

320093-01

표준기반 온실 스마트개폐기 및 제어모듈 산업화 2021

농림축산식품부  
농림식품기술기획평가원

보안 과제( ), 일반 과제( O ) / 공개( O ), 비공개( ) 발간등록번호( O )  
1세대스마트플랜트팜산업화기술개발사업 2021년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003697-01

# 표준기반 온실 스마트개폐기 및 제어모듈 산업화

2021. 10. 15.

주관연구기관 / 주식회사퓨처테크  
협동연구기관 / 주식회사지능로봇스튜디오  
협동연구기관 / 태경자동화시스템  
협동연구기관 / 국립농업과학원

농림축산식품부  
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제출문

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “표준기반 온실 스마트개폐기 및 제어모듈 산업화”(개발기간 : 2020. 07. 03 ~ 2021. 07. 02)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021.10.15

주관연구기관명 : 주식회사퓨처테크(대표자)

한재용

협동연구기관명 : 주식회사지능로봇스튜디오(대표자) 윤여송

협동연구기관명 : 태경자동화시스템(대표자)

정수덕

협동연구기관명 : 국립농업과학원(대표자) 국립농업과학원장(인)



주관연구책임자 : 한재용

협동연구책임자 : 윤여송

협동연구책임자 : 정수덕

협동연구책임자 : 이재수

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의 합니다.

# 최종보고서

				보안등급 일반[ <input checked="" type="checkbox"/> ], 보안[ <input type="checkbox"/> ]			
중앙행정기관명		농림축산식품부		사업명		1세대 스마트 플랜트팜 산업화	
전문기관명 (해당 시 작성)		농림식품기술기획평가원		내역사업명 (해당 시 작성)		1세대 스마트 플랜트팜 산업화 기술개발	
공고번호				총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			
				연구개발과제번호		320093-1	
기술분류	국가과학기술 표준분류	LB0804 농업생산자동화	35%	LB0104 식량작물 재배/생산	20%	LB0805 농업생산 시설/환경	20%
	농림식품과학기술분류	RC0101 농작업 기계·시스템	30%	RC0103 농업 자동화·로봇화	30%	RC0102 농업 시설·환경 기계 시스템	20%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문					
		영문					
연구개발과제명		국문		표준기반 온실 스마트개폐기 및 제어모듈 산업화			
		영문		Industrialization of standards-based smart actuator and control module for greenhouse			
주관연구개발기관		기관명		주식회사 퓨처테크		사업자등록번호	
		주소		( ) 충남 아산시 음봉면		법인등록번호	
연구책임자		성명		한 용		직위	
		연락처		직장전화		휴대전화	
				070- -		010- -	
				@ftmail.kr		국가연구자번호	
						1100	
연구개발기간		전체		2020. 07. 03 - 2021. 07. 02(1년 0개월)			
		단계		1단계 2020. 07. 03 - 2021. 07. 02(1년 0개월)			
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비		기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금	
				지방자치단체		기타(민간부담금)	
		현금		현금		현금	
		현물		현물		현물	
총계		400,000				10,500 123,500	
1단계 1년차		400,000				10,500 123,500	
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명		책임자		직위	
		주식회사 지능로봇스튜디오		윤 승		대표이사	
		태경자동화		정 덕		대표이사	
		국립농업과학원		이 수		농업연구사	
연구개발담당자 실무담당자		성명		송 분		직위	
		연락처		직장전화		휴대전화	
				070- -		010- -	
				@ftmail.kr		국가연구자번호	
						1259	

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2021년 08월 30일

연구책임자: 한 재 용

주관연구개발기관의 장: 주식회사 퓨처테크 대표이사

공동연구개발기관의 장: 주식회사 지능로봇스튜디오 대표이사

공동연구개발기관의 장: 태경자동화시스템 대표

공동연구개발기관의 장: 국립농업과학원 원장

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	320093-1	해당단계 연구기간	2020. 07. 03. ~2021. 07. 02.	단계구분	1차년도/ 1차년도
연구사업명	단위사업	농림축산식품연구개발사업			
	사업명	1세대 스마트 플랜트팜 산업화 기술개발			
연구과제명	대과제명	표준기반 온실 스마트개폐기 및 제어모듈 산업화			
	세부과제명	전력선 통신 기반 제품 및 전력선 통신 환경 제품 개발, 상용화 / 전력선 통신 기반 개폐기 최적 적용 스마트 팜 제어기 개발, 상용화 / 스마트 센서 박스 및 개도울 인식 개폐기 제품 개발, 상용화 / 전력선 통신 기반의 스마트팜 개발 기술 현장 적용성 평가			
연구책임자	한재용	해당단계 참여연구원 수	총: 16명 내부: 16명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부: 400,000천원 민간: 134,000천원 계: 534,000천원
		총연구기간 참여연구원 수	총: 16명 내부: 16명 외부: 명	총연구개발비	정부: 400,000천원 민간: 134,000천원 계: 534,000천원
연구기관명 및 소속부서명	주식회사 퓨처테크			참여기업명 : 주식회사지능로봇스튜디오 태경자동화시스템 국립농업과학원	
국제공동연구	상대국명:				상대국 연구기관명:
위탁연구	연구기관명:				연구책임자:

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반과제 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제24조의4에 따른 분류에 해당하지 않음
-------------------------	-----------------------------------------------------------

9대 성과 등록기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록기탁 번호		2	1		1	1					

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

- 스마트팜 환경에 맞는 전력선 통신 CHIP 모듈화 및 제품 상용화 완료
  - 전력선 통신 CHIP을 사용하여 필터 및 송신 회로, 증폭 회로 등 모듈화 완료
  - 전력선 통신 CHIP 모듈의 리피터(중계) 기능, UART 기능 구현 완료
- 스마트 개폐기 최적 적용을 위한 표준 기반 스마트팜 개방형 제어기 개발 완료
  - 전력선 통신 기반의 센서 노드 및 구동기 노드 연동 완료
  - 스마트 개폐기 지능형 비례 제어 알고리즘 개발 및 탑재 완료
  - 스마트팜 개방형 제어기와 노드 및 구동기의 통신 및 데이터 호환성 확보 완료
- 표준 기반 스마트팜 개방형 제어기 개선 및 상용화 완료
  - 통신 네트워크 구성 개선 완료(CANBUS통신 -> RS232C, RS458, I2C, Ethernet 지원)
  - 물리적 네트워크 구성방식 개선 완료(통신선 별도 부설 -> 기존 전력선을 이용한 PLC 통신방식)
  - 내환경성 개선 완료(0~+60°C -> -20~+80°C)
- 스마트팜에서 전력선 통신 기반 센서 노드 및 구동기 관련 제품의 개선 및 상용화 완료
  - 내환경성이 개선된 복합 실내 환경 센서를 포함한 스마트 센서 박스 개발 및 상용화 완료
  - 스마트 액추에이터 모듈(개도율 인식 개폐기+스마트 구동기 노드) 개발 및 상용화 완료
- 제품 6종 상용화 완료
  - 전력선 통신 기반 스마트팜 제어기, 스마트 센서 박스, 개도율 인식 개폐기, 스마트 구동기 노드, 전력선 통신 프로토콜 변환기, 스마트팜 전력선 통신 모뎀 상용화 완료
  - 스마트팜 전력선 통신 모뎀 동작온도 범위 개선완료(0 ~ +60°C → -20 ~ +80°C)
  - 상용화 제품 내환경 목표 성능치 달성 완료
  - 전력선 통신 상용화 제품 목표 성능치 달성 완료
- 전력선 통신 기반의 스마트팜 개발 기술 현장 적용성 평가 완료
  - 내환경성 개선 검증을 위한 내환경성 평가 완료(목표치 달성완료)
  - 실증 시험을 위한 개발된 시제품 설치 및 현장 운영 시험 완료
- 학술대회 발표 2건, 특허 출원 2건, 저작권(소프트웨어) 등록 1건, 전자파 인증 3건, 제품화 6건, 기술 이전 3건, 고용창출 1건, 정책 제안 1건, 영농 활용 1건

121page

## < 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명						총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)	
내역사업명 (해당 시 작성)						연구개발과제번호	
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB0804 농업생산자동화	35%	LB0104 식량작물 재배/생산	20%	LB0805 농업생산 시설/환경	20%
	농림식품 과학기술분류	RC0101 농작업 기계·시스템	30%	RC0103 농업 자동화·로봇화	30%	RC0102 농업 시설·환경 기계 시 스템	20%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)							
연구개발과제명		표준기반 온실 스마트개폐기 및 제어모듈 산업화					
전체 연구개발기간		2020. 07. 03 - 2021. 07. 02(1년 0개월)					
총 연구개발비		534,000,000원					
연구개발단계		기초[ ] 응용[ V ] 개발[ ] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]	기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준( ) 종료시점 목표( )		
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)							
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)							
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 표준기반 스마트팜 개방형 제어기의 전력선 통신 기술 확보 및 상용화</li> <li>○ 스마트팜에서 전력선 통신 기반의 센서노드 및 구동기 노드의 네트워킹 기술 접목 제품 상용화</li> <li>○ 스마트 온실 내 신뢰성 있는 전력선 통신 환경 개선 제품 상용화 및 노도 제품에 적용</li> </ul>					
	전체 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 표준기반 스마트팜 개방형 제어기의 전력선 통신 기술 확보 및 상용화                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 개방형 제어기 문제점 개선, 보완 개발, 실증 시험</li> <li>- 내환경성 및 통신 인터페이스 개선한 제어기 및 확장모듈 제품 개선 및 상용화</li> <li>- 전력선 통신 기반 스마트팜 제어기 및 모뎀을 상용화 제품 개발</li> </ul> </li> <li>○ 스마트팜에서 전력선 통신 기반의 센서노드 및 구동기 노드의 네트워킹 기술 접목 제품 상용화                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 스마트팜 환경에 맞는 전력선 통신 CHIP 모듈화</li> <li>- 내환경성을 개선한 복합 환경 센서를 포함한 스마트 센서 박스 개발 및 상용화                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>* 스마트팜 적용 농가의 대부분이 센서의 내구성과 측정 신뢰도를 문제점으로 제시</li> </ul> </li> <li>- 스마트 액추에이터 모듈(개도율 인식 개폐기+스마트 구동기 노드)개발 및 상용화                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>* 내환경성, 개폐기 문제점, 통신 환경 등을 개선하여 제품화 개발</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>○ 스마트 온실 내 신뢰성 있는 전력선 통신 환경 개선 제품 상용화 및 노도 제품에 적용                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 스마트 액추에이터 모듈 내 노이즈 필터 회로 설계 및 적용</li> <li>- 스마트 온실 내의 DC 전원 공급 장치의 노이즈 필터 설계 및 설치가 용이한 제품 상용화                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>* 스마트 온실 내 신뢰성 있는 전력선 통신 환경 개선</li> </ul> </li> <li>- 스마트 구동기 노드, 스마트팜 전력선 통신 모뎀, 전력선 통신 프로토콜 변환기 전자파 인증</li> </ul> </li> <li>○ 전력선 통신 기반의 스마트팜 개발 기술 현장 적용성 평가                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 내환경성 개선 검증을 위한 개발된 시제품 내환경성 평가</li> <li>- 실증 시험을 위한 개발된 시제품 설치 및 현장 운영 시험</li> </ul> </li> </ul>					

연구개발성과	○ 스마트팜 관련 상용화 제품 출시(6), 영농활용(1), 정책제안(1), 학술발표(2) ○ 기술이전(3), 스마트팜 개방형 제어기 S/W 프로그램 등록(1), 특허 출원(2)												
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<b>(활용계획) 표준기반 제어기 모듈의 산업적 이용기반 제공</b> · 하드웨어 설계 및 소프트웨어 공개를 통한 산업 확산 · 전력선 통신 기반 제어기 모듈의 전문 생산 기업 지원 및 공용화 기술 제공 - <b>(기대효과) 스마트팜 ICT 산업의 새로운 생태계 조성 및 산업 활성화</b> · <b>(스마트팜 개방형 제어기)</b> 스마트팜 표준 기반의 모델을 제공함으로써 중복적인 R&D 노력 없이 필요한 모듈을 조합설계함으로써 산업발전 촉진과 생산 단가 절감 · <b>(전력선 통신 네트워크)</b> 기존의 전동화된 온실에서 별도의 통신라인 부설 없이 농업 시설 내 센서 노드와 제어기 노드 간 네트워크를 구성 · <b>(노드 및 구동기 개선)</b> 1세대 스마트팜의 문제점인 모터의 정밀 위치 제어 기술의 부재를 해결함으로써 정밀 제어가 가능하며 내환경성, 통신 환경 개선을 통해 농가 스마트 온실 산업의 안정화 및 설치비 절감을 통한 농가 부담 최소화 및 보급 확대												
연구개발성과의 비공개여부 및 사유													
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종		
		2	1		1	1		생명 정보	생물 자원		정보	실물	
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)		ZEUS 등록번호			
국문핵심어 (5개 이내)	스마트팜		개방형 제어기		전력선 통신		스마트팜 표준		정보통신기술				
영문핵심어 (5개 이내)	smart farm		Open source controller		Power Line Communication		smart farm standard		Information and Communications Technologies				

# 〈 목 차 〉

## 1. 연구개발과제의 개요

1) 현황 및 문제점 .....	1
(1) 기존 개방형 제어기의 한계점 .....	1
(2) 기타 개선점 .....	1
(3) 전력선 통신기반 스마트팜 기기의 경제성 .....	1
(4) 전력선 통신기반 스마트팜 기기의 사업성 .....	2
2) 개발의 개요 .....	2
(1) 연구개발의 목적 .....	2
(2) 연구개발의 기본 개념도 .....	3
(3) 연구개발의 전체 시스템 구성 .....	3
3) 연구개발의 목표 및 내용 .....	4
(1) 최종 목표 .....	4
(2) 세부 목표 .....	4
(3) 핵심 기술 .....	6
(4) 수행 기관별 업무 분담 .....	6
4) 연구개발 대상의 국내·외 현황 .....	6
(1) 국내 기술 수준 및 시장 현황 .....	6
가. 기술현황 .....	6
나. 시장현황 .....	7
다. 경쟁기관현황 .....	9
라. 지식재산권현황 .....	9
마. 표준화현황 .....	10
(2) 국외 기술 수준 및 시장 현황 .....	11
가. 기술현황 .....	11
나. 시장현황 .....	12
다. 스마트팜 업계 현황 .....	13
라. 경쟁기관현황 .....	14
마. 지식재산권현황 .....	15
바. 표준화현황 .....	15

## 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용

1) 연구개발 추진체계 .....	17
2) 연구개발 세부협의 및 회의 .....	17
3) 전력선 통신 기반 제품 및 전력선 통신 환경 제품 개발, 상용화 - 주관기관(퓨처테크) 18	
(1) 스마트팜 전력선 통신 CHIP 모듈 개발 .....	18
가. 전력선 통신 CHIP 모듈 상세규격 .....	18
나. 전력선 통신 CHIP 모듈 블록도 .....	18
다. 전력선 통신 CHIP 모듈 기구도면 .....	19
라. 전력선 통신 CHIP 모듈 회로도 .....	19
마. 전력선 통신 CHIP 모듈 PCB Artwork .....	21
바. 전력선 통신 CHIP 모듈 시제품 .....	21
(2) 스마트팜 전력선 통신 모뎀 개발 .....	21
가. 스마트팜 전력선 통신 모뎀 상세규격 .....	21
나. 스마트팜 전력선 통신 모뎀 블록도 .....	22
다. 스마트팜 전력선 통신 모뎀 기구도면 .....	22
라. 스마트팜 전력선 통신 모뎀 회로도 .....	23
마. 스마트팜 전력선 통신 모뎀 PCB Artwork .....	23
바. 스마트팜 전력선 통신 모뎀 PCB 보드 .....	23
사. 스마트팜 전력선 통신 모뎀 시제품 .....	24
(3) 전력선 통신 프로토콜 변환기 개발 .....	24
가. 전력선 통신 프로토콜 변환기 상세규격 .....	24

나. 전력선 통신 프로토콜 변환기 블록도 .....	24
다. 전력선 통신 프로토콜 변환기 기구도면 .....	25
라. 전력선 통신 프로토콜 변환기 회로도 .....	26
마. 전력선 통신 프로토콜 변환기 PCB Artwork .....	26
바. 전력선 통신 프로토콜 변환기 PCB 보드 .....	26
사. 전력선 통신 프로토콜 변환기 시제품 .....	27
(4) 스마트 구동기 노드 개발 .....	27
가. 스마트 구동기 노드 상세규격 .....	27
나. 스마트 구동기 노드 블록도 .....	27
다. 스마트 구동기 노드 기구도면 .....	28
라. 스마트 구동기 노드 회로도 .....	29
마. 스마트 구동기 노드 PCB Artwork .....	30
바. 스마트 구동기 노드 PCB 보드 .....	30
사. 스마트 구동기 노드 시제품 .....	31
(5) 전력선 통신 환경 개선을 위한 노이즈 필터 개발 .....	31
가. 노이즈 필터 회로도 .....	31
나. 노이즈 필터 몰딩 전·후 .....	32
다. 노이즈 필터 시제품 .....	32
(6) 개발 제품의 성능 시험 .....	32
가. 스마트팜 전력선 통신 모뎀 성능 시험결과 .....	32
나. 전력선 통신 프로토콜 변환기 성능 시험결과 .....	33
다. 스마트 구동기 노드 성능 시험결과 .....	34
가) 성능 시험결과 .....	34
나) 개도율 인식 개폐기 연동 오차율 시험결과 .....	35
라. 노이즈 필터 시험결과 .....	37
마. 개발 제품의 입회 시험 결과 보고서 .....	37
(7) 시제품 실증을 위한 현장 설치 및 시험 .....	43
가. 시제품 실증 현장 설치 .....	43
나. 시제품 실증 현장 시험결과 .....	43
(8) 전자파 인증 시험 .....	44
(9) 학술대회 논문발표 .....	46
4) 전력선 통신 기반 개폐기 최적 적용 스마트팜 제어기 개발, 상용화 - 공동연구 기관(지능로봇스튜디오) .....	47
(1) 스마트 개폐기 최적 적용을 위한 표준기반 스마트팜 개방형 제어기 개발 .....	47
가. 스마트 개폐기 지능형 비례제어 알고리즘 개발 탑재 .....	47
나. 전력선 통신 기반의 센서 노드 및 구동기 노드 연동 .....	49
다. 스마트팜 개방형 제어기와 노드 및 구동기의 통신 및 데이터 호환성 관련 .....	52
라. 전력선 통신 기반 스마트팜 개방형 제어기 시제품 .....	58
(2) 시제품 실증을 위한 현장 설치 및 시험 .....	65
(3) 저작권 등록 .....	67
5) 스마트 센서박스 및 개도율 인식 개폐기 제품 개발, 상용화 - 공동연구기관(태경자동차 시스템) .....	67
(1) 전력선 통신 기반의 상업용 스마트 센서 박스 개발 .....	67
가. 아날로그 온습도 센서 박스의 상세 구성 .....	67
나. 아날로그 온습도 센서 박스의 주요 부품 선정결과 .....	68
다. 아날로그 온습도 센서 박스의 조립도면 .....	68
라. 아날로그 온습도 센서 박스의 시제품 .....	69
마. 디지털 온습도 센서 박스의 상세 구성 .....	69
바. 디지털 온습도 센서 박스의 주요 부품 선정결과 .....	69
사. 디지털 온습도 센서 박스의 조립도면 .....	70
아. 디지털 온습도 센서 박스의 시제품 .....	70
자. 전력선 통신 기반의 상업용 스마트 센서 노드 개선결과 .....	70
차. 외부 기상 환경 센서 구성 .....	71
카. 외부 기상 환경 센서 노드 .....	72
타. 외부 기상 환경 센서 시제품 .....	72
(2) 전력선 통신 기반의 개도율 인식 개폐기 개발 .....	72

가. 개도울 인식 개폐기의 상세 구성	72
나. 개도울 인식 개폐기의 주요 부품 선정결과	73
다. 개도울 인식 개폐기의 조립도면	73
라. 개도울 인식 개폐기의 시제품	74
(3) 스마트 센서 박스 및 스마트 액츄에이터 모듈 현장 설치 시방 및 브라켓 개발	74
가. 스마트 센서 박스	74
나. 스마트 구동기 노드	74
다. 개도울 인식 개폐기	75
(4) 시제품 실증을 위한 현장 설치	75
6) 전력선 통신 기반의 스마트팜 개발 기술 적용성 평가 - 공동연구기관(국립농업과학원)	76
(1) 전력선 통신 기반의 스마트팜 개발 기술 적용 스마트온실 구성(안) 설계	76
(2) 개발된 시제품 관련 현장적용 평가(안) 협의회(21.2.25.) 및 전문가 의견(자문)	76
(3) 전력선 통신 기반 개발된 시제품 적용 스마트온실 운영실증 설치(안) 도출	77
가. 센서노드(내·외부 센서, 스마트 센서 박스, 전력선 통신 변환기 및 모뎀 포함)	77
나. 구동기노드(개도울 인식 개폐기, 전력선 통신 변환기 및 모뎀 포함)	77
다. 온실환경제어기(전력선 통신 기반 스마트팜 제어기, 전력선 통신 변환기 및 모뎀 포함)	78
(4) 전력선 통신 기반 스마트팜 개발기술 적용 스마트온실 실증시험	79
가. 스마트온실 내 전력선 통신 기반 스마트팜 개발기술 구축	79
나. 전력선 통신 기반 스마트팜 제어기 연동 센서류(센서박스) 계측 성능평가	80
다. 전력선 통신 기반 스마트팜 제어기 연동 구동기류 제어 성능평가	82
라. 전력선 통신 기반 스마트팜 제어기 연동 개도울 기반 개폐기 제어 성능평가	83
(5) 시제품 내환경성 개선을 위한 내환경성 시험평가	84
가. 개발된 시제품 관련 온실 내환경성 평가 기증 설계(안)	84
나. 개발된 시제품 관련 온실 내환경성 시험평가(안) 1차 검토 협의회(20.10.23.)	84
다. 개발된 시제품 관련 온실 내환경성 시험평가(안) 최종확정 협의회(21.5.31.)	85
라. 개발된 시제품 내환경성 시험평가 추진 및 분석	86
마. 제품 내환경성 개선을 위한 내환경성 시험결과	93
(6) 정책제안	93
(7) 영농활용	94

### 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구 수행 결과	95
(1) 정성적 연구개발성과	95
가. 주관기관 <퓨처테크>	95
나. 공동연구기관 <지능로봇스튜디오>	97
다. 공동연구기관 <태경자동화시스템>	98
라. 공동연구기관 <국립농업과학원>	98
(2) 정량적 연구개발성과	99
가. 주관기관 <퓨처테크>	99
나. 공동연구기관 <지능로봇스튜디오>	100
다. 공동연구기관 <태경자동화시스템>	100
라. 공동연구기관 <국립농업과학원>	100
(3) 세부 정량적 연구개발성과	101
2) 연구수행 목표 달성 수준	109

### 4. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도

### 5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

1) 연구개발성과 활용 방안	110
2) 연구개발성과 활용 계획	111

### 별첨 자료 (참고 문헌 등)

# 1. 연구개발과제의 개요

## 1) 현황 및 문제점

### (1) 기존 개방형 제어기의 한계점

- 동작 온도의 범위(0 ~ +60℃)의 개선이 필요하다.
- CANBUS통신(기본)만으로 구성된 통신 네트워크에서 RS485 MODBUS(표준)포함 Ethernet, CAN 등 동시 지원이 필요하다.

### (2) 기타 개선점

- 정확한 개도율 추적이 필요한 개폐기가 필요하다.
- 내환경성을 고려한 실내 환경 센서 모듈이 필요하다.
- 통신 환경의 개선 필요하다.
- √ 무선통신의 경우 식물의 성장 따라 차폐로 인해 통신이 불안정하다.
- √ RS-485 통신의 통신거리(1.2Km) 한계 및 별도 통신 케이블 설치비용이 증가한다.

### (3) 전력선 통신기반 스마트팜 기기의 경제성

- 별도의 통신선 부설없이 전력선을 그대로 통신선으로 이용하기 때문에 스마트팜에서 통신 네트워크 구축비용의 상당부분을 차지하는 통신선(ha당 수 백m에서 1Km 이상) 재료비와 선로 부설 인건비가 절감된다.
- 현재 스마트팜의 센서 노드는 통신으로 연결되어 있지만, 천측창 개폐기 등의 스마트팜 제어기는 open Loop로 제어되고 있어 2세대 스마트팜에서 정밀한 환경제어를 위한 Closed Loop 제어방식으로 변경하기 위해서는 통신망 구축이 꼭 필요한 상황에서, 전력선 통신망은 관행 유선통신의 약 33% 비용으로 구축과 운용이 가능하다.

< 표 1.1> 전력선 통신기반 스마트팜 기기의 경제성

구 분		전력선 통신	관행
			유선 통신
설치 비용(원/0.3ha)		500,000	1,700,000
내구연한(년)		10	10
연간 운용 면적(ha/년)		1	1
연간 고정비 (원/년)	감가상각비	50,000	170,000
	수리비	30,000	102,000
	이자	25,000	85,000
	소계	105,000	357,000
단위 면적당 고정비(원/ha)		315,000	1,071,000
ha당 유동비 (원/ha)	인건비	378,708	378,708
	재료비	50,000	170,000
	소계	428,708	548,708
ha당 설치 비용(원/ha)		1,500,000	5,100,000
소요비용(원)		2,243,708	6,719,708
지수(%)		33%	100%

<경제성 분석 참고자료>

- 설치 비용: (전력선 통신) 전력선 통신 모듈+노이즈 필터+상간 커플러 비용 포함  
(관행 유선 통신)국내외 스마트팜 기자재 기술현황 분석보고서(농림축산식품부, 2018)의 스마트팜 설치비용 중 통신 장비 비용을 적용
- 내구연한 : 조달청 내용연수 기준 적용 네트워크 장비 8년(조달청 고시 제 2018-14호)
- 연간사용시간 : 농림축산식품부 농업용 면세유류 관리지침, 관리기 연간 사용시간 26.3시간/년
- 감가상각비 : (초기 구입비용-폐기비용) / 내구연한  
 폐기비용 : 초기 구입비용의 0%  
 초기 구입비용 : 농업기계 가격집 참조
- 수리비(시간당) :일반적 6% (농작업기계학 원론, 사용자 실태 조사)
- 이자 : 은행의 평균이자율(연 5%)
- 인건비(유지보수 컨설팅 포함): 252,472원/1일, 통신관련산업기사 1인(통계청 2020년 정보통신부문 시중노임단가) 적용, 연간 유지보수 일수: ha당 1.5일/ha,
- 수선 재료비: 설치비용의 10%

(4) 전력선 통신기반 스마트팜 기기의 사업성

- 농림축산식품부는 2022년까지 스마트온실을 7,000ha, 스마트축사를 5,750호까지 확대한다는 목표를 세우고 추진 중인데, 이는 시설원예농업의 현대화된 온실(약 1만 500ha)의 70%, 축산전업농(약 2만 3,000호)의 약 25% 규모이다.
- 농림축산식품부의 스마트팜 관련 예산은 해마다 증가하고 있는 추세이며, 2019년 스마트팜 관련 예산은 1890억원 규모이다.
- 스마트팜 구축에서 통신장비가 차지하는 비중은 약 5.3%(국내외 스마트팜 기자재 기술현황 분석보고서(농림축산식품부, 2018)로 정부의 사업예산만을 고려하여 시장 규모를 추정하면 약 100억원 이상으로 추정된다.
- 전력선 통신장비의 설치 용이성과 경제성을 고려하면, 빠른 시간 내에 스마트팜 통신시장과 스마트팜의 스마트 제어기 시장의 상당부분을 점유하는 것이 가능할 것으로 판단된다.

< 표 1.2> 전력선 통신기반 스마트팜 기기의 사업화 추진 계획

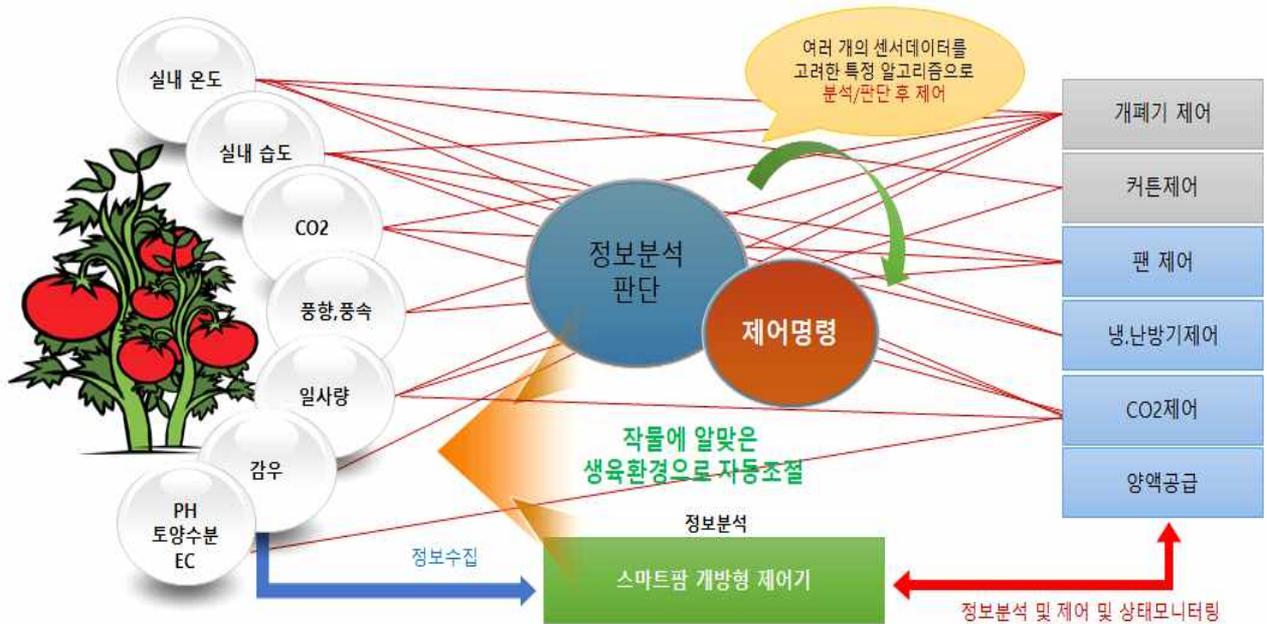
	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년
연구개발비(백만원)	534	0	0	0	0
시장규모(억원)	100	105	110	116	122
목표 시장 점유율(%)	0.2	1.4	2.3	2.2	2.5
매출액(백만원)	20	150	250	250	300
비용(백만원)	9	68	113	113	135
수익(백만원)	11	83	138	138	165
누적 수익(백만원)	28	94	231	369	534

2) 개발의 개요

(1) 연구개발의 목적

1세대 스마트팜의 고도화와 2세대로 전환을 위해 별도의 통신선 부설 없이 스마트팜 시설 내 네트워크 구축 및 증설이 가능한 9600 bps급의 농업용 전력선 통신 기술의 산업화 개발 및 기존장치와 호환 인터페이스 개발.

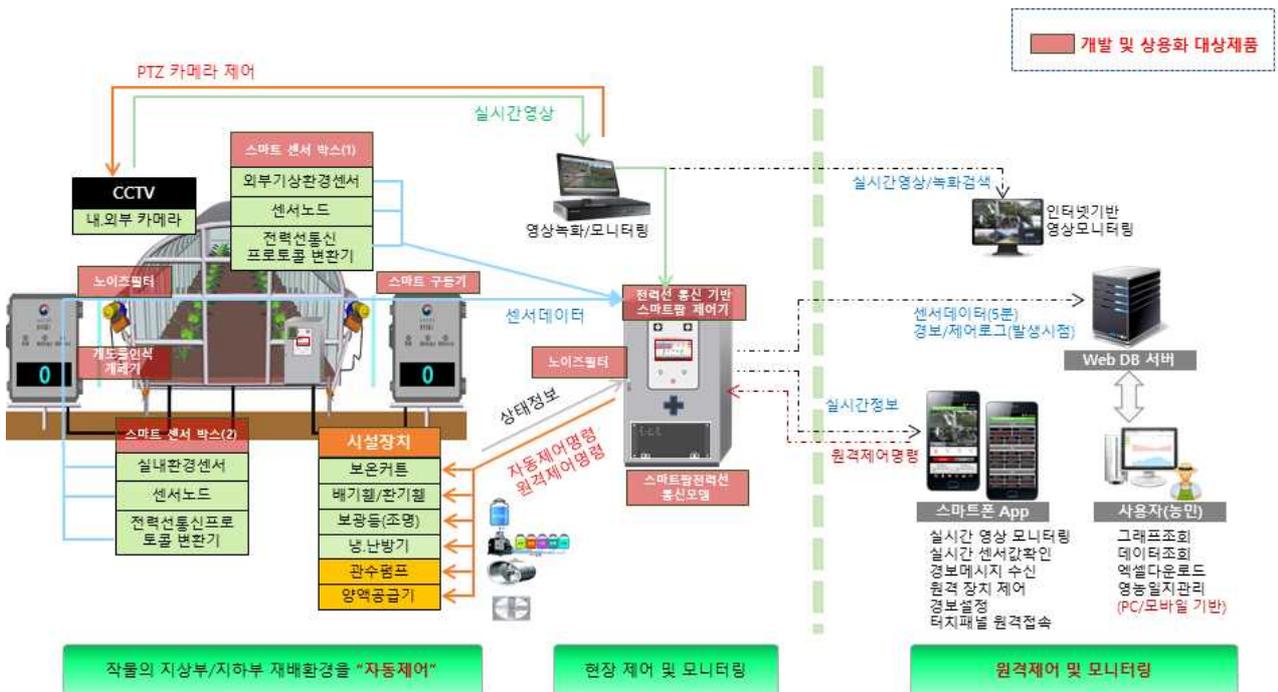
## (2) 연구개발의 기본 개념도



[그림 1.1] 연구 개발의 개념도

## (3) 연구개발의 전체 시스템 구성

그림 [1.2]는 연구 개발의 전체 시스템 구성도이고 <표1.3>은 기존 기술에 대비 차별화 및 개선 방향에 대한 표이다.



[그림 1.2] 연구 개발의 전체 시스템 구성도

< 표 1.3> 기존 기술 대비 차별화 및 개선 방향

구분	차별화 및 개선	설명	비고
스마트팜 제어기	Open Loop 제어 → Closed Loop 제어	-온실 제어 및 모니터링 -메인보드 + 확장 모듈	
물리적 네트워크 구성방식	통신선 별도 부설 → 전력선을 이용한 PLC 통신 방식	-전력선 통신 기능 수행 -전력선 통신 프로토콜 변환 전력선 통신 ↔ UART	
통신 프로토콜	다양한 통신 규격 → KS X 3267 스마트팜 통신 표준 프로토콜 적용	-스마트팜 제어기와 연결 -프로토콜 상호 변환 기능 전력선 통신 ↔ RS-485 MODBUS	
센서 노드	-유무선 복합 센서 데이터 전송 → 전력선 통신 전송 -제어 요청 시 센서의 다양한 데이터 전송 프로토콜 → RS-485 MODBUS	-외부 기상 or 실내 환경 센서 + 센서노드 + 전력선 통신 프로토콜 변환기 -프로토콜 상호 변환 기능 센서 데이터 → RS-485 MODBUS	
내 환경성	- 부분 방수 → 일체형 방수 형태 - 사용 온도: (0 ~ +60℃) → (-20 ~ +80℃)	-프로토콜 상호 변환 기능 전력선 통신 ↔ RS-485 MODBUS -스마트팜 개방형 제어기와 연동	
스마트 액추에이터 모듈	Time 기반 Open Loop ON/OFF제어 → 개도율 인식 개폐기 + 전력선 스마트 구동기 노드	-개도율 제어/상태 모니터링 기기 -전력선 통신(기존 전원공급선)	
개폐기 개도율 인식	개도율 간접 측정 → 직접 측정(개폐기 + 변환기어 + 가변저항기)	-개도율 값을 가변저항값으로 변환 -변환기어를 통한 개도율 추적	
잡음 제거	노이즈 필터 일체형	-DC 전원 공급의 노이즈 차단 -온실 내 전력선 통신 환경 개선	

### 3) 연구개발의 목표 및 내용

#### (1) 최종 목표

- 스마트팜 환경에 맞는 전력선 통신 CHIP 모듈화 및 제품 상용화
- 표준기반 스마트팜 개방형 제어기의 전력선 통신 기술 확보 및 제품 상용화
- 전력선 통신 기반의 센서노드 및 구동기 노드의 제품 상용화
- 스마트 온실 내 신뢰성 있는 전력선 통신 환경 개선 제품 상용화

#### (2) 세부 목표

- 스마트팜 환경에 맞는 전력선 통신 CHIP 모듈화 및 상용화
  - ▷ 전력선 통신 CHIP을 사용하여 필터 및 송신 회로, 증폭회로 등 모듈화
    - 전력선 통신 성능 향상을 위한 H/W 회로 설계 및 구현
  - ▷ 전력선 통신 CHIP 내에 F/W 설계 및 구현

- 리피터(중계) 기능, UART 기능 등

○ 스마트 개폐기 최적 적용을 위한 표준기반 스마트팜 개방형 제어기 개발

- ▷ 전력선 통신 기반의 센서 노드 및 구동기 노드 연동
- ▷ 스마트 개폐기 지능형 비례제어 알고리즘 개발 탑재
- ▷ 스마트팜 개방형 제어기와 노드 및 구동기의 통신 및 데이터 호환성 확보
  - 통신 프로토콜: 국가표준(KS X 3267) 적용
  - 데이터 식별: 규격기준 부재 → 농진청 스마트팜 데이터 식별기준 적용

○ 표준기반 스마트팜 개방형 제어기 개선 및 상용화

- ▷ 통신 네트워크 구성 개선:
  - CANBUS통신(기본) → CAN통신 & RS485 (선택), Ethernet 통신 지원
- ▷ 물리적 네트워크 구성방식 개선:
  - 통신선 별도 부설 → 전력선을 이용한 PLC 통신 방식 지원
- ▷ 내환경성 개선: 동작온도 범위 0 ~ +60°C → -20 ~ +80°C

○ 스마트팜에서 전력선 통신 기반 센서 노드 및 구동기 관련 제품의 개선 및 상용화

- ▷ 내환경성이 개선된 복합 실내 환경 센서를 포함한 스마트센서박스 개발 및 상용화
- ▷ 스마트 액추레이터 모듈(개도율 인식 개폐기+스마트 구동기 노드) 개발 및 상용화
  - 온실내 내환경성, 개폐기 개선, 통신 환경 등을 개선한 제품

○ 상용화 제품 목표 : 6종

- ▷ 전력선 통신 기반 스마트팜 제어기, 스마트 센서 박스, 개도율 인식 개폐기, 스마트 구동기 노드, 전력선 통신 프로토콜 변환기, 스마트팜 전력선 통신 모뎀
- ▷ 내 환경 주요 성능치

구 분	내온도 성능	방수방진등급	내습도 성능	분진 차단율	작동 오차
개도율 인식 개폐기	-20~+80 °C	IP55 <	99%RH<	90% <	5% 미만
스마트 구동기 노드	-20~+80 °C	IP55 <	99%RH<	90% <	5% 미만
스마트 센서 박스	-20~+80 °C	IP55 <	99%RH<	90% <	5% 미만
전력선 통신 프로토콜 변환기	-20~+80 °C	IP55 <	99%RH<	90% <	5% 미만
고온챔버(+40~+80°C), 저온챔버(-40~0°C), 향온향습챔버(10~40°C, 30~99%RH)					

- ▷ 스마트팜 전력선 통신 모뎀 동작온도 범위 개선 : 0 ~ +60°C → -20 ~ +80°C
- ▷ 전력선 통신 제품의 주요 성능치

구 분	송출 전압	수신 레벨	동작 전압 범위	통신에러율
스마트 구동기 노드	4.5Vp_p 이상	- 74 dB 이상	DC 24V(±3%)	0.5% 미만
전력선 통신 프로토콜 변환기	4.5Vp_p 이상	- 74 dB 이상	DC 24V(±3%)	0.5% 미만
스마트팜 전력선 통신 모뎀	4.5Vp_p 이상	- 74 dB 이상	DC 24V(±3%)	0.5% 미만
전력선 통신 시험 : PLC TEST BED 장비,				

▷ 전자파 적합 등록 제품 : 3종

- 스마트 구동기 노드, 스마트팜 전력선 통신 모뎀, 전력선 통신 프로토콜 변환기

○ 전력선 통신 기반의 스마트팜 개발 기술 현장 적용성 평가

- ▷ 내환경성 개선 검증을 위한 내환경성 평가
- ▷ 실증 시험을 위한 개발된 시제품 설치 및 현장 운영 시험

### (3) 핵심 기술

- 농업시설 내 전력선 통신 기반 센서/구동기 및 제어기의 네트워크 구축 기술(세계 Top 5위 수준, 농업분야 최초적용)
- 표준기반 스마트팜 제어기 H/W 및 S/W의 독자적 설계 기술(선진국 기술과 차별화)
- 스마트팜 환경에 맞는 전력통신 CHIP 모듈화 (보급 확대)
- 개도율 추적이 가능한 개도율 인식 개폐기 기술
- 정확한 개도율 제어 기술 + 전력선 통신 기술 접목

### (4) 수행 기관별 업무 분담

수행기관별 업무 분장을 통해 개발 업무를 명확히 구분하고 체계적으로 추진한다.

<표 1.4> 기관별 업무 분장 표

주요 개발 내용	기술개발 비중(%)	수행기관
<b>○ 전력선 통신 기반 제품 및 전력선 통신 환경 제품 개발, 상용화</b> ◦ 스마트팜 전력선 통신 CHIP 모듈 개발, 보완, 상용화 ◦ 스마트팜 전력선 통신 모뎀, 스마트 구동기 노드, 전력선 통신 프로토콜 변환기 개발, 보완, 상용화 ◦ 스마트 온실 내 신뢰성 있는 전력선 통신 환경 개선 제품 노이즈 필터 개발, 보완, 상용화 ◦ 시제품 실증을 위한 현장 설치 및 시험, 모니터링 ◦ 제품판매를 위한 제품(3종)-전자파 적합 시험 (스마트팜 전력선 통신 모뎀, 전력선 통신 프로토콜 변환기, 스마트 구동기 노드)	35%	주관기관 ((주)퓨처 테크)
<b>○ 전력선 통신 기반 개폐기 최적 적용 스마트팜 제어기 개발, 상용화</b> ◦ 전력선 기반 스마트 개폐기 활용에 최적화된 온실 환경제어 표준적용 스마트팜 복합환경 제어기 개발, 상용화 ◦ 개방형 스마트팜 제어기와 스마트 센서 박스, 스마트 액츄에이터 모듈 등과 연동 S/W 개발 및 탑재 ◦ 시제품 실증을 위한 현장 설치 및 시험, 모니터링	25%	협동연구 기관 ((주)지능 로봇 스튜디오)
<b>○ 스마트 센서 박스 및 개도율 인식 개폐기 제품 개발, 상용화</b> ◦ 상업용 스마트 센서 박스 및 개도율 인식 개폐기 개발 보완, 상용화 ◦ 스마트 센서 박스 및 스마트 액츄에이터 모듈 현장 설치 시방 및 브라켓 개발 ◦ 스마트 센서 박스, 스마트 액츄에이터 모듈 현장 검증	25%	협동연구 기관 (태경자동 화시스템)
<b>○ 전력선 통신 기반의 스마트팜 개발 기술 현장 적용성 평가</b> ◦ 내환경성 시험평가 (개방형 제어기, 스마트 센서 박스, 개도율 인식 개폐기, 스마트 구동기 노드, 제어기 인터페이스 모듈, 스마트팜 전력선 통신 모뎀) ◦ 전력선 통신 기반 스마트팜 개발 기술 적용 현장 운영 시험	15%	협동연구 기관 (농과원)
총 계	100%	

## 4) 연구개발 대상의 국내·외 현황

### (1) 국내 기술 수준 및 시장 현황

#### 가. 기술현황

- 우리나라 스마트팜 기술 수준은 비닐온실의 원격모니터링과 복합환경제어 시스템이 혼

재 되어 있는 수준이다.

- (농진청) 한국형 스마트팜 모델 및 핵심기술 개발
  - √ ICT 적용 스마트 비닐온실 1세대 모델 개발('16)
    - . 단동형(기본형) : 원격제어(환기+보온), 모니터링(환경+영상감시)
    - . 연동형(기본형+옵션) : 기본형+관수, 난방, CO2, 안전 등
  - √ 한국형 스마트 온실 핵심부품 표준화(25종)
    - . '15: 22종(제어기9, 센서13), '16 : 3종(양액기 등)
  - √ ICT 융복합 한국형 축산 스마트팜 모델 개발
    - . 주요축종 6종(돼지, 산란계, 육계, 오리, 한우, 젖소)에 대한 축산 스마트팜 모델 정립
    - . 축산 ICT장치 단체표준(안) 제시 : 환경정보 수집 센서 19종
  - √ 국내 사육여건에 적합한 ICT 접목 축사시설 개발
    - . 축사 환경개선을 위한 풍속풍향 연동 스마트 송풍팬 개발
    - . 자동 액상사료 급이기 시작품 개발 및 성능평가
  - √ 모돈 개체관리 및 질병예찰을 위한 생체지표 탐색 및 설정
    - . 행동특성, 호흡기질환, 교배적기 행동특성 등 생체지표 설정
    - . 모돈 생체정보(체온, 호흡, 심박수 등) 감지 및 통합 관리시스템 개발
  - √ ICT 이용 실시간 젖소 건강진단기술 개발
    - . 젖소의 행동, 생리상태 기반 실시간 건강진단장치 개발
  - √ 사료, 음수 및 정전 등 축사 시설에 대한 ICT 관리 기술 개발
    - . 사료 및 음수 급이기, 로봇 포유기 등 시설 개발 완료
    - . CCTV를 이용한 축사 상황 모니터링 및 관찰 프로그램 개발
- 생산·가공·유통·소비 등 농업의 전 가치사슬에 걸쳐 농업과 ICT기술과의 융·복합을 추진하고 있으나, 기술수준이 낮고 성과의 확산·활용이 부족하다.
- 스마트팜의 기술수준은 미국을 100% 수준이라 할 때, 네덜란드(99.1%), 일본(97.5%), 독일(93.3%), 영국(89.5%), 호주(83.4%) 등의 순이다.
- √ 미국, 네덜란드, 일본의 기술수준은 0.5년 이내로 이외 국가들에 비해 격차가 작다.
- √ 현재, 한국의 스마트팜 수준은 각국의 최고기술 보유국 대비 약 70%의 수준으로 기간을 설정하면 약 5년 정도의 격차가 있는 것으로 분석되고 있다.

<표 1.5> 세계 스마트팜 국가간 기술수준 및 격차

구분	수준(%), 격차(년)							
	한국	미국	일본	영국	네덜란드	독일	호주	중국
기술 수준	75.0	100	97.5	89.5	99.1	93.3	83.4	61.0
기술 격차	5.2	0	0.5	2.3	0	1.2	3.6	7.2

\* 출처 : 테라피기술거래(2017), 국내외의 스마트 농업 산업 동향 분석 보고서

#### 나. 시장현황

- 21세기 시작과 동시에 로봇·빅데이터·사물인터넷(IoT)·인공지능(AI) 등 기술의 융합과 조화에 의해 촉발되는 혁신과 변화를 의미하는 4차 산업혁명이 글로벌 위기를 극복할 키워드로 대두됨에 따라, 농업에도 이와 같은 변화를 받아들이기 위한 대응이 지속적으로 시도되고 있다.
- √ 특히, 산업생태계가 새로운 먹거리 중심으로 재편되고 있는 추세이므로, 농업에 있어서

의 4차 산업 혁명의 적용이 강조되고 있으며, 이에 따라 스마트팜과 같은 ICT 융복합 기술의 농업 활용이 기술적, 정책적으로 추진되고 있다.

- 4차 산업혁명에서 강조되는 농업-ICT 융합기술은 기존의 1차 산업 중심 농업기술에 자동제어, 센서, 통신, 소프트웨어 등 다양한 IT 기술을 융합시켜 농업의 생산, 유통, 소비 전 과정에 걸쳐 생산성과 효율성 향상, 품질 향상등과 같은 고부가가치 창출을 추구하는 기술이다.
- √ 4차 산업 혁명에 따른 기술의 변화는 농촌지역에 과거에 없던 변화를 초래할 것이며, 교통기술(TI), 공간정보기술(GIS), 컴퓨팅기술(CT), 정보통신기술(ICT) 등 4가지 유형의 기술 중 특히 멀리 떨어진 지역, 외딴 지역의 단점을 해결하는 대안으로 ICT 기술에 주목하고 있다.
- √ 농업 ICT 융합기술은 생산정밀화·유통지능화·소비안전화에 기여함으로써 농업생산의 정체 현상, 농촌 노동력의 감소와 고령화, 복잡한 유통구조에 따른 고비용 구조 등 국내 농업의 주요 문제를 해결하는 방안으로 강조되고 있다.
- 국내의 ICT 산업은 4차 산업 혁명의 추세에 맞추어 지속적인 성장을 하고 있으며, 최고 수준의 ICT 경쟁력을 가지고 있음에도 불구하고 ICT의 농업분야 적용은 초기 단계이다. 하지만, 농업 ICT, 스마트팜 시장은 4차 산업 혁명의 성장동력으로 지목될 만큼 성장 가능성이 높은 분야로 그 중요성이 지속적으로 높아지고 있다.
- 국내 스마트농업 시장규모는 2019년 5조 655억원에서 연평균 5%로 성장하여 2020년 5조 4,048억원, 2021년에는 5조 6,750억원으로 증가할 것으로 예상되며, 2022년에는 5조 9,588억원 규모가 될 전망이다.

<표 1.6> 국내·외 스마트팜 관련 시장규모(중소기업전략로드맵)

연도	2017	2018	2019	2020	2021	2022	CAGR
국내시장	44,493	47,474	50,655	54,048	56,750	59,588	5.0

(단위: 억 원, %)

\* 출처: 중소기업전략로드맵



[그림 1.3] 국내 스마트팜 관련 시장규모(중소기업전략로드맵)

- 국내 스마트팜은 유통, 소비 등의 분야로 확산되고 있지만, 현재까지는 농업생산을 핵심으로하여 전개되고 있다. 생산 중에서도 모니터링 및 제어단계에 집중되어 있는 것으로 판단되며, 빅데이터 등을 활용한 최적화 알고리즘 개발, 로봇 등과 연계된 자동화 기술 등은 현재 연구개발 단계에 머물러 있는 것으로 파악된다.
- √ 현재 우리 농가에 적용되고 있는 스마트팜 시스템은 주로 환경정보(온·습도, CO2, 조도 등) 기반으로 스마트 미디어를 통해 재배시설의 개폐 및 제어(보온덮개, 천창, 커튼, 환풍기, 스프링클러, 양액, 열풍기 등)하는 수준에 머물러 있다.
- √ 향후, 재배 생육정보 기반의 생육단계별 정밀한 작물관리를 위한 생육 최적 환경설정 모델 개발 및 작물생리 장애 병충해 진단 전문 모델 개발이 요구된다.

#### 다. 경쟁기관현황

- ICT 기반 온실 운영 관련 기술 개발
  - √ 토마토, 파프리카 생산 관리를 위한 생육 계측 센서 개발(KIST)
  - √ 시설원에 복합환경제어용 개방형 플랫폼 개발(ETRI)
  - √ 온실 스마트 작업관리 시스템(HW/SW)개발(생기연)
  - √ 스마트폰을 통한 비닐하우스 원격제어 및 모니터링시스템 구축(SKT)
  - √ KT의 GIGA 스마트팜
    - . 전국 농촌지역 10개 거점에 실습교육장과 현장지원센터를 개설하였다.
    - . 아직까지는 모니터링과 제어 단계에 머물러 있으며, 빅데이터를 활용한 시스템, 로봇 등의 기술은 연구개발 단계이다.



[그림 1.4] KT의 GIGA 스마트팜 구성도

#### 라. 지식재산권현황

- 차세대 스마트팜 핵심기술 분야의 한국특허출원건수는 최근 들어 증가하는 추세이다. 이러한 증가추세는 해당기술의 레드오션화와 해당기술의 첨단성을 모두 나타내는 것이므로, 장단점을 가진다. 이런 경우에는 틈새기술의 발굴이 매우 중요하다.
- 외국인에 의한 한국특허출원이 건의 존재하지 아니하므로, 내국인에 의한 한국 특허출원 동향은 한국특허출원의 전체동향을 대변한다.



[그림 1.5] SKT의 지능형 비닐하우스 관리 시스템 구성도



[그림 1.6] 연도별 특허 출원 동향 (한국특허)

#### 마. 표준화현황

- <표 1.7>은 스마트팜 단체표준 현황이다.

√ 농업기술실용화재단과 한국정보통신기술협회를 통해 제·개정 추진되었다.

<표 1.7> 스마트팜 단체표준 현황

항목구분	주요 표준	
공동	네트워크기반 스마트파밍의 개요 등 6건	TTA
온실	스마트 온실 유즈케이스 및 기능 요구사항 등 14건	TTA
축사	스마트축사를 위한 안전 센서 인터페이스 등 4건	TTA
유통	시설원에 생육 진단 메타데이터 등 13건	TTA
공동	스마트팜 메시지 교환을 위한 전송 프로토콜 WiFi 기반 등 2건	TTA
온실	스마트온실용 센서/구동기 I/O 인터페이스	TTA
유통	유통물류 오픈 데이터를 지원하는 사물인터넷 정보 서비스 등 4건	TTA
축사	스마트 축사를 위한 센서 인터페이스	TTA
축사(사양관리)	스마트축산 사양관리 기기 및 수집정보 표준화_소가축 등 3건 *원안작성기관 : 농촌진흥청	FACT

- <표 1.8>은 스마트팜 국가표준 현황이다.
- √ 스마트팜 관련 제정된 국가표준은 현재 5건이며, 국립전파연구원(RRA)을 통한 방송통신표준으로 2018년 12월 제정되었다.
- √ 표준제정 절차 : 원안접수→전문위원회→예고고시(60일)→기술위원회→표준회의→제정 및 고시 순으로 진행된다.

<표 1.8>스마트 온실 관련 주요 표준

주요 표준	비고
스마트온실을 위한 구동기 인터페이스(KS X 3265)	국가표준
스마트온실을 위한 센서 인터페이스(KS X 3266)	
스마트온실 센서/구동기 노드 및 온실통합제어기 간 RS485기반 모드버스 인터페이스(KS X 3267)	
스마트온실 구동기 메타데이터(KS X 3268)	
스마트온실 센서 메타데이터(KS X 3269)	

## (2) 국외 기술 수준 및 시장 현황

### 가. 기술현황

- (일본) 민간기업 주도로 경영 분석 및 생산 기술, 판매, 물류, 회계 등의 정보를 농산물 생산자에게 제공하는 농업 클라우드 서비스를 제공한다.
- √ 후지쯔(Fujitsu)는 축적된 데이터를 기반으로 SaaS(Software as a Service)형태의 'Akisai 食·農 클라우드 서비스' 제공한다.
- \* 온실과 클라우드를 연결하고 원격 감시 및 제어, 클라우드에 축적된 빅데이터 기반 재배기술 향상을 지원한다.



[그림 1.7] 후지쯔(Fujitsu)사 농업관리 클라우드 서비스

<출처: <http://jp.fujitsu.com/solutions/cloud/agri>>

- √ 토요타 미디어 서비스는 농업 IT관리 솔루션 '農作計劃(농작계획)'개발을 추진 중이다.
- \* 단순한 환경제어 자동화를 넘어서, 재배기술 노하우를 소프트웨어화하여 최적의 환경 관리, 생체정보 수집 및 생육진단을 위한 기술을 개발한다.
- √ 일본 치바대학교에서는 폐쇄형육묘시스템 모종 생산 시스템 개발 연구와 베르그아스(BergEarth)사는 2006년부터 폐쇄형육묘시스템에서 생산한 묘를 e묘-시리즈로 브랜드화하여 일본 육묘 시장을 선도하고 있다.



[치바대학교 폐쇄형 육묘 공장 및 생산 운영 프로그램]



[폐쇄형육묘시스템 모종 생산]

[그림 1.8] 치바대학교 폐쇄형육묘 시스템 화면

- √ 일본 생연센터와 ISEKI사가 공동으로 토마토, 오이용 반자동 접목기 및 오이용 전자동 접목장치에 관한 연구와 네덜란드 및 스페인에서는 가지과 전용 반자동 접목기가 개발되었다.
- \* (네덜란드) 전체 온실의 99%가 유리온실로 운영되며, ICT·에너지관리 및 재해 방지 기술이 결합된 표준모델에 복합 환경제어시스템 구비되어 있다.
- √ 업체별로 최적의 생육관리를 위한 프로세스가 정립되어 있고, 세계최고 수준의 온실 환경제어 시스템을 개발해 수출하고 있다.
- \* Priva사는 세계 제일의 복합 환경제어기술을 보유하고 있으며 기술수준은 건축물에 확대 적용될 정도로 정밀도와 완성도가 높다.
- \* Hoogendoorn사는 범용센서 채택과 자유로운 반개방구조로 보일러와 같은 작동기의 선택과 설치가 쉽고 자유로운 복합 환경제어시스템 제공으로 가장 많이 보급되어 있다.

<표 1.9> 일본과 네덜란드의 비교

	일본	네덜란드
특징	○ 클라우드 기반의 분산제어형 환경제어 기술 * 온실조건에 따라 설치 용이	○ 세계 최고 수준의 온실 복합환경 제어 시스템 * 집적된 빅데이터로 재배환경에 최적화된 센서와 제어솔루션 개발
단점	○ 복합환경관리 측면에서 정밀 제어 성능이 떨어지고 시스템가격이 높음	○ 폐쇄형 구조로 운영 소프트웨어 업그레이드 비용이 비쌈

#### 나. 시장현황

- 국외 식품산업의 시장규모는 2010년 기준으로 약 4.4조 달러, 농산물 시장규모 1.6조 달러로 IT(3.5조 달러)산업보다 규모가 큰 시장이며, 향후 농업 생산성 감소 및 안전한 먹을거리 수요 증가에 따른 지능형 정밀농업, 식물공장 등 스마트농업을 위한 IT 기반의 기술 요구가 증가할 것으로 예상된다.
- √ 2010년 기준 880억 달러에 이르는 세계 농업기계 시장규모 중 IT 기반 정밀 농업기계는 약 10%인 80억 달러의 시장을 형성하고 있다.
- √ 세계 스마트 농업 기술 투자 현황은 2014년 23억 달러, 2015년 40억 달러의 투자가 이뤄진 것으로 나타나 세계 농업 융복합 시장규모는 꾸준히 증가하고 있다.
  - . 네덜란드는 대표적인 농업 수출국으로서 농산물 수입액의 1.5배를 수출(세계 2위의 농산물 수출국, 2013년 기준 1,115억불)하고 있다. 특히, Priva사는 세계 최고 수준의 온실 환경제어 시스템을 생산하고, Leiy사는 세계 착유로봇 시장 65% 이상 점유하고 있다.
  - . 일본의 스마트 농업 시장 규모는 2013년 66억1400만 엔에서 2020년 308억4900만 엔으로 2013년 대비 3.6배 정도 확대될 전망이다. 2009년 농지법이 개정 이후 다른 업종의 농업 진출이 가능해지면서 일반 기업의 진출이 증가하는 추세이다.(농업에 진출한 일반 법인 수는 2010년 6월 기준 175개사에서 2014년 12월 1,712개)
- 글로벌 스마트팜 시장은 2016년 1,960억 달러(약 217조 3,640억 원)에서 2022년 4,080억 달러(약 452조 4,720억 원)로 연평균 16.4%의 성장률을 보이며 꾸준히 확대되고 있으며 미국, 일본, 네덜란드 등이 스마트팜을 적극 육성하면서 경쟁체제에 돌입하였다.



<표 1.11> 국·내외 스마트팜 업계 현황(과학기술일자리진흥원)

기업명	사업내용
PRIVA (네덜란드)	○ 온실에서 작물이 필요로 하는 온도, 습도, 조명, 영양 요소를 자동으로 관리할 수 있는 온실환경제어시스템 및 양액자동제어시스템을 개발 보급 ○ 또한, 온실의 환경 제어 기술을 기반으로 빌딩의 내부 환경과 에너지 소비량을 관리 할 수 있는 시스템을 개발하여 네덜란드 공공건물의 약 30%에 적용하고 있음
(Wageningen UR) (네덜란드)	○ 네덜란드 농업자연식품부의 연구비를 지원받아 오이를 자동 수확할 수 있는 로봇을 개발 * 온실 환경에서 오이 판별 95% 수준의 정확도
Hortimax (네덜란드)	○ 복합 환경제어기 생산 전문회사로서 브랜드 인지도가 우수하고, 우리나라에서는 파프리카 재배에 사용되고 있음.
IBM (미국)	○ 1~2km의 좁은 지역들을 위한 정확한 지역 일기예보를 제공하는 ‘지역밀착형(hyperlocal)’ 일기예보를 제공하는 IBM의 딥센서를 기반으로 작물의 재식, 재배, 추수, 운송 등 농업 전반에서 수확량 증가(기상예측모델과 접목을 통해 작물 손실 25% 축소), 품질개선을 지원할 수 있는 시스템을 개발
블루리버 테크놀러지 (미국)	○ 레터스 봇(Lettuce Bot)은 수백만 장의 식물 이미지가 저장된 데이터베이스에서 식물과 잡초를 즉각적으로 구분하여 잡초를 제거하고, 작물만을 선별하여 비료를 살포
후지쯔 (일본)	○ IoT 센서를 이용하여 재배환경의 데이터를 실시간으로 계측, 수집하는 동시에 클라우드 서비스를 이용하여 데이터를 축적/분석하여 토마토 등 작물 재배에 활용할 수 있도록 재배시설에서 기온, 지온, 수분, 일사량, 토양의 비료농도 등을 측정, 수분 간격으로 클라우드 서버에 전송되어 수집/분석/예측 등을 수행한 후 각 농가에 최적의 물과 비료의 양을 제시
우성하이텍	○ 국내 온실조건에 적합하도록 환경제어가 가능하고 적용 시스템에 대한 AS 및 기술자문력이 상대적으로 우수함 ○ 우성하이텍은 연동 그린하우스 내외부에 설치된 온도센서, 습도센서, CO2센서, 풍향/풍속센서, 강우센서 등으로 환경상태를 인식하고 분석/예측하여, 각종 환경조절용 기계장치를 유기적으로 작동시켜 최적의 재배환경을 유지 되도록 하는 시스템을 개발 ○ 시설원에 원격제어시스템, ICT복합환경 시스템, 자연환기시스템, 배양액 자동공급기, 시설원에 커튼제어시스템 등
KT	○ 아랍에미리트(UAE) 샤르자 코르파칸에 약 600m <sup>2</sup> (180평) 규모의 장애인 맞춤형 ‘스마트팜’을 구축

**라. 경쟁기관현황**

- 현재 국내 스마트팜 경영 농가 또는 기업들이 대부분 모니터링 및 반자동컨트롤 기능에 치중해 있는 반면 해외 스마트팜 기업들은 첨단분석기술 및 로봇기술 등을 활용하여 품질 및 생산성 향상에 힘쓰고 있다.

<표 1.12> 해외 스마트팜 기술 도입 선도 기업 사례(삼정KPMG 경제연구원)

구분	국가	기업	활용 현황
노지 농업	미국	살리나스 벨리	○ 환경이 센서를 통해 자동 모니터링 되고 있으며, 무인 농업로봇을 개발하여 활용함
시설	덴마크	크리스텐센	○ 통제된 시설 안에서 빛과 공기, 열등 생물이 자랄 수 있는 환경을 인공적으로 조절하여 공산품처럼 농산물

재배	벨기에	홀티플란	을 계획 생산함 ○ 재배베드자동이송시스템(MGS:MobileGullySystem)을 중심으로 묘자동이식로봇, 자동재식거리조정방식, 재배베드가 수확장소로 이송됨
	일본	와이즈 와카마츠 Akisai 야채공장	○ 후지쓰그룹의 폐쇄형 대규모 식물공장으로, 클린룸이라고 불리는 식물공장에서 각종첨단 기술을 활용하여 우량 품수확률 향상 ○ 식·농클라우드인 Akisai 재배환경과 작물품질의 상관관계를 데이터를 통해 파악하여 날씨나 계절에 좌우되지 않고 안정적으로 농산물 재배
축산	덴마크	호센스 도축장	○ 인건비 절감을 위해 약100년 전부터 생산라인의 자동화를 연구해왔으며, 계류장 시설의 자동화 설비를 완비
	독일	비온 도축장	○ 비온푸드그룹에서 운영하는 도축장으로, 특화된 기술력을 바탕으로 품질 차별화 도모

#### 마. 지식재산권현황

<표 1.13 > 핵심전략기술별 기술수준 및 격차

구분	핵심전략기술명	기술 수준	기술 격차
농업관련 생산기술	축산물 품질 고급화 및 생산성 향상 기술	89.0	6.5
	로열티 대응 및 수출용 고품질 원예특용작물 신품종 육성	86.1	3.6
	고품질고생산성 주곡 신품종 개발 및 안정성 향상기술	86.0	5.3
IBNT 융복합 기술	항생제 저감 천연 대체제 개발기술	82.4	2.4
	스마트(완전제어형) 친환경 식물공장 상용화기술	81.9	3.2
	동물바이오 이종장기 개발 및 실용화 기술	81.8	3.6
	농림축산 실시간 첨단 기상재해 예측경보 시스템	78.6	4.7
	유용 유전자 특성 규명 및 활용 연구	77.4	8.7
	목질자원 친환경 신소재 개발	76.8	3.0
	농생물자원 및 천연물 유래 식의약 소재 개발	76.8	6.6
	원예/과수용 첨단 고성능 기자재 산업화기술	76.1	5.0
	기능성 아미노산 소재 개발 및 대량 생산	76.1	5.4
	동물유래 식의약 단백질 대량 생산 및 제어기술	75.4	6.6
	환경친해요소 "Zero" 화 바이오플라스틱	74.9	4.6
	체질별 맞춤형 장기능 개선 천연소재 개발	73.5	4.0
	BT 융복합 병해충 장기능개선 천연소재 개발	73.5	4.0
	시설원에 경비 절감 및 생산성 향상 기술	73.1	6.3
	지능형 농업 우수 통합제어 시스템	71.2	6.1
	첨단 지능형 정밀농업 구현 기술	70.8	5.7
	농생명유전체 정보서비스 R&D 기술	69.5	8.3
	농림축산 활용 로봇 기반 기술	68.4	4.8
	첨단 친환경 동물복지형 축사 개발	58.0	7.1

#### 바. 표준화현황

- 국제표준화기구

√ (ITU-T) SG13과 SG20에서 한국 주도로 국제표준 개발 중이다.

√ (ISO) TC 23/SC 19(농기계), TC 190/SC 3(토양), TC 282/SC 1(수질) 등 농기계·환경 분야 위원회는 존재하나 ICT 관점의 표준화 담당은 부재하다.

√ (APT) ASTAP(표준화프로그램)은 일본 주도로 핸드북·보고서 개발 중이다.

√ (JTC1) ISO와 IEC의 공동 위원회이며, 융합 IoT 영역 전반에 표준화를 추진. 스마트농업 및 스마트팜 등 표준화 담당은 부재하다.

- <표 1.14>는 스마트팜 표준 현황이다.

<표 1.14> 위원회별 활동 및 주요 표준 현황

위원회	활동 및 주요 표준 현황
ITU-T SG13 (미래 네트워크)	WP3/Q1(융합서비스)에서 스마트농업 관련 융합서비스 및 농축수산 재해 대응을 위한 국제표준 권고안 중심으로 개발 - Y.2238, Overview of Smart Farming based on networks - Y.saic, Proposed modifications in the text of draft Recommendation
ITU-T SG20 (IoT 및 스마트시티)	WP1/Q4에서 IoT 기반의 스마트농업 관련 표준 개발 - Y.IoT-SQ-fns, Service Functionalities of Self-quantification over IoT - Y.ISG-FR, IoT based Smart Greenhouse Framework

## 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 1) 연구개발 추진체계

연구 개발 추진 체계도는 [그림 2.1]와 같다. 주관기관(퓨처테크), 협동연구기관(기업:2, 농진청)으로 총 참여인원은 16명이다.

연구개발과제		총 참여 연구원
과제명	표준기반 온실 스마트개폐기 및 제어모듈 산업화	주관연구책임자 (한O용)외 총 16명
기관별 참여 현황		
구 분	연구기관수	참여연구원수
대 기 업		
중견기업		
중소기업	3	3+4+3 = 10
대 학		
국공립(연)	1	6
출 연 (연)		
기 타		

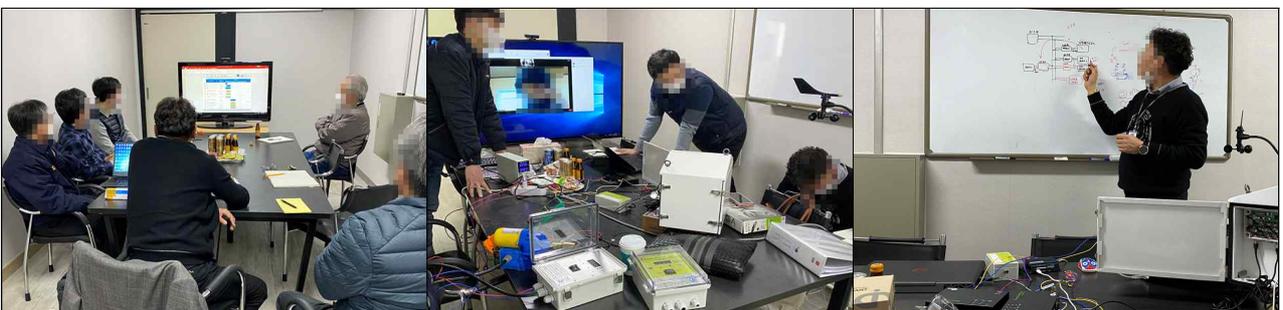
  

주요기관	주요내용	연구책임자명	인원	담당기술개발내용
(주)퓨처테크	전력선 통신 기반 제품 및 전력선 통신 환경 제품 개발, 상용화	(한O용)외	2명	담당기술개발내용
(주)지능로봇 스튜디오	전력선 통신 기반 개폐기 최적 적용 스마트팜 제어기 개발, 상용화	(윤O승)외	3명	담당기술개발내용
태경자동화시스템	스마트 센서 박스 및 개도울 인식 개폐기 제품 개발, 상용화	(정O덕)외	2명	담당기술개발내용
국립농업과학원	전력선 통신 기반의 스마트팜 개발 기술 현장 적용성 평가	(이O수)외	5명	담당기술개발내용

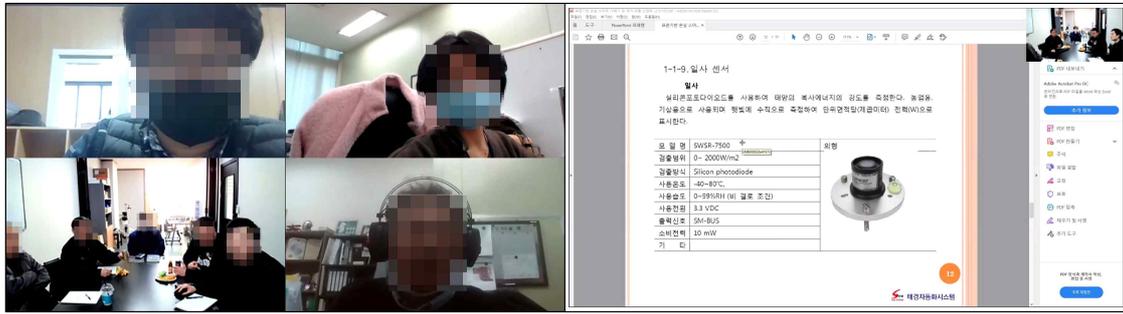
[그림 2.1] 연구 개발 추진 체계도

### 2) 연구개발 세부협의 및 회의

본 연구와 관련하여 매월 주관기관 및 협동기관간의 세부협의 및 개발진도 파악, 일정 협의 등을 진행하였다. 회의 장소는 주관기관 및 협동기관에서 대면회의를 실시하였으나 코로나-19로 인해 추후에는 온라인 화상회의 ZOOM을 이용하여 회의를 진행하였다. [그림 2.2]는 연구개발 관련 대면회의의 사진이고, [그림 2.3]는 온라인 화상회의 ZOOM을 이용한 연구개발 관련 회의 사진, [그림 2.4] 실험 환경 방안 및 신뢰성 시험 관련 논의사진이다.



[그림 2.2] 연구개발 관련 대면회의



[그림 2.3] 연구개발 관련 온라인 ZOOM 회의



[그림 2.4] 실험 환경 방안 및 신뢰성 시험 관련 논의

### 3) 전력선 통신 기반 제품 및 전력선 통신 환경 제품 개발, 상용화 - 주관기관(푸처테크)

#### (1) 스마트팜 전력선 통신 CHIP 모듈 개발

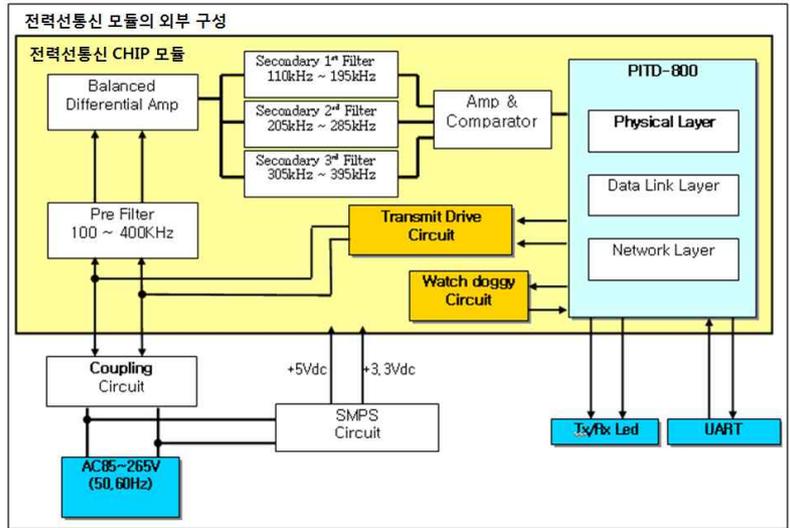
##### 가. 전력선 통신 CHIP 모듈 상세규격

<표 2.1> 전력선 통신 CHIP 모듈 외형 및 상세규격

외 형	상세 규 격	
	입력 전압 (Vcc)	◦ DC +3.08V ~ +3.6V
	사용 전압 (Vdd)	◦ DC +4.5V ~ +5.5V
	동작 온도	◦ -20°C ~ +80°C
	송출 전압	◦ 4.5Vp_p 이상
	수신 레벨	◦ - 74dB 이상
	변조 방식	◦ Chirp-CSK
	주 파 수	◦ 100k~400kHz
		◦ 125k~195kHz Selectable
	MAC	◦ CSMA/CA
	인터페이스	◦ UART
	리피터 기능	◦ “H/L” 신호 인가 시 선택

#### 나. 전력선 통신 CHIP 모듈 블록도

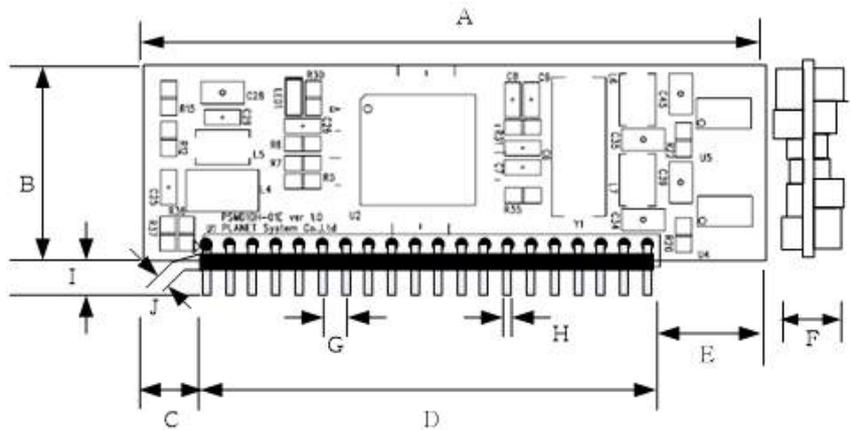
[그림 2.5]는 전력선 통신 CHIP 모듈 블록도이다. 전력선 통신 CHIP 모듈은 Hybrid IC 형태의 SIL (Single In-line) Package로 PCB 내장용 전력선 통신 Solution에 적합하게 설계하였다. 전력선 통신의 Physical Layer 및 MAC layer, Network Layer가 내장되어 있어 별도의 Protocol없이 전력선 Network 구성이 가능하며, 입력 Filter 및 출력 Amp가 내장되어 있어 외부의 AC Coupling 회로만으로 전력선 통신이 가능하도록 설계하였다.



[그림 2.5] 전력선 통신 CHIP 모듈 블록도

다. 전력선 통신 CHIP 모듈 기구도면

[그림 2.6]는 전력선 통신 CHIP 모듈 기구도면이다.



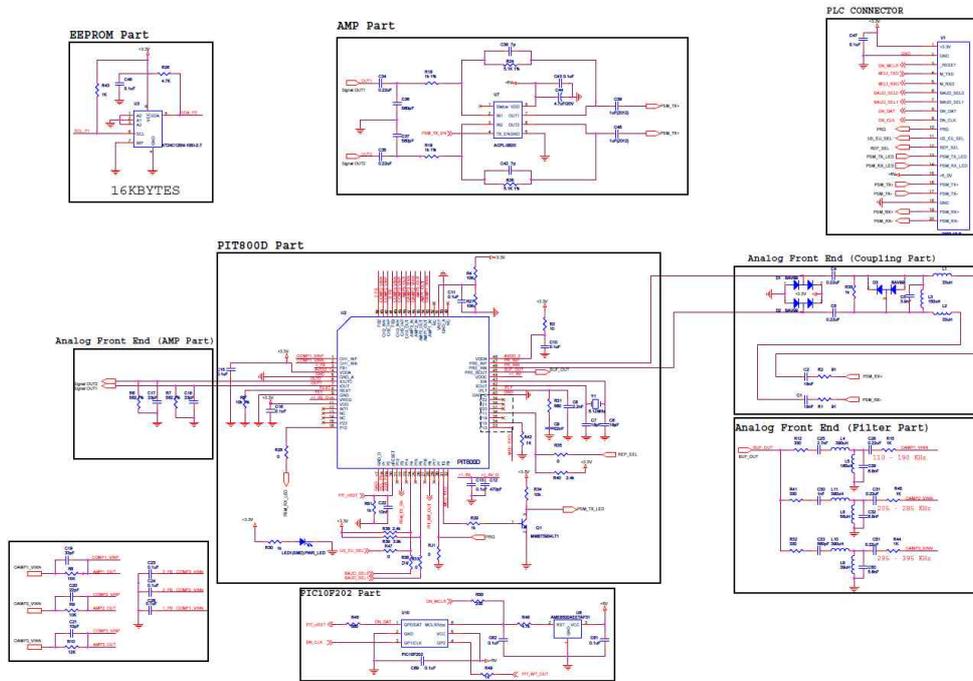
[그림 2.6] 전력선 통신 CHIP 모듈 기구도면

<표 2.2> 전력선 통신 CHIP 모듈 기구도면 치수 (mm)

구분	치수	구분	치수	구분	치수
A	55 ±0.3	B	18 ±0.3	C	5.7 ±0.3
D	40 ±0.3	E	9.3 ±0.3	F	8 ±0.3
G	2 ±0.1	H	0.4 ±0.1	I	5.7 ±0.2
J	2 ±0.2				

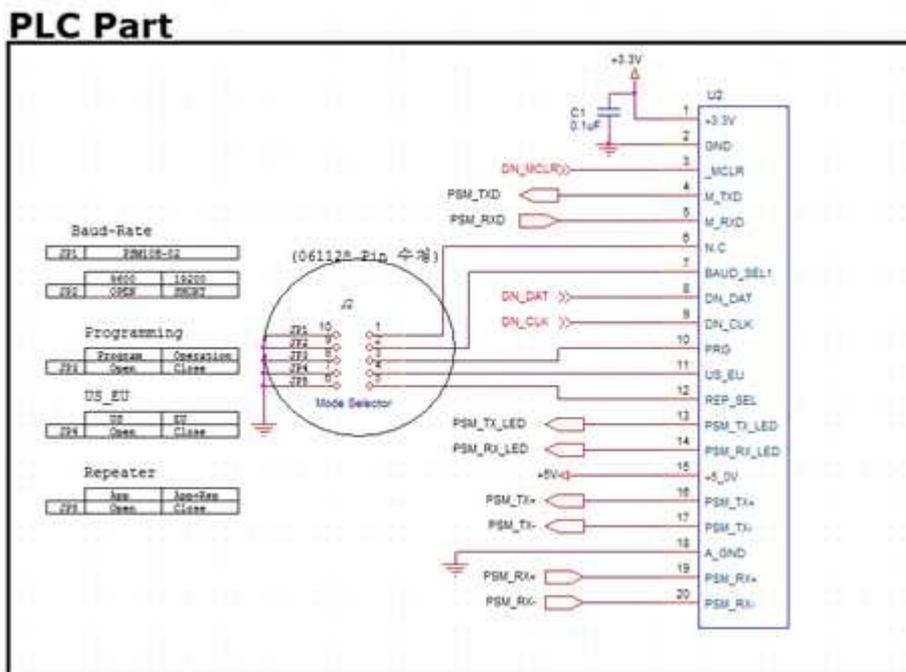
라. 전력선 통신 CHIP 모듈 회로도

[그림 2.7]는 전력선 통신 CHIP 모듈 회로도이다. [그림 2.8]는 전력선 통신 CHIP 모듈의 모드를 설정을 위한 회로도이다.



[그림 2.7] 전력선 통신 CHIP 모듈 회로도

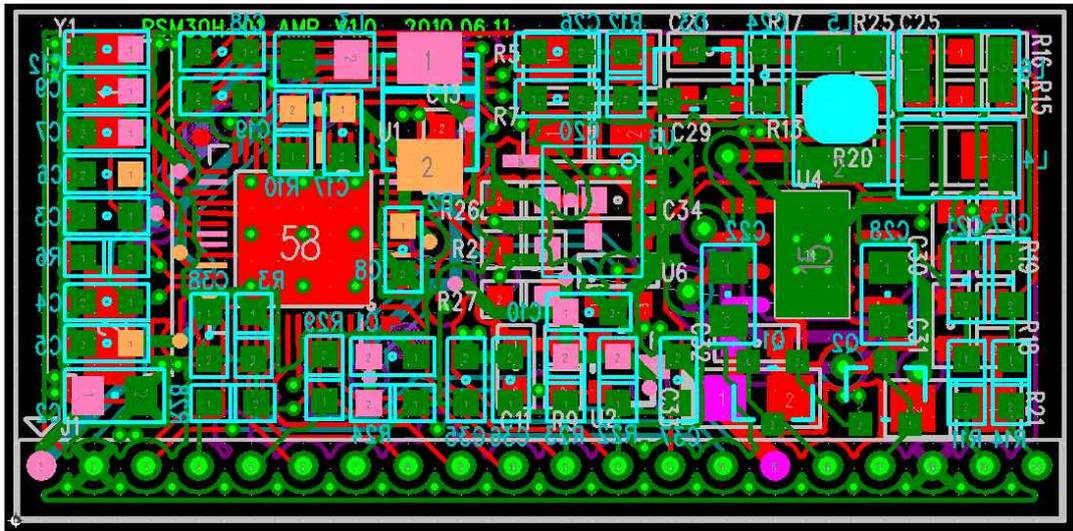
- 핀 7(JP2)은 Baud-rate(9600~19200bps)를 설정하기 위한 핀이다.
- 핀 10(JP3)은 전력선 통신 모듈의 프로그램 모드와 작동 모드를 설정하기 위한 핀이다.
- 핀 11(JP4)은 맥내와 맥외 환경 차이에 의해 사용자에게 의해 선택적으로 PLC모뎀에서 사용하는 주파수를 선택하기 위한 핀이고, US(Outdoor) 모드는 120k~400kHz, EU(Indoor) 모드는 95k~125kHz의 캐리어 주파수를 사용한다.
- 핀 12(JP5)는 외부 환경에 의해 발생하는 노이즈에 의해 원활한 통신이 되지 않을 경우 Repeat 모드 기능을 설정하기 위한 핀이다.



[그림 2.8] 전력선 통신 CHIP 모듈 설정 회로도

마. 전력선 통신 CHIP 모듈 PCB Artwork

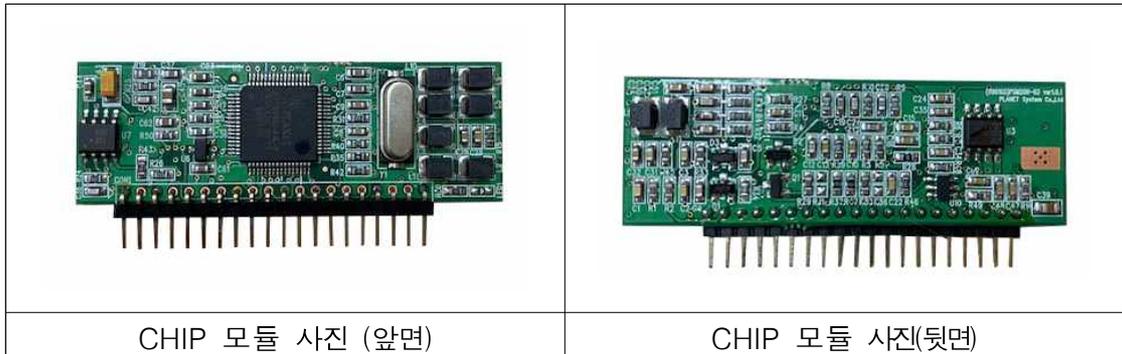
[그림 2.9]은 전력선 통신 CHIP 모듈의 PCB Artwork이다.



[그림 2.9] 전력선 통신 CHIP 모듈 PCB Artwork

바. 전력선 통신 CHIP 모듈 시제품 사진

[그림 2.10]는 전력선 통신 CHIP 모듈의 시제품 사진이다.



[그림 2.10] 전력선 통신 CHIP 모듈 시제품

(2) 스마트팜 전력선 통신 모뎀 개발

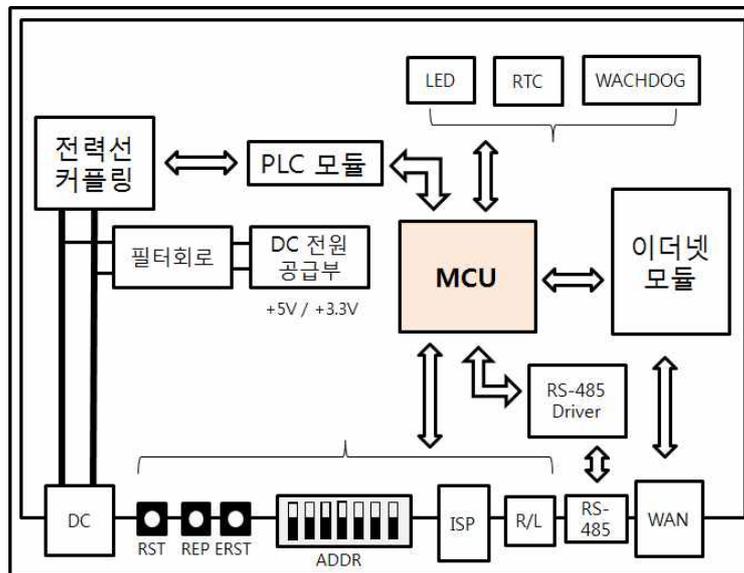
가. 스마트팜 전력선 통신 모뎀 상세규격

<표 2.3> 스마트팜 전력선 통신 모뎀 외형 및 상세규격

외 형	상 세 규 격	
	동작 전압	◦ DC 24V(+8V ~ 38V)
	동작 온도	◦ -20℃ ~ +80℃
	통신 LINE	◦ DC 전압 Line
	인터페이스	◦ RS-485 MODBUS ◦ Ethernet
	통신 프로토콜	◦ RS-485 MODBUS 표준 프로토콜
	주소 개수	◦ 255개
	취부 방식	◦ 벽면 취부 형태

#### 나. 스마트팜 전력선 통신 모듈 블록도

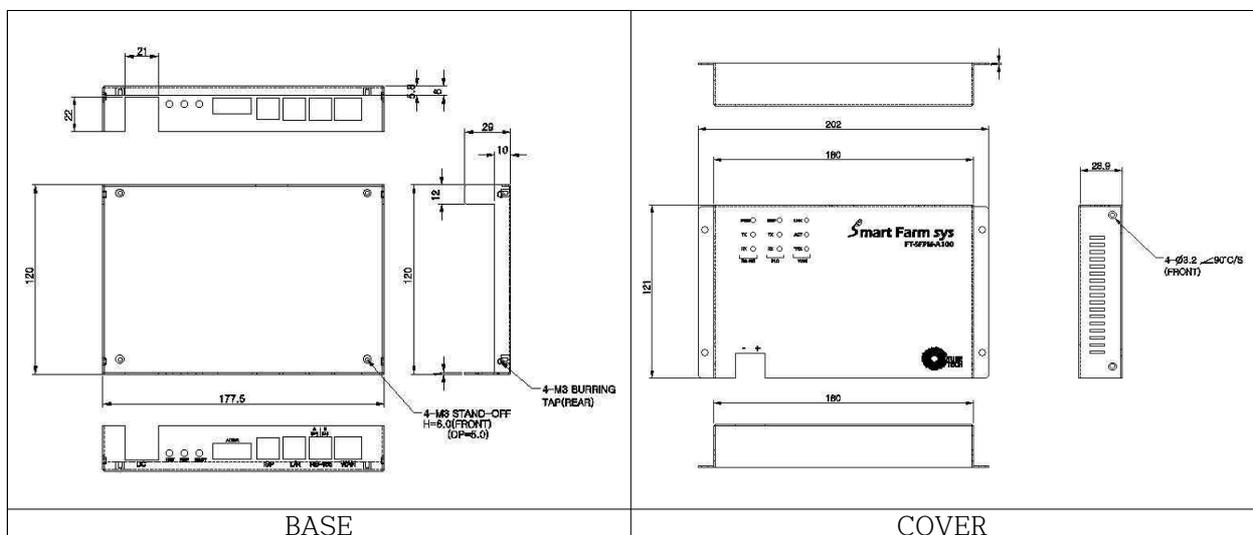
[그림 2.11]은 스마트팜 전력선 통신 모듈의 블록도이다. 스마트팜 전력선 통신 모듈은 전력선 통신을 위한 PLC모듈, 485통신을 위한 RS-485Driver, 마이크로 컨트롤러의 오작동을 감지하는 WatchDog, 내부 사용전압(+5V, +3.3V)을 공급하는 DC전원공급부, 마이크로 컨트롤러, 원격제어기가 고장 난 경우 제어의 2중화를 위한 이더넷 모듈로 구성되어 있다. 스마트팜 전력선 통신 모듈은 통신신호를 수신해 제어기와 구동기 노드, 각 센서노드와 통합제어기간에 통신신호를 송·수신하도록 설계하였다. 전력선 통신이 원활하지 않을 경우 REPEAT 기능을 이용하여 중계기 역할을 수행한다. DC Line을 통해 전력선 통신을 하며 전력선 프로토콜을 RS-485 또는 WAN으로 프로토콜 변환을 해주는 게이트웨이이다. ADRR 기능이 있어 DIP S/W를 이용하여 ADRR를 설정 가능하며 255개의 ADRR를 설정하도록 설계하였다.



[그림 2.11] 스마트팜 전력선 통신 모듈 블록도

#### 다. 스마트팜 전력선 통신 모듈 기구도면

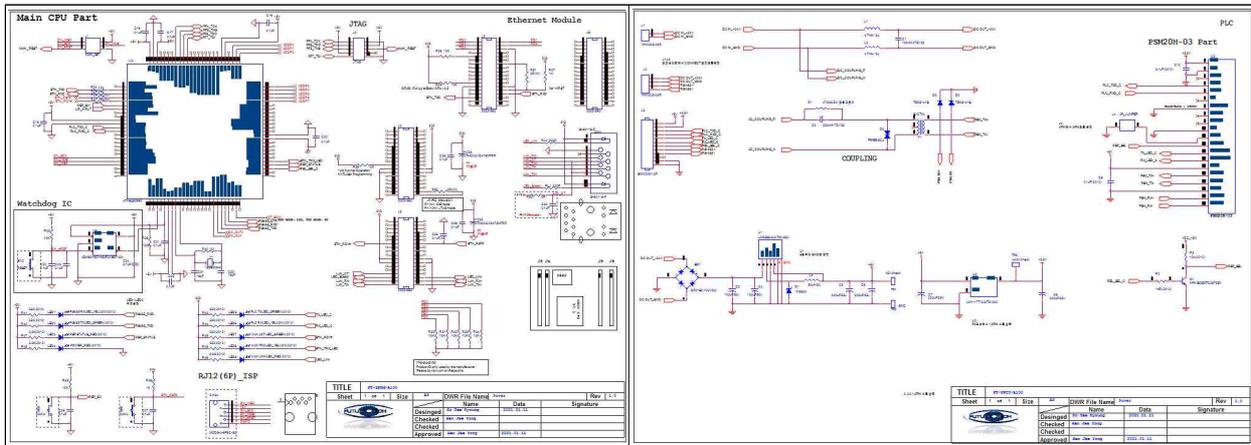
[그림 2.12]은 스마트팜 전력선 통신 모듈의 기구도면이다.



[그림 2.12] 스마트팜 전력선 통신 모듈 기구도면

**라. 스마트팜 전력선 통신 모뎀 회로도**

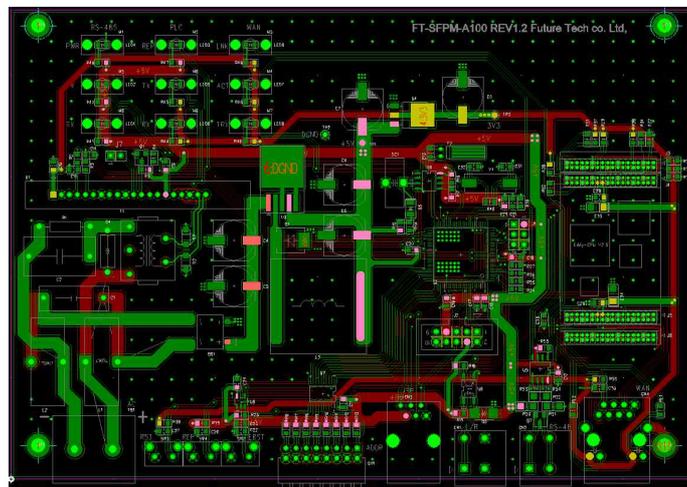
[그림 2.13]은 스마트팜 전력선 통신 모뎀의 회로도이다.



[그림 2.13] 스마트팜 전력선 통신 모뎀 회로도

**마. 스마트팜 전력선 통신 모뎀 PCB Artwork**

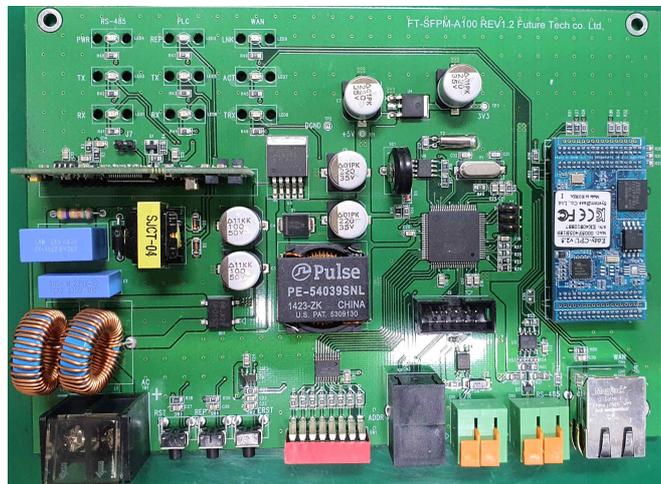
[그림 2.14]은 스마트팜 전력선 통신 모뎀의 PCB Artwork이다.



[그림 2.14] 스마트팜 전력선 통신 모뎀 PCB Artwork

**바. 스마트팜 전력선 통신 모뎀 PCB 보드**

[그림 2.15]은 스마트팜 전력선 통신 모뎀의 PCB 보드 사진이다.



[그림 2.15] 스마트팜 전력선 통신 모뎀 PCB 보드

## 사. 스마트팜 전력선 통신 모뎀 시제품

[그림 2.16]은 스마트팜 전력선 통신 모뎀의 시제품 사진이다.



[그림 2.16] 스마트팜 전력선 통신 모뎀 시제품

### (3) 전력선 통신 프로토콜 변환기 개발

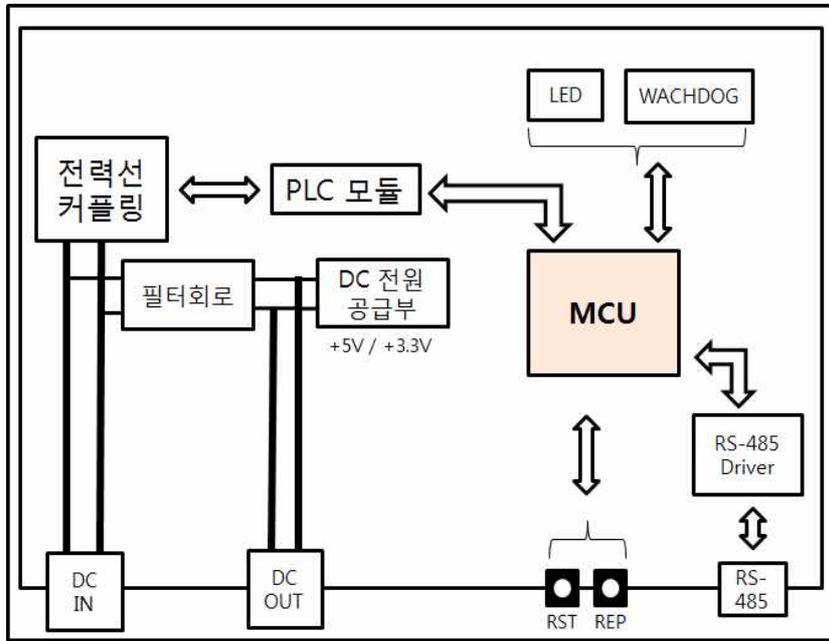
#### 가. 전력선 통신 프로토콜 변환기 상세규격

<표 2.4> 전력선 통신 프로토콜 변환기 외형 및 상세규격

외 형	상 세 규 격	
	동작 전압	◦ DC 24V(+8V ~ 38V)
	동작 온도	◦ -20℃ ~ +80℃
	통신 LINE	◦ DC 전압 Line
	인터페이스	◦ RS-485 MODBUS
	통신 프로토콜	◦ RS-485 MODBUS 표준 프로토콜
	RS-485	◦ 9600bps, 8bit, 1Stop bit, Non-Parity
	취부 방식	◦ 브라켓 취부 형태

#### 나. 전력선 통신 프로토콜 변환기 블록도

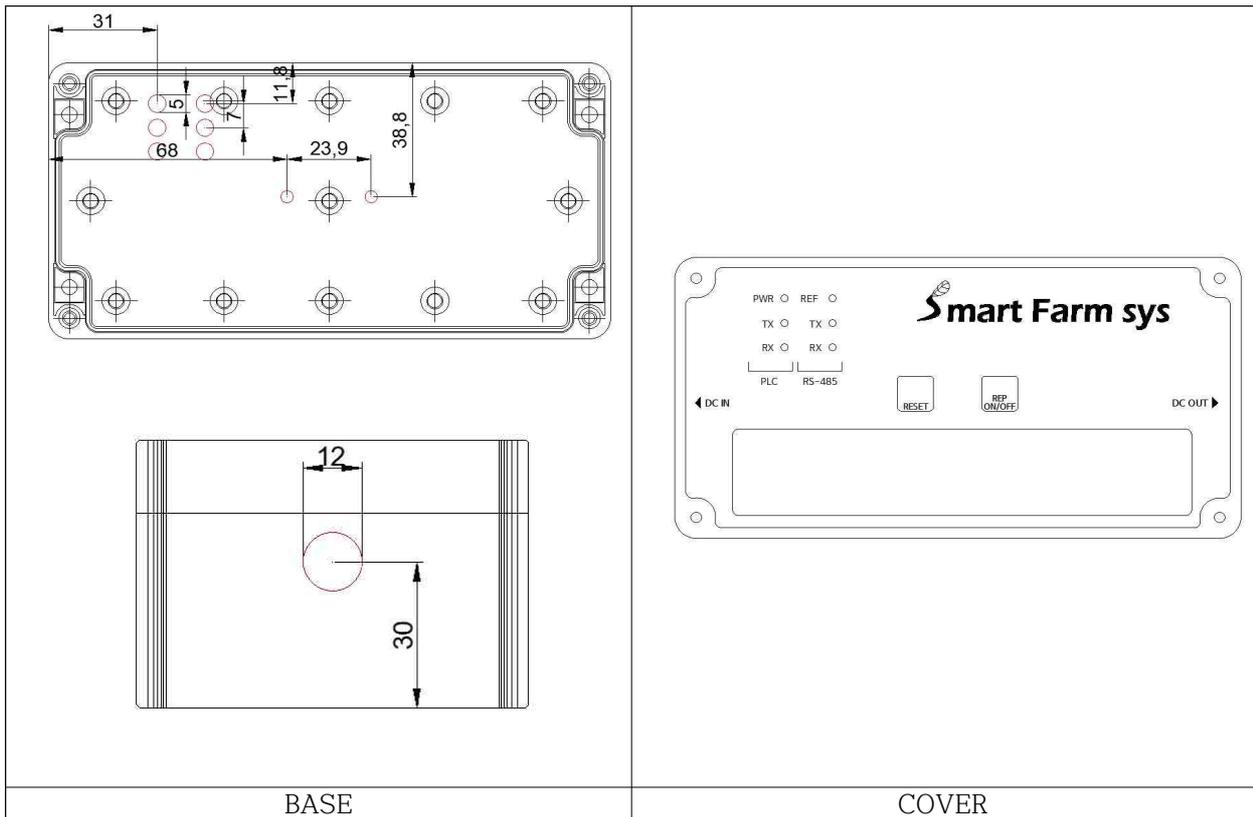
[그림 2.17]은 전력선 통신 프로토콜 변환기 블록도이다. 전력선 통신 프로토콜 변환기는 전력선 통신을 위한 PLC모듈, 485통신을 위한 RS-485Driver, 내부 사용전압(+5V, +3.3V)을 공급하는 DC전원 공급부, 마이크로 컨트롤러, 마이크로 컨트롤러의 오작동을 감지하는 WatchDog 구성되어 있다. 전력선 통신이 원활하지 않을 경우 REPEAT 기능을 이용하여 중계기 역할을 수행한다. 전력선 통신 프로토콜 변환기는 RS-485통신신호를 전력선 통신 신호로 변환하고, 전력선 통신 신호를 RS-485 통신 신호로 변환한다. 별도의 센서 노드의 전원(DC 24V/MAX 3A)을 공급하도록 설계하였다.



[그림 2.17] 전력선 통신 프로토콜 변환기 블록도

#### 다. 전력선 통신 프로토콜 변환기 기구도면

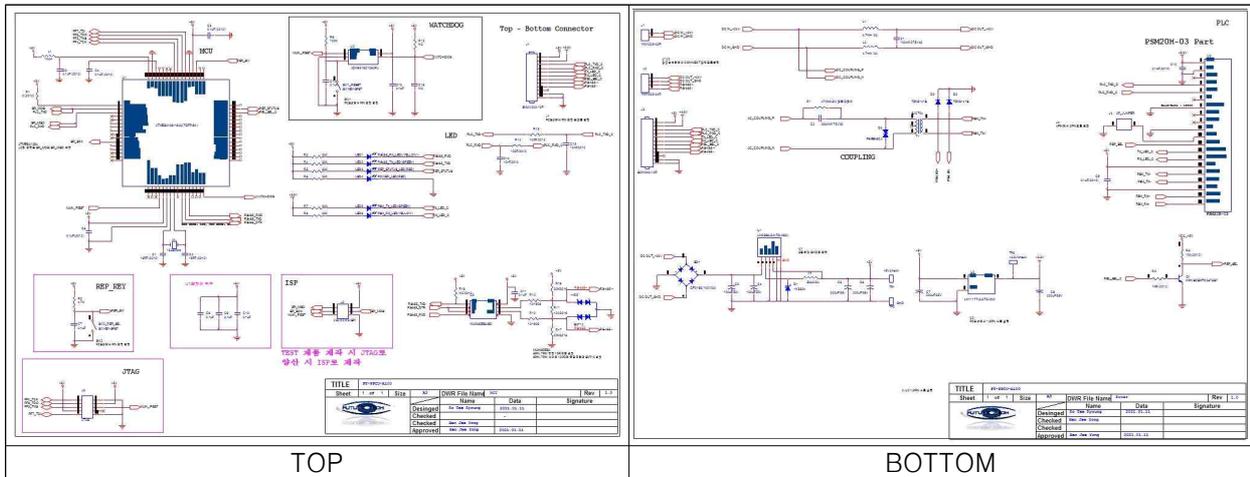
[그림 2.18]은 전력선 통신 프로토콜 변환기의 기구도면이다.



[그림 2.18] 전력선 통신 프로토콜 변환기 기구도면

## 라. 전력선 통신 프로토콜 변환기 회로도

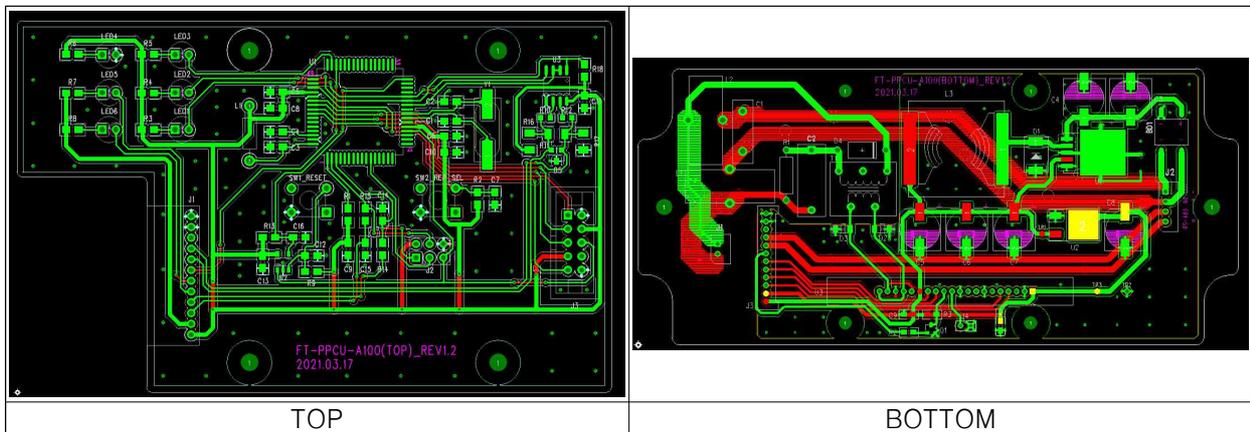
[그림 2.19]은 전력선 통신 프로토콜 변환기의 회로도이다.



[그림 2.19] 전력선 통신 프로토콜 변환기 회로도

## 마. 전력선 통신 프로토콜 변환기 PCB Artwork

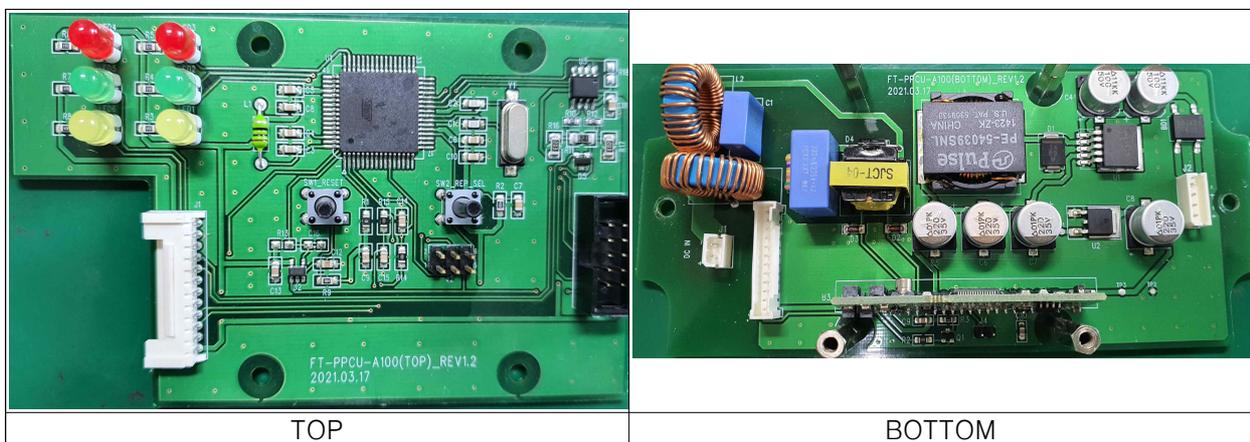
[그림 2.20]은 전력선 통신 프로토콜 변환기의 PCB Artwork이다.



[그림 2.20] 전력선 통신 프로토콜 변환기 PCB Artwork

## 바. 전력선 통신 프로토콜 변환기 PCB 보드

[그림 2.21]은 전력선 통신 프로토콜 변환기의 PCB 보드 사진이다.



[그림 2.21] 전력선 통신 프로토콜 변환기 PCB 보드

## 사. 전력선 통신 프로토콜 변환기 시제품

[그림 2.22]은 전력선 통신 프로토콜 변환기의 시제품 사진이다.



[그림 2.22] 전력선 통신 프로토콜 변환기 시제품

## (4) 스마트 구동기 노드 개발

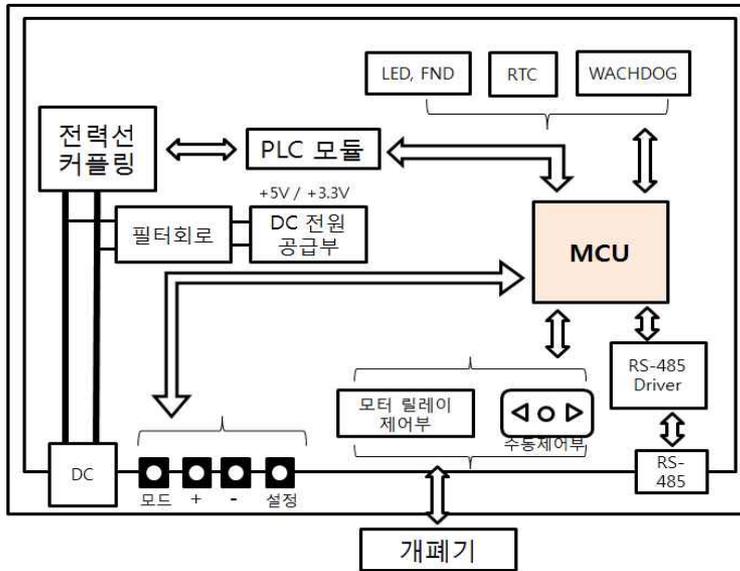
### 가. 스마트 구동기 노드 상세규격

<표 2.5> 스마트 구동기 노드 외형 및 상세규격

외 형	상 세 규 격	
	동작 전압	◦ DC 24V(+8V ~ 38V)
	동작 온도	◦ -20℃ ~ +80℃
	통신 LINE	◦ DC전압Line
	인터페이스	◦ RS-485 MODBUS
	통신 프로토콜	◦ RS-485 MODBUS 표준프로토콜
	RS-485	◦ 9600bps, 8bit, 1Stop bit, Non-Parity
	취부 방식	◦ 브라켓 취부 형태

### 나. 스마트 구동기 노드 블록도

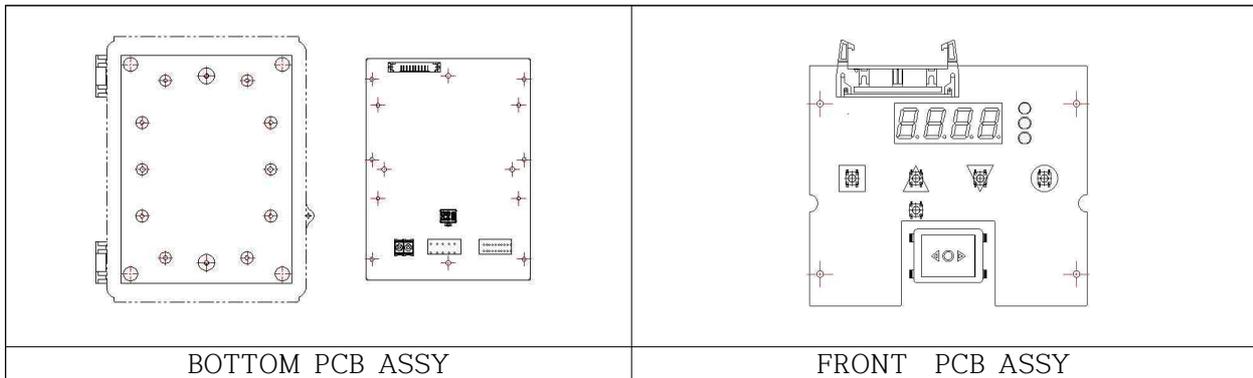
[그림 2.23]은 스마트 구동기 노드 블록도이다. 스마트 구동기 노드는 전력선 통신을 위한 PLC모듈, 485통신을 위한 RS-485Driver, 마이크로 컨트롤러의 오작동을 감지하는 WatchDog, 내부 사용전압(+5V, +3.3V)을 공급하는 DC전원 공급부, 마이크로 컨트롤러, 구동기의 통신 선택(PLC, RS-485), 개도를 저장할 위한 설정 모드 스위치 입력부, 개폐기를 제어하는 모터 릴레이 제어부, 수동제어부로 구성되어 있다. 전력선 통신이 원활하지 않을 경우 REPEAT 기능을 이용하여 중계기 역할을 수행하도록 설계하였다. 스마트 구동기 노드는 개폐기의 개도율을 설정 및 저장하고 통합제어기에 보낸 개도율 제어 명령을 수행한다. 개폐기의 개폐율을 설정할 수 있는 설정 모드가 있어 하우스의 개폐율을 사용자가 원하는 대로 설정할 수 있으며, ID별 개폐율을 손쉽게 설정 가능하도록 설계하였다.



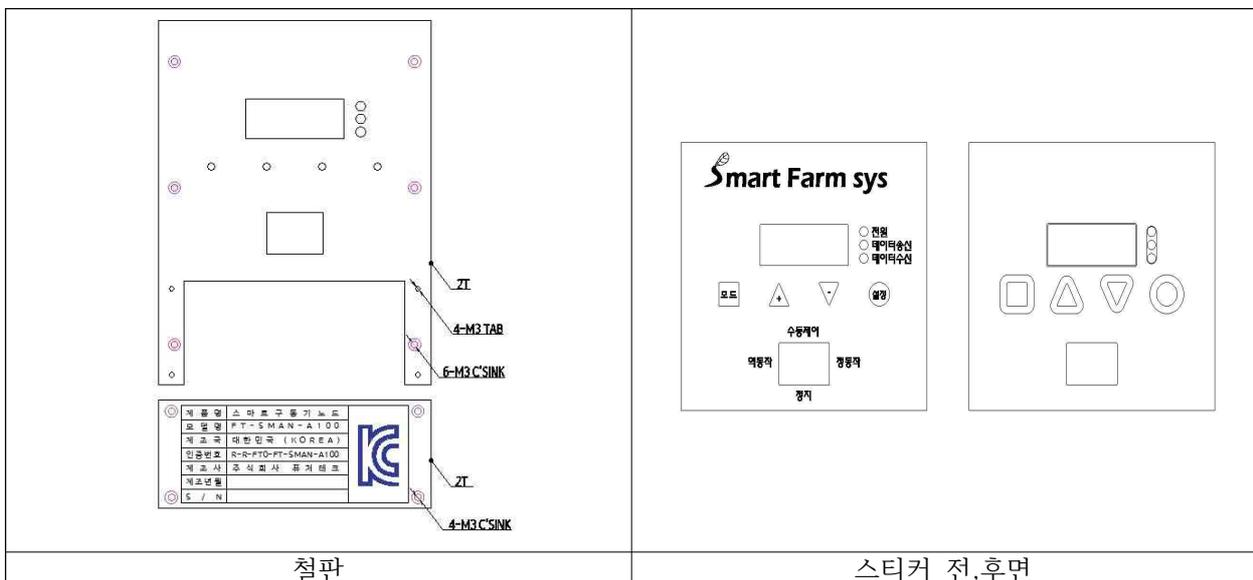
[그림 2.23] 스마트 구동기 노드 블록도

#### 다. 스마트 구동기 노드 기구도면

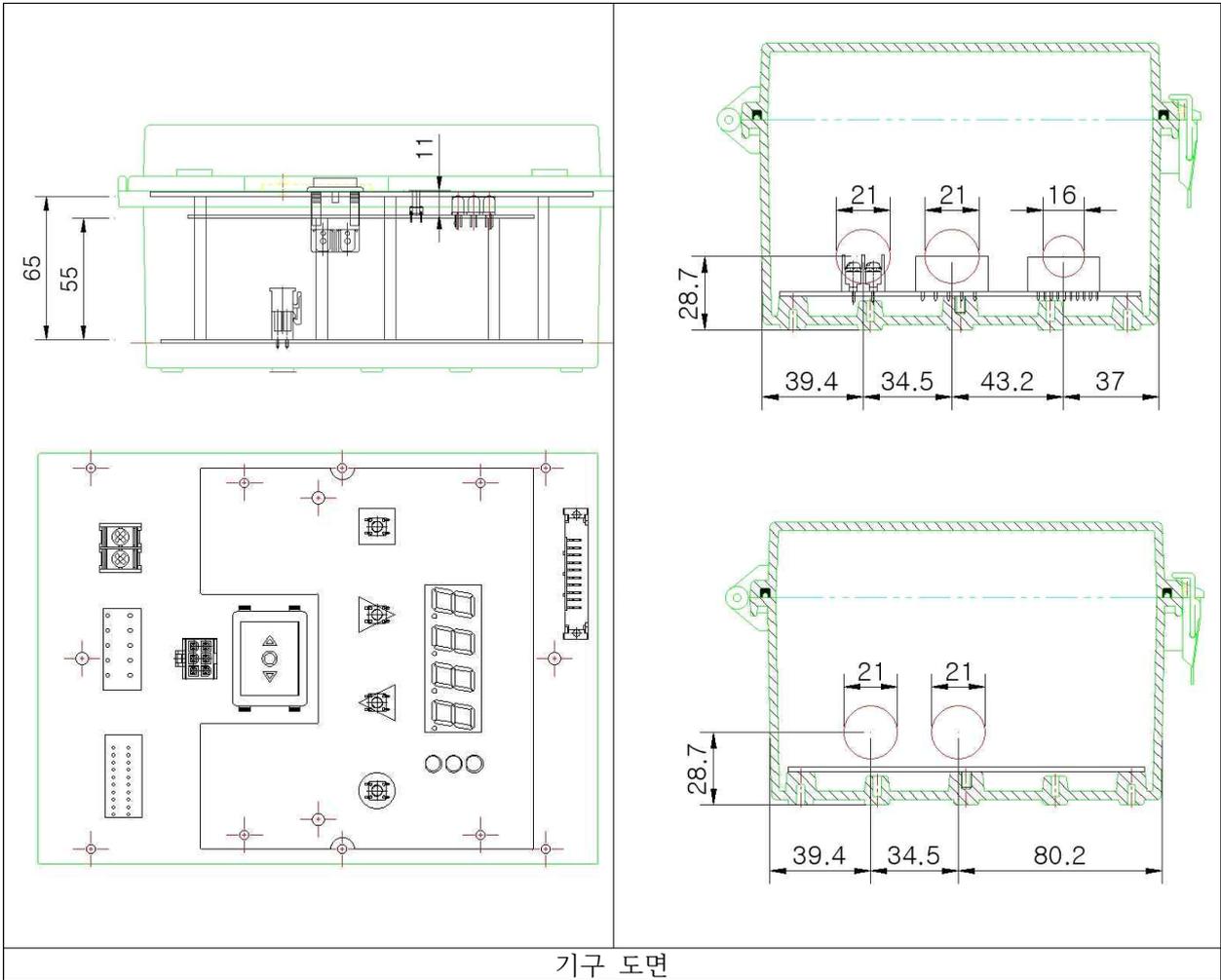
[그림 2.24], [그림 2.25], [그림 2.26]는 스마트 구동기 노드의 기구도면이다.



[그림 2.24] 스마트 구동기 노드 PCB ASSY 도면



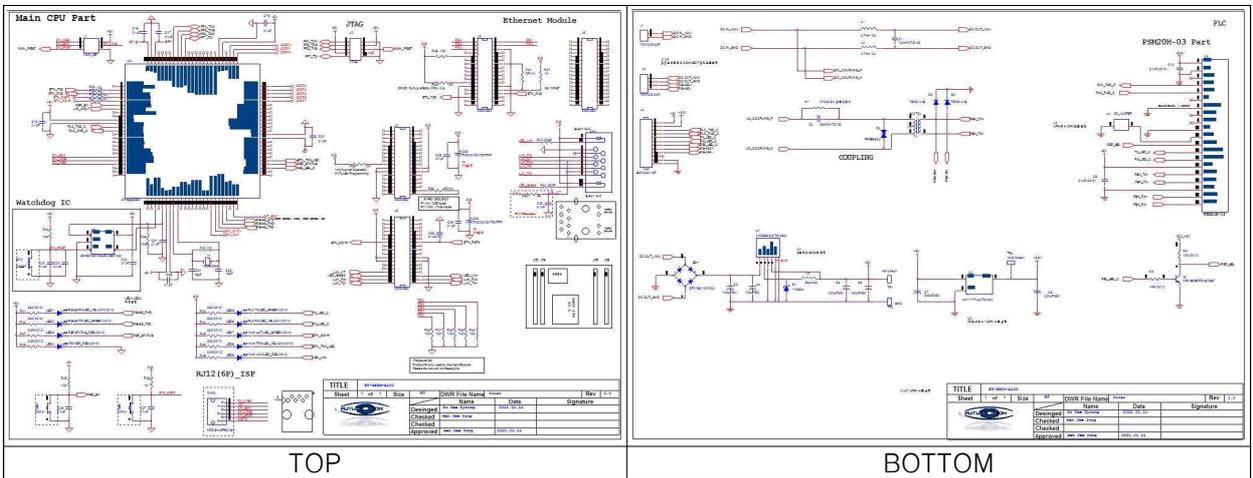
[그림 2.25] 스마트 구동기 노드 철판, 스티커 도면



[그림 2.26] 스마트 구동기 노드 ASSY 기구도면

라. 스마트 구동기 노드 회로도

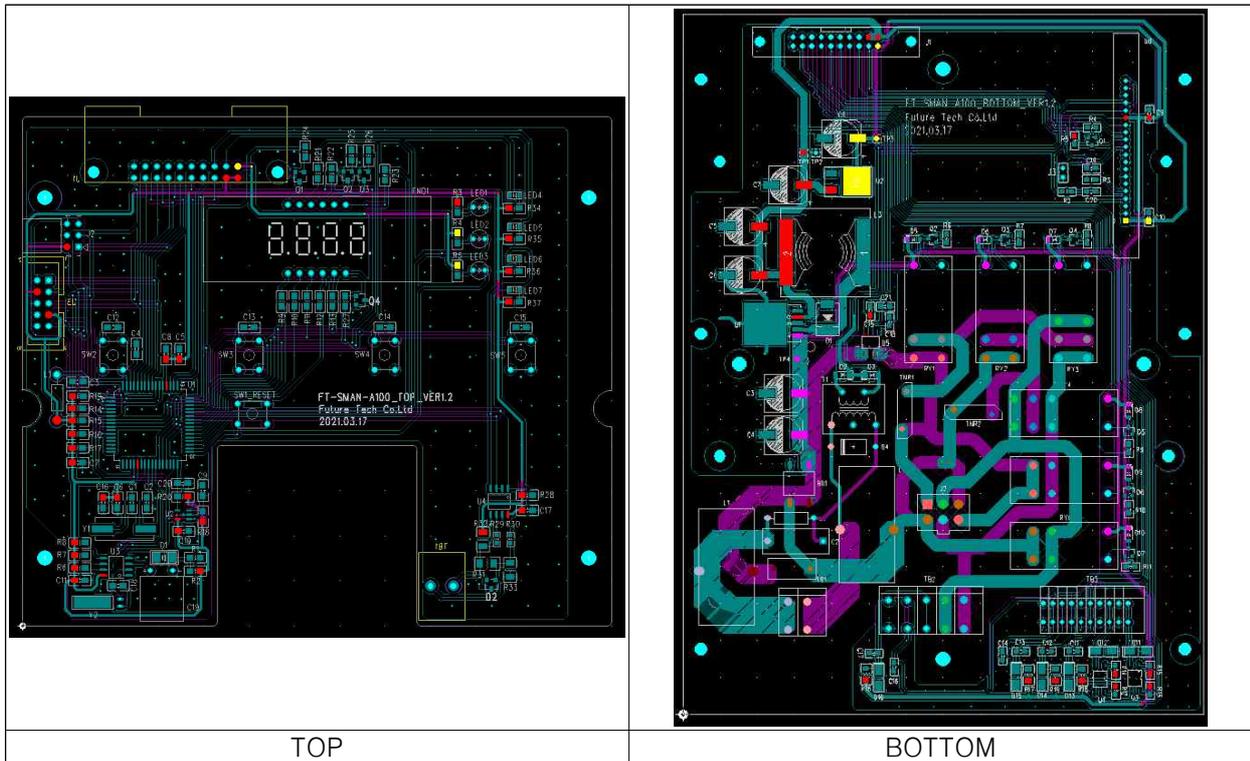
[그림 2.27]은 스마트 구동기 노드의 회로도이다.



[그림 2.27] 스마트 구동기 노드 회로도

### 마. 스마트 구동기 노드 회로도 및 PCB Artwork

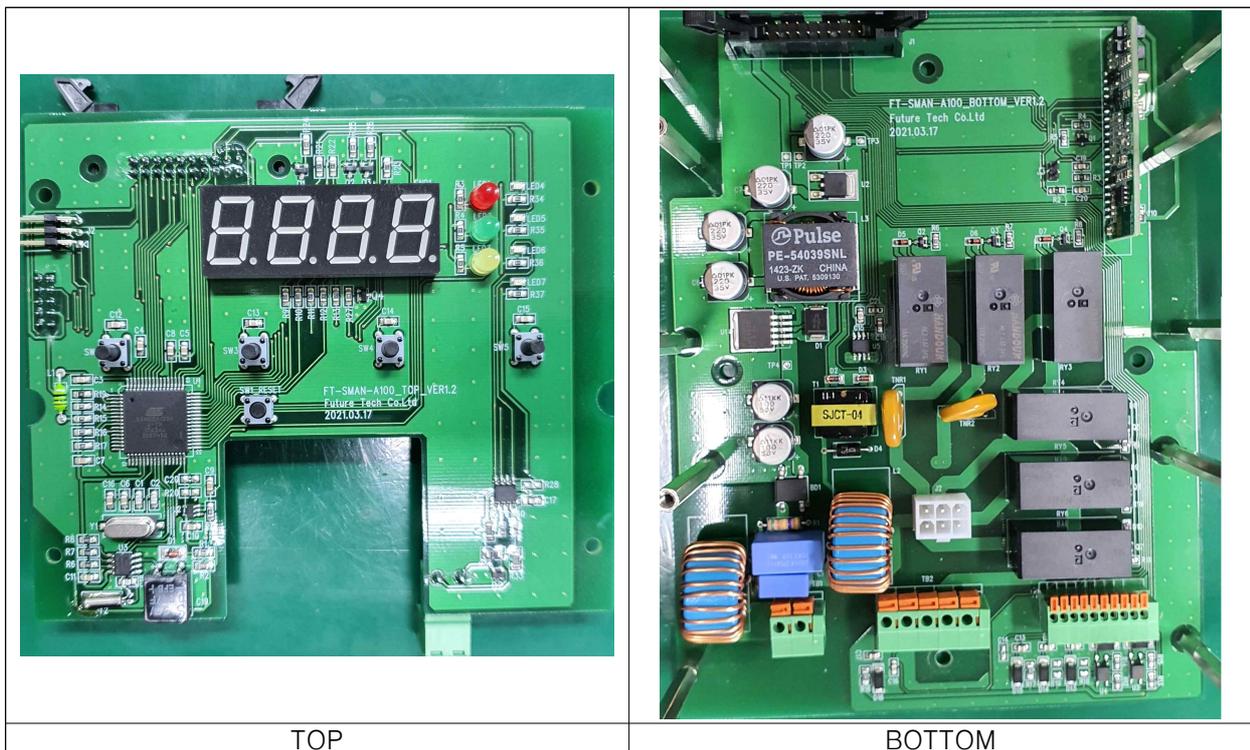
[그림 2.28]은 스마트 구동기 노드의 PCB Artwork이다.



[그림 2.28] 스마트 구동기 노드 PCB Artwork

### 바. 스마트 구동기 노드 PCB 보드

[그림 2.29]은 스마트 구동기 노드의 PCB 보드 사진이다.



[그림 2.29] 스마트 구동기 노드 PCB 보드

사. 스마트 구동기 노드 시제품

[그림 2.30]은 스마트 구동기 노드의 시제품 사진이다.

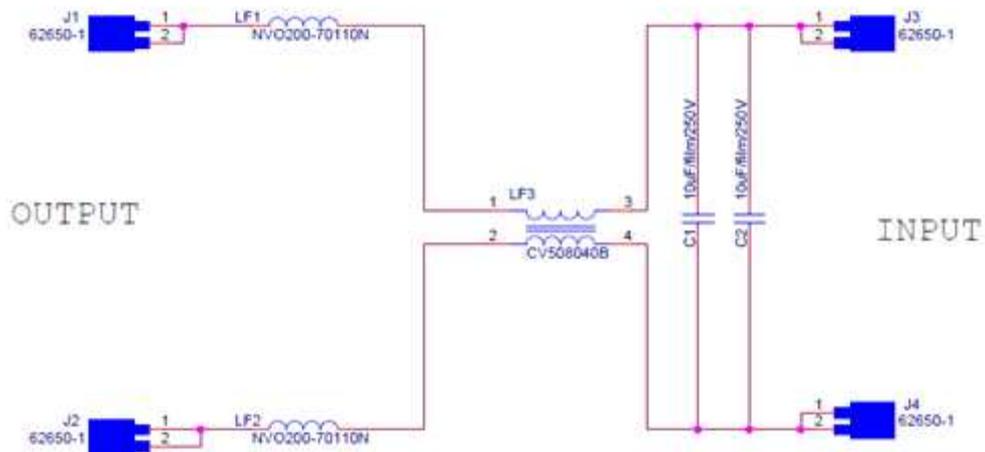


[그림 2.30] 스마트 구동기 노드 시제품

(5) 전력선 통신 환경 개선을 위한 노이즈 필터 개발

가. 노이즈 필터 회로도

[그림 2.31]은 노이즈 필터 회로도이다.



[그림 2.31] 노이즈 필터 회로도

#### 나. 노이즈 필터 몰딩 전후

[그림 2.32]은 노이즈 필터 몰딩 전이고, [그림 2.33]는 몰딩 후 사진이다.



[그림 2.32] 노이즈 필터 몰딩 전



[그림 2.33] 노이즈 필터 몰딩 후

#### 다. 노이즈 필터 시제품

[그림 2.34]은 노이즈 필터 시제품 사진이다.

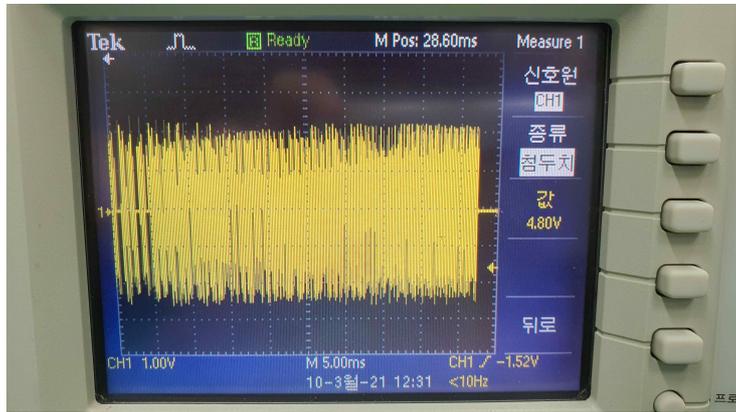


[그림 2.34] 노이즈 필터 시제품

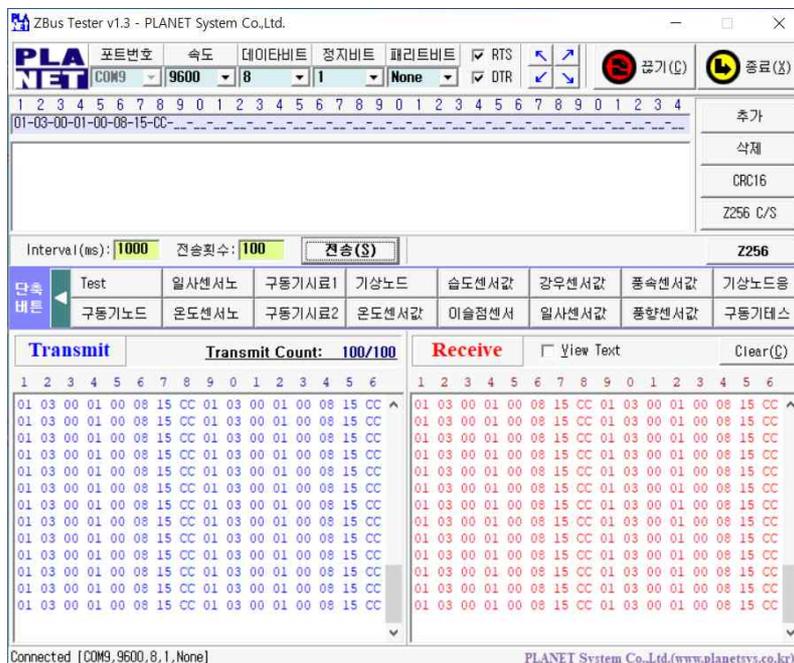
### (6) 개발 제품의 성능 시험

#### 가. 스마트팜 전력선 통신 모뎀 성능 시험결과

스마트팜 전력선 통신 모뎀 시험 결과 송출 전압은 4.80Vp\_p, 통신 성공률은 100%(100/100)의 결과를 얻었다. 성능 시험 구성도는 입회 시험 결과 보고서의 3/19, 7/19, 11/19로 구성하였다.



[그림 2.35] 스마트팜 전력선 통신 모뎀 송출 전압



[그림 2.36] 스마트팜 전력선 통신 모뎀 통신성공률(100/100)

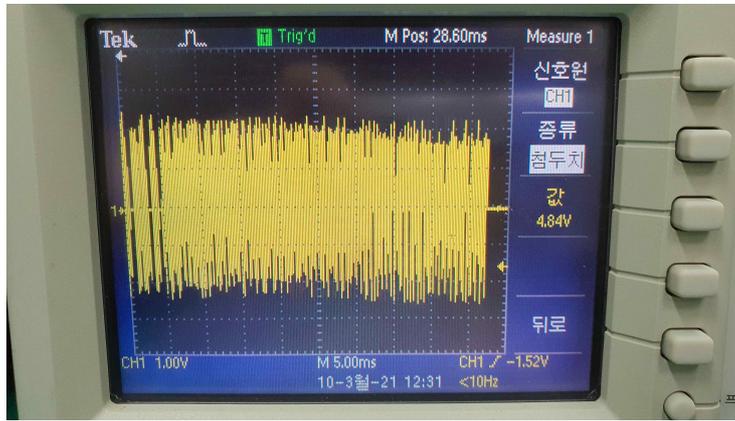
- 동적 전압 범위 시험은 DC Power Supply에 연결하여 DC 전원 전압을 가변하며 측정하였다. 동작 전압 범위는 DC 24V(+8V~38V)의 결과를 얻었다.
- 수신레벨 시험은 TEST-BED에서 감쇠를 설정해 -80dB이상에서 이상 없이 수신되는 결과를 얻었다.

<표 2.6> 스마트팜 전력선 통신 모뎀 성능시험 결과

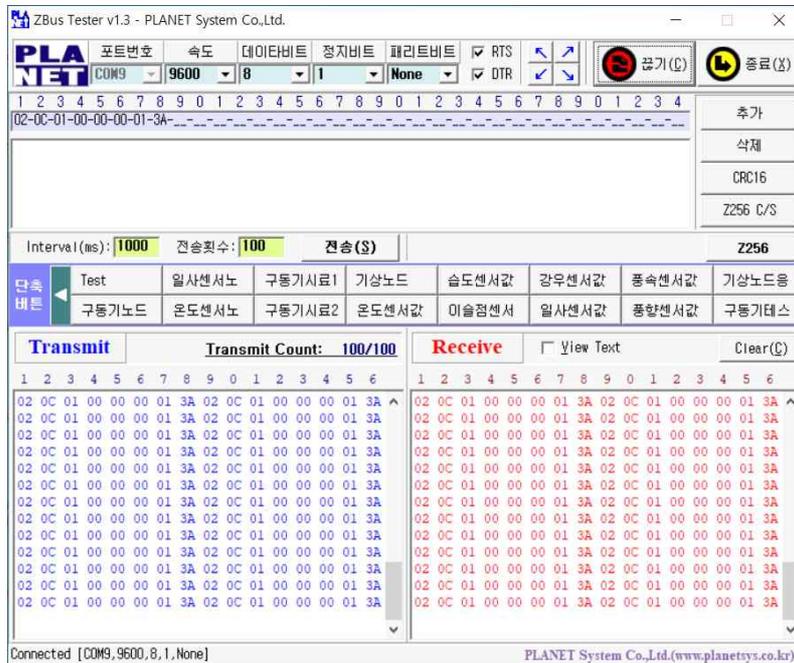
구분	스마트팜 전력선 통신 모뎀 성능 시험결과			
	송출 전압	수신 레벨	동작 전위 범위	통신예러율
성능 목표치	4.5 Vp_p 이상	-74dB 이상	DC 24V(±3%)	0.5% 미만
시험 결과	4.80 Vp_p	-80dB 이상	DC 24V(+8V~38V)	0.5% 미만

#### 나. 전력선 통신 프로토콜 변환기 성능 시험결과

전력선 통신 프로토콜 변환기 시험 결과 송출 전압은 4.84Vp\_p, 통신 성공률은 100%(100/100)의 결과를 얻었다. 성능 시험 구성도는 입회 시험 결과 보고서의 3/19, 7/19, 11/19로 구성하였다.



[그림 2.37] 전력선 통신 프로토콜 변환기 송출 전압



[그림 2.38] 전력선 통신 프로토콜 변환기 통신성공률(100/100)

- 동적 전압 범위 시험은 DC Power Supply에 연결하여 DC 전원 전압을 가변하며 측정하였다. 동작 전압 범위는 DC 24V(+8V~38V)의 결과를 얻었다.
- 수신레벨 시험은 TEST-BED에서 감쇠를 설정해 -80dB이상에서 이상 없이 수신되는 결과를 얻었다.

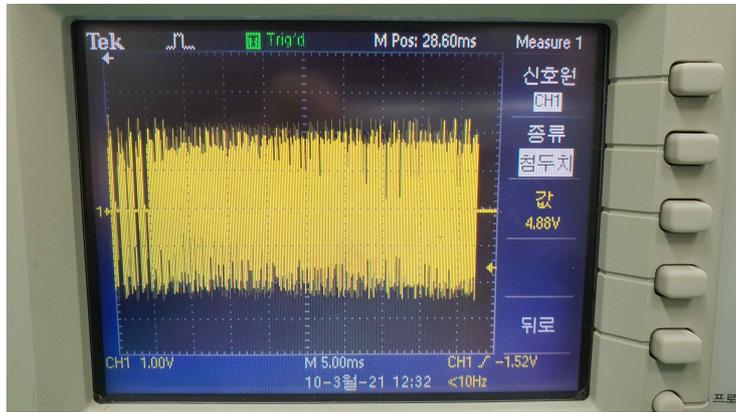
<표 2.7> 전력선 통신 프로토콜 변환기 성능 시험결과

구분	전력선 통신 프로토콜 변환기 성능 시험결과			
	송출 전압	수신 레벨	동작 전압 범위	통신에러율
성능 목표치	4.5 Vp_p 이상	-74dB 이상	DC 24(±3%)	0.5% 미만
시험 결과	4.84 Vp_p	-80dB 이상	DC 24V(+8V~38V)	0.5% 미만

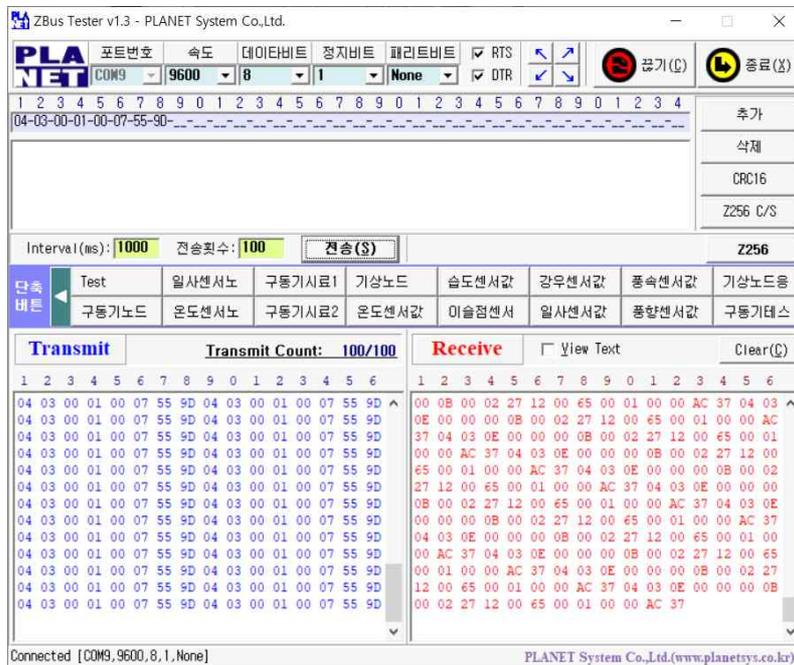
#### 다. 스마트 구동기 노드 성능 시험결과

##### 가) 성능 시험결과

스마트 구동기 노드 시험 결과 송출 전압은 4.88Vp\_p, 통신성공률은 100%(100/100)의 결과를 얻었다. 성능 시험 구성도는 입회 시험 결과 보고서의 3/19, 7/19, 11/19로 구성하였다.



[그림 2.39] 스마트 구동기 노드 송출 전압



[그림 2.40] 스마트 구동기 노드 통신성공률(100/100)

- 동적 전압 범위 시험은 DC Power Supply에 연결하여 DC 전원 전압을 가변하며 측정하였다. 동작 전압 범위는 DC 24V(+8V~38V)의 결과를 얻었다.
- 수신레벨 시험은 TEST-BED에서 감쇠를 설정해 -80dB이상에서 이상 없이 수신되는 결과를 얻었다.

<표 2.8> 스마트 구동기 노드 성능 시험결과

구분	스마트 구동기 노드 성능 시험결과			
	송출 전압	수신 레벨	동작 전압 범위	통신에러율
성능 목표치	4.5 Vp_p 이상	-74dB 이상	DC 24(±3%)	0.5% 미만
시험 결과	4.88 Vp_p	-80dB 이상	DC 24V(+8V~38V)	0.5% 미만

#### 나) 개도율 인식 개폐기 연동 오차율 시험결과

개도율 인식 개폐기 연동 오차율 시험 구성도는 입회 시험 결과 보고서의 14/19로 구성하였다.

<표 2.9> 개폐기 설정누금 사이를 일정하게 설정 및 제어 시험

개폐율	개폐기 구동 방향							
	정방향				역방향			
	설정누금	결과누금	계산값	오차율	설정누금	결과누금	계산값	오차율
0%	10	10	10	0%	20	20	20	0%
10%		11	11	0%		19	19	0%
20%		12	12	0%		18	18	0%
25%	12.5	12.5	12.5	0%	17.5	17.5	17.5	0%
30%		13	13	0%		17	17	0%
40%		14	14	0%		16	16	0%
50%	15	15	15	0%	15	15	15	0%
60%		16	16	0%		14	14	0%
70%		17	17	0%		13	13	0%
75%	17.5	17.5	17.5	0%	12.5	12.5	12.5	0%
80%		18	18	0%		12	12	0%
90%		19	19	0%		11	11	0%
100%	20	20	20	0%	10	10	10	0%

<표 2.10> 개폐기 설정누금 사이를 증가하게 설정 및 제어 시험

개폐율	개폐기 구동 방향							
	정방향				역방향			
	설정누금	결과누금	계산값	오차율	설정누금	결과누금	계산값	오차율
0%	10	10	10	0%	30	30	30	0%
10%		10.8	10.8	0%		29.2	29.2	0%
20%		11.6	11.6	0%		28.2	28.4	0.7%
25%	12	12	12	0%	28	28	28	0%
30%		13.4	13.6	1.47%		27	27	0%
40%		14.4	14.4	0%		25.6	25.6	0%
50%	16	16	16	0%	24	24	24	0%
60%		18.4	18.4	0%		21.6	21.6	0%
70%		20.8	20.8	0%		19.1	19.1	0%
75%	22	22	22	0%	18	18	18	0%
80%		23.4	23.2	0.86%		16.4	16.4	0%
90%		26.9	26.8	0.37%		13.2	13.2	0%
100%	30	30	30	0%	10	10	10	0%

<표 2.11> 개폐기 설정누금 사이를 감소하게 설정 및 제어 시험

개폐율	개폐기 구동 방향							
	정방향				역방향			
	설정누금	결과누금	계산값	오차율	설정누금	결과누금	계산값	오차율
0%	10	10	10	0%	30	30	30	0%
10%		13.2	13.2	0%		27	26.8	0.74
20%		16.4	16.4	0%		23.8	23.6	0.84
25%	18	18	18	0%	22	22	22	0%
30%		19.1	19.2	0.52%		21	20.8	0.96
40%		21.5	21.6	0.46%		18.5	18.5	0%
50%	24	24	24	0%	16	16	16	0%
60%		25.8	25.6	0.78%		14.4	14.4	0%
70%		27.2	27.2	0%		12.9	12.8	0%
75%	28	28	28	0%	12	12	12	0%
80%		28.5	28.4	0.35%		11.6	11.6	0%
90%		29.1	29.2	0.34%		10.8	10.8	0%
100%	30	30	30	0%	10	10	10	0%

- 실험 결과 설정한 개폐율의 값과 실제 개폐율의 값, 그리고 계산 값을 비교한 결과 작동 오차는 최대 1.47%로 목표 성능치인 작동오차 5% 미만을 만족하는 결과를 얻었다.

<표 2.12> 개도율 인식 개폐기 작동오차 시험결과

구 분	개도율 인식 개폐기 작동오차
성능 목표치	5% 미만
시험결과	1.47%(최대)

## 라. 노이즈 필터 시험결과

노이즈 필터 적용 전·후로 Spectrum Analyzer를 통해 스위칭 노이즈를 확인하였다. [그림 2.41]은 노이즈 필터 적용 전, [그림 2.42]은 노이즈 필터 적용 후이다.



[그림 2.41] 노이즈 필터 적용 전



[그림 2.42] 노이즈 필터 적용 후

- 노이즈 필터 적용 전은 110dBuV/32kHz, 적용 후 40dBuV/32kHz로 스위칭 노이즈 -70dBuV/32kHz로 감쇄하는 결과를 얻었다.

## 마. 개발 제품의 입회 시험 결과 보고서

개발 제품의 성능시험에 객관성 확보를 위해 입회 시험을 실시하였다.

- 시험기관 : 순천향대학교 정보통신공학과
- 시험장소 : 주식회사 퓨처테크 기술연구실
- 시험기간 : 2021년 9월 13일 ~ 2021년 9월 16일
- 확인자 : 이O흠
- 시험항목 : 전력선 통신 성능시험, 전력선 통신 DATA 전송시험, 동작 전압 범위시험, 개도율 인식 개폐기 연동 오차율시험, 노이즈 필터 성능시험

## 성능시험 결과 보고서

신청인	주식회사 퓨처테크
주소	충남 아산시 음봉면
담당자	한용 대표이사
연락처	070- / Fax 070-
의뢰일	2021년 9월 9일
시험기간	2021년 9월 13일 ~ 2021년 9월 16일
시험항목	- 전력선 통신 성능시험 - 전력선 통신 DATA 전송시험 - 동작 전압 범위시험 - 개도를 인식 개폐기 연동 오차율 시험 - 노이즈 필터 성능시험

2021년 9월 16일

시험자 확인자  
 주식회사 퓨처테크 순천향대학교 정보통신공학과  
 한용 이훈

1/19

## 전력선 통신 성능 시험결과

시험기기	대상시료 명칭	- 스마트팜 전력선 통신 모델 - 전력선 통신 프로토콜 변환기 - 스마트 구동기 노드
	제조사	주식회사 퓨처테크
시험기관	기관명	순천향대학교 정보통신공학과
	시험장소	주식회사 퓨처테크 기술연구소
	확인자	이훈 (연락처: 041-000-0000)
시험 항목	전력선 통신 성능 시험	
시험방법	TEST-BED에서 -80dB 감쇠로 설정 후 전력선 통신 중 송출전압 측정	
성능 적합 기준	- 송출전압 4.5Vp_p 이상 - 수신레벨 -74dB 이상	
시험 기간	2021년 9월 13일 ~ 2021년 9월 16일	
시험 결과	<input checked="" type="checkbox"/> 적합 <input type="checkbox"/> 부적합	
시험 의견	- 스마트팜 전력선 통신 모델의 시험결과 평균 송출전압 4.80Vp_p, 수신레벨 -80dB 이상으로 적합 - 전력선 통신 프로토콜 변환기의 시험결과 평균 송출전압 4.84Vp_p, 수신레벨 -80dB 이상으로 적합 - 스마트 구동기 노드의 시험결과 평균 송출전압 4.88Vp_p, 수신레벨 -80dB 이상으로 적합	
비 고		

2/19

### 1. 측정 설비

사용장비	모델명	감쇠	주파수 대역	비고
PLC TEST BED	PHN-PTB03	0 ~ -101dB	10kHz ~ 500kHz	

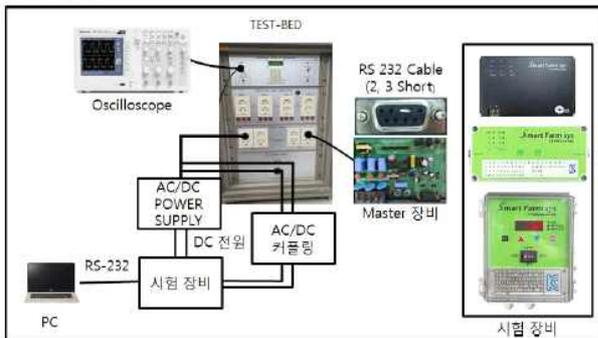
사용장비 사진



### 2. 환경 조건

- 온도 : 25.2°C
- 상대습도 : 58% RH

### 3. 시험 구성도



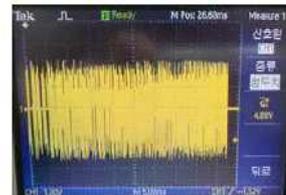
3/19

### 4. 시험방법

- 시험 구성도와 같이 배치한다.
- PLC TEST-BED를 -80dB으로 설정한 후 측정한다.
- 80dB에서 수신이 안 될 경우 -74dB까지 1dB씩 증가하며 수신레벨을 측정한다.
- 전력선 통신 시 송출되는 전압을 Oscilloscope를 통해 측정한다.
- 송출전압과 수신레벨을 기록한다.

### 5. 시험결과

#### 5.1 스마트팜 전력선 통신 모델

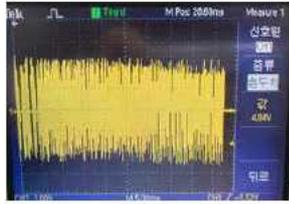


시료	송출전압		수신레벨		적합여부
	목표지	시험결과	목표지	시험결과	
1		4.80Vp_p		-80dB 이상	적합
2		4.84Vp_p		-80dB 이상	
3	4.5Vp_p 이상	4.80Vp_p	-74dB 이상	-80dB 이상	
4		4.76Vp_p		-80dB 이상	
5		4.80Vp_p		-80dB 이상	
평균		4.80Vp_p		-80dB 이상	

스마트팜 전력선 통신 모델의 송출전압은 평균 4.80Vp\_p, 수신레벨은 -80dB 이상으로 시험기준에 적합하다.

#### 5.2 전력선 통신 프로토콜 변환기

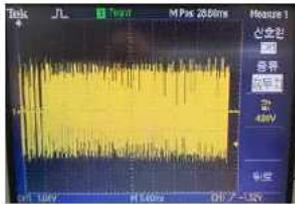
4/19



시료	송출전압		수신레벨		적합여부
	목표치	시험결과	목표치	시험결과	
1	4.5Vp_p 이상	4.84Vp_p	-74dB 이상	-80dB 이상	적합
2		4.88Vp_p		-80dB 이상	
3		4.80Vp_p		-80dB 이상	
4		4.84Vp_p		-80dB 이상	
5		4.84Vp_p		-80dB 이상	
평균		4.84Vp_p			

전력선 통신 프로토콜 변환기의 송출전압은 평균 **4.84Vp\_p**, 수신레벨은 **-80dB 이상**으로 시험기준에 적합하다.

### 5.3 스마트 구동기 노드



시료	송출전압		수신레벨		적합여부
	목표치	시험결과	목표치	시험결과	
1	4.5Vp_p 이상	4.88Vp_p	-74dB 이상	-80dB 이상	적합
2		4.88Vp_p		-80dB 이상	
3		4.84Vp_p		-80dB 이상	
4		4.92Vp_p		-80dB 이상	
5		4.88Vp_p		-80dB 이상	
평균		4.88Vp_p			

스마트 구동기 노드의 송출전압은 평균 **4.88Vp\_p**, 수신레벨은 **-80dB 이상**으로 시험기준에 적합하다.

### 전력선 통신 DATA 전송 시험결과

시험기기	대상시료 명칭	- 스마트팜 전력선 통신 모델 - 전력선 통신 프로토콜 변환기 - 스마트 구동기 노드
	제조사	주식회사 퓨처테크
시험기관	기관명	순천대학교 정보통신공학과
	시험장소	주식회사 퓨처테크 연구실
	확인자	이O홍 (연락처: 041-000-0000)
시험 항목	전력선 통신 DATA 전송시험	
시험방법	전력선 통신 100회 시 에러율 측정	
성능 적합 기준	- 통신에러율 0.5% 미만	
시험 기간	2021년 9월 13일 ~ 2021년 9월 16일	
시험 결과	<input checked="" type="checkbox"/> 적합 <input type="checkbox"/> 부적합	
시험 의견	- 스마트팜 전력선 통신 모델의 통신 DATA 전송 시험결과 <b>통신 에러율 0.5% 미만</b> 으로 적합 - 전력선 통신 프로토콜 변환기의 통신 DATA 전송 시험결과 <b>통신에러율 0.5% 미만</b> 으로 적합 - 스마트 구동기 노드의 통신 DATA 전송 시험결과 <b>통신에러율 0.5% 미만</b> 으로 적합	
비 고		

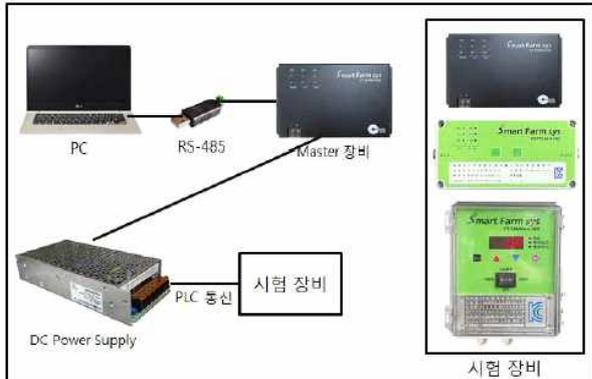
5/19

6/19

### 1. 환경 조건

- 1) 온도 : 26.1°C
- 2) 상대습도 : 54% RH

### 2. 시험 구성도



### 3. 시험방법

- 1) 시험 구성도와 같이 배치한다.
- 2) Mater 장비를 이용해 전력선 통신을 실시한다.
- 3) 스마트팜 전력선 통신 모델, 전력선 통신 프로토콜 변환기는 리피트 기능을 이용해 Master 장비와 통신시험을 진행한다.
- 4) 스마트 구동기 노드는 구동기의 상태요청 데이터를 이용해 Master 장비와 통신시험을 진행한다.
- 5) 전력선 통신 테스트 프로그램을 이용하여 각 전송횟수를 100회, 전송 속도는 1500ms로 설정하고 송신 측, 수신 측에 각각 통신 횟수를 측정한다.
- 6) 송신 측, 수신 측의 통신 횟수를 기록한다.

7/19

### 4. 시험 결과

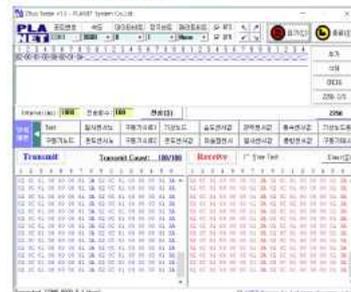
#### 4.1 스마트팜 전력선 통신 모델



시료	통신에러율		통신성공률(송신/수신)	적합여부
	목표치	시험결과		
1	0.5% 미만	0.5% 미만	100%(100/100)	적합
2		0.5% 미만	100%(100/100)	
3		0.5% 미만	100%(100/100)	
4		0.5% 미만	100%(100/100)	
5		0.5% 미만	100%(100/100)	

스마트팜 전력선 통신 모델의 통신성공률(송신/수신)은 100%(100/100), 통신에러율은 **0.5% 미만**으로 시험기준에 적합하다.

#### 4.2 전력선 통신 프로토콜 변환기



8/19

시료	통신에러율		통신성공률(송신/수신)	적합여부
	목표치	시험결과		
1	0.5% 미만	0.5% 미만	100%(100/100)	적합
2		0.5% 미만	100%(100/100)	
3		0.5% 미만	100%(100/100)	
4		0.5% 미만	100%(100/100)	
5		0.5% 미만	100%(100/100)	

전력선 통신 프로토콜 변환기의 통신성공률(송신/수신)은 100%(100/100), 통신에러율은 0.5% 미만으로 시험기준에 적합하다.

#### 4.3 스마트 구동기 노드



시료	통신에러율		통신성공률(송신/수신)	적합여부
	목표치	시험결과		
1	0.5% 미만	0.5% 미만	100%(100/100)	적합
2		0.5% 미만	100%(100/100)	
3		0.5% 미만	100%(100/100)	
4		0.5% 미만	100%(100/100)	
5		0.5% 미만	100%(100/100)	

스마트 구동기 노드의 통신성공률(송신/수신)은 100%(100/100), 통신에러율은 0.5% 미만으로 시험기준에 적합하다.

9/19

#### 1. 측정 설비

사용장비	모델명	규격	비고
DC POWER SUPPLY	PWS-3003TP	0~30V(0~3A)	

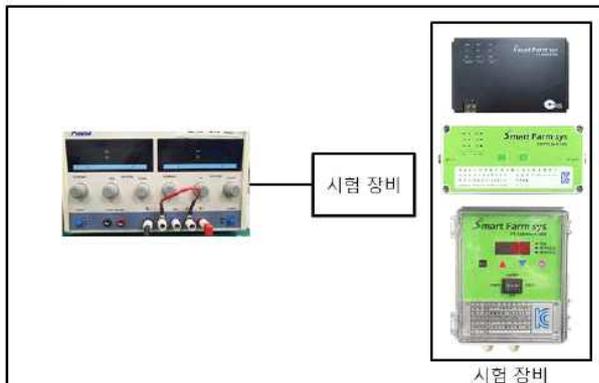
사용장비 사진



#### 2. 환경 조건

- 온도 : 25.7°C
- 상대습도 : 60% RH

#### 3. 시험 구성도



11/19

### 동작 전압 범위 시험결과

시험기기	대상시료 명칭	- 스마트팜 전력선 통신 모듈 - 전력선 통신 프로토콜 변환기 - 스마트 구동기 노드
	제조사	주식회사 퓨처테크
시험기관	기관명	순천향대학교 정보통신공학과
	시험장소	주식회사 퓨처테크 연구실
	확인자	이O홍 (연락처: 041-000-0000)
시험 항목	동작 전압 범위 시험	
시험방법	DC POWER SUPPLY에 연결하여 DC 전원 전압을 가변하여 최소, 최대 동작 측정	
성능 적합 기준	- 동작 전압 범위 DC 24V(±3%)	
시험 기간	2021년 9월 13일 ~ 2021년 9월 16일	
시험 결과	<input checked="" type="checkbox"/> 적합 <input type="checkbox"/> 부적합	
시험 의견	- 스마트팜 전력선 통신 모듈의 동작 전압 범위 시험결과 DC 24V(+8V ~ 38V)로 적합 - 전력선 통신 프로토콜 변환기의 동작 전압 범위 시험결과 DC 24V(+8V ~ 38V)로 적합 - 스마트 구동기 노드의 동작 전압 범위 시험결과 DC 24V(+8V ~ 38V)로 적합	
비 고		

10/19

#### 4. 시험방법

- 시험 구성도와 같이 배치한다.
- DC POWER SUPPLY의 DC 전원 전압을 가변하며 시험기기의 최소 동작 전압, 최대 동작 전압을 측정한다.
- 동작 전압의 기준은 내부 동작 전압 +5V, +3.3V가 출력되는지 확인한다.
- 시험기기의 최소 동작 전압, 최대 동작 전압을 기록한다.

#### 5. 시험 결과

##### 5.1 스마트팜 전력선 통신 모듈

시료	동작 전압 범위		적합여부
	목표치	시험결과	
1	DC 24V(±3%)	DC 24V(+8V~38V)	적합
2		DC 24V(+8V~38V)	
3		DC 24V(+8V~38V)	
4		DC 24V(+8V~38V)	
5		DC 24V(+8V~38V)	

스마트팜 전력선 통신 모듈의 동작 전압 범위는 DC 24V(+8V~38V)로 시험기준에 적합하다.

##### 5.2 전력선 통신 프로토콜 변환기

시료	동작 전압 범위		적합여부
	목표치	시험결과	
1	DC 24V(±3%)	DC 24V(+8V~38V)	적합
2		DC 24V(+8V~38V)	
3		DC 24V(+8V~38V)	
4		DC 24V(+8V~38V)	
5		DC 24V(+8V~38V)	

전력선 통신 프로토콜 변환기의 동작 전압 범위는 DC 24V(+8V~38V)로 시험기준에 적합하다.

##### 5.3 스마트 구동기 노드

시료	동작 전압 범위		적합여부
	목표치	시험결과	
1	DC 24V(±3%)	DC 24V(+8V~38V)	적합
2		DC 24V(+8V~38V)	
3		DC 24V(+8V~38V)	
4		DC 24V(+8V~38V)	
5		DC 24V(+8V~38V)	

스마트 구동기 노드의 동작 전압 범위는 DC 24V(+8V~38V)로 시험기준에 적합하다.

12/19

### 개도율 인식 개폐기 연동 오차율 시험결과

시험기기	대상시료 명칭	- 스마트 구동기 노드 - 개도율 인식 개폐기
	제조사	주식회사 퓨처테크
시험기관	기관명	순천향대학교 정보통신공학과
	시험장소	주식회사 퓨처테크 연구실
	확인자	이O름 (연락처: 000-000-0000)
시험 항목	개도율 인식 개폐기 작동오차 시험	
시험방법	개도율 인식 개폐기를 스마트 구동기 노드와 연동하여 개폐율 범위를 0~100%까지 5~10% 단위로 설정하고, 개폐기의 설정누금 사이를 일정, 증가, 감소하게 설정하고 작동오차 측정	
성능 적합 기준	- 개도율 인식 개폐기 작동오차 5% 미만	
시험 기간	2021년 9월 13일 ~ 2021년 9월 16일	
시험 결과	<input checked="" type="checkbox"/> 적합 <input type="checkbox"/> 부적합	
시험 의견	- 개도율 인식 개폐기 작동오차 시험결과 <b>최대 1.17%</b> 로 적합	
비 고		

13/19

#### 4. 시험 결과

##### 4.1 개폐기의 설정누금을 사이를 일정하게 설정 및 제어 시험

개폐율	정방향				역방향			
	설정누금	결과누금	계산값	오차율	설정누금	결과누금	계산값	오차율
0%	10	10	10	0%	20	20	20	0%
10%	11	11	11	0%	19	19	19	0%
20%	12	12	12	0%	18	18	18	0%
25%	12.5	12.5	12.5	0%	17.5	17.5	17.5	0%
30%	13	13	13	0%	17	17	17	0%
40%	14	14	14	0%	16	16	16	0%
50%	15	15	15	0%	15	15	15	0%
60%	16	16	16	0%	14	14	14	0%
70%	17	17	17	0%	13	13	13	0%
75%	17.5	17.5	17.5	0%	12.5	12.5	12.5	0%
80%	18	18	18	0%	12	12	12	0%
90%	19	19	19	0%	11	11	11	0%
100%	20	20	20	0%	10	10	10	0%

##### 4.2 개폐기의 설정누금을 사이를 증가하게 설정 및 제어 시험

개폐율	정방향				역방향			
	설정누금	결과누금	계산값	오차율	설정누금	결과누금	계산값	오차율
0%	10	10	10	0%	30	30	30	0%
10%	10.8	10.8	10.8	0%	29.2	29.2	29.2	0%
20%	11.5	11.6	11.6	0.86%	28.2	28.3	28.3	0.35%
25%	12	12	12	0%	28	28	28	0%
30%	13.5	13.6	13.6	0.73%	27	27	27	0%
40%	14.4	14.4	14.4	0%	25.3	25.6	25.6	1.17%
50%	16	16	16	0%	24	24	24	0%
60%	18.3	18.4	18.4	0.54%	21.6	21.6	21.6	0%
70%	20.8	20.8	20.8	0%	19.2	19.1	19.1	0.52%
75%	22	22	22	0%	18	18	18	0%
80%	23.0	23.2	23.2	0.86%	16.4	16.4	16.4	0%
90%	26.8	26.8	26.8	0%	13.3	13.2	13.2	0%
100%	30	30	30	0%	10	10	10	0%

##### 4.3 개폐기의 설정누금을 사이를 감소하게 설정 및 제어 시험

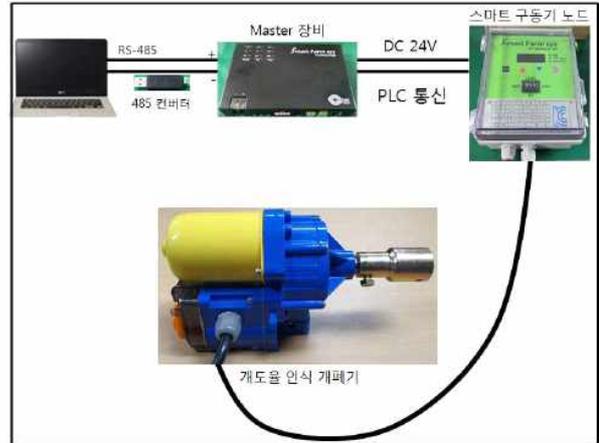
개폐율	정방향				역방향			
	설정누금	결과누금	계산값	오차율	설정누금	결과누금	계산값	오차율
0%	10	10	10	0%	30	30	30	0%
10%	13.2	13.2	13.2	0%	26.7	26.8	26.8	0.37%
20%	16.5	16.4	16.4	0.61%	23.6	23.6	23.6	0%
25%	18	18	18	0%	22	22	22	0%
30%	19.1	19.2	19.2	0.52%	21	20.8	20.8	0.96%
40%	21.6	21.6	21.6	0%	18.5	18.5	18.5	0%
50%	24	24	24	0%	16	16	16	0%
60%	25.8	25.6	25.6	0.78%	14.4	14.4	14.4	0%
70%	27.2	27.2	27.2	0%	12.8	12.8	12.8	0%
75%	28	28	28	0%	12	12	12	0%
80%	28.4	28.4	28.4	0%	11.6	11.6	11.6	0%
90%	29.2	29.2	29.2	0%	10.9	10.8	10.8	0.92%
100%	30	30	30	0%	10	10	10	0%

15/19

#### 1. 환경 조건

- 1) 온도 : 25.7°C
- 2) 상대습도 : 60% RH

#### 2. 시험 구성도



#### 3. 시험방법

- 1) 시험 구성도와 같이 배치한다.
- 2) 개폐율의 범위를 0~100%까지 5~10%단위로 설정하여 측정한다.
- 3) 개폐기의 설정누금 사이를 일정하게 설정하고 제어시험을 진행한다.
- 4) 개폐기의 설정누금 사이를 증가하게 설정하고 제어시험을 진행한다.
- 5) 개폐기의 설정누금 사이를 감소하게 설정하고 제어시험을 진행한다.
- 6) 구동기 노드의 표시된 개폐율과 개폐기 실제 결과누금을 기존 설정누금과 비교하여 기록한다.

14/19

#### 4.4 개도율 인식 개폐기 작동오차 시험결과

시료	목표치	개폐기 작동오차	적합여부
1	5% 미만	1.17%(최대)	적합
2		0.86%(최대)	
3		0.78%(최대)	
4		0.96%(최대)	
5		0.46%(최대)	

개도율 인식 개폐기의 작동오차는 **최대 1.17%**로 시험기준에 적합하다.

16/19

노이즈 필터 성능 시험결과		
시험기기	대상시료 명칭	- 노이즈 필터
	제조사	주식회사 퓨처테크
시험기관	기관명	순천향대학교 정보통신공학과
	시험장소	주식회사 퓨처테크 연구실
	확인자	이옴 (연락처: 041-000-0000)
시험 항목	노이즈 필터 성능 시험	
시험방법	노이즈 필터에 네트워크 분석기를 연결하여 감쇠특성을 측정	
성능 적합 기준	-노이즈 -60dB 이상 감쇠	
시험 기간	2021년 9월 13일 ~ 2021년 9월 16일	
시험 결과	<input checked="" type="checkbox"/> 적합 <input type="checkbox"/> 부적합	
시험 의견	- 노이즈 필터 시험결과 평균 <b>-72.28dB</b> 감쇠로 적합	
비 고		

1. 측정 설비

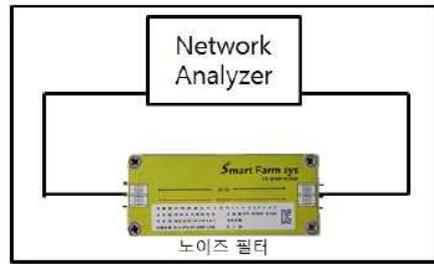
사용장비	모델명	규격	비고
Network Analyzer	4395A	10Hz - 500MHz	



2. 환경 조건

- 1) 온도 : 25.4°C
- 2) 상대습도 : 59% RH

3. 시험 구성도



4. 시험방법

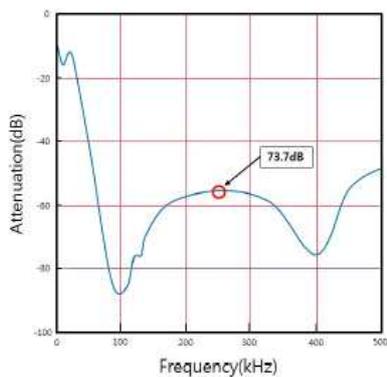
- 1) 시험 구성도와 같이 배치한다.
- 2) 네트워크 분석기의 주파수를 전력선 통신의 주파수 범위 100KHz ~ 400KHz로 설정한 후 감쇠특성을 측정한다.

17/19

18/19

3) 노이즈 필터의 감쇠특성을 기록한다.

5. 시험 결과



시료	목표치	노이즈 감쇠	적합여부
1	-60dB 이상	-72.2dB	
2		-73.7dB	적합
3		-71.4dB	적합
4		-70.6dB	적합
5		-73.5dB	적합
평균		-72.28dB	

노이즈 필터는 평균 **-72.28dB** 감쇠로 시험기준에 적합하다.

19/19

**(7) 시제품 실증을 위한 현장 설치 및 시험**

- 실증 대상온실 : 국립농업과학원 농업공학부 내 한국형 스마트 온실 테스트베드
  - 재배 작물 : 딸기
  - 온실 규격 : 폭 7m x 길이 75m x 높이 1.7m

**가. 시제품 실증 현장 설치**

- 노이즈 필터를 DC 전원 배전반에 설치 전·후 각각 일주일 실증 시험 결과 노이즈 필터 적용 전·후의 차이 없음을 확인하였다.
- 실증 현장 시험을 더욱 악조건에서 실시하기 위해 노이즈 필터를 제거 후에 실증을 진행하였다.

<표 2.13> 스마트팜 현장설치

<p>통합제어기에 설치된 스마트팜 전력선 통신 모듈</p>	<p>스마트 센서 박스(외부)에 설치된 전력선 통신 프로토콜 변환기</p>	
<p>스마트 센서 박스(실내)에 설치된 전력선 통신 프로토콜 변환기</p>	<p>스마트온실에 설치된 스마트 구동기 노드</p>	<p>노이즈 필터를 제거후 DC 전원 배전반</p>

**나. 시제품 실증 현장 시험결과**

- 노이즈 필터를 제거 후에 실증 현장 시험 결과 전력선 통신 및 장치제어에 이상 없음 확인하였다.
- 스마트 센서 박스의 센서 값에 따라 개폐기의 개도를 정밀제어 확인하였다.
- 통합제어기의 0%, 25%, 50%, 75%, 100% 제어 명령을 통해 실제 개폐율 간 차이가 없음 확인하였다.

(8) 전자파 인증 시험

- 스마트팜 전력선 통신 모뎀, 전력선 통신 프로토콜 변환기, 스마트 구동기 노드는 국립전파연구원 KTCL에서 전도성 방해 시험, 방사성 방해 시험, 정전기 방전 내성 시험, 방사성 RF 전자기장 내성시험, 전기적 빠른 과도현상/버스트 내성시험, 전도성 RF 전자기장 내성 시험 등에 관해 공인 시험을 진행하였다. [그림 2.43]은 전자파 인증 관련 시험 진행 중인 사진이다.



[그림 2.43] 전자파 인증관련 시험사진

- <표 2.14>은 스마트팜 전력선 통신 모뎀의 전자파 인증 시험 성적서 및 적합등록필증이다. 스마트팜 전력선 통신 모뎀의 전자파 인증은 2021년 5월 17일에 인증을 완료하였다.

<표 2.14> 스마트팜 전력선 통신 모뎀 전자파적합성 성적서 및 적합등록필증

<p>verify No.651866198147</p> <p><b>KCTL</b> 발급번호 : KR21-HEK0380</p> <p><b>방송통신기자재등(전자파적합성) 시험성적서</b></p> <p>1. 발급번호 : KR21-HEK0380</p> <p>2. 접수일 : 2021년 04월 25일</p> <p>3. 시험기간 : 2021년 04월 30일 ~ 2021년 05월 07일</p> <p>4. 신청인(상호명) : 주식회사 퓨처테크</p> <p>사업자등록번호 : [REDACTED]</p> <p>대표자성명 : [REDACTED]</p> <p>주소 : [REDACTED]</p> <p>5. 기자재명칭 / 모델명 : 스마트 팜 전력선 통신 모뎀 / FT-SFFM-A100</p> <p>6. 제조사 / 제조국가 : 주식회사 퓨처테크 / 한국</p> <p>7. 시험결과 : 적합</p> <p>방송통신기자재등 시험기준의 지정 및 관리에 관한 고시 제13조의 규정에 의하여 시험성적서를 발급합니다.</p> <p>2021년 05월 13일</p> <p>(주)케이씨티엘 대표이사 {인}</p> <p>주소 : [REDACTED]</p> <p>* 인증 받은 방송통신기자재는 반드시 "적합성평가표지"를 부착하여 유통하여야 합니다. 위반 시, 과태료 처분 및 인증이 취소될 수 있습니다.</p> <p>본 시험성적서의 시험결과에 의하면, 적용한 시험에 합격합니다.</p> <p>KCTL-TT004-022/2 1 / 82 KR21-03830</p> <p>본 시험성적서는 (주)케이씨티엘에서 사용 목적에 따라 무단 복사를 할 수 없습니다.</p> <p><b>방송통신기자재등(전자파적합성) 시험성적서</b></p>	<p>방송통신기자재등의 적합등록필증</p> <p>Registration of Broadcasting and Communication Equipments</p> <table border="1"> <tr> <td>상호 또는 성명 Trade Name or Registrant</td> <td>주식회사 퓨처테크</td> </tr> <tr> <td>기자재명칭(제품명칭) Equipment Name</td> <td>스마트 팜 전력선 통신 모뎀</td> </tr> <tr> <td>기자재료/추가 기자재료 Equipment code Additional Equipment code</td> <td>LIN</td> </tr> <tr> <td>기본모델명 Basic Model Name</td> <td>FT-SFFM-A100</td> </tr> <tr> <td>모델명 Item Model Number</td> <td></td> </tr> <tr> <td>등록번호 Registration No.</td> <td>R-R-FT0-FT-SFFM-A100</td> </tr> <tr> <td>제조자/제조국가 Manufacturer/Country of Origin</td> <td>주식회사 퓨처테크 / 한국</td> </tr> <tr> <td>등록연월일 Date of Registration</td> <td>2021-05-17</td> </tr> <tr> <td>기타 Others</td> <td></td> </tr> </table> <p>위 기자재는 「전파법」 제58조의2 제5항에 따라 등록되었음을 증명합니다. It is verified that foregoing equipment has been registered under the Clause 3, Article 58-2 of Radio Waves Act.</p> <p>2021년 05월 17일(Month) 17일(Day)</p> <p>국립전파연구원장</p> <p>Director General of National Radio Research Agency</p> <p>* 적합등록 인증을 신청하려는 반드시 "적합성평가표지"를 부착하여 유통하여야 합니다. 위반시 과태료 처분 및 인증이 취소될 수 있습니다.</p> <p><b>방송통신기자재등의 적합등록필증</b></p>	상호 또는 성명 Trade Name or Registrant	주식회사 퓨처테크	기자재명칭(제품명칭) Equipment Name	스마트 팜 전력선 통신 모뎀	기자재료/추가 기자재료 Equipment code Additional Equipment code	LIN	기본모델명 Basic Model Name	FT-SFFM-A100	모델명 Item Model Number		등록번호 Registration No.	R-R-FT0-FT-SFFM-A100	제조자/제조국가 Manufacturer/Country of Origin	주식회사 퓨처테크 / 한국	등록연월일 Date of Registration	2021-05-17	기타 Others	
상호 또는 성명 Trade Name or Registrant	주식회사 퓨처테크																		
기자재명칭(제품명칭) Equipment Name	스마트 팜 전력선 통신 모뎀																		
기자재료/추가 기자재료 Equipment code Additional Equipment code	LIN																		
기본모델명 Basic Model Name	FT-SFFM-A100																		
모델명 Item Model Number																			
등록번호 Registration No.	R-R-FT0-FT-SFFM-A100																		
제조자/제조국가 Manufacturer/Country of Origin	주식회사 퓨처테크 / 한국																		
등록연월일 Date of Registration	2021-05-17																		
기타 Others																			

- <표 2.15>은 전력선 통신 프로토콜 변환기의 전자파 인증 시험 성적서 및 적합등록필증이다. 전력선 통신 프로토콜 변환기의 전자파 인증은 2021년 5월 17일에 인증을 완료

하였다.

<표 2.15> 전력선 통신 프로토콜 변환기 전자파적합성 성적서 및 적합등록필증

<p>verify No.61067571141</p> <p><b>KCTL</b>      발급번호 : KR21-HEK0381</p> <p><b>방송통신기자재등(전자파적합성) 시험성적서</b></p> <p>1. 발급번호 : KR21-HEK0381          2. 접수일 : 2021년 04월 26일          3. 시험기간 : 2021년 04월 30일 ~ 2021년 05월 07일          4. 신청인(상호명) : 주식회사 퓨처테크</p> <p>사업자등록번호 : [REDACTED]          대표자성명 : [REDACTED]          주 소 : [REDACTED]</p> <p>5. 기자재명칭 / 모델명 : 전력선 통신 프로토콜 변환기 / FT-PPCU-A100          6. 제조사 / 제조국가 : 주식회사 퓨처테크 / 한국          7. 시험결과 : 적합</p> <p>방송통신기자재등 시험기관의 지정 및 관리에 관한 고시 제13조의 규정에 의하여 시험성적서를 발급합니다.          2021년 05월 13일</p> <p>(주)케이씨티엘 대표이사 (인)</p> <p>주소 : [REDACTED]</p> <p>* 인증 받은 방송통신기자재는 반드시 "적합성평가표시"를 부착하여 유통하여야 합니다. 위반 시 과태료 처분 및 인증이 취소될 수 있습니다.          본 시험성적서의 사용결과는 신청인의 제출한 서류에 한합니다.</p> <p>KCTL-111004-0202      1 / 43      KR21-02837          본 시험성적서는 (주)케이씨티엘의 사전 동의없이 무단 전제 또는 복사를 할 수 없습니다.</p> <p><b>방송통신기자재등(전자파적합성) 시험성적서</b></p>	<p>9899-2710-4CBA-FISE</p> <p><b>방송통신기자재등의 적합등록 필증</b>          Registration of Broadcasting and Communication Equipments</p> <table border="1"> <tr> <td>상호 또는 성명 Trade Name or Registrant</td> <td>주식회사 퓨처테크</td> </tr> <tr> <td>기자재명칭(제품명칭) Equipment Name</td> <td>전력선 통신 프로토콜 변환기</td> </tr> <tr> <td>기기부호/추가기기부호 Equipment code / Additional Equipment code</td> <td>LIN</td> </tr> <tr> <td>기본모델명 Base Model Number</td> <td>FT-PPCU-A100</td> </tr> <tr> <td>파생모델명 Series Model Number</td> <td></td> </tr> <tr> <td>등록번호 Registration No.</td> <td>R-R-FT0-FT-PPCU-A100</td> </tr> <tr> <td>제조사/제조국가 Manufacturer/Country of Origin</td> <td>주식회사 퓨처테크 / 한국</td> </tr> <tr> <td>등록연월일 Date of Registration</td> <td>2021-05-17</td> </tr> <tr> <td>기타 Others</td> <td></td> </tr> </table> <p>의 기어에는 「전자파」 제58조의2 제3항에 따라 등록되었음을 증명합니다.          It is verified that foregoing equipment has been registered under the Clause 3, Article 58-2 of Radio Waves Act.</p> <p>2021년(Year) 05월(Month) 17일(Day)</p> <p><b>국립전파연구원장</b>          Director General of National Radio Research Agency</p> <p>* 적합등록 방송통신기자재는 반드시 "적합성평가표시"를 부착하여 유통하여야 합니다. 위반 시 과태료 처분 및 인증이 취소될 수 있습니다.</p> <p><b>방송통신기자재등의 적합등록필증</b></p>	상호 또는 성명 Trade Name or Registrant	주식회사 퓨처테크	기자재명칭(제품명칭) Equipment Name	전력선 통신 프로토콜 변환기	기기부호/추가기기부호 Equipment code / Additional Equipment code	LIN	기본모델명 Base Model Number	FT-PPCU-A100	파생모델명 Series Model Number		등록번호 Registration No.	R-R-FT0-FT-PPCU-A100	제조사/제조국가 Manufacturer/Country of Origin	주식회사 퓨처테크 / 한국	등록연월일 Date of Registration	2021-05-17	기타 Others	
상호 또는 성명 Trade Name or Registrant	주식회사 퓨처테크																		
기자재명칭(제품명칭) Equipment Name	전력선 통신 프로토콜 변환기																		
기기부호/추가기기부호 Equipment code / Additional Equipment code	LIN																		
기본모델명 Base Model Number	FT-PPCU-A100																		
파생모델명 Series Model Number																			
등록번호 Registration No.	R-R-FT0-FT-PPCU-A100																		
제조사/제조국가 Manufacturer/Country of Origin	주식회사 퓨처테크 / 한국																		
등록연월일 Date of Registration	2021-05-17																		
기타 Others																			

○ <표 2.16>은 스마트 구동기 노드의 전자파 인증 시험 성적서 및 적합등록필증이다. 스마트 구동기 노드의 전자파 인증은 2021년 5월 20일에 인증을 완료하였다.

<표 2.16> 스마트 구동기 노드 전자파적합성 성적서 및 적합등록 필증

<p>verify No.864658171364</p> <p><b>KCTL</b>      발급번호 : KR21-HEK0395</p> <p><b>방송통신기자재등(전자파적합성) 시험성적서</b></p> <p>1. 발급번호 : KR21-HEK0395          2. 접수일 : 2021년 04월 26일          3. 시험기간 : 2021년 04월 30일 ~ 2021년 05월 18일          4. 신청인(상호명) : 주식회사 퓨처테크</p> <p>사업자등록번호 : [REDACTED]          대표자성명 : [REDACTED]          주 소 : [REDACTED]</p> <p>5. 기자재명칭 / 모델명 : 스마트 구동기 노드 / FT-SMAN-A100          6. 제조사 / 제조국가 : 주식회사 퓨처테크 / 한국          7. 시험결과 : 적합</p> <p>방송통신기자재등 시험기관의 지정 및 관리에 관한 고시 제13조의 규정에 의하여 시험성적서를 발급합니다.          2021년 05월 20일</p> <p>(주)케이씨티엘 대표이사 (인)</p> <p>주소 : [REDACTED]</p> <p>* 인증 받은 방송통신기자재는 반드시 "적합성평가표시"를 부착하여 유통하여야 합니다. 위반 시 과태료 처분 및 인증이 취소될 수 있습니다.          본 시험성적서의 사용결과는 신청인의 제출한 서류에 한합니다.</p> <p>KCTL-111004-0202      1 / 43      KR21-02839          본 시험성적서는 (주)케이씨티엘의 사전 동의없이 무단 전제 또는 복사를 할 수 없습니다.</p> <p><b>방송통신기자재등(전자파적합성) 시험성적서</b></p>	<p>0082866-1CCL-A17E</p> <p><b>방송통신기자재등의 적합등록 필증</b>          Registration of Broadcasting and Communication Equipments</p> <table border="1"> <tr> <td>상호 또는 성명 Trade Name or Registrant</td> <td>주식회사 퓨처테크</td> </tr> <tr> <td>기자재명칭(제품명칭) Equipment Name</td> <td>스마트 구동기 노드</td> </tr> <tr> <td>기기부호/추가기기부호 Equipment code / Additional Equipment code</td> <td>LIN</td> </tr> <tr> <td>기본모델명 Base Model Number</td> <td>FT-SMAN-A100</td> </tr> <tr> <td>파생모델명 Series Model Number</td> <td></td> </tr> <tr> <td>등록번호 Registration No.</td> <td>R-R-FT0-FT-SMAN-A100</td> </tr> <tr> <td>제조사/제조국가 Manufacturer/Country of Origin</td> <td>주식회사 퓨처테크 / 한국</td> </tr> <tr> <td>등록연월일 Date of Registration</td> <td>2021-05-20</td> </tr> <tr> <td>기타 Others</td> <td></td> </tr> </table> <p>의 기어에는 「전자파」 제58조의2 제1항에 따라 등록되었음을 증명합니다.          It is verified that foregoing equipment has been registered under the Clause 1, Article 58-2 of Radio Waves Act.</p> <p>2021년(Year) 05월(Month) 20일(Day)</p> <p><b>국립전파연구원장</b>          Director General of National Radio Research Agency</p> <p>* 적합등록 방송통신기자재는 반드시 "적합성평가표시"를 부착하여 유통하여야 합니다. 위반 시 과태료 처분 및 인증이 취소될 수 있습니다.</p> <p><b>방송통신기자재등의 적합등록 필증</b></p>	상호 또는 성명 Trade Name or Registrant	주식회사 퓨처테크	기자재명칭(제품명칭) Equipment Name	스마트 구동기 노드	기기부호/추가기기부호 Equipment code / Additional Equipment code	LIN	기본모델명 Base Model Number	FT-SMAN-A100	파생모델명 Series Model Number		등록번호 Registration No.	R-R-FT0-FT-SMAN-A100	제조사/제조국가 Manufacturer/Country of Origin	주식회사 퓨처테크 / 한국	등록연월일 Date of Registration	2021-05-20	기타 Others	
상호 또는 성명 Trade Name or Registrant	주식회사 퓨처테크																		
기자재명칭(제품명칭) Equipment Name	스마트 구동기 노드																		
기기부호/추가기기부호 Equipment code / Additional Equipment code	LIN																		
기본모델명 Base Model Number	FT-SMAN-A100																		
파생모델명 Series Model Number																			
등록번호 Registration No.	R-R-FT0-FT-SMAN-A100																		
제조사/제조국가 Manufacturer/Country of Origin	주식회사 퓨처테크 / 한국																		
등록연월일 Date of Registration	2021-05-20																		
기타 Others																			

(9) 학술대회 논문발표

[그림 2.44]은 2021년 한국정보기술학회 하계 종합학술대회에서 발표한 논문 초록이다.

- 논문명 : 전력선 통신을 이용한 스마트팜 시스템 구축
- 저 자 : 김O훈, 한O용, 이O건, 이O흠
- 학술지 : 2021년도 한국정보기술학회 하계 종합학술대회 논문집(p.289~292)
- 학술대회 발표일 : 2021년 6월 4일(온라인 발표)
- 학술대회 장소 : 한화리조트 제주

- 2021 한국정보기술학회 하계 종합학술대회 논문집 -

### 전력선 통신을 이용한 스마트팜 시스템 구축

김O훈\*, 한O용\*, 이O건\*\*, 이O흠\*\*

## Building a Smart Farm System Using Power Line Communication

Kim O-hoon\*, Han O-yong\*, Lee O-geon\*\*, and Lee O-heum\*\*

#### 요 약

스마트팜에 대한 관심이 증가하고 있는 추세이다. 그러나 기존 시스템들의 경우 개폐기의 단순 ON/OFF 제어 방식을 사용하여 개폐 정도를 모니터링하지 못하며, 유무선 통신 선로 가설비용 등으로 농가에 보급 시 설치비가 높은 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해, 기존에 설치된 전원선을 그대로 이용하여 별도의 통신선 설치비용이 필요 없는 전력선 통신 기반 스마트팜 시스템을 설계 구현하였다. 본 시스템은 개폐기의 개도율을 정밀 제어할 수 있으며, 양방향 전력선 통신을 통해 센서들과 기기 제어를 통합 관리하여 효과적인 스마트 팜 환경을 제공한다.

#### Abstract

Interest in smart farms is increasing. However, in the case of existing systems, simple ON/OFF control methods are used and therefore proper monitoring and control of switchgears are not possible, and there is also a disadvantage that installation costs of wire communication lines are also high when distributing them to farmers. Therefore, in this paper, to address this problem, we design and implement a smart farm system based on power line communication without extra communication line construction cost, using existing power lines. The smart farm system enables the opening rate control, and provides effective smart farm environment through integrated management using two-way communication with sensors and switchgears.

#### Key words

Smart farms, Power Line Communication(PLC), Switchgears, sensors

#### 1. 서 론

농림축산식품부의 스마트팜 관련 예산은 해마다 증가하고 있는 추세이며, 2019년 스마트팜 관련 예

산은 1890억원 규모였다. 스마트팜 구축에서 통신장비가 차지하는 비중은 약 5.3%[국내외의 스마트팜 기자재 기술 현황 분석보고서, 농림축산식품부, 2018]로 정부 사업예산만 고려하면 약 100억원 이상의

\* (주) 퓨처테크

\*\* 순천향대학교 정보통신공학과

※ 농림식품기술 기획평가원의 지원으로 이루어진 연구임

4) 전력선 통신 기반 개폐기 최적 적용 스마트팜 제어기 개발, 상용화 - 공동연구기관(지능로봇스튜디오)

(1) 스마트 개폐기 최적 적용을 위한 표준기반 스마트팜 개방형 제어기 개발

가. 스마트 개폐기 지능형 비례제어 알고리즘 개발 탑재

- 전력선 통신을 통해 스마트팜 통합 제어기로부터 제어기 노드 및 스마트팜 개폐기의 가동상태를 제어할 수 있도록 RS485 MODBUS RTU 스마트팜 통신 표준 KS X 3267 규격에 따라 통신할 수 있도록 제어 알고리즘을 개발하였다.
- 스마트 온실의 각 구성 요소나 장치 간 상호 연동을 위해 기존에 사용하던 ID와 RS485 모드버스 주소 간 매핑 정보가 필요하며, ID와 RS485 모드버스 주소 간 매핑 정보는 <표 2.17>과 같다.

<표 2.17> ID와 RS485 모드버스 주소 매핑

제어기, 노드 및 디바이스 ID	RS 485 모드버스 주소
온실 통합 제어기의 ID	마스터 주소(master address)
구동기 노드, 스마트 개폐기 노드 ID	슬레이브 주소(slave address)
스마트 개폐기 ID	레지스터 주소(register address)

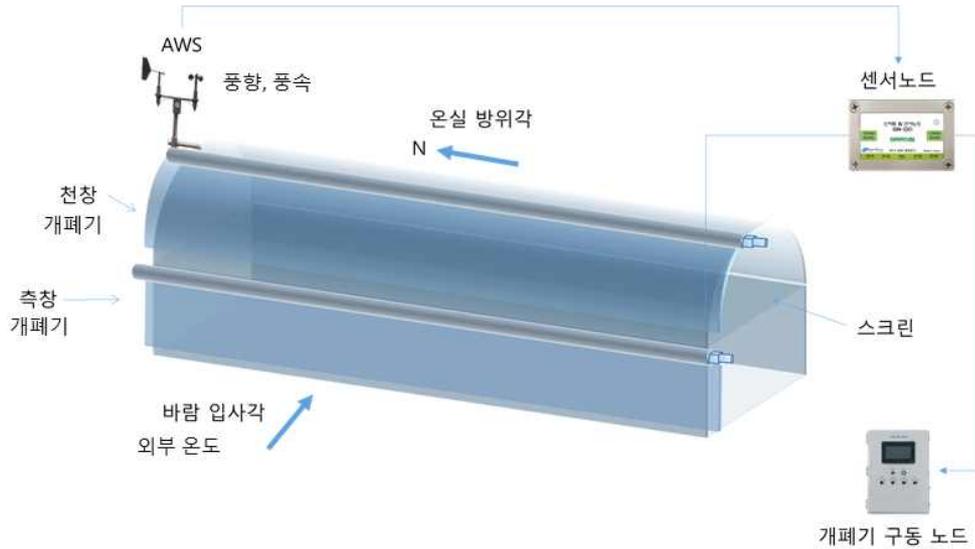
- 온실 통합 제어기는 마스터로 동작하고, 구동기 노드 또는 스마트 개폐기 노드는 슬레이브로 동작하며, 온실 통합 제어기(마스터)는 데이터를 읽어 올 레지스터 주소와 읽어 올 해당 레지스터 수를 포함한 기능 코드 0x03(Read Holding Register) 요청 메시지를 구동기 노드 또는 스마트 개폐기(슬레이브)에게 보낸다. 구동기 노드 또는 스마트 개폐기(슬레이브)는 온실 통합 제어기(마스터)로, 해당 레지스터 주소의 값과 바이트 수를 포함한 응답 메시지를 온실 통합 제어기(마스터)에 전송한다.

- 개폐기의 제어 메시지는 스마트 온실 구동기 메타 데이터 표준 KS X 3268의 규격을 적용해 제어 알고리즘을 개발하였다. 구성 요소는 <표 2.18>과 같다.

<표 2.18> 스마트 개폐기 상태 정보와 제어 정보 표시

구분	분류	지원	데이터 값
상태 정보	동작 상태 (Operation Status)	M	OPENING(여는 중)/CLOSING(닫는 중)/ OPEN(열림)/CLOSED(닫힘)
	동작 위치 (Operation Position)	O	현재 위치 정보, 0 ~ 100 — 0 %는 완전히 닫힌 상태 — 100 %는 완전히 열린 상태
	동작 속도 (Operation Speed)	O	동작 속도
제어 정보	동작 명령 (Operation Command)	M	OPEN(열기)/CLOSE(닫기)
	동작 위치 (Operation Position)	O	원하는 위치 정보, 0 ~ 100 — 0 %는 완전히 닫힌 상태 — 100 %는 완전히 열린 상태
	동작 속도 (Operation Speed)	O	동작 속도

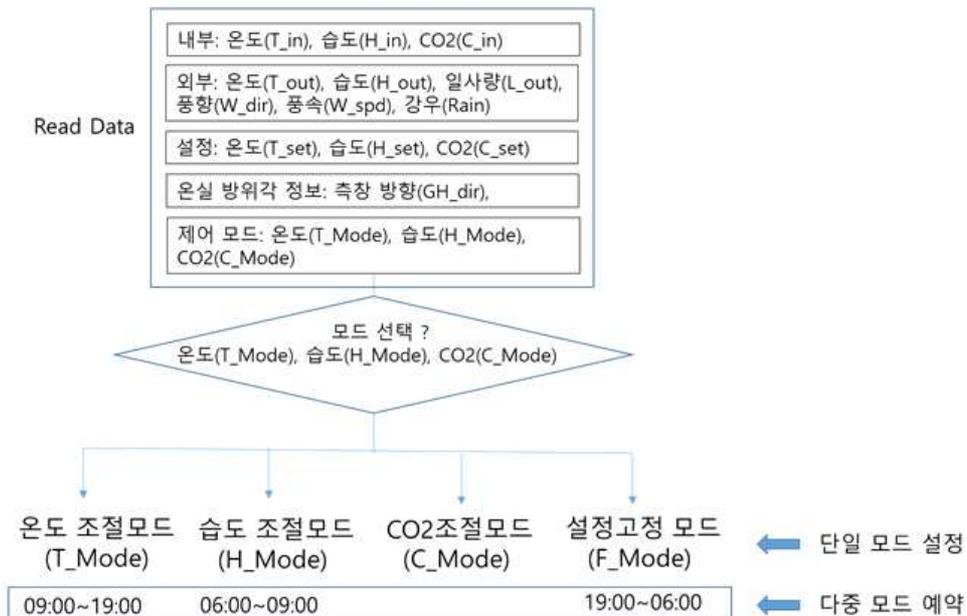
- 스마트 개폐기는 온실의 환경 조절을 위해 사용되며, 개폐기의 개도율(열림량)에 따라 온실의 다양한 환경 변수(예: 온도, 습도, CO2 등)의 상태가 영향을 받게 된다.
  - 동일한 스마트 개폐기의 개도율에서도 온실 외부의 온도, 풍향, 풍속 등에 의해 온실 내부의 환경이 변하는 속도와 각각의 환경 변수에 미치는 영향이 다르게 된다.



[그림 2.45] 온실내부의 환경변수

- 본 과제에서는 개폐기의 가동 모드를 설정하고, 각각의 모드에 따라 외부 환경과 설정값을 입력으로 받아 개폐기의 개도율을 조절할 수 있도록 통합 제어기의 알고리즘을 개발하였다.
  - 온도, 습도, CO2 등 단일 항목 제어를 위한 환기 목적으로 제어하는 경우와 복합 환경을 제어할 목적의 환기로 나누어 알고리즘을 구성하였다.

### 온실 개폐기 제어 알고리즘



[그림 2.46] 온실 개폐기 제어 알고리즘

- 각 모드에서 실시간으로 변하는 외부의 환경상태를 식별하여 제어목적에 따라 개폐기의 개도를 알맞게 제어할 수 있는 알고리즘을 개발하여 적용하였다.
- 온도 조절 모드: 대부분의 온실에서 온실 내부의 온도 상승을 제어하기 위한 목적으로 천측창을 개방하게 되며, 이때 온실내부의 온도 변화 속도는 외부의 기상환경(외부 기온, 풍향, 풍속, 바람의 입사각 등)에 따라 결정되므로 설정값과 외부 기상요인을 변수로하여 개폐기의 개도를 제어하는 알고리즘을 개발하였다.

#### 온도 조절모드 (T Mode)

$$\text{개폐량(Opening)} = (T_{\text{def}}/5) - (W_{\text{in}} * W_{\text{spd}})/8 + (\text{delta}_T_{\text{in}}/10)$$

$$\text{온도차}(T_{\text{dif}}) = T_{\text{set}} - T_{\text{in}}$$

$$\text{습도차}(T_{\text{dif}}) = H_{\text{set}} - H_{\text{in}}$$

$$\text{CO2차}(T_{\text{dif}}) = C_{\text{set}} - C_{\text{in}}$$

$$\text{바람 입사각}(W_{\text{in}}) = \cos((GH_{\text{dir}} + \pi/2) - W_{\text{dir}})$$

$$\text{온도 변화량}(\text{delta}_T_{\text{in}}) : \text{현재온도} - 5\text{분전 온도}$$

$$\text{습도 변화량}(\text{delta}_H_{\text{in}}) : \text{현재습도} - 5\text{분전 습도}$$

[그림 2.47] 온도 조절모드 알고리즘

- 습도 조절 모드: 일출전 온실의 과습한 공기를 배출하기 위한 외기온과 풍속, 풍향을 고려하여 개도율이 조정되도록 하였다.

#### 습도 조절모드 (H\_Mode)

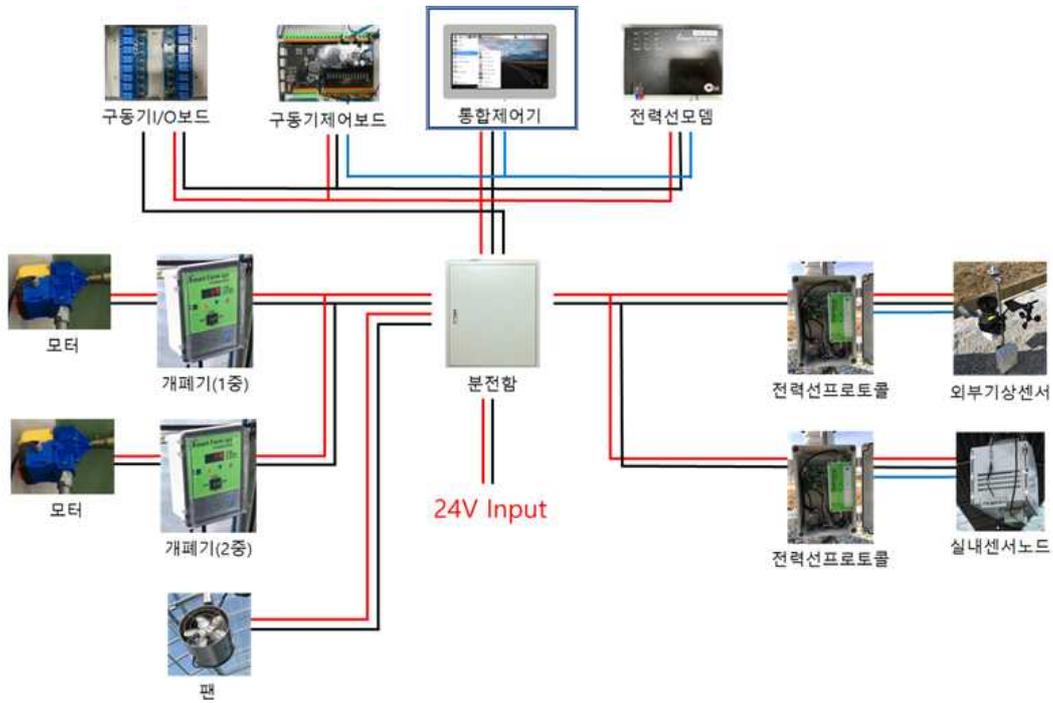
$$\text{개폐량(Opening)} = (H_{\text{def}}/20) - (W_{\text{in}} * W_{\text{spd}})/8 + (\text{delta}_H_{\text{in}}/10)$$

[그림 2.48] 습도 조절모드 알고리즘

- CO2 조절 및 설정값 추종 모드: 이산화탄소를 별도로 사용하지 않을 경우 통상 대기 중의 이산화탄소 농도(350~400 ppm)를 기준으로 야간에는 500~ 700ppm까지 상승했다가 해가 뜨고 광합성이 시작되면 약 200ppm정도까지 이산화탄소 농도가 감소하여 광합성이 제약을 받을 때 대기 중의 CO2를 공급할 목적으로 환기를 실시하게 되며, 역시 외부 기상을 고려한 개폐율 제어 알고리즘을 적용하였다.
- 설정값 추종 모드: 사용자의 개폐율 설정에 따라 고정된 개폐율을 유지하도록 하였다.

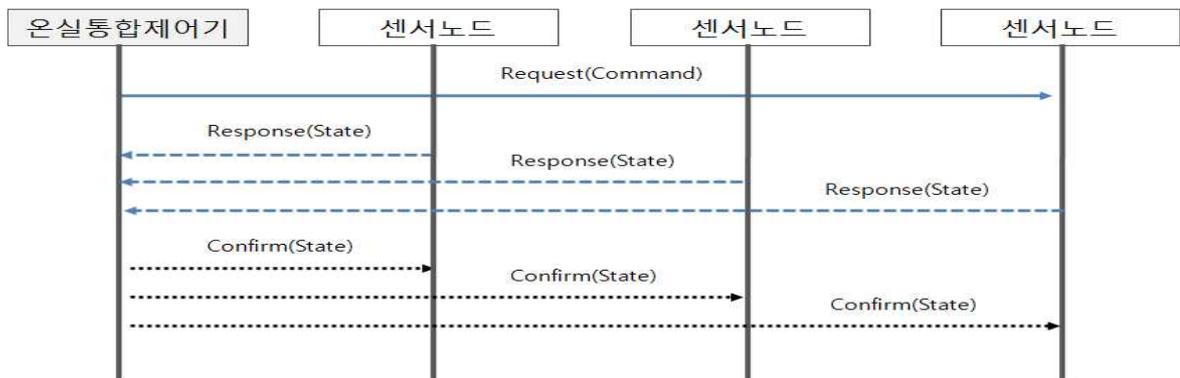
### 나. 전력선 통신 기반의 센서 노드 및 구동기 노드 연동

- 전력선 통신을 통해 통합 제어기로부터 외부 기상 센서와 온실 내 센서 노드의 데이터를 수집하고 천측창 개폐기, 환기팬, 유동팬 등의 구동기 노드를 제어할 수 있는 통신 프로토콜을 스마트팜 표준 KS X 3267규격에 따라 개발하여 통합 제어기에 적용하였다.



[그림 2.49] 전력선 통신 기반의 센서 노드 및 구동기 노드 연동 시험 구성도

- 센서 노드와 온실 통합 제어기 간 메시지: 온실 통합 제어기에서 하나 또는 다수의 센서 노드 및 부착된 센서들에게 요청하는 메시지 전달 모델은 TTAK.KO-06.0288-Part1(온실관제시스템- 제1부 센서노드와 온실통합제어기 간 인터페이스, 한국정보통신기술협회)를 참조하여 구성하였다.
- 센서 노드 및 센서의 초기화, 수동·능동 및 이벤트 모드를 위한 모니터링 명령, 센서 노드 및 센서 정보의 요청 등의 메시지를 전달한다.
- 하나 또는 다수의 센서 노드에서 온실 통합 제어기로 동작 상태 정보 전송, 센서 정보의 전달, 에러 발생 보고 등의 메시지 전달 목적으로 구분할 수 있으며 각 메시지 타입은 혼합되어 사용할 수 있도록 하였다.



[그림 2.50] 센서노드와 온실통합제어기 간 메시지 흐름

- 일반적인 메시지 프레임 구조는 <표2.19>와 같으며 최상위 비트(MSB : most significant bit)부터 먼저 전송하거나 수신하며, 센서 노드와 온실 통합 제어기 간 데이터 프레임의 길이는 가변적이다.

<표 2.19> 센서 및 구동기 노드의 메시지 구성 요소

구분	Sub-1	Sub-2	길이	내용
Frame Header	Frame Control	Sensor/Actuator	1Bit	최상위 비트(MSB : most significant bit)
		Frame Type	3Bit	Request/Response/Confirm/Notify/Data/Ack/Reserved 중 하나로 설정.
		Security Enable	1Bit	값이 '1'이면 암호화가 처리되며, '0'으로 설정되면 암호화되지 않음.
		Confirm/Ark Request	1Bit	수신측에 있는 온실 통합 제어기 또는 센서 노드로 하여금 Confirm/Ack를 필요로 하는지를 규정. 만약, 이 부필드 값이 '1'로 설정되면 수신측 장치는 Confirm/Ack 프레임을 전송.
		Reserved	2Bit	사용자 정의 메시지
	Sequence Number		2Byte	프레임 일련번호로서 "0"에서 "65535"까지 사용할 수 있으며, "65535" 다음은 "0"로 설정. 일련번호는 매 프레임 전송 시마다 +1을 하며 만료되면 0부터 다시 시작.
	Green House Gateway ID		20Bit	네트워크 운영자 또는 온실 운영 시스템으로 부터 수동 또는 자동으로 부여 받는 번호로써 네트워크 설치 시 등록하여 사용하기 위한 온실 통합 제어기 장치의 구분번호.
	Sensor Node ID		20Bit	네트워크 운영자, 온실 운영 시스템 또는 온실 통합 제어기로부터 수동 또는 자동으로 부여 받는 번호로써 네트워크 설치 시 등록하여 사용하기 위한 센서 노드 장치의 구분번호.
	Payload Length		1Byte	페이로드 길이 필드는 메시지 타입에 따르는 고정 또는 가변의 데이터 전송 전달을 위해 사용되며, 최상위 비트(MSB)(2'b00) 2비트는 페이로드 타입을 나타내고, 최하위 비트(LSB) (6'b00 0000) 6비트는 바이트 단위로 페이로드 길이를 표시.

- 제어 노드와 온실 통합 제어기 간 메시지: 온실 통합 제어기에서 하나 또는 다수의 제어 노드 및 부착된 액추에이터에게 요청하는 메시지 전달 모델은 제어 노드 및 액추에이터의 초기화, 제어 명령 메시지 전달, 제어 노드 및 액추에이터의 정보 요청 등의 메시지 전달한다.
- 하나 또는 다수의 제어 노드에서 온실 통합 제어기로 동작 상태 정보 전송, 액추에이터 정보의 전달, 에러 발생 보고 등의 메시지 전달 목적으로 구분할 수 있으며 각 메시지 타입은 혼합되어 사용할 수 있도록 한다.
- 일반적인 메시지 프레임 구조는 <표 2.20>와 같으며 최상위 비트(MSB : most significant bit)부터 먼저 전송하거나 수신한다. 제어 노드와 온실 통합 제어기 간 데이터 프레임의 길이는 가변적이다.

<표 2.20> 센서 및 구동기 노드의 제어 메시지 모델

구분	Sub-1	Sub-2	길이	내용
Frame Header	Frame Control	Sensor/Actuator	1Bit	최상위 비트(MSB : most significant bit)
		Frame Type	3Bit	Request/Response/Confirm/Notify/Data/Ack/Reserved 중 하나로 설정.
		Security Enable	1Bit	값이 '1'이면 암호화가 처리되며, '0'으로 설정되면 암호화되지 않음.
		Confirm/Ark Request	1Bit	수신측에 있는 온실 통합 제어기 또는 센서 노드로 하여금 Confirm/Ack를 필요로 하는지를 규정. 만약, 이 부필드 값이 '1'로 설정되면 수신측 장치는 Confirm/Ack 프레임을 전송.
		Reserved	2Bit	사용자 정의 메시지
	Sequence Number	2Byte	프레임 일련번호로서 "0"에서 "65535"까지 사용할 수 있으며, "65535" 다음은 "0"로 설정. 일련번호는 매 프레임 전송 시마다 +1을 하며 만료되면 0부터 다시 시작.	
	Green House Control Gateway ID	20Bit	네트워크 운영자 또는 온실 운영 시스템으로 부터 수동 또는 자동으로 부여 받는 번호로써 네트워크 설치 시 등록하여 사용하기 위한 온실 통합 제어기 장치의 구분번호.	
	Actuator Node ID	20Bit	네트워크 운영자, 온실 운영 시스템 또는 온실 통합 제어기로부터 수동 또는 자동으로 부여 받는 번호로써 네트워크 설치 시 등록하여 사용하기 위한 제어 노드 장치의 구분번호.	
	Payload Length	1Byte	페이로드 길이 필드는 메시지 타입에 따르는 고정 또는 가변의 데이터 전송 전달을 위해 사용. 최상위 비트(MSB)(2'b00) 2비트는 페이로드 타입을 나타내고, 최하위 비트(LSB) (6'b00 0000) 6비트는 바이트 단위로 페이로드 길이를 표시.	

- 프레임 헤더(Frame Header) : 프레임 제어 정보, 메시지 일련번호, 온실통합 제어기 ID, 제어 노드 ID, 페이로드 길이 정보를 포함한다.
- 페이로드(Payload) : 메시지 교환에 필요한 "Request", "Response", "Confirm", "Notify", "Ack", "Data" 등의 메시지 종류에 따른 페이로드를 포함한다.

#### 다. 스마트팜 개방형 제어기와 노드 및 구동기의 통신 및 데이터 호환성 관련

- 온실 통합 제어기와 센서 노드/구동기 노드/센서-구동기 통합 노드 간에 제공되는 기능은 크게 센싱 정보 획득, 구동기 상태 정보 획득 등의 데이터 확보 기능(GetData)과 구동기 제어 명령 등의 데이터 지정 기능(SetData)으로 분류된다.
- \* 이를 위하여 온실 통합 제어기는 센서 노드/구동기 노드/센서-구동기 통합 노드 내에 각 센서나 구동기에 대한 정보를 알고 있다고 가정한다.
- 데이터 확보 기능(GetData): 온실 통합 제어기는 마스터로 동작하고, 센서 노드 또는 구동기 노드는 슬레이브로 동작한다. 온실 통합 제어기(마스터)는 데이터를 읽어올 레지스터 주소와 읽어올 해당 레지스터 수를 포함한 기능 코드 0x03(Read Holding Register) 요청 메시지를 센서 노드 또는 구동기 노드(슬레이브)에게 보내

고, 센서 노드 또는 구동기 노드(슬레이브)는 온실 통합 제어기(마스터)로, 해당 레지스터 주소의 값과 바이트 수를 포함한 응답 메시지를 온실 통합 제어기(마스터)에 전송한다.

- 요청 메시지 패킷 구조: 요청 메시지의 기능 코드로 0x03을 사용하며, 시작 주소(start address)로 시작하는 레지스터부터 시작하여 레지스터 수(quantity of registers)만큼의 레지스터 값을 읽을 것을 요청한다.

<표 2.21> 요청 메시지 패킷 구조

기능 코드	시작 주소	레지스터 수
1바이트	1바이트	2바이트

- 기능 코드: 0x03(Read Holding Registers) 요청
  - 시작 주소: 데이터를 읽어 올 대상 레지스터의 시작 주소, 각 센서나 구동기에 매핑되는 레지스터 시작 주소
  - 레지스터 수: 데이터를 읽어 올 대상 레지스터의 수, 대상 레지스터에 표현된 데이터 값의 크기
- 응답 메시지의 패킷 구조: 기능 코드 0x03의 레지스터 읽기 요청에 대하여 해당 레지스터로부터 읽어 온 데이터 값의 바이트 수와 레지스터 데이터 값을 포함하여 응답한다.

<표 2.22> 응답 메시지 패킷 구조

기능 코드	바이트 수	레지스터 값
1바이트	1바이트	2*N바이트(N: quantity of registers)

- 기능 코드: 0x03(Read Holding Registers) 요청에 대한 응답
  - 바이트 수: 레지스터 값들을 구성하는 부분의 길이(2\*N), 데이터를 표현하는 완전한 바이트의 수
  - 레지스터 값: 각 레지스터 값으로, 각 레지스터별 2바이트
- 센서 데이터 포맷: 각 센서에서 센싱한 데이터 값에 대한 데이터 포맷은 TTA.KO-10.1046에서 정의한 내용을 따라 바이너리 인코딩 방식을 사용해 각 센서에서의 센싱 값(sensing value)만을 전달한다.

<표 2.23> 센서 레지스터 값 표현 바이너리 포맷

필드	바이트	비트	타입	설명
센싱 값	4	32	값의 타입에 따라 다름.	디바이스 타입 및 분류에 해당하는 디바이스 센싱 값 - 센싱 값이 실수(float)로 표현되는 경우, 4 바이트로 표현되며 IEEE-754 표준을 따른다.

- 센서는 센서의 타입에 따라 데이터 측정 범위가 다르며, TTAK.KO-10.0903에 따른 각 센서 종류별 데이터 범위, 데이터 타입은 <표 2.24>와 같다.

<표 2.24> 센서 종류별 데이터 범위 및 데이터 타입

번호	분류	데이터 측정 범위	데이터 단위	타입
1	온도 센서	-20 ~ 80	℃	float
2	습도 센서	0 ~ 100	%	float
3	CO <sub>2</sub> 센서	0 ~ 3 000	μmol/mol(PPM)	float
4	일사 센서	0 ~ 2 000	W/m <sup>2</sup>	float
5	풍향 센서	0 ~ 360	°(방향각)	float
6	풍속 센서	0 ~ 40	m/s	float
7	감우 센서	On/OFF	-	integer
8	광양자 센서	0 ~ 2 000	μmol/m <sup>2</sup> /s	float
9	토양 함수율 센서	0 ~ 50	% vol.	float
10	토양 수분 장력 센서	0 ~ 100	kPa	float
11	EC 센서	0 ~ 10	dS/m	float
12	PH 센서	2 ~ 12	pH	float
13	지온 센서	-20 ~ 80	℃	float

- 구동기 데이터 포맷

- 스마트 온실에서 각 구동기 상태에 대한 데이터 포맷은 TTAK.KO-10.1045에서 정의한 내용을 따라 바이너리 인코딩 방식을 사용하며, 구동기의 타입을 스위치형과 개폐형으로 구분하여, 각 타입에 따른 동작 상태와 동작 시간, 동작 위치 등의 속성 정보를 함께 전달한다.
- 스위치형 구동기의 동작 기간 속성 정보와 개폐형 구동기의 동작 속도 속성 정보는 적용하지 않는다.

<표 2.25> 구동기 종류별 타입 및 가능한 상태 정보

번호	분류	구동기 타입	상태 정보
1	천창	개폐형	OPENING(여는 중)/CLOSING(닫는 중)/ OPEN(열림)/CLOSED(닫힘)
2	측창	개폐형	OPENING/CLOSING/OPEN/CLOSED
3	보온 덮개	개폐형	OPENING/CLOSING/OPEN/CLOSED
4	차광막	개폐형	OPENING/CLOSING/OPEN/CLOSED
5	환풍기	스위치형	ON(작동)/OFF(정지)
6	유동 팬	스위치형	ON(작동)/OFF(정지)
7	관수 모터	스위치형	ON(작동)/OFF(정지)
8	관수 밸브	스위치형	ON(작동)/OFF(정지)
9	냉난방기	스위치형	ON(작동)/OFF(정지)

<표 2.26> 스위치형 구동기의 상태 정보 및 관련 속성 정보

구분	분류	필수/선택 (M/O)	데이터 값
상태 정보	동작 상태 (Operation Status)	M	ON(작동)/OFF(정지)
	동작 기간 (Operation Duration)	O	동작 유지 기간 날짜와 시간 정보를 'P4Y2M2DT2H2M2S' 형태로 기술
	동작 시간 (Operation Time)	O	동작 유지 시간 시(hour), 분(minute), 초(second) 정보를 기술

<표 2.27> 스위치형 구동기 레지스터 값 표현 바이너리 포맷

필드	바이트	비트	타입	설명
동작 상태 (Operation Status)	2	8	부호 없는 정수형 (unsigned integer)	구동기 동작 상태 정보 — 0x00: ON (작동) — 0x01: OFF (정지)
		8	-	레지스터를 구성하기 위하여 추가된 비트
동작 시간 (Operation Time)	4	24	부호 없는 정수형 (unsigned integer)	동작 시간 — 시(hour), 분(minute), 초(second) 순서로 1바이트씩 기술
		8	-	레지스터를 구성하기 위하여 추가된 비트

<표 2.28> 개폐형 구동기의 상태 정보 및 관련 속성 정보

구분	분류	필수/선택 (M/O)	데이터 값
상태 정보	동작 상태 (Operation Status)	M	OPENING(여는 중)/CLOSING(닫는 중)/ OPEN(열림)/CLOSED(닫힘)
	동작 위치 (Operation Position)	O	현재 위치 정보, 0 ~ 100 — 0 %는 완전히 닫힌 상태 — 100 %는 완전히 열린 상태
	동작 속도 (Operation Speed)	O	동작 속도

<표 2.29> 개폐형 구동기 레지스터 값 표현 바이너리 포맷

필드	바이트	비트	타입	설명
동작 상태 (Operation Status)	2	8	부호 없는 정수형 (unsigned integer)	구동기 상태 정보 — 0x10: OPENING(열리는 중) — 0x11: CLOSING(닫히는 중) — 0x12: OPEN(열림) — 0x13: CLOSED(닫힘)
		8	-	레지스터를 구성하기 위하여 추가된 비트
동작 위치 (Operation Position)	2	8	부호 없는 정수형 (unsigned integer)	동작 위치 정보, 비율로 표시 • 0 ~ 100 % * 0%: 완전 닫힘 100%: 완전 열림
		8	-	레지스터를 구성하기 위하여 추가된 비트

- 단일 레지스터 데이터 지정 기능(SetData): 온실 통합 제어기는 마스터로 동작하고, 구동기 노드는 슬레이브로 동작하며, 온실 통합 제어기(마스터)는 데이터를 쓸 레지스터 주소와 레지스터 값을 포함한 기능 코드(0x06, Write Holding Register) 요청 메시지를 구동기 노드(슬레이브)에 보낸다.
- 구동기 노드(슬레이브)에서는 온실 통합 제어기(마스터)로 레지스터 주소 정보와 해당 레지스터에 기록한 값을 포함한 응답 메시지를 온실 통합 제어기(마스터)에게 전송한다.

<표 2.30> SetData 요청 메시지 패킷 구조

기능 코드	레지스터 주소	레지스터 값
1바이트	2바이트	2바이트

- 기능 코드: 0x06(Write Holding Register)
- 레지스터 주소: 데이터를 기록할 대상 레지스터 주소, 각 구동기에 매핑되는 레지스터 주소

<표 2.31> SetData 응답 메시지 패킷의 구조

기능 코드	레지스터 주소	레지스터 값
1바이트	2바이트	2바이트

- 기능 코드: 0x06(Write Holding Register)
- 레지스터 주소: 데이터를 기록한 대상 레지스터 주소
- 레지스터 값: 데이터를 기록한 대상 레지스터 값

- 복수 레지스터 데이터 지정 기능(SetData) : 온실 통합 제어기는 마스터로 동작하고, 구동기 노드는 슬레이브로 동작하며, 온실 통합 제어기(마스터)는 데이터를 쓸 레지스터의 시작 주소와 레지스터 수, 레지스터 데이터 값의 바이트 수, 레지스터 값을 포함한 기능 코드(0x10, Write Multiple Registers) 요청 메시지를 구동기 노드(슬레이브)에게 보낸다.
- 구동기 노드(슬레이브)에서는 온실 통합 제어기(마스터)로 레지스터 시작 주소 정보와 레지스터 수에 대한 정보를 포함한 응답 메시지를 온실 통합 제어기(마스터)에게 전송한다.
- 복수 레지스터 데이터 지정을 위해 요청 메시지의 기능 코드로 16(0x10)을 사용하며, 레지스터 시작 주소로 시작하여 레지스터 수에 해당하는 레지스터에 레지스터 값을 바이트 수만큼 쓸(write) 것을 요청한다.
- 모드버스 프로토콜에서 레지스터는 2바이트를 가정하며, 특정 디바이스의 데이터 값이 2바이트를 초과하는 경우, 해당 레지스터의 시작 주소부터 연속해서 해당 데이터 값을 포함하는 크기를 기록하도록 하였다.

- 특정 디바이스들을 연속한 주소로 할당하고, 각 디바이스에 대한 데이터 값의 크기를 아는 경우, 한 명령어로 두 개 이상의 디바이스에 대한 제어 명령을 전송할 수 있도록 하였다.

<표 2.32> SetData 요청 메시지 패킷의 구조

기능 코드	시작 주소	레지스터 수	바이트 수	레지스터 값
1바이트	2바이트	2바이트	1바이트	(2*N) 바이트 N = 레지스터 수

- 시작 주소: 데이터를 기록할 대상 레지스터의 시작 주소
- 레지스터 수: 대상 레지스터의 수(N)
- 바이트 수: 레지스터 데이터 값의 바이트 수

<표 2.33> SetData 응답 메시지 패킷의 구조

기능 코드	시작 주소	레지스터 수
1바이트	2바이트	2바이트

- 기능 코드: 16(0x10, Write Multiple Registers)
- 시작 주소: 데이터를 기록한 대상 레지스터의 시작 주소
- 레지스터 수: 데이터를 기록한 레지스터의 수

<표 2.34> SetData 스위치형 구동기의 제어 명령 및 관련 속성 정보

구분	분류	필수/선택 (M/O)	데이터 값
제어 정보	동작 명령 (Operation Command)	M	ON(작동)/OFF(정지)
	동작 기간 (Operation Duration)	O	동작 유지 기간 날짜와 시간 정보를 'P4Y2M2DT2H2M2S' 형태로 기술
	동작 시간 (Operation Time)	O	동작 유지 시간 시(hour), 분(minute), 초(second) 정보를 기술

<표 2.35> SetData 스위치형 구동기 레지스터 값 표현 바이너리 포맷

필드	바이트	비트	타입	설명
동작 명령 (Operation Command)	2	8	부호 없는 정수형 (unsigned integer)	구동기 제어 명령 — 0x00: ON(작동) — 0x01: OFF(정지)
		8	-	레지스터를 구성하기 위하여 추가된 비트
동작 시간 (Operation Time)	4	24	부호 없는 정수형 (unsigned integer)	동작 시간 시(hour), 분(minute), 초(second) 순서로 1바이트씩 기술
		8	-	레지스터를 구성하기 위하여 추가된 비트

<표 2.36> SetData 개폐형 구동기의 제어 명령 및 관련 속성 정보

구분	분류	필수/선택 (M/O)	데이터 값
제어 정보	동작 명령 (Operation Command)	M	OPEN(열기)/CLOSE(닫기)
	동작 위치 (Operation Position)	O	원하는 동작 위치 정보, 0 ~ 100 — 0 %는 완전히 닫힌 상태 — 100 %는 완전히 열린 상태
	동작 속도 (Operation Speed)	O	동작 속도

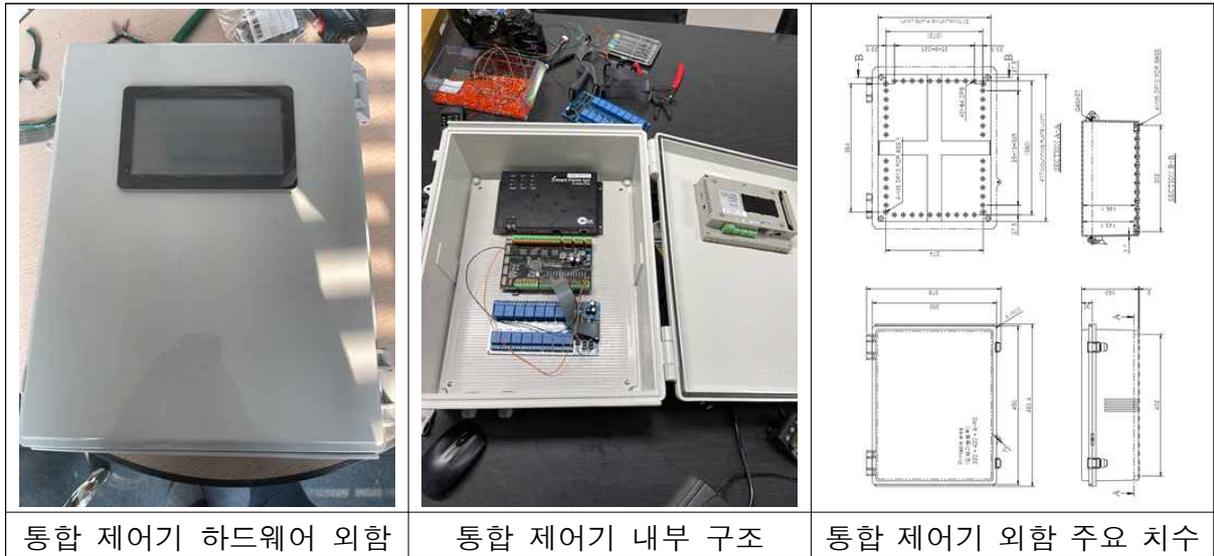
<표 2.37> SetData 개폐형 구동기 레지스터 값 표현 바이너리 포맷

필드	바이트	비트	타입	설명	비고
동작 명령 (Operation Command)	2	8	부호 없는 정수형 (unsigned integer)	구동기 제어 명령 — 0x00: OPEN — 0x01: CLOSE	— 개폐형 구동기는 OPEN/CLOSE
		8	-	레지스터를 구성하기 위하여 추가된 비트	-
동작 위치 (Operation Position)	2	8	부호 없는 정수형 (unsigned integer)	동작 위치 정보, 비율로 표시 — 0 ~ 100	— 개폐형 구동기에 사용 — 0 %는 완전히 닫힌 상태 — 100 %는 완전히 열린 상태
		8	-	레지스터를 구성하기 위하여 추가된 비트	-

**라. 전력선 통신 기반 스마트팜 개방형 제어기 시제품**

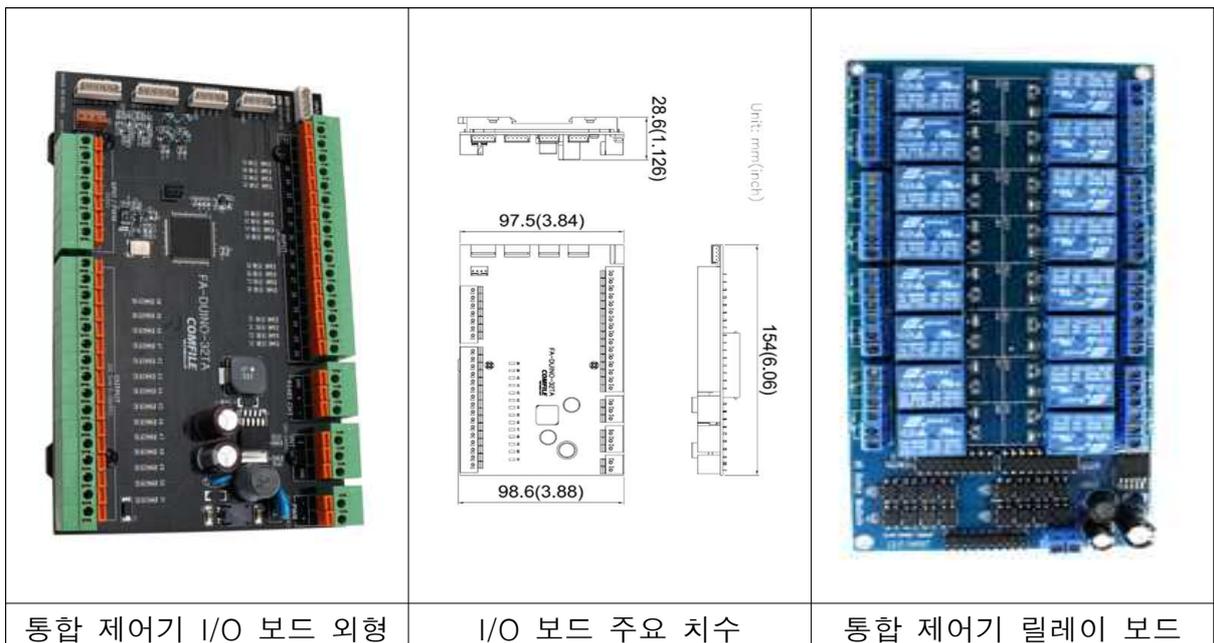
○ 통합 제어기 하드웨어 개발

- 하드웨어는 산업용 싱글보드 컴퓨터와 터치 패널을 사용하고, I/O 보드를 설계 제작하여 구성하였다.
- 1.2GHz 64 bit 쿼드코어 ARM Cortex-A53 프로세서 (CM3+)
- 감압식 7 인치 터치패드 디스플레이 (저항막 방식)
- 1GB RAM 메모리
- 22 GPIO (ESD 보호회로 포함), 40핀 헤더소켓
- RTC와 메모리 유지 배터리 내장
- 전원 : DC12~24V 입력, 소비 전력:13.44W (1120mA @ 12V)
- 3개의 USB 포트 (USB2.0), 이더넷 포트 (10/100 Mbps)
- RS232C 1개, RS485 1개, I2C 1개
- 전면방수형(IP65)



[그림 2.51] 통합 제어기 하드웨어

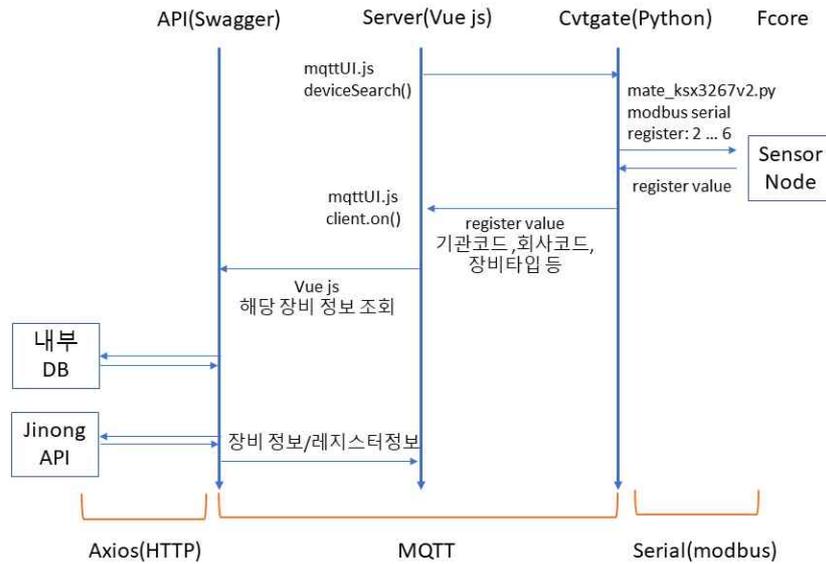
- 통합 제어기 I/O보드 설계
- POWER부: DC24V를 출력하는 스위칭 레귤레이터 소자를 사용해 임펄스 및 서지 대책을 위한 서지 업소버 장착하였다.
- RELAY부: 순간 최대 용량 10A 급 1a1b 릴레이 8ch
- 최대 DC 24V 디지털 입력부: 16ch(노이즈 필터링 회로 탑재, 채터링 제거 회로)
- Analog 입력부: 8ch, LPF회로와 그라운드를 분리하도록 회로를 설계하였으며, 입력 범위는 0~10V, 0~20mA를 지원한다.



[그림 2.52] 통합 제어기 I/O 보드

○ 스마트팜 전용 통합 제어기 운영체제 개발

- 농장 내 이기종의 각종 스마트팜 장비들을 게이트웨이로 연동하고, 각종 스마트팜 제어를 세팅하고 이를 통합관리할 수 있는 모듈로서 (주)지농의 오픈소스 FarmOS를 기반으로 전력선 통신과 스마트팜 표준 KS X 3267 규격에 맞추어 데이터 변환 기능을 갖춘 스마트팜 OS로서 IROS를 개발하였다.



[그림 2.53] IROS 통신 구조

- (IROS/conf/localcouple.json) 각 통신 관련 접속 계정 관리 (DB, MQTT 등) host, user 시리얼 통신 포트 설정한다.

```

},
    "dsmate": {
        "mod": "mate_ksx3267v2",
        "class": "KSX3267MateV2",
        "opt": {
            "conn": [
                {
                    "method": "rtu",
                    "port": "/dev/ttyACM0",
                    "baudrate": 9600,
                    "timeout": 5
                }
            ],
            "sleep": {
                "time": 3,
                "obs": 10,
                "noti": 2
            }
        }
    },
    "children": [

```

```

    ]
}
}
}

```

- (IRSOS/gate/ksx3267v2.py) def writeblk(self, blk), 메시지 수신 시 콜 되는 함수 (장비 검색 요청 등을 위해) startdetection(params, blk.getopid()) 함수를 호출한다.

```

def writeblk(self, blk):
    print "received message", blk.getdevid(), self._coupleid
    if BlkType.isrequest(blk.gettype()) is False:
        self._logger.warn("The message is not request. " + str(blk.gettype()))
        return False
    response = Response(blk)
    cmd = blk.getcommand()
    nd = self._devinfo.finddevbyid(blk.getnodeid())
    dev = self._devinfo.finddevbyid(blk.getdevid())
    if blk.getdevid() == self._coupleid:
        params = blk.getparams()
        if cmd == CmdCode.DETECT_DEVICE:
            print "detect device"
            code = self.startdetection(params, blk.getopid())
        elif cmd == CmdCode.CANCEL_DETECT:
            print "cancel to detect device"
            code = self.canceldetection(params)
        else:
            self._logger.warn("Unknown Error. " + str(blk) + ", " + str(dev))
            code = ResCode.FAIL
    elif dev is None:
        self._logger.warn("There is no device. " + str(blk.getdevid()))
        code = ResCode.FAIL_NO_DEVICE

```

- (IRSOS/gate/ksx3267v2.py) 사용 가능한 입출력 포트를 검색한다.  
def startdetection(self, params, opid) 함수를 사용하며, params : 검색 포트(시작, 끝), opid: 명령id의 검색할 포트의 범위를 설정한다.

```

def startdetection(self, params, opid):
    if self._detection["opid"] != 0:
        self._logger.info("detection is processing.... so this command would be ignored.")
        return ResCode.FAIL
    self.setdetection(True, opid)
    if params:
        self._detection["saddr"] = params['saddr']

```

```

self._detection["eaddr"] = params['eaddr']
self._detection["port"] = params['port']
else:
self._detection["saddr"] = 1
self._detection["eaddr"] = 5
self._detection["port"] = None
return ResCode.OK

```

- (IRSOS/gate/ksx3267v2.py) def detectone(self, port, conn) 함수는 장비 검색 요청 시, 시작 주소에서 부터 끝 주소까지 시리얼 통신을 시도하여 사용가능한 통신포트를 리턴하며, 포트 등록을 위한 함수 readregister(conn, KSX3267MateV2.\_DEVINFOREG, 6, unit) 함수를 호출한다.

```

def detectone(self, port, conn):
    detected = {}
    if self._detection["port"] is not None and port not in self._detection["port"]:
        return detected
    for unit in range(self._detection["saddr"], self._detection["eaddr"]):
        if self._isdetecting == False or self._isexecuting() == False:
            self._logger.info("A port " + str(port) + " detection is canceled.")
            break
        tempid = port + "-" + str(unit)
        noti = Notice(None, NotiCode.DETECT_NODE_STARTED, devid=tempid) # Detection
Started
        if noti:
            noti.setkeyvalue("opid", self._detection["opid"])
            self.writecb(noti)
        noti = None
        info = None
        res = None
        for _ in range(3):
            res = self.readregister(conn, KSX3267MateV2._DEVINFOREG, 6, unit)
            if res is None or res.isError():
                continue

```

- (IRSOS/gate/farmosdb.py) def \_writedata(self, time, nvalue, dataid)함수는 실시간으로 수집한 관측 데이터를 지정한 데이터베이스에 DB(current\_observation table) 형태로 업데이트한다.

```

def _writedata(self, time, nvalue, dataid):
    params = [time, nvalue, dataid]
    print FarmosDB._CUROBS_QUERY, params
    with self._lock:

```

```

try:
    if self._isconnected is False:
        self.connect()
    self._cur.execute(FarmosDB._CUROBS_QUERY, params)
    self._cur.execute(FarmosDB._OBS_QUERY, params)
    self._conn.commit()

```

z

- (IRSOS/ui/src/mqttUI.js) MQTT 프로토콜에 따라 메시지를 송신하는 함수

```

deviceSearch (startPort, lastPort) {
    console.log('deviceSearch()')
    const coupleId = store.getters['cvtgate/getCvtgate'].couple
    console.log('coupleId: ' + coupleId)
    const opid = createOpid()
    console.log('opid: ' + opid)

    const item = {
        topic: `cvtgate/${coupleId}/self/req`,
        body: { 'content': { 'id': coupleId, 'cmd': 1001, 'param': { 'saddr': startPort, 'eaddr':
lastPort }, 'opid': opid }, 'exkey': null, 'type': 200, 'nid': null, 'extra': null },
        res: null
    }

    console.log(item)
    // body: { 'content': { 'id': coupleId, 'cmd': 1001, 'param': {}, 'opid': opid }, 'exkey': null,
'type': 200, 'nid': null, 'extra': null },
    // body: { 'content': { 'id': coupleId, 'cmd': 1001, 'param': { 'saddr': 1, 'eaddr': 3, 'port':
'USB0' }, 'opid': opid }, 'exkey': null, 'type': 200, 'nid': null, 'extra': null },
    store.commit('mqtt/setOpid', [opid, item])
    store.commit('mqtt/setDeviceOpid', opid)
    store.commit('mqtt/setTryReq', [true, 1])

    console.log(store.getters['mqtt/getOpid'](opid))
    console.log(store.getters['mqtt/getOpidResLast'])

    client.publish(`cvtgate/${coupleId}/self/req`, JSON.stringify(item.body), { qos: 2 })
},

```

- 이밖에도 온실내의 센서와 구동기 장비로부터 수집된 데이터를 선택적으로 불러와,  
데이터 비교, 조건조회, 가시화에 필요한 함수들을 개발하여 OS에 포함하였다.



01 센서정보 02 환기부하,난방부하 03 온실온도 04 개폐기상태  
# 데이터 선택 버튼

[그림 2.54] GUI 화면

- 스마트 개폐기에 의한 천측창 개폐 제어: Farm OS를 이용해 스마트 개폐기로 천측창의 개도율을 제어하도록 했으며, Level 0,1,2으로 제어 수준을 나누어 수동 ON/OFF제어, 시간 지정 제어, 개방도 지정 제어를 선택할 수 있으며 시간과 조건에 따라 복합적으로 혼합하여 운용할 수 있도록 하였다.



01 제어이력  
제어이력 UI를 여는 버튼입니다.

02 개폐 초기값설정  
아래 그림에 있는 개폐초기 설정 UI를 여는 버튼입니다.

03 기본 제어  
열기, 닫기, 중지를 할 수 있는 Level0 단계 기능입니다.

04 시간지정 제어  
시간을 지정하여 열기 닫기를 할 수 있는 Level1 단계 기능입니다.

05 개방도 제어  
개방도를 지정 하여 동작 할 수 있는 Level2 단계 기능입니다.

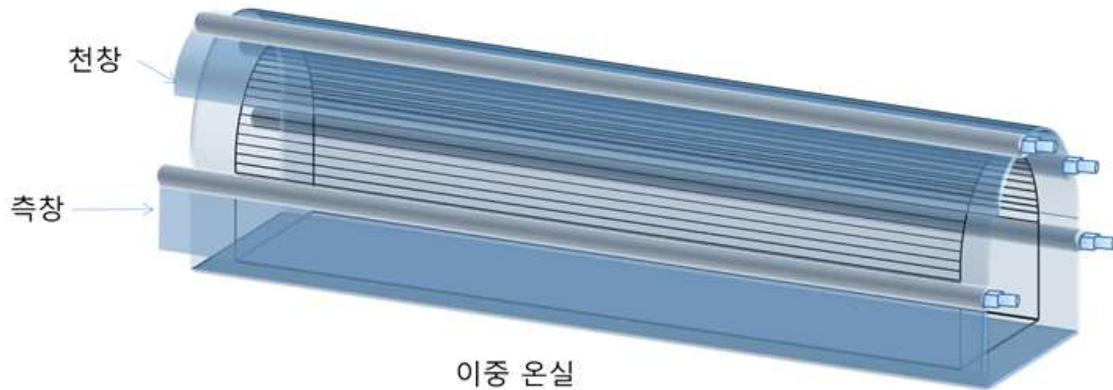
06 초기값 설정  
개폐기의 초기값인 열기,닫기 시간을 설정하는 화면입니다.



[그림 2.55] 스마트 개폐기 GUI 화면

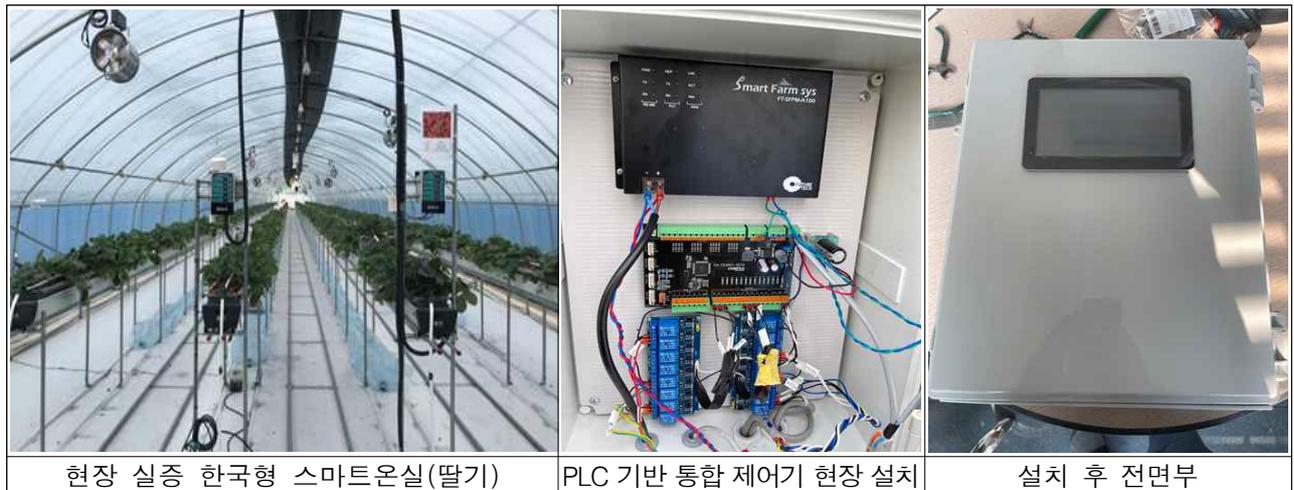
## (2) 시제품 실증을 위한 현장 설치 및 시험

- 스마트팜 통신 표준 KS X 3267 규격에 맞추어 개발한 전력선 통신 기반의 온실 통합 제어기는 국립농업과학원 스마트 온실 테스트베드에 설치하여 현장 실증과 적응성을 평가하였다.
- 실증용 공시 온실 : 국립농업과학원 농업공학부 내 한국형 스마트 온실 테스트베드
- 재배 작물 : 딸기
- 온실 규격 : 폭 7.2m x 길이 75m x 측고 1.7m
- 시험 기간: 2021. 06. 10 ~ 06. 30
- 실증 온실 구성



이중 온실

[그림 2.56] 실증 온실 구성



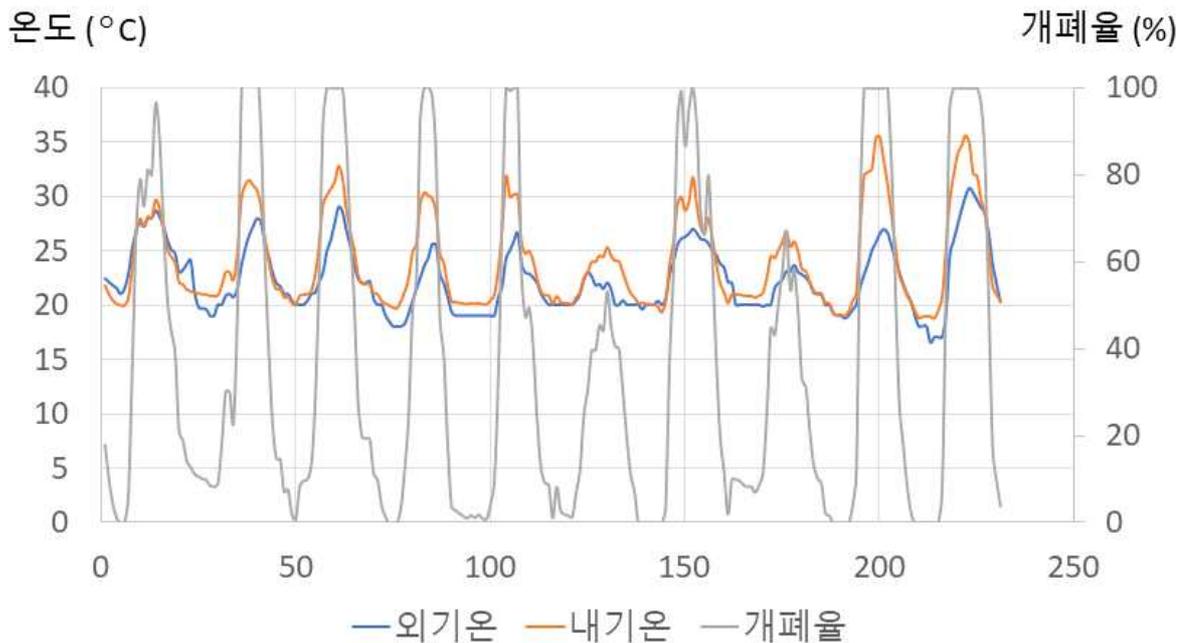
[그림 2.57] 한국형 스마트온실(딸기)에 PLC 기반 통합 제어기 설치 후 현장 실증

- 본 과제는 약 1년 기간 동안 연구개발과 결과물의 실증을 거치도록 되어 있어 4계절의 변화에 따른 온실재배의 환경제어 특성을 충분히 시험하고 평가하는데 한계가 있었으며, 실증 기간 동안의 계절적 환경에 맞추어 온도 변화에 따른 스마트 개폐기의 작동 특성을 평가하였다.
- 외부 기상과 온실 내부와의 온도 차이에 따른 천측창의 비레제어 특성을 평가하고 시험 했으며, 설정한 온도에 따라 스마트 개폐기의 비레 제어 동작이 정상적으로 작동하는 것을 확인하였다.



[그림 2.58] PLC 기반 통합 제어기에 의한 스마트 개폐기의 개도율 비례 제어

- 6월 11일과 6월 20일 사이의 외부 기상과 온실 내부와의 온도 차이에 따른 스마트 개폐기의 비례 제어 가동 상태를 기록한 결과를 보면, 내외부의 온도차에 따라 개도율이 비례적으로 잘 제어되고 있음을 확인할 수 있었다.



[그림 2.59] 실내외 온도차에 따른 스마트 개폐기의 개도율 비례 제어

### (3) 저작권 등록

- [그림 2.60]는 오픈소스 기반 전력선 스마트팜 개방형 제어기에 대한 소프트웨어 저작권 등록증이다.
- 오픈소스인 Farm OS를 기반으로 온실 내부에 장착된 센서와 구동기들의 장비 ID를 식별하고, 등록하며, 획득된 값들을 실시간으로 데이터 베이스에 저장하고, 가시화할 수 있는 스마트팜 운영 시스템으로 IROS를 개발하여 적용하였다.



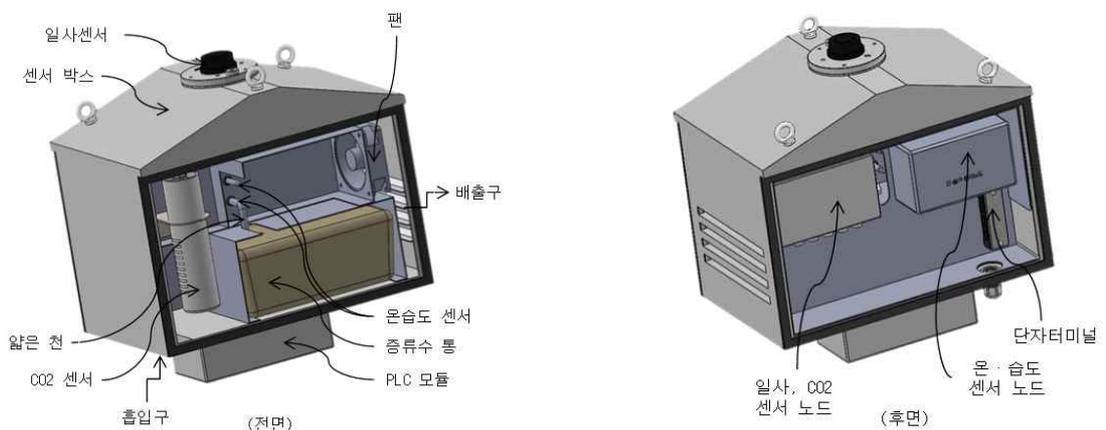
[그림 2.60] 저작권 등록증

## 5) 스마트 센서박스 및 개도울 인식 개폐기 제품 개발, 상용화 - 공동연구기관(태경자동화시스템)

### (1) 전력선 통신 기반의 상업용 스마트 센서 박스 개발

#### 가. 아날로그 온습도 센서 박스의 상세 구성

[그림 2.61]은 아날로그 온습도 센서 박스의 구성이다.



[그림 2.61] 아날로그 온습도 센서 박스 구성

- 환경 센서(온도, 습도, CO2, 일사량), 센서 노드, 전력선 통신 프로토콜 변환기로 구성하였다.
- 고온, 고습, 분진환경에 보호될 수 있는 복합환경 계측 스마트 센서 박스 설계 : 센싱부 외부 노출 및 센싱부 외·내부 밀봉하였다.
- 건구 온도계와 습구 온도계를 동시에 설치하여 온도를 통해서 습도를 측정할 수 있도록 하였으며, 박스 외부에 비교할 수 있는 온도계 설치하였다.
- 공기가 최저 2.2m/s에서 최대 10m/s의 속도를 가지고 온도계의 수평으로 흘러가도록 구조를 만들고 팬을 설치하였다.

#### 나. 아날로그 온습도 센서 박스의 주요 부품 선정결과

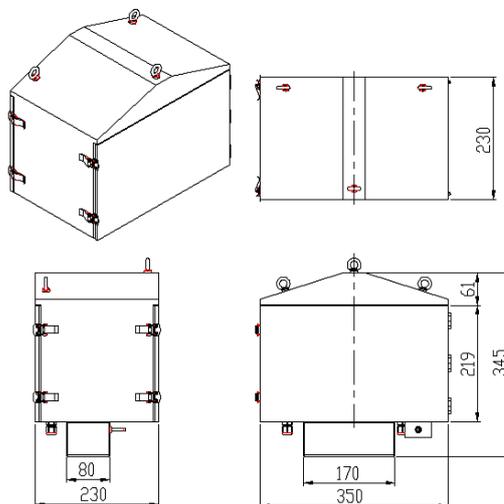
<표 2.38>의 주요 부품을 선정하였다.

<표 2.38> 아날로그 온습도 센서의 주요 부품

항목	사양	비고
온습도 센서	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사양: NTC 10K 3950(써미스터)</li> <li>- 온도에 비례하여 저항값이 변화하며, 섭씨 25도에서 10K 옴의 저항값을 가짐</li> <li>- 온도 측정을 위해서는 ADC를 포함한 아날로그 디지털 회로가 필요함</li> </ul>	
CO2 센서	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사양: KBD-HP(코리아디지털 제품)</li> <li>- 공급전원: 12~24VDC</li> <li>- 통신출력: RS485</li> <li>- 정밀도: ±(3% F,S+2% Reading)</li> <li>- 외형크기: Ø43 x 161mm</li> </ul>	
일사 센서	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사양 : SWSR-7500(코리아디지털 제품)</li> <li>- 검출범위: 0~2000W/m2</li> <li>- 검출방식: Silicon Photodiode</li> <li>- 공급전원: 3.3VDC</li> </ul>	

#### 다. 아날로그 온습도 센서 박스의 조립도면

[그림 2.62]은 아날로그 온습도 센서 박스의 조립도면이다.



[그림 2.62] 아날로그 온습도 센서 박스 조립도면

**라. 아날로그 온습도 센서 박스의 시제품**

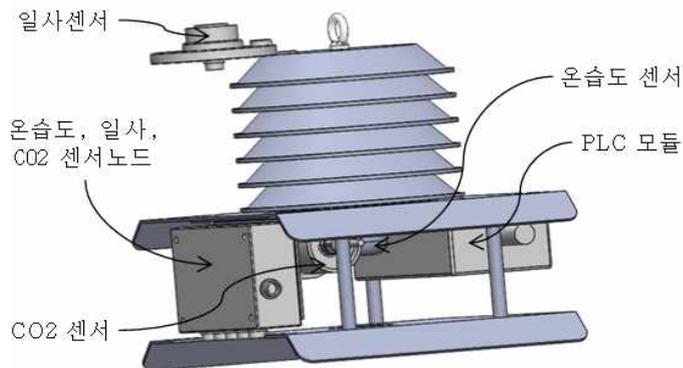
[그림 2.63]은 아날로그 온습도 센서 박스의 시제품 사진이다.



[그림 2.63] 아날로그 온습도 센서 박스 시제품

**마. 디지털 온습도 센서 박스의 상세구성**

[그림 2.64]은 디지털 온습도 센서 박스 상세구성이다



[그림 2.64] 디지털 온습도 센서 박스 상세 구성

**바. 디지털 온습도 센서 박스의 주요 부품 선정결과**

<표 2.39>의 주요 부품을 선정하였다.

<표 2.39> 디지털 온습도 센서 박스의 주요 부품

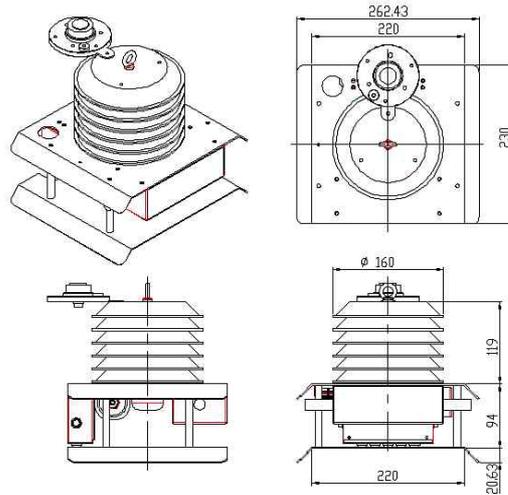
항목	사양	비고
온습도 센서	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사양: KCD-TH7310(디지털코리아 제품)</li> <li>- 검출방식: 습도→정전용량 방식 온도→반도체 방식</li> <li>- 통신출력: RS485</li> <li>- 외형크기: Ø24 x 95mm</li> </ul>	
CO2 센서/일사 센서	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 아날로그에 적용한 제품과 동일</li> </ul>	

○ 실내 환경 스마트 센서 박스를 개발(디지털 온습도 센서 타입 적용)하였다.

- 환경 센서(온도, 습도, CO2, 일사량), 센서노드, 전력선 통신 프로토콜 변환기로 구성하였다.

**사. 디지털 온습도 센서 박스의 조립도면**

[그림 2.65]은 디지털 온습도 센서 박스의 조립도면이다.



[그림 2.65] 디지털 온습도 센서 박스 조립도면

**아. 디지털 온습도 센서 박스의 시제품**

[그림 2.66]은 디지털 온습도 센서 박스의 시제품 사진이다.



[그림 2.66] 디지털 온습도 센서 박스 시제품

**자. 전력선 통신 기반의 상업용 스마트 센서 노드 개선결과**

- 기존의 센서 노드를 이용하여 복합 환경 센서 수용 가능한 센서 노드(<표 2.40> <표 2.41>)로 변환하였다.

<표 2.40> 온습도(아날로그 타입) 센서 노드(KS 표준기반)

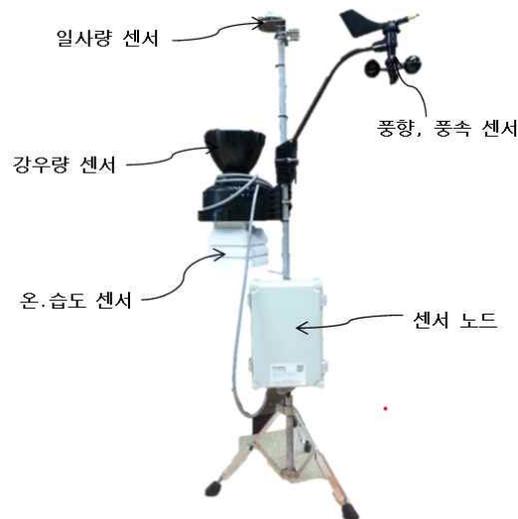
항 목	사 양	사 진
외형치수	- 130 x 80 x 60mm	
센서 입력	- 3 CH(아날로그)	
통신방식	- RS485, MODBUS RTU	
전원	- DC 12V 1A	

<표 2.41> 온습도(디지털 타입), CO2, 일사 센서 노드(KS X 3267 표준기반)

항 목	사 양	사 진
외형치수	- 130 x 30 x 85mm	
센서 입력	- 4 CH(RS485-2CH, 12C-2CH)	
통신방식	- RS485, MODBUS RTU	
전원	- DC 12V 3A	

#### 차. 외부 기상 환경 센서 구성

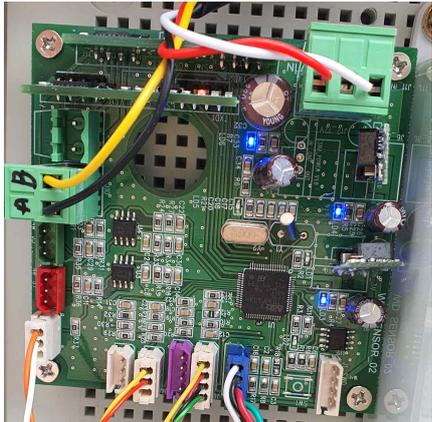
[그림 2.67]은 외부 환경 센서 구성이다.



[그림 2.67] 외부 환경 센서 구성

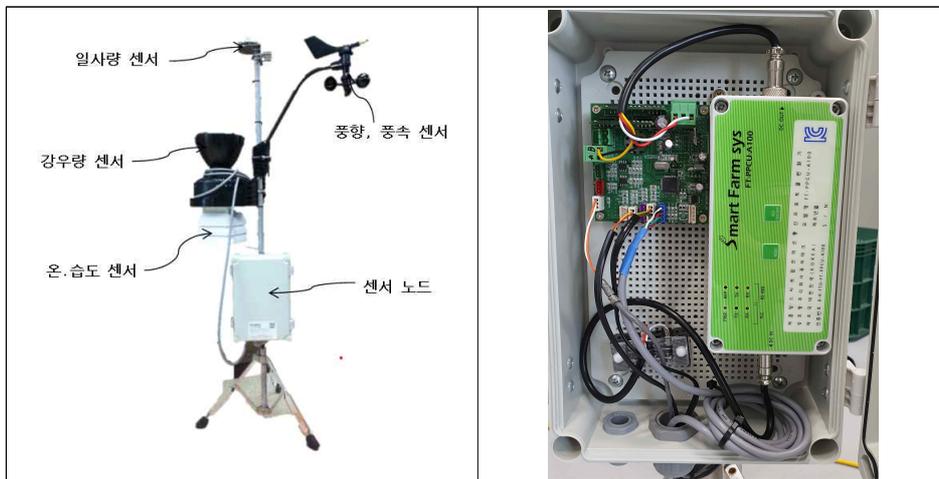
### 카. 외부 기상 환경 센서 노드

<표 2.42> 외부 기상 환경 센서 노드(KS 표준기반)

항 목	사 양	사 진
외형치수	- 300 x 200 x 130mm	
통신속도	- 9600, 8, 1, none	
통신방식	- RS485, MODBUS RTU	
전원	- DC 12V	

### 타. 외부 기상 환경 센서 시제품

[그림 2.68]은 외부 환경 센서 시제품 사진이다.

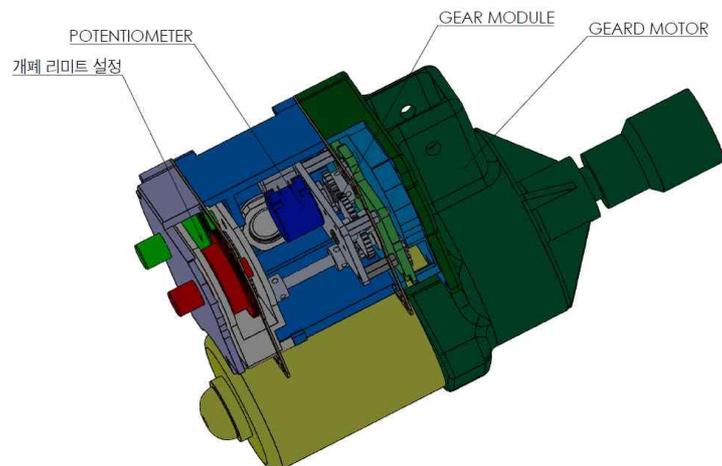


[그림 2.68] 외부 환경 센서 시제품

## (2) 전력선 통신 기반의 개도를 인식 개폐기 개발

### 가. 개도를 인식 개폐기의 상세 구성

[그림 2.69]은 개도를 인식 개폐기의 구성이다.



[그림 2.69] 개도를 인식 개폐기 구성

- 옥외 사용환경의 고온적응성, 방수방진 성능 등 내환경성을 고려해 설계하였다.
- 개도율 측정용 포텐셜미터가 설치되는 스마트 외부 케이싱 설계하였다.
- 액츄에이터의 리밋 설정부와 연결되는 변환기어 설계하였다.
- 포텐셜미터 및 변환기어가 설치되는 고정 플레이트 설계하였다.
- 개폐기의 동작범위를 설정할 수 있는 설정부와 조작 한계를 검출 할 수 있는 센서 기능이 있다.

**나. 개도율 인식 개폐기의 주요 부품 선정결과**

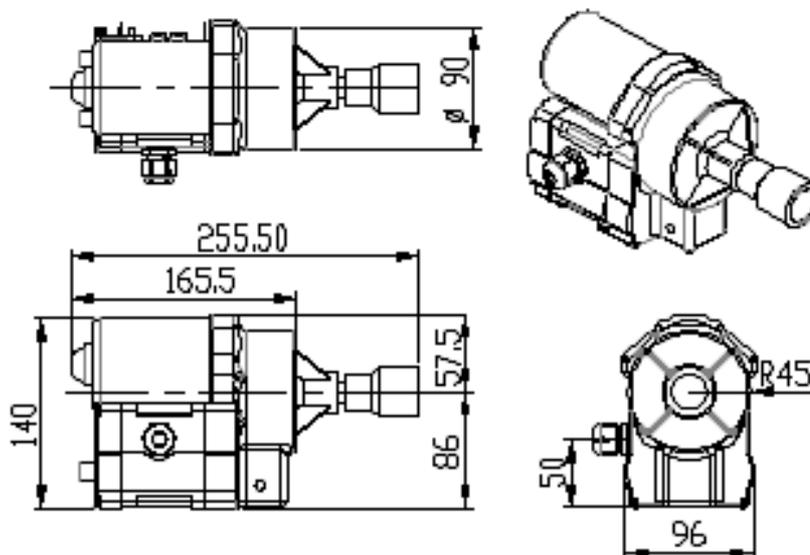
<표 2.43>과 같이 주요 부품을 선정하였다.

<표 2.43> 개도율 인식 개폐기의 주요 부품

항목	사양	비고
개폐기 모터 (우성하이텍)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Operation voltage : DC 24V 2.6A</li> <li>- Torque : 4.0kg·cm</li> <li>- RPM : 3.5</li> <li>- Weight : 2.4Kg</li> </ul>	
포텐셜미터	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Standard Resistance Range : 1K ohms</li> <li>- Total Resistance Tolerance : ±5%</li> <li>- Effective Electric Angle : 3600° +10°, -0°</li> <li>- Independent Linearity : ±0.25%</li> </ul>	
케이블	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사양 : VCT 6C*0.75 Sqmm</li> <li>- 절연체 재료 : PVC(염화비닐)</li> </ul>	
케이블그라운드	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 케이블 적용 Size : Ø5~Ø10mm</li> <li>- 색상 : Gray</li> <li>- 사양 : KA-PG11G</li> </ul>	

**다. 개도율 인식 개폐기 조립도면**

[그림 2.70]은 개도율 인식 개폐기의 조립도면이다.



[그림 2.70] 개도율 인식 개폐기 조립도면

## 라. 개도율 인식 개폐기 시제품

[그림 2.71]은 개도율 인식 개폐기의 시제품 사진이다.



[그림 2.71] 개도율 인식 개폐기 시제품

## (3) 스마트 센서 박스 및 스마트 액츄에이터 모듈 현장 설치 시방 및 브라켓 개발

### 가. 스마트 센서 박스

<ul style="list-style-type: none"> <li>-외부 기상 환경 센서는 시설 지붕 높이보다 1m이상 높게 설치하되 피뢰침 아래에 놓이도록 설치한다.</li> <li>-풍향 및 풍속 센서의 기준방향은 북쪽을 향하게 설치한다.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>-스마트 센서 박스(내부)는 온실의 출입구 쪽 약 10m정도 떨어져 작물의 성장점 부근에 설치한다.</li> <li>-센서 박스는 지면에서 약 1.5m 높이에 위치에 설치한다.</li> </ul>	

[그림 2.72] 스마트 센서 박스 설치 시방

### 나. 스마트 구동기 노드

<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mount를 Post에 조립(3-M5x12L)한다.</li> <li>-스마트 구동기 노드를 Mount에 조립(4-M5x15L)한다.</li> <li>-Post를 지면으로부터 200mm 정도 깊이로 묻고 고정하는 방법과, Post를 하우스 기둥에 묶는 방법을 선택한다.</li> <li>-스마트 구동기 노드의 케이블을 Post에 케이블 타이로 고정한다.</li> <li>-단, 햇볕이 쬐는 노출된 장소에 설치 시 차광 커버를 설치한다.</li> </ul>	
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

[그림 2.73] 스마트 구동기 노드 설치 시방 및 브라켓

#### 다. 개도를 인식 개폐기

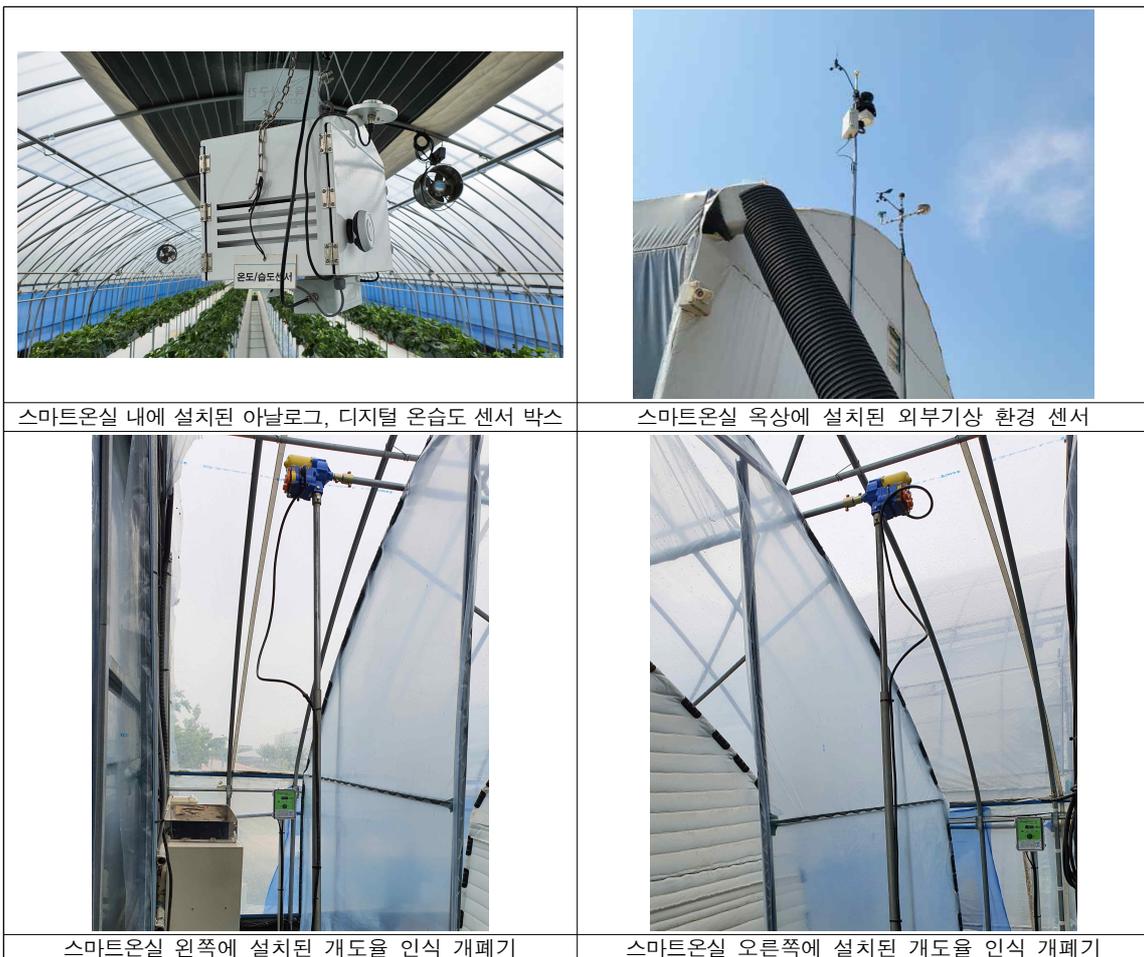


[그림 2.74] 개도를 인식 개폐기 설치 시방

#### (4) 시제품 실증을 위한 현장 설치

- 실증 대상온실 : 국립농업과학원 농업공학부 내 한국형 스마트 온실 테스트베드
  - 재배 작물 : 딸기
  - 온실 규격 : 폭 7m x 길이 75m x 높이 1.7m

<표 2.44> 현장 설치



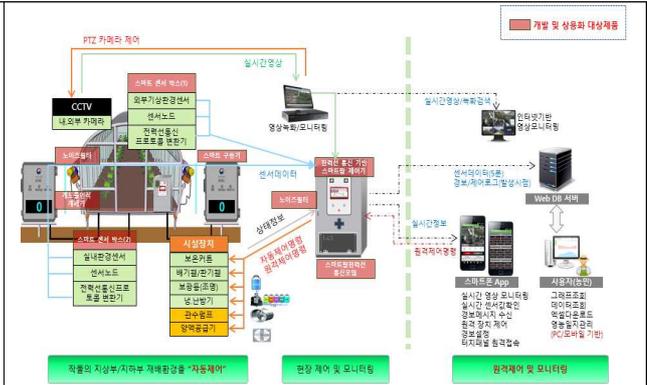
## 6) 전력선 통신 기반의 스마트팜 개발 기술 현장 적용성 평가 - 공동연구기관(국립농업과학원)

### (1) 전력선 통신 기반 스마트팜 개발 기술 적용 스마트온실 구성(안) 설계

- 실증 대상온실: 국립농업과학원 농업공학부 내 한국형 스마트온실 테스트베드
  - 내재해 규격 단동온실(7-04): 폭 7m × 측고 1.7m × 길이 75m
  - 시설유형 및 재배작물: 고설 수경재배방식으로 딸기(설향) 재배
  - 적용 대상 시제품은 전력선 통신 기반 스마트팜 제어기, 스마트 센서 박스, 개도를 인식 개폐기, 스마트 구동기 노드, 전력선 통신 프로토콜 변환기, 스마트팜 전력선 통신 모뎀이다.



한국형 스마트온실(적용대상온실)



전력선 통신 기반 개발된 시제품 적용 스마트온실 구성도

### (2) 개발된 시제품 관련 현장적용 평가(안) 협의회(21.2.25.) 및 전문가 의견(자문)

- 현장에 설치할 제어 및 통신선, 제어판넬 등 UV(자외선) 및 난연소성 처리 재질 선정이 중요하다.
- 스마트온실 테스트베드 현장 적용평가 대비 사전 점검사항 및 자문의견을 구하였다.
  - 전력선 통신과 RS485 모드버스 인터페이스 표준 사전검토를 하였다.
  - 스마트온실 테스트베드 센서류/구동기/시설 정비 및 성능 사전점검을 하였다.
  - 표준통신 기반 센서류/구동기류 기자재 통합환경 사전점검을 하였다.
  - 추가로 생육 환경데이터를 활용한 성능 검정방안 논의 필요하다.
  - 표준(안) 개정에 적합한 스마트온실 ICT 기반 핵심장비 검정방안 마련 필요하다.
  - (내환경성 평가 관련) 현장적용 평가시험도 필요한 것이라고 판단되나, 장기간 고온다습 환경에 설치되는 특성상 온실 내·외부로 나누어 내환경성 평가시험 기준을 마련하여 시험하는 것이 유의미한 결과를 가져올 것이라고 사료된다.



전력선 통신 기반 스마트팜 시스템 현장적용 평가시험 관련 전문가 자문

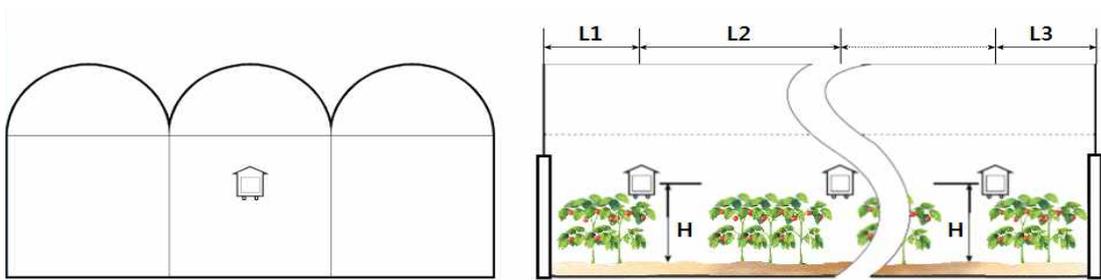
**(3) 전력선 통신 기반 개발된 시제품 적용 스마트온실 운영실증 설치(안) 도출**

- 스마트온실 기본구성으로 센서 노드, 구동기 노드, 온실 환경 제어기를 선정하였다.
- ※ 스마트온실 적용성 평가를 위한 적정설치 가이드라인을 다음과 같이 마련하였다.

**가. 센서 노드(내·외부 센서, 스마트 센서 박스, 전력선 통신 변환기 및 모뎀 포함)**

- 센서 노드는 온도, 습도, CO<sub>2</sub>, 감우, 일사, 풍향, 풍속 등 실내외 센서류와 센서로부터 검출된 아날로그 정보를 A/D 컨버터, RS485, 전력선 통신(PLC) 등 통신 수단을 통해 데이터를 수집하는 장치와 인터넷 연결을 위한 통신 장치이다.
- 온실 내·외부의 온도, 습도, CO<sub>2</sub>, 감우, 일사, 풍향, 풍속 등을 측정하므로 설치 장소에 따라 측정값 차가 발생할 수 있고, 직사광선을 받지 않도록 적절한 보호 장치를 갖추고, 알맞은 위치에 센서를 설치할 수 있어야 한다.
- 센서 감지부에 햇빛이 직접 닿으면 온도가 급격히 상승하여 환기창이 열리는 등 잘못된 동작을 할 수도 있으므로 필히 직사광이 닿지 않도록 백엽상(센서박스)이 있어야 한다.
- 온도, 습도, CO<sub>2</sub>, 센서는 온실의 출입구 쪽에서 약 10m 정도(L1, L2) 떨어져 작물의 생장점 부근에 설치하는 것이 좋으며, 이 경우 작물이 자라면서 필요에 따라 센서의 높이(H)를 알맞게 조절해 줄 필요가 있으므로 설치위치 조정이 가능하도록 해야 한다.

※ 센서를 고정할 경우 지면에서 약 1.5m 높이에 위치하도록 한다.



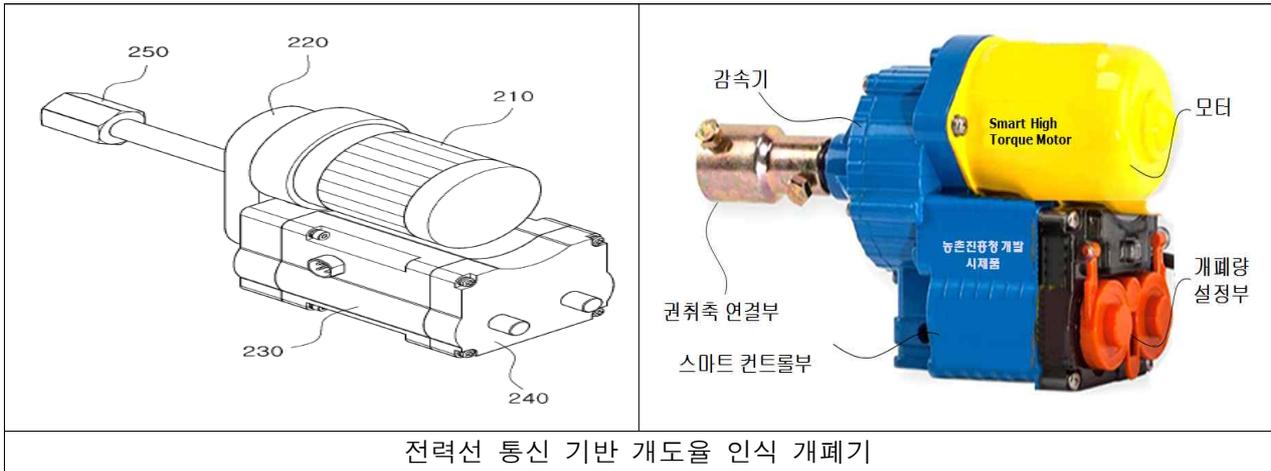
[그림 2.75] 스마트온실 내부 스마트 센서박스 설치위치

- 온실 내부는 주·야간 온도 차로 인해 결로가 생기는 등 다습한 환경이므로 방수, 방습 기능이 있어야 한다.
- 온실 환경제어시스템과 연동을 위해 RS485/Ethernet/전력선 통신 등 통신기능을 갖추어야 한다.
- CO<sub>2</sub> 센서는 적외선흡수식 듀얼센서가 권장되며, 측정의 정확도를 높이기 위하여 센서 감지부에 실내 공기를 유동시킬 수 있도록 하기 위한 팬이 설치되어야 한다.
- 외부 기상 센서는 시설 지붕높이보다 1m이상 높게 설치하되 피뢰침 아래에 놓이도록 하며, 풍향 및 풍속 센서의 기준방향은 북쪽방향을 향하도록 설치해야 한다.

**나. 구동기 노드(개도율 인식 개폐기, 전력선 통신 변환기 및 모뎀 포함)**

- 구동기 노드는 온실 환경 제어기의 장치 제어명령에 따라 개도율 인식 개폐기, 천측창, 커튼, 환기팬 장치를 구동할 수 있도록 인터페이스 규격에 따라 릴레이 보드나, 계전기 판넬에 장치 제어 신호를 출력한다.

- 개도율 인식 개폐기는 권취 파이프의 회전각을 이용하여 개도율을 0~100%로 직접 측정 및 개도율 기반 정밀 제어가 가능한 개폐장치이며, 개폐기에 전력을 공급하는 전력선을 이용한 전력선 통신 기술을 적용하여 개도율을 센싱 및 피드백 제어하기 위한 부가적인 통신선 배선이 필요없어 현장 설치가 간편하다.
- 통합 제어장치는 스마트온실 자동제어관리 프로그램을 포함하며, 외부기상과 내부기상에 따라 제어되고 정확하게 작동할 수 있어야 한다.
- 제어 대상으로 천창개폐기, 측창개폐기, 스크린 모터, 유동팬, 인공광, 기타 필요시설을 선정하였다.



전력선 통신 기반 개도율 인식 개폐기

**다. 온실 환경 제어기(전력선 통신 기반 스마트팜 제어기, 전력선 통신 변환기 및 모뎀 포함)**

- 온실 환경 제어기는 전력선 통신(PLC) 기반 통합 제어기 등으로 구성되며, 센서 노드의 정보에 따라 설정된 값, 또는 알고리즘에 따라 환기, 난방, 차광, 보온 등의 제어명령을 출력한다.
- 필요에 따라 센서 노드 및 구동기 노드와 통합하여 구성할 수 있으며, 이때 RS485, 전력선 통신(PLC) 등 통신을 통해 계측장치와 직접 통신하도록 구성한다.
- 원격네트워크 단절 시에도 로컬 현장에서 동작할 수 있도록 자체 자동화 운전기능을 갖추도록 구성해야 한다.
- 환경, 신호수집 제어를 위한 충분한 입출력단자가 있어야 하며, 시설확장 및 장비 추가 시를 대비하여 변경확장이 가능하여야 한다.
- 현장 로컬 제어 뿐 아니라 웹과 스마트기기(스마트폰, 태블릿 등)로 원격 제어되어야 한다.
- 원격 제어 시 통신 두절로 인한 피해를 막기 위해 사용자가 현장에 있는 패널로 직접 제어가 가능하여야 하고, 현장에 설치된 제어기기를 이용하여 정해진 설정 값에 따라 자동으로 제어가 되어야 한다.
- 온실 환경 제어기의 펌웨어 및 운용 소프트웨어는 네트워크를 통해 자동 또는 원격 업데이트 기능이 있는 것을 권장한다.

**※ 외부 기상 센서 중 풍향·풍속 센서와 개도율 인식 개폐기를 이용한 스마트온실 내 정밀 환경관리 알고리즘을 도출하여 특허를 출원하였다.**

- 특허명 : 풍향 및 풍속에 따라 측창 및 천창을 제어하는 스마트 온실 자동 제어 장치 및 그 방법(10-2020-0177898)

#### (4) 전력선 통신 기반 스마트팜 개발기술 적용 스마트온실 실증시험

##### 가. 스마트온실 내 전력선 통신 기반 스마트팜 개발기술 구축

- 실증 대상온실 : 국립농업과학원 한국형 스마트온실 테스트베드
- 실증시험 및 적용성 평가를 위한 개발된 시제품으로 현장을 구축하였다.



[그림 2.76] 스마트온실 외부기상대(온·습도, 이슬점, 강우, 일사, 풍향 및 풍속 센서)



[그림 2.77] 개도울 인식 개폐기 및 구동기노드



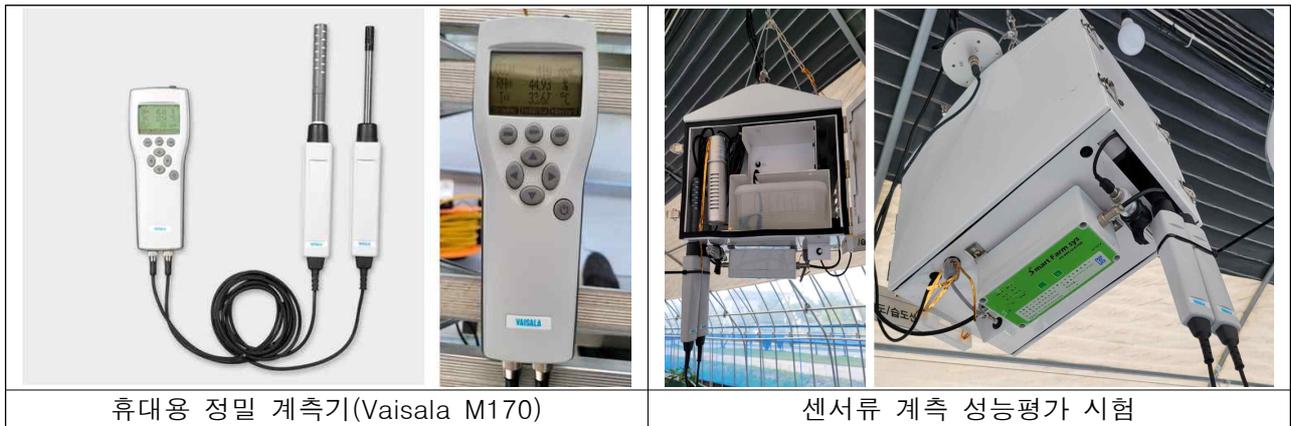
[그림 2.78] 스마트온실 환경제어기 및 센서노드(센서박스)



[그림 2.79] 전력선 통신 기반 스마트팜 제어시스템 운영실증

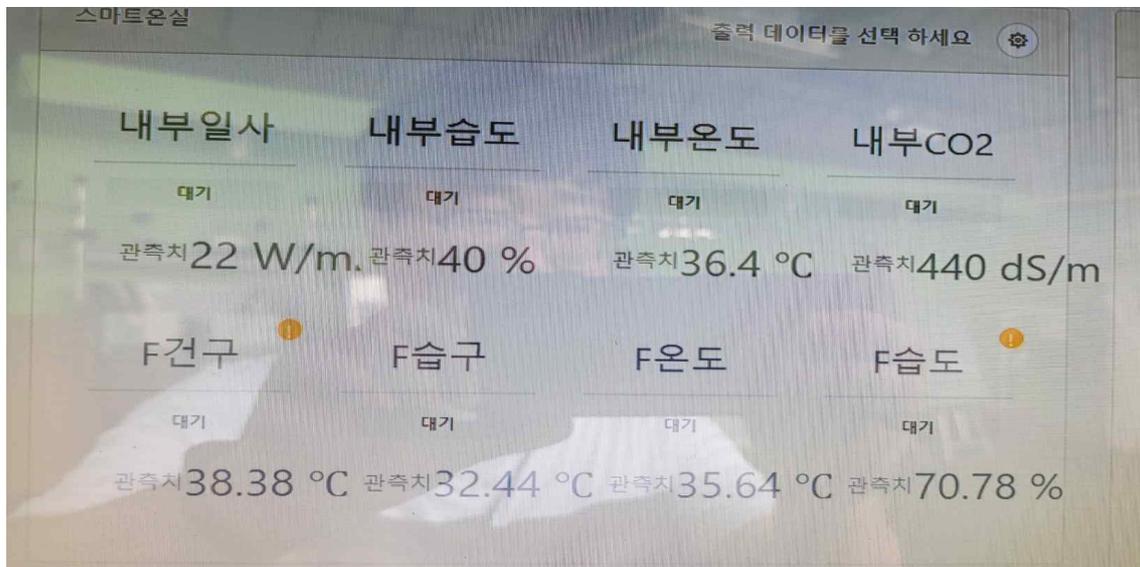
나. 전력선 통신 기반 스마트팜 제어기 연동 센서류(센서박스) 계측 성능평가

- 평가항목으로 온도, 습도, 이산화탄소 농도 센서값을 평가하였다.
- 시험방법은 시제품과 휴대용 정밀 계측기의 실측값을 비교분석하였다.
  - 휴대용 정밀 계측기를 이용한 시제품 센서계측값을 측정하였다.



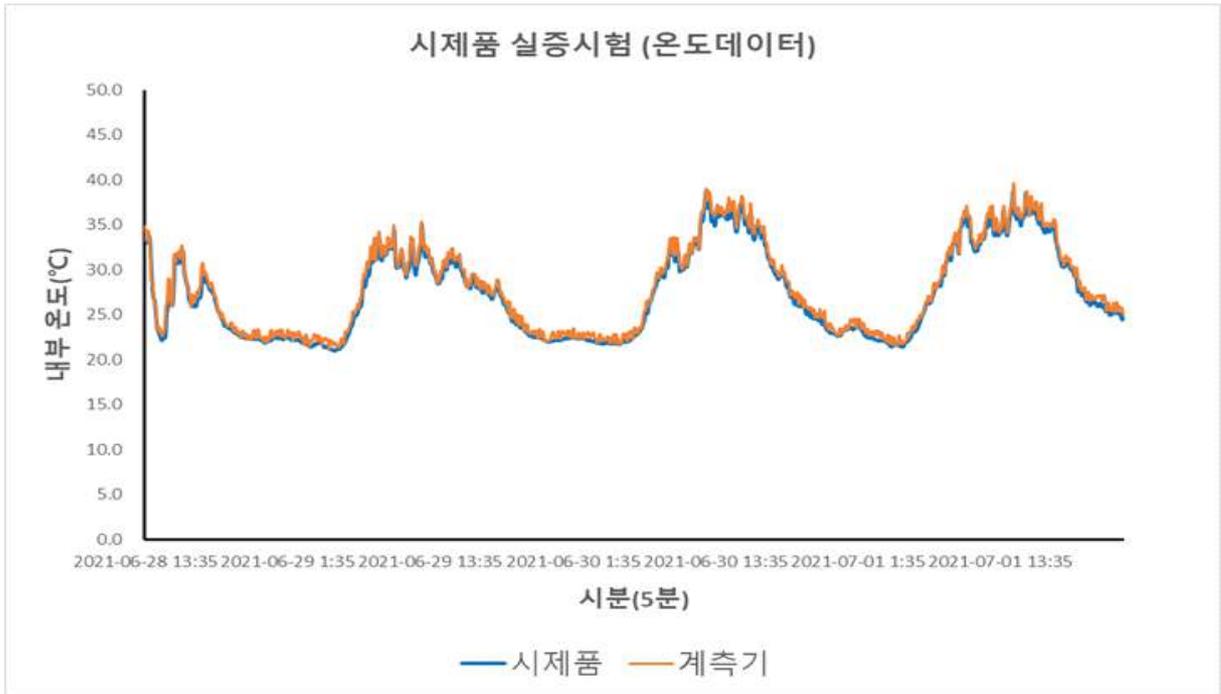
휴대용 정밀 계측기(Vaisala M170)

센서류 계측 성능평가 시험



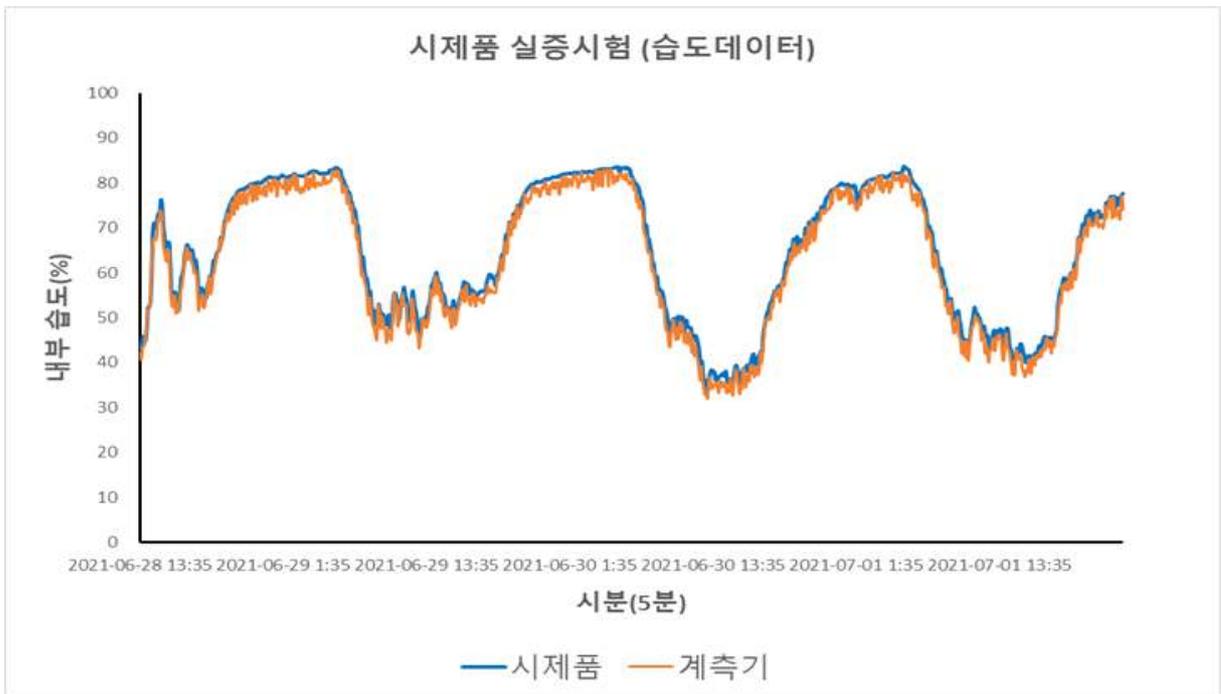
[그림 2.80] 실시간 모니터링되고 있는 시제품의 센서값 화면

- 시험결과로 동일 기간의 환경데이터를 수집하여 계측기와 시제품의 센싱 성능평가를 비교하였다.
  - 온도데이터의 프로파일은 정확하게 일치하고 있어, 개발된 전력선 통신 기반 스마트온실 환경제어시스템의 수집정보를 이용하여 온실 제어가 가능함을 알 수 있다.



[그림 2.81] 시제품 실증시험 (온도데이터)

- 습도데이터의 프로파일은 정확하게 일치하고 있어, 개발된 전력선 통신 기반 스마트온실 환경제어시스템의 수집정보를 이용하여 온실 제어가 가능함을 알 수 있다.



[그림 2.82] 시제품 실증시험 (습도데이터)

- 이산화탄소 농도데이터의 프로파일은 정확하게 일치하고 있어, 개발된 전력선 통신 기반 스마트온실 환경제어시스템의 수집정보를 이용하여 온실 제어가 가능함을 알 수 있다.



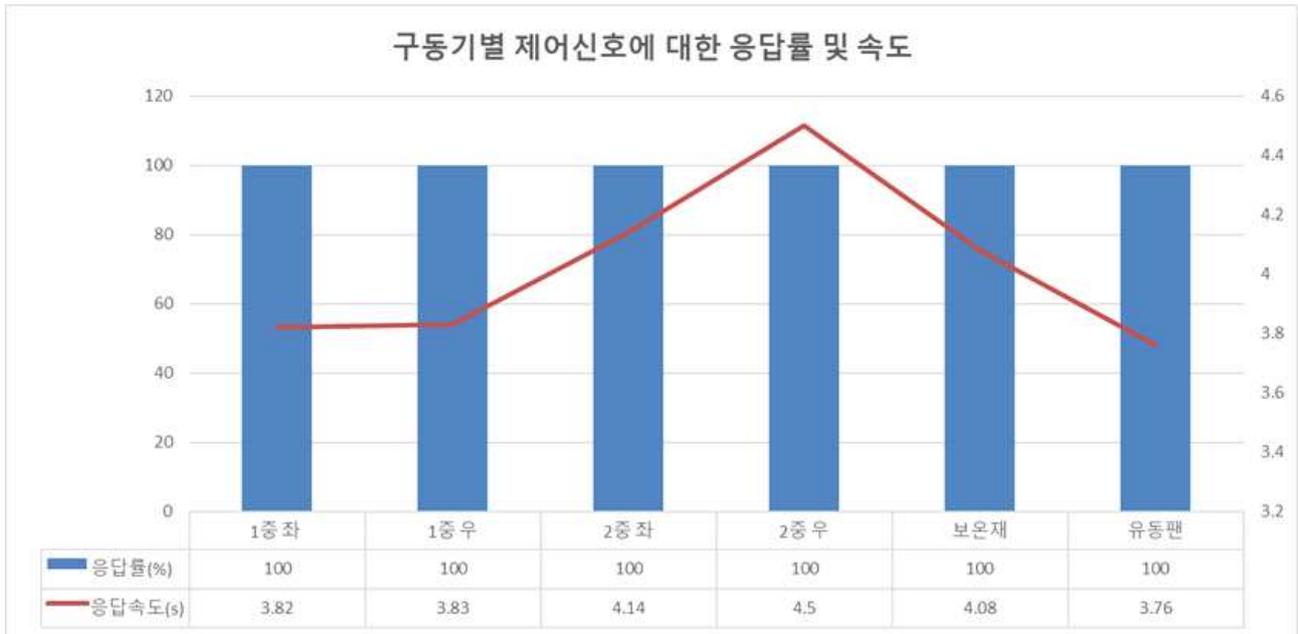
[그림 2.83] 시제품 실증시험 (이산화탄소 농도데이터)

#### 다. 전력선 통신 기반 스마트팜 제어기 연동 구동기류 제어 성능평가

- 실증온실에 설치된 6종의 구동기를 대상으로 평가하였다.
  - 구동기(6종): 1중·2중 개폐기, 보온재, 유동팬
- 시험방법은 제어신호 입력시 해당 구동기 작동 확인 유무(응답률)와 응답속도 측정하였다.
  - 응답률: 제어신호 전송횟수와 제어처리가 된 결과의 비로, 100%라면 모든 제어신호에 대해 제어처리가 되었음을 의미한다.
  - 응답속도: 제어신호를 전송한 시점과 제어처리가 시작되었다고 구동기가 응답한 시점의 차이이다.
- 시험결과로 구동기별 제어신호에 대한 응답률과 응답속도를 측정 및 분석하였다.
  - 응답률은 모든 구동기가 제어신호에 대하여 100% 작동하는 것이 확인된다.
  - 응답속도는 구동기별로 3~4초 사이의 평균응답속도가 나타났으며, 본 과제에서 목표로 한 5초이내의 응답시간을 달성한 결과로 온실 제어에 적용 가능한 수준으로 판단된다.

<표 2.45> 구동기별 제어신호에 대한 응답속도 시험결과

구동기 명	반복수(회)	평균 응답속도(초)
1중창 (좌)	10	3.82
1중창 (우)	10	3.83
2중창 (좌)	10	4.14
2중창 (우)	10	1.50
보온재	10	4.08
유동팬	10	3.76



[그림 2.84] 구동기별 제어신호에 대한 응답률 및 속도

라. 전력선 통신 기반 스마트팜 제어기 연동 개도율 기반 개폐기 제어 성능평가

- 개폐기의 개도율(%)을 평가하였다.
- 시험 방법은 개도율 제어신호 입력 시 해당 개도율 작동 확인 및 오차를 분석을 하였다.



[그림 2.85] 고정철자를 이용한 개도율 오차율 측정 및 분석

- 시험결과로 개도율 인식 개폐기 작동오차 목표 성능(5%이내) 달성하였다.
  - 5회에 걸쳐 임의적인 개폐율 설정 후 작동결과 위치의 평균오차율을 분석한 결과로 0.14~1.28%의 평균오차율이 나타났다.

<표 2.46> 개도울 인식 개폐기 실증시험 성능평가

개폐율 (%)	설정위치 (mm)	작동 결과 위치(mm)					평균오차 (mm)	평균 오차율(%)
		1회	2회	3회	4회	5회		
0	1400	1395	1400	1395	1400	1400	2	0.14
25	1015	1015	1010	1020	1025	1020	5	0.49
50	800	805	800	790	795	800	4	0.50
75	545	540	550	555	535	540	7	1.28
100	350	345	350	350	350	350	1	0.29

(5) 시제품 내환경성 개선을 위한 내환경성 시험평가

가. 개발된 시제품 관련 온실 내환경성 평가 기준 설계(안)

- 기존 1년동안의 스마트온실 테스트베드 환경데이터 분석하였다.

<표 2.47> 온·습도 환경데이터 일부(참고용)

내부				외부			
일자	시간	온도	습도	일자	시간	온도	습도
2018-10-05	22:55	21.74	99.3	2018-12-06	11:45	2.84	100
2018-10-05	22:50	21.74	99.3	2018-12-06	11:40	2.95	100
2018-10-05	22:45	21.77	99.4	2018-12-06	11:35	3.2	100
2018-10-05	22:40	21.76	99.5	2018-12-06	11:30	2.93	100
2018-10-05	22:35	21.83	99.5	2018-12-06	11:25	2.22	100
2018-10-05	22:30	21.84	99.7	2018-12-06	11:20	2.32	100
2018-10-05	22:25	21.83	99.7	2018-12-06	11:15	2.13	100
2018-10-05	22:20	21.84	99.8	2018-12-06	11:10	2.33	100
2018-10-05	22:15	21.77	99.7	2018-12-06	11:05	2.89	100
2018-10-05	22:10	21.78	99.7	2018-12-06	11:00	2.71	100
2018-10-05	22:05	21.77	99.7	2018-12-06	10:55	2.39	100
2018-10-05	22:00	21.76	99.8	2018-12-06	10:50	1.88	100
2018-10-05	21:55	21.75	99.8	2018-12-06	10:45	1.92	100
2018-10-05	21:50	21.78	99.8	2018-12-06	10:40	1.92	100
2018-10-05	21:45	21.72	99.8	2018-12-06	10:35	1.95	100
2018-10-05	21:40	21.73	99.9	2018-12-06	10:30	1.66	100
2018-10-05	21:35	21.63	99.9	2018-12-06	10:25	1.88	100
2018-10-05	21:30	21.58	99.8	2018-12-06	10:20	1.62	100
2018-10-05	21:25	21.47	99.7	2018-12-06	10:15	1.46	100

<표 2.47> 온·습도 범위설정) 기존 스마트온실 환경데이터 최고 및 최저값 분석결과

	외부		내부		
	온도	습도	온도	습도	
최고	40.3	99	최고	43.9	99.9
최저	-11.4	22	최저	3.8	11.7

나. 개발된 시제품 관련 온실 내환경성 시험평가(안) 1차 검토 협의회(20.10.23.)

- (당초계획) 시제품 내환경성 시험평가 설계 기준(안)을 논의하였다.
- (시제품 4종) 내온·습도 성능, 방수·방진등급 등 항목 기준설정을 검토하였다.

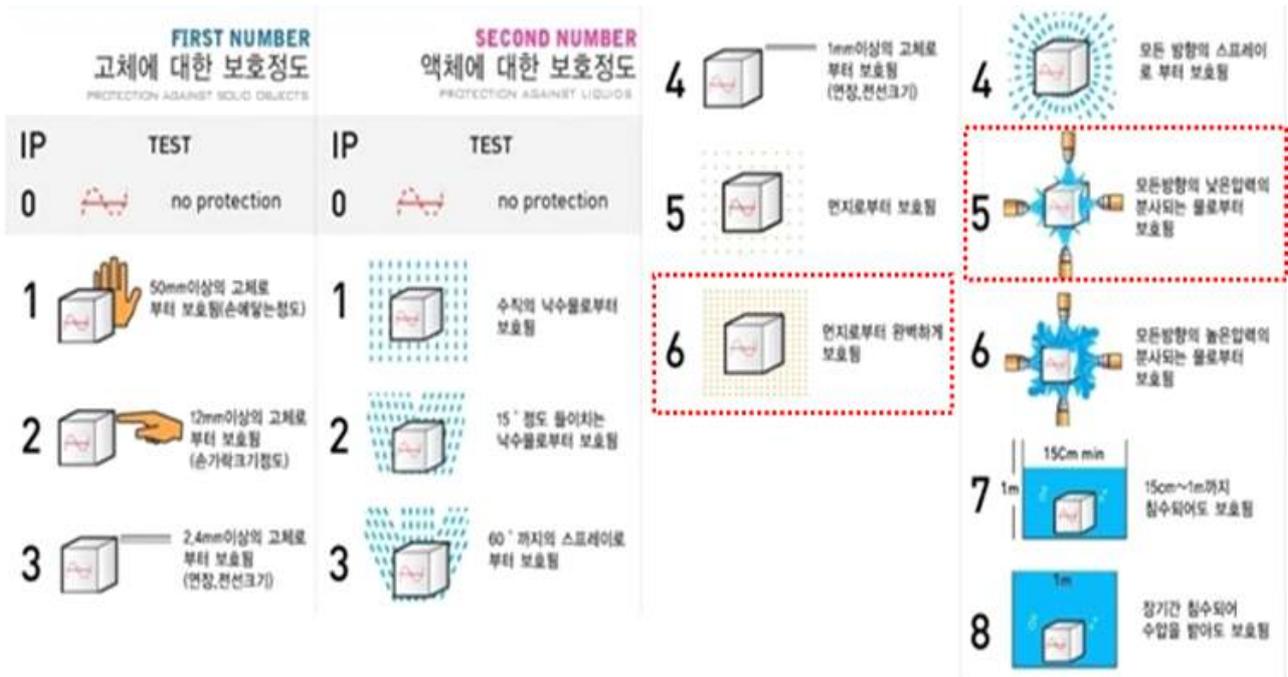
<표 2.48> 내 환경 목표 성능치

구분	내온도 성능	방수방진등급	내습도 성능	분진 차단율	작동오차
스마트 센서 박스	-20~+80 °C	IP55 <	99%RH<	90% <	< 5%
개도율 인식 개폐기	-20~+80 °C	IP55 <	99%RH<	90% <	< 5%
스마트 구동기 노드	-20~+80 °C	IP55 <	99%RH<	90% <	< 5%
전력선 통신 프로토콜 변환기	-20~+80 °C	IP55 <	99%RH<	90% <	< 5%
고온챔버(+40~+80°C), 저온챔버(-40~0°C), 항온항습챔버(10~40°C, 30~99%RH)					

- (시제품 2종) 표준기반 스마트팜 개방형 제어기(전력선 통신 기반 스마트팜 제어기 동일명칭)와 스마트팜 전력선 통신 모뎀은 동작 온도(-20~+80 °C) 시험만 선정하였다.
- (협의결과) 외부전문가 의견 및 검토를 통한 기준설정 일부 조정하였다.
- (항목변경) 내온도 성능, 내습도 성능, 작동오차 등 항목 기준설정 논의에 따른 전력선 통신 기반 스마트팜 제어기와 스마트팜 전력선 통신 모뎀은 내온·습도 시험평가로 변경 검토하였다.
- 방수방진등급 상향(IP55→IP64)하고, 분진차단을 항목을 삭제(중복항목)하였다.

다. 개발된 시제품 관련 온실 내환경성 시험평가(안) 최종확정 협의회(21.5.31.)

- (참고문헌 분석결과) 국가표준 및 전기·전자장비 내환경성 시험기준 추가 분석하였다.
- 스마트온실 관련 국가표준(KS X 3265-3269)을 기준으로 온도는 -20°C ~ 80°C로 선정하였다.
- 환경시험방법(전기전자)- 안전상태 내습성시험(KS C IEC 60068-2-78:2002)을 기준으로 온도는 (30~40)°C, 습도는 93% R.H 이하로 선정하였다.
- 방수방진등급 기준으로 온실내부 방제작업 등 고려하여 IP65 이상으로 선정하였다.



[그림 2.86] 방수 및 방진 등급 IP65 기준 확정

- (최종 협의결과) 외부전문가 의견 및 검토를 통한 시험평가 기준을 확정하였다.
  - 내습도 성능기준 93% 확정, 방수방진등급 IP65로 상향(IP64→IP65) 확정하였다.

- (검정방법) 제어기 및 모뎀도 추가하여 시제품 총 6종에 대한 내온·습도 성능시험은 각각 72시간 연속 운전 후 작동유무를 시험기준으로 확정하였다.
- 시험평가용 시료(개발 시제품)는 최소 2개이상을 권장한다.

<표 2.49> 전력선 통신 기반 스마트팜 환경제어 시스템 내환경성 시험평가 기준

구분	내온도 성능	내습도 성능	방수방진등급	작동
스마트 센서 박스	-20~+80 °C	93%RH<	IP65 <	유/무
개도율 인식 개폐기	-20~+80 °C	93%RH<	IP65 <	유/무
스마트 구동기 노드	-20~+80 °C	93%RH<	IP65 <	유/무
전력선 통신 프로토콜 변환기	-20~+80 °C	93%RH<	IP65 <	유/무
전력선 통신 기반 스마트팜 제어기	-20~+80 °C	93%RH<	-	유/무
스마트팜 전력선 통신 모뎀	-20~+80 °C	93%RH<	-	유/무
고온챔버(+40~+80°C), 저온챔버(-40~0°C), 각각 72시간 연속 운전 후 작동유무 테스트				

※ (정책제안) “스마트팜 ICT기자재 국가표준 확산지원 사업”에 스마트온실 ICT기자재 내환경성 시험평가 기준(안) 반영 제안하였다.



**정책자료**

제 목 “스마트팜 ICT기자재 국가표준 확산지원 사업”에 스마트온실 ICT기자재 내환경성 시험평가 기준(안) 반영

활용가능성 농림축산식품부 농업생명정책관 농산업정책과

건의분야 농업공학

제안내용

- 제안 배경
  - 현재 보급되고 있는 ICT기자재들의 사후처리를 위한 호환성 문제들은 “스마트팜 ICT기자재 국가표준 확산지원 사업”을 통해 많이 개선되고 있음
  - 하지만, 농민들은 여전히 보급되고 있는 ICT기자재의 잦은 고장 및 빈번한 오동작으로 인한 신뢰도가 낮은 실정임
  - 고온·고습의 열악한 온실내부 환경속에서도 내구성이 높은 스마트팜 ICT기자재가 보급될 수 있도록 신뢰성(내환경성) 시험평가 기준 마련이 필요함
- 제안 내용
  - “스마트팜 ICT기자재 국가표준 확산지원 사업”에 스마트온실 ICT기자재 내환경성 시험평가 기준(안)을 반영
  - 스마트온실 ICT기자재 내환경성 시험평가 기준(안)
    - \* (검정방법) 선정된 내온습도 기준에 맞는 점정시스템을 이용하여 각각 72시간 연속시험 후 작동유무 점검
    - \* 국가표준 KS X 3265-3269에 해당되는 ICT기자재
    - \* 시험평가용 시료(개발제품)는 최소 2개이상 권장

스마트온실 주요 ICT기자재 항목	내온도 성능	내습도 성능	방수방진등급	작 동
온실내부 환경센서 (백열상 포함)	-20~+80 °C	93% RH	IP65	유/무
센서 노드	-20~+80 °C	93% RH	IP65	유/무
구동기노드	-20~+80 °C	93% RH	IP65	유/무
개폐기(구동장치)	-20~+80 °C	93% RH	IP65	유/무
스마트온실 환경제어기	-20~+80 °C	93% RH	IP65	유/무

고온챔버(+40~+80°C), 저온챔버(-40~0°C), 황온습습챔버(10~40°C, 30~99%RH), 각각 72시간 연속시험 후 작동유무 점검

- 기대효과
- “스마트팜 ICT기자재 국가표준 확산지원 사업”에 반영되어 농업인에게 신뢰받을 수 있고, 호환성이 확보되는 농자재를 공급하여 경제적 손실 방지 및 농업인 경제적 부담 절감

연구개발자 농촌진흥청 국립농업과학원 스마트팜개발과 이○○수 (전화 : 063-○○○○○○, e-mail : ○○○○○○@korea.kr)

내환경성 시험평가 기준확정 관련 전문가 협의회 및 정책자료 성과달성

**라. 개발된 시제품 내환경성 시험평가 추진 및 분석**

- 농업기술실용화재단 농생명ICT검인증센터 ICT신뢰성평가팀 분석의뢰(협업)하였다.
  - 분석 시료품은 온실 통합 제어기(전력선 통신 기반 스마트팜 제어기+전력선 통신 모뎀), 센서 노드(스마트 센서 박스+전력선 통신 프로토콜 변환기), 구동기 노드(개도율 인식 개폐기+스마트 구동기 노드)로 구성하였다.
  - 분석항목은 확정된 기준에 맞춰 고온, 저온, 고습, 방수 및 방진 내환경성 23점으로 검정하였다.



농생명ICT검인증센터 신뢰성평가동



시제품 내환경성 시험평가

○ **검정시험 조건 및 방법**

- 정상작동 확인시험

- **센서 노드**는 측정 대상 센서를 부착 후 측정된 데이터와 기준기 센서 데이터를 비교하고 데이터가 정상적으로 나타나는지 등으로 정상작동 상태를 확인한다.
- **구동기 노드**는 제어 대상 구동기를 부착하여 작동명령, 정지명령 등을 반복적으로 수행하여 측안으로 구동기의 정상작동 상태를 확인한다.
- **온실 통합 제어기**는 온실 통합 제어기에 센서노드, 구동기 노드 등을 연결하고 센서 노드, 구동기 노드 정상작동 확인시험을 수행한다.



시제품 내환경성 검정시험(항온·항습챔버)



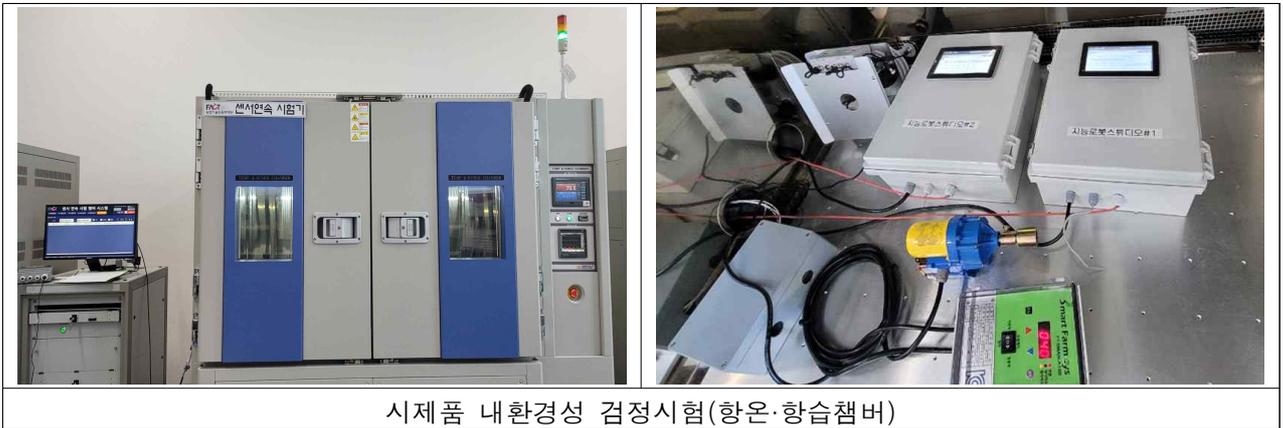
시제품 내환경성 검정시험(정상작동 확인)

- **고온 내환경성 검정시험**은 공시기의 정상작동 여부를 확인 하고, 항온항습챔버에 3대 이상의 장비를 투입하고 80 °C로 챔버내부의 온도를 안정화시킨 후 72시간을 방치 후 시험장비의 정상작동 여부를 확인한다.
- **저온 내환경성 검정시험**은 공시기의 정상작동 여부를 확인 하고, 항온항습챔버에 3대 이상의 장비를 투입하고 - 20 °C로 챔버내부의 온도를 안정화시킨 후 72시간을 방치 후 시험장비의 정상작동 여부를 확인한다.
- **고습 내환경성 검정시험**은 공시기의 정상작동 여부를 확인 하고, 항온항습챔버에 3대 이상의 장비를 투입하고 80 %R.H. 로 챔버내부의 온도를 안정화시킨 후 72시간을 방치 후 시험장비의 정상작동 여부를 확인한다.
- **방수시험**은 공시기의 정상작동 여부를 확인 하고, 방수시험챔버에서 12.5 L/min ±5 %, 최저 10분 이상 시험을 실시하고 정상작동 여부 및 내부가 침수되었는지 확인한다.

- 분진시험은 공시기의 정상작동 여부를 확인 하고, 분진챔버 단위 부피(m3) 당 2 kg 을 투입하고 8시간 동안 부유시험을 실시하고 장비 내부에 분진여부를 확인한다.

○ 시험장비(계측챔버) 및 내환경성 검정시험

- 고온 및 저온, 고습 내환경성 (항온·항습챔버)
  - . 챔버유효면적: 1,500(W) × 1,000(D) × 1,000(H) mm
  - . 온도제어범위: -50 ~ 120 °C
  - . 습도제어범위: 0 ~99% RH
  - . 온도조정속도: 2 °C/min(상승), 0.4 °C/min(하강)



- 방수시험 (방수시험챔버)
  - . 시편회전면적:  $\Phi 1,000\text{mm}$ (시편고정, 회전)
  - . 분사노즐: 1/4FJ-0.5(분사량: 0.09l/min) 45개
  - . 준용규격: MIL-STD-810G, MIL-STD-810G Method 506 Rain 등





시제품 내환경성 검정시험(방수시험)

- 방진시험 (분진시험챔버)
  - . 챔버유효면적: 1,500(W) × 1,000(D) × 1,000(H) mm
  - . 준용규격: IEC60529:2001



방진시험 (분진시험챔버)



[그림 2.91] 내환경성 시험평가 추진 사진

○ 개발된 시제품 내환경성 시험평가 결과(시험성적서)이다.

- 온실 통합 제어기(전력선 통신 기반 스마트팜 제어기+전력선 통신 모뎀)

## 농업기계 성능시험 성적서

• 시험번호 : 21-FACTMP-151

• 신청자

상호	국립농업과학원	대표자	김남
사업자등록번호	124- [ ]		
주소	전라북도 완주군 이서면 [ ]		

• 시험기간

시험기간	2021.7.5. ~ 16.
------	-----------------

• 시험조건 및 방법 : 신청자와 협의 (ICT신뢰성평가팀-108 (2021.6.29))

• 시험대상

온실 통합 제어기	형식명	ProtoAI	
	형식	온실통합제어기	
	규격	RS485Modbus	

• 시험결과

시험분류	시험결과		시험분류	시험결과	
	내환경 (고온)	기체 1		작동	내환경 (저온)
기체 2		작동	기체 2	작동	
기체 3		작동	기체 3	작동	

본 시험은 「농업기술실용화재단 분석시험 의뢰 및 처리 규칙」 제5조에 따라 실시한 성능시험성적서입니다.

2021년 08월 10일

농업기술실용화재단 이사장



이 성적서는 「농업기술실용화재단 분석시험 의뢰 및 처리 규칙」에 따른 제품의 성능 확인에 한정된 것이며, 그 밖의 다른 법률이 적용되는 제품의 경우 해당 법률에 따라 추가로 인증·허가 등을 받아야 합니다.

## 농업기계 성능시험 성적서

• 시험번호 : 21-FACTMP-153

• 신청자

상호	국립농업과학원	대표자	김남
사업자등록번호	124- [ ]		
주소	전라북도 완주군 이서면 [ ]		

• 시험기간

시험기간	2021.7.5. ~ 16
------	----------------

• 시험조건 및 방법 : 신청자와 협의 (ICT신뢰성평가팀-108 (2021.6.29))

• 시험대상

온실 통합 제어기	형식명	ProtoA3	
	형식	센서노드	
	규격	RS485Modbus	

• 시험결과

시험분류	시험결과		시험분류	시험결과	
내환경(고온)	기체 1	작동	내환경(저온)	기체 1	작동
	기체 2	작동		기체 2	작동
	기체 3	작동		기체 3	작동
내환경(방수)	이상없음		내환경(방진)	이상없음	

본 시험은 「농업기술실용화재단 분석시험 의뢰 및 처리 규칙」 제5조에 따라 실시한 성능시험성적입니다.

2021년 08월 10일

농업기술실용화재단 이사장



이 성적서는 「농업기술실용화재단 분석시험 의뢰 및 처리 규칙」에 따른 제품의 성능 확인에 한정된 것이며, 그 밖의 다른 법률이 적용되는 제품의 경우 해당 법률에 따라 추가로 인증·허가 등을 받아야 합니다.

## 농업기계 성능시험 성적서

• 시험번호 : 21-FACTMP-152

• 신청자

상호	국립농업과학원	대표자	김 남
사업자등록번호	124- [ ]		
주소	전라북도 완주군 이서면 [ ]		

• 시험기간

시험기간	2021.7.5. ~ 16
------	----------------

• 시험조건 및 방법 : 신청자와 협의 (ICT신뢰성평가팀-108 (2021.6.29))

• 시험대상

은실 통합 제어기	형식명	ProtoA2	
	형식	측창개폐기	
	규격	RS485Modbus	

• 시험결과

시험분류	시험결과		시험분류	시험결과	
내환경(고온)	기체 1	작동	내환경(저온)	기체 1	작동
	기체 2	작동		기체 2	작동
	기체 3	작동		기체 3	작동
내환경(방수)	이상없음		내환경(방진)	이상없음	

본 시험은 「농업기술실용화재단 분석시험 의뢰 및 처리 규칙」 제5조에 따라 실시한 성능시험성적입니다.

2021년 08월 10일

농업기술실용화재단 이사장



이 성적서는 「농업기술실용화재단 분석시험 의뢰 및 처리 규칙」에 따른 제품의 성능 확인에 한정된 것이며, 그 밖의 다른 법률이 적용되는 제품의 경우 해당 법률에 따라 추가로 인증·허가 등을 받아야 합니다.

**마. 제품 내환경성 개선을 위한 내환경성 시험결과**

- 내온도 시험 성능 목표치였던 -20~80℃에 만족하는 결과를 얻었다.
- 방수 방진 등급 목표치였던 IP55에서 전문가와 상의 결과 온실내부 방제 작업 등을 고려하여 IP65로 상향하였고, 시험 결과 IP65등급으로 만족하는 결과를 얻었다.
- 내습도 성능은 목표치가 99%RH<에서 전문가와 상의 결과 93%RH<로 변경하였고, 시험 결과 93%RH<에 만족하는 결과를 얻었다.
- 성능 목표치는 시제품 4종 평가에서 실제 시험에서는 2종을 추가해 총 6종의 시제품을 시험하였고 모두 목표치에 만족하는 결과를 얻었다.

<표 2.50> 내환경성 시험결과

구분	내온도 성능	내습도 성능	방수방진등급	작동여부
스마트 센서 박스	-20~+80 ℃	93%RH<	IP65 <	작동
개도율 인식 개폐기	-20~+80 ℃	93%RH<	IP65 <	작동
스마트 구동기 노드	-20~+80 ℃	93%RH<	IP65 <	작동
전력선 통신 프로토콜 변환기	-20~+80 ℃	93%RH<	IP65 <	작동
전력선 통신 기반 스마트팜 제어기	-20~+80 ℃	93%RH<	-	작동
스마트팜 전력선 통신 모뎀	-20~+80 ℃	93%RH<	-	작동

**(6) 정책제안**

<표 2.51>은 전력선 통신 기반 스마트팜 환경제어시스템 관련 정책제안 요약서 및 성과 등록 증빙이다.

<표 2.51> 정책제안 요약서 및 성과 등록 증빙

**정책자료**

제 목	"스마트팜 ICT기자체 국가표준 확산지원 사업"에 스마트온실 ICT기자체 내환경성 시험평가 기준(안) 반영																														
활용 가능 분야	농업축산식품부 농업생명정책관 농산업정책과																														
건의 분야	농업과학기술																														
제안 내용 요약	<p><b>□ 제안 배경</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현재 보급되고 있는 ICT기자체들의 사후처리를 위한 호환성 문제들은 "스마트팜 ICT기자체 국가표준 확산지원 사업"을 통해 많이 개선되고 있음</li> <li>○ 하지만, 농민들은 여전히 보급되고 있는 ICT기자체의 잦은 고장 및 빈번한 오동작으로 인한 신뢰도가 낮은 실정임</li> <li>○ 고온·고습의 열악한 온실내부 환경속에서도 내구성이 높은 스마트팜 ICT기자체가 보급될 수 있도록 신뢰성(내환경성) 시험평가 기준 마련이 필요함</li> </ul> <p><b>□ 제안 내용</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ "스마트팜 ICT기자체 국가표준 확산지원 사업"에 스마트온실 ICT기자체 내환경성 시험평가 기준(안)을 반영</li> <li>- 스마트온실 ICT기자체 내환경성 시험평가 기준(안)</li> <li>* (검정방법) 선정된 내온습도 기준에 맞는 검정시스템을 이용하여 각각 72시간 연속시험 후 작동유무 점검</li> <li>* 국가표준 KS X 3265-3269에 해당되는 ICT기자체</li> <li>* 시험평가용 시료(개발제품)는 최소 2개이상 권장</li> </ul> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>스마트온실 주요 ICT기자체 항목</th> <th>내온도 성능</th> <th>내습도 성능</th> <th>방수방진등급</th> <th>작동</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>온실내부 환경센서 (백열상 포함)</td> <td>-20~+80 ℃</td> <td>93% RH</td> <td>IP65</td> <td>유/무</td> </tr> <tr> <td>센서 노드</td> <td>-20~+80 ℃</td> <td>93% RH</td> <td>IP65</td> <td>유/무</td> </tr> <tr> <td>구동기 노드</td> <td>-20~+80 ℃</td> <td>93% RH</td> <td>IP65</td> <td>유/무</td> </tr> <tr> <td>개폐기(구동장치)</td> <td>-20~+80 ℃</td> <td>93% RH</td> <td>IP65</td> <td>유/무</td> </tr> <tr> <td>스마트온실 환경제어기</td> <td>-20~+80 ℃</td> <td>93% RH</td> <td>IP65</td> <td>유/무</td> </tr> </tbody> </table> <p>고온정비(+40~+80℃), 저온정비(-40~0℃), 항온항습정비(10~40℃, 30~99%RH), 각각 72시간 연속시험 후 작동유무 점검</p>	스마트온실 주요 ICT기자체 항목	내온도 성능	내습도 성능	방수방진등급	작동	온실내부 환경센서 (백열상 포함)	-20~+80 ℃	93% RH	IP65	유/무	센서 노드	-20~+80 ℃	93% RH	IP65	유/무	구동기 노드	-20~+80 ℃	93% RH	IP65	유/무	개폐기(구동장치)	-20~+80 ℃	93% RH	IP65	유/무	스마트온실 환경제어기	-20~+80 ℃	93% RH	IP65	유/무
	스마트온실 주요 ICT기자체 항목	내온도 성능	내습도 성능	방수방진등급	작동																										
	온실내부 환경센서 (백열상 포함)	-20~+80 ℃	93% RH	IP65	유/무																										
	센서 노드	-20~+80 ℃	93% RH	IP65	유/무																										
	구동기 노드	-20~+80 ℃	93% RH	IP65	유/무																										
	개폐기(구동장치)	-20~+80 ℃	93% RH	IP65	유/무																										
	스마트온실 환경제어기	-20~+80 ℃	93% RH	IP65	유/무																										
	□ 파급효과	○ "스마트팜 ICT기자체 국가표준화 확산지원 사업"에 반영되어 농업인에게 신뢰받을 수 있고, 호환성이 확보되는 농자제를 공급하여 경제적 손실 방지 및 농업인 경제적 부담 절감																													
	연구개발자	농촌진흥청 국립농업과학원 스마트팜개발과 이■수 (전화 : 063-350-1111, e-mail : ■■■■■@korea.kr)																													

(7) 영농활용

<표 2.52>은 전력선 통신 기반 스마트팜 환경제어시스템 관련 영농활용 요약서이다.

<표 2.52> 영농활용 요약서 및 성과 등록 증빙

<p><b>영농기술정보</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">제 목</td> <td>피드백 제어를 위한 전력선통신 기반 스마트온실 환경제어시스템</td> </tr> <tr> <td>활 용 분 야</td> <td>농업공학</td> </tr> <tr> <td>검 색 어</td> <td>피드백제어, 전력선통신, 개도율, 스마트개폐기, 온실환경제어시스템</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">활 용 내 용 요</td> <td> <p><b>배경</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한국형 스마트온실의 센서 및 제어기 노드는 통신으로 연결되어 있지만, 천·출창 개폐기 등의 구동기에는 온오프(Open loop)로 제어되고 있어, 정확한 개도율 측정 등 정밀한 온실 환경제어가 불가능한 실정임</li> <li>○ 한국형 스마트온실에서 더욱 정밀한 환경관리를 위해 구동기와 환경제어 시스템 간의 양방향 통신이 가능한 온실 내 피드백 제어시스템의 구현이 필요함</li> </ul> <p><b>개발된 영농기술정보</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 피드백 제어를 위한 전력선통신 기반 스마트온실 환경제어시스템 구현                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전력선통신 기술을 이용하여 별도의 통신라인 부설없이 온실 내 통신 네트워크를 구축하여 구동기 노드 및 온실환경제어기 간의 양방향 통신을 통한 피드백 제어가 가능한 온실 환경제어시스템을 개발함</li> <li>※ 특허출원: 피드백 정보를 통한 전력선통신 기반 스마트온실 환경제어시스템(10-2021-0044138, 2021.04.05.)</li> </ul> </li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div> <p style="text-align: center; font-size: small;">&lt;시스템 구성도&gt;      &lt;스마트개폐시스템&gt;      &lt;시스템 구축 및 실행&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개도율 추적이 가능한 개도율 인식 개폐 기술 상용화로 스마트온실 내의 환경을 더욱 정밀하게 제어할 수 있음으로써 농가 이익 창출</li> <li>○ 전력선통신 기술의 적용을 통한 구축 및 설치비용 68% 절감</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td> <p><b>과급효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개도율 추적이 가능한 개도율 인식 개폐 기술 상용화로 스마트온실 내의 환경을 더욱 정밀하게 제어할 수 있음으로써 농가 이익 창출</li> <li>○ 전력선통신 기술의 적용을 통한 구축 및 설치비용 68% 절감</li> </ul> </td> </tr> </table>	제 목	피드백 제어를 위한 전력선통신 기반 스마트온실 환경제어시스템	활 용 분 야	농업공학	검 색 어	피드백제어, 전력선통신, 개도율, 스마트개폐기, 온실환경제어시스템	활 용 내 용 요	<p><b>배경</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한국형 스마트온실의 센서 및 제어기 노드는 통신으로 연결되어 있지만, 천·출창 개폐기 등의 구동기에는 온오프(Open loop)로 제어되고 있어, 정확한 개도율 측정 등 정밀한 온실 환경제어가 불가능한 실정임</li> <li>○ 한국형 스마트온실에서 더욱 정밀한 환경관리를 위해 구동기와 환경제어 시스템 간의 양방향 통신이 가능한 온실 내 피드백 제어시스템의 구현이 필요함</li> </ul> <p><b>개발된 영농기술정보</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 피드백 제어를 위한 전력선통신 기반 스마트온실 환경제어시스템 구현                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전력선통신 기술을 이용하여 별도의 통신라인 부설없이 온실 내 통신 네트워크를 구축하여 구동기 노드 및 온실환경제어기 간의 양방향 통신을 통한 피드백 제어가 가능한 온실 환경제어시스템을 개발함</li> <li>※ 특허출원: 피드백 정보를 통한 전력선통신 기반 스마트온실 환경제어시스템(10-2021-0044138, 2021.04.05.)</li> </ul> </li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div> <p style="text-align: center; font-size: small;">&lt;시스템 구성도&gt;      &lt;스마트개폐시스템&gt;      &lt;시스템 구축 및 실행&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개도율 추적이 가능한 개도율 인식 개폐 기술 상용화로 스마트온실 내의 환경을 더욱 정밀하게 제어할 수 있음으로써 농가 이익 창출</li> <li>○ 전력선통신 기술의 적용을 통한 구축 및 설치비용 68% 절감</li> </ul>	<p><b>과급효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개도율 추적이 가능한 개도율 인식 개폐 기술 상용화로 스마트온실 내의 환경을 더욱 정밀하게 제어할 수 있음으로써 농가 이익 창출</li> <li>○ 전력선통신 기술의 적용을 통한 구축 및 설치비용 68% 절감</li> </ul>	 <p>The screenshot shows a web-based interface for the ATIS (Agricultural Technology Information System) project management system. The main content area displays the project details for '영농/정책관리' (Agriculture/Policy Management) under the 'ATIS' system. Key information includes the project name '피드백 제어를 위한 전력선통신 기반 스마트온실 환경제어시스템', the start date '2021.04.05', and the status '완료' (Completed). A table lists various milestones and their completion status, such as '기술개발' (Technology Development) and '실용화' (Commercialization). The interface also includes navigation menus, search filters, and a sidebar with icons for various system functions.</p>
제 목	피드백 제어를 위한 전력선통신 기반 스마트온실 환경제어시스템									
활 용 분 야	농업공학									
검 색 어	피드백제어, 전력선통신, 개도율, 스마트개폐기, 온실환경제어시스템									
활 용 내 용 요	<p><b>배경</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한국형 스마트온실의 센서 및 제어기 노드는 통신으로 연결되어 있지만, 천·출창 개폐기 등의 구동기에는 온오프(Open loop)로 제어되고 있어, 정확한 개도율 측정 등 정밀한 온실 환경제어가 불가능한 실정임</li> <li>○ 한국형 스마트온실에서 더욱 정밀한 환경관리를 위해 구동기와 환경제어 시스템 간의 양방향 통신이 가능한 온실 내 피드백 제어시스템의 구현이 필요함</li> </ul> <p><b>개발된 영농기술정보</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 피드백 제어를 위한 전력선통신 기반 스마트온실 환경제어시스템 구현                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전력선통신 기술을 이용하여 별도의 통신라인 부설없이 온실 내 통신 네트워크를 구축하여 구동기 노드 및 온실환경제어기 간의 양방향 통신을 통한 피드백 제어가 가능한 온실 환경제어시스템을 개발함</li> <li>※ 특허출원: 피드백 정보를 통한 전력선통신 기반 스마트온실 환경제어시스템(10-2021-0044138, 2021.04.05.)</li> </ul> </li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div> <p style="text-align: center; font-size: small;">&lt;시스템 구성도&gt;      &lt;스마트개폐시스템&gt;      &lt;시스템 구축 및 실행&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개도율 추적이 가능한 개도율 인식 개폐 기술 상용화로 스마트온실 내의 환경을 더욱 정밀하게 제어할 수 있음으로써 농가 이익 창출</li> <li>○ 전력선통신 기술의 적용을 통한 구축 및 설치비용 68% 절감</li> </ul>									
	<p><b>과급효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개도율 추적이 가능한 개도율 인식 개폐 기술 상용화로 스마트온실 내의 환경을 더욱 정밀하게 제어할 수 있음으로써 농가 이익 창출</li> <li>○ 전력선통신 기술의 적용을 통한 구축 및 설치비용 68% 절감</li> </ul>									

### 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

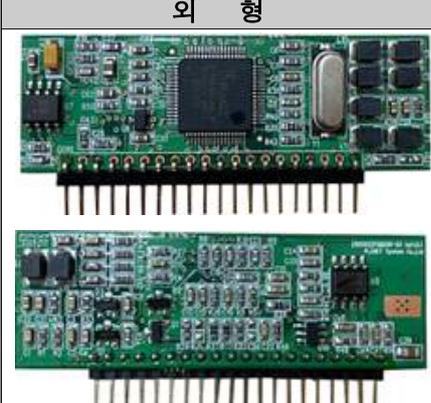
#### 1) 연구수행 결과

##### (1) 정성적 연구개발성과

##### 가. 주관기관 <퓨처테크>

- 스마트팜 전력선 통신 CHIP 모듈을 개발 및 상용화하였다.

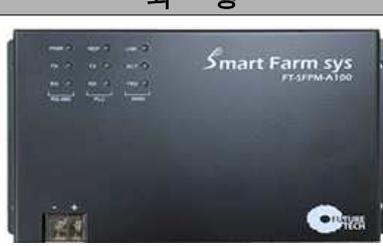
<표 3.1> 전력선 통신 CHIP 모듈 외형 및 상세규격

외 형	상 세 규 격	
	입력 전압 (Vcc)	◦ DC +3.08V ~ +3.6V
	사용 전압 (Vdd)	◦ DC +4.5V ~ +5.5V
	동작 온도	◦ -20℃ ~ +80℃
	송출 전압	◦ 4.5Vp_p 이상
	수신 레벨	◦ - 80 dB 이상
	변조 방식	◦ Chirp-CSK
	주 파 수	◦ 100k~400kHz ◦ 125k~195kHz Selectable
	MAC	◦ CSMA/CA
	인터페이스	◦ UART
	리피터 기능	◦ "H/L" 신호 인가 시 선택

- 전력선 통신 CHIP을 사용하여 필터 및 송신 회로, 증폭회로 등 모듈화하였다.
- 전력선 통신 성능 향상을 위한 H/W 회로를 설계 및 구현하였다.
- 전력선 통신 CHIP 내에 F/W를 설계 및 구현하였다.
- 리피터(중계) 기능, UART 기능 등을 구현하였다.

- 스마트팜 전력선 통신 모듈, 스마트 구동기 노드, 전력선 통신 프로토콜 변환기를 개발 및 상용화하였다.

<표 3.2> 스마트팜 전력선 통신 모듈 외형 및 상세규격

외 형	상 세 규 격	
	동작 전압	◦ DC 24V(+8V ~ 38V)
	동작 온도	◦ -20℃ ~ +80℃
	통신 LINE	◦ DC전압Line
	인터페이스	◦ RS-485 MODBUS ◦ Ethernet
	통신 프로토콜	◦ RS-485 MODBUS 표준프로토콜
	주소 개수	◦ 255개
	취부 방식	◦ 벽면 취부 형태

<표 3.3> 전력선 통신 프로토콜 변환기 외형 및 상세규격

외 형	상 세 규 격	
	동작 전압	◦ DC 24V(+8V ~ 38V)
	동작 온도	◦ -20℃ ~ +80℃
	통신 LINE	◦ DC전압Line
	인터페이스	◦ RS-485 MODBUS
	통신 프로토콜	◦ RS-485 MODBUS 표준프로토콜
	RS-485	◦ 9600bps, 8bit, 1Stop bit, Non-Parity
	취부 방식	◦ 브라켓 취부 형태

<표 3.4> 스마트 구동기 노드 외형 및 상세규격

외 형	상 세 규 격	
		동작 전압
	동작 온도	◦ -20℃ ~ +80℃
	통신 LINE	◦ DC전압Line
	인터페이스	◦ RS-485 MODBUS
	통신 프로토콜	◦ RS-485 MODBUS 표준프로토콜
	RS-485	◦ 9600bps, 8bit, 1Stop bit, Non-Parity
	취부 방식	◦ 브라켓 취부 형태

<표 3.5> 전력선 통신 제품의 주요성능치 목표대비 시험결과

구 분	제 품 구 분	성능 목표치	시험결과	적합여부
송출전압	스마트 구동기 노드	4.5Vp_p 이상	4.88 Vp_p	적 합
	전력선 통신 프로토콜 변환기	4.5Vp_p 이상	4.84 Vp_p	적 합
	스마트팜 전력선 통신 모듈	4.5Vp_p 이상	4.80 Vp_p	적 합
수신레벨	스마트 구동기 노드	-74 dB 이상	-80 dB 이상	적 합
	전력선 통신 프로토콜 변환기	-74 dB 이상	-80 dB 이상	적 합
	스마트팜 전력선 통신 모듈	-74 dB 이상	-80 dB 이상	적 합
동작 전압 범위	스마트 구동기 노드	DC 24V(±3%)	DC 24V(+8V ~ 38V)	적 합
	전력선 통신 프로토콜 변환기	DC 24V(±3%)	DC 24V(+8V ~ 38V)	적 합
	스마트팜 전력선 통신 모듈	DC 24V(±3%)	DC 24V(+8V ~ 38V)	적 합
전력선 통신 에러율	스마트 구동기 노드	0.5% 미만	0.5% 미만	적 합
	전력선 통신 프로토콜 변환기	0.5% 미만	0.5% 미만	적 합
	스마트팜 전력선 통신 모듈	0.5% 미만	0.5% 미만	적 합

- 전력선 통신 성능 시험결과 송출전압 4.5Vp\_p이상, 수신레벨 -80dB 이상, 통신에러율 0.5% 미만, 동작 전압 범위 DC24V(+8V ~38V)로 목표 성능치에 만족하는 결과를 얻었다.

<표 3.6> 개도율 인식 개폐기 작동오차 시험결과

구 분	개도율 인식 개폐기 작동오차
성능 목표치	5% 미만
시험결과	1.47%(최대)

- 스마트 구동기 노드와 개폐기 연결 시험결과 작동오차는 최대 1.47%로 개도율 인식 개폐기 목표 성능치를 만족하는 결과를 얻었다.
- 스마트 온실 내 신뢰성 있는 전력선 통신 환경 개선 제품 노이즈 필터 개발 및 상용화하였다.
- 노이즈 필터 적용 전은 110dBuV/32kHz, 적용 후 40dBuV/32kHz로 스위칭 노이즈 -70dBuV/32kHz로 감쇠하는 결과를 얻었다.
- 개발 제품의 성능 시험에 대해 객관성을 확보하기 위해 입회 시험을 진행하였다.

<표 3.7> 전력선 통신 제품의 주요성능치 목표대비 시험결과

구 분	제 품 구 분	성능 목표치	시험결과	적합여부
송출전압	스마트 구동기 노드	4.5Vp_p 이상	평균 4.88 Vp_p	적 합
	전력선 통신 프로토콜 변환기	4.5Vp_p 이상	평균 4.84 Vp_p	적 합
	스마트팜 전력선 통신 모듈	4.5Vp_p 이상	평균 4.80 Vp_p	적 합
수신레벨	스마트 구동기 노드	-74 dB 이상	-80 dB 이상	적 합
	전력선 통신 프로토콜 변환기	-74 dB 이상	-80 dB 이상	적 합
	스마트팜 전력선 통신 모듈	-74 dB 이상	-80 dB 이상	적 합
동작 전압 범위	스마트 구동기 노드	DC 24V(±3%)	DC 24V(+8V ~ 38V)	적 합
	전력선 통신 프로토콜 변환기	DC 24V(±3%)	DC 24V(+8V ~ 38V)	적 합
	스마트팜 전력선 통신 모듈	DC 24V(±3%)	DC 24V(+8V ~ 38V)	적 합
전력선 통신 에러율	스마트 구동기 노드	< 0.5%	< 0.5%	적 합
	전력선 통신 프로토콜 변환기	< 0.5%	< 0.5%	적 합
	스마트팜 전력선 통신 모듈	< 0.5%	< 0.5%	적 합

- 전력선 통신 성능 시험결과 송출전압 4.5Vp\_p이상, 수신레벨 -80dB 이상, 통신에러율 0.5% 미만, 동작 전압 범위 DC24V(+8V ~38V)로 시험기준에 만족하는 결과를 얻었다.

<표 3.8> 개도율 인식 개폐기 작동오차 시험결과

구 분	개도율 인식 개폐기 작동오차
성능 목표치	5% 미만
시험결과	평균 1.17%(최대)

- 스마트 구동기 노드와 개폐기 연결 시험결과 작동오차는 최대 1.17%로 개도율 인식 개폐기 시험기준에 만족하는 결과를 얻었다.

<표 3.9> 노이즈 필터 성능 시험결과

구 분	노이즈 감쇠
성능 목표치	-60dB 이상
시험결과	평균 -62.28dB

- 노이즈 필터 성능 시험결과와 평균 -62.28dB 감쇠로 시험기준에 만족하는 결과 확인하였다.
- 스마트 온실 실증을 위한 설치 및 시험을 하였다.
- 스마트 센서 박스의 센서 값에 따라 개폐기의 개도율 정밀 제어 확인하였다.
- 통합제어기의 0%, 25%, 50%, 75%, 100% 제어명령을 통해 실제 개폐율 간 차이가 없음 확인하였다.
- 노이즈 필터를 제거 후(악조건)에 실증 현장 시험결과 전력선 통신 및 장치 제어에 이상 없음 확인하였다.
- 제품판매를 위한 제품(3종)을 전자파 적합 시험하였다.
- 스마트팜 전력선 통신 모뎀, 전력선 통신 프로토콜 변환기, 스마트 구동기 노드 전자파 적합성 KC 인증 획득하였다.

**나. 공동연구기관 <지능로봇스튜디오>**

- 스마트 개폐기 최적 적용을 위한 표준기반 스마트팜 개방형 제어기를 개발하였다.

<표 3.10> 전력선 통신 기반의 온실 통합 제어기 외형 및 상세규격

외 형	상 세 규 격
	◦ 1.2GHz 64 bit 쿼드코어 ARM Cortex-A53 프로세서 (CM3+)
	◦ 감압식 7 인치 터치패드 디스플레이 (저항막 방식)
	◦ 1GB RAM 메모리
	◦ 22 GPIO (ESD 보호회로 포함), 40핀 헤더소켓
	◦ RTC와 메모리 유지 배터리 내장
	◦ 전원 : DC12~24V 입력,
	◦ 소비 전력:13.44W (1120mA @ 12V)
	◦ 3개의 USB 포트 (USB2.0),
	◦ 이더넷 포트 (10/100 Mbps)
	◦ RS232C 1개, RS485 1개, I2C 1개
	◦ 전면방수형(IP65)

- 오픈소스인 Farm OS를 기반으로 온실 내부에 장착된 센서와 구동기들의 장비 ID를 식별하고, 등록하며, 획득된 값들을 실시간으로 데이터 베이스에 저장하고, 가시화 할 수 있는 스마트팜 운영 시스템으로 IROS를 개발하여 적용하고, 프로그램은 지식재산권으로 등록하였다.(C-2021-022724)
- 전력선 통신 기반의 온실 통합 제어기에 정밀한 온실 환경제어가 가능하도록 하는 다양한 환경 변수를 고려한 비례제어 알고리즘을 개발하여 적용하였다.
- 환경 제어 목표가 동일하고, 내외부 온도 차가 같더라도 외부 기상환경인 풍향과 풍속, 외부기온의 수준에 따라 천측창의 개폐기가 각각 다르게 제어되도록 하였다.
- 전력선 통신을 통해 통합제어기로부터 외부 기상 센서와 온실 내 센서노드의 데이터를 수

집하고 천측창 개폐기, 환기팬, 유동팬 등의 구동기 노드를 제어할 수 있는 통신 프로토콜을 스마트팜 표준 KS X 3267규격에 따라 개발하였다.

○ 스마트 온실 실증을 위한 설치 및 시험을 하였다.

- 외부 기상과 온실 내부와의 온도 차이에 따라 스마트 개폐기의 비례 제어 동작이 정상적으로 작동하는 것을 확인하였다.

- 내외부의 온도 차에 따라 개도율이 비례적으로 잘 제어되고 있음을 확인하였다.

**다. 공동연구기관 <태경자동화시스템>**

○ 상업용 스마트 센서 박스 및 개도율 인식 개폐기를 개발 및 상용화하였다

<표 3.11> 스마트 센서 박스 외형 및 상세규격

외 형		상 세 규 격	
	아날로그 온습도 센서	전 원	◦ DC 12V, 1A
		통신 방식	◦ RS485, MODBUS RTU
		센서 입력	◦ 3 CH(아날로그)
	디지털 온습도 센서	전 원	◦ DC 12V, 3A
		통신 방식	◦ RS485, MODBUS RTU
		센서 입력	◦ 4 CH(RS485-2CH, I2C-2CH)

<표 3.12> 외부 기상 환경 센서 박스 외형 및 상세규격

외 형		상 세 규 격	
		전 원	◦ DC 12V
		통신방식	◦ RS485, MODBUS RTU
		통신속도	◦ 9600bps, 8, 1, none

<표 3.13> 개도율 인식 개폐기 외형 및 상세규격

외 형		상 세 규 격	
			◦ Operation voltage : DC24V 2.6A
			◦ Torque : 4.0kg·cm
			◦ RPM : 3.5
			◦ Weight : 2.4Kg
			◦ Standard Resistance Range : 1K ohms
			◦ Effective Electric Angle : 3600° +10°, -0°
			◦ Independent Linearity : ±0.25%

○ 스마트 센서 박스 및 스마트 액츄에이터 모듈 현장 설치 시방 및 브라켓을 개발하였다.

○ 스마트 센서 박스, 스마트 액츄에이터 모듈 현장을 검증하였다.

**라. 공동연구기관 <국립농업과학원>**

○ 내환경성 시험평가를 하였고 결과는 <표 3.14>과 같다.

<표 3.14> 내환경성 평가의 주요성능치 목표대비 시험결과

구 분	제 품 구 분	성능 목표치	시험결과	적합 여부
내온도 성능	스마트 센서 박스	-20~+80℃	-20~+80℃	적합
	개도율 인식 개폐기	-20~+80℃	-20~+80℃	적합
	스마트 구동기 노드	-20~+80℃	-20~+80℃	적합
	전력선 통신 프로토콜 변환기	-20~+80℃	-20~+80℃	적합
	전력선 통신 기반 스마트팜 제어기	-	-20~+80℃	적합
	스마트팜 전력선 통신 모듈	-	-20~+80℃	적합
내습도 성능	스마트 센서 박스	99%RH<	93%RH<	적합
	개도율 인식 개폐기	99%RH<	93%RH<	적합
	스마트 구동기 노드	99%RH<	93%RH<	적합
	전력선 통신 프로토콜 변환기	99%RH<	93%RH<	적합
	전력선 통신 기반 스마트팜 제어기	-	93%RH<	적합
	스마트팜 전력선 통신 모듈	-	93%RH<	적합
방수방진등급	스마트 센서 박스	IP55 <	IP65 <	적합
	개도율 인식 개폐기	IP55 <	IP65 <	적합
	스마트 구동기 노드	IP55 <	IP65 <	적합
	전력선 통신 프로토콜 변환기	IP55 <	IP65 <	적합

- 내온도 시험 성능 목표치였던 -20~80℃에 만족하는 결과를 얻었다.
- 방수 방진 등급 목표치였던 IP55에서 전문가와 상의 결과 온실 내부 방제 작업 등을 고려하여 IP65로 상향하였고, 시험 결과 IP65등급으로 만족하는 결과를 얻었다.
- 내습도 성능은 목표치가 99%RH<에서 전문가와 상의 결과 93%RH<로 변경하였고, 시험 결과 93%RH<에 만족하는 결과를 얻었다.
- 성능 목표치는 시제품 4종 평가에서 실제 시험에서는 2종을 추가하였다.
- 전력선 통신 기반 스마트팜 개발 기술 적용 현장 운영 시험을 진행하였다.
- 전력선 통신 기반 스마트팜 개발 기술 적용 스마트온실 구성(안)을 설계하였다.
- 개발된 시제품 관련 현장적용 평가(안) 협의회(21.2.25.)를 통해 전문가 의견(자문)을 구하였다.
- 전력선 통신 기반 개발된 시제품 적용 스마트온실 운영실증 설치(안)을 도출하였다.
- 전력선 통신 기반 스마트팜 개발기술 적용 스마트온실 실증시험결과는 다음과 같다.
- 온도데이터의 프로파일은 정확하게 일치하고 있어, 개발된 전력선 통신 기반 스마트온실 환경제어시스템의 수집정보를 이용하여 온실 제어가 가능하다.
- 응답률은 모든 구동기가 제어신호에 대하여 100% 작동하는 것이 확인되었다.
- 응답속도는 구동기별로 3~4초 사이의 평균응답속도가 나타났으며, 본 과제에서 목표로 한 5초이내의 응답시간을 달성한 결과로 온실 제어에 적용 가능한 수준으로 판단된다.
- 5회에 걸쳐 임의적인 개폐율 설정 후 작동결과 위치의 평균오차율을 분석한 결과로 0.14~1.28%의 평균오차율이 나타났다.

(2) 정량적 연구개발성과

가. 주관기관 <퓨처테크>

- 전력선 통신을 이용한 스마트팜 시스템 구축 학술 발표 1건
- 스마트팜 전력선 통신 모듈, 전력선 통신 프로토콜 변환기, 스마트 구동기 노드 전자파 적합성 인증 기술 인증 3건
- 스마트팜 전력선 통신 모듈, 전력선 통신 프로토콜 변환기, 스마트 구동기 노드 제품화

3건

- 피드백 정보를 통한 전력선 통신 기반 스마트 온실 환경 제어 시스템, 풍향 및 풍속에 따라 축창 및 천창을 제어하는 스마트 온실 자동 제어 장치 및 그 방법 기술이전 2건

**나. 공동연구기관 <지능로봇스튜디오>**

- 오픈소스기반 전력선 스마트팜 제어기 소프트웨어 등록 1건(C-2021-022724)
- 전력선 기반 스마트팜 통합 제어기 제품화 1건
- 피드백 정보를 통한 전력선 통신 기반 스마트 온실 환경 제어 시스템 기술이전 1건

**다. 공동연구기관 <태경자동화시스템>**

- 스마트 센서 박스, 개도율 인식 개폐기 제품화 2건

**라. 공동연구기관 <국립농업과학원>**

- 피드백 제어를 위한 전력선 통신 기반 스마트온실 환경제어시스템 구현 학술 발표 1건
- 풍향 및 풍속에 따라 축창 및 천창을 제어하는 스마트 온실 자동제어 장치 및 그 방법, 피드백 정보를 통한 전력선 통신 기반 스마트 온실 환경 제어 시스템 특허출원 2건
- 피드백 제어를 위한 전력선 통신 기반 스마트온실 환경제어시스템 현장실증 및 신기술시범사업 영농활용 1건
- “스마트팜 ICT기자재 국가표준 확산지원 사업”에 스마트온실 ICT기자재 내환경성 시험평가 기준(안) 반영 정책제안 1건

<표 3.15> 정량적 연구개발성과표

(단위 : 건, 백만원)

성과지표명			연도	1단계 (2020~2021)	계	가중치 (%)
사업화지표	지식재산권	특허출원	목표	1	1	15%
			실적	2	2	
		특허등록	목표		1	
			실적			
	기술실시(이전)	건수	목표	3	3	10%
			실적	3	3	
		기술료	목표	4.2	4.2	5%
			실적	4.5	4.5	
	사업화	제품화	목표	5	5	35%
			실적	6	6	
매출액		목표				
		실적				
기술인증			목표	3	3	15%
			실적	3	3	
연구기반지표	학술성과	학술발표	목표	1	1	15%
			실적	2	2	
	영농활동		목표	1	1	5%
			실적	1	1	
	정책활동		목표			
			실적	1	1	
계			목표			100%
			실적			

\* 1」 전담기관 등록·기탁 지표: 논문[에스시아이 Expanded(SCIE), 비SCIE, 평균Impact Factor(IF)], 특허, 보고서원문, 연구시설·장비, 기술요약정보, 저작권(소프트웨어, 서적 등), 생명자원(생명정보, 생물자원), 표준화(국내, 국제), 화합물, 신제품 등을 말하며, 논문, 학술발표, 특허의 경우 목표 대비 실적은 기재하지 않아도 됩니다.

\* 2」 연구개발과제 특성 반영 지표: 기술실시(이전), 기술료, 사업화(투자실적, 제품화, 매출액, 수출액, 고용창출, 고용효과, 투자유치), 비용절감, 기술(제품)인증, 시제품 제작 및 인증, 신기술지정, 무역수지개선, 경제적 파급효과, 산업지원(기술지도), 교육지도, 인력양성(전문 연구인력, 산업연구인력, 졸업자수, 취업, 연수프로그램 등), 법령 반영, 정책활용, 실제 기준 반영, 타 연구개발사업에의 활용, 기술무역, 홍보(전시), 국제화 협력, 포상 및 수상, 기타 연구개발 활용 중 선택하여 기재합니다 (연구개발과제 특성별로 고유한 성과지표를 추가할 수 있습니다).

### (3) 세부 정량적 연구개발성과

#### □ 국내 학술대회 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	하계종합학술대회 및 대학생논문경진대회	한 O 용	2021년 6월 4일	온라인	대한민국
2	한국콘텐츠학회 2021 종합학술대회	이 O 수	2021년 8월 27일	온라인	대한민국

전력선 통신을 이용한 스마트팜 시스템 구축		피드백 제어를 위한 전력선통신 기반 스마트온실 환경제어시스템 구현	
<p>2021 한국정보기술학회 하계 종합학술대회 논문집</p> <p>김태훈*, 한태용*, 이택건**, 이흥흠**</p> <p>Building a Smart Farm System Using Power Line Communication</p> <p>Hoon Kim*, Yong Han*, Geon Lee**, and Heum Lee**</p> <p>요약</p> <p>스마트팜에 대한 관심이 증가하고 있는 추세이다. 그러나 기존 시스템들의 경우 개폐기의 단순 ON/OFF 제어 방식을 사용하여 개폐 정도를 모니터링하지 못하며, 유무선 통신 선로 가설비용 등으로 농가에 보급 시 설치비가 높은 문제가 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해, 기존에 설치된 전력선을 그대로 이용하여 별도의 통신선 설치비용이 필요 없는 전력선 통신 기반 스마트팜 시스템을 설계 구현하였다. 본 시스템은 개폐기의 개도율을 정밀 제어할 수 있으며, 양방향 전력선 통신을 통해 랜서클과 기기 제어기별 통합 관리하여 효율적인 스마트 팜 환경을 제공한다.</p> <p>Abstract</p> <p>Interest in smart farms is increasing. However, in the case of existing systems, simple ON/OFF control methods are used and therefore proper monitoring and control of switchgears is not possible, and there is also a disadvantage that installation costs of wire communication lines are also high when distributing them to farmers. Therefore, in this paper, to address this problem, we design and implement a smart farm system based on power line communication without extra communication line construction cost, using existing power lines. The smart farm system enables the opening rate control, and provides effective smart farm environment through integrated management using two-way communication with sensors and switchgears.</p> <p>Key words</p> <p>Smart farms, Power Line Communication(PLC), Switchgears, sensors</p> <p>1. 서론</p> <p>농림축산식품부의 스마트팜 관련 예산은 해마다 증가하고 있는 추세이며, 2019년 스마트팜 관련 예산은 1890억원 규모였다. 스마트팜 구축에서 통신망비가 차지하는 비중은 약 5.3%인데 반하여 스마트팜 기계 기술 현황 분석보고서, 농림축산식품부, 2018)로 정부 사업예산안 고려하면 약 100억원 이상의</p>	<p>Special Session : 농촌형 스마트농업(제4차 스마트농업 개발 및 심화사업) 333</p> <p>피드백 제어를 위한 전력선통신 기반 스마트온실 환경제어시스템 구현</p> <p>Implementation of smart greenhouse environmental control system based on power line communication for feedback control</p> <p>이호수, 김태훈, 한태용, 이택건, 이흥흠* 국립농업과학기술원 농업공학부</p> <p>Lee Hoon-Su, Kim Tae-Hyun, Han Tae-Yong, Oh Tae-Geon, Lee Heum-Chan, Kyeok Heum-Su, Lee Heum-Gwi, Beek Heum-Hyun* Department of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, RDA</p> <p>요약</p> <p>현재 스마트온실의 생산 및 제어기 노드는 통신으로 연결되어 있지만, 원격측제 기기들의 스마트온실 제어는 온실 푸트(Open-loop) 제어이고 있어 정확한 개도율 측정 등 정밀한 온실 환경 제어가 불가능한 상황이다. 또한, 별도의 통신선 부설없이 전력선을 그대로 통신으로 활용하여 전력선통신 시스템을 주요 개도율 제어, 원격 제어 등에 활용하고 있다. 스마트온실 제어는 자동화되고 있지 않다고 있다. 이를 해결하고자 본 논문은 전력선통신을 기반으로 한 스마트온실 환경제어시스템을 개발한다. 이 시스템은 개도율 정밀 제어를 통해 온실 환경을 보다 정밀하게 제어하고, 스마트제어시스템도 구현하였다.</p> <p>1. 서론</p> <p>세계는 4차 산업 혁명이라는 주제로 모든 분야에서 새로운 기술을 선점하기 위한 경쟁이 치열하다. 농업분야도 예외가 아니다. 우리나라는 스마트팜 기술 개발을 위해 국가 차원에서 국정과제로 추진하고 있다(1). 우리나라 온실은 내일안도의 유리온실과 달리 대부분 하우스 피복재가 PE로 되어있어서 외국에서 들어온 스마트팜 기술들을 그대로 온실에 적용하기에는 한계가 있다. 이에 우리나라 온실에 맞는 한국형 스마트팜 기술 개발 필요가 있다.</p> <p>한국형 스마트팜은 국내 농가 규모와 재배작물에 적합한 하드웨어 시설의 구조와 제어장치 시스템을 융합별로 구분하여 스마트팜 기술을 적용하여 구현해야 한다. 스마트온실에 적용한 기술은 스마트온실이나 온실로 인해 어디서나 작물의 생육환경을 정밀하게 측정하고 적정하게 유지 관리 할 수 있도록 설정해야 한다. 현재 한국형 스마트온실의 내부 환경요인에서 온 습도 등을 조절하기 위해서는 대부분 원격측제 기기 모듈을 사용하여 온 습도 및 보온등을 개폐하여 온도는 보온하는 방식으로 내부환경을 조절하고 있다. 또한, 기존 원격측제기에 적용된 개도율</p> <p>기반 기술은 개폐장 시간에 의한 간섭 모니터링 수준이 낮다. 즉, 스마트온실의 생산 및 제어기 노드는 통신으로 연결되어 있지만, 원격측제 기기들의 스마트온실 제어는 온실 푸트(Open-loop) 제어이고 있어, 정밀한 개도율 측정을 통한 정밀한 온실 환경제어가 불가능한 상황이다. 따라서 본 논문에서는 한국형 스마트온실에서 정밀한 환경관리를 위해 기존의 자동화된 온실에서 별도의 통신 라인 부설없이 전력 선로 내 전력선통신을 이용하여 온실 내 개도율 제어기 노드 간 네트워크 구성을 통해 시설 내 네트워크를 구축 및 관리이 가능한 전력선통신 기반 스마트온실 환경제어시스템을 개발하여, 온실 내 피드백 제어시스템을 구현하고자 한다.</p> <p>II. 전력선통신 기반 온실 환경제어시스템</p> <p>피드백 제어를 위한 스마트제어시스템은 원격제어기, 스마트온실(온실제어기), 컨트롤러(개폐 모터)로 구성하여 개발하였다. 개발된 스마트제어기의 주요 기능과 특징으로는 스마트 자동제어 및 수동모드로 구별하였다. 개도율(0~100%) 구간 내에서 임의로 온도 구간이 설정된다. 또한, 개폐 구간 내에서 사용자가 설정한 지점까지만 정밀하게 개폐되며, 각각의 개폐기를 스마트온실을 통해 수동조절으로도 정밀 및 부동 개폐가 되도록 하였다. 전력선통신을 이용하여 별도의 배선도 필요 없이 개폐 모터의 전력선으로도 원활하게 작동한다. 배선온실의 개폐시에 내·외부 장래 요인으로 인해 개폐 모터에 과부</p>		
<p>전력선 통신을 이용한 스마트팜 시스템 구축</p>	<p>피드백 제어를 위한 전력선 통신 기반 스마트온실 환경제어시스템 구현</p>		

#### □ 보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호
2021	최종보고서		

#### [기술적 성과]

#### □ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원		등록				기여율	활용 여부	
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일			등록 번호
1	풍향 및 풍속에 따라 축상 및 천창을 제어하는 스마트 온실 자동제어 장치 및 그 방법	대한민국	농촌진흥청장	2020.12.17	10-2020-0177898					100%	√
2	피드백 정보를 통한 전력선 통신 기반 스마트 온실 환경 제어 시스템	대한민국	농촌진흥청장	2021.04.05	10-2021-0044138					100%	√

#### ○ 지식재산권 활용 유형

※ 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타
1	√			√						√
2	√			√						√

2020-12-17	2021-04-05
<p align="center">【저지사항】</p> <p>【서류명】 특허출원서</p> <p>【창조번호】 FP2010065KR</p> <p>【출원구분】 특허출원</p> <p>【출원인】</p> <p>【명칭】 대한민국(농촌진흥청장)</p> <p>【특허고격번호】 2-1998-<del>00000000</del>-1</p> <p>【대리인】</p> <p>【성명】 이계성</p> <p>【대리인번호】 9-2010-<del>00000000</del>-1</p> <p>【포괄위임등록번호】 2019-<del>00000000</del>-1</p> <p>【발명의 국문명칭】 풍향 및 풍속에 따라 축창 및 천창을 제어하는 스마트 온실 자동 제어 장치 및 그 방법</p> <p>【발명의 영문명칭】 SMART GREENHOUSE AUTOMATIC CONTROL DEVICE THAT CONTROLS SIDE WINDOW AND SKYLIGHT ACCORDING TO WIND DIRECTION AND WIND SPEED AND OPERATION METHOD THEREOF</p> <p>【발명자】</p> <p>【성명】 이득수</p> <p>【성명의 영문표기】 Lee, Jem Su</p> <p>【주민등록번호】 <del>000000-00000000</del></p> <p>【우편번호】 <del>00000</del></p> <p>【주소】 전라북도 전주시 덕진구 <del>00000000</del></p> <p align="right">52-1</p>	<p align="center">【저지사항】</p> <p>【서류명】 특허출원서</p> <p>【창조번호】 FP2101003KR</p> <p>【출원구분】 특허출원</p> <p>【출원인】</p> <p>【명칭】 대한민국(농촌진흥청장)</p> <p>【특허고격번호】 2-1998-<del>00000000</del>-1</p> <p>【대리인】</p> <p>【명칭】 특허법인 후백</p> <p>【대리인번호】 9-2021-<del>00000000</del>-1</p> <p>【지정원변리사】 이계성, 서희희, 김주진</p> <p>【포괄위임등록번호】 2021-<del>00000000</del>-1</p> <p>【발명의 국문명칭】 피드백 정보를 통한 전력선 통신 기반 스마트 온실 환경 제어 시스템</p> <p>【발명의 영문명칭】 SMART GREENHOUSE ENVIRONMENT CONTROL SYSTEM BASED ON POWER LINE COMMUNICATION THROUGH FEEDBACK INFORMATION</p> <p>【발명자】</p> <p>【성명】 이득수</p> <p>【성명의 영문표기】 Lee, Jem Su</p> <p>【주민등록번호】 <del>000000-00000000</del></p> <p>【우편번호】 <del>00000</del></p> <p>【주소】 전라북도 전주시 덕진구 <del>00000000</del></p> <p align="right">56-1</p>
<p>풍향 및 풍속에 따라 축창 및 천창을 제어하는 스마트 온실 자동제어 장치 및 그 방법</p>	<p>피드백 정보를 통한 전력선 통신 기반 스마트 온실 환경 제어 시스템</p>

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율
1	오픈소스 기반 전력선 스마트팜 개방형 제어기	2021.06.01	주식회사 지능로봇스튜디오	2021.06.04	C-2021-022724	주식회사 지능로봇스튜디오	100%



□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		
1	전자파적합성	국립전파연구원	KC인증	R-R-FT0-FT-PPCU-A100	2021.05.17	대한민국
2	전자파적합성	국립전파연구원	KC인증	R-R-FT0-FT-SFPM-A100	2021.05.17	대한민국
3	전자파적합성	국립전파연구원	KC인증	R-R-FT0-FT-SMAN-A100	2021.05.20	대한민국

98B0-3729-4DBA-F81E <b>방송통신기자재등의 적합등록 필증</b> Registration of Broadcasting and Communication Equipments	
상호 또는 성명 Trade Name or Registrant	주식회사 퓨처테크
기자재명칭(제품명칭) Equipment Name	전력선 통신 프로토콜 변환기
기기부호/추가 기기부호 Equipment code / Additional Equipment code	LIN
기본모델명 Basic Model Number	FT-PPCU-A100
파생모델명 Series Model Number	
등록번호 Registration No.	R-R-FT0-FT-PPCU-A100
제조자/제조국가 Manufacturer/Country of Origin	주식회사 퓨처테크 / 한국
등록연월일 Date of Registration	2021-05-17
기타 Others	
위 기자재는 「전파법」 제58조의2 제3항에 따라 등록되었음을 증명합니다. It is verified that foregoing equipment has been registered under the Clause 3, Article 58-2 of Radio Waves Act. 2021년(Year) 05월(Month) 17일(Day) 국립전파연구원장 Director General of National Radio Research Agency * 적합등록 방송통신기자재는 반드시 "적합성평가표시"를 부착하여 사용하여야 합니다. 허탈시 라벨의 지문 및 등적이 취소될 수 있습니다.	
R-R-FT0-FT-PPCU-A100(전력선 통신 프로토콜 변환기)	

1BEE-1E1B-27B1-57C1 <b>방송통신기자재등의 적합등록 필증</b> Registration of Broadcasting and Communication Equipments	
상호 또는 성명 Trade Name or Registrant	주식회사 퓨처테크
기자재명칭(제품명칭) Equipment Name	스마트 광 전력선 통신 모듈
기기부호/추가 기기부호 Equipment code / Additional Equipment code	LIN
기본모델명 Basic Model Number	FT-SFPM-A100
파생모델명 Series Model Number	
등록번호 Registration No.	R-R-FT0-FT-SFPM-A100
제조자/제조국가 Manufacturer/Country of Origin	주식회사 퓨처테크 / 한국
등록연월일 Date of Registration	2021-05-17
기타 Others	
위 기자재는 「전파법」 제58조의2 제3항에 따라 등록되었음을 증명합니다. It is verified that foregoing equipment has been registered under the Clause 3, Article 58-2 of Radio Waves Act. 2021년(Year) 05월(Month) 17일(Day) 국립전파연구원장 Director General of National Radio Research Agency * 적합등록 방송통신기자재는 반드시 "적합성평가표시"를 부착하여 사용하여야 합니다. 허탈시 라벨의 지문 및 등적이 취소될 수 있습니다.	
R-R-FT0-FT-SFPM-A100(스마트광 전력선 통신모듈)	

009B-4596-ACCA-A37E <b>방송통신기자재등의 적합등록 필증</b> Registration of Broadcasting and Communication Equipments	
상호 또는 성명 Trade Name or Registrant	주식회사 퓨처테크
기자재명칭(제품명칭) Equipment Name	스마트 구동기 노트
기기부호/추가 기기부호 Equipment code / Additional Equipment code	LIN
기본모델명 Basic Model Number	FT-SMAN-A100
파생모델명 Series Model Number	
등록번호 Registration No.	R-R-FT0-FT-SMAN-A100
제조자/제조국가 Manufacturer/Country of Origin	주식회사 퓨처테크 / 한국
등록연월일 Date of Registration	2021-05-20
기타 Others	
위 기자재는 「전파법」 제58조의2 제3항에 따라 등록되었음을 증명합니다. It is verified that foregoing equipment has been registered under the Clause 3, Article 58-2 of Radio Waves Act. 2021년(Year) 05월(Month) 20일(Day) 국립전파연구원장 Director General of National Radio Research Agency * 적합등록 방송통신기자재는 반드시 "적합성평가표시"를 부착하여 사용하여야 합니다. 허탈시 라벨의 지문 및 등적이 취소될 수 있습니다.	
R-R-FT0-FT-SMAN-A100(스마트 구동기 노트)	

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	스마트팜 전력선 통신모뎀	2021.6 / 2021.1	(주)퓨처테크	국립농업과학원 스마트온실	스마트팜	12개월	국립전파연구원	2021.05.17
2	스마트 구동기 노드	2021.6 / 2021.1	(주)퓨처테크	국립농업과학원 스마트온실	스마트팜	12개월	국립전파연구원	2021.05.20
3	전력선 통신 프로토콜 변환기	2021.6 / 2021.1	(주)퓨처테크	국립농업과학원 스마트온실	스마트팜	12개월	국립전파연구원	2021.05.17
4	전력선 통신 기반 스마트팜 제어기	2021.6 / 2021.1	(주)지능로봇스튜디오	국립농업과학원 스마트온실	스마트팜	12개월		
5	스마트 센서 박스	2021.6 / 2021.1	태경자동차시스템	국립농업과학원 스마트온실	스마트팜	12개월		
6	개도올 인식 개폐기	2021.6 / 2021.1	태경자동차시스템	국립농업과학원 스마트온실	스마트팜	12개월		

<양식> 농림축산식품 연구개발과제 제품출시 확인서

표준기반 온실 스마트개폐기 및 제어모듈 산업화				
과제명	표준기반 온실 스마트개폐기 및 제어모듈 산업화	주최기관	주식회사 퓨처테크	
주최연구원	주식회사 퓨처테크	참여기관		
연구책임자	한재용	연구기간	2020년 7월 3일 - 2021년 7월 2일(총1년)	
총 정부출연금	400,000,000원			
해당 기술의 제품출시 유형				
시제품(제품출시 예정)	( )	기존 제품 공정개선	( )	
신제품(제품출시 완료)	(●)	기타	( )	
제품 출시 실적				
제품명	제품사진	제품용도	제품 출시일	해당 기술의 제품출시 기여율(%)
스마트 팜 전력선 통신 모뎀		전력선 통신 신호를 송수신해 스마트 팜 원격 제어기와 구동기 노드 및 각 센서 노드간의 통신하는 장치.	2021.06	15
* 첨부 : 당해년도 제품출시 여부를 확인할 수 있는 자료(제조년월일 표기사진, 제품등록번호 등) **식용R&D는 유통처로보고서 제출 필수				

<양식> 농림축산식품 연구개발과제 제품출시 확인서

표준기반 온실 스마트개폐기 및 제어모듈 산업화				
과제명	표준기반 온실 스마트개폐기 및 제어모듈 산업화	주최기관	주식회사 퓨처테크	
주최연구원	주식회사 퓨처테크	참여기관		
연구책임자	한재용	연구기간	2020년 7월 3일 - 2021년 7월 2일(총1년)	
총 정부출연금	400,000,000원			
해당 기술의 제품출시 유형				
시제품(제품출시 예정)	( )	기존 제품 공정개선	( )	
신제품(제품출시 완료)	(●)	기타	( )	
제품 출시 실적				
제품명	제품사진	제품용도	제품 출시일	해당 기술의 제품출시 기여율(%)
스마트 구동기 노드		스마트 액추에이터 모듈(개폐기)의 속도 불을 설정 및 저장하고 스마트 팜 원격제어기에서 보낸 코드 유효 제어 명령에 따라 제어하는 장치. 스마트 액추에이터 모듈(개폐기)의 현재 속도출력(FND제 표시) 통신신 출력 할 필요 없이 기존에 공급되는 DC 전원신 사용 가능	2021.06	20
* 첨부 : 당해년도 제품출시 여부를 확인할 수 있는 자료(제조년월일 표기사진, 제품등록번호 등) **식용R&D는 유통처로보고서 제출 필수				

스마트팜 전력선 통신 모뎀 제품출시 확인서

스마트 구동기 노드 제품출시 확인서

<양식>

농림축산식품 연구개발과제 제품출시 확인서

과 제 명	표준기반 온실 스마트개폐기 및 제어모듈 산업화			
주관연구기관	주식회사 퓨처테크	참여기관		
연구책임자	한 재 용	연구기간	2020년 7월 3일 - 2021년 7월 2일(총1년)	
총 정부출연금	400,000,000원			
해당 기술의 제품출시 유형				
시제품(제품출시 예정)	( )	기존 제품 공정개선	( )	
신제품(제품출시 완료)	(●)	기 타	( )	
제품 출시 실적				
제품명	제품사진	제품용도	제품 출시일	해당 기술의 제품출시 기여율(%)
전력선 통신 프로토콜 변환기		센서 노드의 RS-485 통신을 전력선 통신으로 변환하는 전력선 통신 프로토콜 변환기 별도의 RS-485 통신 선을 설치할 필요없이 기존에 공급되는 DC 전원선 사용 가능	2021.06	20

2021년 08월 24일

연구책임자 : 한 재 용 (서명 또는 인)

- 1 -

전력선 통신 프로토콜 변환기 제품출시 확인서

<양식>

농림축산식품 연구개발과제 제품출시 확인서

과 제 명	표준기반 온실 스마트개폐기 및 제어모듈 산업화			
주관연구기관	주식회사 퓨처테크	참여기관	주식회사 지능로봇스튜디오	
연구책임자	한 재 용	연구기간	2020년 7월 3일 - 2021년 7월 2일(총1년)	
총 정부출연금	400,000,000원			
해당 기술의 제품출시 유형				
시제품(제품출시 예정)	( )	기존 제품 공정개선	( )	
신제품(제품출시 완료)	(●)	기 타	( )	
제품 출시 실적				
제품명	제품사진	제품용도	제품 출시일	해당 기술의 제품출시 기여율(%)
전력선 통신 기반 스마트팜 제어기		1. 국가표준 통신규격 (KS X 3266, 3267) 기반의 온실 제어 및 모니터링 용도 2. Modbus RTU, RS485, 전력선 통신 모듈을 이용한 센서 노드 및 구동기 연동 (개폐기 정밀 제어를 위한 스마트 액츄에이터 제어 용도)	2021. 06	25

2021년 07월 02일

연구책임자 : 한 재 용 (서명 또는 인)

- 1 -

전력선 통신 기반 스마트팜 제어기 제품출시 확인서

<양식>

농림축산식품 연구개발과제 제품출시 확인서

과 제 명	표준기반 온실 스마트개폐기 및 제어모듈 산업화			
주관연구기관	주식회사 퓨처테크	참여기관	태경사동화시스템	
연구책임자	한 재 용	연구기간	2020년 7월 3일 - 2021년 7월 2일(총1년)	
총 정부출연금	400,000,000원			
해당 기술의 제품출시 유형				
시제품(제품출시 예정)	( )	기존 제품 공정개선	( )	
신제품(제품출시 완료)	(●)	기 타	( )	
제품 출시 실적				
제품명	제품사진	제품용도	제품 출시일	해당 기술의 제품출시 기여율(%)
스마트 센서 박스(외부 기상 환경)		1. 전력선 통신기반의 상업용 스마트 센서 박스 2. 온도, 습도, 풍향, 풍속, 강우, 일사량 센서 외부 설치 3. 센서 노드 및 전력선 통신 프로토콜 변환기 내장 4. 고온, 고습, 분진환경에 보호될 수 있는 박스 제작	2021.06	25

2021년 07월 02일

연구책임자 : 한 재 용 (서명 또는 인)

- 1 -

스마트 센서 박스(외부 기상 환경) 제품출시 확인서

<양식>

농림축산식품 연구개발과제 제품출시 확인서

과 제 명	표준기반 온실 스마트개폐기 및 제어모듈 산업화			
주관연구기관	주식회사 퓨처테크	참여기관	태경사동화시스템	
연구책임자	한 재 용	연구기간	2020년 7월 3일 - 2021년 7월 2일(총1년)	
총 정부출연금	400,000,000원			
해당 기술의 제품출시 유형				
시제품(제품출시 예정)	( )	기존 제품 공정개선	( )	
신제품(제품출시 완료)	(●)	기 타	( )	
제품 출시 실적				
제품명	제품사진	제품용도	제품 출시일	해당 기술의 제품출시 기여율(%)
개도를 인식 개폐기		1. 전력선 통신 기반의 개도를 인식 개폐기 2. 스마트 케이스 내부에 개도를 측정용 주요 센서 및 압정부와 연결되는 변형 기어가 내장	2021.06	30

2021년 07월 02일

연구책임자 : 한 재 용 (서명 또는 인)

- 1 -

개도를 인식 개폐기 제품출시 확인서

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	통상실시	피드백 정보를 통한 전력선 통신 기반 스마트 온실 환경 제어 시스템	주식회사 퓨처테크	2021.6.21	1,530,000	
2	통상실시	풍향 및 풍속에 따라 측창 및 천창을 제어하는 스마트 온실 자동 제어 장치 및 그 방법	주식회사 퓨처테크	2021.6.21	1,500,000	
3	통상실시	피드백 정보를 통한 전력선 통신 기반 스마트 온실 환경 제어 시스템	주식회사 지능로봇 스튜디오	2021.6.16	1,462,500	

**기술실시 보고서** (단위 : 원)

**“출원 중 직무발명”의 통상실시권 실시계약서**

농업기술실용화재단 (이사장 박○용, 이하 ‘재단’이라 한다)과 주식회사퓨처테크 (대표이사(자) : 한○용, 이하 ‘실시권자’라 한다)은 아래와 같은 조건으로 ‘출원 중 직무발명’의 통상실시권 허락(이하 ‘실시’라 한다)에 관한 계약을 체결한다.

제1조(실시권의 허락) 재단은 농촌진흥청으로부터 다음의 출원 중인 직무발명(이하 ‘계약기술’이라 한다)에 대한 통상실시권의 허락을 수탁하여 실시권자에게 실시를 허락한다.

○ 특허번호 : 출원 제10-2021-0044138호  
○ 발명의 명칭 : 피드백 정보를 통한 전력선 통신 기반 스마트 온실 환경 제어 시스템

제2조(실시권의 범위 등) 이 계약에 있어서 실시권의 범위는 다음과 같다.

1. 실시기간 : 2021-06-21 ~ 2022-06-20 (1년간)  
2. 예정실시료 : 1,530,000원(균일백오십삼만원)  
<예중 1>  
1) 예정 실시료 : 금603,000원(균속실구안상원권)  
○ 총판매예정수량 : 220개  
○ 제품판매단가 : 350,000원/개  
○ 점유율 : 30%, 기본율 : 3%, 국가지분율 : 100%  
2). 실시범위 :  
○ 실시지역 : 대한민국 전역  
○ 실시내용 : 특허법 제2조 제3호에 규정된 실시 행위  
3) 실시제품명 : 스마트 구동기 노드  
<예중 2>  
1) 예정 실시료 : 금432,000원(균속실구안상원권)  
○ 총판매예정수량 : 240개  
○ 제품판매단가 : 200,000원/개  
○ 점유율 : 30%, 기본율 : 3%, 국가지분율 : 100%  
2). 실시범위 :  
○ 실시지역 : 대한민국 전역  
○ 실시내용 : 특허법 제2조 제3호에 규정된 실시 행위  
3) 실시제품명 : 권력선 통신 프로토콜 변환기  
<예중 3>

FACT

- 1 -

**피드백 정보를 통한 전력선 통신 기반 스마트 온실 환경 제어 시스템**

**기술실시 보고서** (단위 : 원)

**“출원 중 직무발명”의 통상실시권 실시계약서**

농업기술실용화재단 (이사장 박○용, 이하 ‘재단’이라 한다)과 주식회사퓨처테크 (대표이사(자) : 한○용, 이하 ‘실시권자’라 한다)은 아래와 같은 조건으로 ‘출원 중 직무발명’의 통상실시권 허락(이하 ‘실시’라 한다)에 관한 계약을 체결한다.

제1조(실시권의 허락) 재단은 농촌진흥청으로부터 다음의 출원 중인 직무발명(이하 ‘계약기술’이라 한다)에 대한 통상실시권의 허락을 수탁하여 실시권자에게 실시를 허락한다.

○ 특허번호 : 출원 제10-2020-0177898호  
○ 발명의 명칭 : 풍향 및 풍속에 따라 측창 및 천창을 제어하는 스마트 온실 자동 제어 장치 및 그 방법

제2조(실시권의 범위 등) 이 계약에 있어서 실시권의 범위는 다음과 같다.

1. 실시기간 : 2021-06-21 ~ 2022-06-20 (1년간)  
2. 예정실시료 : 1,500,000원(균일백오십만원)  
<예중 1>  
1) 예정 실시료 : 금576,000원(균속실구안상원권)  
○ 총판매예정수량 : 240개  
○ 제품판매단가 : 350,000원/개  
○ 점유율 : 40%, 기본율 : 3%, 국가지분율 : 100%  
2). 실시범위 :  
○ 실시지역 : 대한민국 전역  
○ 실시내용 : 특허법 제2조 제3호에 규정된 실시 행위  
3) 실시제품명 : 전력선 통신 프로토콜 변환기  
<예중 2>

FACT

- 1 -

**풍향 및 풍속에 따라 측창 및 천창을 제어하는 스마트 온실 자동 제어 장치 및 그 방법**

### 기술실시 보고서

(단위 : 원)

연구개발과제 현황	사업명	1세대 스마트 플랜트 스마트 산업화 [연구과제번호]		320093-1	
	연구과제명	전력선 통신 기반의 스마트 개발 기술 현장 적용성 평가			
	연구개발기관명	국립농업과학원	연구책임자	이계수	
	연구개발일	2020.7.3.	연구기간	2020.7.3. ~ 2021.7.2.	
기술실시계약 및 성과활동 현황	연구개발비	정부지원연구개발비	기관부담연구개발비	기타 ( )	
		50,000,000		50,000,000	
	계약(활동)일	농촌진흥청 출원 중 직무발명의 통상실시권 허락			
	계약(활동)일	2021.06.02.	실시(활동)기간	2021.06.16. ~ 2022.06.15.	
	지재권 종류	특허출원	실시권 유형	통상실시권	
	* 지재권 이 특허출원 중 확인된 경우	명 칭	피드백 정보를 통한 전력선 통신 기반 스마트 온실 환경 제어 시스템		
		번호	10-2021-0044138	일 자	2021.04.05
	실시(활동)기관	기관명	주식회사 지능로봇스튜디오		
		주 소	경기 수원 영통 구	대 표 지	한계승
		사업자번호	341-88-01761	전화번호	031-320-0801
사업담당자		윤*승	e-mail	*****@naver.com	
기술요	원형기술료	경상기술료	기타 조건		
	임수(예정)일	임수(예정)일	임수(예정)일	임수(예정)일	
	매출에 따른 기술료	2022.06.15.	매출액의 (3%)	없음	
	계				
기타특기사항	「농림축산식품 연구개발사업 관리기준」 제35호제3항에 따라 위와 같이 기술실시 내용을 보고 합니다. 붙임 1. 기술실시계약서 사본 1부(타기관으로 기술이전시), 2. 지식재산권을 포함하는 기술이전인 경우 해당 증명자료(특허 등록증, 출원증 등) 1부 (타 기관으로 기술이전시), 3. 연구개발과제활약서 사본 1부(직접실시시). 2021년 06월 30일 연구개발기관 농촌진흥청 국립농업과학원의 대표인  농림식품기술기획평가원장 귀하				

### “출원 중 직무발명”의 통상실시권 실시계약서

농업기술실용화재단 (이사장 박○용, 이하 '재단')과 주식회사 지능로봇스튜디오(대표이사(자): 윤○승, 이하 '실시권자'라 한다)은 아래와 같은 조건으로 '출원 중 직무발명'의 통상실시권 허락(이하 '실시'라 한다)에 관한 계약을 체결한다.

제1조(실시권의 허락) 재단은 농촌진흥청으로부터 다음의 출원 중인 직무발명(이하 "계약기술"이라 한다)에 대한 통상실시권의 허락을 수탁하여 실시권자에게 실시를 허락한다.

- 특허번호 : 출원 제10-2021-0044138호
- 발명의 명칭 : 피드백 정보를 통한 전력선 통신 기반 스마트 온실 환경 제어 시스템

제2조(실시권의 범위 등) 이 계약에 있어서 실시권의 범위는 다음과 같다.

1. 실시기간 : 2021-06-16 ~ 2022-06-15 (1년간)
2. 예정실시료 : 1,462,500원(금일백사십육만이천오백원)
  - 출판예정수량 : 25개
  - 제품판매단가 : 6,500,000원/개
  - 점유율 : 30%, 기분율 : 3%, 국가계분율 : 100%
3. 실시범위 :
  - 실시지역 : 대한민국 전역
  - 실시내용 : 특허법 제2조 제3호에 규정된 실시 행위
4. 실시제휴명 : 스마트 온실 환경 종합 제어시스템

제3조(제3자에 대한 허락) ① 재단은 본 계약의 체결 후 실시권자에게 허락한 실시권의 사용을 실시권자 이외의 자에게도 허락 할 수 있다. 다만 실시권자가 계약기술의 공동관리자로서 "공동출원 및 실시에 관한 계약"에 따라 통상실시권의 실시계약을 체결하는 경우, 실시권자의 동의 없이는 실시권의 사용을 실시권자 이외의 자에게 허락 할 수 없다.

② 제1항 단서의 경우, 실시권자가 실시권자에게 허락한 공동연구개발성과를 실시권자가 지정하는 자에게 사용시키고자 재단에 요청하는 때에는 재단은 당해 지정을 받은 자에게 실시를 허락할 수 있다.

제4조(실시료의 납부) ① 실시권자는 계약기간 만료 후 30일 이내에 [별지 1]에 따라 매출실적사본, 부가가치세 과세표준증명원 등의 실적실적 증명서류 사본 등을



### 피드백 정보를 통한 전력선 통신 기반 스마트 온실 환경 제어 시스템

### □ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2020년	2021년	
1	표준기반 온실 스마트개폐기 및 제어모듈 산업화	주식회사 지능로봇스튜디오	1	1	1
합계			1	1	1

### 4대 사회보험 사업장 가입자 명부

발급번호	20201217339835	발급일시	2020-12-17 11:01	사업장 관리번호	34188017610
구분	국민연금	건강보험	산재보험	고용보험	
사업장등록번호	3418801761	3418801761	3418801761	3418801761	
사업장명칭	(주)지능로봇스튜디오	(주)지능로봇스튜디오	(주)지능로봇스튜디오	(주)지능로봇스튜디오	

1 / 2

연번	주요(외국인)등록번호	성명	자격취득일			
			국민연금	건강보험	산재보험	고용보험
1	88292111111111111111	류종원	2020.08.01	2020.08.01	2020.08.01	2020.08.01
2	88292111111111111111	윤복순	2020.08.01	2020.08.01	2020.08.01	2020.08.01
3	88292111111111111111	김재환	2020.08.01	2020.08.01	2020.08.01	2020.08.01
4	88292111111111111111	박재환	2020.08.01	2020.08.01	2020.08.01	2020.08.01
5	88292111111111111111	최병호	2020.08.01	2020.08.01	2020.08.01	2020.08.01
6	88292111111111111111	홍정원	2020.08.01	2020.08.01	2020.08.01	2020.08.01

※ 위 사업장 가입자 명부는 4대사회보험 정보연계시스템이 국민연금공단 국민건강보험공단 근로복지공단의 가입자 정보를 실시간 연계받아 제공하는 것이며, 발급사실 여부를 발급일로부터 90일까지 4대사회보험 포털사이트(www.4insurance.or.kr) 및 발급사실확인 메뉴에서 확인 가능합니다.  
 ※ 영항원 정보연계서비스 4대 사회보험이 함께 합니다.

### 고용 창출 4대 사회보험 사업장 가입자 명부

□ 정책 활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
1	제안	“스마트팜 ICT기자재 국가표준 확산지원 사업”에 스마트온실 ICT기자재 내환경성 시험평가 기준(안) 반영	농촌진흥원 국립농업과학원 스마트팜개발과	2021년	스마트온실 ICT기자재 내환경성 시험평가 기준(안)

**정책자료**

제목	“스마트팜 ICT기자재 국가표준 확산지원 사업”에 스마트온실 ICT기자재 내환경성 시험평가 기준(안) 반영																																		
활용가능성	농업축산식품부 농업생명정책관 농산업정책과																																		
관련분야	농업공학																																		
제안내용 요약	<p>□ 제안 배경</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현재 보급되고 있는 ICT기자재들의 사후치리를 위한 호환성 문제 등은 “스마트팜 ICT기자재 국가표준 확산지원 사업”을 통해 많이 개선되고 있음</li> <li>○ 하지만, 농민들은 여전히 보급되고 있는 ICT기자재의 잦은 고장 및 빈번한 오동작으로 인한 신뢰도가 낮은 실정임</li> <li>○ 고온·고습의 열악한 온실내부 환경속에서도 내구성이 높은 스마트팜 ICT기자재가 보급될 수 있도록 신뢰성(내환경성) 시험평가 기준 마련이 필요함</li> </ul> <p>□ 제안 내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ “스마트팜 ICT기자재 국가표준 확산지원 사업”에 스마트온실 ICT기자재 내환경성 시험평가 기준(안)을 반영</li> <li>- 스마트온실 ICT기자재 내환경성 시험평가 기준(안)</li> <li>* (검정방법) 선정된 내용습도 기준에 맞는 검정시스템을 이용하여 각각 72시간 연속시험 후 작동유무 점검</li> <li>* 국가표준 KS X 3265-3269에 해당하는 ICT기자재</li> <li>* 시험평가용 시료(개발제품)는 최소 2개이상 권장</li> </ul> <table border="1"> <thead> <tr> <th>스마트온실 주요 ICT기자재 항목</th> <th>내연도 성능</th> <th>내습도 성능</th> <th>방수방진등급</th> <th>적용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>온실내부 환경연서 (벽걸형 포함)</td> <td>-20~+80 °C</td> <td>95% RH</td> <td>IP65</td> <td>유/무</td> </tr> <tr> <td>연서노드</td> <td>-20~+80 °C</td> <td>95% RH</td> <td>IP65</td> <td>유/무</td> </tr> <tr> <td>구동기노드</td> <td>-20~+80 °C</td> <td>95% RH</td> <td>IP65</td> <td>유/무</td> </tr> <tr> <td>개폐기(구동장치)</td> <td>-20~+80 °C</td> <td>95% RH</td> <td>IP65</td> <td>유/무</td> </tr> <tr> <td>스마트온실 환경제어기</td> <td>-20~+80 °C</td> <td>95% RH</td> <td>IP65</td> <td>유/무</td> </tr> </tbody> </table> <p>고온습도(40~+80°C), 저온습도(-40~0°C), 장온습도(10~40°C, 90~95%RH), 각각 72시간 연속시험 후 작동유무 점검</p>					스마트온실 주요 ICT기자재 항목	내연도 성능	내습도 성능	방수방진등급	적용	온실내부 환경연서 (벽걸형 포함)	-20~+80 °C	95% RH	IP65	유/무	연서노드	-20~+80 °C	95% RH	IP65	유/무	구동기노드	-20~+80 °C	95% RH	IP65	유/무	개폐기(구동장치)	-20~+80 °C	95% RH	IP65	유/무	스마트온실 환경제어기	-20~+80 °C	95% RH	IP65	유/무
	스마트온실 주요 ICT기자재 항목	내연도 성능	내습도 성능	방수방진등급	적용																														
온실내부 환경연서 (벽걸형 포함)	-20~+80 °C	95% RH	IP65	유/무																															
연서노드	-20~+80 °C	95% RH	IP65	유/무																															
구동기노드	-20~+80 °C	95% RH	IP65	유/무																															
개폐기(구동장치)	-20~+80 °C	95% RH	IP65	유/무																															
스마트온실 환경제어기	-20~+80 °C	95% RH	IP65	유/무																															
연구개발자	<p>□ 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ “스마트팜 ICT기자재 국가표준 확산지원 사업”에 반영되어 농업인에게 신뢰받을 수 있고, 호환성이 확보되는 농자재를 공급하여 경제성 손실 방지 및 농업인 경제의 부양</li> </ul> <p>농촌진흥청 국립농업과학원 스마트팜개발과 이희수 (전화 : 063-4300-4300, e-mail : hys@korea.kr)</p>																																		

“스마트팜 ICT기자재 국가표준 확산지원 사업”에 스마트온실 ICT기자재 내환경성 시험평가 기준(안) 반영

[그 밖의 성과]

□ 영농활용 내용

번호	구분	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
1	영농기술정보	피드백 제어를 위한 전력선 통신 기반 스마트온실 환경제어시스템	농촌진흥원 국립농업과학원 스마트팜개발과	2021년	현장실증 및 신기술시범사업 활용

**영농기술정보**

제목	피드백 제어를 위한 전력선통신 기반 스마트온실 환경제어시스템				
활용분야	농업공학				
검색어	피드백제어, 전력선통신, 개도음, 스마트개폐기, 온실환경제어시스템				
활용내용 요약	<p>□ 배경</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한국형 스마트온실의 센서 및 제어기 노드는 통신으로 연결되어 있지만, 천·출장 개폐기 등의 구동기에는 오픈 루프(Open loop)로 제어되고 있어, 정확한 개도음 측정 등 정밀한 온실 환경제어가 불가능한 실정임</li> <li>○ 한국형 스마트온실에서 더욱 정밀한 환경관리를 위해 구동기와 환경제어 시스템 간의 양방향 통신이 가능한 온실 내 피드백 제어시스템의 구현이 필요함</li> </ul> <p>□ 개발된 영농기술정보</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 피드백 제어를 위한 전력선통신 기반 스마트온실 환경제어시스템 구현</li> <li>- 전력선통신 기술을 이용하여 별도의 통신라인 부설없이 온실 내 통신 네트워크를 구축하여 구동기 노드 및 온실환경제어기 간의 양방향 통신을 통한 피드백 제어가 가능한 온실 환경제어시스템을 개발함</li> <li>※ 특허출원: 피드백 정보를 통한 전력선통신 기반 스마트온실 환경제어시스템(10-2021-0044130, 2021.04.05.)</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <p>〈스마트팜 구성도〉 〈스마트개폐기시스템〉 〈스마트팜 구축 및 실증〉</p>				
	기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개도음을 추적 가능한 개도음 인식 개폐 기술 상용화로 스마트온실 내의 환경을 더욱 정밀하게 제어할 수 있음으로써 농가 이익 창출</li> <li>○ 전력선통신 기술의 적용을 통한 구축 및 설치비용 60% 절감</li> </ul>			
활용구분	신기술 보급	현장실증	중앙기술 개발	관련장비 연시	영농정보 국가중점 기술포럼
연구개발자	농촌진흥청 국립농업과학원 스마트팜개발과 이희수 (전화 : 063-4300-4300, e-mail : hys@korea.kr)				

피드백 제어를 위한 전력선 통신 기반 스마트온실 환경제어시스템 현장실증 및 신기술시범사업 활용

## 2) 연구수행 목표 달성 수준

<표 3.16> 목표대비 달성도

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 스마트팜 환경에 맞는 전력선 통신 CHIP 모듈화 및 상용화	○ 전력선 통신 CHIP을 사용하여 필터 및 송신 회로, 증폭회로 등 모듈화 - 전력선 통신 성능 향상을 위한 H/W 회로 설계 및 구현	○ 100%
	○ 전력선 통신 CHIP 내에 F/W 설계 및 구현 - 리피터(중계) 기능, UART 기능 등	○ 100%
○ 스마트 개폐기 최적 적용을 위한 표준기반 스마트팜 개방형 제어기 개발	○ 전력선 통신 기반의 센서 노드 및 구동기 노드 연동	○ 100%
	○ 스마트 개폐기 지능형 비례제어 알고리즘 개발 탑재	○ 100%
	○ 스마트팜 개방형 제어기와 노드 및 구동기의 통신 및 데이터 호환성 확보 - 통신 프로토콜: 국가표준(KS X 3267) 적용 - 데이터 식별: 규격기준 부재 → 농진청 스마트팜 데이터 식별기준 적용	○ 100%
○ 표준기반 스마트팜 개방형 제어기 개선 및 상용화	○ 통신 네트워크 구성 개선: - CANBUS통신(기본) → RS232C, RS458, I2C, Ethernet 통신 지원	○ 100%
	○ 물리적 네트워크 구성방식 개선: - 통신선 별도 부설 → 전력선을 이용한 PLC 통신 방식 지원	○ 100%
	○ 내환경성 개선: 동작온도 범위 0 ~ +60℃ → -20 ~ +80℃	○ 100%
○ 스마트팜에서 전력선 통신 기반 센서 노드 및 구동기 관련 제품의 개선 및 상용화	○ 내환경성이 개선된 복합 실내 환경 센서를 포함한 스마트 센서 박스 개발 및 상용화	○ 100%
	○ 스마트 액추에이터 모듈(개도율 인식 개폐기+스마트 구동기 노드) 개발 및 상용화 - 온실내 내환경성, 개폐기 개선, 통신 환경 등을 개선한 제품	○ 100%
○ 상용화 제품 목표 : 6종	○ 전력선 통신 기반 스마트팜 제어기, 스마트 센서 박스, 개도율 인식 개폐기, 스마트 구동기 노드, 전력선 통신 프로토콜 변환기, 스마트팜 전력선 통신 모뎀	○ 100%
	○ 스마트팜 전력선 통신 모뎀 동작온도 범위 개선 : 0 ~ +60℃ → -20 ~ +80℃	○ 100%
	○ 전자파 적합 등록 제품 : 3종 - 스마트 구동기 노드, 스마트팜 전력선 통신 모뎀, 전력선 통신 프로토콜 변환기	○ 100%
○ 전력선 통신 기반의 스마트팜 개발 기술 현장 적용성 평가	○ 내환경성 개선 검증을 위한 내환경성 평가	○ 100%
	○ 실증 시험을 위한 개발된 시제품 설치 및 현장 운영 시험	○ 100%

## 4. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

### ○ 기술적 측면

- ICT기반의 시설원예산업의 기술 경쟁력을 강화한다.
- 순수 국내기술 개발 및 오픈소스로 인한 국내기술 경쟁력을 강화 및 고도화한다.
- 농업시설 내 전력선 통신 기반 센서/구동기 및 제어기의 네트워크 구축 기술은 세계 Top 5위 수준, 농업분야 최초적용이다.
- 재배 기술 know-how 공개를 통해 재배 기술의 발전에 이바지한다.
- 오픈 소스 적용에 따른 제조사별 경쟁력을 H/W기술 중심에서 S/W중심으로 기술이 변화한다.
- 개도율 추적이 가능한 개도율 인식 개폐 기술 상용화로 실내 환경 제어의 한계성을 극복한다.

## ○ 경제·산업적 측면

- 설치 및 A/S 부담 감소로 인한 ICT 시설환경 모델사업 확산이 가능하다.
- ICT 장비 표준 규격은 검인증 제도와 함께 농업인에게 신뢰할 수 있고 호환성이 확보되는 농자재를 공급하여 경제적 손실을 방지한다.
- 한국형 스마트팜을 수출하는 국내 농자재 산업체의 글로벌 시장 진출이 유리하도록 ICT 부품 및 기기의 국제규격을 제시한다.
- 농업 ICT시스템 프로토콜 표준화로 국가 농업정보의 체계적인 관리를 위한 빅데이터 시스템의 안정적인 구축이 가능하다.

## ○ 사회적 측면

- 스마트팜은 농업인에게 농장 상황에 대한 합리적 의사 결정 서비스를 제공한다.
- 유통정보와 연계하여 시설온실 작물의 출하시기 조절을 통한 국내 농산물 수급을 안정화 한다.
- 국내 경제 안정화에 필수적이다.
- 작업 편의성과 더불어 생산성 향상을 위한 관리방법을 클라우드 서비스에서 제공하여 비숙련자도 농사를 지을 수 있는 비즈니스 모델을 제시한다.
- 스마트팜 기자재/플랜트의 국산화 및 첨단화를 통한 해외시장 진출이 가능하다.
- 귀농 활성화 및 청년 일자리 창출이 가능하다.

## 5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

### 1) 연구개발성과 활용 방안

#### ○ 표준 기반 스마트팜 개방형 제어기 (전력선 통신 기반) 관련

- 스마트팜 표준 기반의 스마트 온실 제어기 하드웨어 구성 모델을 제공함으로 산업에서 중복적인 R&D 노력 없이 필요한 모듈을 조합하여 설계함으로 산업발전 촉진과 생산 단가의 절감에 활용된다.
- 오픈소스 Farm OS 기반의 스마트팜 운영시스템인 IROS는 스마트팜 표준인 KS X 3267 통신규격을 적용함으로 다양한 스마트팜 장비와 연동할 수 있도록 활용된다.
- 오픈 소스 적용에 따른 제조사별 경쟁력을 H/W기술 중심에서 S/W중심으로 기술의 변화에 활용된다.
- 오픈 소스 적용에 따른 S/W경쟁력을 가진 업체의 시장진입이 용이하도록 활용된다.
- 외부 기상 상황을 고려한 비례제어 알고리즘은 인공지능 알고리즘을 통한 보다 고도화된 개발로 2세대 스마트팜 시스템의 산업화에 활용된다.

#### ○ 온실 내 전력선 통신 네트워크 구축 관련

- 기존의 전동화된 온실에서 별도의 통신라인 부설 없이 농업 시설 내 센서 노드와 제어기 노드간 네트워크를 구성하는 데 활용이 가능하다.
- RS-485 MODBUS 의 표준 프로토콜 접목을 통해 제조사별 센서 노드 및 제조사별 제어기 간의 호환성이 가능하여 산업 발전 촉진과 제조사의 제품 개발 비용의 절감에 활용된다.
- 전력선 통신을 통한 농업 시설 내 네트워크 구축 기술 확보에 따른 미래원천기술 확보에 활용된다.

#### ○ 스마트 센서 박스 관련

- 내환경성을 구비하여 센서의 교체 주기를 연장함으로서 농가의 유지보수 비용 절감에 활용된다.

- 내환경성 구비를 통해 다른 제조사의 롤 모델에 활용된다.

○ 개도율 인식 개폐기 관련

- 저가의 개도율 추적이 가능한 개폐기 제품 출시로 DC 개폐기 및 AC 개폐기에 접목 가능하며 제품 구입 비용 절감을 통해 초기 설치 절감에 활용된다.

○ 스마트 구동기 노드 관련

- 제어 및 상태 확인이 필요한 다른 종류의 구동기에 접목 가능하다.  
 - 자체 제어 기능을 활용하여 현재 개방형 스마트팜 제어기에 의한 중앙 집중식 제어에서 분산 제어 기술로 활용된다.

2) 연구개발성과 활용 계획

연구개발성과 활용 계획은 <표 5.1>과 같다.

<표 5.1> 연구개발성과 활용 계획표

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내
특허등록	국내	1
	국외	
	계	1
인력양성	학사	1
	석사	
	박사	
	계	1
사업화	상품출시	2
	기술이전	
	매출액[백만원]	900

## 참고 문헌

길민식, et al. "IOT 기반의 스마트팜 시스템 구조설계에 관한 연구." 전력전자학회 학술대회 논문집 (2019): 543-545.

김선광, et al. "스마트팜용 Wi-Fi 네트워크 기반의 제어 모듈 설계 및 구현." 전자공학회논문지 57.3 (2020): 91-98.

김성락, et al. "스마트팜 제어시스템 설계를 위한 한국형 스마트팜 기술 분석." 한국기계가공학회 춘추계학술대회 논문집 (2020): 35-35.

백선욱, et al. "스마트팜 풍속 센서 검정 및 센서 성능 평가를 위한 시스템 개발." 한국농업기계학회 학술발표논문집 24.2 (2019): 148-150.

배장식, and 정지성. "스마트팜 환경모니터링 및 제어를 위한 원격관리 시스템 기술." 한국통신학회 학술대회논문집 (2019): 814-815.

서준혁, et al. "스마트팜을 위한 생장 환경 모니터링 및 자동제어시스템 설계." 대한전기학회 학술대회 논문집 (2019): 209-211.

박규태, 오광은, and 오진섭. "알아서 쑥쑥 (자동화 재배 시스템, 스마트팜)." 한국정보처리학회 학술대회논문집 27.2 (2020): 276-279.

김봉현. "이기종 시스템 통합 기반의 차세대 스마트팜 비즈니스 모델 최적화 연구." 차세대융합기술학회논문지 4.3 (2020): 265-271.

김한진, et al. "협업 드론 기반 스마트팜 관리 시스템." 한국통신학회 학술대회논문집 (2020): 1116-1117.

신봉희, and 전해경. "ICT 기반의 스마트팜 설계." 융합정보논문지 10.2 (2020): 15-20.

김상철 "2세대 스마트팜 기술개발 현황과 방향" 2019 춘계공동학술대회 (2019)

과학기술일자리진흥원 "스마트팜 기술 및 시장동향 보고서" 2019 S&T Market Report VOL.69

## 연구개발보고서 초록

과 제 명	표준기반 온실 스마트개폐기 및 제어모듈 산업화				
	Industrialization of standards-based smart actuator and control module for greenhouse				
주관연구기관	주식회사 퓨처테크		주 관 연 구 책 임 자	주식회사 퓨처테크	
참 여 기 업	주식회사 지능로봇스튜디오 태경자동화시스템 국립농업과학원			한재용	
총연구개발비  (534,000 천원)	계	534,000	총 연구 기간	2020. 07. 03. ~ 2021. 07. 02.( 1년)	
	정부출연 연구개발비	400,000	총 참 여 연구 원 수	총 인 원	16 명
	기업부담금	134,000		내부인원	16 명
	연구기관부담금			외부인원	

○ 연구개발 목표 및 성과

- 1세대 스마트팜 고도화 및 산업화 추진(전력선 통신 기반)을 위해 관련 제품의 개선 및 상용화를 하며 운영실증을 통해 농가에 널리 보급
- 표준기반 스마트팜 개방형 제어기의 전력선 통신 기술 확보 및 상용화
- 스마트팜에서 전력선 통신 기반의 센서 노드 및 구동기 노드의 네트워킹 기술 접목 제품 상용화
- 스마트 온실 내 신뢰성 있는 전력선 통신 환경 개선 제품 상용화 및 노드 제품 적용
- 학술대회 발표 2건, 특허 출원 2건, 저작권(소프트웨어) 등록 1건, 전자과 인증 3건, 제품화 6건, 기술이전 3건, 정책제안 1건, 영농활용 1건

○ 연구내용 및 결과

- 표준기반 스마트팜 개방형 제어기의 전력선 통신 기술 확보 및 상용화 완료
  - 기존 개방형 제어기 문제점 개선, 보완, 실증 시험 완료
  - 내환경성 및 통신 인터페이스를 개선한 제어기 및 확장 모듈 제품 개선 및 상용화 완료
  - 전력선 통신 기반 스마트팜 제어기 및 모뎀 상용화 제품 개발 완료
- 스마트팜에서 전력선 통신 기반의 센서 노드 및 구동기 노드의 네트워킹 기술 접목 제품 상용화 완료
  - 스마트팜 환경에 맞는 전력선 통신 CHIP 모듈화 완료
  - 내환경성을 개선한 복합 환경 센서를 포함한 스마트 센서 박스 개발 및 상용화 완료
  - 스마트 액추에이터(개도율 인식 개폐기+스마트 구동기 노드) 개발 및 상용화 완료
  - 내환경성, 개폐기의 문제점, 통신 환경 등을 개선하여 제품화 개발 완료

- 스마트 온실 내 신뢰성 있는 전력선 통신 환경 개선 제품 상용화 및 노드 제품에 적용 완료
  - 스마트 액추에이터 모듈 내 노이즈 필터 회로 설계 및 적용 완료
  - 스마트 온실 내의 DC 전원 공급 장치의 노이즈 필터 설계 및 설치가 용이한 제품 상용화 완료
  - 스마트 온실 내 신뢰성 있는 전력선 통신 환경 개선 완료
  - 스마트 구동기 노드, 스마트팜 전력선 통신 모듈, 전력선 통신 프로토콜 변환기 전자파 인증 완료
- 전력선 통신 기반의 스마트팜 개발 기술 현장 적용성 평가 완료
  - 내환경성 개선 검증을 위한 개발된 시제품 내환경성 평가 완료
  - 실증 시험을 위한 개발된 시제품 설치 및 현장 운영 시험 완료

○ 연구성과 활용실적 및 계획

- 표준기반 제어기 모듈의 산업적 이용기반 제공
  - 하드웨어 설계 및 소프트웨어 공개를 통한 산업 확산
  - 전력선 통신 기반 제어기 모듈의 전문 생산 기업 지원 및 공용화 기술 제공
- 스마트팜 ICT 산업의 새로운 생태계 조성 및 산업 활성화
  - 스마트팜 표준 기반의 모델을 제공함으로써 중복적 R&D 노력 없이 필요한 모듈을 조합 설계함으로써 산업발전 촉진과 생산 단가 절감
  - 기존의 전동화 된 온실에서 별도의 통신 라인 부설 없이 농업 시설 내 센서 노드와 제어기 노드 간 네트워크를 구성
  - 1세대 스마트 팜의 문제점인 모터의 정밀위치 제어기술의 부재를 해결함으로써 정밀 제어가 가능하며 내환경성, 통신환경 개선을 통해 농가 스마트 온실산업의 안정화 및 설치비 절감을 통한 농가 부담 최소화 및 보급의 확대

## 자체평가의견서

### 1. 과제현황

		과제번호		320093-1	
사업구분	연구개발사업				
연구분야	스마트팜			과제구분	단위
사업명	1세대 스마트 플랜트팜/애니멀팜 산업화기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	표준기반 온실 스마트개폐기 및 제어모듈 산업화			과제유형	(응용)
연구개발기관	주식회사 퓨처테크			연구책임자	한재용
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2020. 07. 03. - 2021. 07. 02	400,000	134,000	534,000
	2차년도				
	3차년도				
	4차년도				
	5차년도				
	계	2020. 07. 03. - 2021. 07. 02	400,000	134,000	534,000
참여기업					
상대국	상대국연구개발기관				

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2021. 08. 31

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
주식회사 퓨처테크	대표이사	한재용

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

## 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수

- 표준기반 스마트팜 개방형 제어기의 전력선 통신 기술을 확보해 기존 제어기 문제점을 개선, 보완하고, 내환경성 및 통신 인터페이스를 개선하여 상용화 제품으로 개발하였다.
- 전력선 통신 기반의 센서 노드 및 구동기 노드의 네트워킹 기술을 접목하여 기존 문제점인 센서의 내구성과 측정 신뢰성을 개선한 스마트 센서 박스 및 스마트 액추에이터 모듈(개도율인식개폐기+스마트 구동기 노드)을 개발하였다.
- 전력선 통신 기반의 시제품을 내환경성 개선을 검증하고 현장 운영하여 신뢰성을 입증하였다.
- 개도율 추적이 가능한 개도율 인식 개폐기 개발로 정확한 개도율 제어 및 상태 확인이 가능하다.
- 국내 최초 온실 내 전력선 통신 기반 네트워크 구축 및 통신의 신뢰성을 확보하였다.

## 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수

- 스마트팜 표준 기반의 스마트 온실 제어기 하드웨어 모델을 제공함으로 산업에서 중복적인 R&D 노력 없이 필요한 모듈을 조합 설계함으로 산업 발전 촉진과 생산 단가를 절감한다.
- 온실내 전력선 통신 네트워크 구축이 가능하여 농가 스마트 온실 산업의 안정화 및 설치비 절감을 통한 농가의 부담을 최소화하고 보급의 확대가 가능하다.
- 정확한 개도율 제어 및 상태 모니터링 개폐기를 통해 스마트 온실내의 환경을 보다 정밀하게 제어 가능함으로서 농가 이익 창출 및 2세대 스마트팜으로 발전이 가능하다.
- 한국형 스마트팜을 수출하는 국내 농자재 산업체의 글로벌 시장 진출이 유리하도록 ICT 부품 및 기기의 국제 규격을 제시한다.

## 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수

- 스마트팜 ICT 기자재 내환경성 시험평가 기준(안) 정책 반영을 제안한다.
- 기존의 전동화된 온실에서 별도의 통신라인 부설 없는 농업 시설 내 센서 노드와 제어기 노드 간 네트워크 구성에 활용이 가능하다.
- 표준기반 개방형 제어기 개발로 오픈 소스 적용에 따른 S/W 경쟁력을 가진 업체의 시장진입이 용이하도록 활용이 가능하다.
- 스마트 센서 박스의 내환경성을 구비하여 센서의 교체 주기를 연장함으로서 농가의 유지보수 비용 절감에 활용이 가능하다.
- 개도율 제어 및 상태 모니터링 개폐기를 통한 1세대에서 2세대 스마트팜으로 활용이 가능하다.

## 4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수

- 연구계획서의 성과 및 정성적 목표를 달성하였다.
  - 스마트팜 환경에 맞는 전력선 통신 CHIP의 모듈화 및 상용화를 완료하였다.
  - 표준기반 스마트팜 개방형 제어기의 전력선 통신 기술 확보 및 제품의 상용화를 완료하였다.
  - 전력선 통신 기반의 센서노드 및 구동기 노드의 제품의 상용화를 완료하였다.
  - 상용화 제품 출시 : 6건

- 전력선 통신 기반의 스마트팜 시스템 내환경성 및 현장 운영 시험을 완료하였다.
- 주관기관과 공동기관 간 주기적인 회의를 진행하여 각종 문제를 해결하는 등 다방면의 노력을 통해 연구개발 및 상용화를 진행하였다.(대면 및 비대면 ZOOM회의 실시)
- 정량적 연구개발 성과의 경우 목표 대비해 초과 달성하였다.
  - 학술대회 발표 목표: 1건, 실적: 2건
  - 특허 출원 목표 : 1건, 실적: 2건
  - 정책제안 목표: 0건, 실적: 1건
  - 고용창출 목표: 0명, 실적: 1명

5. 공개 발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수

- 지적 재산권 관련
  - 특허 출원: 2건, 소프트웨어 저작권 등록 : 1건
- 기술 관련
  - 기술이전: 3건, 기술 인증: 3건
- 학술대회 발표 및 기타
  - 학술대회 발표: 2건, 영농활용: 1건, 정책제안: 1건, 현장 실증 시험

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
스마트팜 환경에 맞는 전력선 통신 CHIP 모듈화 및 상용화	15	100	- 전력선 통신 CHIP을 사용하여 필터 및 송신 회로, 증폭회로 등 H/W 설계 및 구현 완료 - 리피티(중계)기능 및 전력선 통신 알고리즘 등의 F/W 설계 및 구현 완료
스마트 개폐기 최적 적용을 위한 표준기반 스마트팜 개방형 제어기 개발	15	100	- 스마트팜 개방형 제어기와 센서 노드 및 구동기 노드 연동 및 데이터 호환성 확보 완료 - 스마트 개폐기 지능형 비례 제어 알고리즘 개발 및 탑재 완료
표준기반 스마트팜 개방형 제어기 개선 및 상용화	15	100	- 통신 네트워크 구성 및 물리적 네트워크 구성방식 개선 완료 - 내환경성 개선 완료
스마트팜에서 전력선 통신 기반 센서 노드 및 구동기 관련 제품의 개선 및 상용화	25	100	- 내환경성이 개선된 복합 실내 환경 센서를 포함한 스마트 센서 박스 및 스마트 액추에이터 모듈 개발 및 상용화 완료
상용화 제품 목표 : 6종	20	100	- 전력선 통신 기반 스마트팜 제어기, 스마트 센서 박스, 개도율 인식 개폐기, 스마트 구동기 노드, 전력선 통신 프로토콜 변환기, 스마트팜 전력선 통신 모듈 상용화 완료
전력선 통신 기반의 스마트팜 개발 기술 현장 적용성 평가	15	100	- 내환경성 평가완료 (목표치 달성완료) - 시제품 설치 및 실증 현장 운영 시험완료
합계	100	100	

### III. 종합의견

#### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 국내 최초로 온실 내 전력선 통신 기반의 스마트팜 제품 상용화를 통해 농가 스마트 온실 산업의 안정화 및 설치비 절감을 통한 농가 부담을 최소화하고 보급의 확대가 가능하다.
- 정확한 개도율 제어 및 상태 모니터링 개폐기를 통해 스마트 온실내의 환경을 보다 정밀하게 제어 가능함으로서 농가 이익 창출 및 2세대 스마트팜으로 발전이 가능하다.
- 연구개발 결과 정성적 목표를 달성하였으며 정량적 목표의 경우 초과 달성하였다.
- 스마트팜 관련 성능 시험 및 현장 설치 시험, 내환경성 평가를 통해 만족한 결과가 도출된다.
- 전력선 통신 기반의 스마트팜 제품 홍보 및 시범설치를 통해 사업화를 추진할 계획이다.

#### 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- COVID 19로 인한 현장운영이 계획 일정 대비 약 3주 정도 지연되었고, 대면 회의가 불가하여 비대면 ZOOM으로 진행하여 연구 활동비의 지출이 계획대비 감소하였다.

#### 3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 운영 실증 시험을 통한 홍보 효과를 이용해 추가적인 농가에 설치할 예정이며, 저렴한 가격에 쉽게 설치 및 관리가 가능한 스마트팜 서비스를 제공하여 확대 보급할 예정이다.
- 기존 대형 온실 위주에서 벗어나 중소형 온실 최적화 관리 모델을 제공할 예정이다.

### IV. 보안성 검토

- 해당사항 없음

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

#### 1. 연구책임자의 의견

- 해당사항 없음

#### 2. 연구개발기관 자체의 검토결과

- 해당사항 없음

## 연구성과 활용계획서

### 1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input type="checkbox"/> 자유응모과제	<input checked="" type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야	1세대 스마트 플랜트팜/애니멀팜 산업화
연구과제명	표준기반 온실 스마트개폐기 및 제어 모듈 산업화			
주관연구개발기관	주식회사 퓨처테크		주관연구책임자	한 재 용
연구개발비	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타	총연구개발비
	400,000,000원		134,000,000원	534,000,000원
연구개발기간	2020.07.03. - 2021.07.02. (12개월)			
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input checked="" type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input checked="" type="checkbox"/> 정책자료 <input checked="" type="checkbox"/> 기타( 홍보, 제품화 )			
	<input type="checkbox"/> 미활용 (사유: )			

### 2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 스마트팜 환경에 맞는 전력선 통신 CHIP 모듈화 및 제품 상용화	- 전력선 통신 CHIP을 사용하여 필터 및 송신회로, 증폭회로 등 모듈화 완료 - 전력선 통신 CHIP 모듈의 리피터 기능, UART 기능 구현 완료 - 전력선 통신 CHIP 모듈의 제품 상용화 완료
② 스마트 개폐기 최적 적용을 위한 표준 기반 스마트팜 개방형 제어기 개발	- 전력선 통신 기반의 센서 노드 및 구동기 노드 연동 완료 - 스마트 개폐기 지능형 비례 제어 알고리즘 개발 및 탑재 완료 - 스마트팜 개방형 제어기와 노드 및 구동기의 통신 및 데이터 호환성 확보 완료
③ 표준 기반 스마트팜 개방형 제어기 개선 및 상용화	- 통신 네트워크 구성 개선 완료(CANBUS통신 -> RS232C, RS458, I2C, Ethernet 지원) - 물리적 네트워크 구성방식 개선 완료(통신선 별도 부설 -> 기존 전력선을 이용한 PLC 통신방식) - 내환경성 개선완료(0~+60℃ -> -20~+80℃)
④ 스마트팜에서 전력선 통신 기반 센서 노드 및 구동기 관련 제품의 개선 및 상용화	- 내환경성이 개선된 복합 실내 환경 센서를 포함한 스마트 센서 박스 개발 및 상용화 완료 - 스마트 액추에이터 모듈(개도를 인식 개폐기+스마트 구동기 노드) 개발 및 상용화 완료
⑤ 상용화 제품 목표	- 전력선 통신 기반 스마트팜 제어기, 스마트 센서 박스, 개도를 인식 개폐기, 스마트 구동기 노드, 전력선 통신 프로토콜 변환기, 스마트팜 전력선 통신 모뎀 상용화 완료 - 스마트팜 전력선 통신 모뎀 동작온도 범위 개선(0 ~ +60℃ → -20 ~ +80℃) - 전자파 인증 완료(스마트 구동기 노드, 스마트팜 전력선 통신 모뎀, 전력선 통신 프로토콜 변환기) - 상용화 제품 내환경 목표 성능치 달성 - 전력선 통신 상용화 제품 목표 성능치 달성
⑥ 전력선 통신 기반의 스마트팜 개발 기술 현장 적용성 평가	- 내환경성 개선 검증을 위한 내환경성 평가완료 (목표치 달성완료) - 실증 시험을 위한 개발된 시제품 설치 및 현장 운영 시험완료

### 3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표											연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용· 홍보		기타 (영농 활용)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T 평 가 제 도	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논 문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SCI	비 SCI	논 문 평 가 I F						
단위	건	건	건	건	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	명	건	건			
가중치	15				10	5	35				15			15				5		
최종 목표	1				3	4.2	5				3			1				1		
당해 년도	목표	1			3	4.2	5				3			1				1		
	실적	2			3	4.5	6				3			2			1	1		
달성률 (%)	200				100	107	120				100			200				100		

### 4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	스마트팜 환경에 맞는 전력통신 CHIP 모듈화(보급 확대)
②, ③	표준화 기반 스마트팜 제어기 H/W 및 S/W의 독자적 설계 기술(선진국 기술과 차별화)
①, ③	농업시설 내 전력선 통신 기반 센서/구동기 및 제어기의 네트워크 구축 기술(세계 Top 5수준, 농업분야 최초적용)
④	개도율 추적이 가능한 개도율 인식 개폐기 기술 정확한 개도율 제어 기술 +전력선 통신 기술 접목

### 5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복 제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해 결	정책 자료	기타
①의 기술		√								
②,③의 기술		√				√				
①,③의 기술		√				√			√	
④의 기술		√				√			√	

\* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존의 전동화된 온실에서 별도의 통신라인 부설 없이 농업 시설 내 센서 노드와 제어기 노드간 네트워크를 구성하는 데 활용 가능</li> <li>- RS-485 MODBUS 의 표준 프로토콜 접목을 통해 제조사별 센서 노드 및 제조사별 제어기 간의 호환성이 가능하여 산업 발전 촉진과 제조사의 제품 개발 비용의 절감에 활용</li> <li>- 전력선 통신을 통한 농업 시설 내 네트워크 구축 기술 확보에 따른 미래원천기술 확보에 활용</li> </ul>
②, ③의 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 스마트팜 표준 기반의 스마트 온실 제어기 하드웨어 구성 모델을 제공함으로 산업에서 중복적인 R&amp;D 노력 없이 필요한 모듈을 조합하여 설계함으로 산업발전 촉진과 생산 단가의 절감에 활용</li> <li>- 오픈소스 Farm OS 기반의 스마트팜 운영시스템인 IROS는 스마트팜 표준인 KS X 3267 통신규격을 적용함으로 다양한 스마트팜 장비와 연동할 수 있도록 활용</li> <li>- 오픈 소스 적용에 따른 제조사별 경쟁력을 H/W기술 중심에서 S/W중심으로 기술의 변화에 활용</li> <li>- 오픈 소스 적용에 따른 S/W경쟁력을 가진 업체의 시장진입이 용이하도록 활용</li> <li>- 외부 기상 상황을 고려한 비례제어 알고리즘은 인공지능 알고리즘을 통한 보다 고도화된 개발로 2세대 스마트팜 시스템의 산업화에 활용</li> </ul>
④의 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 내환경성을 구비하여 센서의 교체 주기를 연장함으로서 농가의 유지보수 비용 절감에 활용</li> <li>- 내환경성 구비를 통해 다른 제조사의 롤 모델에 활용</li> <li>- 저가의 개도를 추적이 가능한 개폐기 제품 출시로 DC 개폐기 및 AC 개폐기에 적용 가능하며 제품 구입 비용 절감을 통해 초기 설치 절감에 활용</li> </ul>

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용등)
	특허출원	특허등록	품종등록	SMART	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용 창출		투자유치	논문 SCI	논문 비SCI			논문 평판 I-F	학술 발표	
단위	건	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건	
가중치	15				10	5	35				15			15					5
최종목표	1				3	4.2	5				3			1					1
연구기간내 달성실적	2				3	4.5	6				3			2			1		1
연구종료후 성과창출 계획		1						900											



## 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 1세대스마트플랜트팜산업기술개발 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 1세대스마트플랜트팜산업기술개발 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.