

보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( )발간등록번호( )

농식품기술개발사업 제3차 연도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003120-01

# IoT통신 보급형 토양 측정기 개발 및 클라우드 기반 노지 스마트팜 모델 개발

## 최종보고서

---

2020.02.13.

주관연구기관 / (주)이지팜  
협동연구기관 / (주)유샘인스트루먼트  
협동연구기관 / 한밭대학교(김민회)  
협동연구기관 / 서울대학교(최영찬)

농림축산식품부  
농림식품기술기획평가원

<제출문>

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “IoT통신 보급형 토양 측정기 개발 및 클라우드 기반 노지 스마트팜 모델 개발” (개발기간 : 2017. 04.21 ~ 2019. 12.31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2020 . 02 . 10 .

주관연구기관명 : ㈜이지팜

(대표자) 김 영 국



주관연구책임자 : 이 성



국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<제출문>

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “IoT통신 보급형 토양 측정기 개발 및 클라우드 기반 노지 스마트팜 모델 개발” (개발기간 : 2017. 04.21 - 2019. 12.31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2020 . 02 . 10 .

주관연구기관명 : ㈜이지팜 (대표자) 김 영 국 (인)

협동연구기관명 : ㈜유셈인스트루먼트 (대표자) 한 종 필 (인)

협동연구기관명 : 서울대학교 산학협력단 (대표자) (인)

협동연구기관명 : 한밭대학교 산학협력단 (대표자) (인)

주관연구책임자 : 이 성 증

협동연구책임자 : 한 종 필

협동연구책임자 : 최 영 찬

협동연구책임자 : 김 민 회

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<제출문>

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “IoT통신 보급형 토양 측정기 개발 및 클라우드 기반 노지 스마트팜 모델 개발” (개발기간 : 2017. 04.21 - 2019. 12.31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2020 . 02 . 11 .

협동연구기관명 : 한밭대학교

(대표자)



(인)

협동연구책임자 : 김 민 희



국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<제출문>

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “IoT통신 보급형 토양 측정기 개발 및 클라우드 기반 노지 스마트팜 모델 개발” (개발기간 : 2017. 04.21 ~ 2019. 12.31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2020 . 02 . 11 .

협동연구기관명 : 서울대학교산학협력단 (대표자) 윤 의 준



협동연구책임자 : 최 영 찬



국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	117012-03	해 당 단 계 연 구 기 간	2019.01.01. ~ 2019.12.31	단 계 구 분	3년차/ 3년차
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명				
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	IoT통신 보급형 토양 측정기 개발 및 클라우드 기반 노지 스마트팜 모델 개발			
연구책임자	이성중	해당단계 참여연구원 수	총: 24명 내부: 24명 외부: 0명	해당단계 연구개발비	정부:256,000천원 민간: 87,000천원 계:343,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 72명 내부: 72명 외부: 0명	총 연구개발비	정부:727,000천원 민간:249,000천원 계:976,000천원
연구기관명 및 소속부서명	(주)이지팜, 유셈인스트루먼트 한밭대학교, 서울대학교			참여기업명 (주)이지팜	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	
-------------------------	--

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설· 장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)	보고서 면수 360
---	---------------

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p><b>1) 연구개발 목적</b> 본 연구개발은 노지에서 활용 가능한 센서 제품, 무선통신 노드 장비, 응용 서비스의 국산화가 느리고 보급형 제품의 부재로 시장이 확대되지 않는 문제를 해결하기 위해서 기획되었다. 국내의 노지 스마트팜 모델의 확산을 위해 본 연구개발의 최종 목표는 첫째, 신소재를 이용한 센서 개발과 블루투스/IoT통신에 의한 측정기 제품의 부가기능 최소화를 통해 저렴한 보급형 토양환경 측정기(휴대형,매립형)를 개발하는 것이다. 둘째, 이 제품을 이용할 때 사용할 수 있는 클라우드 서비스를 구축하고 노지 농가를 위한 스마트팜 비즈니스 모델을 구현하는 것이다.</p> <p><b>2) 연구개발 내용</b> 연구개발의 목표의 효과적인 달성을 위해 본 연구는 7개의 세부 연구 파트를 수행하였다. 첫째, 신소재를 이용한 저가형 센서 소자를 개발 둘째, 실시간 측정 데이터를 이용한 센서 성능 개선을 위해 빅데이터 기반 보정 알고리즘 개발 셋째, 센서 데이터의 시계열 패턴 분석 결과를 이용하여 외부기상 요인이 토양환경 요인에 미치는 영향을 모델링하고 예측 알고리즘을 개발 넷째, 클라우드와 연계할 수 있는 통신모듈과 토양에 접촉하는 센서모듈을 탈착형으로 교체할 수 있는 휴대용/매립형 토양측정기를 개발 다섯째, 토양측정기와 클라우드간 IoT 통신이 가능한 인터페이스 모듈을 개발 여섯째, 다양한 데이터를 활용하기 위한 도메인융합형 노지 스마트팜 클라우드 시스템을 개발 일곱째, 노지 농가 및 산지조직을 위한 응용프로그램을 개발</p>
<p>연구개발성과</p>	<p>○본 과제 의 최종 산출물로 신소재를 이용한 저가형 토양 습도 센서를 개발하였으며 실시간 측정 데이터를 이용한 센서 성능 개선을 위한 빅데이터 기반 알고리즘 및 센서 데이터의 시계열패턴 분석을 통한 외부기상요인 영향 모델링 알고리즘을 개발 하였으며, 클라우드 연계 통신모듈 및 센서모듈 탈착형 토양측정기를 개발하였다. 또한 도메인 융합형 노지 스마트팜 클라우드 시스템 및 노지 농가 및 산지조직을 위한 응용프로그램을 개발 완료하였다. ○특히 출원 및 등록 2건, 제품화는 2건을 달성하고 이에 대한 기술을 현장에 확산하였다. 학술성과로는 SCI급 논문 3편과 비SCI 논문 1편을 게재하였으며, 학술발표 6건과 정책활용 2건 및 6건의 성과홍보 활동을 하였다</p>
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p>본 연구개발에서 제시되는 노지 스마트팜 모델은 센서 파트, 통신 파트가 구분되어 있기 때문에 각 분야의 기업들이 개별 모듈 제품의 개발에 집중할 수 있도록 도울 수 있으며 사용자들은 클라우드 기반의 응용 프로그램을 사용할 수 있기 때문에 영세한 기업이 데이터 수집플랫폼과 응용프로그램까지 개발해야 하는 문제를 해결할 수 있다. 따라서 스마트팜 관련 기업들이 상생할 수 있는 생태계 구축에 본 연구가 기여할 수 있다.</p>



국문핵심어 (5개 이내)	한글	노지 스마트팜	토양 센서	IoT 통신	클라우드
영문핵심어 (5개 이내)	영문	Outdoor Smart-farm	Soil Sensor	IoT Communication	Cloud

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

<본문목차>

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요 .....	6
2. 연구수행 내용 및 결과 .....	88
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 .....	366
4. 연구결과의 활용 계획 등 .....	375
붙임. 참고 문헌 .....	381

<별첨> 주관연구기관의 자체평가의견서

# 제1장. 연구개발과제의 개요

## 1절. 연구개발의 필요성

### 1. 연구개발 배경

#### 가. 스마트팜 관련 국가 정책 검토

- 최근 농식품 분야의 R&D 정책에서 스마트팜이 중요한 핵심 분야로 자리 잡고 있음
- 국가과학기술연구회에서는 2014년 스마트팜 융합연구단을 발족하였고, 2016년에는 미래 창조과학부에서 ‘ICT R&D 투자로드맵 2020’의 83개 R&D 중점투자기술 중 스마트팜을 첫 번째 기술로 선정하였으며, 2016년 농림축산식품부는 “스마트 팜 확산 추진현황 및 ‘16년 정책 방향”을 통해 스마트팜의 농업현장 확산 계획을 발표하였음
- 각각의 스마트팜 관련 정책의 내용을 검토하여 현재의 스마트팜 분야에서 중요한 기술 요소와 현장에서 적절히 지원되지 않고 있는 기술요소를 살펴보았음

#### □ 국가과학기술연구회 융합연구단 “스마트팜 상용화 통합 솔루션 기술 개발”

- 스마트팜 융합연구단 발족(2014. 12.) 및 문제 정의서

<b>산업계 기술현안</b>	농산업 글로벌 경쟁력 확보를 위한 스마트팜 기술 상용화	
<b>해결방안</b>	고부가가치 농산업의 생산성 향상을 위한 복합 센싱과 제어 솔루션 개발 및 표준화	
<b>문제정의</b>	복합 환경/생육 계측 센서 및 제어기술 고도화를 통한 고부가가치 스마트팜 상용화 기술 개발 및 표준화	
<b>핵심가치</b>	복합센서/제어 전용화 및 고도화	○ 오차율 5% 미만의 환경* 및 생육**계측 복합센서 개발 * 온·습도, 이산화탄소 농도, 일사량, 수온, EC, pH 등 ** 생리활성, 생리장해 등 ○ 복합센서를 통한 신뢰도 95% 이상의 식물생육 모델링 및 수확량 예측 ○ 국내 스마트팜 관련 부품, 모듈, 시스템SW//F 등 표준화모델 개발 적용 및 성능평가를 위한 정량/정성적 표준 제시
	생산 효율성	○ 월별 생산 목표치의 ±10%를 달성하도록 안정생산 ○ 연간 기존 에너지 소비량의 5%, 노동량 30% 절감
	정보 활용성	○ 생육환경/작업 정보* 및 생산/유통 정보** 분석 및 결과 제공 * 기상 및 근권 환경, 제어 이력, 작업별 계량화, 에너지 사용량 등 ** 월별 생산 예측량, 생산이력 정보, 농자재 관리, 생산계획
	경제성	○ 해외 기업의 최고 사양 기준* 50% 이하로 가격 경쟁력 확보 * 예 : 프리바社(네델란드) 2ha 기준 1억 2천만원(현재)
<b>기대효과</b>	과학·기술	○ 글로벌 경쟁력을 갖춘 식물환경/생육 관련 통합 솔루션 기술 확보
	국가·사회	○ 급변하는 농촌사회 환경 대응 및 안정 생산을 통한 국내 농산업 경쟁력 확대 및 삶의 질 향상
	산업·경제	○ 스마트팜 수입대체 효과로 신규 수요 창출 및 관련 산업의 융합 고도화

o 스마트팜 융합연구단 주요 개발 내용 및 참여기관 역할

세부과제명(수행기관)	주요 내용
1. 생육계측 기반 식물생육모델링을 통한 수확량 예측 기술 개발(KIST)	①시설원예 작물 생육 계측 기술 개발(열화상, 엽록소 형광, 영상처리 등) ②작물생육 불균일성 원인 환경요인 분석 및 생육계측정보 기반 통합 제어로직 개발 ③식물생육센싱 및 센싱 생육정보 모델링을 통한 수확량 예측 기술 개발 ④생육 정보 빅데이터 기반 통합제어 프로토콜 개발 ⑤스마트 생산관리 매뉴얼 개발 및 농산학연 네트워킹 프로그램 개발
2. 표준기반 시설원예 복합환경제어 플랫폼 개발(ETRI)	①복합환경제어 SW플랫폼 기술 ②확장형 하드웨어 플랫폼 기술 ③신뢰성 시험 평가 및 실증
3. 노동효율 향상을 위한 스마트 온실 작업관리 시스템 개발(KITECH)	①스마트 작업관리시스템 및 표준화 ②농업용 작업보조 모듈 실용화 기술 개발 ③온실용 센서의 활용 편의성 강화 기술 개발
4. 스마트팜 에너지 공급 및 관리 최적화 기술 개발(KIER)	①스마트팜 열환경제어 ②스마트팜 에너지관리시스템(GH-EMS) ③스마트팜 최적설계 시뮬레이터 ④복합열원이용 히트펌프
5. 스마트팜 작물 안정생산을 위한 복합센서/제어기술 개발 및 상용화를 위한 실증(KIST)	①연동 비닐하우스 센서/제어기술 개발/실증 ②대단지 유리온실 센서/제어기술 개발/실증 ③스마트 양액 재이용기술 개발 및 적용 ④양액 재처리 및 폐양액 처리기술 상용화
6. 생육환경/작업 정보 및 생산/유통 정보 분석(KFRI)	①생육환경/작업정보/생산유통환경 데이터 가시화 정보제공 인터페이스 개발 ②품질정보 DB화를 위한 지표개발 및 품질관리 체계 구축
7. 스마트팜 경제성 분석 및 산업화 연계 수익모델 개발(KIST)	①스마트팜 시스템 경제성분석 ②토마토/파프리카 추출/가공기술 개발을 통한 고부가 식품소재 개발 ③기능성작물 재배기술 개발을 통한 스마트팜 식의약향장 산업화 모델 개발

- 스마트팜 융합연구단 실증 대상지는 강릉, 천안(토마토 온실), 충남대(연동온실), 전남대 및 농가(유리온실), 경북대 및 농가 중심
- 사업화를 위한 핵심 가치는 Priva 수준의 기술을 지향하며, 가격은 Priva의 반값 수준의 제공을 통한 글로벌 경쟁력 확보를 목표로 함

□ 미래창조과학부 로드맵 - 『ICT R&D 투자로드맵 2020』

- 2016년 2월 미래창조과학부는 ICT R&D의 선택과 집중을 강화하기 위해 ‘ICT R&D 투자로드맵 2020(안)’을 마련하고 ICT R&D 투자 생산성을 높일 계획을 발표, K-ICT 전략에 맞춰, K-ICT 9대 전략분야를 반영한 10대 기술분야를 선정하고 분야별 중점투자영역 도출과 투자전략 제시

구분	2016	2017	2018	2019	2020
산업목표	스마트 농업 생산기반확충	K-ICT 스마트팜	한국형 농산업 시장창출	글로벌 농산업 시장진출	글로벌 농산업 선두권 도약
서비스 및 제품 (Market needs)	표준형 1세대 스마트팜 시제품	스마트팜 상용화 통합 솔루션	팜 클라우드 및 IoT 베드 시스템	AI 기반 농축융합시제품	도메인 융합형 스마트팜 시제품
					
	이미지 경매 시스템 상용화	농축산유통 클라우드 시제품	생산-유통-소비 도메인융합 플랫폼	농축산물 글로벌 수급조절 플랫폼	해외연계 물류 SW 농산물 상용화
					
	농업재해 통합관리 시스템 시제품	농업피해 산정기술 상용화	재난형 가축질병 체계 구축	국가동물방역 시스템 고도화	범아시아 농업재해 통합 정보 플랫폼
					
기술발전 전망	이기종 농업용 센서시스템 표준화	한국형 스마트팜(K-ICT스마트팜) 원천 기술 발굴 및 개발		해외 진출형 스마트팜	
	현장 애로사항 해결형 시스템	농축산 유통 플랫폼 지능화		도메인 융합형 글로벌 유통 시스템	
	농업피해 통합 관리	가축 질병 예측 및 방역 시스템 지능화			
주요 기능 (spec)	센서 호환성 90% 노동력 10% 절감	센서 오차율 10% 이하 노동력 20% 절감 에너지 5% 절감	센서 오차율 5%미만 에너지 5% 절감 가격 경쟁력 20% 향상	에너지 10% 절감 가격 경쟁력 50% 향상 지능화율 50%	글로벌 제품 호환 생산성 및 에너지 최적화 세계최고수준
	예측 오차율< 30% 글로벌 서비스>3건 이벤트정확도 >70%	예측 오차율<20% 글로벌 서비스>5 이벤트정확도 >80%	예측 오차율< 10% 글로벌 서비스> 10 이벤트정확도 >90%	수급조절수 < 10 글로벌호환국가> 5 이벤트정확도 >95%	수급조절수 > 20 글로벌호환국가>1 0 이벤트정확도>99%
	재해예측 > 85% 피해평가 > 80% 손해평가 > 80%	재해예측 > 90% 피해평가 > 85% 손해평가 > 85%	재해예측 > 95% 피해평가 > 90% 손해평가 > 90%	정보지능화 > 60% 방지정확도 > 70%	재해예측 > 80% 피해평가 > 80%

□ 농림축산식품부 “스마트 팜 확산 추진현황 및 ‘16년 정책 방향” (2016. 2.)

- 개방화와 고령화, 영세한 영농규모 등에 대응해 우리 농업의 경쟁력을 높이고 미래성장 산업으로 육성하기 위해서는 우리나라가 가진 세계 최고 수준의 정보통신기술(ICT) 접

목 필요성 강조

○ 보급목표

- 수출 등 경쟁력 제고가 기대되는 분야부터 우선 적용, 확산 거점 마련

시설원예	‘17년까지 현대화된 온실 약 10천ha 중 수출이 가능하거나 생산성 향상 및 노동력 절감이 기대되는 40%(4천ha)에 우선 보급
축산	‘17년까지 전업농의 10%(730호)를 대상으로 스마트 축사 보급 - 대상 축종 : ( ‘15) 양돈·양계 → ( ‘16) 한우·낙농 추가
노지	과원규모 1.5ha 이상, 농산물 판매액 1억원 이상 농가(2,582호)의 25% 수준인 600호까지 확대 및 고추, 인삼 등 다양한 소득 작목으로 확대

- 스마트 팜 보급 확대와 운영성과 제고를 위한 교육 강화 등 인력육성을 병행해 농가 생산성 30% 향상 추진
- 스마트 팜 시장 확대를 기반으로 관련 산업의 선순환 생태계를 조성해 농업 ICT 산업 성장을 지원

○ 2016년 스마트팜 확산 관련 정책 추진 방향

- 스마트팜 외연 확대

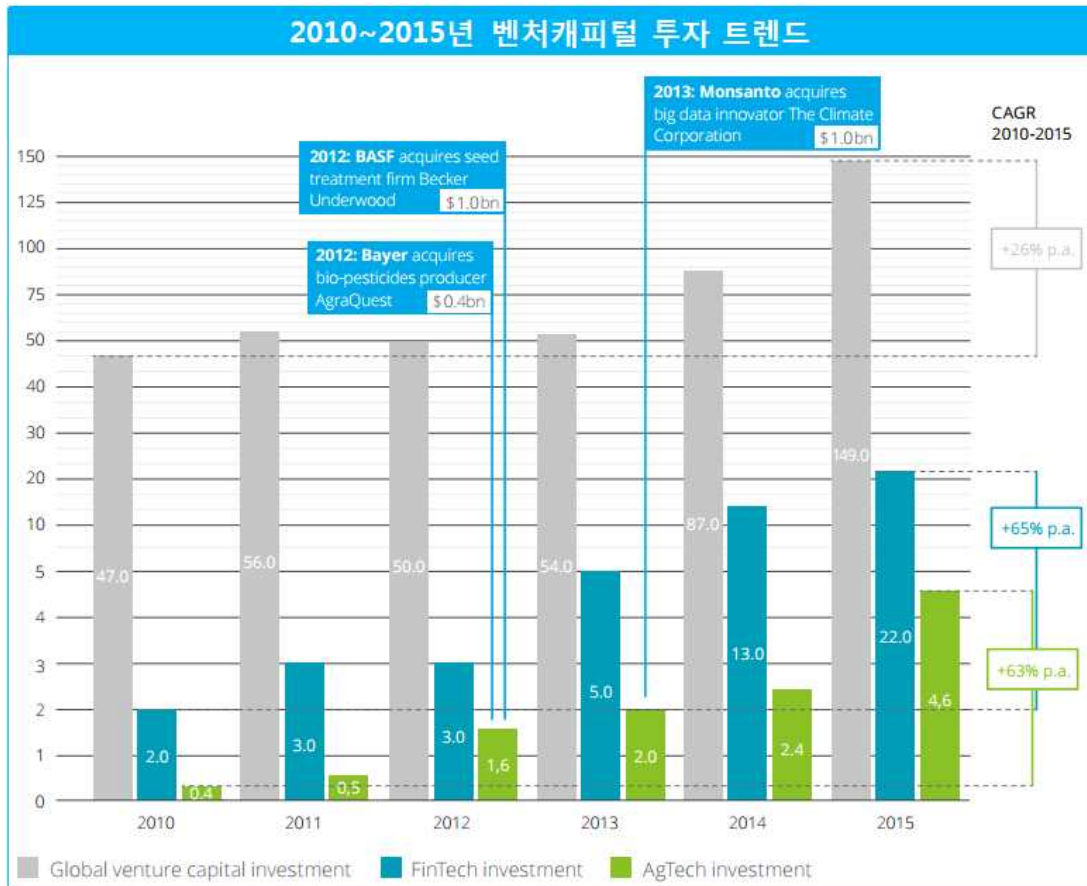
시설원예	에너지 저감형, 보광형(LED 활용) 등 다양한 모델 발굴·보급
축산	스마트 팜 확산사업 적용대상 축종을 확대( ‘15: 양돈·양계 → ‘16: 젓소·한우)하여 로봇착유기 및 자동포유기 등 지원
노지	고추, 인삼, 마늘, 양파 등 생산규모가 큰 밭작물을 중심으로 노지형 스마트 팜 모델 개발·보급
식물공장	단가 인하를 위한 R&D 투자 확대, 제도적 지원 등 정책 방향 정립 추진

- 스마트팜 관련 사업 연계 강화
  - 시설현대화 예산의 60%를 스마트팜 업그레이드에 지원하고, 규모화·조직화 가능성이 높은 영농법인 등을 우선 선정
  - 첨단온실신축지원(100억원, 16ha) 등을 통해 새만금 등 간척지를 중심으로 대규모 수출전문 스마트 팜 조성
- 외부자본 유치를 촉진해 시설투자 부담 완화
  - 초기 투자 여력이 없는 농업인이 필요시설을 임차하여 사용할 수 있는 ‘시설 매각 후 재임대 방식’의 민간투자 플랫폼(200억원) 도입
  - 모태펀드(스마트 팜 전문 투자 펀드 500억원 조성) 활용, 클라우드 펀딩 플랫폼 구축·운영

나. 어그테크(Ag tech) 트렌드

○ 딜로이트 보고서 From Agriculture to AgTech

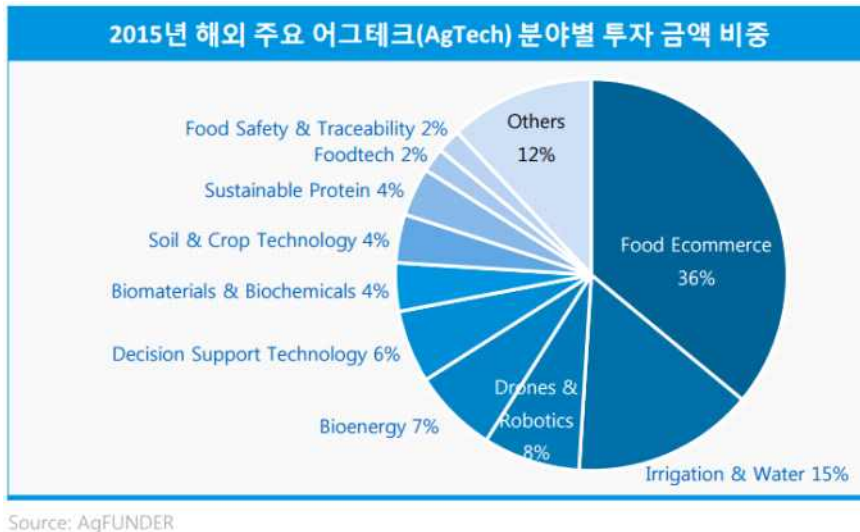
- 벤처캐피탈의 총 투자자금은 2010년 이후로 성장이 둔화되고 있으나 2014년 이후 핀테크와 어그테크의 성장세와 더불어 증가세로 전환되고 있음
- 핀테크와 어그테크 모두 2010년 이후 5년간 10배 가까운 성장을 이룩하고 있으며, 핀테크 분야의 투자 성장세가 둔화되는 것에 반해 어그테크의 투자 성장세는 가파르게 증가하고 있음



Source : From Agriculture to AgTech (Monitor Deloitte)

o 삼정KPMG 경제연구원 Issue Monitor 제62호 14쪽

- 2015년 주요 어그테크 각 분야 중 투자가 집중되는 분야는 식품 전자상거래(food ecommerce), 관개 및 물기술(irrigation & water), 농업용 드론과 로봇(drones & robotics) 분야 순으로 나타났음
- 식품 전자상거래 부문은 레스토랑 배달을 제외한 분야로, 관련 스타트업에만 2015년 16억 5,000만 달러에 달하는 투자가 집중됐으며 이는 전년 투자액 3억 7,000만 달러 대비 300% 이상 증가한 수준임
- 관개 및 물 기술 관련 분야는 2015년 상반기에 대규모 소수거래가 해당 분야에서 이뤄지면서 투자액이 급증하여 총 5억 5,000만 달러의 투자가 이뤄졌음
- 드론 및 로보틱스(drones & robotics)는 정밀농업에 널리 활용되는 기술로 관련 스타트업에 대해 3억 8,300만 달러의 투자(42건)가 이뤄진 것으로 분석됨



다. 토양 수분 센서 기술 현황

- 토양의 상태를 나타내는 지표들 중에서 토양의 수분은 각종 농업의 가장 근본이 되는 데이터로 가장 높은 중요도를 가지고 있음.
- 이를 측정하는 방법에는 건토 중량법, TDR (time domain reflectometry) 및 FDR (frequency domain reflectometry) 방식, COSMIC-ray 중성자 측정 방법, 수분장력 (tensiometer) 방법, EC (electrical conductivity) 측정 방법 등이 있음

분류	측정 원리 및 방법	출력신호	장단점
건토중량법	시료채취 후 건조시켜 측정	무게	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정확성 높음</li> <li>• 토양 손상 및 지속적 측정 불가능</li> <li>• 측정 시간 김 (2~3일)</li> </ul>
TDR 및 FDR 센서	고주파의 capacitance 변화 측정	전기신호	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정확도 높음</li> <li>• 센서 및 모듈 가격 고가 (약 백만원)</li> </ul>
COSMIC-ray 중성자 센서	우주선이 토양의 수분에 의해 감속되는 정도를 측정	전기신호	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정확도 높고 넓은 지역의 대표성 있음</li> <li>• 비싼 센서 비용 (약 천만원)</li> <li>• 토양 표면 측정 위주로 제한됨</li> </ul>
수분장력센서 (텐시오미터)	수분의 장력을 측정하는 방법	압력	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 압력값을 수분으로 전환시 정확도 떨어짐</li> <li>• data logging을 위한 장치필요</li> </ul>
EC 센서	토양의 전기전도도 측정	전기신호	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정확도 매우 떨어짐</li> <li>• 저가의 센서</li> </ul>

< 토양 수분 측정 방법의 장단점. “우리나라 지상관측 토양수분 데이터 현황과 전망”, 김성균 외, 물과 미래 48, 16 (2015), [https://en.wikipedia.org/wiki/Soil\\_moisture\\_sensor](https://en.wikipedia.org/wiki/Soil_moisture_sensor) >

- 위의 에서 볼 수 있듯이 실제 농가에서 설치 가능한 측정방법은 건토중량법은 토양 손상으로 인한 지속적 측정이 어려워서 적용하기 어렵고 COSMIC-ray 중성자 센서는 매우 고가의 장비로 일반적으로 농가에서 접근가능한 방법이 아님
- 농가에서 설치 가능한 TDR 및 FDR 센서는 상대적으로 정확한 측정이 가능하지만 정확



도가 높은 제품은 1,000,000원에 육박하는 높은 가격으로 인해서 농가에서 쉽게 접근이 어렵고, 상용 제품의 동작전압 및 전류값이 높아 배터리 방식의 IoT통신 측정기에 적용이 어려움.

- 수분장력센서(텐시오미터)는 수분의 압력의 측정에 있어서는 어느 정도 정확도를 가지나 이를 수분량으로 환산하면서 큰 오차를 나타낼 수 있음. 또한 출력신호가 전기신호로 바로 나타나는 방식이 아니기 때문에 추가적인 전환 장치가 필요함
- EC 센서는 저가이고 전기전도도는 어느 정도 정확도를 가지고 측정이 가능함. 그러나 전기전도도가 수분의 양뿐만 아니라 토양의 이온의 양과 같은 다른 요인에도 복합적인 영향을 받으므로 전기전도도로부터 수분량을 유도하는 과정에서 정확도가 매우 떨어져서 자료로써의 가치가 떨어짐

#### 라. 스마트팜 관련 현장 애로사항 및 이슈

##### o 2016년 1월, 농식품부 여론조사 주요 결과

###### ◇ 스마트팜 도입 걸림돌

: 초기투자 및 관리비용 부담(53.8%), ICT 기술 사용의 어려움(16.7%), 성과에 대한 불확신(12.8%), 업체 및 기술신뢰 부족(11.2%), 인터넷 등 기반시설 부족(5.5%)

###### ◇ 스마트팜 확산을 위해 시급한 정책

: 스마트 팜 기술 개발(34.3%), 시설자금 지원 강화(30.2%), 사후관리(A/S) 등 현장지원 강화(21.4%), 현장 체험형 교육(9.8%), 스마트 팜 성과홍보 강화(4.3%)

- ICT 활용 분야가 자동개폐, 온·습도 조절 등 낮은 수준에 머물러 있음
- ICT 확산 장애요인으로 “품목별 스마트팜 확산모델 개발 미흡”, “비표준화로 인한 낮은 호환성”, “업체의 AS 미흡” 등이 대두
- 또한 “현재 스마트팜에 있어 미흡한 점 및 선결과제”로 스마트 팜 도입을 위해서는 온·습도 자동 제어장비, 자동개폐기 등 시설현대화가 선행되어야 하나, 자동화된 온실은 전체 온실의 20% 수준인 10,500ha에 불과
- 스마트팜 농가의 비율은 전체 시설농가 대비 0.9%, 면적은 1.4% 수준
- 시설원예, 양돈 등 일부 품목에 모델이 한정되어 있으며, 초기 투자비 문제로 설치에 미온적
- 스마트 팜 농가의 활용 역량이 부족한 경우가 많으며, 우수성과 사례가 부족해 투자대비 효과를 불확신
- 스마트팜 도입초기로 우리 여건에 적합한 독자 모델이 아직 정립되지 못했으며, 핵심기술과 기자재의 국산화·표준화 미흡

#### 마. 본 연구개발을 통한 해결 목표 도출

- o 최근까지의 스마트팜 관련 정부 정책의 관심 영역은 시설원예 분야에 집중되어 있으나 대다수의 농가는 토경 중심의 중소형 온실 또는 노지재배 농가이기 때문에 노지 스마트팜 모델 개발을 위한 요소기술 개발이 시급한 시점임
- o 그러나 토양 수분센서 제품의 경우 대부분 50만원 이상의 수입제품이 시장을 장악하고 있고, 대규모 노지에 다수의 토양 수분센서를 설치하기 위해서는 초기 투자비용의 부담이 큰 편임

- 또한 측정된 센서 데이터가 IoT 통신 등 무선통신망을 통해 실시간으로 수집되는 플랫폼이 국내에는 아직 존재하지 않음
- 따라서 노지 스마트팜에서 활용도가 높은 토양 센서 분야에서 경쟁력 있는 국산화 제품의 개발과 IoT 통신을 통한 클라우드 기반의 토양정보 활용서비스 플랫폼 개발을 본 연구 개발의 해결 목표로 도출하였음
- 스마트팜 관련 정부 정책과 기술동향, 토양 수분센서 기술현황, 및 현장 애로사항을 분석한 결과 다음과 같은 현장이슈를 도출하고 이를 해결할 필요기술을 제시함

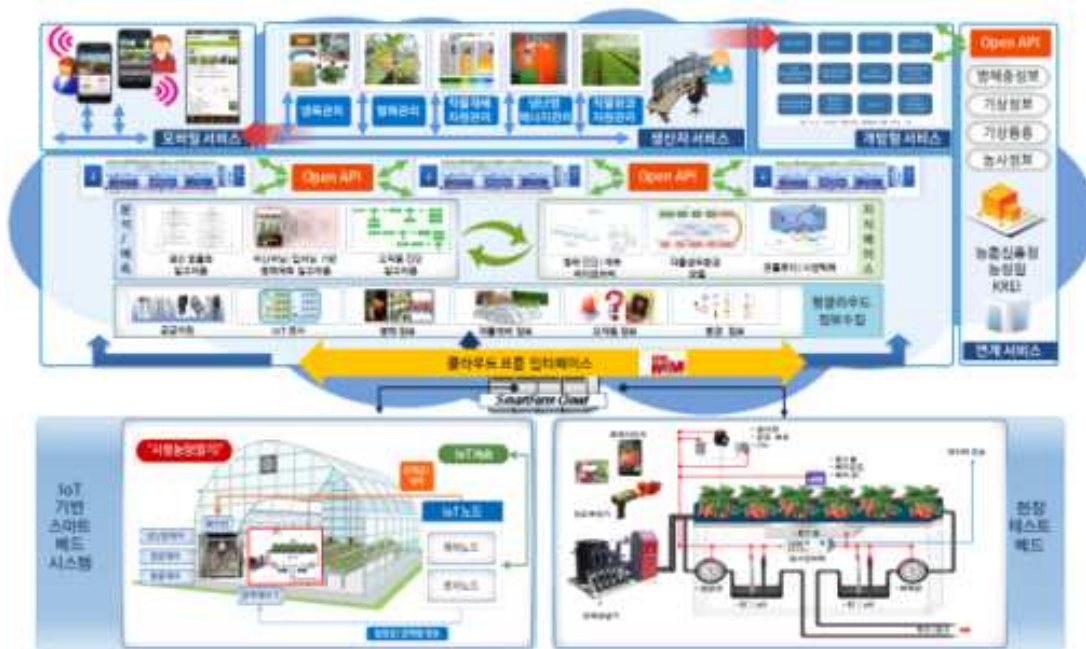
현장 이슈 사항	해법	필요 기술 및 제품
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 토양센서제품 국산화 미흡</li> <li>• 저가형 토양 수분센서 부재</li> </ul> → 보급형 국산화 센서제품 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 저가형 센서 소자 개발 및 측정 데이터 보정에 의한 정확도 개선</li> <li>• 센서 측정값만 클라우드로 전달하도록 제품 기능 최소화</li> <li>• 대량생산이 가능하도록 표준화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (핵심기술1) 신소재를 이용한 저가형 센서 소자 기술</li> <li>• (핵심기술2) 빅데이터 알고리즘을 이용한 센싱 데이터 정확도 보정 기술</li> <li>• (핵심제품) 센서모듈과 통신모듈을 DIY식으로 탈착가능하도록 하여 메인모듈은 공통으로 이용할 수 있는 제품</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stand Alone 중심의 솔루션</li> </ul> → 클라우드 기반의 활용서비스	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 쉬운 설치·관리 및 A/S</li> <li>• 농장내에는 추가 장비가 필요 없는 수집체계 구축</li> <li>• 모니터링, 분석 활용은 클라우드를 통한 서비스</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 오픈소스 기반 플랫폼</li> <li>• oneM2M 기반 통신 기술 (고정형 제품)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- IoT 통신망(Lora) 활용</li> <li>- 클라우드와 안정적 통신</li> </ul> </li> <li>• 스마트폰 매개 통신 기술 (이동형 제품)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 스마트폰 블루투스를 통한 클라우드 통신</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수집된 정보 활용미흡</li> </ul> → 수집 정보의 분석 및 공공데이터 연계를 통한 유용한 정보 제공	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수집 정보 활용서비스 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지도 기반 서비스 개발</li> <li>- 예측 서비스 개발</li> </ul> </li> <li>• 도메인 융합형 서비스 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도매시장 등 공공데이터 연계</li> <li>- 경영장부 등 농업인에게 필요한 다양한 S/W 통합제공</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (핵심서비스) FaaS(Farm as a Service) 기술               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 타시스템 데이터 연계 기술</li> <li>- 응급상황 인지/알람 등 통합관계 기술</li> </ul> </li> <li>- (핵심기술3) 지도 기반 서비스를 위한 GIS 모델링 기술</li> <li>- (핵심기술4) 농장 환경요소 예측을 위한 분석 기술</li> </ul>

## 2. 연구개발 대상의 국내외 현황

### 가. 국내기술 수준 및 시장 현황

#### (1) 기술현황

- 미래부 “스마트팜 확산을 위한 클라우드 기반 스마트베드 시스템 및 Farm-As-A-Service 기술 개발” - (주) 이지팜
  - (주)이지팜의 과제 책임으로 개발 완료
  - 중소형 시설온실(단동)을 대상으로 쉬운 설치·관리·A/S, 합리적 가격으로 제공이 가능한 스마트팜 시스템을 위하여 클라우드 기반의 IoT기반 스마트 베드, 인공지능 기반 지능형 병해 예측 엔진, FaaS기반 생산자원 최적화 기술 개발 및 표준화 목표로 함.
  - 딸기 농가를 대상으로 하는 현장 검증을 통한 상용화 모델 개발을 추진



#### ○ 주요 개발 내용

- 스마트팜 생산 공급 자원 효율화를 위한 IoT 기반 스마트 베드 시스템
- 머신러닝/딥러닝 기반 지능형 병해예측·관제, 오작동진단, 생산 효율화
- 팜클라우드 서비스를 위한 FaaS(Farm as a Service) 기술 개발
- 농가를 대상으로 하는 표준기반 현장 테스트베드 구축 및 시범 적용
- 농업 지식 활용을 위한 서비스 표준 개발

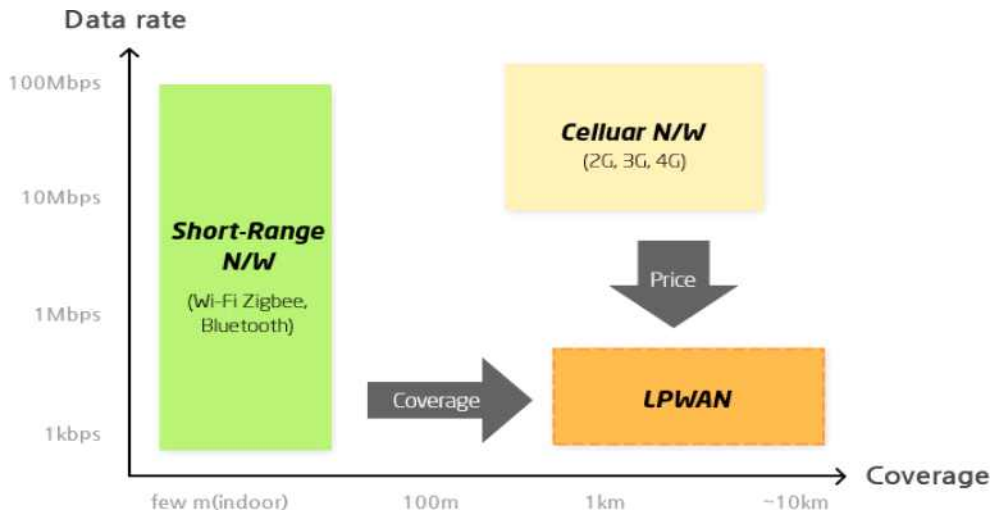
#### (본 과제와의 연계성)

⇒ 농장의 기존 Stand Alone 방식의 복합환경제어기를 센서노드, 제어노드, IoT 노드로 모듈화하여 클라우드로 전송하는 제품을 개발하고 있으므로, 본 연구에서는 클라우드 기반 서비스 체계를 구축하여 노지 농가들이 손쉽게 이용할 수 있는 제품 및 서비스를 구현하고자 함

#### □ SKT LoRa

- SK텔레콤은 B2B 및 B2C서비스 적용이 용이한 표준 기반의 IoT 플랫폼을 구축

- o 이를 위하여 IoT 전용망과의 Seamless Interworking 지원, Key Vertical 공략을 위한 Domain Knowledge 및 Data 분석과 관련된 기능을 보강하여 IoT 사업을 지원
- o 소물 인터넷 LoRa 전국망으로 구축, 상용화하여 서비스
- o LoRa는 소물인터넷(Internet of Small Things : Focus to Massive Number of Low-Throughput Devices which are Ultra Low Cost and Low Power Consumption) 기술로 LPWA(Low Power Wide Area Network)에 적용되는 기술



- o LoRa는 LTE-M, LTE NB-IoT와 비교하여 비면허 대역에서 운영이 가능하고 표준화가 완료
- o Orange telecom 등 글로벌 네트워크 사업자에서 도입하여 상용화를 진행
- o SK텔레콤은 LTE-M 기술과 함께 하이브리드망으로 구축하여 국내 IoT 기술을 선도 중
- o SK텔레콤의 IoT 전용망은 이미 상용화를 완료한 LTE-M Cat.1보다 낮은 대역폭과 낮은 전력 소모되는 Small and Micro packet network에 최적화된 서비스로 IoT 플랫폼 연동이 가능하여 더 낮은 비용으로 최적의 서비스를 구축할 수 있음
- o 또한 디바이스 MAC 프로토콜 처리, AES-128기반 데이터 암호화 ADR 등 다양한 보안 기술을 적용하여 전송 데이터의 위/변조 및 간섭, 분산 공격 등에 대응 가능한 안정성을 지원
- o SK텔레콤의 LoRa 기반 IoT 전용망은 높은 수준의 QoS, 상/하향 모든 서비스 수용 등을 고려하여 설계되어 전국망 완성 시 다양한 서비스가 즉시 수용 가능

**(본 과제와의 연계성)**  
 ⇒ 상용서비스가 구현되고 있는 사물인터넷 표준 IoT 망으로서 LoRa 통신을 이용하여 발작물 농가들이 별도의 중계기, 데이터로거 등을 구축하지 않고 클라우드로 접속이 가능한 서비스를 구현

□ 농업 소프트웨어 - 생산관리 SW

- o 육묘 매니저
  - 육묘장을 위한 생산관리 웹 어플리케이션. 주문에 따라 파종, 접목, 출하 계획을 세우고 작업을 관리하는 기능을 제공. 간단한 생산량 예측 기능을 제공. ‘주문생산관리’, ‘출하관리’, ‘회계관리’, ‘예비료’ 등의 메뉴로 구성됨

□ 농업 소프트웨어 - 자원관리 SW

○ 산지유통센터(APC) 통합관리시스템 - (주)이지팜 개발 및 보급

- 산지유통조직을 위한 ERP 웹 어플리케이션. 거래처, 상품, 자재, 저장고, 자산, 계약, 단가, 입출금, 구매, 정산, 차량, 운송 관리 기능을 제공. 산지유통조직 별로 구축되며 년 1천만원 사용료 납부

(2) 토양수분센서 기술현황

- 토양의 상태를 나타내는 지표들 중에서 토양의 수분은 각종 농업의 가장 근본이 되는 데이터로 가장 높은 중요도를 가지고 있음
- 이를 측정하는 방법에는 건토 중량법, TDR (time domain reflectometry) 및 FDR (frequency domain reflectometry) 방식, COSMIC-ray 중성자 측정 방법, 수분장력 (tensiometer) 방법, EC (electrical conductivity) 측정 방법 등이 있음

분류	측정 원리 및 방법	출력신호	장단점
건토중량법	시료채취 후 건조시켜 측정	무게	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정확성 높음</li> <li>• 토양 손상 및 지속적 측정 불가능</li> <li>• 측정 시간 김 (2~3일)</li> </ul>
TDR 및 FDR 센서	고주파의 capacitance 변화 측정	전기신호	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정확도 높음</li> <li>• 센서 및 모듈 가격 고가 (약 백만원)</li> </ul>
COSMIC-ray 중성자 센서	우주선이 토양의 수분에 의해 감속되는 정도를 측정	전기신호	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정확도 높고 넓은 지역의 대표성 있음</li> <li>• 비싼 센서 비용 (약 천만원)</li> <li>• 토양 표면 측정 위주로 제한됨</li> </ul>
수분장력센서 (텐시오미터)	수분의 장력을 측정하는 방법	압력	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 압력값을 수분으로 전환시 정확도 떨어짐</li> <li>• data logging을 위한 장치필요</li> </ul>
EC 센서	토양의 전기전도도 측정	전기신호	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정확도 매우 떨어짐</li> <li>• 저가의 센서</li> </ul>

< 토양 수분 측정 방법의 장단점. “우리나라 지상관측 토양수분 데이터 현황과 전망”, 김성균 외, 물과 미래 48, 16 (2015), [https://en.wikipedia.org/wiki/Soil\\_moisture\\_sensor](https://en.wikipedia.org/wiki/Soil_moisture_sensor) >

- 위의 에서 볼 수 있듯이 실제 농가에서 설치 가능한 측정방법은 건토중량법은 토양 손상으로 인한 지속적 측정이 어려워 적용하기 어렵고 COSMIC-ray 중성자 센서는 매우 고가의 장비로 일반적으로 농가에서 접근가능한 방법이 아님
- 농가에서 설치 가능한 TDR 및 FDR 센서는 상대적으로 정확한 측정이 가능하지만 정확도가 높은 제품은 1,000,000원에 육박하는 높은 가격으로 인해서 농가에서 쉽게 접근이 어렵고, 상용 제품의 동작전압 및 전류값이 높아 배터리 방식의 IoT통신 측정기에 적용이 어려움
- 수분장력센서(텐시오미터)는 수분의 압력의 측정에 있어서는 어느 정도 정확도를 가지나 이를 수분량으로 환산하면서 큰 오차를 나타낼 수 있음. 또한 출력신호가 전기신호로 바로 나타나는 방식이 아니기 때문에 추가적인 전환 장치가 필요함
- EC 센서는 저가이고 전기전도도는 어느 정도 정확도를 가지고 측정이 가능함. 그러나 전기전도도가 수분의 양뿐만 아니라 토양의 이온의 양과 같은 다른 요인에도 복합적인 영향을 받으므로 전기전도도로부터 수분량을 유도하는 과정에서 정확도가 매우 떨어져서 자료로써의 가치가 떨어짐

### (3) 시장 현황

#### □ 농업생산자동화시스템

- o 2012년 기준 지능형 농작업기, 정밀농업용 생산시스템 등 농업생산자동화 시장규모는 약 24,295억 원이며 연평균 성장률은 14.5%로 2016년 약 41,699억 원으로 추정
- o 농업생산자동화 분야는 지능형 농작업기 분야가 2016년 21,600 억원으로 추정되며 연평균 성장률이 20%로 가장 큰 비중을 차지

< 농업생산자동화시스템 분야 시장현황 및 전망 >

구분		시장규모					성장률 CAGR(%)
		2012	2013	2014	2015	2016	
국내 시장 (억원)	생산시스템	13,378	14,274	15,231	16,251	17,340	6.7
	식물공장	500	767	1,175	1,800	2,759	53.3
	지능형농작업기	10,417	12,500	15,000	18,000	21,600	20.0
	합계	24,295	27,541	31,406	36,051	41,699	14.5

출처: World Agri. Equip. 2011

#### □ 종합정보관리시스템

- o ICT 융합 정보관리시스템 국내 시장규모는 2010년 390억달러의 시장규모이지만 세계시장보다 높은 연평균 16% 이상 고성장 전망되어 2020년 약 1,500억 달러 규모로 추정되며 농기계 분야 비중은 약 10% 추정



< ICT 융합 정보관리시스템 국내외 시장규모(KIET 2012) (단위: 억) >

□ 센서산업

- 산업통상자원부(이하 산업부)의 보도에 따르면, 국내 센서 내수시장은 '12년 약 54억 달러 규모에서 '20년 99억 달러 규모로 연평균 10.4% 성장할 것으로 전망
  - 국내 내수시장은 세계 시장보다 높은 성장률이 예상되나 국내 기업의 내수시장 점유율은 10.5% 수준으로 매우 낮은 상황
  - 국내 기업의 생산액은 '12년 기준 13.3억 달러 규모로 세계 시장에서 차지하는 비중은 1.9%로 매우 낮은 수준
  - 정부는 '첨단 스마트 센서 육성사업'에 '15년부터 6년간 1,508억 원을 투자할 계획이며, '20년 기준 42억 달러 생산과 21억 달러 수출을 달성할 것을 목표로 설정

구분	2012	2013	2014	2020	성장률 CAGR(%)
국내 내수시장	54	60	65.7	99	10.4%
국내 생산액	13.3	15.3	17.7	42	15.5%
수출액	7.6	8.6	9.8	21	13.5%
수입액	48.3	53.3	57.8	78	8.2%
세계시장에서 국내생산 비중	1.9%	2.1%	2.2%	3.4%	-
국내기업의 내수시장 점유율	10.5%	11.2%	12.0%	21.2%	-

- 국내 수요기업은 국내 제품의 신뢰성, 첨단 센서의 성능문제 등으로 센서 수요를 해외기업으로부터 주로 조달
  - 센서 수요기업은 성능·신뢰성 등을 이유로 해외제품을 사용하고 국내 센서 기업은 영세성과 기술력 부족 등으로 혁신을 회피하는 악순환 형성

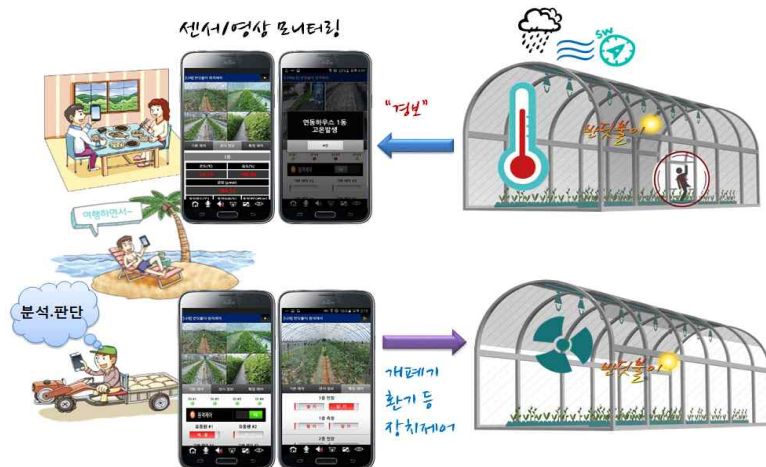
(4) 경쟁기관 현황

o 미래센서



- 국내 최초로 토양수분센서와 토양EC센서를 개발한 기업으로 센서와 데이터로거제품과 무선통신서비스를 제공
- 2004년 이후 일본 및 말레이시아 등의 해외시장으로 수출
- 해당 업체의 취급 품목으로는 토양수분센서, 도시농업용센서, 코코피트 전용센서, 강우량 센서, 이산화탄소센서, 대기온습도센서 등이 있음
- 적용 분야는 골프장, 토목기관, 시설재배, 과수농가, 농업연구기관, 조경 등의 분야에 사용되고 있음
- 아직까지는 Cloud 기반의 데이터 수집 기술을 갖추지 않았으며 Stand-Alone형 제품이 시장에서 판매되고 있음

o 나래트렌드





- (주)나래트렌드는 IT 기술의 네트워크화, 지능화, 내재화의 특성을 사용하여 기술 및 산업간의 융복합화 및 정보통신의 ICT 기술을 이용한 고부가 지능형 네트워크 시스템으로 상품화하는 시스템 업체임
- 주력 사업으로 농림축산부 ICT 사업 중 IT 융합 기술을 농축산분야에 적용하여 원격 제어 관리 가능한 반딧불이\_스마트팜을 SKT와 함께 전국 보급 중이며 농장/축사/양식장 등의 시설물 및 재배작물 가축 등을 원격제어 관리하고 운영하고 있음
- 세종창조혁신센터내 입주하여 IOT를 이용한 센싱 기술과 Big Data를 활용할 수 있는 ICT 기술을 개발하여 전기아트화재 예측 등 다양한 여러 분야에 시스템을 접목하고 있음
- 반딧불이 스마트팜 제품은 첨단 ICT 기술로 편리하게 비닐하우스를 관리할 수 있는 원격 환경제어 시스템으로 센서기반 시설장치 자동제어, 실시간 영상 모니터링, 센서데이터 실시간 확인, PC/스마트폰 장치 원격 제어, 관수/개폐기/환기팬 등 호환 가능, 센서데이터 DB 저장 및 그래프 분석, 인터넷 영농일지 작성 및 통계 분석 등의 기능을 제공하고 있음
- 시스템의 주요 기능으로 푸시경보, 영상/센서모니터링, 스마트폰 원격제어, 빅데이터 활용 등 현장에서 사용 가능한 서비스를 제공하고 있음

(5) 지식재산권 현황

- o 농업·IT 기술 기술영역에 대한 특허 출원은 해외가 활발한 반면, 핵심적인 기술을 포함하는 특허는 국내에 존재하므로, 해외대비 국내 지재권의 상대적 수준은 상당부분 높음

[ 성장환경 모니터링 기술 ]

특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인 (출원인국적)	권리 상태	핵심요지
[KR]2008-0024647	2006.09.14	(주)동부정보기술 (KR)	공개	RFID 및 USN 시스템을 이용하여 농산물의 재배 환경을 자동으로 조절함으로써 결과적으로 농산물의 품질을 향상시키는 농산물 재배환경 모니터링 시스템 및 그 방법
[KR]100828103	2007.03.12	순천대학교(KR)	공개	온실의 토양 및 환경을 감시하고 조명기, 환풍기, 양액기, 관수기, 스프링클러, 천창/측창 개폐기, 이중커튼, 차광막, 포그기 및 난방기를 제어
[KR]100835987	2007.02.07	순천대학교(KR)	공개	노지의 성장환경을 농업용통합센서 서버를 통해서 수집하고, 수집한 정보를 자체 서버를 통해 사용자에게 제공, 전원을 태양광을 통한 자체 해결
[KR]2009-0011703	2007.07.27	순천대학교(KR)	등록	무선 센서네트워크, GPS(Global Positioning System), 이동로봇 기술을 이용하여 농작물의 재배환경을 관리 및 제어하는 시스템
[KR]1014162960000	2013.01.25.	(주)에스이랩 (KR)	등록	기상 정보와 토양 수분 측정 정보를 근거로 토양 수분 변화를 예측하고, 상기 예측된 토양 수분 변화를 근거로 관수를 최적화하는 지능형 관수 제어 시스템 및 그의 제어 방법
[KR]1016820660000	2016.08.08.	(주)다온정보 (KR)	등록	IoT 기술을 활용한 하우스 운영 관리 시스템 비닐하우스 안의 상태가 어떤지 영농인 앱으로 알 수 있어 수시로 체크할 수 있고, 원격 제어 기능

특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인 (출원인국적)	권리 상태	핵심요지
				과 전문가 상담 기능, 전문가에게 알람을 전송하는 기능, 분야에서 유명한 전문가를 추천받는 기능, 스마트 하우스를 원격에서 전문가가 제어하도록 하는 기능, 공동 판매 전문가의 도움을 받아 생산농가의 개별 판매가 아닌 생산농가 생산물을 모두 합하여 공동으로 판매가 가능하도록 하는 기능, 및 각 농가마다의 영농일지 생성을 자동으로 가능하게 하는 기능을 포함하는 IoT 기술을 활용한 하우스 운영 관리 시스템
2007-01-199-000941	2007. 02.20	순천대학교(KR)	프로그램 등록	온실의 토양 및 환경을 감시하고 각종 제어장치들을 제어하여 최적 생장을 지원하는 프로그램
2008-01-299005865	2008. 11.07	순천대학교(KR)	프로그램 등록	통합 센서 서버 기반의 지능형 노지 모니터링 시스템
2009-01-211-006565	2009. 11.26	순천대학교(KR)	프로그램 등록	조도에 따른 인공광원 제어로 에너지 절감하고 최적생장을 지원하는 프로그램
2009-01-211-006552	2009. 11.26	순천대학교(KR)	프로그램 등록	USN센서를 통하여 온실 하우스의 제설액을 제어하여 폭설피해를 막는 프로그램
[JP]2004-0065265	2003. 09.05	WATANABE PIPE(JP)	거절 결정	식물을 재배 환경 및 비료 농도 등을 컴퓨터 (computer)에 의하여 자동 제어하면서 육성하는 시스템(system)
[JP]2003-0208546	2002. 01.17	CENTRAL RES INST OF ELECTRIC POWER IND(JP)	미심사청 구로 취하	네트워크(network)를 이용하고 식물의 육성을 행하는 클라이언트(client)에게 제공 되는 원예(gardening) 지원시스템
[US]20060254138	2005. 12.28	AeroGrow International, Inc.(US)	abandoned	식물 성장을 위해 온도를 측정하기 위한 수단과 습도를 포함하는 수경법 시스템

[ 지능형 성장 예측 및 생장이상 예방 기술 ]

특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인 (출원인국적)	권리 상태	핵심요지
[KR] 2009-0003139	2008. 12.16	주식회사 그린아그로텍 (KR)	공개	USN 시스템을 이용하여 농산물의 재배환경에서 해충의 발생빈도를 파악할 수 있도록 하는 과수 해충의 예찰 관리 방법 및 그 장치로써, 농산물을 품질향상을 위해 자동으로 조절함으로써 결과적으로 농산물의 품질을 향상
[KR] 2008-0024647	2006. 09.14	(주)동부정보기술(KR)	공개	RFID 및 USN 시스템을 이용하여 농산물의 재배환경을 자동으로 조절함으로써 결과적으로 농산물의 품질을 향상시키는 농산물 재배환경 모니터링 시스템 및 그 방법인 점과 농산물의 재배환경에 관한 정보를 재배현장에서 또는 원격거리에서 실시간으로 관리

특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인 (출원인국적)	권리 상태	핵심요지
2007-01-199-003717		순천대학교(KR)	프로그램 등록	농산물의 생산과정을 모니터링하고 소비자에게 Web을 통해 제공함으로써 소비자의 안전을 보장하는 프로그램
[US] 6,766,251	2002.11.14	ISCA Technologies, Inc.(US)	Patented Case	해충유무를 예측하는 검정력을 가진 데이터베이스를 가지며 수확물을 관리하는 모니터링이 가능한 병충해 방제 방법
[JP] 3,468,850	1994.06.21	Central Res Inst of Electric Power Ind (JP)	등록	식물의 생장 또는 충실한 과실의 수확을 얻을 수 있는 식물의 조절 시스템으로써, 식물에 장애가 발생하면 센서로 검출할 수 있는 식물 재배 시스템
[JP] 2004-0065265	2003.09.05	Watanabe Pipe (JP)	공개	농장 관리 서버(server)에 식물을 재배하는 환경 및 품질 관리, 수확량을 센서로써 관리하는 네트워크 환경을 가지는 시스템
KR 1518212	2015.04.30	공주대학교 산학협력단	등록	U S N 기반 식물공장 에너지 통합관리 시스템 및 그 방법에 관련된 내용으로 재배식물에 대한 생육시기, 재배조건, 환경센서 및 환경조건에 따른 제어를 통해 작물을 재배하는 시스템을 제안함
KR 2015-0083393	2015.07.17	홍동우,시춘생 김형구	출원	작물 재배 정보 공유 시스템 및 방법에 의하면, 각 개인의 작물 재배에 대한 생육 환경과 데이터를 각각 작물 재배 서버의 사용자 DB에 저장하고 각 사용자 DB에 저장된 데이터를 취합하여 해당 작물에 대한 최적의 작물 재배법을 도출함으로써, 사용자들이 작물 재배에 대한 최신의 데이터를 기준으로 최적의 재배 조건을 형성하도록 할 수 있는 시스템
KR 1465082	2014.11.19	대한민국	등록	원예시설의 제어시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 스마트 기기와 인터넷이 연결된 컴퓨터로 원예시설 내의 환경과 기계장치를 모니터링하고 이를 제어할 수 있도록 하는 원예시설 감시 제어시스템 및 제어
KR 2014-0105053	2014.09.01	순천대학교 산학협력단	출원	시설재배가 가능한 온실 환경이나 식물공장 내에서 작물을 생육하는데 필요한 환경적 요소들(온도, 습도, 조도, 일조시간, CO2농도 등)을 제어 장치(히터, 환풍기, 분사펌프, LED 등)를 수동이나 자동화 시스템을 통해 작물이 성장하기에 알맞은 환경을 유지시켜 줘야 하는데 작물마다 성장 환경 데이터를 데이터베이스 서버로 관리하여 이를 통해 어떠한 작물이든 손쉽게 최적의 성장 환경을 제공할 수 있도록 하는 시스템

[ 토양 수분 센서 ]

특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인 (출원인국적)	권리 상태	핵심요지
[KR] 2013-0107924	2013.09.09	주식회사 바이텍코리아 (대한민국)	등록	본 발명은 내부에 수분함량을 측정하기 위한 토양시료가 채워짐과 아울러, 높이방향을 따라 복수의 삼입부재 삼입공(101)이 형성된 토조(100); 삼입부재 삼입공(101)에 삼입되어 일정한 부피의 시료를 채취하도록, 절삭부재(300)가 삼입되기 위한 복수의 절삭부재 삼입홈(221)이 형성됨과 아울러, 전방이 개방된 중공형 구조의 삼입부재(200);를 포함하는 것을 특징으로 하는 부피를 기준으로 한 토양의 수분함량 측정장치 및 이를 이용한 토양의 수분함량 측정방법과 토양의 수분함량 측정센서 검증 시험방법을 제시함으로써, 센서에 의하여 측정된 토양의 수분 함량과 부피를 기준으로 한 중량법 측정방법에 의해 측정된 토양의 수분 함량을 비교하여

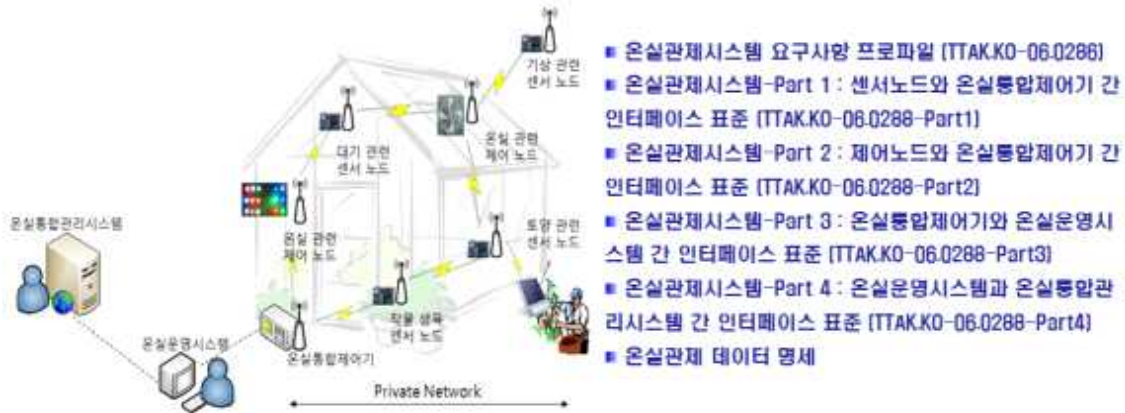
특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인(출원인국적)	권리상태	핵심요지
				센서의 성능을 검증하고, 토양 수분 측정값의 정확성 및 신뢰성을 향상시키도록 한다.
[KR] 2013-008405 2	2013. 07.17	경기도 (대한민국)	등록	본 발명은 굴착형 토양 수분 측정기에 관한 것으로서, 탐침 센서가 구비된 삽입 구동축을 구동 모터의 회전력을 이용해 토양 내에 굴착 삽입할 수 있도록 함으로써, 이동시 휴대가 간편하고 굴착 삽입된 탐침 센서를 통해 수목이 식재된 토양 내의 수분 함량 값을 좀더 정밀하게 측정할 수 있어 식재된 수목의 개체 별로 물주기 시기를 정확히 판별할 수 있도록 함으로써 이를 통해 보호수 등 특별관리가 필요한 수목을 관리하거나, 나무병원 응급 치료시 토양 깊숙히 함유된 수분이 건조한지 과습한지를 판단하여 치료에 도움을 줄 수 있으며, 봄철에 가로수 식재후 여름에 관수 시기를 판단할 수 있도록 하는 효과를 갖는다.
[KR] 2004-0114774	2004. 12.29	이정록 (대한민국)	등록	본 발명은 수분 감지용 센서의 제조방법에 관한 것으로, 특히 화분의 토양내의 수분의 양을 측정하기 위한 센서에 관한 것으로 주위에서 쉽게 구입할 수 있는 석고를 주 원료로 제작하여 제조 단가를 낮출 수 있도록 하며, 간단한 공정에 의해 제조되는 센서를 제공함을 목적으로 하며, 유리섬유와 전분 및 황산칼륨(K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )을 2:1:1로 혼합한 혼합물 1~5wt.%와 석고분말 95~99wt.%를 혼합하는 공정과; 상기 공정에서 혼합된 혼합물과 물을 7:10의 비율로 혼합하여 반죽하는 공정과; 상기 공정에서 반죽된 혼합물을 소정의 형상으로 성형하는 공정과; 상기 공정에 의해 제조된 성형물의 양단에 전극을 설치하는 공정과; 상기 공정에 의해 제조되는 센서를 건조하는 공정으로 제조됨을 특징으로 한다.
[KR] 2010-0112351	2010. 11.11	한영흠 (대한민국)	등록	본 발명은 토양 중에 수분의 함량(%)을 측정하여 디지털로 액정에 표시하는 휴대용 멀티 수분계(Multi-purpose Soil moisture meter)이다. 본 토양 수분계는 수분계 뿐만 아니라 식물이 자라는 장소의 온도를 측정하여 디지털로 액정에 표시하는 온도계(Thermometer)와 습도를 측정하는 상대습도계(Relative Humidity meter)와 식물의 적정 일사량, 광량을 디지털로 측정 표시하는 조도계(Lux meter) 기능을 가진 휴대용 멀티 토양 수분계이다.
[KR] 2010-0020075	2010. 03.05	대한민국(기상청장) (대한민국)	등록	본 발명은 인공위성에서 관측되는 휘도 온도와 지표면 온도의 비율로써 방출율 또는 반사도를 구하고, 표면 성질에 따른 마이크로파의 편광 성질을 이용하여 두 개의 반사도(Reflectivity)를 계산하고, 물과 토양의 물질적 성질(유전상수)이 다르다는 사실에 착안하여, 지표면의 토양수분을 탐지하는 방법이다. 본 발명에 따르면,

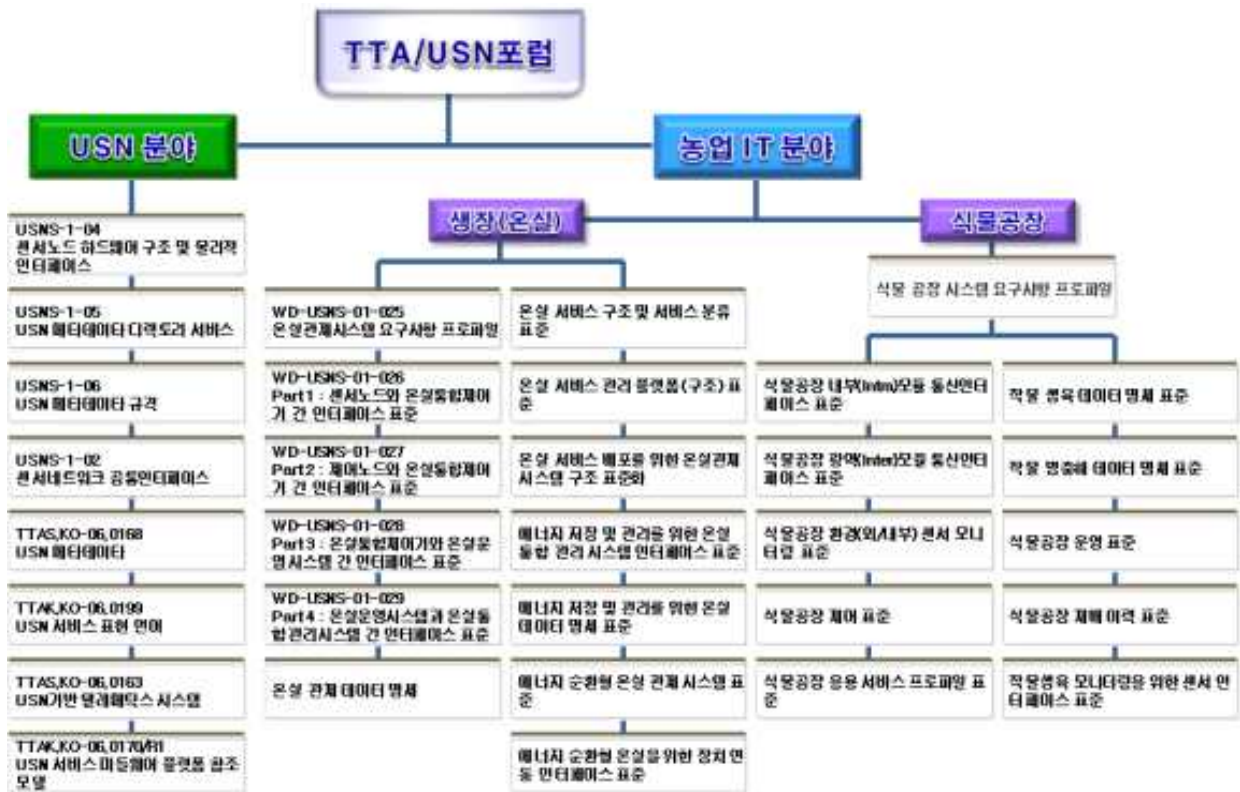
특허(등록·공개)번호	출원일자	출원인(출원인국적)	권리상태	핵심요지
				직접관측이 불가능하거나 제약이 많은 지역, 또는 다른 국가의 영역에 대한 토양수분량을 산출함으로써, 국가적 경제적으로 가치있는 자료를 생산하고, 농업, 방재 등 직접적인 영향을 주는 산업 분야에 실질적 기여를 할 수 있다.

(6) 표준화 현황

- 농업·ICT분야의 국내 표준은 2010년 당시 ETRI, 순천대, 농촌진흥청 등을 중심으로 하여 RFID/USN 포럼내에 농업·ICT 워킹 그룹을 통해 이뤄 졌으면 포럼에서 작성된 표준들이 TTA를 통해 표준화 되었음
- TTA 단체 표준으로는 온실 관제 시스템에 관한 것으로 센서 노드와 온실 제어기 간 인터페이스, 제어 노드와 온실 통합제어기 간 인터페이스, 온실통합 제어기와 온실 운영 시스템 간 인터페이스, 온실운영시스템과 온실통합관리 시스템 간 인터페이스를 2012년, 2013년에 각각 제정함

- 2010년 11월 시작, 현재 5건 표준 완성
- 참여기관 : ETRI, 한국온실작물연구소(담양), 순천대학교, ㈜남도테크놀로지, 휴메이트, 청호컴넷, 옥타컴, 텔레웍스, 농촌진흥청(국립농업과학원), EPIS 등





< 2010~2014년 농업관련 표준화 계획 내용 >

- 식물공장과 관련한 표준은 국내의 RFID/USN융합협회에서 식물공장 내부를 구성하는 에너지 관련 장치, 재배장치, 광원, 환경제어, 양액, 자동화 로봇 등의 제어 정보, 환경정보, 생육정보, 에너지 정보 수집절차 및 장치 간 통신 인터페이스, 생육 및 제어정보를 위한 데이터베이스 및 식물공장 간 광역 인터페이스 등의 표준화를 진행함
- 2014년부터 최근까지는 “TTA PG426” 및 농식품 ICT 융합표준포럼 (www.kaics.org)의 공식적 출범을 통해 현재 진행되고 있음. 순천대, ETRI 및 농업관련 기업을 중심으로 하여 현재 스마트팜(생산) 분야 및 유통관련 분야로 나누어져 진행중에 있음
- 2015년 국내 표준화 활동을 통해 진행된 표준은 다음과 같음
  - 시설원예 생육 진단 메타데이터 표준(TTAK.KO-10.0851)
  - 네트워크기반 스마트팜의 개요(ITU-T Y.2238, Overview of Smart Farming based on networks) 영문표준(TTAE.IT-Y.2238)
  - 농산물 유통관리 메타데이터
  - 스마트 온실을 위한 구동 제어기 규격(TTAK.KO-10.0849)
  - ICT 융복합 시설원예 프레임워크
  - 스마트 온실 유즈케이스 및 기능 요구사항(TTAK.KO-10.0850)
- TTA는 2015년 농업ICT분야의 원활할 진행 및 목표를 위하여, ICT 표준화 전략맵을 통해 ICT융합분야-스마트농업을 중심으로 하는 표준 로드맵 발표
  - ICT 기술을 기반으로 농축산물, 식품의 생산, 유통, 판매, 소비 전주기 프로세스에 대한 생산성, 안전성, 경제성 및 품질 향상과 각 단계의 활동 주체(농가, 유통사업자, 판매자, 소비자)들 간에 상생의 생태계 구축을 위해 요구되는 융합 기술로 정의하고 비전 및 방

향, 현황분석, 로드맵 등을 발표



- 사물인터넷에 대한 협의된 표준화된 정의는 존재하지 않지만, 사물인터넷을 바라보는 각 기관들의 시선은 그동안 종적으로 개발되고 제공되던 서비스 (vertical services)들을 이제는 횡으로 모두 연계 (horizontal interconnection)하는 글로벌 인프라 (Internet of Things) 구축을 통해서 기존 산업의 부가가치를 높이고, 신산업, 스마트한 사회를 실현하는 것이 사물인터넷의 궁극적인 지향점이라는 데에는 인식을 같이 하고 있음
- 현재는 국제 표준기구(de jure)인 ITU-T, ISO/IEC에서 사물인터넷 관련 표준 개발이 활발하며, 글로벌 사실상 표준기구(de facto) IETF, IEEE, OGC, OMA, ETSI, oneM2M 등에서 사물인터넷 관련 정의, 기술 분류 및 필요한 요소 기술들에 대한 표준들을 활발하게 개발하고 있으며, 이러한 표준단체 외에도 AllSeen 얼라이언스, OIC, Thread Group과 같은 얼라이언스들을 통해서도 영향력 있는 글로벌 기업들이 주도적으로 관련 표준을 개발하고, 이를 기업의 제품으로 내재화함으로써 사실상의 표준으로 확산시키고자하는 움직임도 활발
- 현재까지는 ITU, ETSI, oneM2M에서 서비스 모델, 서비스 연동 등의 큰 구조 및 관련 기능 모듈 및 인터페이스 등에 대한 작업을 진행하고 있으며, IETF, IEEE, OGC 및 기타 얼라이언스 등을 통해서 특정 프로토콜에 대한 표준 개발을 진행하고 있음
- 국내의 경우 oneM2M표준을 중심으로 OCEAM을 통해 보급하고 있으며, 최근 삼성 등 대기업을 중심으로 하는 표준 그룹도 등장하여 진행중임
- 사물인터넷포럼은 M2M/IoT포럼과 RFID/USN융합포럼을 통합하여 2014년 4월 창립되었으며 사물인터넷 표준 개발, 적용 및 확산, 사물인터넷 기반 IT 융합 서비스 확산과 기술개발 촉진을 목표로 하고 있다. 현재 SKT, KT, ETRI, KISDI, KETI 등의 기관들이 참여
- 또한, TTA를 중심으로 사물인터넷 기술에 대한 표준화가 진행되고 있음. ‘13년 사물인터넷 특별기술위원회(STC1)를 신설하여 사물인터넷 서비스 융합 PG(SPG1), 사물인터넷 네트워크 PG(SPG12), OneM2M PG(SPG13) 등을 운영하고 있으며 TTA-IoT 분과에서는 ICT 표준화 전략맵 Ver.2015에 사물인터넷 분야를 추가하였음

- o TTA는 oneM2M 국내 대표 표준 기관으로서, oneM2M 후보 릴리즈 1.0에 대한 세미나를 개최하는 등 사물인터넷 관련 표준 개발 및 확산에 노력중

구분	표준(안)명	개발연도	개발기구
단체 표준	TTAK.KO-04.0152 폐쇄회로텔레비전(CCTV) 시스템의 설계 및 설치	2012	TTA PG214
	TTAK.KO-06.0286 온실관제시스템 요구사항 프로파일	2012	TTA PG311
	TTAR-06.0032 USN기반 대기환경 모니터링 서비스 응용요구사항프로파일	2008	TTA PG311
	TTAR-06.0033 USN기반 수질환경 모니터링 서비스 응용요구사항프로파일	2008	TTA PG311
	TTAR-06.0083 USN 기반 농작물 성장환경 관리시스템 구축 및 운영 지침	2010	TTA PG311
	TTAK.KO-06.0288 온실 관제 시스템 - 제1부 센서노드와 온실 통합 제어기 간 인터페이스	2012	TTA PG311
	TTAE.OT-10.0296 센서 관측 서비스	2011	TTA PG409

o 서비스 유스케이스 및 프레임워크

- 특정 단위 서비스에 대한 요구사항 도출과 국내 표준개발 작업이 추진되었으나 스마트 농업 전반의 생태계를 아우르는 거시적인 국내 표준화 시도는 아직 이루어지지 못한 상태임
- 시설재배(온실)을 중심으로 한 스마트농업 생산 단계에 대한 표준이 개발되어 있으나 국내 현황과는 맞지 않는 부분이 일부 있고, 메타데이터 등 추가 표준 개발이 요구됨. 따라서, ICT 융복합 시설원예 프레임워크에 대한 표준 개발 작업이 농식품ICT융합표준포럼을 통해 시작됨
- 또한, 스마트농업을 위한 유스케이스 표준 개발 작업도 농식품ICT융합표준포럼을 통해 진행되고 있음

구분	표준(안)명	개발연도	개발기구
단체 표준	TTAK.KO-06.0286 온실관제시스템 요구사항 프로파일	2012	TTA PG426
	TTAK.KO-06.0288-Part1/R1 - 온실관제시스템 - 제1부: 센서노드와 온실통합제어기 간 인터페이스	2015	TTA PG426
	TTAK.KO-06.0288-Part2/R1 온실관제시스템 - 제2부: 제어노드와 온실통합제어기 간 인터페이스	2015	TTA PG426
	TTAK.KO-06.0288-Part3 온실관제시스템 - 제3부: 온실통합제어기와 온실운영시스템 간 인터페이스	2012	TTA PG426
	TTAK.KO-06.0288-Part4 온실 관제 시스템 - 제4부: 온실 운영 시스템과 온실 통합 관리 시스템 간 인터페이스	2013	TTA PG426
사실 표준	스마트 농업 서비스 유스케이스	2015	TTA PG426
	ICT 융복합 시설원예 프레임워크	2015	TTA PG426



o 스마트팜 서비스 인프라 및 통신 구조

- 국내의 농업 IT 융합기술과 관련된 표준화는 RFID/USN융합협회를 통해 2010년부터 시설 원예 및 식물공장을 중심으로 시작되어 일부 표준이 제정되고 있음. 시설 원예를 중심으로 하는 표준들은 시설원예를 구성하는 장치들의 구성, 구성요소들 간의 유무선 인터페이스, 장치와 운영 시스템간의 인터페이스 표준을 중심으로 하여 표준이 진행중 임
- 식물공장과 관련한 표준은 식물공장 내부를 구성하는 에너지 관련장치, 재배장치, 광원, 환경제어, 자동화로봇 등의 제어, 환경정보, 생육정보, 에너지 정보 수집절차 및 장치간 통신 인터페이스, 생육 및 제어정보를 위한 데이터베이스 및 식물공장 간 광역 인터페이스 등 IT 중심의 표준화를 시작함. 또한 생산과 소비를 연결하는 에코시스템 환경에서는 센서간 통신에 관한 표준 이외에도, 기후(온도/습도/CO2, 냉해/한해), 토양, 관수 등의 센서 기반 모니터링, 관수 장치, 재배시설, CCTV 등의 제어, 생장 데이터 수집 및 분석, 시설 최적 제어 관리, 병충해 모니터링 및 진단, 생육, 생산량, 품질 예측에 필요로 하는 통신 구조에 대한 use case, 요구사항 및 구조 등에 대한 표준이 필요할 것으로 전망됨

구분	표준(안)명	개발연도	개발기구
단체 표준	TTAK.KO-06.0288-Part1/R1 - 온실관제시스템 - 제1부: 센서노드와 온실통합제어기 간 인터페이스(재개정)	2015	TTA PG426
	TTAK.KO-06.0288-Part2 온실관제시스템 - 제2부: 제어노드와 온실통합제어기 간 인터페이스	2012	TTA PG426
	TTAK.KO-06.0288-Part3 온실관제시스템 - 제3부: 온실통합제어기와 온실운영시스템 간 인터페이스	2012	TTA PG426
	TTAK.KO-06.0288-Part4 온실 관제 시스템 - 제4부: 온실 운영 시스템과 온실 통합 관리 시스템 간 인터페이스	2013	TTA PG426
	TTAK.KO-10.0903 스마트온실을 위한 센서 인터페이스	2016	TTA PG426
	TTAK.KO-10.0845-스마트 온실을 위한 구동기 인터페이스	2015	TTA PG426
	TTAK.KO-10.0937-클라우드기반 스마트팜 서비스 요구사항	2016	TTA PG426

o 클라우드 기반 스마트팜 서비스 요구사항 (TTAK.KO-10.0937)



- 클라우드 기반의 스마트팜 서비스(FaaS: Farm as a Service)를 위한 요구사항 표준은 클라우드 컴퓨팅 기술을 기반으로 스마트팜을 관리, 운영하는데 있어 필요한 기술적 요구사항과 구성 내용을 정의함
- 특히 Paas(Platform as a Service) 기반으로 다양한 형태의 스마트팜 자원 정보를 가상화하고, 서비스 운영 및 개발 환경을 제공하는 API 서비스, 데이터 수집/제어/운영/관리 등을 위한 상위 응용 서비스에 대한 내용을 포함
- 클라우드 기반 스마트팜 서비스는 서버, 스토리지, 미들웨어, 응용소프트웨어 등 IT 인프라 자원을 네트워크를 통해 공유하는 클라우드 기술을 사용하고, 센서 노드, 구동기 노드 같은 스마트팜 장치들로 가상화하여 운영함
- 스마트팜 서비스는 운실, 과수원 등에 클라우드 컴퓨팅 및 사물인터넷, 빅데이터 등의 기술을 적용하여, 농가의 요구사항에 맞춘 작물 성장 정보 모니터링 서비스를 제공할 수 있음
- 따라서, 과제에서 제안하는 클라우드 기반 스마트팜 서비스는 해당 표준을 적용하여 농가의 IT 기술 적용에 적합한 형태의 서비스 체계를 구성할 수 있음

o 토양 수분 센서 표준 (TTAK.KO-10.0903)

- 스마트온실을 위한 센서 인터페이스 표준에는 스마트온실 내외부에서 센서 장치들을 작동시키기 위한 기계적, 전기적 연결 규격과 측정범위를 기술하여, 온도, 습도, CO2, 일사, 풍향, 풍속, 감우, 광양자, 토양함수율, 토양수분장력, EC, pH, 지온 센서 등 13종의 규격 및 기능에 대해 기술함
- 토양 수분 센서 표준은 토양함수율센서를 통해서 측정될 수 있음
- 접속단자, 결선형식, 결선식별, 단자순서 등으로 구성된 기계적 연결과 전원전압, 출력신호 형태 및 범위 등으로 구성된 전기적 연결 그리고 측정 범위를 설정하는 표준을 제시하고 있음
- 그러나 실제 센서 측정치에 대한 정확한 기준과 정확도를 확인할 수 있는 기준이 없다는 점에서 해당 센서에 대한 표준을 지정할 필요 있음

나. 국외 기술 수준 및 시장 현황

(1) 기술현황

- o 관련기술 동향을 보면 노지 작물재배를 통합적으로 관리하기 위한 스마트 노지관리시스템 분야와 스마트 기술이 탑재된 트랙터, 수확기 등 로봇기술, 드론을 이용한 농약살포, 원격 탐사 기술 등이 포함되며 최근에는 인공지능 기반 처방농업 알고리즘 기술이 대두되고 있음
- o 미국의 농업은 Internet of Things(IoT) 기술, 나노 기술, 빅데이터·클라우드 기술, 로봇 기술 등을 접목하여 농산품의 생산·가공·저장·포장·수송의 각 과정에 적용되고 있으며, 구글 글라스, 무인 자동차 등 최근 구글의 혁신을 이끈 ‘구글X 프로젝트팀’에서는 농업 분야가 매우 유망하다 판단하고 다음과 같은 분야의 연구를 진행 중임(스마트팜 기술동향 및 전망, ETRI, 2015)
  - 토양, 수분, 작물건강에 대한 데이터를 수집하여 종자, 비료, 농약 살포에 도움을 주는

의사결정 지원시스템 기술

- 획일적인 파종을 하지 않고 조건에 맞는 파종을 통한 생산량 극대화 기술
  - 드론을 이용한 작물 모니터링과 관리 개선 기술
  - 파종, 관개, 수확, 휴경을 관리하는 로봇 기술 등
- IoT 기술을 적용한 사례를 살펴보면, IBM은 1~2km의 좁은 지역들을 위한 정확한 지역 일기예보를 제공하는 ‘지역밀착형(hyperlocal)’ 일기예보를 제공하는 IBM의 딥썬더를 기반으로 작물의 재식, 재배, 추수, 운송 등 농업 전반에서 수확량 증가(기상예측모델과 접목을 통해 작물 손실 25% 축소), 품질개선을 지원할 수 있는 시스템을 개발하였음(스마트팜 기술동향 및 전망, ETRI, 2015)
- 미국 쉐러드 채소의 80%를 생산하는 살리나스 벨리에 실리콘벨리의 첨단 ICT 산업을 접목하여 스마트 농업을 실현하는 프로젝트 추진
- 미국은 살리나스 벨리에서 생육환경이 센서를 통해 자동 모니터링되며 무인농업로봇을 개발하여 농사에 활용하고 있음



< 미국 살리나스 벨리 >



< 무인 농업 로봇 >

- 네덜란드는 각종 첨단기술을 활용해 유럽 평균 대비 5배 높은 농업 생산성을 달성하는 등 ICT 선진국으로서의 위치를 점유
- 축산물과 화훼가 농업 총생산의 74%를 차지하여, 화훼부문은 대부분 수출
  - 채광량, 온도, 이산화탄소 등을 컴퓨터를 통해 관리하는 하이테크 하우스 기술 보유

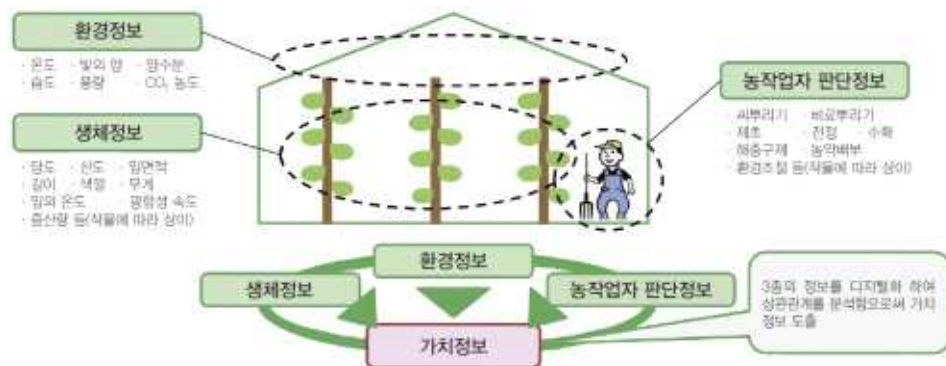


< 블레이스베이크의 유리온실 >



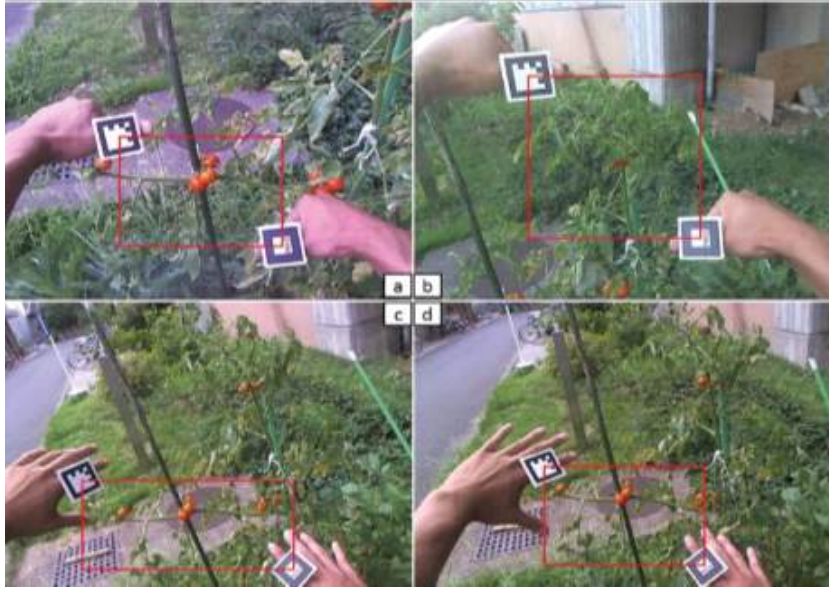
< 고설식 유리온실 농장 >

- 이스라엘은 건조한 지역적 특성상 첨단 기술을 활용한 다양한 농업혁신기술을 개발하여 전 세계 농업기술을 선도
  - 점적관수(Drip irrigation) : 자정(self-cleaning)기능, 수질 및 수압에 관계없이 일정한 흐름을 유지하는 것이 핵심 기술
  - 사막화 등 불리한 환경적 여건의 극복을 위해 국가 물 수송시스템 구축
- 일본은 농업·ICT 융복합 기술인 Smartagri 시스템, 영농정보관리시스템(FARMS, Farm Management System)을 개발하여 농업의 기계화·자동화 구현
  - Smartagri 시스템 : 농업과 관련된 여러 가지 정보(환경, 생체 등) 수집, 분석 및 디지털화를 통해 식물 생육을 최적으로 제어하는 시스템
  - 영농정보관리시스템(FARMS) : 농작업 이력 추적 및 DB화를 통해 GIS의 지도정보와 밀접하게 관련시키는 종합관리시스템



< 일본의 스마트 농업 사례 >

- 농업 현장의 모니터링을 위한 휴대용 카메라(일본 신슈대학교)
  - 일본 신슈대학교는 농작업 수행과정에서 작물 상태를 모니터링 할 수 있는 휴대용 카메라를 개발했음
  - 사용자가 랩탑 컴퓨터와 USB 카메라가 장착된 모자를 착용하고 AR마커를 손에 부착한 뒤 카메라의 촬영 범위 안으로 손을 이동시켜 사진 촬영 영역을 지정하면 카메라가 해당 영역을 촬영되는 방식임
  - 특히 표시된 곳 및 손동작 인식을 위한 알고리즘을 통해 전체 사진에서 마커영역이 표시된 것과 마커영역만 저장된 것으로 분리, 저장하기 위한 이미지 처리를 가능하게 하였다.
  - 저장된 이미지를 분석해 농작물의 상태를 점검해 필요한 조치를 취할 수 있게 되었고 농부가 직접 현장을 돌아다니며 필요한 부분을 바로 촬영해 전송할 수 있어 농사에 실질적 도움을 주고 있고 본 카메라를 통해 작물의 생육 상태를 쉽게 확인할 수 있게 되었다.



[ AR마커 인식을 이용해 실제 촬영한 이미지 ]

- 통합 해충 관리 : 자동페로몬 해충 트랩(미국 SemiosBIO)
  - 미국의 SemiosBIO사에서는 과수원에서의 해충 방지를 위한 시스템을 개발하였음
  - 해충을 방지 하지 못하면 과수원의 과실피해가 심각하고, 이는 농가의 수익에 직결됨
  - 해충 방지 시스템은 셀룰러 네트워크에 연결된 센서, 카메라, 곤충페로몬 상자로 구성되어 있고, 온라인을 통한 곤충의 짝짓기 정보 습득 및 카메라와 센서를 이용하여 모니터링 기능을 제공함
  - 본 시스템은 해충의 양을 감소시키기 위한 페로몬 예약설정 기능을 포함하고 원격지에서 농작물의 서리, 잎의 습기, 토양수분을 모니터링하며 실시간으로 정보를 관리자에게 알려주게 됨

## (2) 시장현황

### □ 농업시설 환경시스템

- 세계 채소 시장은 증가추세이며, 유럽, 일본, 미국을 중심으로 경쟁력과 부가가치가 높은 작물 중심으로 차별화하여 집중 투자
  - 세계 채소 시장규모는 53조원 수준이며(' 14), 연간 10% 지속 성장
- 유럽이나 일본 등 탄소배출을 줄이기 위한 농업기술 개발과 기후변화에 대응한 미래 기술로 식물공장 보급이 증가되고 있으나, 식물공장의 시설비가 높아 시장경쟁력을 위한 저비용 식물공장 시장이 확대 추세임
  - 일본의 식물공장 시장규모 증가 추세 139억엔( '09) → 300억엔(' 15P)
  - 네덜란드의 식물공장 재배면적 증가 추세 36%( '05) → 50%(' 10)

### □ 농업생산자동화시스템

- 전체 농업 장비 시장에서 생산자동화시스템이 차지하는 비중은 미약하지만, 성장 가능성은 타 분야 성장률보다 더 높은 것으로 추정
- 세계 시장규모는 2012년 1,198 억달러에서 연평균 성장률 13.3%로 2016년 1,974 억달러로

추정됨.

< 농업생산자동화시스템 분야 시장현황 및 전망 >

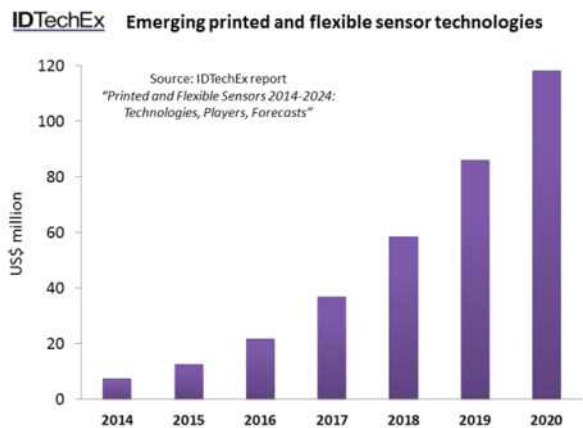
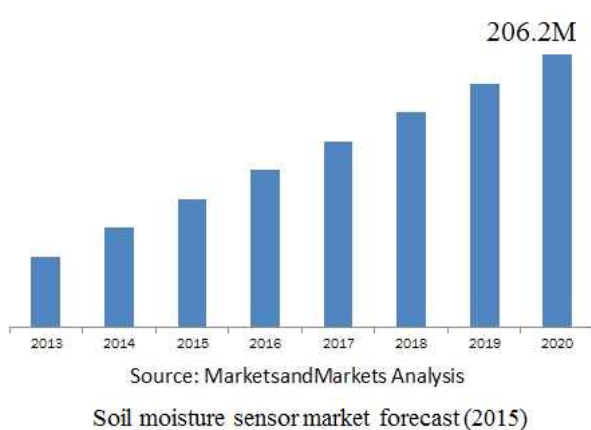
구분		시장규모					성장률 CAGR(%)
		2012	2013	2014	2015	2016	
세계 시장 (억달러)	생산시스템	669	714	762	813	867	6.7
	식물공장	8	11	15	20	27	35.7
	지능형 농작업기	521	625	750	900	1,080	20.0
	합계	1,198	1,350	1,527	1,733	1,974	13.3

출처: World Agri. Equip. 2011

o 일본의 스마트 농업 시장 규모는 2013년 66억1400만 엔에서 2020년 308억4900만 엔으로 2013년 대비 3.6배 정도 확대될 전망이다(야노경제연구소, 2015)

□ 센서 산업

- 토양 수분 센서 시장은 MarketsandMarkets의 분석에 따르면 2020년경 206.2MS에 이르는 시장으로 급속히 성장할 것으로 기대됨
- 본 과제에서 이용하고자 하고자 하는 인쇄 유연 센서 시장은 IDTechEx에 따르면 2020년 경 100MS의 시장을 가질 것으로 예측됨
- 따라서 본 과제를 통해서 개발될 토양 수분 센서는 기존의 수분 센서 시장을 대체하는 것은 물론 인쇄 유연 센서 기술로 응용되어 더 큰 시장에 응용될 여지가 있음

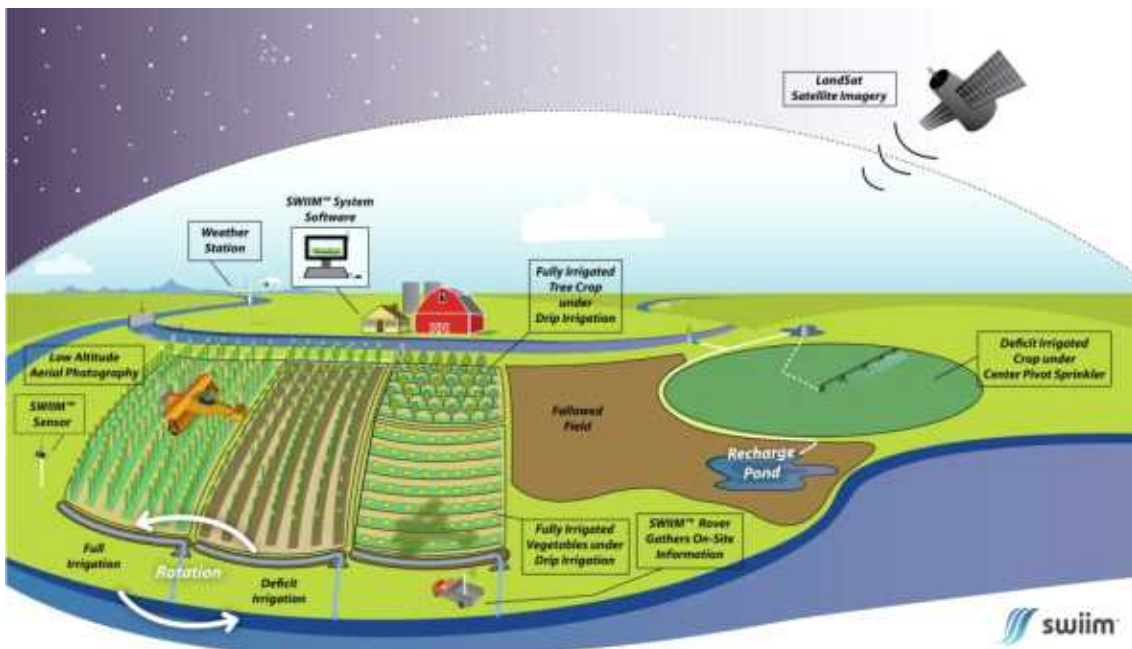


(3) 경쟁기관 현황

o SWIIM system (미국 SWIIM)

- 미국의 SWIIM은 기후이상으로 인해 가뭄이 심각화 되고 있는 캘리포니아에서 물관리를 위한 솔루션을 제공함

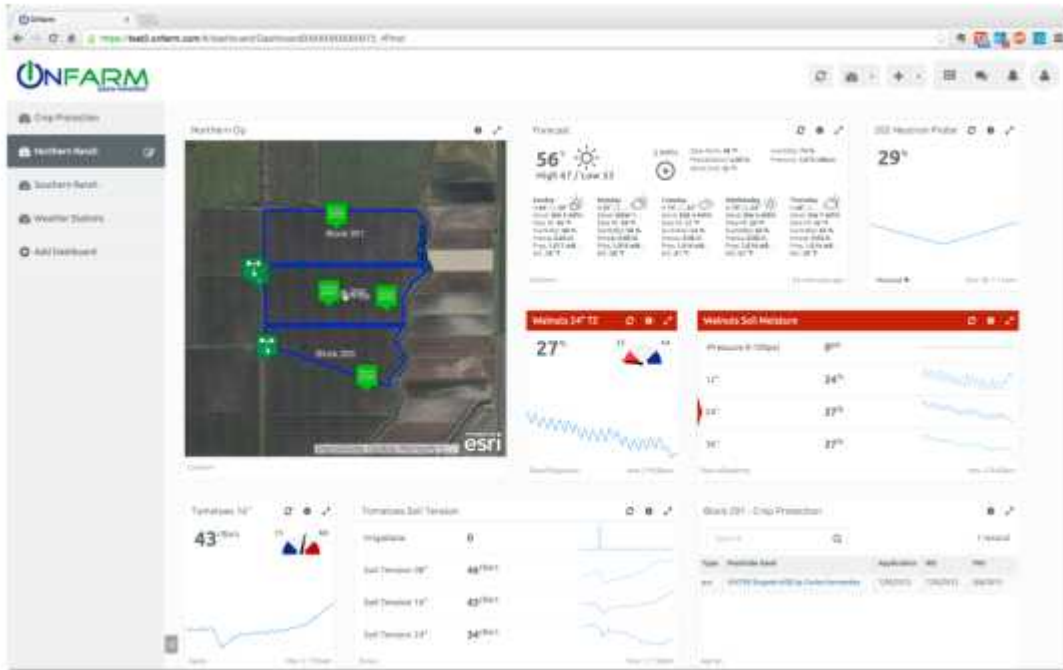
- SWIIM 시스템은 농업용수를 관리하고 절약하여 농업 생산비를 절감하는데 일조하고 있으며, 지속적인 관개관리로 캘리포니아의 사막화를 막고 있음
- 주요 제품내용은 물의 흐름, 바람, 비, 토양 수분과 온도 등의 정보를 센싱하여 허브와 같은 역할을 하는 셀룰러 모델을 통해 전송
- 셀룰러 모델은 보내온 정보를 클라우드에 업데이트시키고 센서의 데이터와 위성에서 보낸 데이터를 결합해 모니터링 기능 제공
- 또한, 분석된 데이터를 바탕으로 농장주가 농작물을 변경하거나 새로운 관개전략의 종류를 결정하는 알고리즘을 제공해 효과적인 물 관리를 할 수 있음



[ the SWIIM System ]

○ 정밀농업을 위한 솔루션 (미국 ONFARM)

- 미국의 ONFARM사에서는 농사에 필요한 정보를 하나의 창에서 모두 관리하는 플랫폼을 개발하였음
- 이를 통해 시간과 장소에 구분 없이 농장의 정보 모니터링이 가능하며, 작물 생산에 따른 정보를 자동으로 습득하여 분석을 통한 재배전략을 제공할 수 있음
- 또한 센서, 날씨 등의 위젯을 추가하여 사용자가 본인에 맞게 설정이 가능하며, ESRI(Environmental Systems Research Institute)의 매핑 기능을 통해 미국 전체에 대한 USDA(미국 농무부) 토양정보를 제공함
- 그리고 사용자가 설정한 정보에 따라 서리, 수분부족, 높은 풍속 등 위험 상황 시 사용자에게 이메일 또는 메시지로 알림서비스를 제공함



[ ONFARM customized dashboards ]

○ 이스라엘 Phytech사가 개발한 Grow Smarter 서비스

- 파이텍은 작물과 경작 환경을 모니터링하는 센서와 소프트웨어를 개발, 이스라엘 오렌지 농장, 옥수수, 사탕수수 등 노지 농장 등에 적용
- 식물성장량을 자동으로 측정하여 관수 주기, 관수량 등의 재배법 개선에 이용
- 식물에 직접 부착되어 있는 센서들은 5분에서 10분 간격으로 읽히지며 이 자료는 케이블이나 무선연결을 통해 클라우드 서비스로 연결되어 재배자의 모바일, PC에서 서비스



- 글로벌 통신 솔루션, 클라우드 기반 서버 및 웹 기반 소프트웨어 응용 프로그램 구현



- 특허 받은 식물 모니터링 기술은 세계 제일 수준임
- 15년 이상의 연구 및 현장 경험을 바탕으로 전 세계적으로 수천 농장에 설치
- 파이텍은 농부가 작물 재배 시 필요한 의사결정을 지원할 수 있는 분석 데이터를 제공함으로써 높은 생산성과 고품질을 달성할 수 있는 정밀농업, 처방농업 선두 기업으로 발전중

○ 몬산토가 투자한 클라이밋 코퍼레이션 서비스 : FieldView

- 클라이밋 코퍼레이션의 제품들은 노지 농가들의 작물 관리 솔루션을 제공하는 기업으로 2013년 몬산토에 9억3천만달러에 인수
- 날씨 모니터링, 농업 모델링, 날씨 시뮬레이션 등을 통해 농업인들에게 최상의 솔루션을 제공하고 합리적인 의사결정을 지원하는 서비스

CLIMATE FIELDVIEW PRODUCT FEATURES	CLIMATE FIELDVIEW prime	CLIMATE FIELDVIEW plus	CLIMATE FIELDVIEW pro
Basic Data Layers	+	+	+
Data Inbox	+	+	+
Field-Level Weather	+	+	+
Scouting	+	+	+
Notifications	+	+	+
Field Health		+	+
Manual Scripting		+	+
Yield Analysis		+	+
Data Connectivity		+	+
In-Cab Data Visualization		+	+
Automated Scripting <small>NEW FOR 2017</small>			+
Nitrogen Monitoring by Zone <small>NEW FOR 2017</small>			+

- 온라인 및 모바일 SaaS 솔루션 서비스
- 고해상도 날씨 시뮬레이션 및 Beacon 기술 접목
- 미국 연방 작물 보험 프로그램의 공식 공급업체로서 농업인들의 작물보험과 연계된 서비스 제공

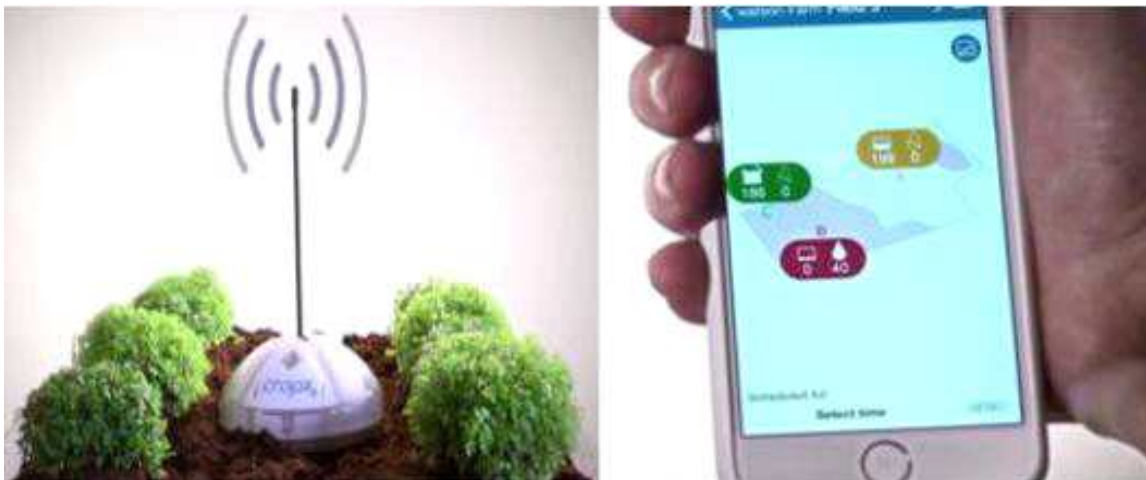
○ 이스라엘의 노지 작물 농가를 위한 통합관리 시스템 : AKOLogic For Crops

- AKCrops는 작물 재배 생산 농업인이 생산부터 가격 설정 및 금융관리까지 통합관리하는 솔루션임
- AKCrops 기능 :
  - 물리적 기반 시설의 관리 : 주요 작물, 2차 작물, 품종, 작물 순환 및 토지이용 계획.
  - 현장 작업 팀의 작업관리, 작업 도구 및 차량 및 트랙터 차량의 관리 및 제어.
  - 작물 살포, 관개, 비료 사용 등 작물 재배 과정 관리
  - 조달 관리 : 주식, 공급자, 고객 및 계약자 관리.

- 해충 감시, 토양 테스트 및 육지 계획에 대한 작물 개발 정보 제공.
- 작물, 품종, 재배 등 계절 성과와 성과의 측정 및 비교
- 현재 기준으로 가격 책정 관리 : 납품서, 송장, 공제, 수입 및 지출, 현금 흐름 관리.
- 마케팅, 주문 접수, 포장재 포장, 배송 추적, 배송 노트 생성 등
- 상세한 보고서의 생성.
- AKCrops는 토지 매핑 시스템, 그래프 세트, 정확한 자동화를 위한 관개 컨트롤러 및 핸드헬드형 터미널 등을 포함하는 외부 응용 프로그램과 인터페이스

○ 구글이 투자한 대표적 ag-Tech 서비스 : CropX

- CropX는 이스라엘 텔아비브에 본사를 두고 있는 농업분석 서비스 전문기업
- 지형, 토양구조, 토양의 수분량 등의 제반 조건을 파악한 데이터에 기반해 각 토지마다 얼마의 물이 필요한지 알려주는 스마트 서비스 제공
- 센서를 측정하고자 하는 땅에 꽂으며, 해당 센서는 토지의 정보를 읽어들이어 CropX 클라우드로 전송 데이터 분석 후 이용자에게 토지에 필요한 물의 양을 전송
- 활용데이터 및 기술
  - 위성이미지 데이터, 드론 수집 데이터, 시장가격, IoT 센싱 데이터
- 구글의 투자사가 CropX에 900만달러 투자



- GPS, 블루투스 기반 토양센싱 및 관개량 예측 서비스
- 토양 종류별 물의 이동을 실시간으로 자동 측정해 가뭄에도 정밀하고 신속한 대응
- 분석된 토지 데이터는 이용자가 인지하기 쉽도록 도식화된 형태로 제공

○ Akisai Cloud System(일본 후지쓰)

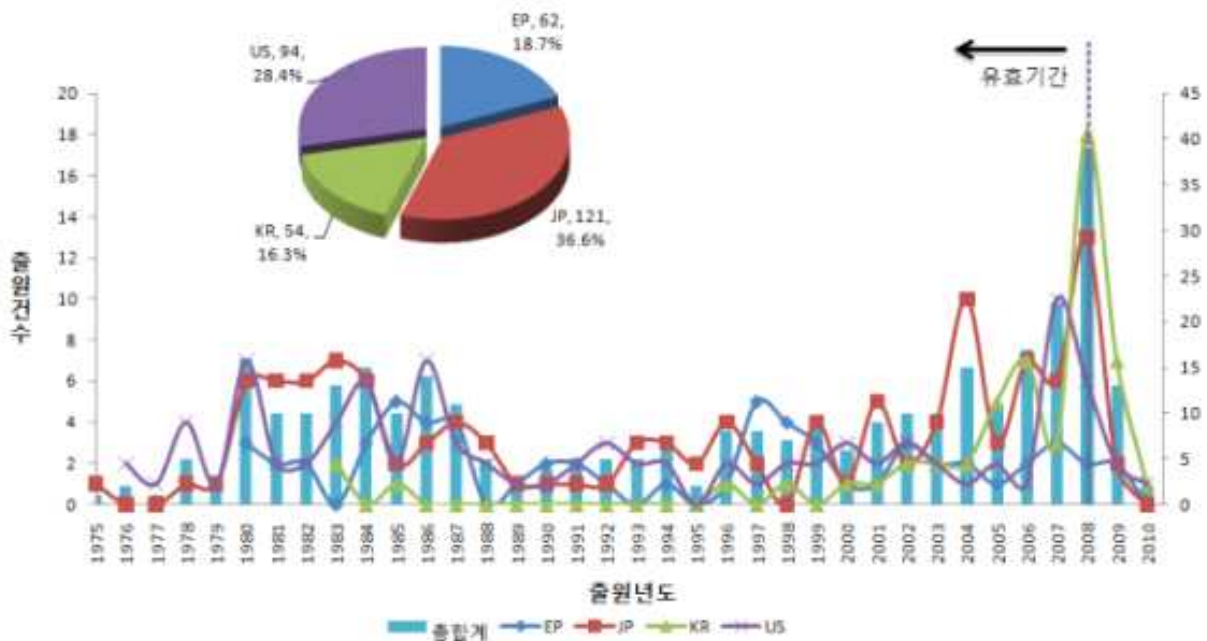
- 일본 후지쓰는 축산 농장을 관리하는 시스템마다 농장 DB를 기관별로 관리하고 있어 연계 및 공동 활용의 문제 발생과 부정확한 농장 DB 및 탐문 중심의 역학조사 등으로 예방·예찰부터 진단 및 통제까지 프로세스의 비효율적인 문제가 발생하는 것을 보고 각 기관별로 나누어져 있는 농업관련 정보의 융합과 기관별로 산재해 있는 가축 방역 및 농장 정보 관련 데이터를 융합 분석할 수 있는 선제적 의사 결정 지원 기관의 필요하다고 판단하였음

- 이를 위해 농작물의 생산부터 판매까지 데이터로 관리하기 위하여 농작물 관련 데이터 수집과 분석을 통해 과학적으로 농작물을 재배 관리할 수 있는 효율적인 농업 경영 시스템 아키사이를 개발했음
- 후지쓰는 농지에 날씨와 토양환경 등을 측정하는 센서를 설치하고 수집되는 빅데이터를 분석하여 최적의 파종, 농약살포, 수확 시점을 모바일로 제공할 수 있는 빅데이터 기술을 접목한 식품·농업 클라우드 서비스인 ‘아키사이’를 ‘12년 10월부터 개시하였음
- 또한, 농수산물을 스마트폰이나 태블릿 PC로 농작물 관련 데이터를 입력하고 확인할 수 있는 환경을 마련하여 날씨와 지도, 과거 수확실적 등도 참고해 업무 효율성을 향상시켰음
- 농장에서 작업자가 비료를 뿌리는 시간 등 작업 내용과 농작물 성장 상황을 사진으로 찍어 스마트폰에 기록하면 후지쓰 데이터 센터에 관련 데이터가 저장되어 컴퓨터를 통해 농장 당 작황과 비용, 수익성 등 각종 현황 정보 확인이 가능해졌고, 최적의 농약 살포 시기를 제공받을 수 있게 되었음
- 2008년부터 농업 생산법인 등 10개 테스트베드를 통해 실증 실험 진행하여 양배추 수확이 30% 가량 늘어나는 성과를 가져왔음
- 아키사이를 통해 기관별 농장정보, 축산관계자, 가축이동 정보는 물론 해외 질병 발생, 출입국자, 농장방문 정보 등을 융합하여 농업 문제시 최적의 인력, 장비, 물자 등 대응자원을 확보하고 농장 방문 및 이동 통제, 위기 경보 등을 메뉴얼화 된 지령을 빠르게 전파할 수 있어 사전예방, 진단, 통제가 가능해졌음
- 또한, 유통이나 외식업체, 농산물 도매업체를 대상으로 정보 서비스를 제공함으로써 수확량 일괄관리가 가능함
- 아울러 농산물 조달 계획을 수립할 수 있어 유통기간을 감소시켜 신선한 농산물을 제공할 수 있음



#### (4) 지식재산권 현황

- 해외(미국, 일본 등)에는 농업·IT 기술 개발중 성장환경 관제 및 최적 제어 기술 전반에 관한 핵심특허들이 다양하게 출원/등록되어 있는 반면, 국내에는 이제 막 출원이 시작함
- 일본의 경우에는 히타치 제작소 1975년 관련 출원이 이루어진 이후 1994년 이후부터 소폭 증가하는 추세를 보이고 있음
- 미국의 경우 1976년 Integrated Development and Manufacturing Company에 의해 관련 출원이 시작된 이후 관련 출원이 지속적으로 증가
- 유럽의 경우 Ludvig Svensson International B.V. 등에 의해 1980년 관련 출원이 이루어진 이후 관련 출원이 지속적으로 이루어지고 있음
- 한국의 경우 1983년 관련 출원이 시작된 이후 관련 출원이 지속적으로 출원되고 있으며, 2007년에는 관련 출원이 급격히 증가함



#### < 주요국의 연도별 특허출원 동향 >

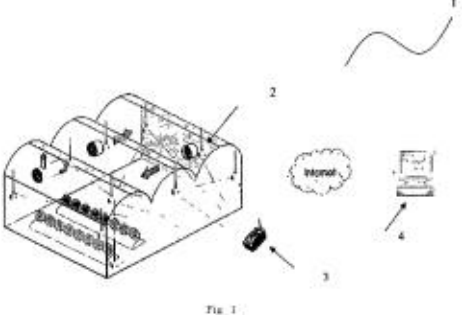
- 지능형 성장 예측 및 증대기술 관련해서는 농산물의 영상을 통한 성장예측 방법과 다양한 환경 센서로 부터 수집된 데이터를 이용하여 농작물의 성장상태 모니터링하고 최적의 성장환경을 제어하는 기술에 대해서는 국내외에 출원/등록되어 있으나 다양한 환경센서를 이용한 작물의 성장예측방법 및 생산량 예측기법과 환경조성용 기 모니터링등 세부적인 성장환경 자율제어 방법에 관한 언급은 없음
- “IoT 기반 작물 재배 융합기술“ 기술의 핵심기술영역에 대한 유사특허 출원수가 유사하고 유사도 또한 대등하므로, 해외대비 국내의 상대적 기술수준 차는 동등한 수준임
- 각 핵심기술과 유사한 특허가 국내외에 고루 분포되어 있어 해외기술 대비 한국의 기술수준 및 기술격차는 크지 않음

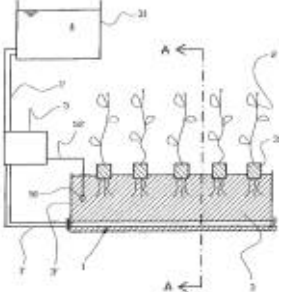
[ 모니터링 및 제어 ]

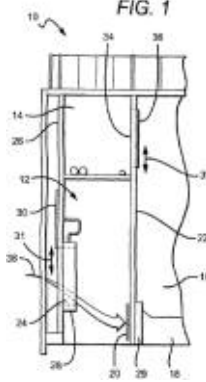
<b>영문제목</b>	Sensor system, method, and computer program product for plant phenotype measurement in agricultural environments (2006)		
<b>국문제목</b>	온실환경 내 작물 형질 측정을 위한 컴퓨터 프로그램 제품, 센서 시스템	<b>국가/특허번호</b>	프랑스/06254003.4
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 온실 환경에서 작물의 가로 열에 대한 각각의 물리적 특성을 알아내기 위하여 센서시스템, 방법론, 컴퓨터 프로그램 제품 제공</li> <li>- 수신키가 가로열 축을 따라 배치된 식물의 프로파일 이미지를 생성하기 위하여 다수의 신호를 수신</li> </ul>	

<b>영문제목</b>	Controlling device for a greenhouse (2007)		
<b>국문제목</b>	온실 제어 설비	<b>국가/특허번호</b>	네덜란드/1020097013949
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 컴퓨터제어요소(20), 조명요소(30), 감지요소(40)를 가지는 제어설비 (10)와 관련이 있으며, 조명 요소(30)과 감지요소(40)는 컴퓨터 제어 요소(20)에 연결되어 있음</li> <li>- 조명요소(30)는 적어도 하나의 발광수단(31)을 포함하고 있으며, 빛(32)은 온실에서 성장하는 식물(70)을 조명하는 역할을 함</li> <li>- 온실제어 설비(10)로 감지 센서(40)로부터 온실의 산소 부분압 및 발광요소(31)에 의하여 방사되는 빛(32)의 양을 측정할 수 있음</li> <li>- 또한 흙의 기질, 흙온도, 공기(33)의 온도 및 습도, 혹은 비료의 농도, 이산화탄소 부분압, 온실 공기 유출입량, 외부태양광 플러스, 외부 태양광의 스펙트럼 측정이 가능함</li> <li>- 발광수단은 LED, OLED, 가스방전램프, 백열등, 형광등, 고압 나트륨램프 등</li> </ul>	

<b>영문제목</b>	Greenhouse system (2007)		
<b>국문제목</b>	온실 시스템	<b>국가/특허번호</b>	네덜란드/07117824.8
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 시스템은 작물 생장의 이익을 위한 온실(1) 내 작물의 빛(3)을 위한 조명 수단(2), 성장과 직, 간접적인 다양한 사항들을 측정하기 위한 센서 (7,8), 조명 제어 수단 (9,11)으로 구성되어 있음</li> <li>- 조명 및 제어 수단은 조명 수단에 의해 방출된 빛의 다양한 강도 및 스펙트럼 분포를 처리할 수 있음</li> <li>- 상기 조명수단은, 식물의 성장과 관련한 스펙트럼 분포 조절, 해충 및 질병 조절이 가능한 SBLED 배열로 구성되어 있음</li> <li>- 제어수단은 센서에 의하여 측정된 관련 변수를 해석하고 식물의 성장에 대하여 예측 및 평가함</li> <li>- 배치결과에 따라 조명수단에 의하여 방출된 광의 스펙트럼 분포 및 강도를 제어함</li> <li>- 조명 수단은 온실 내,외부의 냉난방 장치와 연결하여 열회수 장치를 구성할 수 있을 것임</li> </ul>	

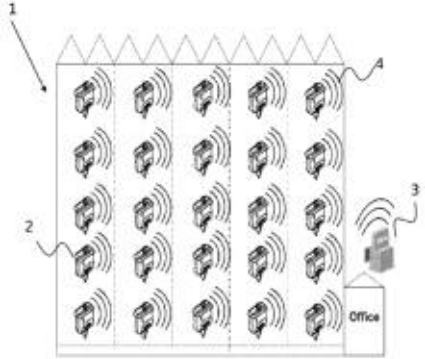
<b>영문제목</b>	Wireless system for greenhouse monitoring and control (2008)		
<b>국문제목</b>	온실 모니터링 및 제어를 위한 무선시스템	<b>국가/특허번호</b>	이탈리아/ PCT/IT2008/000671
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 온실 내 기후조건을 모니터링하고 자동 및 원격으로 액츄에이터를 조정하는데 사용되는 무선 시스템은 두 개의 계층으로 조직된 계층망에 기반하였으며, 경작시 해로운 상황에 적절히 사용됨</li> <li>- 표준 IEEE 802, ZigBee 네트워크 기반으로 한 무선 네트워크 장치로 구성되어 있으며, 신속성 높은 자율배열을 특징으로 갖고 있음</li> <li>- 중앙 처리 장치는 자율 리튬 이온 배터리 전원 공급 시스템으로 데이터를 전송 및 저장 함</li> <li>- 무선 네트워크는 프로그램 가능한 시간간격으로 검출 하기 위한 저소비 센서 노드를 사용하고 있으며, 최적의 배양을 위한 내외부 파라미터 값 (온도, 상대습도, 풍속, 풍향, PH, PAR 태양복사)을 알 수 있음</li> <li>- 히트펌프, 팬의 공기 배출의 활성화 및 비활성, 전기 관개 밸브를 제어 하기 위한 작동노드 구축</li> </ul>	



<b>영문제목</b>	Apparatus and method for temperature control of a growth medium in a greenhouse and use of same for control of plant-pathogenic organisms (2009)		
<b>국문제목</b>	온실 생장 배지의 온도조절 및 식물 병원성 생물의 제어를 위한 동일한 용도의 장치 및 방법	<b>국가/특허번호</b>	노르웨이/PCT/NO2009/000391
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 온실 내 식물의 성장을 위한 온도조절장치(1)는 최소 하나의 관 (32, 33)으로 구성되어 있으며, 배지의 최소영역을 통하여 작동하며, 생장 비지로부터 분리되어 유체를 이동시키기 위하여 배열되어 있음</li> <li>- 성장 배지 내에서 진균의 감염을 조절하기 위한 기구와 동일한 방법으로 사용됨</li> </ul>	

<b>영문제목</b>	Greenhouse and forced greenhouse climate control system and method (2007)		
<b>국문제목</b>	온실과 강제 온실 기후 제어 시스템 및 방법	<b>국가/특허번호</b>	미국/14174043
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 성장부와 성장 부(16, 56) 에 인접한 기후 제어 시스템 (12, 52)을 포함하고 있는 온실</li> <li>- 기후 제어 시스템은 온실 외부로부터 성장부로 외기를 유입함으로써 성장부 내 환경을 조절하며, 성장부로부터 성장부 뒤쪽으로 공기를 재순환 및 혼합시킴</li> <li>- 위와 같은 공기 순환 방법을 통하여 온실 내 성장 부분의 온도를 제어함</li> </ul>	

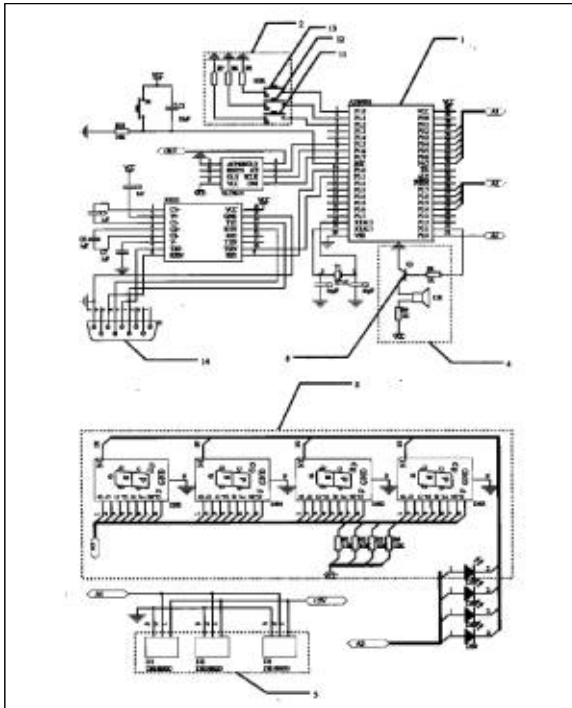
영문제목	Method and system for controlling growth of a plant (2013)		
국문제목	식물의 성장 제어를 위한 시스템 및 방법	국가/특허번호	스웨덴/13175852.6
<p>Fig. 1</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 식물(104)의 성장을 제어하기 위한 방법</li> <li>- 통제된 환경(102)에서 자연 광과 인공 광의 혼합 조명을 받는 식물 제어</li> <li>- 컴퓨터 프로그램으로부터 컴퓨터 판독성 매체를 포함하고 있으며, 자연 및 인공광의 혼합 조명이 배치되어 있으며 계획 기간 동안에 식물에 조명하기 위한 자연광의 예상수량을 도출 하여 밝기를 결정하기 위한 코드를 전송할 수 있음</li> <li>- 온실의 지붕에 배열된 제어 가능한 빛 흡수제 커튼(106)을 사용하여 광량을 조절하며, 광량을 증가시키기 위하여 온실(102)와 연계하여 다수의 제어 가능한 인공 점등(108)을 배치하여 제공 받을 수 있음</li> <li>- 빛 흡수 커튼(106)은 제어장치(110)에 의하여 결합되고 구동되며, 온실로부터 원격조작이 가능</li> </ul>	

영문제목	Self-learning of plant growth strategy in a greenhouse (2012)		
국문제목	온실 내 성장 전략의 자기 학습	국가/특허번호	미국/14353702
<p>Fig. 1</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 온실 내 식물을 모니터링 하기 위한 시스템</li> <li>- 다수의 무게 측정 장치, 무게 측정 장치가 배치된 온실로 구성되어 있으며, 각각의 무게 측정 장치는 단일의 식물과 식물군에 부착되어 있음</li> <li>- 측정 장치는 상승된 와이어로부터 격자모양으로 구성되어 있으며 식물의 상단부 및 식물군의 반대편 말단에 연결이 되어 있음</li> <li>- 통신 네트워크는 계량 장치에서 중앙 장치로 식물군이나 식물의 중량을 통신하는 수단을 포함하고 있음</li> <li>- 중앙장치는 무게측정 장치로부터 통신망에 수신된 데이터를 수신, 저장, 가공, 처리 및 분석을 하기위한 수단을 포함함</li> </ul>	

영문제목	Self-learning of plant growth strategy in a greenhouse (2012)		
국문제목	온실 내 성장 전략의 자기 학습	국가/특허번호	미국/14353702
 <p>Fig. 1</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 온실 내 식물을 모니터링 하기 위한 시스템</li> <li>- 다수의 무게 측정 장치, 무게 측정 장치가 배치된 온실로 구성되어 있으며, 각각의 무게 측정 장치는 단일의 식물과 식물군에 부착되어 있음</li> <li>- 측정 장치는 상승된 와이어로부터 격자모양으로 구성되어 있으며 식물의 상단부 및 식물군의 반대편 말단에 연결이 되어 있음</li> <li>- 통신 네트워크는 계량 장치에서 중앙 장치로 식물군이나 식물의 중량을 통신하는 수단을 포함하고 있음</li> <li>- 중앙장치는 무게측정 장치로부터 통신망에 수신된 데이터를 수신, 저장, 가공, 처리 및 분석을 하기위한 수단을 포함함</li> </ul>	

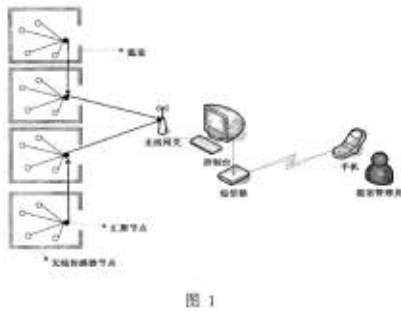
영문제목	Intelligent actuator of greenhouse based on Ethernet and wireless sensor network (2007)		
국문제목	Ethernet 및 무선 센서 네트워크에 기인한 온실의 지능형 액츄에이터	국가/특허번호	중국/200710067198.5
 <p>图 1</p>  <p>图 2</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 이더넷(Ethernet), 범용 온실 제어 모듈, 이더넷 네트워크 어댑터, Zigbee 무선 통신 모듈을 포함하는 무선 센서 네트워크 기반의 지능형 온실 액츄에이터 발명</li> <li>- 범용 온실 제어모듈 내에서 5V 직류 전력 공급장치를 DB9 소켓과 연결하며, LED 통신 기기, LED 전원 표시기, 버저, RS232송수신기 등을 통해 출력이 가능함</li> <li>- 본 연구는 이더넷과 Zigbee 무선 네트워크에 대한 액츄에이터의 Plug and play를 실현 가능한 방법으로 보다 간편한 구조 및 저비용, 쉬운 가동법, 유지보수에 용이하며, 보편화 및 모듈화가 가능함</li> </ul>	
영문제목	Automatic control device for greenhouse hot-water heating (2008)		
국문제목	온실 온수 난방 자동 제어 장치	국가/특허번호	중국/200810233690





- 온실난방에 적합한 온수 난방 자동화 조절 장치 제공
- 제어 시스템 내 단일 칩의 마이크로프로세서는 컴퓨터, 조절 밸브와 연결되어 있는 전기 액추 에이터, 데이터 라인에 의거한 온도센서와 각각 전기적으로 연결되어 있으며, 컨트롤러는 내부적으로 단일칩 마이크로프로세서와 연결되어 있으며, 입력 키보드 및 디스플레이 너시 판을 갖추고 있음
- 온도센서로 실시간 온도 측정을 하며, 단일칩 마이크로 컴퓨터에서 정기적으로 데이터를 수집, 데이터는 호스트 컴퓨터에 저장 및 전송되며, 너시판 디스플레이 요소를 통해 설정온도 및 측정온도 디스플레이가 가능하며, 이를 통해 전기적 작동기기의 작동 방향 및 작동 시간을 알 수 있음
- 또한 방사용 튜브로부터 온수의 유동 조절이 가능하고, 자동적으로 온실 내 온도를 조절하며, 극소형 소자를 통해 파라미터의 비교가 가능함

영문제목	System and method for monitoring greenhouse fine crops growing environment based on wireless sensor network (2008)		
국문제목	무선 센서 네트워크 기반 온실 모니터링	국가/특허번호	중국/200810031646.0
영문제목	Temperature controlling device in greenhouse, and temperature controlling system in greenhouse (2008)		
국문제목	온실 내 온도 제어 장치 및 온실 제어 시스템	국가/특허번호	일본/20263035



- 무선 센서 네트워크를 기반으로 하는 온실작물을 위한 생육 환경 모니터링 시스템
- 본 시스템은 무선 센서 네트워크, 무선 게이트웨이 및 콘솔을 포함하고 있으며, 무선 센서 네트워크는 무선 센서 노드 및 테스트 지점에 위치해 있는 싱크 노드를 포함하고 있음
- 무선 센서 노드는 싱크 노드를 통해 무선 게이트웨이에 접속 할 수 있으며, 무선 게이트웨이는 정보 송수신과 연결된 제어 플랫폼에 양방향으로 연결되어 있음
- 무선 센서 네트워크를 기반으로 온실의 식물성장 환경에 대하여 실시간으로 모니터링 적용이 가능함

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 목표: 온실 내 온도제어장치를 통해 토양의 온도제어를 용이하게 하고 에너지 절약을 실현하고자 함</li> <li>- 온실제어장치(50)로 외부 공기로부터 내부 영역의 그늘진 곳, 토양의 상태를 파악할 수 있으며, 장비 (52)를 통하여 온실 내 온도 및 온실 내 토양 온도의 조절이 가능 함</li> <li>- 온실 제어 장비 (52)는 토양에 매설된 풍로(5), 공기 덕트(5)에 배치되어 있는 온도 제어 튜브(6), 유입구에 위치한 유입팬(4), 열교환기(7) 등으로 구성되어 있으며, 온실 내부로 공기를 흡입하여 온도 제어 튜브인 (6)을 통해 두 유체 사이의 열을 전달함으로써 냉난방을 수행하며, 배기팬(9)에 열교환기(7)를 근접하게 위치시켰으며, 공기 덕트를 통해 온실 내부로 공기를 배출시킴</li> </ul>
--	---

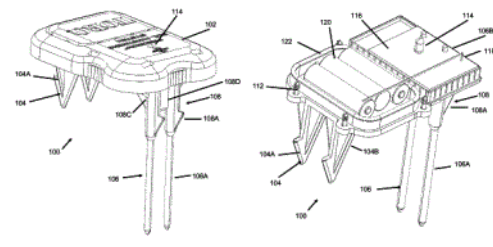
<b>영문제목</b>	Cooling apparatus and cooling method for plant cultivation chamber (2011)		
<b>국문제목</b>	식물 재배 실 내 냉방장치 및 냉방 방법	<b>국가/특허번호</b>	일본/ 23197551

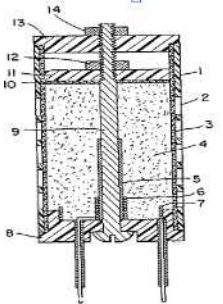
	<ul style="list-style-type: none"> <li>-노즐로부터 분무형태로 발생하는 냉기를 온실 내부에 순환시켜 효율적으로 냉방함과 동시에 미증발된 물방울이 식물로 부착하는 것을 억제 방지 하기 위한 방법을 고안</li> <li>- 흡입 송풍기의 노즐은 온실의 하부쪽과 중앙사이 하나의 측면에 설치되어야 함</li> <li>- 중앙에 설치시 아래로 기울지게 설치해야 하며, 하부에 설치시 송풍을 유입하는 배출구가 측면을 향하게 해야 함</li> <li>- 노즐로부터의 분무는 흡기용 송풍기로부터 내보내는 송풍으로 분사 거리를 증대시킬 수 있으며, 흡기용 송풍기의 송풍 토출력과 노즐의 분사력을 합력하여 풍속을 증대 시킬 수 있음</li> <li>- 노즐은 출구측에 부착되어 있으며, 노즐로부터 온실내부에 분사를 수행함과 동시에 흡입 송풍기로부터 배출되는 공기를 타고 흐름</li> <li>- 공기를 배출하는 배기 송풍 장치는 온실의 상단에 설치되어 있으며, 흡입 송풍 노즐의 상대적인 위치는 노즐로부터의 분사가 온실 내부를 순환할 수 있배기송풍기 상단에 설치함</li> </ul>
--	--

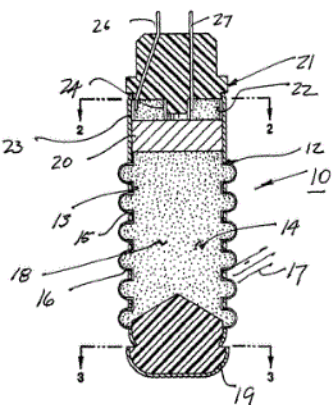
<b>영문제목</b>	Greenhouse heat-insulating device (2012)		
<b>국문제목</b>	온실 보온 장치	<b>국가/특허번호</b>	일본/ 24193535

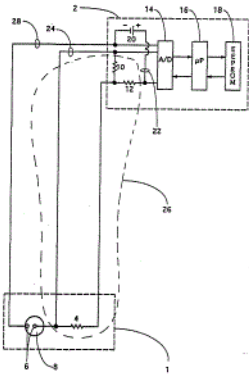
	<ul style="list-style-type: none"> <li>-일정한 온도를 유지할 수 있는 온실 단열장치 (90) 제공</li> <li>- 온실은 팬(91) 및 공기를 순환 하는 덕트(7)를 포함하고 덕트(7)는 잠열 축열체로 가득찬 축열 본체(92)를 포함하고 있음</li> <li>- 덕트는 온실 내 흡입구와 하부에 배출구를 구비하고 있으며, 축열체를 송풍방향에 따라 배치되어 있음</li> </ul>
--	--

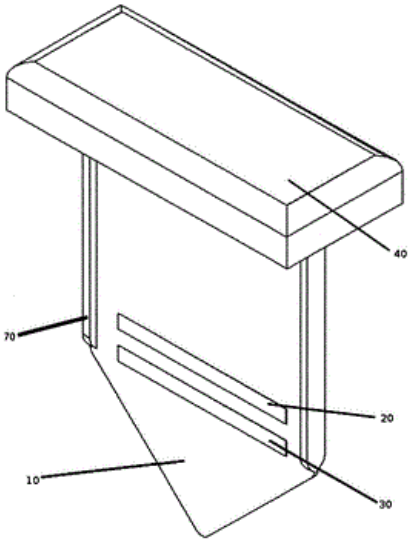
[ 토양 수분 센서 ]

영문제목	Soil moisture sensor(2015)		
국문제목	토양 수분 센서	국가/특허번호	미국/09326462
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 발명은 관개 제어기의 관개 스케줄을 차단하기 위한 토양 수분 센서에 관한 것이다.</li> <li>- 수분 센서는 2 개의 하부 전극 및 2 개의 하부 고정 바브를 갖는 비교적 편평한 몸체를 포함한다.</li> <li>- 수신기는 센서로부터 습도 판독 값을 수신하고, 습기 데이터를 관개가 중단 된 후 미리 결정된 습기 차단 값 또는 한계와 비교한다.</li> </ul>	

영문제목	Electrical sensor for measuring moisture in landscape and agricultural soils(1982)		
국문제목	조경과 농업토양에서 수분을 측정하기 위한 전기 센서	국가/특허번호	미국/04531087
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 조경 및 농업을 위한 개선된 전기 전도성 토양 수분 센서</li> <li>- 센서는 측정 될 토양으로부터 분리된 과립형 매질 속의 전극을 포함하며, 측정 될 토양은 플라스틱 또는 금속 스크린에 의해 지지되는 여과포의 층에 의해 측정된다.</li> </ul>	

영문제목	Sensor for sensing moisture in soils (2007)		
국문제목	흙에서 수분을 감지하기 위한 센서	국가/특허번호	미국/07705616
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 발명품은 전도성 금속 하우징을 포함하는 센서이다.</li> <li>- 상기 하우징은 전송 매트릭스 구멍을 형성하는 내벽을 가지며, 이 벽은 관통 구멍을 구비한다.</li> <li>- 본 발명품은 내벽을 흐르고, 관통 구멍을 덮는 물이 전달 가능한 내부를 가지며, 이 내부를 채우는 전달 매트릭스를 가진다. 또한 이 매트릭스의 상부에는 천천히 용해되는 물질로 된 정체가 있다.</li> <li>- 본 발명품은 전극 매트릭스 챔버를 형성하는 상기 하우징을 폐쇄하는 캡과 전극 매트릭스 챔버 내의 전극 챔버 매트릭스를 가지며, 전극 챔버 매트릭스와 접촉하는 상기 전극 매트릭스 챔버 내에 한 쌍의 전극을 가진다. 상기 캡은 상기 전극으로부터 전기 리드를 통과시킨다.</li> <li>-본 발명품은 열 접착된 섬유층을 포함하는 내부를 사용하는 개선품도 있다. 이 개선품은 상기 전달 매트릭스를 가두기 위한 크기와 같은 통로를 제공하지만, 상기 전달 매트릭스와의 수분과 접촉되어 있는 흙의 유동을 허용한다.</li> </ul>	

영문제목	Temperature compensated soil moisture sensor (1994)		
국문제목	온도 보정된 토양 수분 센서	국가/특허번호	미국/05430384
		<p>- 토양에 이식된 저항성 토양 수분 센서는 센서와 동일한 토심에 위치하는 감온 성분을 포함한다. 서미스터는 지면 위에 있는 다른 구성 요소를 포함하는 서미스터 네트워크의 일부이다. 결과 센서는 자동적으로 온도 변화를 보정하고, 데이터 로거 및 자동 제어 시스템과 함께 사용하기에 적합하다.</p>	

영문제목	Capacitive soil moisture sensor(2005)		
국문제목	전기 용량 토양 수분 센서	국가/특허번호	미국/07170302
		<p>- 설치가 쉽고, 복잡한 보정이 필요 없고, 특정 깊이의 수분을 감지하고, 다른 조성의 토양을 수용 할 수 있고, 토양 밀도를 변화시키지 않으며, 수분 변화에 신속하게 반응하고 장기간 안정적인 전기 용량성의 토양 수분 센서</p> <p>- 센서는 다수의 제 1 전극 및 다수의 제 2 전극이 부착 된 몸체를 포함한다. 저 유전율 재료의 보호 층이 제 1 전극으로부터 제 2 전극으로의 전도 경로를 방지하고, 물리적 손상을 보호하기 위한 물리적 배리어를 제공하도록 전극들과 몸체에 적용되어 있다.</p> <p>- 일단 토양에 삽입 된 제 1 및 제 2 전극은 유전체로서 토양과 함께 커패시터를 형성한다. 토양 수분의 변화는 센서의 커패시턴스를 변화시킨다..</p>	

(5) 표준화 현황

- 스마트농업의 국제표준화 동향은 ICT 기반의 스마트 농업에 관한 기술, 서비스 표준화는 ITU-T(ITU Telecommunication Standardization Sector) 및 ISO/IEC JTC1(Joint technical committee of the ISO and the IEC)를 중심으로 진행함
- 2015년 4월 20일부터 5월 1일까지 스위스 제네바에서 개최된 ITU-T SG13 회의에서 ICT와 농업을 결합한 스마트농업 서비스 관련 국제 표준을 우리나라가 주도하게 되었다. 승인된 ‘네트워크 기반의 스마트 농업 개요(ITU-T Y.2238, Overview of Smart Farming

based on networks)’ 에 대한 권고안은 세계적으로 추진하고 있는 스마트농업 체계에 대한 기본 방안을 선도적으로 주도

- 2012년부터 ITU-T SG13 Question 1에서 스마트농업에 대한 기준모델, 서비스 능력, 네트워크 능력 등에 대한 표준화 작업을 추진하여 2015년 4월 회의에서 권고안으로 승인되었

기고서명	표준화 회의명	표준화 단계	기고년월일
Revised text of the draft Recommendation “Overview of Smart Farming based on networks.	SG13정규회의	기고서제안	20150420
Y.psf- Functional model for production service of Smart Farming (WP1/13)	SG13정규회의	기고서제안	20150420
A proposal for new work item of postproduction service of smart farming on theNetwork(Y.pops)	SG13정규회의	기고서제안	20150420
Proposed modifications in the draft text for the section 6 of Y.psf	SG13라포처회의	기고서제안	20150716
Y.psf - Proposed texts for clause 8 production capability of the components	SG13라포처회의	기고서제안	20150716
Y.psf - Proposed requirements for clause 9 security considerations	SG13라포처회의	기고서제안	20150716
Y.POPS: Proposed requirements for security considerations	SG13라포처회의	기고서제안	20150716
Y.POPS: Proposed clarification on scope and reference model	SG13라포처회의	기고서제안	20150716
Y.wpt-usecase: Proposed to add new clause of basic service flows	ITU-T SG13 Q1(융합서비스) 인터럽회의	기고서제안	20150918
Y.wpt-usecase: Proposed overall updates	ITU-T SG13 Q1(융합서비스) 인터럽회의	기고서제안	20150918
Proposed modification for wireless charging of the sensors in the greenhouse	ITU-T SG13 Q1(융합서비스) 인터럽회의	기고서제안	20150918
Inserting new text and updating figures of Y.pops (WP1/13)	ITU-T SG13 Q1(융합서비스) 인터럽회의	기고서제안	20150918
Service model for the pre-production stage on Smart Farming	ITU-T SG13 Q1(융합서비스) 인터럽회의	기고서제안	20150918

으며, 관련하여 현재 제안된 기고서는 다음과 같음

- 스마트농업에 관련된 여러 나라의 기관 및 기업들의 노력과 기술개발이 있어 왔으나 표준화 관점에서 보면 그 범위의 모호성과 서비스 주체의 불확실성을 벗어나지 못하고 있음.
- EC가 배포한 보도자료에 따르면 사물인터넷 혁신연대(AIOTI) 호라이즌 2020의 IoT 프로젝트 추진 맥락에서 IoT와 관련된 미래 협업을 위한 권고사항을 담은 12종의 보고서를 발간
- AIOTI는 2015년 2월 IoT 산업계와 유럽위원회에 의해 신설된 조직으로, 유럽 대표적인 IoT 이해관계자 포럼을 주최하고 있으며 설립 목적은 역동적인 IoT 에코시스템을 창조하는 것으로 알려져 있음

- AIOTI WG06은 스마트농업과 먹거리 안전 관련 IoT 애플리케이션에 관한 보고서에는 대규모 농업과 관련하여, 실시간 모니터링, 의사결정, 운영관리 지원 분야에서 IoT를 활용하는 방안을 수록함
- ISO(International Organization for Standardization)/IEC(International Electrotechnical Commission)는 온실가스, 가스의 배출, 온실 가스 검증 및 기타 형태에 중점을 두고 표준화를 진행중임 (ISO/TS14067:2013 - 온실가스에 대한 것으로 요구사항 및 정량, 통신에 대한 지침, ISO/TR 14069:2013 - 온실 가스 배출의 정량화 및 보고, 적용에 대한 지침)
- 2013년부터 한·중·일은 유럽세력에 대응하기 위해 한중일 표준 미팅(Asia Standard Consortium, ASC) 미팅을 제주도 ICC에서 결성하였음. 한국은 서울대, ETRI를 대표로, 중국의 CAAS, 일본은 Japan Greenhouse Horticulture Assoc의 Yutaka Shinohara교수를 중심으로 각국의 상황을 중심으로 아시아 중심의 시설농업관련 표준 및 개발 그룹에 합의
- 2014년 중국 양링에서 한·중·일이 모여 전체 대표 선정 및 진행방향(각국의 대표 4명을 선정하며 진행하는 것으로 결정)
- ITU-T는 2005년 “ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things” 을 발간하면서 본격적으로 사물인터넷에 대한 표준 개발 시작. 당시에는 가장 기술적으로 성숙도가 높았던 RFID 기술을 중심으로 센서기술, 나노기술, 임베디드 인텔리전스를 기반으로 2020년에는 새로운 지능적인 삶이 가능해질 것으로 전망
- 농업, 스마트카, 자동정비시스템, 웨어러블 디바이스를 활용한 사용자의 개입을 최소화하고 자동화된 서비스를 제공하는 삶의 패턴을 전망하면서, 이러한 기술들이 실제 삶에 적용되기 위해서는 사람들이 새로운 기술들이 실생활에 적용될 때 발생하는 프라이버시 침해나 보안상의 취약점에 대한 불안감을 줄여야한다는 점을 지적. 현재는 사물인터넷의 전반적인 구조에서 서비스 관련, 보안관련, 네트워크 관련 등의 모든 영역에 대해서 활발하게 표준 개발을 진행중
- 국제 표준화 기구 중에 사물인터넷에 대한 표준 개발을 가장 먼저 시작한 ITU-T는 내부 여러 조직을 통해서 사물인터넷에 대한 주도권을 지키기 위한 활동들을 활발히 추진하고 있으며, 2014년 2월에는 관련 여러 표준기구들과 한자리에 모여 사물인터넷 관련 워크샵을 개최하는 등의 표준 기구들 간의 활동 조율 작업을 선두 지휘하고 있다. 워크샵에는 ITU-T 외에 IEEE, OGC, Eclipse, OASIS, oneM2M 등에서 참석해서 의견을 교류
- 현재 ITU-T는 사물인터넷 관련하여 다수의 그룹들이 그룹별 작업 범위 내에서 사물인터넷 표준을 개발하거나 표준개발에 대한 코디네이션을 진행하고 있다. 주요 관련 조직들은 IoT-GSI, JCA-IoT, FG M2M, SG2, SG11, SG13, SG16, SG17을 포함

o IoT-GSI (Internet of Things Global Standards Initiative) & JCA-IoT (Joint Coordination Activity on Internet of Things)

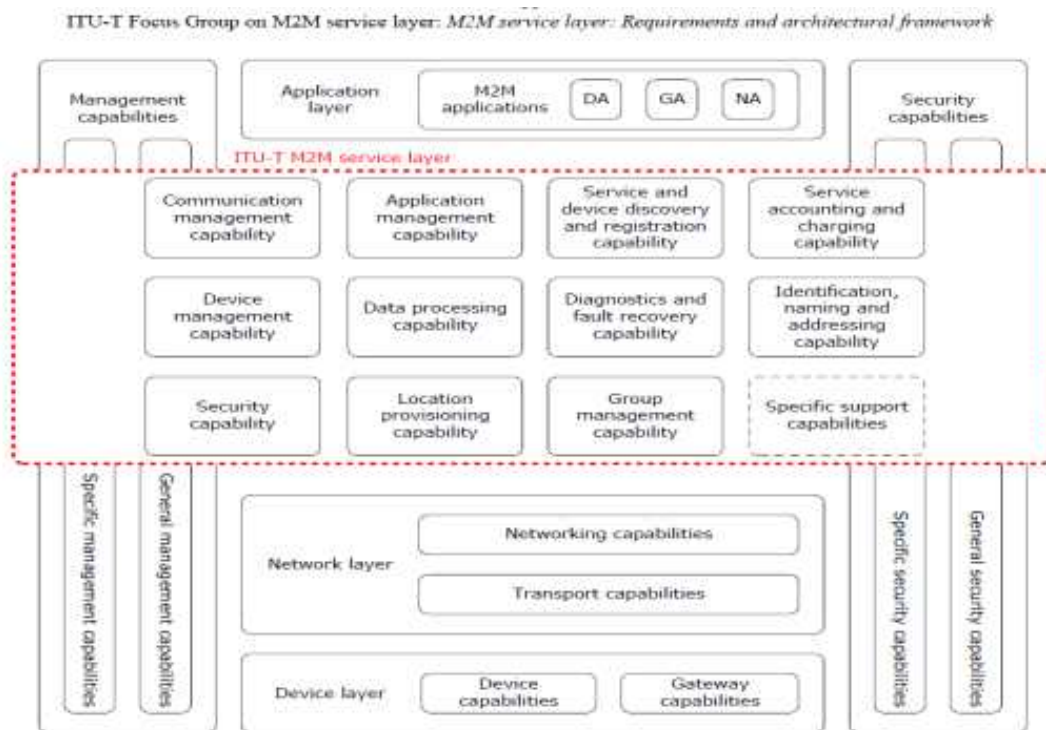
- IoT/M2M에 대한 표준화 협력 조정을 목적으로 지난 2011년 2월, ITU-T 전기통신 표준화 자문위원회 TSAG(Telecommunication Standardization Advisory Group) 하부에 Joint Coordination Activity on Internet of Things(JCA-IoT)를 설치하고 ITU-T내 스터디그룹간의 IoT 기술 표준 개발을 목적으로 IoT-GSI(Global Standards Initiative)구성, IoT 기술 표준 개발

o ITU-T Focus Group on the M2M Service layer(FG M2M)

- 사물인터넷의 주요 인에이블러로서의 M2M에 대한 공통의 서비스 계층을 제공함으로써 다양한 마켓에게 효과적인 M2M 서비스 플랫폼으로서 활용될 수 있도록 관련 표준들을 개발
- 2012년에 시작해서 2013년 활동을 마감했으며, 산출된 문서들은 관련 SG (SG11, SG13, SG16)들로 이관되어 지속적으로 관리될 예정이며, M2M 서비스 계층에 대한 요구사항 및 구조에 대한 표준, APIs 및 프로토콜에 대한 개요, e-health분야를 타겟팅하여 관련 M2M 표준들을 분석했으며, e-health관련 다양한 유스케이스들 제공

o ITU-T Study Group 2 - Numbering, naming, addressing

- ITU-T SG2는 넘버링과 어드레싱 관련된 표준을 개발하는 그룹으로서 사물인터넷 관련해서는 특별히 사물인터넷을 위한 표준을 개발한다기보다는 모바일이나 인터넷 환경에서의 식별자에 대한 요구사항, 관리에 대한 표준들을 개발하고 있으며, 특히 클라우드 컴퓨팅 환경에서 가상화된 자원 관리 인터페이스에 대한 요구사항 및 분석에 대한 표준(ITU-T M.mivrcc “Requirements and analysis for management interface of virtualized resources in cloud computing” )들을 개발



< M2M service layer(ITU-T FG M2M D2.1 v1.0) >

o ITU-T Study Group 11 - Testing architecture for tag-based identification

- M2M, IP 통신을 포함한 상호 운용을 위한 테스트 구조 및 요구사항들에 대한 표준들을 개발하고 있다. 사물인터넷 관련해서는 Q11이 사물인터넷 시험 규격 개발을 담당하고 있으며, 2013년 핀란드에서 제안한 Q.FW\_IoT/Test “Framework for IoT Testing” d 개발
- FG M2M에서 개발된 문서 중 FG M2M D3.1 “M2M service layer: APIs and protocols

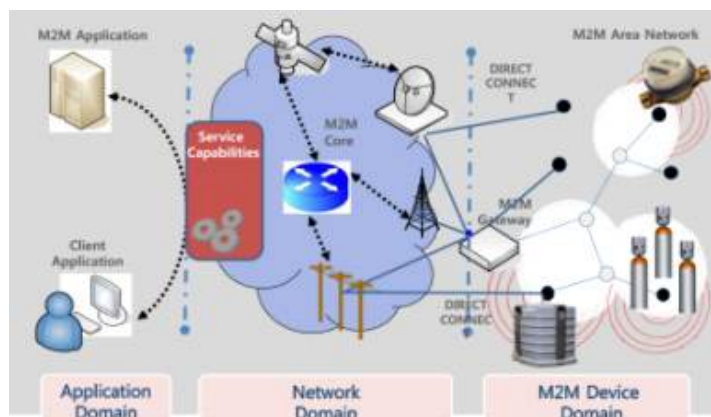
overview”에 대한 지속적 개발을 지원하기로 결정되었으며, 다른 관련 문서들도 SG13, SG16과 협조를 통해서 관련 표준들을 개발

o ITU-T Study Group 13 - Future networks including cloud computing, mobile and next-generation networks

- ITU-T SG13은 차세대 네트워크(NGN)관련 요구사항, 구조, 기능들에 대한 표준을 개발하는 것을 범위로 함. 사물인터넷 관련해서는 차세대 네트워크적인 측면에서의 사물인터넷에 대한 표준을 개발하는 그룹(Q2/13 및 Q3/13)과 특정 네트워크 독립적으로 사물인터넷 기술 활용측면에서의 관련 표준을 개발하는 그룹(Q11/13)이 있다. 이들 그룹에서 현재까지 개발된 권고안들은 다음과 같음

권고번호	제목	주요 내용	출판
Y.2060	Overview of the Internet of things	사물 인터넷의 개념, 기능 특징 및 상위레벨 요구사항과 참조모델을 기술	2012/06
Y.2061	Requirements for the support of machine-oriented communication applications in the next generation network environment	머신중심통신(MOC) 예코시스템, 특징 및 요구사항을 기술하고, 이를 지원하기 위한 NGN 능력에 대한 요구사항 명세	2012/06
Y.2062	Framework of object-to-object communication for ubiquitous networking in next generation networks	차세대 네트워크 환경에서 유비쿼터스 네트워킹을 위한 사물간 통신 지원을 위한 구조, 요구사항 및 메커니즘 기술	2012/03
Y.2063	Framework of the web of things	사물 웹 기술을 소개하고, 이를 지원하기 위한 요구사항, 적용모델, 기능구조 제시	2012/07
Y.2064	Energy saving using smart objects in home networks	홈 환경에서 스마트객체를 이용한 에너지 절감을 위한 요구사항 및 기능 명세	2014/01
Y.2065	Service and capability requirements for e-health monitoring services	e-health 모니터링 서비스 위한 서비스를 제시하고 서비스 및 능력 요구사항 명세	2014/03
Y.2066	Common requirements of Internet of Things	IoT use case와 액터를 제시하고, 이를 지원하기 위한 공통 요구사항 명세	2014/06
Y.2067	Common requirements and capabilities of a gateway for Internet of Things applications	IoT 응용 지원을 위한 게이트웨이의 공통 요구사항 및 능력 제시	2014/06
Y.2069	Terms and definitions for the Internet of things	사물 인터넷과 관련된 기술 용어 및 정의	2012/07

- ETSI는 유럽의 단체표준기구로서 ETSI에서 개발한 M2M 표준 스펙(TS 102 690, TS 102 921 등)이 현재 oneM2M 표준 작업의 베이스라인을 이루고 있다. 표준을 구현한 상용 제품을 판매하는 기업들(interdigital, actility)이 다수 존재한다. oneM2M 발족이후 ETSI TC M2M을 Smart M2M으로 변경하여, ETSI TC M2M 릴리즈 2를 제공하고, 스마트 가전기기 등을 위한 통신 및 온톨로지 관련 표준들, ETSI M2M 상호 운용 스펙 등을 작업 중



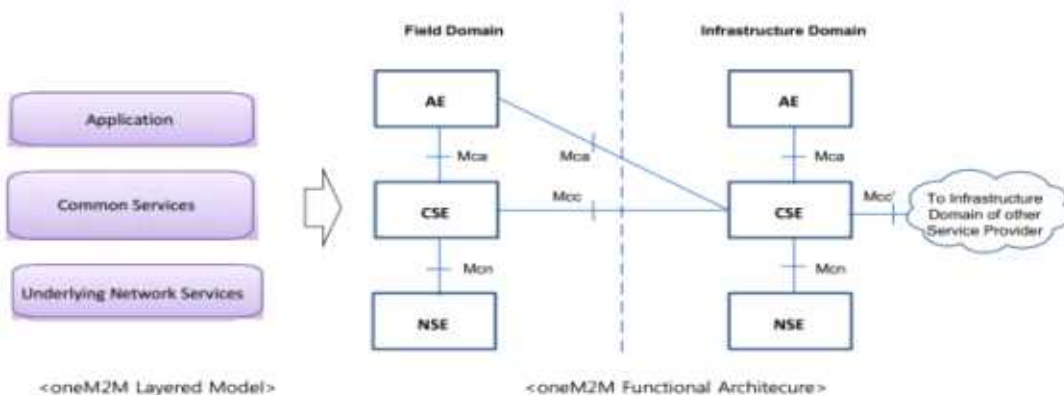
< ETSI M2M 개요(ETSI TC M2M) >



- 2014년 7월 EC(유럽 위원회)와 ETSI간 사물인터넷 관련 합동 워크샵을 진행하였으며, 유럽의 사물인터넷 관련 표준 작업을 ETSI 중심으로 진행하는 것에 대해서 논의. 현재 사물인터넷 표준을 개발하고 있는 ITU-T, ISO/IEC 등과의 조율작업에 대한 필요성도 인식하고 있으며, 유스케이스로는 자동차, 홈, 시티, 에너지 등의 분야에 대한 표준을 고려하고 있다. 유럽에서는 IERC(사물인터넷 관리 유럽 클러스터)를 통해서 다양한 사물인터넷 관련 다양한 프로젝트를 진행해왔으며, IoT-A 프로젝트를 통해서 사물인터넷 구조 명세를 진행함
- 이러한 기술적 결과물에 대한 표준 작업을 진행하려고 하고 있으며, ETSI 가 그 유력한 표준 기구
- oneM2M은 M2M/IoT 서비스 플랫폼 표준 개발을 위해 한국의 TTA를 비롯해 ETSI(유럽), TTA(미국), ATIS(미국), ARIB(일본), TTC(일본), CCSA(중국) 등 7개 세계 주요 표준화기관이 공동으로 설립한 글로벌 표준화 기구로서, 올해 8월 릴리즈 후보 1.0(코드명은 어버진(Aubergine))을 릴리즈. 승인된 어버진은 요구사항, 아키텍처, 프로토콜, 보안기술, 단말관리 및 시맨틱 추상 기술에 관련된 9개 규격을 패키지화해 토털 솔루션을 제공하는 표준 집합으로서, 아직 구현에 필요한 모든 내용을 담고 있지는 못한 상황임.
- 다음은 현재 작업되고 있는 아이템들과 리딩 그룹임

WI	TS / TR	Name	WG	Rapporteur
0001	TR 0001	oneM2M Use Case collection	1	Cisco
0001	TS 0002	M2M Requirements	1	Huawei
0002	TR 0002	Part 1: Analysis of the architectures proposed for consideration by oneM2M	2	Teleoix
0002	TR 0003	Part 2 Study for the merging of architectures proposed for consideration by oneM2M	2	InterDigital
0002	TS 0001	M2M Architecture	2	ZTE, Ericsson
0003	TR 0004	Definitions and Acronyms	1	Telekom
0003	TR 0005	Roles and Focus Areas	1	Qualcomm
0004	TR 0006	Study of Management Capability Enablement Technologies for Consideration by oneM2M	5	Huawei
0005	TR 0007	oneM2M Abstraction and Semantics Capability Enablement	5	NEC
0006	TR 0010	oneM2M Device / Gateway Classification	2	LGE
0007	TR 0008	Analysis of Security Solutions for the oneM2M System	4	Giesecke & Devrient
0007	TS 0003	oneM2M Security Solutions	4	Giesecke & Devrient
0008	TR 0009	oneM2M Protocol Analysis	3	Teleoix
0009	TS 0004	oneM2M Protocol Technical Specification	3	Fujitsu
0010	TS 0005	oneM2M Management Enablement (OMA)	5	LGE, Huawei
0010	TS 0006	oneM2M Management Enablement (BBF)	5	ALU
0011	TS 0007	oneM2M Service Components	2	ALU
0012	TS 0008	CoAP Protocol Binding Technical Specification	3	LGE
0013	TS 0009	HTTP Protocol Binding Technical Specification	3	LGE
0014	TS 0010	MQTT Protocol Binding Technical Specification	3	IBM
0014	TR 0011	MQTT Protocol Interworking Study	2, 3	IBM
0015	TR 0001V2	Use Case Technical Report	1	Cisco

< oneM2M 작업 아이템(oneM2M) >



< oneM2M 기능 구조(from oneM2M) >

- AllSeen얼라이언스는 AllJoyn 오픈 프로젝트에 대한 기업들 간 협력체로서 스마트 디바이스들 간 통신할 수 있는 프레임워크와 라이브러리를 제공하는 것을 목적으로 함. 개발된 프레임워크 표준은 AllSeen 얼라이언스를 통해서 다수의 기업이 개발하여, 제품 확산을 추진하고 있으며 다양한 SDK를 제공하고 있어, 윈도우, 리눅스 안드로이드 기반의 다양한 스마트 사물 통신을 구현할 수 있도록 지원. 현재 우리나라에서는 LG 등이 참여
- OIC(Open Interconnect Consortium)의 경우, 국내 삼성이 참여하고 있는 얼라이언스로 사물연결을 위한 표준을 제정하고, 이와 관련한 인증 프로그램을 추진하고 있음. 이외에 구글, ARM, Nest가 참여하는 사물인터넷 통신 프로토콜 개발을 목적으로 하는 Thread Group이 2014년 발족되었으며, Eclipse에서도 오픈 소스를 통한 사물인터넷 관련 표준 작업을 진행중

o 농작물의 생육 데이터 명세

- 동아시아(한중일) 관련 기관들에서 아시아 표준을 제정하기 위한 요구사항이 있지만, 아직까지 구체적으로 제안된 표준은 없음

o 농산물 생산 상태 모니터링 요구사항

- 국외에서 인공위성 영상을 이용하여 농업 생산량 예측을 위한 농산물 생산 모니터링 분야는 활발히 연구 프로젝트들이 수행되어 왔으나 각 지역별 특성이 다양하여 공식적인 국제표준화가 이뤄진 사례는 아직 없음

o 농산분야 재해 예방을 위한 ICT 요구사항

- ISO/TC 223: ISO 산하 재난관리기술위원회로 2006년부터 국제재난관리 표준의 제정을 위해 활동
- ITU-T에 재난구조체계, 네트워크복구 포커스그룹 (FG-DR&NRR: Focus Group on Disaster Relief Systems, Network Resilience and Recovery) 조직되어 활동 중
- ITU-T SG13, SG16 등의 비상통신서비스 표준제정-ITU-R RA(Radio Assembly, 전파통신 총회): 2007년 10월 ‘재난 응답 및 구조에서의 전파통신의 사용’ 신규 결의
- 미국의 NFPA 1600: 1600은 ‘재난관리 및 응급관리 체제와 사업연속성 확보 체제의 표준’으로서 공공부문과 민간부문을 포함한 모든 단체의 산업표준이며 미국 국가표준
- 영국의 BS 25999 코드: 2006년 11월 국제 재난관리 표준규격으로 제시

구분	표준번호	주요내용	개발연도
ITU-T	H.248.81	Gateway control protocol: Guidelines on the use of the international emergency preference scheme (IEPS) call indicator and priority indicator in ITU-T H.248 profiles	2011
	Y.1271	Framework(s) on network requirements and capabilities to support emergency telecommunications over evolving circuit-switched and packet-switched networks	2004
	Y.2205	Next Generation Networks - Emergency telecommunications - Technical considerations	2011

	Y.2705	Minimum security requirements for the interconnection of the Emergency Telecommunications Service (ETS)	2013
ISO/T C 223	ISO 22320	Emergency management - Requirements for command and control	2011
	ISO 22322	Emergency management - Guidelines for public warning	2015
	ISO/TR 22351	Emergency management - Message structure for exchange of information	진행중
	ISO 22311	Video surveillance - Export interoperability	2012

o 시설환경, 노지 분야의 원격 모니터링 및 제어

- IEEE C37.1-2007, IEEE 999-1992 등 SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)에 관련된 산업분야의 원격감시 기술의 표준은 제정되어 있으나 농업IT분야의 원격감시 국제표준은 아직 제정되지 않았음
- IEEE 802.15.4에서 네트워크 및 보안계층, 네트워크 토폴로지를 확장한 ZigBee 기술의 응용분야로 장비 및 주요자산에 대한 관리(원격모니터링)가 포함되어 있음

구분	표준번호	주요내용	개발연도
IEEE	IEEE C37.1-2007	IEEE Standard for SCADA and Automation Systems	2007
	IEEE 999-1992	IEEE Recommended Practice for Master/Remote Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Communications	1992
	IEEE 802.15.4	Low Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)	2003

o ICT기반 시설원에 통합 에너지 관리 기술표준

- EU 의 회원국들이 공동의 연구 주제에 대해 컨소시엄을 구성하여 진행하는 ERA-Net 분야중에 식품, 농업, 수산업 분야인 FP7-ERANET 인 ICT-AGRI에서 관련 연구를 수행중임

o 서비스 유스케이스 및 프레임워크

- 지난 2012년부터 ITU-T SG13에서 스마트농업 참조모델에 대한 표준(Y.ufn) 개발 작업에 착수하였으며, 2015년 6월 Y.2238로 국제표준이 승인됨
- 또한, 2015년 4월 ITU-T SG13에 스마트농업 생산과정에서의 기능 모델 및 요구사항을 다루는 표준화 과제(Y.psf)와, 스마트농업 유통 과정에서의 기능 모델 및 요구사항을 다루는 표준화 과제(Y.pops)를 제안하여 채택됨

구분	표준번호	주요내용	개발연도
ITU-T SG13	Y.2238 (Y.ufn)	네트워크를 통해 접근함으로써 효율과 품질을 개선할 수 있도록 한 스마트농업 참조모델 및 요구사항	2015
	Y.psf	스마트농업 생산 과정에서의 기능 모델 및 요구사항	진행중
	Y.pops	스마트농업 유통 과정에서의 기능 모델 및 요구사항	진행중

--	--	--	--

○ 시설원예 서비스 인프라 및 통신 구조

- ITU-T SG13 Question 1/13에서는 네트워크에 기반한 유비쿼터스 식물 작물에 관한 서비스 모델 및 시나리오를 담당하고 있음. 이 문서에서는 유무선 및 방송 융합 광대역 통신 망을 통한 멀티미디어 서비스, 사물 통신, 주소 식별체계, 센서 인터페이스, 무선 접속 기술, 응용 서비스 기술, 망관리 기술 등을 포함한 시나리오 및 서비스 모델을 표준화 하고 있음

구분	표준번호	주요내용	개발연도
ITU-T SG13	Y.ufn	- 네트워크에 기반한 유비쿼터스 식물 농장 개요 - 유비쿼터스 식물 농장에 관한 서비스 모델 및 요구사항 - U-farm 분야 use cases	2015
	Y.pops	- Postproduction service of Smart Farming on the network	진행중
	Y.psf	- Functional model for production service of Smart Farming	진행중

3. 연구개발의 중요성

가. 기술적 측면

- 클라우드 기반 노지 스마트팜 모델 확산으로 S/W 및 H/W 기술 발전 기반 마련
  - 한국형 노지 스마트팜 모델 개발을 위한 클라우드 기반의 빅데이터 영농 환경의 조성을 통해 국가 필수 산업인 농업 분야의 생산-가공-유통-판매에 이르는 전체 가치사슬을 클라우드를 통해 연계 가능
  - 클라우드를 통해 연결되는 농업 시스템은 산업 전반의 요소 기술 및 관련 기업들의 융합을 가능하게 하여 산업 전반에 걸친 S/W 및 H/W 기술 발전에 기여할 수 있음
  - 특히, 노지 스마트팜 클라우드 시스템의 경우 IoT 기반 개방형 시스템이기 때문에 통신 및 저전력 기술 등 IoT 분야의 기술 혁신의 토대를 제공함
  - 중소기업의 관점에서는 개별 기업이 서비스를 위한 서버운영 및 어플리케이션에 할당해야 할 비용을 클라우드 시스템 사용을 통해 대폭 절감할 수 있어 중소기업들은 고유의 원천기술 개발에만 집중할 수 있음
- 2세대 스마트팜에서의 생육모델이 생산성 증대로 연결되기 위해서는 본 과제에서 개발하는 토양정보 수집 및 분석기능이 중요한 기술임. 또한 저가형 센서 제품과 한국형 노지 스마트팜 모듈화 및 플랫폼화 기술은 향후 글로벌 수출을 위한 3세대 스마트팜을 이루는데 중요한 역할을 할 수 있음

- 중소규모 농가의 스마트팜 접근성을 높일 수 있는 저가형 센서 기술 확보
  - 토양수분센서의 경우 완제품의 경우 100만원을 넘어 중소규모 농가에서는 도입이 쉽지 않은 문제를 신소재 기술을 이용한 저가형 센서 기술 개발로 해결할 수 있음
  - 또한 저가형 센서 기술의 국산화로 국내 산업의 발전에 기여할 수 있으며 이 기술을 이용하는 기업들은 낮은 가격과 로열티를 통해 해외 시장에서 경쟁력을 가질 수 있음
- 모듈형 제품 기술에 의해 스마트팜 장치의 시장 확대 및 표준화 견인
  - 본 과제에서 개발 예정인 모듈형 제품 컨셉은 다양한 종류의 센서와 통신인터페이스를 하나의 메인모듈에서 사용할 수 있도록 하여 스마트팜 장치의 시장 확대를 용이하게 함
  - 또한 메인모듈을 기준으로 센서모듈과 통신모듈이 결합되어야 하기 때문에 각 모듈별 표준화가 가능하며 표준화를 통한 산업 전반에 걸친 스마트팜 장치 시장이 활성화될 수 있음

개발 단계	1세대	2세대	3세대	
지향 목표	편이성 향상	생산성 증대	글로벌 수출	
핵심 기술	인터넷 연결 원격 감시 간편 제어	생체 계측 생육 모델 지능 제어	한국형 모델 모듈, 플랫폼 글로벌 표준	
적용 분야	노지	정밀농업, 스마트농기계, 작황·재해 관측 RS		
	원예	한국형 스마트 온실, 스마트 저장·가공·유통		
	축산	중소규모 스마트 축사 모델, 지능형 방역시스템		
기반 기술	환경계측, IoT, 모듈화·시스템화·산업화 기술			
인프라	통신·클라우드 인프라, 테스트 베드, 법·제도			
적용 범위	생산	소비	유통	농촌

〈ICT 융합 한국형 스마트팜 개발 전략 (농촌진흥청)〉

나. 경제 산업적 측면

- 중소규모 농가에 대한 스마트팜 모델 확산 발판 마련
  - 중소형 시설온실을 대상으로 한 클라우드 기반 노지 스마트팜 시스템을 통하여 농가의 대부분을 차지하는 소농·영세농을 위한 생산자원을 최적 관리함으로써 세계 최고 수준의 농업·ICT 기술 지원을 통한 산업화 및 농업 경쟁력을 강화.
- 노지 스마트팜 활용 농가 수익 향상 효과
  - 시설원예 분야에서는 스마트팜 도입농가의 생산량 증가 및 품질향상, 노동력 절감 등 효과 확인
  - 경제적 효과 분석결과( '15.11, 서울대) : 생산량 25%, 품질 12% 향상 및 고용 노동비 9.5% 절감 → 농가 총수입 31% 향상
  - 본 연구를 통해 개발된 노지 스마트팜 모델의 확산으로 농가의 생산성 및 수익향상을 기대할 수 있음

- 농업 인적자원 기반과 관련한 농가 고령화에 선제적인 대응 가능
  - 스마트팜을 도입한 농가의 노동시간은 도입 전과 비교하여 37.5% 감소한 것으로 나타남.
  - 단위시간당 생산량으로 확산한 노동생산성으로 비교 시 도입 전과 비교하여 2배 이상 (121.3%)가 향상된 것으로 조사됨
- 스마트팜 성공사례로 타 품목 확대 기반 마련
  - 본 연구를 통해 한국형 노지 스마트팜 모델이 개발·보급·확산되면 이러한 사례를 기반으로 노지 발작물 외에도 토경 온실, 과수 분야에도 빠르게 응용·확산이 가능해짐
  - 기존 정부의 많은 예산이 투입되어 육성되고 있는 통합마케팅조직(연합사업단, 조합공동사업법인, 광역유통주체 등)와의 수요자 창출 연계로 효율성 확대
  - 이러한 성공사례 창출은 노지 작물 전반에 걸쳐 확대되어 국내 농업 전반의 경쟁력이 강화될 것으로 기대됨

#### 다. 사회문화적 측면

- 귀농·귀촌 인구의 확대로 농촌 지역 활성화 기반 조성
  - 베이비부머 720만명이 은퇴에 직면하고 있으며, 귀농·귀촌 인구가 급증하고 있으나 ( '09: 4080호 => ' 13: 44,586), 농업기술에 대한 이해 부족으로 귀농 후 도시지역으로 복귀하는 사례도 다수 발생하고 있음
  - 스마트팜이 활성화되면 귀농 인구의 생산 편차를 최소화하여 소득을 조기에 안정화시킬 수 있어 중장기적으로 농촌지역 활성화에 기여할 수 있음
- 기후변화로 인한 수자원 부족 등의 토양 환경의 위기 대응 체계 기반 조성
  - 기후변화로 인한 사막화와 환경 위기는 전세계적인 인류의 문제로 당면하고 있어 해외의 어그테크분야에서는 수자원 관리 기술의 중요성이 매우 높음
  - 본 과제에서 개발하는 클라우드 시스템이 확산되어 전국 단위의 토양 환경 정보 수집하게 되면 국가 차원에서 수자원 모니터링이 가능해지고 효율적인 수자원 관리체계 구축의 토대가 될 수 있음

#### 라. 정부지원의 필요성

- 정부정책방향 부합 및 선제적 대응
  - 농가고령화가 심화되고 고부가가치 기술농업 확산을 위한 인프라가 구축됨에 따라 ‘과학기술기반 농업혁신전략’을 구축하는데 농업분야 정부정책 방향을 설정하고, 이에 대한 예산, 인적역량, R&D에 집중 투자
  - 하지만, 농업 R&D 확대와 더불어 과학기술 수준이 발전되고 있으나, 성과가 현장에서 충분히 발현되지 않고 있는 실정임
  - 본 연구를 통해 네덜란드와 같은 대표적인 ICT 우수국가의 글로벌 수준의 ‘한국형 스마트팜’ 개발로 생산성 제고 및 해외시장 확대 전략 현실화
- 기존 스마트팜 확산의 한계점 보완으로 현장 확산이 용이한 도입 시점 도래
  - 스마트팜 확산 지연의 이유 : 고가, A/S 어려움, 데이터 수집 어려움
  - 상기 사유로 스마트팜 확산이 지연됨에 따라 전체 시설농가 대비 0.9%, 재배면적 대비 1.4% 수준에 그치고 있음

- 또한, 스마트팜 농가의 활용 역량 한계로 성과 사례가 부족한 부분이 있어 수요자의 투자대비 효과가 불확신
- 현재 스마트팜은 도입 초기 시점으로 독자적인 모델이 구축되지 않아 핵심기술과 기자재에 대한 국산화와 표준화가 미흡함
- 본 연구를 통해 기자재, 소프트웨어 등 핵심기술을 국산화, 표준화하여 현장 적용이 용이하고 수요 창출, 관리가 용이한 한국형 스마트팜 모델 정립으로 공급 단가 현실화 필요

#### 4. 선행연구 내용 및 결과

##### 가. 이지팜

<산지유통센터(APC)를 위한 ERP 서비스 개발 및 보급>

- o 이지팜은 농업현장의 핵심 거점 조직인 산지유통센터(APC : Agricultural Products Processing Center)의 수매, 선별, 저장, 출하, 영업, 농가지원 등을 통합관리하는 솔루션으로 ez-APC ERP를 개발 보급 중임
- o 현재, 클라우드 기술을 적용한 SaaS 패키지로 전환 개발을 진행 중임

### ezfarm APC ERP 구축 MAP('16 현재)

- 전국 154개 시군 중 산지 정보시스템 관여시군 10.4%
- 400여 정부지원 APC중 15개소 구축 경험(3%)
- 정부지원 거점 APC 중 30%의 ERP 구축 경험
- 익스텐션 매니저, 공산공계 프로그램 확산 필요





<APC-ERP 기능모듈>



<출하조절 의사결정 대시보드 시스템>

<농업인(양돈)을 위한 생산경영관리프로그램 개발 및 보급>

- o 회사창업 때부터 Stand-Alone방식으로 보급하였던 농가용 프로그램을 Web기반 프로그램으로 재개발(2005년)하여 현재 845 양돈농가가 사용중이며, 매월 55,000원을 사용료로 납부 - 피그플랜(양돈생산경영관리프로그램)과 양돈장의 각종 IoT 기자재들을 통합하여 이기종 장비 연계 게이트웨어(미래부 지원 개발)를 통해 사양관리 데이터와 센싱데이터가 통합된 서비스를 진행중
- o 이외에도, 농가용 영농플랜(농가의 생산, 경영, 인증관리) 앱(안드로이드용), 소발정탐지관리 프로그램(웹, 앱) 등 농업인을 위한 프로그램을 개발 보급



### 연혁

- 1995년 서울대학교 농업정보체계실
- 1998년 ㈜이지팜 피그플랜 초기버전 개발
- 1999년 도드람 양돈조합 제휴 도드람플랜 개발
- 2000~2005년 피그플랜 PC버전 보급
- 2005년 피그플랜 웹서비스 개시

### 발전방향

- 홈페이지 리뉴얼로 사용자 맞춤형 홈페이지, 양돈관련 빅데이터 분석 서비스 제공
- 피그플랜 서비스 다각화로 ICT 생산성 분석, 질병연계생산성 분석, 리얼타임생산성 분석 제공

### 피그플랜 사용 농가 현황

가입년도	농가수	가입년도	농가수
2010년 이전	245	2013년	93
2011년	109	2014년	111
2012년	139	2015-16년	164
합계 : 843농가			





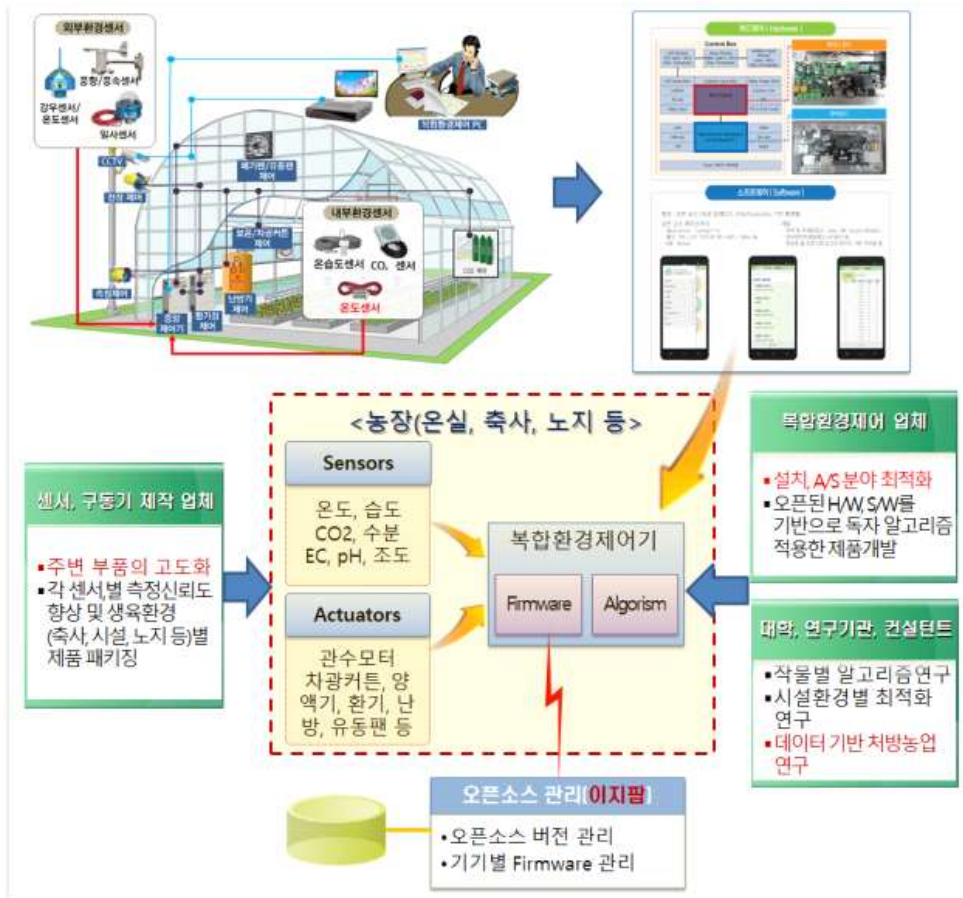
<양돈생산경영관리프로그램 모듈>



<피그플랜과 양돈 ICT 융합 시설장비와의 통합 서비스>

<오픈소스 기반 스마트팜 생태계 구축을 위한 연구>

- o 농식품부의 스마트팜 확산 정책에 맞추어 농촌진흥청의 “ICT기반 스마트온실 모니터링 및 제어기술개발” 과제를 수행중이며 이 과제의 결과로 오픈소스 기반 복합환경제어 플랫폼을 개발하여 복합환경제어기 업체들에게 기술이전 진행중임(2016.2.29., 2016 시설원예분야 ICT 융합산업화 포럼 1차회의)
- o 이지팜은 본 오픈소스 플랫폼의 개발회사로서 센서 및 구동기업체들의 각종 센서류, 액츄에이터류의 Firmware 버전관리, 하드웨어 개발을 지속적으로 수행하여 복합환경제어 업체들이 알고리즘 중심의 사업이진행되도록 협업체계를 구현하고 있음



- o 오픈소스기반 개방형 환경제어시스템 개발 및 상용화

- 개방형 플랫폼기반 환경제어시스템 H/W 개발
  - 환경제어기, 동력제어함, 파워서플라이, 환경측정센서, CCTV로 구성됨
  - 시설하우스의 재배환경인 온도와 습도, CO<sub>2</sub>, 풍향, 풍속, 일사, 감우를 측정하여 환기창, 보온재, 유동팬, 배기팬, 보일러, CO<sub>2</sub> 공급기 등 환경기기를 제어함
- 응용소프트웨어와 TTA part3 표준적용을 위한 라이브러리 개발
  - gosui : 웹기반의 사용자 인터페이스 개발
  - gos : 온실 운영 시스템 개발
  - gcg : 온실 통합 제어기 개발
  - node : 센서 및 제어노드 (설정파일)
  - ttap3\_base : TTA P3 메세지 구조를 처리할 수 있는 데이터 타입, 상수 및 함수를 정의한다.
  - ttap3\_util : libtp3 라이브러리에서 사용할 유틸리티 함수 및 관련 데이터 타입을 정의한다.
  - ttap3\_process : TTA P3 메세지 처리를 위한 콜백함수 관련 데이터 타입 및 함수를 정의한다.
  - ttap3\_gcg : 온실통합제어기에서 사용할 API를 정의한다.
  - ttap3\_gos : 온실운영시스템에서 사용할 API를 정의한다.
- o 개발된 오픈소스 기반 스마트 온실 복합환경제어 플랫폼을 복합환경제어기 개발업체들과의 공유
  - 연구개발의 목적이 단일 제품을 개발하는 것이 아니라 공개플랫폼을 개발하여 여러 제어기 회사들이 도입하여 자사제품으로 업그레이드 활용할 수 있는 생태계를 만드는 것임
  - 이를 위해 2016.2.29. 농촌진흥청에서 “2016 시설원예분야 ICT융합산업화 포럼 1차회의”를 개최하여 복합환경제어기 개발사들에게 제품설명회를 개최

#### <스마트팜 농가 데이터 수집 및 모니터링 시스템 구축>

- o 경기도농업기술원 구축용역으로 스마트팜농가들의 데이터를 실시간 Agent로 수집하고 이를 모니터링 가능한 시스템 구축



〈경기도농업기술원 “빅데이터 기반 경기농식품 ICT 생육모델링 및 지원시스템 구축”〉

나. 유선헤스트루먼트

〈태양복사 관측기술과 검교정기술 개발〉

- o 2014년10월~2017년9월 기상씨앗과제로 전천일사센서, 직달일사센서와 태양추적장치개발이 목적인
- 기상장비 국산화 개발사업으로 강릉원주대와 함께 장치를 개발하여, 현재 필드에서 시험중 임



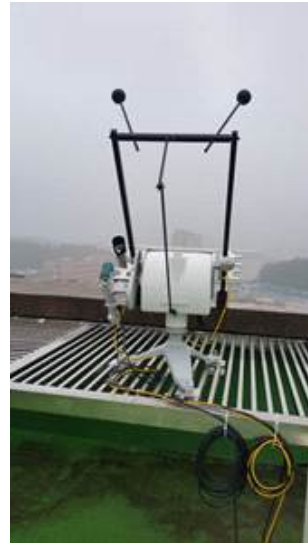
〈전천일사센서〉



〈직달일사센서〉



<전천일사센서 필드시험>

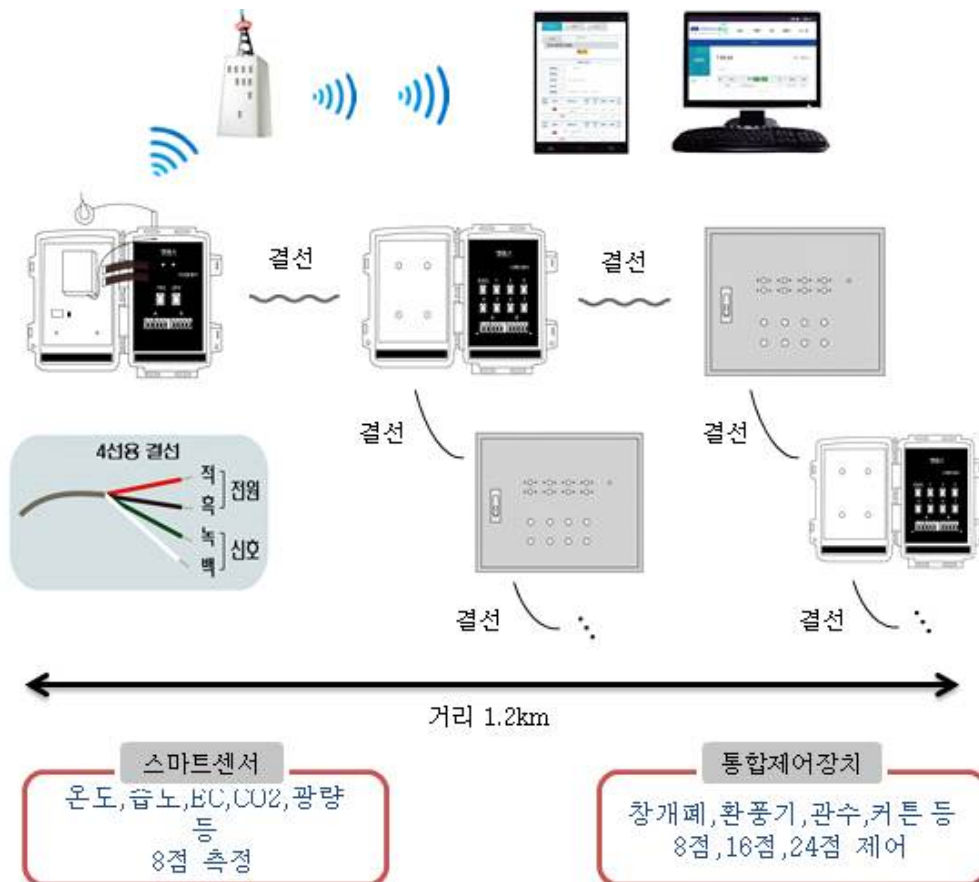


<개발 태양추적장치의 필드시험>

<농작물 성장환경 모니터링 센서 및 제어기 범용 통합 장치 개발>

o 2014년6월~2016년5월 ipet 지정공모과제 수행

- 시설재배 농가용 게이트웨이, 각종 센서노드 및 온실제어장치 개발하여 현재 10여곳 이상의 현장적용 실증시험 하고 있음



<스마트팜 시스템구성>

o 센서종류

- 당사의 판매 센서류는 약 30종으로 시설농가 및 노지에서 사용하는 대표적 센서종류는 다음과 같음

▶ 온도·습도 센서



Model: UE-H100  
 측정범위: -20 ~ 80°C, ±0.3°C  
 0 ~ 100%RH, ±2%  
 센서선: 5m  
 장치부: 25(W) x 18(D) x 40(H)mm

▶ 토양장력센서 (토양 수분)



Model: UE-8028  
 측정범위: 0 ~ -100kPa  
 센서선리: 30,50cm  
 장치부: Ø18 x 80mm  
 센서선: 5~10m

▶ 엽수분 센서 (결로 센서)



Model: UE-8420  
 측정범위: 0(Dry) ~ 15(Wet), ±5  
 전기저항 방식  
 센서선: 10m

▶ CO2 센서



Model: UE-418  
 측정범위: 0 ~ 2000ppm  
 측정방식: NDIR  
 인 피: DC5V, 300mA  
 센서선: 5m

▶ pH 센서



Model: UE-PH10  
 측정범위: 0 ~ 14pH, ±0.2  
 센서선: 5m  
 장치부: Ø10 x 22mm

▶ EC 센서



Model: UE-401  
 측정범위: 0 ~ 10ms/cm  
 센서선: 5 ~ 10m  
 사이즈: Ø12 x 115mm

▶ 광량 센서



Model: UE-150  
 측정범위: 0 ~ 2000umol  
 센서선: 5m  
 정밀도: ±5%

▶ 일사량 센서



Model: UE-150  
 측정범위: 0 ~ 2,500watt/m²  
 센서선: 5m  
 정밀도: ±5%

▶ 강우량 센서



Model: UE-7852  
 측정범위: Daily 0 ~ 900mm  
 정밀도: 0.2mm  
 센서선: 10m

▶ 풍향 풍속 센서



Model: UE-8410  
 측정범위: 풍향 0 ~ 360° ±7°  
 풍속 1 ~ 87m/s ±5%  
 센서선: 10m  
 전기저항 방식

▶ 지온 센서



Model: UE-T100  
 측정범위: -20 ~ 70°C, ±0.3°C  
 센서선: 7 ~ 10m  
 장치부: 스텐레스 스텐  
 사이즈: Ø5 x 41mm

▶ 배지 수분 함량)



Model: UE-M05  
 측정범위: 0 ~ 52%VWC  
 장치부: 5mm  
 센서선: 5m

- 온도.습도센서, 토양수분센서, CO2센서, EC센서,pH센서,지온센서,광량센서,일사량센서,풍향.풍속센서, 엽면수분센서, 수분함량 센서 등이 있음

o 각 제품별 내용

▶ 센서인터페이스



- 각종센서의 자동인식으로 센서설정등 불필요
- 하나의 센서장치로 온도/습도등 8종류 센서류 사용
- 병예찰 및 자동관수 등 센서에 의한 판단 및 제어
- 센서장치는 수백M의 임의의 장소에 설치가능
- 센서 연결부는 탈착식의 커넥터로 볼트조임이 불필요
- 색깔로 구별된 4가닥 전선 사용으로 손쉬운 결선
- 4선 전선은 색깔로 구별된 단자에 삽입만으로 간단히 조립해결
- 별도의 전원장치 불필요
- 콤팩트한 방수형 케이스
- 케이스는 U볼트 사용으로 파이프등에 취부가 간편

▶ 게이트웨이



- 인터넷이 없는 곳에서 사용가능
- 무선중계기 1대와 다수의 장치간 상호연결 사용
- 스마트폰과 통신으로, 통합제어장치의 원격제어 및 현장의 현황 확인
- 서버장치와 통신을 하여, 일괄 데이터 저장 및 분석가능
- 전원 단락시 경보 전송 및 침입 감지기능 등
- LED로 동작상태 표시
- 사용전원 : DC12V/5A 아답터
- 콤팩트한 방수형 케이스
- U볼트 사용으로 간단히 파이프등에 취부함

▶ 제어장치 (제품별 8구/16구/24구)



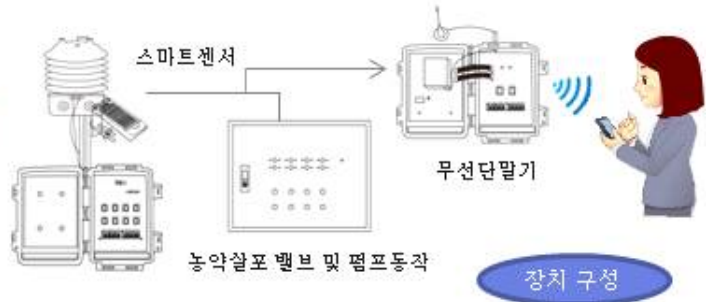
- 원격/정지/현장의 기능모드 선택에 의한 동작
- 원격기능 : 스마트폰에 의한 동작
- 현장기능 : 수동에 의한 스위치 조작 동작
- \* 스위치는 열림-중지-닫힘 과 같이 2단 동작을 함
- 정지 기능 : 제어동작 정지
- 개폐기 기준으로 8구,16구,24구의 장치가 있음
- 온실의 각종 제어 및 평균제어 가능
- 관수제어 및 수막제어 밸브와 펌프동작 기능
- \* 관수점이 다수의 경우 별도의 관수컨트롤러 사용 할수 있음
- 기존 온실컨트롤러와 접속가능 (\*인터페이스 유니트만 추가가능)

o 개발 장치의 응용사례

▶ 병예찰



- 인터넷이 없는 곳에서 사용가능
- 무선중계기 1대와 다수의 장치간 상호연결 사용
- 스마트폰과 통신으로, 통합제어장치의 원격제어 및 현장의 현황 확인
- 서버장치와 통신을 하여, 일괄 데이터 저장 및 분석가능
- 전원 단락시 경보 전송 및 침입 감지기능 등
- LED로 동작상태 표시
- 사용전원 : DC12V/5A 아답터
- 컴팩트한 방수형 케이스
- U볼트 사용으로 간단히 파이프등에 취부함



- 딸기작물의 탄저병, 잿빛곰팡이병, 총채벌래의 병해충 방제시스템으로 사용중
- 현재 논산딸기시험장에서 향후 농가보급사업으로 시험장관리하의 다수의 농가에서 3년간 실증시험 해오고 있음 . 적용율 90% 이상

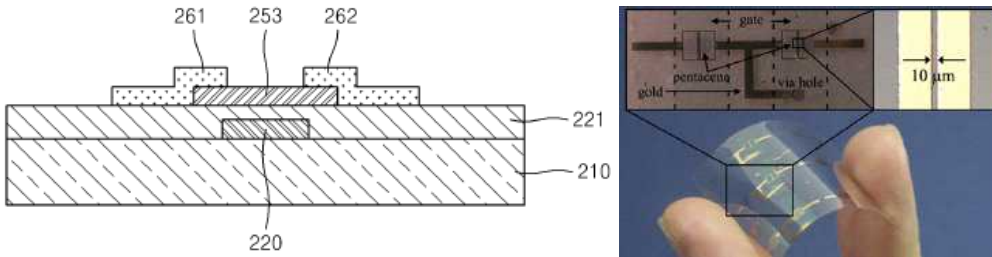
o 실증 농가현장



다. 한밭대학교

<저가형 전자소자 제작 방법 개발>

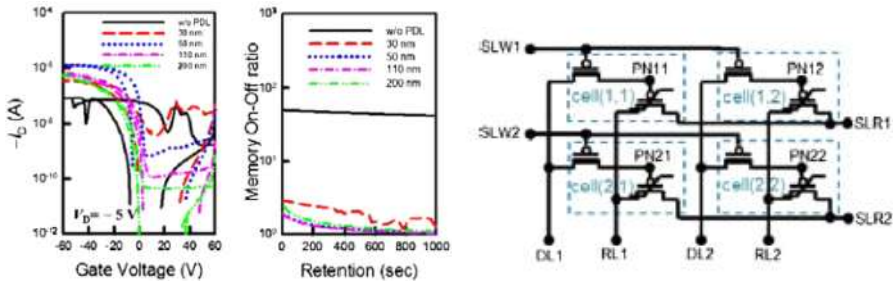
- 한밭대학교의 연구 책임자는 저가형 전자 소자의 핵심 개발 방법인 유기물 패턴 방법에 관한 국내외 특허(US 8,778,600 B2, 10-2010-0002377)의 개발자이고 이와 연관된 다수의 SCI급 논문(약 10편)을 출판한 경험을 가지고 있음
- 저가의 생산 공정으로 반도체의 고해상도 패턴을 가능케 하는 기술을 개발한 것이 핵심 내용으로 디스플레이를 비롯한 유연전자소자의 공정에 적용될 수 있는 기술임



<저가 생산 공정을 이용한 전자 소자의 단면과 제작된 유연 전자소자 >

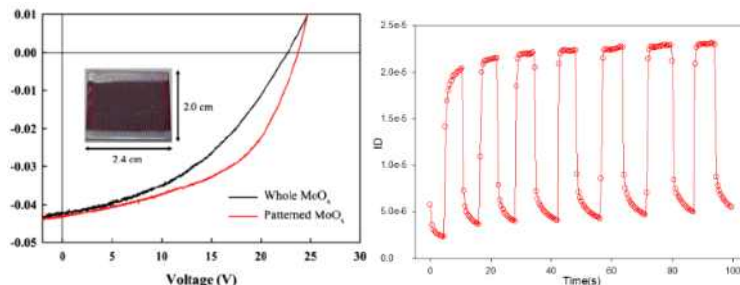
<저가형 전자소자의 성능 향상 방법 개발>

- 한밭대학교의 연구 책임자는 저가형 전자 소자의 문제점을 개선할 수 있는 소재 및 회로 기술을 개발하여 이와 연관된 다수의 SCI급 논문(약 10편)을 출판한 경험을 가지고 있음
- 전자 소재부터 트랜지스터 구현, 회로 형성 까지 소자를 저가 공정으로 생산하고 이러한 소자의 성능 향상을 위한 종합적인 방법을 개발하였음



<저가 생산 공정으로 제작된 전자 소자의 성능 향상을 위한 트랜지스터, 회로, 태양전지 성능향상 기술>

- 센서 응용을 위한 연구를 진행하였고 연관된 다수의 SCI급 논문(약 10편)을 출판한 경험을 가지고 있음



<저가 생산 공정으로 제작된 광반응 전자 소자의 특성>

기술	분류	논문지	연도	제목
----	----	-----	----	----



저가형 소자 제작 기술	SCI	O r g a n i c Electronics	2010	Complementary transfer-assisted patterning of high-resolution heterogeneous elements on plastic substrates for flexible electronics
	특허	US 8,778,600 B2	2014	METHOD OF MANUFACTURING HIGH RESOLUTION ORGANIC THIN FILM PATTERN
	SCI	O r g a n i c Electronics	2010	Thermal annealing effect on the crack development and the stability of 6,13-bis(triisopropylsilyl ethynyl)-pentacene field-effect transistors with a solution-processed polymer insulator
	SCI	Japanese Journal of Applied Physics	2011	Chemically Compatible Sacrificial Layer-Assisted Lift-Off Patterning Method for Fabrication of Organic Light-Emitting Displays
	SCI	Journal of Physics D: Applied Physics	2011	Chevron-type gate configuration of short channel top-contact organic thin-film transistors for large saturated drain current
	등재	Journal of Information Display	2011	Integration of solution-processed polymer thin-film transistors for reflective liquid crystal applications
	SCI	O r g a n i c Electronics	2012	Solution-processed low leakage organic field-effect transistors with self-pattern registration based on patterned dielectric barrier
	SCI	Applied Physics Letters	2013	Guided spreading and drying of 6,13-bis(triisopropylsilylethynyl)-pentacene solution on an inkjet-printed polymer insulator for the field-effect mobility enhancement
	SCI	Nanoscale Research Letters	2013	Array of solid-state dye-sensitized solar cells with micropatterned TiO <sub>2</sub> nanoparticles for a high-voltage power source
	SCIE	Journal of Nanoscience and Nanotechnology	2017	Roughness reduction of PVDF-TrFE insulator by reverse transfer printing for enhanced performance of ferroelectric organic memory transistors
저가형 고성능 자향상 기술	SCI	Semiconductor Science and Technology	2014	Concept of rewritable organic ferroelectric random access memory in two lateral transistors-in-one cell architecture
	SCIE	Mateirlas	2010	Effects of interfacial charge depletion in organic thin-film transistors with polymeric dielectrics on electrical stability
	SCIE	Journal of the Korean Physical Society	2011	Effect of thermo-gradient assisted solvent evaporation on enhancement of electrical properties of 6,13-bis(triisopropylsilylethynyl)-pentacene thin-film transistors
	SCI	Journal of Applied Physics	2011	Surface modification of a ferroelectric polymer insulator for low-voltage readable nonvolatile memory in an organic field-effect transistor
	SCI	O r g a n i c Electronics	2012	Control of interfacial charges of organic semiconductor by a surface polarized layer for high noise-margin inverters with full-swing capability
	SCI	Molecular Crystals and Liquid Crystals	2012	Bias Voltage Effect on Electrical Properties of N-type Polymeric Field Effect Transistors with Dual Gate Electrodes
	SCI	Semiconductor Science and Technology	2012	Solvent effect of the fibrillar morphology on the power conversion efficiency of a polymer photovoltaic cell in a diffusive heterojunction
	SCI	O r g a n i c Electronics	2013	Voltage-readable nonvolatile memory cell with programmable ferroelectric multistates in organic inverter configuration
	SCI	Liquid Crystals	2013	Tailoring and patterning of dielectric interfaces for the development of advanced organic field-effect transistors
	SCI	Japanese Journal of Applied Physics	2014	Effect of a Top Insulator on Turn-On Voltage in Organic Field-Effect Transistors with a Multilayer Insulator
	SCI	Optics Express	2014	Quasi-surface emission in vertical organic light-emitting transistors with network electrode
	SCI	Molecular Crystals and Liquid Crystals	2014	Ambipolar-Type Organic Field-Effect Transistor with Two Stacked Active Layers in Dual-Gate Configuration
	SCIE	E l e c t r o n i c Materials Letters	2015	Leakage current behavior in MIM capacitors and MISM organic capacitors with a thin AlO <sub>x</sub> insulator
	등재	Journal of Sensor Science and Technology	2015	Low-voltage OTFTs with polymeric High-k gate insulator on a flexible substrates“,
	SCIE	Journal of Micro-Nanolithography MEMS, and MOEMS	2016	Importance of surface modification of a micro-contact stamp for pattern fidelity of soluble organic semiconductors
	SCI	O r g a n i c Electronics	2015	Thermal stability of devices with molybdenum oxide doped organic semiconductors
	SCIE	Journal of Nanoscience and Nanotechnology	2016	Dynamic manipulation of Charged Lipids in Model Membrane for Mio-Microarrays
	SCIE	Journal of Nanoscience and Nanotechnology	2016	Dependence of Bias Stress on Hydrophobicity of Gate Insulator in Solution-Processed Organic Thin-Film Transistors
	SCIE	Journal of Nanoscience and	2017	Optically proved molecular alignment behavior of organic semiconductor and its application for organic transistor with

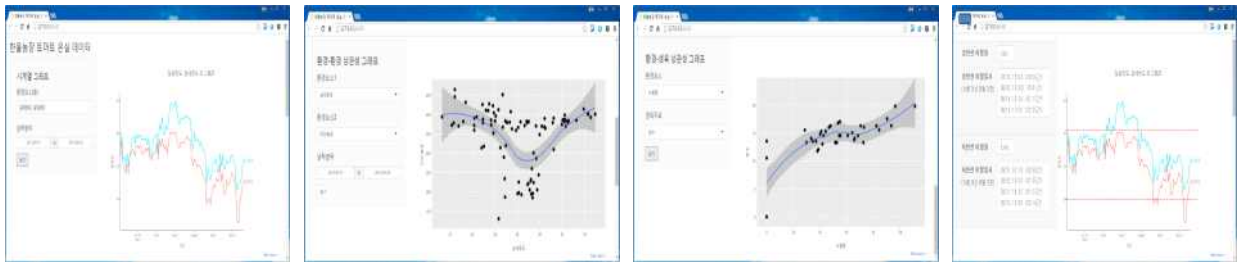
		Nanotechnology		improved electrical characteristic
	SCIE	Science of Advanced Materials	2017	Vapor pressure effect on electrical properties of solution-processed organic field-effect transistors

다. 서울대학교

<ICT 온실 스마트팜 데이터 수집 및 분석 (농촌진흥청 ICT 과제)>

o 시설원예 빅데이터 기반 컨설팅용 지원툴 개발

- ICT융합 시설온실에서 수집되는 환경/생육 데이터를 시각화하고 통계분석 결과를 제공하는 현장컨설팅용 지원 툴 개발



환경, 생육데이터의 시계열 그래프      환경, 데이터 간 산포도 그래프      환경-생육 데이터 간 산포도 그래프      환경요소 가이드라인 이탈 정보

- 개발 언어 R언어의 shiny 패키지를 이용하여 웹어플리케이션 형태로 제공될 수 있도록 하였고, 클라우드 DB서버 또는 외부 서버에 위치할 수 있으며 클라우드 DB로부터 데이터를 불러들여 시각화한 결과를 만든 후 웹어플리케이션을 통해 결과를 표출하도록 하였음



o ICT융합 모델 컨설팅 만족도 및 소득향상 측정모델 실증분석

- ICT 융합모델 농가 스마트팜 활용도, 만족도 및 소득분석 결과 토마토 농가는 영농경력이 짧고, 규모가 상대적으로 작은 농가에서 타농가 추천 및 시설 확대 의향이 높게 나타남
- 스마트팜 활용에 따른 성과를 성향점수매칭 방법으로 분석한 결과 생산량 증가 지표는 유의하지 않지만, 조수입 증가 지표, 소득 증가액의 경우 고효용 그룹이 저효용 그룹에 비해 높게 나타났음

o ICT기반의 최적 환경설정관리 및 컨설팅 지원 매뉴얼 개발

- 1차년도 개발된 생육측정 매뉴얼을 컨설팅 지원 매뉴얼에 적용하여 작목별 최적 환경설정관리 가이드라인 매뉴얼 개발하여 시설 이용 농장의 최적화된 생육 조건을 찾을 수 있는 조건을 제시함



○ 온실 내 CO<sub>2</sub> 농도에 따른 토마토 생육 분석

- 온실 내 이산화탄소 농도 및 생육 데이터를 활용한 예측 모델 개발로 영양생장 및 생식 생장은 유의하게 증가하는 관계를 나타내었으나, 초장, 엽수, 경건물중, 엽건물중은 유의한 관계를 보이지 않음

<농·축산물 생산, 수입, 수확, 저장, 가공, 소비 각 단계별 예측 알고리즘 (GS1)>

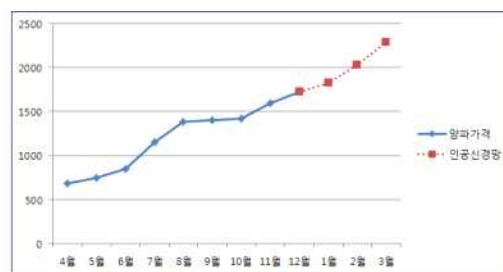
○ 대상 품목 선정 :

- 가격변동에 의한 리스크가 상대적으로 낮은 청과류에 대한 생산 및 가격 예측은 정책적, 실무적 중요도가 낮아 대상으로 선정하지 않음
- 대신 채소류 중 가격변동 리스크가 큰 조미채소류에 대한 품목을 확대하여 양파, 마늘, 건고추, 배추, 무를 대상 품목으로 선정하여 품목 수는 5품목으로 확대
- 육류에 대한 분석은 연구계획서에서와 같이 2차년도부터 수행 예정임
- 꾸러미의 경우 수요예측과 기획생산이 필요한 사업이 아니기 때문에 완주로컬푸드 5곳의 직거래 매장 판매데이터와 학교급식 입고 데이터를 이용한 분석으로 범위를 구체화하였고 1차년도에는 직거래매장, 2차년도에는 학교급식 데이터를 대상으로 함

○ 연구내용

○ 농축산물 공급사슬 단계별 예측 목적 정의 및 데이터 수집이 가능한 도매시장 유통단계의 예측에 초점을 맞춤

- 선행연구 수행을 통한 단계별, 방법론별 예측 기법 검토 후 예측알고리즘용 기법 선정
- 조미 채소류 월가격 예측 - 양파, 건고추, 마늘, 배추, 무



$$\ln P03 = 3.76 + 0.91 \cdot \ln O2 - 0.22 \cdot \ln y_{t-1}$$

(9.57)    (0.19)            (0.62)

P01: 3월 도매가격, P1: 2월 도매가격, y: 생산량  $R^2 = 0.865$

- 기후요인에 의한 주요산지 작황(단위면적당 생산량) 예측 및 품목별 주요 기후요인 선별
- 재배면적 추정을 통한 월 생산량 예측 및 시계열 모형을 이용한 미래 월평균 가격 예측
- 단기 예측 모델용 입력변수(작황 영향 기후요인, 재배면적, 미래시점 가격 트렌드) 정교화

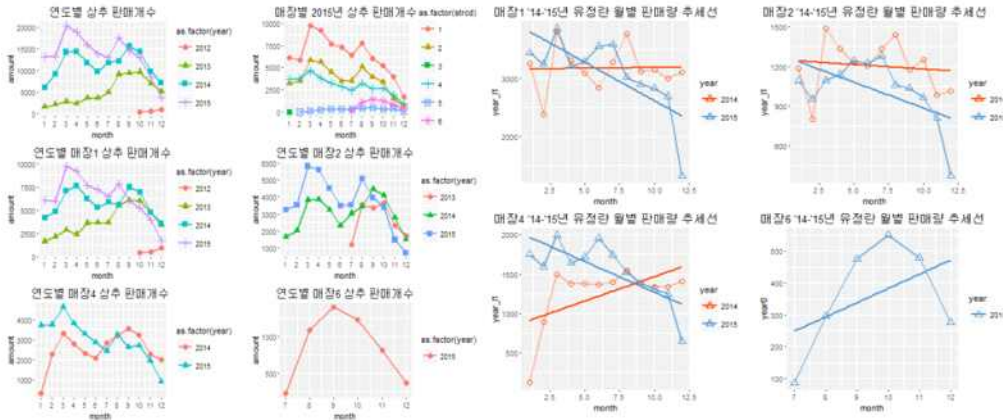
- 채소류 도매시장별 단기(2주) 입고량 및 가격 예측



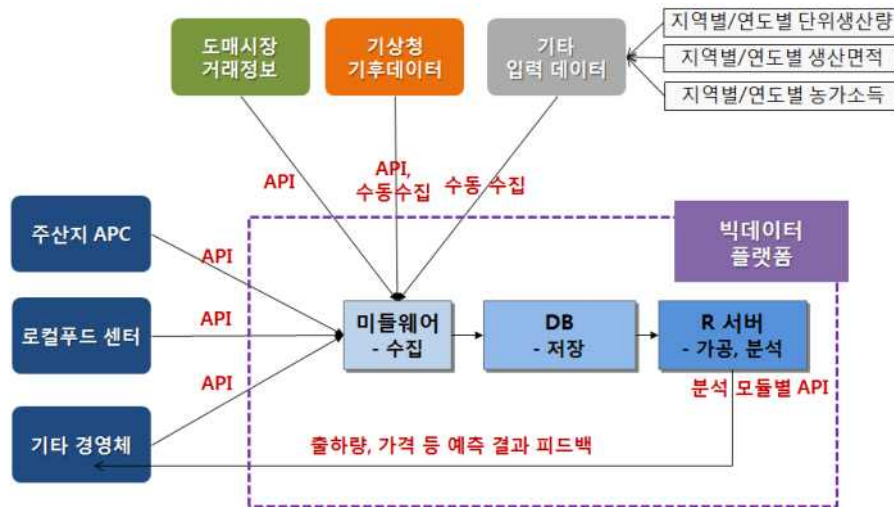
- 월가격 예측에서 선별된 입력 변수 기반 산지별 작황 및 재배면적 예측 모듈 구성
- 도매시장별 입고 산지 비율 정보를 이용한 입고량 예측 모듈 개발
- 각 예측 모듈간 가중치 조정 후 과거데이터 훈련을 통한 예측 성능 최적화
- 단기 가격 예측을 위한 영향요인(산지별 저장량, 수입물량, 입고당일 날씨 등) 검토

o 완주 로컬푸드 수요예측

매장번호	2012년 판매량	2013년 판매량	2014년 판매량	2015년 판매량	2012년 지수	2013년 지수	2014년 지수	2015년 지수
1	1,877	45,597	69,244	76,870	2.44	59.32	90.08	100
2	0	15,802	36,221	44,293	0	35.68	81.78	100
4	0	0	30,124	35,922	0	0	83.86	100
6	0	0	0	5,149	0	0	0	100



- 완주 로컬푸드 매장 판매 데이터 샘플 분석 및 기초통계량 산출
- 시기별 수요 예측 알고리즘 개발을 위한 현장 요구사항 구현
- 빅데이터 플랫폼 적용 검토



- ETRI에서 구축 예정인 빅데이터 플랫폼에서의 예측알고리즘 적용을 위한 업무협의 진행
- 빅데이터 플랫폼 DB와 R기반 예측알고리즘의 데이터 입출력 API 설계

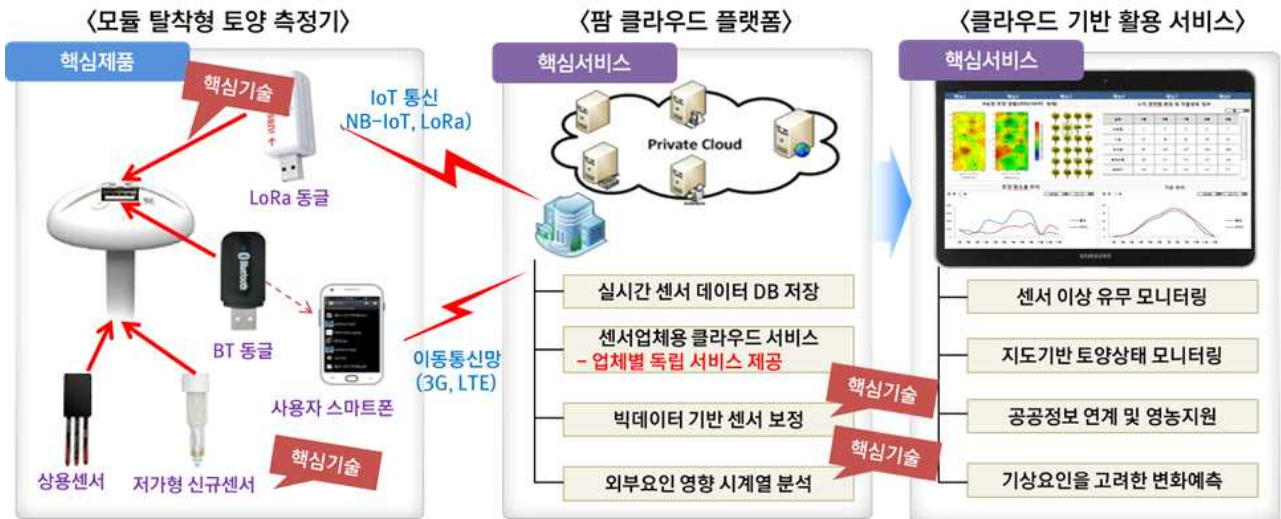
#### <분석 알고리즘 관련 논문 실적>

- Ik Hoon Jang, Young Chan Choe, “Infrequent Data Binning Method Improving Prediction Performance: The Case of Rice Productivity Prediction model”, International Journal of Software Engineering and Its Applications, 8(9), 69-180, 2014
- Kyeong Ah Ahn, Ik hoon Jang, Seo Youn Lee, Young Chan Choe. “Weighted sampling and forecast model using data of pig farming management system” Asia Life Sciences. supplement 12: 709-720
- Kyeong Ah Ahn, Won Hyuk Jung, Jin Young Byeon, and Young Chan Choe. “Analysis of Multi-climate Controller Data in Tomato Greenhouses.” International Journal of u-and e-Service, Science and Technology 8.7 (2015): 79-88.
- Sohyun Kim, Kuk Hyun Nam, Cheolho Song, and Youngchan Choe. “The Development and Evaluation of Onion and Cabbage Wholesale Price Forecasting Models.” International Journal of Software Engineering and Its Applications 9.8 (2015): 37-50.
- 남국현, 최영찬. “돼지고기 부위별 수요함수 추정 - 수도권 소비자를 중심으로” 농촌지도와 개발, 23(1) 2016.03) : 27-37
- 남국현, 최영찬. “양파 출하시기 도매가격 예측모형 연구”, 농촌지도와 개발. 22.4 (2015) : 423-434.
- 남국현, 최영찬. 한우와 수입산 쇠고기의 부위별 수요함수 추정, 농촌지도와 개발, 23(4) : 387-403.
- 문정훈, 장익훈, 최영찬, 김진교, & 박진 “빅데이터 기반 소비자 유형별 농식품 추천시스템 구축 사례.” 한국통신학회논문지 40.5 (2015): 903-913.
- 장익훈, 최영찬, Forecasting Agri-food Consumption Using Web Search Engine Indices, Journal of Research in Business and Management, 4(12)

## 2절. 연구개발의 목표 및 내용

### 1. 연구개발의 최종 목표

신소재 센서 개발과 블루투스/IoT통신에 의한 측정기 제품의 부가기능 최소화를 통해 저렴한 보급형 토양환경 측정기(휴대형,매립형)를 개발하고 이를 이용하는 클라우드 서비스를 구축함으로써 노지 농가들의 스마트팜 비즈니스 모델을 구현



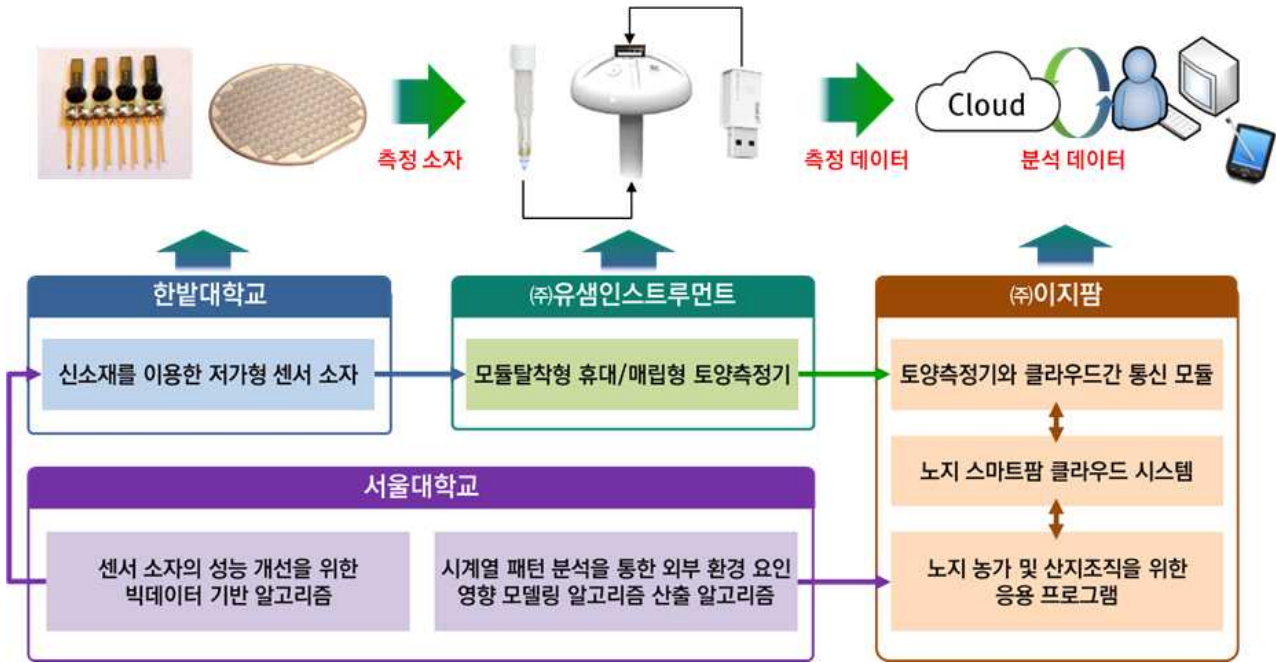
센서업체	센서 판매업체들의 애로사항인 "서버구축, 모바일/웹 응용 서비스 개발" 등의 비용을 클라우드로 획기적 비용 절감
농가	1천만원 이상 들어가는 센서네트워크 구축 비용을 통신일체형 측정기로 DIY가 가능한 저렴/신속 서비스 구현
생태계	신소재를 이용한 새로운 센서소자 개발로 센서 비용 절감, 작목반 단위의 품질관리 시스템을 통한 비즈니스 모델

〈본 과제의 최종 목표 달성을 위한 기술 개발 세부목표〉

- ① 신소재를 이용한 저가형 센서 소자 개발 (한밭대)
- ② 실시간 측정 데이터를 이용한 센서 성능 개선을 위한 빅데이터 기반 알고리즘 개발 (서울대)
- ③ 센서 데이터 시계열 패턴 분석을 통한 외부기상 요인 영향 모델링 알고리즘 개발(서울대)
- ④ 클라우드 연계 통신모듈 및 센서모듈 탈착형 휴대용/매립형 토양측정기 개발 (유샘)
- ⑤ 토양측정기와 클라우드간 통신 모듈 개발 (이지팜)
- ⑥ 도메인융합형 노지 스마트팜 클라우드 시스템 개발 (이지팜)
- ⑦ 노지 농가 및 산지조직을 위한 응용프로그램 개발 (이지팜)

#### □ 최종목표 달성을 위한 참여기관별 역할

- 각 참여기관별로 책임을 맡은 세부목표는 다음 페이지의 그림과 같으며 센서 소자에서부터 측정기, 통신인터페이스, 클라우드 시스템, 활용서비스를 위한 응용프로그램에 이르는 토털 솔루션을 구현함으로써 성공적인 제품화가 가능하도록 함
- 이와 같이 적절한 역할분담을 통해 주어진 연구기간 내에 목표 기술과 제품의 안정적인 개발을 통해 노지 스마트팜 모델의 성공사례 창출



〈최종목표 달성을 위한 참여기관별 역할〉

- 이지팜과 유셈인스트루먼트가 상호 협력하여 클라우드와 연계된 토양측정기를 개발
- 이지팜과 서울대는 토양측정기 데이터를 이용한 응용 알고리즘을 개발
- 한밭대는 신소재를 이용한 저가형 센서 소자를 개발하여 제품화된 클라우드 기반 토양측정기에 부착함으로써 매우 저렴한 토양측정기의 완성

□ 최종목표 달성을 위한 연차별 연구 내용

o 본 과제 of 최종목표 달성을 위한 각 참여기관의 연차별 연구 내용은 아래와 같음

	1차년도	2차년도	3차년도
<b>이지팜 (주관)</b>	<b>데이터연계 체계 및 Cloud DB 구축</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>노지스마트팜 클라우드 설계</li> <li>센서데이터 실시간 수집 체계 구축</li> <li>다중 무선통신용 데이터 로거 설계</li> <li>센서 모듈 탑재형 메인모듈 설계</li> <li>발작률 농가용 응용프로그램 개발</li> </ul>	<b>활용 어플리케이션 시제품 개발</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>노지스마트팜 클라우드 시스템 구축</li> <li>발작률 브로드 조작용 프로그램 개발</li> <li>다중 무선통신용 데이터 로거 시제품 개발 (LoRa, LTE-M, Wi-Fi, Bluetooth)</li> <li>메인모듈 시제품 개발 및 검증 테스트</li> </ul>	<b>분석 알고리즘 적용 및 서비스 안정화</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>노지스마트팜 클라우드 상용화</li> <li>산지용 통신 소비자를 통합 서비스 연계 개발</li> <li>다중 무선통신용 데이터 로거 상용화</li> <li>메인모듈 시제품 완성도 개선</li> </ul>
<b>유셈 (1협동)</b>	<b>기본 센서 활용 시제품 설계</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>모듈형 적용 가능 센서 검토</li> <li>센서 모듈 설계</li> <li>센서 모듈 탑재형 메인모듈 설계</li> </ul>	<b>시제품 개발 및 신규 센서 검증</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>센서 모듈 시제품 개발 및 테스트</li> <li>신규 센서 적용 센서 모듈 설계</li> </ul>	<b>제품 완성도 개선</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>신규 센서 적용 센서 모듈 시제품 개발</li> <li>센서 모듈 시제품 완성도 개선</li> </ul>
<b>한밭대 (2협동)</b>	<b>보급형 토양 수분 센서 소자 설계</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>저가형 수분 센서 선정 연구 검토</li> <li>수분 센서용 보급형 신소재 연구</li> <li>신소재 적용 수분 센서 설계</li> </ul>	<b>센서 소자 테스트 및 성능 개선</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>신소재 적용 센서 개발 및 Calibration</li> <li>센서 소자 성능 및 내구성 개선</li> <li>측정 장비 적용 시문서 검토</li> </ul>	<b>성능 안정화 및 제품화</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>센서 소자 성능 및 내구성 안정화</li> <li>측정 장비 적용 및 제품 완성도 개선</li> </ul>
<b>서울대 (3협동)</b>	<b>알고리즘 설계</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>센서 성능 개선 알고리즘 설계</li> <li>외부 기상 영향 시계열 알고리즘 설계</li> </ul>	<b>알고리즘 적용</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>센서 성능 개선 알고리즘 적용</li> <li>외부 기상 영향 시계열 알고리즘 적용</li> </ul>	<b>알고리즘 안정화</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>센서 성능 개선 알고리즘 안정화</li> <li>외부 기상 영향 시계열 알고리즘 안정화</li> </ul>

## 2. 연구개발의 세부 목표

### (1) 신소재를 이용한 저가형 센서 소자 개발 (한발대)

#### ○ 최종 목표

- 토양 수분을 흡수하여 전기신호로 전달하는 센서개발: 오차율 5%이하. TDR이나 FDR비교
- 토양 수분 조건별 측정 전기신호를 수분량으로 변환하도록 Calibration 지표 도출

#### ○ 주요기능

- 저가형 고분자 공정으로 제작된 센서로서 토양의 습도를 센싱하여 전기적으로 읽을 수 있도록 함

#### ○ 주요 성능치

- 저가형 고분자 공정으로 센서 개발
- 토양의 수분을 흡수하여 전기적 신호로 측정
- 측정된 전기적 신호를 수분량으로 변환하여 정확도  $\pm 5\%$ 를 달성함
- 현재 공인 인증된 토양 수분 센서의 측정방법이 존재하지 않으므로 정확도가 뛰어난 TDR이나 FDR 방식의 센서 값을 기준값으로 사용함

주요 성능지표	정의	성능목표치 근거
수분량 정확도	토양의 수분량을 측정	고가형 센싱 방식인 TDR이나 FDR의 경우 $\pm 2\%$ 가 가능함. 이에 근접한 정확도와 기존 저가형 센서의 정확도 $\pm 10\%$ 이상을 고려하여 설정.

#### - 성능치 개발 목표

성능 항목	단위	세계최고 수준	국내수준	최종 개발 목표
성능대비 경제성이 우수한 센서 개발	vol%(VWC, 체적 부피 수분 함수율)	<b>미국:Decagon Device</b> <모델:EC-5> 동작방식: -유전율방식(TRD로 부름) 정밀도- 수분 $\pm 3\%$ (체적함수율 단위), 해당EC 범위 0~8ds/m 이내 <가격>: 국내판매가 40만원대	미래센서 : 동작방식- FDR방식, 측정법-중량%로서, 본 연구개발의 센서방식(부피 수분(체적함수율 vol% )과 다름 정밀도 - 수분 $\pm 3\%$ ,	세계적으로 사용하고 있는 Decagon Device사의 EC-5제품과 경쟁을 목표로함 <정밀도> :< 5%(2~3%) <가격>: 20~30만원대 <내구성 및 신뢰성> 내구성:2~3년(사용자 및 환경에 따라



성능 항목	단위	세계최고 수준	국내수준	최종 개발 목표
		<p>&lt;내구성 및 신뢰성&gt;  -2년정도(사용에 따라 다름)  - 토성에 따른 측정값이 달라 토성별 calibration 필요하기 때문에 신뢰성은 40~50%정도</p> <p><b>영국: Delta T Device</b>  &lt;모델:SM-150&gt;  동작방식- FDR(체적함수율 단위)  정밀도- 수분±3%, 해당 EC범위는 명확하지 않음  &lt;가격&gt;: 국내판매가 100만원대  &lt;내구성 및 신뢰성&gt;  내구성: 2~3년  신뢰성:토성에 따른 측정값이 달라 토성별 calibration 필요함 40~50%정도</p> <p>&lt;모델:ML2&gt;  동작방식-TDR (체적함수율 표시)  정밀도-수분±1%, 해당 EC범위는 명확하지 않음  &lt;가격&gt;:국내 200만원대  내구성 및 신뢰성&gt;</p>	<p>해당 EC범위 0~8ds/m이내  가격: 80~150만원대  내구성: -1년정도에 따라 다름)내구성이 없음  -잘은고장에 따른 신뢰도가 낮음</p>	<p>다름)  신뢰성: 국내토성별 적용가능하게 함  별도의 특별한 calibration을 하지않음  신뢰성 50%이상 목표</p>

성능 항목	단위	세계최고 수준	국내수준	최종 개발 목표
		내구성: 3년정도 이후 calibration 필요하며, 토성에 따른 calibration 필요함 40~50% 정도		

○ 핵심 기술

- 저가 공정을 통한 수분 의존적 상태 변화 소재 개발
- 상태 변화 소재의 전기적 신호 변환 기술
- 저가형 수분 센서 제작 기술 개발

○ 적용범위

- 센서 유형 : 토양 수분 센서
- 센서 수요자 : 센서 개발 업체

○ 개발제품

- 신소재를 이용한 토양수분센서

(2) 실시간 측정 데이터를 이용한 센서 성능 개선을 위한 빅데이터 기반 알고리즘 개발 (서울대)

○ 주요기능

- 센서 데이터 시계열 패턴 학습 및 이상유무 판별
- 이상치 판별 데이터의 정상 범위 내 보정
- 이상치 발생 노드의 이상치 발생 패턴의 유형분류 및 정의

○ 주요 성능치

- 주요 성능치 정의

주요 성능지표	정의	성능목표치 근거
센서 측정값 이상치 판별율	정상 범위 밖으로 벗어나는 측정치를 이상치로 정확하게 인식하는 비율	일반적인 경우 통계적 유의수준이 95% 이상이면 신뢰할 수 있는 것으로 판단함
이상치 보정에 의한 센서 성능 개선도	(보정 알고리즘 적용 후의 센서 오차율) ÷ (보정 알고리즘 적용 후의 오차율)	상용 센서 오차율이 2%인 것을 고려하여 신규 센서 보정 오차율 목표를 2.5%로 선정
보정 알고리즘 응답속도	보정 알고리즘에 측정치 입력 후 출력값 도출까지 소요되는 시간	사용자가 딜레이를 느끼지 못하는 적절한 수준

- 성능치 개발 목표

성능 항목	단위	세계최고 수준	국내수준	최종 개발 목표
센서 측정값 이상치 판별율	%	동일 기술에 대한 공개된 검증치 없음	동일 기술에 대한 공개된 검증치 없음	95%
이상치 보정에 의한 센서 성능 개선도	%	동일 기술에 대한 공개된 검증치 없음	동일 기술에 대한 공개된 검증치 없음	50% (센서 오차가 5%인 경우 2.5% 이내로 오차율 개선)
보정 알고리즘 응답속도	초	동일 기술에 대한 공개된 검증치 없음	동일 기술에 대한 공개된 검증치 없음	0.1초

○ 핵심 기술

- 빅데이터 분석 기법들을 이용한 이상치 판별 알고리즘
- 빅데이터 분석 기법들을 이용한 이상치 보정 알고리즘

○ 적용범위

- 적용 대상 센서 : 토양 수분 센서

(3) 센서 데이터 시계열 패턴 분석을 통한 외부기상 요인 영향 모델링 알고리즘 개발(서울대)

○ 주요기능

- 외부기상 요인 실측 데이터 및 예보 데이터 수집
- 외부 환경기상 실측 데이터 패턴에 의한 센서 데이터 영향 분석 및 모델 학습
- 예보 데이터를 학습 모델에 입력하여 센서 데이터 예측치 계산
- 적정 관수량 대비 낮은 예측치 도출시 적정 관수시기 및 관수량 추정 및 추천

○ 주요 성능치

- 주요 성능치 정의

주요 성능지표	정의	성능목표치 근거
실측 데이터에 의한 예측 알고리즘 오차율 (MAPE)	(외부기상 실측치를 예측모델에 입력하여 산출된 센서 예측치와 센서 실측치 간의 차이) ÷ 센서 실측치	일반적인 경우 통계적 유의수준이 95% 이상이면 신뢰할 수 있는 것으로 판단함
예보 데이터에 의한 예측 알고리즘 오차율	(외부기상 예보치를 예측모델에 입력하여 산출된 센서 예측치와 센서 실측치	기상 예보 정보의 오차율을 고려하여 20% 수준으로 선정

주요 성능지표	정의	성능목표치 근거
(MAPE)	간의 차이) ÷ 센서 실측치	
예측 알고리즘 응답속도	예측 알고리즘에 측정치 입력 후 출력값 도출까지 소요되는 시간	사용자가 딜레이를 느끼지 못하는 적절한 수준

- 성능치 개발 목표

성능 항목	단위	세계최고 수준	국내수준	최종 개발 목표
실측 데이터에 의한 예측 알고리즘 오차율	%	동일 기술에 대한 공개된 검증치 없음	동일 기술에 대한 공개된 검증치 없음	5%
예보 데이터에 의한 예측 알고리즘 오차율	%	동일 기술에 대한 공개된 검증치 없음	동일 기술에 대한 공개된 검증치 없음	20%
예측 모델 응답속도	초	동일 기술에 대한 공개된 검증치 없음	동일 기술에 대한 공개된 검증치 없음	0.1초

○ 핵심 기술

- 빅데이터 분석 기법들을 이용한 예측 알고리즘

○ 적용범위

- 적용 대상 센서 : 토양 수분 센서
- 적용 대상 외부기상요인 : 기온, 일사량, 강수량

(4) 클라우드 연계 통신모듈 및 센서모듈 탈착형 휴대용/매립형 토양측정기 개발

○ 주요기능

- 각종 젠더별 구성에 따른 다양한 센서 사용
- 탈부착이 손쉬운 센서와 컴팩트한 구조의 휴대형 장치
- 저전력형의 장치
- 각종 센서의 자동인식 기능에 손쉬운 사용법

○ 주요 성능치

- 주요 성능치 정의

주요 성능지표	정의	성능목표치 근거
각종 젠더에 의한 다양한 센서사용 가능	젠더는 다양한 센서에 대한 센서의 명칭을 자동으로 인식하는 기능과 485통신에 의한 센서선의 길이를	다양한 센서의 개발에 따른 활용에 대한 편의성 및 센서의 각종 응용 프로그램 개발을 목표로 함

주요 성능지표	정의	성능목표치 근거
	1200m의 거리까지 사용가능	<p>; RS485통신의 장점으로 다수의 센서를 병렬로 연결하여 사용할수 있으며, 이때 센서간 결선의 길이를 master 로부터 1200m까지 결선을 할수 있어, 장거리에 센서를 설치시 센서선의 한정에 따른 문제점을 간단히 통신선을 길게하여 사용할수 있기 때문에 1200m의 거리를 강조함.</p> <p>; 종래는 센서의 종류가 많아지면 각 프로그램에 센서명을 입력 및 선택해야 하는 문제점이 있음. 이를 해결하기 위해 간단한 센더를 사용하여 아무리 센서가 많아져도 센서별 id를 부가하여 장치에서 자동판별 하도록 함. 이로서 사용의 문제점 및 불편함을 해결함.</p> <p>;소형화 저가형 IoT장치의 개발을 목표로 하며, 4채널이던 RS485통신용 센서포트와 별도의 추가적인 센서 및 구동장치를 사용할 경우의 여유분용 채널을 의미함 개발을 통하여 불필요할 경우 제외하려고 함</p>
장치내부 온습도센서에 의한 온습도 외부환경 측정 및 다양한 활용 가능	센서의 교환 및 설치가 간단하며, 온습도와 토양수분등 각종 센서의 활용이 가능하여 측정값에 따른 예측 프로그램의 구현이 가능함	농가에서 필요로하는 관수예측에 따른 물관리 기능 및 병해에 찰기능 등의 구현을 하며, 상시 실시간 데이터 변화에 따른 적합한 관수와 농약방제등의 절약과 노동력 절감 효과에 따른 경제성 입증을 함

- 성능치 개발 목표

성능 항목	단위	세계최고 수준	국내수준	최종 개발 목표
각종 센더의 개발 및 편리성에 대한 성능	%	미국, Onset Computer 사 (브랜드명:호보 제품) 센서자동인식기능은 없음	국내 휴대형 블루투스 및 와이파이동작의 제품은 최초	90%이상
농업용 휴대형의 M2M 통신에 의한 다양한 센서측정	%	일본, 필드서버 (몇가지 센서로 한정됨)	국내 최초	90%이상
관수제어 및 병해농약살포	%	이스라엘 네타 펌, (관수제어	국내 최초	90%이상

성능 항목	단위	세계최고 수준	국내수준	최종 개발 목표
방제기능 구축		에 한함) 미국 스펙트럼, (다수의 병해예 찰 항목 보유)		

○ 핵심 기술

- 다양한 센더개발
- 농가 및 연구소 활용 가능한 각종 응용프로그램 구현
- 저가형 장치로 각종 원예 및 환경계측분야 활용가능
- IoT형 스마트 센서장치

○ 적용범위

- 농업현장의 물관리 및 병해예찰 적용 가능함
- 콤팩트형의 제품으로 누구나 손쉽게 사용할수 있는 손쉬운 기능으로, 중.고등 학교부터 IoT실습용 적용가능
- 다양한 성능의 각종 센서의 응용 및 활용이 가능
- 기상장비 및 골프장, 유원지등 다양한 분야의 IoT센서 측정기로 활용가능 함
- 토양수분센서에 대한 국제 표준검증 및 인증은 없으며, 개발한 센서에 대한 특허권을 확보하여 인증 하려함.

○ 개발제품

- 모듈 탈착형 토양 측정기

(5) 토양측정기와 클라우드간 통신 모듈 개발 (이지팜)

○ 주요기능

- 4채널 가능한 센서 노드 개발
- 휴대용, 매립형 토양측정기에 탈/부착 가능한 모듈 방식의 노드 구성
- 상용 통신 동글(LoRa, LTE-M, Bluetooth 등) 장착이 가능한 USB 인터페이스 개발

○ 주요 성능치

- 주요 성능치 정의

주요 성능지표	정의	성능목표치 근거
센서노드, 통신일체형 Device의 측정 및 전달 신뢰성	다수의 센서의 인식 및 상용통신모듈과의 연계 신뢰성	다수의 개체에 대한 패킷 송수신에 대한 성공률 성능시험을 기준으로 함
토양측정기 내 통신모듈 교체 용이성	휴대용, 매립용 토양측정기 통신부에 탈부착 가능성	농업인이 구입한 토양측정기의 통신 장애, A/S 시 통신모듈을 구매하여 스스로 교체가 가능한 형태

- 성능치 개발 목표

성능 항목	단위	세계최고 수준	국내수준	최종 개발 목표
센서노드, 통신일체형 Device의 측정 및 전달 신뢰성	%	ETRI, 한국 99%	국내외 농업분야 최초 적용	99%
토양측정기 내 통신모듈 교체 용이성	분	-	-	농업인이 교체 시 10분 내 교체

○ 핵심 기술

- 소형 센서노드 개발 기술
- 상용 통신 동글(LoRa, LTE-M, Bluetooth 등)과 통신 기술

○ 적용범위

- 휴대용, 매립용 토양측정기와 클라우드 시스템간 저렴하고 간편한 데이터 수신이 가능하도록 개발되어 각종 센서 측정기들에 적용이 될 수 있음
- 서비스 수요자 : 센서 개발 업체

(6) 노지 스마트팜 클라우드 시스템 개발 (이지팜)

○ 주요기능

- 클라우드 기반 FaaS(Farm as a Service) 제공 기능
- 센서업체들의 FaaS 개발을 위한 서비스모듈 제공 기능
- 센서 ID, 특성정보 관리 및 데이터 보정 기능
- 농가별 생육, 생산량, 에너지 사용량 등 모니터링 및 시각화 기능
- 개방형 서비스를 위한 인터페이스(API) 서비스 기능
- 모바일 서비스를 위한 미들웨어 기능

- 서비스 사용자용 대시보드 기능

(기존 수행 연구과제와의 연계)

⇒ 주관기관인 이지팜은 “인공지능 기반 IoT 클라우드형 개방형 스마트팜 통합제어장치 개발 및 산업화” 과제(2016.09~2018.12)를 수행중이며 이 과제에서 파프리카, 멜론 등 시설원예 농가를 위한 클라우드 시스템 구축에 관한 연구를 진행하고 있어 해당 과제의 연구결과물을 활용하여, 노지 스마트팜 농가 특성에 맞는 클라우드 시스템을 구축하고자 함

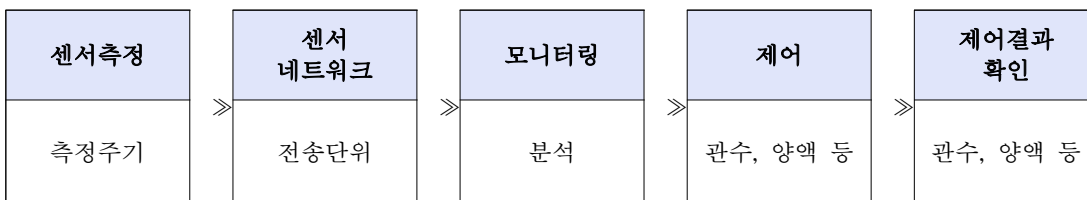
○ 노지 스마트팜을 구성하는 시설장비 및 정보시스템 개념

- 스마트 노지관리에 적용되는 장비 및 시스템 내역

구 분	세부 내역
환경 센서	온도, 습도, 토양수분(토경), 양액측정센서(양액농도 EC, 산도 PH), 수분센서(배지) 풍향/풍속, 감우, 일사량 등
영상장비	CCTV, 웹카메라, DVR 등
시설별 제어 및 통합제어 장비	에너지 절감시설, 관수모터제어, 양액기 제어 등
최적 생육환경 정보관리시스템	실시간 생장환경 모니터링 및 시설물 제어 환경 및 생육정보DB 분석시스템

※ 농장 규모 및 특성에 따라 구성요소 및 내역 탄력적 구성 가능

- 서비스 흐름도 및 기능



- 스마트 노지관리 서비스는 각종 센서를 통해 노지의 외부기상 및 토양상태(수분, EC, pH 등)를 측정하고, 측정된 데이터를 센서네트워크를 이용하여 클라우드 또는 농장의 로컬PC로 전송되며, 축적된 정보를 바탕으로 모니터링하여 알고리즘에 의한 자동관리 또는 수동관리로 에너지 절감시설 및 관수모터제어, 양액기 제어 등을 관리

- 서비스 기능

구 분	세부항목	기능 및 내역
환경 조회	센서정보 조회	그래픽 형태로 한 눈에 쉽게 센서정보 조회
	온·습도 정보 등	온도·습도데이터 표 및 그래프 형태 조회
	센서상태정보	센서의 동작여부를 확인
	센서노드데이터	센서 데이터를 주기 설정하여 조회 가능
	이상상황알림	최적 생장 환경의 범위를 벗어났을 경우 SMS 알림
생장 환경	관수 장치 제어	분무, 스프링클러, 순환펌프 제어



제어		
정보 관리 (생산경 영)	출하관리	생산된 농산물 출하관리
	비용관리	농산물 생산원가 계산에 필요한 주요 비용관리
	작업관리 등	농산물 생장에 필요한 단계별 작업내용을 관리

○ 클라우드 기반 정보의 보안 방안



구분	보안 방안
인증과 권한 통제	<ul style="list-style-type: none"> <li>시스템 유저별(운영자, 사용자, 개발자 등) 접근 권한 통제</li> <li>사용자별 권한관리에 의하여 권한그룹별로 정의된 메뉴 이외에는 접근이 불가능하도록 처리</li> <li>서버 로그인 로그 기록 및 주기적인 모니터링</li> <li>비인가자 접근 차단, 접근 시도 로그 기록 및 주기적인 모니터링</li> <li>복잡도가 높은 서버 패스워드를 사용하고 패스워드 길이 및 사용 주기를 제한</li> <li>불필요한 디폴트 계정 삭제 및 서버 사용자 계정 관리</li> <li>서버 보안취약점 점검 및 FTP, Telnet, Finger 등 불필요한 서비스 포트 제거</li> </ul>
어플리케이션	<ul style="list-style-type: none"> <li>SSL/TLS, HTTPS, X.509 등 표준 보안 인터페이스 적용을 통해 웹 프로그램 보안 취약점 보완</li> <li>어플리케이션 시큐어코딩을 통한 보안 취약점 사전 제거 (SQL인젝션, 운영체제 명령 실행, XQuery 인젝션, Xpath인젝션, 크로스 사이트 스크립트, 파일 업로드, 파일 다운로드, HTTP 응답 분할, URL/파라미터 변조, 취약한 계정 생성 허용, 불충분한 세션 관리, 데이터 평문 전송, 쿠키 변조, 취약한 암호화 알고리즘 사용, 취약한 패스워드 복구, 주석을 통한 정보 노출)</li> </ul>
데이터	<ul style="list-style-type: none"> <li>유저별DB 접근 권한 통제</li> <li>데이터 손상(변형, 삭제) 보안</li> <li>응용 소프트웨어 사용자의 패스워드를 암호화</li> <li>특별히 정한 경우를 제외하고 이 외의 기관에서 정보의 변경 및 삭제가 불가능하도록 처리</li> <li>백업정책 수립 및 주기적인 백업 실행</li> </ul>

○ 주요 성능치

- 주요 성능치 정의

주요 성능지표	정의	성능목표치 근거
평균 처리시간	각종 현장장비에서 FaaS 시스템 간 정보를 처리하는 평균시간	FaaS 시스템은 다수의 현장장비에서 발생하는 이벤트 데이터를 지연 없이 처리해야 함 이를 위해 최소 지연시간이 요구되며, 이는 프랑스 AFNIC 쿼리 지연시간에 대한 개념을 수용하여 작성.
스마트팜 구축비용 절감율	클라우드 적용식 스마트팜 200평 구축 비용	일본, Akisai, 20~30%절감, (기존방식 대비)
현장 적용	과제 결과물의 운용이 가능한 현장 적용 개수	다양한 환경을 비교실험하기 위한 지역 2개 이상 선정

- 성능치 개발 목표

성능 항목	단위	세계최고 수준	국내수준	최종 개발 목표
평균 처리시간	초/건	Akisai, 일본 (객관적 성능측정치 없음)	국내외 최초 적용	< 5초
스마트팜 구축비용 절감율	%	일본, Akisai 20~30%절감 (기존방식 대비)	클라우드 비적용방식	클라우드 비적용 대비 50% 이하
현장 테스트베드 적용	건수	-	-	2개소 이상

○ 핵심 기술

- FaaS 개발을 위한 서비스 모듈화 기술
- 개방형 서비스를 위한 인터페이스(API) 제작 기술
- 모바일 서비스를 위한 미들웨어 구축 기술

○ 적용범위

- 서비스 공급자 : 생산자, 생산자단체, 전문가 등 수요자의 요구를 충족할 수 있도록 다양한 서비스 공급자가 PaaS(Platform As A Service) 서비스를 이용해 자체 서

비스 개발 및 서비스 제공

- 전문가 : 알고리즘 전문가, R 전문가 등 특정분야 전문가가 서비스 모듈을 개발하여 서비스 제공
- 서비스 수요자 : 파프리카, 메론 생산농가의 경영 효율화 및 생산성 향상을 위한 본인의 상황에 맞는 서비스를 선택적으로 활용
- 클라우드 및 서비스 인터페이스 등의 국내 표준화를 통해 국내외 스마트팜의 보급 및 실용화 활용

(7) 노지 농가 및 산지조직을 위한 응용프로그램 개발 (이지팜)

○ 주요기능

- 생육, 환경 등 모니터링 및 제어 가시화 기능
- 경영관리(영농일기, 농약관리, 병해관리 등) 기능
- 농가(작목반)용 대시보드 기능
- 실시간 경영관리 및 의사결정 기능
- 토양수분 측정을 통한 관수시기 알람 서비스 개발

○ 주요 성능치

- 주요 성능치의 의미는 다음과 같음

주요 성능지표	정의	성능목표치 근거
사용자의 서비스 유용성	모바일, 웹으로 제공되는 응용프로그램들에 대한 노지 스마트팜 농가들의 시스템 만족도	3년차에 상용화를 통해 응용프로그램을 보급하고 보급대상 농가들을 대상으로 만족도 평가

- 성능치 개발 목표

성능 항목	단위	세계최고 수준	국내수준	최종 개발 목표
사용자의 서비스 유용성	%	-	-	80점 이상 (100점 기준)

○ 핵심 기술

- 모바일, 웹 통합 서비스(반응형 웹, 하이브리드 앱으로 개발)

- 지도, 차트, 대시보드 등 사용자 유용성을 높일 기능 적용
- 노지 농가, 작목반, 산지유통센터 등 데이터 필요 농가를 위한 API 인터페이스 적용

○ 적용범위

- 발작물 농가의 경영활동은 생산(생육, 환경, 병해)관리를 기본으로 경영관리(수확, 출하, 자재사용), 커뮤니티 및 농산업을 지원하는 가치사슬의 복합체임, FaaS는 기존의 단편적 모니터링 위주에서 다양한 정보를 통합하여 클라우드 기반으로 제공하는 것을 목표로 함
- 생산농가 및 조직(작목반)의 즉각적이고, 통합적인(생산, 경영, 보조금 관리 등 관련사업 영역)현황모니터링 및 지도, 지원시스템 개발에 활용
- 생산농가의 모바일 기반 실시간 경영관리 및 데이터거점 의사결정 지원에 활용
- 클라우드 및 서비스 인터페이스 등의 국내 표준화를 통해 국내외 스마트팜의 보급 및 실용화 활용

○ 서비스 예시

구 분	함 의
클라우드 기반 영농일지	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 심플한 구성               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사용자의 활용도 제고를 위해서는 심플한 메뉴, 심플한 입력 범위가 필수</li> <li>- 심플한 아이콘과 여백을 최대한 활용해 사용자의 이용부담을 최소화해야 함</li> </ul> </li> <li>○ 타 그룹과의 비교 및 베스트 프랙티스(Best Practice) 제공               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 타 그룹과의 비교 분석을 통해 사용자의 현재 상황을 통계/지수 형태로 제시하는 것이 필요</li> <li>- 특정 지표에 대한 타 농가와 대비한 분석 정보가 시각적으로 제시되어야 함</li> <li>- 우수 농가를 벤치마킹할 수 있도록 베스트 프랙티스 정보 제공이 필요</li> </ul> </li> <li>○ 종합정보 대시보드 기능               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 적재된 데이터를 한 눈에 확인할 수 있는 종합정보 대시보드가 필요</li> <li>- 작업일지, 센서 등 내부 데이터와 기상 데이터 등 외부 데이터를 정리해 종합적으로 제공해야 함</li> <li>- 단순 기술통계와 더불어 다양한 변수를 피벗팅(Pivoting)한 정보 제공도 필요</li> </ul> </li> <li>○ 기존의 자원관리, 생산관리 프로그램의 기능과 연계               <ul style="list-style-type: none"> <li>- GAP 인증 관리 연계 서비스</li> </ul> </li> </ul>

○ 개발제품

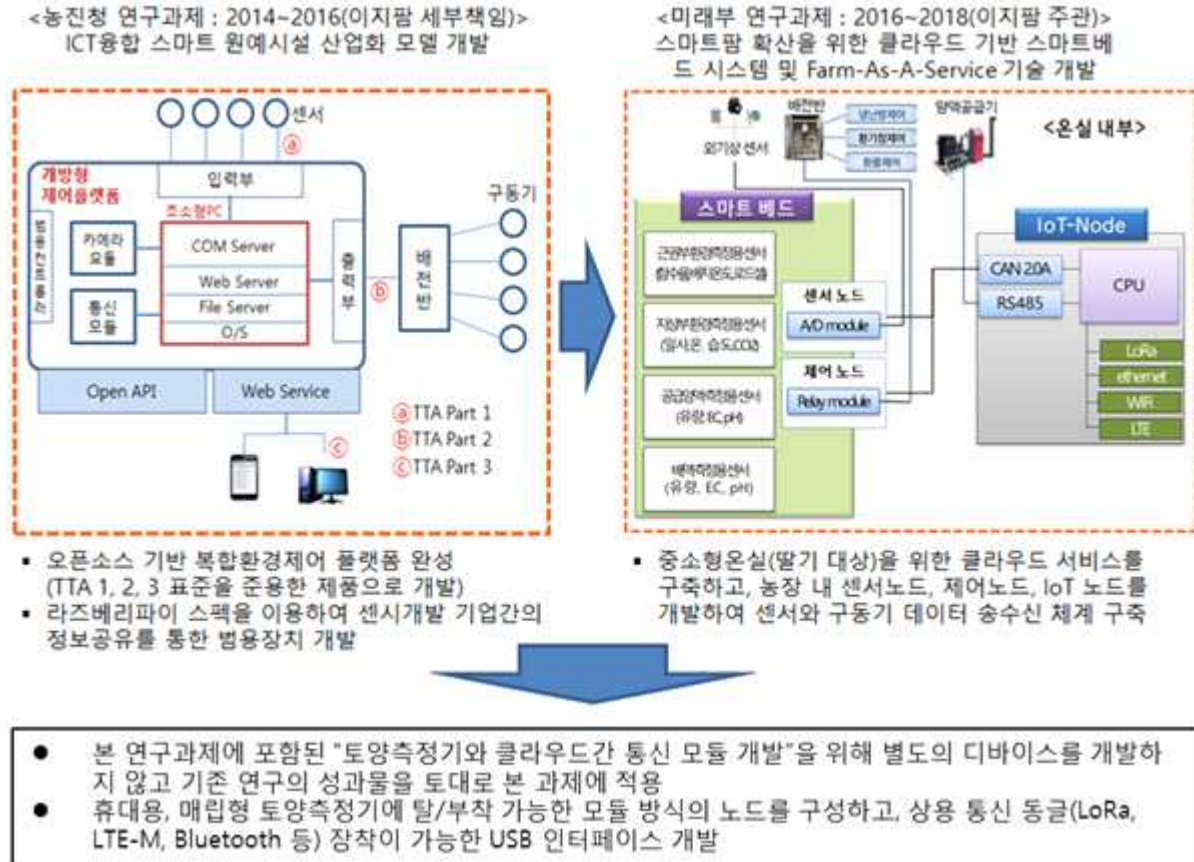
- 노지스마트팜 클라우드 서비스

## 제2장. 연구수행 내용 및 결과

### 1절. 연구개발 추진전략·방법 및 추진체계

#### 1. 연구개발 추진전략·방법

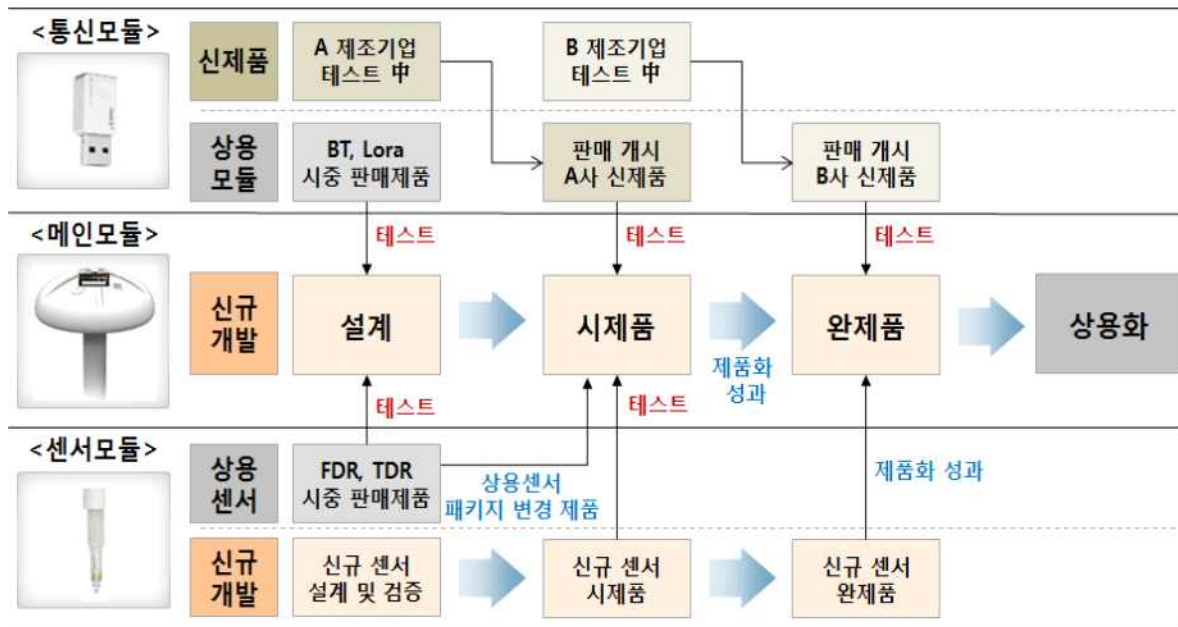
□ 기존 보유 기술 및 자원의 활용을 통한 효율적인 클라우드 기반 서비스 구축



- 그간 스마트팜 기술 개발과 관련한 많은 연구과제들이 진행되어오며 따라 성과물들이 도출되고 있으므로 본 연구과제에서는 그러한 성과물들을 이어받아 고도화함으로써 목적하는 연구를 비용 효율적이면서 중복되지 않도록 설계하겠음
- 특히, (주)이지팜은 2014년부터 농촌진흥청의 “시설농업 ICT융합 산업화 모델 개발” 과제에 참여하면서 <제3협동과제 : ICT기반 스마트온실 산업화 표준화방안 연구>의 책임을 맡아 오픈소스 기반 복합환경제어 플랫폼을 개발하였으며, 함안의 시설원예연구소 온실에 적용하여 제품의 효과를 검증받았음
- 또한, 미래부의 “스마트팜 확산을 위한 클라우드 기반 스마트베드 시스템 및 FaaS 기술 개발” 과제의 주관책임기관으로서 작년부터 참여하고 있으며, 이를 통해 농장의 기존 Stand Alone 방식의 복합환경제어기를 센서노드, 제어노드, IoT 노드로 모듈화하여 클라우드로 전송하는 제품을 개발하고 있음
- 따라서, 본 과제에서는 과거 수행 과제에서 구축된 클라우드 시스템 인프라를 활용하여 추가 개발 비용을 절감하고 본 과제의 목표 달성에 자원을 집중하여 성공적인 개발이 이루

어지도록 하겠음

□ 상용 부품을 이용한 제품화와 신규개발 센서의 단계적 적용으로 안정적 사업관리



- 본 과제에서 목표로 하는 모듈형 제품의 특징을 고려하여 효율적인 개발 프로세스를 운영함
- 통신모듈의 경우 성능이 검증된 USB형 블루투스, Lora 통신모듈이 판매되고 있으므로 해당 제품을 이용하여 메인모듈의 통신인터페이스 테스트를 진행하여 개발의 효율을 높이고 기능이 개선된 신제품 통신모듈이 출시될 때마다 해당 제품을 구매하여 성능 테스트를 진행하고 측정기 완제품의 통신 및 배터리 성능을 최적화 함
- 센서모듈의 경우 시중에 판매중인 FDR, TDR 유형의 상용 센서제품과 연결할 수 있는 젠더를 개발하여 메인모듈 설계단계에서부터 테스트를 진행하여 안정적인 제품화가 이루어 질 수 있도록 함
- 신규로 개발되는 저가형 센서의 경우 스펙이 결정되고 시제품이 제작되는 시점부터 메인 모듈과 연결하여 테스트를 진행하여 성능을 개선하고 최종적으로는 신규센서 완제품과 메인모듈 완제품을 제품화하여 성과를 창출함
- 이와 같은 모듈별 차별화된 개발 전략은 각 개별적인 모듈 제품의 완성도를 높일 수 있을 것으로 기대되며 신규센서가 상용화되기 위한 시간이 더 필요한 경우 기존 상용 센서를 이용해 측정기 완제품이 출시될 수 있기 때문에 사업화 리스크를 줄일 수 있음

□ 전문가 네트워크 자문과 학술활동을 통한 신기술 공신력 확보

- 개발 목표 달성을 위하여 산학연 자문단을 구성함. 학계의 농업분야 ICT융합, 정보통신분야, 센서 소자분야 교수, 그리고 ICT융복합확산사업의 한 축을 담당하고 있는 농촌진흥청 소속의 성주과채류시험장, 도 농업기술원의 연구관 및 연구사 들을 자문위원으로 위촉하여 자문위원단을 구성하고 연구 방향 및 결과물에 대하여 수시로 자문을 받을 예정임
- 또한 신소재를 이용한 농업용 센서소자 개발은 기존에 다루어지지 않은 새로운 연구 영역이기 때문에 분연구기간 중 학술발표, 국내외 논문게재를 통해 연구결과에 대한 공신력을 확보할 계획임

구분	이름	소속	직위	전문 분야
대학	여현	순천대학교	교수	농업 ICT융합
	나준희	충남대학교	교수	센서 소자
	류관희	충북대학교	교수	정보통신
연구소	신용습	성주과채류시험장	장장	원예작물 연구 및 보급
	김덕현	전라남도농업기술원	연구사	농업 ICT 담당
	정구현	경기도농업기술원	연구관	농업 ICT 담당

□ 테스트베드 운영을 통한 원활한 실측데이터 수집 및 안정적인 현장 적용 제품 개발

- 노지 현장의 토양 수분은 기온, 일사량, 강수량 등 외부기상 요인에 의한 영향을 많이 받으며 재배되고 있는 작물에 의한 영향도 무시할 수 없으므로 현장 테스트베드에서의 실측 데이터 수집이 중요함
- 빅데이터 알고리즘의 경우 데이터 양이 클수록 정확도가 높아지는 특징을 가지기 때문에 1차년도 연구에서는 측정기 시제품이 없는 문제를 극복하기 위해 상용센서와 유선 센서노드를 이용하여 이지팜에 구축되어 있는 클라우드 서버로의 데이터 수집체계를 갖추고 분석에 필요한 토양수분 및 외부기상 정보 수집
- 2차년도부터는 개발되는 시제품을 이용한 IoT, 블루투스 무선통신을 통한 데이터 수집의 안정성 테스트를 실시하며, 측정기 시제품의 내구성, 응용프로그램에 대한 사용자 평가 등의 성능 검토를 위해 현장 테스트베드를 이용
- 3차년도부터는 시제품의 완성도를 높여 테스트베드 농가가 실사용을 할 수 있도록 하여 실제 현장 적용성을 검토하고 개선할 수 있도록 운영함

2. 연구개발 추진체계

가. 연구개발 추진체계

- 주관기관인 이지팜은 사업총괄관리를 수행하며 프로젝트 관리 및 업무용 메신저 어플리케이션을 이용하여 긴밀한 소통체계를 구축하고 주기적인 회의를 통해 협동기관들의 연구목표 달성도를 지속적으로 모니터링
- 각 기관은 연구개발의 중간결과물을 주기적으로 공유함으로써 연구개발의 시너지를 높임
  - 이지팜은 토양측정기의 클라우드 연계 통신모듈을 개발하여 최종적으로는 측정기 내에 실장되어 제품화될 수 있도록 함
  - 서울대학교는 토양측정기 데이터를 이용한 응용 알고리즘을 개발하여 이지팜에서 개발 예정인 응용프로그램에 적용하여 실시간으로 구동될 수 있도록 함
  - 한밭대는 신소재를 이용한 저가형 센서 소자를 개발하는 과정에 테스트 제품 단계에서부터 유샘인스트루먼트에 센서 소자를 전달하여 실장성 및 내구성 테스트가 진행될 수 있도록 하며, 최종적으로는 제품화된 클라우드 기반 토양측정기에 부착함으로써 최종 측정기 제품의 가격 수준을 농가의 지불의사에 맞출 수 있도록 함

<b>주 관 기 관</b>	<b>참여연구원</b>	<b>담당기술내용</b>
(주)이지팜	총괄책임자(박훈동)외 3명	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사업총괄관리</li> <li>- 요구사항 및 기능 정의</li> <li>- 토양측정기와 클라우드간 통신 모듈 개발</li> <li>- 도메인융합형 노지 스마트팜 클라우드 시스템 개발</li> <li>- 노지 농가 및 산지조직을 위한 응용프로그램 개발</li> </ul>
<b>협동기관</b>	<b>참여연구원</b>	<b>담당기술내용</b>
(주)유셈인스트루먼트	연구책임자(한종필)외 3명	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 센서모듈 탈착형 휴대용/매립형 토양측정기 개발</li> </ul>
<b>협동기관</b> (수행기간:17.4.21~19.12.31)	<b>참여연구원</b>	<b>담당기술내용</b>
한밭대학교 (김민희 교수팀)	연구책임자(김민희)외 4명	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 신소재를 이용한 저가형 센서 소자 개발</li> </ul>
<b>협동기관</b> (수행기간:17.4.21~19.12.31)	<b>참여연구원</b>	<b>담당기술내용</b>
서울대학교 (최영찬 교수팀)	연구책임자(최영찬)외 3명	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 센서 성능 개선을 위한 빅데이터 기반 알고리즘 개발</li> <li>- 외부기상 요인 영향 모델링 알고리즘 개발</li> </ul>

나. 추진일정

(1) 1차년도(2017)

1차년도(2017)														연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)	
일련 번호	연구내용	월별 추진 일정														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	4채널 가능한 센서 노드 설계															박훈동 (이지팜)
2	상용 통신 동글(LoRa, LTE-M, Bluetooth 등)과 통신 기술 설계															박훈동 (이지팜)
3	노지 스마트팜 센서 등록, 모니터링 등 클라우드 서비스 설계															박훈동 (이지팜)
4	농가와 작목반 스마트팜 응용서비스 분석, 설계															박훈동 (이지팜)
5	농가용 모니터링 응용서비스 개발															박훈동 (이지팜)



6	상용센서 및 유선 노드 활용 테스트베드 1개소 구축														박훈동 (이지팜)
7	각종 센서를 사용할수 있는 젠더개발														한종필 (유셈인스트 루먼트)
8	센서와 젠더의 일체형 및 분리형 제품별 개발														한종필 (유셈인스트 루먼트)
9	사용편의성을 고려한 방수형의 탈착식 구조 센서커넥터 개발														한종필 (유셈인스트 루먼트)
10	컴팩트한 사이즈의 다기능 통신 가능 포터블 메인유닛 개발														한종필 (유셈인스트 루먼트)
11	건전지 동작 및 외부전원 사용가능 제품개발														한종필 (유셈인스트 루먼트)
12	저가형 센서 선행연구 검토														김민희 (한밭대학교)
13	수분에 따라서 변화하는 저가형 신소재 개발														김민희 (한밭대학교)
14	수분 센싱 소재의 전기적 성능 변화를 위한 기술 검토														김민희 (한밭대학교)
15	이상치 검출 분야 선행연구 검토														최영찬 (서울대학교)
16	센서 데이터 특성에 적합한 모델링 방안 및 알고리즘 검토														최영찬 (서울대학교)
17	가상 데이터를 이용한 알고리즘 설계														최영찬 (서울대학교)
18	시계열 예측 분야 선행연구 검토														최영찬 (서울대학교)
19	분석 데이터 수집 체계 구축														최영찬 (서울대학교)
20	수집 데이터를 이용한 알고리즘 설계														최영찬 (서울대학교)

(2) 2차년도(2018)

2차년도(2018)																
일련 번호	연구내용	추진 일정												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	4채널 가능한 센서 노드 개발															박훈동 (이지팜)
2	상용 통신 동글(LoRa, LTE-M, Bluetooth 등)과 통신 기술 개발															박훈동 (이지팜)
3	노지 스마트팜 센서 등록, 모니터링 등 클라우드 서비스 개발															박훈동 (이지팜)

2차년도(2018)																
일련 번호	연구내용	추진 일정												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
4	농가와 작목반 스마트팜 응용서비스 개발				■	■	■	■	■	■	■	■	■			박훈동 (이지팜)
5	센서모듈 제작	■	■	■	■	■	■									한중필 (유셈인 스트루먼 트)
6	센서인터페이스 및 젠더 제작		■	■	■	■	■	■	■							한중필 (유셈인 스트루먼 트)
7	센서제작 및 시험		■	■	■	■	■	■	■	■						한중필 (유셈인 스트루먼 트)
8	센서모듈수정 및 테스트			■	■	■	■	■	■	■	■					한중필 (유셈인 스트루먼 트)
9	센서인터페이스 및 젠더 수정					■	■	■	■	■	■	■				한중필 (유셈인 스트루먼 트)
10	센서개선 및 시험						■	■	■	■	■	■	■			한중필 (유셈인 스트루먼 트)
11	센서 소자 반응성 향상	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			김민회( 한밭대)
12	센서 소자 안정성 향상			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			김민회( 한밭대)
13	논문 및 학술 발표 작성 및 투고			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			김민회( 한밭대)
14	센서 소자 calibration지표개발							■	■	■	■	■	■			김민회( 한밭대)
15	센서 데이터 특성에 적합한 모델링 방안 및 알고리즘 검토	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			최영찬 (서울대 학교)
16	가상 데이터를 이용한 알고리즘 개발			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			최영찬 (서울대 학교)
17	분석 데이터 수집 체계 구축		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			최영찬 (서울대 학교)
18	수집 데이터를 이용한 알고리즘 개발		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			최영찬 (서울대 학교)

(3) 3차년도(2019)

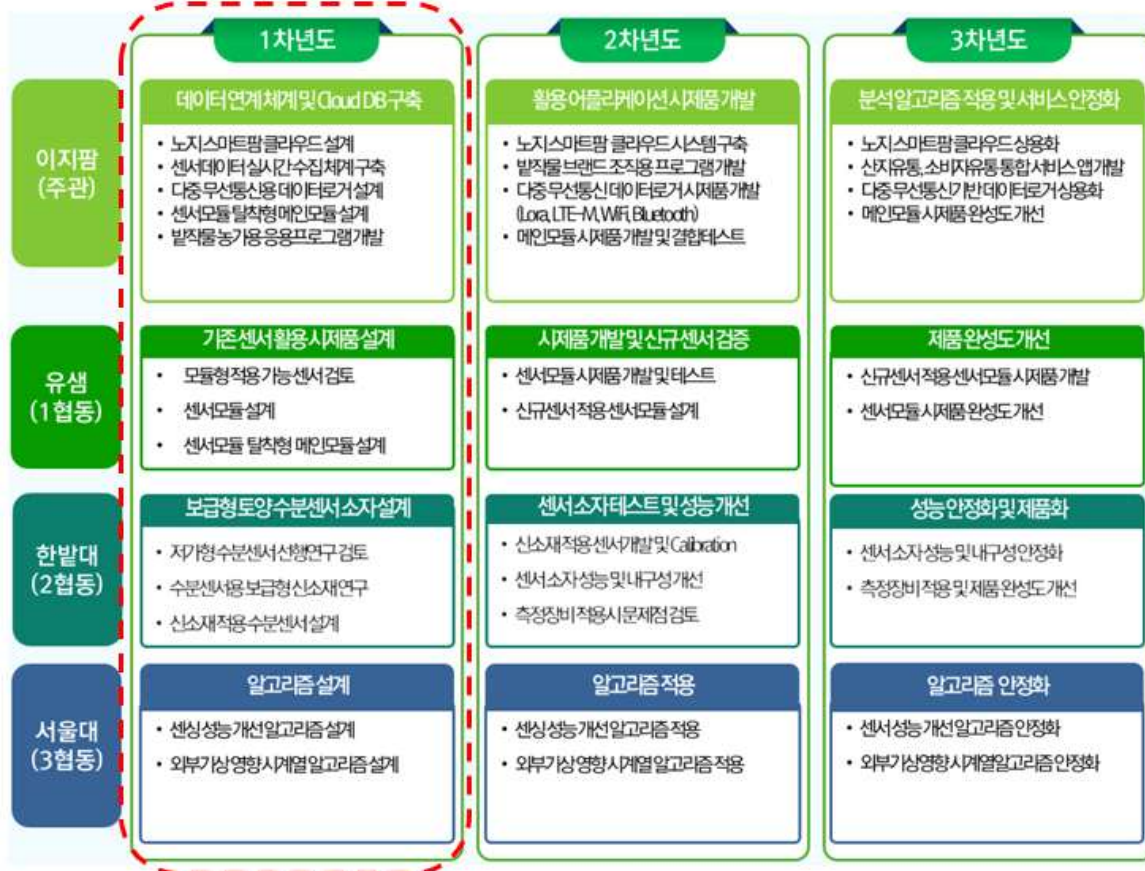
3차년도(2019)															
일련 번호	연구내용	추진 일정												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	노지 스마트팜 클라우드 시스템 적용을 위한 환경 구성														이성중 (이지팜)
2	노지 스마트팜 클라우드 시스템 기능개선 및 안정화														이성중 (이지팜)
3	현장 적용을 통한 테스트 및 기능 개선														이성중 (이지팜)
4	산지유통, 소비자유통 서비스 개발														이성중 (이지팜)
5	개발 센서 모듈 개선 및 테스트														한종필 (유셈인 스트루먼 트)
6	토성별 테스트 및 calibration														한종필 (유셈인 스트루먼 트)
7	시제품 센서 제작														한종필 (유셈인 스트루먼 트)
8	필드 테스트 및 수정 보완														한종필 (유셈인 스트루먼 트)
9	센서 소자 안정화를 위한 구조 변경														김민희 (한밭대)
10	센서 소자 안정성 향상을 위한 반도체 조성 최적화														김민희 (한밭대)
11	센서소자 완성도 개선														김민희 (한밭대)
12	논문 및 학술 발표 작성 및 투고														김민희 (한밭대)
13	용적수분함량 데이터의 유효수분함량 변환 알고리즘 적용														최영찬 (서울대)
14	실시간 측정 데이터를 이용한 센서 성능 개선을 위한 빅데이터 기반 알고리즘 개발														최영찬 (서울대)

3차년도(2019)																
일련 번호	연구내용	추진 일정												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
15	실시간 측정 데이터를 이용한 센서 성능 개선을 위한 빅데이터 기반 알고리즘 적용 및 안정화															최영찬 (서울대)
16	센서 데이터 시계열 패턴 분석을 통한 외부기상 요인 영향 모델링 알고리즘 적용 및 안정화															최영찬 (서울대)

## 2절. 연구수행 방법

### 1. 1차년도

신소재 센서 개발과 블루투스/IoT통신에 의한 측정기 제품의 부가기능 최소화를 통해 저렴한 보급형 토양환경 측정기(휴대형,매립형)를 개발하고 이를 이용하는 클라우드 서비스를 구축함으로써  
노지 농가들의 스마트팜 비즈니스 모델을 구현



## 가. 개발 목표

### (1) 주관기관 (이지팜)

- 토양측정기와 클라우드간 통신가능한 센서노드 및 상용통신모듈 활용 인터페이스 설계
  - 4채널 가능한 센서 노드 설계
  - 상용 통신 동글(LoRa, LTE-M, Bluetooth 등)과 통신 기술 설계
- 노지 스마트팜 클라우드 구축을 위한 시스템 설계
  - 노지 스마트팜 농가, 작목반을 위한 센서 등록, 모니터링 등 클라우드 서비스 설계
- 노지 농가용 모니터링 응용프로그램 개발
  - 농가와 작목반 스마트팜 응용서비스 분석, 설계
  - 농가용 모니터링 응용서비스 개발

### (2) 협동기관 (유샘인스트루먼트)

- 센서모듈 설계
  - 각종 센서를 사용할수 있는 젠더개발
  - 센서와 젠더의 일체형 및 분리형 제품별 개발
  - 사용편의성을 고려한 방수형의 탈착식 구조 센서커넥터 개발
- 센서모듈 탈착형 메인모듈 설계
  - 컴팩트한 사이즈의 다기능 통신 가능 포터블 메인유닛 개발
  - 건전지 동작 및 외부전원 사용가능 제품개발

### (3) 협동기관 (한밭대학교)

- 저가형 센서 선행연구 검토
- 수분 센서용 보급형 신소재 연구
  - 수분에 따라서 변화하는 저가형 신소재 개발
- 신소재 적용 센서 설계
  - 수분 센싱 소재의 전기적 성능 변화를 위한 기술 검토

### (4) 협동기관 (서울대학교)

- 실시간 측정 데이터를 이용한 센서 성능 개선을 위한 빅데이터 기반 알고리즘 설계
  - 유사 분야 선행 연구 검토
  - 센서 데이터 특성에 적합한 모델링 방안 및 알고리즘 검토
  - 기상 데이터를 이용한 알고리즘 설계
- 센서 데이터 시계열 패턴 분석을 통한 외부기상 요인 영향 모델링 알고리즘 설계
  - 유사 분야 선행 연구 검토
  - 분석 데이터 수집 체계 구축
  - 수집 데이터를 이용한 알고리즘 설계

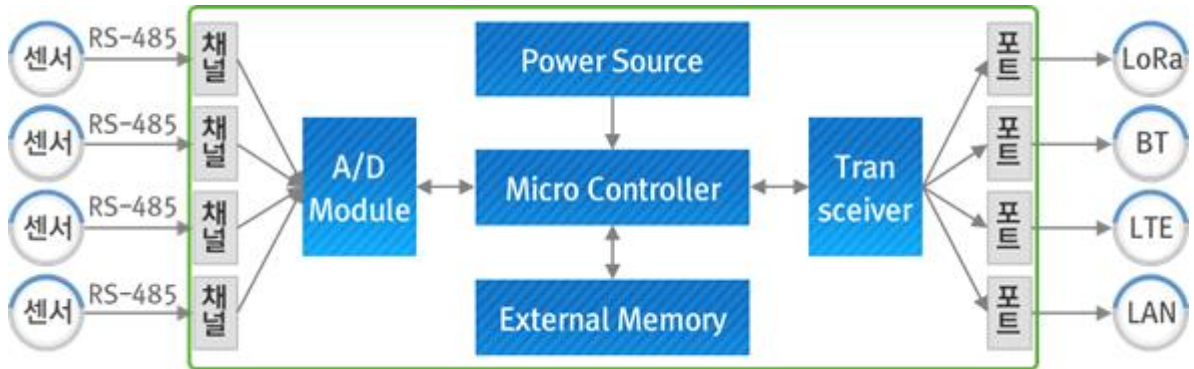
나. 개발 내용 및 범위

(1) 주관기관 (이지팜)

○ 토양측정기와 클라우드간 통신가능한 센서노드 및 상용통신모듈 활용 인터페이스 설계

- 4채널 가능한 센서 노드 설계

· Block Diagram 구성



- 상용 통신 동글(LoRa, LTE-M, Bluetooth 등)과 통신 기술 설계

· LoRa, LTE-M 등 스펙 검토

- 기능별 부품 적용 검토 및 회로 설계

· PCB 레이아웃 설정

· 회로 설계

· PCB 아트웍 진행

○ 노지 스마트팜 클라우드 구축을 위한 시스템 설계

- Private cloud기반 통합 개발 환경 구성

· 통합 개발환경은 개발자 필수 기능, 선택 기능과 함께 모바일 개발환경이 포함 구성

· 효율적 정보 수집을 위한 전자정부 프레임워크 활용

· 모바일 어플리케이션 개발 시 개발자 편의성을 위하여 eclipse기반의 Perspective, Menu, 모바일 표준 소스 코드 생성 마법사, 모바일 사이트 템플릿 제공

- 스마트팜 모바일 서비스 아키텍처 설계

· 스마트팜 모바일 서비스 아키텍처 설계

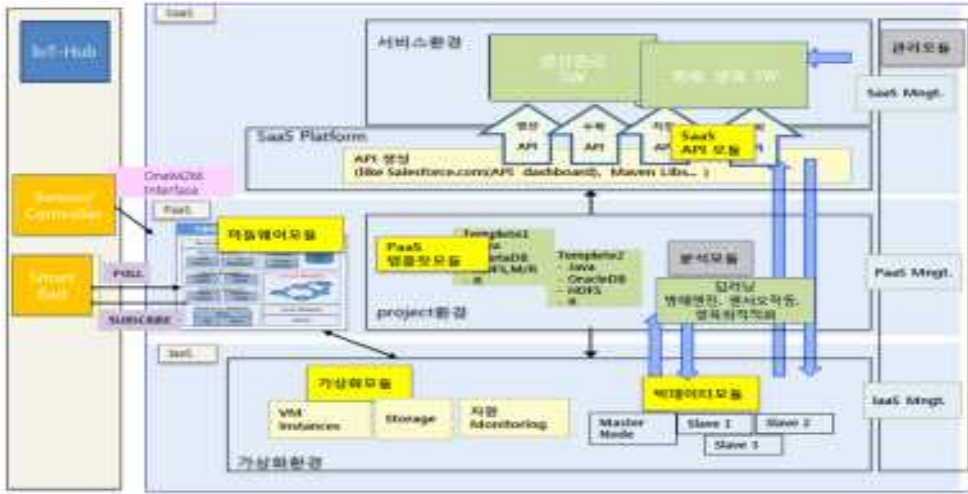
· Web app으로 기본 비즈니스 로직 구성

· HTML Rendering Engine을 통해 모바일폰 네이티브 기능 구현

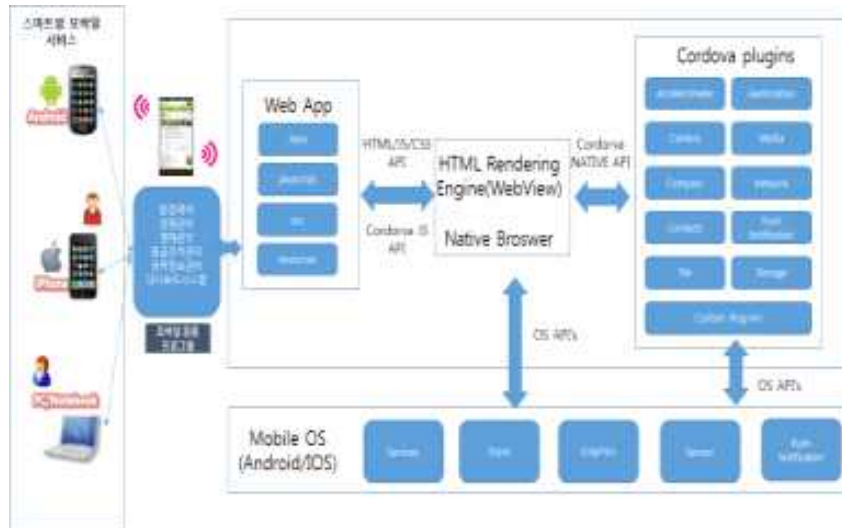
· 모바일폰 native 기능을 사용하기 위해 cordova plug-in 사용

· 배터리, 카메라, 콘솔, 위치정보, 연락처, 디바이스, 모션, 방향계, 알림, 파일시스템, 파일전송, 미디어, 진동 등 다양한 플러그인

· 플러그인 커스텀 마이징



[ 클라우드 개발 및 사용환경 구성 ]



[ 스마트팜 모바일 아키텍처 구성도 ]

○ 노지 농가용 모니터링 응용프로그램 개발

- 농산물 표준 코드 기반 농업인 생산경영 기록 입출력 시스템 설계
  - 농장의 생산품목 및 영농이벤트의 IOT모듈 코드 매핑 기술 설계
  - 주로 종이문서, 엑셀 등 으로 관리하는 영농일기를 표준서식이 적용된 영농일기 프로그램(앱/웹)을 통해 쉽게 입력할 수 있는 시스템 설계
  - 월별, 연도별 검색 및 원하는 날짜를 선택하여 엑셀 파일로 저장하거나 인쇄 할 수 있는 출력 시스템 설계



- 농장의 생산경영기록과 각종 인증정보 연계 서비스
  - 생산품목 및 각종 생산과정 이벤트 기록을 친환경 인증, GAP 인증 등 부가서비스와 연계 서비스 설계
  - 농가는 친환경, GAP 농산물 인증시 농산물생산계획서 및 경영관련자료(품목, 품종, 농약, 비료 등) 등 부대서류 제출 의무가 있으므로 적극 활용 가능
  - 비인가 농자재(농약, 비료) 사용 여부 포착 등 표준 친환경/GAP 영농일지 입력 및 전송 시스템 설계

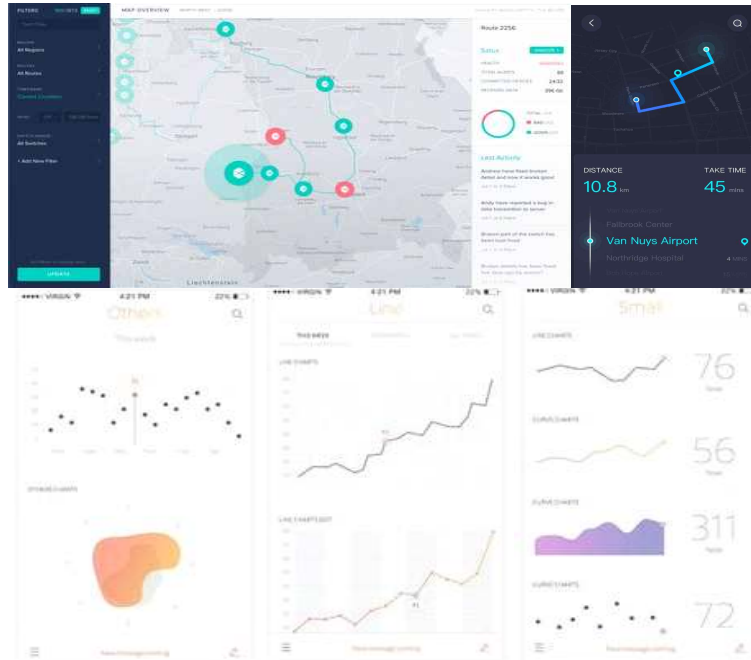


<친환경인증서(좌), 친환경영농일지(중), 영농기록장(우)>

- 토양수분 측정을 통한 관수시기 알람 서비스 개발
- 멀티플랫폼 기반의 모니터링 분석 시공간 가시화 GUI 개발
  - 멀티플랫폼 기반의 (웹, APP) 시공간 가시화 엔진 개발



- 사용자의 정보 접근성 및 활용성 극대화
  - 정보분석 및 시각화, 저장, 관리 기능
  - 웹 표준 반응형 웹 구현
  - GIS 시스템과 연동
  - 모니터링 데이터를 위한 다양한 컨트롤러 개발
- 센서 모니터링 시각화 기술 개발



<데이터 시각화 예시>

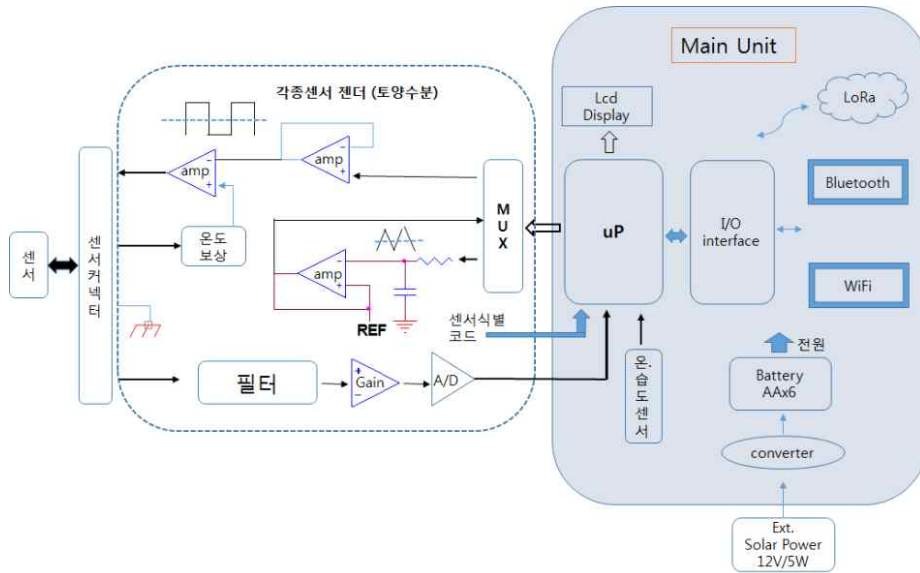
(2) 협동기관 (유셈인스트루먼트)

- 각종 센서를 사용할수 있는 젠더 개발
  - 기존에 사용하는 수분센서 호환성 개발
  - 수분센서 및 각종 센서류에 따른 젠더부 개발
  - 각종 센서의 자동 인식기능 포함
    - 사용자의 센서의 설정의 불편함 해소
    - 사용자가 임의로 센서를 선택함으로써 타 장치의 고정된 센서포트와 차별화
- 센서와 젠더의 일체형 및 분리형 제품별 개발
  - RS485기능의 젠더로 센서선 길이를 최대 1200m 까지 사용가능한 분리형 제품 개발
- 사용편의성을 고려한 방수형의 탈착식 구조 센서커넥터 개발
- 컴팩트한 사이즈의 다기능 통신 가능 포터블 메인유닛 개발
  - 메인유닛 내부에 온습도 센서장착에 따른 내부환경 측정으로 고장방지 가능
  - 외부 온습도측정을 통하여 적산온도 및 결로등 어플리케이션 응용 프로그램 개발
  - 온습도 와 토양수분 측정으로 간략형의 증발산량 계산가능
    - 관수제어 및 병해 예찰기능 가능한 어플리케이션 응용 프로그램 돌출 가능

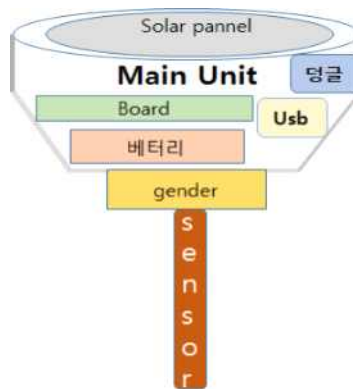
- 마이크로프로세서와 통신 인터페이스의 구성에 의한 블루투스통신 및 와이파이통신의 선택사용 가능
- 컴팩트한 ABS방수형 구조의 케이스

○ 건전지 동작 및 외부전원 사용가능 제품개발

- 내부 건전지 동작 뿐 아니라 외부 솔라패널의 부착에 의한 동작 가능
- 실시간 제어를 위한 외부 아답터사용 가능한 구성의 개발



<토양수분센서 동작 블록도 예시>



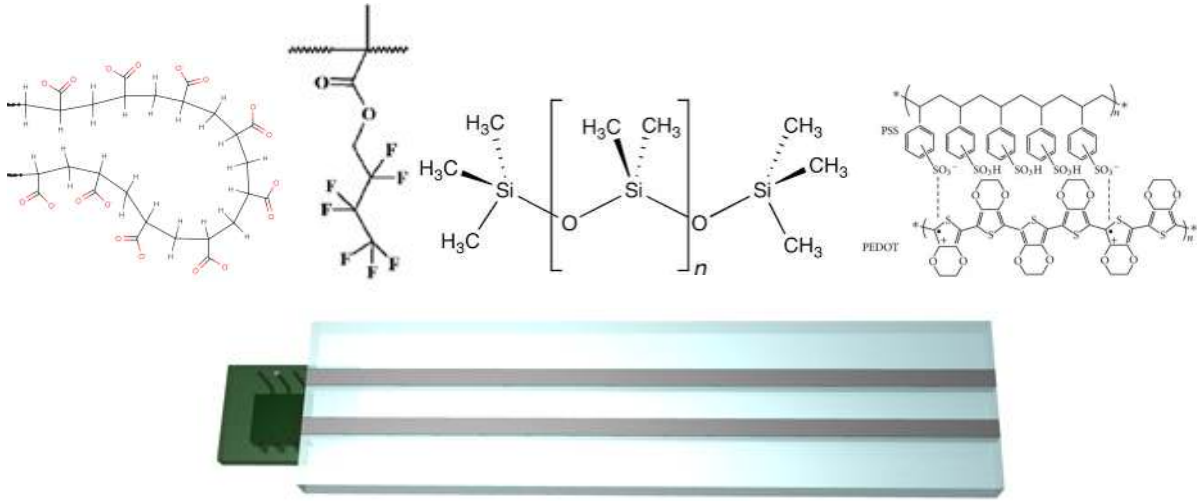
< 측정기 주요 구성 >

(3) 협동기관 (한밭대학교)

○ 수분에 따라 변화하는 저가형 신소재 개발

- 수분에 따라 변화하는 고분자 소재 개발
  - 복합 고분자 구성 방법 개발과 이에 따른 수분 흡수도 변화 원리 파악
  - 복합 고분자의 수분 흡수 비율 조절을 위한 구조적 변화 기술 개발

- 복합 고분자와 전도체의 흡착도 향상 기술 개발
- 수분의 양에 따라서 흡수하는 정도가 달라지는 고분자 복합 소재를 사용함.
- 복합 고분자의 비율을 다양하게 하여 비율별로 최적의 정확도 범위를 산정함.



< 저가형 수분 센서에 사용될 복합 고분자 소재들과 센서 소자 모식도 >

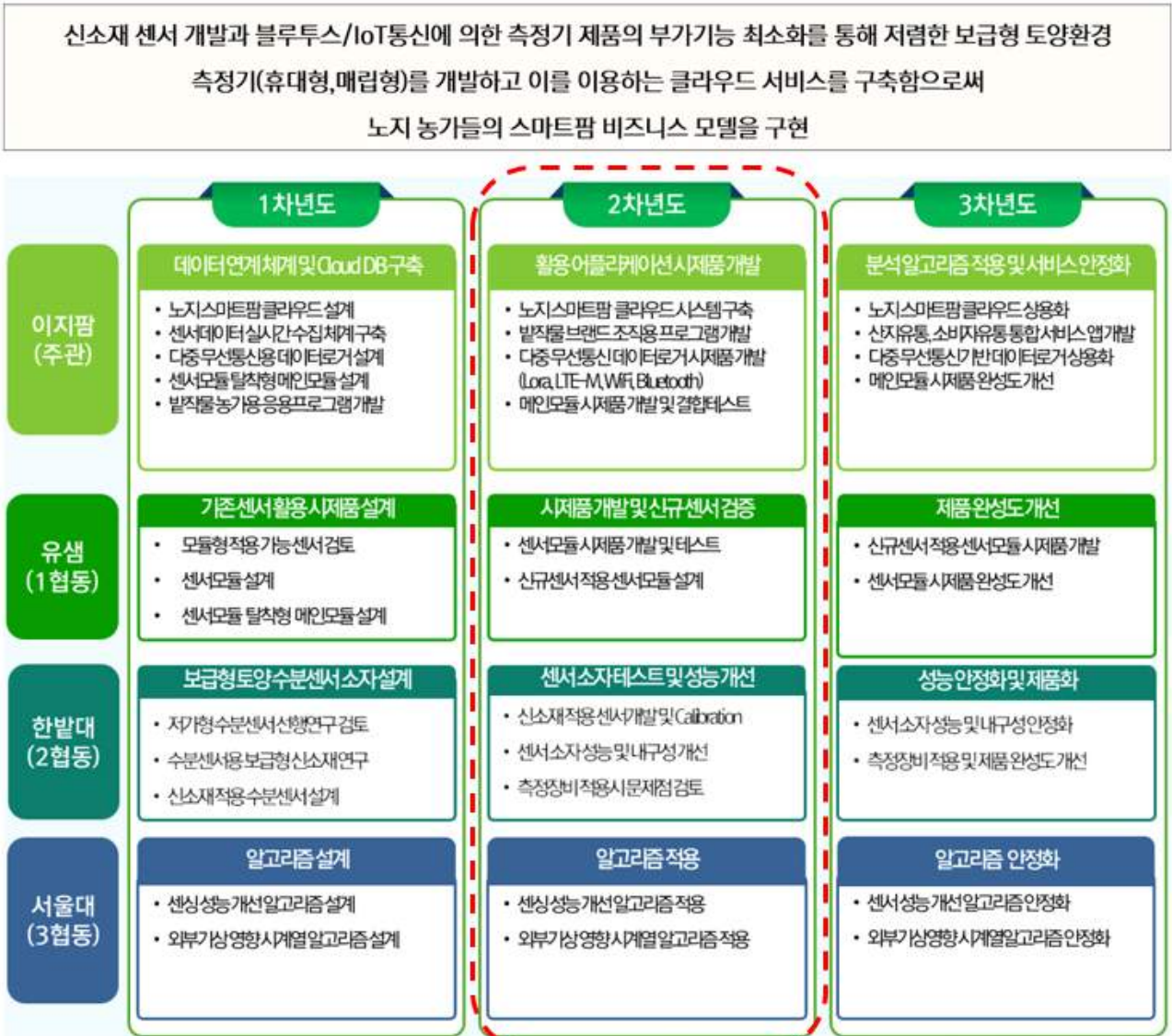
#### (4) 협동기관 (서울대학교)

- 실시간 측정 데이터를 이용한 센서 성능 개선을 위한 빅데이터 기반 알고리즘 설계
  - 유사 분야 선행 연구 검토
    - 센서 네트워크, 통계학 분야 대표 저널의 이상치 검출 논문 조사 및 이상치 판별 방법 검토
    - 토양 수분 센서 정확도 관련 자료 수집 및 측정 오차 특성 검토
  - 센서 데이터 특성에 적합한 모델링 방안 및 알고리즘 검토
    - 단일 센서 조건에서의 시계열 데이터 패턴의 모델링 방안 검토
    - 다중 센서 조건에서의 센서 간 상관관계를 고려한 모델링 방안 검토
  - 가상 데이터를 이용한 알고리즘 설계
    - 센서 특성을 고려한 임의의 가상 데이터셋 생성
    - 가상 데이터를 이용한 단일 센서 조건에서의 이상치 판별 알고리즘 설계
    - 가상 데이터를 이용한 다중 센서 조건에서의 이상치 판별 알고리즘 설계
- 센서 데이터 시계열 패턴 분석을 통한 외부기상 요인 영향 모델링 알고리즘 설계
  - 유사 분야 선행 연구 검토
    - 변수간 인과관계를 고려한 시계열 분석 논문 조사 및 분석 기법 검토
    - 시계열 특성을 고려한 데이터마이닝 기법 조사 및 검토
  - 분석 데이터 수집 체계 구축
    - 분석용 토양수분센서 데이터 확보를 위한 테스트베드 TDR 센서 설치
    - TDR 센서와 유선 연결된 데이터 로거 설치 및 클라우드 DB 데이터 전송 체계 구축
    - 분석용 외부 기상데이터 확보를 위한 기상청 테스트베드 지역의 기상 데이터 수집

- 수집 데이터를 이용한 알고리즘 설계
  - 1년차 연구에서는 수집된 토양수분량 데이터와 기상청 데이터를 이용 (2년차부터 기상데이터 실측 예정)
  - 시계열 기법을 이용한 외부 기상요인의 토양수분량 영향도 측정
  - 데이터마이닝 기법을 이용한 외부 기상요인을 고려한 토양수분량 예측 알고리즘 설계

2. 2차년도

가. 개발 목표



(1) 주관기관 (이지팜)

- 노지 스마트팜 클라우드 시스템 구축
  - 노지 스마트팜 농가, 작목반을 위한 센서 등록, 모니터링 등 클라우드 서비스 구축
- 발작물 브랜드 조직용 프로그램 개발
  - 브랜드 조직용 스마트팜 응용서비스 분석, 설계
  - 브랜드 조직용 모니터링 응용서비스 개발
- 다중 무선통신 데이터로거 시제품 개발

- 센서와 클라우드 간 통신기능 개발 및 검증

(2) 협동기관 (유샘인스트루먼트)

- 시제품개발 및 센서 검증
  - 센서모듈 시제품개발 및 테스트
  - 개발센서 적용 센서모듈 설계

(3) 협동기관 (한밭대학교)

- 수분량을 측정하는 고분자 수분 센서 소자 개발
  - 수분 변화를 측정할 수 있는 소자 구조 개발
  - 고분자 층의 특성 변화에 따른 전기적 특성 변화 경향 조사 및 분석
  - 전기적 신호와 수분량의 calibration

(4) 협동기관 (서울대학교)

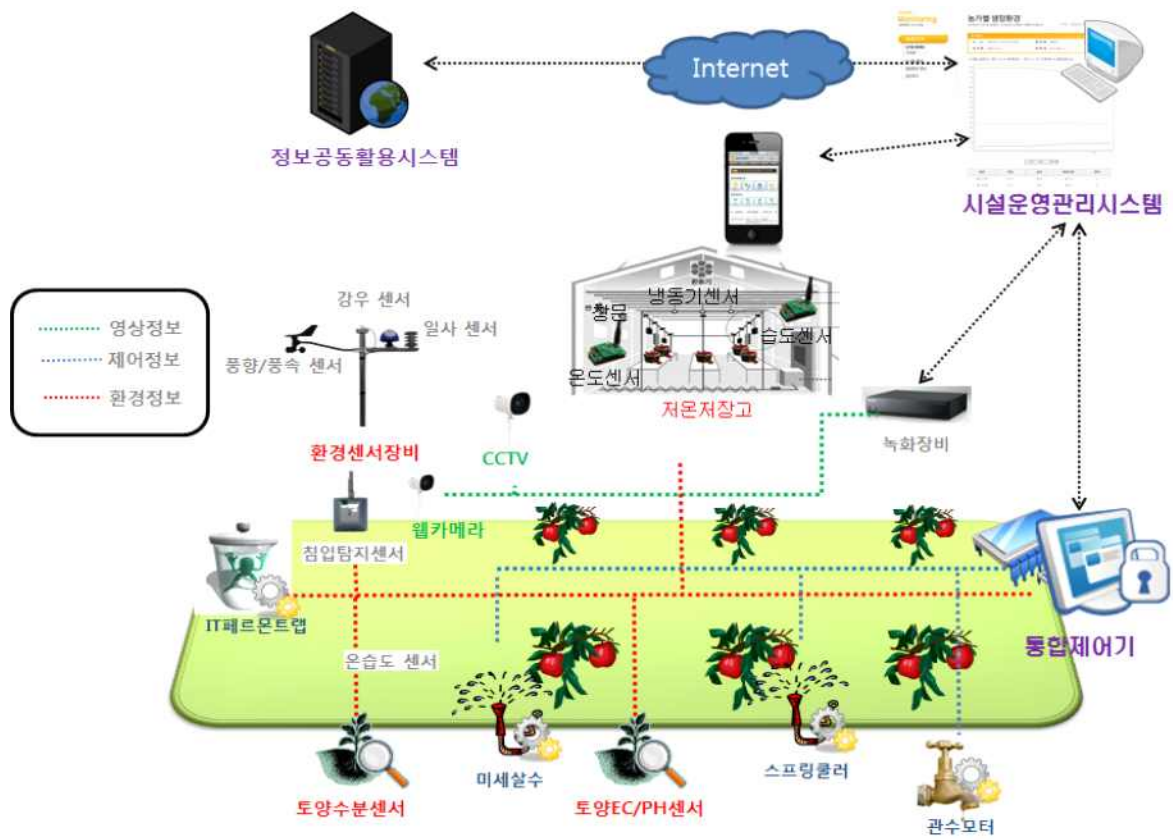
- 실시간 측정 데이터를 이용한 센서 성능 개선을 위한 빅데이터 기반 알고리즘 적용
  - 신규개발 센서 실험실 데이터 수집
  - 1차년도에 설계된 보정 알고리즘의 실제 센서 데이터 적용 및 수집 데이터 분석
  - TDR/신규센서 현장 테스트베드 설치 및 수집 데이터 분석
- 센서 데이터 시계열 패턴 분석을 통한 외부기상 요인 영향 모델링 알고리즘 적용
  - 수집 데이터를 이용한 시계열 영향 알고리즘 평가 및 보완
  - 공공기관의 기상예보, 토양환경정보시스템과 연계한 클라우드 시스템 내 알고리즘 적용 및 테스트

나. 개발 내용 및 범위

(1) 주관기관 (이지팜)

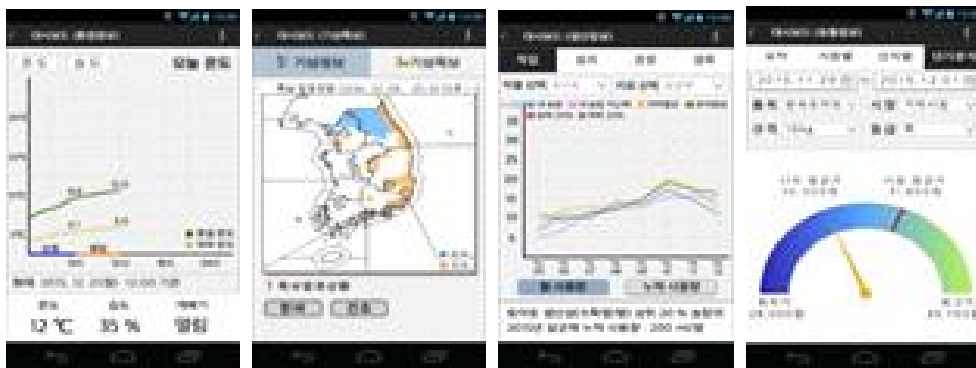
○ 노지 스마트팜 클라우드 시스템 구축

- 노지 스마트팜 농가, 작목반을 위한 센서 등록, 모니터링 등 클라우드 서비스 구축
  - 외부환경정보(온습도, 풍향, 풍속 등) 모니터링
  - 토양수분정보 모니터링
  - 외부환경을 이용한 기상위험 예측정보
  - 적절한 환경을 유지하기 위해 관수제어 기능 구현
  - 모바일 환경에서 원격 환경정보 모니터링 및 장비제어



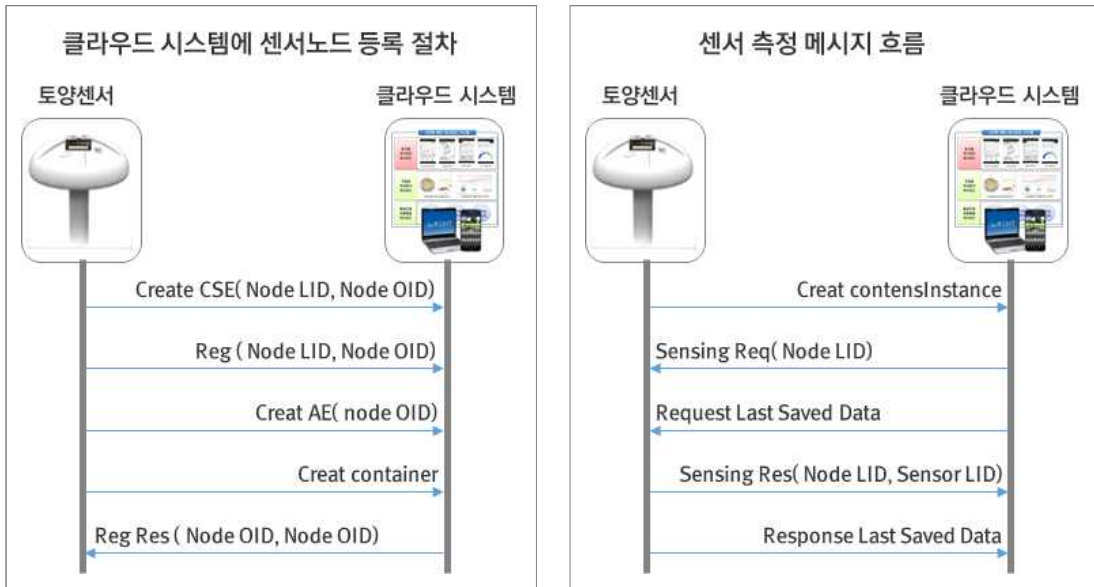
○ 발작물 브랜드 조직용 프로그램 개발

- 농가와 작목반 스마트팜 응용서비스 분석, 설계
- 농가용 모니터링 응용서비스 개발



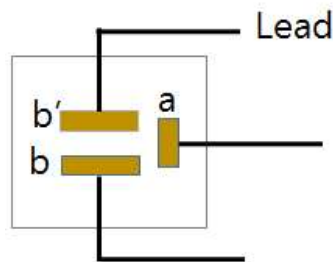
○ 다중 무선통신 데이터로거 시제품 개발

- 센서와 클라우드 간 통신기능 개발 및 검증
  - . 클라우드 시스템에 센서노드 등록
  - . 센서 측정 메시지 흐름



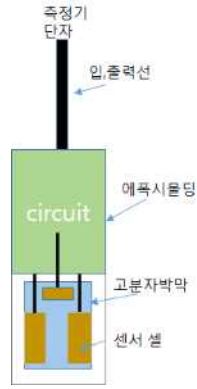
(2) 협동기관 (유셈인스트루먼트)

- 시제품개발(센서모듈제품) 및 센서 검증(측정기간 신호형태 규명)
  - 센서모듈 시제품개발 및 테스트
  - 개발센서 적용 센서모듈 설계
- 2협동기관의 개발 센서에 대한 모듈화 및 테스트
  - 센서의 개발기간 설정에 따른 업무 진행 발생예상
  - 센서모듈의 개발을 위한 주관기관의 장치 규격 확정 필요, 이에 따른 센서모듈화 가능
- 센서모듈 개발
  - 개발 신소재 센서는 전기저항방식의 센서라할 수 있음

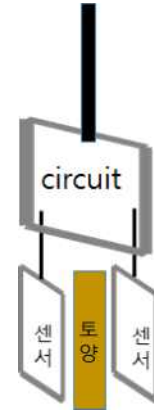


<소자 형태>

- 소자는 3개 또는 4개로 구성되며, a 소자에 전류를 공급하며, b 와 b' 간 기전력이 발생함
- 토양에 접합부는 b 와 b' 소자가 되며, 이것이 외부의 토양과 결합력을 위해 고분자의 박막 처리를 함
- 이 소자를 이용하여 토양수분 감지하여 Lead 선으로 해당하는 전기 출력을 표출함
- 모듈은 다음과 같이 형상화 될수 있음



<센서1개 사용 >



< 센서2개 사용 >

○ 센서 입출력

- 측정기의 입출력단 신호메칭  
입출력신호:신호메칭은 아나로그 또는 RS485 입.출력으로 함  
공급전원 : DC 2.5min ~ 5.5Vmax/ 전류mA
- 측정기와 센서모듈간 결선단자  
각종 단자중 선택

(3) 협동기관 (한밭대학교)

○ 수분량을 측정하는 고분자 수분 센서 소자 개발

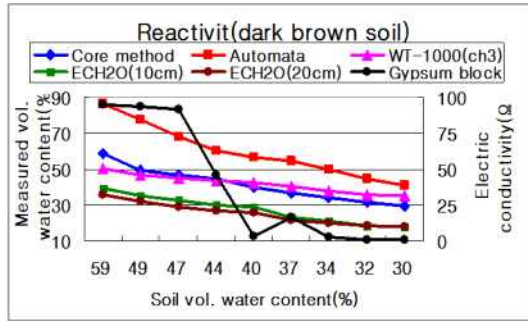
- 고분자의 변화를 전기적으로 측정할 수 있는 소자 구조 개발
- 고분자의 수분 흡수에 따른 형태 변화를 전기적 저항의 변화로 나타나게 하는 구조 제안
- 고분자의 전극선과 수분 흡수층의 분리를 통한 이온으로 인한 왜곡 현상 최소화
- 전기적 신호와 수분량의 calibration

(4) 협동기관 (서울대학교)

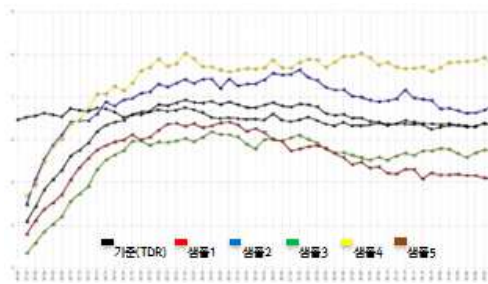
○ 실시간 측정 데이터를 이용한 센서 성능 개선을 위한 빅데이터 기반 알고리즘 적용

- 신규개발 센서 실험실 데이터 수집(2협동과제 한밭대 제공)
    - 신규개발 토양수분 센서의 토양함수율 변화에 따른 측정치 패턴 데이터 수집
- : 아래 그래프의 경우 여러 센서들의 암갈색 토양에서의 함수율 변화에 따른 실측값을 측정된 것으로 석고블럭 센서의 경우 특정 함수율 범위별로 측정치 오차가 큰 것이 확인됨

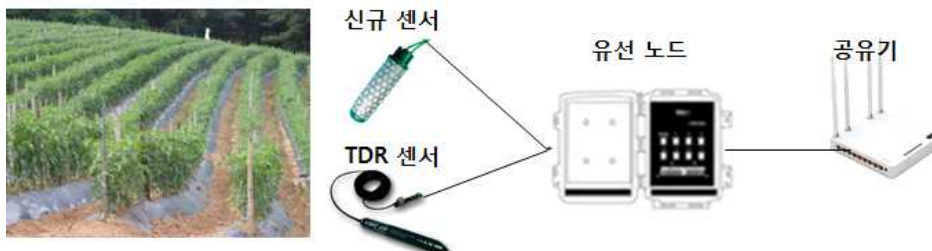




- 신규개발 토양수분 센서의 외부환경(온도,토질)에 따른 측정치 패턴 데이터 수집  
: 토양의 온도, 토질에 따라 토양함수율 반응성 패턴이 다를 수 있으므로 특정 조건에서의 신규센서 토양함수율 반응성에 대한 패턴 데이터 수집
- 1차년도에 설계된 알고리즘의 실제 센서 데이터 적용 및 수집 데이터 분석
  - 신규개발 센서의 토양함수율 반응성 패턴 데이터 분석 결과를 이용하여 토양온도, 토질별 신규센서의 측정값이 실제값의 패턴과 유사하게 나타날 수 있도록 하는 보정 알고리즘을 1차년도에 설계된 알고리즘에 기반하여 개발
  - 1차년도에 설계된 이상치 판별 알고리즘을 적용하여 실측 데이터 중 이상치가 발생한 지점들에 대한 검출 정확도 평가 및 정확도 개선을 위한 알고리즘 보완



- TDR/신규센서 현장 테스트베드 설치 및 수집 데이터 분석
  - 프로토타입으로 개발된 알고리즘의 검증에 위해 1차년도에 구축된 현장 테스트베드 유선 센서네트워크에 신규 토양수분 센서 설치
  - 설치된 센서 데이터는 공유기를 통해 클라우드 서버에 지속적으로 저장하여 분석용 데이터 확보
  - 신규개발 센서의 현장 실측 데이터에 보정 알고리즘 적용 후 TDR 센서 측정 데이터와 비교 분석
  - TDR 센서 측정 데이터와의 오차율을 낮추는 방향으로의 알고리즘 보완

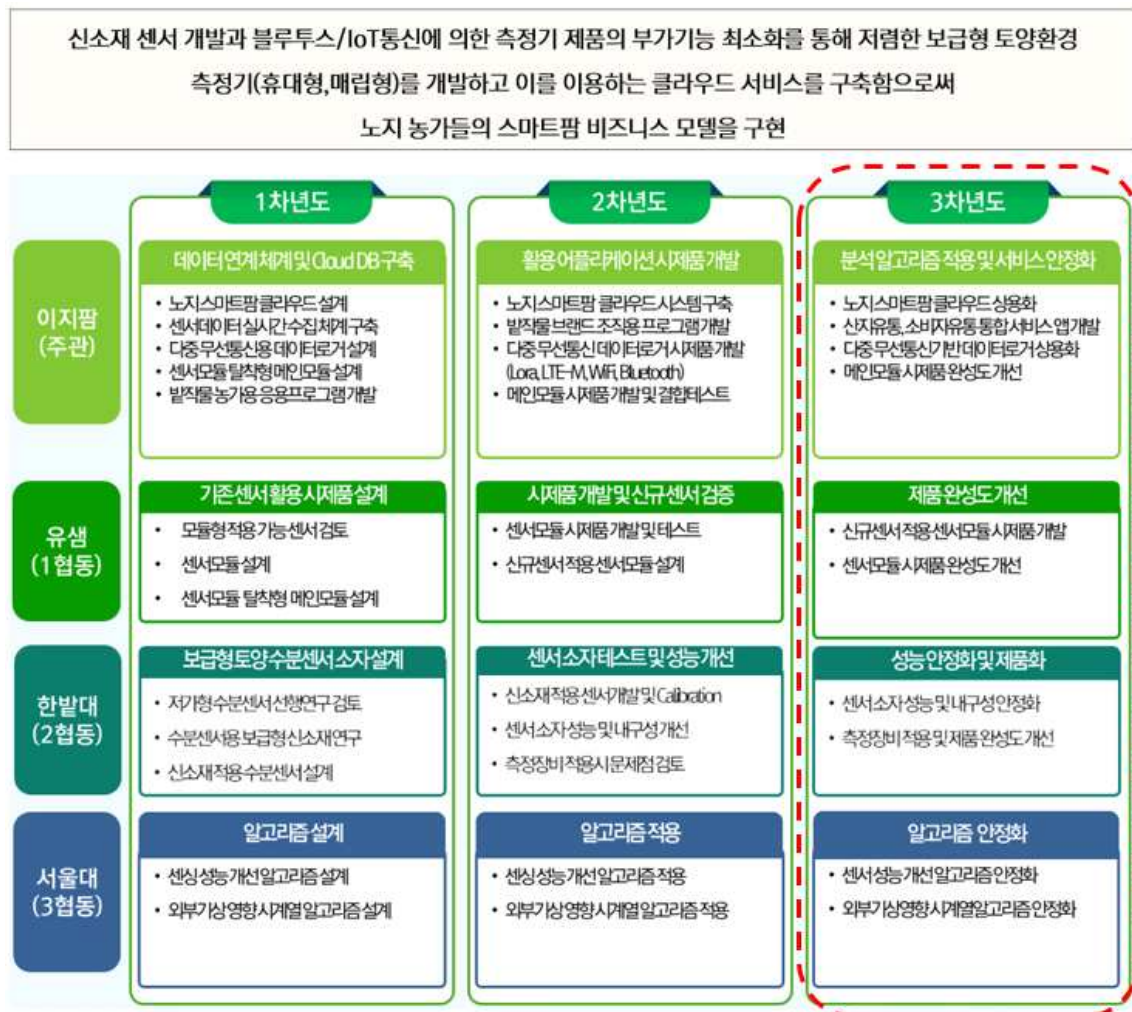


- 센서 데이터 시계열 패턴 분석을 통한 외부기상 요인 영향 모델링 알고리즘 적용
  - 수집 데이터를 이용한 시계열 영향 알고리즘 평가 및 보완

- 1차년도에 설계된 예측알고리즘을 이용하여 기상청 외부기상(시간단위) 데이터를 이용한 추정모델 정확도 평가
- 예측알고리즘 정확도 개선을 위한 주요변수 및 영향 시차 조정 및 정확도 개선 모델 리스트 도출
- 2차년도부터 설치되는 테스트베드 외부기상 센서의 실시간 데이터를 이용한 예측알고리즘 평가 및 모델 개선
- 공공기관의 기상예보, 토양환경정보시스템과 연계한 클라우드 시스템 내 알고리즘 적용 및 테스트
  - 기상청 기상예보 정보를 이용한 토양수분 추세 예측을 위한 클라우드 시스템 내 기상청 API 연계
  - 농촌진흥청 토양환경정보시스템에서 토성 관련 정보 수집을 위한 DB 연계
  - 클라우드 시스템 내 예측알고리즘 구동을 위한 R서버 설치
  - 기상예보 정보를 이용한 토양수분 예측치와 실제 측정치 비교 기능 구현을 위한 알고리즘 개발

### 3. 3차년도

#### 가. 개발 목표



(1) 주관기관 (이지팜)

- 노지 스마트팜 클라우드 시스템 안정화 및 상용화
  - 테스트 범위 및 통합테스트 환경 구성
  - 현장적용을 통한 통합테스트 및 기능개선
- 산지유통 소비자유통 통합 서비스앱 개발
  - 품질인증기관, 유통판매, 산학협력 연계 서비스
- 다중 무선통신 데이터로거 상용화
  - 시제품 현장 적용 및 상용화
- 메인모듈 완성도 개선
  - 현장 적용을 통한 완성도 개선 및 향상

(2) 협동기관 (유셈인스트루먼트)

- 제품완성도 개선
  - 개발센서 적용 센서모듈 시제품 개발
  - 센서모듈 시제품 완성도 개선
  - 메인모듈 시제품 완성도 개선

(3) 협동기관 (한밭대학교)

- 센서소자 성능 및 내구성 안정화
- 측정장비 적용 및 제품 완성도 개선

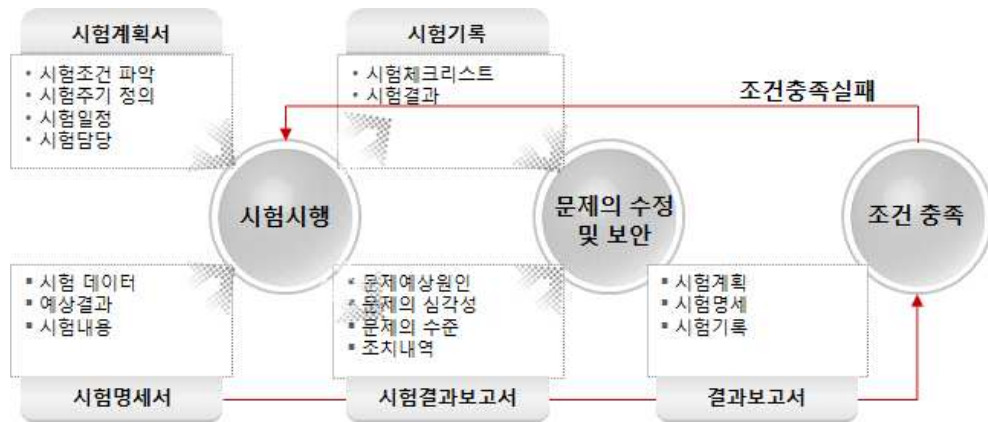
(4) 협동기관 (서울대학교)

- 실시간 측정 데이터를 이용한 센서 성능 개선을 위한 빅데이터 기반 알고리즘 안정화
  - 보정 알고리즘의 현장 실측 데이터 적용시 오차 분석 및 개선
  - 현장 데이터를 이용한 학습모델 개선 및 센서 이상치 유형 분류
  - 센서 보정 알고리즘의 클라우드 시스템 적용
- 센서 데이터 시계열 패턴 분석을 통한 외부기상 요인 영향 모델링 알고리즘 안정화
  - 테스트베드 신규개발 센서에 대한 예측알고리즘 적용 및 성능 개선
  - 예측알고리즘 기반의 서비스 모델 개발 및 어플리케이션 적용

나. 개발 내용 및 범위

(1) 주관기관 (이지팜)

- 노지 스마트팜 클라우드 시스템 안정화 및 상용화
  - 테스트 범위 및 통합테스트 환경 구성
    - 사용자 입장에서 검증하기 위한 테스트 환경 구성 및 테스트 시나리오 작성



< 시험절차 >

- 현장적용을 통한 통합테스트 및 기능개선
- 실제 농가에 장비를 설치한 후 테스트를 수행



<현장적용 절차>

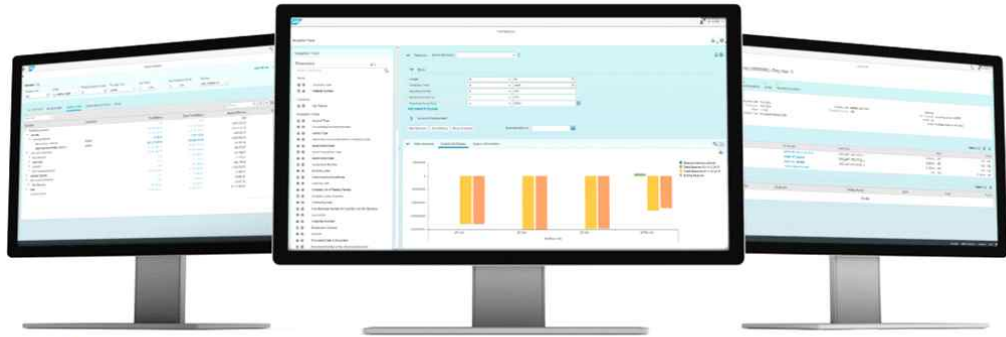
- 실제 사용자의 사용경험을 통한 기능 개선



<농가 실사용 평가의견 수렴>

○ 산지유통 소비자유통 통합 서비스앱 개발

- 품질인증 유통활용 대시보드
- 품질인증기관(GAP 인증), 유통판매(생산이력제공), 산학협력 연계 서비스(생육DB)



· 품질인증기관(GAP 인증) · 유통판매(생산이력제공) · 산학협력 연계 서비스(생육DB)

<품질인증 유통활용 대시보드>

○ 다중 무선통신 데이터로거 상용화

- 시작품 현장 적용 및 상용화
  - 다중 무선통신 시작품을 현장에 설치하고 수집되는 데이터에 대해서는 대시보드의 모니터링을 통해 일정 기간의 데이터 추이를 확인
  - 통신 및 센서 모듈의 작동 여부 확인 및 보완을 통한 시작품 상용화

○ 메인모듈 시제품 완성도 개선

- 메인모듈의 확장성을 높여 다양한 종류의 토양환경 센서를 탈착하여 측정 데이터 호환성 다양화
- 센서를 통해 측정되는 토양환경 정보를 효율적으로 수집하기 위한 통신모듈 안정화

(2) 협동기관 (유셈인스트루먼트)

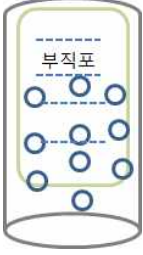
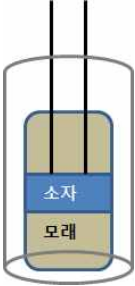

○ 시제품 토양수분센서모듈 개발 완료

- 2차 센서모듈 개발을 통한 문제점 해결 및 센서모듈의 개발 완성(2협동 공유)
  - 센서모듈의 문제점을 개선하여 지속적으로 테스트 함
  - 센서모듈을 구동하는 회로부의 문제점을 개선하여 많은 테스트를 통하여 안정화함
- 개발센서모듈의 토성별 Calibration 완료 및 현장 실증 시험(주관 공유)
  - 제품별로 실험실 내 토성별 데이터 확보 및 3협동기관 알고리즘을 통한 데이터 분석
  - 협동기관을 통한 Calibration 데이터 확보 및 필드테스트 실시

○ 시제품 토양수분센서 개발 완료

- 모듈 및 신호처리부 일체형 센서 개발(주관에 입출력신호체계 전달)
- 개발센서는 감지부인 모듈부와 감지부가 동작하기 위한 입·출력 신호 변환 역할을 하는 회로부로 구성되며, 이것을 일체화형화한 시제품 개발
- 개발센서의 제작 순서 및 형태

(1) 외형 커버	(2) 센서 소자 장착	(3) 구동회로 내장
외형 커버는 타공형의 알루미늄 또는 스틸 재질로 하며, 내부에	커버 내부에 소자를 부착하고, 모래를 채운다	구동회로가 내장된 원통형을 부착하여 일체형으로 한다

부직포 등을 접착하여 수분흡수 가능토록 함		
		

- 상지에서 센서부의 수분 흡수를 위한 부직포사용과 석고블록 및 모래 등을 넣어 내부를 완전 밀폐된 형태로 할 경우, 응답성이 느리기 때문에 실제 농가에서 수분 감지하여 관수 시 이 응답성이 문제될지에 대한 규명파악을 하려고 함



< 상부와 하부가 밀폐된 센서형 (참조: 영국 델타티사의 토양수분센서) >

- 상기의 그림과 같이 완전 밀폐형으로 센서를 제작할 경우, 응답성이 느리기 때문에 실제 농가에서 수분감지 하여 관수할 때 이 응답성이 문제될지에 대한 테스트베드를 통한 규명을 하며, 응답성에 따른 문제 발생 시 개방형 형태의 센서로 수정 및 보완하여 필드에서 사용 가능하도록 개발함

○ 필드 테스트 및 수정보완

- 상기 개발제품은 상시 필드 테스트를 통한 수정 및 보완을 실시함 (테스트 결과를 기반으로 출력값 보정)
- 필드의 실증시험은 관행구와 시험구로 하여, 시험구에 개발센서를 통한 실증효과 입증으로 각종 데이터 발취함
- 가능한 관행구와 시험구는 반복시험 할 수 있는 2 - 3개소로 하여, 각각의 다른 환경에서 개발센서와 및 시스템의 실증시험을 하며, 이로서 각종 데이터의 확보 및 자료를 취합하여 개발 기간 내 지속적인 실증시험으로 문제점을 해결하도록 함 (최종 타 제품과의 비교를 통한 성능 데이터를 제시함)

(3) 협동기관 (한밭대학교)

○ 수분 센서 소자의 성능 및 내구성 향상

- 센서 소자 성능 및 내구성 향상
  - 센서 민감도 향상을 위한 전극층 설계와 내구성 저하 방지를 위한 전극층 설계의 trade-off 관계 최적화
  - 복합고분자 비율에 따른 개별 신호들의 관계를 이용한 최적의 민감도 추출 방안 제시
- 측정 장비 적용 및 제품 완성도 개선

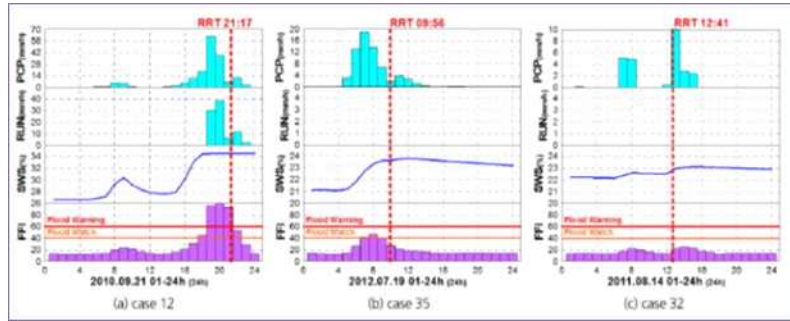
(4) 협동기관 (서울대학교)

○ 실시간 측정 데이터를 이용한 센서 성능 개선을 위한 빅데이터 기반 알고리즘 안정화

- 보정 알고리즘의 현장 실측 데이터 적용시 오차 분석 및 개선
  - 2차년도에 개발된 이상치 판별 알고리즘과 이상치 보정 알고리즘의 현장 실측 데이터 적용
  - TDR 센서와의 오차 발생 유형 구분 및 알고리즘 개선
    - : 오차발생이 이상치를 판별하지 못해서 발생한 케이스 추출 및 판별 알고리즘 개선
    - : 오차발생이 이상치는 판별했으나 보정이 잘못된 케이스 추출 및 보정 알고리즘 개선
- 현장 데이터를 이용한 학습모델 개선 및 센서 이상 보고를 위한 유형 분류
  - 3차년도에 수집되어 축적되는 데이터를 이용하여 이상치 판별 및 보정 알고리즘 재학습
  - 센서 데이터의 이상치 유형 분류 및 교체 필요 센서에 대한 보고 기준 수립
- 센서 보정 알고리즘의 클라우드 시스템 적용
  - 신규 센서 이상치 보정 알고리즘의 클라우드 시스템 적용
  - 클라우드 시스템을 기반으로 하는 토양 함수율 측정 서비스 기능 안정화

○ 센서 데이터 시계열 패턴 분석을 통한 외부기상 요인 영향 모델링 알고리즘 설계

- 테스트베드 신규개발 센서에 대한 예측알고리즘 적용 및 성능 개선
  - 테스트베드에 설치되는 신규개발 센서 데이터를 이용하여 TDR 센서 데이터 기반의 예측알고리즘 적용
  - 신규개발 센서 데이터의 예측치 오차를 평가 및 정확도 개선을 위한 예측알고리즘 개선
- 예측알고리즘 기반의 서비스 모델 개발 및 어플리케이션 적용
  - 외부 기상요인, 기상예보, 토양수분 측정값 및 예측치 데이터의 그래프 시각화 방안 제시
  - 토양함수율 예측치가 적정관수량 범위 미달시의 적정 관수시기 및 관수량 추정 알고리즘 개발
  - 기능별로 정의된 서비스모델을 이지팜에서 서비스 예정인 어플리케이션에 적용



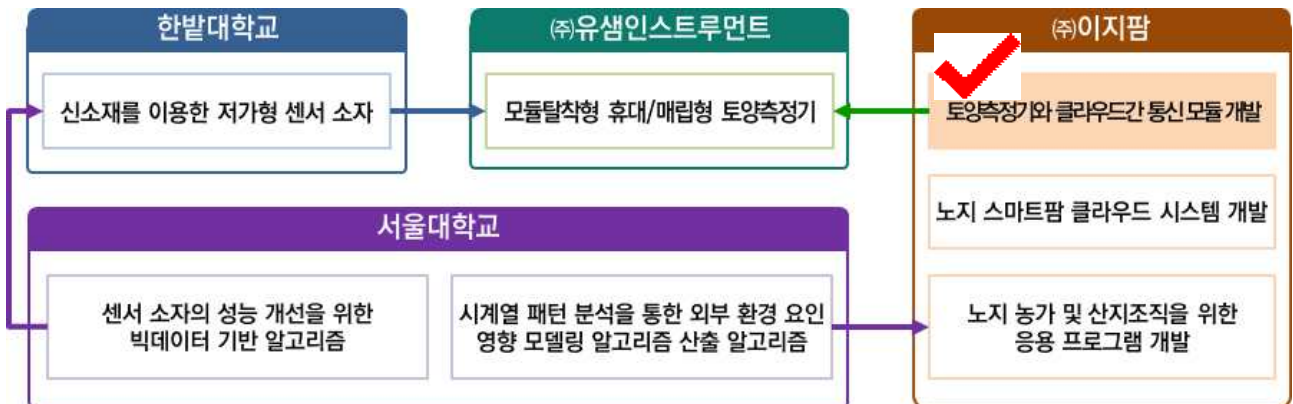
<측정 데이터 그래프 시각화 방안 예시>

### 3절. 연차별 연구 수행 결과

#### 1. 1차년도 연구 수행 결과

##### 가. 주관기관 (이지팜)

- 토양측정기와 클라우드간 통신가능한 센서노드 및 상용통신모듈 활용 인터페이스 설계



<참여기관별 역할 구성도 중 본 과업의 위치>

세부연구목표에 대한 하위 수행 내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>. 4채널 가능한 센서 노드 설계</li> <li>. 상용 통신 동글(LoRa, LTE-M, Bluetooth 등)과 통신 기술 설계</li> </ul>

#### (1). 4채널 가능한 센서 노드 설계

##### (가). 개요

노지에 설치되는 환경적 특성을 감안하여 저전력 통신 및 동작을 지원하는 메인 컨트롤러를 사용하여 아날로그 값을 측정하여 원격지로 측정된 데이터를 전송하는 보드를 설계한 다.

##### (나). ADC 4CH 보드 설계



- 1) ADC 4CH 보드는 아날로그 측정을 제공하며, 통신 프로토콜로 485통신을 기본 제공한다.
- 2) 원격지에 설치 되는 것을 감안하여 무선 통신을 설치모듈에 따라 아래의 통신 방식 지원 한다.
  - 가) TCP 유선 모듈
  - 나) WIFI 무선 모듈

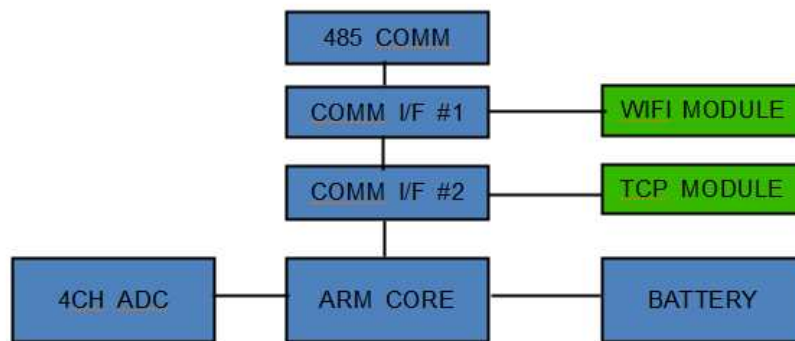
(다). ADC 측정 데이터 전기적 스펙

가) 측정 방식은 Single-Ended, Differential, Potential Meter, Thermistor Input으로 구분된다.

나) 필요에 따라 외부 회로에 5V 전원을 공급할 수 있으며 공급 전류는 100mA 이하이다.

Channel Count	16ch
InputRange	0 ~ 5V
Bit Resolution	12bits
Input Impedance	$\geq 1 \times 10^{12} \Omega$
LPF Cutoff	약 10Hz

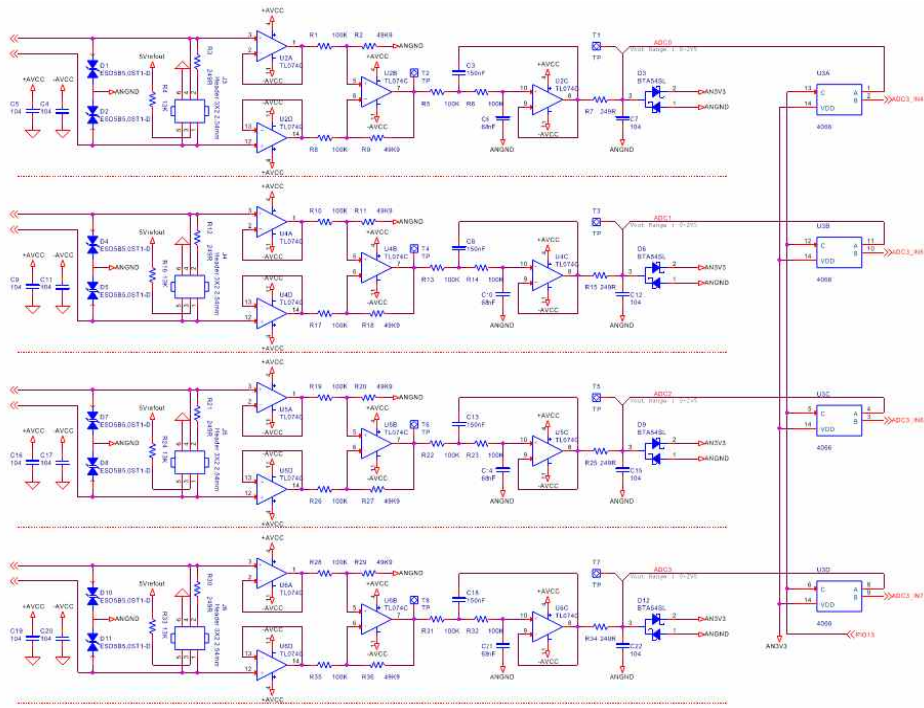
(라).시스템 구성도



시스템 구성도

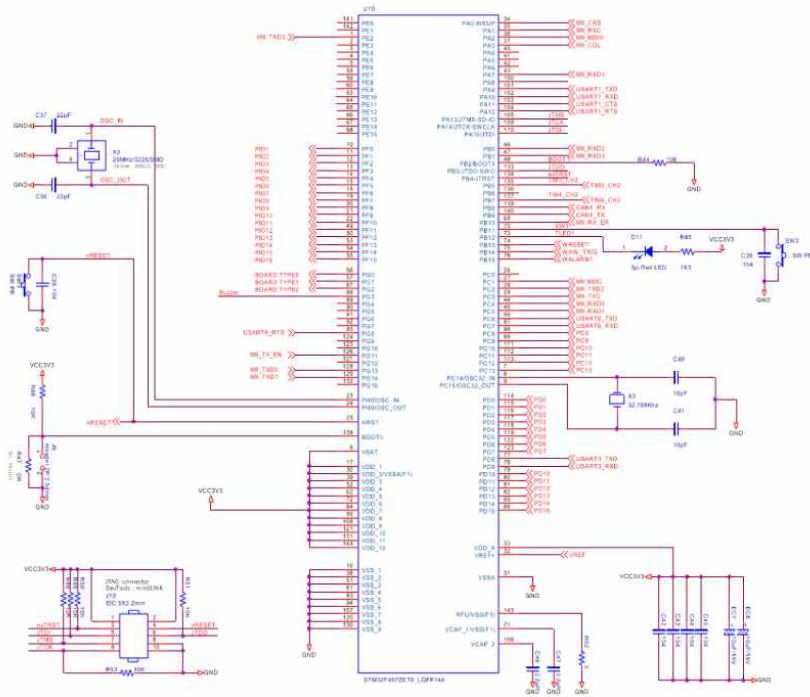
(마).회로 설계

- 1) ADC 측정 파트



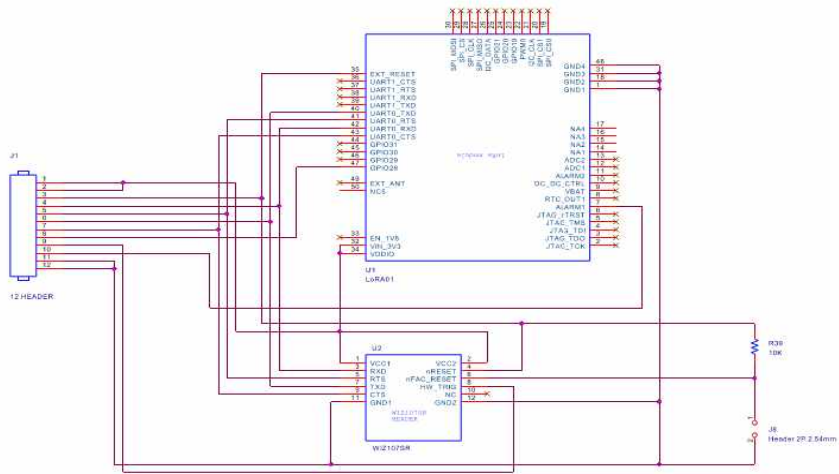
< ADC 측정 회로 >

2) ARM CORE 파트



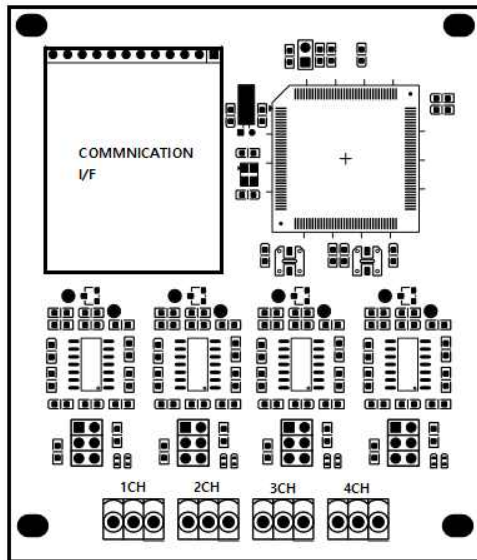
< ARM CORE 회로 >

### 3) 무선 모듈 인터페이스



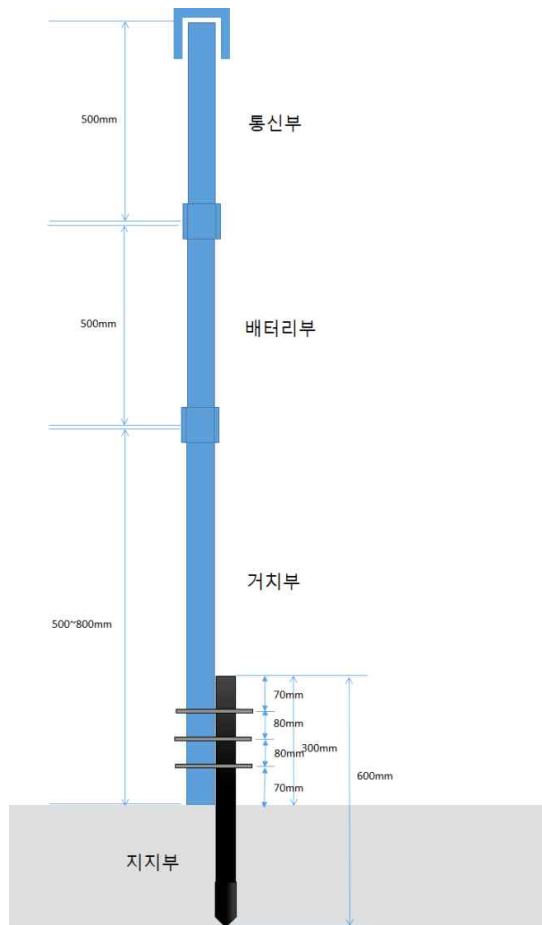
무선 모듈 회로

### 4) PCB 거버 데이터

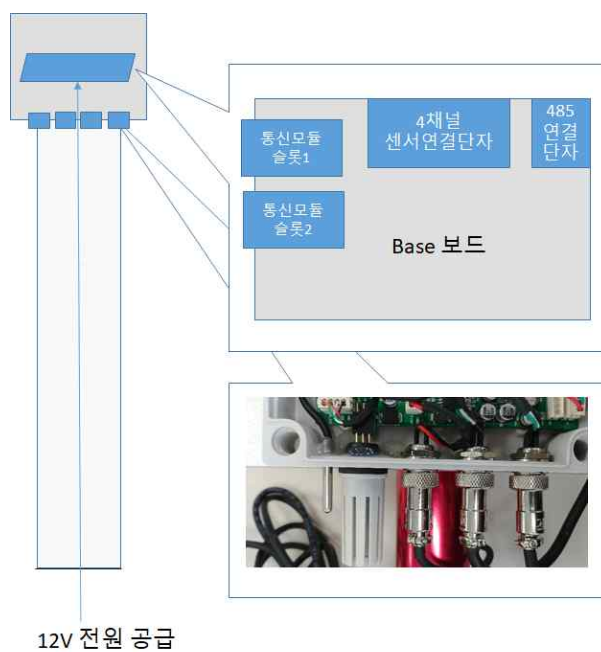


(바). 센서노드 전원 및 통신 제공이 가능한 거치대 설계

□ 노지센서 거치를 위한 봉형 거치대 구성도



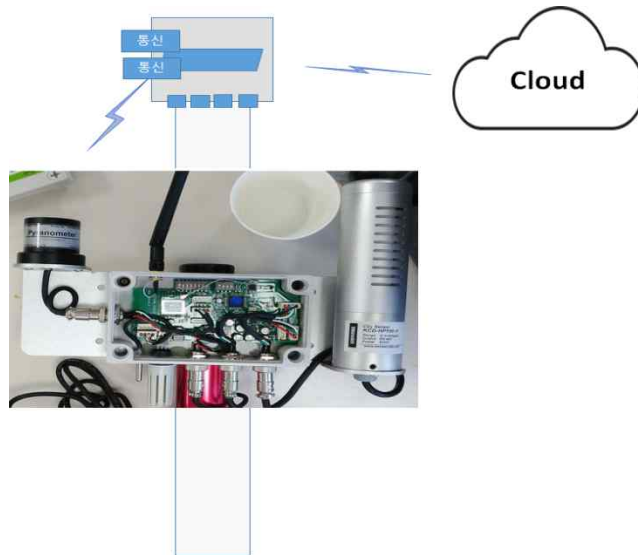
- 거치대의 구성은 땅에 지지를 위한 지지부, 높이 조절용 거치부, 배터리전원 공급을 위한 배터리부, 4채널 센서 연결 및 2개통신모듈이 탑재된 통신부로 구성됨
- 통신부 개념도



- 통신부는 4채널 노드가 상단에 탑재되고 비가 들어오지 않도록 합체를 설계
- 합체와 센서들간 결선은 합체를 열지 않고 결선이 가능하도록 인터페이스 설계

□ 거치대의 활용 방법

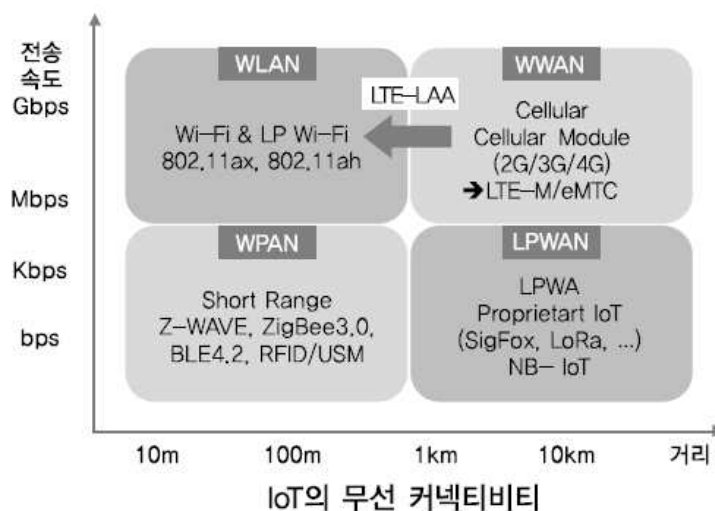
- 4채널 연결단자를 통해 노지 스마트팜 구현에 필요한 센서들을 연결
- 기존 업체들의 센서노드의 수용
  - 스마트팜 서비스를 제공하고 있는 기존 업체들이 보유하고 있는 센서노드들과 연결이 가능



(2). 상용 통신 동글(LoRa, LTE-M, Bluetooth 등)과 통신 기술 설계

(가). 사물인터넷(IoT)의 네트워크 영역 분석

1) 사물인터넷 네트워크의 연결 거리와 전송 속도에 따른 분류



<IoT의 무선 커넥티비티 (출처: 한국정보통신기술협회)>

\* WLAN: Wireless Local Area Network,  
 WWAN: Wireless Wide Area Network,  
 WPAN: Wireless Personal Area Network,  
 LPWAN: Low-Pwer Wide Area Network

- 사물인터넷 네트워크는 “연결 거리”와 “전송 속도”에 따라 근거리 통신망 (Local Area Network, LAN), 셀룰러 네트워크(Cellular Network), 저전력 장거리 통신기술(Low Power Wide Area, LPWA)으로 분류할 수 있음
- 그 중 저전력 장거리 통신기술이 낮은 전력소모, 장거리 커버리지, 보안, 저비용이라는 점에서 사물인터넷에 매우 적합한 통신방식으로 주목받고 있음

2) 기존 유·무선통신망 기반 네트워크를 사물인터넷에 적용시 지적되는 단점

- 와이파이(Wi-Fi)를 사용하는 LAN 기반의 IoT 네트워크
  - 고정된 AP(Access Point)를 요구하므로 이동성이 부족
  - 가정 내 홈 IoT 서비스 정도에 적합
- 블루투스(Bluetooth)
  - 연결이 불안정한 편으로 근거리에서 기기 간 직접 통신 정도에 알맞음
  - 이러한 방식은 자동차처럼 움직임이 큰 사물에는 사용할 수 없음
- 셀룰러 네트워크
  - 단순한 측정값을 전송하는 정도의 IoT 기기에 적용되기에는 성능이 과하고 전력 소비도 많으며, 비용 부담도 큼
  - 3GPP(3rd Generation Partnership Project)는 복잡한 기술을 단순화하고 성능을 제한한 표준을 고려하였고, 그 결과 기존 LTE 망에서 좁은 대역폭을 사용해 속도를 줄인 LTE-M이 등장함

3) 3GPP 표준·비표준 저전력 장거리 통신기술(LPWA)

- 3GPP 표준 방식
  - LTE-MTC(Long Term Evolution-Machine Type Communication, LTE-M)
    - 속도를 더욱 제한한 카테고리M(Cat.M)을 추가하며 비용과 전력 문제를 개선
  - NB-IoT(Narrow Band-IoT, 협대역 사물인터넷)
    - LTE-M 대비 더욱 낮은 대역폭으로 많은 단말을 수용할 수 있음
    - 속도는 최대 200Kbps 수준으로, 모듈의 복잡도와 가격 역시 더욱 낮춰 현재의 LoRa보다 저렴한 모듈 제공이 가능할 것으로 예상
  - 유럽 표준인 2.5세대 GSM(Global System for Mobile communication) 기반의 EC-GPRS(Extended Coverage-General Packet Radio Service)
- 비표준 방식
  - SigFox(시그폭스)
  - LoRa(LongRange, 로라)

<LPWA 기술 종류 (고득녕)>

구분	LoRa	Sigfox	LTE MTC	LTE NB-IoT
주파수 대역	비 면허대역 (920MHz)	비 면허대역 (920MHz)	면허 대역 (LTE 대역)	면허 대역 (In-band, Guard-band)
표준화 단체	LoRa Alliance	ETIS	3GPP	3GPP
표준화 단계	표준 완료	표준 완료	Cat. 0/1: 표준 완료 Cat. M: 표준화 진행 중	표준 진행 중 (Rel.13) : 9월 예상
Max. Data Rate	5.47kbps	1kbps	Cat.1: DL/UL 10/5Mbps Cat.0: DL/UL 1Mbps Cat.M: DL/UL 0.2Mbps	200kbps
Cell Coverage	~10km	~10km	~10km	~5km
상용화	기 상용화	기 상용화	기 상용화(Cat.1)	'17년 상반기 예상
Device Stack	Non-IP	Non-IP	IP	Non-IP, IP
Module Chip 가격	약 5\$~10\$ 수준	약 5\$~10\$ 수준	약 20\$ 수준	약 10\$ 수준

\*LoRa: Long Range; LTE-MTC: LTE-Machine Type Communication; NB-IoT: Narrowband-IoT

#### 4) 국내 도입 완료된 IoT 통신망

○ SK텔레콤, KT, LG유플러스 3사가 모두 도입한 LTE-M과 SK텔레콤만이 도입한 LoRa 2가지 방식(2016년 9월 기준)

##### ○ LTE-M

- 기존 통신사 면허 대역 주파수를 사용하는 기술로, 국내 이동통신사들은 이미 보유한 LTE 망을 기반으로 LTE-M IoT 전용망을 구축
- 기존에 통신사가 구축한 망을 사용하므로 기술만 적용하면 곧바로 전국망 서비스가 가능함
- 면허 대역 주파수를 사용하기 때문에 간섭에서 상대적으로 자유로워 서비스 품질이 보장됨
- 속도는 현재 구축한 Cat.1 기준 다운로드 최대 10Mbps 수준으로, 데이터의 양이 큰 IoT 서비스에 적합함
- 표준 기술로서 서비스가 사장될 가능성이 적음
- 단점은 유심(USIM) 기반으로 개통절차가 복잡하고, 전력소모가 상대적으로 크며, 칩 및 모듈과 사용요금이 상대적으로 고비용이라는 점

##### ○ LoRa

- LTE-M보다 속도는 느리지만, 그만큼 전력소모가 적어 10년 이상의 배터리 수명을

갖도록 모듈을 제작할 수 있음

- 900Mhz대 주파수를 사용하므로 굴절 및 회절도가 높아 수신 감도가 뛰어나
- 통신 범위는 도심지역 기준 반경 2~15km, 교외 최대 30km, 지하 및 실내에서는 1~3km 수준으로 LTE-M의 최대 5~11km보다 넓음
- 게이트웨이 당 수만 대의 IoT 기기가 접속 가능함
- 전송속도는 250bps에서 최대 50Kbps 수준으로 원격검침 및 모니터링 등에는 충분한 성능임
- 개통도 아이디(ID) 기반으로 단순하고, 낮은 성능만큼 비용도 크게 줄일 수 있음
- 단점은 비면허 대역이라 주파수 간섭이 일어날 가능성이 높고, 이로 인한 품질 저하가 우려된다는 것임

LTE-M과 LoRa의 장·단점 비교

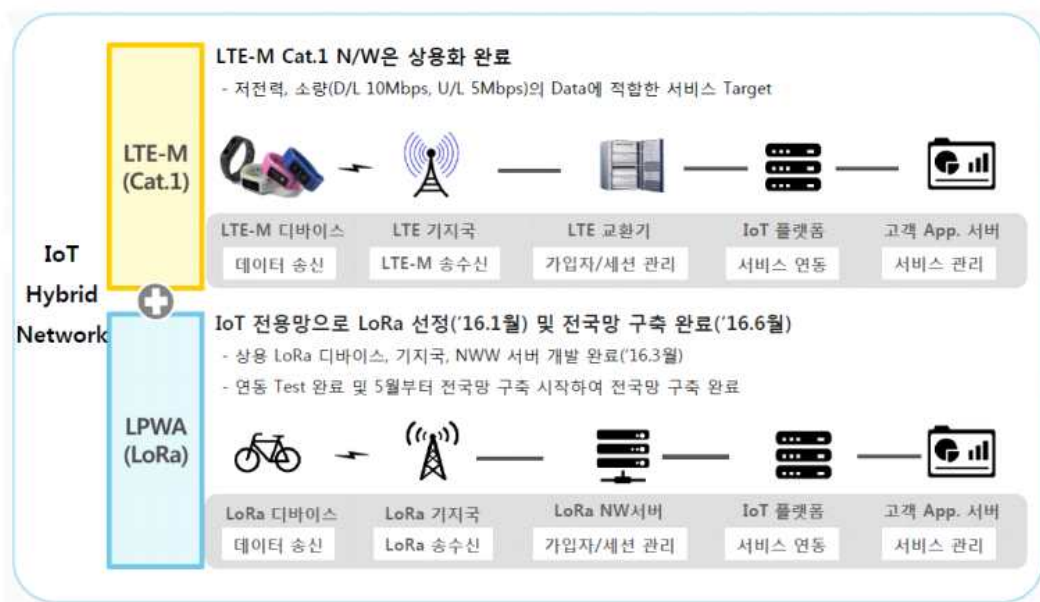
구분	LTE-M (Cat.1)	LoRa
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 기존 LTE망 활용해 즉시 전국망 가능</li> <li>· 면허 대역 주파수로 서비스 품질 확보</li> <li>· 표준 기술 기반의 서비스 연속성 확보</li> <li>· LTE 수준의 보안성 제공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 저렴하고 단순한 칩 및 모듈</li> <li>· 저전력으로 배터리 수명 10년 가능</li> <li>· ID 기반 인증으로 개통 절차 단순</li> <li>· 기존 통신사 기지국에 간단히 설치</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 비싸고 복잡한 칩 및 모듈</li> <li>· 전력 소모 상대적으로 높음</li> <li>· USIM 기반으로 개통 절차 복잡</li> <li>· 상용화 사례 아직까지 부족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 신규 망 구축 필요</li> <li>· 비면허대역 주파수로 간섭 우려</li> <li>· 비표준 기술로 서비스 시장 우려 제기</li> <li>· 칩셋 생태계 좁은 편</li> </ul>

출처 SKT·KT

▲ LTE-M과 LoRa의 장·단점 비교 (출처: SKT·KT)

4) SK텔레콤과 KT의 사물인터넷 전략

- SK텔레콤은 LoRa와 LTE Category 1를 모두 제공하는 IoT Hybrid Network 전략을 내세우고 있음

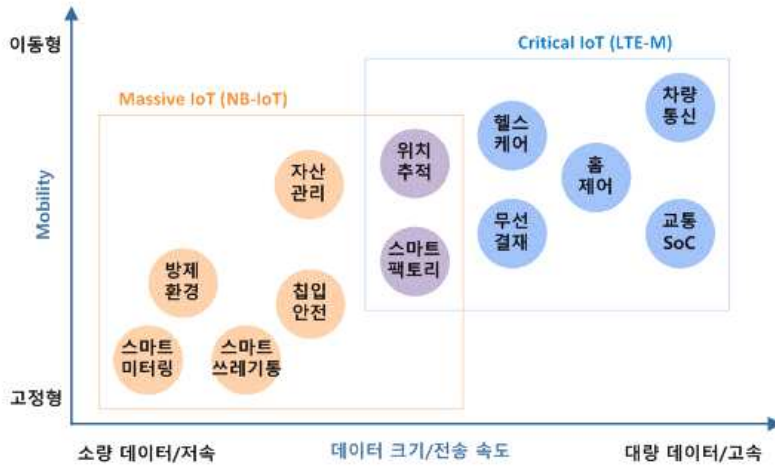


<SK텔레콤의 IoT Hybrid Network 전략 (고득녕)>



○ KT의 소물인터넷 사업 분류: Massive IoT, Critical IoT

- Massive IoT는 소량 데이터와 저속으로 전송되는 영역으로 NB-IoT 기반으로 서비스를 제공
- Critical IoT는 대용량 데이터 and/or 고속으로 전송되는 영역으로 LTE-M 기반으로 서비스를 제공



<KT 소물인터넷 분류 (source: KT)>

※ 참고자료

- 고득녕, 소물인터넷을 위한 Low Power Wide Area 기술 동향, OSIA S&TR Journal, Vol.29, No.3, September 2016
- 컴퓨터월드 “[기획특집] IoT 시대, LPWA를 선점하라 “

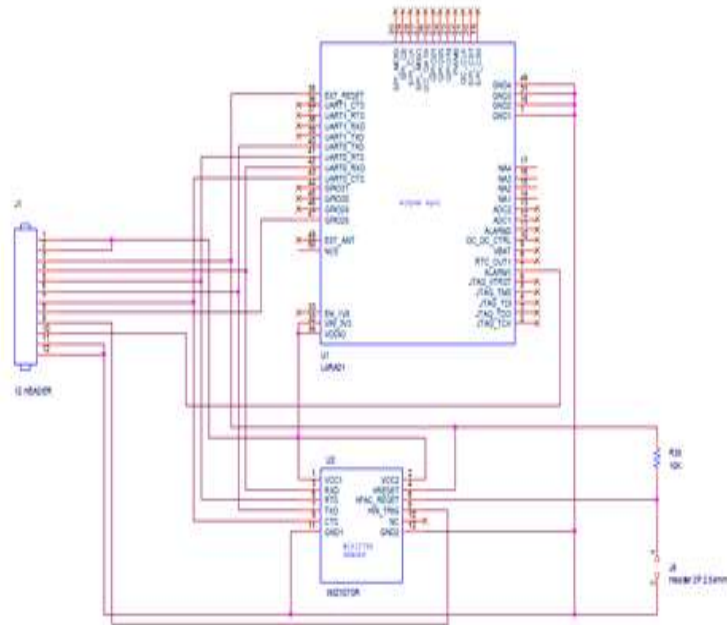
(나). 상용 통신(LoRa, LTE-M, Bluetooth 등) 기술 설계

1) LoRa 회로설계

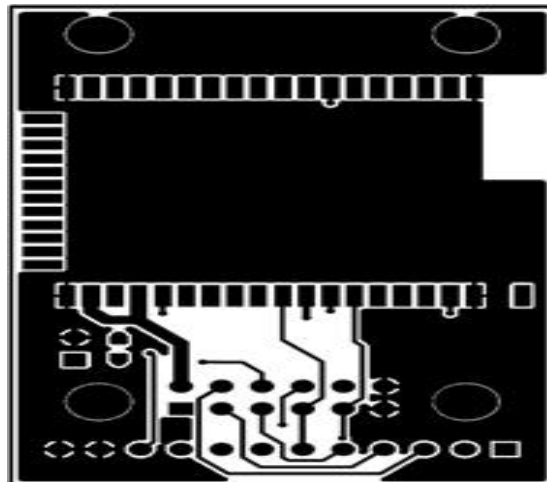
가) 개요

BaseBoard 와 조합하여 EEE802.15.4(e) MAC 호환 LoRaTM RF module 로서 센서 네트워크, 원격검침, 스마트그리드 등 IoT 응용에 적용 가능한 무선 통신을 제공하며 서브 GHz 대역 내에서 고유한 확산 스펙트럼 변조를 활용하여 장거리, 저전력, 고 네트워크 용량을 실현 한다.

나) LoRa 통신 모듈 설계도 및 거버



LoRa 통신 모듈 설계도



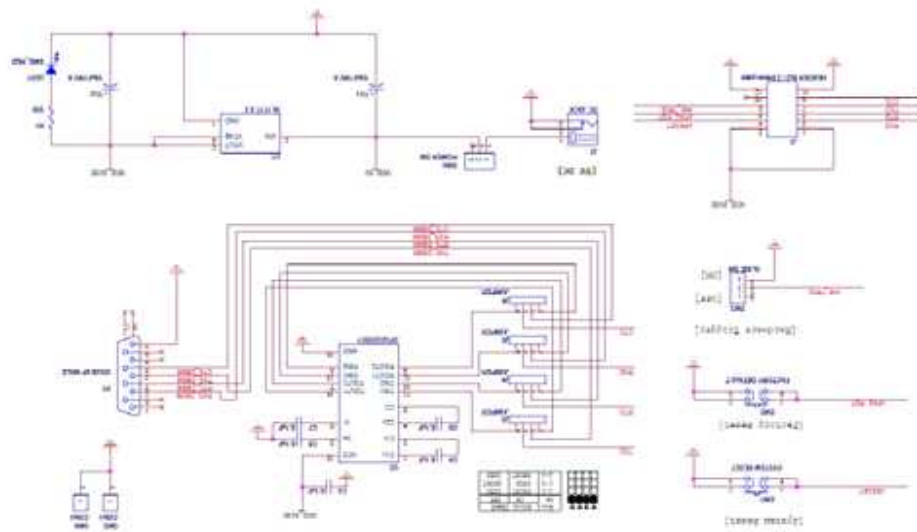
LoRa 통신 모듈 거버

2) LTE-M 회로설계

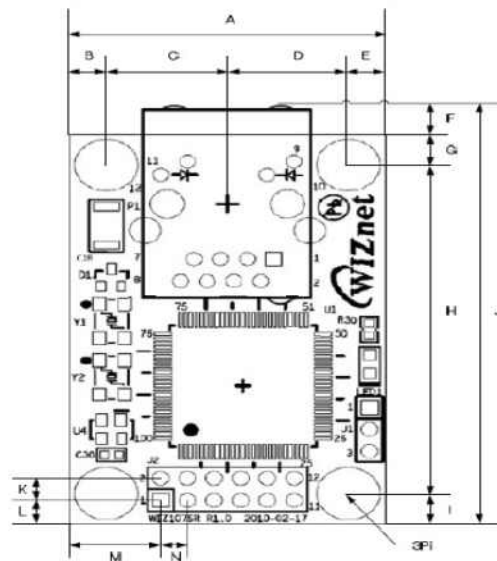
가) 개요

시리얼 프로토콜 (RS-232)을 TCP / IP 프로토콜로 변환하는 게이트웨이 모듈로서 TCP / IP 네트워크를 통해 시리얼 장치를 원격 관리 및 제어 할 수 있으며 시리얼 장비에서 전송 한 데이터를 TCP / IP 데이터 유형으로 전송하고 네트워크를 통해 수신 된 TCP / IP 데이터를 시리얼 데이터로 변환하여 장비로 다시 전송하는 프로토콜 컨버터입니다.

나) LTE-M 통신 모듈 설계도 및 거버



LTE-M 통신 모듈 설계도

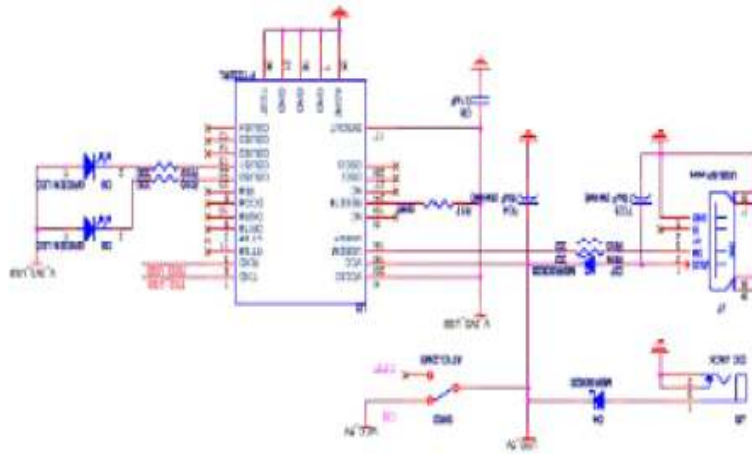


LTE-M 통신 모듈 거버

### 3) Bluetooth 회로설계

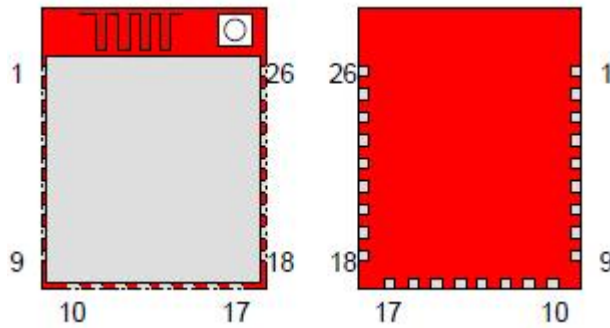
#### 가) 개요

신호 및 SPI 신호를 IEEE802.11 b/g/n 무선랜 프로토콜로 변환시키는 게이트웨이 모듈로서 Serial interface를 가진 기존 장비를 무선랜 망에 연결하여 원격 측정, 관리 및 제어할 수 있으며, Serial2WiFi Gateway Module로 Serial interface를 가진 어떤 디바이스도 손쉽게 Wi-Fi를 구현할 수 있다



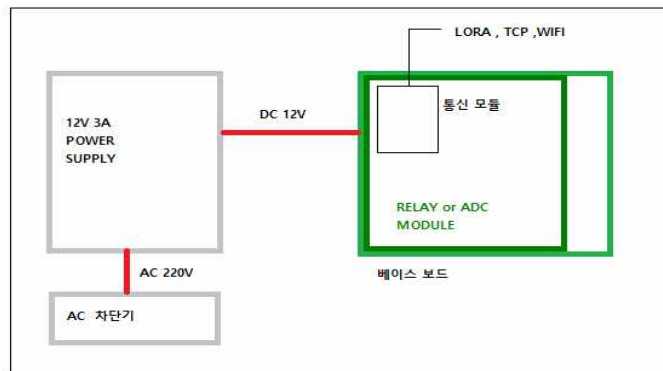
<Bluetooth 통신 모듈 설계도>

나) Bluetooth 통신 모듈 설계도 및 거버



<Bluetooth 통신모듈 거버>

4) IoT\_Node 노드와 결합한 통신기술 설계

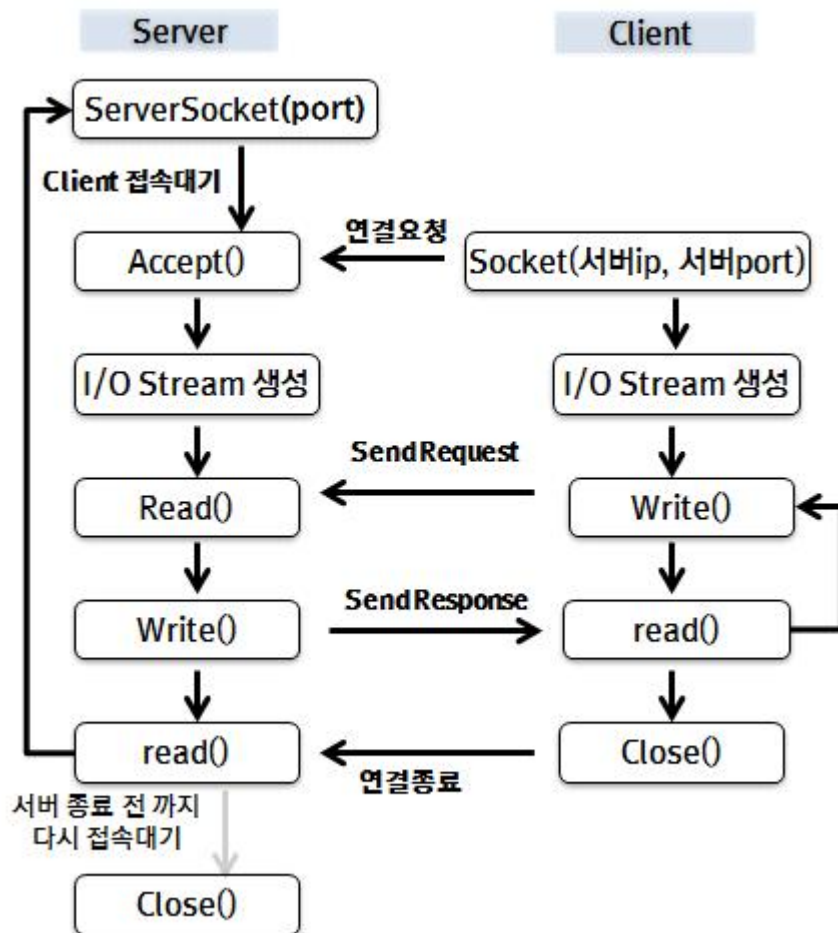


함재 연결 블록도

가) IoT\_Node에 통신 모듈을 결합 하여 각 종 센서 정보 수집 및 클라우드 단으로 센싱 값을 송신 할 수 있는 기능을 적용 가능하다. 팜클라우드와 통신 할 수 있는 방법에 대해 설명하고자 한다 TCP/IP를 이용한 소켓통신 또는 LoRa Gateway통신을 이용한 연계 방법으로 통신 할수 있다.

○ TCP/IP 소켓통신

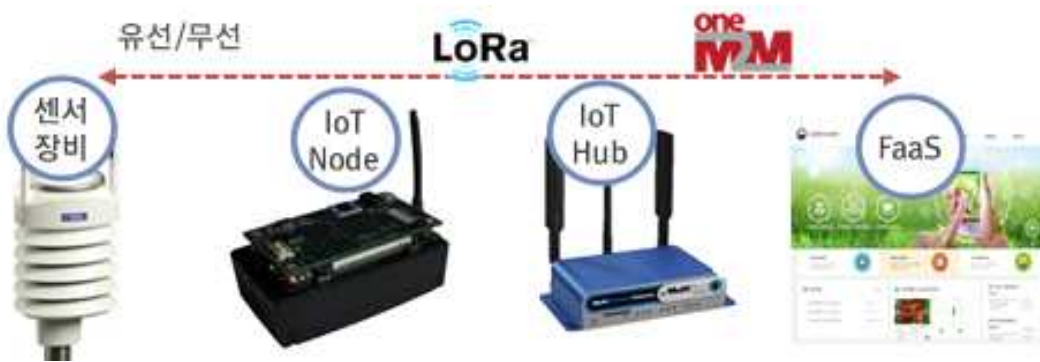
TCP/IP 네트워크에서 클라이언트(송신측)와 서버(수신측)가 통신하는 연결 통로이며 이를 이용하기 위해서는 컨트롤 할 수 있는 프로그램 또한 개발이 필요하며 자바 기반 데몬을 이용하여 송/수신 하며 IoT\_Node에 수신된 센싱 값은 프로토콜 패킷을 생성하여 바로 클라우드 서버로 송신하고 클라우드에서는 해당 패킷을 파싱 및 디비에 저장 할 수 있는 형태로 해석하여 클라우드 디비에 저장 하는 프로세스로 통신을 한다. 아래 구조도 그림에서 서버는 클라우드에 해당하고 클라이언트는 IoT\_Node에 해당한다.



<TCP/IP 소켓통신 구조도>

- IoT-Node 와 IoT-Hub[모비우스]간 LoRa Gateway를 이용한 통신  
설치된 각 센서 정보가 무선 또는 유선 통신을 이용하여 IoT-Node에 전달하고

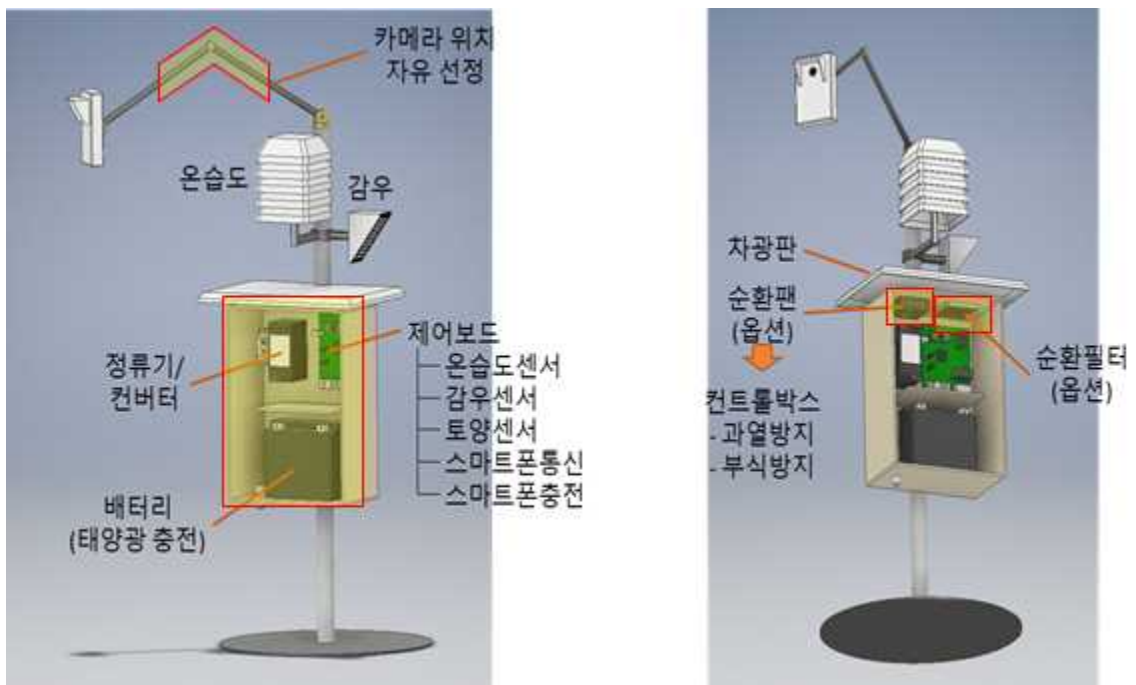
IoT-Node는 프로토콜 패킷을 생성하여 무선통신(LoRa)를 이용하여 IoT-Hub와 통신한다. IoT-Hub에 일정기간 동안 받은 센싱 값을 저장하고 있으며 팜클라우드 서버 데몬은 모바일을 통해 IoT-Hub에 축적된 정보를 HTTP 방식을 이용해 수집해오는 방식으로 센싱값을 수집 및 제어한다.



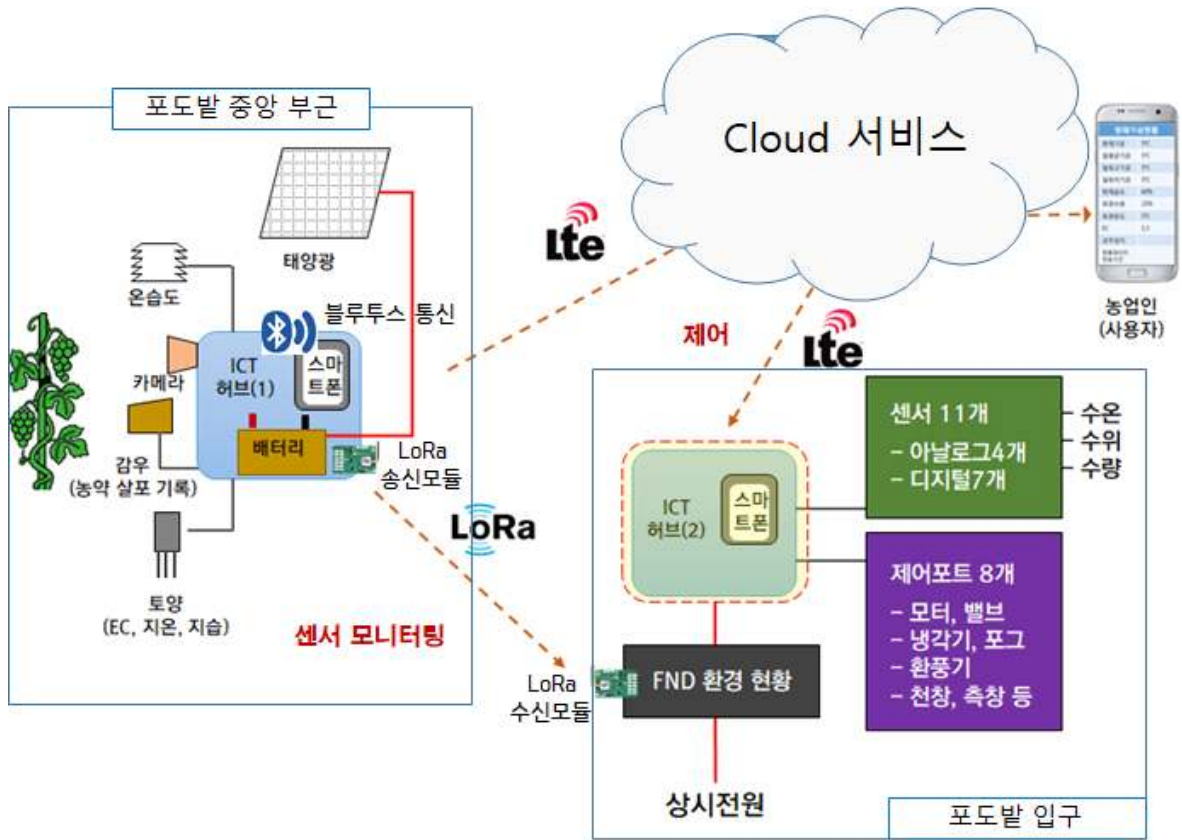
<LoRa Gateway 통신 구조도>

(다). 노지 스마트팜 서비스 모델 개발

1) 비가림 포도농가에 적용가능한 서비스 모델 개발

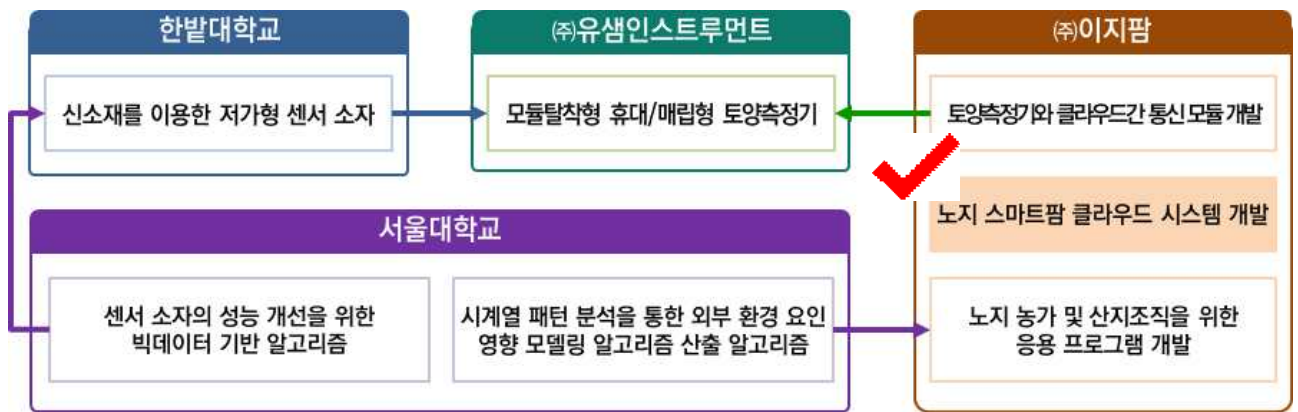


- 비가림 포도농가에 배터리 전원을 이용하여 센싱이 가능한 서비스 모델 설계



- LoRa 통신과 LTE 통신을 적용한 최적 서비스 모델 개발

○ 노지 스마트팜 클라우드 구축을 위한 시스템 설계



<참여기관별 역할 구성도>

세부연구목표에 대한 하위 수행 내용
. 노지 스마트팜 농가, 작목반을 위한 센서 등록, 모니터링 등 클라우드 서비스 설계

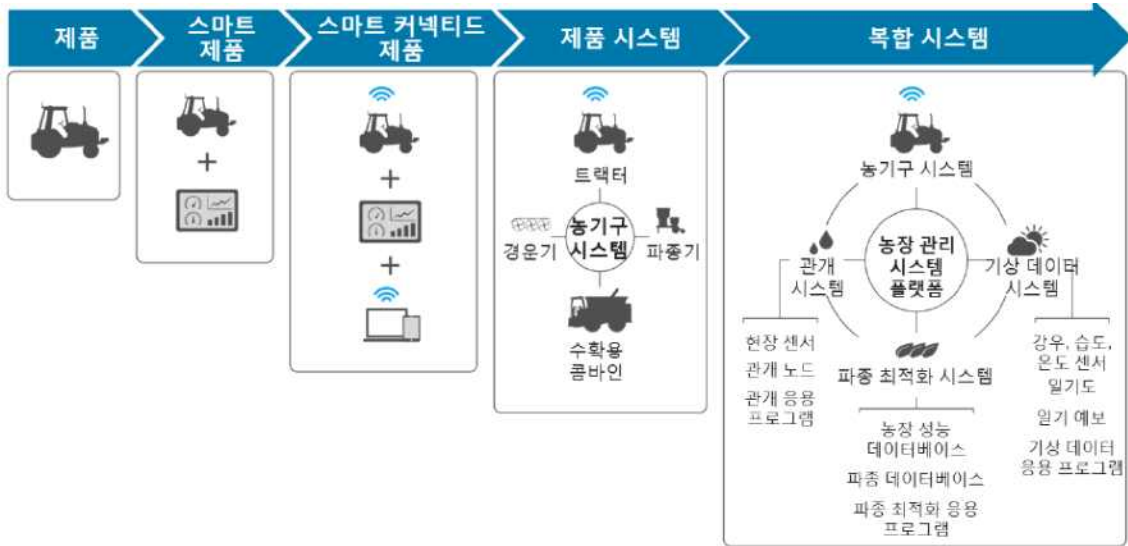
(1). 노지 스마트팜 농가, 작목반을 위한 센서 등록, 모니터링 등 클라우드 서비스 설계

(가). 기존 IoT 테크놀러지 플랫폼 분석

1) 스마트·커넥티드 산업 트렌드

○ 스마트·커넥티드 제품으로 인해 산업들이 새롭게 정의되고, 새로운 전략적 선택이 기업의 경쟁 우위를 실현할 수 있는 중요한 요소가 됨

- 제품의 변화 추이



- 전략에 영향을 주는 주요 의사결정 항목



2) ThingWorx 플랫폼

- IoT 솔루션을 보다 강력하고 빠른 시장 진입을 가능하게 하는 IoT 특별 개발 세트
- 이미 다양한 이종 서비스/플랫폼과 연동 가능
- 기존 시스템 상의 데이터를 연계/분석 하여 비즈니스 가시성을 높일 수 있으며, 시스템 간 자동화 프로세스에도 사용 가능





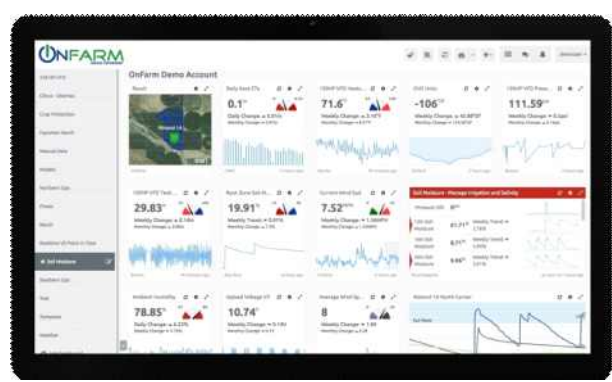
<연동 가능한 서비스/플랫폼 예시>

- IoT Apps 과 새로운 App 개발을 위한 application templates, analytic/visual extensions, Legacy 인터페이스를 위한 extensions 등이 제공/판매
- 3rd Party 업체에서 직접 add-ons 과 extensions을 제작해 판매 가능

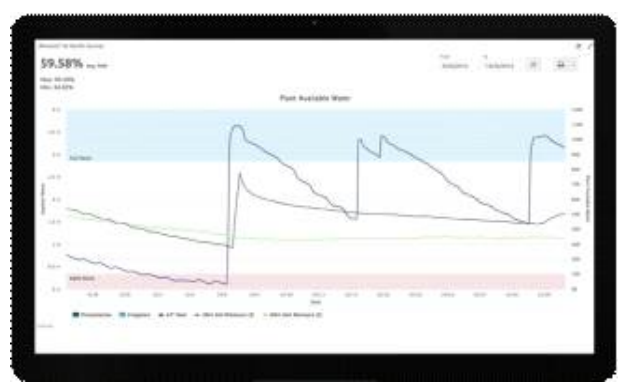
3) ThingWorx 플랫폼 적용 사례

○ 온팜(OnFarm)

- 농업에서 현장 자산과 정보 시스템을 통합해 제공하는 고도의 전문 기업
- ThingWorx IoT 기술 플랫폼을 활용해 토양 수분, 날씨, 농약 사용, 경고 및 알림 내용, 농업 현장의 변동 조건 등 실시간 센서의 정보를 재배 종사자를 위해 특별히 설계된 통합 웹 기반 대시보드와 함께 사용함
- 재배자들은 또한 수준 높은 이미징 기능과 GIS 매핑 정보를 통해 작물 문제를 파악하고 농장 자산의 위치를 시각적으로 확인할 수 있음
- 구현 내용



<사용자 대시보드>



<수집 데이터 조회>

○ Dirt Road Data의 SmartFarm

- 클라우드 기반 스마트 농장 원격 관제 및 제어 솔루션 제공
  - 농장 에너지 관리 시스템, 양계장/부화장 최적화, 사료 공급 관리 시스템, 생산물 최적 이동 관리 등
- 농장 관리를 위한 정보 수집, 통합, 분석, 관제에 이르는 End-to-end 솔루션 구성
  - 가금류 성장 관리 등
- 실시간 스마트 농장 관리 시스템으로 생산량 최적화 및 각종 비용 절감
- 구현 내용



<사용에 용이한 그래프와 차트>



<위치 정보 확인>



<스마트 알람>



<프로그램 가능한 온도 설정>



<지난 온도 조회>



<사용자 편이 대시보드>

(나). 노지 스마트팜을 위한 클라우드 서비스 설계

1) 클라우드기반 노지 스마트팜 IoT 모니터링 시스템 기능 설명서

1차기능	2차기능	3차기능	상세설명
IoT 모니터링	노지 센서 모니터링	모니터링 정보(실시간)	노지 내 센서의 실시간 데이터를 보여주고 데이터 미 수신 시 표기된다.
		모니터링 정보(일간)	선택한 노지 센서의 조회 일자를 기준으로 일간 데이터를 차트형식으로 조회한다. 또한 당일 기상청 정보를 차트형식으로 조회한다. (센서이력, 최대값, 최소값 포함)
		모니터링 정보(주간,월간)	선택한 노지 센서의 조회 일자를 기준으로 주간, 월간 데이터를 조회하고, 비교센서 선택 시 센서의 데이터도 차트형식으로 조회할 수 있다. (센서이력, 최대값, 최소값 포함)
		모니터링 정보(기간별)	선택한 노지 센서의 조회 일자를 기준으로 기간별 센서 정보를 차트형식으로 조회할 수 있으며 비교기간, 비교일, 조회주기를 조건으로 차트를 조회할 수 있다.

2) 클라우드기반 노지 스마트팜 IoT 모니터링 시스템 화면설계서

가) 모니터링 정보(실시간)

<b>화면명</b>	클라우드기반 노지 스마트팜 IoT 모니터링 시스템(실시간)
<b>화면설명</b>	노지 내 센서의 실시간 데이터를 보여주고 데이터 미 수신 시 표기된다.



- ① 로그인 한 유저의 농장 온실의 환경정보(센서)를 실시간으로 확인할 수 있다.
- ② 노지농장의 실시간 내부온도 정보를 차트형식으로 보여주며, 데이터 미 수신, 센서 별 가이드라인이 기능에 맞게 표시된다.

나) 모니터링 정보(일간)

<b>화면명</b>	클라우드기반 노지 스마트팜 IoT 모니터링 시스템(실시간)
<b>화면설명</b>	노지 센서의 조회 일자를 기준으로 일간 데이터를 차트형식으로 조회한다. 또한 당일 기상청 정보를 차트형식으로 조회한다. (센서이력, 최대값, 최소값 포함)

The screenshot displays the EZFARM monitoring dashboard. On the left, a sidebar shows environmental data for '내부온도' (Indoor Temperature) with values like 17.30°C, 99.90% humidity, 430.00 ppm CO2, 0.60 dS/m EC, and 6.10 pH. The main area is titled '모니터링 정보' (Monitoring Information) and includes search filters for date (2017-11-14) and interval (1시간). A chart shows '내부온도 정보' (Indoor Temperature Information) with three data series: indoor temperature, sensor humidity, and indoor humidity. A table on the right provides '센서 이력정보' (Sensor History Information) with columns for time, average, minimum, and maximum values. At the bottom, a '기상청 정보 (2017-11-14)' (Weather Information) chart shows temperature, humidity, and precipitation.

- ① 로그인 한 유저의 농장 온실의 환경정보(센서)를 일간데이터로 확인할 수 있다.
- ② 센서 모니터링 정보의 조회조건으로 일자, 주기별로 조회할 수 있으며 비교센서 ①에서 선택한 센서와 조회조건을 비교센서 두 개의 센서 데이터를 혼합으로 볼 수 있다.
- ③ 센서 선택 시 데이터에 따라 차트가 표시되는 부분이다.
- ④ ①에서 클릭한 센서의 이력정보들을 보여준다.
- ⑤ 해당일자의 기상청정보를 연계하여 데이터를 가져오며 그래프로 기온, 습도, 강수량을 보여준다.

나) 모니터링 정보(일간)

<b>화면명</b>	클라우드기반 노지 스마트팜 IoT 모니터링 시스템(실시간)
<b>화면설명</b>	노지 센서의 조회 일자별 기준으로 일간 데이터를 차트형식으로 조회한다. 또한 당일 기상청 정보를 차트형식으로 조회한다. (센서이력, 최대값, 최소값 포함)

The screenshot displays the EZFARM monitoring dashboard. On the left, a sidebar shows environmental data for the indoor farm (온실 내), including indoor temperature (17.30°C), humidity (99.90%), CO2 (430.00 ppm), EC (0.60 dS/m), and pH (6.10). The main area is titled '모니터링 정보' (Monitoring Information) and includes search filters for date (2017-11-14), period (1시간), and sensor type (내부습도). Below the filters are two charts: '내부온도 정보' (Indoor Temperature Information) and '기상청 정보 (2017-11-14)' (Weather Information). A table on the right shows sensor history for humidity, with columns for time, average, minimum, and maximum values. Red circles 1-5 are overlaid on the interface to indicate key features.

- ① 로그인 한 유저의 농장 온실의 환경정보(센서)를 일간데이터로 확인할 수 있다.
- ② 센서 모니터링 정보의 조회조건으로 일자, 주기별로 조회할 수 있으며 비교센서 ①에서 선택한 센서와 조회조건에 비교센서 두 개의 센서 데이터를 혼합으로 볼 수 있다.
- ③ 센서 선택 시 데이터에 따라 차트가 표시되는 부분이다.
- ④ ①에서 클릭한 센서의 이력정보들을 보여준다.
- ⑤ 해당일자의 기상청정보를 연계하여 데이터를 가져오며 그래프로 기온, 습도, 강수량을 보여준다.

다) 모니터링 정보(주간, 월간)

<b>화면명</b>	클라우드기반 노지 스마트팜 IoT 모니터링 시스템(실시간)
<b>화면설명</b>	노지 센서의 조회 일자별을 기준으로 주간, 월간 데이터를 조회하고, 비교센서 선택 시 센서의 데이터도 차트형식으로 조회할 수 있다. (센서이력, 최대값, 최소값 포함)

**환경정보(온실 내)**

- 내부온도 : 18.30 °C
- 내부습도 : 99.90 %
- CO<sub>2</sub> : 426.00 ppm
- 급액EC : 0.60 dS/m
- 급액pH : 6.10 ph

**모니터링 정보**

조회조건: 2017-11-07 ~ 2017-11-14, 조회 주기: 1일, 비교 센서: 센서를 선택해 주세요

**주간 내부온도 정보**

측정 시간	평균값	최소값	최대값
2017.11.07 14:11:14	19.66	16.70	24.70
2017.11.08 20:03:14	13.72	13.00	14.90
2017.11.09 00:01:14	14.08	6.90	24.20
2017.11.10 00:01:14	13.63	-18.10	24.70
2017.11.11 00:00:14	14.21	6.60	24.30
2017.11.12 00:01:14	13.29	6.90	24.60
2017.11.13 00:01:14	13.28	8.60	22.40

**환경정보(온실 내)**

- 내부온도 : 18.30 °C
- 내부습도 : 99.90 %
- CO<sub>2</sub> : 426.00 ppm
- 급액EC : 0.60 dS/m
- 급액pH : 6.10 ph

**모니터링 정보**

조회조건: 2017-10-16 ~ 2017-11-14, 조회 주기: 3일, 비교 센서: 센서를 선택해 주세요

**월간 내부온도 정보**

측정 시간	평균값	최소값	최대값
2017.10.16 00:10:14	18.24	-18.10	29.00
2017.10.18 00:01:14	17.48	9.20	28.50
2017.10.23 11:31:14	15.64	8.20	25.80
2017.10.25 00:00:14	15.34	8.00	26.50
2017.10.28 00:01:14	15.45	7.70	29.70
2017.10.31 00:00:14	14.07	6.40	26.00
2017.11.01 00:01:14	17.02	11.20	25.10
2017.11.03 00:01:14	15.39	6.70	25.70
2017.11.08 00:00:14	18.37	9.10	24.90
2017.11.09 00:01:14	13.97	-18.10	24.70
2017.11.12 00:01:14	13.28	6.90	24.60

- 로그인 한 유저의 농장 온실의 환경정보(센서)를 월간 데이터로 확인할 수 있다.
- 센서 모니터링 정보의 조회조건으로 일자, 주기별로 조회할 수 있으며 비교센서 ①에서 선택한 센서와 조회조건에 비교센서 두 개의 센서 데이터를 혼합으로 볼 수 있다.

③ 노지농장의 월간 내부온도정보를 차트형식으로 보여주며 주며 최대값, 최소값 정보를 볼 수 있다.

라) 모니터링 정보(기간별)

<b>화면명</b>	클라우드기반 노지 스마트팜 IoT 모니터링 시스템(실시간)
<b>화면설명</b>	노지 센서의 조회 일자를 기준으로 기간별 센서 정보를 차트형식으로 조회할 수 있으며 비교기간, 비교일, 조회 주기를 조건으로 차트를 조회할 수 있다.

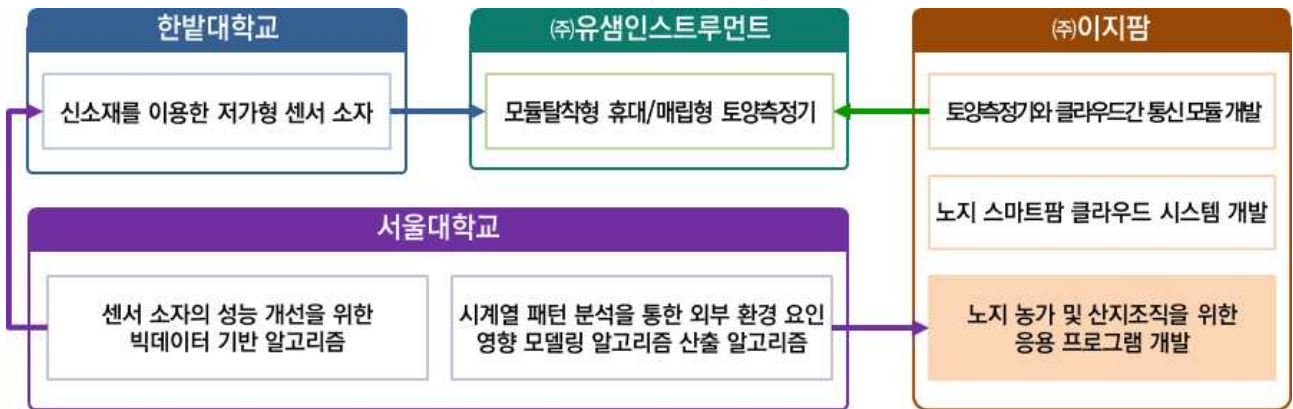
The screenshot displays the EZFARM monitoring dashboard. On the left, a sidebar (1) lists environmental metrics: indoor temperature (19.60°C), humidity (99.90%), CO2 (426.00 ppm), EC (0.60 dS/m), and pH (6.10). The main area (3) features a line chart titled '1일 내부온도 정보' (Daily Indoor Temperature Information) comparing the current day's 1-hour average (blue line) with the previous day's 1-hour average (black line). The chart shows a significant temperature drop around 18:00. Above the chart, filter controls (2) allow for selecting a comparison period (1 day), date (2017-11-14), comparison date (2017-11-13), and interval (1 hour). To the right of the chart, a table titled '센서 이력정보' (Sensor History Information) provides a detailed log of temperature readings at 1-hour intervals.

측정 시간	평균값	최소값	최대값
2017.11.14 00:01	14.41	14.20	14.50
2017.11.14 01:01	14.00	13.50	14.20
2017.11.14 02:01	12.97	12.50	13.50
2017.11.14 03:01	12.14	11.80	12.50
2017.11.14 04:01	11.63	11.50	11.80
2017.11.14 05:01	11.36	11.30	11.50
2017.11.14 06:01	11.18	9.70	11.50
2017.11.14 07:01	9.53	9.20	10.30
2017.11.14 08:01	11.92	10.30	13.90
2017.11.14 09:01	17.29	14.10	21.40
2017.11.14 10:01	20.64	18.80	23.90
2017.11.14 11:01	20.94	19.30	22.70
2017.11.14 12:01	20.90	18.80	22.90
2017.11.14 13:01	21.90	21.10	22.40
2017.11.14 14:01	19.23	19.00	21.10
2017.11.14 15:01	18.54	17.30	20.00
2017.11.14 16:01	18.83	16.30	20.40

- ① 로그인 한 유저의 농장 온실의 환경정보(센서)를 기간별 데이터로 확인할 수 있다.
- ② 센서 모니터링 정보의 조회조건으로 일자, 비교일로 조회할 수 있으며 비교센서 ①에서 선택한 센서와 조회조건을 비교센서 두 개의 센서 데이터를 혼합으로 볼 수 있다.
- ③ 노지농장의 기간별 내부온도정보를 차트형식으로 보여주며 주며 최대값, 최소값 정보를 볼 수 있다.



○ 노지 농가용 모니터링 응용프로그램 개발



<참여기관별 역할 구성도>

세부연구목표에 대한 하위 수행 내용
. 농가와 작목반 스마트팜 응용서비스 분석, 설계
. 농가용 모니터링 응용서비스 개발

(1). 농가와 작목반 스마트팜 응용서비스 분석, 설계

(가). 노지 스마트팜용 응용서비스 분석

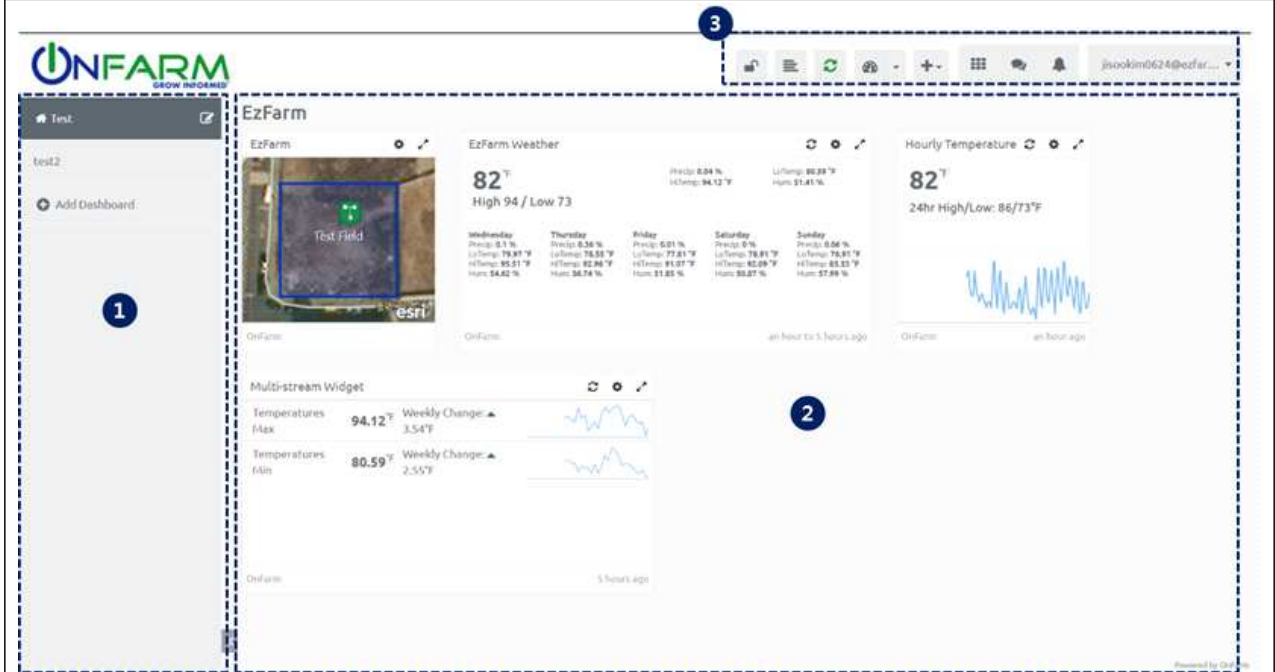
1) 온팜

<b>화면명</b>	농장 위치 및 경계 지정
<b>화면설명</b>	노지 농장의 위치를 지도에서 지정함

① 경계그리기 옵션 - 사각형, 원형, 다각형을 선택할 수 있음

② 선택된 농장의 위치와 경계

화면명	온팜 대시보드
화면설명	농장의 수집 데이터, 현황을 확인할 수 있음 사용자가 커트터마이징 가능함



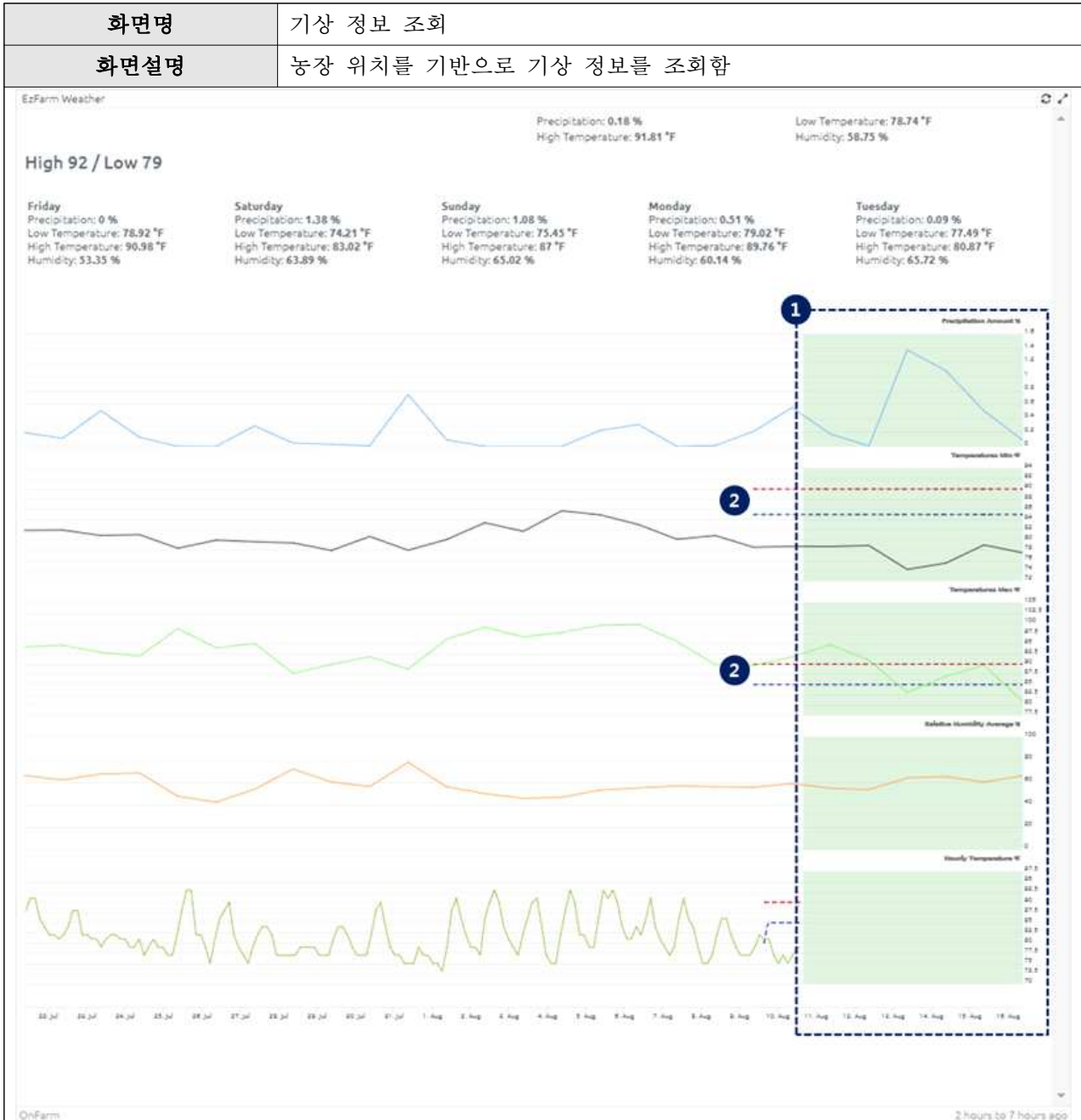
- ① 여러 대시보드를 생성하고 선택할 수 있음
- ② 대시보드 메인 화면, 위젯들로 구성됨
- ③ 기능 아이콘

화면명	온팜 대시보드 중 기능아이콘
화면설명	대시보드의 기능아이콘 설명



- ① 대시보드 잠금 설정/해제, 위젯 이동이 가능/불가능하게 됨
- ② 대시보드 내 위젯들을 왼쪽 정렬함

- ③ 10분마다 Auto-refresh 설정/해제
- ④ 대시보드 추가/수정
- ⑤ 대시보드 내 위젯 추가
- ⑥ 메뉴 열기
- ⑦ 쪽지 확인/보내기
- ⑧ 알람 조회
- ⑨ 로그인 정보



<b>화면명</b>	위젯 - 상/하한 알람
<b>화면설명</b>	수집 데이터 중 설정한 상/하한을 벗어났을 때 대시보드에서 이상 상황을 알림

<b>화면명</b>	메뉴 - 작업관리
<b>화면설명</b>	농가가 수행한, 수행할 농작업을 기록하고 관리할 수 있음

2) e-kakashi

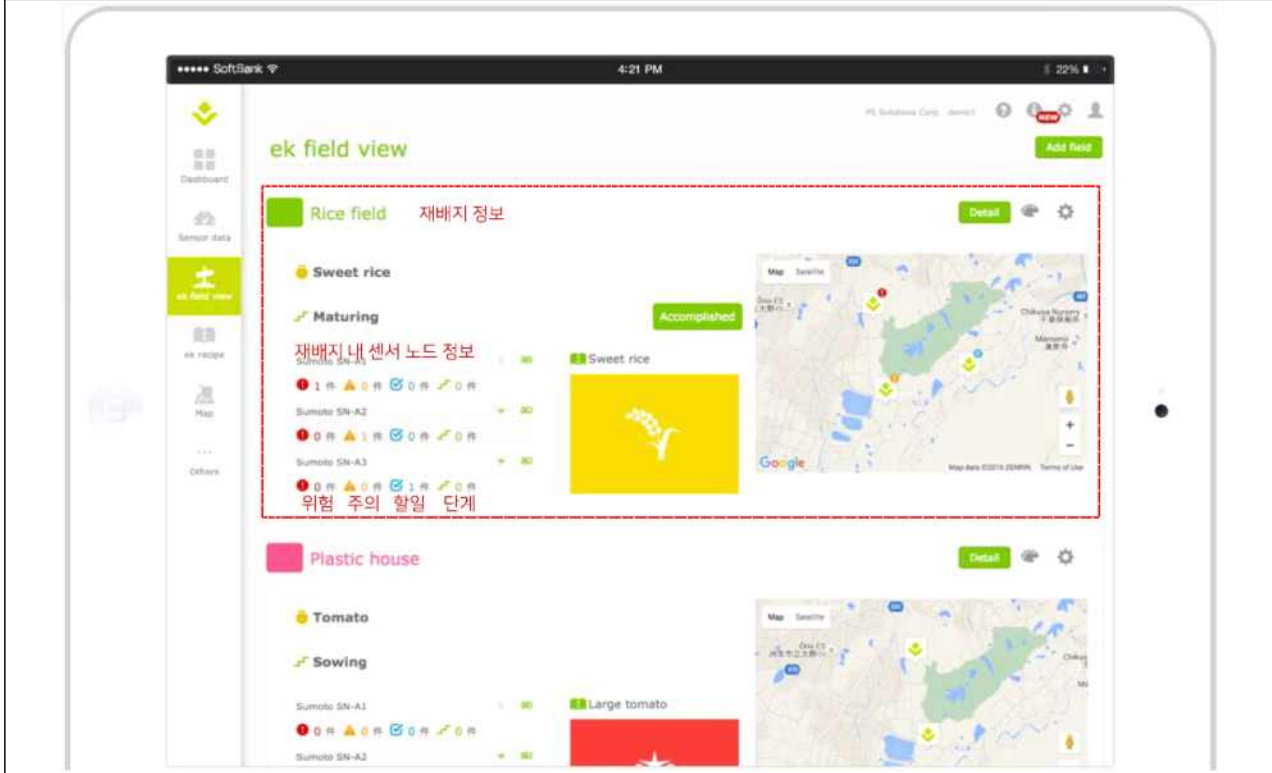
화면명	대시보드
화면설명	농가의 위치, 기상정보, 게이트웨이와 센서노드의 현황을 보여줌

The screenshot shows a mobile application interface with a sidebar menu on the left containing 'Dashboard', 'Sensor data', 'ek field view', 'ek recipe', 'Map', and 'Others'. The main content area includes a map titled 'S/N 위험 주의 할일 단계 G/W', a weather widget for 'Awajishima, Hyogo prefecture' showing 25°C and rain, and several sensor data cards. A red dashed box highlights two cards: 'Office 2F 게이트웨이 정보' (Gateway info) showing 3 connected nodes and 'Rice paddy Yanagizawa, south 01 센서 노드 정보' (Sensor node info) showing 27 connected sensors. Below these are cards for 'Rice paddy Ichinosaka, southwest 01' (-16) and 'Rice paddy Mihara, west 01' (24).

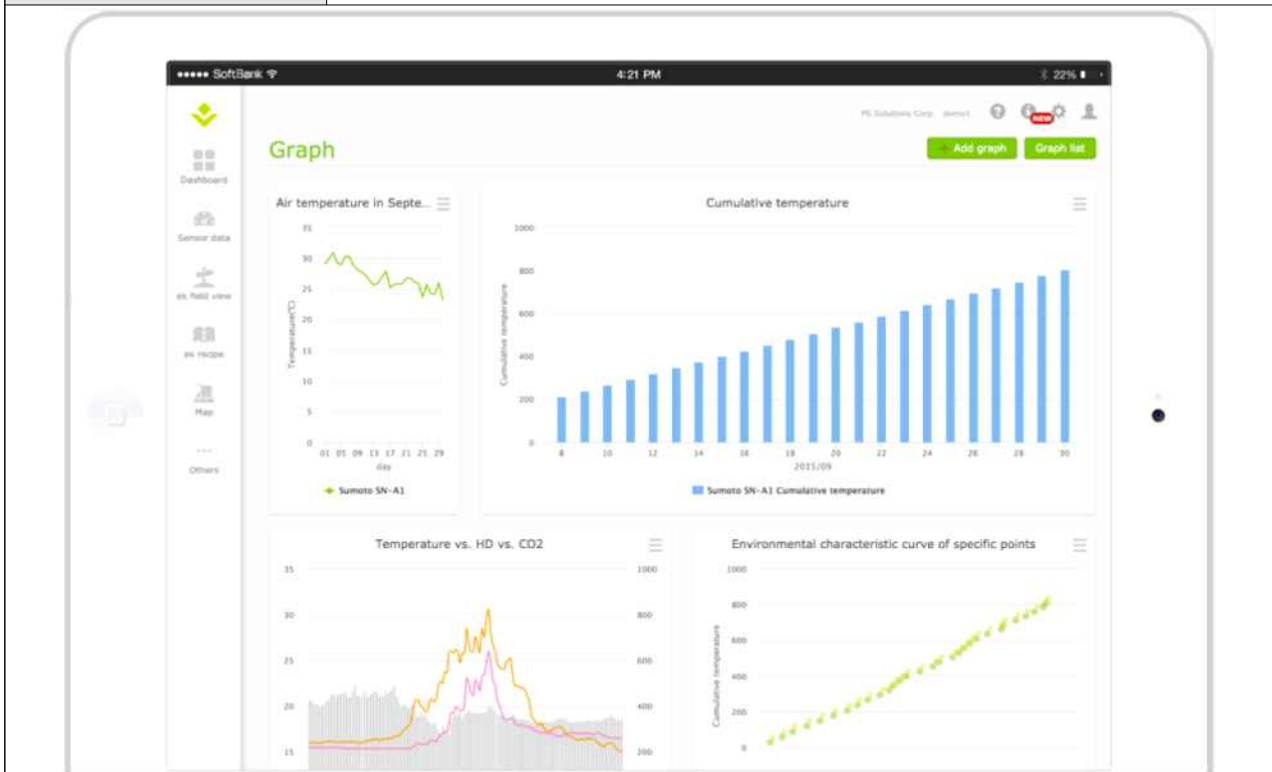
화면명	수집정보 조회
화면설명	센서노드에 부착된 센서로부터 수집되는 정보를 확인 가능함

The screenshot shows the 'Sensor data' screen with a sidebar menu. The main content area lists various sensor types: Temperature, Relative humidity, Soil WVC, Solar radiation, CO2, Humidity deficit, Dew point temperature, Absolute humidity, and Temperature A/B. A red dashed box highlights the 'Sumoto SN-A1 센서 노드별 수집 정보 조회' section, which displays three large gauges: Temperature (26.4°C), Relative humidity (45.8%), and Soil WVC (30.1% (WVC)). Below this, the 'Sumoto SN-A2' section shows two temperature gauges: Temp. A1 (23.4°C) and Temp. B1 (31.3°C). The last update time is 2015-10-07 12:50.

화면명	노지 정보 확인
화면설명	노지의 정보를 지도를 기반으로 확인 가능하며, 노지 내에 설치된 장비의 상태도 함께 조회 가능



화면명	지난 정보 조회
화면설명	지난 수집 정보를 그래프로 보여줌



(나). 노지용 팜클라우드 서비스 설계

가) 생산경영기록

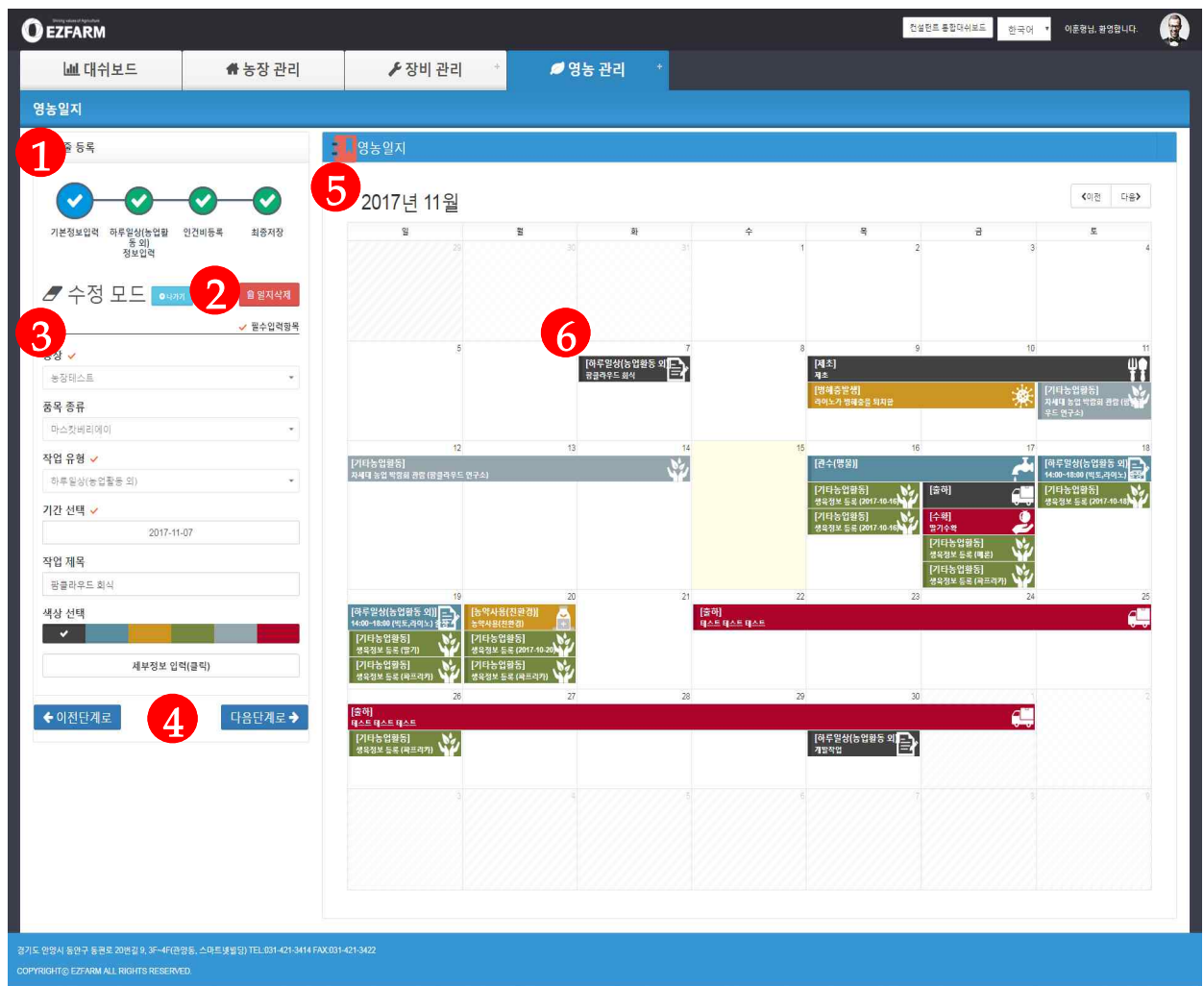
1) 생산경영기록 관리 서비스 기능 설명서

1차기능	2차기능	3차기능	상세설명
IoT 모니터링	생산경영기록 관리	생육정보 조회	측정한 1~5개의 샘플 생육정보를 기간별로 조회한다
		생산량 조회	측정한 농가생산량 정보를 기간별로 조회한다

(2). 농가용 모니터링 응용서비스 개발

(가). 웹 버전

화면명	노지 스마트팜 영농일지
화면설명	GAP 인증의 영농일지 입력양식으로 구성되었으며 작업 유형별로 일지를 등록할 수 있는 화면



① 영농일지의 진행 단계를 나타낸 영역으로 4단계로 되어있으며 기본정보등록, 유형별 입력화면,

인건비등록, 최종저장으로 되어있다.

- ② 영농일지의 ⑥부분 클릭 시 등록된 일지를 수정할 수 있으며 나가는 최초 입력모드로 돌아가고 일지삭제는 일지를 삭제한다.
- ③ 영농일지의 입력 항목이며 본 화면은 1단계의 입력 화면이다. 세부정보입력 클릭 시 더 많은 세부사항을 입력할 수 있다.
- ④ 영농일지 4단계를 진행할 수 있는 버튼이며 이전단계버튼은 이전에 등록한 기본사항을 변경할 수 없는 제약이 걸려있다.
- ⑤ 등록된 일지를 오늘일자의 월을 기준으로 보여준다.
- ⑥ 일지 등록 시 보여 지는 나의 일지 항목으로 클릭 시 수정, 다른 일자로 드래그 이동 시 날짜를 변경할 수 있다. 입력 된 기간으로만 드래그로 수정되며 기간을 줄이거나 늘리는 드래그는 할 수 없다.

<b>화면명</b>	노지 스마트팜 생육 정보 조회
<b>화면설명</b>	생육정보를 조회할 수 있으며 등록된 품목들을 확인할 수 있는 화면

- ① 로그인한 유저의 농장에서 재배 중인 품목들의 리스트이며 품목의 명칭과 아이콘으로 볼 수 있다. 파란색 부분은 현재 사용자가 마우스로 클릭한 부분이다. 최상단에는 가장 최근에 등록된 생육정보의 품목을 나타낸다.



- ② ①에서 선택한 품목의 생육정보를 조사일시, 샘플 별로 엑셀형태의 테이블로 보여주며 상단에는 농장의 내용을 보여 준다.
- ③ 신규 추가 버튼 클릭 시 ①에서 선택한 품목의 생육정보를 등록할 수 있는 팝업이 호출된다.
- ④ 등록된 생육정보 데이터의 테이블에서 조사일시를 클릭하면 이전에 저장한 품목별 생육정보를 확인 또는 수정할 수 있는 팝업이 호출된다. 수정화면에서는 조사일시를 수정할 수 없다.

<b>화면명</b>	노지 스마트팜 생육 정보 입력
<b>화면설명</b>	상세 - 생육정보를 등록할 수 있는 팝업화면이며 조사일자를 선택하고 샘플별로 항목을 입력하고 등록이 가능

생육조사 입력

**1**



장성노지 > 장성노지제1구역 > 죽향  
500.00㎡ 노지



조사일자  
2017-01-17

**3**

**2**

※ 회방수는 최대 5개까지 입력할 수 있으며 여러 회방을 입력하시려면 회방수 1이상 입력 후 저장하시기 바랍니다.

항목	단위	Sample1	Sample2	Sample3	Sample4	Sample5
주당 엽수	개	9	9	9		
최대 엽장	cm	13.2	14	14.2		
최대 엽병장	cm	24	24	25		
관부직경	mm	24	25	28		
회방수	개	1	1	1		
1회방	출력시기	월/일				
	꽃수	개				
	착과수	개				
2회방	출력시기	월/일				
	꽃수	개				
	착과수	개				
수확시작일	월/일	2017-01-03	2017-01-03	2017-01-03		
수확량	g					
누적수확량	g	42	38	40		
당도	Brix					
기타 (병충해 및 특이사항)	적엽 1매					

**4** **5** **6**

저장
삭제
닫기

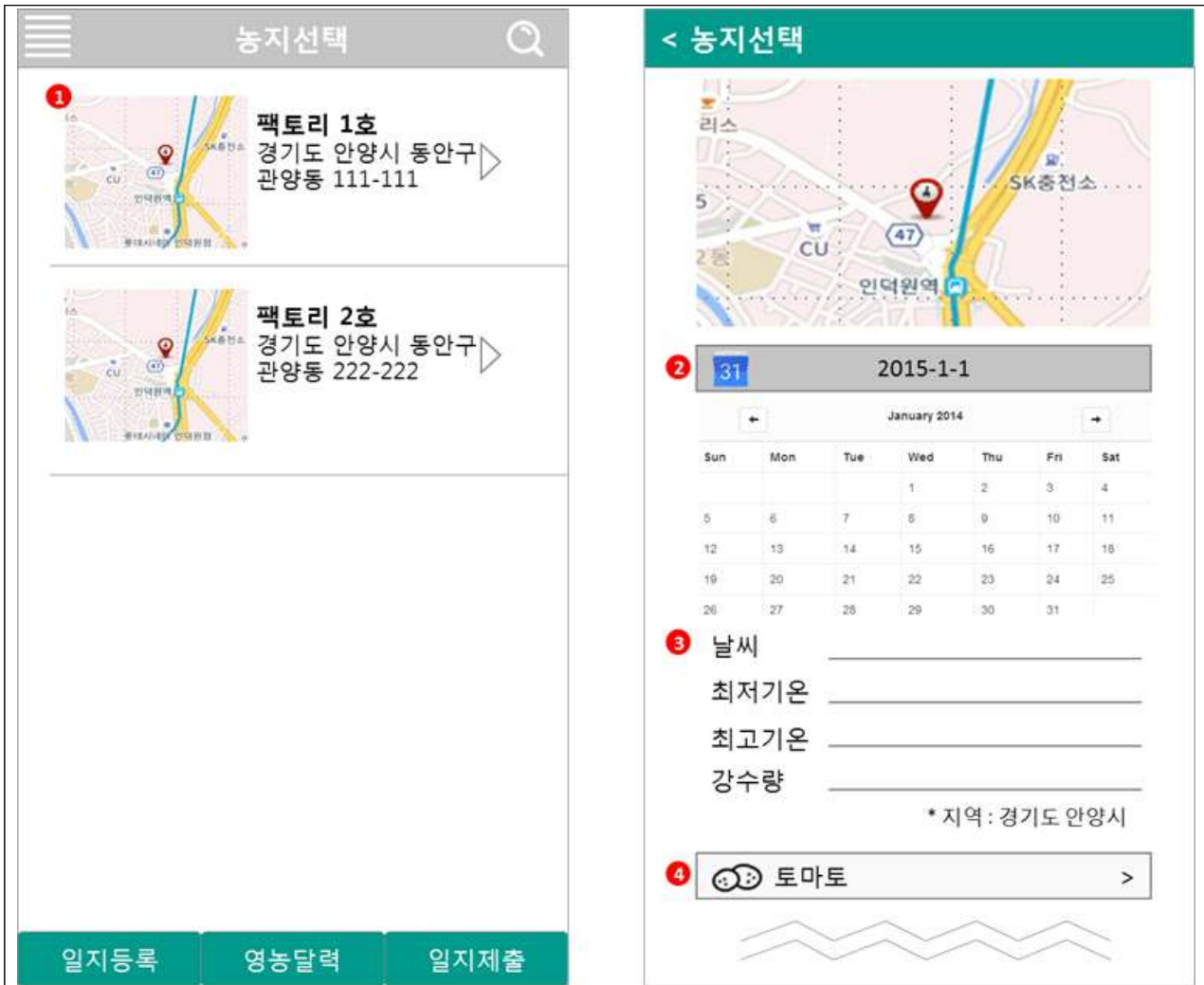
- ① 농장의 정보를 확인할 수 있으며 농장유형과 품목은 아이콘으로 표시하였다.
- ② 생육정보를 등록하기 위하여 입력할 수 있는 화면이며 샘플 5개에 대하여 항목별로 입력을 할 수 있다. 입력 화면은 품목별로 항목들이 다르며 샘플의 개수는 5개로 고정되어 있다.
- ③ 조사일자 별로 생육정보를 등록하며 같은 구역 품목 중에 조사일자를 신규로 등록하게 되면 등록된 데이터를 불러 오게 된다.
- ④ 저장 버튼 클릭시 해당 품목의 조사일자로 생육정보를 저장한다.
- ⑤ 이전에 등록된 생육정보의 수정을 할 때만 삭제버튼이 활성화되고 삭제버튼 클릭시 생육정보가 삭제된다.
- ⑥ 닫기 버튼 클릭시 해당 팝업화면이 닫힌다.

- 148 -

(나). 모바일 버전

<b>화면명</b>	메인 - 상단 메뉴
<b>화면설명</b>	계정 정보, 영농일지 검색 가능
<p>① 농장관리 메뉴 - 농장 이름 수정, 농지 추가/수정, 설정 메뉴로 연결됨</p> <p>② 농장 이름 수정</p> <p>③ 영농일지 검색 메뉴 - 키워드를 이용하여 영농일지 리스트 검색</p> <p>④ 검색 옵션 지정 가능</p>	

<b>화면명</b>	일지 등록(1/2)
<b>화면설명</b>	영농 일지를 기록하여 등록



- ① 농장 선택 - 농가에서 등록한 농장 선택 가능
- ② 일지 해당 날짜 선택
- ③ 기상 정보 입력 - 농지와 날짜 선택시 기상청 데이터 연동하여 불러옴
- ④ 작물 선택

<b>화면명</b>	일지 등록(2/2)
<b>화면설명</b>	영농 일지를 기록하여 등록

< 농지선택



팩토리 1호 농지에 비료, 양분 주기  
[Dr. 그린(비료) 10kg, 돌직구 100 ml]

작업 내역	토양관리	V
	영농작업	V
	병해충방제	>
	비료, 양분 주기	>
	수확 및 수확 후 처리	V
	위생관리	V
	기타관리	V
	+	

메모 추가

+

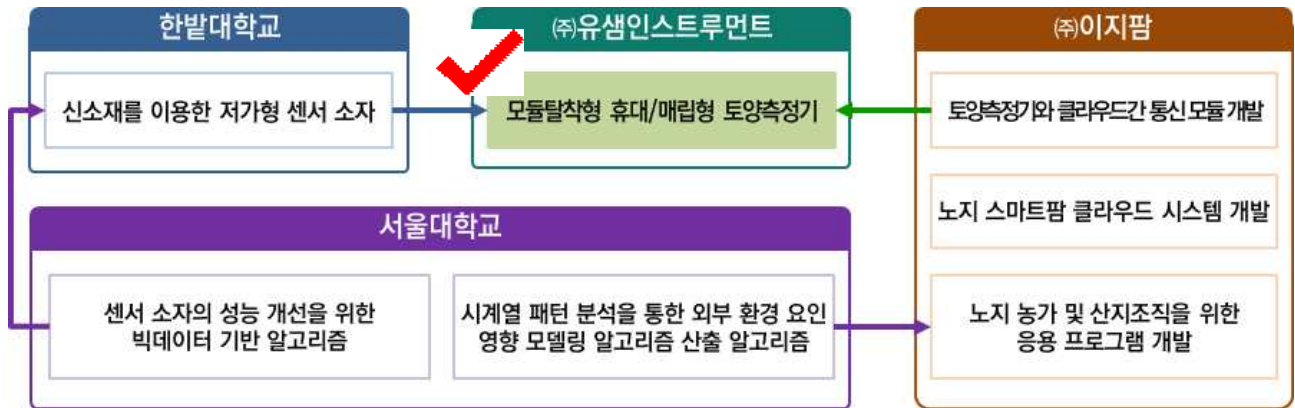
사진 추가

취소
농자재 입력
저장

농자재명	
새로운 농자재 추가	> 6
농자재 종류	
비료	> 7
수량	
-	0kg 8
+	

- ① 아래 선택한 영농 작업 항목들을 조합하여 텍스트 형태로 표출
- ② 작업 내역 선택
- ③ 기타 작업 내역 추가
- ④ 텍스트 형태로 메모 사항 추가
- ⑤ 사진 추가 - 신규 촬영, 앨범에서 선택 가능
- ⑥ 사용한 농자재 명 선택 가능
- ⑦ 사용한 농자재 종류 확인
- ⑧ 사용한 농자재의 수량 기입 가능, 수량 단위는 농자재 종류에 따라 조회됨

나. 협동기관(유셈인스트루먼트)



<참여기관별 역할 구성도>

세부연구목표에 대한 하위 수행 내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>. 각종 센서를 사용할 수 있는 젠더개발</li> <li>. 센서와 젠더의 일체형 및 분리형 제품별 개발</li> <li>. 사용 편의성을 고려한 방수형의 탈착식 구조 센서커넥터 개발</li> <li>. 컴팩트한 사이즈의 다기능 통신 가능 포터블 메인유닛 개발</li> <li>. 건전지 동작 및 외부전원 사용가능 제품개발</li> </ul>

1. 토양수분 측정법과 센서

토양수분 측정은 주로 농업에서 농작물 재배시 토양수분측정 및 관수제어에 많이 사용되고 있으며, 토목 및 건축과 조경분야 등 토양의 수분량 변화를 측정할 필요가 있습니다. 토양수분측정은 센서를 사용하여 편리하게 측정할 수 있으며, 그 종류가 다양하여 목적과 용도에 따라 선택하여 사용할 필요가 있습니다.

1-1. 중량수분함량 및 용적수분함량 측정법

실험실 측정법이라 하며, 토양을 채취하여 토양의 무게를 직접측정 하는 것으로 가장 신뢰 할 수 있는 방법입니다.

현장에서 채취한 토양의 무게를 측정하여, 무게를 측정 합니다. 이것을 토양총무게라 하며, 이 토양을 104℃~110℃에서 48시간 이상 건조시켜 무게를 측정함. 이것을 건조토양 무게 라 합니다.

$$\begin{aligned} \text{중량수분함량(\%)} &= (\text{토양총무게} - \text{건조토양무게}) / \text{건조토양무게} \\ &= (\text{수분무게} / \text{건조토양무게}) \times 100(\%) \end{aligned}$$

상기의 중량수분 함량은 다음과 같이 용적수분 또는 부피수분함량으로 계산할 수 있습니다

$$\begin{aligned} \text{용적(또는 부피)수분함량(\%)} &= \text{토양수분부피} / \text{토양전체부피} \\ &= (\text{수분무게} / \text{물의 비중}) / (\text{건조토양무게} / \text{가비중}) \\ &= (\text{수분무게} / \text{건조토양무게}) \times \text{가비중} \end{aligned}$$

$$= \text{중량수분함량(\%)} \times \text{가비중}$$

\* 가비중은 용적밀도라 하며, 우리나라 토양의 용적밀도는 1~1.4 범위라고 합니다

### 1-2. 토양수분장력 측정법

텐시오미터(Tensiometer 또는 토양장력센서)라는 센서를 사용하여 측정하는 방법.



텐시오미터  
(아나로그 출력형)

텐시오미터  
(게이지 표시형)

석고블록형  
(아나로그 출력형)

그림1. 토양수분장력센서 종류

이 방법은 토중의 압력 수두를 측정하는 것으로, 대기중의 압력을 1로할 때 토중의 압력은 <1 로 부압(-압력)으로 표현 합니다.

이것을 다른 말로 장력(張力) 또는 흡입압력(suction) 및 매트릭스 포텐셜(matrix potential) 이라고 하며, 부압의 측정은 압력센서를 사용하여 전기적 방법으로 측정할 수 있습니다.

이것을 텐시오미터라고 하며 그림과 같이 원통형 막대에 물을 채워 물이 감소 또는 증가 할 때 막대내부의 공기압을 측정하여 토중의 수분량을 추정하는 원리 입니다.

측정단위는 pF, bar 및 kPa로 사용하며 최근에는 kPa 단위를 주로 사용 하고 있으며, 측정 범위는 0~-100kPa 와 같이 표시하고 있습니다.

텐시오미터 센서는 토성별 영향이 없어, 관수제어 및 토양수분 측정용으로 가장 대표적으로 사용되고 있습니다.

반면에 다음에 설명하는 TDR,FDR 및 ADR방식의 센서류는 유전율방식의 센서로 토성별 영향이 있어 제조사의 calibration 공식을 적용하여 사용하고 있습니다.

### 1-3. 유전율 측정법

오늘날 산업계에서 사용되는 일반적인 토양 수분 센서의 대부분은 용량성 센서 유형 입니다. 용량성 센서는 토양의 수분 함량을 측정하는 것으로, 물의 부피는 토양의 총 부피의 유전 율에 영향을 미칩니다.

용량성이란 정전용량( Capacitance, 단위F 페럿)을 말하며, 도체에 전기가 흐를 때 자기장 영역에 대한 도전성으로 표시할 수 있습니다.

$$C = (\epsilon_r \times \epsilon_0) \times A/d \quad \text{----- (1)}$$

C: 정전용량,  $\epsilon_r$ :비유전율,  $\epsilon_0$ :진공의 유전율, A: 감지 면적,d: 거리  
 유전율이란, 영어로 Dielectric Permittivity 이며,  $\epsilon$  (엡실론)기호를 사용 합니다  
 또한, 비유전율은 Relative Permittivity 이며, 기호는  $\epsilon_r$  입니다  
 유전율은 물질 내 자기장영역에서 전하(+극과 -극)의 분포량 이라고 할 수 있습니다  
 유전율의 공식은 다음과 같으며, 단위는 F/m(페럿/미터) 입니다

$$\epsilon = \epsilon_r \times \epsilon_0 \quad \text{----- (2)}$$

$\epsilon_r$ : 비유전율,  $\epsilon_0$ : 진공의 유전율

여기서,  $\epsilon_0 = 1 / (\mu_0 c^2) = 8.8541878176 \times 10^{-12}$  [F/m]

(  $\mu_0$ : 진공의 투자율, c: 광속 )

물의 비유 전율은  $\epsilon_r = 80$ 에서 토양의 다른 원소의 비유전율보다 훨씬 큼니다.

무기물 토양  $\epsilon_r=4$ , 유기물  $\epsilon_r=4$ , 공기  $\epsilon_r=1$  등이다. 따라서 토양의 수분 함량의 변화는 유전율의 변화에 의한 용량 변화에 해당 합니다.

<표1. 물질별 비유전율 상수 >

물 질	비유전율
진공	1
공기	1.00059
테프론	2.03
아크릴	2.56
종이	3
유리판	5.6
고무	7
실리콘	11.8
매탄올	30
증류수	80

이런 유전율센서의 대표적인 센서로, TDR법센서, ADR법센서 및 FDR법 센서가 있습니다  
 이런 센서는 매뉴얼에 수분함량과 유전율의 관계식으로 나타내고 있습니다.

TDR법의 센서로 많이사용하는 Decagon(미국)의 EC-5센서는,

$$\epsilon = 1(-1.057 \times 10^{-9} \times RAW^3 \times + 3.575 \times 10^{-6} \times RAW^2 - 3.9557 \times 10^3 \times RAW + 1.53153)$$

ADR법의 센서로 대표적인 DeltaT(영국)의 SM-150T 센서는,

$$\epsilon = (1.07 + 6.4V - 6.4V^2 + 4.7V^3)^2$$

와 같이 유전율 공식을 나타내고 있습니다



Decagon사 EC-5

Delta-T사 SM-150T

Campbell사 CS-650

그림2. 유전율 센서의 종류

상기의 식2의 비유전율 상수에서, 비유전율이 큰 수분이 토중에 많이 있으면 유전율은 증가하고 적게 있으면 유전율이 감소함을 알 수 있어 측정하는 영역의 비유전율 값을 발취하면, 유전율 값을 계산 되며, 이것과 센서의 전압출력등 상관식을 calibration에 의한 공식을 발취할 수 있습니다.

## 2. TDR, ADR 및 FDR센서

유전율은 직접 측정할 수 있는 장치가 없으며, 주파수를 발생하여 흡수 및 반사하는 영역에서 복잡한 형태의 주파수 함수로 공식을 만듭니다.

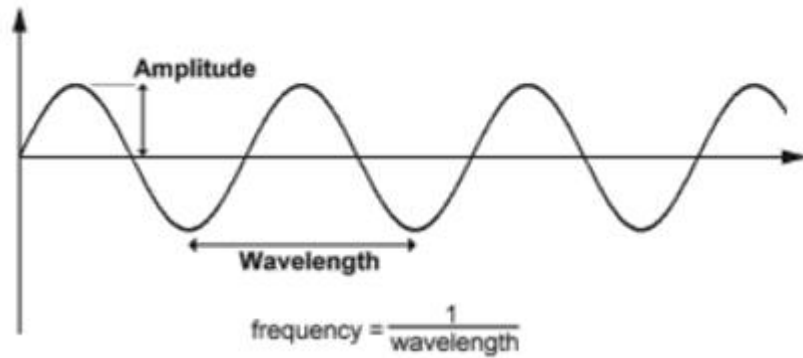


그림3. 주파수 파형

그림3의 주파수 파형은, 주파수(Frequency) 및 진폭(Amplitude)과 주기(Wavelength)를 표시하고 있습니다.

ADR법은, 일정한 주파수의 발생 영역에서 진폭의 높고 낮음을 발취하는 방법이며, TDR법은, 일정한 주파수의 발생 영역에서 주기(Time 이라함)가 커지고 작아지는 변화량을 발취하는 방법이며, FDR법은, 주기의 역수인 1/주기로, 그 변화의 크고 작음을 발취하는 방법입니다

### 2-1. TDR법(Time-Domain Reflectometry )

일정한 주파수 (30MHz~3GHz의 주파수)의 전자파가, 토중에 매설된 로드를 왕복하는 속도를 시간의 변화로 측정하여, 유전율을 구하는 방법 입니다.

센서의 구성은, 고주파 펄스 발생부, 반사파를 모니터하는 검출부와 토중에 삽입한 로드와, 케이블로 구성 됩니다.

로드 부분은 신호로드와 검출로드로 이루어지고, 검출로드의 갯수가 1개, 2개, 3개의 것이 시판 되고 있습니다 .

유전율( $\epsilon$ )는,

$$\epsilon = (Co/v)^2 = (Co \Delta t / 2L)^2 = (La / LVp Co)^2 \quad \text{----- (3)}$$

Co : 진공중 전자파속도[빛의속도,  $3 \times 10^8$ ] ( m/s )

v : 전파속도 (m/s)

$\Delta t$  : 펄스의 전파시간(ns)

L : 로드길이 (m)



La : 외관 로드길이 (m)

Vp : 케이블 테스트로 설정하는 전자파의 동축 케이블내의 상대전파 계수  
(수분함량측정에는 Vp = 0.99를 사용)

식에서  $\Delta t$ 는 ns(10억분의 1초)단위로 측정하기 때문에, 정밀한 검출부와 고가의 케이블을 필요로 합니다.

## 2-2. FDR (Frequency Domain Reflectometry)

지속적인 다양한 주파수의 전자파 (100MHz ~ 1.7GHz)가 땅속에 매설 된 센서부의 로드를 왕복할 때 발생하는 합성 간섭을 주파수 영역에서 측정하여, 그 피크 특성 에서 유전율을 구하는 방법 입니다.

$$\epsilon = (Co / 2Lx \Delta f)^2 \quad \text{----- (4)}$$

$\Delta f$  : 반사파의 스펙트럼의 피크 간격의 주기[Hz]로, 스펙트럼 아나라이저로 측정할 수 있음

## 2-3. ADR법 (Amplitude Domain Reflectometry)

일정한 주파수의 전자파 (100MHz)가 땅속에 매설 된 센서의 로드부를 왕복 할 때 발생하는 전압의 차이를 진폭 영역에서 측정하여, 유전율을 구하는 방법이다.

$$\epsilon = ((60 / ZM) \times \ln(r2/r1))^2 \quad \text{----- (5)}$$

$$v_j - v_0 = 2a \rho = 2a( ZM - ZL / ZM + ZL)$$

여기서 ZM : 로드 부에 접촉 한 흙의 임피던스

ZL : 신호로드 임피던스

r1 : 신호로드의 반경

r2 : 3 개의 쉘드로드에 둘러싸인 원형의 반경

a : 출력 전압의 진폭

vj : 전자 회로가 조립된 프로브부와 로드의 접속부의 전압

v0 : 전송선의 초기 피크 전압

$\rho$  : 반사 계수

(발췌 :나카지마등,1998 )

## 3. 유전율 센서의 시험

토양수분 실험을 위하여 다음과 같이 4종류의 토양을 준비하였음.

우리나라에 많이 분포되어있는 토성별로 양토(Loam),사양토(Sand Loam) 및 미사질(Silt Loam) 과 화산토양을 건조시켜 준비하였음.



그림4. 시험용 토성별 토양

### 3-1. 토양 및 센서의 Setting

TDR법의 Decagon의 EC-5, ADR법의 Delta-T의 SM-150T 및 FDR법의 WT1000B에 대하여, VWC 10%,20%,30%,40%, 및 50%의 수분측정값을 비교 시험하였음.

준비시료는 실험실방법에 의한 측정법으로 하였으며, 전자저울을 사용하여 250mL비이커에 건조토양과 수분함량을 측정하면서 조절하여 제작하였음.



그림5. 건조토양(Dried Soil)을 작게 만들

$$\begin{aligned} \text{용적(또는 부피)수분함량(VWC\%)} &= \text{토양수분부피} / \text{토양전체부피} \\ &= (\text{수분무게} / \text{건조토양무게}) \times \text{가비중} \end{aligned}$$

\* 가비중은 1로 하였음



그림6. 토양의 수분함량별 제작

표2. 토성별 용적밀도

토 성 (Soil Texture )	용적밀도 (mg /m <sup>3</sup> )	
	논토양	밭토양
사양토(sand loam): 모래 52%이상,미사 50%이하,점토 7%이하 범위에 있는 토양. 모래참흙	1.23	1.07
양 토(loam ): 점토함량이 25~37.5% 범위인 토양을 일반적으로 양토라 함. 양토는 토양통기나 양분 및 수분 보유력 등으로 볼 때 작물생육에 적합한 토양에 속함. 참흙	1.18	1.02
점질토(silt loam): 점토함량이 27~40%이고 모래함량이 20~45%인 토성. 질참흙	1.14	1.04
화산토양:		

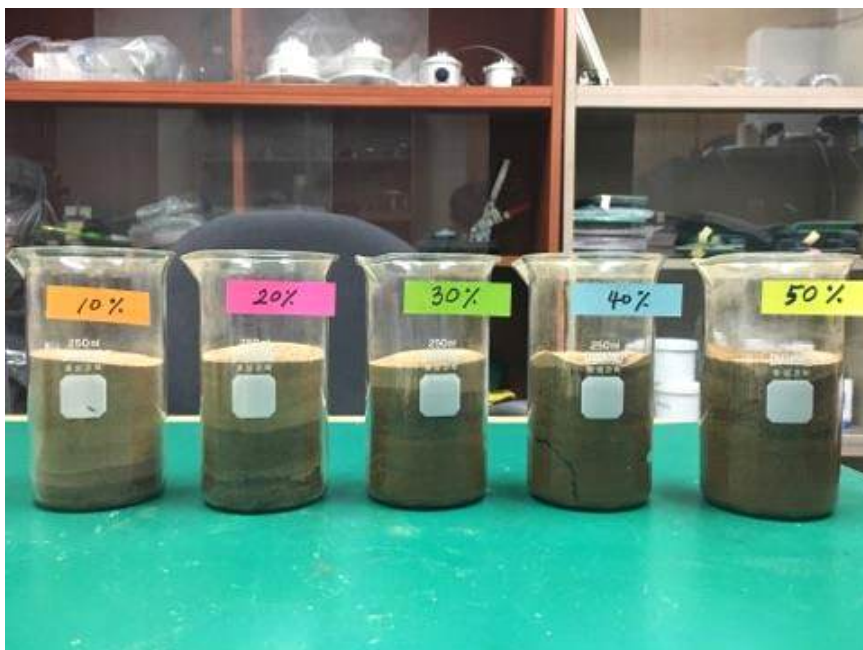


그림7. 각 토성별 VWC 10,20,30,40,50% 준비

### 3-2. 측정

측정시 Delta-T의 SM-150과 DEcagon의 EC-5는 각각의 전용 측정기로 측정하였으며, WT1000B는 전원을 공급하여 테스트기로 측정하였음.

표3. 센서별 사양

	EC-5	SM-150	WT1000B
측정법	TDR	ADR	FDR
측정범위	0~100%	0~100%	0~100%
정밀도	±3	±3	±3
감지부 길이	50mm	50mm	115mm
동작주파수	75MHz	100MHz	-
동작전원	DC2.5~3.6V/10mA	DC5~14V/18mA	DC9~15V



그림8. 각 센서별 측정방법

### 3-3. 측정 데이터

#### < 토양1, Loam >

Dried Soil (cm <sup>3</sup> )	Water Volume (cm <sup>3</sup> )	Calculated VWC(%)	Ec-5 측정값 (VWC)	SM-150측정값 ( VWC )	WT1000B측정 값 (mV)
187	18.7	10%	8.9	15.6	230 /291
187	37.4	20%	17.1	26.7	540 /600
187	56.1	30%	18.5~ 19.1	32.6	734 /794
187	74.8	40%	34.3	50.8	1170 /1230
187	93.5	50%	46.3~46.7	64.6	1469 /1526

#### <토양2, Sand-Loam >

Dried Soil (cm <sup>3</sup> )	Water Volume (cm <sup>3</sup> )	Calculated VWC(%)	Ec-5 측정값 (VWC)	SM-150측정값 ( VWC )	WT1000B측정 값 (mV)
187	18.7	10%	9.6	16.4	269 /330
187	37.4	20%	14.3~16.2	26.3	468 /580
187	56.1	30%	20.4~21.5	34.4	866 /928
187	74.8	40%	38.7	54.2	1200 /1257
187	93.5	50%	44.5	64.6	1472 /1528

#### < 토양3, Silt-Loam >

Dried Soil (cm <sup>3</sup> )	Water Volume (cm <sup>3</sup> )	Calculated VWC(%)	Ec-5 측정값 (VWC)	SM-150측정값 ( VWC )	WT1000B측정 값 (mV)
187	18.7	10%	11.7	13.2	55 /116
187	37.4	20%	14.0~15.3	22.4	55 /114
187	56.1	30%	22.8	38.2	55 /114
187	74.8	40%	37.3~35.1	50.4	55 /114
187	93.5	50%	42.6~~44.3	65.5	55 /110

상기의 각 측정 데이터는, 소형 비이커에서 센서의 측정값의 변화 상태와 경향을 간이적으로 확인할 수는 있으나, 정밀한 측정을 위해서는 큰 포트에서 토양을 초기에 완전히 포화된 상태로 한 후 수분의 증발에 의한 수분량의 변화를 저울로 측정하면서 연속적인 데이터 기록을 통해서 확인해야 함.

데이터를 보면, WT1000B는 거의 두가지의 값이 반복하고 있으며, Silt-Loam 토양에서는 거의 동일한 상태의 값을 취하고 있었다. 이 센서의 사용설명서에 로드를 완전히 토양에 삽입하는 것으로 되어 있으나, 비이커의 토양량이 적어 2/3정도 센서를 삽입 하였다. 이와 같은 경우의 영향이 있는 것인지 알 수가 없으며, 다음에는 좀 더 큰 포트를 사용해서 측정해 보려고 한다.

Decagon의 EC-5 센서는 반복측정 시 약간의 변동폭이 있으며, Delta-T의 SM-150센서는 반복측정시 거의 변화가 없음을 알수 있었다. 이 상태에서 SM-150센서가 가장 안정적이고 우수한 특성이 있음을 알수 있었다.

#### 4. 시제품 개발내용

##### 4-1.센서 제작

우선 측정방법을 고려하여 센서의 형태를 3가지로 제작해 보았다.

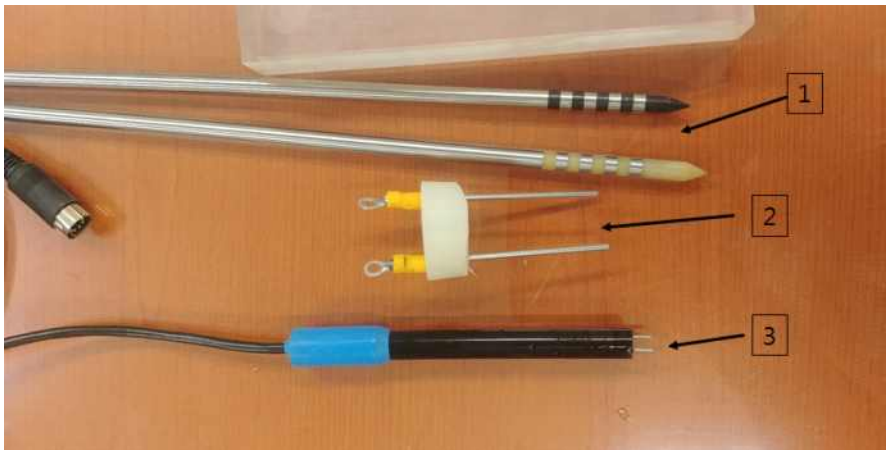


그림9. 시작기용 센서

그림9의, 1번센서는 제작할 때 어려움이 많았으나, 4개의 극성과 1개의 온도센서로 구성 되어있는 형태로 제작하였음. 로드의 길이는 약 40mm 이며, 직경은 6mm 정도 임.

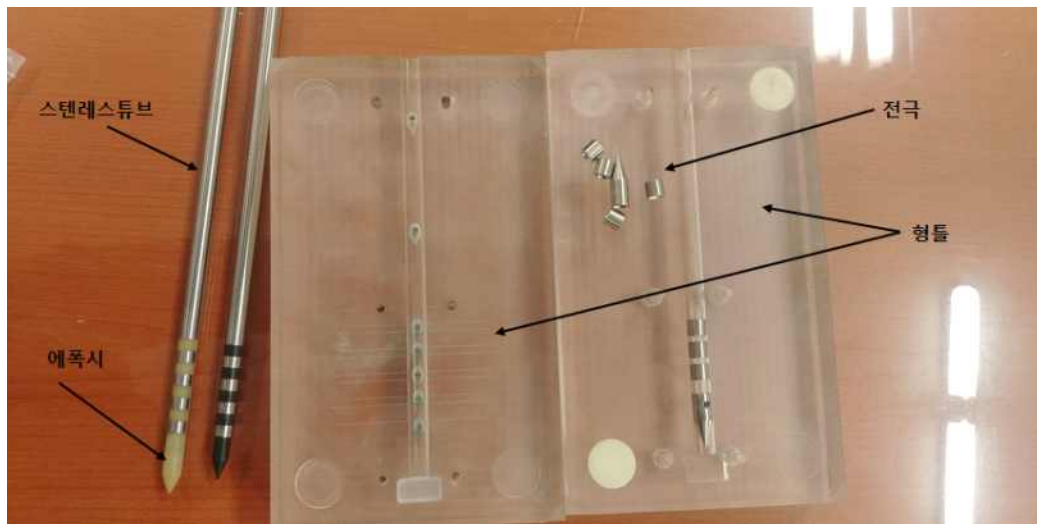


그림10. 4극용 센서 제작

그림10에서 전극은 스텐레스 튜브를 폭3mm의 소형으로 절단하여, 이것을 형틀에 일정 간격으로 배치 한 후 에폭시(검정색 및 배지색)를 붓는다. 스텐레스 튜브를 틀에 부착 하고, 반대쪽 틀을 덮어서 24시간 이상 상온에서 굳혔다. 이후 틀을 분리한 후 선반으로 가공하여 에폭시와 이물질을 제거하여 완성품을 만들었음.

제작품에서 4개의 극을 만든 것은, 최종적으로는 2개의 극만을 사용할 것이나, 극간의

간격에서 발생하는 전기적 특성을 분석하기 위한 것으로 1-3번극 또는 2-3번극을 사용했을 때의 특성을 분석하기 위함으로 제작하였음. 또한 내부에 온도센서를 장착하여 차후 온도의 변화에 대한 수분함량의 변화를 분석을 위해 미리 장착 하여 제작하였음.

그림9의 2번째제품은 SM-150과 같은 형태의 것으로, 로드의 길이와 두께와 극간의 간격을 쉽게 변형 가능한 것으로, SM-150과 같은 동작방식을 취하기 위해 제작하였음. 그림은 실리콘 고무를 사용하여 스텐레스306을 절단하여 삽입된 형태이나, 차후 견고하면서 주파수간섭의 영향을 제거하기 위해 MC계의 수지를 사용하여 제작하려고 함.

그림9의 3번째제품은 2번째제품의 변형으로 전극길이를 10mm로 하며,간격10mm로 짧게 한 것으로 온도센서를 함께 장착하여 레진을 사용하여 몰딩기로 압축한 제품임.

#### 4-2. 구동회로

동작회로의 블록도는 그림11과 같습니다

Frequency Generator에서 센서 동작용 주파수를 발생합니다

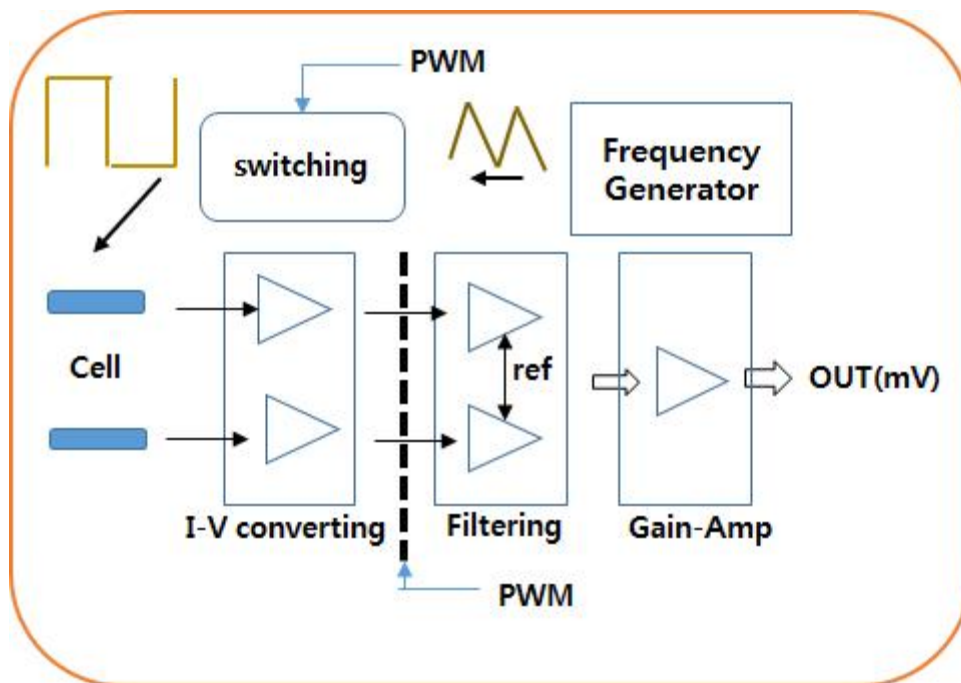


그림11. 동작회로 블록도

저주파,100kHz ~ 고주파,100MHz 의 동작이 되도록 구성하고 있으며, 현재는 100KHz까지 동작하는 것으로 제작 하였습니다.

Cell은 센서의 전극으로, duty50%의 구형파를 공급해야 합니다. 이 파형에서 정확히 duty 50%가 되어야 하며, 노이즈 또는 작은 offset 전압이 없도록 해야 센서의 감도를 좋게 할 수 있으며, 정확한 측정이 가능 합니다.

cell의 공급부와 감지부의 각 양단으로부터 전류-전압으로 변환하며, 필터링부를 통해 주파수 - 전압(F-V converter)으로 변환하며, 각각의 출력이 Gain-Amp에서 Summing

되어 최종 출력전압이 되도록 설계 하였습니다.

그림12는 회로도이며, 동작주파수 100KHz,진폭은 ±3V로 동작하도록 하였습니다.

구형과 동작파형의 화면을 그림14에 나타내고 있습니다.

제작센서를 동작했을 때 그림15와같이 I-V converter부에서 offset 전압이 크게 발생되고 있으며, 이신호가 필터링을 통한 Gain-Amp 전단에서 삼각파형이 나타나고 있는 것을 알 수 있습니다. 이것은 잘못 동작하고 있는 것으로, 동작펄스 이후 다시 검토하고 있는 중입니다

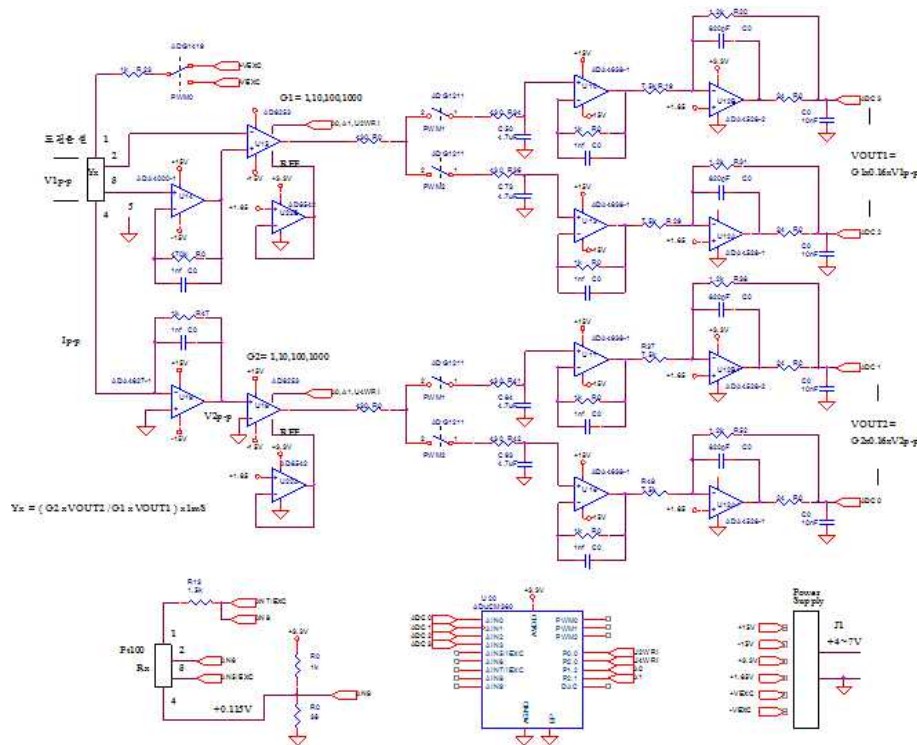


그림12 동작 회로도

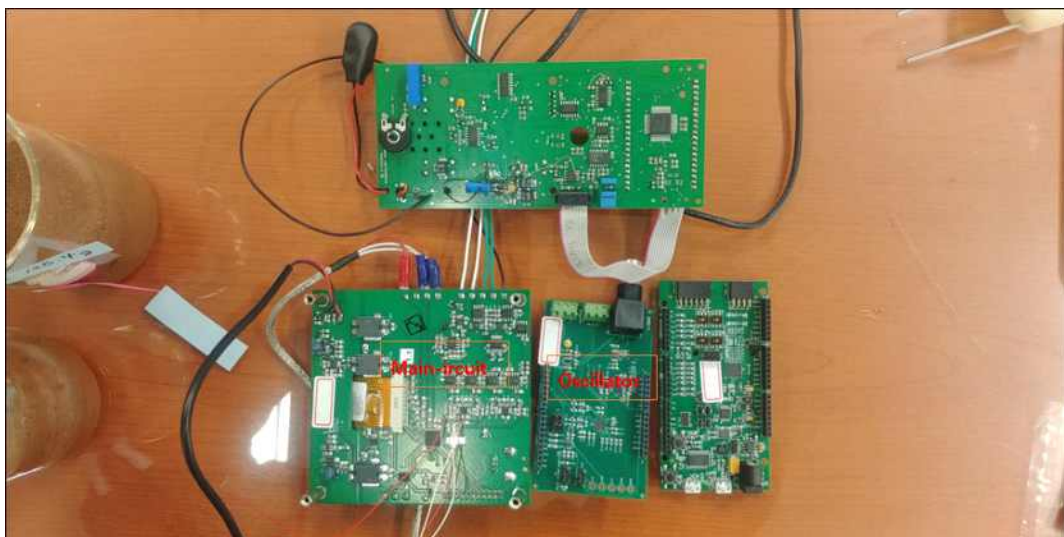




그림13. 각종 PCB류

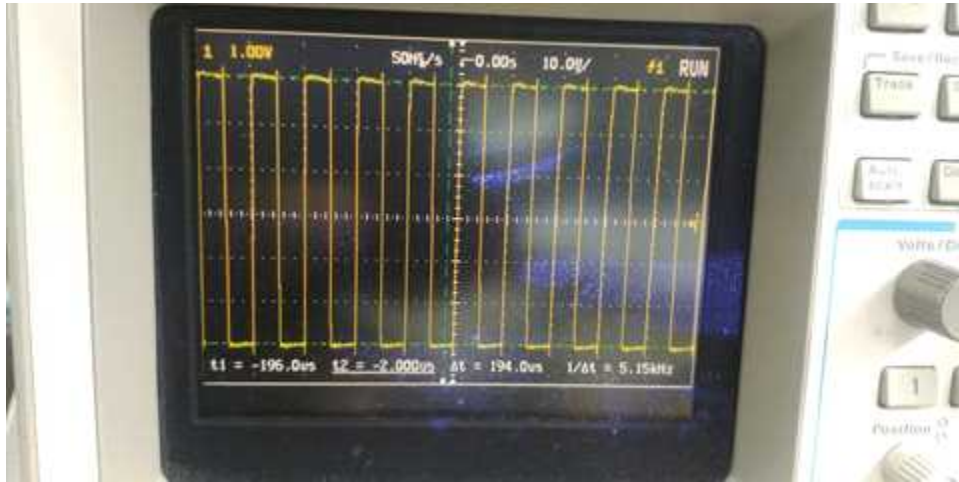


그림14 센서 구동 파형

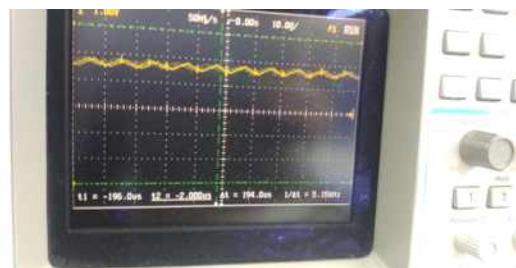
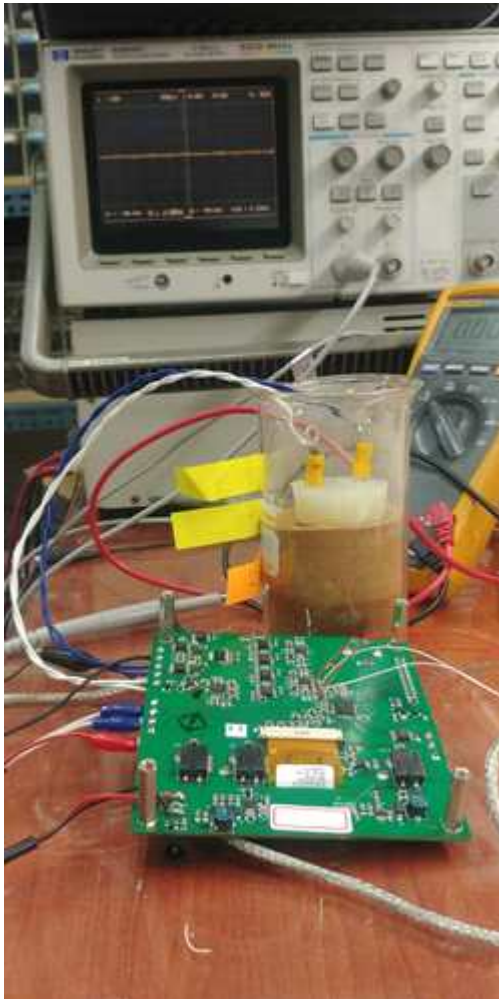


그림15. 센서 동작 파형

<참고문헌>

- Baker, J. M. and Allmaras, R. R. : System for Automating and Multiplexing Soil Moisture Measurement by Time-Domain Reflectometry, Soil Sci. Soc. Am. J. 54, pp.1-6, 1990
- Carlos, Manoel Pedro Vaz and Jan W. Hopmans : Simultaneous Measurement of Soil Penetration Resistance and Water Content with a Combined Penetrometer-TDR Moisture Probe, Soil Sci. Soc. Am. J.65, pp.4-12, 2001
- Carlos, M. P. Vaz, Jan W. Hopmans, Alvaro Macedo, Luis H. Bassoi, and Dorte Wildenschild : Soil Water Retention Measurements Using a Combined Tensiometer-Coiled Time Domain Reflectometry Probe, Soil Sci. Soc. Am. J. 66, pp.1752-1759, 2002
- Dalton, F.N., and van Genuchten, M.Th.: The time-domain reflectometry method for measuring soil water content and salinity, Geoderma, 38, pp.237-250, 1986
- Davis, J. L. and Annan, A. P. : Ground penetrating radar to measure soil water content, pp.446-463, In Dane, J. H. and Topp, G. C.(ed.) Methods of soil analysis. Part 4 Physical Methods, SSSA Book Ser.5. ASA and SSSA, Madison, WI. 2002
- Derby, N. E., Knighton, R. E. and Montgomery, B. R. : Construction and performance of large soil core lysimeters, Soil Sci. Soc. Am. J. 66, pp.1446-1453, 2002
- 土質工学会：土工管理とラジオアイソトープ — 表面型密度計・水分計の取扱い手引き —, pp.85-86, 1974
- Dorrance, D. W., Wilson, L. G., Everett, L. G. and Cullen, S. J. : A Compendium of Soil Samplers for the Vadose Zone, Handbook of Vadose Zone Characterization & Monitoring, LEWIS, pp.401-428,
- 藤田龍之・古河幸雄：電子レンジを利用した土の物理試験方法に関する二、三の研究，土質工学会論文報告集，28(4)，pp.197-207，1988
- Heimovaara, T. J. and Bouten, W. : A Computer-Controlled 36-Channel Time Domain Reflectometry System for Monitoring Soil Water Contents, Water Resources Research, 26(10), pp.2311-2316, 1990
- 井上光弘・野村安治・矢野友久・長智男：砂地圃場における挿入型中性子水分計の校正曲線，農業土木学会論文集，95，pp.11-18，1981
- 井上光弘・野村安治・長智男：砂地圃場における表面型中性子水分計の特性と校正曲線，農業土木学会論文集，105，pp.19-26，1983
- 井上光弘：砂地圃場における排水過程の水分動態特性値，鳥取大学農学部研究報告，40,pp.119-129，1987
- Ren, T., Noborio, K. and Horton, R. : Measuring Soil Water Content,Electrical Conductivity, and Thermal Properties with a Thermo-Time Domain Reflectometry Probe, Soil Sci. Soc. Am. J., 63, pp.450-457,1999

Roth, K., Schulin, R., Fluhler, H. and Attinger, W. : Calibration of time domain reflectometry for water content measurement using composite dielectric approach, Water Resour. Res., 26, pp.2267-2273,1990

Topp, G. C., Davis, J. L. and Annan, A. P. : Electromagnetic Determination of Soil Water Content: Measurements in Coaxial Transmission Lines, Water Resources Research, 16(3), pp.574-582, 1990

矢野友久·井上光弘·小谷佳人：砂質土壤の土壤水分特性曲線とその温度依存性について，鳥取大学砂丘研究所報告，22,pp.1-8,1983

山口晴幸·鵜居正行·能條将史：真空凍結乾燥法による土の含水比測定試験，新しい土の物理試験方法に関するシンポジウム論文集，土質工学会，pp.155-160, 1992

山中 勤·開発一郎·Oyunbaatar,

D. : TDRによる土壤水分測定値の温度依存性とその原位置測定データに基づく補正，水文・水資源学会誌，16(3), pp.246-254, 2003.

冀 北平·三野

徹·赤江剛夫·長堀金造：FDR法による土壤誘電率測定と特定深さの土層の土壤水分測定，農業土木学会論文集，182，pp.25-30, 1996

Yu, C., Warrick, A.W., Conklin, M. H., Young, M. H. and Zreda, M. : Two and three- parameter calibrations of time domain reflectometry for soil moisture measurement, Water Resour. Res., 33, pp.2417-2421,

#### 다. 협동기관(한밭대학교)

##### 1. 수분에 따라서 변화하는 저가형 신소재 개발

###### (1) 저가형 신소재를 사용한 토양수분센서 개발을 위한 연구배경

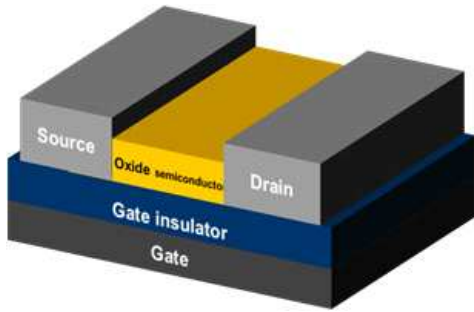
- 토양의 수분도는 토양 상태를 나타내는 가장 중요한 지표임
- 현재 개발된 토양의 수분도를 측정하는 방법으로는 건토 중량법, 수분 장력 방법, 전기전도도 측정법, FDR 및 TDR 방식 등이 있음
- 고주파를 사용하는 토양 수분 측정법(FDR 및 TDR)이 정확도는 높으나 가격이 비쌈
- 국내 대다수 농가는 중소형 농가로 고성능의 저가형 토양수분센서가 필요함

###### (2) 트랜지스터를 사용한 센서 디바이스

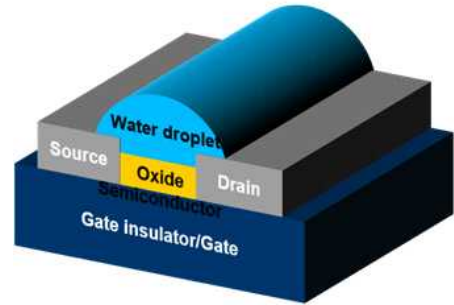
- 트랜지스터를 기반으로 제작된 센서 디바이스들은 낮은 오프전류와 트랜지스터의 증폭 특성을 가져 높은 응답성을 가짐
- 그 중에서도 산화물 반도체를 이용해 제작된 트랜지스터(Oxide Thin-Film Transistor)는 높은 이동도(Mobility) 및 균일도(Uniformity)와 같은 뛰어난 전기적 성능을 가지고 있으며 저가 공정 및 제조가 용이함
- TFT 기반 센서 관련 선행 연구로는 온도센서, pH센서, 습도센서 등과 같은 연구들이 진행되어왔음

- 현재까지 진행된 연구들 중 물이 직접 접촉되는 것이 트랜지스터 성능에 어떠한 영향을 미치는지에 대해서는 연구되지 않았음
- 습도센서는 대기 중의 수증기 정도를 측정하는 센서 디바이스로 물이 디바이스에 직접 접촉되고 건조되는 과정에서 수분을 측정하는 토양수분센서와는 다른 개념을 가진 센서임
- 수분에 반응하는 IGZO를 사용하여 고성능의 저가형 트랜지스터 기반 토양수분센서를 개발하고자 함

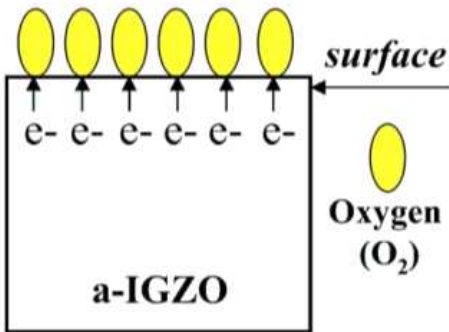
(3) 수분에 따른 OxTFT의 특성



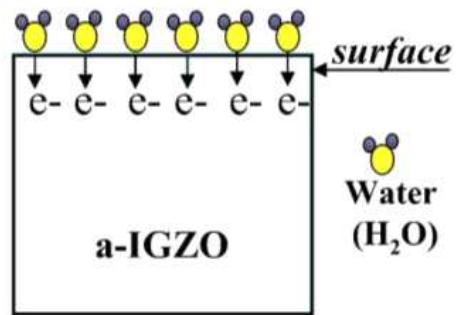
<산화물 박막 트랜지스터 구조>



<물이 직접 접촉된 산화물 박막 트랜지스터>



<산소: IGZO 표면에서 전자 acceptor 역할>



<물: IGZO 표면에서 전자 donor 역할>

- 산화물 반도체는 습도와 같은 외부 환경에 따라 불안정한 성능을 가지므로 이러한 점이 트랜지스터 기반 센서 디바이스에서는 반응성을 가지고 있다는 장점으로 작용함
- 대표적인 산화물 반도체 IGZO에 산소가 접촉되면 산소는 전자 수용체(acceptor) 역할을 하여 IGZO 표면의 전자들을 빼앗아감
- 반면, IGZO에 수분이 노출되면 물 분자(H<sub>2</sub>O)는 전자 공여체(donor) 역할을 하여 IGZO 표면에 자유전자를 제공함
- 추가된 전자는 IGZO 박막의 전자 캐리어 농도를 증가시키고 IGZO 박막을 전도성으로 만들어 트랜지스터의 오프전류를 변화시키거나 문턱전압을 음의 방향으로 유도함
- 하지만 그림1-2와 같이 IGZO층에 물이 직접 노출되면 IGZO를 용해시켜 트랜지스터의 성능이 매우 불안정해짐

(4) 고분자 코팅을 통한 OxTFT 보호

- 고분자는 분자량이 매우 큰 분자로 같은 구조가 반복된 중합체이며 긴 사슬 형태를 가져 다분산성(polydispersity)을 가짐
- 고분자의 다분산성으로 물질마다 사슬이 풀어지는 온도가 다르며 온도에 따라 성질

이 달라짐

- IGZO는 수분에 따라 전기적 성능(오프전류, 문턱전압 등)이 변하는데 고분자 코팅을 통해 물에 의해 IGZO층이 손상되는 것을 방지함
- 동시에 수분이 IGZO층에 전자를 공급하도록 하여 수분에 대한 반응성과 수분 건조가 원활하게 하여 가역적인 반응을 보이도록 함

#### (5) 요약

- ① 고주파를 사용하지 않으며 저렴한 공정으로 제작이 가능한 트랜지스터를 이용해 저가형 토양수분센서를 위한 소재와 소자의 기반 기술을 확립하였음
- ② 수분에 반응하는 산화물 반도체 Indium-Gallium-Zinc-Oxide(IGZO)를 이용하여 산화물 박막 트랜지스터를 제작하고 제작된 트랜지스터 위에 고분자 물질을 코팅하여 수분에 반응하고 가역적인 반응을 가지도록 개발함

## 2. 수분 센싱 소재의 전기적 성능 변화를 위한 기술 검토

### (1) 고분자 코팅 물질별 트랜지스터의 수분 반응성

#### ① 산화물 반도체 제작

- ㉠ 전구체인 Indium nitrate hydrate, Gallium nitrate hydrate, Zinc nitrate hydrate를 4:3:2의 비율을 갖도록 2-methoxyethanol 5ml에 0.1M% 농도로 60°C / Overnight 조건으로 용해시킴

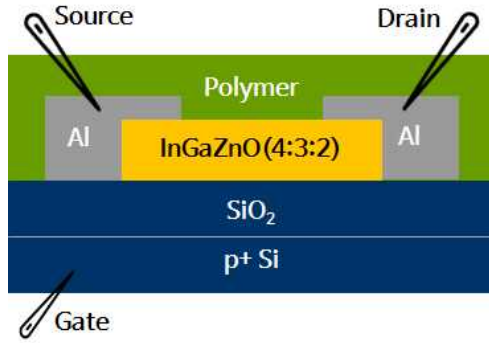
#### ② 산화물 박막 트랜지스터 제작

- ㉠ 게이트(Gate)전극과 게이트 절연체(Gate insulator)로는 p-도핑된 실리콘(Silicon(p+Si))과 200nm 두께의 Silicon dioxide(SiO<sub>2</sub>)을 사용함
- ㉡ 기판은 Acetone, Isopropyl alcohol(IPA)을 각각 10분씩 초음파 세척기를 이용해 세척함
- ㉢ 활성층(Active layer)은 IGZO를 이용해 용액공정인 스핀코팅(Spin-coating)방법으로 제작됨
- ㉣ 소스/드레인(Source/Drain)전극은 Aluminum(Al)을 사용해 120nm 두께로 제작됨

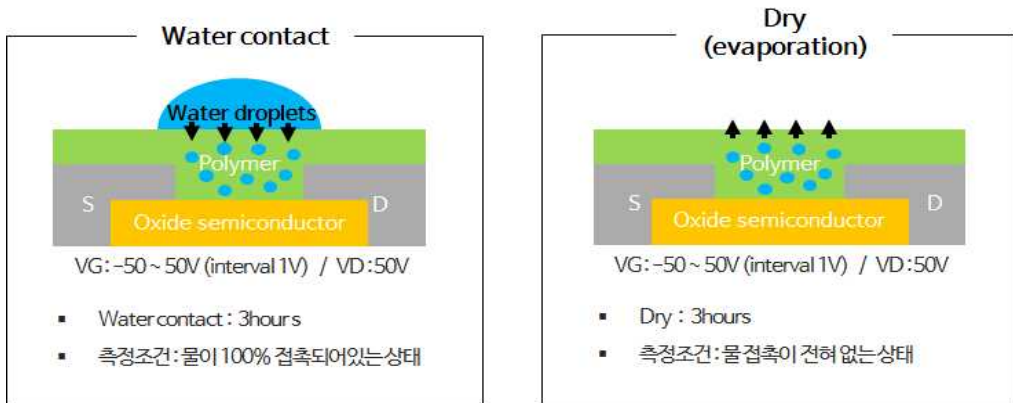
#### ③ 고분자 물질 코팅

- ㉠ Oxide TFT를 제작한 뒤 수분과의 직접적인 접촉을 막아줄 고분자를 코팅함
- ㉡ 8%의 농도를 가진 고분자 물질 Polyvinylalcohol(PVA), Polymethylmethacrylate(PMMA), Polyvinyledene-di-fluoride-trifluoroethylene copolymer(P(VDF-TrFE)), CYTOP을 사용하여 스핀코팅방법으로 제작함
- ㉢ 스핀코팅 이후 90°C 에서 열처리함

#### ④ 트랜지스터 성능 측정(Transfer curve, Threshold Voltage Shift)

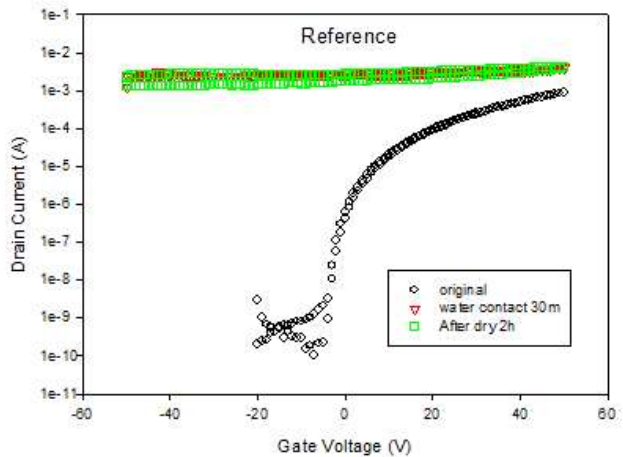


<제작된 OxTFT의 구조>



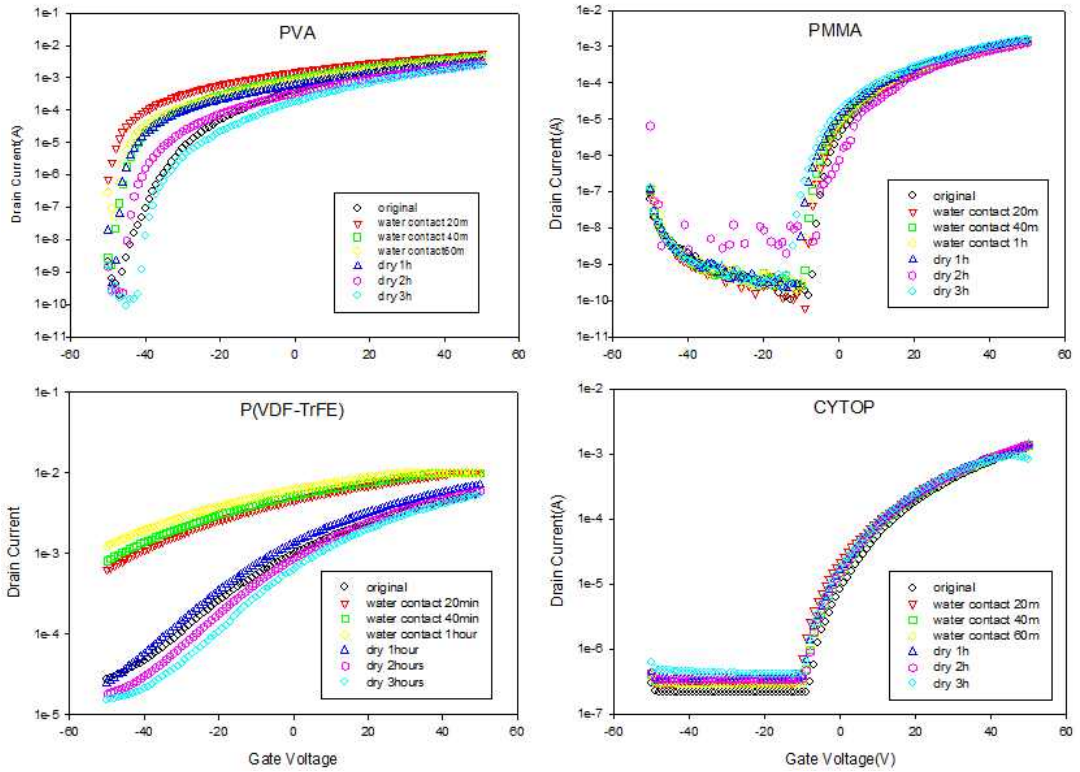
<물 접촉/건조 측정 조건>

- 물방울을 3시간동안 접촉시켜 일정 시간 간격으로 트랜지스터 성능을 측정한 뒤 물을 완전히 제거한 후 흡수된 물을 3시간동안 건조시키며 일정 시간 간격으로 트랜지스터 성능을 측정함



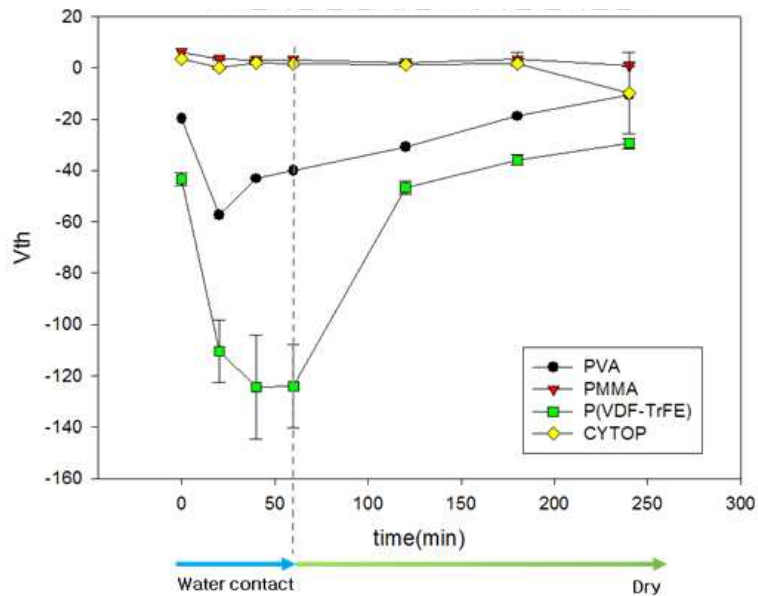
<고분자를 코팅하지 않은 IGZO TFT의 Transfer Curve>

- Reference 그래프는 고분자를 코팅하지 않은 IGZO TFT에 물을 접촉/건조시켜 측정한 데이터로 물과 반응하여 변한 그래프가 건조시켜도 되돌아오지 않은 것을 확인할 수 있음



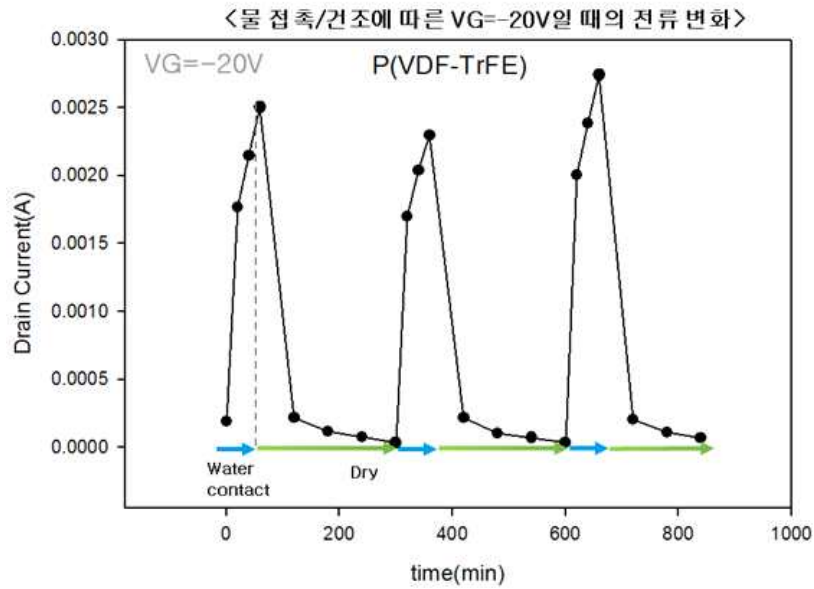
<각각의 고분자를 코팅한 IGZO TFT의 Transfer Curve>

- PVA와 P(VDF-TrFE)를 코팅한 IGZO TFT 그래프에서는 물에 대한 반응과 가역적인 반응을 확인할 수 있음



<고분자별 물 접촉/건조에 따른 IGZO TFT의 Transfer curve>

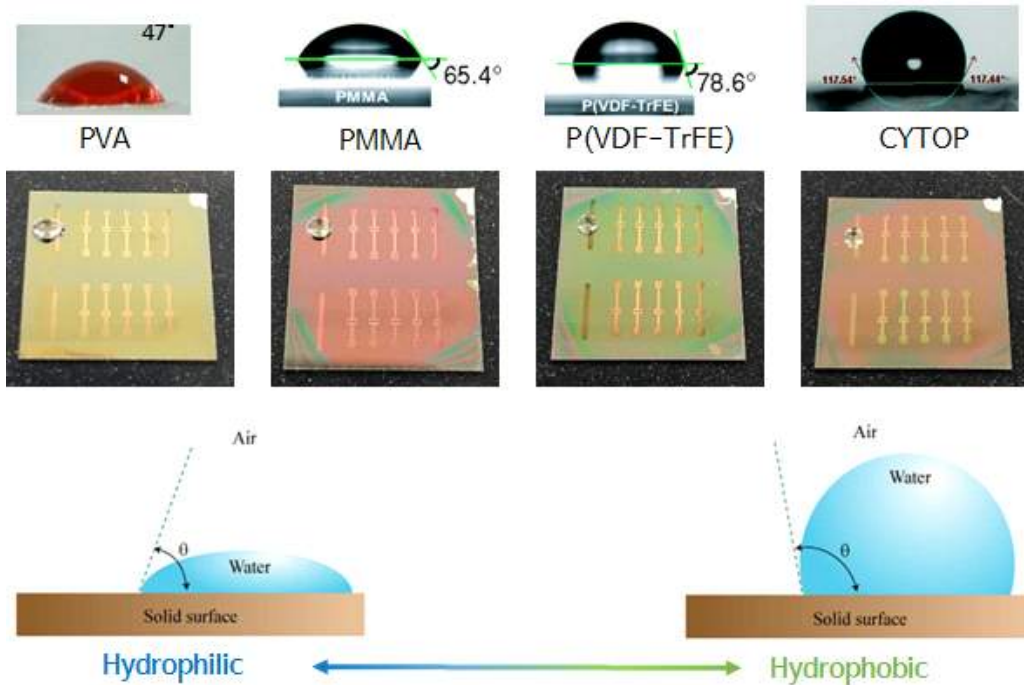
- 이전 데이터를 종합하여 문턱전압 그래프로 정리해 본 결과, P(VDF-TrFE)를 코팅한 IGZO TFT의 물 접촉/건조에 따른 문턱전압 변화가 가장 뚜렷함



<물 접촉/건조에 따른 VG=-20V일 때의 전류 변화>

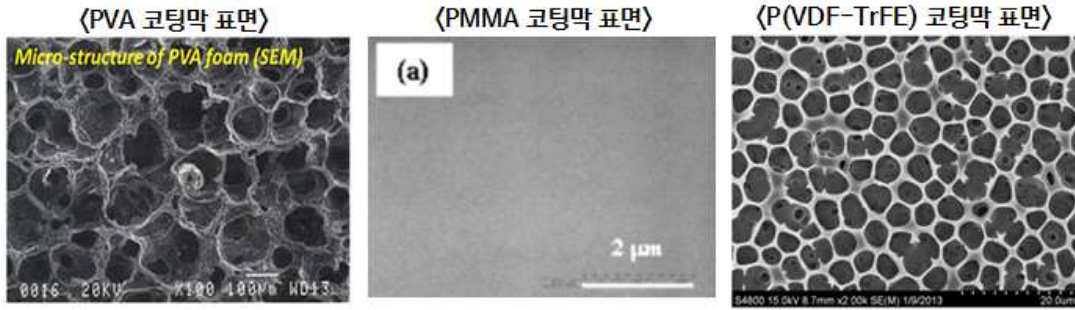
- 같은 측정 조건으로 P(VDF-TrFE)를 코팅한 IGZO TFT를 3번 반복 측정한 결과, 3번의 측정 결과 모두 비슷한 경향을 보여줌
- 두 가지 그래프를 종합해본 결과, P(VDF-TrFE)를 코팅한 IGZO TFT가 물에 대한 반응성이 가장 잘 나타나고 가역적인 반응을 보여줌을 의미함

⑤ 원인 분석



*Ultrasonics Sonochemistry*, 40, Pages 881-889(2018) *J. Mater. Chem. C*, 2017,5, 4017-4024



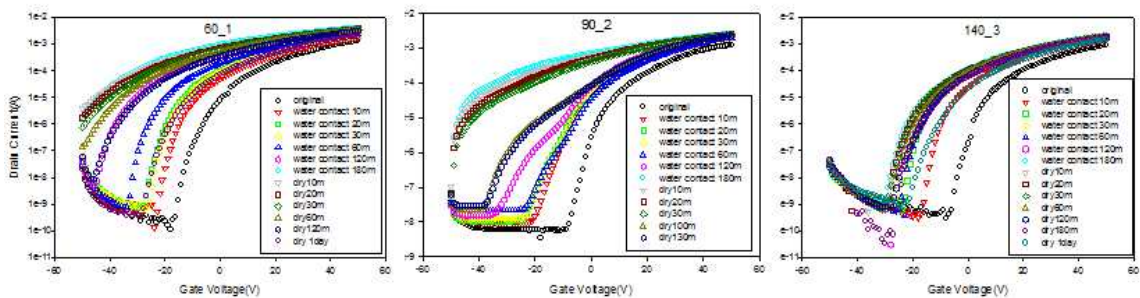


AnsCare - BenQ Materials Corporation Sensors 2013, 13(11), 14777-14796 BIOMICROFLUIDICS, 3, 022401, 2009

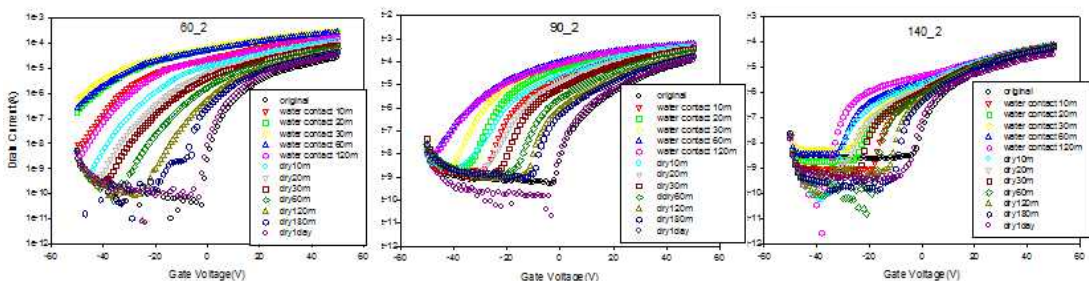
- PVA와 PMMA는 친수성(Hydrophilic), P(VDF-TrFE)와 CYTOP은 소수성(Hydrophobic) 성질이 강하여 PVA와 PMMA를 코팅한 TFT가 반응성을 보여줄 것이라고 예상한 것과 달리 소수성 성질인 P(VDF-TrFE)를 코팅한 TFT에서 반응성이 가장 뚜렷하게 나타남
- 반응성을 보여준 고분자 PVA와 P(VDF-TrFE)의 코팅막을 살펴보면 위의 그림과 같이 다공성(\*작은 구멍을 가지고 있는 성질) 구조를 가짐 → PMMA는 다공성 구조를 가지지 않음(수분 반응성X)
- 수분에 대해 반응성을 가지는 것이 고분자의 다공성 구조에 의한 것인지 확인하기 위하여 추가 실험 진행 → 고분자 열처리 온도에 따른 수분 반응성

(2) 고분자 열처리 온도별 트랜지스터의 수분 반응성

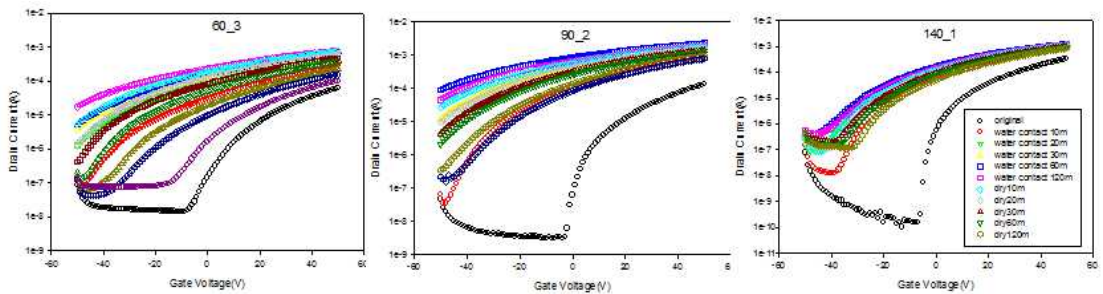
- ① 센서 소자 제작 방법: 고분자 물질별 트랜지스터의 수분 반응성과 동일한 방식으로 제작함
- ② 트랜지스터 성능 측정(Transfer curve, Threshold Voltage Shift)



<IGZO 구성 비율 4:4:2 샘플의 Transfer Curve, 좌측부터 고분자 열처리 온도 60°C, 90°C, 140°C>



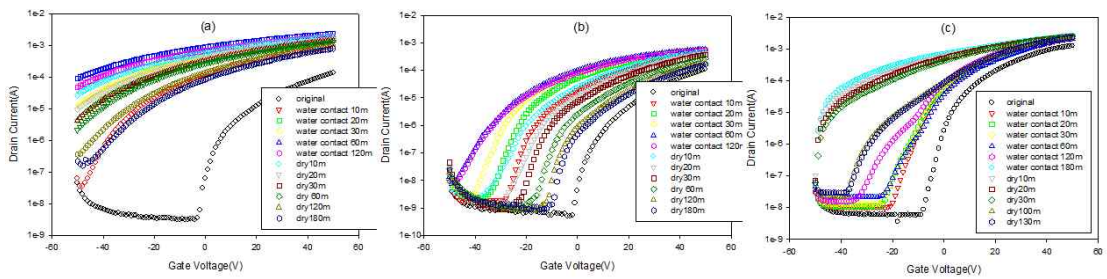
<IGZO 구성 비율 4:3:2 샘플의 Transfer Curve, 좌측부터 고분자 열처리 온도 60°C, 90°C, 140°C>



<IGZO 구성 비율 4:2:2 샘플의 Transfer Curve, 좌측부터 고분자 열처리 온도 60°C, 90°C, 140°C>

- 총 9개의 샘플 모두 다른 경향을 가진 결과를 보여줌

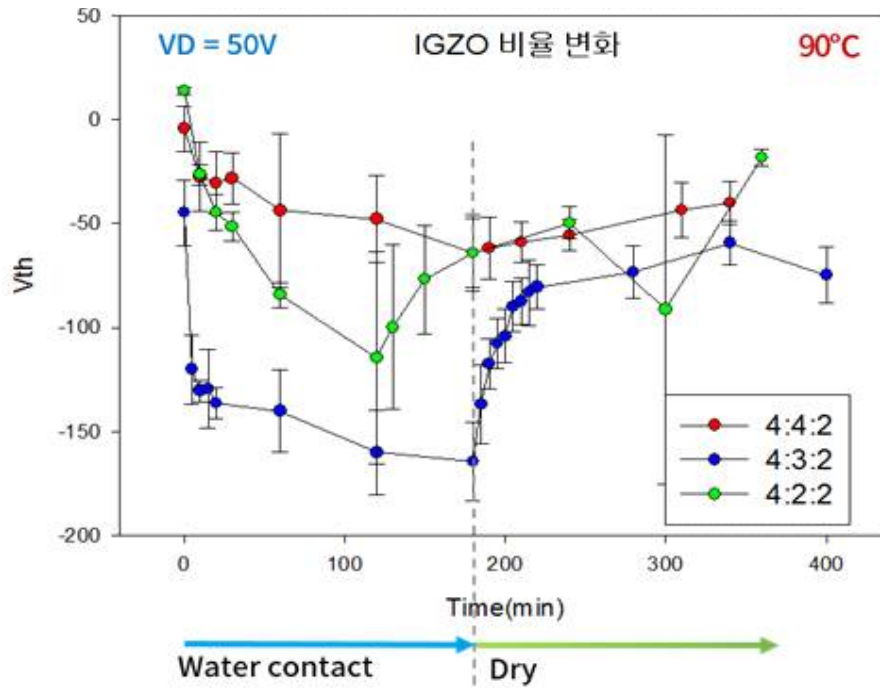
(3) IGZO 구성 비율별 트랜지스터의 수분 반응성



고분자 열처리 90°C / IGZO 구성 비율:

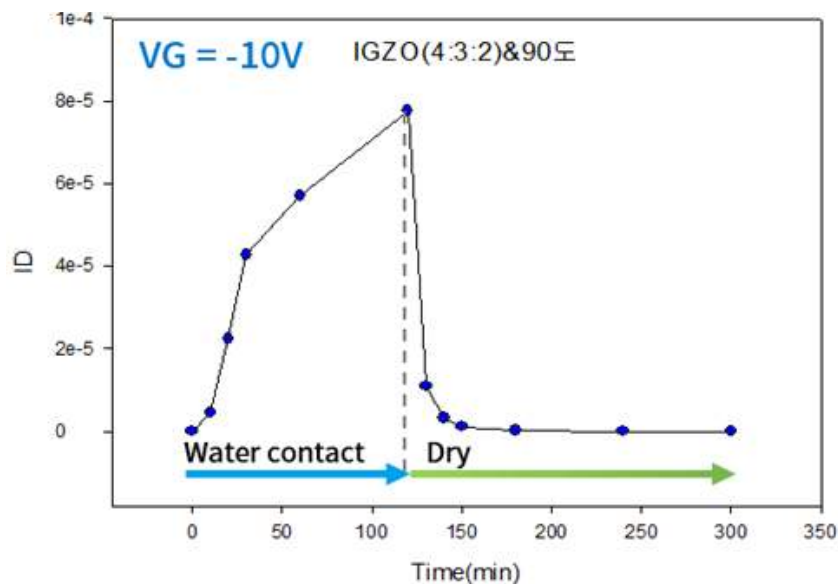
(a) (4:2:2), (b) (4:3:2), (c) (4:4:2)에 따른 트랜지스터 특성

- 9개의 샘플 중 비교적 안정적인 데이터를 가진 90°C 에서 열처리한 샘플들의 데이터를 살펴보면 IGZO 구성 비율에 따라 서로 다른 트랜지스터 특성을 가짐을 확인할 수 있음



<IGZO 구성 비율 별 물 접촉/건조에 따른 문턱전압>

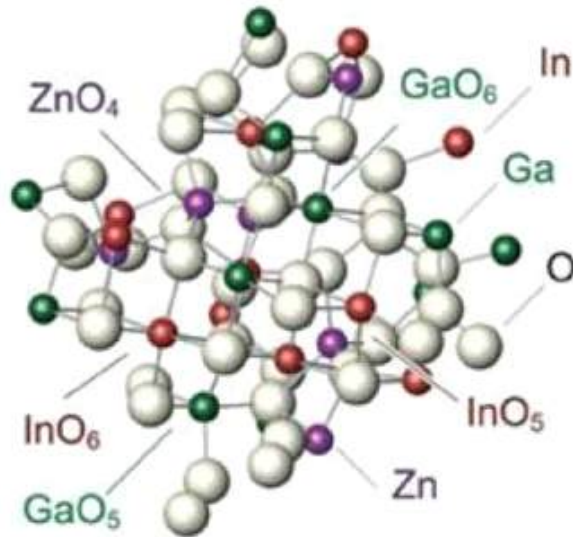
- 90°C 에서 열처리한 샘플들의 데이터를 종합하여 얻은 문턱전압 그래프에서 IGZO 구성 비율이 4:3:2인 샘플의 그래프가 가장 안정적임
- IGZO(4:2:2) TFT는 불안정한 그래프를 보여주고, IGZO(4:4:2) TFT는 비교적 반응이 잘 나타나지 않음



<물 접촉/건조에 따른 VG=-10V일 때의 전류 변화>

- 앞선 실험내용을 모두 종합해 본 결과, IGZO 구성비율이 4:3:2이며 고분자 P(VDF-TrFE)의 열처리 온도가 90°C 인 샘플이 수분에 대한 반응성과 가역적인 반응이 가장 잘 나타남

⑤ 원인 분석



<IGZO의 분자구조>

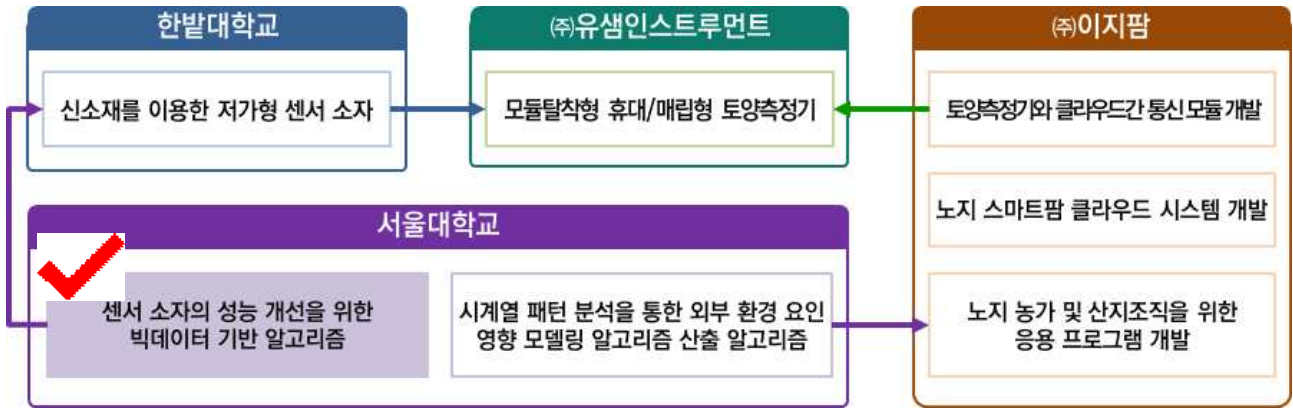
Hanyang Univ. Department of Electronic Engineering

- 본 실험에서는 Gallium(Ga)의 비율에만 변화를 주었는데 Ga은 IGZO 분자 내의 전하를 잡아주는 역할을 하여 과잉캐리어 발생을 막는 역할을 함
- 이는 IGZO 내의 전하 수의 변화를 의미함
- IGZO 내의 Ga 비율이 적은 경우 IGZO에서 수분과 반응할 수 있는 전하 수가 많아 불안정한 데이터를 가짐
- IGZO 내의 Ga 비율이 많은 경우 IGZO에서 수분과 반응할 수 있는 전하 수가 적어 뚜렷한 반응이 나타나지 않음
- 이는 IGZO 구성 비율이 수분 반응성에 영향을 미치며, 적절한 비율의 IGZO가 요구됨을 의미함

(4) 요약

- ① IGZO TFT에 고분자 물질을 코팅하여 수분에 반응하고 가역적인 반응을 확인함
- ② IGZO TFT는 수분에 따라 전기적 성능(오프전류, 문턱전압 등)이 변하는데 고분자 코팅을 통해 물에 의해 IGZO 층이 손상되는 것을 방지함과 동시에 수분이 IGZO층에 전자공급을 하도록 하여 수분에 대한 반응성과 수분 건조가 원활하게 하여 가역적인 반응을 보이도록 함

라. 협동기관(서울대학교)



<참여기관별 역할 구성도 중 본 과업의 위치>

세부연구목표에 대한 하위 수행 내용	
<ul style="list-style-type: none"> <li>. 유사 분야 선행 연구 검토</li> <li>. 센서 데이터 특성에 적합한 모델링 방안 및 알고리즘 검토</li> <li>. 가상 데이터를 이용한 알고리즘 설계</li> </ul>	

<b>세부목표</b>	실시간 측정 데이터를 이용한 센서 성능 개선을 위한 빅데이터 기반 알고리즘 설계
<b>해결해야할 문제</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) TDR 센서는 유전을 방식이기 때문에 토양 수분의 변화를 빠르게 포착하여 정확하게 측정할 수 있으나 신규개발 센서는 토양 수분의 변화에 대한 반응에 시차가 발생할 가능성이 높으므로 초기반응 패턴을 분석하여 시차보정이 필요할 수 있음</li> <li>2) 신규개발 센서는 TDR 센서와 같이 전체 함수율 범위에서 안정적으로 측정되지 않고 석고블럭과 같이 특정 함수율 범위에서 민감하게 동작할 가능성이 높음</li> <li>3) 이 외에도 일반적인 센서 소자들의 문제와 같이 일시적인 상황에 의한 이상치 발생, 통신네트워크 문제로 인한 결측 문제도 발생할 가능성이 있음</li> </ol> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 문제 1)은 아래와 같이 실제 함수율 변화를 신규센서의 반응이 따라가지 못하는 것으로 보정 알고리즘을 이용해서 적색 점선과 같이 실제 함수율 변화를 따라가도록 개선이 가능하며, 신규센서 성능이 안정화된 후 측정데이터를 받아서 보정 알고리즘을 개발할 수 있음</li> </ul>

- 문제 2) 역시 시간 변화에 따른 실제 함수율과 신규센서 측정데이터 수령 후에 민감도가 높은 특정 함수율 구간의 데이터 패턴 분석 후에 보정 알고리즘을 개발할 수 있음
- 문제 1), 문제 2)는 신규 센서 측정 데이터 수령 후 해결하는 것이 효율적이므로 2차년도부터 알고리즘 설계 및 개발을 진행할 예정임
- 문제 3)은 일반적인 센서의 이상치, 결측치에 대한 문제이기 때문에 기존의 센서 관련 연구들을 참고하여 보정 알고리즘 설계가 가능하므로 1차년도에서 알고리즘 설계를 진행하였음

## 1. 유사 분야 선행 연구 검토

### 1) 이상치 탐지 관련 선행연구 조사

- o 신규개발 센서의 비정상 패턴 구간의 경우 Calibration으로 1차 보정이 이루어지나 비정상 패턴 구간에서는 이상치 발생 가능성이 높음
- o 따라서 이상치에 대한 탐지 후 2차 보정작업이 필요함
- o Tukey (1977) 방법 : box-plot의 바깥쪽 울타리 (outer fences)를 벗어나는 관측치를 이상치로 정의하는 고전적인 방법으로
- o 비율 (ratio)을 이용한 이상치 탐지 방법은 시계열 패턴을 가지는 트렌드 데이터에 적합
- o 계량경제 시계열 모형인 GARCH 기반 이상치 탐지 방법은 다음과 같음 (Charles & Darne, 2005)

- ① 잔차에 대해 GARCH(1,1) 모형의 계수  $\alpha_0, \alpha_1, \beta_1$  를 추정하고, 추정된 계수를 이용하여  $\hat{\nu}_t = e_t^2 - \hat{h}_t$  를 추정

$$e_t = \sqrt{\hat{h}_t} \eta_t, \quad \eta_t \sim \text{iid } N(0, 1)$$

$$\hat{h}_t = \alpha_0 + \alpha_1 e_{t-1}^2 + \beta_1 \hat{h}_{t-1}$$

$$\alpha_0 > 0, \quad 0 \leq \alpha_1 + \beta_1 < 1.$$

- ②  $\tau = 1, 2, \dots, n$  에 대하여  $\hat{\zeta}(\tau)$  를 추정함

$$\hat{\zeta}(\tau) = \frac{\sum_{t=\tau}^n x_t \hat{\nu}_t}{\sum_{t=\tau}^n x_t^2},$$

- ③  $\hat{\tau}$  추정

$$\hat{\tau} = \frac{|\hat{\zeta}(\tau)/\hat{\sigma}_a|}{\left| \sum_{t=\tau}^n x_t^2 \right|^2},$$

⇒  $\text{tmax}(\hat{\tau}) > C$  이면 이상치로 판단함

### 2) 이상치 보정 관련 선행연구 조사

- o 원저화 방법 (Kokic & Bell, 1994; Chambers et al., 2000) : 가중치를 조정하거나 관측값을 다른 값으로 대체하는 방법으로 이상치를 보정함
- 관측치 변경 : 이상치 제외 값 중 최대/최소에 가까운 값으로 이상치를 대체하는 방법으로 절사값의 결정 계수인 fh가 0인 경우는 타입I, nh/Nh인 경우는 타입II로 분류하며 식은 아래와 같음

$$\begin{aligned} \text{winsorized type I estimator : } \hat{Y} &= \sum_h \left\{ \sum_{i=1} w_h y_{hi} + \sum_{i=n-k+1} w_h K_h \right\} \\ \text{winsorized type II estimator : } \hat{Y} &= \sum_h \left\{ \sum_{i=1}^{n-k} w_h y_{hi} + \sum_{i=n-k+1}^n w_h \{f_h y_{hi} + (1-f_h) K_h\} \right\} \end{aligned}$$

- 가중치 조정 방법은 이상치 값을 바꾸는 것이 아닌 가중치를 적용하여 이상치 영향을 감소시키는 방법이며 조정 방법은 아래와 같음

$$\hat{Y} = \sum_h \left\{ f(w_h) \sum_{i \in s_1} y_{hi} + \frac{N_h - n_{h1} f(w_h)}{n_{h2}} \sum_{i \in s_2} y_{hi} \right\}.$$

- o 로버스트 추정방법 : 로버스트 기법을 적용하여 이상치 값을 추정하는 방법으로 모집단 분포에 로버스트한 성질을 가지고 있으나 구조가 복잡하여 적용의 용이성이 떨어짐
- Basawa 등(1985)이 제안한 모집단 분포를 이용한 로버스트 추정방법의 식은 아래와 같음

$$n^{\frac{1}{2}} (\tilde{\theta}_n - \theta_0) \rightarrow N_k \left[ 0, \{G^T(\theta_0) F^{-1}(\theta_0) G(\theta_0)\}^{-1} \right].$$

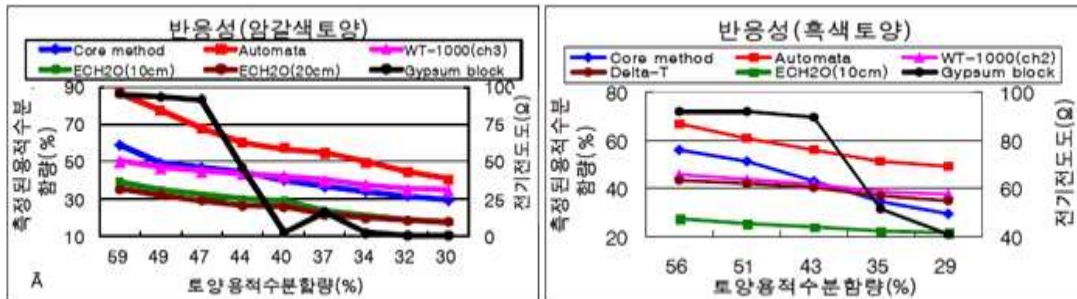
- o Spatial-temporal correlation model (Min et al.,2013) : 시계열 트렌드를 가지며 유사 지점의 인접 데이터가 존재할 경우 과거의 시계열 트렌드를 패턴에 의한 상관관계와 인접 데이터의 상관관계로 이상치를 대체하는 방법
  - 공간적 상관관계와 시간적 상관관계를 각각 독립적으로 고려하여 적용
  - 시계열 패턴의 변화가 크지않고 일정한 패턴을 보고 인접 데이터의 거리가 가까울수록 보정 정확도가 매우 높아지는 장점을 가짐
- o 데이터마이닝 기법 활용 : k-Neighborhood Nearest(kNN), Artificial Neural Network(ANN), Decision Tree(DT), Self-Organizing Map(SOM), Support Vector Machine(SVM) 등의 기법을 이용하여 정상 데이터를 이용하여 예측모형을 학습시킨 후 이상치의 구간의 원래값을 추정하는 방법
  - 데이터마이닝 기법 중 특정 기법을 적용하기 보다는 다양한 기법들을 이용하여 데이터의 예측 성능이 가장 우수한 기법을 사용하는 것이 일반적임
  - 단순 관계가 아닌 구조적 관계의 특징을 가진 데이터의 경우 여러 기법들을 혼합하여서 성능을 개선할 수 있음

2. 센서 데이터 특성에 적합한 모델링 방안 및 알고리즘 검토

1) 토양수분 센서 특성 관련 선행연구 조사

- o 유전율 방식 센서와 달리 석고블럭과 같은 매개체를 이용한 전기전도도 측정방식의 경우 아래 그림의 검정색 그래프와 같이 특정 구간에서의 비선형적이거나 오차가 커지는 비정상적 패턴 존재함

- 또한 이와 같은 비정상적 패턴은 토양의 성질에 따라서 특징이 다르게 나타날 수 있기 때문에 이와 같은 다양한 변수를 고려하여 센서 오차를 보정하기 위해서는 토양 성질을 구분하여 보정 알고리즘을 개발하는 방향도 검토해야 함
- 한밭대학교에서 개발하는 신규센서의 경우도 현재는 매개체를 이용한 방식으로 접근중이기 때문에 이와 같은 특성을 고려할 필요가 있음



## 2) 센서 특성에 적합한 모델링 방안

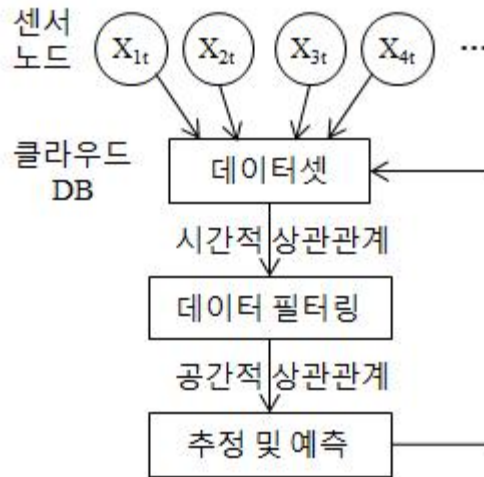
- 한밭대학교에서 개발중인 신규센서의 특성이 1차년도 연구에서는 확정이 되지 않은 상황이기 때문에 센서 특성이 어느 정도 확정되는 시점에서 센서 특성 모델링을 시작할 예정임

## 3. 가상 데이터를 이용한 알고리즘 설계

- 신규개발 중인 토양수분센서의 특성이 확정되고 안정적인 데이터가 수집되는 시점이 2차년 이후이기 때문에 이상치 보정 알고리즘의 기본 컨셉을 정의하고 예측 기법에 의한 성능 검토를 위해 1차년도 연구에서는 토양수분 외 타 센서의 실측 데이터를 이용하여 기본 알고리즘을 설계하였음
- 보정 알고리즘의 경우 기존의 센서네트워크 연구에서 사용된 결측 데이터 추정 알고리즘들을 이용하였으며, 분석 데이터는 논산과 부여지역의 8개 농장의 시설원에 온실의 외부기온 센서에서 수집된 결측치가 없는 실제 센서 데이터를 사용하였음
- 분석 방법은 선형회귀모형 및 다양한 데이터마이닝 기법들을 이용하여 온실 외부 온도 센서의 이상치 데이터 추정의 정확도를 비교하고 최적의 알고리즘과 추정 조건을 찾는 것으로 정의하였음
  - 추정 정확도를 높이기 위해 이상치가 발생한 온실 센서와 가장 유사도가 높은 상위 랭크의 센서 노드만 모델링에 사용하는 알고리즘을 도입하였는데 이는 시간적/공간적 상관관계를 모두 고려하는 것임
  - 이상치 데이터를 결측 처리후 결측치 추정결과의 정확도는 다음의 과정으로 계산함
    - ① 각 온실별로 추정 가능한 모든 포인트에 3일간의 이상치가 발생한 것을 가정함
    - ② 결측치 추정 결과의 일반화를 위해서, 추정 정확도는 롤링 윈도우 방법을 이용하여 8개 그린하우스의 54일의 포인트에 대한 추정 오차값 432개의 평균을 계산함
    - ③ 모델링에 사용되는 데이터의 양을 의미하는 시간 간격은 5일 간격으로 5~40일을 비교함
    - ④ 최적 시간 간격 조건에서 상위랭크 센서 노드의 수별로 추정 정확도를 비교함
- 시간적/공간적 상관관계를 이용한 결측치 추정의 기본 프레임워크는 아래와 같이 다수의 센서노드에서 데이터가 실시간으로 수집되고 있는 상황에서 특정 센서노드에서 이상치로 판별된 데이터들은 결측치로 처리되며 1단계로 시간적 상관관계를 이용하여 가장 유사

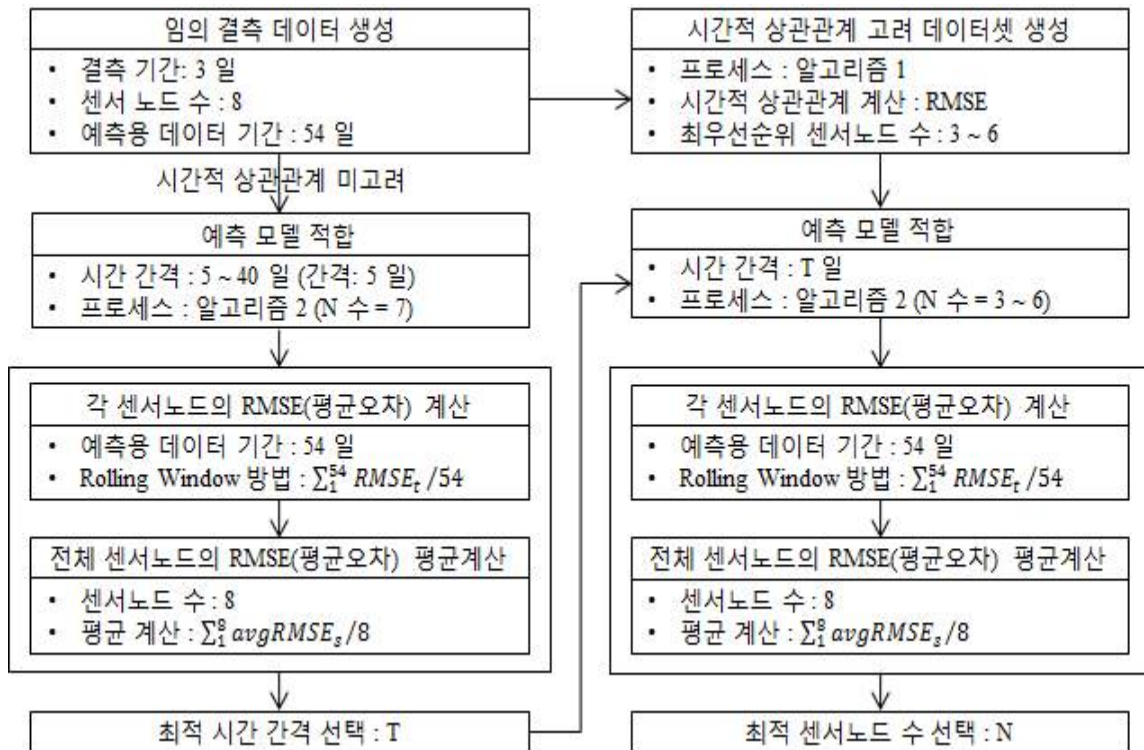


도가 높은 시간 간격을 선택하여 데이터를 필터링한 후 공간적 상관관계가 높은 센서노드를 선택하여 결측치 추정에 사용함



### <시·공간 상관관계 기반 결측치 추정방법>

- 구체적인 결측치 추정 모델의 최적 조건 탐색을 위한 방법은 아래와 같음



<결측 데이터 추정 성능 평가 및 최적 조건 선택 절차>

- 결측치 추정 과정 중 예측모델 적합에서 사용되는 하위 프로세스의 알고리즘은 아래와 같음

알고리즘 1	알고리즘 2
<p>입력:</p> <p><math>S_{R \times t}</math>: 샘플 센서 노드 데이터 매트릭스</p> <p><math>T</math>: 예측을 위한 시간 간격</p> <p><math>N</math>: 최우선순위 센서노드 수</p> <p><math>S_{miss}</math>: 결측치를 가지는 센서노드 번호</p> <p>출력:</p> <p>: 필터링된 샘플 데이터</p> <p>주요 절차:</p> <p>(1) For <math>k = 1</math> to <math>R</math> do</p> <p>(2) <math>w_k \leftarrow \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (S_{k \times (t-T)} - S_{miss \times (t-T)})^2}{T}}</math></p> <p>(3) End For</p> <p>(4) <math>w_{S_k} z(w_k)</math></p> <p>(5) <math>N \leftarrow \text{Select}_k(\text{From } w_{S_2} \text{ To } w_{S_{N+1}})</math></p> <p>(6) <math>S_{N \times T} \leftarrow S_{j \times T} (j \in N)</math></p>	<p>입력:</p> <p><math>S_{R \times (t-i)}</math>: 필터링된 샘플 데이터</p> <p><math>T</math>: 예측을 위한 시간 간격</p> <p><math>D</math>: 결측 데이터의 시간 간격</p> <p><math>N</math>: 최우선순위 센서 노드 수</p> <p>출력:</p> <p><math>S_{miss \times D}</math>: 결측 데이터의 예측치</p> <p>주요 절차:</p> <p>(1) For <math>i = 1</math> to <math>T</math> do</p> <p>(2) <math>\text{fit} \leftarrow \text{ModelFit}(\text{Data}: S_{N \times (t-i)})</math></p> <p>(3) End For</p> <p>(4) For <math>j = 1</math> to <math>D</math> do</p> <p>(5) <math>r_j \leftarrow \text{Predict}(\text{Model}: \text{fit}, \text{Data}: S_{N \times (t-i-1)})</math></p> <p>(6) End For</p> <p>(7) <math>S_{miss \times D} \leftarrow r_D</math></p>

- 결측치 추정 모델의 최적 조건 탐색을 위한 분석결과 중 시간적 상관관계 적용 과정에서 최적 시간 간격에 대한 분석 결과는 다음과 같음
- 결측치 추정을 위해 사용되는 데이터의 최적 시간 간격 선택 프로세스 분석 결과 예측 기법 중 OLS, SVM은 10일, kNN, ANN, RF는 20일에서 가장 예측 성능이 높았음
- 최적 시간 간격인 지점에서의 각 예측 기법의 예측 성능을 비교해보면 SVM, OLS, RF, ANN, kNN 순으로 예측 성능이 좋은 것으로 나타났음
- 외부 온도의 경우 시계열적인 트렌드와 인근 지역의 센서 노드들 간의 관계가 선형적이기 때문에 선형 관계를 가정하는 기법들이 비교적 좋은 성능을 보여주었음

<시간 간격에 따른 알고리즘별 Root Mean Squared Error(RMSE)>

예측 기법	관측 시간 간격							
	5	10	15	20	25	30	35	40
OLS	1.532	<b>1.175</b>	1.203	1.218	1.236	1.256	1.272	1.276
kNN	1.939	1.662	1.610	<b>1.599</b>	1.612	1.626	1.635	1.592
ANN	2.390	1.566	1.562	<b>1.472</b>	1.537	1.661	1.630	1.523
SVM	1.189	<b>1.144</b>	1.168	1.184	1.205	1.231	1.251	1.260
RF	1.668	1.380	1.381	<b>1.356</b>	1.411	1.426	1.440	1.377

- 공간적 상관관계 적용 과정에서 최적 성능의 센서 노드 수 분석 결과는 다음과 같음
- 시간적 상관관계 적용 과정에서 가장 예측 성능이 좋았던 시간 간격인 10일과 20일이 선택

된 상황에서 공간적 상관 관계를 고려하여 가장 예측 성능이 좋은 인접 지역 센서 노드 수 분석 결과는 다음과 같음

- 10일 간격에서 가장 예측력이 좋았던 OLS와 SVM의 경우 OLS는 인근의 3개 센서 노드 데이터로 결측치를 예측했을 때 예측력이 가장 좋았으며 SVM은 인근의 6개 센서 노드를 사용했을 때 가장 예측력이 좋았음

<입력 센서 노드 수에 따른 알고리즘별 RMSE (시간 간격 : 10일)>

예측 기법	최우선순위 센서 노드 수				
	3	4	5	6	7
OLS	1.163	<b>1.158</b>	1.162	1.169	1.175
kNN	<b>1.452</b>	1.496	1.563	1.616	1.662
ANN	1.415	<b>1.403</b>	1.432	1.513	1.566
SVM	1.164	1.154	1.143	<b>1.141</b>	1.144
RF	1.429	1.410	1.411	1.394	<b>1.380</b>

- 20일 간격에서 가장 예측력이 좋았던 나머지 기법들의 경우 kNN은 인근의 3개 센서 노드 데이터로 결측치를 예측했을 때 예측력이 가장 좋았으며 ANN은 4개, RF는 7개의 센서 노드 데이터로 결측치 예측 시 예측력이 가장 좋았음

<입력 센서 노드 수에 따른 알고리즘별 RMSE (시간 간격 : 20일)>

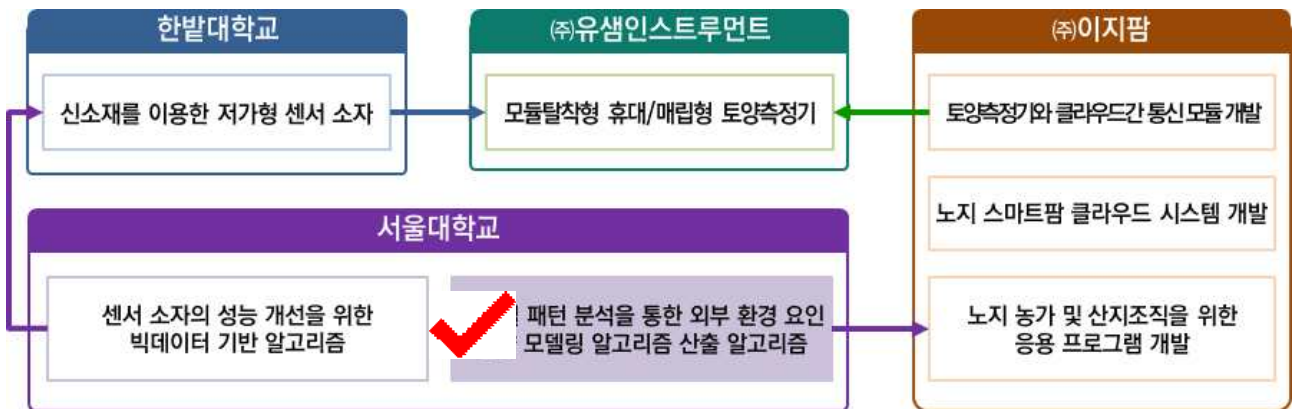
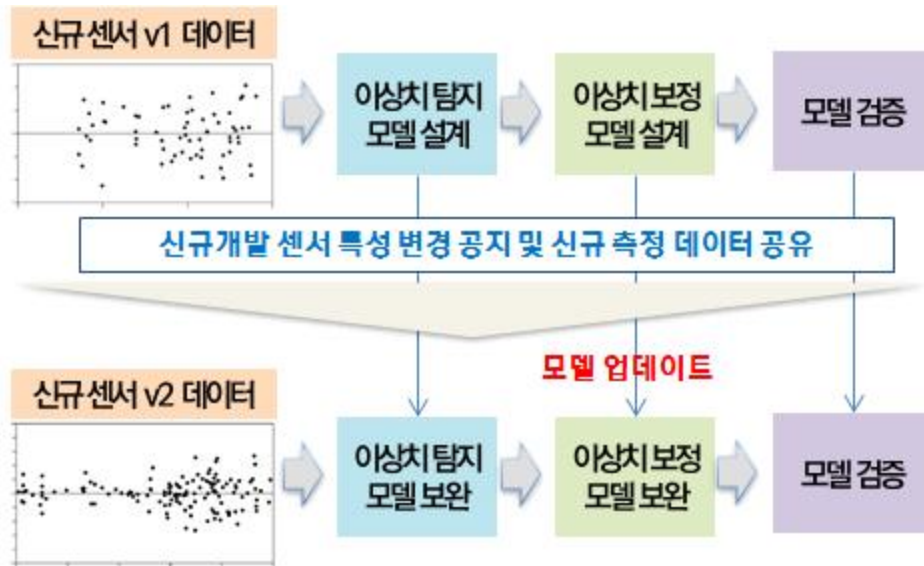
예측 기법	최우선순위 센서 노드 수				
	3	4	5	6	7
OLS	<b>1.207</b>	1.212	1.213	1.216	1.218
kNN	<b>1.463</b>	1.489	1.535	1.568	1.599
ANN	1.338	<b>1.337</b>	1.377	1.404	1.472
SVM	1.192	1.185	<b>1.184</b>	<b>1.184</b>	<b>1.184</b>
RF	1.422	1.399	1.397	1.379	<b>1.356</b>

- o 현재 개발중인 토양수분 센서의 경우에도 이와 같은 시계열 트렌드와 인근의 센서노드를 가지는 센서 네트워크를 구성하게 될 것으로 예상됨
- o 따라서 시계열 트렌드를 고려하는 시간적 상관관계와 인접 센서 노드를 고려하는 공간적 상관관계를 동시에 고려하는 결측치 예측 알고리즘에서는 예측에 사용할 시간 간격과 인접 지역의 센서 노드 수를 결정하는 것이 중요한 의사결정 포인트가 될 것이므로 예측 기법까지 고려하여 이를 검토할 수 있는 평가 방법을 외부 기온이라는 대체 데이터로 분석해본 결과 토양수분 센서에 대해서도 적용이 가능할 것으로 판단됨

#### 4. 신규개발 센서 데이터 공유 및 적용 체계 검토

- o 신규 토양수분 센서의 개발이 동시에 진행되어 신규센서 측정 데이터의 활용이 연구 초기에는 쉽지 않으므로 체계적 접근 필요함

- o 특히 신규개발 센서의 진행 단계에 따라 센서의 특징이 달라질 가능성도 있으므로 협동과제와 긴밀한 연구 내용 공유가 필요하므로 데이터 공유 체계를 검토하여 2년차 연구에서부터는 긴밀한 공유 체계를 유지하는 것이 필요할 것임



<참여기관별 역할 구성도 중 본 과업의 위치>

세부연구목표에 대한 하위 수행 내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>. 데이터 수집 체계 구축</li> <li>. 데이터 패턴 분석</li> <li>. 수집 데이터를 이용한 알고리즘 설계</li> <li>. 예측 서비스 모델 구상</li> </ul>

세부목표	1) 센서 데이터 시계열 패턴 분석을 통한 외부기상 요인 영향 모델링 알고리즘 설계
해결해야할 문제	<p>1) 외부기상 요인변수들의 토양 함수율의 영향 관계 분석을 통한 주요 영향 요인이 무엇인지를 토양 깊이별 함수율과의 관계까지 분석된 연구가 많지 않음</p> <p>2) 미래 시점의 외부기상요인들의 예측치를 입력할 경우 미래 시점의 토양 함수율을 알 수 있어야 하며, 이를 위해 토양 깊이별 외부기상 요인 변수들에 의한 토양 함수율 예측 모델을 시계열 데이터에 기반하여 개발해야 함</p> <p>3) 토양 함수율 예측과 관련한 영농 현장에서 필요한 예측 서비스 모델 발굴이 필요함(예시1: 1주일 기상예보에서 덥고 건조한 날씨가 계속된다고 하는데 언제쯤 관수를 해야 하는가? / 예시2: 토양 깊이별 함수율 분포 정보가 수집되는데 이를 이용한 최적 관수 모델은 어떻게 만들 수 있는가?)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현장 상황을 정확히 반영하기 위해서는 현장의 실측데이터를 이용한 분석이 가장 바람직하나 실제 현장 데이터 중 다양한 외부기상 요인과 토양 깊이별 함수율이 측정된 데이터는 구할 수 없었음</li> <li>• 비록 관수량별 함수량 변화는 측정할 수 없으나 기상청과 농촌진흥청에서는 전국에 위치한 관측소에서 토양 함수량을 포함하는 농업기상정보를 측정하여 제공하고 있었으며, 다년간에 걸친 강수량 데이터를 이용하여 관수상황을 가정하고 토양 함수율 변화를 예측해볼 수 있음</li> <li>• 문제 2), 3)의 해결에 앞서 먼저 풀어야 할 문제 1)은 1차년도 연구에서 데이터 수집체계 구축을 통해 수집된 데이터로 분석을 진행하였음</li> <li>• 문제 2)는 문제 1)의 해결을 통해 정의되는 외부기상요인을 이용하여 미래 1~2주 후의 토양 함수율 예측 모델을 설계한 후, 모델의 정확도 개선은 과거시점에서 1~2주 후 함수율을 예측하는 상황을 설정하여 예측치와 실측치와 비교하는 방법으로 예측 모델에 사용될 머신러닝 알고리즘의 성능을 최적화할 예정임</li> <li>• 문제 3)은 1차년도는 선행 연구를 통해 서비스 모델 아이디어를 발굴하고, 2차년도부터는 현장 전문가를 대상으로 서비스 모델의 적절성 평가 및 보완작업을 한 후, 3차년도에는 서비스가 개발될 수 있도록 진행할 예정임</li> </ul>	

# 1. 데이터 수집 체계 구축

## 가. 기상 데이터 제공 주체 개요

제공 조직	제공 항목	수집 방법	비고
농촌진흥청	기온, 습도, 풍향, 풍속, 강수량, 토양수분 등 제공	CSV	시간 단위
기상청	10/20/30/50cm별 온도, 일사, 토양수분 등 제공	CSV	시간 단위

## 나. 기상 데이터 제공 주체별 특징

### 1) 농촌진흥청 농업기상 데이터

- 196개 관측소에 기상센서를 설치하여 기상정보 수집
- 토양수분 정보가 제공되는 지점은 70개소이며, 토양수분량 정보를 시각화(지도 표출)해 제공하고 있음
- 토양수분 데이터는 TDR센서 측정값을 제공
- 제공 데이터 : 기온, 습도, 풍향, 풍속, 일순간최대풍속, 강수량, 일조시간, 토양수분
- 데이터 제공 방법 : 시간 단위 1개 시점의 정보를 엑셀 파일로 제공
- 장점 : 토양수분 정보를 제공하는 지점이 많아 데이터 분석의 질을 제고할 수 있음
- 단점 : 데이터를 시간단위로 수집해야 하는 등 대용량 데이터 수집에 있어 어려움이 존재

· 관측지점 전주

· 관측일시 2017-11-17 11 시

조 회

음 현재 역사

① 지점명을 클릭하면 최근 농업기상관측 그래프가 조회됩니다.

② 토양수분 관측값을 클릭하면 전국토양수분 분포도가 조회됩니다.

· 관측값이 주변 환경 및 관측센서 이상 등으로 관측자료의 이상치가 발생할 수 있거나 자료 사용에 유의하시기 바랍니다.

· 통계 시 토양 분포도 토양수분 상태 표출이 원할하지 않을 수 있습니다.

도명	지점명	기온 (°C)	습도 (%)	풍향	평균풍속 (m/s)	일 순간 최대풍속 (m/s)	강수량 (mm)	일조시간 (HH:MM)	토양수분 (%)	
									현재(상태)	전년
경기도	고양시 구상동	2.8	49.9	-	0.0	4.4 (10:20)	0.0	-	17.3	21.8
경기도	고양시 덕양구	3.6	37.3	남남서	0.5	2.8 (10:30)	0.0	-	-	-
경기도	파주시 이동동	2.2	54.9	남	0.7	2.3 (09:30)	0.0	-	-	-
경기도	김포시 활곶면	3.1	51.2	동	0.7	2.8 (11:30)	0.0	-	22.4	26.8
경기도	안산시 단원구	4.5	47.8	서남서	1.3	4.6 (07:20)	0.0	0:07	32.1 (적습)	34.8
경기도	안산시 상록구	5.4	43.0	남남동	0.5	3.8 (09:50)	0.0	0:11	23.7 (건조)	29.8
경기도	시흥시 하중동	6.0	42.3	동	0.6	2.3 (11:00)	0.0	-	-	-
경기도	수원서동	4.8	35.4	동남동	0.4	5.3 (10:10)	0.0	0:05	23.7 (적습)	23.9
경기도	화성시 봉암읍	3.9	40.1	동남동	1.0	5.0 (08:50)	0.0	-	17.9 (약간건조)	26.4
경기도	용인시 처인구	2.0	45.9	-	-	-	0.0	0:03	-	-
경기도	평택시 오성면	4.6	55.8	북북동	2.1	0.3 (09:50)	0.0	0:42	-	-
경기도	안성시 보계면	3.9	38.7	북동	2.4	57.3 (12:00)	0.0	0:42	-	-
경기도	광주시 목현동	3.1	39.1	남동	0.6	2.2 (09:50)	0.0	0:12	-	-
경기도	이천시 중리동	1.4	47.1	-	0.0	1.6 (10:00)	0.0	-	-	14.9
경기도	여주시 상거동	1.3	51.5	북동	0.8	2.5 (11:50)	0.0	-	-	-

<데이터 제공 화면 예시>

### 2) 기상청 농업기상 데이터

- 보성, 서귀포, 서산, 수원, 순천, 안동, 전주, 진주, 철원, 청주, 춘천 등 총 11개 지점에 기상 센서를 설치하여 기상정보 수집
- TDR 방식의 토양수분 센서 데이터 제공
- 제공 데이터 항목

구분	설명
온도	기온(0.5, 1.5, 4m), 지면온도, 최저초상온도, 지중온도(5, 10, 20, 30, 50cm, 1, 1.5, 3, 5m)
토양	토양수분 (10, 20, 30, 50cm 깊이)
일조	순복사합, 전천복사합, 반사복사합, 조도, 일조시간
기타	평균습도(0.5, 1.5, 4m), 평균풍속, 강수량

**자료조회**

• 자료형태: 시간 자료  
 • 지점: 지점명으로 선택 | 지도로 선택

기간: 2008년 - 2010년

서산(농)

조회 | 다운로드

전체 3건 10

번호	구분	용량(KB)	생성일	형식	
3	SURFACE_AGR_979_HR_2010_2010_2016.zip > 농업, 서산(농), 2010, 시간 자료	269.24KB	2016-02-25	CSV	<input type="checkbox"/>
2	SURFACE_AGR_979_HR_2009_2009_2016.zip > 농업, 서산(농), 2009, 시간 자료	260.76KB	2016-02-25	CSV	<input type="checkbox"/>
1	SURFACE_AGR_979_HR_2008_2008_2016.zip > 농업, 서산(농), 2008, 시간 자료	250.41KB	2016-02-25	CSV	<input type="checkbox"/>

다운로드

<데이터 제공 화면 예시>

## 2. 데이터 패턴 분석

### 가. 분석 개요

#### 1) 분석 목적

- 외부 환경 요인에 의한 토양수분량을 시간대별로 예측하기 위한 기초 통계/계량 분석
- 다양한 항목에서의 기술통계를 기반으로 향후 기상 데이터를 활용한 토양수분 예측모델 개발에 기본 토대를 마련하기 위한 분석
- 도출된 결과를 토대로 예측모델에 적용될 변수 선정

#### 2) 분석 프로세스

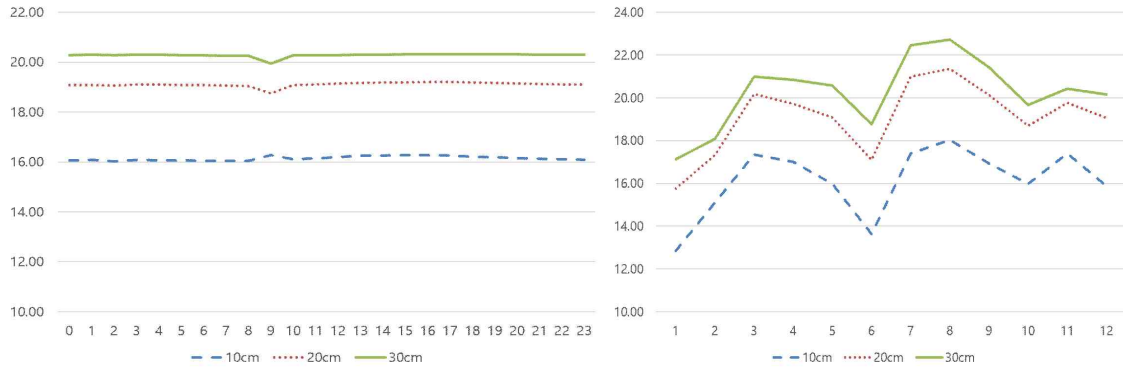
구분		분석 항목
기술통계	1 단계	- 시간대별 평균수분량 - 월별 평균수분량 - 월/시간대별 평균수분량
	2 단계	- 강수량에 의한 시간대별 평균수분량 - 습도에 의한 시간대별 평균수분량 - 일사량에 의한 시간대별 평균수분량 - 기타 요인에 의한 시간대별 평균수분량
	3 단계	- 지점/시간대별 평균수분량 - 지점/월별 평균수분량 - 지점/월/시간대별 평균수분량

		- 기상 요인에 의한 지점/월/시간대별 평균수분량
계량분석	4단계	- 기상요인과 토양수분량 간 상관관계 분석 - 기상요인과 토양수분량 간 Robust regression - 기상요인과 토양수분량 간 Ridge/Lasso

나. 분석 결과

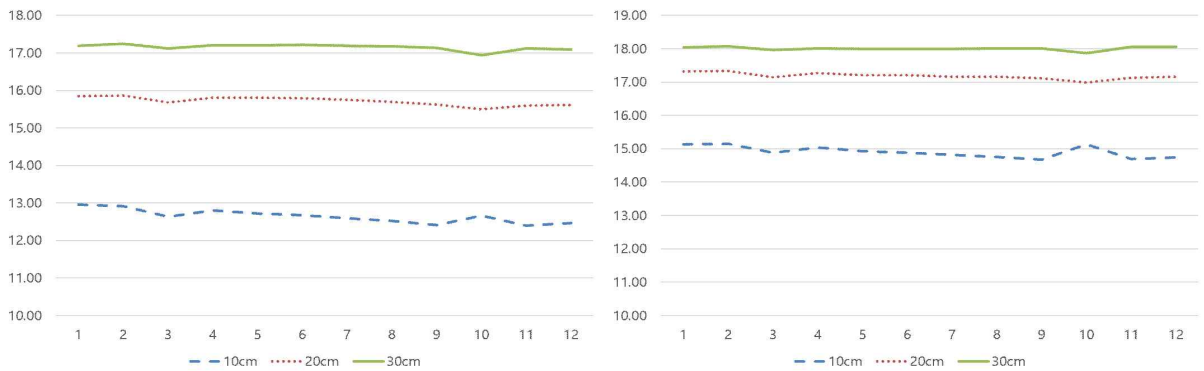
1) 1단계 분석

○ 시간대별 및 월별 평균수분량

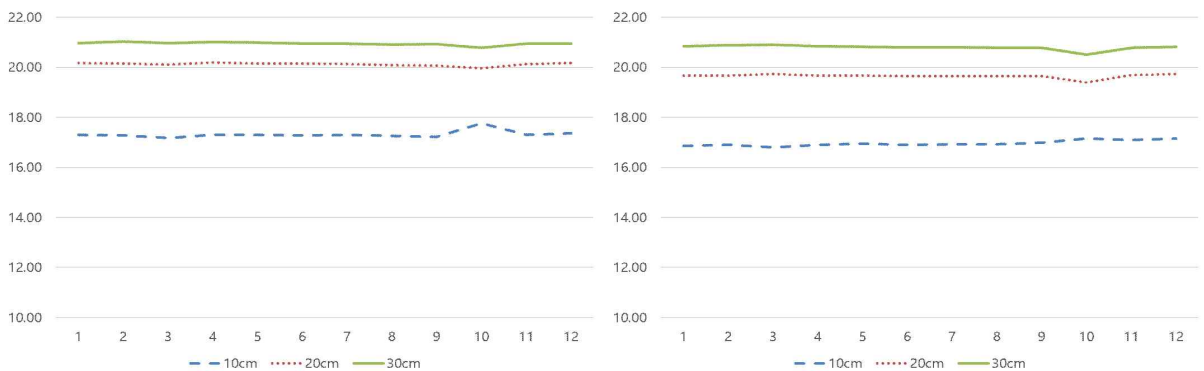


<시간대별 및 월별 평균수분량>

○ 월/시간대별 평균수분량

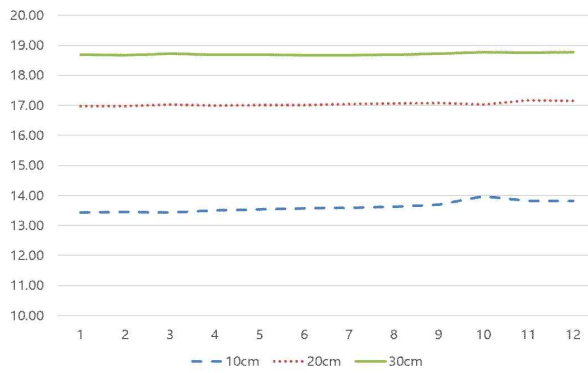
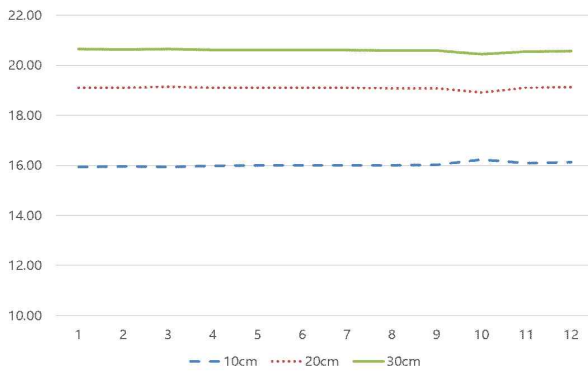


<1월, 2월 시간대별 평균수분량>

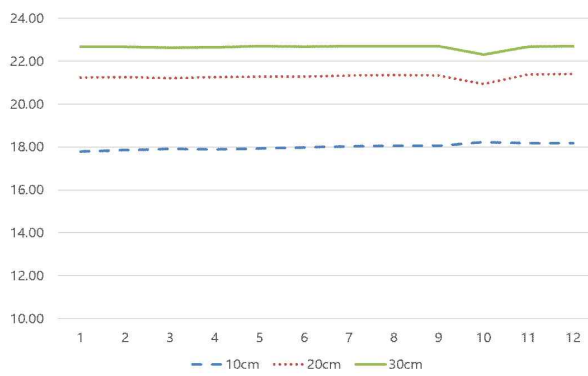
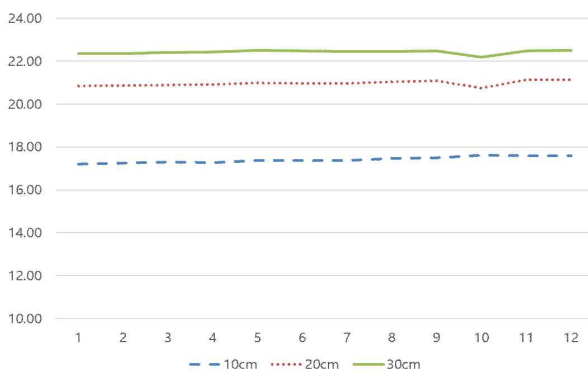


<3월, 4월 시간대별 평균수분량>

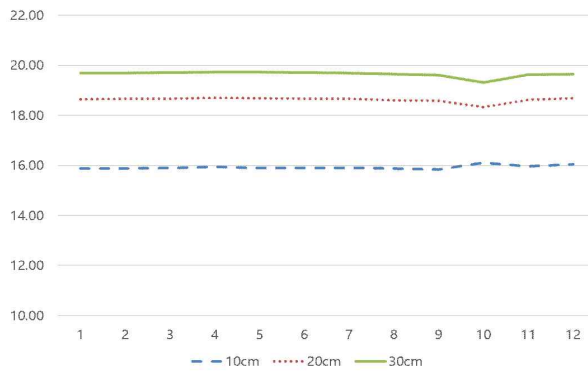
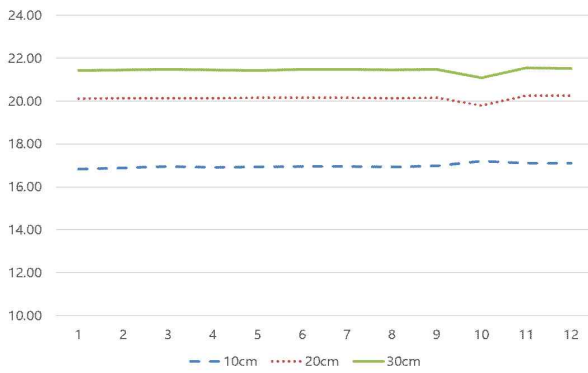




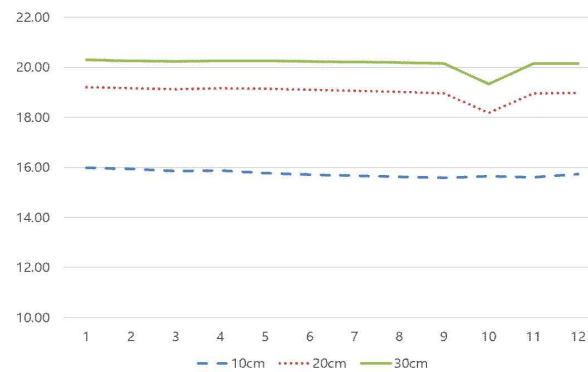
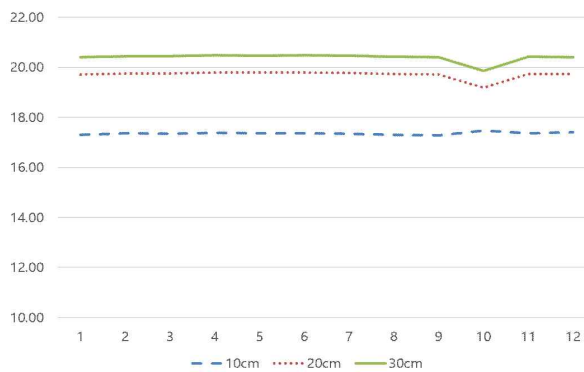
<5월, 6월 시간대별 평균수분량>



<7월, 8월 시간대별 평균수분량>



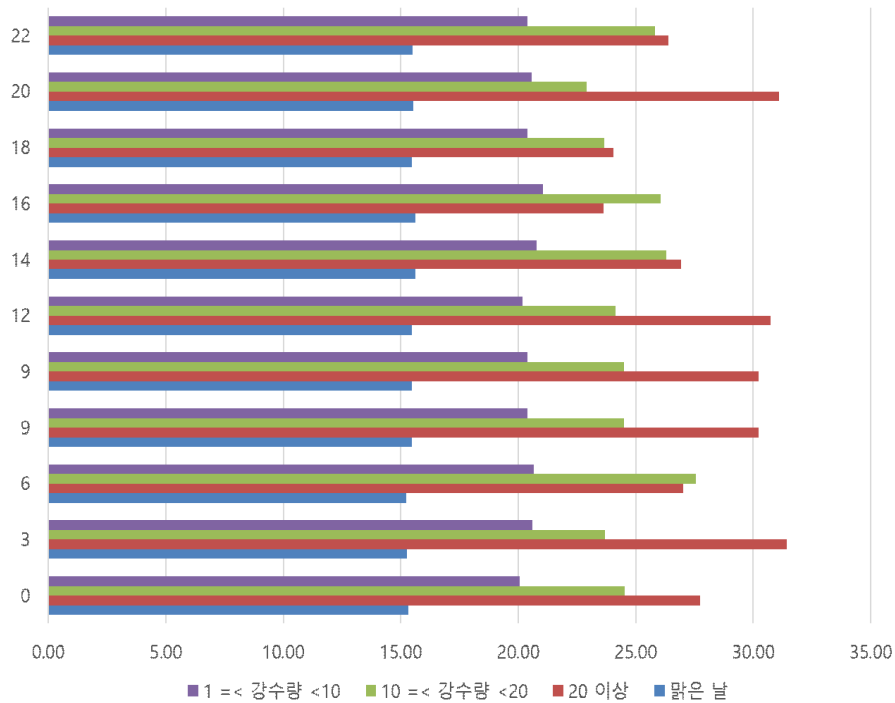
<9월, 10월 시간대별 평균수분량>



## 〈11월, 12월 시간대별 평균수분량〉

### 2) 2단계 분석

○ 강수량에 의한 시간대별 평균수분량(10cm 센서 기준)



### 3) 분석 요약

- 나머지 분석은 향후 수행할 계획임
- 토양수분량은 변동성이 크지 않으며, 강수량에 따라 수분량의 증가폭이 커짐
- 기상예보 데이터를 시간대별로 확보한다면, 알고리즘을 이용해 정확한 토양수분량 예측이 가능할 것으로 예상됨

### 3. 수집 데이터를 이용한 알고리즘 설계

#### 가. 알고리즘 설계 개요

- 기상데이터를 활용해 토양수분량을 예측할 수 있는 예측 알고리즘 개발
- 기계학습을 이용해 모델을 개발할 것이며, 예측오차 목표는 5% 이하로 설정

#### 나. 인공신경망 개념

##### 1) 인공신경망 기본 개념

- 인공신경망은 인간의 신경망과 같이 인공뉴런들과 이러한 뉴런들을 연결시켜주는 매개체로 구성되어 있음
- 그 프로세스를 살펴보면, 정보가 전달될 시 입력정보에 가중치를 부여하여 계산된 값을

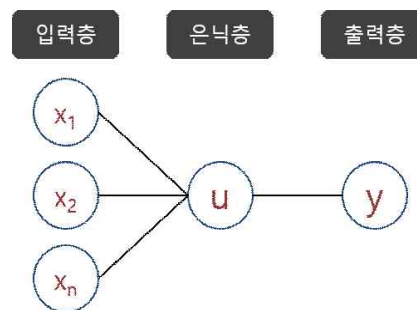
활성화 함수(activation function)를 이용해 출력 값을 산출하여 타겟이 되는 변수를 예측하는 모형임

- 즉, 주어진 과거의 입력 데이터 값과 해당 출력 데이터 값들을 통해 가중치들이 반복적으로 조정되고, 이를 통해 입·출력간의 관계가 학습되는 모형으로 설명될 수 있음
- 인공지능망은 최근 주목받고 있는 딥러닝(Deep learning)의 기본 뼈대를 형성하고 있는 이론으로, CNN, RNN 등 다양한 방법론이 존재한다.

## 2) 인공지능망의 구조

- 입력층(Input Layer) : 외부 자료를 받아들이는 층. 뉴런수는 입력 변수 수와 동일
- 은닉층(Hidden Layer) : 입력층과 출력층 사이에 위치하며 입력층으로부터 신호를 받아 특성을 추출하여 출력층으로 전달
- 출력층(Output Layer) : 출력층은 은닉층으로부터 신호를 받아 외부로 출력

## 3) 구조 및 프로세스



<인공지능망 구조>

- 입력층(Input layer)은  $x_i (i = 1, \dots, n)$ , 은닉층(Hidden layer)은  $y_i (i = 1, \dots, m)$ , 출력층(Output layer)은  $z_k (k = 1, \dots, l)$

$$1) f_i(x) = \sigma(w_{1j}x_1 + \dots + w_{nj}x_n)$$

$$2) g_k(y) = \sigma(v_{1k}y_1 + \dots + v_{mk}y_l)$$

$$3) h_i(x) = g(f(x))$$

$$4) E = \frac{1}{2} \sum \| h(x) - d(x) \|^2$$

- 여기서  $h$ 는 신경망을 통해 출력된 값,  $d$ 는 실제 출력값으로, 오차함수(loss function)  $E$ 를 최소화 하는 가중치를 결정하는 것이 인공지능망의 궁극적인 목적이다.

### 4) 앞먹임 신경망(Feedforward neural network)을 토대로 한 기본 개념

- 입력층에서 네 개의 입력  $x_1, x_2, x_3, x_4$ 를 받는다 가정하면, 이 유닛이 받는 총 입력  $u$ 는 아래와 같다.

$$u = w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3 + w_4x_4 + b$$

- 각 입력마다 다른 가중치(weight)  $w_1, w_2, w_3, w_4$ 를 곱한 값을 합하고, 여기에 바이어스

(bias)라 불리는 값을 더한다. 이 유닛의 출력  $z$ 는 총 입력  $u$ 에 대한 활성화 함수 (activation function)라 불리는 함수  $f$ 의 함수값이다.

$$z = f(u)$$

- 만약, 은닉층을 3개의 유닛으로 설정하면 총  $3*4 = 12$ 개이며, 각 결합마다 다른 가중치가  $w_{ji}$ 가 주어진다.

$$\begin{aligned} u_1 &= w_{11}x_1 + w_{12}x_2 + w_{13}x_3 + w_{14}x_4 + b_1 \\ u_2 &= w_{21}x_1 + w_{22}x_2 + w_{23}x_3 + w_{24}x_4 + b_2 \\ u_3 &= w_{31}x_1 + w_{32}x_2 + w_{33}x_3 + w_{34}x_4 + b_3 \end{aligned}$$

- 여기에, 다시 활성화 함수를 적용해 아래와 같은 출력을 생각할 수 있다.

$$z_j = f(u_j) \quad (j = 1, 2, 3)$$

- 따라서, 아래와 같은 일반화를 고려할 수 있는데,  $u$ 는 각 입력에 가중치가 곱해진 각각의 가중합을 의미하고,  $z$ 는 각각의 가중합을 활성화 함수에 적용함을 의미한다.

$$\begin{aligned} u_j &= \sum_{i=1}^I w_{ji}x_i + b_j \\ z_j &= f(u_j) \end{aligned}$$

- 활성화 함수는 다양한 종류가 존재하는데, 크게는 아래 표와 같이 정리할 수 있다.

유형	활성화 함수	오차함수
회귀	항등사상	제곱오차
이진 분류	로지스틱 함수	우도의 로그
다클래스 분류	소프트맥스 함수	교차 엔트로피

- 결국, 오차함수를 최소화하는 가중치를 설정하는 것이 인공지능망의 최대 목적이며, 회귀 문제에 있어 활용되는 오차함수는 아래와 같다.

$$E(W) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \| d_n - y(x_n; w) \|^2$$

- 마지막으로, 간단한 이진 분류(이항 문제)에 대한 인공지능망 예를 들어보면, 이진 분류는 보통  $d = 0, d = 1$ 과 같은, 즉 남자 = 1, 여자 = 0, 또는 yes = 1, no = 0 과 같은 출력 변수를 분류 ○ 하는 문제로 정의할 수 있다.

- 이것은  $p(d=1|x)$ 를 모델화하는 것으로, 주어진  $x$ 에 대한  $d$ 의 추정이 이 모델을 사용해 사후확률을 계산한 뒤, 그 값이 0.5를 초과하면 1, 아니면 0으로 간주하는 모델이다(로지스틱 함수를 활성화 함수로 사용).

$$p(d=1|x) \approx y(x; w)$$

- 여기서 가중치  $w$ 를 정하는 방법은 통계학 추정에서도 핵심적으로 활용되는 MLE(Maximum likelihood estimation)을 활용한다. MLE는 가중치  $w$ 에 대한 우도(likelihood)를 구한 후, 그 우도를 가장 크게 하는 가중치  $w$ 를 구하는 것인데,

$$L(w) = \prod_{n=1}^N p(d_n|x_n;w) = \prod_{n=1}^N y(x_n;w)^{d_n} (1-y(x_n;w))^{1-d_n}$$

- 여기서 로그를 취한 이유는 식을 단순화하기 위함이며, 로그는 단조성을 가지므로 우도에 로그를 취하여 부호를 변경한 것을 오차함수로 설정한다.

$$E(w) = \sum_{n=1}^N [d_n \log y(x_n;w) + (1-d_n) \log (1-y(x_n;w))]$$

- 출력층의 활성화 함수는 로지스틱 함수를 활용하는데, 먼저 사후확률  $p(d=1|x)$ 은 조건부 확률의 정의로부터 아래와 같이 정의된다.

$$p(d=1|x) = \frac{p(x,d=1)}{p(x,d=0) + p(x,d=1)}$$

- 결국,  $p(d=1|x)$ 은 다음과 같은 로지스틱 함수로 정의 가능하다.

$$\log \frac{p(x,d=1)}{p(x,d=0)}$$

- 지금까지 이진분류에 대한 인공신경망 이론을 간단하게 정리해 봤는데, 실제 구현에서 인공신경망의 가중치  $w$ 를 최적화하기 위해서는 손실함수를 최소화하는 hyper parameter를 설정해야 한다. 가중치  $w$ 가 자동으로 결정되는 매개변수라면, hyper parameter (ex : learning rate, 레이어, 히든 노드 등)는 사용자가 결정해야 하는데, 본 연구에서는 몇 가지 방법을 통해 최적의 hyper parameter를 설정할 계획임

### 5) 인공신경망과 기존 계량방법론과의 차이

- 기존 계량방법론은 통계학의 고전적 가정을 기반으로 변인간의 관계 규명에 초점을 맞추고 있는 반면, 비모수 방법론인 기계학습(Machine learning)은 목표로 하는 출력값에 최대한 가까워지게 모델을 학습시키는 것이 목적
- 설명력이 아닌 단순 예측력에 있어서는 기계학습이 기존 계량방법론보다 우수함이 여러 연구에서 증명됨

구분	기계 학습	계량 방법론
주요 방법론	•인공신경망, Support vector machine, Random forest, Hidden markov model 등	•OLS, GLS, VAR, VECM 등

주요 적용 분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 이미지 인식, 네트워크 침입신호 탐지, 자율주행 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 사회과학 연구분야, 설문/실험 연구, 금융 및 경제 관련 연구 등</li> </ul>
예측력	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 특정한 input 값이 입력되었을 시, 목표로 하는 출력값(예 : 가격, 단수 등)에 최대한 가까워지도록 학습</li> <li>● 목적 자체가 오차함수의 최소화이므로 예측력 우수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 여러 가정(제약) 및 검정통계량에서 제시된 범위를 기반으로 모델이 생성</li> <li>● 기계학습과 비교해 예측력은 우수하지 않음</li> </ul>

#### 다. 토양수분량 예측 모델

##### 1) 기본 개요

- 인공신경망 방법 중 RNN(Recurrent Neural Network)를 적용할 계획
- 예측 변수는 앞선 분석 결과를 토대로 선정할 계획
- 모델의 활용성을 극대화하기 위해 시간대별 모델을 개발

##### 2) 예측변수

구분	설명
기상 변수	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기상청 농업기상데이터 활용</li> <li>- t-1, t-2 등 AR(n) 변수로 활용</li> <li>- tempt-1, tempt-2 등</li> </ul>
변동성 지표	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MACD, CMO 등</li> </ul>

##### 3) 향후 계획

- R 또는 Python을 이용해 모델을 개발할 예정
- 예측오차는 5% 이하로 설정했으며, 추가 선행연구를 통해 다양한 방법을 적용할 예정

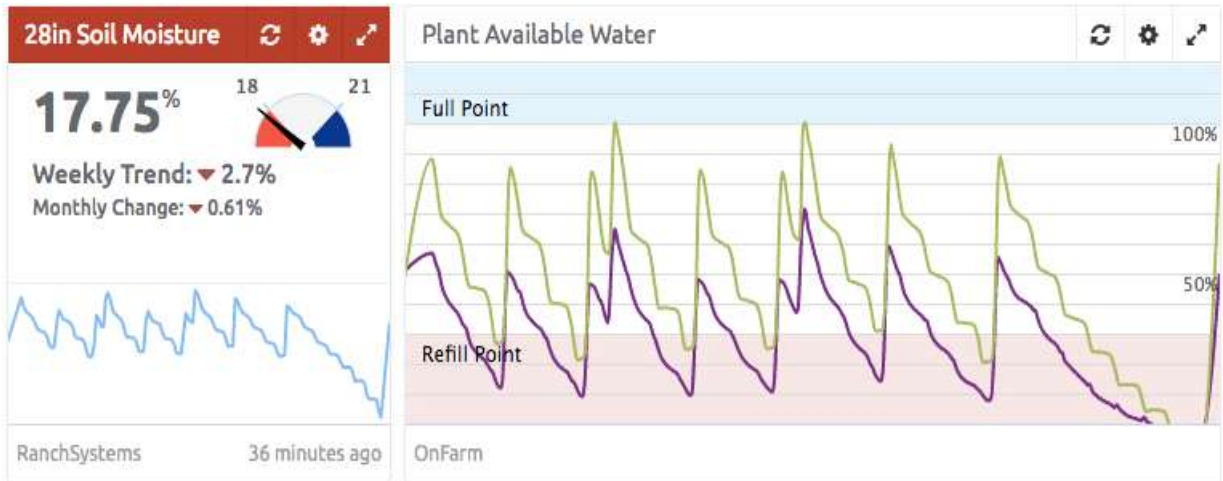
#### 4. 예측 서비스 모델 구상

##### 가. 예측 서비스 모델 개발을 위한 벤치마킹

##### 1) 미국 스타트업 Onfarm의 토양 수분 관리 프로그램

- 작물 수용 수분량 개념을 이용한 토양 수분 관리
  - PAW(Plant Available Water) 또는 AWD(Available Water Capacity) 개념으로 알려진 이 토양 수분 모델은 작물에 사용 가능한 물의 양을 백분율로 나타낸 것임
  - 즉, 토양의 용적수분함량과 같은 토양 기준의 수분량을 토양에서 재배되는 작물 기준으로 0%이면 물이 한참 부족한 것이고 100%이면 필요 수분량이 완전 충족된 것으로 환산한 것임

- 따라서 토양의 종류(사질토, 사양토 등)와 재배되는 작물에 따라 이 기준은 달라질 것이므로 작물별 토양별 실험데이터가 필요할 것으로 예상됨



- 일반적으로 적정 관수시점의 결정은 FC(Water contents in Field capacity)라고 불리는 토양의 물의 수용도를 고려한 수분량 대한 지표와 PWP(Permanent wilting point)라고 불리는 작물이 시들지 않기 위해 수분을 요구하는 최소시점에 대한 지표를 이용하며 PWP 이하로 떨어지지 않게 관수를 결정함
- PAW는 FC와 PWP를 모두 고려해서 도출된 값으로 농장의 모든 필드에 대해 토양층의 FC 및 PWP를 비롯하여 토양 수분 값 (보통 FC와 PWP 사이의 중간에 있음)은 읽지 않아도 PAW 값만 확인하면 토양의 수분 상태를 알 수 있음
- 예를들여 FC가 28 % VWC이고 PWP가 14 % VWC 인 토양층에서 부피 측정 용적수분 함량 (% VWC)을 보여주는 차트는 21 % VWC 정도가 될 것인데(FC와 PWP의 중간), PAW를 사용하면 보통 50 % PAW 정도에서 관수를 하면 되기 때문에 다른 많은 지표를 볼 필요가 없음

2) 이스라엘 스타트업 CropX의 거점 토양수분 센서를 이용한 전체 토양 수분 모델링 사례

○ 소수의 토양수분 센서로 전체 농장의 토양 수분 정보를 모델링

- CropX는 지형, 토양구조, 토양의 수분량 등의 제반 조건을 파악한 데이터에 기반해 각 토지마다 얼마의 물이 필요한지 알려주는 스마트 서비스를 제공하고 있음
- 센서를 측정하고자 하는 땅에 꽂으며, 해당 센서는 토지의 정보를 읽어들이어 CropX 클라우드로 전송 데이터 분석 후 이용자에게 토지에 필요한 물의 양을 전송함



- 토양 종류별 물의 이동을 실시간으로 자동 측정해 가뭄에도 정밀하고 신속한 대응하게 해주며, 분석된 토지 데이터는 이용자가 인지하기 쉽도록 도식화된 형태로 제공함
- 이러한 서비스를 위해 사용되는 기술은 위성이미지 데이터, 드론 수집 데이터, 시장가격, IoT 센싱 데이터 까지 다양한 정보를 이용하고 있음

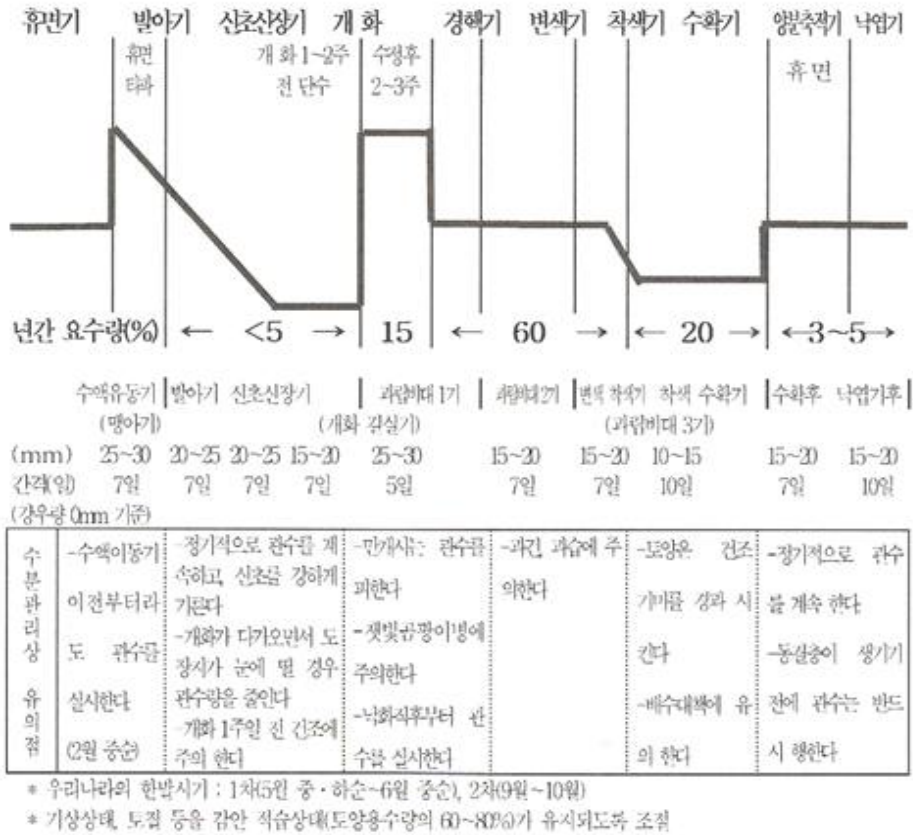
3) 포도 스마트팜 생육시기별 토양수분정보를 이용한 관수제어 알고리즘 설계 사례

○ 작물 생육시기별로 달라지는 필요 토양 수분정보의 고려가 필요함

- 포도의 경우 휴면기, 발아기, 신초신장기, 개화, 경핵기, 변색기, 착색기, 수확기와 같이 생육 시기별로 포도나무의 수분 요구량이 달라지게 되는데 토양 수분 정보를 바탕으로 관수량을 결정할 때에 이와 같은 생육시기의 고려는 반드시 필요함
- 따라서 경작지에 어떤 작물이 재배되고 있는지에 따라서 측정된 토양수분값을 기준으로 관수 유무 및 관수량은 다르게 관리되어야 함
- 관수의 경우 과수 주기와 관수량의 관계가 반비례 관계이면서 주기와 관수량이 수확시 품질에 영향을 줄 수 있기 때문에 토양수분정보의 정확한 파악이 매우 중요하다고 볼 수 있음

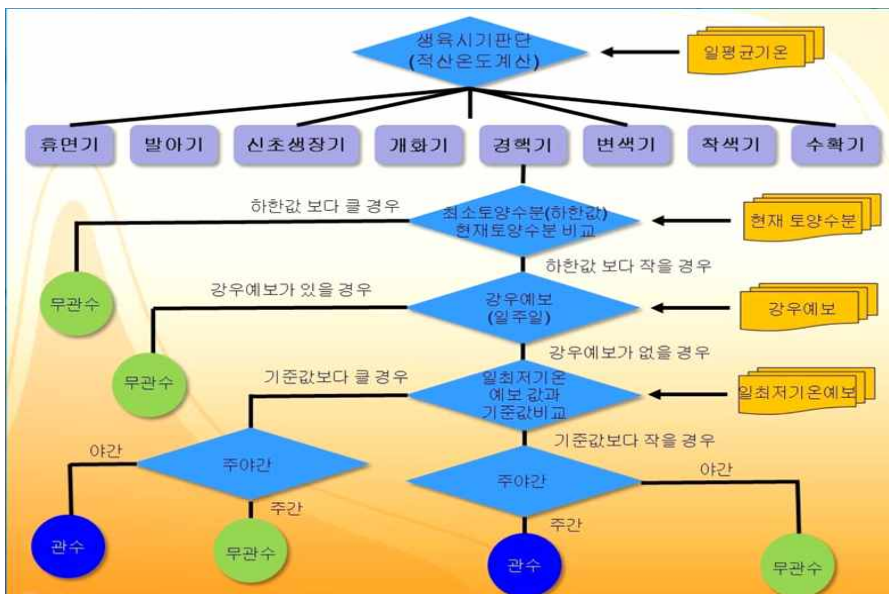


## 생육시기별 관수 방법에 따른 토양수분관리 포도나무의 수분 요구



출처 : 포도 스마트팜 (최재연 지도사)

○ 관수 결정 시 토양 수분 외에도 강우예보, 최저기온예보 정보도 고려해야 함



출처 : 포도 스마트팜 (최재연 지도사)

- 현재 토양 수분이 충분하면 적은 양만 관수하거나 관수하지 않는 것을 결정함
- 강우예보는 머지않아 강우가 예상될 경우는 관수를 하지 않도록 결정함
- 일최저기온 기준으로 야간온도가 더 낮을 경우에는 주간에 관수하고 야간온도가 낮지 않으면 야간에 관수를 하는 것을 고려해야함

#### 나. 예측 서비스 모델의 활용 모델 아이디어

1) 과거 및 현재 토양수분 센서에서 측정되고 있는 함수율에 기반한 서비스

##### ○ 내 농장에서 측정된 과거부터 현재시점의 가상 및 토양 수분 정보를 이용한 서비스

- 지난 1주일 동안 관수를 했던 시점과 관수량 정보와 동일 시점의 토양 함수량의 깊이 별 변화 패턴을 알려주는 서비스
- 지난 1개월 간 토양 함수량이 재배하는 작물의 생육주기와 비교하여 적절하게 관리되었는지를 필요 수준에서 어느정도 벗어났는지 보여주는 서비스
- 지난 1개월 간 토양 함수량이 기준치 이상으로 올라갔거나 기준치 미만으로 떨어진 시점이 언제인지를 알려주고 어떤 조치가 필요했는지를 알려주는 서비스

2) 토양 수분 센서 측정 지점의 미래 시점 기상 상황에 따른 함수율 예측에 기반한 서비스

##### ○ 기상청 1주일 예보 정보를 이용한 함수율 예측치를 이용한 서비스

- 예보에서 덥고 건조하거나 많은 비가 오는 상황이 계속 될 경우 내 밭의 함수율이 작물 생장에 부정적이거나 병해충 발생이 가능한 범위를 넘어가는지를 판별하여 알려주는 서비스
- 향후 1주일 중 관수를 하기 적절한 날이 언제인지 알려주는 서비스 (예시 : 비가 예보 되면 관수를 다음주 이후로 늦추고 비 예보가 없으면 3일뒤 관수)

##### ○ 과거 시점의 기상정보를 이용한 미래 장기간의 예측 기상에 따른 토양 수분 상태 전망 서비스

- 과거 기상정보 평균치로 향후 1개월간 기상 상황을 평균적으로 예측한 후 앞으로 1개월간 필요한 관수량 또는 배수량을 전망하는 서비스(예시 : 향후 1개월간 비가 많이 안 내리는 시기이므로 현재 토양 함수율 기준으로 향후 1개월 기간에는 관수를 1000리터 해야 할 것으로 전망)
- 동일한 서비스 모델에 재배하는 작물의 생육주기별 필요 관수량 정보랑 연계하여 보다 구체적으로 관수가 필요한 시점과 강우로 인한 배수가 주의되는 시점을 알려주는 서비스

3) 다수의 토양 수분 센서 존재시 개발 가능한 서비스

##### ○ 주요 지점의 토양 함수율 값을 이용한 응용 서비스

- 내 농장의 주요 지점에 설치된 토양 함수율 값을 기준으로 점적과수 시스템과 연계하여 토양 수분량의 정도에 따라서 자동으로 관수 시스템이 동작하게 하는 서비스

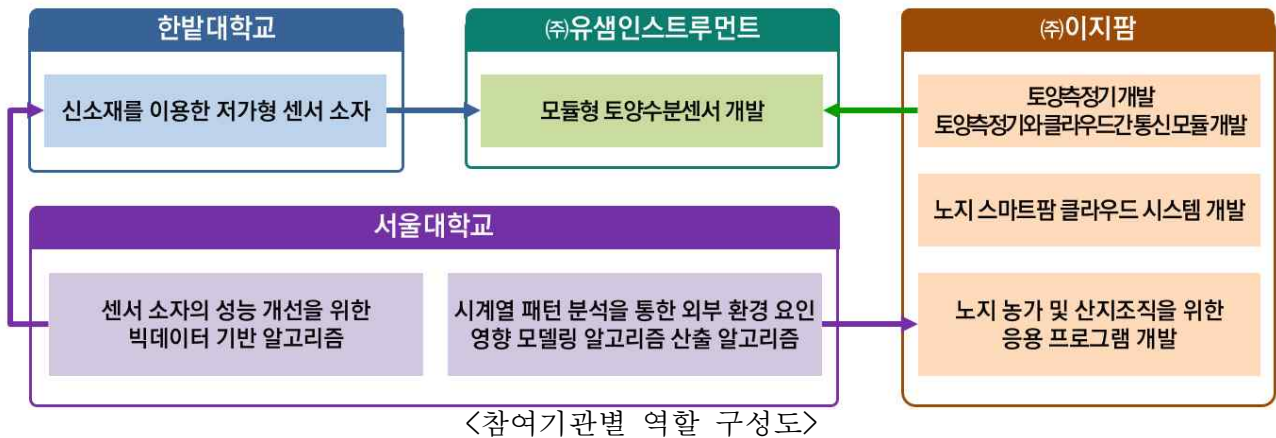
##### ○ 전체 노지의 토양 함수량을 모델링하여 모든 지점의 예측치를 제공하는 서비스

- 센서가 없는 지점 함수율을 몇 개 관측지점 데이터로 예측하는 서비스
- 함수율 값에 따른 색깔 채도로 표현하는 방식의 GIS 서비스로 개발 가능
- 2)의 서비스와 연계하여 센서가 없는 지점에 대한 적정 관수량 제시 서비스

## 2. 2차년도 연구 수행 결과

### 가. 주관기관(이지팜)

#### ○ 노지 농가용 모니터링 응용프로그램 개발



### 세부연구목표에 대한 하위 수행 내용

- 노지 스마트팜 농가, 작목반을 위한 센서 등록, 모니터링 등 클라우드 서비스 구축

#### 1. 클라우드 서비스 명세

##### 가. 장비사용설정

- 1) 장비조회
- 2) 장비등록
- 3) 장비수정
- 4) 장비삭제
- 5) 장비조회

##### 나. 데이터 조회

- 1) 농가별 데이터 조회
- 2) 요소별 데이터 조회
- 3) 원시 데이터 조회
- 4) 농업인용 데이터 조회
- 5) 모바일데이터 사용량

#### 2. 클라우드 서비스 설계 및 구축

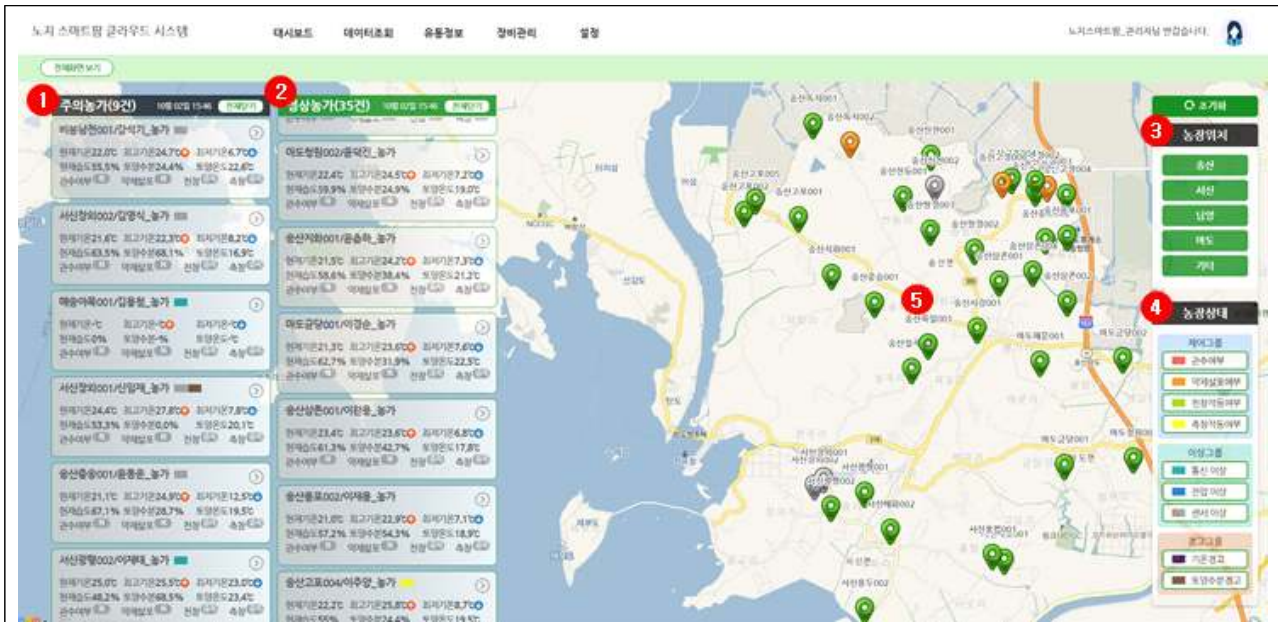
##### 가. 클라우드 서비스 화면

<b>화면명</b>	로그인
<b>화면설명</b>	최초 접속 및 로그인 처리 화면



- ① 아이디 / 비밀번호 입력란
  - 아이디로 사용자의 그룹을 식별하고 권한이 있는 메뉴 화면으로 연결
- ② 로그인 버튼
  - 아이디 / 비밀번호 가 '일치' 할 경우 사이트 내부로 로그인 가능
  - 아이디 / 비밀번호 가 '불일치' 할 경우 에러 메시지와 함께 사이트 내부로 로그인 불가
- ③ 아이디 / 비밀번호 찾기 버튼
  - 아이디 / 비밀번호를 잊어버릴 경우 해당 버튼 클릭 시 별도의 화면으로 이동
  - 기상청 정보는 하루에 한번 씩 연계하여 데이터를 수집하며 오늘 날짜의 기온, 습도, 강수량 정보를 그래프 형식으로 보여준다.

<b>화면명</b>	대시보드
<b>화면설명</b>	농장위치 지도에서 확인하고 정상농가 및 주의농가의 상태를 전반적으로 확인하는 화면



① 이상농가 표시

- 현재기온, 최고기온, 최저기온, 현재습도, 토양수분, 토양온도, 관수여부, 약제살포여부, 천창작동여부, 측창작동여부, 이상상태 표시

② 정상농가 표시

- 현재기온, 최고기온, 최저기온, 현재습도, 토양수분, 토양온도, 관수여부, 약제살포여부, 천창작동여부, 측창작동여부 이상상태 표시

③ 농장위치 표시

- 농장위치를 송산, 서신, 남양, 마도, 기타로 구분 하며 버튼 클릭을 통해 각 구역에 해당하는 농가를 화면에 보여주거나 감출 수 있다.

④ 농장상태 표시

- 농장상태분류(제어그룹, 이상그룹, 경고그룹)에 따른 색표시에 따라 농가를 화면에 보여주거나 감출 수 있다.

⑤ 농장마커 표시

- 지도에 농장위치, 농장 상태에 따른 마커를 보여준다. 마커 클릭 시 농장 상세정보를 보여준다.

화면명	농가별 데이터
화면설명	농가를 기준으로 기상요소, 제어요소, 경고 및 기타 요소들을 조회하는 화면

노지 스마트팜 클라우드 시스템    대시보드    데이터조회    유용정보    장비관리    알림    노지스마트팜 관리자님 안녕하세요.

Home > 데이터조회 > 농가별 데이터

**1** 농가별 데이터

농가: 감서기    농장: 농가를 선택해 주십시오    구역: 농장을 선택해 주십시오

조회 기간: 2018-09-27 ~ 2018-10-04    집계 주기: 1일    집계 방법: 평균값

**2** 기상요소    제어요소    경고 및 기타

기온, 상대습도, 토양온도, 토양수분, 토양EC, 일사량, CO2, 수온, 약제살포, 관수, 관수량, 환풍기, 천창, 측창- 경고 및 기타 : 기온 경고, 관수 경고, 통신 이상, 전압 이상, 센서 이상, 데이터 이상

**3** 표    그래프

시간	농가	농장	구역	기온	상대습도	토양온도	토양수분
2018-10-01	감서기	감서기_농가	감서기_농가	15.71	81.00	20.30	15.72
2018-10-02	감서기	감서기_농가	감서기_농가	14.43	82.56	19.09	8.32
2018-10-01	감서기	감서기_농가	감서기_농가	15.21	80.21	20.20	5.34
2018-09-30	감서기	감서기_농가	감서기_농가	16.96	74.26	21.31	4.23
2018-09-29	감서기	감서기_농가	감서기_농가	18.34	80.39	21.46	0.00
2018-09-28	감서기	감서기_농가	감서기_농가	16.05	85.61	20.29	0.00

① 조회 조건

- 농가, 농장, 구역을 선택하여 조회 할 수 있고 전체 선택 기능을 허용.  
단, 농가는 하나만 선택 가능- 조회 기간 : 최근 1주일을 기본값으로 보여줌
- 집계 주기 : 1분, 10분, 1시간, 1일(기본값), 1주, 1개월, 1년- 집계방법 : 평균값, 최대값, 최소값

② 조회 필터

- 기상요소 : 기온, 상대습도, 토양온도, 토양수분, 토양EC, 일사량, CO2, 수온
- 제어요소 : 약제살포, 관수, 관수량, 환풍기, 천창, 측창- 경고 및 기타 : 기온 경고, 관수 경고, 통신 이상, 전압 이상, 센서 이상, 데이터

③ 검색결과

- 시간(집계주기 별), 농가, 농장, 구역 별 조회필터에 체크한 요소 집계 결과 표출

화면명	요소별 데이터
화면설명	요소를 기준으로 여러 농가의 데이터를 조회하는 화면

노지 스마트팜 클라우드 시스템    대시보드    데이터조회    유용정보    장비관리    알림    노지스마트팜 관리자님 안녕하세요.

Home > 데이터조회 > 요소별 데이터

요소별 데이터

**1** 화면: 감서기    사용처그룹: 전체    농가: 전체    요소선택: 기온

조회 시작: 2018-09-27    조회 종료: 2018-10-04    집계 주기: 1일    집계 방법: 평균값

**2** 표    그래프

시간	요소명	감서기	감서기	감서기	감서기	감서기	감서기	감서기	감서기	감서기	감서기	감서기	감서기	감서기	감서기	감서기	감서기	감서기
2018-10-03	기온	15.71	15.47	15.81	16.90	17.20	17.32	16.36	16.80	15.88	17.73	16.41	18.29	16.40	20.05	16.80	16.92	
2018-10-02	기온	14.43	14.34	14.51	16.81	15.64	16.54	15.10	15.46	15.66	16.56	15.35	17.82	14.83	15.56	16.20	16.04	
2018-10-01	기온	15.21	15.35	16.51	15.79	16.72	16.59	16.51	16.60	16.97	16.34							
2018-09-30	기온	16.96	17.12	17.62		17.42	18.03	17.48	17.73		18.50	17.80		17.51				18.07
2018-09-29	기온	19.34	19.88	20.23		19.37	21.52	19.36	20.49		20.58	20.15		19.88				21.31
2018-09-28	기온	16.05	17.68	16.79		16.53	18.12	16.51	17.72		17.69	17.28		16.35				17.68
2018-09-27	기온	16.98	17.80	18.02		17.61	19.56	17.55	18.82		19.06	17.97		17.72				18.94

① 조회 조건

- 읍면 : 농가 읍면동
- 사용자그룹 : 시스템에서 설정한 권한그룹(예: 관리자, 농가 등)
- 농가 : 읍면, 사용자그룹에 속하는 농가. 여러 농가 선택이 가능
- 요소선택 : 기온, 습도, 토양온도, 토양수분, 토양EC, 일사량, 이산화탄소, 수온, 약제살포, 관수, 관수량, 환풍기, 난방기, 천창, 측창
- 조회 기간 : 최근 1일을 기본값으로 보여줌
- 집계 주기 : 1분, 10분, 1시간, 1일(기본값), 1주, 1개월, 1년
- 집계방법 : 평균값, 최대값, 최소값

② 검색 결과

- 시간(집계주기 별), 요소별 농가 집계 결과 표출

화면명	원시 데이터
화면설명	스마트팜 장비에서 수집한 원시 데이터를 보여주는 화면

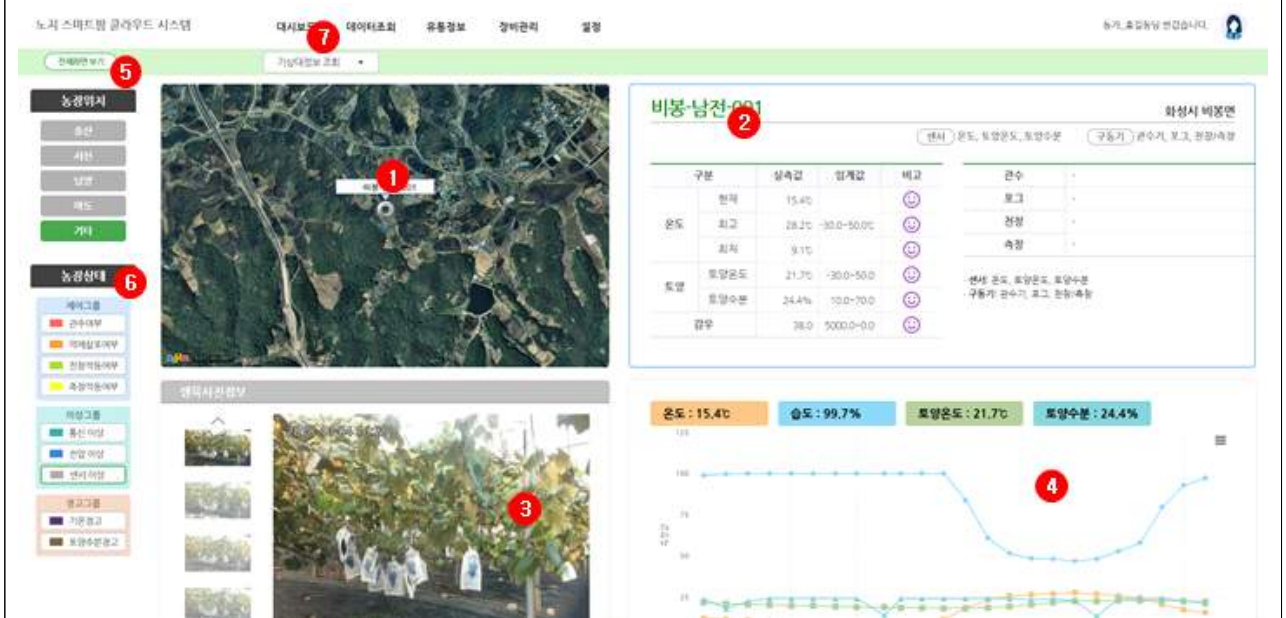
① 조회 조건

- 조회 시작일과 종료일 입력
- 조회 데이터 : 전체, 정상값, 이상값, 결측값으로 구분해 조회 가능

② 검색 결과

- 조회 기간 동안의 원시 데이터 표출※ 원시 데이터 화면에서는 이상값, 결측값을 포함한 모든 데이터를 보여 줌

<b>화면명</b>	농가 대시보드
<b>화면설명</b>	농가 전용화면으로 해당농가의 농장정보를 확인할 수 있다.



- ① 농장 마커 표시
  - 지도에 농장위치, 농장상태에 따른 마커를 보여준다
- ② 농장정보 표시
  - 현재기온, 최고기온, 최저기온, 현재습도, 토양수분, 강우, 관수, 포그, 천창, 측창여부를 표시한다
  - 온도 및 토양센서값은 임계값에 따라 아이콘 (정상/이상) 상태로 표시한다
- ③ 농장 생육사진 정보 표시
  - 모바일앱에서 촬영된 농장 생육사진을 보여준다
- ④ 농장 최근 센서정보 및 그래프 표시
  - 농장의 최근 온도, 습도, 지온, 지습정보를 보여준다
  - 현재 시간으로부터 24시간전간의 온도, 습도, 지온, 지습정보를 보여준다
- ⑤ 농장위치
  - 농장위치를 송산, 서신, 남양, 마도, 기타로 구분하며 농장위치를 표시한다
- ⑥ 농장상태 표시
  - 각 색깔별로 농장상태를 보여준다
- ⑦ 기상상태 조회
  - 송산기상대 현재정보 및 3시간 이후의 예측 정보를 보여준다



<b>화면명</b>	농업인 데이터 조회
<b>화면설명</b>	농가에서 농장, 구역별로 센서 별로 데이터를 조회하는 화면



- ① 조회 조건(농장, 구역)
  - 농장, 구역을 선택하여 조회 할 수 있고 구역은 전체 선택 기능을 허용함
- ② 조회 조건(센서)
  - 농장 및 구역에 따른 센서 목록이 농장 환경정보 영역에 표출
  - 해당 센서 선택 시 모니터링 정보 영역에 실시간, 일간, 주간, 월간, 기간별 차트가 표출
- ③ 조회 조건(기간)
  - 실시간, 일간, 주간, 월간, 기간별
- ④ 조회 조건(상세)
  - 조회 일자, 조회 주기, 비교 장비. 단, 실시간 차트는 상세 조회조건 없이 그래프 표출
- ⑤ 그래프
  - 해당 조회조건에 따른 그래프 표출

<b>화면명</b>	모바일 데이터 사용량
<b>화면설명</b>	농가별 데이터 사용량을 보여주는 화면

노지 스마트팜 클라우드 시스템    대시보드    데이터조회    유통정보    장비관리    알림    노지스마트팜, 관리자님 안녕하세요.

Home > 데이터조회 > 모바일 데이터 사용량

1 모바일 데이터 사용량

2

농가	농장	구역	모바일 번호	장비명	모바일 사용량(MB)	APP 사용량(MB)	APP 버전
갈매기	갈매기_농가	갈매기_농가	01091039049	센서노드	54.9	14.1	1.6
갈매기	갈매기_농가	갈매기_농가	01025139049	제어노드	13.3	12.9	1.6
갈매기	갈매기_농가	갈매기_농가	01025712998	센서노드	13.8	13.8	1.6
갈매기	갈매기_농가	갈매기_농가	01093422998	제어노드	11.4	9.7	1.6
갈매기	갈매기_농가	갈매기_농가	01006490139	센서노드	7.2	1.0	1.7
갈매기	갈매기_농가	갈매기_농가	01021024769	센서노드	15.1	14.0	1.7
갈매기	갈매기_농가	갈매기_농가	01071816469	제어노드	13.8	12.8	1.7
갈매기	갈매기_농가	갈매기_농가	01026009982	센서노드	15.0	14.1	1.6
갈매기	갈매기_농가	갈매기_농가	01064810585	센서노드	17.0	12.7	1.6
갈매기	갈매기_농가	갈매기_농가	01045810585	제어노드	13.0	12.9	1.6
나달양	나달양_농가	나달양_농가	01040581659	제어노드	0.7	0.2	1.6
노정팔	노정팔_농가	노정팔_농가	01063917455	센서노드	14.9	10.9	1.6
노죽구	노죽구_농가	노죽구_농가	01050388970	센서노드	15.0	14.1	1.6

- ① 조회 조건
  - 농가 : 전체 농가
  - 조회 기간 : 최근 2일을 기본값으로 보여줌
- ② 검색 결과
  - 조회 기간 동안의 농가별 모바일 데이터 사용량을 표출

<b>화면명</b>	장비관리
<b>화면설명</b>	농장에 설치된 스마트팜 장비를 등록하는 화면

노지 스마트팜 클라우드 시스템    대시보드    데이터조회    유통정보    장비관리    알림    노지스마트팜, 관리자님 안녕하세요.

Home > 장비관리

장비관리

1

2 농가명 : 갈매기    주소 : 화성시 비봉면 남전리 487-2

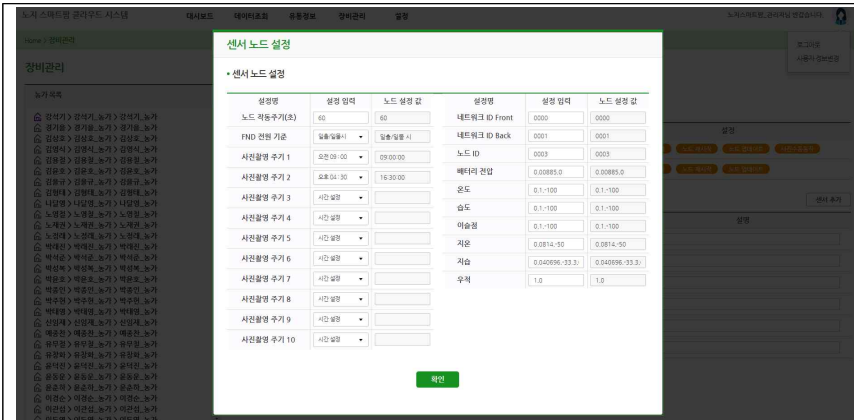
3 메인노드 정보

장비구분	장비명	사용여부	총대문번호	상징
센서	센서노드	사용	01091039049	센서노드, 지온, 열점, 노드, 실시간, 노드, 열점, 지온, 지온, 실시간
	제어노드	사용	01025139049	제어노드, 지온, 열점, 노드, 실시간, 노드, 열점, 지온, 지온, 실시간

4

센서 정보

장비구분	장비명	사용여부	설치일	설치위치	상징
온도센서	온도	사용	2018-04-25	L00	
습도센서	습도	사용	2018-04-25	L00	
지온센서	지온	사용	2018-04-25	L00	
지온센서	지온	사용	2018-04-25	L00	
상업센서	상업	사용	2018-04-25	L00	
열점센서	열점	사용	2018-04-25	L00	



① 농가 목록

- 농가, 농장, 구역을 목록으로 표출
- 리스트의 목록 클릭 시 화면 우측에 메인노드 정보, 센서정보 표출

② 메인노드 정보

- 해당 농가에 등록된 노드정보 표출
- 노드정보 입력 및 선택란의 정보 입력 후 수정 가능
- 노드가 없을 시 센서노드 추가, 제어노드 추가 버튼 클릭을 통한 노드 추가 가능

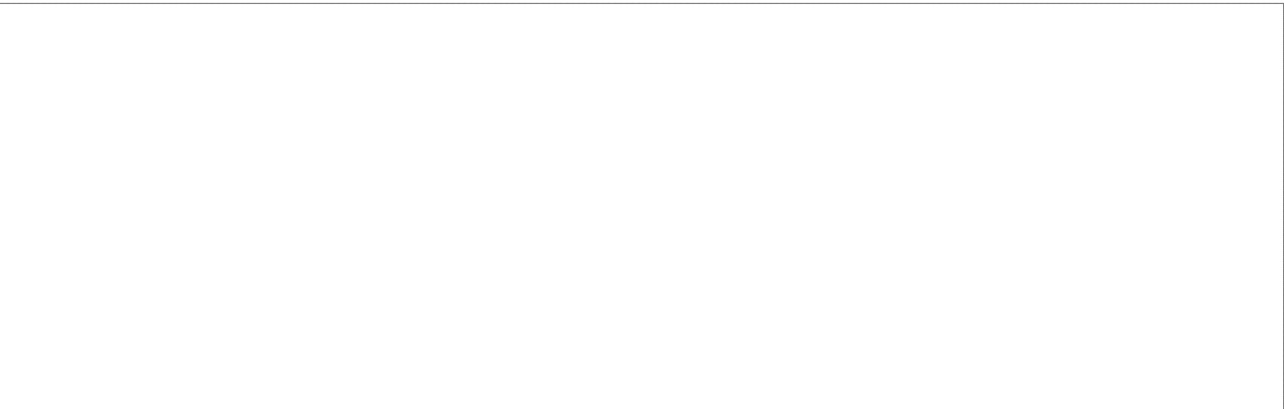
③ 노드 설정

- 센서 노드 기본설정 : 팝업으로 설정
- 노드 재시작 : 원격으로 해당 노드를 재시작
- 노드 업데이트 : 원격으로 해당 노드를 서버의 최신 버전으로 업데이트
- 사진 수동 동작 : 원격으로 해당 노드의 사진을 찍도록 동작

④ 센서 정보

- 메인노드 정보에서 선택한 노드에 등록된 센서목록이 표출
- 센서정보 입력 및 선택란의 정보 입력 후 수정 가능
- 센서 추가 / 제어기 추가 버튼 클릭을 통한 센서 및 제어기 추가 가능

○ 발작물 브랜드 조직용 프로그램 개발



<참여기관별 역할 구성도 중 본 과업의 위치>

세부연구목표에 대한 하위 수행 내용

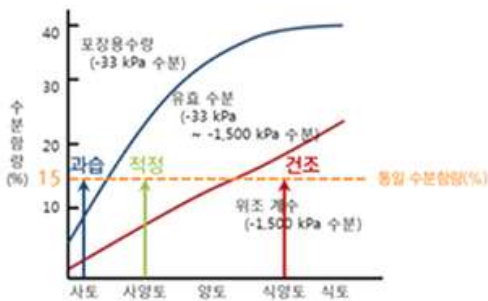
- 브랜드 조직용 스마트팜 응용서비스 분석, 설계
- 브랜드 조직용 모니터링 응용서비스 개발

노지 스마트팜 브랜드 조직용 “유효수분함량 변환”, “선별 결과 연동” 서비스를 설계하여 개발함

1. 유효수분함량 변환 서비스

가. 개요

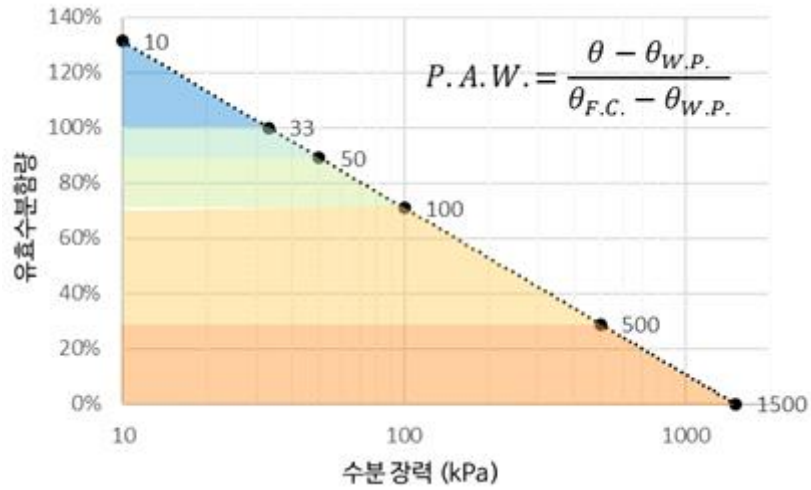
- 1) 농장의 토양 수분 함량을 정확히 파악하고 그에 맞춘 관수 전략을 수립하는 것은 수자원의 절약, 작물의 생산량과 품질 증가에 필수적임
- 2) 토양 수분 함량 파악을 위해 유전율센서를 이용한 용적수분함량 측정이 많이 활용되고 있으나, 토성에 따라 실제 작물이 이용가능한 수분의 양은 파악하지 못하는 단점이 있음
- 3) 토성에 관계 없이 실제 작물이 이용가능한 수분의 양을 측정하기 위해서는 수분장력계를 이용해야 하나 설치나 사용·관리가 유전율센서보다 어려움



동일한 용적수분 함량에서 농가가 취해야 할 행동은  
농장의 토성에 따라 다름  
농장의 토성을 고려한 토양 수분 지표 제공이 필요함

- 4) 브랜드 조직에 소속된 농가의 농장 토성에 관계 없이 토양 수분 함량을 객관적으로 비교하기 위하여 각 농장별 유효수분함량을 활용해야 함

※ 유효수분함량은 포장용수량(33kPa)일 때를 100%, 위조점(1,500kPa)일 때를 0%로 변환한 지표임



<수분장력과 유효수분량 사이의 관계>

5) 포장용수량일 때의 용적수분함량 값과 위조점 일 때의 용적수분함량 값을 알면 농장별로 유효수분함량 계산이 가능함

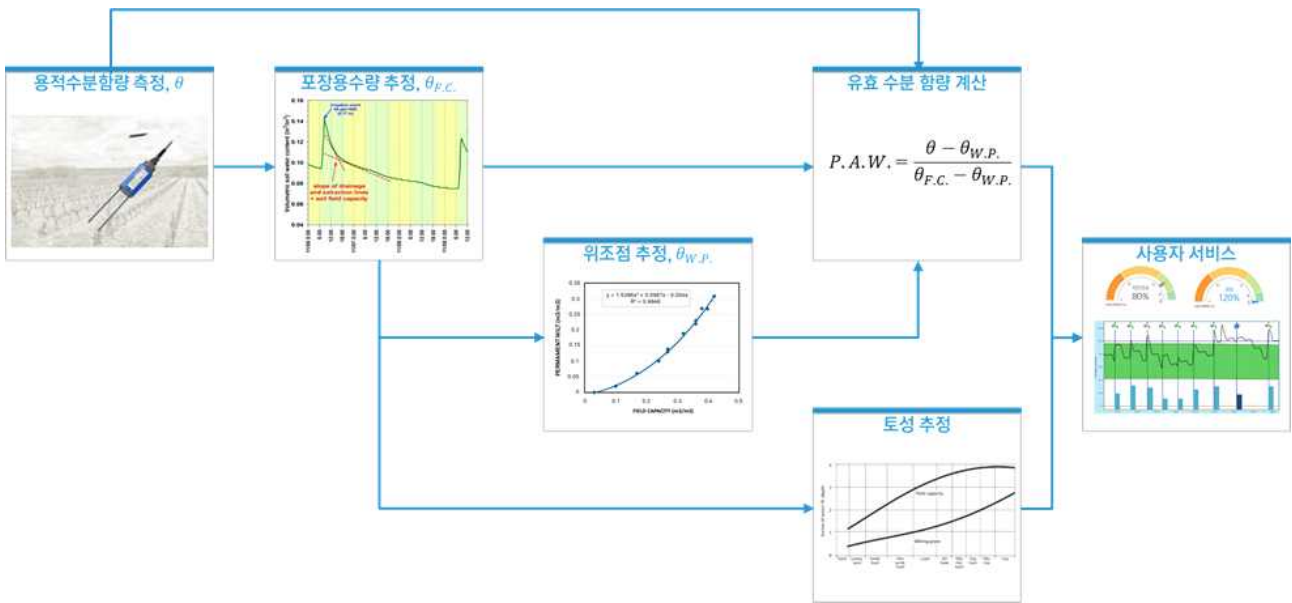


해당하는 용적수분함량 매핑

수분장력 (kPa)	용적수분함량 (%)				유효수분함량 (%)
	사양토	양토	식양토	식토	
30	17.0	22.5	26.2	38.0	100
50	15.5	20.6	24.5	36.5	∴
100	13.0	17.3	21.4	33.7	∴
∴	∴	∴	∴	∴	∴
1500	6.3	8.9	12.6	26.2	0

출처: 농진청, 농경지 토양 관리기술

6) 이에 수분장력계의 도움 없이, 유전율센서 측정 데이터만 가지고 농장별로 유효수분함량을 도출하는 서비스를 개발함



<유효수분 함량 변환 과정도>

나. 이론적 배경

1) 포장용수량 추정

가) 포장용수량은 포장에 증력수가 모두 빠져 나간 직후 포장이 가지고 있는 수분의 양으로 수분 장력으로는 약 -33kPa로 나타남

나) 관수나 강우 이후 증력수가 빠져나갈 때 용적수분함량(θ)의 변화 기울기와, 포장용수량(33kPa) 도달 이후 변화 기울기를 이용하여 수분장력계 없이 포장용수량일 때의 용적수분 함량 (θ F.C.) 을 추정할 수 있음

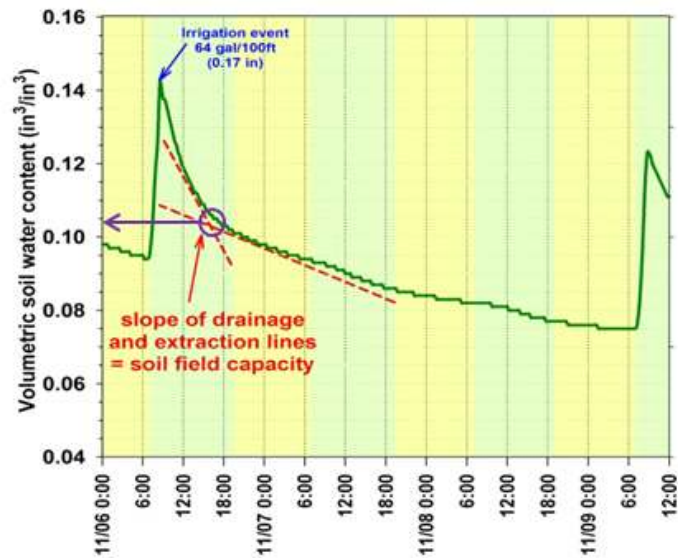


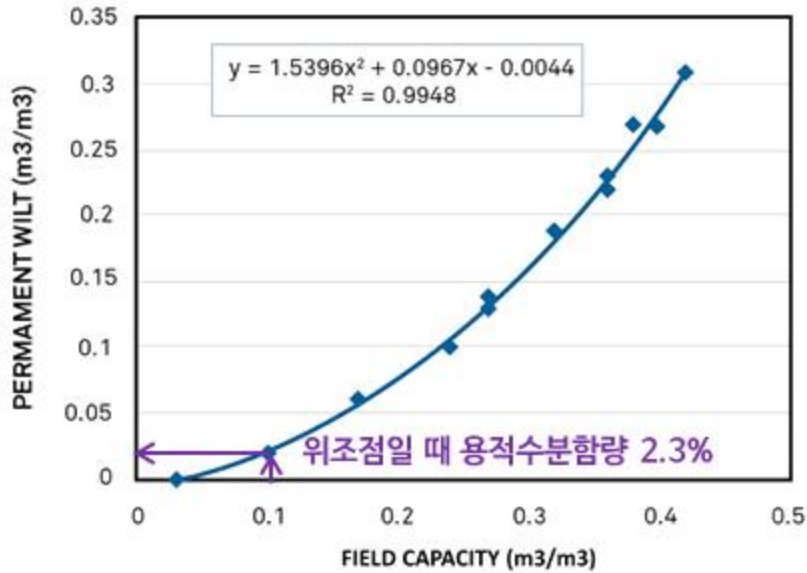
Fig. 2. Example of practical determination of soil field capacity for sandy soil after irrigation event. (—) Volumetric soil water content at 0- 6" depth using soil moisture sensors. (↓) Irrigation event (—) Rate of water use and drainage. (■) Day period, (■) night period.

다) 자료 출처: Zotarelli, L., Dukes, M. D., & Morgan, K. T. (2010). Interpretation of soil moisture content to determine soil field capacity and avoid over-irrigating sandy soils using soil moisture sensors. University of Florida Cooperation Extension Services, AE460.

2) 위조점 추정

가) 토양의 포장용수량은 위조점과의 일정한 관계를 가진

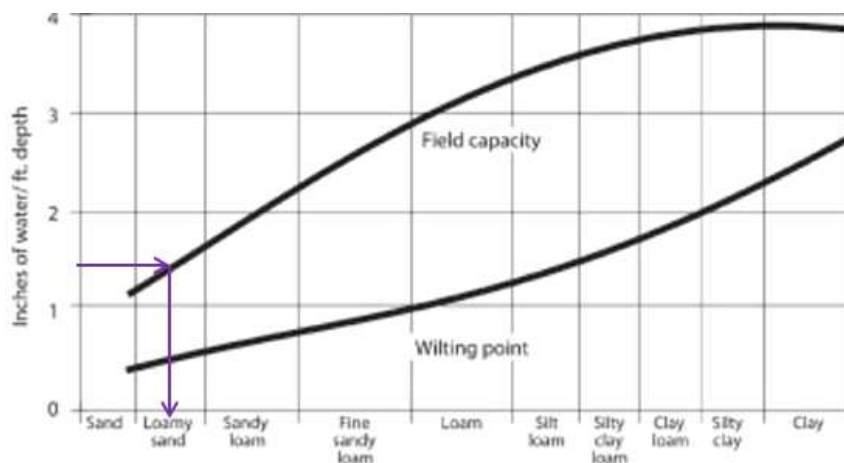
나) 실제 재배 중인 노지 포장에서는 위조점을 측정하기가 불가능하므로 앞서 추정된 포장용수량일 때의 용적수분 함량( $\theta$  F.C.) 을 이용하여 위조점 일 때의 용적수분 함량( $\theta$  W.P.)을 추정할 수 있음



다) 자료 출처: DR. GAYLON S. CAMPBELL, “How to model plant available water” , <https://www.metergroup.com/environment/articles/how-to-model-plant-available-water/>

3) 토성 추정

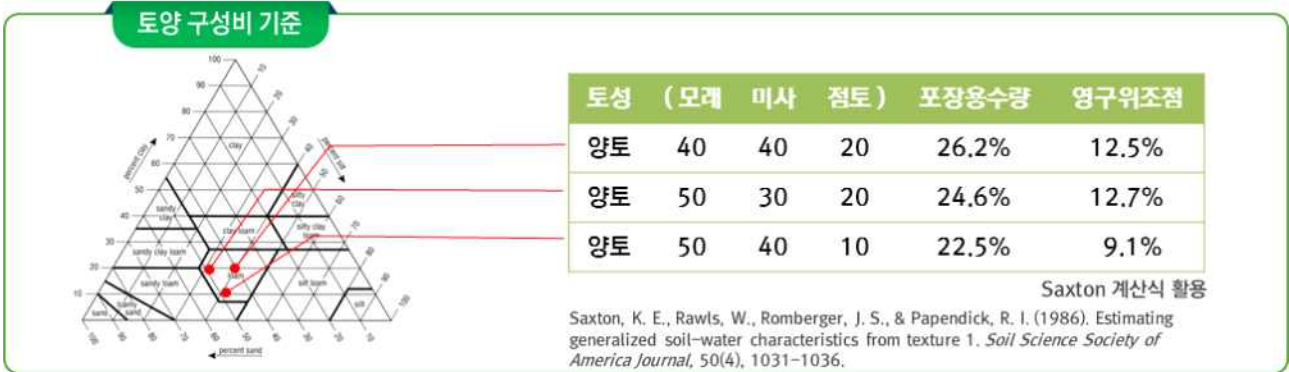
가) 포장용수량과 위조점은 토성에 영향을 받으므로, 포장용수량은 안다면 거꾸로 토성을 유추할 수 있음



나) 자료 출처: Barker, D., Beuerlein, J., Dorrance, A., Eckert, D., Easley, B., Hammond, R., ... & Sulc, M. (2005). Ohio agronomy guide. Bulletin, 472. 8 page

4) 토성과 토양 구성비를 알 경우 포장용수량과 위조점의 추정

- 가) 농가가 농장의 토성과 토양 구성비를 파악하고 있기에는 어려움이 있으나, 농업기술센터에 분석 의뢰를 통하여 파악이 가능함  
 나) 토성과 토양 구성비를 이용하여 포장용수량과 위조점의 추정이 가능함



다. 토양수분함량 측정값 변환 및 인터페이스 통신 메시지

1) 토양 특성에 따른 계산된 환산식

- 가) 작동 전압으로 2.5V ~ 3.6V를 사용할수 있다 출력값은 작동 전압의 10%~40% 수준으로 측정되고 이 값이 토양 수분을 0%~100% 이다.(예, 2.5V 작동전압을 사용하면 0.25V 출력시 0%, 1V 일 때 100%)

나) 토양 특성에 따른 계산된 환산식

① 일반적인 환산식 ( $mV_{out}$  : 출력전압,  $mV_{in}$  : 입력전압)

$$\text{지습(\%)} = (mV_{out} - mV_{in} \times 0.1) / (mV_{in} \times 0.4 - mV_{in} \times 0.1)$$

[2.5V 사용시의 예]

$$\text{지습(\%)} = (mV_{out} - 250) / 750$$

$$= 1.333 \times 10^{-3} \times mV_{out} - 0.333$$

[3.3V 사용시의 예]

$$\text{지습(\%)} = (mV_{out} - 330) / 990$$

$$= 1.010 \times 10^{-3} \times mV_{out} - 0.333$$

다) 2.5V 사용시 환산식



- ② Mineral soil (무기질 토양 - 영양분이 적은 토양)  

$$\text{지습(\%)} = 11.9 \times 10^{-4} \times \text{mV} - 0.401$$
- ③ Potting soil (분갈이 상토 - 영양분이 많은 토양)  

$$\text{지습(\%)} = 2.11 \times 10^{-3} \times \text{mV} - 0.675$$
- ④ Rockwool (암면)  

$$\text{지습(\%)} = 2.63 \times 10^{-6} \times \text{mV} + 5.07 \times 10^{-4} \times \text{mV} - 0.0394$$

라) 3.3V 사용시 환산식

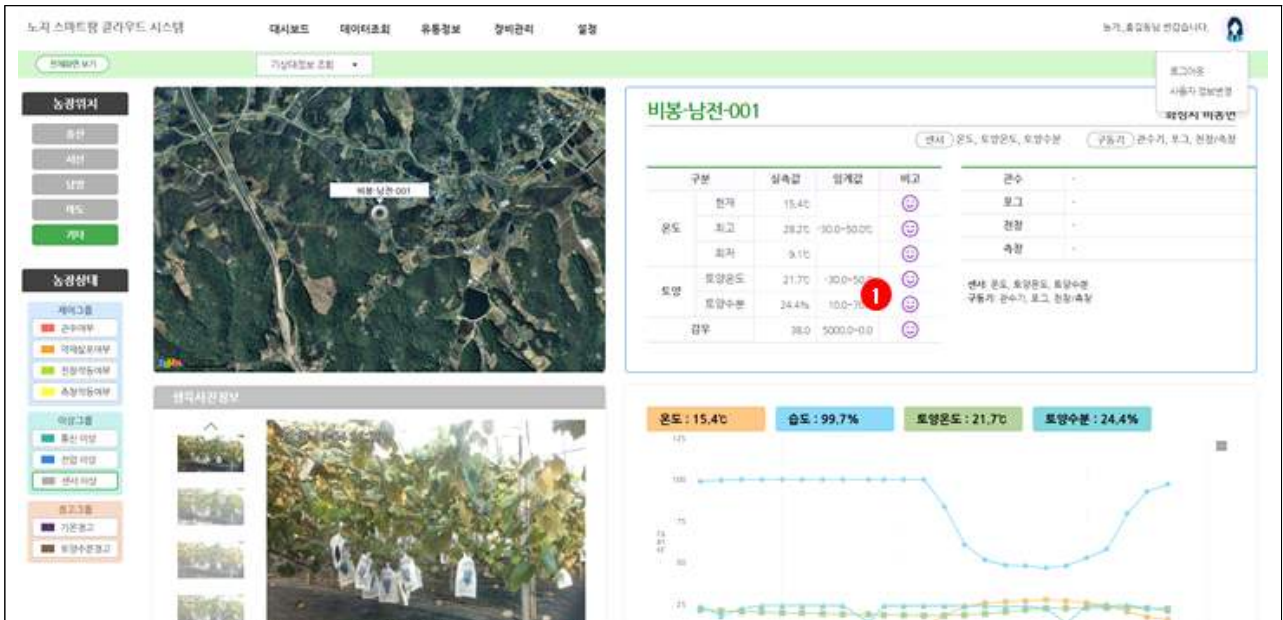
- ② Mineral soil (무기질 토양 - 영양분이 적은 토양)  

$$\text{지습(\%)} = 9.015 \times 10^{-4} \times \text{mV} - 0.401$$
- ③ Potting soil (분갈이 상토 - 영양분이 많은 토양)  

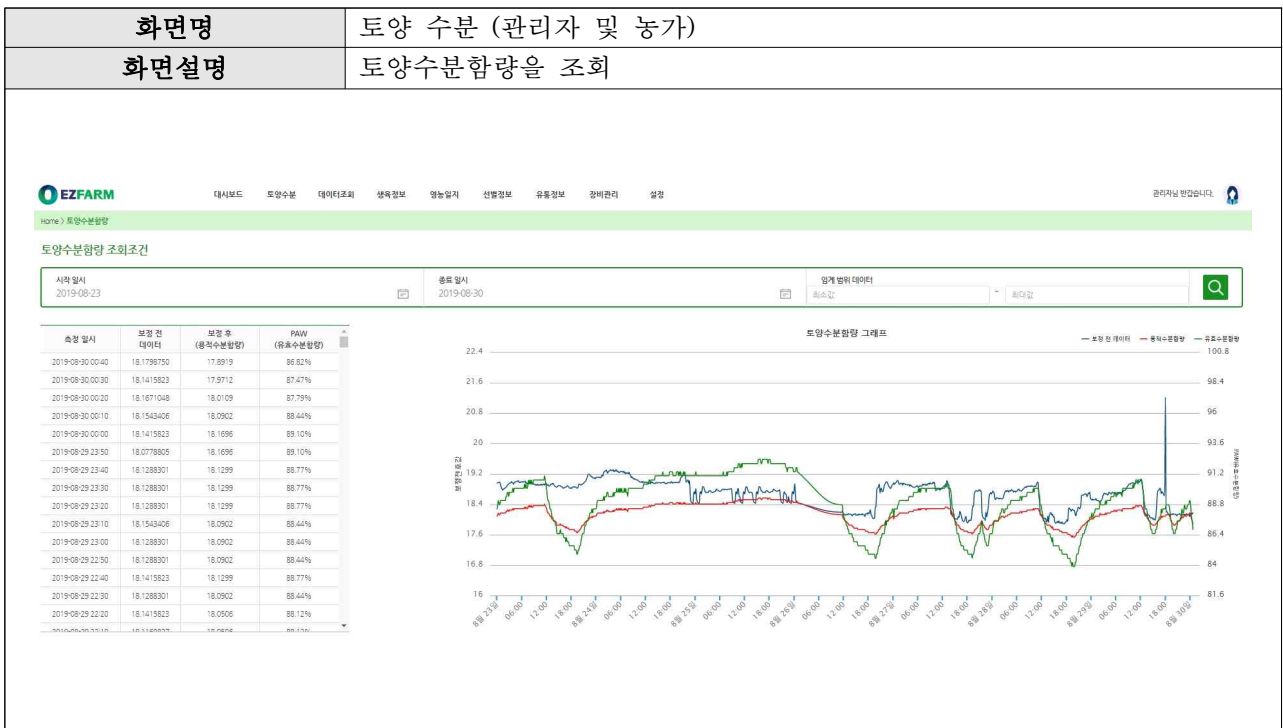
$$\text{지습(\%)} = 1.598 \times 10^{-3} \times \text{mV} - 0.675$$

라. 토양수분 경고 서비스 화면

화면명	대시보드 (관리자 및 농가)
화면설명	대시보드 중 토양수분 경고상태를 설명



① 임계치를 벗어난 토양수분 상태를 경고로 알려준다.



## 2. 선별 결과 연동 서비스

### 가. 개요

- 1) 수확 후 유통을 위한 선별 작업은 그 해 영농 활동의 결과를 알 수 있는 수확량과 품질을 알 수 있는 정보를 제공 함
- 2) 스마트팜의 환경 정보와 영농 작업 내역과 함께 선별 결과 데이터를 비교하면, 수확량과

수확 품질에 영향을 미치는 요인을 분석 할 수 있음

3) 이에 선별 결과를 본 시스템과 연동하는 서비스를 개발함



나. 선별 결과 연동 서비스 명세

1) 선별정보수집

가) 연계를 통해 협동조합 포도 선별정보를 수집함

- 선별정보는 협동조합 포도 선별기 정보를 수집하여 정보를 시스템에서 취합한 후 해당 정보를 조회 함

2) 선별정보보기

가) 농가별조회

- 조회시작일, 조회종료일을 검색조건으로 하여 농가 및 색상, 배출구 별 정보를 리스트 형식으로 조회할 수 있음
- 조회한 선별정보를 엑셀로 다운받을 수 있음
- 필터기능을 적용하여 데이터 항목별 포출여부를 지정할 수 있음
- 정렬(오름차순, 내림차순)기능을 적용하여 데이터를 정렬할 수 있음
- 각 항목은 자동합계 기능이 가능함
- 조회 가능한 선별정보는 다음과 같음 - 날짜, 규격(3kg/5kg/비품), 등급(특/상), 개수, 중량

다. 노지용 선별정보 프로그램 설계 및 구축

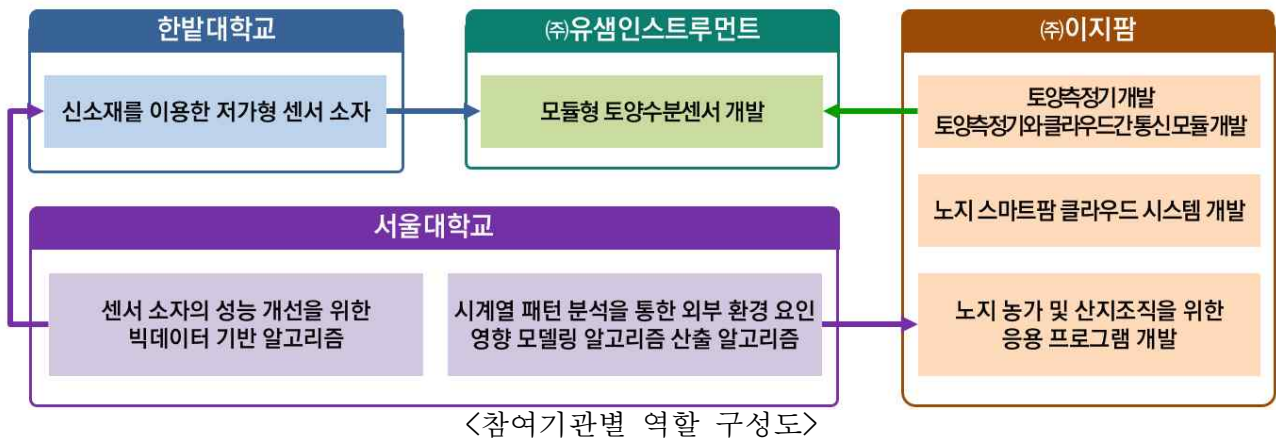
1) 노지용 선별정보 프로그램 서비스 화면

<b>화면명</b>	로그인
<b>화면설명</b>	최초 접속 및 로그인 처리 화면



- ① 아이디 / 비밀번호 입력란
  - 아이디로 사용자의 그룹을 식별하고 권한이 있는 메뉴 화면으로 연결
- ② 로그인 버튼
  - 아이디 / 비밀번호 가 '일치' 할 경우 사이트 내부로 로그인 가능
  - 아이디 / 비밀번호 가 '불일치' 할 경우 에러 메시지와 함께 사이트 내부로 로그인 불가
- ③ 아이디 / 비밀번호 찾기 버튼
  - 아이디 / 비밀번호를 잊어버릴 경우 해당 버튼 클릭 시 별도의 화면으로 이동
  - 기상청 정보는 하루에 한번 씩 연계하여 데이터를 수집하며 오늘 날짜의 기온, 습도, 강수량 정보를 그래프 형식으로 보여준다.

○ 다중 무선통신 데이터로거 시제품 개발



<b>화면명</b>	선별정보 조회
<b>화면설명</b>	농가를 기준으로 선별정보를 조회하는 화면

작업농가	색상	당도(Brix)	용량(L)	배출구	마지막 작업일시
정준분	적색	0.0	270	12	2018-06-27 23:57:22
정준분	홍색	0.0	254	13	2018-06-27 23:57:22
정준분	적색	0.0	272	12	2018-06-27 23:57:22
정준분	청색	0.0	289	12	2018-06-27 23:57:22
정준분	청색	0.0	256	12	2018-06-27 23:57:22
정준분	청색	0.0	271	12	2018-06-27 23:57:22
정준분	적색	0.0	255	13	2018-06-27 23:57:22
정준분	적색	15.3	251	13	2018-06-27 23:57:22
정준분	청색	14.8	267	12	2018-06-27 23:57:22
정준분	적색	13.3	275	12	2018-06-27 23:57:22
정준분	적색	15.6	346	8	2018-06-27 23:57:22
정준분	적색	14.5	255	13	2018-06-27 23:57:22
정준분	청색	15.7	382	7	2018-06-27 23:57:22

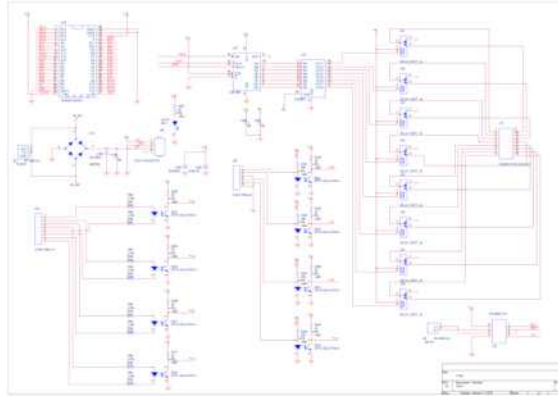
- ① 조회 조건
    - 작업농가, 색상, 배출구, 작업시작일자, 작업종료일자 지정 후 검색 버튼 클릭하여 조회
  - ② 검색 결과
    - 정렬 : 데이터 항목별 오름차순, 내림차순 정렬 규칙 지정
    - 엑셀 다운로드 : 화면에 보이는 데이터를 엑셀 파일로 저장
- ※ 농업인 로그인 시 자기 농가의 데이터만 조회

세부연구목표에 대한 하위 수행 내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 센서와 클라우드 간 통신기능 개발 및 검증</li> </ul>

1. 센서 노드의 기능 명세
  - 가. 안드로이드폰, 라즈베리파이 기반의 데이터수집 및 중앙처리부
  - 나. LTE 또는 IoT요금제 적용하는 통신모듈
  - 다. 1분 단위 데이터 전송
  - 라. 2회/일 카메라 촬영 및 자동 전송
  - 마. 무충전시 3일 이상 유지 가능한 태양광 세트- 20~100W- DC 12V 10Ah 이상 배터리- 배터리 유선 충전에 방수캡 적용
2. 센서 노드의 설계
  - 가. 센서 노드 보드 사양
    - 1) MCU : 32bit
    - 2) 채널 수 및 용도

- I2C 1채널 : 온습도 센싱용
  - Analogue Input 4채널 : 지온, 지습, 감우, 전압 센싱용
  - Serial 3채널 : Blue tooth, LoRa, 확장용
- 3) 통신 : RS485, Bluetooth, LoRa 지원

나. 센서 노드 보드 설계도



다. 센서 노드 보드를 포함한 센서 노드의 구성도

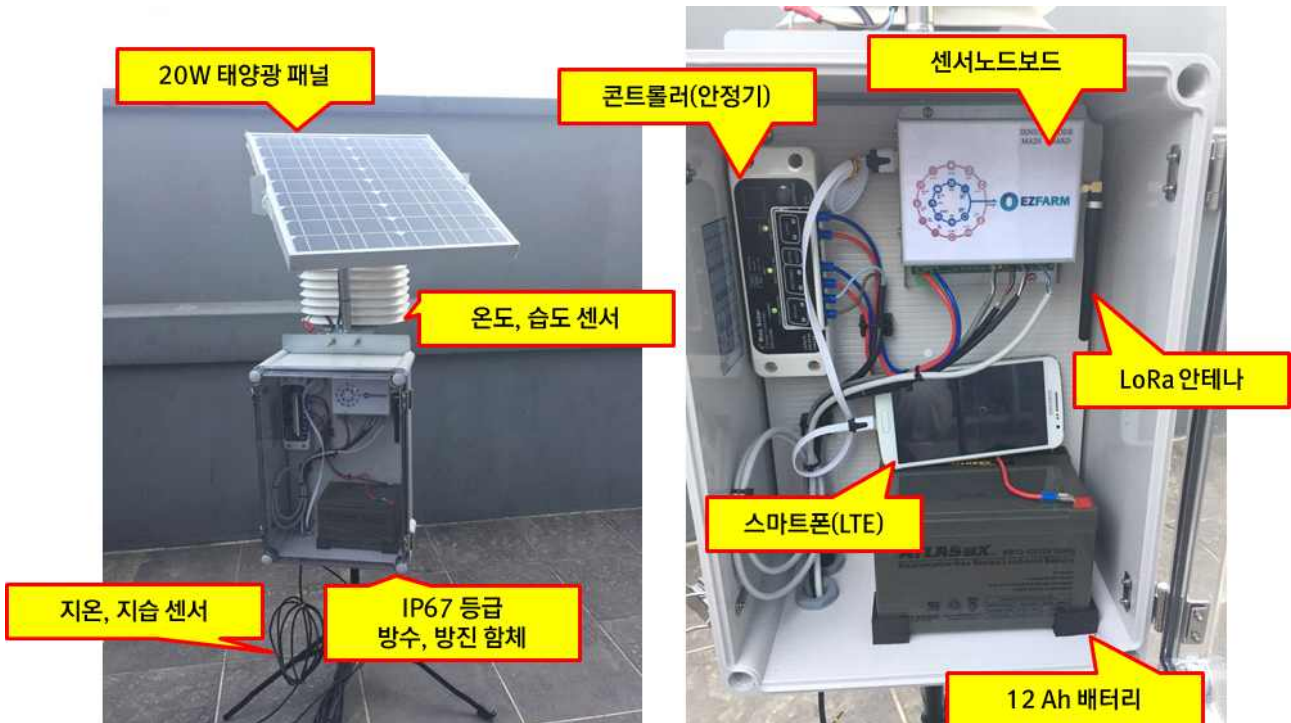


3. 센서 노드의 제작

가. 센서 노드 보드의 제작 결과



- 1) 센서 포트는 센서 종류별로 색을 구분하여 사용자가 결속이 용이하도록 구성함
  - 2) 확장 포트를 통하여 채널 수를 늘릴 수 있도록 구성함
- 나. 센서 노드 보드를 포함한 센서 노드의 제작 결과



- 1) 20W 태양광 패널과 안정기, 12Ah 배터리를 이용하여 완충 시 추가적인 충전 없이도 3일간 동작이 가능하도록 구성함
- 2) 노지 환경에 설치되는 만큼 IP67등급의 합체를 이용함
- 3) 스마트폰을 이용하여 센싱 값을 클라우드 서버로 전송하며, LoRa 통신을 통하여 노지 스마트팜 내에서 통신이 가능할 수 있도록 구성함

#### 4. 센서 노드의 현장 설치

가. 구성 된 센서 노드를 포도 농가에 설치하여 센싱 및 통신 테스트를 진행함



<센서 노드의 설치 모습>

나. 태양광 패널의 경우 비가림 막 위쪽에 설치하여 충전효율을 높임



<태양광 패널 설치 모습>





<설치 완료 된 센서 노드>

## 5. 센서노드 - 클라우드간 통신 검증

### 가. 센서노드 데이터 연계모듈 인터페이스 통신 메시지 구조

**observation** 센서 관측정보 관련

POST /{a\_id}/observation 노드 관측치를 추가한다. unit 정보는 없다면 전달하지 않아도 된다. module은 장기적인 관점에서 필요할 수 있어 추가된 값으로 현재점에서는 "1"로 통일한다.

Parameters Cancel

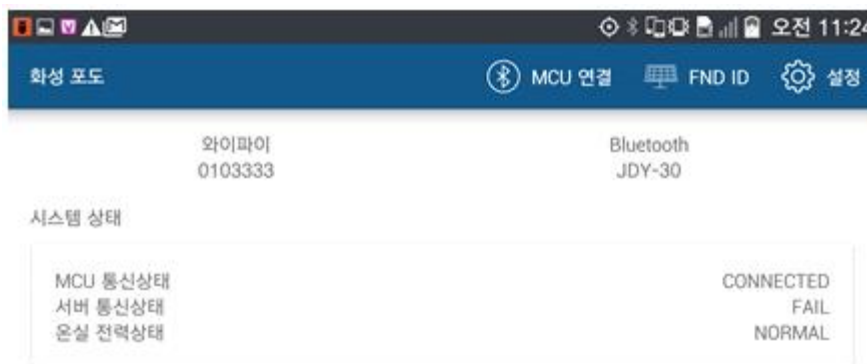
Name	Description
<b>a_id</b> * required string (path)	ID of Node-App <input type="text" value="a_id - ID of Node-App"/>
<b>body</b> * required (body)	Observation Edit Value   Model

```

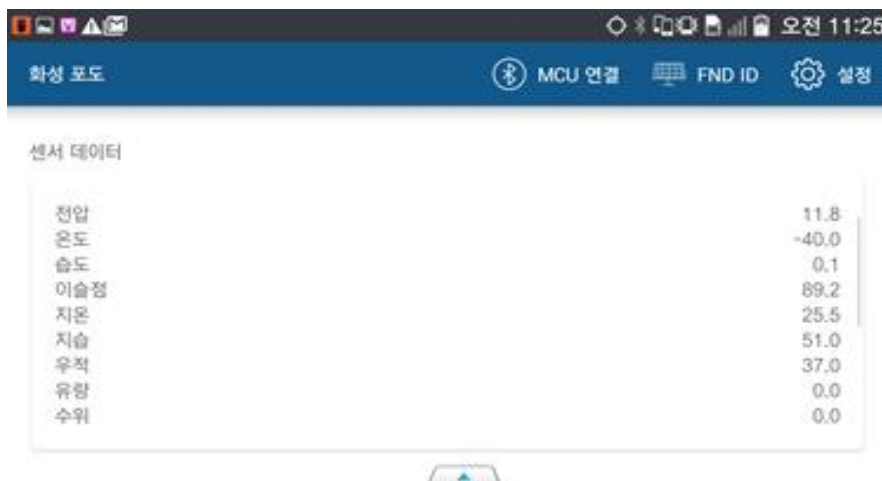
{
  "device_id": 40001,
  "module": 1,
  "name": "도양수분",
  "unit": "g",
  "obsval": 30,
  "createdAt": "2018-07-19 23:00:00"
}
    
```

### 나. 센서노드 통신 상태 및 수집 데이터 모니터링

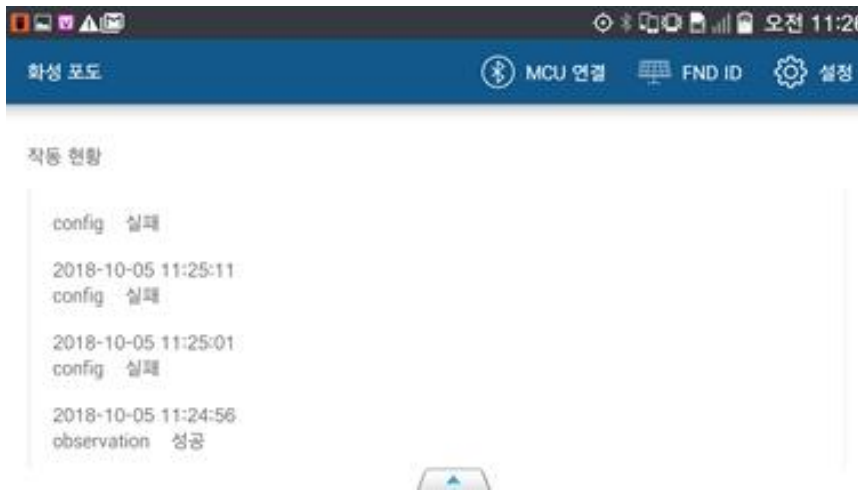
1) 센서노드 앱에서 노드간 통신상태(MCU), 서버통신상태, 온실전력 상태를 확인한다.



2) 센서노드 앱에서 각 센서 정보가 모니터링이 되고 해당 정보고 클라우드 서버에 설정 주기별로 전송된다.



3) 센서노드 앱에서 기본환경 세팅 결과와 센서데이터 전송 결과를 확인한다.



4) 센서노드 및 스마트폰 간 통신로그

```

10-05 11:47:59.337 11718-11718/com.jinong.hsict V/FA: onActivityCreated
10-05 11:47:59.380 11718-11953/com.jinong.hsict D/OkHttp: --> GET
http://182.162.27.78/hsict/v1/static/appversion.txt
10-05 11:47:59.381 11718-11953/com.jinong.hsict D/OkHttp: --> END GET
10-05 11:47:59.387 11718-11953/com.jinong.hsict D/libc-netbsd: [getaddrinfo]:
hostname=xxxxx; servname=(null); cache_mode=(null), netid=0; mark=0
10-05 11:47:59.387 11718-11953/com.jinong.hsict D/libc-netbsd: [getaddrinfo]:
ai_addrlen=0; ai_canonname=xxxxx; ai_flags=4; ai_family=0
10-05 11:47:59.392 11718-11953/com.jinong.hsict D/libc-netbsd: [getaddrinfo]:
hostname=xxxxx; servname=(null); cache_mode=(null), netid=0; mark=0
10-05 11:47:59.392 11718-11953/com.jinong.hsict D/libc-netbsd: [getaddrinfo]:
ai_addrlen=0; ai_canonname=xxxxx; ai_flags=4; ai_family=0
10-05 11:47:59.436 11718-11953/com.jinong.hsict D/OkHttp: <-- 200 OK
http://182.162.27.78/hsict/v1/static/appversion.txt (55ms)
10-05 11:47:59.436 11718-11953/com.jinong.hsict D/OkHttp: Access-Control-Allow-
Origin: *
10-05 11:47:59.437 11718-11953/com.jinong.hsict D/OkHttp: Access-Control-Allow-
Methods: GET, POST, PUT, DELETE
10-05 11:47:59.437 11718-11953/com.jinong.hsict D/OkHttp: Content-Disposition:
attachment; filename="appversion.txt";
10-05 11:47:59.437 11718-11953/com.jinong.hsict D/OkHttp: Connection: keep-alive
10-05 11:47:59.437 11718-11953/com.jinong.hsict D/OkHttp: Content-Transfer-Encoding:
binary
10-05 11:47:59.437 11718-11953/com.jinong.hsict D/OkHttp: Pragma: no-cach
D/OkHttp: --> GET http://182.162.27.78/hsict/v1/static/appversion.txt
D/OkHttp: --> END GET
D/OkHttp: <-- 200 OK http://182.162.27.78/hsict/v1/static/appversion.txt (55ms)
D/OkHttp: Access-Control-Allow-Origin: *
D/OkHttp: Access-Control-Allow-Methods: GET, POST, PUT, DELETE
D/OkHttp: Content-Disposition: attachment; filename="appversion.txt";
D/OkHttp: Connection: keep-alive
D/OkHttp: Content-Transfer-Encoding: binary
D/OkHttp: Pragma: no-cache
D/OkHttp: Expires: 0
D/OkHttp: Access-Control-Max-Age: 1728000
D/OkHttp: Access-Control-Allow-Headers: Authorization
D/OkHttp: Date: Fri, 05 Oct 2018 02:47:03 GMT
D/OkHttp: Content-Type: application/x-msdownload;charset=UTF-8
D/OkHttp: Transfer-Encoding: chunked
D/OkHttp: 1.7

```

### 5) 클라우드 DB의 통신 데이터 검증 구간

GMS  
객체브라우저 | 모은검색 | SQL 도움말

오브젝트

- TB\_INSTL\_EQPMN\_SENSORVALUE\_M
- TB\_KMA\_DATA\_M
- TB\_LBCST\_OPERT\_M
- TB\_LOG\_L
- TB\_MENUAUTHOR\_M
- TB\_MENU\_M
- TB\_MOBILE\_INFO\_M
- TB\_PRODCT\_M
- TB\_RECPTN\_INTRFC\_CTRLMMND\_RESULT\_L**
- TB\_RECPTN\_INTRFC\_EQPMN\_ENVVRN\_SETUP\_L
- TB\_RECPTN\_INTRFC\_FND\_ID\_MANAGE\_L
- TB\_RECPTN\_INTRFC\_GRDV\_PHOTO\_L
- TB\_RECPTN\_INTRFC\_HUB\_INAPTCMPL\_NTCN\_L
- TB\_RECPTN\_INTRFC\_HWS\_INNER\_WETHERLGE\_DATA\_L
- TB\_RECPTN\_INTRFC\_INSTL\_EQPMN\_OBSR\_L
- TB\_RECPTN\_INTRFC\_MOBILE\_APP\_FNCTNG\_ERROR\_L
- TB\_RECPTN\_INTRFC\_NODE\_DATA\_USE\_STTUS\_L
- TB\_RECPTN\_INTRFC\_NODE\_RESTRT\_RESULT\_L
- TB\_SCRIN\_M
- TB\_SELECT\_EXAMIN\_INFO\_D
- TB\_SELECT\_EXAMIN\_M
- TB\_SM\_DILY\_AVRG\_L
- TB\_SM\_DILY\_CTRL\_L
- TB\_SM\_DILY\_LWET\_L
- TB\_SM\_DILY\_SENSOR\_AVRG\_L
- TB\_SM\_DILY\_SENSOR\_LWET\_L
- TB\_SM\_DILY\_SENSOR\_TOP\_L
- TB\_SM\_DILY\_TOP\_L
- TB\_SM\_DILY\_WARN\_L
- TB\_SM\_MNTBY\_AVRG\_L
- TB\_SM\_MNTBY\_CTRL\_L
- TB\_SM\_MNTBY\_TOP\_L
- TB\_SM\_MNTBY\_WARN\_L

필드 | 정보 SQL

#	필드명	타입	PK	주석
1	RECPTN_DT	datetime		수신 일시
2	RECPTN_SN	int(11)	PRI	수신일련번호
3	MOBILE_APP_ID	varchar(20)		모바일 앱 아이디
4	CTRLMMND_CN	int(11)		
5	CTRLMMND_RES	varchar(10)		제어명령 결과

TABLE : TB\_RECPTN\_INTRFC\_CTRLMMND\_RESULT\_L

RECPTN_DT	RECPTN_SN	MOBILE_APP_ID	CTRLMMND_CN	CTRLMMND_RESULT
9456	2018-10-02 오전 8:59:50	9456	01020813876	604431 ok
9457	2018-10-02 오전 8:59:53	9457	01035407966	604430 ok
9458	2018-10-02 오전 9:09:49	9458	01020813876	604432 ok
9459	2018-10-02 오전 9:19:48	9459	01035407966	604433 ok
9460	2018-10-02 오후 6:59:49	9460	01093422998	604434 ok
9461	2018-10-02 오후 7:19:47	9461	01093422998	604435 ok
9462	2018-10-03 오전 7:59:47	9462	01093422998	604436 ok
9463	2018-10-03 오전 8:09:47	9463	01093422998	604437 ok
9464	2018-10-03 오전 8:59:48	9464	01035407966	604438 ok
9465	2018-10-03 오전 8:59:52	9465	01020813876	604439 ok
9466	2018-10-03 오전 9:10:36	9466	01020813876	604440 ok
9467	2018-10-03 오전 9:19:48	9467	01035407966	604441 ok
9468	2018-10-03 오후 6:59:47	9468	01093422998	604442 ok
9469	2018-10-03 오후 7:19:47	9469	01093422998	604443 ok
9470	2018-10-04 오전 7:59:48	9470	01093422998	604444 ok
9471	2018-10-04 오전 8:09:47	9471	01093422998	604445 ok
9472	2018-10-04 오전 8:59:47	9472	01035407966	604446 ok
9473	2018-10-04 오전 8:59:50	9473	01020813876	604447 ok
9474	2018-10-04 오전 9:09:52	9474	01020813876	604448 ok
9475	2018-10-04 오전 9:19:47	9475	01035407966	604449 ok
9476	2018-10-04 오후 2:37:59	9476	01040581659	604452 ok
9477	2018-10-04 오후 2:39:04	9477	01040581659	604453 ok
9478	2018-10-04 오후 2:41:00	9478	01040581659	604454 ok
9479	2018-10-04 오후 2:41:31	9479	01040581659	604455 ok
9480	2018-10-04 오후 2:41:59	9480	01040581659	604456 ok
9481	2018-10-04 오후 2:42:15	9481	01040581659	604457 ok
9482	2018-10-04 오후 2:42:22	9482	01040581659	604458 ok
9483	2018-10-04 오후 2:42:41	9483	01040581659	604459 ok
9484	2018-10-04 오후 2:52:40	9484	01040581659	604460 ok
9485	2018-10-04 오후 2:52:43	9485	01040581659	604461 ok
9486	2018-10-04 오후 2:57:43	9486	01040581659	604462 ok
9487	2018-10-04 오후 2:57:47	9487	01040581659	604463 ok
9488	2018-10-04 오후 2:58:04	9488	01040581659	604464 ok
9489	2018-10-04 오후 3:00:17	9489	01040581659	604465 ok
9490	2018-10-04 오후 3:01:19	9490	01040581659	604466 ok
9491	2018-10-04 오후 3:01:29	9491	01040581659	604467 ok
9492	2018-10-04 오후 6:59:47	9492	01093422998	604468 ok
9493	2018-10-04 오후 7:19:47	9493	01093422998	604469 ok

GMS  
객체브라우저 | 모은검색 | SQL 도움말

오브젝트

- TB\_FRIND\_GRNH\_M
- TB\_FRIND\_M
- TB\_FRIND\_ZONE\_M
- TB\_FRMHS\_INTRST\_D
- TB\_FRMHS\_M
- TB\_FRMHS\_SMS\_LOG\_L
- TB\_FRTLZR\_OPERT\_M
- TB\_GP\_SELECT\_DATA\_M
- TB\_GRDV\_EXAMIN\_D
- TB\_GRDV\_EXAMIN\_M
- TB\_GRDV\_EXAMIN\_PHOTO\_D
- TB\_GRDV\_INFO\_D
- TB\_GRDV\_INFO\_M
- TB\_GRNH\_ENVRN\_SETUP\_CYCLE\_D
- TB\_GRNH\_ENVRN\_SETUP\_M
- TB\_HWS\_INNER\_WETHERLGE\_DAILY\_DATA\_M
- TB\_HWS\_INNER\_WETHERLGE\_DATA\_M
- TB\_HWS\_STA\_PAST\_ENVRN\_DATA\_M
- TB\_HWS\_STA\_PAST\_FRMHS\_INFO\_M
- TB\_INSTL\_EQPMN\_CTRL\_M
- TB\_INSTL\_EQPMN\_DATA\_USE\_STTUS\_L
- TB\_INSTL\_EQPMN\_FFNCTNG\_LOG\_L
- TB\_INSTL\_EQPMN\_M
- TB\_INSTL\_EQPMN\_MEASURE\_L**
- TB\_INSTL\_EQPMN\_MEASURE\_L\_BAK
- TB\_INSTL\_EQPMN\_SCHEDUL\_M
- TB\_INSTL\_EQPMN\_SCHEDUL\_TIME\_D
- TB\_INSTL\_EQPMN\_SENSORVALUE\_M
- TB\_KMA\_DATA\_M
- TB\_LBCST\_OPERT\_M
- TB\_LOG\_L
- TB\_MENUAUTHOR\_M
- TB\_MENU\_M

필드 | 정보 SQL

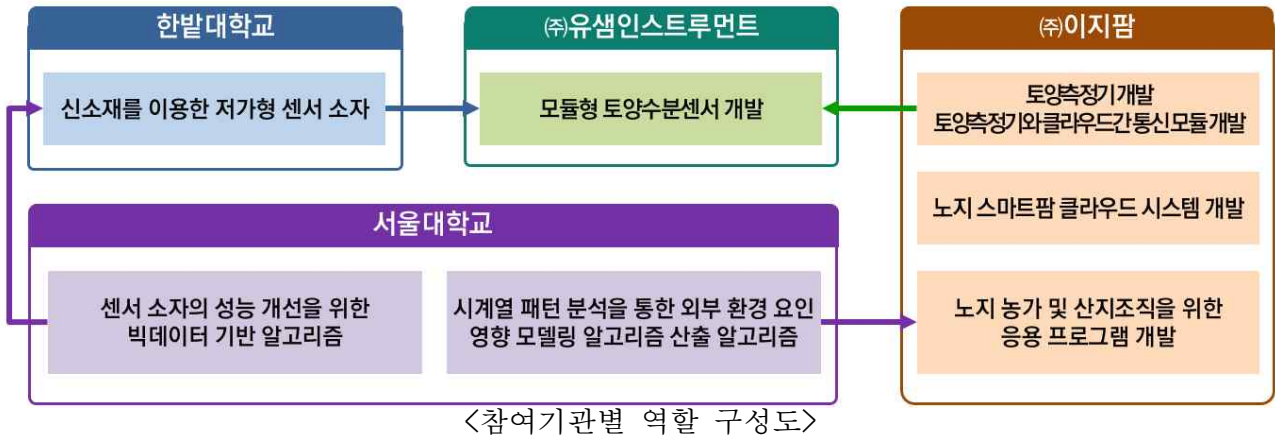
#	필드명	타입	PK	주석
1	INSTL_EQPMN_IN	int(11)	PRI	설치 장비 고유번호
2	MEASURE_DT	datetime	PRI	측정 일시
3	MEASURE_VALUE	decimal(10,2)		측정 값
4	MEASURE_CORETOI	decimal(10,2)		측정 보정 값

TABLE : TB\_INSTL\_EQPMN\_MEASURE\_L

INSTL_EQPMN_INNB	MEASURE_DT	MEASURE_VALUE	MESURE_CORETON_VALUE
796379	1299 2018-09-29 오후 4:15:53	22	22
796380	1299 2018-09-29 오후 4:16:53	22	22
796381	1299 2018-09-29 오후 4:17:53	22	22
796382	1299 2018-09-29 오후 4:18:53	22	22
796383	1299 2018-09-29 오후 4:19:53	22	22
796384	1299 2018-09-29 오후 4:20:53	22	22
796385	1299 2018-09-29 오후 4:21:53	22	22
796386	1299 2018-09-29 오후 4:22:53	22	22
796387	1299 2018-09-29 오후 4:23:53	22	22
796388	1299 2018-09-29 오후 4:24:53	22	22
796389	1299 2018-09-29 오후 4:25:53	22	22
796390	1299 2018-09-29 오후 4:26:53	22	22
796391	1299 2018-09-29 오후 4:27:53	22	22
796392	1299 2018-09-29 오후 4:28:53	22	22
796393	1299 2018-09-29 오후 4:29:53	22	22
796394	1299 2018-09-29 오후 4:30:53	22	22
796395	1299 2018-09-29 오후 4:31:53	22.1	22.1
796396	1299 2018-09-29 오후 4:32:53	22.1	22.1
796397	1299 2018-09-29 오후 4:33:53	22.1	22.1
796398	1299 2018-09-29 오후 4:34:53	22.1	22.1
796399	1299 2018-09-29 오후 4:35:53	22.1	22.1
796400	1299 2018-09-29 오후 4:36:53	22.1	22.1
796401	1299 2018-09-29 오후 4:37:53	22.1	22.1
796402	1299 2018-09-29 오후 4:38:53	22.1	22.1
796403	1299 2018-09-29 오후 4:39:53	22.1	22.1
796404	1299 2018-09-29 오후 4:40:53	22.1	22.1
796405	1299 2018-09-29 오후 4:41:54	22.1	22.1
796406	1299 2018-09-29 오후 4:42:54	22.1	22.1
796407	1299 2018-09-29 오후 4:43:54	22.1	22.1
796408	1299 2018-09-29 오후 4:44:54	22.1	22.1
796409	1299 2018-09-29 오후 4:45:54	22.1	22.1
796410	1299 2018-09-29 오후 4:46:54	22.1	22.1
796411	1299 2018-09-29 오후 4:47:54	22.1	22.1
796412	1299 2018-09-29 오후 4:48:54	22.1	22.1
796413	1299 2018-09-29 오후 4:49:54	22.2	22.2
796414	1299 2018-09-29 오후 4:50:54	22.2	22.2
796415	1299 2018-09-29 오후 4:51:54	22.2	22.2
796416	1299 2018-09-29 오후 4:52:54	22.2	22.2

나. 협동기관(유셈인스트루먼트)

○ 시제품개발 및 센서 검증



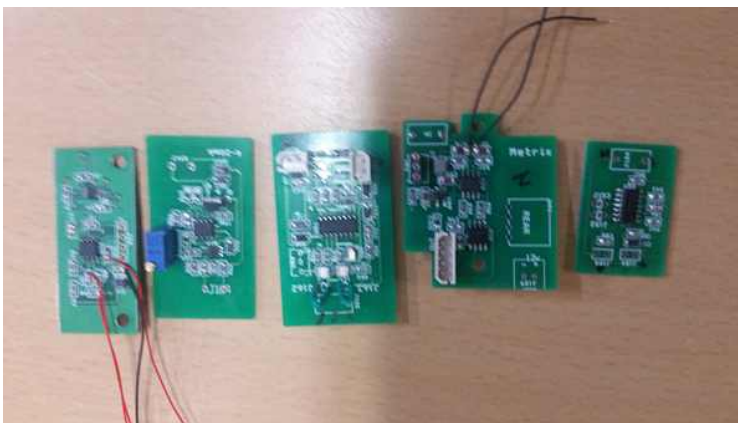
세부연구목표에 대한 하위 수행 내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 센서모듈 시제품개발 및 테스트</li> <li>· 개발센서 적용 센서모듈 설계</li> </ul>

1. 개발센서소자 적용 센서모듈 설계

- 개발 센서소자의 동작을 위한 모듈회로 개발
- 적합한 모듈회로를 통한 센서모듈 제작 및 시험

가. 1차 센서모듈

1) 센서모듈 회로기판류 및 센서모듈



〈 그림1 회로기판 〉



〈 그림2. 센서모듈〉

그림1의 회로기판의 시험후 개발센서소자의 동작에 적합한 것을 선택하여 그림2의 센서모듈로 제작하여 시험하였음

- 2) 시험결과 센서모듈의 소자가 토양과 밀착성이 없이 분리되어 있는 모양으로 수분의 변화에 대하여 지속적으로 임의의 일정한 출력을 나타내고 있음  
 센서소자는 표면이 고분자를 도포한 매끄러운 형상으로 이 상태로 토양에 매설시 토양과 밀착성이 나쁜 형태로 되고 있음
- 3) 또한 리드선이 떨어지거나, 약간의 충격에서도 깨지는 경우가 있어 매우 주의하여 토양에 삽입 및 매설 해야하는 위험성 및 불편함이 있어, 2차 시험에서는 이를 보완한 센서모듈로 제작하여 데이터 발취를 하였음

## 2. 개발모듈 시제품개발 및 테스트

- 1차시험에서 센서모듈의 문제점을 발취 및 개선하여 시제품 테스트용 센서모듈 개발
- 몇종류의 센서모듈을 제작하여 테스트에 적용

### 가. 2차 센서모듈

#### 1) 1차 시제품 센서모듈의 종류



< 그림3 센서모듈 외형 케이스 >



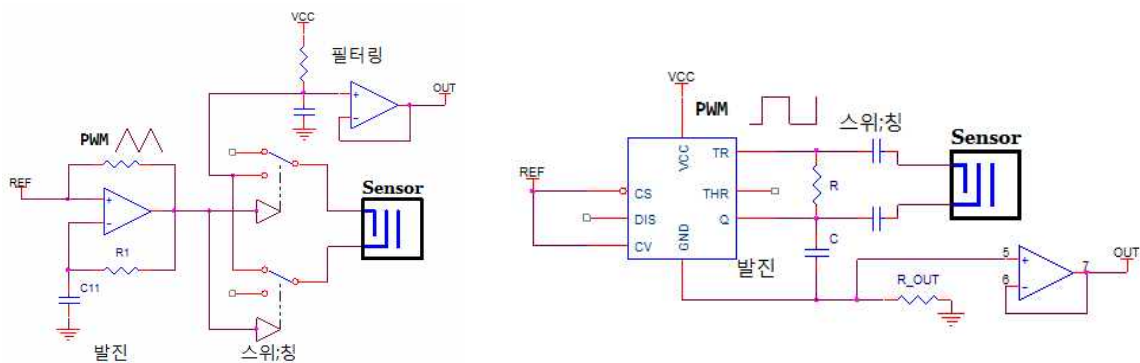
< 그림4 모듈케이스에 개발센서소자 부착 및 회로보드 결합 >

- 가) 상기와 같은 형태의 원형에 센서를 접착제로 부착하여 장착 하였으며, 센서소자의 리드선 또한 접착제로 케이스에 고정한 후 상하를 다시 접착제로 부착하였음
- 나) 회로부는 본 시험에서 그림4와 같이 방수케이스에 장착하여 분리하여 테스트하였음  
향후 회로부가 모듈 케이스 내부로 일체형으로 시제품으로 제작할 예정임
- 다) 원통형으로 함으로서 원통형내부에 토양이 가득히 채워지며 센서소자와 토양의 결합이 확실시 되고 있음

2) 시제품 모듈의 테스트는 그림4의 2가지 모듈을 사용하였음

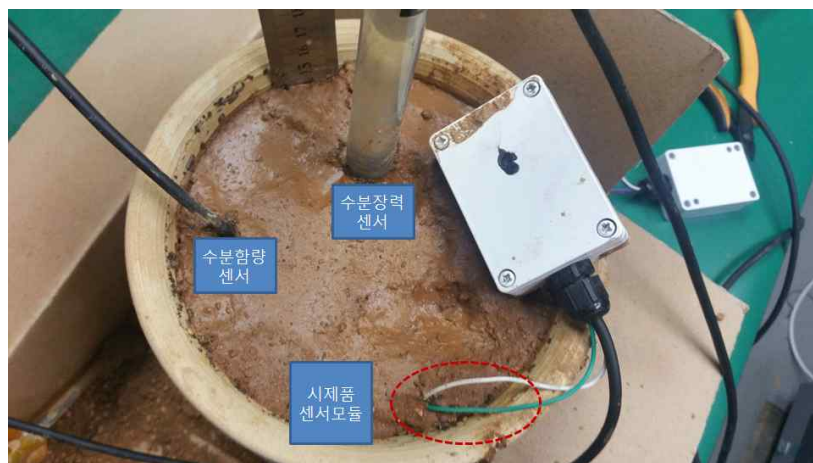
< 모듈 1 >

< 모듈 2 >



< 그림5 시제품모듈에 적용한 2종의 블록도 >

- 가) 회로부는 센서구동으로 PWM발진부를 채용하며 발진주파수는 50Hz~200Hz 정도로 하여 소자의 패턴에 미약한 전류를 공급하여 패턴의 부식이 발생하지 않도록 하며, 두회로의 발진부를 다르게 하여 이하의 회로 동작에서 2제품의 출력을 반대로 동작 출력하도록 하였다



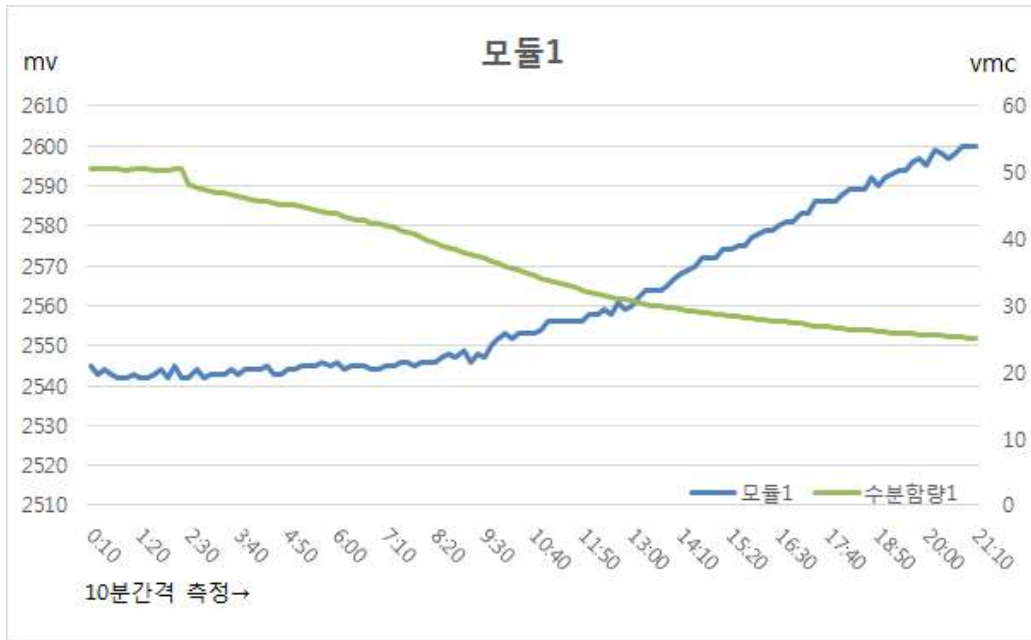
< 그림6 실제 시제품 모듈을 포트에 매설한 형태 >

- 나) 그림6은 시제품 센서모듈과 타센서의 동작비교를 위한 것으로 사양토 포트에 매설하였음

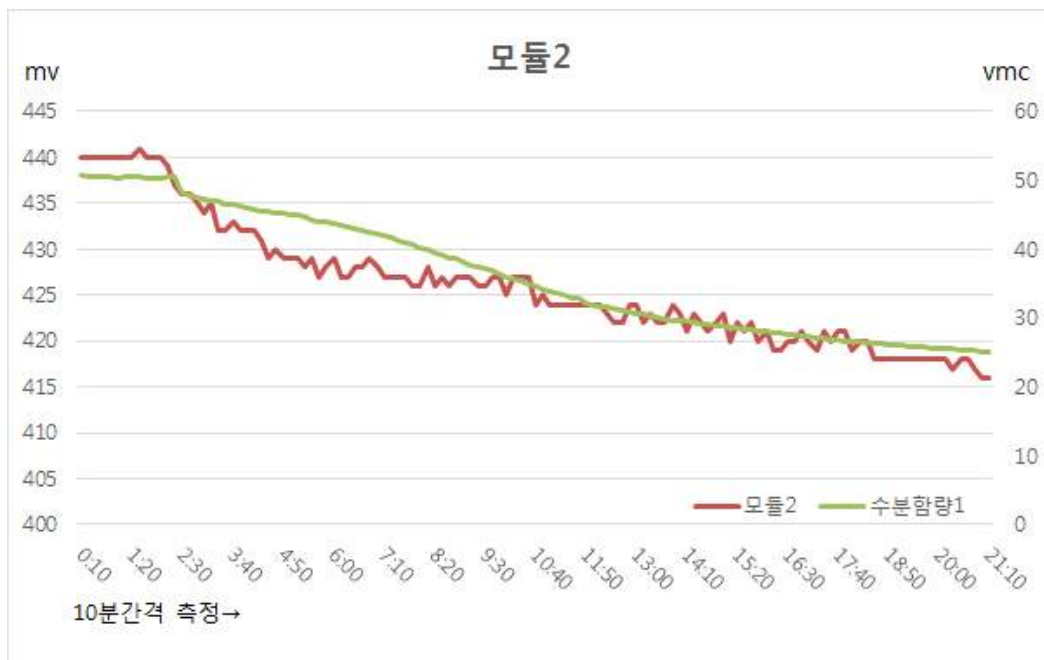
3) 시제품 모듈의 테스트 결과

가) 테스트는 2가지 방식으로 하였음

나) 하나는 2종의 서로 다른 시제품센서 모듈을 각각의 포트에 매설하였으며, 동일한 조건의 토양과 수분상태(포화상태)에서 건조시켜가는 것으로, 하나의 포트에만 수분함량센서를 함께 매설하여 2종류의 센서모듈 시험을 하였음



< 그림7 센서모듈1 과 수분함량센서 간 출력 >



< 그림8 센서모듈2와 수분함량센서 간 출력 >



다) 그림7의 모듈1 및 그림8의 모듈2의 출력mV 와 수분함량센서의 출력 특성과 그 경향치가 양호하게 동작되고 있음을 볼 수 있음

수분함량센서는 미국Decagon사의 모델EC-5센서를 사용했음

라) 상기에 설명한바와 같이 모듈1과 모듈2는 서로 반대의 출력을 내는 것으로, 모듈1은 수분이 건조해지면서 출력값이 상승하도록, 모듈2는 반대로 출력값이 하강하도록 하고 있음.

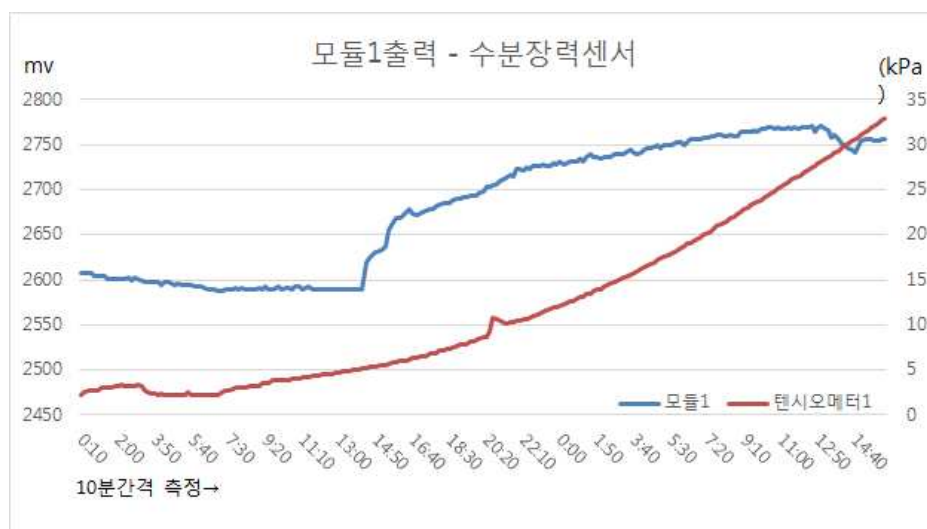
향후 최종적으로 어느 쪽이 더 우수한지에 대한 결과에 따라 하나의 방식으로 결정 하려고 함



< 그림9. 포트1(센서모듈1) 및 포트2(센서모듈2)의 거의 건조된 상태 >

마) 출력은 직선성이 없으며 곡선형태의 log값의 형태를 취하게 될 것이며, calibration을 통해 최종 출력형태를 결정하려고 함

바) 그림에서 특성곡선이 매끄럽지 못한 것은 몇 가지의 원인이 있을 수 있으며, 센서소자의 성능 및 모듈 회로의 문제점 및 센서모듈형태의 미숙한 면 등 여러 가지의 원인으로 상승 및 하강을 반복하면서 동작할 수가 있다고 생각함



< 그림10 센서모듈1 과 수분장력센서간 출력 비교 >



< 그림11 센서모듈1 과 수분함량센서간 출력 비교 >

사) 그림10 및 그림11에서 사용한 센서모듈1은, 그림7 및 그림8의 측정 후, 그대로 건조된 상태의 센서모듈을 반복하여 사용한 것이며, 이로써 센서모듈1의 반복특성을 확인할 수 있었음



<그림12. 상기그림7 및 그림8의 시험에 사용한 센서모듈1의 상하 접합부와 후면의 형태 >

- 아) 그림11은 센서모듈 내부에 토양이 완전히 충전 및 밀착되어 상태를 보여줌  
단, 접합부의 일부가 마모되어 벌어진 상태를 보여줌. 이상태의 센서모듈을 그대로 다시 사용하여 반복실험 하였음(그림10 및 그림11)
- 자) 상기 그림10과 그림11은 하나의 포트에 모듈1과 수분장력센서(텐시오미터)와 수분함량 센서의 3가지 센서를 함께 측정하는 것 임(그림6)
- 차) 그림10과 같이 장력센서는 수분이 건조해 지면서 높은값의 단위로 표시하며, 그림11의 수분 함량센서는 수분이 건조해 지면서 낮은 값으로 표시하기 때문에 본 개발에서 2가지 종류의 반대 출력을 발생하는 모듈을 개발하여 시험하고 있음

카) 상기 그림의 적색 표시부를 보면, 개발 센서모듈의 시작점이 타센서에 비해 응답이 매우 느리다는 것을 알 수 있음. 향후 2협동기관과 함께 많은 시험을 통해 이와 같은 문제점들을 해결하고자 함



< 그림13. 상기의 센서모듈 및 센서측정에 사용한 클라우드 데이터 통신 시스템 >

타) 상기의 시험을 하기 위한 준비 및 진행과정은 다음과 같이 하였음

- (1) 본 개발을 위해 식양토, 양토 및 사양토의 3가지를 준비하였으며, 토양은 완전 건조시켜 토양채로 걸러낸 실험실용 토양의 상태임. 상기의 실험에 사용한 토양은 양토를 사용하였음



<그림14. 시험에 사용한 포트 및 포화상태의 토양 >

- (2) 그림14와 같이 포트에 토양을 담고, 토양이 완전히 포화되고 난후 끈적끈적한 토양 (슬러지)이 되도록 하고, 이상태 에서 센서모듈 똑바로 삽입하고 주변을 눌러 완전히 토양이 밀착되도록 매설한다. 다른 비교센서들도 상기와 같이 매설함



< 그림15. 마른 양토를 가득히 덮음 >



< 그림16. 마른토양에 물을 가득 채워 다시 포화상태가 되도록 함 >



< 그림17. 포화상태에서 물이 빠지면서 슬러지형태의 토양이 됨 >

(3) 그림17의 상태의 포트를 향온기에 넣어 온도를 30~35도 정도로 가열함



< 그림18. 향온기에서 토양을 가열하여 토양을 건조시킴 >

(4) 측정 장치와 센서간 결선 후 수일간 향온기를 가동시켜 토양수분 데이터를 받침

과) 테스트 결과 현 센서소자에 대해 다음 사항에 대해 개선이 필요하다고 판단되어짐

(2협동과 협의 진행)

- (1) 센서소자의 리드선이 쉽게 떨어지는 현상이 있어 취급하는데 어려움이 있음
- (2) 센서소자는 중복된 감지부로 되어있는데, 한부분만 제작해서 적합한 센서모듈의 형태가 되도록 해야 함
- (3) 소자가 쉽게 깨지는 현상이 있어 취급의 어려움이 있음
- (4) 소자가 토양과 밀착된 후, 표면의 페턴이 부식된 것 같은 형상이 됨  
표면을 좀 더 두껍게 할 필요가 있음

## 다. 협동기관(한밭대학교)

### 1. 수분 변화를 측정할 수 있는 소자 구조 개발

#### (1) 저가형 신소재를 사용한 토양수분센서 개발을 위한 연구배경

- 토양의 수분도는 토양 상태를 나타내는 가장 중요한 지표임
- 현재 개발된 토양의 수분도를 측정하는 방법으로는 건토 중량법, 수분 장력 방법, 전기전도도 측정법, FDR 및 TDR 방식 등이 있음
- 고주파를 사용하는 토양 수분 측정법(FDR 및 TDR)이 정확도는 높으나 가격이 비쌈
- 국내 대다수 농가는 중소형 농가로 고성능의 저가형 토양수분센서가 필요함

#### (2) 트랜지스터 구조를 이용한 센서 개발

- 저항형태로 제작된 센서들에서 나타나는 기판을 따라서 나타나는 전위의 불안정성이 나타날 수 있음
- 트랜지스터를 기반으로 제작된 센서들은 이러한 불안정성을 제거할 수 있어서 토양 센서와 같은 가혹한 환경에서 동작하는 경우에 강점을 지님
- 또한, 트랜지스터를 기반으로 제작된 센서 디바이스들은 낮은 오프전류와 트랜지스터의 증폭 특성을 가져 높은 응답성을 가짐
- 그 중에서도 산화물 반도체를 이용해 제작된 트랜지스터(Oxide Thin-Film Transistor)는 높은 이동도(Mobility) 및 균일도(Uniformity)와 같은 뛰어난 전기적 성능을 가지고 있으며 저가 공정 및 제조가 용이함
- 산화물 반도체는 수증기 형태의 물분자와 접촉하면 전기적특성이 변하게 됨
- 그러나 액체상태의 물분자가 트랜지스터반도체 층에 직접 접촉되고 건조되는 과정에서 수분을 측정하는 토양수분센서와는 다른 개념을 가진 센서임
- 수분에 반응하는 산화물 반도체인 IGZO를 사용하여 고성능의 저가형 트랜지스터 구조를 설계함

### 2. 고분자 층의 특성 변화에 따른 전기적 특성 변화 경향 연구

#### (1) 센서 소자 제작 방법: 1차년도와 유사한 방식으로 제작함

##### ① 산화물 반도체 제작

- ㉠ 전구체인 Indium nitrate hydrate, Gallium nitrate hydrate, Zinc nitrate hydrate를 4:3:2의 비율을 갖도록 2-methoxyethanol 5ml에 0.1M% 농도로 60°C/Overnight 조건으로 용해시킴

##### ② 산화물 박막 트랜지스터 제작

- ㉠ 게이트(Gate)전극과 게이트 절연체(Gate insulator)로는 p-도핑된 실리콘(Silicon(p+Si))과 200nm 두께의 Silicon dioxide(SiO<sub>2</sub>)을 사용함
- ㉡ 기판은 Acetone, Isopropyl alcohol(IPA)을 각각 10분씩 초음파 세척기를 이용해 세척함
- ㉢ 활성층(Active layer)은 IGZO를 이용해 용액공정인 스핀코팅(Spin-coating)방법으로 제작됨
- ㉣ 소스/드레인(Source/Drain)전극은 Aluminum(Al)을 사용해 120nm 두께로 제작됨

③ 고분자 물질 코팅

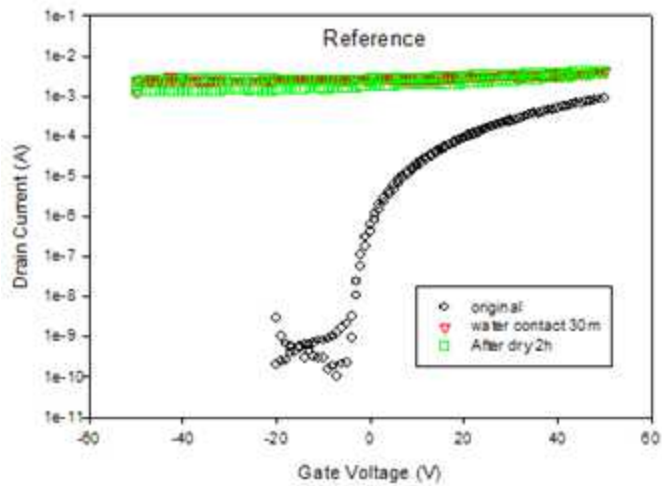
- ㉠ Oxide TFT를 제작한 뒤 수분과의 직접적인 접촉을 막아줄 고분자를 코팅함
- ㉡ 8%의 농도를 가진 고분자 물질 Polyvinylalcohol(PVA), Polymethylmethacrylate(PMMA), Polyvinylethene-di-fluoride-trifluoroethylene copolymer(P(VDF-TrFE)), CYTOP을 사용하여 스핀코팅방법으로 제작함
- ㉢ 스핀코팅 이후 90°C 에서 열처리함

④ 트랜지스터 성능 측정(Transfer curve, Threshold Voltage Shift)

- ㉠ 물방울을 3시간동안 접촉시켜 일정 시간 간격으로 트랜지스터 성능을 측정한 뒤 물을 완전히 제거한 후 흡수된 물을 3시간동안 건조시키며 일정 시간 간격으로 트랜지스터 성능을 측정함

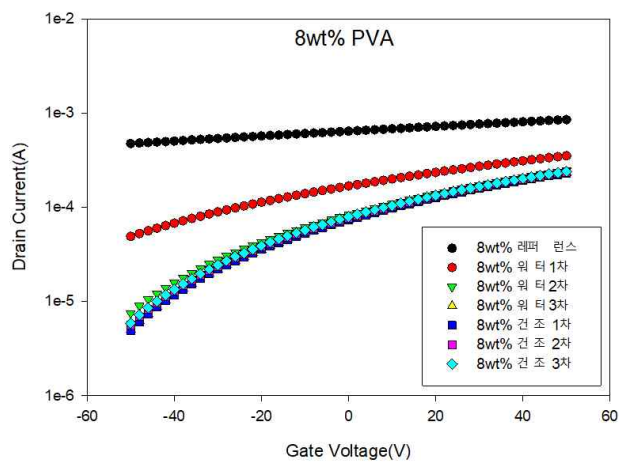
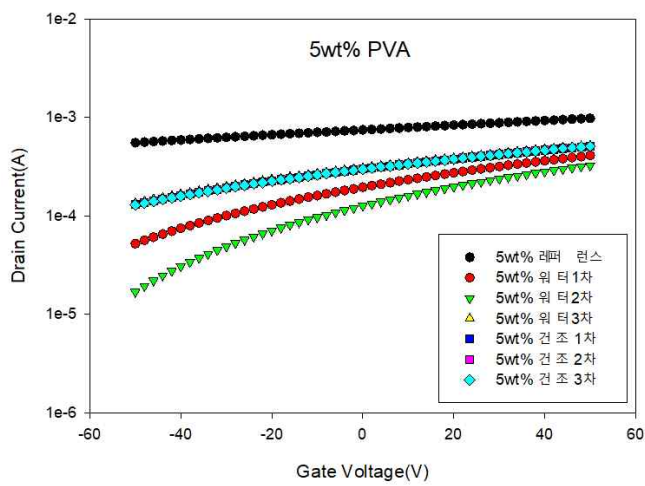
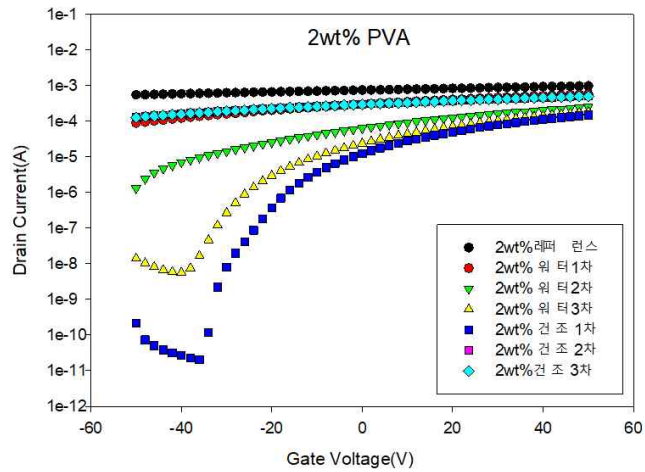
(2) 고분자의 농도 별 트랜지스터 성능 연구

- ① 센서 소자 제작 방법: 고분자 물질별 트랜지스터의 수분 반응성과 동일한 방식으로 제작함
- ② 트랜지스터 성능 측정(Transfer curve, Threshold Voltage Shift)



<직접적인 물 접촉이 있는 센서 소자의 Transfer Curve>

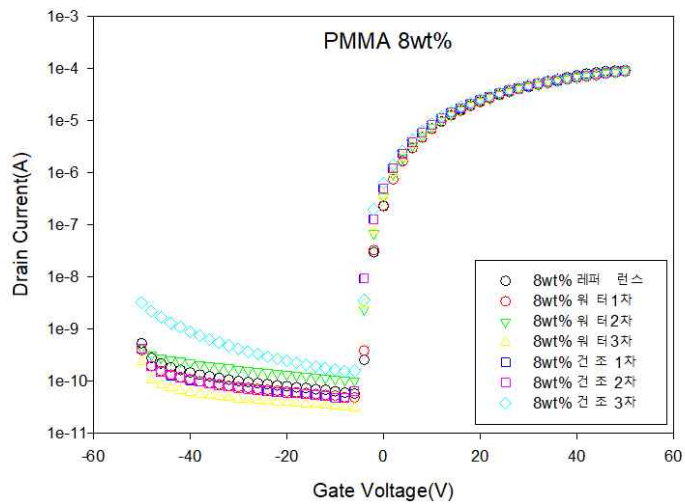
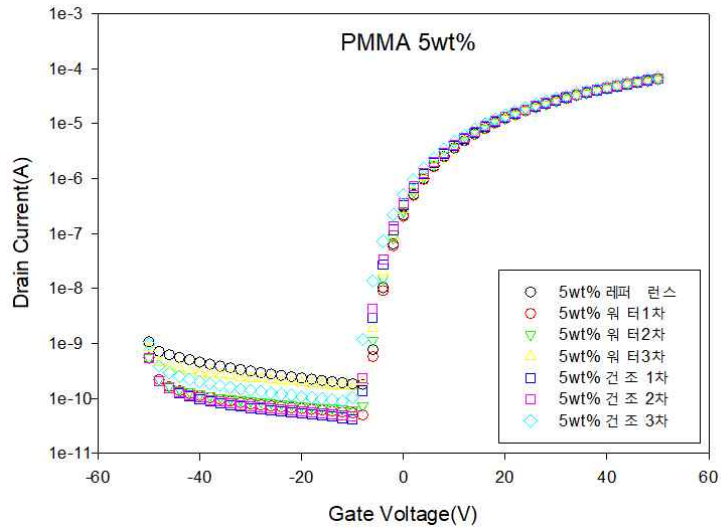
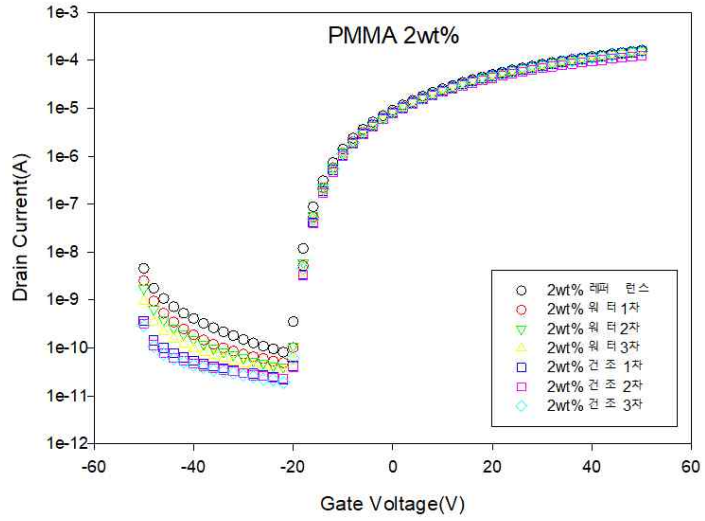
- Reference 그래프는 고분자를 코팅하지 않은 IGZO TFT에 물을 접촉/건조시켜 측정한 데이터로 물과 반응하여 변한 그래프가 건조시켜도 되돌아오지 않은 것을 확인할 수 있음



<여러 농도의 PVA 고분자를 코팅한 IGZO TFT의 Transfer Curve>

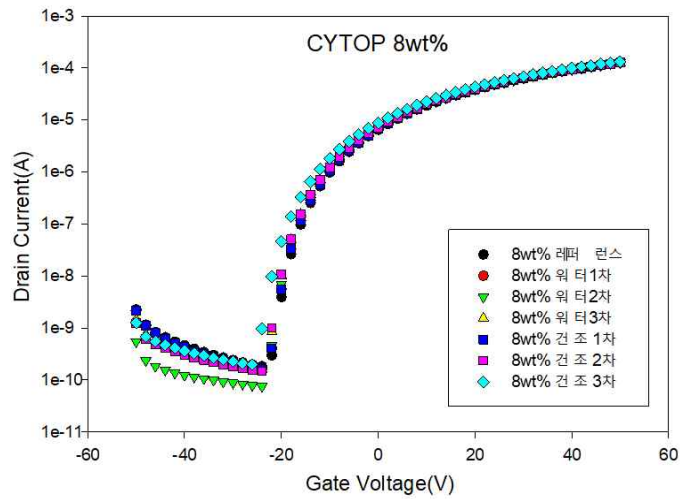
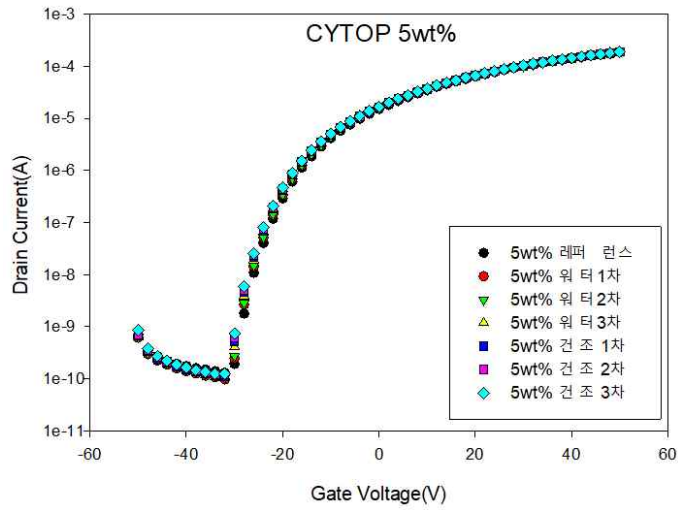
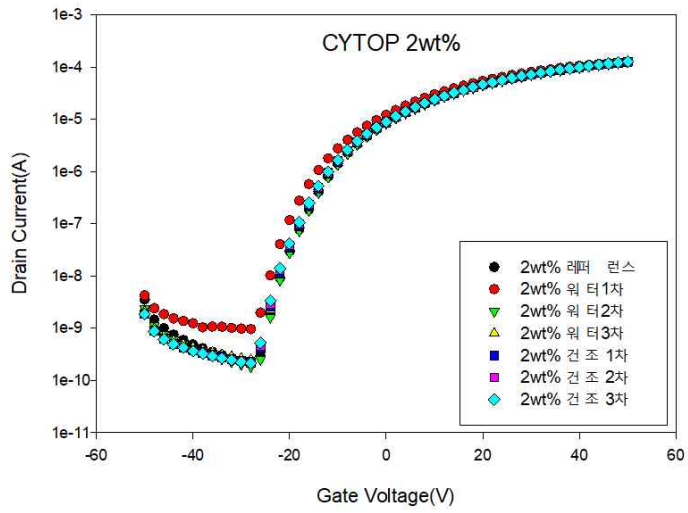
- 물과 친밀한 접촉을 가지는 OH기를 가진 PVA를 고분자 층의 재료로 사용하여 제작한 결과 제작과정에서 이미 과도한 반응성이 나타나고 불안정한 특성이 나타남





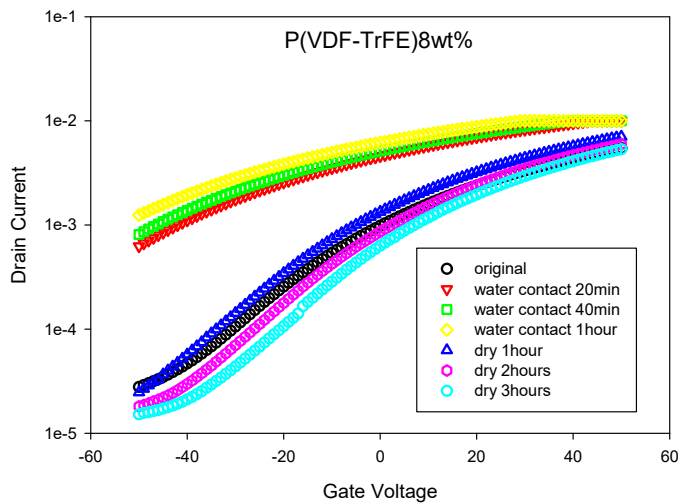
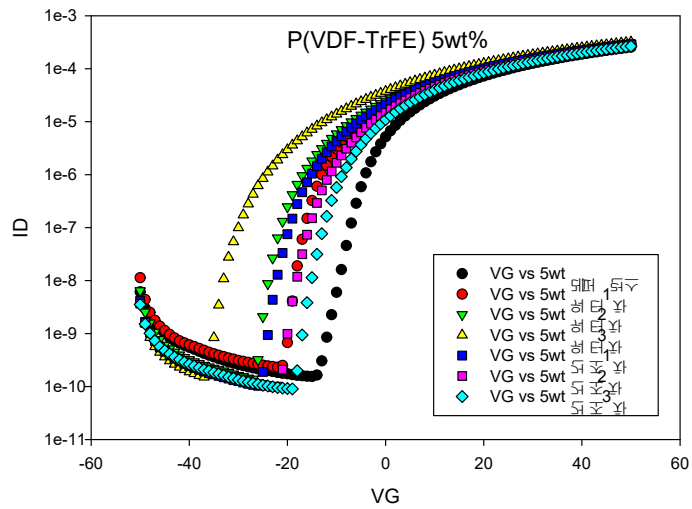
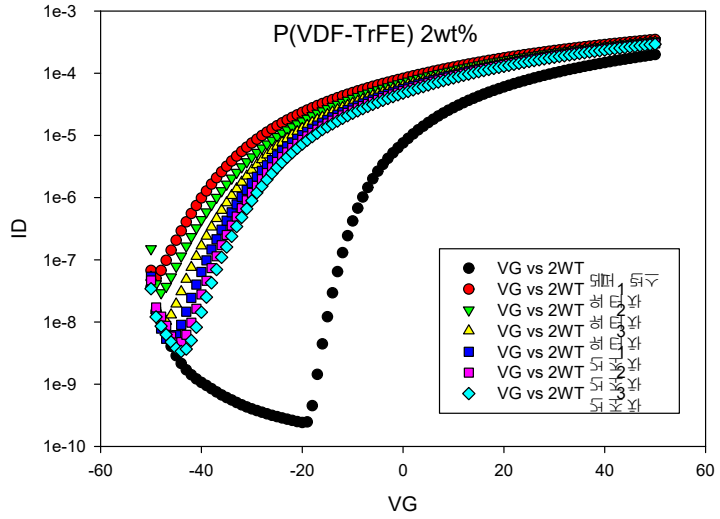
<여러 농도의 PMMA 고 분자를 코팅한 IGZO TFT의 Transfer Curve>

- PVA보다 물과의 친밀성이 약간 떨어지는 PMMA를 고분자 층의 재료로 사용하여 제작한 결과 물에 반응성이 매우 떨어지는 소자가 제작됨



<여러 농도의 Cytop 고분자를 코팅한 IGZO TFT의 Transfer Curve>

- 물과의 친밀성이 매우 떨어지는 CYTOP을 고분자 층의 재료로 사용하여 제작한 결과 물에 반응성이 거의 없음

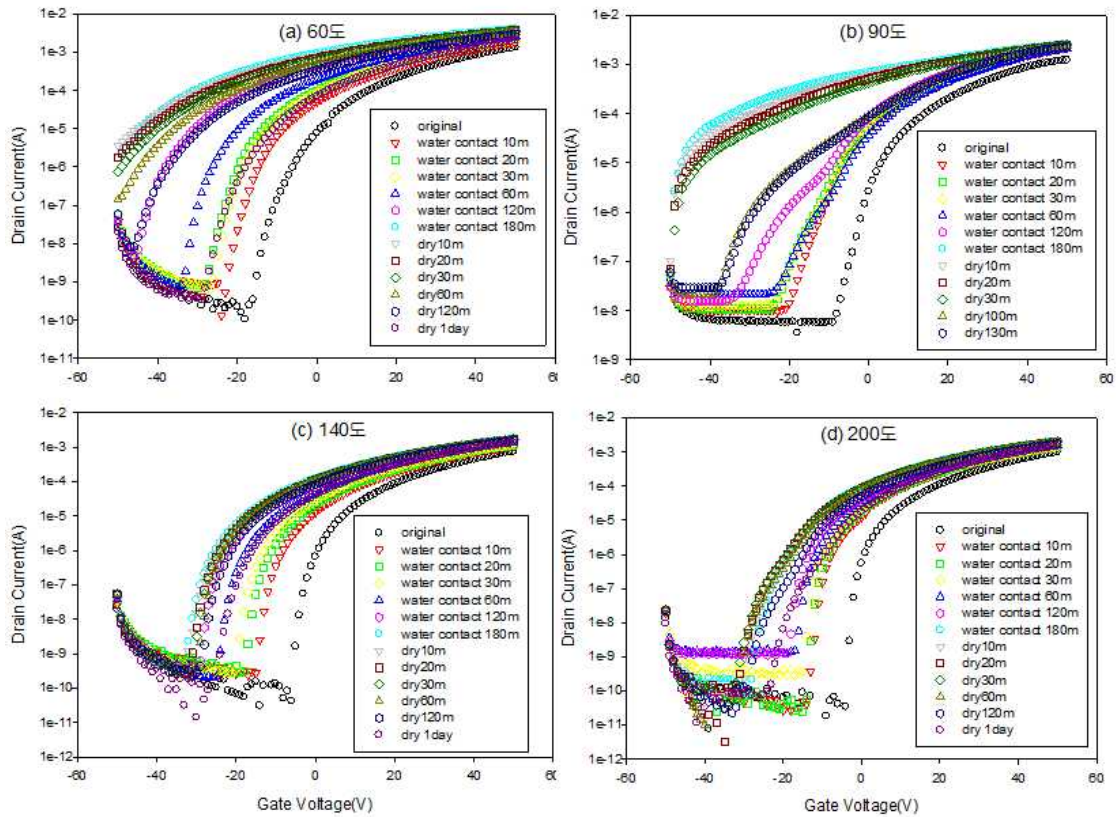


<여러 농도의 P(VDF-TrFE) 고분자를 코팅한 IGZO TFT의 Transfer Curve>

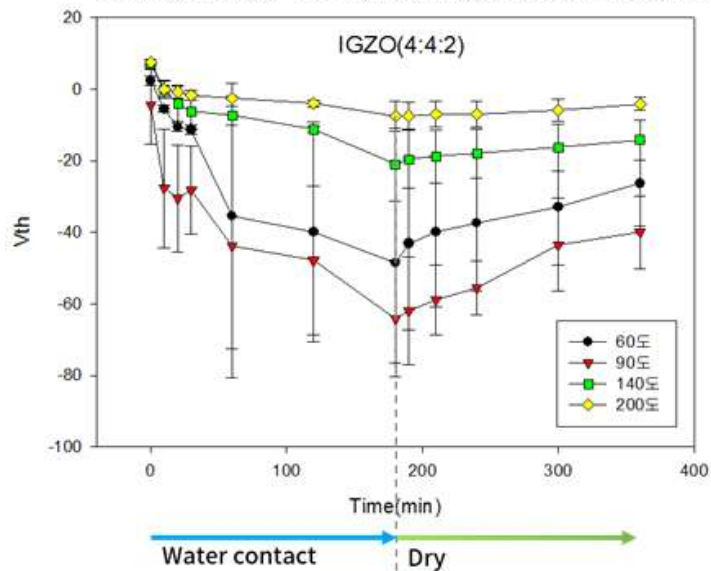
- P(VDF-TrFE)를 코팅한 IGZO TFT 그래프에서는 물에 대한 반응과 가역적인 반응을 확인할 수 있음. 이는 소수성이면서 멤브레인 성질을 띠는 P(VDF-TrFE) 성능 때문인 것으로 보임.

(3) P(VDF-TrFE) 구조 별 트랜지스터 성능 연구(열처리 온도, 가교제)

① P(VDF-TrFE)의 열처리 온도별 트랜지스터 성능 측정



<고분자 열처리 온도별로 제작된 IGZO TFT의 Transfer Curve>



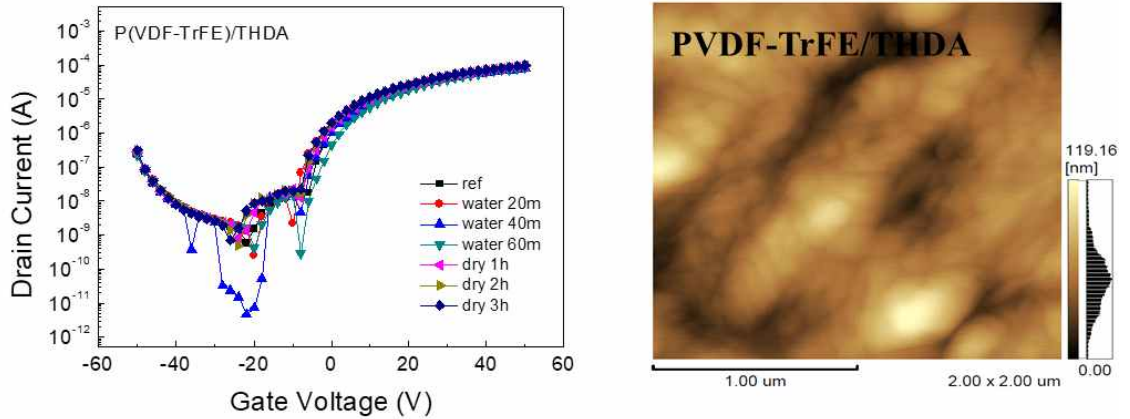
<고분자 열처리 온도별 물 접촉/건조에 따른 문턱전압>

- P(VDF-TrFE) 90°C 에서 열처리한 샘플에서만 수분 반응성을 확인
- P(VDF-TrFE) 200°C 에서 열처리한 샘플에서는 뚜렷한 변화가 일어나지 않음

② 원인 분석

- P(VDF-TrFE)의 열처리 온도가 120°C가 넘으면 다공성 구조를 잃게 됨
- 고분자 열처리 온도가 IGZO TFT의 수분 반응성에 영향을 미친다는 것을 확인
- 이는 고분자층의 다공성 구조로 인해 수분 반응이 일어나는 것을 의미함
- 이러한 고분자의 다공성 구조는 온도가 영향을 준다는 것을 통해서 좀 더 실증적인 물의 제어를 위해서 가교제를 섞어서 추가 실험을 진행함

③ P(VDF-TrFE)의 가교제에 따른 트랜지스터 성능 측정



<고분자에 가교제를 혼합하여 제작된 IGZO TFT의 Transfer Curve>

- P(VDF-TrFE)에 가교제인 THDA를 혼합하여 140°C에서 열처리하였을 때 물에 의한 TFT의 뚜렷한 반응성이 나타나지 않음

④ 원인 분석

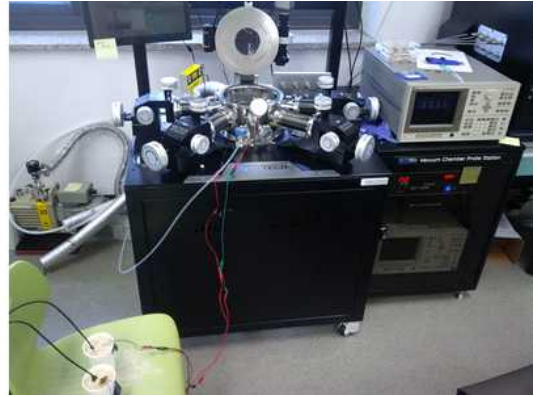
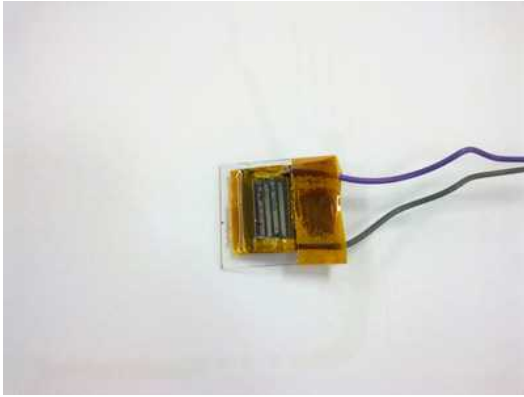
- 가교된 PVDF-TrFE를 기계적 강도가 증가하고 고유한 기공의 크기를 급격하게 감소시켜 수분에 대한 반응성을 급격히 감소시킴
- 장치의 전기적 특성을 바탕으로 P(VDF-TrFE)는 다공성 구조가 1차년도에 측정된 CYTOP 고유의 다공 구조와 동일하거나 그보다 훨씬 작아졌다는 것을 의미함

3. 시간에 따른 전기적 반응성 변화 경향 조사 및 전기적 신호와 수분량의 calibration

(1) 시계열 특성 변화

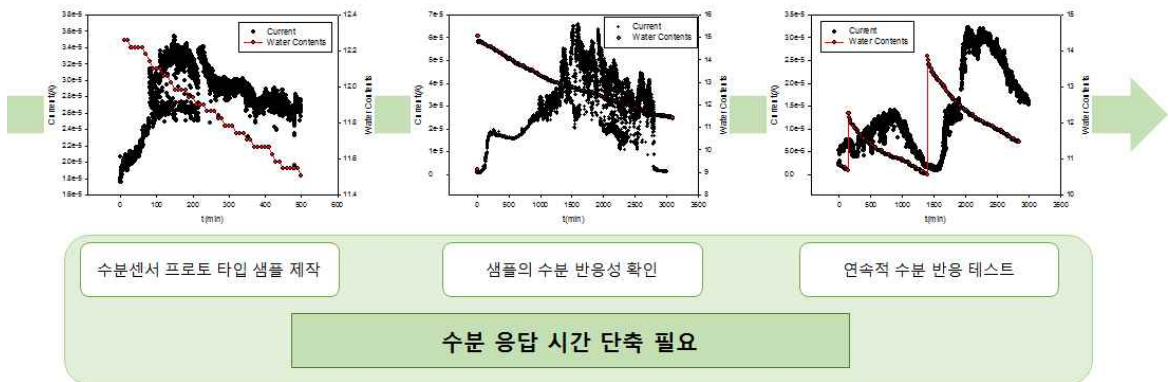
① 이용한 측정 장비 Set up 및 측정

- 모의 토양 환경 구축
- 상용 센서, 데이터 수집장치, 제작 샘플, 측정기 Set-up



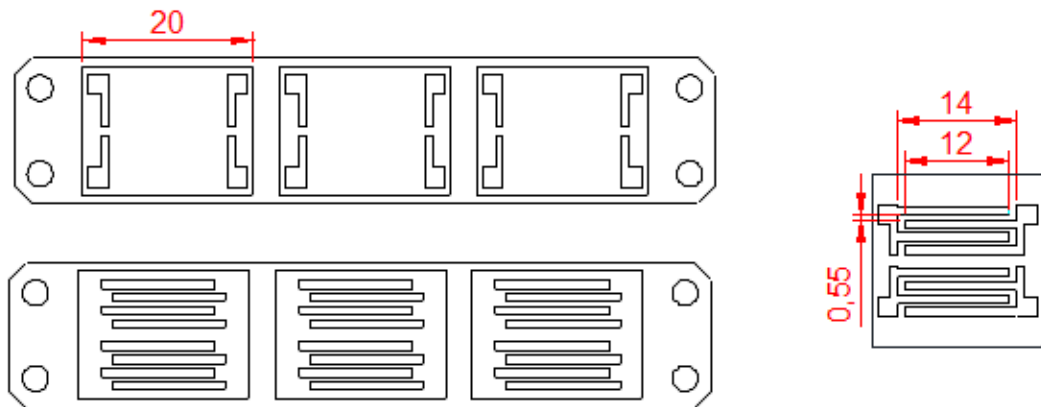
<고분자 열처리 온도별로 제작된 IGZO TFT의 Transfer Curve>

- 센서 삽입 결과, 수분에 대해 느린 응답시간을 가짐



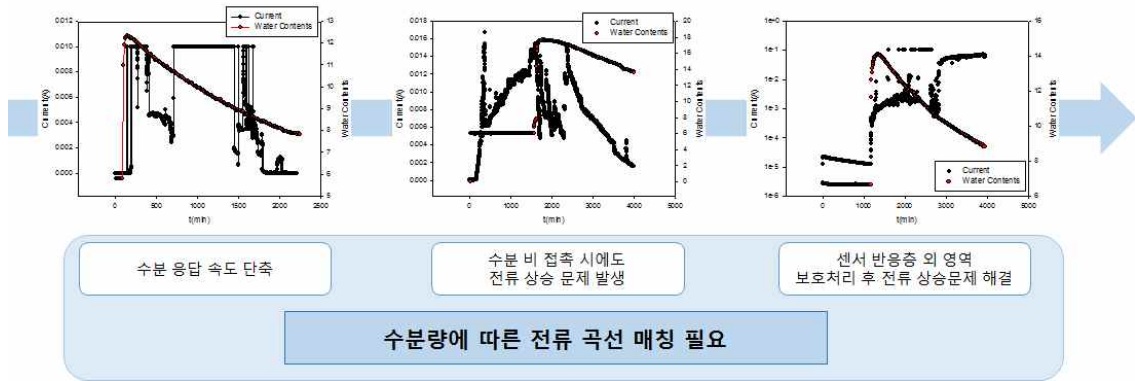
② 응답속도 개선 및 수분 반응성 안정화

- 소자 레이아웃 변경을 통한 응답속도 단축



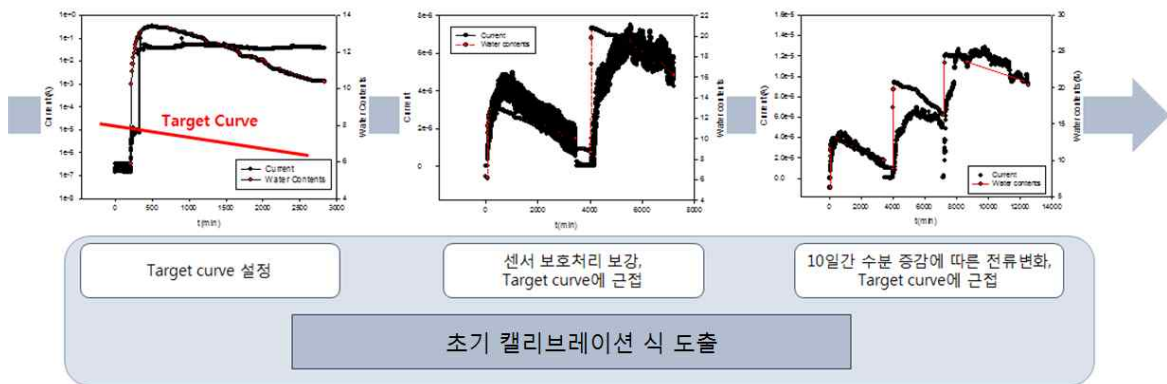
<응답 속도 증가를 위해 변경된 소자 제작용 마스크 레이아웃>

- 응답속도는 단축되었으나 불안정성이 나타남
- 비반응영역 보호처리의 필요



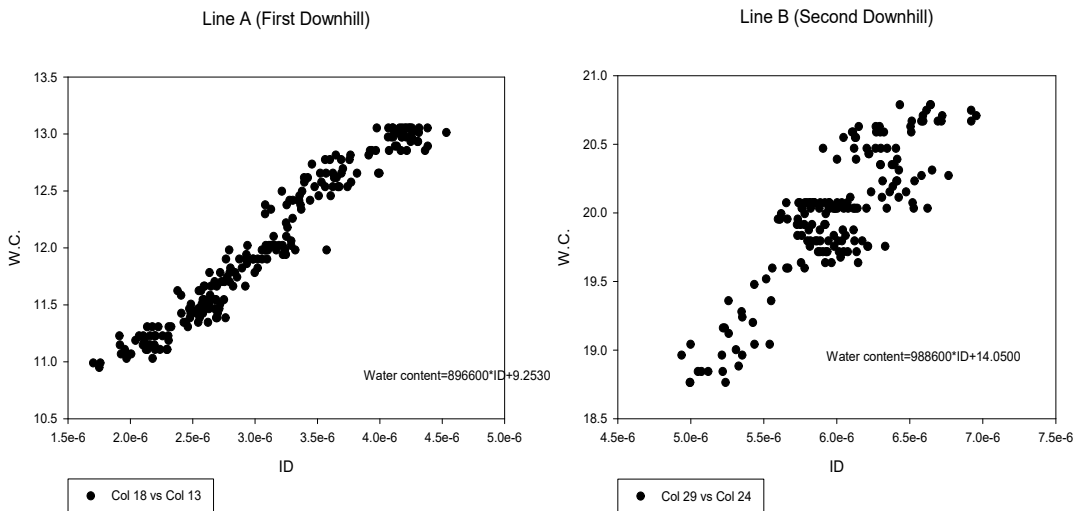
③ 비 반응영역의 보호막 개선

- 수분 반응성 안정화
- 반복적 측정에 따른 변화 측정



④ 추출된 자료를 바탕으로 한 캘리브레이션

- 선형반응성이 확인되었으나 안정성은 더욱 개선되어야 함



<캘리브레이션을 위한 데이터 추출 및 선형회귀식 도출>

4. 수분센서의 수분 공급에 의한 전류변화 감지 평가 시험 결과(시험성적서)

# 시험 성적서

## Test Report

Address of Laboratory : #613, #604, National NanoFab Center, KAIST, 291 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea  
#273, E2 Building, Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea

Report No. : KS-19-20-0738  
Page(s) : 7 (177Page)

**K-sensor**  
KOREA SENSOR LAB  
한국센서연구소

1. 의뢰자 Client

기관명 Name : 한밭대학교 산학협력단  
주소 Address : 대전광역시 유성구 동서대로 125(머령동)

2. 시험성적서의 용도 Use of Report : 외부 제출용

3. 시험대상품목(판권/시료명 Test Sample : 고분자 프린지스터 수분 센서

4. 시험기간 Date of Test : 2019. 11. 12. ~ 2019. 11. 19.

5. 시험방법 Test Method Used : 의뢰자가 제시한 시험 방법 참조

6. 시험환경 Test Environment : 온도 Temperature : (23 ± 2) ℃, 습도 Humidity : (31 ± 10) % R.H.  
시험장소 Test Location : 대전광역시 유성구 대학로 291, 카이스트 나노종합기술원 613호

7. 시험결과 Test Results

시험항목 Test Items	단위 Unit	결과 Result	측정불확도(신뢰수준 약 95%, k=2) Measurement Uncertainty
수분에 의한 센서의 전류변화 감지	µA	표 12 참조	-

확인 Affirmation	작성자 Tested by 성명 Name : 조용수 (Signature)	기술책임자 Technical Manager 성명 Name : 이희명 (서명 Signature)
-------------------	--	---



2019. 12. 02.  
**한국센서연구소 대표이사(인)**  
Chief Executive Officer of Korea Sensor Lab Co., Ltd.

본 성적서는 의뢰자가 제공한 시료를 가지고 한국센서연구소에서 실시한 시험결과임을 증명합니다.  
본 성적서의 시험 결과는 한국공인시험기관의 KOLAS 인정 분야와 관련이 없습니다.  
이 성적서는 지정된 용도 이외의 사용을 엄격히 금지합니다.

This test report proves that the results have been obtained through the test conducted by Korea Sensor Lab using the sample(s) provided by the client.  
The test results of this report are not accredited by KOLAS.  
It is strictly prohibited to use this report for purposes other than the usage specified above.

대전광역시 유성구 대학로 291 카이스트 나노종합기술원 804호 TEL : 042-936-6361 FAX : 042-963-5361  
#604, National NanoFab Center, 291 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea TEL : +82-42-936-6361 FAX : +82-42-963-5361  
이 성적서의 권위는 전자기술책임자(인)의 전자부서명 확인하실 수 있습니다.  
Contact technical manager to confirm the authenticity of this test result.

KS-QP-02-01-02(A)



# 시험결과

## Test Results

한국센서연구소		성적서 번호 Report No. : KS-19-20-073호 Page(2) / (17)Pages
Address of Laboratory	#613, #606, National NanoFab Center, KAIST, 291 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea #273, E2 Building, Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea	

### 7.1 시험 목적

- 본 시험은 한밭대학교 산학협력단에서 자체 제작한 고분자 트랜지스터 수분 센서의 수분 공급에 의한 전류변화 감지 평가가 목적임. 수분에 의한 고분자 트랜지스터 수분 센서의 전류변화 감지는 의뢰자가 제공한 5 개의 고분자 트랜지스터 수분 센서를 사용하여 수분 공급 전과 후의 Drain 전류 변화에 대한 시간 의존성을 측정하여 평가함

### 7.2 시험 시료

- 시험에 사용된 시료는 그림 1과 같으며 Device 1에 3 개(D1Ch1, D1Ch2, D1Ch3), Device 2에 2 개(D2Ch1, D2Ch2)임
- 시료는 3 단자 고분자 트랜지스터로 Gate 공통단자, Drain, Source로 구성되어 있음. Drain, Source 단자는 별도 지정되지 않는 조건임

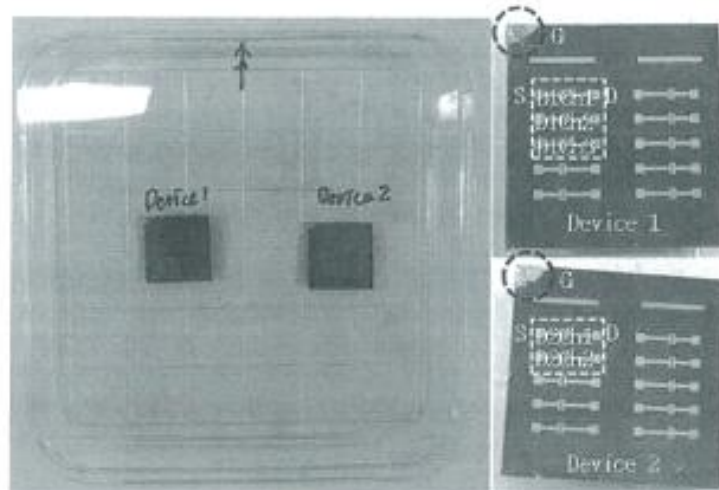


그림 1. 시료 사진

KS-QP-20-01-02(B)

2020년 1월 10일

# 시험결과

## Test Results

한국센서연구소	성적서 번호 Report No.
Address of Laboratory #613, #606, National NanoFab Center, KAIST, 291 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea #273, E2 Building, Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea	: KS-19-20-073호 Page(3) / (17)Pages

○ 시료에 대한 정보는 표 1과 같음

표 1. 시료 정보

항목	시료 정보
시료명/제품명	고분자 트랜지스터 수분 센서
시료 개수	5 EA (D1Ch1, D1Ch2, D1Ch3, D2Ch1, D2Ch2)

### 7.3 시험 장비

○ 표 2는 사용된 장비 정보임

표 2. 시험에 사용한 장비 정보

No.	시험 장비	차기 교정 예정일자
1	온습도계	KOLAS 교정(2019. 12. 10.)
2	Precision Semiconductor Parameter Analyzer	KOLAS 교정(2020. 7. 16.)
3	Probe Station	교정 불필요

### 7.4 시험용어 정의

- Probe Station : 전기적 특성을 측정하기 위하여 시료의 3 단자(Source, Gate, Drain)에 Positioner를 이용하여 전기적 접촉이 가능하도록 하는 장치
- Drain 전류 vs. Gate 전압 시험 : 고정된 Drain 전압 하에서 Gate 전압 변화에 따른 Drain 전류 변화를 측정하는 시험
- Drain 전류 변화 vs. 시간 시험 : 고분자 트랜지스터 수분센서의 수분 공급 전과 후의 Drain 전류 변화를 시간에 대하여 측정하는 시험

KS-QP-20-01-02(B)

SENSOR

# 시험결과

## Test Results

한국센서연구소		성적서 번호 Report No. : KS-19-20-073호 Page(4) / (17)Pages
Address of Laboratory	#613, #606, National NanoFab Center, KAIST, 291 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea #373, E2 Building, Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea	

### 7.5 시험 방법 및 조건

- 그림 2는 고분자 트랜지스터 수분 센서의 전류변화 감지를 측정하기 위하여 Probe Station에 측정 Device를 위치시킨 것을 나타냄
- 고분자 트랜지스터 수분센서의 전류변화를 감지하기 위하여 Source, Gate, Drain PAD에 텅스텐 Probe를 위치 하였으며 5 V Drain 전압 하에서 Gate 전압을 -20 V에서 +20 V까지 0.5 V 간격으로 변화시키며 Drain 전류 측정
- 상기 측정 결과로부터 Drain 전류가 1  $\mu$ A 이상이 되는 Gate 전압을 확인하여 시간에 따른 Drain 전류 변화를 측정
- 전류변화 감지 평가를 위하여 Drain 전류 vs. Gate 전압 전기적 특성으로부터 결정된 조건 하에서 시작 시간부터 5 min까지 5 s 간격으로 Drain 전류 측정
- 5 min 이후부터는 수분을 공급하며 1 hr 동안 5 s 간격으로 Drain 전류 변화를 측정
- 수분은 고객이 실험 적용 요청한 DI Water를 사용하여 소형주사기로 고분자 트랜지스터 수분센서에 공급하였음. DI Water Mark를 Probe Station 현미경으로 점살 확인 후 시험 진행함. DI Water는 20 min 간격으로 상태 확인 후 추가 공급함



그림 2. Probe Station 에 위치한 고분자 트랜지스터 수분센서

# 시험결과

## Test Results

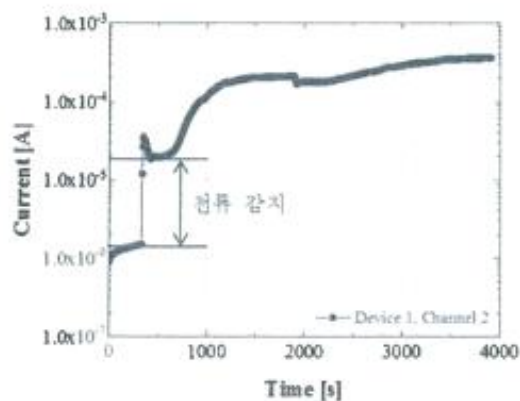
한국센서연구소	성적서 번호 Report No.
Address of Laboratory #813, #606, National NanoFab Center, KAIST, 291 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea #273, E2 Building, Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea	: KS-19-20-073호
	Page(5) / (17)Pages

○ 표 3은 고분자 트랜지스터 수분센서의 시험 조건 및 평가 방법임

표 3. 고분자 트랜지스터 수분센서의 시험 조건 및 평가 방법

측정 인자	측정 방법	측정 횟수
고분자 트랜지스터 수분센서의 전류 변화 감지	<ol style="list-style-type: none"> <li>5 V Drain 전압 하에서 Gate 전압을 -20 V 부터 +20 V까지 0.5 V 간격으로 측정</li> <li>Drain 전류가 1 <math>\mu</math>A 이상인 Gate 전압 확인</li> <li>Drain 전류가 1 <math>\mu</math>A 이상인 Gate 전압 및 5 V Drain 전압조건 하에서 Drain 전류의 시간의존성 측정</li> <li>시작시간부터 5 min까지 5 s 간격으로 측정된 Drain 전류의 평균값 확인</li> <li>5 min이후 수분을 공급하며 5 s 간격으로 1 hr 동안 측정된 Drain 전류 변화 결과로부터 최소값 확인</li> <li>시작 시간부터 5 min 까지의 Drain 전류 평균값과 수분공급 이후 Drain 전류 변화 최소값의 차를 계산하여 고분자 트랜지스터 수분센서의 전류변화 감지 평가. 수분센서 감지 평가는 수분 공급 후 20 s 이후의 Drain 전류 변화에서 최소값 추출하여 적용</li> </ol>	5 시료 $\times$ 1 회

○ 그림 3은 고분자 트랜지스터 수분센서의 전류 변화 감지 평가 방법을 나타낸 것임



KS-QP-20-01-02(B)

한국센서연구소  
National NanoFab Center, KAIST

# 시험결과

## Test Results

<b>한국센서연구소</b>		성적서 번호 Report No. : KS-19-20-073호 Page(6) / (17)Pages
Address of Laboratory	#613, #606, National Nanofab Center, KAIST, 291 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea #273, E2 Building, Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea	

그림 3. 고분자 트랜지스터 수분센서의 전류 변화 감지 평가(D1Ch2)

### 7.6 시험 구성도

- 그림 4는 고분자 트랜지스터 수분센서의 전류 변화 감지를 위한 구성도로 Device 1 에 대하여 나타낸 것임. Device 2 측정도 동일한 구성도로 진행함

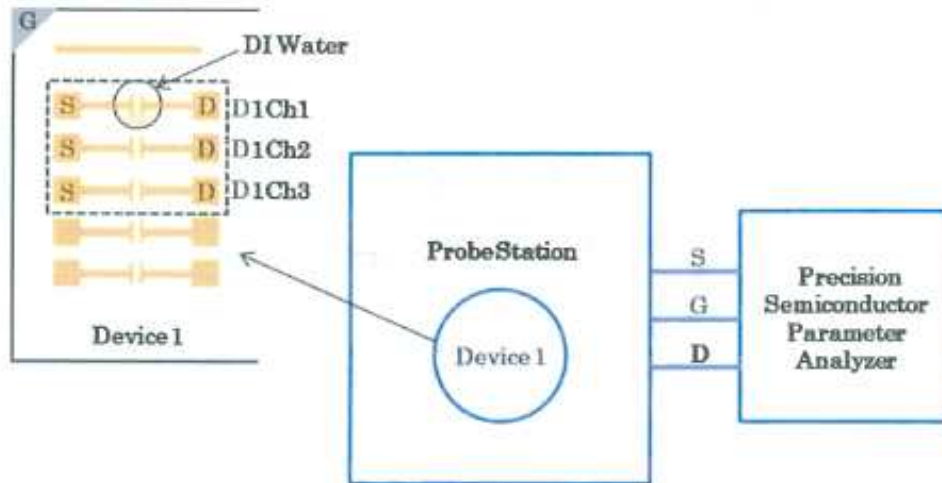


그림 4. 고분자 트랜지스터 수분센서의 전류 변화 감지 시험 구성도

# 시험결과

## Test Results

<p style="text-align: center;"><b>한국센서연구소</b></p> <p>Address of Laboratory #613, #606, National NanoFab Center, KAIST, 291 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea #273, E2 Building, Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea</p>	<p>상적서 번호 Report No. : KS-19-20-073호 Page(7) / (17)Pages</p>
--	--

### 7.7 시험 결과

- 표 4는 고분자 트랜지스터 수분 센서의 5 V Drain 전압 하에서 Gate 전압 변화에 따른 Drain 전류 변화를 측정한 Raw Data 임

표 4. 고분자 트랜지스터 수분 센서의 Drain 전류 Raw Data

Gate 전압 [V]	Device 1 Drain 전류 [ $\mu$ A]			Device 2 Drain 전류 [ $\mu$ A]	
	D1Ch1	D1Ch2	D1Ch3	D2Ch1	D2Ch2
-20.0	$4.381 \times 10^3$	$5.991 \times 10^2$	$7.057 \times 10^1$	1.669	$1.146 \times 10^{-2}$
-19.5	$1.575 \times 10^3$	$7.790 \times 10^2$	$7.111 \times 10^1$	1.670	$3.794 \times 10^{-3}$
-19.0	$8.053 \times 10^4$	$9.876 \times 10^2$	$7.164 \times 10^1$	1.669	$2.766 \times 10^{-3}$
-18.5	$5.029 \times 10^4$	$1.231 \times 10^1$	$7.219 \times 10^1$	1.668	$2.461 \times 10^{-3}$
-18.0	$3.511 \times 10^4$	$1.512 \times 10^1$	$7.275 \times 10^1$	1.670	$2.365 \times 10^{-3}$
-17.5	$2.509 \times 10^4$	$1.827 \times 10^1$	$7.331 \times 10^1$	1.668	$2.334 \times 10^{-3}$
-17.0	$1.910 \times 10^4$	$2.187 \times 10^1$	$7.388 \times 10^1$	1.669	$2.311 \times 10^{-3}$
-16.5	$1.519 \times 10^4$	$2.596 \times 10^1$	$7.445 \times 10^1$	1.672	$2.299 \times 10^{-3}$
-16.0	$1.243 \times 10^4$	$3.057 \times 10^1$	$7.503 \times 10^1$	1.672	$2.273 \times 10^{-3}$
-15.5	$1.047 \times 10^4$	$3.573 \times 10^1$	$7.561 \times 10^1$	1.670	$2.281 \times 10^{-3}$
-15.0	$8.975 \times 10^5$	$4.148 \times 10^1$	$7.621 \times 10^1$	1.670	$2.266 \times 10^{-3}$
-14.5	$7.803 \times 10^5$	$4.789 \times 10^1$	$7.682 \times 10^1$	1.672	$2.253 \times 10^{-3}$
-14.0	$6.854 \times 10^5$	$5.495 \times 10^1$	$7.743 \times 10^1$	1.669	$2.232 \times 10^{-3}$
-13.5	$6.099 \times 10^5$	$6.272 \times 10^1$	$7.806 \times 10^1$	1.668	$2.215 \times 10^{-3}$
-13.0	$5.475 \times 10^5$	$7.124 \times 10^1$	$7.867 \times 10^1$	1.668	$2.201 \times 10^{-3}$
-12.5	$4.940 \times 10^5$	$8.046 \times 10^1$	$7.931 \times 10^1$	1.667	$2.206 \times 10^{-3}$
-12.0	$4.499 \times 10^5$	$9.048 \times 10^1$	$7.996 \times 10^1$	1.671	$2.196 \times 10^{-3}$
-11.5	$4.107 \times 10^5$	1.014	$8.061 \times 10^1$	1.671	$2.178 \times 10^{-3}$

KS-QP-20-01-02(B)

한국센서연구소

# 시험결과

## Test Results

한국센서연구소		성적서 번호 Report No. : KS-19-20-073호 Page(8) / (17)Pages
Address of Laboratory	#613, #606, National NanoFab Center, KAIST, 291 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea #273, E2 Building, Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea	

-11.0	$3.776 \times 10^{-5}$	1.134	$8.128 \times 10^1$	1.670	$2.182 \times 10^{-3}$
-10.5	$3.479 \times 10^{-5}$	1.260	$8.195 \times 10^1$	1.672	$2.231 \times 10^{-3}$
-10.0	$3.222 \times 10^{-5}$	1.400	$8.263 \times 10^1$	1.673	$2.292 \times 10^{-3}$
-9.5	$2.997 \times 10^{-5}$	1.550	$8.333 \times 10^1$	1.671	$2.308 \times 10^{-3}$
-9.0	$2.812 \times 10^{-5}$	1.709	$8.404 \times 10^1$	1.672	$2.298 \times 10^{-3}$
-8.5	$2.879 \times 10^{-5}$	1.879	$8.476 \times 10^1$	1.672	$2.270 \times 10^{-3}$
-8.0	$5.132 \times 10^{-5}$	2.061	$8.550 \times 10^1$	1.671	$2.351 \times 10^{-3}$
-7.5	$1.790 \times 10^{-4}$	2.254	$8.625 \times 10^1$	1.673	$2.593 \times 10^{-3}$
-7.0	$6.046 \times 10^{-4}$	2.458	$8.700 \times 10^1$	1.673	$3.118 \times 10^{-3}$
-6.5	$1.668 \times 10^{-3}$	2.675	$8.777 \times 10^1$	1.675	$4.128 \times 10^{-3}$
-6.0	$3.815 \times 10^{-3}$	2.904	$8.856 \times 10^1$	1.674	$5.865 \times 10^{-3}$
-5.5	$7.628 \times 10^{-3}$	3.147	$8.936 \times 10^1$	1.673	$8.718 \times 10^{-3}$
-5.0	$1.390 \times 10^{-2}$	3.402	$9.017 \times 10^1$	1.673	$1.303 \times 10^{-2}$
-4.5	$2.355 \times 10^{-2}$	3.672	$9.100 \times 10^1$	1.672	$1.950 \times 10^{-2}$
-4.0	$3.776 \times 10^{-2}$	3.955	$9.184 \times 10^1$	1.672	$2.875 \times 10^{-2}$
-3.5	$5.770 \times 10^{-2}$	4.253	$9.270 \times 10^1$	1.673	$4.153 \times 10^{-2}$
-3.0	$8.462 \times 10^{-2}$	4.565	$9.357 \times 10^1$	1.674	$5.866 \times 10^{-2}$
-2.5	$1.199 \times 10^{-1}$	4.893	$9.446 \times 10^1$	1.674	$8.117 \times 10^{-2}$
-2.0	$1.663 \times 10^{-1}$	5.235	$9.537 \times 10^1$	1.675	$1.100 \times 10^{-1}$
-1.5	$2.234 \times 10^{-1}$	5.593	$9.629 \times 10^1$	1.675	$1.462 \times 10^{-1}$
-1.0	$2.924 \times 10^{-1}$	5.967	$9.722 \times 10^1$	1.675	$1.912 \times 10^{-1}$
-0.5	$3.741 \times 10^{-1}$	6.357	$9.816 \times 10^1$	1.675	$2.454 \times 10^{-1}$
0.0	$4.691 \times 10^{-1}$	6.763	$9.913 \times 10^1$	1.671	$3.099 \times 10^{-1}$
0.5	$5.783 \times 10^{-1}$	7.186	$1.001 \times 10^2$	1.668	$3.841 \times 10^{-1}$
1.0	$7.012 \times 10^{-1}$	7.626	$1.011 \times 10^2$	1.672	$4.726 \times 10^{-1}$
1.5	$8.450 \times 10^{-1}$	8.083	$1.021 \times 10^2$	1.671	$5.744 \times 10^{-1}$

KS-QP-20-01-02(B)

센서코리아

# 시험결과

## Test Results

한국센서연구소		성적서 번호 Report No. : KS-19-20-073호 Page(9) / (17)Pages
Address of Laboratory	#613, #606, National NanoFab Center, KAIST, 291 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea #273, E2 Building, Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea	

2.0	1.006	8.559	$1.031 \times 10^2$	1.671	$6.900 \times 10^{-1}$
2.5	1.185	9.053	$1.042 \times 10^2$	1.671	$8.203 \times 10^{-1}$
3.0	1.372	9.566	$1.052 \times 10^2$	1.671	$9.630 \times 10^{-1}$
3.5	1.583	$1.010 \times 10^1$	$1.063 \times 10^2$	1.668	1.119
4.0	1.814	$1.065 \times 10^1$	$1.074 \times 10^2$	1.668	1.294
4.5	2.061	$1.122 \times 10^1$	$1.085 \times 10^2$	1.669	1.469
5.0	2.326	$1.181 \times 10^1$	$1.096 \times 10^2$	1.668	1.667
5.5	2.610	$1.241 \times 10^1$	$1.108 \times 10^2$	1.672	1.881
6.0	2.911	$1.303 \times 10^1$	$1.119 \times 10^2$	1.672	2.109
6.5	3.229	$1.368 \times 10^1$	$1.131 \times 10^2$	1.671	2.350
7.0	3.566	$1.434 \times 10^1$	$1.143 \times 10^2$	1.671	2.614
7.5	3.921	$1.503 \times 10^1$	$1.155 \times 10^2$	1.670	2.834
8.0	4.294	$1.573 \times 10^1$	$1.167 \times 10^2$	1.670	3.083
8.5	4.686	$1.644 \times 10^1$	$1.179 \times 10^2$	1.670	3.383
9.0	5.095	$1.718 \times 10^1$	$1.192 \times 10^2$	1.670	3.681
9.5	5.523	$1.794 \times 10^1$	$1.204 \times 10^2$	1.671	3.981
10.0	5.968	$1.871 \times 10^1$	$1.217 \times 10^2$	1.672	4.271
10.5	6.432	$1.950 \times 10^1$	$1.230 \times 10^2$	1.670	4.600
11.0	6.913	$2.031 \times 10^1$	$1.243 \times 10^2$	1.670	4.948
11.5	7.412	$2.113 \times 10^1$	$1.256 \times 10^2$	1.670	5.305
12.0	7.929	$2.198 \times 10^1$	$1.269 \times 10^2$	1.671	5.707
12.5	8.466	$2.284 \times 10^1$	$1.283 \times 10^2$	1.671	6.087
13.0	9.019	$2.372 \times 10^1$	$1.296 \times 10^2$	1.670	6.497
13.5	9.590	$2.461 \times 10^1$	$1.310 \times 10^2$	1.670	6.893
14.0	$1.018 \times 10^1$	$2.553 \times 10^1$	$1.324 \times 10^2$	1.669	7.350
14.5	$1.080 \times 10^1$	$2.646 \times 10^1$	$1.338 \times 10^2$	1.669	7.786

KS-QP-20-01-02(B)





# 시험결과

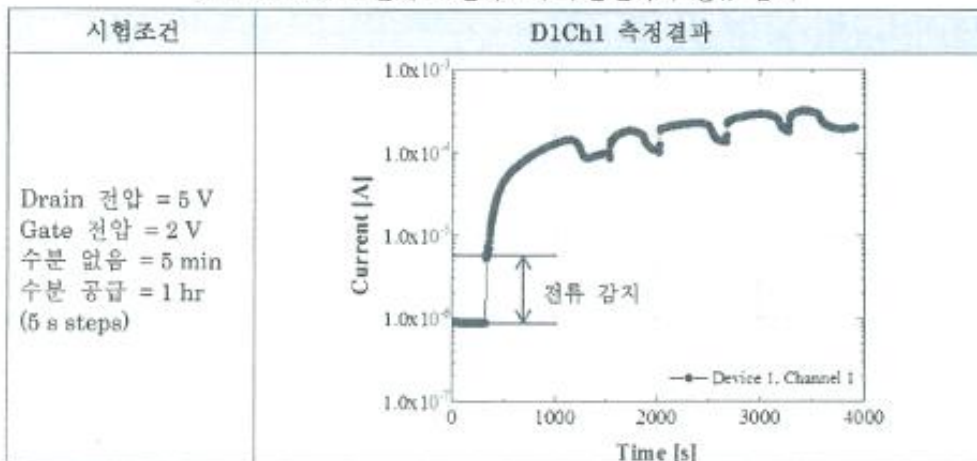
## Test Results

한국센서연구소		성적서 번호 Report No.
Address of Laboratory	#613, #606, National NanoFab Center, KAIST, 291 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea #273, E2 Building, Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea	: KS-19-20-073호
		Page(10) / (17)Pages

15.0	$1.140 \times 10^1$	$2.741 \times 10^1$	$1.352 \times 10^2$	1.672	8.265
15.5	$1.204 \times 10^1$	$2.837 \times 10^1$	$1.366 \times 10^2$	1.669	8.748
16.0	$1.269 \times 10^1$	$2.936 \times 10^1$	$1.381 \times 10^2$	1.671	9.270
16.5	$1.337 \times 10^1$	$3.035 \times 10^1$	$1.395 \times 10^2$	1.670	9.796
17.0	$1.407 \times 10^1$	$3.137 \times 10^1$	$1.410 \times 10^2$	1.671	$1.033 \times 10^1$
17.5	$1.478 \times 10^1$	$3.240 \times 10^1$	$1.425 \times 10^2$	1.671	$1.088 \times 10^1$
18.0	$1.552 \times 10^1$	$3.345 \times 10^1$	$1.439 \times 10^2$	1.672	$1.147 \times 10^1$
18.5	$1.626 \times 10^1$	$3.451 \times 10^1$	$1.454 \times 10^2$	1.670	$1.205 \times 10^1$
19.0	$1.703 \times 10^1$	$3.560 \times 10^1$	$1.470 \times 10^2$	1.672	$1.265 \times 10^1$
19.5	$1.782 \times 10^1$	$3.669 \times 10^1$	$1.485 \times 10^2$	1.672	$1.320 \times 10^1$
20.0	$1.862 \times 10^1$	$3.781 \times 10^1$	$1.500 \times 10^2$	1.671	$1.387 \times 10^1$

- 표 5는 D1Ch1 고분자 트랜지스터 수분센서의 Drain 전류 vs. Gate 전압 측정 결과로부터 Drain 전류가 1  $\mu$ A 이상인 Gate 전압 조건 확인 후 Drain 전류의 시간의존성을 측정한 결과임

표 5. D1Ch1 고분자 트랜지스터 수분센서의 전류 감지



KS-QP-20-01-02(B)

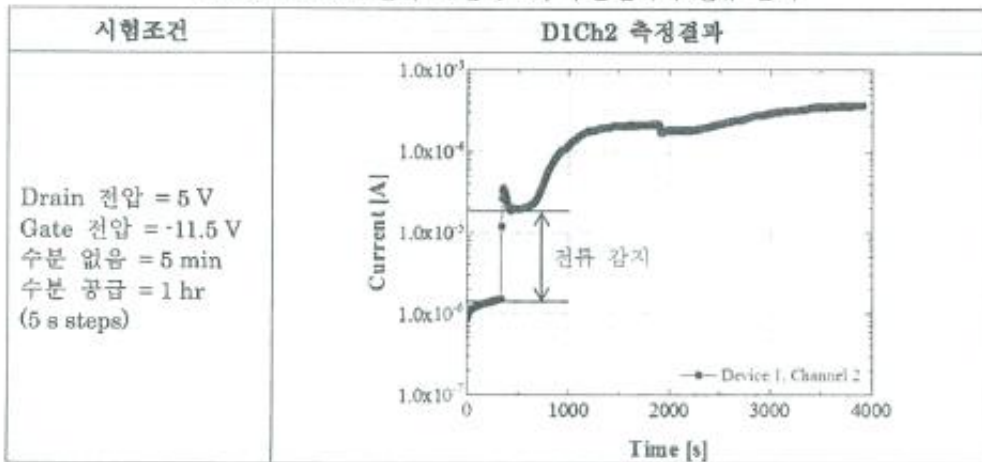
# 시험결과

## Test Results

<b>한국센서연구소</b>		성적서 번호 Report No. : KS-19-20-073호 Page(11) / (17)Pages
Address of Laboratory	#613, #606, National NanoFab Center, KAIST, 291 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea #273, E2 Building, Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea	

- 표 6은 D1Ch2 고분자 트랜지스터 수분센서의 Drain 전류 vs. Gate 전압 측정 결과로부터 Drain 전류가 1  $\mu$ A 이상인 Gate 전압 조건 확인 후 Drain 전류의 시간의존성을 측정한 결과임

표 6. D1Ch2 고분자 트랜지스터 수분센서의 전류 감지



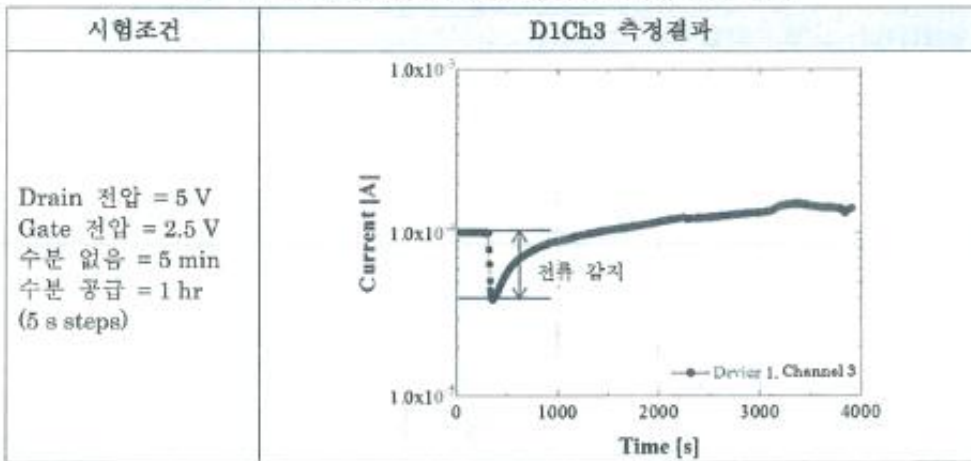
- 표 7은 D1Ch3 고분자 트랜지스터 수분센서의 Drain 전류 vs. Gate 전압 측정 결과로부터 Drain 전류가 1  $\mu$ A 이상인 Gate 전압 조건 확인 후 Drain 전류의 시간의존성을 측정한 결과임

# 시험결과

## Test Results

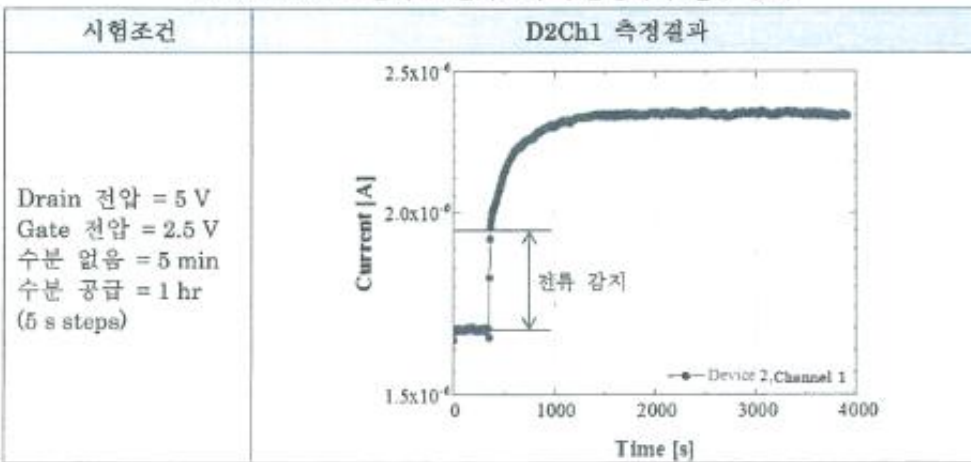
한국셀서연구소		성적서 번호 Report No. : KS-19-20-073호 Page(12) / (17)Pages
Address of Laboratory	#613, #606, National NanoFab Center, KAIST, 291 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea #273, E2 Building, Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea	

표 7. D1Ch3 고분자 트랜지스터 수분센서의 전류 감지



○ 표 8은 D2Ch1 고분자 트랜지스터 수분센서의 Drain 전류 vs. Gate 전압 측정 결과로부터 Drain 전류가 1  $\mu$ A 이상인 Gate 전압 조건 확인 후 Drain 전류의 시간의존성을 측정한 결과임

표 8. D2Ch1 고분자 트랜지스터 수분센서의 전류 감지



KS-QP-20-01-02(B)

2019. 12. 10. 14:52:00  
 2019. 12. 10. 14:52:00

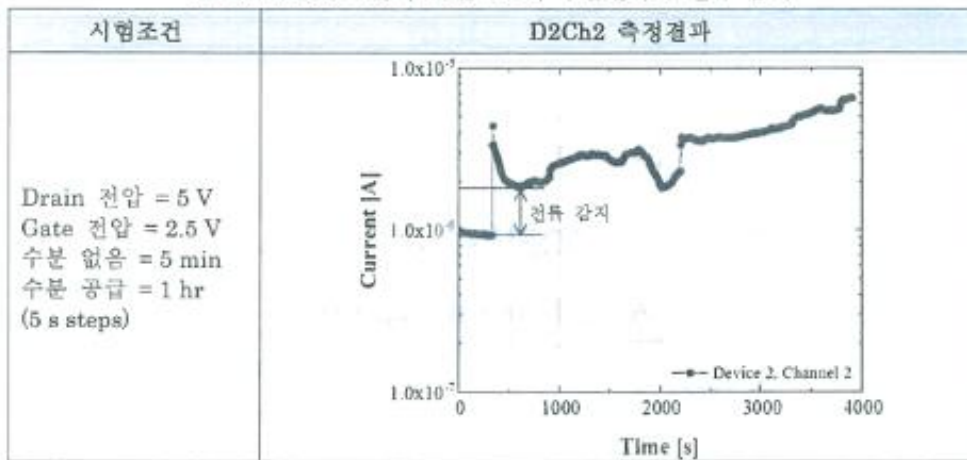
# 시험결과

## Test Results

한국센서연구소	성적서 번호 Report No.
Address of Laboratory #613, #606, National NanoFab Center, KAIST, 201 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea #273, E2 Building, Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea	: KS-19-20-073호 Page(13) / (17)Pages

- 표 9는 D2Ch2 고분자 트랜지스터 수분센서의 Drain 전류 vs. Gate 전압 측정 결과로부터 Drain 전류가 1  $\mu\text{A}$  이상인 Gate 전압 조건 확인 후 Drain 전류의 시간의존성을 측정한 결과임

표 9. D2Ch2 고분자 트랜지스터 수분센서의 전류 감지



- 표 10은 고분자 트랜지스터 수분센서의 전류 감지 시험의 Raw Data 결과이며, 50 s 간격으로 결과를 기록함

표 10. 고분자 트랜지스터 수분센서의 전류 감지 시험의 Raw Data 결과

시간 [s]	Device 1 Drain 전류 [ $\mu\text{A}$ ]			Device 2 Drain 전류 [ $\mu\text{A}$ ]	
	D1Ch1	D1Ch2	D1Ch3	D2Ch1	D2Ch2
0	$8.861 \times 10^{-1}$	$9.145 \times 10^{-1}$	$1.004 \times 10^2$	1.635	1.001
50	$8.918 \times 10^{-1}$	1.159	$1.004 \times 10^2$	1.661	$9.645 \times 10^{-1}$
100	$8.896 \times 10^{-1}$	1.243	$1.003 \times 10^2$	1.661	$9.527 \times 10^{-1}$
150	$8.885 \times 10^{-1}$	1.309	$1.002 \times 10^2$	1.667	$9.451 \times 10^{-1}$
200	$8.874 \times 10^{-1}$	1.368	$1.001 \times 10^2$	1.662	$9.394 \times 10^{-1}$

KS-QP-20-01-02(B)

2020.01.21

# 시험결과

## Test Results

한국센서연구소		실적서 번호 Report No.
Address of Laboratory	#613, #606, National NanoFab Center, KAIST, 291 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea #273, E2 Building, Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea	: KS-19-20-073호 Page(14) / (17)Pages

250	$8.867 \times 10^{-1}$	1.422	$1.001 \times 10^2$	1.662	$9.350 \times 10^{-1}$
300	$8.861 \times 10^{-1}$	1.472	$9.999 \times 10^2$	1.660	$9.313 \times 10^{-1}$
350	6.151	$3.505 \times 10^1$	$3.922 \times 10^3$	1.641	3.205
400	$2.007 \times 10^1$	$2.111 \times 10^1$	$4.280 \times 10^3$	2.020	2.577
450	$3.353 \times 10^1$	$1.971 \times 10^1$	$4.992 \times 10^3$	2.069	2.076
500	$4.515 \times 10^1$	$1.945 \times 10^1$	$5.679 \times 10^3$	2.133	1.950
550	$5.459 \times 10^1$	$1.991 \times 10^1$	$6.304 \times 10^3$	2.170	1.906
600	$6.325 \times 10^1$	$2.107 \times 10^1$	$6.766 \times 10^3$	2.207	1.862
650	$7.213 \times 10^1$	$2.306 \times 10^1$	$7.130 \times 10^3$	2.219	1.876
700	$8.046 \times 10^1$	$2.888 \times 10^1$	$7.453 \times 10^3$	2.237	1.953
750	$8.903 \times 10^1$	$4.091 \times 10^1$	$7.753 \times 10^3$	2.246	2.007
800	$9.764 \times 10^1$	$5.901 \times 10^1$	$8.023 \times 10^3$	2.258	1.975
850	$1.061 \times 10^2$	$7.576 \times 10^1$	$8.288 \times 10^3$	2.271	1.993
900	$1.142 \times 10^2$	$9.262 \times 10^1$	$8.539 \times 10^3$	2.287	2.099
950	$1.218 \times 10^2$	$1.044 \times 10^2$	$8.726 \times 10^3$	2.293	2.497
1 000	$1.294 \times 10^2$	$1.189 \times 10^2$	$8.870 \times 10^3$	2.292	2.570
1 050	$1.350 \times 10^2$	$1.367 \times 10^2$	$9.024 \times 10^3$	2.306	2.631
1 100	$1.410 \times 10^2$	$1.515 \times 10^2$	$9.159 \times 10^3$	2.313	2.714
1 150	$1.441 \times 10^2$	$1.656 \times 10^2$	$9.356 \times 10^3$	2.304	2.784
1 200	$1.350 \times 10^2$	$1.752 \times 10^2$	$9.522 \times 10^3$	2.319	2.881
1 250	$1.082 \times 10^2$	$1.784 \times 10^2$	$9.680 \times 10^3$	2.328	2.861
1 300	$8.772 \times 10^1$	$1.875 \times 10^2$	$9.822 \times 10^3$	2.323	2.864
1 350	$8.737 \times 10^1$	$1.920 \times 10^2$	$9.964 \times 10^3$	2.328	2.912
1 400	$9.202 \times 10^1$	$1.956 \times 10^2$	$1.009 \times 10^2$	2.336	2.913
1 450	$9.558 \times 10^1$	$2.037 \times 10^2$	$1.023 \times 10^2$	2.336	2.888
1 500	$9.917 \times 10^1$	$2.036 \times 10^2$	$1.036 \times 10^2$	2.331	2.717
1 550	$1.427 \times 10^2$	$2.045 \times 10^2$	$1.046 \times 10^2$	2.331	2.615
1 600	$1.611 \times 10^2$	$2.064 \times 10^2$	$1.060 \times 10^2$	2.333	2.620

KS-QP-20-01-02(8)

센서코리아

# 시험결과

## Test Results

<b>한국센서연구소</b>		성적서 번호 Report No. : KS-19-20-073호 Page(15) / (17)Pages
Address of Laboratory	#613, #606, National NanoFab Center, KAIST, 291 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea #273, E2 Building, Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea	

1 650	1.737 ×10 <sup>2</sup>	2.076 ×10 <sup>3</sup>	1.069 ×10 <sup>2</sup>	2.339	2.856
1 700	1.816 ×10 <sup>2</sup>	2.085 ×10 <sup>2</sup>	1.080 ×10 <sup>2</sup>	2.341	2.985
1 750	1.862 ×10 <sup>2</sup>	2.093 ×10 <sup>2</sup>	1.092 ×10 <sup>2</sup>	2.334	3.005
1 800	1.780 ×10 <sup>2</sup>	2.101 ×10 <sup>3</sup>	1.105 ×10 <sup>2</sup>	2.333	3.117
1 850	1.680 ×10 <sup>2</sup>	2.108 ×10 <sup>2</sup>	1.115 ×10 <sup>2</sup>	2.338	2.848
1 900	1.272 ×10 <sup>2</sup>	1.964 ×10 <sup>2</sup>	1.132 ×10 <sup>2</sup>	2.337	2.579
1 950	1.108 ×10 <sup>2</sup>	1.764 ×10 <sup>2</sup>	1.148 ×10 <sup>2</sup>	2.344	2.218
2 000	1.094 ×10 <sup>2</sup>	1.814 ×10 <sup>3</sup>	1.165 ×10 <sup>2</sup>	2.339	1.900
2 050	1.960 ×10 <sup>2</sup>	1.798 ×10 <sup>2</sup>	1.181 ×10 <sup>2</sup>	2.338	1.854
2 100	2.047 ×10 <sup>2</sup>	1.795 ×10 <sup>2</sup>	1.194 ×10 <sup>2</sup>	2.338	1.914
2 150	2.103 ×10 <sup>2</sup>	1.812 ×10 <sup>2</sup>	1.207 ×10 <sup>2</sup>	2.337	2.113
2 200	2.158 ×10 <sup>2</sup>	1.808 ×10 <sup>3</sup>	1.223 ×10 <sup>2</sup>	2.336	2.313
2 250	2.210 ×10 <sup>2</sup>	1.828 ×10 <sup>2</sup>	1.232 ×10 <sup>2</sup>	2.343	3.657
2 300	2.256 ×10 <sup>2</sup>	1.877 ×10 <sup>2</sup>	1.216 ×10 <sup>2</sup>	2.341	3.701
2 350	2.287 ×10 <sup>2</sup>	1.954 ×10 <sup>3</sup>	1.225 ×10 <sup>2</sup>	2.336	3.589
2 400	2.299 ×10 <sup>2</sup>	1.997 ×10 <sup>2</sup>	1.229 ×10 <sup>2</sup>	2.347	3.553
2 450	2.265 ×10 <sup>2</sup>	2.085 ×10 <sup>2</sup>	1.235 ×10 <sup>2</sup>	2.344	3.622
2 500	2.134 ×10 <sup>2</sup>	2.156 ×10 <sup>2</sup>	1.243 ×10 <sup>2</sup>	2.344	3.694
2 550	1.612 ×10 <sup>2</sup>	2.220 ×10 <sup>2</sup>	1.249 ×10 <sup>2</sup>	2.339	3.693
2 600	1.421 ×10 <sup>2</sup>	2.308 ×10 <sup>2</sup>	1.258 ×10 <sup>2</sup>	2.335	3.728
2 650	1.358 ×10 <sup>2</sup>	2.394 ×10 <sup>2</sup>	1.268 ×10 <sup>2</sup>	2.342	3.699
2 700	2.427 ×10 <sup>2</sup>	2.414 ×10 <sup>2</sup>	1.276 ×10 <sup>2</sup>	2.329	3.694
2 750	2.589 ×10 <sup>2</sup>	2.514 ×10 <sup>2</sup>	1.289 ×10 <sup>2</sup>	2.330	3.715
2 800	2.686 ×10 <sup>2</sup>	2.626 ×10 <sup>2</sup>	1.297 ×10 <sup>2</sup>	2.340	3.761
2 850	2.772 ×10 <sup>2</sup>	2.746 ×10 <sup>2</sup>	1.305 ×10 <sup>2</sup>	2.342	3.838
2 900	2.847 ×10 <sup>2</sup>	2.752 ×10 <sup>2</sup>	1.312 ×10 <sup>2</sup>	2.341	3.893
2 950	2.918 ×10 <sup>2</sup>	2.817 ×10 <sup>2</sup>	1.318 ×10 <sup>2</sup>	2.344	3.934
3 000	2.944 ×10 <sup>2</sup>	2.903 ×10 <sup>2</sup>	1.326 ×10 <sup>2</sup>	2.344	3.985

KS-QP-20-01-02(B)

국립중앙도서관  
National Central Library

# 시험결과

## Test Results

한국센서연구소		성적서 번호 Report No.
Address of Laboratory	#613, #606, National NanoFab Center, KAIST, 201 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea #273, E2 Building, Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea	: KS-19-20-073호
		Page(16) / (17)Pages

3 050	2.925 ×10 <sup>2</sup>	2.985 ×10 <sup>2</sup>	1.337 ×10 <sup>2</sup>	2.346	4.055
3 100	2.839 ×10 <sup>2</sup>	3.040 ×10 <sup>2</sup>	1.354 ×10 <sup>2</sup>	2.345	4.165
3 150	2.684 ×10 <sup>2</sup>	3.110 ×10 <sup>2</sup>	1.401 ×10 <sup>2</sup>	2.337	4.209
3 200	2.103 ×10 <sup>2</sup>	3.166 ×10 <sup>2</sup>	1.453 ×10 <sup>2</sup>	2.340	4.262
3 250	1.842 ×10 <sup>2</sup>	3.153 ×10 <sup>2</sup>	1.475 ×10 <sup>2</sup>	2.345	4.367
3 300	2.864 ×10 <sup>2</sup>	3.238 ×10 <sup>2</sup>	1.489 ×10 <sup>2</sup>	2.347	4.463
3 350	3.112 ×10 <sup>2</sup>	3.261 ×10 <sup>2</sup>	1.498 ×10 <sup>2</sup>	2.342	4.908
3 400	3.232 ×10 <sup>2</sup>	3.403 ×10 <sup>2</sup>	1.495 ×10 <sup>2</sup>	2.342	5.040
3 450	3.211 ×10 <sup>2</sup>	3.480 ×10 <sup>2</sup>	1.481 ×10 <sup>2</sup>	2.342	5.126
3 500	3.139 ×10 <sup>2</sup>	3.452 ×10 <sup>2</sup>	1.460 ×10 <sup>2</sup>	2.342	5.277
3 550	2.970 ×10 <sup>2</sup>	3.462 ×10 <sup>2</sup>	1.447 ×10 <sup>2</sup>	2.339	5.500
3 600	2.334 ×10 <sup>2</sup>	3.518 ×10 <sup>2</sup>	1.427 ×10 <sup>2</sup>	2.346	5.623
3 650	2.107 ×10 <sup>2</sup>	3.545 ×10 <sup>2</sup>	1.426 ×10 <sup>2</sup>	2.336	5.461
3 700	2.014 ×10 <sup>2</sup>	3.564 ×10 <sup>2</sup>	1.421 ×10 <sup>2</sup>	2.333	5.440
3 750	1.951 ×10 <sup>2</sup>	3.581 ×10 <sup>2</sup>	1.417 ×10 <sup>2</sup>	2.334	5.515
3 800	1.932 ×10 <sup>2</sup>	3.597 ×10 <sup>2</sup>	1.403 ×10 <sup>2</sup>	2.328	6.250
3 850	1.970 ×10 <sup>2</sup>	3.611 ×10 <sup>2</sup>	1.334 ×10 <sup>2</sup>	2.337	6.414
3 900	2.028 ×10 <sup>2</sup>	3.626 ×10 <sup>2</sup>	1.402 ×10 <sup>2</sup>	2.331	6.521

○ 표 11은 고분자 트랜지스터 수분센서의 전류 감지를 시험 평가한 결과임

표 11. 고분자 트랜지스터 수분 센서의 전류감지 시험 평가 결과

항목	Drain 전류 평가	Device 1 Drain 전류 [μA]			Device 2 Drain 전류 [μA]	
		D1Ch1	D1Ch2	D1Ch3	D2Ch1	D2Ch2
수분 없음	① 평균값	0.89	1.31	100.21	1.66	0.95
수분 공급	② 최소값	7.19	11.88	38.85	1.97	1.81
전류 감지	Abs(② - ①)	6.30	10.57	61.36	0.31	0.86

KS-QP-20-01-02(B)



# 시험결과

## Test Results

<b>한국센서연구소</b>		성적서 번호 Report No. : KS-19-20-073호 Page(17) / (17)Pages
Address of Laboratory	#513, #606, National NanoFab Center, KAIST, 291 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea #273, E2 Building, Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea	

### 7.8 시험 요약

- 본 시험은 한밭대학교 산학협력단에서 자체 제작한 고분자 트랜지스터 수분 센서의 수분 공급에 의한 전류변화 감지 평가가 목적임. 수분에 의한 고분자 트랜지스터 수분 센서의 전류변화 감지는 의뢰자가 제공한 5 종류의 고분자 트랜지스터 수분 센서를 사용하여 수분 공급 전과 후의 Drain 전류 변화에 대한 시간 의존성을 측정하여 평가함
- 표 12은 고분자 트랜지스터 수분센서의 전류 감지를 평가한 결과임

표 12. 고분자 트랜지스터 수분 센서의 전류감지 평가 결과

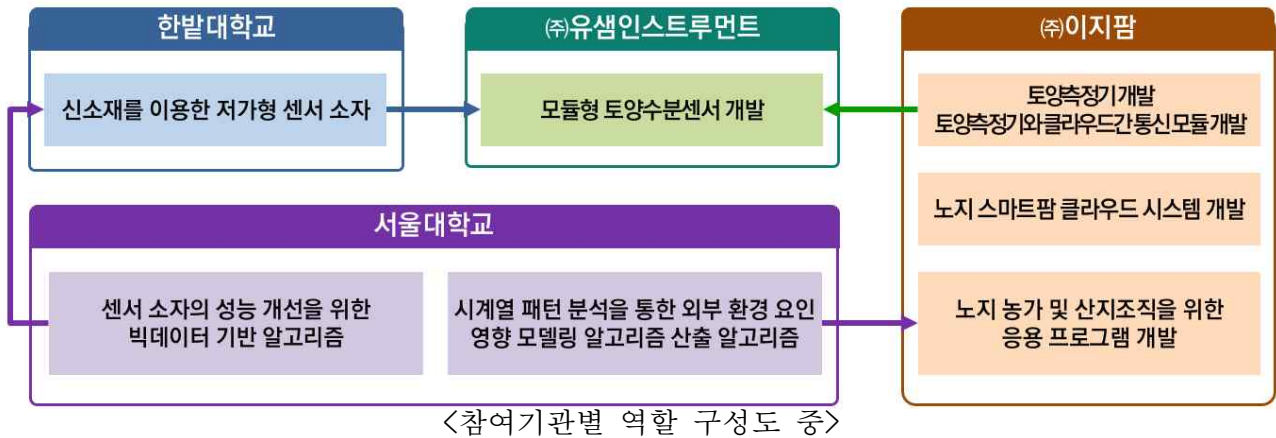
항목	Device 1 Drain 전류 [ $\mu$ A]			Device 2 Drain 전류 [ $\mu$ A]	
	D1Ch1	D1Ch2	D1Ch3	D2Ch1	D2Ch2
전류 감지	6.30	10.57	61.36	0.31	0.86

- 상기 결과는 시험된 시료에 한함
- 본 성적서는 의뢰자가 제시한 시료에 대한 결과임

- 끝 -



라. 협동기관(서울대학교)



세부연구목표에 대한 하위 수행 내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 용적수분함량의 유효수분함량 변환 알고리즘 설계</li> <li>• 수분장력-용적수분함량 실험 데이터 수집 및 분석</li> <li>• TDR/신규센서 테스트베드 설치 및 수집 데이터 분석</li> </ul>

1. 용적수분함량의 유효수분함량 변환 알고리즘 설계

가. 유전율 기반 FDR/TDR 상용센서의 용적수분함량 기준의 유효수분 함량으로의 보정

1) 문제점

가) 동일한 용적수분함량(VWC)이더라도 수분 장력은 토성에 따라 다름

- (1) 동일한 용적수분 함량에서 농가가 취해야 할 행동은 농장의 토성에 따라 다름
- (2) 농장의 토성을 고려한 토양 수분 지표 제공이 필요함.

나) 측정값의 관리 상/하한에 대한 기준이 없음(관리 상/하한 제시 필요)

2) 해결 방향

- 가) 유전율 센서로 측정된 용적수분함량을 토성을 고려하여 유효수분 함량으로 변환하여 제공
- 나) 포도 작물의 관리 상/하한 유효수분 함량을 생육 단계별로 제공

나. 토성별 유효수분함유량-토양수분장력 관련 선행연구 조사

1) 건조 토양의 수분함량 추정

가) 1안

- (1) 측정명 : 관계표 이용
- (2) 측정 방법 : 토성분석 후 관계표 확인
- (3) 유효수분량 도출 : 토성에 따른 테이블 참조
- (4) 비교 : 대표 토성 외 외삽 필요

: 관계표 에서 토성에 따른 용적수분함량의 수분장력 환산 값 계산  
(토성간 중간 성질이면 용적수분함량 산술평균값 사용)

수분장력 (kPa)	용적수분함량 (%)				유효수분함량 (%)
	사양토	양토	식양토	식토	
30	17.0	22.5	26.2	38.0	100
50	15.5	20.6	24.5	36.5	∴
100	13.0	17.3	21.4	33.7	∴
∴	∴	∴	∴	∴	∴
1500	6.3	8.9	12.6	26.2	0

나) 2안

- (1) 측정명 : 입자구성비율 분석
- (2) 측정 방법 : 토성분석 후 입자구성비 확인
- (3) 유효수분량 도출 : Campbell의 식 이용
- (4) 비고 : 토성분석만으로 변환식 확정

$$\Psi_m = \Psi_c \left( \frac{\theta}{\theta_s} \right)^{-b}$$

$$= \frac{-5}{\sqrt{d_g}} (2\theta_s)^{-b} \theta_s^b \theta^{-b}$$

$$= \frac{-5}{\sqrt{d_g}} 2^{-b} \theta^{-b}$$

$$b = \frac{10}{\sqrt{d_g}} + 0.2\sigma_g$$

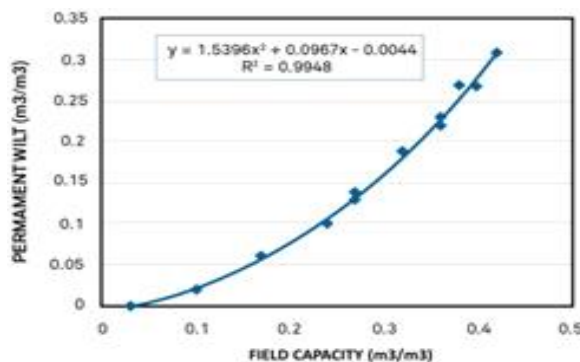
$$d_g = \exp(5.756 - 3.454m_t - 7.712m_y)$$

$$\sigma_g = \exp \left[ \left\{ 33.14 - 27.84m_t - 29.31m_y - (\ln d_g)^2 \right\}^{1/2} \right]$$

: 입자구성비  $m_t, m_y$ 만 알면  $b, d_g$  계산 가능 하여 용적수분함량  $\theta$ 에 따른 수분장력  $\psi$ 값 계산 가능

다) 3안

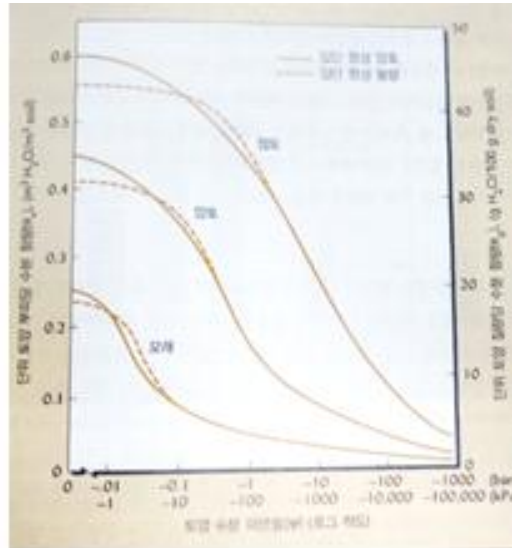
- (1) 측정명 : 포장용수량 측정
- (2) 측정 방법 : 유전율 센서 설치 후 포화시킴
- (3) 유효수분량 도출 : Meter Group 식 이용(3)
- (4) 비고 : 토성분석 절차 불필요 위조점 추정에 의한 오차 가능



: 포장용수량-위조점 관계식  
(대부분의 토성에서 2차방정식 곡선에 위치)

라) 4안

- (1) 측정명 :  $\psi - \theta$  관계 측정
- (2) 측정 방법 : 유전율 센서와 텐시오미터 동시 설치 후 측정
- (3) 유효수분량 도출 :  $\psi$ 와  $\log\theta$  사이의 회귀식 도출
- (4) 비고 : 건조에 시간이 걸리며, 측정 범위 외에 외삽이 필요함



: 토성에 따라 S자곡선 중 1개 곡선 형태로 측정됨

다. 용적수분함량의 토성별 유효수분함량 변환식 개발을 위한 실험 설계

1) 농장별 토양수분특성곡선(SWCC) 도출(4안)

가) 실험

- (1) 실험 주제 : 화성시 기술센터 진행 실험
- (2) 대상 과수원 : 40여 개소
- (3) 실험 준비 : 텐시오미터 - 수분장력 측정/ 유전율 센서 - 용적수분함량 측정
- (4) 실험 절차
  - \* 텐시오미터와 유전율 센서가 설치된 곳에 최대용수량이 되도록 충분히 관수
  - \* 텐시오미터와 유전율 센서의 실시간 측정값을 데이터로거를 통해 기록
  - \* 수분장력이 포장용수량으로 진입하는 33kPa이 되는 시점의 유전율 센서 값을 기록

나) 실험 결과

- (1) 33kPa 수분장력에서 측정된 용적수분함량을 기록
- (2) 나머지 값은 산술평균으로 수분장력별 용적수분함량을 계산하여 자동 입력 (엑셀 시트 참고)

토성별 관계표를 이용한 산술평균 기입 **실측값**

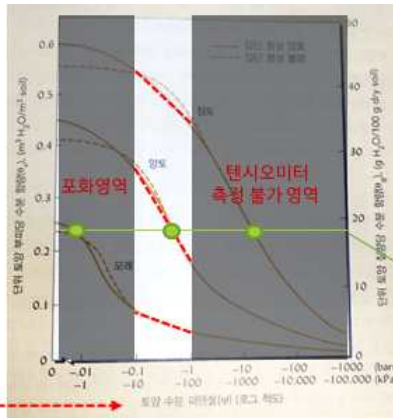
수분장력 (kPa)	용적수분함량 (%)			유효수분 함량 (%)
	양토	실험농장	식양토	
33	22.5	24.5	26.2	100
50	20.6	22.7	24.5	∴
100	17.3	19.5	21.4	∴
∴	∴	∴	∴	∴
1500	8.9	10.9	12.6	0

산술평균으로 계산

↓ (엑셀 시트 계산식 정의)

토성별 수분장력-용적수분함량 관계표						
수분장력 (kPa)	용적수분함량(%)			유효수분 함량(%)	실험농장의 토성 구성	
	양토	실험농장	식양토		양토	식양토
33	22.5	24.5	26.2	100	양토	54.1%
50	20.6	22.7	24.5		식양토	45.9%
100	17.3	19.5	21.4			
∴	∴	∴	∴			
1500	8.9	10.9	12.6	0		

다) 알고리즘 설계



$$\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \frac{1}{(1 + \alpha\psi^n)^{1-1/n}}$$

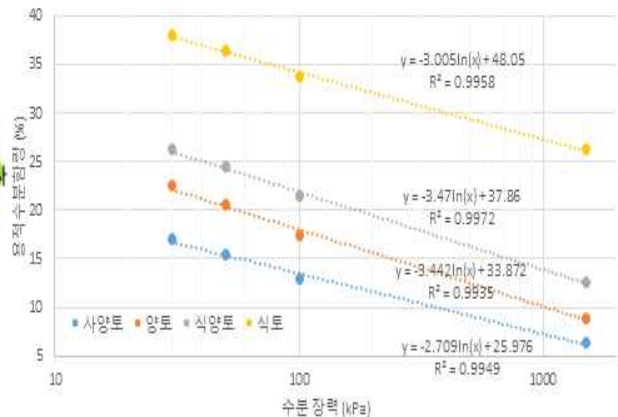
or (선형근사)  $\theta = \alpha + \beta \log \psi$

동일한 25% 용적수분함량이라도 모래는 포화, 양토는 적정, 점토는 건조 상태임

토성에 따른 수분 함량

수분장력 (kPa)	용적수분함량 (%)				유효수분함량 (%)
	사양토	양토	식양토	식토	
30	17.0	22.5	26.2	38.0	100
50	15.5	20.6	24.5	36.5	∴
100	13.0	17.3	21.4	33.7	∴
∴	∴	∴	∴	∴	∴
1500	6.3	8.9	12.6	26.2	0

선형근사



라. 선행연구를 바탕으로 용적수분함량 시계열 패턴에 의한 포장용수량 지점 추출 알고리

## 증 설계

1) 용적수분함량 감소 패턴을 이용한 포장용수량 추정

2) 실험

(가) 실험 내용 : 이지팜 유전율 센서 데이터 분석

(나) 대상 과수원 : 실험 A와 동일한 과수원

(다) 실험 준비

\* 유전율 센서 : 실험A의 유전율센서 측정 주기가 충분히 짧지 않을 경우 추가 센서 준비

\* 토성분석용 토양 채취 (연구 논문 준비를 위한 토양분석, 실제 실험에서는 필요 없는 절차임)

(라) 실험 절차 : 센서 노드를 통하여 수집되는 유전율센서 측정값을 통하여 포장용수량 일 때의 값을 추정하고, 앞의 실험 결과와 비교.

3) 실험 결과

(가) 용적수분함량 측정치를 선그래프로 출력

(나) 중력수 배출단계와 유효수분 배출단계 기울기 직선 교차점에서 포장용수량의 용적수분함량 정의

(다) Meter Group 식을 이용하여 위조점의 용적수분함량 정의

(라) 위조점~포장용수량 사이의 용적수분함량을 0~100% 사이의 유효수분함량으로의 변환식 산출

4) 알고리즘 설계

(가) 선행연구 결과 용적수분함량의 시계열 그래프 패턴에서 포장용수량 추정이 가능함

(나) 포장용수량을 추정하면 관계식에 의해 위조점을 계산할 수 있음

(다) 이를 바탕으로 포장용수량을 100%로 하고 위조점을 0%로 하는 유효수분함량 범위 설정 필요

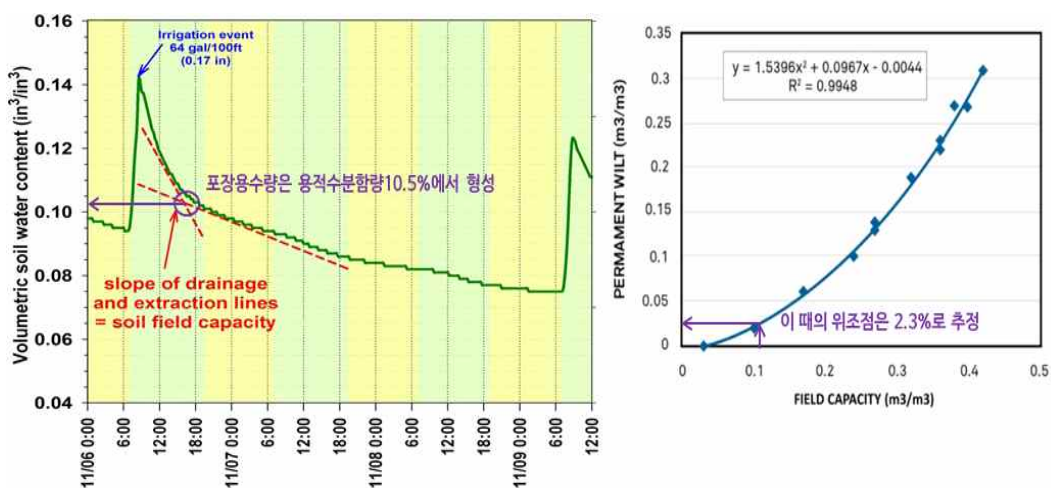
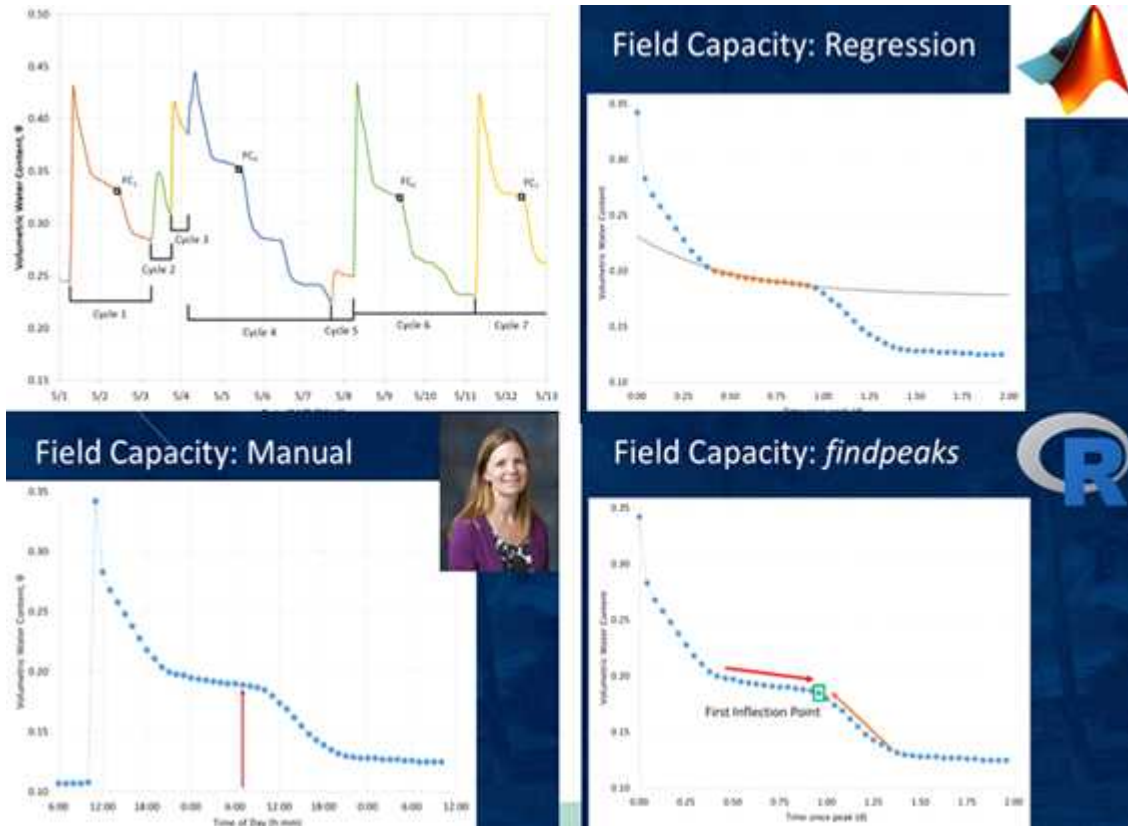


Fig. 2. Example of practical determination of soil field capacity for sandy soil after irrigation event. (—) Volumetric soil water content at 0-6" depth using soil moisture sensors. (▼) Irrigation event (—) Rate of water use and drainage. (□) Day period, (□) night period.

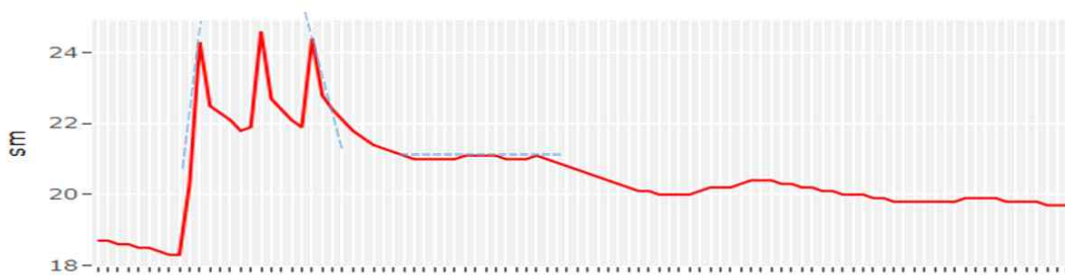
(라) 선행연구에서 용적수분함량 패턴에 의한 포장용수량 추정 방법으로 제시된 방법으로 회귀분석에 의한 방법, 전문가에 의한 직접 판별 방식, 알고리즘에 의한 findpeak 방식을 비교하였음

(마) 토양수분이 피크점에 도달하는 지점들을 기준으로 사이클 설정 필요



(바) 실측 데이터를 이용하여 알고리즘 설계에 필요한 변수 및 지표들 아래와 같이 설정함

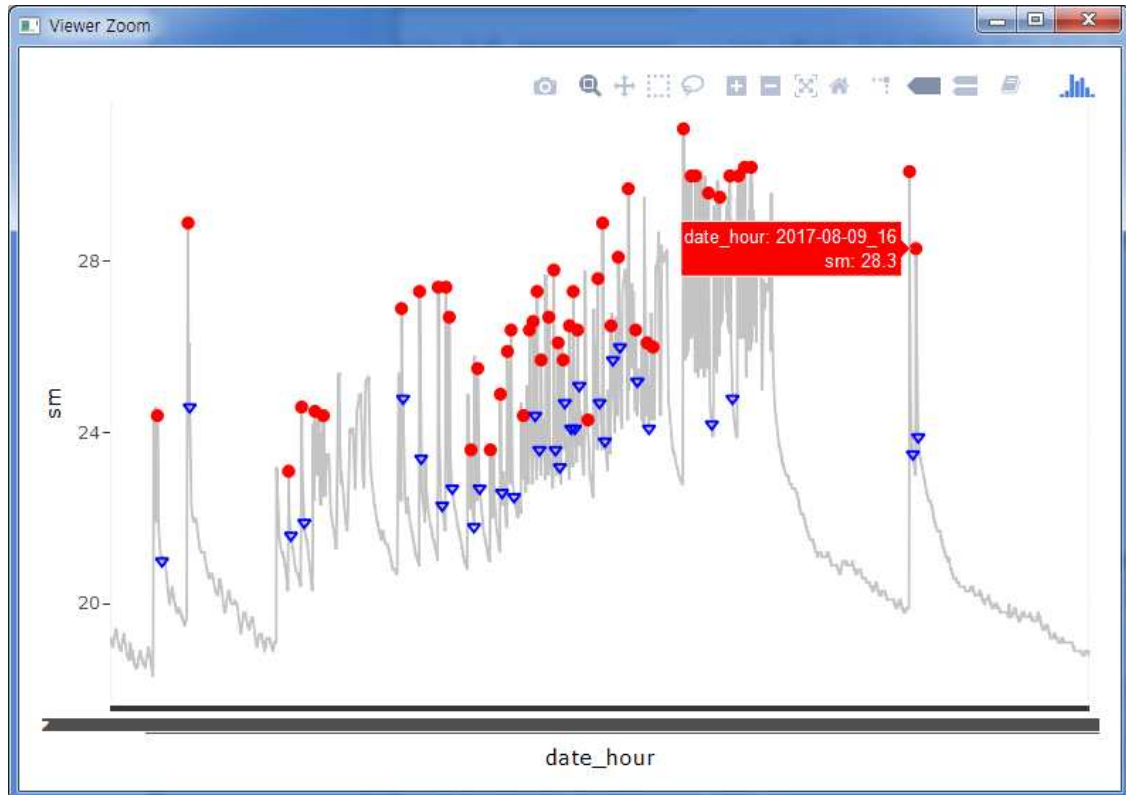
(사) 설정된 변수 및 지표들 이용하여 피크점 추출과 포장용수량을 추정하는 알고리즘 개발



시각	1	4	7	10	13	16	19	22	1	4	7	10	13	16	19	22	1	4	7	10	13	16	19	22	1	4	7	10	13	16
기울기	-0.5	-0.5	-0.6	12	-6	12	-6	12	-6	-3	-1	-0.8	0.05	0.1	0	0	-0.5	-0.5	-0.5	-0.3	-0.1	0.2	0.3	0.2	0	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.0
phase1				관수		관수		관수																						
phase2				포장		포장		포장				포장		포장		포장														
피크	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
포장점	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
강수량																														
일사량																														
증발산												1	1	1	1					1	1	1	1				1	1	1	
증발산량												12	13	14	11					23	25	27	21				16	17	19	

(아) 피크점 추출 및 포장용수량 추정 알고리즘 1차 개발

- 선행연구를 기반으로 강우 및 관수로 인한 용적수부함량 피크점과 피크 이후에 발생하는 포장용수량 지점의 패턴을 인식해 추출하는 알고리즘을 1차 개발 완료
- 피크점 및 포장용수량 분포 통계를 활용한 일반화 모델 개발 진행 중 (~12월)



2. 수분장력-용적수분함량 실험 데이터 수집 및 분석

가. 실험 상세

1) 실험 기간

- 2018년 4월 17일 ~ 2018년 8월 31일

2) 실험 기간

- 데이터로거: 미국 Campbell SCI사 모델 CR3000
- 토양수분장력센서: 프랑스 SDEC-France사 모델 SKM850C2
- 총18곳: 미국 McCrometer사 모델 AQUA-TEL-TDR,  
총37곳 : 미국 Decagon사 모델 EC-5
- 토양EC센서: 중국 Rika사 RK500-03

3) 실험상자의 크기

- 1차10곳, 2차8곳, 3차10곳, 총28곳: 760\*480\*400mm (내경 약 62리터)
- 4차10곳, 5차6곳, 6차6곳, 7차5곳, 총27곳: 480\*380\*250mm (내경 약 36 리터)

4) 센서에 적용한 방정식

- 토양수분장력

센서 각각에 대하여 센서출력 4~20mA에 상응하는 장력 값(kPa)이 개별로 제공되므로, 그 값에 따라 함수를 적용  
 예를 들면, 1번 센서의 경우, 제공된 값이 3.986mA 일 때 0 kPa,  
 17.42mA 일 때 75 kPa 이므로,  
 $P(\text{kPa}) = 5.582849 * X(\text{mA}) - 22.253$  이다.  
 그런데 데이터로거에 250 ohm의 저항으로 전류를 전압으로 변환했으므로  
 CR3000용으로 적용한 방정식은  
 $P(\text{kPa}) = 0.022331 * X(\text{mV}) - 22.252$  이다.

- 토양수분함량

AQUA-TEL-TDR: 4~20mA 출력이 0~100%에 선형성을 가지고 상응하므로  
 250 ohm 저항으로 변환한 출력은 1000mV(0%)~5000mV(100%) 이므로  
 적용한 방정식은  $Y(\%) = 0.025 * X(\text{mV}) - 25$  이다.

- 토양수분함량 EC-5

EC-5: 공급사에서 제공한 일반식은  $Y(\%) = 1.333 * 10^{-3} * \text{mV} - 0.333$  이다.  
 이는 센서에 인가하는 전압이 2.5V 일 때 적용하는 식이므로, CR3000에서는  
 2500mV를 인가하고 측정하는 Half Bridge 명령어를 사용한다. Half Bridge  
 프로그램은 측정값이 그냥 mV가 아니고 V/Vx 를 측정하므로 사실상 X값이  
 $V\text{mV}/2500\text{mV}$  가 되므로 CR3000 에서는 적용식이  
 $Y(\%) = 333.25 * X - 33.3$  이 된다.  
 ※3차와 4차 20곳에 대하여는 시험 의뢰 측의 당초 요구에 의해 일반식이  
 아닌 미네랄 토양에 적용하는 식인  $Y(\%) = 11.9 * 10^{-4} * \text{mV} - 0.401$  을  
 근거하여 CR3000 적용식  $Y(\%) = 297.5 * X - 40.1$  을 적용하여 데이터를  
 수집했다. 추후, 일반식 적용의 요청에 의해 스프레드 시트에서 다음 식을  
 사용하여 3차, 4차 데이터를 일반식 적용 값으로 변환하여 보고서에 표현  
 하였다.  

$$Y = Y_1 * 1.12 + 11.62$$

- 토양 EC 센서

4~20mA 가 0~20mS/cm에 선형성을 가지고 상응하므로, 250 ohm 저항을 써서  
 전압으로 변환, 1000mV~5000mV의 측정값으로 적용하는 EC 방정식은  
 $Y(\text{mS/cm}) = 0.005 * X(\text{mV}) - 5$  이다.

나. 실험 절차

- 1) 토각 농가별 포도원 55곳의 흙을 상자에 담아 시험수행장소(포도명품화사업소내 하우스)로 이동



- 2) 각 차수별로 해당 농가의 흙을 비닐 위에서 1~2주간 자연 건조
  - 3) 매 차, 건조된 흙을 시험 상자에 채움(측정에 지장을 줄 수 있는 돌, 합성수지, 나무 등 제거)
  - 4) 매 차, 토양수분장력센서, 토양수분함량센서, 토양EC센서를 각 상자에 설치
  - 5) 매 차, 센서측정이 안정화에 이르도록 1~2일 대기
  - 6) 매 차, 분무기로 급수 시작, 25~30초 급수, 2~3분 대기하는 과정을 반복하며 35~40시간 동안 급수
  - 7) 매 차, 측정 데이터 수집
  - 8) 매 차, 매설된 센서들 설치
  - 9) 매 차, 시험이 끝난 흙을 보관 상자에 옮겨 담음
  - 10) 매 차, 다음 차수의 건조된 흙을 시험용 상자에 담음.
- 이하 동일 과정 반복

#### 다. 실험 특이사항 및 이행자 의견

- 1) 토양수분장력의 최대 측정값이 50 kPa이 되지 않는 곳: 4곳
- 2) 적용할 수 있는 대응 %값을 구하기 어려운 경우: 2곳
- 3) 토측정 결과 대응치(%)가 너무 높아서 의심이 가는 경우: 8곳
- 4) 토용적수분함량센서 모델 간 차이 문제

시험 결과 그래프는 대체로 선행 연구에 나타난 그래프와 유사한 형태를 보였다. 하지만 ㄱ, ㄴ형태의 그래프는 실험 방법에 의해 나타난 형태로 추가 실험을 통해 검토해 볼 필요가 있다.

- 5) 시험에 의한 용적토양수분함량% 상응 값의 농가 적용
- 6) 용적토양수분함량센서 EC-5의 내구성 점검 필요
- 7) 종합 의견

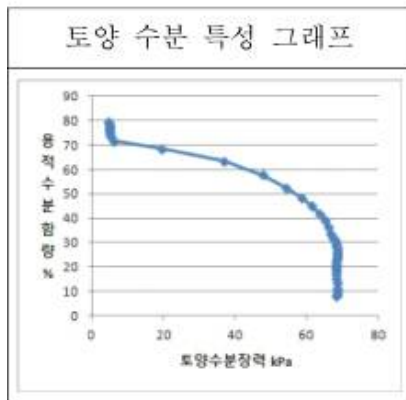
미진한 부분에 대해서 보완실험이 필요할 것이며 결과의 재현성에 대해 확인해 볼 필요가 있다.

#### 라. 실험 결과 샘플

- 1) 실험결과 보고서 별도 보관 (개인정보 포함)

2) 실험결과 검증을 위해 측정지점의 토양 성분 분석

토양 채취일	2018.04.17	시험기간	1차: 2018.05.29~2018.05.31
--------	------------	------	---------------------------



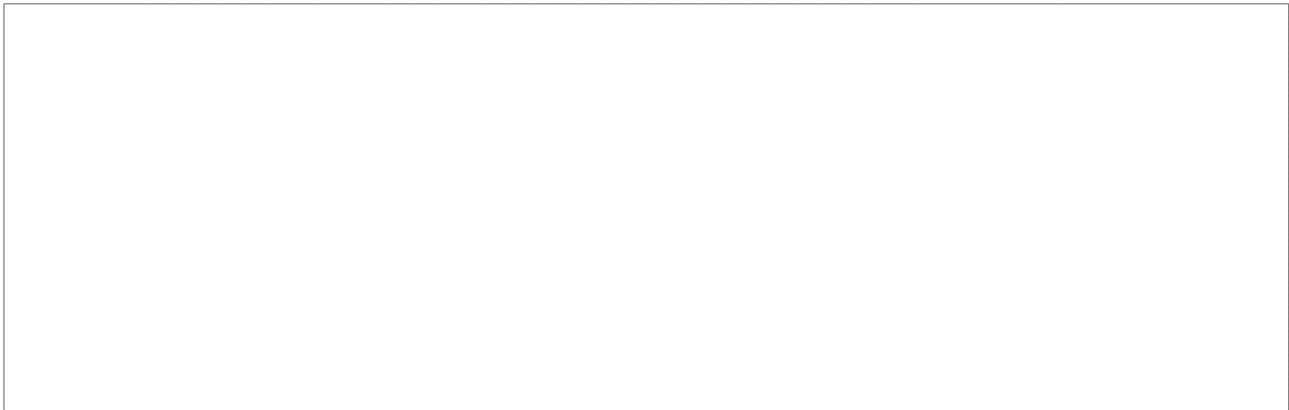
토양수분장력과 용적수분함량 대표값

5.90kPa	71.89%
19.39kPa	68.57%
36.79kPa	63.56%
47.51kPa	57.81%
54.08kPa	52.54%
61.42kPa	45.08%

- 토성 분석 결과 중 일부

No.	시료명		sand (%) (2-0.05)	silt (%) (0.05-0.002)	clay (%) (<0.002)	texture
6	차O호_1	0	50.0	35.8	14.2	Loam
	차O호_2	0	50.0	35.6	14.4	Loam
	차O호_3	0	54.0	31.6	14.4	Sandy Loam
7	이O용_1	0	44.0	45.1	10.9	Loam
	이O용_2	0	48.0	40.5	11.5	Loam
	이O용_3	0	46.0	41.7	12.3	Loam
8	유O철_1	0	48.0	28.9	23.1	Loam
	유O철_2	0	38.0	40.2	21.8	Loam
	유O철_3	0	38.0	39.5	22.5	Loam
1	이O상_1	0	42.0	37.6	20.4	Loam
	이O상_2	0	40.0	39.0	21.0	Loam
	이O상_3	0	38.0	41.0	21.0	Loam
2	이O용_1	0	36.0	53.1	10.9	Silt Loam
	이O용_2	0	32.0	55.9	12.1	Silt Loam
	이O용_3	0	34.0	53.9	12.1	Silt Loam
3	안O용_1	0	56.0	26.4	17.6	Sandy Loam
	안O용_2	0	56.0	26.4	17.6	Sandy Loam
	안O용_3	0	56.0	26.4	17.6	Sandy Loam

4	홍O선_1	0	56.0	27.0	17.0	Sandy Loam
	홍O선_2	0	50.0	30.9	19.1	Loam
	홍O선_3	0	54.0	26.9	19.1	Sandy Loam
5	박O인_1	0	26.0	61.9	12.1	Silt Loam
	박O인_2	0	24.0	63.0	13.0	Silt Loam
	박O인_3	0	24.0	63.0	13.0	Silt Loam
9	진O섭_1	0	60.0	31.0	9.0	Sandy Loam
	진O섭_2	0	60.0	32.4	7.6	Sandy Loam
	진O섭_3	0	62.0	29.6	8.4	Sandy Loam
10	이O관_1	0	50.0	35.7	14.3	Loam
	이O섭_2	0	46.0	39.7	14.3	Loam
	이O섭_3	0	46.0	39.7	14.3	Loam
11	박O영_1	0	44.0	42.3	13.7	Loam
	박O영_2	0	44.0	42.3	13.7	Loam
	박O영_3	0	44.0	40.9	15.1	Loam
...	...	...	...	...	...	...



<참여기관별 역할 구성도 중 본 과업의 위치>

세부연구목표에 대한 하위 수행 내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>수집 데이터를 이용한 시계열 영향 알고리즘 평가 및 보완</li> <li>공공기관의 기상예보, 토양환경정보시스템과 연계한 클라우드 시스템 내 알고리즘 적용 및 테스트</li> </ul>

### 3. 수집 데이터를 이용한 시계열 영향 알고리즘 평가 및 보완

#### 가. 기상청 농업 기상정보 분석

##### 1) 기본개요

가) 토성에 따른 용적수분함량과 유효수분함량 간 관계를 고려한 시계열 알고리즘 설계

수분장력 (kPa)	용적수분함량 (%)				유효수분함량 (%)
	사양토	양토	식양토	식토	
30	17.0	22.5	26.2	38.0	100
50	15.5	20.6	24.5	36.5	∴
100	13.0	17.3	21.4	33.7	∴
∴	∴	∴	∴	∴	∴
1500	6.3	8.9	12.6	26.2	0

<토성에 따른 용적수분함량의 유효수분 범위>

나) 기상청에서 제공하는 용적수분함량 데이터를 활용해 지역별 포장용수량 추정이 가능한지 검토

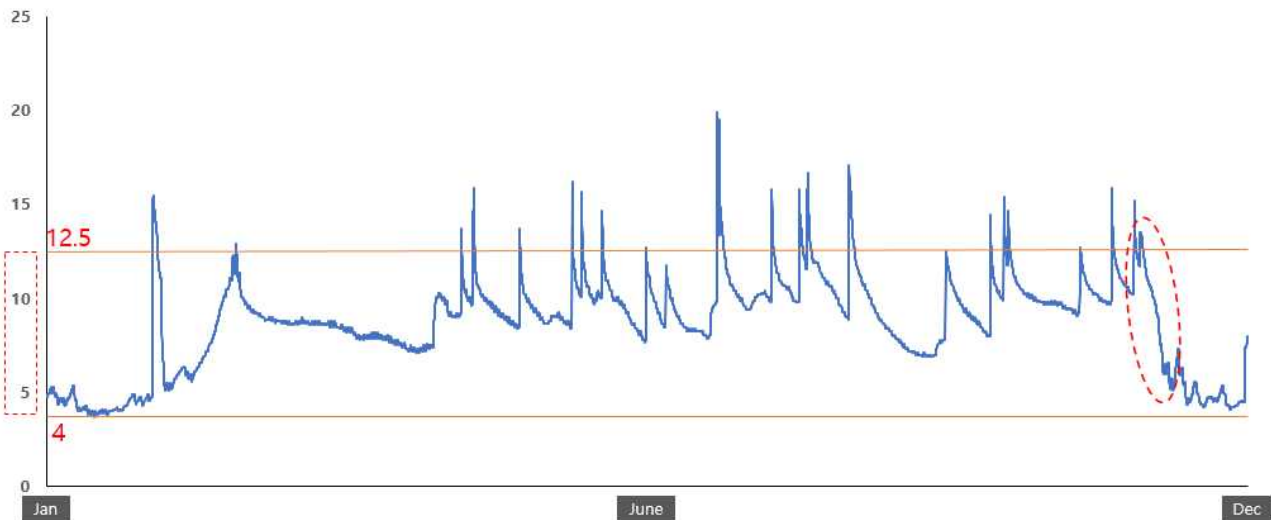
다) 11개소 관측 지점의 깊이 20cm 지점 용적수분함량의 패턴 분석으로 포장용수량 추정 - 11개소 관측 지점과 코드는 아래 표와 같음

지역	코드	지역	코드	지역	코드
철원	970	진주	974	서산	979
수원	971	전주	975	서귀포	980
안동	972	청주	977	보성군	981
순천	973	춘천	978		

2) 지역별 용적수분함량

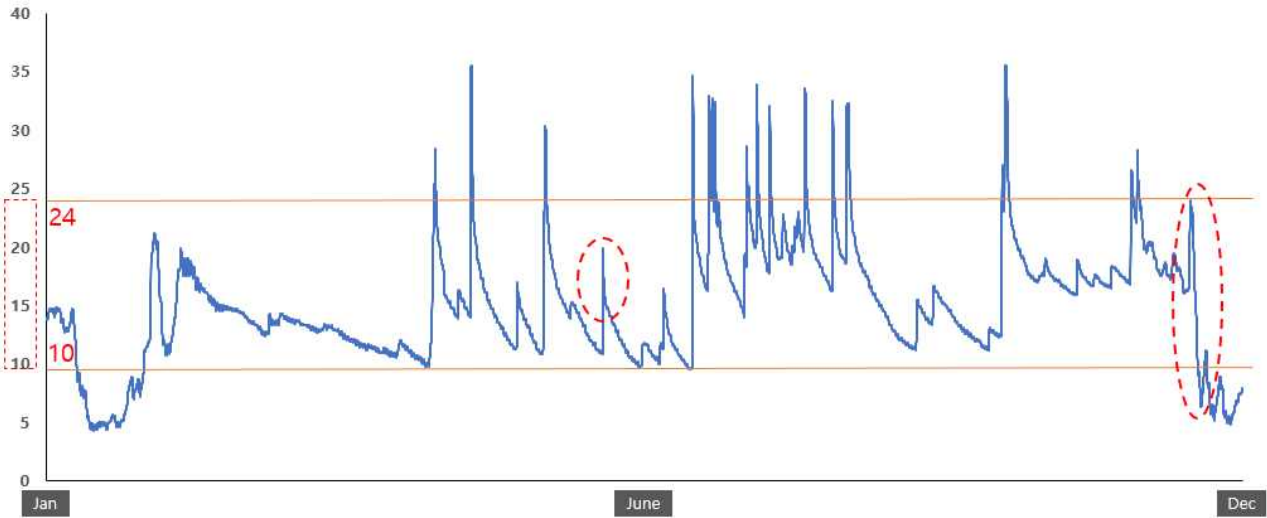
○ 철원(970)

- 용적수분함량 범위가 4~12.5로 토성이 사양토에 가까움
- 용적수분함량이 12월 경에 급격한 하락을 보임



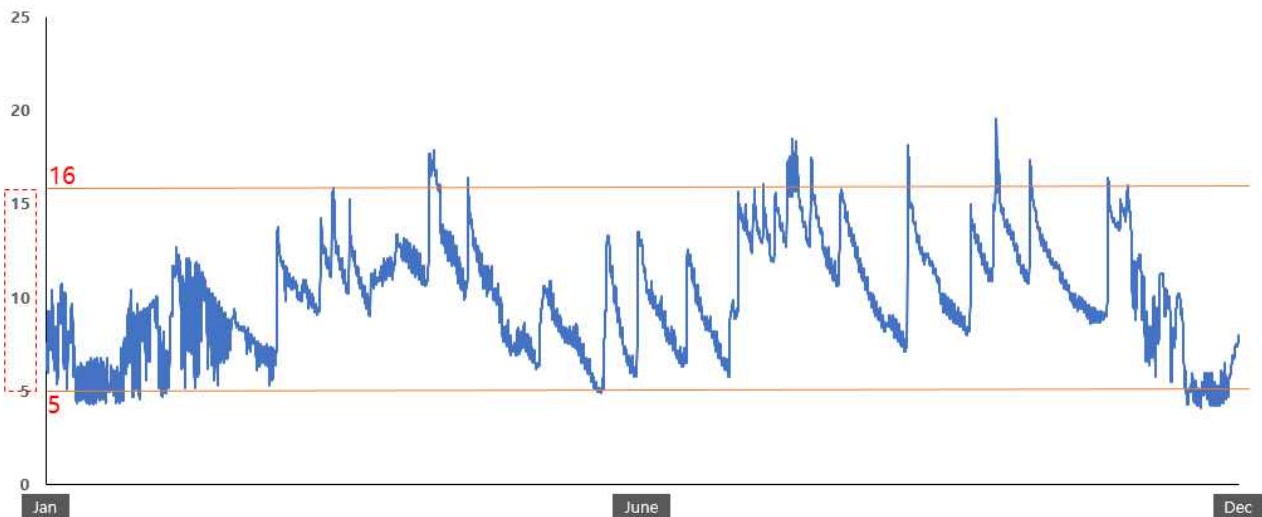
○ 수원(971)

- 용적수분함량 범위가 10~24로 토성이 양토와 식양토의 중간으로 보임
- 용적수분함량이 6월 경에 이상치를 보임
- 용적수분함량이 12월 경에 급격한 하락을 보여 센서 고장인지, 저온으로 인한 이상동작인지 확인해볼 필요가 있음



○ 안동(972)

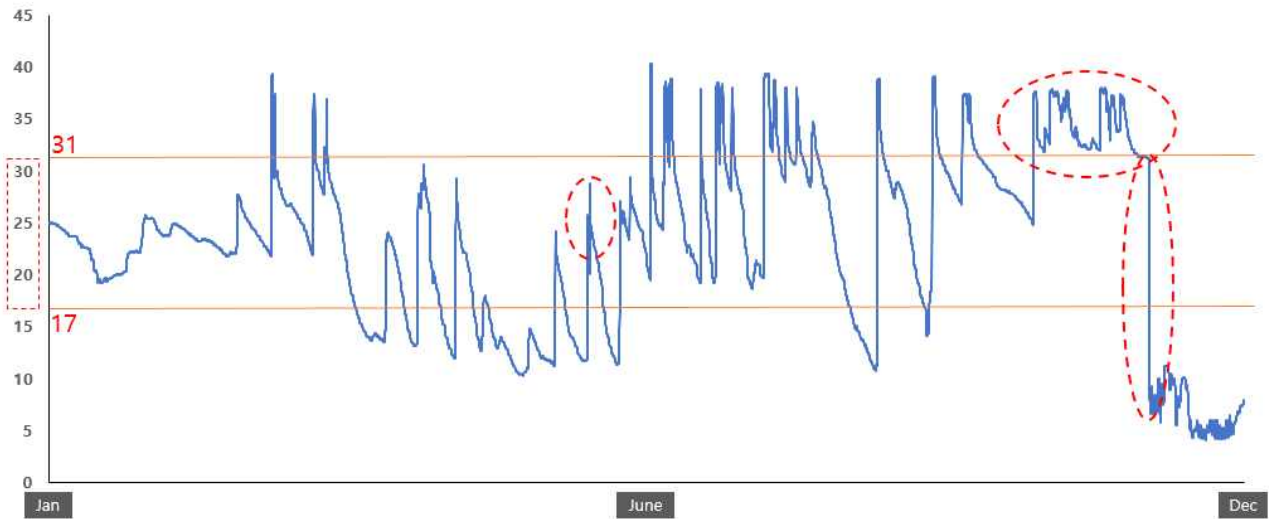
- 용적수분함량 범위가 5~16으로 토성이 사양토에 가까움



○ 순천(973)

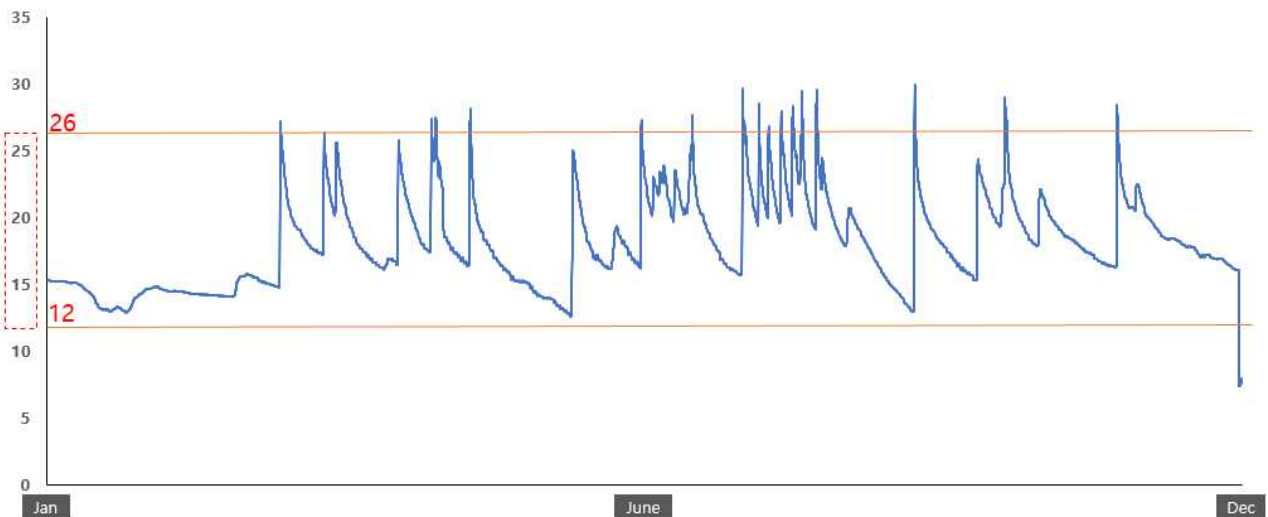
- 용적수분함량 범위가 17~31으로 토성이 식양토에 가까움
- 용적수분함량이 6월 경에 특이점을 보임

- 용적수분함량이 12월 경에 급격히 하락함
- 12월 하락 이전에 배수가 되지 않는 것으로 보이는 지점이 존재함



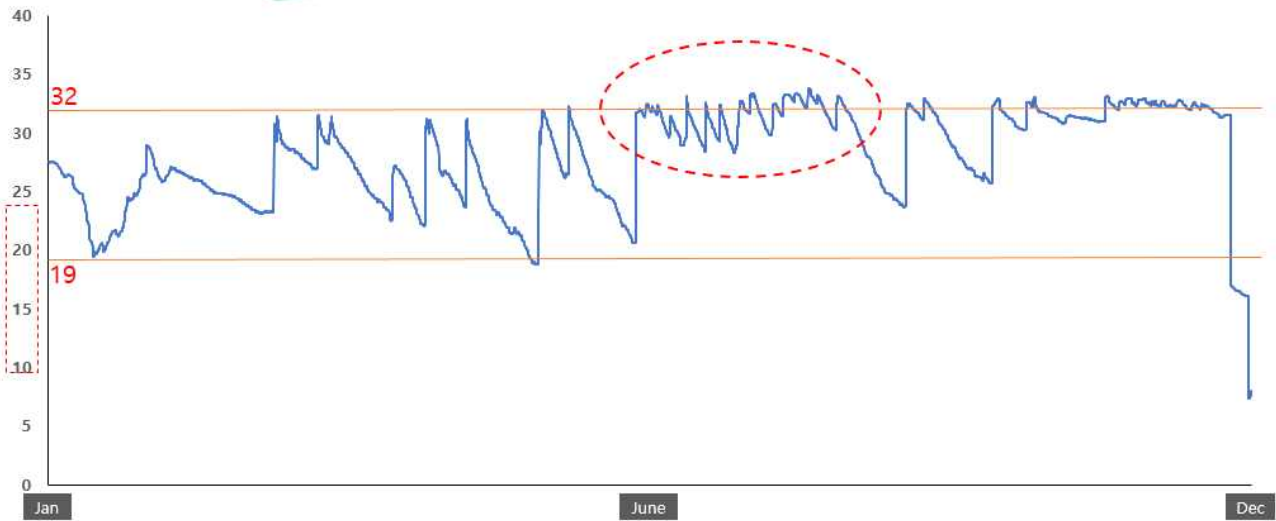
○ 진주(974)

- 용적수분함량 범위가 12~26으로 토성이 식양토에 가까움



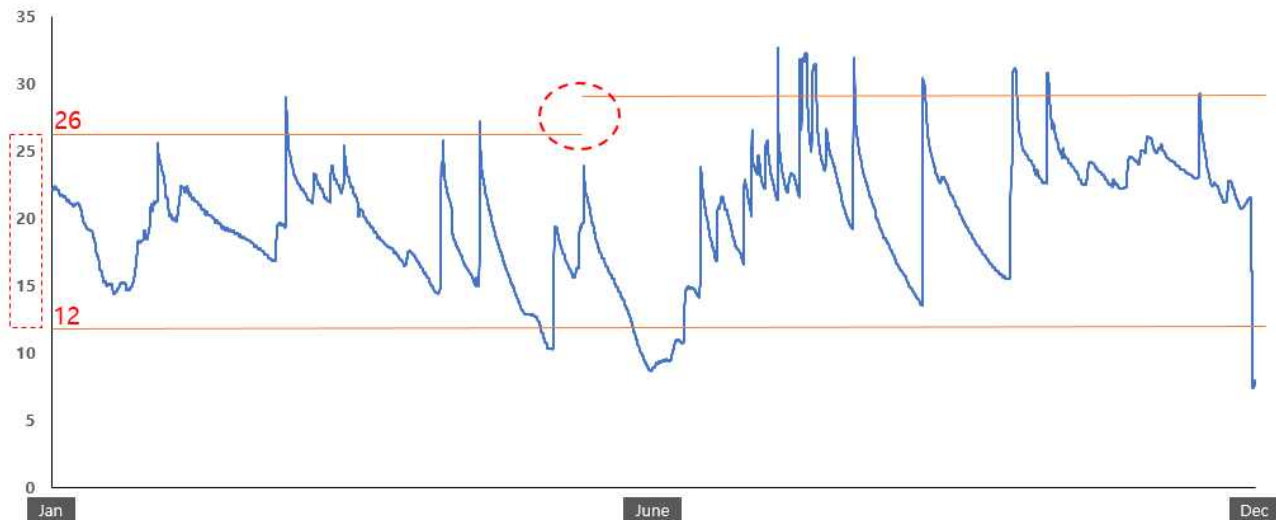
○ 전주(975)

- 용적수분함량 범위가 19~32로 토성이 식양토와 식토의 중간으로 보임
- 6월 이후 용적수분함량의 피크점이 미미한 것을 확인할 수 있음
- 12월 하락 이전에 배수가 되지 않는 것으로 보이는 지점이 존재함



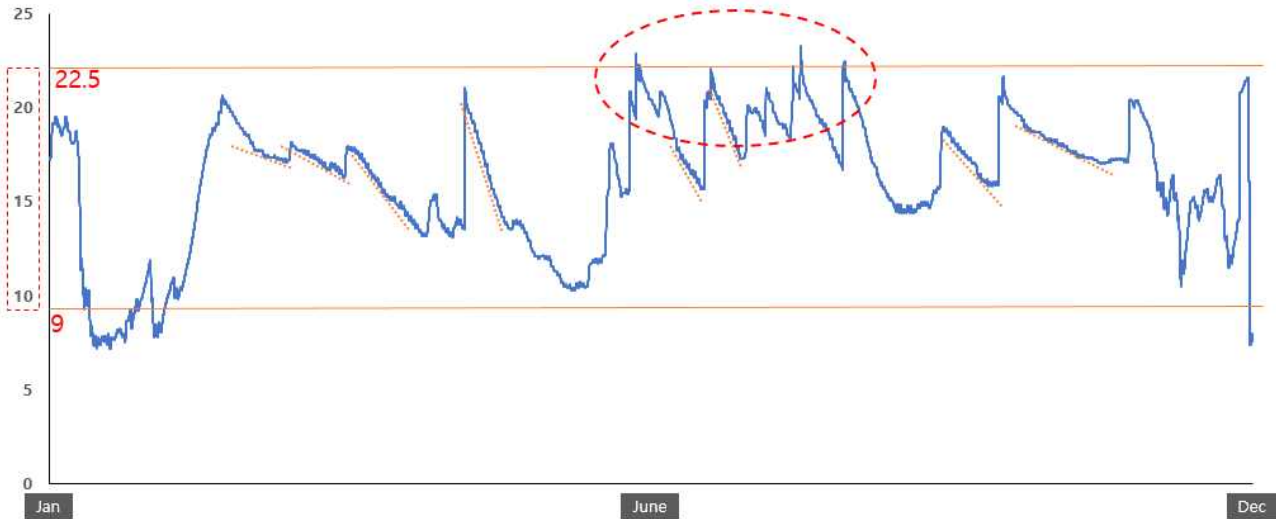
○ 청주(977)

- 용적수분함량 범위가 12~26으로 토성이 식양토에 가까움
- 6월 경에 포장용수량이 이동한 지점이 존재함



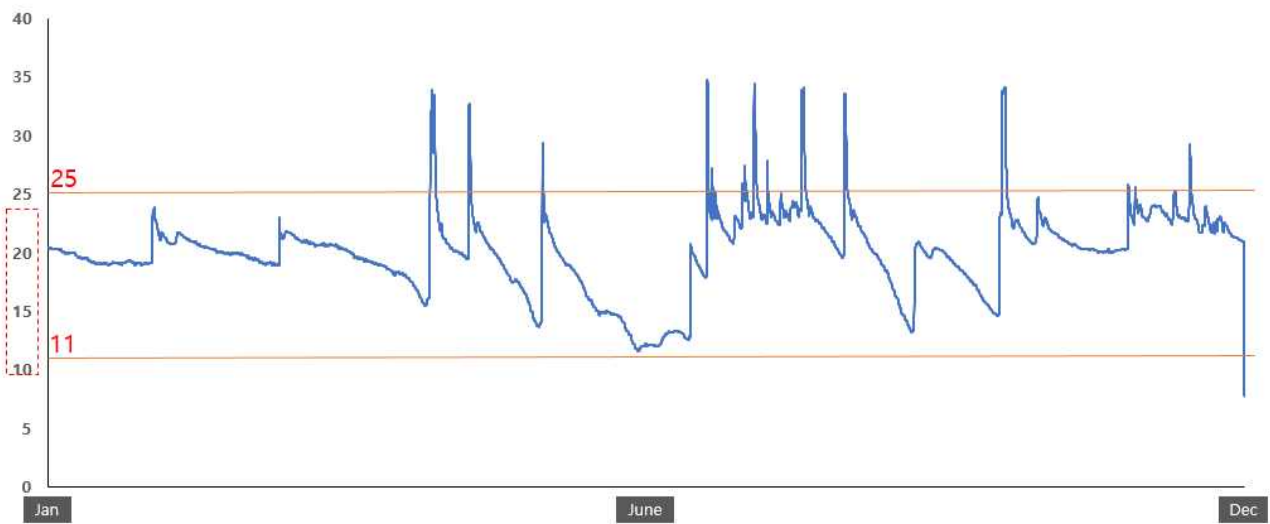
○ 춘천(978)

- 용적수분함량 범위가 9~22.5로 토성이 양토에 가까움
- 6월 이후 피크점이 미미한 지점을 볼 수 있음
- 수분함량 감소 속도가 더워질수록 급해지고 추워질수록 완만해짐



○ 서산(979)

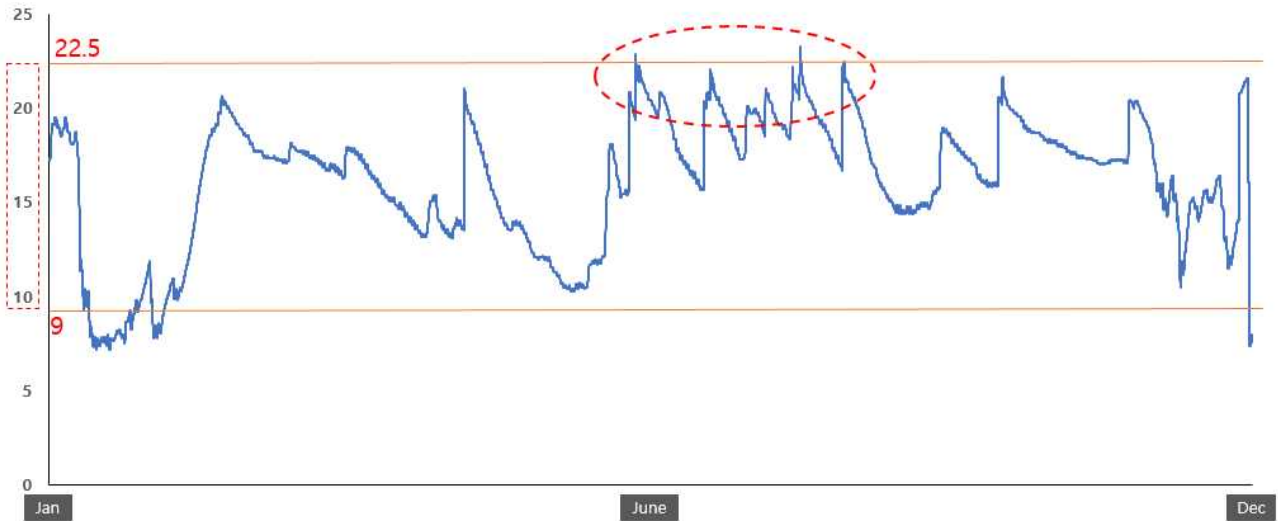
- 용적수분함량 범위가 11~25로 토성이 사양토에 가까움



○ 서귀포(980)

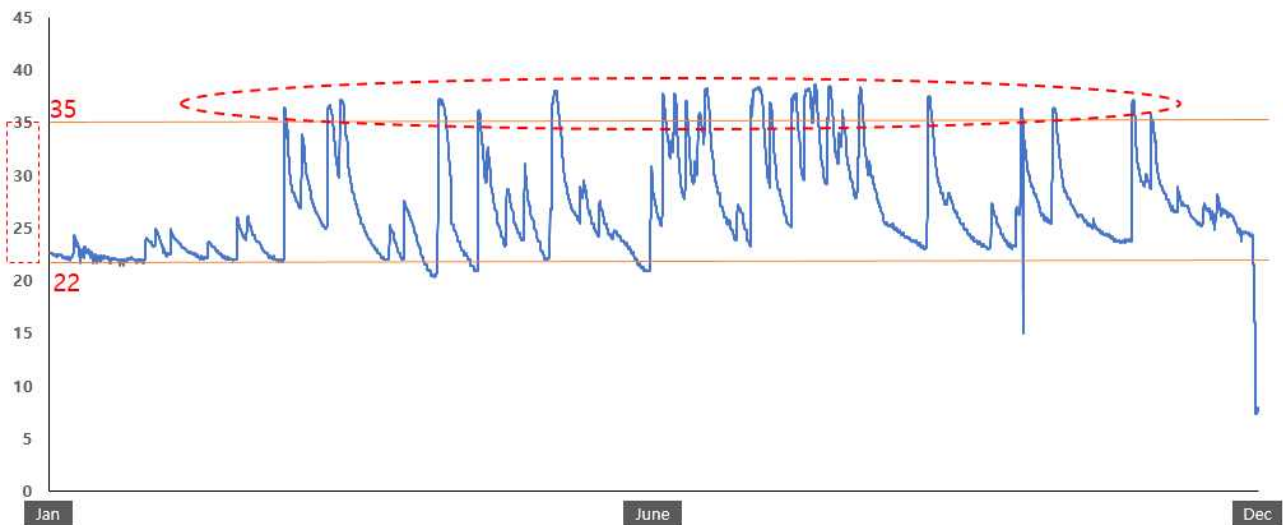
- 용적수분함량 범위가 9~22.5로 토성이 양토에 가까움
- 6월 이후 피크점이 미미한 지점을 볼 수 있음





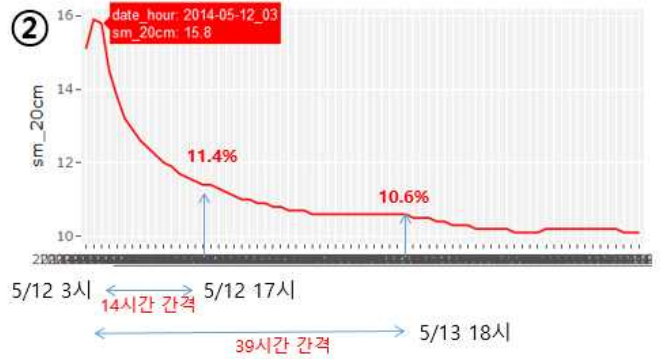
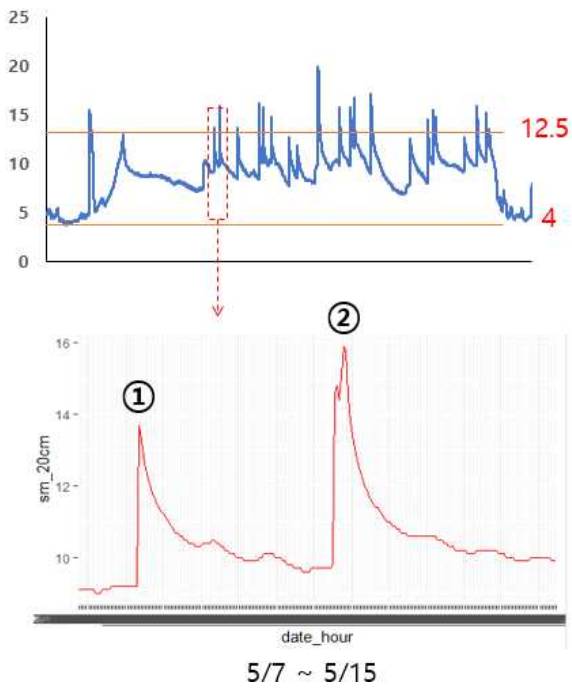
○ 보성(981)

- 용적수분함량 범위가 22~35로 토성이 식토에 가까움
- 식토의 경우 피크점 패턴이 나타나지 않음

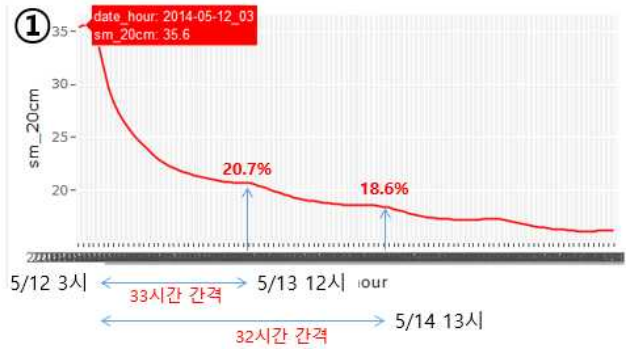
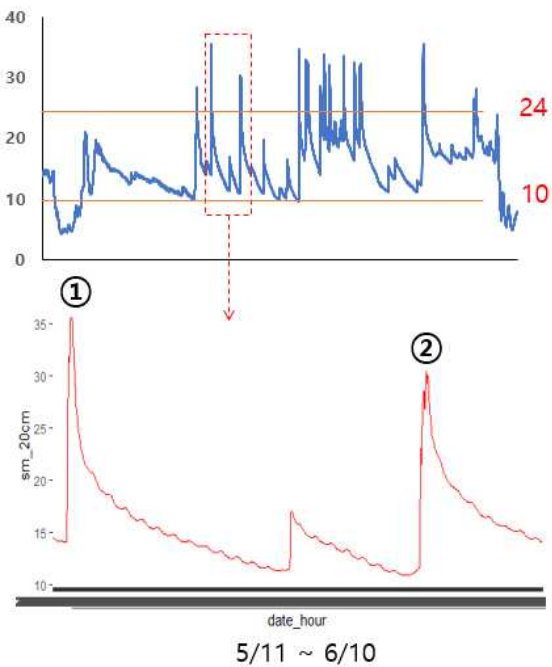


3) 포장용수량 추정

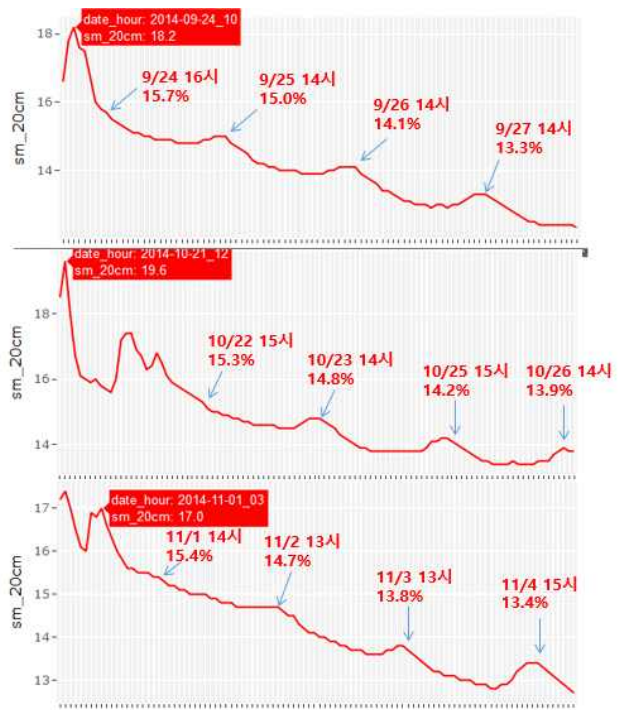
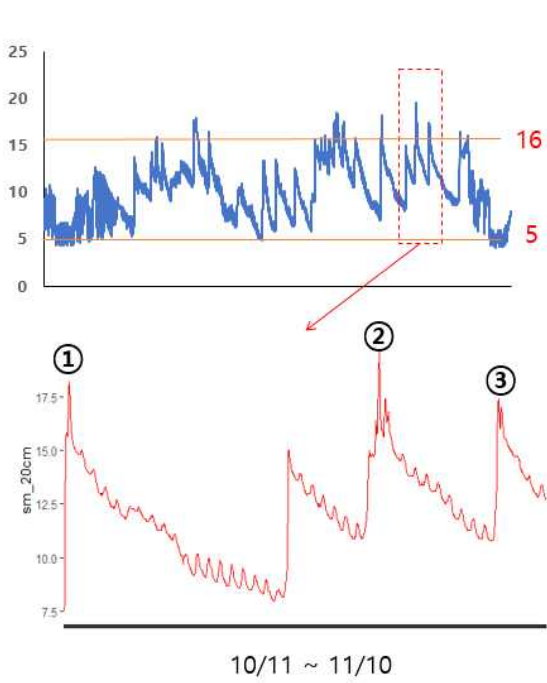
○ 철원(970)



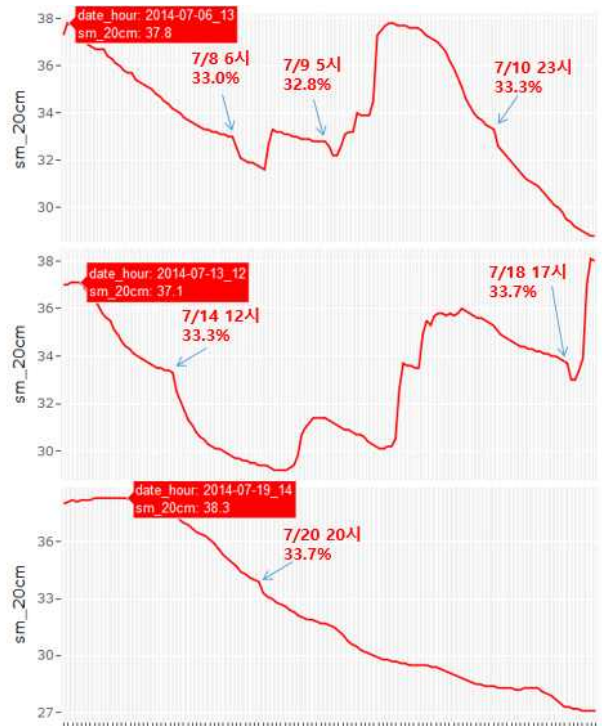
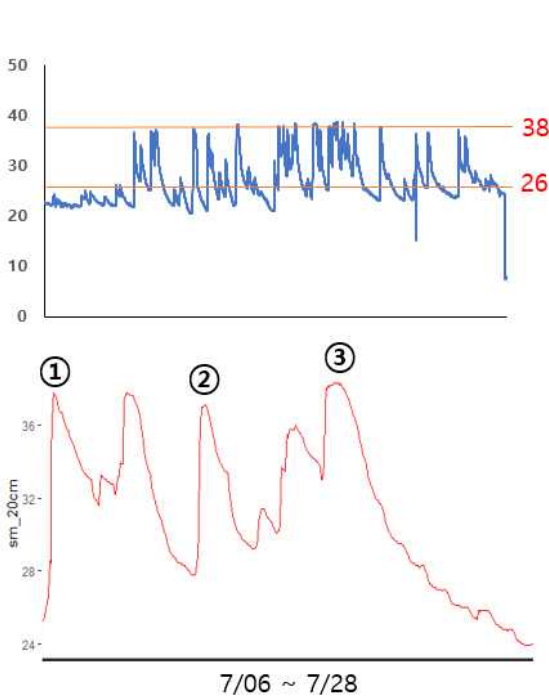
○ 수원(971)



○ 안동(972)



○ 보성(981)



4) 분석 결과 및 향후 계획

가) 측정 데이터의 패턴만으로 포장용수량(유효수분100%)과 위조점(0%)을 예측하는 모델 설계

나) 앞서 개발 중인 패턴 기반 유효수분함량 변환 알고리즘 적용 후 예측 모델 고도화 예정

나. 화성 포도농장 용적수분함량 데이터 분석

1) 기본 개요

○ 화성 포도농장 데이터 분석을 통한 실제 작물 재배 조건에서의 증발산량 분석

2) 선행 연구

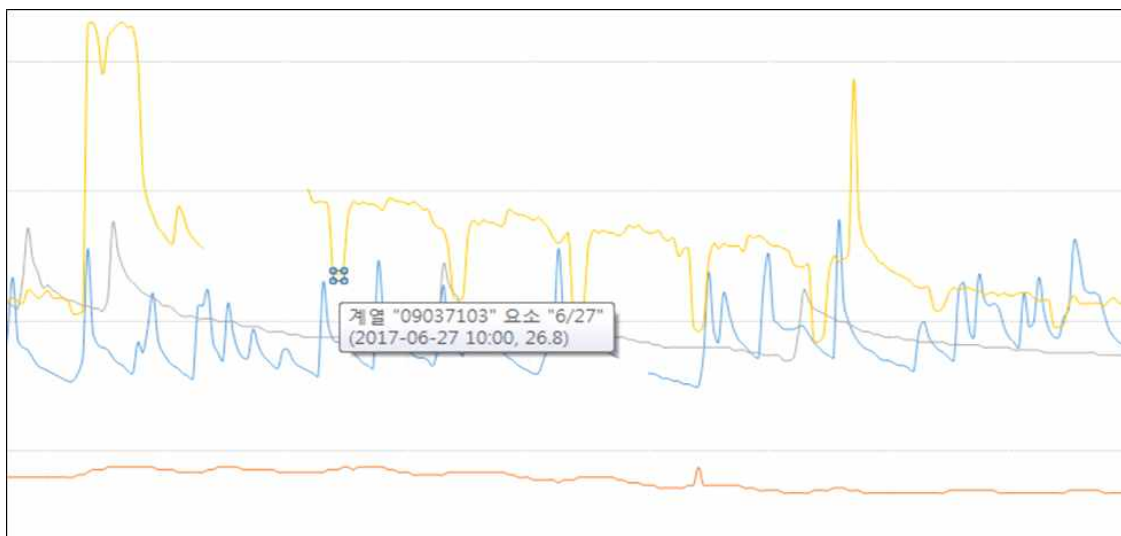
○ 2016, 2017년 Computers & Electronics in Agriculture journal에 게재된 토양 수분 관련 예측모델 개발 논문

- ‘Penman-Monteith formulation’ 을 이용해 crop evapotranspiration을 산출
- 관련 formulation →  $ET_c = K * ET_0$
- 토양 수분 관련 모델 개발 시, 작물의 특성을 고려해야 함을 알 수 있음
- 변수 설명

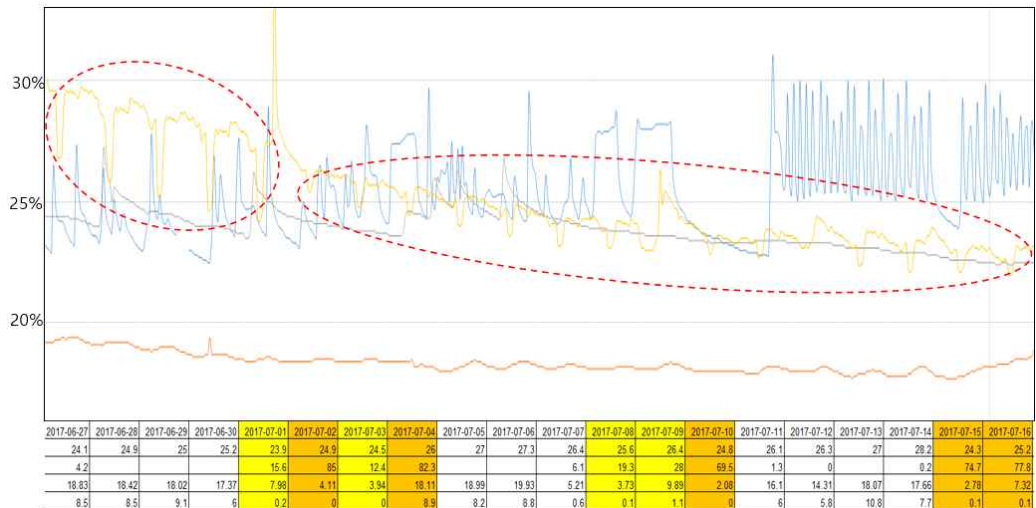
변수	설명
$ET_c$	Potential evapotranspiration
$K$	기울기 계수, crop type/climate/crop evaporation 등에 따름
$ET_0$	Daily reference crop evapotranspiration

3) 화성 포도농장 데이터 패턴

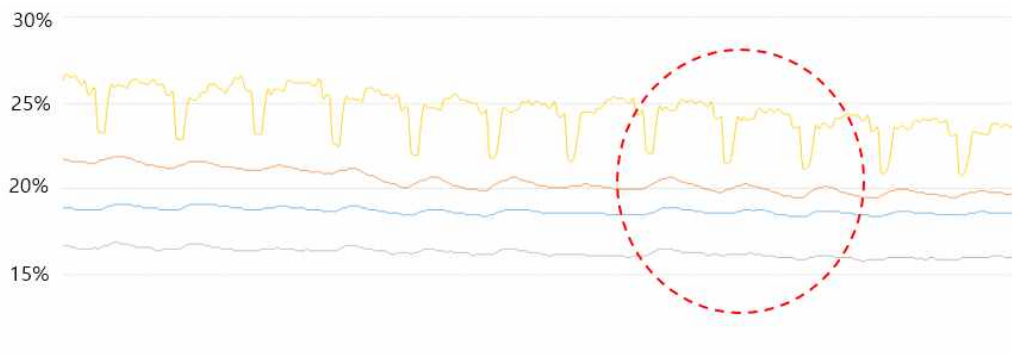
- 노란색 농가는 6일 간격으로 관수를 하고 파란색 농가는 불규칙하게 관수를 자주 함
- 10시 전후로 포도과수의 증발산량이 많음



- 아래 그림의 왼쪽 부분에서 용적수분함량 25~30%에서 증발산량이 많은 것을 확인할 수 있음
- 아래 그림의 오른쪽 부분에서 증발산량이 줄어든 것을 볼 수 있는데 유효수분이 일정 수준 이하일 때인지 또는 이 시기에 포도를 수확해서 수분필요량이 줄어든 건지 확인이 필요함

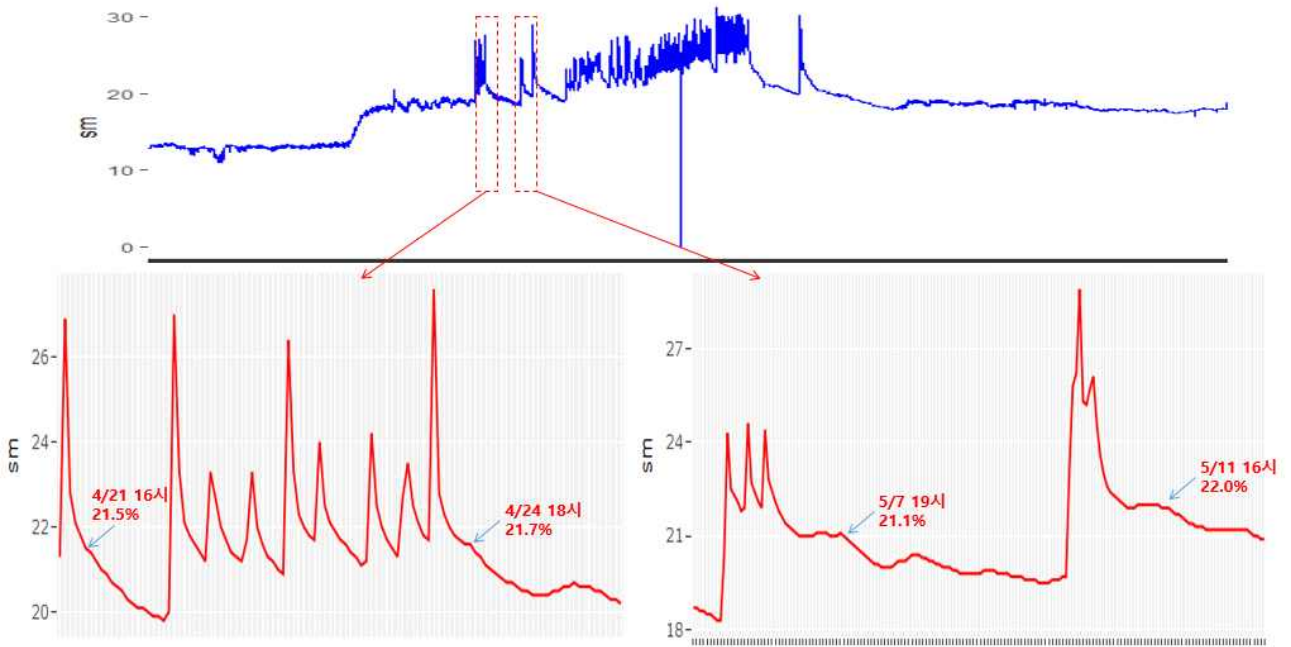


- 아래 그림에서 일사량이 적은 날은 빨간색, 파란색의 등락폭이 줄어드는 것을 볼 수 있음
- 노란색은 뿌리 근처에, 빨강, 파랑은 뿌리에서 먼곳에 센서가 설치된 것으로 예상됨

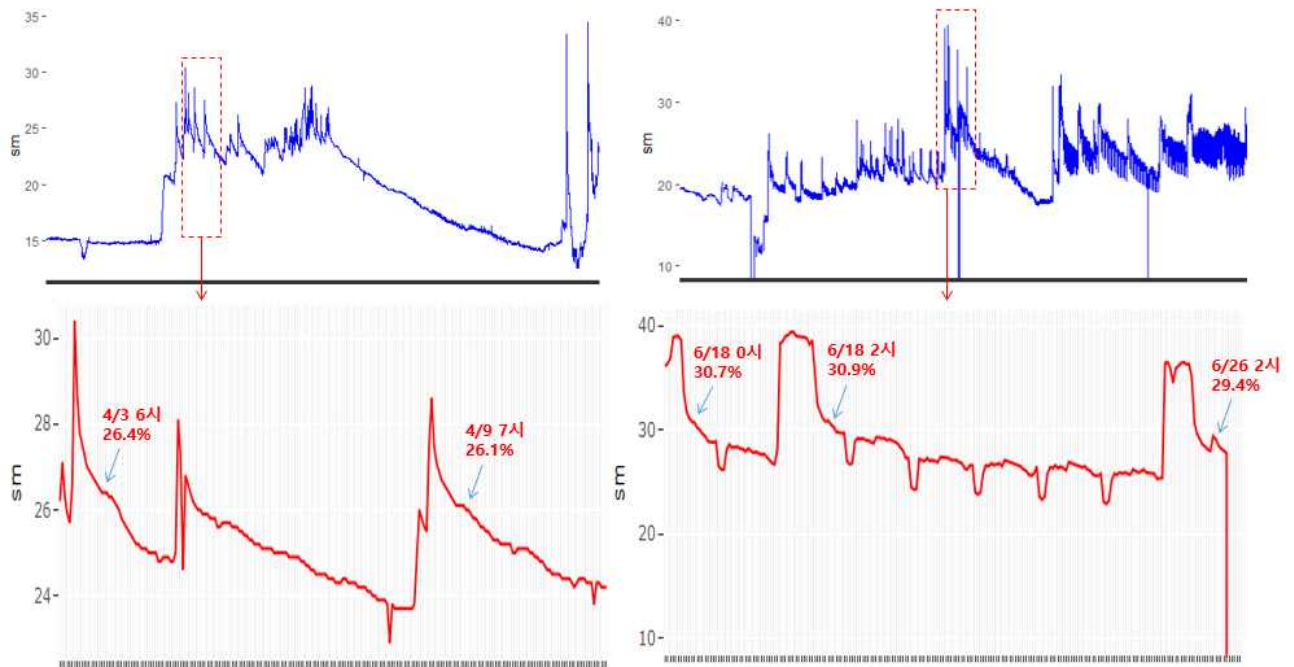


#### 4) 화성 포도농장 포장용수량 추정

- 농장1



○ 농장3, 4



### 5) 분석 결과

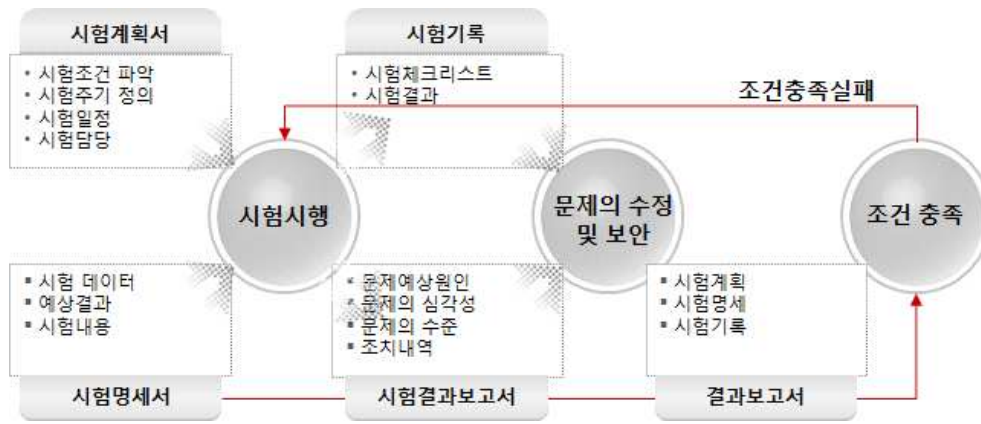
- 가) 분석 결과 증발산량에 의한 편차가 3% 이상 발생할 수도 있어 증발산에 의한 토양 수분 함량 변동이 고려되는 예측모델 설계 검토
- 나) 목표 유효수분함량 기준 관수관리 알고리즘 설계
  - 예: 영양생장기에는 유효수분함량이 포장용수량에 가깝도록 80~100%를 관리할 경우 80% 아래로 떨어지는 시점을 예측해서 관수할 수 있도록 함

### 3. 3차년도 연구 수행 결과

#### 가. 주관기관(이지팜)

##### (1) 노지 스마트팜 클라우드 시스템 안정화 및 상용화

- 테스트 범위 및 통합테스트 환경 구성 및 현장 적용을 통한 통합테스트 및 기능 개선
- 사용자 입장에서 검증하기 위한 테스트 환경 구성 및 테스트 시나리오 작성



< 시험절차 >

##### (가) 대시보드 통합테스트 시나리오



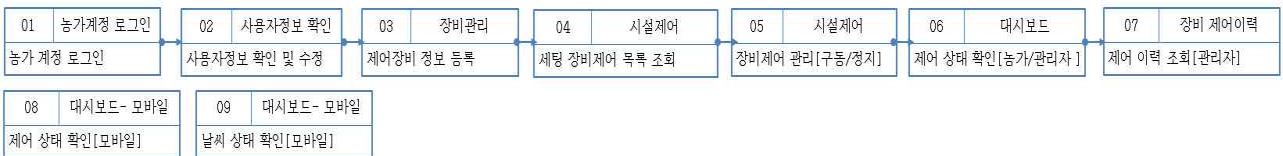
##### [대시보드 통합테스트 흐름도]

- 대시보드 정보 상세 통합 테스트 시나리오

NO	테스트 시나리오	테스트 Data	테스트 결과
01	01.노지 클라우드 시스템으로 접속한다. 02.관리자에게 할당받은 농가권한의아이디/비밀번호로 로그인한다.	01.노지 클라우드 시스템으로 접속 - [ http:// / ] 02.시스템로그인-농가권한 - [ gnares/ gnares ]	01.노지 클라우드 시스템 로그인 화면이 보여진다. 02.로그인 후 대시보드화면으로 전환된다.
02	01.로그인후우측상단에사용자정보를확인및수정한다.	01.수정할 사용자 정보를 수정한다. - 이메일 : 15da@naver.com	01.“15da@naver.com“ 정보로 정상 수정 되었다.
03	01.화면상단 설정>임계값설정메뉴를 선택한다. - 현 장비관리에서 등록된 센서 목록 중 임계값 등록할 센서를 선택한다. - 온도 선택 후 임계값 설정명, 적용기간, 임계값 범위 등을 입력한다. - 저장버튼을 클릭 하여 최종 임계값을 저장한다.	01.센서별 임계값 등록..	01.센서별 임계값이 모두 등록 되었다.
04	01.관리자 계정으로 로그인한다. 02.화면상단 설정>이상값 설정메뉴를 선택한다. - 센서별 최소, 최대 이상값을 입력한다. - 설정값 수정 버튼을 클릭하여 센서별 이상값을 저장한다.	01.관리자계정으로로그인. - testuser / 1. 02.센서별 이상값 등록	01.관리자 계정으로 정상 로그인되었다. 02.센서별 이상값이 모두정상 등록 되었다.

05	<p>01.관리자 계정으로 로그인한다.</p> <p>02.관리자 계정 로그인이 되면 대시보드-지도보기로 전환된다.</p> <p>03.이상값 설정 농가센서 정보가 이상값이 체크 됐는지 확인한다. - 농가관리번호 “관리-번호-001“을 확인</p>	<p>01.관리자 계정으로 로그인 - testuser / 1.</p> <p>02.대시보드-지도보기화면으로 전환되어 농가들의 상태 정보가 표시된다.</p> <p>03.이상값 설정 농가 센서상태 확인 - 농가관리번호 “관리-번호-001“을 확인한다.</p>	<p>01.관리자 계정으로 정상 로그인 되었다.</p> <p>02.대시보드-지도보기화면으로 전환되어 농가들의 상태 정보가 표시되었다.</p> <p>03.이상농가박스에 “관리-번호-001“인 농가에 센서 이상 표시로 연두색 네모박스가 표시되었다.</p>
06	<p>01.관리자 계정으로 로그인한다.</p> <p>02.관리자 계정 로그인이 되면 대시보드-지도보기로 전환된다.</p> <p>03.임계값 설정 농가센서 정보가 임계값 체크 됐는지 확인한다. - 농가관리번호 “관리-번호-001“를 확인</p>	<p>01.관리자계정으로 로그인 - testuser / 1.</p> <p>02.대시보드-지도보기화면으로 전환되어 농가들의 상태 정보가 표시된다.</p> <p>03.임계값 설정 농가 센서상태 확인 - 농가관리번호 “관리-번호-001“을 확인한다.</p>	<p>01.관리자 계정으로 정상 로그인 되었다.</p> <p>02.대시보드-지도보기화면으로 전환되어 농가들의 상태 정보가 표시되었다.</p> <p>03.이상농가박스에 “관리-번호-001“인농가에 임계값 경고 표시로 녹색 네모박스가 표시되었다.</p>

(나) 장비제어 통합테스트 시나리오



[장비제어 통합 테스트 흐름도]

- 장비제어 통합 테스트 시나리오

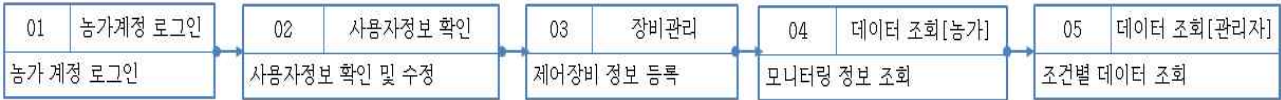
NO	테스트 시나리오	테스트 Data	테스트 결과
01	<p>01.노지 클라우드 시스템으로 접속한다.</p> <p>02.관리자에게 할당받은 농가권한의 아이디/비밀번호로 로그인한다.</p>	<p>01.노지 클라우드 시스템으로 접속 - [ http:// ]</p> <p>02.시스템로그인-농가권한 - [ gyeongnam / 1]</p>	<p>01.노지 클라우드 시스템 로그인 화면이 보여진다.</p> <p>02.로그인 후 대시보드화면으로 전환된다.</p>
02	<p>01.로그인후후측상단에 사용자정보를 확인 및 수정한다.</p>	<p>01.수정할 사용자 정보를 수정한다. - 이메일 : 15da@naver.com</p>	<p>01.“15da@naver.com“ 정보로 정상 수정 되었다.</p>
03	<p>01.상단메뉴“장비관리“메뉴를 클릭한다.</p> <p>02.농가에 설치할 제어노드 정보를 등록한다. - 메인노드 정보의 제어노드 추가 버튼을 클릭한다. - 제어노드기본 정보를 입력한다.</p> <p>03.제어노드 하위 장비 정보를 등록한다. - 메인노드 정보의 장비구분의 제어노드를 선택한다. - 구동기 추가 버튼을 클릭하고 - 포그기, 관수기, 측장, 천창등의 장비 정보를 입력한다.</p>	<p>01.장비 관리화면으로 전환된다.</p> <p>02.제어노드추가 - 장비명 : 제어장비 - 사용여부 : 사용 선택 - 휴대폰번호 : 03180903142 - 제어노드 기본정보 &gt; 동작주기 : 60 초</p> <p>03.제어노드하위장비정보 입력 - 장비구분 : 관수기 - 장비명 : 포그기 - 사용여부 : 사용 선택 - 설치일 : 2018-06-14 - 설치 위치 : 내부 선택</p>	<p>01.장비관리화면으로 전환된다.</p> <p>02.“03180903142“번호의 제어노드 설정 정보가 정상 등록되었다</p> <p>03.제어노드 하위 “관수기“ 장비가 정상 등록 되었다.</p> <p>04.“장비정보가 정상 등록 되었습니다.“라는 메시지와 함께 화면이 새로딩되어 등록된 장비를 보여준다.</p>



	<p>04.제어장비의 모든 정보 입력이 되었으면 저장 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최종저장 버튼을 클릭 장비 정보를 등록한다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 설명 : 농장 내부 관수 장비</li> </ul> <p>04.제어장비최종등록</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최종 저장 버튼 클릭</li> </ul>	
04	<p>01.상단메뉴“시설제어“메뉴를 클릭한다.</p> <p>02.장비 관리에서 추가한 장비 목록을 조회한다.</p>	<p>01.상단메뉴“시설제어“메뉴를 클릭.</p> <p>02.장비관리에서 추가한 장비 목록 확인</p>	<p>01.장비제어화면으로 전환되었다.</p> <p>02.장비관리에서 등록한 장비 목록이 정상적으로 조회되었다.</p>
05	<p>01.관수기 장비의 동작모드를 수동 모드로 변경한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 동작모드를 수동제어로 선택한다.</li> </ul> <p>02.제어설정에 출력된 시간을 선택한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구동할 시간을 선택한다.</li> </ul> <p>03.시간 선택 후 구동항목에 구동여부를 선택한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구동 을 클릭하여 작동 시킨다.</li> </ul> <p>04.시간 선택 후 구동항목에 구동여부를 선택한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구동중인 장비를 정지 시킨다.</li> </ul>	<p>01.관수기 장비 동작모드 선택</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 동작모드: 수동제어</li> </ul> <p>02.제어설정에 출력된 시간을 선택</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제어설정 : 10 분 선택</li> </ul> <p>03.관수기구동</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구동 클릭</li> </ul> <p>04.관수기정지</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정지 클릭</li> </ul>	<p>01.관수기 장비동작모드가 “수동제어“로 변경되었다.</p> <p>02.제어설정에 구동시간 “10분“이 선택 되었다.</p> <p>03.관수기 구동이 시작되고 제어설정 창에 “장비를 구동하고 있습니다. 남은시간 00:09:31“라는 메시지 창이 출력되어 현재 남은 시간이 실시간으로 출력되었다.</p> <p>04.구동중인 관수기가“관수제어기가 정지되었습니다“ 라는 메시지가 출력되고 작동이 멈추었다</p>
06	<p>01.관수제어상태가 대시보드에 표시되는지 확인한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 상단 메뉴의 “대시보드“ 메뉴를 클릭한다.</li> <li>- 우측 제어장치 상태가 마지막 제어 상태인지 확인한다.</li> </ul> <p>02.관수제어상태가 관리자 대시보드-지도보기에서 현재 제어농가의 제어상태를 확인한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 관리자 계정으로 로그인 한다.</li> <li>- 대시보드 지도보기에서 제어농가의 관수기 상태를 확인한다.</li> </ul>	<p>01.관수제어상태대시보드확인</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 상단 메뉴의 “대시보드“ 메뉴 클릭.</li> <li>- 관수기 마지막 제어 상태 확인</li> </ul> <p>02.관수제어 상태가 관리자 대시보드-지도보기에서 현재 제어농가의 제어상태를 확인</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 관리자 계정으로 로그인[testuser / 1 ]</li> <li>- 대시보드 지도보기에서 제어농가의 관수기 상태 확인</li> </ul>	<p>01.대시보드에 관수기 현재 제어상태가 “작동“으로 출력되어 있다.</p> <p>02.관리자 대시보드-지도보기“관리-번호-003“의 농가에 관수기 작동여부가 “Y“상태로 표시되어 있다.</p>
07	<p>01.관리자 권한인 장비제어 이력 데이터 조회에서 제어이력을 확인한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 관리자계정으로 로그인 한다.</li> <li>- 상단 메뉴의 데이터조회 &gt; 개별농가 제어이력 데이터 메뉴를 선택한다.</li> <li>- 조회할 농가와 제어기 및 조회구간을 선택 후 조회한다.</li> </ul>	<p>01.개별농가 제어 이력데이터 조회 조건</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 농가 : 테스트 농가</li> <li>- 제어기: 관수기</li> <li>- 조회기간 : 20190609 ~ 20190615</li> </ul>	<p>01.조회기간 동안 조회한 관수기 제어이력 목록 및 래프가 출력되어 관수기 작동 이력이 확인되었다.</p>
08	<p>01.모바일 웹으로 접속한다.</p> <p>02.모바일 버전으로 로그인한다.</p> <p>03.관수제어상태가 대시보드에 표시되는지 확인한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 장비현황 및 상태 마지막 제어 상태인지 확인한다.</li> </ul>	<p>01.모바일 웹으로 접속한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-http:// /</li> </ul> <p>02.모바일 버전으로 로그인한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- gyeongnam / 1</li> </ul> <p>03.관수제어상태가 대시보드에 표시되는지 확인한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 장비현황 및 상태 마지막 제어 상태인지 확인한다.</li> </ul>	<p>01.모바일 웹으로 접속되어 로그인화면으로 전환됐다</p> <p>02.해당 농가의 계정으로 로그인이 되었다.</p> <p>03..대시보드에 관수기 현재 제어상태가 “구동“으로 출력되어 있다.</p>
09	<p>01.모바일 웹으로 접속한다.</p> <p>02.모바일 버전으로 로그인한다.</p>	<p>01.모바일 웹으로 접속한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-http:// /</li> </ul>	<p>01.모바일 웹으로 접속되어 로그인 화면으로 전환됐다</p>

03.날씨정보를 확인하여 제어구동 여부를 판단한다.	02.모바일 버전으로 로그인한다. - gyeongnam / 1  03.날씨정보를 확인하여 제어구동 여부를 판단한다.	02.해당 농가의 계정으로 로그인이 되었다.  03.현 농가의 지역날씨 예보가 그래프를 통해 조회되었다.
------------------------------	---	--

(다) 센서데이터 조회 통합테스트 시나리오



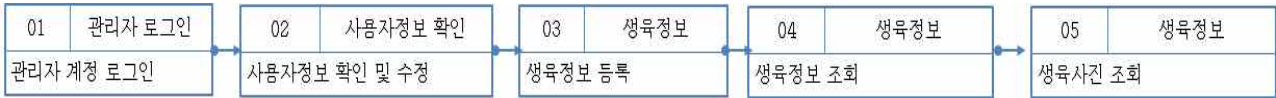
[센서데이터 조회 통합테스트 흐름도]

- 장비제어 통합 테스트 시나리오

NO	테스트 시나리오	테스트 Data	테스트 결과
01	01.노지 클라우드 시스템으로 접속한다.  02.관리자에게 할당받은 농가권한의아이디/비밀번호로 로그인한다.	01.노지 클라우드 시스템으로 접속 - [ http:// ]  02.시스템로그인-농가권한 - [ gyeongnam / 1]	01.노지 클라우드 시스템 로그인 화면이 보여진다.  02.로그인 후 대시보드화면으로 전환된다.
02	01.로그인 후 우측상단에 사용자 정보를 확인 및 수정한다.	01.수정할 사용자 정보를 수정한다. - 이메일 : 15da@naver.com	01.“15da@naver.com” 정보로 정상 수정 되었다.
03	01.상단메뉴“장비관리“메뉴를 클릭한다.  02.농가에 설치할 센서노드 정보를 등록한다. - 메인노드 정보의 센서노드 추가 버튼을 클릭한다. - 센서노드 기본 정보를 입력한다.  03.센서노드 하위 장비정보를 등록한다. - 메인노드 정보의 장비구분의 센서노드를 선택한다. - 센서 추가 버튼을 클릭하고 - 온도, 습도, 지온, 지습, 감우, 전압 정보를 등록한다.  04.센서장비의 모든 정보 입력이 되었으면 저장을 한다. - 최종저장 버튼을 클릭 장비정보를 등록한다.	01.장비 관리화면으로 전환된다.  02.센서노드 추가 - 장비명 : 센서노드 - 사용여부 : 사용 선택 - 휴대폰번호 : 03180903142 - 센서노드 기본정보  03.센서노드 하위 장비 정보 입력  04.센서장비 최종 등록 - 최종 저장 버튼 클릭	01.장비 관리화면으로 전환된다.  02.“03180903142” 번호의 센서노드 설정 정보가 정상 등록되었다  03.센서노드 하위 센서 장비들이 정상 등록되었다.  04.“장비 정보가 정상 등록되었습니다.” 라는 메시지와 함께 화면이 재로딩되어 등록된 장비를 보여준다.
04	01.상위메뉴“데이터조회“메뉴를 선택한다.  02.세팅된 온도별 센싱정보를 실시간,일간,주간,월간,기간별 단위로 조회한다.	01.모니터링 화면 센싱 정보 목록을 확인 - 온도 선택  02.일간 버튼을 클릭. - 조회일자 : 2019-01-08 - 조회주기 : 1시간	01.모니터링 화면에 온도의 실시간 센싱값이 그래프로 표현된다.  02.일간별로 1기간 주기로 관수기 제어 이력과 같이 그래프로 표현된다.
05	01.관리자 계정으로 로그인한다.  02.상위메뉴“데이터조회“메뉴를 선택한다.  03.농가별 데이터에서 농가 센싱 정보를 조회한다.  04.요소별 데이터에서 농가	01.관리자계정으로로그인 - testuser / 1  02.상위메뉴 “데이터조회“ 메뉴를 선택한다.  03.농가별 데이터에서 농가 센싱정보를 조회한다.	01.관리자계정으로 로그인 되었다  02.상위메뉴 “데이터조회“ 선택시 농가별 데이터 조회화면으로 전환되었다.  03.농가별 데이터에서 농가 센싱정보가 정상적으로 조회

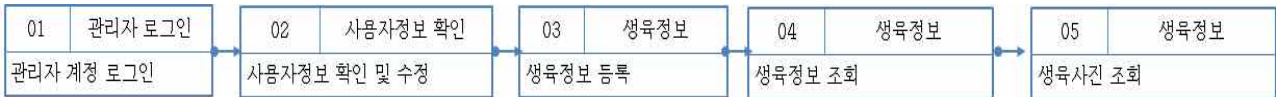
<p>센싱정보를 조회한다.</p> <p>05.보정 데이터에서 해당 설치농가 센싱정보를 조회한다.</p> <p>06.원시 데이터에서 해당 설치농가 센싱정보를 조회한다.</p> <p>07.복수 농가데이터에서 설치 농가 센싱정보를 조회한다.</p> <p>08.장비별 데이터에서 설치 농가 센싱정보를 조회한다.</p> <p>09.모바일 사용량 데이터에서 설치된 모바일 데이터 사용량을 조회한다.</p>	<p>04.요소별 데이터에서 농가 센싱정보를 조회한다.</p> <p>05.보정데이터에서 해당 설치 농가 센싱정보를 조회한다.</p> <p>06.원시 데이터에서 해당 설치 농가 센싱정보를 조회한다.</p> <p>07.복수 농가 데이터에서 설치 농가 센싱정보를 조회한다.</p> <p>08.장비별 데이터에서 설치 농가 센싱정보를 조회한다.</p> <p>09.농가에 설치된 모바일 데이터 사용량을 조회한다.</p>	<p>되었다</p> <p>04.요소별 데이터에서 농가 센싱정보가 정상적으로 조회되었다</p> <p>05.보정데이터에서 농가별 센싱정보가 정상적으로 조회되었다</p> <p>06.원시 데이터에서 농가별 센싱정보가 정상적으로 조회되었다</p> <p>07.복수 농가데이터에서 설치 농가 센싱정보가 정상적으로 조회되었다.</p> <p>08.장비별 데이터에서 설치 농가 센싱정보가 정상적으로 조회되었다</p> <p>09.농가별 모바일 데이터 사용량이 정상적으로 조회되었다</p>
--	--	---

(라) 생육정보 통합테스트 시나리오



[생육정보 통합 테스트 흐름도]

- 생육정보 상세 통합 테스트 시나리오



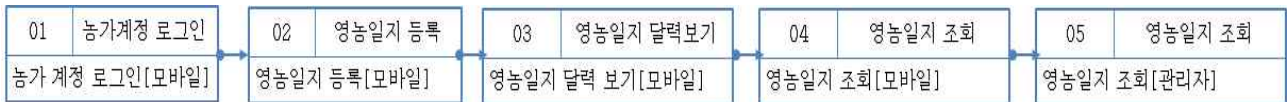
[생육정보 통합 테스트 흐름도]

- 생육정보 상세 통합 테스트 시나리오

NO	테스트 시나리오	테스트 Data	테스트 결과
01	<p>01. 노지 클라우드 시스템으로 접속한다.</p> <p>02.관리자 아이디/비밀번호로 로그인한다.</p>	<p>01.노지 클라우드 시스템으로접속</p> <p>02.시스템로그인-관리자 권한 - [ testuser / 1 ]</p>	<p>01.노지 클라우드 시스템 로그인화면이보인다.</p> <p>02.로그인 후 대시보드화면으로 전환된다.</p>
02	<p>01.로그인후우측상단에 사용자정보를확인및수정한다.</p>	<p>01.수정할 사용자정보를 수정한다. - 이메일 : test@test.com</p>	<p>01.“test@test.com“ 정보로 정상 수정 되었다.</p>
03	<p>01.상단메뉴“생육정보“메뉴를 선택한다.</p> <p>02.화면 오른쪽 중간에</p>	<p>01.상단메뉴“생육정보“메뉴를 선택한다.</p> <p>02.초장, 마디수, 엽수,</p>	<p>01.생육조사조회 화면으로 전환된다.</p> <p>02.입력한 생육정보가 정상적으로 등록되었다.</p>

	<p>“생육조사등록“버튼을 클릭하여 생육정보를 등록한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 조사 일자 선택한다.</li> <li>- 농장을 선택한다.</li> <li>- 작물을 선택한다.</li> <li>- 샘플번호를 선택한다.</li> </ul>	<p>지재부경경, 생장점 경경, SPAD, 수확량, 과중, 과장, 과고 항목을 입력한다.</p>	
04	<p>01.등록된 생육조사정보를 농가단위로 조회한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 농가별 조회일자 범위를 선택하여 조회 한다.</li> </ul>	<p>01.농가별 생육조사정보 조회</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 농가 : 전체</li> <li>- 농장 : 전체</li> <li>- 조회일자 범위 :2019-06-09~06-12</li> </ul>	01.농가별 생육조사 정보가 정상 조회되었다.
04	<p>01.농가별 생육사진 정보를 조회한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 농가별 찍힌 농장의 생육사진을 농장, 태그, 조사일자 별로 조회 한다.</li> </ul> <p>02.사진을 확대/축소하여 사진을 확인한다.</p>	<p>01.농가별 생육사진정보 조회</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 농가 : 전체</li> <li>- 농장 : 전체</li> <li>- 태그 :</li> <li>- 조회일자 범위 :2019-06-09~06-12</li> </ul> <p>02.사진을 확대/축소</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사진 선택</li> <li>- 마우스 스크롤</li> </ul>	<p>01.농가별 생육사진정보가 정상 조회되었다.</p> <p>02.사진을 확대/축소 정상적으로 반응했다.</p>

(마) 영농일지 통합테스트 시나리오



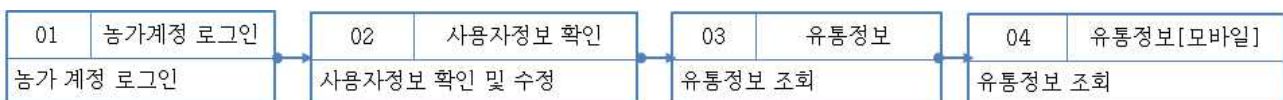
[영농일지 통합테스트]

- 영농일지 상세 통합 테스트 시나리오

NO	테스트 시나리오	테스트 Data	테스트 결과
01	<p>01.노지 클라우드 시스템으로 접속한다.</p> <p>02.관리자에게 할당받은 농가권한의아이디/비밀번호로 로그인한다.</p>	<p>01.노지 클라우드 시스템으로 모바일 버전으로 접속</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- [http:// ]</li> </ul> <p>02.시스템로그인-농가권한</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- [ gnares / gnares]</li> </ul>	<p>01.노지 클라우드 시스템 모바일버전 로그인 화면이 보여진다.</p> <p>02.로그인 후 대시보드화면으로 전환된다.</p>
02	<p>01.화면하단“영농일지“를 선택한다.</p> <p>02.영농일지 버튼 프레임을 선택한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 날짜 선택, 농장선택, 날씨정보, 농작업정보, 인건비관리, 메모, 사진등을 입력 및 선택한다.</li> <li>- 저장 버튼을 클릭한다.</li> </ul>	<p>01.영농일지 메인화면으로 전환된다.</p> <p>02.영농일지정보 등록</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 날짜 선택 : 2018-06-18</li> <li>- 농장 선택 : 경남도원 온실</li> <li>- 날씨 정보 : 자동 설정됨[ 현 날씨정보 활용]</li> <li>- 농작업 정보 : 꽃송이 다듬기</li> <li>- 인건비 관리: 남성작업, 여성작업, 자기작업 등 작업시간, 인건비 입력</li> <li>- 메모 : 영농일지 최초작업</li> </ul>	<p>01.영농일지 메인화면으로 정상 전환되었다.</p> <p>02.입력된 날짜선택, 농장선택, 날씨정보, 농작업정보, 인건비관리, 메모, 사진등의 정보들이 정상 등록되고 달력보기 화면으로 전환되어 해당 날짜에 표시되었다.</p>
03	01.영농일지메인화면“달력보기“프레임	01.달력 보기 화면으로	01.달력보기화면으로 전환되어

	<p>을 선택한다.</p> <p>02.달력에 일자별로 등록된 영농작업이 표시되어 있는 날짜를 선택한다.</p>	<p>전환된다.</p> <p>02.영농작업 등록 내역확인 - 2019년 6월 16일짜 를 선택한다.</p>	<p>영농작업 등록된 날짜에 숫자로 몇건 등록되었는지 표시되었다.</p> <p>02.2019년6월16일짜 등록된 영농일자 작업타이틀이 조회되고 수정 및 삭제할 수 있는 버튼의 활성화되었다.</p>
04	<p>01.영농일지 “영농일지 검색” 을 선택한다.</p> <p>02.연도별 보기 검색을 한다. - 년도를 선택한다.</p> <p>03.작업별 보기 검색을 한다. - 조회된 작업 목록중 하나를 선택한다.</p> <p>04.농장별 보기 검색을 한다. - 농장을 선택한다.</p>	<p>01.영농일지 “영농일지 검색” 을 선택한다.</p> <p>02.연도별 보기 검색을 한다. - 2019 년도 선택</p> <p>03.작업별 보기 검색을 한다. - 꽃송이 다듬기를 선택</p> <p>04.농장별 보기 검색을 한다. - 경남도원 온실 을 선택한다.</p>	<p>01.연도별보기,작업별보기,농장별보기 탭으로 구분되어 화면이 전환된다.</p> <p>02.연도별보기 검색을 한다. - 2018년 6월 16일짜 등록된 영농일자 작업 타이틀이 조회되고 수정 및 삭제 할 수 있는 버튼의 활성화 되었다.</p> <p>03.작업별 보기검색을 한다. - 2019년 6월 16일 짜 등록된 영농일자 작업 타이틀이 조회되고 수정 및 삭제 할 수 있는 버튼의 활성화 되었다.</p> <p>04.농장별보기 검색을 한다. - 등록된 영농일자 작업 타이틀이 조회되고 수정 및 삭제 할수 있는 버튼의 활성화 되었다.</p>
05	<p>01.노지 클라우드 시스템으로 접속한다.</p> <p>02.관리자 아이디/비밀번호로 로그인한다.</p> <p>03.화면상단메뉴“영농일지”메뉴를 선택한다.</p> <p>04.농장명,농가,농장,조회일자범위등 입력 및 선택하여 농가별 영농일지 등록내역을 조회한다.</p>	<p>01.노지클라우드 시스템으로 접속 - [ http:// / ]</p> <p>02.시스템로그인-관리자권한 - [ testuser / 1 ]</p> <p>03.화면상단 “영농일지” 메뉴 선택</p> <p>04.영농일지 등록내역 조회</p>	<p>01.노지 클라우드 시스템 로그인화면이 보여진다.</p> <p>02.로그인 후 대시보드화면으로 전환된다.</p> <p>03.영농일지조회화면전환.</p> <p>04.모바일에서 등록한 “진주농장1” 영농일지 등록내역이 조회되었다.</p>

(바) 유통정보 통합테스트 시나리오



[유통정보 통합테스트 흐름도]

- 유통정보 상세 통합 테스트 시나리오

NO	테스트 시나리오	테스트 Data	테스트 결과
01	<p>01.노지 클라우드 시스템으로 접속한다.</p> <p>02.관리자에게 할당받은 농가권한의아이디/비밀번호로 로그인한다.</p>	<p>01.노지 클라우드 시스템으로 접속 - [ http:// / ]</p> <p>02.시스템로그인-농가권한 - [ gnares/ gnares ]</p>	<p>01.노지 클라우드 시스템 로그인화면이 보여진다.</p> <p>02.로그인 후 대시보드화면으로 전환된다.</p>
02	<p>01.로그인후우측상단에서사용자정보를확인및수정한다.</p>	<p>01.수정할 사용자정보를 수정한다. - 이메일 : 15da@naver.com</p>	<p>01.“15da@naver.com“ 정보로 정상 수정 되었다.</p>

03	01.상단 “유통정보“ 메뉴를 클릭한다. 02.도매시장별 유통정보 조회조건을 입력 또는 선택한다.	01.유통정보화면으로 전환된다. 03.도매시장별 유통정보조회 - 도매시장 : 전체 - 품종:전체 - 규격 : 전체 - 시작일자 범위 : 2018-05-01 ~2018-06-14	01.유통정보화면으로 전환된다. 02.도매시장별 유통정보가 조회된다.
04	01.모바일웹으로 접속한다. 02.모바일버전으로 로그인한다. 03.도매시장별 유통정보 조회조건을 입력 또는 선택한다.	01.모바일웹으로 접속한다. [http:// ] 02.모바일버전으로 로그인한다. - gnares / gnares 03.도매시장별 유통정보조회 - 도매시장 : 전체 - 품종:전체 - 규격 : 전체 - 시작일자 범위 : 2019-05-01 ~2018-06-14	01.유통정보화면으로 전환된다. 02.도매시장별 유통정보가 조회된다.

(사) 시스템 설정 정보 통합테스트 시나리오



[시스템 설정 정보 통합테스트 흐름도]

- 시스템 설정 정보 상세 통합 테스트 시나리오

NO	테스트 시나리오	테스트 Data	테스트 결과
01	01.노지 클라우드 시스템으로 접속한다. 02.관리자 아이디/비밀번호로 로그인한다.	1.노지 클라우드 시스템으로 접속 - [ http:// / ] 02.시스템로그인-관리자권한 - [ testuser / 1 ]	01.노지 클라우드 시스템 로그인화면이 보여진다. 02.로그인 후 대시보드화면으로 전환된다.
02	01.화면상단메뉴“정정>사용자관리“메뉴를 선택한다. 02.신규 등록 버튼을 클릭하여 신규사용자 정보를 저장한다. - 사용자 구분, 아이디, 사용자이름,생년월일,비밀번호,비밀번호확인,휴대전화번호,사무실번호,이메일,사용여부,우편번호,기본주소,상세주소, 입력 및 선택 후 저장한다.	01.화면상단메뉴“정정>사용자관리“메뉴선택 02.신규등록버튼을클릭하여신규사용자정보를저장한다. - 사용자 구분 : 일반농가 - 아이디:hw5 - 사용자이름:hw5 - 생년월일:2018-05-09 - 비밀번호:01099999999 - 비밀번호확인:1 - 휴대전화번호:1 - 사무실번호:1 - 이메일:l@11.com - 사용여부:Y - 우편번호:14910 - 기본주소:경기도 시흥시호련로22번길26 - 상세주소:99	01.정정>사용자관리화면으로 전환되어 등록된 사용자의 정보목록이 조회되었다. 02.“hw5”신규사용자가 등록되어 사용자목록에 조회되었다.
03	01.화면상단메뉴“정정>그룹변경“메뉴를 선택한다.	01.화면상단메뉴 “그룹변경” 메뉴를 선택.	01.그룹변경화면으로 전환되고 그룹 및 사용자목록이 조회되었다.

	02.조회된 사용자목록 중 그룹 변경할 사용자를 선택하고 그룹변경 저장을 한다. - hw4 사용자를 선택하고 그룹변경 버튼을 클릭한다.	02.그룹 변경할 사용자를 선택 - hw4 선택 체크 - 관리자 변경	02.hw4 사용자가 관리자그룹으로 변경되었다.
04	01.화면상단메뉴<정정>그룹설정<메뉴를 선택한다. 02.그룹을 추가한다. - 그룹 추가 버튼을 클릭하여 새로운 그룹을 추가 한다. 그룹명, 사용여부를 선택하고 저장 한다.	01.화면상단메뉴<정정>그룹설정<메뉴선택 02.그룹을 추가한다. - 그룹추가 버튼 클릭 - 그룹명 : 영농조합 , 사용여부 Y 입력 후 저장 버튼 클릭한다.	01.그룹설정화면으로 전환되고 그룹 목록이 조회되었다. 02.영농조합그룹의 정상 등록되었다.
05	01.화면상단메뉴<정정>농장관리<메뉴를 선택한다. 02.조회된농가목록을선택하여해당농가의농장정보및농장의구역정보를등록및수정한다.	01.화면상단메뉴<정정>농장관리<메뉴선택 02.농장정보 등록 및 수정 농가 선택 - 농가 목록 <경남도원< 선택 - 농가정보 농가명 : 경남도원, 농가주소 : 진주시 남양읍 시청로 159, 전화번호:01000000000 , 휴대전화번호: 01000000000 입력 - 농장 정보: 농장명 : 경남도원 농가, 주소 : 진주시 남양읍 시청로 159, 전화번호 : 01000000000 입력 - 경남도원 농가 구역 정보 : 구역명 : 경남도원 농가, 설명: 1구역 입력	01.농장관리화면으로 전환되고 농가목록이 조회되었다. 02.<경남도원< 농가에 대한 농장 및 구역정보가 등록되었다.
06	01.화면상단메뉴<정정>프로그램관리<메뉴를 선택한다. 02.메뉴에 대한 프로그램 경로를 저장한다. - 신규 등록 버튼을 클릭 하여 프로그램ID, 프로그램명,URL, 사용여부를 등록한다.	01.화면상단메뉴<정정>프로그램관리<메뉴선택 02.메뉴에 대한 프로그램 경로를 저장 - 프로그램 ID : 011 - 프로그램명 : 지도보기 - URL : /dashboard/dashboard.do - 사용여부 :Y 등을 입력 및 선택후 저장한다.	01.프로그램관리화면으로 전환되고 프로그램 관리목록이 조회되었다. 02.지도보기 프로그램 관리가 등록되었다.
07	01.화면상단메뉴<정정>메뉴관리<메뉴를 선택한다. 02.시스템 전반적인 메뉴등록을 한다. - 메뉴ID, 메뉴명, 상위메뉴, 프로그램, 정렬순서, 사용여부 등을 입력 및 선택 후 저장한다.	01.화면상단메뉴<정정>메뉴관리<메뉴선택 02.시스템 전반적인 메뉴 등록을 한다. - 메뉴ID: 11 - 메뉴명: 지도보기 - 상위메뉴:대시보드 - 프로그램 : 지도보기 - 정렬순서 : 11 - 사용여부 : Y	01.메뉴관리화면으로 전환되고 메뉴관리관리목록이 조회되었다. 02.지도보기 메뉴가 등록되었다.
08	01.화면상단메뉴<정정>공지사항<메뉴를 선택한다. 02.시스템에 대한 공지사항을 등록한다. - 공지사항 버튼 클릭 후 제목, 내용을 등록하고 저장한다.	01.화면상단메뉴<정정>공지사항<메뉴선택 02.시스템에 대한 공지사항을 등록한다. - 제목 : 테스트 시스템 오픈일자 공지 - 내용 : 테스트 시스템 오픈일자 공지	01.공지사항화면으로전환되고공지사항목록이조회되었다. 02.<테스트시스템 오픈일자 공지<에 대한 공지사항이 등록 되었다.  *농가권한으로 로그인 후 설정>공지사항이 등록되었다.

- 실제 농가에 장비를 설치한 후 테스트 수행
- 사용자의 사용 경험을 통한 통합 테스트 및 기능 개선



<현장적용 절차>

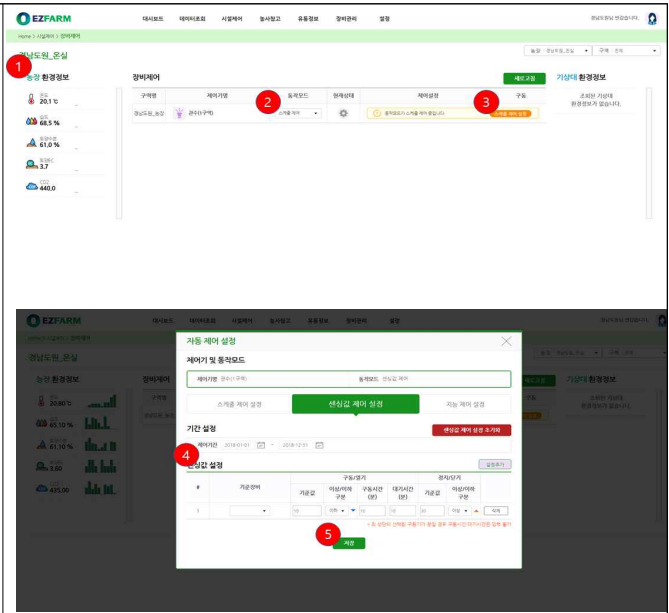
메뉴명	기능	화면
대시보드 (지도보기)	각 농가의 위치 정보 표시 및 각 농가의 상황 (농가 장비의 이상 유무) 표시	
상황판 보기	각 농가의 상황 표시 - 환경 경고, 장비이상, 관수, 약제 살포, 기타 총 5개의 항목 상태 분류 표시	
농가별 보기	각 농가의 요약 정보 확인 - 생육사진 - 장비정보(온·습도, 토양 EC, 토양수분)	
데이터 조회 (농가별)	농가별 데이터 조회 - 기상요소, 제어요소, 경고 및 기타의 요소들에 대한 집계 데이터 표시 - 표, 차트 형태 표시	



<p>데이터 조회 (요소별)</p>	<p>요소 기준 복수 농가의 데이터 조회</p>	
<p>데이터 조회 (원시 데이터)</p>	<p>장비에서 수집된 각 농가의 원시 데이터 조회</p>	
<p>데이터 조회 (모바일 데이터 사용량)</p>	<p>각 농가별 모바일 데이터 사용량 조회</p>	
<p>장비 제어 (수동 제어)</p>	<p>장비를 수동으로 제어하기 위한 제어 값 설정</p>	

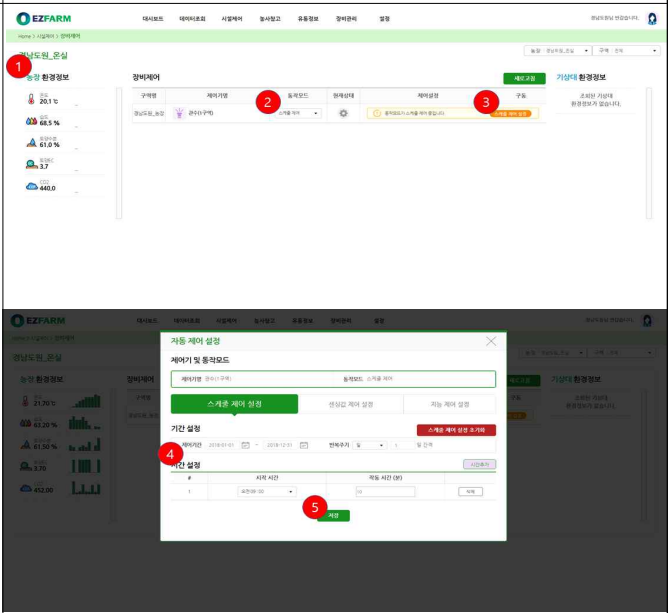
장비 제어  
(센싱값 제어)

설정되어 있는 각종 센서 장비의 측정값으로 장비를 제어



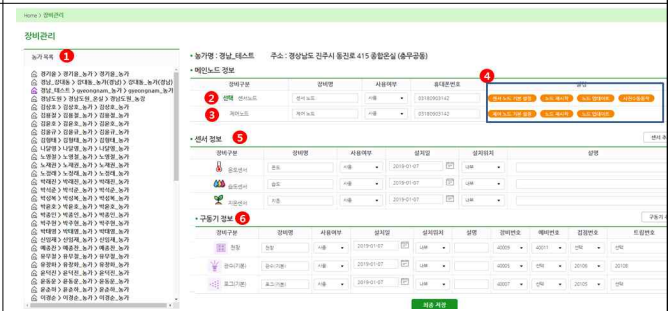
장비 제어  
(스케줄 제어)

제어에 대한 스케줄 설정  
- 시작시간 과 작동 시간 설정한다.  
- 일 과 요일 단위로 반복 주기를 설정하여 지정된 일자에만 실행되도록 설정

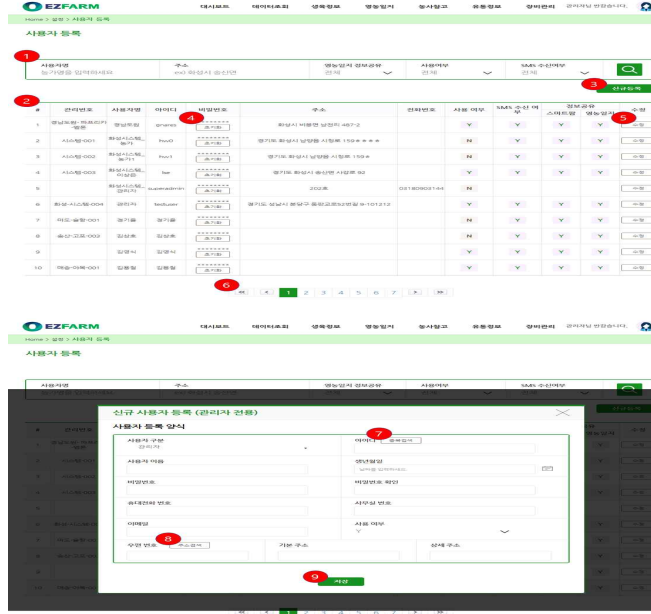
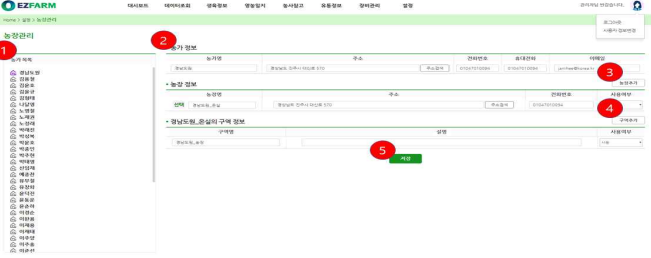


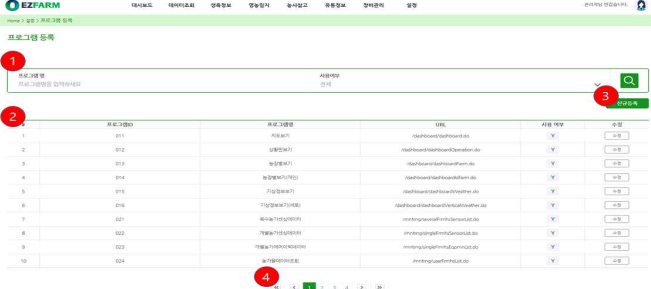


장비 관리  
(센서 및 제어 장비 관리)

농가별 설치 장비 설정



메뉴명	기능	화면
생육정보	생육정보 등록/조회/수정	
생육사진	수집된 생육사진 조회	
영농일지	사용자가 등록한 영농일지 조회/확인	
유통정보	전국에 있는 도매시장 데이터를 확인하고 가격 추세 조회	



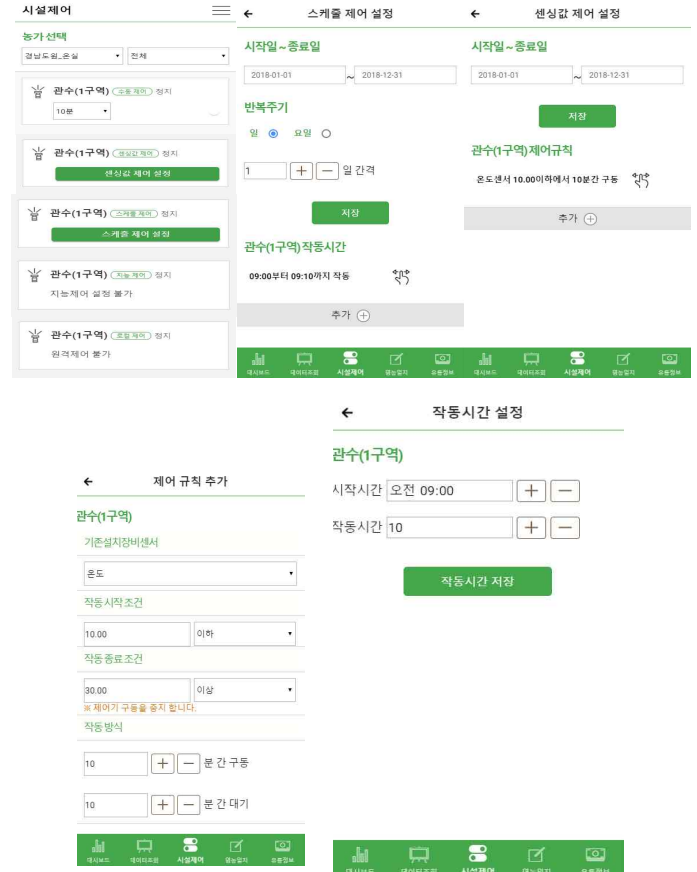
<p>설정 (사용자 관리)</p>	<p>신규 사용자 등록 등록 및 사용자 관리</p>	 <p>The screenshot shows the 'EZFARM 사용자 등록' (EZFARM User Registration) interface. It includes a search bar at the top, a table of existing users with columns for ID, name, phone, and status, and a modal window for adding a new user with fields for name, phone, and address.</p>
<p>설정 (농장 관리)</p>	<p>사용자의 농장 또는 구역 관리</p>	 <p>The screenshot shows the 'EZFARM 농장 관리' (EZFARM Farm Management) interface. It features a search bar, a list of farms with columns for ID, name, and location, and a modal window for adding a new farm with fields for name and location.</p>
<p>설정 (이상값 관리)</p>	<p>각 장비에 대한 이상값 정보를 설정</p>	 <p>The screenshot shows the 'EZFARM 이상값 설정' (EZFARM Abnormality Setting) interface. It displays a table with columns for equipment ID, name, and abnormality type, and a modal window for setting abnormality values for a specific piece of equipment.</p>
<p>설정 (그룹 변경)</p>	<p>사용자 그룹 변경</p>	 <p>The screenshot shows the 'EZFARM 그룹 변경' (EZFARM Group Change) interface. It includes a search bar, a list of users, and a modal window for changing a user's group.</p>
<p>설정 (프로그램 관리)</p>	<p>시스템 프로그램의 정보 관리</p>	 <p>The screenshot shows the 'EZFARM 프로그램 등록' (EZFARM Program Registration) interface. It features a search bar, a list of programs with columns for ID, name, and version, and a modal window for registering a new program.</p>

<p>설정 (메뉴 관리)</p>	<p>메뉴 정보 관리</p>	
<p>설정 (그룹 설정)</p>	<p>시스템의 그룹을 관리하고, 그룹별 메뉴의 권한 관리</p>	
<p>설정 (공지 사항)</p>	<p>공지 사항 관리</p>	

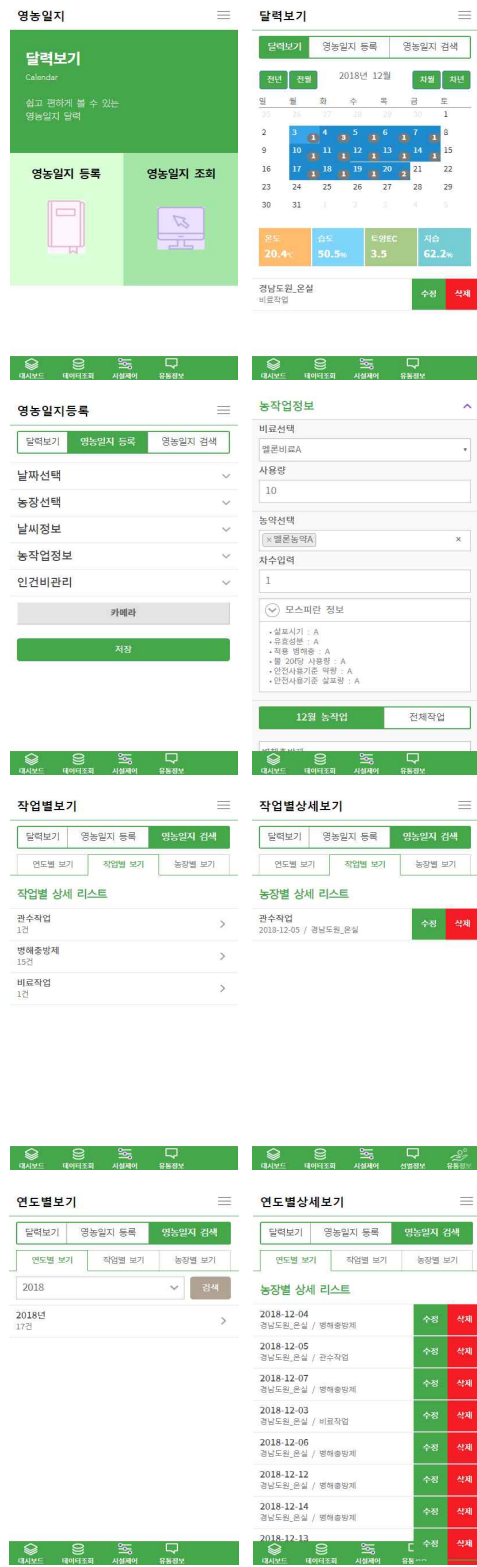
(2) 산지유통 소비자유통 통합 서비스앱 개발


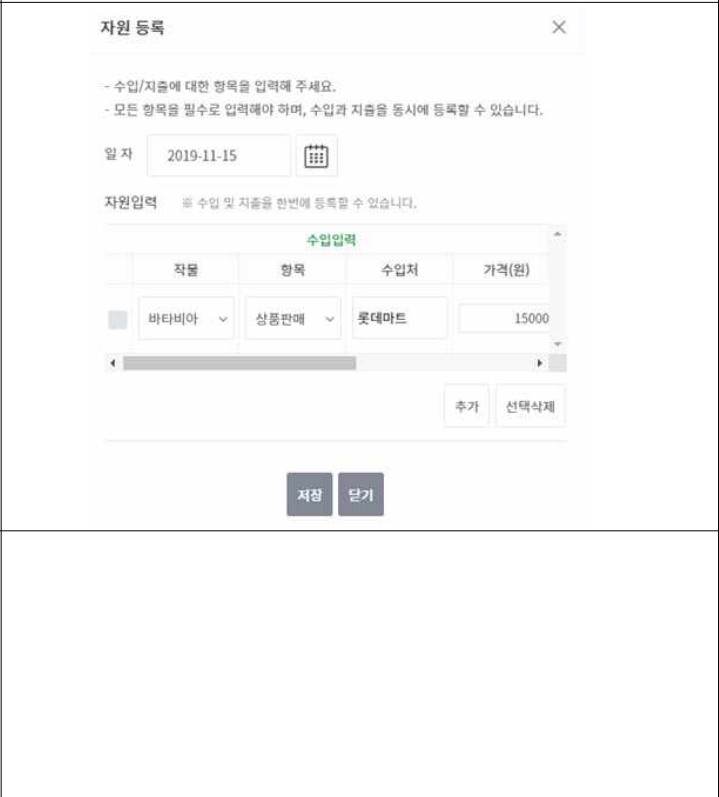
노지 환경 관리 및 제어 서비스를 모바일에서도 활용 할 수 있도록 구축하였다. 다음은 제공되는 서비스의 기능과 화면이다.

메뉴명	기능	화면
<p>로그인</p>	<p>사용자 로그인</p>	
<p>대시보드</p>	<p>농장 현장의 온/습도</p>	

	<p>토양 EC, 지습 등의 환경정보 조회 장비현황 및 상태 조회 지역 날씨정보 조회 도매시장 가격정보</p>	
<p>데이터 조회</p>	<p>농장의 환경정보[온/습, 토양 ec, 지습 등..]를 기간, 집계주기 별로 환경정보를 확인 할수 있다.</p>	
<p>시설 제어</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 농장의 관수, 포그 등의 제어장비를 수동 또는 자동제어 할 수 있는 화면</li> <li>- 장비의 현황 정보와 상태를 확인</li> <li>- 스케줄 및 센서 값에 따른 자동제어 설정 가능</li> </ul>	
<p>영농 일지</p>	<p>영농일지 등록 후 달력 및 목록 형태 조회 영농일지 등록 시 현재 농장의 환경정보 상태 확인 및 저장</p>	

영농일지 농작업별 등록 후 조회 목록 및 상세보기  
 영농일지 자원관리를 통해 인건비/자재비등 등록 후 조회 목록 및 상세보기 가능



		
<p>유통 정보</p>	<p>품목 및 기간별로 전국 도매시장 별로 해당 품목 도매시장 가격 정보를 최대, 최소, 평균값으로 구분하여 확인 가능</p>	
<p>자원관리</p>	<p>수입/지출 내역을 등록을 할수 있다.</p>	
	<p>등록한 수입/지출 내역을 항목 별로 조회 가능하며 수입/지출/총계 내역을 확인 및 수정이 가능하다.</p>	



자원조회

구분: 전체 (선택), 수입, 지출

기간: 오늘, 1주일, 1개월, 3개월 (선택), 6개월

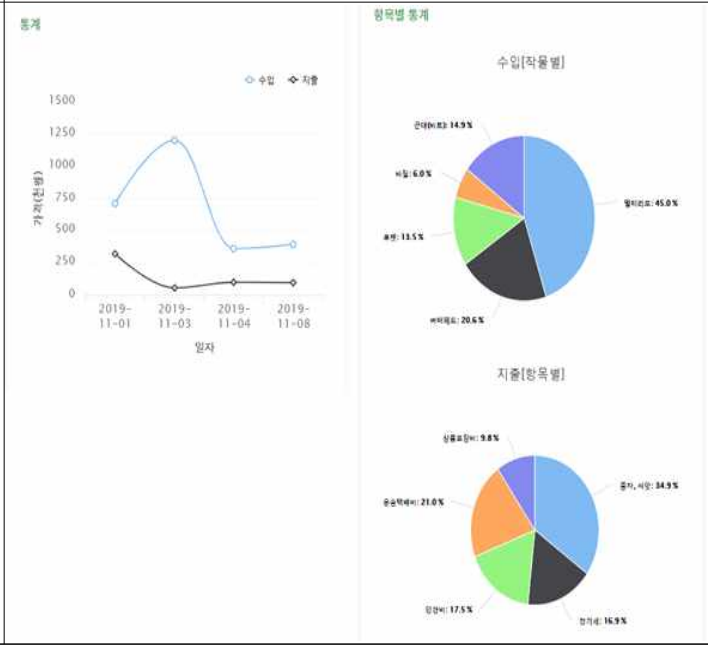
2019-09-25 ~ 2019-12-24

조회하기

※ 자원에 대한 구분 및 기간 선택 후 조회해 주시기 바랍니다.

작물	항목	수입/지출처	금액(원)
근대(비드)	상품판매	베트남빙국수	396,000
로켓	상품판매	종파장	360,000
멀티리프	상품판매	롯데마트	1,200,000
버터헤드	상품판매	복성루	550,000
바질	상품판매	황구분식	160,000
-	전기세	한전	96,500
-	인건비	이지팜	100,000
-	상품포장비	롯데포장	56,000
-	종자, 비료	유협	200,000
-	운송책배비	CJ	120,000
			2,666,000
			572,500
			2,093,500

등록한 수입/지출 내역을 통계 그래프를 통해 수입/지출을 추이를 확인 해 볼수 있으며 수입/지출 항목의 세부 항목별 비중을 확인 해볼수 있다.



(3) 다중 무선통신 데이터로거 상용화

- 시작품 현장 적용 및 상용화 2건 완료
- 다중 무선통신 시작품을 현장에 설치하고 수집되는 데이터에 대해서는 대시보드의 모니터링을 통해 일정 기간의 데이터 추이를 확인
- 통신 및 센서 모듈의 작동 여부 확인 및 보완을 통한 시작품 상용화

농림축산식품연구개발과제 사업화실적 확인서

과제명	IoT통신 보급형 토양 측정기 개발 및 클라우드 기반 노지 스마트팜 모델 개발							
주관연구기관	㈜이지팜		참여기관	유셈인스트루먼트, 한밭대학교, 서울대학교				
책임자	이성중		연구기간	2017년 04월 ~ 2019년 12월(총 3년)				
정부출연금	727,000	기업부담금	249,000	총계	976,000			
기술이전명				기술실시대상기관				
기술료				기술실시일				
구분	기술실시업체 결산액 (단위: 백만원) * 최근연도 결산보고서에 의해 작성			해당기술을 통한 사업화 실적				
실적	자산 총계	3,800		제품건수	1			
	자본 총계	1,954						
	부채 총계	1,935		기술개발성과활용 총 매출액 (국내매출액 + 해외수출액)	100백만원			
	매출액 총계	11,459						
제품별 실적								
구분	제품명	제품사진	제품출시일	매출액 (백만원)		해당기술의 매출액 기여율 (%)	원산지	품질인증 여부
1	다중 무선통신 데이터로거	이때 참조	2018.10.8	국내	100	20	대한민국	NO
				해외				
2				국내				
				해외				
3				국내				
				해외				

\* 첨부 : 매출액 확인이 가능한 자료(세금계산서, 매출원장 등)

2018년 11월 09일  
연구책임자 : (서명 또는 인)

## 농림축산식품연구개발과제 사업화실적 확인서

과제명	IoT통신 보급형 토양 측정기 개발 및 클라우드 기반 노지 스마트팜 모델 개발							
주관연구기관	㈜이지팜		참여기관	유셈인스트루먼트, 한밭대학교, 서울대학교				
책임자	이성중		연구기간	2017년 04월 ~ 2019년 12월(총 3년)				
정부출연금	727,000	기업부담금	249,000	총계	976,000			
기술이전명			기술실시대상기관					
기술료			기술실시일					
구분	기술실시 업체 결산액 (단위: 백만원) * 최근연도 결산보고서에 의해 작성		해당기술을 통한 사업화 실적					
실 적	자산 총계	4,500	제품건수	1				
	자본 총계	2,217						
	부채 총계	2,282	기술개발성과활용 총 매출액 (국내매출액 + 해외수출액)	80백만원				
	매출액 총계	13,526						
제품별 실적								
구분	제품명	제품사진	제품출시일	매출액 (백만원)		해당기술의 매출액 기여율 (%)	원산지	품질 인증 여부
				국내	해외			
1	다중 무선통신 데이터 로거 (스마트팜 시스템)	아래 참조	2018.10.8	80		20	대한 민국	NO
2				국내				
				해외				

\* 첨부 : 매출액 확인이 가능한 자료(세금계산서, 매출원장 등)

2019년 11월 25일  
연구책임자 : 이성중 (서명인)



#### (4) 다중 무선통신 데이터로거 신뢰성 검증

- 다중 무선통신의 신뢰성 확보를 위해 타 연구과제 (스마트팜 확산을 위한 클라우드 기반 스마트베드 시스템 및 Farm-As-A-Service 기술 개발, 과학기술정보통신부, 2016년 ~ 2019년 수행)에서 수행한 기술을 기반으로 개발
- 시험항목 및 측정평가 (평가기관 : 한국광기술원)
  - IoT Device 측정 전달 신뢰성 : 적합 (98% 이상)
  - IoT Device 제어 전달 신뢰성 : 적합 (98% 이상)
  - IoT Device 이기종 프로토콜 동시 연결 개수 : 적합 (5종 이상)



#### 나. 협동기관(유셈인스트루먼트)

##### 1. 2차년도 개발 신소재사용 센서개발

##### (1) 개발센서 개요

- 1차년도에 현재 세계적으로 시판중인 각종 토양수분 센서류를 발췌하여(표1) 특징 및 특성을 참조 하였으며, 우리농가에서 저렴한 가격으로 손쉽게 사용할 수 있는 신소재용 센서개발을 하였음

< 표1 Soil Moisture Sensor Probe Manufacturers Comparison Table (Last updated 2009) >

- 동작원리는 3가지로 분류하며, 수분장력(Tensiometer, 단위:bar)측정 과 유전율(TDR/FDR, 단위vol%)부피수분측정 및 전기저항(Gypsum, 단위bar)측정 방식으로 하고 있음
- 이중에서 학교 및 연구소에서 가장 쉽게 개발할 수 있는 센서는 유전율방식의 센서로, 영국의 Delta-T 사 및 미국의 Decagon사의 센서를 주로 사용하고 있음.

##### ①개발신소재 센서외형

Recommended Soil Moisture Sensor Probes:

Manufacturer	Sensor	Technology	Current (mA)	Input Voltage	Price 1 Unit
Acclima	Digital TDT	Dielectric	80,000	6 to 12V	
Aquaflex	S199	Dielectric			~ \$1020.00
AquaPro	AP Moisture Probe	Dielectric	18,000	5.5 to 17V	~ \$1000.00
aquaSpi	Soil Moisture Probe	Capacitive	1640	7.5 to 16V	
AquaTerr	M-300	Dielectric		9V	
AquaTerr	T-300	Dielectric		9V	
AquaTerr	EC-300	Dielectric		9V	
Campbell Scientific	CS615-L	Dielectric	70,000	12V	
Dynamax	ThetaProbe	Dielectric	15,000	5 to 15V	
Dynamax	TH20	Dielectric	19,000	5 to 15V	
Environmental Sensors	Moisture Point	Dielectric			
Environmental Sensors	Gro-Point	Dielectric			
Delta-T	SM150	Dielectric	20,000	6~12V	\$3,000

Decagon Devices	EC-5, STE, 10HS, EC-TM, EC-20, EA-10, MPS-1	Dielectric			
Netafin		Dielectric			
Luster Leaf	Rapitest Meter 1820	Resistive			
SDEC	HMS9000	Dielectric	20,000	8 to 24V	
SDEC	STM2150	Tensiometer			
SenTek	Diviner2000	Dielectric			
Soilmoisture Equipment	G-Block	Resistive			
Soilmoisture Equipment	Trase	Dielectric			
Spectrum Technologies	TDR 100, 6440FSS	Dielectric			\$250.00
Spectrum Technologies	TDR 200, 6435FS	Dielectric			\$745.00
Spectrum Technologies	TDR 300, 6430FS	Dielectric			\$895.00
Stevens Water	Hydra Probe	Dielectric	40,000	7 to 30V	
Troxler	Sentry200-CP	Dielectric			
WaterMark	6450	Resistive			\$34.00
Vernier	SMS-BTA	Dielectric			\$91.00

- 사진1과 같이 gride를 다수개 연결하여 2부분으로 분류하고 있음

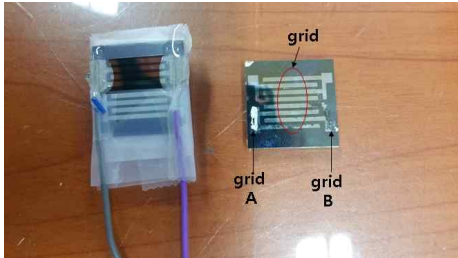


사진1. 개발신소재 센서



사진2. 토양을 접촉시켜 LCR 시험

- 일종의 전기저항방식으로 전압을 공급하여 시료를 통과하는 전류량을 측정하면 되는 방식이나, 지속적으로 전압을 공급하여 전류가 흐르면 gride가 부식되기 때문에 낮은 주파수의 펄스를 공급하여 동작하도록 하였음

② 신소재 전기적 특성발취

- 사진2 와 같이 신소재의 동작주파수와 임피던스 값을 발취하기 위한 측정

사진3. 소재의 주파수대 전기적 저항값 측정

③ 상에서 소재의 전기적 특성을 참고하여 다음의 Evaluation Board를 사용하여 출력값을 측정함. Evaluation board는 1차년도에 제작한 것으로 향후 개발하는 소재를 동작하기 위한 장치임



LCR Tester를 사용하여 R,C,Z 의 측정

구동 주파수 1kHz

	1	2	3
C (nF)	6.521 ~ 6.475	13.410 ~ 13.310	7.942 ~ 7.960
R (kΩ)	10.328 ~ 10.255k	12.925 ~ 12.818	7.382 ~ 7.321
Z (kΩ)	21.33 ~ 22.55	27.27 ~ 27.60	13.457 ~ 13.392

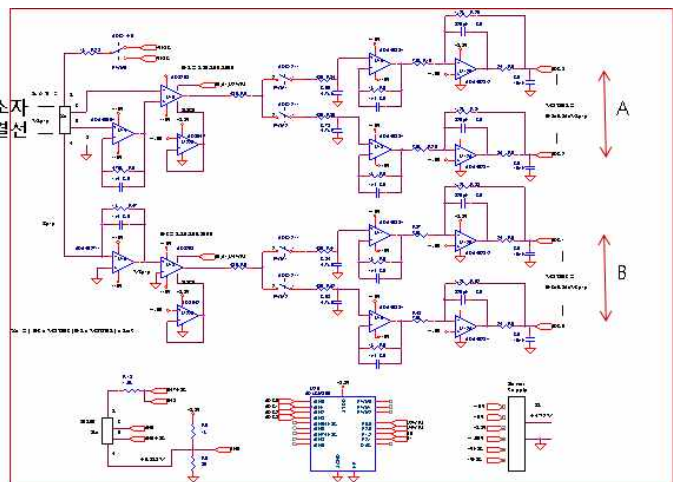


사진4. Evaluation board 장치 및 회로도

- 이 장치를 사용하여 신소재를 결선하여 A, B 양단간의 출력차를 측정함

(2) 신소재사용 센서제품

- 상기의 Evaluation board는 여러 가지 기능의 동작이 가능한 것이며, 실제 센서화에 필요한 회로를 간단하게 설계하여 센서를 개발하였음.

① 회로도 Block diagram

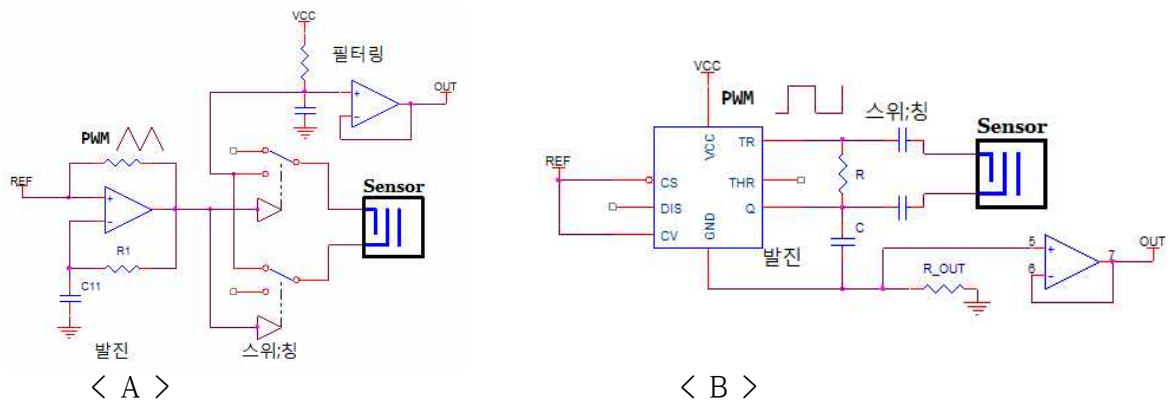


그림1 . Block Diagram

- 회로A는 삼각파형을 스위칭부에서 다시 duty50%인 구형파를 센서에 공급하면서 그 신호출력을 발생하도록 하였으며, 회로B는 처음부터 duty50%인 구형파를 센서에 공급하면서 센서의 변화출력을 검출하는 방식으로 하고 있음.
- 최종적으로 B회로는 단일전원을 사용하여 A회로보다 간단하며, 안정적인 출력을 얻을 수 있어 B회로를 사용하였음

② 제작과정의 회로기판의 종류와 센서부착형 제품류

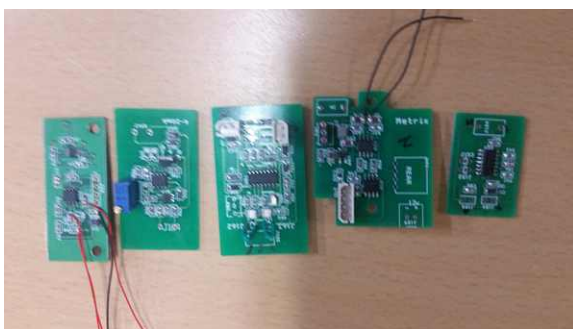


사진5. 각종 회로기판



사진6. 소재와 회로의 일체형 모듈

③ 상기의 사진6과 같이 일체형으로 할 경우 소재의 파손 및 모듈전체의 패키징화 등

어려움이 있어 다음과 같이 소재부의 케이스와 회로부를 분리하여 센서화 하였음



사진7. 소재부용 케이스



사진8. 소재와 회로부의 조립

- ④ 상기 사진7의 소재부의 케이스는 다음의 사진9과 같이 원통형은 내부에 토양이 매립되어 있어 토양과 센서의 밀착이 잘되고 있었으며, 나머지는 토양과의 밀착성이 매우 좋지 않아 원통형의 센서를 사용하여 시험동작 및 데이터 발체를 하였음



사진9. 원통형 센서부





(3) 센서의 매설 및 측정결과

- 비교센서는 토양수분장력센서와 TDR센서(Decagon EC5)를 함께 사용하여 비교 측정하였음
- 회로는 2가지회로의 모듈(모듈1, 모듈2)을 사용하여 그 상호간의 데이터를 비교하였음

① 센서매설

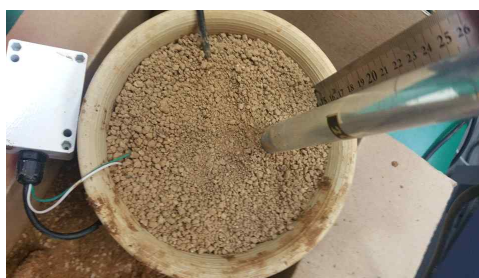
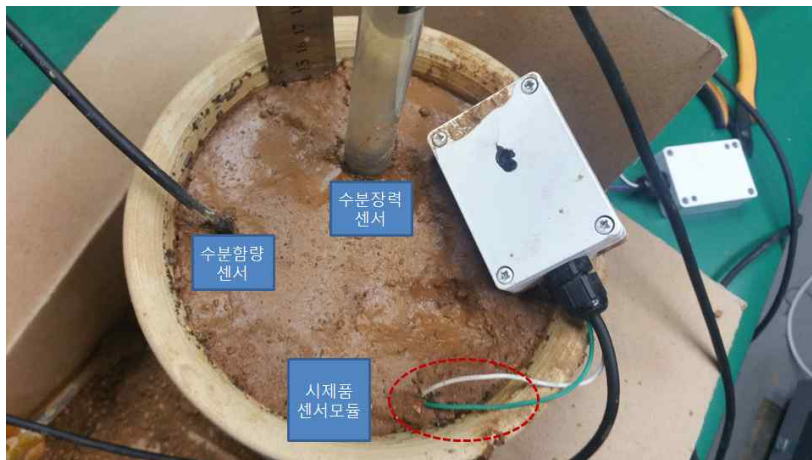


사진10. 포트에 3가지센서를 매설 후 수분포화 상태함

- ② 포트를 항온조에 넣어 온도를 35°C로 건조 상태로 진행하면서 데이터 발취하였음

사진11. 항온기 동작



③ 완전 건조된 상태 (모듈1, 모듈2)



사진12. 완전 건조된 상태의 토양

(4) 개발에 사용한 측정기 및 데이터 전송방식

- 데이터 발취는 클라우드 방식으로 하여 모든 협동기관에서 서버의 데이터를 공유할 수 있도록 하였음
- 게이트웨이 와 센서노드 간 RS485통신으로 센서노드의 센서 값을 게이트웨이로 전송함



사진13. 크라우드링 방식 센서데이터 통신

(5) 측정데이터

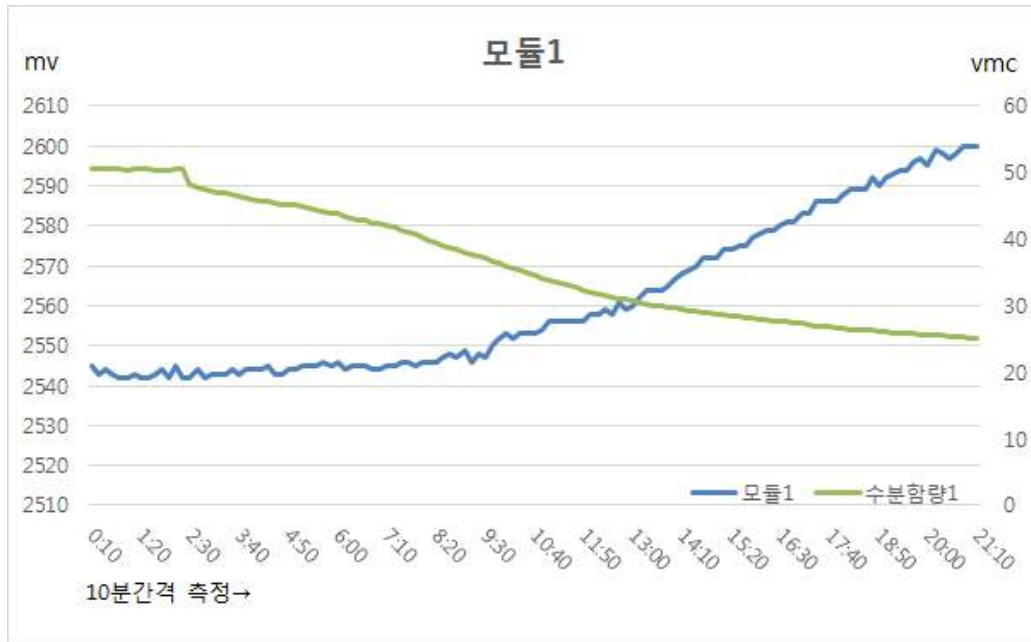


그림2. 개발센서(모듈1) 과 TDR센서 간 데이터

그림3. 개발센서(모듈2) 와 TDR센서 간 데이터

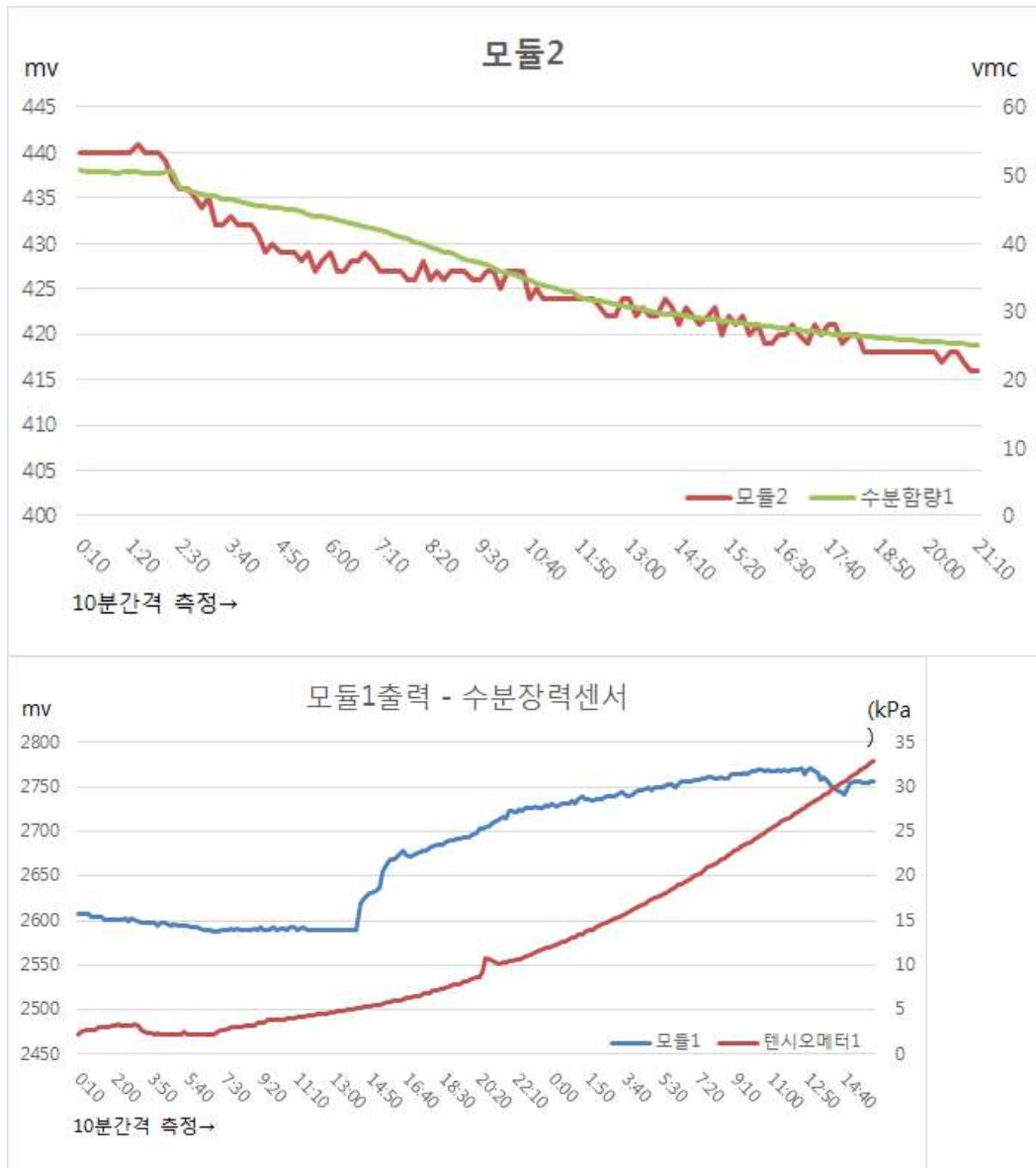


그림4. 개발센서(모듈1)와 토양수분장력센서 간 데이터  
- 상기의 데이터 발췌결과 모듈1의 방식을 적용한 개발센서가 우수함

2. 3차년도에 상기의 개발제품을 보완하면서, 다른 신소재를 개발하여 다른 방식의 센서 개발을 하였음.
  - (1) 유전율방식의 센서와는 다른, 소재의 빛의 투과량 정도의 측정방식으로 하였음

사진14. 실리콘소재형의 2차 신소재

사진15. 이후 실리콘형에서 유리형으로 변경한 2차신소재

① 구동방식



그림5. 동작 Block diagram

② 신소재는 U자형 유리관이며, 광원은 적색 Laser LED를 사용 하였으며, 광검출부의 소자는 650nm용 Photo-diode를 사용하였음.



사진16. 구성부품

(2) 센서부 제작 및 비교시험

① 센서케이스와 유리관을 케이스에 접합

사진17. 케이스 외형

사진18 감지부의 길이가 긴 것과 짧은 것

② 전원 공급 시 상태: 회로- 5VDC, LED-3.3VDC/전류160mA



사진19. 센서 동작시 전압 및 전류측정

③ 4개의 감지부가 긴소재와 짧은소재의 비교

출력 No.	긴소재		짧은소재 (출력mV)	
	수분없을때	포화수분	수분없을때	포화수분
1	2310	420	2930	880
2	2600	660	2350	370
3	1770	190	2940	1860
4	1990	270	2780	530

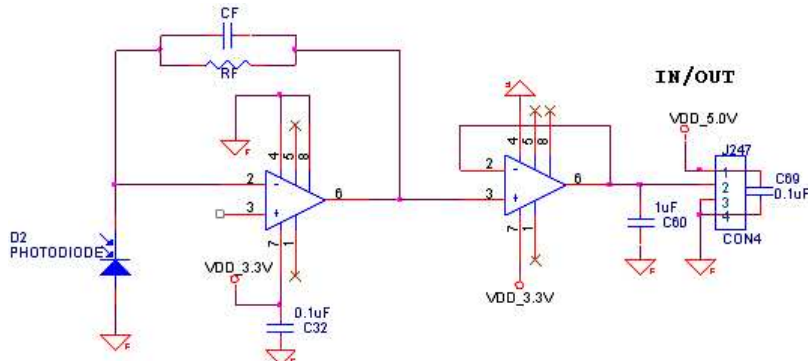
표1. 4개의 소재별 출력특성 비교

- 표1과 같이 소재별 차이가 있음을 알수 있었음

(3) 회로부 및 시험결과

- ① 회로부는 단일전원을 사용하며 일반적으로 많이 사용하는 포토다이오드 측정회로의 구성을 하였음

그림6. 회로부



② 시험 및 동작특성



!2.3 의 작은 포트에 센서동작

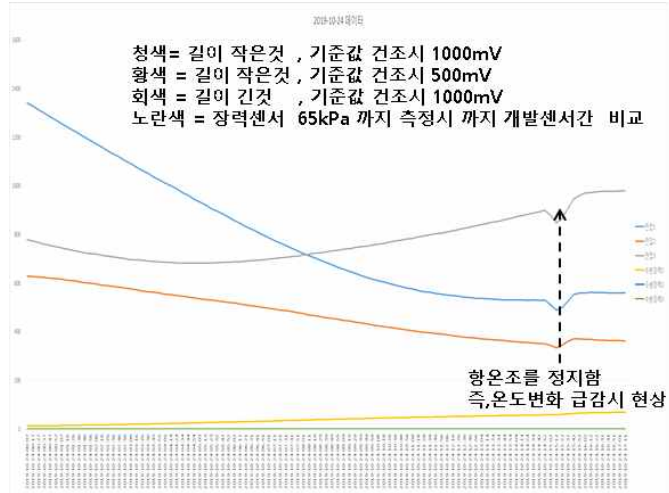


그림7. 장력센서(노란색)와 신소재센서 3개의 특성 비교

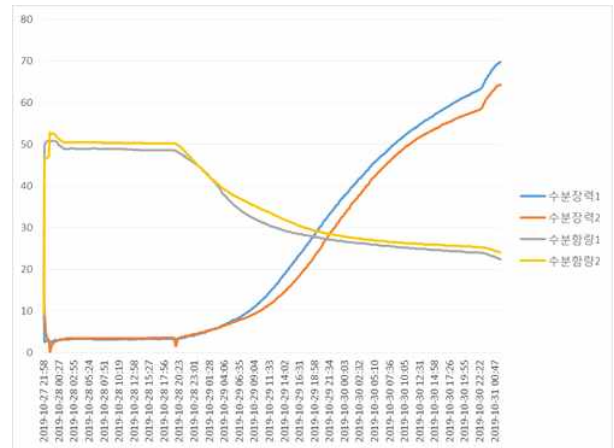


그림8. 신소재센서2개의 반복시험 데이터이며, 장력센서와 수분함량센서를 함께 사용했음

③ 동일한 상태의 포트에서 신소재센서의 반복 시험한 결과 그림7과 그림8의 반대현상을 발견할 수 있었음. 이에 반해 토양수분장력센서와 토양부피수분센서의 경향은 동일했음

④ 2회걸쳐 측정결과에서 신소재센서 간의 측정시마다 경향은 유사하나 변화폭이 큰

차이점이 있음. 이는 그림9에서 동일한 수분량의 토양내에서 토양입자가 센서1과 같이 센서감지부에 많이 분포되어 있으면 빛의 반사 및 굴절등이 미약해 유리를 통과 하는 빛의 세기가 커져 출력이 높아지고, 센서2와 같이 센서감지부에 토양입자의 분포가 멀리 떨어져 있으면 반사,굴절등이 커져 유리를 통과하는 빛의 세기는 작아 출력이 낮게 발생 할 겁니다. 이와 같은 현상이 서로 바뀌는 경우가 발생하면 반대의 현상으로 출력값이 높았다 낮았다 하는 반복현상이 발생하기 때문에 올바른 수분함량 측정을 할 수 없다고 생각함.

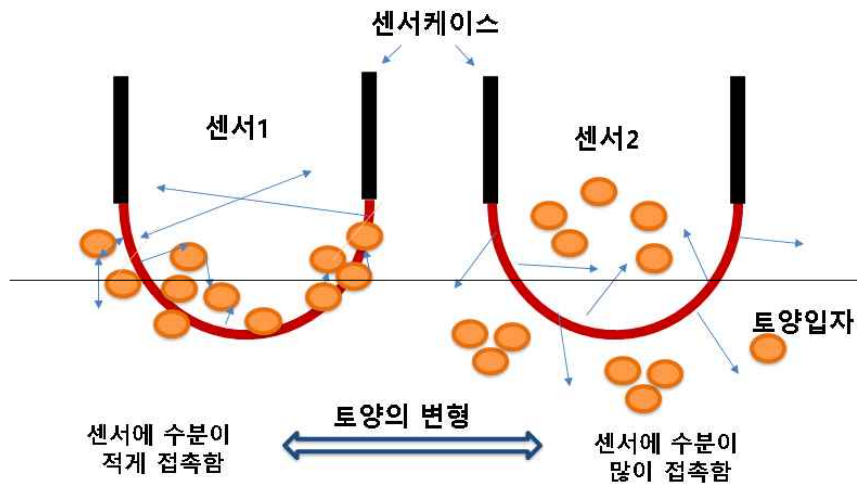


그림9. 토양내 수분변화에 따른 토양의 구조변화에 따른 빛의 강도변화 발생

#### 다. 협동기관(한밭대학교)

##### 1. 2차년도까지의 연구 결과를 기반으로 한 외부기관의 소자 평가

###### (1) 시험 목적

- 본 시험은 고분자 트랜지스터 수분센서의 수분 공급에 의한 전류 변화 감지 평가함. 고분자 수분 센서를 사용하여 수분 공급 전과 후의 전류 변화에 대한 시간 의존성을 측정하여 평가함.

###### (2) 시험 방법

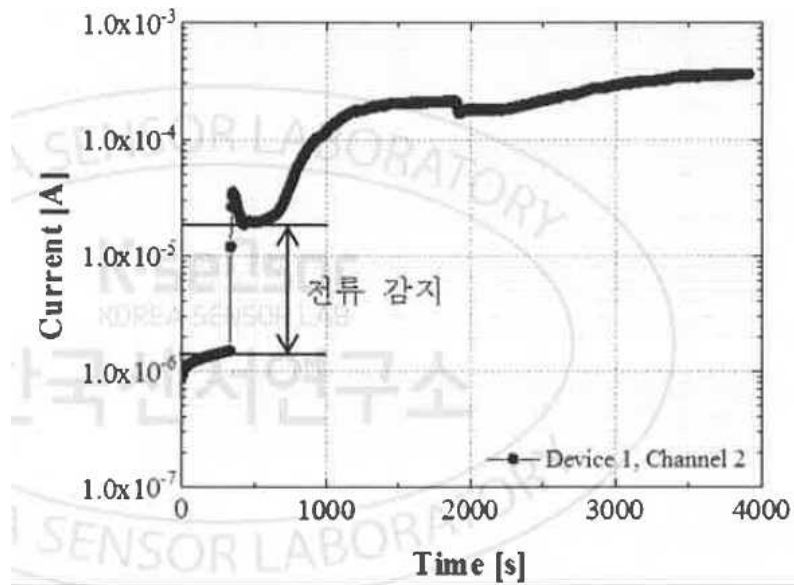
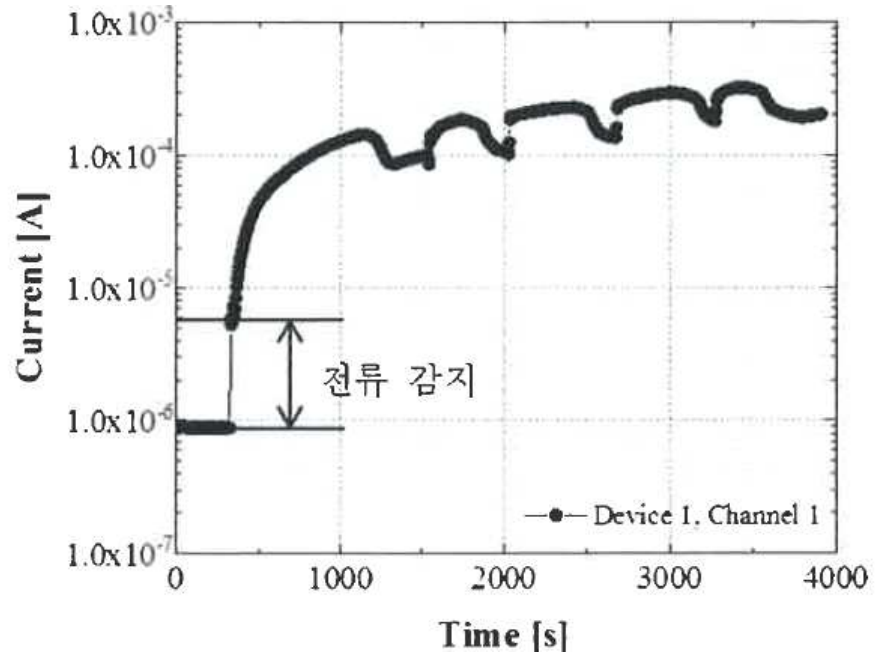
- ① 고분자 트랜지스터 수분 센서의 전류변화 감지를 측정하기 위하여 probe station에 측정 device를 위치시킨 것을 나타냄
- ② 고분자 트랜지스터 수분 센서의 전류변화 감지를 위하여 source, gate, drain pad에 텅스텐 probe를 위치하였으며 5V drain 전압 하에서 gate 전압을 -20V에 +20V까지 0.5V 간격으로 변화시키며 drain 전류를 측정
- ③ 전류변화 감지 평가를 위하여 drain 전류 vs. gate 전압 전기적 특성으로부터 결정된 조건 하에서 시작시간부터 5분까지 5초 간격으로 drain 전류 변화를 측정
- ④ 5분 이후부터는 수분을 공급하여 1시간 동안 5초 간격으로 drain 전류 변화를 측정
- ⑤ 5분 이후 수분을 공급하여 5초 간격으로 1시간 동안 측정된 drain 전류변화 결과로부터 최소값을 확인
- ⑥ 시작시간부터 5분까지의 drain 전류 평균값과 수분 공급 이후 drain 전류변화 최소

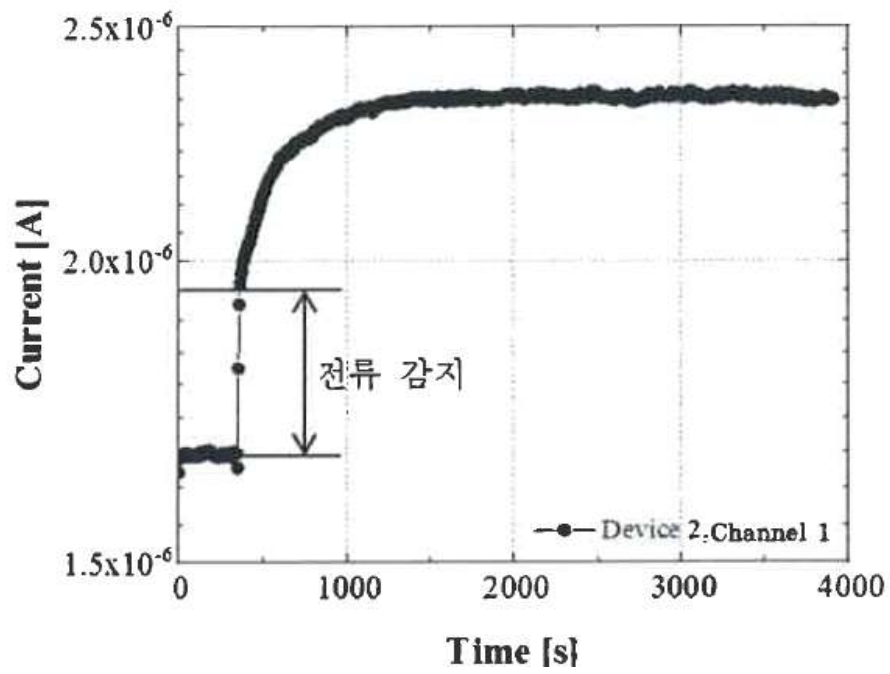
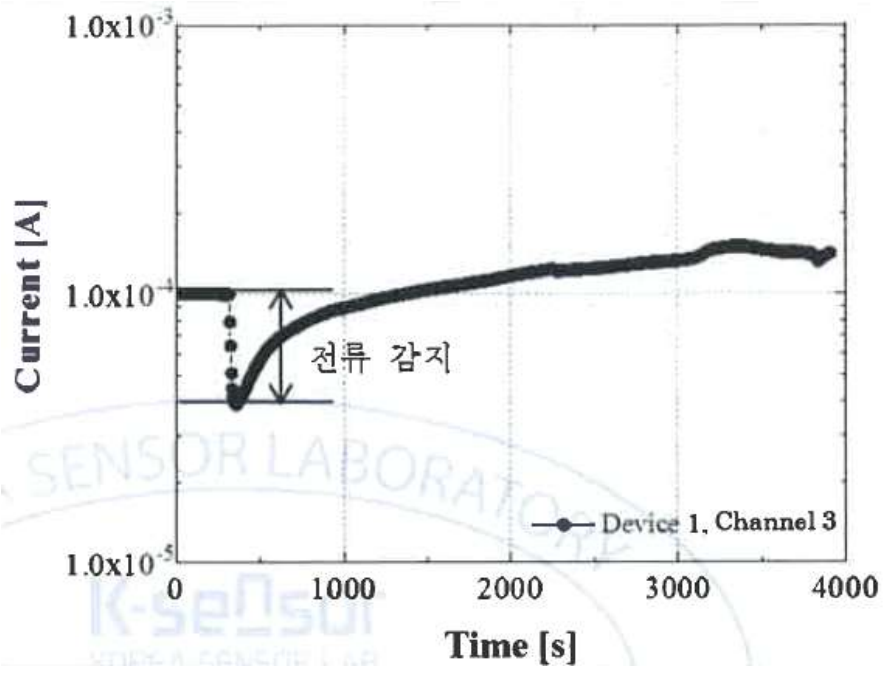


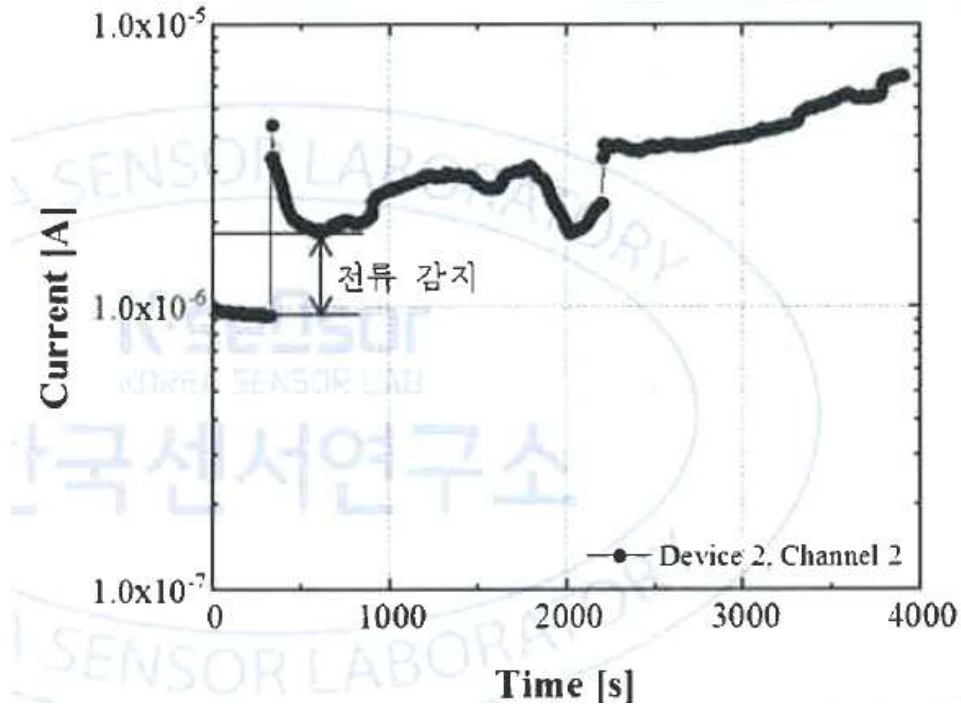
값의 차를 계산하여 고분자 트랜지스터 수분 센서의 전류변화 감지를 평가.

- ⑦ 수분 센서 감지 평가는 수분 공급 후 20초 이후의 drain 전류변화에서 최소값을 추출하여 적용

(3) 시험 결과







항목	Drain 전류 평가	Device 1 Drain 전류 [ $\mu$ A]			Device 2 Drain 전류 [ $\mu$ A]	
		D1Ch1	D1Ch2	D1Ch3	D2Ch1	D2Ch2
수분 없음	① 평균값	0.89	1.31	100.21	1.66	0.95
수분 공급	② 최소값	7.19	11.88	38.85	1.97	1.81
전류 감지	Abs(② - ①)	6.30	10.57	61.36	0.31	0.86

<고분자 트랜지스터 수분센서의 전류 감지 시험 평가 결과>

(4) 시험 요약

- 본 시험은 자체 제작한 고분자 트랜지스터 수분 센서의 수분 공급에 의한 전류변화 감지 평가가 목적으로 평가에 사용된 5개의 수분 센서의 전류가 중 65%의 소자에서  $1\mu$ A 단위의 초기 전류값을 감지함
- 건조상태에서 100%수분 접촉상태로 변할 때 전류 변화에 대한 시간 의존성은 최소 0.31배부터 최대 61.36배의 전류 증가를 감지

항목	Device 1 Drain 전류 [ $\mu$ A]			Device 2 Drain 전류 [ $\mu$ A]	
	D1Ch1	D1Ch2	D1Ch3	D2Ch1	D2Ch2
전류 감지	6.30	10.57	61.36	0.31	0.86

<고분자 트랜지스터 수분 센서의 전류감지 평가 결과 요약>

2. 내구성 강화를 위한 센서 개선

- (1) 내구성 강화를 위한 광학적 센싱 방법 도입

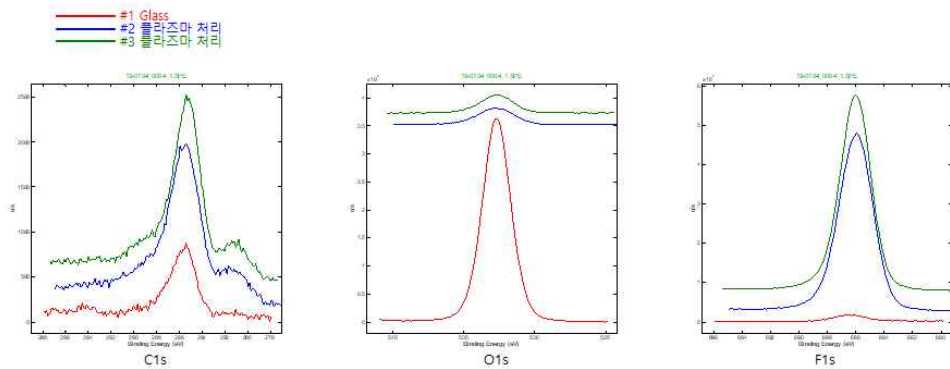
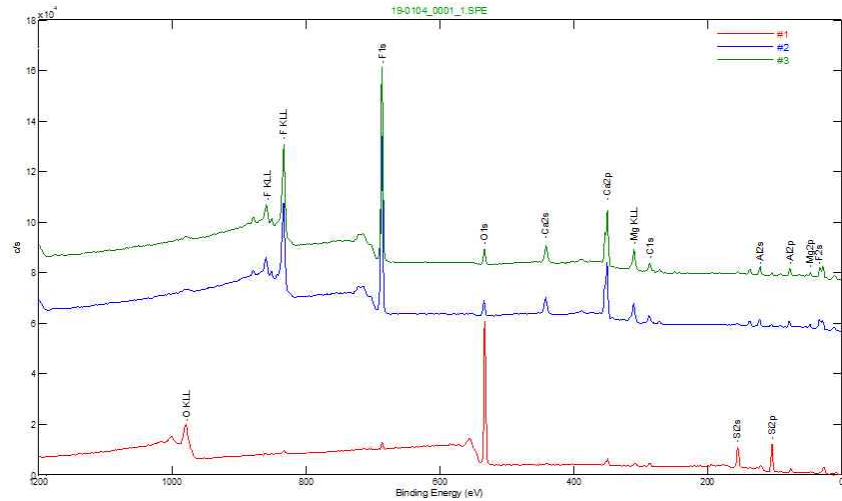
- 1,2년차에 연구된 센서는 전자식으로 측정을 하게 되기 때문에 민감한 측정이 가능하지만 그 민감도가 지나치고 나노박막으로 인한 내구성의 한계가 있음
- 이를 극복하기 위한 방안으로 1,2년차에 개발된 기술을 바탕으로 광학적 센싱방법을 도입함
- 광학적 센싱 방법이 도입된 센서는 굴절률 차이를 이용하는 굴절률 기반 토양 수분 센서임

## (2) 굴절률 기반 센서의 동작 원리

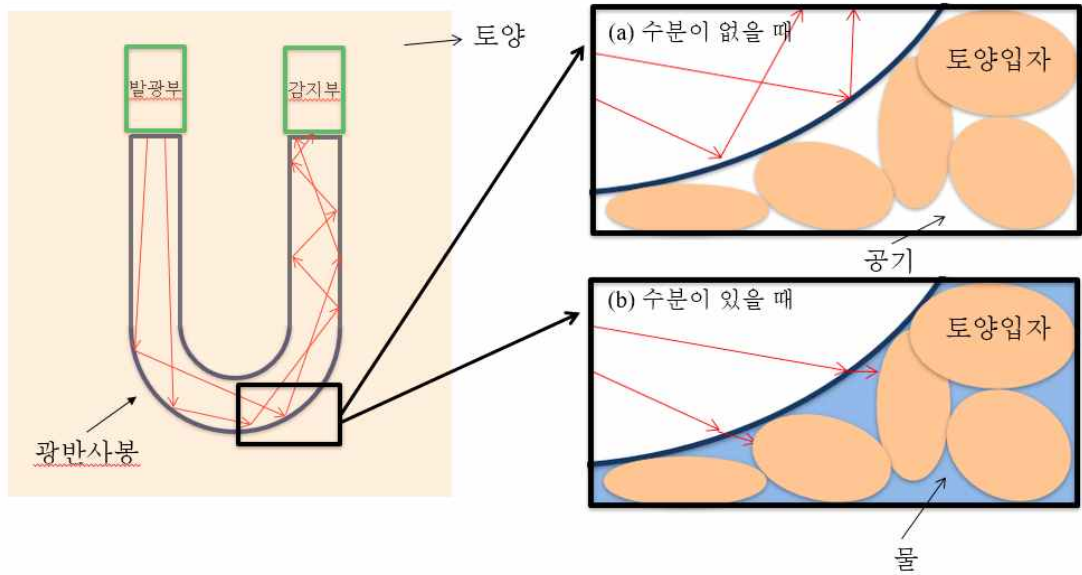
- 굴절률 기반의 토양수분센서는 광전달봉에 접하는 물, 공기 또는 토양의 비율에 따라 발광부로부터 조사되는 빛이 반사 또는 굴절되어 수광부로 도달하는 정도가 달라지는 것을 이용하여 토양 내 수분 함유율을 검출함
- 발광부에서 조사된 광이 광전달봉에서 외부와의 경계지점이 빛이 도달했을 때 스넬의 굴절 법칙에 따라 입사각과 광전달봉의 매질 및 매질에 접하는 굴절률에 따라 조사된 빛의 반사 또는 굴절이 결정되게 됨
- 광전달봉의 굴절률은 물의 굴절률과 유사하거나 큰 적어도 1.3이상의 매질로 구성되며 바람직하게는 유리 또는 고분자가 적용 가능함
- 유리( $n=1.5$ )로 광전달봉이 구성될 경우, 물이 접하면 입사각이  $61^\circ$  보다 작은 빛은 외측으로 굴절되어 통과되고, 공기가 접하면 입사각이  $41.1^\circ$  보다 작은 빛은 외측으로 굴절되어 통과되게 되어 물이 접할 경우 보다 공기가 접할 경우에 수광부측으로 훨씬 많은 양의 빛이 감지됨
- 발광부로부터 조사된 빛은 광전달봉과 외벽면에 접하는 토양입자에서 공기가 채우고 있는 (a)의 경우 임계각( $\theta_c$ )가 낮아져 전반사가 발생될 확률이 높아지며, 물이 채우고 있는 (b)의 경우 임계각( $\theta_c$ )이 상대적으로 높아져 전반사가 발생될 확률이 낮아지는 것을 통해 물의 양을 감지함
- 광전달봉 외측의 토양 수분 함유량에 따른 반사에 의해 수광부에 도달하는 빛의 총량이 결정되게 되고, 이에 따라 제어부는 발광부로부터 조사된 빛의 총량 대비 수광부에 도달되는 빛의 총량을 감지하여 토양 내의 수분 함유량을 측정함
- 토양의 공극을 수분이 채워나가는 것을 빛으로 감지하는 방식으로, 토양 수분량 측정에 큰 오차를 일으키는 토양 내부의 이온에 의한 효과를 차단할 수 있기 때문에 정확한 측정을 가능하게 함
- 또한, 고주파 장비를 쓰지 않아서 저가로 구현가능하고 지속적인 관리가 필요하지 않는다는 이점이 있음
- 표면처리를 통하여 물과의 접촉을 조절하고자함. 이는 빛이 진행하는 봉의 표면이 처음부터 지나치게 친수성이 되는 것을 막기 위한 표면처리임
- 플라즈마 표면처리에 관한 조건과 그 측정 결과는 다음과 같음

# Measurement Condition

- **X-ray**
  - ✓ Line :Al K $\alpha$  1486.6eV (25W, 15kV)
  - ✓ XPS beam size : Survey, Narrow(100um)
- **Analyzer**
  - ✓ Pass energy: Survey(117.4eV), Narrow(58.7eV)
  - ✓ Photoelectron take off angle : 45deg from sample surface
- **Charge Neutralization Always On**
- **Measurement Points**
  - ✓ 3 point
- **Ion gun setting for sputter cleaning**
  - ✓ No sputter cleaning



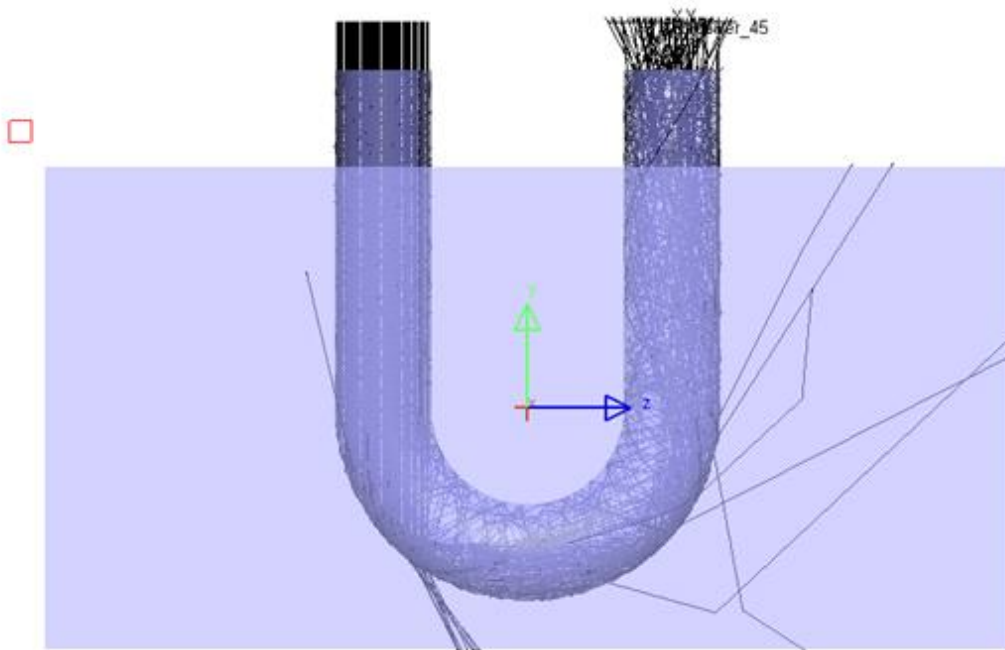
<표면처리에 따른 표면의 원자구성 변화>



<굴절률 기반의 토양수분센서 측정 원리>

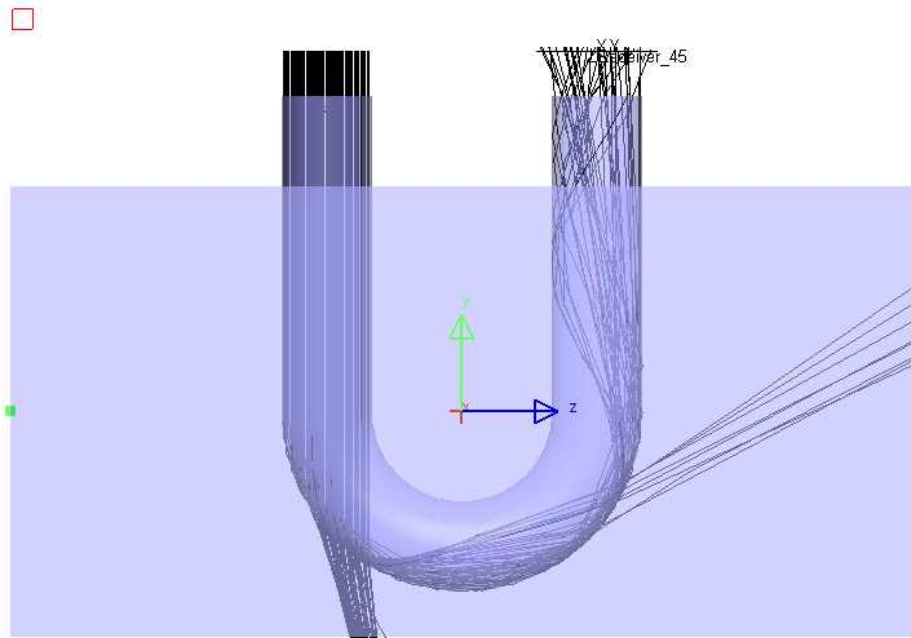
(3) 굴절률 기반 센서의 동작 시뮬레이션

- 외부에 물이 없고 표면과 토양입자의 접촉이 매우 작은 모서리인 경우를 가정할 경우에 다음과 같은 시뮬레이션 결과가 제시됨
- 대부분의 빛이 봉의 표면에서 전반사하게 되어서 수광부 위치까지 전달됨



- 외부에 물이 가득차고 표면과 토양입자의 접촉이 매우 작은 모서리인 경우를 가정할 경우에 다음과 같은 시뮬레이션 결과가 제시됨

- 다수의 빛이 첫 굴곡이 존재하는 영역에서 빠져나가고 수광부까지 도달하는 영역이 현격히 줄어들게 됨



- 시뮬레이션 결과 외부 굴절률의 차이에 의해서 수광부에 도달하는 빛의 양이 급격히 변한다는 것을 확인함

(4) 센서 소자 연결 회로 및 측정 자동화 시스템개발

① 회로도 및 연결 다이어그램

- 센서 소자의 테스트를 위해서 측정 자동화 시스템을 개발함
- 지속적인 레이저의 조사는 전력소모가 과다하고 소자의 성능 저하를 일으킬 가능성이 있기 때문에 측정시간 1초전부터 작동되도록 함
- 레이저를 동작시키기 위한 대전류 구동 회로를 트랜지스터와 릴레이로 제작함
- 증폭회로를 통하여 입력 센서 신호를 증폭함
- 마이크로컨트롤러에 내장된 ADC를 통하여 디지털 값으로 변환되고 그 값을 저장함
- 저장되는 디지털 출력값은 다음 식으로 나타낼 수 있음

$$V_{AO} = -\frac{R_{a2}}{R_{a1}} \left( \frac{R_S}{R_S + R_{ref}} V_{DD} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD} \right) + \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD}$$

$$Digital\ Output = \left[ 2^n \times \frac{V_{Ao}}{V_{DD}} \right]$$

RS: 수광부 광소자의 저항값

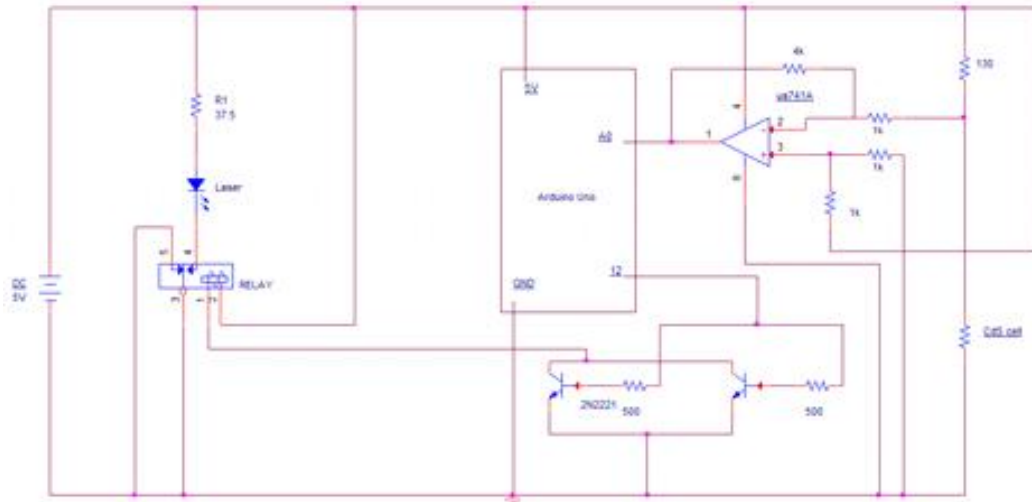
Rref: 수광부와 전압분배기 형태로 연결되는 reference저항

R1,R2: 비교전압을 위한 저항

VDD:공급 전압

Ra1, Ra2: 증폭기의 증폭률을 결정하는 저항

n: ADC의 bit수

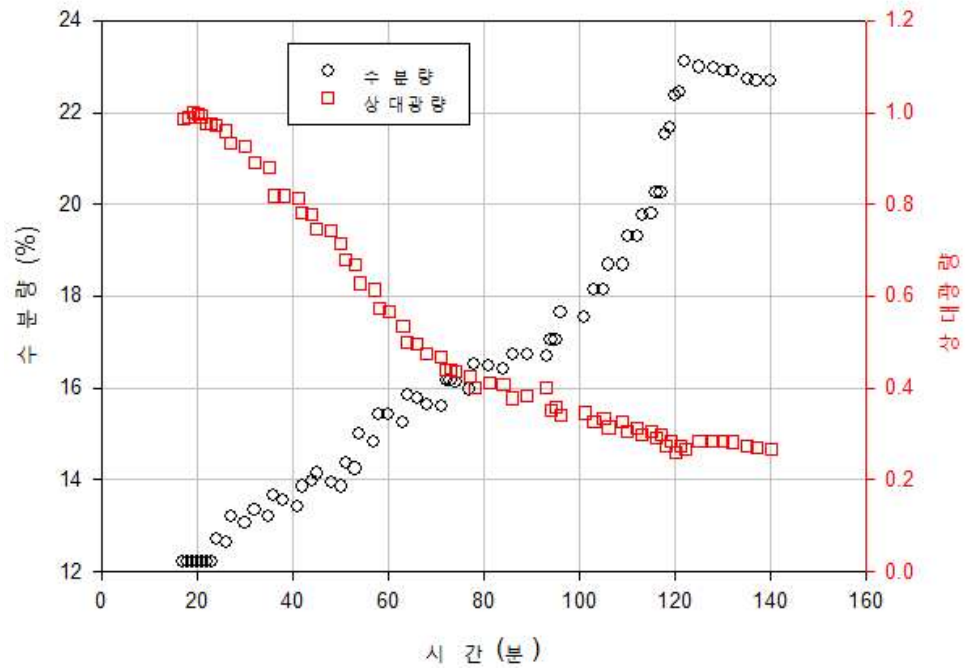


(5) 굴절률 기반 센서를 이용한 측정 데이터

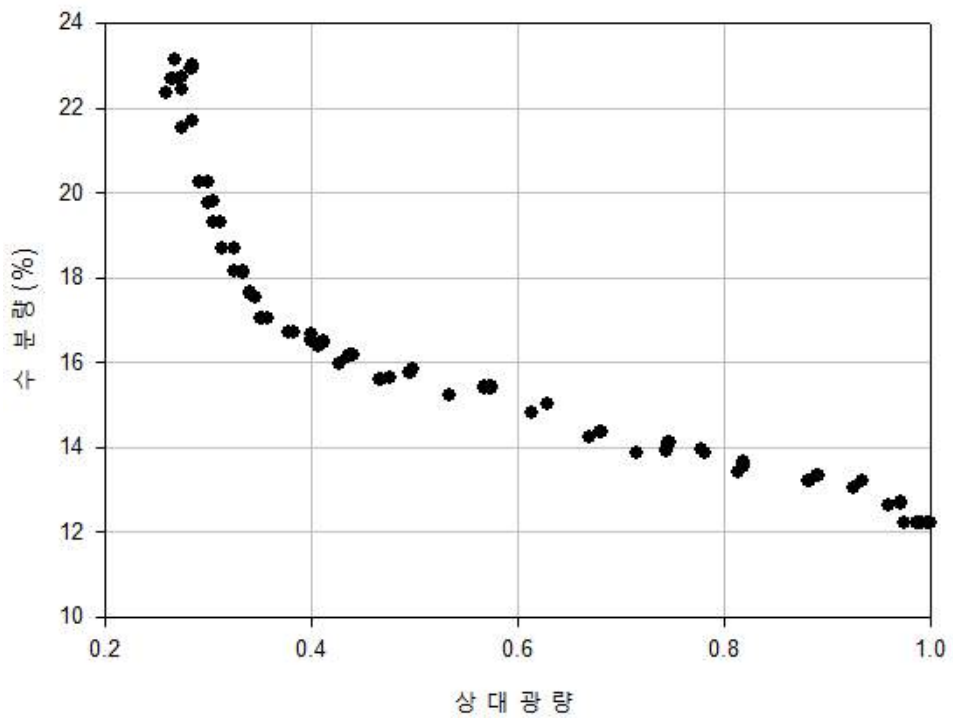
- 토양 수분 센서의 광전달봉을 고분자(PDMS:polydimethylsiloxane)봉으로 구성
- 물을 지속적으로 추가하면서 측정하였을 때, 시간이 지날수록 수분량이 증대됨을 알 수 있고, 이에 따라 수광부에서 감지되는 상대 광량이 낮아짐
- 상용화된 고주파 센서로 동시에 측정하여서 값을 비교함







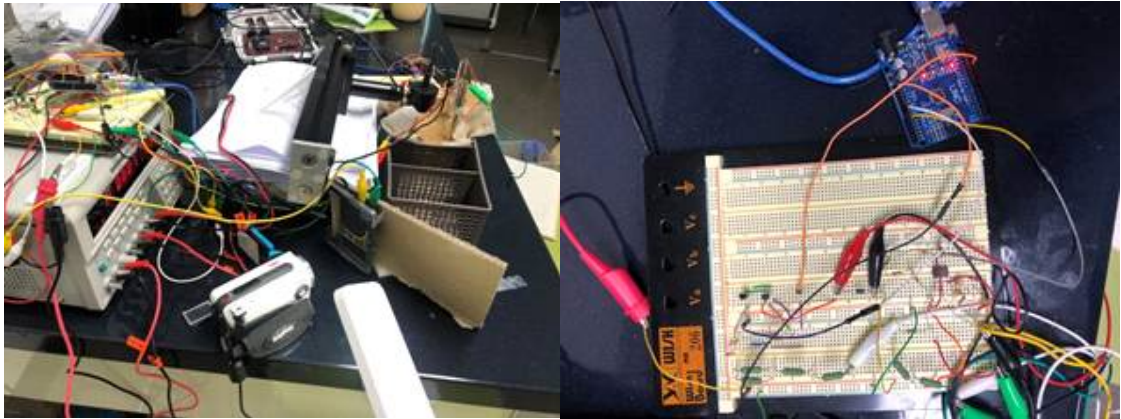
<시간에 따른 수분량과 광량 변화 실험 결과>



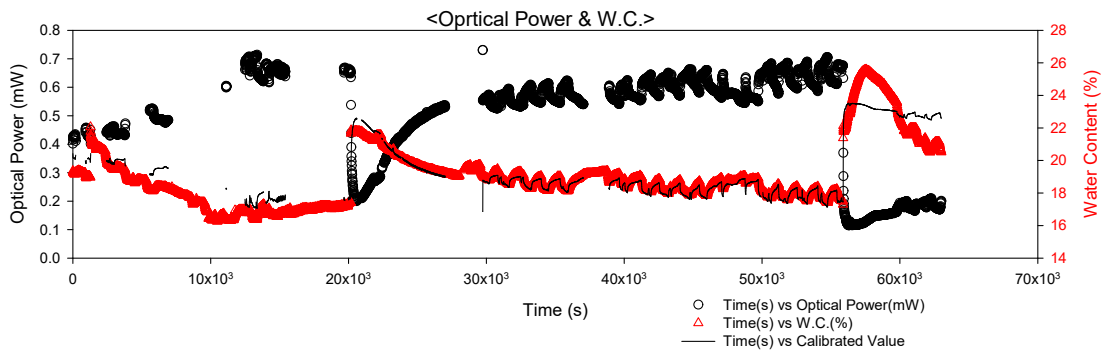
<광량-수분량 관계 그래프>

(6) 향상된 굴절률 기반 센서를 이용한 측정 데이터

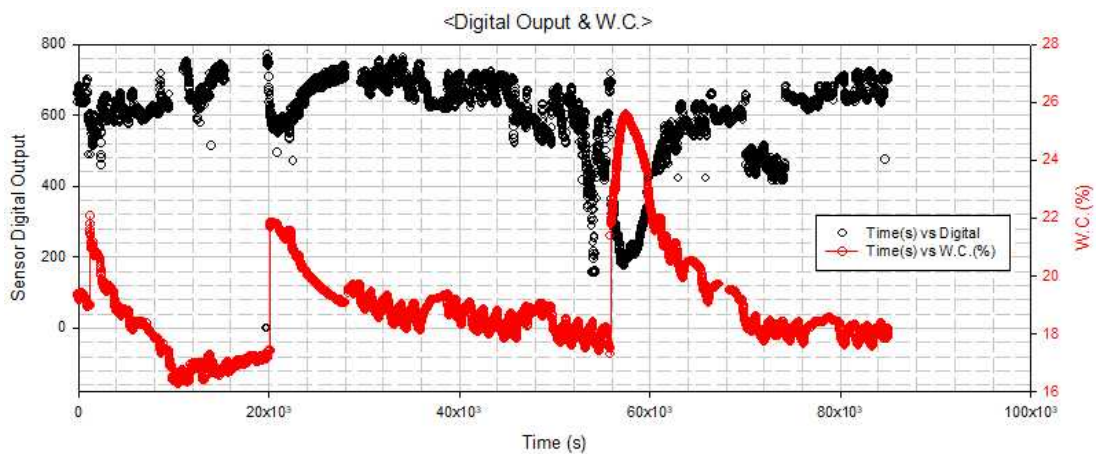
- 고분자로 구성된 광전달봉을 표면처리가 된 유리봉으로 바꾸고 자동화된 측정시스템을 추가하여 구성함
- 현재 가장 정확한 것으로 평가되는 데카곤의 고주파 센서와 동시에 측정하여서 해당 값을 비교함
- 측정센서는 앞에서 언급한 회로와 마이크로컨트롤러로 저장함



<측정 환경 사진>



<63000분 동안 수분량과 상대 광량을 측정한 그래프>



<80000분 동안 수분량과 상대 광량을 디지털 변환 값으로 측정한 그래프 (회로에서 발생하는 오차가 포함됨)>

- 광전달봉을 유리봉으로 구성하고 30000분 동안 수분량과 수광부에서 감지되는 상대 광량을 측정하는 것으로서, 도시된 바와 같이 수분량이 증가하거나 감소함에 따라 상대 광량은 반대로 감소하거나 증가하게 되는 것을 확인
- 상대 광량과 수분량은 수분량이 많아질수록 상대 광량은 낮고 수분량이 적어질수록 상대 광량은 커짐을 확인
- 측정된 데이터를 바탕으로 상대광량과 수분량의 관계를 이용하여 보정식을 도출한 결과 오차율은 2.358%로 나타남
- 측정 오차의 주요 요인은 센서 딜레이와 물을 주는 위치에 의한 것으로 예상됨

### 3. 3년차 전체 연구 결과 요약

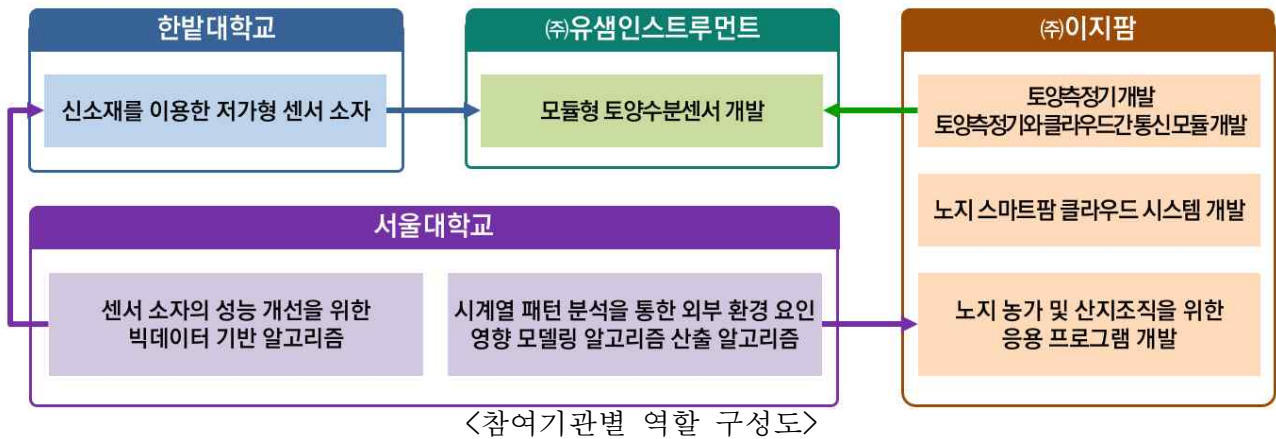
#### (1) 센서 소자의 성능 및 내구성 향상

- 표면처리된 광전달봉을 사용하는 광학적 방식을 이용하여 설치의 편의성을 도모하고 향상된 성능이 나타남을 확인

#### (2) 측정장비 적용 및 제품 완성도 개선

- 자동화된 측정 시스템을 도입하여서 센서 소자와 연결하여 측정해본 결과 지속적으로 토양수분이 측정되는 것으로 나타남을 확인

### 라. 협동기관(서울대학교)



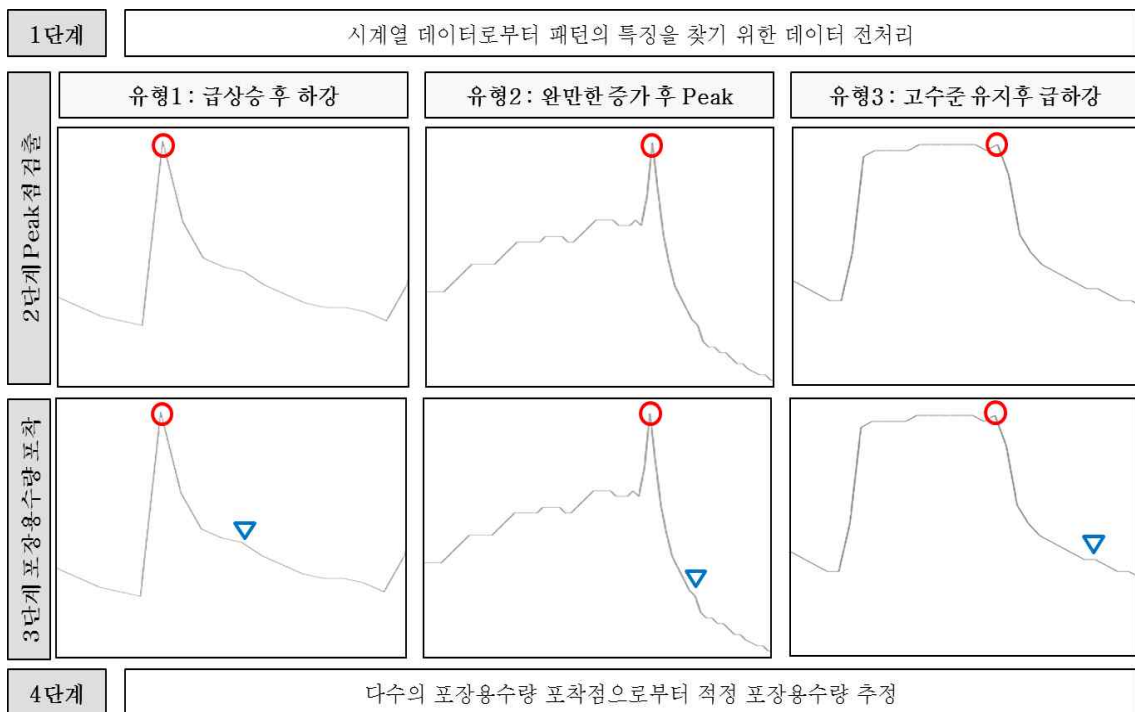
세부연구목표에 대한 하위 수행 내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 용적수분함량의 유효수분함량 변환 알고리즘 구현</li> <li>• 보정 알고리즘의 실측 데이터 적용 시 오차 분석 및 개선</li> <li>• 현장 데이터를 이용한 학습모델 개선 및 센서 이상치 유형 분류</li> </ul>

# 1. 용적수분함량의 유효수분함량 변환 알고리즘 구현

## 가. 변환 알고리즘 개발

### ○ 변환 알고리즘 개요

- 1단계, 패턴의 특징을 찾기 위한 데이터를 전처리
- 2단계, 강우 및 관수 후 용적수분함량이 Peak값에 이를 때의 Peak 지점을 찾음
- 3단계, Peak점 이후 중력수가 빠지면서 유효수분함량 범위에 진입하는 시점의 패턴 변화를 포착
- 4단계, 통계학에서 사용하는 분포의 개념을 이용하여 적정 포장용수량 지점을 추정



### 1) 알고리즘 1단계

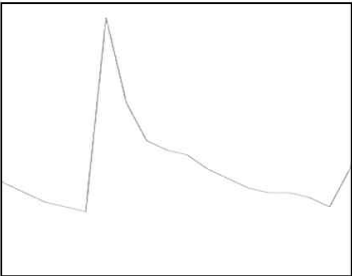
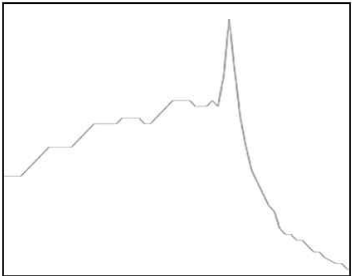
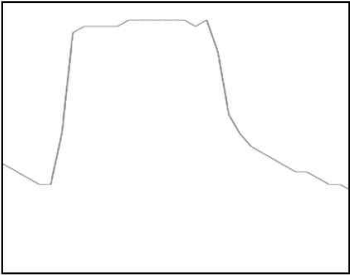
- 데이터 전처리 단계에서 생성하는 변수 중 첫 번째 유형은 4시간 동안 1시간 간격으로 측정된 4개의 포장용수량 점들의 회귀선의 기울기에 해당하는 변수로 현재 시점 0시간에서 3시간 전(reg\_coef\_103), 3시간전에서 6시간 전(reg\_coef\_136), 6시간 전에서 9시간 전(reg\_coef\_169)의 회귀선 기울기에 해당하는 변수를 생성함
- 두 번째 유형은 6시간 범위 내에서의 회귀선 기울기의 최대값과 최소값에 대한 변수이며, 현재 시점 0시간에서 생성된 reg\_coef\_103값에서부터 1~6시간 전까지 차례로 생성된 reg\_coef\_103값까지 총 6개의 reg\_coef\_103값 중 가장 큰 값(reg\_coef\_10\_6\_max)과 가장 작은 값(reg\_coef\_10\_6\_min)을 저장하는 변수를 생성함
- 같은 원리로 3시간 전부터 9시간 전까지의 여섯 시점의 reg\_coef\_103값 중 가장 큰 값(reg\_coef\_13\_9\_max)과 가장 작은 값(reg\_coef\_10\_6\_min)을 저장하는 변수를 생성함

### 2) 알고리즘 2단계

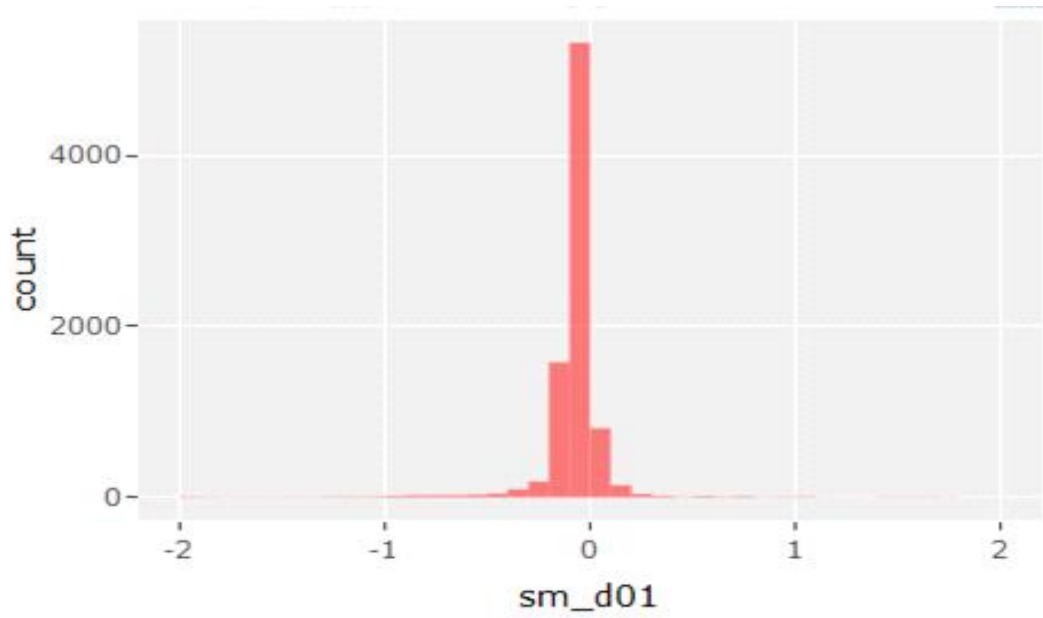
- Peak점을 찾는 방법은 앞선 그림과 같이 강우나 관수로 인해 토양에 수분이 포화되는 패턴은 크게 3가지 유형으로 분류할 수 있는데 급상승 후 하강, 완만한 증가 후

Peak, 고수준 유지 후 급하강의 3가지임

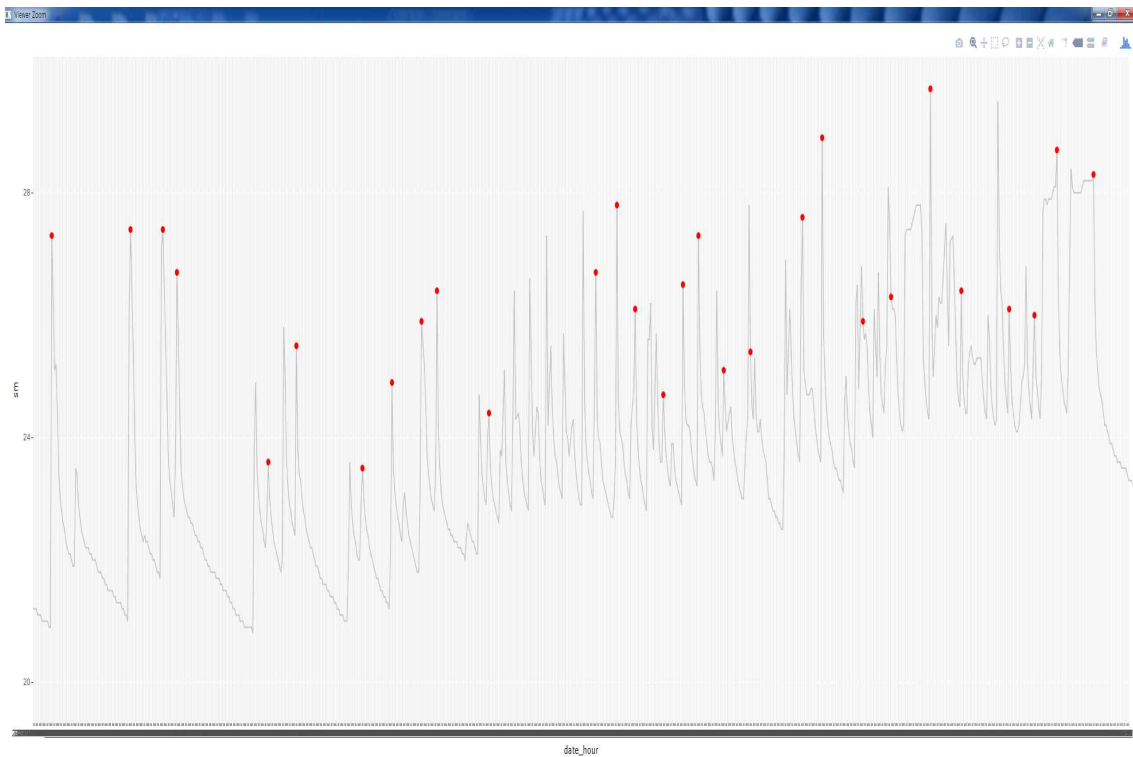
- 각 유형별로 Peak점을 검출하는 방법은 아래 그림과 같음
- 그림에서 기술되고 있는 “목표 Peak점 기준”의 의미는 현재 시점까지 수집된 데이터를 이용한다고 가정했을 때 Peak점 검출을 위해서는 Peak 이후의 기울기의 변화도 고려되어야하기 때문에 현재 시점을 기준으로 과거 6시간 전 또는 3시간 전에 Peak가 있었을 경우 Peak 전후의 패턴을 이용해서 해당 시점 전이 Peak인지 아닌지를 판별하는 것임
- 그림에서 r1은 0~100% 사이의 임의의 비율로 데이터 패턴에 따라 경험적으로 설정하는 지표이고, d0은 강우 및 관수가 없는 상황에서의 용적수분함량 최대 변화량을 의미함

	유형1: 급상승 후 하강	유형2: 완만한 증가 후 Peak	유형3: 고수준 유지 후 급하강
용적수분함량 패턴			
Peak 검출 방법	<p>&lt;목표 Peak점 기준&gt; - 6시간 전</p> <p>&lt;Peak 인식 조건&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① Peak 직후는 음의 기울기</li> <li>② Peak 직후 기울기는 Peak점 이후 6개 포인트의 기울기 최대값의 r1% 보다는 큼</li> <li>③ Peak 직전 기울기는 d0 이상</li> <li>④ Peak 3시간 전 수분함량보다 Peak점 수분함량이 d0 *6이상 큼</li> <li>⑤ Peak 3시간 후 수분함량이 Peak점 수분함량보다 d0 *6 이상 작음</li> </ol>	<p>&lt;목표 Peak점 기준&gt; - 3시간 전</p> <p>&lt;Peak 인식 조건&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① Peak점 6시간 전~3시간 전의 기울기가 d0 *0.5보다 큼</li> <li>② Peak점 3시간 전~Peak점의 기울기가 d0 보다 큼</li> <li>③ Peak 3시간 후 수분함량이 Peak점 수분함량보다 d0 *6 이상 작음</li> </ol>	<p>&lt;목표 Peak점 기준&gt; - 6시간 전</p> <p>&lt;Peak 인식 조건1&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① Peak 직전 기울기는 음의 기울기 영역에서는 d0 보다 작으며 양의 기울기 영역에서는 0과 같거나 큼</li> <li>② Peak 직후 3시간 후에 수분함량이 d0 *6 이상 감소</li> </ol> <p>&lt;Peak 인식 조건2&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① Peak 직후 2시간 후에 수분함량이 d0 *4 이상 감소</li> </ol>

- 아래 그림의 용적수분함량 시간당 변화량의 분포를 보면 양수 범위에서는 -0.1이 가장 많고, -0.2, 0.2의 관측치가 그 다음으로 많은 것을 확인할 수 있음
- 즉 일반적인 상황에서 토양의 수분이 감소하더라도 -0.2보다 더 많이 감소하지는 않는다는 것을 의미하며, 본 발명에서는 0.2를 d0값으로 사용하였음

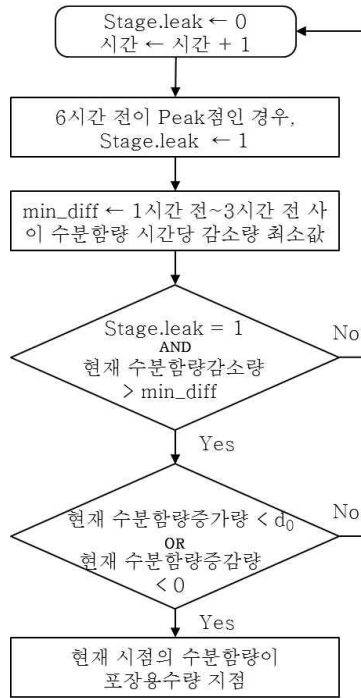


- 앞선 피크점 검출 방법을 이용하여 실제 용적수분함량 시계열 데이터를 이용하여 검출한 Peak점은 아래의 원형의 적색점과 같이 검출된 것을 확인할 수 있음

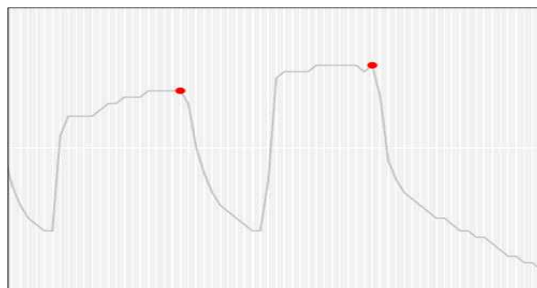


### 3) 알고리즘 3단계

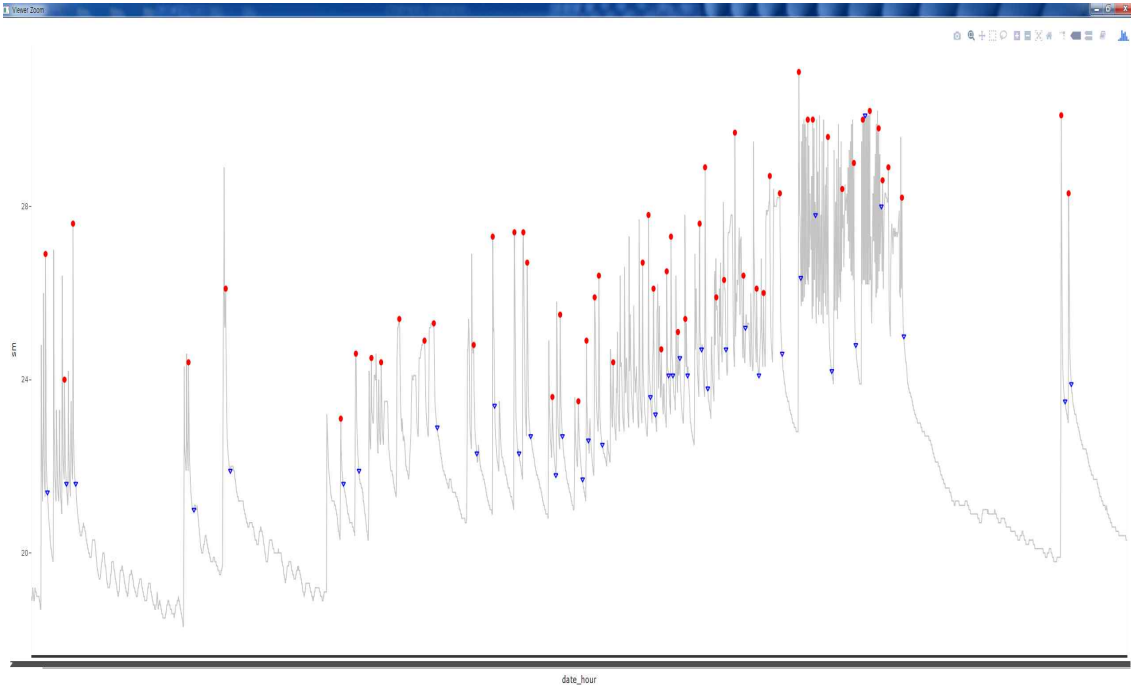
- 포장용수량 지점을 추출하는 방법은 아래의 플로우 차트와 같음



- 6시간 전 시점에 Peak점이 있을 경우 stage.leak 변수에 1을 입력하여 포장용수량 추출 단계라는 신호를 줌
- 현재 시점에서 1시간 전부터 3시간 전까지의 3개 시점에서의 직전 시간 대비 수분함량 감소량 중에서 가장 작은 값을 min\_diff 변수에 입력함
- 6시간 전의 Peak 이후 3시간이 흐른 시점부터의 수분함량의 감소 패턴에서 기울기가 점차 완만해지는 과정에서 가장 완만한 기울기 값이 min\_diff에 기록이 됨
- 첫 번째 조건문은 Stage.leak 변수가 1로 포장용수량을 추출하는 단계이면서 min\_diff에 기록된 가장 완만한 기울기보다 기울기가 커지는 시점을 포착함
- 이 지점이 과제의 해결수단에서 인용한 자료들에서 제시하고 있는 포장용수량 지점임
- 두 번째 조건문은 현재 시점의 수분함량 증가량이  $d_0$ 보다 작거나 증감량이 음수 또는 기울기가 음수로 감소추세가 아닌 경우를 판별함
- 이 조건은 아와 그림과 같이 Peak점 후 감소추세 이후 다시 강우 또는 관수로 수분함량이 증가하는 경우를 판별함으로써 적절한 포장용수량 지점을 설정하기 어려운 상황을 회피하도록 함



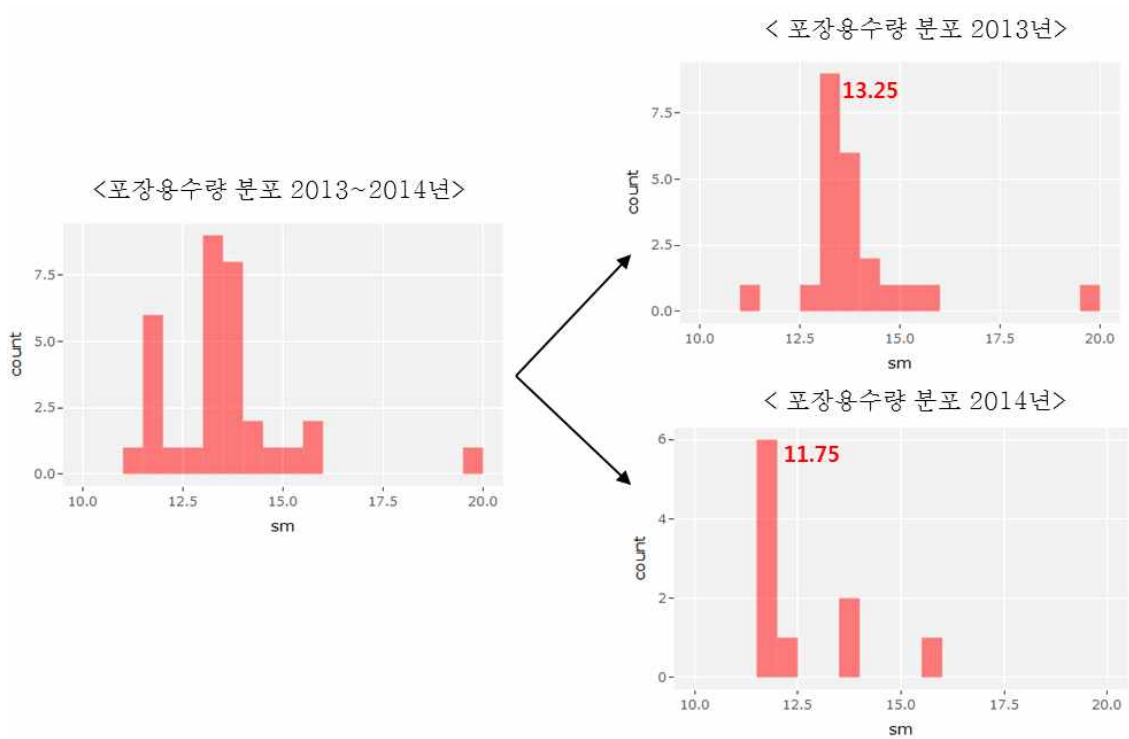
- 두 번째 조건문에서 감소 후 재상승 상황이 아닌 경우에는 현재 시점의 수분함량이 포장용수량 지점이라고 판단하고 그 지점과 용적수분함량 값을 추출함



- 위 그림은 앞선 플로우 차트 과정을 통해 추출된 포장용수량 지점들을 역삼각형 모양의 청색점으로 추출된 것을 확인할 수 있음

#### 4) 알고리즘 4단계

- 포장용수량값의 분포를 이용하여 해당 토양의 포장용수량을 추정하는 방법은 아래 그림과 같음



- 그림은 기상청 농업기상 데이터의 철원 관측소의 2013~2014년 용적수분함량 측정

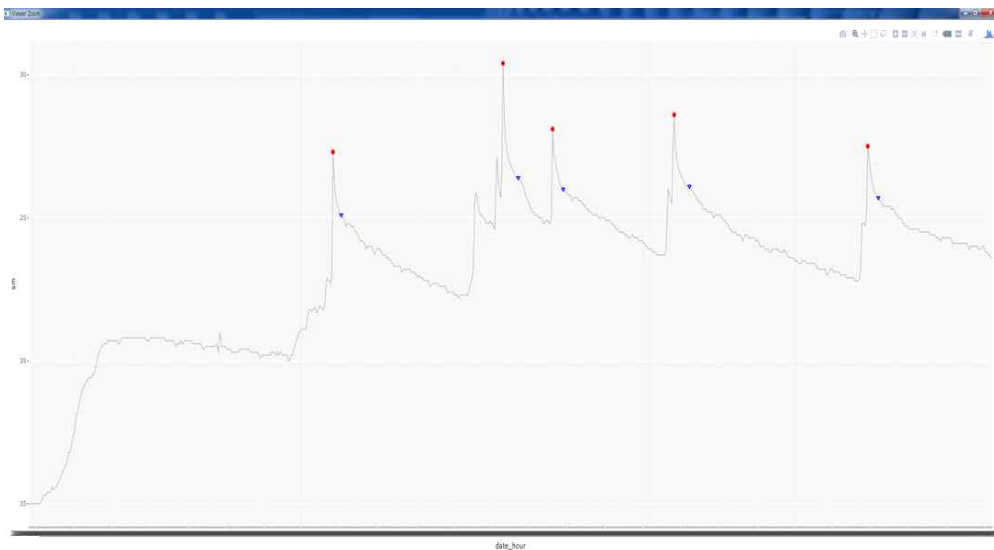


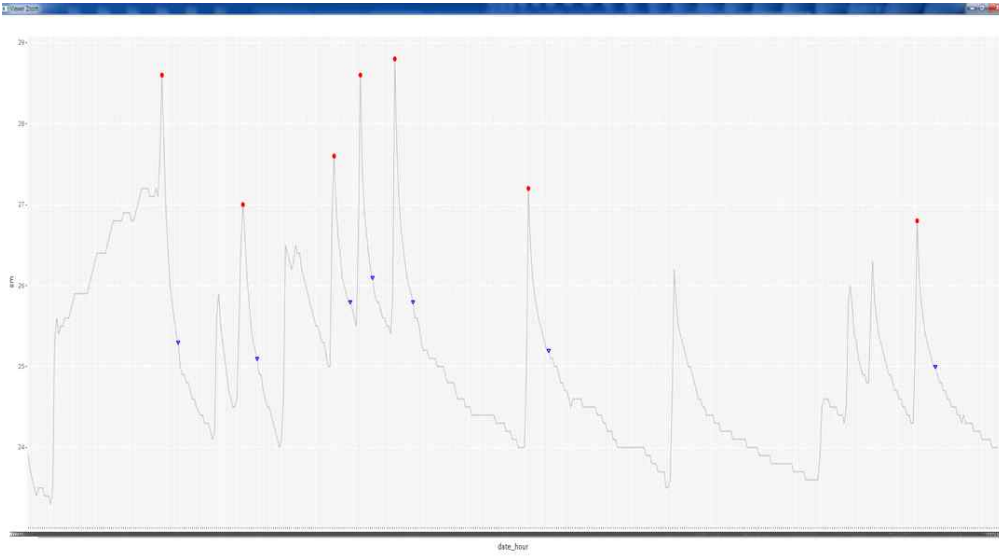
데이터에서 추출한 포장용수량 지점의 히스토그램 분포이며, 두 개의 피크 점이 관측이 되는데 이는 포장용수량 추출값이 정규분포를 따른다고 가정했을 때, 서로 다른 두 개의 분포가 섞여 있는 것으로 해석 가능함

- 전체 데이터를 2013, 2014년으로 분리해서 보면 강우가 잦았던 2013년에는 13.25% 지점에서 포장용수량이 형성되었고 강우가 드물었던 2014년에는 11.75 지점에서 포장용수량이 형성된 것으로 볼 수 있음
- 따라서 4단계에서는 포장용수량의 분포를 이용하여 정규분포에서 가장 높은 지점인 평균값을 포장용수량으로 추정함
- 만약 정규분포가 2개 이상이 섞여있는 형태를 보이는 경우는 포장용수량 지점이 이동한 것으로 보고 새롭게 만들어진 정규분포의 가장 높은 지점의 값을 변경된 포장용수량으로 추정함
- 실제로 FDR 또는 TDR 센서가 매립되어 있는 토양의 상태에는 변화가 생길 수 있는데, 강우에 의해 미세한 토양이 유입되거나 유실되는 경우, 겨울철에 토양이 얼어서 센서가 매립된 토성의 분포가 달라지는 경우, 센서의 위치를 임의로 변경하는 경우 등 다양한 원인으로 센서의 측정환경이 변화할 수 있음
- 따라서 본 발명에서 제안하는 방법은 이와 같은 센서 매립 상태의 변화도 감지할 수 있음

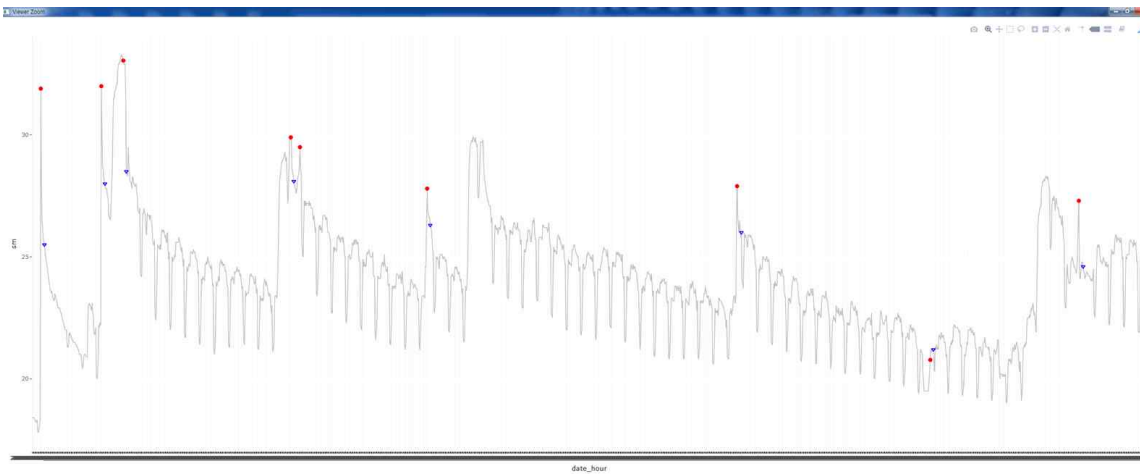
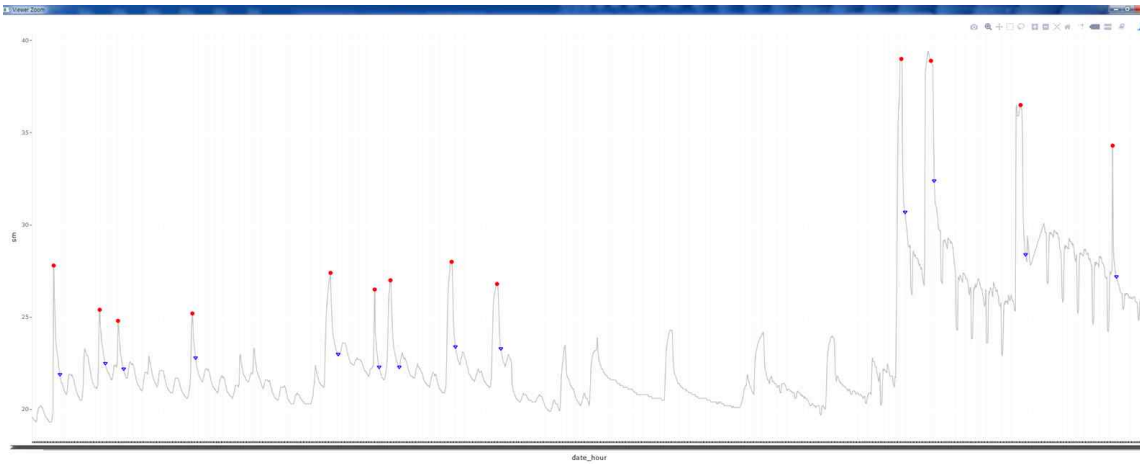
## 나. 변환 알고리즘 적용

### ○ 화성 농장 3

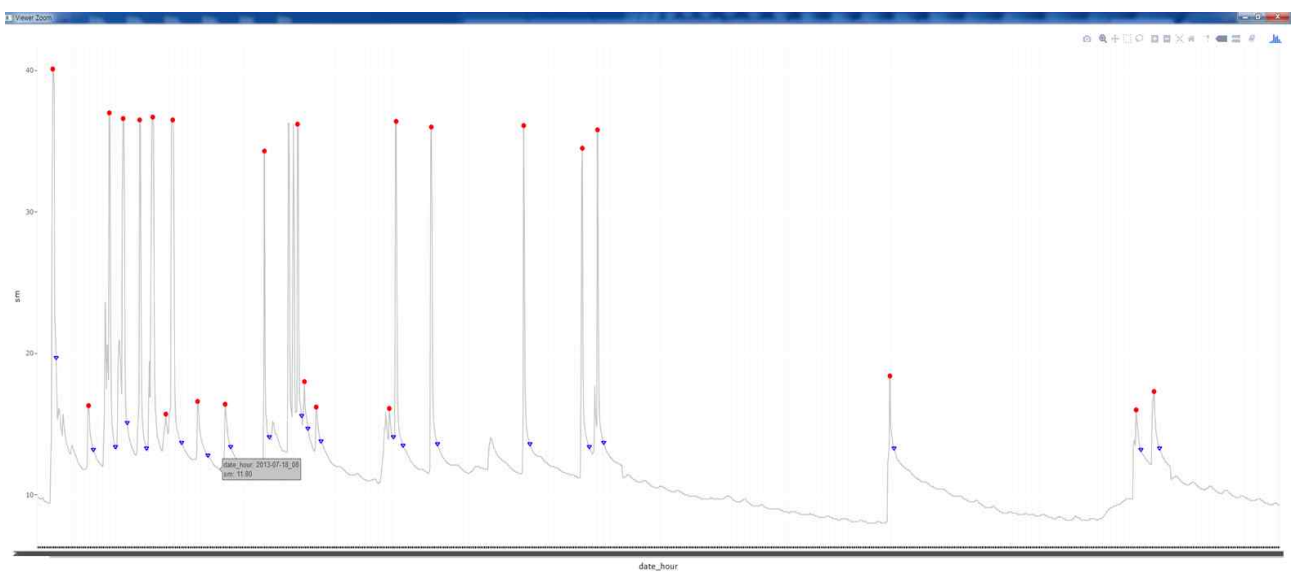
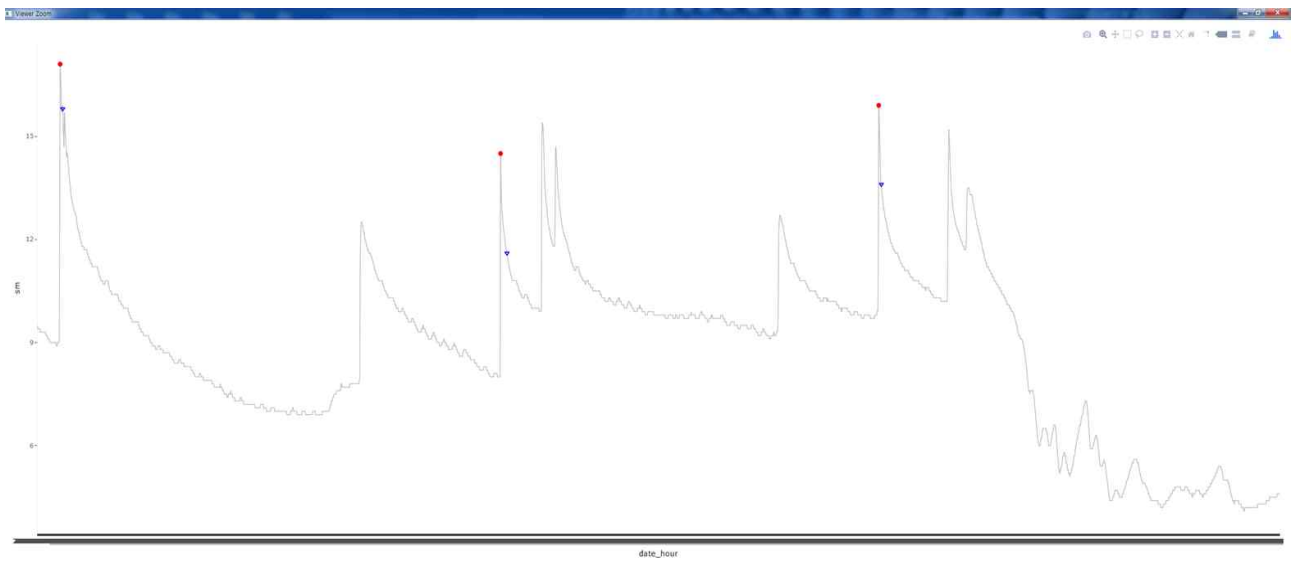
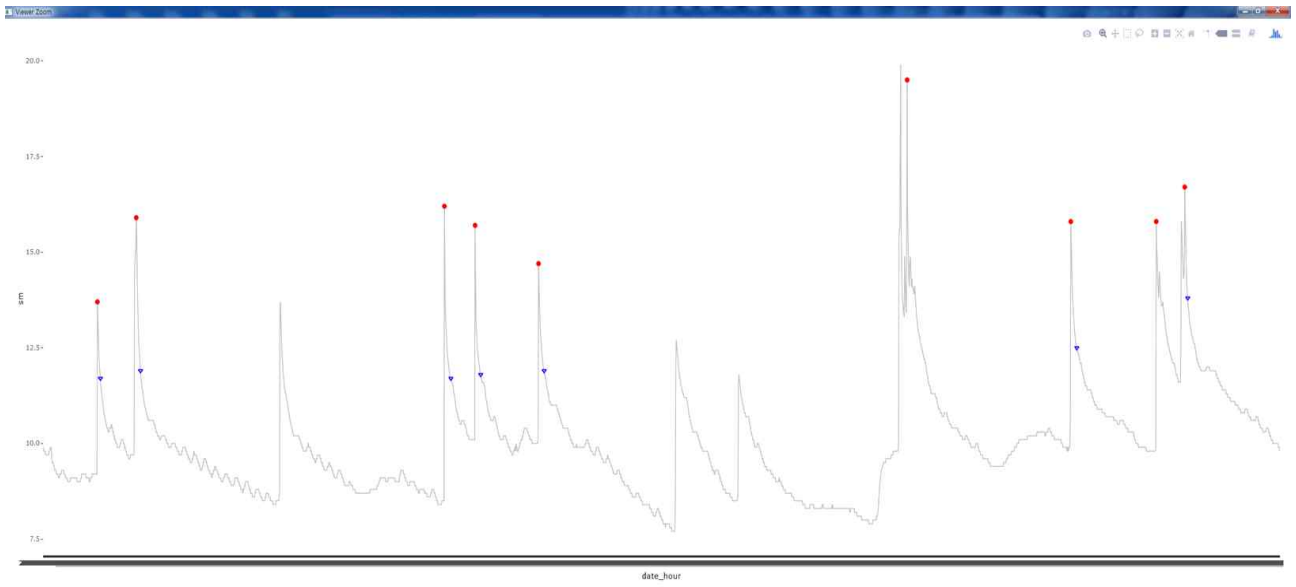




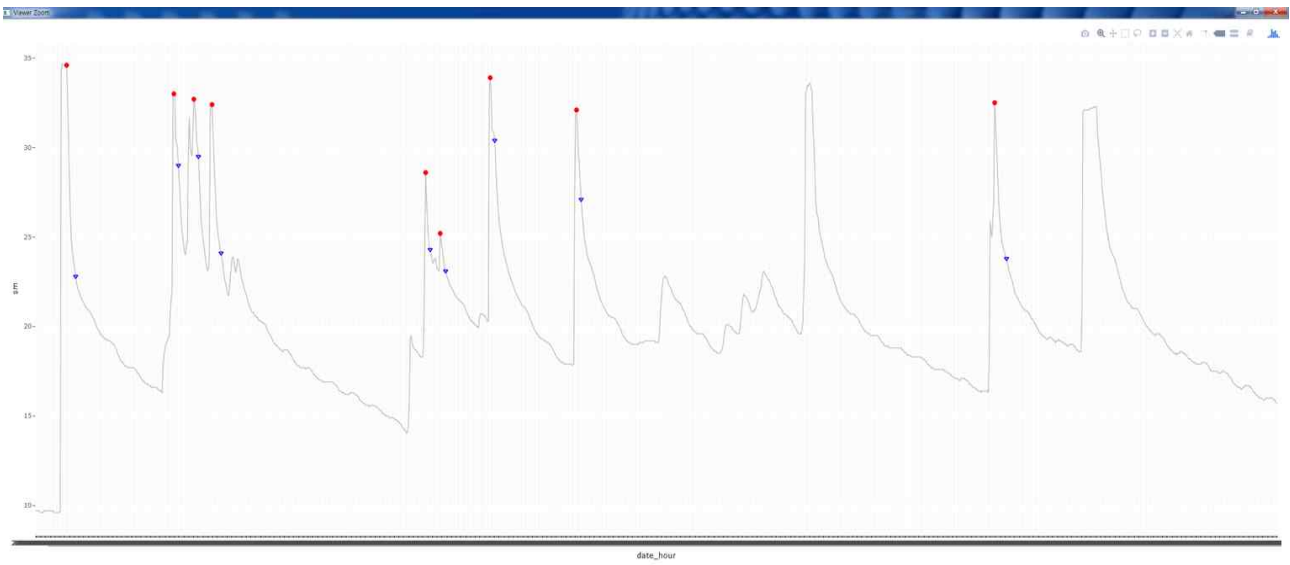
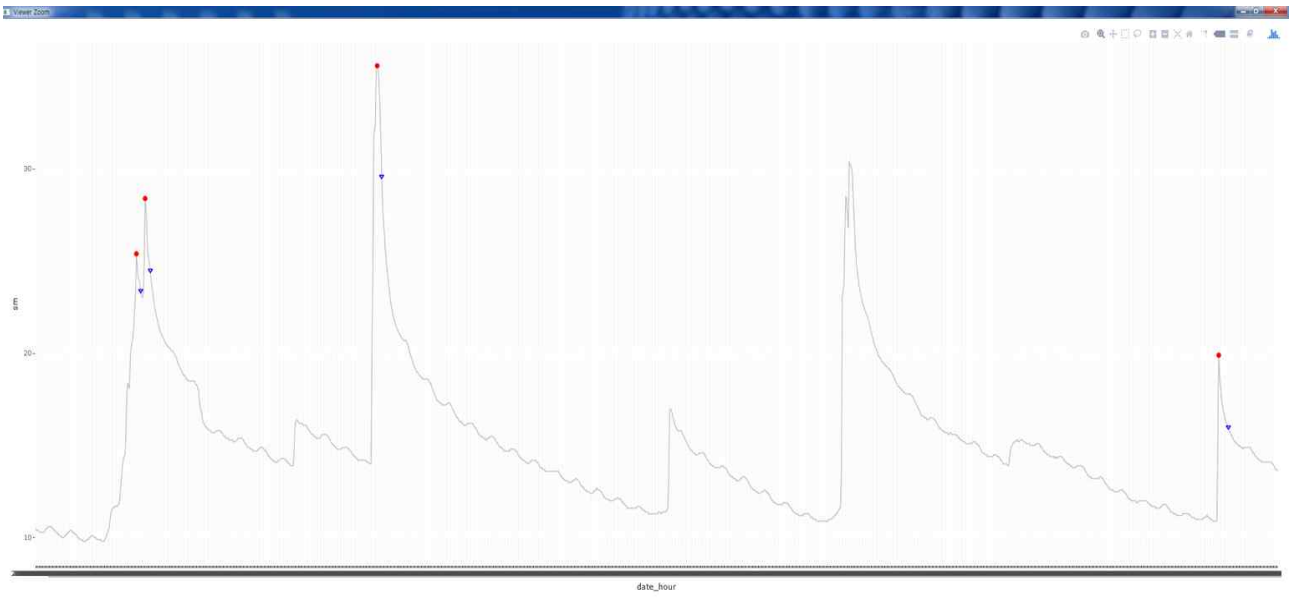
○ 화성 농장 4



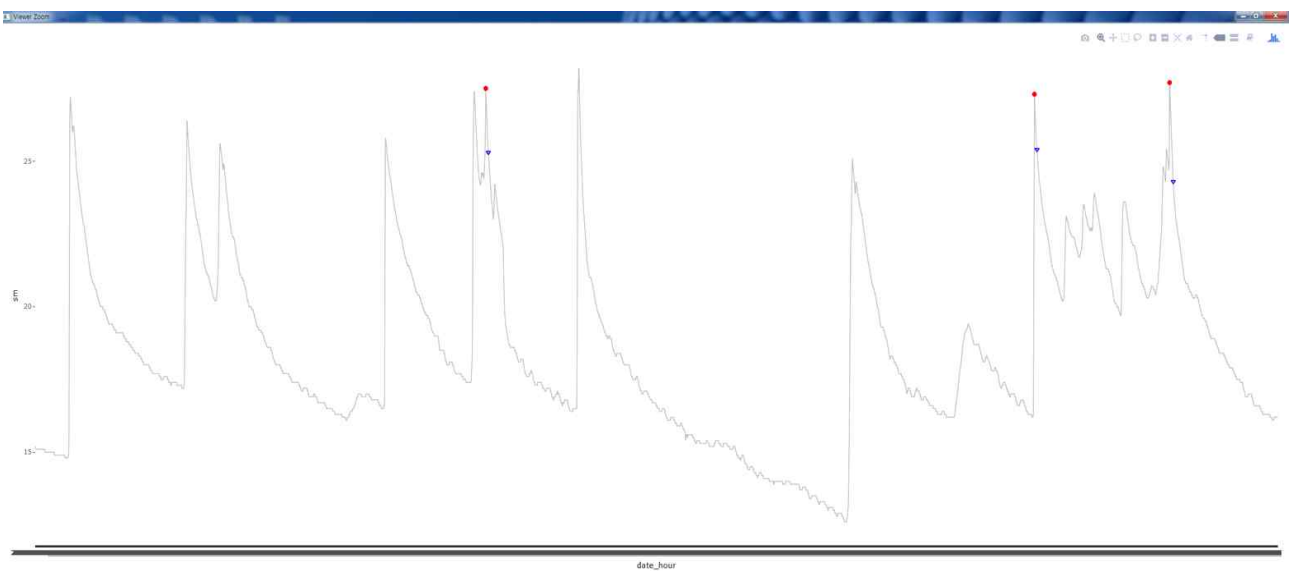
○ 기상청 철원 관측소

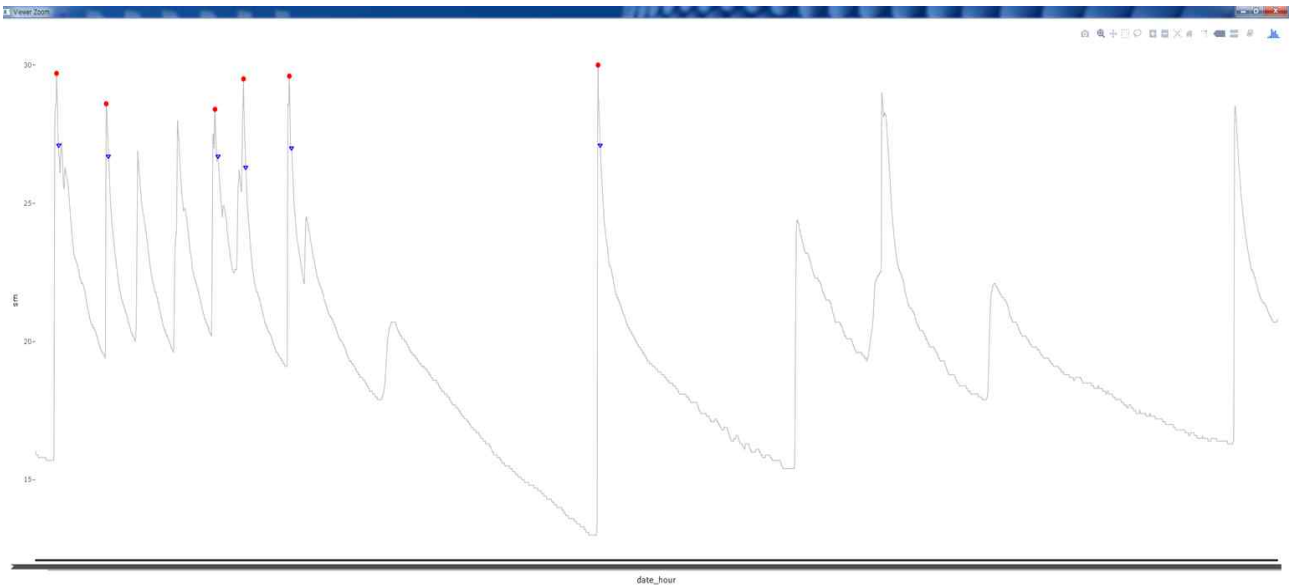


○ 기상청 수원 관측소



○ 기상청 진주 관측소





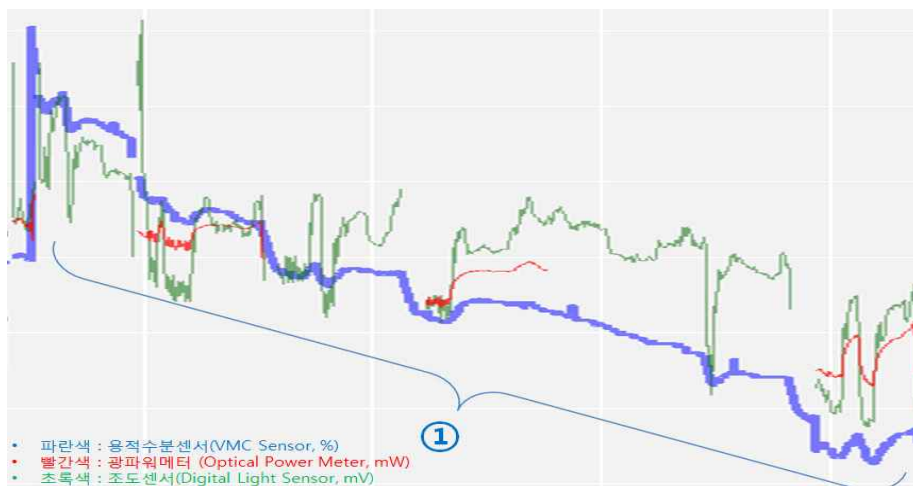
## 2. 보정 알고리즘의 실측 데이터 적용 시 오차 분석 및 개선

### 가. 신규 센서의 측정방식별 오차 발생 패턴 분석

#### 1) 시계열 추세에서의 오차 발생 분석

##### ○ 토양수분 감소 단계에서의 측정치 차이

- 1번에서와 같이 파란색 용적수분함량 센서의 감소 추세에서 적색의 광파워미터 측정치와 녹색의 조도센서 측정치의 패턴이 용적수분함량의 감소속도와 일치하지 않음으로 인해 오차 발생 가능
- 이와 같은 패턴이 지속적으로 발생할 경우 토양의 수분이 부족한 최저점 도달시 최저점에 대한 측정치가 정확한 상태를 반영하지 못할 수 있음
- 오차의 보정 가능 유무는 지속적으로 최저점에서의 측정치 일치도를 평가해야 함

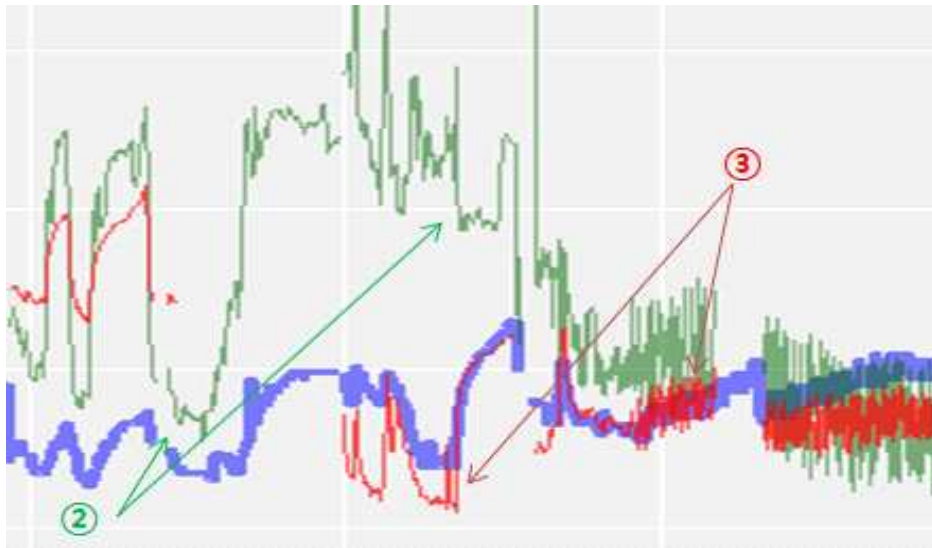


##### ○ 토양수분 최저점에서의 측정치 오차

- 앞서 나타난 감소 추세에서 오차가 발생하더라도 최저점에서 측정치가 일관성을 가진다면 시계열 데이터가 정상성을 가지기 때문에 보정을 통한 오차 개선이 가능함
- 녹색의 2번은 조도센서로 측정된 경우로 최저점에 근접해서 변동성이 커지고 토양수분

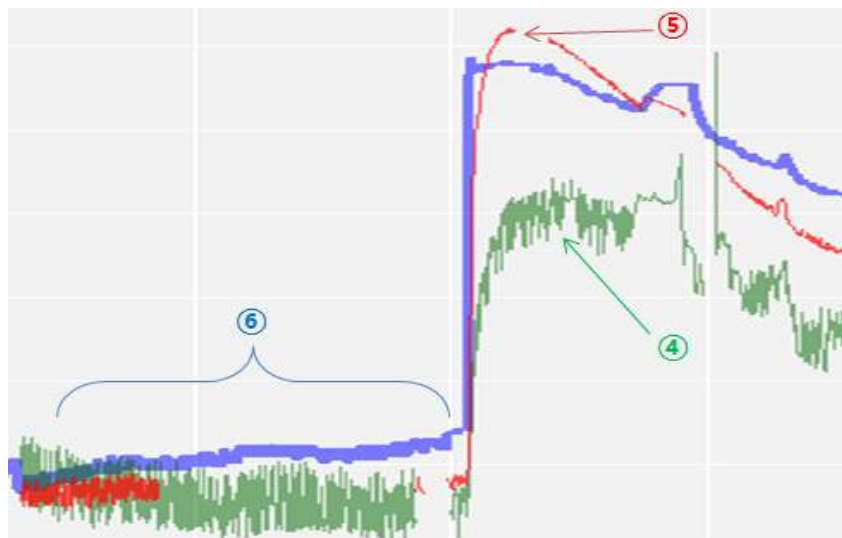
이 많이 존재하는 것으로 민감한 반응을 보이는 문제가 관찰됨

- 적색의 3번은 광파워미터로 측정한 경우로 최저점에 측정치가 유사한 수준으로 측정되었고, 용적수분함량과 변화 패턴도 유사한 것으로 관찰되었음
- 광파워미터를 이용한 측정치에서 최저점에서의 측정오차가 적은 것으로 나타나 최고점, 최저점을 기준으로 하는 오차 보정이 가능함



○ 강우상황에서의 토양수분 최대치 오차

- 녹색의 4번은 강우상황을 고려한 수분 주입 단계에서의 조도센서의 변화 패턴으로 파란색의 용적수분함량의 변화와 비교하였을 때 반응 속도는 큰 차이가 없었으나 토양수분 최대치는 쫓아가지 못하는 오차가 발생하였음
- 적색의 5번은 수축 주입 단계에서의 광파워미터의 변화 패턴으로 파란색의 용적수분함량의 변화와 반응 속도도 유사하고 최고치 측정값도 유사하게 나타났음
- 토양수분이 최고치 도달 후 감소하는 단계에서는 감소 속도에서 차이가 나타날 수 있고 이로 인한 오차 발생 가능성이 있음. 5번의 광파워미터는 감소 초기의 감소속도가 빠르게 출발한 후 이후 단계에서 느려지는 패턴을 보임
- 이 경우 최대치와 최소치의 중간단계의 신규센서 토양수분 측정치가 용적수분함량 센서와 구간에 따라서는 차이를 보일 수 있음



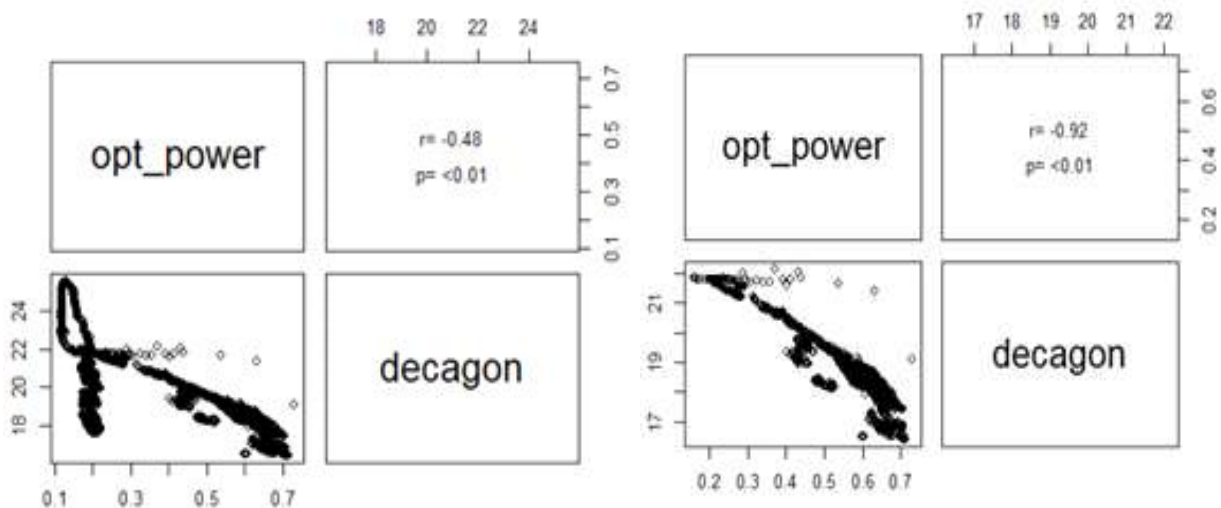
○ 오차 발생 유형별 개선 방향

- 저가형 측정장비인 조도센서를 이용한 신규센서 모듈의 경우 토양수분이 감소하는 과정에서 측정치의 변동성이 크고 최저점 도달 시점이 느린 문제가 있는 것으로 분석됨
- 신규센서의 개발 목표가 저가형인 점에서 조도센서 방식을 고려할 수 있으나 측정치에서의 오차 발생의 가능성이 높기 때문에 추가적인 검증을 통한 성능 안정화가 필요할 것으로 생각됨
- 광파워미터를 이용한 신규센서 모듈의 경우 측정값이 비교적 변동성이 적고 안정적이며, 최고치와 최저치에서 용적수분함량과 유사한 패턴으로 측정되고 있어 센서 소자의 특성은 용적수분함량 센서의 측정치에 따라가는 것에 큰 문제가 없는 것으로 분석되었음
- 강우 상황에서의 토양수분이 최대치에 도달한 다음 최저치로 감소하는 과정에서의 용적수분함량 센서와 감소 속도 차이로 인해 발생하는 오차의 경우 해당 특성이 반복적으로 발생하는 경우에는 비선형적 관계를 포착하여 보정이 가능함
- 신규 센서의 측정방식에서는 저가형 조도센서보다는 광파워미터의 원리에 기반한 차선책의 저가형 측정 방식에 대한 검토가 필요할 것임

2) 광파워미터(Optical Power Meter)와 용적수분함량 센서 비교 분석

○ 이상치 제거 전/후의 신규센서 측정치 상관관계 비교

- 아래 그림은 광파워미터와 데카곤사의 용적수분함량 센서의 측정값의 관계를 그래프와 상관관계수 분석으로 나타낸 것임
- 신규센서 측정값에서 이상치 제거전(좌측)의 측정치 간 관계를 보면 이상치 발생 전의 구간에서는 반비례의 관계를 뚜렷하게 보이고 있으나 이상치 발생 구간에 의해서 전체적인 상관관계수가 0.48로 낮은 것으로 나타남
- 이상치를 제거한(우측) 경우의 측정치 간 관계를 보면 반비례 관계를 보이는 패턴이 뚜렷하게 형성되었고 상관관계수도 0.92로 높아진 것을 확인할 수 있음

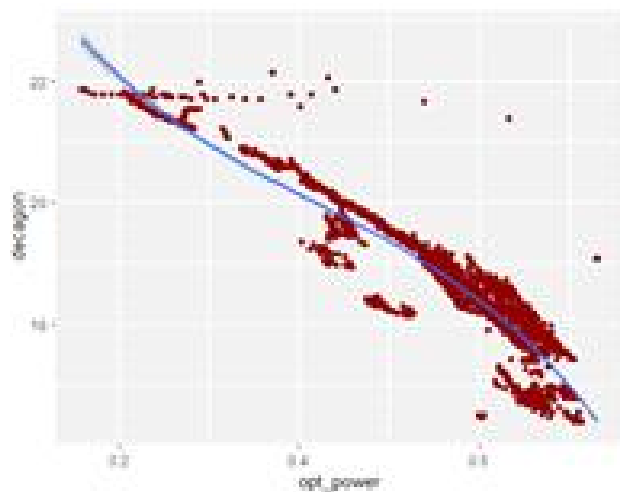


○ 용적수분함량에 대한 신규센서 보정 알고리즘 적합

- 신규센서 보정 알고리즘이 가지는 용적수분함량과의 기본적인 관계는 신규 센서의 이

상치가 제거된 데이터를 기반으로 모델에 대한 학습이 이루어져야 함

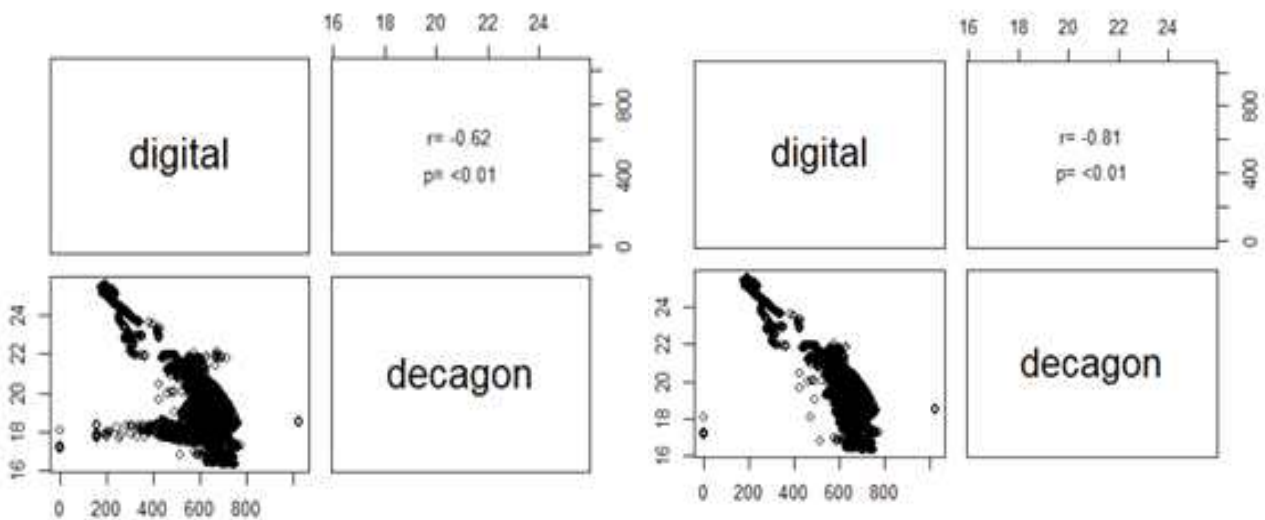
- 광파워미터와 용적수분함량 간의 관계에서 오차를 최소화하도록 모델을 적합하면 용적수분함량이 높은 범위에서 중간범위까지는 선형의 관계를 보이거나 용적수분함량이 낮은 범에서는 곡선으로 굽어지는 관계를 보이는 것으로 나타났음



### 3) 조도센서(Digital Light Sensor)와 용적수분센서 비교 분석

○ 이상치 제거 전/후의 신규센서 측정치 상관관계 비교

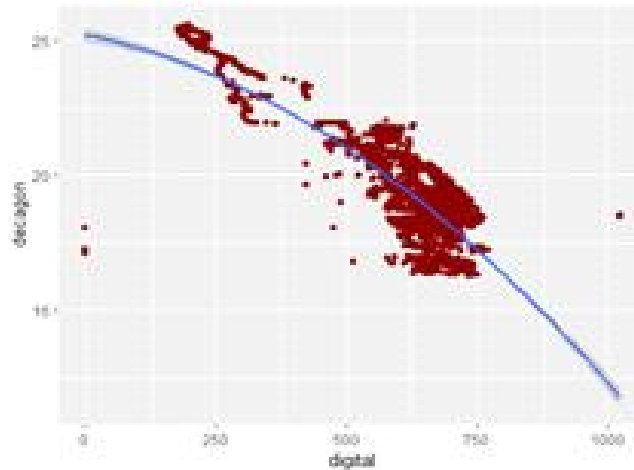
- 아래 그림은 조도센서와 데카곤사의 용적수분함량 센서의 측정값의 관계를 그래프와 상관계수 분석으로 나타낸 것임
- 신규센서 측정값에서 이상치 제거전(좌측)의 측정치 간 관계를 보면 이상치가 뚜렷하게 나타나기 보다는 전체적으로 민감한 특성으로 인한 변동성 큰 특징에 의해 두터운 형태의 그래프로 나타났고 상관계수는 0.62로 낮은 것으로 나타남
- 이상치를 제거한(우측) 경우의 측정치 간 관계를 보면 변동성이 큰 특징을 제거하지 못한 상황에서는 반비례 관계를 보이는 패턴이 뚜렷하지 않게 형성되었고 상관계수도 0.81로 광파워미터와 비교하여 낮은 것을 확인할 수 있음





○ 용적수분함량에 대한 신규센서 보정 알고리즘 적합

- 신규센서 보정 알고리즘이 가지는 용적수분함량과의 기본적인 관계는 신규 센서의 이상치가 제거된 데이터를 기반으로 모델에 대한 학습이 이루어져야 하나 조도센서로 측정된 값이 변동성이 큰 특징으로 인해 예리한 적합은 어려운 것으로 나타남
- 조도센서와 용적수분함량 간의 관계에서 오차를 최소화하도록 모델을 적합하면 용적수분함량이 높은 범위에서 중간범위까지는 전반적으로 볼록한 곡선 형태의 관계를 보임



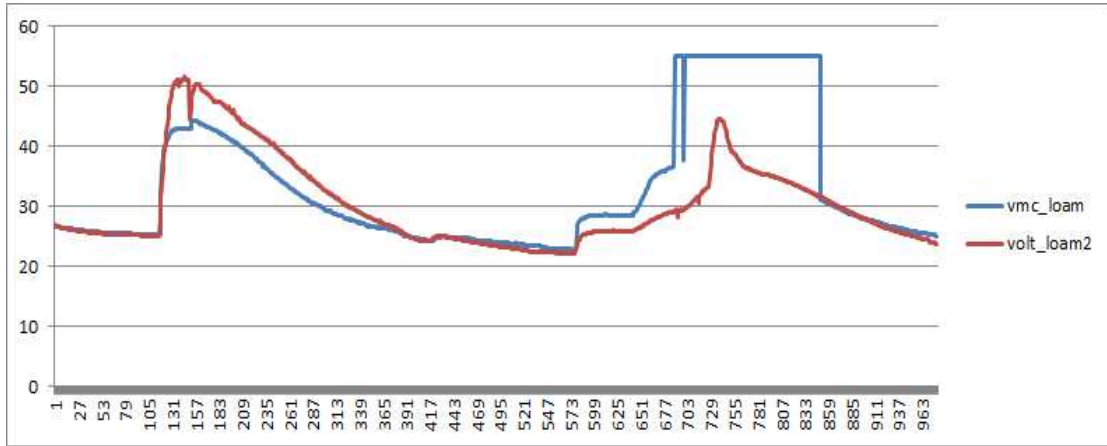
나. 신규 센서의 토성별 오차 발생 패턴 분석

- 용적수분함량 센서의 경우 토성에 따라 용적수분함량(Field capacity)와 위조점(Wilting point)의 위치나 강우 상황과 배수 상황에서의 용적수분함량의 패턴도 차이가 나는 것으로 알려져 있음
- 따라서 신규 센서와 용적수분함량 센서 간 관계에서 토성별 차이가 나타나는지 확인이 필요함
- 비교 방법은 용적수분함량 측정치와 신규센서의 측정전압값의 스케일을 맞추어서 비교하였음

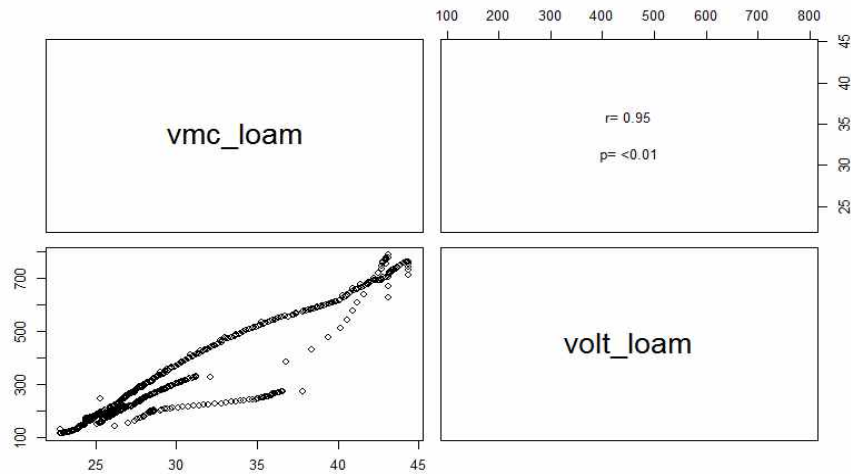
1) 양토(loam)

- 우리나라 경작지에서 가장 많은 비중을 차지하는 흙으로 모래(sand), 미사(silt)가 비슷한 비중으로 많고 진흙(clay)의 비중은 낮은 흙임
- 청색의 용적수분함량 센서 측정값과 동일한 위치에서 측정된 신규센서의 측정값은 1차 물주입에서 한번에 많은 물이 주입되었을 때는 용적수분함량보다 최고점이 높게 측정되었으며 수분 감소 단계 이후의 저점에 도달한 이후에는 용적수분함량과 유사한 패턴을 보여주었음
- 2차 물주입은 소량의 물을 여러 단계에 걸쳐 주입하는 방식으로 진행되었는데, 이 경우에는 용적수분함량 센서와 비교하여 신규센서 측정값은 낮은 값으로 나타나는 경향을 보임
- 용적수분함량 센서에서 측정값이 적절히 수집되지 않은 구간 이후에 감소하는 구간에서는 다시 용적수분함량 센서와 신규 센서가 유사한 패턴을 보임
- 물주입으로 인해 수분함량이 높아지는 과정에서는 차이를 보이거나 감소하는 과정과 최

저점의 경우 일치하는 형태를 보임



- 용적수분함량의 이상치 발생구간을 제외한 구간에서는 용적수분함량 센서와 신규센서 측정값 간의 관계가 비례관계를 뚜렷하게 보였고 상관계수도 0.95로 높게 나타났음

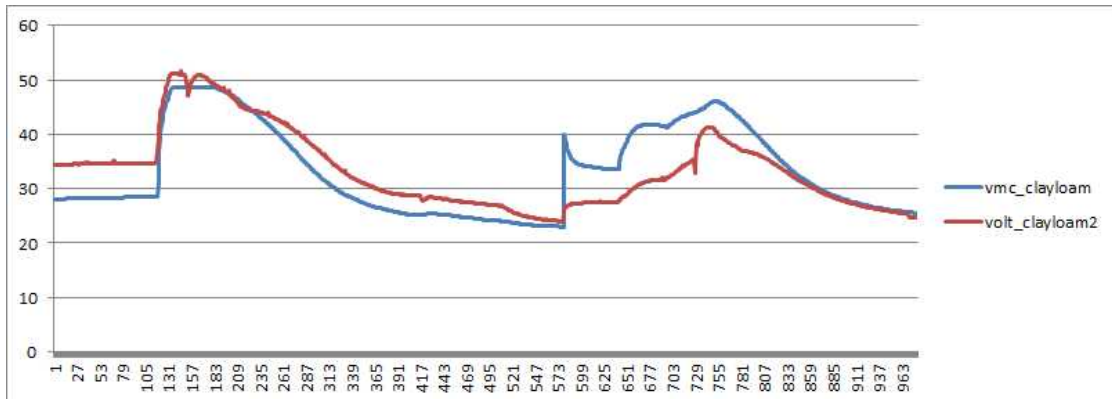


## 2) 식양토(clay loam)

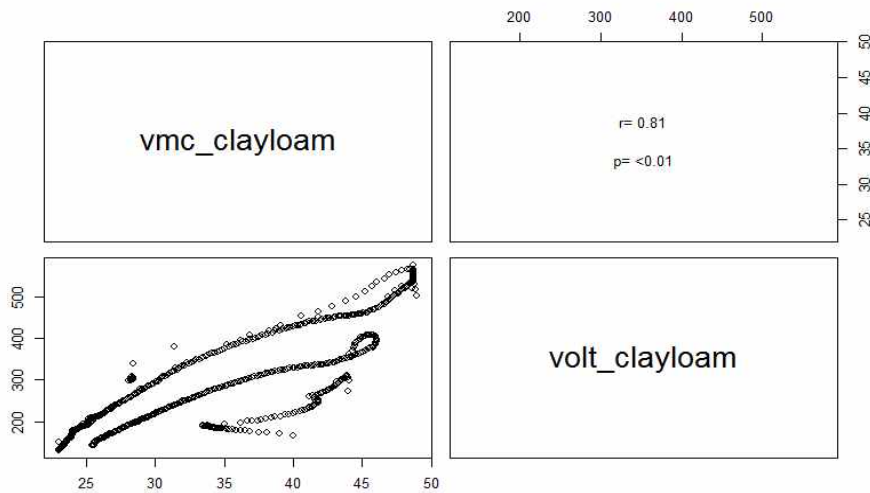
- 양토의 구성에서 진흙의 비중이 높은 흙으로 모래(sand), 미사(silt)가 비슷한 비중이고 진흙(clay)은 양토보다 높은 흙임
- 청색의 용적수분함량 센서 측정값과 동일한 위치에서 측정된 신규센서의 측정값은 1차 물주입에서 한번에 많은 물이 주입되었을 때는 용적수분함량과 유사하게 측정되었으며 수분 감소 단계 에서는 신규센서의 감소 소도가 용적수분함량 센서 대비 느린 것으로 나타났음
- 토양수분이 꾸준히 빠진 이후 최저점에 도달해서는 신규센서의 값이 다시 용적수분함량과 유사한 측정값으로 회복이 되었음
- 소량의 물을 여러 단계에 걸쳐 주입한 2차 물주입에서는 양토와 유사하게 용적수분함량 센서와 비교하여 신규센서 측정값은 낮은 값으로 나타나는 경향을 보였음
- 3차례 물주입 중 첫번째에서는 용적수분함량 센서가 피크값으로 튀는 현상이 나타난 것에 반해 신규 센서에서는 튀는 값이 측정되지 않았음
- 소량의 물이 주입된 이후 토양 수분이 감소하는 구간에서는 다시 용적수분함량 센서와

신규 센서가 유사한 패턴을 보임

- 물주입으로 인해 수분함량이 높아지는 과정에서는 차이를 보이거나 감소하는 과정과 최저점의 경우 일치하는 형태를 보임



- 용적수분함량 센서와 신규센서 측정값 간의 관계에서는 비례관계를 뚜렷하게 보였으나 측정값의 불일치 구간에서는 오프셋을 가지는 비례관계가 나타났으며, 상관계수는 0.81로 양토 대비 낮음
- 토양 수분이 천천히 증가하는 상황에서는 측정값에 대한 민감도를 높이는 방향의 보정 로직이 필요함

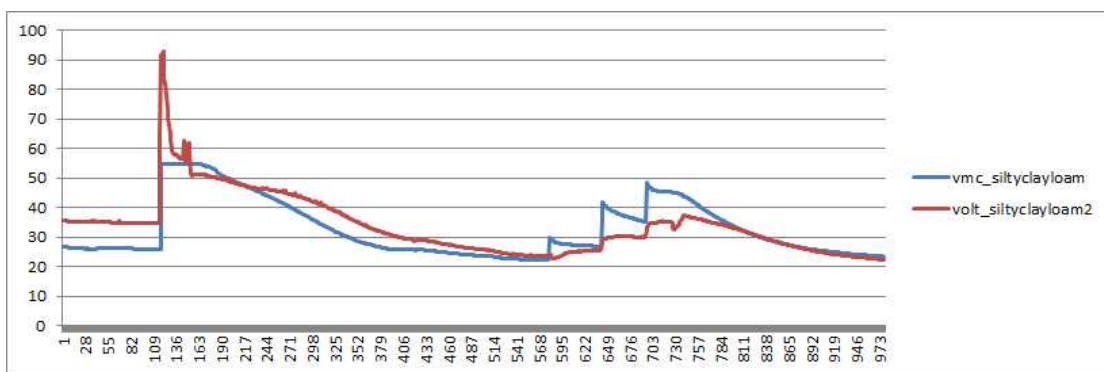


### 3) 미사질식양토(silty clay loam)

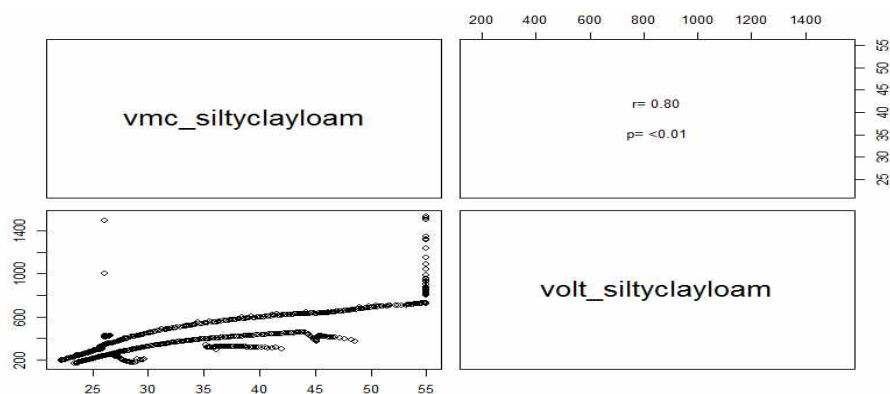
- 식양토의 구성에서 미사의 비중이 높은 흙으로 모래(sand)보다 미사(silt)의 비중이 높고 진흙(clay)은 식양토와 비슷한 수준의 흙임
- 청색의 용적수분함량 센서 측정값과 동일한 위치에서 측정된 신규센서의 측정값은 1차 물주입에서 한번에 많은 물이 주입되었을 때는 전체적인 수준은 용적수분함량과 유사하게 측정되었으나 물주입 직후에는 측정치가 급격히 상승 후 감소하는 특징을 보였음. 이는 양토, 식양토와 비교하여 공극이 넓어 물을 더 많이 함유할 수 있는 미사질 식양토의 특성으로 인한 것인지 반복 측저영 의한 확인이 필요함
- 1차 물주입 이후 수분 감소 단계에서는 신규센서의 감소 소도가 용적수분함량 센서 대

비 느린 것으로 나타났음

- 토양수분이 꾸준히 빠진 이후 최저점에 도달해서는 신규센서의 값이 다시 용적수분함량과 유사한 측정값으로 회복이 되었음
- 소량의 물을 여러 단계에 걸쳐 주입한 2차 물주입에서는 양토, 식양토와 유사하게 용적수분함량 센서와 비교하여 신규센서 측정값은 낮은 값으로 나타나는 경향을 보였음
- 3차레 물주입 모든 과정에서 용적수분함량 센서가 피크값으로 튀는 현상이 나타난 것에 반해 신규 센서에서는 튀는 값이 측정되지 않았음
- 소량의 물이 주입된 이후 토양 수분이 감소하는 구간에서는 다시 용적수분함량 센서와 신규 센서가 유사한 패턴을 보임
- 물주입으로 인해 수분함량이 높아지는 과정에서는 차이를 보이거나 감소하는 과정과 최저점의 경우 일치하는 형태를 보임



- 용적수분함량 센서와 신규센서 측정값 간의 관계에서는 비례관계를 뚜렷하게 보였으나 측정값의 불일치 구간에서는 오프셋을 가지는 비례관계가 나타났으며, 상관계수는 0.80로 양토 대비 낮음
- 수직선 방향, 수평선 방향으로 나타는 패턴은 한쪽의 측정값이 피크값처럼 튀어오를 때 발생하는 패턴으로 한쪽의 변화는 크지 않은 반면 반대쪽 변화가 클 때 나타남



#### 다. 신규센서 보정 알고리즘 예측력 평가

##### ○ 측정방식 및 이상치 보정 전후 예측오차 비교

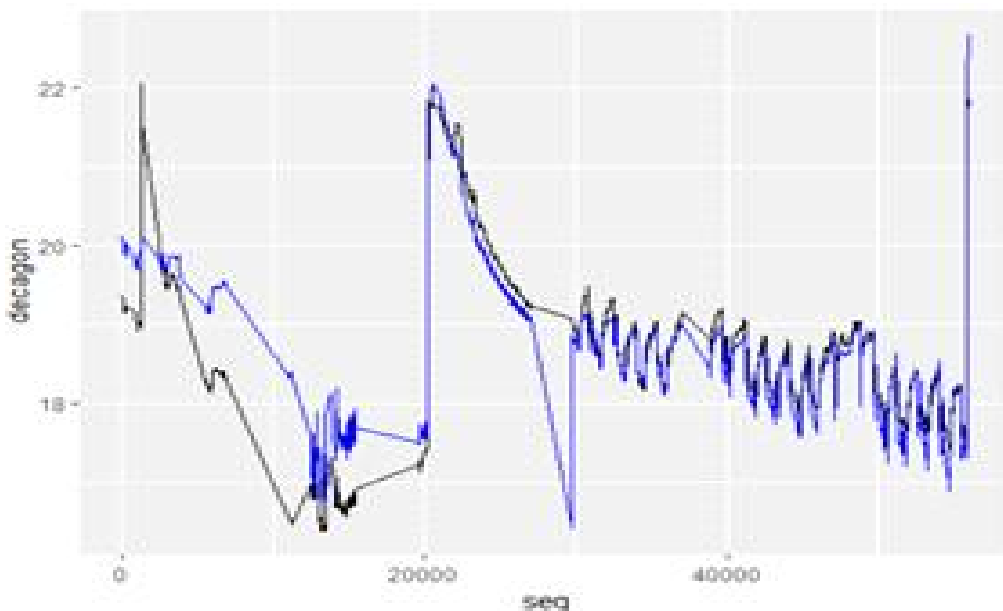
- 예측 오차 비교는 제곱근평균오차(Root Mean Square Error: RMSE)와 평균절대백분율오차(Mean Absolute Percentage Error: MAPE)의 두 가지 예측오차 평가지표를 비교하였음.

- RMSE는 토양수분 실측값의 수준에서 어느정도 오차가 발생하는지의 정도를 파악하는데 용이하고, MAPE는 토양수분 실측값에서 오차의 비율이 어느 정도 인지를 파악하는데 용이한 지표임
- 측정방식별로는 이상치 보정에 의한 효과는 광파워미터 모듈에서 효과가 큰 것으로 나타났고, 이상치 보정 후의 예측성능에서도 광파워미터 모듈이 더 나은 성능을 보여주었음
- MAPE를 기준으로 비교해보면 광파워미터, 조도센서 모듈 모두 예측오차가 이상치 보정전에는 5% 수준 밖이었으나 이상치 보정에 의해 5% 수준 이내로 성능이 개선되었음
- 예측 오차의 경우 새롭게 측정되는 데이터에 대하여 지속적으로 평가를 하고 새롭게 발견되는 이상치 패턴이이나 특이 패턴들을 보정 알고리즘에 반영될 수 있도록 해야 함

예측오차 평가지표	신규센서 측정방식	이상치 보정전	이상치 보정후	이상치 제거에 의한 개선 효과
RMSE	광파워미터 모듈	2.13	0.39	1.74
	조도센서 모듈	1.51	1.06	0.45
MAPE	광파워미터 모듈	7.5%	1.46%	6.04%point
	조도센서 모듈	5.8%	4.18%	1.62%point

○ 신규센서 보정에 의한 용적수분함량 측정치와 신규센서 보정값 비교

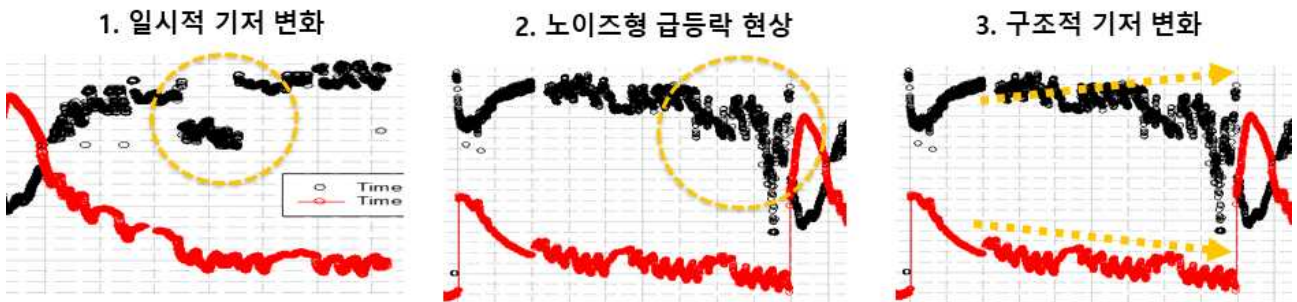
- 검정색 선의 용적수분함량 측정치와 신규센서 보정 알고리즘에 의해 보정된 청색 선을 비교해보면 용적수분함량 비교값과 약간의 차이는 있으나 변화하는 패턴은 비교적 잘 쫓아가는 패턴을 확인할 수 있음
- 일부 구간에서 보정 알고리즘에서 포착되지 못한 이상치들에 의해서 일시적으로 값이 실측값에서 튀는 결과가 나타났는데 이와 같은 이상치들은 외부 기상정보와의 연동을 통해 이상치 발생상황인지에 대한 판별알고리즘을 추가하여 추가 개선이 가능할 것으로 판단됨



### 3. 현장 데이터를 이용한 학습모델 개선 및 센서 이상치 유형 분류

#### 가. 신규센서 실측값에서 나타나는 센서 특성 변화 유형

- 신규 센서 측정값에서 나타나는 특성 변화 유형은 3가지로 분류됨
- 구조적 기저 변화는 센서 측정값 패턴으로는 보정이 어려운 한계가 있음



#### 1) 일시적 기저 변화

- 현상 및 문제점
  - 일시적으로 측정값의 기저가 급변함
  - 일시적인 급변에 의한 임계점 초과시 부정확한 알람 및 프로세스 동작
- 보정방안
  - 강우 상황 판별 결과 강우 조건이 아닌 급변은 이상치로 간주
  - 측정치 히스토그램 중심값 차이만큼 offset 적용을 통한 보정

#### 2) 노이즈형 급등락 현상

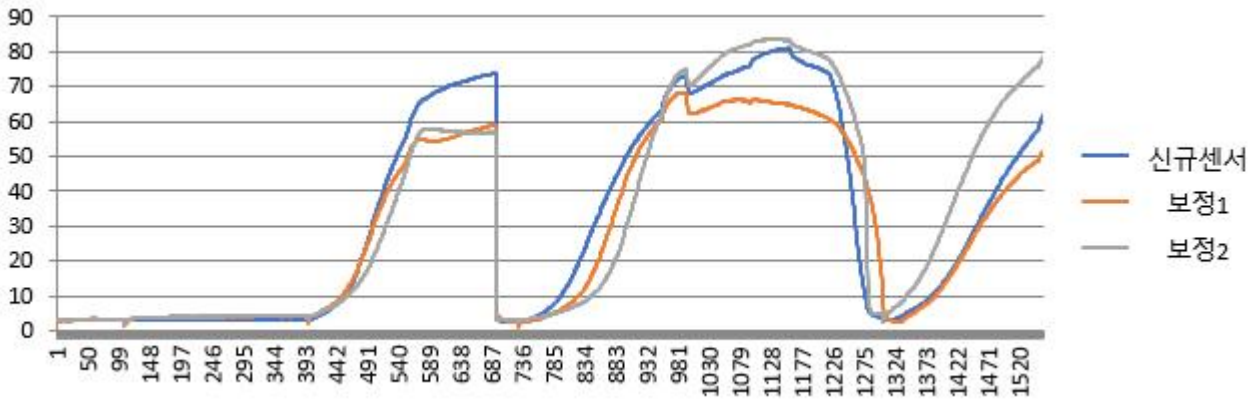
- 현상 및 문제점
  - 일시적으로 측정값 급등/급락 반복
  - 시각화 Display에서 이상값으로 보여져 센서 신뢰도 저하
- 보정방안
  - 강우 상황 판별 결과 강우 조건이 아닌 급등/급락은 이상치로 간주
  - 과거 측정치 히스토그램 범위 내의 값으로 맵핑하여 보정

#### 3) 구조적 기저 변화

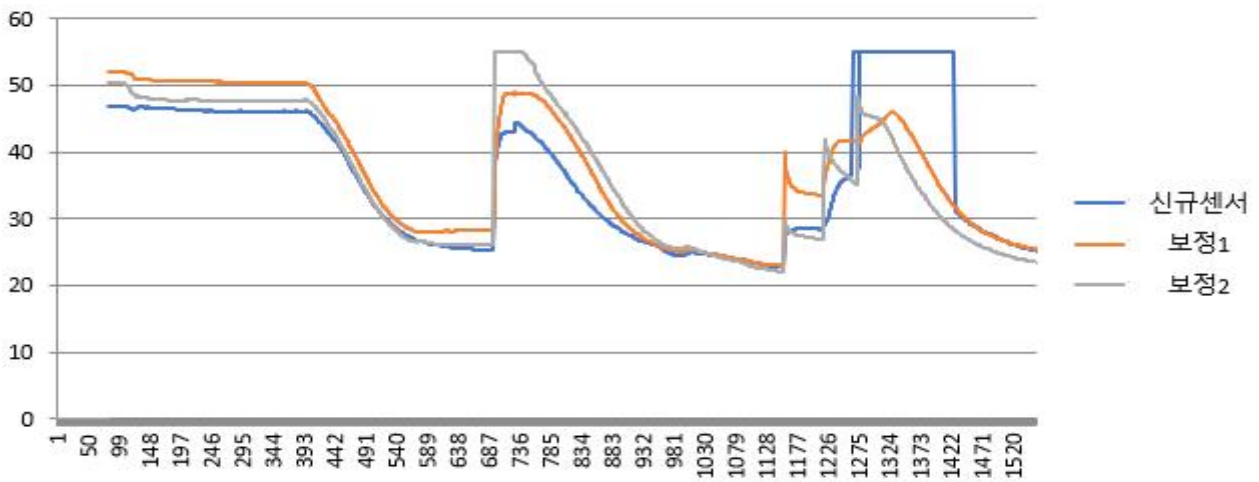
- 현상 및 문제점
  - 센서 측정치 기저가 구조적으로 변화
  - 측정값이 지속적으로 정상값에서 멀어지게 되어 정확도 저하
- 보정방안
  - 건조 상황에서도 토양수분이 증가 추세인 경우는 감지가 되나 반대방향은 감지가 어려움
  - 구조적 변화를 보정할 기준값 측정이 되지 않아 보정이 어려움

#### 나. 현장 데이터를 이용한 학습모델 개선 데이터

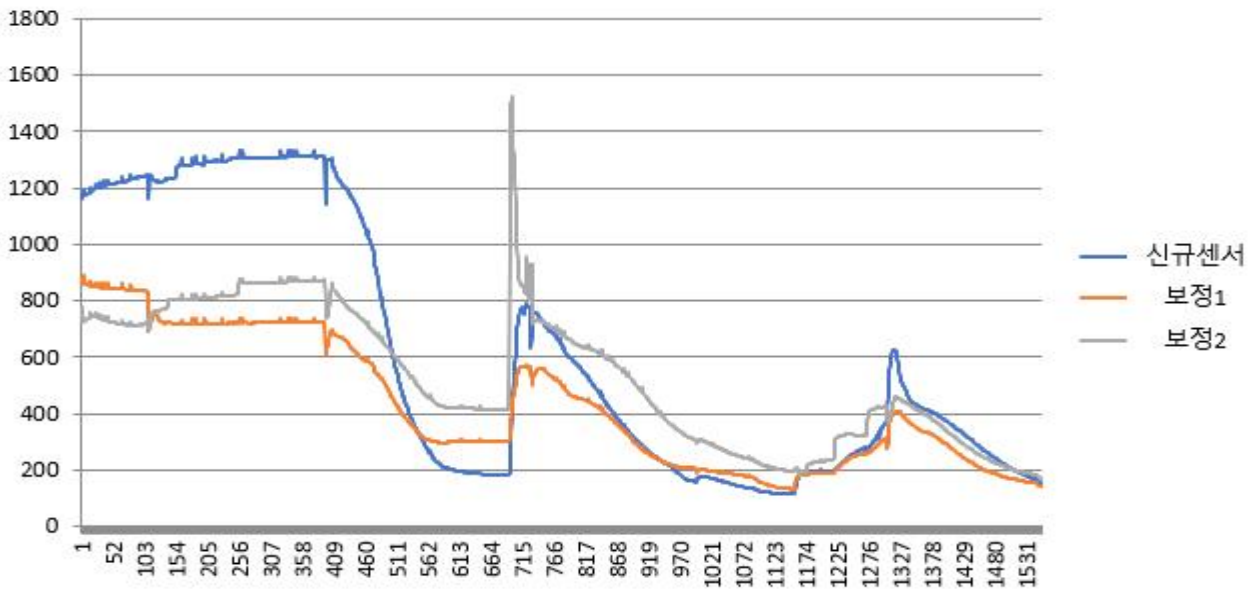
- Site1 : MAPE(보정 알고리즘1 :4.82%p, 보정 알고리즘2: 5.34%p)



○ Site2 : MAPE(보정 알고리즘1 :4.12%p, 보정 알고리즘2: 4.98%p)  
 \* 센서 통신 이상에 의한 구간은 계산에서 제외함



○ Site3 : MAPE(보정 알고리즘1 :2.99%p, 보정 알고리즘2: 3.64%p)  
 \* 과습에 의한 이상치 구간에 대한 보정으로 개선



나. 외부기상 영향 예측모델을 이용한 센서 특성 변화 보정 알고리즘 제안

- 본 과제에서 개발된 외부기상 영향 예측 모델의 예측성능이 신뢰할만함
- 신규센서와 연계된 온도, 습도, 일사량 외부센서 데이터가 있는 경우 센서 측정 데이터 사용
- 외부기상 센서가 없는 경우는 인근 기상청 관측소 값의 보간값 사용
- 외부기상 영향 예측모델을 이용하여 토양수분 예측치를 산출하고, 신규센서에서 측정되는 측정치를 비교하여 오차값을 실시간으로 계산함

1. 일시적 기저 변화	2. 노이즈형 급등락 현상	3. 구조적 기저 변화
<b>이상 감지</b> • 예측모델과 신규센서 측정치의 Gap이 커져서 유지됨 ⇒ 예측모델 예측치 일시 사용	<b>이상 감지</b> • 예측모델과 신규센서 측정치의 Gap이 급변함 ⇒ 예측모델 예측치 일시 사용	<b>이상 감지</b> • 예측모델과 신규센서 측정치의 Gap이 지속적으로 벌어짐 ⇒ 예측모델 예측치 지속 사용 ⇒ 센서 고장 알람 (센서 교체)

1) 일시적 기저 변화

- 이상감지
  - 외부기상 영향 예측모델과 신규센서 측정치의 Gap이 커져서 유지됨
- 보정방안
  - 1차 판별 : 외부기상 영향 예측모델과 신규센서 측정치의 Gap의 크기와 방향 감지
  - 2차 판별 : Gap의 크기와 방향이 외부기상 외의 관수에 의해 발생하는 토양수분 급등 패턴인지에 대한 판별
  - 보정 알고리즘 동작 : 2차 판별에서 관수에 의한 급등 패턴이 아닌 경우에는 센서 이상치로 인식하고 예측모델의 예측치를 토양수분 측정치로 일시적으로 사용함

2) 노이즈형 급등락 현상

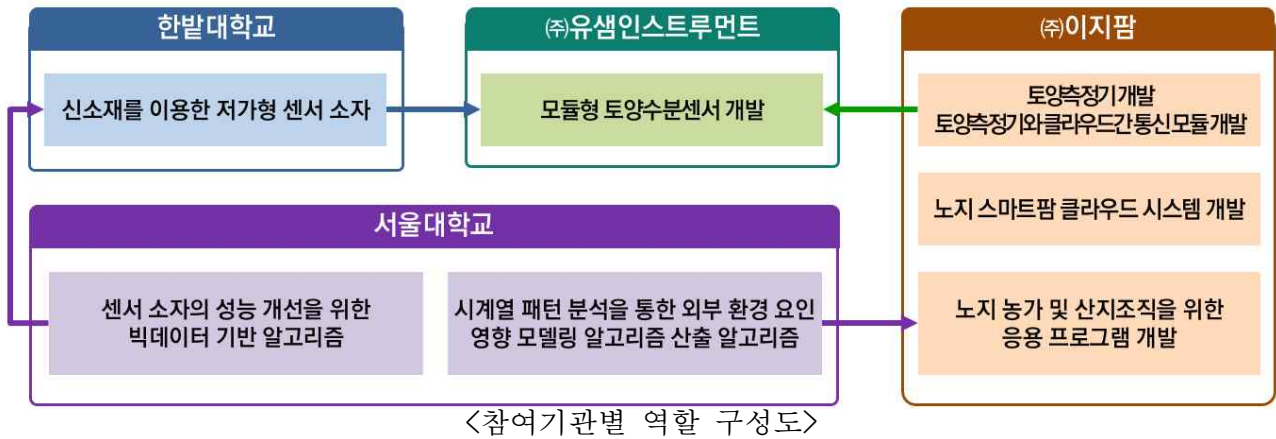
- 이상감지
  - 예측모델과 신규센서 측정치의 Gap이 급변함
- 보정방안
  - 1차 판별 : 외부기상 영향 예측모델과 신규센서 측정치의 Gap의 크기와 변동주기 감지
  - 2차 판별 : Gap의 크기와 변동주기가 과거에 학습된 일반적인 변동 크기 및 주기를 벗어나는 경우인지 판별
  - 보정 알고리즘 동작 : 2차 판별에서 과거의 학습된 패턴과 다른 경우에는 센서 이상치로 인식하고 예측모델의 예측치를 토양수분 측정치로 일시적으로 사용함

3) 구조적 기저 변화

- 이상감지
  - 예측모델과 신규센서 측정치의 Gap이 지속적으로 벌어짐
- 보정방안



- 1차 판별 : 외부기상 영향 예측모델과 신규센서 측정치의 Gap의 크기의 지속적인 증가세 감지
- 2차 판별 : Gap의 증가세가 일시적으로 증가 후 감소하는 경우에는 이상으로 감지하지 않으나 지속적으로 Gap이 커지는 경우는 이상으로 감지
- 알람 알고리즘 동작 : 이 경우는 센서가 정상적으로 토양수분값을 측정하지 못하는 것으로 판단하고 센서 고장 이벤트 상황으로 교체 알람 전송



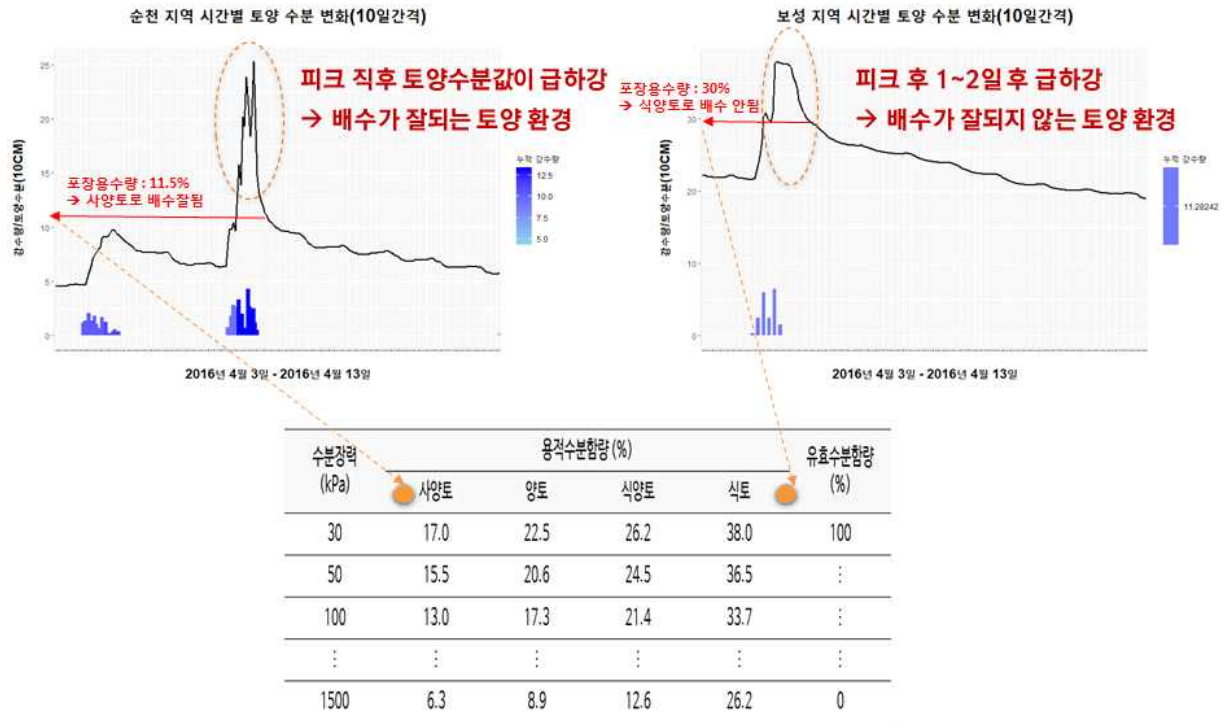
세부연구목표에 대한 하위 수행 내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 외부 환경 요인 영향 토양수분 예측알고리즘 성능 개선</li> <li>· 예측알고리즘 기반의 서비스 모델 개발 및 어플리케이션 적용</li> </ul>

## 1. 외부 환경 요인 영향 토양수분 예측알고리즘 성능 개선

### 가. 강우시 토양수분 수준별 영향요인 차등화

#### 1) 강우시 토양 수분 수준에 의한 차이

- 토양의 토성이 다른 경우 강우 직후 토양수분의 평균적인 수준 차이가 확인됨
  - 강우 상황에서 토양수분함량의 피크점 도달까지의 증가폭
  - 강우 종료에 의해 토양수분함량의 피크점 도달 후의 토양수분 하락까지 경과 시간
  - 강우 종료에 의해 토양수분함량의 피크점에서의 토양수분 하락폭



## 2) 강우 종료일의 토양 수분 수준의 그룹화

### 가) 보성지역

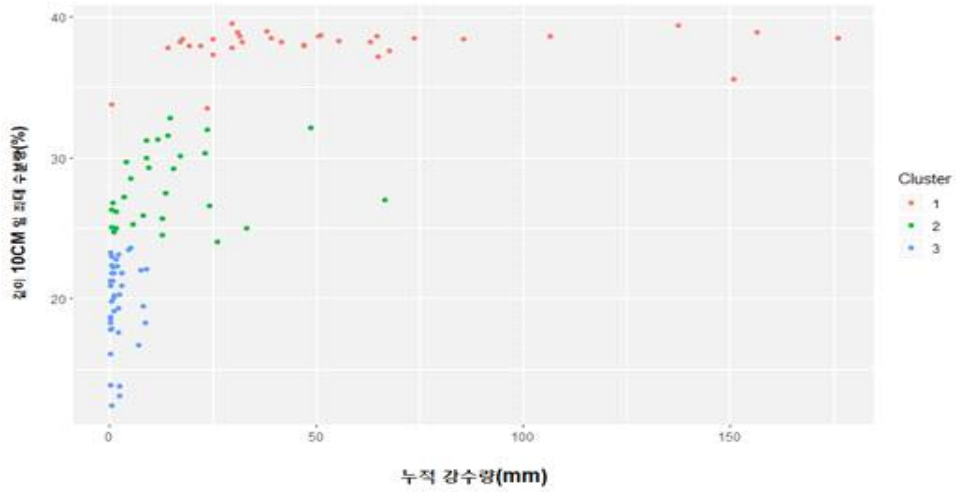
○ 강우 후 토양 수분이 증가하는 정도로 3개 그룹으로 분류

- 1그룹 : 누적 강수량 최대 180mm, 토양수분 34~40%
- 2그룹 : 누적강수량 70mm 이하, 토양수분 25~33%
- 3그룹 : 누적 강수량 15mm 이하, 토양수분 24% 이하

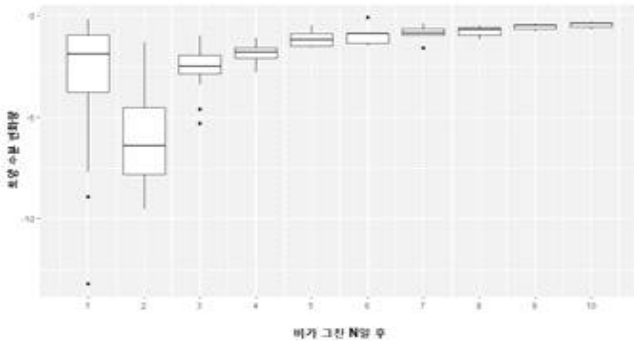
○ 그룹별 비 그친 후 토양 수분 변화 특성

- 1그룹 : 1일차때 감소량은 크지 않은 반면 2일차에 평균 6.5% 가량 급격히 감소 후 3일차부터 2.5% 이하로 서서히 감소
- 2그룹 : 1일차 2.2% 감소 이후 서서히 감소
- 3그룹 : 1일차 0.5%, 2,3일차 0.7%, 이후 서서히 감소

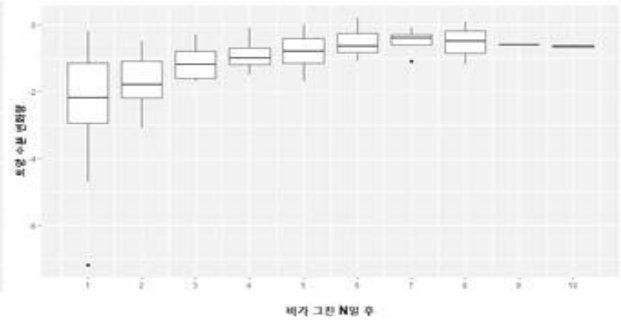
비가 그친날 토양 수분의 K-means Cluster (그룹 3개)



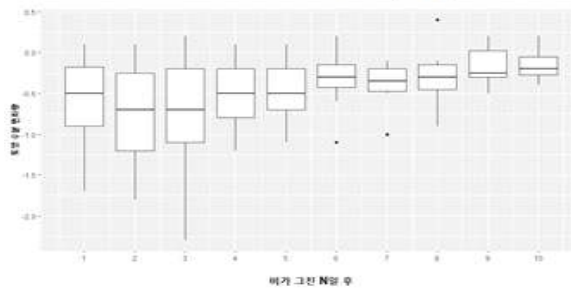
보성 지역 N일 후 토양 수분 변화(그룹1)



보성 지역 N일 후 토양 수분 변화(그룹 2)



보성 지역 N일 후 토양 수분 변화(그룹 3)



나) 순천지역

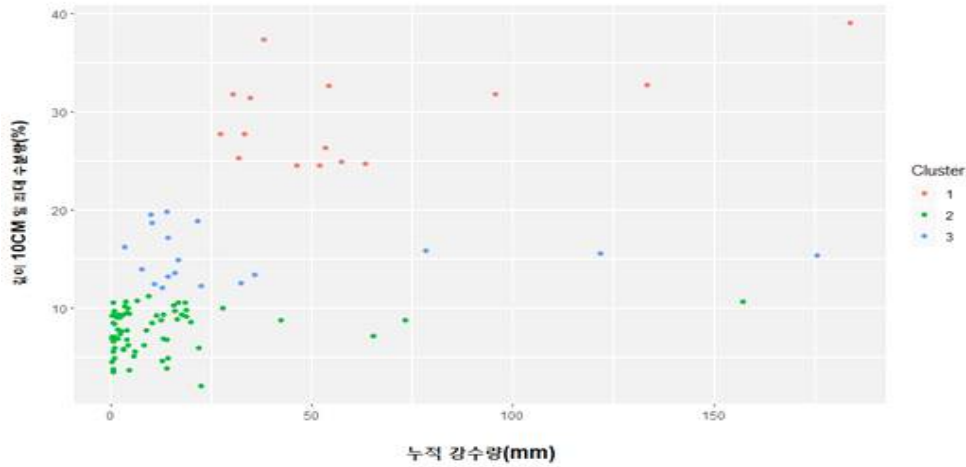
○ 강우 후 토양 수분이 증가하는 정도로 3개 그룹으로 분류

- 1그룹 : 누적 강수량 25~최대 180mm, 토양수분 24~40%
- 2그룹 : 누적강수량 175mm 이하, 토양수분 12~20%
- 3그룹 : 누적 강수량 75mm 이하, 토양수분 11% 이하

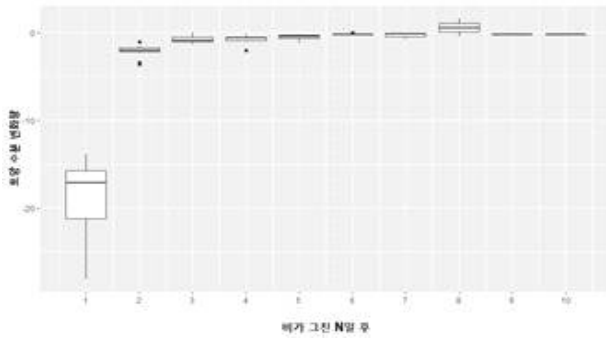
○ 그룹별 비 그친 후 토양 수분 변화 특성

- 1그룹 : 1일차때 평균 17% 급감 이후 2일차부터는 2% 이하로 서서히 감소
- 2그룹 : 1일차때 평균 4.3% 급감 이후 2일차부터는 2% 이하로 서서히 감소
- 3그룹 : 1일차 1.4%, 2일차 1%, 이후 서서히 감소

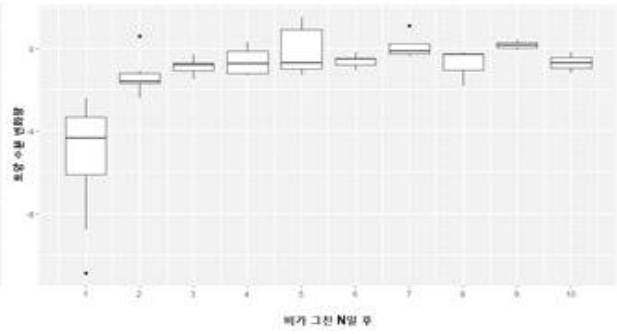
**비가 그친날 토양 수분의 K-means Cluster (그룹 3개)**



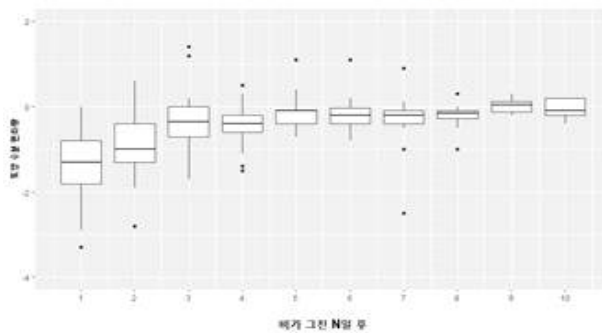
순천 지역 N일 후 토양 수분 변화(그룹1)



순천 지역 N일 후 토양 수분 변화(그룹 2)



순천 지역 N일 후 토양 수분 변화(그룹 3)



3) 토양수분 변화량과 강우 당일/1일 후 기상조건의 상관관계 (깊이별)

- 당일, 1일 후 영향요인 공통점
    - 누적전천복사, 조도가 가장 수분감소에 큰 영향을 줌
  - 깊이별 영향요인과 토양수분 간 관계
    - 습도, 풍속, 강수량은 10cm, 20cm, 30cm로 깊어질수록 영향도고 낮아짐
    - 기온은 20cm에서 영향을 더 많이 받음
    - 일조, 일사는 10cm, 30cm, 20cm 순으로 영향을 받음
- ⇒ 깊이별, 강우 후 일자별로 외부 기상요인의 상이한 영향 고려 필요

	토양수분10	토양수분20	토양수분30		1일 후 토양수분10	1일 후 토양수분20	1일 후 토양수분30
토양수분10				1일 후_10			
토양수분20	0.92***			1일 후_20	0.92***		
토양수분30	0.87***	0.98***		1일 후_30	0.87***	0.98***	
습도 4M	0.39***	0.32***	0.33***	습도 4M	0.38***	0.33***	0.35***
기온 4M	-0.09***	-0.10***	-0.09***	기온 4M	-0.08***	-0.09***	-0.08***
풍속 1.5M	-0.22***	-0.19***	-0.14***	풍속 1.5M	-0.24***	-0.20***	-0.16***
누적 전천복사	-0.73***	-0.73***	-0.68***	누적 전천복사	-0.75***	-0.76***	-0.73***
조도	-0.64***	-0.60***	-0.55***	조도	-0.66***	-0.64***	-0.61***
강수량	0.28***	0.22***	0.23***	강수량	0.25***	0.22***	0.26***
증기압	0.17***	0.14***	0.15***	증기압	0.17***	0.15***	0.16***
이슬점 온도	0.14***	0.12***	0.12***	이슬점 온도	0.15***	0.13***	0.14***
현지기압	-0.04	-0.07**	-0.09***	현지기압	-0.03	-0.06**	-0.10***
일조	-0.26***	-0.21***	-0.22***	일조	-0.31***	-0.27***	-0.29***
일사	-0.16***	-0.07***	-0.06**	일사	-0.19***	-0.11***	-0.13***

<당일 데이터> <1일 뒤 데이터>

4) 토양수분 변화량과 강우 1일 후/2일 후 기상조건의 상관관계

- 1일 후, 2일 후 영향요인 차이점
  - 1일 후는 습도, 증기압, 이슬점 온도가 주요 영향요인
  - 2일 후는 기온, 일사, 누적 순복사, 누적 전천복사가 영향요인
- 강우 후 경과일별 영향 요인 차등화 가능한 모델 설계
  - 1일 후의 습도, 증기압 등의 특징에 맞는 영향요인 모델 설계
  - 2일 후부터는 기온, 일사 등의 영향도를 고려한 모델 설계

	1일 후 변화량		2일 후 변화량
습도	-0.21**	습도	-0.05
기온	-0.13	기온	-0.18*
풍속	0.06	풍속	-0.12
증기압	-0.16*	증기압	-0.13
이슬점 온도	-0.15*	이슬점 온도	-0.13
현지기압	0.08	현지기압	0.16
일조	0.07	일조	-0.14
일사	0	일사	-0.22*
누적 순복사	0.04	누적 순복사	-0.20*
누적 전천복사	0.05	누적 전천복사	-0.18*
누적 반사복사	0.08	누적 반사복사	0

5) 예측 알고리즘 성능 개선을 위한 Process-based Model 검토

- 가) 선행 연구 및 변수 탐색
- 기존 토양 수분 예측 연구에서 많이 사용된 process-based model 아이디어 검토
    - Sacramento Soil Moisture Accounting(Peck, 1976)
    - Soil-Plant-Atmosphere-Water model(van Dam et al., 1997)
    - Variable Infiltration Capacity Macroscale Hydrologic Model(Liang et al., 1996)
    - Community Land Model (Oleson et al., 2004)

- 주요 목적은 관개에 초점이 맞추어 지지 않고 수분의 역학(dynamics)을 설명 하는대에 초점이 맞추어짐, 관개 관련 연구에서 이러한 모델들이 부분적으로 활용됨.

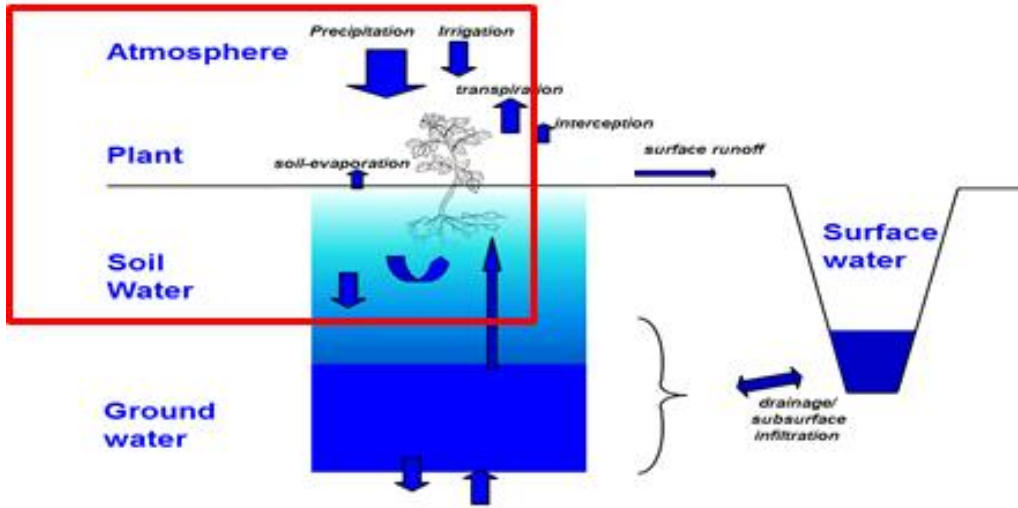


그림 : SWAP 모델

<SWAP 모델 중 관개 모델링에서 사용되는 부분>

- 기존 문헌들을 기반으로 독립변수로 활용할 변수 선택(결측치가 많은 Feature은 제외)

변수 구분	세부 변수 명	변수 설명	데이터셋
강수량	1 일 /3 일 /전체 누적강수량	mm 로 기록된 강수량	종합기상관측
기온	0.5m/1.5m/4m 지상 온도	해당 높이의 온도	농업기상관측
풍속	풍속	(m/s)로 기록된 풍속	종합기상관측
태양 관련	일사량 , 일조량 , 누적 전천복사 , 누적 반사복사 , 누적 , 누적 순복사 , 조도		종합 /농업 기상관측
토양 수분 변수	0 시 기준 10cm/20cm/30cm/50cm 토양 수분량	단위면적 내 수분 비율 , 토양에는 지역특산 작물이 시험재배 중	농업기상관측
기타	증기압 , 이슬점 , 기압 , 0.5m/1.5m/4.0m 습도		종합기상관측

- 다음날 일평균 토양수분량을 종속변수로 활용

변수 구분	세부 변수 명	변수 설명	데이터셋
토양 수분 변수	일평균 10cm/20cm/30cm/50cm 토양 수분량	단위면적 내 수분 비율	농업 기상관측

나) Process-based Model 변수를 추가한 예측 모형 성능 평가

○ 선형회귀모형(OLS)

- 다중공선성을 해결하기 위해 분산팽창 계수를 기준으로 변수를 선택, 최종 7개의 변수만 활용
  - 0시 10cm 토양 수분량, 0시 50cm 토양 수분량, 풍속, 누적 반사복사, 일일 강수량, 누적 일조량, 일 평균일사량
- 등분산 가정 위배됨(OLS를 사용하면 안되지만 분산이 어떤 패턴을 보이는지 아직 확인해보지 못함)
- R square(Test set) : 0.814
- RMSE(%) : 3.631

변수명	계수
sm_10CM_0clock	0.883312
sm_50CM_0clock	-0.048659
ws_b_mean_day	-0.317531
rad_acc_rep_max_day	0.046211
rainfall_sum_day	0.024795
sunshine_sum_day	-0.223704
insolation_mean_day	0.536405

○ Random Forest 모델

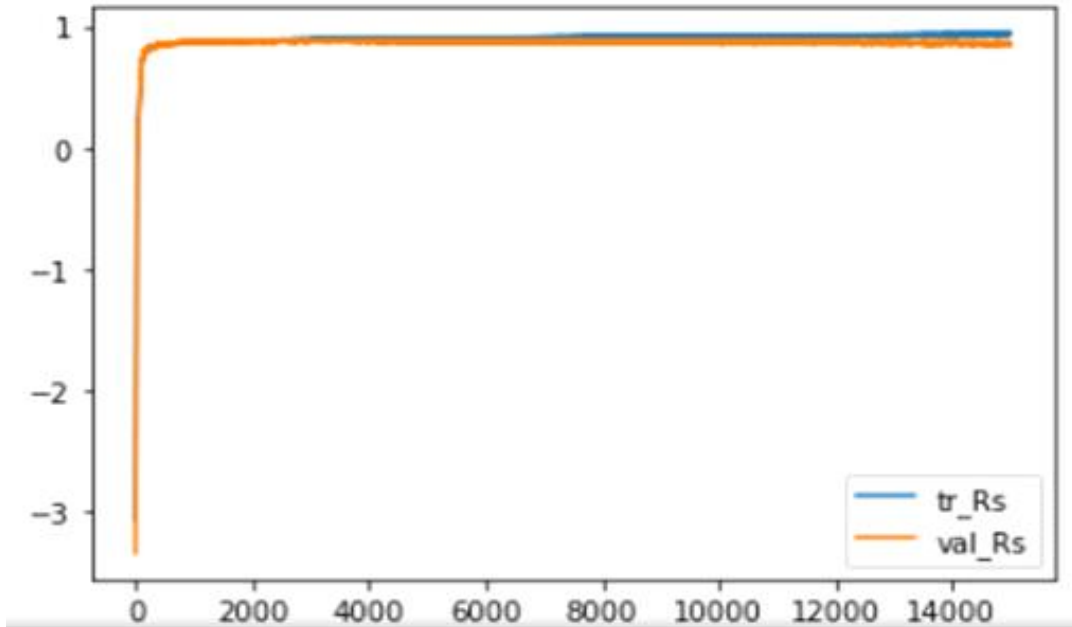
- Hyper parameter : Max depth = 4, Min leaf sample = 20
- 0시 10cm/20cm 토양 수분량, 일 평균 기압, 누적 일조량이 모델에서 가장 중요하게 쓰임
- R square(Test set) : 0.841
- RMSE(%) : 3.298

변수명	변수 중요도	변수명	변수 중요도
sm_10CM_0clock	0.932180	ws_b_mean_day	0.000000
sm_20CM_0clock	0.015152	moisture_b_mean_day	0.002013
sm_30CM_0clock	0.001844	vapor.pressure_mean_day	0.000000
sm_50CM_0clock	0.003367	dew.point_mean_day	0.000000
hm_0.5M_mean_day	0.005812	pressure_mean_day	0.011199
hm_1.5M_mean_day	0.006432	rad_acc_rep_max_day	0.000092
hm_4.0M_mean_day	0.001406	rad_acc_net_max_day	0.000189
tp_0.5M_mean_day	0.000000	rad_acc_top_max_day	0.000000
tp_1.5M_mean_day	0.000000	rainfall_sum_day	0.013538
tp_4.0M_mean_day	0.000228	sunshine_sum_day	0.006549
		insolation_mean_day	0.000000

○ Deep Feedforward Network 모델

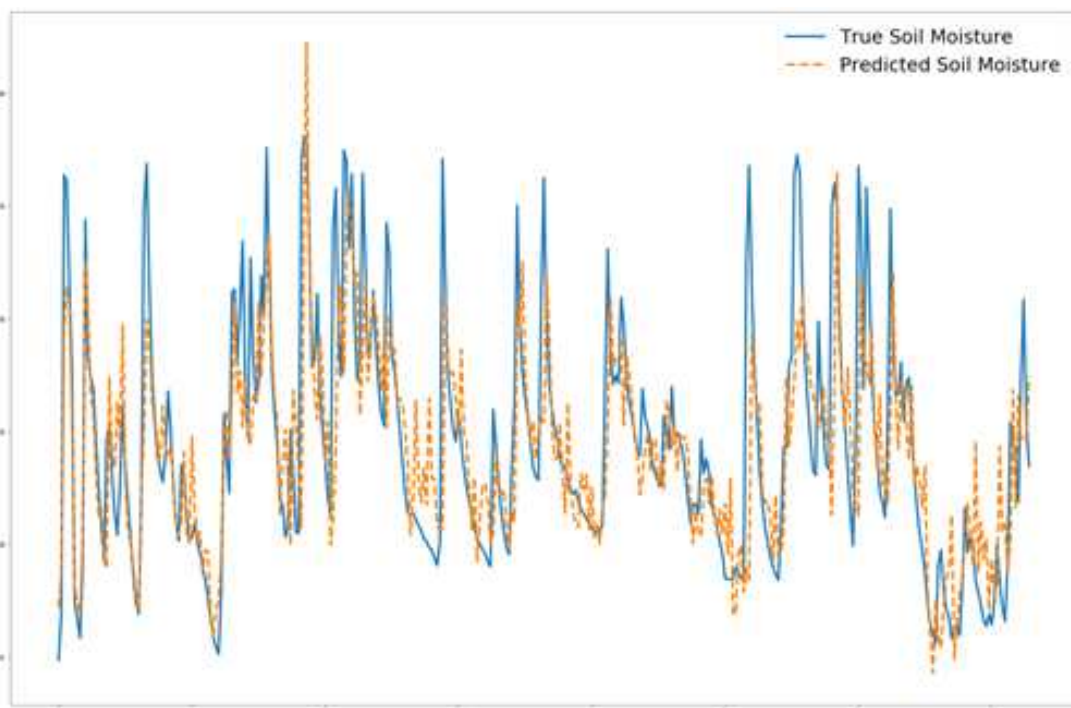
- 4개의 hidden layer

- Hyper parameter : ReLu, Xavier initializer, Adam optimizer, 0.3 drop out rate, 5000 epoch
- R square(Test set) : 0.862
- RMSE(%의) : 3.073



<반복학습 횟수와 학습데이터셋과 검증데이터셋의 오차 비교>

- Validation set R square : 0.875 (5000 epoch), 이후 부터 과적합 발생



<DNN 모델의 예측치와 실제값 비교>



- Process-based Model 기반 예측 모델의 예측 기법간 성능 비교
  - 예측모형의 설명력과 예측오차 모두 Deep Neural Network 에서 가장 우수한 성능
  - 현재 단일 예측 모델로 예측성능 Baseline 설정
  - 예측력 개선을 위해서는 비오는 상황에서의 토양수분 상승 예측, 비 그친 후 상황에서의 토양수분 감소 예측 모델로 구분 필요

항목	OLS	Random Forest	Deep Neural Network
Hyper parameter		<ul style="list-style-type: none"> <li>•Max depth = 4</li> <li>•Min leaf sample = 20</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•hidden layer=4</li> <li>•ReLu, Xavier initializer, Adam optimizer</li> <li>•0.3 drop out rate</li> <li>•5000 epoch</li> </ul>
설명력 (R2)	0.814	0.841	0.862
예측오차 (RMSE)	3.631	3.298	3.073

6) 예측 알고리즘 성능 개선을 위한 머신러닝, 딥러닝 기법 검토

가) 심화 머신러닝 방법론 적용

- 회귀모델
  - (기존) Ordinary Least square(OLS)만 활용
  - 일반적인 회귀분석에 L1, L2 regularization term을 추가한 Elastic network(Elsnet) 회귀식 학습(Ridge와 Lasso 회귀분석을 동시에 적용한 모델)
- Tree 기반 앙상블 모델
  - (기존) Random forest(RF) 활용
  - Bagging 모델 중에서는 Random forest와 유사하지만 split 지점을 랜덤하게 정하는 Extremely randomized trees(ET) 추가 학습
  - Boosting 모델 중에서는 가장 뛰어난 성능을 보이는 Gradient boosting machine(GBM) 추가 학습
- Support vector machines(SVM)
  - 딥러닝을 제외한 머신러닝 방법론 중 가장 널리 사용되며 높은 성능을 보이는 Support vector machine(SVM) 추가학습
- 딥러닝
  - 딥러닝 모델은 데이터의 양이 많을 수록 높은 성능을 보임, 본 연구에서는 충분한 성능이 나올만큼 데이터가 많지 않음, 다른 모델들이 훨씬 좋은 성능을 보여 딥러닝 모델은 더 이상 활용하지 않음
- 앙상블 모델
  - 각각의 모델이 잘 예측하는 부분이 다름, 여러 개의 모델의 예측결과를 평균내어 활용할 시 더 나은 예측 결과를 낼 수 있음

- 각 데이터 셋에 대해 2개 이상의 모델들을 조합하여(총  $2^n - n - 1$ 개의 앙상블 모델) 가장 높은 성능을 보인 조합을 활용하여 Ensemble model을 만듦

#### 나) Hyperparameter tuning

- 각 모델의 성능을 최대한 높이기 위해 모델 학습시 필요오디는 파라미터들을 튜닝함
  - Elmsnet : L1 weight, L1 weight
  - RF, ET : Split을 하기 위한 최소 샘플 수, tree의 개수, 활용 feature의 개수
  - GBM : Learning rate, 최대 깊이, Split을 하기 위한 최소 샘플 수, tree의 개수, 활용 feature의 개수
  - SVM : 활용 kerne의 종류, 최대 iteration 횟수, error의 weight, epsilon

#### 다) 5-fold cross validation

- 기존 hold out split은 낮은 확률이지만 데이터의 split에 따라 모델 학습시 과적합 혹은 모델 선택 시 예측성능의 왜곡이 발생할 수 있음
- 여러 번의 데이터 split 을 수행하고, 모든 데이터를 검토하는 k-fold cross validation을 하여 이러한 문제들의 발생 가능성을 최소화 할 수 있음
- 이 연구에서는 5 fold로 교차검증을 수행

#### 라) 분석 데이터

- 2014년 농업기상센터 점검 당시 순천, 안동, 철원, 보성 지역 관측소가 관측장비의 설치 및 관리 상태가 우수, 양호하여(최성원 외, (2015)) 위 네 개의 지역의 데이터를 활용
- 활용 데이터에는 상당히 많은 이상치와 결측치가 포함되어 있어 활용 기간을 결정하기에 앞서 단계에 걸쳐 이들을 처리
- 가장 먼저 전국적으로 관측 장비를 교체한 2011년 이후의 데이터를 검토하고 월별 토양수분의 평균과 분산, 최대 최소값이 이상치를 보인 월들의 데이터를 제외
- 낮은 기온으로 인해 이상치가 많고 농업에서 중요하지 않은 1월과 2월의 데이터를 제외
- 연구에서는 순천관측소의 2014년 3월부터 2018년 10월까지(1469일), 보성관측소의 2015년 3월부터 2018년 12월까지(1482일), 철원지역의 2014년 3월부터 2017년 12월 (1224일), 안동지역은 2016년 10월부터 2018년 12월까지(962일)로 각 지역별 활용 기간 선정
- 연구에서는 다양한 깊이의 토양수분 변수 중 10CM 깊이의 토양수분을 결과변수로 선택
- 결과변수로 활용한 토양 수분의 경우 다음날의 일 평균 토양 수분량 활용
- 연구에서 활용된 각 지역의 일단위 10CM 토양수분의 평균과 표준 편차 그리고 집단간 평균 차이를 검증한 Analysis of variance 결과는 다음과 같음
- 각 지역별로 토양수분의 통계량이 통계적으로 유의한 차이를 보임

지역명	보성	순천	안동	철원
평균	23.76	7.01	9.35	14.24
분산	39.23	10.31	27.75	12.65
Anova test	F : 3429.9, P-value : 2.2e-16***			

<지역별 토양수분 10CM의 평균 및 분산과 평균차이 검정>

마) 변수 선별

- 모든 변수들을 이용하여 예측 모델을 만들 시 어떠한 변수들이 모델에서 중요하게 활용되었는지 확인하기 위해 RF와 ET, GBM 모델에서 활용된 변수들 중 변수중요도가 가장 높은 10개 변수와 변수 중요도는 다음과 같음

Random Forest 모델		Extremely Randomize Tree 모델		Gradient Boosted Tree 모델	
변수명	중요도	변수명	중요도	변수명	중요도
10CM 토양수분	0.63	10CM 토양수분량	0.227	10CM 토양수분량	0.33
10CM 토양수분 lag1	0.231	10CM 토양수분량 lag1	0.182	10CM 토양수분량 lag1	0.164
일강수량	0.027	10CM 토양수분량 lag2	0.13	10CM 토양수분량 lag3	0.131
비가 그친 시각	0.017	10CM 토양수분량 lag3	0.08	10CM 토양수분량 lag2	0.1
연속 비강수일	0.009	10CM 토양수분량 lag4	0.057	10CM 토양수분량 lag7	0.027
2일 누적 강수량	0.008	10CM 토양수분량 lag5	0.052	일강수량	0.024
일일 일사량	0.007	비가 그친 시각	0.029	20CM 토양수분량	0.024
지역월 10CM 토양수분 평균	0.006	10CM 토양수분량 lag6	0.029	10CM 토양수분량 lag5	0.024
10CM 토양수분량 lag2	0.004	10CM 토양수분량 lag7	0.024	10CM 토양수분량 lag4	0.019
10CM 토양수분량 lag3	0.003	10CM 토양수분량 lag8	0.023	2일 누적 강수량	0.018

<모델별 변수의 변수중요도(중요도의 비율)>

- 모든 모델에서 당일 10CM 토양수분이 가장 중요한 변수로 활용되었고 그 다음은 1일 전 토양수분(10CM 토양수분량 lag1) 변수가 활용됨
- 그 이후부터는 모델에 따라 중요하게 활용된 변수가 확연히 차이가 났으며, RF의 경우 강수와 관련 된 변수들이 높은 중요도를 보였고 습도와 일조량 과 같은 기상 변수들이

중요하게 활용됨

- 하지만 ET와 GBM의 경우 과거 동일 깊이 토양 수분량들이 상당히 중요하게 활용된 것을 확인할 수 있음
- 각 알고리즘에서 약한 모델이 생성되는 방식을 고려했을 때, 매년 최적 split을 탐색할 경우(RF의 경우) 토양수분 변수, 강수관련 변수, 기상관련 변수 순으로 중요하게 활용될 수 있음
- 최적 split이 아닌 점을 더 넓게 탐색할 경우(ET) 그리고 상당히 세부적으로 토양수분량을 예측하는 모델을 만들 경우(GBM) 과거 토양 수분이 상당히 중요하게 활용되었음
- 그리고 RF 모델에서 조차 일조량과 습도와 같은 기상 변수는 상당히 낮은 변수 중요도를 보이는데, 이는 기존 연구들과 같이 많은 변수들이 없더라도 강수량과 과거 토양 수분량만 가지고도 충분한 예측 성능을 가지는 모델을 만들 수 있음을 뜻함
- 각 모델의 변수 중요도를 보면 RF가 가장 skewed 된 분포를 보이고 ET가 가장 완만한 분포를 보이는데 이는 ET의 랜덤한 split 지점 탐색에 의해 더 다양한 변수들의 split 후보지점을 탐색했다는 것을 의미함
- RF와 ET, GBM 모델에서 변수 중요도가 높은 최상위 20개까지의 변수들을 선별해 보니 총 24개의 변수가 선별되었음
- 최상위 10개 변수의 리스트와 다르게 상당 수 변수들이 3개 모델 전부에서 활용되고 있었으며 이는 모델의 알고리즘에 따라 가장 중요한 최상위 변수들은 다를 수 있지만 상위권에 위치한 변수들은 비슷한 것으로 나타남
- 연구에서는 이 24개 변수를 Feature 5로 사용하여 예측 성능을 비교함

#### 바) 예측 모형 학습

- 미래의 토양수분을 예측 모델을 만들기 위해 기후와 과거 및 현재 토양변수를 투입변수로 사용한 SVM, RF, ET, GBM, DFN 모델을 학습하였음
- 그 결과로 다양한 추가 변수와 파생변수에 따라 이들의 예측 성능이 어떻게 달라지는지를 확인하였음
- 일반적인 통계 모형에 비해 예측 성능이 얼마나 달라지는 확인하기 위해 동일한 변수 세트로 구한 Linear Regression 모델의 예측 성능 또한 비교 대상으로 추가함

		Feature set1	Feature set2	Feature set3	Feature set4	Feature set5
LR	RMSE	2.689	2.627	2.389	2.306	2.173
	$R^2$	0.906	0.9103	0.9258	0.9386	0.9309
SVM	RMSE	2.277	2.187	2.034	1.894	1.837
	$R^2$	0.9326	0.9379	0.9462	0.9562	0.9534
RF	RMSE	2.313	2.257	2.032	1.887	1.897
	$R^2$	0.9305	0.9338	0.9464	0.9532	0.9537
ET	RMSE	2.29	2.155	1.935	1.839	1.84
	$R^2$	0.9319	0.9397	0.9513	0.956	0.956
GBM	RMSE	2.257	2.091	1.912	1.8	1.756
	$R^2$	0.9338	0.9432	0.9525	0.9599	0.9579
DFN	RMSE	2.257	2.12	1.972	1.847	1.781
	$R^2$	0.9338	0.9416	0.9495	0.9588	0.9557

<모델과 데이터셋 별 예측 성능>

바) 예측 모형별 성능 비교

○ 예측 기법별 성능 비교

- 모든 모형에서 예측치와 실측치 간의 관계에서  $R^2$  0.9 이상을 보여 준수한 예측 성능을 보였음
- 이중 가장 높은 예측 성능을 보인 모델은 모든 변수를 활용한 GBM 모델이며  $R^2$ 가 0.96, Rooted Mean squared Error(RMSE)가 1.76이었음
- 이는 해당 모델이 예측한 토양 수분량(%)이 실제값과 평균적의 차이의 96%를 설명하며 예측값과 실제값이 평균적으로 1.76차이가 난다는 것을 의미함
- 동일한 데이터 세트를 활용한 LR 모델의 경우 가 0.938, RMSE가 2.17을 보여 LR에 비해 2%이상 향상된 설명력을 보였음
- 모델별로 비교를 했을 시 모든 투입변수 조합에서 GBM 모델이 가장 높은 예측 성능을 보였고 예측 성능은 모든 변수를 활용한 Feature set5, 중요 변수만 추출한 Feature set4, 기본 변수에 강수관련 파생변수와 과거 토양수분만 추가한 Feature set3, 기본 변수에 다른 깊이의 토양수분 변수를 추가한 Feature set2, 기본 변수 세트 Feature set1 순으로 높았음
- 그 다음으로 DFN 모델과 ET 모델이 높은 성능을 보였는데, 기본 변수에 과거 토양 수분과 강수 관련 파생변수를 추가한 Feature set3와 중요한 변수만을 선별한 Feature set5의 경우 ET가 더 높은 예측 성능을 보였고 나머지 Feature set에서는 DFN이 더 높

은 예측 성능을 보였음

- 이는 전혀 가공되지 않은 상태이거나 활용 가능한 변수들이 상당수 많은 경우 DFN이 더 적합한 모델이고 이 중간 단계에서는 ET가 더 적합한 모델임을 뜻하며 데이터 셋의 구성에 따라 모델 성능의 우위가 달라질 수 있음을 뜻함
- 모든 데이터 셋에서 머신러닝 모델들이 LR보다 가 0.0146이상(0.0146 - 0.0328) 높게 나타나 토양 수분 예측 시 간단한 LR 대신 머신러닝 모델을 사용하는 것만으로도 예측 성능을 향상시킬 수 있음을 알 수 있음

○ Feature set별 성능 비교

- Feature set을 기준으로 보면 대부분의 모델에서 Feature set5, Feature set4, Feature set3, Feature set2, Feature set1 순으로 예측 성능이 높게 나타났음
- Feature set3과 Feature set1, Feature set5와 Feature set2을 비교해보면 원본데이터만을 활용한 경우와 중요한 정보를 담고 있는 파생변수를 추가함으로써 예측 성능을 향상시킬 수 있음을 확인할 수 있음
- 동일 모델 일 시 Feature set2을 이용한 모델이 Feature set1을 이용한 모델보다 더 높은 예측 성능을 보였는데, 이는 다른 깊이의 토양 수분 정보가 미래의 토양 수분 예측 시 활용 될 수 있음을 뜻함
- RF와 ET의 경우 Feature set4가 Feature set5 보다 높은 예측 성능을 보였는데, Feature set5의 경우 88개의 투입변수를 포함하고 Feature set4의 경우 24개의 투입변수만을 포함한다. 그럼에도 일부 모델에서는 Feature set4가 더 높은 성능을 보인 모델이 있다는 것은 많은 변수를 인풋으로 활용하는 것도 중요하지만 이와 비슷하게 중요한 변수를 선별하는 것 또한 중요함을 나타냄

바) 지역별 예측 결과 비교

○ 지역별 예측정확도 비교

- 기존의 토양수분 예측 모델과 연구에서 활용하는 머신러닝 알고리즘을 이용한 토양수분 예측 모델의 가장 차별화 되는 점 중 하나는 서로 이질적인 지역에 공통적으로 적용 가능할 수 있다는 점임
- 가장 높은 성능을 보인 Feature set4과 SVM, RF, ET, GBM, DFN을 이용해 학습한 예측 모델의 지역별 예측 성능을 비교하였음

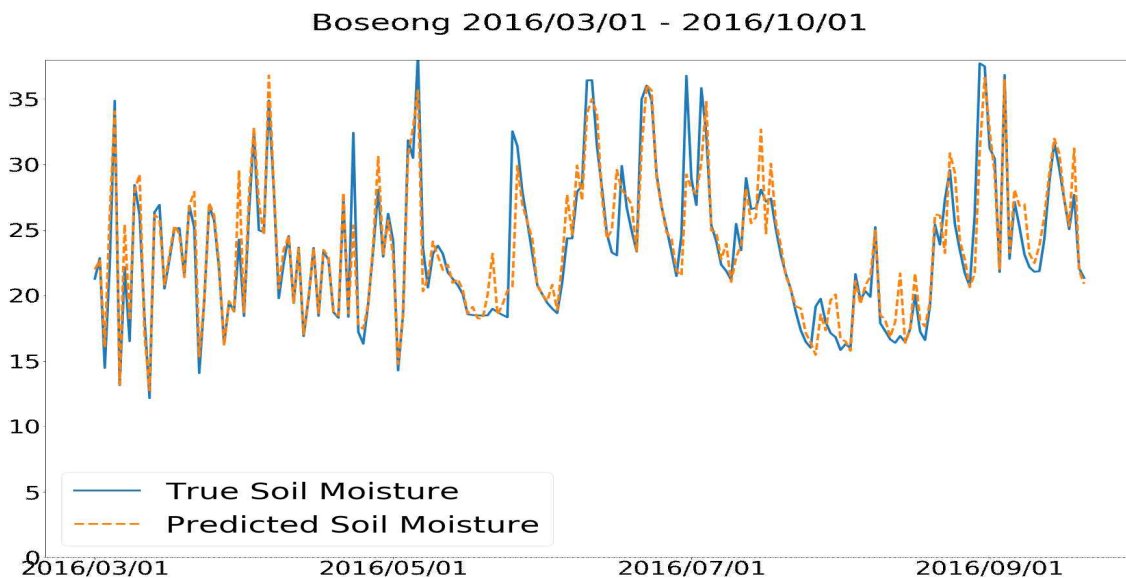
지역/모델	SVM	RF	ET	GBM	DFN
보성	0.9509	0.9452	0.9459	0.9564	0.9752
순천	0.9566	0.9589	0.9624	0.9658	0.9635
안동	0.9675	0.9761	0.9724	0.9736	0.9728
철원	0.8729	0.8823	0.8744	0.8974	0.853
표준편차	0.0433	0.0409	0.0443	0.0347	0.059

<모델/ 지역별 예측 성능(R-squared)>

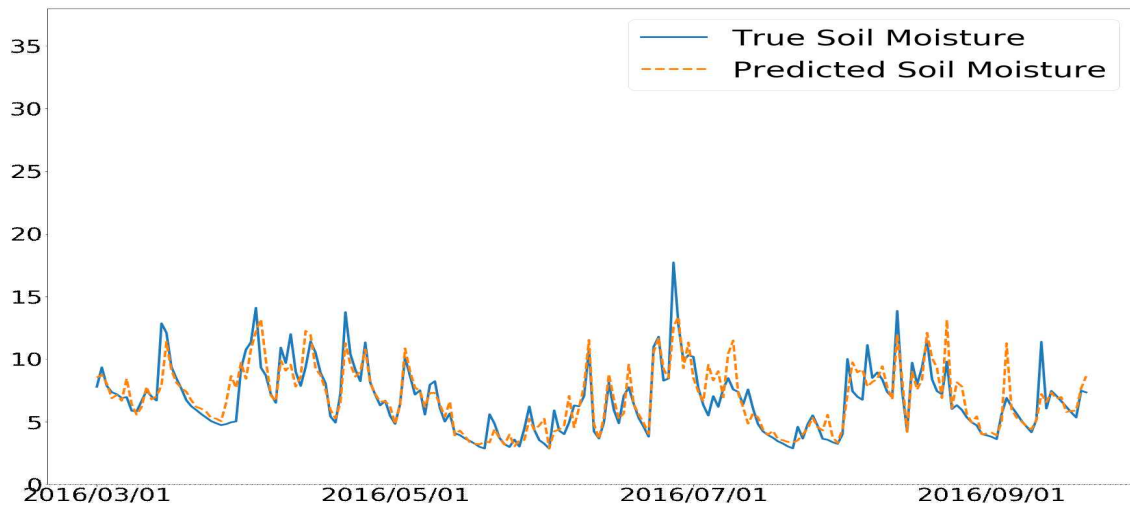
- GBM 모델이 가장 낮은 지역 별 예측 성능 차이를 보였고 이는 본 연구에서 활용한 데이터를 학습데이터로 사용할 시 GBM 알고리즘이 여러 지역에 일반화하기에 가장 적절한 머신러닝 모델임을 의미함
- 한편 DFN 모델의 경우 전체 지역에 대한 예측성능은 두번째로 높았지만 지역 별 예측 성능 편차가 상당히 컸음
- 특히 철원 지역에 대한 예측 성능은 0.853 으로 모든 모델 중 가장 낮게 나타나 일반화 성능이 상대적으로 낮았음
- 하지만 DFN 모델의 보성과 순천, 안동 지역에 대한 예측성능의 경우 GBM 모델과 비슷하거나 더 높게 나타나 DFN의 복잡한 모델 구조가 더 많은 양의 다양한 데이터를 학습할 시 다른 머신러닝 모델들이 학습하지 못하는 복잡한 패턴을 학습 가능함을 고려할 때 더 다양한 지역의 많은 데이터를 학습함으로써 DFN모델의 예측 성능이 더 향상 될 것을 기대해 볼 수 있음
- 다른 모델 또한 보성과 순천, 안동 지역의 경우 모든 모델에서 0.945 이상의 준수한 예측 성능을 보였고 철원 지역에 대해서는 상대적으로 낮은 예측성능을 보였음
- 전 지역에서 철원 지역에 대한 예측 성능이 낮게 나타난 이유에 대해서 활용한 데이터 개수의 불균형 혹은 지역별 토양수분 및 기상 변수의 특성이 철원 지역을 제외하고는 유사함을 의심해 볼 수 있는데, 이러한 차이가 나타난 원인에 대한 추가적인 연구가 필요함

○ 지역별 예측결과 Plotting

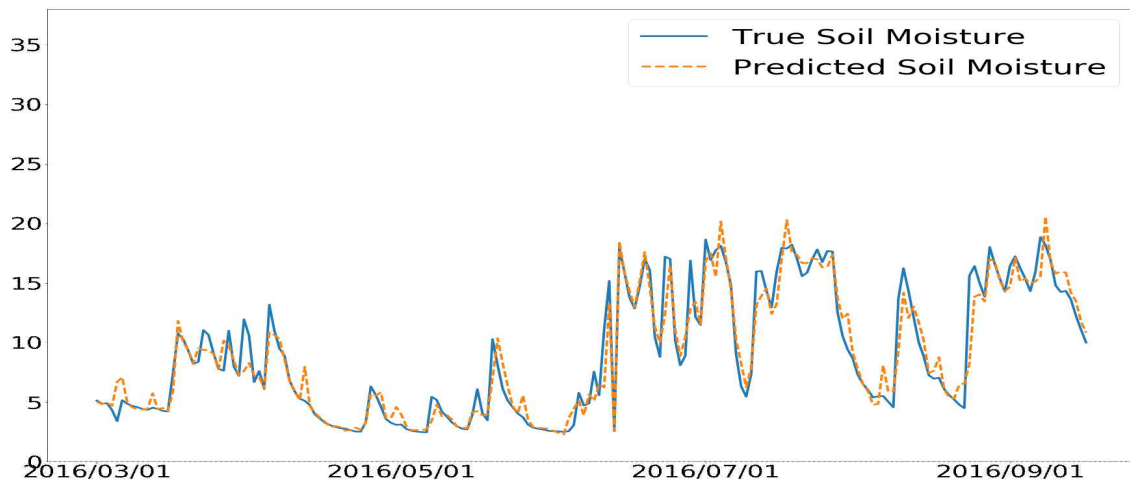
- 그림에서 GBM 모델을 활용하여 2016년 3월 1일부터 2016년 10월 1일 까지의 지역별 토양수분의 예측값과 실제값을 비교한 그래프는 다음과 같음



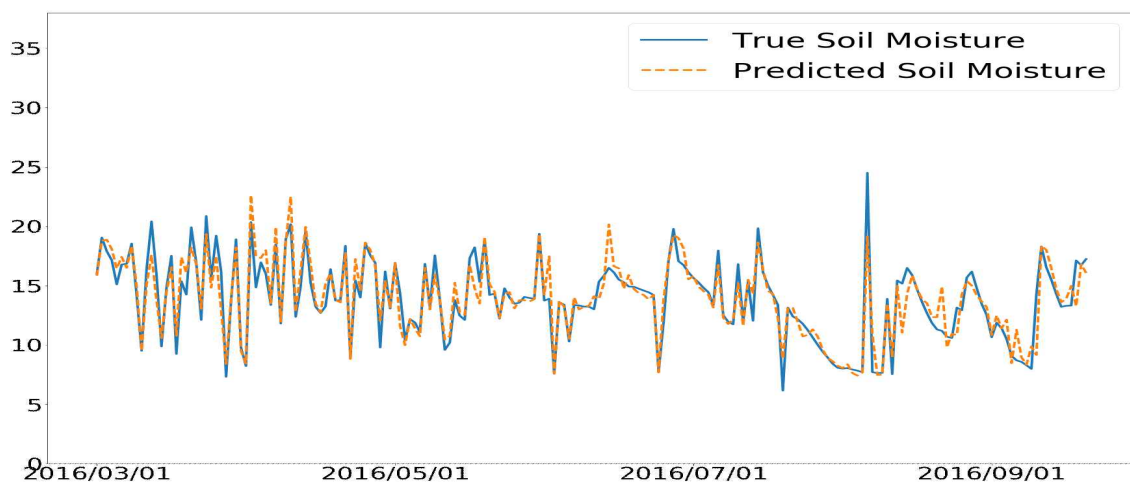
Suncheon 2016/03/01 - 2016/10/01



Andong 2016/03/01 - 2016/10/01



Cheolwon 2016/03/01 - 2016/10/01





6) 인공지능 알고리즘을 이용한 예측 모델 개선 결과 논문 게재

: 한국농림기상학회지 2020년 vol22, no1 pp.1-12에 게재된 “공공 기상데이터와 기계학습 모델을 이용한 토양수분 예측” 논문에서 아래와 같이 결과를 제시하였음

Table 1. Feature importance of trained soil moisture prediction model using weather data based on Random Forest(RF), Extremely Randomize Tree(ET), and Gradient Boosted Machines(GBM) algorithms.

Random Forest		Extremely Randomize Tree		Gradient Boosted Machines	
Variable	FI	Variable	FI	Variable	FI
10cm soil moisture	0.630	10cm soil moisture	0.227	10cm soil moisture	0.330
10cm soil moisture lag1	0.231	10cm soil moisture lag1	0.182	10cm soil moisture lag1	0.164
Precipitation	0.027	10cm soil moisture lag2	0.130	10cm soil moisture lag3	0.131
Last rain time	0.017	10cm soil moisture lag3	0.080	10cm soil moisture lag2	0.100
Consecutive non-precipitation days	0.009	10cm soil moisture lag4	0.057	10cm soil moisture lag7	0.027
2days' precipitation	0.008	10cm soil moisture lag5	0.052	Precipitation	0.024
Insolation	0.007	Last rain time	0.029	20cm soil moisture	0.024
Mean soil moisture by month	0.006	10cm soil moisture lag6	0.029	10cm soil moisture lag5	0.024
10cm soil moisture lag2	0.004	10cm soil moisture lag7	0.024	10cm soil moisture lag4	0.019
10cm soil moisture lag3	0.003	10cm soil moisture lag8	0.023	2days' precipitation	0.018

Table 2. Predictive performance measured by Root Mean Squared Error (RMSE) and R squared of Machine learning models and data sets in used.

		Feature set 1	Feature set 2	Feature set 3	Feature set 4	Feature set 5
LR	RMSE	2.689	2.627	2.389	2.306	2.173
	$R^2$	0.9060	0.9103	0.9258	0.9386	0.9309
SVM	RMSE	2.277	2.187	2.034	1.894	1.837
	$R^2$	0.9326	0.9379	0.9462	0.9562	0.9534
RF	RMSE	2.313	2.257	2.032	1.887	1.897
	$R^2$	0.9305	0.9338	0.9464	0.9532	0.9537
ET	RMSE	2.290	2.155	1.935	1.839	1.840
	$R^2$	0.9319	0.9397	0.9513	0.9560	0.9560
GBM	RMSE	2.257	2.091	1.912	1.800	1.756
	$R^2$	0.9338	0.9432	0.9525	0.9599	0.9579
DFN	RMSE	2.257	2.120	1.972	1.847	1.781
	$R^2$	0.9338	0.9416	0.9495	0.9588	0.9557

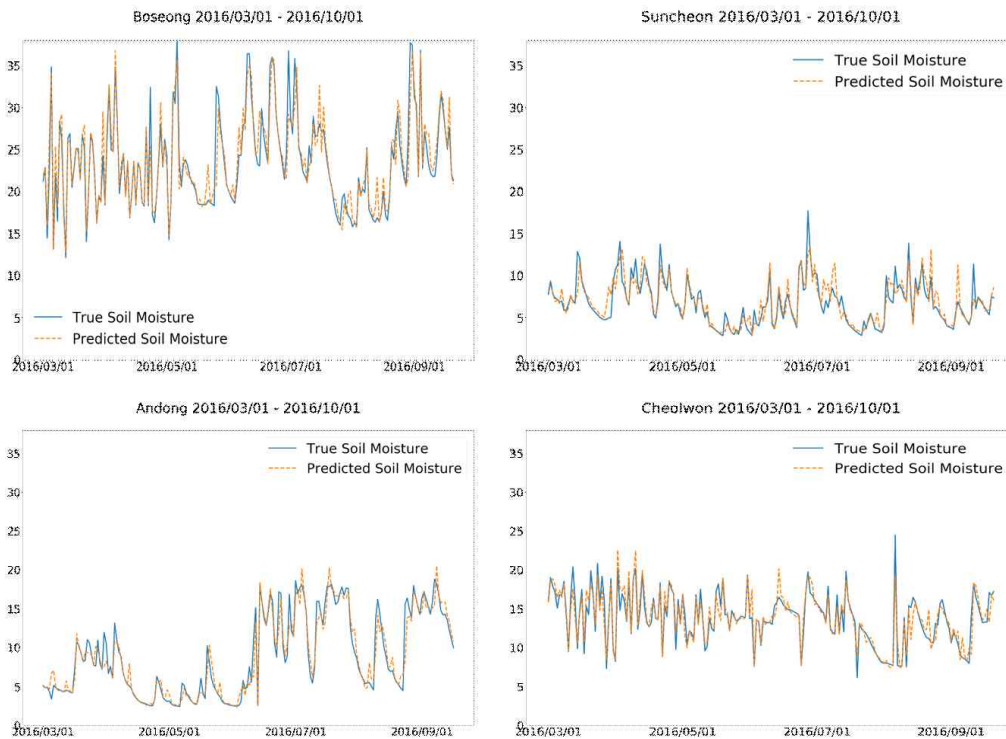
Table 3. Mean and variance of Soil Moisture at 10cm depth by region

Regions/ Statistics	Boseong	Suncheon	Andong	Chulwon
Mean	23.76	7.01	9.35	14.24
Variance	39.23	10.31	27.75	12.65
Anova test	F : 3429.9, P-value : 2.2e-16 ***			

Region/Model	SVM	RF	ET	GBM	DFN
Boseong	0.9509	0.9452	0.9459	0.9564	0.9752
Suncheon	0.9566	0.9589	0.9624	0.9658	0.9635
Andong	0.9675	0.9761	0.9724	0.9736	0.9728
Chulweon	0.8729	0.8823	0.8744	0.8974	0.8530
Standard Deviation	0.0433	0.0409	0.0443	0.0347	0.0590

Table 4. Predictive performance(R-squared measured with test set) of Machine learning models by regions

Fig. 1. True soil moisture and predicted soil moisture of best performing model (GBM, Feature set 4) of four regions (Boseong, Suncheon, Andong, Chulwon) in 2016/03/01 to 2016/10/01



### 제3장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

#### 1절. 목표 달성 여부

##### 1. 과제 목표 달성

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	달성도
1차년 도 (2017)	IoT통신 보급형 토양 측정기 개발 및 클라우드 기반 노지 스마트팜 모델 개발 (㈜이지팜)	<ul style="list-style-type: none"> <li>토양측정기와 클라우드간 통신가능한 센서노드 및 상용통신모듈 활용 인터페이스 설계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4채널 가능한 센서 노드 설계</li> <li>상용 통신 동글(LoRa, LTE-M, Bluetooth 등)과 통신 기술 설계</li> </ul>	100
		<ul style="list-style-type: none"> <li>노지 스마트팜 클라우드 구축을 위한 시스템 설계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>노지 스마트팜 농가, 작목반을 위한 센서 등록, 모니터링 등 클라우드 서비스 설계</li> </ul>	100
		<ul style="list-style-type: none"> <li>노지 농가용 모니터링 응용프로그램 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>농가와 작목반 스마트팜 응용서비스 분석, 설계</li> <li>농가용 모니터링 응용서비스 개발</li> </ul>	100
	클라우드 연계 통신모듈 및 센서모듈 탈착형 휴대용/매립용 토양 측정기 개발 (㈜유샘 인스트루먼트)	<ul style="list-style-type: none"> <li>모듈탈착형 휴대/매립형 토양측정기 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>각종 센서를 사용할 수 있는 젠더개발</li> <li>센서와 젠더의 일체형 및 분리형 제품별 개발</li> <li>사용편의성을 고려한 방수형의 탈착식 구조 센서커넥터 개발</li> <li>컴팩트한 사이즈의 다기능 통신 가능 포터블 메인유닛 개발</li> <li>건전지 동작 및 외부전원 사용가능 제품개발</li> </ul>	100
	신소재를 이용한 저가형 센서 소자 개발 (한밭대학교 산학협력단)	<ul style="list-style-type: none"> <li>저가형 센서 선행연구 검토</li> <li>수분 센서용 보급형 신소재 연구</li> <li>신소재 적용 센서 설계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수분에 따라서 변화하는 저가형 신소재 개발</li> <li>수분 센싱 소재의 전기적 성능 변화를 위한 기술 검토</li> </ul>	100
	토양 센서 성능 개선 알고리즘 및 외부기상 영향 시계열 알고리즘 설계 (서울대학교 산학협력단)	<ul style="list-style-type: none"> <li>실시간 측정 데이터를 이용한 센서 성능 개선을 위한 빅데이터 기반 알고리즘 설계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>유사 분야 선행 연구 검토</li> <li>센서 데이터 특성에 적합한 모델링 방안 및 알고리즘 검토</li> <li>가상 데이터를 이용한 알고리즘 설계</li> </ul>	100
		<ul style="list-style-type: none"> <li>센서 데이터 시계열 패턴 분석을 통한 외부기상 요인 영향 모델링 알고리즘 설계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>유사 분야 선행 연구 검토</li> <li>분석 데이터 수집 체계 구축</li> <li>수집 데이터를 이용한 알고리즘 설계</li> </ul>	100
	구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용
2차 년도	IoT통신 보급형 토양 측정기 개발 및	<ul style="list-style-type: none"> <li>노지 스마트팜 클라우드 시스템 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>노지 스마트팜 농가, 작목반을 위한 센서 등록, 모니터링 등</li> </ul>	100

(2018)	클라우드 기반 노지 스마트팜 모델 개발 (주이지팜)	· 발작물 브랜드 조직용 프로그램 개발	클라우드 서비스 구축 · 브랜드 조직용 스마트팜 응용서비스 분석, 설계 · 브랜드 조직용 모니터링 응용서비스 개발	100
		· 다중 무선통신 데이터로거 시제품 개발	· 센서와 클라우드 간 통신기능 개발 및 검증	100
	클라우드 연계 통신모듈 및 센서모듈 탈착형 휴대용/매립용 토양 측정기 개발 (주유샘인스트루먼트)	· 시제품개발 및 센서 검증	· 센서모듈 시제품개발 및 테스트 · 개발센서 적용 센서모듈 설계	100
	신소재를 이용한 저가형 센서 소자 개발 (한밭대학교 산학협력단)	· 수분량을 측정하는 고분자 수분 센서 소자 개발	· 수분 변화를 측정할 수 있는 소자 구조 개발 · 고분자 층의 특성 변화에 따른 전기적 특성 변화 경향 조사 및 분석 · 전기적 신호와 수분량의 calibration	100
	토양 센서 성능 개선 알고리즘 및 외부기상 영향 시계열 알고리즘 설계 (서울대학교 산학협력단)	· 실시간 측정 데이터를 이용한 센서 성능 개선을 위한 빅데이터 기반 알고리즘 적용	· 신규개발 센서 실험실 데이터 수집 · 1차년도에 설계된 보정 알고리즘의 실제 센서 데이터 적용 및 수집 데이터 분석 · TDR/신규센서 현장 테스트베드 설치 및 수집 데이터 분석	100
	· 센서 데이터 시계열 패턴 분석을 통한 외부기상 요인 영향 모델링 알고리즘 적용	· 수집 데이터를 이용한 시계열 영향 알고리즘 평가 및 보완 · 공공기관의 기상예보, 토양환경정보시스템과 연계한 클라우드 시스템 내 알고리즘 적용 및 테스트	100	
구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	달성도
3차 년도 (2019)	IoT통신 보급형 토양 측정기 개발 및 클라우드 기반 노지 스마트팜 모델 개발 (주이지팜)	· 노지 스마트팜 클라우드 시스템 구축	· 노지 스마트팜 농가, 작목반을 위한 센서 등록, 모니터링 등 클라우드 서비스 구축	100
		· 발작물 브랜드 조직용 프로그램 개발	· 브랜드 조직용 스마트팜 응용서비스 분석, 설계 · 브랜드 조직용 모니터링 응용서비스 개발	100
		· 다중 무선통신 데이터로거 시제품 개발	· 센서와 클라우드 간 통신기능 개발 및 검증	100

<p>센서모듈 개발 (주)유셈인스트루먼트</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 시제품개발 및 센서 검증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 센서모듈 시제품개발 및 테스트</li> <li>· 개발센서 적용 센서모듈 설계</li> </ul>	<p>100</p>
<p>신소재를 이용한 저가형 센서 소자 개발 (한밭대학교 산학협력단)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 수분량을 측정하는 고분자 수분 센서 소자 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 수분 변화를 측정할 수 있는 소자 구조 개발</li> <li>· 고분자 층의 특성 변화에 따른 전기적 특성 변화 경향 조사 및 분석</li> <li>· 전기적 신호와 수분량의 calibration</li> </ul>	<p>100</p>
<p>토양 센서 성능 개선 알고리즘 및 외부기상 영향 시계열 알고리즘 설계 (서울대학교 산학협력단)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 실시간 측정 데이터를 이용한 센서 성능 개선을 위한 빅데이터 기반 알고리즘 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 신규개발 센서 실험실 데이터 수집</li> <li>· 1차년도에 설계된 보정 알고리즘의 실제 센서 데이터 적용 및 수집 데이터 분석</li> <li>· TDR/신규센서 현장 테스트베드 설치 및 수집 데이터 분석</li> </ul>	<p>100</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 센서 데이터 시계열 패턴 분석을 통한 외부기상 요인 영향 모델링 알고리즘 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 수집 데이터를 이용한 시계열 영향 알고리즘 평가 및 보완</li> <li>· 공공기관의 기상예보, 토양환경정보시스템과 연계한 클라우드 시스템 내 알고리즘 적용 및 테스트</li> </ul>	<p>100</p>

## 2. 정량적 목표 달성

### 가. 정량적 목표 대비 달성 여부

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용-홍보		기 타 (타 연 구 활 용 등)
	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						논 문 평 균 IF	
단위	건	건	건	건	백 만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치	5	5		10		30	20		10				5		5	5	5			
최종목표	3	1		1		2	200		1			2	2		2	2	4			
1 차 년 도	목 표	1							1								1			
	실 적	1							2											
2 차 년 도	목 표	1				1	100				1	1		1	1	1	2			
	실 적	2			1	4.3	1	100	1		1			3	1		2			
3 차 년 도	목 표	1	1		1		1	100			1	1			1	1	2			
	실 적	1	1		1	2.1	1	149	1		2	1		1	1	1	3			
소 계	목 표	3	1		1		2	200	1		2	2		2	2	2	4			
	실 적	4	1		2		2	249	4		3	1		6	2	1	6			
종료 1차년도							200													
종료 2차년도		1					200		1											
종료 3차년도																				
종료 4차년도																				
종료 5차년도																				
소 계	0	1		0		0	400		1		0	0		0	0	0	2			
합 계	3	2		1		2	600		2		2	2		2	2	2	6			

나. 정량적 목표 달성 세부 내역

(1) 특허

(가) 출원

No	출원일	출원기관	발명의 명칭
1	2017-12-18	한밭대학교	토양수분센서 디바이스용 고분자 봉지 산화물 박막 트랜지스터
2	2018-06-11	한밭대학교	고속 호흡 습도 감지 소자와 그 제조 방법
3	2018-11-16	서울대학교	용적수분함량 시계열 패턴을 이용한 포장용수량 추정방법
4	2019-10-01	한밭대학교	굴절률을 통해 수분량을 측정하는 토양수분센서

(나) 등록

No	등록일	등록기관	발명의 명칭
1	2019-05-23	한밭대학교	토양수분센서 디바이스용 고분자 봉지 산화물 박막 트랜지스터

(2) 기술실시(이전)

No	기술이전 유형	기술실시계약명	기술실시 대상기관	기술실시 발생일자	기술료 (당해연도 발생액)	누적 정수현황
1	노하우	다중 무선통신 데이터로거	(주)지팜	2019-09-25	4,368,000	
2	노하우	다중 무선통신 데이터로거	(주)윙샘인스트루먼트	2019-11-26	2,170,000	

(3) 사업화(제품화)

No	사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내	국외		
1	직접 실시	기술보유자의 직접사업화_기존업체-상품화		다중 무선통신 데이터로거 공급 (IoT통신 보급형 토양 측정기 개발 및 클라우드 기반 노지 스마트팜 모델 개발)	다중 무선통신 데이터로거 공급	(주)이지팜	100,000,000		2018	
2	직접 실시	기술보유자의 직접사업화_기존업체-상품화		다중 무선통신 데이터로거 공급 (IoT통신 보급형 토양 측정기 개발 및 클라우드 기반 스마트팜 시스템 공급)	스마트팜 시설구축용역사업에 스마트팜 (다중 무선통신 데이터로거 공급 포함) 시스템 공급	(주)이지팜	80,000,000		2019	
3	직접 실시	기술보유자의 직접사업화_기존업체-상품화		스마트팜 시스템 구축((다중 무선통신 데이터로거 공급 포함)	스마트팜 시설구축용역사업에 스마트팜 (다중 무선통신 데이터로거 공급 포함) 시스템 공급	(주)이지팜	39,000,000		2019	
4	직접 실시	기술보유자의 직접사업화_기존업체-상품화		스마트관개 시스템(다중무선통신 데이터로거 포함)	스마트관개 시스템(다중무선통신 데이터로거 포함)	(주)유샘인스트루먼트	30,000,000		2019	

(4) 고용창출

1차년도(2017년) 2명, 2차년도(2018년) 1명, 3차년도(2018년) 1명



(5) 논문

(가) SCI

No	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	게재일	등록번호
1	Ferroelectric-dielectric Mixed Buffer Layer for Enhanced Electrical Performance of Organic Ferroelectric Memory Transistors	Journal of Nanoscience and Nanotechnology	Min-Hoi Kim, Ju-Ryong Kim, Amos Amoako Boampong, Yoonseok Choi	10	대한민국	American Scientific Publishers	2018-12-07	
2	Effect of photoresponsive polymer gate insulators on performance of poly(4-vinylphenol)-based organic phototransistors	Semiconductor science and technology	Min-Hoi Kim, Hea-Lim Park, Sin-Hyung Lee, Hyeok Kim	34(7)	대한민국	대한전자공학회	2019-06-12	
3	Solution-Processed Organic and Oxide Hybrid CMOS Inverter for Low Cost Electronic Circuits	Journal of Nanoscience and Nanotechnology	Min-Hoi Kim, Amos Amoako Boampong, Yoonseok Choi	20	대한민국	American Scientific Publishers	2019-07-17	

(나) 비SCI

No	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	게재일	등록번호
1	용적수분함량 시계열 패턴을 이용한 토성별 포장용수량 추정 알고리즘 개발을 위한 탐색적 연구	한국농림기상학회지	장익훈		대한민국	한국농림기상학회	2020.03	
2								
3								
4								

(6) 학술발표

No	회의명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2017 한국전기전자재료학회 KIEEME Annual Summer Confererce 2017 하계 학술대회	에이모스 보암퐁	2017.06.22	평창 알펜시아리조트 컨벤션센터	대한민국
2	The 4 <sup>th</sup> International Conference on Advanced Electromaterials Nov. 21-24, 2017 Juju, Korea	박지원	2017.11.23	제주 라마다 호텔	대한민국
3	International Conference on Molecular Electronics and Devices	Sung-Hun Kim, Sang-Hy	2018.05.10	경북대학교	대한민국

		un Ahn, Jae-Hyun Lee, and Min-Hoi Kim			
4	The 9 <sup>th</sup> International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agricultural and Biosystems Engineering	Ji-Soo Kim, Jaeyeon Choi, Heundong Park, Ilkhoo Jang, JoonYong Kim	2018.05.28 ~ 2018.05.30	제주 KAL 호텔	대한민국
5	The 5 <sup>th</sup> International Conference on Electronic Materials and Nanotechnology for Green Environment	Sung-Hun Kim, Ji-Won Park, Amos Boampong, and Min-Hoi Kim	2018.11.23.	제주 라마다 호텔	대한민국
6	The 5th International Conference on Advanced Electromaterials	Amos Amoako Boampong 1, , Jae-Hyeok Cho 2, , Yoonseuk Choi 1, , Min-Hoi Kim	2019.11.5	제주 라마다 호텔	대한민국

(7) 홍보전시

No	행사명칭	일시	장소
1	4차산업혁명시대 제주지역 스마트 농축수산업육성전략 전문가 워크숍	‘17.09.08.	제주 메종글래드 아메티스홀
2	2018 농업기술박람회	‘18.07.18.~07.21	창원 컨벤션센터
3	‘한국형 스마트 온실’ 특별 전시	‘18.08.14~08.24	농촌진흥청 농업과학관 1층
4	KFARM귀농귀촌박람회	‘19.07.18~07.20	일산킨텍스

5	AFARMSHOW창농귀농박람회	‘19.08.30~09.01	aT센터(양재동)
6	2019 나주국제농업박람회	‘19.10.17~10.27	나주 전남농업기술원

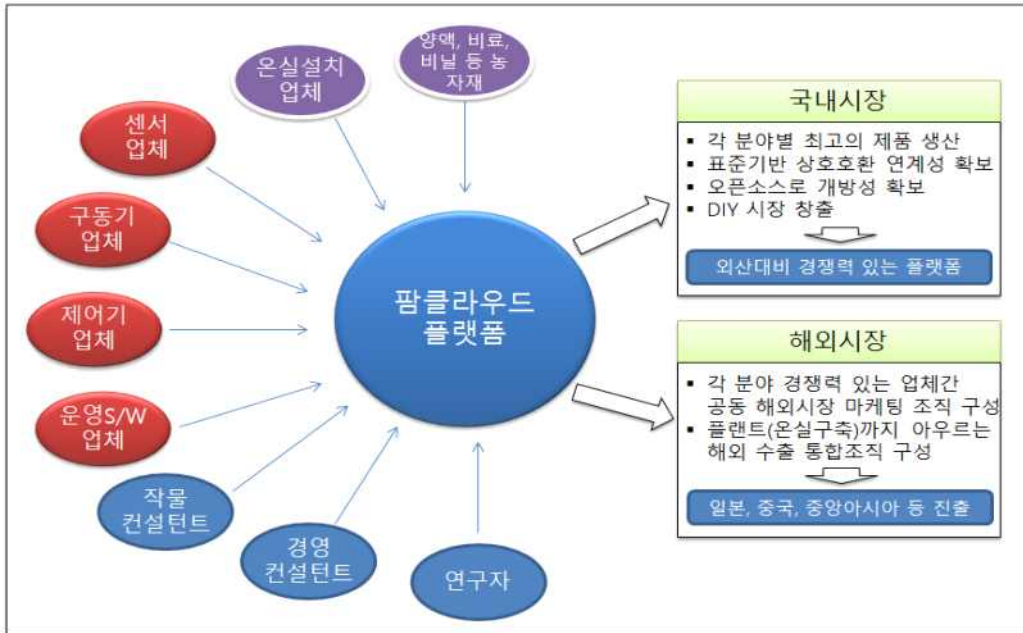
## 2절. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

1. 실시간 측정 데이터를 이용한 센서 성능 개선을 위한 빅데이터 기반 알고리즘 검증
  - 사유 : 신규 개발 토양수분 센서의 정확도 개선을 위한 보정 알고리즘의 일반화를 위해서는 다양한 토성, 계절 등의 환경에서 다수의 지점에서 측정된 데이터를 이용한 분석과 검증이 필요하나 본 과제에서 수집한 테스트베드 데이터는 실험용 데이터로는 적합하나 다양한 토성, 계절적 시점을 차등화하여 다수의 센서를 현장에 설치하여 수집한 데이터가 아니기 때문에 이를 검증하기에는 한계가 있었음
  - 대책 : 추가적인 데이터의 확보를 통해서 신규 개발 토양수분 센서의 정확도 개선을 위한 보정 알고리즘의 실증과 검증할 예정임
2. 클라우드 연계 통신모듈 및 센서모듈 탈착형 휴대용/매립형 토양측정기의 토양수분센서 검증
  - 사유 : 2차년도에 고분자 트랜지스터 수분 센서(유전율 방식)를 3차년도에 이를 좀더 보완한 굴절률 기반 센서로 바꿈으로써 굴절률 기반 센서에 대한 검증 기간이 짧아서 검증하기에는 한계가 있었음
  - 대책 : 3차 신소재(굴절률 기반)를 적용한 신규 개발 토양수분 센서의 검증 기간이 짧아서 추가적인 연구와 실제 다양한 현장 적용을 통한 검증을 실시할 예정임

## 제4장. 연구결과의 활용 계획 등

### 1절. 연구개발 결과의 활용 방안

#### 1. 개발결과물을 통한 상생플랫폼의 구축



- 센서 판매업체들은 서버구축과 모바일/웹 응용 서비스 개발 관련 비용을 클라우드를 활용함으로써 획기적인 비용 절감이 가능함
  - 저렴한 비용으로 시장에 진입할 수 있으므로 농가에 대한 영업과 관리, A/S에 집중할 수 있음
- 컨설턴트 역시 기존에는 농가별 수집된 데이터를 사전에 확보하지 못하여 양질의 컨설팅이 이루어지지 못했으나 본 클라우드 내 데이터를 활용하여 자신만의 컨설팅 관리프로그램을 개발할 수 있음
  - 농가간 센싱 데이터 비교, 빅데이터 기반 알고리즘을 활용한 작물 생산 예측 서비스
- 센서나 각종 농자재 업체들은 현재까지 스마트팜 사업과는 거리를 두고 있었으나 이들이 직접 자신들이 가지고 있는 판매망을 활용하여 스마트팜 제품의 판매, 또는 직접 운영프로그램을 개발하여 번들로 제공하는 서비스도 가능해짐
- 작목반 단위의 품질관리 시스템을 통하여 농산물 유통 체인에 재배이력과 같은 부가적 가치를 제공

#### 2. 제품화 방안

##### <B2B 서비스>

##### ○ 상용화 형태

- 이지팜은 클라우드 서비스를 맡고 유셈인스트루먼트는 토양측정기 보급을 전담
- 매우 많은 노지 농가들의 보급 확산, 유지보수를 위해 관수/관비 전문업체 등과 연합하여 클라우드와 토양측정기를 업체들에 판매하고, 업체들이 농가에 자체 브랜드로 보급하는 B2B 서비스 창출
- 노지 정보 센싱 기자재 업체들이 클라우드를 이용하여 서버구축, 모바일/웹 응용 서비스 개발을 위한 추가 비용 없이 자사 제품 및 서비스를 개발하는 도구로 제공

- 수요처
  - 노지용 센서, 관수기 등 하드웨어 제공업체
  - 컨설턴트(작물, 경영) 업체
- 예상 단가
  - 개발비 : 수요처의 서비스 모델 분석 후 요구사항에 따른 서비스 개발
  - 초기 개발비 : 평균 5천만원(판매와 연계하여 매출의 5% 공유 모델도 가능)
  - 클라우드 서비스 사용료 : 농가당 2만원/월(서비스 업체는 자율)
- 개발 투입인력 및 기간
  - 클라우드 플랫폼 내 Open API 모듈과 SDK 등을 활용한 고속 개발 (수요처별 3~5개월 소요 예상)

<B2C 서비스>

- 온라인 쇼핑몰을 개설하여 개발된 제품의 판매(유심인스트루먼트 매출)
  - 센서모듈, 단말기, 통신모듈
  - 각종 센서(온습도, CO2 센서 등)
- 농가는 구매하여 DIY로 설치
  - 설치 후 클라우드 등록 및 각종 제공 서비스 이용
  - 이용 서비스 종류에 따라 클라우드 사용료 과금
- A/S 발생 시
  - 클라우드 내 장비 오작동 관제서비스를 통해 오류 내용 확인
  - 문제 발생 시 관련제품 택배 발송 후 교환 처리

<타겟고객>

1차	2차	3차
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 노지 재배 농가</li> <li>● 농가간 연합체 : 작목반, 영농조합, 농업회사 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 센서, 구동기 등 요소기술 제공업체</li> <li>● 컨설턴트(작물, 경영) 업체</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 연구자</li> <li>● 농산물 유통 체인</li> </ul>

<수익창출방안>

- B2B 모델
  - 2차타겟 업체들이 1차타겟 농가 및 조직체를 대상으로 저가형 센서를 공급하고 노지 스마트팜 서비스를 클라우드 기반으로 구축할 수 있도록 지원하여, 장비판매, 클라우드 서비스 등 B2B 서비스로 수익 창출
- B2C 모델
  - 노지 재배를 하면서 IT적 소양을 갖춘 젊은 농부들을 대상으로 온라인 쇼핑몰을 구축하여 직접 센서 모듈, 단말기, 통신모듈, 외부기상센서 등을 관련 업체와 제휴하여 온라인 판매
  - 농업인 또는 서비스 업체들이 온라인 쇼핑몰에서 구매 후 자가 설치(설치 가이드 제공)
  - 지역 설치업체들과 연계하여 농업인이 지정시 방문하여 설치하는 서비스 구현

<사업화 방안>

항목		(2020년) 개발 종료 후 1년	(2021년) 개발 종료 후 2년	(2022년) 개발 종료 후 3년	
국내	시장점유율(%)	0.5%	1%(누적 1.5%)	1.5%(누적 3.0%)	
	판매량(단위: 농가)	375	750	1,126	
	판매단가(원)	매립형 측정기	500,000	500,000	500,000
		휴대용 측정기	400,000	400,000	400,000
		클라우드 서비스	240,000/년	240,000/년	240,000/년
	국내매출액(백만원)	428	946	1,553	
해외	시장점유율(%)				
	판매량(단위: 농가)		100	200	
	판매단가(\$)		1,000	1,000	
	해외매출액(\$)		10만불	20만불	

국내매출 관련근거

국내 노지 과수재배 농가를 대상으로 함 (근거 : 통계청, 농림어업총조사, 경영형태별 농가, 2015년)

구분	논벼	식량작물	채소·산나물	특용작물	과수	약용작물	화초·관상작물	기타	합계	
노지	453,896	137,575	153,548	35,781	163,046	10,229	11,311	7,548	972,934	
시설	0	472	44,590	2,795	8,790	225	2,946	2,465	62,238	
계	453,896	138,047	198,138	38,576	171,836	10,454	14,257	10,013	1,035,172	
보급대상 농가수	0	10%	5%	5%	30%	10%	10%	10%		
비율	0	13,758	7,677	1,789	48,914	1,023	1,131	755	75,047	
1년차	0.5%	0	69	38	9	245	5	6	4	375
2년차	1.0%	0	138	77	18	489	10	11	8	750
3년차	1.5%	0	206	115	27	734	15	17	11	1,126

- 1) 농가수 추정 근거 : 논벼를 제외하고 밭작물 농가(노지, 시설 포함) 중에서 보급대상 모집단을 가정하였으며, 작물유형별로 농가수준 및 스마트팜 필요성이 다르므로 차등비율을 적용하여 추정하였음
- 2) 년차별 보급농가 : 아직 밭작물 농가들의 스마트팜 인식이 높지 못하므로 1년차 0.5%, 2년차 1%, 3년차 1.5% 보급으로 보수적으로 가정하였음

제품 및 서비스 판매에 대한 가정

- 농가는 매립형 센서 1식과 휴대용 센서 1식을 구매한다.
- 농가는 클라우드 서비스에 가입하여 월 2만원의 사용료를 납부한다.
- 발생하는 통신료는 매출에 포함하지 않는다.

3. 개발 제품의 타분야 활용 방안

o 도시농업 및 조경 분야

- 본 연구를 통해 개발되는 측정기 완제품의 목표 출시가격이 50만원 이하 선이며 가정이나 도시에서 사용할 경우 저렴한 와이파이 모듈로도 통신이 가능하고, 배터리 미장착 제품 등 하위옵션 제품을 구성하여 30만원 이하의 제품 개발이 가능할 것으로 예상됨
- 30만원 이하 제품이 상용화될 경우 도시농업 및 정원용 토양환경 모니터링 제품에 대한 수요가 확대될 것으로 예상되며, 도시농업 및 정원 작물에 맞는 응용프로그램의 리뉴얼 버전 출시를 통해 소비자 편의성을 높인다면 농업인 외에도 일반 소비자 대상으로 하는 시장 확대가 가능함

o 농식품 가공 분야

- 농식품 분야의 가공공장의 경우 일반 제조업 기업과 비교해 규모가 작고 영세한 편으로 가공공장 내부환경 모니터링 시스템에 예산을 투자할 여력이 부족한 것이 현실임
- 따라서 본 연구에서 개발되는 측정기 제품에서 센서부를 공장 내부환경에 적합한 제품으로 교체할 경우 공장내 와이파이 망을 이용해서 클라우드 서비스를 제공받을 수 있어 저렴한 가격으로 공장내부 환경 모니터링 시스템을 구축할 수 있음

o 축산, 수산 및 임산 분야

- 농업분야 외에도 축산, 수산 및 임산 분야에서도 토양환경 및 내/외부기상 환경 모니터링은 필요한 영영이나 기능 및 가격 면에서 응용프로그램을 제공하는 적절한 측정기 제품은 많지 않음
- 따라서 각 분야별 필요 센서 모듈을 개발하고 각 분야의 악천후 조건에 맞는 제품으로

리뉴얼 제품이 출시된다면 시장에서의 수요가 확대될 것으로 예상됨

#### 4. 지식재산권 및 논문화 계획

##### 1) 특허출원

- 토양 수분 센서 알고리즘 분야의 유효특허건수가 5건(검색건수 30건), 농업 IoT 솔루션 관련 특허는 10건(검색건수 20건)으로 나타남.
- 지능형 관수 제어 시스템 및 그의 제어 방법 특허를 살펴보면, 기상 정보와 토양 수분 측정 정보를 활용하여 토양의 수분 변화를 예측하는 알고리즘이 적용되었으나, 본 연구과제에서는 센서의 정확도와 신뢰성을 높이는 알고리즘을 적용하여 신물질을 활용한 저가용 센서의 활용도를 높일 계획임
- 또한, IoT 기술을 활용한 하우스 운영 관리 시스템 특허는 온실내외부 환경 정보 수집과 구동기 제어가 가능한 시스템 구축에 관한 부분으로, 본 연구과제에서는 노지 재배에서 활용 가능한 모든 자원을 통합적으로 모니터링하는 방향으로 연구를 추진하여 데이터 축적과 서비스를 제공에 관한 특허를 국내 및 국외에 출원할 계획임
- 클라우드 플랫폼에서 센서, 환경제어프로그램 등과 연결하고 도메인융합형 서비스모델을 개발하여 특허로 출원할 예정임

##### 2) 기술이전

- 신소재를 이용한 저가형 토양수분센서의 경우 농업분야 외에도 활용도가 높기 때문에 타분야의 필요 기업 및 기관에서 필요로 할 경우 기술이전이 가능함
- 외부기상 요인에 의한 토양환경의 변화량 예측 기술은 토양수분 외에도 다른 요인에 대한 적용이 가능하기 때문에 외부기상에 의해 영향을 받을 수 있는 환경요소를 측정하는 분야의 기업 및 기관에 기술이전이 가능할 것으로 예상됨

##### 3) 논문게재

- 토양 센서 보정 알고리즘 관련된 논문은 인공위성을 활용한 광범위한 토양의 수분 예측 모델 관련 연구가 활발히 진행되고 있었으며, 농가에 직접 매립형 센서를 설치한 경우는 데이터 수집까지의 시스템을 구축하는 수준에 그침
- 농업용 클라우드 서비스에 대한 논문은 개념 정립 정도이며 실 구축 방안과 클라우드 활용 서비스에 대한 연구는 미진함
- 본 연구과제에서는 수집된 모든 데이터와 공공데이터를 활용하여 클라우드 기반 도메인융합형 서비스 모델의 효과와 농업인 수용도 등 시스템 수용에 관한 논문을 투고할 예정임

## 2절. 기대성과 및 파급효과

### 1. 기술적 측면

- 클라우드 기반 노지 스마트팜 모델 확산으로 S/W 및 H/W 기술 발전 기반 마련

- 한국형 노지 스마트팜 모델 개발을 위한 클라우드 기반의 빅데이터 영농 환경의 조성을 통해 국가 필수 산업인 농업 분야의 생산-가공-유통-판매에 이르는 전체 가치사슬을 클라우드를 통해 연계 가능
- 클라우드를 통해 연결되는 농업 시스템은 산업 전반의 요소 기술 및 관련 기업들의 융합을 가능하게 하여 산업 전반에 걸친 S/W 및 H/W 기술 발전에 기여할 수 있음
- 특히, 노지 스마트팜 클라우드 시스템의 경우 IoT 기반 개방형 시스템이기 때문에 통신 및 저전력 기술 등 IoT 분야의 기술 혁신의 토대를 제공함
- 중소기업의 관점에서는 개별 기업이 서비스를 위한 서버운영 및 어플리케이션에 할당해야 할 비용을 클라우드 시스템 사용을 통해 대폭 절감할 수 있어 중소기업들은 고유의 원천기술 개발에만 집중할 수 있음
- o 중소규모 농가의 스마트팜 접근성을 높일 수 있는 저가형 센서 기술 확보
  - 토양수분센서의 경우 완제품의 경우 100만원을 넘어 중소규모 농가에서는 도입이 쉽지 않은 문제를 신소재 기술을 이용한 저가형 센서 기술 개발로 해결할 수 있음
  - 또한 저가형 센서 기술의 국산화로 국내 산업의 발전에 기여할 수 있으며 이 기술을 이용하는 기업들은 낮은 가격과 로열티를 통해 해외 시장에서 경쟁력을 가질 수 있음
- o 모듈형 제품 기술에 의해 스마트팜 장치의 시장 확대 및 표준화 견인
  - 본 과제에서 개발 예정인 모듈형 제품 컨셉은 다양한 종류의 센서와 통신인터페이스를 하나의 메인모듈에서 사용할 수 있도록 하여 스마트팜 장치의 시장 확대를 용이하게 함
  - 또한 메인모듈을 기준으로 센서모듈과 통신모듈이 결합되어야 하기 때문에 각 모듈별 표준화가 가능하며 표준화를 통한 산업 전반에 걸친 스마트팜 장치 시장이 활성화될 수 있음

## 2. 경제적·산업적 측면

- o 중소규모 농가에 대한 스마트팜 모델 확산 발판 마련
  - 중소형 시설온실을 대상으로 한 클라우드 기반 노지 스마트팜 시스템을 통하여 농가의 대부분을 차지하는 소농·영세농을 위한 생산자원을 최적 관리함으로써 세계 최고 수준의 농업·ICT 기술 지원을 통한 산업화 및 농업 경쟁력을 강화.
- o 노지 스마트팜 활용 농가 수익 향상 효과
  - 시설원에 분야에서는 스마트팜 도입농가의 생산량 증가 및 품질향상, 노동력 절감 등 효과 확인
  - 경제적 효과 분석결과( '15.11, 서울대) : 생산량 25%, 품질 12% 향상 및 고용 노동비 9.5% 절감 → 농가 총수입 31% 향상
  - 본 연구를 통해 개발된 노지 스마트팜 모델의 확산으로 농가의 생산성 및 수익향상을 기대해 볼 수 있음
- o 본 과제에서 개발된 상용화 제품이 농업 현장에서 긍정적인으로 평가받고 확산 전략이 적절하게 수행될 경우 대다수를 차지하는 중소규모 농가와 노지 작물에 대한 제품 판매가 가능한 것을 고려하여 산출한 산업적 측면의 경제적 효과는 다음의 표와 같음
- o 제품 및 서비스 판매에 의한 직접 경제효과 외에도 본 제품의 사용으로 인해 5%의 소득증가가 발생하는 것을 가정할 때 농가의 생산성 향상으로 발생하는 경제적 파급효과가 더 클



것으로 예상됨

(단위 : 백만원)

항 목 \ 산업화 기준	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계
직접 경제효과*	1,392	2,976	6,144	6,960	10,440	27,912
경제적 파급효과**	1,000	3,000	7,000	12,000	19,500	42,500
부가가치 창출액***	1,196	2,988	6,572	9,480	14,970	35,206
합 계	3,588	8,964	19,716	28,440	44,910	105,618

\* 직접 경제효과 : 클라우드 서비스를 통해 기대되는 제품의 매출액 추정치 적용

\*\* 경제적 파급효과 : 클라우드 서비스를 이용함으로써 농가의 소득증대 5% 가정(농가 평균 5천만원 매출 \* 5%\* 농가수, 매년 누적으로 계산)

\*\*\* 부가가치 창출액 : 직접 경제효과와 경제적 파급효과의 50%로 계산

### 3. 사회적 측면

#### ○ 귀농·귀촌 인구의 확대로 농촌 지역 활성화 기반 조성

- 베이비부머 720만명이 은퇴에 직면하고 있으며, 귀농·귀촌 인구가 급증하고 있으나 ( '09: 4080호 => ' 13: 44,586), 농업기술에 대한 이해 부족으로 귀농 후 도시지역으로 복귀하는 사례도 다수 발생하고 있음
- 스마트팜이 활성화되면 귀농 인구의 생산 편차를 최소화하여 소득을 조기에 안정화시킬 수 있어 중장기적으로 농촌지역 활성화에 기여할 수 있음

#### ○ 기후변화로 인한 수자원 부족 등의 토양 환경의 위기 대응 체계 기반 조성

- 기후변화로 인한 사막화와 환경 위기는 전세계적인 인류의 문제로 당면하고 있어 해외의 어그테크분야에서는 수자원 관리 기술의 중요성이 매우높음
- 본 과제에서 개발하는 클라우드 시스템이 확산되어 전국 단위의 토양 환경 정보 수집하게 되면 국가 차원에서 수자원 모니터링이 가능해지고 효율적인 수자원 관리체계 구축의 토대가 될 수 있음

## 붙임. 참고문헌

- Ik Hoon Jang, Young Chan Choe, “Infrequent Data Binning Method Improving Prediction Performance: The Case of Rice Productivity Prediction model” , International Journal of Software Engineering and Its Applications, 8(9), 69-180, 2014
- Kyeong Ah Ahn, Ik hoon Jang, Seo Youn Lee, Young Chan Choe. “Weighted sampling and forecast model using data of pig farming management system” Asia Life Sciences. supplement 12: 709-720
- Kyeong Ah Ahn, Won Hyuk Jung, Jin Young Byeon, and Young Chan Choe. “Analysis of Multi-climate Controller Data in Tomato Greenhouses.” International Journal of u-and e-Service, Science and Technology 8.7 (2015): 79-88.
- Sohyun Kim, Kuk Hyun Nam, Cheolho Song, and Youngchan Choe. “The Development and Evaluation of Onion and Cabbage Wholesale Price Forecasting Models.” International Journal of Software Engineering and Its Applications 9.8 (2015): 37-50.
- 남국현, 최영찬. “돼지고기 부위별 수요함수 추정 - 수도권 소비자를 중심으로” 농촌지도와 개발, 23(1) 2016.03) : 27-37
- 남국현, 최영찬. “양과 출하시기 도매가격 예측모형 연구” , 농촌지도와 개발. 22.4 (2015) : 423-434.
- 남국현, 최영찬. 한우와 수입산 쇠고기의 부위별 수요함수 추정, 농촌지도와 개발, 23(4) : 387-403.
- 문정훈, 장익훈, 최영찬, 김진교, & 박진 “빅데이터 기반 소비자 유형별 농식품 추천시스템 구축 사례.” 한국통신학회논문지 40.5 (2015): 903-913.
- 장익훈, 최영찬, Forecasting Agri-food Consumption Using Web Search Engine Indices, Journal of Research in Business and Management, 4(12)
- Baker, J. M. and Allmaras, R. R. : System for Automating and Multiplexing Soil Moisture Measurement by Time-Domain Reflectometry, Soil Sci. Soc. Am. J. 54, pp.1-6, 1990
- Carlos, Manoel Pedro Vaz and Jan W. Hopmans : Simultaneous Measurement of Soil Penetration Resistance and Water Content with a Combined Penetrometer-TDR Moisture Probe, Soil Sci. Soc. Am. J.65, pp.4-12, 2001
- Carlos, M. P. Vaz, Jan W. Hopmans, Alvaro Macedo, Luis H. Bassoi, and Dorthe Wildenschild : Soil Water Retention Measurements Using a Combined Tensiometer-Coiled Time Domain Reflectometry Probe, Soil Sci. Soc. Am. J. 66, pp.1752-1759, 2002
- Dalton, F.N., and van Genuchten, M.Th.: The time-domain reflectometry method for measuring soil water content and salinity, Geoderma, 38,pp.237-250, 1986
- Davis, J. L. and Annan, A. P. : Ground penetrating radar to measure soil water content, pp.446-463, In Dane, J. H. and Topp, G. C.(ed.) Methods of soil analysis. Part 4 Physical Methods, SSSA Book Ser.5. ASA and SSSA, Madison, WI. 2002
- Derby, N. E., Knighton, R. E. and Montgomery, B. R. : Construction and performance of large soil core lysimeters, Soil Sci. Soc. Am. J. 66, pp.1446-1453, 2002
- 土質工学会 : 土工管理とラジオアイソトープ — 表面型密度計・水分計の取扱い手引き — , pp.85-86, 1974
- Dorrance, D. W., Wilson, L. G., Everett, L. G. and Cullen, S. J. : A Compendium of Soil Samplers for the Vadose Zone, Handbook of Vadose Zone Characterization & Monitoring, LEWIS, pp.401-428,
- 藤田龍之・古河幸雄 : 電子レンジを利用した土の物理試験方法に関する二, 三の研究, 土質工学会論文報告集, 28(4), pp.197-207, 1988

- Heimovaara, T. J. and Bouten, W. : A Computer-Controlled 36-Channel Time Domain Reflectometry System for Monitoring Soil Water Contents, *Water Resources Research*, 26(10), pp.2311-2316, 1990
- 井上光弘・野村安治・矢野友久・長 智男：砂地圃場における挿入型中性子水分計の校正曲線，*農業土木学会論文集*，95, pp.11-18, 1981
- 井上光弘・野村安治・長 智男：砂地圃場における表面型中性子水分計の特性と校正曲線，*農業土木学会論文集*，105, pp.19-26, 1983
- 井上光弘：砂地圃場における排水過程の水分動態特性値，*鳥取大学農学部研究報告*，40, pp.119-129, 1987
- Ren, T., Noborio, K. and Horton, R. : Measuring Soil Water Content, Electrical Conductivity, and Thermal Properties with a Thermo-Time Domain Reflectometry Probe, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63, pp.450-457, 1999
- Roth, K., Schulin, R., Fluhler, H. and Attinger, W. : Calibration of time domain reflectometry for water content measurement using composite dielectric approach, *Water Resour. Res.*, 26, pp.2267-2273, 1990
- Topp, G. C., Davis, J. L. and Annan, A. P. : Electromagnetic Determination of Soil Water Content: Measurements in Coaxial Transmission Lines, *Water Resources Research*, 16(3), pp.574-582, 1990
- 矢野友久・井上光弘・小谷佳人：砂質土壌の土壌水分特性曲線とその温度依存性について，*鳥取大学砂丘研究所報告*，22, pp.1-8, 1983
- 山口晴幸・鵜居正行・能條将史：真空凍結乾燥法による土の含水比測定試験，新しい土の物理試験方法に関するシンポジウム論文集，*土質工学会*，pp.155-160, 1992
- 山中 勤・開発一郎・Oyunbaatar, D. : TDRによる土壌水分量測定値の温度依存性とその原位置測定データに基づく補正，*水文・水資源学会誌*，16(3), pp.246-254, 2003.
- 冀 北平・三野 徹・赤江剛夫・長堀金造：FDR法による土壌誘電率測定と特定深さの土層の土壌水分測定，*農業土木学会論文集*，182, pp.25-30, 1996
- Yu, C., Warrick, A.W., Conklin, M. H., Young, M. H. and Zreda, M. : Two and three-parameter calibrations of time domain reflectometry for soil moisture measurement, *Water Resour. Res.*, 33, pp.2417-2421,

### 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 IoT통신 보급형 토양 측정기 개발 및 클라우드 기반 노지 스마트팜 모델 개발 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 IoT통신 보급형 토양 측정기 개발 및 클라우드 기반 노지 스마트팜 모델 개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.