

319032
-01

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)
1세대 스마트팜 기술 고도화 사업 2020년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003226-01

오픈소스 기반 스마트팜 개방형 제어기 고도화 및 산업화

2020.07.20

주관연구기관 / 주식회사 지농
협동연구기관 / 한국전자통신 연구원
협동연구기관 / 농업기술실용화재단
협동연구기관 / (주) 코리아디지털
협동연구기관 / (주) 유비엔
협동연구기관 / 그린씨에스 (주)
협동연구기관 / (주) KF농업개발
협동연구기관 / 시설원예연구소
위탁연구기관 / 서울대학교
위탁연구기관 / 국립농업과학원

농 립 축 산 식 품 부
농림식품기술기획평가원

오픈소스 기반

스마트팜

개방형

제어기

최종보고서

2020

농림식품기술기획평가원
농림축산식품부

<제출문>

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “오픈소스 기반 스마트팜 개방형 제어기 고도화 및 산업화”(개발기간 : 2019.01.20 ~ 2020.01.21)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2020. 07. 20.

주관연구기관명 : 주식회사 지농	박훈동 (인)
협동연구기관명 : 한국전자통신 연구원	허미영 (인)
협동연구기관명 : 농업기술실용화재단	한철우 (인)
협동연구기관명 : (주) 코리아디지털	김봉민 (인)
협동연구기관명 : (주) 유비엔	안은기 (인)
협동연구기관명 : 그린씨에스 (주)	서해근 (인)
협동연구기관명 : (주) KF농업개발	박철수 (인)
협동연구기관명 : 시설원예연구소	방지웅 (인)
위탁연구기관명 : 서울대학교	이중용 (인)
위탁연구기관명 : 국립농업과학원	이현동 (인)

주관연구책임자 : 박훈동
 위탁연구책임자 : 이중용
 협동연구책임자 : 허미영
 협동연구책임자 : 한철우
 협동연구책임자 : 김봉민
 협동연구책임자 : 안은기
 협동연구책임자 : 서해근
 협동연구책임자 : 박철수
 협동연구책임자 : 방지웅
 위탁연구책임자 : 이현동



국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	319032-01	해 당 단 계 연 구 기 간	1년	단 계 구 분	1차년도/ 1년
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	부, 1세대 스마트 애니멀팜 산업화 기술개발			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세 부 과 제 명	오픈소스 기반 스마트팜 개방형 제어기 고도화 및 산업화			
연구책임자	해당단계 참여연구원 수	총: 53명 내부: 53명 외부: 0명	해당단계 연구개발비	정부: 1,000,000천원 민간: 336,000천원 계: 1,336,000천원	
	총 연구기간 참여연구원 수	총: 53명 내부: 53명 외부: 0명	총 연구개발비	정부: 1,000,000천원 민간: 336,000천원 계: 1,336,000천원	
연구기관명 및 소속부서명	한국전자통신연구원 표준연구센터 농업기술실용화재단 ICT기자재검정팀 국립원예특작과학원 시설원예연구소			주식회사 지농 그린시에스 유비엔 KF농업개발 코리아디지털	
국제공동연구					
위탁연구	국립농업과학원 스마트팜개발과 서울대학교			이현동 이중용	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

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

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

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ICT 개발 업체가 공용으로 활용할 수 있는 표준기반 개방형 스마트온실 제어소프트웨어 개발 및 오픈 소스화 - 센서노드/구동기노드/복합노드/양액기노드와 제어기간 제어 통신 프로토콜 표준 개발 및 구현 				
<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 본 과제의 성과로 오픈소스기반 개방형 스마트팜 제어기가 고도화 되어, <u>작동 규칙 관리 및 장비연동이 용이해지고, 양액기와의 연동이 가능함</u> - 표준을 준수하는 <u>양액기, 센서 노드 및 구동기 노드가 최소 2개 제품씩 총 6개의 제품이 상용화</u> 되었음 - KS 표준을 준수하는 과정에서 발생하는 문제들을 정리하여 KS 표준을 보완할 계획이며, 개방형 <u>스마트팜 제어기 운영에 필요한 표준을 2건 제정</u> 하였음 - 오픈소스기반 개방형 제어기가 <u>2개의 국가기관과 1개의 연구기관에서 설치되어 운영되고</u> 있음 - 농업기술 실용화재단에서 표준 검증을 위한 장비 프로토타입을 개발하여 장비 검증을 수행하여 <u>스마트팜 장비들과 개방형 제어기간 표준을 준수한 통신이 되고 있음을 검증함.</u> 				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 본 연구를 통해 <u>농업인</u>은 현재 업체별 비표준 시스템을 사용하여 발생하는 불편함과 A/S 문제들을 해소하고 온라인 등 쇼핑몰에서 교환가능한 제품을 구매하여 교체가 가능해짐 - 본 연구를 통해 <u>스마트팜 업체들</u>은 오픈소스를 활용하여 보다 용이하게 제품을 개발할 수 있고 표준화된 방식을 통해 센서 및 구동기로부터 정보를 취득하고 제어할 수 있음 - 본 연구를 통해 <u>센서 및 구동기 업체들</u>은 별도의 응용프로그램을 동시에 개발하지 않으면 시장진출이 어려웠던 문제가 해소되고 상호호환이 보장되는 환경에서 안정된 시장경쟁에 참여할 수 있음 - 본 연구를 통해 <u>신규 시장 진입자들</u>은 오픈소스기반 개방형 제어기를 활용하여 쉽게 시장에 진입하여 청년창업 등에 도움이 될 수 있음 - 본 연구를 통해 <u>대학과 연구기관들</u>은 새로운 센서, 구동기를 쉽게 시험해볼 수 있으며, 작물 생육 알고리즘 연구등을 보다 손쉽게 진행할 수 있음. 				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	스마트팜	표준	오픈소스	제어기	양액기
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	SmartFarm	Standard	Open Source	Controller	Nutrient Supply System

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	1
2. 연구수행 내용 및 결과	14
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	108
4. 연구결과의 활용 계획 등	114
붙임. 참고 문헌	121

<별첨> 주관연구기관의 자체평가의견서

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발 목적

오픈소스기반 개방형 스마트팜 제어기의 성능을 고도화하고, 상용제품(양액기, 센서노드, 구동기노드 등)과 표준통신을 통해 기기간 상호 연결을 지원하여, 농업인이 온실에서 고도화된 기능의 스마트팜 개방형 제어기를 제약없이 활용할 수 있도록 한다.

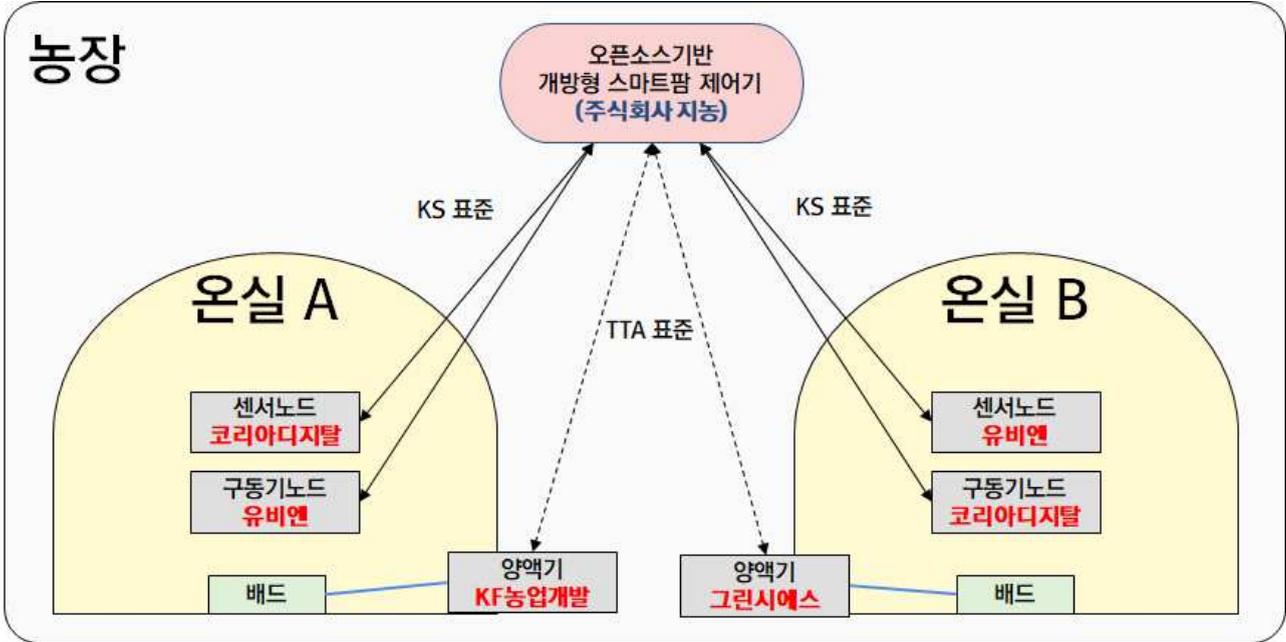


그림 10) 오픈소스기반 개방형 스마트팜 제어기 개요

1-2. 연구개발의 세부 목표

오픈소스기반 개방형 제어기 고도화	지농, 서울대학교
<ul style="list-style-type: none"> - 오픈소스기반 개방형 제어기의 룰엔진 기능 고도화 - 개방형 제어기의 장비관리 기술 개발 	
스마트팜 개방형 제어기와 양액기 및 노드 연동을 위한 표준 연구	ETRI, 실용화재단
<ul style="list-style-type: none"> - 제어기와 센서/구동기 노드간 KS 통신 표준 보완사항 수집 및 개정이슈 도출 - 제어기와 양액기간 제어 통신 프로토콜 국내 단체표준 개발 - 통신 표준 호환성 검정 방법 및 기준 개발 - 유/무선통신 검인증 장비 개발 사전 연구 	
개방형 제어기와 연동되는 센서/구동기 노드의 상용화	(주)유비엔, 코리아디지털(주)
<ul style="list-style-type: none"> - 센서/구동기 노드를 위한 표준검토 - 센서/구동기 노드와 개방형 제어기 연동을 위한 표준기술 구현 	

- 개방형 제어기와 호환되는 센서/구동기 노드 상용화	
개방형 제어기와 연동되는 양액기의 상용화	(주)그린씨에스, KF농업개발
- 양액기를 위한 표준 검토 - 양액기와 개방형 제어기간 통신을 위한 표준기술 구현 - 개방형 제어기와 호환되는 양액기 상용화	
온실내 스마트팜 개방형 제어기 및 이기종 장비의 운영 실증	시설원예연구소, 농업공학부 스마트팜개발과
- 스마트팜 개방형 제어기와 표준기술이 적용된 장비로 온실 구성 - 이기종 장비의 운영 실증	

1-3. 연구개발의 필요성

가) 기술수준 및 시장 현황

(1) 시장현황

(가) 스마트팜 생태계

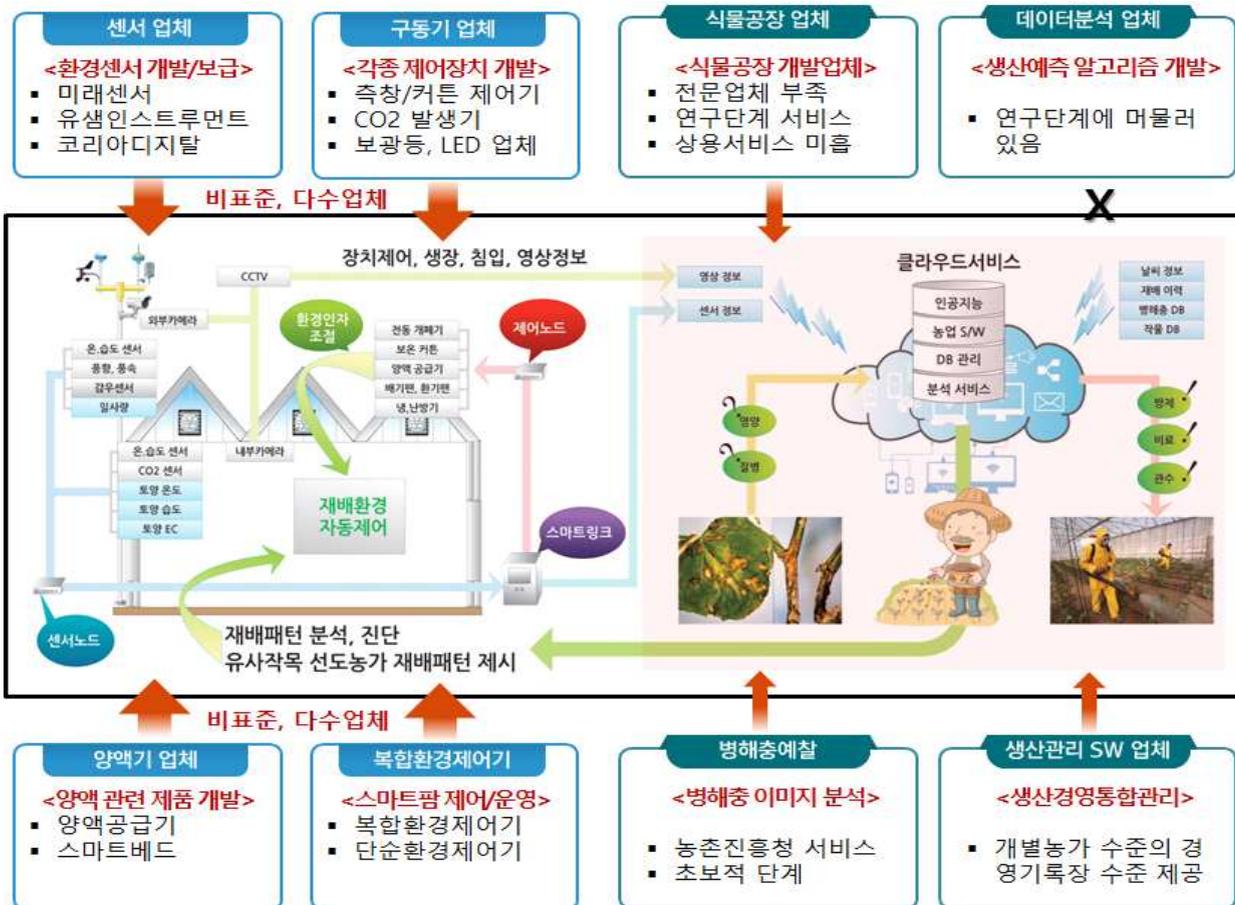


그림 11) 상용소프트웨어백서 중 농업분과, 2017, 박훈동 외

(국내 원예 SW 분야 생태계)스마트팜 온실, 노지, 식물공장 등을 운영하기 위해 필요한 요소 기술인 센서와 구동기, 양액기 등은 매우 많은 업체들이 난립되어 있지만 대부분 영세한 상태로 비표준화, 비인증된 제품으로 인한 서비스의 한계가 발생하고 있음

- ① 센싱된 데이터의 분석을 통한 생산성 효율화, 경영지원을 위한 데이터 기반 소프트웨어 산업은 아직 초기단계로 집중 투자가 필요한 상황임
- ② 센서업체와 구동기 업체, 복합환경제어기 업체들은 비표준화된 각자의 제품으로 현장에 적용되고 있어 제품간 호환, 교체 등이 어려운 상태로 스마트팜 확산에 제약요인이 되고 있어 제품에 대한 표준화와 검증 제도의 도입이 시급한 실정임

(나) 국내 원예산업 IoT 시장 규모 및 전망

- ① ICT 융복합 농업과 관련한 시장으로는 스마트팜, 식물공장, 지능형 농작업기를 들 수 있음
2012년 기준 지능형 농작업기, 정밀농업용 생산시스템 등 농업생산자동화, 시장규모는 약 24,295억 원이며 연평균 성장률은 14.5%로 2016년 약 41,699억 원으로 추정
- ② 첨단농업의 시장규모: ('12) 24,295억원 ⇒ ('16) 41,699억원
- ③ 중소기업청에 따르면, 2012년 기준, 스마트팜은 ICT 융복합 농업 분야에서 가장 높은 시장규모이며, 2012년 13,378억원에서 2016년 17,340억원으로 연 평균 6.7% 시장규모가 증가할 것으로 전망됨 (중소기업청, 2013)

구 분	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	CAGR(%)
생산시스템 (스마트팜)	13,378	14,274	15,231	16,251	17,340	6.7
식물공장	500	767	1,175	1,800	2,759	53.3
지능형 농작업기	10,417	12,500	15,000	18,000	21,600	20.0
합 계	24,295	27,541	31,406	36,051	41,699	14.5

표 1) 국내 스마트팜, 식물공장, 지능형 농작업기 시장규모 (단위: 억원)

※ World Agricultural Equipment(2011), 중소기업청 재정리(2013), 2014년 이후 자료는 추정치임.

(다) 스마트팜 확산을 위한 핵심이슈

- ① 스마트팜 운영 농업인 현장 애로사항
- ㉠ 농촌진흥청 주관으로 「스마트팜 빅데이터 활용 생산성 향상 모델 발표회 및 발전방안 간담회」 개최하여 농업인, 스마트팜 기업체, 협회 관계자 등 150여 명이 참석한 가운데 스마트팜 운영 현장 애로사항, 향후 발전 방안 등 논의(2018.12.20.)
- ㉡ 스마트팜을 운영하고 있는 농업인들은 기자재의 비표준화로 인한 낮은 호환성, 기자재의 낮은 품질로 인한 활용도 저하를 사용상 애로사항으로 꼽고 있음

(2) 기술현황

(가) 스마트팜의 기본 개념



그림 12) 스마트팜 빅데이터 활용 생산성 향상 모델 발표회 및 발전방안 간담회 행사 사진

- ① (개념) 원예산업분야에서 온실관리SW란 원예 농산물의 생산 과정에 정보통신기술을 접목시켜 원예농산물의 생산성과 부가가치를 향상시키기 위한 일련의 생산 혁신관리 SW를 의미함
- ② (범위) 센서를 활용한 온실 내 자동제어나 원격감지, 원격제어, 농작업의 기계화 등이 원예산업에서 적용되는 것을 기본으로 하고 있음
- ③ (제품형태) 유리 온실 등 대규모 시설이 폭넓게 보급되고 있는 미국이나 유럽 등에서 보편화되고 있으며, 국내에서도 유리온실 및 연동온실을 중심으로 복합환경제어형 온실관리시스템이 보급되고 있고, 단동온실 역시 수동제어형 온실관리시스템 기술의 보급이 확산되고 있음
- ④ 온실관리시스템의 작동원리는 각종 센서와 계측기들을 통해 데이터를 수집하고, 수집된 데이터와 외부 관련 데이터를 이용하여 현상을 이해하고 예측한 후 그 결과를 가지고 적절하게 처방하는 일련의 프로세스를 가지고 있다. 이를 구현하기 위해서는 사물인터넷(IoT) 기술, 인공지능(AI), 빅데이터 기술 및 클라우드 서비스 등 다양한 기반 기술이 결합되어야 함
- ⑤ 현재 온실에 적용되고 있는 온실관리시스템 유형은 통신방식을 기준으로 보면 유선, 무선, 또는 유/무선 겸용으로 적용되고 있으며, 서비스 형태로 분류하면 클라우드형과 토털서비스형으로 분류할 수 있음(농림수산식품교육문화정보원)
 - 클라우드형(ICT기업체중심) : PC 및 모바일 매체 등으로 네트워크에 접속하여 ICT기업의 온실운영관리시스템 등의 솔루션을 이용하여 작물 성장환경 관리
 - 토털서비스형(농업경영체중심) : 온실운영관리시스템 등 전산장비 및 소프트웨어가 경영체에 설치 운영되는 형태의 서비스
- ⑥ 작물 생육정보와 환경정보 등에 대한 정확한 데이터를 기반으로 언제 어디서나 작물, 가축의 생육환경 점검이 가능하고, 적기 처방을 함으로써 노동력·에너지·양분 등을 종전보다 덜 투입하고도 농업 생산성과 농산물 품질 제고 가능성을 목표로 함

구분		세부 내역
환경 센서	내부	온도, 습도, CO2, 토양수분(토경), 양액측정센서(양액농도 EC, 산도 PH), 수분센서(배지) 등
	외부	온도, 습도, 풍향/풍속, 강우, 일사량 등
영상장비		적외선카메라, DVR(녹화장비) 등
시설별 제어 및 통합제어 장비		환기, 난방, 에너지 절감시설, 차광 커튼, 유동팬, 온수/난방수 조절, 모터제어, 양액기 제어, LED 등
최적 생육환경 정보관리시스템		실시간 생장환경 모니터링 및 시설물 제어 환경 및 생육정보DB 분석시스템 등

표 2) 스마트 온실 주요 구성 요소(농림축산식품부)

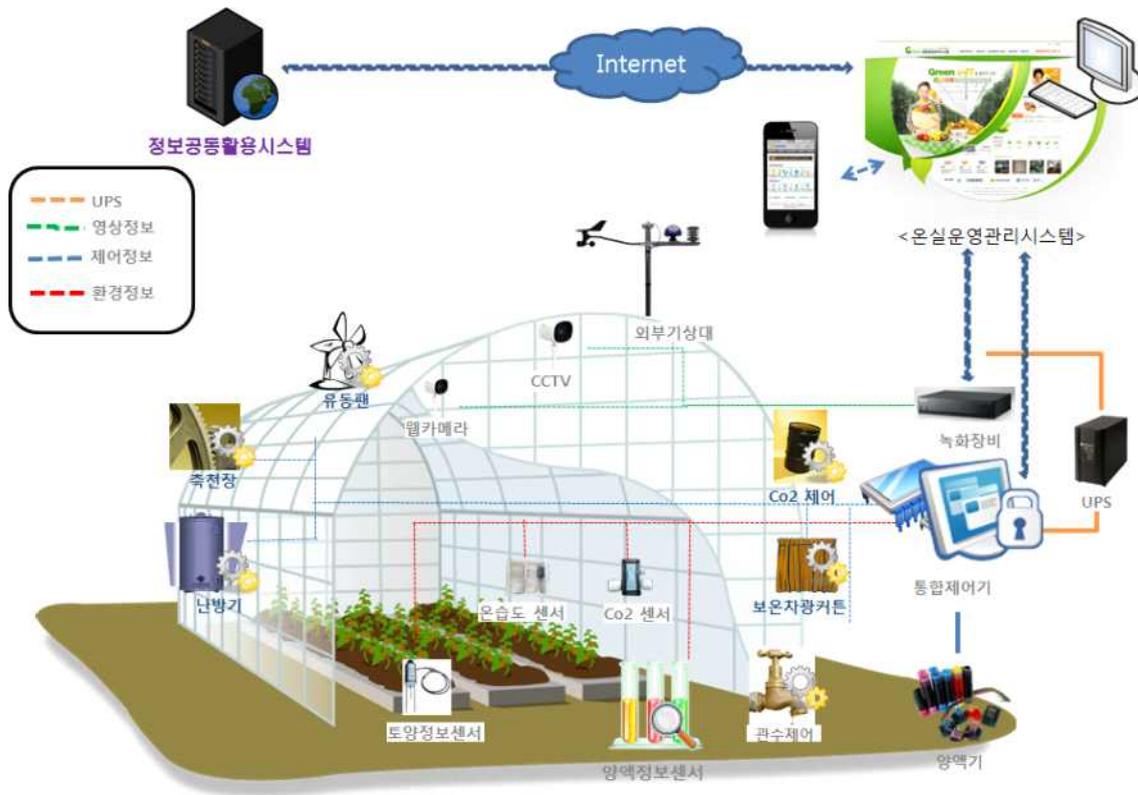


그림 13) 온실관리 시스템 구성 개념도

(나) 국내 관련 기술 개발 현황

① 차세대 Green생장환경 시스템 기술 개발 (2010.06~2013.03)

- 고부가가치 원예 시설재배 산업(딸기, 시설 인삼)에서의 품질 향상, 생산량 증대를 위한 생장관리 지능화 플랫폼 기술, 에너지 효율적인 Green 생장환경 최적 제어 기술 및 생산물에 대한 소비자 신뢰성 및 생장서비스 확산을 위한 생장 통합 관제 및 서비스 기술 개발을 수행하였으며, Stand Alone형 개발에 중점을 둬 (ETRI 외)

- 주요 개발 내용
 - USN기반 생장관리 지능화 플랫폼 기술 개발
 - Green 생장환경 제어 기술 개발
 - 생장정보 서비스 기술 개발
 - 생장 통합 관제 시스템 기술 개발
 - 생장정보 수집 및 제공 인터페이스 표준화
- ② 지능형 그린 하우스 개발(2010.01~2014.12)
- 산업화 과정에서 소외된 농업분야의 경쟁력 확보를 위하여 신재생에너지 및 농업IT융합기술을 이용한 지능형 그린하우스 기술 개발 (ETRI 외)
 - 주요 개발 내용
 - 지능형 그린하우스 통합 관리 서비스 요구사항 정의 및 선별적 파장 투과 기술 개발
 - 태양광 이용발전형 온실 환경제어시스템 설계, 환경제어프로토콜 표준화 및 광합성 유효파장 선별적 투과 염료 합성 및 1차 셀시제품개발
 - 재배자 경험 기반 미기상 환경제어 임베디드 플랫폼 개발
 - 예측모델 기반 미기상 환경제어 임베디드 플랫폼 개발
 - 작물생장환경모델 기반 미기상 환경제어 임베디드 플랫폼 개발
- ③ 오픈소스 기반 스마트팜 개방형 제어기 현황
- ㉠ 농촌진흥청 “ICT기반 스마트온실 산업화 표준화방안 연구”(2014~2016)
- 비표준화된 복합환경제어 시장의 표준화, 상호호환성, 알고리즘 고도화 등을 통해 장비중심사업에서 소프트웨어 중심으로 사업생태계 혁신을 목적으로 2014~2016(3년간) 연구진행중
 - 주요 개발 내용
 - Open Source 기반의 개방형 설계(TTA 표준 적용 및 개정표준 적용 및 Open API 개발 (각 협동조합사들의 센서, 구동기 연결)
 - 원격모니터링, 원격제어기술 개발
 - 센싱장치, 제어기 등 표준 범용 설계(모듈형) 및 운용시스템 제작
 - 센서개발 기업간의 정보 공유를 통한 범용장치 산업화
- ㉡ 농기평, 인공지능 기반 IoT 클라우드형 개방형 스마트팜 통합제어장치 개발 및 산업화 (2016~2018)
- 업체별 비표준화, 비호환 체계로 보급되고 있는 스마트팜 생태계를 개방형 플랫폼에 기반한 클라우드 시스템을 구축함으로써, 현장의 주요 센서/구동기가 쉽게 호환되고, 복합환경제어기업체는 물론 작물별 전문기업들이 손쉽게 환경제어 프로그램을 개발하고 운영할 수 있는 플랫폼을 개발하고자 함.
 - 주요 개발 내용
 - 스마트팜용 Private Cloud를 위한 기술개발(IaaS)
 - GIS, OpenAPI 등의 표준 데이터 수집용 미들웨어 개발
 - 도메인 융합형 Farm Cloud 서비스 개발
 - 클라우드 기반 온실 모니터링 및 제어 기술 개발
 - 인공지능 기반 생육 알고리즘 기술 개발
 - 상용화를 위한 현장 테스트베드 검증 및 구축
 - 개발된 통합제어 장치의 사업화를 위한 현장 확산

④ 양액기 관련 기술현황

- ㉠ 양액을 재활용하여 비용을 절감하고 환경오염을 예방할 수 있는 순환식 양액시스템과 일사값에 따라서 제어되는 양액 시스템 다양한 기술과 아이디어를 겸비한 양액시스템이 개발되고 있음.
- ㉡ 하지만 서로 상호 간에 호환되어 사용자의 제품 선택의 폭을 넓혀 사용할 수 있는 표준화된 양액/환경제어시스템 확립이 필요한 상태임

(3) 표준화현황

① 스마트팜 관련 표준제정 현황

- ㉠ 국내 농업·IT 융합 관련 표준화는 RFID/USN 융합협회를 통해 2010년부터 시설원예 및 식물공장을 중심으로 시작되어 일부 표준이 제정되었음
- ㉡ 산·학·연 관련 전문가로 구성된 농식품ICT융합표준포럼이 2014년에 설립되어, 스마트농업 전반의 유즈케이스, 시설원예 센서 인터페이스, 메타데이터 및 플랫폼, 생산유통 관련 표준들을 개발하였음
- ㉢ 식물공장 관련하여, 식물공장 시스템 요구사항 프로파일, 농산물의 RFID 발급 규칙 및 표준 식별 코드 체계, 생체삽입형 RFID 900MHz 이용한 서비스 프로파일 등 9건이 USN 포럼 표준으로 제정되었음
- ㉣ 시설원예 관련하여, 2010년부터 온실관제시스템 요구사항 프로파일 표준 등을 개발하여 TTA 표준으로 채택하였고, 온실관제시스템을 구성하는 장치들의 구성, 구성 요소들 간의 인터페이스, 장치와 운영시스템간의 인터페이스 표준들이 개발되었음.
 - 온실관제시스템 요구사항 프로파일 (TTAK.KO-06.0286, '12)
 - 온실관제시스템 - 제1부 센서 노드와 온실통합제어기 간 인터페이스 (TTAK.KO-06.0286-Part1, '15)
 - 온실관제시스템 - 제2부 제어 노드와 온실통합제어기 간 인터페이스 (TTAK.KO-06.0286-Part2, '15)
 - 온실관제시스템 - 제3부 온실통합제어기와 온실운영시스템 간 인터페이스 (TTAK.KO-06.0286-Part3, '12)
 - 온실관제시스템 - 제 4 부 온실운영시스템과 온실통합관리시스템 간 인터페이스 (TTAK.KO-06.0286-Part4, '13)
 - 스마트온실 유즈케이스 및 기능 요구사항 (TTAK.KO-10.0845, '16)
 - 스마트온실 기능 요소간 인터페이스 (TTAK.KO-10.0934, '16)
 - 상호운용성 제공을 위한 스마트온실 환경제어 시그널링 요구사항 (TTAK.KO-10.0936, '16)
 - 스마트팜 온실통합제어기와 센서-구동기 통합 노드 간 통신 프로토콜 (TTAK.KO-10.0943, '16)
 - 클라우드 기반 스마트팜 서비스 요구사항 (TTAK.KO-10.0937, '16)
 - 농축산물 식품 메타데이터 모델링 가이드라인 (TTAK.KO-10.0940, '16)
 - 팜클라우드 기반 병해충 대응 서비스 인터페이스 (TTAK.KO-10.1005, '17)
 - 팜클라우드와 클라우드 장치간 데이터 전송 프로토콜 (TTAK.KO-10.1007, '17)
 - 스마트온실용 온실운영시스템과 비순환식 양액시스템 간 통신 프로토콜 (TTAK.KO-10.1008, '17)
 - 팜클라우드와 써드파티 응용 서비스 간의 인터페이스 (TTAK.KO-10.1006, '17)

- 스마트온실을 위한 센서 인터페이스 (TTAK.KO-10.0903, '18)
- 스마트온실을 위한 구동기 인터페이스 (TTAK.KO-10.0845, '18)
- 스마트온실 센서 메타데이터 (TTAK.KO-10.1046, '18)
- 스마트온실 구동기 메타데이터 (TTAK.KO-10.1045, '18)
- 스마트온실 센서/구동기와 제어기간 RS485기반 MODBUS 인터페이스 (TTAK.KO-10.1044, '18)
- 스마트 온실용 센서/구동기 I/O 인터페이스 추상화 모듈 (TTAK.KO-10.1086, '18)
- 스마트 온실 관제를 위한 경량형 제어 프로토콜 (TTAK.KO-10.1087, '18)
- 스마트팜 센서 노드와 게이트웨이간 비연결형 통신 프로토콜 (TTAK.KO-10.1088, '18)
- 클라우드기반 스마트팜 영농작업관리 서비스 인터페이스 (TTAK.KO-10.1089, '18)
- 클라우드기반 스마트팜 온실의 장비 오작동 대응 서비스 인터페이스 (TTAK.KO-10.1090, '18)
- 클라우드기반 스마트팜 장치 관리를 위한 생애주기 관리 (TTAK.KO-10.1091, '18)
- 농장 빅데이터 서비스 제공자와 온실 관제 시스템 간의 인터페이스 (TTAK.KO-10.1092, '18)

㊤ 축산 관련하여, 센서, 구동기에 대한 전기적/물리적 인터페이스에 대한 표준이 개발되었으며, 추가 개정작업을 진행 중에 있음

- 스마트축사를 위한 외기 센서 인터페이스 (TTAK.KO-10.0979, '17)
- 스마트축사를 위한 내기 센서 인터페이스 (TTAK.KO-10.0980, '17)
- 스마트축사를 위한 안전 센서 인터페이스 (TTAK.KO-10.0981, '17)
- 스마트온실을 위한 원격 감시용 스마트 영상 장치 (TTAK.KO-10.0945, '16)
- 스마트축사 센서데이터에 대한 EPCIS 이벤트 스키마설계 지침서 (TTAK.KO-10.1004, '17)

㊤ KS표준 제정

㊤ KS표준 제정 경과

- 2015~2016년 스마트온실 ICT 핵심부품 및 기기 *25종을 단체표준(한국정보통신기술협회)으로 제정 * 센서 13종(2016년 6월), 구동기 9종(2015년 12월), 복합기 3종(2016년 12월)
- 농림축산식품부와 농촌진흥청은 이 중 스마트팜 기자재 22종을 2건의 KS 국가표준으로 등록 (2018년 12월)
- 상기 표준에서는 스마트팜에서 활용되는 구동기(천·측창, 관수 등의 구동기 9종)와 센서(온도, 습도, 토양 함수율 등 13종)의 기계·전기적 연결 규격 등을 정의하고 있음
- 한국전자통신연구원에서도 센서, 구동기, 제어기 등 스마트팜 핵심 부품간의 통신에 적용되는 3건의 표준을 KS 국가표준으로 등록(2018년 12월)

㊤ 상기 표준에서는 통신 프로토콜, 데이터 규격 등 통신규격을 정의하고 있음

- 국가차원에서 단일화가 필요한 항목의 경우에는 국가표준원, 전파연구원등에서 국가표준 작업을 병행하고 있음. 개발된 단체표준들 중, 아래 5건은 2018년 12월 국가표준으로 제정되었음.
- 스마트 온실을 위한 구동기 인터페이스 (KS X 3265)
- 스마트 온실을 위한 센서 인터페이스 (KS X 3266)
- 스마트 온실 센서/구동기 노드 및 온실통합제어기 간 RS485기반 모드버스 인터페이스 (KS X 3267)
- 스마트 온실 구동기 메타데이터 (KS X 3268)
- 스마트 온실 센서 메타데이터 (KS X 3269)

구분	원안 작성	제정 표준		
HW (물리 규격)	농촌 진흥청	KS X 3265 스마트 온실을 위한 구동기 인터페이스	KS X 3266 스마트 온실을 위한 센서 인터페이스	
		 스마트 온실을 위한 구동기 인터페이스 KS X 3265-2018 방송통신표준심의회 2018년 12월 26일 제정	 스마트 온실을 위한 센서 인터페이스 KS X 3266-2018 방송통신표준심의회 2018년 12월 26일 제정	
SW (통신 규격)	한국 전자 통신 연구원	KS X 3267 스마트 온실 센서/구동기 노드 및 온실 통합 제어기 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스	KS X 3268 스마트 온실 구동기 메타데이터	KS X 3269 스마트 온실 센서 메타데이터
		 스마트 온실 센서/구동기 노드 및 온실 통합 제어기 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스 KS X 3267-2018 방송통신표준심의회 2018년 12월 26일 제정	 스마트 온실 구동기 메타데이터 KS X 3268-2018 방송통신표준심의회 2018년 12월 26일 제정	 스마트 온실 센서 메타데이터 KS X 3269-2018 방송통신표준심의회 2018년 12월 26일 제정

표 3) 제정 표준 규격 종류

나) 연구의 필요성

- (1) 센서노드, 구동기노드에 연결되는 센서 및 구동기를 KS 표준기반으로 호환성 있게 공급할 수 있게 되어 현장의 주요 센서, 구동기들이 별도의 작업없이 바로 사용할 수 있는 서비스 체계 구현이 필요함
- (2) 복합환경제어기관련 기술, 작물별 알고리즘과 관리기술을 가지고 있는 연구자나 신생 기업이 시장에 참여할 수 있는 기반 마련이 필요함
- (3) 현재의 각 업체별 비표준 시스템을 사용하기 때문에 센서 교체 시 기존 제품만 사용해야되는 불편함이 있으나 연구결과물 활용시 이러한 불편함과 A/S 문제들 해소 가능 및 온라인 쇼핑몰 등에서 상호 호환가능한 제품을 구매할 수 있게 하여 농업인들에게 경제성 및 편의성을 도모할 필요가 있음
- (4) 복합환경제어기 업체들의 전문적 세분화 가능으로 역량별 전문성 추구 및 사업화가 필요함
 - 복합환경제어기(H/W) 제조 업체
 - 연구결과물을 이용한 복합환경제어프로그램(S/W)을 만드는 업체

(5) 센서, 구동기 업체들은 별도의 응용 프로그램을 개발을 하지 않으면 독자적 시장 진출이 어려웠고, 기존 복합환경제어기 업체들의 비표준 시스템에 맞게 부품을 납품하는 수준에서 그쳐 왔으나 표준기반의 상호호환이 보장되는 플랫폼 도입시 센서업체들의 안정된 시장 형성이 가능해짐

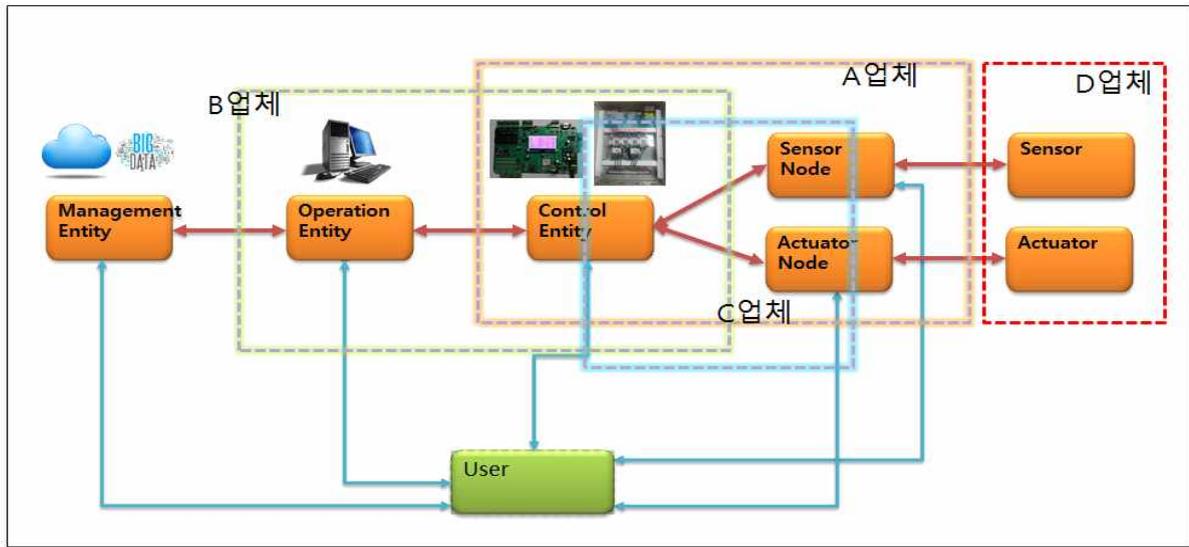


그림 5) 각 기업별로 전문역량에 맞게 비즈니스 영역을 설정하여 경쟁하는 체계 구현

1-4. 연구개발 범위

구분 (연도)	세부과제명	수행기관	세부연구목표	연구개발 범위
1차 년도 (2019)	오픈소스기반 개방형 제어기 고도화	지농, 서울대학교	오픈소스기반 개방형 제어기의 룰엔진 기능 고도화	제어 알고리즘 처리 기능 고도화 - 기 개발된 룰 엔진 분석 - 추가로 필요한 제어 알고리즘 요구사항 도출 및 설계 - 제어 알고리즘 표현을 위한 룰 표현 포맷 개발 - 룰 처리 엔진 기능 고도화 - 기능 테스트 및 운영 테스트
			개방형 제어기의 장비관리 기술 개발	룰세트 관리기능 개발 - 그룹핑이 가능한 룰 분류 - 작물별 룰 그룹핑을 위한 요구사항 도출 및 설계 - 작물별 룰 세트 기능 개발 - 기능 테스트 및 운영 테스트
				장비 관리 기능 개발 - 장비 연동 기능 고도화

				<ul style="list-style-type: none"> - 연동 프로토콜 구현을 위한 설계 - 장비 연동을 위한 라이브러리 개발 - 연동 테스트 및 운영 테스트
스마트팜 개방형 제어기와 양액기 및 노드 연동을 위한 표준 연구	ETRI, 실용화재단	제어기와 센서/구동기 노드간 KS 통신 표준 보완사항 수집 및 개정이슈 도출	<ul style="list-style-type: none"> - 제어기와 센서/구동기 노드간 KS 통신 표준 보완사항 수집 및 개정이슈 도출 - 구동기/센서 인터페이스 국가 표준 적용을 위한 기술 지원 - 기술개발 과정에서 도출된 국가표준 개정 요구사항 도출 - 구동기/센서노드와 제어기 간 국가표준 개정이슈 도출 - 표준기반 개발결과물들의 호환성 시험을 위한 표준기술지원 	
		제어기와 양액기간 제어 통신 프로토콜 국내 단체표준 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 제어기와 양액기간 제어 통신 프로토콜 국내 단체표준 개발 - 기제정 표준 분석 및 업체 현황을 고려한 양액기 제어 기능 요구사항 도출 - 양액기와 제어기간 연동을 위한 RS485/Modbus 프로토콜 표준안 개발 - 양액기 제어 프로토콜 국내 단체 표준화 추진 및 국내 유관기관 의견수렴 - 양액기 제어 프로토콜 국내 단체 표준 제정 - 표준기반 개발결과물들의 호환성 시험을 위한 표준기술지원 	
		통신 표준 호환성 검정 방법 및 기준 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 유/무선 통신에 대한 검정 장비 개발을 위하여 국내외 사례 수집 - 국내 시설원예분야 ICT 도입 및 통신표준 활용현황 - 국외 스마트팜 시설 데이터 활용사례 수집 	

			유/무선통신 검인증 장비 개발 사전 연구	<p>통신 표준에 대한 물리적인 검정 방법 및 기준(안) 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 센서/구동기 노드 검정 매뉴얼 작성(핀맵, 최대 출력/입력 전압, 통신속도 등) <p>통신 표준 호환성 검인증 장비 개발을 위한 기초연구</p> <ul style="list-style-type: none"> - 이기종 장비와 연동 제어기 통신 상태 체크 - 통신표준 호환성 검정을 위한 기초시험장비 및 측정 - 기초시험장비를 통하여 검인증 장비 개발을 위한 요구사항 도출 - 기초시험 결과를 활용, 제어기 및 센서/구동기 노드 검정방법 수립
개방형 제어기와 연동되는 센서/구동기 노드의 상용화	코리아디지털	센서/구동기 노드를 위한 표준검토		표준 인터페이스 센서노드 개발
	코리아디지털	센서/구동기 노드와 개방형 제어기 연동을 위한 표준기술 구현		표준화된 구동기 노드 개발
	코리아디지털 유비엔	개방형 제어기와 호환되는 센서/구동기 노드 상용화		<ul style="list-style-type: none"> - 다양한 상용센서와 호환이 가능한 인터페이스 센서노드 개발 - 다양한 구동기와 호환이 가능한 경량 구동기노드 셋 개발 - 연구결과로 호환성이 확보될 제품 구성 - 신뢰성 확보를 위한 실증 실험
개방형 제어기와 연동되는 양액기의 상용화	(주)그린씨에스, KF농업개발	양액기를 위한 표준 검토		<ul style="list-style-type: none"> - 양액기 통신 표준의 분석
		양액기와 개방형 제어기 간 통신을 위한 표준기술 구현		<ul style="list-style-type: none"> - 표준 기술을 적용한 양액기 개발

			개방형 제어기와 호환되는 양액기 상용화	<ul style="list-style-type: none"> - 연구결과로 호환성이 확보될 제품 구성 - 신뢰성 확보를 위한 실증 실험
	온실내 스마트팜 개방형 제어기 및 이기종 장비의 운영 실증	시설원예 연구소	스마트팜 개방형 제어기와 표준기술이 적용된 장비로 온실 구성	<ul style="list-style-type: none"> - 스마트팜 개방형 제어기를 기반으로 한 한국형 스마트 온실 기 구축 - 스마트팜 개방형 제어기와 표준기술이 적용된 장비로 온실 구성
			이기종 장비의 운영 실증	이기종 장비 기반 온실 운영 실증

표 4) 1차년도 연구개발 범위

2. 연구수행 내용 및 결과

2-1. 연구 개발의 결과 요약

오픈소스기반 개방형 제어기 고도화	지농, 서울대학교
<ul style="list-style-type: none"> ○ 오픈소스기반 개방형 제어기의 개발을 완료하였으며, 개발된 기술은 다음과 같음. <ul style="list-style-type: none"> - KS 통신 표준기반의 장비 연동 및 장비 자동인식을 포함한 장비 관리 기술 - 센서/구동기/양액기 데이터 수집 기술 - 데이터 모니터링 및 대시보드 - 구동기/양액기 수동제어 - 작동규칙에 의한 자동제어 기술 ○ 오픈소스기반 개방형 제어기는 시설원예연구소, 스마트팜개발과, 한국과학기술연구원의 3개 기관 4개소에 설치되어 운영 테스트가 진행되었음 ○ 관련 소스 및 매뉴얼은 모두 오픈소스 공유사이트에 공개함 	
스마트팜 개방형 제어기와 센서/구동기/양액기 노드 연동을 위한 표준 및 검증 연구	ETRI, 실용화재단
<ul style="list-style-type: none"> ○ 제어기와 센서/구동기 노드간 KS 통신 표준 보완사항 수집 및 개정 이슈 도출 ○ 제어기와 센서/구동기 노드간 KS 통신 표준 보완사항에 대한 국내 단체표준 개발 ○ 제어기와 양액기간 제어 통신 프로토콜 국내 단체표준 개발 ○ 통신 표준 호환성 검증 방법 및 기준 개발 ○ 유/무선통신 검증용 장비 개발 사전 연구 및 시작품 개발 	
개방형 제어기와 연동되는 센서/구동기 노드의 개발 및 상용화	(주)유비엔, 코리아디지털(주)
<ul style="list-style-type: none"> ○ 센서/구동기 노드를 위한 표준검토 및 단체표준 개발 참여 ○ 센서/구동기 노드와 개방형 제어기 연동을 위한 표준기술 구현 ○ 장비 자동 연동을 위한 장비스펙 개발 ○ 개발된 센서노드/구동기노드의 시험 및 안정화 ○ 개방형 제어기와 호환되는 센서/구동기 노드 상용화 	
개방형 제어기와 연동되는 양액기의 개발 및 상용화	(주)그린씨에스, KF농업개발
<ul style="list-style-type: none"> ○ 양액기를 위한 표준 검토 및 단체표준 개발 참여 ○ 양액기와 개방형 제어기간 통신을 위한 표준기술 구현 ○ 양액기와 개방형 제어기를 연결해줄 양액기 노드(컨버터) 장치 개발 ○ 개발된 양액기 노드의 시험 및 안정화 ○ 개방형 제어기와 호환되는 양액기 노드 상용화 	
온실내 스마트팜 개방형 제어기 및 이기종 장비의 운영 실증	시설원예연구소, 농업공학부 스마트팜개발과
<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트팜 개방형 제어기와 표준기술이 적용된 장비로 온실 구성 ○ 이기종 장비의 운영 실증 ○ 개방형 스마트팜 제어기의 운영 실증 	

2-2. 기관별 연구 수행 내용

가) 주식회사 지농

(1) 오픈소스기반 개방형 스마트팜 제어기의 설계

오픈소스기반 개방형 스마트팜 제어기를 고도화하기 위해 다양한 사용자로부터 요구사항을 취합하였고, 다음과 같은 주요요구사항을 도출하였다.

- 센서/구동기/양액기와 표준기반 연동이 되어야 함
- 연동되는 장비는 설치 후 자동인식이 가능해야 함
- 실시간 작동이 가능해야하며 제어 명령이 5초 이내에 수행되어야 함
- 작동규칙을 지원해야 함
- 데이터 모니터링과 수동제어를 위한 사용자 인터페이스는 웹기반으로 작동해야 함

도출된 요구사항을 만족하기 위하여 다음과 같은 구조로 제어기를 설계하였다.

Architecture

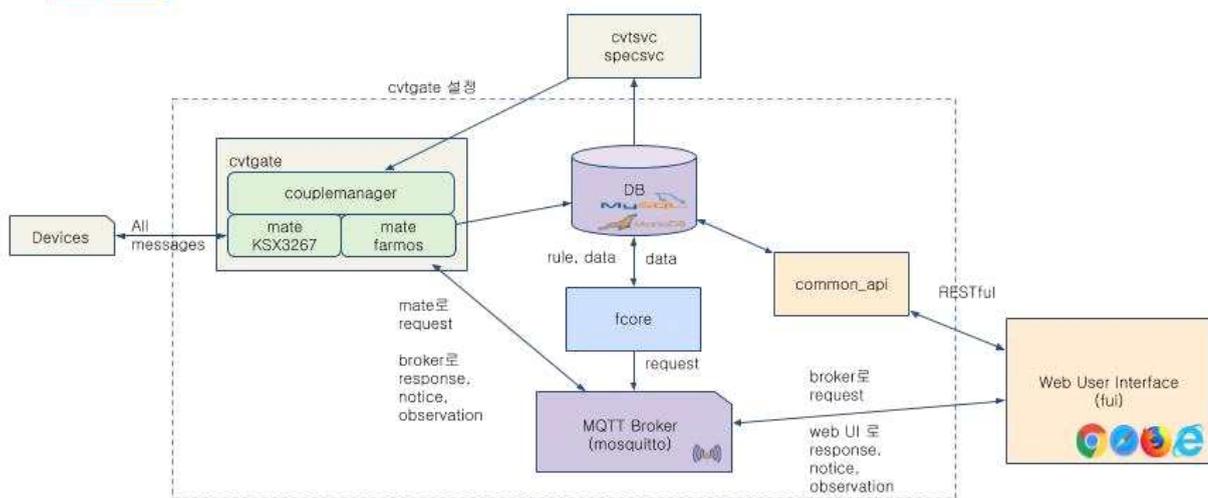


그림 6) 제어기 설계 구조

주요모듈은 cvtgate, fcore, 그리고 common_api와 Web User Interface이다.

cvtgate 는 장비연동프로그램으로 두 개의 mate를 설정에 따라 선별하여 연결할 수 있는 기능이 있다. KS 기반 장비 이외의 장비도 적절한 mate를 추가하면 연동이 가능하도록하여 다양한 장비연동을 위한 유연성을 확보했다.

fcore는 실시간 룰엔진으로 서울대에서 위탁연구로 담당하였다. 수집된 센서 데이터를 바탕으로 적절한 제어명령을 생성하거나 새로운 데이터를 생성하는 일을 담당한다.

common_api와 Web User Interface는 웹기반의 사용자 인터페이스를 제공하는 프로그램으로 사용자가 쉽게 접근할 수 있도록 개발되었다.

(2) 장비연동프로그램의 설계 및 개발

(가) 표준 구현을 위한 검토

구현 표준은 KS-X-3267:2018로 결정되었다. 통신을 위한 별도의 KS 표준이 존재하지 않고, TTA와 같은 단체 표준보다는 국가표준을 활용하는 것이 적합하다고 판단하였다.

KS-X-3267:2018을 활용하여 장비연동을 하기 위해서는 장비를 먼저 인식하여야 한다. 장비 인식을 위한 절차는 다음과 같이 결정하였다.

- ① (사용자) 노드를 연결하거나 제거 한다.
- ② (사용자) 제어기에서 장비 탐색을 수행하도록 한다.
- ③ (제어기) (특정주소범위에 대해서) MODBUS 주소 스캔을 한다.
- ④ (제어기) 탐색된 노드 주소에서 업체코드, (노드의)제품코드, 프로토콜버전, 연결된 장비수등을 읽는다.
- ⑤ (제어기) 연결된 장비수를 이용하여 (연결된 장비들의) 제품코드를 확인한다.
- ⑥ (제어기) 노드 제품코드와 장비의 제품코드를 바탕으로 (모든 장비의) 장비규격을 확인한다.
- ⑦ (제어기) 확인된 정보를 통합하여 장비 프로파일의 초안을 작성하고 사용자에게 보여준다.
- ⑧ (사용자) 프로파일에 필요한 정보 (장비 위치, 별칭 등)을 입력한다.
- ⑨ (사용자) 프로파일을 최종확인하고 컨펌한다.

노드는 모드 버스 규격에 따라 1-247의 유닛주소를 가질 수 있고, 제어기는 해당 주소를 스캔하여 장비연결유무를 판단한다. 스캐된 장비로부터는 다음의 주소에서 정보를 획득하여 장비를 확인할 수 있다.

장비정보	2	3	4	5	6	7	8
정보	회사코드	제품타입 (노드/양액기)	제품코드	프로토콜버전	현장코드	구역정보	연결장비수
Type	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit

그림 7) 장비 확인 유닛 주소

전체적인 장비 스캔 절차는 다음과 같다.

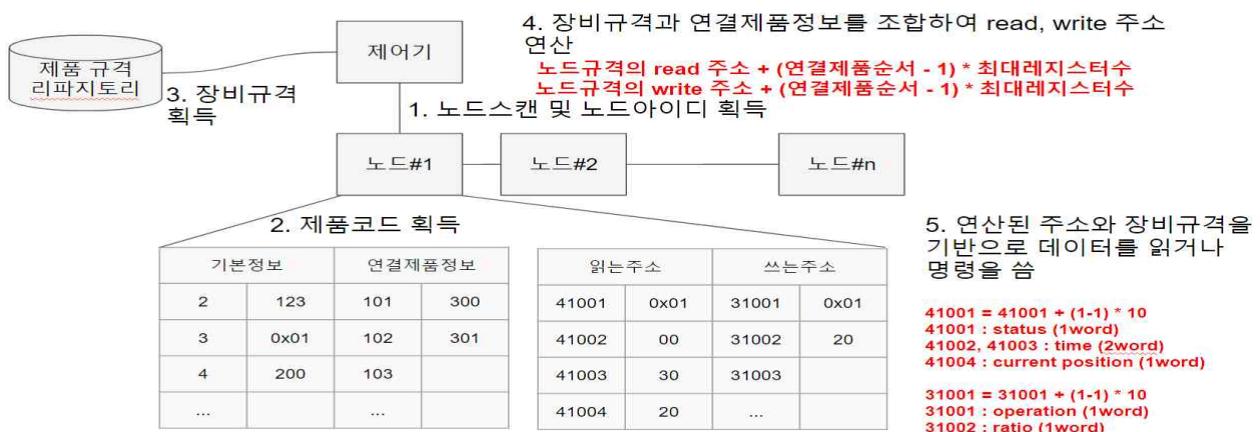


그림 8) 전체적인 장비 스캔 절차

(나) 장비연동을 위한 프로그램 설계

cvtgate는 mate라고 부르는 모듈을 연계하는 목적으로 설계되었다. 즉 두 개의 서로다른 mate가 couple manager에 의해 상호작용할 수 있는 형태로 구성되었다고 할 수 있다. 각각의 관계는 독립적이며 json 기반의 메시지를 전송한다.

couple manager는 개별 mate를 별도의 thread로 생성하며, 두 개의 스레드에서 통신이 이뤄질 수 있도록 서로의 callback 함수를 교환해준다. 아래에서 writeblk 는 mate에서 구현하는 callback 함수이고, _writecb는 상대 mate의 writeblk에 대한 레퍼런스이다.

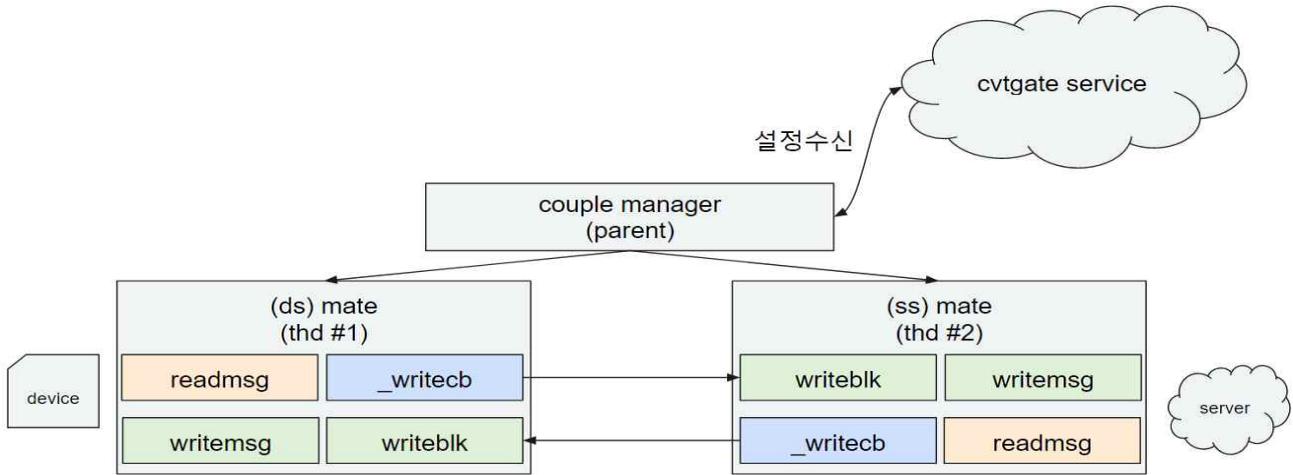


그림 9) cvtgate service 구조

cvtgate는 설정파일에 의해서 자동으로 mate 모듈을 로딩할 수 있으며, 설정파일의 설정에 따라 자체적으로 캘리브레이션 기능을 수행할 수 있다. 설정과 mate의 상관관계는 다음과 같다.

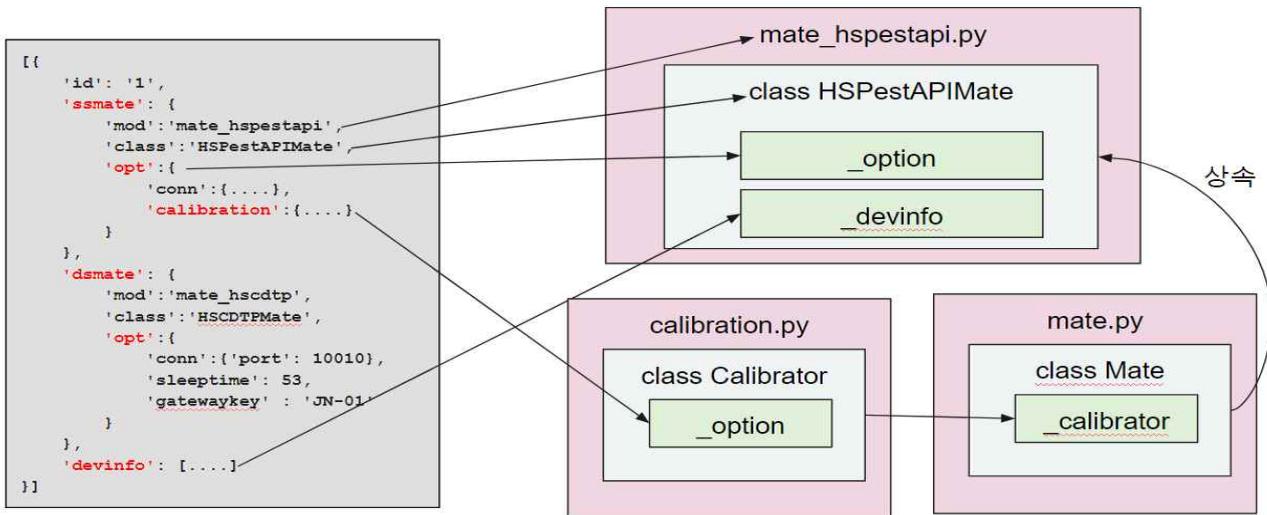


그림 10) cvtgate 설정과 mate의 구조

(다) 연동 모듈 구현

cvtgate 는 python 으로 구현되었으며, enum34, requests, paho.mqtt, cdtplib 등의 패키지를 사용한다. mate는 ssmate 와 dsmate 로 구분되는데, ssmate 는 서버로 통신하기 위한 mate로 서버에 따라 다른 mate를 사용해야하고, dsmate 는 장비와 통신하기 위한 mate로 장비에 따라 다른 mate를 사용해야 한다.

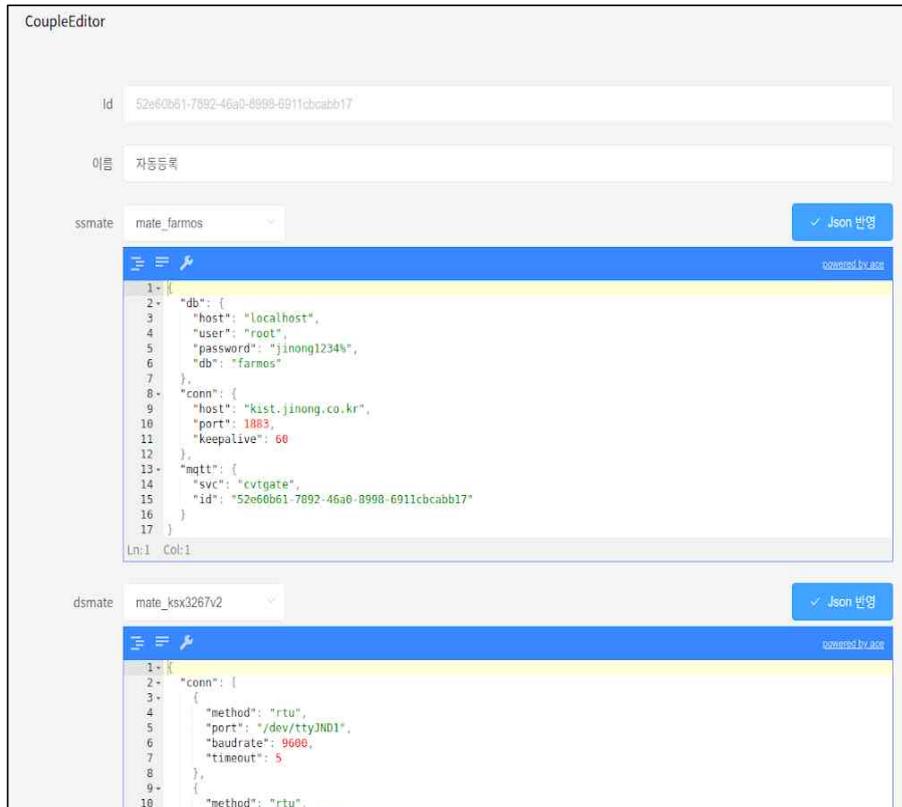


그림 11) mate 설정 예시

mate가 추가되면 Id는 자동으로 할당되고, module 과 class 그리고 defaultopt를 입력해야 한다. module은 해당 mate가 저장된 파일명, class는 해당 메이트의 클래스명을 입력하면 된다. defaultopt 는 디폴트 설정으로 추가하려는 mate의 기본 설정값이다.

CoupleManager 는 mate간의 연결을 돕지만 서로의 통신에는 관여하지 않고, 각각 콜백을 불러서 처리를 하는 방식이다.

여기서 메시지와 블럭이라는 용어가 중요하다. 메시지는 mate가 실제 장비와 통신하는 프로토콜에 담긴 데이터교환의 단위를 의미한다. (메시지) 블럭은 cvtgate내부에서 사용되는 데이터 교환의 단위이다. 즉, mate끼리는 서로 (메시지) 블럭 단위로 통신을 하고, mate가 외부의 장비와 통신하는 경우에는 메시지라는 용어를 사용한다. mate간의 블럭은 node 단위로 만들어지며, 노드ID, type, content로 구성된다. content는 메시지 종류에 따라 다른 값을 갖는다.

(3) 사용자 인터페이스를 위한 API 개발

(가) RESTful API

REST는 Representational State Transfer의 약자로 WWW와 같은 분산 하이퍼미디어 시스템을 위한 소프트웨어 아키텍처의 한 형식으로 자원을 URI로 표시하고 해당 자원의 상태를 주고 받는 것을 특징으로 가지고 있다. 이러한 REST의 구성요소는 ① 리소스 ② 메서드 ③ 메시지로 이루어져 있으며 행위에 대한 메서드로 HTTP 메서드를 그대로 사용한다. HTTP 메서드는 여러 가지가 있지만 REST에서는 CRUD(Create, Read, Update, Delete)에 해당 하는 4가지의 메서드만 사용한다. 이러한 구조 때문에 HTTP형식의 Web에 특화되어 있으며 본 연구과제에서 farmos 사용자 인터페이스는 Web으로 개발이 되었기에 REST 방식을 선택하여 API를 설계하였다.

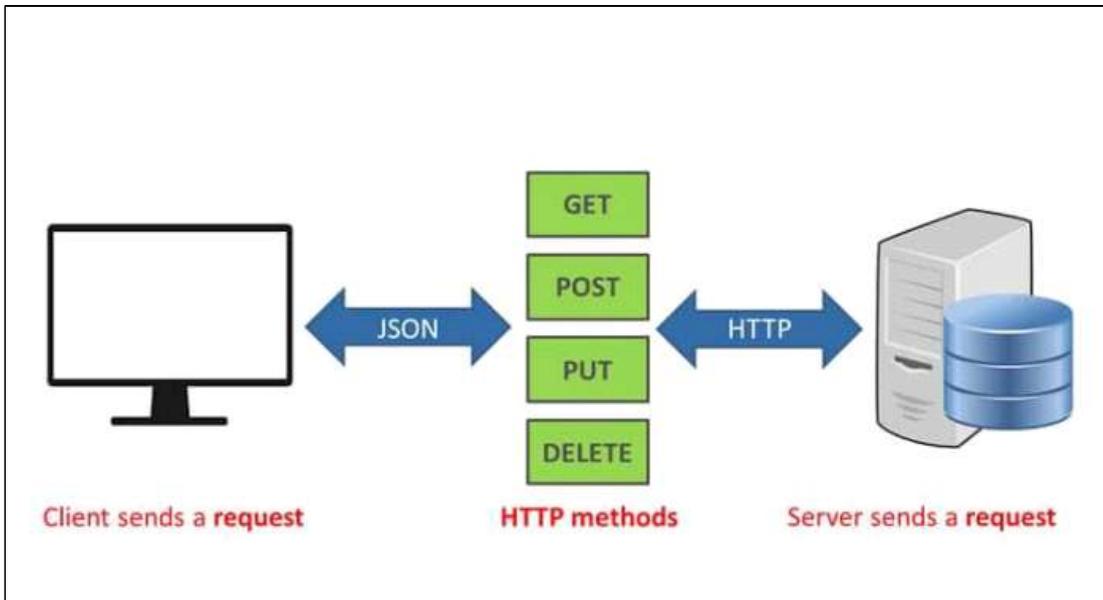


그림 12) REST API 구조

(나) 공통 API 설계 및 구현

farmos의 유연한 UI를 구성을 위하여 다음과 같은 공통 REST API를 설계하였다.

① farm

farmos를 사용하는 농장정보 관리 API

Paths	method	설 명
/farm	get	농장 상세정보를 조회한다
	put	농장 상세정보를 추가, 수정한다.
/farm/observation	get	농장내 최근 관측정보를 조회한다
/farm/graph	put	그래프를 그리기위한 정보를 조회한다
/farm/graph/download	put	그래프 정보를 CSV로 다운로드 받는다
/farm/growth	get	농장내 이미지를 조회한다

표 5) farmos 농장정보 관리 API

② field

farmos를 사용하는 농장의 구역정보 관리 API

Paths	method	설 명
/field	get	구역정보를 조회한다
/field	post	구역정보를 생성한다
/field/{fieldId}/autocontrol	get	구역의 자동제어 설정을 조회한다
/field/{fieldId}/autocontrol	PUT	구역의 자동제어 설정을 수정한다.
/field/{fieldId}	put	구역정보를 수정한다
/field/{fieldId}	delete	구역의 정보를 삭제한다
/field/{fieldId}/uiDevice	put	구역의 ui 장비 수정한다
/field/{fieldId}/rule	get	구역에 추가된 룰 리스트를 조회한다
/field/{fieldId}/observation	get	구역의 최근 관측정보를 조회한다
/field/{fieldId}/download/{datestr}	get	지정된 날짜의 백업파일(csv)를 다운로드한다.
/field/{fieldId}/tcgraph	put	그래프를 그리기위한 TC 정보를 조회한다
/field/{fieldId}/tcselect/{selecttc}	put	농장 구역의 TC 정보를 조회한다
/field/{fieldId}/motors	get	구역에 설치된 개폐기 정보 조회한다
/field/{fieldId}/switches	get	구역에 설치된 구동기 정보 조회한다
/field/{fieldId}/devices	get	구역에 설치된 장비 정보 조회한다
/field/{fieldId}/deviceproperties	get	구역에 설치된 장비 속성 정보 조회한다
	post	구역에 설치된 장비 속성 정보 수정한다

표 6) farmos를 사용하는 농장의 구역정보 관리 API

③ actuator

farmos 구동기 제어 및 제어상태 관리 API

Paths	method	설 명
/field/{fieldId}/motors	get	구역에 설치된 개폐기 정보를 조회한다
/field/{fieldId}/switches	get	구역에 설치된 구동기 정보를 조회한다
/actuator/{actuatorId}/status	get	구동기 상태정보를 조회한다

표 7) farmos 구동기 제어 및 제어상태 관리 API

④ device

farmos 장비정보 관리 API

Paths	method	설 명
/device	get	노드 장비를 조회한다
/device/manual	put	수동장비의 정보를 동기화한다
/device/history/{deviceId}	get	구동기 상태이력을 조회한다
/device/history/{deviceId}/controle	get	구동기 제어이력을 날짜별로 조회한다
/device/{deviceId}/obs	get	장비의 상태정보를 조회한다

표 8) farmos 장비정보 관리 API

⑤ user

farmos 사용자 정보를 관리하는 API

Paths	method	설 명
/user	put	사용자 정보를 수정한다
/user/login	put	사용자 로그인
/user/login/refresh	post	사용자 로그인 정보를 갱신한다
/user/logout/{userid}	get	사용자 로그 아웃

표 9) farmos 사용자 정보를 관리하는 API

⑥ fcore

farmos의 플랫폼관련 API

Paths	method	설 명
/mode	get	동작모드 정보를 조회한다
/config	get	설정정보를 조회한다
/config	put	설정정보를 수정한다

표 10) farmos의 플랫폼관련 API

⑦ p_intro

farmos UI의 인트로화면 API

Paths	method	설 명
/mode	get	동작모드 정보를 조회한다
/config	get	설정정보를 조회한다
/field/{fieldId}/autocontrol	get	자동제어와 관련된 설정정보를 조회한다
/field/{fieldId}/autocontrol	put	자동제어와 관련된 설정정보를 수정한다
/farm/observation	get	농장내 최근 관측정보를 조회한다

표 11) farmos UI의 인트로화면 API

⑧ p_dashboard

farmos UI의 대시보드 화면 API

Paths	method	설 명
/mode	get	동작모드 정보를 조회한다
/config	get	설정정보를 조회한다
/farm/observation	get	농장내 최근 관측정보를 조회한다.
/field	get	농장내 전체 구역정보를 조회한다.
/field/{fieldId}	put	농장내 구역정보를 수정한다
/field/{fieldId}/observation	get	농장내 구역의 최근 관측정보를 조회한다

표 12) farmos UI의 대시보드 화면 API

⑨ p_basic

farmos UI의 기본정보 화면 API

Paths	method	설 명
/mode	get	동작모드 정보를 조회한다
/config	get	설정정보를 조회한다
/farm/graph	put	그래프를 그리기위한 정보를 조회한다
/field	get	농장내 전체 구역정보를 조회한다.
/field/{fieldId}	put	농장내 구역정보를 수정한다
/field/{fieldId}/observation	get	농장내 구역의 최근 관측정보를 조회한다

표 13) farmos UI의 기본정보 화면 API

⑩ p_monitor

farmos UI의 데이터 제어 화면 API

Paths	method	설 명
/mode	get	동작모드 정보를 조회한다
/config	get	설정정보를 조회한다
/farm/graph	put	그래프를 그리기위한 정보를 조회한다
/farm/graph/download	put	그래프 정보를 CSV로 다운로드 받음
/field/{fieldId}/observation	get	농장내 구역의 최근 관측정보를 조회한다
/field/{fieldId}/download/{datestr}	get	지정된 날짜의 백업파일(csv)를 다운로드한다.
/field/{fieldId}/devices	get	구역에 설치된 장비정보를 조회한다

표 14) farmos UI의 데이터 제어 화면 API

⑪ p_auto

farmos UI의 자동제어 화면 API

Paths	method	설 명
/mode	get	동작모드 정보를 조회한다
/config	get	설정정보를 조회한다
/field/{fieldId}/autocontrol	get	자동제어와 관련된 설정을 읽는다.
/field/{fieldId}/observation	put	자동제어와 관련된 설정을 수정한다
/farm/graph	put	그래프를 그리기위한 정보를 조회한다
/field	get	농장내 전체 구역정보를 조회한다.
/field/{fieldId}/tcgraph	put	그래프를 그리기위한 TC 정보를 조회한다
/field/{fieldId}/tcselect/{selecttc}	put	농장 구역의 TC 정보를 조회한다

표 15) farmos UI의 자동제어 화면 API

⑫ p_manual

farmos UI의 수동제어 화면 API

Paths	method	설 명
/mode	get	동작모드 정보를 조회한다
/config	get	설정정보를 조회한다
/field/{fieldId}/autocontrol	get	자동제어와 관련된 설정을 읽는다.
/field/{fieldId}/autocontrol	put	자동제어와 관련된 설정을 수정한다
/field/{fieldId}/motors	put	구역에 설치된 개폐기 정보 조회한다
/field/{fieldId}/switches	get	구역에 설치된 구동기 정보 조회한다
/actuator/{actuatorId}/status	get	구동기 상태정보를 조회한다

표 16) farmos UI의 수동제어 화면 API

⑬ p_mypage

farmos UI의 사용자정보 관리 화면 API

Paths	method	설 명
/mode	get	동작모드 정보를 조회한다
/config	get	설정정보를 조회한다
/user/login	put	사용자 로그인
/user/login/refresh	post	사용자 로그인 정보를 갱신한다
/user/logout/{userid}	get	사용자 로그 아웃
/user	put	사용자 정보를 수정한다

표 17) farmos UI의 사용자정보 관리 화면 API

⑭ p_detail

farmos UI의 고급설정 정보관리 화면 API

Paths	method	설 명
/mode	get	동작모드 정보를 조회한다
/config	get	설정정보를 조회한다
/config	put	설정정보를 수정한다
/farm/graph	put	그래프를 그리기위한 정보를 조회한다
/field/{fieldId}/tcgraph	put	그래프를 그리기위한 TC 정보를 조회한다
/field/{fieldId}/tcselect/{selecttc}	put	농장 구역의 TC 정보를 조회한다
/field/{fieldId}/devices	get	구역에 설치된 장비 정보 조회한다
/field/{fieldId}/deviceproperties	get	구역에 설치된 장비 속성 정보 조회한다
	post	구역에 설치된 장비 속성 정보 수정한다

표 18) farmos UI의 고급설정 정보관리 화면 API

⑤ rule

farmos의 룰을 관리하는 API

Paths	method	설 명
/field/{fieldId}/rule	get	구역에 추가된 룰 리스트를 조회한다
/rule/applied	post	룰을 추가한다
/rule/applied/{ruleId}	get	룰 리스트를 조회한다
	put	룰을 수정한다
	delete	룰을 삭제한다
/rule/timespan/{timespanId}	put	공통 타임스팬 템플릿을 수정한다
/rule/timespan/{timespanId}	delete	공통 타임스팬 템플릿을 삭제한다
/rule/timespan/{timespanId}/field/{fieldId}	get	필드에 속한 타임스팬 아이টে을 조회한다
/rule/timespan	get	타임스팬 리스트를 조회한다
/rule/timespan	post	타임스팬을 추가한다
/rule/template	get	룰 템플릿 리스트를 조회한다
/rule/template	post	룰 템플릿 리스트를 추가한다
/rule/template/{ruleId}	get	룰 템플릿 리스트를 조회한다
	put	룰 템플릿 수정
	delete	룰 템플릿 삭제

표 19) farmos의 룰을 관리하는 API

(다) 데이터 베이스 설계

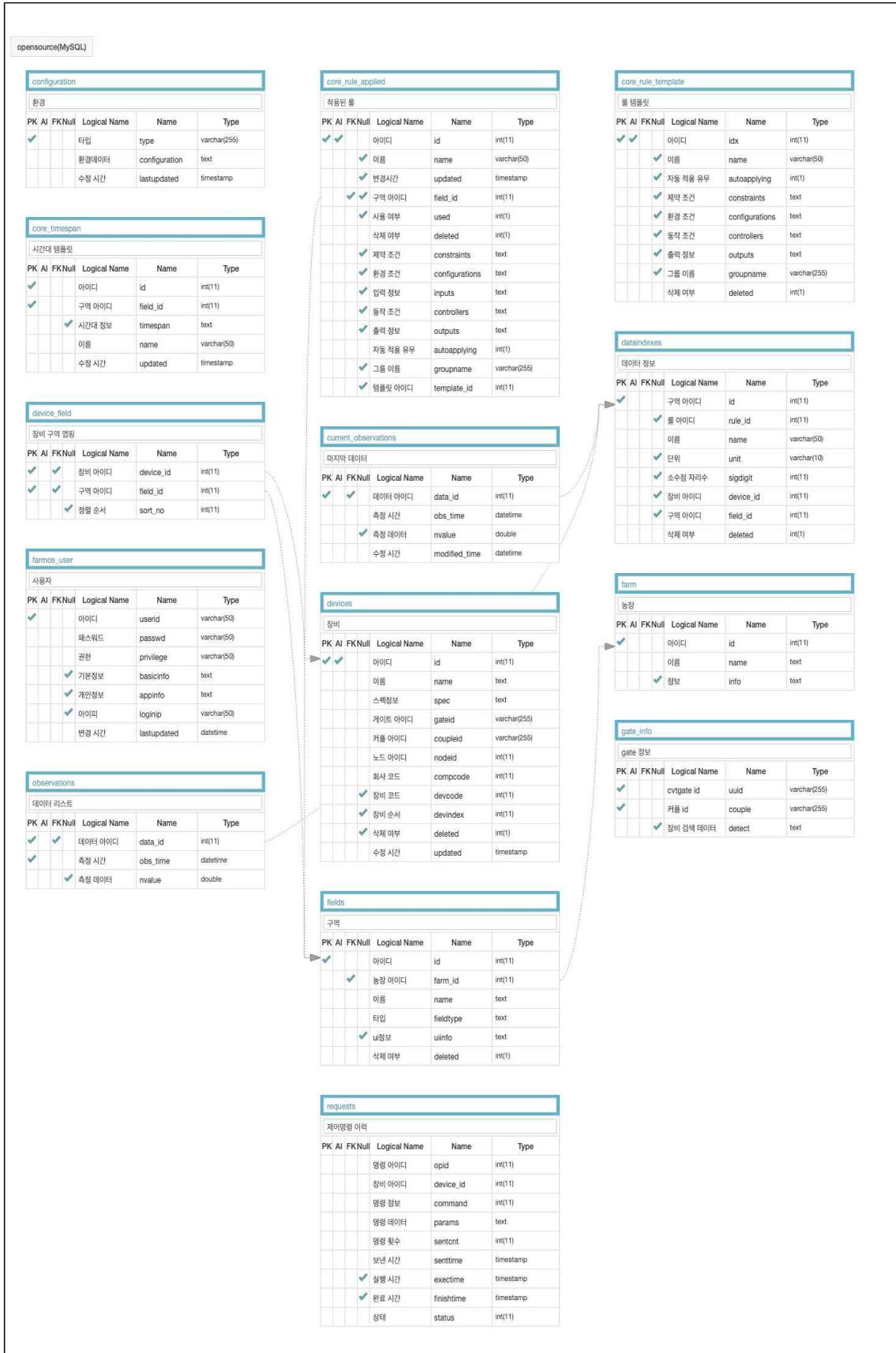


그림 13) 데이터베이스

(4) 사용자 인터페이스 개발

(가) 활용 기술 정립

farmos의 사용자 인터페이스 개발은 API에 사용된 Node.js와 사용자 프론트화면을 위해 Vue.js가 사용되었다. Node.js는 구글 크롬의 자바스크립트 엔진 (V8 Engine)에 기반해 만들어진 서버사이드 플랫폼으로 ① 비동기 I/O 처리/이벤트 위주 ② 빠른 속도 ③ 단일 쓰레드/뛰어난 확장성 ④ 노 버퍼링의 특징을 통해 빠른처리 속도와 함께 MIT 라이선스가 적용되어 오픈소스로 공개될 farmos의 성격과 부합되었으며 또한 그 특징으로 인하여 실시간 데이터 처리에 특화되어있는 기술이다. 사용자 프론트화면 개발에 사용되어진 Vue.js는 웹 페이지 화면을 개발하기 위한 프론트엔드 프레임워크로 ① 낮은 학습러닝커브 ② 가상 DOM을 사용한 빠른 렌더링 속도 ③ 컴포넌트 기반의 개발로 인한 재사용성의 용이함 ④ 다양한 서드파티의 지원 등을 특징으로 한 MVVM 패턴의 기술이다.

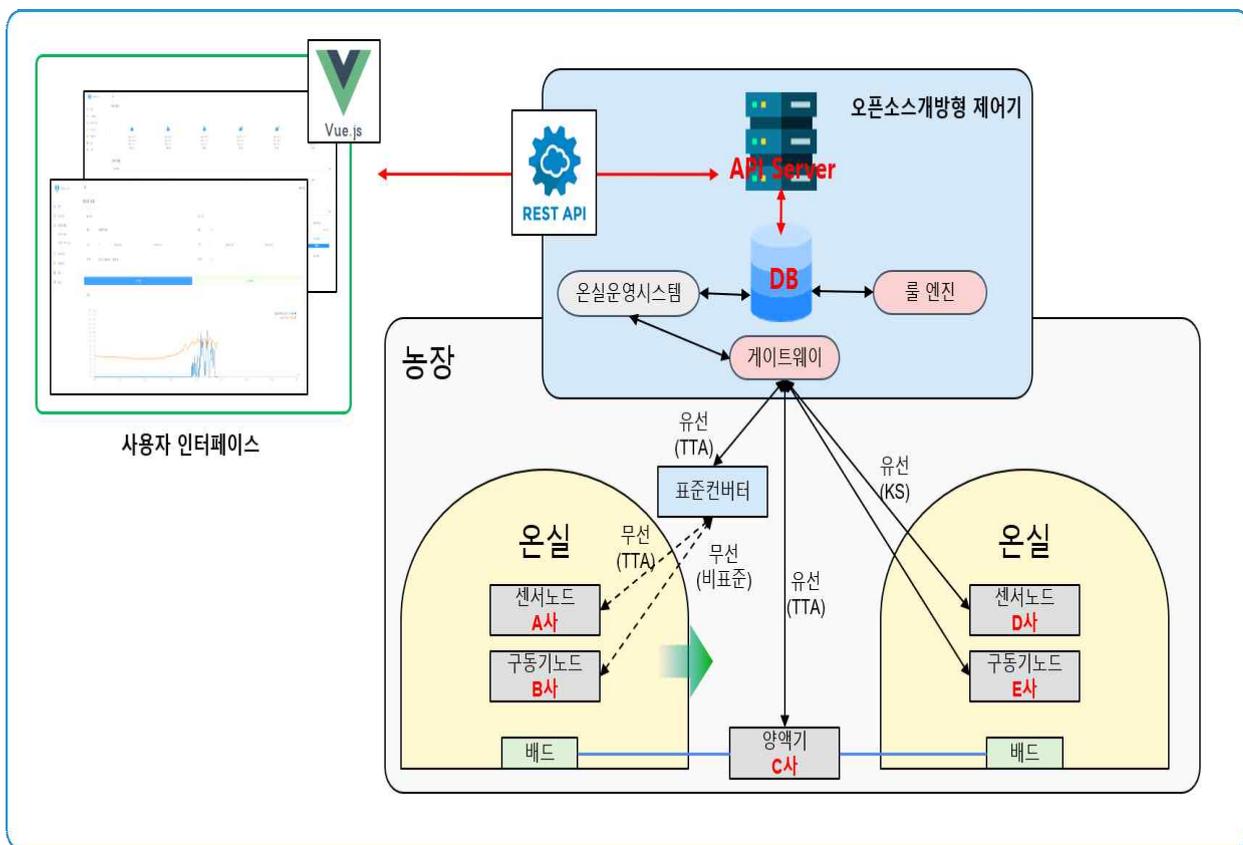


그림 14) 사용자 인터페이스와 오픈소스 개방형 제어기

(나) 사용자 인터페이스 설계

해당 연구과제에서는 선행과제들을 통해 파악된 다양한 사용자들의 요구사항과 현재 연구에 적합한 UI설계를 위하여 다음과 같은 시스템 개선 요구사항을 도출하였다.

① farmos 사용자 인터페이스 관련 요구사항

시스템명		farmos 사용자 인터페이스	
요구사항 분류	요구사항 고유번호	요구사항 명칭	상세 요구사항
성능 요구사항	PER-00 1	성능일반	<ul style="list-style-type: none"> - 온실정보 실시간 디스플레이 - 1분간격으로 온실정보 디스플레이 - 사용자 요청 시간으로부터 5초이내에 제어작동
인터페이스 요구사항	SIR-001	사용자 인터페이스	<ul style="list-style-type: none"> - 온실정보의 전체정보를 사용자가 확인가능 하여야함 - 온실정보 단순 조회 및 비교조회가 가능하여 함 - 온실장비의 제어가 가능하여야하며 제어시 경과 상태를 사용자가 확인 가능하여야함 - 제어장비의 작동률에 대해 사용자 조회 및 설정이 가능하여야함 - farmos에 설치된 장비에 대한 검색이 가능하고 이에 대한 조회, 수정, 삭제가 가능하여야함 - 농장정보, 구역정보 등 온실에 대한 기본정보 조회, 입력수정, 삭제가 가능하여야 함
데이터 요구사항	DAR-00 1	DB 설계	<ul style="list-style-type: none"> - 데이터표준화, 데이터관리, 표준용어를 수용할 수 있도록 DB 설계 - DB 구조의 설계는 업무 처리 절차를 반영하여 유기적으로 구조화하고 향후 업무 변동 및 시스템 확장, 프로그램 보완 등이 용이 하도록 설계하고, 확장할 수 있도록 구성

표 20) farmos 사용자 인터페이스 관련 요구사항

② farmos 사용자 인터페이스 관련 요구사항 추적표

시스템명		farmos 사용자 인터페이스			
요구사항 분류	요구사항 고유번호	요구사항 명칭	설계 / 구축		
			화면ID	화면명	비고
성능 요구사항	PER-00 1	성능일반			<ul style="list-style-type: none"> - mqtt를 이용하여 실시간 온실 정보 디스플레이 - 1분간격으로 데이터 수집
인터페이 스 요구사항	SIR-001	사용자 인터페이 스	FOS-001	메인	- 메인화면으로 농장의 일반적인 정보를 보여준다
			FOS-002	대시보드	- 온실의 여러정보를 보여주며 각 온실별로 조회할 수 있다.
			FOS-003	데이터관리	- 실시간 데이터 조회가 가능하며 온실별 비교 조회가 가능하다
			FOS-004	장비제어	- 사용자가 온실에 설치된 구동기 제어가 가능하여야 하며 각 제어상태에 대한 실시간 정보를 조회할 수 있다.
			FOS-005	작동규칙	- farmos의 장비제어 룰에 대한 정보를 템플릿형식으로 사용자가 사용할 수 있다.
			FOS-006	장비	- 설치된 장비에 대해 자동검색 및 인식이 가능하며 검색된 장비정보에 대한 사용자관리가 가능하다
			FOS-007	설정	- 농장 및 온실에 대한 기본정보 설정 및 룰에 대한 설정이 가능하다
데이터 요구사항	DAR-00 1	DB 설계			farmos 전용 DB설계

표 21) farmos 사용자 인터페이스 관련 요구사항 추적표

③ farmos 사용자 인터페이스 메뉴구조도

도출된 요구사항을 통해 요구사항 추적표를 작성하였으며 이를 통해 다음과 같은 사용자 인터페이스 메뉴구조도를 작성하였다.

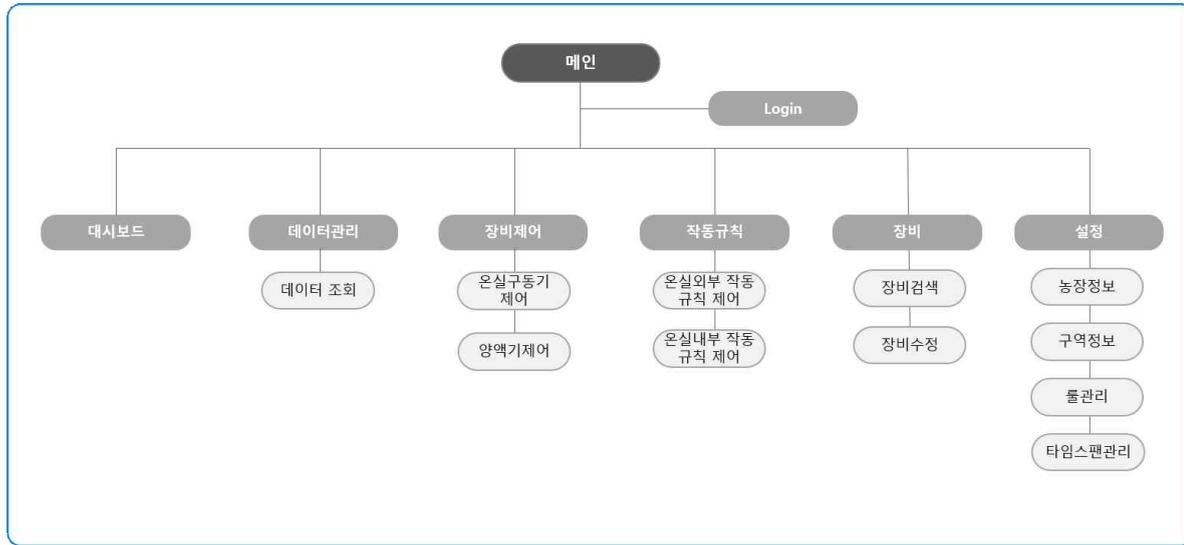


그림 15) farmos 사용자 인터페이스 메뉴구조도

no	menu	code	비고
00	메인		리스트/뷰 페이지
01	대시보드		차트/뷰 페이지
02	데이터관리		
01	데이터 조회	0201	차트 페이지
03	장비제어		
01	온실구동기제어	0301	차트 페이지
02	양액기제어	0302	차트 페이지
04	작동규칙	0301	
01	온실외부 작동규칙 제어		리스트 페이지
02	온실내부 작동규칙 제어		리스트 페이지
05	장비		
01	장비검색	0501	
02	장비수정	0502	트리 페이지
06	설정		
01	농장정보	0601	
02	구역정보	0602	
03	룰관리	0603	
04	타임스팬관리	0604	

표 22) 요구사항 추적표

④ farmos 사용자 인터페이스 Usecase 명세서

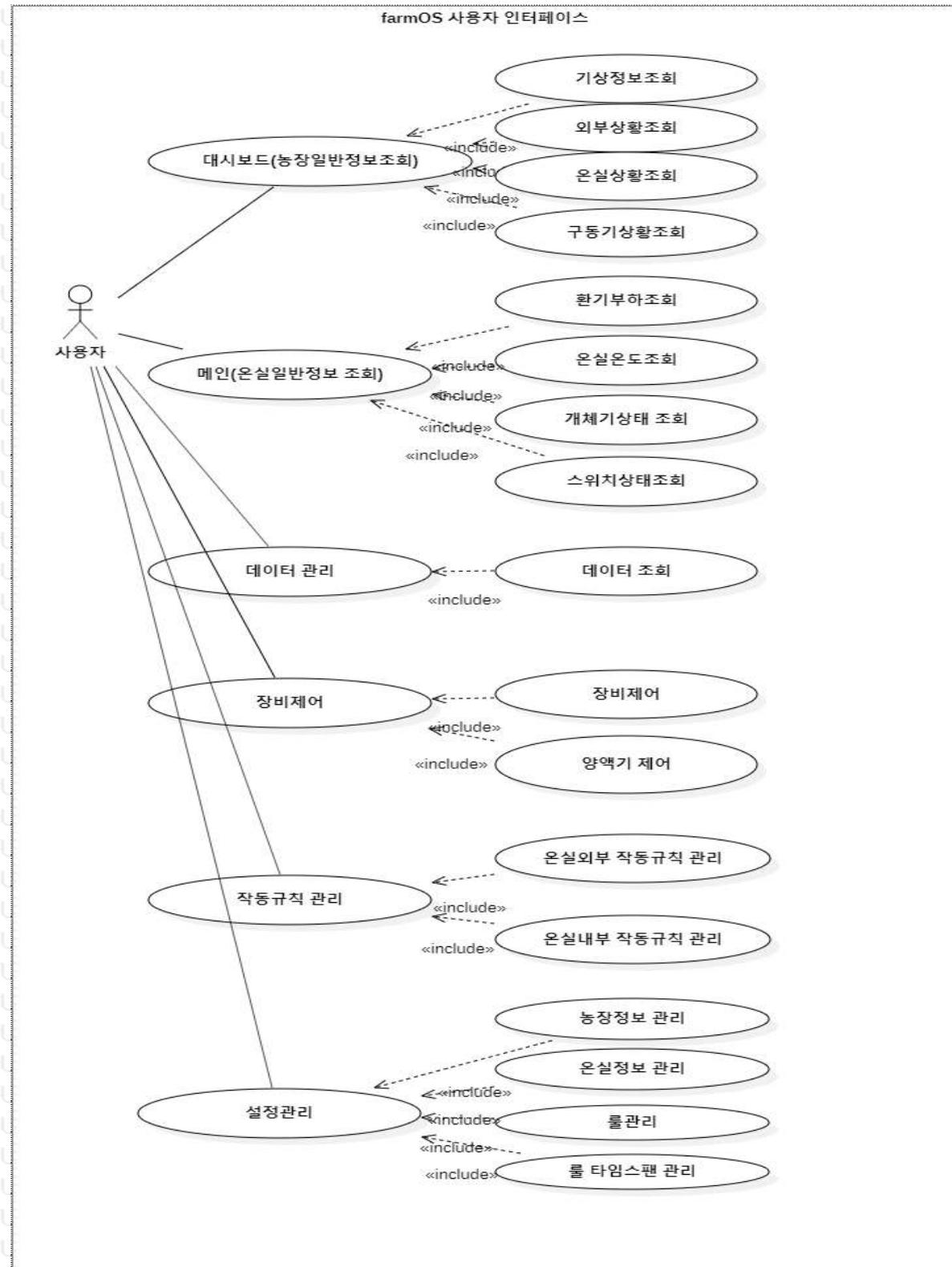
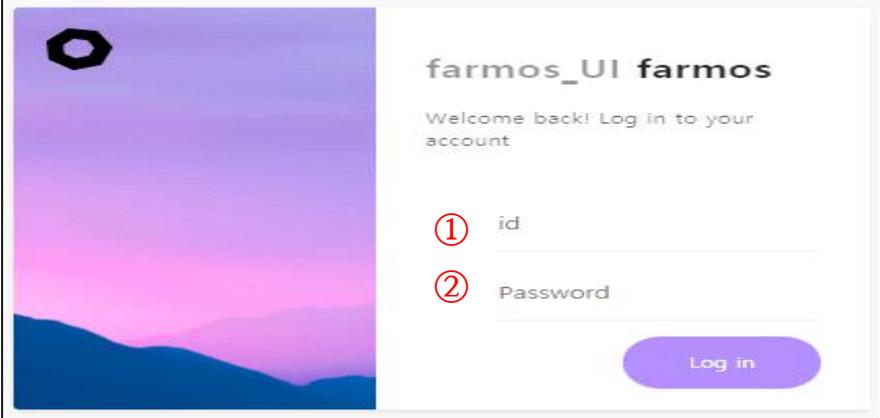


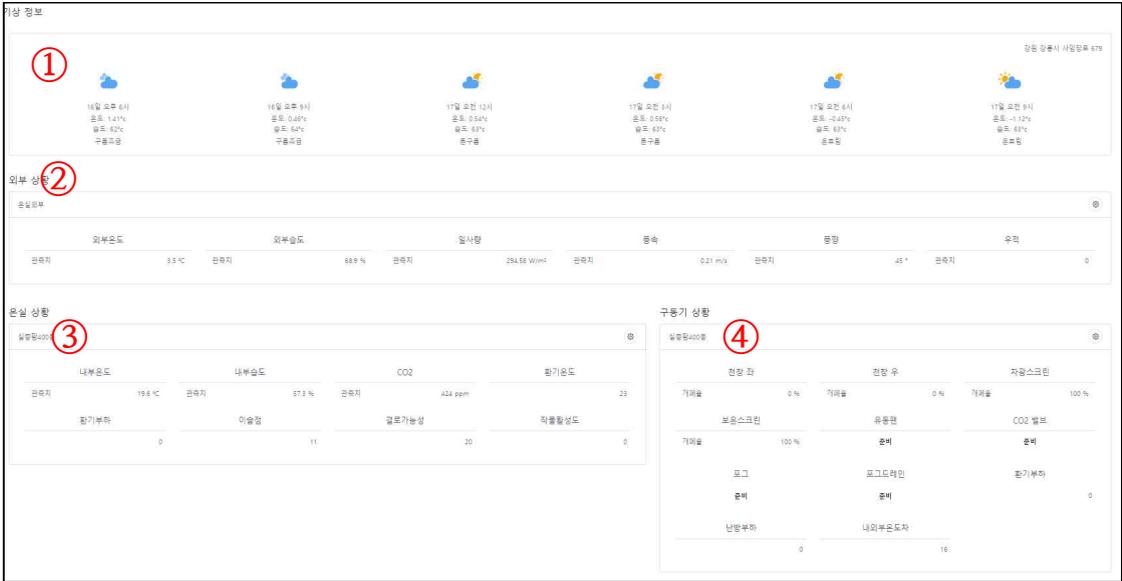
그림 16) farmos 사용자 인터페이스 Usecase 명세서

(다) 사용자 인터페이스 구현

① 로그인 화면

화면명	로그인화면
화면설명	사용자 로그인을 통해 메인화면으로 접근할 수 있다.
	
<p>① : 사용자 아이디 입력, 처음설치시 farmos가 사용자 아이디로 등록된다</p> <p>② : 사용자 비밀번호 입력, 처음설치시 farmosv2@가 사용자 비밀번호로 등록된다</p>	

② 메인화면

화면명	메인화면
화면설명	설치 농장의 기상정보, 외부정보, 구동기정보를 확인할 수 있다.
	
<p>① : 농장의 외부 기상정보를 보여준다</p> <p>② : 농장의 온실 외부정보를 보여준다</p> <p>③ : 농장의 온실 내부정보를 보여준다</p> <p>④ : 농장온실의 구동기 정보를 보여준다</p>	

③ 대시보드화면

화면명	대시보드화면
화면설명	각 온실에 설치된 센서, 구동기 정보를 1분단위로 확인할 수 있다.

① : 농장의 외부 기상정보를 보여준다
 ② : 농장의 온실 외부정보를 보여준다
 ③ : 농장의 온실 내부정보를 보여준다
 ④ : 농장온실의 구동기 정보를 보여준다

④ 데이터관리

㉠ 데이터 조회

화면명	데이터 조회화면
화면설명	온실의 데이터를 온실별로 비교 조회할수 있으며 조회정보를 csv로 다운받을 수 있다

① : 데이터 조회조건을 입력할 수 있다.
 ② : 데이터 비교 조회조건을 입력할 수 있다
 ③ : 조회결과를 그래프로 확인할 수 있다.
 ④ : 조회된 데이터를 csv로 다운로드 받을 수 있다.

- ⑤ 장비제어
- ⑦ 온실장비 제어

화면명	온실장비 제어화면
화면설명	장비종류에 따른 다양한 제어 및 제어 상황을 확인할 수 있다.
<p>① : 장비를 제어할 수 있다. 장비의 종류에 따라 제어입력형태가 각기 다르게 나타난다</p> <p>② : 제어한 장비의 상황을 실시간으로 확인할 수 있다.</p>	

㉞ 양액기 제어

화면명	양액기 제어화면
화면설명	농장에 설치한 양액기를 제어할 수 있다.
<p>① : 양액기 제어부분으로 양액기 종류에 따라 2가지 형태로 제어가 가능하다</p> <p>② : 제어한 양액기의 상황을 실시간으로 확인할 수 있다.</p>	

⑥ 작동규칙

㉠ 온실외부 작동규칙 제어

화면명	온실외부 작동규칙 제어 화면
화면설명	farmos에 있는 센서와 구동기 작동규칙을 관리할 수 있다.

① : 클릭시 새로운 작동규칙을 추가할 수 있다

② : 현재 사용하고 있는 작동규칙을 리스트로 보여주며 관리할 수 있다.

③ : 작동규칙에 대한 정보를 보여준다

㉡ 온실내부 작동규칙 제어

화면명	온실내부 작동규칙 제어 화면
화면설명	farmos 메인화면으로 설치 농장의 기본정보를 확인할 수 있다.

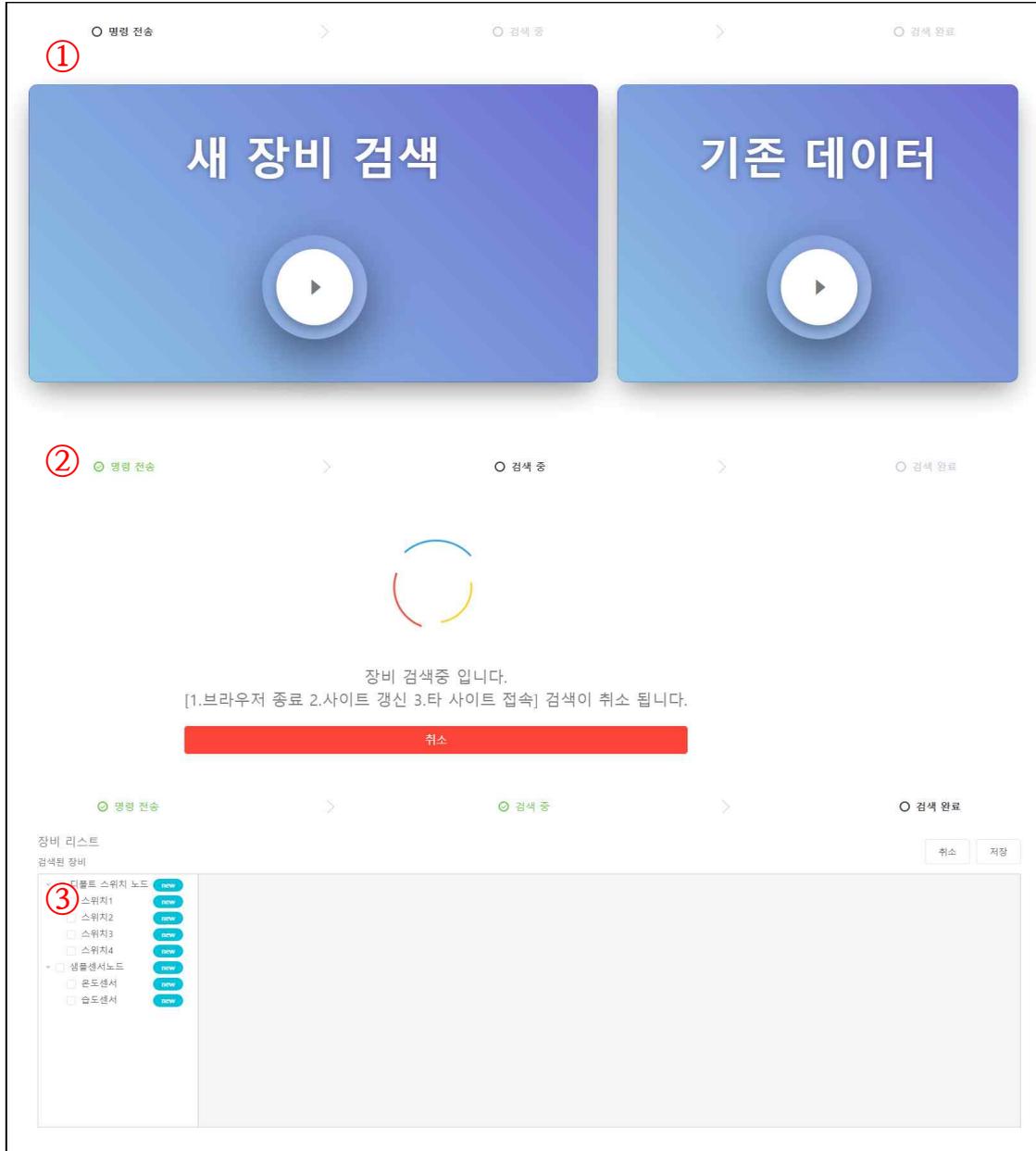
① : 클릭시 새로운 작동규칙을 추가할 수 있다

② : 현재 사용하고 있는 작동규칙을 리스트로 보여주며 관리할 수 있다.

③ : 작동규칙에 대한 정보를 보여준다

- ⑦ 장비
- ㉠ 장비검색

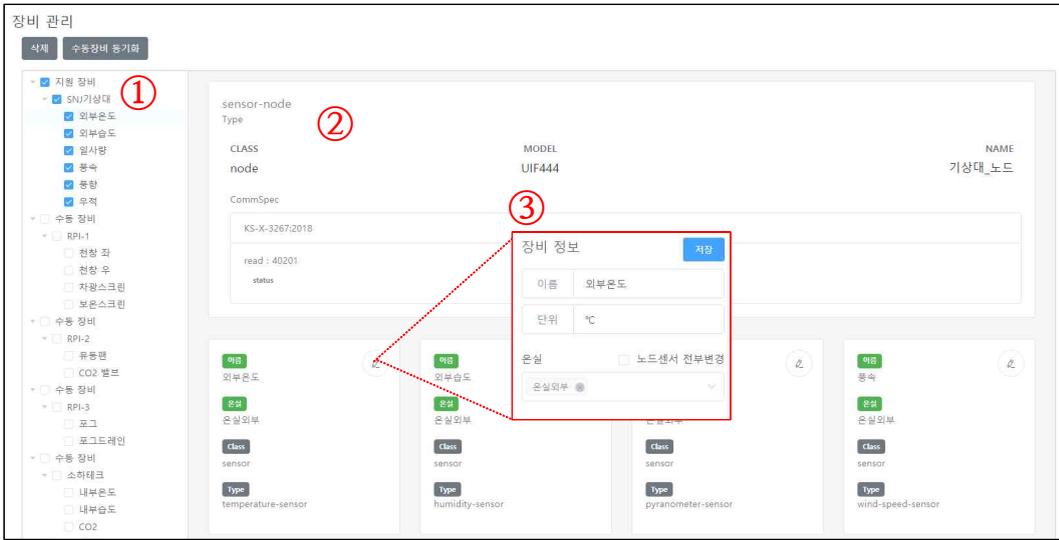
화면명	메인화면
화면설명	farmos와 연결된 장비를 검색할 수 있다.



- ① : '새장비 검색' 클릭시 장비를 검색합니다. '기존 데이터' 클릭시에는 마지막으로 검색한 장비 데이터를 화면에 보여준다
- ② : 장비검색중에 표시되는 로딩이미지
- ③ : 검색된 장비 디스플레이 화면으로 원하는 장비 선택시 상세정보가 나타난다

㉞ 장비수정

화면명	장비수정 화면
화면설명	검색된 장비를 수정할 수 있다.

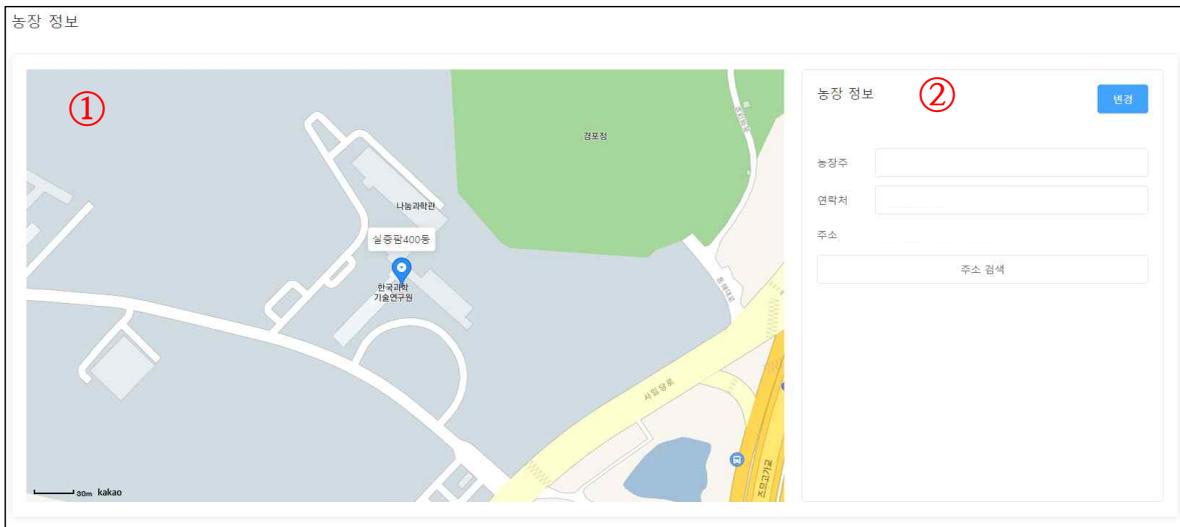


- ① : 장비리스트로 장비를 선택할 수 있다.
- ② : 선택된 장비정보를 보여준다
- ③ : 수정버튼 클릭시 선택된 장비를 수정할 수 있다.

⑧ 설정

㉟ 농장정보

화면명	농장정보 설정화면
화면설명	농장정보를 설정할 수 있다.



- ① : 농장의 위치를 지도에서 보여준다
- ② : 농장정보를 보여주고 수정할 수 있다.

㉠ 구역정보

화면명	구역정보 설정 화면
화면설명	농장의 구역정보를 설정할 수 있다.

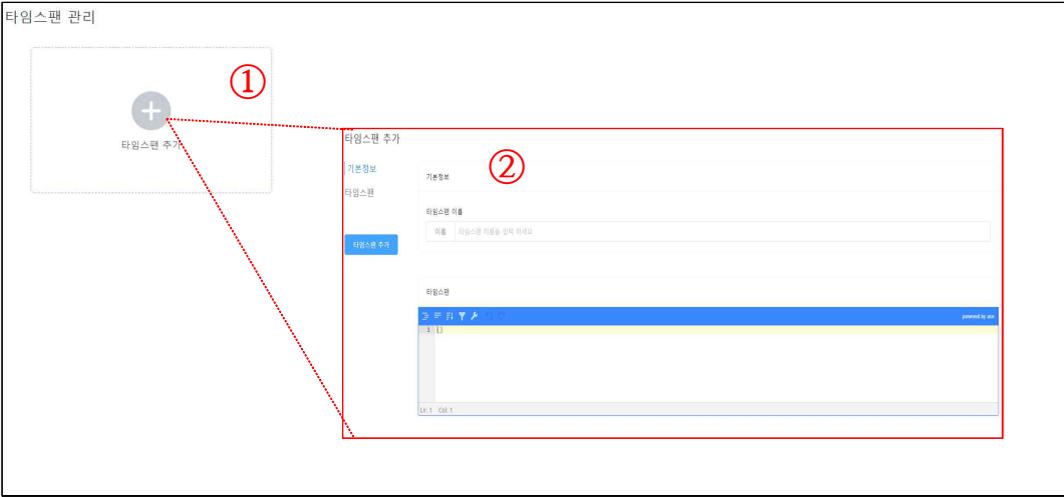
① : 설정한 구역정보를 보여준다
 ② : 클릭시 새로운 농장 구역을 설정할 수 있다
 ③ : 농장구역 설정창으로 구역에 대한 정보를 입력할 수 있다.

㉡ 물관리

화면명	물관리 화면
화면설명	farmos의 물을 설정할 수 있다.

① : 설정한 물 정보를 보여준다
 ② : 클릭시 새로운 물정보를 설정할 수 있다
 ③ : 물 설정창으로 물에 대한 정보를 입력할 수 있다.

㉔ 타임스팬 관리

<p>화면명</p>	<p>타임스팬 설정화면</p>
<p>화면설명</p>	<p>farmos 룰에 대한 타임스팬 정보를 설정할 수 있다.</p>
	
<p>① : 클릭시 새로운 룰 타임스팬 정보를 설정할 수 있다</p> <p>③ : 타임스팬 설정 창으로 룰의 타임스팬정보를 입력할 수 있다.</p>	

나) 서울대학교

(1) 룰 엔진의 설계

룰이란 데이터를 이용하여 이상 여부를 확인하거나 예측값을 계산하거나 제어명령을 생성하는 기준을 의미한다. fcore는 이 룰을 사용하여 위의 일들을 수행하는 역할을 하는 프로세스이다.

룰을 만들고 활용하기 위해서는 다음의 7가지가 정리되어야 한다.

- basic info: 룰을 적용하는데 필요한 정보는 아니지만 룰의 이름, 룰이 속한 그룹등의 정보를 정의한다.
- constraints : 룰을 적용하기 위해서 필요한 조건이다. 이 조건이 만족될때만 룰을 적용할 수 있다.
예를 들어 창을 제어하는 룰인데, 창이 없다면 적용할 의미가 없다.
- configurations : 사용자가 룰에 입력하는 설정이다. 계산에 필요한 상수를 입력받을 수 있어야 한다.
- timespan : 룰 적용 시간대를 의미한다. 룰은 특정시간대에 따라 다르게 적용될 수 있다.
- inputs : 룰 처리에 필요한 입력이다. 실제로는 데이터 아이디와 맵핑된다.
- controller : 실제로 처리를 수행할 내용에 해당한다. 처리는 트리거와 프로세서로 나뉘어 지는데, 아래에서 자세히 다룬다.
- outputs : 룰 처리의 결과물이다. 룰 처리의 결과물은 새로운 데이터(지표, 예측값 등)와 이벤트, 제어명령으로 구분할 수 있다. 새로운 데이터와 이벤트는 데이터 아이디와 맵핑되고, 제어명령은 별도의 명령 전달 처리를 가진다.

이를 정리하면 룰은 특정한 조건을 만족하면 적용이 가능하며, 적용된 룰은 일정주기로 데이터를 읽어, 처리를 수행하고, 결과물을 저장하거나 전달한다. 룰의 적용, 중지, 제거 등의 관리는 UI 를 통해 이루어지며, 룰의 처리는 fcore에서 담당한다.

fcore는 farmos의 실시간 룰엔진으로 수집된 센서데이터를 바탕으로 명령을 생성하거나 새로운 데이터를 생성하는 일을 담당한다. (실시간 룰엔진이라고 썼지만 이벤트 기반 엔진은 아니고 비교적 짧은 시간에 작동하는 배치 엔진이라고 볼 수 있다. 작동주기는 룰별로 설정이 가능하다.) fcore는 다음과 같은 구조를 갖는다.

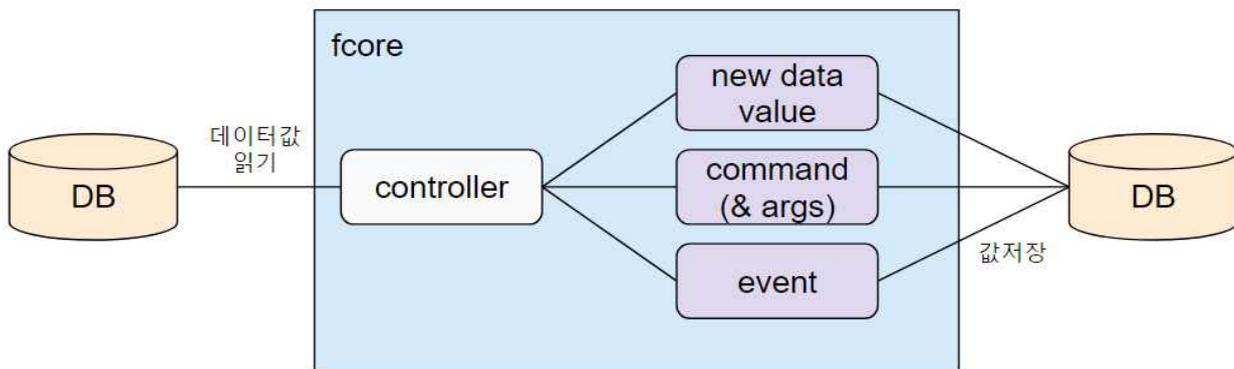


그림 17) fcore 구조

룰에 대한 더 구체적인 자료는 별첨 문서를 참고한다.

(2) 룰 템플릿의 설계

fcore를 이해하기 위해서는 룰과 룰 템플릿을 구분할 수 있어야 한다. 간단히 말하면 룰 템플릿은 룰의 틀에 해당한다.

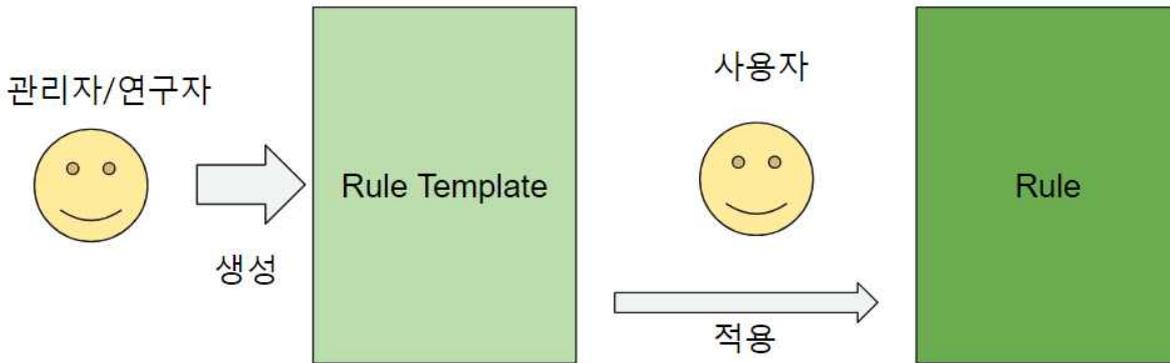


그림 18) 룰 템플릿과 룰

farmos에는 장비를 플러그앤플레이 방식으로 연결할 수 있기 때문에 위와 같은 상황이 발생할 수 있다. (기존 스마트팜에는 정해진 장비만 들어가기 때문에 유연한 룰을 지원할 필요가 없다.)

룰 템플릿은 연구자 혹은 개발자가 작성하는 룰이라고 생각할 수 있다. 어떤 종류의 센서가 필요한지를 결정하고 어떻게 계산할지를 정하는 방식으로 작성한다. 룰 템플릿 작성은 룰의 작동방식을 정확히 이해하고, json과 간단한 프로그램 작성 능력이 필요하다.

사용자 혹은 관리자는 룰 템플릿을 사용하여 룰을 생성한다. 필요한 센서를 적용하면 룰 생성이 완료된다. 룰을 적용할때는 설치된 센서의 정확한 명칭만 알면 특별한 지식없이 처리가 가능하다.

다음은 내외부온도차를 구하는 룰 템플릿의 예시이다.

○ Constraints (제약조건) : 어떤 장비가 필요한지를 결정한다.

룰 템플릿에서는 Constraints가 중요하다. (룰이 적용되는 시점에 Inputs가 자동으로 설정되기 때문에 템플릿에서는 Inputs를 다룰 필요가 없다.) 내외부온도차를 구하기 위해서는 내부 온도 센서와 외부 온도 센서가 필요하다. 아래의 예는 본 룰에서 온도센서를 2개 사용해야 한다는 사실을 지정한다.

```
{
  "target": "field",
  "devices": [
    {
      "class": "sensor",
      "type": "temperature-sensor",
      "desc": "내부온도센서를 선택해주세요.",
      "inputs": {
        "key": "#intemp",
        "codes": [
```

```

    0,
    1
  ]
},
"name": "내부온도센서"
},
{
  "class": "sensor",
  "type": "temperature-sensor",
  "desc": "외부온도센서를 선택해주세요.",
  "inputs": {
    "key": "#outtemp",
    "codes": [
      0,
      1
    ]
  },
  "name": "외부온도센서"
}
]
}

```

여기서 inputs 파트가 중요하다. inputs는 특정 온도센서가 선택되었을때 해당 센서의 정보를 입력으로 사용하기 위한 정보를 다룬다. 여기서는 사용자가 어떤 내부온도센서를 선택하면 해당 센서의 정보가 intemp라는 변수명에 저장된다는 의미가 된다.

○ Configuration (설정) : 물을 작동시킬때 필요한 사용자 입력값이다.

내외부온도차를 구하기 위해서 별도의 사용자 입력은 필요하지 않다. 만약 이동평균을 구하기 위한 물이었다면 몇 개의 데이터로 이동평균을 구할지 등의 설정이 필요할 수 있다. 다만, 물의 우선순위와 작동주기는 항상 포함되어야 한다.

```

{
  "basic": [],
  "advanced": [
    {
      "key": "priority",
      "name": "우선순위",
      "value": 2,
      "minmax": [
        0,
        5
      ],
      "description": "물의 우선순위"
    },
    {
      "key": "period",
      "name": "기간",
      "value": 180,
      "description": "물의 작동주기"
    }
  ],
  "timespan": {

```

```
"id": 0,
"used": [
  true
]
}
}
```

○ TimeSpan (시간대) : 룰이 사용할 시간대를 지정한다.
내외부온도차는 특정한 시간대에 구애받을 필요없이 동작하면 된다. 따라서 시간대 id를 0으로 설정한다. 룰의 샘플은 Configuration의 샘플 하단을 참고한다.

○ Inputs (입력) : 룰 템플릿에서는 별도로 다룰 필요가 없다. (사용자가 장비를 선택하는 시점에서 자동으로 설정된다.)

○ Controllers (컨트롤러) : 실제 계산을 수행할 방법을 지정한다.
컨트롤러는 트리거와 프로세서로 나눌 수 있다. 트리거는 프로세서를 작동시켜도 되는지를 평가한다. 간단한 예를 들면 온도센서가 고장이라면 굳이 내외부온도차를 계산하지 않아도 된다. 트리거와 프로세서는 동일한 구조의 컨트롤러를 사용하는데, 다양한 모드의 컨트롤러가 존재하지만 여기서는 eq모드에 대해서 다룬다. eq모드는 정해진 수식을 평가하는 방식으로 동작한다.

```
{
  "trigger": {
    "type": "eq",
    "eq": "intemp0 == 0 and outtemp0 == 0"
  },
  "processors": [
    {
      "type": "eq",
      "eq": "intemp1 - outtemp1",
      "outputs": [
        "#inoutdiff"
      ]
    }
  ]
}
```

트리거의 모드(타입)은 eq이고, 사용할 수식(eq)는 “intemp0 == 0 and outtemp0 == 0”이다. 여기서 intemp0은 내부온도센서의 상태이고, outtemp0은 외부온도센서의 상태인데, 둘 다 정상(0)이라면 트리거가 참이된다.

프로세서는 여러개 설정될 수 있는데, 여기서는 한개만 설정되어 있다. 프로세서의 모드(타입) 역시 eq이고, 사용할 수식(eq)는 “intemp1 - outtemp1”이다. 즉 내부온도센서의 관측치에서 외부온도센서의 관측치를 뺀 값이 된다. 이 값은 inoutdiff 라는 변수에 저장된다.

○ Outputs (출력) : 룰의 실행된 결과를 다룬다.

룰의 실행결과는 명령이거나 데이터가 된다. 여기서 내외부온도차만 계산한 것이므로 이 경우 룰의 실행 결과는 데이터가 된다. 아래의 예시는 해당 데이터에 대한 정보를 다룬다.

```
{
  "data": [
    {
      "name": "내외부온도차",
      "outputs": "#inoutdiff",
      "outcode": 21,
      "unit": "C"
    }
  ]
}
```

최종적으로 계산된 inoutdiff는 farmos의 디비에 내외부온도차라는 이름으로 단위는 °C로 저장되게 된다.

(3) 룰 엔진 모듈의 개발

룰 엔진(fcore)는 디비에 저장된 데이터를 읽어서, 정해진 룰에 따라 처리를 하는 프로그램이다. 룰 엔진은 4개의 Manager로 구성이 된다.

RuleManager : 룰을 관리하는 매니저로, 룰의 업데이트 상황을 확인하고, 실제로 계산을 수행하는 프로세서를 관리한다.

DataManager : 디비에서 데이터를 읽어오거나 업데이트된 데이터를 기록하는 역할을 담당한다.

DeviceManager : 장비를 관리하는 역할을 담당하는데, 주로 제어물에서 제어명령이 나오는 경우를 처리한다.

TimeSpanManager : 시간대를 관리하는 역할을 담당한다. 온실은 보통 일출일몰시를 기준으로 하루를 4-6 구간으로 나눠서 관리하는데, TimeSpanManager가 이 시간의 구간을 관리하게 된다.

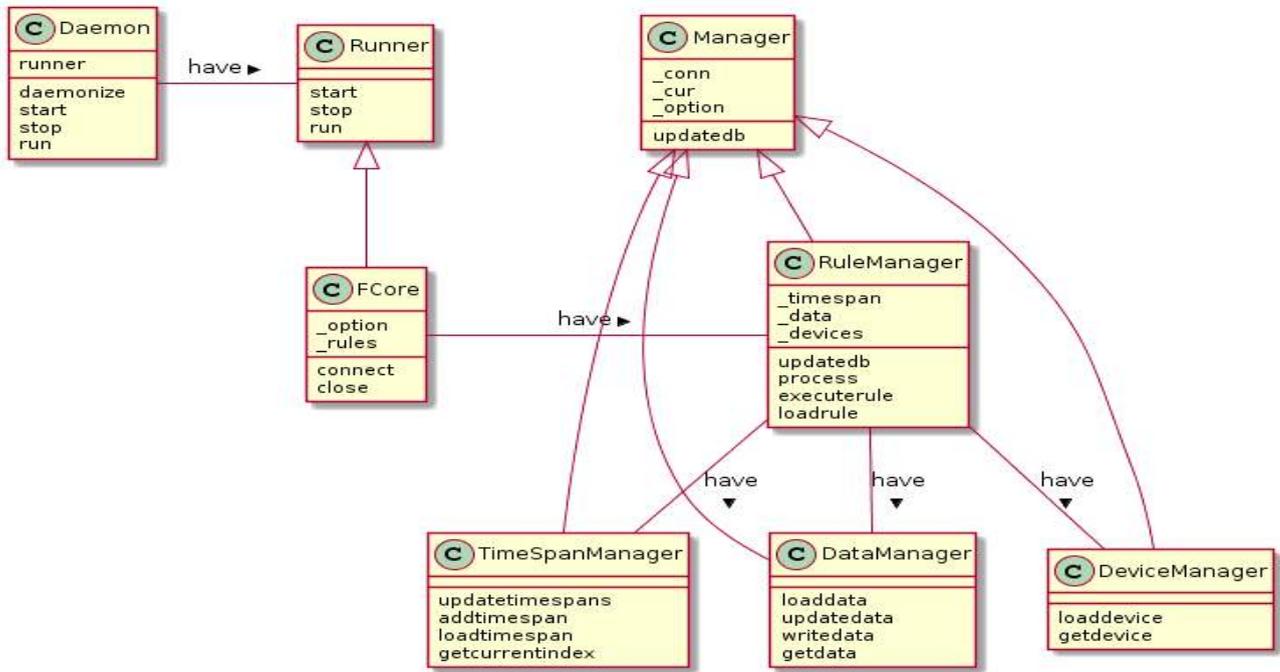


그림 19) 룰 엔진 manager 구조

(4) 개방형 제어기의 선 탑재를 개발

개방형 제어기의 모든 소스가 공개되는 것처럼 개방형 제어기에서 사용되는 룰도 공개되어야 한다. 개방형 제어기에서 사용될 룰은 다음과 같이 정리되었다.

- 내외부온도차 : 온실 내부와 외부의 온도차를 계산한다
- 작물정식 : 작물 정식일로부터 지난 날짜를 계산한다.
- 수분부족분 : 작물의 수분부족분(HD)를 계산한다.
- 온실온도가이드 : 사용자 설정에 의한 온실 온도 범위 값을 분단위로 계산한다.
- 풍상풍하 : 온실을 기준으로 바람의 방향을 계산한다.
- 누적일사 : 1일 동안의 누적 일사량을 계산한다.
- 이슬점추정 : 온도와 습도를 통해 이슬점을 추정한다.
- 이동평균 : 센서의 센싱값을 이용해 이동평균값을 구한다.
- 지수가중이동평균 : 센서의 센싱값을 이용해 지수가중이동평균값을 구한다.
- 환기부하 : 환기가 필요한 정도를 100으로 나타내는 환기부하를 계산한다.
- 난방부하 : 난방이 필요한 정도를 100으로 나타내는 난방부하를 계산한다.
- 유동팬제어 : 유동팬을 제어한다.
- 기본환기제어 : PD밴드 기반의 기본 환기제어를 수행한다.
- 환기부하창제어 : 환기부하값을 기반으로 창 제어를 수행한다.
- 차광커튼제어 : 일사량을 기반으로 차광커튼을 제어한다.
- 보온커튼제어 : 보온커튼을 제어한다.

위와 같이 16개의 룰이 개발되어 기본적으로 탑재되어있으며, 룰에 적절한 장치가 설치되면 해당 룰을 적용하여 사용할 수 있게 된다.

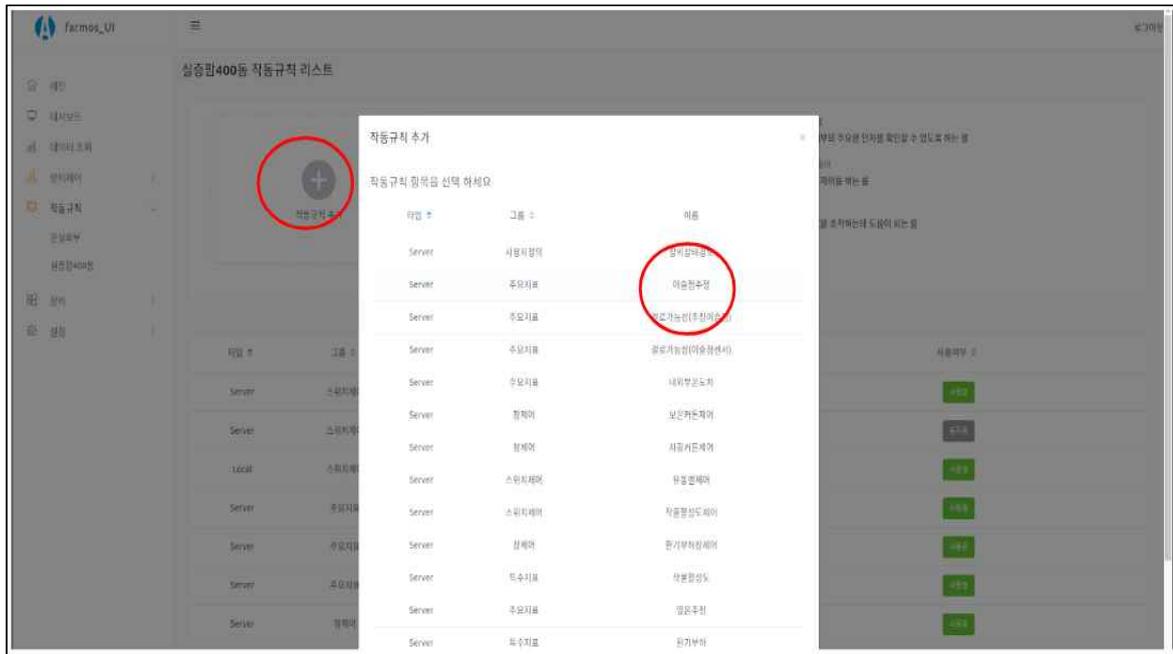


그림 20) 기본 룰 UI

(5) 권취식 측창 개폐 신뢰성 평가

(가) 개요

2018년 기준 우리나라 시설채소 재배면적은 51,226ha이며, 이중 99.32%가 비닐하우스(50,876ha)이고, 단동형 비닐하우스가 43,617ha로 비닐하우스의 85.73%를 차지한다 (농림축산부, 2019). 온실 내의 환기는 내부 기온을 작물의 생육 온도로 저하시키는 고온 억제를 위하여 실시하는 방법이다 (김용현 등 7명, 2003). 시설재배에 있어서 환기법에는 풍압력 및 실내외 기온 차를 이용하는 자연환기와 환기팬 등의 기계적인 장치를 이용하는 강제 환기법이 있는데, 온실의 구조나 경제성을 고려하여, 대부분 자연환기에 의존하고 있다 (여경환 등 7명, 2016). 자연환기를 실행하는 방법으로는 천창을 여닫는 랙앤피니언 방식과 측창을 여닫는 권취식 방법 등이 있다. 단동 비닐하우스의 경우 천창의 설치가 어려운 구조로 되어 있어서 대부분 측창만을 설치하여 운영하고 있다 (남상운 등 2명, 2011).

비닐하우스의 온도 조절을 위해 널리 사용되는 권취기를 이용한 측창개폐의 신뢰성을 평가하기 위해 실험을 진행하였다.

(나) 장치 구성

장치를 위한 개념적 설계는 아래 그림 21과 같이 구성하였다. 아두이노에 연결된 릴레이에 신호가 가면 변압기를 거친 전류가 권취기를 작동시키게 되고, 거리센서를 통해 거리 데이터를 받아 컴퓨터에 저장하는 방식으로 구성하였다.

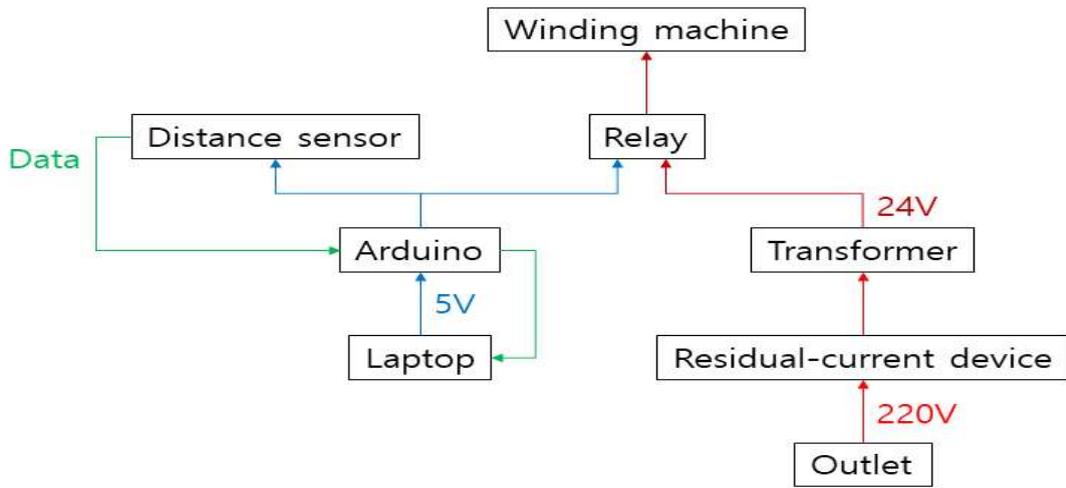


그림 21) Device arrangements

장치에 사용된 하드웨어는 아래 표 23와 같다.

Device	Description
	WOOSUNG HITEC CO.,LTD., Winding-Machine (WSM-4035, Korea)
	ARDUINO®, Micro Controller (ARDUINO UNO REV3, USA)
	Benewake (Beijing) Co., Ltd., LiDAR Module (SJ-PM-TFmini-T-01_A03, China)
	Hongfa Electroacoustic Co.,Ltd., Relay Module (JQC-3FF-S-Z_2-Channel, China)
	Bumhan Industries Co., Ltd., Wind Transformers (DHBD-DH24, Korea)
	LSIS Co., Ltd., Residual Current Circuit Breaker (32GRHD-K-D32A-30MA-2P2E, Korea)

표 23) Device Descriptions

장치의 외관은 아래 그림 22과 같은 형태이며 장치 내부는 아래 그림 23와 같다.



그림 22) Device exterior

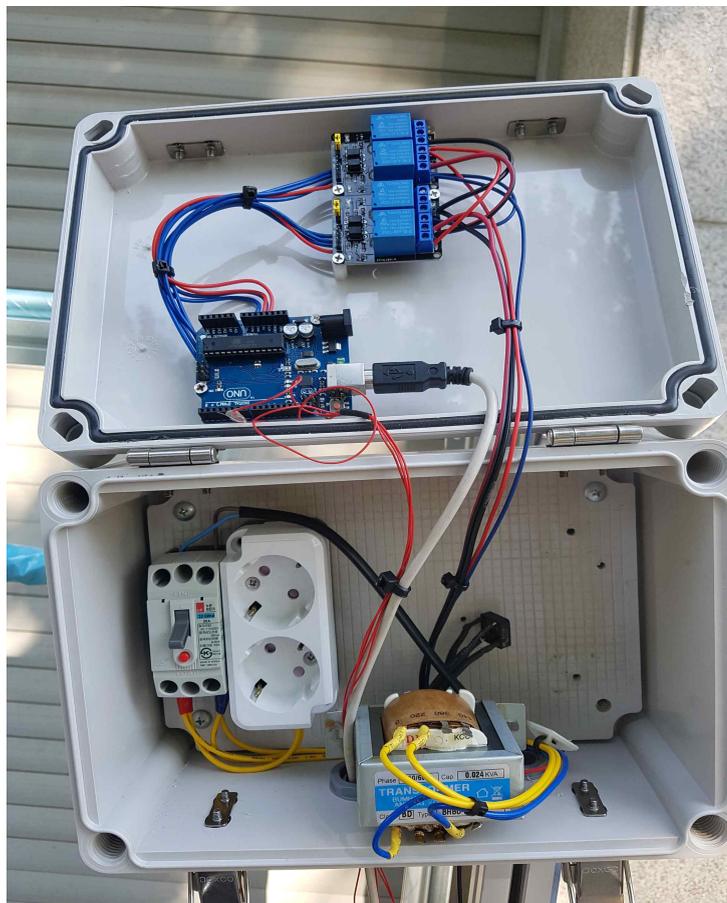


그림 23) Device interior

(다) 실험결과

비닐하우스의 측면을 완전히 열거나 닫을 때 걸리는 시간을 측정하여 6개의 일정한 간격으로 나눈 시간간격을 권취기의 가동시간으로 하여 측정한 위치와 예상한 위치의 차이를 비교하였다.

그 결과 아래 표 24와 그림 24와 같이 시간간격이 짧을수록 오차가 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

State	Variables	100%	50%	20%	10%	5%	3%
Closing	Mean	0	1.06	2.24	2.54	2.90	3.33
	Std. dev	0	0.18	0.20	0.16	0.23	0.27
Opening	Mean	0	0.78	1.30	1.71	1.77	1.94
	Std. dev	0	0.14	0.16	0.17	0.18	0.18

표 24) Mean and standard deviation of difference of measured and calculated data of closing and opening side window in green house

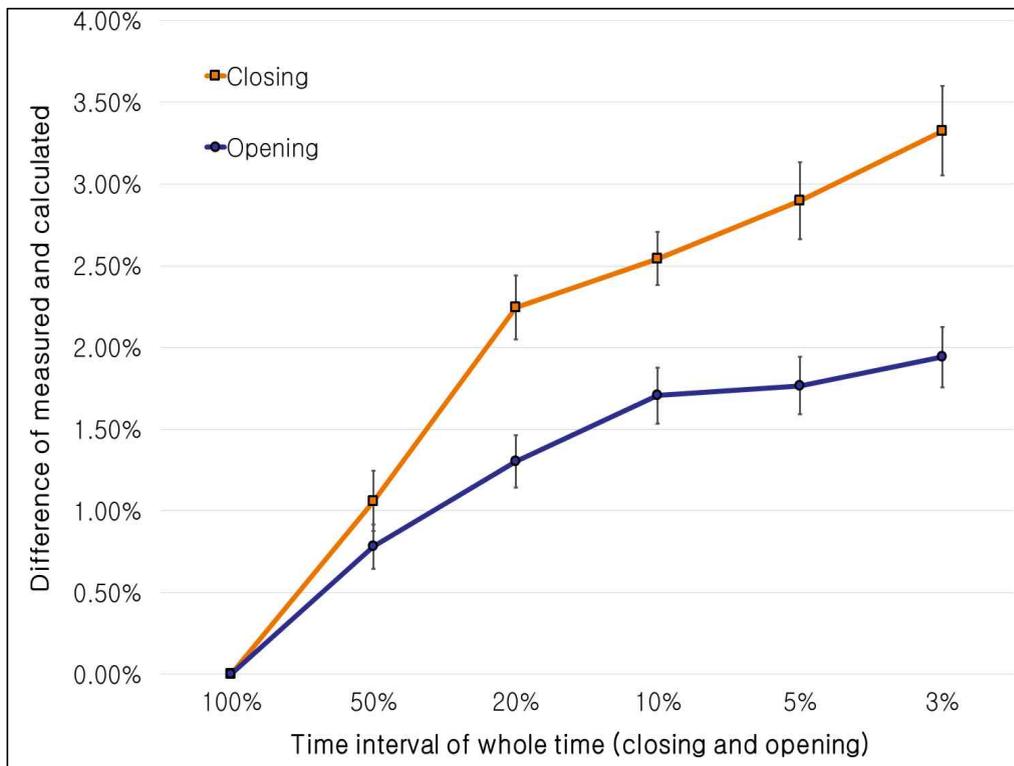


그림 24) Mean and standard deviation of difference of measured and calculated data of closing and opening side window in green house

시간간격이 짧을수록 동작하는 횟수가 증가하여 오차들이 쌓이면서 차이가 커지는 것으로 추정되었다. 거리센서나 회전 속도계 등을 이용하여 위치를 추정하여 보정하는 방식으로 보완할 수 있을 것으로 보인다.

다) 한국전자통신 연구원

(1) 표준 현황 분석

(가) 기 개발 제품의 기능 분석

본 과제에서 온실통합제어기와 양액기노드간 연동 표준을 개발하기 앞서 이미 제품으로 출시된 양액기의 기능을 비교 분석하였다. 아래 표 25은 국내에 출시된 5개의 제품에 대한 센서 상태정보에 대한 기능 비교표이다.

			A사	B사	C사	D사	E사
센서상태 정보	유량계		○	○		○	○
	광센서			○		○	
	EC센서	배지EC					
		급액/배관 EC	○	○	○	○	○
		퇴수EC			○		
	PH센서	배지PH					
		급액/배관 PH	○	○	○	○	○
		퇴수PH			○		
	압력계			○			
	함수율센서		○				○
	일사량		○		○		○
	온도	배지온도	○		○		○
		배액온도					
		실내온도					
	습도	실내습도	○				○
	이슬점						○
	엽온						○
	CO2						○
	수위센서						○

표 25) 업체별 양액기의 센서 상태정보 비교표

아래 표 26은 국내에 출시된 5개의 제품에서 제공하는 기능을 비교 분석한 내용이다.

				A사	B사	C사	D사	E사
공통기능	구역설정			○	○	○	○	○
	긴급관수 정지						○	
	경보설정	TBD		○	○		○	
제어기능	양액설정	EC 설정		○	○	○	○	○
		PH 설정		○	○	○	○	○
		EC 속도		○				
		관수량 설정(L)		○	○			○
		유량 설정(L/s)			○			
		압력 설정				○		
	관수설정	시간대별 관수	주기관수	○	○	○	○	○
			시간관수	○	○	○	○	○
			간격관수	○	○	○	○	○
			1회 관수	○	○	○	○	○
		일사별 관수	일사누적속도 관수	○				
			광량적산관수		○			
			일사비례관수	○			○	○
			일사비례원수				○	
			일출/일몰 관수	○				○
		배지상태별 관수	수분관수	○	○		○	○
		유량별 관수	유량계 단위 관수		○		○	

표 26) 업체별 양액기의 제어 기능 비교표

(나) 표준 개발 추진 전략

본 과제에서는 8차례의 회의를 거쳐 상태정보 및 제어 기능에 대한 필수 기능과 선택 기능을 분류하고, 상태정보 및 제어기능에 대한 상세 기능을 도출하여 표준으로 정의하였다.

온실통합제어기와 양액기노드와의 인터페이스 표준 개발 시, 양액기노드를 다양한 센서와 양액기(구동기)의 통합 노드로 규정하였고, 2018년 12월에 개발된 온실통합제어기와 센서/구동기 노드와의 인터페이스 국가 표준의 개념을 적용하였다. 이 과정에서 온실통합제어기와 양액기노드에 대한 인터페이스뿐만 아니라 기존에 스마트온실에서 적용된 기능들을 표준에 담기 위해서 추가적으로 필요한 내용을 반영하기 위하여 온실통합제어기와 센서 노드/구동기 노드에 대한 인터페이스에 대한 개정 이슈도 도출하였다.

(다) 표준 개발 추진 체계

분야별 표준 개발 추진을 위하여, 연구팀을 온실통합제어기와 양액기노드에 대한 인터페이스 표준 및 개발을 위한 양액기팀과 온실통합제어기와 센서/구동기 노드에 대한 인터페이스를 표준 및 개발을 위한 노드팀으로 나누어 연구를 진행하였다. 양액기팀은 온실통합제어기 개발 기관, 양액기 노드 개발 기관, 표준 개발 기관, 검인증 개발 이슈 연구기관으로 구성하였고, 노드팀은 온실통합제어기 개발 기관, 센서/구동기 노드 개발 기관, 표준 개발 기관, 검인증 개발 이슈 연구기관으로 구성하였다.

온실통합제어기와 각 노드 개발 기관에서는 각 기능을 개발하는데 있어 상호연동에 필요한 이슈를 도출하고, 제어기 및 노드 개발 기관과 표준 개발 기관과의 합의를 통하여 표준을 도출하였다.

2019년 11월, 각 기관에서 20여명이 참석하여 표준검토워크샵 추진을 통하여 최종 단체표준으로 제안된 내용에 대하여 표준 기반 구현상의 문제점 등을 논의함으로써 최종 단체 표준의 수정 사항에 대한 여부를 검토하고, 단체 표준 진행 현황을 공유하였다.



그림 25) 표준 검토 워크샵

(2) MODBUS/RS485기반 노드 자동등록절차 및 기술규격 표준개발(현, 3p)

이 표준은 KS-X-3267:2018 “스마트 온실 센서/구동기 및 제어기 간 RS485 기반 MODBUS 인터페이스” 표준을 준용하는 장비들의 자동 등록 기능을 제공하기 위한 절차(Procedure)와 규격 기술(Description) 방법에 대해 정의하였다. 농업분야에 다양한 ICT 통신 기술들이 접목되고 있으나 아직도 상당부분의 시설은 기술적 안정성이 검증된 RS485 유선네트워크에 MODBUS 프로토콜을 탑재하여 쓰고 있다.

이 기술의 단점으로는 시설을 구축하거나 노드를 교체할 때 마다 시설 관리자 또는 제조사를 통해 직접 수동으로 입력하도록 되어 있기 때문에 교체는 물론 유지 보수에도 어려움이 있었다. 이 표준은 온실 내 양액기, 센서 노드, 구동기 노드 등 각종 장비들이 제어기에 자동으로 등록되고 제어되도록 하는 방법을 제공함으로써, 각 장비 간 상호호환성을 확보하고 이기종 장비 간 자유로운 연동과 손쉬운 교체를 지원하도록 하는 것을 목적으로 하였다.

이를 위해 스마트온실에 구축된 노드들이 Modbus 통신을 위해 필요한 정보를 등록하는 절차와 각 장비들의 통신특성 정보를 기술하는 규격을 정의하였다. 표준의 특징을 설명하기 위해 아래에서는 다음과 같은 내용을 서술한다.

- 관계된 구성요소와 전반적인 구조와 동작개요를 서술
- 각 구성요소들의 동작 요구사항을 기술
- Modbus 레지스터 주소의 맵 구조를 설명
- 프로토콜 동작 절차를 단계별로 기술
- 각 노드 및 디바이스의 통신 특성을 기술하기 위한 장치 규격을 정의

(가) 모드버스/RS485 기반 온실제어를 위한 네트워크 구조

아래 그림 26은 온실환경제어를 위한 네트워크 구조를 보여준다. 그림에서 보는 바와 같이 제어기, 센서노드, 구동기노드, 양액기노드 등은 RS485 시리얼 통신 네트워크로 구축되며, 사용되는 기본 프로토콜은 모드버스(MODBUS)이다.

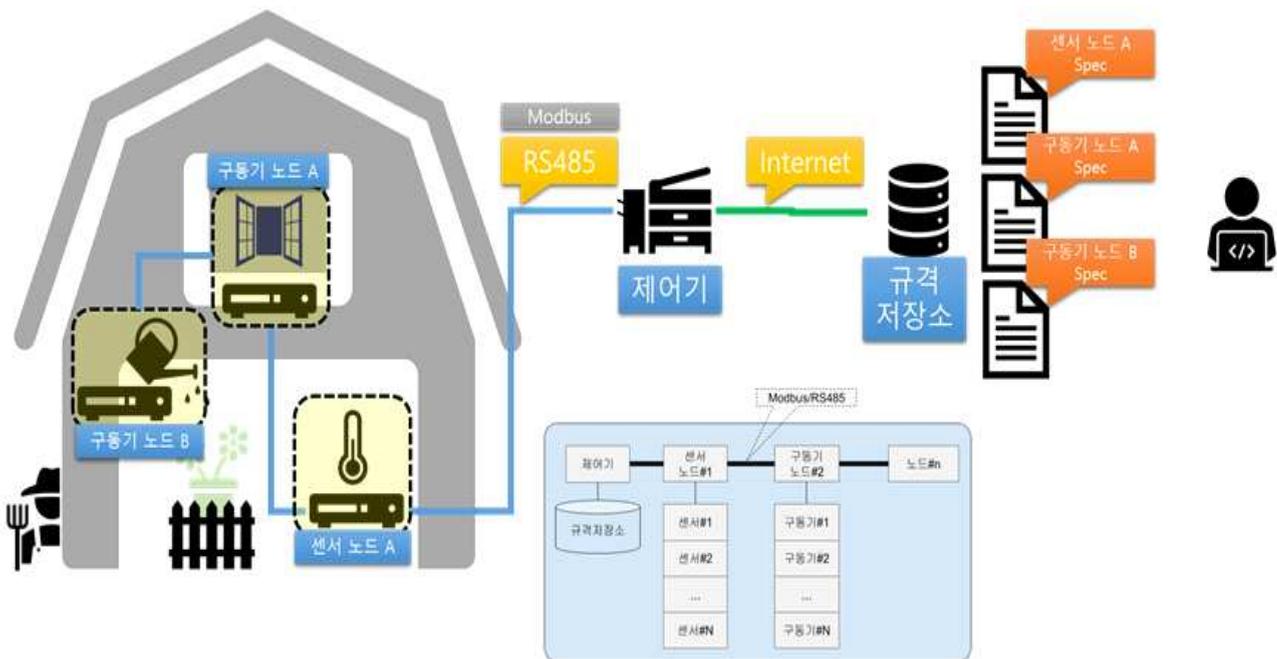


그림 26) 모드버스/RS485 기반 온실제어 네트워크 구조

노드의 자유로운 교체를 위해서는 접속단자의 규격을 단일화 할 필요가 있기 때문에 아래 표 27과 같이 규정하였다.

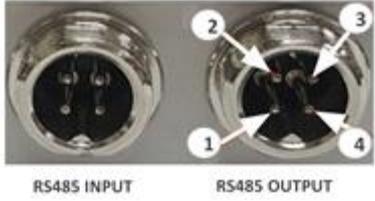
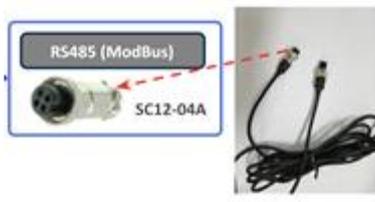
대상	지원 사항	범위/값	비고										
제어기/노드 인터페이스	4선식 원형 커넥터 (SCN12-04A)	-	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>핀번호</th> <th>연결</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>전원+(24VDC) (케이블색: 적색)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>RS485-A (케이블색: 녹색)</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>RS485-B (케이블색: 백색)</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>전원-(GND) (케이블색: 흑색)</td> </tr> </tbody> </table>	핀번호	연결	1	전원+(24VDC) (케이블색: 적색)	2	RS485-A (케이블색: 녹색)	3	RS485-B (케이블색: 백색)	4	전원-(GND) (케이블색: 흑색)
핀번호	연결												
1	전원+(24VDC) (케이블색: 적색)												
2	RS485-A (케이블색: 녹색)												
3	RS485-B (케이블색: 백색)												
4	전원-(GND) (케이블색: 흑색)												
연결케이블	4선식 원형 커넥터 (SC12-04A)	-											
통신 환경	RS485	-											
통신 프로토콜	모드버스 RTU	-											
	모드버스 Address	1~247											
	프로토콜 버전	101	본 표준을 준용하는 장비의 프로토콜 버전										
기본 통신 baudrate는 9,600 bps이며, 설정 등을 통해 그 이외의 baudrate도 사용할 수 있다.													

표 27) RS485 통신환경을 위한 공통 요구사항

(나) 노드의 모드버스 레지스터 주소 맵 구조

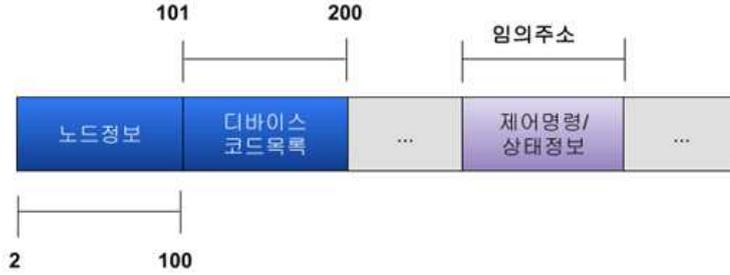


그림 27) 노드의 모드버스 레지스터 주소 맵 구조

정보	레지스터주소	설명
노드 정보	2~100	이 고정 주소 공간에 노드 정보를 기재한다. 2~7까지의 주소만 사용하며, 나머지 주소는 향후 표준의 확장을 위한 예약공간으로 사용하지 않는다.
디바이스 코드목록	101~200	연결 장비 수가 10대이면 10개의 장치 코드를 기재한다. 사용하지 않는 장비가 있다면 0x00으로 표기한다.
상태 정보	임의 주소	제어기가 노드/디바이스의 상태를 확인하는 데 사용되는 정보를 기재한다.
제어정보	임의 주소	제어기가 노드/구동기의 동작을 제어하는 데 사용되는 정보를 기재한다.

표 28) 노드의 모드버스 레지스터 주소 맵 구조

(다) 노드 자동등록 절차

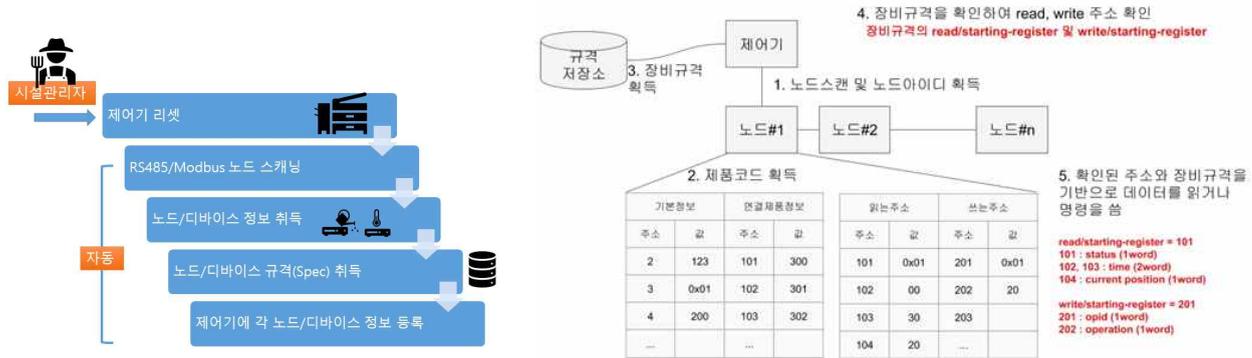


그림 28) 노드의 자동 등록 절차

- ① 제어기가 리셋 되거나 전원이 인가됨과 동시에 노드 주소(범위는 1~247)를 스캔한다.
- ② 각 노드들에 대해 레지스터주소 2~100에 있는 노드 정보를 획득한다. 노드 정보에는 해당 노드에 연결된 디바이스 개수가 포함되어 있다.
- ③ 노드에 연결된 디바이스 수만큼 레지스터 값을 읽어와 각 연결된 디바이스들에 대해 제품 코드를 획득한다.
- ④ 획득된 제품 코드를 이용하여 노드 규격, 디바이스 규격들을 취득한다. 이 과정을 통해 제어기는 각 노드와 디바이스에 접근하기 위한 read/starting-register와 write/starting-register를 확인하고, 향후 동작을 제어하거나 상태를 확인할 때 이 주소 정보를 이용한다.

(라) 노드 및 디바이스 기술 규격(Description Specification)

자동 등록 기능이 원활히 동작하기 위해서는 각 노드 및 디바이스(센서, 구동기, 양액기)들에 대한 정보를 기술(Description)할 수 있는 규격이 필요하다. 아래 <표 29>는 각 노드, 디바이스에 대해 표현이 필요한 항목을 정의하고 있으며, 각 항목에 대한 상세 기술 내용 및 방식에 대해 표준에서 정의하였다. 또한, 개발의 용이성과 표준의 이해도를 높이기 위해 다양한 조합의 예시를 표준에서 제공하도록 하였다.

	Class	Model	Name	Type	Unit	SD	Value Type	Channel	Com Spec
node	m	o	o	m	-	-	-	-	m
sensor	m	o	o	m	m	o	m	o	m
actuator	m	o	o	m	-	-	-	o	m

표 29) 노드 및 디바이스 기술(Description) 항목

(3) 스마트온실 온실통합제어기와 양액기노드간 RS485기반 모드버스 인터페이스 표준 개발

본 과제를 통해 개발된 스마트온실 온실통합제어기와 양액기노드간 RS485기반 모드버스 인터페이스 표준에서는 온실통합제어기와 양액기노드 간 상호 교환되는 메시지 인터페이스, 전달되는 데이터에 대하여 기술한다.

양액기 노드는 센서/양액기와 통신 모듈이 결합된 구조로, 온실통합제어기로부터 전달받은 메시지에 근거하여 양액기를 제어하고 양액기노드에 있는 다양한 센서를 통하여 양액기노드 및 양액기의 상태 정보, 환경 정보를 확보할 수 있는 장치로 규정하고 있다. 또한 양액기노드는 자체 제어 기능이 있어 온실통합제어기의 제어 명령에 독립적으로 구동될 수 있도록 가정한다.

본 표준에서는 온실통합제어기가 양액기노드 및 노드와 관련된 센서, 양액기 등의 디바이스 정보를 담고 있는 레지스터 주소 및 그 길이 등 레지스터 맵을 사전에 확보하는 방법으로 두가지 방법을 지원하도록 하고 있다.

레지스터 맵 확보 방법	처리절차
양액기노드가 온실 통합 제어기에 노드나 장치 등록 절차 기능을 지원하지 않는 경우	디폴트 레지스터 맵을 따른다
양액기노드가 온실 통합 제어기에 노드나 장치 등록 절차 기능을 지원하는 경우	[T T A K - K O - 1 0 . 1 1 7 2 , MODBUS/RS485 기반 스마트온실 노드 /디바이스 등록 절차 및 기술규격]을 따른다

표 30) 레지스터 맵 확보 방법

이때, 디폴트 레지스터 맵으로 본 표준에서는 양액기 노드내 필수 센서 (mandatory)로 다음을 규정한다.

- EC 센서 1, EC 센서 2, PH 센서 1, PH 센서 2, 일사량 센서
- 전체 유량 센서, 구역별 (1, 2, 3, 4구역...) 유량 센서

또한, 양액기 노드내 확장 가능한 센서 (optional)로는 다음을 규정한다.

- 추가 유량 센서, 함수율 센서, (실내) 온도 센서, (실내) 습도 센서, 배지 EC 센서, 배지 온도 센서

양액기 노드내 제어 명령 정보를 위해서는 제어명령, 제어 명령 식별자(opid), 제어 값, EC 설정 값, PH 설정 값, 관수 시작 구역, 관수 종료 구역, 관수 시간(초) 등을 규정한다.

디폴트 레지스터 맵에서는 각 센서 및 제어 명령 정보에 대하여 레지스터주소, 타입 등을 규정한다. 온실통합제어기가 양액기노드로 부터 정보를 확보하기 위한 기능은 다음과 같다.

- 양액기노드 및 노드 내 장치 정보 확보 기능
- 양액기노드의 상태 정보 확보 기능
- 양액기 상태정보 확보 기능
- 양액기노드 내 센서값 및 센서 상태 정보 확보 기능

이때, 양액기 상태정보 요청 메시지의 레지스터 데이터 포맷은 <표 31>과 같다.

필드	바이트	필수/선택 (M/O)	타입	설명
제어권상태 (Control Ownership)	2	M	부호 없는 정수형 (unsigned integer)	양액기의 제어권 상태 정보 - 0x01: NUTRIENT SUPPLY CONTROL(양액기제어) - 0x02: REMOTE PLATFORM CONTROL(원격제어 플랫폼 관수)
동작 상태 (Operation Status)	2	M	부호 없는 정수형 (unsigned integer)	양액기의 동작 상태 정보 - 0x00: ERROR(에러), - 0x01: READY(준비) - 0x401: PREPARING(또는MIXING, 준비중) - 0x402: SUPPLYING(제공중), - 0x403: STOPPING(정지중)
관수 구역 (Irrigation Area)	2	M	부호 없는 정수형 (unsigned integer)	양액기의 동작 상태가 '제공중'일때의 관수 구역 정보 - 0x00: NONE, - 0x01: ZONE 1(구역1) - 0x02: ZONE 2(구역2), - 0x03: ZONE 3(구역3) - 0x04: ZONE 4(구역4), - 0x05: ZONE 5(구역5) -
경보 정보			

표 31) 양액기 상태정보 요청 메시지의 레지스터 데이터 포맷

온실통합제어기가 양액기노드에게 제어 명령을 지정하기 기능은 <표 32>과 같다.

제어 명령 구분	기능설명
제어권지정 명령	온실 통합 제어기에서 양액기에 제어권을 지정하고자 할 때 사용 양액기제어와 원격 플랫폼 제어 등이 가능
작동 시작 (1회 관수) 명령 지정 기능	온실 통합 제어기에서 양액기에 설정된 EC, PH, 일사 값이 반영된 대로 작동 시작(1회 관수)을 요청하고자 할 때 사용
작동 멈춤 명령 지정 기능	온실 통합 제어기에서 양액기를 강제로 정지시키고자 할 때 사용
파라미터 관수 명령 지정 기능	온실 통합 제어기에서 양액기에 파라미터로 설정된 EC, PH 값이 반영되어 지정된 시간과 지정된 구역으로 관수를 요청하고자 할 때 사용

표 32) 제어 명령 지정 기능

이때, 작동시작(1회 관수)명령 관련 RS485 모드버스 요청 메시지의 레지스터 데이터 포맷은 다음과 같다.

필드	바이트	필수/선택 (M/O)	타입	설명
제어 명령 (operation)	2	M	부호 없는 정수형 (unsigned integer)	양액기의 제어 명령 정보 - 0x401: 작동 시작(1회 관수)(On)
제어 명령 식별자 (opid)	2	M	부호 없는 정수형 (unsignedinteger)	제어 명령 식별자 정보

표 33) 작동시작(1회 관수)명령 관련 RS485 모드버스 요청 메시지의 레지스터 데이터 포맷

(4) 국내 단체 표준 제정

본 과제를 통해 개발된 온실통합제어기와 양액기노드간 인터페이스 관련 2건의 표준안은 한국정보통신기술협회(TTA) 산하 스마트 농업 프로젝트 그룹(PG426)에 제안되었고 다음과 같이 3차례의 정기회의에서의 논의를 거쳐 PG에서 승인되었다.

- TTA 스마트농업 PG (PG426) 제30차 회의 (2019.04.25., 세인트존스 호텔, 강릉)
- TTA 스마트농업 PG (PG426) 제33차 회의 (2019.08.13., 순천대학교)
- TTA 스마트농업 PG (PG426) 제35차 회의 (2019.09.09., TTA)

이후 1개월간의 회원사 의견 수렴을 하고, 기술위원회, 운영위원회를 거쳐 2019년 12월 표준총회에서 최종 단체표준으로 공식제정 발간되었다.

- TTA 제96차 정보통신표준 총회 (2019.12.11., 르메르디앙 호텔)

본 과제에서 개발되어 단체표준으로 제정된 2건에 대한 표준 명과 표준 번호는 다음과 같다.

- 스마트온실에서 온실통합제어기와 양액기노드간 RS485기반 모드버스 인터페이스 (TTA.KO-10.1171)
- 모드버스/RS485기반 스마트온실 노드/디바이스 등록절차 및 기술규격 (TTA.KO-10.1172)

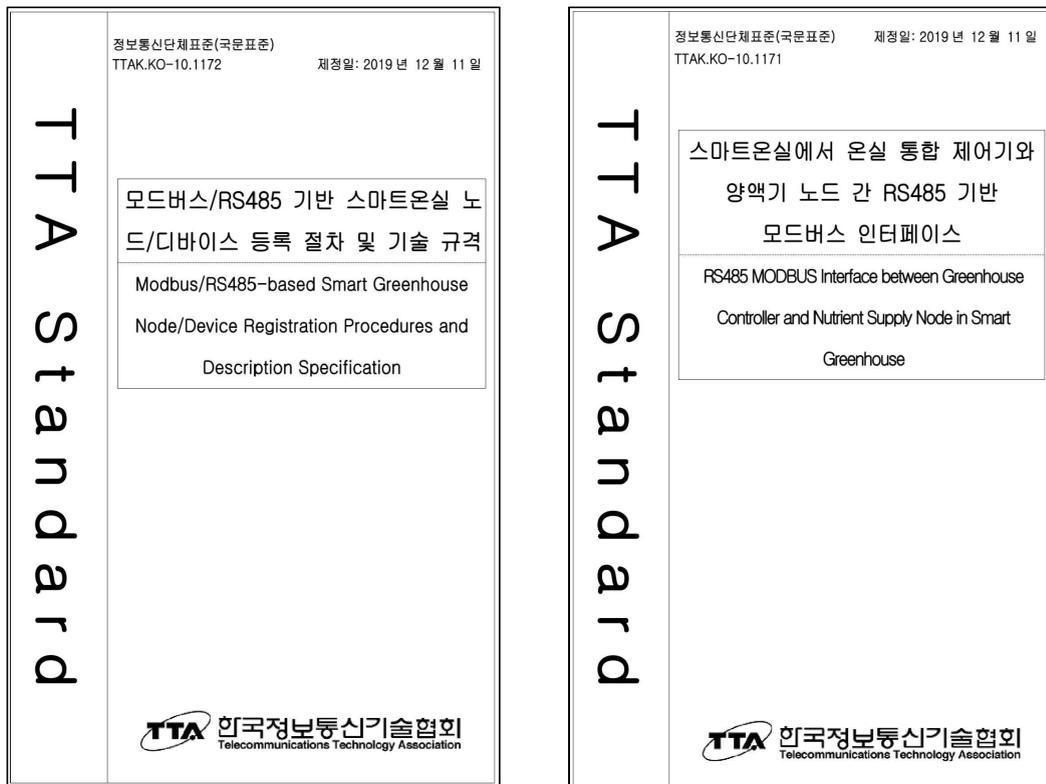


그림 29) 제정된 단체 표준 2건

(5) 기 제정 국가표준 개정 이슈 도출

본 과제를 통해 온실통합제어기와 양액기노드간 인터페이스 관련 표준을 개발하는 과정에서 기 개발된 국가 표준에서 정의된 센서 정보의 단위나 제어 방식, 각 노드내 디바이스에 대한 주소 확보 방안 등에 대한 개선 이슈가 도출되었다. 각 표준별 개정 이슈는 다음과 같다.

(가) 센서 메타데이터 관련 이슈

- 센서 상태정보에 대한 상태 값 세분화에 따른 개정
- 센서 상태뿐만 아니라 센서 노드에 대한 상태정보 확보 기능 추가에 따른 개정

(나) 구동기 메타데이터 관련 이슈

구동기를 개폐형(retractable)과 스위치형(switch)으로 구분하는 것은 기존 국가표준과 동일하다. 그런데, 일반적으로 출시된 구동기가 각 속성을 나열한 조합으로 구성되지 않고, 특정 기능을 포함하는 구동기로 그룹핑됨을 파악하였다. 따라서, 특정 기능을 지원하는 구동기를 <표 34>와 같이 level0, level1, level2 로 분류하여 그룹핑하여 기술하였다.

actuator	retractable	level 0	완전 개폐만 지원하는 개폐형 구동기
	retractable	level 1	level0을 기본으로 지원하고, 시간제어 개폐도 지원하는 구동기
	retractable	level 2	level1을 기본으로 지원하고, 비율제어 개폐도 지원하는 구동기
	switch	level 0	온/오프만 지원하는 스위치형 구동기
	switch	level 1	level0을 기본으로 지원하고, 시간제어 온/오프도 지원하는 구동기
	switch	level 2	level1을 기본으로 지원하고, 비율제어 온/오프도 지원하는 구동기

표 34) 구동기 상세 분류

- 구동기 상태정보에 대한 상태 값 세분화에 따른 개정
- 구동기 상태뿐만 아니라 구동기 노드에 대한 상태정보 확보 기능 추가에 따른 개정
- 구동기 제어정보에 대한 제어 명령 세분화에 따른 개정
- 구동기 제어뿐만 아니라 구동기 노드에 대한 제어명령 추가에 따른 개정

(다) 온실통합제어기와 센서/구동기 노드와의 인터페이스 관련 이슈

기존에 개발된 국가표준에서는 상호 연동을 위하여 온실통합제어기에서 노드 내 각 디바이스 주소를 사전에 알고 있다고 가정하고 있다. 그런데, 본 과제를 통해 온실통합제어기와 양액기노드간 인터페이스 관련 표준을 개발하는 과정에서 각 노드 내 디바이스에 대한 주소 확보 방안 등에 대한 개선 이슈가 도출되었다. 따라서, 개정 표준에서는 이를 반영할 필요가 있다.

- 센서/구동기 노드가 온실통합제어기에 노드나 디바이스 등록 절차 기능을 지원하는 경우 등록된 주소를 사용하고, 센서/구동기 노드가 온실통합제어기에 노드나 디바이스 등록 절차 기능을 지원하지 않는 경우 디폴트 레지스터 맵을 따르는 형태로 개정

라) 농업기술실용화재단

(1) 연구 개요

농림수산식품교육문화정보원(2019.9)에 따르면 시설원예용 ICT기자재를 판매하는 업체는 157개, 장비 종류는 949개에 이르고 있어 이는 스마트팜 기술의 보급확산으로 농업인의 여가시간 확보, 농가소득 증가 등의 많은 긍정적 효과를 일으키고 있다.

하지만, 시설원에 ICT기자재에 대한 표준화가 센서 13종, 구동기 9종 등에 대하여 전기적, 기계적 연결 규격 등으로만 이루어졌으며 성능, 내구성, 내환경성, 호환성 등에 대하여 검정이 이루어지지 않아 농업인의 안전문제 및 경제적 피해가 우려되고 있다. 게다가 스마트 팜을 설치하는 업체가 영세하여 설치 후 도산하는 경우에는 호환성 문제로 인하여 스마트 팜 설비 전체를 바꿔야하는 문제점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 KS-X-3267 표준을 구현한 스마트팜 장비(센서노드/구동기노드/양액기노드) 와 오픈소스기반 개방형 스마트팜 제어기가 개발되었다. 본 연구팀에서는 이렇게 개발된 장비의 호환성을 검정하기 위한 기초연구를 진행하였다.

(2) 연구 방법

(가) KS 통신 표준 검정 시스템의 개요

KS 통신 표준 검정시스템은 아래의 개요도와 같이 센서노드/구동기노드 와 통합제어기 사이에서 상호 통신을 확인하는 방식으로 개념설계되었다. 아래 개요도를 보면 센서 노드에서 통합제어기로의 입력 신호와 통합제어기에서 구동기 노드로의 출력 신호를 기초시험장비에서 받아서 검증하고자 하였다.

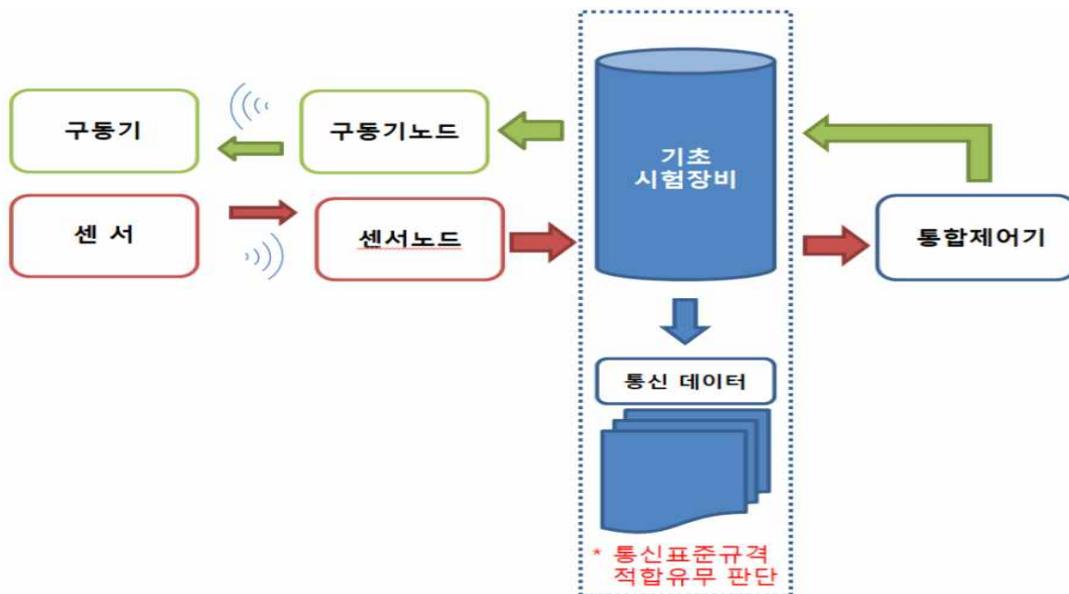


그림 30) 스마트팜 통신호환성 검정시스템 개요도

(나) KS 통신 표준 검정 장비(프로토타입)의 설계

KS 통신 표준 검정 장비(프로토타입)은 센서 및 구동기 노드의 성능에 영향을 주지않고, 개발 장비를 시험할 수 있는 방식으로 설계되었다. 센서노드/구동기노드와 통합제어기의 사이 신호를 직접 받아서 처리하는 방식이 아닌 입·출력 신호를 복제하여 통신 호환성을 제대로 지키고 있는지를 확인하는 방식으로 개발되었다.

스마트 팜 호환성 검정장비의 개요(수정안)



그림 31) 스마트팜 통신호환성 검정시스템 설명도

그림 31와 같이 제어기와 제어판넬 등에서 입·출력되는 신호를 실시간으로 복제하여 기초시험장비로 입력을 받은 후 데이터 모니터링 PC에서 데이터를 확인 가능하도록 제작하였다.

(다) KS 통신 표준 검정 장비(프로토타입)의 구현

기초시험장비는 그림 32과 같이 DAQ의 제어를 위한 PLC, RS485 통신 프로토콜을 읽어 들이기 위한 Serial Interface Module(2 ch) 2개, 현장에서 센서 등에 전원을 공급하기 위한 Voltage OUT Module(8 ch), 전압 신호를 읽어 들이기 위한 Voltage IN Module(8 ch), 현장의 상태를 알기 위한 온도, 습도 측정 모듈 등으로 구성하였다.

제작된 기초시험장비는 자체적으로도 데이터를 저장이 가능하지만, 현장에서 실시간으로 데이터 취득 유무 및 상태를 파악하기 위하여 데이터 모니터링 pc에 연결하여 데이터 취득 및 제어 등을 실시할 수 있도록 하였다.

③ 스마트 팜 호환성 검정장비의 구성

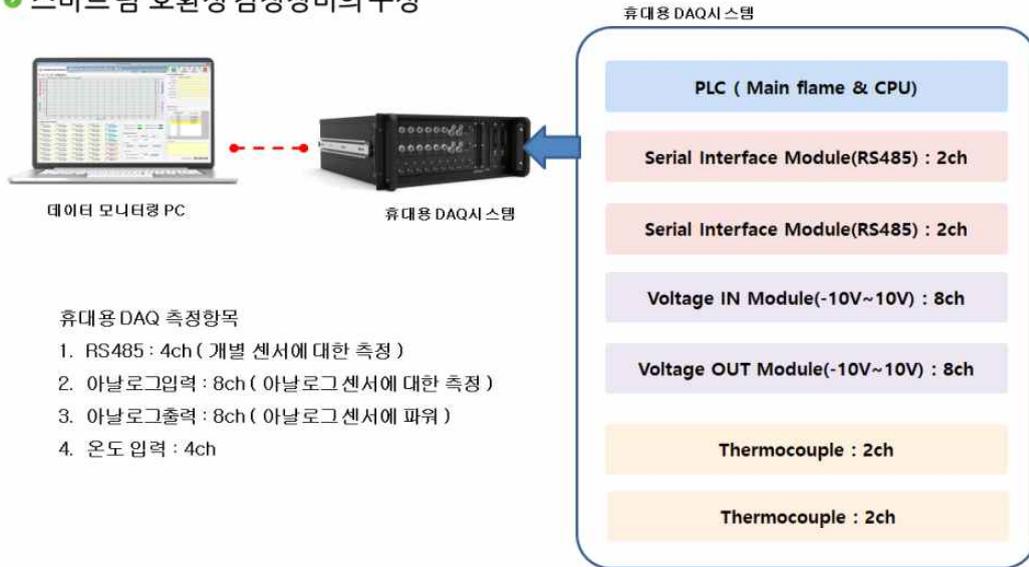


그림 32) 스마트 팜 호환성 검정용도 기초시험장비 구성

기초시험장비 구성안을 토대로 제작된 기초시험장비는 그림 33와 같이 제작되었으며 RS485는 현장에서 쉽게 활용할 수 있는 4P 커넥터 단자 2ch와 실내 시험에서 쉽게 활용되는 9 pin 커넥터 2ch 로 구성하여 현장에서의 검정과 실내시험에서의 활용이 용이하도록 제작하였다.

(3) 연구 결과

③ 스마트 팜 호환성 검정장비 (휴대용 DAQ)



그림 33) 스마트 팜 호환성 검정용도 기초시험장비

통신 프로토콜의 적합성을 검토하기 위하여 그림 34와 같이 데이터를 읽어 들일 수 있도록 소프트웨어를 작성하였으며 전압신호, 온도신호 등은 물론 통신프로토콜의 적합성을 확인하기 위하여 RS485 통신 모듈에서 전송되는 데이터를 입력받아 디바이스 목록에 표기하고 한국전자통신연구원에서 정의한 통신프로토콜에 따라 장치코드, 구분, 타입, 모델명, 센서명, 표준명, 등록번호 등을 표기하도록 하였다.

소프트웨어 제작 초기에는 RS485로 통신되는 모든 입·출력 데이터를 모니터링 PC에서 출력하여 정리하고자 하였으나, 가독성이 매우 떨어지고 시험 진행 시 표준 준수여부의 판단을 위하여 작업자가 오랜 시간동안 검토를 할 필요성이 있으므로 최대한 시험 기간을 줄이고자 소프트웨어에서 1차적으로 정리 후 작업자가 표준 준수여부를 판단하고자 하였다.

통신 표준 준수여부가 적합으로 판단된 후에는 센서 또는 구동기가 입·출력 데이터를 보내고 있으며 제어가능 여부를 알기 위하여 구동확인 시험을 실시한다.

구동확인 시험은 기초시험장비에 연결된 시험장비에서 신호를 입력받는 것과 출력 신호를 보내 구동기의 정상작동 여부로 판단하고자 하였으나 RS485 통신의 특성상 동시 입출력이 불가능하고 장비 등록을 위하여 실시되는 데이터 또한 통합제어시스템에서 장치 등록용 데이터를 센서노드 등에 요청하면서 시작되기 때문에 기초시험장비와 동시 연결하여 데이터를 취득하는 것은 불가능하다고 판단하였다. 따라서, 시험장비에서 입력받는 신호를 입력받아서 현장에 설치된 센서 등과 비교하여 실제 작동여부를 판단하는 것으로 하였다.

이러한 시험을 실시하고자 농촌진흥청 테스트 온실에 그림 33과 같이 설치된 오픈소스형 통합시스템에 기초시험장비를 그림 34과 같이 연결하여 시험한 결과 그림 34과 같이 나타났다.

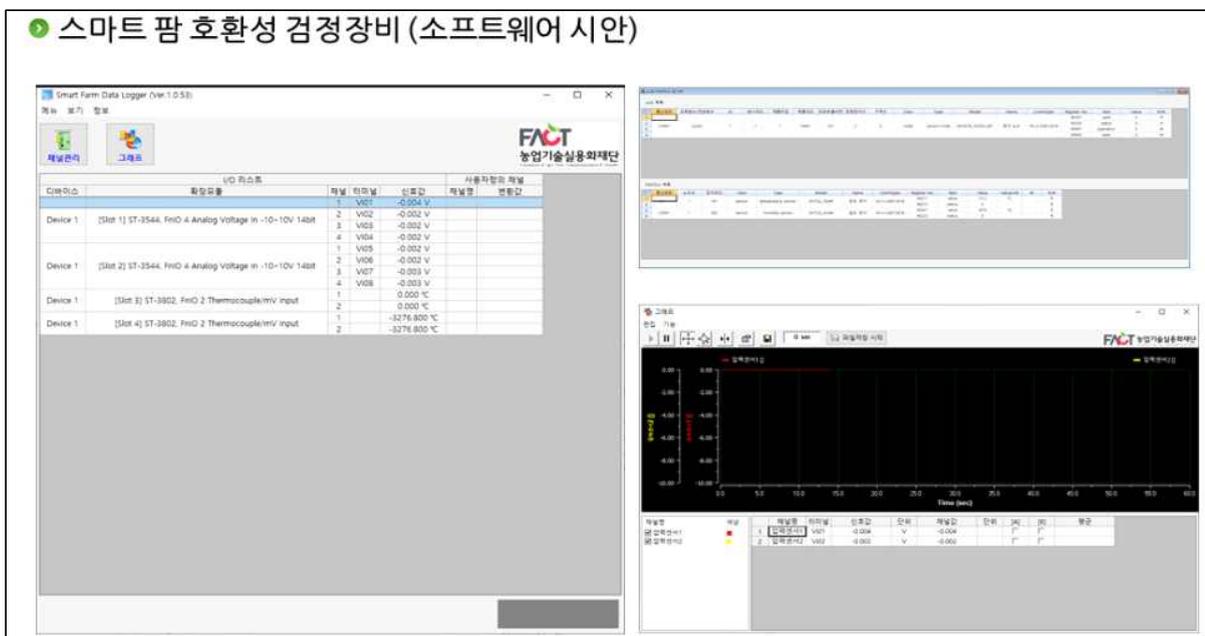


그림 34) 기초시험장비 용도 소프트웨어 시안



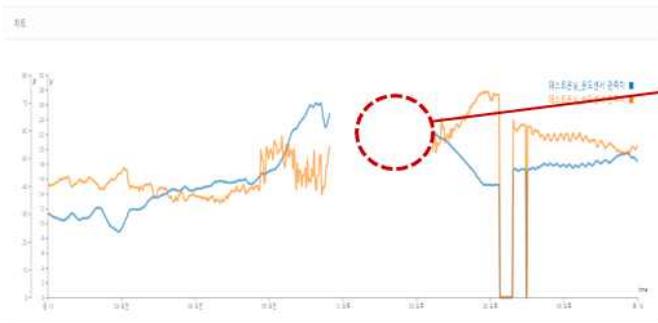
<센서 노드(온습도센서)>

<현장 설치 시스템>

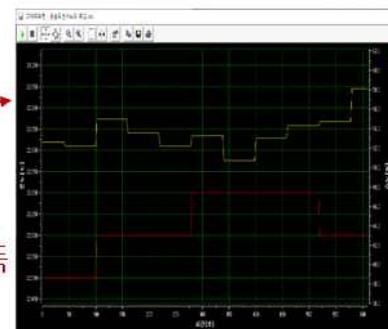
그림 35) 기초 시험 장비 테스트 현장



그림 36) 기초시험장비-통합제어시스템 연결



<기존 시스템 데이터>



<기초시험장비 데이터>

약 10동안
검정장비
데이터 취득

표 35) 기초시험장비 데이터 측정

표36에서 나타난 바와 같이 기존 시스템 데이터에 들어가는 입력 신호를 기초시험장비로 3분간 측정하여 데이터를 비교한 결과, 온도는 평균 22.6 °C, 습도는 53.4 %RH 로 나타났으며 센서노드에서 출력되는 현장데이터 또한 동일하게 나타나 이번 연구에서 개발된 통합제어장비에 대한 통신프로토콜 검정이 가능한 것으로 나타났다.

또한, 그림 37에서 나타난 것과 같이 구동기 노드에 작동명령을 내린 결과 정상 작동하는 것을 육안으로 확인하여 구동기 검정 또한 문제없는 것으로 판단되었다.

2	3	13	actuator	switch/level1	RELAY-24	릴레이	KS-6-1267.2018	800	status	201		
								801	opid	1		
								802	hold-time	0		
								804	remain-time	0		
								807	operation	201		
								808	opid	1		
								809	hold-time	0		
								820	status	0		
								831	opid	35228		
2	3	14	actuator	switch/level1	RELAY-24	릴레이	KS-6-1267.2018	832	hold-time	1966000		
								824	remain-time	0		
								827	operation	202		
								828	opid	35228		SET
								829	hold-time	1966000		
								840	status	0		
								841	opid	0		
								842	hold-time	0		
								844	remain-time	0		
2	3	15	actuator	switch/level1	RELAY-24	릴레이	KS-6-1267.2018	847	operation	0		
								848	opid	0		
								849	hold-time	0		
								840	status	0		

동작 명령
"201"입력 후
동작 확인

그림 37) 기초시험장비 구동기 동작

(4) 스마트팜 기자재 검정시스템의 개발 필요성

본 과제에서는 KS 통신표준을 검정하기위한 기초연구를 수행하였다. 기초시험장비를 개발하여 센서 노드 및 구동기노드의 표준 적합성을 시험하였고, 표준 검인증을 위한 가능성을 확인하였다. 다만, 제작된 장비는 프로토타입 장비로 한 번에 2개 이상의 장비를 부착하여 확인하기 어렵고, 장비 스펙 등의 관리가 번거로운 문제점이 발견되었다. 기초 장비 설계의 특성상 통합제어기와 동시 운영이 어려워 기 설치된 장비의 검인증에도 문제가 있을 수 있다.

향후 이러한 문제점을 보완하여 실제 스마트팜 기자재 검정을 할 수 있는 시스템이 개발되어야 할 필요가 있다.

마) 코리아디지털

(1) 연구개요

KS표준 규격을 준수하는 센서노드와 구동기노드를 개발하였고, 스마트팜 센서와 호환성테스트 및 통합제어기와 연동테스트를 진행하였다.

KS-X-3265, KS-X-3266 규격을 준수하는 커넥터(4핀)을 선정하여 적용하였고, KS-X-3276 규격인 RS485 Modbus 통신을 적용하였으며, 통합제어기와 연동하여 센서값을 읽고 구동기를 제어할 수 있도록 개발하였다.



표 36) KS 표준 규격 및 센서노드 커넥터

(2) 표준 센서노드 개발

KS 표준을 준수하는 센서노드로 최대 4개의 센서를 연결할 수 있으며, 내장 DIP 스위치를 사용하여 장치ID를 설정해서 최대 8개 센서노드를 병렬로 연결할 수 있다. KS 표준인 KS-X-3267 통신 프로토콜을 구현하였고, 16종 센서와 연결을 지원한다.



주요기능

- KS 표준적용(KS-X-3265, KS-X-3267)
- 각 센서마다 고유 ID 부여로 센서노드에서 자동 센서 인식 (PnP)
- 센서 노드에 개별 ID 설정용 DIP 스위치 내장(최대 8개연결지원)
- RS485통신을 통한 펌웨어 업데이트 지원
- 스마트팜 센서 16종 지원

주요성능

RS485 통신속도 (최대 921.6kpbs) 지원

센서포트 4개

RS485 통신포트 2개

입력전원 12V 1A

SMBus digital sensor 지원

RS485 Sensor 지원

저전력 동작(0.2W 미만)

연결가능센서

기본 12종 센서에 대한 연결 및 호환성 테스트 완료.

온도, 습도, 일사량, 강우감지, 풍향, 풍속, 토양수분, 토양EC, 토양온도, pH, EC, CO2



(3) 표준 구동기노드 개발

KS표준을 준수하는 구동기노드로 릴레이포트 24개와 개폐기전용 포트 12개로 구성된다. 자동/수동 제어 변경 스위치와 수동제어를 위한 토크스위치를 내장하여 별도의 제어패널 없이 사용할 수 있다. 개폐기 전용 SMPS를 내장하여 개폐기 구동장비(모터)와 바로 연결하여 사용할 수 있다.

제품사진



주요기능

- KS 표준적용(KS-X-3266, KS-X-3267)
- 표준제어 Level 2 지원
- 수동제어용 스위치내장
- 구동기 노드에 개별 ID 설정용 DIP 스위치 내장(최대 8개 연결가능)
- 누전차단기 및 낙뢰(서지) 보호 회로 내장
- 개폐기전용 릴레이 및 무전압 접점 릴레이 지원
- RS485통신을 통한 펌웨어 업데이트 지원

주요성능

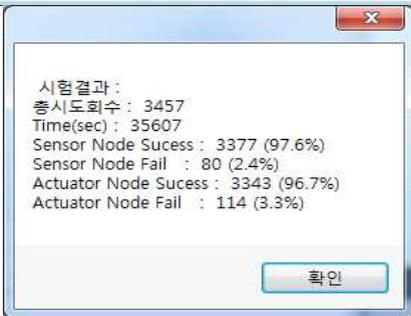
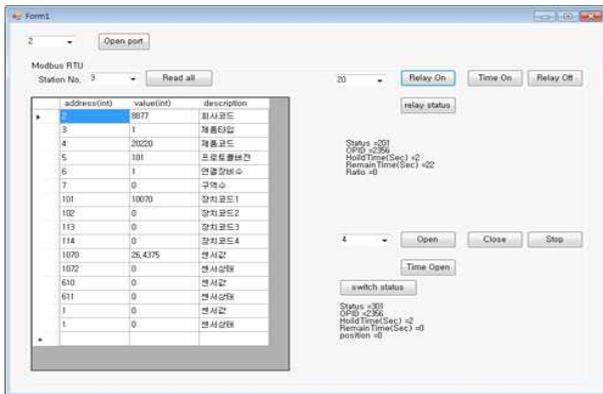
RS485 통신속도 (최대 921.6kpbs) 지원
 개폐기 전용포트 12개(개폐기 12개 연결가능)
 릴레이 포트 24개 (220AC, 10A)
 개폐기 내장전원 24V 80A
 릴레이 전원용량 각 포트당 16A

(4) 실증 실험

(가) 장비 성능 및 실증시험

센서노드, 구동기 노드의 주요기능인 RS485(표준통신프로토콜) 통신에 대한 성능을 테스트하여 통신 신뢰성을 확보하였다. 챔버를 사용하여 고온/고습환경 조건에 대한 성능 시험을 통한 제품의 내구성 및 안정성 확인하였다.

Modbus RTU 표준 통신 성능테스트(KS-X-3267)



시험내용:

온습도센서를 연결한 센서노드와 구동기노드를 RS485 케이블로 연결하고 센서값 읽기와 구동기 On/Off 제어를 주기적 통신하여 통신연결 상태를 확인함.

시험방법:

센서노드 읽기주기 10초, 구동기제어 주기 10초 로 하여 약 10시간동안 반복시험함.

시험 결과:

센서노드 통신 성공률 97.6 %
 3377(통신성공횟수)/3457(총시도횟수)
 구동기노드 통신 성공률 96.7 %
 3343(통신성공횟수)/3457(총시도횟수)

특이사항:

센서노드와 구동기 노드를 공통선으로 연결할 경우 통신에러 발생 빈도가 2%늘어남.

센서노드 SSN-220 내환경성 시험



시험내용:

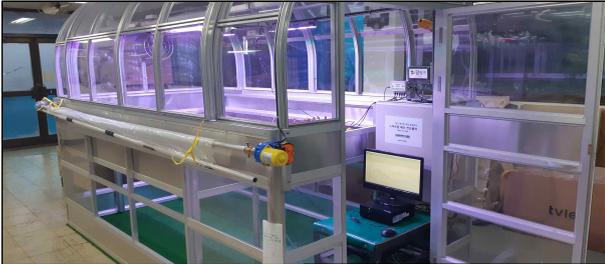
온도습도챔버(TH-ME)를 사용하여 온도, 습도 구간별 시험을 진행, 통신상태와 센서측정값을 확인하여 기기가 고온고습환경에서 정상 작동함을 시험함.

시험 결과:

- 온도 습도 시험구간에서 센서노드 정상 작동함.
- 온도 구간(-20℃ ~ +70℃)에서 약 20시간 시험 동안 안정된 동작 결과를 보였으며, 동작 중 제어기(PC)와 센서노드(SSN-220)의 특이사항 없음.
- 습도 구간(10% ~90%)에서 약 10시간을 시험하여 안정된 결과를 보였으며 동작 중 제어기(PC)와 센서노드(SSN-220)의 특이사항 없음.

(나) 현장 실증시험(실내소형온실)

실내시험용 소형온실에 표준센서노드 및 센서, 표준 구동기노드 및 구동장비, 통합제어기(pc)를 설치하여 시스템을 검증하였다. 타회사인 유비엔의 센서노드를 같이 연결하여 이기종 장비에 대한 호환성을 테스트하였다.



시험장비:

- KD 센서노드 1개(SSN-220)
- 유비엔 센서노드 1개
- 구동기노드 1개(SFU-2900A)
- 통합제어기 1개(Embedded PC)

센서:

온도, 습도, Co2

구동기:

측창좌, 측창우, 천창 스크린, 유동팬, LED 램프

소프트웨어:

표준제어 어플리케이션(KD 개발)

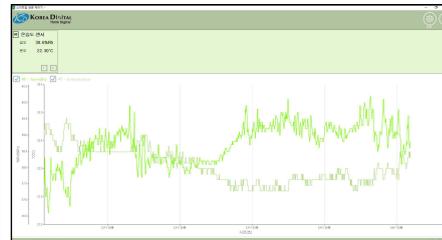


그림 38) 통합제어프로그램

설치일자: 2019.10.15

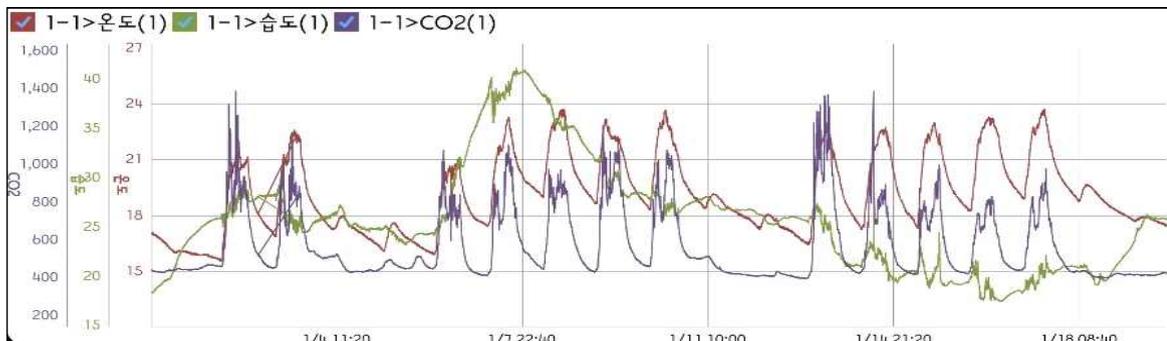
시험기간 : 2019.11.25~ 2020 계속

장소: 코리아디지털 화순공장 내 실험동

기타: 상시전원사용, 인터넷, AWS Server

시험결과:

약 30일 동안 센서데이터 안정적으로 측정 저장되었음. 매 10초에 1회씩 측정 2분에 1회씩 데이터를 저장함. 최근 2주일간 오류데이터(0.1% 이하), 누락데이터 (4.2% 이하)



특이사항:

구동기 노드에 대한 시험은 원격 수동제어 100% 성공 및 안정적으로 동작함. 센서에 의한 자동제어는 개발중임.

바) 유비엔

(1) 연구 개요

본 과제의 협동연구기관으로 참여하는 (주)유비엔은 과제 수행 결과로 “다양한 상용센서와 호환이 가능한 인터페이스 센서노드”와 “다양한 구동기와 호환이 가능한 경량 구동기 노드” 그리고 두 가지 시제품의 상용화를 위하여 본 결과물을 타 협동연구기관과 협업하여 실제 농가에 적용·실증 실험을 수행하여 신뢰성 확보를 수행하였다. 본 결과물은 상용화를 위해 아래 사항을 중점적으로 고려하였다.

- 주 사용자인 농가에서 쉽게 사용가능한 실용성
- KS 표준기반, 다양한 상용센서 및 사용구동기를 지원가능한 호환성
- 필드의 열악한 환경에서 안정적으로 동작 할 수 있는 신뢰성

(2) 다양한 상용센서와 호환이 가능한 인터페이스 센서노드 개발

(가) 설계

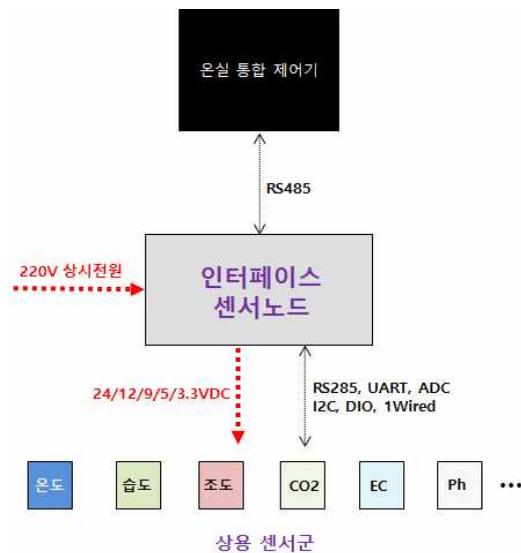


그림 39) 제품개념도

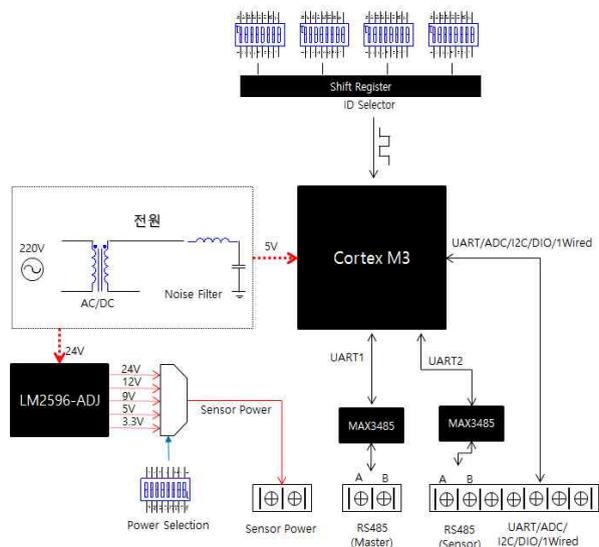


그림 40) 시스템 블록도

본 과제의 인터페이스 센서노드는 그림 39, 그림 40과 같이 다양한 통신방식의 상용 센서군을 지원 할 수 있도록 설계 되었으며, 획득 된 센서 값은 온실통합 제어기에게 KS 표준에 준하여 RS486 MODBUS 프로토콜 기반으로 전송 되게 된다. 본 인터페이스 센서노드의 특징은 아래와 같다.

- ① 대부분의 상용 센서를 지원 할 수 있도록 RS485, UART, ADC, I2C, DIO, 1Wired 통신 지원
- ② 상용 센서의 다양한 전원 공급 기능
- ③ EUI-48 고유 아이디 내장
- ④ 유무선 통신 겸용

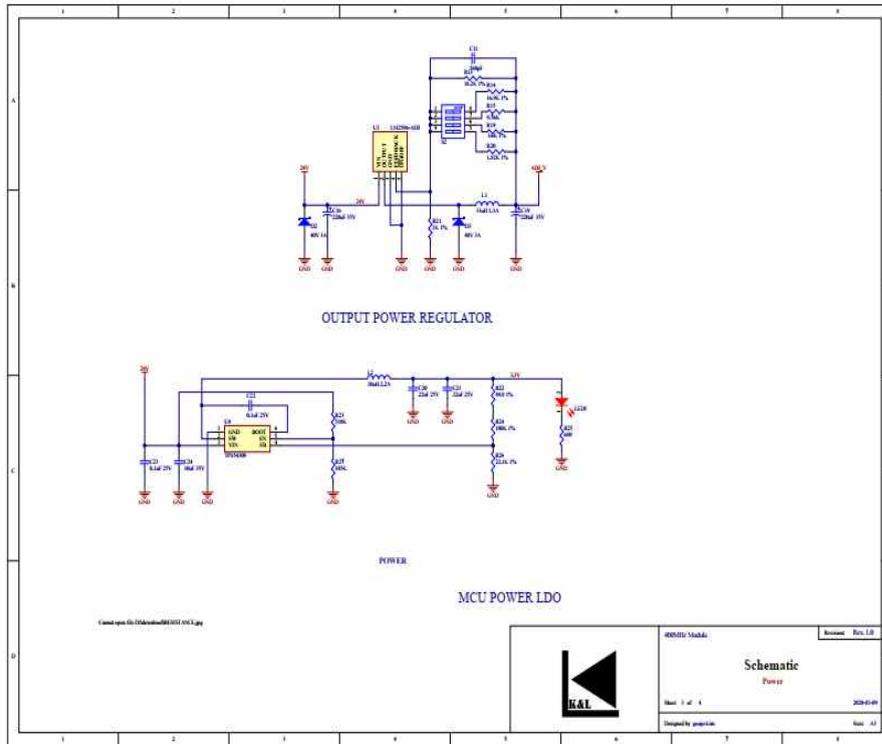


그림 43) 선택적 센서 전원 회로 및 MCU 전원

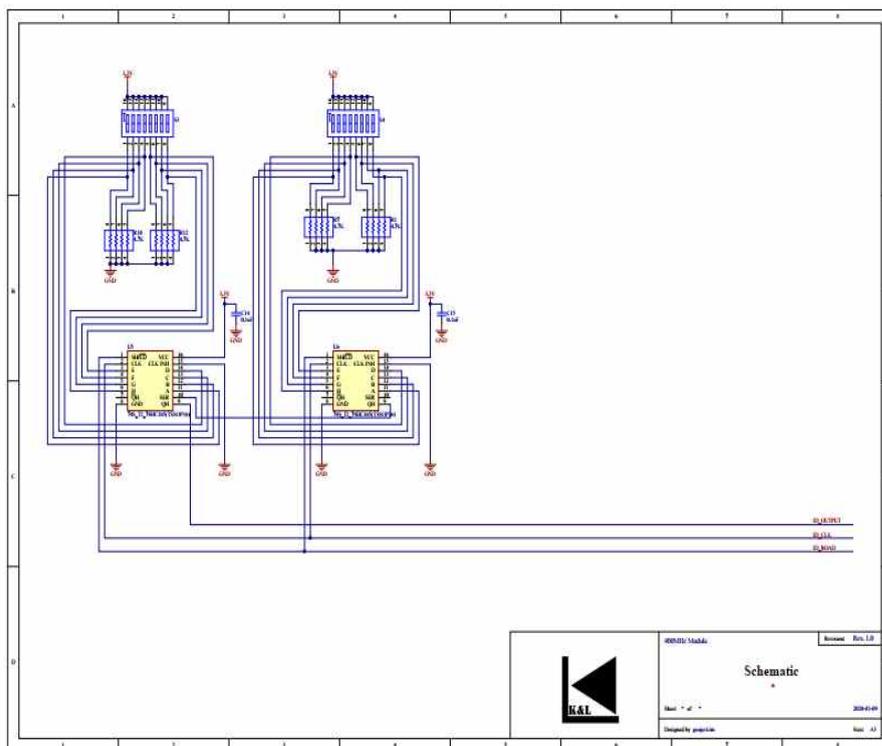


그림 44) Global PANID 설정을 위한 DIP 스위치회로 (DIO 절감을 위한 Shift Register를 이용한 회로 설계)

② 라우팅

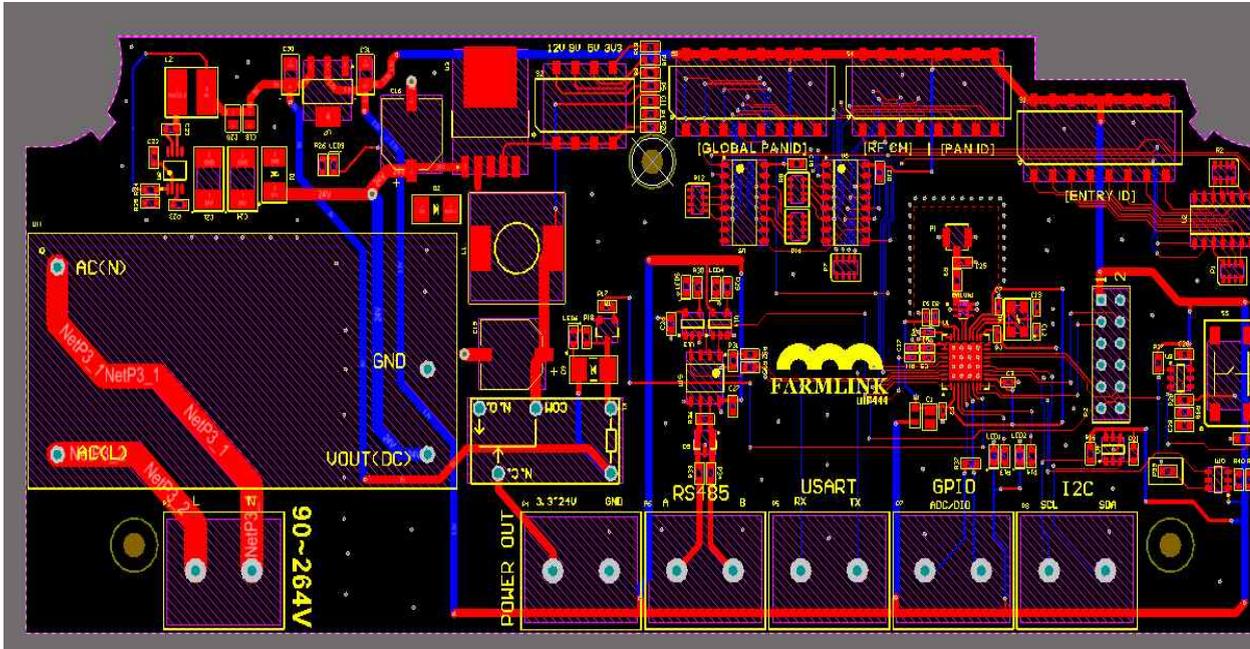


그림 45) 라우팅 결과

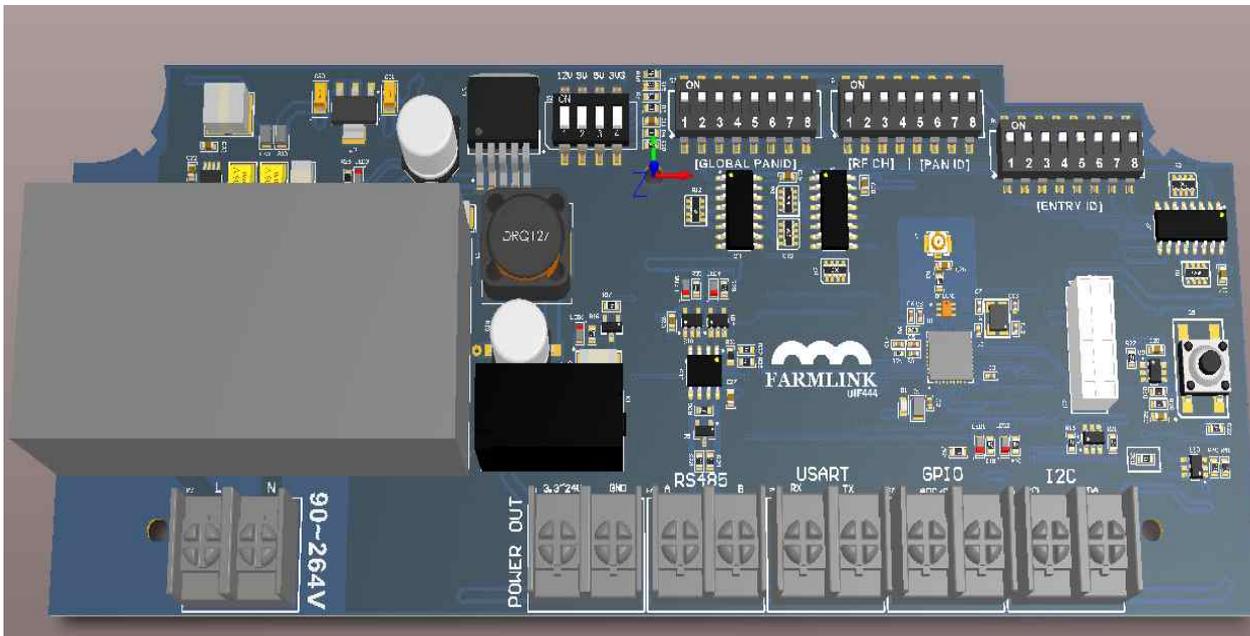


그림 46) 라우팅 결과 3D 화면

※PCB 라우팅은 2층 1.6T로 수행 하였으며, Clearance 0.2mm 기본으로 제작

(2) 다양한 구동기와 호환이 가능한 경량 구동기노드 셋 개발

(가) 설계

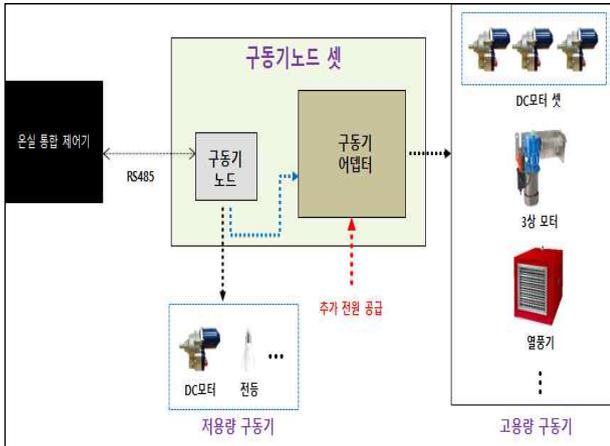


그림 49) 제품 개념도

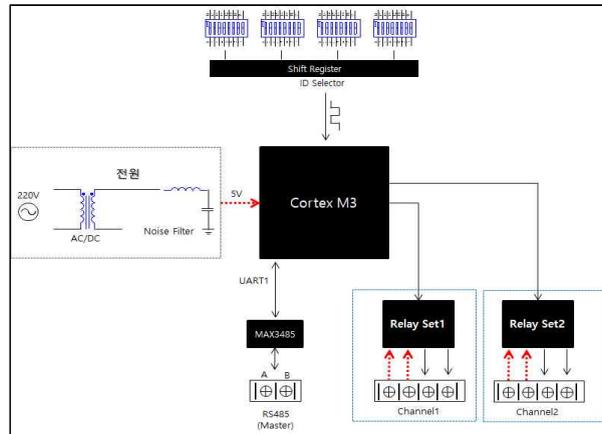


그림 50) 시스템 블록도

구동기노드는 저용량(1KW 미만) 구동기를 제어(DC24V 모터 양방향 제어, 전동 On/Off 제어, 기존 컨트롤러 점점제어 등)할 수 있는 구동기노드로, 온실 통합 제어기와 KS 표준기반 MODBUS 통신을 하게 된다. 내부에는 프로토콜 파싱과 연산을 위한 8051 MCU가 내장 되게 되며, 제어를 위해 아래와 같이 릴레이 셋과 단자 인터페이스를 제공 한다. 해당 단자 인터페이스는 구동기 어댑터와 연결되어 고용량 구동기를 제어할 수 있다. 구동기 노드는 열악한 필드로부터 안전한 동작을 위하여 구동기 인터페이스에 휴즈 뿐만아니라 TVS와 바리스타 저항이 사용되었다.

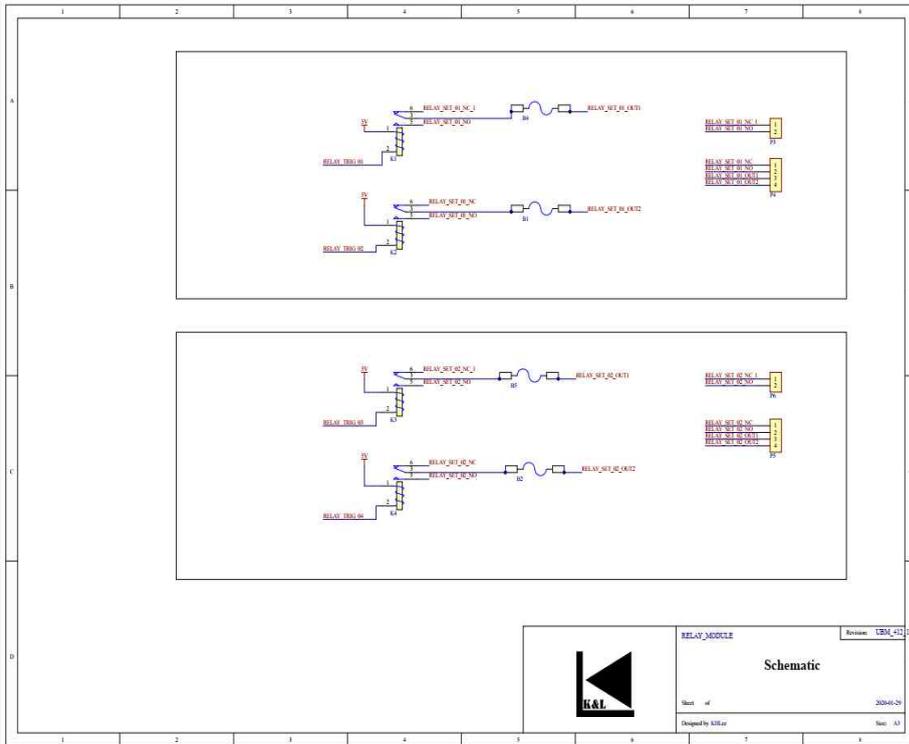


그림 53) 파워릴레이 (2개의 릴레이 조합을 통한 채널 구성)

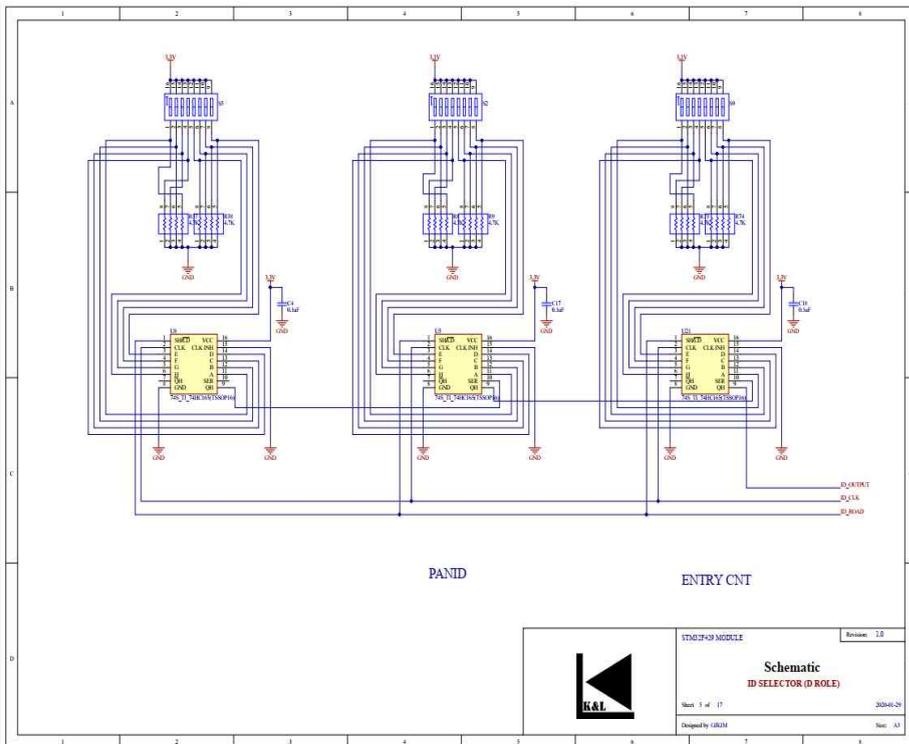


그림 54) Global PANID 설정을 위한 DIP 스위치회로 (DIO 절감을 위한 Shift Register를 이용한 회로 설계)

② 라우팅

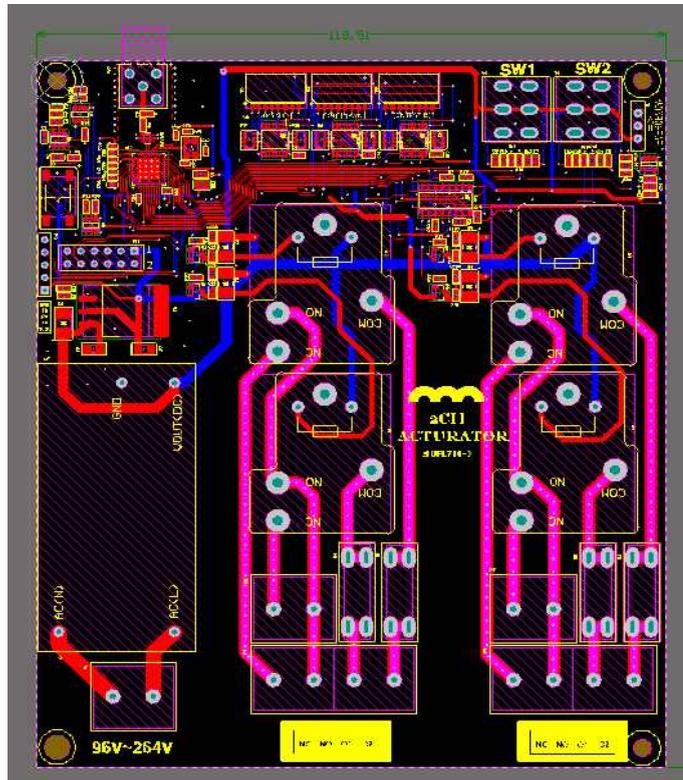


그림 55) 라우팅 결과

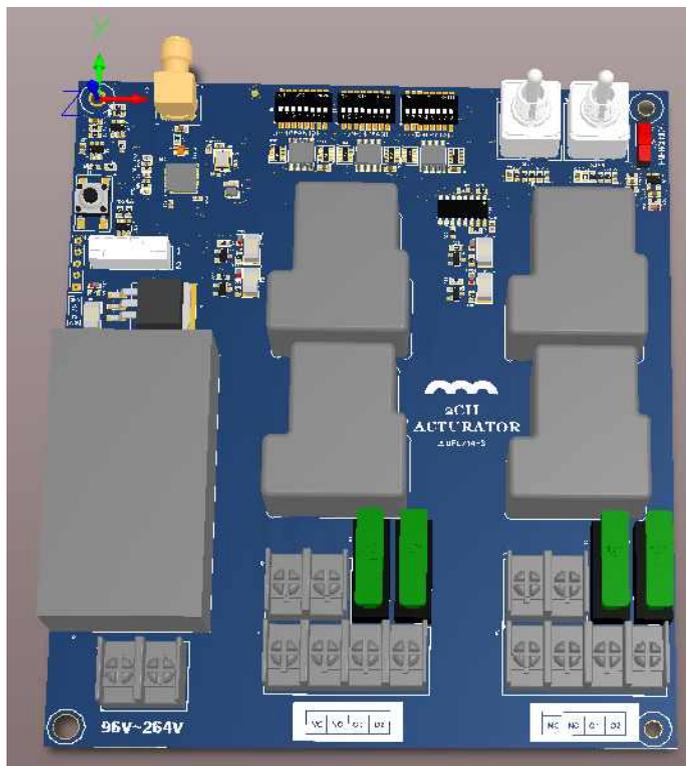


그림 56) 라우팅 결과 3D 화면

※PCB 라우팅은 2층 1.6T로 수행 하였으며, Clearance 0.2mm 기본으로 제작

③ 시제품 결과물



그림 57) 시제품 결과물

(나) 성능시험

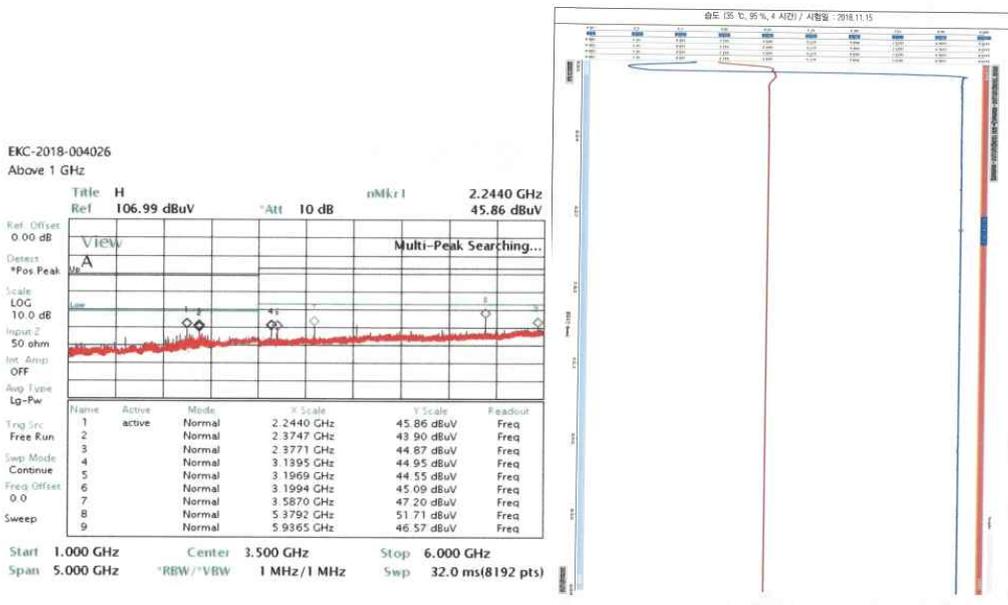


그림 58) 전자기장 내성 시험 및 RF 특성 시험을 수행

사) 그린시에스

(1) 양액기 통신 표준의 분석

오픈소스기반 개방형 스마트팜 제어기와 상용 양액제어 시스템의 통신 호환을 위해 ETRI, 농업실용화재단과 함께 양액기의 표준을 분석하였다. 양액기의 통신 표준 분석을 위한 항목은 모니터링 센서와 구동장치이며, 국내 상용 양액기 5개 사의 주요 제품의 기능을 분석하였다.

오픈소스기반 개방형 스마트팜 제어기와 양액기의 연동을 위한 양액기는 다음 네 가지 작동 모드가 요구된다. 자동과 수동, 네트워크 기반 자동과 수동모드가 필요하며, 개방형 제어기와 통신은 RS485 모드버스를 기준으로 한다.

상용 양액기의 센서 구성 분석결과는 다음과 같다.

센서 종류		A	B	C	D	E
유량계		0	0		0	0
광센서			0		0	
EC센서	배지EC					
	급액/배관 EC	0	0	0	0	0
	퇴수EC			0		
PH센서	배지PH					
	급액/배관 PH	0	0	0	0	0
	퇴수PH			0		
압력계			0			
함수율센서		0				0
일사량		0		0		0
온도	배지온도	0		0		0
	배액온도					
	실내온도					
습도	실내습도	0				0
이슬점						0
엽온						0
CO2						0
수위센서						0

표 37) 상용 양액기 센서 구성 분석 결과

양액기의 주요 센서는 급액 EC·pH 센서, 유량센서, 일사센서이다. 제품에 따라 함수율센서, 온도센서 등을 지원하였으며, E사 제품의 경우 이슬점, 엽온, CO2, 수위 측정 센서를 지원하였다.

상용 양액기의 주요 기능 분석결과는 다음과 같다.

주요기능		A	B	C	D	E		
공통기능	구역설정	0	0	0	0	0		
	긴급관수정지				0			
	경보설정	TBD	0	0	0			
동작상태확인	현재상태 확인	PH						
		EC						
제어기능	양액설정	EC 설정	0	0	0	0	0	
		PH 설정	0	0	0	0	0	
		EC 속도	0					
		관수량 설정(L)	0	0			0	
		유량 설정(L/s)		0				
		압력 설정			0			
	관수설정	시간대별 관수	주기관수	0	0	0	0	0
			시간관수	0	0	0	0	0
			간격관수	0	0	0	0	0
			1회 관수	0	0	0	0	0
		일사별 관수	일사누적속도관수	0				
			광량적산관수		0			
			일사비례관수	0			0	0
			일사비례원수				0	
			일출/일몰 관수	0				0
		배지상태별 관수	수분관수	0	0		0	0
		유량별 관수	유량계 단위 관수		0		0	

표 38) 상용 양액기 주요 기능 분석 결과

양액기의 주요 기능은 관수 구역설정, 공급 양액의 EC·pH설정, 시간대별 관수 설정과 배지 상태별 관수이며, 일사별 관수 기능은 제품별로 상이하였다. 양액기 경보설정과 양액설정의 EC 속도, 유량, 압력 설정기능은 제품별 기능으로 사용되었다.

(2) 개방형 제어기 호환 위한 양액기 프로토콜

개방형 제어기를 이용한 양액기의 주요 기능제어 항목은 자동 관수와 수동 관수 설정, 관수 설정, 모니터링이며, 시스템 구현을 위한 양액기의 프로토콜은 결정된 양액기 통신 요구 항목에 따라 장비 정보와 연결제품, 양액기 노드와 구동부 상태의 통신 항목과 범위를 지정하였으며, 제어를 위한 센서 정보와 관수통계, 제어명령 값을 지정하여 개방형 제어기에 의해 상용 양액기의 제어 프로토콜을 구현하였다.

개방형 제어기에 의한 양액기 제어모드는 현장제어(Local)와 플랫폼 제어(Remote)로 구분되며, 플랫폼 제어 시 양액기는 수동 기능만 사용 가능하며, 현장제어의 경우 양액기기 설정에 의한 자동제어와 수동제어 기능이 사용 가능하다.

장비정보	2	3	4	5	6	7	8	9...12			
정보	회사코드	제품타입 (노드/양액기)	제품코드	프로토콜버전	연결장비수	구역수	드리퍼유량 (드리퍼종류)				
Type	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit				
Value	2	4	10004	201	11	1					
연결제품코드	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111
정보	장치코드#1	장치코드#2	장치코드#3	장치코드#4	장치코드#5	장치코드#6	장치코드#7	장치코드#8	장치코드#9	장치코드#10	장치코드#11
Type	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit
Value	7101	1102	1103	1204	1205	406	1407	1408	1409	1410	1411
양액기노드상태	201	...									
정보	양액기상태										
Type	Uint 16bit										
구동부상태	211	212	213	214	215						
정보	제어권상태	동작상태	관수구역	경보정보	opid						
Type	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit						
센서정보	221	222...	231	232...	241	242...	251	252...	261	262...	
정보	EC센서1상태	EC센서1 값	EC센서2상태	EC센서2 값	pH센서1상태	pH센서1 값	pH센서2상태	pH센서2 값	일사센서 상태	일사센서값	
Type	Uint 16bit	Float 32bit	Uint 16bit	Float 32bit	Uint 16bit	Float 32bit	Uint 16bit	Float 32bit	Uint 16bit	Float 32bit	
관수통계	271	272...	281	282...	291	292...	301	302...	311	312...	
정보	유량계상태	전체유량	유량계상태	1구역유량	유량계상태	2구역유량	유량계상태	3구역유량	유량계상태	4구역유량	
Type	Uint 16bit	Float 32bit	Uint 16bit	Float 32bit	Uint 16bit	Float 32bit	Uint 16bit	Float 32bit	Uint 16bit	Float 32bit	
제어명령	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	...
정보	플랫폼 명령	opid	제어권설정값	EC설정		PH설정		관수시작구역	관수종료구역	관수시간(초)	
Type	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Float 32bit		Float 32bit		Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	

표 39) 상용 양액기와 개방형 제어기의 통신 호환을 위한 프로토콜

(3) 표준 기술 적용한 양액기 개발

▼ 현재

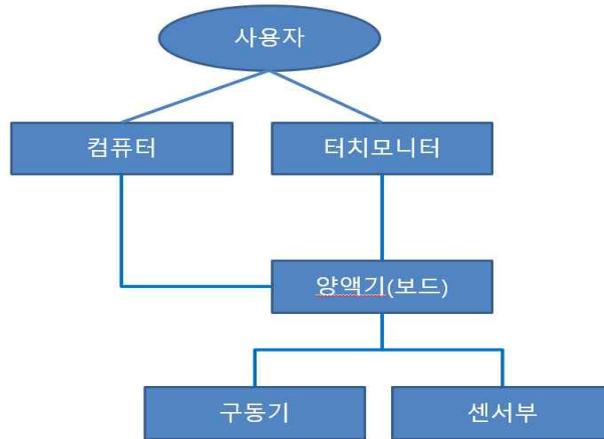


그림 59) 현재 양액기 구성도

▼ 추후

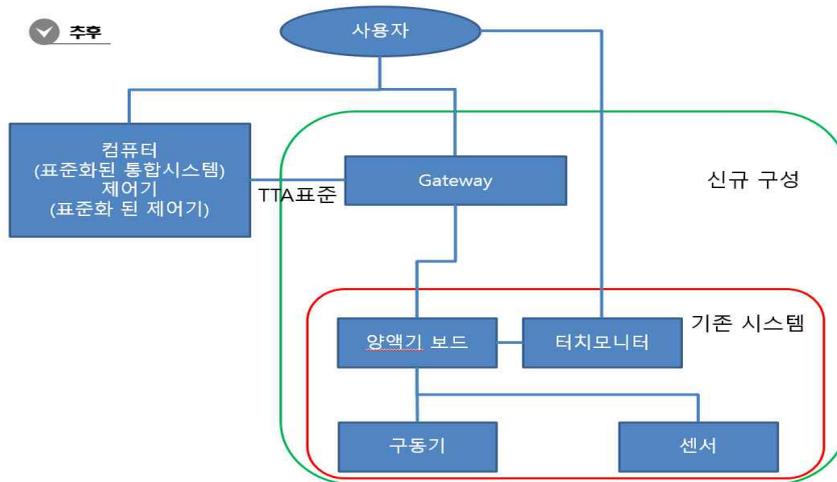


그림 60) 추후 양액기 구성도

표준 기반 양액기를 개발하는 과정에서 상용 양액기의 메모리 부족현상을 보완하고 확장성을 개선하기 위해 물리적 구성도를 변경하였다.

양액기의 구성 변환으로 얻는 장점은 다음과 같다.

- 메모리 부족현상 보완
- 통신포트 확장으로 확장에 용이
- 모바일, 웹 모니터링 구성가능
- 검증된 터치 모니터 사용으로 내구성 향상
- 미들웨어를 이용한 구동 설계로 프로토콜 변환에 용이

상용 양액기의 컨트롤러 및 개방형 통신모듈 개발

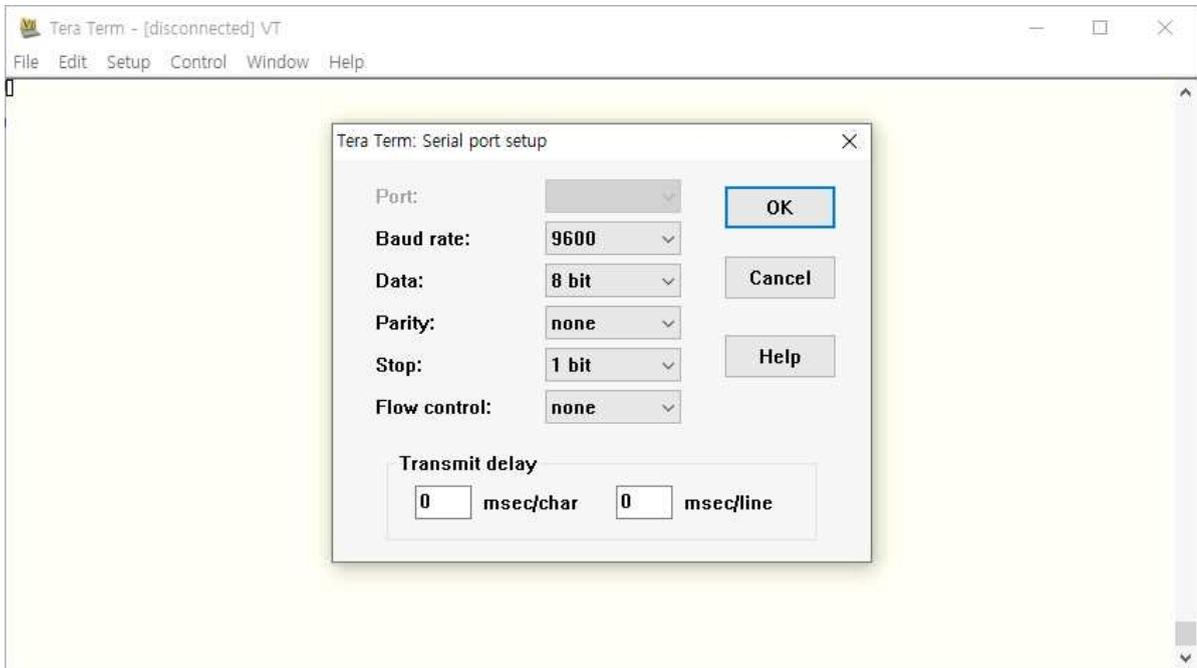


그림 61) 양액기 컨트롤러 CPU firmware 수정 및 업데이트

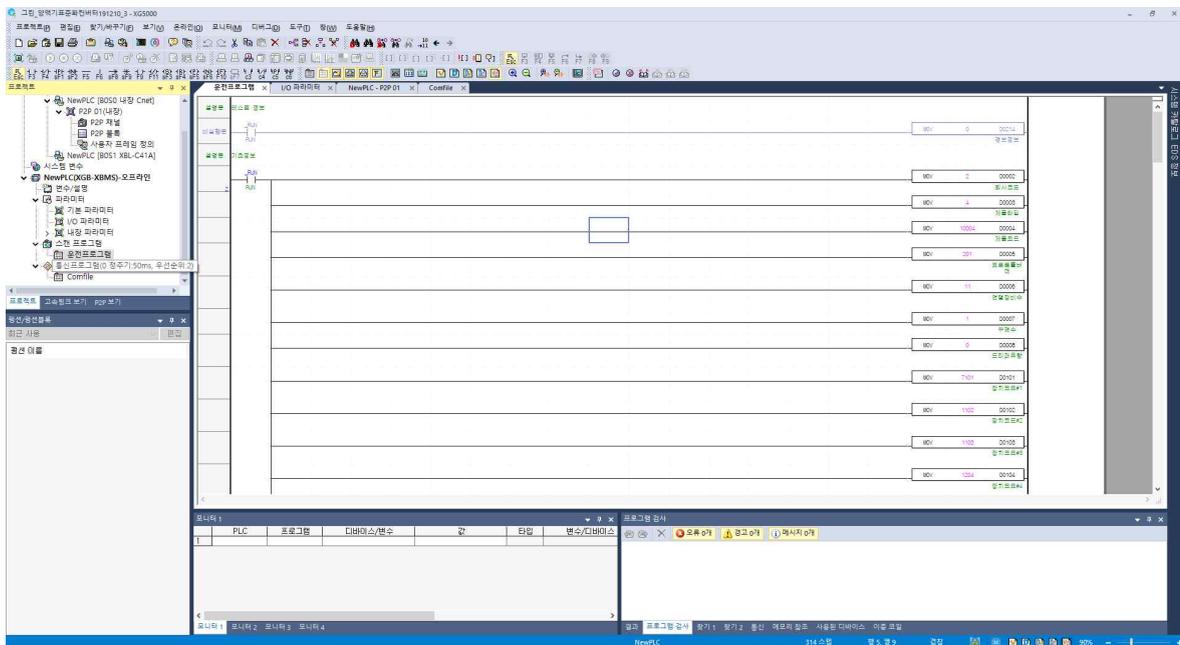


그림 62) PLC 프로그래밍

표준 기술 적용한 양액기 개발을 위해 변경·추가 모듈과 통신지원을 위해 양액기 컨트롤러의 CPU 펌웨어와 PLC를 수정 및 업데이트 하였다.

(4) 표준 기술 적용한 양액기 구성 및 기능 시험
표준 기반 양액기 시제품 자체 테스트



그림 63) 표준 기반 양액기 시제품 키트



그림 64) 표준 기반 양액기 시제품 하드웨어 구성1



그림 65) 표준 기반 양액기 시제품 하드웨어 구성2

표준 기반 양액기의 시제품 자체 테스트와 개방형 제어기 기반 기능 테스트를 수행하여 플랫폼 제어와 파라미터 제어, 측정 센서와 관수 설정 테스트를 완료하였다.

(5) 표준 기술 적용한 양액기 현장 설치 테스트 (농촌진흥청 스마트온실 테스트베드, 시설원예연구소 한국형 스마트온실)



그림 66) 농촌진흥청 스마트 온실 테스트베드 설치 전



그림 67) 농촌진흥청 스마트 온실 테스트베드 설치 중



그림 68) 농촌진흥청 스마트 온실 테스트베드 설치 후

농촌진흥청과 시설원예연구소 테스트베드에서 표준 기반 양액기를 설치하여 개방형 제어기 기반 센서 모니터링 및 동작 테스트를 수행하였다.

아) KF농업개발

(1) 프로토콜 분석

KF농업개발에서 제작하여 시판중인 양액제어시스템을 이용하여 오픈소스기반 개방형 스마트팜 제어기와 연동하기 위하여 프로토콜 분석을 진행하였다. 양액기의 통신 표준 분석을 위한 항목은 모니터링 센서와 구동장치이며, 국내 상용 양액기 5개 사의 주요 제품의 기능을 분석하였다. 오픈소스기반 개방형 스마트팜 제어기와 양액기의 연동을 위한 양액기는 다음 네 가지 작동 모드가 요구된다. 자동과 수동, 네트워크 기반 자동과 수동모드가 필요하며, 개방형 제어기와 통신은 RS485 모드버스를 기준으로 한다.

상용 양액기의 센서 구성 분석결과는 다음과 같다.

센서 종류		A	B	C	D	E
유량계		O	O		O	O
광센서			O		O	
EC센서	배지EC					
	급액/배관 EC	O	O	O	O	O
	퇴수EC			O		
PH센서	배지PH					
	급액/배관 PH	O	O	O	O	O
	퇴수PH			O		
압력계			O			
함수율센서		O				O
일사량		O		O		O
온도	배지온도	O		O		O
	배액온도					
	실내온도					
습도	실내습도	O				O
이슬점						O
엽온						O
CO2						O
수위센서						O

표 40) 상용 양액기 센서 구성 분석 결과

양액기의 주요 기능은 관수 구역설정, 공급 양액의 EC·pH설정, 시간대별 관수 설정과 배지 상태별 관수이며, 일사별 관수 기능은 제품별로 상이하였다. 양액기 경고설정과 양액설정의 EC 속도, 유량, 압력 설정기능은 제품별 기능으로 사용되었다.

기존 양액제어기와 개방형 제어기와의 중간에 양액제어기 센서 값 및 명령 정보전달을 위한 통신 브릿지 역할을 위한 회로를 구성하고 인쇄회로 기판을 제작하였다.

브릿지 회로에는 기존양액제어 시스템과의 통신을 위한 RS-232통신포트 1개, 개방형 제어기와의 통신을 위한 RS-485통신포트 1개, 기타 제어기와의 통신을 위한 RS-485통신포트 1개를 각각 제작하였다.



그림 71) 개방형 제어기

(다) 통신표준을 준수한 양액기 노드 개발



실제 사례



그림 72) 통신표준을 준수한 양액기 노드의 커넥터

자) 시설원예연구소

(1) 스마트팜 개방형 제어기와 표준 기술이 적용된 장비로 온실 구성

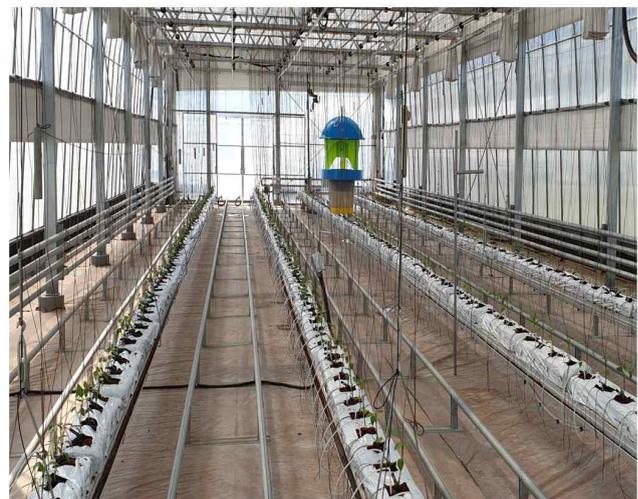
국립원예특작과학원 시설원예연구소(함안군) 내 한국형 스마트 시험온실에 개방형 제어기, KS 통신 표준(KS X 3267) 기술을 적용한 센서 및 구동기 노드와 TTA 통신 표준 기술을 적용한 양액기로 온실을 구성('19.9.26.)

(가) 한국형 스마트팜 시험 온실(B38동)

- 면적 794m² (바닥 256m² X 2동, 준비실 144m², 방풍벽 138m²)
- 동고 5.9m, 측고 4.8m, 벤로타입, 천창, 측창 환기, 1중 보온커튼, 2중 차광커튼
- 피복재 PO계 필름 0.1mm, 직조필름 0.15mm / LPG 온수보일러 2대(200,000kcal/h), 원료탱크 1ton(질소·황산화물 배출 억제)



1구역(토마토)



2구역(파프리카)

그림 73) 한국형 스마트팜 시험 온실

(나) 스마트팜 개방형 제어기 및 표준 준수 이기종 장비 구성('19.9.26.)

- 센서 및 구동기 : 유비엔(팜링크), 코리아디지털(FARMSCUBE)



그림 74) 센서 및 구동기 : 유비엔(팜링크), 코리아디지털(FARMSCUBE)



그림 75) 양액기 KF농업개발, 그린씨에스(마그마)



그림 76) 개방형 제어기 : 지농

※ 온실에 설치되어 있는 기존 복합환경제어기와 개방형 제어기 간 제어 혼선을 방지하기 위한 구역별 신호 변환기 제작 및 설치

(2) 이기종 장비 기반 온실 운영 실증

2개 동으로 구성된 한국형 스마트팜 시험온실 내 토마토(1구역) 및 파프리카(2구역)를 재배하여 이기종 장비와 호환되는 개방형 제어를 실증하였다.

(가) 개방형 제어기 및 표준 준수 스마트팜 장비 활용 구역별 작물 재배



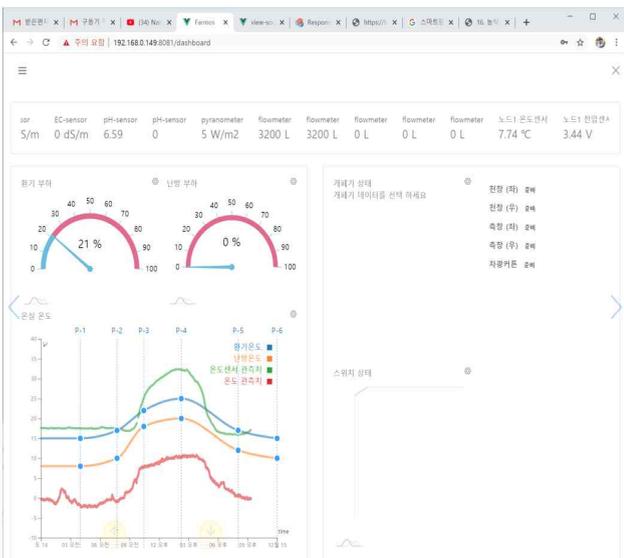
1구역(토마토)



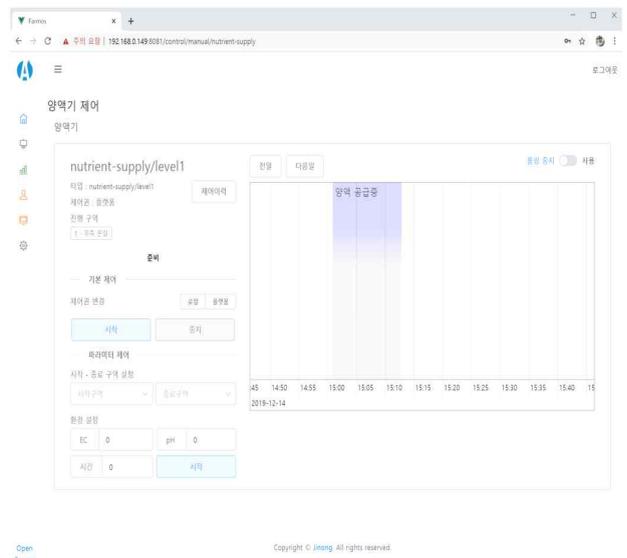
2구역(파프리카)

그림 77) 개방형 제어기 및 표준 준수 스마트팜 장비 활용 구역별 작물 재배

(나) 개방형 제어기 내 실시간 온실 관리 시스템(farmos) 운영



표준 센서 측정 데이터 모니터링 화면



표준 양액기 제어 및 모니터링 화면

그림 78) 표준 센서 측정 및 표준 양액기 제어 모니터링 화면

(다) 표준 준수 스마트팜 장비 대상 성능목표별 자체 검증 실시

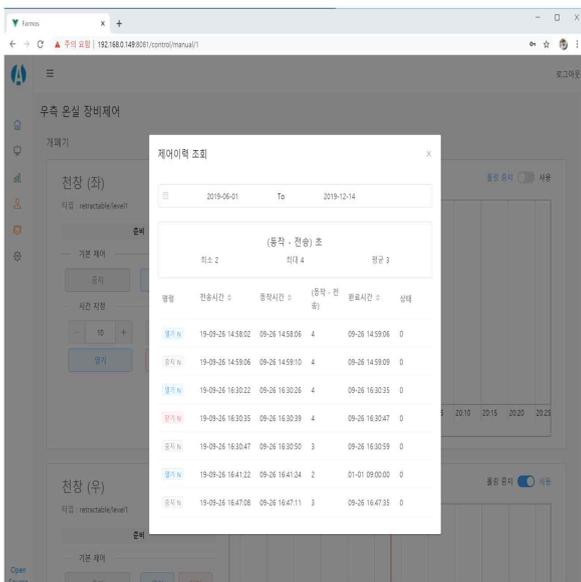
- 통신 신뢰성, 평균 처리시간, KS X 3267 준수 여부에 대한 검증 실시

순번	성능목표	단위	결과	성능목표치 근거
1	표준 통신 장비와의 데이터 수집 및 신호 전달 신뢰성	%	97%	이기종 장비로부터의 데이터 수집률로 스마트온실 운영에 문제없음
2	평균 처리시간	초/건	5초 미만	이기종 장비 제어 속도(자연시간)로 스마트 온실 운영에 문제없음
3	KS X 3267	여/부	준수	KS X 3267은 스마트팜 기자재 통신과 관련한 국가 표준
4	TTAK.KO-10.1171	여/부	준수	스마트온실에서 온실 통합 제어기와 양액기 노드 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스
5	TTAK.KO-10.1173	여/부	준수	스마트 온실 ICT 융복합 장비규격 및 서비스 요구사항

표 41) 준 준수 스마트팜 장비 대상 성능목표별 자체 검증 결과

- 제어이력 데이터 분석을 통한 스마트팜 장비 평균 처리 시간 검증 : 평균 3.22초 확인

※ 제어 명령별(열기, 중지, 닫기 등) 장비 동작 검증 시 데이터 수집 및 통신 오류가 없었음



구분	재배작목	제조사	장비종류	평균응답 시간(초)	
1구역	토마토	코리아디지탈	KF농업개발	양액기	3.33
			보온커튼	보온커튼	3.40
				차광커튼	3.36
				천창(우)	3.16
				천창(좌)	3.06
				측창(우)	2.60
측창(좌)	2.75				
2구역	파프리카	그린씨에스	양액기	2.94	
			유비엔	보온커튼	4.00
		차광커튼		3.50	
		천창(우)		3.00	
		천창(좌)		3.42	
		측창(우)	3.50		
측창(좌)	3.00				
평균				3.22	

그림 79) 표준 구동기 제어 이력 정보 조회 화면 표 42) 제어이력 데이터 평균 처리 시간 검증 결과

- 스마트 온실 센서/구동기 노드 및 온실 통합 제어기 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스(KS X 3267) 준수 여부 확인을 위한 점검 : 표준 준수 확인

차) 농업공학부 스마트팜개발과

(1) 표준기반 개방형 제어기 실증 테스트 베드 온실

한국전파통신연구원의 심의를 거쳐 제정된 스마트 온실 KS표준 규격을 적용하여 개발된 오픈소스 기반 개방형 온실 복합환경제어기의 실증 시험을 위하여 국립농업과학원 농업공학부 소재 테스트 베드 3연동 온실에 설치 하였다.

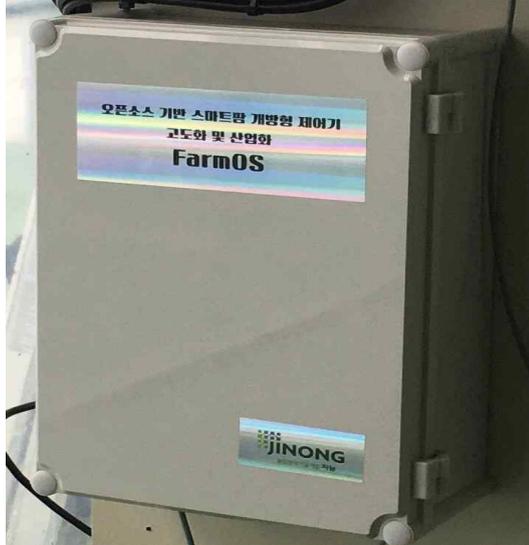


그림 82) 오픈소스 기반 개방형 제어기



그림 83) 농업공학부 실증 테스트 베드

실증 실험에 사용된 테스트 베드는 내재해 온실 구조이며, 3연동(폭 7m × 측고 4.0m × 길이 75m) 비닐 온실이다. 표준 기반 오픈소스 복합환경제어장치는 관제동(폭 8m × 측고 4.0m × 길이 30m)에 설치하였다. 스마트 온실 테스트 베드의 특징은 농업용 ICT 부품 및 기기의 정비, 유지관리, 추가 확장 시 부품 및 기기의 표준규격 검증 및 평가를 위한 위하여 구축 되어, 다음과 같이 서로 다른 기존의 환경제어 장치를 동시에 테스트 할 수 있는 장비 연결 시스템이 설치 되어 있다.



그림 84) 스마트온실 환경제어기 테스트 장비 연결 시스템

실증 온실에서는 현장의 상황과 유사한 환경에서 스마트 온실 장비의 실증이 가능하도록 토마토, 파프리카를 재배하고 있으며 작물 재배에 필요한 양액 공급 시스템을 갖추고 있다.



그림 85) 실증온실 사진

(2) 표준기반 개방형 제어기 실증 테스트 베드 온실

오픈소스기반 개방형 제어기와 KS 표준기반 통신이 가능한 장비로 스마트온실 장비의 호환성을 시험하기 위한 장비 구성은 다음과 같다. 센서와 구동기 노드는 유비엔, 코리아디지털사의 제품, 양액기는 그린시에스의 제품을 적용하여 실증 실험을 수행하였다. 농업공학부 테스트베드에는 카테고리 별로 1개의 장비를 선정하여 온실환경 데이터 수집, 구동기 제어, 양액기를 서로 다른 제조사로 실험 장비를 다음 표와 같이 구축 하였고, 환경 데이터 수집, 구동기 작동, 양액기 제어 등에 대해 오픈소스를 기반으로 구성된 개방형 온실 환경제어 시스템과 관행의 환경제어 시스템을 스마트팜 테스트베드에서 비교 시험하였다.



그림 86) 센서 노드(유비엔)



그림 87) 구동기 노드
(코리아 디지털)



그림 88) 양액기(그린 씨에스)

※ 센서노드(유비엔) + 구동기노드(코리아디지털) + 양액기(그린시에스)

(3) 온실 내 센서류 계측 성능 평가

오픈소스 기반 개방형 제어 시스템의 센서 노드와 호환되는 온도 및 습도 센서를 설치하여 테스트 베드의 기존 센서 대비 물리적으로 구분하여 설치하고 테스트 베드에서 동일한 기간에 수집된 온습도 환경 데이터를 비교하였다.

(가) 온도

테스트 베드 온실의 내부 온도 변화를 관행 제어기의 수집 데이터와 실증 대상 개방형 제어기에 수집된 정보를 동일한 기간의 데이터를 추출하여 비교한 결과 아래 그래프와 같이 온도 데이터의 프로파일은 정확하게 일치하고 있어, 개방형 제어기의 수집 정보를 이용하여 온실 제어가 가능함을 알 수 있었다.

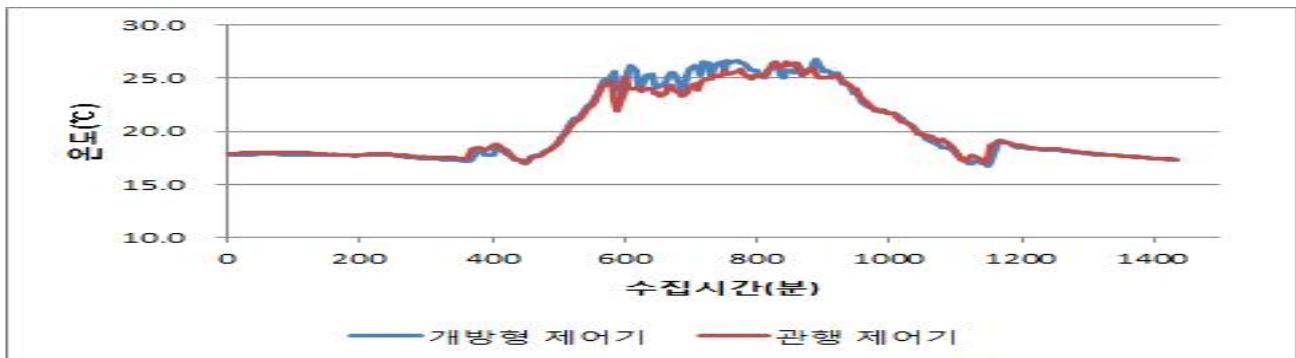


그림 89) 개방형 제어기 및 관행 제어기 온도 비교
※ 관행 제어기 센서 값을 표준(기준) 계측값으로 비교

(나) 습도

테스트 베드 온실의 내부 습도 변화를 관행 제어기의 수집 데이터와 실증 대상 개방형 제어기에 수집된 정보를 동일한 기간의 데이터를 추출하여 비교한 결과, 아래 그래프와 같이 습도 데이터의 프로파일은 정확하게 일치하고 있어, 개방형 제어기의 수집 정보를 이용하여 온실 환경 제어가 가능함을 알 수 있었다.

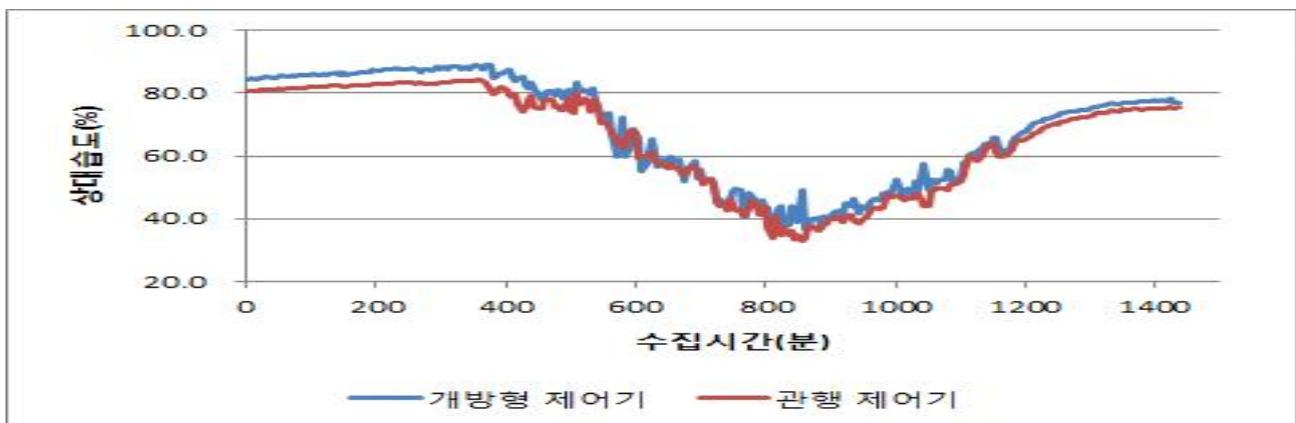


그림 90) 개방형 제어기 및 관행 제어기 습도 비교
※ 관행 제어기 센서 값을 표준(기준) 계측값으로 비교

(4) 온실 환경을 위한 구동기 제어 성능

테스트 온실에 설치된 12종의 구동기(천창·측창 개폐기, 차광막, 환기(배기)팬, 유동팬 등)를 대상으로 제어 성능을 조사하였다. 시험 방법은 제어 신호 입력 시 해당 구동기 작동 확인 유무와 제어신호에 대한 응답률과 응답속도를 측정하였다. 응답률은 제어신호 전송회수와 제어처리가 된 결과의 비로, 100% 라면 모든 제어신호에 대해 제어처리가 되었음을 의미하는데, 시험기간동안 모든 구동기가 제어신호에 대하여 100% 작동하는 것이 확인되었다.

응답속도는 제어신호를 전송한 시점과 제어처리가 시작되었다고 구동기가 응답한 시점의 차이를 측정한 결과인데, 구동기별로 2.3초에서 3.2초 사이의 평균응답속도를 보였으며, 가장 빠른 응답시간은 1초 이내였으며 가장 느린 응답시간은 4초 수준으로 측정되었다. 이러한 결과는 과제에서 목표로 한 5초이내의 응답시간을 달성한 결과로 온실 제어에 적용 가능한 수준의 응답시간으로 판단되었다.

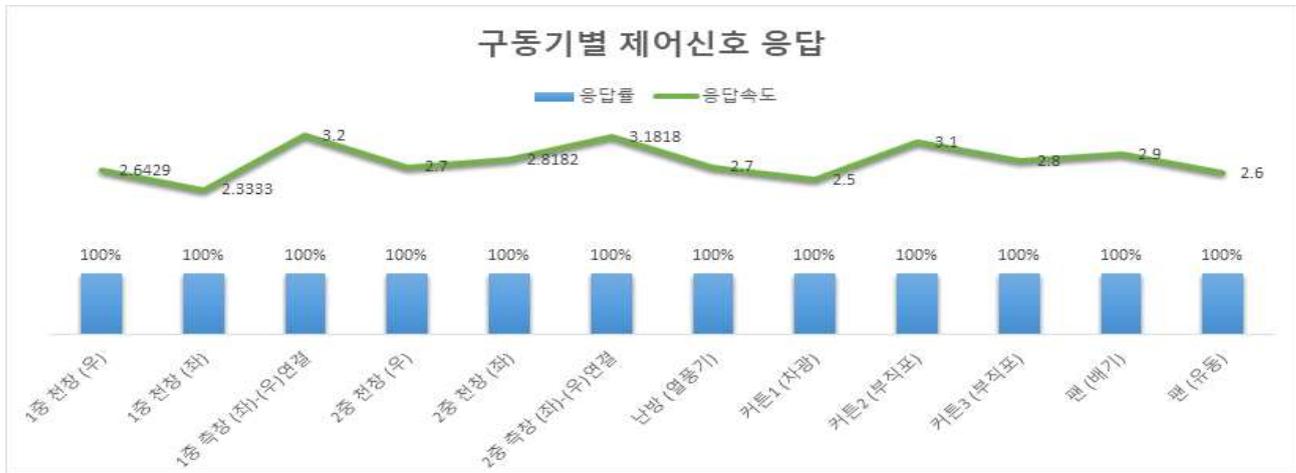


그림 91) 구동기별 제어신호에 대한 응답속도 차트

구동기 명	반복수(회)	평균 응답 속도(초)
1중 천창 (우)	14	2.6
1중 천창 (좌)	12	2.3
1중 측창 (좌)-(우)연결	10	3.2
2중 천창 (우)	10	2.7
2중 천창 (좌)	11	2.8
2중 측창 (좌)-(우)연결	11	3.1
난방 (열풍기)	10	2.7
커튼1 (차광)	10	2.5
커튼2 (부직포)	10	3.1
커튼3 (부직포)	10	2.8
팬 (배기)	10	2.9
팬 (유동)	10	2.6

표 43) 구동기별 제어 신호에 대한 응답속도 도표

(5) 오픈소스 기반 개방형 제어기 및 이기종 운영 실증

(가) 온실 환경 제어기 설정값과 내부 환경요인 변화

테스트 베드 온실 환경 제어는 온도에 대하여 온풍 난방기와 다겹 보온 커튼을 이용하여 야간 시간에 대하여 제어하고 있다. 온도 설정은 17:30에서 익일 09:00까지 온도 범위는 온풍기 동작 16°C, 온풍기 정지 18°C 설정하여 실험하였다.



그림 92) 온실 환경 제어기 사진

야간 자동 제어 상태에서 온실 온도는 그림93과 같이 잘 유지되는 것으로 나타났다. 개방형 제어기 센서 위치에 설치된 데이터 로거의 온도 값은 유사한 범위에 있었으나 센서 값의 편차 범위가 더 넓게 나타났다. 편차 범위는 개방형 제어기의 경우 센서가 백엽상 형태로 마운트 되어 있는데 반해 데이터 로거 센서는 환경에 바로 노출되어 발생하는 현상으로 판단되었다.

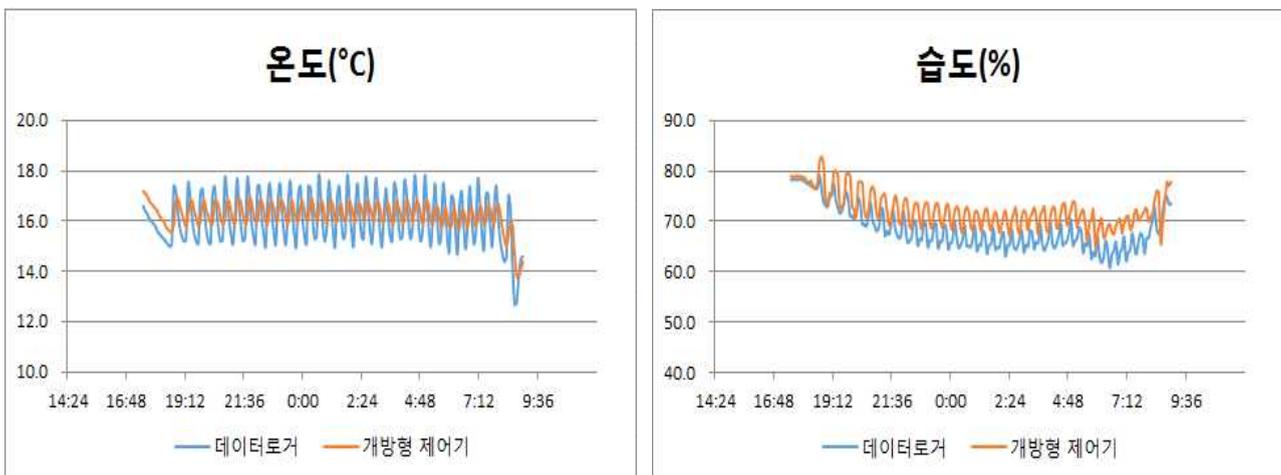


그림 93) 야간 자동 제어 온습도 그래프



그림 94) 개방형 제어기 센서 모듈



그림 95) 데이터 로거 센서 모듈

〈온습도 센서 마운트 비교〉

(나) 개방형 제어기와 표준 통신 적용 양액기 운영 실증

작물 재배를 위한 영양 공급에 필요한 양액을 공급하는 시스템은 단위 기계 장치에 양액 배합 및 공급량 조절을 위한 알고리즘과 제어를 위한 마이크로 컴퓨터 시스템이 내장되어 있는 구조이다. 본 연구에서는 개방형 제어 시스템에서 EC, pH 설정값을 표준화된 통신규약으로 양액기로 전송하고 양액기 내부의 설정값을 전송받은 값으로 변경하고, 변경된 설정값에 따라 양액기가 동작하도록 하였다. 실증 실험 결과 개방형 제어기와 양액기의 통신은 정상적으로 이루어졌으며, 전송된 설정치로 양액기가 동작하는 것을 확인할 수 있었다.

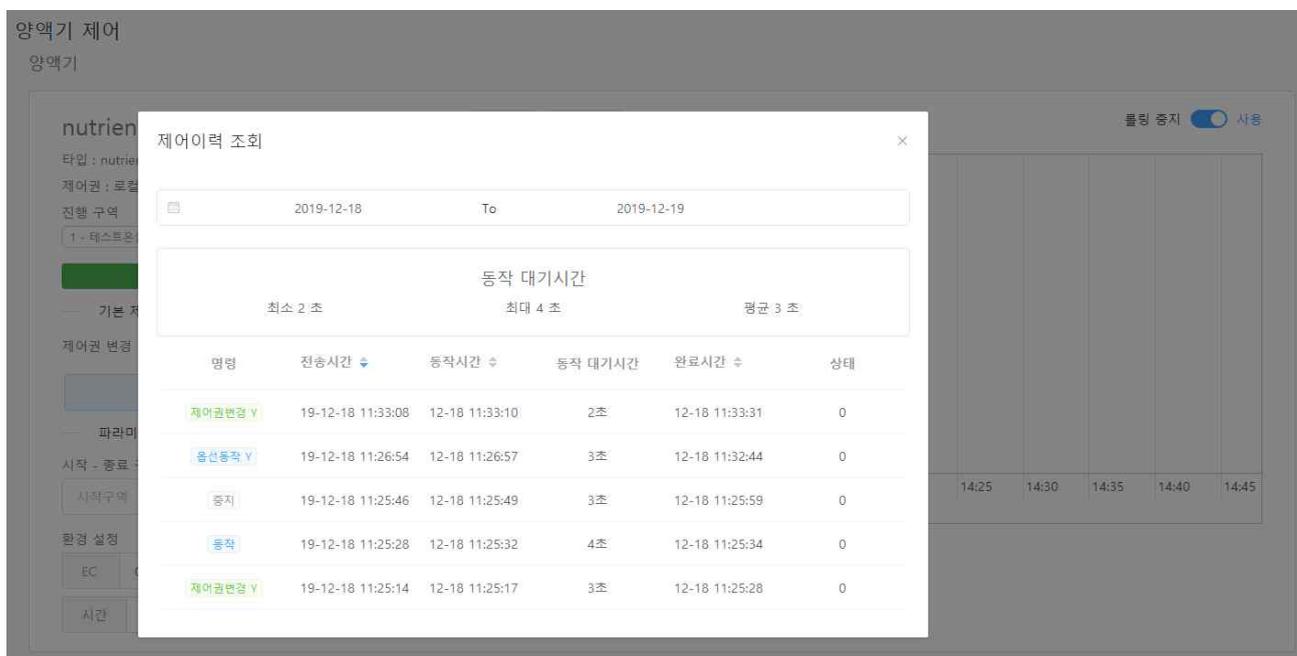


그림 96) farmos 사용자 인터페이스를 이용한 개방형 제어기와 표준 통신 적용 양액기 운영 실증

2-3. 연구성과

가) KS 통신 표준 기반의 스마트팜 기자재 호환 기술 (KS-X-3267 기반)

본 연구과제를 통해 제작된 센서노드 / 구동기노드 / 양액기노드 (총 6기종)은 KS 통신 표준 기반의 통신을 수행하고 개방형 스마트팜 제어기에 연동될 수 있도록 개발이 완료 되었음.

이 기술을 활용하면 타 사의 제품끼리 상호 연동이 될 수 있으며, 다른 회사의 제품과 교체하여 활용이 가능함. 필요에 따라 원하는 센서만 추가하거나 제거할 수 있음.

나) 스마트팜 장비의 자동인식 기술 (TTA.KO-10.1172 기반)

본 연구과제에서는 장비 스펙을 기반으로 스마트팜 장비를 자동으로 인식할 수 있는 방법을 개발 하였음. 장비 제조사에서 장비의 스펙을 함께 제공하면 이를 기반으로 개방형 스마트팜 제어기에서는 장비의 연결상태를 확인하고, 장비 등록을 수행할 수 있음.

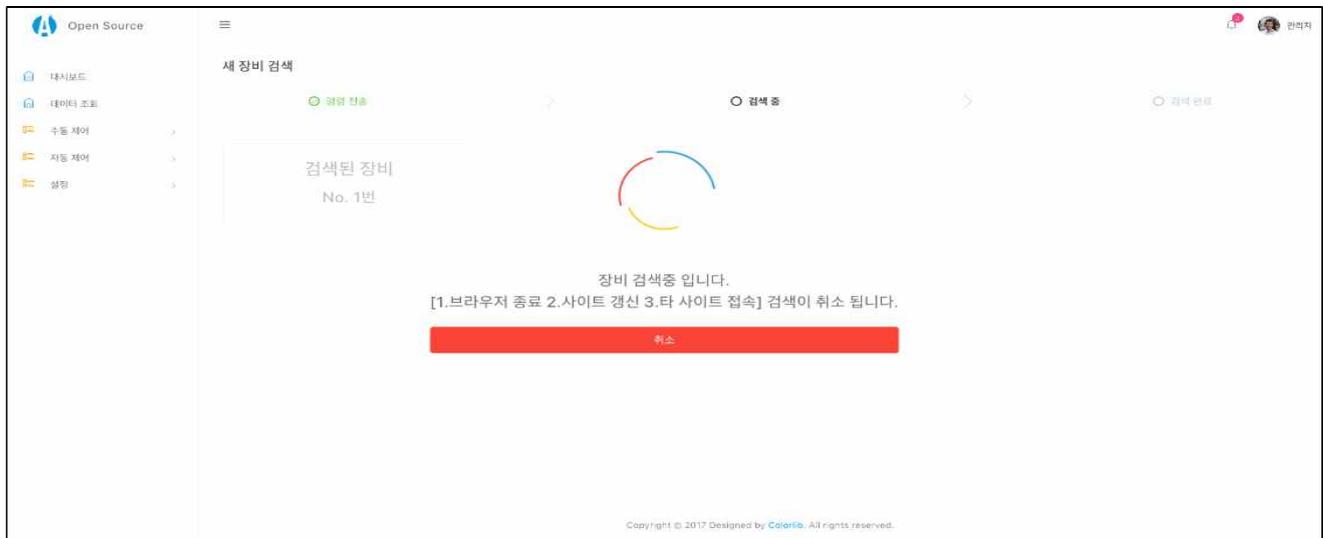


그림 97) 장비 자동 등록 UI

다) 장비 맞춤형 사용자 인터페이스 기술

본 과제에서 개발한 개방형 스마트팜 제어기는 스마트팜 장비를 자동으로 인식하게 되는데, 이 때 장비의 종류에 따라서 서로 다른 사용자 인터페이스를 제공하는 기술을 개발하여 적용하였음.



그림 98) 장비 맞춤형 인터페이스

라) 개방형 스마트팜 제어기의 양액기 연동 기술 (TTA.KO-10.1171 기반)

본 과제에서 개발한 개방형 스마트팜 제어기는 양액기로부터 데이터 획득이 가능하고, 양액기를 직접 제어할 수 있는 기능을 구현하였음.

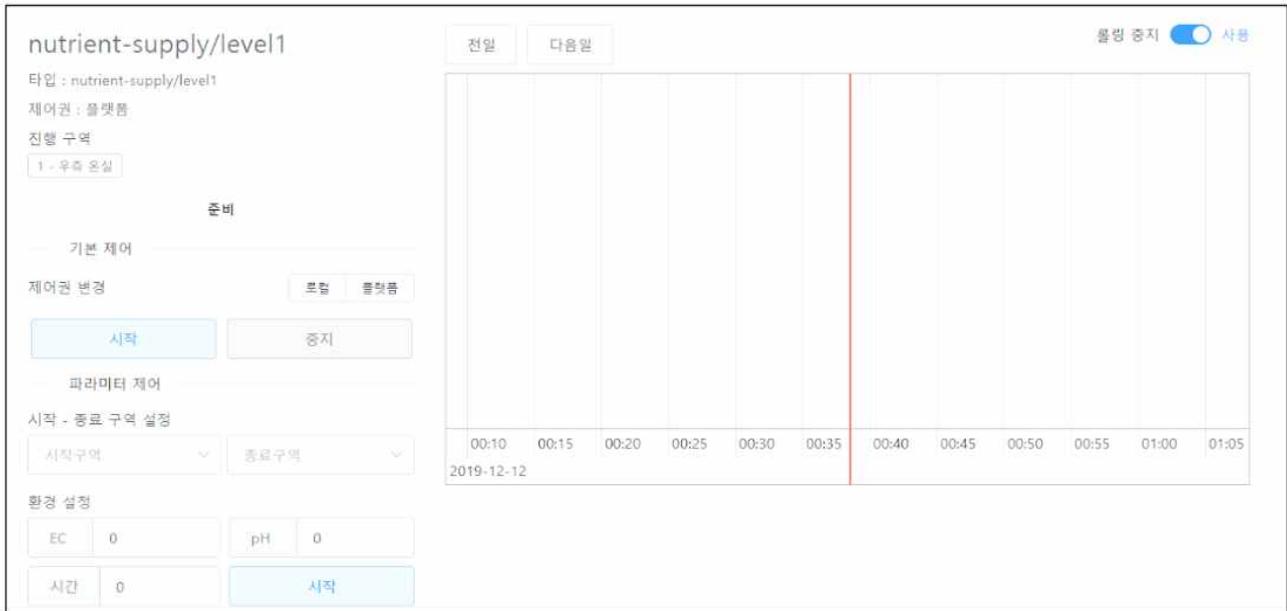


그림 99) 양액기 UI

마) 작동 규칙에 기반한 스마트팜 제어 기술

개방형 스마트팜 제어기는 개별 기능을 별도로 구현하는 방식이 아니라 작동 규칙을 기반으로 작동할 수 있도록 구현을 하였음. 기능을 개발한 서울대에서는 다양한 작동규칙을 선택제할 수 있도록 하였고, 아래와 같이 작동규칙을 선택하여 새로운 데이터를 생성하거나 구동기를 제어할 수 있음.

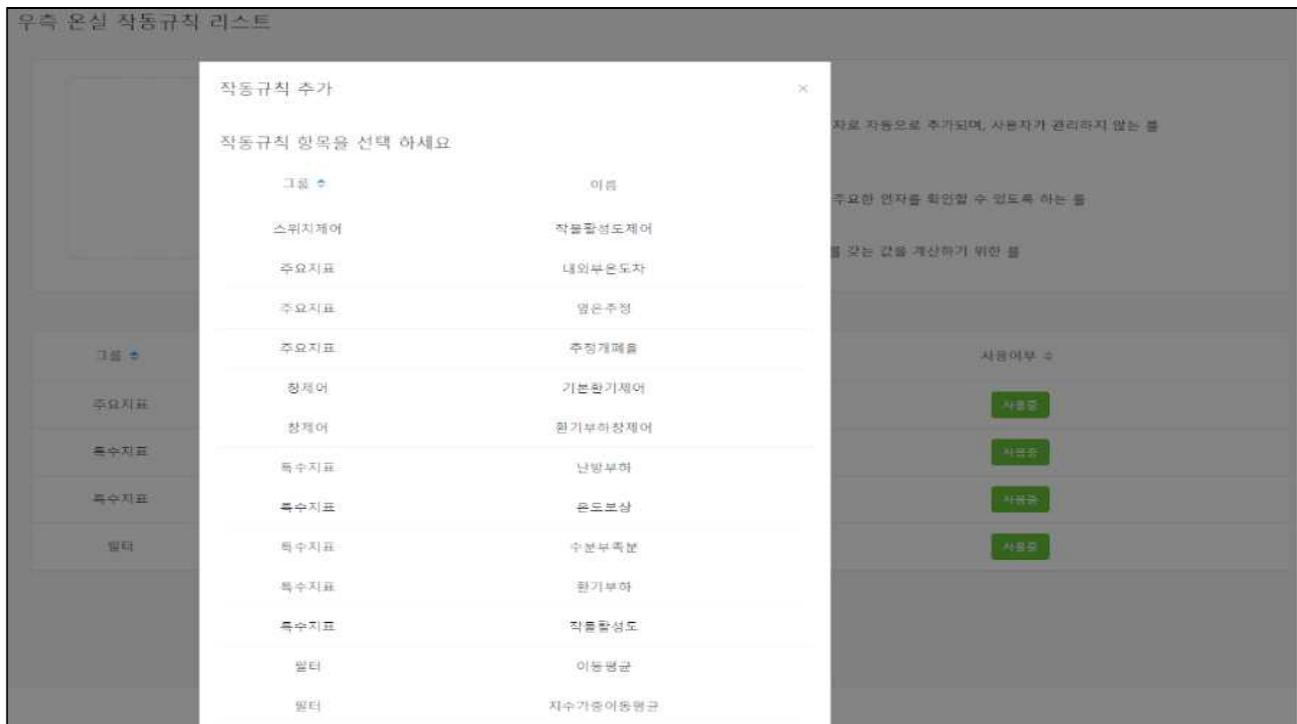


그림 100) 작동 규칙 UI

바) 사용자가 직접 작동 규칙을 제작할 수 있는 기술

개방형 스마트팜 제어기는 작동 규칙을 사용자가 스스로 추가하거나 변경할 수 있는 기능을 구현 하였습니다. 사용자가 작동 규칙을 스스로 편집할 수 있기 때문에, 새로운 작동규칙을 만들어 새롭게 스마트팜을 제어하는 것이 가능함.

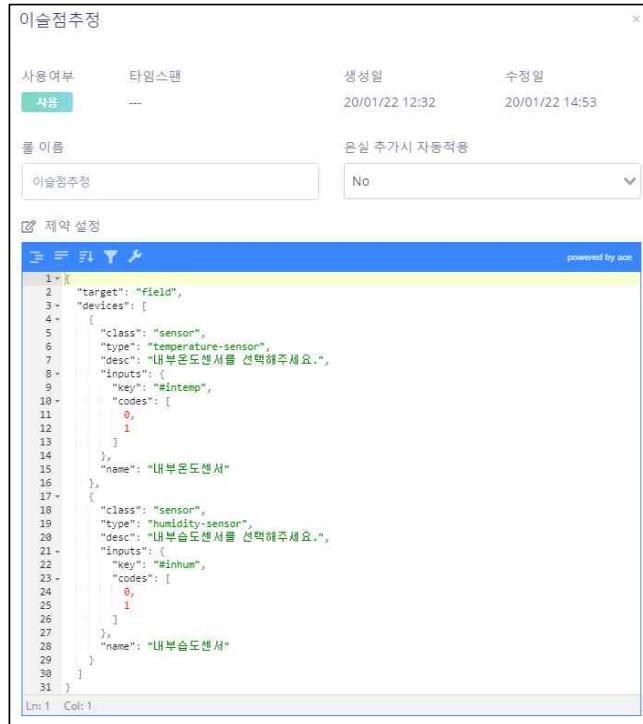


그림 101) 이슬점 추정 룰 관리

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

3-1. 목표

가) 연구개발의 목표

오픈소스기반 개방형 스마트팜 제어기의 성능을 고도화하고, 상용제품(양액기, 센서노드, 구동기노드 등)과 표준통신을 통해 기기간 상호 연결을 지원하여, 농업인이 온실에서 고도화된 기능의 스마트팜 개방형 제어기를 제약없이 활용할 수 있도록 한다.

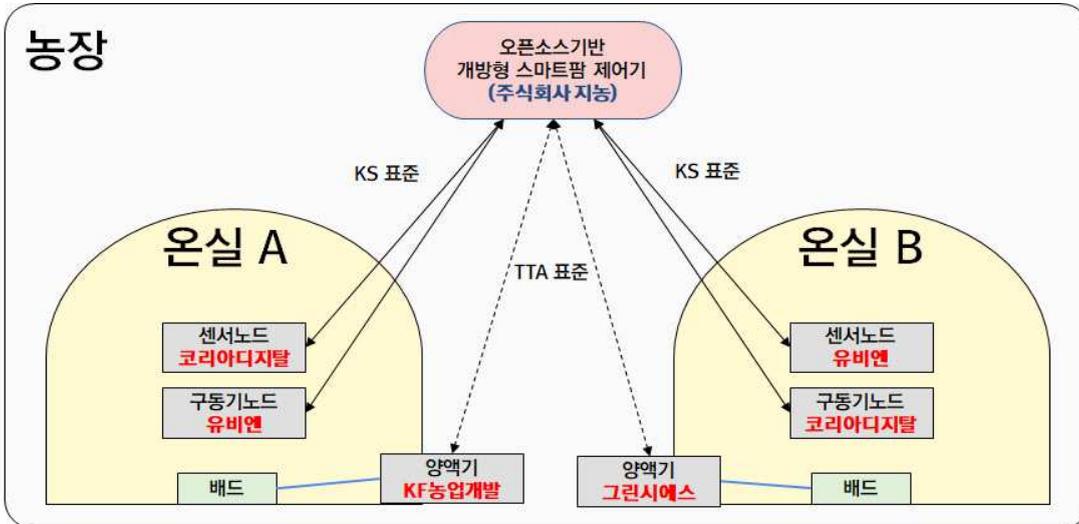


그림 102) 오픈소스기반 개방형 스마트팜 제어기 개요

나) 정량적 성과 목표

- 프로그램 등록 1건
 - “오픈소스 기반 개방형 제어기 S/W” 프로그램 등록
- 기술이전 5건
 - “오픈소스 기반 개방형 제어기 S/W”를 스마트팜 제작업체에 기술이전
- 제품화 6건
 - 표준기반 센서노드 2건, 표준기반 구동기노드 2건, 표준기반 양액기 2건 제품화
- 표준제정 혹은 개정 1건
 - 양액기와 제어기 간 제어 통신 프로토콜을 국내 단체표준으로 개발
- 학술발표 2건
 - 양액기와 제어기간 표준 개발 및 오픈소스 개방형 제어기 관련 학술발표
- 영농활용 2건, 정책제안 1건
 - 이기종 장비 스펙으로 온실 구성 모델에 대한 영농활용 방안 제시
 - 스마트팜 확산 사업에 이기종 장비 모델의 보급 방안 제시
- 홍보전시 1건
 - 이기종 장비와 오픈소스 개방형 제어기 SW 제품을 첨단농축산기자재박람회에 공동전시

3-2. 목표 달성여부

가) 정량적 성과 요약

- 본 과제는 정량적 성과목표를 달성하였음.
- 특히 기술료, 고용창출, 기술인증, 학술발표, 정책활용, 표준제정, 기타 항목에서 모두 성과 목표를 초과 달성하였음.

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술시(이)전		사업화					기술인증 기인	학술성과			교육지도	인력양성	정책·활용·홍보		표준제정	기타(타연구활용등)
	특허출원	특허등록	프로그램등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표			정·책·활·용	홍·보·전·시		
											SCI	비SCI	논문평균IF							
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건	건		
가중치			15	25		30			5				10			5	5		5	
최종목표			1	5		6	3,000	400	1				2			1	1	1	2	
종료 1차년도							250													
종료 2차년도							500	100												
종료 3차년도							750	100												
종료 4차년도							750	100												
종료 5차년도							750	100												
소 계							3,000	400												
합 계			1	5	8.96	6	18.7		2		2		3			2	1	2	4	

나) 항목별 연구성과 상세
기술 이전 / 기술 실시

기술 이전 / 기술 실시	5건 / 5건	100%
---------------	---------	------

목표한 5건의 기술실시를 모두 달성하였고, 기술료로 8,960 천원을 납부하였음.

기술실시보고서		기술실시보고서		기술실시보고서		
(단위 : 원)		(단위 : 원)		(단위 : 원)		
연구개발과제 현황	사업명	1세대 스마트 배너발광 산업화 연구개발번호	319032-01-1-08010	사업명	1세대 스마트 배너발광 산업화 연구개발번호	319032-01-1-08010
	연구과제명	스마트 조명 소모품용 개발용 제어기 코퍼레이션 산업화		연구과제명	스마트 조명 소모품용 개발용 제어기 코퍼레이션 산업화	
	연구개발명	주식회사 지능 연구개발명	주식회사 지능 연구개발명	연구개발명	주식회사 지능 연구개발명	주식회사 지능 연구개발명
	연구개발명	주식회사 지능 연구개발명	주식회사 지능 연구개발명	연구개발명	주식회사 지능 연구개발명	주식회사 지능 연구개발명
기술실시계약 및 성과확충 현황	계약발주명	주식회사 지능 연구개발명	주식회사 지능 연구개발명	계약발주명	주식회사 지능 연구개발명	주식회사 지능 연구개발명
	계약발주명	주식회사 지능 연구개발명	주식회사 지능 연구개발명	계약발주명	주식회사 지능 연구개발명	주식회사 지능 연구개발명
	계약발주명	주식회사 지능 연구개발명	주식회사 지능 연구개발명	계약발주명	주식회사 지능 연구개발명	주식회사 지능 연구개발명
	계약발주명	주식회사 지능 연구개발명	주식회사 지능 연구개발명	계약발주명	주식회사 지능 연구개발명	주식회사 지능 연구개발명
기술료	계약발주명	주식회사 지능 연구개발명	주식회사 지능 연구개발명	계약발주명	주식회사 지능 연구개발명	주식회사 지능 연구개발명
	계약발주명	주식회사 지능 연구개발명	주식회사 지능 연구개발명	계약발주명	주식회사 지능 연구개발명	주식회사 지능 연구개발명
	계약발주명	주식회사 지능 연구개발명	주식회사 지능 연구개발명	계약발주명	주식회사 지능 연구개발명	주식회사 지능 연구개발명
	계약발주명	주식회사 지능 연구개발명	주식회사 지능 연구개발명	계약발주명	주식회사 지능 연구개발명	주식회사 지능 연구개발명
기타특기사항	국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제22조 제2항에 따라 위와 같이 기술실시계약이 체결되었음을 보고합니다.					
	불입 1. 기술실시계약서 사본 1부(타기판으로 기술이전시) 2. 지식재산권을 포함하는 기술이전인 경우 해당 증명자료(특허 등록증, 출원증 등) 1부(타기판으로 기술이전시) 3. 연구개발과제 협약서 사본 1부(직접실시시) 4. 실시계약 의견서 1부(당면면담 때, 미제출시)					
	2019. 12. 30. 일					
	주관연구기관 주식회사 지능 의 대표 박훈동 (직인)					
농림식품기술기획평가원장 귀하						

표 44) 기술 실시 보고서

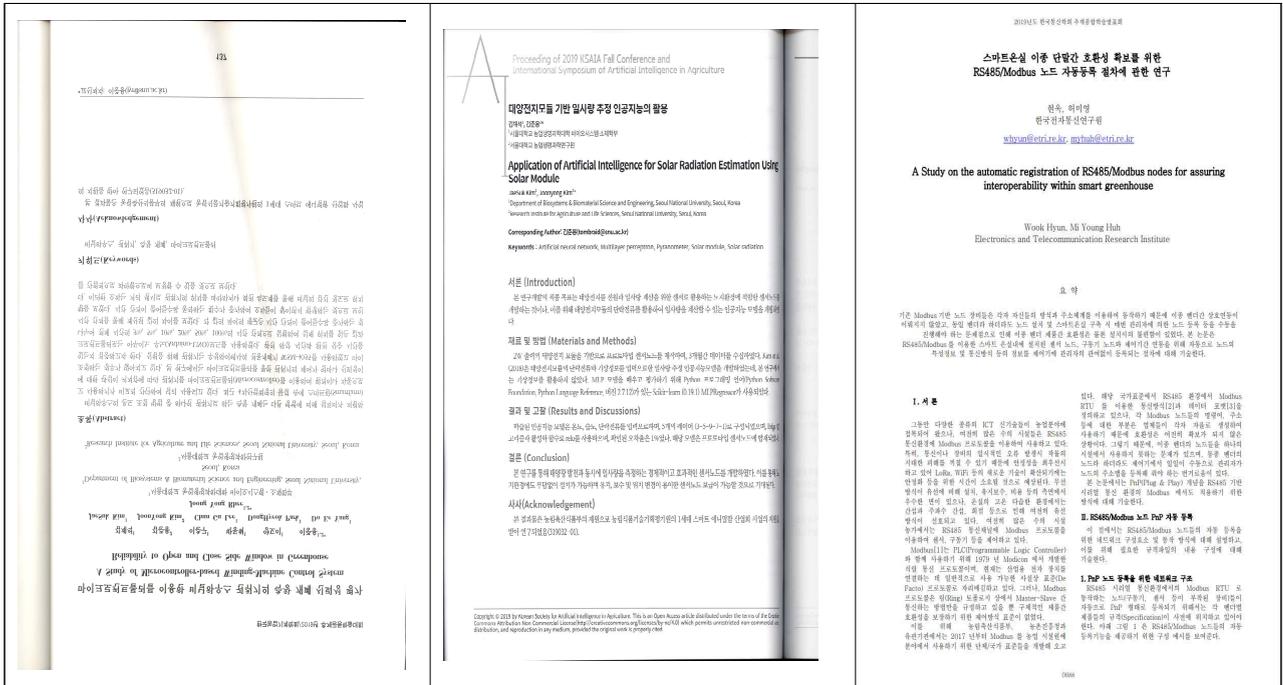


표 46) 학술대회 발표자료

수상실적	2건 / 0건	200%
------	---------	------

학술대회에서 2회의 우수논문상을 수상하여, 수상실적 성과를 달성함.

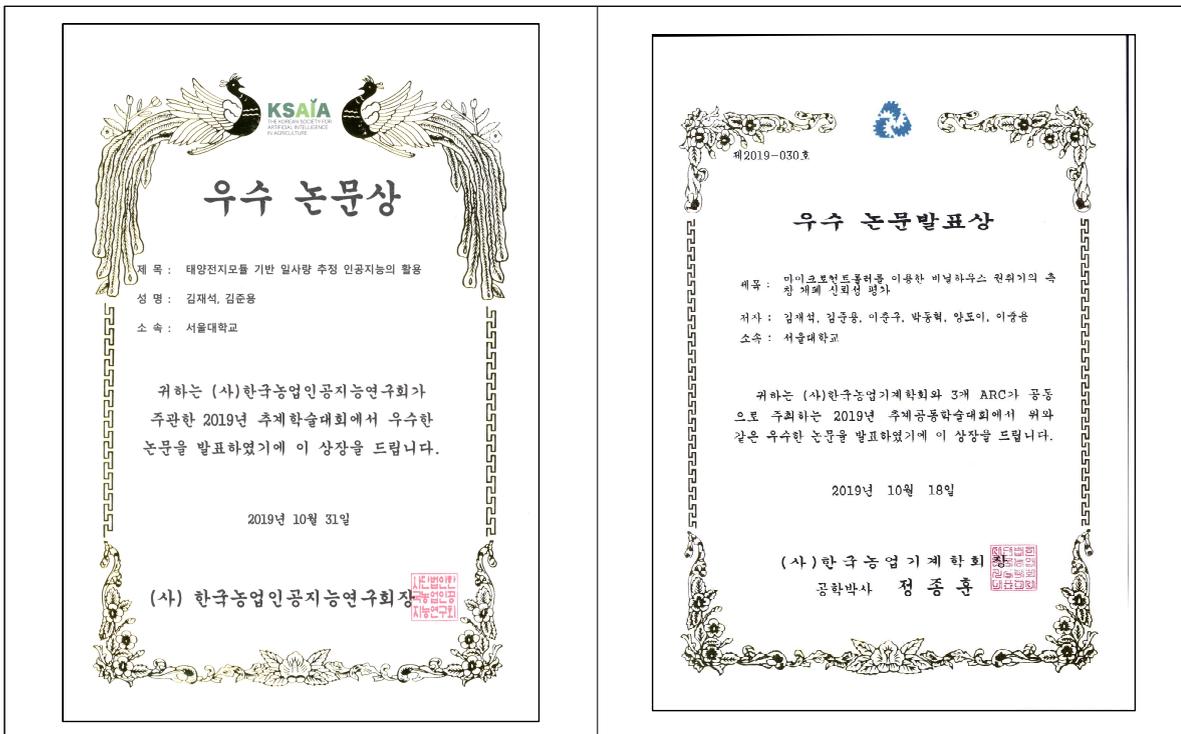


표 47) 수상실적 자료

③ 표준 제정

표준 제정	2건 / 1건	200%
-------	---------	------

표준 제정의 목표는 1건이었으나 1건을 초과달성하여 총 2건의 표준을 제정함.

TTA Standard	정보통신단체표준(국문표준) 제정일: 2019년 12월 11일 TTAK-KO-10.1171 스마트온실에서 온실 통합 제어기와 양액기 노드 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스 RS485 MODBUS Interface between Greenhouse Controller and Nutrient Supply Node in Smart Greenhouse 	TTA Standard	정보통신단체표준(국문표준) 제정일: 2019년 12월 11일 TTAK-KO-10.1172 모드버스/RS485 기반 스마트온실 노드/디바이스 등록 절차 및 기술 규격 Modbus/RS485-based Smart Greenhouse Node/Device Registration Procedures and Description Specification 
---------------------	---	---------------------	--

표 48) 표준제정 인증자료

④ 인증

인증	2건 / 0건	200%
----	---------	------

본 과제에서는 별도의 인증을 정량적 성과로 고려하지 않았으나, 만들어진 제품중 2건에 대해서 KC 인증을 획득하였음.

	
---	--

표 49) KC인증자료

① 고용창출

고용창출	2건 / 1건	200%
------	---------	------

본 과제에서 1명의 고용창출을 기대하였으나, 2명의 고용창출을 달성하였음.

② 정책활용

정책활용	2건 / 1건	200%
------	---------	------

본 과제의 성과물을 활용하기 위한 정책활용을 2건 제안하였음.

- KS 표준 준수 장비 활용을 통한 스마트팜 보급 확대 방안
- 표준 기반 개방형 복합환경제어기 혁신밸리 실증 사업 포함

③ 홍보

홍보	1건 / 1건	100%
----	---------	------

본 과제의 성과물을 2019 대한민국 ICT융합 엑스포에서 홍보하였음.



그림 103) 대한민국 ICT융합 엑스포 참석 사진

⑤ 기타활용

기타활용	4건 / 3건	133%
------	---------	------

기타활용 성과로 오픈소스 공개 1건, 영농활용 3건을 달성하였음.

- 본 과제에서 개발된 스마트팜 개방형 제어기는 오픈소스로 공개하도록 되어있음. 이에 모든 소스를 다음의 오픈소스 공유 사이트인 GitLab 에 공개하였음.
https://gitlab.com/JiNong_Public/farmosV2
- 오픈소스기반 개방형 제어기 확장 모듈 상용화 및 이기종 운영 실증
- 오픈소스기반 개방형 복합환경제어기 스마트 온실 적용
- 스마트팜 표준 통신 기술의 이해와 활용

다) 사업화 성과 및 매출실적

4개의 협동기관에서 센서노드 2종, 구동기노드 2종, 양액기노드 2종으로 총 6종의 제품화를 진행하였음. 기관별로 보면 그린씨에스 1종, KF농업개발 1종, 유비엔 2종, 코리아디지털 2종이며, 연구 1년차만에 매출실적을 발생시켰음. 각 기관별 매출액은 다음과 같음.

- 그린씨에스
59,400 천원의 매출 중 해당 기술의 기여율은 3%로 1,782천원이 해당 기술의 순수 매출액
- 유비엔
14,000 천원의 매출 중 해당 기술의 기여율은 20%로 2,800천원이 해당 기술의 순수 매출액
- 코리아디지털
12,250 천원의 매출 중 해당 기술의 기여율은 약 40%로 4,900천원이 해당 기술의 순수 매출액
- KF농업개발
46,078 천원의 매출 중 해당 기술의 기여율은 약 20%로 9,216천원이 해당 기술의 순수 매출액

3-3. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

해당사항없음.

4. 연구결과의 활용 계획 등

4-1. 표준기반 스마트팜 서비스의 모범 사례 확산 (이기종 제품간 상호연동)

가) 기업간 협력 모델

기업간의 각기 다른 센서노드, 구동기노드, 통합제어기, 양액기를 통신표준을 통해 상호운용을 가능케 할 수 있다.

1) KS X 통신표준(3267, 3268, 3269) 및 양액기 표준을 적용한 제품 라인업 완성

- 코리아디지털/유비엔 : 센서노드, 구동기노드와 통합제어기간 표준 적용완료
- KF농업개발, 그린씨에스 : 양액기 표준(TTA)을 적용한 표준 양액기 개발완료

2) 본 과업에 참여한 4개의 제조사들은 표준 통신을 통해 이러한 상호 운용이 가능하다는 것을 실증하였으며 이러한 사례를 적용시 코리아디지털과 유비엔 같은 회사는 자사에 양액기 제품을 직접 만들 필요가 없어지며 핵심 제품에 집중할 수 있다는 장점이 있다. 또한 타 양액기 제조사는 추가로 코리아디지털과 유비엔에 표준 양액기를 판매할 수 있게 된다.

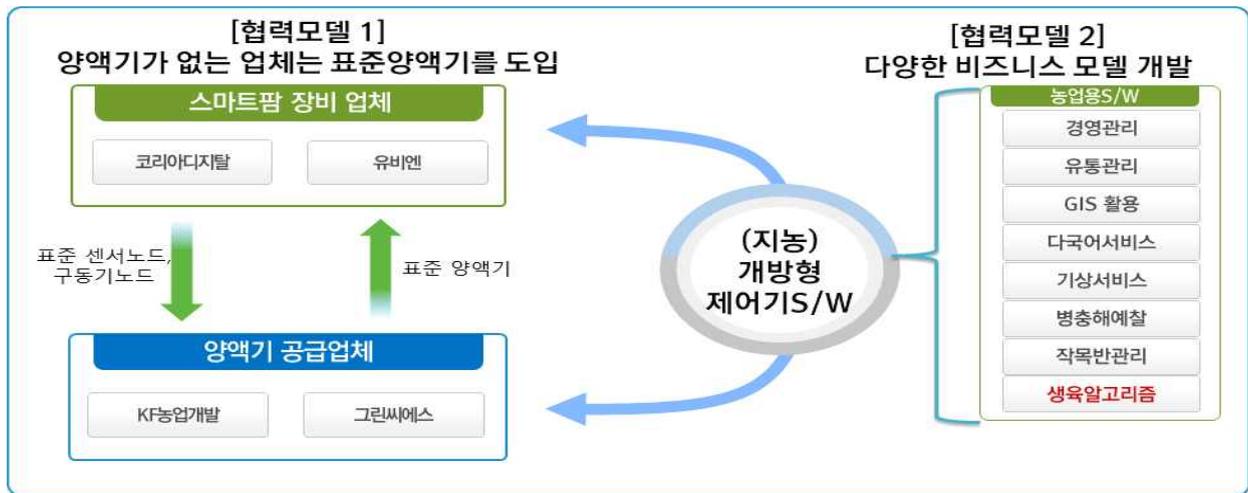


그림 104) 개방형 제어기 S/W을 이용한 비즈니스 모델

3) 농업 분야에서 최초로 통신표준에 기반한 제품의 개발과 실증이 완료됨에 따라 표준의 확산의 실제적 교두보를 마련하였다. 비록 485 MODBUS 통신에 국한되기는 했지만 국내 스마트팜 기업들이 가장 많이 채택하여 서비스하고 있는 통신방식이므로 본 과업에서 실증한 통신표준 제품의 호환성을 통해 표준 기반 이기종 제품간의 다음과 같은 장점을 지닌 상호연동 가능한 생태계를 구축할 수 있게 되었다.

- “오픈소스 기반 개방형 제어기 S/W”를 누구나 활용할 수 있게 공개함으로써 스마트팜 제조사들의 표준 적용에 참조모델 가능
- “오픈소스 기반 개방형 제어기 S/W”에서 제공하는 표준통신프로토콜을 이용하여 각 기업들이 제품 표준을 쉽게 개발할 수 있음
- “오픈소스 기반 개방형 제어기 S/W” 전체를 각 기업들이 온실운영프로그램 개발 시 바로 이용하거나 커스터마이징할 수 있게 개방함으로써 기존의 폐쇄형 온실운영프로그램의 한계를 극복하고 개방형으로 스마트팜 기업들의 소프트웨어적 파워를 높여나갈 수 있음

4-2. 표준의 제정 및 적용, 검인증 모델 구축

가) 신규 통신표준의 개발 및 이를 활용하여 신규 국가표준 제정에 활용

본 과제를 통해 신규 개발된 RS485/모드버스 기반 스마트온실 온실통합제어기와 양액기노드간 통신 인터페이스 관련 2건의 TTA 단체 표준은 단체표준제정과 동시에 정보통신분야 국가표준을 담당하는 전파연구원에 국가표준으로 제안 및 상정할 예정이다.

- TTA 표준 제정 1 : 스마트온실에서 온실 통합 제어기와 양액기 노드간 RS485 기반 모드버스 인터페이스
- TTA 표준 제정 2 : 모드버스/RS485 기반 스마트온실 노드/디바이스 등록 절차 및 기술 규격

⇒ 위 2건의 TTA 표준을 KS 표준으로 제정되도록 진행중

(1) 국가 표준화를 위한 성과 활용

위 2개 단체표준을 국가 표준으로 제정하기 위하여 본 연구진들은 2019년 12월에 개최된 TTA 표준총회 정규안건으로 개발된 TTA 단체 표준 2건을 국가표준으로 제정해야 하는 취지와 의의 등에 대해 발표하였으며 해당 국가표준안들은 2020년 국가표준 기술위원회 검토를 거쳐 심의위원회에서 정식 의결되면 국가표준으로 공식공표될 예정이다.



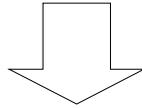
그림 105) 2020년 국가표준 기술위원회 검토중인 문서

나) 기 개발 국가표준 개정에 활용

본 과제에서는 2018년 12월 제정된 국가표준 3건을 실제 제품에 적용하여 표준 제품을 개발하였고, 이 과정에서 기 개발된 국가 표준에서 정의된 센서 정보의 단위나 제어 방식 등에 대한 개선 이슈가 도출됨에 따라 기 개발된 국가표준을 개정하는데 활용할 예정이다.

○ 기 제정 KS 통신표준

- 스마트온실 센서 메타데이터 (KS X 3269, 2018.12)
- 스마트온실 구동기 메타데이터 (KS X 3268, 2018.12)
- 스마트온실 온실통합제어기와 센서/구동기 노드 간 RS485 MODBUS 인터페이스 (KS X 3267, 2018.12)



○ 본 과제를 통해 개정 이슈의 발견하였고, 이를 정리하여 KS통신표준의 개정 진행

또한 기 개발 국가표준에서 정의된 개념을 이용하여 “스마트온실에서 온실통합제어기와 양액기노드간 통신 인터페이스 개발”을 진행하였으며, 이를 실 제품에 적용함으로써 온실통합제어기와 다양한 노드 (센서/구동기)의 인터페이스 시 확장 가능성을 확인하였다.

따라서, 본 과제에서 표준개발 시 양액기 노드는 다양한 센서가 장착된 센서 노드와 구동기로 구성하여 양액기가 설치된 구동기 노드가 결합된 개념으로 간주, 이에 대한 인터페이스를 개발하였으며 이러한 부분은 향후 스마트온실 내 다양한 복합 시스템과의 인터페이스 개발의 경우에도 이 개념은 활용 되리라 예상된다.

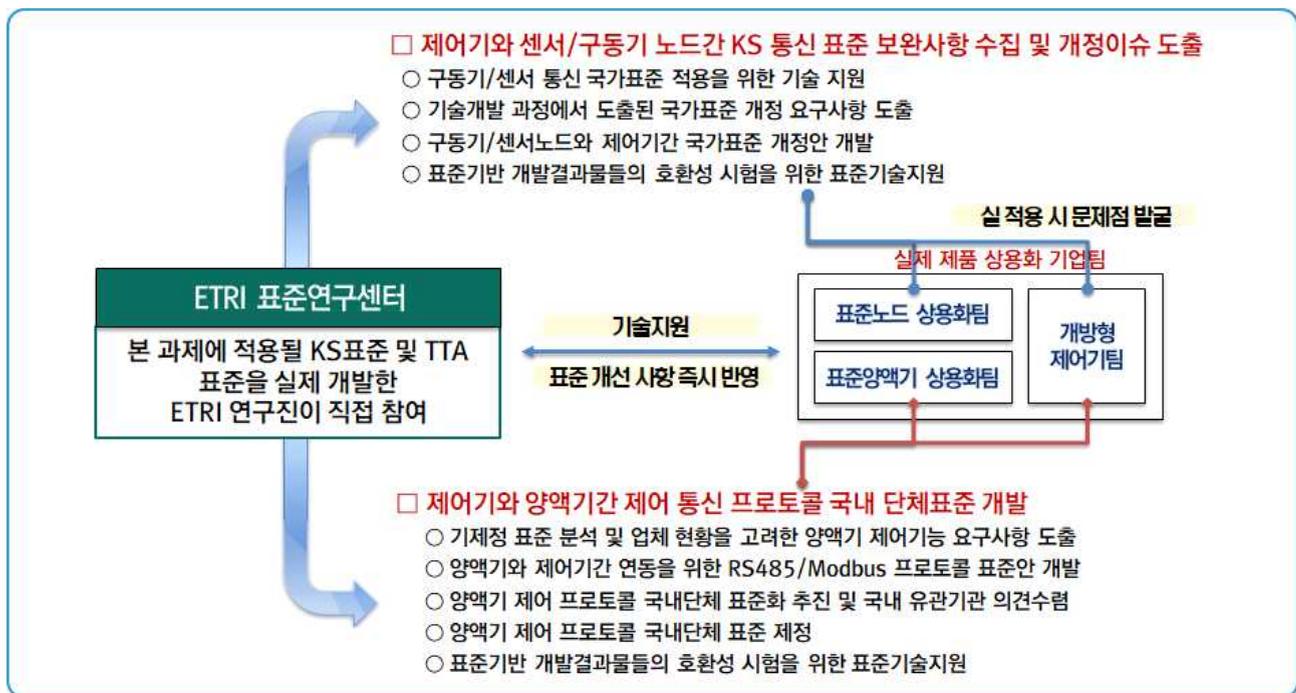


그림 106) 본 과제에서 진행한 KS표준의 검증과 개발 프로세스

다) 농업기술실용화재단의 통신프로토콜 표준에 대한 검정 체계 구축으로 활용

농업기술실용화재단에서는 2018년부터 2020년까지 시설원예 및 축산 ICT기자재 검정을 위하여 농생명 ICT검인증센터를 구축하고 있으나, 스마트팜에 활용되는 ICT기자재의 호환성을 확보하기 위한 표준이나 연구 등이 진행된 바가 없어 어려운 상황에 있었다. 그러나 이번 연구결과를 토대로 시설원예 ICT기자재 호환성 검정시스템을 2020년 7월까지 구축할 예정이며 7월부터 ICT기자재 검정을 진행할 계획이다. 또한, 이번 통신프로토콜을 토대로 축산 ICT기자재, 그 외 ICT기자재 등에 대한 통신프로토콜 표준, 검정방법 등을 확보하는데 활용가능하다고 보고 있다.

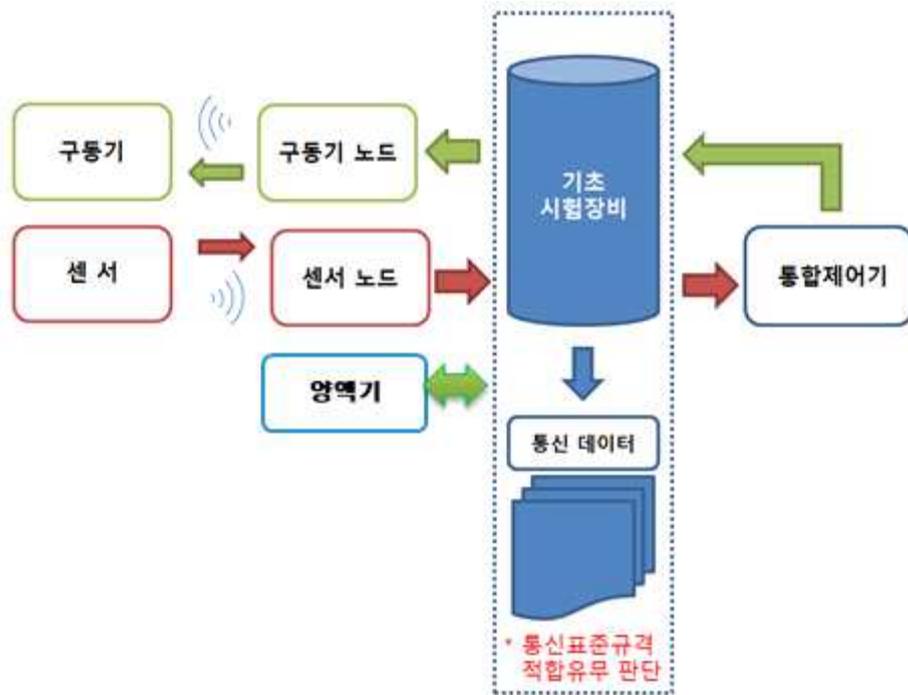


그림 107) 농업기술실용화재단의 통신표준규격 검정 절차



그림 108) 농업기술실용화재단의 농생명ICT검인증센터

4-3. 참여 기업들의 표준 기반 제품의 상용화

가) 코리아디지털

표준통신을 적용한 센서노드 및 구동기노드의 제품화를 추진중이며 본사의 스마트팜시스템의 유선 인터페이스(RS485)버전으로 제품 라인업을 추가하여 2020년도 양산 진행 및 판매할 예정이다. 또한 표준화 적용된 양액기 장비를 본사의 시스템에 적용하여 보다 경쟁력있는 스마트팜 시스템으로 발전시킬 계획이다.

나) 유비엔

표준통신을 적용한 센서노드 및 구동기노드의 제품화를 추진중이며 표준화적용된 양액기 장비를 본사의 시스템에 적용하여 보다 경쟁력있는 스마트팜 시스템으로 발전시킬 예정이며 다음과 같은 판매 및 홍보와 제품 라인업의 확대계획을 가지고 있다.

■ 판매 및 홍보

- 농식품 ICT 융복합 확산사업 참여 및 농가 보급
- 한국형 스마트 팜 표준화 포럼 참여 및 수립
- 농업기술원 등 지역 거점연구소에 제품 홍보
- 테스트베드 농가를 거점으로 시스템 홍보
- 국내·국제 농업/귀촌 관련 박람회 참석
- 빅데이터 분석 시스템을 거점 연구소에 서비스 제공
- 표준화 기반의 하드웨어 판매 및 인증 서비스 제공
- KT, LG 등 통신사와 협업하여 약정 상품 시판

■ 제품 라인업의 확대

- 시설하우스뿐만 아니라 노지 등에 적용이 가능한 제품 지속 개발
- 관수부분 빅데이터 분석 엔진 개발

다) 그린씨에스

그린씨에스는 현재 스마트팜 분야 국내 점유율 1위의 제품이지만 표준화를 통해 보급률을 더욱 높이고 글로벌 시장 진출을 목표로 하고 있으며 현존하는 비표준화된 양액시스템보다 표준화된 제품을 개발하여, 호환성을 향상시킬 예정으로 표준 기반 제품을 통해 다음과 같은 경쟁요소를 갖출 수 있으리라 생각한다.

■ 표준 기반 제품의 핵심 경쟁요인

- 현재 우리나라는 표준화된 시스템이 존재하지 않아 경쟁에 뒤처지고 있음.
- 표준화된 제품이 없으므로 제품 A/S 또는 교체할 상황일 때 다른 기종의 제품을 도입하고자 하면 호환성이 떨어져 기존 시스템 뿐만 아니라 관련 제품도 모두 바뀌야 하는 실정임.
- 표준화가 정착되어 제품 생산의 기준이 생긴다면 향후 본격적인 수출 시장이 열릴 경우 장점있는 제품들을 조합하여 최상의 플랫폼으로 수출이 가능.

라) KF농업개발

비표준으로 작동하는 기존 양액시스템에 이번에 개발한 통신표준을 펌웨어로 업그레이드하여 표준으로 작동하도록 제품을 보다 더 고도화할 예정이며 이를 통해 코리아디지털, 유비엔 등 이번에 표준통신을 적용한 회사들에게 표준통신 양액기를 보급할 예정이다.

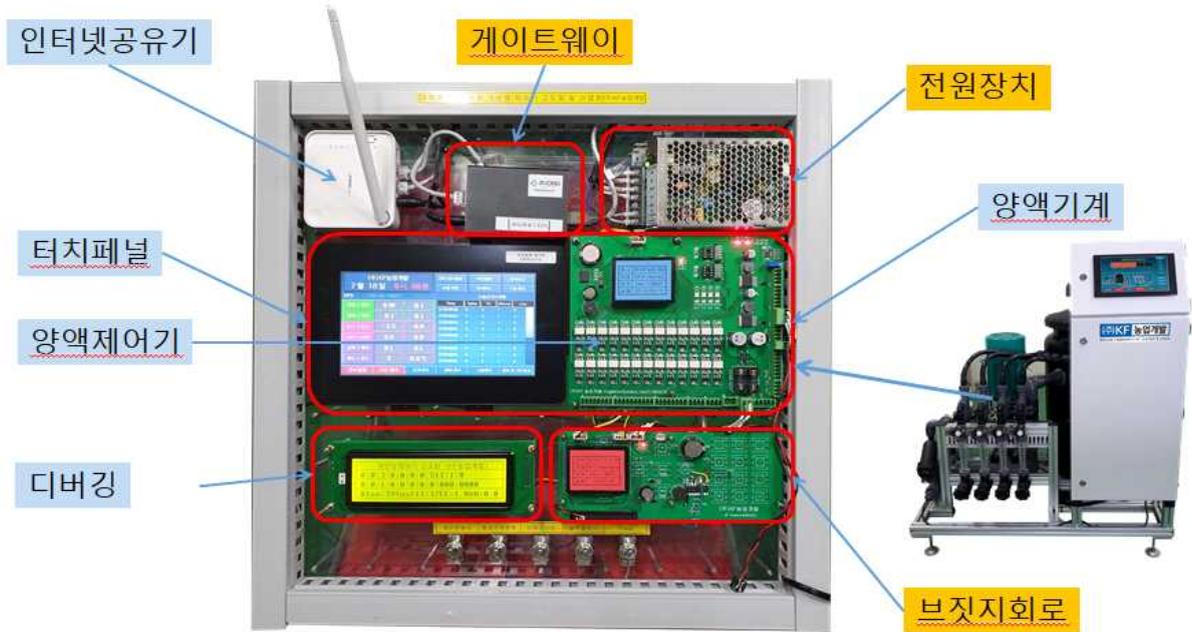


그림 109) 개방형제어기와 연동되는 표준통신 양액기

또한 표준 기반 양액기의 보급을 통해 농가활용 및 시설원에 기본시설에서 기존양액기의 대체 없이 펌웨어 업그레이드만을 통한 비용절감 및 간단한 개방형 제어기와 연동으로 양액제어기의 센서 데이터 값을 취득할 수 있고 나아가 적정환 환경에서의 양액제어를 할 수 있으리라는 기대를 가지고 있다.

마) 지능

오픈소스 기반 개방형 제어기의 지속적 고도화를 목표로 세우고 있으며 이미 개발된 물엔진 기능 고도화 및 장비관리기술 개발의 고도화와 함께 장비의 자동인식기술을 추가적으로 개발할 예정이다. 또한 본사가 자체 기술로 보유하고 있는 farmos 시스템에 이를 적용함으로써 스마트팜 기업들이 온실운영프로그램을 직접 만들지 않고 오픈소스로 개발한 farmos를 도입하여 커스터마이징할 수 있는 체계를 구현할 계획이다.

(1) 개방형 제어기와 노드 연동을 위한 장비연동 프로그램의 활용

현재 제어기와 센서/구동기/양액기를 위한 KS 통신표준을 보완하기 위한 2개의 단체표준을 제정하였고, 통신 준수여부를 시험할 수 있는 표준시험기의 프로토타입까지 개발하였다. 또한, 센서노드와 구동기노드 2개사와 양액기 2개사 등 4개 참여기업들의 표준통신 구동을 위한 연동모듈을 오픈소스로 개방함으로써 더 많은 기업들의 제품표준화에 선도기업으로서 역할을 목표로 하고 있다.

(2) 오픈소스 기반 표준스마트팜 플랫폼으로의 제품화를 확대

이번에 개발된 KS표준 기반 개방형 스마트팜 제어기는 4개 회사의 제품들이 지능의 개방형 제어기 및 온실운영프로그램을 플랫폼으로 활용하고 있으며 향후 통신표준의 범위가 더욱 확대시 표준채택 기업이 늘어나게 되면 실제 표준서비스의 목표인 이기종 제품간 상호운용성 및 글로벌 진출의 플랫폼화를 추진할 것이다.

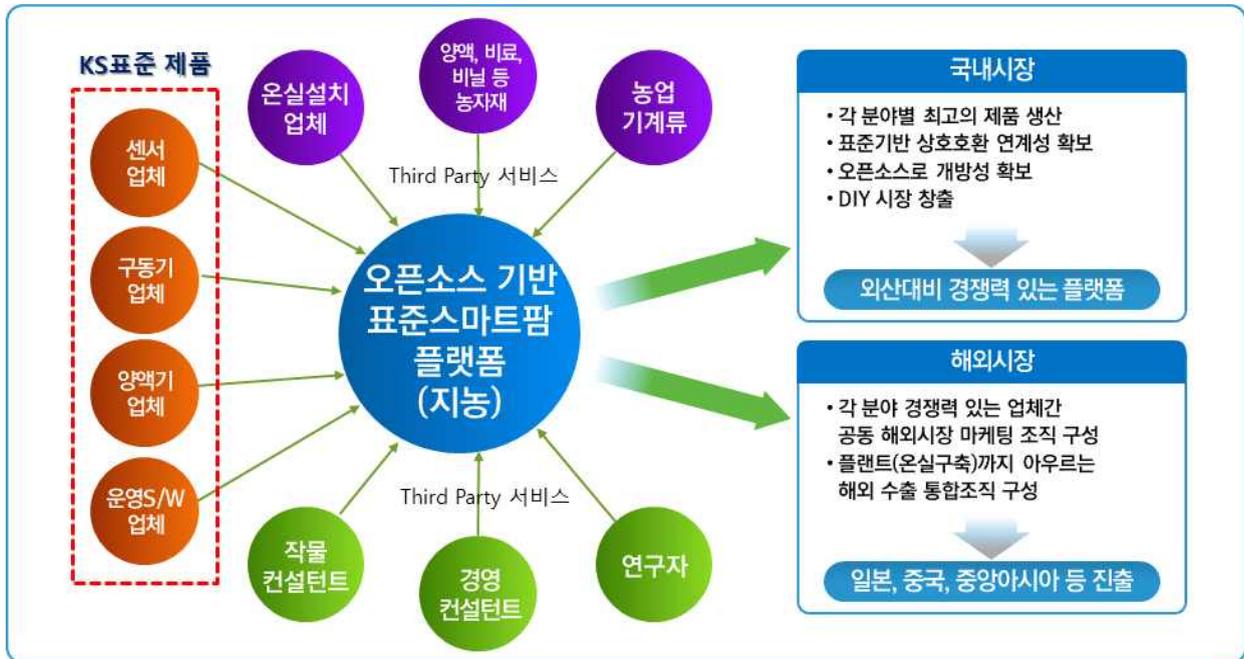


그림 110) 오픈소스 기반 표준 스마트팜 플랫폼을 통한 제품 확대화

붙임. 참고문헌

- [1] obicon, “Modbus specification and Implementation Guides”,
<http://www.modbus.org/specs.php>
- [2] KS-X-3267:2018, “스마트 온실 센서/구동기 및 제어기간 RS485 기반 MODBUS 인터페이스”
- [3] KS-X-3268:2018, “스마트 온실 센서 메타데이터”
- [4] KS-X-3269:2018, “스마트 온실 구동기 메타데이터”
- [5] Kim, Joonyong, et al. "Multilayer Perceptron Model to Estimate Solar Radiation with a Solar Module." *Journal of Biosystems Engineering* 43.4 (2018): 352–361.
- [6] 농림축산식품부. (2019). 2018 시설채소 온실현황 및 채소류 생산실적, 한라기획 김용현, 배종향, 손정익, 이용범, 장홍기, 전하준, & 정병룡. (2003). 생물환경조절공학. 향문사.
- [7] 여경환, 유인호, 최경이, 이성찬, 이재한, 박경섭, & 이종섭. (2016). 단동 비닐하우스의 지붕 환기장치 설치방법 개선이 참외생육 및 과실수량에 미치는 영향. 시설원예·식물공장, 25(4), 334–342.
- [8] 남상운, & 김영식. (2011). 천창을 설치한 토마토 재배 단동 온실의 환기성능 분석. 시설 원예·식물공장, 20(2), 78–82.
- [9] 이기상. (1994). 표준화의 비용과 효과분석. 정보통신정책연구, 1(1), 33–67.
- [10] 임명환. (2014). 국가 연구개발사업의 경제성분석 방법론 고찰: 가치평가를 중심으로. *Journal of Information Technology Applications & Management*, 21(4), 345–359.

<별첨작성 양식>

[별첨 1]

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 오픈소스 기반 스마트팜 개방형 제어기 고도화 및 산업화				
	(영문) Upgrade and Industrialization of Smartfarm Open Controller Based on Open Source				
주관연구기관	주식회사 지농		주 관 연 구	(소속) 주식회사 지농	
참 여 기 업	서울대학교 외 8개기관		책 임 자	(성명) 박훈동	
총연구개발비 (1,336,000천원)	계	1,336,000천원	총 연구 기간	2019. 1. 22. - 2020. 01. 21.	
	정부출연 연구개발비	1,000,000천원	총 참 여 자 수	총 인원	53
	기업부담금	336,000천원		내부인원	53
	연구기관부담금			외부인원	

○ 연구개발 목표 및 성과

- ICT 개발 업체가 공용으로 활용할 수 있는 표준기반 개방형 스마트온실 제어소프트웨어 개발 및 오픈소스화
- 센서노드/구동기노드/복합노드/양액기노드와 제어기간 제어 통신 프로토콜 표준 개발 및 구현

○ 연구내용 및 결과

- 본 과제의 성과로 오픈소스기반 개방형 스마트팜 제어기가 고도화 되어, 작동 규칙 관리 및 장비연동이 용이해지고, 양액기와의 연동이 가능함
- 표준을 준수하는 양액기, 센서 노드 및 구동기 노드가 최소 2개 제품씩 총 6개의 제품이 상용화 되었음
- KS 표준을 준수하는 과정에서 발생하는 문제들을 정리하여 KS 표준을 보완할 계획이며, 개방형 스마트팜 제어기 운영에 필요한 표준을 2건 제정하였음
- 오픈소스기반 개방형 제어기가 2개의 국가기관과 1개의 연구기관에서 설치되어 운영되고 있음
- 농업기술 실용화재단에서 표준 검증을 위한 장비 프로토타입을 개발하여 장비 검증을 수행하여 스마트팜 장비들과 개방형 제어기간 표준을 준수한 통신이 되고 있음을 검증함.

○ 연구성과 활용실적 및 계획

- 본 연구를 통해 농업인은 현재 업체별 비표준 시스템을 사용하여 발생하는 불편함과 A/S 문제들을 해소하고 온라인 등 쇼핑몰에서 호환가능한 제품을 구매하여 교체가 가능해짐
- 본 연구를 통해 스마트팜 업체들은 오픈소스를 활용하여 보다 용이하게 제품을 개발할 수 있고 표준화된 방식을 통해 센서 및 구동기로부터 정보를 취득하고 제어할 수 있음
- 본 연구를 통해 센서 및 구동기 업체들은 별도의 응용프로그램을 동시에 개발하지 않으면 시장진출이 어려웠던 문제가 해소되고 상호호환이 보장되는 환경에서 안정된 시장경쟁에 참여할 수 있음
- 본 연구를 통해 신규 시장 진입자들은 오픈소스기반 개방형 제어기를 활용하여 쉽게 시장에 진입하여 청년창업등에 도움이 될 수 있음
- 본 연구를 통해 대학과 연구기관들은 새로운 센서, 구동기를 쉽게 시험해볼 수 있으며, 작물 생육 알고리즘 연구등을 보다 손쉽게 진행할 수 있음.

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		319032-01	
사업구분	OOOOOO사업				
연구분야				과제구분	단위
사업명	1세대 스마트 애니멀팜 산업화 기술개발 사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	오픈소스 기반 스마트팜 개방형 제어기 고도화 및 산업화			과제유형	개발
연구기관	주식회사 지농			연구책임자	박훈동
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2019. 1. 22. - 2020. 01. 21.	1,000,000	336,000	1,336,000
	2차연도				
	3차연도				
	4차연도				
	5차연도				
	계	2019. 1. 22. - 2020. 01. 21.	1,000,000	336,000	1,336,000
참여기업	한국전자통신연구원, 농업기술실용화재단, 서울대학교, 국립농업과학원 스마트팜개발과, 국립원예특작과학원 시설원예연구소, 그린시에스, 유비엔, KF농업개발, 코리아디지탈				
상대국	상대국연구기관				

※ 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 :

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
주식회사 지농	대표이사	박훈동

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	
-----------	--

I. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수

본 과제에서 개발한 오픈소스기반 개방형 스마트팜 제어기 및 센서/구동기/양액기 노드 6종은 KS 통신표준을 통해 상호호환되는 최초의 제품으로 제품간 교환이 가능하며, 개발 이후 특별한 문제없이 3개의 국가기관 4개소의 온실에서 운영이 되고있어, 연구개발의 결과물이 우수하다고 판단됨.

또한 개방형 스마트팜 제어기의 작동규칙엔진은 사용자가 직접원하는 작동규칙을 생성할 수 있도록 하여 현재 시중에서 판매되고 있는 스마트팜 제어기보다 유연하게 동작하는 것이 가능하도록 설계되어 창의성 면에서도 우수하다고 판단됨.

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 아주우수

현재 국가적으로 스마트팜 기자재의 표준화가 매우 중요한 문제임. 본 과제를 통해 개발된 센서노드 2종, 구동기 노드 2종, 양액기 노드 2종은 모두 국가 표준을 준수하는 제품이며, 농업기술실용화재단에서 만든 표준 시험기(프로토타입)의 시험을 통과하여 표준을 준수하고 있음이 검증되었음. 향후 농업기술실용화재단을 통해 스마트팜 기자재의 검인증 절차가 시행될 예정인데, 본 연구과제의 성과물들은 그에 준하는 검증을 이미 획득하였다고 볼 수 있음. 이러한 제품들은 국가에서 시행하고 있는 스마트팜 혁신밸리등의 사업에 중요한 기자재로 활용되어 큰 파급효과를 보여줄 것으로 기대됨.

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 아주우수

오픈소스기반 개방형 스마트팜 제어기는 오픈소스로 공개되어 누구나 별도의 비용없이 사용이 가능하며, KS 표준을 준수하는 제품과 호환성이 증명되었음. 이러한 조건을 바탕으로 기존 스마트팜 업체들은 개방형 스마트팜 제어기를 자사 제품 표준화를 위한 시험도구로 쉽게 활용할 수 있음.

또한 개방형 스마트팜 제어기는 사용자가 원하는 작동규칙을 추가할 수 있도록 되어 있음. 이를 활용하면 신규 시장 참여자가 새로운 스마트팜 제어기를 개발하여 시장참여가 가능하며, 대학 및 연구기관의 연구자들도 새로운 센서나 구동기를 개발하거나 새로운 작물 생육 알고리즘등을 적용하여 연구를 수행할 수 있을 것으로 기대되어 연구결과의 활용가능성은 매우 높다고 판단됨.

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수

본 과제를 진행하면서 모든 기관이 매 2달마다 모여 회의를 진행하였으며, 총 5회의 뉴스레터를 발간하면서 성과를 공유하고, 과제 집중도를 높였음. 또한 계획시 세운 일정에 차질없이 개발을 진행하여 9월에 제품 개발을 마치고 장비 테스트 및 운영테스트를 시작할 수 있었음. 마지막으로 과제의 정량적 성과중 많은 항목에서 계획을 초과달성을 하여 연구개발을 수행하는데 있어 성실하게 임했다고 자부함.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수

본 과제를 통해 개발한 개방형 스마트팜 제어기를 오픈소스로 공개하는 것이 과제의 가장 중요한 성과인데, 오픈소스 공유사이트인 gitlab.com을 통해 오픈소스로 공개가 되어 누구나 비용부담없이 사용할 수 있도록 하였음.

스마트팜 제어기의 모든 개발내용이 공개되기 때문에, 특허를 신청할 수는 없었지만, 연구성과와 관련하여 3편의 학술대회발표를 진행하였으며, 그 중 2건에서 우수논문상을 수상하였음. 현재 대학원생을 중심으로 개방형 스마트팜 제어기의 교육을 실시하고 있기도 함.

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
오픈소스기반 개방형 제어기 고도화	30	100	롤엔진 기능고도화 및 장비관리기술 개발이라는 목표를 달성하였고, 장비의 자동인식기술을 추가적으로 개발하였음.
개방형 제어기와 노드 연동을 위한 표준 연구	20	100	제어기와 센서/구동기/양액기를 위한 KS 통신표준을 보완하기 위한 2개의 단체표준을 제정하였고, 통신 준수여부를 시험할 수 있는 표준시험기의 프로토타입까지 개발하였음.
센서/구동기 노드의 개발 및 상용화	20	100	KS 통신 표준을 준수하면서 장비 인식까지 가능한 센서노드 2종, 구동기노드 2종을 개발하여 상용화까지 성공하였음.
양액기 노드의 개발 및 상용화	20	100	기존의 양액기를 활용하면서 통신 표준을 준수 통신이 가능하게 만들어주는 양액기 노드를 2종 개발하여 상용화까지 성공하였음.
개방형 제어기 및 이기종 장비의 운영실증	10	100	개방형 제어기와 센서/구동기/양액기노드를 3개의 국가기관 4개소에 설치하고 운영하여 이기종 장비가 서로 호환되어 운영이 가능함을 실증하였음.
합계	100점		

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

IV. 보안성 검토

o 연구책임자의 보안성 검토의견, 연구기관 자체의 보안성 검토결과를 기재함

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

2. 연구기관 자체의 검토결과

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input type="checkbox"/> 자유응모과제 <input checked="" type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야		
연구과제명	오픈소스 기반 스마트팜 개방형 제어기 고도화 및 산업화			
주관연구기관	주식회사 지농		주관연구책임자	박훈동
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	1,000,000	336,000		1,336,000
연구개발기간	2019. 1. 22. - 2020. 01. 21. (12개월)			
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input checked="" type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input checked="" type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타() <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 오픈소스기반 개방형 제어기 고도화	플엔진 기능고도화 및 장비관리기술 개발이라는 목표를 달성하였고, 장비의 자동인식기술을 추가적으로 개발하였음.
② 개방형 제어기와 노드 연동을 위한 표준 연구	제어기와 센서/구동기/양액기를 위한 KS 통신표준을 보완하기 위한 2개의 단체표준을 제정하였고, 통신 준수여부를 시험할 수 있는 표준시험기의 프로토타입까지 개발하였음.
③ 센서/구동기 노드의 개발 및 상용화	KS 통신 표준을 준수하면서 장비 인식까지 가능한 센서노드 2종, 구동기노드 2종을 개발하여 상용화까지 성공하였음.
④ 양액기 노드의 개발 및 상용화	기존의 양액기를 활용하면서 통신 표준을 준수 통신이 가능하게 만들어주는 양액기 노드를 2종 개발하여 상용화까지 성공하였음.
⑤ 개방형 제어기 및 이기종 장비의 운영실증	개방형 제어기와 센서/구동기/양액기노드를 3개의 국가기관 4개소에 설치하고 운영하여 이기종 장비가 서로 호환되어 운영이 가능함을 실증하였음.

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

3. 연구목표 대비 성과

성과목표	사업화지표										연구기반지표										
	지식 재산권			기술 실시(이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용-홍보		표준 제정	기타 (타 연구용 등)
	특허 출원	특허 등록	프로그램 등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용 창출	투자유치		논문		논문 평균 IF	학술 발표			정책 활용	홍보 전시		
											SCI	비SCI									
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건		명	건	건	건			
가중치			15	25		30			5				10			5	5		5		
최종목표			1	5		6	3,000	400	1				2			1	1	1	2		
연구기간내 달성실적			1	5	8.96	6	18.7		2		2		3			2	1	2	4		
달성율(%)			100	100	▲	100	0.6		200		▲		150			200	100	200	200		

▲ 표시는 계획에 없었지만 달성된 성과의 달성률을 표시함.

매출액의 경우 3,000 백만원은 향후 5년간의 목표임.

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	KS 표준 기반 센서노드 구현 기술
②	KS 표준 기반 구동기노드 구현 기술
③	표준 기반 양액기노드 구현 기술
④	스마트팜 장비 자동 인식 및 장비 맞춤형 사용자 인터페이스 기술

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해결	정책 자료	기타
①의 기술		v					v	v	v	
②의 기술		v					v	v	v	
③의 기술		v					v	v	v	
④의 기술	v						v		v	

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	KS 표준 기반 센서노드를 제품화하여 판매할 계획이며, 표준기반 센서노드는 서로 상호호환이 가능하기 때문에 원하는 스펙의 제품을 취사선택할 수 있고, 향후 제조사가 폐업하더라도 다른 회사의 제품으로 대체가 가능하여 불필요한 추가 지출을 줄일 수 있음.
②의 기술	KS 표준 기반 구동기노드를 제품화하여 판매할 계획이며, 기대효과는 상동.
③의 기술	KS 표준 기반 양액기노드를 제품화하여 판매할 계획이며, 기대효과는 상동.
④의 기술	개방형 스마트팜 제어기 사용자 인터페이스 기술을 활용하여 제품화를 진행할 계획임. 본 기술은 연결되는 제품에 따라 적절한 인터페이스가 생성되도록 하는 기술로 표준을 준수하는 장비라면 어떤 장비라도 사용이 가능하여 제품화 될 경우 사용자의 스마트팜 기제제 선택의 범위가 더우 넓어질 것으로 기대되며, 스마트팜 기자재의 통신 준수여부를 확인하는 용도로의 활용도 가능할 것으로 기대됨.

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표										
	지식 재산권			기술 실시(이전)		사업화					기술인증	학술성과				교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		표준제정	기타 (타 연구활용 등)
	특허출원	특허등록	프로그램등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문	비SCI	논문평균IF	학술발표			정책활용	홍보전시		
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건	건			
가중치			15	25		30			5				10			5	5		5		
최종목표			1	5		6	3,000	400	1				2			1	1	1	2		
연구기간내 달성실적			1	5	8.96	6	18.7		2				3			2	1	2	4		
연구종료 후 성과창출 계획							3,000	400					1	2							

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾	KS 표준 기반 센서노드 구현 기술		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	1,120천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input checked="" type="checkbox"/> 기타 (자체실시)		
이전소요기간	해당사항없음	실용화예상시기 ³⁾	2020년 1월
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	자체실시이므로 해당사항 없음		

핵심기술명 ¹⁾	KS 표준 기반 구동기노드 구현 기술		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	1,120천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input checked="" type="checkbox"/> 기타 (자체실시)		
이전소요기간	해당사항없음	실용화예상시기 ³⁾	2020년 1월
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	자체실시이므로 해당사항 없음		

핵심기술명 ¹⁾	표준 기반 양액기 노드 구현 기술		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	2,240천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input checked="" type="checkbox"/> 기타 (자체실시)		
이전소요기간	해당사항없음	실용화예상시기 ³⁾	2020년 1월
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	자체실시이므로 해당사항 없음		

핵심기술명 ¹⁾	개방형 스마트팜 제어기 사용자 인터페이스 기술		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	4,480천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input checked="" type="checkbox"/> 기타 (자체실시)		
이전소요기간	해당사항없음	실용화예상시기 ³⁾	2020년 10월
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	자체실시이므로 해당사항 없음		

- 1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
- 2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리
통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
- 3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
- 4) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

<뒷면지>

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 1세대 스마트 애니멀팜 산업화사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 1세대 스마트 애니멀팜 산업화사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.