

발간등록번호

11-1543000-003687-01

# 표준기반 개방형 스마트온실 복합환경 제어시스템 표준화 및 산업화

2021.10.27

주관연구기관 / 한국전자통신연구원  
협동연구기관 / (주)지농

코리아디지털(주)

그린씨에스(주)

(주)KF농업개발

국립원예특작과학원

국립농업과학원

농림축산식품부  
(전문기관)농림식품기술기획평가원

표준기반 개방형 스마트온실 복합환경제어시스템 표준화 및 산업화

2021

농림식품기술기획평가원  
농림축산식품부

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “표준기반 개방형 스마트온실 복합환경제어시스템 표준화 및 산업화”(개발기간 : 2020.07.03 ~ 2021.07.02)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021.10.27

주관연구기관명 : 한국전자통신연구원 (대표자) 김명준 (인)

협동연구기관명 : (주) 지농 (대표자) 박훈동 (인)

코리아디지털(주) (대표자) 김종빈 (인)

그린씨에스(주) (대표자) 배임성 (인)

(주)KF농업개발 (대표자) 박철수 (인)

국립원예특작과학원 (대표자) 이지현 (인)

국립농업과학원 (대표자) 김상현 (인)

주관연구책임자 : 허미영

협동연구책임자 : 장익훈

협동연구책임자 : 김봉민

협동연구책임자 : 허성훈

협동연구책임자 : 박철수

협동연구책임자 : 방지웅

협동연구책임자 : 김태현

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

### < 요약 문 >

사업명	1세대 스마트 플랜트팜 산업화		총괄연구개발 식별번호				
내역사업명	1세대 스마트 플랜트팜 산업화		연구개발과제번호		320085-01-1-CG000		
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB0805	30%	LB0203	20%	LB2003	20%
	농림식품 과학기술분류	RC0102	30%	SA0303	30%	CA0301	20%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)							
연구개발과제명		표준기반 개방형 스마트온실 복합환경제어시스템 표준화 및 산업화					
전체 연구개발기간		2020. 7. 3 - 2021. 7. 2(1년 0개월)					
총 연구개발비		총 666,666천원 (정부지원연구개발비: 500,000천원, 기관부담연구개발비: 166,666천원, 지방자치단체: 천원, 그 외 지원금: 천원)					
연구개발단계		기초[ ] 응용[ ] 개발[ V ] 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>○ 스마트 온실용 양액기 통신 표준을 국가표준으로 제정하고, 이를 준수하는 양액기를 개발하여 복합환경제어시스템에 통합·운영</li> <li>○ 이를 통해 스마트 온실 국가 표준장비의 확대에 기여하고, 스마트 통합제어환경 구축</li> </ul>
	전체 내용	<p>① 스마트온실용 양액기 통신표준 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다양한 산업체나 국가 정부 시책 등 사용자 요구사항을 반영하여 온실통합제어기와 양액기간 통신 프로토콜 국가표준안 1건과 노드 메타데이터 국가표준안 1건을 추가로 개발하여 국가표준 제정 활동을 추진함</li> <li>- 기능 검증을 위한 적합성 시험 표준안을 개발하여 검증기관에 제안함</li> </ul> <p>② 표준기반 개방형 복합환경제어시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 온실 내외부의 작동규칙기능을 강화하여 여러 장비간의 상호작용을 처리할 수 있도록 기능을 고도화하였고, 오픈소스 기반 개방형 스마트팜 제어기를 활용하여 본 과제에서 개발하는 국가표준을 준수하는 양액기를 통합 운영할 수 있는 기능을 추가 개발한 복합환경제어기를 개발함</li> <li>- 표준기반 개방형 복합환경 제어시스템 제품화함</li> <li>- 개발된 복합환경제어시스템은 국가표준을 준수하는 양액기 시스템과 테스트, 농진청과 시설원예연구소에서의 필드 테스트 후 깃랩에 공개함</li> </ul> <p>③ 표준기반 양액기통신 국가표준 라이브러리 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 양액기 연동 통신 라이브러리와 복합환경 제어기와 인터페이스 SDK, 검증용 응용프로그램 등 양액기통신 국가표준 라이브러리를 개발하여 자체 스마트팜 시스템에 적용하여 현장 실증하였고, 통신 라이브러리 및 소스는 GitHub에 공개함</li> </ul> <p>④ 표준기반 양액기 시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 양액기 통신 프로토콜 국가표준을 준수하는 통신 모듈을 개발하여 개방형 복합환경제어시스템과의 테스트와 농진청과 시설원예연구소에서의 필드 테스트 완료함</li> <li>- 국가표준기반 양액기 제품화 완료함</li> </ul> <p>⑤ 표준기반 양액기와 복합환경제어시스템 실증</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 과제를 통해 개발된 국가표준기반 복합환경제어시스템과 양액기 시스템을 한국형 스마트온실에 설치하여 토마토와 파프리카 재배를 통하여 실증하고, 이기종 양액기와 개방형 복합환경제어기간 표준 통신을 활용한 양액 제어 등 검증을 완료함</li> <li>- 스마트팜 확산 사업에 국가 표준 기반의 양액기 보급을 위한 정책 제안</li> </ul>
연구개발 성과		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 프로그램 등록 1건</li> <li>○ 기술이전 2건</li> <li>○ 제품화 3건</li> <li>○ 국가표준안 2건, 검정기준안 1건</li> <li>○ 정책제안 2건, 영농활용 1건</li> <li>○ 논문 1건</li> </ul>

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국가표준으로 채택되어 정부의 확산사업에 활용되어 스마트팜 기자재간 상호호환성 확보에 기여할 것으로 기대됨</li> <li>○ 양액기를 국가표준 기반으로 호환성 있게 연결할 수 있게 되어 복합환경제어기에서 바로 사용할 수 있는 서비스 체계 구현</li> <li>○ 복합환경제어기 업체 또는 작물별 알고리즘과 관리기술을 가지고 있는 연구자, 컨설팅 기업이 본 연구의 결과물을 활용하여 양액기 활용 프로그램을 개발하여 상용화가 가능</li> <li>○ 개방형 제어를 위한 공통 프레임워크 기술 개발을 오픈소스기술을 통해 진행함으로써 농업 지능화를 위한 스마트팜 핵심 기술을 공유하게 되고, 선진 기술의 도입이 용이해져 유럽의 대형 업체들과도 견줄 수 있는 대외 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 기대됨</li> </ul>											
연구개발성과의 비공개여부 및 사유	해당사항 없음											
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 ·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신제품	
	1		1	3		1	2					
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입기 관	연구시설 ·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
국문핵심어 (5개 이내)	스마트온실		국가표준	온실통합제어시스템			양액기노드	RS485 모드버스				
영문핵심어 (5개 이내)	Smart Greenhouse		National Standard	Greenhouse Control System			Nutrient Supply Node	RS485 ModBus				

## < 목 차 >

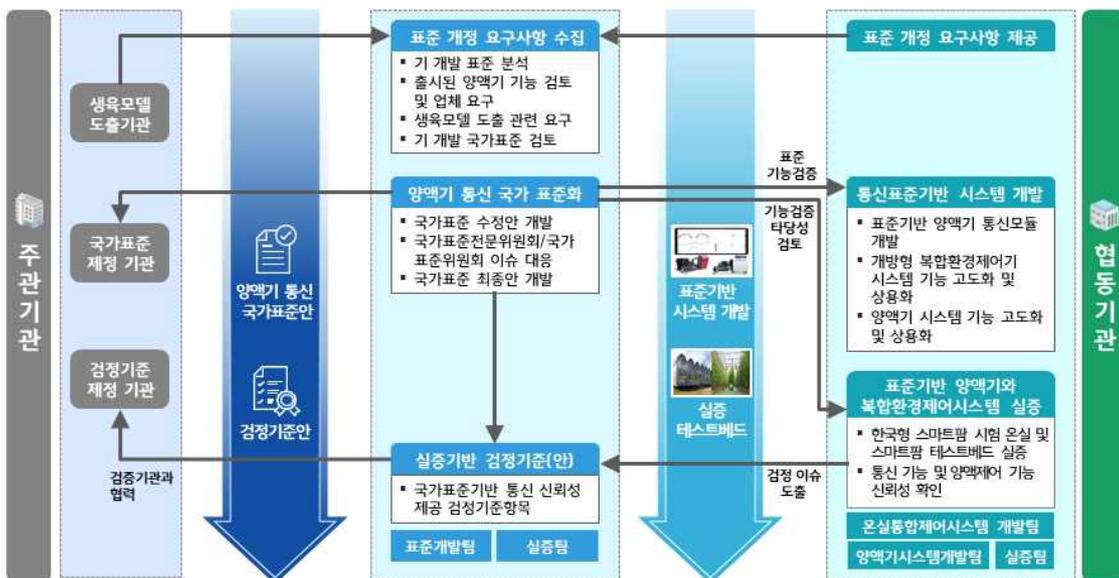
1. 연구개발과제의 개요 .....	1
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용 .....	3
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 .....	97
4. 목표 미달 시 원인분석 .....	103
5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도 .....	104
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획 .....	105

# 1. 연구개발과제의 개요

## 1) 현황 및 문제점

- 표준화된 장비 부재로 인하여 낮은 호환성
  - 설치 환경이 각각 상이하여 스마트팜 관련 기기·장비의 현장 적용에 애로
  - 유지보수 및 확장 등에 한계 발생
- 양액기 통신 프로토콜 부재로 인한 호환성 미비
  - 양액기 제작·판매 업체별 독자적인 형태의 프로토콜 사용 및 이에 따른 호환성 미비
  - 온실 환경 제어를 이용한 실시간 데이터 수집을 위한 통신 표준 고도화가 필요함
  - 온실 환경제어기는 RS485 modbus 기반의 통신 표준이 마련되었으나, 양액기를 위한 표준은 제정되지 못함
- 양액기 통신 프로토콜 표준화 필요성
  - 기 제정된 단체표준들 중 국가표준(KS)으로 제정 필요가 있는 표준들의 선별 및 개정 등을 통해 확산사업 등 정부정책 추진을 위한 기반 및 근거로 활용할 필요가 있음
  - 표준 기반 제품을 통하여 복합환경제어기에서 양액기를 바로 사용할 수 있는 서비스 생태계 및 체계 구현 필요
  - 최적의 작물 생육환경을 제어 조건으로 양액 관련 정보 요구가 매우 절실하므로, 표준화를 통하여 빅데이터 구축 필요

## 2) 연구개발 과제 개념



양액기 통신표준, 검정기준안, 표준기반 제품 활용  
스마트팜 확산사업, 검정기관, 농가

그림 1. 연구개발 과제 개념도

- 스마트온실 양액기 통신프로토콜 관련 국가표준 제정 최종안 개발
  - 기 제정된 스마트 온실 국가 표준 중 통신표준(KS X 3267)과의 상호 연계성을 확보한 양액기 통신에 대한 국가 표준 제정 추진
- 표준 기반 개방형 복합환경제어시스템 개발 및 상용화

- 국가 통신 표준을 준수하는 양액기시스템을 통합 운영할 수 있는 복합환경제어시스템 개발
- 표준 기반 양액기 통신 국가표준 라이브러리 개발 및 공개
  - 표준 기반 제품 확산을 위하여 제정된 양액기 표준을 준수하는 양액기용 통신 라이브러리 개발 및 공개
- 표준 기반 양액기 시스템 개발 및 상용화
  - 양액기용 통신 라이브러리를 활용한 양액기 시스템 개발 및 상용화
- 복합환경제어시스템의 현장 실증
  - 표준기반의 양액기 시스템과 복합환경제어시스템을 최소 6개월 이상 현장 실증

### 3) 연구개발의 목표 및 내용

#### (1) 최종 목표

스마트 온실용 양액기 통신표준을 국가표준으로 제정하고, 이를 준수하는 양액기를 2종 개발하여 국가표준에 기반한 통신호환성을 확보하고, 개발된 양액기를 복합환경제어시스템에 통합하여 실증할 수 있도록 한다.

#### (2) 세부 목표

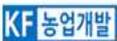
→ 스마트온실용 양액기 통신표준 개발	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ RS 485 통신 현장 적용을 위한 신규 표준 및 개정(안) 개발</li> <li>▪ 스마트온실 양액기용 통신 프로토콜 국가표준(안) 개발</li> </ul>	
→ 표준기반 개방형 복합환경제어시스템 개발	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 오픈소스기반 복합환경 제어 플랫폼을 활용</li> <li>▪ 양액기를 통합 운영할 수 있는 복합환경제어기 개발</li> <li>▪ 표준기반 개방형 복합환경제어시스템의 상용화</li> </ul>	
→ 표준기반 양액기 통신 국가표준 라이브러리 개발	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 양액기 통신 표준을 준수하는 오픈소스기반 통신 라이브러리 개발 및 공개</li> </ul>	
→ 표준 기반 양액기 시스템 개발	 
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국가 통신 표준을 준수하는 양액기 통신 모듈 개발</li> <li>▪ 통신 모듈을 활용한 양액기 개발 및 상용화</li> </ul>	
→ 표준기반 양액기와 복합환경제어시스템 실증	 
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 토마토를 대상으로 6개월간 실증</li> <li>▪ 실증은 시설원예연구소의 한국형 온실과 농진청의 스마트팜 테스트베드에서 실시</li> </ul>	

그림 2. 연구개발 과제 세부 목표

## 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 2.1 스마트온실용 양액기 통신표준 개발 - 한국전자통신연구원(주관기관)

#### 1) 연구 목표

- RS485 통신 현장 적용을 위한 스마트온실용 양액기 통신 국가표준안을 개발하고, 국가표준기반 통신 신뢰성 제공을 위한 검정 기준안 개발
- 세부 추진 목표
  - 양액기 통신 프로토콜 표준화 요구사항을 분석하고, 분석된 요구사항을 반영한 스마트온실용 양액기 통신 관련 국가표준안을 개발하여 국가표준 제정기관에 제안
  - 개발된 제품들이 국가표준에 적합한지를 검증하기 위한 통신 프로토콜 적합성 시험 표준안을 개발하여 검정 기준안에 활용하도록 검정기관에 제안

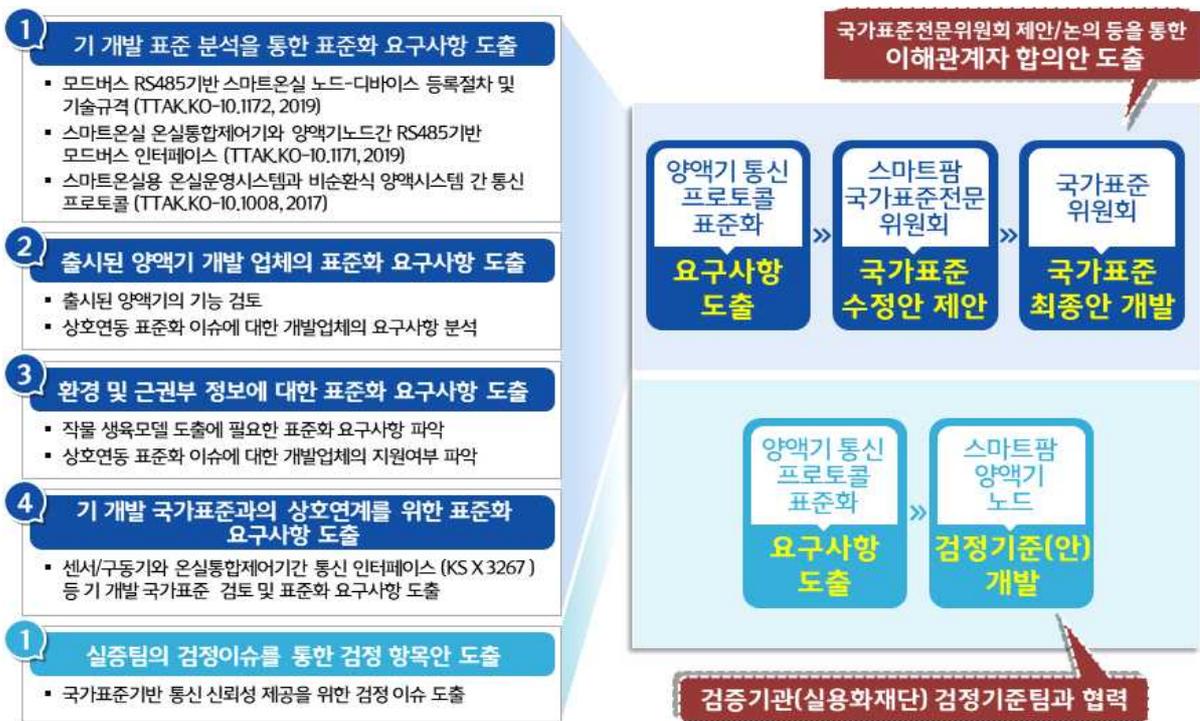


그림 3. 표준개발 개념도

#### 2) 연구 수행 내용

##### (1) 국가표준안 개발 및 국가표준 채택 추진 처리

###### 가. 양액기 통신 프로토콜 표준화 요구사항 도출

다음과 같은 4가지 관점에서 RS485 기반 스마트온실 양액기용 통신 프로토콜 국가표준안에 대한 표준화 요구 사항을 도출함.

###### 가) 기 개발된 표준 분석을 통한 표준화 요구사항 도출

기 개발된 관련 표준에서 기술하고 있는 기능의 비교 분석을 통해 RS-485 기반 양액기

통신프로토콜 표준 국가표준안 개발을 위한 추가적인 이슈를 검토함.

분석 대상 표준으로 2019년 단체표준으로 개발된 양액기 관련 통신 인터페이스 표준 및 노드 등록절차 표준 2건과 2017년 단체표준으로 개발된 온실운영시스템과 비순환식 양액시스템 간 통신 프로토콜 표준 1건을 선정함.

표 1. 분석 대상 표준

표준명	표준번호	개발년도
스마트온실에서 온실통합제어기와 양액기노드간 RS485기반 모드버스 인터페이스	TTAK.KO-10.1171	2019
모드버스/RS485기반 스마트온실 노드/디바이스 등록절차 및 기술규격	TTAK.KO-10.1172	2019
스마트온실용 온실운영시스템과 비순환식 양액시스템 간 통신 프로토콜	TTAK.KO-10.1008	2017

표준 검토 결과 ‘스마트온실용 온실운영시스템과 비순환식 양액시스템 간 통신 프로토콜’ 표준은 RS485기반 모드버스 환경이 아니라 IP 상에도 동작하는 프로토콜 표준으로 고려 대상에서 제외함.

본 연구에서는 ‘스마트온실에서 온실통합제어기와 양액기노드간 RS485기반 모드버스 인터페이스’ 표준을 기반으로 국가표준안을 개발하며, ‘모드버스/RS485기반 스마트온실 노드/디바이스 등록절차 및 기술규격’에서 양액기 노드 및 양액기 노드에 포함된 센서등과 양액기를 등록하는 절차를 재 검토하여 기 개발 표준 분석결과를 도출함.

표 2. 기 개발 표준 분석 결과

기능	특징
양액기노드를 센서와 양액기로구성된 노드로 정의	✓ 기존 국가 표준과 일관성 유지
레지스터맵 확보방법	✓ 온실 통합 제어기는 양액기노드 및 노드와 관련된 센서, 양액기 등의 디바이스 정보를 담고 있는 레지스터 주소 및 그 길이 등을 알고 있어야 하므로 두가지 방법을 제안하고 있음
양액기노드내 필수 센서 (mandatory)정의	✓ EC 센서 1, EC 센서 2, PH 센서 1, PH센서 2, 일사량 센서 ✓ 전체 유량 센서, 구역별 (1, 2, 3, 4구역...) 유량 센서
양액기노드내 확장 가능한 센서 (optional)정의	✓ 추가 유량 센서, 함수율센서, (실내) 온도 센서, (실내) 습도 센서, ✓ 배지 EC 센서, 배지 온도 센서
양액기노드의 정보 확보 기능	✓ 양액기노드 및 노드 내 장치 정보 확보 기능 ✓ 양액기노드의 상태 정보 확보 기능 ✓ 양액기상태정보 확보 기능 ✓ 양액기노드 내 센서값및 센서 상태 정보 확보 기능
양액기노드에 대한 제어 명령 지정 기능	✓ 제어권지정 명령 ✓ 작동 시작 (1회 관수) 명령 지정 기능 ✓ 작동 멈춤 명령 지정 기능 ✓ 파라미터 관수 명령 지정 기능

## 나) 출시된 양액기의 기능 검토를 통한 양액기 개발 업체의 표준화 요구사항 도출

제품으로 출시된 양액기의 기능과 기 개발 단체 표준의 분석 결과 검토를 통하여 표준으로 제정될 필요가 있는 상호연동 표준화 이슈에 대하여 양액기 개발 업체의 요구사항을 검토함. 이는 현장에서 스마트온실 센서/구동기 노드/디바이스 등 국가표준기반 기자재 확산사업을 통하여 표준기반 상호연동 추진에 대한 정부의 의지를 고려할 때 현재 개발되는 국가표준안도 양액기 노드와 온실통합제어기간 상호연동을 위한 국가표준기반 양액기 노드 개발을 위하여 산업체 현장 적용이 유력한 상황이기 때문에 양액기 개발업체의 요구사항을 도출함.

### ○ 양액기 개발업체의 표준화 요구사항

- EC, PH는 양액기에 대부분 기본적으로 설치가 되어 있는 경우가 많음. 또한, 함수율 데이터도 많이 활용하고 있음
- 유량 센서는 일반적으로 설치가 되어 있는 경우와 계산으로 계측하는 경우가 있으며, 단위는 양액기마다 다른 경우가 많음. 유량은 순간 유량 보다는 작물에 양액이 얼마나 투입되었는 지를 확인하기 위한 누적 유량을 좀 더 중시하는 경향이 있음
- 양액 투입을 제어하는 방법으로 누적 유량으로 제어하는 경우와 특정 주기 시간으로 제어하는 경우가 있음. 양액기 회사별로 투입하는 로직은 조금씩 다름. ‘내부 일사계’를 활용하여 ‘누적 일사’를 이용하여 작물의 일사량에 따라 투입하는 양을 조절하는 경우도 있음. 그러므로, 회사별로 ‘투입 방법’에 대한 표준화는 상당한 연구가 필요할 것으로 보임

## 다) 환경 및 근권부 정보에 대한 표준화 요구사항 도출

스마트온실의 환경 정보 및 근권부 정보는 작물의 생육 정보와 함께 작물의 생육모델 도출을 위한 중요한 요소이므로 생육모델 도출에 필요한 환경 및 근권부 정보에 대한 표준화 요구사항을 파악하고, 기 개발된 단체 표준에서 정의된 항목 중 개발 업체의 지원 여부 등을 파악하여 기 개발된 단체 표준의 개정 이슈를 도출함.

### ○ 대상 항목

기 개발된 ‘스마트온실에서 온실통합제어기와 양액기노드간 RS485기반 모드버스 인터페이스’ 단체표준에서 정의된 환경 및 근권부 정보를 센싱하기 위하여 다음과 같은 항목이 선정됨.

- 양액기노드내 필수 센서 (mandatory): EC 센서 1, EC 센서 2, PH 센서 1, PH센서 2, 일사량 센서, 전체 유량 센서, 구역별 (1, 2, 3, 4구역...) 유량 센서
- 양액기노드내 확장 가능한 센서: 추가 유량 센서, 함수율센서, (실내) 온도 센서, (실내) 습도 센서, 배지 EC 센서, 배지 온도 센서

### ○ 표준화 요구사항

스마트온실의 환경 정보 및 근원부 정보 관련하여 다음과 같은 표준화 요구사항이 도출됨.

- EC, PH의 경우, 양액기에 기본적으로 2개 설치된 경우가 많으나 3개까지도 설치된 경우가 있으므로, 이를 반영할 필요가 있음
- 유량의 경우, 양액 제어 시스템에서는 순간유량(L/min) 보다 누적유량(L)이 더 중요하므로 이를 반영할 필요가 있음

#### 라) 기 개발 국가표준과의 상호연계를 위한 표준화 요구사항 도출

스마트온실 센서/구동기 노드/디바이스 등 국가표준기반 기자재 확산사업이 진행되고 있고, 센서/구동기 노드와 온실통합제어기간 인터페이스 표준(KS X 3267)에 대한 현장의 요구사항을 반영한 개정 이슈가 논의되고 있는 상황임.

연구 수행을 통해 다음과 같은 개정 이슈가 도출됨.

- 스마트온실 센서/구동기 노드와 온실통합제어기간 인터페이스 표준(KS X 3267) 개정 이슈

기 개발된 KS X 3267 표준에서 센서 노드와 구동기 노드의 디폴트 맵은 다음과 같음. 표 3과 표 4는 센서 노드 및 구동기 노드에 대한 정보이고, 표 5와 표 6은 각 노드내 포함된 디바이스로 센서와 구동기에 대한 정보임. 표 7과 표 8은 각 노드에 포함된 노드 및 센서의 상태와 센싱 값에 대한 정보이고, 표 9는 구동기 노드에 포함된 노드 및 구동기에 대한 제어 정보임

표 3. 센서 노드에 대한 정보

주소(DEC)	의 미	길이(바이트)	Value
1	기관코드	2	0
2	회사코드	2	0
3	제품타입	2	1(센서노드)
4	제품코드	2	0
5	프로토콜버전	2	10
6	연결장비수	2	40

표 4. 구동기 노드에 대한 정보

주소(DEC)	의 미	길이(바이트)	Value
1	기관코드	2	0
2	회사코드	2	0
3	제품타입	2	2(구동기노드)
4	제품코드	2	0
5	프로토콜버전	2	10
6	연결장비수	2	24

표 5. 센서 노드내 디바이스에 대한 정보

주소(DEC)	분류	장비코드	비 고
101	온도1	1	
102	온도2	1	
103	온도3	1	
104	습도1	2	
105	이슬점센서	3	
106	감우센서	4	
107	유량센서	5	
108	강우센서	6	
109	일사센서	7	
110	풍속센서	8	
111	풍향센서	9	
112	전압센서	10	
113	CO2센서	11	
114	EC센서	12	
115	지습센서	13	
116	광양자센서	14	
117	토양함수율 센서	15	
118	토양수분장력 센서	16	
119	PH	17	
120	지온	18	
121 ~ 127	온도4 ~ 10	1	
128 ~ 129	습도2 ~ 3	2	
130 ~ 131	무게1 ~ 2	19	
132 ~ 140	예비	0	

표 6. 구동기 노드내 디바이스에 대한 정보

주소(DEC)	분 류	장비코드	비 고
101~116	장치구분(장치코드)	102	스위치 #1 ~ #16
117 ~ 124	장치구분(장치코드)	112	개폐기 #1 ~ #8

표 7. 센서 상태 및 센싱 값에 대한 정보

주소 (DEC)	값	길이 (바이트)	주소 (DEC)	값	길이 (바이트)
202	노드상태	2		,,,,	,
203	온도#1 값	4		,,,,	,
204				281	온도#10 값
205	온도센서상태	2	282	온도센서상태	2
206	온도#2 값	4	283		습도#2 값
207				284	습도#2 값
208	온도센서상태	2	285	습도센서상태	
209	온도#3 값	4	286	습도#3 값	4
210					
211	온도센서상태	2	288	습도센서상태	2
212	습도#1 값	4	289		
213				290	무게#1 값
214	습도센서상태	2	291	무게센서상태	
215	이슬점 값	4	292	무게#2 값	4
216					
217	이슬점 센서상태	2	294	무게#2 값	4
	.....		295		

표 8. 구동기 상태 및 구동기 동작 관련 정보

주소 (DEC)	값	길이 (바이트)	주소 (DEC)	값	길이 (바이트)
201	OPID #0	2		,,,,	,
202	노드상태	2		,,,,	,
203	OPID #1	2	287	OPID #21	2
204	스위치1 상태	2	288	개폐기6 상태	2
205	스위치1	4	289	개폐기6	4
206	남은동작시간		290	남은 동작시간	
207	OPID #2	2	291	OPID #22	2
208	스위치2 상태	2	292	개폐기7 상태	2
209	스위치2	4	293	개폐기7	4
210	남은동작시간		294	남은 동작시간	
211	OPID #3	2	295	OPID #23	2
212	스위치3 상태	2	296	개폐기8 상태	2
213	스위치3	4	297	개폐기8	4
214	남은동작시간		298	남은 동작시간	

표 9. 구동기 제어에 대한 정보

주소(DEC)	값	길이(바이트)	주소(DEC)	값	길이(바이트)
501	노드명령	2		,,,,	,
502	OPID #0	2		,,,,	,
503	스위치1 명령	2	587	개폐기6명령	2
504	OPID #1	2	588	OPID #22	2
505	스위치1	4	589	개폐기6	4
506	동작시간		590	동작시간	
507	스위치2 명령	2	591	개폐기7명령	2
508	OPID #2	2	592	OPID #23	2
509	스위치2	4	593	개폐기7	4
510	동작시간		594	동작시간	
511	스위치3 명령	2	595	개폐기8명령	2
512	OPID #3	2	596	OPID #24	2
513	스위치3	4	597	개폐기8	4
514	동작시간		598	동작시간	

○ 기 개발 국가표준과의 상호연계를 위해 도출된 표준화 요구사항

양액기 노드가 센서 노드와 구동기 노드의 기능이 복합된 복합노드이므로, 기 제정된 국가표준 (KS X 3267)과의 일관성 제공을 위하여 다음과 같은 표준화 요구사항을 도출함.

- 기관 코드 추가를 포함한 양액기 노드에 대한 정보 기술 방법
- 양액기 노드에 포함된 디바이스에 대한 주소와 특성 기술 방법
- 구동기로서의 양액기의 레벨(기능 기준)과 제어 명령 정보 기술 방법
- 노드-디바이스 등록절차 활용 방법
- 근권부 센싱 정보 및 센싱 값 표현 방법
- 스마트팜 확산사업 적용을 위한 추가 기능

## 나. 스마트온실용 양액기 통신 프로토콜 국가표준안 개발

### 가) 표준의 적용 범위

그림 4는 개발된 국가표준안의 적용 범위를 보여주고 있음. 온실통합제어기와 양액기 노드사이의 통신 프로토콜 인터페이스이며, 양액기 노드는 여러 센서들과 양액기로 구성되어 있다고 가정함.

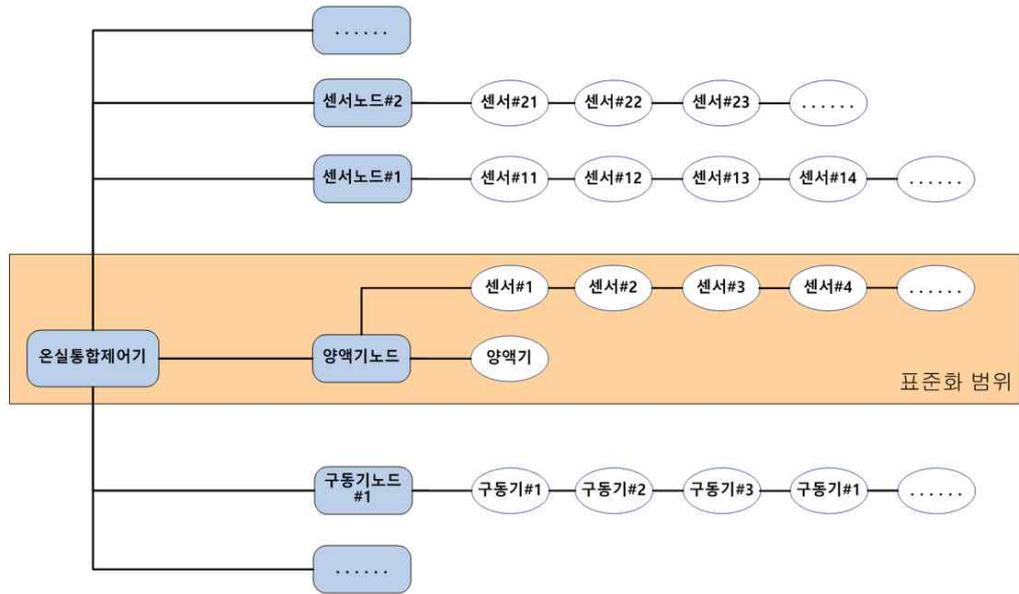


그림 4. 표준의 적용 범위

온실 통합 제어기에서는 그림 5와 같이 노드 정보 조회 및 노드 부착 디바이스 정보 조회를 통해 해당 양액기 노드에서 제공하는 레지스터 맵을 확보한 후 양액기 노드 상태 조회 및 제어, 센서 상태 조회, 양액기 상태 조회 및 제어 등 다른 기능을 요구하는 절차를 수행함.

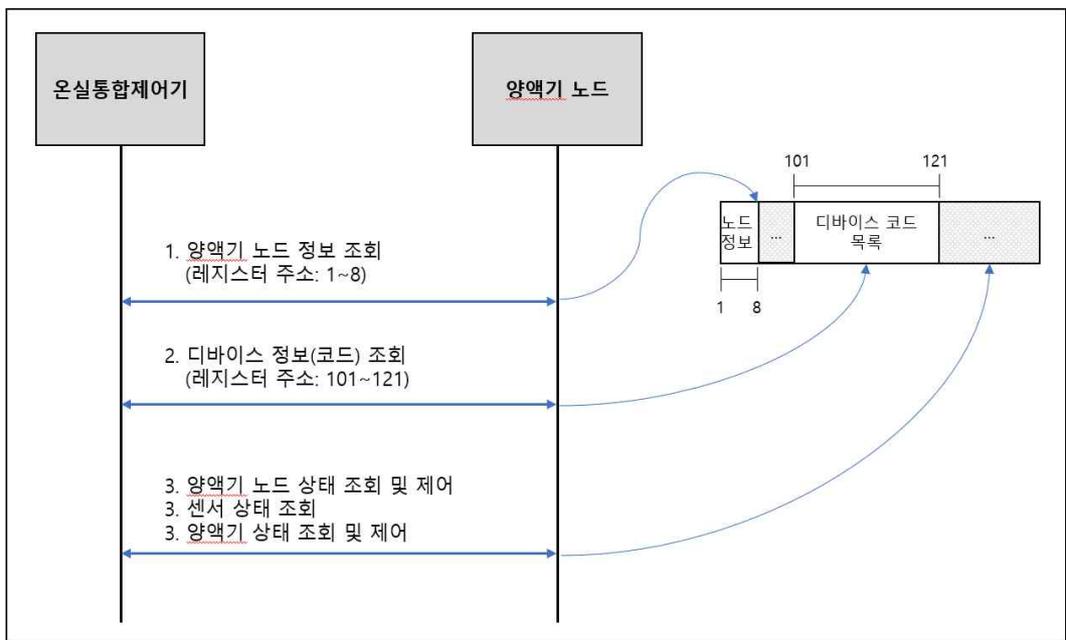


그림 5. 온실통합제어기에서 양액기 노드/디바이스 정보 조회 및 제어 절차

양액기 노드 및 디바이스에 대한 정보 조회 및 제어 기능은 기본적으로 KS X 3267을 따르고 있으며, 개발되는 표준안에서는 양액기 노드의 기능 및 양액기 노드에 포함되는 센서, 양액기에 대한 구체적인 기능을 상세 기술하고 있음.

## 나) 레지스터 맵 확보 방법

스마트온실에서 온실 통합 제어기와 양액기 노드 간 상호운용을 위하여 온실 통합 제어기는 양액기 노드 및 노드와 관련된 센서, 양액기 등의 디바이스 정보, 제공되는 기능을 위한 상태 정보 및 제어 정보를 담고 있는 레지스터 및 그 길이 등을 알고 있어야 함. (이는 RS485 모드버스의 특성상 필요한 요구 조건). 이들 정보는 레지스터 맵에 저장되어 있는 것으로 가정하며, 레지스터 맵에는 각 정보에 대한 레지스터 주소와 타입, 길이 등이 지정되어 있음. 따라서 온실통합제어기는 레지스터 맵을 확보해야 함.

개발된 표준안에서는 다음 두가지 방법으로 레지스터 맵 확보가 가능함.

### ○ 노드 자동 등록을 통한 레지스터 맵 확보 방법

양액기 노드가 노드 및 디바이스의 자동 등록 기능을 지원할 경우, 각 제조사는 자사의 제품에 특화된 형태의 레지스터 맵을 온실 통합 제어기에 제공할 수 있음. 노드 제조사는 기존 제품의 변경없이 노드 및 디바이스의 규격 파일을 온실 통합 제어기에 제공함으로써 온실 통합 제어가 해당 노드 및 디바이스의 레지스터 맵을 생성하여 레지스터 주소 및 그 길이 등을 파악할 수 있음.

개발되는 표준안에서는 양액기 노드를 위한 구체적인 정보를 기술하고 있으며, 해당 정보 취득에 대한 전반적인 동작 절차는 'RS485/모드버스 기반 스마트 온실 노드/디바이스 등록 절차 및 기술 규격' 표준안의 레지스터 맵 계산 방법 참조.

### ○ 디폴트 레지스터 맵 사용을 통한 레지스터 맵 확보 방법

양액기 노드가 노드 및 디바이스의 자동 등록 기능을 지원하지 않는 경우, 온실 통합 제어기는 해당 노드가 디폴트 레지스터 맵을 사용하는 것으로 간주함. 온실 통합 제어기는 노드 정보 조회를 통해 해당 노드가 디폴트 레지스터 맵을 사용하는지 여부를 판단할 수 있음. 이를 위하여 개발되는 표준안에서는 양액기 노드를 위한 디폴트 레지스터 맵을 제공함.

## 다) 양액기 노드 정보

온실 통합 제어기는 양액기 노드 정보를 통하여 양액기 노드에 대한 전반적인 정보와 노드에 포함된 디바이스가 몇 개까지 수용 가능한지 등을 파악해야 함. 양액기 노드 정보는 레지스터 주소 1~100에 존재하며, 각 레지스터 주소별 의미는 표 10에서 제공됨.

표 10. 양액기 노드 정보

레지스터 주소	의미	타입	값
1	기관코드 <sup>a</sup>	uint16	0
2	회사코드 <sup>a</sup>	uint16	0
3	제품타입	uint16	<b>3(복합노드)</b>
4	제품코드	uint16	<b>1 / 2 / 3 / 4<sup>b</sup></b>
5	프로토콜버전	uint16	<b>20</b>
6	채널수 <sup>c</sup>	uint16	<b>21</b>
7	시리얼번호	uint32	0
8			
9 ~ 100	reserved		

<sup>a</sup> 기관코드와 회사코드가 모두 0인 경우, 디폴트 레지스터 맵을 지원하는 노드이다.

<sup>b</sup> 양액기 노드에 대한 제품 코드 값에 따라 양액기의 레벨이 정해진다. 따라서, 양액기 노드의 제품코드 값은 A.1.2의 노드 부착 디바이스에 포함되는 양액기의 디바이스 코드 값과 양액기 레벨이 일치되어야 한다. 즉, 레지스터 주소 4의 제품 코드 값과 레지스터 주소 121의 양액기 디바이스 코드 값은 동일한 레벨의 양액기를 기술해야 한다. 예를 들어 양액기 노드의 제품 코드 값이 1 (레벨0 양액기가 포함된 노드)인 경우, 양액기 디바이스 코드 값은 201 (레벨0 양액기)을 기술하도록 한다.

<sup>c</sup> 채널수의 값만큼 레지스터 주소 101부터 시작하여 순서대로 디바이스 정보가 저장된다.

각 레지스터 주소에 담긴 값의 의미에 대한 상세 설명은 다음 표 11에 기술됨. 이때, 양액기 노드 정보의 기관코드, 회사코드의 값이 모두 0인 경우, 온실 통합 제어기는 해당 양액기 노드를 디폴트 레지스터 맵 지원 노드로 간주함.

표 11. 양액기 노드 값의 상세 설명

레지스터 주소	정보	상세 설명
1	기관코드	회사코드를 발급하고 관리하는 기관의 코드
2	회사코드	양액기 노드의 회사 정보로, 회사별 유일한 식별자 코드 정보로 각 회사별 할당된다.
3	제품타입	노드의 타입으로, 제품 타입 코드를 따른다. 양액기 노드는 복합 노드에 해당한다.
4	제품코드	회사별 양액기 노드의 제품 타입에 대한 식별자로, 제품의 모델 번호 등을 제품코드로 사용할 수 있다.
5	프로토콜버전	해당 양액기 노드에서 지원되는 프로토콜의 버전 정보로, 본 표준을 따르는 제품들은 프로토콜 버전의 값으로 20 (10진수)을 기술한다.
6	채널수	해당 양액기 노드에 부착(연결) 가능한 디바이스의 수
7	시리얼 번호	양액기 노드의 시리얼 번호(LOT 번호)

#### 라) 양액기 노드에 부착된 디바이스(센서, 양액기) 정보

온실 통합 제어기는 확보된 양액기 노드 정보 중 레지스터 6번의 '채널수'의 값을 보고 그 값에 대응하는 디바이스 코드에 대한 정보를 가져옴. 온실 통합 제어기는 디바이스 정보를

통하여 양액기 노드에 어떤 디바이스가 부착되어 있는지와 부착된 디바이스의 종류는 무엇인지에 대한 구체적인 정보를 파악할 수 있음.

모든 양액기 노드에서 노드에 부착된 디바이스에 대한 정보는 고정된 레지스터 주소(101 ~ 200)를 사용함. 각 레지스터 주소에 할당된 각 디바이스 정보는 표 12에서 제공됨.

표 12. 양액기 노드에 부착된 디바이스 정보

레지스터 주소	의미	타입	값 (디바이스 코드) <sup>a</sup>
101	EC 센서 1	uint16	12
102	EC 센서 2	uint16	12
103	EC 센서 3	uint16	12
104	pH 센서 1	uint16	16
105	pH 센서 2	uint16	16
106	pH 센서 3	uint16	16
107	일사량 센서	uint16	7
108	전체 누적유량 센서	uint16	5
109	1구역 누적유량 센서	uint16	5
110	2구역 누적유량 센서	uint16	5
111	3구역 누적유량 센서	uint16	5
112	4구역 누적유량 센서	uint16	5
113	5구역 누적유량 센서	uint16	5
114	6구역 누적유량 센서	uint16	5
115	7구역 누적유량 센서	uint16	5
116	8구역 누적유량 센서	uint16	5
117	9구역 누적유량 센서	uint16	5
118	10구역 누적유량 센서	uint16	5
119	11구역 누적유량 센서	uint16	5
120	12구역 누적유량 센서	uint16	5
121	양액기	uint16	201 / 202 / 203 / 204 <sup>b</sup>
<sup>a</sup> 노드에 디바이스가 실제 부착되는 경우, 각 디바이스의 디바이스 코드 값은 현재 정해진 고정된 값이 사용된다. 만약, 노드에 해당 디바이스가 실제 부착되지 않은 경우, 0x00을 사용한다. <sup>b</sup> 양액기 노드의 제품 코드 값과 양액기의 디바이스 코드 값은 동일한 레벨의 양액기가 기술되도록 한다			

#### 마) 양액기 노드 상태 정보 조회 및 제어 기능

온실 통합 제어기는 확보된 레지스터 맵을 이용하여 양액기 노드의 상태 정보를 제공하는 레지스터 주소가 어디인지 확인이 가능하며, 각 양액기 노드들은 해당 주소에 관련된 정보를 저장 및 유지하여 온실 통합 제어기로부터 요청이 올 경우 해당 정보를 전달함. 그림 6은 온실 통합 제어가 양액기 노드 상태 정보를 조회하기 위한 기능에 해당함.

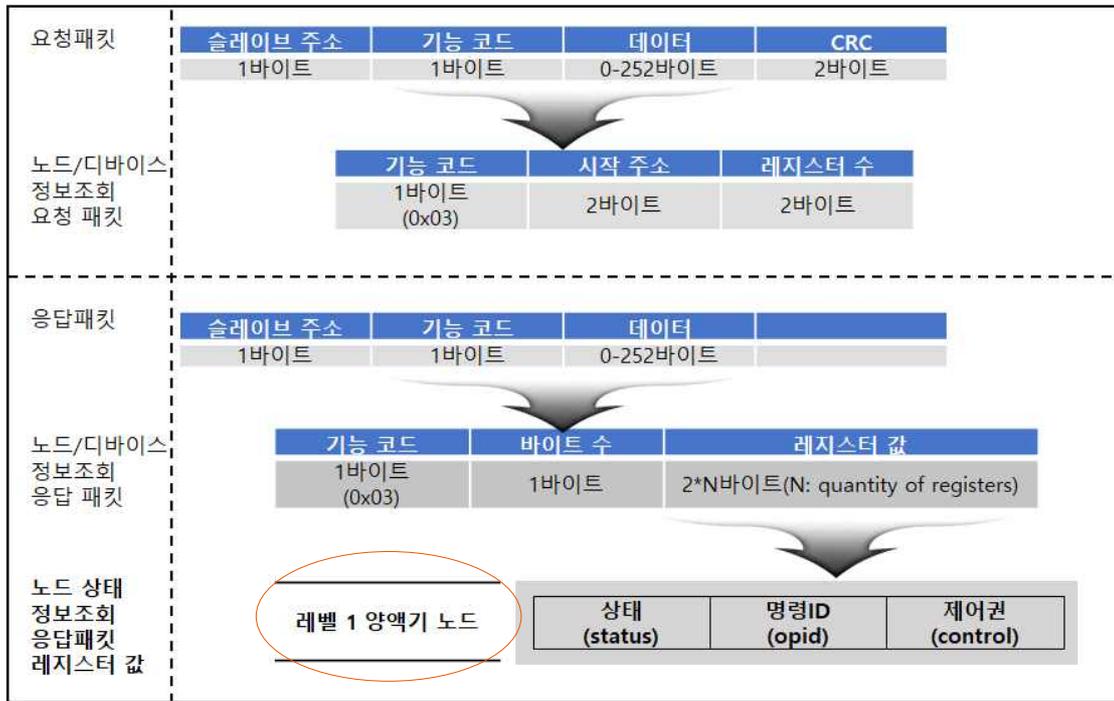


그림 6. 양액기 노드 상태 정보 조회 기능

확보된 레지스터 맵을 이용하여 온실 통합 제어기는 노드에 제어 명령을 전달할 수 있으며, 양액기 노드 제어 기능은 그림 7을 따름. 이때, 모든 제어 명령에는 반드시 명령 ID(opid)가 같이 전달되어야 하며, 명령 ID(opid)가 변경되었을 때 해당 명령이 활성화되는 시점으로 간주함. 또한, 명령 ID(opid) 값은 명령을 특정하기 위한 값으로 매 명령 시 변경함.

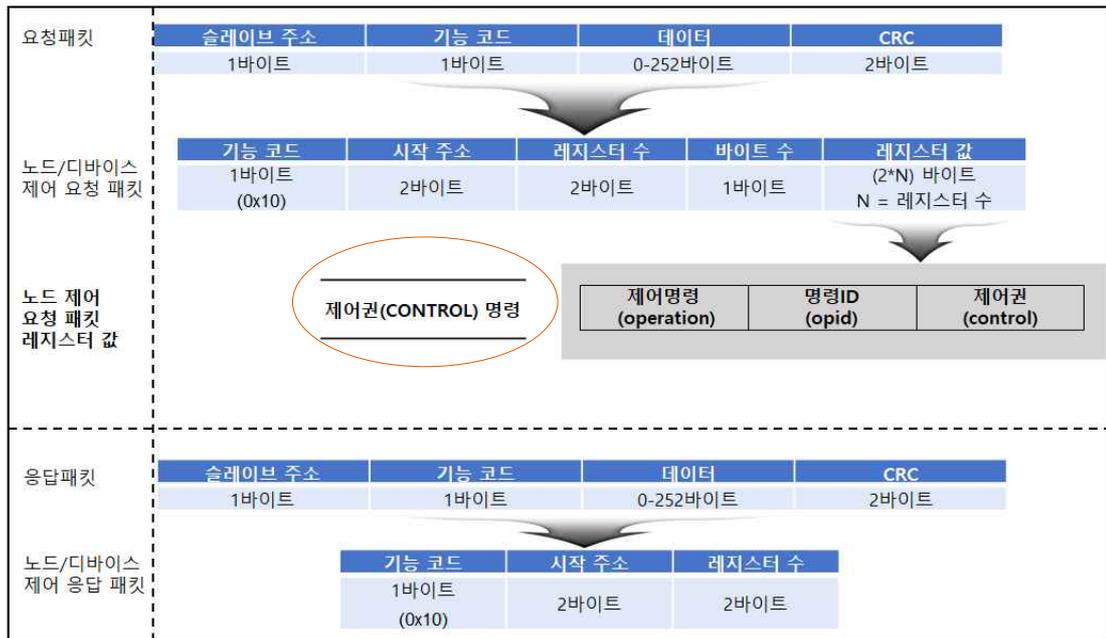


그림 7. 양액기 노드 제어 기능

양액기 노드 내 지원이 가능한 센서에 대한 상태 정보 조회 기능은 KS X 3267을 따름.

#### 바) 양액기 상태 정보 조회 기능

온실 통합 제어기는 확보된 레지스터 맵을 이용하여 양액기 상태 정보를 제공하는

레지스터 주소의 확인이 가능하며, 양액기 노드는 아래 주소에 관련된 정보를 저장 및 유지하여 온실 통합 제어기로부터 요청이 올 경우 해당 정보를 전달함.

양액기 상태 정보는 그림 8과 같이 동작 상태, 관수 구역, 경보 정보, 제어 명령 ID, 남은 관수 시간 등이 있음. 양액기의 레벨별로 양액기 상태 정보를 조회할 수 있는 정보가 다름.

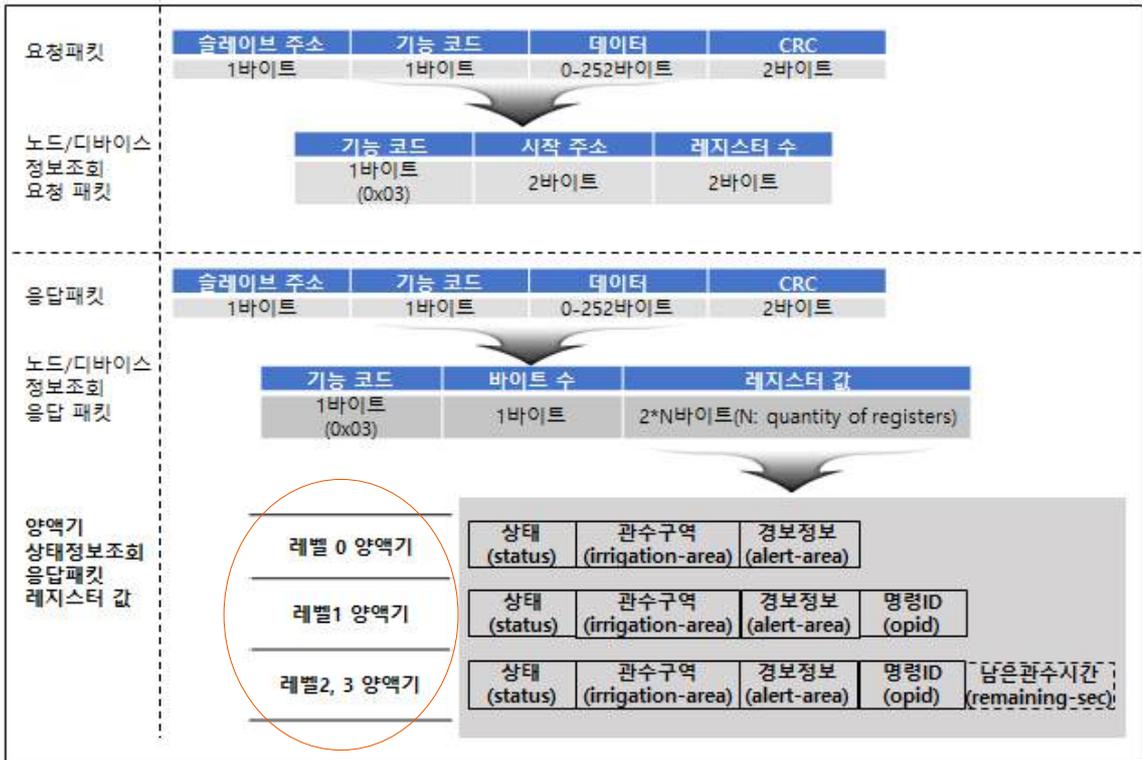


그림 8. 양액기 상태 정보 조회 기능

이때, 양액기 상태 정보 값의 상세 설명은 다음 표 13에서 제공함.

표 13. 양액기 상태 정보 상세 설명

정보	타입	상세 설명
상태	uint16	양액기의 동작 상태 정보
관수구역	uint16	양액기의 동작 상태가 '제공 중'일 때의 관수 구역 정보로, 구역 번호를 기술. 이때, 양액기의 동작 상태가 '제공중'이 아닌 경우, 관수 구역 번호로 '0'을 할당한다.
경보정보	uint16	양액기가 이상 상황일 때의 경보 정보
명령ID	uint16	양액기에서 현재 동작하고 있는 제어 명령 식별자 정보, 실행하는 명령이 없다면 '0'
남은관수시간	uint32	양액기의 동작 상태가 '제공 중'일 때의 남아 있는 관수 시간 정보로, 초 단위로 기술. 이때, 양액기의 동작 상태가 '제공중'이 아닌 경우, '0'을 할당한다.

### 사) 양액기 제어 기능

온실 통합 제어기는 확보된 레지스터 맵을 이용하여 양액기에 제어 명령을 전달할 수 있으며, 각 제어 명령의 의미는 제어명령 코드로 구분됨. 양액기 제어 기능은 제어 명령, 제어 명령 ID, 제어 명령별 필요한 파라미터가 포함됨. 온실통합제어기에서 양액기에 보낼

수 있는 세부 제어 명령과 지원 기능별 양액기 분류는 아래 그림 9와 같음.

모든 제어 명령에는 반드시 명령 ID(opid)가 같이 전달되어야 하며, 명령 ID(opid)가 변경되었을 때 해당 명령이 활성화되는 시점으로 간주함. 또한, 명령 ID(opid) 값은 명령을 특정하기 위한 값으로 매 명령 시 변경함.

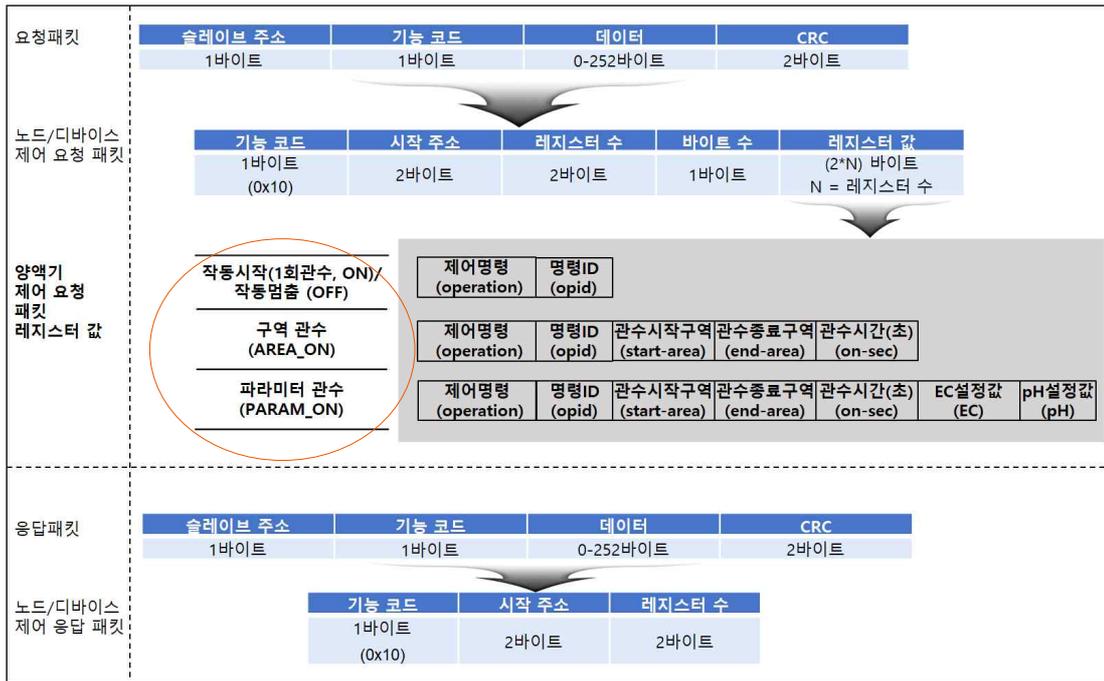


그림 9. 양액기 제어 기능

이때, 양액기 제어 정보 값의 상세 설명은 다음 표 14에서 제공됨.

표 14. 양액기 제어 정보의 상세 설명

정보	타입	상세 설명	값
제어명령	uint16	양액기에 대한 제어 명령	403 (파라미터 관수, PARAM_ON)
명령ID	uint16	실행시키고자 하는 제어 명령의 아이디	명령 ID
관수시작구역	uint16	관수 시작 구역 설정 값	관수 시작 구역 번호
관수종료구역	uint16	관수 종료 구역 설정 값	관수 종료 구역 번호
관수시간(초)	uint32	관수 시간(초) 설정 값	관수 시간 값
EC설정값	float	양액의 EC 설정 값	설정 EC 값
pH설정값	float	양액의 pH 설정 값	설정 pH 값

## 다. 스마트온실 노드 메타데이터 국가표준안 추가 개발

기 개발된 KS X 3268 (스마트온실 구동기 메타데이터)과 KS X 3269 (스마트온실 센서 메타데이터) 표준은 스마트온실에 사용되는 센서 노드와 구동기 노드에 대한 정보를 포함하고 있으나, 양액기 노드와 같이 센서와 구동기가 복합된 복합노드를 지원하기에는 표준의 범위에 적절하지 않음.

따라서, 본 연구에서는 센서 노드, 구동기 노드, 복합 노드 등 노드에 대한 메타데이터를 기술하는 신규 국가표준안을 추가로 개발함. 지원하는 노드는 표 15와 같이 제어 기능에 따라 분류함.

표 15. 제어 기능에 따른 노드 분류

유형 (Type)		제공 기능
노드 구분	기능지원수준	
센서 노드 (sensor node)	<b>레벨 0</b>	센서가 1개 이상 부착된 노드
구동기 노드 (actuator node)	<b>레벨 0</b>	구동기가 1개 이상 부착되고, 제어권 설정 기능을 지원하지 않는 노드
	<b>레벨 1</b>	구동기가 1개 이상 부착되고, <b>제어권 설정(CONTROL) 기능을 지원하는 노드</b>
복합 노드 (integrated node)	<b>레벨 0</b>	센서, 구동기, 기타 디바이스(예, 디스플레이) 등 이중 디바이스가 1개 이상 부착되고, 제어권 설정 기능을 지원하지 않는 노드
	<b>레벨 1</b>	센서, 구동기, 기타 디바이스(예, 디스플레이) 등 이중 디바이스가 1개 이상 부착되고, <b>제어권 설정(CONTROL) 기능을 지원하는 노드</b>

노드 메타데이터 국가표준안에서는 제어권 설정 여부에 따라 레벨 0과 레벨 1으로 레벨을 분리하여 현장에서 지원하는 다양한 노드를 지원하도록 함.

또한, 스마트팜 ICT 기자재 국가표준 확산지원 사업을 통하여 RS485 모드버스기반 KS X 3267을 활용함에 따라 노드 메타데이터 표준에서는 부속서를 추가하여 각 메타데이터 정보와 KS X 3267과의 관계를 기술함.

표 16. 노드상태 정보 메타데이터 정보와 KS X 3267과의 관계

엘리먼트	정의/의미	KS X 3267과의 관계	지원		타입
			L0	L1	
노드상태정보 NodeStatusInfo	노드의 상태 정보 등을 포함하는 컨테이너	노드 상태 정보 영역으로 표현한다.			
노드ID NodeID	노드를 구분하는 ID	모드버스의 슬레이브 ID에 매핑된다 (KS X 3267 4.3 참조).	M	M	xs:unsigned Short
상태 Status	노드의 상태 정보	노드의 상태 정보가 저장된 레지스터 주소 (KS X 3267 6.1.3 참조).	M	M	xs:unsigned Short
명령ID Opid	노드에서 실행하고 있는 제어 명령 ID	노드에서 실행하는 명령 ID(opid)가 저장된 레지스터 주소 (KS X 3267 6.1.3 참조).	-	M	xs:unsigned Short
제어권 Control	노드의 제어권 상태 정보	노드의 제어권(control)이 저장된 레지스터 주소 (KS X 3267 6.1.3 참조).	-	M	xs:unsigned Short

라. 국가표준안 제안 및 국가표준 채택 추진 처리

개발된 국가표준안은 양액기 노드를 개발하는 업체들과 논의 및 스마트팜 확산사업 관련 컨설턴트 등 이해관계자의 의견 수렴을 통하여 수정 이슈를 논의하고, 도출된 최종안은 국립전파연구원에 제안함. 그림 10은 국립전파연구원의 국가표준 제정 절차와 연구 과제에서 국가 표준 채택 추진 수행한 내용임.

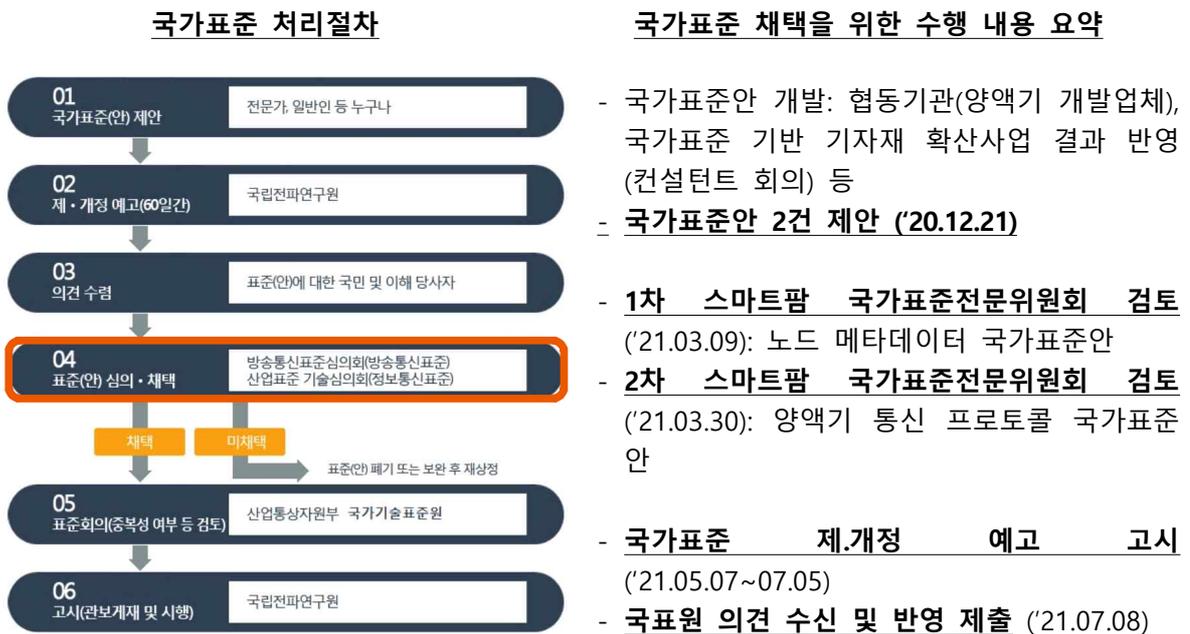


그림 10. 국가표준 처리절차 및 국가표준 채택 추진 처리

## 가) 스마트팜 전문위원회 검토

제안된 국가표준안은 국립전파연구원에서 스마트팜 국가표준전문위원회에 할당되었고, 그림 11과 같이 1차 ('21.03.30)와 2차 ('21.03.30) 스마트팜 국가표준전문위원회 회의에서 검토됨.

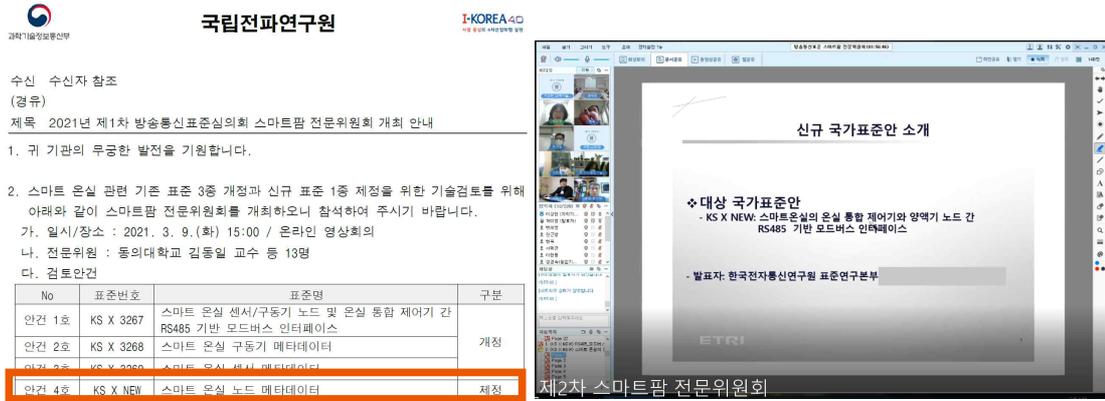


그림 11. 스마트팜 국가표준전문위원회 검토 회의

표 17은 스마트팜 국가표준전문위원회에서 제안된 양액기 통신 프로토콜 국가표준안과 관련하여 제시된 의견 및 검토 결과임.

표 17. 스마트팜 국가표준 전문위원회 검토 결과

전문위원 의견	전문위원회 검토 결과
<ul style="list-style-type: none"> <li>이 표준은 양액기마다 고유의 기능을 수행하고 있는 부분에 대해서는 구체적으로 인터페이스 명령을 내리지 않고 있음. 제어기에서 원하는 PH와 EC 값의 양액을 만들어 얼마 동안 어느 구역에 공급하라는 명령을 제공하는 인터페이스까지만 제공함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>양액기 관점에서 온실 통합 제어기가 양액기의 동작을 개입하는 정도에 대해 이 표준에 기술되어 있지 않아, "4. 개요" 부분에 이를 구체화한 내용을 추가하여 기술할 필요 있음</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>양액제어의 동작속도에 대한 고려를 하고 있는지? 즉, RS485 특성상 하나의 노드가 제어 명령을 처리해야 다음 노드로 제어 명령이 전송되는 방식이므로, 양액기 공급 제어 명령에 대한 이행 처리가 즉시되지 않는 문제가 발생할 수 있어 보임</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>표준 인터페이스로 가장 기본적인 기능만 다룸에 따라 현재는 고려하고 있지 않음. 업체에서 필요하다면 향후 개정을 통해 고려할 수는 있음</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>이 표준 내용을 양액기 제조사가 수용 가능하고, 기업별 제품에 표준을 적용했을 때 발생할 수 있는 문제점 등에 대한 사전 조사와 의견 등의 내용이 공유되었으면 함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>이 표준은 이미 관련 여러 업체에서 제공한 자료를 기반으로 비교 분석하고, 기능을 추출해서 만든 표준임</li> </ul>

## 나) 국가표준안 행정 예고

국립전파연구원의 스마트팜전문위원회 의견 및 검토 결과를 반영하여 국가표준안을 수정 제출하였고, 국립전파연구원에서는 그림 12와 같이 국가표준 제정 관련 60일간의 행정 예고(5월7일~7월5일)를 진행함.

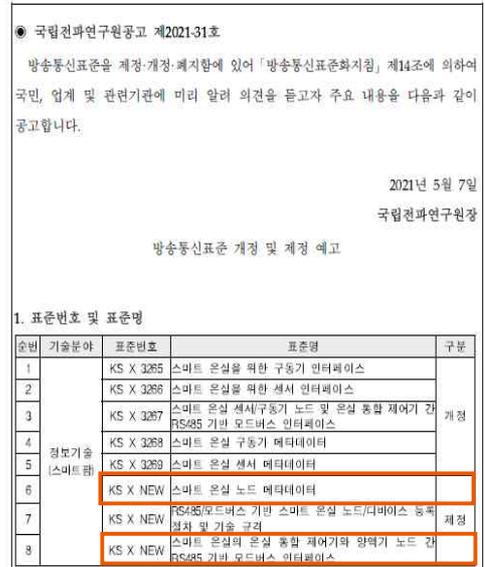


그림 12. 국립전파연구원 행정예고 고시

표 18과 표 19는 행정 예고에서의 의견 수렴 후 제안된 의견에 대한 처리 내용임.

표 18. 스마트온실 노드 메타데이터 국가표준안에 대한 국표원 제안 의견 및 반영사항

순번	표준번호	표준명
6	KS X NEW	스마트 온실 노드 메타데이터 (제정)
국표원 농업용 전자통신 전문위원회 검토 의견		제안자 검토 및 반영 사항
①	원안작성협력자(연구참여자) 중 산업체가 없어, 산업계 의견의 표준 반영 여부 확인 필요	① 본 표준은 '스마트 온실 센서/구동기 노드 및 온실 통합 제어기 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스(개정)'와 '스마트 온실의 온실 통합 제어기와 양액기 노드 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스(제정)'와 연관됨 - 각 표준의 센서노드, 구동기노드, 양액기노드에서 필요한 메타데이터를 기술하고 있음 - 위의 각 표준에 산업체가 포함되어 있어 해당 제품 개발 산업계 의견이 반영되어 본 표준이 개발되었음

표 19. 양액기 통신 프로토콜 국가표준안에 대한 국표원 제안 의견 및 반영 사항

순번	표준번호	표준명
8	KS X NEW	스마트 온실의 온실 통합 제어기와 양액기 노드 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스 (제정)
국표원 농업용 전자통신 전문위원회 검토 의견		제안자 검토 및 반영 사항
①	6 양액기 노드/디바이스 정보 조회 및 제어 o m/o 소문자 표시 앞선 '스마트 온실 노드 메타데이터'와 표기방식을 대문자로 통일해서 사용하는것에 대한 확인 필요	① 수정 반영 o m/o → M/O (p.10~24) o 'm/o' → '지원'(p.10~24)

○ 'm/o' 표기 대신 앞선 표준과 일치하여 '지원' 등 국문 형태로 사용 검토	
---	--

현재 제안된 2건의 국가표준안은 국립전파연구원에서 표준(안) 심의.채택 과정 진행 중에 있으며, 정보기술심의회 검토를 기다리고 있는 상태임

## (2) 스마트온실용 양액기 통신 검정기준안 개발

본 연구에서는 향후 스마트팜 ICT 기자재 국가표준 확산사업 등 정부정책 추진을 용이하게 하기 위한 검정기준안으로 활용될 국가표준 최종안 기반 적합성 시험 표준안 개발을 진행함.

### 가. 국가표준 준용 양액기 통신 프로토콜 적합성 시험 표준안 개발

스마트팜 ICT 기자재 국가표준 확산사업에 참여하는 업체들의 요구사항 중 하나가 국가표준 기반 제품 개발 후 검증 기관을 통해 검증하기 전 자체 검증을 위한 방안에 대한 것임. 따라서, 본 연구에서는 스마트온실 양액기용 통신 프로토콜 국가표준 최종안을 기반으로 개발되는 제품의 자체 기능 검증 및 상호연동을 용이하게 하기 위한 적합성 시험 표준안을 개발함. 이는 검정기관에서 통신 프로토콜 검정 기준안으로 활용되도록 제안하고자 함.

그림 13은 개발된 적합성 시험 표준안의 목차와 적합성 시험 표준안에서 기술하고 있는 노드 공통 시험의 노드 상태 조회 기능 시험 절차임.

1 적용범위 .....	5.1.3 노드 상태 정보 조회 기능 시험
2 인용표준 .....	양액기 노드의 레벨에 따라 조회할 상태 정보가 다르므로 레벨에 따라 구분하여 확인한다. 연속된 레지스터의 경우, 한꺼번에 정보를 조회할 수도 있고, 각 레지스터 별로 조회할 수도 있다.
3 용어의 정의 및 약어 .....	A. 5.1.2 시험을 통과한 경우에 시험한다.
3.1 용어의 정의 및 약어 .....	B.
3.2 약어 .....	C. 노드의 장비스펙을 기준으로 노드 상태를, 명령 ID(opid), 제어권 상태를 읽어 적절한 값이 들어있는지 확인한다.
4 요구사항 .....	I. 디폴트 레지스터 맵을 지원하는 양액기 노드는 레지스터 주소 201에 노드의 상태 값이 들어 있다. 노드의 공통 상태 값이 포함될 수 있다.
4.1 표준적합성 시험 대상 장비 종류 .....	
4.2 표준적합성 시험 범위 요구사항 .....	
5 시험방법 .....	
5.1 노드 공통 시험 .....	
5.2 센서 상태 정보 조회 기능 시험 .....	
5.3 양액기 정보 조회 기능 시험 .....	
5.4 양액기 제어 기능 시험 .....	
1 개요 .....	
1.1 제정의 취지 .....	
1.2 그간의 개정 경위 .....	

그림 13. 적합성 시험 표준안 목차와 노드 상태 조회 기능 시험 절차

그림 14는 시험기가 양액기 노드의 상태 조회 기능을 통하여 제공되는 요청 메시지와 노드에서 회신하는 응답 메시지의 구성 정보에 대한 시각화와 해당 기능 시험의 성공과 실패 여부를 보여주고 있음.

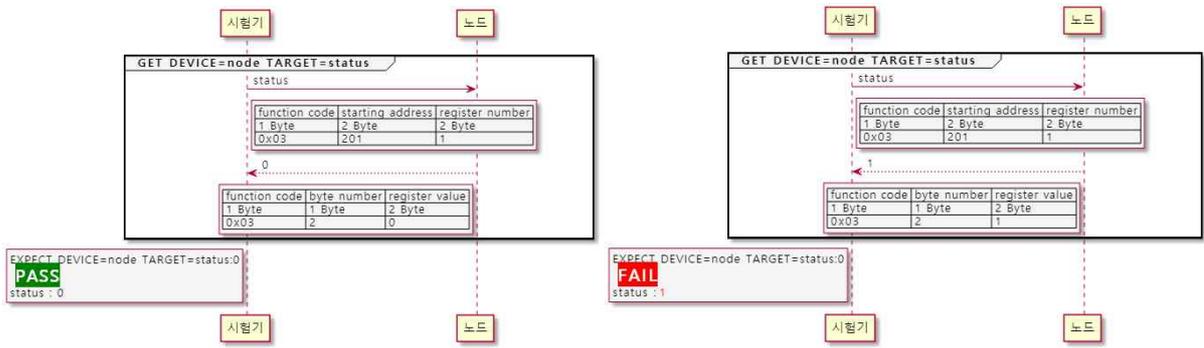


그림 14. 노드 상태 조회 기능 시험 및 시험 결과에 대한 메시지 시각화

그림 15는 개발된 통신 프로토콜 적합성 시험 표준안을 실용화재단 검정팀에서 검정 기준으로 활용하도록 제안 및 협력을 추진한 내용임.

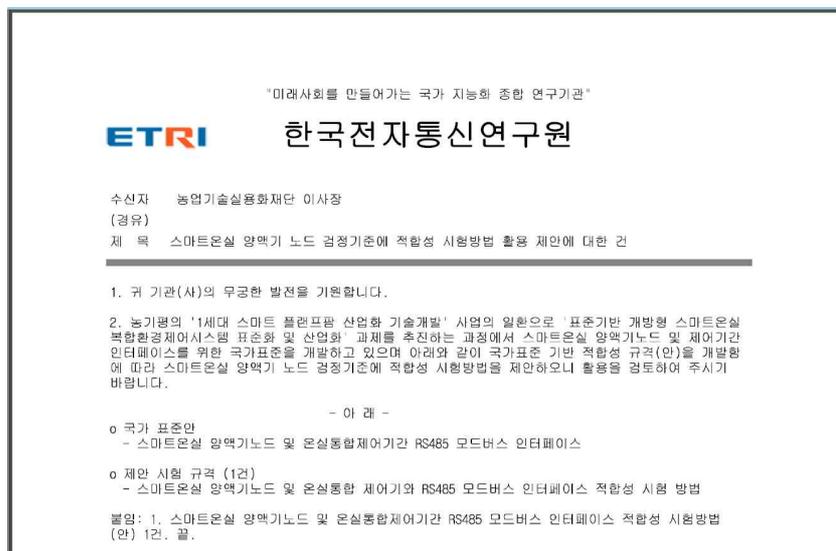


그림 15. 검정 기준에 프로토콜 적합성 시험 방법 활용 제안

### (3) 연구 결과

그림 16은 본 연구 과제를 통해 개발된 국가표준안(2건) 및 기능 검증을 위한 적합성 시험 표준안임.



그림 16. 개발된 국가표준안 및 적합성 시험 표준안

## 2.2 표준기반 개방형 복합환경제어시스템 개발 - 주식회사 지능(제1협동기관)

### 1) 연구 목표

- 주식회사 지능은 오픈소스 기반 개방형 스마트팜 제어기를 활용하여 국가표준을 준수하는 양액기를 통합 운영할 수 있는 복합환경제어기를 개발하여 상용화하는 부분을 담당함
- 연구범위는 크게 복합환경제어기 기능 고도화와 양액기 통합운영 기능 개발로 구성됨

#### (1) 복합환경제어기 기능 고도화

- 온실 내외부의 작동규칙기능을 강화하여 여러 장비간의 상호작용을 처리할 수 있도록 고도화
- 양액기 제어 등 추가되는 기능을 지원하는 방향으로 기능 고도화
- 장비 상태 기능을 강화하여 당일 장비의 상태이외에도 월별 장비의 가동률 등을 확인할 수 있도록 고도화
- 아래 5가지 신규 기능을 개발하여 복합환경제어기 소프트웨어에 적용
  - 시간대 관리 기능 : 시간대별 세분화된 작동규칙 지정
  - 사용자 데이터 관리 기능: 사용자가 별도로 측정된 데이터 업로드, 통합조회
  - 경보관리 기능 : 시스템 경보(하드디스크 용량 등), 장비 비정상 상황 경보
  - 프로세스 관리 기능 : 내부 프로세스들의 상태를 점검하고, 문제시 복구 기능
  - 장치 캘리브레이션 : 센서 데이터 이상시 레퍼런스 장치와 비교하여 측정값 보정



그림 17. 복합환경제어기 메뉴 기능 구조도

## (2) 양액기 통합운영 기능 개발

- 복합환경제어기에 양액기 통신 모듈을 탑재하여 양액기와의 통신 기능 검증
- 사용자 인터페이스를 개선하여 양액기를 제어할 수 있도록 기능 추가

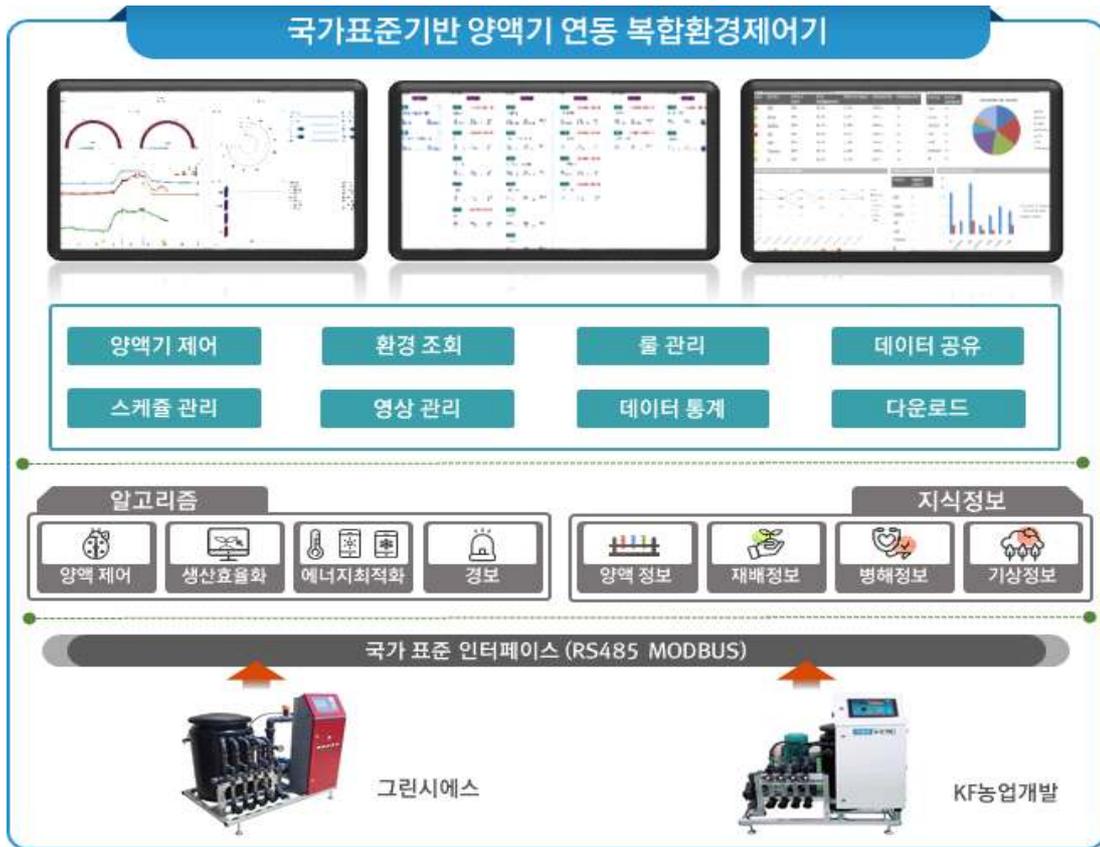


그림 18. 양액공급기와 복합환경제어기 연동

## 2) 세부 연구 내용

### (1) 농촌진흥청 요구사항을 토대로 복합환경제어기를 개발 및 실증 적용

- 농촌진흥청 실험온실에서 요구하는 관리 목표를 분석하여 아래와 같이 작동규칙을 수립함

표 20. 농촌진흥청 요구사항 목록

구분	센서연동유무	온도기반제어	시간기반제어	목표	동작규칙	비고
1중 천창 (좌,우)	○	○	○	주간 22~28도 유지 야간 17도 이상 유지 우적연동	1주기 8:00-17:10 30도 열림, 20도 닫힘 (동작 30%, 휴지시간 5초) 2주기 17:10-8:00 닫힘 유지	
1중 측창 (좌,우)	○	○	○	주간 22~28도 유지 야간 17도 이상	1주기 8:00-18:00 28도 열림, 20도 닫힘 (동작 20%, 휴지시간 20초)	

구분	센서연동유무	온도기반제어	시간기반제어	목표	동작규칙	비고
				유지 우적연동	2주기 18:00-8:00 닫힘 유지	
2중 천창 (좌,우)	○		○		1주기 8:00-16:20 열림 유지 (동작 40%, 휴지시간 30초) 2주기 16:20-8:00 닫힘 유지	겨울철 대비 온도 연동 필요 1주기 구간이라도 20도 이하 일 경우 천창, 측창 닫음 25도 이상일 경우 천창, 측창 열림
2중 측창 (좌,우)	○		○		1주기 8:00-16:20 열림 유지 (동작 50%, 휴지시간 30초) 2주기 16:20-8:00 닫힘 유지	
스크린	○		○	겨울철 운행 안 함 여름철에는 11:00-14:00 닫 음	1주기: 07:10-11:00 열림 2주기: 11:00-14:10 열림 3주기: 14:10-07:00 열림 동작시간 370초	1. 겨울철 열림 유 지 여름철에는 11:00-14:10 닫음 2. 여름철 일사 센 서, 온도 센서와 연 동 필요. 대낮에 일 사(1000W/m <sup>2</sup> 이 상)가 충분하고 온 도가 너무 높을 시 (30도 이상) 스크린 동작
보온커튼 (상단)	○		○		1주기: 07:00-17:20 열림 2주기: 17:20-07:00 닫힘 동작시간 350초	
보온커튼 (전,후)	○		○		1주기: 08:00-17:10 열림 2주기: 17:10-08:00 닫힘 동작시간 70초	겨울철 대비 온도 연동 필요 1주기 구간이라도 20도 이하 일 경우 보온커튼 전, 후 닫 음
유동팬	○		○		3월-11월 1주기: 06:00-20:00 12월-3월 1주기: 06:00-18:00 동작시간 10분 휴지시간 2분 반복	
온풍보일러	X	○	○	늦가을-봄까지 운행	1주기: 08:00-18:00 20도 이 하 동작 2주기: 18:00-08:00 17도 이 하 동작	

○ 농촌진흥청 복합환경제어 룰 모의 테스트 결과

- 복합환경제어 룰이 정상적으로 작동하는지 실험하는 모의 테스트를 실시함
- 모의 테스트에서는 실제 제어를 하지 않으면서 수집되는 센서 데이터를 기반으로 제어 신호를 만들고, 해당 제어 신호가 적절하게 들어가고 있는지를 분석함

가. 1중창 제어

○ 테스트 설정

- 부하간의 차이가 단 1일 경우, 환기/난방이 그렇게 필요하다고 판단할 수 없음
- 이에 따라 버퍼를 설정하여 어느정도 부하간의 차이가 발생하면 동작하도록 설정
- 측창의 버퍼는 30, 천창의 버퍼는 10으로 설정

○ 테스트 동작

- 비가오면 모든 1중창을 닫음
- 환기부하 > 난방부하 + 버퍼 이면 창을 열
- 난방부하 > 환기부하 + 버퍼 이면 창을 닫음

○ 테스트 결과

- 파란색은 온실 내부 온도, 주황색은 온실기준온도, 초록색은 환기 부하, 붉은색은 난방부하 그래프
- 난방부하와 환기부하는 실내온도가 온실기준온도에 수렴하도록 하며, 기준온도를 벗어날 수록 환기, 난방이 필요함을 나타냄
- 하루간의 내부온도 그래프를 보면 온실기준온도보다 낮은 온도대를 유지하는 시간이 많아 난방부하의 수치가 대체적으로 높음
- 오후 3시경 실내온도가 온실기준온도를 넘어서자 다시 환기부하의 수치가 늘어난 것을 확인할 수 있음

데이터 조회



그림 19. 1중창 제어 테스트 결과 화면

## 나. 2중창 제어

### ○ 테스트 설정

- 버퍼를 1로 설정함 → 여는 동작의 기준은 기준온도 +1 °C, 닫는 동작의 기준은 기준온도 -1°C가 됨
- 측창은 천창보다 늦게 열리도록 오프셋을 1로 설정함

### ○ 테스트 동작

- 천창은 오프셋 값이 0이므로 기준온도 +1 °C 에 열리고, 기준온도 -1 °C 에 닫힘
- 측창은 오프셋 값이 1이 설정되어 있으므로 기준온도 +2 °C에 열림
- 온도가 내려가는 경우의 측창제어는 온도변화에 더 영향을 많이 끼치기 때문에 오프셋 값이 적용되어 기준온도에 닫힘  
( 기준온도 - (버퍼값 : 1) + (오프셋 값 : 1) )

### ○ 테스트 결과

- 다음은 2중천창의 18:13분까지의 데이터 조회 결과임
- 파란색 그래프는 실내온도, 녹색 그래프는 온실 기준온도, 주황색은 2중천창의 동작을 표시함
- 14:38 경 실내온도가 26 °C를 넘었고, 기준온도 +버퍼값에 따라 열기 명령이 전송됨
- 15:12 경 온도가 25 °C 밑으로 내려옴. 하지만 내부온도 +버퍼값을 넘지 않으므로 천창은 준비상태에 있음
- 15:32 경 실내온도가 기준온도 -1 °C 이하의 값이 되자 닫기를 수행함

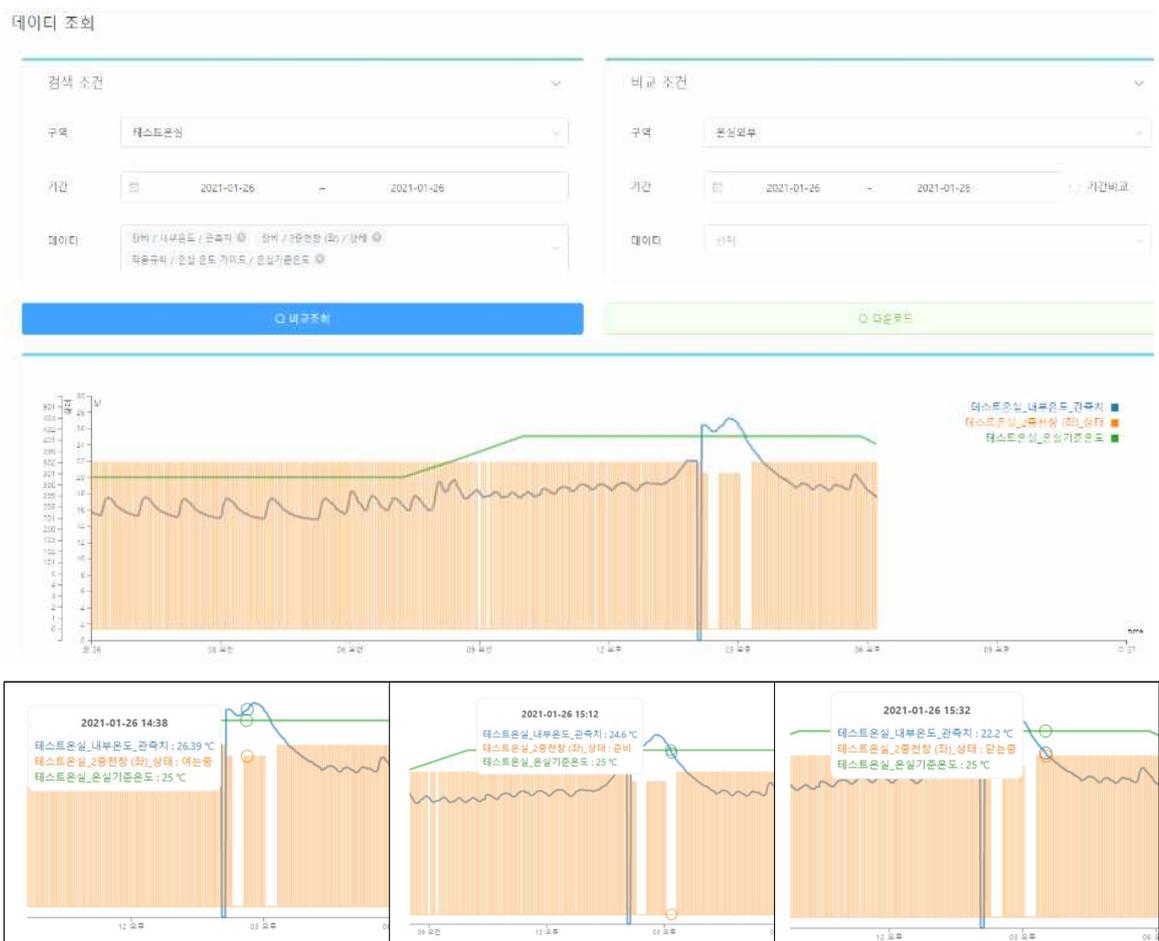


그림 20. 2중창 제어 테스트 결과 화면

## 다. 스크린 제어

### ○ 테스트 설정

- 달기가 수행되는 테스트의 기준온도는 25 °C
- 달기가 수행되는 테스트의 기준 일사량은 300 W/m<sup>2</sup>
- 요구사항은 30 °C 이상, 1000 W/m<sup>2</sup> 이상이지만 겨울철에 열고 달기 테스트를 하기엔 높은 수치이므로 테스트 중에만 설정을 바꿔 진행 (테스트 진행 후 온도 30 °C , 일사량 1000 W/m<sup>2</sup> 로 다시 설정완료)

### ○ 테스트 동작

- 일사량 300 W /m<sup>2</sup>, 내부온도 25 °C 를 넘어가는 두 가지 조건이 모두 만족되면 스크린을 닫음
- 조건을 만족시키는 경우를 제외하고는 옴

### ○ 테스트 결과

- 아래 그림은 18:34 경까지의 스크린 제어 모습임
- 녹색은 스크린의 상태, 파란색은 일사센서 관측치, 주황색은 온도센서 관측치를 표시함
- 14 : 32경 일사와 온도 센서관측치가 각 각 300 W/m<sup>2</sup>, 내부온도 25 °C 를 넘어 스크린에 닫힘 명령이 전송되고 있음(그림 21의 왼편 그림)
- 온도는 25도를 넘었지만 일사량이 부족하므로 스크린에 열림 명령을 전송하는 모습임(그림 21의 가운데 그림)
- 일사량은 300 W /m<sup>2</sup>을 넘었지만 온도가 동작설정 온도보다 낮아 스크린을 닫지 않는 모습임(그림 21의 오른쪽 그림)

데이터 조회

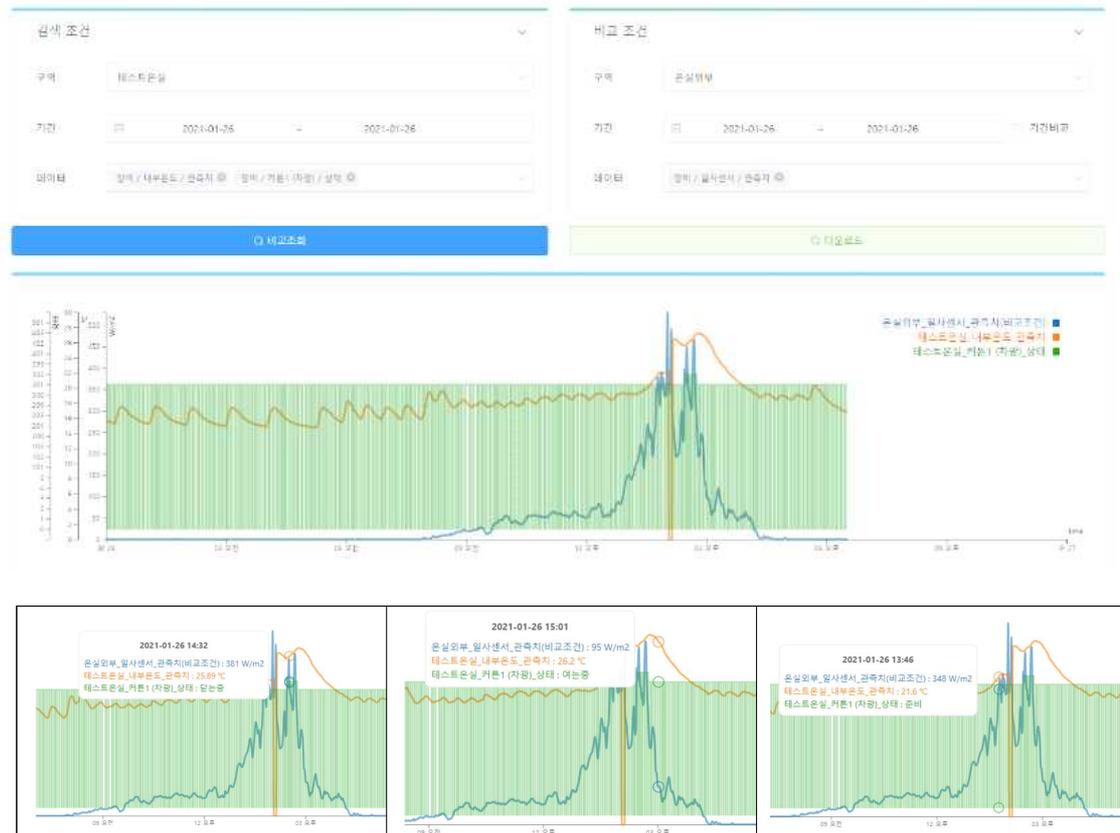


그림 21. 스크린 제어 테스트 결과 화면

## 라. 보온커튼 제어

### ○ 테스트 설정

- 커튼2를 보온커튼(상단)으로 커튼3을 보온커튼(전, 후)으로 설정함
- 모든 시간에 기준온도는 20 °C, 보온커튼(전,후)의 열림동작 온도버퍼는 2 °C
- 일출, 일몰 시에 대한 오프셋은 0

### ○ 테스트 동작

- 보온커튼(상단)은 일출 일몰시에 맞게 열고 닫음
- 보온커튼(전,후)는 20 °C 보다 낮으면 닫히고, 22 °C 보다 높으면 열림
- 20~22 °C 사이에는 준비 상태 유지

### ○ 테스트 결과

- 보온커튼(상단)의 상태 그래프임
- 그래프가 조금 낮은 부분이 열기 명령, 비교적 높은 부분이 닫기 상태임을 표시함

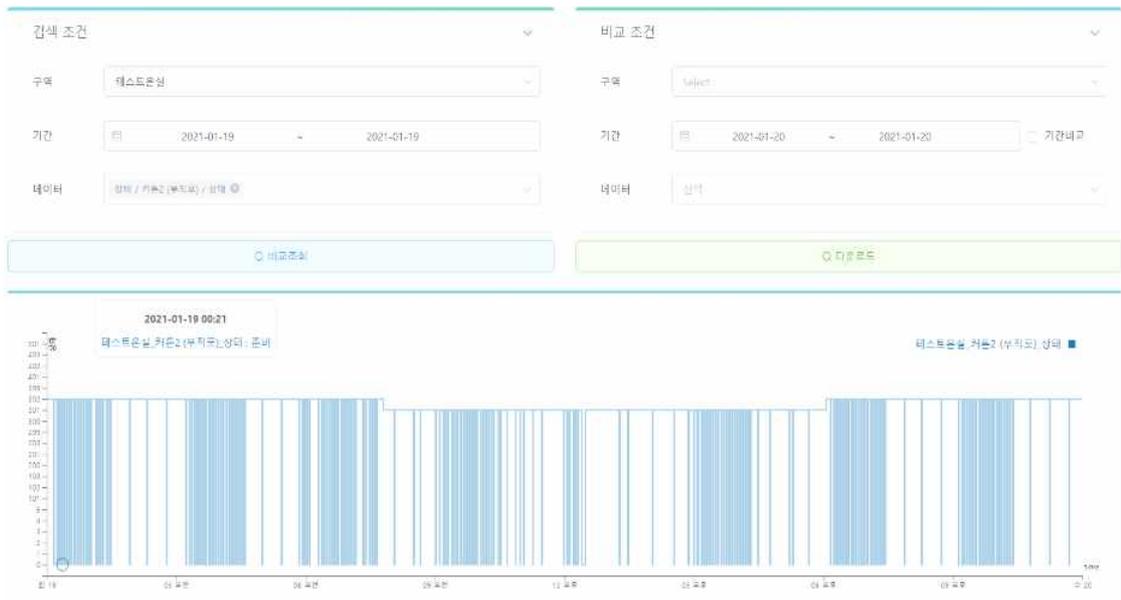


그림 22. 보온커튼(상단) 제어 테스트 결과 화면

- 다음은 보온커튼(전, 후)의 그래프임
- 파란색 그래프는 하루간의 온도변화, 주황색 그래프는 커튼(전,후)의 상태임
- 9시 56분 경까지 온도가 20 °C 를 넘지 않으므로 닫음 명령을 지속적으로 보냄



그림 23. 보온커튼(전, 후) 제어 테스트 결과 화면 A

- 10시 8분경에 관측 온도는 21 °C 로 열고 닫는 명령을 보내고 있지 않는 것을 확인함

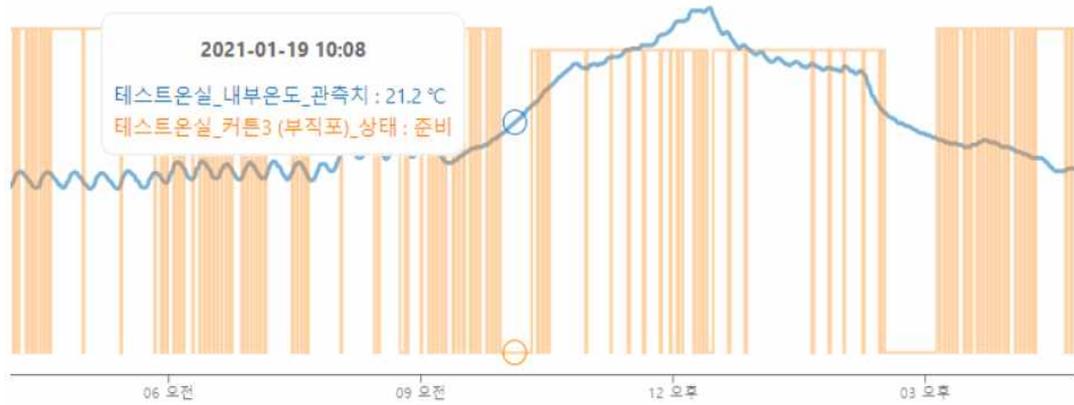


그림 24. 보온커튼(전, 후) 제어 테스트 결과 화면 B

### 마. 유동팬 제어

- 테스트 설정
  - 일출 후 40분~일몰 전 20분에만 규칙이 적용됨
- 테스트 동작
  - 10분 동작, 2분 중지를 반복함
- 테스트 결과
  - 위의 파란색 그래프는 유동팬의 상태를 나타냄
  - 휴지시간을 가지고 설정 시간대 동안 일정히 동작하는 것을 확인할 수 있음



그림 25. 유동팬 제어 테스트 결과 화면

### 바. 온풍 보일러 제어

- 테스트 설정
  - 야간에는 18 °C, 주간에는 20°C 보다 낮아지면 온풍보일러가 동작함
  - 온도가 높아지는 경우에 동작을 중지하는 것 에만 버퍼가 적용되며, 버퍼는 2로 설정함
- 테스트 동작

- 주/야간 설정 온도보다 낮으면 동작을 함
- 설정 온도와 버퍼값의 합보다 커지면 멈춤

○ 테스트 결과

- 파란색 그래프는 내부온도를 주황색 그래프는 온풍 보일러의 상태를 표시함
- 10:20경 내부온도가 20 + 버퍼값 2°C 를 넘어 온풍 보일러에 동작명령 전송이 멈추고 준비 상태인 모습임(왼편)
- 온도가 내려가는 지점에서는 20°C 아래로 온도가 내려가자 다시 동작 함(오른편)

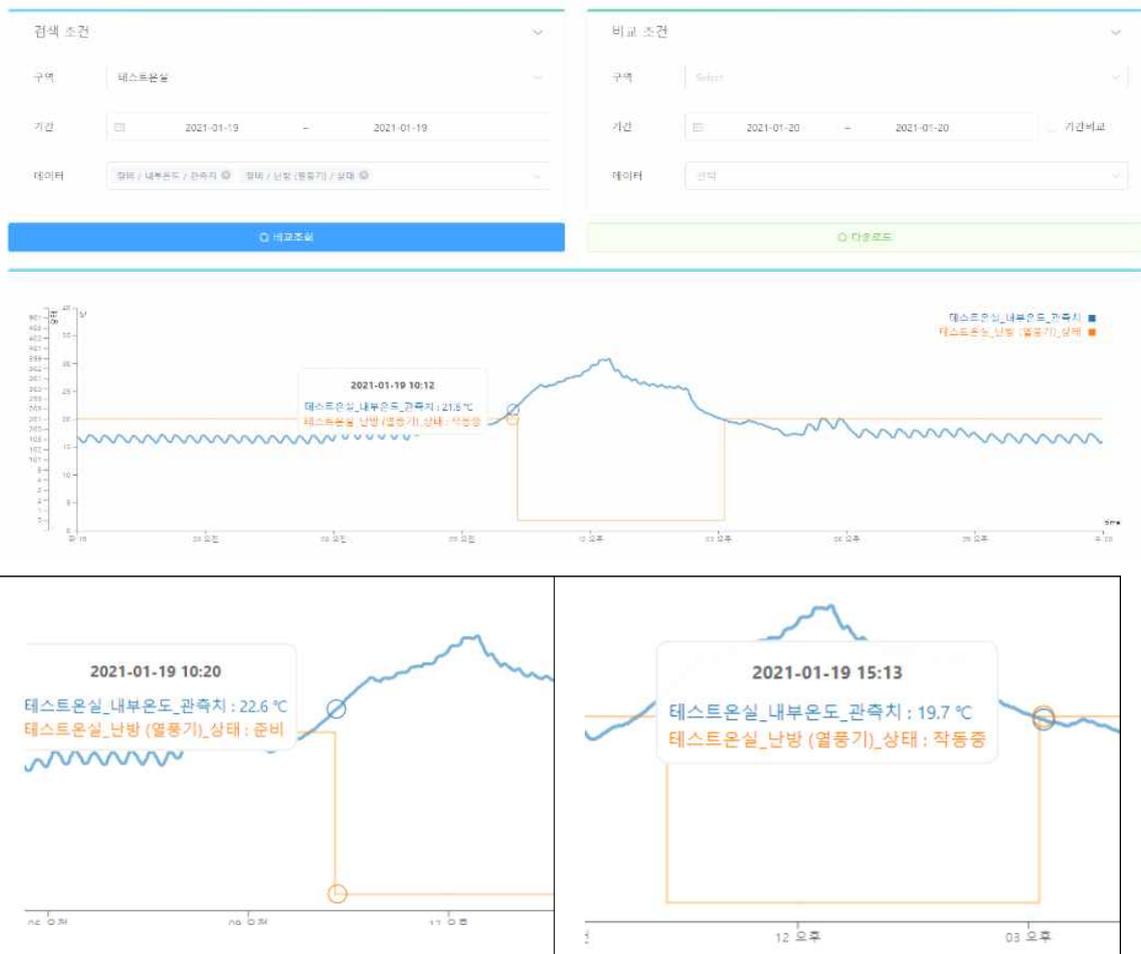


그림 26. 보일러 제어 테스트 결과 화면

(2) 국립원예특작과학원 시설원예연구소 요구사항을 토대로 복합환경제어 를 개발 및 실증

- 국립원예특작과학원 시설원예연구소 실험온실에서 요구하는 관리 목표를 분석하여 아래와 같이 작동규칙을 수립함

표 21. 국립원예특작과학원 요구사항 목록

구분	센서연동유무	온도기반제어	시간기반제어	목표	동작규칙	비고
천창 (좌,우)	○	○		주간 18~28도 야간18도 이상 우적연동	열림:24도이상 닫힘:20도이하, 비가 내릴 때	
상부 측창 (좌,우)	○	○		주간 18~28도 야간18도 이상 우적연동	열림:26도이상 닫힘:24도이하, 비가 내릴 때	
하부 측창 (좌,우)	○	○		주간 18~28도 야간18도 이상 우적연동	열림:26도이상 닫힘:24도 이하	
차광 스크 린	○	○		주간 18~28도 야간18도 이상 우적연동	열림:28도이상 닫힘:28도 이하	순간 일사량이 900W/m2이상일 경 우 온도에 상관없이 닫음
보온 스크 린	○	○		주간 18~28도 야간18도 이상 우적연동		11월부터 이듬해 3월 까지 사용
상부 다겹 커튼 (좌,우)			○	야간 18도 이상	열림 - 08:00~17:00 닫힘 - 17:00~08:00	포장 관리원 출퇴근 시간에 맞춤
하부 다겹 커튼 (좌,우)			○	야간 18도 이상	열림 - 08:00~17:00 닫힘 - 17:00~08:00	포장 관리원 출퇴근 시간에 맞춤
전후 면 다겹 커튼			○	야간 18도 이상	열림 - 08:00~17:00 닫힘 - 17:00~08:00	포장 관리원 출퇴근 시간에 맞춤
유동 팬	○	○		주간 18~28도 야간18도 이상	동작 :26도 이상	
포그	○	○		주간 18~28도 야간18도 이상	동작 :30도 이상	

- 국립원예특작과학원 시설원예연구소 복합환경제어 룰 모의 테스트 결과
  - 복합환경제어 룰이 정상적으로 작동하는지 실험하는 모의 테스트를 실시함
  - FarmOS가 시간, 수집되는 센서 데이터 등에 따라 구성한 작동규칙대로 적절한 제어신호를 보내고 있는지, 실사용에 적합한 규칙이 구성됐는지 확인하는 테스트임
  - 제어권이 없으므로 실제 장비를 제어하지는 않고, 제어신호까지 확인함

## 가. 환기부하/난방부하

### ○ 테스트 설정

- 각 부하의 계수는 디폴트의 3배로 설정함
- 기준온도는 시간대별 온도기준을 따라감

### ○ 테스트 동작

- 온실 기준온도를 목표온도로 부하값을 계산함
- 온실온도가 높아지면 환기 부하값이 가중됨
- 온실온도가 낮아지면 난방 부하값이 가중됨

### ○ 테스트 결과

- 아래 화면은 환기부하, 온실온도가이드, 내부온도 관측치를 조회한 화면임
- 보라색 그래프는 환기부하를 하늘색그래프는 내부온도 관측치를 주황색, 빨간색, 녹색 그래프는 각각 환기 온도, 온실기준온도, 난방온도를 표현함
- 08:24경 내부온도는 지속적으로 오르고 있고, 온실기준온도(목표유지온도) 보다 내부온도가 높아지자 환기부하의 값이 빠르게 오르는 것을 확인할 수 있음(왼편 그림)
- 야간동안은 지속적으로 낮은 온도가 관측되어 높은 난방부하 값이 유지되다 03:51경에는 부하값 100이 관측되는 모습임(가운데 그림)
- 15:44경 내부온도가 기준온도보다 내려가자 난방부하가 0이 아닌 값으로 올라가 관측되었고, 이를 통해 규칙이 정상동작하고 있음을 확인함(오른편 그림)

데이터 조회



그림 27. 환기부하/난방부하 테스트 결과 화면

## 나. 부하 기반 천창 제어

### ○ 테스트 설정

- 천창의 열림 버퍼 40, 닫힘 버퍼 15으로 설정함
- 규칙의 작동은 3분주기이며, 장비의 제어시간은 2분으로 설정하며 2분동작, 1분 휴지시간을 반복하는걸 디폴트로 함

### ○ 테스트 동작

- 환기부하가 난방부하보다 40만큼 더 커지면 천창을 열
- 난방부하가 환기부하보다 15만큼 더 커지면 천창을 닫음

### ○ 테스트 결과

- 아래 화면은 천창의 상태, 환기 부하값, 난방 부하값을 조회한 화면임
- 하늘색 그래프는 천창의 상태를, 녹색 그래프는 난방 부하값을, 주황색 그래프는 환기 부하값을 표현함
- 하늘색 그래프의 좀 더 높은 부분은 닫힘 동작을, 조금 낮은 부분은 열림 동작을 의미함
- 09:37경 야간동안 지속적으로 닫힘신호를 보내다가 난방부하가 15보다 작아지자 명령을 중지한 모습을 확인할 수 있음(왼편 그림)
- 09:51경 환기부하가 40을 넘었고, 다시 열림 명령이 보내지는 것을 확인할 수 있음(오른편 그림)

데이터 조회





그림 28. 부하 기반 천창 제어 테스트 결과 화면

## 다. 부하 기반 측창 제어

### ○ 테스트 설정

- 측창의 열림 버퍼 50, 닫힘버퍼 10으로 설정함
- 규칙의 작동은 3분주기이며, 장비의 제어시간은 2분으로 설정하며 2분동작, 1분 휴지시간을 반복하는걸 디폴트로 함

### ○ 테스트 동작

- 환기부하가 난방부하보다 50크면 측창을 열
- 난방부하가 환기부하보다 10크면 측창을 닫음

### ○ 테스트 결과

- 아래 화면은 측창의 상태, 환기부하값, 난방부하값을 조회한 화면임  
(※ 당일 18시경 데이터를 조회)
- 하늘색 그래프는 측창의 상태를, 녹색 그래프는 난방 부하값을, 주황색 그래프는 환기 부하값을 표현함
- 하늘색 그래프의 좀 더 높은 부분은 닫힘 동작을, 낮은 부분은 열림 동작을 의미함
- 16:30경 난방부하가 10을 넘자 닫힘 신호가 보내지는 것을 확인함(그림 29의 왼편 그림)
- 10:00경에는 환기부하가 50을 넘겨 열림신호를 보내는 것을 확인할 수 있었고, 이를 통해 규칙이 정상 동작함을 확인함(그림 29의 오른편 그림)

데이터 조회

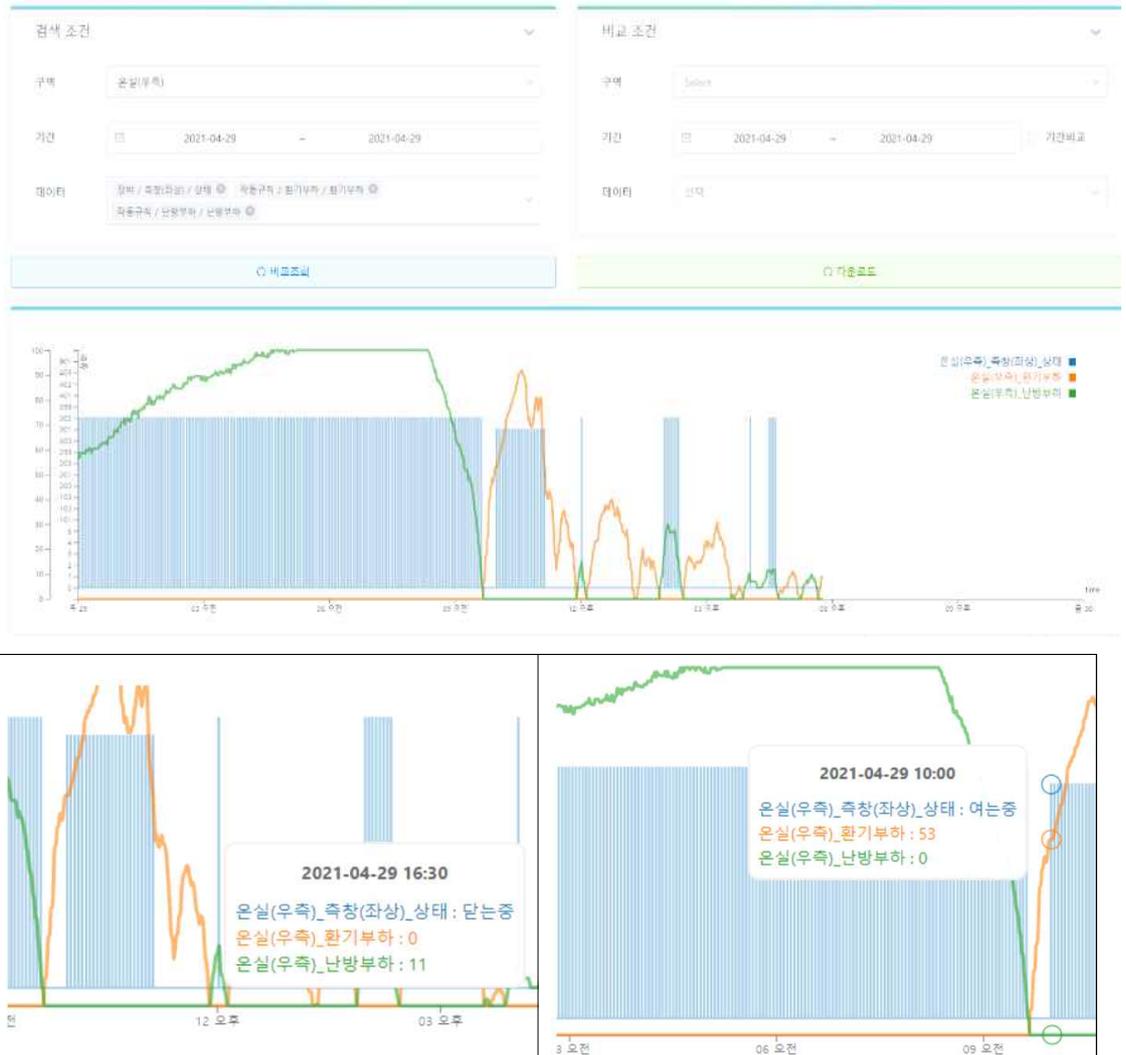


그림 29. 부하 기반 축창 제어 테스트 결과 화면

라. 온도 기반 천창 제어

○ 테스트 설정

- 요구사항에 따라 온도기준을 설정하였으며, UI에서 설정값을 바꿀수 있음
- 규칙의 작동은 3분주기이며, 장비의 제어시간은 2분으로 설정하며 2분동작, 1분 휴지시간을 반복하는걸 디폴트로 함

○ 테스트 동작

- 온실온도가 24도 이상이면 천창을 열
- 온실온도가 20도 이하이면 천창을 닫음

○ 테스트 결과

- 아래 화면은 천창의 동작상태와 온도센서 관측치를 조회한 모습임
- 초록색 그래프는 온도센서 관측치를, 갈색은 천창(좌,우)의 동작상태를 보여줌
- 현재 같은 규칙이 적용되어 천창(좌)와 천창(우)의 제어신호가 모두 겹쳐있는 모습임
- 갈색 그래프의 조금 더 높은 부분은 닫힘 상태, 낮은 부분은 열림 상태를 의미함
- 09:29경 온도가 24도를 넘자 열림 신호를 보내는 모습임(왼편 그림)
- 19:11경 22도 밑으로 내려가자 열림, 닫힘신호가 아닌 준비상태(상태값 0)가 된 모습임(가운데 그림)

■ 19:39경 20도 이하로 내려가자 다시 닫힘신호를 보내고 있음(오른편 그림)

데이터 조회



그림 30. 온도 기반 천창 제어 테스트 결과 화면

마. 온도 기반 측창 제어

○ 테스트 설정

- 요구사항에 따라 온도기준을 설정하였으며, UI에서 설정값을 바꿀수 있음
- 규칙의 작동은 3분주기이며, 장비의 제어시간은 2분으로 설정하며 2분동작, 1분 휴지시간을 반복하는걸 디폴트로 함

○ 테스트 동작

- 온실온도가 26도 이상이면 측창을 엽
- 온실온도가 24도 이하이면 측창이 닫음

○ 테스트 결과

- 아래 화면은 온실 온도센서 관측치와 측창의 상태를 조회한 화면임
- 아래 그래프에서 녹색 그래프는 온도센서 관측치를, 갈색은 측창의 상태를 나타냄
- 측창 데이터의 조금 높은 부분은 닫힘, 조금 낮은 부분은 열림 상태를 표현함
- 09:48경 26도를 넘어가자 측창에게 열림신호를 보내고 있는 모습임(왼편 그림).
- 11:00 경 24도 이하로 온도가 내려가자 다시 측창을 닫는 모습임(오른편 그림).

데이터 조회

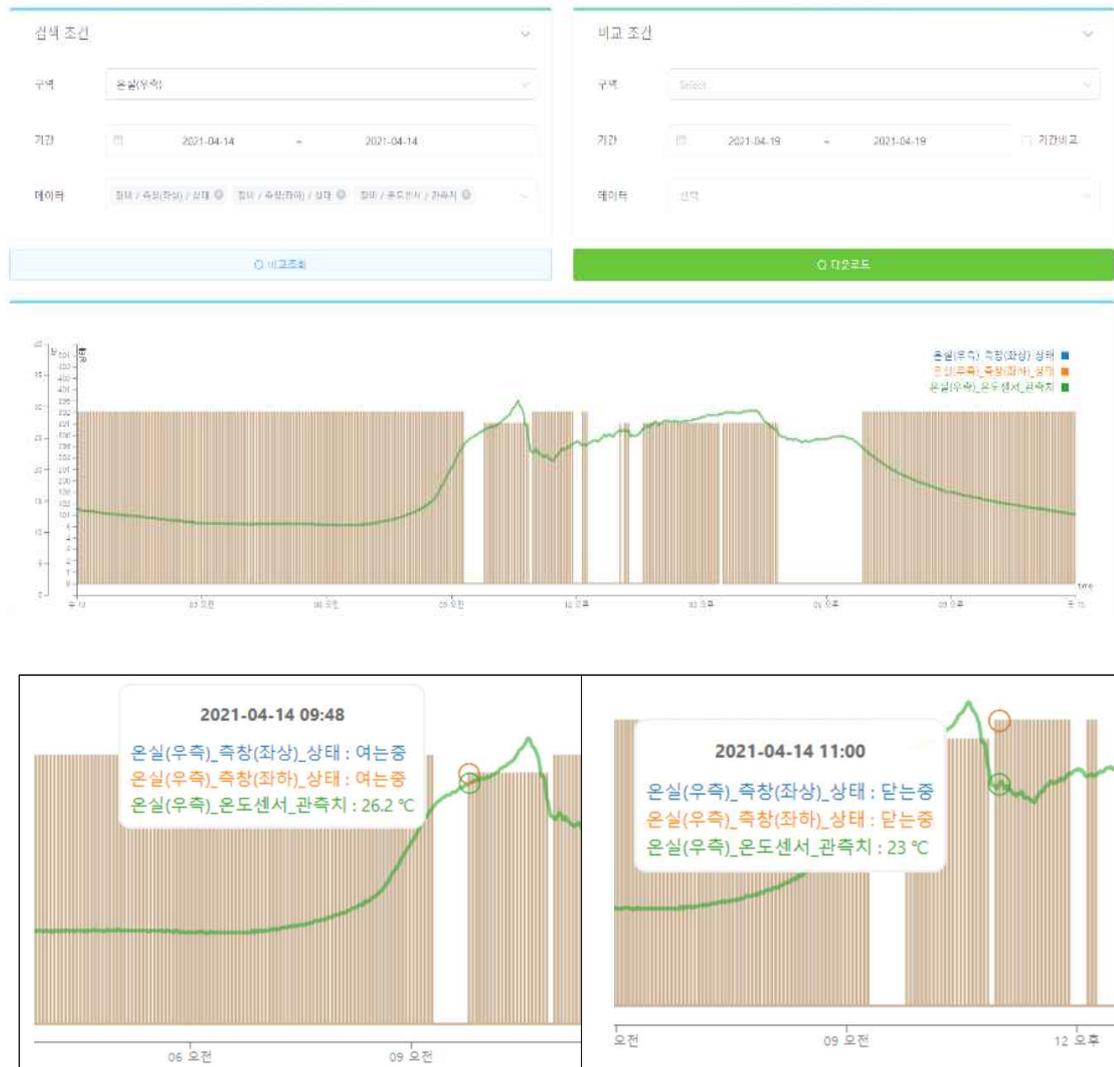


그림 31. 온도 기반 축창 제어 테스트 결과 화면

바. 차광 스크린 제어

○ 테스트 설정

- 제어의 온도기준은 온도기준 설정값과 버퍼로 구성됨
- 온도기준은 27.5, 버퍼는 0.5 로 설정함
- 일사량 기준은 900 W/m<sup>2</sup>로 설정하여 온도와 상관없이 900W/m<sup>2</sup>이상의 일사량이 관측될 경우 스크린을 닫도록 함
- 규칙의 작동은 3분 주기이며, 장비의 제어시간은 2분으로 설정하고 2분 동작, 1분 휴지 시간을 반복하는걸 디폴트로 함

○ 테스트 동작

- 온실 온도가 28도 이상이면 닫기 명령을 보냄
- 온실 온도가 27도 이하이면 열기 명령을 보냄
- 일사량이 900W/m<sup>2</sup> 이상이면 닫기 명령을 보냄

○ 테스트 결과

- 아래 화면은 차광스크린에 들어가는 신호, 온실온도, 일사량 관측치를 조회한 모습임
- 파란색 그래프는 일사량, 녹색 그래프는 온실온도, 주황색 그래프는 차광스크린의 상태를 나타냄

- 차광 스크린에서 조금 높이 올라온 부분이 닫힘 명령, 조금 낮은 부분이 열림명령, 값이 비어보이는 부분(상태값이 0인상태)이 준비상태를 나타냄
- 14일 10:24경의 화면에서, 온도가 28도를 넘어가자 닫힘 신호를 보냄(왼편 그림)
- 13일 14:32경의 화면에서, 온도는 28도를 넘지 않았지만, 일사량이 900W/m2를 넘어 닫힘 신호를 보내는 것을 볼 수 있음(가운데 그림)
- 오후가 지나면서 온도가 27도 밑으로 내려가자 다시 열림 신호를 보내는 것을 확인하였고, 규칙이 정상적으로 동작함을 확인함(오른편 그림).

데이터 조회



그림 32. 차광 스크린 제어 테스트 결과 화면 B

## 사. 보온 스크린 제어

### ○ 테스트 설정

- 온도 기준은 19도, 온도 버퍼는 1도로 설정함
- 규칙의 작동은 3분주기이며, 장비의 제어시간은 2분으로 설정하며 2분 동작, 1분 휴지 시간을 반복 하는 걸 디폴트로 함

### ○ 테스트 동작

- 18도에 보온스크린을 닫음
- 20도에 보온스크린을 열

### ○ 테스트 결과

- 아래 화면은 온도센서 관측치와 보온스크린 상태를 조회한 화면임
- 주황색 그래프는 온도센서 관측치를, 하늘색은 보온스크린 상태를 나타냄

- 조금 더 높은 부분이 닫힘신호, 조금 낮은 부분이 열림신호를 표현함
- 19:19경까지 열림 신호를 보내다가 20도 아래로 내려가자 준비상태로 변경됨(왼편 그림)
- 08:43경 20도가 넘어가자 다시 열림신호를 보내고 있음(조금 낮은 그래프). 이를 통해 정상 동작하고 있음을 확인함(오른편 그림).

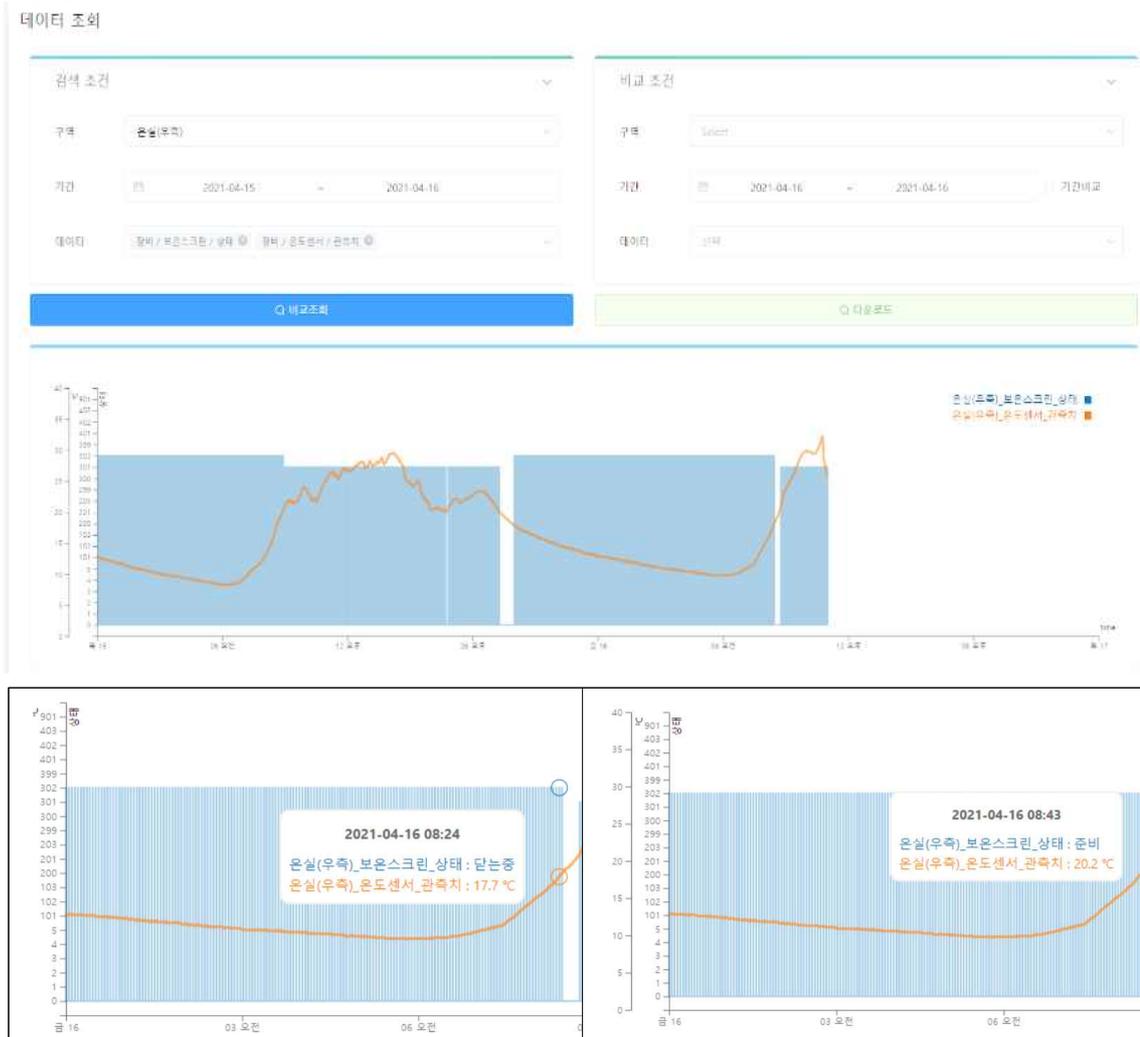


그림 33. 보온 스크린 제어 테스트 결과 화면

## 아. 다겹 커튼 제어

### ○ 테스트 설정

- 08시 ~17시 사이에 열고, 나머지 시간에는 닫음
- 유동적으로 활용할 수 있도록, 각 다겹커튼마다 열고 닫히는 시간에 대해 오프셋을 설정할 수 있도록 하였고, 현재는 0으로 설정되어 있음
- 규칙의 작동은 3분 주기이며, 장비의 제어시간은 2분으로 설정하며 2분 동작, 1분 휴지 시간을 반복하는걸 디폴트로 함

### ○ 테스트 동작

- 매일 8시에 열
- 매일 17시에 닫음

### ○ 테스트 결과

- 다겹커튼(좌상,우상,좌하,우하,전면,후면)의 동작 상태를 조회한 화면임
- 모두 같은 동작신호가 들어가 완전히 겹쳐있는 모습임. 그래프의 조금 높은 부분이

닫힘 신호, 조금 낮은 부분이 열림 신호를 표현함

- 08시경 모든 다겹 커튼에 열림 신호가 보내짐(왼편 그림)
- 17시경 모든 다겹 커튼에 닫힘 신호가 보내졌고, 매일 반복적으로 동작하여 규칙이 정상동작하고 있음을 확인함(오른편 그림)

데이터 조회

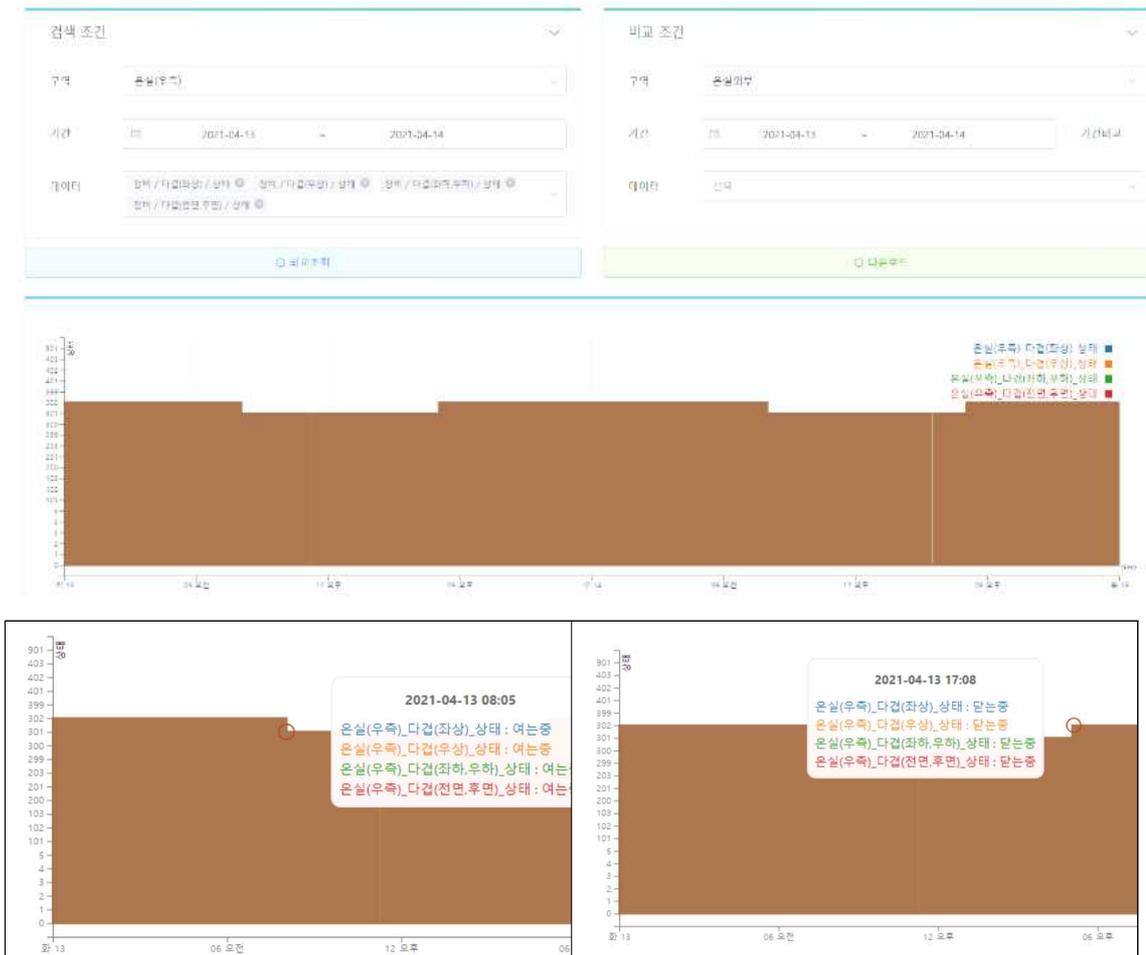


그림 34. 다겹 커튼 제어 테스트 결과 화면

### (3) 양액기 연동 개발

- 본 연구과제를 통해 개발되는 양액기 통신 프로토콜 국가표준안(TTAK.KO-10.1171 기반)에 따라 양액기용 KS 표준 통신 모듈을 개발함. 또한, 노드/디바이스 등록 절차 국가표준안 (TTAK.KO-10.1172 기반)과 KS X 3267 개정안을 반영함
- 복합환경제어기에 양액기 통신 모듈을 탑재하여 양액기와의 통신 기능을 검증함
- 사용자 인터페이스를 개선하여 양액기를 제어할 수 있도록 기능을 추가함

표 22. 양액기 관련 표준 일람

표준 번호	표준 이름
신규 국가표준안 (TTAK.KO-10.1171 기반)	스마트온실에서 온실 통합 제어기와 양액기 노드 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스
신규 국가표준안 (TTAK.KO-10.1172 기반)	모드버스/RS485 기반 스마트온실 노드/디바이스 등록 절차 및 기술 규격
KS X 3267 개정안	스마트 온실 센서/구동기 노드 및 온실 통합 제어기 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스

### 가. KS 표준 연동 양액기 라이브러리 설계

- 협동연구기관인 주식회사 지농에서 개발한 오픈소스 기반 복합환경제어기 FarmOS 시스템을 기반으로 양액기 연동 라이브러리를 설계함
- FarmOS에서 장비연동을 담당하는 모듈인 cvtgate는 두 개의 mate를 설정에 따라 연결하는 기능이 있는데, 이번 연구에서 양액기 표준을 준수하는 mate를 신규로 개발하여 적용함

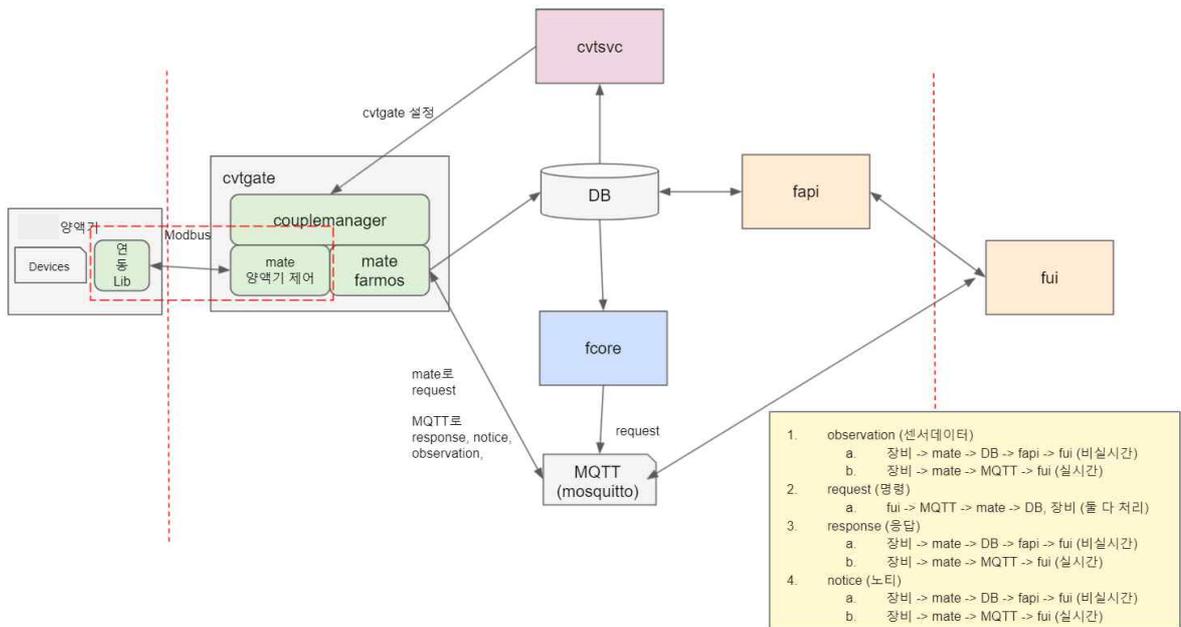


그림 35. 복합환경제어기(FarmOS)와 양액기 연동 아키텍처

### 나. KS 표준 연동 양액기 UI 구현

- 양액기 표준에서 정의한 기본제어(1회 관수, 중지), 구역 관수(시작 구역, 종료 구역, 관수 시간), 파라미터 관수(시작 구역, 종료 구역, 관수 시간, EC, pH) 등 기본 기능을 구현하였고, 사용자는 아래 화면을 통해 서비스를 이용함

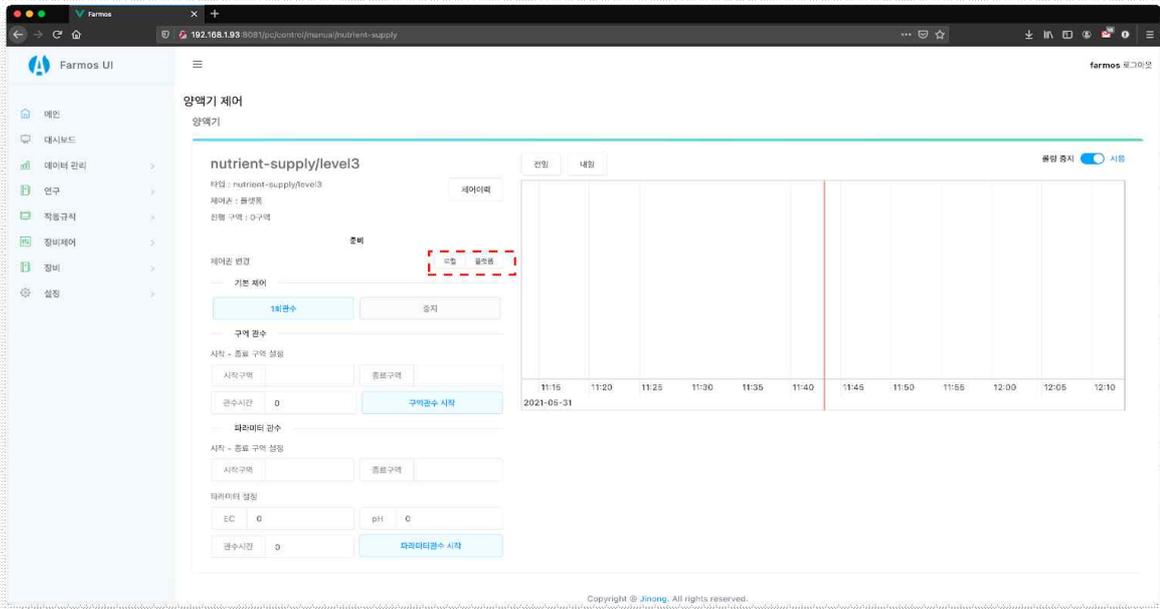


그림 36. 양액기 기본제어 UI

- 일사비례제어 등 복잡한 제어 로직은 FarmOS에서 제공하는 사용자 작동규칙 생성을 통해 설정하여 사용할 수 있음

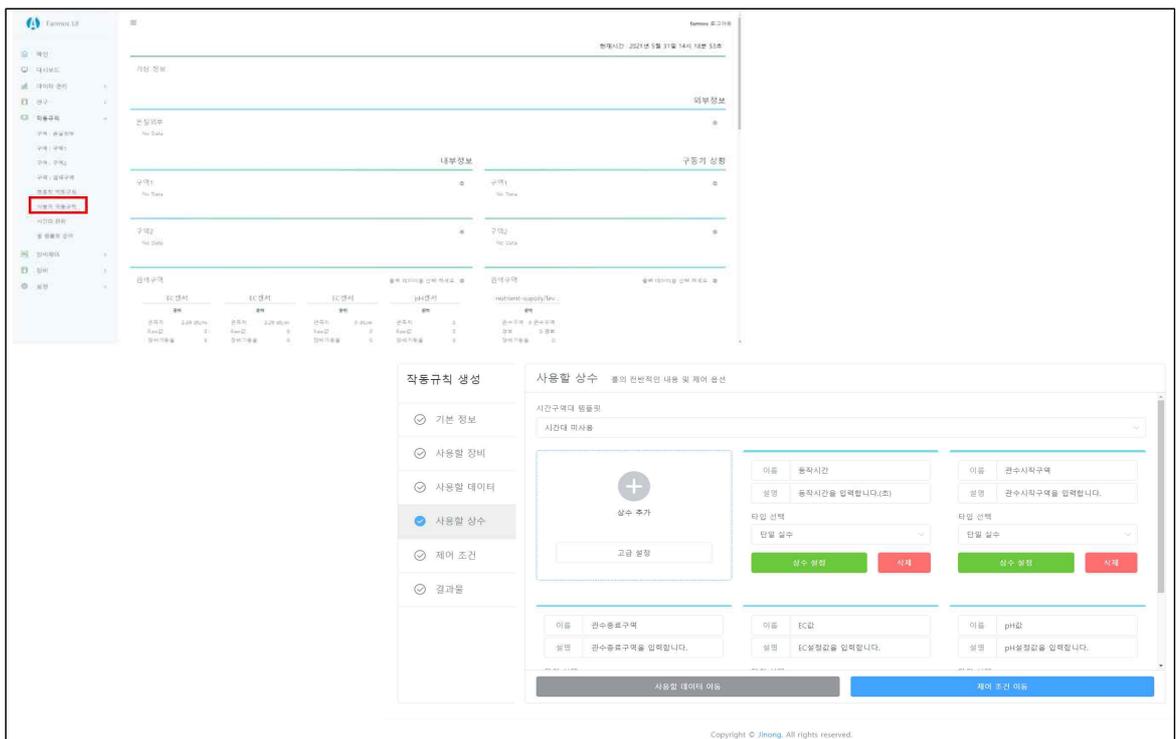


그림 37. 양액기 작동규칙 설정 UI

#### 다. KS 표준 연동 양액기 테스트

- 양액기가 정상적으로 작동하는지 검증하기 위한 14가지의 테스트 시나리오를 도출하였고 아래에 일람표로 정리함
- 14가지 테스트 시나리오 모두 통과하여 정상 작동하는 것을 확인함

표 23. 양액기 구동 테스트 시나리오 및 결과

순번	시험 항목	시나리오	성공 조건	시험결과
1	Modbus Server 실행	양액기 측에 연동할 라이브러리에서 Modbus 서버를 실행한다.	서버가 실행되면 통과, 서버가 실행되지 않으면 실패다.	OK
2	ModBus 연결	Modbus Server와 Modbus Client를 TCP 채널을 열고 연결을 수행한다.	연결이 되면 통과, 연결이 되지 않으면 실패다.	OK
3	ModBus 연결 종료	Modbus Server가 연결된 상태에서, Modbus Client의 연결 종료를 요청한다.	연결이 종료되면 성공, 오류가 발생하면 실패다.	OK
4	CoupleManager 연동	Modbus Server와 Modbus Client를 TCP 채널을 열고 연결을 수행한다.	CoupleManager가 실행된 상태에서, 양액기 메이트를 연동한다.	OK
5	양액기 노드 정보 입출력	Modbus Server를 실행한 뒤, erver에 양액기 노드 정보를 저장한다. lient에서 양액기 노드 정보를 요청하면, erver는 양액기 노드 정보를 전송한다.	Mate Client에서 기관 코드, 회사 코드, 제품 타입, 제품 코드, 프로토콜 버전, 채널 수, 시리얼 번호를 성공적으로 읽는다면 통과, 읽지 못한다면 실패다.	OK
6	노드 부착 디바이스(센서, 양액기) 정보	Modbus Server를 실행한 뒤, erver에서 노드 부착 디바이스 정보를 설정한다. lient에서 양액기 노드 정보를 요청하면, erver는 양액기 노드 정보를 전송한다. 주소는 101번대이다.	Mate Client에서 EC센서 1개를 성공적으로 읽는다면 통과, 읽지 못한다면 실패다. 나머지 노드 부착 디바이스의 읽기 내용은 성공이라고 가정한다.	OK
7	양액기 노드 상태 정보	Modbus Server를 실행한 뒤, erver에서 양액기 노드 상태 정보를 설정한다. lient에서 양액기 노드 상태 정보를 요청하면, erver는 양액기 노드 상태를 전송한다.	Mate Client에서 노드 상태, 명령 ID, 제어권 상태를 성공적으로 읽는 다면 통과다.	OK
8	센서 상태 정보	Modbus Server를 실행한 뒤, erver에서 센서 상태 정보를 설정한다. lient에서 센서 상태 정보를 요청하면, erver는 센서 상태 정보를 전송한다.	Mate lient에서 EC센서 1의 상태와 값을 성공적으로 읽는다면 통과, 읽지 못한다면 실패다. 이 센서 값을 읽을 수 있다면 나머지 센서값도 읽을 수 있다고 가정한다.	OK
9	양액기 상태 정보	Modbus Server를 실행한 뒤, erver에서 양액기 상태 정보를 설정한다. Client에서 양액기 상태 정보를 요청하면, Server는 양액기 상태 정보를 전송한다.	Mate Client에서 동작 상태, 관수 구역, 경보 정보, 명령 ID를 성공적으로 읽는다면 통과, 읽지 못한다면 실패다.	OK
10	양액기 노드 제어 정보	Modbus Server를 실행한 뒤, Mate lient에서 양액기 제어를 설정한다. lient에서 양액기 제어를 요청하면 Server의 Modbus register는 양액기 제어 값을 바꾼다. 양액기 제어 값이 바뀌면 이를 확인 할 수 있다.	MateClient 에서 요청한 양액기 노드 제어 정보인 제어 명령, 명령 ID, 제어권을 Server에 Write하고, erver에서 양액기 라이브러리를 통하여 바뀐 값을 읽는다.	OK
11	양액기 제어 정보	Modbus Server를 실행한 뒤, Mate lient에서 양액기 제어를 설정한다. lient에서 양액기 제어를 요청하면 Server의 Modbus register는 양액기 제어 값을 바꾼다. 양액기 제어 값이 바뀌면 이를 확인 할 수 있다.	Mate Client에서 요청한 양액기 노드 제어 정보인 제어 명령, 명령 ID, 관수 시작구역, 관수 종료구역, 관수 시간, C 설정값, H 설정값 등을 Modbus erver register에 쓰고, erver에서는 쓴 값을 읽는 다면 성공이다.	OK
12	Notification 전송	4~11번 항목과 관련하여 Mate Client를 couple manager에 적재하면, 관련 메시지를 Notification으로 전송한다.	클라이언트에서 전송한 Notification의 내용이 확인되면 OK, 그렇지 않으면 Fail을 리턴한다.	OK
13	Observation 전송	4~11번 항목과 관련하여 Mate Client를 couple manager에 적재하면, 관련 메시지를 Observation으로 전송한다.	전송한 Observation의 내용이 확인되면 OK, 그렇지 않으면 Fail을 리턴한다.	OK
14	Notification 전송	4~11번 항목과 관련하여 Mate Client를 couple manager에	발생한 Response 또는 Notification의 내용이 확인되면	OK

순번	시험 항목	시나리오	성공 조건	시험 결과
		적재하고, Request를 전송하면 Response 또는 Notification이 발생한다.	OK, 그렇지 않으면 Fail을 리턴한다.	

## 2.3 표준기반 양액기통신 국가표준 라이브러리 개발-코리아디지털(제2협동기관)

### 1) 연구목표

- 주식회사 코리아디지털은 양액기 국가표준을 준수하는 오픈소스 기반의 통신 라이브러리 개발
- 연구범위는 크게 통신 라이브러리와 SDK, 이를 활용한 응용프로그램, 유틸리티 개발, 프레임워크 개발로 구성됨

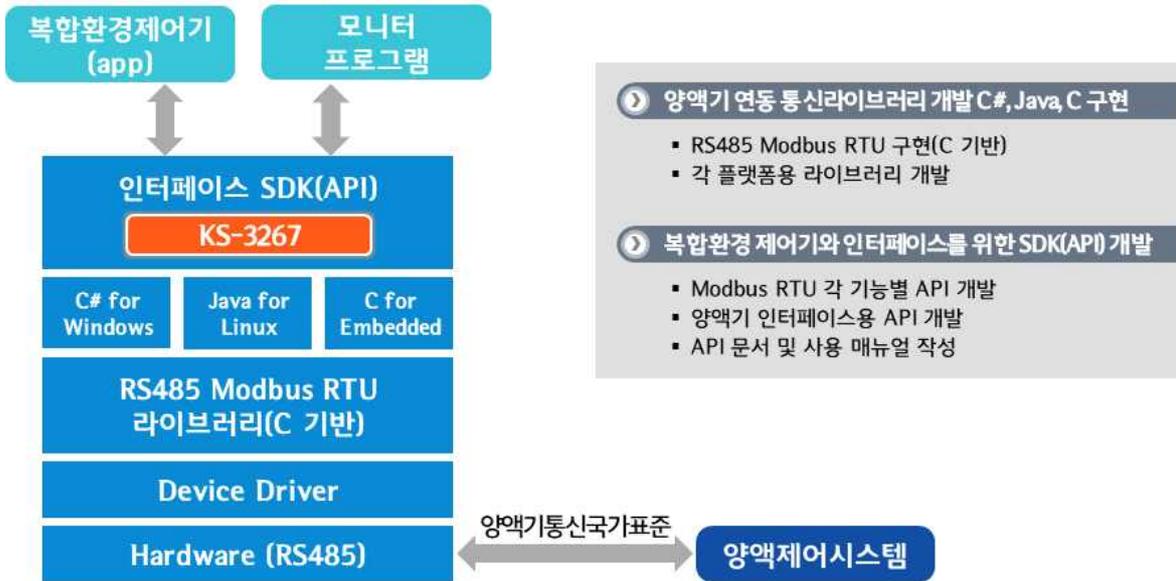


그림 38. 통신라이브러리 구성

### (1) 양액기 통신 표준을 준수하는 오픈소스기반 통신 라이브러리 개발

- 양액기 연동 통신 라이브러리 개발 C#, Java, C 구현.
  - 표준통신인 RS485 Modbus RTU API 개발
  - 윈도우 플랫폼용 C# 라이브러리개발
  - 리눅스 플랫폼용 Java 라이브러리 개발
  - 임베디드 플랫폼용 C 라이브러리 개발
- 복합환경 제어기와 인터페이스를 위한 SDK(API) 개발
  - Modbus RTU 각 기능별 API 개발
  - 양액기 인터페이스용 API 개발
  - 시스템설정 ,통신상태 , 디버깅을 위한 로그기능 개발
  - 예제코드, API 문서 및 사용 매뉴얼 작성
- 통신 라이브러리 검증용 PC 응용프로그램 개발
  - 센서노드 검증용 모니터 프로그램 개발
  - 구동기노드 검증용 모니터 프로그램 개발
  - 양액기노드(Integrated-Node) 검증용 모니터 프로그램 개발
  - 센서노드, 구동기노드, 양액기노드와 복합환경제어 프로그램간의 통신이 정상적으로 이뤄지는지 검증할 수 있는 모니터링 기능 개발
- 개발된 통신 라이브러리를 본사의 스마트팜 시스템에 적용하여 현장 실증 시험을 수행
  - 본사의 팜스큐브 시스템에 임베디드 방식으로 양액기와 연동하여 통합 제어프로그램

(RTOS)에서 양액기를 제어하고 모니터링할 수 있도록 개발함.

- 양액기 장비는 에뮬레이터 보드를 제작하여 시험함.
- 통신 라이브러리 및 소스를 GitHub를 통해 공개, 개발 인프라제공
  - 오픈플랫폼을 활용하여 개발된 라이브러리, 소스 , 프로그램, 개발 문서 공개
  - 업체에서 표준 적용시 해당 라이브러리가 이식이 쉽도록 플랫폼별 예제 프로그램 제공
  - 라이브러리에 대한 API 문서, 설치 설명서, 사용 설명서 등 기술문서를 제공

## 2) 세부 연구 내용

### (1) 양액기 연동 통신라이브러리 개발

- 양액기연동 통신라이브러리 개발
  - C#, JAVA, C로 구현
  - RS485 Modbus RTU 통신 API 개발
  - KSX3267 표준에 정의된 기능 코드 F3, F10을 지원하며 마스터 모드와 슬레이브 모드 모두 사용할 수 있도록 개발함
  - 타시스템(임베디드)에 포팅이 용이하도록 C기반으로 개발되었으며, 단순한 데이터 구조로 구현하였음

#### RS485 Modbus 통신 주요 API 및 클래스

##### - 임베디드용 C

Master 동작 (rs485\_modbus\_rtu\_master\_driver.c)

**StandardWordRead\_F3():** 레지스터 읽기

**StandardWordWrite\_F10():** 레지스터 쓰기

Slave 동작 (rs485\_modbus\_rtu\_slave\_driver.c)

**modbus\_register\_user\_map :** 사용자정의 메모리맵 , 읽기, 쓰기영역구분

##### - 윈도우용 C#, JAVA

Master 동작(**STDModbusMaster** )

**StandardWordRead\_F3() :** 레지스터 읽기

**StandardWordWrite\_F10():**레지스터 쓰기

Slave 동작 (**STDModbusSlave** )

**SetRegsiterValues() :**레지스터맵의 특정번지에 값을 저장함, 상태 저장

그림 39. Modbus 주요사용 API

## C# RS485 Modbus example

```

STDModbusMaster mRTUMaster = new STDModbusMaster();
if (mRTUMaster.Open(1, 9600) == true)
{
    //레지스터 1번 주소에서 8개 데이터를 읽어옴.
    STDModbusResponse rv = mModbusMaster.StandardWordRead_F3(1, 1, 8, 1000);
    if (rv != null && rv.rep_function == MDFunction.MODBUS_FC_READ_HOLDING_REGISTERS)
    {
        foreach(int readv in rv.wordDatas)
        {
            Debug.WriteLine("Read: " + readv);
        }
        return true;
    }
}
}

```

그림 40. Modbus 예제코드

### (2) 복합환경 제어기 인터페이스용 SDK 개발

#### ○ 복합환경 제어기 인터페이스용 SDK 개발

- 복합환경제어 프로그램에서 개발된 통신라이브러리를 활용하여 표준 노드 장비와 쉽게 연동할 수 있는 API를 제공함
- API, 예제소스, 도움말, 유틸리티 기능을 포함함

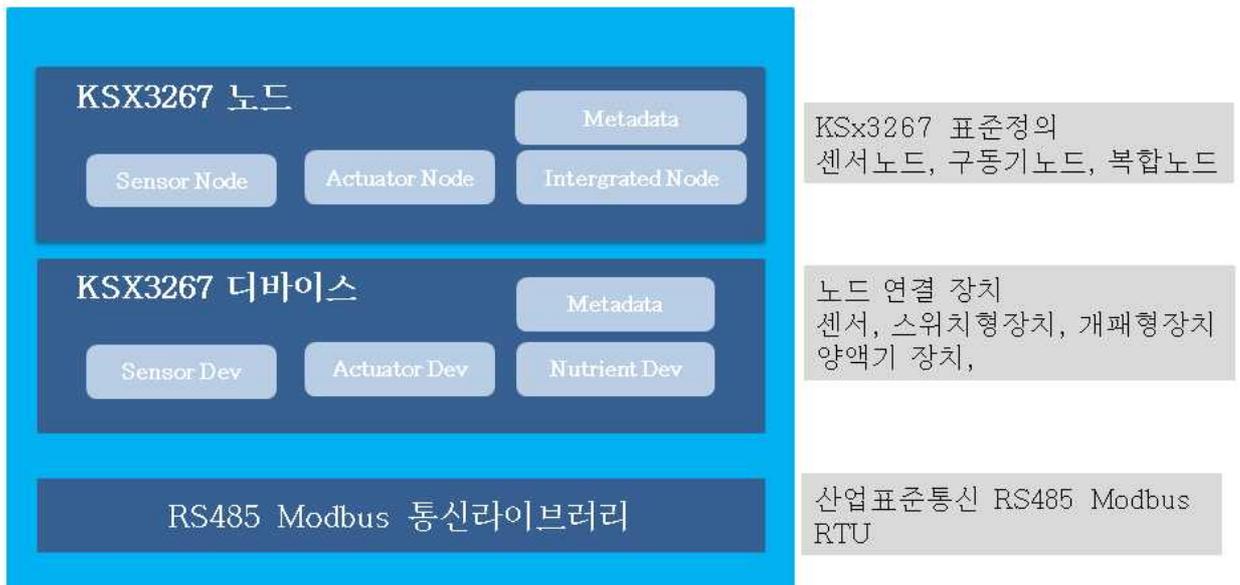


그림 41. SDK 구조

## C# SDK example

```
STDModbusMaster mRTUMaster = new STDModbusMaster();

if (mRTUMaster.Open(1, 9600) == true)
{
    //센서노드를 생성함.
    SensorNode mSensorNode = new SensorNode(11, mRTUMaster);
    if (mSensorNode.ReadNodeInformation() == true)
    {
        }

    // 센서노드에 연결된 장치코드를 읽어옴.
    if (mSensorNode.ReadDeviceCodeList() == true)
    {
        //연결된 센서의 객체를 생성함(메타데이터 포함).
        if (mSensorNode.CreateDevices() == true)
        {
            foreach (SensorDev ms in mSensorNode.mSensorDevices)
            {
                //센서상태및 센서 값을 읽어옴.
                if (mSensorNode.readDeviceStatus(ms) == true)
                {
                    Debug.WriteLine("Read Sensor: " + ms.value);
                }
            }
        }
    }
}
}
```

그림 42. SDK 사용 예제코드

### (3) 통신 라이브러리 검증용 PC 프로그램 개발

#### ○ 센서노드 모니터 프로그램 개발

- 표준 센서노드를 검색하고, 표준 센서노드일 경우 메타데이터(디폴트맵) 기반으로 연결된 센서 장비를 찾아 센서값을 주기적으로 읽어 표시하도록 개발함



그림 43. 센서노드 응용프로그램(C# 버전)



그림 44. 센서노드 응용프로그램(Java 버전)

■ 센서노드 모니터 프로그램 기능

- 센서노드 검색
- 센서노드 정보, 노드 상태 표시
- 연결된 센서 검색 및 메타데이터 연동
- 센서값, 센서상태 표시

센서데이터 로깅 및 저장, 그래프 표시

■ 라이브러리 사용 API

SensorNode, STDModbusMaster 클래스 사용

ReadNodeInformation() : 노드 정보 읽기

readDeviceStatus() : 센서값, 센서상태 읽기

ReadDeviceCodeList() : 연결된 센서 검색

○ 구동기 노드 모니터 프로그램 개발

- 표준 구동기 노드를 검색하고 표준 구동기 노드일 경우 메타데이터(디폴트맵)기반으로 연결된 구동 장비를 검색하고 해당 장비에 대해서 제어 및 상태를 표시함

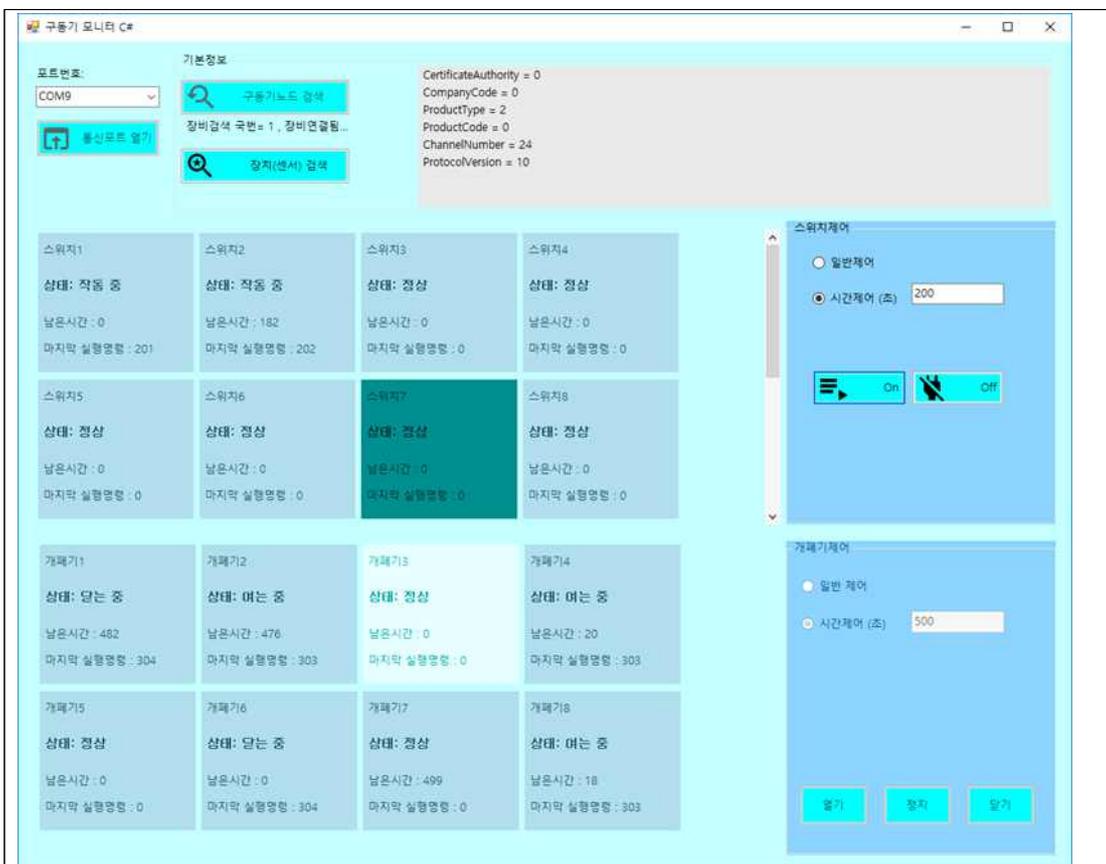


그림 45. 구동기 노드 응용프로그램(C#)



그림 46. 구동기 노드 응용프로그램(Java)

■ 구동기 노드 모니터 프로그램 기능

- 구동기노드 검색
- 노드 정보, 노드 상태 표시
- 연결된 장치 검색 및 메타데이터 연동
- 구동기장치제어 및 제어상태 표시
- 스위치형 구동기제어 레벨 1,2,3 지원
- 개폐형 구동기제어 레벨 1,2,3 지원

■ 라이브러리 사용 API

- ActuatorNode , STDModbusMaster 클래스 사용
- ReadNodeInformation() : 노드정보 읽기
- ReadDeviceCodeList() : 장치 검색
- readAllactuatorstatus() : 장치상태 읽기
- controlSwitch(): 스위치형 장치 제어
- controlReactable(): 개폐형 장치 제어

○ 양액기노드(Integrated-Node) 검증용 모니터 프로그램 개발

- 표준 복합노드 기반으로 복합노드를 검색하고 복합노드일 경우 메타데이터(디폴트맵) 기반으로 구동 장비 및 센서를 검색하고 연결된 센서값을 읽어 표시함
- 양액기 장비에 대해서 노드 제어, 관수 제어 및 양액기 상태, 노드 상태를 표시함



그림 47. 양액기노드 응용프로그램(C#)



그림 48. 양액기노드 응용프로그램(Java)

#### ■ 양액기 노드 모니터 프로그램 기능

양액기 노드 검색  
노드 정보, 노드 상태 표시  
연결된 장치, 센서 검색 및 메타데이터 연동  
센서 값, 센서 상태 표시  
센서 데이터 로깅 및 저장  
양액기 장치 제어, 노드 제어 및 제어 상태 표시  
양액기 제어 레벨 1,2,3 지원

#### ■ 라이브러리 사용 API

IntergratedNode, STDModbusMaster 클래스 사용  
ReadNodeInformation() : 노드 정보 읽기  
ReadDeviceCodeList() : 장치, 센서 검색  
readDeviceStatus(): 센서값 읽기  
controlNutrient(): 양액기 장치 제어  
controlNode(): 양액기 노드 제어

#### ○ 메타데이터 생성 유틸리티 프로그램 개발

- Json 직렬화 기능을 제공하며, 표준노드 개발시 연결된 장비에 대한 메타데이터를 쉽게 생성할 수 있도록 개발함
- 표준문서에 정의된 메타데이터 필드에 대한 템플릿을 제공함

#### (4) 통신 라이브러리 현장실증 시험

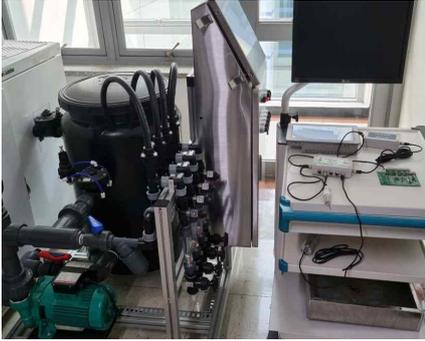
- 개발된 라이브러리 사용하여 실제 임베디드 시스템에 포팅하여 기능 시험
- 센서노드는 본사의 표준 센서 노드(SSN220)를 사용하였으며, 양액기 장비의 경우 표준 양액기 제어 레벨1만 지원하는 임베디드 보드를 개발하여 에뮬레이션하여 기능 시험
- 양액기 에뮬레이터 보드 개발
- RS485 Modbus 통신 컨버터 개발

	<p><b>양액기 에뮬레이터 보드 (임베디드)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- RS485 Modbus RTU 통신 지원</li> <li>- 릴레이 접전 제어 12 채널</li> <li>- 병렬연결 지원 , 딥스위치 SlaveID 변경</li> <li>- 수동, 자동 제어 하드웨어 스위치 지원</li> </ul>
	<p><b>RS485 통신 컨버터 보드 (임베디드)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- USB TO RS485 통신 컨버터</li> <li>- UART TO RS485 통신 컨버터</li> <li>- 통신속도 변경</li> <li>- 5V 동작</li> </ul>

그림 49. 양액기 에뮬레이터보드

그림 50. RS485 Converter 보드

○ 양액기 에뮬레이터 연동 시험 결과

시험 화면	시험 설계
 <p data-bbox="389 577 632 607">그림 51. 시험장비</p>	<p data-bbox="727 215 855 244"><b>시험장비 :</b></p> <ul data-bbox="727 255 1142 416" style="list-style-type: none"> <li>- 표준센서센서노드 1개(SSN-220)</li> <li>- 센서 4종 온도, 습도, PH, EC</li> <li>- 양액기 에뮬레이터</li> <li>- 통합제어기 1개(Embedded PC)</li> </ul> <p data-bbox="727 427 1310 456"><b>소프트웨어 :</b> 팜스큐브 인도어팜 어플리케이션</p> <p data-bbox="727 468 1158 497"><b>시험기간 :</b> 2021.05.24~ 2021.06.03</p> <p data-bbox="727 508 1230 537"><b>장소 :</b> 코리아디지털 본사 연구소 시험실</p> <p data-bbox="727 548 1214 577"><b>기타 :</b> 상시전원사용, 임베디드 PC 사용</p>
 <p data-bbox="352 913 667 943">그림 52. 팜스큐브 App</p>  <p data-bbox="352 1243 683 1272">그림 53. 센서측정그래프</p>	<p data-bbox="1002 622 1137 651"><b>시험 결과</b></p> <p data-bbox="727 745 855 775"><b>시험결과 :</b></p> <ul data-bbox="727 786 1414 1021" style="list-style-type: none"> <li>- 양액기 제어 매시간 1회씩 60초가 관수 하도록 설정하였으며 100% 정상 제어 되었음.</li> <li>- 센서데이터 측정기간 8일 동안 매 1초에 1회씩 측정 1분에 1회씩 데이터를 저장하였으며, 모두 안정적으로 측정 및 저장되었음. 최근 1주일간 통신오류 0.2% 이하, 누락데이터 1.2% 이하로 시험되었음.</li> </ul> <p data-bbox="727 1055 855 1084"><b>특이사항 :</b></p> <ul data-bbox="727 1095 1414 1223" style="list-style-type: none"> <li>- 양액기제어에 대한 시험은 원격 수동제어 100% 성공 및 안정적으로 동작함</li> <li>- 센서에 의한 자동제어는 에뮬레이터 기능제한으로 구현되지않음.</li> </ul>

### (5) 개발된 통신 라이브러리 공개

○ 개발된 통신라이브러리 및 문서, 소스를 GitHub를 통해 공개

- 통신라이브러리 소스 일체, C, C#, Java
- Application 소스, C#, Java
- API 문서 및 유틸리티 소스 , Help 문서 포함.
- github 공개주소 : <https://github.com/niconyanGH/KSx3267framework>

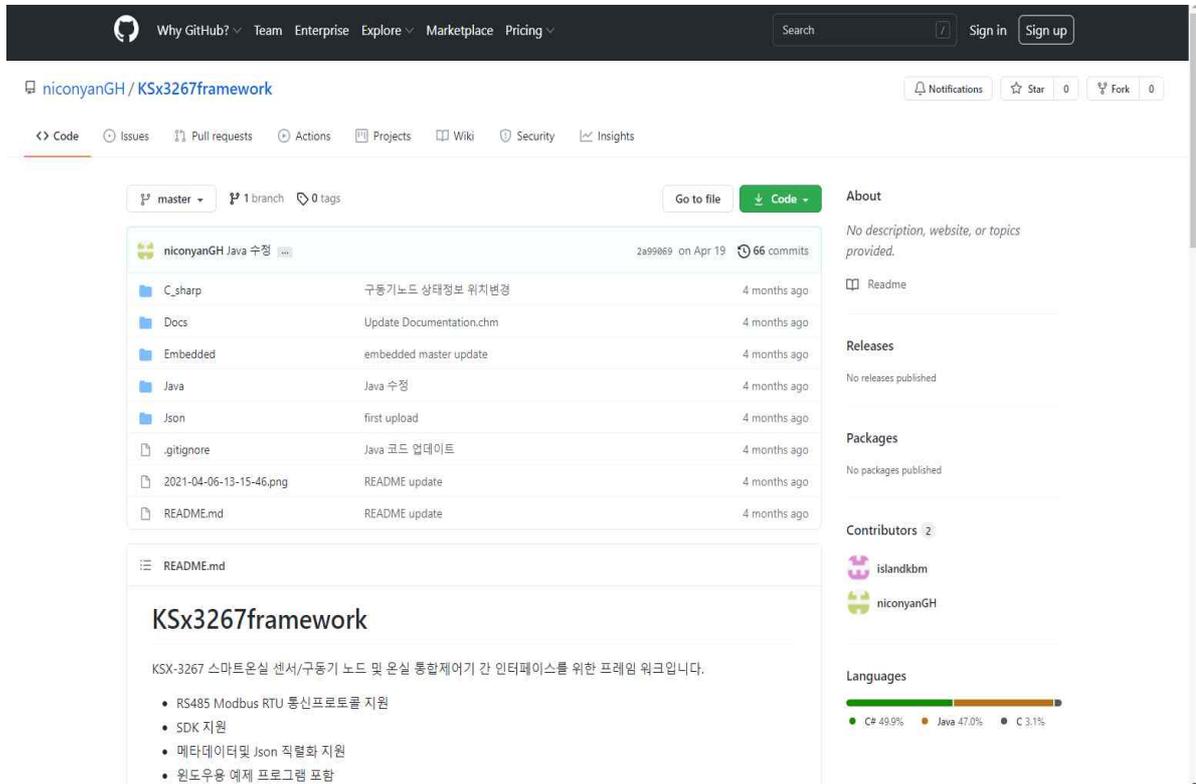


그림 54. github 공개 페이지

## 2.4 표준 기반 양액기시스템 개발 - 그린씨에스(제3협동기관)

### 1) 연구 목표

그린씨에스(주)는 국가표준을 준수하는 양액기를 개발하고 표준기반 제어기에 적용할 수 있는 표준기반 양액기 시스템을 개발·상용화하는 연구를 담당함.

연구 목표는 표준기반 양액기 시스템 개발 및 제품화.

국가 통신 표준을 준수하는 양액기 시스템을 개발하기 위하여 다음 세부 목표로 추진함.

#### ○ 국가표준을 준수하는 양액기 통신모듈 개발

양액기의 통신표준 제정을 위한 프로토콜 보완 요구사항을 제시하고, 국가표준 기반 다음 사항을 고려한 양액기 표준 통신모듈을 개발하고자 함

- 개방형 제어 환경에서 상용 양액기의 기능을 제어할 수 있는 통신모듈
- 기 설치된 상용 양액기와의 호환성을 고려한 통신모듈
- 양액기 통신 다중채널 접속을 통한 확장성 확보
- 표준기반 양액기 시스템의 실시간 데이터 저장 및 처리 기능을 고려한 통신모듈

#### ○ 통신모듈을 활용한 표준기반 양액기 시스템 개발 및 상용화

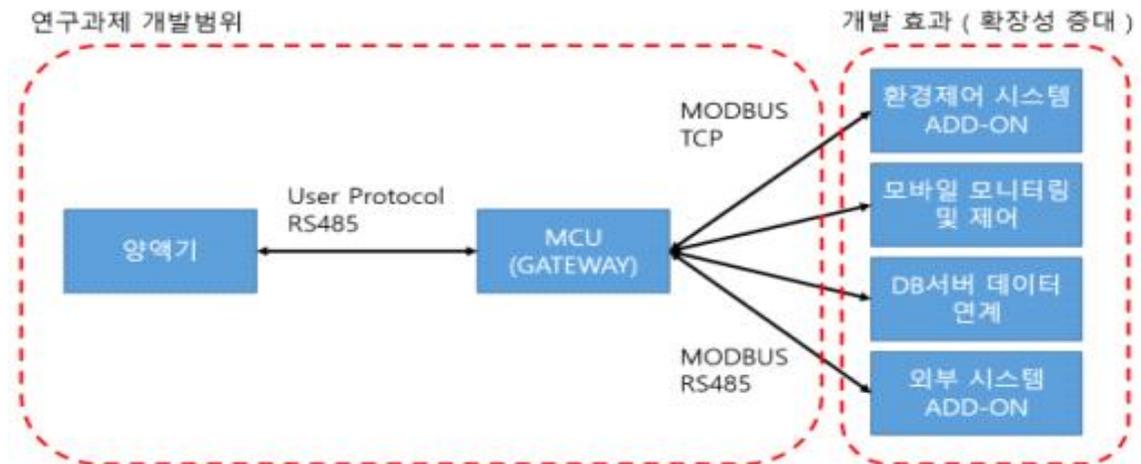


그림 55. 표준기반 양액기 통신모듈의 구조도 및 개발효과

### 2) 연구 수행 내용

#### 가. 양액기의 통신 표준을 준수하는 통신모듈 개발

##### ○ 양액기의 통신 표준 분석 및 표준화 요구사항 도출

- 선행연구를 통해 단체표준 『스마트온실에서 온실 통합 제어기와 양액기 노드 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스(TTAK.KO-10.1171)』이 제정되었으며, 양액기 노드 내에서 양액기의 센서와 제어명령 등에 대한 레지스터 맵과 데이터 포맷을 기술함
- 표준기반 양액기 시스템의 개방형 제어 환경에서의 통신 호환성 확보와 기능 수행을 위해 표준 프로토콜을 보완하고 표준에 반영하기 위한 요구사항을 제시함.

##### ○ 국가표준을 준수하는 양액기 표준 통신모듈 개발

- 선행 연구를 통해 개발된 통신 모듈을 기반으로 본 연구에서 제정되는 국가표준을 준수하는

양액기 통신모듈 개발

- 양액기 통신모듈은 기 설치된 상용 양액기와의 호환성을 고려하여 외장형 통신모듈 타입으로 개발

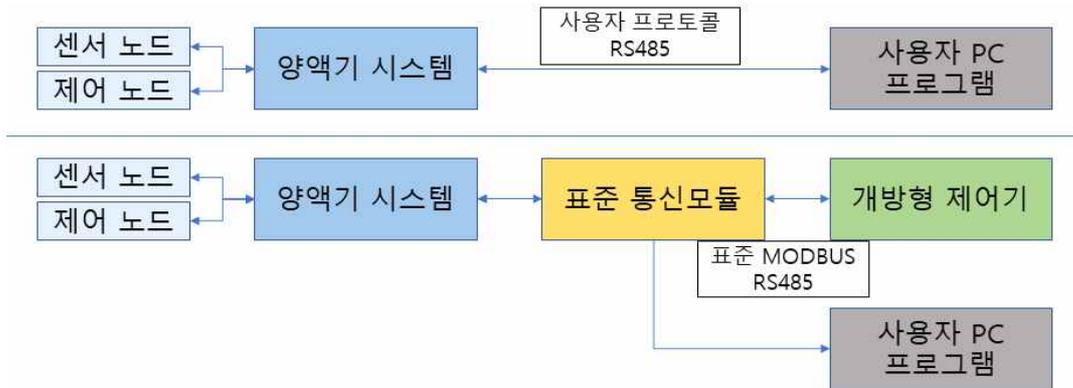


그림 56. 표준 통신모듈의 적용에 따른 양액기 통신 구조도

나. 국가 표준기반 양액기의 필드 테스트

- 표준기반 양액기 시스템의 센싱 및 제어, 데이터의 저장과 개방형 제어기간의 통신 테스트를 수행하기 위해 협동기관에 설치된 양액기에 통신모듈을 설치하여 표준기반 양액기 시스템의 필드 테스트 수행
- 양액기 테스트는 농촌진흥청 스마트온실과 시설원예연구소 2개소에서 수행
- 표준기반 양액기 시스템과 개방형 제어기의 통신 테스트 항목
  - 센서 및 계측 : 일사, 공급 관수량, 공급EC, 공급pH
  - 제어 : 관수제어, 관수량 설정, 공급EC제어, 공급pH제어, 파라미터 관수

다. 국가 표준기반 양액기 제품화 개발

- 표준 통신모듈을 적용하여, 표준기반 양액기 시스템을 제품화 개발을 수행함
- 표준기반 양액기는 로컬 통신모드와 개방형 통신모드를 지원하며 상용양액기의 관수제어 및 센싱 기능과 표준 통신기반 관수제어, 센서 데이터와 호환 가능한 시스템 개발
- 표준 통신모듈은 상용 양액기 시스템의 외장형 컨버터 형태로 적용하여, 믹싱형 양액기 시스템과 챔버형 양액기 시스템에 함께 적용할 수 있으며, 기 설치된 양액기 제품에 쉽게 호환될 수 있도록 개발

(1) 양액기의 통신 표준을 준수하는 통신모듈 개발

가. 양액기 통신 표준 분석

- 선행연구를 통해 양액기의 통신 표준이 『스마트온실에서 온실 통합 제어기와 양액기 노드 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스(TTAK.KO-10.1171)』 제정되었으며, 양액기와 개방형 제어기 간의 센서 및 제어 데이터 통신을 위한 국가표준안이 본 연구과제를 통해 제시됨
- 양액기 통신 국가표준안의 주요 내용은 개방형 제어기와 양액기간의 통신 프로토콜을 표준화하여 양액기 노드의 센서와 제어장치 데이터를 수집하고 제어명령을 지정하는 통신표준임

- 노드/디바이스 등록 절차 표준(TTAK.KO-10.1171)에서 기술된 센서 데이터는 EC센서(dS/m), pH센서, 일사량센서(W/m<sup>2</sup>), 유량센서(L), 함수율센서(%vol), 실내 온도센서(°C), 실내 습도센서(%), 배지EC센서(dS/m), 배지 온도센서(°C)이며, 제어명령은 제어권 지정, 작동시작, 작동정지, 파라미터 관수가 제정되었음

표 24. 양액기 통신 단체표준의 레지스터맵 정보와 주요 범위

정보	주요 내용
노드정보	양액기 노드에 관한 정보. 제조사 및 제품, 관수정보
디바이스 코드목록	양액기 노드 내 장치에 관한 정보. 양액기 센서 및 구동장치
상태정보	양액기 노드의 제어권, 동작상태 및 센서 데이터 EC, pH, 유량, 온습도, 함수율, 배지온도
제어정보	양액기 노드의 제어권한, 관수구역, 관수EC 및 pH, 관수시간 1회 관수, 관수 정지, 파라미터 관수

- 양액기 통신 국가표준안은 개방형 제어기에 의한 양액기 노드 제어를 수행하고, 국내 양액기 제조사 별 통신 규격을 제안하는 기능을 수행하며, 제품간 호환성을 제고하였음. 표준은 개방형 제어기에서 양액기 노드로 관수 명령을 지정할 수 있는 기능은 포함하고 있으나, 개방형 제어 환경에서 양액기의 적정 제어와 관수제어 안전을 설정하기 위한 기능은 개방형 제어기에서 제어할 수 없음
- 스마트 온실에서 양액기의 제어 안전성을 제어하기 위한 설정은 제조사별, 제품별로 다양한 기능이 있으나, 주요 방법은 관수 시작시간과 종료시간, 관수시간 간격 설정이 있음
- 관수 시작시간과 종료시간 이내에는 양액기의 제어 모드에 관계없이 관수가 이루어지지 않으며, 관수시간 간격 설정 이내에는 관수가 이루어지지 않도록 설정하는 것으로 두 기능은 관수가 필요한 시기에 공급되고, 양액이 자주 관수되지 않도록 제어함
- 관수 시작시간과 종료시간은 천문시를 적용하여 일출과 일몰에 따른 상대시간으로 조절되는 제품도 있으나, 선행연구에서 수집된 양액기 기능 조사 결과에 따르면, 천문시에 의한 관수 제어는 일부 제품에서만 이루어져 절대시간으로 시작시간과 종료시간을 제어하는 것이 표준 범위에서 적절할 것으로 판단됨

#### 나. 국가표준을 준수하는 양액기 통신모듈 개발

- 본 연구에서 제정되는 양액기 통신 국가표준안을 준수하는 양액기 통신 모듈은 양액기 노드와 개방형 제어기의 통신을 위한 변환 게이트웨이로서 개발하여 양액기와 통신 모듈간, 통신 모듈과 개방형 제어기간의 통신을 수행하고, 기 설치된 상용 양액기에 적용하기 용이하도록 외장형 컨버터 형태로 결정함

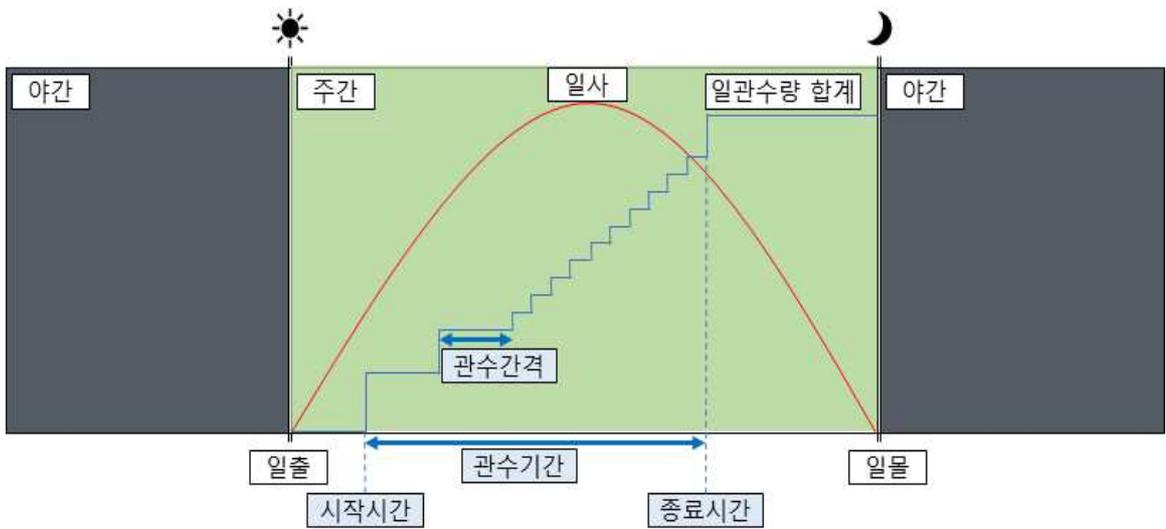


그림 57. 관수 시작시간과 종료시간, 관수간격



그림 58. 스마트온실 상용 양액기의 일반적 외형

- 스마트온실 양액기는 양액 컨트롤러와 도징채널, 믹싱탱크, 관수배관으로 이루어지며, 밸브와 여과필터, 벤츄리, 펌프 등 각 구동장치는 지속적으로 유지관리가 이루어져야 하기 때문에, 외장 컨버터를 설치하기에 어려움이 있음

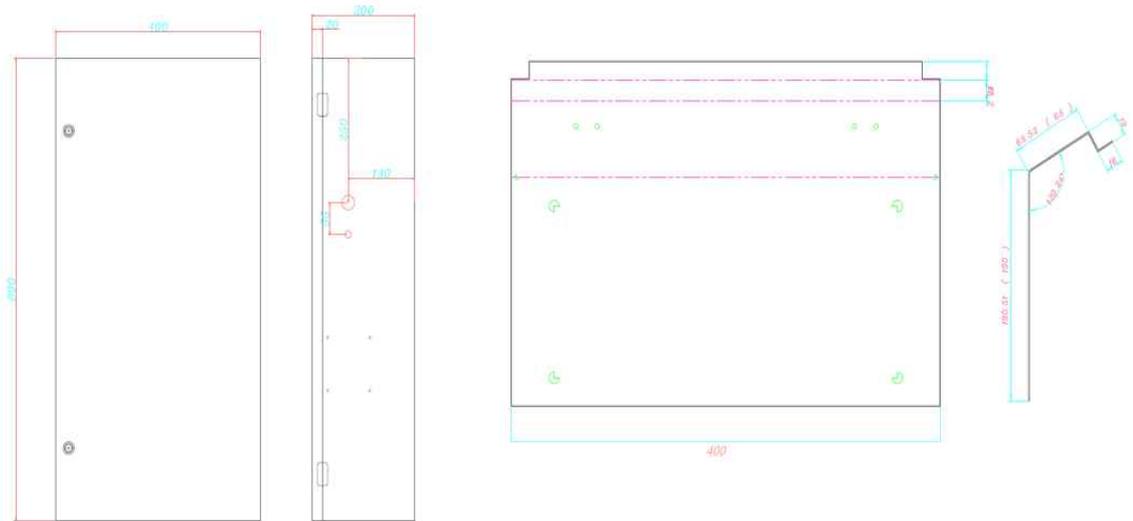


그림 59. 스마트온실 상용 양액기의 표준 통신모듈 설치부

- 양액기가 설치되는 공간은 물이 사용되는 공간이고, 기존 양액기 시스템의 구조적 특성에서 PVC 배관이 외부로 노출되고, 믹싱탱크와 관수펌프 등의 설치와 유지관리를 용이하도록 하기 위해 양액기 제어컨트롤러의 후면 상단에 부착하는 형태로 개발하였음.
- 표준 통신모듈은 컨버터 박스 형태로 제작되었으며, 폭34cm, 높이 25cm, 깊이 18cm의 크기로, 상단으로 개폐가 이루어지도록 제작하였음



그림 60. 양액기 시스템 표준 통신모듈 및 프로그램

- 개방형 제어기와 양액기 노드의 통신을 위한 양액기 통신모듈은 국가표준안으로 개발된 『스마트 온실의 통합 제어기와 양액기 노드 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스』를 준수하도록 통신모듈 PLC 프로그램을 개발하였음
- 양액기 표준 통신모듈은 양액기 노드에서 양액기의 디바이스 정보, 상태정보, 제어정보를 받아 개방형 제어기로 전달하고, 개방형 제어기의 제어명령을 양액기 노드로 전달하는 기능을 수행함

타입	디바이스	사용 유무	해	설명문
WORD	D0001	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	기관코드
WORD	D0002	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	회사코드
WORD	D0003	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	제품타입
WORD	D0004	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	제품코드
WORD	D0005	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	프로토콜버전
WORD	D0006	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	채널수(구 프로토콜버전)
WORD	D0007	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	시리얼번호1(구 구역수)
WORD	D0008	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	시리얼번호2(구 드리퍼유량)
WORD	D0101	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EC센서1
WORD	D0102	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EC센서2
WORD	D0103	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EC센서3
WORD	D0104	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PH센서1
WORD	D0105	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PH센서2
WORD	D0106	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PH센서3
WORD	D0107	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	일시량센서
WORD	D0108	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	전체유량센서
WORD	D0109	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1구역유량센서
WORD	D0110	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2구역유량센서
WORD	D0111	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3구역유량센서
WORD	D0112	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4구역유량센서
WORD	D0113	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5구역유량센서
WORD	D0114	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6구역유량센서
WORD	D0115	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7구역유량센서
WORD	D0116	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8구역유량센서
WORD	D0117	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9구역유량센서
WORD	D0118	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10구역유량센서
WORD	D0119	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11구역유량센서
WORD	D0120	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12구역유량센서
WORD	D0121	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	양액기

그림 61. 양액기 노드 표준 통신모듈의 디바이스 정보, 센서 정보

- 개방형 제어기는 표준에 따라 양액기 노드/디바이스의 정보를 조회하고, 표준기반 양액기를 제어함. 그림 67은 양액기 노드 표준 통신모듈에 할당된 노드 정보와 센서 정보를 나타냄
- 장비정보는 양액기의 제조사와 제품, 프로토콜 정보와 양액기에 연결된 디바이스의 수, 구역수와 드리퍼 용량이며, 온실 통합 제어기로부터 요청이 오는 경우 장비정보가 제어기로 전달됨

타입	디바이스	사용 유무	해	설명문
WORD	D0201	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	양액기상태
WORD	D0202	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	명령 ID(opid)
WORD	D0203	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	제어권 상태

그림 62. 양액기 노드 표준 통신모듈의 양액기 노드 상태 정보

- 양액기 상태정보는 양액기의 현재 상태와 제어권 정보를 담고 있음

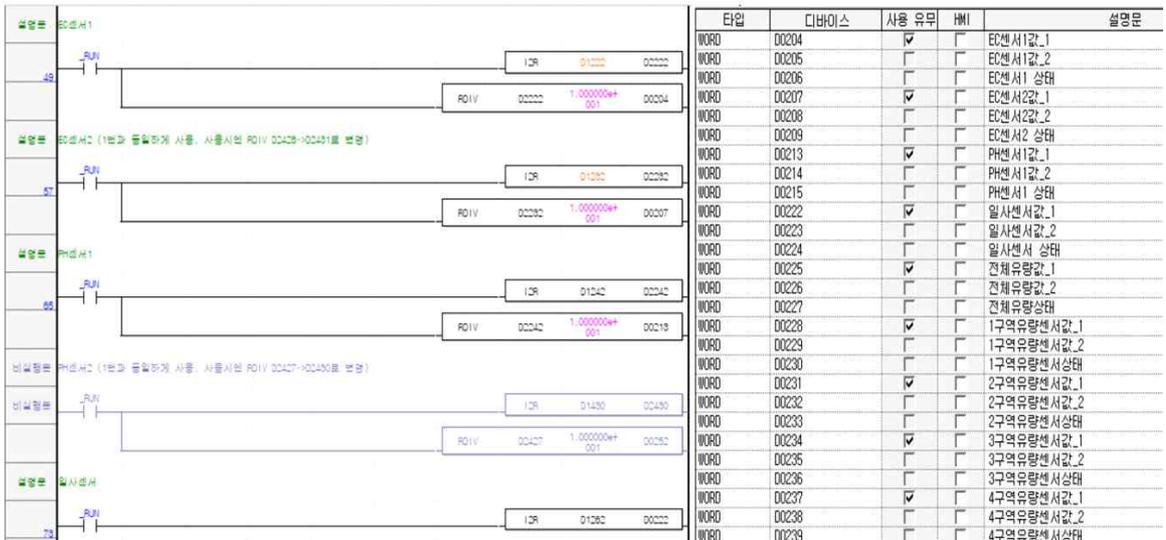


그림 63. 양액기 노드 표준 통신모듈의 양액기 센서정보

- 양액기 센서정보는 양액기 노드에서 수집되는 관수EC와 pH, 일사와 구역별 유량이 측정되어 개방형 제어기로 전달됨

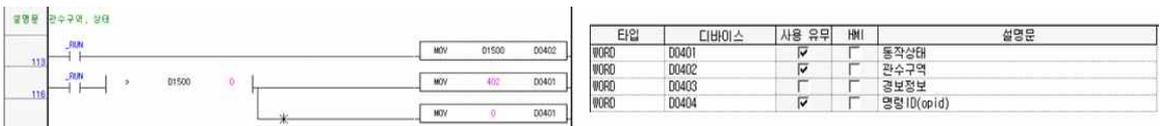


그림 64. 양액기 노드 표준 통신모듈의 양액기 상태정보

- 양액기 상태정보는 양액기 노드의 원격제어 모드에 사용되는 정보로, 양액기 노드의 동작상태와 관수구역, 경보정보를 나타내며, 양액기 노드의 제어 시 현재 동작상태와 관수구역 정보를 판단하고, 제어 동작 후 제어 결과를 반영함

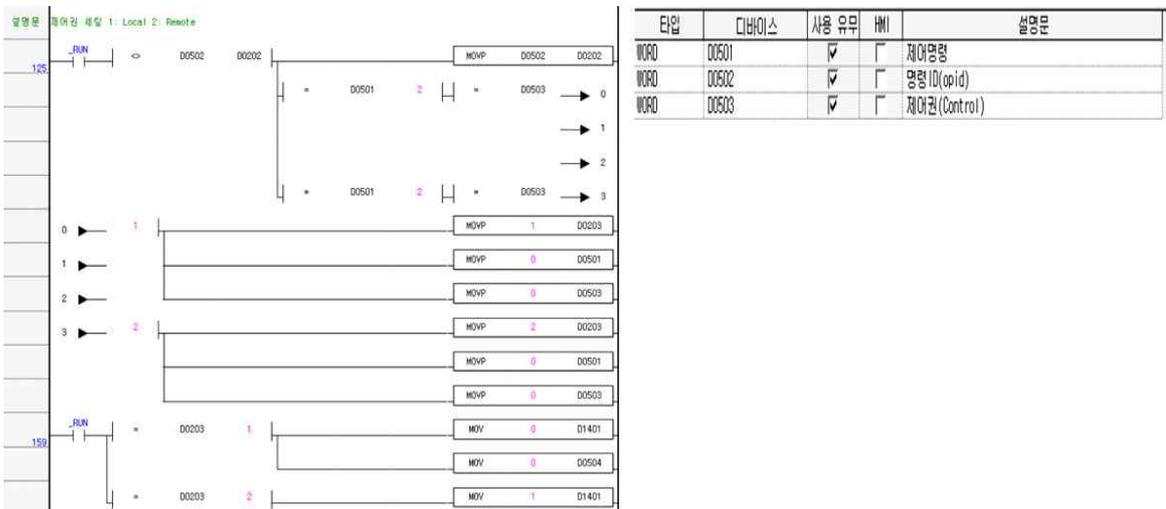
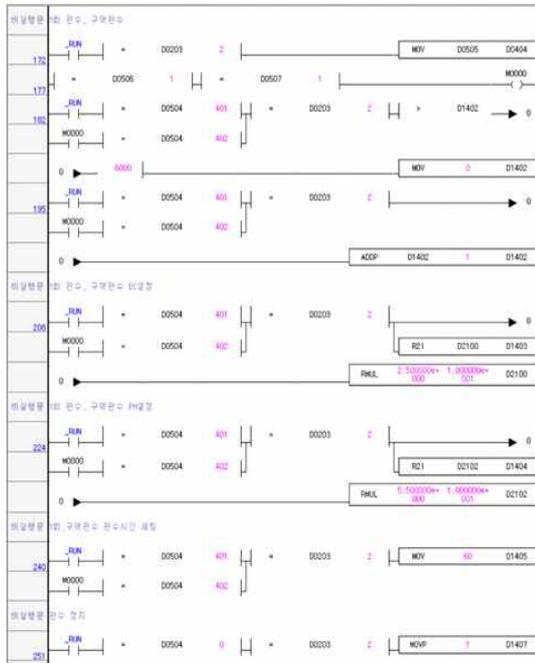


그림 65. 양액기 노드 표준 통신모듈의 양액기 제어권 설정

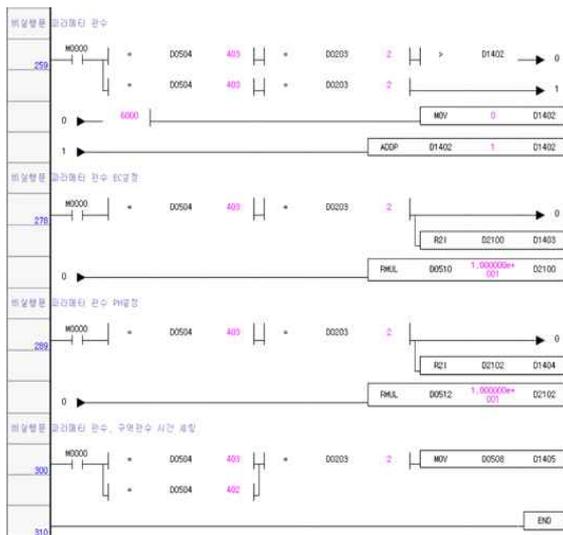
- 양액기 제어권 설정은 양액기의 원격제어 모드와 로컬제어 모드를 지정하는 설정으로 제어권이 로컬로 설정되면 개방형 제어기에서 양액기 노드를 제어할 수 없음



타입	디바이스	사용 유무	해	설명문
WORD	D0504	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	제어명령
WORD	D0505	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	영령 ID(opid)
WORD	D0506	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	관수시작구역
WORD	D0507	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	관수종료구역
WORD	D0508	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	관수시간(초)_1
WORD	D0509	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	관수시간(초)_2
WORD	D0510	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EC설정값_1
WORD	D0511	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EC설정값_2
WORD	D0512	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	pH설정값_1
WORD	D0513	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	pH설정값_2

그림 66. 양액기 노드 표준 통신모듈의 1회 관수 제어 정보

- 양액기 1회 관수 제어는 레벨 1 수준의 양액기 노드에서 수행 가능한 관수제어 기능으로, 개방형 제어기에서 1회 관수 제어 명령이 전달되면, 양액기는 로컬 제어에서 기 설정된 관수제어 정보에 따라 활성화된 구역에 설정된 EC와 pH의 양액을 관수시간만큼 공급함
- 양액기 노드 표준 통신모듈은 구역 관수 기능을 지원하여, 1회 관수 제어 정보를 기반으로 개방형 제어기에서 상용 양액기를 레벨2 제어 할 수 있음



타입	디바이스	사용 유무	해	설명문
WORD	D0504	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	제어명령
WORD	D0505	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	영령 ID(opid)
WORD	D0506	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	관수시작구역
WORD	D0507	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	관수종료구역
WORD	D0508	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	관수시간(초)_1
WORD	D0509	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	관수시간(초)_2
WORD	D0510	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EC설정값_1
WORD	D0511	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EC설정값_2
WORD	D0512	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	pH설정값_1
WORD	D0513	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	pH설정값_2

그림 67. 양액기 노드 표준 통신모듈의 파라미터 관수 제어 정보

- 양액기 파라미터 관수는 개방형 제어기에서 지정한 구역으로 관수 시간, 관수 EC, 관수 pH를 설정하고 관수를 제어하는 기능으로, 양액기는 개방형 제어기에서 새로운 관수 설정을 지정받을 수 있으며, 원격 지원 모드에서 설정된 값이 양액기에 입력됨



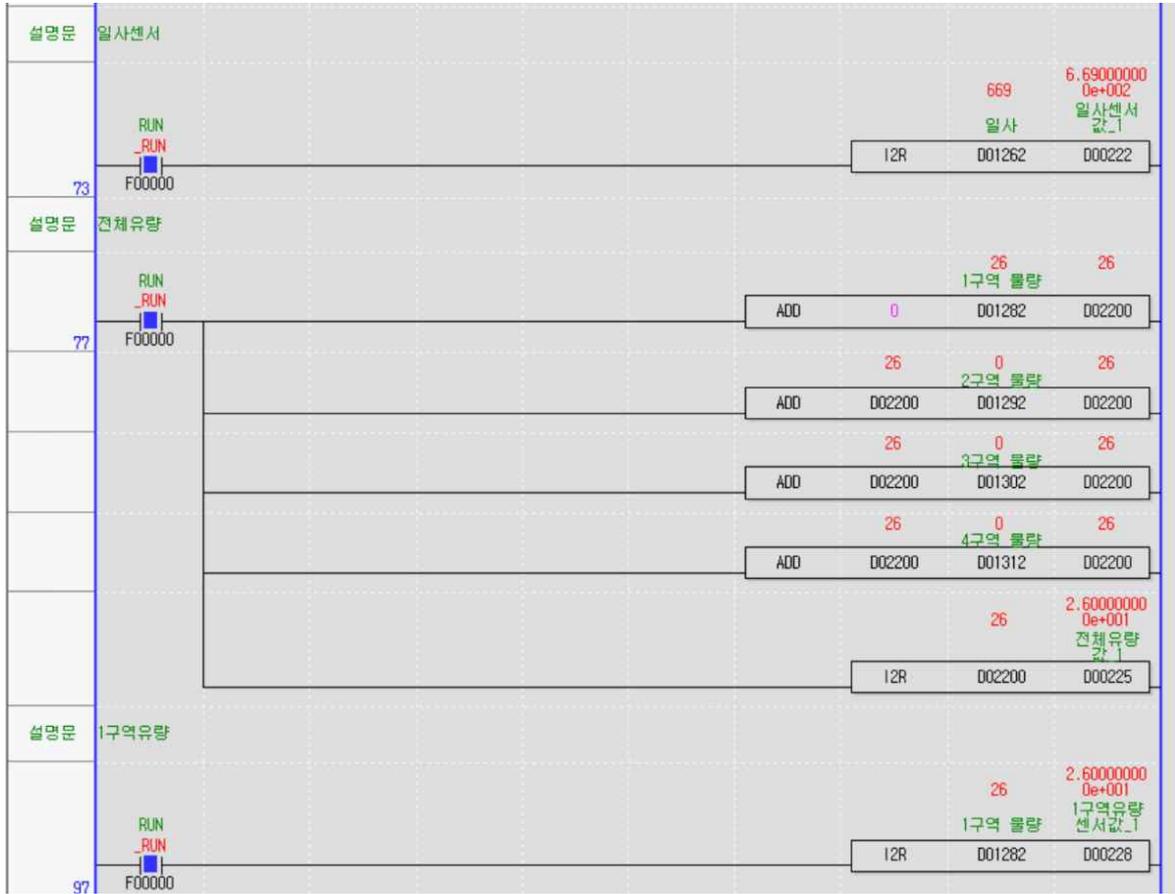


그림 70. 양액기 표준 통신 모듈의 양액기

- 양액기 노드 표준 통신모듈은 양액기의 상태정보를 전달받아 개방형 제어기로 양액기의 센서 상태정보와 제어 상태정보를 전달할 수 있었음. 그림은 양액기의 현재EC, 현재 pH 설정값 통신 테스트 결과임. 양액기 표준 통신모듈은 현재 로컬모드에서 작동중인 양액기 노드의 현재 EC값과 pH, 현재 일사와 구역별 관수량을 확인할 수 있음

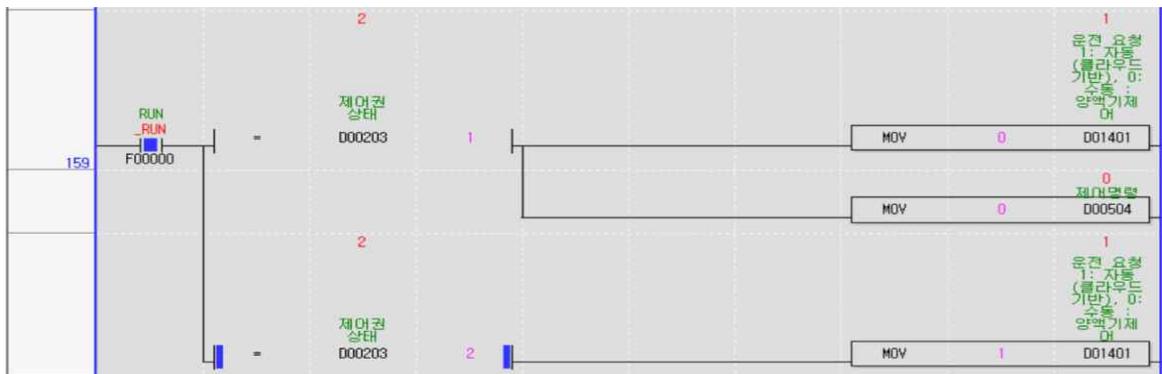


그림 71. 양액기 표준 통신모듈을 이용한 양액기 노드 제어권 설정

- 양액기 표준 통신모듈을 이용하여 양액기 노드의 제어권 설정을 지정하였음

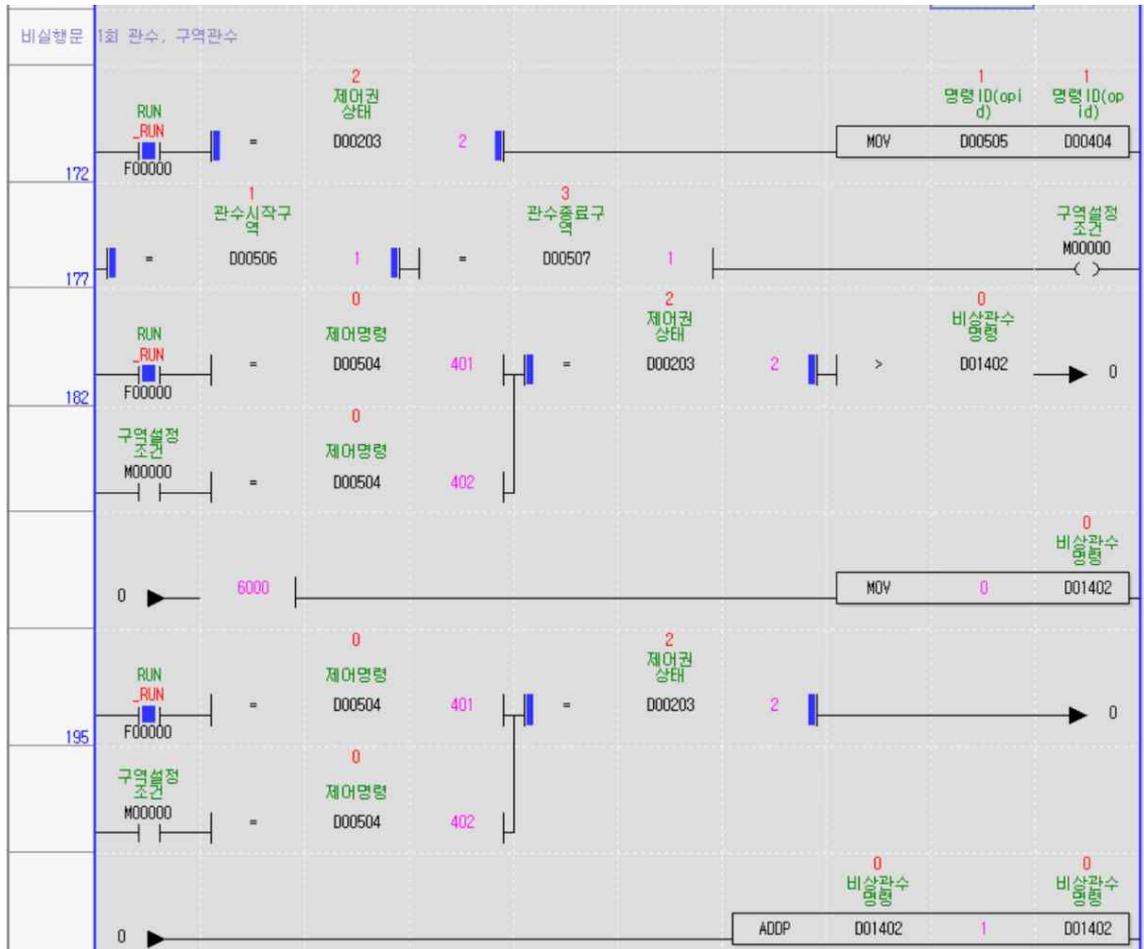


그림 72. 개방형 제어기의 양액기 노드 1회 관수 명령 테스트

- 그림 78은 개방형 제어기에 의한 상용 양액기의 1회 관수 명령 테스트 결과임. 개방형 제어기는 양액기 표준 통신모듈을 이용하여 상용 양액기에 관수 명령을 제어할 수 있으며, 1회 관수 명령에 의해 양액기는 설정된 관수구역과 관수시간, 관수EC 및 pH에 따라 스마트 온실에 양액을 공급하였음
- 양액기 표준 통신모듈을 이용하여 양액기 노드에 관수 시작 구역과 종료 구역, 관수 EC와 pH, 관수시간을 원격으로 설정할 수 있었음

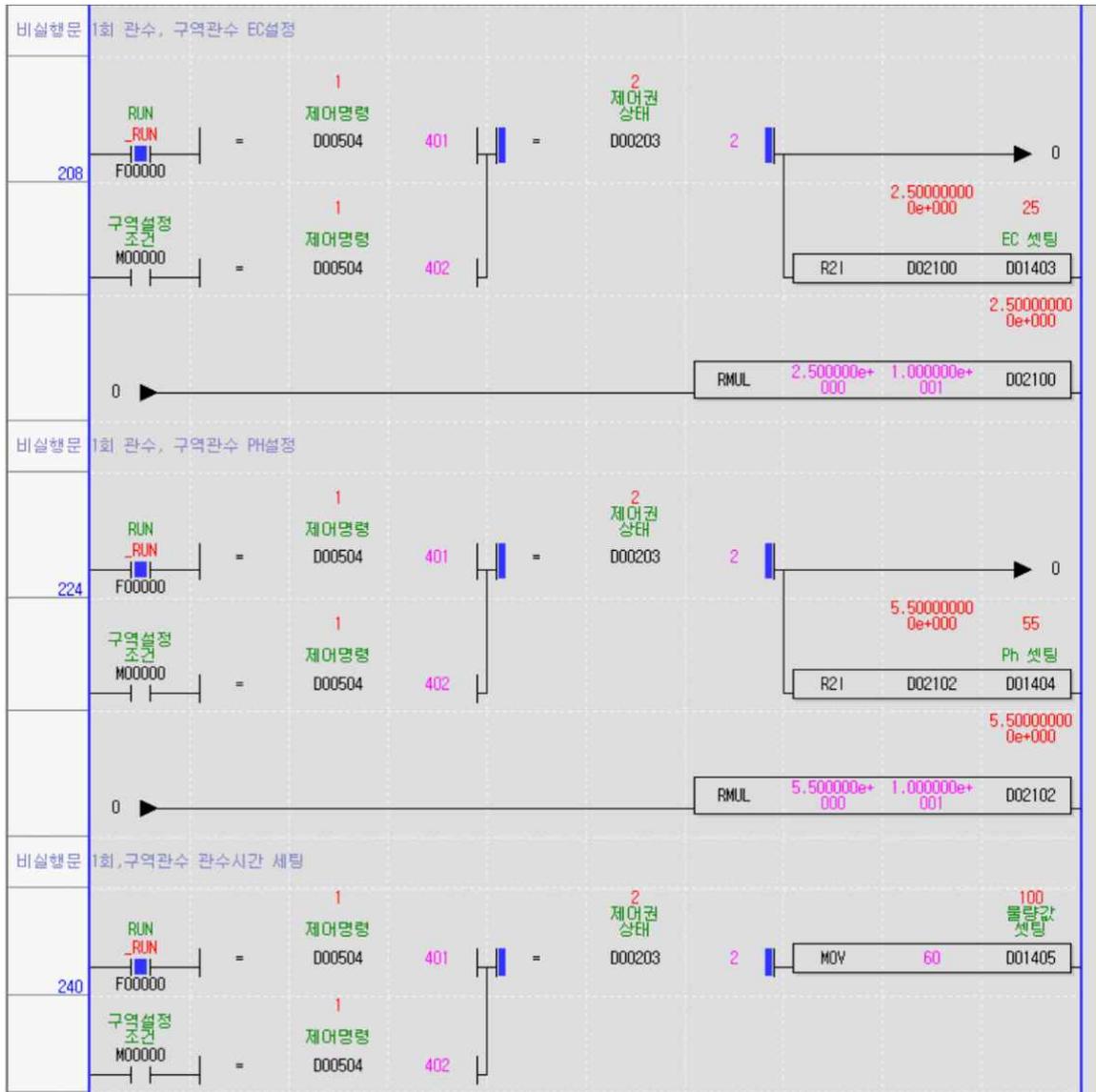


그림 73. 양액기 표준 통신모듈을 이용한 양액기 1회 관수 EC, pH, 관수시간 설정



그림 74. 양액기 표준 통신모듈을 이용한 양액기 파라미터 관수 제어

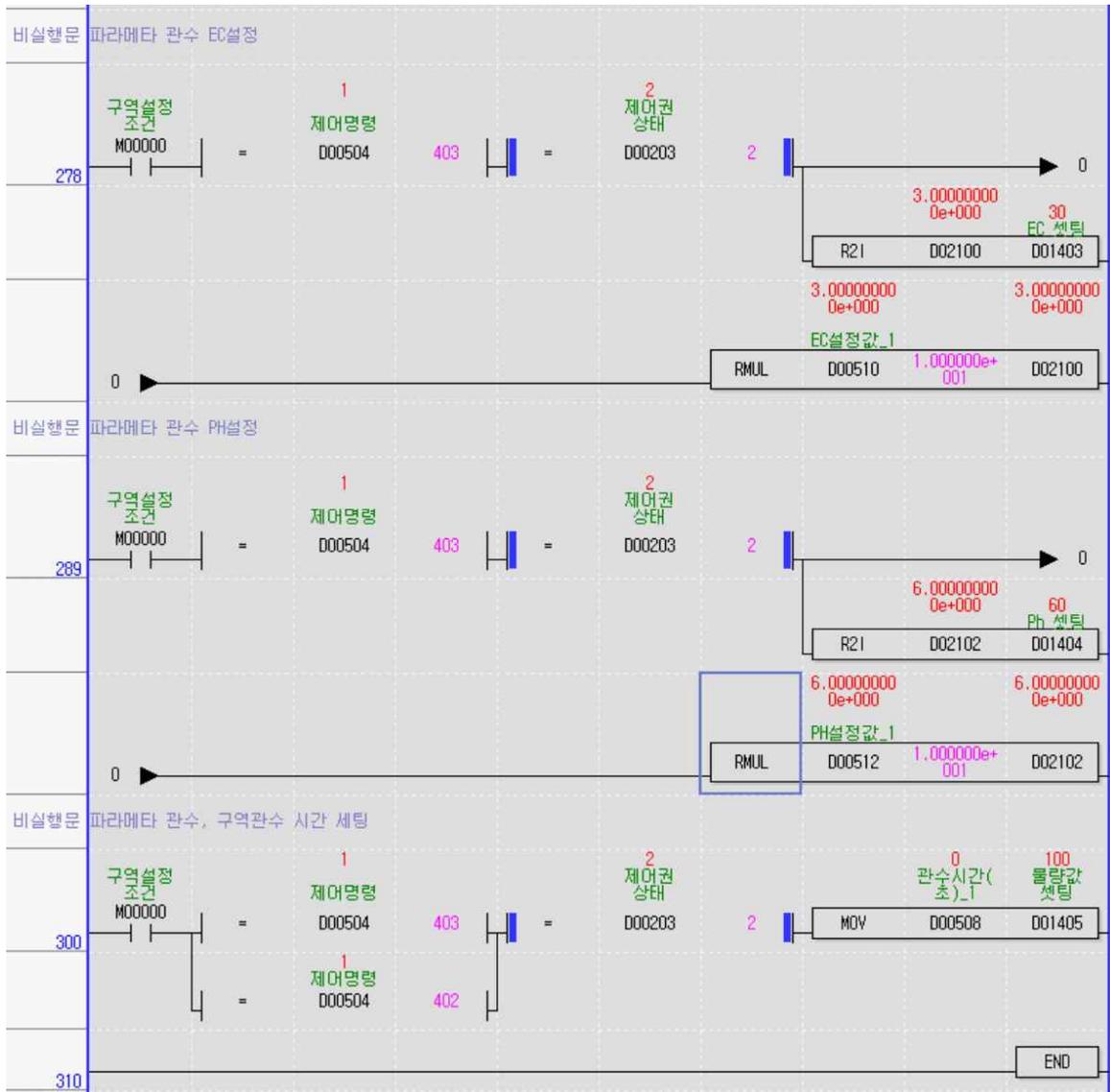


그림 75. 양액기 표준 통신모듈을 이용한 양액기 파라미터 관수 EC, pH, 관수시간 설정

- 개방형 제어기는 양액기 표준 통신모듈을 적용한 상용 양액기에 관수구역과 관수 EC 및 pH, 관수시간을 설정하고 양액기의 관수를 제어할 수 있었음(그림 81). 양액기의 관수 구역은 최대 12구역으로 조절할 수 있으며, 관수 EC와 pH, 관수시간은 구역별로 설정할 수 있음
- 양액기 표준 통신모듈의 테스트 결과 양액기 표준 통신모듈은 상용 양액기의 센서 데이터와 현재상태, 제어상태 값 통신이 원활하게 이루어졌으며, 개방형 제어기에서 양액기의 디바이스 정보, 상태정보와 제어정보를 통신할 수 있었음. 양액기 노드는 개방형 제어기에 의해 1회 관수와 관수 정지 기능을 수행할 수 있으며, 관수구역, 관수시간, 관수EC 및 pH 설정에 의한 파라미터 관수를 제어할 수 있었음

### (3) 국가 표준기반 양액기 제품화 개발

- 양액기 노드 표준화 통신모듈을 개발함에 따라 개방형 제어기와 호환 가능한 양액기 시스템을 개발함. 개발된 양액기 시스템은 본 연구를 통해 제안된 국가표준 양액기 통신을 준수하며, 표준 통신 환경에서 양액기 노드의 제어가 이루어질 수 있는 제품임
- 양액기 노드 표준화 통신모듈을 이용하여 상용 양액기와 개방형 제어기 또는 기타 제어

시스템간의 호환성을 확보하였으며, 컨버터 형식의 표준 통신모듈 개발로 인해 기 설치된 양액기 시스템과도 호환 가능한 양액기 표준 통신모듈을 개발함.

- 양액기 표준 통신을 준수하는 양액기 시스템은 상용 양액기 모델을 기반으로 제작되었으며, 기존 모델의 구조는 유지하고 양액기 컨트롤러의 후면 상단에 컨버터 박스를 추가하여 제작될 수 있도록 제품화 개발을 수행함.

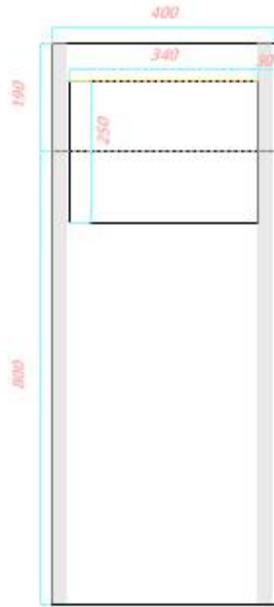


그림 76. 표준기반 양액기 시스템 제어 컨트롤러 후면 구조도

- 양액기 시스템은 프레임 위에 믹싱탱크와 공급펌프, 도징채널, 컨트롤러가 상치되어 조립되는 제품으로 기존 농가 현장에 설치된 상용 양액기 시스템과의 호환성, 제품 개발 시 배관 등 구조물의 배치를 변경하지 않는 방안으로 고려하여, 양액기 시스템의 컨트롤러에 부착하여 표준 통신모듈을 지원할 수 있도록 제품을 개발함
- 표준기반 양액기 통신모듈을 장착한 양액기 시스템을 개발함에 따라 스마트온실에 필수기기로 공급되는 양액기의 표준 호환성을 확보하였음. 표준 통신모듈에 의해 개방형 제어기 등 스마트온실 핵심기기와 상용 양액기의 연계를 통해 국내 스마트온실 표준 통신 기술을 개발하였으며, 데이터 및 통신 표준화를 통해 스마트온실 핵심기기 제조 경쟁력을 제고할 수 있을 것으로 기대됨

## 2.5 표준 기반 양액기시스템 개발 - KF농업개발(제4협동기관)

### 1) 연구 목표

- (주)KF농업개발은 선행 연구에서 제작된 설계도면을 보완하여 국가표준을 준수하는 양액기 개발
- 연구 범위는 표준기반 양액기 시스템 개발 및 제품화로 구성됨

### 2) 세부 연구 내용

#### (1) RS485 표준 통신 모듈 개발

KS표준을 준수하는 다른 시스템과의 통신채널을 다변화하여 확장성을 확보하고, 하드웨어 설계를 개선하여 RS485 표준 통신모듈을 다변화시킴.(COM1, COM2).



그림 77. 양액 시스템과 개방형 제어기간 표준 통신 모듈

#### ○ RS485 표준 통신 모듈 하드웨어 개발

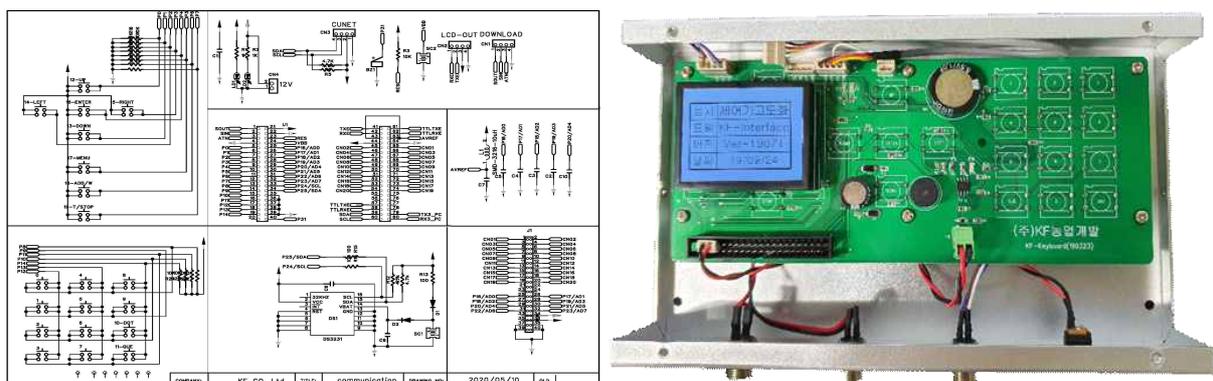
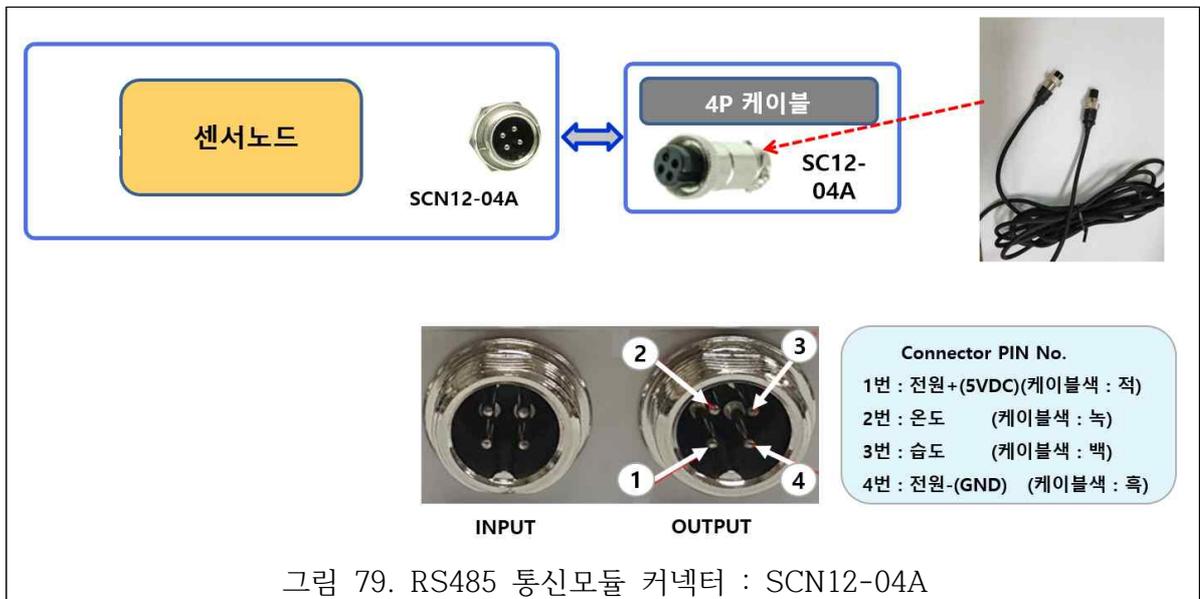


그림 78. 회로도 구성 및 통신모듈 제품화

- PADS Logic를 이용하여 Digital회로 구성
- PADS Layout를 이용하여 PCB 아트웍
- 통신모듈의 외부케이스는 알루미늄프로파일을 이용하였고, 표준노드 호환을 위하여 커넥터를 구성함
- 커넥터 표준 연결
  - 1번 : 전원선 (DC24V) 케이블 색상 : 적색
  - 2번 : RS485 - A 색상 : 녹색

- 3번 : RS485 - B 색상 : 백색
- 4번 : 전원(GND) 색상 : 흑색



- 하드웨어 설계를 개선하여 통신모듈을 다변화(COM1, COM2)하고, KS표준을 준수하는 다른 시스템과의 통신패널 확장성 확보

○ RS485통신 모듈 소프트웨어 개발

- 온실 통합 제어기와 양액기 노드 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스(TTAK.KO-10.1171)이 제정되었으며, 양액기 노드 내에서 양액기의 센서와 제어명령 등에 대한 레지스터 맵과 데이터 포맷 기술

```

4
5 '표준 준수 통신 모듈 통신채널 프로토콜-----
6 Const Device = CB405
7 Opencom 1,9600,3,250,250 '모더버스통신 채널 선택
8 Set Modbus 1,1,5 '제어기 "1번"으로 설정(제어기 추가능)
9 Ramclear
10
11 Opencom 3,19200,3,50,40 'LCD모듈 통신설정
12 Delay 100
13 Dim LCD_C As Byte
14

```

그림 80. 통신모듈 통신프로토콜 선언구문 S/W

- 양액제어 시스템의 통신구문으로서 RS485 표준 통신 모듈과의 통신이 이루어짐
- 기타 기업의 양액제어 시스템과의 연동을 위하여 MODBUS RS485통신으로 구성
- 통신모듈의 추가를 위하여 제어기 번호를 부여할 수 있도록 함

```

300 '통신모듈 센서데이터 송신부=====
301 '----- 센서 상태값 보내기 - 1
302 Putstr 3, &H1b, &H43, &H01, &H01, &H01
303 Waittx 3
304 Putstr 3, Dec_D(201), ":", Dec_D(211), ":", Dec_D(212), ":", Dec_D213, ":", Dec_D214, ":", Dec_D(215), ":", Dec_D221, ":", Dec_A111, ":", Dec_D231, ":", Dec_A116
305 Waittx 3
306 '----- 센서 상태값 보내기 - 2
307 Putstr 3, &H1b, &H43, &H01, &H01, &H02
308 Waittx 3
309 Putstr 3, Dec_D241, ":", Dec_A121, ":", Dec_D251, ":", Dec_A126, ":", Dec_D261, ":", Dec_A131, ":", Dec_D271, ":", Dec_A136*10, ":", Dec_A141*10
310 Waittx 3
311 '----- 기타 제어 상태값 보내기
312 Putstr 3, &H1b, &H43, &H01, &H01, &H03
313 Waittx 3
314 Putstr 3, Dec_D401, ":", Dec_OPID, ":", Dec_D(211), ":", Dec_D404, ":", Dec_D406, ":", Dec_D(408), ":", Dec_D(409), ":", Dec_D(410)
315 Waittx 3
316 '----- 통신 수신데이터량 체크
317 Putstr 3, &H1b, &H43, &H01, &H01, &H03
318 Waittx 3
319 Putstr 3, "Blen:", Dec_AAA, "Sys(1):", Dec_BBB, "EC=", Fp(EC1, 1, 1), "pH=", Fp(pH1, 1, 1)
320 Waittx 3

```

그림 81. 통신모듈 센서데이터값 송신부 S/W

- 수신버퍼의 데이터 수신 량을 체크하여 정량수신 완료되면 데이터 수신명령 처리
- 데이터 수신완료시 쉬프트하여 데이터값이 처리됨

```

325 '통신모듈 데이터수신 구분 #####
326 RX_RTN:
327
328 AAA = Blen(0, 0) '수신버퍼 데이터 수량체크
329 If AAA < 45 Then Return
330
331 I = Get(0, 1) '양액기 데이터 수신 명령
332 If I <> &shaa Then Return
333
334 ID = Get(0, 1)
335
336 rcv_value_ascii = Getstr(0, 43) '수신데이터 처리
337
338 D201 = Val( Mid(rcv_value_ascii, 1, 1)) '노드상태
339 D211 = Val( Mid(rcv_value_ascii, 2, 1)) '제어권상태
340 D212 = Val( Mid(rcv_value_ascii, 3, 3)) '동작상태
341 D213 = Val( Mid(rcv_value_ascii, 6, 2)) '관수구역
342 D214 = Val( Mid(rcv_value_ascii, 8, 1)) '경보코드
343 D215 = Val( Mid(rcv_value_ascii, 9, 5)) 'OPID
344 D221 = Val( Mid(rcv_value_ascii, 14, 1)) 'EC센서1정보
345 A111 = Val( Mid(rcv_value_ascii, 15, 3)) 'EC센서1 값
346 D231 = Val( Mid(rcv_value_ascii, 18, 1)) 'EC센서2정보
347 A116 = Val( Mid(rcv_value_ascii, 19, 3)) 'EC센서2 값
348 D241 = Val( Mid(rcv_value_ascii, 22, 1)) 'pH센서1정보
349 A121 = Val( Mid(rcv_value_ascii, 23, 3)) 'pH센서1 값
350 D251 = Val( Mid(rcv_value_ascii, 26, 1)) 'pH센서2정보
351 A126 = Val( Mid(rcv_value_ascii, 27, 3)) 'pH센서2 값
352 D261 = Val( Mid(rcv_value_ascii, 30, 1)) '광량센서1정보
353 A131 = Val( Mid(rcv_value_ascii, 31, 4)) '광량센서1 값
354 D271 = Val( Mid(rcv_value_ascii, 35, 1)) '유량계상태
355 A136 = Val( Mid(rcv_value_ascii, 36, 4)) '전체유량값
356 A141 = Val( Mid(rcv_value_ascii, 40, 4)) '1구역 유량값
357

```

그림 82. 통신모듈 센서데이터값 수신부 S/W

## (2) 국가 통신 표준을 준수하는 양액기 제어 시스템 개발

- 양액기의 통신 표준 분석 및 표준화 요구사항 도출

- 단체표준 『스마트온실에서 온실 통합 제어기와 양액기 노드 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스(TTAK.KO-10.1171)』이 제정되었으며, 양액기 노드 내에서 양액기의 센서와 제어명령 등에 대한 레지스터 맵과 데이터 포맷을 기술함
- 표준기반 양액기 시스템의 개방형 제어 환경에서의 통신 호환성 확보와 기능 수행을 위해 표준 프로토콜을 보완하고 표준에 반영하기 위한 요구사항을 제시함



그림 83. 양액기제작

○ 양액기 제어 시스템 개발

- 표준 통신 모듈을 적용하여 본 연구에서 제정되는 국가표준을 준수하는 양액기 통신모듈 개발
- 양액기 통신모듈은 기 설치된 상용 양액기와의 호환성을 고려하여 외장형 통신모듈 타입으로 개발함
- 표준기반 개방형 양액제어 시스템 개발
- 표준 상용 양액기는 관수제어 및 양액센서 데이터 호환

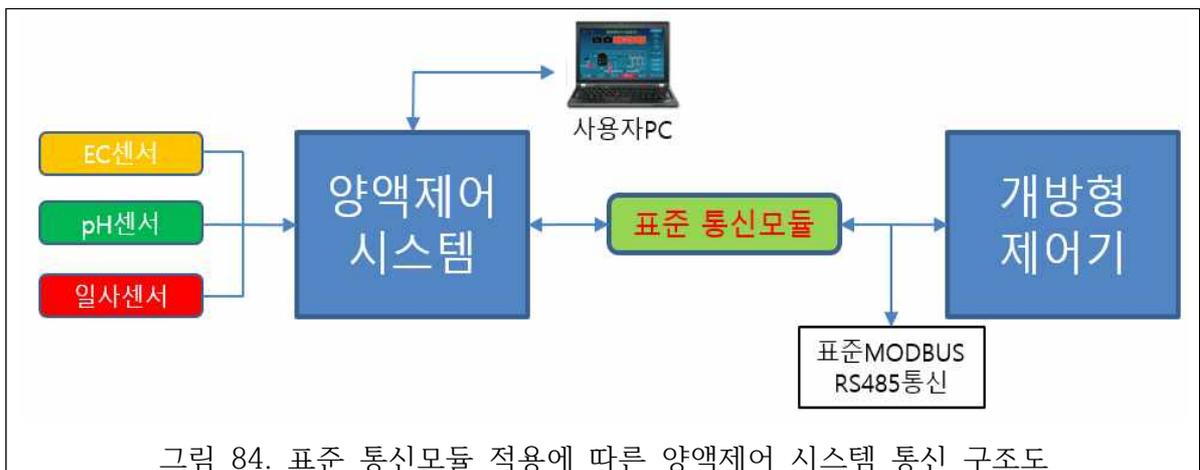


그림 84. 표준 통신모듈 적용에 따른 양액제어 시스템 통신 구조도

○ 표준 적용 양액제어 시스템의 소프트웨어

- 양액제어 시스템의 통신구문으로서 표준 통신 모듈과의 통신이 이루어짐
- 타기업의 양액제어 시스템과의 연동을 위하여 표준 MODBUS RS485통신으로 구성
- 양액제어 시스템의 추가를 위하여 제어기 번호를 부여할수 있도록 함
- 양액제어 솔레노이드 밸브 제어를 위하여 0.1초의 타이머를 구성하였고, 양액센서는 EC센서, pH센서, 일사센서를 부착함

```

32 Const Device = CB405          'CPU
33 Opencom 1,57600,3,250,250    '모더버스통신 채널 선택
34 Set Modbus 1,1,5             '제어기 번호
35 Set Ladder On
36 Ramclear
37 Set ONTIMER On              '타임인터럽터
38 On Timer(10) Gosub TIMERTN   '0.1초
39

```

그림 85. 양액제어 시스템의 통신 선언구문 S/W

```

762 'EC센서 1번 -----
763 If MS6(7) = 0 Then EC_A(0) = (Tadin(0)-204.8) / 40.96      'EC센서 변환값-1 : 0.0~20.0
764 If MS6(7) = 1 Then EC_A(0) = (Tadin(0) - 204.8) / 81.92    'EC센서 변환값-2 : 0.0 ~ 9.9
765
766 'pH센서 1번 -----
767 PH_A(0) = (Tadin(1) - 204.8) / 58.51                       'pH센서 변환값 : 0.0 ~ 13.9
768 If PH_A(0) < 0 Or PH_A(0) > 13.0 Then PH_A(0) = 0
769
770 '일사 센서 -----
771 If MS7(6) = 0 Or MS7(6) = 2 Then BM_A(0) = (Tadin(2) - 10.0) / 0.4056  '일사센서 변환값 : 0 ~ 2500
772 If MS7(6) = 1 Then BM_A(0) = (Tadin(2) - 204.8) / 0.4096
773 If BM_A(0) < 1 Or BM_A(0) > 2500 Then BM_A(0) = 0

```

그림 86. EC센서, pH센서, 일사센서 수신값 처리 S/W

- EC센서 입력값 변환은 센서의 종류에 따라 2가지로 구성함
- 4극식 EC센서 변환값 : 0.0 ~ 9.9
- 2극식 EC센서 변환값 : 0.0 ~ 20.0
- 다양한 센서 구성에 대응할 수 있음

○ 표준 적용 양액제어 시스템의 하드웨어



그림 87. 표준 적용 양액제어 시스템 하드웨어

- 양액제어 시스템의 관수펌프는 농업용 율로 3HP를 사용함
- 양액제어용 솔레노이드 밸브는 AC24를 사용함

- EC센서와 pH센서는 양액제어기에 장착되었으며 일사세서는 온실외부 설치됨
- 제어PC는 8인치 터치 스크린을 사용하였고 사용자가 기본적인 입력값을 설정하는데 사용됨
- 전기적 제어반에서는 1차 제어신호를 받는 12A계전기를 사용하여 펌프등을 구동하는데 전기적 과부하를 막을 수 있는 0 ~ 30A 용량의 EOCR을 장착함

### (3) 국가 통신 표준을 준수하는 양액기 현장 실증

- 표준기반 양액기 시스템의 센싱 및 제어, 데이터의 저장과 개방형 제어기간의 통신 테스트를 수행하기 위해 협동기관에 설치된 양액기에 통신모듈을 설치하여 표준기반 양액기 시스템의 필드 테스트를 수행함
- 양액기 테스트는 농촌진흥청 함안시설원예연구소에서 수행하였음



그림 88. 현장실증

- 표준기반 양액기 시스템과 개방형 제어기의 통신 테스트 항목은 다음과 같음
  - 센서 및 계측 : 일사, 공급 관수량, 공급EC, 공급pH
  - 제어 : 센서데이터(EC센서, pH센서, 광량센서) 전송 및 관수제어



그림 89. 테스트 현황

## 2.6 표준기반 양액기 중심으로 복합환경제어시스템 실증 - 국립원예특작과학원 시설원예연구소(제5협동기관)

### 1) 연구 목표

#### (1) 한국형 스마트팜 시험 온실 내 작물 재배를 통한 표준 기반 양액기 실증

- 대상 작물 : 토마토
- 실증 온실 : 국립원예특작과학원 시설원예연구소(함안군) 내 한국형 스마트팜 시험 온실
  - 면적 794㎡ (바닥 256㎡ X 2동, 준비실 144㎡, 방풍벽 138㎡)
  - 동고 5.9m, 측고 4.8m, 벤로타입, 천창, 측창 환기, 1중 보온커튼, 2중 차광커튼
  - 피복재 PO계 필름 0.1mm, 직조필름 0.15mm / LPG 온수보일러 2대(200,000kcal/h), 원료탱크 1ton(질소·황산화물 배출 억제)



그림 90. 한국형 스마트팜 시험 온실

#### ○ 실증 내용

- 이기종 양액기와 개방형 복합환경제어기 간 표준 통신을 활용한 양액 제어 검증
- 양액기-복합환경제어기 간 통신 오류율 검사를 통해 표준 통신 신뢰성 검증
- 급액 시 배지의 급액의 양, EC, pH 등의 검사를 통한 양액 제어 신뢰성 검증



그림 91. 개방형 표준 복합환경제어기 활용 양액 제어 모니터링 모습

- 6개월이상 토마토 재배를 통한 작물 생육의 정상 여부 검증
- 초장, 경경, 마디수 등 주기적인 비파과적 생육 조사 후 과거 자료와 비교를 통한 생육 정상 여부 검증

○ 표준 기반 양액기에 대한 성능 목표

표 25. 표준 기반 양액기에 대한 성능 목표

항목	단위	목표	측정 방식
표준 통신 신뢰성	%	98	· 개방형 복합환경제어기-표준 기반 양액기 간 통신 오류율 측정
양액 제어 신뢰성	%	98	· 제어 명령 실행 후 급액량, EC, pH 등의 정상 작동 유무 측정



그림 92. 온실 내 비파과적 생육조사 모습

○ 실증을 통한 결과물 분석 및 개선

- 성능 및 운영 실증 결과를 바탕으로 문제점을 도출하고 주기적인 피드백 등 참여기관 협업체계 구축을 통해 개선 방안 제시
- 양액 제어 오류, 통신 데이터 오류, 전송지연 등 측정 가능한 검증 항목 도출을 통해 표준기반 복합환경제어기, 양액기 등 스마트팜 장비 신뢰성 제고

2) 세부 연구 내용

본 연구과제 수행을 통해 개발된 스마트온실 양액기용 통신 프로토콜을 활용하여 양액기 및 복합환경제어시스템 간 운영 및 작물 재배 실증을 시설원예연구소 내 한국형 디지털 시험온실(B38)에서 수행하였음.



그림 93. 시설원예연구소 내 한국형 디지털 시험 온실 모습

### (1) 온실 내 작물 재배 실증을 위한 표준 통신 기반 스마트팜 장비 구축

한국형 디지털 시험온실은 2개의 단동형 온실로 구성되어 있으며 각 동별 시설면적은 256㎡이며 폭은 8m 길이는 32m 측고 4.8m 동고 5.9m. 각 동별 온실 환경 및 양액공급 제어를 위해 2020년 10월 19일에 동별로 온실환경 측정센서 및 양액기, 복합환경제어기를 구축함. 온실환경 측정센서, 양액기, 복합환경제어기 간에 상호 운영이 가능하도록 표준 통신 프로토콜을 기반으로 동작하는 지능의 FarmOS를 사용하여 관리하였음. 온실에 설치된 스마트팜 장비는 표 26과 같이 구성됨.

표 26. 한국형 디지털 온실 내 설치된 스마트팜 장비 구성

구분	종류	모델명	제조사	통신방식
1동	온실환경측정	InG-CNB-04	인지시스템	RS485 Modbus RTU
	양액공급	KF-5	KF농업개발	
	구동기제어	FARMSCUBE	코리아디지털(주)	
	복합환경제어	FarmOS	지능	
2동	온실환경측정기	팜링크	유비엔	
	양액기	마그마	그린씨에스	
	구동기제어	팜링크	유비엔	
	복합환경제어	FarmOS	지능	
공통	외부기상대	CR1000	CAMPBELL SCIENTIFIC, INC.	HTTP

실증하고자 하는 스마트팜 장비의 설치 용이성 확보 및 효율적인 관리를 위해 온실 내 관리동 부분에 실증 장비 테스트 베드 및 천창, 측창 등 구동기 제어를 위한 다채널 신호 변환기를 개발하여 설치함. 그림 94와 그림95는 온실 내부에 설치된 테스트 베드 설치 현황.



그림 94. 스마트팜 장비 테스트 베드(좌) 및 설치모습(우)

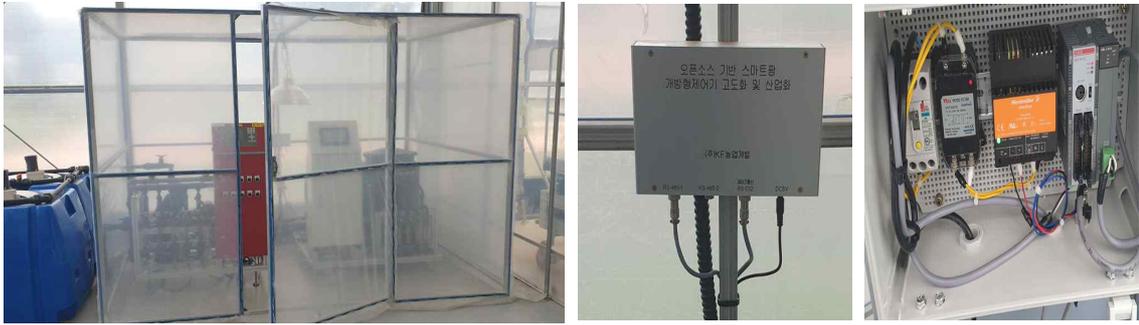


그림 95. 양액기 및 복합환경제어기(FarmOS) 간 연결을 위한 통신모듈

그림 95는 복합환경제어기와 양액기 간 표준 통신 연결을 위해 별도의 RS485 Modbus RTU 통신 모듈을 양액기에 설치한 모습을 나타내며, FarmOS에서 양액기의 급액제어 및 급액량, EC, pH 등을 모니터링 할 수 있음. 온실환경 및 양액제어 규칙은 지농과 협의하여 FarmOS에 반영하였으며 파프리카 및 토마토 생육적온과 계절을 고려하여 작성함.

다음 그림96은 FarmOS의 온실환경 모니터링 및 양액기 제어 기능을 나타냄

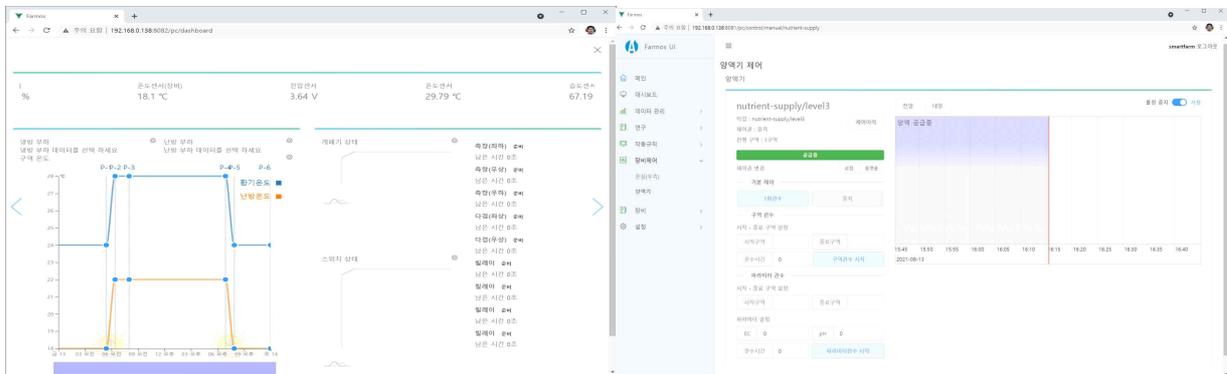


그림 96. FarmOS에서 온실환경 모니터링 및 양액제어 기능 모습

## (2) 표준 통신 기반 양액기 및 복합환경제어기 운영 실증을 위한 토마토 및 파프리카 작물 재배

시험온실 내 장비 실증을 위해 1동에 파프리카, 2동에 토마토를 재배함.

파프리카의 재배품종은 시로코이고 400주를 재배하였으며, 코이어(4구, dust:chip = 50:50(v:v)) 배지를 사용하였다. 토마토의 재배품종은 데프니스이며 400주를 재배하였고 코이어(4구, dust:chip = 50:50(v:v)) 배지를 사용함. 파프리카 정식일은 2020년 9월 28일이고 토마토 정식일은 2020년 10월 5일이다. 작물은 모두 2021년 5월 31일까지 재배함.

다음 그림 97은 시험온실에서 작물을 재배하는 모습.



<파프리카 재배 모습(1동)>



<토마토 정식 전 육묘 모습>



<토마토 재배 모습(2동)>

그림97. 온실 내 파프리카 및 토마토 재배 모습

그림 98은 재배기간 동안 파프리카 및 토마토의 생육조사 결과를 그래프로 나타냄.

복합환경제어기 및 양액기 간 표준 통신 프로토콜을 사용하여 온실을 운영하는 초기에는 오작동으로 인한 작물 피해가 없는지 조사하기 위해 100일까지는 3일~5일 간격으로 생육조사를 실시함.

100일 이후에는 안정적으로 운영되어 4주 이상 간격으로 조사하고, 초장, 마디수, 엽수, 경경에 대해 비파괴 조사를 실시함.

생육조사를 분석한 결과, 안정적인 양액기 운영으로 인해 초장, 마디수, 엽수의 추세선이 그래프가 선형을 나타내 모두 정상적으로 이루어진 것을 알 수 있음. 경경은 조사 위치가 매번 달라 측정의 오류가 많이 발생하여 분석에서 제외함.

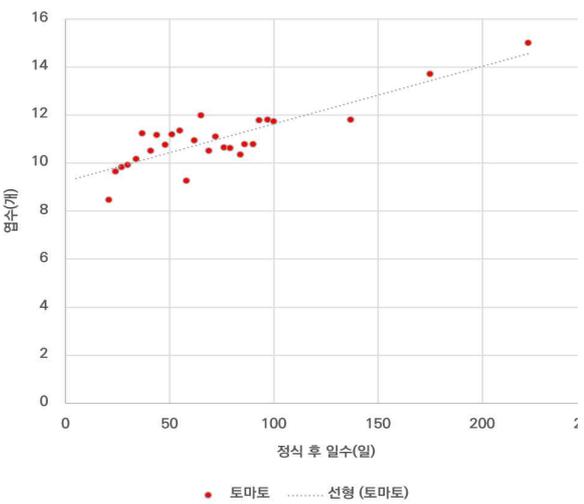
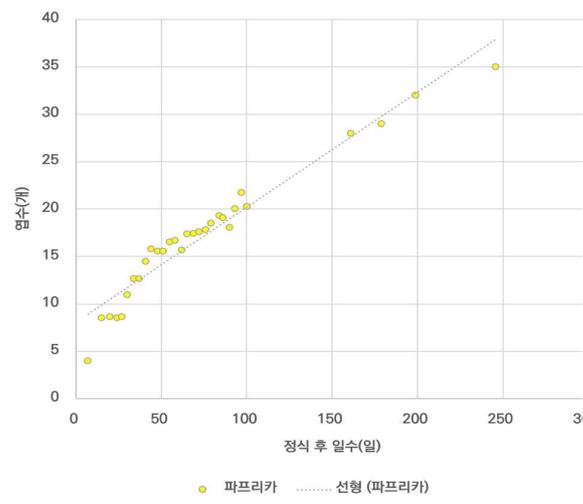
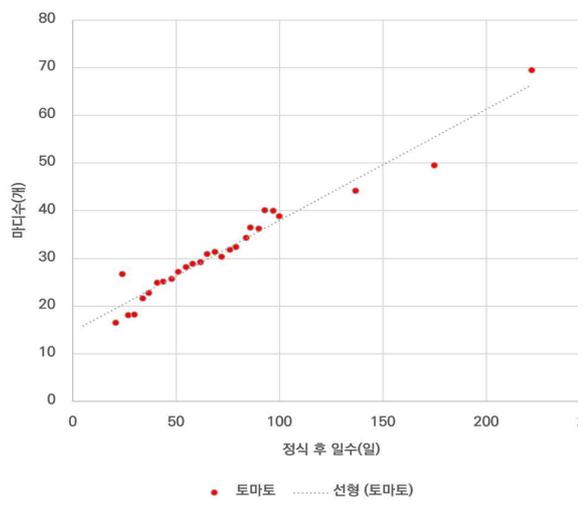
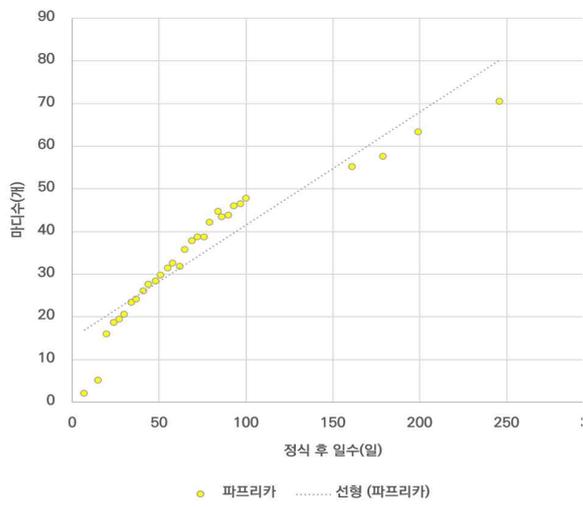
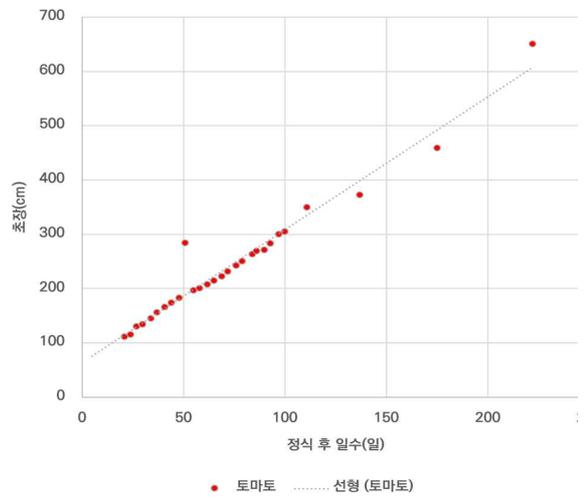
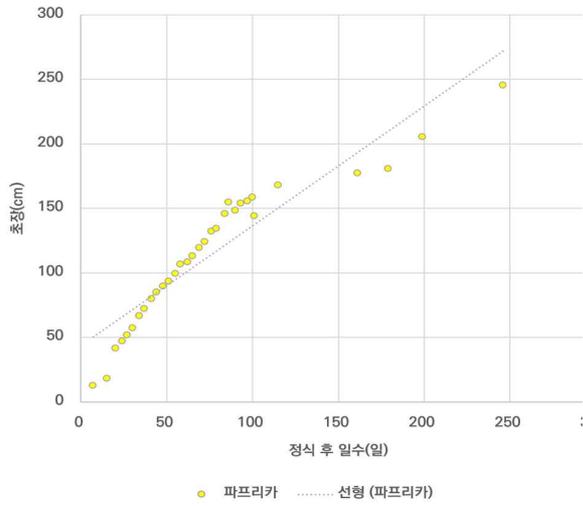


그림 98. 파프리카 및 토마토 비파괴 생육조사 결과 그래프

### (3) 이기종 양액기와 개방형 복합환경제어기 간 표준 통신을 활용한 양액 제어 검증

표준 통신 프로토콜을 적용한 이종 양액기와 복합환경제어기 간 신뢰성 검증을 위해 FarmOS에서 제공하는 제어 이력 정보를 분석하였음. FarmOS에서는 양액기에 전송한 제어 명령별에 대한 전송시간 및 동작시간, 동작 대기시간, 완료시간, 상태 등의 정보를 기록함. 기록된 데이터를 분석하여 표준 통신 신뢰성 부분을 측정하였고 양액 제어 신뢰성 부분은 실제로 작물에 제공된 급액의 양 및 EC, pH 등을 측정하여 설정대로 동작하였는지 휴대용 비커 및 EC, pH 미터기를 활용하여 생육조사 시 함께 측정하였음.

다음 표 27 표준 기반 양액기에 대한 성능 목표 및 측정방식을 나타내며, 그림 99는 FarmOS의 양액제어 이력관리 기능 및 실제 급액된 정보를 측정하기 위한 모습을 나타냄.

표 27. 표준 기반 양액기에 대한 성능 목표 및 측정 방식

항목	단위	목표	측정 방식
표준 통신 신뢰성	%	98	· 개방형 복합환경제어기-표준 기반 양액기 간 통신 오류율 측정
양액 제어 신뢰성	%	98	· 제어 명령 실행 후 급액량, EC, pH 등의 정상 작동 유무 측정

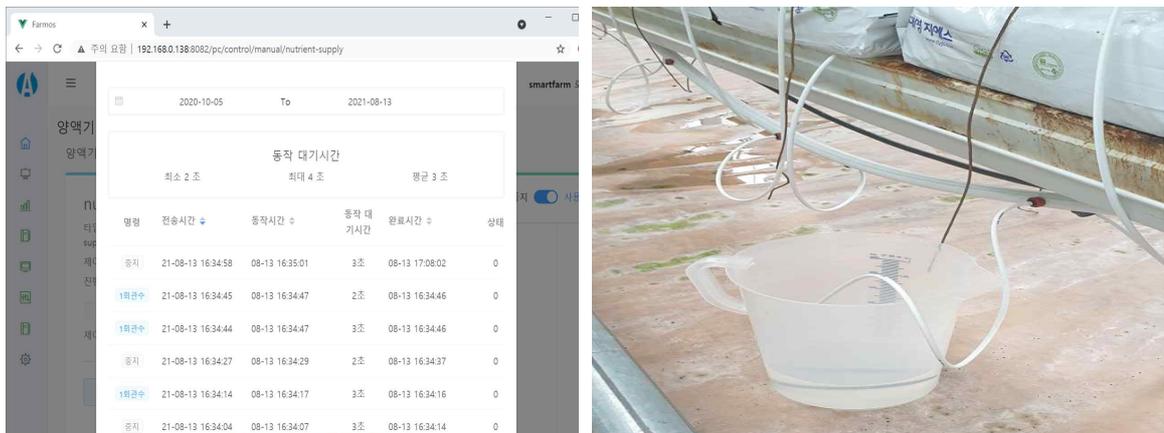


그림 99. FarmOS에서 양액제어 이력관리 기능 및 실제 급액정보 측정을 위한 비커 설치 모습

양액제어 이력관리 데이터를 분석한 결과, 복합환경제어기-양액기간 통신 오류는 발생하지 않았음. 다만, 제어 명령을 양액기에 전송하고 양액기가 동작할 때까지 그린씨에스 마그마 및 KF농업개발 양액기 모두 평균 3~4초 정도 대기시간이 필요하였음. 이는 RS485 Modbus RTU 통신을 사용하는데 준비하는 시간이 걸려서 발생하는 대기시간으로 판단되었음. 하지만 온실에는 센서 및 구동기 등이 버스 형태로 연결되어 있기 때문에 노드들이 증가하면 회선 사용을 위한 대기시간 또한 증가할 것으로 판단됨. 급액량의 경우 동작시간에 맞추어 정량이 공급되었으며 EC 및 pH의 경우 휴대용 EC 및 pH 측정기 오차(모델명: HI-98130, EC 오차:  $\pm 2\%$ , pH 오차:  $\pm 0.05$ )를 감안하면 설정된 값이 일치하게 공급되었음.

실험 결과, 표준 통신 신뢰성 및 양액 제어 신뢰성 모두 목표를 달성하였음. 원활한 실증을 위해 다양한 전문가협의회를 개최하였으며 문제점으로 분석된 동작 대기시간 단축을 위한 TCP/IP 및 WIFI, LTE 등의 무선 기반의 표준 통신 규격 등을 제안하였고 기존에 출시되어

상용화되어 있는 센서 및 구동기, 복합환경제어기, 양액기 이외에도 포그 컨트롤러, 유동팬 컨트롤러 등 작은 기능을 담당하는 장비들에 대한 표준 규격의 필요성을 참여기관에 제안하였음.

그림100은 실증 기간 동안 개최한 전문가협의회 모습.



그림 100. 실증기간 동안 장비운영에 대한 의견수렴 및 개선을 위한 전문가협의회 모습

#### **(4) 스마트팜 확산 사업에 국가 표준 기반의 양액기 보급을 위한 정책 제안**

이기종 스마트 팜 장비 간 호환성 제고를 위해서는 센서, 구동기, 양액기, 복합환경제어기 등에 국가표준 메타 데이터 및 통신 프로토콜을 사용한 장비들이 확대되어야 함. 이를 위해서는 정부의 정책 변화가 필요함. 적극적인 국가 표준 기반의 스마트팜 장비 보급 확대를 위해 현재, 농가에서 스마트팜 도입 시 신청하는 가장 대표적인 지원사업인 “스마트팜 ICT융복합확산사업”의 시행지침서 내용을 다음 표48과 같이 개선하도록 정책 제안을 하였음.(‘20.11)

표 28. 스마트팜 ICT융복합확산사업 시행지침서 정책제안 요약

<b>현행(기준)</b>	<b>개정(개선) (안)</b>
<p style="text-align: center;">&lt;스마트팜 ICT융복합확산사업&gt; ..... (중략) .....</p> <p>3. 지원 대상 및 자금사용 용도</p> <p>○ 시설원에 분야 ICT 융복합 시설장비 및 정보 시스템 ..... (중략) .....</p> <p>- 정보시스템 : 온실 내 센싱, 제어정보의 모니터링, 제어 및 분석 시스템, 화재경보기(ICT 융복합 장비 설치 시 추가지원 가능)</p> <p>* 정보시스템을 통한 ICT 융복합 시설관리 및 생산·경영관리는 필수</p> <p>* 센서와 제어장비 설치 시에는 스마트 온실을 위한 센서 인터페이스 표준(KS X 3266, 2018)과 구동기 인터페이스 표준(KS X 3265, 2018)을 따라야 함 ..... (중략) .....</p>	<p style="text-align: center;">&lt;스마트팜 ICT융복합확산사업&gt; ..... (중략) .....</p> <p>3. 지원 대상 및 자금사용 용도</p> <p>○ 시설원에 분야 ICT 융복합 시설장비 및 정보 시스템 ..... (중략) .....</p> <p>- 정보시스템 : 온실 내 센싱, 제어정보의 모니터링, 제어 및 분석 시스템, 화재경보기(ICT 융복합 장비 설치 시 추가지원 가능)</p> <p>* 정보시스템을 통한 ICT 융복합 시설관리 및 생산·경영관리는 필수</p> <p>* 센서와 제어장비 설치 시에는 스마트 온실을 위한 센서 인터페이스 표준(KS X 3266, 2018)과 구동기 인터페이스 표준(KS X 3265, 2018), 스마트 온실 센서 메타데이터 (KS X 3269, 2018), 스마트 온실 구동기 메타데이터 (KS X 3268, 2018), 스마트 온실 센서/구동기 노드 및 온실 통합 제어기 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스 (KS X 3267, 2018)을 따라야 함</p> <p>* 양액기 설치 시에는 스마트온실에서 온실통합제어기와 양액기노드간 RS485기반 모드버스 인터페이스 (TTAK.KO-10.1171, 2019), 모드버스/RS485기반 스마트온실 노드/디바이스 등록절차 및 기술규격 (TTAK.KO-10.1172, 2019)을 따라야 함 ..... (중략) .....</p>

## 2.7 복합환경제어기 중심으로 표준기반 양액기시스템 실증 - 국립농업과학원 스마트팜개발과(제6협동기관)

### 1) 연구 목표

- 국립농업과학원은 표준 기반 복합환경제어시스템의 현장 실증을 통해 구동기, 센서류 등 온실 장비와의 호환성 및 성능을 장기간 실증하고 결과를 활용할 수 있도록 연구 수행을 진행함
- 연구 내용은 크게 표준 기반 복합환경제어시스템 실증을 진행하고 표준 기반 환경제어기를 농업 현장에서 다방면으로 사용할 수 있도록 제어시스템에 인공지능 모델 탑재 등 응용 가능한 기술로 표준 기반 성과를 확장 달성함

### 2) 세부 연구 내용

#### (1) 표준 기반 복합환경제어시스템 현장 실증 평가 준비

- 복합환경제어시스템의 현장 실증을 통한 통신 프로토콜 표준화 기능 실증 준비
  - 국립농업과학원 농업공학부 소재 테스트 베드 3연동 온실
  - 기본규격: 내재해 온실, 3연동(폭 7m × 측고 4.0m × 길이 75m) 비닐 온실
  - 표준 기반 오픈소스 복합환경제어장치는 작업동(폭 8m × 측고 4.0m × 길이 30m)에 설치
- 표준화 기반 복합환경제어시스템 연동 센서류 계측 성능 평가 항목
  - 평가 대상 : 온도, 습도, 일사량, CO<sub>2</sub> 등
  - 시험 방법 : 표준 계측기 실측값과 개발 기종 계측값 비교



그림 101. 장치 모니터링 및 성능 평가 실험실

- 표준화 기반 복합환경제어시스템 연동 구동기 제어 성능 평가
  - 평가 대상 : 천창·측창 개폐기, 차광막, 환기팬, 유동팬 등
  - 시험 방법 : 제어 신호 입력 시 해당 구동기 작동 확인



그림 102. 표준 기반 제어기와 관행제어기 비교 실험장

- 표준화 기반 복합환경제어시스템 운영 실증
  - 온실 환경 제어기 설정값과 내부 환경요인 변화 값 비교
  - 표준화 기반 복합환경제어시스템 테스트 베드 작물 생장 조사
  - 주요 성능 목표

성능 항목	단위	목표	성능 목표치 근거
표준통신 장비와의 데이터 수집 및 신호 전달 신뢰성	%	99%	다수의 ICT 기자재와의 송수신 성공률로 국내 최고 수준
평균 처리시간	초 /건	< 5 초	다수의 ICT 기자재에서 발생하는 이벤트 데이터 처리 지연시간으로 국내 최고 수준
KS X 3267 개정안 준수	-	준수	KS X 3267은 스마트팜 기자재 통신과 관련한 국가표준임.

- 테스트베드 온실 내부에는 이 기종 장비 연동뿐만 아니라 다른 복합환경제어장치와 비교 검증 실험이 가능하게 구성되어 있음
- 스마트팜 테스트베드 온실 실증을 위한 실험 환경 점검('20년 9월)
  - 모드버스 인터페이스 및 양액기 표준안 검토
  - 테스트베드 센서류/구동기/시설 정비 및 성능 점검
  - 토마토 생육 환경 데이터를 활용한 성능 검정방안 논의
- 테스트베드 센서류/구동기/시설 정비 및 실험 시작('20년 10월)
  - 토마토 생육 환경 센서 동작 확인 및 데이터 검정
  - 복합환경제어 테스트베드 현장 점검 및 실험 장치 설치
- 복합환경제어기 FarmOS 시스템 작동규칙 기반 제어를 위한 비교 장비 참고 제어 현황표 작성



그림 103. 복합환경제어 테스트베드 현장 점검 및 시험



그림 104. 비교장비 제어 현황

	구분	센서 연동 유무	온도 기반 제어	시간 기반 제어	목표	동작규칙	비고
개폐기	1중 천창(좌우)	○	○	○	주간 22~28도 유지 야간 17도 이상 유지 무작연동	1주기 8:00-17:10 30도 닫힘 (동작 30%, 휴지시간 5초) 2주기 17:10-8:00 닫힘 유지	
	1중 축장(좌우)	○	○	○	주간 22~28도 유지 야간 17도 이상 유지 무작연동	1주기 8:00-18:00 28도 닫힘, 20도 닫힘 (동작 20%, 휴지시간 20초) 2주기 18:00-8:00 닫힘 유지	
	2중 천창(좌우)	○	○	○		1주기 8:00-16:20 닫힘 유지 (동작 40%, 휴지시간 30초) 2주기 16:20-8:00 닫힘 유지	겨울철 대비 온도 연동 필요 1주기 구간이라도 20도 이하 일 경우 천창, 축장 닫힘 25도 이상일 경우 천창, 축장 닫힘
	2중 축장(좌우)	○	○	○		1주기 8:00-16:20 닫힘 유지 (동작 50%, 휴지시간 30초) 2주기 16:20-8:00 닫힘 유지	
	스크린	○	○	○	겨울철 유휴 안함 여름철에는 11:00-14:00 닫힘	1주기: 07:10-11:00 열림 2주기: 11:00-14:10 열림 3주기: 14:10-07:00 열림 동작시간 370초	1. 겨울철 열림 유지 여름철에는 11:00-14:10 닫힘  2. 여름철 일사 센서, 온도 센서와 연동 필요 대낮에 일사(1000W/m <sup>2</sup> 이상)가 충분하고 온도가 너무 높을 시(30도 이상) 스크린 동작
	보온커튼(상단)	○	○	○		1주기: 07:00-17:20 열림 2주기: 17:20-07:00 닫힘 동작시간 350초	
	보온커튼(진주)	○	○	○		1주기: 08:00-17:10 열림 2주기: 17:10-08:00 닫힘 동작시간 70초	겨울철 대비 온도 연동 필요 1주기 구간이라도 20도 이하 일 경우 보온커튼 전 후 닫힘
	유동팬	○	○	○		3월-11월 1주기: 06:00-20:00 12월-3월 1주기: 06:00-18:00 동작시간 10분 휴지시간 2분 반복	
	온풍보일러	X	○	○	늦가을-봄까지 운영	1주기: 08:00-18:00 20도 이하 동작 2주기: 18:00-08:00 17도 이하 동작	

그림 105. 테스트베드 실험온실 환경 제어 현황표(관행 제어기)

## (2) 표준 기반 복합환경제어시스템 현장 실증

- 개정된 복합환경제어 표준을 기반으로 스마트팜개발과 내 테스트온실에서 표준을 준수하는 센서, 구동기, 제어기 간 호환성 검증 및 온실 적용 실증을 수행함

### 가. 관행제어기 비교 온도 비교 실험

- 테스트 베드 온실의 내부 온도 변화를 관행 제어기의 수집 데이터와 실증 대상 개방형 제어기에 수집된 정보를 동일한 기간의 데이터를 추출하여 비교한 결과 아래 그래프와

같이 온도 데이터의 프로파일이 대체적으로 개방형 제어가 온실 변화폭이 완만하고 일정하게 유지되는 편이나 변화폭은 일정하게 일치하고 있어, 개방형 제어기의 수집 정보의 신뢰성이 있음을 알 수 있었음

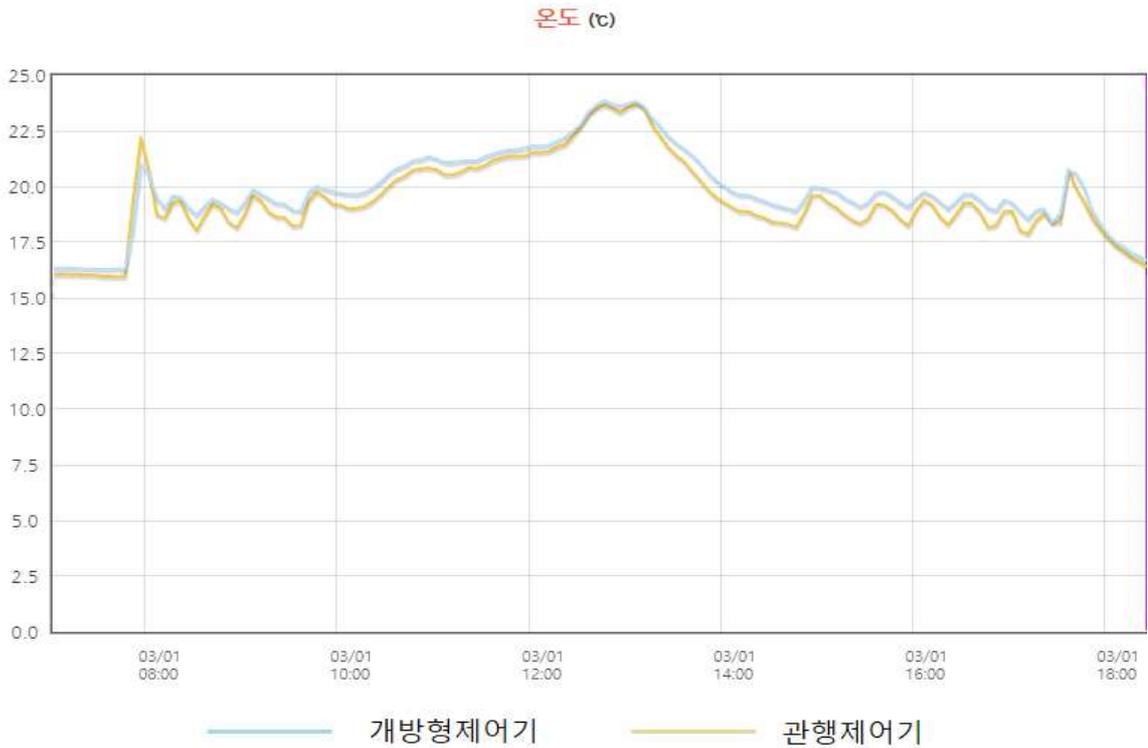


그림 106. 표준 기반 개방형 제어기 및 관행 제어기 온도 비교

#### 나. 관행제어기 비교 습도 비교 실험

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

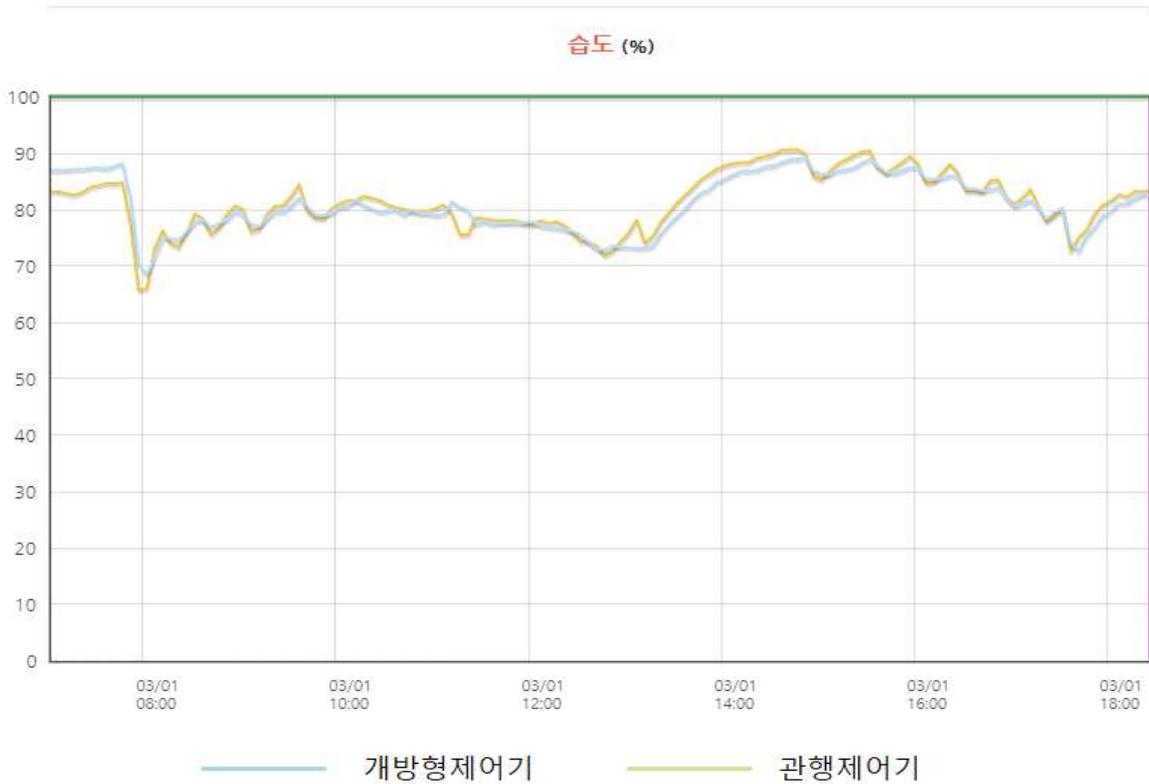


그림 107. 표준 기반 개방형 제어기 및 관행 제어기 습도 비교

○ 자동등록 시 장비 규격 절차를 적절히 준수하는지 확인을 위해 다음과 같이 구분해서 동작을 확인함

■ 센서 노드

- 노드정보, 장비정보가 적절하게 화면에 표시되어야 함
- 관측치 데이터가 적절히 전달되어야 함
- 상태 데이터가 적절히 전달되어야 함

■ 구동기 노드

- 노드정보, 장비정보가 적절하게 화면에 표시되어야 함
- 상태 데이터가 적절히 전달되어야 함
- 명령 전송시 opid의 변화로 체크하는지 확인 필요
- 구동기의 상태변화는 가능한 빠르게 업데이트 되어야 함
- 구동기의 응답은 즉각적이어야 함



그림 108. 표준 기반 통합 온실 제어기 화면 및 설치 장비 모습

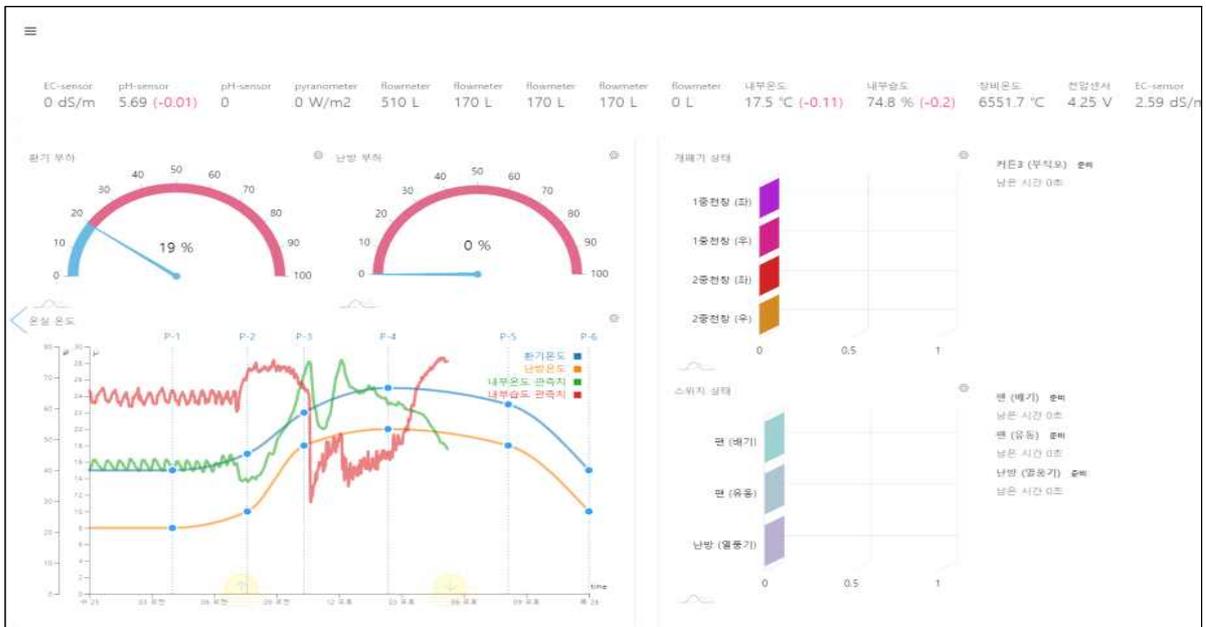


그림 109. 표준 개선안 적용된 통합 온실 제어기 수행 모습

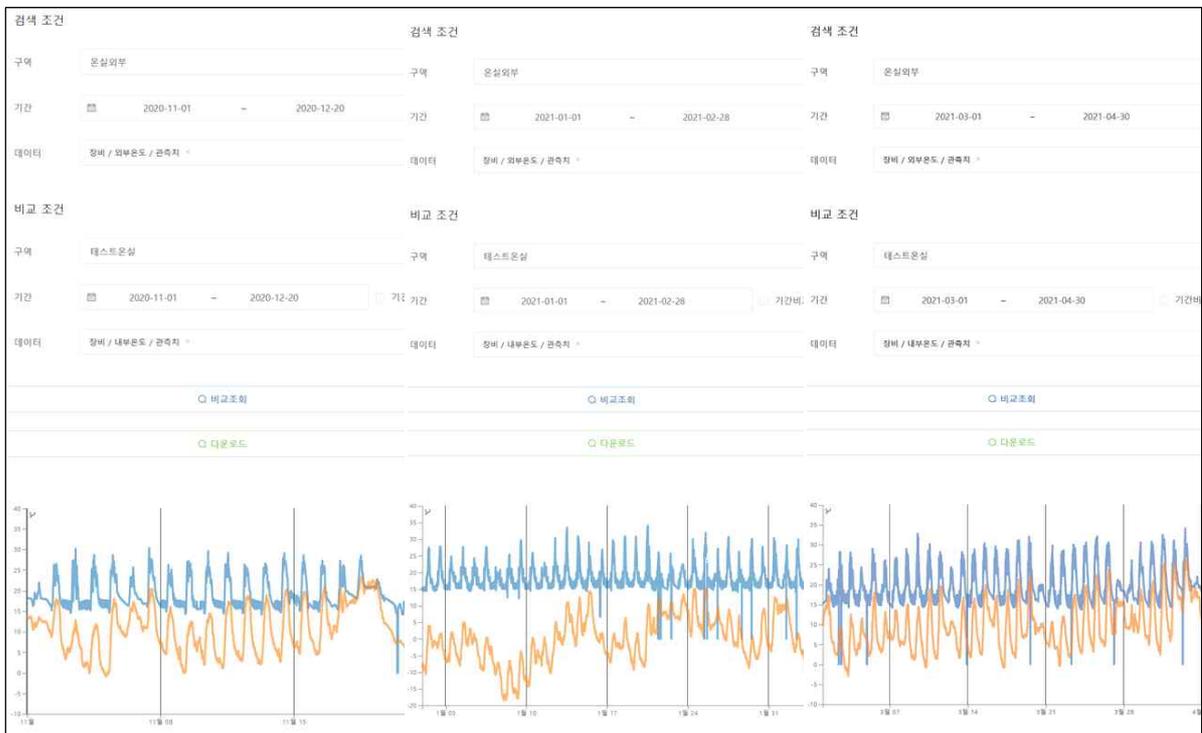


그림 110. 실증 기간 내/외기 온도 비교 데이터

- 실증 기간 동안 온실 환경 내의 온도 데이터 분석 결과 16 ~ 30도 정도로 온실 환경을 적절히 유지 했으며, 일시적(10분 내외)으로 최대 33도까지 올라가는 경우가 있었으나 곧 복구되었음
- 기간 내 구동기 동작 요청 응답률은 100% 였으며, 센서의 경우 총 241,920 회의 센서 데이터 요청에 241,905 회의 응답을 보여 응답률은 99.99%를 달성했음

#### 다. 표준 기반 복합환경제어 정상 운영 실증을 위한 토마토 재배 조사

- 실증 기간 초기 3개월의 작물 생육 데이터 취득 및 분석을 통해 작물 생육이 정상적으로 이루어졌는지 검증을 진행함
- 작물 생육 데이터는 토마토의 주요 생육데이터 14개를 온실 내 위치 별로 9개의 샘플을 지정하여 3개월간 조사하였음

date	week	Rep	초장	Growth_length	Leaf_number	Leaf_length	Leaf_width	꽃핀화방수	꽃핀화방길이	꽃핀화방줄기두께	마지막화방수	마지막화방길이	마지막화방줄기두께	절간장	화방별 꽃수	화방별 착과수
2020-10-08	41	1	123		10	54	65	2	26	16.66					2/2	1/5, 2/2
2020-10-09	41	1	123	0	11	48	38	3	9.7	12.27					2/3, 3/2	1/5, 2/2
2020-10-10	41	1	123.2	0.2	12	56	68.5	3	9.9	12.87					2/3, 3/3	1/5, 2/2
2020-10-11	42	1	123	-0.2	16	31	25	3	10	14.44					2/4, 3/3	1/5, 2/2
2020-10-12	42	1	123.7	0.7	12	34	28.4	3	13	14.47					2/2, 3/2	1/5, 2/4
2020-10-13	42	1	126.5	2.8	13	36.5	33	3	16.2	13.82					2/2, 3/1	1/5, 2/4, 3/2
2020-10-14	42	1	127.2	0.7	13	37.5	35.5	3	17.3	14.2					1/2, 3/1	1/5, 2/5, 3/2
2020-10-16	42	1	131.6	4.4	13	39	37.9	3	22	15.79					2/1	1/5, 2/5, 3/3
2020-10-18	43	1	134	2.4	15	41	40	4	8	10.2					4/1	1/5, 2/5, 3/3
2020-10-20	43	1	139.5	5.5	15	40.2	45.3	4	10	11.72					4/2	1/5, 2/6, 3/3
2020-10-22	43	1	145	5.5	16	42.5	48.2	4	15.5	12.65					4/4	1/5, 2/6, 3/3
2020-10-23	43	1	147	2	17	43.2	49	4	16.5	12.22					4/4	1/5, 2/6, 3/3
2020-10-24	43	1	148.7	1.7	17	42.5	49.3	4	17.5	12.29					4/5	1/5, 2/6, 3/3
2020-10-25	44	1	151	2.3	17	42.5	50	4	21.5	15.11					4/5	1/5, 2/6, 3/3
2020-10-26	44	1	151	0	17	40.2	33.4	5	9.6	7.24	5	4	5.81		4/5, 5/1	1/5, 2/6, 3/3, 4/2
2020-10-27	44	1	153.5	2.5	18	40.6	41	5	5.5	7.91					4/5, 5/4	1/5, 2/6, 3/3, 4/2
2020-10-28	44	1	156.5	3	13	41	41	5	7	8.28					5/1	1/5, 2/4, 3/3, 4/4
2020-10-29	44	1	158	1.5	14	40.8	42	5	7.5	8.96					5/2	1/5, 2/4, 3/3, 4/4
2020-10-30	44	1	160	2	14	41.5	42.5	5	8.5	9.7					5/2	1/5, 2/4, 3/3, 4/4
2020-10-31	44	1	161.5	1.5	14	41.5	42.5	5	9.5	10.34					5/2	1/5, 2/4, 3/3, 4/4
2020-11-01	45	1	164	2.5	14	41.5	44	5	11.5	10.98					5/2	1/5, 2/4, 3/3, 4/4
2020-11-02	45	1	166.2	2.2	15	41.8	43.6	5	13.3	10.74					5/2	1/5, 2/4, 3/3, 4/4, 5/1
2020-11-03	45	1	167.4	1.2	15	42.3	44	5	14.6	10.74					5/2	1/5, 2/4, 3/3, 4/4, 5/1
2020-11-04	45	1	168.6	1.2	15	42	44.6	5	16	11.49					5/2	1/5, 2/4, 3/3, 4/4, 5/1
2020-11-05	45	1	170	1.4	15	42.3	44.5	5	17.7	11.8					5/2	1/5, 2/4, 3/3, 4/4, 5/1
2020-11-06	45	1	171.8	1.8	16	40	32.9	6	2.5	5.15					5/1, 6/1	1/5, 2/4, 3/3, 4/4, 5/2
2020-11-07	45	1	174	2.2	16	40.4	34	6	3	5.35					5/1, 6/3	1/5, 2/4, 3/3, 4/4, 5/2

그림 111. 온실 내 위치 별 9개 샘플 조사표

date	week	Rep	초장	Growth_length	Leaf_number	Leaf_length	Leaf_width	꽃핀화방수	꽃핀화방길이	꽃핀화방줄기두께	마지막화방수	마지막화방길이	마지막화방줄기두께
2020.10	41	1	123.1	0.1	11.0	52.7	57.2	2.7	15.2	13.9			
		2	119.0	1.5	12.0	50.8	58.5	2.7	16.3	13.3			
		3	119.6	0.7	11.0	52.6	55.4	3.0	9.9	10.8	2.0	26.8	16.5
		4	118.3	0.5	12.0	54.5	59.9	2.5	13.7	11.3	2.0	20.8	20.8
		5	131.7	2.1	12.3	54.1	59.6	2.0	20.8	14.5	2.0	22.9	18.3
		6	127.7	1.0	12.0	51.5	57.2	2.0	22.7	15.3	2.0	26.3	15.8
		7	126.0	0.5	12.3	53.4	60.8	2.3	20.1	13.9			
		8	125.0	1.0	12.7	51.2	54.5	2.5	17.7	12.3	2.0	24.5	24.5
		9	119.3	1.0	11.3	53.0	66.5	2.3	18.6	14.3			
	42	1	126.4	1.7	13.4	35.6	32.0	3.0	15.7	14.5			
		2	130.7	3.4	13.4	46.1	52.9	3.0	16.4	15.9			
		3	131.5	3.7	12.4	51.8	52.2	3.0	16.8	14.3			
		4	127.9	2.8	13.6	47.4	50.0	3.0	12.6	11.8			
		5	139.6	2.5	15.0	49.8	48.8	3.0	12.8	10.8			
		6	135.2	2.5	14.6	43.3	46.3	3.0	12.2	12.6			
		7	135.4	3.3	13.8	47.7	46.2	3.0	16.8	14.3			
		8	131.9	2.4	14.8	46.6	44.7	3.0	16.0	14.0			
		9	128.2	3.0	14.2	41.5	49.0	3.0	15.8	14.1			

그림 112. 샘플 당 주 단위 평균 값 산출



그림 113. 주요 성장데이터 분석 그래프

- 정식 후 초반 생육 온도를 높게 관리하여 환경에 따라 강한 초세와 영양 생장이 나타났으며, 실증을 본격적으로 진행한 11월 경부터는 주간 25도, 야간 15도 이상의 적정 환경을 유지하여 대부분의 샘플이 일정한 화방 수와 영양 및 생식 균형 성장을 보이며, 재배 됐음을 확인할 수가 있었음

### (3) 연구 성과 확산을 위한 성과 달성 및 추가 응용 실험

#### 가. 표준 기반 복합환경제어 및 양액기 통신 표준 인터페이스 정책 및 영농 활용 제안

- 표준 기반의 개선된 RS485 모드버스 및 양액기 통신 표준 인터페이스 스마트팜 국가표준 확산을 위해 스마트팜 ICT기자재 국가표준 확산지원 사업에 KS X 3267 개정안 및 양액기 노드 인터페이스 신규안을 적용하고 기존 표준 장비에 개정 표준을 반영하도록 정책을 제안함

정책자료		농촌진흥사업 종합관리시스템	
제 목	개선된 RS485 모드버스 및 양액기 통신 표준 인터페이스 스마트팜 국가표준 확산사업 적용	1의 2페이지	
활용 가능 분야	농림축산식품부 농업생명정책관 농산업정책과		
건의 분야	농업공학		
제안 내용 요약	<p><b>○ 제안 배경</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 스마트 팜에서 사용되는 다양한 센서, 구동기, 제어기 등 장비 간에 표준 통신 기술이 부재하여 이기종 제품 호환성 문제 발생 해결을 위해 2019년 KS X 3267-스마트 온실 센서/구동기 노드 및 온실 통합 제어기 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스 국가 표준이 제정됨</li> <li>- 스마트 온실 내 센서 및 구동기, 양액기 연동 및 이기종간 제어 문제점 해결을 위해 2021년 KS X 3267 개정안 및 온실 통합 제어기와 양액기 노드 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스 신규안이 제안되었음</li> </ul> <p><b>○ 제안 내용</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개정안을 통해 다수의 장비 혼용 시 통신 전송 및 응답 안정성과 상호 운용 오류 방지 및 노드 디바이스 자동 등록을 위한 규약이 개선 되었음</li> <li>- 스마트팜 ICT기자재 국가표준 확산지원 사업에 KS X 3267 개정안 및 양액기 노드 인터페이스 신규안을 적용하고 기존 표준 장비에 개정 표준을 반영</li> </ul>	<p><b>▶ 정책제안 기본정보</b></p> <p>LATIS(농용) -                  상거용번호: 2021RD0640001960724                  상거의용번호: 2021년 06월                  사업과제번호: 수직파라연계(농진특내부용)                  연차 구분/공용연구: 연도: 2020, 주/공용연구명: 복합환경제어기 중심요소 표준기반 정책기 실증                  PJID: 16482202001</p> <p>예산사업명: 원소 / 적재용 / 토마토                  품목코드: 제비(사양) / 제비(사양)시설                  기술유형코드: 개선된 RS485 모드버스 및 양액기 통신 인터페이스 스마트팜 국가표준 확산 사업 적용                  계획: 대내외 구분: 대내                  사업(단)종목여부: Y                  활용분야: 농업공학                  기술분야: 산업설비기술                  키워드: 농림축산식품부 농업생명정책관 농산업정책과</p> <p><b>○ 제안 배경</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 스마트 팜에서 사용되는 다양한 센서, 구동기, 제어기 등 장비 간에 표준 통신 기술이 부재하여 이기종 제품 호환성 문제 발생 해결을 위해 2019년 KS X 3267-스마트 온실 센서/구동기 노드 및 온실 통합 제어기 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스 국가 표준이 제정됨</li> <li>- 스마트 온실 내 센서 및 구동기, 양액기 연동 및 이기종간 제어 문제점 해결을 위해 2021년 KS X 3267 개정안 및 온실 통합 제어기와 양액기 노드 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스 신규안이 제안되었음</li> </ul> <p><b>○ 제안 내용</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개정안을 통해 다수의 장비 혼용 시 통신 전송 및 응답 안정성과 상호 운용 오류 방지 및 노드 디바이스 자동 등록을 위한 규약이 개선 되었음</li> <li>- 스마트팜 ICT기자재 국가표준 확산지원 사업에 KS X 3267 개정안 및 양액기 노드 인터페이스 신규안을 적용하고 기존 표준 장비에 개정 표준을 반영</li> </ul> <p><b>○ 배경지</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- KS X 3267 개정안 및 양액기 국가 표준 적용 기술로 표준 시범사업에 사용될 스마트팜 시스템 안정화를 통해 활용성과 확산 기반 구축</li> <li>- <b>농업인</b> 개선된 표준 적용으로 이기종 확장 모듈 간 통신 오류 방지 및 PnP 기능을 이용한 쉬운 장비 교체 등 유연한 대응이 가능함</li> <li>- <b>산업계</b> 국가표준 간의 호환성 제공 방편으로 시장 경쟁력 및 기술의 개발 방향을 선도하여 중박추진 및 개발 단계의 전문성과 경쟁력 강화</li> </ul>	
		<p>Modbus/RS485 노드 자동등록</p> <p>개정 표준안 운용 장비</p>	<p><b>내용</b></p> <p>세언어(한글) 세언어(영문) 주요어(영문) 상거주요어 활용분야 공통용어(내부)</p>

그림 114. 정책제안 요약서 및 성과 등록 증빙

영농기술정보		농촌진흥사업 종합관리시스템	
제 목	개선된 RS485 모드버스 표준 통신 인터페이스의 이해와 활용	1의 2페이지	
활용 분야	농업공학		
건의 분야	스마트팜, 국가표준, 통신표준, 온실		
활용 내용 요약	<p><b>□ 배경</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 스마트 팜에서 사용되는 다양한 센서, 구동기, 제어기 등 장비 간에 표준 통신 기술이 부재하여 이기종 제품 호환성 문제 발생 해결을 위해 RS485 모드버스 인터페이스 국가 표준이 제정됨</li> <li>○ RS485 모드버스 기반의 통신 프로토콜의 KS 표준 내용을 활용해 스마트 온실 내 센서 및 구동기를 등록 할 경우 발생 오류를 방지하기 위한 통신 인터페이스 개선안에 대한 이해가 필요</li> </ul> <p><b>□ 개발된 영농기술정보</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ KS 표준으로 제정한 "스마트 온실 센서/구동기 노드 및 온실 통합 제어기 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스"를 활용한 기본 장치에 개선안을 적용 및 처리한 실증 장비를 구성하였음</li> <li>○ 다양한 센서, 구동기, 제어기 등을 대상으로 개선된 RS485 방식의 시리얼 통신 프로토콜의 요청/응답 패킷 규격 등을 정의되어 있어 장비 간의 안정적인 통신이 가능함</li> <li>○ 실험 적용 표준                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- KS X 3266/3266, 2018, 스마트 온실을 위한 구동기/센서 인터페이스</li> <li>- KS X 3267, 2018, 스마트 온실 센서/구동기 노드 및 온실 통합 제어기 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스</li> <li>- TTA.KO-10.1172, 2019, 모드버스 RS485 기반 스마트온실 노드-디바이스 등록절차 및 기술 규격</li> </ul> </li> </ul> <p><b>□ 파급효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개선된 모드버스 인터페이스 표준 적용으로 이기종 확장 모듈 간 통신 오류 발생 방지 및 장치 연결 개수의 번들에도 내용이 가능해짐</li> <li>○ 표준 통신 기술을 활용하여 구축되는 스마트 팜 온실 환경 정보는 빅데이터 분석을 통해 농가가 필요로 하는 최적의 작물 생육 모델 개발에 활용</li> </ul>	<p><b>▶ 영농활용 기본정보</b></p> <p>LATIS(농용) -                  상거용번호: 2020RD0630001917171                  상거의용번호: 2020년 11월                  사업과제번호: 수직파라연계(농진특내부용)                  연차 구분/공용연구: 연도: 2020, 주/공용연구명: 복합환경제어기 중심요소 표준기반 정책기 실증                  PJID: 16482202001</p> <p>예산사업명: 원소 / 적재용 / 토마토                  품목코드: 제비(사양) / 제비(사양)시설                  기술유형코드: 개선된 RS485 모드버스 표준 통신 인터페이스 이해와 활용                  계획: 대내외 구분: 대내                  사업(단)종목여부: N                  활용분야: 농업공학                  기술분야: 산업설비기술                  키워드: 농림축산식품부 농업생명정책관 농산업정책과</p> <p><b>○ 영농 활용 정보</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- KS X 3266/3266, 2018, 스마트 온실을 위한 구동기/센서 인터페이스</li> <li>- KS X 3267, 2018, 스마트 온실 센서/구동기 노드 및 온실 통합 제어기 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스</li> <li>- TTA.KO-10.1172, 2019, 모드버스 RS485 기반 스마트온실 노드-디바이스 등록절차 및 기술 규격</li> </ul> <p><b>○ 파급효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- KS X 3267, 2018, 스마트 온실 센서/구동기 노드 및 온실 통합 제어기 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스</li> <li>- TTA.KO-10.1172, 2019, 모드버스 RS485 기반 스마트온실 노드-디바이스 등록절차 및 기술 규격</li> </ul> <p><b>○ 배경지</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- KS X 3266/3266, 2018, 스마트 온실을 위한 구동기/센서 인터페이스</li> <li>- KS X 3267, 2018, 스마트 온실 센서/구동기 노드 및 온실 통합 제어기 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스</li> <li>- TTA.KO-10.1172, 2019, 모드버스 RS485 기반 스마트온실 노드-디바이스 등록절차 및 기술 규격</li> </ul> <p><b>○ 파급효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- KS X 3267, 2018, 스마트 온실 센서/구동기 노드 및 온실 통합 제어기 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스</li> <li>- TTA.KO-10.1172, 2019, 모드버스 RS485 기반 스마트온실 노드-디바이스 등록절차 및 기술 규격</li> </ul>	
	활용 구분	영농기술	<p>세언어(한글) 세언어(영문) 주요어(영문) 상거주요어 활용분야 공통용어(내부)</p>
연구개발자	농촌진흥청 국립농업과학원 스마트팜개발과		

그림 115. 영농활용 요약서 및 성과 등록 증빙

## 나. 표준 기반 복합환경제어기 기술 확산을 위한 추가 실험 및 성과 달성

- 본 과제외의 표준 기반 복합환경제어기의 FarmOS의 주변 장치 자동 인식(PnP)과 python 기반 적용 등의 확장 기능을 이용해 생육 계측용 카메라와 인공지능 엔진을 탑재하여 응용 실험을 진행하였음
- 병해 영상 인공지능 분류엔진, 작물 영상 취득 장치, 표준 기반 개방형제어기 레퍼런스 보드를 활용하여 센서노드와 인공지능 기반 복합환경제어시스템을 올린 시범장치를 구성, 표준 기반 복합환경제어기에서 농가에 필요로 하는 확장 기능 설치 및 동작이 가능할지 시험을 진행하였음

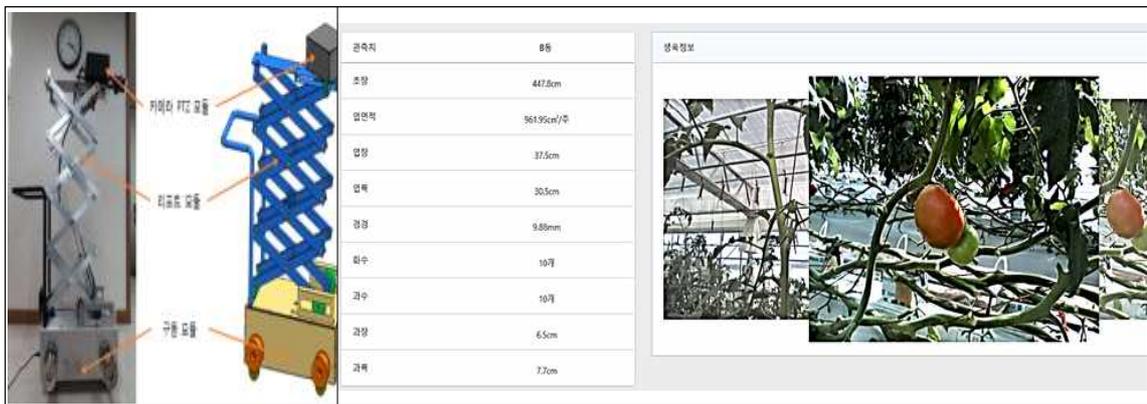


그림 116. 영상 취득 장치 및 FarmOS 환경 데이터 수집

- 실험 결과 표준기반 개방형 제어기 FarmOS 환경에서 자동 영상 취득 및 인공지능 엔진 동작이 가능하며, 농가에서 표준 인터페이스를 지키는 영상 장비 등과 관련 서비스를 업데이트하여 사용하고자 할 경우에도 호환성에 별다른 문제가 없이 사용 가능함을 확인할 수 있었음
- 상기 실험 결과를 정리한 논문은 한국통신학회 인공지능 학술발표대회에서 우수논문으로 채택되었음

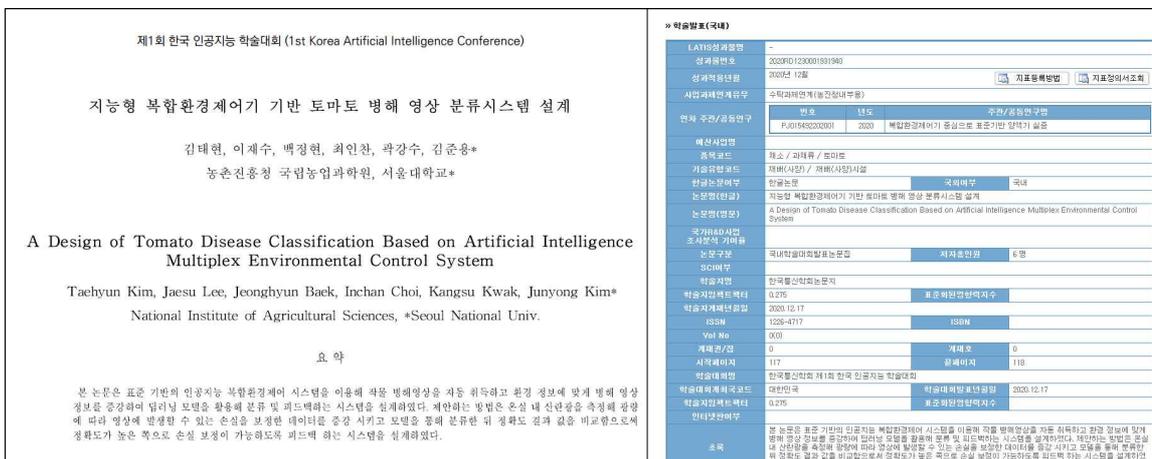


그림 117. 논문 초록 및 성과 등록

### 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

#### 1) 연구수행 결과

##### (1) 정성적 연구개발성과

###### <스마트온실용 양액기 통신표준 개발>

- 산업체의 요구사항을 반영한 국가표준안 개발 및 검정을 위한 적합성 시험 표준안을 개발함으로써 스마트온실 장비간 상호 호환성 확보에 기여
- 개발된 적합성 시험 표준안은 향후 산업체의 자체 테스트 및 검증 기관의 검정 기준안 개발에 활용에 기여
- 기 개발된 KS X 3267 등 국가표준과의 일관성 제공과 산업체 요구사항을 반영한 표준 개발을 통하여 산업체의 표준 적용 확산 의지 향상에 기여
- 개발된 국가표준안은 정부의 국가표준 기반 스마트팜 기자재 확산사업 활용에 기여

###### <표준기반 개방형 복합환경제어시스템 개발>

- 본 과제에서 연구 개발한 복합환경제어기와 양액기 통신 국가표준 라이브러리를 공개함으로써 오픈소스 생태계 조성에 기여
- 스마트온실에 개발된 제품의 실증 과정을 통해 기능 검증을 위한 검정 기준안 및 국가 표준안 개발에 활용
- 센서, 구동기, 양액기, 제어기 등 국내 스마트팜 기업들의 협력 네트워크 구축 촉진
- 미국, 유럽 등 농업기술 선진국과 견줄 수 있는 국내 스마트팜 기업들의 기술 역량 축적 및 신기술 개발 촉진

###### <표준기반 양액기 통신 국가표준 라이브러리 개발>

- 본 과제에서 연구 개발한 양액기 통신 국가표준 라이브러리를 공개함으로써 오픈소스 생태계 조성에 기여
- 표준 통신모듈을 적용한 표준기반 양액기 시스템의 호환성 확보

###### <표준 기반 양액기 시스템 개발>

- 표준기반 양액기 시스템 개발 및 제품화
- 스마트온실 온실통합제어기와 양액기 시스템 간 통신 호환성 확보
- 표준기반 양액제어 시스템 개방형 통신모듈 개발로 타사 시스템과의 호환성 확보
- 해당 장비들을 스마트온실에 실제 적용함으로써 안정성 및 해당 기능에 대한 적절성 검토, 개발된 장비들의 제품화 추진

###### <표준기반 양액기와 복합환경제어시스템 실증>

- 표준기반 장비들로 스마트온실을 구성하고, 해당 장비들을 스마트온실에 실제 적용, 실증 과정을 통해 표준 개발 및 제품 개발에 반영

## (2) 정량적 연구개발성과

- ‘양액기 통신 라이브러리’ 프로그램 등록 1건
- ‘스마트온실 온실통합제어기와 양액기 노드간 RS485 모드버스 인터페이스’ 등 국가표준 제안 2건
- ‘KS 표준기반 양액기 시스템’ 등 기술실시 2건
- ‘스마트온실 표준기반 양액기 시스템’, ‘복합 환경 제어 소프트웨어 (FarmOS V2)’ 등 제품화 3건
- ‘개선된 RS485 모드버스 표준 통신 인터페이스의 이해와 활용’ 영농활용 1건
- ‘국가표준 준수 스마트팜 ICT 기자재 보급 확대 방안’, ‘개선된 RS485 모드버스 및 양액기 표준 인터페이스 스마트팜 국가표준 확산 사업 적용’ 등 정책제안 2건
- ‘양액기 노드와 온실통합제어기간 RS485 모드버스 인터페이스 적합성 시험방법’ 등 검정기준안 1건
- 고용창출 1건, 실증을 통한 응용 시험 결과를 반영한 논문 1건

< 정량적 연구개발성과표 >

(단위 : 건, 천원)

성과지표명		연도	1단계 (2020)	계	가중치 (%)
전담기관 등록·기탁 지표 <sup>1)</sup>	학술발표	목표(단계별)	0	0	-
		실적(누적)	1	1	
	프로그램 등록	목표(단계별)	1	1	10
		실적(누적)	1	1	
	표준제안	목표(단계별)	0	0	20
		실적(누적)	2	2	
표준제정	목표(단계별)	1	1	0	
	실적(누적)	0	0		
연구개발과제 특성 반영 지표 <sup>2)</sup>	기술실시	목표(단계별)	2	2	30
		실적(누적)	2	2	
	제품화	목표(단계별)	3	3	30
		실적(누적)	3	3	
	매출액	목표(단계별)	0	0	-
		실적(누적)	58,050	58,050	
	고용창출	목표(단계별)	1	1	-
		실적(누적)	1	1	
	영농활용	목표(단계별)	1	1	5
		실적(누적)	1	1	
	정책활용	목표(단계별)	1	1	5
		실적(누적)	2	2	
계		목표(단계별)			100
		실적(누적)			

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[기술적 성과]

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율
1	양액기통신 라이브러리	2021.06.01	코리아디지털	2021.06.14	C-2021-023865	코리아디지털	100%

□ 표준화

○ 국내표준

번호	인증구분 <sup>1)</sup>	인증어부 <sup>2)</sup>	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류 <sup>3)</sup>	제안/인증일자
1	KS 표준	제안	스마트온실 온실통합제어기와 양액기 노드간 RS485 모드버스 인터페이스	국립전파연구원(RRA)	ETRI	신규	2020.12.21

[경제적 성과]

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	자기실시	KS표준기반 양액기 시스템	그린씨에스(주)	2021.06.30.	1,050,000	
2	자기실시	KS표준기반 양액기 시스템	(주)KF농업개발	2021.06.30.	1,050,000	

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식 <sup>1)</sup>	사업화 형태 <sup>2)</sup>	지역 <sup>3)</sup>	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	자기실시	기존 제품 개선	국내	표준기반 양액기	국가표준기반 양액기 시스템	그린씨에스(주)	43,540	-	2021	5
2	자기실시	기존 제품 개선	국내	표준기반 양액기	국가표준기반 양액기 시스템	(주)KF농업개발	14,520	-	2021	6
3	자기실시	기존 제품 개선	국내	표준기반 양액기	FarmOS V2 (복합환경제어 소프트웨어)	(주)지능	-	-	2021	6

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
표준기반 양액기	2021	43,540	-	43,540	매출
표준기반 양액기	2021	14,520		14,520	매출
합계		58,060		58,060	

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과		복합환경제어 소프트웨어		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	5년		
	소요예산(천원)			
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후
			10,000	10,000
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후
국내			10	
	국외		-	
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	-		
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후
	수출			

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2020년	2021년	
1	표준기반 양액기통신 국가표준 라이브러리 개발	코리아디지털	1	-	1
합계					

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)
고용 효과	개발 전	연구인력	17
		생산인력	18
	개발 후	연구인력	18
		생산인력	19

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
2021	복합환경제어 소프트웨어			10,000			
2021	표준기반 양액기(그린씨 에스)			44,000			
2021	표준기반 양액기(KF농업 개발)			15,000			
기대 목표				690,000			

[사회적 성과]

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
1	제안	(정책제안) 국가표준 준수 스마트팜 ICT 기자재 보급 확대 방안	국립원예특작과학원 시설원예연구소	2020	이기종 스마트 팜 장비 간 호환성을 제고하고 표준화된 데이터를 수집하고자 아래의 KS 및 민간단체 표준 준수하는 장비를 농가에서 도입할 수 있도록 사업시행지침서를 개선하는 내용을 제안함
2	제안	(영농활용) 개선된 RS485 모드버스 표준 통신 인터페이스의 이해와 활용	농촌진흥청 국립농업과학원 스마트팜개발과	2020	S485 모드버스 기반의 통신 프로토콜의 KS 표준 내용을 활용해 스마트 온실 내 센서 및 구동기를 등록 할 경우 발생 오류를 방지하기 위한 통신 인터페이스 개선안에 대한 이해가 필요하여 제안함

#### (4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항

- 논문 1건 추가 개발
- 국가표준안 추가 개발 및 제안
- 정책제안 1건 추가 개발

#### [과학적 성과]

##### 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	한국통신학회 제1회 한국 인공지능 학술대회	김태현	2020.12.17	온라인	지능형 복합환경제어기 기반 토마토 병해 영상 분류시스템 설계

#### [기술적 성과]

##### 표준화

##### ○ 국내표준

번호	인증구분 <sup>1)</sup>	인증여부 <sup>2)</sup>	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류 <sup>3)</sup>	제안/인증일자
1	KS 표준	제안	스마트온실 노드 메타데이터	국립전파연구원(RRA)	ETRI	신규	2020.12.21

#### [사회적 성과]

##### 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
1	제안	(정책제안) 개선된 RS485 모드버스 및 양액기 표준 인터페이스 스마트팜 국가표준 확산 사업 적용	농촌진흥청 국립농업과학원 스마트팜개발과	2020	표준 기반 성과 확산을 위해 스마트팜 ICT 기자재 국가 표준 확산지원 사업 및 테스트베드 교육장에 적용 가능한 KS x 3267 개정 표준안 기반의 개방형 제어기 시스템 업데이트 및 양액 시스템 활용 방안을 제시

## 2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
<p>가. 스마트온실용 양액기 통신표준 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ RS485 통신 현장 적용을 위한 신규 표준 및 개정(안) 개발</li> <li>○ 스마트온실 양액기용 통신 프로토콜 국가표준안 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 온실 통합 제어기와 양액기 노드 간 RS485 기반 모드버스 인터페이스 국가표준안 개발 및 제안</li> <li>○ 스마트 온실 노드 메타데이터 국가표준안 개발 및 제안</li> <li>○ 국가표준 준용 양액기 통신 프로토콜 적합성 시험 표준안 개발 및 실용화재단 검정팀 제안</li> </ul>	<p>99%</p> <p><b>추가</b></p> <p>100%</p>
<p>나. 표준기반 개방형 복합환경제어시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 오픈 소스기반 복합환경 제어 플랫폼 활용 양액기를 통합 운영할 수 있는 복합환경 제어기 개발</li> <li>○ 표준기반 개방형 복합환경제어시스템 상용화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 오픈소스 플랫폼 기반 복합환경제어기 기능 고도화</li> <li>○ 양액기 통합운영 기능 개발 및 상용화</li> </ul>	<p>100%</p> <p>100%</p>
<p>다. 표준기반 양액기통신 국가표준 라이브러리 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 양액기 통신 표준을 준수하는 오픈소스기반 통신 라이브러리 개발 및 공개</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 양액기 연동 통신라이브러리 개발</li> <li>○ 복합환경제어기 인터페이스 SDK 개발</li> <li>○ 통신라이브러리 검증용 PC 프로그램 개발</li> <li>○ 통신라이브러리 실증 시험</li> <li>○ 통신라이브러리 소스 및 문서 공개</li> </ul>	<p>100%</p>
<p>라. 표준 기반 양액기시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국가 통신 표준을 준수하는 양액기 통신 모듈 개발</li> <li>○ 통신 모듈을 활용한 양액기 개발 및 상용화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 양액기 국가 통신표준을 준수하는 양액기 표준 통신 모듈 개발</li> <li>○ 양액기 표준 통신모듈을 활용한 양액기 시스템을 개발 및 제품화</li> </ul>	<p>100%</p> <p>100%</p>
<p>마. 표준기반 양액기와 복합환경제어시스템 실증</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 온실 내 작물 재배를 통한 표준기반 양액기 실증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 양액기-복합환경제어기 간 표준 통신 및 양액 제어 신뢰성 검증 완료</li> <li>○ 표준 통신기반 양액기 및 복합환경제어기 활용 토마토 및 파프리카 재배 검증 완료</li> <li>○ 정책제안 및 논문 1건씩 추가 개발</li> </ul>	<p>100%</p> <p>100%</p> <p><b>추가</b></p>

## 4. 목표 미달 시 원인분석

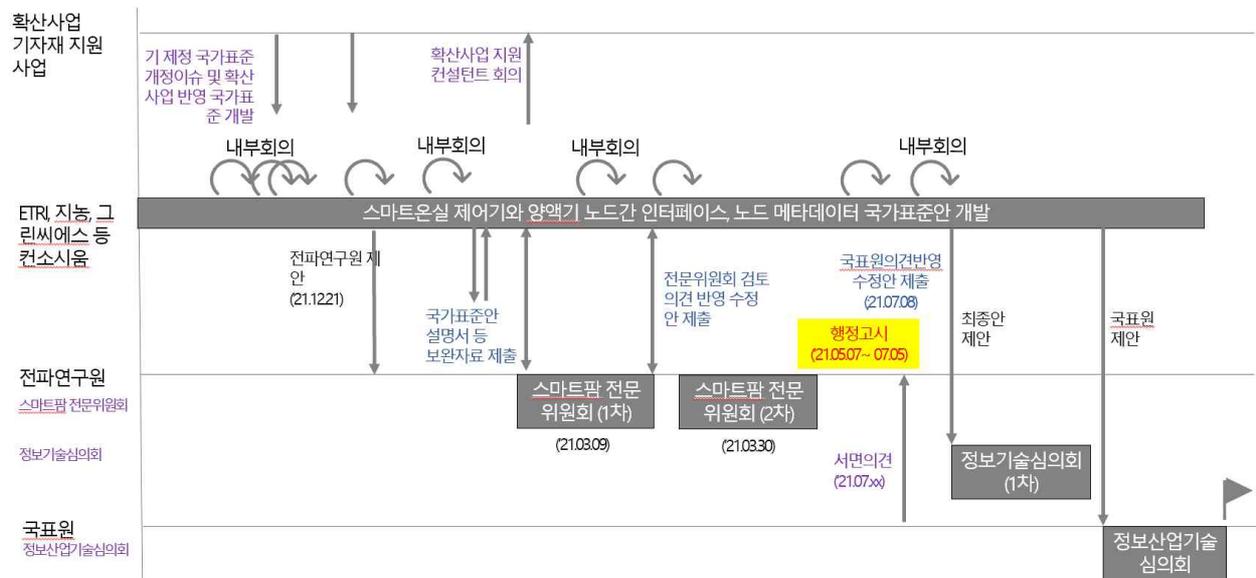
### 1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

- 국가표준안 ('21.12) 제안 후 채택을 위해 필요한 시간(1년 이상)에 비해 본 과제의 수행 기간(12개월)이 짧았음
- 국가표준안은 조기에 제출되었으나, 코로나 사태로 인해 전반적인 표준화 처리가 지연되고 있음

### 2) 자체 보완활동

- 국립전파연구원에 제안된 2건의 국가표준안은 현재 행정고시 (60일)이 완료된 상태임
- 국립전파연구원의 정보기술심의회, 국표원의 정보산업기술심의회 검토를 거쳐 21년 9월 이후 최종 채택/제정 예정

### 3) 연구개발 과정의 성실성



- 국가표준 개정안 개발, 국가표준 기반 기자재 확산사업 결과 반영 및 컨설턴트 회의, 스마트팜 ICT 융합표준화 포럼 총회 등
- 국가표준 개정 제안 ('20.12.21)
- 국가표준 관련 설명서, 제안서 등 추가 제안 및 포맷 검토
- 1차 스마트팜 국가표준전문위원회 검토, 검토결과 반영 ('21.03.09)
- 2차 스마트팜 국가표준전문위원회 검토, 검토결과 반영 ('21.03.30)
- 국가표준 제.개정 예고 고시 ('21.05.07~07.05)
- 국표원 의견 수렴 및 반영 제출 ('21.07.08)
- 표준안 심의.채택을 위한 기술심의회 대기중

## 5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

---

### <스마트온실용 양액기 통신표준 개발>

- 적합성 시험 표준안을 개발함으로써 개발 산업체의 표준기반 기능 자체 검증 및 공식 검정기관의 검정에 활용함으로써 스마트온실 장비간 상호 호환성 확보에 기여
- 개발된 적합성 시험 표준안은 향후 산업체의 자체 테스트 및 검증 기관의 검정 기준안 개발에 활용에 기여
- 개발된 국가표준안은 정부의 국가표준 기반 스마트팜 기자재 확산사업 활용에 기여

### <표준기반 개방형 복합환경제어시스템 및 라이브러리 개발>

- 개방형 스마트팜 제어기인 Farnos V2를 이번 과제를 통해 기능을 고도화하였고 특히, 양액공급시스템 지원 기능을 추가하였음
- 이를 통해 복합환경제어기와 양액공급기의 통합 운영이 가능하게 되고 이기종 시스템간의 상호호환성 향상에 기여함
- 표준 통신모듈을 적용한 표준기반 양액기 시스템의 호환성 확보에 기여

### <표준 기반 양액기 시스템 개발>

- 표준기반 양액기 시스템 개발 및 제품화를 통해 스마트온실 온실통합제어기와 양액기 시스템 간 통신 호환성 확보에 기여
- 양액기와 제어기간 표준 통신을 준수하는 표준 통신모듈을 개발하여, 스마트온실에 기 설치된 양액기에 표준 통신기술을 적용하여 국내 스마트팜 표준 기술의 보급에 기여
- 표준형 양액기 개발을 통해 체계적으로 생산과정의 데이터를 축적하고 이를 통해 품질향상을 도모할 수 있게 되어 스마트팜을 도입하는 농가의 생산성 향상에 기여

### <표준기반 양액기와 복합환경제어시스템 실증>

- 표준기반 장비들로 스마트온실을 구성하고, 해당 장비들을 스마트온실에 실제 적용, 실증 과정을 통해 산업체에서 실질적으로 활용될 수 있는 표준 개발 및 제품 개발에 기여
  - 표준 통신 규격을 준수하는 이기종 양액기와 개방형 복합환경제어기에 대한 작물 재배 및 장비 운영 실증을 통해 국가 표준의 신뢰성 제고
  - 표준 기반 스마트팜 장비에 대한 실제 재배 및 운영 평가를 통해 발생한 문제점 분석 및 향후 개선 방향에 대한 기초자료 제공
-

## 6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

### ○ 연구개발성과의 활용분야

- 스마트온실 핵심 기자재간 통신 프로토콜 표준화
- FarmOS의 특징인 유연하고 자유로운 작동규칙 설정 기능을 더욱 강화해 스마트팜 연구용 기자재로 시장 개척
- 또한 기능, 성능, 신뢰성 확보 후 농가용 스마트팜 제품으로 사용자 저변 확대 예정
- 양액기 통신라이브러리는 식물공장 컨트롤러 시스템, 환경모니터링 시스템, 양액기 컨트롤러, 스마트팜 센서 개발 등에 활용될 수 있.
- 스마트온실 KS표준을 기반으로 복합환경제어기와 양액기 등의 기자재에 표준 기술을 적용하고 국내 스마트팜 산업의 표준화 추진
- 표준 통신 및 기술을 이용하여 스마트온실 현장의 기자재 간 호환성 및 사후관리에 본 연구의 결과가 활용될 수 있을 것으로 판단됨
- 시설원에 스마트팜 도입하는 농가의 표준 준수 양액제어 시스템의 보급으로 향후 농가에서 도입한 시스템의 A/S 등이 용이
- 호환성이 높은 스마트팜 장비 개발에 필요한 국가 표준 규격 제공을 통해 다른 스마트팜 장비 개발 사업에 활용

### ○ 연구개발성과의 활용방안

- 개발된 국가표준안이 최종 채택되도록 추진하고, 국가표준기반 스마트팜 기자재 확산사업에 활용될 수 있도록 표준 개발 완료
- 센서, 제어기, 양액기, 영상기기 전문기업과 협력하여 스마트팜 데이터를 통합 수집하여 결과물을 공동활용 할 수 있는 상생 플랫폼 구축
- 전문기업들과 공동으로 시장에 대응하고 현장에서 필요로 하는 제품을 기획·개발하는 통합 마케팅 시스템을 구축하여 국내외 시장개척
- 양액기통신 라이브러리를 활용하여 양액기 컨트롤러 개발 및 소형 식물재배기 개발에 사용 예정
- 표준기반 양액기와 제어기 제품화로 온실에서 발생한 기자재 A/S에 대한 애로사항 해소 등 스마트팜 산업의 사후관리 비용과 어려움 해소
- 표준화 이전 도입된 시설원에 농가의 양액제어 시스템 장비의 표준통신 모듈 적용
- 양액기 및 복합환경제어기 간 표준 통신 프로토콜을 활용하여 신규 스마트팜 장비 개발 비용 절감 및 이종 장비가 호환성 제고
- 표준 통신 프로토콜을 기반으로 환경 제어 모델 개발의 기초자료로 활용
- 표준 제어기 및 양액기에서 취득되는 데이터를 이용하여 국내 스마트팜 빅데이터 규격화, 표준 빅데이터를 이용한 데이터 서비스 비즈니스 모델 개발

### ○ 추가연구의 필요성

- 생체 센서, 영상장비 등 스마트팜 운영 및 연구에 필요한 장치들이 신규로 개발되고 있으므로, 새로 출시되는 장치들에 대한 데이터 통합 수집 및 관리에 대한 표준 및 기술 개발 추가 연구 필요
- 스마트온실에 사용되는 양액기는 표준으로 제정된 EC센서, pH센서, 유량센서, 일사센서 외에도 다양한 센서와 구동 장치가 적용되고 있으며, 새로운 장비나 기술 등을 활용한 제품 개발에 있어 표준의 범위와 기능에 대한 지속적인 연구가 필요함. 이를 통해 관련 업체가 개발된 제품을 묶어서 새로운 시장 개척이 필요
- 정보통신기술의 발달로 WIFI, LTE 등의 다양한 무선 기반의 표준 통신 규격 필요
- 포그 컨트롤러, 유동팬 컨트롤러 등 작은 기능을 담당하는 장비들에 대한 표준 규격 개발 필요
- 연구 결과물의 성능에 대한 공인 시험 성적 관련하여 본 과제는 단년 과제로 연구기간이 부족하여 수행이 불가능함. 따라서, 실용화재단에서 국가 표준 관련 공인 시험이 생기면 관련

---

시험 의뢰 필요. 이와 관련하여 참여기관에서는 공인 시험을 의뢰할 의사가 있고, 해당 결과가 나오면 이를 제출할 예정임

○ 타 연구에의 응용

- 연구개발한 FarmOS 소스는 깃랩에 게시하고 공개하여 누구나 자유롭게 연구용 및 산업용으로 재사용이 가능하도록 제공
- 양액기 통신 라이브러리 문서 및 소스를 GitHub를 통해 공개하여 기존 양액기 개발업체에서 표준 기반 통신프로토콜로 전환이 가능하도록 제공
- 스마트팜 장비에서 사용하는 다른 유무선 통신 규격 제정 시 응용이 가능
- 복합환경제어기에서 양액기를 제어함으로써 생육모델 개발 시 활용이 가능

○ 기업화 추진방안

- FarmOS 실증을 통해 안정성 및 성능이 검증되었고 이를 기반으로 당사에서 추진중인 농가 대상 스마트팜 보급·확산 사업에 활용할 수 있는지 검토 후 사업화 예정임
- FarmOS는 연구기관을 목표 사용자로 개발한 프로그램으로 농가 사용자를 위한 간편한 UI 개선 및 핵심 서비스 도출이 필요함
- 표준 통신기술을 고려한 스마트온실 복합환경제어 시스템, 온실 환경 모니터링 시스템 등 스마트온실 핵심기기 개발을 통해 국내 스마트온실 핵심 기자재의 표준화 생태계, 제품의 호환성 강화에 활용하고자 함

○ 기술이전

- 양액기 통신 표준모듈 및 통신 방법과 장치에 대한 기술이전을 추진하여, 국내 스마트온실에 도입되는 양액기 시스템의 표준 기술 확산

---

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1. 농림축산식품연구개발사업 관리기준 [별지 제17호 서식] <제23조제3호 관련>	1) 자체평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서

# 자체평가의견서

## 1. 과제현황

		과제번호		320085-01	
사업구분					
연구분야				과제구분	단위
사업명	1세대 스마트 플랜트팜 산업화				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	표준기반 개방형 스마트온실 복합환경제어시스템 표준화 및 산업화			과제유형	개발
연구개발기관	한국전자통신연구원			연구책임자	허미영
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2020. 7. 3 - 2021. 7. 2	500,000	166,666	666,666
	2차년도				
	3차년도				
	4차년도				
	5차년도				
	계	2020. 7. 3 - 2021. 7. 2	500,000	166,666	666,666
참여기업	지농, 코리아디지털, 그린씨에스, KF농업개발, 국립원예특작과학원 시설원예연구소, 국립농업과학원 스마트팜개발과				
상대국	상대국연구개발기관				

2. 평가일 : 2021.08.31

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
한국전자통신연구원	책임연구원	허미영

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.

확 약

## I. 연구개발실적

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

### 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수

- 확산사업에서 추진하고 있는 KS X 3267과 일관성 있는 국가표준안 개발로, 개발자가 양액기용 표준 적용이 용이하여 매우 우수하다고 판단됨
- 개발된 개방형 복합환경제어시스템과 표준기반 양액기 시스템은 자체 테스트 및 두 온실에서의 작물 재배를 통한 실증을 통해 확인된 것으로 아주 우수하다고 판단됨.
- 개발된 복합환경제어시스템은 다양한 복합환경 제어 룰을 지원함으로써 환경에 따른 작물의 생육 효과를 도출하기에 용이하여 매우 창의적이라고 판단됨

### 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수

- 표준화 요구사항이 매우 높은 상황으로, 향후 정부의 국가표준 기반 스마트팜 기자재 확산사업 추진에 활용될 수 있으며, 그 파급효과는 매우 크다고 예상됨.
- 자체 연동시험과 실증 등으로 검증된 표준 기반 제어기 및 양액기 시스템을 제품화하여 표준 제품 확산의 파급효과가 매우 크다고 예상됨
- 제어기 및 라이브러리를 오픈소스로 제공함으로써 표준 기반 제품 개발로의 전환이 쉽고 현장에서 유지보수가 용이함에 따라 산업체의 활용 가능성이 높아 파급효과가 매우 높다고 판단됨

### 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수

- 표준과 함께 제어기 및 라이브러리를 오픈 소스로 제공함으로써 산업체에서 표준기반 제품 개발로의 전환이 용이하여 개발된 연구결과물의 활용 가능성이 매우 높다고 판단됨
- 산업체가 제품 개발 시 검정기준안과 오픈 소스를 활용함으로써 활용 가능성이 매우 높다고 판단됨
- 개방형 복합환경제어시스템의 다양한 룰 기능 지원 및 기능 고도화를 통해 대학 및 연구기관의 연구자들이 다양한 연구를 수행하는데 용이하여 연구개발 결과물의 활용 가능성이 매우 높다고 판단됨

### 4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수

- 국가표준 개발을 위하여 다양한 사용자의 요구사항을 반영하였고, 참여하는 기관간 개발 과정에서의 요구사항과 정부의 스마트팜 기자재 확산사업 결과를 반영하기 위하여 여러 번의 개정 작업이 진행되었고, 국가표준 채택을 위하여 지속적으로 노력하였음
- 개발된 국가표준의 적용을 위하여 개발 기관 내, 참여 기관 간 자체 기능 테스트 및 이기종 장비 등이 구성된 온실에서의 오랜 기간 실증을 성실하게 수행함으로써 본 과제 결과물 도출을 위한 노력의 성실도가 매우 높다고 판단됨

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수

- 개발된 국가표준은 공청회를 통해 산업체에 오픈하고 의견 수렴 과정을 거쳐 연구개발 성과가 매우 우수하다고 판단됨
- 개발 결과물은 실증을 통하여 표준 통신 신뢰성 및 양액 제어 신뢰성 모두 목표를 달성하여 오픈 소스로 제공하여 활용할 수 있도록 공개함에 따라 연구개발 성과가 매우 우수하다고 판단됨
- 실증과정을 통해 검증을 통해 ICT기자재 국가표준 확산지원 사업에 개발 표준을 활용하도록 정책 제안을 하였고, 응용 시험 결과를 학술대회에 발표하여 우수논문으로 채택됨

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
① 스마트온실용 양액기 통신표준 개발 - RS485 통신 현장 적용을 위한 신규 표준 및 개정(안) 개발 - 스마트온실 양액기용 통신 프로토콜 국가표준안 개발	20	100	다양한 산업체나 국가 정부 시책 등 사용자 요구사항을 반영하여 온실통합제어기와 양액기간 통신 프로토콜 국가표준안을 개발하였고, 추가로 노드 메타데이터 국가표준안을 개발하여 국가표준 제정 활동을 추진하였고, 기능 검증을 위한 적합성 시험 표준안을 개발하여 검증기관에 제안하였음
② 표준기반 개방형 복합환경제어시스템 개발 - 오픈 소스기반 복합환경 제어 플랫폼 활용 양액기를 통합 운영할 수 있는 복합환경 제어기 개발 - 표준기반 개방형 복합환경제어시스템 상용화	20	100	온실 내외부의 작동규칙기능을 강화하여 여러 장비간의 상호작용을 처리할 수 있도록 복합환경제어기 기능을 고도화하였고, 오픈소스 기반 개방형 스마트팜 제어기를 활용하여 본 과제에서 개발하는 국가표준을 준수하는 양액기를 통합 운영할 수 있는 기능을 추가 개발하여 복합환경제어시스템을 상용화하였음 개발된 복합환경제어시스템은 국가표준을 준수하는 양액기 시스템과 테스트, 농진청과 시설원예연구소에서의 필드 테스트 후 깃랩에 공개하였음
③ 표준기반 양액기통신 국가표준 라이브러리 개발 - 양액기 통신 표준을 준수하는 오픈소스기반 통신 라이브러리 개발 및 공개	20	100	양액기 연동 통신 라이브러리와 복합환경 제어기와의 인터페이스 SDK, 검증용 응용프로그램 등 양액기통신 국가표준 라이브러리를 개발하여 자체 스마트팜 시스템에 적용하여 현장 실증하였고, 통신 라이브러리 및 소스는 GitHub에 공개하였음
④ 표준기반 양액기 시스템 개발 - 국가 통신 표준을 준수하는 양액기 통신 모듈 개발 - 통신 모듈을 활용한 양액기 개발 및 상용화	20	100	양액기 통신 프로토콜 국가표준을 준수하는 통신 모듈을 개발하여 개방형 복합환경제어시스템과의 테스트와 국립농업과학원 스마트팜개발과의 테스트베드와 국립원예특작과학원 시설원예연구소 스마트온실에서의 필드 테스트 후, 국가표준기반 양액기 제품화 완료함
⑤ 표준기반 양액기와 복합환경제어시스템 실증 - 온실 내 작물 재배를 통한 표준기반 양액기 실증	20	100	본 과제를 통해 개발된 국가표준기반 복합환경제어시스템과 양액기 시스템을 한국형 스마트온실에 설치하여 토마토와 파프리카 재배를 통하여 실증하고, 이기종 양액기와 개방형 복합환경제어기간 표준 통신을 활용한 양액 제어 등 검증을 완료하고, 스마트팜 확산 사업에 국가 표준 기반의 양액기 보급을 위한 정책을 제안함
합계	100점		

### III. 종합의견

#### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

○ 현장(사용자, 개발자, 정책 수행자)의 다양한 요구사항을 기반으로  
- 핵심 통신 프로토콜 인터페이스 국가표준 개발  
- 국가표준 기반 핵심 기술 개발 및 오픈 소스 제공  
- 국가표준기반 제품 개발  
- 개발 제품을 스마트 온실에 실증하여 검증  
- 검정기준안으로 활용될 적합성 시험 표준안 개발  
을 통해 표준개발 - 핵심기술 개발/오픈소스 보급 - 실증을 통하여 상호운용성 보장을 위한 생태계 구축하는데 일조하였다고 판단됨

#### 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

○ 현장에서 실질적으로 사용될 수 있는 국가표준안이 채택되는데 물리적으로 시간이 너무 촉박한 상황을 고려해 주시기를 요청함

#### 3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 연구 결과로 개발된 국가표준 및 핵심기술은 오픈하여 제공할 예정임  
- 양액기 통신 표준, 노드 메타데이터 표준, 검정기준안 등 국가표준기반 제품 산업화를 통한 실용화를 추진할 예정임  
- 개발된 연구 결과물은 정부의 '국가표준 기반 스마트팜 ICT 기자재 확산사업'에 활용되리라 예상됨  
- 농가수익 극대화를 위한 데이터 영농 토대 구축에 활용되리라 예상됨  
- 데이터 기반의 선진 정밀농업으로 저비용-고효율의 안정성 농산물 생산을 위한 고품질 데이터 기반 구축에 활용되리라 예상됨

### IV. 보안성 검토

해당사항 없음



⑤ 표준기반 양액기와 복합환경제어시스템 실증 - 온실 내 작물 재배를 통한 표준기반 양액기 실증	- 본 과제를 통해 개발된 국가표준기반 복합환경제어시스템과 양액기 시스템을 한국형 스마트온실에 설치하여 토마토와 파프리카 재배를 통하여 실증하고, 이기종 양액기와 개방형 복합환경제어기간 표준 통신을 활용한 양액 제어 등 검증을 완료함 - 스마트팜 확산 사업에 국가 표준 기반의 양액기 보급을 위한 정책 제안
---	--

### 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		표준 제안 /제정	기타 (영양 기능 식품 등) (건수)
	특허 출원	특허 등록	프로그 램 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 S C I	논 문 비 S C I	학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시		
												건				건	건			건	건
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	명	건	건	건	건		
가중치			10		30		30									5		20	5		
최종 목표			1		2		3	300		1						1		0/1	1		
당해 년도	목표		1		2	-	3	-		1				-		1		0/1	1		
	실적		1		2	2.1	3	55		1				1		2		2/0	1		
달성률 (%)			100		100		100			100						200			100		

### 4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	스마트온실용 양액기 통신표준 개발
②	표준기반 개방형 복합환경제어시스템 개발
③	표준기반 양액기통신 국가표준 라이브러리 개발
④	표준기반 양액기 시스템 개발



8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 <sup>1)</sup>	KS표준 기반 양액기 시스템 (그린씨에스)		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	1,050 천원
이전방식 <sup>2)</sup>	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input checked="" type="checkbox"/> 기타( 자체실시 )		
이전소요기간	해당사항 없음	실용화예상시기 <sup>3)</sup>	2021.07.01
기술이전시 선행조건 <sup>4)</sup>	자체 실시이므로 해당사항 없음		

핵심기술명 <sup>1)</sup>	KS표준 기반 양액기 시스템 (KF농업개발)		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	1,050 천원
이전방식 <sup>2)</sup>	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input checked="" type="checkbox"/> 기타( 자체실시 )		
이전소요기간	해당사항 없음	실용화예상시기 <sup>3)</sup>	2021
기술이전시 선행조건 <sup>4)</sup>	자체 실시이므로 해당사항 없음		

#### 주 의

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