 토지의 정보를 습득하는 기능과 의미는 농업의 성패를 좌우할 정도로 중요하지만, 그 막대함에 비하여 현재까지 개발된 토양측정센서는 그 역할을 제대로 수행하지 못하고 있는바, 그 이유 중의 하나가 기존의 토양측정센서가 너무 비싸고, 높은 가격대뿐 아니라 전기와 통신이 연계되지 않음에 따른 정보교환의 곤란성, 그로 인한 이동의 제한과 복잡한 구조로 유지관리의 어려움이 있어왔다.

기존의 농업기술에서 센서 기술을 통신시설과 접목시켜 유용한 정보를 얻고자 하는 과제를 갖고 개시된 선행기술들을 살펴보면, 대한민국 등록특허 10-1892726호 기술에서는 지하수의 수질을 측정하여 수질에 따라 자동으로 지하수 양수량을 조절하고 이때 생성되는 수질 측정데이터와 지하수 양수량 및 양수를 하며 사용된 펌프의 전기사용량 등의 정보를 LPWA

통신을 이용하여 게이트웨이에 전달하여 용이하게 모니터링할 수 있으며, 토양의 수분을 측정하여 자동으로 필요한 수분을 공급할 수 있는 LPWA 통신을 이용한 지하수 수질 및 토양 수분 관제시스템이 제시되어 있는바, 상기기술은 적어도 하나 이상의 관정에 설치되어 지하수 양수량을 제어하고 지하수수질 데이터를 수집하는 지하수관제관넬과 상기 지하수관제관넬과 전기적으로 연결되어 상기 지하수를 양수하는 수중펌프에 전기를 공급하는 전기관넬과 상기 하나 이상의 관정에서 양수된 지하수를 공급받아 저장하고 수질 및 수위데이터를 생성하는 저수조와 상기 지하수관제관넬 또는 상기 저수조와 LPWA통신으로 데이터를 송수신하는 게이트웨이와 상기 게이트웨이와 유무선통신을 통해 송수신한 데이터를 저장하는 클라우드서버 및 상기 클라우드서버와 유무선통신을 통해 전송받은 데이터를 시각화하여 디스플레이하는 관제웹서비스를 포함하여 토양의 온도 수분 중 하나이상을 측정하는 토양측정센서와 저수조에 저장된 지하수를 토양에 공급하기 위한 부스터펌프를 포함하고 상기 게이트웨이와 LPWA통신으로 데이터를 송수신하는 농수공급관제관넬을 포함하여 이루어지는 LPWA통신을 이용한 지하수 수질 및 토양수분 관제시스템이 제시되어 있다.

또한 대한민국 공개특허공보 10-2019-0013073호에서는 일체형 스마트 작물 관리 모듈관련 기술로서 경작지의 산성도, 수분, 지중온도 및 지상온도를 감지하는 센서와 상기 센서에서 감지된 센서 측정치를 전달 받아 상기 경작지의 상태 또는 농작물의 발육 상태를 판단하는 제어부와 상기 제어부로부터 전달 받은 상기 센서 측정치, 상기 경작지의 상태 또는 상기 농작물의 발육 상태 정보를 외부 데이터 베이스 또는 사용자 단말기로 전송하는 통신부와 상기 센서, 센서부, 통신부에 전원을 공급하는 전원부가 포함되고, 상기 제어부는 상기 경작지의 상태 또는 상기 농작물의 발육 상태가 정상 상태가 아니라고 판단하는 경우 상기 사용자 단말기로 알람 메시지를 전송하거나, 별도로 마련된 경작상태 유지설비를 작동시켜 상기 경작지의 상태 또는 상기 농작물의 발육 상태를 조절할 수 있는 일체형 스마트 작물 관리 모듈이 제시되어 있다.

그러나 상기와 같은 종래기술은 저비용구조로 내구성이 높고 활용도가 높은 상태로 반영구적으로 사용이 가능한 무선 토양정보(pH, 온도, 수분) 측정시스템을 제공할 수 없으며, 더욱 농촌 지역에서 경작지(논이나 밭, 과수원 등)의 분산 특성으로 인하여 인터넷(Internet, WiFi)망이 불가능한 지역이나 전기 공급이 없는 지역에서도 실시간 데이터 접근이 가능하고 핸드폰 운용이 가능한 지역에서 적용가능한 스마트 무선 토양정보 측정시스템 기술에 적용될 수 없는 기술이었다.

【발명의 내용】

【해결하고자 하는 과제】

본원은 네트워크 접근성이 뛰어나고, 저비용구조로 내구성과 활용도가 높은 고품질 제품으로 반영구적 사용이 가능한 무선 토양정보(pH, 온도, 수분) 측정장치를제공하고자 하는 과제를 갖고 시작된 발명이다.

본원은 농촌 지역에서 경작지(논이나 밭, 과수원 등)의 분산 특성으로 인하여 인터넷(Internet, WiFi)망이 불가능한 지역이나 전기 공급이 없는 지역에서도 실시간 데이터 접근이 가능하고 핸드폰 운용이 가능한 지역에서 적용가능한 스마트 무선 토양정보 측정시스템을 제공함으로써 토양측정센서를 활용한 작물재배가 활성화될 수 있도록 하는 목적을 갖는다.

【과제의 해결 수단】

본원 기술은 네트워크 접근성이 뛰어나고, 저비용구조로 내구성과 활용도가 높은 고품질 제품으로 반영구적 사용이 가능한 무선 토양정보(pH, 온도, 수분) 측정장치를 제공하고, 또한 인터넷망이 어렵거나 불가능한 지역에서도 무선 네트워크 통신으로 LoRa 기술을 응용하여 상기 측정된 토양정보를 전송할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

LoRa는 Long Range의 약자로, 가늘고 길게 전송하는 통신 방법이라고 할 수 있는데 LoRa는 유럽 통신사를 중심으로 한 다국적 기업 협의체인 LoRa 얼라이언스 (LoRa Alliance)를 중심으로 기술개발 및 보급이 활발히 이뤄지고 있으며 국내에서는 SK텔레콤이 LoRa얼라이언스에 참여하고 있는 바, 본원 발명자는 온도/수분과 같은 센서 데이터와 같이 크지 않은 데이터 전송에 LoRa 무선통신을 적용하고자 시도하였다.

따라서 본원 기술사상은 스마트 무선 토양정보 측정시스템에서, 배터리 LoRa 통신칩 내장형 측정모듈센서부가 경작지의 토양정보(EC, pH, 온도, 수분)를 측정하는 제1단계와, 상기 제1단계에서 측정된 토양정보가 LoRa 통신을 이용하여 데이터 서버에 전달되는 제2단계와, 데이터 서버에서 전달된 토양정보를 분석 및 통계화한 후 사용자에게 전송하는 제3단계와, 상기 제3단계로 제공된 정보가 경작지를 재배하는 농업인의 스마트폰앱이나 PC로 전송되는 제4단계와, 경작지에 관수 및 관비가 수행되는 제5단계 공정이 수행되도록 적용되는 구성이 포함되어 이루어지는 스마트 무선 토양정보 측정시스템으로 적용될 수 있는 기술이다.

본원기술은 경작하는 토양의 상태를 확인하여 관수 및 관비를 수행할 수 있도록 하는 스마트 무선 토양정보 측정시스템에 관한 기술로써, 토양측정센서 단말기(100)에서 토양정보 측정모듈(110)을 통해 토양의 정보를 측정하는 제1단계 구성과 상기 제1단계에서 측정된 토양정보를 통신장비(120)를 통해 무선 네트워크망을 이용하여 데이터서버(300)로 전송하는 제2단계 구성과 상기 제2단계에서 전송받은 토양정보를 데이터서버(300)에서 수집, 분석, 통계화하여 관수 및 관비 여부를 계산하는 제3단계 구성과 상기 제3단계에서 계산된 정보를 사용자(400)의 PC나 스마트폰으로 전송하는 제4단계 구성과 상기 제4단계에서 전송받은 정보를 토대로 사용자(400)가 경작지에 관수 및 관비 시기를 결정하고 수행하는 제5단계 구성을 포함하여 이루어지는 구성을 특징으로 하는 스마트 무선 토양정보 측정시스템 관련 기술로써, 상기 토양측정센서 단말기(100)의 토양정보 측정모듈(110)에는 토양의 염도를 측정하는 EC 염도측정부(111), 온도를 측정하는 온도센서(112), 산도를 측정하는 pH-Reference센서(113) 및 ISFET-pH센서(114), 토양의 함수율을 측정하는 수분측정센서(115)가 포함되도록 구성되어 토양의 정보(염도, 온도, 산도, 수분)를 측정하도록 적용될 수 있고, 상기 토양측정센서 단말기(100)의 통신장비(120)에는 전원을 공급하는 배터리부(150)와 LoRa통신이 가능하도록 하는 LoLa 통신모듈(170)이 포함되어 구성되어 저전력 원거리에서도 무선 네트워크 통신을 장시간 이룰 수 있도록 적용될 수 있으며, 상기 데이터서버(300)에서는 토양측정센서 단말기(100)로부터 얻은 토양의 정보를 분석하여 경작지 전체 또는 일부에 필요한 관수 및 관비의 시기와 정도를 계산함으로써, 계산된 정보를 토양의 사용자(400)가 확인하여 경작에 이용할 수 있도록 적용될 수 있는 것을 특징으로 하는 스마트 무선 토양정보 측정시스템 관련 기술이다.

또한 본원의 무선 토양정보 측정시스템에 적용되는 pH-Reference센서(113) 및 ISFET-pH센서(114)는 종래와 같이 glass 재질이거나 금속도금(아연)으로 이루어진 센서 보다 반도체 소

재로 제공되는 센서를 이용하여 내구성을 높이도록 적용되는 구성이 바람직하다.

【발명의 효과】

본원 기술로 제공되는 토양정보(EC, pH, 온도, 수분) 측정 센서는 내구성과 활용도가 뛰어나면서도 종래의 기술로 현재 시판되고 있는 유/무선 센서보다 30~40% 저렴하게 공급될 수 있어서 농가에 부담 없는 가격으로 공급될 수 있으며, 고립된 지역에 있어 기존의 인터넷 망에 접근 어려웠던 위치에 있는 경작지라도 LoRa 통신망을 이용함으로써 무선 네트워크 연결이 가능토록 함으로써 측정 센서의 활용도를 극대화하고, 모듈형 제품 설계된 구성으로 고장 또는 일부기능 상실 우려가 거의 없으며, 만약 고장 발생 시는 해당 부품의 교환으로 전문가 도움 없이 즉각적 대처가 가능하여 반영구적 사용이 가능한 스마트 무선 토양정보 측정 시스템을 제공함으로써, 경작인의 관수 및 관비 효과를 극대화하는 효과를 제공한다.

【도면의 간단한 설명】

- 도 1은 본원 스마트 무선 토양정보 측정 시스템의 공정을 단계별로 나타낸 흐름도.
- 도 2는 본원 스마트 무선 토양정보 측정 시스템의 구성요소를 예시한 개요도.
- 도 3a는 본원 스마트 무선 토양정보 측정 시스템의 측정 센서 단말기를 나타낸 예시도.
- 도 3b는 측정 센서 단말기를 반으로 자른 단면을 나타냄으로써 측정 센서 단말기의 구성요소를 예시한 사시도.
- 도 4는 측정 센서 단말기의 구성요소를 모듈별로 구분한 기능블록 도표.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

이하, 본원 발명의 바람직한 기술사상을 구현한 일 실시예를 첨부된 도면을 곁하여 상세히 설명하기로 한다.

도 1은 본원 스마트 무선 토양정보 측정 시스템의 공정을 단계별로 나타낸 흐름도이고, 도 2는 본원 스마트 무선 토양정보 측정 시스템의 구성요소를 개념적으로 도시한 것이다.

본원 발명에서 제공하는 스마트 무선 토양정보 측정 시스템은 토양 측정 센서 단말기(100)가 경작지에 설치되어 토양의 정보를 측정하는 제 1단계; 측정된 토양의 정보를 LoRa 통신을 이용하여 데이터 서버(300)로 전송하는 제 2단계; 데이터 서버에서 토양정보를 수집, 분석, 통계화하여 관수 및 관비의 시기를 계산하는 제 3단계; 데이터 서버에서 분석된 정보를 사용자의 스마트폰(410)이나 PC(420)으로 전송하는 제 4단계; 그리고 마지막으로 사용자(400)가 계산된 정보를 토대로 하여 경작지의 관수 또는 관비 시기를 결정하고 수행하는 제 5단계로 구분되는 것으로 대별할 수 있다.

상기 토양 측정 센서 단말기(100)는 토양의 염도(EC), 산도(pH), 온도 및 수분을 측정하는 센서로, 경작지에 하나 또는 다수 개가 경작지에 고르게 분포되어 토양의 정보를 측정(제 1단계)하도록 제공될 수 있다.

상기 토양 측정 센서 단말기(100)는 수분 센서와 ISFET(반도체 소자)-pH 센서와 pH-Reference 센서 및 내부 온도 센서가 포함되어 토양정보 측정 모듈(110)을 이루어 토양정보를 측정하도록 적용될 수 있다.

특히 상기 토양 측정 센서 단말기(100)에는 LoRa 통신 모듈이 장착되어 최대 16km 이상의 거리에서도 무선 통신(제 2단계)이 가능하도록 제공되며 상기 토양 측정 센서는 고유값(ID)과 시

간정보를 토양정보와 함께 무선인터넷망(200)을 통해 데이터 서버(300)에 전달함으로써 데이터 서버에서 토양측정센서가 설치된 위치 및 해당 위치의 토양정보를 습득할 수 있도록 제공될 수 있다.

상기 제 2단계에서 사용되는 LoRa 통신망은 국내에서는 SKT에서 상용화하고 있는 서비스로, 상기 토양측정센서(100)는 토양의 정보를 측정하는 토양정보 측정모듈(110) 이외에도 LoRa 통신모듈 및 배터리 모듈이 함께 포함되어 제공되도록 적용될 수 있다.

상기 데이터서버(300)에서는 토양측정센서로부터 전달받은 토양의 정보를 습득하여 해당 토양의 정보를 취득, 분석 및 통계화함으로써, 해당 경작지에 현재 부족한 것이 무엇인지 확인할 수 있고 수분이 부족하면 관수를 어느정도 해주어야 하는지 또는 염도와 산도를 확인하여 비료를 어느정도 주어야 하는지를 계산(제3단계)할 수 있게 된다.

이때, 경작지 토양에 다수 개의 토양측정센서 단말기가 설치된 상태라면, 데이터서버에서는 다수 개의 단말기로부터 얻은 토양정보를 동일 시간/날짜 순으로 구분하여 토양정보의 평균과 편차를 구할 수 있게 된다.

즉 경작지 전체의 염도, 산도, 온도, 수분 값을 구하는 것 뿐 아니라, 경작지 일부에만 관수 및 관비가 필요한 경우도 계산할 수 있게 되는 것이다.

상기 데이터서버에서 계산한 정보를 해당 토지 경작인의 스마트폰(410)이나 PC(420)으로 전송하는 제 4단계에서는, 만약 사용자(400)의 스마트폰(410)으로 정보를 전송하여야 할 경우에는 이동통신망을 이용하여 전달할 수 있고, PC(420)로 전송하여야 할 경우에는 인터넷망을 이용하여 전달할 수 있다.

사용자(400)는 사용인의 스마트폰이나 PC를 통해 계산된 정보를 확인하여 관수 및 관비의 시기를 언제 어느정도 하야 할지를 결정할 수 있고, 이를 수행하는 제 5단계를 거침으로써 스마트 무선 토양정보 측정시스템을 활용할 수 있도록 적용될 수 있음을 나타낸 것이다.

도 3은 본원의 스마트 무선 토양정보 측정 시스템의 토양 측정센서 단말기(100)를 예시한 것으로서, 도 3a는 측정센서 단말기를 예시한 사시도이고, 도 3b는 측정센서 단말기를 반으로 자른 단면을 통해 내부 구조를 나타낸 예시도를 나타낸 것이다.

본원의 토양측정센서 단말기는 토양의 정보를 측정하는 토양정보 측정센서(110)와 통신장비(120)로 구분할 수 있으며, 상기 토양정보 측정센서와 통신장비 사이에는 측정데이터를 전송하기 위한 연결선(121)이 연결되도록 제공된다.

상기 토양정보 측정센서(110)의 내부를 살펴보면, 토양의 염도를 측정하는 EC 염도측정센서(111)와 온도를 측정하는 내부온도센서(112), 토양의 산도를 측정하기 위한 pH-Reference 센서(113) 및 ISFET-pH 센서(114), 그리고 토양의 함수율을 확인할 수 있는 수분센서(115)가 내장되어 토양의 정보를 측정할 수 있게 제공된다.

또한 상기 통신장비(120)의 내부에는 토양정보 측정센서 및 다른 기타 장비에 전력을 공급하기 위한 배터리부(150)가 내장되는데, 상기 배터리부는 리튬이온 타입의 배터리로 제공되어 장시간 전력을 공급할 수 있도록 적용될 수 있다.

또한 통신장비 내부에는 LoRa 통신모듈(170)이 내장되고 안테나와 함께 무선 네트워크 통신을 이룰 수 있도록 적용된다.

또한, 비록 도시되지는 않았지만 상기 통신장비 내부에 시계모듈이 추가로 구비되어 LoRa 통신모듈이 무선 네트워크 통신으로 측정된 토양정보를 전송할 때 LoRa 통신모듈의

고유값(ID)와 시간 정보를 포함하여 데이터 서버로 전송할 수 있도록 제공될 수 있다.

도 4는 토양측정센서 단말기(100)의 내부 구성요소를 모듈별로 구분한 기능블록을 도표로 나타낸 것으로써, 토양정보 측정모듈(110)에 사용되는 측정센서(111~115) 및 통신장비(120)에 내장되는 각종 부품들을 도표화한 것이다.

도 4에 제시되는 구성요소 각각을 설명할 필요는 없을 것이고 본원에서 제공하는 토양측정센서 단말기의 내부 구성은 현재 본원의 기술사상이 바람직하게 구현되기 위한 일 실시양태를 나타낸 것에 불과한 것이므로 도 4에 제시되는 구성은 추후 현장여건 및 요구사항에 따라 새로운 구성요소가 추가되거나 다른 구성요소로 교체되어 적용될 수 있음은 당업자에게 자명하다 할 것이다.

즉, 본원에서 새롭게 개시되는 기술사상은 스마트 무선 토양정보 측정시스템에 사용되도록 제공되는 토양정보(EC, pH, 온도, 수분) 측정센서를 새롭게 제공하고자 하는 기술로서, 토양측정센서 단말기(100)가 토양정보 측정모듈(110)과 통신장비(120)로 구분되어 제공되며, 상기 토양정보 측정모듈은 일단에 염도, 산도, 온도 및 수분을 측정할 수 있는 측정센서가 설치되고, 통신장비에는 상기 토양정보 측정모듈(110) 및 LoRa 통신모듈(170)에 전력을 공급하는 배터리부(150)와 측정된 정보를 외부의 무선 네트워크망에 전송하는 LoRa 통신모듈(170)로 구성되도록 적용되는 토양측정센서 단말기를 갖는 형태로 제공되고, 상기 토양측정센서 단말기(100)로부터 측정된 정보를 단말기의 고유값과 시간 정보를 포함하여 데이터서버로 전달하면, 상기 데이터서버(300)에서는 해당 경작지에 위치한 다수 개의 토양측정센서 단말기(100)의 모든 전송받은 토양정보를 토대로 토양의 상태를 분석하고, 경작지 전체 또는 일부에 필요한 관수 및 관비가 있는지를 계산하여 계산된 정보를 사용자(400)에게 전달함으로써, 토지를 경작하는 사용자가 언제 어떤 장소에 관수 및 관비를 실행할 것인지를 알 수 있도록 함으로써, 본 발명인 스마트 무선 토양정보 측정시스템을 이용하여 경작지의 관수 및 관비를 수행할 수 있도록 제공될 수 있게 구현될 수 있는 기술사상의 발명이다.

【부호의 설명】

- | | |
|-----------------------|-------------------|
| 100 : 토양측정센서 단말기 | 110 : 토양정보 측정모듈 |
| 111 : EC 염도측정센서 | 112 : 내부 온도센서 |
| 113 : pH-Reference 센서 | 114 : ISFET-pH 센서 |
| 115 : 수분센서 | 120 : 통신장비 |
| 121 : 연결선 | 150 : 리튬이온 배터리부 |
| 170 : LoRa 통신모듈 | 200 : 무선네트워크망 |
| 300 : 데이터서버 | 400 : 사용자 |
| 410 : 스마트폰 | 420 : PC |

【청구범위】

【청구항 1】

경작하는 토양의 상태를 확인하여 관수 및 관비를 수행할 수 있도록 하는 스마트 무선 토양정보 측정시스템에 있어서,

토양측정센서 단말기(100)에서 토양정보 측정모듈(110)을 통해 토양의 정보를 측정하는 제1단계;

상기 제1단계에서 측정된 토양정보를 통신장비(120)를 통해 무선 네트워크망을 이용하여 데이터서버(300)로 전송하는 제2단계;

상기 제2단계에서 전송받은 토양정보를 데이터서버(300)에서 수집, 분석, 통계화하여 관수 및 관비 여부를 계산하는 제3단계;

상기 제3단계에서 계산된 정보를 사용자(400)의 PC나 스마트폰으로 전송하는 제4단계;

상기 제4단계에서 전송받은 정보를 토대로 사용자(400)가 경작지에 관수 및 관비 시기를 결정하고 수행하는 제5단계;

로 적용되는 구성으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 스마트 무선 토양정보 측정시스템

【청구항 2】

제 1항에 있어서,

상기 토양측정센서 단말기(100)의 토양정보 측정모듈(110)에는 토양의 염도를 측정하는 EC 염도측정부(111), 온도를 측정하는 온도센서(112), 산도를 측정하는 pH-Reference센서(113) 및 ISFET-pH센서(114), 토양의 함수율을 측정하는 수분측정센서(115)가 포함되도록 구성되어 토양의 정보(염도, 온도, 산도, 수분)를 측정하도록 적용되는 것을 특징으로 하는 스마트 무선 토양정보 측정시스템

【청구항 3】

제 1항에 있어서,

상기 토양측정센서 단말기(100)의 통신장비(120)에는 전원을 공급하는 배터리부(150)와 LoRa통신이 가능하도록 하는 LoRa 통신모듈(170)이 포함되어 구성되어 저전력 원거리에서도 무선 네트워크 통신을 장시간 이룰 수 있도록 적용되는 것을 특징으로 하는 스마트 무선 토양정보 측정시스템

【청구항 4】

제 1항에 있어서,

상기 데이터서버(300)에서는, 토양측정센서 단말기(100)로부터 얻은 토양의 정보를 분석하여 경작지 전체 또는 일부에 필요한 관수 및 관비의 시기와 정도를 계산함으로써, 계산된 정보를 토양의 사용자(400)가 확인하여 경작에 이용할 수 있도록 적용되는 것을 특징으로 하는 스마트 무선 토양정보 측정시스템

【청구항 5】

제 3항에 있어서,
상기 pH센서는 반도체 소재로 적용되는 것을 특징으로 하는 스마트 무선 토양정보 측정시스템

【요약서】

【요약】

본원 발명은 스마트 무선 토양정보 측정시스템에 사용되도록 제공되는 토양정보(EC, pH, 온도, 수분) 측정센서를 새롭게 제공하고자 하는 기술로서,

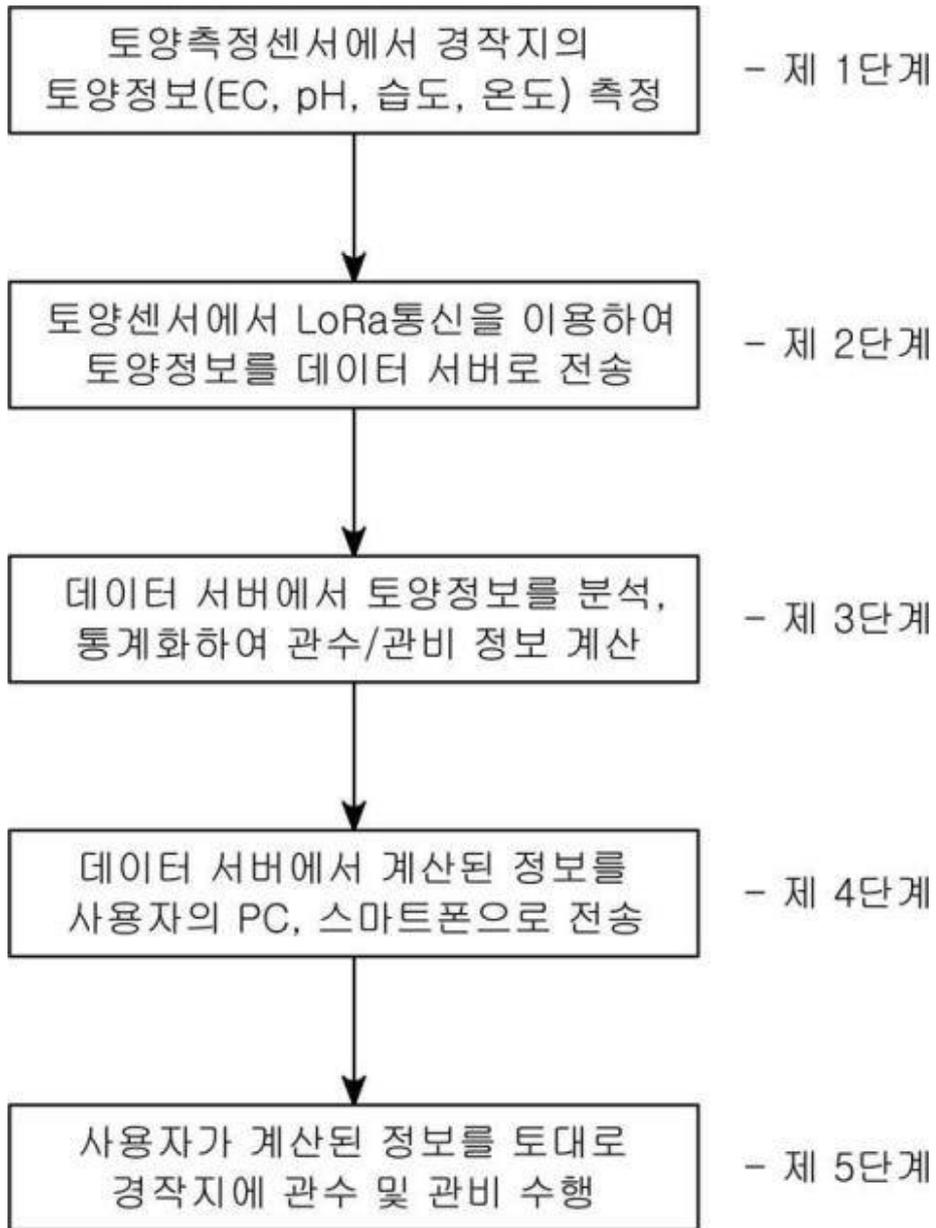
토양측정센서 단말기(100)가 토양정보 측정모듈(110)과 통신장비(120)로 구분되어 제공되며, 상기 토양정보 측정모듈은 일단에 염도, 산도, 온도 및 수분을 측정할 수 있는 측정센서가 설치되고, 통신장비에는 상기 토양정보 측정모듈(110) 및 LoRa 통신모듈(170)에 전력을 공급하는 배터리부(150)와 측정된 정보를 외부의 무선 네트워크망에 전송하는 RoLa 통신모듈(170)로 구성되도록 적용되는 토양측정센서 단말기를 제공하고, 상기 토양측정센서 단말기(100)로부터 측정된 정보를 단말기의 고유값과 시간 정보를 포함하여 데이터서버로 전달하면, 상기 데이터서버(300)에서는 해당 경작지에 위치한 다수 개의 토양측정센서 단말기(100)의 모든 전송받은 토양정보를 토대로 토양의 상태를 분석하고, 경작지 전체 또는 일부에 필요한 관수 및 관비가 있는지를 계산하여 계산된 정보를 사용자(400)에게 전달함으로써, 토지를 경작하는 사용자가 언제 어떤 장소에 관수 및 관비를 실행할 것인지를 알 수 있도록 함으로써, 본 발명인 스마트 무선 토양정보 측정시스템을 이용하여 경작지의 관수 및 관비를 수행할 수 있도록 제공될 수 있게 되는 것이다.

【대표도】

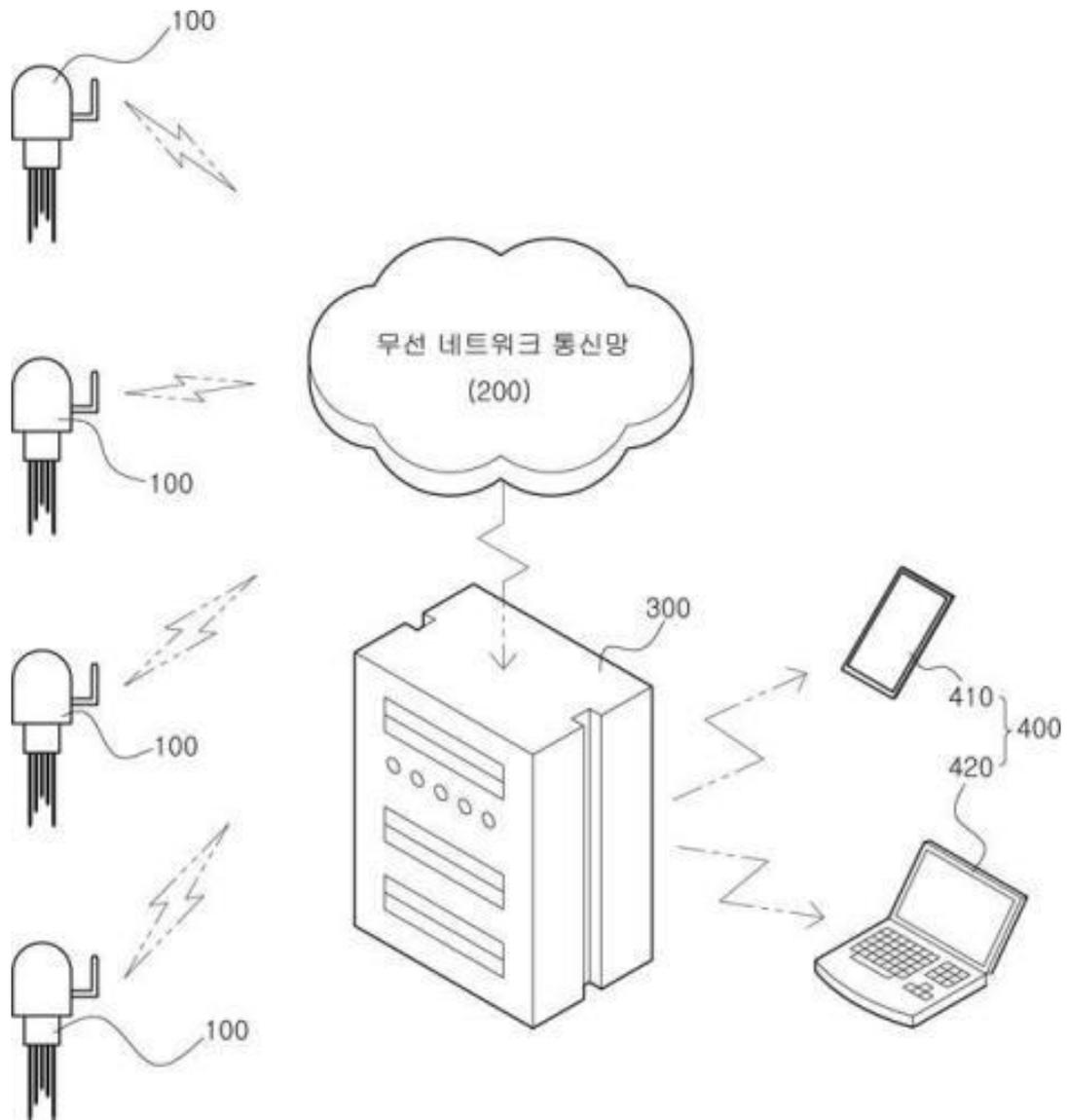
도 2

【도면】

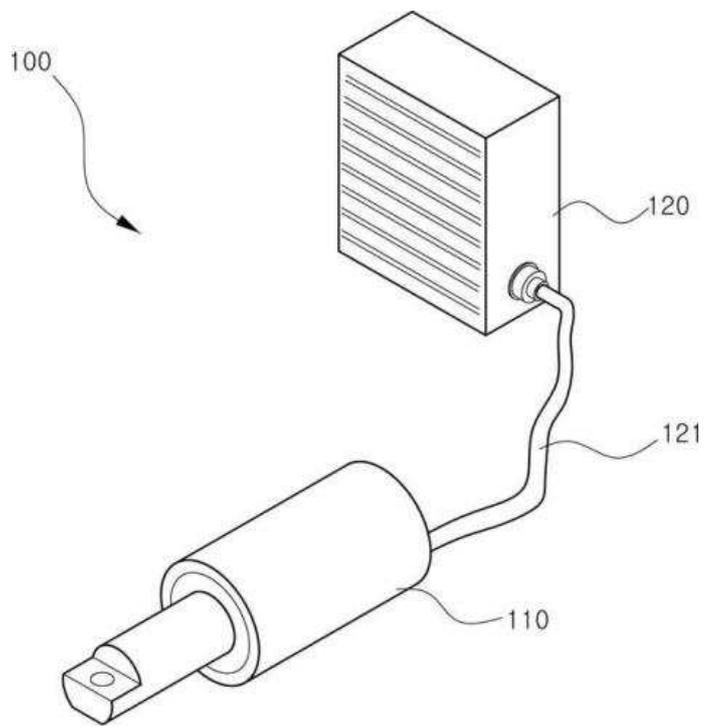
【도 1】



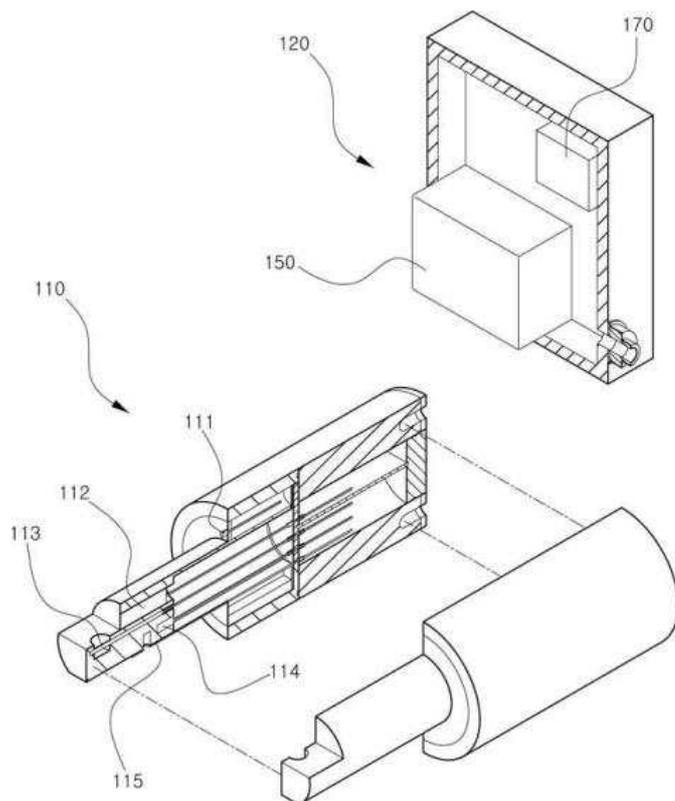
【도 2】



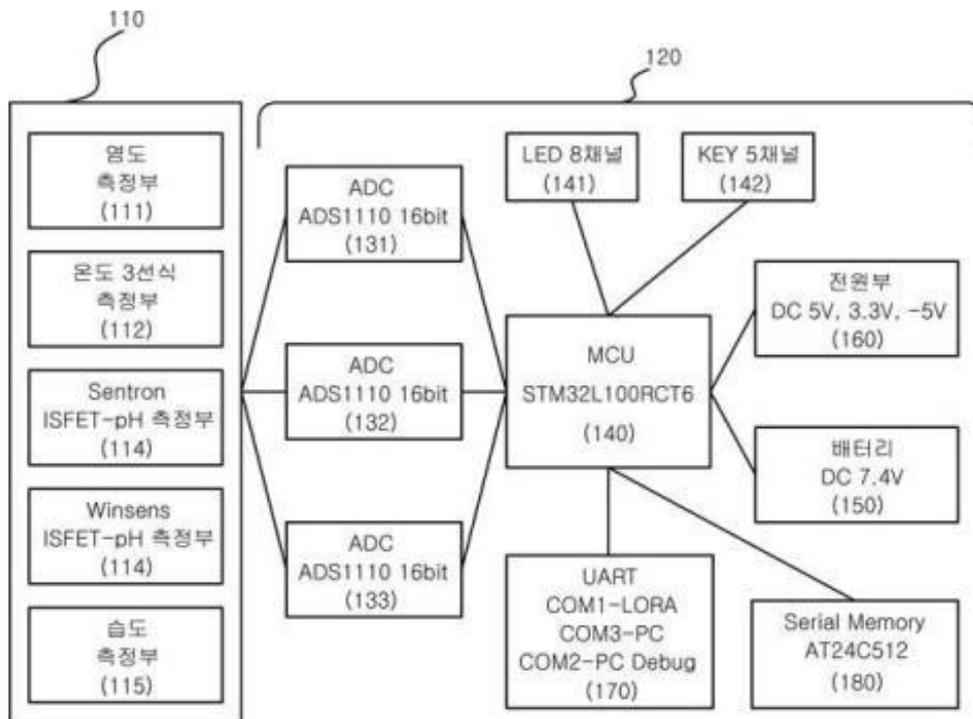
【도 3a】



【도 3b】



【도 4】



참고자료2 : HANNA Soil pH 소개서

Hanna Soil pH (소개서)

pH는 수소이온농도(H⁺)를 측정하는 것입니다. 토양은 pH 값에 따라 산성, 중성, 알칼리가 될 수 있습니다.

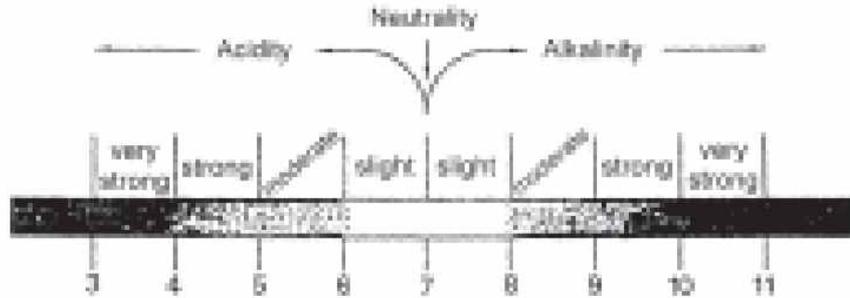


Fig. 1. Types of soil according to the pH value

Fig1.은 pH 수치와 토양의 유형 관계를 보여줍니다. 대부분의 식물은 5.5에서 7.5 pH 측정 범위인 것을 선호합니다.

하지만 어떤 종은 산성 토양보다 알칼리 토양을 선호하기도 합니다.

모든 식물은 최적의 성장에 대해 특정한 pH측정범위를 필요로 합니다.

pH는 영양분의 유용성과 미생물의 출현에 영향을 주고 토양과 식물에 영향을 줍니다.

예를 들어, 식물한테 영양분을 공급하는 박테리아는 적당한 산성 물질을 포함하거나 약간의 알칼리 토양을 선호하는 사실에서 보면 균은 산성을 좋아합니다.

사실, 강한 산성 상태에서는 질소고정과 야채에 남은 무기질을 줄입니다.

식물은 토양, 물에 용해되어 있는 양분을 흡수하고 영양소 용해도는 pH 값에 따라 달라 집니다. 따라서, 성분의 효용은 pH농도에 따라 다릅니다.(Fig2)

각 식물은 다른 양에 따라 성분이 필요하고 이것이 각 식물이 성장하는데 최대한으로 활용하기위한 특정한 pH측정범위가 필요한 이유입니다.

예를 들어, 철, 고무 그리고 망간은 알칼리 환경에서 녹지 않습니다.

이러한 성분이 필요한 식물들은 이론상으로 산성 타입에 토양이 있어야함을 의미합니다.

반면에 질소, 인, 칼륨은 중성에 가까운 pH측정범위에서도 쉽사리 이용 가능합니다.

게다가, 비장성의 pH값은 식물에 대한 중독성 성분의 농도를 증가시킵니다.

예를 들어, 산성 상태에서는 식물이 견딜 수 없을 만큼의 알루미늄이온이 과다상태가 될 수도 있습니다.

pH값이 중립상태로부터 멀 때 또한 화학적, 물질적 구조에 부정적인 영향이 나타날 수 있습니다.

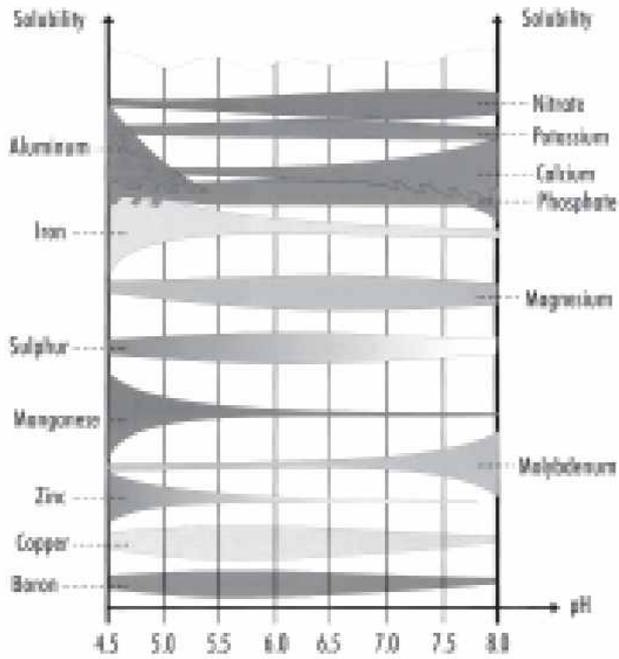


Fig. 2. Solubility of the elements according to varying pH

(집합체를 분해하고, 투과성을 줄이고 토양을 더 단단하게 함)

pH 값과의 관계에서 토양의 관리

일단 pH값을 안다면 이 측정범위에 적절한 농작물을 선택하는 것이 현명합니다.(예를 들어, 산성토양에서는 사과 감자와 딸기를 경작합니다.)

산성도(예를 들어, 요소, 질산칼슘, 질산암모늄)가 증가하지 않거나 알칼리도(예를 들어, 황산암모늄)가 낮아지면 비료를 추가하십시오.

비용 값은 토양 pH조절의 시작부분에 하는 것이 좋습니다. 토양 pH를 변형하기 위해 교정하는 재료를 첨가할 수도 있습니다.

하지만 그 효과는 일반적으로 느리고 지속되지 않습니다.

예를 들어, 점토 토양에 석회를 넣으면 효과가 2, 3년 동안 지속 될 뿐입니다.

산성토양을 만들기 위해 토양의 본질에 따라 석회, 고회암, 석회암, 이회토와 같은 재료를 사용할 수 있습니다.(Tab.1)

과수원식물			
식물종류	산성농도	식물종류	산성농도
사과	5~6.5	오렌지	5~7
살구	6~7	복숭아	6~7.5
체리	6~7.5	배	6~7.5
포도	6~7.5	자두	6~7.5
포도덩굴	6~7	석류	5.5~6.5
레몬	6~7	호두	6~8
승도복숭아	6~7.5		

야채와 풀 경작			
아스파라거스	6~8	고추	6~7
보리	6~7	감자	4.5~6
강낭콩	6~7.5	고구마	5.5~6
양배추	6~7.5	호박	5.5~7.5
당근	5.5~7	벼	5~6.5
오이	5.5~7.5	대두	5.5~6.5
가지	5.5~7	시금치	6~7.5
상추	6~7	딸기	5~7.5
옥수수	6~7.5	사탕무	6~7
메론	5.5~6.5	해바라기	6~7.5
귀리	6~7	토마토	5.5~6.5
양파	6~7	사복	5.5~6.5
완두콩	6~7.5	밀	6~7

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 2018농림축산식품연구개발사업(자유응모/첨단생산기술사업)의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 2018농림축산식품 연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.